



РОСМОРРЕЧФЛОТ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ  
ПРЕДПРИЯТИЕ «РОСМОРПОРТ»**

**П Р И К А З**

24 октября 2018г.

Москва

№ 528

**Об утверждении стандарта организации  
«Электроснабжение, молниезащита и заземление объектов  
безопасности мореплавания. Требования»  
СтО 14649425-0004-2018**

В целях установления единых требований к объектам безопасности мореплавания, закреплённых за ФГУП «Росморпорт» на праве хозяйственного ведения, п р и к а з ы в а ю:

1. Утвердить прилагаемый стандарт организации «Электроснабжение, молниезащита и заземление объектов безопасности мореплавания. Требования» СтО 14649425-0004-2018.

2. Признать утратившим силу приказ ФГУП «Росморпорт» от 25.08.2008 № 381 «Об утверждении стандарта организации «Электроснабжение, молниезащита и заземление объектов безопасности мореплавания. Требования» СтП РМПУ 31.02-2008».

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Генерального директора по безопасности мореплавания А.С. Городиштьяна.

И.о. Генерального директора

А.А. Смирнов

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное агентство морского и речного транспорта**

**Федеральное государственное  
унитарное предприятие «Росморпорт»  
(ФГУП «Росморпорт»)**

**Стандарт организации**

**«ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, МОЛНИЕЗАЩИТА  
И ЗАЗЕМЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ  
БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ.  
ТРЕБОВАНИЯ»**

**СтО 14649425-0004-2018**

Сведения о стандарте

**РАЗРАБОТАН**

Государственной Морской академией имени  
адмирала С.О. Макарова.  
Заместитель начальника академии В.В.  
Афанасьев  
Разработчики: В.Ф. Мищенко,  
А.П. Ксенофонтов, А.А. Устинов

**ВНЕСЕН**

Отделом развития систем обеспечения  
безопасности мореплавания ФГУП  
«Росморпорт».  
Начальник отдела В.Е. Тетерев

**УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН  
В ДЕЙСТВИЕ**

Приказом ФГУП «Росморпорт»  
от «24» октября 2018 г. № 528

**г. Москва 2018**

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Предисловие .....	3
2	Термины, определения и сокращения .....	4
3	Область применения .....	7
4	Нормативные ссылки .....	7
5	Общие положения.....	9
6	Требования к электроснабжению объектов безопасности мореплавания ..	9
6.1	Общие требования .....	9
6.2	Требования к дизель-генераторным агрегатам .....	12
6.3	Требования к ВЭУ.....	15
6.4	Требования к распределению электроэнергии .....	16
6.5	Требования к источникам бесперебойного питания .....	18
7	Требования к молниезащите объектов безопасности мореплавания .....	21
7.1	Общие требования.....	21
7.2	Требования к внешней молниезащитной системе.....	22
7.3	Требования к внутренней молниезащитной системе... ..	27
8	Требования к заземлению объектов безопасности мореплавания .....	28
8.1	Общие требования.....	28
8.2	Требования к конструкции заземляющих устройств.....	30
8.3	Требования к системам зануления.....	31
8.4	Требования к системе уравнивания потенциалов.....	32
8.5	Требования к системе выравнивания потенциалов.....	35
8.6	Требования к электрическим измерениям и испытаниям заземлений в электроустановках ОБМ.....	36
	Приложение № 1. Методика расчета надежности электроснабжения технических средств объектов безопасности мореплавания.....	38
	Приложение № 2. Методика расчета заземляющих устройств объектов безопасности мореплавания.....	55

## **1. Предисловие**

Настоящий стандарт организации разработан в соответствии с положениями ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций», предназначен для осуществления уставной деятельности ФГУП «Росморпорт» и использования всеми подразделениями предприятия в части касающейся.

## 2. Термины, определения и сокращения

В настоящем Стандарте применены следующие сокращения:

АБ – аккумуляторная батарея;

АВ – автоматический выключатель;

АВР – устройство автоматического включения резерва;

АМС – антенно-мачтовые сооружения;

АПС – автоматический переключатель сети;

АРТП – автоматизированный радиотехнический пост;

БзС – базовая станция, комплекс радиосвязного оборудования в соответствии в составе береговой станция морского района А1 ГМССБ или СУДС;

БС А1 – береговая станция морского района А1 ГМССБ;

БС А2 – береговая станция морского района А2 ГМССБ;

БС А3/А4 – береговая станция морских районов А3 и А4 ГМССБ;

ВРУ – вводное распределительное устройство (щит, панель и т.п.);

ВЭУ – ветроэнергетическая установка;

ГЗШ – главная заземляющая шина;

ГМССБ – глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности;

ДГА – дизель-генераторный агрегат;

ЗУ – заземляющее устройство;

ИБП – источник бесперебойного питания;

ИРД – импульсный разделительный дроссель;

КОСПАС-САРСАТ – космическая система поиска и спасания с использованием радиобуев 406 МГц;

КПД – коэффициент полезного действия;

ЛЭП – линия электропередачи;

МАМС – международная ассоциация маячных служб;

МЗС – молниезащитная система;

МЭК – международная электротехническая комиссия;

МДПС – контрольно-корректирующая станция морской дифференциальной подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем;

ОБМ – объект, предназначенный для размещения оборудования систем обеспечения безопасности мореплавания;

ОКПД – Оборудование каналов передачи данных;

ОПЧ – открытые проводящие части электроустановки;

ПРДЦ – объект, на котором расположены радиопередатчики;

ПРМЦ – объект, на котором расположены радиоприёмники;

ПТК – проводящие электрический ток коммуникации;

ПУМ – прямой удар молнии;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

РТП – радиотехнический пост;

РЩ – распределительный щит;

СВП – система выравнивание потенциалов;

СЖ – системы жизнеобеспечения ОБМ;

СОБМ – системы обеспечения безопасности мореплавания, под СОБМ понимаются: БС А1, БС А2, СУДС, НАВТЕКС, КОСПАС-САРСАТ, МДПС;

СП – системы поддержания ТС;

СПЧ – сторонние проводящие части, не относящиеся к электроустановке;

СУДС – система управления движением судов;

СУП – система уравнивания потенциалов;

СЭС – система электроснабжения;

ТВН – телевидеонаблюдение;

ТП – трансформаторная подстанция;

ТС – технические средства;

УЗИП – устройство защиты от импульсных перенапряжений;

УЗО – устройство защитного отключения;

ЦУ – центр управления системой (системами) обеспечения безопасности мореплавания;

ЭМС – электромагнитная совместимость;

TN – трехфазная электрическая система с глухозаземленной нейтралью;

TN-C - трехфазная четырехпроводная электрическая система с глухозаземленной нейтралью и рабочим нулевым проводом;

TN-S - трехфазная пятипроводная электрическая система с глухозаземленной нейтралью, рабочим нулевым проводом и защитным нулевым проводом;

TN-C-S - трехфазная электрическая система, часть которой работает по схеме TN-C, а другая часть – по схеме TN-S;

N – рабочий нулевой провод системы TN;

PE – защитный нулевой провод системы TN;

*PEN* – объединенный нулевой провод, одновременно выполняющий функции рабочего и защитного нулевого провода системы *TN*.

В настоящем Стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**2.1 Радиотехнический пост (РТП):** объект (часть здания, помещения и/или сооружения), предназначенный для размещения комплекса технических средств систем обеспечения безопасности мореплавания. В настоящем Стандарте принимается, что на РТП предусматривается постоянное присутствие персонала. В настоящем стандарте используются понятия следующих видов РТП:

- **Автоматизированный РТП (АРТП):** РТП, на котором постоянное присутствие обслуживающего персонала не предусмотрено.

- **Совмещенный РТП/АРТП:** РТП/АРТП, расположенный совместно с Центром управления.

- **Труднодоступный РТП/АРТП:** РТП/АРТП, расположенный вне территории Центра управления, на который доставку персонала невозможно осуществить с помощью автомобильного транспорта более чем в течение четырёх суток подряд при любых метеорологических условиях.

- **Удаленный РТП/АРТП:** РТП/АРТП, расположенный вне территории Центра управления, на который доставку персонала возможно осуществить с помощью автомобильного транспорта при любых метеорологических условиях.

**2.2 Системы жизнеобеспечения** – комплекс оборудования, обеспечивающий работоспособность объекта СОБМ, который не оказывает непосредственного влияния на выполнение функций СОБМ (системы пожарной сигнализации, пожаротушения, общей вентиляции, кондиционирования, отопления, и т.п.).

**2.3 Системы поддержания** - комплекс оборудования, обеспечивающий работоспособность технических средств (вентиляция оборудования, кондиционирование помещений, в которых установлены технические средства, системы подачи топлива и т.п.).

**2.4 Технические средства:** комплекс оборудования непосредственно обеспечивающий выполнение функций систем обеспечения безопасности мореплавания. Для СУДС, в соответствии с Приказом 226, различаются основные и дополнительные ТС.

**2.5 Оборудование каналов передачи данных:** оборудование обеспечивающее обмен информацией (данными) между ОБМ.

**2.6 Центр управления:** Объект (здание или помещения), откуда осуществляется непосредственное выполнение функций СОБМ.

**2.7 Электроприемник** - приемник электрической энергии (аппарат, агрегат и др.), предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

### 3. Область применения

3.1 Настоящий Стандарт организации (далее – Стандарт) устанавливает требования к электроснабжению, молниезащите и заземлению строящихся, реконструируемых, капитально ремонтируемых и действующих ОБМ, закрепленных за ФГУП «Росморпорт» на праве хозяйственного ведения.

3.2 Стандарт распространяется на ОБМ, предназначенные для систем управления движением судов, элементов глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, включая береговые станции радиосвязи морских районов А1, А2, А3/А4, службы НАВТЕКС, системы КОСПАС-САРСАТ, а также контрольно-корректирующие станции морской дифференциальной подсистемы глобальных навигационных спутниковых систем.

### 4. Нормативные ссылки

При разработке настоящего Стандарта использованы следующие нормативные документы:

№№ п/п	Шифр документа	Наименование документа
1	Закон № 184-ФЗ	Федеральный закон от 27.12.2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании»
2	ГОСТ Р 55437-2013	Национальный стандарт Российской Федерации. «Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Классификация по объему автоматизации и технические требования к автоматизации» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 05.06.2013 N 135-ст)
3	ГОСТ 32144-2013	Межгосударственный стандарт. «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.07.2013 N 400-ст)
4	ГОСТ 33115-2014	Межгосударственный стандарт. «Установки электрогенераторные с дизельными и газовыми двигателями внутреннего сгорания. Общие технические условия» (введен в действие Приказом Росстандарта от 15.06.2015 N 731-ст)
5	СО-153-34.21.122-2003	Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (утв. приказом Минэнерго РФ от 30 июня 2003 г. N 280)
6	ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010	Национальный стандарт РФ ГОСТ Р МЭК 62305-2 Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2.



		Оценка риска. (Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 ноября 2010 г. N 795-ст)
7	ГОСТ Р МЭК 62305-4-2016	Национальный стандарт Российской Федерации МЭК 62305-4 - 2016 Защита от молнии. Часть 4 Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений. Часть 4. Защита электрических и электронных систем внутри зданий и сооружений (Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 октября 2016 г. № 1510-ст)
8	ПУЭ	Приказ Минэнерго РФ от 08.07.2002 N 204 «Об утверждении глав Правил устройства электроустановок» (вместе с «Правилами устройства электроустановок. Издание седьмое. Раздел 1. Общие правила. Главы 1.1, 1.2, 1.7, 1.9. Раздел 7. Электрооборудование специальных установок. Главы 7.5, 7.6, 7.10»)
9	ГОСТ Р 50571.5.53-2013	Национальный стандарт Российской Федерации. «Электроустановки низковольтные. Часть 5-53. Выбор и монтаж электрооборудования. Отделение, коммутация и управление» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 06.09.2013 N 973-ст)
10	ГОСТ Р 50571-4-44-2011	Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 50571-4-44-2011 (МЭК 60364-4-44:2007) "Электроустановки низковольтные. Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 сентября 2011 г. N 329-ст)
11	ГОСТ Р 51992-2011	Национальный стандарт РФ (МЭК 61643-1:2005) "Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 1. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний" (утв. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 сентября 2011 г. N 295-ст)
12	Приказ 226	Приказ Минтранса от 23 июля 2015 г. № 226 «Об утверждении требований к радиолокационным

		<p>системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством.</p>
--	--	---

## **5. Общие положения**

5.1. Стандарт разработан по техническому заданию ФГУП «Росморпорт» для обеспечения современных требований к объектам безопасности мореплавания, и в соответствии с Законом № 184-ФЗ.

5.2. Стандарт откорректирован отделом развития систем обеспечения безопасности мореплавания ФГУП «Росморпорт» с учетом изменений нормативной базы и опыта проектирования и эксплуатации СОБМ.

5.3. Объектами стандартизации внутри предприятия являются требования к устройству систем электроснабжения, молниезащиты и заземления объектов обеспечения безопасности мореплавания при подготовке строительства, реконструкции, капитального ремонта, технического перевооружения и модернизации объектов обеспечения безопасности мореплавания

5.4. В Стандарте учтены требования и рекомендации действующих международных, национальных и ведомственных нормативных документов, систематизированы и детализированы отдельные элементы объекта стандартизации.

## **6. Требования к электроснабжению объектов безопасности мореплавания**

### **6.1 Общие требования**

6.1.1 Технические средства:

- ЦУ связью ГМССБ, ЦУ СУДС, ЦУ КОСПАС-САРСАТ;
- БС А1, БС А2, БСА3/А4, БС КОСПАС-САРСАТ;
- основные ТС СУДС (в соответствии с Приказом 226), расположенные на удаленном РТП, являющемся единственным или основным источником навигационной информации и/или на труднодоступных РТП;
- системы поддержания перечисленных выше ТС;
- оборудование каналов передачи данных между объектами, на которых установлены перечисленные выше ТС, являются электроприемниками особой первой категории надежности.

#### 6.1.2 Технические средства:

- СУДС не перечисленные в п. 6.1.1,
- НАВТЕКС, МДПС;
- оборудование каналов передачи данных между объектами, на которых установлены перечисленные выше ТС;
- системы жизнеобеспечения объектов СОБМ, являются электроприемниками первой категории надежности.

6.1.3 ТВН СУДС (в случае использования ТВН в качестве дополнительного источника навигационной информации) и оборудование гидрометеоинформации, расположенных вне РТП, допускается обеспечивать электроэнергией, как электроприемники третьей категории надежности, при этом следует обеспечить условия корректного завершения работы.

6.1.4 Электроснабжение электроприемников ОБМ, не подпадающих под определение ТС, СЖ и СП, осуществляется в соответствии с требованиями ПУЭ.

6.1.5 В качестве источников электроснабжения, которые должны обеспечивать непрерывную, круглосуточную работу ОБМ, могут применяться в различных сочетаниях:

- линии промышленного электроснабжения;
- дизель-генераторные агрегаты;
- ветро-энергетические установки, солнечные батареи и иные альтернативные источники электроэнергии соответствующей мощности;
- аккумуляторные батареи;

6.1.6 Источники электроснабжения, использующие накопление энергии, должны обеспечивать работоспособность ТС, не менее шести часов.

6.1.7 Типовые блок-схемы коммутации и распределения электроэнергии, используемые для ТС ОБМ, должны структурно соответствовать:

- для ТС по п. 6.1.1 - рис.1;
- для ТС по п. 6.1.2 - рис.2;
- для ТС по п. 6.1.3 - рис.3.

