

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ФСК ЕЭС



РУМ

РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
СЕТЕЙ

№ 4(552)
2013



Руководящие материалы по проектированию электрических сетей

(РУМ)

№ 4-2013

Руководитель Дирекции по управлению проектами	В.В. Бойков
Ответственный за выпуск	А.Н. Жулёв
Редактор	к.т.н., доцент Г.С. Боков
Технический редактор	Н.П. Васина
Дизайн и верстка	И.И. Данилова
Подготовка материалов	А.Г. Бобкова
Подписка и распространение	Ю.И. Летягина

ОАО «НПЦ ФСК ЕЭС»

Юридический адрес:

115201, Каширское шоссе, 22, корп 3

Почтовый адрес:

111395, Москва, Аллея Первой Маевки, 15
тел. (499) 374-71-00, 374-66-09, 374-66-55
(495) 727-19-09 (доб. 12-66)
факс (499) 374-66-08, 374-62-40
E-mail: Danilova_II@ntc-pover.ru;
danis08@rambler.ru
Letyagina_YI@ntc-pover.ru

Издаётся с января 1954 года
Периодичность: 6 выпусков в год

Колонка редактора
Дорогой Читатель!

Сегодня в руках Вы держите номер РУМ, который посвящен новым решениям и технологиям в электросетевом комплексе, о которых специалисты размышляют постоянно на конференциях, на работе или за чашкой кофе. Инновации в современном понимании то, без чего не может развиваться ни одна отрасль. Энергетика без инноваций не может существовать вообще. Об инновациях и проблемах, сопровождающих внедрение новых систем и устройств РЭА в России, размышляли российские и зарубежные специалисты на международной конференции-выставке «РЕЛАВЭКСПО-2013», прошедшей 23-26 апреля 2013 года по инициативе НП «СРЗАВ». В ней приняли участие 750 представителей из 52 регионов России и других стран.

Как показывает история, есть решения, для которых нужен сигнал сверху, некоторый административный ресурс управления. Во всем мире правительства и компании ищут и применяют наиболее эффективные технологии в энергетике и готовы поделиться ими с зарубежными коллегами. Насколько применим опыт иностранных инноваций в России? В этой связи удачным стало сотрудничество компаний ABB с российскими партнёрами. Когда было запланировано открытие отделения кампании в Чебоксарах, аналогов этому не было. Совместно с российскими специалистами в Чебоксарах был сформирован позитивный опыт по внедрению современной техники. Поэтому сегодня даже небольшие проекты цифровых подстанций - это элементы крупных умных сетей и новых технологий на российском рынке.

Помимо вопроса «где взять деньги?» есть вопрос «где взять инновации?» Очень трудно найти хорошие решения, потому что это либо проекты, либо компании не желают продавать свои продукты, либо производители не понимают, что от них нужно. Поэтому инновации в России выполняются пока в ручном режиме. В этом смысле заслуживает уважения разработки лидеров отечественной электротехники ПО «Форэнерго» в области линейной арматуры, изоляторов и устройств защиты птиц от воздействия электрического тока. Завод трансформаторных подстанций (Санкт-Петербург) разработал серию КРУ «ТЕМЗА» полной заводской сборки.

Инновационные проекты в сетевом комплексе развиваются в двух направлениях: первое - точечные решения и новые технологии, разработанные в качестве pilotных проектов; второе - создание кластеров сетей, где будут реализованы совокупные решения. Это покажет, насколько высок синергетический эффект и стоит ли тиражировать новые проекты по территории всей страны.

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

Введение национальных стандартов Российской Федерации.....	4
Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» Типовые технические требования к КРУ классов напряжения 6-35 кВ СТО 56947007-29.130.20.104-2011.....	8

РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ

Аттестация оборудования, технологий, материалов и систем.....	35
Устройства комплектные распределительные серии КРУ «ТЕМЗА»-6(10)кВ-У3 производства ООО «Завод трансформаторных подстанций СЭТ».....	37
II международная научно-практическая конференция и выставка «РЕЛАВЭКСПО - 2013».....	56
Материалы конференции по РЭА для электрических сетей с изолированной нейтралью.....	60
Микропроцессорные устройства РЭА серии ТЭМП 2501 производства ООО «ИЦ «Бреслер».....	72

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

Книжные новинки.....	98
----------------------	----

Введение национальных стандартов Российской Федерации

Уважаемые читатели, с 1 января 2014 года вводятся в действие в качестве национальных стандартов Российской Федерации, следующие Межгосударственные стандарты:

1. ГОСТ 31818.11-2012 (IEC 62052-11:2003) (введён впервые)

Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Общие требования. Испытания и условия испытаний. Часть 11. Счётчики электрической энергии. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 15 ноября 2012 года № 42). Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2012 года № 1035-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31818.11-2012 вводится в действие в качестве национального стандарта с 1 января 2014 года.

