TAKHIR NAZAROV

C=UZ, OU=DIRECTOR,
O=UZBEKISTAN CAA,
CN=TAKHIR NAZAROV,
E=caa@uzcaa.uz
я подтверждаю этот документ
Tashkent
2023-04-23 11:14:06

Утверждено
Директором Агентства «Узавиация»
Т.А. Назаров

РУКОВОДСТВО ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

Документ №: GM-AGA-015

Редакция / Ревизия:01/00

Дата вступления в силу: 25 Апреля 2023 года

0. АДМИНИСТРИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ДОКУМЕНТА

0.1. Содержание

0. АДМИНИСТРИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ДОКУМЕНТА 1

0.1. Содержание 1
0.2. Список Действующих Страниц 7
0.3. Список Рассылки 10
0.4. Запись Поправок и Изменений 10
0.5. Термины 11
0.6. Аббревиатура 12
0.7. Термины «Должен», «Следует», «Может» 14
0.8. Администрирование и Контроль 14
0.9. Нормативные Документы 14
0.10. Предисловие 14

1. ВВЕДЕНИЕ 1

1.1. Назначение Руководства 1
1.2. Структура Руководства 1

2. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ 1

2.1. Определения Понятий 1
2.2. Краткое Описание Средств Повышения Целостности и Надежности 1

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ 1

3.1. Общие Положения 1
3.2. Источники Энергии для Коммерческого/Общественного Источника Питания Аэродрома 1
3.3. Электроснабжение Визуальных Средств Аэродрома 2
3.4. Источник Бесперебойного Питания 4
3.5. Оборудование Компоненты 8
3.6. Будки и Навесы для Электрического Оборудования 11

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПИТАНИЯ 1

4.1. Общие Положения 1
4.2. Фидерные Сети Основного Питания 1
4.3. Надземные (Воздушные) Системы Распределения Основного Питания 2
4.4. Стабилизаторы Напряжения в Линии 2
4.5. Линии Питания 3
4.6. Материалы Опорных Конструкции для Линии 3

4.7. Провода 3
4.8. Трансформаторы 4
4.9. Устройства Размыкания Цепи 5
4.10. Молниезащита 6
4.11. Изоляционные Расстояния 6
4.12. Заземление 7
4.13. Подземные Распределительные Системы 8
5. ВИДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ 1
5.1. Электрические Характеристики 1
5.2. Последовательные Цепи 1
5.3. Параллельные (Многозвенные) Цепи 2
5.4. Сравнение Последовательных и Параллельных Цепей Светотехнического Оборудования 4
5.5. Последовательные Электрические Цепи Аэродромных Огней 5
5.6. Заземление 5
5.7. Понижающие Трансформаторы 5
5.8. Последовательный Выключатель 6
6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ 1
6.1. Перемежение Цепей Аэродромных Огней 1
6.2. Расположение в Будке для Электрооборудования 1
6.3. Обеспечение Перемежения 1
6.4. Возможное Обеспечение Перемежения 5
6.5. Селективное Переключение Цепей РД 7
7. СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА 1
7.1. Типы Стабилизаторов Постоянного Тока 1
7.2. Эксплуатационные Характеристики Стабилизаторов Постоянного Тока 5
7.3. Номинальные Характеристики Стабилизаторов Постоянного Тока 6
7.4. Защита от Обрыва Цепи и Сверхтока 7
8. РАСЧЕТЫ НАГРУЗОК/ВЫБОР МОЩНОСТИ СТАБИЛИЗАТОРА 1
8.1. Общие Положения 1
8.2. Виды Нагрузок 1
8.3. Расчет Нагрузки Светового Оборудования 3
8.4. Пример Расчета 3
8.5. Прочие Соображения 5

9. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАЗЕМНЫХ АЭРОДРОМНЫХ ОГНЕЙ 1

9.1. Функции 1
9.2. Конструкция трансформатора 1
9.3. Кожух 2
9.4. Температура Окружающей Среды 2
9.5. Параметры Трансформаторов 2
9.6. Питание нескольких Ламп от Одного Трансформатора 2
9.7. Воздействие Размыкания Цепи Вторичной Обмотки Трансформаторов 3
9.8. Шунтирующие Устройства для Ламп 3
9.9. Подставка Трансформатора 4
9.10. Другие Устройства 4

10. УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ СИСТЕМ АЭРОДРОМНЫХ ОГНЕЙ 1

10.1. Панель Управления Огнями Перрона 1
10.2. Схемы Управления 1
10.3. Типы Систем Дистанционного Управления 2
10.4. Панель Переключающих Реле 9
10.5. Использование Реле 10
10.6. Взаимосвязь Органов Управления 12
10.7. Автоматические Средства Управления 13
10.8. Адресуемые Огни 13
10.9. Время Отклика 14
10.10. КОНТРОЛЬ ЦЕПЕЙ АЭРОДРОМНЫХ ОГНЕЙ 14
10.11. Классификация Приборов Контроля 15
10.12. Органы Управления Блокировкой Приборов Контроля 15
10.13. Система Контроля Сопротивления Изоляции 16
10.14. Радиоуправление Аэродромными Огнями с Воздушного Судна (Arcal) 16

11. ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ И ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ 1

11.1. Лампы Накаливания 1
11.2. Газоразрядные Лампы 4

12. ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ 1

12.1. Введение 1
12.2. Светодиодные (LED) Огни 1
12.3. Цвет – CIE S 004/E-2001 1
12.4. Ограничение Выбора Оттенков Зеленого 2

12.5. Инфраструктура: Последовательная Цепь 5
12.6. Широтно-Импульсная Модуляция 5
12.7. Инфраструктура: Параллельная Цепь 5
12.8. Альтернативная Инфраструктура 6
12.9. Настройка Яркости 8
12.10. LED-Огни и Системы Ночного Видения 11
12.11. Линейные Огни 13
12.12. Сочетание Технологий 17
12.13. Нагреватели 18
12.14. Техническое Обслуживание 19
13. ПОДЗЕМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ 1
13.1. Общие Положения 1
13.2. Прокладка Кабелей Методом Непосредственного Заложения 6
13.3. Устройство Кабельной Канализации/Кабелепровода 16
13.4. Смотровые Колодца и Смотровые Окна 21
13.5. Прокладка Подземных Кабелей в Каналах 23
13.6. Установка Трансформаторов AgI непосредственно в Земле 31
13.7. Кожухи Трансформаторов/Основания Огней 32
13.8. Установка Неглубокого Основания Огня 34
14. КАБЕЛИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ АЭРОДРОМОВ 1
14.1. Характеристики Кабелей Для Подземных Коммуникации 1
14.2. Покрытие Кабелей 2
14.3. Экранированные Кабели 3
14.4. Защита Кабелей от Возгорания 3
14.5. Защита от Повреждения Коронным Разрядом 3
14.6. Проводники Кабеля 3
14.7. Вопросы Защиты Здоровья и Охраны Окружающей Среды 3
14.8. Классы Обслуживания 4
14.9. Провода Заземления 6
14.10. Причины Повреждения Кабелей 6
14.11. Соединение Кабелей 9
14.12. Комплекты Соединителей для Цепей Аэродромных Огней 12
14.13. Соединение Проводников 13
15. ПРИЕМОЧНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ 1
15.1. Применимость 1

15.2. Гарантийный Срок 1
15.3. Порядок Проведения Инспекции 1
15.4. Инспекция Кабелей, Соединителей и Разделительных Трансформаторов 1
15.5. Инспекция Стабилизаторов Постоянного Тока 2
15.6. Инспекция Огней и Маяков 2
15.7. Инспекция Различных Компонентов 2
15.8. Испытание Системы в Рабочих Условиях 2
15.9. Электрические Испытания Оборудования Последовательных Цепей 3
15.10. Электрические Испытания Других Кабелей 5
15.11. Электрические Испытания Стабилизаторов 6
15.12. Электрические Испытания Другого Оборудования 7
15.13. Испытания Системы Контроля 7
16. ПОРЯДОК ВЫЯВЛЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ 1
16.1. Общие Положения 1
16.2. Безопасность 1
16.3. Первоначальное Исследование Причин Отказа 1
16.4. Обнаружение Замыкании на Землю В Поле 5
16.5. Обнаружение Обрывов Цепи 7
16.6. Отказы, Связанные с Соединением Цепей 8
16.7. Тестирование с Намеренным Заземлением 11
16.8. Тестирование с Заземленным Выходом для Обнаружения Обрывов Цепи 14
16.9. Использование Теплочувствительного Оборудования для Обнаружения Замыканий На Землю 16
16.10. Использование Средств Определения Места Повреждения Кабеля для Обнаружения Замыканий на Землю 16
17. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ 1
17.1. Общие Положения 1
17.2. Авометр (VOM) 1
17.3. Цифровой Мультиметр (DMM) 2
17.4. Измеритель Сопротивления Изоляции (Мегомметр) 2
17.5. Измерение Сопротивления Изоляции 3
17.6. Прибор для Обнаружения Подземных Кабелеи/Мест Неисправностей 5
17.7. Искатель Замыканий с Большим Сопротивлением 6
17.8. Клещевой Амперметр 7
17.9. Определитель Трассы Кабеля 8

17.10. Импульсный Генератор/Контрольныи Тестер 8
17.11. Акустический Детектор 9
17.12. Детектор Направления 9
17.13. Измеритель Сопротивления Заземления 11

0.2. Список Действующих Страниц

	Глава 0	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
	Глава 1	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
	Глава 2	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
	Глава 3	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
	Глава 4	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
	Глава 5	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
	Глава 6	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
	Глава 7	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00

7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
	Глава 8	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
	Глава 9	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
	Глава 10	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
17	25.АПР.2023	00
18	25.АПР.2023	00
19	25.АПР.2023	00
20	25.АПР.2023	00
	Глава 11	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
	Глава 12	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
17	25.АПР.2023	00
18	25.АПР.2023	00
19	25.АПР.2023	00
20	25.АПР.2023	00
	Глава 13	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
17	25.АПР.2023	00

18	25.АПР.2023	00
19	25.АПР.2023	00
20	25.АПР.2023	00
21	25.АПР.2023	00
22	25.АПР.2023	00
23	25.АПР.2023	00
24	25.АПР.2023	00
25	25.АПР.2023	00
26	25.АПР.2023	00
27	25.АПР.2023	00
28	25.АПР.2023	00
29	25.АПР.2023	00
30	25.АПР.2023	00
31	25.АПР.2023	00
32	25.АПР.2023	00
33	25.АПР.2023	00
34	25.АПР.2023	00
35	25.АПР.2023	00
36	25.АПР.2023	00
	Глава 14	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
	Глава 15	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
	Глава 16	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00
13	25.АПР.2023	00
14	25.АПР.2023	00
15	25.АПР.2023	00
16	25.АПР.2023	00
	Глава 17	
Страница	**Дата вступления в силу**	**Ревизия №**
1	25.АПР.2023	00
2	25.АПР.2023	00
3	25.АПР.2023	00
4	25.АПР.2023	00
5	25.АПР.2023	00
6	25.АПР.2023	00
7	25.АПР.2023	00
8	25.АПР.2023	00
9	25.АПР.2023	00
10	25.АПР.2023	00
11	25.АПР.2023	00
12	25.АПР.2023	00

0.3. Список Рассылки

Копия №	Тип Копии	Отдел	Должность
Master	**(S)**		
1	**(S)**		

(S) SoftCopy - (Электронная версия)

(H) HardCopy – (Печатная версия)

***Примечание*:** *Электронные и печатные копии считаются «неконтролируемыми», если они напечатаны или не включены в этот список рассылки.*

0.4. Запись Поправок и Изменений

Издание/ Ревизия №:	Дата Издания/Ревизии:	Введено в силу:	Причина:
Издание №01	25.АПР.2023		

Издание: *- Публикация документа, объединяющая все поправки предшествующие текущей версии. Новая редакция документа не отображает текст поправок синим цветом. Текущая версия документа отображается на каждой странице в нижнем колонтитуле.*

Ревизия: *- Изменение, внесенное в часть документа, где оно отображается синим текстом или сопровождается вертикальной линией на правой стороне документа. Основная информация об изменениях (номер и дата) приведена в Перечне страниц Руководства с актуальной информацией и указана в заголовке соответствующей страницы и в самом контексте.*

0.5. Термины

Аэродром. Определенный участок земной или водной поверхности (включая любые здания, сооружения и оборудование), предназначенный полностью или частично для прибытия, отправления и движения по этой поверхности воздушных судов.

Боковая полоса безопасности (БПБ). Участок, прилегающий к краю искусственного покрытия и подготовленный таким образом, чтобы обеспечить переход от искусственного покрытия к прилегающей поверхности.

Взлетно-посадочная полоса (ВПП). Определенный прямоугольный участок сухопутного аэродрома, подготовленный для посадки и взлета воздушных судов.

Дальность видимости на ВПП (RVR). Расстояние, в пределах которого пилот воздушного судна, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировочные знаки на поверхности ВПП или огни, ограничивающие ВПП или обозначающие ее осевую линию.

Необорудованная взлетно-посадочная полоса. ВПП, предназначенная для воздушных судов, выполняющих визуальный заход на посадку, посадку или заход на посадку по приборам до точки, после которой заход на посадку может продолжаться в визуальных метеорологических условиях.

Пересечение РД. Скрещивание двух или нескольких РД.

Полоса рулежной дорожки. Участок, включающий рулежную дорожку и предназначенный для защиты воздушного судна, эксплуатируемого на рулежной дорожке, и для снижения риска повреждения воздушного судна, случайно вышедшего за пределы рулежной дорожки.

Препятствие. Все неподвижные (временные или постоянные) и подвижные объекты или часть их, которые:

размещены в зоне, предназначенной для наземного движения воздушных судов; или

возвышаются над установленной поверхностью, предназначенной для защиты воздушных судов в полете; или

находятся вне таких установленных поверхностей и по результатам оценки представляют опасность для аэронавигации.

Рулежная дорожка (РД). Определенный путь на сухопутном аэродроме, установленный для руления воздушных судов и предназначенный для соединения одной части аэродрома с другой, в том числе:

a) Полоса руления воздушного судна на стоянке. Часть перрона, обозначенная как рулежная дорожка и предназначенная для обеспечения подхода только к местам стоянки воздушных судов.

b) Перронная рулежная дорожка. Часть системы рулежных дорожек, расположенная на перроне и предназначенная для обеспечения маршрута руления через перрон.

c) Скоростная выводная рулежная дорожка. Рулежная дорожка, соединенная с ВПП под острым углом и позволяющая выполнившим посадку самолетам сходить с ВПП на более высоких скоростях, чем те скорости, которые достигаются на других выводных рулежных дорожках, и тем самым сводить к минимуму время нахождения на ВПП.

0.6. Аббревиатура

AR-AGA-001	Авиационные Правила Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты
ОВД	Обслуживание воздушного движения
ВПП	Взлётно-посадочная полоса
АГА	Государственное Агентство Гражданской Авиации Республики Узбекистан
УВД	Управление воздушным движением
ИКАО	Международной Организации Гражданской Авиации
РД	Рулежная дорожка
ИБП	Источник бесперебойного питания
ВА	Вольт-ампер
ИК	Инфракрасный
МКП	Микроканальная пластина
МКС	Международная комиссия по светотехнике
МЭК	Международная электротехническая комиссия
ПАВ	Поверхностная акустическая волна
ПВХ	Поливинилхлорид
ППП	Правила полета по приборам
ПХД	Полихлордифенилы
РЧ	Радиочастота
СИЗ	Средства индивидуальной защиты
ШИМ	Широтно-импульсная модуляция
ЭМП	Электромагнитные помехи
ЭМС	Электромагнитная совместимость
AC	Переменный ток
ACMU	Адресуемое устройство управления и контроля
AGL	Над уровнем земли

AGL	Наземные аэродромные огни
ALCS	Компьютерная система управления аэродромными огнями
ANVIS/NVG	Система ночного видения пилота/очки ночного видения
ARCAL	Радиоуправление аэродромными огнями с воздушного судна
CCR	Стабилизатор постоянного тока
CTAF	Общая частота передачи консультативной информации о воздушном движении
DMM	Цифровой мультиметр
DSP	Цифровой процессор сигналов
DSP	Зависимый от домена порт
EPR	Степень повышения давления в двигателе
EPR	Этиленпропиленовый каучук
FEC	Электрический центр поля
FEC	Прямое исправление ошибок
FLIR	Инфракрасный локатор переднего обзора
HMI	Интерфейс "человек – машина"
HUD	Коллиматорный дисплей
IGBT	Биполярный транзистор с изолированным затвором
ILS	Система посадки по приборам
IPU	Отключаемый блок питания
IRC	С инфракрасным покрытием
LDT	Отключение нагрузки и проверка
LED	Светоизлучающий диод
LPS	Молниезащитная система
MCP	Пульт управления режимами
MDT	Среднее время простоя
MR	Многогранный отражатель

MTBF	Средняя наработка на отказ
PAPI	Указатель траектории точного захода на посадку
PM	Профилактическое техническое обслуживание
PUR	Полиуретан
RETIL	Огни указателя скоростной выводной рулежной дорожки
RGL	Огни защиты ВПП
RMS	Среднеквадратичный
RTIL	Огни обозначения порога ВПП
RUPU	Поворотный источник бесперебойного питания
RVR	Дальность видимости на ВПП
RWSL	Огни статуса ВПП
SCR	Кремниевый выпрямитель, или тиристор
SMGCS	Система управления наземным движением и контроля за ним
SUPU	Статический источник бесперебойного питания
TPE	Термоэластопласт
VOM	Авометр/вольтомметр
XLP	Сшитый полиэтилен

0.7. Термины «Должен», «Следует», «Может»

Следующие термины имеют смысл, изложенный ниже:

“Должен” - Глагол действия в императивном смысле означает, что применение правила или процедуры или положения является обязательным.

“Следует” - Означает, что рекомендуется применение процедуры или положения.

“Может” - Означает, что применение процедуры или положения является необязательным.

0.8. Администрирование и Контроль

Данный документ опубликован как книга на листах формата A4. Файлы PDF будут заблокированы и подписаны, чтобы предотвратить изменения.

Данный документ регулярно пересматривается и изменяется. Весь соответствующий персонал должен быть ознакомлен со всеми сделанными ревизиями.

Данный документ будет изменен и пересмотрен в соответствии с требованиями процедуры АГА «Документация и Контроль».

0.9. Нормативные Документы

Настоящее Руководство разработано в соответствии с требованиями Авиационных Правил Республики Узбекистан Аэродромные Стандарты (AR-AGA-001), рекомендациями Международной организации гражданской авиации – ИКАО (Руководство по проектированию аэродромов – Электрические системы, Doc.9157, часть 5).

0.10. Предисловие

Правильное проектирование, установка и техническое обслуживание электрических систем для визуальных навигационных средств являются предпосылками обеспечения безопасности, регулярности и эффективности гражданской авиации. С этой целью настоящее руководство предоставляет инструктивный материал по проектированию и установке электрических систем для светотехнического оборудования аэродрома.

Электрическим системам для светотехнического оборудования аэродрома присущи особенности, которые, как правило, отсутствуют в других электрических установках. В связи с этим в настоящем руководстве рассматриваются не только общие особенности практики в области электрических систем и их установки, а также те особенности, которые имеют особое значение для аэродромного оборудования. Важно отметить, что предоставленный в настоящем руководстве материал предназначается для дополнения национальных сводов правил по безопасности для электрических установок.

В настоящем руководстве не рассматриваются электрические системы для зданий, расположенных на территории аэропорта. В руководстве также не рассматриваются вопросы технического обслуживания электрических систем. Этот вопрос рассматривается в документе «Наставление по Техническому Обслуживанию Аэропортов G-AGA-003».

Кроме того, в настоящем руководстве не рассматриваются радионавигационные средства.

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Назначение Руководства

1.1.1. Для обеспечения безопасности полетов в авиации необходимо, чтобы светотехническое оборудование аэродрома характеризовалось высокой степенью целостности и надежности. Предполагается, что вероятность отказа в критический момент правильно спроектированного и обслуживаемого светотехнического оборудования является крайне низкой.

1.1.2. Приводимый ниже материал предназначается в качестве руководства по рекомендуемой практике в области электротехники для проектирования и установки новых систем и модификации существующих систем аэродромных огней постоянного излучения. Это не означает, что существующие установки, в случае их отличия, являются неправильными и должны быть автоматически изменены. Однако предлагаемый материал определенно означает, что некоторые из ранее принятых конструкций не рекомендуются для повторного применения, поскольку они заменены более современными. Вследствие различий в техническом стиле и оборудовании настоящий материал предназначен для указания основных принципов проектирования. Такой подход не предусматривает показа подробной конструкции или конкретных единиц оборудования или узлов систем.

1.1.3. Электрические системы для визуальных средств аэродрома требуют оборудования высокого качества и учета особенностей, которые, как правило, не рассматриваются применительно к другим электрическим установкам. В настоящем руководстве рассматриваются общие особенности практики в области электротехники и оборудования и обращается внимание на те особенности, которые обычно редко затрагиваются или имеют особое значение для работы аэродрома. Предполагается, что использующие настоящее руководство лица знакомы с электрическими цепями и общей практикой в этой области, но, возможно, не имеют достаточных сведений об определенных особенностях аэродромных последовательных цепей, которые менее часто встречаются в других электрических системах. Некоторые из этих особенностей заключаются в том, что большинство электрических цепей размещается под землей, для большинства систем огней используются последовательные цепи, требуется более высокая надежность входных источников энергоснабжения и, в случае отказов энергоснабжения, быстрое автоматическое переключение на резервное энергоснабжение. Каждый аэродром является уникальным сооружением, и его электрическая система должна обеспечивать экономичное энергоснабжение и безопасное, надежное и легкообслуживаемое управление.

1.2. Структура Руководства

Настоящее руководство имеет следующую структуру. Главы 2-14 содержат информацию о конструкции аэродромных электрических систем; в главе 15 описываются приемочные испытания установленных систем; главы 16 и 17 касаются, соответственно, порядка устранения неисправностей последовательных светотехнических цепей и сопутствующего испытательного оборудования.

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

2. МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ

2.1. Определения Понятий

2.1.1.Возможно, самой важной задачей проектировщика системы аэродромных огней является разработка установки с высокой степенью целостности и надежности. Однако эти понятия применительно к аэродромным огням непросто определить и измерить. В результате предшествующих попыток дать определения этим понятиям было решено, что надежность характеризуется средней наработкой компонентов на отказ (MTBF), а целостность связана с сохранением работоспособности всей системы после отказа. Считается, что целостность и надежность визуальных средств должны быть сопоставимы с целостностью и надежностью невизуальных средств. Таким образом, надежность зависит от выбора компонентов и эксплуатационного использования, а целостность определяется конструкцией и установкой систем, а также техническим обслуживанием оборудования. В общем считается, что правильно спроектированные и эксплуатируемые визуальные средства имеют очень высокий уровень целостности, а вероятность отказа в критический момент является исключительно низкой. Несмотря на это необходимо предпринимать все возможные усилия по повышению показателей целостности и надежности.

2.1.2.Воздействующие на целостность и надежность электрические факторы могут быть классифицированы следующим образом:

a) отказ цепи;

b) отказ системы электроснабжения;

c) отказ цепи управления.

2.2. Краткое Описание Средств Повышения Целостности и Надежности

Множественные цепи

2.2.1.Общепринятой практикой является использование нескольких цепей, чтобы в случае отказа одной цепи вся система огней не выходила из строя. Для огней приближения и порога ВПП иногда используются четыре цепи: одна для огней порога ВПП и три для системы огней приближения. Последние три цепи спроектированы таким образом, что отказ одной из них приведет к выходу из строя лишь каждого третьего линейного огня или каждой третьей лампы отдельного линейного огня. В системах огней ВПП и РД отдельные огни подключаются, чередуясь (перемежаясь), к двум установленным цепям.

Не рекомендуется практика, при которой каждая из цепей подает питание к определенному географическому участку системы огней, так как выход из строя одной цепи может привести к критическому уменьшению системы и ее непригодности для направления действий пилота. К примеру, в системе огней приближения, состоящей из двух цепей, питающих первый и второй участок, в случае отказа одной из цепей может выйти из строя критически важная половина системы, необходимая для выполнения посадки.

Аналогичным образом, установка двух цепей для питания каждой половины огней ВПП в случае отказа оставит пилота без ориентиров на этапе приземления или пробега при посадке. Цель использования нескольких цепей заключается в сохранении различимой схемы огней в случае отказа одной цепи.

Множественные источники питания

2.2.2.Надежность электроснабжения обеспечивается посредством использования резервного источника питания, который включается автоматически в случае отказа подачи питания от основного источника. Разработано оборудование, которое позволяет сократить до минимума временной интервал между отказом системы электропитания и подачей электропитания от резервной системы. Для оборудования, установленного на ВПП, оборудованных для точного захода на посадку, получена высокая скорость переключения, составляющая 0,3-0,5 с. Для других систем скорость переключения изменяется в пределах от 10 до 20 с. Другим используемым методом является эксплуатация резервного генератора в качестве основного

генератора электропитания в течение ответственных промежутков времени, например в условиях низкой видимости или при получении прогноза о грозе. В случае отказа генератора производится переключение на основной источник электроснабжения. Такие системы и их схемы рассматриваются в главе 3.

Резервное питание цепей управления

2.2.3.Часто особое внимание уделяется цепям огней и обеспечению их питанием от резервной системы, но не учитывается необходимость в обеспечении резервных цепей управления системами огней с рабочего места диспетчера ОВД. Вероятность отказа цепи управления может быть равна вероятности отказа цепи огней, что обусловливает необходимость дублирования цепей управления или линий связи.

Проектирование с учетом обеспечения целостности и надежности

2.2.4.Проектирование и монтаж систем аэродромных огней могут влиять на их целостность и надежность иначе, чем выбор компонентов и перемежение цепей. Эти особенности зачастую совпадают с теми, которые используются для сокращения объема и упрощения технического обслуживания. Некоторыми из особенностей, определяемых в проектных решениях, являются следующие:

a) установка кабелей в кабелепроводах (каналах) вместо их непосредственного заложения;

b) использование углубленных огней вместо надземных огней в зонах, где при наземном движении часто происходит столкновение с арматурой огней;

c) обеспечение цепей заземления для всей системы с целью уменьшения воздействия перенапряжений в результате ударов молнии;

d) оборудование арматуры огней нагревательными элементами с целью исключения проблем, связанных с конденсацией влаги, обледенением и т. д.

2.2.5.Для обеспечения высокого уровня надежности проектировщик должен принять во внимание ограничения устанавливаемых компонентов системы по условиям окружающей среды; например, оборудование с рабочим диапазоном температур от +0 до +50 градусов Цельсия следует устанавливать в помещении. Для электронного оборудования, такого как стабилизаторы постоянного тока и источники бесперебойного питания, устанавливаемого в будке для электрооборудования, могут потребоваться средства улучшенной вентиляции. Несмотря на то, что кабель может быть обозначен как подходящий для использования при очень низких температурах, возможность перемещения грунта в зимнее время вследствие замерзания может рассматриваться в качестве основания для использования кабельных каналов вместо непосредственного заложения кабелей.

Проектирование готовности

2.2.6.Проектные решения, влияющие на целостность и надежность, могут также касаться показателя готовности системы A (см. формулу ниже), который можно выразить как отношение ожидаемых значений времени готовности и времени простоя. Эксплуатационная готовность (Ao) будет выражаться как отношение значения средней наработки на отказ (MTBF) к общему периоду, включающему MTBF плюс среднее время простоя (MDT). Это отношение может быть оптимизировано путем минимизации MDT за счет надлежащего обеспечения материалами, инструментами и обученным персоналом. Одним словом, аэропорт должен быть готов выполнить ремонтные работы с целью возврата световой установки в эксплуатацию в минимальный срок.

$$A = \frac{E[\text{время готовности}]}{E[\text{время готовности}] + E[\text{время простоя}]}$$

$$A_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MDT}$$

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

3. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

3.1. Общие Положения

Источники питания для аэродромов следует определять до начала проектирования аэродромных светотехнических установок. Как правило, потребность в электроснабжении светотехнического оборудования визуальных средств составляет только небольшую часть потребляемой аэродромом электроэнергии. Независимо от того, устанавливаются ли визуальные средства на новом аэродроме или выполняется модернизация и расширение существующего аэродрома, следует проанализировать источники питания с точки зрения готовности, мощности, надежности и пригодности для предполагаемой установки и для будущего расширения. Такой анализ должен учитывать использование в случае отказа или неправильной работы основного источника питания требований, приведенных в таблице 12-1 Авиационных Правил Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты (AR-AGA-001).

3.2. Источники Энергии для Коммерческого/Общественного Источника Питания Аэродрома

3.2.1. Большинство аэродромов получают питание через фидеры от объединенной электрической сети за пределами аэродрома. Для крупных аэропортов необходимо обеспечить как минимум два независимых источника электроснабжения, находящихся в разнесенных на значительное расстояние секциях электрической сети за пределами аэродрома; при этом каждый источник должен обеспечивать питанием независимые подстанции, расположенные на территории аэродрома. Так как внешняя сеть, как правило, является объединенной, в реальных условиях может оказаться невозможным определить полностью независимые друг от друга секции. Поэтому выбор должен осуществляться исходя из наименьшей вероятности одновременного отказа обоих источников.

3.2.2. Питание на основную силовую подстанцию аэродрома обычно подается при высоком напряжении (35000, 10000, 6000 В). На аэродромной подстанции напряжение уменьшается до промежуточного значения (10000, 6000 В) для распределения в пределах аэродрома. Может потребоваться дальнейшее понижение напряжения для его согласования с требуемым значением входного напряжения оборудования визуальных средств.

3.2.3. В пределах аэродрома надежность обеспечения питания для отдельных станций может быть улучшена путем использования замкнутой кольцевой входной цепи высокого напряжения со сбалансированной защитой по напряжению на распределительных трансформаторах или путем использования системы с двойным контуром от независимых основных источников питания, работающей как разомкнутые кольца, питаемые от двух трансформаторов на каждой станции. За счет применения централизованного контроля токов повреждения, позволяющего использовать безобрывные переключатели внутри контуров, влияние отказов питания может быть сведено к минимуму. В меньших по размерам аэропортах могут использоваться более простые схемы, обеспечивающие меньшую надежность.

Независимый местный источник питания

3.2.4. Помимо общественного источника питания, некоторые аэродромы по экономическим соображениям могут иметь собственное оборудование для электроснабжения. В качестве местного источника питания может использоваться дизель-генератор, газовый двигатель, турбогенератор или даже солнечная установка, аналогичная показанной на рис. 3-1. Аэродромы в силу своего назначения обычно имеют большие площади открытой неиспользуемой земли. Солнечные установки должны проектироваться/располагаться таким образом, чтобы исключить возможность ослепления пилотов и диспетчеров ОВД и создания помех работе электронных навигационных средств на аэродроме.

Рис. 3-1. Солнечная установка.

3.3. Электроснабжение Визуальных Средств Аэродрома

3.3.1.В таблице 3-2, воспроизводящей таблицу 12-1 в документе Авиационные Правила Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты (AR-AGA-001), перечислены требования к резервному источнику электроснабжения для некоторых видов светотехнического оборудования аэродрома (а именно оборудования для ВПП, оборудованных для неточного захода на посадку; ВПП, оборудованных для точного захода на посадку по категории I; ВПП, оборудованных для точного захода на посадку по категории II/III, и ВПП, предназначенных для взлета в условиях дальности видимости на ВПП менее 800 м). Система огней должна быть спроектирована таким образом, чтобы в случае отказа или неправильной работы основного источника электроснабжения происходило автоматическое переключение на резервный источник в течение заданного интервала времени.

3.3.2.Важно заметить, что понятия "основной" источник питания и "резервный" источник питания представляют собой лишь обозначения, применяемые в отношении источников питания в зависимости от режима их работы и времени прерывания. Как правило, аэродромы используют общественный источник питания и дизель-генератор или отключаемый блок питания (IPU) для электроснабжения систем огней. Как показано на рис. 3-2, в случае ВПП, оборудованных для неточного захода на посадку, и ВПП, оборудованных для точного захода на посадку по категории I, IPU будет обозначаться как "резервный", а общественный источник питания - как "основной" по той причине, что максимальный интервал времени для включения и стабилизации IPU может составлять не более 15 с. В случае ВПП, оборудованных для точного захода на посадку по категории II/III, и ВПП, предназначенных для взлета в условиях дальности видимости на ВПП менее 800 м, установленный интервал времени переключения, равный 1 с, требует, чтобы сначала был введен в действие IPU, который поэтому обозначается как "основной", а общественный источник питания в этом случае - как "резервный". Другим вариантом является метод электроснабжения от статического источника бесперебойного питания (SUPU) для светотехнического оборудования, который обеспечивает прерывание не более чем на 1 с. По сравнению с методом, при котором сначала активируется IPU, этот метод более предпочтителен с точки зрения затрат на топливо и экологических выгод. Аэропорт должен выбрать наиболее подходящий метод с учетом условий электроснабжения и эффективности затрат.

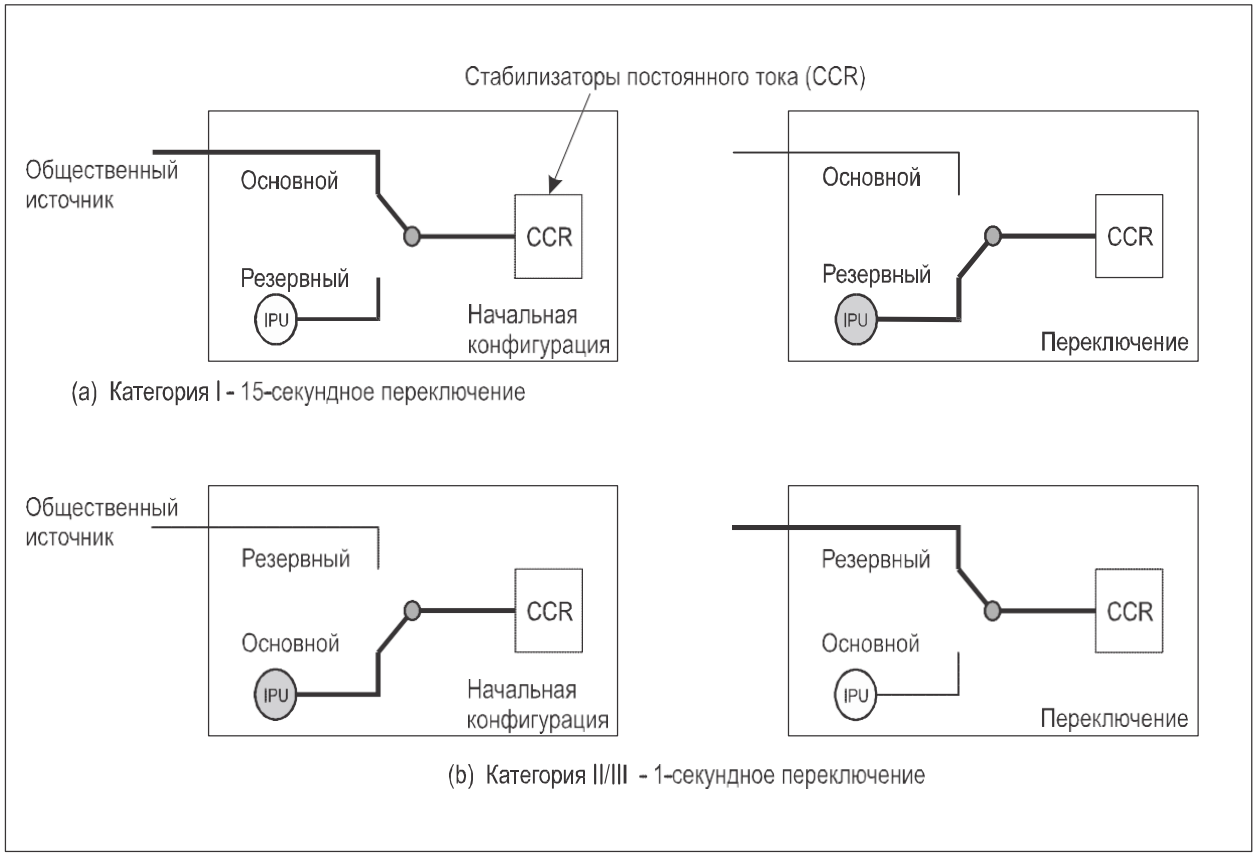


Рис. 3-2. Основной и резервный источники питания

3.3.3.Проще всего рассматривать "питание" как само электричество, а "источник" - как место происхождения питания. Какой источник является местом происхождения какого вида питания (основного или резервного), зависит от режима работы, как показано в таблице 3-1. Выражения "первичный" и "вторичный", как правило, считаются постоянными обозначениями определенных видов оборудования; при этом применение выражений "основной" и "резервный" может быть более уместным, поскольку они указывают режим эксплуатации оборудования.

Таблица 3-1. Питание в зависимости от режима работы

Режим	***Основное питание***	***Резервное питание***
Категория I	Общественный источник питания	Местный генератор
Категория II/III	Местный генератор	Общественный источник питания

3.3.4.В качестве резервного источника питания может использоваться второй общественный источник питания. Однако такое проектное решение требует высокого уровня обслуживания. Целостность операций, обеспечиваемых независимыми общественными источниками питания, зависит от расстояния между такими источниками и их независимости. Если оба источника получают энергию из объединенных распределительных сетей, повреждение в сети может привести к отказу обоих источников. Кроме того, дублирующие источники могут работать не только в резервном режиме и обеспечивать электропитание для других объектов на аэродроме. Такой источник должен иметь достаточную мощность для обеспечения питания важных аэродромных светотехнических средств, когда это требуется. Кроме того, должно быть уделено внимание согласованию защитных устройств, чтобы отказ второстепенной

нагрузки не привел к полному отключению электроснабжения, в том числе обеспечивающего работу визуальных средств.

3.3.5.Несмотря на то, что использование второго общественного или местного независимого источника питания возможно, для электроснабжения визуальных средств аэродрома предпочтительно использовать его собственный местный источник питания в виде двигателя-генератора мощностью от 50 до более чем 1000 кВА. Этот местный источник питания должен быть способен обеспечивать питание в течение периода времени, превышающего максимальный период, необходимый для восстановления подачи питания от основного источника. Установки двигателя-генератора должны работать на протяжении от 24 до 72 ч без дозаправки.

Синхронизация

3.3.6.В качестве альтернативы раздельному включению основного и резервного источников питания аварийный блок питания (IPU) может быть синхронизирован с общественным источником, т. е. они могут быть связаны для одновременной работы, как показано на рис. 3-3. При этом обеспечивается более высокая эффективность использования генерируемой энергии и исключается прерывание подачи питания на стабилизаторы постоянного тока (CCR). В этом случае обозначение питания как "основного" или "резервного" не используется, так как любое из этих обозначений в известном смысле применимо к каждому источнику.

3.4. Источник Бесперебойного Питания

3.4.1.Еще одним альтернативным методом является использование источника бесперебойного питания (ИБП) (иногда называемого источником непрерывного электропитания или системой гарантированного электроснабжения). Как показано на рис. 3-4, изначально общественный источник питания является основным источником питания CCR. В случае отказа общественного источника осуществляется двухэтапный процесс. На этапе 1 ИБП обеспечивает питание CCR. Этот этап может длиться от 15 до 30 мин или дольше в зависимости от размера батарей. До того, как батареи разрядятся, запускается IPU для принятия нагрузки на этапе 2.

3.4.2.Поскольку CCR не подвергаются прерыванию подачи питания перед включением резервного источника, описанный процесс может быть применен к операциям категории II/III. В этом заключается двойное преимущество для аэропорта. Так как IPU является резервным источником питания для категории II/III, время его работы существенно сокращается, что способствует экономии топлива и снижению затрат на техническое обслуживание. Сокращение имеет место также и для операций категории I, так как ИБП может обеспечивать питание при отказах общественного источника, длящихся менее 30 мин. Сопутствующим преимуществом является экологическая выгода, заключающаяся в том, что сокращение времени работы IPU означает уменьшение эмиссии и, следовательно, углеродного следа аэропорта.

3.4.3.Дальнейшая оптимизация метода соблюдения требуемого времени прерывания заключается в разделении определенных видов светотехнического оборудования, таких как посадочные огни ВПП и огни осевой линии/зоны приземления ВПП, как показано на рис. 3-5, так чтобы электропитание последних обеспечивалось ИБП. Таким образом, IPU служит резервным источником питания для всех видов оборудования, используемого в операциях категории II, в соответствии с таблицей 12-1 Авиационных Правил Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты (AR-AGA-001). Когда происходит переключение, ИБП обеспечивает питание огней осевой линии/зоны приземления ВПП, соблюдая требование 1 секунды, а посадочные огни ВПП в течение 15 секунд ожидают включения IPU.

3.4.4.ИБП часто поставляется в виде электронного блока с аккумуляторной батареей для хранения энергии; такое устройство называется статическим источником бесперебойного питания (SUPU). ИБП, состоящий из двигателя и электрогенератора с маховиком для хранения энергии, называется поворотным источником бесперебойного питания (RUPU). RUPU, используемые ранее во многих аэропортах, потеряли популярность в связи с различными связанными с ними проблемами, хотя в настоящее время к ним все чаще возвращаются благодаря технологическим усовершенствованием.

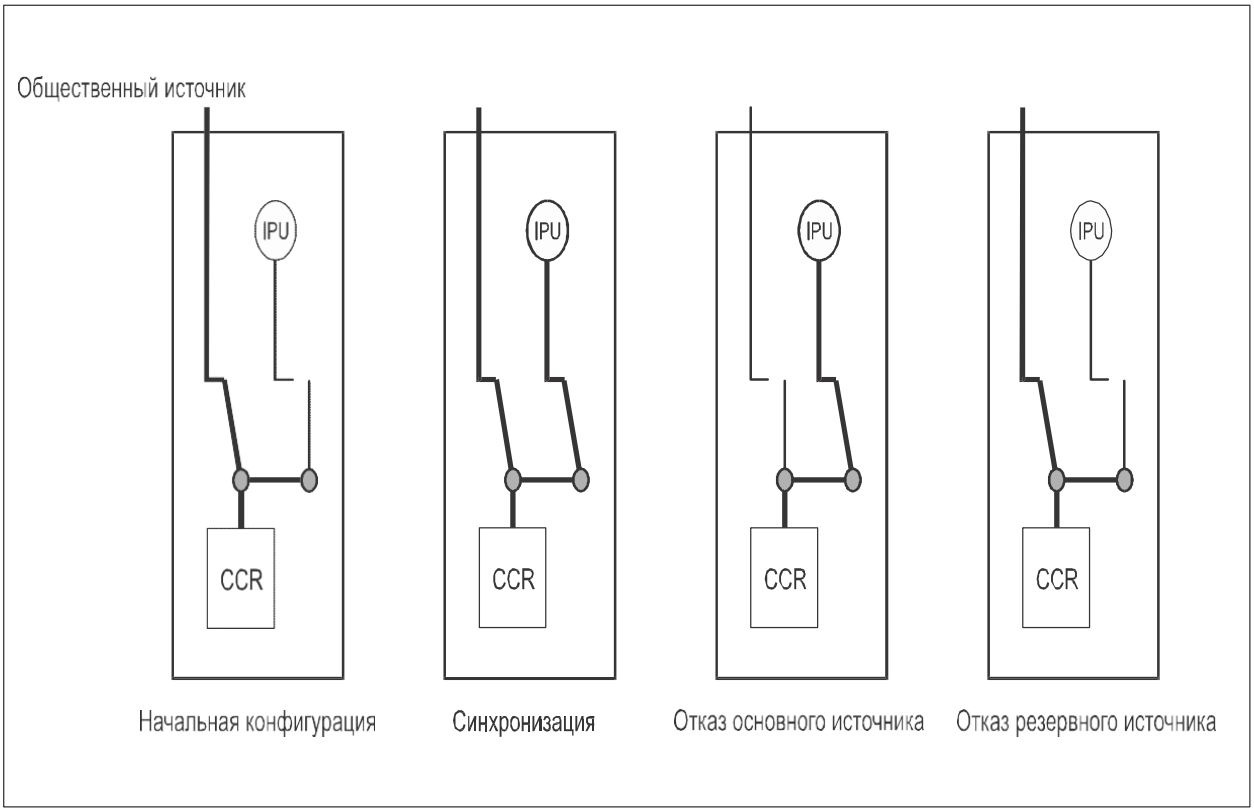


Рис. 3-3. Синхронизация источников

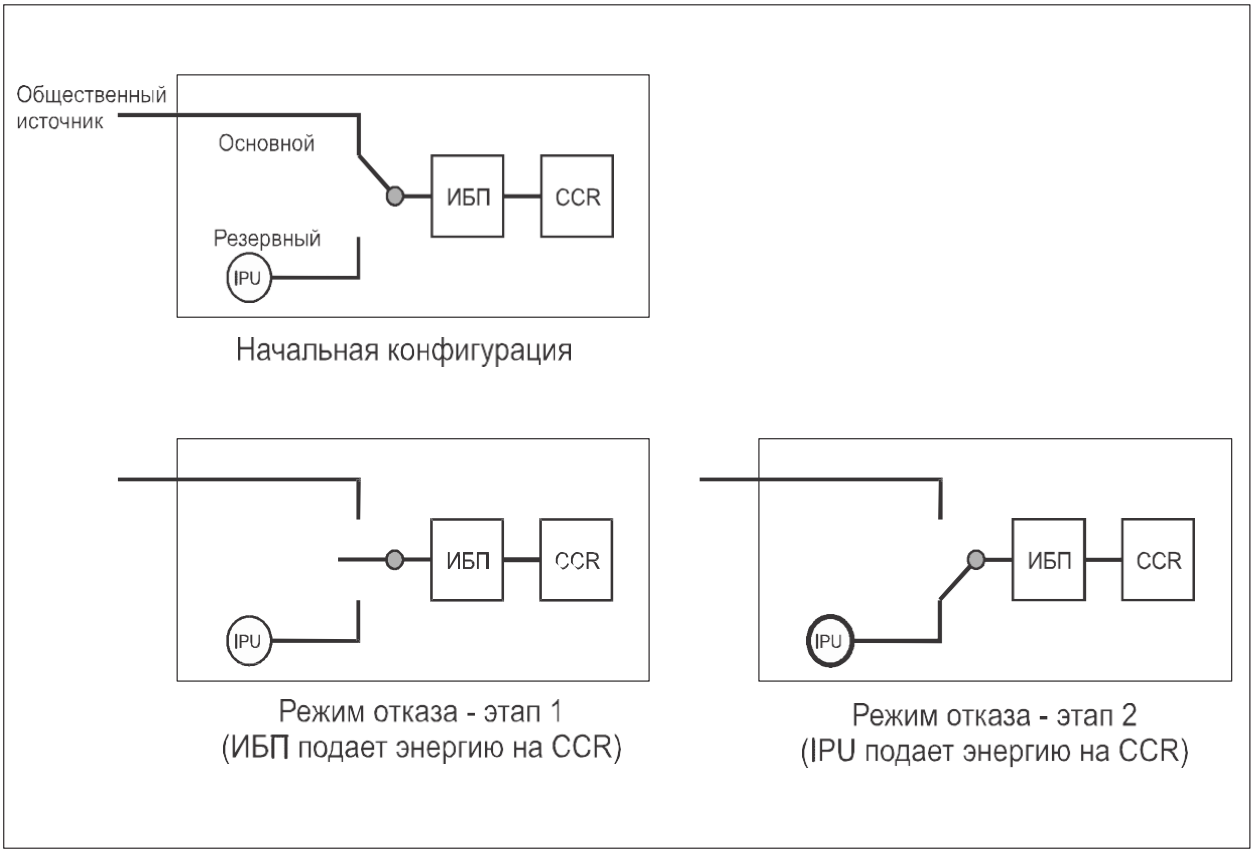


Рис. 3-4. Использование ИБП

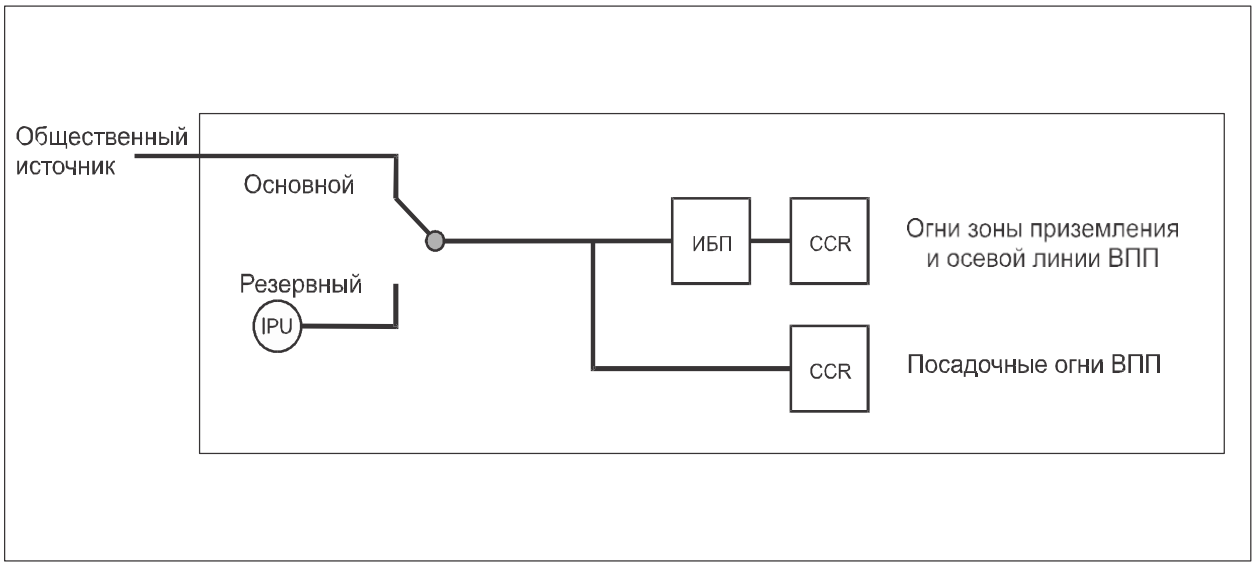


Рис. 3-5. Разделение светотехнического оборудования

Таблица 3-2. Требования, предъявляемые к резервному источнику электроснабжения визуальных средств (фрагмент таблицы 12-1 из Авиационных Правил Азербайджана - Аэродромные Стандарты (AAR-AGA-001).)

ВПП	*Светосигнальные средства, требующие электроснабжения*	*Максимальное время переключения*
Оборудованная для неточного захода на посадку	Система огней приближения Система визуальной индикации глиссады (a) (d) Посадочные огни ВПП (d) Входные огни ВПП (d) Ограничительные огни ВПП Заградительные огни (a)	15 с 15 с 15 с 15 с 15 с 15 с
Оборудованная для точного захода на посадку по категории I	Система огней приближения Посадочные огни ВПП (d) Система визуальной индикации глиссады (a) (d) Входные огни ВПП (d) Ограничительные огни ВПП Огни основной РД (a) Заградительные огни (a)	15 с 15 с 15 с 15 с 15 с 15 с 15 с
Оборудованная для точного захода на посадку по категории II/III	Ближний к ВПП 300-метровый участок системы огней приближения Другие участки системы огней приближения Заградительные огни (a) Посадочные огни Входные огни ВПП Ограничительные огни ВПП Осевые огни ВПП Огни зоны приземления Все огни линии "стоп" Огни основной РД	1 с 15 с 15 с 15 с 1 с 1 с 1 с 1 с 1 с 15 с
ВПП, предназначенная для взлета в условиях дальности видимости на ВПП менее 800 м	Посадочные огни ВПП Ограничительные огни ВПП Осевые огни ВПП Все огни линии "стоп" Огни основной РД (a) Заградительные огни (a)	15 с (c) 1 с 1 с 1 с 15 с 15 с

(a) Обеспечивается резервным источником питания, если их работа необходима для безопасности полетов.
(c) Одна секунда при отсутствии осевых огней ВПП.
(d) Одна секунда при заходах на посадку над опасной или обрывистой местностью.

Требования к времени переключения

3.4.5. В тех случаях, когда отказывает основной источник питания критически важных визуальных средств, нагрузка должна быть переключена на резервный источник питания. При использовании местного источника питания, такого как дизель-генератор, этот источник должен быть запущен, доведен до необходимого числа оборотов и его выходное напряжение должно быть стабилизировано до переключения нагрузки.

3.4.6. "Максимальное время переключения", проиллюстрированное на рис. 3-6, определяется как интервал времени, в течение которого измеренная интенсивность огня восстанавливается до 50 % от исходной величины после ее падения ниже 50 % от исходной величины при

переключении питания, когда огонь функционирует при значениях интенсивности от 25 % и выше. Это не время переключения источников электроснабжения в будке для электрооборудования. По существу, время переключения представляет собой время прерывания, но не подачи электропитания, а работы огней. Это время может быть проверено путем измерения силы света, испускаемого огнем в полевых условиях или испускаемого типовым огнем, установленным в камере. Следует отметить, что при переключении свет, испускаемый лампой накаливания, не падает до нуля благодаря тепловой инерции в нити накала. Это не относится к светодиодным лампам, в случае которых индуктивность в цепи может играть более важную роль.

3.5. Оборудование Компоненты

3.5.1.Компоненты системы электропитания должны быть такого качества, чтобы они обеспечивали надежность, готовность, напряжения и частоты, необходимые для аппаратуры. Основными элементами оборудования, обычно используемого для аэродромных светотехнических средств, являются двигатели-генераторы, устройства переключения электропитания для обеспечения питания при запуске двигателей- генераторов, а также здания или укрытия для этого оборудования.

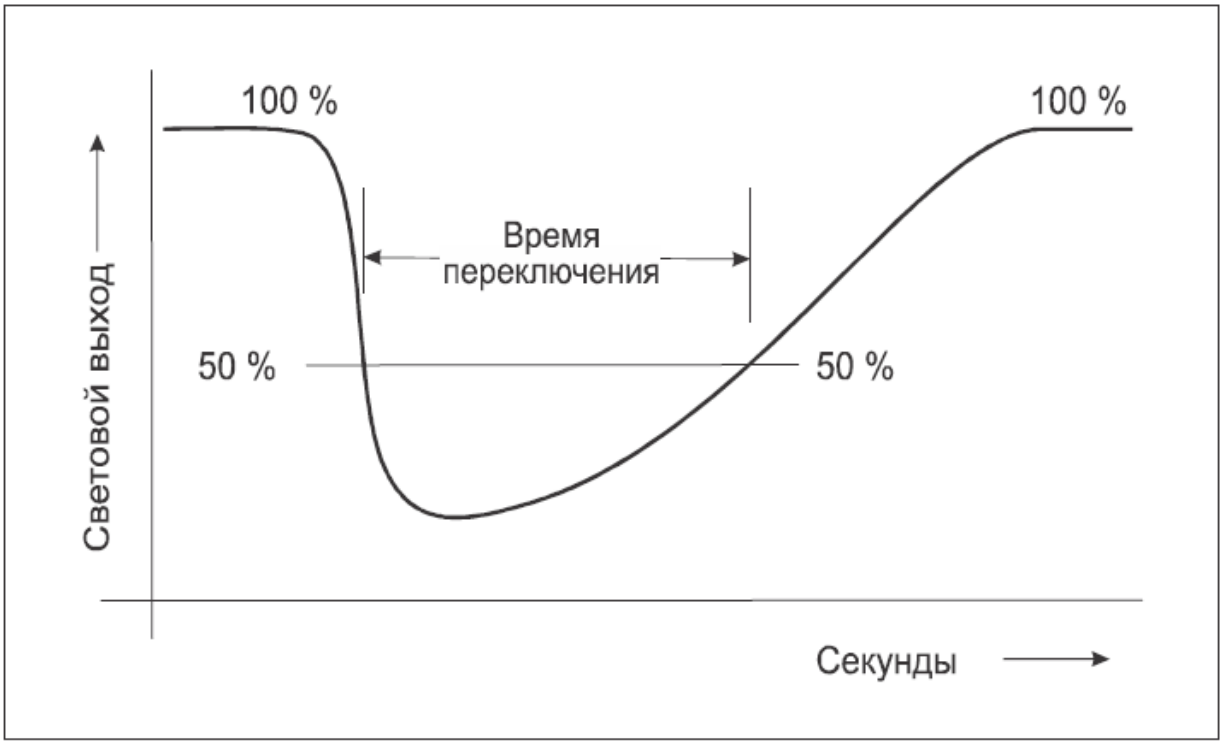


Рис. 3-6. Характеристика времени переключения
Двигатель-генератор

3.5.2.Основным резервным источником питания является установка двигателя-генератора, состоящая из первичного двигателя, генератора, пускового устройства, органов управления запуском и топливного бака. Установки двигателя-генератора для блоков резервного питания, как правило, имеют мощность от 100 до 500 кВА, но могут иметь мощность в диапазоне от 50 до 1000 кВА.

а) *Первичные двигатели.* Первичными двигателями для большинства блоков резервного питания являются бензиновые, дизельные или газовые двигатели или газовые турбины, выбор которых основывается на стоимости и наличии топлива. Как правило, эти первичные двигатели выпускаются в соответствии со стандартными размерами с достаточной мощностью, соответствующей характеристике генератора в киловольт-амперах. Первичные двигатели для большинства крупных аэродромов относятся к типам с быстрым запуском,

которые могут запускаться автоматически, стабилизировать собственное число оборотов и подключаться к нагрузке в течение 15 с.

b) *Генераторы.* Генератор - как правило, генератор переменного тока - механически соединен с первичным двигателем и обеспечивает резервное электропитание при номинальных параметрах частоты, напряжения и мощности блока резервного питания. Эти генераторы могут быть либо однофазными, либо трехфазными. Они должны обладать высокой эффективностью преобразования механической энергии в электрическую (см. рис. 3-7).

c) *Пусковые устройства.* В большинстве установок двигателя-генератора резервного питания используются блоки аккумуляторных батарей для хранения энергии в целях запуска. Вследствие нечастого использования, коротких эксплуатационных периодов, высоких требований к значениям пусковых токов и стоимости для запуска этих устройств наиболее часто используются аккумуляторные батареи свинцово-кислотного типа. Блок аккумуляторных батарей (часто это группа последовательно и/или параллельно соединенных батарей) должен обеспечивать напряжение и ток, необходимые для запуска двигателя в пределах заданного интервала времени и при наиболее неблагоприятных условиях (обычно в условиях низкой температуры -7 °C), в которых предполагается работа блока резервного питания. Зарядное устройство аккумуляторной батареи с защитой от сверхтока и избыточного заряда постоянно подключено к электрическому питанию для поддержания аккумуляторных батарей в заряженном состоянии. Блок аккумуляторных батарей должен хорошо проветриваться для предотвращения скопления газообразного водорода и должен быть защищен от возникновения дуговых разрядов, искр или пламени, которые могут вызвать взрыв скопившегося газа. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи могут использоваться в тех случаях, когда специальные условия оправдывают их высокую первоначальную стоимость. Маховые колеса, баллоны со сжатым воздухом, устройства хранения энергии, отличные от аккумуляторных батарей, для запуска двигателя используются нечасто вследствие ненадежности или фактора стоимости.

d) *Средства управления запуском.* Средства управления установкой двигателя-генератора, как правило, обеспечивают автоматический запуск с использованием датчика отказа основного питания, являющегося частью устройства переключения. В некоторых случаях для оборудования с пониженными критическими требованиями используется ручное или дистанционное управление. После запуска двигателя-генератора его обороты и мощность автоматически регулируются двигателем, и электрическая нагрузка подключается устройством переключения. Двигатель-генератор должен работать автоматически без регулировки или необходимости контроля за ним. Переключение вновь на общественный источник питания и остановка двигателя могут выполняться автоматически или с помощью дистанционного управления.

e) *Подача топлива.* Как правило, жидкое топливо для IPU хранится в баках близко к месторасположению двигателя-генератора. Емкость топливных баков должна соответствовать максимальному предполагаемому времени работы двигателя-генератора должен быть предусмотрен такой период времени, который, как правило, должен по крайней мере в два раза превышать максимальную ожидаемую продолжительность условий, которые могут потребовать использования резервного питания. Иногда установка снабжается внешним топливным баком и внутренним "дневным баком" меньшего размера. Топливные баки и соединения должны отвечать всем требованиям безопасности и должны обеспечивать удобный доступ для заправки. В этих топливных баках также должны предусматриваться приспособления для проверки на предмет загрязнения топлива, особенно в отношении накопления воды в баке.

Рис. 3-7. Установка дизель-генератора

Переключение электропитания

3.5.3.Для переключения питания с основного на резервный источник необходимо соответствующее устройство переключения. Для режима ручного запуска и управления это может быть простой переключатель или реле, которые отключают нагрузку от одного источника питания и подключают ее к другому источнику питания. Для автоматического переключения необходимы дополнительные средства управления. Как правило, они объединяются в один блок управления или панель. Такой блок должен воспринимать отказ основного питания, начинать запуск резервного блока питания, определять, что напряжение и частота генератора соответствующим образом стабилизированы, и подключать нагрузку к генератору. Этот блок может также отключать несущественные нагрузки и оборудование, которые не должны получать питание от резервного источника, и переключать эти нагрузки на основной источник после того, как его работоспособность будет восстановлена. Переключатели или реле для отключения и подключения нагрузки должны быть способны управлять расчетной нагрузкой генератора. Функционирование этих переключателей или реле является аналогичным как для 15-секундного, так и для 1-секундного интервала времени переключения, хотя для обеспечения наименьшего времени переключения могут потребоваться более быстродействующие реле. При 15-секундном интервале времени переключения питания каждый датчик должен реагировать менее чем через 3 с, поскольку двигателям с быстрым запуском требуется не менее 10 с для запуска и стабилизации (см. рис. 3-8).

Рис. 3-8. Панель переключения

3.6. Будки и Навесы для Электрического Оборудования

Навесы

3.6.1. Большая часть электрического оборудования светотехнических и других средств аэропорта располагается в будках или под специальными навесами с целью защиты от погодных явлений и для лучшей безопасности. Подстанции высокого напряжения располагаются, как правило, на открытом воздухе, а распределительные трансформаторы среднего напряжения часто устанавливаются на монтажных площадках трансформаторов, защищенных ограждением. Большинство будок для электрооборудования находится над землей и выполняется из огнеупорных материалов. Железобетон для полов и бетонные или шлакобетонные блоки и/или кирпич для стен являются материалами, обычно используемыми в таких будках. Использование таких материалов снижает опасность электрического удара, замыкания электрических цепей и возгорания. Иногда в качестве навесов для трансформаторов и установок двигателя-генератора используются металлические конструкции заводского изготовления. Эти укрытия используются в качестве помещения для оборудования распределения и управления электропитанием, резервного электропитания и различных устройств, применяемых для обеспечения электропитания и управления светотехническими системами аэропорта. Укрытия должны иметь достаточные размеры, чтобы вмещать необходимое оборудование и не допускать его скученности, и могут быть разделены на отдельные помещения с целью усиления изоляции оборудования и выполняемых работ. На рис. 3-9 показан пример будки для электрооборудования.

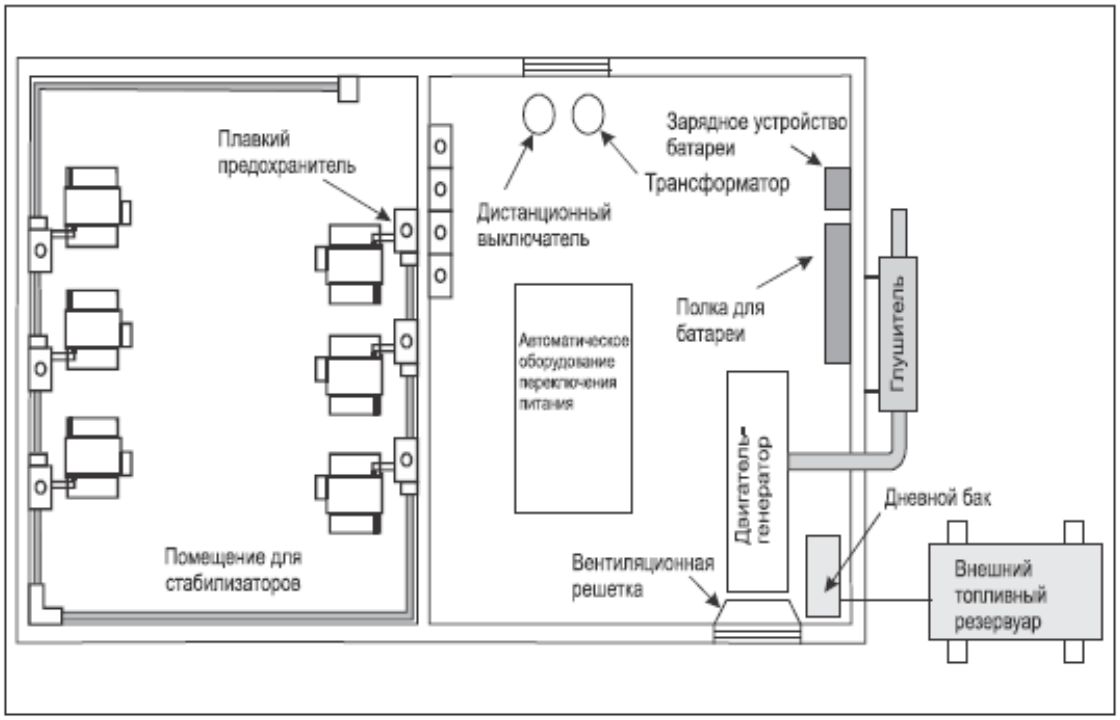


Рис. 3-9. Будка для электрооборудования (источник: UFC-3-535-01)

Расположение

3.6.2.Будки для электрооборудования не должны располагаться в местах, где они могут нарушить поверхности ограничения препятствий. Расстояния от рабочего места диспетчера ОВД до будок должны быть достаточно малыми для избежания чрезмерного падения напряжения в кабелях управления. Допустимая длина этих кабелей различается в зависимости от сечения кабеля, управляющего напряжения и типов используемых реле управления. Однако в некоторых более протяженных системах управления длина кабелей управления ограничивается величиной в 2250 м. К будкам необходим доступ транспорта при любых погодных условиях, и желательно, чтобы они в минимальной степени препятствовали движению воздушных судов. Расположение должно быть удобным для подключения соответствующих сетей и оборудования систем огней, обеспечивая при этом наименьшую длину питающих кабелей.

3.6.3.Будки должны быть изолированы от других зданий и сооружений с целью предотвращения распространения пожаров или взрывов, за исключением укрытий для установок резервных двигателей-генераторов, которые могут размещаться рядом с будкой для электрооборудования с целью сокращения длины и размеров кабеля и для упрощения системы переключения питания.

3.6.4.Для аэродромов с системами огней подхода могут потребоваться отдельные будки для оборудования огней подхода для каждой системы огней подхода. На крупных аэродромах возможно целесообразно использование будки рядом с каждым концом ВПП или системой огней подхода для облегчения расположения цепей светотехнического оборудования и улучшения целостности систем.

3.6.5.Термин "электрический центр поля" (FEC) означает место в центре или вблизи центра летного поля, при проведении из которого питающих кабелей к световой нагрузке их длина будет минимальной.

Специальные условия

3.6.6.В качестве сооружений специального назначения будки для электрооборудования могут потребовать определенных особенностей конструкции для обеспечения безопасности и надежной работы оборудования (см. рис. 3-10). Некоторые из этих особенностей следующие:

a) **Вентиляция.** Должна быть обеспечена соответствующая вентиляция для предотвращения повышения температуры трансформаторов до величин, превышающих предписанные изготовителем значения. Большая часть электрических тепловых потерь должна удаляться с помощью вентиляции; только незначительная часть может рассеиваться стенами будки. В некоторых сводах правил по электрическому оборудованию рекомендуется предусматривать 20 $см^2$ чистой площади вентиляционной решетки на каждый кВА мощности трансформатора. В местностях с температурой выше средних значений, например в тропических или субтропических районах, площадь решетки должна быть увеличена или дополнена принудительной вентиляцией.

b) **Доступ.** Должен быть предусмотрен соответствующий доступ для ремонта, технического обслуживания, установки и демонтажа оборудования. Должен быть обеспечен достаточный доступ для доставки наливного топлива (например, для автоцистерны).

c) **Дренаж.** Для всех будок должен быть дренаж. В тех случаях, когда обычный дренаж неосуществим, предусматривается отстойник, позволяющий использовать портативный насос.

d) **Безопасность.** Каждая будка для электрооборудования должна быть оборудована в целях предотвращения непреднамеренного или умышленного доступа посторонним лицами. Такая мера безопасности необходима для предотвращения помех работе оборудования и для защиты этих лиц от возможного электрического удара. Используемые средства защиты включают окна с решетками или сетками, мощные металлические двери с висячими замками и защитное ограждение.

e) **Освещение будок.** Будки для электрооборудования должны иметь достаточное освещение для эксплуатации их как в дневных, так и в ночных условиях. Как правило, освещение обеспечивается внутренними лампами, размер, тип и размещение которых создают хорошую видимость во всех зонах. Плохая видимость может увеличить возможность происшествий, результатом которых может стать электрический удар или неправильное управление и регулировка. Будка должна быть оснащена аварийным освещением, которое начинает функционировать при отказе основного источника питания.

f) **Местные средства связи.** Большинство будок для электрооборудования должны быть обеспечены удобными и надежными средствами связи с рабочим местом диспетчера ОВД, другими будками и, возможно, с другими объектами или службами. Системы специальной телефонной или внутренней связи, возможно, исключат внешние помехи этим цепям, но могут использоваться и другие заслуживающие доверия способы.

g) **Кабелепроводы.** Будки для электрооборудования должны снабжаться достаточным количеством кабелепроводов и отверстий для ввода кабелей, чтобы избежать модификации конструкции на более позднем этапе при установке дополнительных входных или выходных цепей. Такие вводы кабелей, как правило, выполняются через подземные кабелепроводы, которые могут быть соединены с существующими кабельными каналами, кабелями, непосредственно заложенными в землю, или с неиспользуемыми кабелепроводами, которые могут быть использованы в будущем при расширении сети. Неиспользуемые кабелепроводы должны быть заглушены, а концы уложенного кабеля должны быть заделаны герметически.

h) **Установка оборудования.** Оборудование, в частности, крупные блоки, например стабилизаторы, распределительные трансформаторы, панели управления и селектор сетей или устройства управления, должны быть расположены так, чтобы обеспечить простую, строгую схему размещения. При размещении необходимо учитывать аспект безопасности, в частности, необходимость защиты от электрических соединений высокого напряжения, а также должен быть предусмотрен доступ к оборудованию и органам управления. В тех случаях, когда это возможно, электрические цепи следует также располагать согласно простой схеме. Необходимо соблюсти применимые нормы безопасности, относящиеся к выполнению работ с электрооборудованием, при установке всех электрических цепей и органов управления. Для целей технического обслуживания дизель-генераторов должен быть предусмотрен потолочный рельсовый подъемник.

i) Если двигатель-генератор и распределительное устройство расположены в отдельном от стабилизаторов постоянного тока помещении, соединение должно осуществляться путем помещения фидерного кабеля в канал с бетонной облицовкой или стальную трубу без сращиваний или промежуточных смотровых отверстий. Если они расположены на относительно большом удалении, соединение следует осуществлять посредством двойного фидерного кабеля.

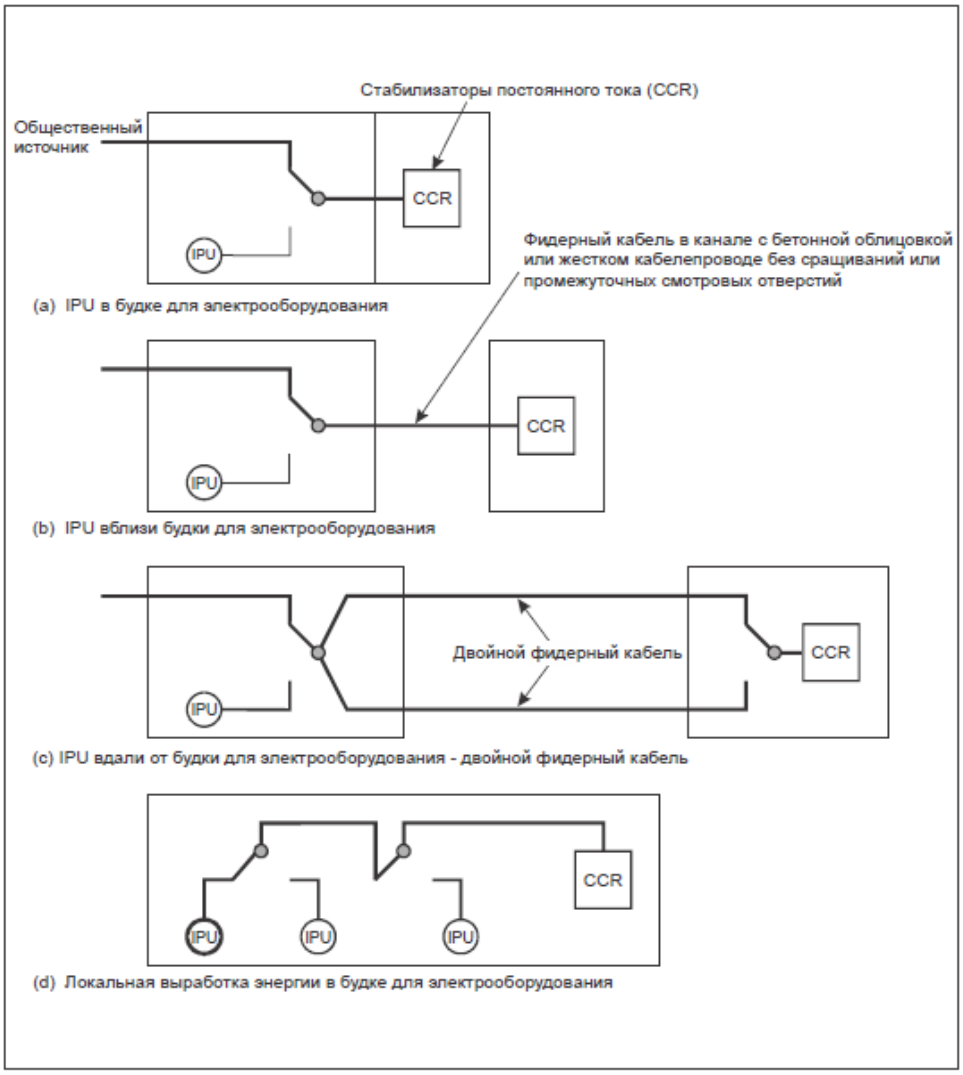


Рис. 3-10. Конфигурации IPU

Конденсаторы

3.6.7. *Типы конденсаторов.* Для улучшения коэффициента мощности нагрузки, питаемой от сети, используются шунтирующие конденсаторы. При применении конденсаторов должны быть учтены следующие положения:

(a) *Постоянное значение емкости.* Постоянное значение емкости соответствует величине емкости, которая при сниженной нагрузке может быть подключена постоянно без чрезмерного увеличения напряжения.

(b) *Переключаемое значение емкости.* Переключаемое значение емкости соответствует дополнительной величине емкости, которая может быть подключена в том случае, если предусмотрено отключение этой дополнительной величины емкости при сниженной потребности.

(c) *Переключение конденсаторов.* Тип переключения конденсаторов выбирается исходя из конкретных условий. Возможные варианты выбора включают дистанционное управление устройством переключения конденсаторов, временное управление, релейное управление коэффициентом мощности или релейное управление по напряжению.

3.6.8.*Расположение конденсаторов.* Конденсаторы устанавливаются в виде батареи, на уровне земли или на подстанции по возможности ближе к центру тяжести зоны, где требуется соединение.

3.6.9.*Выключатели.* Выключатели используются для локализации дефектных участков воздушных или подземных сетей и выполнения работ с обесточенной сетью. Выключатель должен быть одного из следующих основных типов:

(a) *Разъединители.* Разъединители используются только для размыкания сетей, которые не несут существенной нагрузки. Выбирается применимый тип в зависимости от важности сети, нагрузки, напряжения и режима отказа сети. Имеющиеся типы включают фарфоровые размыкающие плавкие предохранители, простые или плавкие однополюсные воздушные разъединители и плавкие предохранители различных видов. В качестве разъединителей могут также использоваться размыкающие переключатели и выключатели с роговым разрядником. Расчетное значение тока замыкания у всех таких разъединителей должно превышать величину тока короткого замыкания сети.

(b) *Выключатели нагрузки.* Выключатели нагрузки снабжаются устройствами отключения, способными выполнять отключение сетей под нагрузкой. В наличии имеются плавкие предохранители, служащие в качестве выключателей нагрузки, и прерыватели нагрузки. Вакуумные выключатели также обеспечивают возможность отключения нагрузки.

3.6.10. *Счетчики.* Для целей технического обслуживания на электрическое оборудование могут быть установлены счетчики событий и счетчики времени наработки (см. рис. 3-11).

Рис. 3-11. Счетчик времени наработки

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПИТАНИЯ

4.1. Общие Положения

Рассматриваемое в настоящей главе оборудование относится к оборудованию, используемому при передаче электропитания для светотехнических средств аэродрома между основной подстанцией (подстанциями) аэродрома и укрытиями для светотехнического оборудования или локальными распределительными трансформаторами. Описание оборудования приводится в виде общих характеристик и потребностей и, как правило, не относится к конкретным типам или единицам оборудования. Типы оборудования и количество устройств будут значительно различаться в зависимости от размера и сложности аэродрома.

Экономические аспекты являются важной частью критериев установки, и следует использовать только оборудование, имеющее преимущество в отношении характеристик, безопасности, надежности и целостности. Используемые цепи и оборудование должны предусматривать разумное расширение системы. Эффективное использование электроэнергии всегда является желательной целью, однако стоимость энергии для светотехнических средств аэродрома обычно является довольно небольшой частью общих энергозатрат аэродрома, и не следует ради ее экономии чрезмерно увеличивать стоимость установки или снижать характеристики, уровень безопасности или степень надежности. Необходимо соблюдать местные правила электробезопасности (см. рис. 4-1).

4.2. Фидерные Сети Основного Питания

Как правило, для распределения на аэродроме основного питания его напряжение понижается на главной подстанции аэродрома. Для крупных аэродромов это питание на первом этапе может соответствовать промежуточному напряжению (как правило, от 6000 до 35000 В), но для меньших по размерам и менее сложных аэродромов питание может распределяться при среднем значении напряжения (как правило, от 6000 до 10000 В). Расстояние и полная нагрузка сети являются важными факторами при определении уровня напряжения электропередачи.

В системах распределения промежуточного напряжения питание часто подводится к подстанциям, где его напряжение понижается до среднего значения напряжения для местного распределения. Может использоваться комбинация этих систем распределения напряжения. Основное питание передается от главной подстанции на местную подстанцию или на распределительные площадки обычно через многофазные сети по находящимся над землей (воздушным) линиям, подземным линиям или с помощью их комбинации.

Располагаемые над землей линии являются менее дорогостоящими для установки и обычно используются именно они, если это осуществимо, но эти линии в большей степени могут быть подвержены повреждениям и в некоторых зонах представляют опасность для воздушных судов, а также создают электромагнитные помехи другому оборудованию. Линии электропередачи, которые заходят на площадь маневрирования или располагаются вблизи нее, обязательно устанавливаются под землей. Подземные питающие кабели обычно устанавливаются в каналах, но иногда закладываются прямо в землю. Каждый тип сети, как воздушной, так и подземной, предусматривает определенные типы оборудования и конструкции.

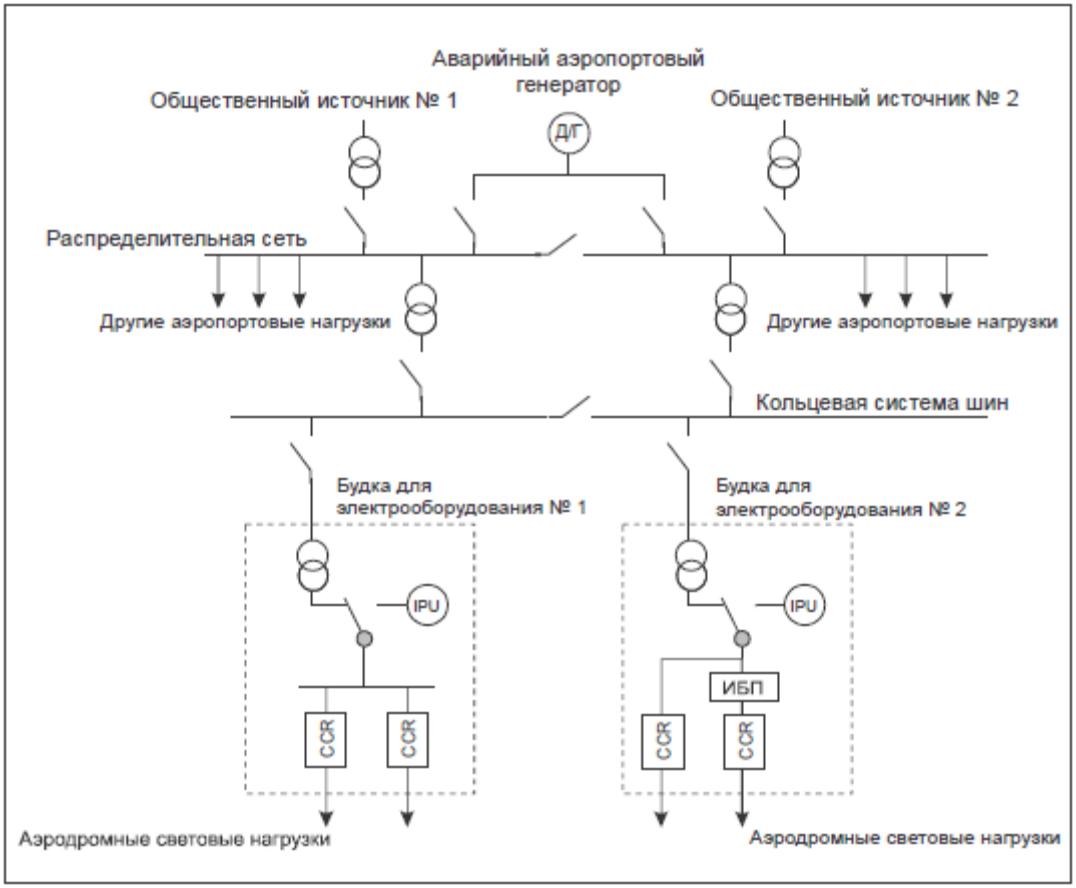


Рис. 4-1. Схема распределения питания

4.3. Надземные (Воздушные) Системы Распределения Основного Питания

При проектировании системы распределения питания следует учитывать следующие факторы:

(a) *Применение.* Воздушная система распределения используется вместо подземной системы распределения в тех случаях, когда это осуществимо. Воздушную систему распределения не следует использовать для установки на территории аэропорта.