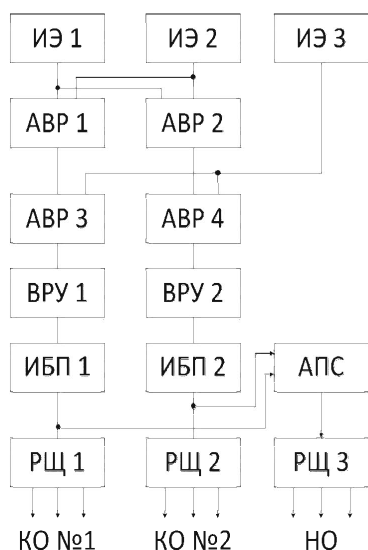


Рис.1

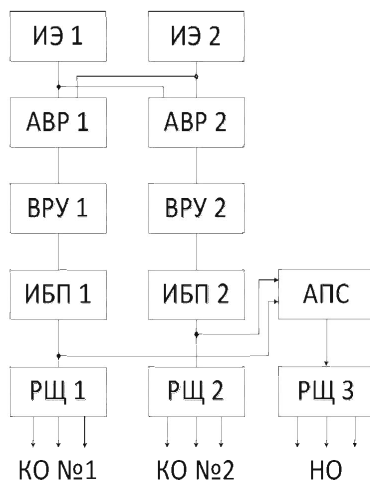


Рис.2



Рис.3

Где:

ИЭ - источник электроснабжения;

АВР - устройство автоматического включения резерва;

ВРУ – вводное распределительное устройство;

ИБП – источник бесперебойного питания;

АПС – быстродействующий переключатель сети;

РЩ – распределительный щит;

КО – комплект оборудования технических средств;

НО – нерезервируемое и резервируемое по питанию оборудование из состава технических средств.

Обоснование принятых типовых блок-схем коммутации и распределения электроэнергии приведены в приложении №1.

6.1.8 Для обеспечения поддержания электропитания ТС на время переключения источников электроэнергии или при недопустимом ухудшении качества электрической энергии, а также для корректного завершения работы ТС в нештатных ситуациях на всех ОБМ должны использоваться автономные ИБП, которые должны иметь емкость аккумуляторной батареи, достаточную для обеспечения работы ТС в течение не менее 15 минут.

6.1.9 Поддержка электропитания оборудования каналов передачи данных, системы дистанционного контроля и телеуправления СЭС, систем пожарной сигнализации и пожаротушения в случаях полного отказа внешних источников электроснабжения должна обеспечиваться в течение не менее 30 минут.

6.1.10 Категория надежности линий промышленного электроснабжения должна быть подтверждена энергоснабжающей организацией в технических условиях на подключение.

6.1.11 Для удаленных РТП, где не обеспечивается качество электроэнергии согласно ГОСТ 32144-2013, а также где имеется риск повреждения источников

питания ТС ОБМ коммутационными перенапряжениями ЛЭП перед ВРУ следует устанавливать стабилизаторы напряжения.

6.1.12 Для обеспечения надежности электроснабжения при проведении плановых и внеплановых профилактических и ремонтных работ с источниками электроэнергии длительностью более 8 часов должно быть обеспечено его резервирование сторонним независимым равноценным по мощности источником электроэнергии.

6.1.13 Для отдельных ТС СБМ допускается применение в качестве резервного источника электроснабжения аккумуляторных батарей и/или альтернативных источников электроэнергии.

6.1.14 В проектной документации ОБМ должна быть представлены структурные однолинейные электрические схемы распределения электроэнергии от вводного распределительного устройства до электроприемников ТС.

6.1.15 В проектной документации ОБМ должны быть определены основной и резервный(е) источник(и) электроснабжения, а также описание алгоритма их автоматического включения/выключения.

6.1.16 Если в числе источников электроснабжения имеется линия промышленного электроснабжения, то она должна быть использована в качестве основного источника.

6.1.17 Мощность используемых на ОБМ ДГА и ИБП определяется на основании данных расчетной мощности с запасом 10-15%.

6.1.18 Кроме суммарной расчетной мощности в целом на ОБМ должны быть определены расчетные мощности отдельно для ТС по каждой из систем, размещаемых на ОБМ, и СП. Отдельно определяется расчетная мощность для удаленных и труднодоступных АРТП на период присутствия персонала.

6.1.19 При определении расчетной мощности, потребляемой ОБМ, должно быть учтено что:

- резервируемые комплекты ТС постоянно включены;
- количество радиопередатчиков возможных к одномоментной работе на излучение определяется алгоритмом выполняемых функций системы;
- на зарядку аккумуляторных батарей ИБП, стартерных АБ дизеля и АБ ВЭУ в переходных режимах необходимы дополнительные мощности.
- коэффициенты использования оборудования на локальных ОБМ с небольшим количеством электроприемников приближаются к единице и должен приниматься исходя из оценки вероятности одномоментного включения;
- мощности электроприемников, которые питаются от преобразователей электроэнергии (блоки питания, ИБП и т.п.), следует определять с учетом КПД преобразователей.

## 6.2 Требования к дизель-генераторным агрегатам

6.2.1 Дизель-генераторные агрегаты могут использоваться для работы в качестве основных и/или резервных источников электроснабжения.

6.2.2 Особенности использования ДГА для работы в качестве основного или резервного источника электроснабжения ОБМ должны быть определены на стадии проектирования.

6.2.3 Для электроснабжения ОБМ должны использоваться ДГА, оборудованные по 3-й степени автоматизации дизелей в соответствии с ГОСТ Р 55437-2013 и по 3-й степени автоматизации генераторов в соответствии с ГОСТ 33115-2014.

6.2.4 Дизеля ДГА, используемых в качестве источников электроснабжения должны быть готовы к немедленному запуску (находиться в «горячем» резерве). Температура дизеля, рекомендованная изготовителем, должна поддерживаться автоматически за счет энергии других источников электроснабжения.

6.2.5 При отсутствии на ОБМ промышленного электроснабжения мощность хотя бы одного ДГА из используемых, должна быть не менее максимально возможной суммарной мощности электроприемников, которые могут быть включены одномоментно с запасом 10-15%.

6.2.6 ДГА, используемые на ОБМ в качестве основного источника электроэнергии, должны быть загружены не менее чем на 85-90% номинальной мощности при 95 % времени наработки.

6.2.7 Для выполнения условий п. 6.2.6 в отдельных случаях должны быть использованы специальные схемы СЭС.

6.2.8 Время необслуживаемой работы ДГА ОБМ должно быть не менее 250 часов.

6.2.9 ОБМ должны иметь запасы топлива и масла, рассчитанные при проектировании, которые обеспечивают непрерывную работу ДГА в течение времени, необходимого для реализации пополнения запаса, но не менее 4 суток.

6.2.10 В дизельных двигателях ДГА должны использоваться марки топлива и масла, установленные заводами-изготовителями.

6.2.11 На труднодоступных РТП и АРТП при хранении запаса топлива в наружных емкостях должны быть осуществлены меры, препятствующие коррозии при их частичном заполнении.

6.2.12 На совмещенных и удаленных РТП и АРТП при частичном использовании запаса дизельного топлива и масла пополнение запаса должно быть осуществлено не более чем через двое суток.

6.2.13 При использовании на ОБМ нескольких ДГА с одной емкостью запаса топлива системы подачи топлива должны быть выполнены для каждого ДГА отдельно.

6.2.14 Ручной, за исключением труднодоступных АРТП, автоматический и дистанционный запуск ДГА должен проверяться ежемесячно. Допустимое время пуска и приема полной нагрузки ДГА мощностью до 100 кВт должно быть не более 20 с.

6.2.15 При электроснабжении ОБМ только от ДГА последние должны работать поочередно в цикле, обеспечивающим равномерную наработку, возможность своевременного выполнения технического обслуживания, рекомендованного заводом изготовителем и выполнения условий резервирования.

6.2.16 Для ОБМ, расположенных в регионах где возможны отрицательные температуры, в надземных емкостях, не имеющих специального подогрева, разрешается хранить только зимнее или арктическое топливо.

6.2.17 При организации охранных мероприятий для ОБМ должны быть приняты меры по обеспечению охраны топливных емкостей.

6.2.18 Срок хранения дизельного топлива должен составлять не более 5 лет со дня изготовления.

6.2.19 Телеуправление ДГА из ЦУ должна обеспечивать набор функций не менее приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Наименование функции	Наличие параметров системы дистанционного контроля ДГА в ЦУ		
	РТП	удаленный АРТП	трудно-доступный АРТП
Автоматический запуск и останов ДГА	+	+	+
Дистанционный запуск и останов ДГА	+	+	+
Автоматическое включение зарядного устройства пусковых АБ	+	+	+
Дистанционное включение зарядного устройства стартерных АБ*	-	+	+

*Примечания :*  
*\* не обязательно, если зарядное устройство пусковых АБ обеспечивает зарядку АБ в буферном режиме ;*  
*Знак «+» означает наличие функции в системе телеуправления.*

6.2.20 Дистанционный контроль параметров ДГА из ЦУ должна обеспечивать набор параметров не менее приведенных в таблице 2.

Таблица 2

Наименование функции	Наличие функций системы телеуправления ДГА для ЦУ		
	РТП	Удаленного АРТП	Трудно-доступного АРТП
Уровень зарядки пусковых АБ	-	+	+
Контроль частоты	-	+	+
Контроль напряжения	-	+	+
Уровень масла дизеля	+	+	+
Температура охлаждающей жидкости дизеля	-	+	+
Давление масла дизеля	+	+	+
Верхний уровень топлива емкости запаса топлива	-	+	+
Средний уровень топлива емкости запаса топлива	-	-	+
Нижний (критический) уровень топлива емкости запаса топлива	+	+	+
Расход топлива	+	+	+
Показания счетчика(ов) электроэнергии	-	-	+
<i>Примечание: знак «+» означает наличие параметра в системе дистанционного контроля.</i>			

### 6.3 Требования к ВЭУ

6.3.1 Применение ВЭУ целесообразно при отсутствии на ОБМ промышленного электроснабжения.

6.3.2 Применение ВЭУ целесообразно при среднегодовой скорости ветра в месте расположения ОБМ > 5 м/сек.

6.3.3 При проектировании ВЭУ необходимо выполнить оценку окупаемости системы с учетом ветроэнергетического потенциала.

6.3.4 Ветроэнергетический потенциал включает:

- среднегодовую скорость ветра;
- годовой, месячный, суточный, часовые ход ветра;
- повторяемость скоростей, типы и параметры функций распределения скоростей ветра;
- вертикальный профиль средней скорости ветра;



- удельная мощность и удельная энергия ветра;
- ветроэнергетические ресурсы региона.

6.3.5 При выборе напряжения генераторов ВЭУ следует предварительно выполнить анализ напряжений питания применяемого на ОБМ оборудования.

6.3.6 Расчеты установленной и расчетной мощностей объекта при использовании ВЭУ следует производить с точностью  $\pm 100$  Вт.

6.3.7 Элемент функциональной схемы СЭС (ВЭУ+АБ<sub>вэу</sub>+оборудование преобразования) следует считать за отдельный источник электроэнергии. Несколько ВЭУ с одним АБ<sub>вэу</sub> - это один источник.

6.3.8 Для увеличения элементной надежности СЭС на ОБМ предпочтительно использовать ВЭУ меньшей мощности, но в большем количестве.

6.3.9 Емкость буферного аккумулятора следует выбирать оптимизируя систему по критериям времени работы ВЭУ при полном отсутствия ветра и стоимости кВт/час всей ВЭУ. т. к. увеличение емкости АБ пропорционально увеличивает мощности и, соответственно, стоимости ДГА и всех элементов преобразования.

6.3.10 Суммарная номинальная мощность ветрогенератора должна быть ориентировочно больше или равна расчетной мощности ОБМ при среднегодовой скорости ветра.

6.3.11 В проектной документации должен быть описан алгоритм работы автоматики системы при различных ветровых ситуациях. Описание алгоритма должно производиться с учетом особенностей программного обеспечения.

6.3.12 Система дистанционного контроля параметров и телеуправления ВЭУ из ЦУ должна обеспечивать набор функций не менее приведенных в таблице 3.

Таблица 3

Наименование функции	Наличие параметров и функций системы телеуправления ВЭУ для ЦУ		
	РТП	удаленного АРТП	трудно-доступного АРТП
Параметры ветрогенератора (предусмотренные изготовителем)	+	+	+
Ток заряда/разряда АБ	+	+	+
Степень заряда АБ	+	+	+
Температура в помещении АБ	+	+	+
Параметры преобразователей в системе (предусмотренные изготовителем)	+	+	+

Останов ветроколеса	+	+	+
<i>Примечание: знак «+» означает наличие параметра в системе дистанционного контроля</i>			

## **6.4 Требования к распределению электроэнергии**

Распределение электроэнергии на ОБМ должно, как правило, производиться трехфазным переменным током при напряжении 380/220 В.

Допускается распределение однофазным переменным током при напряжении 220 В, если в составе ОБМ применяются только однофазные потребители, суммарная расчетная мощность ОБМ не превышает 15 кВт, а мощность нагрузок ИБП ниже 10 кВт.

6.4.1 Электроснабжение ОБМ должно осуществляться от источника с глухо заземлённой нейтралью, работающего по системе *TN*.

6.4.2 Приемники электрической энергии ОБМ с трехфазным распределением должны получать питание 380/220 В по системе *TN-S* или *TN-C-S*

6.4.3 От ТП или ДГА до ВРУ при трехфазном распределении система электроснабжения может быть четырехпроводной (фазные проводники *L1*, *L2*, *L3* и нулевой рабочий и защитный проводник *PEN*).

6.4.4 От ВРУ до РЩ система электроснабжения должна быть пятипроводной (фазные проводники *L1*, *L2*, *L3*, нулевой рабочий *N* и нулевой защитный проводник *PE*). В случае однофазного электроснабжения – трёхпроводной (*L1*, *N*, *PE*).

6.4.5 Однофазные электроприемники электрической энергии ОБМ, питающиеся от разных фаз трехфазной сети, могут иметь общий рабочий нулевой проводник (*N*) и общий защитный нулевой проводник (*PE*), проложенные от ВРУ.

6.4.6 В цепях *PE* и *PEN* не допускается устанавливать коммутационную аппаратуру.

6.4.7 Подключение *N* и *PE* проводников под один зажим не допускается.

6.4.8 На линии(ях) питающей(их) ТС должен(ы) быть установлен(ы) сетевой(ые) фильтр(ы) для защиты от высокочастотных помех.

6.4.9 ВРУ на ОБМ должны выполняться двухщитовыми или двухсекционными. Каждый щит/секция ВРУ должны взаиморезервировать второй щит или вторую секцию. Щиты/секции не связаны между собой или имеют связь, автоматически отключающуюся при нарушении нормальной работы одного из щитов или секции.

6.4.10 Питание от ВРУ к РЩ, обеспечивающим электроснабжение ТС, должно подаваться двумя линиями через ИБП к двум распределительным щитам (см. п.

6.1.7). С одного щита питается один комплект резервируемых ТС, со второго второй комплект.

6.4.11 На ОБМ с ТС, относящимся к разным системам обеспечения безопасности мореплавания, должны применяться собственные ИБП для каждой системы.

6.4.12 Для питания не резервируемых ТС следует использовать быстродействующий(е) автоматический(е) переключатель(и) сети.

6.4.13 Отдельные технические средства, входящие в состав оборудования ОБМ имеющие в качестве резервных источников собственные аккумуляторы, допускается подключать, минуя ИБП. Емкость аккумуляторов должна обеспечивать работу этого оборудования в течение времени, необходимого для запуска и ввода в работу ДГА, но не менее 15 минут. Если специфические требования к указанному оборудованию предусматривают большую емкость аккумуляторной батареи, то эти требования являются приоритетными.

6.4.14 Трассы питающих взаиморезервируемых кабелей должны быть разнесены.

6.4.15 Система дистанционного контроля и телеуправления из ЦУ должна обеспечивать набор функций не менее приведенных в таблице 4.

