

**ООО "Альфа ЭМС"**  
**Электромагнитная совместимость в энергетике**



**Алексей Александрович Косяков**

## **Электроснабжение объектов 110, 220 кВ**

**Методические материалы к семинару 21.03.2016  
для Департамента государственного жилищного  
и строительного надзора Свердловской области**

**Екатеринбург  
2016**

# План семинара

## "Электроснабжение объектов 110, 220 кВ"



1. Система нормативно-правовых актов в строительстве объектов энергетической инфраструктуры
2. Требования к составу и содержанию разделов проектной документации
3. Характеристики и маркировка электрооборудования, включенные в главную схему
4. Общие представления об АСУТП
5. Система компенсации реактивной мощности
6. Система молниезащиты
7. Защита от статического электричества

### Семинар проводит:

**Косяков Алексей Александрович**, доцент кафедры "Электрические машины" ФГБОУ ВПО "Уральский государственный университет путей сообщения", ведущий инженер ООО "Альфа ЭМС", канд. техн. наук  
тел. +7 (912) 677-82-33, e-mail [kosakov@yandex.ru](mailto:kosakov@yandex.ru)

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

## Виды нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов:

### 1) обязательные для учёта в любом случае:

- федеральные законы Российской Федерации;
- постановления правительства Российской Федерации;
- приказы министерств и ведомств Российской Федерации;
- все санитарные нормы и правила (в соответствии с ч. 2 ст. 12 Федерального Закона Российской Федерации от 30.03.1999 №52-ФЗ "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения");
- отдельные части государственных стандартов и сводов правил, включённые в "Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", утверждённый постановлением правительства Российской Федерации от 26.12.2014 №1521;

### 2) обязательные для учёта при наличии ссылок на них в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение:

- стандарты организаций;
- приказы организаций;
- государственные стандарты и своды правил;
- другие нормативно-правовые акты;

### 3) необязательные для учёта - любые другие нормативно-правовые акты.

Необязательные для учёта документы используют применительно.

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

## Основные нормативные документы, обязательные для учёта в любом случае

Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ  
"Градостроительный кодекс Российской Федерации"

Глава 6 "Архитектурно-строительное проектирование, строительство, реконструкция объектов капитального строительства" (ст. 47...55) определяет:

- виды инженерных изысканий, их состав, объём и порядок проведения;
- порядок выполнения архитектурно-строительного проектирования;
- требования к наличию проекта при строительстве и требования к проектировщику;
- порядок предоставления технических условий;
- состав проектной документации;
- порядок проведения экспертизы проектной документации, требования к аккредитации экспертных организаций и к аттестации экспертов;
- порядок получения разрешения на строительство;
- требования к строительной организации;
- порядок осуществления строительного контроля;
- условия и порядок осуществления государственного строительного надзора;
- порядок выдачи разрешения на ввод объекта в эксплуатацию.

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

## Основные нормативные документы, обязательные для учёта в любом случае

Постановление правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87

"О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию"

устанавливает следующие основные требования к проектной документации:

- состав разделов проектной документации. Для площадных объектов (здания, строения, сооружения) и для линейных объектов (линии электропередачи, дороги, трубопроводы и т.д.) устанавливается отдельно;
- разделы проектной документации, включённые в постановление правительства, разрабатываются в обязательном порядке или упоминаются в составе проекта, с обоснованием их отсутствия в разделе 1 "Пояснительная записка";
- разделы проектной документации, не включённые в постановление правительства, разрабатываются по согласованию между проектировщиком и заказчиком проектной документации (в соответствии с техническим заданием на проектирование, техническими условиями на присоединение, пересечение);
- проектная документация состоит из текстовой и графической части;
- сметная документация разрабатывается в обязательном порядке только в случае финансирования строительства из бюджета. В остальных случаях необходимость и объём разработки сметной документации определяется заданием на проектирование.

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

## Основные нормативные документы, обязательные для учёта в любом случае

Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ) устанавливает требования к конструкции и правилам эксплуатации всех видов электроустановок. Одновременно действует два издания ПУЭ - шестого и седьмого издания.

ПУЭ (6 издание)	ПУЭ (7 издание)
Раздел 1. Общие правила	Раздел 1. Общие правила
Глава 1.3. Выбор проводников по нагреву, экономической плотности тока и по условиям короны	Глава 1.1. Общая часть
Глава 1.4. Выбор электрических аппаратов и проводников по условиям короткого замыкания	Глава 1.2. Электроснабжение и электрические сети
Глава 1.5. Учет электроэнергии	Глава 1.7. Заземление и защитные меры электробезопасности
Глава 1.6. Измерения электрических величин	Глава 1.8. Нормы приемо-сдаточных испытаний
Раздел 2. Канализация электроэнергии	Глава 1.9. Изоляция электроустановок
Глава 2.1. Электропроводки	Раздел 2. Передача электроэнергии
Глава 2.2. Токопроводы напряжением до 35 кВ	Глава 2.4. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ
Глава 2.3. Кабельные линии напряжением до 220 кВ	Глава 2.5. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ
Раздел 3. Защита и автоматика	
Глава 3.1. Защита электрических сетей напряжением до 1 кВ	
Глава 3.2. Релейная защита	
Глава 3.3. Автоматика и телемеханика	
Глава 3.4. Вторичные цепи	

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

## Основные нормативные документы, обязательные для учёта в любом случае Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок"

ПУЭ (6 издание)	ПУЭ (7 издание)
Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции	Раздел 4. Распределительные устройства и подстанции
Глава 4.3. Преобразовательные подстанции и установки	Глава 4.1. Распределительные устройства напряжением до 1 кВ переменного тока и до 1,5 кВ постоянного тока
Глава 4.4. Аккумуляторные установки	Глава 4.2. Распределительные устройства и подстанции напряжением выше 1 кВ
Раздел 5. Электросиловые установки	
Глава 5.1. Электромашинные помещения	
Глава 5.2. Генераторы и синхронные компенсаторы	
Глава 5.3. Электродвигатели и их коммутационные аппараты	
Глава 5.4. Электрооборудование кранов	
Глава 5.5. Электрооборудование лифтов	
Глава 5.6. Конденсаторные установки	
	Раздел 6. Электрическое освещение
	Глава 6.1. Общая часть
	Глава 6.2. Внутреннее освещение
	Глава 6.3. Наружное освещение
	Глава 6.4. Световая реклама, знаки и иллюминация
	Глава 6.5. Управление освещением
	Глава 6.6. Осветительные приборы и электроустановочные устройства
Раздел 7. Электрооборудование специальных установок	Раздел 7. Электрооборудование специальных установок
Глава 7.3. Электроустановки во взрывоопасных зонах	Глава 7.1. Электроустановки жилых, общественных, административных и бытовых зданий
Глава 7.4. Электроустановки в пожароопасных зонах	Глава 7.2. Электроустановки зрелищных предприятий, клубных учреждений и спортивных сооружений
Глава 7.7. Торфяные электроустановки	Глава 7.5. Электротермические установки
	Глава 7.6. Электросварочные установки
	Глава 7.10. Электролизные установки и установки гальванических покрытий.

# Система нормативно-правовых актов в строительстве электросетевых объектов



Альфа ЭМС

**Основные нормативные документы, обязательные для учёта при наличии ссылок на них в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение (в части выполнения данных технических условий)**

ГОСТ Р 21.1101-2013 "Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации" устанавливает:

- требования к оформлению и комплектованию проектной и рабочей документации, отчётной документации по инженерным изысканиям для строительства;
- порядок внесения изменений в проектную продукцию.

СТО 56947007-29.240.10.028-2009 "Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ"

СТО 56947007-29.240.55.192-2014 "Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ"

устанавливают дополнительные требования к проектированию подстанций и линий электропередачи, не учтённые основными нормативными документами, обязательными для учёта при проектировании.

# Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

**Требования к составу и содержанию разделов проектной документации определяются (по порядку значимости документов):**

- 1) техническим заданием на проектирование;
- 2) техническими условиями на присоединение, пересечение;
- 3) федеральным законом Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации";
- 4) постановлением правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию";
- 5) другими нормативными документами, указанными в техническом задании на проектирования, технических условиях на присоединение, пересечение.

**Любые другие нормативные документы, определяющие состав, содержание и оформление разделов проектной документации, являются необязательными к применению, при отсутствии ссылок на них в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение.**

# Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

## **Состав проектной документации формируется в отдельном документе**

**"Состав проекта"**. В соответствии с ч. 12 ст. 48 федерального закона Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации" в состав проекта (кроме проектов линейных объектов) обязательно включаются следующие разделы:

- 1) пояснительная записка с исходными данными для архитектурно-строительного проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта объектов капитального строительства, в том числе с результатами инженерных изысканий, техническими условиями;
- 2) схема планировочной организации земельного участка, выполненная в соответствии с градостроительным планом земельного участка;
- 3) архитектурные решения;
- 4) конструктивные и объемно-планировочные решения;
- 5) сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений;
- 6) проект организации строительства объектов капитального строительства;
- 7) проект организации работ по сносу или демонтажу объектов капитального строительства, их частей (при необходимости сноса или демонтажа объектов капитального строительства, их частей для строительства, реконструкции других объектов капитального строительства);

## Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

- 8) перечень мероприятий по охране окружающей среды;
- 9) перечень мероприятий по обеспечению пожарной безопасности;
- 10) перечень мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам здравоохранения, образования, культуры, отдыха, спорта и иным объектам социально-культурного и коммунально-бытового назначения, объектам транспорта, торговли, общественного питания, объектам делового, административного, финансового, религиозного назначения, объектам жилищного фонда (в случае подготовки проектной документации для строительства, реконструкции, капитального ремонта таких объектов);
- 10.1) требования к обеспечению безопасной эксплуатации объектов капитального строительства;
- 11) смета на строительство, реконструкцию, капитальный ремонт объектов капитального строительства, финансируемых за счет средств соответствующих бюджетов;
- 11.1) перечень мероприятий по обеспечению соблюдения требований энергетической эффективности и требований оснащенности зданий, строений, сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- 11.2) сведения о нормативной периодичности выполнения работ по капитальному ремонту многоквартирного дома, необходимых для обеспечения безопасной эксплуатации такого дома, об объеме и о составе указанных работ (в случае подготовки проектной документации для строительства, реконструкции многоквартирного дома);
- 12) иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами.

## Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

В соответствии с ч. 13 ст. 48 федерального закона Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ "Градостроительный кодекс Российской Федерации" **в состав проекта линейных объектов** обязательно включаются следующие разделы проектной документации, предусмотренные постановлением правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию":

- 1) пояснительная записка;
- 2) проект полосы отвода;
- 3) технологические и конструктивные решения линейного объекта. Искусственные сооружения;
- 4) здания, строения и сооружения, входящие в инфраструктуру линейного объекта;
- 5) проект организации строительства;
- 6) проект организации работ по сносу (демонтажу) линейного объекта;
- 7) мероприятия по охране окружающей среды;
- 8) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности;
- 9) смета на строительство;
- 10) иная документация в случаях, предусмотренных федеральными законами.

## Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

В постановлении правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" определены **требования к содержанию каждого раздела проектной документации** (текстовой и графической части).