(b) *Мощность.* На каждом участке сети должна быть предусмотрена резервная мощность. Пиковые нагрузки не связаны непосредственно с резервной мощностью.

(c) *Размер проводов.* Размер проводов должен выбираться в соответствии с требуемой допустимой нагрузкой по току и, если необходимо, с учетом ограничения на падение напряжения.

(d) *Опасность для воздушных судов.* Конструкция воздушной системы распределения должна отвечать требованиям в отношении поверхностей ограничения препятствий. В некоторых случаях воздушное распределение может быть недопустимым из-за полетов вертолетов.

4.4. Стабилизаторы Напряжения в Линии

Для коррекции изменений напряжения в линии, возникающих в результате изменения нагрузок или изменений входного напряжения, обеспечиваемого энергоснабжающей компанией, используются стабилизаторы. Не применяйте стабилизаторы для коррекции чрезмерных падений напряжения. Вольтодобавочные трансформаторы, которые корректируют падение напряжения, следует использовать только в редких обстоятельствах, поскольку в большинстве

случаев правильное проектирование исключает чрезмерное падение напряжения.

(a) *Номинальные характеристики.* Выбирайте номинальные характеристики стабилизирующих устройств в соответствии с величиной требуемой стабилизации.

(b) *Выбор типов устройств.* Выбирайте тип стабилизаторов, постоянных конденсаторов, переключаемых конденсаторов, многоступенчатых стабилизаторов (переключателей ответвлений с механическим приводом) и индукционных стабилизаторов (с бесступенчатым изменением напряжения).

(c) *Многоступенчатые, или индукционные стабилизаторы.* Предусмотрите компенсацию падения напряжения в линии для автоматической работы в том случае, когда такие стабилизаторы используются более чем для одного источника или когда в одной сети используется более одного стабилизатора.

4.5. Линии Питания

Выбирайте тип линий питания в соответствии с типом используемой сети и условиями, в которых она работает, из следующих вариантов:

a) Неизолированный провод (голый или защищенный от атмосферных влияний) на изоляторах.

b) Воздушный кабель, самонесущий или поддерживаемый с помощью кабеля из высокопрочной стали (несущего троса), состоящий из изолированных, собранных в пучок одножильных кабелей или многожильного кабеля.

4.6. Материалы Опорных Конструкции для Линии

Для полноты описания здесь следует упомянуть об оборудовании, монтируемом на опоре. Однако монтажа на опоре необходимо избегать, особенно вблизи зон захода на посадку и зон маневрирования.

a) *Столбы.* Могут использоваться деревянные, железобетонные или металлические (стальные или алюминиевые) столбы. Бетонные или металлические столбы следует использовать только в тех случаях, когда они являются более экономичными или имеются специальные соображения, оправдывающие их использование.

b) *Основания.* Предусмотрите основание или усиление для нижней части столба в соответствии с требованиями к закладке фундамента.

c) *Конструкция.* Конструкция воздушных линий без траверс обычно является менее дорогостоящей, чем конструкция с траверсами, и использованию конструкции такого типа следует отдать предпочтение. Также более предпочтительно использовать многожильный распределительный кабель с большим нейтральным проводом в качестве поддерживающего элемента по сравнению с отдельными поддерживаемыми проводами. Используйте траверсы главным образом в качестве опорной конструкции для оборудования.

d) *Оттяжки и якоря.* Предусмотрите оттяжки и якоря для поддержки столбов или мачт линий с целью уравновешивания несбалансированных горизонтальных нагрузок, обусловленных угловыми конструкциями и окончаниями линий, а также в тех случаях, когда это требуется вследствие чрезмерных ветровых нагрузок. Уточните по каталогам изготовителей типы земляных якорей и их конструктивные данные. Выбирайте оборудование, пригодное для конкретных грунтовых условий, и используемый метод сооружения.

e) *Аэронавигационные маркеры.* В зависимости от месторасположения на воздушные линии электропередачи может требоваться установка маркеров, например в виде шаров, в соответствии с государственными стандартами маркировки и освещения препятствий.

4.7. Провода

4.7.1.Выбирайте провода для воздушных линий на столбах с учетом аспектов установки, эксплуатации и технического обслуживания. В особых случаях могут потребоваться провода большего размера. Во всех случаях необходимо убедиться в том, что тип и размер используемых проводов обеспечивают достаточную прочность применительно к длинам пролета и условиям нагружения.

4.7.2.В особых случаях следующие провода могут быть пригодными для использования в качестве основных проводов:

a) воздушный кабель, представляющий собой изолированный медный или алюминиевый провод, смонтированный в неметаллической или металлической оболочке, который поддерживается с помощью стального кабеля (несущего троса), используется в тех случаях, когда необходимо исключить опасность, связанную с воздействием неизолированных проводов, например для высоконадежной работы в районах с интенсивными штормами;

b) составные материалы проводов, например сталь с медным покрытием, сталь с алюминиевым покрытием, гальванизированная сталь или бронза, используются для обеспечения высокой прочности и стойкости к коррозии.

Разнородные провода

4.7.3.В тех случаях, когда необходимо подсоединить алюминиевые провода к медным, в соответствии с указаниями изготовителя следует установить соответствующие разъемы, специально предназначенные для такого использования.

4.8. Трансформаторы

Монтаж трансформаторов

4.8.1.Устанавливайте трансформаторы на столбах или на уровне земли. В тех случаях, когда корпус из листового металла не защищает от несанкционированного вмешательства, для устанавливаемых на земле блоков следует предусматривать ограждение. Следует использовать бетонную или кирпичную конструкцию в тех случаях, когда неблагоприятные погодные условия делают такую установку желательной.

a) *Монтаж на одном столбе.* При монтаже на одном столбе ограничьте размер однофазных или трехфазных блоков в соответствии с утвержденной практикой.

b) *Монтаж на столбовой платформе.* Монтаж на столбовой платформе (конструкция с использованием двух столбов) не следует использовать, за исключением случаев, когда не являются удовлетворительными другие методы. Для установок в 225 или 500 кВА монтируемые на бетонной плите трансформаторы, разделенные на отсеки, представляются желательной экономичной альтернативой устройствам, монтируемым на столбах.

c) *Монтаж на земле.* При монтаже на земле на бетонном основании не существует ограничения по мощности в киловольт-амперах. Обычно защищенные от несанкционированного вмешательства трансформаторы (классифицируемые как устанавливаемые на бетонной плите блоки, разделенные на отсеки) не должны предписываться для мощностей выше 500 кВА.

Мощность

4.8.2.Выбирайте трансформаторы со стандартными расчетными значениями мощности в киловольт-амперах и входного и выходного напряжения в качестве однофазных или трехфазных устройств. Для некоторых установок могут быть желательны трансформаторы с переключателями входного напряжения для выбора наиболее подходящего уровня входного напряжения.

Установка в помещении

4.8.3.Масляные (воспламеняющиеся) трансформаторы не следует устанавливать внутри помещений, за исключением будок, соответствующих требованиям применимых норм в отношении электрического оборудования. Такие будки следует предусматривать только в тех случаях, когда другие типы трансформаторов являются менее экономичными или запрещены к установке согласно особым соображениям. В тех случаях, когда такая будка не предусматривается, выбирайте для установки внутри помещения трансформаторы следующих типов:

a) с жидким наполнителем с высокой температурой воспламенения;

b) сухой вентилируемый;

c) сухой герметичный;

d) безопасный с элегазовой изоляцией.

Токсичные изолирующие жидкости

4.8.4.В трансформаторах не следует использовать полихлордифенилы (ПХД) или другие высокотоксичные изолирующие жидкости. Утечка или неправильное обращение с этими химикатами в ходе эксплуатационных испытаний может представлять опасность для персонала.

4.9. Устройства Размыкания Цепи

Плавкие предохранители

4.9.1.После определения необходимых значений допустимой нагрузки по току, разрывной способности и времятоковых характеристик плавления и размыкания следует выбрать тип плавких предохранителей из числа следующих:

a) открытая плавкая вставка;

b) предохранитель выхлопного типа;

c) предохранитель, наполненный борной кислотой;

d) предохранитель токоограничивающего типа.

Автоматические выключатели

4.9.2.Согласуйте параметры автоматического выключателя с режимом отключения нагрузки и с автоматическими выключателями и плавкими предохранителями, установленными до и после автоматического выключателя.

Автоматы повторного включения цепи

4.9.3.Использование автоматов повторного включения не только для нагрузок воздушных линий может вызвать проблемы, связанные с замыканием на землю с большим сопротивлением. В случае если используется автомат повторного включения цепи, рассмотрите требования к надежности и непрерывности работы. Автоматы повторного включения могут состоять из автоматического выключателя сети или нескольких устройств переключения. Автоматы повторного включения работают таким образом, что отказавшая цепь может отключаться, а затем либо мгновенно, либо с преднамеренной временной задержкой включаться повторно. Может использоваться до трех повторных включений с различными временными интервалами. Автоматы повторного включения должны быть согласованы с предохранителями или автоматическими выключателями в той же цепи.

Выключатели

4.9.4.Используйте выключатели для локализации дефектных участков воздушных или подземных цепей и выполнения работ с обесточенной цепью. Выбирайте выключатель одного из следующих основных типов:

a) *Разъединители.* Используйте разъединители только для размыкания цепей, которые не несут существенной нагрузки. Выбирайте применимый тип в зависимости от важности

цепи, нагрузки, напряжения и режима отказа цепи. Имеющиеся типы включают фарфоровые размыкающие плавкие предохранители, простые или плавкие однополюсные воздушные разъединители и плавкие предохранители различных видов. В качестве разъединителей могут также использоваться размыкающие переключатели и выключатели с роговым разрядником.

b) *Выключатели нагрузки.* Выключатели нагрузки снабжаются устройствами отключения, способными выполнять отключение цепей под нагрузкой. В наличии имеются плавкие предохранители, служащие в качестве выключателей нагрузки, и прерыватели нагрузки. Вакуумные выключатели также обеспечивают возможность отключения нагрузки, однако для таких выключателей могут потребоваться устройства защиты от перенапряжений с целью компенсации переходного процесса.

4.9.5.Устройства размыкания цепи должны быть съемными, чтобы их можно было быстро заменить в случае отказа.

4.10. Молниезащита

4.10.1. Для определения требований к молниезащите рассмотрите возможность использования молниезащитного троса, открытых или стреляющих разрядников и грозозащитных разрядников (молниеотводов) распределительного типа (в соответствии с требованиями «Правил устройств электроустановок)». Следует также учитывать погодные факторы. Защита от наведенных молнией импульсов напряжения может оказаться излишней в районах, где грозы являются редким явлением. Выбирайте надлежащий молниеотвод в зависимости от выбранного основного импульсного уровня прочности изоляции, в соответствии с которым должна быть выполнена цепь.

4.10.2. Уровень грозовой активности описывает активность молнии и грома в данном районе. Он определяется как количество дней в году, в которые может быть слышен гром. Это число в некоторых районах может существенно различаться от года к году, поэтому уровень грозовой активности рассчитывается как долгосрочная средняя величина. В районах умеренного пояса эта величина составляет от 10 до 30; в африканском топическом лесу она может превышать 180. Годовое количество ударов молнии, приходящихся на один квадратный километр земли (Ng) может быть рассчитано для регионов умеренного пояса по следующей формуле:

$$N_g = 0{,}04\ T_d^{\ 1{,}25},$$

где T_d - уровень грозовой активности.

Примечание. *На практике уровень грозовой активности используется для установления стандартов безопасного проектирования электрических систем в сооружениях, соединенных с местной электрической сетью.*

4.10.3. Чем больше ударов молний происходит в течение года, тем выше риск поражения светотехнических средств в контролируемой зоне: на нижеприведенном рисунке показана карта мира с наложенными линиями грозовой активности (т. е. линиями, обозначающими территории с одинаковым количеством грозовых дней в году). Более точной картой каждой зоны должно располагать соответствующее государственное метеорологическое ведомство. Имеются также карты, показывающие плотность ударов молнии, или количество ударов молнии на квадратный километр в год (см. рис. 4-2).

4.11. Изоляционные Расстояния

Предусмотрите необходимые горизонтальные и вертикальные расстояния от соседних физических объектов, таких как здания, сооружения и другие электрические линии, в соответствии с положениями применимых норм безопасности для электрического оборудования. Предусмотрите возможность непредвиденных помех, таких как сломанные столбы, сломанные поперечины и оборванные провода сети. Предусмотрите расстояния, необходимые в связи с многоцелевым совместным использованием столбов. Обратитесь к правилам безопасности для электрического оборудования за информацией относительно безопасных расстояний для зоны подъема на высоту, совместного использования и защиты

питающих проводов.

4.12. Заземление

4.12.1. Для получения информации о заземлении систем распределения по воздушным линиям используйте применимые нормы безопасности для электрического оборудования (в соответствии с требованиями «Правил устройств электроустановок)». В целях безопасности предусмотрите заземление для всего оборудования и сооружений, связанных с электрическими системами, для предотвращения удара от статических и динамических напряжений. Максимальное сопротивление заземления не должно превышать величин, оговоренных в применимых нормах безопасности для электрического оборудования. Рассмотрите источник электрического питания, мощность, величину тока повреждения и метод заземления системы с точки зрения их влияния на это сопротивление.

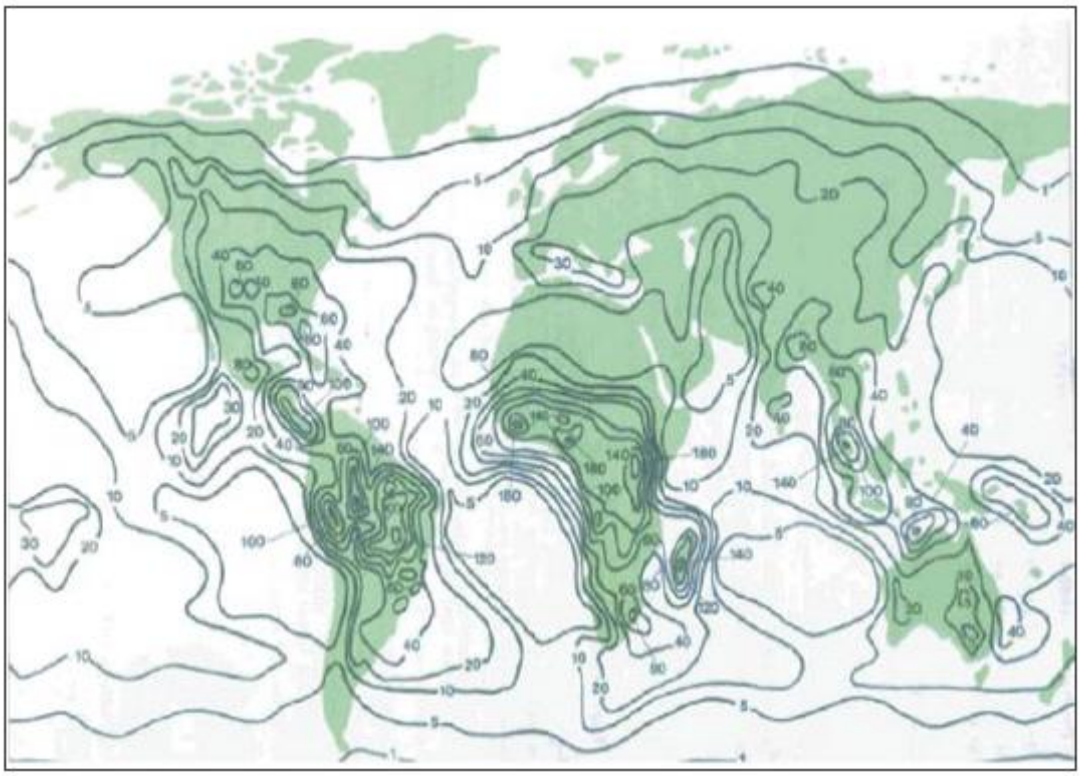


Рис. 4-2. Линии грозовой активности

Заземляющие стержни

4.12.2. Заземляющие стержни могут использоваться либо по одному, либо в виде связки. Для эффективной и постоянной установки забивайте заземляющие стержни до уровня грунтовой воды. Примите меры для предотвращения коррозии путем надлежащего выбора металлов или за счет катодной защиты. В тех случаях, когда грунтовая вода не может быть достигнута, для улучшения, при необходимости, проводимости почвы могут быть использованы химикаты, например сернокислый магний ($MgSO_4$) или сернокислая медь ($CuSO_4$). Изготовители заземляющих стержней могут предоставить данные о такой обработке. Предусмотрите условия для удобного выполнения технического обслуживания и периодических испытаний. Несмотря на то, что более глубокая забивка заземляющих стержней (секционного типа) может быть более эффективной по сравнению с множественными стержнями, во многих случаях различия почвы и возможное наличие коренной породы могут сделать использование дополнительных стержней менее дорогостоящим.

Сеть заземления

4.12.3. Проложенная в земле сеть проводов заземления обеспечит эффективное безопасное заземление в плохом грунте и исключит большие градиенты напряжения на подстанциях для электрической сети аэродрома, подсоединенной к источнику электроснабжения. Часто используются ячейки размером от 3 до 3,5 м, и обычно с помощью таких интервалов можно управлять градиентами поверхностного напряжения, несмотря на то что сопротивление земли может быть относительно высоким.

Соединение с водопроводом

4.12.4. Использование водопроводных труб для заземления не рекомендуется по следующим причинам: электрические характеристики труб не определены четко; утечки тока могут вызвать коррозию труб; труба может быть модифицирована при будущем монтаже или техническом обслуживании системы водоснабжения, включающем установку неметаллических секций труб, катодной защиты или изолирующих муфт.

Комбинация методов заземления

4.12.5. В тех случаях, когда сопротивление земли в существующей системе является высоким, для внесения улучшений могут объединяться два или более упомянутых выше методов.

Соединение с землей

4.12.6. Провода, проходящие от защитных устройств (например, от разрядников, колец выравнивания распределения напряжения, выталкивающих или защитных трубок и ограничителей перенапряжения) на землю должны быть прямыми и короткими, насколько это возможно. В тех случаях, когда необходимы изгибы, они должны быть большого радиуса, чтобы обеспечить по возможности низкое значение волнового сопротивления.

Воздушные провода заземления

4.12.7. В тех случаях, когда для защиты электрических линий используются воздушные провода заземления, соединение с землей следует предусмотреть у основания каждого столба; при этом воздушный провод заземления соединяется с петлей из проводов или с заземляющей пластиной, или с забитым стержнем, в зависимости от существующих грунтовых условий. Использование монтажа накруткой или накладных пластин столба допускается только в зонах с очень низким удельным сопротивлением земли.

Измерение сопротивления земли

4.12.8. Существует два метода измерения сопротивления земли:

a) *Метод трех электродов.* При методе трех электродов используются два испытательных электрода для измерения сопротивления третьего электрода - точки заземления. Имеются в наличии автономный источник переменного тока и работающий от аккумуляторных батарей источник вибрации, обеспечивающий непосредственное снятие показаний.

b) *Метод падения напряжения.* Метод падения напряжения предусматривает использование незаземленного источника переменного тока, который выдает измеряемый ток на землю. Снятые показания напряжения соединения с дополнительным заземлением позволяют использовать закон Ома для определения сопротивления земли.

4.13. Подземные Распределительные Системы

4.13.1. В определенных зонах на аэродромах и вблизи аэродромов сети распределения основного питания должны устанавливаться под землей. Несмотря на то, что подземные установки стоят дороже, чем воздушные системы, проблемы радиопомех и близость светотехнического оборудования к зонам операций воздушных судов часто требуют использования подземных систем распределения питания. Подземные сети могут устанавливаться методом прямого заложения или методом втягивания кабелей в каналы. Прямое заложение распределительных сетей обычно является менее дорогостоящим, чем установка в каналах (методом втягивания), но из-за худшей защиты прямое заложение

обычно используется только для небольших нагрузок, когда требования к надежности снижены. Кабели прямого заложения среднего напряжения должны обеспечиваться металлическим бронирующим покрытием или экраном для защиты от механического повреждения. В случаях, когда важна стойкость к коррозии, для бронированных кабелей может потребоваться оболочка из пластмассы или синтетического каучука поверх брони. Подземные распределительные сети, используемые для аэродромных светотехнических средств, устанавливаются методом втягивания.

4.13.2. Подробные сведения об установке подземных систем распределения питания для оборудования визуальных средств приводятся в главе 13, а характеристики кабелей, пригодных для подземных коммуникаций, содержатся в главе 14.

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

5. ВИДЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

Примечание. *В настоящей главе рассматриваются схемы, применимые к обычному световому оборудованию, использующему лампы накаливания. Эти схемы могут отличаться для светового оборудования, использующего светодиодную (LED) технологию (см. главу 12). Стандарт IEC 61820 содержит системные требования к проектированию и установке последовательных схем постоянного тока для наземных аэронавигационных огней.*

5.1. Электрические Характеристики

Для электропитания аэродромных светотехнических средств почти всегда используется переменный ток (AC) частотой от 50 до 60 Гц. Для светотехнических установок используются как последовательные, так и параллельные цепи. На крупных аэродромах с ВПП большой длины и большим количеством РД система светотехнического оборудования основывается главным образом на последовательных цепях. На небольших аэродромах с короткими ВПП установка может быть основана на параллельных цепях. Параллельные цепи также используются для бегущих проблесковых огней систем огней приближения, хотя такие огни при необходимости могут получать питание из последовательной цепи с использованием адаптеров преобразования. Такие средства, как прожекторы освещения перронов и заградительные огни, в основном используют параллельные цепи.

5.2. Последовательные Цепи

5.2.1.Элементы последовательных цепей соединяются один за другим, и по каждому из них проходит одинаковый ток. Цепь представляет собой одну непрерывную петлю, начинающуюся и заканчивающуюся на выходных зажимах стабилизатора постоянного тока.

5.2.2.В случае параллельной цепи и фиксированного входного напряжения ток в цепи будет изменяться в зависимости от подсоединенной нагрузки. Однако стабилизаторы постоянного тока последовательной цепи обеспечивают неизменность его значения вне зависимости от нагрузки на цепь. Таким образом, как в длинной, так и в короткой цепи обеспечивается одинаковое значение тока, которое сохраняется даже в случае выхода из строя некоторых ламп.

Короткое замыкание на выходе стабилизатора постоянного тока соответствует режиму работы без нагрузки, а размыкание цепи - перегрузке. В простой непосредственно подключенной последовательной цепи отказ лампы приводит к размыканию цепи, поэтому необходимо обеспечить установку трансформатора наземных аэродромных огней (AGL) в качестве элемента конструкции цепи для поддержания целостности цепи при отказе лампы. Если для питания нескольких единиц светотехнического оборудования используется один трансформатор, как показано на рис. 5-1, его конструкция включает шунтирующее устройство для обеспечения целостности на вторичной обмотке.

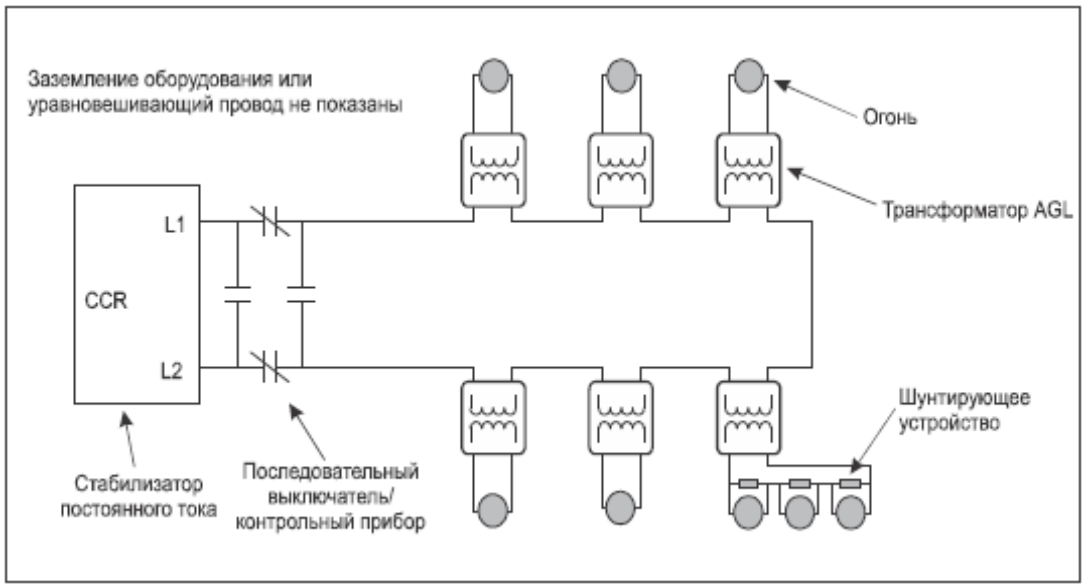


Рис. 5-1. Последовательная цепь светотехнического оборудования

Преимущества последовательных цепей светотехнического оборудования

5.2.3. Некоторыми из преимуществ последовательных цепей для аэродромного светотехнического оборудования являются следующие:

a) все лампы работают при одинаковом значении тока и поэтому с одинаковой силой света;

b) во всей цепи может использоваться кабель с одним проводником, который имеет одинаковый размер и одинаковое допустимое значение напряжения по изоляции;

c) возможно управление силой света огней в широком диапазоне;

d) в любой из точек цепи может произойти одно замыкание на землю, которое не окажет воздействия на работу огней;

e) лампы, используемые в последовательных цепях, являются сильноточными и низковольтными. К примеру, в посадочном огне ВПП может использоваться лампа на 6,6 А и 12 В. Низкое напряжение позволяет использовать компактную нить накала, которая действует как точечный источник и содействует зрительному контролю за счет фокусировки;

f) последовательные цепи больше подходят для перемежения.

Недостатки последовательных цепей светотехнического оборудования

5.2.4. Основными недостатками последовательных цепей при их использовании для светотехнического оборудования являются следующие:

a) высокие затраты на монтажные работы, к которым добавляются значительные затраты, связанные со стабилизаторами постоянного тока и трансформаторами AGL;

b) обрыв цепи в любой точке первичной стороны цепи выводит из строя всю цепь и может вызвать повреждение изоляции кабеля или стабилизатора постоянного тока;

c) поиск мест отказов, особенно связанных с обрывом цепи, может быть сложным.

5.3. Параллельные (Многозвенные) Цепи

5.3.1. Использование параллельных (многозвенных) цепей для наземных аэронавигационных огней на крупных аэродромах и/или в сложных светотехнических системах не рекомендуется по следующим причинам:

a) для параллельных цепей обычно требуется значительно более дорогостоящая прокладка кабелей, чем для высоковольтных последовательных цепей;

b) трудно обеспечить точную балансировку силы света для всех огней схемы;

c) массовое перегорание ламп в цепи значительно более вероятно в связи с неспособностью стандартных стабилизаторов напряжения контролировать очень быстрые колебания напряжения со стороны источника питания.

5.3.2. Использование параллельной цепи может быть целесообразно в небольших аэропортах, где техническое обслуживание осуществляется электротехниками из местного населения, которые могут не иметь специальной подготовки для работы с последовательными цепями.

5.3.3. С учетом этих соображений параллельные цепи желательно использовать в тех случаях, когда в цепи имеется небольшое количество огней и точная балансировка силы света не является критически важной, как, например, для коротких РД. Небольшие аэродромы с короткими ВПП и РД могут использовать параллельные цепи для светотехнического оборудования.

Влияние отказов

5.3.4. В параллельных цепях огни подсоединены к системе параллельно; перегорание лампы, вызывающее обрыв цепи, не оказывает серьезного воздействия на всю систему огней, однако короткое замыкание цепи приведет к перегрузке и в зависимости от того, какое защитное устройство сработает (плавкий предохранитель или автоматический выключатель), может привести к выходу системы огней из строя. В последовательной цепи короткое замыкание, наоборот, не приводит к перегрузке.

Характеристики напряжения

5.3.5. Большинство огней параллельного типа предназначены для использования при низком напряжении (менее 300 В), и, если питающие кабели несут более высокое напряжение, могут использоваться понижающие трансформаторы для минимизации падения напряжения на пути от будки электрооборудования до центра нагрузки. Электропитание огней может подаваться от единой цепи, подключенной между нейтралью и линейным напряжением или переключаемой между нейтралью и линейным напряжением в 3- или 4-проводной распределительной системе. Управление силой света огней обычно осуществляется с использованием трансформаторов с ответвлениями.

Преимущества параллельных цепей светотехнического оборудования

5.3.6. К некоторым из преимуществ параллельных цепей (см. рис. 5-2) аэродромного светотехнического оборудования относятся следующие:

a) более низкая стоимость монтажа, особенно в тех случаях, когда нет необходимости в регулировании напряжения и управлении силой света огней;

b) более эффективное использование электроэнергии;

c) легкость удлинения или укорачивания существующей цепи;

d) большинство людей лучше знакомо с данным видом цепей;

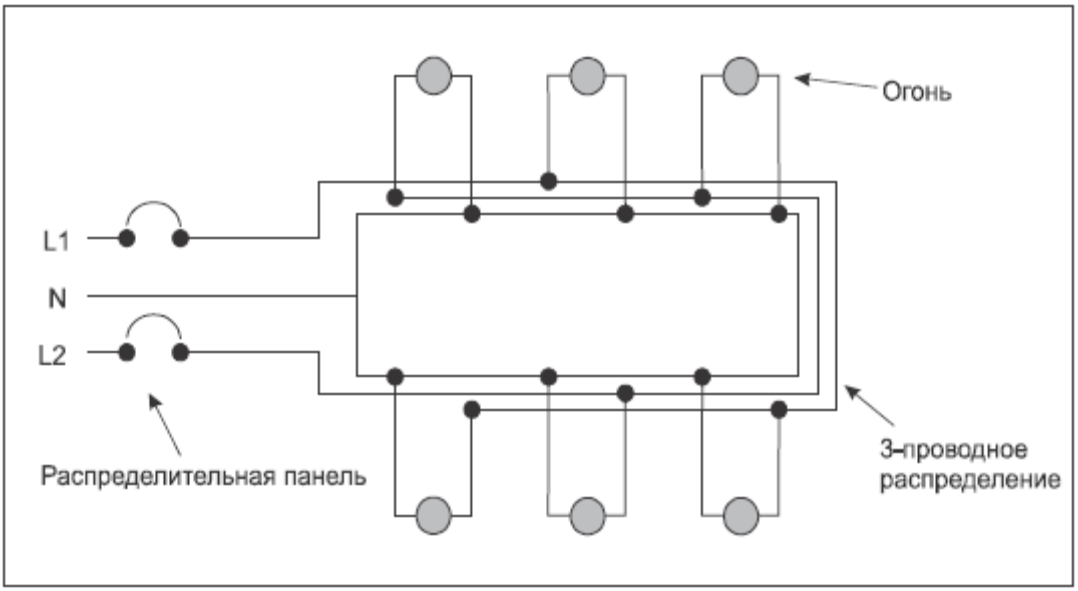


Рис. 5-2. Параллельная цепь

Недостатки параллельных цепей светотехнического оборудования

5.3.7.К некоторым из основных недостатков параллельных цепей аэродромного светотехнического оборудования относятся следующие:

a) сила света огней уменьшается при падении линейного напряжения в цепи. Если уменьшение яркости будет заметно в схеме огней, оно может быть неправильно интерпретировано;

b) вдоль всей цепи необходимо наличие двух проводников, и для уменьшения падения линейного напряжения может быть необходимо увеличение их сечения;

c) нити накала ламп обычно длиннее, что может потребовать увеличения размеров оптики и арматуры огней;

d) более сложно осуществлять точное управление силой света, особенно на малых ее значениях, или затраты на оборудование существенно увеличивают стоимость установки;

e) одиночное замыкание на землю высоковольтного питающего кабеля приведет к выходу цепей из строя;

f) может быть трудно обнаружить места замыканий на землю.

5.4. Сравнение Последовательных и Параллельных Цепей Светотехнического Оборудования

Приемлемая работа светотехнического оборудования может быть обеспечена с помощью последовательных или параллельных цепей. Для аэродромных светотехнических систем обычно применяются последовательные цепи в связи с более единообразной силой света огней и лучшим управлением ею. Данные системы включают большинство огней ВПП и РД, а также большинство огней постоянного свечения в системах огней приближения.

Параллельные цепи используются для большей части освещения зон аэродрома, расположенных отдельно или небольшой группой визуальных средств и для распределения электроэнергии. К системам аэродромных огней, которые обычно используют параллельные цепи, относятся прожекторы освещения перрона, другие огни перрона, бегущие проблесковые огни, предназначенные для особых целей визуальные средства, например маяки и указатели направления ветра, некоторые заградительные огни и сети распределения электропитания.

5.5. Последовательные Электрические Цепи Аэродромных Огней

Подлежащие рассмотрению факторы

5.5.1. Если предполагается использование последовательной цепи, необходимо произвести оценку вариантов использования различных видов оборудования. Зачастую после того, как выбран один вид оборудования, количество возможных вариантов другого оборудования уменьшается. Прежде всего, необходимо произвести анализ всей цепи на предмет критических характеристик, надежности, экономичности установки и эксплуатации, легкости выполнения технического обслуживания и взаимосвязи нескольких видов оборудования. Подлежащие рассмотрению факторы включают нижеследующее.

Выбор тока

5.5.2. Развитие оборудования ограничило доступные варианты выбора используемого тока в конкретной последовательной цепи. Значение тока в большинстве последовательных цепей аэродромных огней составляет или 20 А при расчетной полной силе света, хотя ранее использовались и другие значения. Для провода кабеля постоянного сечения и длины в цепи на 6,6 А потеря мощности в линии составляет примерно одну девятую от потери, характерной для 20-амперных цепей. Ток каждой величины может передаваться по кабелю с изоляцией, рассчитанной на 5000 В, проводниками диаметром 4 мм без значительного повышения температуры.

5.5.3. Нагрузка на стабилизатор в последовательных цепях должна составлять как минимум 80 % от значения допустимой нагрузки. В протяженных цепях с меньшими электрическими нагрузками обычно используется ток в 6,6 А, а при больших нагрузках и меньших длинах кабеля используются 20-амперные цепи. Что касается характеристик стабилизаторов, то 6,6 А используется при допустимой нагрузке в 30 кВт или менее, а 20 А - при допустимой нагрузке свыше 30 кВт. Эта переходная точка основана на рабочем напряжении при полной нагрузке, которое не должно превышать 5000 В. Стабилизатор, рассчитанный на 30 кВт, имеет напряжение 4545 В при токе в 6,6 А.

5.5.4. Исходя из вышеизложенного, наблюдается тенденция к использованию в последовательных цепях только тока в 6,6 А. Главная причина этого заключается в применении многозвенных цепей и перемежения. К примеру, основная часть системы огней приближения может составлять нагрузку в 70 кВт, в каковом случае может использоваться один стабилизатор постоянного тока номиналом в 70 кВт и 20,0 А. Однако с добавлением цепей для перемежения нагрузка на каждую цепь может быть меньше 20 кВт, в результате чего будут использоваться стабилизаторы, рассчитанные на 6,6 А. Аналогичным образом стабилизаторы постоянного тока с меньшими характеристиками используются для более крупных систем, таких как огни осевой линии и зоны приземления ВПП, которые состоят из двух или более цепей.

5.6. Заземление

Все световое оборудование визуальных средств должно быть заземлено. Описание заземления в целях обеспечения безопасности персонала приведено в главе 13.

5.7. Понижающие Трансформаторы

Использование более высокого напряжения для передачи электроэнергии уменьшает падение напряжения в линии, а затем понижающие распределительные трансформаторы снижают напряжение до значений, более подходящих для местного распределения. Аналогичным образом электропитание цепей аэродромных огней может иметь более высокое напряжение в питающих линиях и уменьшаться с помощью понижающего трансформатора на входе цепи огней, с тем чтобы соответствовать требуемому напряжению цепи. Естественно, что такие питающие кабели должны быть соответствующим образом изолированы с учетом напряжения линии.

В ряде случаев в качестве питающих кабелей желательно применять длинные кабели низкого напряжения, например, когда эти кабели уже смонтированы и могут быть использованы. Падение напряжения в линии может быть уменьшено за счет использования более высокого

напряжения в пределах допуска на изоляцию питающего кабеля и уменьшения напряжения с помощью понижающих трансформаторов на входе цепи или отдельных огней.

Примером этого является использование в питающих кабелях напряжения 480 В и понижения его до 120 В в цепи огней. Использование в аэродромном светотехническом оборудовании ламп, рассчитанных на напряжение в диапазоне от 6 до 30 В, обычно более эффективно, чем применение ламп с напряжением в 120 или 240 В. Таким образом, когда для отдельных огней или для небольшой группы огней в линейном огне предусматривается использование понижающих трансформаторов, необходимо рассмотреть возможность выбора огней, в которых используются лампы низкого напряжения.

В том случае, если используемые согласно вышесказанному понижающие трансформаторы не имеют индивидуальных предохранителей, они должны принадлежать к типу трансформаторов с высоким реактивным сопротивлением, с тем чтобы короткое замыкание в данной части системы огней, которая получает энергию от одного трансформатора, не привело к отказу системы в целом.

5.8. Последовательный Выключатель

Для последовательных цепей на стабилизаторе постоянного тока (CCR) или внутри него может быть установлено устройство, называемое последовательным выключателем, которое показано на рис. 5-3, для облегчения технического обслуживания и устранения отказов. Как показано на рис. 5-4, при вставленной накладной пластине выключателя CCR подключен к последовательной кольцевой цепи.

При удалении пластины выход CCR изолируется от аэродромной последовательной кольцевой цепи для обеспечения безопасности обслуживающего персонала. Как выход CCR, так и вход кольцевой цепи закорочены. Может быть вставлена вторая пластина для обеспечения точек контакта для проведения измерений сопротивления изоляции.

Рис. 5-3. Разъем последовательного выключателя

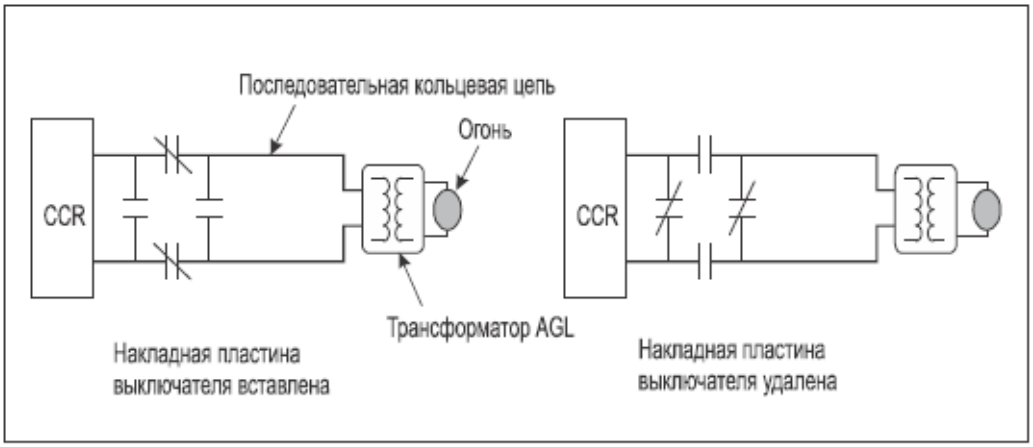


Рис. 5-4. Последовательный выключатель (схема)

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ

6.1. Перемежение Цепей Аэродромных Огней

6.1.1. В пункте 12.2.2 Авиационных Правилах Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты указывается, что для ВПП, предназначенных для использования в условиях дальности видимости на ВПП менее 550 м, электрические системы источника питания, светооборудования и контрольных устройств светосигнальных систем должны быть спроектированы таким образом, чтобы при отказе одной цепи пилоту не подавались неправильные визуальные сигналы и он не получал искаженной информации. В связи с этим каждую систему огней приближения и огней ВПП необходимо прокладывать с использованием как минимум двух цепей. Примеры перемежения цепей для повышения целостности показаны на рис. 6-1 - 6-5. Каждая из цепей в системе с использованием перемежения должна распространяться на всю систему огней в целом (например, по всей длине ВПП) и строиться таким образом, чтобы в случае отказа одной или нескольких цепей сохранялась сбалансированная симметричная схема огней.

6.1.2. Необходимо обеспечить правильную маркировку кабелей и трансформаторов AGL в случаях, когда при установке применяется перемежение.

6.2. Расположение в Будке для Электрооборудования

6.2.1. Часто под перемежением понимаются только соединения, выполняемые в зоне расположения оборудования. Рекомендуется распространять принцип перемежения также на будку для электрооборудования и далее. Как показано на рис. 6-1, цепи и соответствующие стабилизаторы получают ток от отдельных шин, так что каждая цепь питается от отдельного CCR, и конструкция подразумевает возможность ввода в действие резервного CCR за минимальное количество времени. Шины снабжаются автоматическими секционными разъединителями на случай отказа.

6.2.2. В качестве дополнительного средства обеспечения работоспособности в случае отказа предусматривается возможность переключения на резервный стабилизатор, как показано на рис. 6-2. Этот метод может использоваться в случае, если стабилизатор состоит из стабилизирующего элемента и входных/выходных трансформаторов. В случае использования стабилизаторов, состоящих только из стабилизирующего элемента, реализуется стоечная или модульная конструкция, и работоспособность обеспечивается за счет использования резервного стабилизатора, который может быть быстро установлен взамен вышедшего из строя.

6.3. Обеспечение Перемежения

Примечание. *Перемежение должно обеспечиваться для светотехнического оборудования, перечисленного в таблице 12-1 Авиационных Правилах Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты, и в соответствии с указаниями п. 12.2.2.1 в документе Авиационные Правила Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты.*

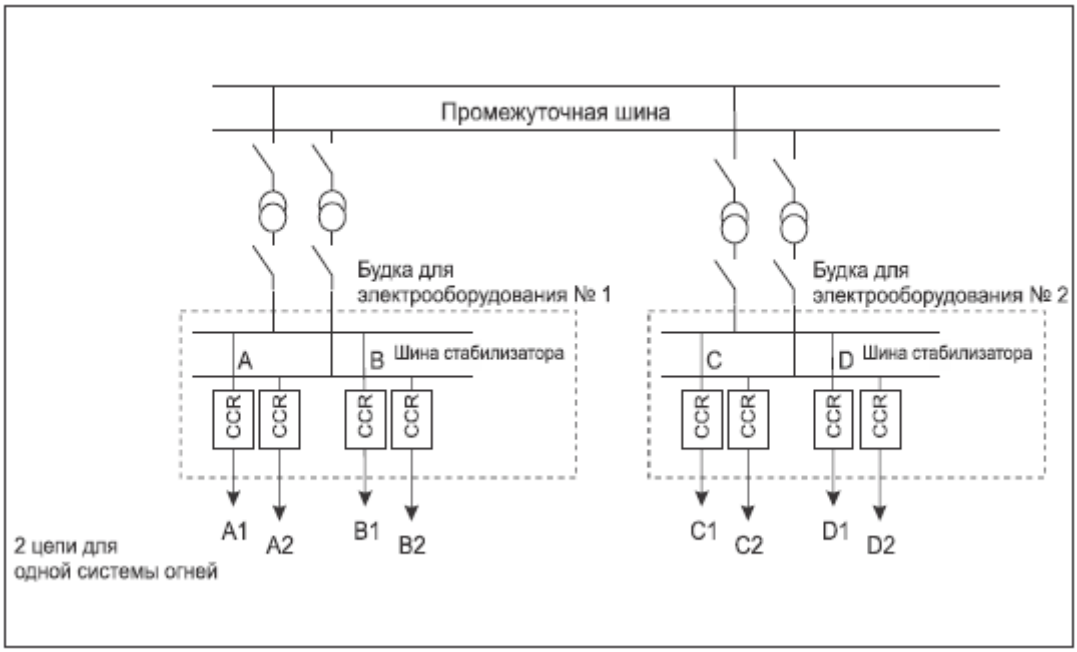


Рис. 6-1. Обеспечение перемежающихся цепей

Система огней приближения

6.3.1. Перемежение цепей огней приближения типа A (огни осевой линии, кодированные по дистанции) и типа B (линейные огни осевой линии) проиллюстрировано на рис. 6-3. Показаны как система категории I, так и вспомогательные огни для операций категории II/III.

6.3.2. Входные огни включают огни системы посадочных огней ВПП и огни системы огней приближения. Входные огни для ВПП — это ограничительные огни/огни порога ВПП с красными и зелеными световыми сигналами (противоположно направленными), подаваемыми каждым огнем. На рис. 6-3 показано шесть огней порога ВПП для установки категории I. Установка категории II/III будет включать дополнительные ограничительные огни/огни порога ВПП (см. рис. 9-22 в Авиационных Правилах Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты AR-AGA-001). Ограничительные огни/огни порога ВПП обычно перемежаются в рамках системы посадочных огней ВПП. Перемежающиеся схемы для системы огней приближения включают однонаправленные зеленые входные огни и огни фланговых горизонтов.

Системы огней осевой линии ВПП и зоны приземления

6.3.3. AR-AGA-001 Авиационные Правила Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты содержиат требование, согласно которому огни осевой линии ВПП должны излучать переменно-белый свет на участке протяженностью 900 м от порога ВПП, затем чередовать излучение переменно-белого и красного света на участке от 900 м (или от средней точки ВПП) до 300 м от конца ВПП, после чего излучать для пилота только красный свет. На рис. 6-5 (b) показано перемежение для первой части системы, излучающей только белый свет. Аналогичное перемежение будет использоваться для последней части, излучающей только красный свет.

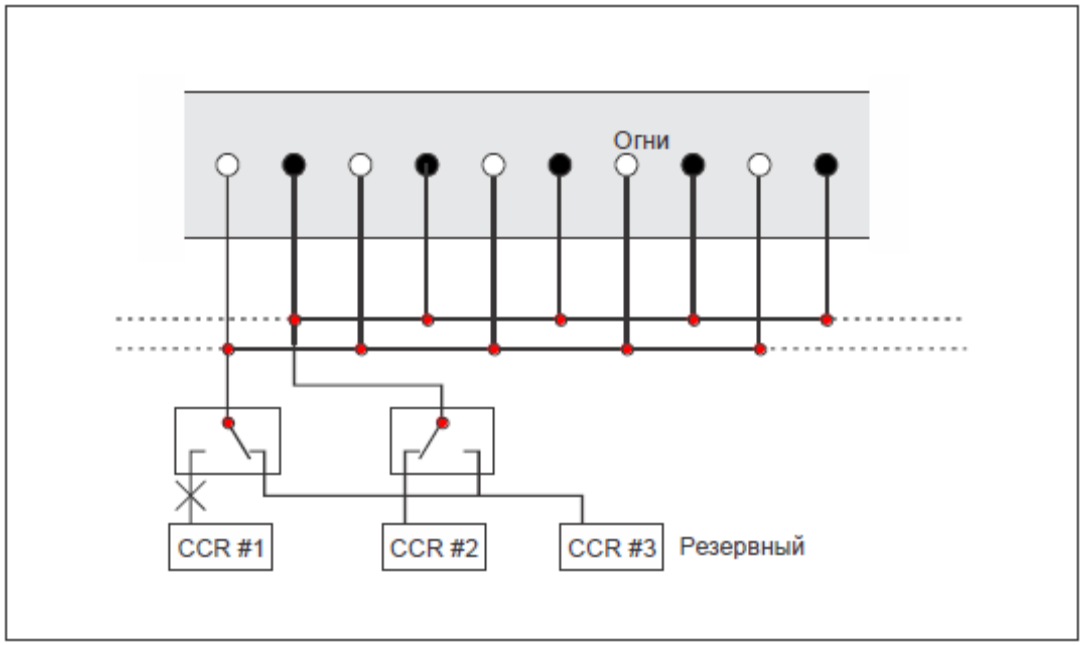


Рис. 6-2. Использование резервного стабилизатора

6.3.4. На рис. 6-4 показаны различные средства обеспечения перемежения для кодированной белой/красной части системы, а выбор предписывается местным полномочным органом. В случаях, когда необходимо сохранить цветовое кодирование, следует использовать вариант 6-4 (a). Однако такое перемежение приведет к увеличению интервалов на вышедших из строя участках в три раза по сравнению с обычной величиной. Вариант 6-4 (d) иллюстрирует пример перемежения, при котором огни устанавливаются с интервалом в 7,5 м, а также устанавливаются дублирующие огни того же цвета. В варианте 6-4 (b) не сохранено кодирование (при отказе цепи все рабочие огни будут только красными или только белыми), но соблюдены приемлемые интервалы для обеспечения схемы огней для указания направления на осевую линию (интервал увеличивается вдвое в случае отказа цепи).

6.3.5. На рис. 6-5 также показано перемежение огней зоны приземления на ВПП. Перемежение варианта 6-5 (d) является предпочтительным, так как при нем сохраняется продольный интервал между линейными огнями в случае потери одной цепи.

Огни осевой линии РД

6.3.6. Цепи огней осевой линии РД могут перемежаться на тех участках системы РД, которые являются необходимыми в условиях категории II/III, но для других РД по экономическим причинам может использоваться одиночная цепь.

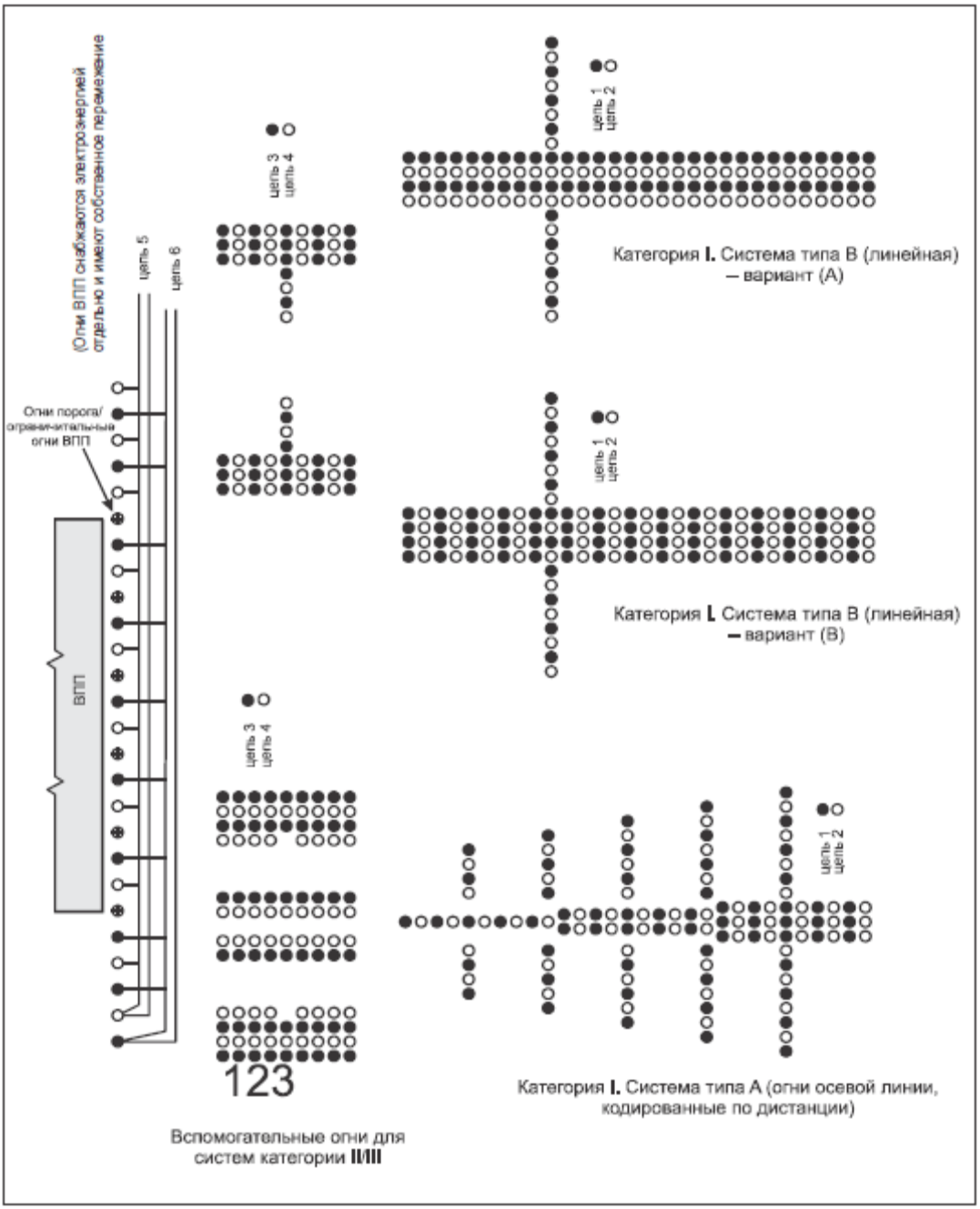


Рис. 6-3. Перемежение системы огней приближения для точного захода на посадку

6.3.7. Если огни осевой линии РД имеют зеленое/желтое цветовое кодирование для указания расстояния для выезда воздушного судна с ВПП по отношению к критической зоне ILS, в системе может использоваться перемежение по одному из методов, показанных на рис. 6-4, в соответствии с указаниями местного полномочного органа. Как и в случае огней осевой линии ВПП, в варианте 6-4 (a) сохранено цветовое кодирование, но остаются выходящие из строя участки с интервалами, в три раза превышающими нормальное расстояние между огнями. Вариант 6-4 (b) предполагает увеличенный интервал, в два раза превышающий норму, но также не сохраняет кодирование, поэтому пилот, освобождающий ВПП, увидит линию зеленых или желтых огней. Метод 6-4 (c), сохраняет минимальный интервал, но является более дорогостоящим. Метод 6-4 (d) является альтернативой с сохранением цветового

кодирования и нормальных интервалов, если огни устанавливаются с интервалом в два раза меньше обычного (например, 7,5 м вместо 15 м).

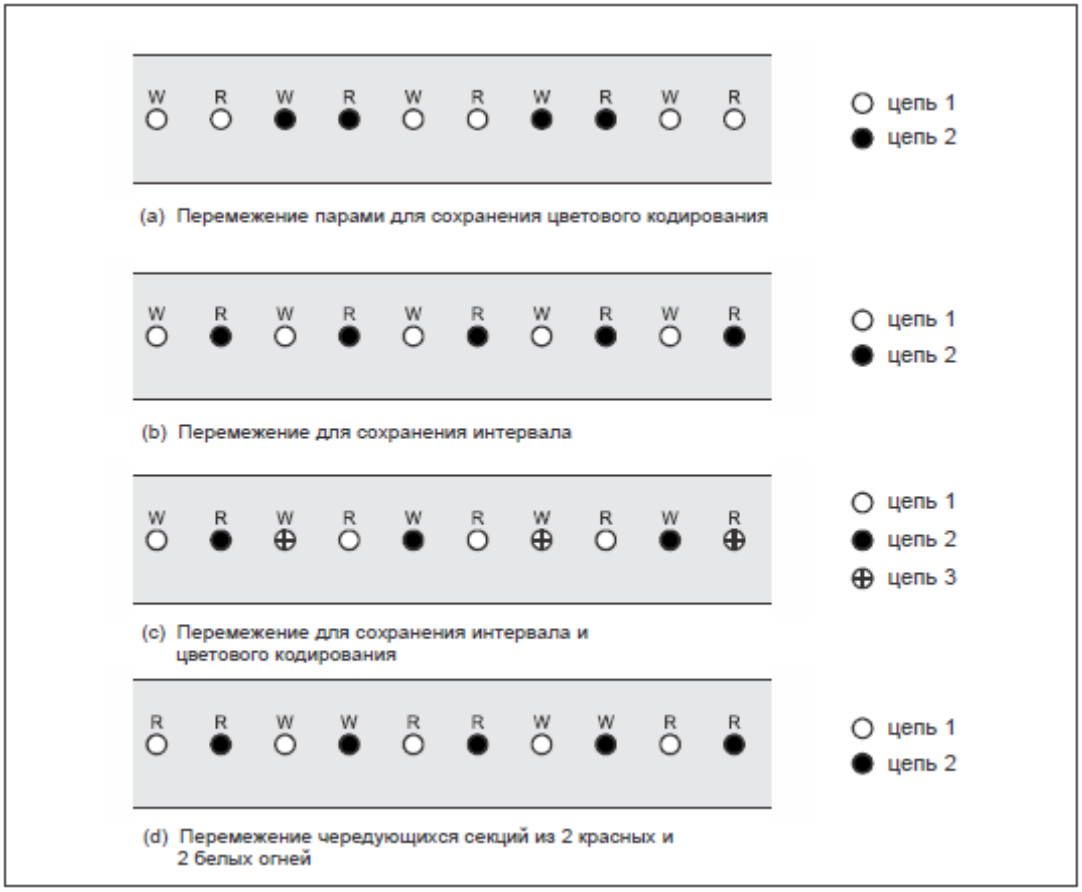


Рис. 6-4. Перемежение огней с цветовым кодированием

Огни линии "стоп"

6.3.8. Огни линии "стоп" должны управляться независимо друг от друга и от огней осевой линии РД. Электрические цепи должны перемежаться таким образом, чтобы все огни линии "стоп" не вышли из строя одновременно.

6.3.9. Огни линии "стоп" обычно связаны с системой ведущих огней осевой линии РД. Зеленый ведущий огонь обеспечивает подтверждение голосовой команды воздушному судну продолжать движение после отключения огней линии "стоп". Когда огни линии "стоп" загораются, огни осевой линии РД, установленные за этим огнем, гаснут на участке длиной не менее 90 м и наоборот. Управление и контроль ведущих огней могут осуществляться посредством адресуемых переключателей, тогда как для их электропитания и возможного перемежения используется та же цепь, что и для огней осевой линии РД. Если электропитание ведущих огней осуществляется не от специализированной цепи, необходимо обеспечить функционирование цепей, к которым подключены эти огни, когда потребуется их использование.

6.3.10. Дополнительная информация об огнях линии "стоп" представлена в документе «Руководство по Визуальным средствам G-AGA-014».

6.4. Возможное Обеспечение Перемежения

Примечание. *Описанное ниже оборудование обычно не перемежается, но включено в данный раздел на случай, если перемежение требуется местным полномочным органом.*

Системы визуальной индикации глиссады

6.4.1. Системы визуальной индикации глиссады должны иметь по две цепи на каждом из концов ВПП при их эксплуатации совместно с системой ILS.

6.4.2. Обычно PAPI устанавливается с левой стороны ВПП. Когда системой визуальной индикации глиссады является полная система PAPI, установленная по обеим сторонам ВПП, электроэнергия ко всем огням на одной стороне ВПП должна подаваться по одной и той же цепи. Данная конструкция обеспечивает, чтобы в случае отказа одной из цепей на другой стороне ВПП сохранялась полная схема огней.

6.4.3. Когда индикаторы глиссады устанавливаются только по одну сторону ВПП, например при использовании PAPI, для сохранения целостности схемы некоторые лампы в каждом огне должны быть подключены к одной цепи, а остальные - к другой. Потеря одной лампы в огне приведет к снижению силы света. Системы визуальной индикации глиссады подлежат выключению в том случае, если в результате выхода из строя всего блока огней будет подаваться дезориентирующий сигнал.

Знаки указания места ожидания у ВПП

6.4.4. В случае если предусмотрено перемежение, знаки указания места ожидания у ВПП должны устанавливаться таким образом, чтобы для знаков на каждой стороне РД использовались отдельные цепи.

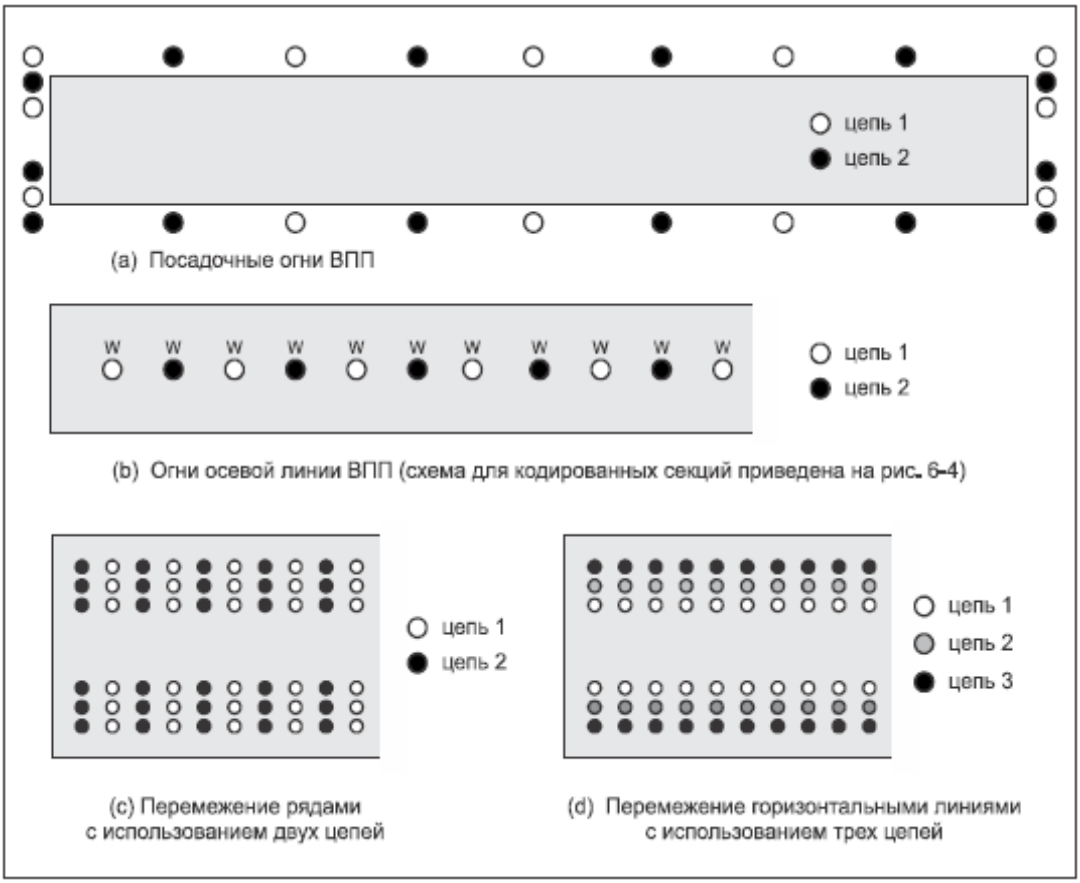


Рис. 6-5. Посадочные огни, огни осевой линии и огни зоны приземления на ВПП

Огни указателя скоростной выводной РД

6.4.5. Система огней указателя скоростной выводной РД (RETIL) состоит из схемы углубленных огней, используемых для указания подъездного пути к выходу с ВПП. Поскольку

система состоит из небольшого количества огней, каждый из которых необходим для кодирования дистанции, система RETIL не предусматривает перемежения, а основывается на одиночной цепи, питаемой от отдельного стабилизатора постоянного тока.

6.4.6.Функциональность системы RETIL зависит от количества огней в последовательно расположенных рядах, и отказ одного огня в ряду приводит к нарушению работы системы. Поэтому следует оборудовать систему средством автоматического отключения всей системы в случае потери хотя бы одного огня.

Огни защиты ВПП

6.4.7.Для огней защиты ВПП (RGL) должны быть предусмотрены цепи, отдельные от цепей огней соответствующих ВПП и РД. Они не должны подключаться к цепям огней соседних РД или ВПП для получения электропитания по причине несовместимости уровня яркости, а также потому, что огни защиты ВПП могут потребоваться в то время, когда огни ВПП или РД выключены.

6.4.8.В случае если предусмотрено перемежение, RGL конфигурации A (надземные) перемежаются таким образом, чтобы для каждой стороны места ожидания использовалась одна цепь.

6.4.9.В случае если предусмотрено перемежение, RGL конфигурации B (углубленные) перемежаются таким образом, чтобы огни подключались парами в целях сохранения проблесковой характеристики. Например, c1, c1, c2, c2, c1, c1, c2, c2.

Огни подхода к РД/ВПП

6.4.10. Для зеленых огней подхода к РД/ВПП не требуется перемежение, так как функция этих огней состоит в обеспечении подтверждения голосовой команды о продолжении движения. Однако если перемежение предусматривается, они могут подключаться к двум цепям аналогично одноцветным огням осевой линии ВПП, как показано на рис. 6-5 (b).

6.4.11. Если огни подхода к РД имеют цветовое кодирование, могут потребоваться дополнительные цепи для сохранения цветового кодирования при отказе одной цепи.

6.5. Селективное Переключение Цепей РД

Для обеспечения наведения по маршруту для пилотов схемы подключения огней осевой линии РД должны предусматривать селективное переключение участков системы огней РД на летном поле. Такая возможность может быть обеспечена путем использования стабилизатора постоянного тока для каждого участка или путем подключения нескольких участков к одному стабилизатору и использования реле (либо в поле, либо на выходе стабилизатора) для снабжения энергией желаемого(ых) участка(ов). Для ОВД средство переключения участков может быть реализовано несколькими способами, например следующими:

a) использование отдельного переключателя/кнопки управления для каждого участка. Переключатели управления должны располагаться на факсимильной схеме на пульте управления, чтобы персонал УВД мог наглядно представить себе выбранный маршрут. Это также может быть реализовано с использованием сенсорного экрана со схемой системы маршрутов аэропорта;

b) объединение органов управления таким образом, чтобы при приведении в действие одного переключателя на пульте управления включались огни всех участков заданного маршрута;

c) использование компьютера, запрограммированного на автоматический выбор и освещение оптимального маршрута после того, как оператор назначает подлежащее использованию место схода с ВПП и место назначения воздушного судна

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

7. СТАБИЛИЗАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

7.1. Типы Стабилизаторов Постоянного Тока

7.1.1.Для большинства наземных цепей (последовательных) аэродромного светотехнического оборудования электроэнергия подается с помощью стабилизаторов постоянного тока (CCR), поскольку таким образом обеспечивается постоянный световой выход на большие расстояния, например на ВПП аэродрома. Эти стабилизаторы предназначены для создания постоянного тока на выходе, независимого от колебаний нагрузки в сети и входного напряжения источника питания. Они также предназначены для создания двух или более значений тока на выходе в тех случаях, когда требуется регулировка яркости света. Ниже описываются некоторые типы стабилизаторов постоянного тока, используемых для аэродромных огней.

Стабилизаторы с подвижной катушкой

7.1.2.Стабилизаторы с подвижной катушкой используются в течение многих лет для подачи питания на последовательные цепи освещения, в частности, на цепи систем уличного освещения. Этот тип стабилизаторов имеет раздельные первичную и вторичную катушки, которые являются подвижными относительно друг друга, за счет чего изменяется значение реактивного сопротивления магнитной утечки входных и выходных цепей. Реактивное сопротивление автоматически регулируется до значения, которое при сложении с полным сопротивлением нагрузки обеспечивает постоянство тока в цепи. Требуемый выходной ток создает силу отталкивания, которая устанавливает подвижную катушку в такое положение, которое определяет данные параметры тока. Достигается такое состояние механического равновесия, когда сила отталкивания точно балансирует вес подвижной катушки. Возможна регулировка посредством противовеса, как показано на рис. 7-1. Любые изменения нагрузки или входного напряжения мгновенно нейтрализуются за счет перемещения подвижной катушки для восстановления электромеханического баланса. Управление силой тока достигается за счет использования трансформатора с отводами на выходе стабилизатора. Основными недостатками стабилизаторов с подвижной катушкой являются механическое движение катушек и низкие коэффициенты мощности для нагрузок величиной ниже номинальной. Если нагрузка составляет 50 % от номинального значения, коэффициент мощности может составлять 75 % или ниже. Вследствие механического управления стабилизаторы с подвижной катушкой требуют точной балансировки в горизонтальном положении и виброизоляции.

Стабилизаторы с моноциклической четырехугольной/резонансной сетью

7.1.3.Одним из видов статических (без подвижных частей) стабилизаторов постоянного тока для последовательных цепей является моноциклический четырехугольный стабилизатор. Обычно сеть регулирования тока состоит из двух индуктивных катушек и двух конденсаторов с одинаковым реактивным сопротивлением (резонансом) на промышленной частоте, установленных по схеме типа "мост". В подобной сети вторичный ток не зависит от полного сопротивления нагрузки. Управление силой тока может обеспечиваться путем использования входного или выходного трансформатора с отводами или плавнорегулируемого входного трансформатора. Преимуществами этого типа стабилизаторов являются отсутствие подвижных частей и высокий коэффициент мощности. К недостаткам относятся отсутствие компенсации изменений входного напряжения и неблагоприятное влияние на стабилизацию, которое вызывается нагрузками, создающими гармоники высокой частоты в резонансной цепи, такими как разомкнутые вторичные катушки последовательных разделительных трансформаторов и газопаровые лампы (см. рис. 7-2).

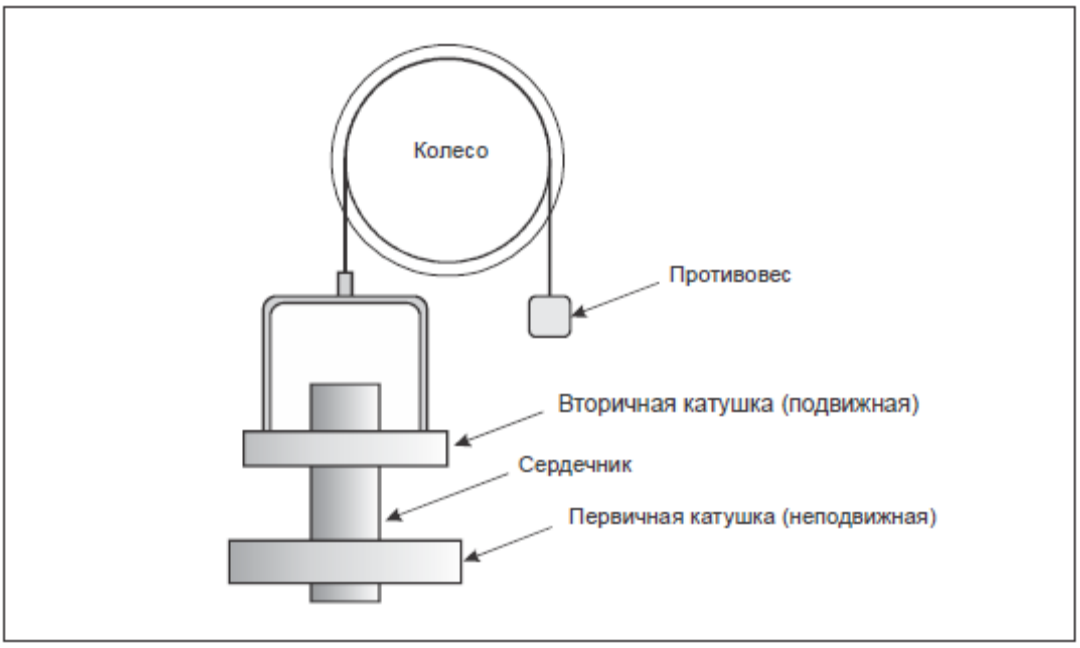


Рис. 7-1. Стабилизатор с подвижной катушкой

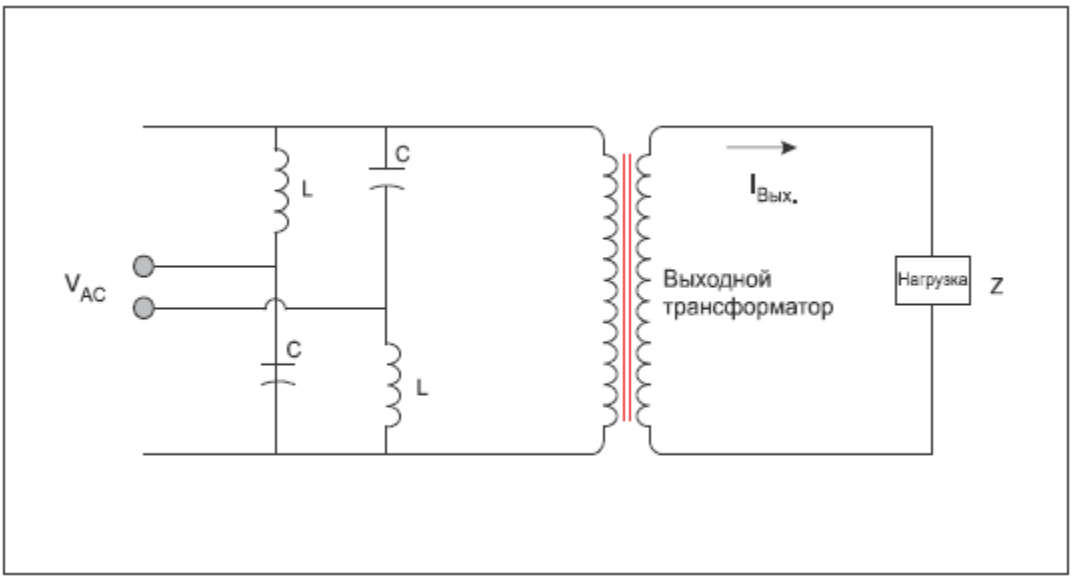


Рис. 7-2. Стабилизатор с резонансной сетью

Стабилизаторы с насыщающимся реактором

7.1.4.CCR с насыщающимся реактором состоит из двух насыщающихся реакторов, разделительного трансформатора, схемы управления и выходного трансформатора. Реактивное сопротивление переменному току входных насыщающихся реакторов регулируется автоматически посредством входного постоянного тока, в результате чего реакторы в сочетании с выходным трансформатором действуют как делитель напряжения, регулирующий ток нагрузки. Путем определения выходного тока от стабилизатора может быть выполнена регулировка с целью компенсации колебаний первичного напряжения и гармонических частот, вызываемых разомкнутыми вторичными катушками разделительных трансформаторов. Эта компенсация обеспечивает улучшенную стабилизацию тока и

предотвращает сокращение срока службы ламп, вызываемое повышением величины вторичного тока выше номинальной (см. рис. 7-3).

Стабилизаторы постоянного тока с использованием твердотельных схем управления

7.1.5.В стабилизаторах этого типа используются твердотельные схемы переменного тока для управления реактивным сопротивлением утечки трансформатора. Этот метод позволяет использовать низкие уровни контроля для получения постоянного тока от стабилизаторов с электрическими характеристиками последовательных резонансных цепей постоянного напряжения. Твердотельные схемы управления обеспечивают быструю реакцию и высокий коэффициент мощности и позволяют создавать компактные стабилизаторы с простым техническим обслуживанием средств управления.

7.1.6.В твердотельном стабилизаторе используется привод на основе SCR (тиристорный). Как показано на рис. 7-4, SCR приводятся в действие для резкого сокращения напряжения и уменьшения за счет этого эффективного среднеквадратичного значения тока.

Феррорезонансный стабилизатор

7.1.7.Феррорезонансный CCR — это, по существу, CCR с резонансной сетью, усовершенствованный в целях преодоления недостатков, связанных с отсутствием компенсации изменений входного напряжения и уменьшения гармоник цепи поля возбуждения. Сигнал управления регулируется посредством цифрового процессора сигналов (DSP) для поддержания величины выходного тока в целях обеспечения желаемого шага регулирования яркости.

7.1.8.Время реакции феррорезонансного CCR меньше, чем у твердотельного CCR, поскольку выходной ток регулируется непосредственно схемой управления и обмотками управления. В результате этого на выходной ток никоим образом не влияют проблесковые характеристики или переключение нагрузок. DSP и схема управления способны быстро и точно реагировать на изменения входных или выходных параметров в целях поддержания тока постоянной величины. Однако в связи с размерами и индивидуальными параметрами феррорезонансного трансформатора общий размер, вес и стоимость всего комплекта выше, чем у твердотельного CCR (см. рис. 7-5).

Стабилизатор на базе широтно-импульсного модулятора

7.1.9.Одной из наиболее многообещающих технологий в сфере разработки источников питания для светового оборудования визуальных средств является широтно-импульсная модуляция (ШИМ), которая все чаще используется при производстве промышленных приводов с регулируемой скоростью и при надлежащем проектировании может обеспечить высочайшую точность и беспрецедентный контроль. Она применяется в светодиодном оборудовании на аэродромах.

7.1.10. Базовая конструкция силовой цепи на основе ШИМ включает выпрямление входного тока питания. Постоянный ток сглаживается и фильтруется, а затем подается на инверторный каскад. Инверторный каскад преобразует постоянный ток питания в переменное напряжение, но с очень высокой частотой. Переменный ток высокой частоты затем коммутируется с использованием биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) для получения желаемой формы выходного сигнала. Благодаря передовой новой конструкции компенсация коэффициента мощности может осуществляться непрерывно с использованием импульсного предварительного регулятора и высокопроизводительного инвертора. Высокие коэффициенты мощности, приближающиеся к единице, возможны при очень низких нагрузках. Ток на выходе стабилизатора будет иметь очень низкий уровень искажений и минимальные гармоники.

7.1.11. При соответствующих изменениях микропрограммного обеспечения и аппаратных интерфейсов тот же цифровой процессор сигналов (DSP), который используется для феррорезонансных и SCR-стабилизаторов, может использоваться для управления CCR на базе ШИМ (см. рис. 7-6).

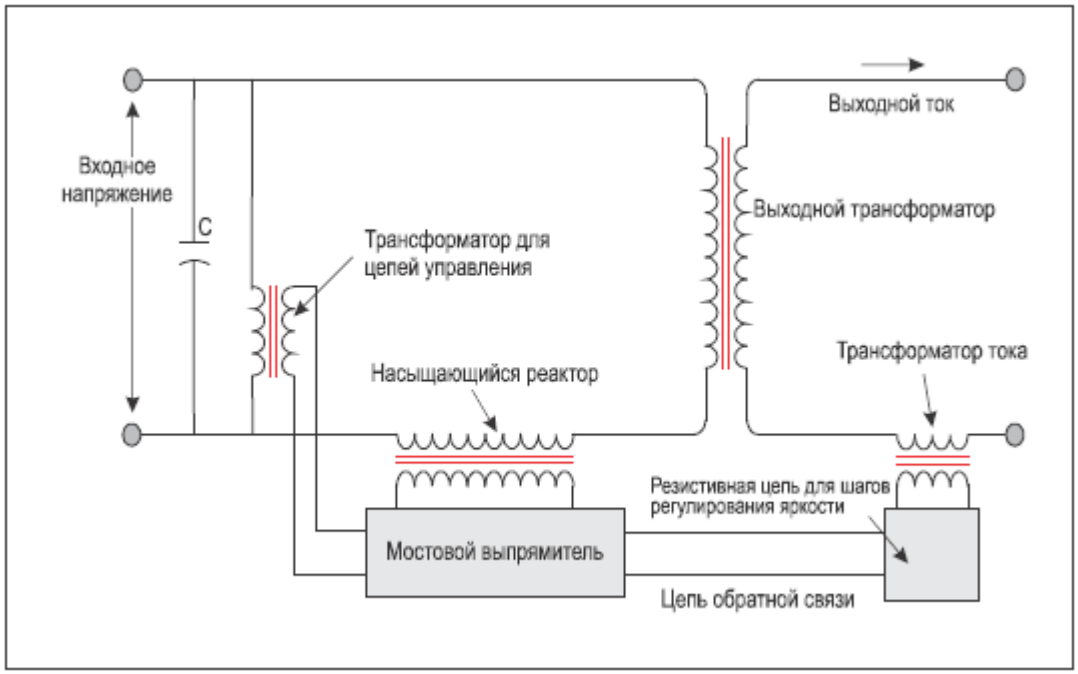


Рис. 7-3. Стабилизатор с насыщающимся реактором

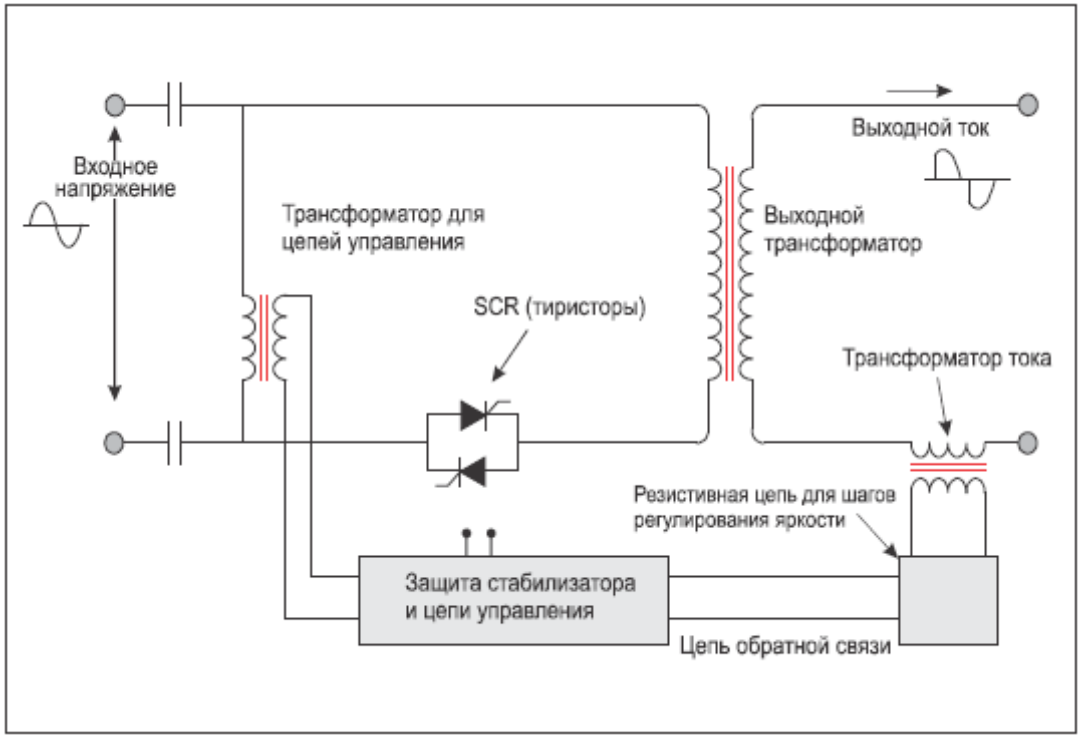


Рис. 7-4. Твердотельный (SCR) стабилизатор

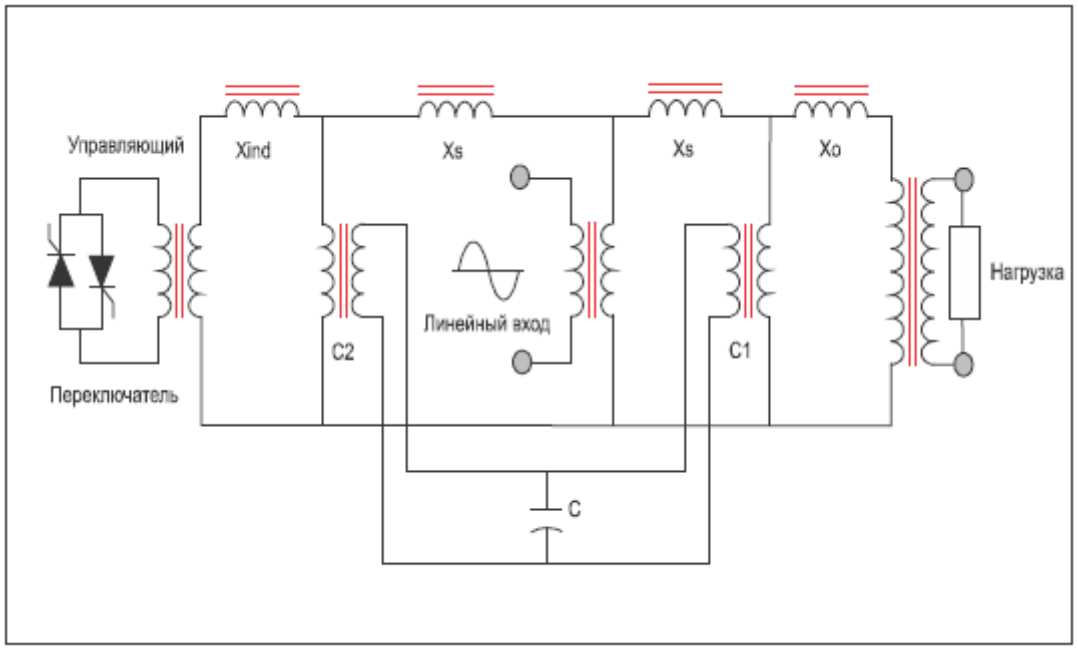


Рис. 7-5. Феррорезонансный стабилизатор

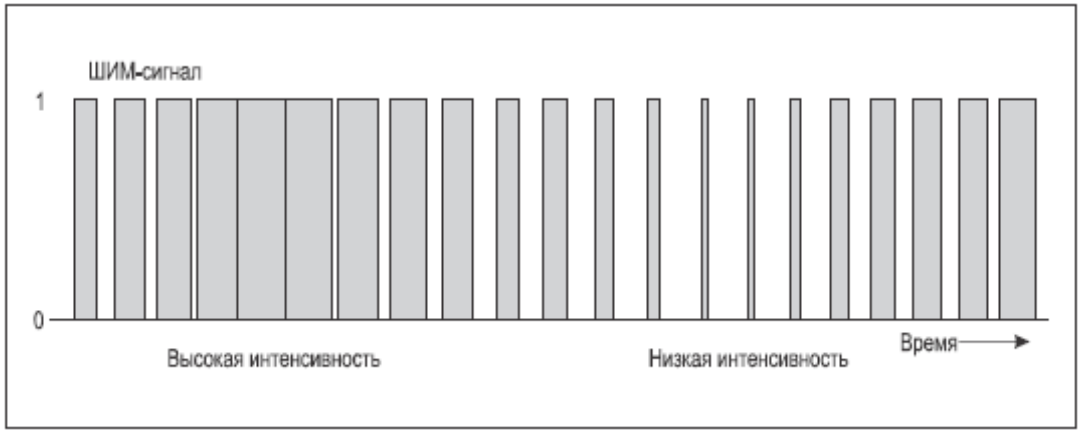


Рис. 7-6. Дельта-модуляция для генерации ШИМ-сигнала

7.1.12. Конструкция на основе ШИМ обеспечивает ряд преимуществ по сравнению с существующими конструкциями CCR:

a) уменьшенный размер сборки: меньше, чем при использовании феррорезонансной технологии;

b) микросекундное время реакции по сравнению с миллисекундным у SCR;

c) более низкие гармоники и близкий к единице коэффициент мощности на всех рабочих уровнях;

d) возможен стабильный ток на выходе при падении напряжения на входе.