Таблица 4

Наименование функции	Наличие функций системы дистанционного контроля и телеуправления средств распределения электроэнергии для		
	РТП	Удаленного АРТП	Труднодоступного АРТП
Контроль положения автоматических выключателей ВРУ	-	-	+
Контроль положения контакторов АВР	-	++	+
Контроль положения автоматических выключателей РЩ ТС	-	++	+
Контроль положения автоматических выключателей РЩ потребителей ОБМ	-	-	++
Выключение части автоматических выключателей РЩ по команде ИБП или оператора	-	-	++
Примечания – знак «+» означает наличие функции, знак «++» означает, что наличие функции и количество контролируемых устройств определяется при проектировании.			

## **6.5 Требования к источникам бесперебойного питания**

6.5.1 ИБП применяться в качестве источника электроэнергии для обеспечения бесперебойного электроснабжения ТС ОБМ на время переключения источников электроэнергии или при временном недопустимом ухудшении качества электроэнергии питающей сети.

6.5.2 Параметры недопустимого ухудшения качества электроэнергии питающей сети включают:

- а) исчезновение напряжения переменного тока;
- б) провал напряжения;
- в) всплеск напряжения;
- г) понижение напряжения;
- д) повышение напряжения;
- е) коммутационные переходные процессы;
- ж) электромагнитные и радиочастотные помехи;
- и) отклонение частоты;
- к) отклонение напряжения от синусоидальной формы.

6.5.3 ИБП, применяемые для электроснабжения ТС, соответствующих п. 6.1.1, 6.1.2, должны защищать ТС от ухудшения качества электроэнергии по всем перечисленным в п. 6.5.2. признакам.

6.5.4 ИБП должны быть постоянно включены в сеть (работать в режиме «on-line»).

6.5.5 ИБП должны быть статического типа с двойным преобразованием энергии (выпрямление – инвертирование).

6.5.6 На входе и выходе ИБП должны быть установлены электрические фильтры для защиты от помех.

6.5.7 Каждый ИБП должен иметь собственную штатную необслуживаемую аккумуляторную батарею. Емкость аккумуляторной батареи ИБП должна быть достаточной для обеспечения работы ТС ОБМ в течение времени, необходимого для запуска и ввода в работу резервного источника электроснабжения, но не менее 15 минут.

6.5.8 ИБП должен быть способен работать в режиме байпаса (обхода). Переход в режим байпас должен осуществляться автоматически.

6.5.9 Технические характеристики ИБП должны обеспечивать сопряжение с системой дистанционного контроля и телеуправления ОБМ.

6.5.10 Требования к программному обеспечению ИБП приведены в таблице 5.

Таблица 5

Наименование функции	Наличие функций программного обеспечения ИБП для		
	РТП	Удаленного АРТП	Труднодоступного АРТП
Возможность диагностики и тестирования ИБП.	–	+	+
Сбрасывание менее существенной нагрузки для поддержания более важной	–	–	++
Ведение журнала регистрации событий	+	+	+
Управление зарядом аккумуляторной батареи ИБП	+	+	+
Осуществление плавного перевода нагрузки с аккумуляторной батареи ИБП на резервный дизель-генератор	–	++	++
Примечания – знак «+» означает наличие функции в программном обеспечении, знак «++» означает, что наличие функции определяется при проектировании.			

6.5.11 Для снабжения электроэнергией ТС ОБМ, перечисленных в п. 6.1.1, 6.1.3, должны использоваться, как правило, трехфазные ИБП.

6.5.12 Для ТС суммарной мощностью менее 10 кВт допускается использовать однофазные ИБП.

6.5.13 Аккумуляторы, используемые в ИБП, должны выполняться по технологии «Dryfit» (гелевый) или «Powerfit» (стекловолоконистый наполнитель).

6.5.14 При отказе в процессе эксплуатации хотя бы одного аккумулятора ИБП следует заменить всю батарею. При замене батарей следует использовать аккумуляторы одинаковой номинальной емкости, одного изготовителя и одной партии.

6.5.15 ИБП должен обеспечивать кратковременные перегрузки не менее чем в два раза.

6.5.16 ИБП должен комплектоваться LC-фильтром на выходе инвертора.

Требования к системе дистанционного контроля и телеуправления ИБП приведены в таблице 6.

Таблица 6

Наименование функции	Наличие функций системы дистанционного контроля и телеуправления ИБП для		
	РТП	Удаленного АРТП	Труднодоступного АРТП
Диагностика и тестирование ИБП	-	+	+
Контроль перехода питания на АБ ИБП	+	+	+
Перевод нагрузок	-	-	++
Передача данных журнала регистрации событий	-	+	+
Уровень заряда аккумуляторной батареи ИБП	+	+	+

Примечания – знак «+» означает наличие параметра в программном обеспечении, знак «++» означает, что наличие параметра уточняется при проектировании.

6.5.17 Параметрами, определяющими выбор ИБП для ТС ОБМ, являются: полная мощность технологического оборудования в вольт-амперах, необходимое время автономной работы ИБП, программное обеспечение ИБП, емкость аккумуляторной батареи, степень защиты ТС от помех.

## **7. Требования к молниезащите объектов безопасности мореплавания**

### **7.1 Общие требования**

7.2.1 Все объекты безопасности мореплавания должны иметь надежную систему молниезащиты. В проектной документации должны быть оценены риски ущерба системам безопасности мореплавания в соответствии с ГОСТ Р МЭК 62305-2.

7.2.2 В соответствии с классификацией СО-153-34.21.122-2003 по уровню надёжности защиты от прямого удара молнии ОБМ должны быть отнесены к специальным объектам с ограниченной опасностью.

7.2.3 Минимально допустимый уровень надежности защиты от прямого удара молнии для ОБМ принимается равным 0,995.

7.2.4 Тип и размещение устройств МЗС должны выбираться на стадии проектирования.

7.2.5 Проект МЗС должен являться составной частью проекта ОБМ.

7.2.6 Для действующих ОБМ в случае отсутствия в составе проектной документации раздела молниезащиты должен быть разработан отдельный проект МЗС. При наличии раздела молниезащиты в составе проектной документации он должен быть проверен и, при необходимости, откорректирован на соответствие настоящему Стандарту.

7.2.7 Устройства МЗС ОБМ подразделяются на внешние (защита от прямого удара молнии – ПУМ) и внутренние (защита от вторичных воздействий молнии).

7.2.8 Для ОБМ должна применяться, как правило, совокупность внешних и внутренних МЗС (комплексная МЗС).

7.2.9 Решение о выборе вариантов МЗС для ОБМ должно быть обосновано в проектной документации.

7.2.10 При проектировании МЗС для ОБМ следует руководствоваться положениями зонной теории молниезащиты. Все пространство, в котором располагается ОБМ и его технические средства, должно быть разделено на зоны молниезащиты.

7.2.11 Зона  $0_A$  – это внешняя по отношению к защищаемому ОБМ зона (вне зданий ОБМ), не защищённая МЗС. Все точки этой зоны могут подвергаться воздействию прямого удара молнии, и через них может протекать полный ток молнии. В этой зоне электромагнитное поле имеет максимальное значение.

7.2.12 Зона  $0_B$  – это внешняя по отношению к защищаемому ОБМ зона (вне зданий ОБМ), защищённая системой внешней молниезащиты. Точки этой зоны не подвержены воздействию прямого удара молнии. Но электромагнитное поле в ней не ослаблено и также имеет максимальное значение.

7.2.13 Зона 1 – внутренняя зона ОБМ (внутренние помещения зданий ОБМ). Точки пространства зоны 1 не подвергаются воздействию прямого удара молнии. В зоне 1 токи молнии во всех токопроводящих частях имеют значительно меньшее значение по сравнению с зонами  $0_A$  и  $0_B$ . Электромагнитное поле также снижено по сравнению с зонами  $0_A$  и  $0_B$  за счёт экранирующих свойств строительных конструкций.

7.2.14 Зона 2 и последующие зоны. Такие зоны могут создаваться внутри зоны 1, если требуется дальнейшее снижение разрядных токов или электромагнитного поля в местах размещения чувствительных к электромагнитному полю ТС. На границах этих зон должны осуществляться меры по экранированию внутреннего пространства зоны для ограничения внешних воздействий, влияющих на защищаемые ТС.

7.2.15 На границах раздела отдельных зон должно быть выполнено защитное соединение всех металлических частей, доступное для периодического контроля.

7.2.16 Кабели электропитания, связи и другие металлические коммуникации должны входить из зоны  $0_B$  в зону 1 на одном участке.

7.2.17 Каждый кабель или металлическая конструкция своими экранными оболочками или металлическими частями должны подключаться к главной заземляющей шине на границе раздела зон  $0_B$  и 1.

7.2.18 Чувствительные к помехам ТС должны располагаться во внутренних зонах молниезащиты.

## **7.2 Требования к внешней молниезащитной системе**

7.2.1 Система внешней молниезащиты ОБМ должна обеспечивать надежность защиты от прямого удара молнии по первому уровню надежности защиты в соответствии с классификацией Инструкции СО-153-34.21.122-2003.

7.2.2 Надежность защиты должна рассчитываться с учетом интенсивности грозовой деятельности по регионам.

7.2.3 Выбор типа молниеотводов должен производиться проектирующей организацией, исходя из значений заданной надежности.

7.2.4 Рекомендуется максимально использовались естественные молниеотводы.

7.2.5 Внешняя МЗС может быть выполнена отдельно от сооружений ОБМ (отдельно стоящие молниеотводы, соседние сооружения, выполняющие функции естественных молниеотводов), установлена на защищаемом сооружении, быть частью сооружения.

7.2.6 Внешняя МЗС должна состоять из молниеприёмников, токоотводов и заземляющих устройств.

7.2.7.1 Молниеприёмник – часть токоотвода, предназначенная для перехвата молний.

7.2.7.2 Токоотвод (спуск) – часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприёмника к заземлителю.

7.2.7.3 Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников, предназначенная для стекания тока молнии в землю (см. раздел 8).

7.2.7 Для повышения эффективности внешней МЗС должно быть выполнено экранирование кабелей, проложенных по открытым частям территории ОБМ и АМС.

7.2.8 Требования к молниеприемникам ОБМ



7.2.8.1 Молниеприёмники могут быть специально установленными либо их функции выполняют конструктивные элементы защищаемого объекта (естественные молниеприёмники).

7.2.8.2 Молниеприёмники могут состоять из произвольной комбинации следующих элементов: стержней, натянутых проводов (тросов), сетчатых проводников (сеток).

7.2.8.3 Естественными молниеприемниками могут быть:

- металлические кровли защищаемых объектов, при условии что: электрическая непрерывность между различными частями обеспечена на долгий срок, толщина металла кровли составляет не менее 0,5 мм, если ее необязательно защищать от повреждений (прожога) и нет опасности воспламенения находящихся под кровлей горючих материалов (обрешетка, стропильная система, и т.п.).
- металлические конструкции крыши (фермы, соединённая между собой стальная арматура);
- металлические элементы водосточных труб, украшений, ограждений по краю крыши и т.п.;
- технологические металлические трубы, резервуары и т.п.

7.2.8.4 Минимальные сечения молниеприёмников в зависимости от материала должны быть не менее, мм<sup>2</sup>:

- сталь – 50;
- алюминий – 70;
- медь – 35.

## 7.2.9 Требования к токоотводам МЗС ОБМ

7.2.9.1 Токоотвод (спуск) – часть молниеотвода, предназначенная для отвода тока молнии от молниеприёмника к заземлителю.

7.2.9.2 Токоотводы должны располагаться так, чтобы:

- ток растекался по нескольким параллельным путям;
- длина этих путей была минимальна

7.2.9.3 Токоотводы должны прокладываться по прямым и вертикальным линиям так, чтобы путь до земли был кратчайшим.

7.2.9.4 Токоотводы должны равномерно располагаться по периметру защищаемого объекта безопасности мореплавания таким образом, чтобы среднее расстояние между ними было не более 10 м. По возможности они прокладываются вблизи углов зданий.

7.2.9.5 Токоотводы должны соединяться горизонтальными поясами вблизи поверхности земли и через каждые 20 м по высоте здания. В прокладке

горизонтальных поясов нет необходимости, если металлические каркасы здания или стальная арматура железобетона используются как токоотводы.

7.2.9.6 Не допускается прокладывать токоотводы в водосточных трубах.

7.2.9.7 Рекомендуется размещать токоотводы на максимально возможных расстояниях от дверей и окон.

7.2.9.8 Токоотводами считаются:

- металлические конструкции;
- металлический каркас здания или сооружения;
- соединенная между собой стальная арматура здания или сооружения;
- части фасада, профилированные элементы и опорные металлические конструкции фасада.

7.2.9.9 Минимальные сечения токоотводов для ОБМ в зависимости от материала должны быть не менее, мм<sup>2</sup>:

- сталь – 50,
- алюминий – 25;
- медь – 16.

7.2.10 Требования к прокладке и экранированию кабелей

7.2.10.1 На ОБМ все кабели, идущие по открытым частям территории, башен и мачт, должны быть экранированы. В качестве экрана должны использоваться оплетки кабелей, изготовленные из медной/стальной луженой проволоки или стальные трубы.

7.2.10.2 Использование в качестве экранов стальной брони силовых кабелей, а также желобов, в которые укладываются кабели, не допускается.

7.2.10.3 Экранирующие оплетки кабелей должны заземляться в начале и конце кабельной трассы т.е. при вводах в здания (помещения) или в корпус оборудования, а также периодически через 20 м вдоль нее.

7.2.10.4 Должна соблюдаться непрерывность экранирования, для чего экраны кабелей (трубы) не должны иметь разрывов.

7.2.10.5 Экраны кабелей не должны использоваться в качестве обратного провода.

7.2.10.6 Экранные оболочки коаксиальных высокочастотных кабелей должны заземляться на тело мачты как минимум в следующих основных точках:

- возле антенного устройства;
- периодически через 20 м;
- при изгибах кабеля на угол 90° градусов и более;
- при вводе в здание (помещение) или в корпус оборудования.

7.2.10.7 Кабели, прокладываемые по наруже, должны формироваться в единую трассу при вводе в здание (помещение) или корпус оборудования. Ввод предпочтительно осуществляется в одной точке с другими проводящими ток коммуникациями (ПТК).

7.2.11 Отдельные требования к заземляющему устройству внешней МЗС.

7.2.11.1 Общие требования к заземлению ОБМ рассматриваются в разделе 8.

7.2.11.2 Заземляющее устройство молниезащиты (ЗУ) - совокупность заземлителя и заземляющих проводников (см. раздел 8).

7.2.11.3 Заземлитель молниезащиты, за исключением использования отдельно стоящего молниеотвода, должен быть совмещен с заземлителями электроустановок и технологического оборудования. Если заземлители по каким-либо технологическим соображениям должны быть разделены, их следует объединить в общую структуру с помощью системы уравнивания потенциалов на ГЗШ объекта.

7.2.11.4 Минимальные сечения заземляющих устройств МЗС в зависимости от материала должны быть не менее, мм<sup>2</sup>:

- сталь – 80;
- медь – 50.

7.2.11.5 Алюминий для заземления не применяется.

7.2.12 Отдельные требования к внешней молниезащите антенно-мачтовых сооружений ОБМ.

7.2.12.1 Антенно-мачтовые сооружения объектов безопасности мореплавания должны быть оборудованы устройствами молниезащиты независимо от величины среднегодовой продолжительности гроз.

7.2.12.2 Защита АМС от прямых ударов молнии должна осуществляться путём заземления антенных опор и антенно-фидерных устройств.

7.2.12.3 Величина сопротивления молниезащитного заземлителя АМС независимо от величины удельного сопротивления грунта должна быть не более 10 Ом.

7.2.12.4 Для уравнивания высоких потенциалов, возникающих при стекании тока молнии, следует соединять между собой близко расположенные (до 40 м) молниезащитные заземлители АМС и заземлители электроустановок.

7.2.12.5 Молниезащите подлежит каждая металлическая и железобетонная антенная опора и каждая металлическая оконечная фидерная опора, независимо от

их числа на территории ОБМ при условии, что она не попадает в зону защиты другой опоры или сооружения.