Например, важнейший по сутевой части проекта подстанции подраздел "Система электроснабжения" раздела 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений" должен содержать:

### в текстовой части

- а) характеристику источников электроснабжения в соответствии с техническими условиями на подключение объекта капитального строительства к сетям электроснабжения общего пользования;
- б) обоснование принятой схемы электроснабжения;
- в) сведения о количестве электроприемников, их установленной и расчетной мощности;
- г) требования к надежности электроснабжения и качеству электроэнергии;
- д) описание решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в соответствии с установленной классификацией в рабочем и аварийном режимах;
- е) описание проектных решений по компенсации реактивной мощности, релейной защите, управлению, автоматизации и диспетчеризации системы электроснабжения;

## Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

- ж) перечень мероприятий по экономии электроэнергии;
- з) сведения о мощности сетевых и трансформаторных объектов;
- и) решения по организации масляного и ремонтного хозяйства - для объектов производственного назначения;
- к) перечень мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите;
- л) сведения о типе, классе проводов и осветительной арматуры, которые подлежат применению при строительстве объекта капитального строительства;
- м) описание системы рабочего и аварийного освещения;
- н) описание дополнительных и резервных источников электроэнергии;
- о) перечень мероприятий по резервированию электроэнергии;

### в графической части

- п) принципиальные схемы электроснабжения электроприемников от основного, дополнительного и резервного источников электроснабжения;
- р) принципиальную схему сети освещения, в том числе промышленной площадки и транспортных коммуникаций - для объектов производственного назначения;
- с) принципиальную схему сети освещения - для объектов непромышленного назначения;
- т) принципиальную схему сети аварийного освещения;
- у) схемы заземлений (занулений) и молниезащиты;
- ф) план сетей электроснабжения;
- х) схему размещения электрооборудования.

## Требования к составу и содержанию разделов проектной документации



Альфа ЭМС

**Требования к содержанию технических решений** по каждому пункту постановления правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" приведены в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение, приказе Министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ).

Например, в перечень мероприятий по заземлению и молниезащите подстанции обязательно включаются сведения о технических решениях, принятых:

- 1) во исполнение требований технического задания на проектирование, технических условий на присоединение, пересечение;
- 2) в соответствии с главой 1.7 и п. 4.2.133 - 4.2.165 ПУЭ.

**Требования к составу, содержанию и оформлению рабочей документации в обязательном порядке устанавливаются только техническим заданием на проектирование, техническими условиями на присоединение, пересечение.**

Обычно под рабочей документацией понимают совокупность комплектов рабочих чертежей, необходимых для строительства здания или сооружения (п. 3.1.3 ГОСТ Р 21.1101-2013 "Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации").

## Характеристики и маркировка электрооборудования, включенные в главную схему



Альфа ЭМС

**Требования к включению в главную схему тех или иных характеристик и маркировки оборудования в обязательном порядке определяются:**

- 1) техническим заданием на проектирование;
- 2) техническими условиями на присоединение к подстанциям других собственников.

**Единые требования к включению в главную схему характеристик и маркировки оборудования отсутствуют**, у каждого собственника подстанции - свои представления о том, что должно быть изображено на главной схеме. В одном и том же проекте главные схемы подстанций могут быть выполнены по-разному.

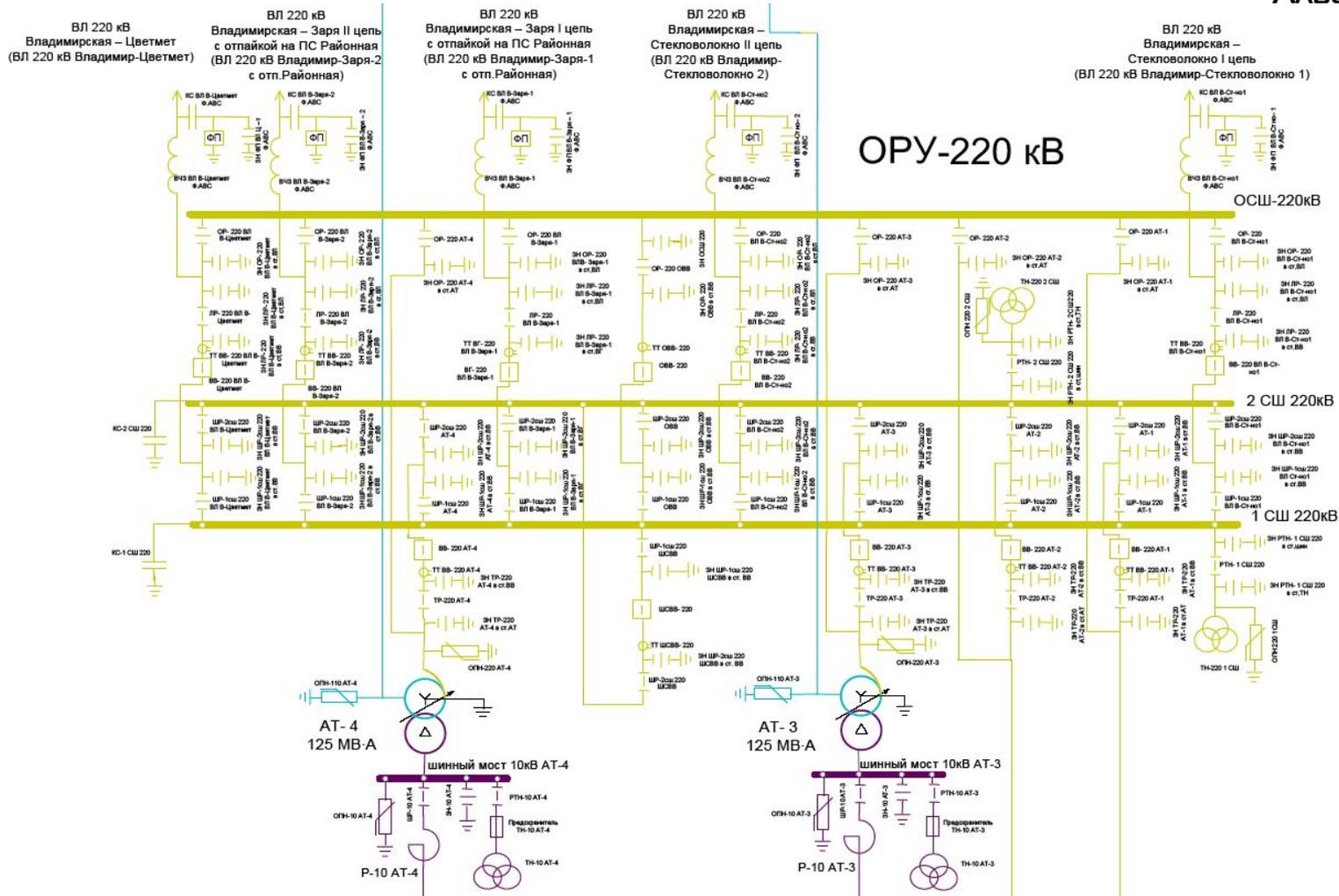
При отсутствии в техническом задании на проектирование и технических условиях на присоединение требований к главной схеме её выполняют следующим образом:

- 1) выполняют главную схему в соответствии с СТО 56947007-25.040.70.101-2011 "Правила оформления нормальных схем электрических соединений подстанций и графического отображения информации посредством ПТК и АСУТП";
- 2) направляют схему на согласование заказчику проектной продукции, другим собственникам (при наличии технических условий на присоединение к подстанциям других собственников), согласующим проектную документацию;
- 3) вносят изменения и дополнения в схему по замечаниям заказчика проектной продукции и других собственников, согласующих проектную документацию.

# Характеристики и маркировка электрооборудования, включенные в главную схему



Альфа ЭМС

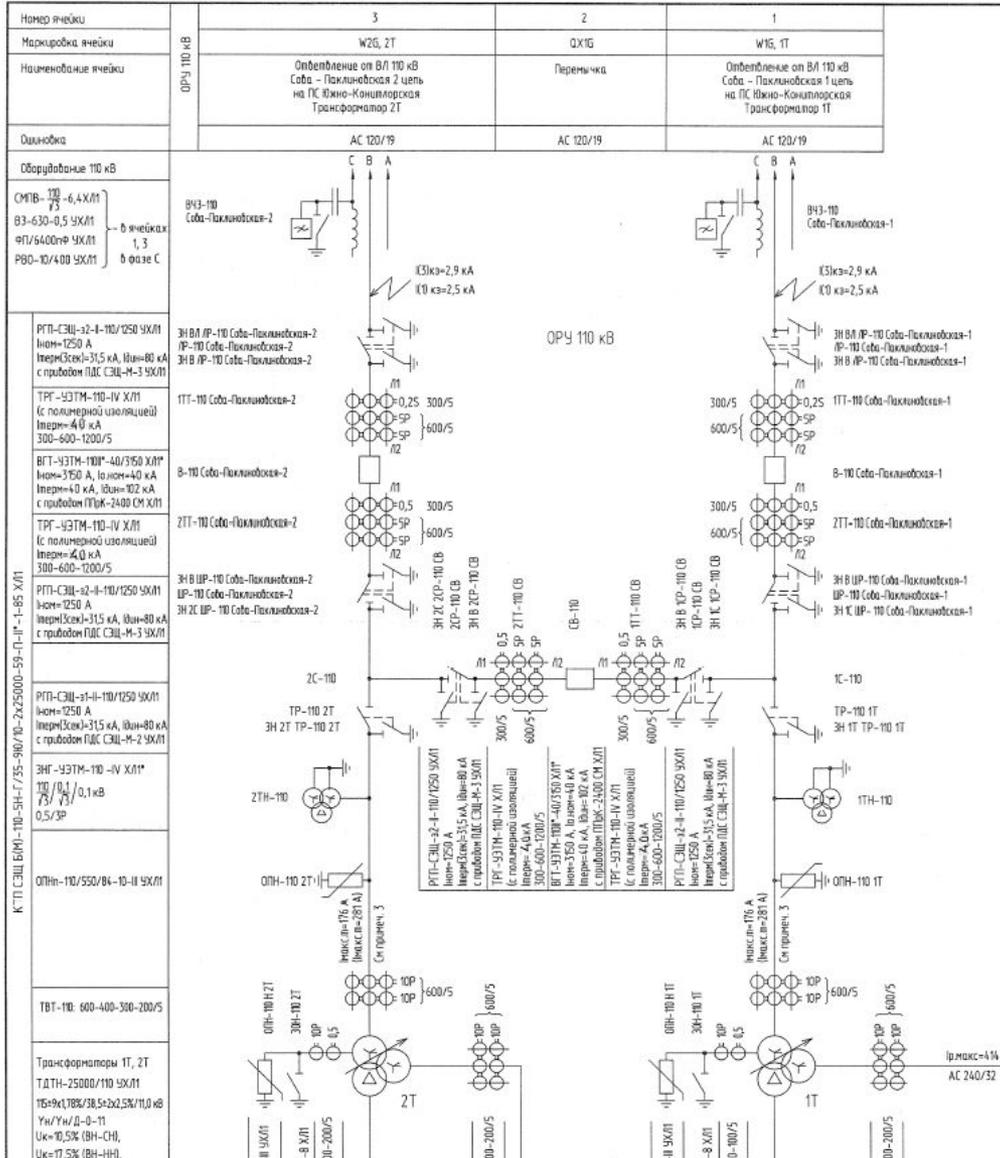


Фрагмент главной схемы подстанции, выполненной  
в соответствии с требованиями СТО 56947007-25.040.70.101-2011 (приложение В)

# Характеристики и маркировка электрооборудования, включенные в главную схему



Альфа ЭМС



Фрагмент главной схемы подстанции, выполненной в соответствии с требованиями ОАО "Сургутнефтегаз" - кроме диспетчерских наименований, напряжений и мощностей на схеме имеется:

- заводская маркировка оборудования;
- подробные характеристики оборудования;
- число и тип вторичных обмоток трансформаторов тока;
- обозначение типов соединения обмоток трансформаторов напряжения;
- номера ячеек, марки узлов открытого распределительного устройства (ОРУ);
- значения токов короткого замыкания и максимальных рабочих токов при одностороннем и двустороннем питании;
- тип проводов ошиновки.