7.2. Эксплуатационные Характеристики Стабилизаторов Постоянного Тока

Стабилизаторы постоянного тока, обеспечивающие электропитание цепей аэродромных огней, должны иметь следующие возможности:

a) поддерживать на выходе величину постоянного тока в пределах ±2 % для любой нагрузки, величина которой находится в пределах от половины до полной нагрузки, при наличии до 30 % разделительных трансформаторов, имеющих незамкнутые вторичные обмотки;

b) показывать наличие замыкания на землю в цепи, обеспечивая при этом нормальную эксплуатацию при наличии единичного замыкания на землю;

c) иметь высокую степень надежности и не иметь, в связи с этим подвижных частей;

d) включать в себя устройство размыкания сети, которое в течение двух секунд отключает первичное напряжение и требует возврата стабилизатора в исходное состояние;

e) реагировать на изменения в цепи в пределах 15 циклов;

f) включать в себя предохранительное устройство, отключающее стабилизатор или обеспечивающее уменьшение силы тока в случае перегрузки по току;

g) обеспечивать необходимое количество положений регулировки силы тока или, если требуется, непрерывное плавное управление силой тока. Конструкция стабилизатора должна допускать изменение значения силы тока без прекращения подачи питания на стабилизатор;

h) электрически изолировать первичную цепь питания от вторичной цепи огней;

i) динамические характеристики, обеспечивающие быстрое возобновление работы в случае пропадания питающего напряжения в соответствии с требованиями к времени переключения, приведенными в таблице 12-1 документе Авиационные Правила Республики Узбекистан- Аэродромные Стандарты;

j) непрерывно работать при полной нагрузке при окружающей температуре в диапазоне от -40 °C до +55 °C, относительной влажности от 10 до 100 % и на абсолютных высотах до 2000 м.

7.3. Номинальные Характеристики Стабилизаторов Постоянного Тока

7.3.1. Ниже приведены примеры номинальных характеристик стабилизаторов постоянного тока.

Мощность

7.3.2. Выходные (вторичные) нагрузки в диапазоне от 1 до 70 кВт. В данном диапазоне имеются различные значения нагрузок.

Вторичный (выходной) ток

7.3.3. Наиболее часто используются величины тока в 6,6 и 20 А. Часто используются приборы, обеспечивающие ток в 6,6 А для нагрузок до 30 кВт включительно и 20 А для нагрузок свыше 30 кВт. Поскольку существует тенденция к использованию только тока в 6,6 А, приведенный ниже перечень шагов регулирования яркости относится только к работе цепи при величине тока в 6,6 А.

Величина шагов регулирования тока

7.3.4. В таблице 7-1 приведены типовые значения шагов регулирования тока для 3-ступенчатых и 5-ступенчатых стабилизаторов постоянного тока. Могут использоваться дополнительные шаги в зависимости от местной практики. Если речь идет о стандартной 6,6-амперной цепи, считается, что ток величиной менее 2,3 А находится ниже уровня видимого света и поэтому рассматривается пилотом как выключенное состояние. Иногда для экономии энергии и увеличения срока службы ламп используется значение в 80 % от полной яркости, при котором незначительно уменьшается полная видимая мощность огней при нормальных погодных условиях. Для светодиодных огней с источником питания на основе ШИМ шаги регулирования определяются не величиной тока, а коэффициентом модуляции.

Таблица 7-1. Диапазон номинальных значений выходного тока CCR

Тип	*Шаг регулирования тока*	*Номинальный выходной ток (RMS, ампер)*	*Допустимый диапазон (RMS, ампер)*
3-ступенчатый CCR	3	6,60	6,50 – 6,70
	2	5,50	5,40 – 5,60
	1	4,80	4,70 – 4,90
5-ступенчатый CCR	5	6,60	6,50 – 6,70
	4	5,20	5,10 – 5,30
	3	4,10	4,00 – 4,30
	2	3,40	3,30 – 3,50
	1	2,80	2,70 – 2,90

Частота

7.3.5. Определяется частотой основного источника питания, обычно 50 или 60 Гц.

Первичное напряжение

7.3.6. Используется первичное напряжение в 240 В для нагрузок до 30 кВт и 2400 В для нагрузок от 10 до 70 кВт. Также могут использоваться и другие значения первичного напряжения. Существует тенденция к использованию среднего уровня первичного напряжения, такого как 600 В, для которого требуется менее специализированное оборудование, в частности автоматические выключатели.

7.4. Защита от Обрыва Цепи и Сверхтока

Соединения в последовательных цепях должны выполняться тщательно, чтобы обеспечить целостность цепи и предотвратить возникновение замыканий на землю. Обрыв первичной цепи приведет к выходу из строя всех огней в этой цепи и может вызвать повреждение самого стабилизатора. По этой причине стабилизаторы постоянного тока оснащаются средствами защиты от обрыва цепи. Скачки напряжения, вызываемые переключением цепей с высокой индуктивностью, могут вызвать срабатывание средства защиты стабилизатора от сверхтока. Следует отметить, что устройство защиты от сверхтока обычно не реагирует на короткое замыкание в последовательной цепи. Именно по этой причине персонал должен проходить специальную подготовку, прежде чем выполнять работы с последовательными цепями светотехнического оборудования.

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

8. РАСЧЕТЫ НАГРУЗОК/ВЫБОР МОЩНОСТИ СТАБИЛИЗАТОРА

8.1. Общие Положения

Предметом настоящей главы является расчет нагрузки в цепи в целях выбора параметров стабилизатора постоянного тока. В некоторых случаях проектировщик может просто обратиться к ранее выполненной аналогичной установке для выбора номинала стабилизатора, однако это значение следует проверить посредством выполнения расчета. Световое оборудование, установленное ранее в цепи со стабилизатором постоянного тока номиналом всего 4 кВт, в новой установке может потребовать применения стабилизатора номиналом 7,5 кВт в связи с использованием более протяженных питающих кабелей. При расчете нагрузки на стабилизатор необходимо принимать во внимание ламповую нагрузку, допуски ламп, параметры эффективности разделительного трансформатора, потери в распределительном кабеле, потери в первичном кабеле и потери в питающем кабеле.

Примечание. *Программное обеспечение предоставляется изготовителем.*

8.2. Виды Нагрузок

8.2.1. В расчетах учитываются следующие виды нагрузок:

a) *Ламповая нагрузка.* Номинальная мощность ламп.

b) *Ламповая нагрузка по отношению к первичной обмотке.* Ламповая нагрузка плюс допуск лампы плюс эффективность разделительного трансформатора по отношению к первичной обмотке трансформатора. Лампы изготавливаются в промышленном масштабе, и идентичность точных значений мощности указанным значениям не гарантируется. Возможны допуски, приведенные в таблице 8-1.

Таблица 8-1. Допуски ламп

Номинальная мощность (Вт)	*Допуск (%)*	*Возможная фактическая мощность (Вт)*
30	8	32,4
45	8	48,6
200	7	214,0
250	6	265,0

c) *Нагрузка вторичного отвода.* Активная нагрузка вторичного отвода разделительного трансформатора к световому оборудованию. Для углубленных огней эта нагрузка может быть довольно высокой. В случае боковых огней с близкорасположенным разделительным трансформатором эта нагрузка незначительна и может не приниматься в расчет. В случае огней приближения с высокими мачтами может иметь место относительно высокая величина сопротивления вторичной обмотки. После определения нагрузки вторичной цепи (лампы и кабель) эта нагрузка соотносится с первичной обмоткой разделительного трансформатора, включая любые потери, которые могут возникнуть в зависимости от эффективности самого трансформатора. Эта эффективность различается в зависимости от ламповой нагрузки, как показано в таблице 8-2.

Таблица 8-2. Эффективность разделительного трансформатора

Номинальная мощность трансформатора (Вт)	*Номинальная мощность лампы (Вт)*	*Эффективность (%)*
30/45	30	70
30/45	45	77
200	200	90
250	250	89

d) *Нагрузка первичного кабеля.* Активная нагрузка в первичных кабелях между огнями. В таблице 8-3 приведены значения сопротивления для различных диаметров проводов по стандарту AWG. Эта таблица также может использоваться для определения нагрузки распределительного кабеля и питающего кабеля.

Таблица 8-3. Сопротивление медных проводов

Метрический размер IEC 60228	*№ AWG*	*мм²*	*Ом/км @ 20°C (*)*	*Ом на 1000 фут @ 25°C*
25		25,000	0,690	
	4	21,151	0,815	0,2533
16		16,000	1,078	
	6	13,302	1,296	0,4023
10		10,000	1,724	
	8	8,366	2,060	0,6401
6		6,000	2,873	
	10	5,261	3,277	1,018
4		4,000	4,310	
	12	3,309	5,210	1,622
2,5		2,500	6,896	
	14	2,081	8,284	2,5756
1,5		1,500	11,493	
	16	1,309	13,170	4,084

(*) Сопротивление @ 20 °C рассчитано на основе удельного сопротивления ρ = 1,724*10-8 Ом-м²/м.

Примечание. *Общепринятой практикой для 6,6-амперных схем является использование для вторичных цепей провода сечением 4 мм^2, или № 12 AWG. Для первичных цепей может использоваться провод сечением 10 мм^2, или № 8 AWG.*

е) *Нагрузка питающего кабеля.* Активная нагрузка питающих кабелей, соединяющих первый и последний огни системы со стабилизатором постоянного тока. Длина питающего кабеля в два раза превышает расстояние от стабилизатора до системы огней при условии, что первый и последний огни расположены достаточно близко друг к другу.

8.3. Расчет Нагрузки Светового Оборудования

Расчет нагрузки светового оборудования в последовательной цепи может осуществляться с использованием графиков или математически. Имеются различные виды графиков, однако они не всегда сопровождаются описанием их обоснования и поэтому могут быть неприменимы к другим установкам, помимо тех, для которых они были изначально составлены. Предпочтительным методом является математический расчет.

8.4. Пример Расчета

Таблица 8-4. Условия

Номинальная мощность лампы	P = 45 Вт
Допуск на мощность лампы (согласно таблице 8-1 45 Вт)	δ = +8 % (коэффициент 1,08)
Ток, проходящий по последовательной цепи	I = 6,6 A
Эффективность последовательного трансформатора	η = 0,77 (типовое значение для трансформатора мощностью 30/45 Вт)
Удельное сопротивление (медь)	$\rho = 1{,}724 \times 10^{-8}$ Ом-м @ 20°C
Мощность блока управления и контроля	P_M = 7 Вт
Длина вторичного отвода	L_S = 40 м
Поперечное сечение вторичного отвода	$A_S = 4$ мм^2 = 4×10^{-6} м^2
Количество огней	N = 40
Длина первичного кабеля	L_P = 1600 м (например, длина ВПП)
Расстояние прокладки питающего кабеля	L_F = 1000 м (два питающих кабеля на кольцевую цепь)
Поперечное сечение первичного кабеля	A_{PC}= 6 мм^2
Поперечное сечение питающего кабеля	A_{FC}= 6 мм^2

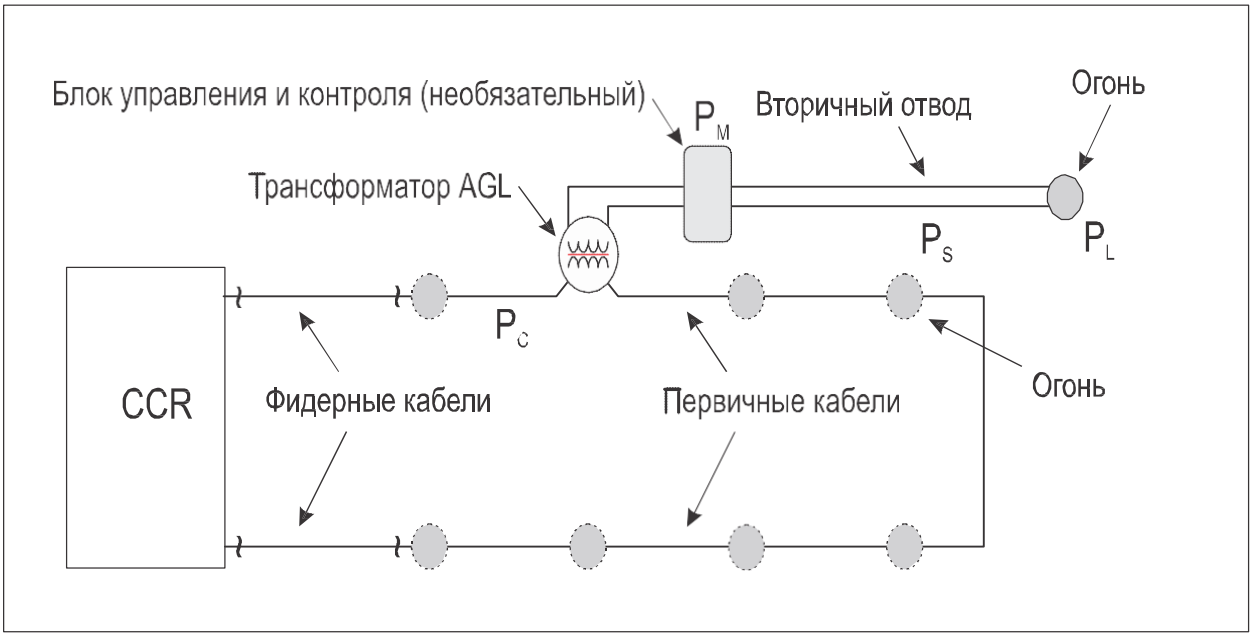


Рис. 8-1. Нагрузка цепи

8.4.1.При условиях, приведенных в таблице 8-4 и на рис. 8-1 выше, расчет требуемой мощности осуществляется следующим образом:

a) Предполагается, что электрическое сопротивление провода выше для более длинного провода, ниже для провода с большим поперечным сечением и зависит от материала провода (удельного сопротивления). Таким образом, сопротивление может быть выражено как

$$R = p * L/A,$$

где:

R - электрическое сопротивление материала (измеряемое в омах, О); *p* - удельное статическое сопротивление (измеряемое в омметрах, Ом);

L - длина провода (измеряемая в метрах, м);

A - площадь поперечного сечения образца (измеряемая в квадратных метрах, м^2).

b) Ламповая нагрузка

P_L = мощность лампы * допуск лампы = 45*1,08 = 48,6 Вт.

c) Потеря мощности на вторичном (низковольтном) отводе, использующем провод диаметром 4 мм^2:

длина провода = 2 * длина отвода = 80 м;

R_s = p * 10^6 * длина /площадь в м^2 = 1,724 x 10'^{8} * 80 м/4 x 10'^{6} = 0,3448 Ом;

$P_s = R_s * I^2$ = 0,3448 Ом * (6,6 А)^2 = 15,2 Вт.

d) Если в системе используется блок управления и контроля, прибавьте 7 Вт.

e) Общая вторичная потеря мощности на каждую лампу:

P2 = ламповая нагрузка + блок + потеря в отводе = 48,6 + 7 + 15,2 = 70,8 Вт.

f) Вторичная потеря в отношении к первичной обмотке:

P1 = P2 / эффективность трансформатора = 70,8 / 0,77 = 91,9 Вт.

g) Потеря мощности в высоковольтных первичном и питающем кабелях:

длина провода = 2 * (длина питающего кабеля + длина первичного кабеля) = 2 * (1000 + 1600) = 5200 м; Rp = p * 10^6 * длина /площадь в м^2 = 1,724 x 10'^{8} * 5200/6 x 10'^{6} = 14,9 Ом;

Pp = Rs * I^2 = 14,9 Ом * (6,6 А)^2 = 649,0 Вт.

h) Общая требуемая мощность:

Зе = Зз + 40 * Зы2 = 649б0 + 40 * 91б9 = 4325 Вт = 4б3 кВт

i) Данная система может потребовать выбора стабилизатора постоянного тока мощностью 5 кВА.

Имеются стабилизаторы постоянного тока со следующими значениями номинальной мощности: 1,2,5, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25 и 30 кВА.

8.5. Прочие Соображения

8.5.1. В результате расчета получается величина в ваттах или кВт, представляющая собой активную мощность. Кажущаяся мощность, или кВА, зависит от ожидаемого коэффициента мощности всей системы, работающей при 6,6 А. Для некоторых видов светового оборудования коэффициент мощности может быть относительно низким и должен учитываться при выборе мощности стабилизатора.

8.5.2. На выбор стабилизатора постоянного тока также могут влиять характеристики нагрузки. Для последовательных цепей с колеблющимися нагрузками, для которых требуется низкий коэффициент гармоник выходного напряжения, рекомендуются феррорезонансные CCR.

Адресуемые огни: мощность переключающего устройства

8.5.3.В некоторых случаях коммутационная способность адресуемого переключающего устройства может зависеть от формы кривой тока на выходе CCR. Высокий коэффициент амплитуды тока CCR может не позволять использовать максимальную номинальную мощность нагрузки. Проектировщику следует продумать применяемую схему для обеспечения надлежащего функционирования. Выбор CCR может повлиять на требуемую нагрузку. Следует проконсультироватьсяс изготовителем относительно возможных проблем, связанных с использованием CCR.

8.5.4.Каждое адресуемое устройство будет потреблять энергию на вторичном отводе распределительного трансформатора. При расчете нагрузки к пиковому значению, потребляемой устройством мощности прибавьте потерю в дополнительном вторичном кабеле, что особенно важно при наличии вторичного удлинительного кабеля.

Синхронно мигающие нагрузки

8.5.5.Цепь углубленных огней защиты ВПП (RGL конфигурации B) является примером потенциально больших бросков нагрузки в диапазоне от 30 до 32 вспышек в минуту. Если все углубленные огни RGL в цепи точно синхронизированы, половина огней включена, и половина выключена в любой момент времени. Но при изменении состояния ламп лампы, которые только что погасли, почти не создают нагрузку, а лампы, которые только что зажглись, создают нагрузку, равную примерно половине их мощности, поскольку нити накала все еще теплые. Когда нити накала нагреваются до максимального значения, включенные лампы начинают создавать полную нагрузку. На рис. 8-2 проиллюстрирована нагруженность цепи.

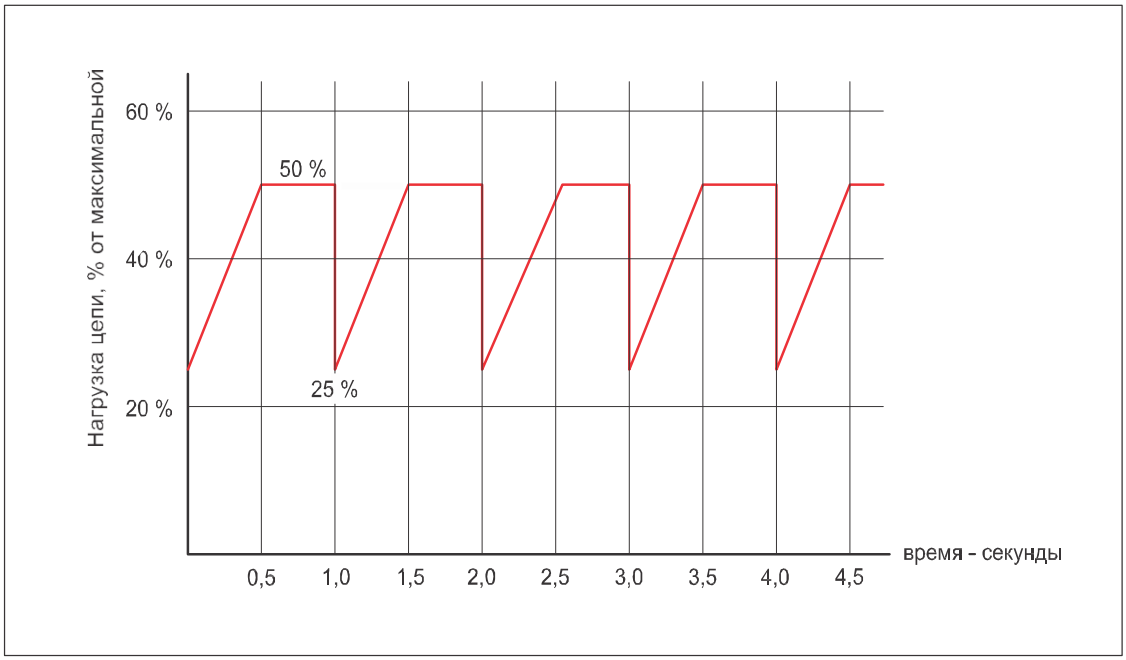


Рис. 8-2. Нагрузочная характеристика RGL

8.5.6.На рис. 8-2 допускается, что 100-процентная нагрузка создается при подаче энергии на все углубленные огни RGL. При выборе CCR следует принимать во внимание такой тип нагрузки. Проектировщик должен убедиться, что расчеты в отношении эффективности и нагрузки верны. Также следует проконсультироваться с изготовителем CCR относительно пригодности данного CCR для данной системы. Существующие системы углубленных RGL могут включать встроенную возможность распределения нагрузки для снижения динамики цепи. Кроме того, может быть важна синхронизация углубленных RGL для предотвращения ситуации, когда как четные, так и нечетные огни одновременно выключены, в результате чего углубленные RGL создают очень низкую нагрузку. При изменении нагрузки может возникать

допустимое небольшое отклонение величины выходного тока CCR. Для контролируемых последовательных цепей допускается немного расширить уровни аварийного сигнала системы контроля выходного тока CCR в целях предотвращения излишних ложных тревог. Проектировщику следует проконсультироваться с изготовителем CCR и средств управления углубленных RGL относительно совместимости и применения этих компонентов.

Асинхронно мигающие нагрузки

8.5.7.Примером асинхронно мигающей нагрузки является надземный огонь защиты ВПП, мигающий в диапазоне от 45 до 50 раз в минуту. Обычно время мигания каждого проблескового огня несинхронизировано, и нагруженность последовательной цепи огней в разные моменты времени может несколько различаться. Средняя нагруженность крупных цепей обычно нормализуется с течением времени, но могут быть периоды, когда нагруженность значительно колеблется. При изменении нагрузки может возникать допустимое небольшое отклонение величины выходного тока CCR. Для контролируемых последовательных цепей допускается немного расширить уровни аварийного сигнала системы контроля выходного тока CCR в целях предотвращения излишних ложных тревог. Проектировщику следует проконсультироваться с изготовителем CCR и надземных RGL относительно совместимости и применения этих компонентов.

Нелинейные или реактивные нагрузки

8.5.8.Электронные устройства, такие как светодиодные огни, последовательно подсоединенные знаки и адресуемые компоненты, могут создавать нелинейную или реактивную нагрузку на цепь. Эти устройства могут включать импульсные источники питания, которые могут сообщать емкостную характеристику нагрузке цепи. Кроме того, когда цепь находится под напряжением, эти устройства могут изначально создавать относительно высокое падение напряжения, а затем резко переключаться на более низкое падение напряжения. Проектировщику следует проконсультироваться с изготовителем CCR и электронного компонента относительно возможных проблем совместимости.

Стабильность цепи и нагрузка на цепи с подключенными знаками

8.5.9.Некоторые аэродромные знаки могут содержать насыщающийся трансформатор, поддерживающий постоянный уровень свечения на всех шагах регулирования яркости, обеспечиваемых стабилизатором постоянного тока. Эти знаки могут создавать большие броски нагрузки в последовательной цепи при включении или при выходе лампы из строя. Такой вид нагрузки может негативно влиять на некоторые CCR и приводить к нестабильности или отключению цепи. Проектировщику следует проконсультироваться с изготовителями как знака, так и CCR по вопросу совместимости.

8.5.10. Для определения требований по нагрузке и мощности CCR для таких знаков неправильно просто сложить величину вольт-ампер (ВА), требуемых знаками, и нагрузку остальных элементов цепи, а затем выполнить обычные расчеты потерь в кабелях, эффективности трансформатора и т. д. Такой расчет будет оправдан, только если цепь находится на высшей ступени в 6,6 А.Пример: цепь с несколькими знаками, которая имеет нагрузку знаков в 10 000 ВА плюс нагрузка других огней и потери величиной 3000 ВА, что в сумме дает 13 000 ВА. Для данной нагрузки на высшей ступени подойдет CCR мощностью 15 кВА с номинальным максимальным выходных напряжением 2272 В. Однако если CCR переключается на более низкую ступень, знаки в цепи по-прежнему будут требовать 10 000 ВА для поддержания их свечения. При 2,8 А нагрузка в 10 000 ВА требует около 3570 В, а значит, мощности данного CCR будет недостаточно. Для обеспечения знака требуемой энергией следует учесть максимальное напряжение, требуемое знаками на низшей используемой ступени цепи, а также величину ВА остальных элементов цепи, потери в кабелях и эффективность последовательного разделительного трансформатора.

Светодиодная технология

8.5.11. Нагрузка на цепи, в которых используется светодиодная технология и, возможно, другие виды светотехнического оборудования, должна изучаться в консультации с соответствующими изготовителями. Однако принципы расчета коэффициентов, например,

отражающих кабельные потери, аналогичны применяемым для традиционного светотехнического оборудования с использованием ламп накаливания.

9. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ НАЗЕМНЫХ АЭРОДРОМНЫХ ОГНЕЙ

9.1. Функции

9.1.1.В последовательных цепях светотехнического оборудования используются трансформаторы наземных аэродромных огней (AGL) для обеспечения целостности цепи, чтобы отказ отдельной лампы не приводил к обрыву цепи. Трансформатор AGL также повышает уровень безопасности за счет создания низкого напряжения на вторичной, или ламповой, стороне. Эта безопасность, тем не менее, может быть нарушена коротким замыканием между первичной и вторичной обмотками. В некоторых установках используются шунтирующие устройства, такие как пленочные предохранители, которые замыкают лампу при выходе ее из строя, для предотвращения воздействия разомкнутых вторичных цепей на стабилизатор постоянного тока (см. рис. 9-1).

Рис. 9-1. Трансформатор AGL

9.2. Конструкция трансформатора

9.2.1.Трансформатор AGL состоит из первичной и вторичной обмоток, которые намотаны на помещенный в водонепроницаемый кожух магнитный сердечник, и имеет первичные и вторичные отводы для соединения последовательной цепи с лампой. Отношение витков первичной обмотки к виткам вторичной обмотки последовательного трансформатора составляет 1:1, так что ток в лампе соответствует току в первичном кабеле, проведенном от стабилизатора постоянного тока. Хотя отношение витков 1:1 является наиболее распространенным, могут использоваться и другие значения (см. п. 9.5.1 b)). Первичная и вторичная обмотки электрически изолированы, но соединены магнитной цепью. Вторичная цепь подвержена меньшему электрическому потенциалу, и применяется практика заземления одного из ее выводов. Сердечник трансформатора в процессе работы ненасыщен в отношении магнитных свойств, но становится насыщенным в случае выхода из строя лампы или размыкания вторичной цепи и таким образом поддерживает целостность первичной цепи. Если в ламповой цепи происходит короткое замыкание, трансформатор выходит из

нагруженного состояния и оказывает минимальное воздействие на последовательную цепь. Трансформаторы должны быть способны непрерывно работать без возникновения повреждений при расчетной нагрузке, размыкании цепи или коротком замыкании в цепи.

9.2.2. Если предполагается, что огни будут управляться индивидуально с использованием полевого блока, конструкция должна предусматривать связь через трансформаторы цепи.

9.3. Кожух

9.3.1. Водонепроницаемый кожух, в который помещаются сердечник, обмотки и отводы, может быть изготовлен из металла, резины или пластмассы и должен быть пригоден для монтажа непосредственно под землей, под водой, в основаниях или в условиях воздействия метеоусловий. Необходимо, чтобы кожух предохранял трансформатор от повреждения в случае его падения или транспортировки за один провод. Кожух должен не допускать проникновения воды во внутреннюю полость через свою поверхность или места подсоединения к нему проводов, сохранять устойчивость к внешним воздействиям с целью избежания разрушения или повреждения при очень низких температурах, а также защищать прибор в ходе транспортировки, хранения, монтажа и обслуживания. Материал кожуха должен быть огнестойким/самозатухающим.

9.3.2. Необходимо, чтобы выводы первичной обмотки имели сечение не менее 10 мм^2 (№ 8 AWG), и сопротивление их изоляции должно быть рассчитано не менее чем на 5000 В. Эти выводы должны быть не короче 50 см. Обычно на таких выводах размещаются соединительные устройства в виде штепселя на одном из проводов и гнезда на другом, которые пригодны для подсоединения к кабелю последовательной цепи. Выводы вторичной обмотки должны состоять из двух проводников сечением не менее 4 мм^2 или 6 мм^2 (№ 12 или № 10 AWG), иметь сопротивление изоляции на напряжение не менее 600 В, и их длина должна составлять не менее 100 см. Обычно такие выводы оснащаются соответствующими двухпроводниковыми соединителями, которые позволяют подключить их к огню.

9.3.3. Хотя конструкция трансформатора должна быть водонепроницаемой, его следует устанавливать на кабельных желобах в смотровых колодцах или на каком-либо разделителе, например на кирпиче, в глубоком основании (трансформаторном кожухе).

9.4. Температура Окружающей Среды

Трансформаторы должны быть способны работать при температуре в диапазоне от -55 °C до +65 °C.

9.5. Параметры Трансформаторов

Параметрами последовательных трансформаторов AGL являются выходная мощность, ток в первичной и вторичной обмотках, частота и напряжение изоляции первичной и вторичной цепей. Данные трансформаторы могут быть легко изготовлены почти с любыми желаемыми параметрами. Ниже приведены некоторые из наиболее часто используемых параметров:

a) *Мощность.* Часто используется номинальная мощность 30/45, 65, 100, 200, 300 и 500 Вт и иногда 1000 и 1500 Вт. Для светодиодного оборудования используются значения в 10/15 и 20/25 Вт.

b) *Ток.* Номинальные значения тока обычно даются в виде отношения первичного тока ко вторичному. Общепринятыми значениями являются 6,6/6,6, 20/20, 6,6/20 и 20/6,6 А.

c) *Частота.* Общепринятыми значениями частот являются 50 и 60 Гц. Желательно использовать трансформатор на той частоте, для которой он рассчитан.

d) *Изоляция.* Большинство разделительных трансформаторов имеют изоляцию, рассчитанную на 5000 В в первичной цепи и 600 В во вторичной. Рассчитанные на большие значения мощности трансформаторы могут потребовать более сильной вторичной изоляции в связи с более высоким напряжением разомкнутой цепи.

9.6. Питание нескольких Ламп от Одного Трансформатора

Желательно, чтобы каждый огонь получал электроэнергию от своего собственного

трансформатора. В ряде случаев для уменьшения стоимости установки, как, например, при установке огней осевой линии на существующих ВПП, или для уменьшения массы и прочности кабелей, как, например, для высоких опор огней приближения, несколько ламп могут быть соединены последовательно с одним разделительным трансформатором. Трансформатор должен иметь достаточную мощность для обеспечения питания всех ламп с учетом потерь в линии.

С данной схемой связаны две проблемы: во-первых, при отказе одной из ламп, вызывающем размыкание цепи, другие лампы становятся неработающими, если не используются соответствующие шунтирующие устройства; а во-вторых, в момент обрыва цепи отказа мгновенное значение вторичного напряжения может быть очень большим, особенно в случае трансформаторов AGL большой мощности. Данные проблемы рассматриваются ниже.

9.7. Воздействие Размыкания Цепи Вторичной Обмотки Трансформаторов

Конструкции большинства трансформаторов AGL ограничивают среднеквадратичное (RMS) значение напряжения разомкнутых вторичных цепей величиной в 200 В или ниже. Однако мгновенное значение напряжения некоторых трансформаторов в момент размыкания цепи может быть существенно выше. Трансформаторы, магнитный сердечник которых рассчитан на насыщение при напряжении, лишь незначительно превышающем рабочее, обычно имеют меньшие RMS и мгновенное пиковое значение напряжения разомкнутой вторичной цепи, чем трансформаторы с меньшим насыщением.

Высокие RMS значения напряжения разомкнутой цепи требуют более сильной изоляции вторичной обмотки и представляют большую опасность в плане возможного электрического удара, однако они при этом обусловливают более надежную работу пленочных предохранителей. Реактивное сопротивление последовательных трансформаторов при разомкнутых вторичных цепях приводит к искажению формы тока первичной цепи, и возникающие в результате этого гармонические частоты могут повлиять на функционирование некоторых видов стабилизаторов постоянного тока.

9.8. Шунтирующие Устройства для Ламп

Независимо от того, подсоединены ли лампы к последовательной цепи непосредственно или в качестве последовательно соединенной группы через один трансформатор AGL, при перегорании нити накала одной из ламп вся группа ламп выходит из строя, если к контактам отказавшей лампы не подсоединено подходящее шунтирующее устройство. В течение многих лет использования последовательных цепей огней без таких трансформаторов для шунтирования вышедших из строя ламп применялись плавкие пленочные предохранители.

Для этого между клеммами каждой из ламп устанавливаются пружинные контакты. Эти контакты разделены пленочным предохранителем в виде небольшого диска тонкой непроводящей пленки между проводящими внешними поверхностями. Когда лампа работает, пленочный диск обеспечивает изоляцию контактов лампы друг от друга, а нить накала лампы замыкает последовательную цепь.

Когда нить накала лампы отказывает, напряжение на зажимах лампы быстро возрастает и пробивает пленку, замыкая контакты лампы, благодаря чему последовательная цепь восстанавливается до срабатывания устройства защиты от размыкания цепи стабилизатора постоянного тока. При замене лампы должен быть установлен новый плавкий пленочный предохранитель.

Пиковое значение напряжения разомкнутой вторичной цепи некоторых трансформаторов может достигать 100-200 В или меньше. В наличии имеются плавкие пленочные предохранители, которые работают при этих напряжениях, но могут быть ненадежными, поскольку напряжение разомкнутой цепи может не вызывать пробоя пленочного предохранителя и замыкания контактов отказавшей лампы. Последней разработкой в области шунтирующих устройств для ламп в таких цепях является замыкающее реле. Эти реле более дорогостоящие по сравнению с плавкими пленочными предохранителями, но обеспечивают более надежную работу.

9.9. Подставка Трансформатора

9.9.1. Если трансформаторы AGL устанавливаются в трансформаторных кожухах (в основании огня), обычной практикой является размещение трансформатора на опоре, такой как кирпич. Кирпич был выбран по ряду причин: ранние конструкции трансформаторов плохо выдерживали воздействие воды; считалось, что промежуток уменьшает электростатическое напряжение между стальным основанием и трансформатором; дополнительная изоляция обеспечивала большую электрическую прочность, что могло содействовать предотвращению повреждения в результате удара молнии. Несмотря на то, что способность современных трансформаторов AGL выдерживать воздействие воды значительно повысилась и преимущество их изолирования от основания огня не было подтверждено, практика остается неизменной. Поднятие трансформатора может иметь некоторое преимущество за счет облегчения доступа с целью технического обслуживания, особенно в зимнее время. Необходимо проследить за тем, чтобы кирпич не закрывал дренажное отверстие в днище оснований. Некоторые аэропорты применяют подставки промышленного производства или кусок пластмассового канала, как показано на рис. 9-2.

9.9.2. В качестве альтернативного варианта трансформатор может быть подвешен на стенке кожуха при помощи кронштейна, как показано на рис. 9-3, особенно если кожух выполнен из неметаллического материала.

9.10. Другие Устройства

Трансформатор AGL был разработан в качестве средства подачи питания на огни в последовательной цепи. Кроме того, разрабатываются и другие устройства аналогичного назначения в соответствии с вновь возникающими требованиями, например силовой адаптер, показанный на рис. 9-4, который предназначен для питания ламп с номиналом в вольтах, таких как лампы указателей направления ветра и огни обозначения порога ВПП. Трансформаторы могут быть модернизированы для добавления функции адресации огней.

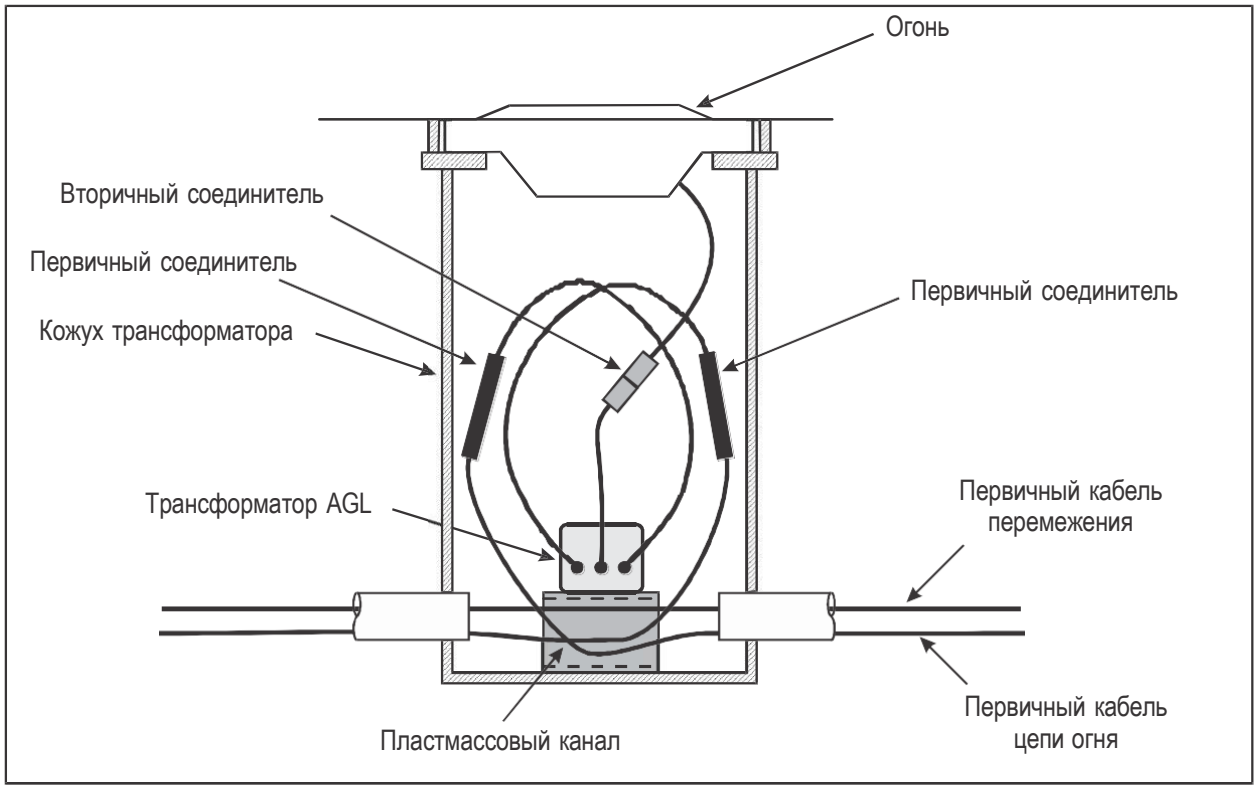


Рис. 9-2. Использование пластмассового канала в кожухе

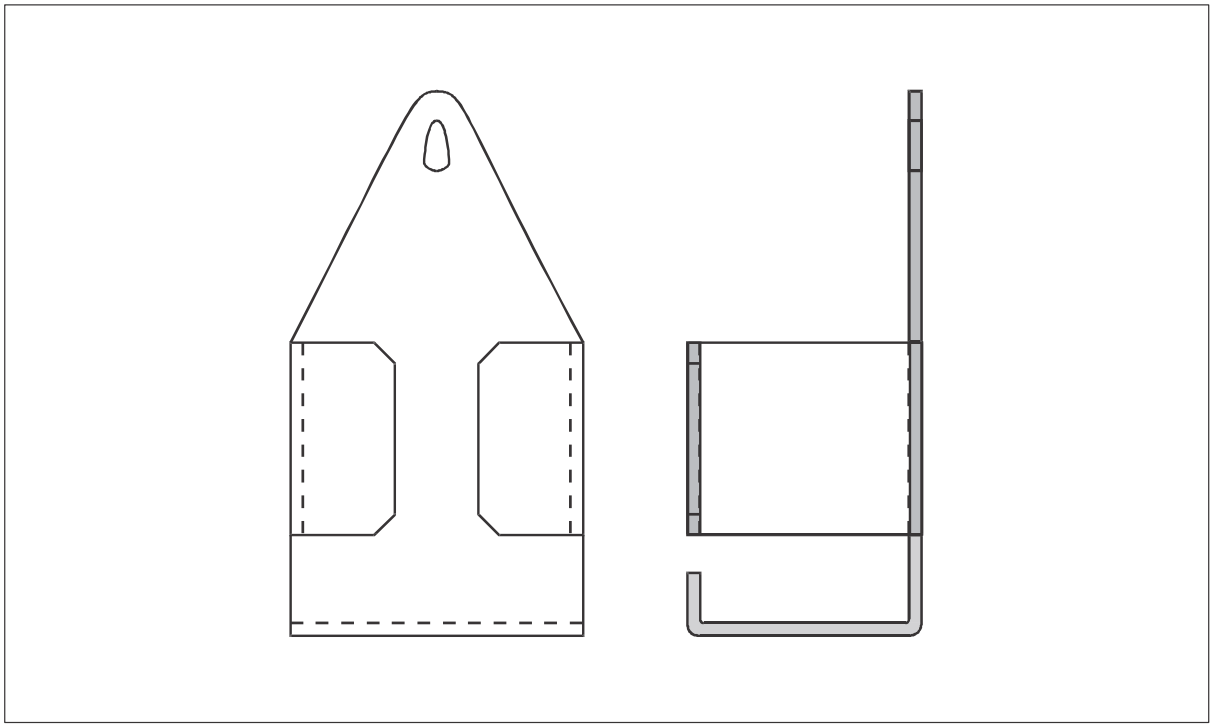


Рис. 9-3. Кронштейн для трансформатора

Рис. 9-4. Силовой адаптер (источник: ADB Airfield Solutions)

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

10. УПРАВЛЕНИЕ И КОНТРОЛЬ СИСТЕМ АЭРОДРОМНЫХ ОГНЕЙ

Примечание 1. *В настоящей главе представлен обзор систем управления и контроля. Учитывая то, что технологии быстро развиваются и приводят к созданию все новых цифровых решений, представляется возможным привести лишь базовые примеры (см. также рис. 10-1).*

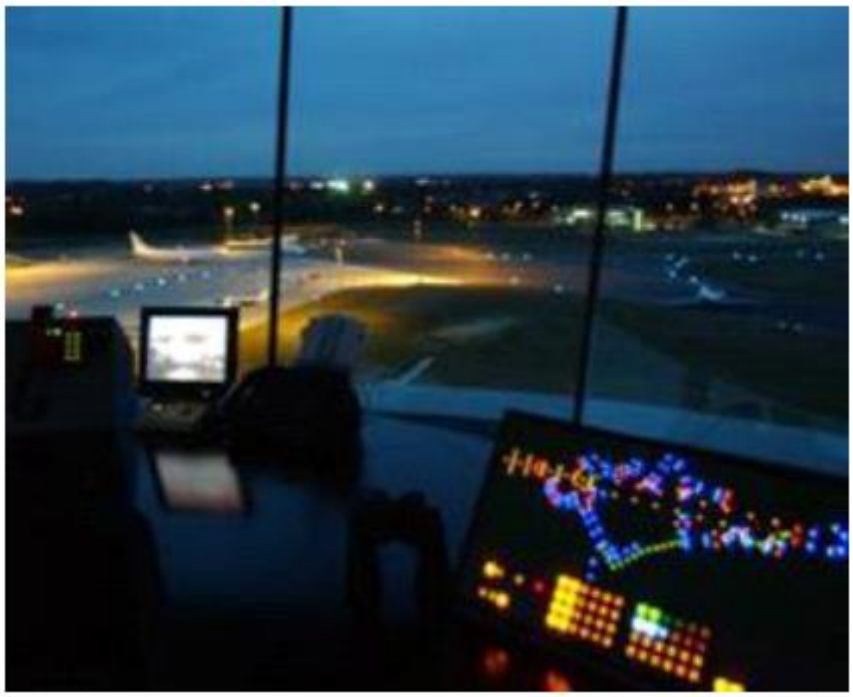


Рис. 10-1. Станция управления в пункте обслуживания воздушного движения

10.1. Панель Управления Огнями Перрона

10.1.1. Несмотря на то что в настоящей главе в основном рассматриваются вопросы управления и контроля огней, установленных в зоне маневрирования (огни приближения, огни ВПП и огни РД), может быть обеспечена вторая система управления для огней зоны перрона, таких как прожекторы освещения перрона, огни перронных РД, огни полос руления воздушных судов на стоянке, огни управления маневрированием воздушного судна на месте стоянки и системы визуальной стыковки с телескопическим трапом. Управление этой второй системой может осуществляться дистанционно из операционного центра/центра технического обслуживания. Может потребоваться обеспечение определенного взаимодействия между данной панелью и панелью управления, установленной в пункте ОВД.

10.1.2. Данная панель управления позволяет управлять огнями на перроне в целях организации движения воздушных судов от РД зоны маневрирования до мест стоянок. Для сложных перронов с многочисленными выходами на посадку необходимо обеспечить, чтобы включались только огни управления маневрированием воздушного судна на месте стоянки у выхода на посадку, назначенного для приема данного воздушного судна. При этом также включается система визуальной стыковки с телескопическим трапом. Аналогичным образом можно контролировать прожекторное освещение перрона, уменьшая яркость или отключая освещение, когда соответствующий выход на посадку не используется.

10.2. Схемы Управления

10.2.1. Схемы управления аэродромными огнями обеспечивают средства включения или выключения, а также изменения силы света различных систем огней. Эти средства управления могут иметь ручной или автоматический режим работы.

Местное управление

10.2.2. Простейшим методом управления является переключатель на блоке питания, который приводится в действие оператором для включения или выключения подачи питания на цепь. Данный метод управления может использоваться на небольших аэродромах с небольшим количеством цепей систем огней. В крупных аэропортах должно быть предусмотрено средство местного управления в будке для электрооборудования в качестве альтернативного пункта управления в аварийной ситуации. Это средство местного управления должно точно повторять средство управления в пункте УВД.

Дистанционное управление

10.2.3. Средство управления, обеспечиваемое на крупных аэродромах, считается "дистанционным" в том смысле, что оно удалено от источника питания в будке для электрооборудования. На некоторых аэродромах могут быть установлены дополнительные станции дистанционного управления в других местах (например, в центре операционных данных или центре технического обслуживания), оснащенных средствами для активации отдельных станций на панели, установленной в пункте УВД. Также можно обеспечить средство дистанционного управления на другом аэродроме или на станции службы обеспечения полетов.

10.3. Типы Систем Дистанционного Управления

10.3.1. Для аэродромных огней используются системы управления нескольких типов. Традиционными системами управления/контроля, применяемыми как в военных, так и в коммерческих целях, являются релейные системы. Обычно в таких системах применялись, как показано на рис. 10-3, многопарные (50 или более пар) кабели для соединения установленного в будке электрооборудования с пунктом управления воздушным движением. Несмотря на то, что с течением времени конструкции систем управления изменились, важным параметром по-прежнему остается уровень готовности, в связи с чем должны быть тщательно продуманы средства связи.

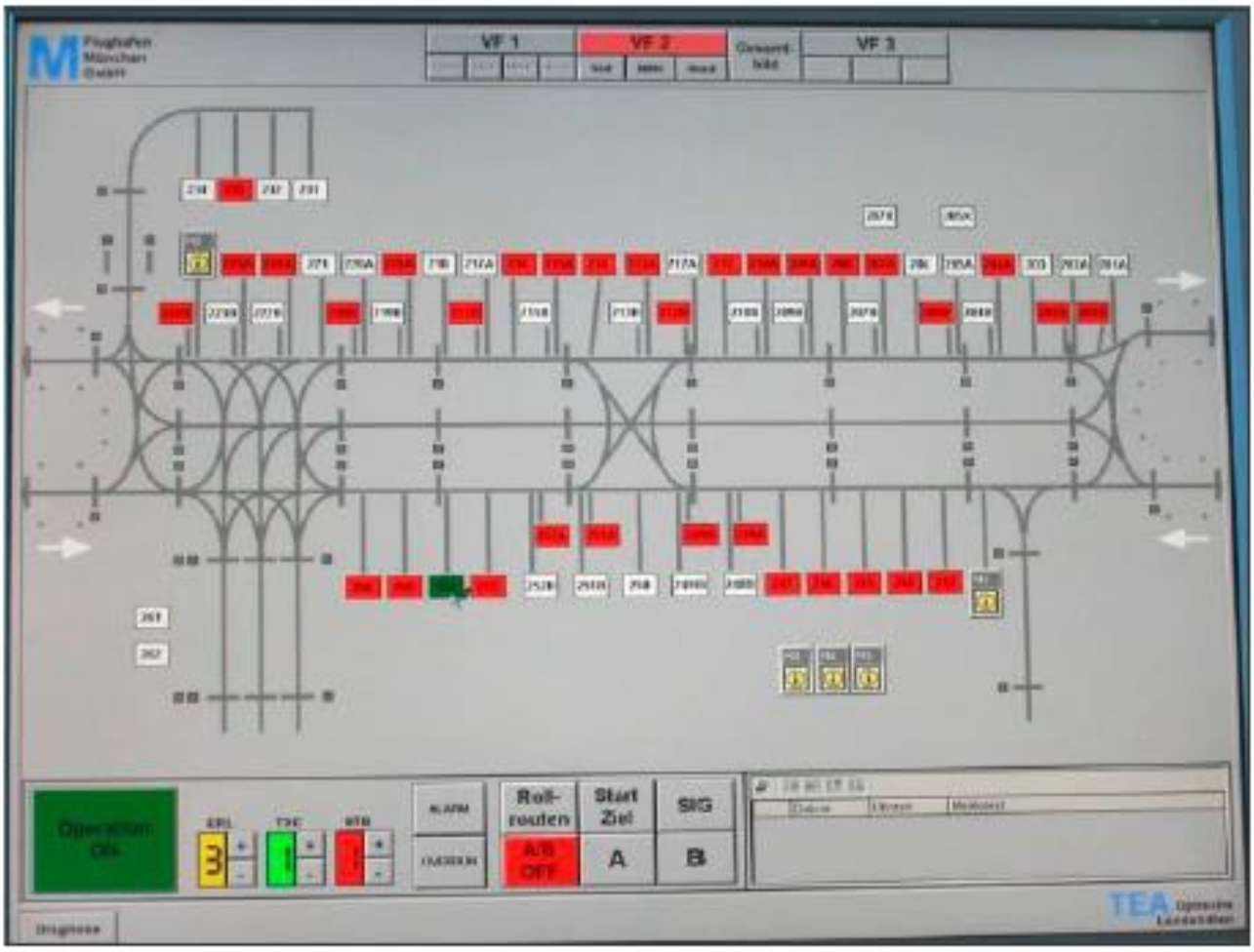


Рис. 10-2. Панель управления огнями перрона

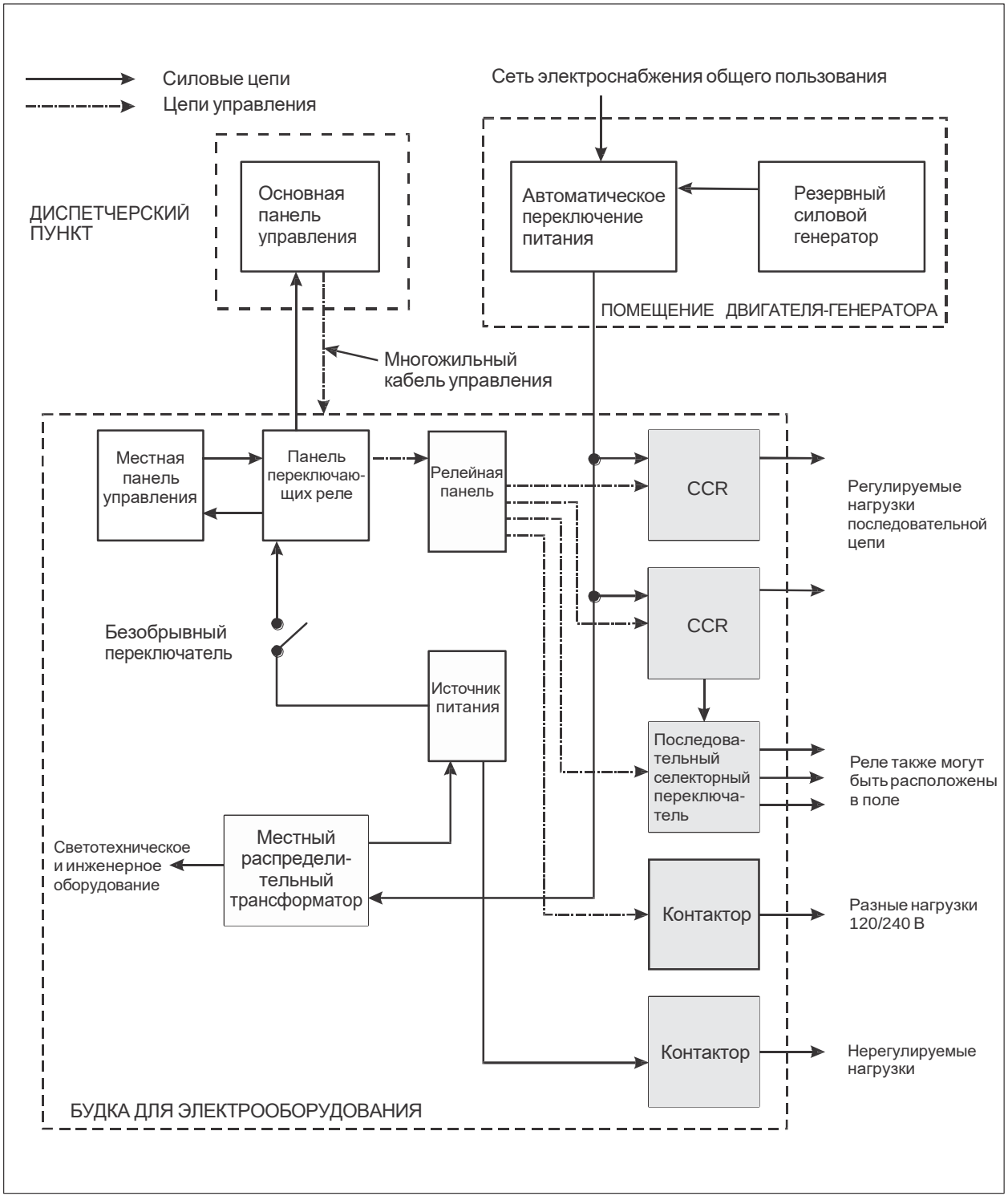


Рис. 10-3. Традиционная система управления/контроля

10.3.2. Расстояние между органом ОВД и будкой для электрооборудования может быть значительным, что обусловит высокую стоимость прокладки кабеля и увеличенный риск повреждения кабеля или выхода из строя одной или нескольких пар в кабеле. Кроме того, эти кабели связи требуют установки в отдельных системах каналов для исключения помех от силовых кабелей. Традиционная релейная панель и многожильный кабель управления могут

быть заменены более простой системой с использованием мультиплексора, который требует лишь однопарного кабеля для связи между будкой для электрооборудования и диспетчерским пунктом (или другой станцией). Мультиплексор также может быть встроен в программируемый контроллер, так что при потере одной пары по какой бы то ни было причине вы сможете переключить управление на другую пару вместо того, чтобы заменять весь кабель.

10.3.3. В традиционных системах управления для электропитания средств управления часто используется переменный ток (AC). Такое питание может иметь низкое напряжение распределения или такое напряжение, которое является наиболее подходящим для конкретной длины трассы кабеля управления и диаметра провода. Для задействования устройств управления данные средства управления могут непосредственно подключаться к устройству управления подачей энергии от панели дистанционного управления или с помощью вспомогательных реле. В качестве альтернативы в некоторых системах управления для создания управляющего напряжения используется постоянный ток напряжением 24 или 48 В, что в основном преследует цель уменьшения индуктивной связи между цепями. На некоторых аэродромах для передачи функций управления используются радиосигналы в режиме "воздух - земля" для пилотов или "земля - земля" для оборудования, размещаемого в зонах, к которым сложно подвести традиционные наземные цепи управления. Такие системы управления должны быть в состоянии обеспечить высокую степень эксплуатационной надежности и по возможности должны проектироваться с учетом обеспечения целостности схем огней, выбираемых вне зависимости от наличия дефектов в кабеле управления или отказов оборудования. В современных установках обычные медные пары заменяются оптоволоконными кабелями управления.

Компьютеризированная система управления

10.3.4. В последние десятилетия произошел значительный прогресс в области проектирования систем управления. Прежние конструкции, предполагавшие использование тумблеров и поворотных позиционных переключателей, уступили место современной компьютерной системе управления аэродромными огнями (ALCS), состоящей из интерфейсов "человек - машина" (HMI), программируемых логических контроллеров, удаленных терминалов, компьютерной системы диспетчерского управления и коммуникационной инфраструктуры. Как показано на рис. 10-4, большинство критических компонентов имеют два дублирующих сетевых соединения. Дополнительное резервирование может быть обеспечено посредством радиосвязи по линии "земля - земля".

Мнемонические схемы

10.3.5. Прежние варианты панели управления, состоящей из тумблеров и поворотных переключателей, предполагали проверку оператором физического положения переключателя для получения информации о том, какой режим включен, а какой выключен. Для аэродромов со сложными схемами огней были разработаны мнемонические схемы, аналогичные показанным на рис. 10-5. Подсветка элементов такой схемы обеспечивает быстрое получение представления о состоянии летного поля.

10.3.6. Однако такие мнемонические схемы были привязаны к конкретным планам расположения огней, а следовательно, требовали весьма высоких затрат, причем не только при их первоначальном вводе в эксплуатацию, но и при дальнейшей модификации вследствие установки на аэродроме дополнительного светотехнического оборудования. Благодаря использованию графических программных средств в современных установках могут применяться мнемонические схемы совместно с любыми устройствами управления, отображаемыми на сенсорном экране, как показано на рис. 10-6. В техническом отношении сенсорные экраны могут быть инфракрасными, использующими поверхностные акустические волны (ПАВ), резистивными или емкостными.

10.3.7. Важным свойством систем управления для операций при ограниченной и плохой видимости является возможность включения персоналом ОВД резервного источника питания. На рис. 10-7 показан блок управления, предназначенный для запуска дизель-генератора при объявлении о начале выполнения операций категории II.

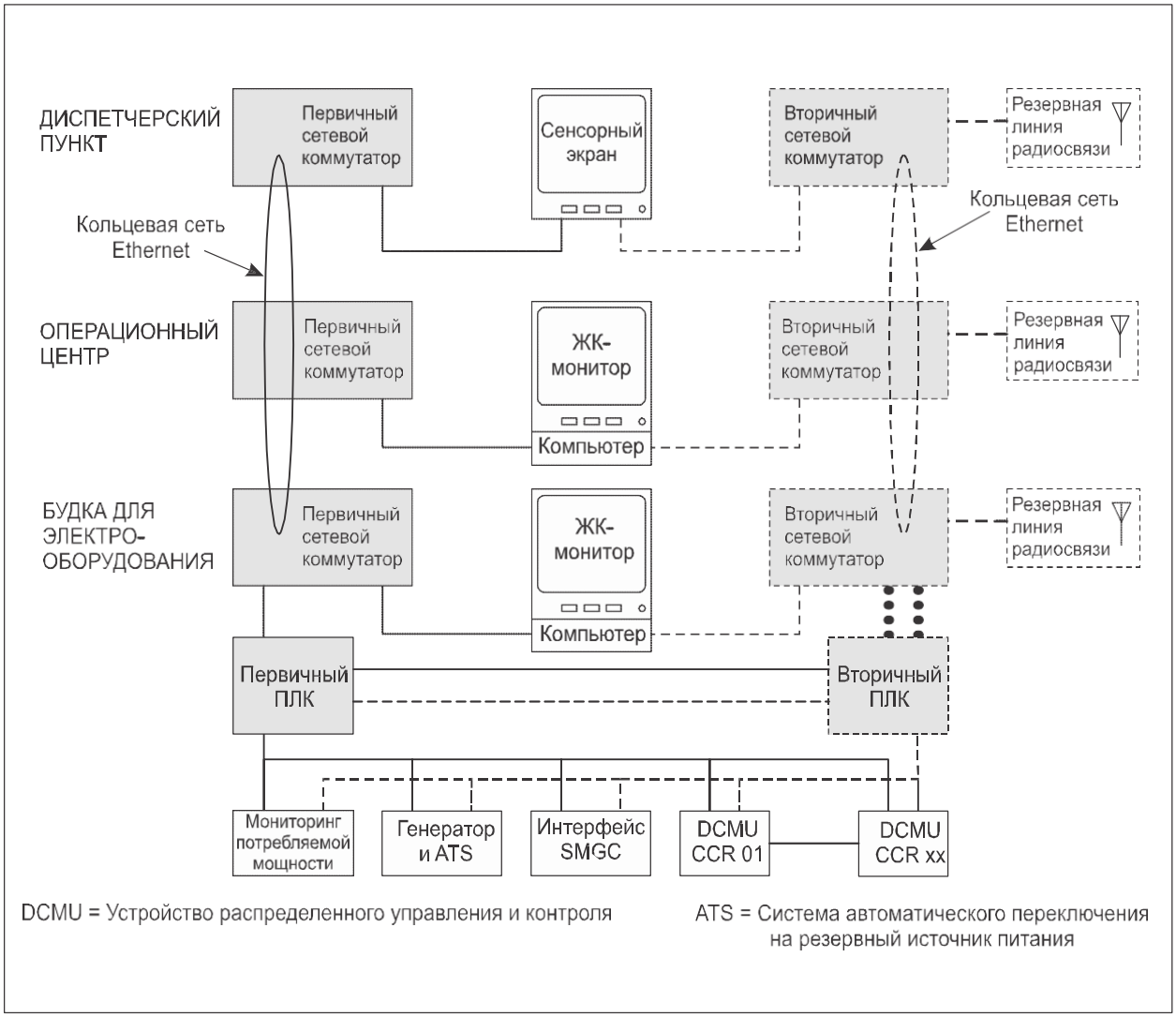


Рис. 10-4. Компьютерная система управления аэродромными огнями (ALCS)

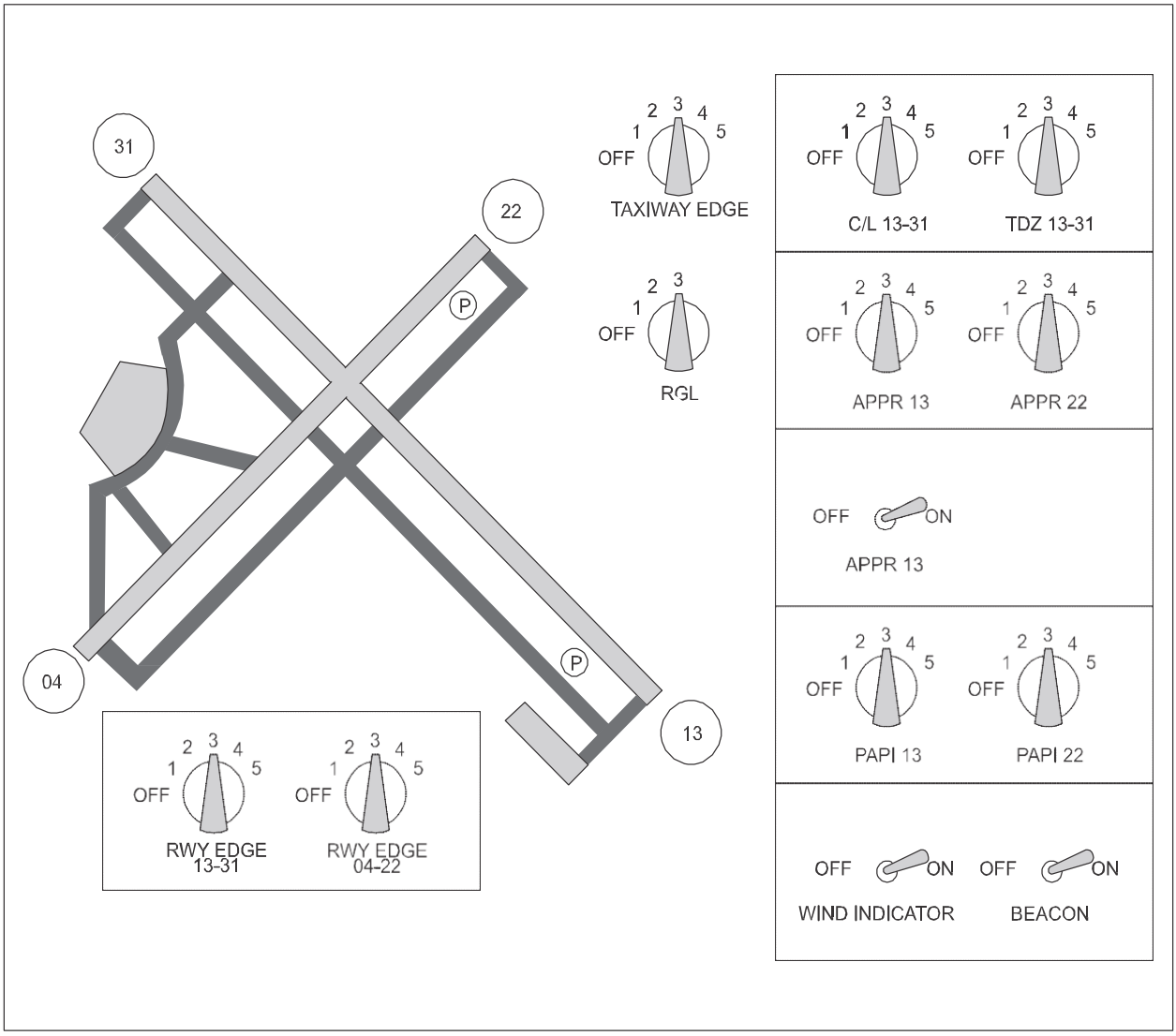


Рис. 10-5. Мнемоническая схема с физическими органами управления

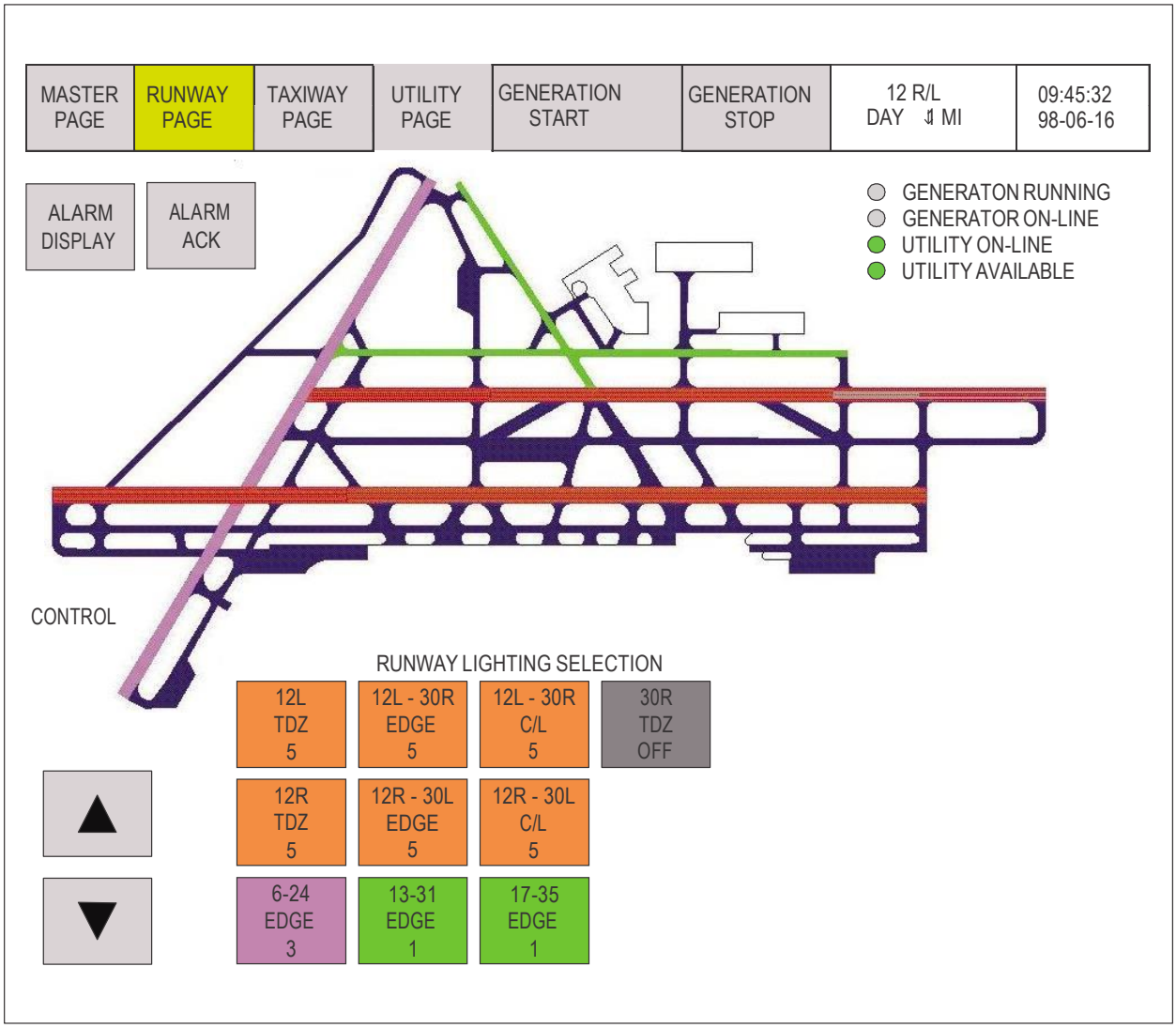


Рис. 10-6. Мнемоническая схема и кнопки на сенсорном экране

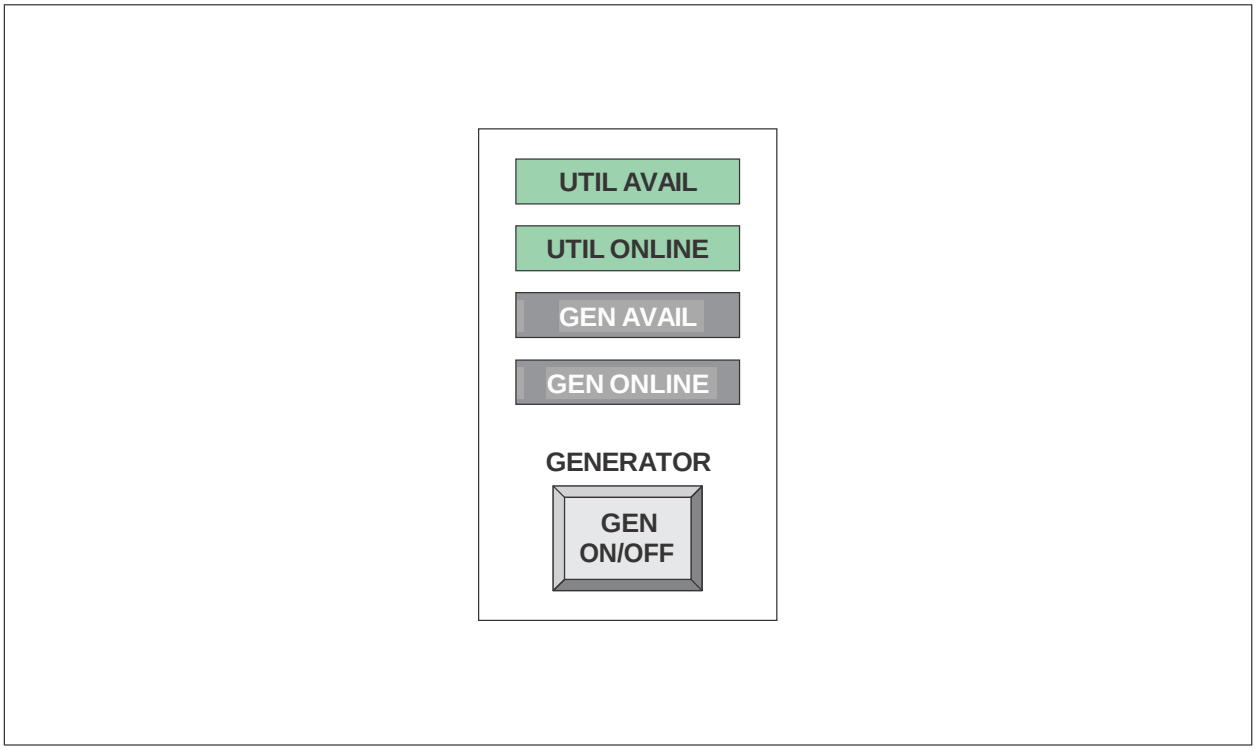


Рис. 10-7. Управление сетевым/резервным источником питания

Страницы данных

10.3.8. Возможно, наиболее важным преимуществом системы ALCS является то, что она может обеспечивать страницы данных, содержащие информацию о состоянии оборудования, а также о проведенных мероприятиях по техническому обслуживанию. История этих данных помогает совершенствовать планирование профилактического технического обслуживания, модернизацию установки и прогнозирование бюджета (см. рис. 10-8).

10.4. Панель Переключающих Реле

10.4.1. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и избежания несогласованности в работе средств управления необходимо, чтобы в любой момент времени в рабочем состоянии могла находиться только одна станция управления. Панели переключающих реле используются для переключения работоспособности с основной панели управления на дополнительную панель управления. Для задействования всех участвующих в процессе переключения цепей управления может использоваться несколько панелей управления переключением, но обычно включение всех панелей управления производится с помощью одного переключателя. Панели управления переключением и переключатель обычно размещаются в месте расположения дополнительной панели управления. Для системы ALCS переключатель может быть встроен в виде кнопки в экран монитора. Нажатие кнопки должно вызывать диалоговое окно, запрашивающее идентификатор и пароль.

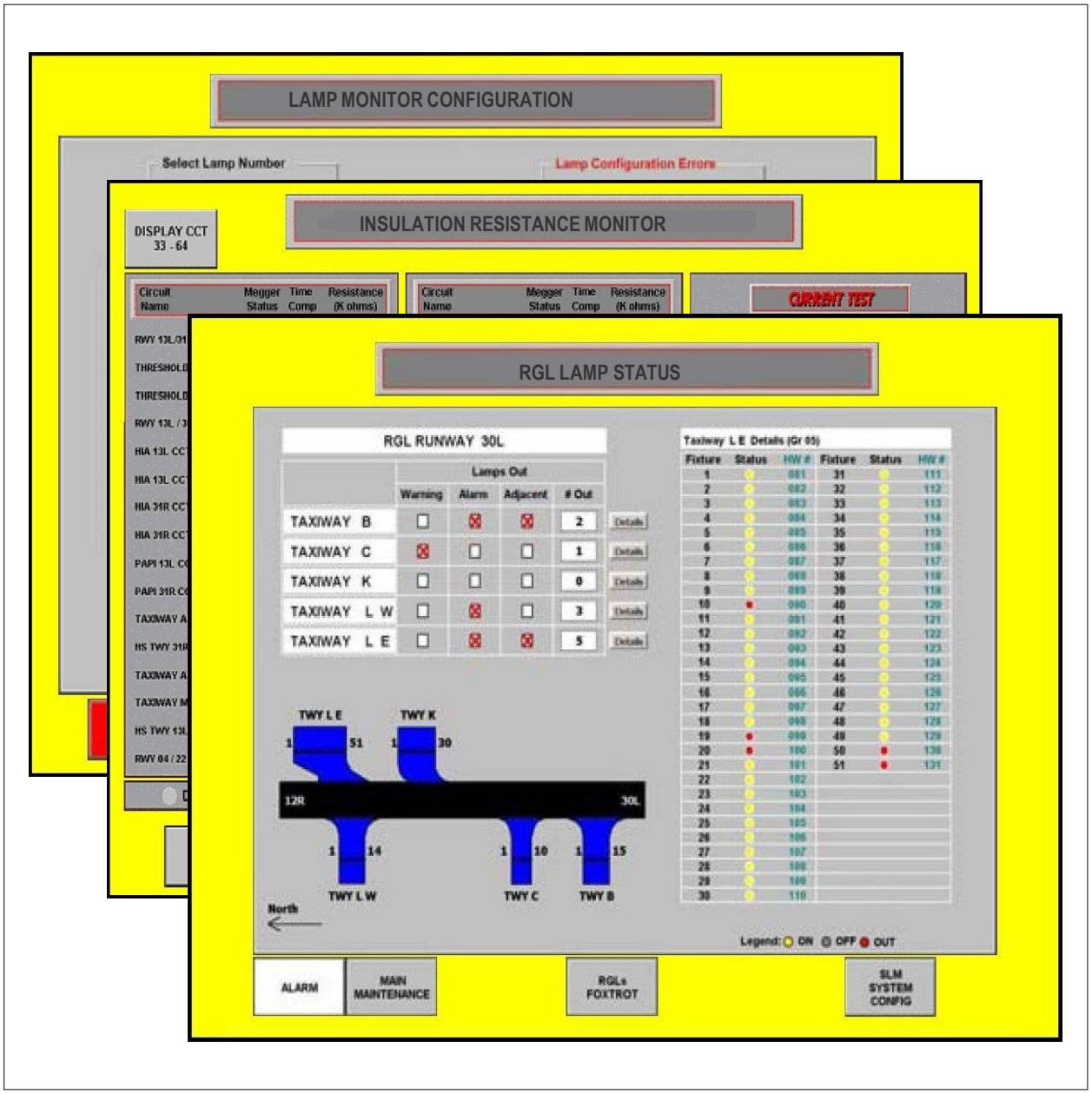


Рис. 10-8. Страницы данных об эксплуатационных характеристиках и технической диагностике

10.5. Использование Реле

10.5.1. Релейные панели для протяженных цепей управления. Если цепи управления являются протяженными, падение напряжения в линиях может быть таким, что включение устройств управления питанием непосредственно с основного пульта дистанционного управления становится невозможным. Даже те цепи, которые ранее работали удовлетворительно, могут стать неработающими после подключения дополнительных управляющих цепей. Для осуществления управления на большом расстоянии могут использоваться слаботочные реле, которые предназначены для подачи энергии на органы управления оборудования электропитания. Зачастую такие реле группируются на панелях, содержащих несколько реле (16 или более), которые называются вспомогательными релейными панелями. На каждой управляющей линии, которая идет от основного пульта

дистанционного управления, может быть установлено реле. С помощью контактов данных реле производится управление подачей питания на переключатели или органы управления оборудования электропитания.