7.2.12.6 При выборе конструкций антенн должно быть отдано предпочтение короткозамкнутым антеннам.

7.2.12.7 Если технология работы антенно-фидерных устройств не допускает их заземления, то на входе антенны и вводе её фидеров в техническое здание (помещение) необходимо установить грозозрядники. Воздушный зазор грозозрядника рассчитывается на 1,3 пикового амплитудного напряжения в месте установки грозозрядника.

7.2.12.8 В качестве молниеприёмника в железобетонных башнях могут служить выступающие металлические конструкции в верхней части башни: металлоконструкции антенн, флагшток, ограждения площадок и т.д. В качестве токоотводов может использоваться металлическая арматура железобетонного ствола башни. Если арматуру использовать невозможно, то с внутренней стороны ствола башни должны быть выполнены специальные токоотводы (не менее трёх).

7.2.12.9 Для заземляющих устройств молниезащиты должен быть предусмотрен совмещённый с защитным контуром заземлитель.

7.2.12.10 При расположении ОБМ в отдельном здании с башней (мачтой) заземлению подлежит антенная опора (башня или мачта) с расположенными на ней антеннами и другим оборудованием, а также оттяжки мачт у каждого анкера.

7.2.12.11 Металлические корпуса оборудования, устанавливаемого на антенной опоре, должны быть присоединены к опоре.

7.2.12.12 При прокладке кабелей к АМС в земляных траншеях должны выполняться следующие мероприятия:

а) у кабелей с металлической бронёй (оболочкой), проложенных в траншеях длиной более 20-25 м, броня (оболочка) кабелей должна иметь электрический контакт с металлоконструкциями опор с одного конца и с заземлителем сооружения – с другого;

б) при применении небронированных кабелей они должны укладываться в металлические трубы длиной 20-25 м;

в) при длине участка, менее указанного в перечислении а), или при прокладке кабелей в грунтах с удельным сопротивлением 500 Ом·м и более, в дополнение к указанным в перечислении а) мероприятиям, должны устанавливаться разрядники на вводах кабелей в сооружение. Длина кабельного участка от точки ввода в сооружение до места установки разрядников должна быть не более 10 м.

### **7.3 Требования к внутренней молниезащитной системе**

7.3.1 Внутренняя МЗС должна выполняться для нейтрализации вторичных воздействий молнии (мощных импульсов электромагнитного излучения), которые могут быть причиной повреждения технических средств ОБМ.

7.3.2 Защита от импульсных перенапряжений нормируется ГОСТ Р 50571.5.53-2013, ГОСТ Р 51992-2011, а также ГОСТ Р 50571-4-44-2011.

7.3.3 При реализации внутренней МЗС ОБМ должны быть использованы следующие технические мероприятия:

- качественное заземляющее устройство;
- уравнивания потенциалов внутренних проводящих элементов;
- защиты от импульсных перенапряжений атмосферного характера;
- защиты от коммутационных импульсных перенапряжений, генерируемых оборудованием в пределах электроустановки;
- предотвращение заноса высокого потенциала от внешних коммутационных перенапряжений;
- экранирование.

7.3.4 Выбор схемы и элементов внутренней молниезащиты зависит от конфигурации ОБМ, наличия АМС и их высоты, типа ввода ПТК и определяется при проектировании.

7.3.5 Полные требования к устройствам заземления и уравнивания потенциалов внутренней МЗС представлены в разделе 7 настоящего Стандарта.

7.3.6 На всех ПТК, входящих в объект (или отдельно размещённое оборудование), должны быть установлены устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП), в том числе коаксиальные УЗИП на разрядниках и/или четвертьволновых заглушках в месте ввода высокочастотных коаксиальных кабелей (там, где это возможно).

7.3.7 Проводники системы уравнивания потенциалов от УЗИП должны присоединяться к ГЗШ.

7.3.8 Для ОБМ, имеющих АМС или воздушный ввод электропитания сети 220/380 В, рекомендуется двухступенчатая защита от перенапряжений с применением УЗИП первого и второго класса согласно ГОСТ Р 51992-2011.

7.3.9 В случае применения УЗИП должно быть обеспечено расстояние между соседними ступенями защиты не менее 10 м по кабелю электропитания. В случае размещения устройств на более близком расстоянии или в одном щите должны использоваться импульсные разделительные дроссели (ИРД).

7.3.10 В случае применения ИРД должны быть предусмотрены устройства защиты от сверхтоков на вводе в электроустановку или в той линии, где они установлены.

7.3.11 В случае применения УЗИП без ИРД должна быть обеспечена защита электроустановки от аварийных режимов короткого замыкания в УЗИП.

7.3.12 Экранирование может выполняться для помещений ОБМ, установленного в них технологического оборудования, электропитающих и сигнальных кабелей. Выбор перечня экранируемых элементов и технологии экранирования определяется при проектировании.

## **8. Требования к заземлению объектов безопасности мореплавания**

### **8.1 Общие требования**

8.1.1 Заземление - преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с заземляющим устройством.

8.1.2 В соответствии с ПУЭ различают рабочее (функциональное) и защитное заземления.

8.1.3 Рабочее заземление обеспечивает нормальный режим работы электрооборудования. Выполняется заземлением нейтрали источника в системах с глухозаземлённой нейтралью.

8.1.4 Защитное заземление обеспечивает безопасность обслуживающего персонала. Выполняется соединением с землёй частей электрооборудования, нормально не находящихся под напряжением, но которые могут оказаться под ним в результате пробоя изоляции на корпус или на землю.

8.1.5 Для ОБМ должны применяться рабочее заземление, система зануления, система уравнивания потенциалов, система выравнивания потенциалов.

8.1.6 Для ОБМ целесообразно прокладывать единый контур заземления, объединяющий рабочее и защитное заземления. Сопротивление единого контура заземления не должно превышать величину, меньшую из всех допустимых значений по ПУЭ для отдельных электроустановок, образовавших единый контур заземления.

8.1.7 Если ОБМ включает в себя несколько зданий и сооружений, то на вводе системы электроснабжения в каждое здание и сооружение необходимо выполнять повторное заземление *PE*- и *PEN*-проводников. Для повторного заземления рекомендуется использовать в первую очередь естественные заземлители. Сопротивление заземлителя повторного заземления не нормируется.

8.1.8 Проект заземляющего устройства, включая систему зануления и систему уравнивания потенциалов, должен быть составной частью технической

документации на сооружение ОБМ. При монтаже заземляющего устройства не допускаются никакие отступления от проекта.

8.1.9 При приемке заземляющего устройства в эксплуатацию должны быть предъявлены следующие документы:

- проект и исполнительная документация, включая эксплуатационную;
- акты на скрытые работы;
- сертификаты на материалы и оборудование;
- протоколы испытаний заземляющих устройств.

8.1.10 Принятое в эксплуатацию заземляющее устройство должно иметь паспорт, содержащий схему заземления, основные технические и расчетные величины, данные о характере проведенных последующих ремонтов, дополнений и изменений в конструкции и схеме.

8.1.11 В соответствии с ПУЭ для систем электроснабжения ОБМ напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью должно быть обеспечено сопротивление заземляющего устройства:

- $R \leq 4 \text{ Ом}$  при  $U_n = 380 \text{ В}$ ;
- $R \leq 8 \text{ Ом}$  при  $U_n = 220 \text{ В}$

## 8.2 Требования к конструкции заземляющих устройств

8.2.1 Заземляющее устройство должно состоять из заземлителя и заземляющих проводников.

8.2.2 Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через проводящую среду. Заземляющий контур - заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на ее поверхности.

8.2.3 В качестве заземлителей допускается применять металлические конструкции зданий и сооружений, проложенные под землей при их строительстве.

8.2.4 При отсутствии естественных заземлителей или если их применение не обеспечивает допустимого ПУЭ минимума сопротивления растеканию тока по земле, должны быть выполнены специальные (искусственные) заземлители.

8.2.5 Один из вариантов расчета заземляющих устройств приведен в методике (приложение № 2).

8.2.6 В качестве искусственных заземлителей должны применяться, как правило, глубинные заземлители модульной конструкции.

8.2.7 В скальных грунтах и в зонах многолетних мерзлых грунтов для обеспечения сопротивления заземляющих устройств следует выполнить комплекс или часть дополнительных мероприятий.

- Прокладка горизонтальных заземлителей на меньшей глубине – но не менее 0,15 м (в скальных грунтах);
- устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление земли снижается;
- устройство выносных заземлителей, если в районе до 2 км от электроустановки имеются участки с меньшим удельным сопротивлением земли;
- укладка в траншею вокруг горизонтальных заземлителей влажного глинистого грунта с трамбовкой и засыпкой щебнем (в скальных грунтах);
- в зонах многолетней мерзлоты – размещение заземлителей в непромерзающие водоемы, использование труб, скважин, покрытие грунта теплоизоляционным материалом над заземлителями;
- при удельном сопротивлении земли ( $\rho$ ) более 500 Ом $\times$ м требуемое сопротивление заземляющего устройства допускается увеличить в 0,002  $\rho$  раз, но не более десятикратного.

### 8.3 Требования к системам зануления

8.3.1 Система зануления распространяется на электрические системы с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В, в том числе на системы электроснабжения ОБМ, и должна защищать человека в случае его прикосновения к корпусам оборудования, в которых возникло короткое замыкание на корпус.

8.3.2 Зануление требует преднамеренного соединения частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с нулевым проводом электрической системы, который присоединен к нейтрали источника.

8.3.3 Наиболее надежно зануление работает в пятипроводной системе распределения электрической энергии.

8.3.4 Системы зануления ОБМ должны быть обеспечены заземленной нейтралью трехфазного источника, магистральным нулевым проводом зануления, ответвлением от магистрали к корпусу защищаемого электроприемника, защитным коммутационным устройством и повторным заземлением магистрали нулевого провода.

8.3.5 Значения сопротивления заземления в электроустановках не должны превышать величин, приведенных в таблице 7.

Таблица 7

Напряжение сети линейное/фазное, В	Заземление нейтрали источника, Ом	Повторные заземлители, Ом	Результирующее сопротивление, Ом
--	---	------------------------------	-------------------------------------



660/380	15	5	2
380/220	30	10	4
220/127	60	20	8
Примечание - при удельном сопротивлении грунта $\rho \geq 100$ Ом х м приведенные нормы допускается увеличивать в $0,01 \rho$ раз, но не более десятикратного.			

8.3.6 Рабочий нулевой провод  $N$  должен выбираться, исходя из условия длительного протекания рабочего тока. Его изоляция должна быть на уровне изоляции фазных проводников.

8.3.7 Полная проводимость нулевого защитного проводника  $PE$  должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

8.3.8 Проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть такой, чтобы при замыкании на корпус ток короткого замыкания превышал как минимум:

- в 3 раза номинальный ток плавкой вставки ближайшего предохранителя;
- в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя или установку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющую обратозависимую от тока характеристику;
- в автоматическом выключателе с электромагнитным расцепителем (отсечкой) и номинальным током до 100 А кратность тока короткого замыкания должна быть не менее 1,4, а в автоматическом выключателе с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

8.3.9 Допускается использование индивидуального заземлителя корпуса электроприемника без его электрической связи с занулением при использовании дополнительного УЗО.

## **8.4 Требования к системе уравнивания потенциалов**

7.4.1 Система уравнивания потенциалов (СУП) предназначена для снижения влияния разности потенциалов между точками сети, которые штатно должны быть эквипотенциальными.

7.4.2 Система уравнивания потенциалов регламентирована ПУЭ.

7.4.3 СУП должна работать как в штатном, так и в аварийных режимах работы электроустановок.

7.4.4 СУП относится к нулевому проводу всей электрически связанной сети объекта.

7.4.5 СУП представляет собой совокупность шин и соединяющих их проводов, служащих для уменьшения разности потенциалов между доступными

одновременному прикосновению открытыми проводящими частями (ОПЧ) электроустановки, сторонними проводящими частями (СПЧ), заземляющими и защитными проводниками (*PE*), а также *PEN*-проводниками – путем электрического соединения этих частей между собой.

7.4.6 Центральным элементом СУП в электроснабжении ОБМ должна являться главная заземляющая шина (ГЗШ).

7.4.7 ГЗШ – часть защитного устройства электроустановки напряжением до 1000 В, предназначенная для присоединения к ней нескольких уравнительных проводников с целью уравнивания потенциалов.

7.4.8 ГЗШ может располагаться внутри вводного распределительного устройства (ВРУ) или отдельно от него. Если ГЗШ располагается внутри ВРУ, то в качестве ГЗШ допускается использовать шину *PE*.

7.4.9 ГЗШ должна быть проложена открыто или в кабелепроводе (плинтусе, коробе, лотке и т.п.), обеспечивающем доступность по всей длине. Голые проводники, заземляющие шины должны быть изолированы от поддерживающих устройств, а в местах прохода через стены должны быть защищены от коррозии.

7.4.10 Применение алюминия для ГЗШ не допускается.

7.4.11 Не допускается присоединение к ГЗШ нулевых *N* и *PE* проводников «под один болт».

7.4.12 Главный зажим ГЗШ должен быть присоединён к заземлителю заземляющим проводником, площадь поперечного сечения которого должна быть не менее 10 мм<sup>2</sup> по меди.

7.4.13 Уравнительный проводник представляет собой *PE*-проводник, применяемый для уравнивания потенциалов. В качестве проводников системы уравнивания потенциалов могут быть использованы ОПЧ и СПЧ.

7.4.14 Допускается не подключать к ГЗШ индивидуальные заземлители удаленных электроприемников в системе *TT*.

7.4.15 СУП ОБМ может состоять из основной системы и дополнительной(ых).

7.4.16 На вводе в сооружения ОБМ должна быть выполнена основная система уравнивания потенциалов. По ходу передачи электроэнергии выполняется повторное уравнивание потенциалов (дополнительная система уравнивания потенциалов).

7.4.17 К основной системе уравнивания потенциалов на объектах безопасности мореплавания должны подключаться:

- нулевой защитный  $PE$  и нулевой совмещенный (рабочий и защитный)  $PEN$ -проводник питающей линии в системе  $TN$ ;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание: горячего и холодного водоснабжения, канализации, отопления, газоснабжения и т.п.;
- сторонние проводящие части;
- арматура железобетонных конструкций;
- заземлитель молниеотвода;
- металлические оболочки телекоммуникационных кабелей;
- повторное заземление на входе в здание;
- магистраль рабочего заземления (контур) в помещении технологического оборудования;
- заземляющие проводники антенн радиосвязи;
- проводники дополнительной системы уравнивания потенциалов.

7.4.18 Сечение проводников основной СУП должно быть не менее мм<sup>2</sup>:

- медных - 6,
- алюминиевых - 16,
- стальных - 50.

7.4.19 К дополнительной системе уравнивания потенциалов должны подключаться все открытые для прикосновения (доступные) части стационарной электроустановки, сторонние проводящие части и защитные нулевые проводники всего электрооборудования.

7.4.20 Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов должно быть не менее:

- при соединении двух открытых проводящих частей - сечения меньшего из защитных проводников, подключенных к этим частям;
- при соединении открытой проводящей части и сторонней проводящей части - половины сечения защитного проводника, подключенного к открытой проводящей части.

7.4.21 Присоединение проводящих частей в основной системе уравнивания потенциалов должно выполняться при помощи отдельных ответвлений.

7.4.22 Присоединение проводящих частей в дополнительной системе уравнивания потенциалов должно выполняться при помощи общего неразъёмного проводника.

7.4.23 При питании однофазных потребителей от трёхфазной сети для разных групп потребителей допускается иметь общие проводники  $N$  и  $PE$ , проложенные непосредственно от ВРУ.

7.4.24 Системы уравнивания потенциалов подразделяются на локальные и общие.

7.4.25 Локальные системы используются для уравнивания потенциалов групп электроустановок.