Также можно отметить, что условные графические обозначения разъединителей, заземляющих ножей, фильтров присоединения изображены иначе, а обозначение нормального состояния коммутационных аппаратов, цветовой раскраска оборудования разного напряжения отсутствует.

# Общие представления об АСУТП



Альфа ЭМС

## **АСУТП - автоматизированная система управления технологическим процессом**

К АСУТП относится любая технологическая система, имеющая следующие признаки:

- наличие технологического процесса;
- наличие устройств слежения за технологическим процессом (датчиков);
- наличие логики изменения параметров технологического процесса в результате изменения внешних условий или сбоев (аварий) в работе технологического процесса;
- наличие исполнительных устройств, меняющих технологический процесс по заданному логическому принципу.

## **Распределённая АСУТП**

Обычно датчики и исполнительные устройства разнесены в пространстве, потому АСУТП также включает линии связи. В связи с ненадёжностью аналоговой связи, а нередко и физической невозможностью передать аналоговый сигнал на большое расстояние, АСУТП включают преобразователи сигналов.

## **Нераспределённая (локальная) АСУТП**

На подстанциях имеются примеры объединения АСУТП в одном устройстве - это автоматические выключатели, предохранители, выхлопные трубы (клапаны) трансформаторов, самосрабатывающие огнетушители.

# Общие представления об АСУТП.

## АСУТП на подстанции



Альфа ЭМС

**Различные виды АСУТП на электросетевых объектах могут быть интегрированы,** в том числе полностью, в концепции "цифровая подстанция", но обычно связи между ними слабые, по причинам:

- неразвитости информационных технологий в энергетике;
- высокой стоимости АСУТП;
- снижения надёжности электроснабжения. Отказ АСУТП одного вида в настоящее время не приводит к отказу всей системы электроснабжения.

**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **1. Автоматика управления аварийными режимами - релейная защита.**

Технологический процесс - передача и распределение электроэнергии.

Датчики - трансформаторы тока и напряжения, автоматические выключатели, предохранители (измерение токов, напряжений, углов сдвига фаз), клапаны трансформаторного оборудования (измерение давления в баке), датчики уровня масла в маслонаполненном оборудовании, фотоэлементы дуговой защиты.

Логика:

- при коротких замыканиях, утечке масла в маслонаполненном оборудовании аварийный участок цепи должен быть отключен со всех направлений электроснабжения;
- при коротком замыкании в трансформаторном оборудовании его бак не должен разорваться.

Исполнительные устройства - выключатели, разъединители (земляная защита), предохранители, клапаны трансформаторного оборудования.

**Требования к различным релейным защитам установлены главами 3.1 и 3.2 ПУЭ.**

Релейная защита - единственный вид АСУТП, как правило подлежащий резервированию.

# Общие представления об АСУТП.

## АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **2. Автоматика управления послеаварийными режимами - противоаварийная автоматика.**

Технологический процесс - передача и распределение электроэнергии.

Датчики - трансформаторы тока и напряжения (измерение токов, напряжений, частоты, углов сдвига фаз).

Логика:

- при отключении выключателей действием релейной защиты для быстрого восстановления питания потребителей или системных связей выполняется автоматическое повторное включение, автоматическое включение резервного питания и оборудования;
- при изменении нагрузки в сети выполняется автоматическое регулирование напряжения, мощности, частоты путём изменения возбуждения генераторов электростанций, режимов работы турбин электростанций, работы устройств регулирования реактивной мощности;
- при нарушении устойчивости энергосистемы, возникновении асинхронного режима вырабатываются сигналы на отключение генераторов электростанций, потребителей, изменение загрузки энергоблоков электростанций (ввод резерва, разгрузка), деление энергосистем.

Исполнительные устройства - выключатели, турбины электростанций, регуляторы мощности водотоков гидроэлектростанций, системы возбуждения генераторов электростанций, управляемые устройства регулирования реактивной мощности - шунтирующие реакторы, синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы.

**Требования к устройствам противоаварийной автоматики установлены главой 3.3 ПУЭ.**

# Общие представления об АСУТП. АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **3. Автоматика управления нормальными режимами (локальная).**

Технологический процесс - передача и распределение электроэнергии.

Датчики - трансформаторы тока и напряжения (измерение токов и напряжений).

Логика:

- при увеличении нагрузки трансформаторов выполняется автоматическое повышение напряжения;

- при перегрузке оборудования выполняется автоматическое включение резерва или выдаётся сигнал на действие устройств противоаварийной автоматики.

Исполнительные устройства - устройства регулирования под нагрузкой трансформаторов, управляемые устройства регулирования реактивной мощности - шунтирующие реакторы, синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы, исполнительные устройства противоаварийной автоматики.

Требования к устройствам автоматики управления режимами установлены главой 3.3 ПУЭ.

# Общие представления об АСУТП.

## АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **4. Автоматика защиты от неправильных действий персонала - оперативная блокировка.**

Технологический процесс - эксплуатация оборудования.

Датчики - трансформаторы напряжения, блок-контакты выключателей, контактные элементы дверей камер, шкафов.

Логика:

- при оперативных переключениях включение и отключение цепей с током выполняется только выключателями, разъединители при этом блокируются;
- включение заземляющих ножей на электрическую цепь под напряжением блокируется;
- доступ персонала в камеру электроустановки, шкаф с электрооборудованием при включенном питании блокируется.

Исполнительные устройства - электромеханические устройства блокировки (замки), реле блокировки сигналов на включение приводов коммутационных аппаратов.

Требования к оперативной блокировке приведены в п. 4.2.27 ПУЭ, а также по отдельным видам оборудования - в соответствующих главах ПУЭ.

# Общие представления об АСУТП.

## АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **5. Автоматика управления подогревом и охлаждением оборудования.**

Технологический процесс - эксплуатация оборудования. Оборудование должно эксплуатироваться в определённом производителем температурном режиме.

Датчики - термисторы.

Логика:

- при перегреве трансформаторов выдаётся сигнал на включение вентиляторов дутья и циркуляционных масляных насосов;
- при снижении температуры в местах размещения микропроцессорного оборудования выдаётся сигнал на включение электроотопления;
- при повышении температуры в местах размещения микропроцессорного оборудования выдаётся сигнал на включение вентиляторов и кондиционеров.

Исполнительные устройства - теплоэлектронагревательные элементы, вентиляторы, насосы, кондиционеры. Исполнительные устройства системы контроля температуры микропроцессорного оборудования могут размещаться как в помещениях, так и в отдельных шкафах с оборудованием.

**Требования к температурному режиму эксплуатации приведены в технических требованиях к каждому виду оборудования.**

# Общие представления об АСУТП.

## АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

### **6. Автоматика пожаротушения.**

Технологический процесс - пожаротушение.

Датчики - пожарные извещатели.

Логика:

- при пожаре в помещениях выдаётся сигнал релейной защите на отключение оборудования, выполняется запуск системы оповещения и управления эвакуацией, после эвакуации доступ в помещение блокируется и подаётся огнетушащее вещество (вода, газ, порошок, аэрозоль, пена), после окончания пожаротушения доступ в помещение разблокируется (в случае газового пожаротушения - после проветривания помещения);

- при пожаре трансформаторного оборудования выдаётся сигнал релейной защите на отключение оборудования, выдаётся сигнал на подачу воды, после окончания пожаротушения выдаётся сигнал на открытие задвижек сухотрубов, после слива воды - на закрытие задвижек сухотрубов.

Исполнительные устройства - системы оповещения и управления эвакуацией (светящиеся табло, громкоговорители, электромеханические замки), оборудование водяного, газового, порошкового, аэрозольного, пенного пожаротушения (насосы, баллоны с газом, порошком, аэрозолем, трубы, клапаны, задвижки), оборудование вентиляции помещений (вентиляторы, клапаны, задвижки).

Требования к автоматике пожаротушения приведены в федеральном законе Российской Федерации от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и подзаконном акте – своде правил СП 5.13130.2009 "Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования".

# Общие представления об АСУТП. АСУТП на подстанции



**Виды АСУТП, применяемые на подстанциях:**

## **7. Автоматика внутриобъектового режима.**

Технологический процесс - охрана подстанции.

Датчики - извещатели охраны периметра, объёмные извещатели, видеокамеры с распознаванием образа.

Логика - при срабатывании извещателей охраны периметра, распознавании образа нарушителя охраняемого рубежа включается охранное освещение и оповещение, выдаётся тревожный сигнал охранному персоналу и полиции (при размещении на подстанции помещений типа "комната хранения оружия").

Исполнительные устройства - светильники системы охранного освещения, громкоговорители, персонал (охрана, полиция).

Требования к автоматике внутриобъектового режима приводятся в техническом задании на проектирование.



Альфа ЭМС

## Система компенсации реактивной мощности

Естественными источниками реактивной мощности ( $Q$ ) в системах электроснабжения являются:

- 1) трансформаторное оборудование, генераторы, двигатели - источники индуктивной реактивной мощности ( $Q_L$ );
- 2) линии электропередачи - источники емкостной реактивной мощности ( $Q_C$ ).

Ток в электроустановке ( $I$ ) и его физические эквиваленты - сечение проводов, масса и стоимость оборудования и опорных конструкций зависит от полной мощности ( $S$ ):

$$S = P + jQ_L \text{ для активно-индуктивной нагрузки;}$$

$$S = P - jQ_C \text{ для активно-емкостной нагрузки,}$$

где  $P$  - активная мощность, характеристика выполняемой работы.

$$I = S / U,$$

где  $U$  - напряжение электроустановки.

Напряжение также зависит от реактивной мощности - избыток емкостной реактивной мощности в узле энергосистемы приводит к режимным перенапряжениям.

**Суть системы компенсации реактивной мощности заключается в снижении тока в электроустановке, нормализации уровня напряжения за счёт подключения:**

**- к активно-индуктивной нагрузке - компенсирующей реактивную мощность емкости;**

**- к активно-емкостной нагрузке - компенсирующей реактивную мощность индуктивности.**

# Система компенсации реактивной мощности



Альфа ЭМС

Основаниями для разработки системы компенсации реактивной мощности являются:

- 1) техническое задание на проектирование, технические условия на присоединение;
- 2) п. 1.2.24 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок": "Выбор и размещение устройств компенсации реактивной мощности в электрических сетях производятся исходя из необходимости обеспечения требуемой пропускной способности сети в нормальных и послеаварийных режимах при поддержании необходимых уровней напряжения и запасов устойчивости".

В соответствии с п. 16.е постановления правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" описание проектных решений по компенсации реактивной мощности **в проектной документации** включается в текстовую часть подраздела "Система электроснабжения" раздела 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений".