10.5.2. В случае системы ALCS связь между аэродромным диспетчерским пунктом, операционным центром и будкой для электрооборудования обычно осуществляется по волоконно-оптической линии, которая не ограничена расстоянием, падениями напряжения или даже электромагнитными помехами.

Периферийные реле

10.5.3. Некоторые отдельные визуальные средства или малые световые нагрузки (аэродромные маяки, указатели направления ветра, секции заградительных огней, простые системы огней приближения и т. д.) могут получать электроэнергию от укрытия для светотехнического оборудования или от местного источника питания. Если электроэнергия подается от местного источника, то управляющее данными огнями реле обычно размещается на самом огне или источнике энергии или вблизи от них. При большом расстоянии может возникнуть необходимость в увеличении сечения проводников кабеля управления для уменьшения падения напряжения.

Реле переключения цепей

10.5.4. В последовательных системах иногда желательно подавать питание на две или более цепи светотехнического оборудования через выход одного стабилизатора постоянного тока. В этих целях используется шкаф реле переключения цепей, аналогичный показанному на рис. 10-9. Он имеет следующие типовые применения:

a) переключение схем PAPI и огней приближения с одной половины на другую половину в целях уменьшения количества стабилизаторов;

b) обеспечение индивидуального управления множеством малых нагрузок (например, РД), позволяющее стандартизировать мощность стабилизаторов при сохранении индивидуального управления цепями;

c) управление огнями линии "стоп", ведущими огнями и направляющими огнями осевой линии РД в рамках системы управления наземным движением и контроля за ним (SMGCS).

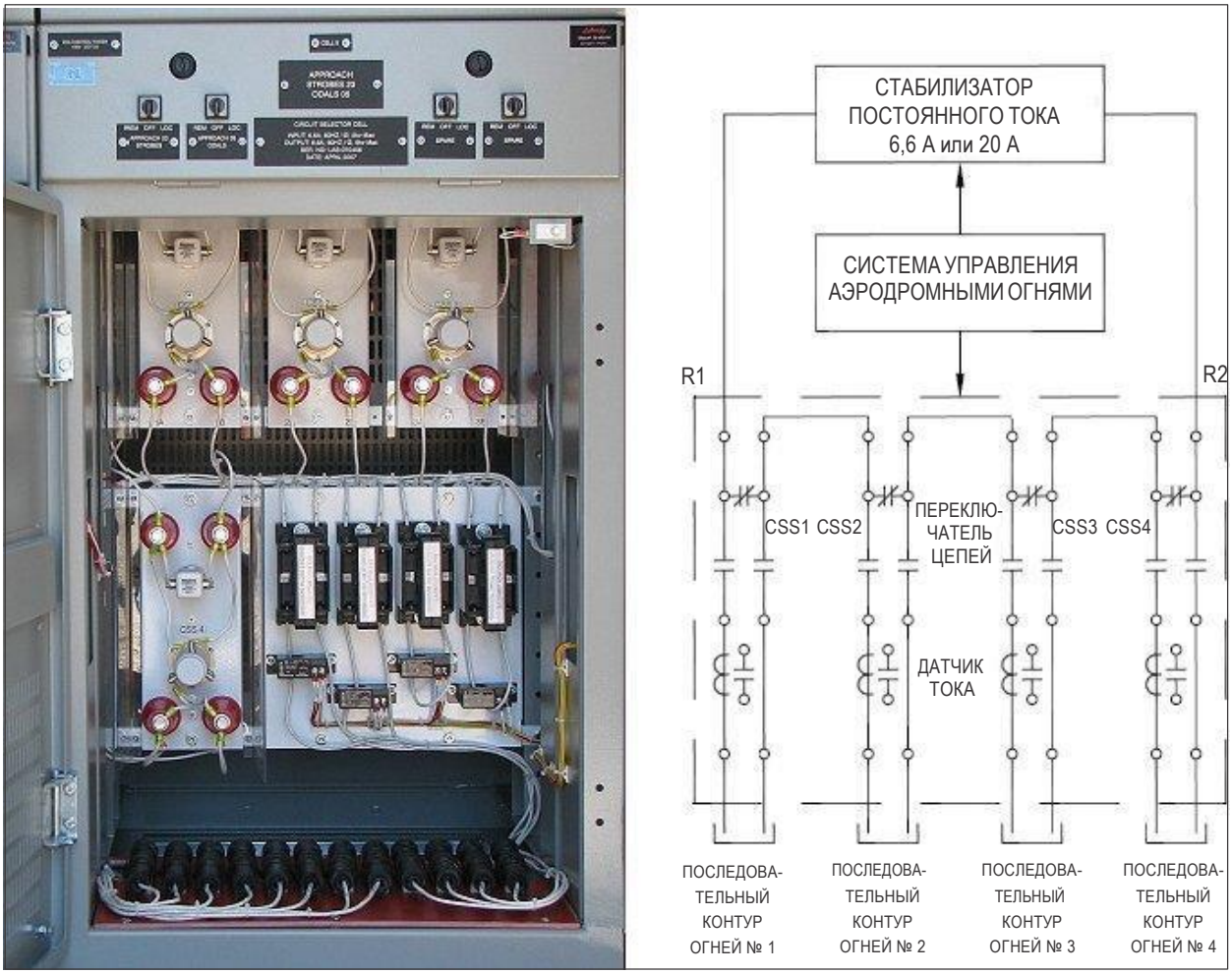


Рис. 10-9. Шкаф реле переключения

10.6. Взаимосвязь Органов Управления

10.6.1. Зачастую эксплуатационные условия аэродрома предусматривают постоянное совместное использование определенных комбинаций огней или запрещение комбинаций других огней. Для реализации такого запрещения применяются взаимоблокировки. Примеры:

a) Посадочные огни ВПП, огни порога ВПП и ограничительные огни ВПП могут работать одновременно, хотя их электроснабжение может осуществляться от разных цепей.

b) Посадочные огни ВПП могут работать без огней осевой линии ВПП, но в том случае, когда используются огни осевой линии ВПП, всегда производится включение посадочных огней ВПП.

c) Бегущие огни системы огней приближения могут использоваться только в том случае, когда включены огни приближения, использующие лампы накаливания.

d) Установка уровня интенсивности для данных атмосферных условий может позволить использовать систему огней приближения на одном уровне, огней ВПП - на другом, и огней РД - на третьем в целях поддержания сбалансированности между системами огней.

e) Огни осевой линии скоростной выводной РД могут быть снабжены индивидуальным управлением и уровнем интенсивности, равном уровню интенсивности огней осевой линии соответствующей ВПП.

f) Система управления может быть спроектирована таким образом, чтобы контроллер мог обеспечивать комбинацию огней для определенного режима работы. К примеру, для

посадки на определенной ВПП выбор режима, например, "Посадка 31" приведет к одновременному включению огней приближения, ВПП и РД с автоматически определенными в соответствии с условиями видимости уровнями интенсивности. Аналогичным образом при помощи одного устройства управления могут быть выбраны огни ВПП и маршруты руления в условиях плохой видимости. Конструкция системы должна обеспечивать для органа ОВД возможность блокировки автоматического управления.

g) Огни линии "стоп" обычно устанавливаются вместе с соответствующей системой зеленых ведущих огней. Функция управления позволяет органу ОВД включать огни всех линий "стоп" для ВПП, а затем индивидуально управлять такими огнями, предоставляющими доступ к концевым участкам ВПП или в местах пересечения ВПП. При выключении огней линии "стоп" включаются соответствующие ведущие огни для обеспечения визуального подтверждения голосовой команды на продолжение движения. Огни линии "стоп" вновь включаются при обнаружении (при помощи микроволновых датчиков, встроенных в поверхность петлевых датчиков и т. д.) движущегося воздушного судна или через заданное время. При повторном включении огней линии "стоп" соответствующие ведущие огни гаснут.

10.7. Автоматические Средства Управления

10.7.1. Некоторые виды аэродромных светотехнических средств могут удовлетворительно управляться с помощью автоматических средств управления. Данные автоматические средства управления чаще используются в малых аэропортах, но для менее важных визуальных средств их можно применять и на больших аэродромах, в особенности в тех местах, которые сложно подсоединить к цепям управления. Конструкция установки должна включать возможность блокировки автоматического управления некоторыми системами огней.

10.7.2. Фотоэлектрические средства управления могут использоваться в менее ответственных зонах для включения и выключения аэродромных маяков, указателей направления ветра и заградительных огней. Такие средства управления обычно срабатывают в зависимости от уровня освещенности северного неба: переключение с дневного на ночной режим происходит при освещенности от 600 до 350 лк, а с ночного на дневной - от 350 до 600 лк. В случае аэродромов, расположенных в южном полушарии светочувствительные переключатели должны быть направлены на юг.

10.7.3. Выключатели с часовым механизмом могут использоваться для автоматического управления огнями на аэродромах, не оборудованных системой посадки по приборам, где для экономии энергии визуальные средства выключаются в определенное время ночи. Выключатель должен быть астрономическим с функцией саморегулирования в соответствии с сезонными изменениями времени рассвета и заката. Для включения обогревателей ряда визуальных средств в целях предотвращения образования или скопления льда, снега или конденсата могут использоваться термические приборы управления.

10.8. Адресуемые Огни

10.8.1. Огни, управляемые индивидуально, называются "адресуемыми огнями". На рис. 10-10 показана типовая схема передачи сигналов высокочастотной связи по линии электропередачи для адресуемых устройств переключения. Каждый огонь подключен к адресуемому устройству управления и контроля (ACMU) на распределительном кабеле разделительного трансформатора. В будке для электрооборудования имеется интерфейс, посылающий сигналы управления на последовательную цепь огней. ACMU в поле принимают сигналы о включении огней, подаваемые на кабель интерфейсом последовательной цепи, и обеспечивают контрольный отклик на активацию. Каждый ACMU запрограммирован с уникальными параметрами конфигурации, относящимися к соответствующему огню.

10.8.2. Несмотря на то, что в большинстве установок используется технология передачи сигналов высокочастотной связи по линии электропередачи, не требующая дополнительного кабеля, также применяются адресуемые системы переключения, использующие оптоволоконные кабели или медные витые пары в качестве средства передачи данных.

Однако проектировщику должно быть известно о том, что для каждого способа передачи данных имеется особый набор требований.

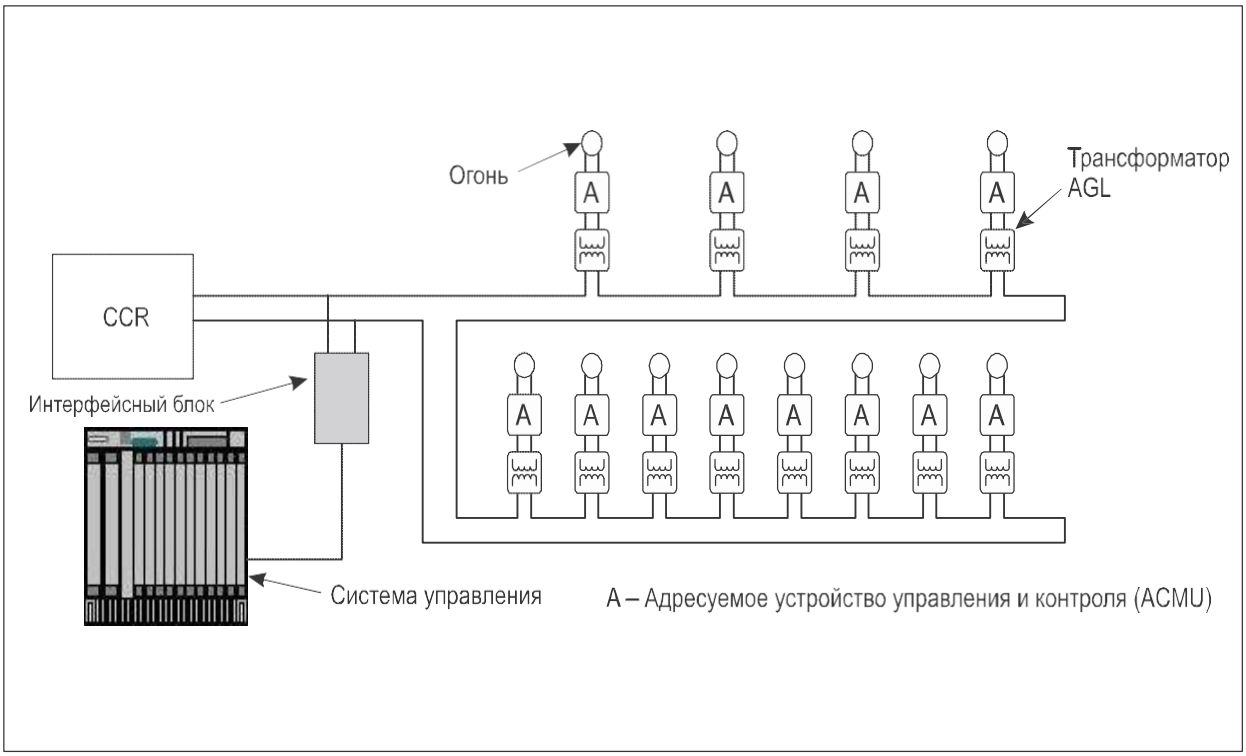


Рис. 10-10. Адресуемые огни

10.9. Время Отклика

Время отклика ALCS должно быть таким, чтобы при изменении эксплуатационного состояния была обеспечена индикация в течение 2 с для огней линии "стоп" и в течение 5 с для всех остальных видов визуальных средств.

10.10. Контроль Цепей Аэродромных Огней

10.10.1. В п. 8.3 документе Авиационные Правила Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты говорится, что для индикации эксплуатационного состояния систем светооборудования следует применять систему контроля. Визуальный контроль, за исключением наблюдений органов ОВД и сообщений пилотов, используется редко. Некоторые схемы контроля систем светооборудования обеспечивают только индикацию того, что соответствующий переключатель установлен в положение "включено". Желательно использовать систему контроля, которая реагирует, собственно, на подачу питания на систему огней на летном поле. Частичные или неполные системы контроля могут создать ложное представление о безопасности.

10.10.2. В главе 14 Авиационных Правил~~ах~~ Республики Узбекистан - Аэродромные Стандарты неисправный огонь определяется как огонь с такой потерей мощности, при которой средняя интенсивность его главного луча составляет менее 50 % значения, указанного на соответствующем рисунке в пункта 9.4 AR-AGA-001. Для огней, расчетная средняя интенсивность главного луча которых превышает значение, указанное в пункте 9.4, величина, соответствующая 50 %, определяется относительно этого расчетного значения. В случае стабилизаторных систем контроля пока невозможно обеспечить индикацию отказа, представляющего собой снижение интенсивности, поэтому контроль осуществляется в отношении полной потери работоспособности вследствие разрыва нити накала лампы. Аналогичным образом система контроля, использующая датчики на выходе стабилизатора, не может обнаружить другие режимы отказа, такие как загораживание травой, снегом или

отложениями резины. Таким образом, ежедневная визуальная проверка с выходом на эародром по-прежнему является необходимой.

10.10.3. Огни со светодиодным(и) источником(ами) не имеют такого же режима отказа, как огни с лампами накаливания. У них отсутствует нить накала, которая могла бы разомкнуть цепь и вызвать измеримые изменения характеристик цепи. Поэтому конструкция светодиодных огней должна предусматривать возможность размыкания цепи (открытие при отказе) во вторичном кабеле трансформатора AGL или принятия нулевого тока в цепи постоянного напряжения. Это требование особенно важно, если огонь подключается к существующей цепи со средством контроля.

10.10.4. Системы огней контролируются для обнаружения следующих условий отказа:

a) прекращение подачи переменного тока на стабилизатор постоянного тока;

b) выключение стабилизатора в результате срабатывания цепей защиты;

c) падение величины вольт-ампер (ВА), подаваемых на последовательную цепь, на 10 % или более;

d) невозможность стабилизатора подавать выходной ток, соответствующий выбранному уровню яркости;

e) отказ предварительно заданного количества ламп в последовательной цепи.

10.10.5. Вышеперечисленные условия отказа, относящиеся к полному отказу цепи, то есть потере световых сигналов для пилота, сообщаются в орган УВД. Об отказах, связанных с критериями технического обслуживания, таких как отказ предварительно заданного количества ламп, сообщается в операционный центр или центр технического обслуживания. Если система огней состоит из двух или более цепей, сигнал об отказе одной цепи может передаваться в орган ОВД; хотя сокращение схемы огней приемлемо для эксплуатации воздушного судна в аварийной ситуации, для непрерывной работы это считается отказом системы.

10.11. Классификация Приборов Контроля

Приборы контроля могут быть подразделены на активные и пассивные. Активные приборы контроля предпринимают заранее определенные действия в том случае, когда зарегистрированы конкретные условия или в определенный момент времени после этого.

Примерами приборов контроля данного класса являются датчики напряжения основного источника электроэнергии, которые автоматически подключают резервный двигатель - генератор и переключают нагрузку при отказе основного источника электроэнергии, или прибор управления ограничением больших значений силы тока по времени, который автоматически устанавливает более низкий уровень силы тока и подает сигнал на зуммер и/или включает индикаторную лампу в том случае, когда огни работают при полной интенсивности в течение более 15 мин[1]. ([1] Автоматическая повторная установка силы света не является желательной, поскольку она может вызвать изменение в то время, когда пилот находится на критическом этапе захода на посадку).

Пассивные приборы контроля подают сигнал (например, включают индикаторную лампу или звонок) в том случае, когда возникают определенные заранее условия. Оператор должен оценить значение сигнала и предпринять соответствующие действия. Примерами пассивных приборов контроля являются прибор контроля бегущих огней, который дает предупреждение в случае выхода из строя заранее определенного числа огней, или индикатор, сообщающий о выходе из строя конкретных цепей.

10.12. Органы Управления Блокировкой Приборов Контроля

Часто предусматриваются органы управления или процедуры, которые могут использоваться для блокировки или обхода действий приборов контроля. С помощью включения специальной цепи или изменения установки органа управления оператор может поддерживать функционирование систем без изменения в течение конкретного или неопределенного

промежутка времени.

Может предусматриваться дополнительный сигнал, указывающий на реагирование прибора контроля, в ходе блокирования с целью информирования оператора о том, что система находится в непредусмотренных эксплуатационных условиях. Примером этого является повторная установка часового механизма для обеспечения полной силы света огней в начале выполнения каждого захода на посадку в условиях низкой видимости с тем, чтобы предусмотреть невозможность автоматического уменьшения силы света огней в ходе захода на посадку.

10.13. Система Контроля Сопротивления Изоляции

Стабилизаторы постоянного тока могут оснащаться системой контроля сопротивления изоляции, которая позволяет осуществлять контроль цепей в реальном времени, а также генерировать статистические отчеты.

10.14. Радиоуправление Аэродромными Огнями с Воздушного Судна (Arcal)

10.14.1. На небольших аэродромах в течение ряда лет для управления аэродромными системами огней в ограниченной степени использовались радиосигналы с борта воздушных судов. Данный метод управления имеет ряд преимуществ, поскольку он позволяет пилоту выбирать силу света огней, устраняет необходимость в дорогостоящих кабелях управления и приводит к экономии энергии, поскольку система огней при отсутствии потребности в ней находится в выключенном состоянии. Имеются средства радиоуправления для систем, работающих в режимах "воздух - земля", "земля - земля" и комбинации режимов "воздух - земля" и "земля - земля". Управление в режиме "земля - земля" в основном используется в тех случаях, когда отсутствуют кабельные цепи управления, и их установка является нецелесообразной. Управление в режиме "земля - земля" должно использоваться только временно до тех пор, пока не будут установлены необходимые кабели.

10.14.2. Для радиоуправления аэродромными огнями с воздушного судна (ARCAL) или для работы в режиме "воздух - земля" в аэропорту устанавливаются только приемник и декодирующее устройство. Этот вид контроля использовался для управления посадочными огнями ВПП, рулежными огнями, простыми системами огней приближения, системами визуальной индикации глиссады как отдельными системами, так и в определенных заранее комбинациях на неконтролируемых аэродромах или на других аэродромах в течение периодов времени, когда не действовала система управления движением. Заградительные огни не должны управляться по радио, однако они могут быть соединены с основным оборудованием, определяющим режим эксплуатации объекта. К примеру, заградительные огни на вертодроме могут включаться вместе с освещением вертодрома, так как они требуются только во время использования вертодрома. Такое соединение должно быть утверждено местным полномочным органом.

10.14.3. Управляющий сигнал ARCAL обеспечивается посредством определенной краткой последовательности щелчков, производимых путем манипулирования микрофоном связного передатчика воздушного судна, как показано на рис. 10-1. В конце заданного периода, например, равного 15 минутам, огни либо выключаются, либо возвращаются к предустановленному значению яркости. Система может быть использована повторно в любое время в течение другого 15-минутного периода при любом желаемом уровне интенсивности путем требуемого числа манипуляций микрофона. За исключением огней обозначения порога ВПП (RTIL) с одной или двумя ступенями, системы огней не могут быть выключены посредством радиоуправления до окончания 15-минутного цикла.

10.14.4. ARCAL настраивается на одну частоту в диапазоне 118-136 МГц, которая назначается местным полномочным органом. По возможности для радиоуправления аэродромными огнями используется общая частота передачи консультативной информации о воздушном движении (CTAF). CTAF может быть частотой UNICOM, MULTICOM, FSS или диспетчерского пункта и указывается в соответствующих публикациях по аэронавигации.

Сопряжение радиоуправления с системами огней

10.14.5. Выход единого принадлежащего аэропорту радиоконтроллера обычно соединяется с входами управления нескольких систем огней. Радиоконтроллер может быть напрямую соединен с системами огней или может использоваться блок сопряжения с целью уменьшения нагрузки на выходные реле радиоконтроллера или обеспечения дополнительных коммутационных возможностей. В нижеследующих пунктах рассматриваются вопросы проектирования при сопряжении радиоуправления с несколькими системами огней.

10.14.6. Конфигурация системы радиоуправления задается таким образом, чтобы огни ВПП всегда включались вместе с включением других систем огней, обслуживающих ВПП (кроме операций в дневное время). Если ВПП оснащена огнями приближения с радиоуправлением и посадочными огнями без радиоуправления, посадочные огни в ночное время работают при уровне яркости, выбранном в соответствии с ожидаемыми погодными условиями. Если огни ВПП имеют радиоуправление, а огни приближения - нет, огни приближения могут быть выключены или установлены на заранее выбранный уровень яркости. Огни приближения никогда не должны включаться при выключенных огнях ВПП.

10.14.7. На ВПП, оснащенных радиоуправляемыми огнями приближения и огнями ВПП, интенсивность обоих систем увеличивается или уменьшается одновременно при помощи радиоуправления.

10.14.8. ARCAL имеет три функции управления, в то время как светотехнические системы аэропорта могут иметь одну, две, три или пять ступеней интенсивности. Таблица 10-1 содержит пример сопряжения радиоуправления со ступенями интенсивности светотехнической системы аэропорта. К примеру, система огней с пятью ступенями интенсивности может подключаться таким образом, что три щелчка микрофона будут включать ступень яркости 1 или 2, пять щелчков - ступень 3 и семь щелчков - ступень 5. Администрация аэропорта может выбрать ступень 1 или 2 в качестве установки минимальной яркости в зависимости от фоновой освещенности в аэропорту.

10.14.9. В системах, где интенсивность автоматически управляется фотоэлементом или другим средством, радиоуправление будет просто включать систему, а интенсивность будет выбираться автоматически.

10.14.10. Системы RTIL могут иметь одну или несколько ступеней интенсивности и должны настраиваться в соответствии с условиями работы пилотов. Если RTIL имеют несколько ступеней интенсивности, общепринятой практикой является выключение RTIL при выборе более низкой ступени интенсивности (три щелчка) для соответствующих огней ВПП и включение при выборе более высоких ступеней интенсивности (пять или семь щелчков). Для трехступенчатой системы RTIL выбор низкой, средней и высокой ступени осуществляется посредством трех, пяти и семи щелчков соответственно.

10.14.11. При использовании радиоуправления в режиме "воздух - земля" в ночное время система огней может не включаться в течение продолжительных периодов времени. В течение этих периодов бездействия аэропортовый маяк, заградительные огни и любые другие системы огней без радиоуправления продолжат работать, тогда как радиоуправляемые системы будут выключены. В качестве варианта (в зависимости от местных условий) посадочные огни ВПП могут быть оставлены включенными на низкой ступени интенсивности. Если огни ВПП оставляются включенными в течение периодов бездействия, другие системы огней также могут оставляться включенными на предварительно выбранной ступени интенсивности.

10.14.12. Поскольку посадочные огни ВПП, рулежные огни, огни приближения и огни подсветки знаков РД обычно не требуются в дневное время, за исключением условий ограниченной видимости, система радиоуправления может предусматривать дневной режим, в котором включаются только те системы огней, которые могут быть полезны в дневное время. Однако использование этого режима управления означает, что дневные схемы полетов в рамках правил полетов по приборам (ППП), связанные с отключенными системами огней, не могут использоваться. Дневной режим может выбираться автоматически при помощи фотоэлемента или вручную при помощи переключателя. В районах с интенсивным обменом речевыми сообщениями на частоте, используемой радиоконтроллером, может

происходить ложная активация вследствие трех случайных щелчков микрофона в течение 5-секундного интервала. При наличии этой проблемы трехщелчковая установка системы радиоуправления может быть обойдена при использовании в дневное время.

10.14.13. Могут использоваться другие устройства управления, такие как блокировочные устройства, фотоэлементы и переключатели, для обеспечения гибкости системы радиоуправления в различных эксплуатационных условиях. Для ВПП с системами огней на обоих торцах ВПП или в аэропортах с несколькими ВПП может быть желательным установить систему ручного переключения, чтобы обеспечить возможность для эксплуатанта аэропорта выбирать, какие системы огней будут включаться при помощи радиоуправления. Это позволит пилоту активировать только те системы огней, которые обслуживают рабочие ВПП и РД.

Таблица 10-1. Пример сопряжения радиоуправления с визуальными средствами аэропорта

Система огней	*Количество ступеней интенсивности*	*Ступень интенсивности, выбираемая в зависимости от числа щелчков микрофона*		
		3 щелчка	*5 щелчков*	*7 щелчков*
Огни приближения	2	Низкая	Низкая	Высокая
	3	Низкая	Средняя	Высокая
	5	1 или 2	3	4*
Посадочные огни				
Низкая интенсивность	1	Вкл.	Вкл.	Вкл.
Средняя интенсивность	3	Низкая	Средняя	Высокая
Высокая интенсивность	5	1 или 2	3	4*
Рулежные огни	1	Вкл.	Вкл.	Вкл.
	2	Низкая	Низкая	Высокая
	3	Низкая	Средняя	Высокая
Огни осевой линии ВПП	5	1 или 2	3	4*
Огни зоны приземления	5	1 или 2	3	4*
Огни осевой линии РД	3	Низкая	Средняя	Высокая
	5	1 или 2	3	4*
Огни обозначения порога ВПП	1	Выкл.	Выкл.	Вкл.
	2	Выкл.	Низкая	Высокая
	3	Низкая	Средняя	Высокая
PAPI	3	Вкл.	Вкл.	Вкл.
	5	1 или 2	3	4*
Указатель направления ветра	1	Вкл.	Вкл.	Вкл.

** Система может быть оснащена фотоэлементом для обеспечения 5-щелчковой установки для операций в дневное время.*

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

11. ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ И ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАМПЫ

Примечание. *В настоящей главе рассматриваются традиционные лампы, используемые в наземных аэронавигационных огнях. Новая технология в форме светодиодных (LED) ламп рассматривается в разделе 12.2 главы 12.*

11.1. Лампы Накаливания

11.1.1. Лампы накаливания используются в большинстве огней светотехнических систем аэродромов. При проектировании цепей аэродромных огней учитываются следующие характеристики ламп накаливания.

11.1.2. Световой поток, долговечность, потребляемая мощность и эффективность (кпд) ламп накаливания являются сложной функцией рабочего напряжения или тока, как указано в таблице 11-1 и на рис. 11-1 и 11-2. К примеру, если рабочее напряжение на лампе на 5 % больше расчетного значения, световой поток (число люмен) составит около 120 % от номинального значения, а срок службы лампы - около половины от расчетной величины. Влияние изменений тока в лампах сказывается в большей степени. Если проходящий через лампу ток на 5 % выше расчетного значения, ее световой поток составит около 135 % расчетной величины, а срок службы лампы составит около трех десятых предусмотренного значения. Данные цифры указывают на необходимость жесткого контроля используемого напряжения или тока.

Таблица 11-1. Уравнения для ламп накаливания

$$\frac{\text{люмены}}{\text{ЛЮМЕНЫ}} = \left(\frac{\text{вольты}}{\text{ВОЛЬТЫ}}\right)^{3,38} = \left(\frac{\text{амперы}}{\text{АМПЕРЫ}}\right)^{6,25}$$

$$\frac{\text{срок службы}}{\text{СРОК СЛУЖБЫ}} = \left(\frac{\text{вольты}}{\text{ВОЛЬТЫ}}\right)^{13,1} = \left(\frac{\text{амперы}}{\text{АМПЕРЫ}}\right)^{24,1}$$

$$\frac{\text{ватты}}{\text{ВАТТЫ}} = \left(\frac{\text{вольты}}{\text{ВОЛЬТЫ}}\right)^{1,54} = \left(\frac{\text{амперы}}{\text{АМПЕРЫ}}\right)^{2,85}$$

$$\frac{\text{амперы}}{\text{АМПЕРЫ}} = \left(\frac{\text{вольты}}{\text{ВОЛЬТЫ}}\right)^{0,54}$$

Примечание. *Показатели степени в приведенных выше уравнениях будут различаться для разных типов ламп, ламп разной мощности и разных диапазонов процентных колебаний напряжения. Указанные выше значения в целом применимы к вакуумным лампам со светоотдачей около 10 лм/Вт и газонаполненным лампам со светоотдачей около 16 лм/Вт в диапазоне напряжений от 90 до 110 % от расчетных значений напряжения. Для получения информации о характеристиках вне этого диапазона обратитесь к рис. f 11-1 и 11-2. Важно отметить, что эксплуатация аэронавигационных ламп при превышении их расчетных параметров существенно сокращает срок их службы.*

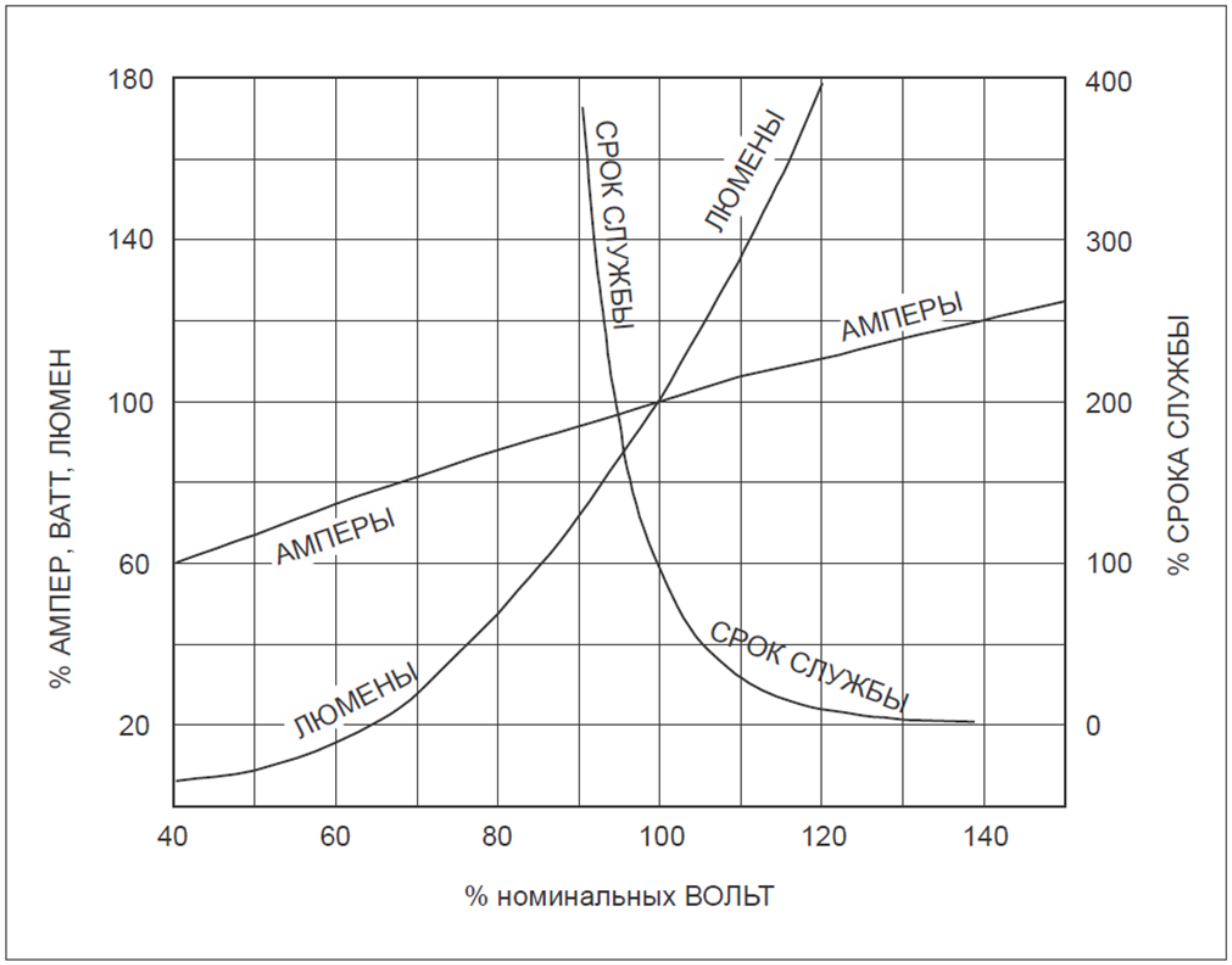


Рис. 11-1. Влияние колебаний напряжения на рабочие характеристики ламп накаливания в общих (многозвенных) цепях светотехнического оборудования

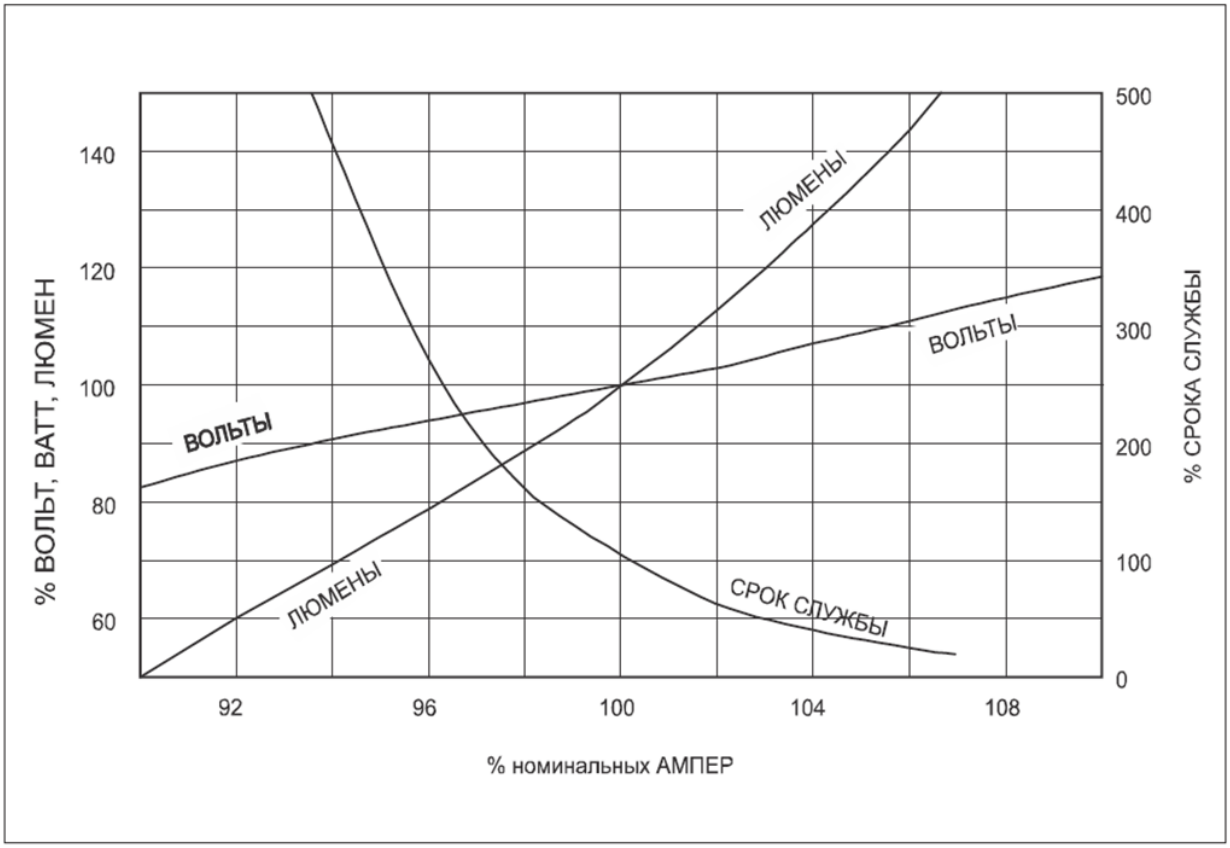


Рис. 11-2. Влияние колебаний напряжения на рабочие характеристики ламп накаливания в последовательных цепях светотехнического оборудования

11.1.3. Проектировщик системы аэродромных огней может иметь определенную свободу выбора ламп для конкретных аэродромных огней среди таких вариантов, как лампы последовательного включения, низковольтные лампы параллельного включения или лампы параллельного включения, рассчитанные на более высокое напряжение. При выборе играют роль следующие факторы:

a) падение напряжения в ряде ламп последовательного включения обычно относится к категории "низкого напряжения"; падение напряжения в посадочном огне ВПП, ток в котором составляет 6,6 А, а мощность 200 Вт, составляет 30 В, а падение напряжения на лампе огня приближения, через которую проходит ток в 20 А и которая рассчитана на 500 Вт, составляет 25 В;

b) в связи с различиями в расчетных допусках лампы последовательного включения не следует использовать в параллельных цепях, а лампы параллельного включения не подлежат использованию в последовательных цепях;

c) срок службы "низковольтных" ламп будет выше по сравнению с "высоковольтными" лампами при одинаковых расчетных значениях потребляемой мощности и светового потока.

Вольфрамово-галогенные лампы

11.1.4. Многие из используемых в настоящее время ламп для аэродромных огней являются вольфрамовогалогенными. В таких лампах нить накала размещается в небольших кварцевых трубках, которые, помимо обычного наполнителя в виде инертного газа, содержат небольшое количество галогена, например, йода. При нагревании нити накала из нее происходит испарение вольфрама, который конденсируется на внутренней поверхности колбы лампы. Парообразный галоген смешивается с конденсированным вольфрамом и образует пар. Этот

пар перемещается к горячей нити накала, где он разлагается и переносит вольфрам обратно на нить накала. Данный процесс уменьшает затемнение колбы лампы, увеличивает срок службы лампы, поддерживает высокое значение силы света и повышает эффективность лампы. Однако стоимость таких ламп выше. Галогенный цикл действует наиболее эффективно при номинальной силе тока лампы. По этой причине такие системы, как огни приближения, следует эксплуатировать на высшей ступени яркости в течение требуемого периода времени, чтобы ограничить затемнение колб ламп.

Лампы с инфракрасным (IRC) покрытием

11.1.5. Галогенные лампы вырабатывают не только видимый свет; 60 % излучаемой энергии представляет собой неиспользуемое инфракрасное излучение. Некоторые изготовители могут предлагать светооборудование с IRC-лампами. Они представляют собой галогенные лампы с особым покрытием колбы или отражателя, которое перенаправляет инфракрасное (ИК) изучение (тепло) обратно на нить накала, за счет чего повышается температура нити, и она производит больше люмен на ватт, более высокую световую отдачу, потребляет меньше энергии и дольше служит. В точки зрения долговечности IRC-лампы служат в два раза дольше, чем обычные галогенные лампы в аналогичных условиях.

11.1.6. На рис. 11-3 показана лампа MR16 с многогранным отражателем (MR). Обозначение "16" указывает внешний диаметр отражателя в восьмых частях дюйма. Ввиду того что фотометрические характеристики светооборудования зависят от ламп, эксплуатантам аэропорта не следует менять тип ламп без одобрения изготовителя оборудования.

11.1.7. Лампа PK30 (с фокусирующим цоколем, с кабелем (проводом), с указанием диаметра основания в миллиметрах), показанная на рис. 11-4, используется в таких системах, как PAPI и боковые огни. Небольшие размеры лампы и нити накала обеспечивают улучшенный оптический контроль. При обращении с другими видами аэронавигационных ламп необходимо соблюдать осторожность в связи с большим количеством вырабатываемого ими тепла.

11.2. Газоразрядные Лампы

Бегущие огни приближения ("стробоскопические огни")

11.2.1. В бегущих огнях приближения используются газовые лампы с конденсаторным разрядом, а не лампы накаливания. Такая лампа представляет собой трубку, которая может иметь различную форму и содержит инертный газ, например аргон или криптон, который излучает свет при создании в нем электрической дуги. Подаваемое электропитание заряжает электрические конденсаторы, которые являются источниками энергии для дуги, и создает напряжение для образования дуги. В источнике электропитания и лампах присутствует очень высокое напряжение, и при проектировании системы огней необходимо учитывать его опасность. Пиковая интенсивность таких огней может быть очень велика, но имеет малую продолжительность. Частота вспышек ограничена временем, которое необходимо для перезарядки конденсаторов, и составляет обычно несколько циклов в секунду.

Рис. 11-3. Лампа MR16 с отражателем

Рис. 11-4. Лампа PK30

Заградительные огни

11.2.2. В случае заградительных огней вспышки очень малой продолжительности не подходят для навигационных указаний в ночное время. Если вспышка слишком короткая, пилоту трудно обнаружить свет на темном фоне в ночных условиях. По этой причине огни проектируются таким образом, чтобы производить быструю последовательность импульсов, которые настолько близки друг к другу, что воспринимаются пилотом как одна продолжительная вспышка. Определение эффективной силы света таких состоящих из нескольких импульсов вспышек описано в документе «Руководство по Визуальным средствам G-AGA-014».

Другие типы газоразрядных ламп

11.2.3. Использованию газоразрядных ламп способствует их более высокая эффективность. К лампам такого типа относятся люминесцентные, ртутные, металлогалоидные и натриевые лампы низкого или высокого давления. Использование огней этих типов обычно ограничено освещением таких зон, как перрон, за исключением использования люминесцентных ламп в некоторых рулежных огнях и для подсветки знаков. При оценке возможности использования огней данных типов необходимо рассмотреть следующие факторы:

a) *Повторное включение.* Некоторые из таких ламп не могут быть повторно включены в течение периода от нескольких секунд до нескольких минут после затухания дуги. Перерывы в подаче электроэнергии или переключение в силовой цепи могут вызвать выключение огней в ответственный момент. Может быть желательным наличие аварийных огней с другими типами ламп.

b) *Включение при низкой температуре.* Некоторые из этих ламп сложно или даже невозможно включить при низкой окружающей температуре.

c) *Управление силой света.* По сравнению с лампами накаливания управление силой света данных ламп зачастую невозможно или диапазон ее регулировки ограничен.

d) *Стробоскопические эффекты.* Стробоскопические эффекты данных ламп могут иметь раздражающее воздействие. При использовании таких ламп, в частности, для освещения зон, может быть желательным использование трехфазных систем подачи электроэнергии с балансировкой при подключении огней.

e) *Изменение цвета.* Обычно излучаемый этими лампами свет охватывает ограниченную часть видимого спектра. Это приводит к сложностям в распознавании цветового кодирования, поскольку цвета могут отличаться от обычных при освещении газоразрядными лампами. Особенно подвержен данному воздействию красный цвет.

12. ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

12.1. Введение

Наземные аэронавигационные огни (AGL) изначально разрабатывались на основе имеющихся технологий. Эти технологии включали: дорожное освещение с использованием последовательных схем, огни с лампами накаливания, разделительные (AGL) трансформаторы и стабилизаторы постоянного тока. Появление твердотельной технологии привело к коренным изменениям в AGL и в то же время принесло с собой новые трудности. Целью настоящей главы является представление краткого обзора процессов проектирования и технического обслуживания.

12.2. Светодиодные (LED) Огни

Из различных форм твердотельной технологии в аэропортах наиболее широко применяется технология светодиодов (LED). Первоначально LED использовались для огней, требовавших относительно низких уровней интенсивности, таких как заградительные огни (32 кд) и рулежные огни (2 кд). В течение последних лет эффективность LED настолько повысилась, что теперь эта технология используется для всех видов AGL, включая знаки, боковые огни высокой интенсивности, огни приближения высокой интенсивности и огни защиты ВПП (см. рис. 12-1).

12.3. Цвет – CIE S 004/E-2001

12.3.1. Одним из преимуществ LED-источников света по сравнению с лампами накаливания является то, что цвет излучения остается относительно устойчивым при уменьшении яркости. Это значит, что хроматичность света не меняется при уменьшении тока с целью снижения яркости. Благодаря этому стало возможным принятие стандарта CIE S 004/E-2001 "Цвет сигнальных огней" с некоторым изменением в отношении белого цвета (плоскость синего цвета).

Белый и переменно-белый

12.3.2. AGL для захода на посадку, обозначения границ ВПП, зоны приземления ВПП и осевой линии ВПП согласно AR-AGA-001 должны излучать "переменно-белый" цвет. Границы цветности показаны на рис. 12-2. "Переменно-белый" это любой цвет от x = 0,285 до границы желтой зоны y = 0,790 – 0,667 x; он представляет собой диапазон белых цветов, существующих вдоль линии коррелированной цветовой температуры, или линии цветностей черного тела, от приблизительно 10 000 ºK до приблизительно 1900 ºK, и включает белый цвет, который заканчивается при x = 0,500 в соответствии с граничными уравнениями, приведенными в добавлении 1. Линия цветностей черного тела представляет изменение цвета, происходящее при уменьшении яркости лампы накаливания, когда нить накала по мере охлаждения приобретает желтоватый оттенок.

12.3.3. В случае LED-огней, цвета которых относительно устойчивы при уменьшении яркости, требуемый "переменно-белый" цвет следует интерпретировать как "белый", границы цвета для которого показаны на рис. 12-3. Границы зеленого и белого цветов и пурпурного и белого цветов такие же, как в случае ламп накаливания. Плоскость синего цвета перемещается на x = 0,320 для дальнейшего отделения от синего. Плоскость желтого цвета находится на x = 0,440 в соответствии с рекомендацией CIE S 004.

Желтый

12.3.4. Желтый цвет для твердотельных источников света определен в стандарте CIE S 004, и плоскость зеленого цвета для него расширена до y = 0,727x + 0,054 в целях включения желтого цвета ITE (Институт инженеров дорожного движения).

Красный

12.3.5. Красный цвет для твердотельных источников света определен в стандарте CIE S 004 и аналогичен красному цвету для ламп накаливания. Необходимо учитывать, что красный цвет для огней PAPI все так же ограничен верхней границей при y = 0,320 в соответствии с пп. 9.4.5.12 AR-AGA-001.

Рис. 12-1. Виды LED-огней

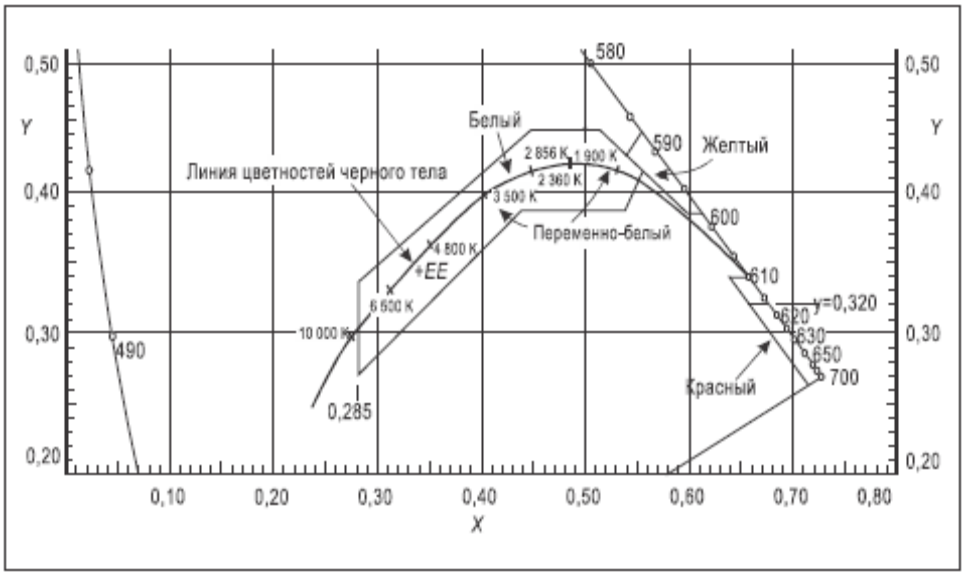


Рис. 12-2. Белый и переменно-белый цвета огней с лампами накаливания

Синий

12.3.6. Синий цвет для твердотельных источников света составляет приблизительно половину от синего цвета для ламп накаливания для обеспечения дальнейшего отделения от голубовато-зеленого участка зеленой зоны цветности.

Зеленый

12.3.7. Зеленый цвет для твердотельных источников света аналогичен зеленому цвету для ламп накаливания, за исключением того, что плоскость белого цвета теперь является для последнего ограничительной плоскостью белого цвета (x = 0,625 y – 0,041) для лучшего отличения его от белого. Плоскость синего цвета изменена на y = 0,400 для лучшего отличения от синего. Плоскость желтого цвета выпрямлена до x = 0,310.

12.4. Ограничение Выбора Оттенков Зеленого

Зеленая зона цветности достаточно велика по сравнению с зонами других цветов и содержит диапазон оттенков от желто-зеленого до сине-зеленого, разделенных ограничительной линией y = 0,726 –0,726x. В целях избежания слишком большого различия оттенков в рамках одной системы огней в случае выбора аэропортом огней зеленого цвета в желто-зеленом участке зоны цветности рекомендуется не использовать зеленые цвета из сине-зеленого участка в той же системе и наоборот. Для этого необходимо, чтобы проектировщики обладали знаниями в области цветовых характеристик.

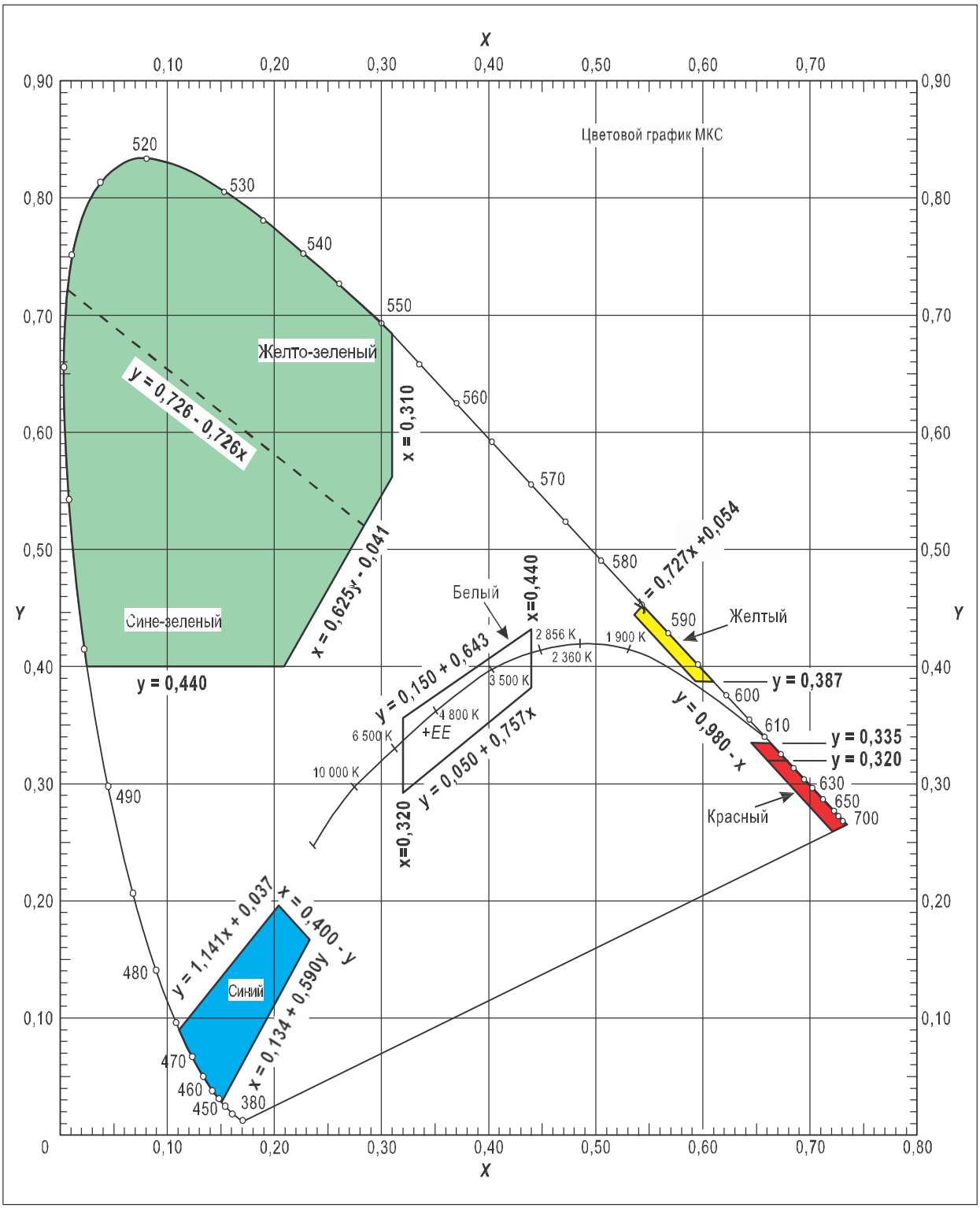


Рис. 12-3. Границы цветности для цветов твердотельных источников света

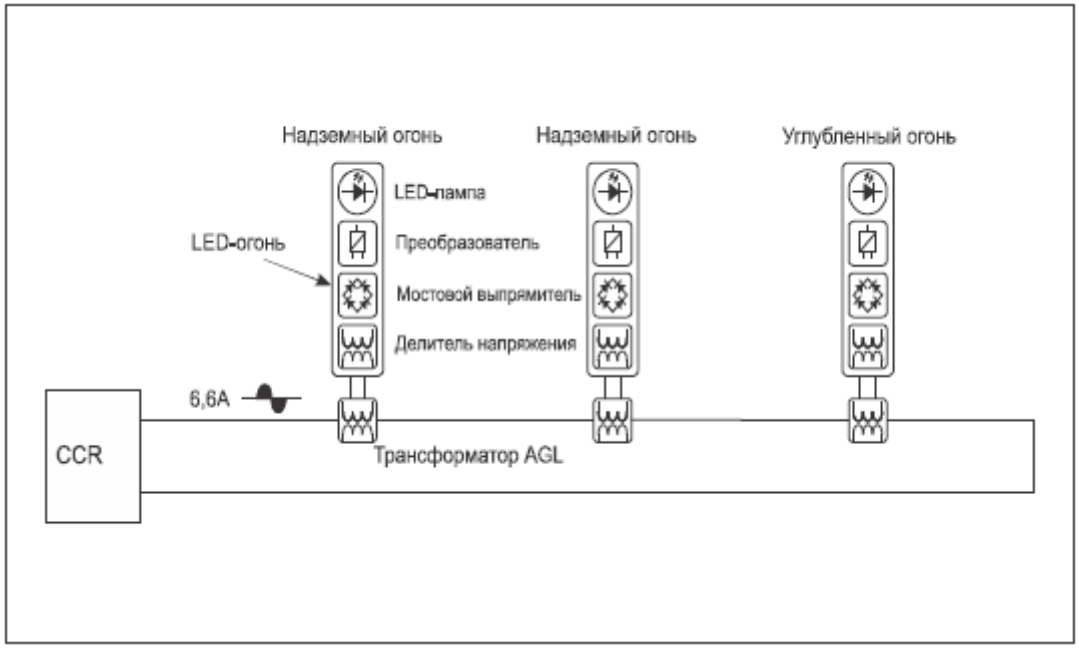


Рис. 12-4. Последовательная цепь LED-огней

12.5. Инфраструктура: Последовательная Цепь

12.5.1. Типовая инфраструктура аэродромных светотехнических средств с лампами накаливания представляет собой последовательную цепь, включающую стабилизатор постоянного тока, высоковольтный кабель и множественные трансформаторы AGL. Огни подсоединяются к низковольтной вторичной обмотке разделительного трансформатора. LED-огни могут быть просто включены в эту цепь. Как показано на рис. 12-4, LED-огонь состоит из делителя напряжения, мостового выпрямителя и преобразователя, содержащего микропроцессор для управления силой света LED. На этом рисунке не показаны ограничители перенапряжений для защиты от молнии и переходных процессов.

12.5.2. Делитель напряжения обеспечивает уровень тока (например, 660 мА), подходящий для LED-лампы. В качестве альтернативы функция делителя напряжения может быть объединена с функцией трансформатора AGL, чтобы иметь одно устройство с коэффициентом трансформации 10:1.

12.5.3. Мостовой выпрямитель преобразует вторичный переменный ток в постоянный ток.

12.5.4. Примите во внимание, что как для углубленных, так и для надземных LED-огней не требуется шунтирующее устройство, так как стабилизаторы постоянного тока рассчитаны на нормальную работу в условиях, когда до 30 % огней имеют разомкнутые вторичные цепи.

12.5.5. Электронный преобразователь обеспечивает входной ток для LED. Поскольку желательно эксплуатировать LED при номинальной нагрузке, преобразователь использует широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) для изменения силы света. За счет алгоритмов LED-огонь имитирует характеристики традиционного светооборудования, использующего лампы накаливания (см. 12.9).

12.6. Широтно-Импульсная Модуляция

LED-лампы обычно эксплуатируются при полном номинальном токе. Изменение силы света (яркости) осуществляется посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Как показано на рис. 12-5, форма кривой входного тока изменяется путем изменения широты импульсов для получения высокой, средней и низкой силы света. Амплитуда каждого импульса соответствует номинальной нагрузке LED-лампы.

12.7. Инфраструктура: Параллельная Цепь

LED-огни также применяются в системах на основе параллельных цепей, как показано на рис. 12-6. Компоненты огней при этом несколько упрощены. Конструкция цепи имеет такие преимущества, как повышенный КПД и легкость управления. Еще одним преимуществом является упрощение технического обслуживания и правил техники безопасности при работе с низковольтным оборудованием на аэродроме.

12.8. Альтернативная Инфраструктура

12.8.1. Хотя отдельные LED-огни требуют значительно меньшего количества электроэнергии по сравнению с огнями, использующими лампы накаливания, при использовании обычной цепи энергия потребляется также CCR и трансформаторами AGL. Энергопотребление CCR различается в зависимости от типа архитектуры CCR. К примеру, феррорезонансные CCR обычно поддерживают хороший входной коэффициент мощности и кпд при подключении меньших LED-нагрузок. Однако CCR на основе SCR (т. е. тиристорные), как правило, создают почти такую же нагрузку на источник питания, когда к их выходам подключается меньшая нагрузка. Такие CCR обычно имеют отводы, которые могут быть отрегулированы таким образом, чтобы повышать эффективность при наличии меньших нагрузок. Кроме того, трансформаторы AGL могут работать с приемлемой эффективностью при подключении меньшей LED-нагрузки. Однако наибольшая эффективность трансформатора AGL достигается при использовании трансформатора с меньшей мощностью, соответствующей меньшей нагрузке LED-огня. Кроме того, большинство CCR, в особенности старые модели с входными высоковольтными трансформаторами, при подаче на них электроэнергии имеют фиксированный минимальный зарядный ток вне зависимости от подключенной нагрузки. Таким образом, максимально возможная экономия при использовании LED-технологии не реализуется. Это создает возможность радикального изменения конструкции цепи светотехнического оборудования с целью создания альтернативной инфраструктуры, как показано на рис. 12-7.

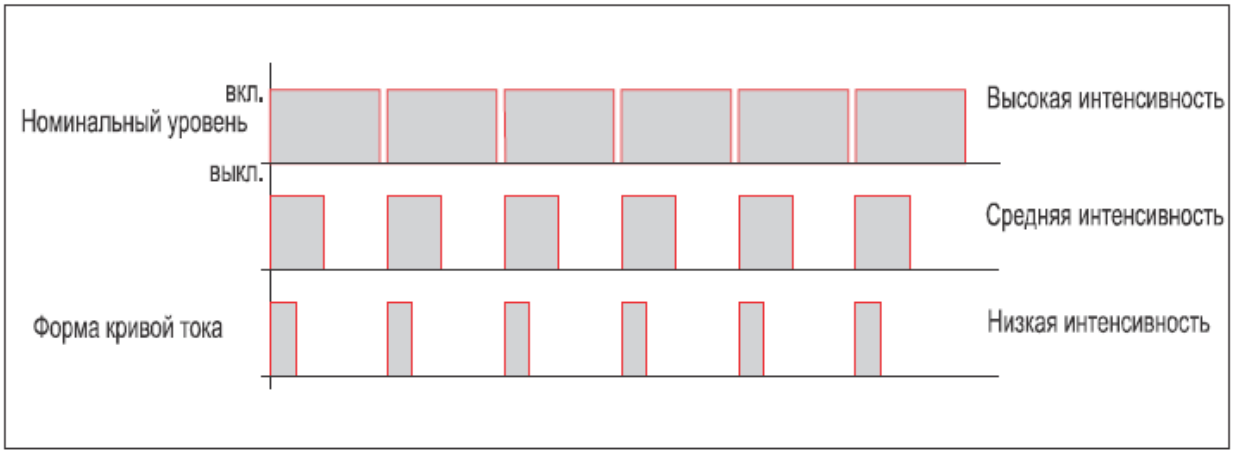


Рис. 12-5. Управление силой света посредством ШИМ

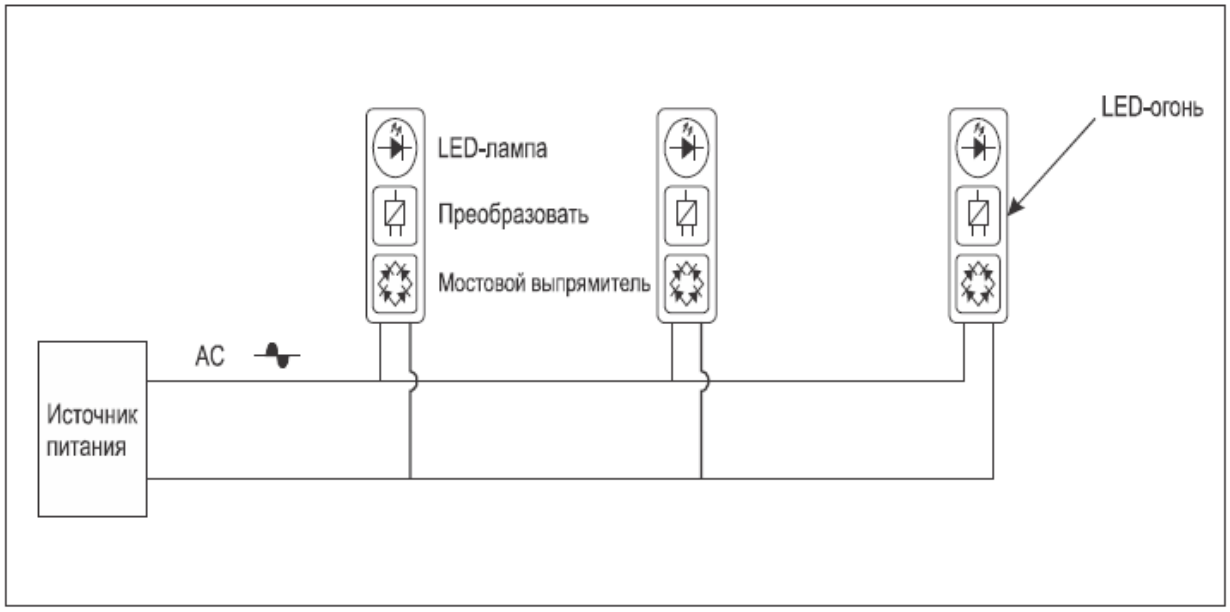


Рис. 12-6. Параллельная цепь LED-огней

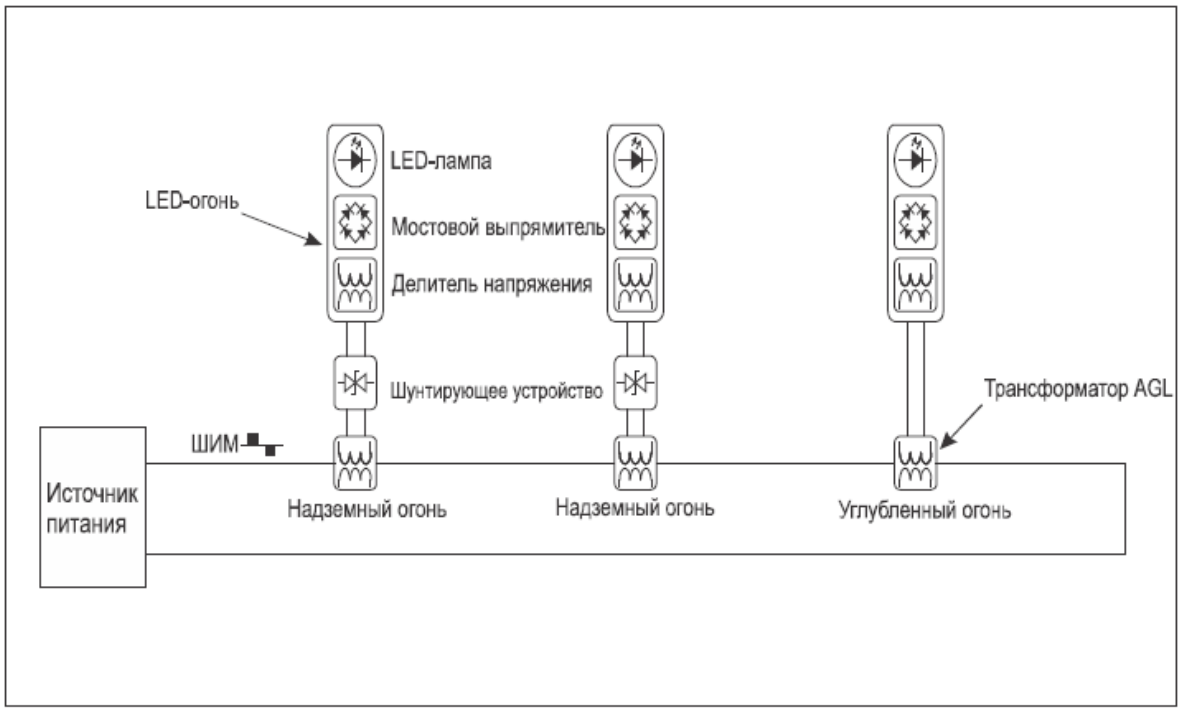


Рис. 12-7. Использование источника питания для получения выходного ШИМ-сигнала

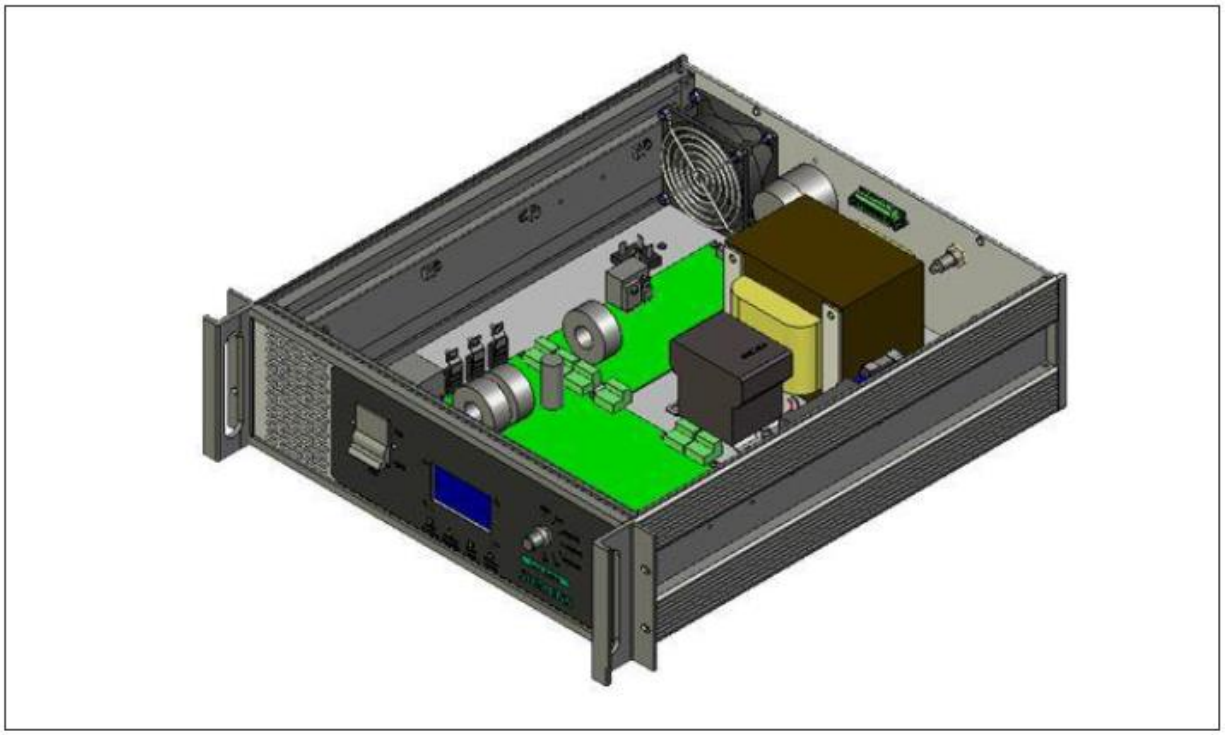


Рис. 12-8. Источник питания с ШИМ

12.8.2. Основной принцип разработки альтернативной инфраструктуры заключается в реализации функции ШИМ на источнике питания, а не внутри каждого огня. В этом случае специализированный источник питания, оснащенный выходом на уровне 2 А, может иметь 19-дюймовую стоечную конструкцию, которая значительно меньше по размерам и площади, чем обычный стабилизатор постоянного тока. Источник питания имеет на выходе переменный ток для пропускания его через трансформаторы AGL, которые необходимы для отделения огня от последовательной цепи. Каждый огонь оснащается мостовым выпрямителем для подачи постоянного тока на LED-лампы. Для надземных огней используется шунтирующее устройство с целью предотвращения размыкания вторичных обмоток трансформатора AGL в случае опрокидывания огня, что может повлиять на форму кривой первичной цепи. Для углубленных огней шунтирующее устройство не требуется, так как они не могут быть опрокинуты. Благодаря уменьшению сложности системы в целом MTBF системы существенно увеличивается. Конструкция предусматривает повторное использование существующего кабеля последовательной цепи, однако возможно использование и других кабелей (см. рис. 12-8).

12.9. Настройка Яркости

12.9.1. Видимость источника света всегда является относительной и зависит от обстановки, в которой на него смотрят. Контраст между источником света и фоном, или световой шум, в котором наблюдается источник света, влияет на его воспринимаемую яркость. Типичным примером этого является возможность увидеть зажженную сигарету на значительном расстоянии в полной темноте. Малая ширина спектральной полосы LED-источника света повышает контраст с окружающим шумом (включая эффект рассеивания в условиях низкой видимости), обеспечивая более высокую видимость при одинаковой яркости.

12.9.2. Желательно, чтобы LED-огонь функционировал аналогично огню с лампой накаливания. Однако, как показано на рис. 12-9, естественный отклик LED на входной ток является линейным, тогда как кривая отклика лампы накаливания является экспоненциальной, поскольку определяется нагревом нити накала. К примеру, лампа накаливания, работающая при 5,2 А, должна создавать силу света величиной около 25 % от полной. В то же время LED-огонь, работающий при токе в 5,2 А (поступающем от

разделительного трансформатора), будет создавать силу света величиной около 79 % от полной. Если бы LED-огонь приводился в действие напрямую, то для создания силы света в 25 % от полной использовался бы ток в 1,6 А.-Следует учитывать, что схема и значения тока относятся к 3- и 5-ступенчатым системам. Системы с шестью и более ступенями будут иметь другие значения тока для каждой ступени.

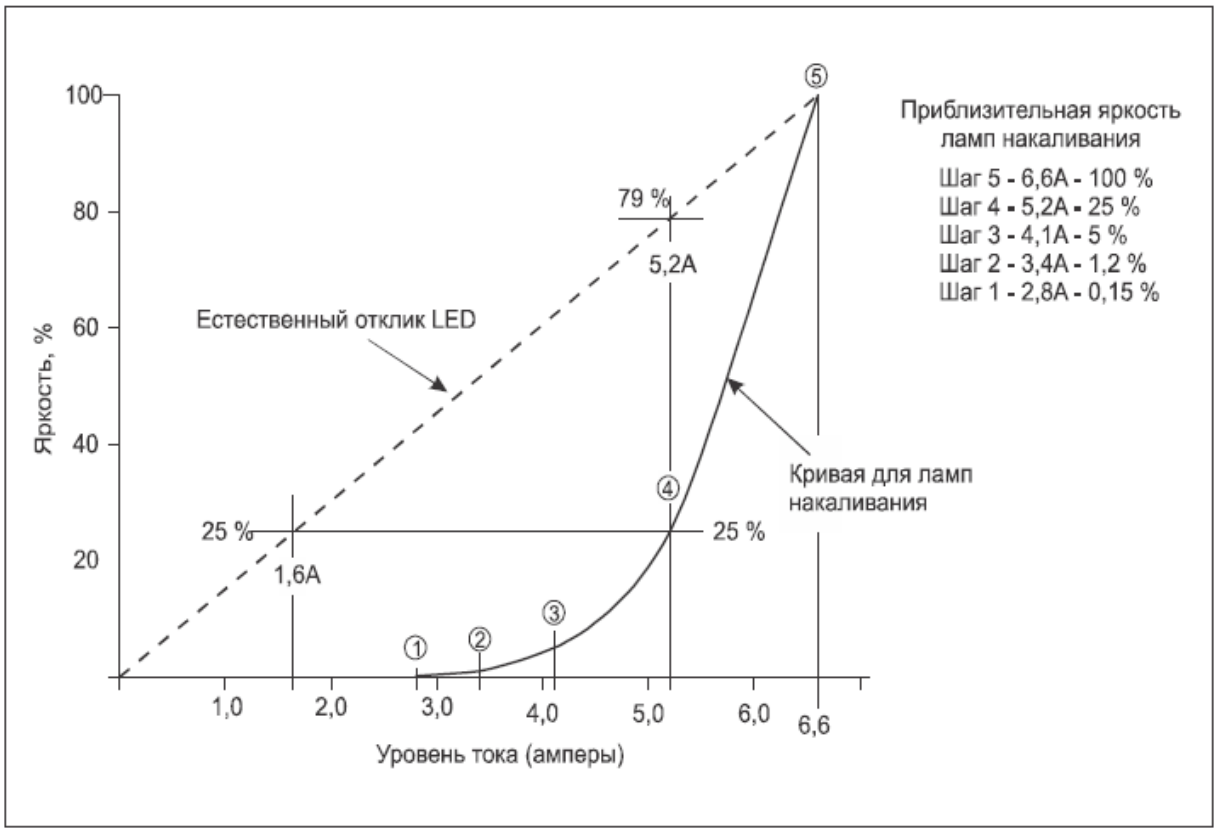


Рис. 12-9. Кривые отклика LED-источников света и ламп накаливания

12.9.3. Эффективность лампы накаливания может определяться диапазоном между минимальными и максимальными значениями кривой уменьшения яркости, как показано на рис. 12-10 для белого света. 5-ступенчатый стабилизатор постоянного тока имеет следующие ступени: 6,6, 5,2, 4,1, 3,4 и 2,8 А. Ступени 3-ступенчатого стабилизатора следующие: 6,6, 5,5 и 4,8 А. Кривые уменьшения яркости ламп накаливания смещены при 4,8 А и 5,5 А, что отражает историческое развитие 3-ступенчатых систем.

12.9.4. В целях имитации функционирования ламп накаливания алгоритмы электронного компонента LED- огня таковы, что сила света находится в пределах диапазона между минимальными и максимальнымизначениями, который близок к соответствующему диапазону лампы накаливания, за исключением нижних ступеней. Диапазон уменьшен для нижних ступеней в связи с сообщениями о том, что LED-огонь оказался слишком ярким на этих ступенях. Кривые уменьшения яркости ламп накаливания смещены при 4,8 А и 5,5 А, что отражает значения тока/яркости, требуемые для 3-ступенчатых систем. Учтите, что кривые сходятся при 6,6 А. Для всех огней, как с лампами накаливания, так и LED, кривые начинаются при 100 % и читаются сверху вниз.

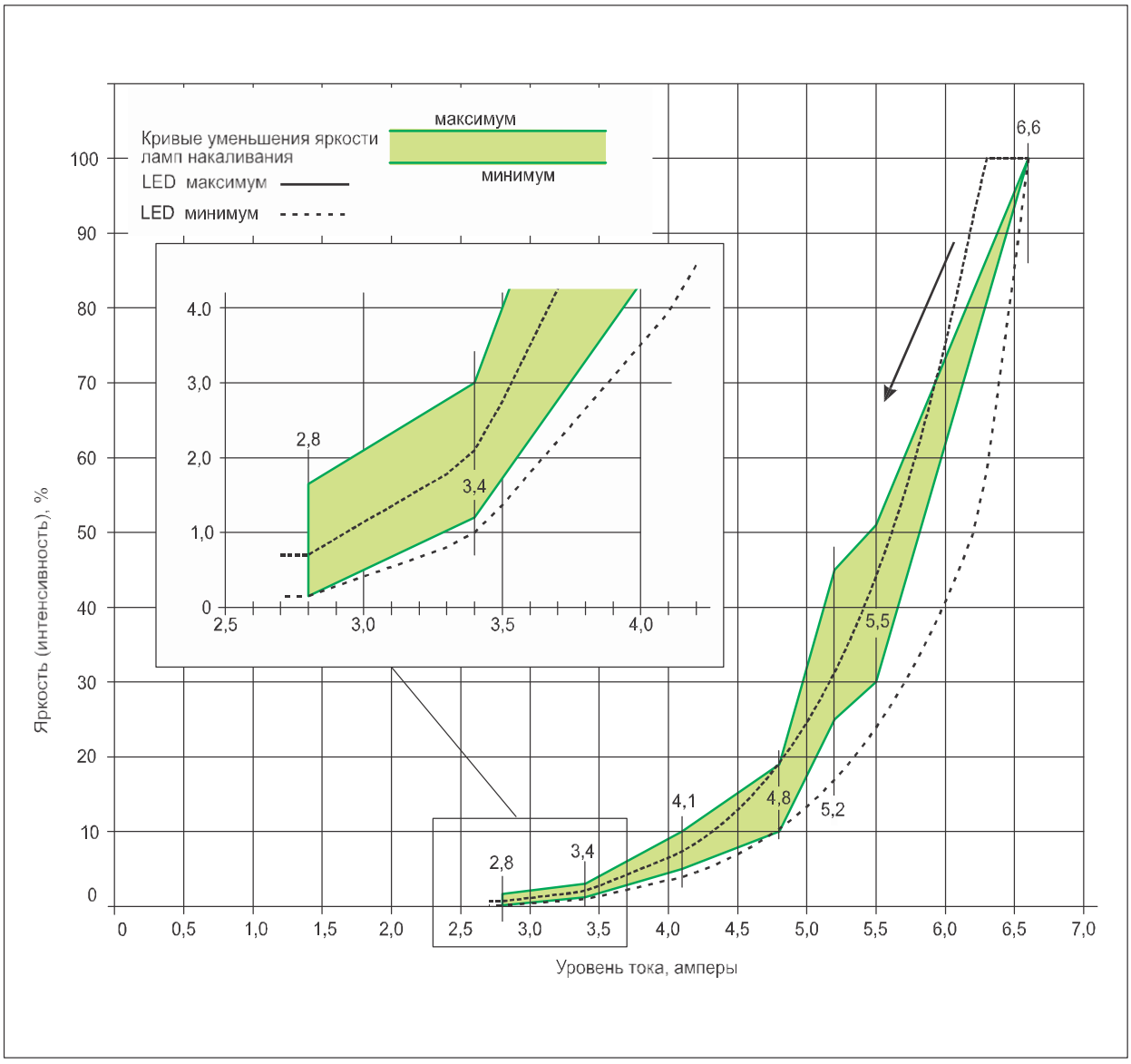


Рис. 12-10. Кривые уменьшения яркости, белый свет

Необходимость регулирования характеристик тока/яркости на нижних ступенях существует только для белого света. Для цветного света диапазон между минимальными и максимальными значениями соответствует кривым для ламп накаливания, как показано на рис. 12-11.