- 7.4.26 Общие системы уравнивания потенциалов объединяют локальные системы.
- 7.4.27 По способу построения СУП для ОБМ предпочтительны радиальные, местные (сеточные) и общие.
- 7.4.28 Радиальная система уравнивания потенциалов используется для частей зданий и сооружений ОБМ в случае, когда ТС имеют низкую чувствительность к электромагнитным помехам, а ввод ПК и кабелей производится в одной точке.
- 7.4.29 При использовании радиальной СУП нулевые рабочие и нулевые защитные проводники технологического оборудования должны быть соединены посредством специального заземляющего изолированного проводника с заземляющим зажимом ГЗШ.
- 7.4.30 Радиальная система уравнивания потенциалов должна присоединяться к общей системе заземления только в одной точке. Все ПК между устройствами оборудования должны прокладываться параллельно проводникам заземления, образующим звезду. Ввод в защитную зону проводов должен производиться в центральной точке системы уравнивания потенциалов. Указанная общая точка является также наилучшим местом присоединения УЗИП.
- 7.4.31 При использовании радиальной системы все ее металлические части должны быть изолированы от заземлителя на всем протяжении, кроме единственной точки соединения с ним.
- 7.4.32 Местная (сеточная) СУП используется для частей зданий и сооружений ОБМ в совокупности с радиальной системой в случае, когда ТС имеют повышенную чувствительность к электромагнитным помехам с большим числом различных ПК, которые входят в защищаемую часть здания (сооружения) ОБМ в различных точках.
- 7.4.33 При использовании местной СУП должны быть выполнены в требования 7.4.29.
- 7.4.34 При использовании местной СУП ТС в защитной зоне должны соединяться друг с другом по кратчайшим расстояниям несколькими проводниками, а также с металлическими частями защищённой зоны и экраном зоны. При этом должны максимально использоваться имеющиеся металлические части зданий и сооружений.
- 7.4.35 Общее (комплексное) уравнивание потенциалов должно выполняться для ОБМ, в случаях размещения ТС в нескольких помещениях или этажах здания (сооружения), а также при размещении ТС чувствительных к электромагнитным помехам и для обеспечения электромагнитной совместимости.

7.4.36 При выполнении общей СУП в каждом помещении и на каждом этаже должны быть уложены горизонтальные уравнивающие сетки, между которыми должны быть устроены вертикальные уравнивающие связи. При этом система уравнивающих сеток должна быть соединена со всеми СПЧ здания, в том числе со стальными и железобетонными строительными каркасами и металлическими трубопроводами здания, а также с ОПЧ электроустановок.

7.4.37 Соединение локальных сетей уравнивания с общей системой должно выполняться на границе зоны молниезащиты.

## **8.5 Требования к системе выравнивания потенциалов**

7.5.1 Система выравнивания потенциалов (СВП) регламентирована ПУЭ.

7.5.2 СВП предназначена для защиты персонала от поражения напряжениями прикосновения и шага относительно земли и пола в зоне высоковольтных трансформаторных подстанций в их аварийном режиме однофазного замыкания на землю.

7.5.3 Напряжение прикосновения - разность потенциалов между двумя проводящими частями или проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека.

7.5.4 Напряжение шага – разность потенциалов между двумя точками на поверхности земли или пола на расстоянии 1 м между ними.

7.5.5 СВП выполняется путем:

- укладки в земле, полу или на их поверхности защитных проводников, присоединенных к заземляющему устройству;
- использованием режима компенсированной или резистированной нейтрали, т.е. включением между нулевой точкой первичной обмотки питающего трансформатора и землей дросселя или резистора;
- снижением сопротивления заземляющего устройства до величины не более 1 Ома.

7.5.6 Нормами ПУЭ оперативному персоналу электроснабжающей организации на поиск места однофазного замыкания отводится до двух часов.

7.5.7 Проектная документация на СВП должна быть в составе проекта на строительство ЛЭП к ОБМ.

## **8.6 Требования к электрическим измерениям и испытаниям заземлений в электроустановках ОБМ**

- 7.6.1 При эксплуатации устройств заземления ОБМ должны производиться периодические проверки сопротивления заземления растеканию заземлителя, металlosвязи, сопротивления петли «фаза-нуль».
- 7.6.2 Проверки должны производиться на договорных условиях. Заказчиком в договоре выступает администрация ОБМ, исполнителем - специализированная электротехническая аккредитованная испытательная лаборатория.
- 7.6.3 Заказчик выполняет технические и организационные мероприятия по технике безопасности на рабочем месте и осуществляет допуск на выполнение работ.
- 7.6.4 После оформления допуска рабочее место находится в распоряжении исполнителя. По окончании работ исполнитель проверяет отсутствие «закороток», инструмента и приборов на рабочем месте, восстанавливает заземления и зануления, удаляет персонал и сдаёт рабочее место заказчику.
- 7.6.5 Приёмку рабочего места заказчик подтверждает подписью своего представителя после полного окончания работ и принимает на себя ответственность за нормальную эксплуатацию оборудования.
- 7.6.6 Работники исполнителя, направленные на объект заказчика для проведения измерений, должны иметь при себе:
- удостоверение о проверке знаний;
  - задание на выполнение работ;
  - приборы, соответствующие срокам поверки, рабочий инструмент и приспособления;
  - защитные средства;
  - рабочие бланки протоколов для записей и оформления результатов измерений.
- 7.6.7 Для подготовки рабочего места и допуска персонала исполнителя должен выделяться оперативный персонал заказчика.
- 7.6.8 Персоналу исполнителя запрещается вмешиваться в операции включения и отключения электроустановок, кроме предотвращения несчастных случаев.
- 7.6.9 Производитель работ отвечает за точное выполнение всех мероприятий по технике безопасности на объекте заказчика.
- 7.6.10 Номенклатура приборов, инструмента и защитных средств определяется исполнителем для каждого работника индивидуально. Их количество и выбор должны быть достаточными для удобного, соответствующего правилам техники безопасности проведения работ.
- 7.6.11 Протоколы измерений должны оформляться отдельными документами или как часть отчёта об измерениях.

7.6.12 В левом верхнем углу каждого отдельного протокола должны быть реквизиты исполнителя (наименование, адрес, телефоны сотрудников и т.п.). В протоколах должен быть полный перечень выявленных недостатков и дефектов.

7.6.13 Если протоколы измерений входят в единый отчёт, реквизиты в каждом протоколе не требуются, а перечень дефектов и недостатков представляется как свободный единый перечень (дефектная ведомость).

7.6.14 Оформленные документы должны вручаться лицу, ответственному за электрохозяйство заказчика, под расписку. Копия отчёта (протоколов) должна храниться у исполнителя сроком не менее периодичности измерений. Если у заказчика за этот период не было реконструкций или перемещения оборудования, персонал исполнителя несёт ответственность за достоверность измерений и за электробезопасность обслуживающего электротехнического персонала заказчика.

7.6.15 Материалы измерений должны храниться у заказчика.

**Методика  
расчета надежности электроснабжения  
технических средств объектов безопасности мореплавания**

Москва. 2018 год.



Правильная количественная оценка надежности требует четкого определения понятия отказа. Отказ изделия определяется как случайное событие, в результате которого изделие теряет свою техническую сущность и не может выполнять в данных условиях хотя бы одну из функций, для осуществления которых оно предназначено. Следовательно, количественная оценка надежности изделия сводится к определению вероятности того, что при данных условиях оно безотказно выполнит все или любую из возложенных на него функций в требуемый промежуток времени  $(t, t + \tau)$ .

Различают отказы двух основных видов: структурные (или «внезапные»), связанные с нарушением структуры изделия (обрыв, поломка и т.п.), и параметрические (или «постепенные»), вызываемые выходом рабочих параметров изделия за допустимые пределы.

Ниже рассматриваются только структурные отказы, поскольку на ОБМ параметрические отказы могут быть своевременно выявлены и предупреждены обслуживающим персоналом по данным мониторинга.

Принято для расчетов, что системы электроснабжения ОБМ являются восстанавливаемыми.

Введем показатели надежности

$R(t)$  – вероятность безотказной работы, когда в заданном интервале времени не возникает отказа изделия;

$Q(t)$  – вероятность отказа изделия.

Предположим, что к концу срока эксплуатации по прошествии времени  $t$  в изделии (системе) остается:

$N(t)$  – количество исправных элементов;

$n(t)$  – количество отказавших элементов;

$N(0)$  – общее количество элементов, работоспособных в начальный момент времени, т.е.

$$N(0) = N(t) + n(t)$$

Вероятность безотказной работы определяется отношением работоспособных элементов к их общему количеству:

$$R(t) = \frac{N(t)}{N(0)}$$

Поскольку  $N(t) = N(0) - n(t)$ , то

$$R(t) = 1 - \frac{n(t)}{N(0)}$$

А вероятность отказов, соответственно, будет оцениваться относительным количеством отказов:

$$Q(t) = \frac{n(t)}{N(0)}$$

При этом, чем больше  $N(0)$ , тем точнее определение вероятности отказов (безотказной работы).

Так как безотказная работа и отказ – взаимно противоположные события, то сумма их вероятностей равна единице, что образует полную группу событий:

$$Q(t) + R(t) = 1.$$

*Плотность распределения* – это распределение отказов по времени наработки до отказа:

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}.$$

Вероятности отказов и безотказной работы в функции плотности выражаются зависимостями:

$$Q(t) = \int_0^t f(t) dt \text{ при } t \rightarrow \infty, \quad Q(\infty) = \int_0^{\infty} f(t) dt = 1,$$

$$R(t) = 1 - Q(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt.$$

*Интенсивность отказов* – это отношение количества отказавших объектов  $\Delta n(t)$  к числу объектов  $N(t)$ , оставшихся работоспособными, за наработку  $\Delta t$ :

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t N(t)},$$

где  $\Delta n(t)$  – количество отказавших объектов за наработку  $\Delta t$ ,

$N(t)$  – количество безотказно работавших объектов за наработку  $\Delta t$ .

Учитывая, что  $R(t) = N(t)/N(0)$ , в вероятностной трактовке получаем:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta n}{N(0)\Delta t \cdot R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}.$$

Вероятность безотказной работы можно выразить через интенсивность отказов:

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}.$$

Для распределение вероятности безотказной работы элементов принимаем показательный закон распределения отказов

При этом вероятность безотказной работы за равные промежутки времени одна и та же. Благодаря этому, надежность изделия с показательным распределением отказов не зависит от его возраста, а кроме того возможно суммировать интенсивность отказов частей изделия (блоков, элементов) для нахождения интенсивности отказов изделия в целом.

Таблица 1.33 - Характеристики распределений

Характеристики распределений по показательному закону	Расчетная формула
Частота отказов, плотность вероятности	$\lambda e^{-\lambda t}$
Вероятность безотказной работы	$e^{-\lambda t}$
Интенсивность отказов	$\lambda$
Среднее время безотказной работы	$1/\lambda$

### Пример расчета надежности типовой схемы электроснабжения ОБМ

При выполнении расчета удобнее перейти от реального элемента системы электроснабжения к схеме его замещения, для чего необходимо сделать следующие допущения:

- элемент сети может находиться только в двух состояниях: 0 – работоспособное; 1 – отказавшее;

- защитные коммутационные аппараты могут отказывать двумя различными способами: отказ типа «обрыв цепи» и отказ в срабатывании;
- случайные интервалы времени между отказами элементов и длительности нахождения их в отказавшем состоянии не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей;
- устройство автоматического ввода резерва (АВР) и системы релейной защиты могут выходить из строя только тогда, когда они находятся в режиме ожидания. В данном случае предполагается, что надежность АВР и средств защиты являются функциями времени, а не числа произведенных ими переключений или отключений;
- отказы АВР, средств защиты, систем отключения выключателей и самих выключателей обнаруживаются и устраняются только в результате профилактических проверок;
- предполагается, что проверки абсолютно надежные, после каждого отказа электрооборудования или средств защиты его работоспособность полностью восстанавливается;
- интервалы времени между отказами (поток отказов  $\lambda_i$ ) электрооборудования (средств защиты) и длительность их восстановлений (поток восстановлений  $\mu_i$ ) взаимно независимы;
- восстановление электрооборудования неограниченное и полное, все работоспособное электрооборудование находится в работе, все отказавшее – в процессе восстановления;
- для элементов СЭС должно выполняться условие:

$$\frac{\lambda_{i,j}}{\mu_{i,j}} \leq 0,01$$

Принятые допущения позволяют любое электрооборудование распределительной сети представить в виде элемента, характеризующегося двумя величинами: параметром потока отказов  $\lambda_{i,j}$  и параметром потока восстановлений  $\mu_{i,j}$ .

Далее следует сделать допущения и положения, позволяющие реальную схему СЭС при оценке ее надежности заменить на эквивалентную:

- выделяется вход и выход системы, т.е. точки, относительно которых определяется надежность электроснабжения;
- все источники питания соединяются в одну точку, и эта точка принимается за абсолютно надежную;
- учитываются только те повреждения элементов сети (линии электропередачи, сборные шины, трансформаторы и т.д.), которые сопровождаются КЗ;
- при расчете надежности схем систем электроснабжения учитываются только длительные аварийные отключения элементов сети. Отключения потребителей на время действия АПВ и АВР не учитываются;
- учитываются только двойные совпадающие в пространстве и времени отказы: КЗ в защищаемой сети и отказ в срабатывании защитного коммутационного аппарата.

Принятые для расчета надежности допущения позволяют заменить СЭС на эквивалентную схему, совпадающую по структуре с принципиальной. Элементы

схемы замещения входят в нее своими параметрами потока отказов и восстановлений.

Отдельно составляются две схемы замещения:

- в первой учитываются повреждения выключателя типа «обрыв цепи»;
- во второй учитываются отказы в срабатывании выключателей отходящих присоединений.

Эквивалентный параметр потока отказов  $\lambda_k$  и восстановлений  $\mu_k$  системы, состоящей из  $n$  логически последовательного соединения элементов (см. рис. 1.46 а), определяются следующим образом (учитывается отказ защитного коммутационного аппарата типа «обрыв цепи», а для защищаемого элемента – повреждение типа КЗ):

$$\lambda_k = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (1.1)$$

$$\mu_k = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (1.2)$$

где  $\lambda_i$  – параметр потока отказов  $i$ -го элемента;

$\mu_i$  – параметр потока восстановлений  $i$ -го элемента;

$k$  – номер эквивалентного элемента;

$n$  – общее число логически последовательно соединенных элементов.

Эквивалентный параметр потока отказов  $\lambda_v$  и восстановлений  $\mu_v$  системы, состоящей из  $m$  логически параллельного соединения элементов (см. рисунок 1.46 б), определяются по следующим формулам:

$$\lambda_v = \frac{\prod_{i=1}^m \lambda_i \left( \sum_{i=1}^m \mu_i \right)}{\prod_{i=1}^m \mu_i} ; \quad (1.3)$$

$$\mu_v = \sum_{i=1}^m \mu_i , \quad (1.4)$$

где  $v$  – номер эквивалентного элемента;

$m$  – общее число логически параллельно соединенных элементов.