# Система компенсации реактивной мощности



Альфа ЭМС

**Единые требования к содержанию технических решений по компенсации реактивной мощности отсутствуют**, у каждого собственника подстанции (строящейся, реконструируемой, смежной) - свои представления о том, какие устройства компенсации реактивной мощности нужны, и где их следует размещать.

При отсутствии в техническом задании на проектирование и технических условиях на присоединение требований к содержанию технических решений по компенсации реактивной мощности их выполняют следующим образом:

- 1) выполняют расчёты пропускной способности электрических сетей в нормальных и послеаварийных режимах, обосновывающие необходимость и места установки устройств компенсации реактивной мощности;
- 2) выбирают устройства компенсации реактивной мощности и способы их подключения к распределительным устройствам подстанции в соответствии с СТО 56947007-29.240.30.010-2008 "Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения";
- 3) изображают выбранные устройства компенсации реактивной мощности и способы их подключения к распределительным устройствам подстанции на главной схеме и плане подстанции;
- 4) направляют обосновывающие расчёты, главную схему и план подстанции на согласование заказчику проектной продукции, другим собственникам (при наличии технических условий на присоединение к подстанциям других собственников), согласующим проектную документацию;
- 5) вносят изменения и дополнения в схему и план подстанции по замечаниям заказчика проектной продукции и других собственников, согласующих проектную документацию.

# Система компенсации реактивной мощности



Альфа ЭМС

## Основные виды устройств компенсации реактивной мощности, применяемые на подстанциях:

- шунтовые конденсаторные батареи (регулируемые и нерегулируемые) на напряжение до 35 кВ - комплектные конденсаторные установки (источники емкостной реактивной мощности), предназначенные в основном для установки на подстанциях напряжением до 110 кВ;



- синхронные компенсаторы и асинхронизированные синхронные компенсаторы (со скольжением ротора). Подключаются в основном к распределительным устройствам 6 (10) кВ подстанций напряжением 220 кВ и выше. Являются источниками реактивной мощности, регулируемые в широких пределах - емкостными или индуктивными;



# Система компенсации реактивной мощности



Альфа ЭМС

## Основные виды устройств компенсации реактивной мощности, применяемые на подстанциях:

- управляемые шунтирующие реакторы напряжением от 220 кВ, дугогасящие реакторы напряжением от 6 до 35 кВ - источники индуктивной реактивной мощности;

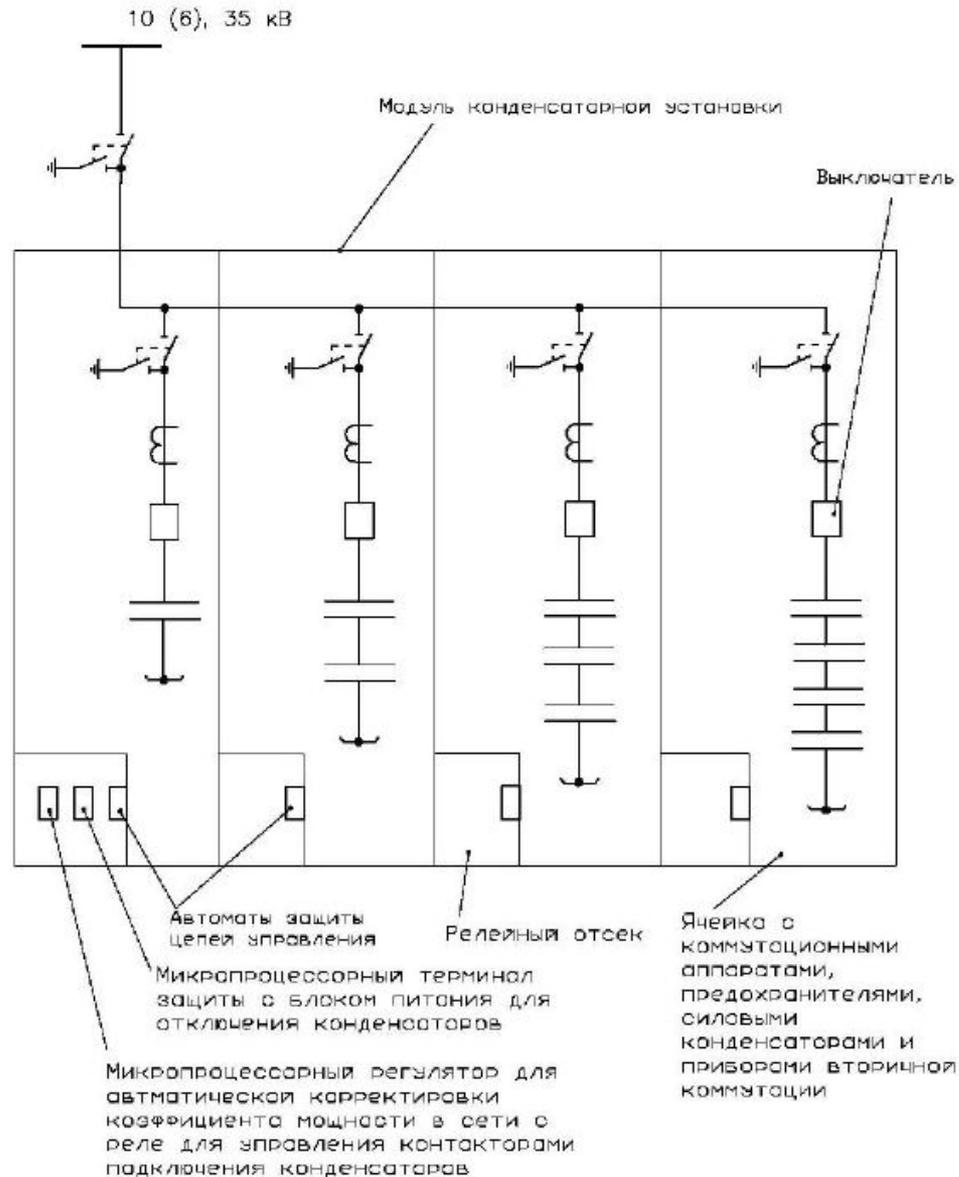
- статические тиристорные компенсаторы, включающие конденсаторные и тиристорно-реакторные группы. Являются источниками реактивной мощности, регулируемые в широких пределах - емкостными или индуктивными. Подключаются на напряжения до 220 кВ.





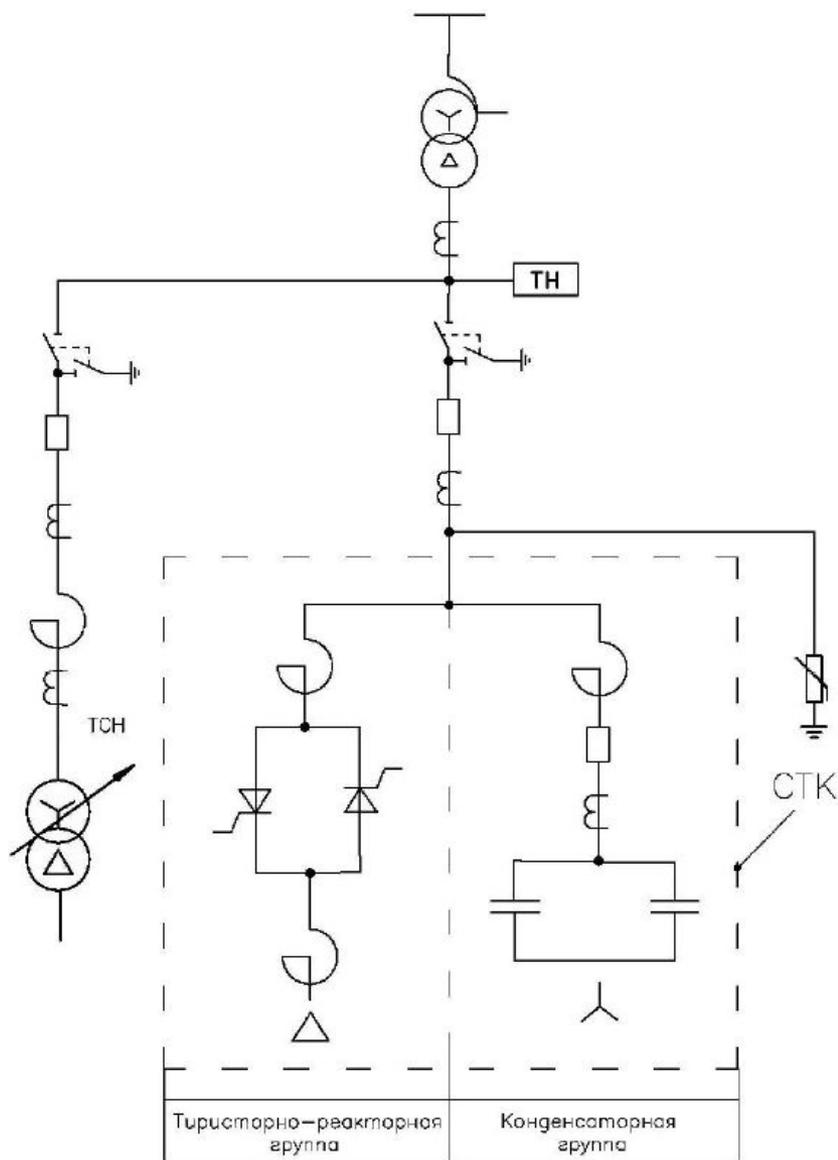
Альфа ЭМС

# Система компенсации реактивной мощности



Пример подключения управляемой шунтовой конденсаторной установки (рис. 3 п. 3.9 СТО 56947007-29.240.30.010-2008)

# Система компенсации реактивной мощности



Пример подключения статического тиристорного компенсатора (рис. 7 п. 3.9 СТО 56947007-29.240.30.010-2008)

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Основаниями для разработки системы молниезащиты на электросетевых объектах являются:

- 1) техническое задание на проектирование, технические условия на присоединение, пересечение;
- 2) пункты 4.2.133 - 4.2.165 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок".

В соответствии с пунктами 16.к, 16.у постановления правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию", в подраздел "Система электроснабжения" раздела 5 "Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений" **проектной документации** включается:

- в текстовую часть - перечень мероприятий по молниезащите;
- в графическую часть - схемы молниезащиты.

**Несмотря на то, что заземление является неотъемлемой составляющей системы молниезащиты, понятия "молниезащита" и "заземление" в постановлении правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 разделены** и в объём настоящей презентации тема "заземления устройств молниезащиты" не включена. Также следует отметить, что в постановление правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 не включены требования о наличии в проектной документации технических решений по молниезащите линий электропередачи.

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Проектные решения по молниезащите принимаются на основе технических требований, представленных:**

- 1) в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение;
- 2) в пунктах 4.2.133 - 4.2.165 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок";
- 3) в следующих нормативных документах, **при наличии на них ссылок в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение** (перечислены по распространённости):
  - СО 153-34.21.122-2003 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций";
  - РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений";
  - РД 153-34.3-35.125-99 "Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений";
  - СТО Газпром 2-1.11-170-2007 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО "Газпром";
  - иные инструкции по устройству молниезащиты, в том числе иностранные.