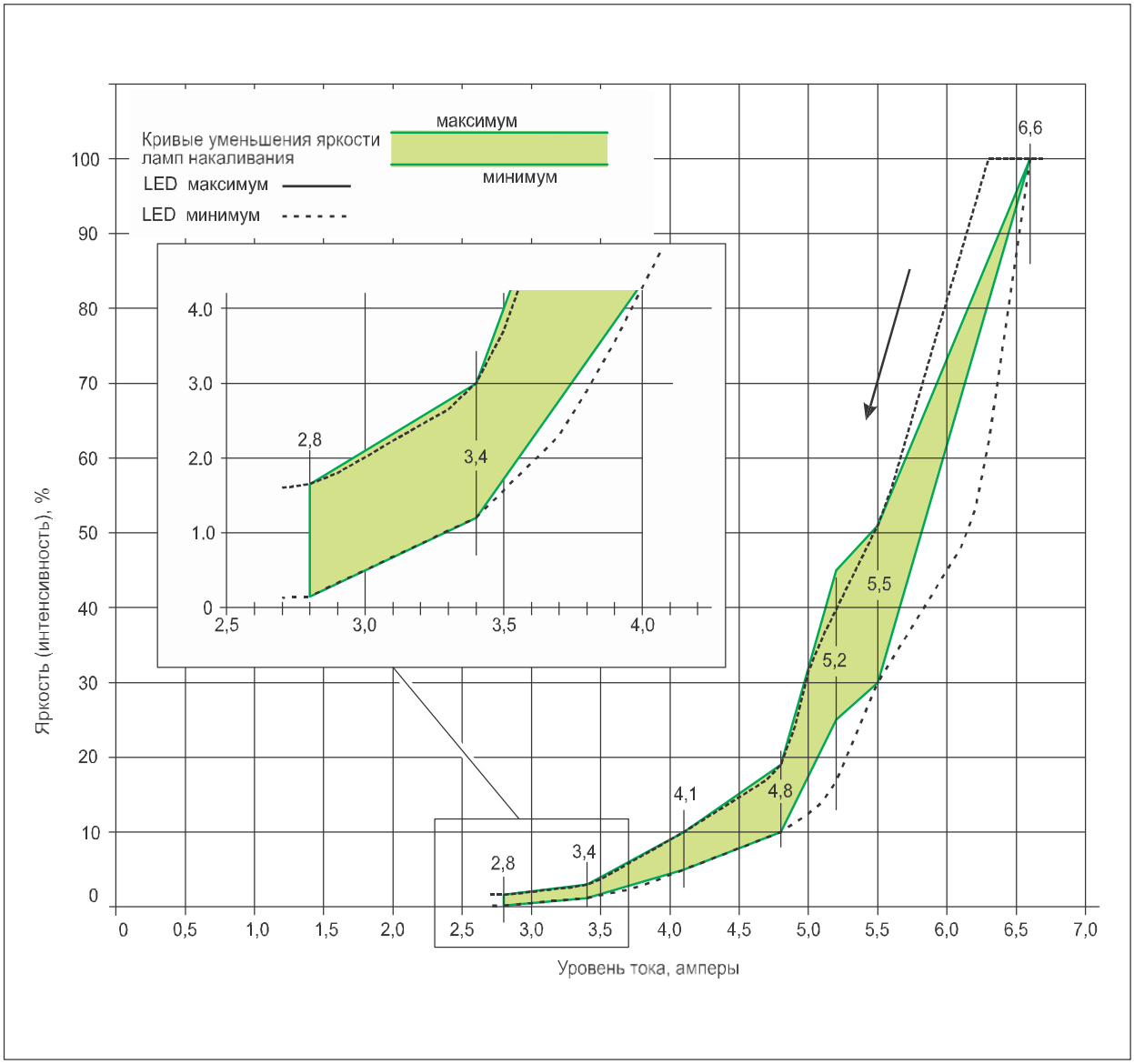


Рис. 12-11. Кривые уменьшения яркости, цветной свет

12.10. LED-Огни и Системы Ночного Видения

12.10.1. Технологические усовершенствования систем ночного видения обеспечили дальнейшее уменьшение компонентов и потребляемой мощности до уровня, при котором системы стало возможным устанавливать на шлем (см. рис. 12-12).

12.10.2. Существует две основные формы приборов ночного видения в зависимости от используемой технологии:

a) Тепловидение функционирует за счет улавливания излучения верхней части средней инфракрасной области оптического спектра в диапазоне от 1300 нм до 5000 нм, испускаемого объектами в виде тепла, а не отражаемого света. Эта технология, известная как системы расширенного зрения, используется на воздушных судах, оснащенных инфракрасным локатором переднего обзора (FLIR) и коллиматорным дисплеем (HUD).

b) Усилитель яркости изображения [I2] функционирует за счет сбора небольших объемов света, включая нижнюю часть инфракрасной области оптического спектра, которые присутствуют в ночное время, но могут не восприниматься нашими глазами, и усиления

их для получения легко различимого изображения. Система ночного видения пилота/очки ночного видения (ANVIS/NVG) являются системами усиления яркости изображения, которые позволяют пилоту видеть в условиях, которые невооруженным глазом воспринимались бы как полная темнота. Эти системы были разработаны в ответ на военные потребности в оборудовании для ночных боевых действий, поисково-спасательных операций и наблюдения, а впоследствии стали применяться для различных гражданских целей.

12.10.3. В случае тепловидения кривая отклика FLIR начинается со значения около 1300 нм, поэтому LED-огонь не будет виден, если он не оснащен специальным устройством для генерирования инфракрасного (ИК) сигнала с достаточной длиной волны и достаточной энергетической яркости.

Рис. 12-12. Очки ночного видения

12.10.4. Как показано на рис. 12-13, ANVIS/NVG состоит из объектива, фотокатода, микроканальной пластины (МКП), люминофорного экрана и окуляра.

12.10.5. Системы усиления яркости изображения развиваются с течением времени, и разные варианты разработок называются "поколениями". Системы третьего поколения имеют кривую спектральной чувствительности, начинающуюся около 550–575 нм и распространяющуюся на часть спектра звездного света, невидимого невооруженным человеческим глазом (фотопическая кривая МКС), как показано на рис. 12-14.

12.10.6. MIL-STD-3009 определяет стандарты для проектирования и измерения освещения, совместимого с ANVIS/NVG, в кабине экипажа. Если освещение в кабине экипажа не является совместимым, оно может генерировать достаточное количество энергии в ближней ИК-области спектра для оказания воздействия на автоматическую регулировку усиления очков ANVIS, результатом чего может стать ослепление пилота при наблюдении малоосвещенной внешней обстановки. Поэтому приборное оборудование кабины экипажа снабжается освещением, энергия которого находится в нижней части спектра (синей и зеленой) и за пределами кривой чувствительности ANVIS. Кроме того, для дальнейшего уменьшения возможного перекрытия сама кривая чувствительности сужается за счет использования устанавливаемых на объектив фильтров класса A и класса B, как показано на рис. 12-15 и 12-16. Фильтр класса B еще больше сужает кривую чувствительности для обеспечения возможности использования желтого и красного освещения в кабине экипажа. Фильтр класса B широко используется пилотами гражданских вертолетов.

12.10.7. Что касается LED-огней, используемых для наземного аэронавигационного светотехнического оборудования, их видимость для пилотов, использующих ANVIS/NVG,

зависит от спектрального распределения света и, следовательно, от величины перекрытия. Система поколения III без фильтров, вероятно, обеспечит видимость зеленых, желтых и красных LED-огней. При использовании фильтра класса A вероятна видимость желтых и красных огней. При использовании фильтра класса B видимость любых LED-огней маловероятна. Вероятность видимости огня зависит от спектрального распределения, и даже зеленый огонь может быть видимым, если он имеет компонент энергии излучения, находящийся в ближней ИК-области спектра. Но это зависит от случая, так как текущие стандарты определяют только воспринимаемый цвет, но не спектральное распределение.

12.10.8. Текущий недостаток ANVIS/NVG состоит в том, что создаваемое для пилота изображение является монохромным зеленым, что затрудняет различение цветовой кодировки, требуемой в документе AR-AGA-001. В случае заградительных огней, если огонь видимый, что имеет место при использовании ламп накаливания, его свет теряется среди окружающего освещения, как показано на рис. 12-17.

12.11. Линейные Огни

LED-технология обеспечивает возможность использования новых видов огней для аэродромов. К примеру, помещение нескольких LED в капсулу позволяет создать световую дорожку (линейный огонь), которая может использоваться для усовершенствования разметки, например, вертолетной площадки, как показано на рис. 12-18. Одним из преимуществ линейных огней является присущая им направленность, которая для огней с точечным источником может быть обеспечена только путем установки как минимум трех огней в ряд.

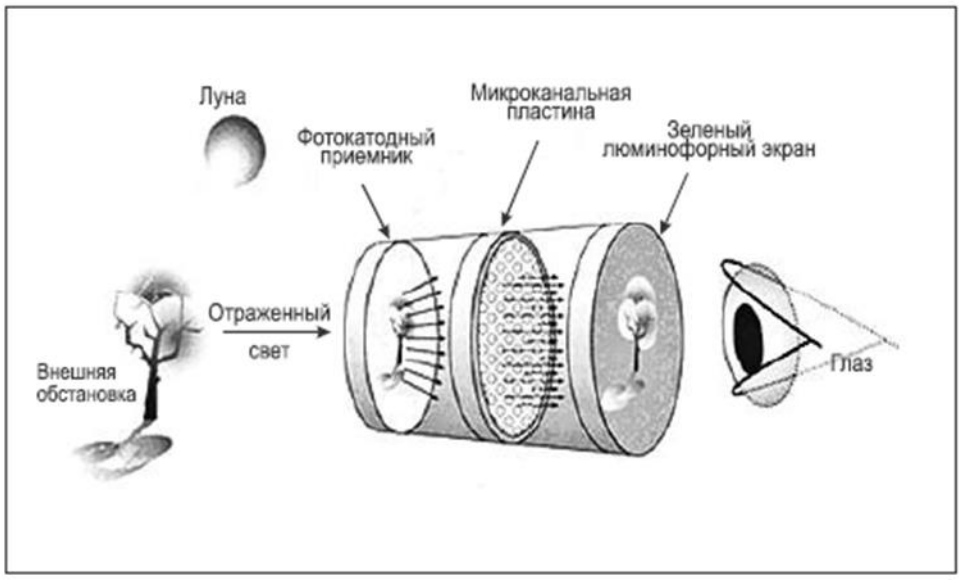


Рис. 12-13. Типовая система NVG с электронно-оптическим усилителем яркости изображения

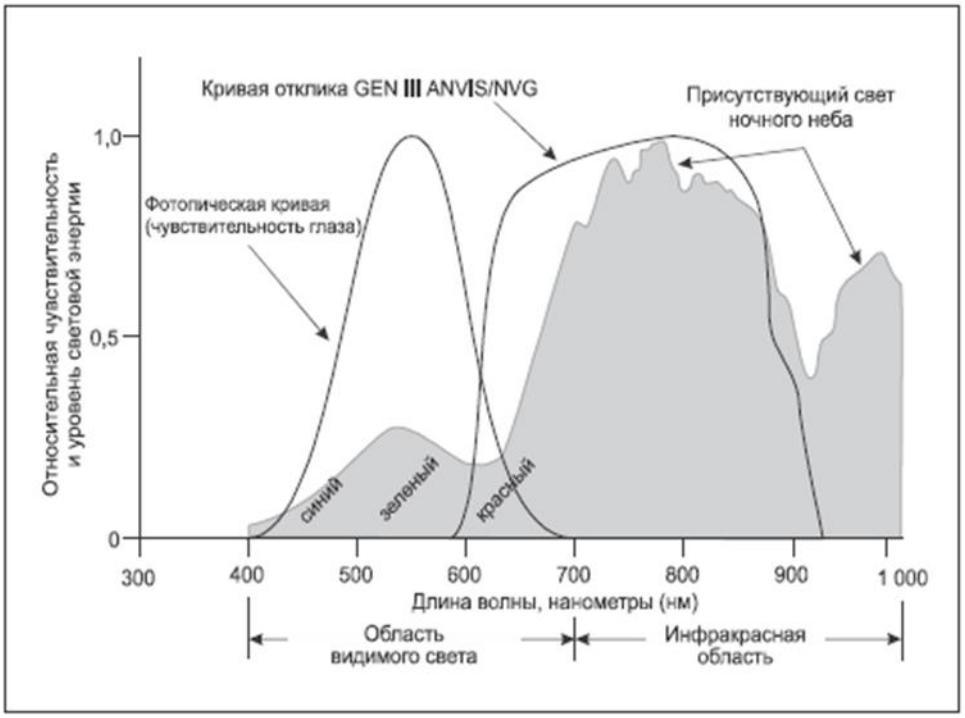


Рис. 12-14. Чувствительность очков ночного видения ANVIS/NVG поколения III в отношении излучения ночного неба

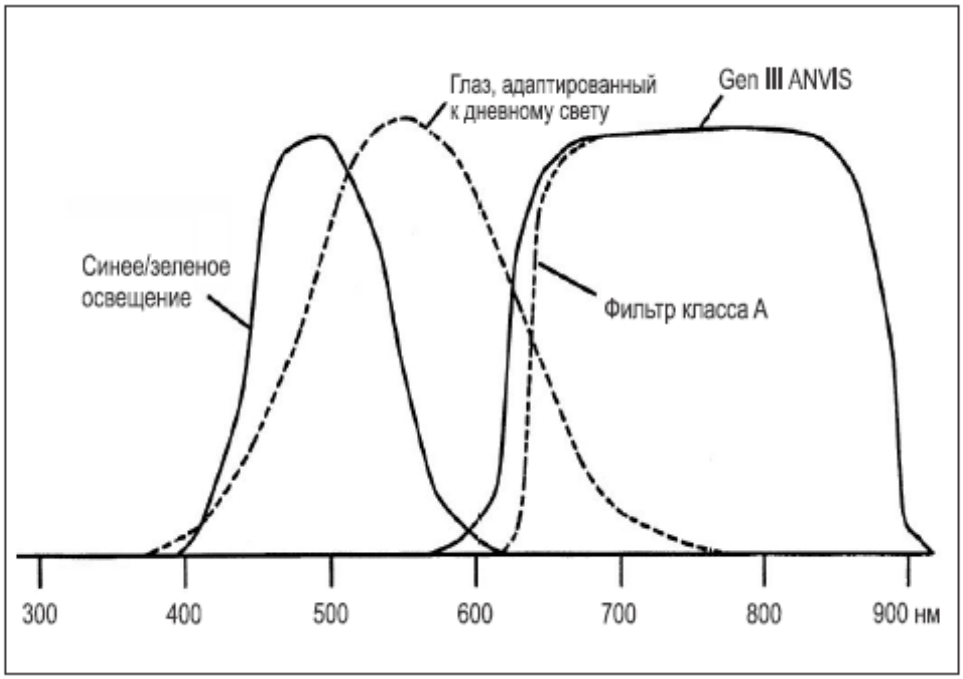


Рис. 12-15. Фильтр класса А обеспечивает синее/зеленое освещение кабины экипажа

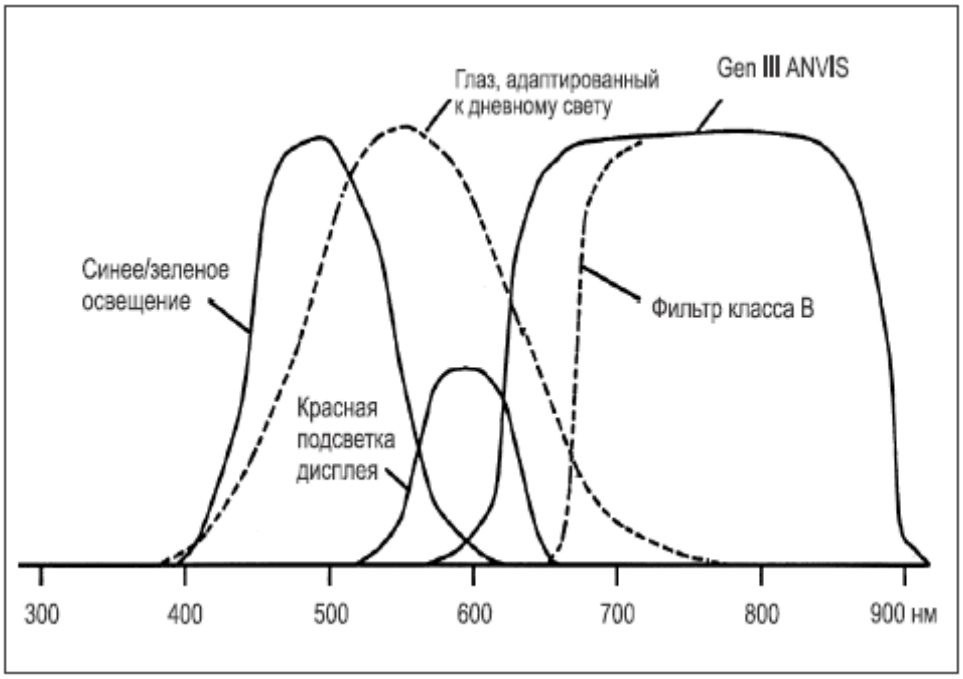


Рис. 12-16. Фильтр класса B обеспечивает синее, зеленое, желтое и красное освещение кабины экипажа

Рис. 12-17. Заградительный огонь (отмечен кружком), видимый через NVG

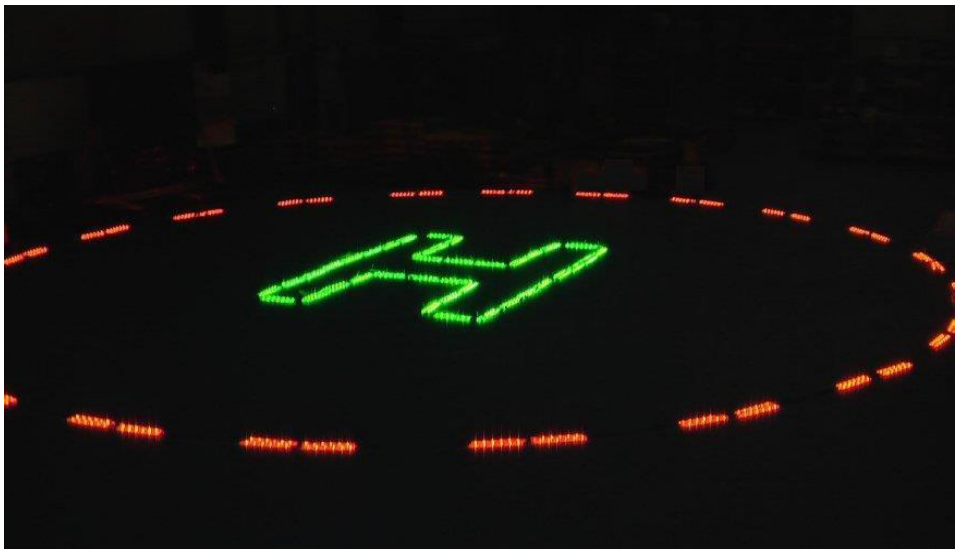


Рис. 12-18. Применение линейных огней для разметки вертолетной площадки

Рис. 12-19. Огни порога ВПП с LED-лампами и лампами накаливания

12.12. Сочетание Технологий

12.12.1. LED-огни содержат электронные схемы, обеспечивающие имитацию отклика ламп накаливания. Но несмотря на одинаковый отклик, не рекомендуется сочетать LED-источники и лампы накаливания, так как LED- огни могут производить иной визуальный эффект. В частности, LED-огонь создает насыщенный цвет, который остается практически неизменным при переключении уровней яркости, тогда как лампы накаливания проявляют уклон в желтый цвет при остывании нити накала.

12.12.2. На рис. 12-19 показана установка огней порога ВПП, включающая обычные лампы накаливания. Этот рисунок иллюстрирует проблему восприятия, которая может возникнуть при сочетании технологий.

12.12.3. Ниже приведен перечень видов светотехнического оборудования, в котором используется сочетание LED и ламп накаливания:

a) Надземные огни защиты ВПП (RGL). В отдельной установке в каждой паре надземных RGL на обеих сторонах рулежной дорожки должна использоваться одна технология.

b) Углубленные огни защиты ВПП (RGL). В отдельной установке во всех огнях системы углубленных RGL должна использоваться одна технология.

c) Огни линии "стоп". В отдельной установке во всех огнях системы углубленных огней линии "стоп" должна использоваться одна технология.

Примечание. *При установке надземных дополнительных огней линии "стоп" в них должна использоваться одна технология на обеих сторонах рулежной дорожки. Однако в них может использоваться технология, отличная от технологии, используемой в углубленных огнях линии "стоп".*

d) Огни зоны приземления. В отдельной установке во всех огнях системы огней зоны приземления должна использоваться одна технология.

e) Огни осевой линии ВПП. В отдельной установке во всех огнях системы огней осевой линии ВПП должна использоваться одна технология.

f) Огни статуса ВПП (RWSL). В отдельной установке во всех THL (огни задержки взлета), REL (огни входа на ВПП) должна использоваться одна технология.

Примечание. *В RWSL может использоваться технология, отличная от используемой в огнях осевой линии или огнях зоны приземления той же ВПП.*

g) Посадочные огни ВПП. В каждой отдельной установке во всех огнях системы посадочных огней ВПП, включая желтые огни опасной зоны в конце ВПП, должна использоваться одна технология.

h) Входные огни ВПП, ограничительные огни ВПП и огни концевой полосы торможения. В каждой отдельной установке во всех входных огнях ВПП, ограничительных огнях ВПП и огнях концевой полосы торможения должна использоваться одна технология.

Примечание. *В системах посадочных огней ВПП, входных огней ВПП, ограничительных огней ВПП и огней концевой полосы торможения могут использоваться различные технологии, отличные от используемых в огнях осевой линии и зоны приземления соответствующей ВПП.*

i) Указатели. В отдельном местоположении в элементах, составляющих единую последовательность указателей, должна использоваться одна технология.

j) Знаки указания места ожидания у ВПП. В отдельном месте ожидания у ВПП в знаках по обеим сторонам рулежной дорожки должна использоваться одна технология.

k) Знаки указания промежуточного места ожидания. В отдельном промежуточном месте ожидания в знаках по обеим сторонам рулежной дорожки могут использоваться разные технологии.

l) Огни указателя скоростной выводной рулежной дорожки (RETIL). В отдельной установке в огнях RETIL должна использоваться одна технология.

m) Указатель траектории точного захода на посадку (PAPI). На отдельном концевом участке ВПП в огнях PAPI должна использоваться одна технология. Это требование также применимо в случае, когда PAPI установлены по обеим сторонам ВПП.

n) Системы огней приближения. На отдельном концевом участке ВПП в белых огнях постоянного свечения системы огней приближения должна использоваться одна технология.

Примечание 1. *Во всех огнях RAIL системы огней приближения должна использоваться одна технология, но она может отличаться от технологии, используемой в белых огнях постоянного свечения.*

Примечание 2. *Во всех огнях системы красных дополнительных огней категории II/III должна использоваться одна технология, но она может отличаться от технологии, используемой в белых огнях постоянного свечения.*

Примечание 3. *Во всех зеленых огнях порога ВПП и фланговых горизонтов системы огней приближения должна использоваться одна технология, но она может отличаться от технологии, используемой в белых огнях приближения постоянного свечения.*

o) Огни РД. В огнях РД на одном участке должна использоваться одна технология.

Примечание 1. *"Участок" определяется как часть РД, ограниченная пересечениями с другими РД или ВПП и точками начала/конца кривых.*

Примечание 2. *В случае протяженных РД, обслуживающих ВПП и пересекающихся с множеством других РД, может быть предпочтительно использовать одну технологию на всех участках.*

Примечание 3. *В огнях осевой линии РД и рулежных огнях в пределах одного участка могут использоваться разные технологии.*

12.13. Нагреватели

LED-огонь имеет преимущество, заключающееся в очень низком энергопотреблении. Однако это также означает более низкую рабочую температуру, в связи с чем может возникать необходимость предохранения арматуры огня от скопления на ней снега и льда, а также конденсата, которые могут изменить фотометрическое распределение и цвет. Изготовители

LED-огней могут поставлять вместе с ними нагреватель, иногда называемый "арктическим комплектом". Необходимость в использовании нагревателя зависит от месторасположения аэродрома и местных погодных условий. В некоторых случаях низкая рабочая температура является преимуществом, которое состоит в том, что наносимый снег не тает и не прилипает к линзе арматуры огня. Скорее всего, для LED PAPI потребуется какой-либо вид линзового нагревателя вне зависимости от месторасположения аэродрома для предотвращения конденсации/обледенения.

12.14. Техническое Обслуживание

12.14.1. Хотя LED при определенных условиях могут работать в течение многих тысяч часов, срок службы самого LED и, что более важно, срок службы светового прибора в целом по-прежнему зависит от интеграции систем и фактических условий использования светового прибора. Условия эксплуатации, которые могут влиять на ожидаемый срок службы светового прибора, включают в первую очередь рабочую температуру, схемы циклического включения-выключения и влажность. Поскольку LED не имеют нитей накала, которые могут обрываться или разрушаться, они, как правило, служат долго при эксплуатации в нормальных условиях. Однако со временем их световой выход уменьшается, а цвет производимого ими света изменяется с тем большей скоростью, чем выше диапазон рабочих температур. Таким образом, на практике необходимо учитывать, что в некоторый момент времени потеря светового выхода или изменение цвета могут привести к несоответствию LED-источника техническим условиям для данного применения или назначения; несмотря на то что формально LED могут продолжать работать, они уже не будут считаться пригодными.

12.14.2. Таким образом, более длительный срок службы LED по сравнению с лампами накаливания не должен оправдывать подход "установить и забыть". Должна действовать система профилактического технического обслуживания, так как LED-огонь рано или поздно выйдет из строя. Кроме того, существуют и другие факторы, способные ухудшить рабочие характеристики, например загрязнение линз углубленных огней.

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

13. ПОДЗЕМНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Примечание 1. *Установка параллельных электрических схем (постоянного напряжения) обычно осуществляется в соответствии с местными электротехническими нормами.*

Примечание 2. *Целью настоящей главы является предоставление указаний по установке последовательных электрических схем (постоянного тока), сопровождаемых объяснениями на основе существующей практики. При этом такие точные параметры, как размеры, виды материалов и маркировка, следует считать типовыми и не рассматривать как конкретные требования.*

13.1. Общие Положения

13.1.1. Типовая установка подземных электрических схем AGL показана на рис. 13-1. Первичный кабель при необходимости оснащается грозозащитными разрядниками и может иметь или не иметь защитную оболочку. В целях безопасности персонала обеспечивается система заземления оборудования (см. пп. 13.1.8 - 13.1.13). Над каналом и кабелями для защиты от молнии обычно устанавливается молниезащитная система (LPS) в виде уравновешивающего провода (см. пп. 13.1.14 - 13.1.19). Если обеспечивается LPS, заземление оборудования не требуется в случаях, когда LPS также выполняет функцию обеспечения безопасности персонала. В соответствии с местной практикой грозозащитные разрядники могут устанавливаться на концах системы вблизи будки для электрооборудования и в первичной цепи на подходящих интервалах или на выбранных огнях. Разрядники подсоединяются к отдельным заземляющим электродам, к имеющемуся заземляющему проводу или к уравновешивающему проводу LPS.

13.1.2. Варианты установки светового оборудования на вторичной стороне различаются в зависимости от местной практики, как показано на рис. 13-2. На схемах (c), (d) и (e) показано подсоединение системы заземления к вторичной обмотке трансформатора AGL. На схемах (a) и (c) показан случай, когда огонь или оптический блок устанавливается на кожухе трансформатора. На схемах (b) и (d) показана установка огня на монтажном столбе, иногда называемом анкерным столбом, рядом с установленным непосредственно в грунте трансформатором AGL. На схеме (e) показан огонь на монтажном столбе и трансформатор AGL, установленный в отдельном кожухе, который может быть неметаллическим. В таком случае заземление оборудования выполняется при помощи заземляющей перемычки, соединяемой с металлической крышкой кожуха трансформатора. На схеме (f) показана установка заземляющей перемычки на таких огнях, как PAPI или указатели контролируемой зоны.

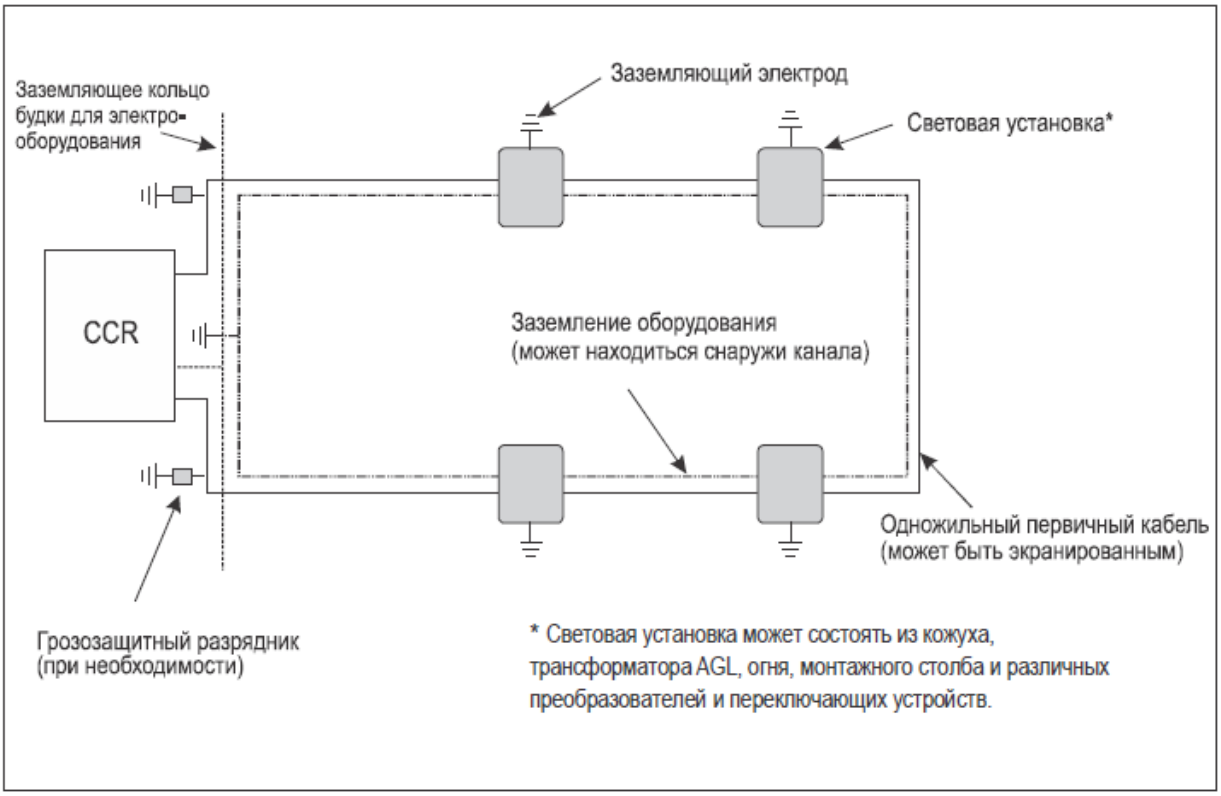


Рис. 13-1. Типовая последовательная цепь постоянного тока

Экранированный кабель

13.1.3. В случае, когда в последовательной цепи постоянного тока используется экранированный кабель в целях электромагнитной совместимости (ЭМС), экран должен быть непрерывным на протяжении всего контура и должен быть заземлен на концах первичной последовательной цепи путем подсоединения к заземляющему кольцу будки для электрооборудования, как показано на рис. 13-3. Кабельные экраны также обеспечивают некоторую защиту от повреждения изоляции в результате воздействия градиентов напряжения, поэтому рекомендуется заземлить экран в каждой подходящей для этого точке. Экранирование должно быть непрерывным при прохождении кабеля через арматуру огня, что обеспечивается путем соединения входящего и исходящего кабелей, как показано на рисунке.

13.1.4. Установка подземных электрических систем включает пять основных компонентов: первичный кабель, трансформатор AGL, вторичная проводка, средства монтажа и заземление оборудования или молниезащитная система (LPS).

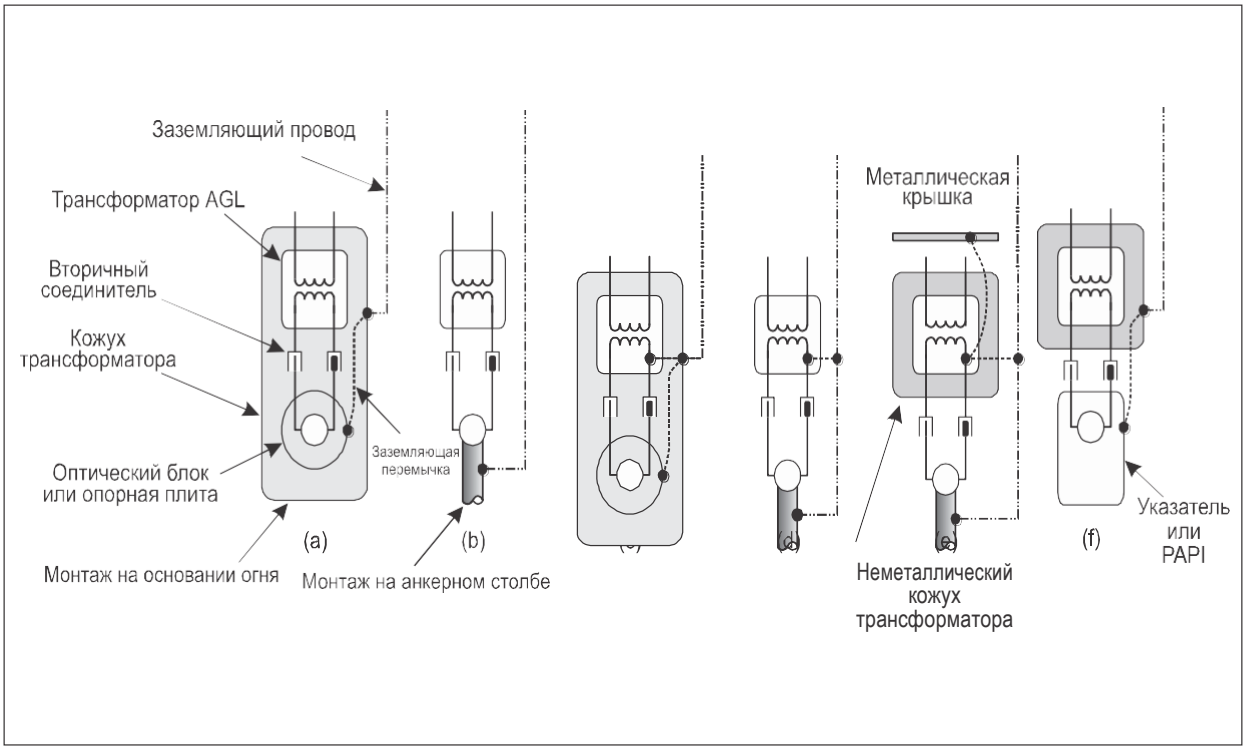


Рис. 13-2. Установка светового оборудования

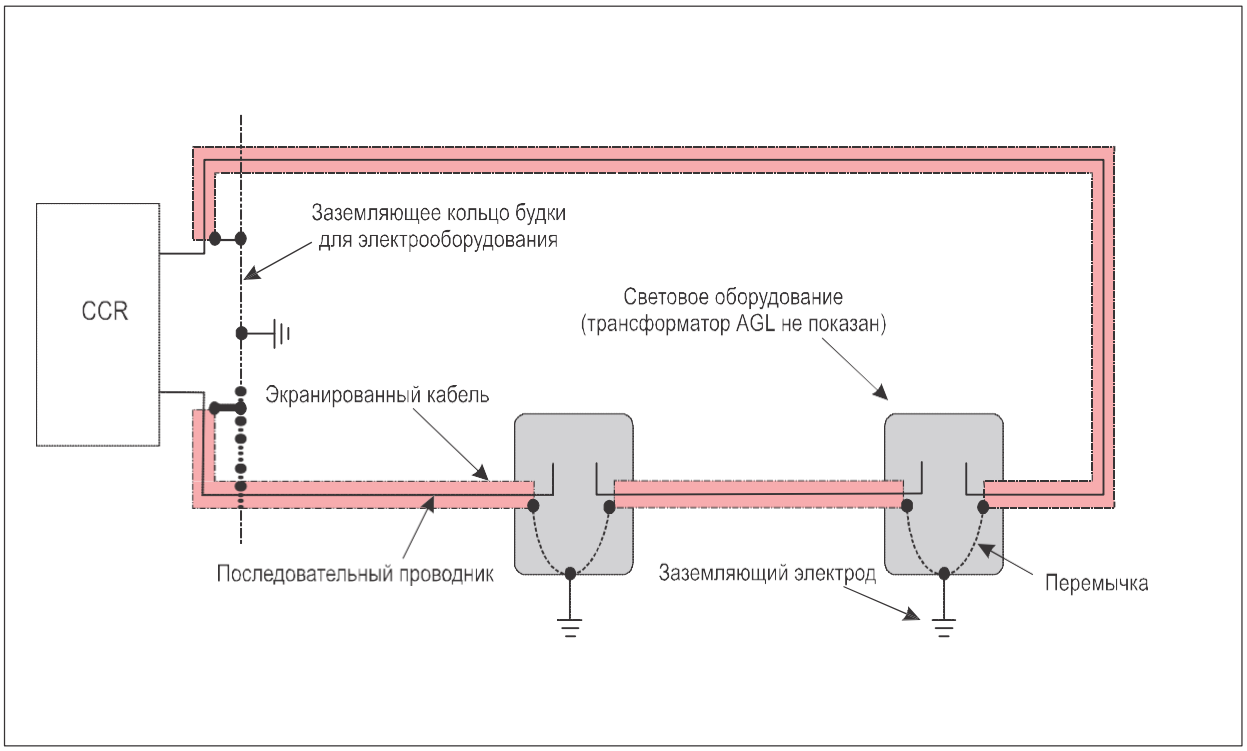


Рис. 13-3. Соединение экранированного кабеля для обеспечения непрерывности

Первичный кабель

13.1.5. Прокладка первичного кабеля от CCR до огней и между ними может осуществляться путем непосредственного заложения или размещения в кабелепроводе. Второй способ является предпочтительным, поскольку он обеспечивает защиту от перемещения грунта и облегчает замену кабеля в будущем. Если кабелепровод имеет достаточный размер, он может использоваться для монтажа дополнительного кабеля в дальнейшем. Желательно прокладывать кабели перемежающихся цепей в отдельных каналах.

Вторичная проводка

13.1.6. Вторичная проводка от трансформатора AGL до арматуры огня: если огонь расположен вдали от кожуха, следует учитывать нагрузку в виде данной вторичной проводки (см. главу 8). Для углубленных огней с неглубоким основанием вторичная проводка может прокладываться непосредственно в распилах или в кабелепроводе. Использование кабелепровода является предпочтительным, так как он облегчает последующее техническое обслуживание.

Монтаж огня

13.1.7. Монтаж огня выполняется на столбе или на верхней поверхности кожуха. Чаще используются кожухи, а не непосредственная установка в грунте, так как кожух облегчает техническое обслуживание трансформатора AGL. Кожух может быть металлическим, предназначенным для зон с искусственным покрытием, или неметаллическим (пластмассовым или бетонным), предназначенным для зон без искусственного покрытия. Огонь может быть установлен на анкерном столбе с расположенным рядом трансформатором в кожухе, на самом кожухе или отдельно в неглубоком основании. Если надземный огонь устанавливается на кожухе, тогда последний должен быть заключен в бетонную подушку для исключения движения. На небольших аэродромах и при использовании огней средней интенсивности незначительное перемещение кожуха допустимо. В некоторых аэропортах кожухи трансформаторов устанавливаются в виде закрытых шкафов, закрепляемых на нижней части мачт огней приближения. Такой способ установки позволяет избежать проблемы проникновения воды в случаях, когда система огней приближения располагается в зонах с высоким уровнем грунтовых вод, например в болотистой местности. Иногда желательно устанавливать несколько трансформаторов AGL вместе, например, для линейных огней зоны приземления. В данном примере трансформаторы устанавливаются совместно в одном кожухе и располагаются на полке, закрепленной на стенке кожуха. (Установка нескольких трансформаторов AGL проиллюстрирована на рис. 13-21.)

Система заземления оборудования

13.1.8. Система заземления оборудования предназначена для обеспечения безопасности персонала в случае короткого замыкания на землю. В отличие от параллельных цепей (напряжения), защитные устройства стабилизатора постоянного тока не реагируют на короткие замыкания отключением системы огней. Последовательная цепь не заземляется и работает нормально при единичном замыкании на землю. В зависимости от величины сопротивления и местоположения замыкания при возникновении второго замыкания на землю участок системы огней отключится или снизится яркость огней; при этом стабилизатор продолжит обеспечивать выходной ток.

13.1.9. Принятым методом заземления оборудования является "равнопотенциальный метод", при котором заземляющий провод подсоединяется ко всем металлическим элементам на выходной стороне стабилизатора постоянного тока, включая основания огней и монтажные столбы, и прокладывается к заземляющему кольцу будки для электрооборудования, чтобы для всех этих элементов поддерживался одинаковый потенциал земли.

13.1.10. Заземление оборудования обеспечивается при помощи изолированного или неизолированного провода и является непрерывным на протяжении от огня или основания огня или при прохождении через кожух трансформатора, если используется установка в неглубоком основании, до рабочего заземления около будки для электрооборудования. Заземляющий провод оборудования обычно прокладывается в изолированном виде в

системе кабельной канализации, но может прокладываться и в неизолированном виде методом непосредственного заложения вне канала. Система должна быть подсоединена к заземляющему электроду у каждого огня или с интервалом в 150 - 300 м.

13.1.11. Заземляющий провод оборудования обычно состоит из одножильной меди сечением от 10 мм^2 (№ 8 AWG) до 25 мм^2 (№ 4 AWG). Также могут использоваться другие материалы, например оцинкованная сталь. При выборе материала провода необходимо обязательно учитывать его способность противостоять почвенной коррозии.

13.1.12. Система заземления оборудования в целом должна иметь сопротивление на землю, не превышающее указанного в национальном стандарте (обычно максимальные значения сопротивления на землю находятся в диапазоне от 6 до 25 Ом).

13.1.13. Если используется молниезащитная система (LPS) в виде уравновешивающего провода, LPS может использоваться для заземления оборудования, и отдельная система заземления оборудования не требуется.

Молниезащитная система

13.1.14. Назначение молниезащитной системы (LPS), или уравновешивающей системы, состоит в обеспечении низкоомного предпочтительного пути для перехода энергии разрядов молнии в землю и ее безопасного рассеивания без нанесения повреждений оборудованию или травм персоналу.

13.1.15. При использовании равнопотенциального метода уравновешивающий провод подсоединяется ко всем основаниям огней, монтажным столбам арматуры и заземляющему кольцу будки для электрооборудования, чтобы для всех металлических элементов поддерживался одинаковый потенциал.

13.1.16. Уравновешивающий провод обычно монтируется непосредственно над защищаемым каналом или кабелем.

13.1.17. Уравновешивающий провод обычно подсоединяется к заземляющему электроду в точках с интервалом в 150 - 300 м. На пересечениях ВПП или РД или в зонах перрона уравновешивающий провод прокладывается над кабелепроводами и подсоединяется к заземляющим электродам на каждой стороне пересечения. Принимая во внимание риск, связанный с плотностью ударов молнии на объекте в прошлые годы, уравновешивающий провод может быть изолирован и помещен в канал в местах пересечения покрытия.

13.1.18. В случае устанавливаемых в неглубоких основаниях углубленных огней, трансформаторы AGL для которых расположены сбоку от покрытия, объект может решить не продолжать уравновешивающую систему над вторичными отводами. В таком случае для заземления оборудования служит ответвление от уравновешивающего провода к основанию огня, которое осуществляется посредством изолированного провода, прокладываемого в кабелепроводе или распиле и соединяемого с внутренним заземляющим наконечником основания. (См. рис. 13-22.)

13.1.19. Уравновешивающий провод обычно состоит из одножильной меди сечением от 10 мм^2 (№ 8 AWG) до 25 мм^2 (№ 4 AWG).

Заземляющая перемычка

13.1.20. Независимо от того, установлена ли система LPS или система заземления оборудования, между внутренним заземляющим наконечником кожуха и оптическим блоком (углубленные огни) или крышкой (надземные огни) устанавливается гибкая заземляющая перемычка достаточной длины. Перемычка обеспечивает дополнительное заземление оборудования в целях безопасности персонала на случай, если при коротком замыкании оптический блок или крышка будут подняты с основания. Необходимо отметить, что поскольку данная заземляющая перемычка установлена внутри и не может быть видна, невозможно быть уверенным, что она действительно подсоединена, поэтому электротехники должны всегда работать в изоляционных перчатках. (Заземляющие перемычки показаны на рис. 13-20 и 13-22.)

Заземление вторичной обмотки

13.1.21. В соответствии с некоторыми местными методиками выполняется соединение системы заземления с одним концом вторичной обмотки трансформатора AGL. Такое заземление уменьшает напряжение, воздействию которого может подвергнуться электротехник при замыкании первичной обмотки на вторичную. Примеры заземления вторичной обмотки показаны на рис. 13-2.

Сопротивление заземления

13.1.22. Распространенное значение сопротивления заземления в 25 Ом для LPS не следует считать приемлемым для всех установок. Для обеспечения эффективной молниезащиты в местах с высоким оцениваемым риском удара молнии могут потребоваться более низкие значения сопротивления заземления. Местные электротехнические нормы могут определять величину сопротивления заземления для заземления оборудования, например 6 Ом.

Исходные соображения

13.1.23. Прокладка электрических кабелей под землей является дорогостоящей, и следует использовать меры обеспечения их продолжительной и эффективной работы с минимальным техническим обслуживанием. Все работы должны производиться опытным персоналом, постоянно выполняющим данный вид работ. Большинство подземных кабелей будет проходить через площадь маневрирования аэродрома или рядом с ней. Поэтому на действующих аэродромах большое внимание следует уделять обеспечению безопасности как воздушных судов, так и рабочих, прокладывающих кабель.

Мероприятия до начала монтажных работ

13.1.24. Сначала получите разрешение от ответственного инженера в отношении использования материалов, рабочей силы, времени суток для проведения работ, использования методов и правил прокладки кабелей и порядка выполнения любого временного или текущего ремонта. При необходимости обеспечьте координацию со службой управления воздушным движением. Тщательно определите и обеспечьте маркировку трассы для прокладки кабелей. Примите все необходимые меры предосторожности для защиты существующих подземных сооружений и коммуникаций, таких как топливные баки, водопроводы, силовые кабели и кабели управления, проложенные в земле, и т. д. Все известные инженерные коммуникации, а также силовые кабели и кабели управления, идущие к какому-либо эксплуатационному объекту или от него, должны быть маркированы в поле до начала проведения каких-либо работ в непосредственной близости от них. В дальнейшем в течение всей продолжительности монтажных работ другие подземные сооружения и коммуникации следует предохранять от возможных повреждений. Любые подземные кабели, поврежденные в ходе работ, должны быть немедленно отремонтированы с использованием материалов аналогичного качества.

13.1.25. До выполнения соединений обмотайте концы кабелей изоляционной лентой для предотвращения проникновения влаги.

13.1.26. Соединение кабельных каналов, кабелепроводов или первичных кабелей внахлест между основаниями огней и кожухами трансформаторов не допускается.

Методы прокладки кабелей

13.1.27. Существует два метода прокладки подземных электрических кабелей: путем непосредственного заложения в землю и путем установки в кабелепроводе (проложенном в земле кабелепроводе или закрытом канале, т. е. кабельной канализации). Элементы этих методов рассматриваются ниже.

13.2. Прокладка Кабелей Методом Непосредственного Заложения

13.2.1. Основными этапами прокладки электрических кабелей методом непосредственного заложения в землю являются:

a) подготовка траншеи;

b) подготовка песочной подушки;

c) укладывание кабелей;

d) первичная засыпка песком;

e) укладывание уравновешивающего провода;

f) вторичная засыпка обычным грунтом (вторичная засыпка может осуществляться в два этапа, между которыми прокладывается сигнальная лента).

Подготовка траншеи

13.2.2. *Основные требования.* Если не оговорены другие требования, то все кабели в одном и том же месте и идущие в одном и том же основном направлении следует прокладывать в одной траншее. Стены траншеи должны быть вертикальными для того, чтобы обеспечить минимальное повреждение земли на краях. Поверхность дна траншеи должна быть ровной и свободной от скопления твердых материалов. По возможности траншея должна быть открытой только в течение времени прокладки кабелей, и ее следует закапывать в тот же рабочий день. Там, где имеется хороший дерн и его можно легко снять, его следует аккуратно разрезать на полосы и хранить соответствующим образом.

13.2.3. Маркировка кабельной канализации или кабелепровода, временно удаленная для отрывков траншеи, должна быть вновь установлена в соответствии с требованиями. В случаях, когда существующие активные кабели пересекают предполагаемые места монтажных работ, монтажник должен обеспечить надлежащую защиту этих кабелей. Если нет возможности избежать пересечений, не допускается сращивание существующих кабелей, за исключением случаев, предусмотренных в планах. Местонахождение существующих кабелей следует определять вручную. Раскопанные кабели следует проверить на предмет отсутствия повреждений.

13.2.4. *Глубина прокладки кабелей.* Кабели, непосредственно закладываемые в землю, должны располагаться на глубине не менее 450 мм ниже уровня благоустроенного грунта на территории аэродрома, не менее 750 мм ниже уровня благоустроенного грунта за пределами территории аэродрома и не менее 1000 мм под ВПП, РД, перронами и маршрутами движения. При прокладке за пределами территории аэродрома может потребоваться прокладывать кабель на большей глубине в соответствии с требованиями местных электротехнических норм. К примеру, минимальная глубина прокладки кабеля под железнодорожными путями должна составлять 1200 мм, если не указано иное.

13.2.5. *Глубина траншеи.* Глубина траншеи, в которую закладываются кабели, должна быть достаточной для соблюдения требований к глубине прокладки кабелей и предусматривать дополнительно не менее 75 мм для слоя подушки (например, песочной) ниже уровня самого глубокого кабеля, как показано на рис. 13-4.

Прокладка кабелей

13.2.6. По возможности кабель должен укладываться в одну нитку без сращивания от огня к огню. Для того чтобы свести к минимуму потребность в сращивании, следует использовать наибольшую возможную длину питающего кабеля. Когда необходимо отрезать кабель, концы кабеля сразу после отрезания следует соответствующим образом изолировать для предотвращения воздействия влаги. Не следует сгибать кабели с радиусом менее восьмикратного значения диаметра (для резиновых кабелей или кабелей с пластмассовой оболочкой) и двенадцатикратного значения диаметра (для кабелей в металлической оплетке). Не следует прокладывать перекрученные кабели. При разматывании кабеля около барабана должен стоять человек, который должен обнаруживать любые неисправности кабеля и сообщать о них. Кабель, предназначенный для непосредственного заложения в землю, следует разворачивать на месте в открытую траншею или раскладывать рядом с траншеей и аккуратно опускать на дно траншеи. Кабели не следует разматывать и тянуть в траншею с одного конца. Если предусматривается прокладка одного кабеля над другим, между ними должно быть обеспечено вертикальное расстояние не менее 75 мм, причем расстояние от

верхнего кабеля до уровня грунта не должно быть меньше минимального требуемого значения. Для компенсации натяжения кабеля в траншее должен размещаться слабо натянутый кабель в виде последовательных изгибов в форме S.

Прокладка уравновешивающего провода

13.2.7. Уравновешивающий провод обеспечивает 90-градусную "защитную зону" (45° с каждой стороны вертикали). Уравновешивающий провод прокладывается непрерывно на расстоянии от 75 мм до 150 мм над кабелем, кабелепроводом или кабельной канализацией или в соответствии с планами, если предусматривается большее расстояние. С учетом обеспечиваемой защитной зоны уравновешивающий провод на расстоянии 75 мм подходит для 1 или 2 кабелей, на расстоянии 150 мм - для 3 или 4 кабелей; для большего количества кабелей требуются дополнительные уравновешивающие провода, как показано на рис. 13-5.

13.2.8. Кроме того, уравновешивающий провод следует прокладывать как минимум на 200 мм ниже поверхности грунтового основания в зонах с покрытием или на 250 мм ниже уровня благоустроенного грунта в зонах без покрытия. Это значение может быть меньше 100 мм в местах, где предполагается встраивание кабелепровода в существующее покрытие. Уравновешивающий провод не следует прокладывать в кабелепроводе за исключением мест пересечений ВПП и РД, где этот провод может устанавливаться в существующем канале. При установке в канале уравновешивающий провод должен быть изолирован.

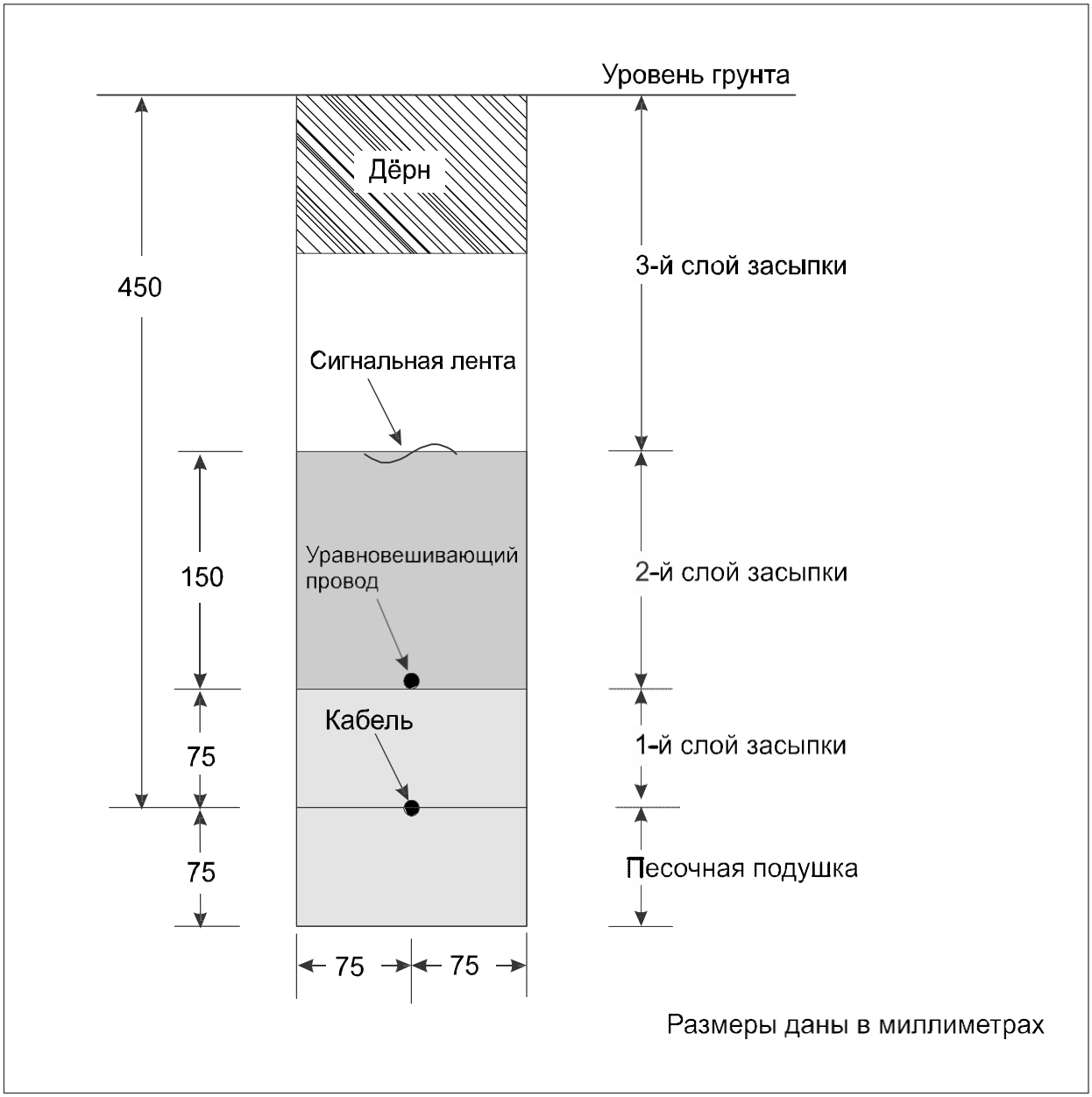


Рис. 13-4. Непосредственное заложение кабеля в траншею

Сигнальная лента

13.2.9. Сигнальная (предупредительная) лента для идентификации подземных электрических кабелей должна устанавливаться в траншее и располагаться на расстоянии 150 мм над заложенным непосредственно в землю кабелем или уравновешивающим проводом (при его наличии) или приблизительно посередине между поверхностью и верхним уровнем заложенных непосредственно в землю кабелей или уравновешивающего провода (при его наличии) и как минимум 200 мм ниже уровня благоустроенного грунта. Лента должна иметь ширину от 100 мм до 150 мм и состоять из полиэтиленовой пленки с сердцевиной из металлизированной фольги для дистанционного обнаружения. Она должна иметь цвет и непрерывную надпись, указанные в планах.

Зоны с высокой интенсивностью движения

13.2.10. Не следует прокладывать кабели непосредственно в земле под зонами с искусственным покрытием, шоссе, железнодорожными путями или канавами. В этих зонах

кабель должен прокладываться в каналах, заключенных в бетонную оболочку, или в жестких стальных трубах.

Зоны с наличием скальных пород

13.2.11. Если встречается скалистый грунт, которого невозможно избежать, следует извлечь его, проложить кабели в трубе или канале и залить яму бетоном. Как показано на рис. 13-6, труба должна располагаться не менее чем в 150 мм ниже поверхности и не менее чем в 75 мм над дном ямы. Уравновешивающий провод прокладывается над каналом. В канале также может быть проложен нейлоновый тяговый канат. Следует рассмотреть возможность использования двух слоев, верхний из которых состоит из проводящего бетона.

Ширина траншеи и расстояние между кабелями

13.2.12. Ширина траншеи для одного кабеля должна быть не менее 150 мм. При прокладке нескольких кабелей в одной траншее ширина траншеи выбирается таким образом, чтобы выдерживались расстояния, приведенные ниже (рис. 13-7).

13.2.13. Горизонтальное расстояние между кабелями:

a) Кабели разных последовательных цепей светотехнического оборудования должны располагаться на горизонтальном расстоянии в 75 мм друг от друга. Кабели одной последовательной цепи светотехнического оборудования могут прокладываться без выдерживания расстояния.

b) Силовые кабели одной и той же цепи или разных цепей напряжением менее 600 В можно прокладывать совместно в одной траншее без выдерживания горизонтального расстояния.

c) Силовые кабели разных цепей напряжением от 600 до 5000 В следует прокладывать на расстоянии не менее 100 мм друг от друга.

d) Все силовые кабели напряжением 5000 В и ниже следует прокладывать на расстоянии не менее 150 мм от любых кабелей управления, телефонных кабелей и коаксиальных кабелей.

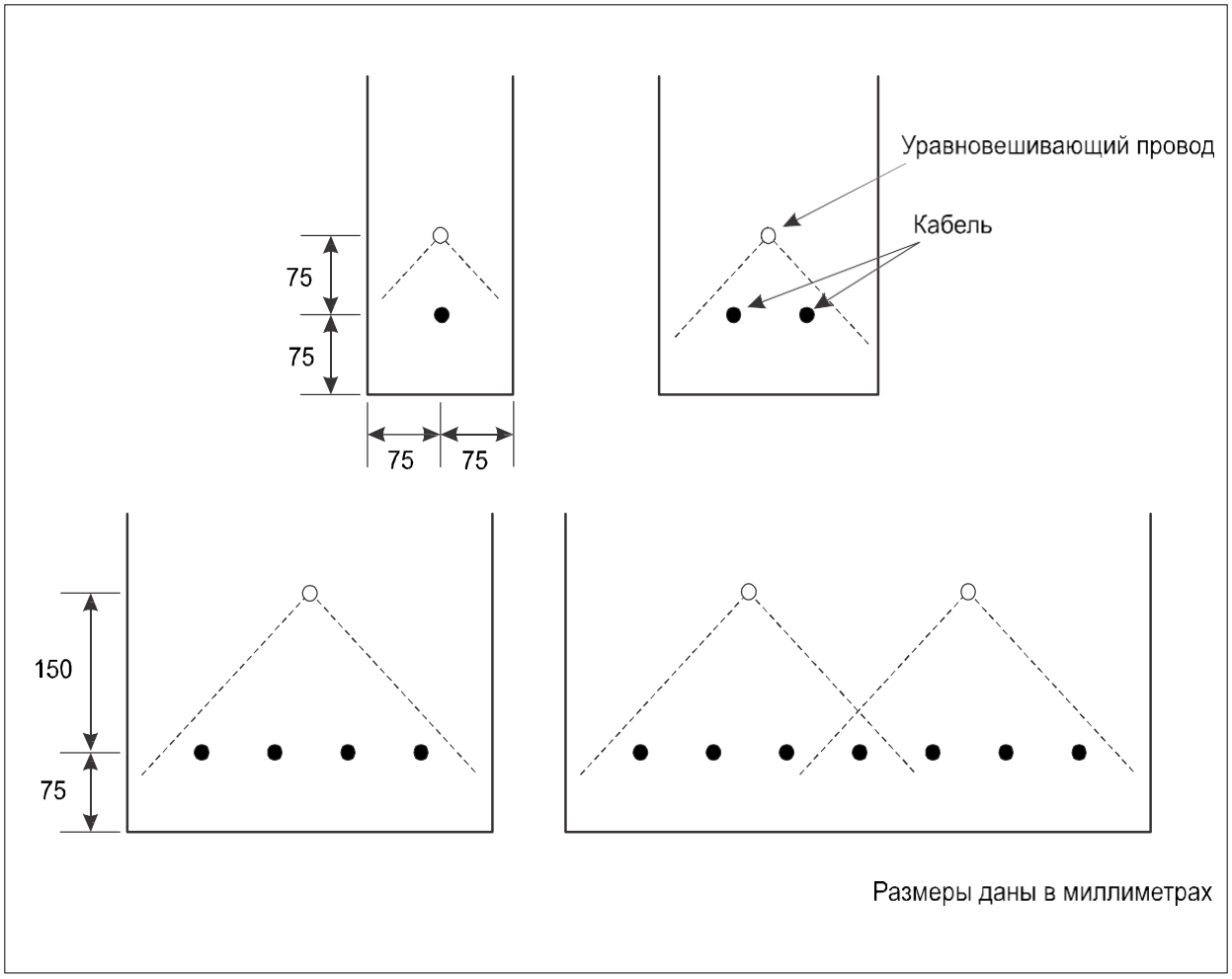


Рис. 13-5. Размещение уравновешивающих проводов

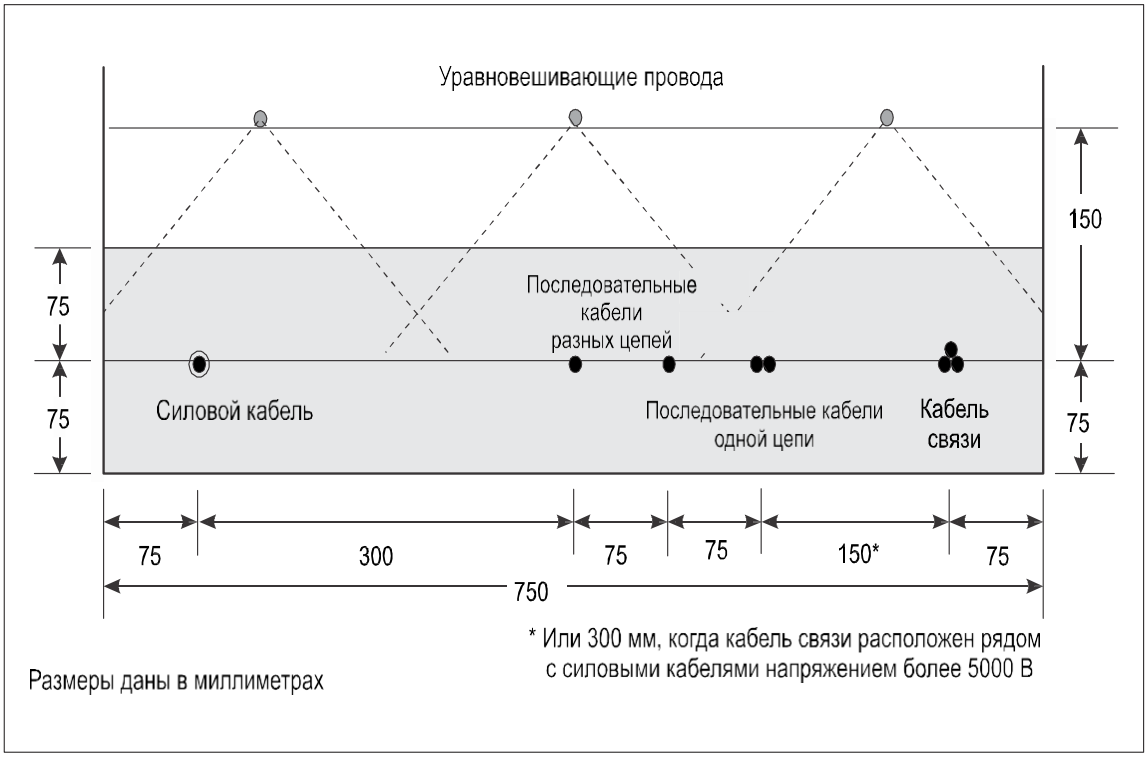


Рис. 13-6. Прокладка в зоне с наличием скальных пород

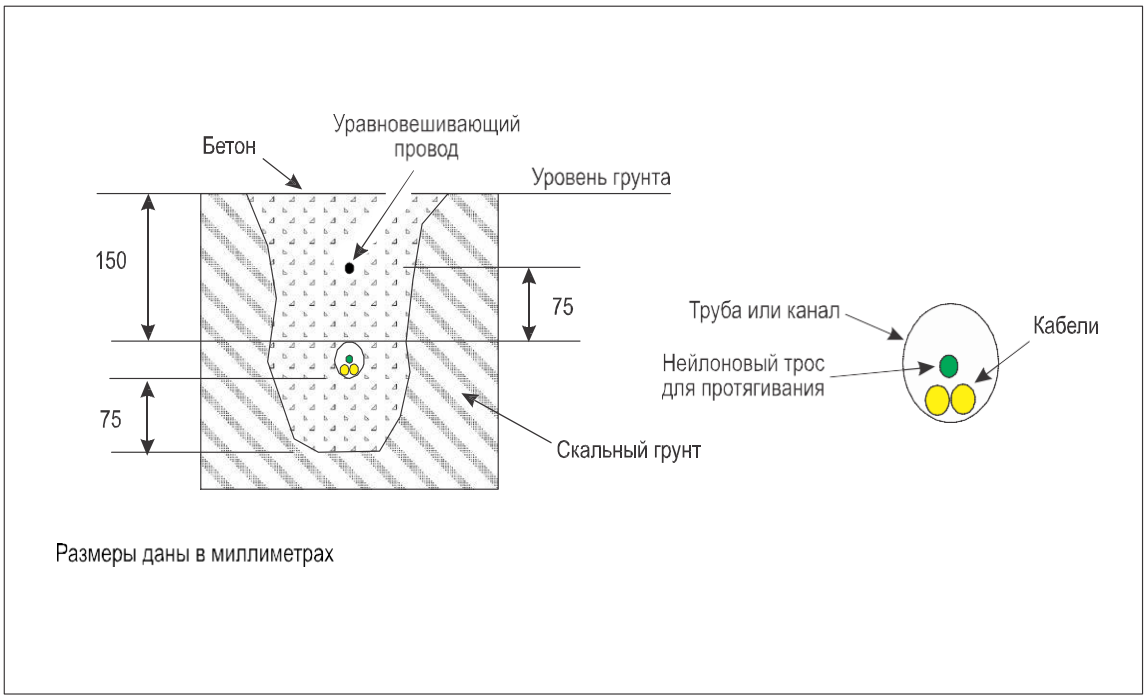


Рис. 13-7. Расстояния для кабелей/уравновешивающего провода

e) Силовые кабели напряжением более 5000 В следует прокладывать на расстоянии не менее 300 мм от любых других кабелей.

f) Кабели управления, телефонные кабели и коаксиальные кабели можно прокладывать в траншее без выдерживания горизонтального расстояния между ними.

13.2.14. Вертикальное расстояние между кабелями:

a) Кабель не должен накрывать другой кабель, поскольку уплотнение может вызвать повреждение кабеля.

b) Вертикальное расстояние между кабелями должно быть аналогичным горизонтальному расстоянию за исключением того, что для тех кабелей, для которых не требуется выдерживание горизонтального расстояния, необходимо обеспечить минимальное вертикальное расстояние в 60 мм.

c) Заземляющие и уравновешивающие провода должны проходить приблизительно на 150 мм выше самого верхнего уровня кабелей.

Пересечения

13.2.15. Хотя выше были приведены вертикальные расстояния, не предполагается, что непосредственно заложенные кабели внутри траншеи будут располагаться слоями. Такое расположение может затруднить будущий ремонт кабелей, расположенных внизу. Главным образом вертикальные расстояния предназначены для случаев, когда кабели пересекаются под углом. Предпочтительно, чтобы угол таких пересечений был как можно ближе к 90 °. Для обеспечения вертикального расстояния глубина траншеи увеличивается, как показано на рис. 13-8.

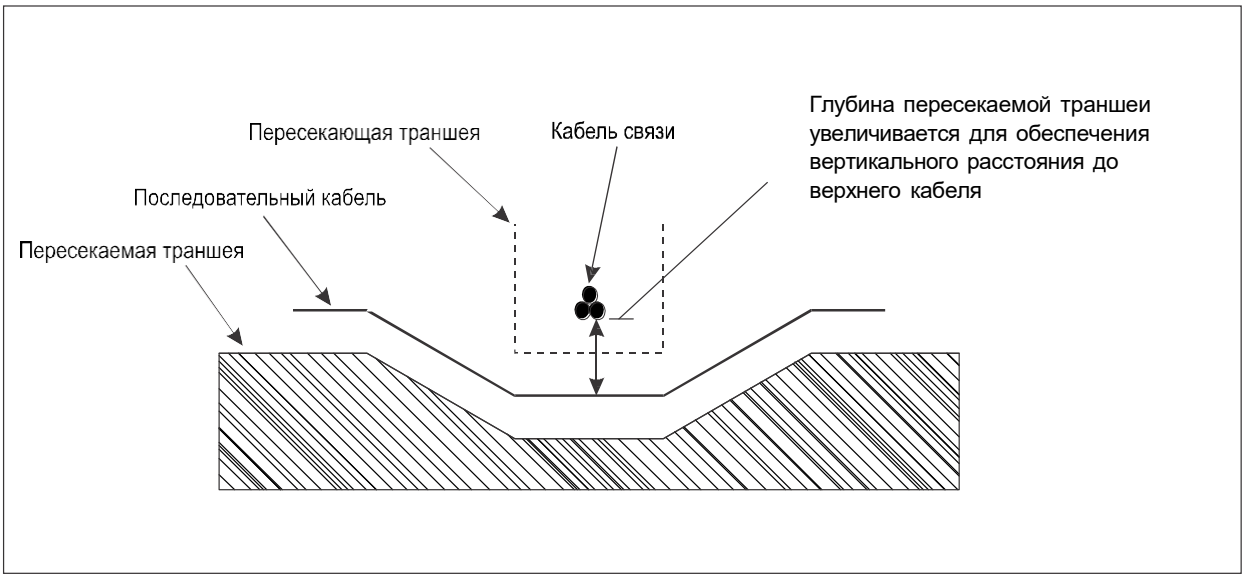


Рис. 13-8. Пересечение кабелей

Соединение уравновешивающих проводов

13.2.16. Уравновешивающие провода должны быть соединены между собой в местах пересечения кабелей или кабелепроводов. Если над кабелями, кабелепроводами или каналами проложено несколько уравновешивающих проводов, они должны быть соединены между собой в точках с интервалом не более 150 м. На рис. 13-9 проиллюстрировано средство соединения между собой уравновешивающих проводов.

13.2.17. Соединение уравновешивающих проводов между собой и с заземляющим электродом должно выполняться методом экзотермической сварки. Выполнение таких соединений должно осуществляться только опытным персоналом, постоянно выполняющим данный вид работ. Установки должны соответствовать рекомендациям изготовителя и следующим требованиям:

a) Со сварных соединений должен быть удален весь шлак.

b) При выполнении сварных соединений на оболочках оснований огней все области поверхности с цинковым покрытием и зоны расплава, как внутри, так и снаружи оболочек оснований, поврежденные в процессе экзотермической сварки, должны быть восстановлены путем покрытия таких зон жидким составом для электролитического цинкования. Поверхности, подлежащие покрытию, должны быть подготовлены, после чего должен быть нанесен состав в соответствии с рекомендациями изготовителя.

c) Весь погружаемый в землю медный и сваренный материал в местах сварки должен быть тщательно покрыт битумной мастикой на основе каменноугольной смолы или другим эквивалентным материалом для предотвращения воздействия на поверхность коррозионноактивной почвы или влаги.

13.2.18. Альтернативным средством соединения уравновешивающего провода с основаниями огней или анкерными столбами являются закрепляемые болтами наконечники, одобренные для этой цели.

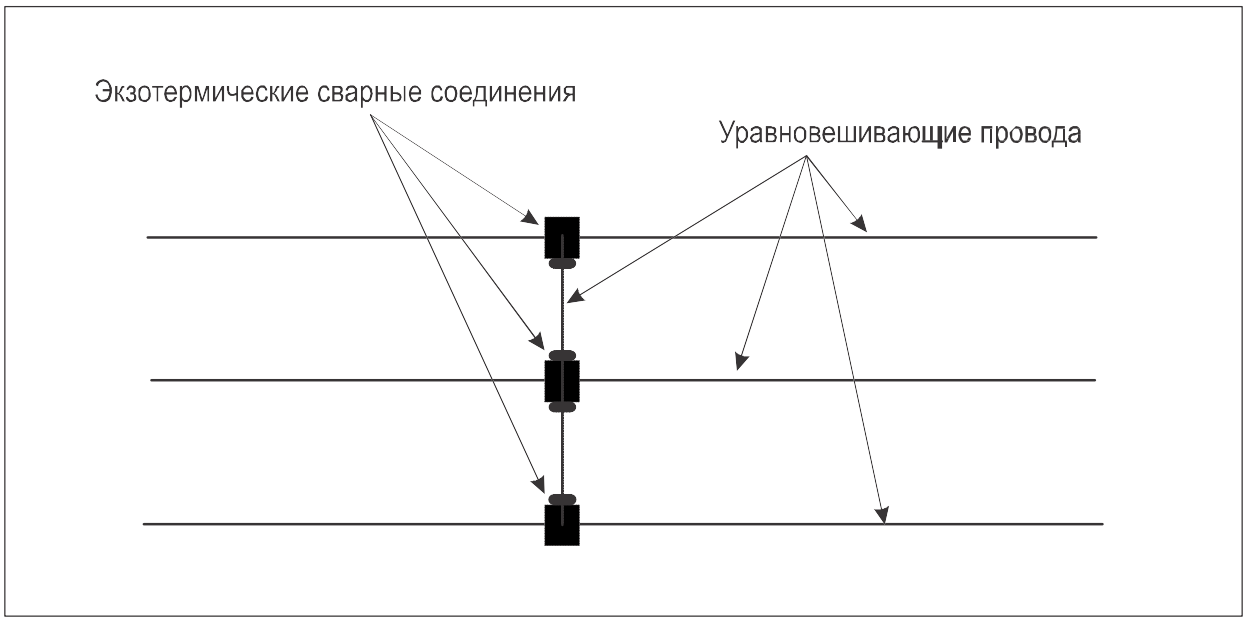


Рис. 13-9. Соединение уравновешивающих проводов между собой

Запас кабеля

13.2.19. На каждом конце кабельных трасс, на каждой стороне всех соединений, разделительных трансформаторов, огней и во всех точках, где соединения кабеля находятся над поверхностью земли, должен быть оставлен запас кабеля длиной около 1 м. Запас кабеля в форме петли укладывается на той же минимальной глубине, что и кабельная трасса. Петли должны иметь изгибы с внутренним радиусом не менее двенадцати значений внешнего диаметра кабеля. Если кабель поднимается над поверхностью земли, то над поверхностью земли следует предусмотреть дополнительную запасную длину кабеля. Во всех местах сращивания кабелей следует предусматривать кабельные петли без изгибов в месте соединения или на расстоянии до 300 мм от концов соединения. В местах, где должны быть предусмотрены условия для проведения проверки или для будущих надземных соединений, следует обеспечить достаточный запас кабеля для того, чтобы его можно было вытянуть как минимум на 300 мм над поверхностью конструкции для доступа. Это требование также применяется в тех случаях, когда первичный кабель проходит через пустые оболочки оснований, соединители и конструкции для доступа, для выполнения будущих соединений или других целей.

Окончательная засыпка

13.2.20. После прокладки кабеля траншею следует засыпать следующим образом:

a) При засыпке в траншеях не должно быть скоплений воды.

b) Материал для засыпки, уложенный между кабелями, следует хорошо утрамбовать. Следует выдерживать расстояния между кабелями в горизонтальной или вертикальной плоскости или в обеих плоскостях.

c) Первый слой засыпки должен иметь толщину не менее 75 мм при замере неутрамбованного грунта и должен состоять из земли или песка, не содержащих частицы диаметром более 8 мм. Этот слой не следует утрамбовывать, за исключением материала между кабелями для сохранения расстояния между ними. Уравновешивающие провода прокладываются поверх этого слоя.

d) Второй неутрамбованный слой должен иметь толщину не менее 120 мм и содержать частицы диаметром не более 25 мм. Поверх этого слоя может быть проложена сигнальная лента.

e) Второй и последующие слои следует тщательно утрамбовать и уплотнить до состояния, по крайней мере соответствующего примыкающим слоям земли. Для того чтобы добиться требуемого уровня уплотнения, материал засыпки можно соответственно увлажнить или просушить.

f) Третий и последующие слои засыпки должны иметь толщину не более 200 мм и могут состоять из вынутого грунта или привезенных материалов, которые не должны содержать камней или других частиц диаметром более 100 мм.

g) Траншея должна быть полностью засыпана, а уровень утрамбованной земли должен соответствовать уровню примыкающей поверхности, за исключением случаев, когда траншею необходимо закрыть дерном. В таком случае засыпку следует прекратить на определенной глубине, соответствующей виду выполняемой одерновки. Также следует предусмотреть допуск на осадку. Весь лишний вынутый грунт следует удалить и утилизировать в соответствии с планами и техническими требованиями.

h) Восстановление. Если был удален дерн, его следует заменить как можно быстрее после завершения засыпки. Все зоны, поврежденные при прокапывании траншеи, укладывании грунта, прокладке кабелей, сооружении подушки и проведении других работ, следует восстановить до первоначального состояния. Восстановительные работы должны по мере необходимости включать укладку почвы, удобрение, известкование, засев травой, дернование, озеленение или мульчирование. Если траншеи проходят через зоны, имеющие искусственное покрытие, на этихпроходах после соответствующей засыпки должно быть вновь установлено искусственное покрытие, аналогичное первоначальному. Уровень восстановленных покрытий должен соответствовать уровню первоначального покрытия, на них не должно быть надломов и они должны выдерживать нагрузки при движении транспортных средств без осадки или образования трещин.

Электромагнитные помехи

13.2.21. Цепи аэродромных огней могут генерировать чрезмерные электромагнитные помехи (ЭМП), которые способны нарушить функционирование некоторых критически важных аэронавигационных систем аэропорта, таких как оборудование RVR, системы наведения по глиссаде, курсовые радиомаяки и т. д. Некоторые CCR являются вероятными источниками ЭМП из-за присущих им эксплуатационных характеристик. Следующие меры предосторожности могут помочь уменьшить ЭМП и/или их негативное влияние на оборудование аэропорта:

a) Не прокладывайте кабели цепей аэродромных огней в одном кабелепроводе, кабельном канале или кабельной канализации вместе с кабелями управления и связи.

b) Не прокладывайте кабели цепей аэродромных огней таким образом, чтобы они пересекались с кабелями управления и/или связи.

c) В некоторых случаях на выходе стабилизатора могут устанавливаться фильтры подавления гармоник для уменьшения излучения ЭМП. Такие фильтры поставляются некоторыми изготовителями стабилизаторов.

d) Заземляйте резервные кабели управления и связи.

e) Уведомляйте изготовителей, проектировщиков, инженеров и т. д. относительно существующего навигационного оборудования и потенциальных помех.

f) Требуйте обеспечения электромагнитной совместимости между новым и существующим оборудованием при составлении проектных контрактов. Для подтверждения совместимости может потребоваться проведение приемочных эксплуатационных испытаний.

Прокладка кабеля кабелеукладчиком

13.2.22. В некоторых условиях возможна прокладка кабелей с использованием кабелеукладчика. Этот метод прокладки допускается только в местностях с преобладанием песчаного грунта без камней и наносных пород, которые могут процарапать или порезать изоляцию кабеля. Кабелеукладчик помещает кабели на глубину не менее 450 мм ниже уровня грунта на территории аэродрома. Кабель следует вручную размотать с барабана, так как движение кабелеукладчика таково, что размотка кабеля с барабана вызывается не уклоном земли. В некоторых условиях при помощи кабелеукладчика возможна прокладка гибкого кабельного канала или полиэтиленового трубопровода.

Сращивание

13.2.23. Виды соединений, показанные в планах, должны осуществляться опытным персоналом, постоянно выполняющим данный вид работ, в соответствии со следующими требованиями:

a) *Литые соединения.* Такие соединения следует выполнять с использованием обжимных соединителей для сращивания проводов. Необходимо собрать формы, а затем смешать и залить компаундный материал в соответствии с указаниями изготовителя и требованиями инженера.

b) *Соединяемые на месте разъемные соединения.* Сборка таких соединений должна осуществляться в соответствии с указаниями изготовителя. Соединение проводов выполняется путем их непосредственной вставки в сопрягаемые разъемы. Во всех случаях место сопряжения разъемов должно быть обмотано как минимум одним слоем изоляционной ленты из натуральной или синтетической резины и одним слоем пластмассовой изоляционной ленты с перекрытием слоев наполовину; обмотка должна охватывать не менее 37 мм с каждой стороны сопряжения.

c) *Разъемные соединения заводского литья*. Соединение проводов выполняется путем их непосредственной вставки в сопрягаемые разъемы. Во всех случаях место сопряжения разъемов должно быть обмотано как минимум одним слоем изоляционной ленты из натуральной или синтетической резины и одним слоем пластмассовой изоляционной ленты с перекрытием слоев наполовину; обмотка должна охватывать не менее 37 мм с каждой стороны сопряжения.

d) *Сращивание с применением изоляционной ленты или термоусаживающихся трубок.* Сращивание с применением изоляционной ленты рассматривается в главе 14.

13.3. Устройство Кабельной Канализации/Кабелепровода

(БЕЗ БЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКИ ИЛИ С БЕТОННОЙ ОБЛИЦОВКОЙ)

Выбор маршрутов

13.3.1. Маршруты кабельной канализации выбираются с учетом максимальной гибкости при минимальных затратах и с резервом для будущих зданий и других сооружений. В местах, где может возникнуть необходимость в прокладке линий связи вдоль линий электроснабжения, следует предусмотреть две изолированные системы с отдельными смотровыми колодцами.

По возможности кабельная канализация должна прокладываться в одной и той же бетонной оболочке. Кабельная канализация для электрических кабелей и кабелей связи должна располагаться вдали от любых других подземных коммуникаций, в особенности от водопроводов и паропроводов высокой температуры.