Пример расчета надежности для схемы, представленной на рис. 1.1

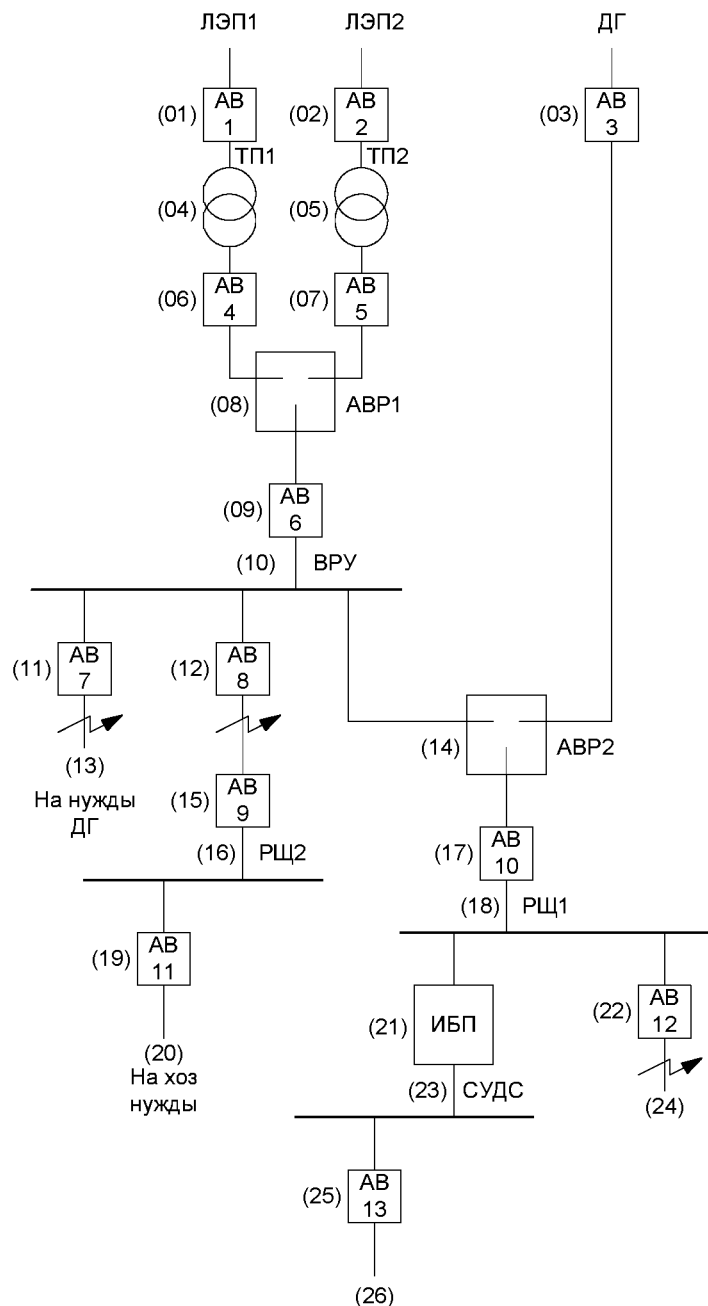


Рисунок 1.1. Типовая схема системы электроснабжения технических средств ОБМ

Каждый элемент СЭС характеризуется событиями:

$x_{i,j}$  – в  $i$ -м элементе произошел отказ  $j$ -го вида;

$y_{i,j}$  – в  $i$ -м коммутационном аппарате произошел отказ  $j$ -го вида.

Каждое событие характеризуется:

$\lambda_{i,j}$  – параметром потока отказов;

$\mu_{i,j}$  – параметром потока восстановлений.

Код  $i$  обозначает номер элемента в схеме, а код  $j$  обозначает вид отказов элемента ( $j = 1$  – короткое замыкание;  $j = 2$  – обрыв цепи;  $j = 3$  – отказ в срабатывании). Нецелесообразно делить отказы, которым подвергается электрооборудование в процессе эксплуатации более чем на три вида.

Перечисленные виды отказов следует относить к следующим типам электрооборудования.

1. Отказ типа КЗ. Такой вид отказа может происходить во всех элементах схемы, через которые проходит ток нагрузки в нормальном режиме работы. КЗ в таких элементах отключаются

основной релейной защитой, в зоне действия которой находится рассматриваемый элемент сети.

2. Для защитных коммутационных аппаратов будем учитывать два вида отказов:
  - а) отказ выключателя типа «обрыв цепи». К таким отказам будем относить ложные и излишние отключения выключателей в результате действия релейной защиты, которые ликвидируются с помощью ручного переключения (т.е. без средств автоматики), а также автоматические отключения выключателей в результате повреждений во вторичных цепях релейной защиты;
  - б) отказ выключателя в срабатывании. Эти отказы выявляются в результате профилактических осмотров выключателей: привода, дугогасительной камеры, контактной системы, оценивается возможность перекрытия изоляции при внешних и внутренних перенапряжениях, проверяются пути утечки тока. Производится осмотр релейных защит, контактов самих реле, проверяются уставки защит, оперативные цепи питания, работа устройства автоматического повторного включения (АПВ), устройства автоматического ввода резерва (АВР) и т.д.

Требуется определить следующее.

1. Параметр потока аварийных отключений узла схемы (например, секция шин СУДС),  $\lambda_{сх}$ .
2. Вероятность бесперебойного электроснабжения потребителей секции шин СУДС в течение года  $t = 8760$  час,  $R(t)$ .
3. Средний интервал времени между аварийными перерывами электроснабжения узла схемы,  $T_{ср}$ .
4. Среднее время восстановления электроснабжения узла схемы,  $\tau_{сх}$ .

Для расчета необходимы следующие входные данные.

1. Параметры надежности электрооборудования СЭС ( $\lambda_{i,j}$  и  $\mu_{i,j}$ ) – приведены в таблице 1.34.
2. Среднее время  $\tau_{i,j}$  обнаружения отказавшего в срабатывании коммутационного аппарата, отключение его от сети и восстановления электроснабжения узла схемы (шина СУДС) – приведены в таблице 1.35.
3. Проверки системы отключения коммутационных аппаратов вместе с релейной защитой (для выявления скрытых отказов, которые могут привести к отказу в срабатывании коммутационного аппарата) проводятся через  $\theta = 4380$  ч (0,5 года).

Учитываются повреждения: системы шин, трансформаторов, кабельных линий, которые приводят к КЗ в электрооборудовании. Для выключателей учитываются два вида отказов: отказ типа «обрыв цепи» и отказ в срабатывании.

Таблица 1.34 – Параметры надежности электрооборудования СЭС

Номер эл-та	Обозначение	Код эл-та	Поток отказов $\lambda_{i,j}$ год <sup>-1</sup>	Поток восстановления $\mu_{i,j}$ год <sup>-1</sup>
1	АВ1	у 1 2	0,061	292
2	АВ2	у 2 2	0,061	292
3	АВ3	у 3 2	0,061	292
4	ТП1	х 4 1	0,035	438
5	ТП2	х 5 1	0,035	438
6	АВ4	у 6 2	0,061	292

7	AB5	у	7	2	0,061	292
8	ABP1	у	8	2	0,035	245
9	AB6	у	9	2	0,061	292
10	ВРУ	х	10	1	0,035	438
11	AB7 4 шт.	у	11	3	0,061	292
12	AB8	у	12	3	0,061	292
13	4 потребителя ДГ	х	13	1	0,061	292
14	ABP2	у	14	2	0,035	245
17	AB10	у	17	2	0,061	292
18	РЦ1	х	18	1	0,035	438
21	ИБП	х	21	1	0,088	245
22	AB12 6 шт.	у	22	3	0,061	292
23	СУДС	х	23	1	0,035	438
24	6 потребителей аппаратной	х	24	1	0,061	1095
25	AB13 10 шт.	у	25	2	0,061	292
26	10 потребителей СУДС	х	26	1	0,061	1095

В реальных условиях эксплуатации элементы, из которых собрана система, зачастую оказываются в условиях значительно отличающихся от расчетных (номинальных). Это обстоятельство влияет как на надежность элементов, так и на систему в целом. Приблизить объявленные изготовителем параметры надежности элементов к реальным условиям возможно с помощью поправочных коэффициентов.

В специальной литературе по надежности даны таблицы и номограммы для определения поправочных коэффициентов при соответствующих величинах воздействующих факторов.

С учетом принятых допущений и заданной схемы системы электроснабжения ОБМ, схема минимальных сечений при учете отказов коммутационных аппаратов типа «обрыв цепи» примет вид рис. 1.2.



Построение второй схемы замещения, которая учитывает отказы в срабатывании коммутационных аппаратов и появление КЗ в зоне действия их релейных защит, выполняется следующим образом.

Таблица 1.35 – Среднее время восстановления электроснабжения шины СУДС

Номер коммут. аппарата	Обозначение	Среднее время восстановления $\tau_{i,j}$ , год	Номер коммут. аппарата	Обозначение	Среднее время восстановления $\tau_{i,j}$ , год
11.1	AB7.1	2,28E-03	25.1	AB13.1	5,48E-04
11.2	AB7.2	2,28E-03	25.2	AB13.2	5,48E-04
11.3	AB7.3	2,28E-03	25.3	AB13.3	5,48E-04
11.4	AB7.4	2,28E-03	25.4	AB13.4	5,48E-04
12	AB8	6,85E-03	25.5	AB13.5	5,48E-04
22.1	AB12.1	5,48E-04	25.6	AB13.6	5,48E-04

22.2	AB12.2	5,48E-04
22.3	AB12.3	5,48E-04
22.4	AB12.4	5,48E-04
22.5	AB12.5	5,48E-04
22.6	AB12.6	5,48E-04

25.7	AB13.7	5,48E-04
25.8	AB13.8	5,48E-04
25.9	AB13.9	5,48E-04
25.10	AB13.10	5,48E-04

Аварийный перерыв в электроснабжении узла нагрузки (секции СУДС) произойдет, например, при КЗ в точке “” между АВ8 и АВ9 и отказе в срабатывании коммутационного аппарата АВ8, тогда КЗ в точке “” будет отключено с выдержкой времени коммутационным аппаратом АВ6. Электроснабжение секции СУДС восстановится после того, как будет обнаружен поврежденный участок линии и вручную отключен коммутационный аппарат АВ8. После этого необходимо включить коммутационный аппарат АВ6 и неповрежденные элементы получают электроэнергию. Схема минимальных сечений при учете отказов в срабатывании коммутационных аппаратов примет вид рис. 1.49.

Используя формулы (1.1)-(1.4), схему замещения (рис. 1.2), определяем:

- $\lambda_0$  – параметр потока аварийных отключений узла нагрузки при учете отказа выключателя типа «обрыв цепи»;
- $\mu_0$  – параметр потока восстановлений электроснабжения узла нагрузки при учете отказов выключателя типа «обрыв цепи» и отказов типа КЗ защищаемого элемента.

$$\lambda_0 = 1,25E-04 \text{ год}^{-1};$$

$$\mu_0 = 545 \text{ год}^{-1}.$$

Следует отметить, что источник бесперебойного питания (ИБП), учитываемый в схеме минимальных сечений одним элементом как преобразователь частоты, неверно отражает принцип резервирования, т.к. в этом случае ИБП только снижает надежность электроснабжения СУДС. Очевидно, это связано с тем, что в ИБП не учитывается внутренний источник питания (аккумуляторная батарея) и байпас (автоматический). Таким образом, в ИБП должны быть выделены следующие функции для учета надежности схемы (см. рис. 1.4).

1. Аккумуляторная батарея – инвертор.
2. Корректор напряжения (преобразователь частоты).
3. Байпас - резервирование замещением.

Т.к. функция инвертора и корректора реализуется одним и тем же преобразователем частоты, то параметры надежности элементов  $x_{211}$  одни и те же.

Параметр потока  $H_I$  аварийных отключений узла нагрузки (секция шин СУДС) из-за отказов в срабатывании  $I$ -го коммутационного аппарата для принятых допущений можно определить по формуле:

$$H_I = 0,5 \cdot \lambda_{n1} \cdot \lambda_{m3}^2 \cdot \theta_m^2, \quad (1.5)$$

где  $\lambda_{n1}$  – параметр потока появления КЗ ( $j = 1$ ) в  $n$ -й линии, отходящей от  $m$ -го коммутационного аппарата;

$\lambda_{m3}$  – параметр потока отказов в срабатывании ( $j = 3$ )  $m$ -го коммутационного аппарата;



$\theta_m$  – интервал времени между проверками системы отключения и средств защиты  $m$ -го коммутационного аппарата.

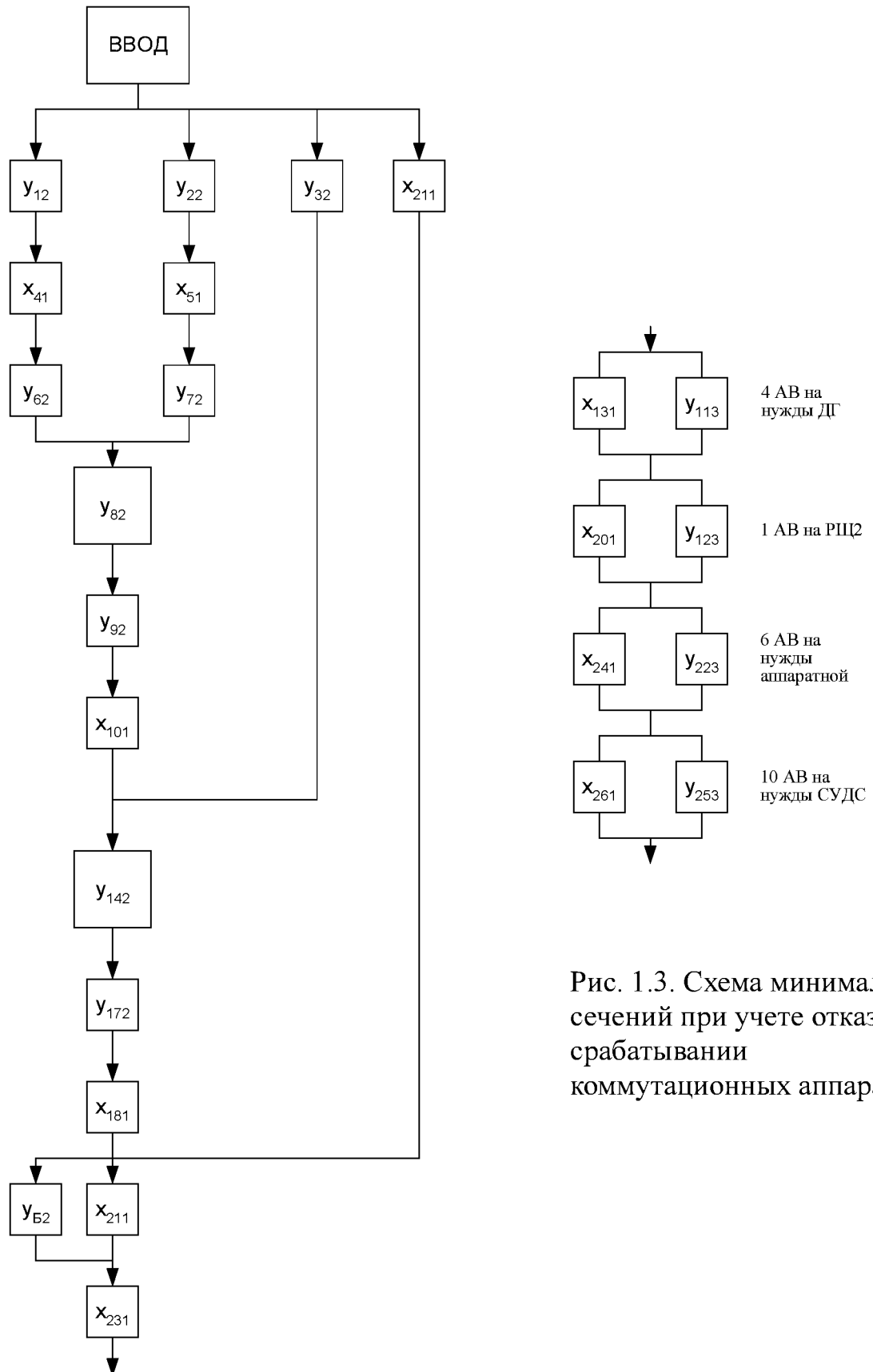


Рис. 1.2. Схема минимальных сечений при учете отказов коммутационных аппаратов типа «обрыв цепи»

Рис. 1.3. Схема минимальных сечений при учете отказов в срабатывании коммутационных аппаратов

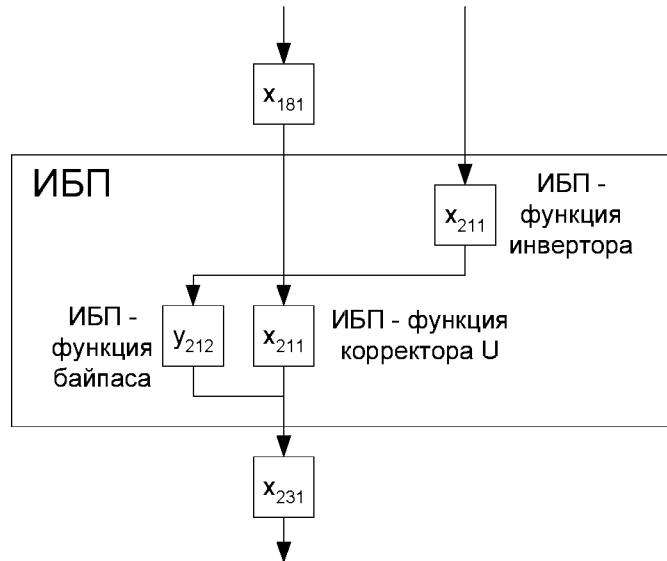


Рис. 1.4. Схема замещения ИБП

Параметр потока аварийного отключения  $\lambda_s$  секции шин СУДС от КЗ в отходящих линиях и отказах в срабатывании определяется следующим образом:

$$\lambda_s = \sum_{l=1}^{\gamma} H_l, \quad (1.6)$$

где  $s$  – индекс, который указывает на то, что учитываются только те отказы защитного коммутационного аппарата, которые приводят к отказу в срабатывании;

$\gamma$  – число минимальных сечений, полученных относительно данного узла схемы.