Область применения: Стандарт распространяется на аппаратуру для измерения электрической энергии, применяемую как внутри, так и снаружи помещений, и устанавливает требования к изготовлению и испытаниям аппаратуры для измерения электрической энергии при использовании в сетях переменного тока частотой 50 или 60 Гц при напряжении до 600 В.

Стандарт распространяется на электромеханические и статические счётчики, применяемые внутри и снаружи помещений, содержащие измерительный элемент и счётный(е) механизм(ы), заключенные в корпус счётчика. Он также распространяется на индикатор(ы) функционирования и испытательный(е) выход(ы). Если счётчик имеет измерительный элемент для измерения энергии более чем одного вида (счётчики на энергию разных видов), либо если в корпус счётчика заключены другие функциональные элементы, такие как показатели максимума, электронные показатели тарифов, переключатели по времени, приемники дистанционного управления, интерфейсы передачи данных и т. д., то тогда применяют соответствующие стандарты или нормативные документы на эти элементы государств, принявших настоящий стандарт.

Стандарт не распространяется на:

- а) переносные счётчики;
- б) интерфейсы данных к счетному механизму счётчика;
- в) эталонные счётчики.

На счётчики, устанавливаемые в стойке, механические требования не распространяются.

2. ГОСТ 31819.23-2012 (IEC 62053-23:2003) (введён впервые)

Аппаратура для измерения электрической энергии переменного тока. Частные требования. Часть 23. Счётчики статические реактивной энергии. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 15 ноября 2012 года № 42). Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2012 года № 1039-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 31819.23-2012 вводится в действие в качестве национального стандарта с 1 января 2014 года.

Область применения: Стандарт распространяется на статические (электронные) счётчики вар-часов (далее - счётчики) классов точности 1; 2 и 3, предназначенные для измерения электрической реактивной энергии переменного тока частотой 50 или 60 Гц, и устанавливает требования к изготовлению и испытаниям счётчиков. Стандарт базируется на общепринятом определении реактивной энергии для синусоидальных токов и напряжений, содержащих только основную частоту.

Стандарт распространяется на счётчики, применяемые внутри помещения, и счётчики для наружной установки, содержащие измерительный элемент и счётный(е) механизм(ы), заключённые вместе в корпус счётчика. Он также распространяется на индикатор(ы) функционирования и испытательный(е) выход(ы). Если счётчик имеет измерительный элемент для измерения энергии более чем одного вида (счётчики энергии разных видов) либо в корпус счётчика заключены другие функциональные элементы, такие как показатели максимума, электронные регистраторы тарифов, переключатели по времени, приёмники дистанционного управления, интерфейсы передачи данных и т. д., то применяют соответствующие стандарты или нормативные документы государств, проголосовавших за принятие стандарта, на эти элементы.

Стандарт не распространяется на:

- a) счётчики вар-часов с напряжением между зажимами свыше 600 В (линейное напряжение для многофазных счётчиков);
- b) переносные счётчики;
- c) интерфейсы к счётному механизму счётчика;
- d) эталонные счётчики.

Также вводятся в действие национальные стандарты Российской Федерации:

3. ГОСТ Р 55014-2012 (введён впервые)

Трансформаторы силовые. Испытания баков на механическую прочность. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. Дата введения 01.01.2014. (Утверждён и введён в действие приказом Росстандарта от 20.09.12 № 398-ст).

Область применения: Стандарт устанавливает порядок проведения статических испытаний баков силовых трансформаторов на прочность.

4. ГОСТ Р 55015-2012 (введён впервые)

Трансформаторы силовые. Испытания баков на герметичность. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. Дата введения 01.01.2014. (Утверждён и введен в действие приказом Росстандарта от 20.09.12 № 399-ст).

Область применения: Стандарт распространяется на силовые трансформаторы и устанавливает порядок подготовки и проведения испытаний баков на герметичность.

5. ГОСТ Р 55016-2012 (введён впервые)

Трансформаторы силовые масляные общего назначения классов напряжения 110 и 150 кВ. Технические условия. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2013. Дата введения 01.01.2014. (Утверждён и введён в действие приказом Росстандарта от 20.09.12 № 400-ст).

Область применения: Стандарт распространяется на стационарные силовые масляные трансформаторы общего назначения классов напряжения 110 и 150 кВ, в том числе для электроснабжения угольных шахт с раздельным питанием подземных и надземных токоприемников.