Материалы для кабельной канализации

13.3.2. К приемлемым стандартным материалам для кабельной канализации относятся волоконные материалы, керамика и пластмасса. Пластмассовые каналы и кабелепроводы должны быть изготовлены из полиэтилена, поскольку он не содержит галогенов и поэтому более экологически безопасен. Жесткие стальные кабелепроводы также могут прокладываться ниже уровня земли и при необходимости должны оснащаться наносимым на месте или заводским покрытием.

Диаметр кабельных каналов

13.3.3. Кабелепроводы в кабельной канализации должны иметь внутренний диаметр не менее 10 см, за исключением каналов для линий связи, для которых допустим минимальный диаметр в 7,5 см.

Установка кабельной канализации без бетонной облицовки

13.3.4. Траншеи для прокладки одноканальных канализаций должны иметь ширину от 150 мм до 300 мм, а траншея для двух или более каналов, прокладываемых на одном уровне, должна быть пропорционально шире. Дно траншей для кабельных канализаций без бетонной облицовки должно точно соответствовать уровню поверхности земли, чтобы обеспечить равномерную поддержку кабельной канализации вдоль всей ее длины. На дно траншеи в качестве подушки для кабельной канализации следует уложить слой хорошо размельченного грунтового материала, имеющего толщину не менее 75 мм (без утрамбовки). Материал подушки должен состоять из сухого грунта, песка или других хорошо размельченных материалов и не должен содержать частицы диаметром более 6 мм. Материал для подушки следует утрамбовать до плотного состояния. Если два или более кабельных каналов прокладываются в одной и той же траншее без бетонной облицовки, их следует располагать на расстоянии не менее 75 мм друг от друга (замер производится между внешними стенками) в горизонтальной плоскости или не менее 75 мм друг от друга в вертикальной плоскости. Жесткие стальные и толстостенные кабелепроводы могут непосредственно укладываться в землю. Все остальные кабелепроводы должны иметь облицовку (рис. 13-10).

Установка кабельной канализации с бетонной облицовкой

13.3.5. Все кабельные каналы, имеющие бетонную облицовку, должны располагаться на слое бетона толщиной не менее 75 мм. Если в бетоне прокладываются два или более кабельных канала, их следует располагать на расстоянии не менее 75 мм друг от друга (замер производится между внешними стенками). По мере укладки канала вокруг и сверху него организуется слой бетона толщиной не менее 75 мм. Расширяющиеся концы каналов или сочленений должны заделываться впритык с бетонным кожухом или внутренними стенками смотровых колодцев или смотровых окон. Для обеспечения одинакового расстояния между каналами следует использовать соединительные распорки в точках с интервалом не более 1,5 м. Места соединений в соседних каналах должны находиться на расстоянии не менее 600 мм друг от друга и должны быть гидроизолированы до заливки бетоном. Не следует прокладывать каналы, имеющие поврежденные соединения. Кабельная канализация с бетонной облицовкой или жесткий стальной кабелепровод должны прокладываться таким образом, чтобы поверхность бетонной оболочки или стальной трубы находилась на расстоянии не менее 450 мм ниже укрепленного подстилающего слоя под автомобильными дорогами, железными дорогами, ВПП, РД, другими зонами с искусственным покрытием и канавами и не менее 450 мм ниже уровня благоустроенного грунта в других местах. Уравновешивающие провода предусматриваются по мере необходимости.

Кабельная канализация и гибкие трубопроводы

13.3.6. При прокладке кабелей в кабельной канализации они должны быть объединены, как показано на рис. 13-11. Гибкий канал (трубопровод) непосредственно закладывается в траншею, как показано на рис. 13-10.

Заземляющие втулки

13.3.7. В местах, где жесткий стальной кабелепровод входит в смотровой колодец или смотровое окно или выходит из них, для всех кабелепроводов следует предусматривать заземляющие втулки.

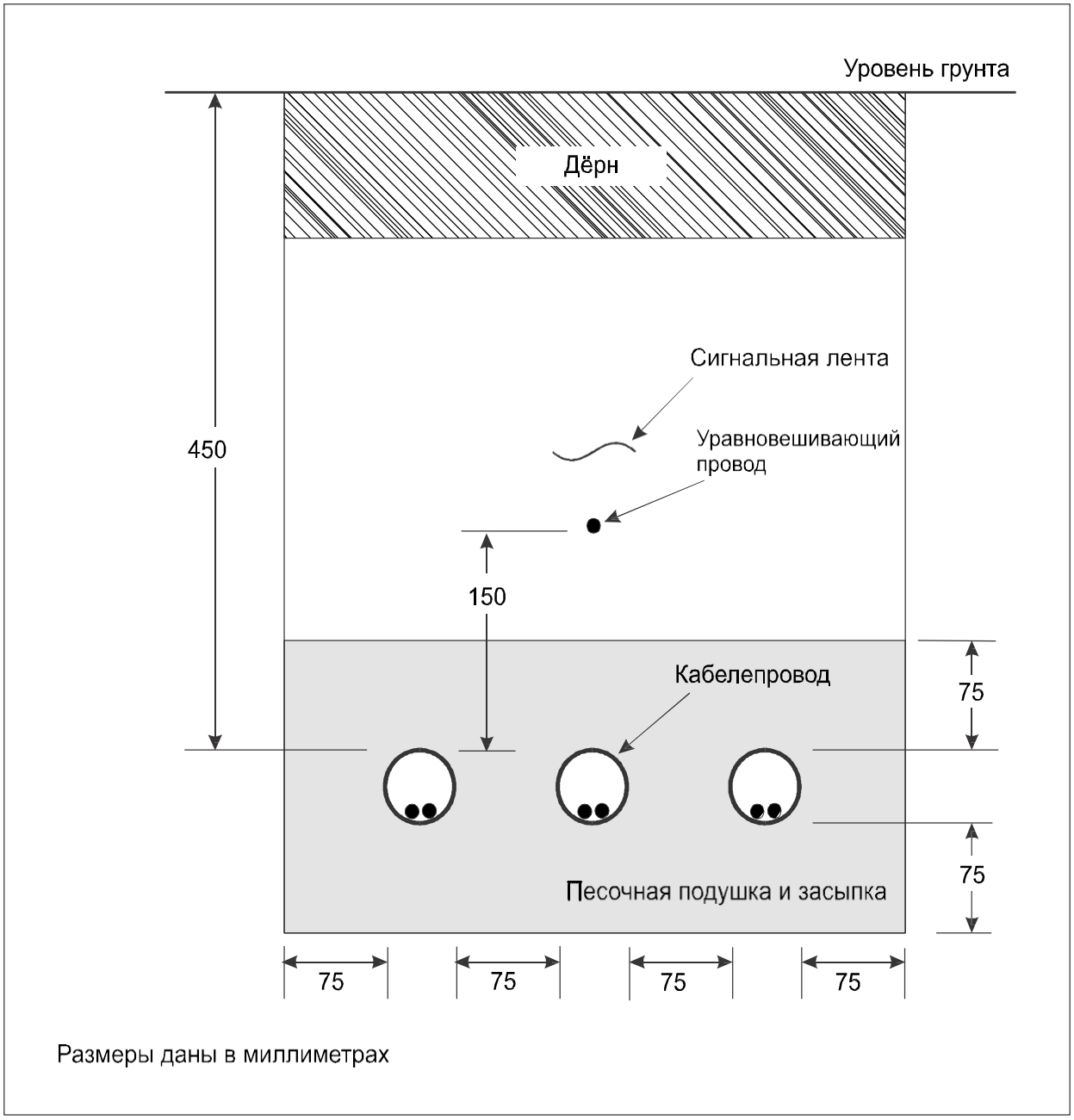


Рис. 13-10. Кабельный канал/кабелепровод без бетонной облицовки

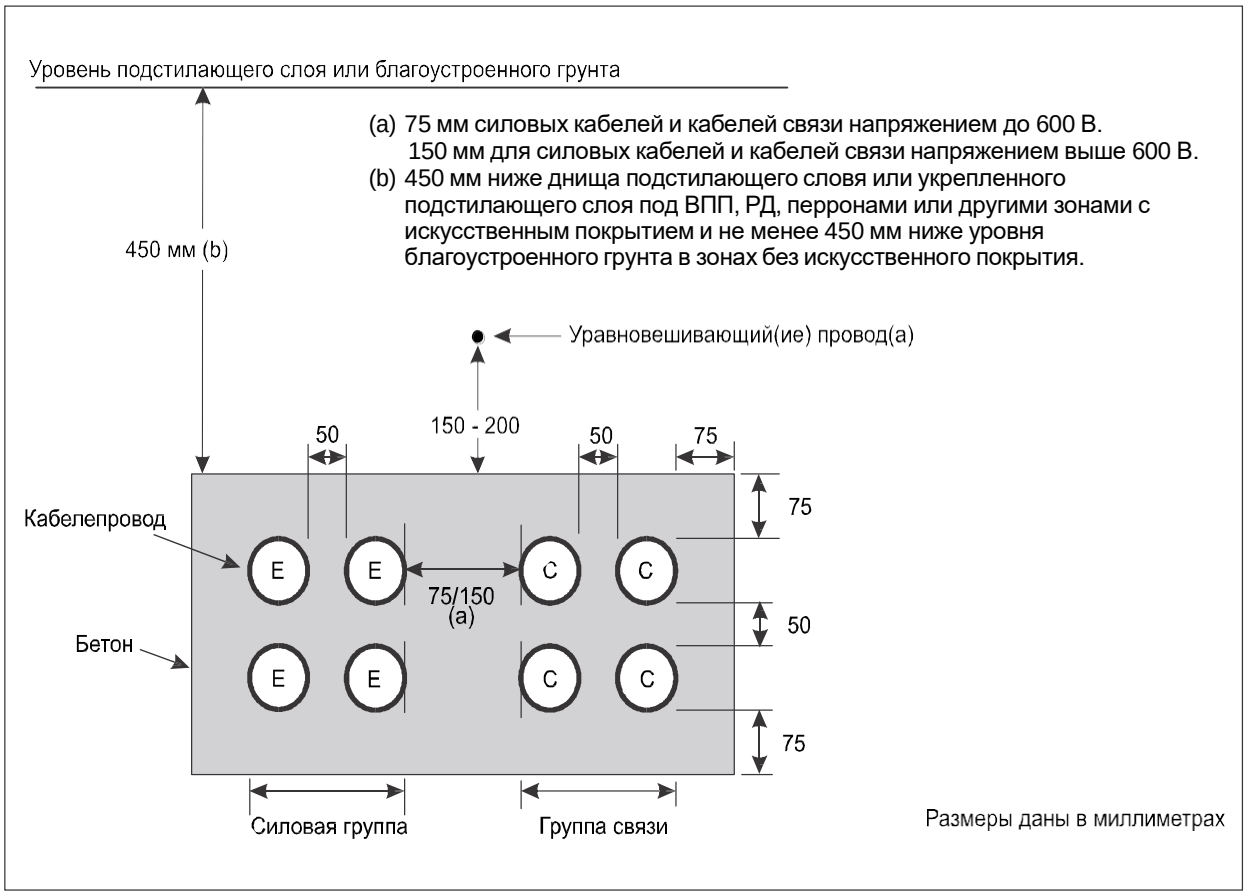


Рис. 13-11. Кабельная канализация с бетонной облицовкой
Устройство кабельной канализации

13.3.8. Для лучшего рассеивания тепла следует располагать кабельные каналы парами по ширине или по высоте. Соответственно, кабельная канализация может включать несколько пар каналов, расположенных по ширине или высоте. (Это может оказаться невозможным при наличии большого количества каналов). Вертикальное расположение пар кабелепроводов дает возможность легче вводить кабели в смотровой колодец, однако может быть экономически менее выгодно, чем горизонтальное расположение пар кабелепроводов.

13.3.9. ***Дренаж.*** Все кабельные каналы должны прокладываться таким образом, чтобы они имели наклон к смотровым окнам, смотровым колодцам и концам каналов для обеспечения дренажа. Уклоны следует выдерживать из расчета по крайней мере 2,5 мм на метр. Если практически невозможно выдержать уклон в одну сторону по всей трассе прокладки кабельной канализации, каналы могут иметь наклон от центра в обоих направлениях к смотровым колодцам, смотровым окнам и концам каналов. В местах, где может скапливаться вода, не следует организовывать карманы или уловители.

Провод для протягивания

13.3.10. В каждом пустом кабельном канале следует предусматривать покрытый медью стальной провод сечением не менее 5 мм^2 для протягивания кабелей. В качестве альтернативы может использоваться полипропиленовый трос, который не сгниет и не покроется плесенью во влажном канале/оболочке основания/смотровых колодцах. Открытые концы свободных кабельных каналов должны иметь съемные заглушки с конической резьбой. Заглушка должна надежно закрывать провод для протягивания.

Резервные возможности

13.3.11. Для всех новых подземных систем следует предусматривать достаточное количество кабельных каналов для планируемых установок, перспективного расширения, плюс минимум 25 % резервных каналов.

Гибкие трубопроводы

13.3.12. Использовать гибкие трубопроводы допустимо только при непосредственном заложении в землю и для коротких кабельных трасс. В кабельных канализациях с бетонной облицовкой следует использовать жесткие кабелепроводы в связи с трудностью предотвращения смещения гибкого трубопровода на этапе заливки бетона или первичной засыпки. Кроме того, при использовании гибких трубопроводов могут возникнуть трудности с протягиванием кабеля, так как провод для протягивания может врезаться в относительно мягкие стенки трубопровода. Следует использовать подходящий компаундный материал для протягивания.

Прокладка уравновешивающего провода над несколькими кабелепроводами и кабельными канализациями

13.3.13. Уравновешивающие провода могут устанавливаться над несколькими кабелепроводами/ кабельными канализациями, содержащими кабели аэродромных светотехнических сетей, для создания полной конической зоны защиты кабелей от молнии. Защита кабельных канализаций определяется на основе общего анализа ЭМС характеристик земли и уровней грозовой активности на объекте (см. главу 4). Если несколько кабелепроводов и/или кабельных канализаций с аэродромными кабелями прокладывается в одной траншее, число и местоположение уравновешивающих проводов над кабелепроводами должно быть достаточным для обеспечения полной зоны защиты, распространяющейся на 45 ° с каждой стороны вертикали (рис. 13-12).

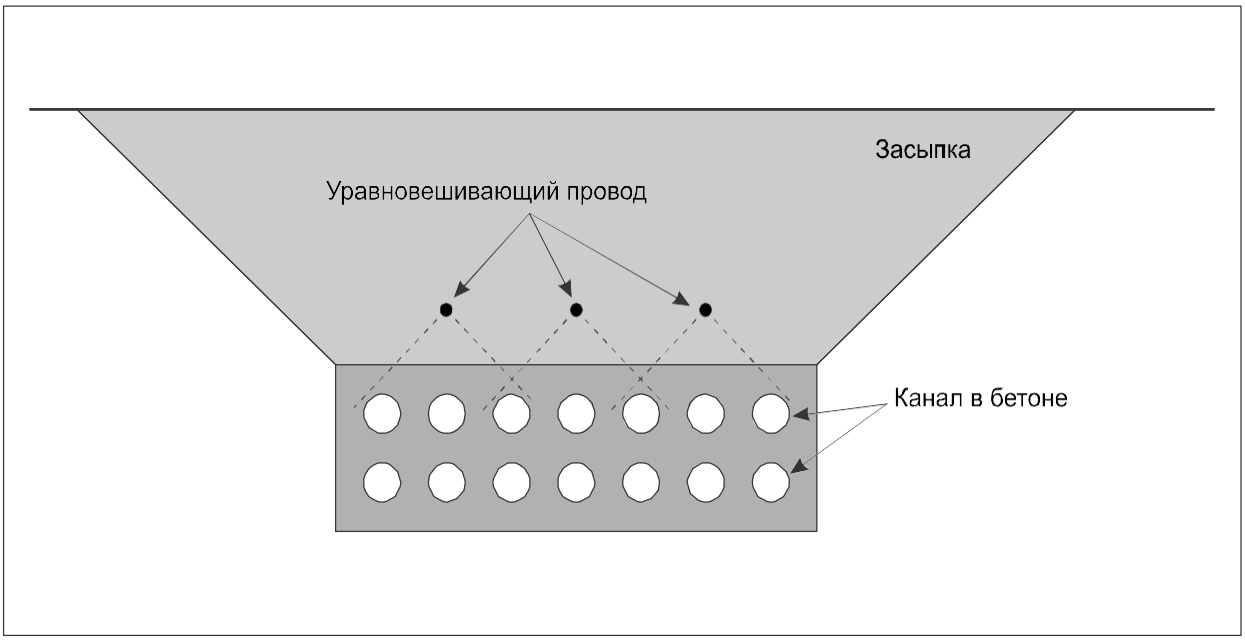


Рис. 13-12. Уравновешивающие провода над несколькими кабельными каналами

Защита вторичного отвода

13.3.14. Как правило, вторичный отвод прокладывается через разрушаемый фитинг. В местах, где вторичный отвод оказывается открытым, он может быть защищен посредством гибкой кабельной оболочки от кожуха или установленного непосредственно в земле трансформатора AGL до арматуры огня.

13.4. Смотровые Колодца и Смотровые Окна

13.4.1. При выборе смотровых колодцев, показанных на рис. 13-13, и смотровых окон следует учитывать следующие факторы: количество, направление и расположение ниток кабельной канализации; размещение кабельных держателей; методы дренажа; наличие места для проведения работ (в особенности если оборудование устанавливаться в смотровых колодцах); а также размер проемов, требуемых для установки и демонтажа оборудования.

Расположение

13.4.2. Смотровые колодцы или смотровые окна следует располагать там, где требуется обеспечить соединение или сращивание и где они не повредят другие инженерные коммуникации. Расстояние между смотровыми колодцами не должно превышать 200 м на прямолинейных участках и 100 м на закруглениях кабельной канализации. При необходимости расстояние между колодцами следует уменьшить с целью предотвращения повреждения кабеля в процессе его протягивания. В процессе прокладки натяжение кабеля должно быть ограничено величиной, при которой изоляция кабеля не будет нарушена и не будет поврежден сам кабель (см. таблицу 13-1).

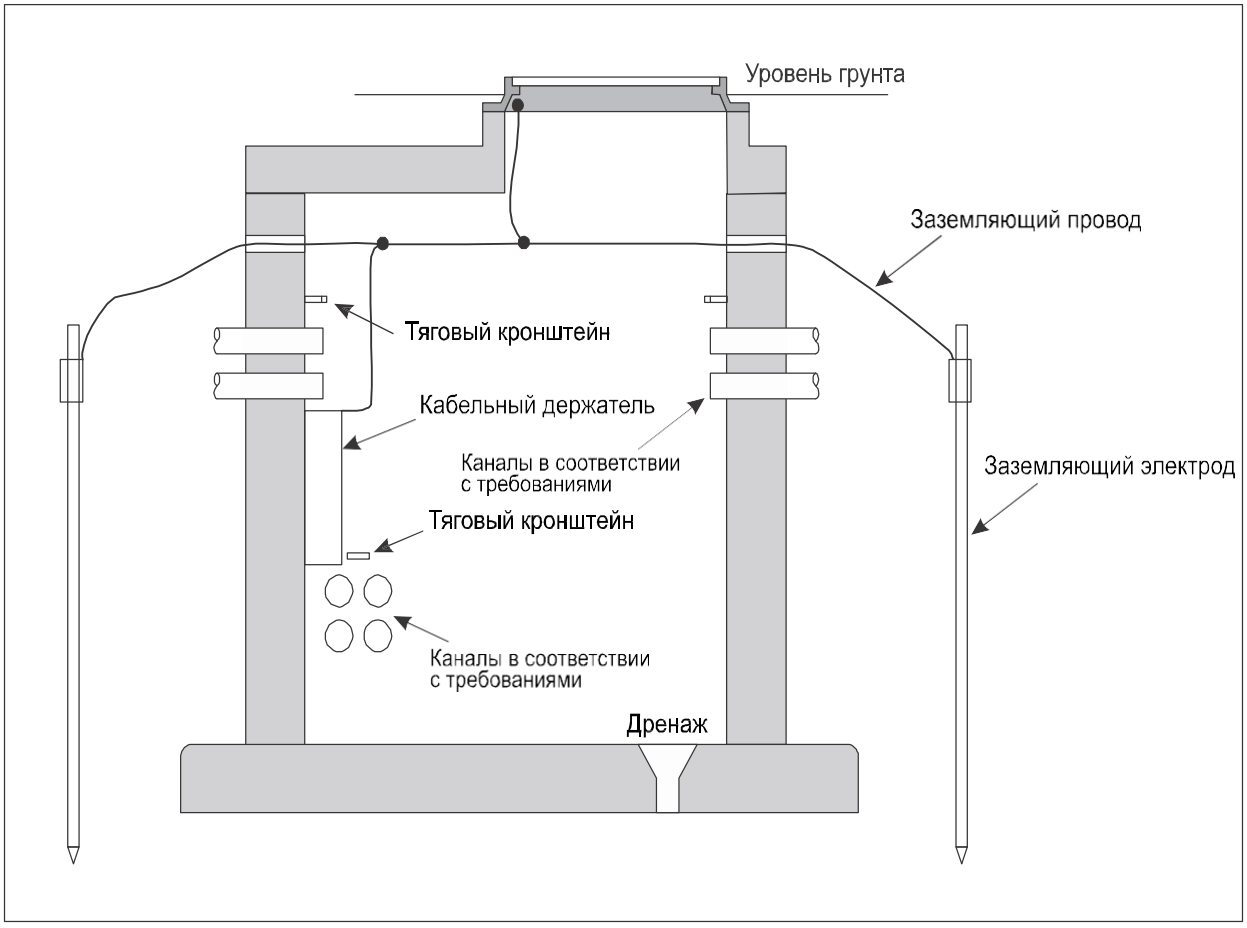


Рис. 13-13. Смотровой колодец

Шлейфы

13.4.3. Хорошей практикой является обеспечение двух или более свободных шлейфов (короткие отрезки кабельных каналов, ведущие от смотрового колодца) для того, чтобы не повредить стенки смотрового колодца при проведении расширения в будущем. Шлейфы должны быть заглушены с обоих концов.

Арматура

13.4.4. Следует выбирать арматуру, подходящую для устанавливаемой системы. Если кабельные каналы оборудованы расширяющимися концами, защитные оболочки кабельных каналов необходимы только для защиты кабелей в металлической оплетке.

Тяговые кронштейны

13.4.5. Тяговые кронштейны представляют собой металлические скобы или формованные перекладины, вмонтированные в стенки смотрового колодца, которые служат в качестве опорных точек для втягивания кабеля. Тяговые кронштейны должны быть достаточно прочными для выдерживания нагрузки, в два раза превышающей планируемую.

Двухсекционные смотровые колодцы

13.4.6. Двухсекционные смотровые колодцы следует использовать для обеспечения разделительных расстояний между цепями в тех случаях, когда линии электроснабжения и связи прокладываются в одном кабельном канале или для них, используется один и тот же смотровой колодец.

Заземление

13.4.7. Смотровой колодец снабжается заземлением для всех металлических частей, в том числе кабельных держателей и крышки люка, подсоединенным к внешнему заземляющему электроду. Вокруг смотрового колодца может быть установлено четыре соединенных между собой заземляющих электрода (по одному на каждом углу) в соответствии с местными правилами.

13.5. Прокладка Подземных Кабелей в Каналах

Подготовка кабельных каналов

13.5.1. После завершения установки кабельной канализации осуществляется прокладка кабелей путем втягивания или протаскивания в кабельные каналы. Канал, в котором протягиваются кабели, должен быть открытым, сплошным и свободным от мусора. Кабель следует протягивать таким образом, чтобы не допускать вредного растяжения проводника, нарушения изоляции или повреждения внешней защитной оболочки. Перед протяжкой концы всех кабелей следует плотно обернуть влагоизолирующей лентой и оставить их в таком виде до момента соединения кабелей. Если в кабельном канале или кабелепроводе должно прокладываться несколько кабелей, все кабели прокладываются одновременно. Сростки или соединения кабелей ни при каких условиях не должны размещаться в кабельном канале или кабелепроводе.

Протягивание кабелей в кабельных каналах

13.5.2. ***Метод протягивания.*** Кабели, предназначенные для прокладывания в кабельном канале, следует протягивать с помощью лебедки с механическим приводом либо вручную. При протягивании следует использовать соответствующее количество компаундного материала, предназначенного для протягивания кабеля. Не следует использовать нефтяное масло. Поверхность оплетки или рубашки кабеля не должна быть повреждена на глубину более 1/10 ее первоначальной толщины. Кабель не должен быть сплющенным более чем на 1/10 его внешнего диаметра. Максимальные значения натяжения при протягивании кабеля для традиционно используемых кабелей приведены в таблице 13-1. Пределы, указанные в этой таблице, не запрещают использование для протягивания стальных или проволочных тросов. Если для измерения соответствующего натяжения протягиваемого кабеля не применяются динамометры, следует использовать жгут тросов приемлемого размера, который будет ограничивать натяжение при протягивании до величин, указанных в таблице 13-1. Любая комбинация группы кабелей, протягиваемых в кабельном канале, не должна превышать суммарной величины максимально допустимых значений натяжения каждого кабеля плюс 15 %.

Таблица 13-1. Максимально допустимое натяжение небронированного кабеля при использовании динамометра или троса

Кабель	*Натяжение (кг)*	*Диаметр троса (мм)*			
2 – 1п 8,4 мм^2 спл	125	4,8 х/б			
3 – 1п 8,4 мм^2 спл	165	6,4 х/б	4,8 П		
4 – 1п 8,4 мм^2 спл	250		6,4 П		
2 – 1п 13,3 мм^2 мн	190	6,4 х/б	4,8 П		
3 – 1п 13,3 мм^2 мн	285	8,0 х/б	6,4 П		
4 – 1п 13,3 мм^2 мн	380	9,6 х/б		4,8 Д	
1 – 2п 8,4 мм^2 мн	140	6,4 х/б			
1 – 3п 8,4 мм^2 мн	180	6,4 х/б			
1 – 4п 8,4 мм^2 мн	265		6,4 П		
1 – 2п 13,3 мм^2 мн	220	6,4 х/б	4,8 П		
1 – 3п 13,3 мм^2 мн	310	8,0 х/б			
1 – 4п 13,3 мм^2 мн	400	9,6 х/б	8,0 П	4,8 Д	
1 – 6п 3,3 мм^2 мн	140	6,4 х/б			
1 – 12п 3,3 мм^2 мн	285	8,0 х/б	6,4 П		
1 – 12пар 0,6 мм^2	105	4,8 х/б			
1 – 25пар 0,6 мм^2	245		6,4 П		
1 – 50пар 0,6 мм^2	480	11,5 х/б			4,8 Н
1 – 100пар 0,6 мм^2			12,0 П	8,0 Д	

п – проводник спл – сплошной мн – многожильный пар – пара
х/б – хлопчатобумажная нить П – пенька Д – дакрон Н – нейлон

Примечание. Максимальные значения натяжения для кабелей, не указанных в данной таблице, должны быть получены от изготовителя кабеля.

13.5.3. ***Длина протяжки.*** Для уменьшения количества сращиваний в кабельные каналы за один раз следует протягивать максимально длинные отрезки кабеля. Если не указаны другие требования, смотровые колодцы и смотровые окна должны располагаться как можно дальше друг от друга с учетом типа протягиваемого кабеля, но ни при каких обстоятельствах расстояние между смотровыми колодцами или смотровыми окнами не должно превышать 200 м.

Прокладка кабелей в смотровых колодцах и смотровых окнах

13.5.4. ***Кабельные держатели.*** Кабели должны аккуратно прокладываться вдоль стенок смотровых колодцев или смотровых окон без резких изгибов или петель. Все сростки и кабели

следует привязывать к кабельным держателям при помощи нейлонового шнура диаметром 3,2 мм. Кабельные держатели смотровых колодцев и смотровых окон должны быть изготовлены из пластмассы или иметь фарфоровые изоляторы. Сростки или соединители должны располагаться на расстоянии не менее 0,6 м от выходного отверстия кабельного канала в смотровой колодец или смотровое окно. По возможности места сращивания разных кабелей должны располагаться в шахматном порядке.

13.5.5. ***Концевая заделка кабелей.*** Концевая заделка всех контрольных, телефонных и коаксиальных кабелей должны выполняться в соответствии с требованиями. Концевая заделка всех силовых кабелей номинальным напряжением более 5000 В должны выполняться с использованием устройства снятия напряжения. При использовании концевых кабельных муфт следует строго выполнять рекомендации изготовителя. Если концы кабеля заводятся на входные изоляторы трансформатора, зачищенные поверхности проводников как с высоковольтной, так и с низковольтной стороны должны быть обернуты изоляционной лентой и покрыты слоем изоляционной водоотталкивающей краски.

13.5.6. ***Заземление кабелей.*** При устройстве заземления кабелей следует выполнять следующие условия.

a) Экран всех экранированных силовых кабелей должен быть заземлен с каждого конца. Провод заземления следует соединять со стержнем заземления с помощью заземляющего соединителя, специально предназначенного для этой цели. Экраны или броня на силовых кабелях, непосредственно укладываемых в землю, должны заземляться с каждого конца, но только не в местах сращивания.

b) Экран всех экранированных кабелей управления должен быть заземлен с каждого конца. Экран в каждом месте сращивания должен иметь величину сопротивления изоляции относительно земли, равную сопротивлению самого кабеля.

c) Экраны телефонных кабелей должны быть заземлены только с одного конца. Экран в каждом месте сращивания должен иметь величину сопротивления изоляции относительно земли, равную сопротивлению самого кабеля.

d) Экраны коаксиальных кабелей должны быть изолированы от земли на протяжении всей длины кабеля. Экраны должны быть заземлены только у коаксиальных разъемов, соединяющих кабель с оборудованием, с каждой стороны кабеля.

Объединение кабелей

13.5.7. Следующие требования применяются к прокладке двух или более кабелей в одном кабельном канале:

a) силовые кабели одинакового напряжения могут прокладываться в одном канале;

b) силовые кабели напряжением менее 600 В могут прокладываться в одном канале;

c) силовые кабели напряжением менее 600 В не должны прокладываться в одном канале с контрольными, телефонными или коаксиальными кабелями;

d) силовые кабели напряжением более 600 В не должны прокладываться в одном канале с контрольными, телефонными, коаксиальными или силовыми кабелями напряжением менее 600 В;

e) контрольные, телефонные и коаксиальные кабели могут прокладываться в одном канале;

f) силовые, контрольные и телефонные кабели могут прокладываться в одном канале присоблюдении положений пункта 13.5.9.

13.5.8. Также применяются следующие требования:

a) кабели различного класса напряжения не должны прокладываться в одном канале;

b) кабели разных зон, например кабели стороны ВВП и кабели стороны РД, также не должны прокладываться в одном канале;

c) кабели перемежающихся цепей, как правило, прокладываются в одном канале, а в системах с глубоким основанием совместная прокладка кабелей может быть необходимым требованием.

13.5.9. Следующие требования применяются к прокладке кабелей в смотровых колодцах и смотровых окнах:

a) силовые и контрольные кабели должны устанавливаться в отдельных смотровых колодцах и смотровых окнах, если не требуется иное. При наличии достаточного места в каждом смотровом колодце для каждого кабеля должен быть обеспечен запас, достаточный для одного сращивания;

b) при невозможности прокладки силовых кабелей и кабелей других типов в отдельных смотровых колодцах или смотровых окнах их следует прокладывать в отдельных отсеках или на противоположных сторонах смотрового колодца или смотрового окна.

Прокладка кабелей в распилах (вторичные цепи)

13.5.10. Использование распилов:

a) Когда новые огни устанавливаются на существующих покрытиях, например огни осевой линии и огни зоны приземления ВПП, и огни осевой линии РД, может потребоваться прокладка кабелей в распилах или разрезах. В распилах прокладываются только вторичные цепи разделительных трансформаторов. Такой метод не следует применять в новых покрытиях, поскольку он снижает прочность покрытия.

b) Распилы используются главным образом в бетонных покрытиях, а на асфальтовых покрытиях их область применения обычно ограничивается ремонтами или временными работами.

13.5.11. ***Прорезание искусственного покрытия.*** Распилы выполняются алмазными пилами. Распил или разрез (см. рис. 13-14) должен иметь ширину не менее 10 мм и глубину не менее 20 мм. Ширина и глубина должны быть увеличены, если прокладывается несколько кабелей в один и тот же распил, а также на выходах к огням, кожухам трансформаторов и соединительным камерам. Глубина разреза должна быть значительно увеличена для того, чтобы дать возможность изогнуть провод, прокладываемый под искусственным покрытием в месте, где распил пересекается с технологическим швом в покрытии. Все распилы должны быть строго прямолинейными с вертикальными краями. В местах пересечения распилов кромки должны быть со снятой фаской для уменьшения повреждений изоляции кабеля. Можно собрать остатки материалов распила и обработать их с целью извлечения алмазной крошки.

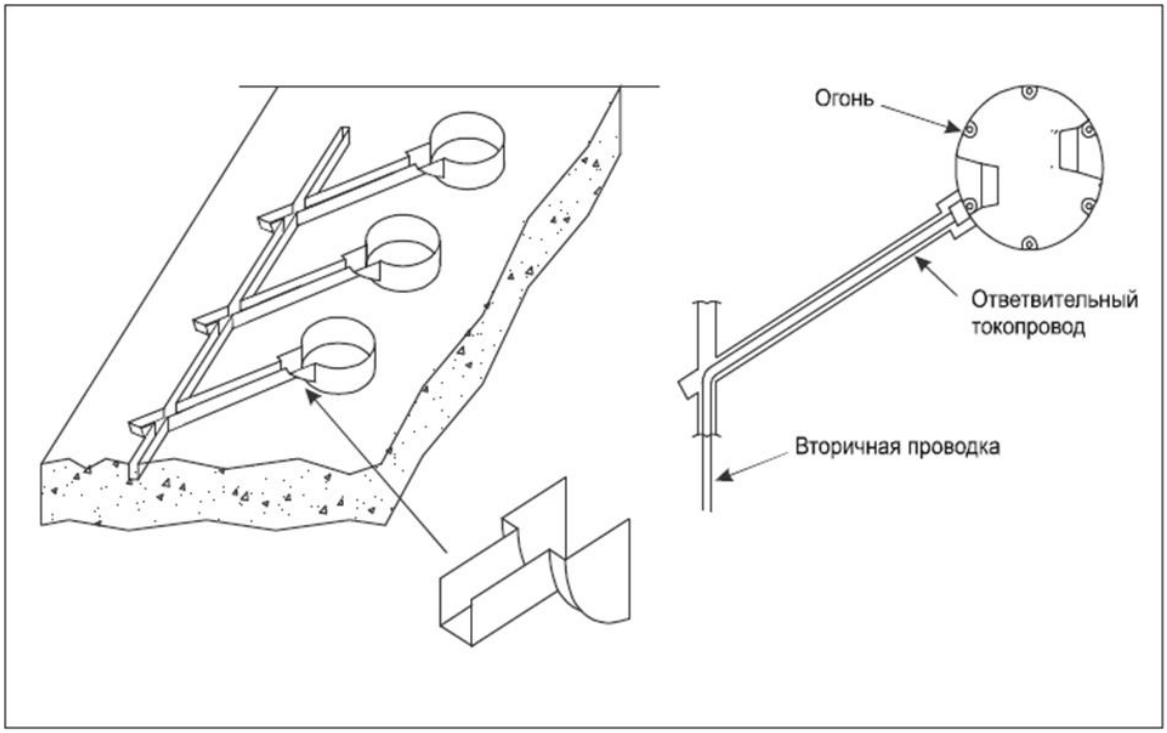


Рис. 13-14. Чертеж распила

13.5.12. ***Очистка распила. С*** целью удаления инородных материалов и обломков следует провести пескоструйную очистку распила. Песок, применяемый для пескоструйной очистки, должен иметь соответствующий размер и качество для проведения данной работы и применяться с насадками соответствующего размера и при надлежащем давлении воздуха. Непосредственно перед прокладкой кабелей или проводов распил должен быть промыт быстрой струей воды или пара и высушен быстрой струей воздуха. Содержите данную зону в чистоте до окончания работ.

13.5.13. ***Прокладка кабелей в распилах.*** Поскольку данные кабели применяются для вторичного тока разделительных трансформаторов, следует применять изоляцию для 600 В, подходящую для прокладки в сырых или влажных местах. Подходящими изоляционными материалами являются поливинилхлорид, полиэтилен, резина и этиленпропиленовый каучук. Рубашка поверх изоляции не требуется. Площадь сечения многожильного медного проводника должна составлять не менее 1,5 мм^2. Если общая длина проводника превышает 350 м, площадь сечения проводника должна составлять не менее 6,0 мм^2. Обычно применяется одножильный провод, однако допустимо применение двухжильного кабеля. Не сращивайте кабели в пропилах; используйте только сплошной кабель. Кабели следует располагать на дне распилов и закреплять с помощью резиновых или пластиковых клиньев или нержавеющих металлических зажимов. Если несколько кабелей прокладываются в одном и том же распиле, нет необходимости в обеспечении расстояния между ними. Расстояние между клиньями или зажимами должно составлять приблизительно 1 м, за исключением случаев, когда на стыках искусственного покрытия, пересечениях распилов и входах в соединительные камеры или огни может потребоваться более частое размещение. На стыках искусственных покрытий кабели следует помещать в гибкие трубы из полиэтилена или другого подходящего материала длиной не менее 0,3 м. Диаметр такой трубы должен быть достаточным для обеспечения свободного движения кабелей. Стык должен находиться по центру трубы, а концы трубы должны быть обмотаны изоляционной лентой для предотвращения попадания уплотнительных материалов (рис. 13-15).

13.5.14. В качестве альтернативы вторичная проводка может быть защищена путем установки подкладочных шнуров, которые представляют собой трубчатые гибкие стержни (тросы) из

пеноматериала, которые отрезаются до необходимой длины и прокладываются в распиле. Подкладочный шнур сверху предохраняет кабели от капсулирования жидким герметиком и облегчает извлечение кабелей в дальнейшем в случае неисправности и т. п. Подкладочный шнур на дне служит подкладкой для защиты кабелей от истирания. Также может использоваться нейлоновый трос (рис. 13-16).

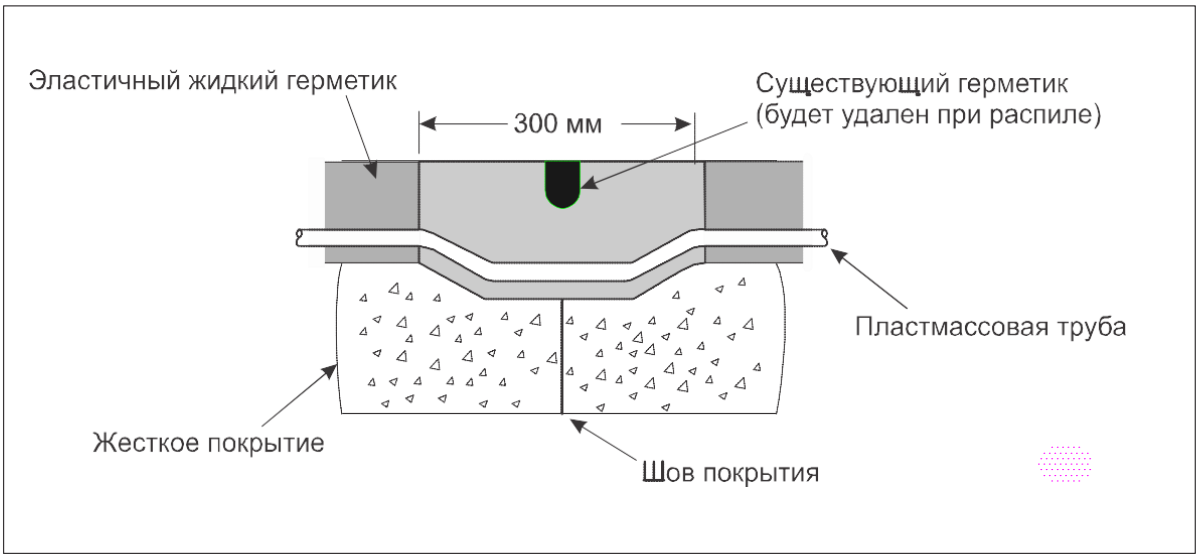


Рис. 13-15. Пересечение стыка

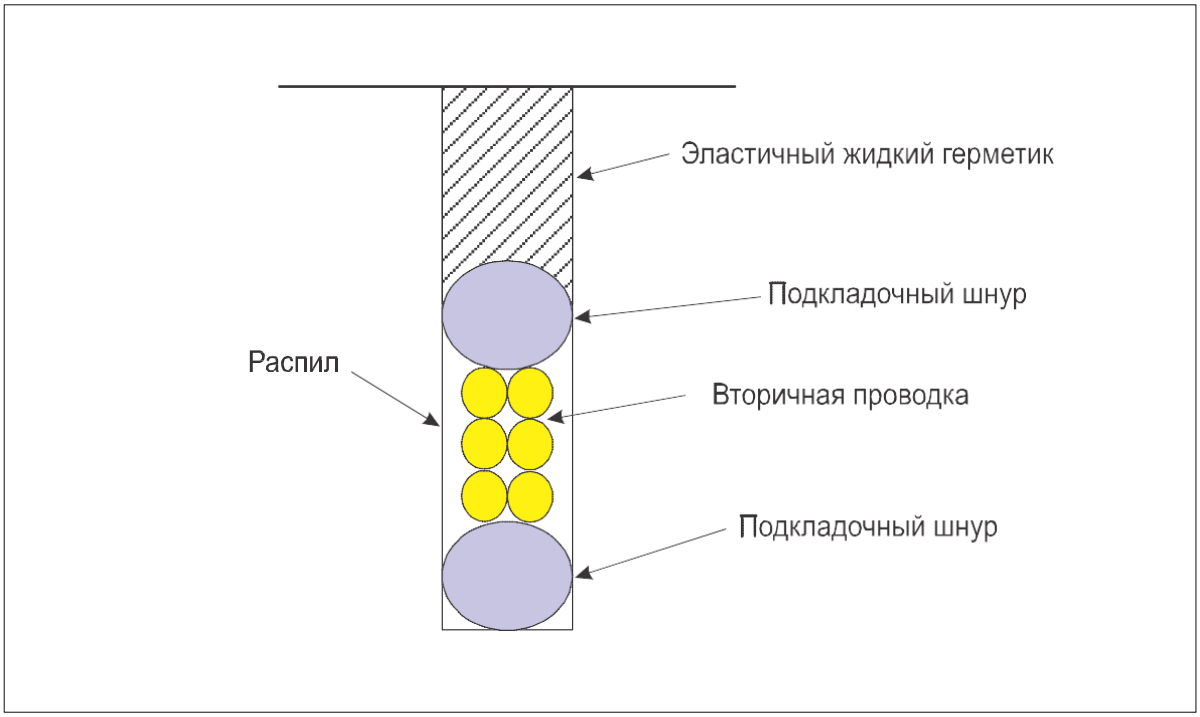


Рис. 13-16. Распил для вторичной проводки углубленных огней

13.5.15. ***Заделка распила.*** Заделку распила следует производить с помощью соответствующих связывающих компаундных материалов вдоль всей длины после прокладки кабелей. Обычно компаундные материалы состоят из жидких компонентов двух типов, подходящих к изоляции кабеля и виду бетона. Испытываемые образцы заполняющего

материала должны иметь минимальный коэффициент растяжения 45 %. Период хранения клейких составных частей не должен превышать срок, рекомендуемый изготовителем, и они должны храниться при температуре не выше 30 °C или в соответствии с рекомендациями изготовителя. При смешивании и прокладке следует руководствоваться инструкциями изготовителя. Как правило, если до смешивания и в процессе смешивания связующие компоненты предварительно нагреты до 25 °C, компаунд может быть удовлетворительно залит и высушен без дополнительного подогрева при температуре окружающего воздуха 7 °C или выше. С целью предотвращения попадания заполняющего материала в открытые стыки искусственных покрытий в зонах прохождения распилов их следует заполнить уплотняющим материалом, таким как пенька, джут, вата, лен или другой подходящий материал. Все лишние или пролитые материалы следует удалить.

13.5.16. ***Концевая заделка кабелей.*** Следует соответствующим образом обеспечить концевую заделку кабелей в арматуре огней, кожухах трансформаторов и соединительных камерах. Вводы в эти оконечные устройства должны быть запаяны. Концы кабелей должны быть соответствующим образом подсоединены, а кабели защищены от проникновения влаги между проводником и изоляцией.

13.5.17. ***Прокладка распределительного кабеля в канале.*** В качестве альтернативы вторичная проводка может прокладываться в кабелепроводе. Необходимо тщательно выбрать тип канала, так чтобы его тепловое расширение соответствовало тепловому расширению покрытия.

Маркировка кабеля

13.5.18. ***Лента с цветовым кодированием.*** Для облегчения опознавания все кабели и кабельные трассы должны иметь маркировку.

13.5.19. ***Снабжение кабелей ярлыками.*** Проложенные первичные кабели аэродромных светотехнических сетей должны быть снабжены идентификационными знаками кабельных цепей, прикрепленными по обеим сторонам каждого соединителя и к каждому кабелю на входе или выходе из точек доступа к кабелям, таких как смотровые колодцы, смотровые окна, проходные коробки, распределительные коробки и т. д. Ярлыки следует прикреплять к кабелю сразу после прокладки. Концы кабелей и концевые кабельные муфты должны быть снабжены ярлыками с указанием назначения, оборудования, к которому подводится этот кабель, и других соответствующих данных. Ярлыки должны иметь соответствующий размер и толщину, содержать буквы размером не менее 6 мм и быть изготовлены из коррозионностойкого материала. Они должны быть надежно прикреплены к кабелю с помощью нейлоновой нити. Информация на ярлыках должна включать сокращенное название объекта или объектов, обслуживаемых данным кабелем, и букву, указывающую тип кабеля (силовой, телефонный, контрольный или радиочастотный (коаксиальный)). Если для функций контроля используется телефонный кабель, его следует обозначать как контрольный кабель, а не как телефонный кабель. Если два или более идентичных кабеля используются для обслуживания одного и того же объекта, их можно связать в пучок под одним ярлыком.

13.5.20. Идентификационные знаки должны иметь достаточную длину для того, чтобы обозначение кабельной цепи умещалось в одну строку. Обозначение кабельной цепи должно совпадать с соответствующим обозначением на строительных планах.

Идентификационные номера огней

13.5.21. Каждому огню (установленному на кожухе трансформатора) должен быть присвоен идентификационный номер, аналогичный показанному на рис. 13-17, в соответствии с планами. Идентификационные номера огней размещаются одним из следующих способов:

а) Для бетонных покрытий: идентификационные номера высотой не менее 50 мм наносятся по трафарету с использованием черной краски на опорной плите кожуха трансформатора со стороны покрытия.

b) Нержавеющий металлический диск диаметром не менее 50 мм с отпечатанным нестираемой краской или вырезанным номером прикрепляется под головкой болта опорной плиты кожуха трансформатора.

c) Номера высотой не менее 75 мм отпечатываются на видимой части бетонного заполнения, окружающего основание огня с трансформатором.

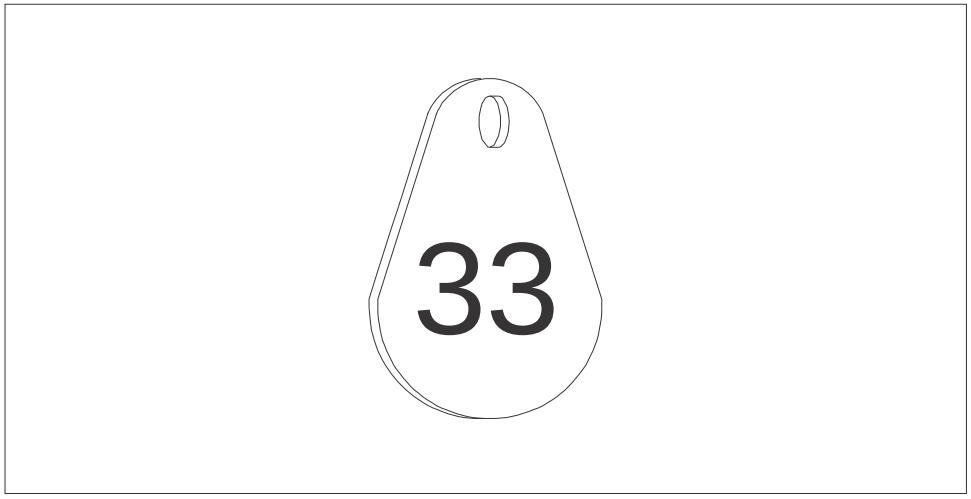


Рис. 13-17. Идентификационный знак

Маркировка трасс кабелей

13.5.22. Трассы кабелей, проложенных непосредственно в земле, должны иметь маркировку через каждые 60 м длины кабеля, а также в каждой точке изменения направления кабельной трассы и в каждом месте сращивания кабеля в виде бетонной плиты соответствующего размера и толщины. Эти маркеры следует устанавливать сразу после окончательной засыпки кабельной траншеи. Как показано на рис. 13-18, маркеры следует устанавливать горизонтально в земле с выступающей над поверхностью частью высотой примерно 25 мм. Не менее чем через 24 ч после установки бетонного маркера его поверхность следует окрасить в яркооранжевый (или другой хорошо заметный) цвет краской, пригодной для окраски необработанной внешней поверхности бетона. Каждый кабельный маркер должен иметь следующую информацию, выдавленную на его выступающей поверхности:

a) слово "КАБЕЛЬ" или "СТЫК". Буква, обозначающая тип сращиваемого кабеля, должна предшествовать слову "СТЫК";

b) название обслуживаемого объекта;

c) тип проложенного кабеля следует маркировать следующими словами "СИЛОВОЙ", "КОНТРОЛЬНЫЙ", "ТЕЛЕФОННЫЙ", "КОАКСИАЛЬНЫЙ" или соответствующими сокращениями этих слов. Назначение проложенных кабелей всех типов следует указать на маркере;

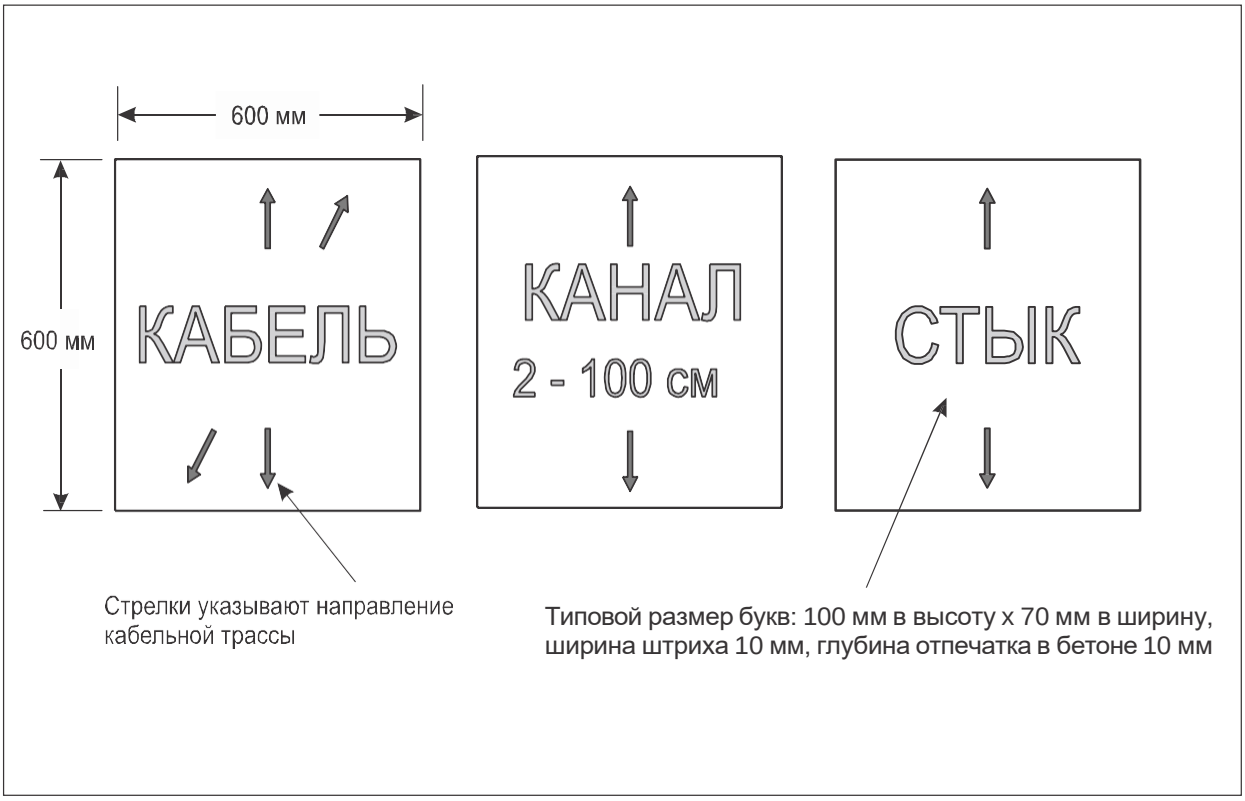


Рис. 13-18. Кабельные маркеры

d) стрелки, показывающие направление или изменение направления прокладки кабеля;

e) буквы должны иметь размеры не менее 100 мм в высоту, 70 мм в ширину и 10 мм в глубину;

f) кабели, проложенные в кабельном канале или кабелепроводе, должны иметь маркеры, установленные через каждые 60 м и в каждой точке изменения направления прокладки кабеля; маркеры не следует устанавливать на бетонном или асфальтовом покрытии;

g) смотровые колодцы и смотровые окна должны обозначаться в соответствии с их назначением.

13.6. Установка Трансформаторов AgI непосредственно в Земле

Трансформаторы AGL, устанавливаемые непосредственно в земле, как показано на рис. 13-19, обычно должны устанавливаться на той же глубине, что и кабели, подсоединяемые к этим трансформаторам. Трансформаторы и кабели должны располагаться таким образом, чтобы в местах соединений не было изгибов или натяжений, а кабели и вводы должны иметь слабину для выдерживания проседания земли и вспучивания при замерзании. Используйте соответствующие соединители и оборачивайте места наружных соединений двумя или тремя слоями электроизоляционной ленты. При подсоединении кабеля к трансформаторам не следует делать сращиваний.

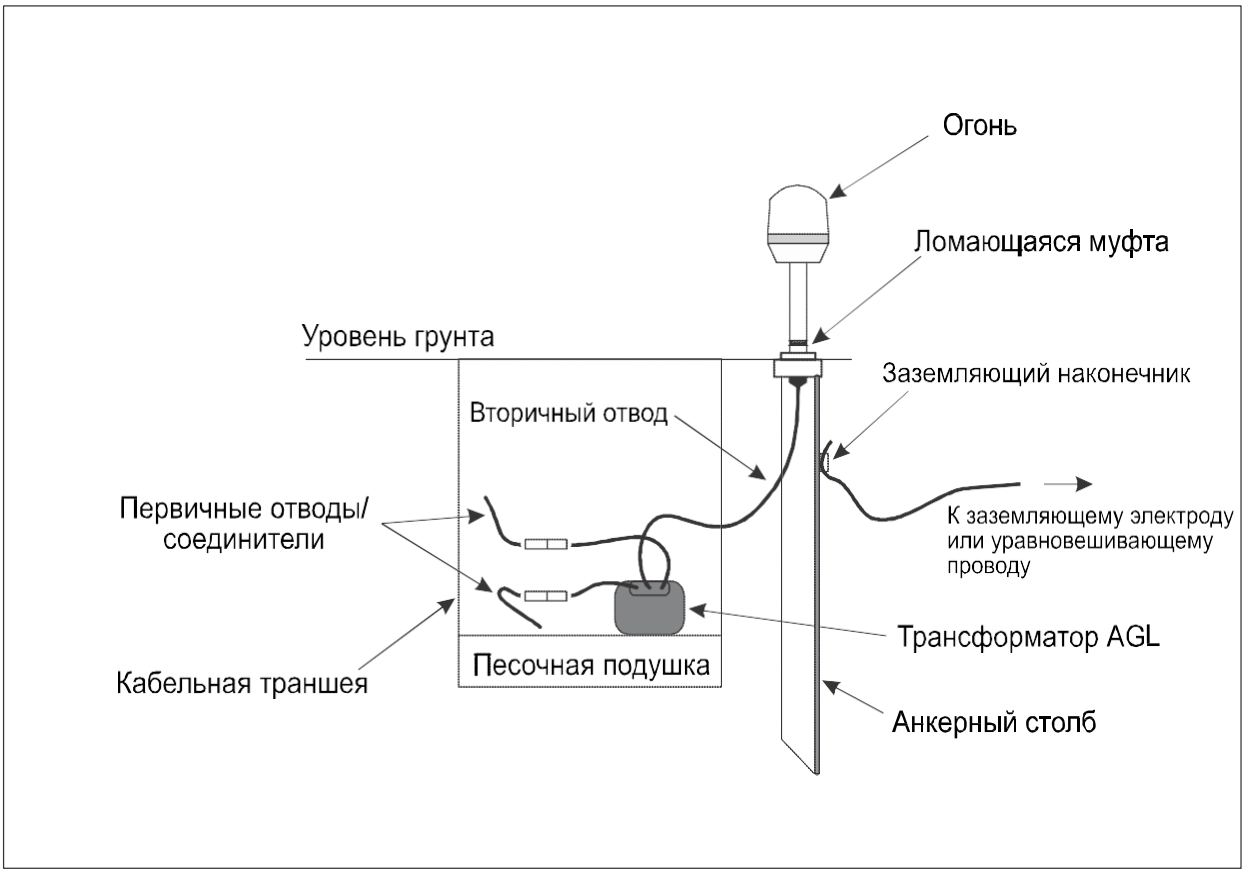


Рис. 13-19. Установка трансформатора AGL непосредственно в земле с подсоединением к огню на монтажном столбе

13.7. Кожухи Трансформаторов/Основания Огней

Установка с кожухами трансформаторов/основаниями огней

13.7.1. Большинство соединений кабелей с трансформаторами AGL осуществляется внутри специальных кожухов в основаниях огней, находящихся ниже поверхности на краю ВПП или РД с искусственным покрытием, или в самом покрытии. Предпочтительно устанавливать такие кожухи в специально предназначенных местах в фундаменте из наливного бетона, который образует оболочку, охватывающую вместилище кожуха снизу и по сторонам, толщиной 10-15 см. Металлические кабелепроводы, подсоединяемые к выходам вместилища для ввода кабелей цепи, должны проходить через бетонные стенки. Верхняя часть вместилища должна быть ровной и располагаться на определенной глубине ниже поверхности бетонного покрытия для установки огня или крышки. Следует использовать удерживающее или зажимное приспособление для выдерживания уровня, выравнивания и соответствующей глубины поверхности вместилища кожуха во время заливки и выдержки бетона. Концы кабелей протягиваются во вместилище кожуха, и конец кабелепровода снаружи бетонного фундамента заделывается вокруг кабеля с использованием соответствующего компаунда для предохранения кожуха от воды. Надземные огни, полуутопленные огни или заглушки, устанавливаемые на этих вместилищах, должны иметь прокладки или другие уплотнительные элементы для предотвращения попадания во вместилище воды. Пример такого трансформаторного кожуха показан на рис. 13-20.

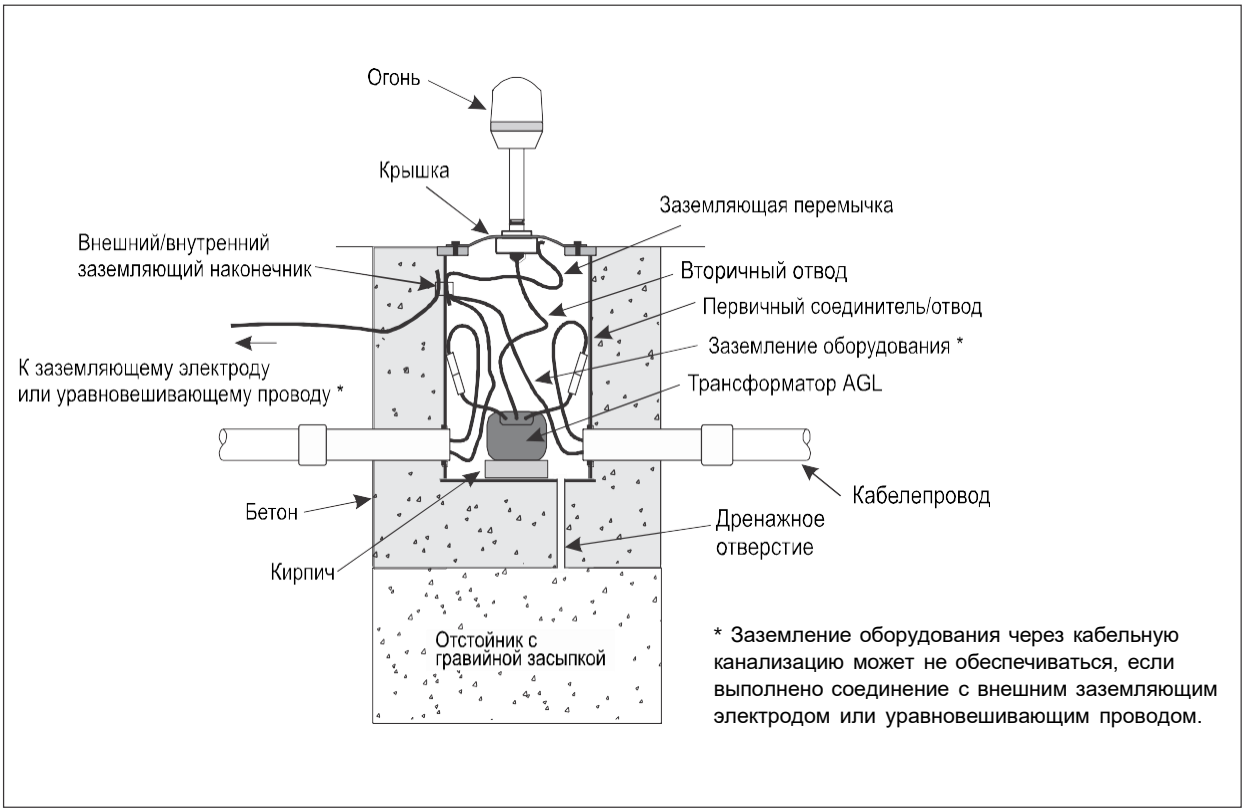


Рис. 13-20. Огонь на кожухе трансформатора

Установка в существующих искусственных покрытиях

13.7.2. Если предполагается установка огней в существующих искусственных покрытиях, установка кожухов трансформаторов в бетоне может оказаться нецелесообразной. Обычно кожух трансформатора устанавливается у кромки искусственного покрытия, а кабели, отходящие к огням, прокладываются в распилах. Кожух трансформатора, соединительная коробка или арматура огня могут устанавливаться в местах расположения огней для обеспечения соединений, которые выполняются при помощи сверления в искусственном покрытии отверстия соответствующего размера и глубины. Арматура огня может устанавливаться на кожухе или должна быть такого типа, который допускает установку непосредственно в отверстии. Отверстия соответствующего диаметра для арматуры или кожухов высверливаются в искусственном покрытии с помощью сверл с алмазной кромкой. Дно отверстия для соединительных коробок и арматуры огней должно быть плоским или несколько вогнутым, за исключением зоны шириной 2,5 см по периметру, которая должна быть плоской. Если отверстия просверлены слишком глубоко, их следует заполнить герметизирующим составом до желаемой глубины и дать составу затвердеть, прежде чем начинать установку.

Установка кожуха

13.7.3. Боковины и днище кожуха трансформатора, соединительной коробки или арматуры непосредственно перед установкой должны быть подвергнуты пескоструйной обработке. Следует также обработать внутренние поверхности высверленного отверстия. Днище и бока кожуха или арматуры, а также стенки и днище высверленного отверстия должны быть покрыты соответствующим герметизирующим составом в минимальном количестве, необходимом для полного заполнения пространства между бетоном и арматурой или кожухом. В качестве герметизирующего состава обычно используется двухкомпонентная компаундная паста, которая смешивается и применяется в соответствии с инструкциями

изготовителя. При установке каждого огня или кожуха для обеспечения соответствующей горизонтальной и вертикальной центровки должно использоваться удерживающее или зажимное приспособление. Удерживающее приспособление должно оставаться на своем месте до затвердения герметизирующего состава. Кабели следует протягивать и подводить к местам установки для соединения или сращивания в соответствии с требованиями, а место их ввода следует герметизировать. Лишнее количество герметизирующего состава или компаунда следует удалить.

Кожухи заводского изготовления

13.7.4. Альтернативным вариантом является установка трансформаторов AGL в кожухах заводского изготовления рядом с ВПП и прокладка вторичных отводов к огням через кабелепроводы. Такой трансформаторный кожух с установленными во вторичном кабелепроводе заземляющими проводами оборудования показан на рис. 13-21.

Установка трансформаторов AGL в кожухах

13.7.5. Когда разделительные трансформаторы устанавливаются в трансформаторных кожухах, трансформаторы по возможности следует устанавливать плоской стороной на дне кожуха. Подсоедините кабели к вводам трансформаторов, используя соответствующие соединительные провода (сращивание не допускается), а места соединения обмотайте изоляционной лентой. Соединительные провода следует прокладывать по дну кожухов по возможности без изгибов и натяжения. Если разделительные трансформаторы оснащены заземляющими соединителями, их следует подсоединить к заземляющему проводу оборудования или уравновешивающему проводу. Если температура внутри кожуха будет превышать 120 °C, кусок фольги между огнями и трансформаторами уменьшит влияние тепла на трансформатор. В соответствии с некоторыми местными методиками трансформатор AGL помещается на кирпич или закрепляется на стенке кожуха (при помощи полки или специального кронштейна) для предохранения его от воды, которая может скопиться на дне кожуха.

13.8. Установка Неглубокого Основания Огня

В существующих искусственных покрытиях углубленные огни устанавливаются в неглубоком основании, или гнезде, как показано на рис. 13-22. Основание размещается в высверленной скважине в покрытии и удерживается на месте при помощи специального зажимного приспособления для обеспечения надлежащего азимута, высоты и уровня. Для заполнения оставшегося пространства между основанием и стенками углубления используется жидкий герметик.

Вторичная проводка к оптическому блоку прокладывается через кабелепровод, устанавливаемый в распиле, или помещается непосредственно в распил. Заземляющий провод оборудования подсоединяется к оптическому блоку посредством заземляющей перемычки, имеющей достаточную длину для того, чтобы оптический блок мог быть снят с основания.

Заземляющий провод оборудования обычно представляет собой идентифицируемый изолированный провод сечением 14 мм^2 (№ 4 AWG). Если для защиты от молнии установлен уравновешивающий провод, заземляющий провод оборудования не требуется, а заземляющая перемычка соединяется с уравновешивающим проводом при помощи внешнего/внутреннего наконечника.

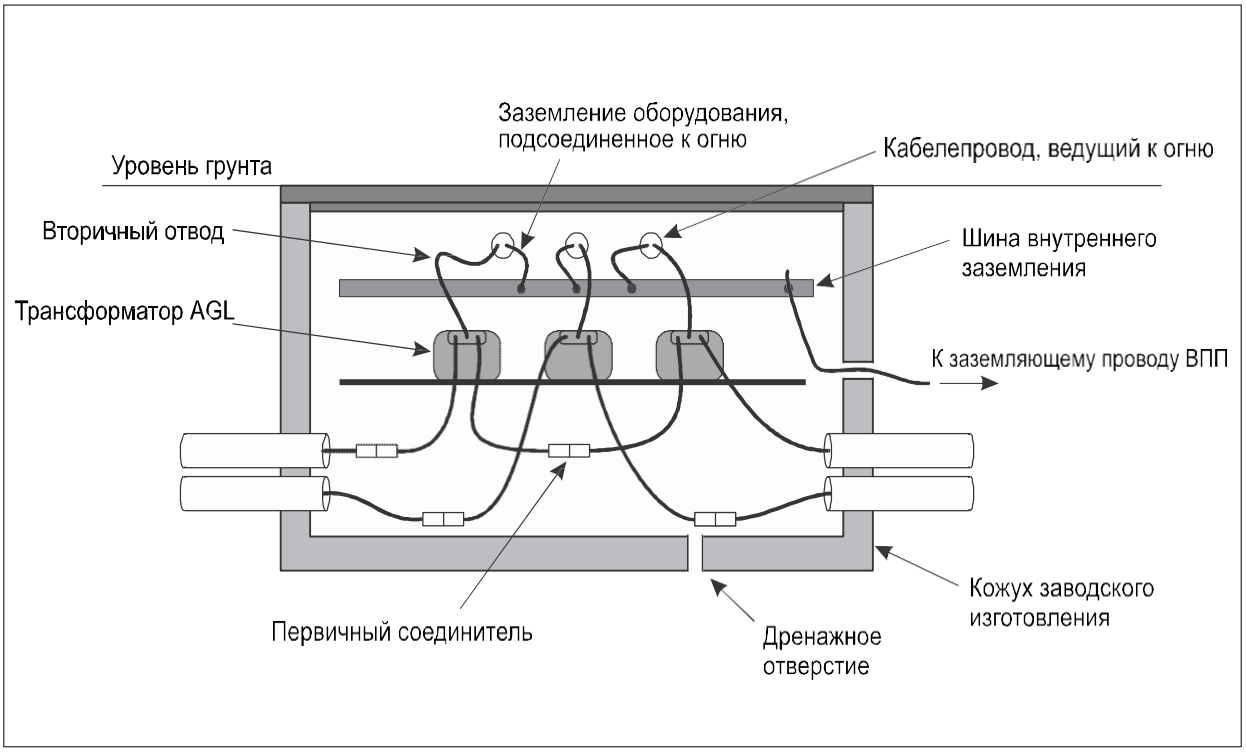


Рис. 13-21. Несколько трансформаторов в кожухе заводского изготовления

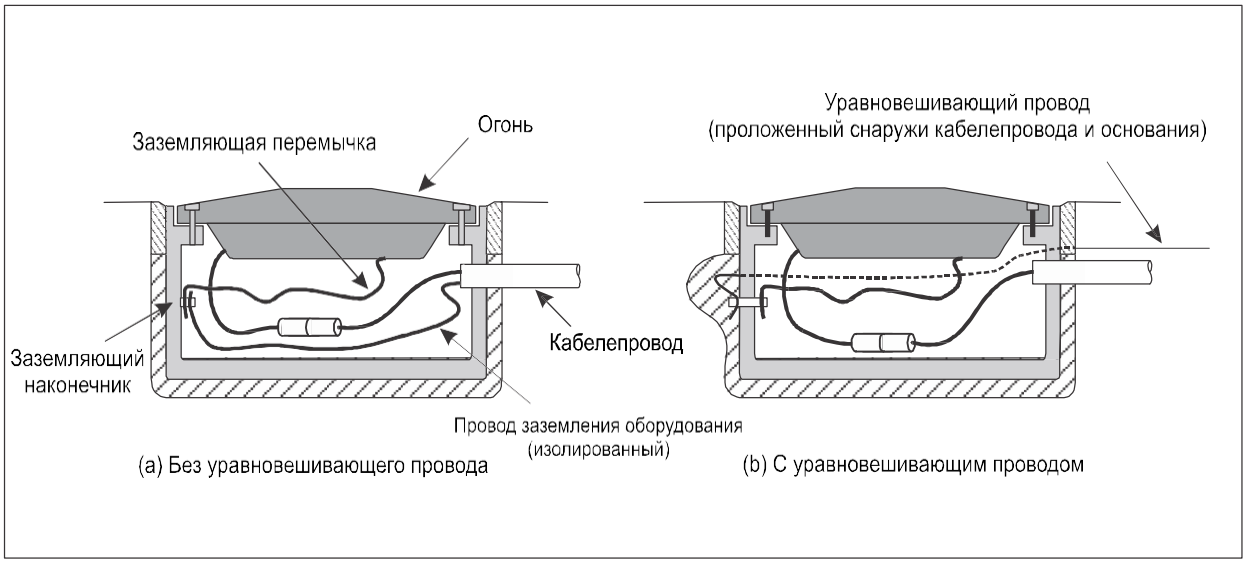


Рис. 13-22. Установка в неглубоком основании

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

14. КАБЕЛИ ДЛЯ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ АЭРОДРОМОВ

14.1. Характеристики Кабелей Для Подземных Коммуникации

Изоляция

14.1.1. Обычно в технических условиях указываются следующие изоляционные материалы, поскольку они выдерживают максимально установленные значения температур проводников при эксплуатации, перегрузке и коротком замыкании для кабелей номинальным напряжением до 35 кВ:

a) *Сшитый полиэтилен (XLP).* Данное термореактивное химическое соединение имеет отличные электрические качества, хорошее химическое сопротивление и хорошие характеристики механической прочности.

b) *Этиленпропиленовый каучук (EPR).* Данное химическое соединение имеет электрические характеристики, которые считаются эквивалентными характеристикам сшитого полиэтилена, поэтому подрядчику следует предоставить возможность выбора любого из этих материалов.

c) *Термоэластопласт (TPE).* Тонкий слой данного материала кабеля обеспечивает эффективную электроизоляцию и прочность, а также хорошую гибкость при различных температурах.

d) *Полиуретановая (PUR) оболочка.* Эта кабельная оболочка не содержит галогенов и устойчива к противообледенительным средствам.

14.1.2. Если особые условия дают возможность применить материалы, рассчитанные на меньшие значения номинальной температуры проводников или меньшие значения номинального максимального напряжения, то могут использоваться следующие изоляционные материалы.

a) *Резина.* Проводники с резиновой изоляцией обеспечивают легкость сращивания, хорошую защиту от влаги и низкие потери в диэлектрике.

b) *Бумажная изоляция.* Для обеспечения низкой ионизации, большой продолжительности службы, высокой диэлектрической прочности, низких потерь в диэлектрике и хороших характеристик устойчивости при изменении температуры применяйте кабель с бумажной изоляцией. Как и при использовании электроизоляционной лакоткани, бумажная изоляция требует соответствующей защитной металлической оболочки. Бумажная изоляция может рассматриваться как возможный вариант выбора, если существующие кабели имеют бумажную изоляцию, или быть обязательным требованием в случаях, когда дополнительные затраты оправданы, так как ни сшитый полиэтилен, ни этиленпропиленовая резина не обеспечивают требуемые качества.

c) *Бутилкаучук.* Данная термореактивная изоляция имеет высокую диэлектрическую прочность и высокую стойкость к влаге, теплу и озону. Она может использоваться при напряжениях до 35 000 В, но рассчитана на меньшую номинальную температуру проводников, чем сшитый полиэтилен или этиленпропиленовая резина.

d) Силиконовая резина. Данная термореактивная изоляция имеет высокую стойкость к теплу, озону и коронному разряду. Она может использоваться во влажных или сухих местах, как для открытой проводки, так и при прокладке в кабелепроводе. Она имеет наивысшие значения номинальной температуры проводника, однако может использоваться только при напряжениях до 5000 В.

14.1.3. В таблице 14-1 представлен перевод номеров AWG в метрические единицы. Эквивалентные значения округлены к большему (к примеру, для AWG № 10 с площадью сечения 5,26 мм^2 метрический эквивалент составляет 6 мм^2).

Таблица 14-1. Перевод номеров AWG в метрические единицы

№ AWG	*мм^2*	*метрический эквивалент (мм^2)*
2	33,631	35,0
4	21,151	25,0
6	13,302	16,0
8	8,366	10,0
10	5,261	6,0
12	3,309	4,0
14	2,081	2,5
16	1,309	1,5
18	0,823	1,0
20	0,518	0,75
22	0,326	0,5

Примечание. *Общепринятой практикой для 6,6-амперных схем является использование для вторичных цепей провода сечением 4 мм^2, или № 12 AWG. Для первичных цепей используется провод сечением 10 мм^2, или № 8 AWG.*

Защитные Оболочки Кабелей

Неметаллические

14.1.4. Неметаллические защитные оболочки должны быть гибкими, водоотталкивающими и долговечными. Неопрен, который часто используется в качестве неметаллической защитной оболочки кабелей, является неприемлемым во многих местах. Данный материал часто впитывает значительное количество воды, которая может проникнуть до слоя изоляции. Сообщается, что определенные неметаллические защитные материалы, в особенности в некоторых тропических районах, повреждаются микроорганизмами, насекомыми и растениями. Некоторые защитные материалы, которые хорошо выполняют свою роль при прокладке под землей или в кабелепроводах, очень быстро приходят в негодность при прокладке по поверхности из-за воздействия солнечного света. Материалы, которые становятся ломкими при низких температурах, не должны использоваться в холодных районах. В некоторых местах грызуны часто повреждают неметаллическую защитную оболочку кабеля. В таких районах следует прокладывать кабели в кабельных каналах или использовать кабели с металлической защитной оболочкой.

Металлические

14.1.5. Для кабелей, подвергающихся механическому воздействию или высокому внутреннему давлению, требуется металлическая защитная оболочка, например, свинцовая, алюминиевая или стальная. Некоторые изоляционные материалы, например, бумага и лакоткань, требуют такой защиты во всех случаях.

14.2. Покрытие Кабелей

Для защиты металлических оболочек от коррозии может потребоваться соответствующее покрытие или рубашка.

14.3. Экранированные Кабели

Экранирование распределительного кабеля среднего напряжения требуется для замыкания электрического поля в пределах изоляции и предотвращения утечки токов за пределы кабеля. Защитное экранирование требуется для всех кабелей с неметаллическими оболочками напряжением 2 кВ и выше, за исключением кабелей последовательных цепей аэродромных огней, и для всех кабелей с металлическими оболочками, рассчитанных на напряжение 5 кВ и выше. Для уменьшения вероятности электрического удара экраны следует заземлять. Заземление необходимо делать с каждого конца, в противном случае на экран может наводиться напряжение опасной величины.

14.4. Защита Кабелей от Возгорания

14.4.1. Кабели в смотровых колодцах, смотровых окнах и трансформаторных будках, эксплуатирующиеся при напряжении 1400 В и выше, или подвергающиеся воздействию обрывов других кабелей, работающих под такими же напряжениями, должны быть защищены от возгорания с помощью соответствующего аэрозольного покрытия. Исключения могут допускаться в местах, где имеется достаточное физическое разделение кабелей, изолирование с помощью барьеров или при других вариантах.

14.4.2. Особое внимание следует уделять кабелям, входящим в главный смотровой колодец и напольную систему кабельных каналов будки для электрооборудования. Именно в этих местах повреждение одного кабеля может распространиться на другие кабели цепи аэродромных огней и повлечь за собой необходимость масштабных ремонтных работ.

14.5. Защита от Повреждения Коронным Разрядом

Изоляцию высоковольтных кабелей, которые могут быть повреждены озоном, следует защищать от повреждения путем контроля коронного разряда, при котором выделяется озон, с помощью тонкой полупроводящей пленки между проводником и изоляцией. Такая пленка заполняет пространство между проводником и изоляцией, предупреждая таким образом возникновение коронного разряда, а, следовательно, и выделение озона.

14.6. Проводники Кабеля

Из-за высоких показателей электропроводности, гибкости и удобства в прокладке для большинства изолированных проводников используется обожженная медь. Среднетянутая медь имеет больший показатель прочности на растяжение, чем обожженная медь. Использование таких проводников может допускаться, за исключением случаев, когда коррозионные условия ограничивают их использование.

14.7. Вопросы Защиты Здоровья и Охраны Окружающей Среды

14.7.1. При выборе кабелей следует принимать во внимание вопросы защиты здоровья и охраны окружающей среды. Следует избегать использования продуктов, содержащих галогены и плохо пригодных для повторного использования, таких как, например, поливинилхлорид (ПВХ) и свинец (Pb). Такие кабели предпочтительно заменить более экологически безопасными кабелями, например, такими, которые указаны в следующих стандартах:

a) огнестойкий кабель (IEC 60332-3-24);

b) безгалогенный кабель (IEC 60754-1);

c) коррозионностойкий и нетоксичный кабель (IEC 60754-2);

d) кабель с низкими показателями дымности (IEC 61034).

14.7.2. Проектировщики и лица, ответственные за закупку кабелей, должны быть ознакомлены с директивой по ограничению использования некоторых опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании под заглавием *Директива по ограничению вредных веществ* (RoHS, 2002/95/EC), которая ограничивает использование опасных материалов для электрооборудования. Она связана с *Директивой об отходах*

электрического и электронного оборудования (WEEE, 2002/96/EC), касающейся сбора, переработки и вторичного использования электрических продуктов, и является частью законодательной инициативы по решению проблемы образования больших объемов токсичных электронных отходов.

14.8. Классы Обслуживания

Низковольтные кабели

14.8.1. Низковольтные кабели, изоляция которых выдерживает 600 В или менее, используются для подсоединения вторичных обмоток последовательных разделительных трансформаторов к лампам огней, в низковольтных распределительных цепях, в низковольтных фидерных цепях к одиночным установкам и в более коротких цепях. Проводники обычно бывают медными, но могут быть и алюминиевыми. Используются как одножильные, так и многожильные кабели. Применяются как сплошные, так и витые проводники, однако если ожидается, что при прокладке будут иметь место частые изгибы, предпочтение отдается кабелю с витыми проводниками. Поперечное сечение проводника может варьироваться от 2,5 мм^2 до 4 мм^2 (от № 14 до № 12 AWG) или более, если необходимо уменьшить потери напряжения.

14.8.2. Для двухжильных вторичных отводов применяется цветовая кодировка в зависимости от практики. В Европе нулевой провод (нейтральный) имеет коричневый цвет; провод под напряжением имеет синий цвет. В Северной Америке нулевой провод (нейтральный) белый, а провод под напряжением черный. Нулевой провод должен подсоединяться к большому контакту вторичного соединителя и к оболочечной (резьбовой или фланцевой) части контактного гнезда (см. рис. 14-1).

Кабели последовательных цепей аэродромных огней

14.8.3. Кабель последовательной цепи огней представляет собой одножильный кабель, используемый для первичной кольцевой цепи и фидеров, ведущих обратно в будку для электрооборудования. Ток в этих последовательных цепях имеет величину 6,6 или 20 А. Сечение обычно используемых проводников составляет 10 мм^2 (№ 8 AWG) или 16 мм^2 (№ 8 AWG). Данные проводники обычно бывают скрученными, однако могут использоваться и сплошные проводники. Изоляция, как правило, выдерживает напряжение 5000 В. Поверх изоляции обычно используется неметаллическая рубашка. Часто используется экран из металлической ленты между изоляцией и рубашкой или между рубашкой и неметаллической оболочкой, но в некоторых системах он может не требоваться. Предпочтительными кабелями последовательной цепи огней являются кабели со скрученными медными проводниками с изоляцией из сшитого полиэтилена, этиленпропиленовой резины или бутилнеопреновой резины и с рубашкой из хлорсульфонированного полиэтилена, поливинилхлорида, полиэтилена или прочного неопрена; в качестве экрана используется металлическая лента.