Параметр потока восстановления электроснабжения  $\mu_s$  узла нагрузки в результате обнаружения поврежденных элементов, отключения их от сети и восстановления питания узла нагрузки с помощью оперативных переключений можно определить по следующей формуле:

$$\mu_s = \frac{\sum_{l=1}^{\gamma} H_l}{\sum_{l=1}^{\gamma} \sum_{r=1}^{\tau_r} H_l \cdot \tau_r}, \quad (1.7)$$

где  $\tau_r$  – среднее время, затрачиваемое на обнаружение поврежденного элемента сети, отключение его и восстановление электроснабжения узла схемы с помощью оперативных переключений.

Определив параметры  $\lambda_0$ ;  $\mu_0$  и  $\lambda_s$ ;  $\mu_s$  для двух схем замещения можно определить параметр потока отказов в электроснабжении узла нагрузки  $\lambda_{cx}$  и среднее время  $\tau_{cx}$  перерыва его в электроснабжении.

$$\lambda_{cx} = \lambda_0 + \lambda_s, \quad (1.8)$$

$$\tau_{cx} = \frac{\lambda_0 \cdot \mu_s + \lambda_s \cdot \mu_0}{\mu_0 \cdot \mu_s (\lambda_0 + \lambda_s)}, \quad (1.9)$$

Вероятность бесперебойного электроснабжения узла схемы:

$$R(t) = e^{-\lambda_{cx} t} \approx 1 - \lambda_{cx} t, \text{ если } \lambda_{cx} t < 0,1, \quad (1.10)$$

где  $\lambda_{cx}$  – эквивалентный поток отказов схемы.

Средний интервал времени между аварийными перерывами электроснабжения узла нагрузки:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_0 + \lambda_s} = \frac{1}{\lambda_{cx}}, \quad (1.11)$$

Результаты расчетов с использованием исходных данных табл. 1.34, табл. 1.35 и формул (1.5), (1.6) и (1.7) сведены в табл. 1.36.

Таблица 1.36 – Результаты предварительных расчетов

№ АВ	Обозначение	$\tau_{i,j}$ , год	$\lambda_x$ , год <sup>-1</sup>	$\lambda_y$ , год <sup>-1</sup>	$H_1$ , год <sup>-1</sup>	$H_1 * \tau_r$
11.1	АВ7.1	2,28E-03	0,061	0,061	2,84E-05	6,48E-08
11.2	АВ7.2	2,28E-03	0,061	0,061	2,84E-05	6,47E-08
11.3	АВ7.3	2,28E-03	0,061	0,061	2,84E-05	6,47E-08
11.4	АВ7.4	2,28E-03	0,061	0,061	2,84E-05	6,47E-08
12	АВ8	6,85E-03	0,061	0,061	2,84E-05	1,94E-07
22.1	АВ12.1	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
22.2	АВ12.2	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
22.3	АВ12.3	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
22.4	АВ12.4	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
22.5	АВ12.5	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
22.6	АВ12.6	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.1	АВ13.1	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.2	АВ13.2	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.3	АВ13.3	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.4	АВ13.4	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.5	АВ13.5	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.6	АВ13.6	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.7	АВ13.7	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.8	АВ13.8	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.9	АВ13.9	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
25.10	АВ13.10	5,48E-04	0,061	0,061	2,84E-05	1,55E-08
					$\lambda_s = 5,96E-04$	
					$\Sigma H_1 * \tau_r = 7,02E-07$	

Результаты окончательных расчетов сведены в табл. 1.37.

Таблица 1.37 – Результаты окончательных расчетов

Обозначение параметра	Наименование параметра	Формула для расчета	Величина
$\mu_s$	Параметр потока восстановлений электроснабжения секция СУДС, год <sup>-1</sup>	(1.7)	849

$\lambda_{cx}$	Параметр потока аварийного отключения секции шин СУДС из-за отказов типа «обрыв цепи» и отказа в срабатывании выключателей, а также отказов типа «КЗ» в остальных элементах СЭС, год <sup>-1</sup>	(1.8)	7,21E-04
$\tau_{cx}$	Среднее время перерыва в электроснабжении СУДС, год	(1.9)	1,29E-03
$R(8760)$	Вероятность безотказной работы СЭС за время 8760 ч (1 год)	(1.10)	0,99928
$T_{cp}$	Средний интервал времени между аварийными отключениями секции шин СУДС, год	(1.11)	1,39E+03

При расчетах использованы параметры надежности элементов СЭС приведенные в ОСТ 5.6125-78. Используются параметры надежности ИБП, заявленные изготовителем.

Расчет выполнен за период 1 год. Использовать меньший период времени нецелесообразно в связи с близостью значений вероятности безотказной работы СЭС к единице, что не позволяет выполнить анализ полученных результатов.

Результаты расчетов надежности электроснабжения, представленные в таблице 1.37, не учитывают статистику отключений линий промышленного электроснабжения, питающих объекты безопасности мореплавания.

Полная статистика времени отключения ЛЭП по всей группе ОБМ отсутствует. В большинстве случаев происходило кратковременное отключение ЛЭП с последующим повторным включением электропитания. Расчетное время отключения ЛЭП принято равным 1 часу.

Пример расчета выполнялся на основе из статистики отключений ОБМ за 2006 г. Параметры надежности линий промышленного электроснабжения взяты для случая наибольшего количества отключений электропитания от линий промышленного электроснабжения.:

- параметр потока аварийных отключений линий промышленного электроснабжения:  
 $\lambda_{ЛЭП} = 534$  [1/год];
- параметр потока восстановлений линий промышленного электроснабжения:  
 $\mu_{ЛЭП} = 8760$  [1/год].

В расчете учтены также параметры надежности дизель-генератора:

- параметр потока аварийных отключений дизель-генератора:  $\lambda_{ДГ} = 1,051$  [1/год];
- параметр потока восстановлений дизель-генератора:  $\mu_{ДГ} = 2920$  [1/год].

Тогда фрагмент схемы минимальных сечений (рис.1.2.) для варианта СЭС с одним ВРУ, двумя ЛЭП, одним ДГ и одним ИБП примет вид рис. 1.53.

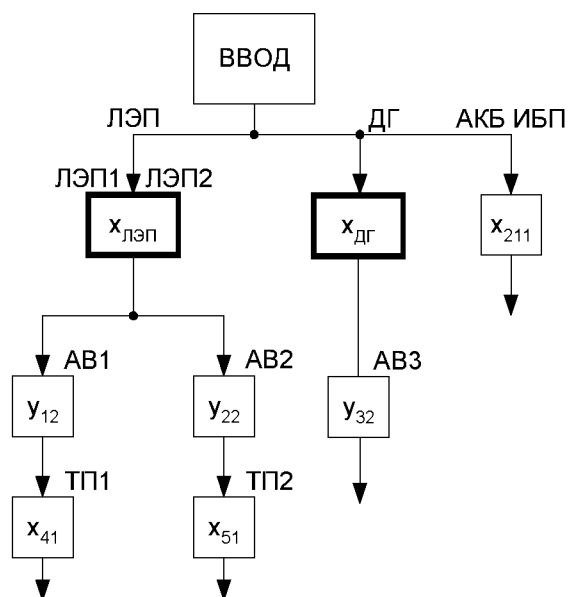


Рис. 1.53. Схема минимальных сечений СЭС с одним ВРУ, двумя ЛЭП, одним ДГ и одним ИБП при учете отказов типа КЗ и «обрыв цепи»

Схемы минимальных сечений при учете отказов в срабатывании коммутационных аппаратов вид не изменят. Таким образом, учет отключений электропитания линий промышленного электроснабжения влияет на параметры надежности питания ОБМ при учете отказов выключателя типа «обрыв цепи» и отказов типа КЗ (параметры  $\lambda_0$  и  $\mu_0$ ). Отключения электропитания линий промышленного электроснабжения не влияет на параметры надежности питания ОБМ при учете КЗ в отходящих линиях и одновременном отказе в срабатывании соответствующих коммутационных аппаратов (параметры  $\lambda_s$  и  $\mu_s$ ).

Промежуточные результаты расчета параметров  $\lambda_0$  и  $\mu_0$  приведены в таблице 1.44.

Таблица 1.44 – Промежуточные результаты расчета параметров  $\lambda_0$  и  $\mu_0$

Тип расчета		С учетом отказов ЛЭП, ДГ		Без учета отказов ЛЭП, ДГ	
		$\lambda_0$	$\mu_0$	$\lambda_0$	$\mu_0$
Шаг 1	Последовательное соединение: АВ1, ТП1, АВ4	1,08E+0 3	4,37E+0 3	0,157	315
Шаг 2	Последовательное соединение: АВ2, ТП2, АВ5	1,08E+0 3	4,37E+0 3	0,157	315
Шаг 3	Параллельное соединение: шаг 1 - шаг 2	534,7	8,74E+0 3	1,56E-04	631
Шаг 4	Последовательное соединение: шаг 3, АВР1, АВ6, ВРУ	534,9	8,68E+0 3	0,131	304
Шаг 5	Параллельное соединение: шаг 4, АВ3	0,488	1,02E+0 4	5,37E-05	596
Шаг 6	Последовательное соединение: шаг 5,	0,619	1,29E+0	0,131	304

	АВР2, АВ10, РЩ1		3		
Шаг 7	Параллельное соединение: шаг 6, ИБП	2,64E-04	1,54E+0 3	8,51E-05	549
Шаг 8	Параллельное соединение: ИБП, байпас	4,03E-05	537	4,03E-05	537
Шаг 9	Последовательное соединение: шаг 7, шаг 8	3,05E-04	1,23E+0 3	1,25E-04	545

Сравнивая промежуточные результаты расчета параметров  $\lambda_0$  и  $\mu_0$  с учетом отказов ЛЭП и без учета отказов ЛЭП, можно отметить следующее. Промежуточные результаты расчета параметров  $\lambda_0$  и  $\mu_0$  с учетом отказов ЛЭП и без учета отказов ЛЭП на начальных шагах расчета отличаются друг от друга (учет отказов ЛЭП в алгоритме расчета параметров  $\lambda_0$  и  $\mu_0$  начинается с четвертого шага расчета). Однако шаг за шагом расхождение уменьшается и после 9-го шага параметры  $\lambda_0$  и  $\mu_0$  для двух типов расчета отличаются друг от друга весьма незначительно только в третьей значащей цифре. На параметры  $\lambda_s$  и  $\mu_s$  отключения электропитания линий промышленного электроснабжения, как отмечалось выше, не влияют. Поэтому в окончательных результатах расчета надежности электроснабжения СЭС ( $R(t)$  и  $T_{cp}$ ) расхождение начинается с четвертой-пятой значащей цифры, учет которых нецелесообразен.

Окончательные результаты расчета надежности для типовых схем электроснабжения ОБМ с учетом статистики отключений линий промышленного электроснабжения и параметров надежности резервного ДГ сведены в таблицу П1.

### Результаты расчетов надежности для различных вариантов обеспечения заданной категории электроснабжения

Таблица П1

Вариант электроснабжения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вероятность безотказной работы СЭС за время 8760 часов с учетом фактических параметров надежности ЛЭП и ДГ	0,9994	0,99908	0,999	0,999	0,99	0,82	0,663	0,796	0,824

*Примечание.* Варианты электроснабжения характеризуются следующими соотношениями:

1. Три независимых взаимно резервируемых источника (две ЛЭП, один ДГ), два ВРУ, два канала передачи электроэнергии, два переходных ИБП (рис. П1).
2. Три независимых взаимно резервируемых источника (две ЛЭП, один ДГ), один ВРУ, один канала передачи электроэнергии, один переходный ИБП (рис. П2).
3. Два независимых взаимно резервируемых источника (ЛЭП и ДГ), два ВРУ, два канала передачи электроэнергии, два переходных ИБП (рис. П3).
4. Два независимых взаимно резервируемых источника (две ЛЭП), два ВРУ, два канала передачи электроэнергии, два переходных ИБП (рис. П4).

5. Два независимых взаимно резервируемых источника (ЛЭП и ДГ), один ВРУ, один канал передачи электроэнергии, один переходный ИБП (рис. П5).
6. Два независимых взаимно резервируемых источника (две ЛЭП), один ВРУ, один канал передачи электроэнергии, один переходный ИБП (рис. П6).
7. Два независимых взаимно резервируемых источника, основной – ЛЭП, а резервный – ИБП со временем работы не менее 2 часов, один ВРУ, один канал передачи электроэнергии (рис. П7).
8. Два независимых взаимно резервируемых источника, основной – ДГ, а резервный – ИБП со временем работы не менее 2 часов, один ВРУ, один канал передачи электроэнергии (рис. П8).
9. Два независимых взаимно резервируемых источника, основной – ДГ, а резервный – ИБП со временем работы не менее 2 часов, один ВРУ, один канал передачи электроэнергии (отличие от предыдущего варианта – отсутствие АВР) (рис. П9).

Структурные схемы, соответствующие перечисленным вариантам электроснабжения, приведены на рис. П1-П9.