За дополнительной информацией и по вопросу заказа следует обращаться:

Реквизиты территориальных отделов распространения НТД и НТИ ФГУП «Стандартинформ»:

Территориальный отдел распространения НТД и НТИ № 1

119049, г. Москва, ул. Донская, 8

Телефон: (499) 236-34-48, телефон/факс: 236-01-72

E-mail: standart1@comail.ru, www.standart1.ru

ИНН 7703385195, КПП 770605001, р/с 40502810500100000460 в ОАО «МИнБ»
г. Москва, БИК 044525600, к/с 30101810300000000600, ОКВЭД 22.1,
ОКПО 76056227, ОГРН 10577003026631.

Обслуживает области: Брянскую, Владимирскую, Волгоградскую, Воронежскую, Ивановскую, Калужскую, Костромскую, Курскую, Липецкую, Московскую, Орловскую, Пензенскую, Рязанскую, Самарскую, Саратовскую, Смоленскую, Тамбовскую, Тульскую, Ульяновскую, Ярославскую; республики: Марий Эл, Мордовию, Татарстан, Чувашскую; страны СНГ и Балтии.

Территориальный отдел распространения НТД и НТИ № 3

194292, г. Санкт-Петербург, пр. Культуры, 26/1

Телефон: (812) 557-86-21, 558-16-39; факс: 598-53-10

E-mail: info@standards.spb.ru, http://www.standards.spb.ru

ИНН 7703385195, р/с 4050281011300000026 в ОАО «Банк ВТБ Северо-Запад»
г. Санкт-Петербург, к/с 30101810200000000791 БИК 044030791.

Обслуживает области: Архангельскую, Вологодскую, Калининградскую, Кировскую, Ленинградскую, Мурманскую, Нижегородскую, Новгородскую, Псковскую, Тверскую; республики: Карелию, Коми.

Территориальный отдел распространения НТД и НТИ № 10

350010, г. Краснодар, ул. Офицерская, 48

Телефон: (861) 224-01-20, 224-13-73

E-mail: qost-vuq@mail.kubtelecom.ru

ИНН 7703385195, КПП 231004001, р/с 40502810930000050003 в Краснодарском
отделении г. Краснодар, БИК 040349602, к/с 30101810100000000602.

Обслуживает края: Краснодарский, Ставропольский; области: Астраханскую,
Белгородскую, Ростовскую; республики: Адыгею, Дагестан, Кабардино-Балкарскую,
Калмыкию, Карачаево-Черкесскую, Северную Осетию (Аланию), Ингушскую, Чеченскую.

Территориальный отдел распространения НТД и НТИ № 13

630108, г. Новосибирск, ул. Котовского, 40

Телефон/факс: (383) 353-94-36, телефон: 353-94-93

E-mail: tor13@online.sinor.ru; <http://www.sinor.ru/-tor13>

ИНН 7703385195, КПП 540402001, р/с 40502810044030010047 Сибирский Банк
Сбербанка России г. Новосибирск, БИК 045004641, к/с 30101810500000000641.

Обслуживает края: Алтайский, Красноярский, Приморский, Хабаровский; области:
Амурскую, Иркутскую, Камчатскую, Кемеровскую, Магаданскую, Новосибирскую. Омскую,
Сахалинскую, Томскую, Тюменскую, Читинскую; республики: Алтай, Бурятию, Саха
(Якутию), Тыву, Хакасию; Еврейскую автономную область, Чукотский автономный округ.

Территориальный отдел распространения НТД и НТИ № 14

620041, г. Екатеринбург, ул. Солнечная, 41

Телефон/факс: (343) 341-68-27, 341-65-54

E-mail: tor14@sky.ru; <http://www.qost.da.ru>

ИНН 7703385195, р/с 40502810516160038687 Уральский банк Сбербанка РФ
г. Екатеринбург, БИК 046577674, к/с 3010181050000000674, КПП 6670004001,
ОКВЭД 22.1, ОКПО 35149589, ОГРН 1057703026633).

Обслуживает области: Курганскую, Оренбургскую, Пермскую, Свердловскую,
Челябинскую; республики: Башкортостан, Удмуртскую.

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-
29.130.20.104-2011

**Типовые технические требования к КРУ
классов напряжения 6-35 кВ**

Дата введения 04.05.2011

Дата введения изменений: 23.04.2013

ОАО «ФСК ЕЭС»
2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН: Филиалом ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».

2 ВНЕСЁН: Департаментом технологического развития и инноваций
ОАО «ФСК ЕЭС».