14.8.4. Обычно используются напряжения в диапазоне от 600 до 3030 В при использовании стабилизаторов постоянного тока мощностью до 20 кВА, обеспечивающих выходной ток 6,6 А. При использовании более мощных стабилизаторов могут быть получены более высокие значения напряжения, например 4545 В для стабилизатора мощностью 30 кВА, работающего при 6,6 А. Однако рекомендуется ограничить мощность используемых стабилизаторов значением в 20 кВА и устанавливать систему огней с использованием нескольких цепей для распределения нагрузки.

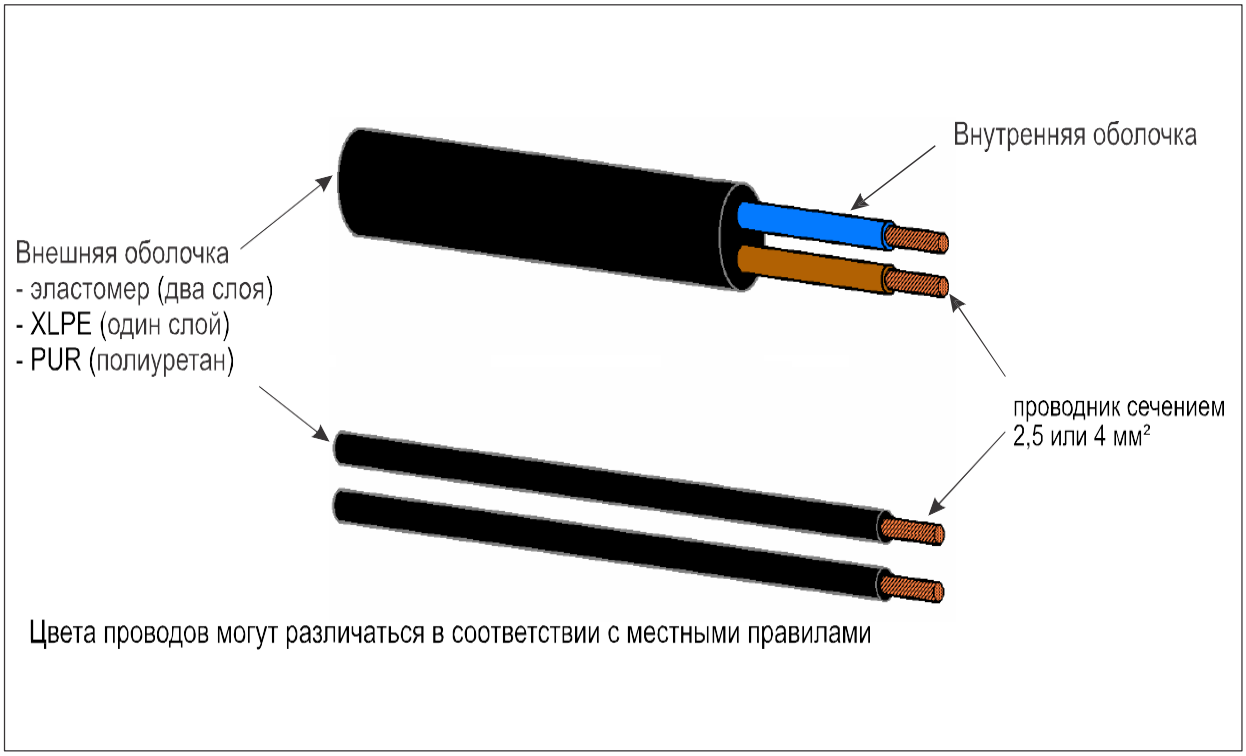


Рис. 14-1. Вторичный провод

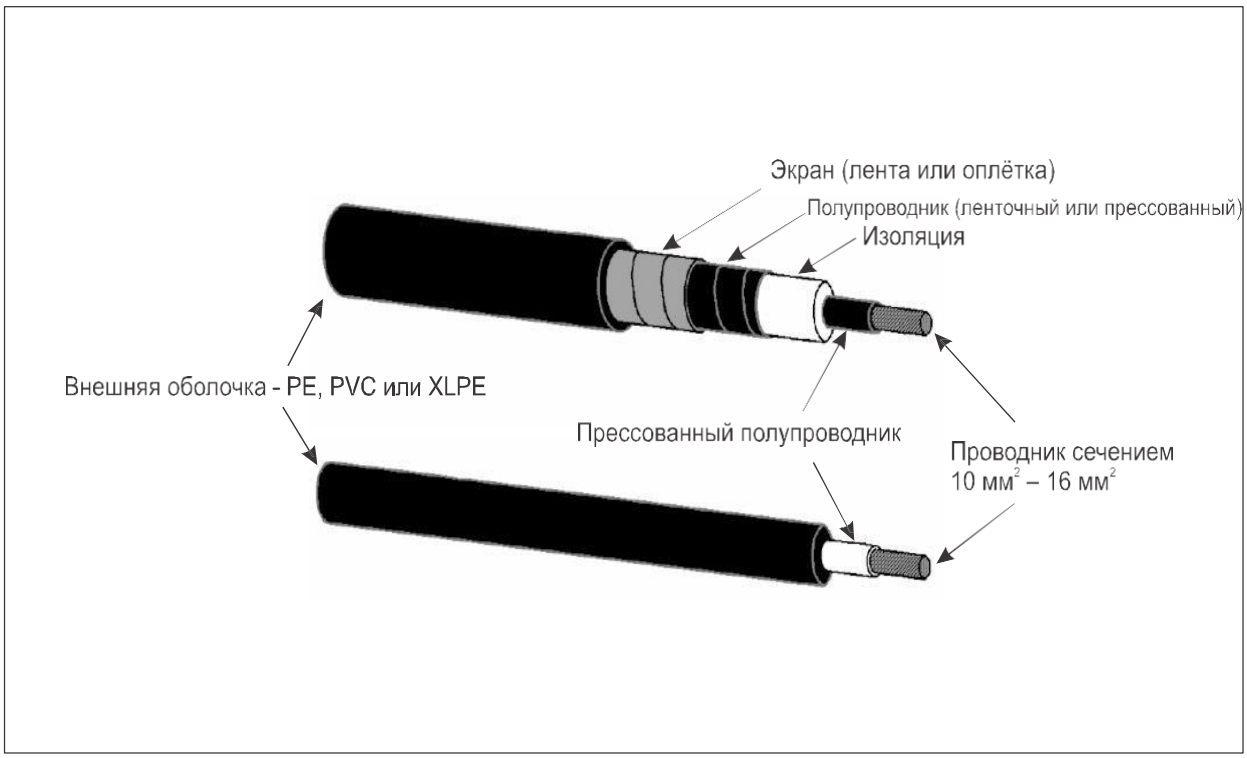


Рис. 14-2. Первичный кабель

Кабели управления

14.8.5. Кабели управления являются низковольтными кабелями, обычно спаренными или многожильными. Для некоторых простых цепей управления может использоваться группа одножильных кабелей. Некоторые кабели управления имеют один или два более толстых проводника для линейного напряжения и/или нейтрального провода и несколько более тонких проводников для индивидуального управления. В других установках в качестве линейного и нейтрального проводов может использоваться пара более толстых проводников и другие кабели с несколькими более тонкими проводниками для индивидуального управления. Многожильные кабели управления имеют 7, 12, 16 или более проводников. Большинство кабелей управления имеют скрученные медные жилы. Размер проводника выбирается таким образом, чтобы падение напряжения в линии соответствовало допустимым пределам. Поперечное сечение проводников обычно составляет от 2,5 мм^2 до 0,5 мм^2 (от № 12 до № 22). Сопротивление изоляции должно соответствовать напряжению управления, которое обычно составляет 250 В или менее. В качестве изоляционных материалов для кабелей управления используются, в частности, резина, полиэтилен, поливинилхлорид, лакоткань и бумага. Для уменьшения диаметра кабеля желательно использовать тонкую изоляцию. Для цепей управления переменного тока желательно использовать витые пары или укладку проводников в виде спирали, так как они позволяют уменьшить наводимое напряжение между цепями. Многожильные кабели должны иметь внешнюю рубашку и могут оснащаться экраном из металлической ленты.

Кабель связи

14.8.6. Для обеспечения связи между контрольно-диспетчерским пунктом, будками для электрооборудования, службами или станциями необходимо проложить специальные цепи для внутренней связи или телефонные цепи. Эти цепи обычно состоят из одного или нескольких кабелей телефонного типа с витыми парами. Такие кабели должны быть пригодными для прокладки под землей. Хотя в некоторых системах для связи могут использоваться кабели управления, предпочтительнее использовать отдельные кабели, прокладываемые в отдельных кабелепроводах, или на достаточном расстоянии друг от друга в траншее при непосредственной укладке в земле.

14.9. Провода Заземления

Провод заземления или уравновешивающий провод должен предусматриваться для защиты подземных силовых кабелей и кабелей управления от высоких импульсов напряжения относительно земли в районах, где могут иметь место повреждения в результате ударов молнии. Провод заземления должен прокладываться между поверхностью земли и подземными кабелями. Обычно он представляет собой неизолированный многожильный медный проводник, хотя в некоторых государствах используется стальная нить. Размер провода заземления должен быть не меньше, чем наибольший размер проводников, для защиты которых он предназначен. Поперечное сечение проводника может составлять от 10 мм2 до 25 мм2 (от № 8 до № 4 AWG) или более. Это должен быть цельный проводник, подсоединенный к арматуре каждого огня, каждому основанию огня и заземляющему стержню или соединению вдоль всей его трассы.

14.10. Причины Повреждения Кабелей

14.10.1. Повреждения кабелей являются распространенными причинами выхода из строя цепей аэродромных огней и часто требуют значительного времени и усилий для их обнаружения и ремонта. Эффективные методы уменьшения частоты повреждений кабелей повышают надежность системы. Лучшее знание причин повреждений кабелей должно оказать содействие в выборе типов кабелей и процедур прокладки. Некоторые из этих причин рассмотрены ниже.

Механические повреждения

14.10.2. Вероятно, наибольшее количество отказов кабелей вызывается механическими повреждениями. По всей видимости, наиболее распространенной причиной механических повреждений являются плохие методы и процедуры прокладки кабелей, в то же время физические повреждения кабеля могут вызываться промерзанием, вибрацией от движения

воздушных судов или транспортных средств, грызунами, сдвигом или проседанием почвы и многими другими причинами. Ниже перечислены некоторые виды механических повреждений:

a) зарубки и царапины на изоляции;

b) чрезмерное натяжение кабеля при протягивании в кабелепроводах или разматывании для непосредственной прокладки в земле;

c) камни или посторонние предметы в подушках или материалах для засыпки траншей;

d) чрезмерные прогибы при вводе в смотровые окна или смотровые колодцы и внутри них, а также в основаниях огней, кабелепроводах, арматуре огней, при подсоединении к оборудованию, в местах разъемов или сращивания, вдоль траншей или кабелепроводов или в других местах, где оседание почвы, обслуживание, проведение монтажных работ или погодные условия могут увеличить натяжение;

e) появление зарубок на проводниках в местах сращивания или соединения в дальнейшем может вызвать обрыв проводника;

f) недостаточное расстояние между кабелями в траншеях, как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях, в местах образования петель кабеля или в местах, где усадка земли или промерзание могут вызвать непосредственное соприкосновение двух отрезков кабеля;

g) замерзание или вспучивание при промерзании создают давление на кабель льда, замерзшей почвы или других твердых предметов или материалов. В таких местах для уменьшения давления необходимо обеспечить соответствующую упругую подкладку и запас кабеля;

h) ненадлежащее закрепление кабелей в смотровых колодцах или других местах, где прогиб или выход на поверхность могут привести к оказанию давления на кабель предметами или людьми;

i) вибрация, вызываемая движением по поверхности над кабелем или работой оборудования, примыкающего к кабелю или находящегося рядом с ним, может вызвать усталостные напряжения в проводнике или в рубашке и изоляции. В местах, где имеют место или могут возникнуть такие условия, прокладывайте кабели в каналах, которые проходят на достаточном расстоянии от зон вибрации; и/или

j) разрыв или разделение кабелепроводов или кабельных каналов может вызвать разрыв кабеля. При прокладке кабельных каналов и кабелепроводов должны обеспечиваться соответствующие соединения, засыпка и утрамбовка.

Проникновение воды

14.10.3. Короткое замыкание на землю происходит, когда вода имеет возможность проникнуть к проводнику через защитную оболочку и изоляцию кабеля. Проникновение или просачивание воды может происходить в местах сращивания, соединения, на концах кабеля, в местах физических повреждений, через некачественную изоляцию, через микроотверстия, образовавшиеся вследствие удара молнии или броска напряжения, или в результате других повреждений.

14.10.4. Некачественное сращивание и неправильная установка комплекта соединителей часто являются причинами проникновения воды. (Указания по выполнению сращивания и установке соединителей приведены в разделе 14.12.)

14.10.5. Для предотвращения проникновения воды через концы кабеля эти концы следует очистить и высушить до подсоединения их к оборудованию, а также после этого. Концы свободных кабелей должны защищаться аналогичным образом. Некоторые виды изоляции, в особенности бумага и минеральные заполнители, могут впитывать влагу из атмосферы в периоды повышенной влажности. Концы кабелей таких типов должны всегда быть заделаны, даже после подсоединения к оборудованию.

14.10.6. Некоторые виды изоляции могут допускать чрезмерное проникновение воды в результате дефектов или из-за их состава. Такие дефекты следует выявлять при качественных испытаниях сопротивления изоляции. Сообщалось, что некоторые кабели с неопреновой рубашкой недостаточно водонепроницаемы, тогда как в других сообщениях говорилось о том, что кабели этого типа имеют хорошие характеристики. Перед закупкой кабеля следует изучить характеристики кабеля данного типа, предпочтительно от того же изготовителя, в других местах установки.

14.10.7. Удары молний могут нанести значительные повреждения кабелям или наведенное напряжение может быть достаточным для повреждения изоляции из-за образования микроотверстий. Эти отверстия с наибольшей вероятностью могут возникнуть в точках пересечения кабелей или в местах, где кабель проходит рядом или непосредственно соприкасается с металлическими проводниками. Проложенный соответствующим образом провод заземления или уравновешивающий провод должны уменьшить вероятность повреждения кабеля в результате ударов молнии.

14.10.8. Повышенное напряжение может поступать в кабель либо случайно, либо из-за сбоев в работе. Повреждение кабеля может быть не замечено сразу.

14.10.9. Конструкция системы должна включать средство дренажа кабельных каналов и смотровых колодцев в целях предотвращения длительного нахождения кабелей и соединителей в воде.

Химическое повреждение

14.10.10. Часто кабели цепей аэродромных огней прокладываются в зонах, где постоянно или иногда присутствует топливо, масло, кислоты и другие химические вещества. Эти химические вещества влияют на сопротивление изоляции некоторых типов кабелей. Если известно или предполагается, что кабели могут подвергаться воздействию таких химических веществ, следует выбрать тип кабеля, устойчивый к их воздействию. Неопреновая и резиновая изоляция может быть непригодной в присутствии некоторых антиобледенительных жидкостей.

Повреждение грызунами

14.10.11. В некоторых зонах кабель, непосредственно проложенный в земле, подвергается воздействию грызунов, в особенности сусликов, которые прогрызают изоляцию. Имеются данные о том, что грызуны могут быть привлечены к кабелю либо выделяемым им теплом, либо его вкусом. В местах, где наносимые грызунами повреждения являются серьезной проблемой, может быть желательным прокладывать кабели в кабелепроводах либо использовать металлические оболочки кабелей, в особенности для защиты открытых вторичных отводов.

Повреждение микроорганизмами или растениями

14.10.12. Сообщается, что микроорганизмы и растения могут быть причиной повреждения некоторых типов кабелей в тропических или субтропических зонах. Если предполагается, что могут возникнуть такие проблемы, следует выбрать тип кабеля, который может противостоять воздействию микроорганизмов и растений.

Повреждение озоном и коронным разрядом

14.10.13. Изоляция некоторых кабелей повреждается озоном, а следовательно, и коронным разрядом, производимым данной цепью или ближайшими цепями. Имеются такие типы кабельной изоляции, которые удовлетворительно противостоят данным воздействиям. Следует выбирать кабели с соответствующими свойствами, если кабель передает высокое напряжение или может подвергаться воздействию озона или коронного разряда из других источников. В прошлом использовали для последовательных систем огней ВПП и огней приближения кабели, которые не были защищены от воздействия коронного разряда,

обосновывая это тем, что данные системы эксплуатируются с полной нагрузкой лишь незначительное количество часов в течение года. В связи с этим данные кабели подвергаются перегрузкам напряжения в течение только небольшого количества времени за время эксплуатации. Данная практика была признана нежелательной, поскольку снижение затрат при ней незначительно, а также в связи с тем, что некоторые из этих кабелей могут включаться в цепи распределения энергии и постоянно подвергаться воздействию высокого напряжения.

Повреждение ультрафиолетовым излучением

14.10.14. Изоляция некоторых кабелей, которая имеет удовлетворительные характеристики при прокладке под землей, может стать хрупкой и быстро прийти в негодность при воздействии солнечного света, например, при прокладке кабелей на опорах, таких как мачты огней приближения. Если кабель устанавливается на открытом воздухе, следует выбрать кабель с изоляцией, устойчивой к ультрафиолетовому излучению, или прокладывать кабель в металлическом кабелепроводе.

Износ кабелей

14.10.15. Изоляция большинства кабелей изнашивается медленно. Срок службы кабелей, прокладываемых под землей, должен составлять 10-20 лет.

14.11. Соединение Кабелей

Примечание. *Места сращивания кабелей не должны располагаться в кабельных каналах. Они допустимы только в смотровых колодцах и смотровых окнах.*

Сращивание кабелей

14.11.1. Сращивание кабелей всегда должно выполняться опытными и квалифицированными специалистами по сращиванию кабелей с соблюдением самых высоких стандартов качества работы. Методы сращивания и используемые материалы должны соответствовать рекомендациям изготовителя материалов для сращивания применительно к конкретному типу сращиваемого кабеля. Все соединения кабелей должны удовлетворять следующим требованиям.

14.11.2. *Силовые кабели с изоляцией, рассчитанной на более чем 5000 В.* Следует использовать комплекты для сращивания, предназначенные для типа сращиваемого кабеля. При отсутствии таких комплектов можно выполнять сращивание с использованием изоляционной ленты в соответствии с посвященным этому виду сращивания пунктом (см. 14.2.6). Не следует применять для сращивания эпоксидную смолу или камедь.

14.11.3. *Силовые кабели с изоляцией, рассчитанной на 600-5000 В.* Следует использовать герметичные эпоксидные оболочки для сращивания и комплекты литых форм для сращивания, разработанные для данного типа кабеля, в полном соответствии с инструкциями изготовителя. Сращивание с использованием изоляционной ленты следует использовать только в случае необходимости.

14.11.4. *Силовые кабели с изоляцией, рассчитанной на 600 В и менее.* Для сращивания всех кабелей, прокладываемых непосредственно в земле, могут использоваться подходящие комплекты литых форм или герметичные эпоксидные оболочки. Также можно обеспечить сращивание с помощью изоляционной ленты, используя в качестве защитного покрытия предварительно растянутые или термоусаживающиеся трубки.

14.11.5. *Контрольные и телефонные кабели.* Для сращивания негерметических кабелей с термопластичной изоляцией имеется типовая многоразовая заполняемая оболочка. Сращивание существующих герметичных кабелей, кабелей со свинцовой оболочкой или кабелей с бумажной изоляцией должно обеспечиваться в соответствии с требованиями соответствующих полномочных органов.

Сращивание с применением изоляционной ленты

14.11.6. Сращивание с применением изоляционной ленты обычно используются только в тех случаях, когда невозможно получить удовлетворительные соединители и комплекты для сращивания. Если необходимо обеспечить сращивание с помощью изоляционной ленты, для получения удовлетворительных результатов должны быть использованы правильные методы. Метод, рассмотренный ниже, применяется к одножильному кабелю, однако с небольшими доработками он может быть использован также применительно к многожильному кабелю.

14.11.7. Всегда поддерживайте концы кабелей, подлежащих соединению, чистыми и защищенными от влаги.

14.11.8. Как показано на рис. 14-3, аккуратно срежьте на конус и удалите покрытие, рубашку, металлический экран, защитную оболочку и изоляцию с концов кабелей, подлежащих соединению. Очень аккуратно удалите все остатки изоляции с проводников на длину примерно 3 мм плюс половина длины обжимного соединителя, не оставляя зарубок на проводнике. Аккуратно срежьте на конус изоляцию в направлении от проводника как минимум на 4 см. Сдвиньте защитную оболочку, металлическую ленту, рубашку и т. д. назад вдоль внешней поверхности изоляционного слоя еще на 2 см. Это смещение конуса должно блокировать проникновение воды, просачивающейся вдоль конуса. Сохраните в целостности металлическую ленту экрана, если таковая применяется, по всей длине сращивания. Аналогичным образом срежьте на конус неметаллическую защитную оболочку на 2 см или более. Удалите все стальные или металлические защитные оболочки или внешнее металлическое покрытие, но сохраните укороченные части или концы для повторного соединения вдоль всей длины сращивания.

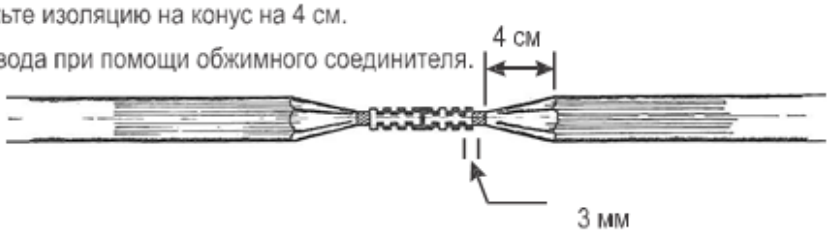
14.11.9. Для соединения концов проводника используйте обжимной соединитель. Обожмите концы проводников соединителем при помощи инструмента, предназначенного для обеспечения полного обжима до удаления этого инструмента. При желании соединитель проводников также может быть припаян.

14.11.10. Используя высококачественную изоляционную ленту из натуральной или синтетической резины, тщательно в один слой обмотайте соединение при достаточном натяжении ленты, растягивая ее примерно на 25 % и обеспечивая приблизительно 50-процентное перекрытие по ширине ленты. Каждый слой будет распространяться все дальше вдоль изоляции. Продолжайте наращивать слои резиновой ленты до получения полного изоляционного слоя.

14.11.11. Если поверх изоляции используется экранирующая лента, присоедините металлическую ленту, которая должна была остаться на месте, вдоль места сращивания с помощью припоя или соответствующих соединителей. При необходимости оберните дополнительной металлической лентой аналогичного типа.

14.11.12. Продолжайте наматывать резиновую ленту, как описано в п. 14.12.10, до толщины не менее диаметра кабеля. Аккуратно прикладывайте усилия к изоляционной ленте, чтобы избежать пустот и обеспечить хорошее прилегание к поверхности кабеля и слоев изоляционной ленты между собой.

1. Удалите изоляцию кабеля на длину 3 мм плюс половина длины соединителя.
2. Аккуратно срежьте изоляцию на конус на 4 см.
3. Соедините провода при помощи обжимного соединителя.



4. Очистите поверхность изоляции перед обмоткой хлоротеном или изопропиловым спиртом и дайте ей высохнуть.
5. Обмотайте соединение в один слой изоляционной лентой, сильно растягивая ее (данная лента может растягиваться без обрыва на 600 % своей длины) и накладывая витки вполунахлёст, до расстояния в 2,5 см от обрезанного участка.

6. Накладывайте дополнительные слои изоляционной ленты вполунахлёст и равномерно для обеспечения толщины, равной внешнему диаметру кабеля.

7. Наложите 2 дополнительных слоя изоляционной ленты вполунахлёст до расстояния в 8 см от участка со срезанной изоляцией.

8. Обмотайте всё соединение 4 слоями ленты вполунахлёст до расстояния в 13 см от участка со срезанной изоляцией.

Рис. 14-3. Типовое сращивание с применением изоляционной ленты (см. инструкции изготовителей)

Поверх резиновой изоляционной ленты добавьте несколько слоев негорючей, атмосферостойкой и морозостойкой ленты с высоким изоляционным сопротивлением. Накладывайте пластиковую ленту с существенным натяжением, обеспечивая при каждом обороте приблизительно 50-процентное перекрытие по ширине ленты. Пластиковая лента должна распространяться на 3 см или более вдоль поверхности изоляции защитной оболочки с каждой стороны места сращивания.

14.11.13. Если кабель имеет стальную броню или другое металлическое покрытие, подсоедините заземляющую оплетку по всей длине сращивания и прикрепите ее к броне кабеля соответствующими хомутами и/или с помощью припоя с каждой стороны места сращивания (см. рис. 14-4 (а)). Если кабель покрыт свинцовой оболочкой, обеспечьте соответствующее паяное свинцовое соединение поверх места сращивания для обеспечения водонепроницаемого шва в свинцовой оболочке кабеля. Если металлическое покрытие

защищено от коррозии с помощью слоя антикоррозийного материала, нанесите в зоне проведения работ по сращиванию материал, аналогичный используемому по всей длине кабеля.

14.11.14. Сращивание кабелей лучше всего выполнять с использованием имеющихся в продаже комплектов для сращивания, содержащих соединители для сращивания встык и эпоксидные герметики. Эти компоненты помогут создать водонепроницаемое и механически прочное соединение. Бронированные кабели трудно сращивать, если требуется сохранить механическую прочность; необходимо изготовить специальные механические соединители, которые будут прочно удерживать броню.

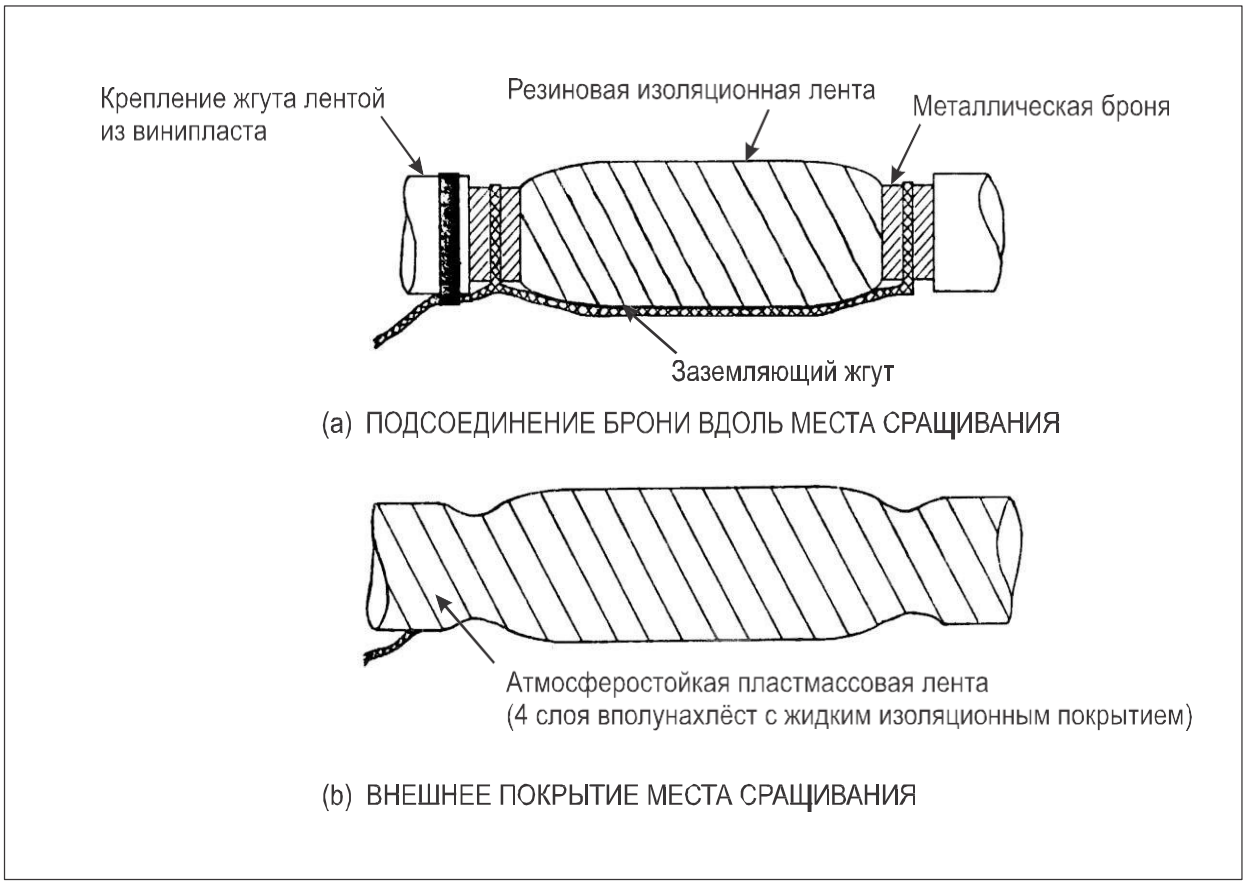


Рис. 14-4. Сращивание кабеля в металлической броне с применением изоляционной ленты

14.12. Комплекты Соединителей для Цепей Аэродромных Огней

14.12.1. Использование комплектов соединителей. В последние годы большинство соединений последовательных цепей осуществлялось с помощью комплектов соединителей. Несмотря на высокую стоимость таких комплектов, экономия времени при монтажных работах и упрощение разделки и заделки цепей при локализации отказов делают применение их желательным. Так как выводы большинства разделительных трансформаторов в настоящее время снабжаются соединителями, кабели также должны иметь соединители, позволяющие легко подключать трансформаторы к последовательной цепи и к огням и легко отсоединять их. Одножильные первичные соединители и двухжильные вторичные соединители показаны на рис. 14-5 и 14-6.

Установка соединителей

14.12.2. Концы кабеля следует подготовить тщательным образом в соответствии с инструкциями, предохраняя концы кабеля и поверхности соединителей от попадания грязи и

влаги. Убедитесь, что любые зазоры между кабелем и внутренней поверхностью соединителя заполнены соответствующим гелем, предотвращающим образование пустот. После подсоединения соединителей убедитесь в отсутствии в соединении воздуха, который может разъединить соединение. Рекомендуется обмотать место соединения виниловой электроизоляционной лентой для предохранения его от грязи и предотвращения разъединения.

14.12.3. На рис. 14-7 проиллюстрировано использование первичных соединителей и монтируемых на месте деталей для сращивания. Несмотря на то, что модифицированный способ (b) повышает исходную стоимость монтажных работ, его использование рекомендуется, так как он позволяет снизить в дальнейшем стоимость технического обслуживания. Использование литых соединителей заводского изготовления и деталей для сращивания предпочтительнее использования соединителей, монтируемых на месте, как показано на рисунке 14-7 (a).

14.13. Соединение Проводников

Силовые проводники

14.13.1. Соединения кабельных проводов выполняются с использованием обжимных соединителей при помощи обжимного инструмента, предназначенного для обеспечения полного обжима до удаления инструмента. Для низковольтных цепей напряжением до 600 В могут использоваться разъемные болтовые соединители.

Контрольные и телефонные кабели

14.13.2. Соединение телефонных или контрольных проводов следует выполнять с помощью скрученного и пропаянного сращивания или соответствующего самозачищающегося предварительно изолированного соединителя, устанавливаемого с помощью специального инструмента, предназначенного для обжима соединителя. В процессе установки следует соблюдать цветовую кодировку проводов.

Броня и экраны кабелей

14.13.3. Бронирующие экраны должны быть электрически подсоединены вдоль всего места сращивания путем зачистки и припайки. При необходимости используйте отрезки металлической оплетки и проводящей ленты. Броня и экран должны быть полностью изолированы друг от друга и от земли, за исключением случаев, упомянутых в п. 13.5.6.

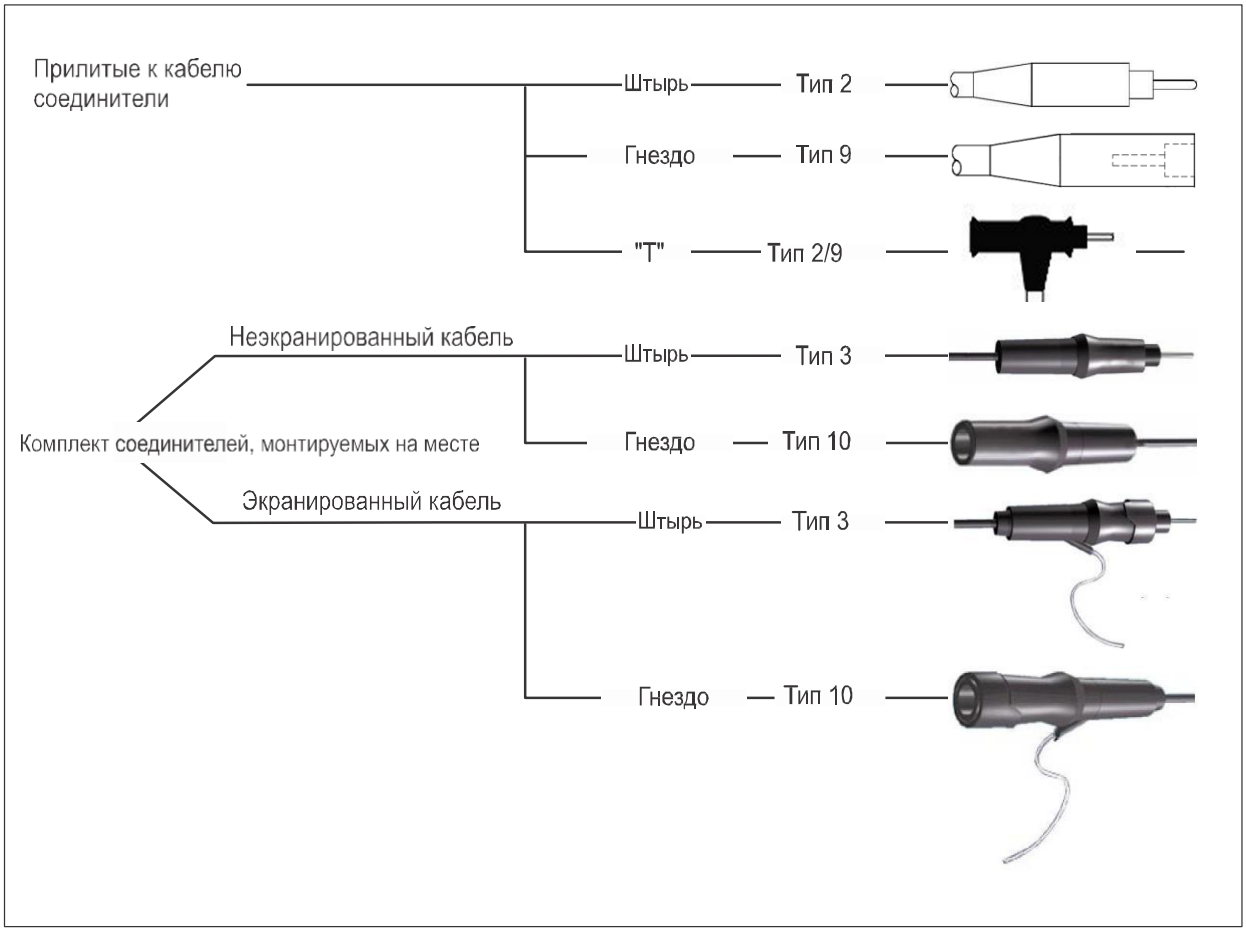


Рис. 14-5. Первичные соединители

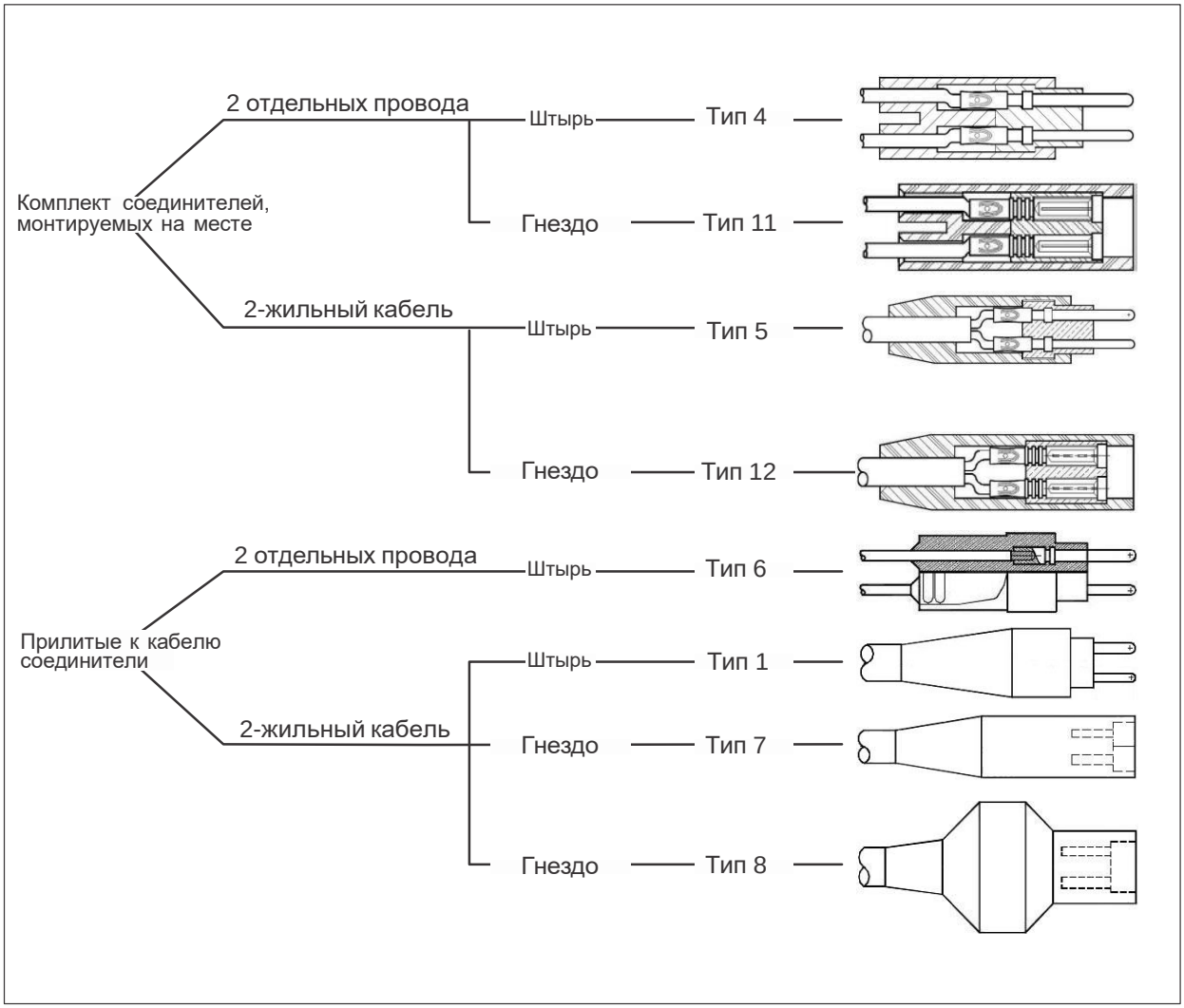


Рис. 14-6. Вторичные соединители

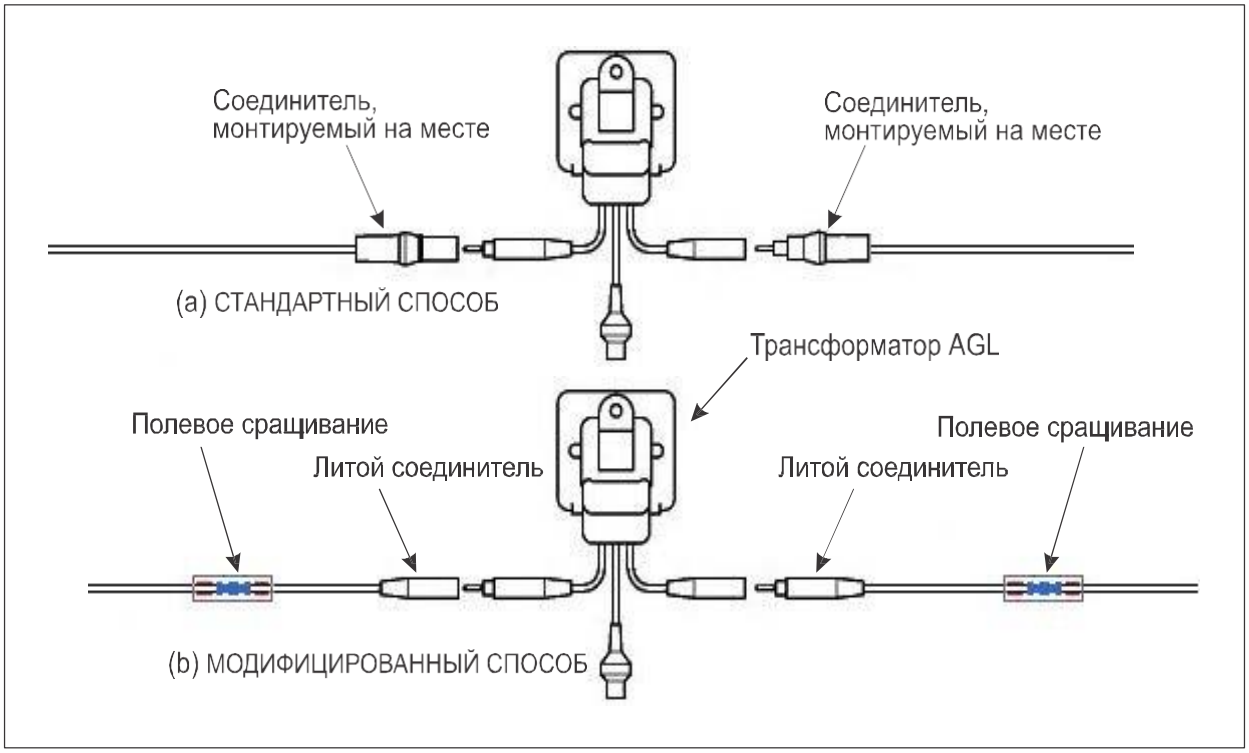


Рис. 14-7. Первичные соединения со сращиванием в полевых условиях

15. ПРИЕМОЧНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ

15.1. Применимость

Описанные в данной главе методики испытаний могут использоваться при приемочных испытаниях новых систем, которые необходимо проводить до введения систем в эксплуатацию.

15.2. Гарантийный Срок

Сырые или грязные кабельные соединители и повреждения кабелей вследствие неправильной установки часто приводят к выходу кабелей из строя спустя несколько месяцев после установки. Каждый контракт на монтажные работы должен предусматривать положение о гарантии, в котором указывается период продолжительностью как минимум в один год, в течение которого выполнившая монтажные работы организация несет ответственность за ремонт и замену всех отказавших кабелей и единиц оборудования, неисправность которых была вызвана недоброкачественной работой или дефектами в материалах и оборудовании.

15.3. Порядок Проведения Инспекции

15.3.1. *Визуальный осмотр.* Визуальная инспекция является наиболее важной из всех инспекций и контрольных процедур. Визуальные инспекции следует проводить неоднократно в ходе монтажных работ, по их завершении и перед подачей питания на цепи. В ходе тщательной визуальной инспекции обнаруживаются дефекты, которые можно устранить до приемочных испытаний и подключения питания. Проведение электрических испытаний или подключение питания при наличии дефектов может вызвать серьезные повреждения. Визуальные инспекции должны включать в себя оценку следующего:

a) правильности внешних соединений;

b) качественного выполнения работ;

c) чистоты;

d) нарушений правил техники безопасности;

e) особых требований по конкретным пунктам.

15.3.2. Все изготовленное согласно техническим требованиям оборудование до поставки должно пройти строгие заводские испытания, и его необходимо проверить визуально сразу после получения в целях выявления повреждений при транспортировке.

15.4. Инспекция Кабелей, Соединителей и Разделительных Трансформаторов

Выводы первичной и вторичной обмоток трансформаторов должны поставляться с заводскими литыми соединителями. Визуальная инспекция этих элементов при установке особенно важна, поскольку незначительные порезы, вмятины или неправильное обращение могут вызвать постепенное ухудшение, которое в конечном итоге приведет к полному отказу спустя некоторое время после приемочных испытаний. Данные элементы необходимо проинспектировать в ходе установки с тем, чтобы определить следующее:

a) что соприкасающиеся поверхности литых соединителей при соединении находятся в чистом и сухом состоянии. Данные высоковольтные соединители с чистыми и сухими внутренними поверхностями совместно с изоляционной лентой образуют соединения, равные или превосходящие по качеству обычное высоковольтное сращивание. И наоборот, если их внутренние поверхности влажные или загрязненные, удовлетворительное соединение не может быть обеспечено при любом количестве изоляционной ленты. Для удержания фиксации соединителя и поддержания соединяемых проводов в чистом состоянии рекомендуется обернуть их двумя или тремя витками ленты. Чистота прилегающих поверхностей наилучшим образом может быть обеспечена при сохранении заводских предохраняющих колпачков на месте до момента выполнения окончательного соединения. Стыковочные поверхности соединителей со снятыми колпачками не следует класть на что-либо, прикасаться к ним или дышать на

них. В случае необходимости разбора соединения на разъединенные соединители следует немедленно надеть колпачки;

b) что соединители полностью соединены друг с другом. После первоначального соединения давление оставшегося воздуха может привести к частичному разъединению штыревого и гнездового соединителей. В таком случае необходимо подождать в течение нескольких секунд, а затем соединить их снова. Для удержания их в таком положении используйте два или три витка ленты;

c) что кабели не перерезаны лопатами, не перекручены, не раздавлены колесами транспортных средств, не помяты камнями или повреждены каким-либо другим образом в ходе работы с ними и монтажа;

d) что кабели заложены в землю на определенную глубину ниже выровненного уровня и выполнены все другие требования по их монтажу;

e) что кабели непосредственно не пересекают друг друга и разнесены на требуемое расстояние;

f) что под кабелями и над ними уложен просеянный материал и что с ними не соприкасаются камни или булыжники;

g) что кабели не имеют резких перегибов в тех местах, где они входят в кабелепровод (или выходят из него), и уложены на утрамбованную землю таким образом, что последующая осадка не приведет к образованию резких перегибов.

15.5. Инспекция Стабилизаторов Постоянного Тока

Необходимо выполнять инспекцию каждого стабилизатора постоянного тока, с тем чтобы установить отсутствие трещин на фарфоровых изоляторах и повреждений при транспортировке, правильность соединений, свободную работу переключателей и реле и отсутствие их сцепления или блокировки, правильность выбора предохранителей (если они требуются) и соответствие норме уровня масла в маслонаполненных стабилизаторах. Для данной инспекции необходимо снять только крышки релейной панели. Нет необходимости открывать основной бак маслонаполненных стабилизаторов. Необходимо выполнять требования, указанные на крышке смотрового люка стабилизатора. После завершения инспекции и испытаний следует произвести очистку всех крышек и плотно установить их на место.

15.6. Инспекция Огней и Маяков

Необходимо провести инспекцию с целью убедиться в том, что цвет, число и расположение огней соответствуют монтажным чертежам. Следует произвести инспекцию каждого огня, с тем чтобы убедиться в его эксплуатационной пригодности, отсутствии разрушения или растрескивания стекла, установке правильного типа ламп и его надлежащем выравнивании, и направлении.

15.7. Инспекция Различных Компонентов

Такие компоненты, как панели управления, релейные шкафы, приборные доски и т. д. следует визуально проинспектировать, с тем чтобы убедиться в отсутствии повреждений, правильности выполнения соединений, правильности выбора предохранителей и автоматических выключателей и соблюдении монтажных чертежей.

15.8. Испытание Системы в Рабочих Условиях

После проведения инспекции компонентов и цепей в соответствии с указаниями, приведенными в предшествующих пунктах, необходимо провести испытание всей системы следующим образом:

a) каждый переключатель на пультах светотехнического оборудования в диспетчерском пункте управления должен быть приведен в действие так, чтобы каждое положение переключателя было достигнуто как минимум два раза. В ходе этого процесса необходимо наблюдать за всеми огнями и электрооборудованием, с тем чтобы

убедиться, что каждый из переключателей надлежащим образом контролирует соответствующую цепь;

b) вышеописанные испытания необходимо повторить с использованием панелей альтернативной станции управления (в будке для электрооборудования), а затем еще раз повторить с использованием местных переключателей управления на стабилизаторах;

c) необходимо провести испытание каждой цепи огней путем включения ее при максимальной интенсивности минимум на 6 часов. Следует произвести визуальную инспекцию в начале и в конце данного испытания, с тем чтобы убедиться в том, что на полную мощность работает правильное число огней. Уменьшение силы света некоторых или всех огней в цепи свидетельствует о замыканиях на землю. Кроме того, следует произвести измерение напряжения на зажимах лампы по крайней мере одного огня в каждой параллельной цепи, с тем чтобы подтвердить, что оно находится в пределах ±5 % от номинального напряжения, указанного на лампе.

15.9. Электрические Испытания Оборудования Последовательных Цепей

15.9.1. Электрические испытания способствуют определению приемлемости качества установки и соответствия характеристик эксплуатационным требованиям. Ряд испытаний предусматривает использование цепей высокого напряжения и проведение измерений в них. Эти испытания должны проводиться только квалифицированным персоналом, знакомым с работающим при высоком напряжении электрооборудованием, а также с правилами техники безопасности, которые должны соблюдаться.

Электрические испытания кабеля

15.9.2. Кабели, непосредственно закладываемые в землю (т. е. прокладываемые не в трубах), должны испытываться до и после засыпки траншеи. Каждую подземную цепь следует испытывать следующим образом.

15.9.3. Каждую последовательную цепь следует испытывать на предмет целостности с использованием омметра или эквивалентным методом. Затем следует проверить сопротивление цепи относительно земли с помощью подходящего испытательного оборудования, с тем чтобы подтвердить отсутствие замыканий на землю. Необходимо установить местоположение выявленных в ходе данных испытаний повреждений и устранить их до перехода к испытаниям при высоком напряжении.

15.9.4. Перед началом любых работ подрядчик должен провести испытания сопротивления изоляции на всех цепях, которые будут затронуты в рамках работ, включая другие цепи, проходящие через соответствующий кабельный канал, смотровой колодец или трансформаторный кожух, в целях определения первоначального состояния. После завершения работ испытания должны быть проведены повторно с целью подтверждения отсутствия негативных изменений. От подрядчика также может потребоваться провести испытания сопротивления изоляции на установленных цепях в течение гарантийного срока.

15.9.5. Для определения полной изоляции от земли каждую вновь устанавливаемую последовательную цепь необходимо подвергнуть испытаниям при высоком напряжении. По возможности эти испытания следует проводить в условиях, когда земля тщательно пропитана водой, так как опыт показал, что цепи, прошедшие испытания на сопротивление изоляции при сухой погоде, могут отказать после сильного дождя. Каждую цепь, включая подсоединенные трансформаторы, необходимо испытывать следующим образом:

a) В будке для электрооборудования отсоедините от выходных клемм стабилизатора оба провода. Установите оба провода таким образом, чтобы между оголенными проводниками и землей имелось несколько дюймов воздушного пространства. Убедитесь в том, что оболочка кабеля очищена и находится в сухом состоянии на расстоянии по крайней мере в 30 см от его конца. Убедитесь также в том, что освобожденная изоляция на каждом конце кабеля является чистой и сухой.

b) Проведите испытание каждой цепи сразу после монтажа в соответствии со значениями в столбце "Первое испытание новых цепей" таблицы 15-1. Проведите испытание каждой цепи, установленной 60 или более дней назад, даже если она не эксплуатировалась, в соответствии со значениями в столбце "Последующие испытания и старые цепи".

c) Соедините оба проводника и приложите между ними и землей указанное ниже испытательное напряжение в течение пяти минут.

d) Когда производится расширение старых цепей, испытывайте только новые участки в соответствии со значениями в столбце "Первое испытание новых цепей". Испытайте всю цепь при уменьшенном напряжении, чтобы убедиться в надежном функционировании.

e) Максимально допустимое значение тока утечки в микроамперах не должно превышать значений, рассчитанных согласно п. 15.9.8.

Таблица 15-1. Испытательные значения сопротивления изоляции для полевых цепей

	Первое испытание новых цепей	*Последующие испытания и старые цепи*
Огни приближения (цепи напряжением 5 кВ)	9000 В	5000 В
Огни зоны приземления и осевой линии (цепи напряжением 5 кВ)	9000 В	5000 В
Посадочные огни ВПП HI (цепи напряжением 5 кВ)	9000 В	5000 В
Огни ВПП и РД MI (цепи напряжением 5 кВ)	6000 В	3000 В
Цепи напряжением 600 В	1800 В	600 В
HI – высокой интенсивности MI – средней интенсивности		

15.9.6. Испытания по таблице 15-1 следует проводить, используя подходящий высоковольтный тестер с устойчивым и отфильтрованным выходным напряжением постоянного тока. Для получения значений приложенного к цепи напряжения и тока утечки в изоляции необходимо, чтобы высоковольтный тестер включал в себя точные вольтметр и микроамперметр.

15.9.7. Эти испытания необходимо проводить под тщательным наблюдением квалифицированного персонала, который должен проконтролировать, что не используются слишком большие значения напряжения.

15.9.8. В ходе последней минуты испытаний при высоком напряжении для каждой полной цепи необходимо произвести измерение тока утечки в изоляции в микроамперах, который не должен превышать значения, рассчитываемого для каждой цепи следующим образом:

a) сделайте поправку на 2 мкА для каждого последовательного трансформатора;

b) сделайте поправку на 1 мкА для каждых 100 м кабеля (данное значение включает поправки на нормальное число соединителей и сростков проводов);

c) сложите полученные значения для определения полной допустимой утечки в микроамперах для каждой полной цепи.

15.9.9. Если ток утечки превышает значение, рассчитанное согласно указанному выше, следует разделить цепь на секции и повторить испытание для каждой из них. Дефектные компоненты следует выявлять и ремонтировать или заменять до тех пор, пока вся цепь не пройдет испытание.

15.9.10. Убедитесь в том, что испытательное напряжение, указанное в п. 15.9.5 b), действительно подается на цепь во время проведения измерения тока утечки. Значение напряжения должно быть отрегулировано таким образом, чтобы вольтметр показывал желаемое значение до выполнения измерения тока утечки. Если возникают сложности с получением необходимого значения напряжения, значит, испытываемая цепь или испытательные приборы имеют дефекты, которые следует устранить, прежде чем продолжать испытание.

15.9.11. Для новых цепей сразу после прохождения ими испытаний при высоком напряжении необходимо произвести измерение сопротивления изоляции с помощью испытательного оборудования, используемого службой технического обслуживания аэродрома. Показания, полученные при данном измерении, в дальнейшем могут использоваться в ходе технического обслуживания для сравнения с будущими значениями с целью определения состояния цепи. В ходе испытания необходимо зафиксировать окружающую температуру и метеоусловия.

ПРИМЕЧАНИЕ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ. *После проведения испытания всегда оставляйте проверяемый кабель замкнутым накоротко на время, в 5-10 раз превышающее время приложения испытательного напряжения. Энергия, поглощаемая при пропускании тока, аккумулируется в диэлектрике и приведет к появлению напряжения в кабеле после его отсоединения от источника высокого напряжения даже в случае его замыкания накоротко в течение некоторого времени.*

15.10. Электрические Испытания Других Кабелей

Силовые кабели, рассчитанные на 5000 В и более

15.10.1. Испытания силовых кабелей следует производить с использованием методов, описанных в п. 15.9.5, за исключением того, что кабели, рассчитанные на 5000 В, необходимо испытывать при значении напряжения в 10 000 В, а силовые кабели, рассчитанные более чем на 5000 В, следует испытать при удвоенном значении номинального напряжения плюс 1000 В. Эти испытания следует производить между проводниками, а также между проводниками и землей при заземлении экрана и брони кабелей в течение периода времени не менее 1 мин после того, как стабилизируются показания приборов. Минимальное приемлемое значение сопротивления составляет 50 мегом. Первоначальные значения изоляционных характеристик кабеля были значительно уменьшены до указанного значения в 50 мегом, с тем чтобы учесть поправку на длину кабеля, старение изоляции проводника и ряд других факторов, которые могут оказать влияние на результаты испытаний, как до, так и после установки. За исключением случаев, когда длина кабеля значительно превышает 3000 м, не следует принимать в расчет уменьшение указанного значения сопротивления изоляции. Следует провести испытание для проверки целостности экрана или брони кабеля. При этом может использоваться прибор типа омметра.

Примечание. *Показания сопротивления изоляции будут неправильными до тех пор, пока кабель не будет полностью нагружен измерительным прибором.*

Вторичный силовой кабель, рассчитанный на 600 В и менее

15.10.2. Вторичные силовые кабели, рассчитанные на 600 В и менее, которые используются для световой и силовой проводки, должны иметь сопротивление между проводниками и между проводниками и землей не менее 50 мегом, когда измерения производятся при напряжении постоянного тока не менее 500 В.

Контрольные и телефонные кабели

15.10.3. После установки эти кабели должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 15-2.

Таблица 15-2. Послемонтажные требования к минимальному числу проводников

Размер кабеля	*Минимальное число приемлемых проводников*
12 пар проводников или менее	Все
От 12 до 25 пар проводников включительно	Все, за исключением одной пары
Более 25 пар проводников	Все, за исключением двух пар

15.10.4. Приемлемыми признаются проводники, успешно прошедшие испытания на целостность и отсутствие коротких замыканий и имеющие сопротивление между проводниками и между каждым проводником и заземленным экраном не менее 50 мегом при проведении испытания при напряжении постоянного тока не менее 500 В.

Коаксиальные кабели

15.10.5. Радиочастотные кабели следует до установки испытывать на изоляцию и сопротивление контура и фиксировать результаты испытаний. Испытание на изоляцию необходимо проводить между центральным проводником и экраном с использованием прибора, обеспечивающего 500 В постоянного тока. Испытание на сопротивление контура необходимо проводить аналогичным вышеуказанному способом, но при этом центральные проводники должны быть замкнуты накоротко на экран в дальнем конце кабеля. Данное испытание может проводиться с помощью шунта, омметра или другого соответствующего прибора. После установки сопротивление между проводником и экраном и между проводником и землей должно превышать 50 мегом при проведении измерений при напряжении в 500 В постоянного тока. Необходимо, чтобы сопротивление контура находилось в пределах ±10 % от измеренных до установки значений, т. е. измеренного сопротивления на 1000 м кабеля на катушке, умноженного на каждые 1000 м и неполную часть этого отрезка установленной длины кабеля. Следует также измерить сопротивление между экраном и землей и зафиксировать результат.

Герметичный коаксиальный кабель

15.10.6. По завершении установки кабеля необходимо произвести следующие испытания:

a) Электрическое испытание. Следует использовать высоковольтный прибор для измерения сопротивления изоляции, оборудованный измерителем утечки тока в микроамперах, и приложить напряжение 3000 В постоянного тока между внутренним и внешним проводниками как минимум на три минуты. Во время приложения указанного напряжения должен отсутствовать какой-либо заметный ток между проводниками после стабилизации величины нагружающего тока.

b) Испытание газообразным азотом. Необходимо ввести в кабель азот при указанном давлении и закрытом клапане перепуска газа и зафиксировать при этом значение температуры окружающего воздуха. Следует провести последовательно шесть измерений давления с разницей в 1 ч и зафиксировать их результаты. Спустя примерно 24 ч после проведения шестого измерения следует провести седьмое измерение. Если изменения давления газа обусловливаются только колебаниями температуры окружающего воздуха, данную длину кабеля можно считать приемлемой. Следует использовать коэффициент коррекции по температуре, равный 0,017 на один 1 °C.

15.11. Электрические Испытания Стабилизаторов

15.11.1. Следует произвести проверку подаваемого напряжения и отвода входного напряжения стабилизатора для установления их соответствия.

15.11.2. При отсутствии нагрузки следует один раз подать напряжение на стабилизатор и проконтролировать устройство защиты от обрыва цепи, с тем чтобы убедиться в том, что он отключает стабилизатор в течение 2-3 с:

a) Подсоедините цепь нагрузки после ее проверки на обрывы и замыкание на землю, как описано в главе 8, и проведите инспекцию, чтобы убедиться в правильности подключения ламп ко всем трансформаторам.

b) При помощи вольтметра и амперметра, погрешность максимального показания которых не превышает ±1 %, произведите одновременное измерение входного напряжения и выходного тока (подсоедините амперметр к клеммам включенного в выходную цепь стабилизатора разделительного трансформатора) для каждого из регулирующих силу тока отводов.

c) Используйте записывающий вольтметр или фиксируйте значения в течение как дня, так и ночи с достаточными интервалами для получения среднего значения напряжения питания.

d) Если стабилизатор имеет отводы входного напряжения, выберите тот из них, который наиболее близко соответствует среднему значению напряжения питания. Для каждого из регулирующих силу тока отводов выходной ток должен находиться в пределах ±2 % от указанных изготовителем значений после выполнения необходимой коррекции напряжения питания.

15.11.3. В каждом из стабилизаторов тока, которые имеют отводы входного напряжения, выходной ток будет изменяться пропорционально изменениям входного напряжения. Если на рассчитанный на 2400 В отвод подается напряжение в 2350 В, величина выходного тока должна быть на 2 % ниже указанных изготовителем значений.

15.11.4. Стабилизаторы, которые имеют автоматическую коррекцию напряжения питания вместо выбора отводов на входе, не изменяют величину выходного тока при изменении напряжения питания:

a) Если величина полного выходного тока отличается более чем на 2 % от указанных изготовителем величин (при отсутствии перегрузки стабилизатора), необходимо выполнить проверку внутренней регулировки согласно указаниям, содержащимся на установленной на стабилизаторе табличке с инструкцией. Так как данная регулировка сопряжена с определенными сложностями, рекомендуется не проводить ее в том случае, если отклонение не превышает ±5 % при более низких значениях силы тока.

b) Кроме того, необходимо провести проверку для определения того, не была ли регулировка изменена умышленно с учетом нестандартных местных требований к выполнению полетов.

15.12. Электрические Испытания Другого Оборудования

Проведите измерения входного и выходного напряжения и тока и определите величины нагрузки в подключенных цепях. Сверьте полученные значения напряжений и нагрузок с величинами, указанными изготовителем для данного вида оборудования. Зафиксируйте результаты этих измерений для использования в дальнейшем в качестве справочных данных при техническом обслуживании или модификации цепи.

15.13. Испытания Системы Контроля

Если после завершения вышеописанных испытаний система огней работает в соответствии с техническими условиями, необходимо выполнить испытание систем контроля путем моделирования таких отказов, как обрывы цепей, короткие замыкания, замыкания на землю, отказы огней и потеря электроснабжения как в светотехнических, так и в управляющих цепях, наблюдая при этом за функционированием приборов контроля. Неспособность обнаруживать отказы должна быть исправлена до проведения приемки всей системы.

НАМЕРЕННО НЕЗАПОЛНЕННАЯ СТРАНИЦА

16. ПОРЯДОК ВЫЯВЛЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

16.1. Общие Положения

В настоящей главе содержится описание основных процедур выявления и устранения неисправностей во всех видах последовательных цепей светотехнического оборудования аэропортов. Две из этих процедур представляют собой эксплуатационные испытания, при которых на CCR подается электропитание. Оставшиеся две процедуры описывают методы испытаний с использованием специального оборудования.

16.2. Безопасность

16.2.1. Соображения безопасности имеют первостепенное значение для работы с системами аэродромных огней, в особенности основанных на последовательных цепях:

a) Диагностические испытания, описанные в данной главе, могут предполагать работу с очень опасными напряжениями. В целях защиты персонала и имущества необходимо соблюдать правила техники безопасности.

b) Персонал, выполняющий процедуры испытаний и диагностики неисправностей, должен иметь опыт проведения испытаний высоким напряжением и работать под надлежащим контролем. Весь обслуживающий персонал должен пройти тщательную подготовку по выполнению процедур оказания неотложной помощи при поражении электрическим током.

Примечание. *Планируемые процедуры выявления и устранения неисправностей должны быть проверены на соответствие местным правилам техники безопасности.*

16.2.2. Оборудование большинства аэропортовых визуальных средств подвержено влиянию погодных условий и может представлять опасность поражения электрическим током в случае повреждения молнией или нарушения изоляции электрического кабеля в результате внешнего воздействия. Начинайте выполнение процедур технического обслуживания только после проведения визуального осмотра в целях выявления возможных опасностей. Ввиду опасностей, связанных с молнией, включенные аэронавигационные средства не должны обслуживаться в периоды местной грозовой активности. Каждый аэропорт должен разработать и внедрить порядок действий на случай аварии. Готовые планы действий позволяют сэкономить драгоценные секунды для предоставления медицинской помощи получившим травмы сотрудникам. Следует регулярно отрабатывать и пересматривать такие планы действий.

16.3. Первоначальное Исследование Причин Отказа

16.3.1. Последовательные цепи подвержены двум основным видам неисправностей: замыканиям на землю и обрывам:

a) Помните, что последовательная цепь аэродромных огней, питаемая от стабилизатора постоянного тока, является незаземленной системой. Поэтому цепь и CCR будут нормально функционировать с одним замыканием на землю в цепи.

b) Только когда появляется два замыкания на землю и создается "путь короткого замыкания", ток начинает проходить через землю вокруг световой нагрузки и секция огней отключается. В случае обрыва в первичной цепи возбуждения ток не может проходить, и вся цепь отключается.

16.3.2. Помимо неисправностей в цепи, возможно короткое замыкание обмоток трансформатора AGL. Помните, что даже несмотря на то, что эти трансформаторы часто называют изолирующими, они не обеспечивают изоляцию для защиты персонала. Короткозамкнутый трансформатор не обязательно вызывает отказ цепи, и это состояние может остаться незамеченным при нормальной работе с первичным напряжением на вторичной обмотке.

16.3.3. Это состояние короткозамкнутого трансформатора особенно опасно при работе с углубленными огнями и снятии их с оснований, когда цепь находится под напряжением. Когда болты огня вывинчены, и он поднят с основания, электротехник становится низкоомным путем для тока на землю. Конструкция огня должна включать заземляющую перемычку, как показано на рис. 16-1, которая уменьшает эту опасность за счет соединения днища огня с заземляющим наконечником на внутренней стороне основания. Если огонь снят с основания, как показано на рис. 16-1 b), перемычка продолжает обеспечивать заземление. Однако вы не можете знать, действительно ли она подсоединена, пока не снимете огонь, а тогда может быть уже поздно. Также учтите, что если надземный огонь оторван от опоры, но по-прежнему подсоединен, как показано на рис. 16-1 a), то при поднятии огня защита отсутствует. Всегда работайте в изоляционных перчатках.

16.3.4. Заземление одного конца вторичной обмотки существенно уменьшает опасность в отношении надземных огней, оторванных от опоры, но это опять-таки зависит от того, действительно ли заземление подсоединено. Лучше всего соблюдать осторожность и отключать цепь перед заменой лампы или снятием огня. Аналогичным образом, не следует поднимать опрокинутые надземные огни, когда цепь находится под напряжением.

16.3.5. Стабилизаторы постоянного тока мощностью свыше 10 кВт должны оснащаться средствами защиты от обрыва цепи, которые отключают CCR в течение двух секунд после прерывания прохождения тока. Однако большинство изготовителей оснащают такими защитными средствами все свои CCR. При наличии сомнений обратитесь к руководству по эксплуатации вашего CCR. Обрывы цепей могут иметь место одновременно с замыканиями на землю, и, если CCR способен развить достаточное напряжение для преодоления существующего сопротивления в цепи, он создаст электрический ток и продолжит работу.

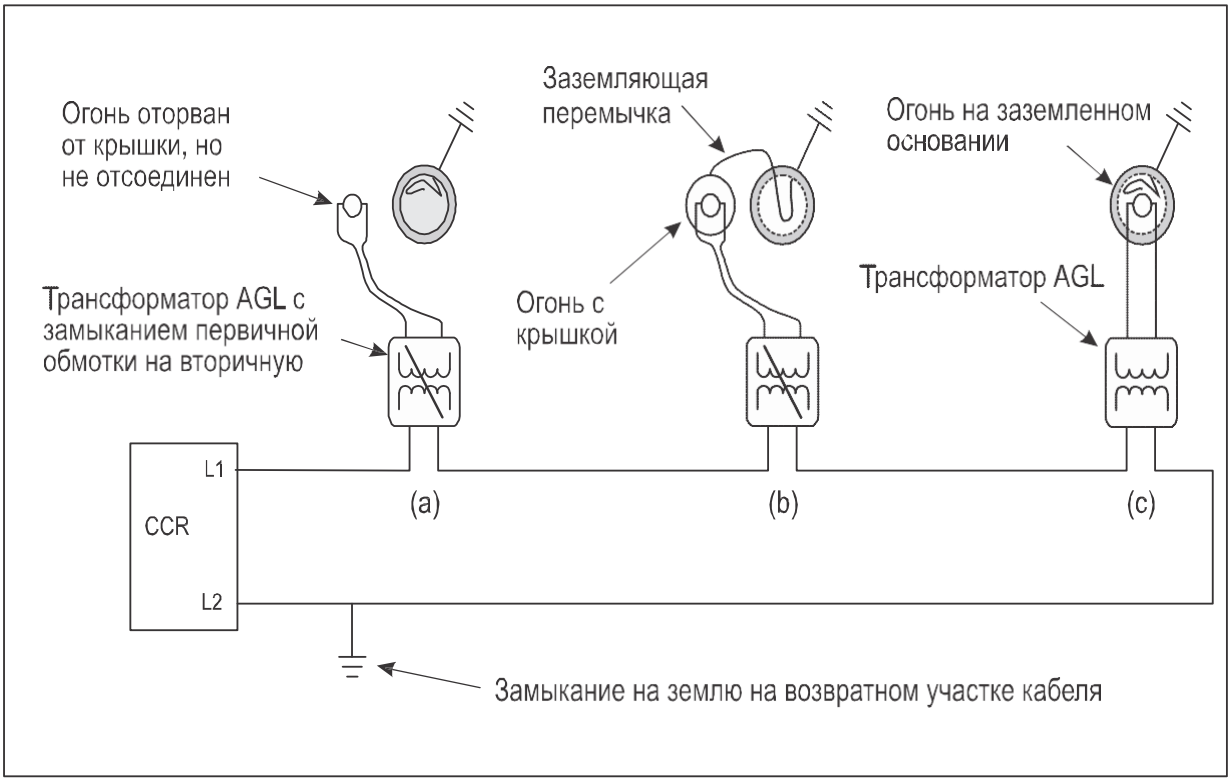


Рис. 16-1. Опасные замыкания разделительного трансформатора/цепи на землю

16.3.6. В большинстве случаев мы узнаем о неисправности в цепи огней из сообщения диспетчерского пункта или из оперативного отчета. Иногда неисправность бывает замечена электротехником, выполняющим плановую ежедневную инспекцию ВПП или проверку огней. В

любом случае наблюдается отключение секции огней или прекращение функционирования всей цепи:

a) Первый шаг в первоначальном исследовании причин отказа состоит в проведении быстрой визуальной инспекции затронутой системы огней на аэродроме. Это позволит установить, отключилась ли вся цепь или неисправна только часть огней, подключенных к определенной цепи. Эта проверка дает электротехнику ясное представление о возможной причине отказа.

b) Если отключилась вся цепь, проблема может заключаться в обрыве полевой проводки или в неисправности CCR. Если отключилась только часть огней в цепи, вероятнее всего, проблема возникла из-за замыкания на землю в обоих концах участка цепи. Помните, что если причиной отказа является замыкание на землю в полевой цепи, то чем дольше цепь остается под напряжением, тем большее повреждение будет нанесено в местах замыкания на землю в результате дугообразования.

16.3.7. После того как будет выявлена конкретная неисправная цепь, в будке для электрооборудования может быть определен стабилизатор, подающий напряжение на эту цепь. Переведите переключатель местного управления в выключенное положение и отключите и заблокируйте электропитание стабилизатора. При наличии автоматического выключателя отсоедините выключатель и отделите его ножевые контакты на полевой стороне выключателя. Это позволит вам проверить как целостность, так и сопротивление изоляции полевой цепи. После отделения концов полевой цепи или отсоединения хотя бы одного конца полевой цепи от стабилизатора подготовьтесь к проведению измерения для определения целостности цепи.

16.3.8. Стабилизатор может быть оборудован изолятором для отключения нагрузки и проверки (LDT). Замена пластины "Цепь в эксплуатации" пластиной "Цепь на проверке" приведет к короткому замыканию выходных клемм стабилизатора и его отсоединению от полевой цепи.

16.3.9. При использовании авометра (VOM) первый шаг состоит в установке прибора на шкалу R x 1 и обнуление показаний (если используется цифровой (DMM), эти действия не требуются). Это осуществляется путем установки авометра на желаемую шкалу (в данном случае R x 1) и соприкосновения двух проводов прибора друг с другом. Убедитесь, что провода вставлены в соответствующие гнезда прибора (на большинстве VOM это гнезда "+" и "общее"), и отрегулируйте положение ручки "ноль ом" так, чтобы стрелка прибора оказалась на нулевой точке (как правило, на правой стороне шкалы). После выполнения этой регулировки измерьте сопротивление в полевой цепи, выполнив проверку между двумя отельными проводами полевой цепи.

a) Если измерение показывает нарушение целостности цепи, проверьте наличие замыкания на землю на каждой стороне цепи, а затем перейдите к разделу 16-5 "Обнаружение отказов, связанных с обрывом цепи".

b) Если измерение показывает целостность цепи (имеется измеримая величина сопротивления - обычно от 20 до 70 Ом), значит, обрыва цепи нет.

c) Если получено значительно более высокое значение сопротивления (1000 Ом и более), значит, произошло высокоомное размыкание цепи. Часто это свидетельствует о неисправности первичной обмотки трансформатора, которая еще не полностью перегорела. Также это может произойти вследствие обрыва кабеля, оба конца которого соприкасаются с землей.

16.3.10. Если сопротивление в кольцевой цепи находится в пределах нормы, проверьте далее сопротивление относительно земли от каждого конца цепи до земли.

a) Если определяется какое-либо сопротивление относительно земли при установке прибора на R x 1, значит, имеется одно или несколько низкоомных замыканий на землю, и дальнейшие процедуры выявления неисправностей должны выполняться в поле.

b) Если авометр показывает отсутствие целостности (стрелка не движется) при проверке сопротивления относительно земли, установите прибор на шкалы R x 100 и R x 10 000, соответственно, и после обнуления показаний проверьте наличие замыкания на землю на этих двух шкалах. Помните, что положительный (красный) провод всегда должен подсоединяться к испытываемой цепи или проводнику, а отрицательный (черный) провод - к земле. Также учтите, что при использовании шкалы R x 10 000 простое касание проводов прибора пальцами приведет к появлению показаний. Большинство замыканий на землю, достаточно серьезных, чтобы вызвать отключение огней, покажут сопротивление относительно земли менее 1000 Ом, обычно даже менее 100 Ом, и их легко можно будет определить по шкале R x 1.

c) Если при использовании VOM или DMM в цепи не обнаружено замыканий на землю, используйте для проверки цепи измеритель сопротивления изоляции. Измерители сопротивления изоляции работают при значительно более высоких напряжениях (от 500 до 5000 В) и более полезны для обнаружения высокоомных замыканий на землю.

16.3.11. Если в полевой цепи не обнаружено никаких проблем, следующим шагом является попытка подать электропитание на CCR при помощи ручного регулятора на его передней панели:

a) После повторного подключения полевой цепи к CCR или повторной установки автоматического выключателя и подачи основного питания на стабилизатор начните с установки переключателя в положение 1 и проверьте, включился ли CCR.

b) Если стабилизатор не включился, проблема может заключаться в сработавшем прерывателе или перегоревшем предохранителе, и вам следует далее проверить правильность входного напряжения CCR.

c) Если CCR включается примерно на 2 с, а затем отключается, вероятной неисправностью является обрыв цепи или отказ схемы защиты от сверхтоков в CCR.

d) Если проблем в полевой цепи не выявлено, отсоедините и заблокируйте основной источник питания CCR, проведите проверку на короткое замыкание, замкнув выход стабилизатора накоротко при помощи провода с достаточной допустимой токовой нагрузкой (сечением, например, 6 мм2, или № 10 AWG) и снова проверьте функционирование стабилизатора.

e) Если стабилизатор по-прежнему отключается через несколько секунд, значит, имеется внутренняя проблема в стабилизаторе или его органах управления. Обратитесь к руководству по эксплуатации и техническому обслуживанию CCR для получения конкретных указаний по выявлению и устранению неисправностей.

16.3.12. Если CCR остается включенным и, по видимости, работает нормально на установке минимальной яркости, продолжайте переключать ступени яркости, следя за повышением выходного тока на измерительном приборе, до достижения максимальной яркости, то есть до ступени 3 или 5 в зависимости от типа стабилизатора. Если стабилизатор выдает нормальный выходной ток на низких ступенях, но на высшей ступени величина тока низкая, возможно, что стабилизатор перегружен или в полевой цепи слишком высокая индуктивность.

16.3.13. Проведите проверку на короткое замыкание стабилизатора, выключив стабилизатор и отсоединив, и заблокировав его основное питание. Затем подсоедините провод сечением 6 мм^2 (№ 10 AWG) параллельно выходу и снова включите питание стабилизатора. Если стабилизатор работает нормально с замкнутым накоротко выходом, это означает наличие перегрузки в полевой цепи. Если к полевой цепи не было подключено дополнительных нагрузок, проверьте, нет ли перегоревших ламп, или разомкните вторичные соединения на полевых трансформаторах. Современные стабилизаторы должны выдерживать до 30 % трансформаторов AGL, работающих на холостом ходу. Устаревшие модели стабилизаторов способны выдерживать только 10 %. При наличии большого количества работающих на холостом ходу трансформаторов на выходе стабилизатора увеличивается индуктивная нагрузка на стабилизатор, что приводит к его ненормальной работе и очевидной перегрузке во

многих случаях. Одной из причин этого состояния может быть удар молнии, вызвавший перегорание большого числа ламп в цепи.

16.4. Обнаружение Замыкании на Землю В Поле

16.4.1. После того как было установлено, что цепь замкнута на землю, процедуры выявления неисправностей могут быть перемещены в поле. Помните, что, если отключился участок огней в цепи, это ВСЕГДА означает, что в цепи имеется как минимум два коротких замыкания или замыкания на землю.

Примечание. *В целях упрощения описания представленная система огней имеет только одну цепь. Если система основана на двух перемежающихся цепях, в неисправном участке отключится или потускнеет каждый второй огонь.*

a) На данном этапе цепь может находиться под напряжением, и может быть проведена визуальная инспекция с целью обнаружения мест неисправностей. Если цепь имеет простую петлевую конфигурацию, визуальная инспекция в некоторых случаях может быть эффективным средством обнаружения проблемы.

b) Желательно, чтобы в будке для электрооборудования находился сотрудник с рацией, которому сразу после обнаружения зон перехода от рабочей к нерабочей части цепи могут передаваться указания об отключении и блокировке стабилизатора для выполнения ремонта.

c) Двигайтесь вдоль цепи, стараясь обнаружить секции отключившихся или очень тусклых огней, и помечайте соответствующие области землемерными флажками или краской в местах последнегогорящего огня и первого погасшего огня, как показано на рис. 16-2. После того как цепь отключена и заблокирована, проверьте огни на каждом конце этих "переходных зон" на предмет перегоревших трансформаторов, соединителей и т. п.

d) Всегда следует помнить, что в цепи будет как минимум два замыкания и они оба должны быть устранены. В некоторых случаях, особенно в случае кабелей, проложенных непосредственно в земле, или когда цепь находилась под напряжением при наличии замыканий на землю в течение длительного времени, возможно возникновение более чем двух замыканий на землю.

16.4.2. Лучшим методом обнаружения замыканий на землю после проведения первоначальной визуальной инспекции является использование для этой цели VOM.

a) Оставьте концы цепи разъединенными в будке для электрооборудования и подвесьте концы кабелей в воздухе, если они отсоединены от автоматического выключателя или другого соединения.

b) Обратитесь к исполнительным планам (при наличии) для нахождения центра цепи и разомкните цепь в этом месте, отсоединив кабель с одной стороны трансформатора (см. рис. 16-3).

c) Снимите показания сопротивления относительно земли в обоих направлениях от этой точки и определите, с какой стороны произошло замыкание. Не исключено, что прибор может показать замыкание с обеих сторон от этой точки или только с одной стороны, так как на одном участке кабеля может быть два или более замыканий.

d) Оставив это соединение разомкнутым (если возможно), перейдите к точке цепи, расположенной примерно посередине между центральной точкой и будкой для электрооборудования в направлении замыкания, и снова разомкните цепь. Как и ранее, снимите показания в цепи в обоих направлениях для определения местоположения замыкания. Продолжайте эти действия до обнаружения и устранения замыкания.