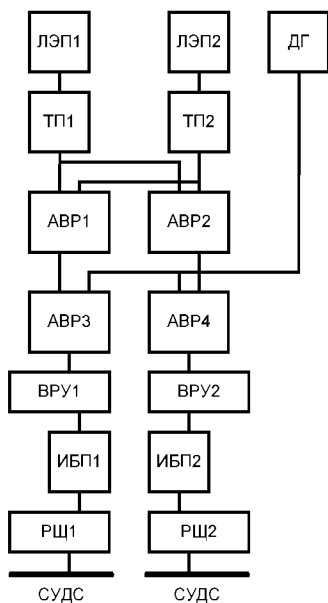


Рис. П1

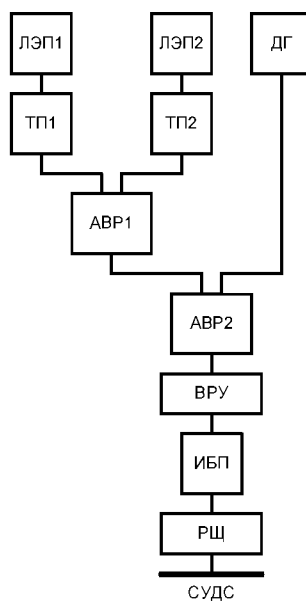


Рис. П2

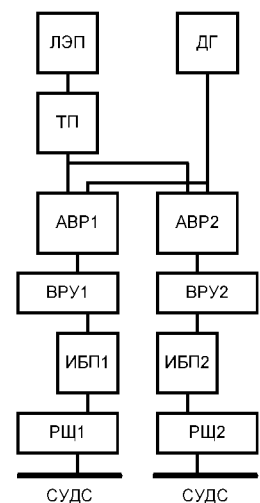


Рис. П3

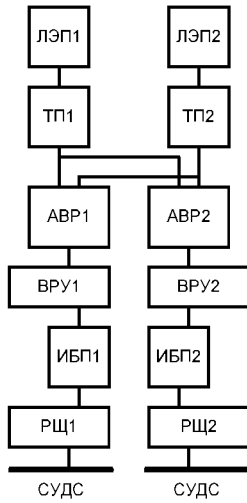


Рис. П4

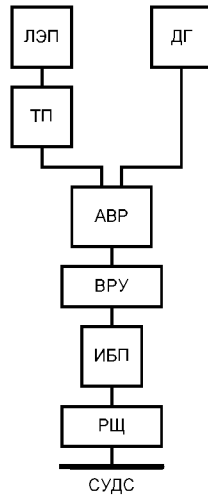


Рис. П5

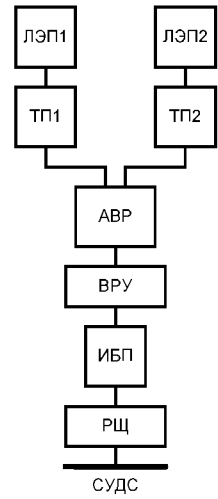


Рис. П6

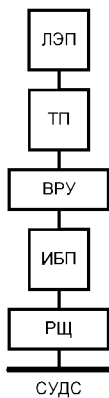


Рис. П7

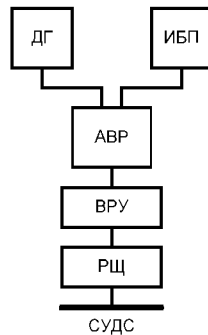


Рис. П8

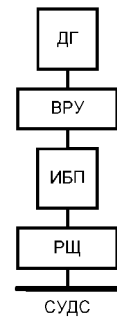


Рис. П9

Подробная методика расчета надежности СЭС приведена в техническом отчете по НИР «Разработка стандарта предприятия «Электроснабжение, молниезащита и заземление береговых объектов безопасности мореплавания (ОБМ). Требования», выполненного по заказу ФГУП «Росморпорт».



**Методика  
расчета заземляющих устройств  
объектов безопасности мореплавания**

Москва. 2018 год.

Расчет заземляющих устройств сводится к выбору количества заземлителей и проверке условия

$$R_{\text{доп}} \geq R_3,$$

где  $R_{\text{доп}}$  – допустимое сопротивление заземляющего устройства по наиболее жесткому требованию, предписываемому ПУЭ для отдельных электроустановок, использующих единое заземляющее устройство;

$R_3$  – сопротивление току растекания с искусственных заземлителей, т.е. электродов, дополнительно забиваемых в землю.

Наиболее простой и быстрый способ проверки этого условия – по номограммам. Определяем вначале сопротивление  $R_1$  растеканию тока с одного стержневого заземлителя, а затем – необходимое количество таких заземлителей. Для расчета сопротивления  $R_1$  необходимо знать удельное сопротивление грунта  $\rho$ , принимаемое для данного района (табл. 1 и 2), и размеры электрода – диаметр  $d$  и длину  $l$  трубы. Если заземлитель из уголковой стали, то его пересчитывают по отношению к диаметру  $d'$  условной трубы по формуле

$$d' = b/0.95,$$

где  $b$  – ширина полки уголка.

Расчет ведется в следующей последовательности, на конкретном примере. Пусть для трубы ( $d = 5$  см,  $l = 2,5$  м), забиваемой в грунт в обводненный глинистый песок с удельным сопротивлением  $\rho = 100$  Ом\*м, по номограмме рис. 1 находим  $R_1 = 34$  Ом. Заземление предназначено для систем с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В, молниезащиты и защиты от статического электричества. Наиболее жестким требованием при выборе сопротивления  $R_{\text{доп}}$  является требование ПУЭ к норме сопротивления защитного заземления  $R_{\text{доп}} \leq 4$  Ом. Приняв  $a/l = 1$  (см. табл. 3) и полагая достаточным 10 стержней, расположенных по контуру ( $K_c = 0,55$ ), определим фактически необходимое число заземлителей

$$n = 34/(4 \cdot 0,55) = 15,5.$$

Принимаем 16 заземлителей, забиваемых по контуру на расстоянии 2,5 м друг от друга.

Выполненный в указанной последовательности расчет заземляющего устройства приводит к несколько завышенной величине сопротивления, так как в расчете не учтена проводимость соединительной стальной полосы. Поскольку соединительная полоса укладывается сравнительно неглубоко (0,5-0,8 м) и ее длина по сравнению с общей длиной всех стержней не велика, а получающаяся погрешность при расчете – в сторону запаса, проводимостью соединительной полосы можно пренебречь.

Таблица 1

Удельные электрические сопротивления для различных грунтов				
Породы	Сохранность	Обводненность пресной водой	$\rho$ , Ом*м	Величин а $\rho$ , рекомен дуемая в качестве расчетно й

Изверженные интрузивные	Граниты	Сохранные	-	2000-3000	2500	
		Выветренные или разрыхленные	Сухие	100-1000	-	
			Обводненные	200-600	400	
	Габбро и дабазы	Сохранные	-	2000-4000	3000	
		Разрушенные, сильно трещиноватые	Сухие	700-900	800	
			Обводненные	200-800	500	
Изверженные эффузионные	Базальты	Сохранные	-	2000-4000	3000	
		Разрушенные	Сухие	800-1500	1100	
	Туфопесчаные	Сохранные	-	40-600	-	
Метаморфические	Глейсы	Сохранные	-	2000-3000	2500	
		Разрушенные	Обводненные	600-800	700	
	Кварциты	Сохранные	-	1500-6000	-	
Осадочные	Известняки	Сохранные	-	600-1000	800	
		Трещиноватые	Сухие	400-12000	-	
			Обводненные	250-600	400	
	Доломиты	Сохранные	-	500-3000		
		Трещиноватые	Сухие	300		
			Обводненные	100-600	350	
	Ангидриты	Сохранные	-	400-600	500	
	Песчаники	Сохранные	-	150-600	400	
		Разрушенные	Сухие	600-10000	2500	
			Обводненные	500	500	
	Сланцы глинистые и углистые	Сохранные	-	15-60	40	
		Разрушенные	Сухие	30-200	100	
			Обводненные	15-60	100	
	Аргиллиты	Сохранные	-	60-150	100	
	Мергели	Сохранные	-	60-150	100	
	Пески глинистые		Сухие	100-200	150	
			Обводненные	80-120	100	
	Пески кварцевые		Сухие	2000-10000	3000	
			Обводненные	200-600	400	
	Гравийно-галечные отложения		Сухие	2000-10000	3000	
			Обводненные	200-600	400	
	Валунно-галечные отложения		Обводненные	300-800	500	
	Супези		-	60-120	80	
	Суглинки		-	40-80	60	
	Глина		-	4-40	15	
	Смешанный грунт из глины, щебня, известняка					10
	Смешанный грунт из гравия и щебня					2000
Чернозем					30	
Лесс					250	
Торф					20	
Вода речная					100	
Вода прудовая и грунтовая					50	
Вода морская подземная					0,001 - 10	

Зависимость сопротивления грунта от времени года учитывается коэффициентом сезонности, установленным для различных климатических зон России (таблица 3.2).

I – Карелия, Коми, Архангельская, Кировская, Омская, Новосибирская, Иркутская, Читинская и Сахалинская области, Хабаровский и Красноярский края.

II – Ленинградская, Вологодская, Центральные области Российской Федерации.

III – Псковская, Новгородская, Смоленская, Брянская, Курская и Ростовская области.

IV – Краснодарский и Ставропольский края, Астраханская область.

Таблица 3.2

Коэффициент сезонности для различных климатических зон России		
Климатическая зона	Вид заземлителя	
	Протяженный	Стержневой
	Обозначение коэффициента сезонности	
	$K_{\Pi}$	$K_c$
I	4,5-7	1,8-2,0
II	3,5-4,5	1,5-1,8
III	2,0-2,5	1,4-1,6
IV	1,5-2,0	1,2-1,4

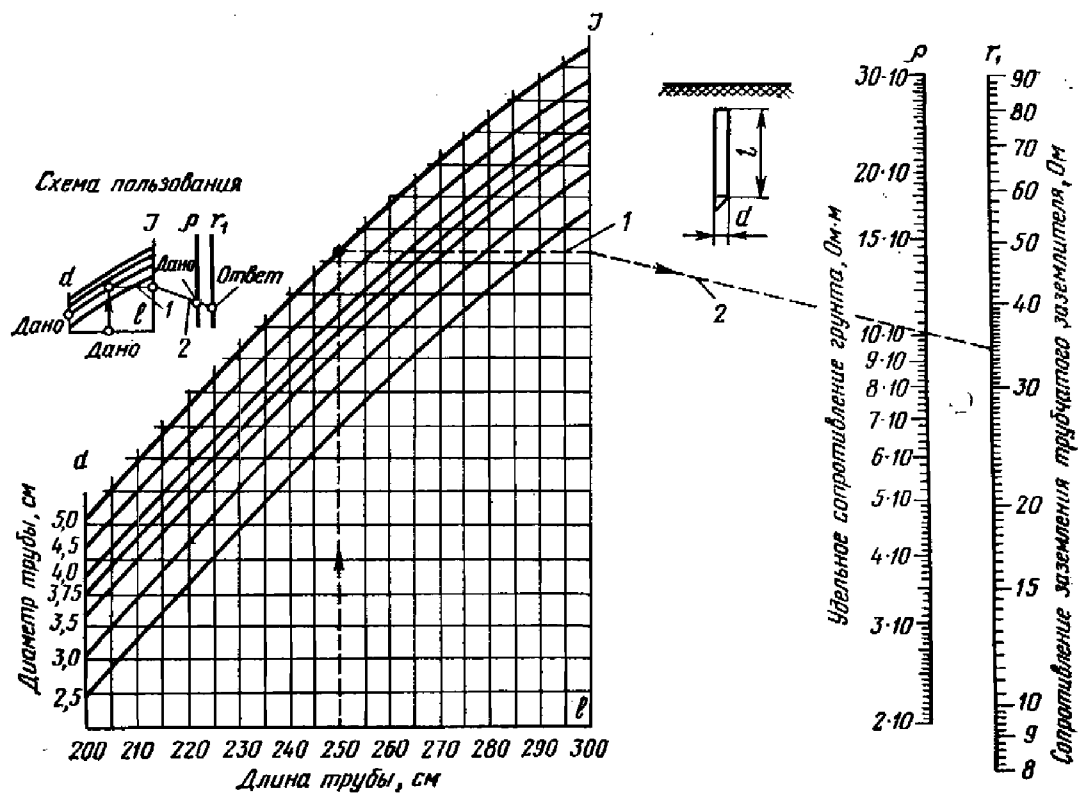


Рис. 1. Номограмма для определения количества стержневых заземлителей

Таблица 3

Зависимость коэффициента использования стержневых заземлителей $K_c$ от их количества и взаимного расположения	
Размещение заземлителей в один ряд	Размещение заземлителей по контуру

Число стержней	$a/l$	$K_c$	Число стержней	$a/l$	$K_c$
2	1	0,85	4	1	0,69
2	2	0,91	4	2	0,78
2	3	0,94	4	3	0,85
3	1	0,78	6	1	0,61
3	2	0,86	6	2	0,73
3	3	0,91	6	3	0,8
5	1	0,69	10	1	0,55
5	2	0,81	10	2	0,68
5	3	0,87	10	3	0,76
10	1	0,59	20	1	0,47
10	2	0,74	20	2	0,63
10	3	0,82	20	3	0,7
15	1	0,53	40	1	0,41
15	2	0,68	40	2	0,58
15	3	0,78	40	3	0,66
20	1	0,48			
20	2	0,67			
20	3	0,76			

Некоторую особенность представляет создание заземляющего устройства в скальных грунтах и в зонах многолетних мерзлых грунтов, где практически сложно обеспечить необходимое сопротивление растеканию токов с заземлителей даже с большим количеством электродов. В таких грунтах рекомендуется дополнительно выносить заземлители в непромерзающие водоемы, естественные или искусственные талые зоны или проводить химическую обработку грунта в месте установки заземлителей.

ПУЭ для таких заземлителей допускают следующие дополнительные мероприятия:

- прокладку горизонтальных заземлителей на меньшей глубине – но не менее 0,15 м (в скальных грунтах);
- устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной  $\rho$  земли снижается (в грунтах с большим  $\rho$ );
- устройство выносных заземлителей, если в районе до 2 км от электроустановки имеются участки с меньшим  $\rho$ ;
- укладка в траншею вокруг горизонтальных заземлителей влажного глинистого грунта с трамбовкой и засыпкой щебнем (в скальных грунтах);
- в зонах многолетней мерзлоты – размещать заземлители в непромерзающие водоемы, использовать обсадные трубы скважин, покрытие грунта теплоизоляционным материалом над заземлителями;
- при  $\rho > 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  требуемое сопротивление ЗУ допускается увеличить в 0,002  $\rho$  раз, но не более десятикратного.

В зависимости от типа грунта удельное сопротивление почвы колеблется от нескольких  $\text{Ом}\cdot\text{м}$  до нескольких тысяч  $\text{Ом}\cdot\text{м}$ . Дополнительным фактором изменения  $\rho$  земли является температура почвы. Например, для глинистого песка влажностью 15%  $\rho$  увеличивается от 72  $\text{Ом}\cdot\text{м}$  при 20% до 3300  $\text{Ом}\cdot\text{м}$  при -15°C.

При варианте погружения вертикальных заземлителей при «глубинном» их расположении рекомендуется расстояние между вертикальными заземлителями выдерживать равным их погружения, но не более 10 м.

Рекомендуется покрывать заземляемые стержни медным слоем толщиной 0,25 мм, электрически связанным со стальным стержнем. Связка стержней – бронзовыми муфтами с резьбой. Благодаря возможности соединения стержней в сегменты различной длины заземлитель можно зарывать на глубину до 30 м, предотвращая влияние изменений атмосферных условий, вызывающих увеличение удельного сопротивления грунта (мерзлота, засуха).

Не рекомендуется применять оцинкованные стержни. (См. рис 3)

Зависимость сопротивления заземлителя от глубины его погружения в землю приведена на рис. 2.

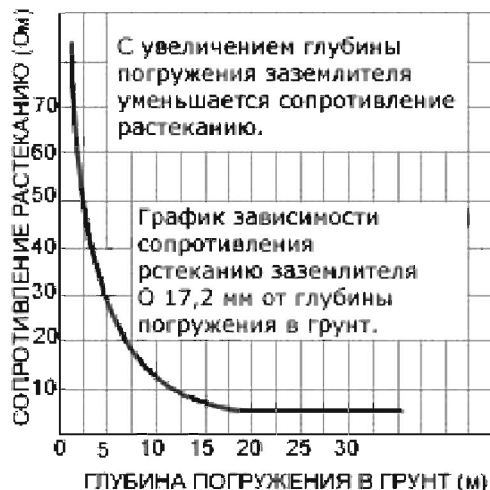


Рис. 2. Зависимость сопротивления растекания одиночного заземлителя от глубины его погружения в грунт

Глубокое зарывание в землю предоставляет возможность получения требуемого значения активного сопротивления при минимальном количестве точек заземления.



Рис. 3. Антикоррозийная устойчивость заземлителей