3 УТВЕРЖДЁН И

ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 14.10.2011 № 631.

4 ИЗМЕНЕНИЯ

ВВЕДЕНЫ: Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 23.04.2013 № 251 в
раздел 3 (п. 1.13.1), введены дополнительные пункты 3.7 и 3.8.

5 ВВЕДЁН: ПОВТОРНО.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: vaga-na@fsk-ees.ru.

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

Введение

Типовые технические требования на электрооборудование необходимы для организации аттестации электрооборудования и служат главным критерием для оценки возможности применения данного вида электрооборудования на объектах электросетевого комплекса.

Типовые технические требования разработаны в соответствии с Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 20.08.2012 № 484/401 «Об утверждении документации по аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» с учётом опыта эксплуатации данного электрооборудования».

Типовые технические требования к КРУ классов напряжения 6-35 кВ включают:

- условия эксплуатации;
- номинальные параметры и характеристики;

- требования к электрической прочности изоляции;
- требования по нагреву;
- требования к стойкости при сквозных токах короткого замыкания;
- требование по стойкости к воздействию дуги при внутреннем коротком замыкании;
- требования к вспомогательным цепям;
- требования к механической стойкости;
- требования к конструкции, изготовлению и материалам;
- требования по надёжности;
- требования безопасности;
- требования к маркировке, упаковке, транспортированию, условиям хранения;
- требования к комплектности поставки;
- требования к техническим характеристикам выключателя;
- требования к техническим характеристикам разъединителя;
- требования к техническим характеристикам заземлителя ТО;
- требования к техническим характеристикам быстродействующего заземлителя;
- требования к техническим характеристикам трансформатора тока;
- требования к техническим характеристикам трансформатора напряжения;
- требования к техническим характеристикам ОПН;
- требования к сервисным службам.

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на комплектные распределительные негерметизированные устройства (КРУ) в металлической оболочке, трехфазного переменного тока частотой 50 Гц на номинальные напряжения от 6 до 35 кВ для сетей с изолированной или заземленной через дугогасительный реактор нейтралью.

Настоящий стандарт не распространяется на КРУ с элегазовой изоляцией.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 2.601-2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 2.610-2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2, 3, 4).

ГОСТ 721-77 (СТ СЭВ 779-77) Системы электроснабжения, сети, источники, преобразователи и приемники электрической энергии. Номинальные напряжения свыше 1000 В (с Изменениями № 1, 2, 3).

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжение от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

ГОСТ 1983-2001 Трансформаторы напряжения. Общие технические условия.

ГОСТ 7746-2001 Трансформаторы тока. Общие технические условия.

ГОСТ 8024-90 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний.

ГОСТ 9680-77 Трансформаторы силовые мощностью 0,01 кВ·А и более. Ряд номинальных мощностей.

ГОСТ 9920-89 (СТ СЭВ 6465-88, МЭК 815-86, МЭК 694-80) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции.

ГОСТ 14693-90 Устройства комплектные распределительные негерметизированные в металлической оболочке на напряжение до 10 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категория, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями № 1, 2, 3, 4).

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним действующим факторам (с Изменением № 1).

ГОСТ Р 52565-2006 Выключатели переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52725-2007 Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.

ГОСТ Р 52726-2007 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним. Общие технические условия.

3 Термины и определения

В настоящих технических требованиях применены следующие термины и определения:

3.1.1 время включения коммутационного оборудования: Интервал времени между моментом подачи команды на включение коммутационного оборудования, находящегося в отключенном положении, и моментом начала протекания тока в первом полюсе.

Примечание:

время включения содержит время оперирования любого вспомогательного оборудования, необходимого для включения коммутационного оборудования и являющегося неотъемлемой частью выключателя;

3.1.2 время короткого замыкания t_{kz} : Время протекания через главные цепи включенного КРУ сквозного тока короткого замыкания.

3.1.3 выключатель: Контактный коммутационный аппарат, способный включать, проводить и отключать токи при нормальных условиях в цепи, а также включать, проводить в течение нормированного времени и отключать токи при нормированных аномальных условиях в цепи, таких как короткое замыкание.

3.1.4 грозовой импульс тока ОПН: Импульс разрядного тока 8/20 мкс при длительности фронта импульса в диапазоне от 7 до 9 мкс и длительности импульса в диапазоне от 18 до 22 мкс.

3.1.5 испытательное переменное напряжение: Синусоидальное напряжение частотой от 45 до 65 Гц, а также, в определенных случаях, синусоидальное напряжение повышенной частоты (до 400 Гц).