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Перечень требований к устройствам молниезащиты электросетевых объектов, представленных в пунктах 4.2.133 - 4.2.165 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ), обязательных к выполнению в любом случае:**

- 1) молниезащита подстанций и линий электропередачи выполняется стержневыми и тросовыми молниеотводами (п. 4.2.133 ПУЭ);
- 2) молниезащита не требуется (п. 4.2.134 ПУЭ):
  - для подстанций напряжением до 35 кВ с трансформаторами мощностью до 1,6 МВА;
  - для подстанций напряжением до 35 кВ в районах с числом грозových часов в году менее 20;
  - для подстанций напряжением до 220 кВ, размещённых на площадках с эквивалентным удельным сопротивлением земли более 2000 Ом\*м в районах с числом грозových часов в году менее 20;
  - для зданий в районах с числом грозových часов в году менее 20;
  - для воздушных линий электропередачи, открытых токопроводов напряжением менее 20 кВ (п. 4.2.153 ПУЭ);
- 3) молниезащита зданий выполняется стержневыми молниеотводами, путём заземления металлических покрытий кровли, железобетонных элементов кровли или укладкой молниеприёмной сетки (п. 4.2.134 ПУЭ);
- 4) число токоотводов с кровли здания должно быть не менее двух, они должны располагаться по противоположным сторонам здания (п. 4.2.134 ПУЭ);

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Перечень требований к устройствам молниезащиты электросетевых объектов, представленных в пунктах 4.2.133 - 4.2.165 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ), обязательных к выполнению в любом случае:**

5) молниеприёмная сетка должна иметь площадь ячеек не более  $150 \text{ м}^2$  (для помещений, где возможно выделение водорода - не более  $36 \text{ м}^2$ ), узлы сетки должны быть соединены сваркой. Токоотводы, соединяющие сетку с заземлением, должны быть проложены не реже, чем через каждые 25 м по периметру здания (п. 4.2.134 ПУЭ);

6) в качестве токоотводов следует использовать металлические и железобетонные конструкции зданий, при этом должна быть обеспечена электрическая связь от молниеприёмника до заземления (п. 4.2.134 ПУЭ);

7) запрещается установка молниеотводов на конструкциях (порталах) открытых распределительных устройств подстанций с площадью заземляющего устройства менее  $10000 \text{ м}^2$  (п. 4.2.135 ПУЭ):

- 35 кВ - при размещении подстанции на площадке с эквивалентным удельным сопротивлением земли более  $500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

- 110 кВ и выше - при размещении подстанции на площадке с эквивалентным удельным сопротивлением земли более  $1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

8) расстояние по воздуху от отдельно стоящего молниеотвода с обособленным заземлителем до токоведущих частей, заземлённых конструкций и оборудования подстанции должно быть не менее  $S_{\text{во}} > 0,12 R_{\text{у}} + 0,1 H$ , где  $R_{\text{у}}$  - импульсное сопротивление заземления молниеотвода, Ом,  $H$  - высота рассматриваемой точки на токоведущей части или оборудовании над уровнем земли, м (п. 4.2.137 ПУЭ);

## Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Перечень требований к устройствам молниезащиты электросетевых объектов, представленных в пунктах 4.2.133 - 4.2.165 приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ), обязательных к выполнению в любом случае:**

9) расстояние по воздуху от отдельно стоящего молниеотвода, заземлитель которого соединён с заземляющим устройством подстанции, должно быть не менее  $S_{bc} > 0,1 H + m$ , где  $m$  - длина гирлянды изоляторов, м (п. 4.2.137 ПУЭ);

10) не допускается установка молниеотводов на конструкциях открытых распределительных устройств, токопроводов и трансформаторов, к которым присоединены вращающиеся электрические машины (п. 4.2.140 ПУЭ);

11) на защищённых подходах воздушных линий электропередачи (ВЛ) к подстанциям грозотросы должны заземляться на каждой опоре (п. 4.2.142 ПУЭ). Длина защищённого подхода ВЛ 35, 110 кВ - не менее 1 км, ВЛ 150, 220, 330 кВ - не менее 2 км, ВЛ 500 кВ - не менее 3 км, ВЛ 750 кВ - не менее 4 км;

12) открытые токопроводы, используемые для подключения генераторов и синхронных компенсаторов, должны входить в зоны защиты молниеотводов подстанции, либо должны быть защищены отдельно стоящими молниеотводами с обособленными заземлителями. Расстояние по воздуху от таких молниеотводов до элементов токопровода должно быть не менее 5 м (п. 4.2.163 ПУЭ);

13) допускается не выполнять молниезащиту воздушных линий электропередачи или открытых токопроводов (п. 4.2.165 ПУЭ), присоединённых:

- к электродвигателям мощностью до 3 МВт;

- к генераторам дизельных электростанций мощностью до 1 МВт, расположенным в районах с числом грозовых часов в году менее 20.

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Порядок проектирования молниезащиты в общем случае**, при отсутствии конкретных требований в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение (в том числе ссылок на СО 153-34.21.122-2003, РД 34.21.122-87, РД 153-34.3-35.125-99, СТО Газпром 2-1.11-170-2007, иные инструкции по молниезащите), в объёме, достаточном для выполнения постановления правительства Российской Федерации от 16.02.2008 №87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию":

Для выполнения требований приказа министерства энергетики Российской Федерации от 08.07.2002 №204 "Правила устройства электроустановок" (ПУЭ), при проектировании устройств молниезащиты электросетевого объекта необходимо:

1) в качестве исходных данных получить:

- материалы инженерно-геологических изысканий (удельное сопротивление земли);
- главную схему;
- план объекта;
- конструктивно-строительные решения по зданиям (тип кровли, материал несущих конструкций, экспликация помещений);

2) определить число грозовых часов в году в месте размещения объекта;

3) разместить молниеотводы на плане объекта таким образом, чтобы оборудование объекта было закрыто зонами молниезащиты (**выполнить расчёт зон молниезащиты**), но при этом не нарушались требования пунктов 4.2.135, 4.2.137, 4.2.140, 4.2.163 ПУЭ по размещению молниеотводов на объекте;

4) в случае, если здания объекта не закрываются зонами молниезащиты стержневых и тросовых молниеотводов и не имеют металлических покрытий или железобетонных элементов кровли, нанести на планы зданий молниеприёмные сетки, определить количество и места размещения токоотводов.

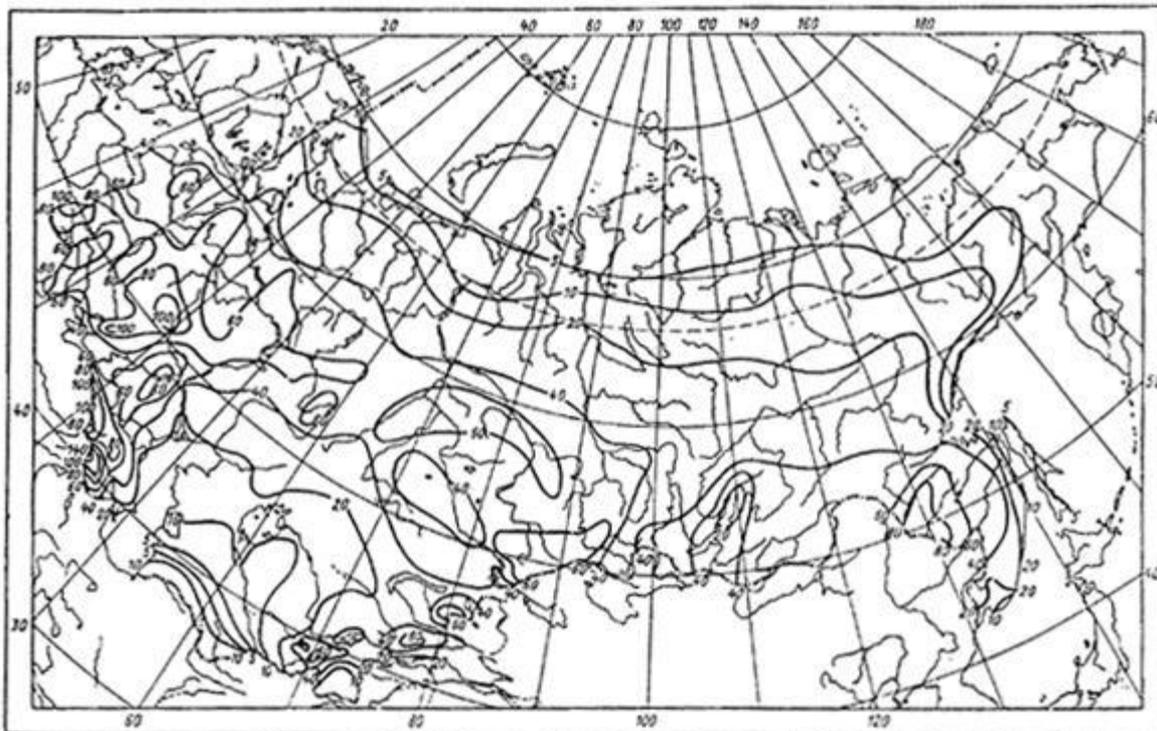
## Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Определение числа грозовых часов в году в месте размещения объекта выполняется:**

- 1) путём выполнения запроса в Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Информация предоставляется на платной основе, результат работы - официальное письмо Росгидромета с определённым числом грозовых часов в году прикладывается к тому проектной документации "Система электроснабжения";
- 2) по картам среднегодовой продолжительности гроз (рис. 3 приложения 2 к РД 34.21.122-87 или рис. 6.8 раздела 6 части 3 РД 153-34.3-35.125-99).



Карта среднегодовой продолжительности гроз из РД 34.21.122-87

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

**Порядок расчёта зон молниезащиты** зависит от выбранной методики (СО 153-34.21.122-2003, РД 34.21.122-87, РД 153-34.3-35.125-99, СТО Газпром 2-1.11-170-2007, иной методики).

В соответствии с наиболее популярной методикой СО 153-34.21.122-2003 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций", для расчёта зон молниезащиты необходимо:

1. Выполнить классификацию объекта по опасности ударов молнии для самого объекта и его окружения (п. 2.2 СО 153-34.21.122-2003):

- **обычные объекты** - жилые и административные строения, здания и сооружения высотой не более 60 м, предназначенные для торговли, промышленного производства, сельского хозяйства;

- **специальные объекты** - представляющие опасность для непосредственного окружения, социальной и физической окружающей среды (объекты, которые при поражении молнией могут вызвать вредные биологические, химические и радиоактивные выбросы), прочие объекты, для которых может предусматриваться специальная молниезащита, например, строения высотой более 60 м, игровые площадки, временные сооружения, строящиеся объекты.

## Система молниезащиты



Альфа ЭМС

### Порядок расчёта зон молниезащиты по методике СО 153-34.21.122-2003:

2. Определить необходимый уровень защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) (п. 2.2 СО 153-34.21.122-2003).

**Для обычных объектов** выбирается один из четырёх уровней защиты:

Уровень защиты	Надежность защиты от ПУМ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

**Для специальных объектов** минимально допустимый уровень надежности защиты от прямых ударов молнии устанавливается в пределах 0,9 - 0,999 в зависимости от степени общественной значимости объекта и тяжести ожидаемых последствий от прямого удара молнии по согласованию с органами государственного контроля. По желанию заказчика (изложенном в техническом задании на проектирование, технических условиях на присоединение, пересечение) в проект может быть заложен уровень надежности, превышающий предельно допустимый.