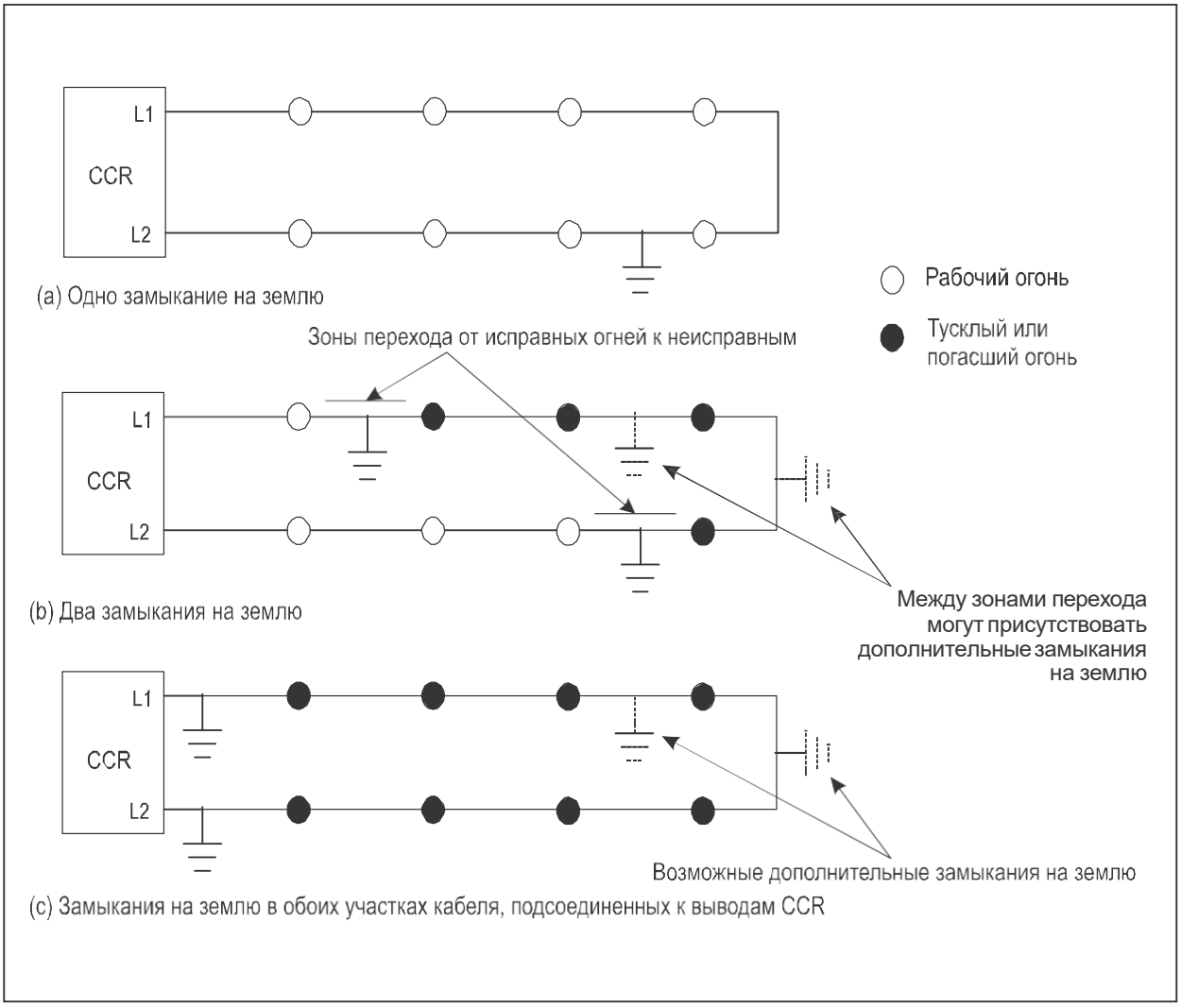


Рис. 16-2. Типичные случаи замыкания на землю

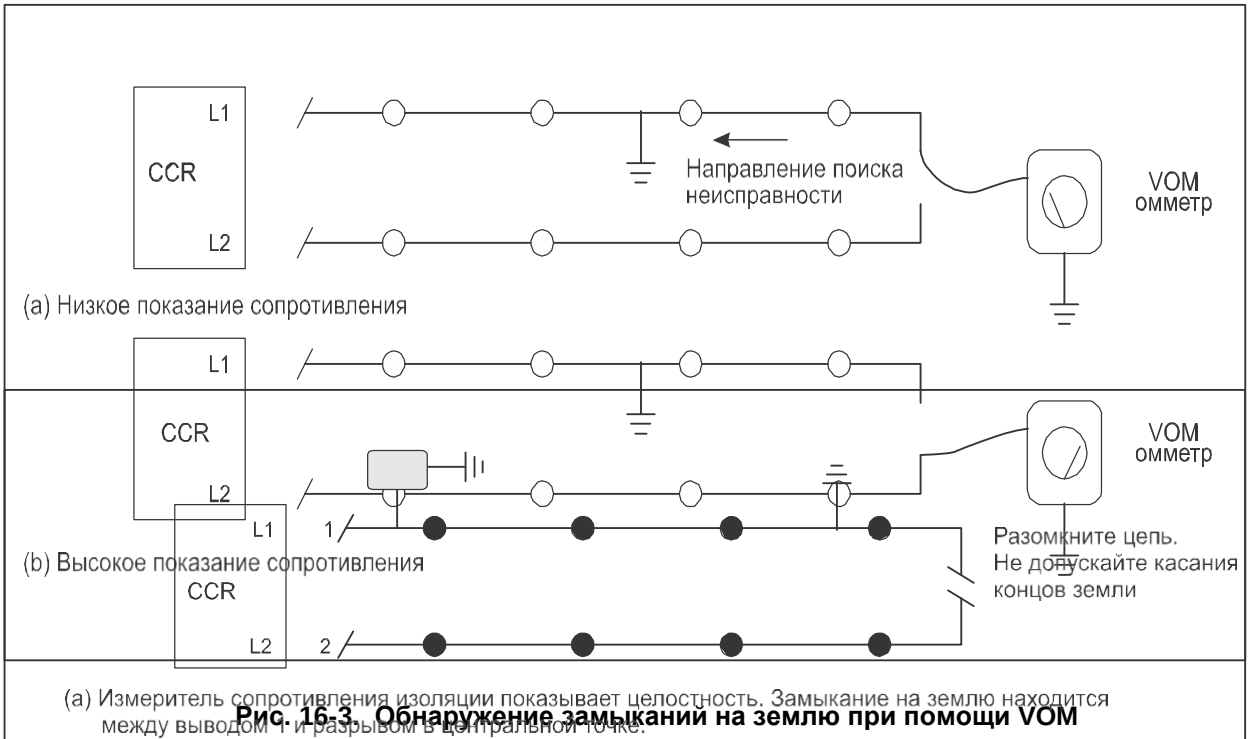


Рис. 16-3. Обнаружение замыканий на землю при помощи VOM

16.4.3. В ходе процесса выявления и устранения неисправностей, когда вы поднимаете трансформатор с основания или с земли (в случае установки непосредственно в земле), вы можете обнаружить, что замыкание исчезло. Если это произошло, значит, замыкание находится в данном трансформаторе, обычно перегоревший трансформатор определяется визуально. Однако в случае короткого замыкания первичной обмотки на вторичную внутри трансформатора очевидных свидетельств этого может не быть. Обратите внимание на огонь, подсоединенный к трансформатору, и проверьте, не перегорело ли гнездо или вилка вторичного провода. Обычно это явный признак замыкания первичной обмотки на вторичную. Замыкание такого рода может быть подтверждено прикосновением одного провода VOM к одному из первичных выводов трансформатора и прикосновением второго провода к одному из гнезд на вторичном соединителе. Если трансформатор замкнут накоротко, прибор покажет целостность цепи. В некоторых случаях проверка между одним из первичных соединителей и внешним корпусом трансформатора покажет существенную утечку из трансформатора на землю. Такую проверку можно выполнить с помощью измерителя сопротивления изоляции для получения лучших результатов. Для проверки целостности изоляции трансформаторов вы также можете погрузить трансформатор в ведро воды и подсоединить положительный провод измерителя сопротивления к одному из первичных выводов, а отрицательный провод - к оголенному проводу, опущенному в ведро. Если прибор покажет утечку, трансформатор считается сомнительным или неисправным в зависимости от показаний. Обычно новые трансформаторы должны показывать значение свыше 1000 мегом, а, чем старее трансформатор, тем меньшее значение он показывает (см. рис. 16-4).

Рис. 16-4. Альтернативный метод с использованием VOM или измерителя сопротивления изоляции

16.5. Обнаружение Обрывов Цепи

16.5.1. Обрывы цепи могут успешно обнаруживаться при помощи действий, аналогичных тем, которые используются для обнаружения коротких замыканий или замыканий на землю. Если представляется, что цепь замкнута на землю и в то же время разомкнута, для нахождения неисправностей может использоваться порядок действий, использованный для обнаружения замыканий на землю, так как обрыв цепи и замыкание ее на землю с большой вероятностью будут находиться в одном месте. Во многих случаях кабель, продолжающий

работать после образования замыкания на землю, перегорит на две части. Если первоначальное исследование причин отказа обнаружило обрыв в полевой цепи и цепь, по видимости, не имеет замыкания на землю, отключите и заблокируйте подачу питания на стабилизатор, после чего найдите примерный центр цепи в поле.

ПОДСКАЗКА: *если приборы показывают обрыв цепи, то весьма вероятно, что он находится в месте недавних земляных работ.*

16.5.2. При этом способе поиска неисправностей, когда вы проверяете целостность, полезно соединить концы цепи в будке для электрооборудования посредством автоматического выключателя или другого средства, как показано на рис. 16-5. Таким образом, когда проблема будет устранена, это можно будет проверить путем получения показаний о замкнутости цепи при проведении измерения в любой ее точке.

a) Найдите примерную середину цепи и разъедините цепь у трансформатора, а затем заземлите цепь в обоих направлениях. Проверьте целостность заземления в другой точке цепи, отсоединив трансформатор.

b) Если цепь соединена в будке для электрооборудования и в цепи имеется только один обрыв, вам следует проверить целостность в одном направлении, но не в направлении к заземленной центральной точке цепи.

c) После выявления заземленного провода поручите какому-либо сотруднику в месте соединения в центральной точке создать и разорвать соединение с землей в одном направлении, а затем в другом до установления разомкнутого участка цепи.

d) Затем перейдите к точке, находящейся посередине между вашим текущим местонахождением и заземленной центральной точкой разомкнутого участка кабеля, и вновь проведите измерение. Если на этот раз вы получите показание заземления в направлении центральной точки цепи, то вы будете знать, что обрыв находится позади вас или между вами и последней проверенной точкой. Перемещая точку намеренного заземления и проверяя целостность в каждом участке цепи, вы сможете легко обнаружить место(а) обрыва(ов).

16.6. Отказы, Связанные с Соединением Цепей

16.6.1. Отказы, связанные с соединением цепей, являются обычным явлением для аэродромов с несколькими цепями. Существует два основных вида отказов, связанных с соединением цепей. Первый из них имеет место, когда в двух или более цепях имеются замыкания на землю и/или обрывы, при которых происходит электрическое соединение цепей друг с другом. Отказ второго вида происходит, когда две или более цепей не имеют отказов, но образуют емкостную связь друг с другом.

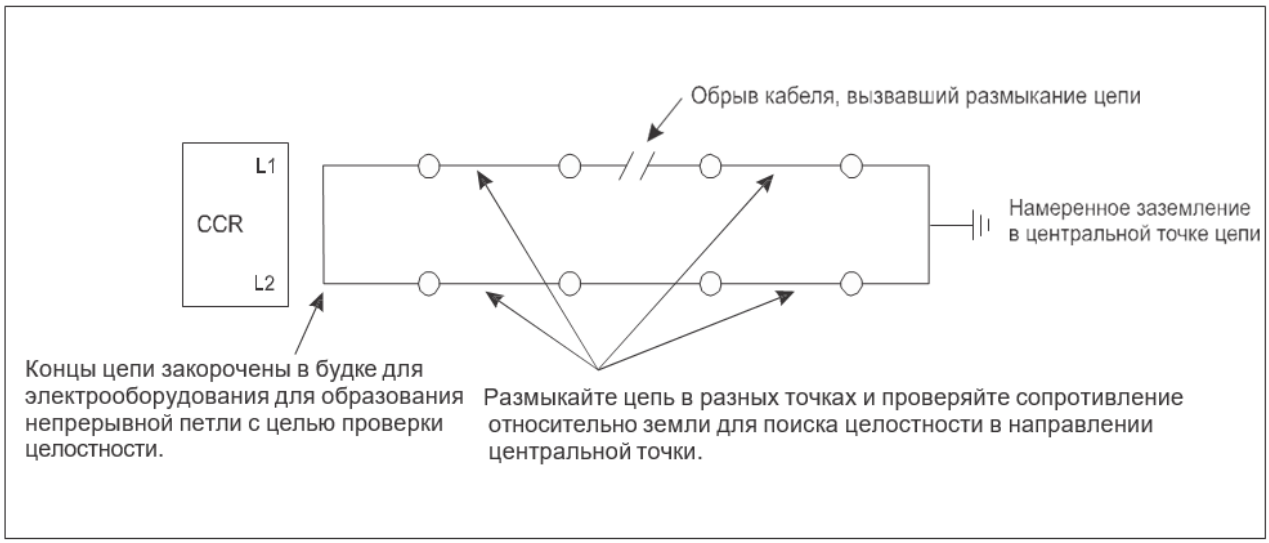


Рис. 16-5. Обнаружение обрывов цепи

16.6.2. Когда в нескольких цепях имеются отказы, приведшие к их соединению, участок первичного кабеля является общим для всех вовлеченных цепей, как показано на рис. 16-6 и 16-7. Наиболее распространенной причиной этой проблемы являются множественные замыкания на землю. Проверка целостности между цепями, в которых подозревается наличие этой проблемы, подтвердит, есть ли между ними электрическое соединение. Для устранения этого состояния отсоедините и изолируйте выводы стабилизатора B, после чего найдите отказ в цепи стабилизатора *A.* Это, как правило, позволяет обнаружить общую зону отказа в обеих цепях.

16.6.3. На рис. 16-7 показано, что может произойти, когда в цепях имеется два коротких замыкания между нагрузками. Учтите, что это состояние влияет на огни таким образом, что участки огней в обеих цепях между двумя короткими замыканиями тускнеют, так как ток разделяется. Если светящиеся огни нагрузки *B* останутся незамеченными, это состояние легко может быть перепутано с симптомами двух замыканий на землю в одной цепи. Выдает это состояние часть огней нагрузки B, которые продолжают гореть. Возбуждение цепи обнаружит зоны перехода от ярких к тусклым огням и местоположения коротких замыканий. Если бы нагрузка между короткими замыканиями нагрузки *A* была намного больше (большее число огней), чем нагрузка между короткими замыканиями нагрузки B, меньшая нагрузка была бы ярче. На рисунке нагрузки между короткими замыканиями равны, и ток равномерно разделен между двумя нагрузками.

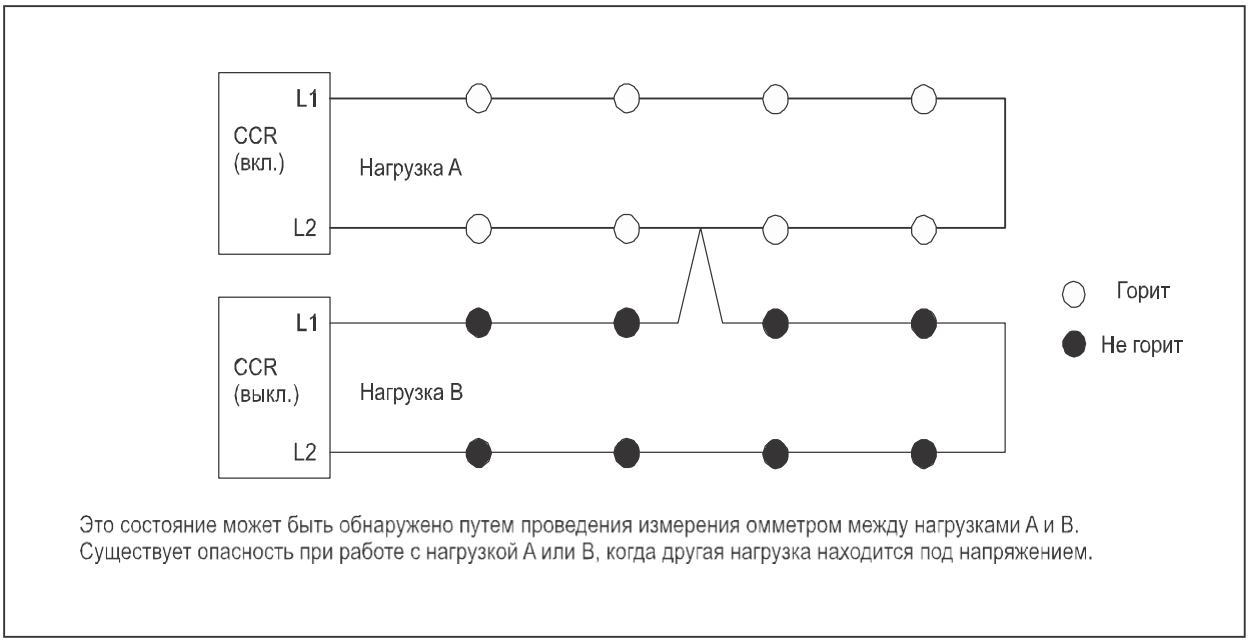


Рис. 16-6. Одно короткое замыкание между нагрузками

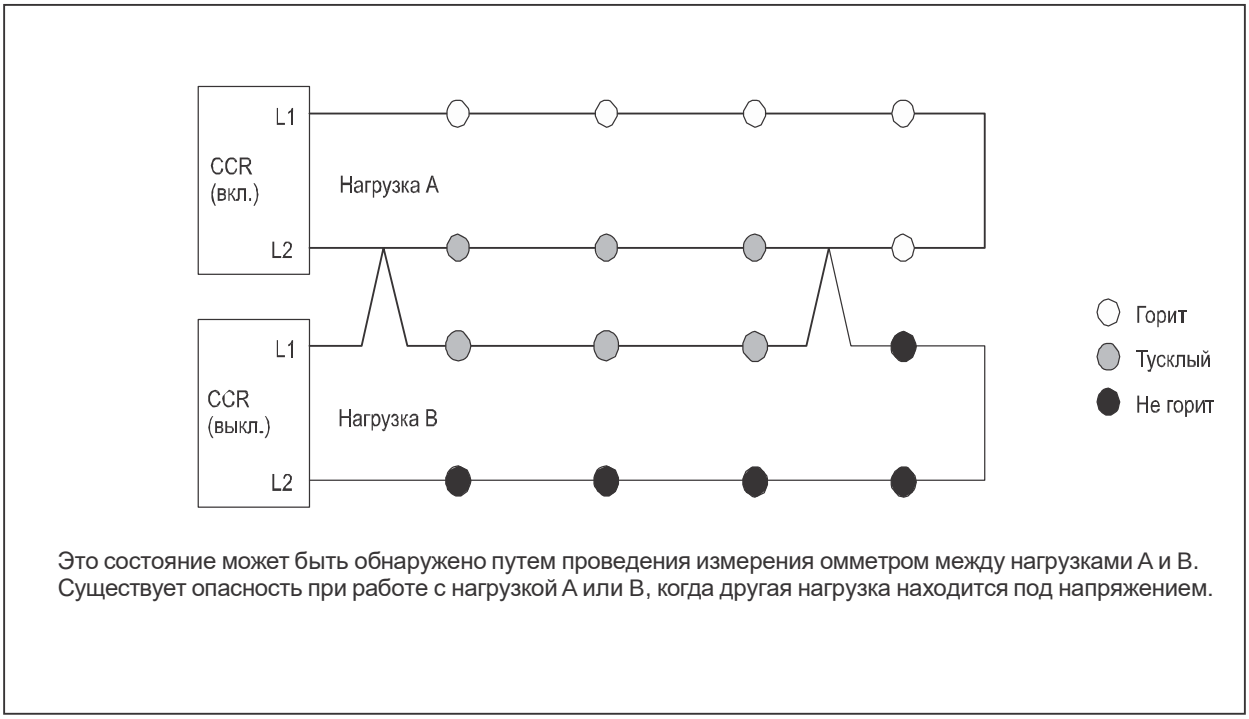


Рис. 16-7. Два коротких замыкания между нагрузками

16.6.4. Отказ в результате образования емкостной связи происходит тогда, когда две или более последовательных цепей проложены параллельно и близко друг к другу. Эта ситуация становится проблемой, если цепи оснащены средствами контроля, так как наведенные токи могут вызывать такие же симптомы, как при замыканиях полевой цепи. Проверка целостности между цепями, в которых подозревается наличие проблемы, подтверждает, что они не соединены друг с другом электрически. Для устранения отказа в результате образования емкостной связи просто поменяйте местами выводные концы одного из вовлеченных стабилизаторов. Это устранит эффект емкостной связи.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

Примечание 1. *Методы и процедуры выявления и устранения неисправностей, описанные в следующих пунктах, предполагают работу с опасными напряжениями и должны осуществляться только квалифицированным персоналом с соблюдением соответствующих правил техники безопасности. Кроме того, имейте в виду, что данный метод, хотя он и бывает в некоторых случаях полезным или необходимым, по сути, представляет собой "разрушительное тестирование" и при бессистемном применении может привести к дополнительным повреждениям в полевой цепи.*

Примечание 2. *Нижеследующий метод выявления неисправностей наилучшим образом может быть охарактеризован как "разрушительное тестирование". Этот метод может использоваться в случаях, когда временные ограничения или затруднения, связанные с использованием омметра или измерителя сопротивления изоляции, делают применение традиционных методов выявления неисправностей нецелесообразным. Примером такого случая могут быть цепи, прокладываемые непосредственно в земле, когда использование традиционных методов выявления неисправностей затруднено и затратно по времени, так как требует выкапывания каждого соединения для выполнения тестирования. Другим случаем, когда может рассматриваться этот способ выявления неисправностей, является выход из строя цепи ВПП; в этом случае большое значение имеет время в связи с нарушением операций воздушного движения на объекте. Использование данного метода требует, чтобы цепь имела очень низкое сопротивление относительно земли в месте отказа, желательно менее 1000 Ом, но чем меньше, тем лучше. Также следует отметить, что маломощные стабилизаторы (10 кВт или менее) могут не развивать достаточное напряжение для того, чтобы быть эффективными.*

16.7. Тестирование с Намеренным Заземлением

Примечание 1. *ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ! Методы и процедуры выявления и устранения неисправностей, описанные в следующих пунктах, предполагают работу с опасными напряжениями и должны осуществляться только квалифицированным персоналом с соблюдением соответствующих правил техники безопасности. Кроме того, имейте в виду, что данный метод, хотя он и бывает в некоторых случаях полезным или необходимым, по сути, представляет собой "разрушительное тестирование" и при бессистемном применении может привести к дополнительным повреждениям в полевой цепи.*

Примечание 2. *Нижеследующий метод выявления неисправностей наилучшим образом может быть охарактеризован как "разрушительное тестирование". Этот метод может использоваться в случаях, когда временные ограничения или затруднения, связанные с использованием омметра или измерителя сопротивления изоляции, делают применение традиционных методов выявления неисправностей нецелесообразным. Примером такого случая могут быть цепи, прокладываемые непосредственно в земле, когда использование традиционных методов выявления неисправностей затруднено и затратно по времени, так как требует выкапывания каждого соединения для выполнения тестирования. Другим случаем, когда может*

рассматриваться этот способ выявления неисправностей, является выход из строя цепи ВПП; в этом случае большое значение имеет время в связи с нарушением операций воздушного движения на объекте. Использование данного метода требует, чтобы цепь имела очень низкое сопротивление относительно земли в месте отказа, желательно менее 1000 Ом, но чем меньше, тем лучше. Также следует отметить, что маломощные стабилизаторы (10 кВт или менее) могут не развивать достаточное напряжение для того, чтобы быть эффективными.

16.7.1. Тестирование с намеренным заземлением — это еще один метод обнаружения единичного замыкания на землю, как показано на схемах (a) и (b) на рис. 16-8. Если измерение сопротивления изоляции показывает наличие замыкания цепи на землю, но визуальная инспекция не дает результатов, данный метод поможет обнаружить проблему.

a) Сначала отключите и заблокируйте стабилизатор. Затем пометьте два вывода стабилизатора метками "L1" и "L2".

b) Подсоедините 45-ваттный трансформатор AGL и огонь между выводом "L1" стабилизатора и землей, как показано на рис. 16-8. Сопротивление тестового соединения относительно земли должно быть очень небольшим. Далее, подайте питание на стабилизатор. Держитесь вдали от испытательной установки. Если загорается контрольная лампа, значит, в цепи имеется как минимум одно замыкание на землю. Чем ярче горит контрольная лампа, тем ниже сопротивление замыкания(й) на землю. При включенном стабилизаторе проведите визуальную инспекцию цепи.

c) Если имеется участок тусклых или отключенных огней, значит, между последним нормально функционирующим огнем и первым тусклым или погасшим огнем есть замыкание на землю. Пометьте эту зону.

d) Если все огни тусклые или погасшие, замыкание на землю находится между выводом "L2" и первым огнем на соответствующей стороне цепи.

e) Если все огни работают нормально, замыкание на землю находится между выводом "L1" и первым огнем на соответствующей стороне цепи.

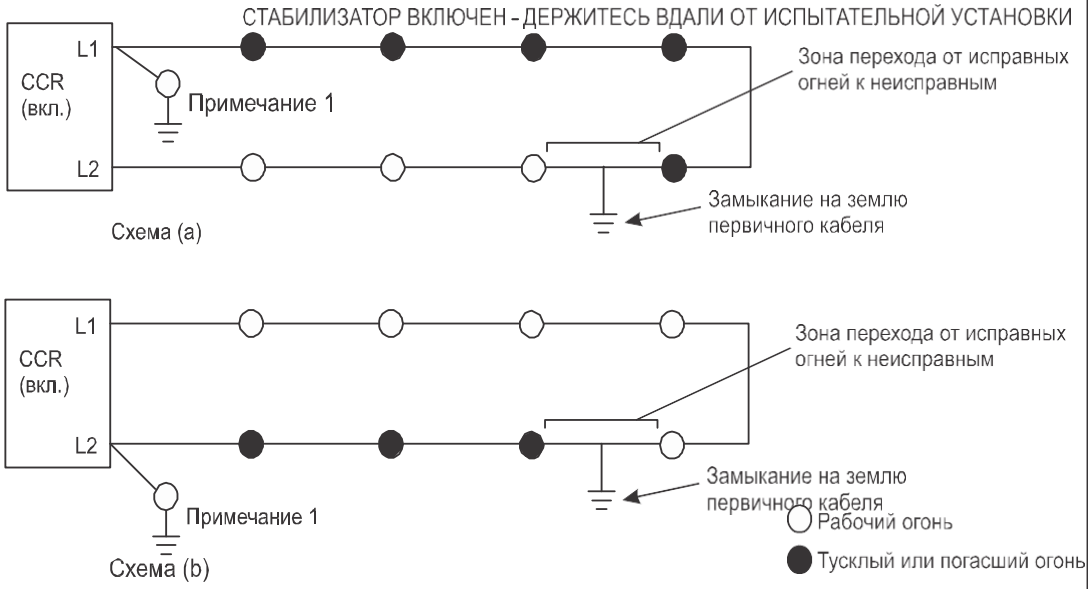
f) Отключите и заблокируйте стабилизатор. Переключите контрольный трансформатор/огонь с вывода "L1" на вывод "L2" (см. рис. 16-8). Подайте питание на стабилизатор. Должна загореться контрольная лампа. Проведите визуальную инспекцию цепи.

g) Если имеется участок тусклых или отключенных огней, а место, где заканчиваются работающие огни и начинаются неисправные, совпадает с местом, которое было помечено в пункте c), в цепи есть единичное замыкание на землю в этом месте. (Зона перехода та же, но огни, которые горели в пункте c), теперь не должны гореть, а огни, которые не горели в пункте c), теперь должны гореть.) Отключите и заблокируйте стабилизатор. Проверьте комплекты соединителей, сростки кабелей и т. п. между двумя соседними огнями в отмеченной зоне и при необходимости отремонтируйте или замените части, которые предполагаются отказавшими. На этом этапе может быть использован VOM или измеритель сопротивления изоляции для подтверждения неисправности трансформаторов и т. д. После того как единичное замыкание на землю будет устранено, контрольная лампа не будет загораться при подаче питания на стабилизатор. Помните, что необходимо держаться вдали от первичного кабеля, когда стабилизатор включен.

h) Если имеется участок тусклых или отключенных огней, а место, где заканчиваются работающие огни и начинаются неисправные, не совпадает с местом, которое было помечено в пункте c), в цепи есть как минимум два замыкания на землю. Отметьте эту новую переходную зону. Отключите и заблокируйте стабилизатор. Проверьте комплекты соединителей, кабель, трансформатор и т. п. между двумя соседними огнями во вновь отмеченной зоне и при необходимости отремонтируйте или замените части, которые предполагаются отказавшими. После устранения каждого замыкания подавайте питание на стабилизатор и проводите визуальную инспекцию цепи. Держитесь вдали от находящегося под напряжением первичного кабеля и всегда блокируйте стабилизатор

перед работой с кабелем. Зона перехода от рабочих огней к неисправным должна перемещаться ближе к месту, помеченному в пункте c). Продолжайте устранение неисправностей указанным способом до тех пор, пока не будет устранено последнее замыкание на землю и не перестанет загораться контрольная лампа при подаче питания на стабилизатор.

i) Если все огни, по видимости, работают нормально, замыкание на землю находится между выводом "L2" и первым огнем на соответствующей стороне цепи, которая была определена в пункте d). Отключите и заблокируйте стабилизатор. Работайте, начиная от указанного огня, в направлении вывода "L2". Проверяйте кабель, комплекты соединителей, места сращивания и т. п. и при необходимости ремонтируйте или заменяйте части, которые предполагаются отказавшими. Замыкание на землю устранено, если контрольная лампа не загорается при подаче питания на стабилизатор.



(1) 45-ваттный трансформатор AGL и огонь, подсоединенные между выводом стабилизатора и землей. Сопротивление этого соединения относительно земли должно быть низким.

(2) Если в цепи имеется одно замыкание на землю, зона перехода от исправных огней к неисправным будет находиться в том же месте, что и тестовое соединение на выходе L1 или L2.

Рис. 16-8. Тестирование с намеренным заземлением

j) Если все огни тусклые или не горят вообще, замыкание на землю находится между выводом "L1" и первым огнем на соответствующей стороне цепи, которая была определена в пункте e). Отключите и заблокируйте стабилизатор. Работайте, начиная от указанного огня, в направлении вывода "L1". Проверяйте кабель, комплекты соединителей, места сращивания и т. п. и при необходимости ремонтируйте или заменяйте части, которые предполагаются отказавшими. Замыкание на землю устранено, если огни работают нормально, и контрольная лампа не загорается при включении стабилизатора. Удалите метку(и) неисправностей с поля.

16.7.2. Если в наличии нет измерителя сопротивления, тестирование с намеренным заземлением может быть изменено и превращено в ценное средство профилактического обслуживания, как показано на рис. 16-9. Подсоедините трансформатор/огонь к выходу

стабилизатора через прерыватель. Когда рукоятка прерывателя удалена, намеренное заземление будет подключено к цепи. Один раз в месяц отключайте стабилизатор и извлекайте рукоятку прерывателя. Включите стабилизатор на высокой ступени интенсивности и проверьте контрольную лампу. Если в цепи имеется замыкание на землю, лампа загорится. Чем ниже сопротивление замыкания, тем ярче будет гореть лампа. Основным преимуществом регулярного проведения этой проверки является то, что она позволяет легко определить и обнаружить единичное замыкание на землю прежде, чем множественные замыкания повлияют на визуальное состояние цепи. Общее практическое правило заключается в том, что, если контрольная лампа загорается, необходимо найти и устранить замыкание на землю. Включите эту процедуру в перечень мероприятий профилактического обслуживания, и вы всегда сможете с опережением реагировать на проблемы с замыканием на землю.

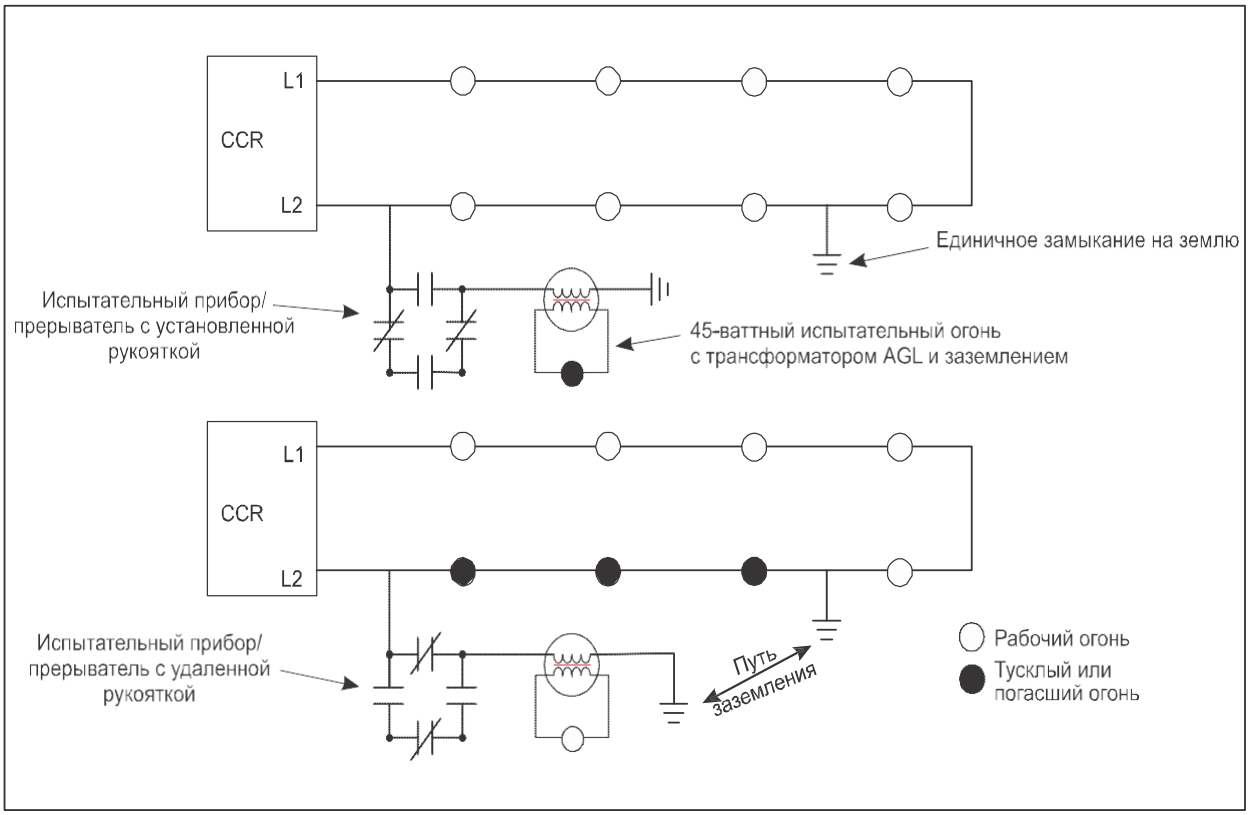


Рис. 16-9. Намеренное заземление как средство профилактического обслуживания

16.8. Тестирование с Заземленным Выходом для Обнаружения Обрывов Цепи

16.8.1. Тестирование с заземленным выходом аналогично тестированию с намеренным заземлением, используемому для обнаружения замыканий на землю. Для того чтобы данное тестирование было успешным, обрыв цепи должен быть заземлен, как показано на рис. 16-10. Если обрыв цепи не заземлен или если сопротивление обрыва относительно земли слишком велико, этот метод, возможно, будет работать только со стабилизаторами высокой мощности. Убедитесь, что стабилизатор отключен. Пометьте выводы стабилизатора метками "L1" и "L2". Снимите вывод "L1" со стабилизатора. Закройте колпачком или обмотайте изоляционной лентой открытый конец вывода "L1". Убедитесь, что он ни с чем не соприкасается, и держитесь вдали от него, когда стабилизатор включен. Далее, соедините выходную клемму стабилизатора, с которой был снят вывод "L1", с заземлением. Помните, что сопротивление данного соединения относительно земли должно быть как можно ниже. Включите стабилизатор на высшей ступени интенсивности. Держитесь вдали от тестового соединения с землей.

16.8.2. Если стабилизатор отключится для защиты от обрыва цепи, не пытайтесь снова включить его. Либо стабилизатор недостаточно мощный, либо сопротивление обрыва относительно земли слишком велико. В большинстве случаев стабилизаторы мощностью 4 и 7,5 кВт не обладают достаточной мощностью для обеспечения успешности тестирования с заземленным выходом, имеющим сопротивление относительно земли в месте обрыва. Наилучшим стабилизатором для этой цели будет устройство мощностью 30 кВт для 6,6-амперных цепей и мощностью 70 кВт для 20-амперных цепей. По возможности подсоедините цепь к самому мощному стабилизатору в будке для электрооборудования и повторите тестирование. Если цепь не включается, выполните поиск обрыва при помощи омметра/мегомметра (см. п. 16.5).

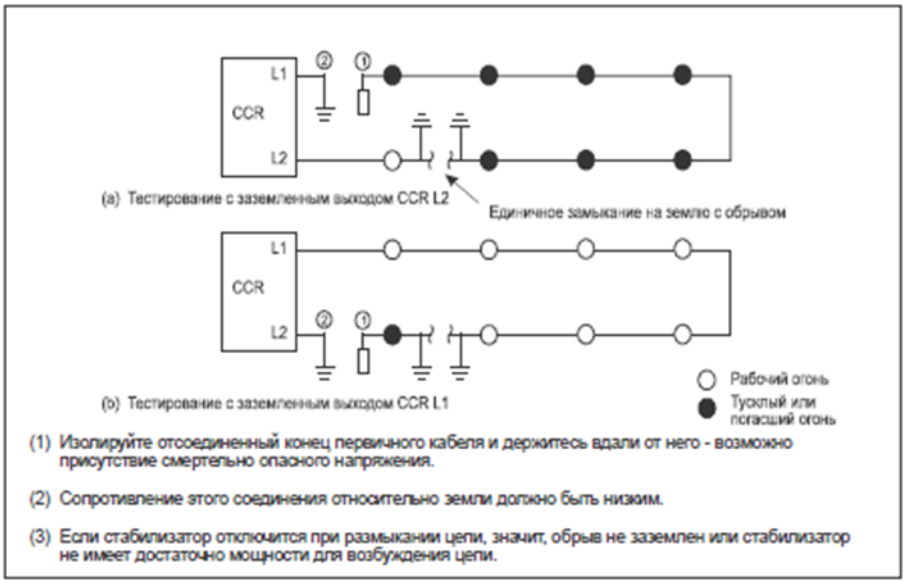


Рис. 16-10. Тестирование с заземленным выходом

16.8.3. Если стабилизатор остается включенным и показывает выходной ток, обрыв цепи может быть обнаружен при помощи тестирования с заземленным выходом. При проведении данного испытания обычно имеет место флуктуация тока стабилизатора. Это состояние не приведет к повреждению стабилизатора, но оно должно продолжаться не дольше, чем необходимо для обнаружения обрыва. После устранения обрыва стабилизатор следует вернуть в нормальный режим работы. При включенном стабилизаторе проведите визуальную инспекцию полевой цепи. В цепи должен быть участок горящих огней и участок неработающих огней. Отметьте зону перехода от рабочих огней к нерабочим. Обрыв цепи будет находиться между последним рабочим огнем и первым нерабочим огнем. Если горят все огни, обрыв находится между выводом "L1" и первым огнем на соответствующей стороне цепи. Если все огни не горят, обрыв находится между выводом "L2" и первым огнем на соответствующей стороне цепи. Отключите и заблокируйте стабилизатор.

16.8.4. Отсоедините заземление от выходной клеммы стабилизатора. Вновь подсоедините вывод "L1" к выходной клемме стабилизатора. Затем отсоедините вывод "L2" от стабилизатора. Закройте колпачком или обмотайте изоляционной лентой открытый конец вывода "L2", убедившись, что он ни с чем не соприкасается, и держитесь вдали от него, когда стабилизатор включен. Далее, соедините выходную клемму стабилизатора, с которой был снят вывод "L2", с заземлением. Включите стабилизатор на высшей ступени интенсивности. Держитесь вдали от тестового соединения с землей. Проведите визуальную инспекцию полевой цепи. На этот раз огни, которые горели при проведении предыдущего испытания, должны быть выключены, а огни, которые не горели, должны гореть. Визуальное состояние цепи теперь должно быть прямо противоположным описанному в п. 16.8.3 с расположением зоны перехода от исправных огней к неисправным в том же месте. Если это так, обрыв

находится между двумя огнями, расположенными рядом с меткой неисправности. Отключите изаблокируйте стабилизатор. Начните работу у одного из огней и продвигайтесь дальше, проверяя обмотку трансформаторов AGL, соединения, места сращивания и первичный кабель на наличие обрывов. Ремонтируйте или заменяйте отказавшие части по необходимости. Для подтверждения устранения обрыва измеряйте сопротивление между выводами "L1" и "L2" при помощи омметра. Если сопротивление составляет менее 700 Ом, значит, в цепи нет обрывов. Значение выше 700 Ом свидетельствует о наличии в цепи обрыва или короткого замыкания с большим сопротивлением. Помните, что каждая цепь будет иметь разное сопротивление в зависимости от количества и мощности огней, но значение в 700 Ом является максимальным для любой аэродромной цепи. Отсоедините заземление от стабилизатора и вновь подсоедините к стабилизатору вывод "L2". Включите стабилизатор на высокой ступени интенсивности приблизительно на 30 мин. Эта процедура обеспечит двойную проверку правильности проведения ремонтных работ. Проведите визуальную инспекцию цепи и удалите метку(и) неисправностей с поля.

16.9. Использование Теплочувствительного Оборудования для Обнаружения Замыканий На Землю

Каждый раз, когда в последовательной цепи образуется два коротких замыкания на землю, ток, утекающий на землю через разрыв в изоляции кабеля или трансформатора, создает тепло. Причиной этого является дугообразование, которое происходит при отсутствии надежного и прочного соединения в электрической цепи. В случае последовательных цепей, получающих электропитание от стабилизаторов постоянного тока, стабилизатор может создавать очень высокие напряжения, и повреждения в результате дугообразования могут быть значительными.

Некоторые аэропорты научились обращать это неприятное обстоятельство себе на пользу. Используя экономичные инфракрасные термометры, электротехник может измерить разницу между температурой оболочки или арматуры исправного огня и огня, работающего при аномально высокой температуре. Имеются инфракрасные термометры, использующие лазерный целеуказатель и эффективные на достаточно больших расстояниях, позволяющих использовать их из движущегося транспортного средства. При помощи этого оборудования электротехник может, проезжая вдоль ВПП или РД, проверять температуру каждого огня, пока не будет найден огонь с более высокой по сравнению с другими температурой, а затем проверить этот огонь. Этот метод позволил обеспечить значительную экономию времени в нескольких аэропортах.

16.10. Использование Средств Определения Места Повреждения Кабеля для Обнаружения Замыканий на Землю

Технология обнаружения неисправных кабелей и мест неисправностей значительно усовершенствовалась за прошедшие годы, и в настоящее время изготовители предлагают оборудование, способное обнаруживать подземные кабели и замыкания на землю или неисправности экрана.

Такие устройства состоят из передатчика и приемника и, если они предназначены для поиска неисправностей, обычно оснащаются дополнительным датчиком с А-образной рамой для использования совместно с приемником. Они способны обнаруживать местонахождение замыканий на землю в кабелях, проложенных непосредственно в земле, и могут обладать высокой точностью.

17. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

17.1. Общие Положения

17.1.1. В настоящей главе описывается несколько видов оборудования для электрических испытаний, используемого при техническом обслуживании включенных аэронавигационных средств. Испытательное оборудование перечислено в порядке его относительной полезности. Для целей технического обслуживания, необходимо, чтобы каждый объект приобретал, по крайней мере, авометр и измеритель сопротивления изоляции. Эти два устройства требуются для многих мероприятий технического обслуживания и полезны при выявлении неисправностей. Инструкции по эксплуатации перечисленного оборудования содержатся в руководствах изготовителя, поставляемых вместе с оборудованием. Все испытательное оборудование должно проходить периодические проверки состояния с целью обеспечения безопасности его эксплуатации.

17.1.2. Технические процедуры испытаний, описанных в настоящей главе, должны быть проверены на соответствие местным правилам безопасности.

Безопасность: резиновые изоляционные перчатки

17.1.3. К сотрудникам, работающим с аэродромными электрическими системами, со стороны соответствующих регулирующих органов применяются требования по использованию средств индивидуальной защиты (СИЗ) от возможного поражения электрическим током. Такие средства включают резиновые изоляционные перчатки и соответствующие кожаные протекторы перчаток. Хотя обычная практика не предусматривает работу персонала с цепями под напряжением, соблюдение этого правила не всегда возможно. Кроме того, в том же смотровом колодце или трансформаторном кожухе могут находиться кабели других цепей, и предполагаемый обесточенный кабель может на самом деле находиться под напряжением вследствие непредусмотренных пересечений. Поэтому при проведении испытаний или исследований аэродромных цепей персонал должен всегда носить изоляционные перчатки.

17.1.4. Резиновые изоляционные перчатки должны быть сертифицированы и должны ежедневно проверяться перед началом использования и сразу после любого инцидента, который дает основания подозревать наличие повреждений. Перед каждым использованием резиновые изделия следует визуально осматривать на предмет наличия отверстий, застрявших кусков проводов, разрывов или разрезов, вызванных озоном трещин, растрескивания в результате действия ультрафиолета и признаков химического повреждения. Изоляционные перчатки следует направлять на периодические контрольные испытания не реже чем через каждые шесть месяцев.

17.2. Авометр (VOM)

17.2.1. Аналоговый авометр — это универсальный контрольно-измерительный прибор, способный измерять напряжение переменного/постоянного тока, сопротивление и низкие величины силы постоянного тока. Высококачественные устройства обеспечивают высокую точность и надежность и подходят для выполнения широкого спектра измерений. Наиболее часто данный прибор используется для измерения сопротивления в последовательных цепях в целях выявления неисправностей. Аналоговый VOM полезен благодаря его способности показывать меняющиеся тенденции и значения, и легкости, с которой он обеспечивает проверку годности, когда требуется быстро выявить неисправность.

17.2.2. Однако аналоговый VOM имеет некоторые ограничения. Его относительно низкий входной импеданс и чувствительность к помехам делают его неподходящим для некоторых измерений, в особенности при работе с электронными цепями или в условиях присутствия радиочастотной (РЧ) энергии. Кроме того, необходимо помнить, что типовой VOM не должен использоваться для выполнения измерений тока в последовательных цепях аэродромных огней, так как он, может быть, не предназначен для высокоточных измерений истинных среднеквадратичных величин.

Безопасность

17.2.3. При пользовании VOM необходимо всегда уделять внимание вопросам безопасности. Должны быть известны уровни напряжений и риски поражения электрическим током для всего испытываемого оборудования. Убедитесь в том, что VOM испытан и откалиброван. Переносные контрольно-измерительные приборы необходимо проверять и калибровать по крайней мере один раз в год. Проверяйте состояние измерительных контактов VOM перед проведением любых измерений. Общие рекомендации по безопасности для конкретных способов применения VOM содержатся в руководстве изготовителя, поставляемого вместе с оборудованием:

a) ***Измерения высокого напряжения.*** Никогда не пытайтесь напрямую снимать показания напряжения в цепях распределения энергии напряжением более 600 В. Измерения высокого напряжения осуществляются путем установки измерительных трансформаторов и измерителей с надлежащими характеристиками.

b) ***Установки переключателей.*** При проведении измерений напряжения в силовых и контрольных цепях убеждайтесь, что переключатель прибора и переключатели шкал находятся в правильных положениях для испытываемой цепи, прежде чем подсоединять измерительные контакты к проводникам цепи. Для предотвращения повреждения механизма измерительного прибора всегда используйте шкалу, которая обеспечивает неполное отклонение стрелки. Наиболее точные показания обеспечиваются при отклонении стрелки на величину от 1/3 до середины шкалы.

c) ***Изоляция корпуса.*** Не держите VOM в руке во время снятия показаний. Устанавливайте прибор на плоской поверхности. Если приходится держать VOM в руках, не рассчитывайте на изоляцию его корпуса.

17.3. Цифровой Мультиметр (DMM)

17.3.1. Цифровой мультиметр — это еще один измерительный прибор, который должен обязательно присутствовать в инструментальном ящике аэропортового электротехника. Этот универсальный прибор может обеспечивать высокую точность и дает возможность выполнять широкий спектр измерений при использовании различных принадлежностей. При покупке этого или любого другого вида испытательного оборудования рекомендуется выбирать лучший прибор, который вы можете себе позволить. Всегда убеждайтесь в том, что выбираемый вами DMM способен измерять истинные среднеквадратичные величины, и используйте принадлежности самого высокого качества и точности.

17.3.2. DMM с высококачественными токоизмерительными клещами представляют собой хорошую комбинацию для измерения выходного тока стабилизаторов постоянного тока. Убедитесь в том, что все принадлежности DMM отвечают требованиям к точности, применимым к планируемой задаче. Обеспечьте ежегодную проверку и калибровку точности DMM и всех принадлежностей аттестованной поверочной лабораторией для всех измеряемых диапазонов. В случае последовательных цепей аэропортовых огней диапазон силы тока для проверки правильности калибровки составляет от 2,8 до 20 А.

Безопасность

17.3.3. Все правила безопасности в отношении VOM применимы также и к DMM.

17.4. Измеритель Сопротивления Изоляции (Мегомметр)

17.4.1. Измеритель сопротивления изоляции, или мегомметр, — это прибор, необходимый для технического обслуживания и выявления неисправностей в кабелях высоковольтных подземных последовательных цепей аэропортовых огней. Имеются различные варианты исполнения измерителей - от традиционных моделей с ручным приводом до вариантов с питанием от батарей и сети переменного тока. Эти приборы используются для проверки сопротивления изоляции подземных кабелей относительно земли, для проверки сопротивления изоляции между проводниками и для проверки сопротивления относительно земли или между обмотками трансформаторов, двигателей, стабилизаторов и т. д. Модели с батарейным питанием наиболее широко распространены и предлагаются в разнообразных формах и размерах как с аналоговой, так и с цифровой индикацией. Большинство цифровых

моделей имеют аналоговую гистограмму в дополнение к цифровой индикации. Высоковольтный измеритель должен включать в себя точные вольтметр и микроамперметр для получения значений приложенного к цепи напряжения и тока утечки в изоляции.

17.4.2. Еще одним соображением при выборе измерителя сопротивления изоляции является выходное напряжение. Некоторые устройства с питанием от батарей и от электросети в настоящее время оснащаются переключателем выходного напряжения, значение которого может достигать 5000 В постоянного тока. Выбирайте измеритель сопротивления изоляции с выходным напряжением не менее 1000 В постоянного тока. По возможности используйте устройство с более высоким максимальным выходным напряжением, так как такое устройство обеспечивает больше возможностей для нахождения отказов с высоким сопротивлением и обеспечиваемое им напряжение соответствует номинальному напряжению кабелей и трансформаторов. Однако учтите, что проверка старых кабелей в сомнительном состоянии и/или цепей, работающих при значительно меньших напряжениях, может привести к повреждениям при использовании напряжений свыше 1000 В. Проявляйте осторожность при проверке старых цепей в первый раз.

Безопасность

17.4.3. Необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

a) Эти испытания должны проводиться под тщательным контролем квалифицированного персонала, следящего за тем, чтобы не применялось чрезмерно высокое напряжение.

b) В процессе подготовки к измерению сопротивления изоляции сначала проведите полную проверку безопасности. Убедитесь, что оборудование, которое будет проверяться, отсоединено от всех источников питания. Откройте все защитные выключатели и заблокируйте прочие контрольные устройства для исключения возможности случайной подачи напряжения на оборудование.

c) Если необходимо отсоединить нейтральные или заземляющие провода, убедитесь в том, что они не находятся под током и что после их отсоединения никакое другое оборудование не окажется незащищенным.

d) Соблюдайте номинальное напряжение измерителя и принимайте соответствующие меры предосторожности.

e) Крупногабаритное оборудование и кабели обычно имеют достаточную емкость для хранения опасного количества энергии от испытательного тока. После снятия показаний сопротивления и перед касанием измерительных контактов дайте энергии, накопившейся в оборудовании, рассеяться, оставив измеритель подключенным как минимум в течение 30 с. Многие новые измерители автоматически разряжают проверяемое оборудование и предоставляют пользователю визуальную или звуковую индикацию состояния, безопасного для отсоединения измерительных контактов. Обратитесь к руководству по эксплуатации оборудования для ознакомления с указаниями изготовителя.

f) Не используйте измеритель во взрывоопасной атмосфере. Взрыв может произойти при возникновении небольшой искры при подсоединении или отсоединении измерительных контактов или в результате прохождения дугового разряда сквозь поврежденную изоляцию или над ней.

17.5. Измерение Сопротивления Изоляции

17.5.1. Выполнение регулярных проверок цепей аэродромных огней в рамках профилактического технического обслуживания (РМ) совершенно необходимо для обеспечения надежной работы системы. Из-за возможности работы при очень высоких напряжениях компоненты последовательной цепи в высшей степени подвержены отказам.

17.5.2. Проводите испытания сопротивления изоляции на всех аэродромных цепях не реже чем раз в месяц. Если в аэропорту имеются регулярно отказывающие цепи вследствие их длительного срока службы или других причин, рассмотрите возможность проведения еженедельных проверок. Многие места возможных отказов могут быть обнаружены в дневное

время до того, как они станут проблемой, если взять в привычку проведение еженедельных проверок сопротивления изоляции в рамках РМ. Храните в будке стабилизатора журнал протоколов проверок с указанием цепи, а также даты и результатов проверок. Отведите место для указания особых условий, таких как погодные условия во время проведения проверки, недавняя грозовая активность и т. п., и мест установленных отказов и их причин. Образец протокола показан на рис. 17-1.

ПРОТОКОЛ ПРОВЕРКИ ЦЕПИ АЭРОПОРТОВЫХ ОГНЕЙ

Будка для электрооборудования или подстанция № _

Обозначение цепи _

ДАТА	ОМ	ПОГОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ПРИМЕЧАНИЯ	ИНИЦИАЛЫ

Рис. 17-1. Бланк протокола проверки

17.5.3. При испытании старых цепей, особенно тех, которые обычно работают при невысоких напряжениях, использование измерителя, рассчитанного на 5000 В постоянного тока, может показать неисправность в необнаруживаемом другим способом слабом месте кабеля или трансформатора. Поэтому перед испытаниями при напряжениях свыше 1000 В постоянного тока рекомендуется подготовиться к проведению, при необходимости, немедленного ремонта.

17.5.4. При проведении измерений сопротивления изоляции в рамках профилактического технического обслуживания необходимо соблюдать постоянные условия измерений от сеанса к сеансу. Результаты измерений могут различаться в зависимости от ряда обстоятельств. К примеру, измерение должно каждый раз проводиться в течение одинакового периода времени и с одинаковым напряжением в целях обеспечения сравнимости результатов.

17.5.5. Очень важным соображением при проведении измерений сопротивления изоляции является время, необходимое для достижения максимальных показаний сопротивления изоляции. Главной причиной задержки достижения полного заряда является эффект диэлектрической абсорбции. Может потребоваться несколько минут для завершения действия этого эффекта и достижения абсолютного максимума показаний. Желательно установить минимальный период времени для поведения испытаний, основываясь на опыте.

17.5.6. Для кратковременного снятия показаний сопротивления изоляции включите прибор на определенный период времени (от 30 с до 1 мин) и снимите показания по завершении это периода. В дальнейшем выполняйте измерения в течение такого же периода времени.

17.5.7. На показания могут повлиять другие переменные условия, такие как влажность, погода и время дня. В идеале показания следует снимать через несколько часов после обесточивания цепей. Сразу после отключения цепи показания могут быть завышены. Это является признаком повреждения изоляции трансформаторов и, возможно, кабеля, в

результате чего она пропускает влагу. Включение цепей приводит к повышению температуры и испарению влаги с изоляции, что в результате дает завышенные показания.

17.5.8. Идеального значения показаний сопротивления изоляции в последовательных цепях не существует в связи с такими факторами, как длина цепи, продолжительность ее службы и т. д. Лучше всего при принятии соответствующего решения основываться на прошлом опыте на вашем объекте. Каждая цепь имеет свои отличия в зависимости от срока службы, изготовителя кабеля и оборудования, методов установки (прокладка непосредственно в земле или в кабелепроводе), местных погодных условий и количества влаги, обычно присутствующей в системе.

17.5.9. Решение о том, когда считать цепь неисправной и требующей профилактического ремонта, может различаться для разных цепей на одном объекте. В общем случае любая цепь с показаниями менее 1 мегом неизбежно в скором времени выйдет из строя. Время, через которое произойдет отказ цепи, зависит от выходного напряжения стабилизатора, типа неисправности и присутствия влаги в месте неисправности. Чем выше мощность цепи в кВт, тем выше выходное напряжение и, следовательно, тем большее значение имеет состояние изоляции.

17.5.10. Важной информацией является ухудшение показателей сопротивления от месяца к месяцу и от года к году. Величина сопротивления неизбежно снижается с течением срока службы цепи; снижение на 10-20 % в год может считаться нормальным. Годовое снижение на 50 % (4 % в месяц) или более свидетельствует о наличии неисправности (такой, как замыкание на землю с большим сопротивлением) или серьезном ухудшении качества изоляции цепи. В таком случае начальник подразделения технического обслуживания должен рассмотреть возможность проведения процедуры поиска неисправностей в целях выявления проблемы. Типовые значения сопротивления контура существующих цепей приведены в таблице 17-1.

Таблица 17-1. Рекомендуемые значения сопротивления для технического обслуживания

Длина цепи	*Рекомендуемое минимальное сопротивление относительно земли*
Менее 3000 м	50 мегом
От 3000 до 6000 м	40 мегом
От 6000 м и более	30 мегом

17.5.11. Следует также отметить, что сопротивление изоляции, требуемое для новых установок, будет иметь огромное влияние на способность обслуживающего персонала поддерживать последовательные цепи огней в исправном состоянии после их установки и приемки. За счет того, что в настоящее время новые кабели все чаще прокладываются в кабелепроводах и оболочках оснований вместо непосредственной прокладки в земле, могут быть достигнуты первоначальные значения сопротивления до 500 мегом и выше, поэтому должны быть установлены соответствующие требования в отношении сопротивления (см. рис. 17-2).

17.6. Прибор для Обнаружения Подземных Кабелеи/Мест Неисправностей

17.6.1. Кабелеискатель является незаменимым инструментом для быстрого обнаружения кабелей и кабельных каналов аэродромных светотехнических сетей. Кабелеискатель обычно состоит из передатчика, который напрямую (или через индуктивный соединитель) подсоединен к подземному кабелю, и приемника, используемого для приема передаваемого

сигнала с целью прослеживания трассы кабеля. Кабелеискатели очень полезны для обнаружения пути проводника при выявлении неисправностей кабелей в кабелепроводах из ПВХ и совершенно необходимы при работе с кабелями, проложенными непосредственно в земле.

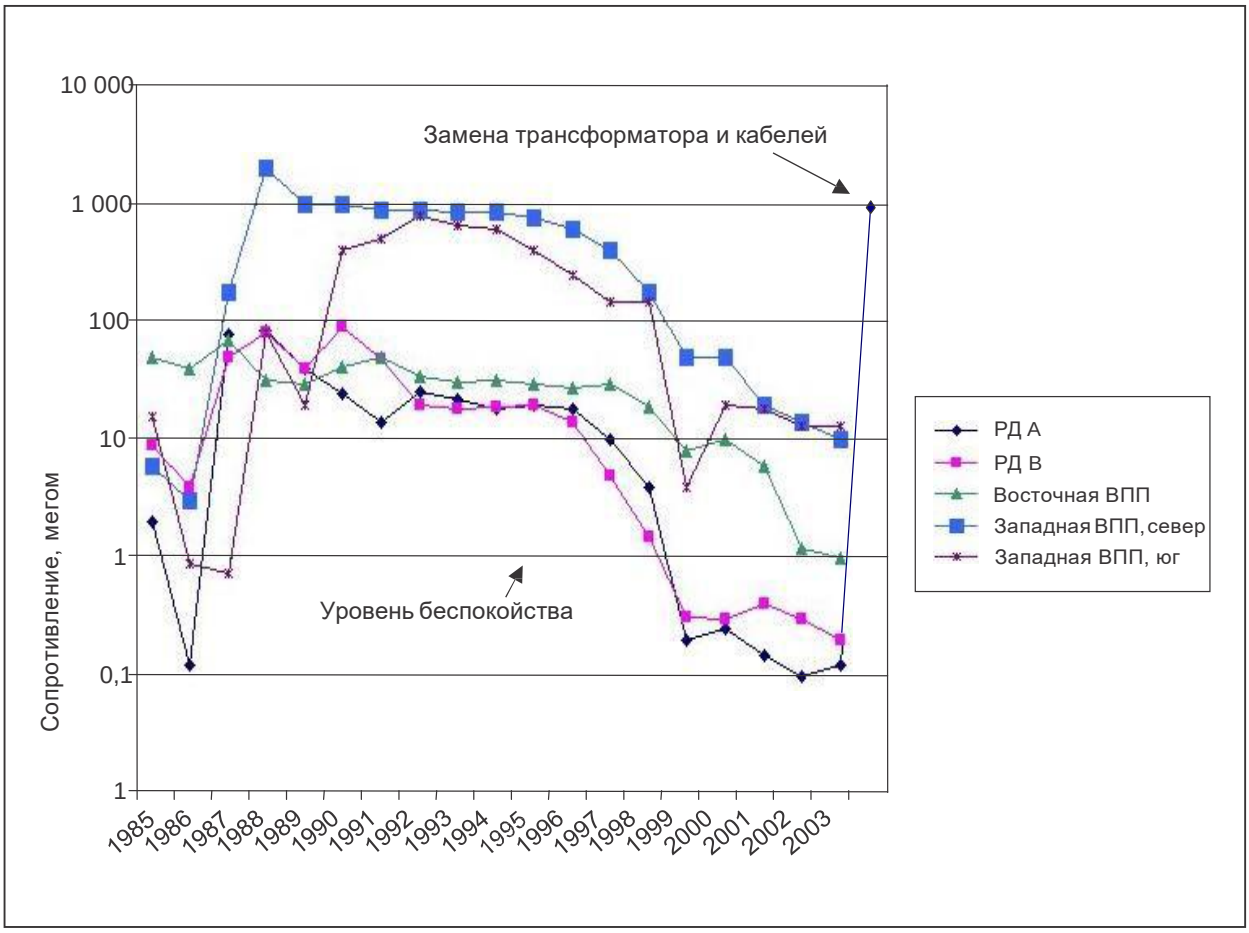


Рис. 17-2. Пример измерений сопротивления изоляции

17.6.2. Каждый раз, когда мероприятия в аэропорту предполагают любые виды земляных работ, необходимо использовать прибор для обнаружения кабелей/мест неисправностей в целях предотвращения случайного повреждения кабелей. Большинство приемников также имеют функцию обнаружения кабелей переменного тока частотой 60 Гц без подачи на проводник электрического или тонального сигнала. Если аэропортовые цепи имеют проложенные непосредственно в земле проводники или проложенные непосредственно в земле кабели управления, рекомендуется приобрести кабелеискатель, способный также обнаруживать замыкания на землю. Однако следует отметить, что неисправности в кабелях, проложенных в кабелепроводах, не могут быть обнаружены с помощью таких устройств. Кабелеискатели, включающие функцию поиска неисправностей, обычно оснащаются щупом с А-образной рамой, который используется совместно с приемником для определения направления поиска замыкания проводника или экрана на землю.

Безопасность

17.6.3. При использовании прямого соединения с проводником, который необходимо обнаружить или испытать, всегда убеждайтесь, что питающая проводник цепь обесточена, заблокирована и помечена.

17.7. Искатель Замыканий с Большим Сопротивлением

17.7.1. В искателе замыканий с большим сопротивлением используется модифицированный мост Уитстона, в котором два участка неисправного проводника (по одному с каждой стороны замыкания) составляют два внешних плеча моста. Остальные два плеча моста содержатся в самом приборе. Используя детекторную схему с чрезвычайно высоким входным сопротивлением, можно обнаруживать замыкания с большим сопротивлением. Благодаря этому измерительному мосту могут быть обнаружены замыкания с сопротивлением от 0 до 200 мегом с точностью в ±0,5 %. Погрешность обычно составляет 15 см на 150 м, т. е. ±0,10 %.

17.7.2. В связи с высокой чувствительностью этого испытательного оборудования баланс часто может быть получен за счет использования хорошего проводника (местоположение неисправности будет указано как центральная точка проводника). Такой баланс будет получен за счет нормальной утечки тока из кабеля и приведет к показанию приблизительно в 50 % в кабеле с однородным качество изоляции при постоянной температуре. По этой причине наличие неисправности должно быть установлено путем измерения сопротивления изоляции до попытки определения фактического местоположения неисправности.

Безопасность

17.7.3. Прежде чем выполнять какие-либо соединения, убедитесь, что все открытые кабели обесточены.

17.8. Клещевой Амперметр

17.8.1. Истинный среднеквадратичный (RMS) амперметр измеряет силу переменного тока. Некоторые модели оснащаются подключаемыми выводами, позволяющими использовать прибор в качестве вольтметра или омметра. При проверке силы тока используйте токоизмерительные клещи.

17.8.2. Амперметр является самым важным инструментом аэродромного электротехника, и использовать следует именно истинный RMS амперметр. Другие амперметры (усредняющие и пиковые) не подходят для использования с цепями аэропортовых огней. Помните, что для надлежащей работы аэродромной цепи первостепенное значение имеют узкие допуски. Изменение силы тока на 1 % может привести к 7-процентному изменению светового потока. Усредняющие и пиковые амперметры не способны правильно измерить сигналы с несинусоидальной формой волны и показывают уровни тока ниже фактических. Только истинные RMS амперметры могут измерять сигналы с несинусоидальной формой волны, присутствующие на выходах стабилизаторов постоянного тока и в аэродромных цепях нагрузки. Поскольку большинство таких устройств рассчитаны на измерение силы тока, значительно превосходящей силу тока, которую вам потребуется измерять в цепях аэропортовых огней, их точность при измерении малых значений может быть под вопросом; в особенности это может касаться цепей огней со светодиодными лампами. Следует использовать клещевые приборы, обладающие точностью в ±2 % или выше, так как небольшое изменение силы тока в лампе последовательной цепи может привести к существенному изменению светового потока и возможному сокращению срока службы лампы. Может быть полезным предоставить прибор зарегистрированной поверочной лаборатории для проверки и калибровки на более низкий токовый диапазон.

17.8.3. Токоизмерительные клещи позволяют осуществлять измерение силы тока без размыкания измеряемой цепи или без непосредственного контакта с ней. Электротехникам следует избегать использования токоизмерительных клещей, работающих на эффекте Холла, так как они не позволяют получить истинные RMS-показания для сигналов с несинусоидальной формой волны.

Безопасность

17.8.4. Клещевой амперметр уменьшает опасность воздействия высоких напряжений на оператора. Однако при снятии показаний силы тока оператор должен соблюдать обычные меры предосторожности во избежание контакта с открытыми проводниками. При проведении

измерения на первичной стороне цепи сначала отключите стабилизатор, приложите клещи, а затем включите стабилизатор, находясь на некотором расстоянии, но достаточно близко, чтобы считать показания. Снова отключите стабилизатор и снимите клещи.

17.9. Определитель Трассы Кабеля

17.9.1. Определитель трассы кабеля -это электронный прибор, предназначенный для обнаружения, прослеживания и измерения глубины прокладки находящегося под напряжением подземного силового кабеля. Этот прибор может также использоваться для обнаружения подземных трансформаторов, Т-образных соединений и замыканий на землю неэкранированных кабелей.

Безопасность

17.9.2. Так как определитель трассы кабеля используется для обнаружения кабелей, находящихся под смертельно опасным напряжением, сотрудники, проводящие или помогающие проводить измерения, должны соблюдать правила техники безопасности во избежание контакта с находящимися под напряжением проводниками, контактами или другим оборудованием.

17.10. Импульсный Генератор/Контрольныи Тестер

17.10.1. Импульсный генератор/контрольный тестер представляет собой компактное сигнальное устройство в металлическом корпусе. Испытательная установка состоит из импульсного генератора и внутреннего источника питания постоянного тока. Импульсный генератор содержит конденсаторную батарею, периодически подзаряжающуюся от источника постоянного тока и разряжающуюся в кабель для создания сигнала испытательного напряжения.

17.10.2. При импульсном методе определения места неисправности импульсный генератор неоднократно подает высоковольтный колебательный сигнал на поврежденный кабель. Этот сигнал проходит по кабелю и достигает места неисправности. В этом месте напряжение вызывает прохождение тока значительной величины через путь возврата. Этот ток, или результаты его прохождения, могут быть обнаружены, и местоположение неисправности в кабеле может быть отслежено при помощи акустического детектора или детектора направления (раздел 17.12).

Безопасность

17.10.3. Испытательная установка и кабель, к которой она подсоединяется, являются источником электрической энергии высокого напряжения, поэтому весь персонал, проводящий или помогающий проводить испытания, должен соблюдать все необходимые правила техники безопасности во избежание контакта с находящимися под напряжением частями испытательного оборудования и соответствующих цепей. Сотрудники, непосредственно проводящие испытание, должны находиться на расстоянии не менее 1 м от любых частей замкнутой цепи высокого напряжения во всякое время, когда испытательная установка не отключена и какие-либо части испытательной цепи не заземлены. Любые лица, не участвующие непосредственно в работе, не должны допускаться к месту проведения испытаний, для чего используются соответствующие перегородки, ограждения или предупреждающие знаки.

17.10.4. Импульсные сигналы высокого напряжения и результирующие импульсы тока создают особые проблемы обеспечения безопасности. Большой, быстро меняющийся ток даже при низких значениях полного сопротивления может создавать опасные уровни напряжения. Конструкция испытательной установки обеспечивает две отдельные системы заземления: заземление корпуса устройства и заземление для защиты от бросков тока. Заземление корпуса устройства, которое должно быть подсоединено к надежному местному заземлению, предназначено для защиты оператора путем предотвращения возникновения разности потенциалов между корпусом устройства и землей в непосредственной близости. Заземление для защиты от бросков тока предназначено для возврата импульсного тока в

конденсатор. Провод заземления для защиты от бросков тока является продолжением экрана выходного кабеля, и его не следует вытягивать.

17.10.5. После завершения испытания, даже когда от испытательной установки отключено питание, энергия все еще может храниться в конденсаторной батарее и кабеле. По этой причине к оборудованию прилагается ручное заземление. Резистор вольтметра будет постепенно уменьшать такую сохраненную энергию до безопасного низкого уровня. Затем ручное заземление должно быть замкнуто для создания глухого короткого замыкания между конденсаторной батареей и испытываемым кабелем. Перед отсоединением испытательной установки рекомендуется установить заземляющее соединение поперек испытываемого кабеля и оставить его на месте до следующего раза, когда потребуется доступ к кабелю.

17.10.6. Если испытательная установка используется правильно и все заземления выполнены надлежащим образом, резиновые перчатки не требуются. Однако стандартные правила техники безопасности на некоторых объектах требуют использования резиновых перчаток не только при выполнении соединений с контактами высокого напряжения, но также и при работе с органами управления. Это очень хорошая мера обеспечения безопасности.

17.11. Акустический Детектор

17.11.1. Акустический детектор - это уникальная измерительная система, предназначенная для определения интенсивности импульсных звуковых волн в земле. Он используется главным образом совместно с импульсными генераторами для обнаружения неисправностей в проложенных непосредственно в земле электрических кабелях путем отслеживания звука, излучаемого из места неисправности, когда импульсный генератор вызывает в нем дуговой разряд.

17.11.2. Установка предназначена для использования в любых погодных условиях и легко может быть перенесена оператором в любое местоположение на площадке. Вместе с ней предоставляется прочный чехол для хранения и переноски.

17.11.3. При использовании оператор помещает датчик на землю и ждет характерного щелчка или хлопка в наушниках, а затем двигается по прямой в направлении наиболее громкого звука. Установка имеет откалиброванный измеритель интенсивности звука, используемый для окончательного определения точного местоположения точки максимального звука, которая находится прямо над местом неисправности. Прибор часто оказывается чувствительнее уха при обнаружении очень слабого сигнала. Прибор и твердотельный усилитель содержатся в легком компактном кожухе, который можно нести на шее с помощью ремня, а свободными руками управлять прибором.

17.11.4. Важным элементом детектора является импульсный индикатор. Это полностью обособленная система, обнаруживающая импульс тока при его подаче на неисправный кабель и передающая визуальный сигнал оператору. Когда оператор находится на некотором расстоянии от импульсного генератора и не может видеть или слышать его работу, индикатор подтверждает работу импульсного генератора. Кроме того, индикатор сообщает оператору момент, когда нужно слушать щелчок и смотреть на прибор. Эта функция наиболее полезна в зонах с сильным фоновым шумом. Импульсный индикатор с магнитной антенной включен в корпус основного усилителя.

17.12. Детектор Направления

17.12.1. Детектор направления измеряет направление и величину кратковременных импульсов тока, производимых конденсаторными генераторами. Он используется для обнаружения неисправностей между проводниками или между проводником и экраном подземного силового кабеля.

17.12.2. При выборе двух магнитных датчиков и одного кондуктивного датчика прибор может использоваться для обнаружения неисправностей в экранированных или неэкранированных кабелях, проложенных непосредственно в земле или в кабельном канале. Магнитные датчики позволяют определить общее местоположение неисправности; более точное местоположение

неэкранированных кабелей, проложенных непосредственно в земле, может быть определено при помощи кондуктивного датчика или датчика градиента потенциала относительно земли.

17.12.3. Эта испытательная установка также эффективна для определения трассы подземного кабеля, обеспечивая точные показания как местоположения, так и глубины прокладки. Помимо импульсного обнаружения, испытательная установка может использоваться для определения трассы подземных кабелей, находящихся под током частотой от 60 до 1000 Гц.

17.12.4. Наконец, эта испытательная установка включает отдельную цепь высокоимпедансного вольтметра для обнаружения замыканий на землю с большим сопротивлением в проложенных непосредственно в земле кабелях, находящихся под током частотой 60 Гц, с использованием датчиков градиента потенциала относительно земли.

17.12.5. Испытательная установка рассчитана на обеспечение оптимального отклика на типовую форму волны импульса тока, создаваемого в кабеле разрядом конденсатора. Она измеряет напряженность и направление (полярность) магнитного поля, создаваемого импульсным током. Установка не только показывает наличие или отсутствие поблизости импульсного тока, но также и его направление и величину. Эта информации полезна для обнаружения неисправностей.

17.12.6. Данная испытательная установка состоит из блока усиления, измерительной катушки для оболочки, измерительной катушки для поверхности и рамы датчика градиента потенциала относительно земли:

a) Блок усиления. Блок усиления состоит из электронных схем, батареи, измерителя выхода и органов управления.

b) Измерительная катушка для оболочки. Данное устройство представляет собой С-образный железный сердечник и катушку в блоке из твердого каучука. Оно предназначено для оптимального измерения слабого высокочастотного магнитного поля, окружающего кабель и его оболочку, и способно точно определять один из трех проводников под оболочкой, который проводит испытательный импульсный ток.

c) Измерительная катушка для поверхности. Это ферритовая стержневая антенна, установленная в защитной трубке. Она удерживается Т-образным держателем на конце телескопического алюминиевого стержня с резиновой рукояткой. Этот датчик предназначен специально для определения величины и направления магнитных полей импульсных токов. Т-образный соединитель шарнирно прикреплен и зафиксирован для позиционирования на 0, 45 и 90° в целях обеспечения легкого обнаружения максимальных и минимальных сигналов и, таким образом, местоположения кабеля.

d) Рама датчика градиента потенциала относительно земли. Это жесткая трубчатая рама, поддерживающая два датчика из нержавеющей стали на фиксированном расстоянии в 50 см (20 дюймов), которые позволяют обнаруживать дифференциал напряжения вдоль поверхности земли. Каждый датчик соединен проводами через соединительный шнур с вилкой. Рама изолирована для обеспечения безопасности оператора.

Безопасность

17.12.7. Импульсный генератор, используемый вместе с данным детектором направления, и кабели, к которым он подсоединяется, могут быть источником электрической энергии высокого напряжения, поэтому должны соблюдаться все меры предосторожности, указанные в разделе об импульсных генераторах. При использовании детектора направления с датчиками градиента потенциала относительно земли необходимо проявлять осторожность во избежание контакта с любым находящимся под напряжением оборудованием или кабелями (как расположенными на поверхности, так и проложенными под землей), на которые подается напряжение от импульсного генератора или от линии электропередачи.

17.12.8. Опасное напряжение может возникнуть в любом из следующих мест:

a) В месте или вблизи соединений с импульсным генератором, включая заземление или заземленные провода, расположенные поблизости.

b) В любом другом конце кабеля или зажиме подсоединенного оборудования.

c) В месте или вблизи неисправности, где могут присутствовать градиенты электрического потенциала относительно земли. Местоположение неисправности неизвестно, поэтому следует проявлять осторожность вдоль всей трассы подземного кабеля.

17.12.9. Любые лица, не участвующие непосредственно в работе, не должны допускаться в опасную зону, для чего используются соответствующие перегородки, ограждения или предупреждающие знаки.

17.12.10. После того как неисправный участок кабеля изолирован, осуществляющий обслуживание электротехник должен точно определить фактическое местоположение неисправности при помощи прибора для обнаружения места повреждения кабеля.

17.13. Измеритель Сопротивления Заземления

17.13.1. Измеритель сопротивления заземления используется для измерения эффективности систем заземления. Это осуществляется путем измерения сопротивления между системой заземления и землей. Строго следуйте указаниям изготовителя для получения точных показаний сопротивления заземления и избежания ложных, заниженных значений сопротивления относительно земли, к которым может привести неправильное пользование. Рассматриваемая система заземления может использоваться для сигнальных башен, будок для светотехнического оборудования, двигателей-генераторов и для других световых аэронавигационных средств, или она может служить в качестве системы противовеса для подземных кабелей. Некоторые новые модели представляют собой простые зажимные устройства, способные измерять сопротивление относительно земли заземляющих стержней или заземляющих проводов путем измерения тока утечки на землю без отсоединения испытываемого заземляющего провода.

17.13.2. Максимально допустимое сопротивление заземления составляет 25 Ом. Желательно, чтобы сопротивление не превышало 10 Ом.

17.13.3. Во многих местах уровень грунтовых вод постепенно понижается. В таких случаях системы заземляющих электродов, которые были эффективны во время установки, перестают быть эффективными. Это подчеркивает важность постоянной программы периодических проверок системы заземления. Недостаточно проверять систему заземления только во время установки.

17.13.4. Сопротивление относительно земли может быть определено методом "падения напряжения. Метод падения напряжения предполагает размещение двух датчиков на прямой на некотором расстоянии от испытываемого электрода, как показано на рис. 17-3. Расстояние *D* является достаточным для обеспечения промежутка между зонами действующего сопротивления вокруг заземляющего электрода и датчиком тока, чтобы карта сопротивлений имела плато в пределах установленного допуска. Обычно участок плато возникает вблизи точки 62 %.

Безопасность

17.13.5. Система заземления является очень важным и неотъемлемым средством обеспечения безопасности в системах аэропортовых огней. Для того чтобы быть эффективной, система заземления должна иметь очень низкое сопротивление относительно земли. Чем выше собственное сопротивление системы заземления, тем больше напряжение, которое может создаваться на заземленных шасси или раме. Прохождение этого повышенного напряжения через человека может привести к травме или смерти. По этой причине следует регулярно проверять эффективность системы заземления.

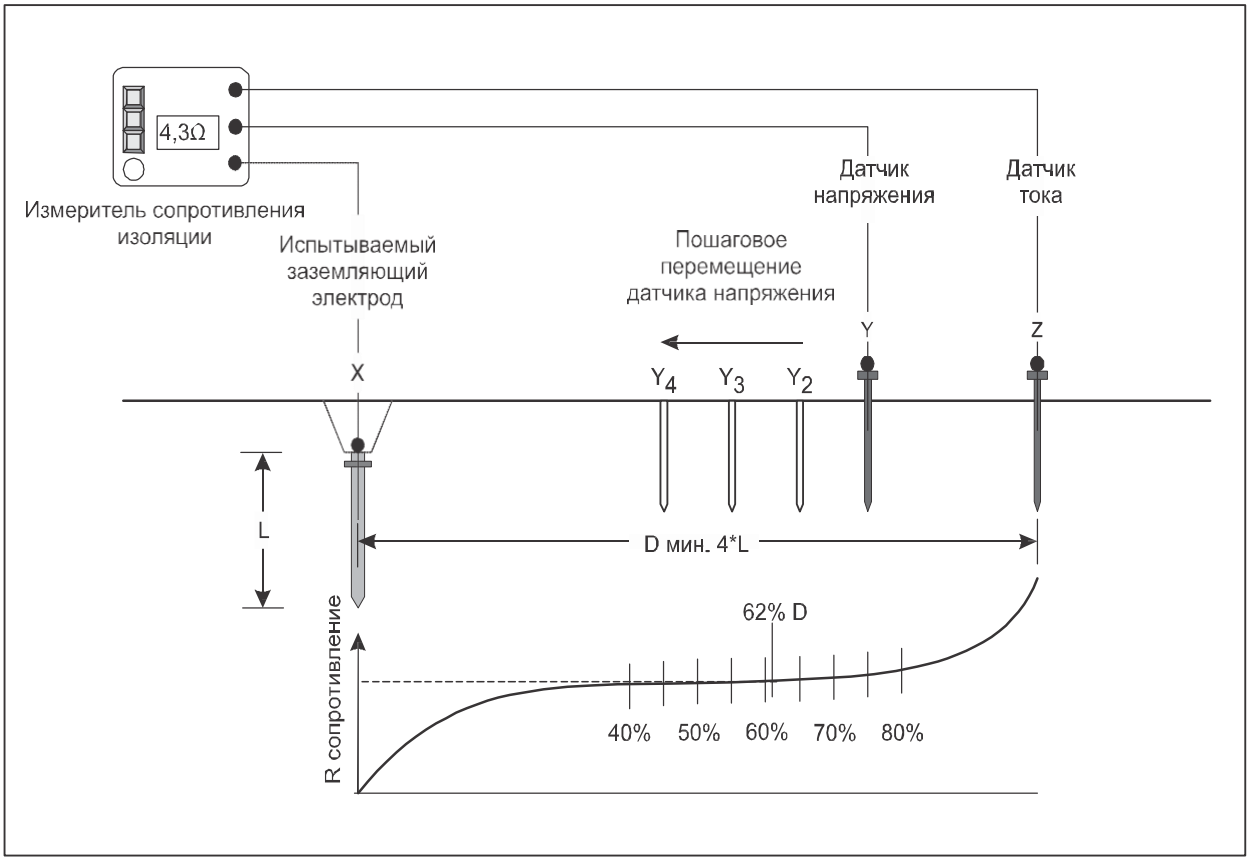


Рис. 17-3. Измерение сопротивления заземления