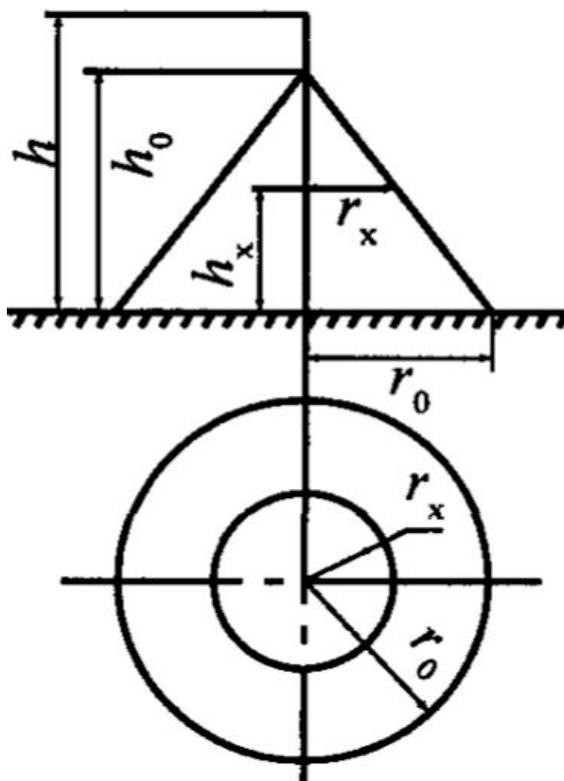
## Система молниезащиты



Альфа ЭМС

### Порядок расчёта зон молниезащиты по методике СО 153-34.21.122-2003:

3. Расставить молниеотводы на объекте и рассчитать геометрические размеры зон молниезащиты каждого молниеотвода (п. 3.3.2 СО 153-34.21.122-2003), нанести их на план объекта, проверить закрытие защищаемых объектов, при необходимости – изменить высоту и размещение молниеотводов на объекте, повторить расчёт.



Суть расчёта - определяется радиус горизонтального сечения  $r_x$  на высоте  $h_x$ :

$$r_x = \frac{r_0 (h_0 - h_x)}{h_0}$$

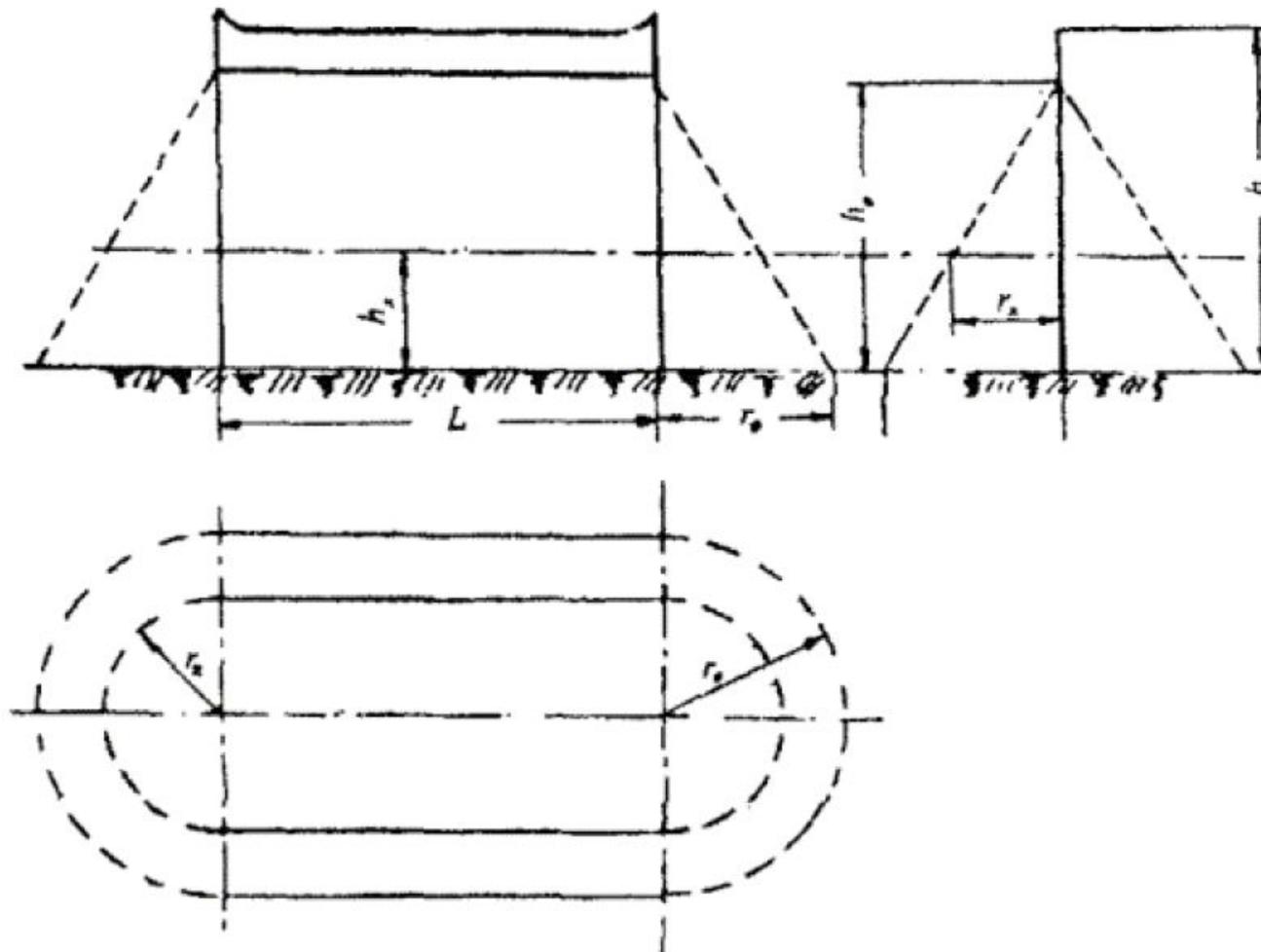
Надежность защиты $P_z$	Высота молниеотвода $h$ , м	Высота конуса $h_0$ , м	Радиус конуса $r_0$ , м
0,9	от 0 до 100	$0,85h$	$1,2h$
	от 100 до 150	$0,85h$	$[1,2 - 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	от 0 до 30	$0,8h$	$0,8h$
	от 30 до 100	$0,8h$	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,8 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$0,7h$
0,999	от 0 до 30	$0,7h$	$0,6h$
	от 30 до 100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	от 100 до 150	$[0,65 - 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$

## Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Порядок расчёта зон молниезащиты по методике СО 153-34.21.122-2003:



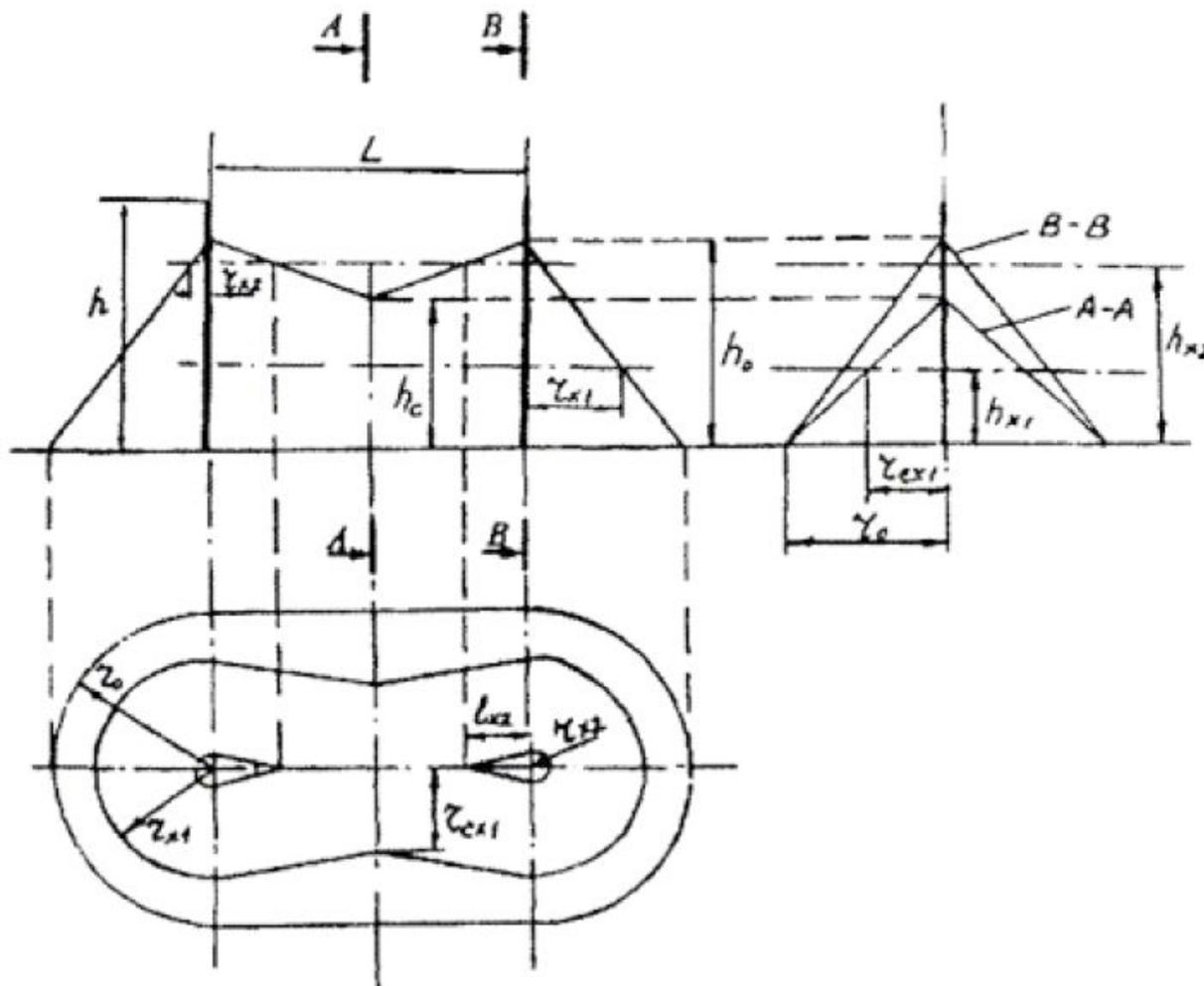
Зона защиты одиночного тросового молниеотвода (рис. 3.2 СО 153-34.21.122-2003)

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Порядок расчёта зон молниезащиты по методике СО 153-34.21.122-2003:

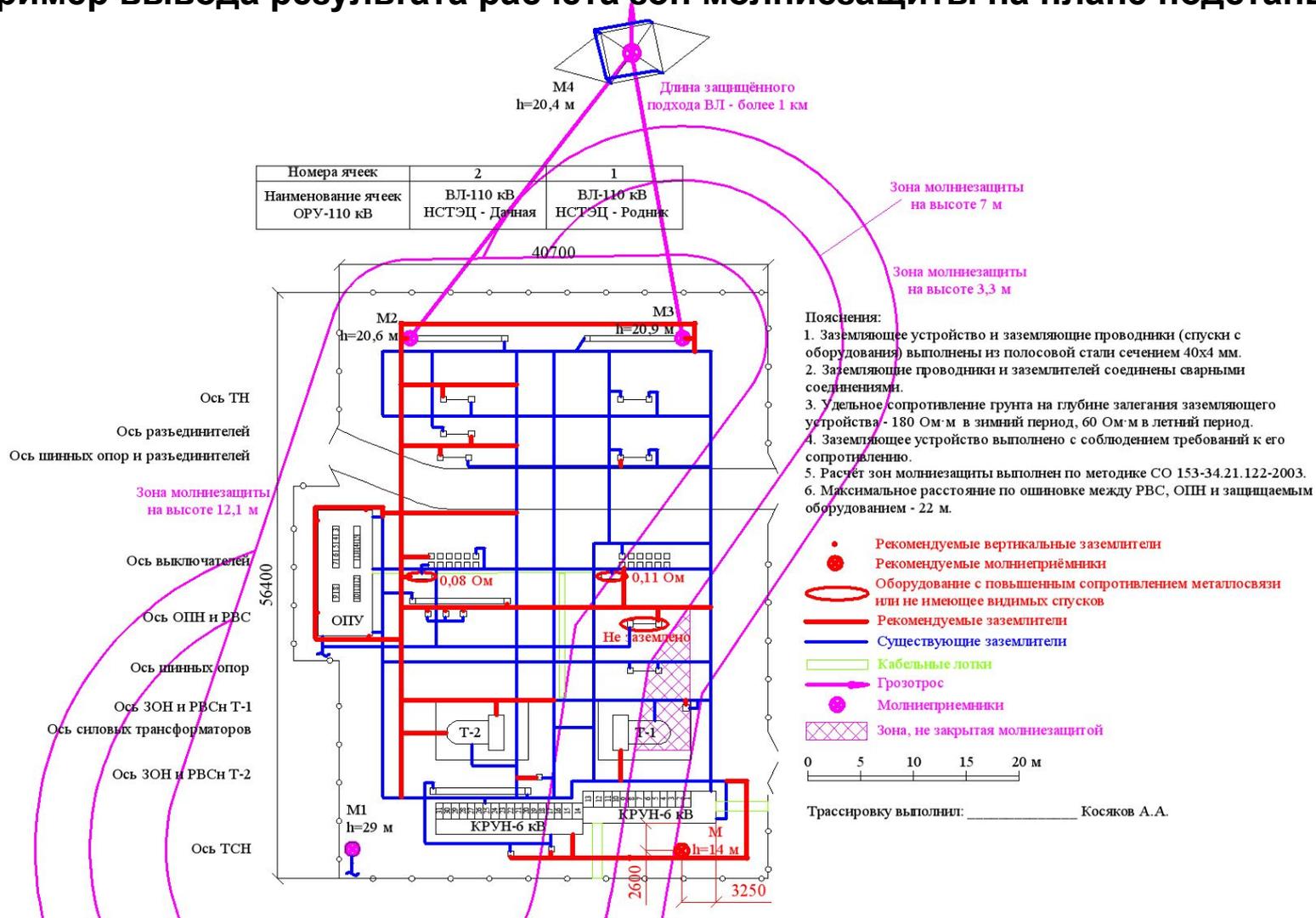


# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

## Пример вывода результата расчёта зон молниезащиты на плане подстанции

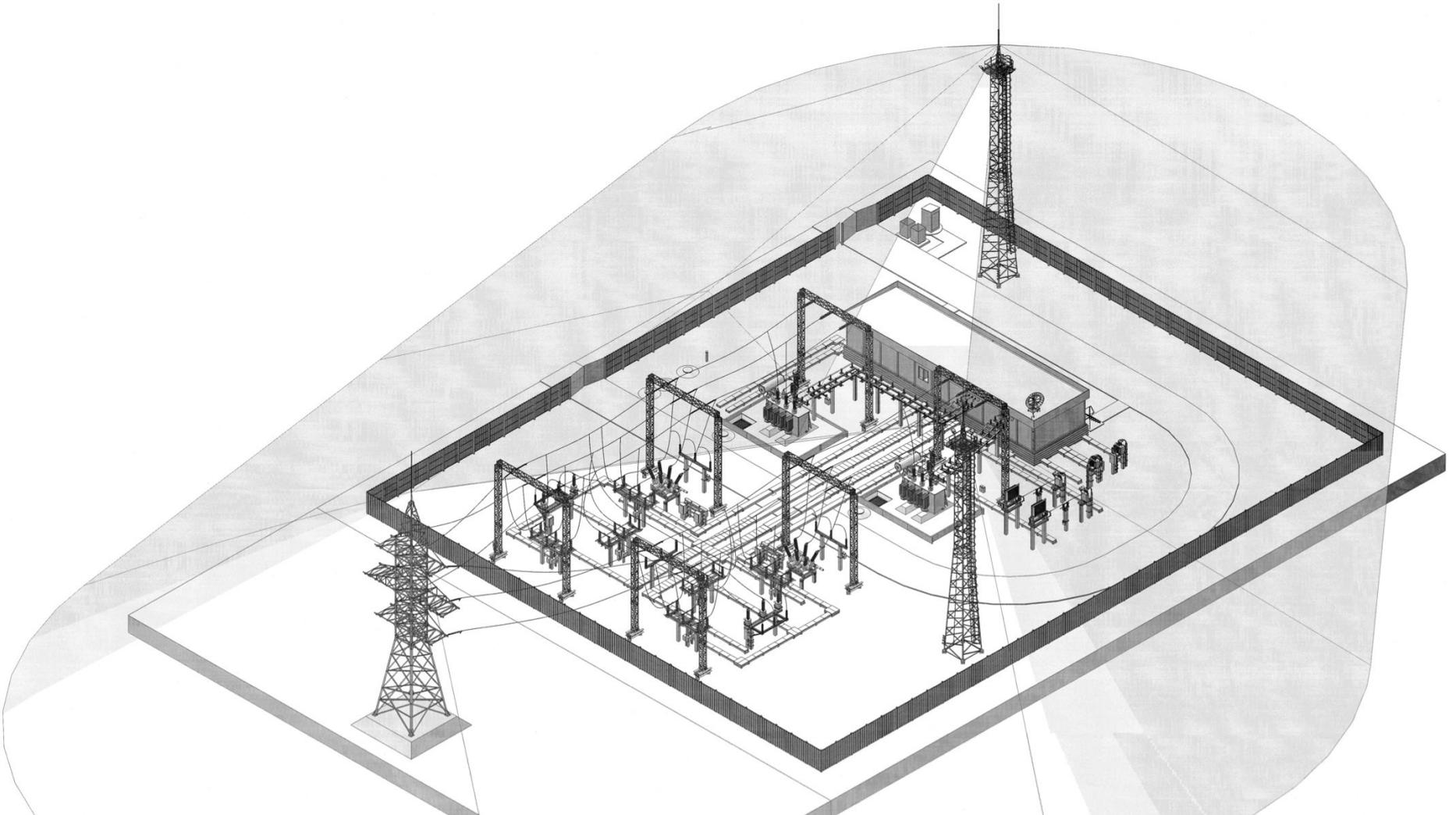


# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Пример вывода результата расчёта зон молниезащиты на плане подстанции (трёхмерное изображение)



# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Результаты расчётов зон молниезащиты, выполненные по разным методикам, отличаются:



Пример расчёта зон молниезащиты подстанции по разным методикам:

- РД 34.21.122-87 (зелёный цвет);
- СО 153-34.21.122-2003 (сиреневый цвет).

Заштрихованная область - зоны, не закрытые молниезащитой.

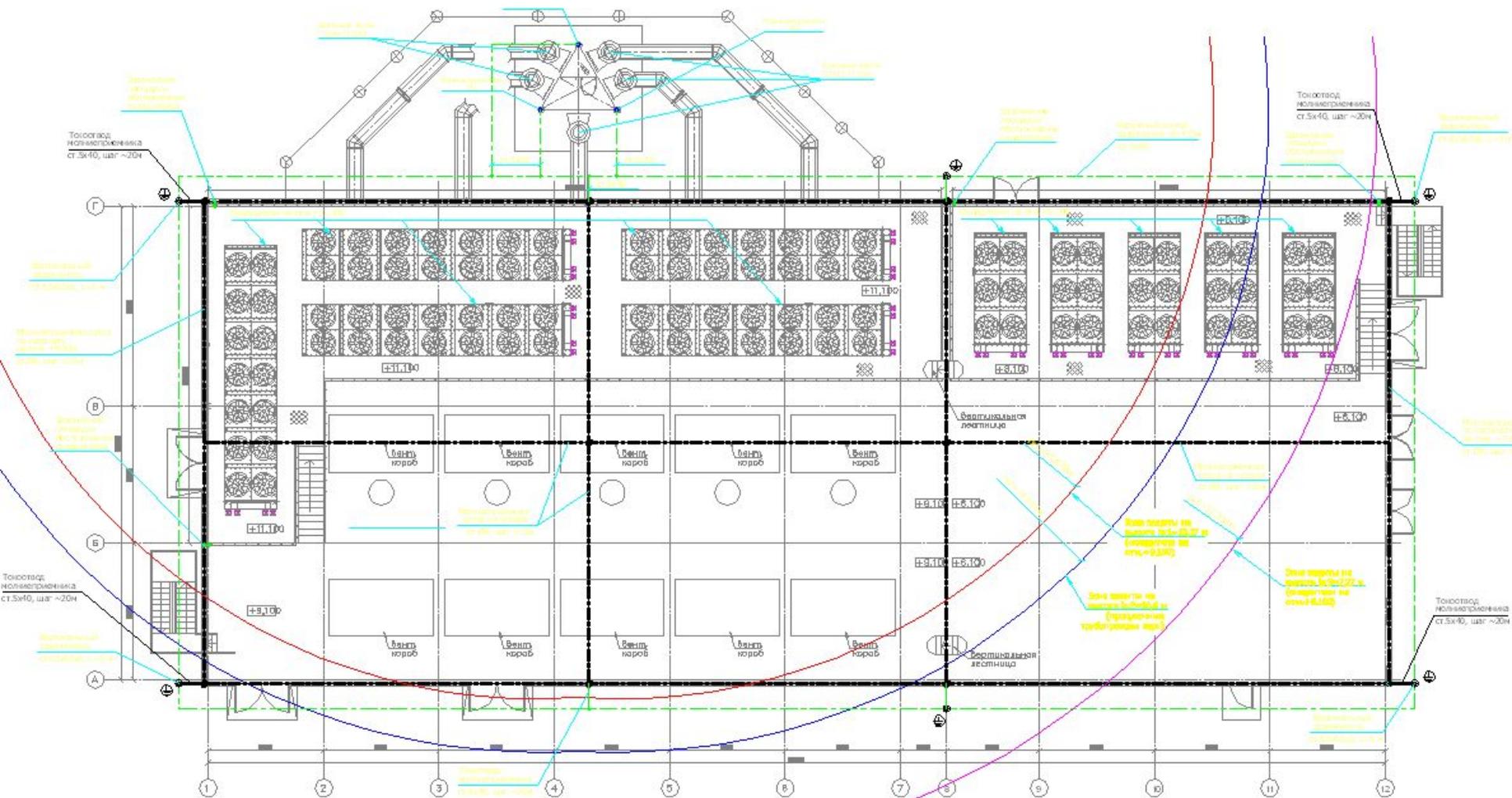
Сиреневым цветом отмечены существующие молниеотводы, красным цветом - рекомендуемые к установке для обеспечения молниезащиты.

# Система молниезащиты



Альфа ЭМС

Пример проекта молниеприёмной сетки на крыше здания энергоцентра:



## Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

На электросетевых объектах электростатические заряды накапливаются на человеке при его перемещении в электромагнитном поле и могут представлять опасность для микропроцессорного оборудования, установленного на рабочих местах.

**Мероприятия по защите от статического электричества выполняются при наличии в техническом задании на проектирование:**

- 1) прямого указания на необходимость защиты оборудования от статического электричества;
- 2) ссылок на нормативные документы, регламентирующие мероприятия по защите от статического электричества:
  - СТО 56947007-29.240.10.028-2009 "Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ";
  - СТО 56947007-29.240.043-2010 "Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов";
  - СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства";
  - СТО Газпром 2-6.2-654-2012 "Проектная документация на строительство и реконструкцию производственных объектов ОАО "Газпром". Руководство по разработке раздела "Электромагнитная совместимость".

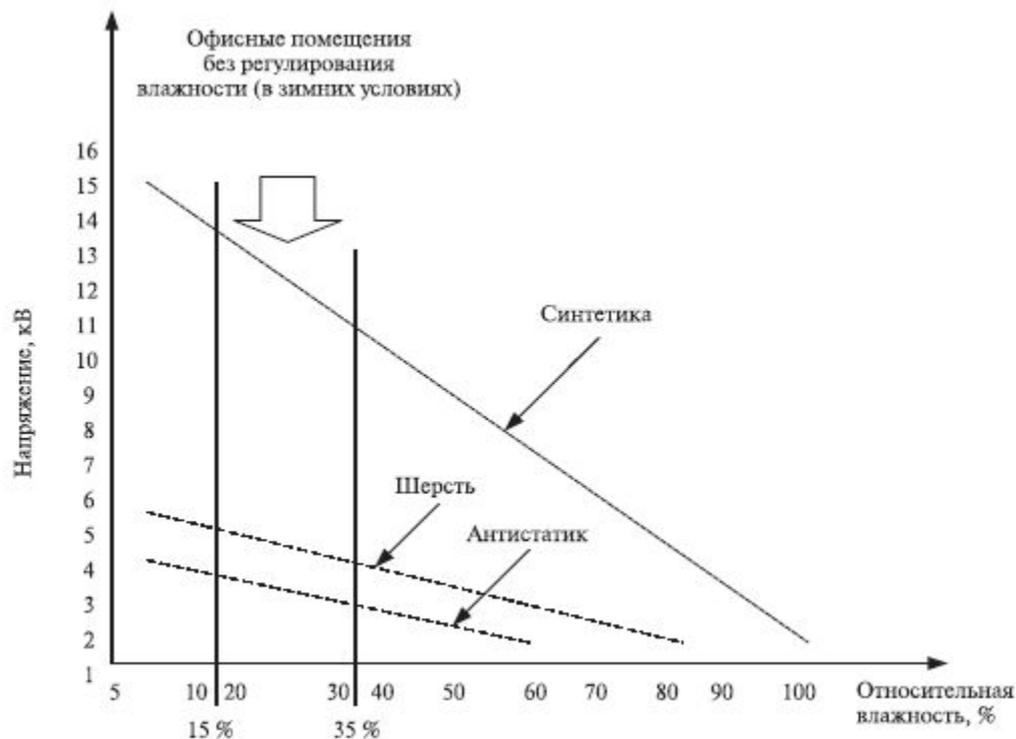
**Мероприятия по защите от статического электричества включаются в раздел проектной документации "Электромагнитная совместимость".**

# Защита от статического электричества



Величина электростатического потенциала тела человека зависит от:

- характеристик напольных покрытий;
- типа одежды и обуви оператора;
- степени влажности воздуха;
- применяемых средств коллективной и индивидуальной защиты от статического электричества.



Зависимость электростатического потенциала человека от степени влажности воздуха - рисунок 6.1 СТО Газпром 2-1.11-172-2007 "Методика по проведению экспертизы основных производственных объектов ОАО "Газпром" на соответствие нормативным требованиям электромагнитной совместимости"

# Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

Величина электростатического потенциала тела человека определяется по таблице 8 СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства":

Таблица 8

Данные о потенциалах статического электричества для различных напольных покрытий

№ п/п	Характеристика напольного покрытия	Характеристика одежды и обуви оператора	Наибольший потенциал оператора кВ	Степень жёсткости испытаний конт. / возд.
1.	Синтетическое покрытие (ковролин), покрытый лаком паркет	Синтетические одежда и обувь	30кВ	X <sup>1)</sup> / X
2.	Синтетическое покрытие (ковролин), покрытый лаком паркет	Синтетическая одежда и кожаная обувь	30кВ	X / X
3.	Обычный (виниловый) линолеум	Синтетические одежда и обувь	15кВ	X / 4
4.	Токопроводящие (бетонные) полы или антистатический линолеум	Синтетические одежда и обувь	12кВ	X / 4
5.	Обычный (виниловый) линолеум	Синтетическая одежда и кожаная обувь	8кВ	4/3
6.	Токопроводящие (бетонные) полы или антистатический линолеум	Синтетическая одежда и кожаная обувь	6кВ	3/3
7.	Синтетическое покрытие (ковролин), покрытый лаком	Хлопчатобумажная одежда и кожаная обувь	4кВ	2/2

№ п/п	Характеристика напольного покрытия	Характеристика одежды и обуви оператора	Наибольший потенциал оператора кВ	Степень жёсткости испытаний конт. / возд.
	паркет			
8.	Обычный (виниловый) линолеум	- « -	2кВ	1/1
9.	Токопроводящие (бетонные) полы или антистатический линолеум	- « -	0,5кВ	1/1

X- специальная степень жесткости, устанавливаемая АО по согласованию с производителем устройств.

# Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

Уровни помехоустойчивости (степени жёсткости испытаний) микропроцессорного оборудования определяются ГОСТ 30804.4.2-2013 "Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний":

Т а б л и ц а 1 – Степени жесткости испытаний

Контактный разряд		Воздушный разряд	
Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ	Степень жесткости	Испытательное напряжение, кВ
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X <sup>1)</sup>	Специальное	X <sup>1)</sup>	Специальное

<sup>1)</sup> X – открытая степень жесткости испытаний. Испытательное напряжение должно быть указано в технической документации на ТС конкретного вида. Если установлено более высокое испытательное напряжение, чем указано для степеней жесткости, необходимо использовать специальное испытательное оборудование.

## Защита от статического электричества

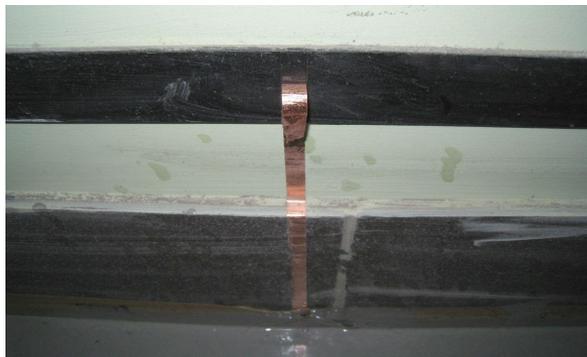


Альфа ЭМС

### Основные мероприятия по защите от статического электричества

приведены в СТО 56947007-29.240.044-2010 "Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства":

- 1) применение микропроцессорного оборудования, уровни помехоустойчивости которого к воздействию электростатических разрядов превышают возможный электростатический потенциал оператора;
- 2) использование персоналом антистатической одежды (халатов, курток), антистатической обуви или полосок заземления, закрепляемых на любом типе обуви;
- 3) увеличение относительной влажности воздуха в помещении до 65...75% путём применения кондиционирования воздуха (с функцией увлажнения) помещений, где предусматривается размещение микропроцессорного оборудования;
- 4) применение антистатических линолеумов, настилов, ковриков, матов;
- 5) заземление персонала посредством кистевых браслетов с шарнирным контактом и заземляющим кордом, присоединяемым к заземляющему устройству.



При укладке антистатических покрытий необходимо четко руководствоваться рекомендациями производителя и использовать только указанные в техническом описании покрытия клеи (контактные или электропроводящие) и дополнительные материалы (медные ленты, присоединяемые к заземляющему устройству здания, зажимы, проводники и т.д.).

Пример неправильного монтажа - проводник электростатического пола приклеен к шине уравнивания потенциала поверх краски

## Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

Использование антистатического браслета на Ростовской атомной электростанции



# Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

Дополнительные средства защиты от статического электричества приведены в ГОСТ 12.4.124-83 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования":

## 1) нейтрализаторы статического электричества:

- индукционный нейтрализатор статического электричества - обеспечивает ионизацию материала или среды воздействием поля электростатических зарядов;
- высоковольтный нейтрализатор статического электричества - обеспечивает ионизацию материала или среды воздействием высокого напряжения, подаваемого на его электроды;
- лучевой нейтрализатор статического электричества - обеспечивает ионизацию материала или среды под воздействием излучения (радиоактивного, ультрафиолетового, лазерного, теплового и т.п.);
- радиоизотопный нейтрализатор статического электричества - принцип действия основан на ионизации воздушной среды радиоактивными источниками;
- аэродинамический нейтрализатор статического электричества - принцип действия основан на подаче к поверхности заряженного материала ионизированной среды потоком воздуха;

2) экранирующие устройства - обеспечивают снижение напряжённости электростатического поля и количество аэроионов в рабочей зоне до допустимых значений за счет их концентрации в ограниченном объеме вне этой зоны;

3) распыление антиэлектростатических веществ в рабочей зоне.

# Защита от статического электричества



Альфа ЭМС

ГОСТ 12.4.124-83 "Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования" устанавливает следующие **требования к средствам защиты от статического электричества:**

- нейтрализаторы должны соответствовать санитарно-гигиеническим нормам допустимых уровней ионизации воздуха в производственных и общественных помещениях, нормам концентрации озона и окислов азота в воздухе рабочих зон, нормам радиационной безопасности, основным санитарным правилам работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений, нормам электробезопасности;
- антиэлектростатические вещества должны обеспечивать снижение удельного объемного электрического сопротивления материала до величины  $10 \text{ МОм} \cdot \text{м}$ , удельного поверхностного электрического сопротивления до величины  $1000 \text{ МОм}$ . Содержание паров антистатиков в рабочей зоне не должно превышать предельно допустимых концентраций по ГОСТ 12.1.005-88 "Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны";
- для изготовления антиэлектростатической специальной одежды должны применяться материалы с удельным поверхностным электрическим сопротивлением не более  $10 \text{ МОм}$ . Электрическое сопротивление между токопроводящим элементом антиэлектростатической специальной одежды и землей должно быть от 1 до  $100 \text{ МОм}$ ;
- электрическое сопротивление между подпятником и ходовой стороной подошвы антиэлектростатической специальной обуви должно быть от 1 до  $100 \text{ МОм}$ ;
- антиэлектростатические кольца и браслеты должны обеспечивать электрическое сопротивление в цепи человек-земля от 1 до  $10 \text{ МОм}$ . Заземляющий проводник антиэлектростатического браслета должен обеспечивать свободу перемещения рук.

ООО "Альфа ЭМС"  
Электромагнитная совместимость в энергетике



Альфа ЭМС

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Алексей Александрович Косяков  
ведущий инженер, канд. техн. наук

ООО "Альфа ЭМС"  
г. Екатеринбург  
эл. почта [kosakov@yandex.ru](mailto:kosakov@yandex.ru)  
тел. +7 (912) 677-82-33