3.1.6 испытательное переменное одноминутное напряжение (одноминутное напряжение): Испытательное переменное напряжение, прикладываемое к изоляции с выдержкой, как правило, в течение 1 мин. или в определенных случаях другого времени, но не более 5 мин.

3.1.7 категория размещения: Характеристика места размещения оборудования соответствующего климатического исполнения при эксплуатации.

3.1.8 климатическое исполнение: Совокупность требований к конструкции оборудования в части воздействия климатических факторов внешней среды и их номинальных значений для эксплуатации в пределах данной географической зоны, транспортирования и хранения.

3.1.9 коммутационный импульс напряжения (коммутационный импульс): Импульс напряжения, характеризуемый подъемом значения напряжения до максимального за время от 20 мкс до нескольких тысяч микросекунд и последующим снижением значения напряжения.

3.1.10 комплектное распределительное устройство (КРУ): Распределительное устройство, состоящее из закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами измерения, защиты и автоматики и соединительных элементов, поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде.

3.1.11 шкаф КРУ: Часть КРУ, являющаяся законченным изделием заводского изготовления и состоящая из жесткой металлической конструкции с устанавливаемыми в ней электрооборудованием и приборами.

3.1.12 кратковременный выдерживаемый ток (ток термической стойкости) I_{th} : Ток, который оборудование должно пропускать во включенном положении в течение нормированного короткого промежутка времени при предписанных условиях применения.

3.1.13 наибольшее рабочее напряжение: Наибольшее напряжение частоты 50 Гц, неограниченно длительное приложение которого к зажимам разных фаз (полюсов) электрооборудования допустимо по условиям работы его изоляции.

3.1.14 наибольший пик номинального кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) I_d , кА: Значение пика тока, который цепь или коммутационный аппарат может выдержать во включенном положении при предписанных условиях применения.

3.1.15 номинальный ток элементов КРУ: Значение номинального тока, указанное изготовителем КРУ, при котором допустима, по условиям нагрева, длительная работа токоведущих элементов главной цепи. Номинальный ток сборных шин КРУ может отличаться от номинального тока других главных цепей.

3.1.16 номинальное напряжение U_{nom} : Междуполюсное напряжение (действующее значение), равное номинальному междуфазному напряжению электрических сетей, для работы в которых предназначено оборудование.

3.1.17 номинальное напряжение ОПН U_H : Действующее значение напряжения промышленной частоты, которое ограничитель может выдерживать в течение 10 с в процессе рабочих испытаний. Номинальное напряжение должно быть не менее 1,25 наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения.

3.1.18 номинальное напряжение включающих и отключающих устройств привода и вспомогательных устройств $U_{п.nom}$ В: Напряжение (действующее значение), для работы при котором (с нормированными предельными отклонениями) рассчитаны включающие и отключающие устройства привода и вспомогательные цепи.

3.1.19 номинальный ток отключения коммутационного оборудования $I_{o.nom}$: Наибольшее действующее значение периодической составляющей тока, на отключение которого рассчитано коммутационное оборудование при нормированных условиях его коммутационной способности.

3.1.20 нормированное испытательное напряжение: Испытательное напряжение, нормированное по значению, длительности и форме.

3.1.21 остающееся напряжение ОПН U_{rest} : Максимальное значение напряжения на ограничителе при протекании через него импульсного тока с данной амплитудой и формой импульса.

3.1.22 ограничитель перенапряжений нелинейный, ОПН: Аппарат, предназначенный для защиты изоляции электрооборудования от грозовых и коммутационных перенапряжений, представляющий собой последовательно и/или параллельно соединенные металлооксидные варисторы без каких-либо последовательных или параллельных искровых промежутков, заключенные в изоляционный корпус.

3.1.23 переходное восстанавливающееся напряжение (ПВН): Напряжение, появляющееся на контактах одного полюса выключателя после гашения в нем дуги, в течение времени, когда оно имеет заметно выраженный переходный характер. Оно может быть колебательным или апериодическим или их комбинацией, в зависимости от характеристик сети и выключателя, отражает также смещение напряжения нейтрали многофазной цепи. ПВН в трехфазных цепях, если не оговорено иначе, это - напряжение между выводами полюса, гасящего дугу первым, так как это напряжение обычно выше, чем на каждом из двух других полюсов.

3.1.24 пик кратковременного выдерживаемого тока (ток электродинамической стойкости) I_d : Значение пика тока, который оборудование должно выдержать во включенном положении при предписанных условиях применения.

3.1.25 полный грозовой импульс напряжения: Импульс, характеризуемый повышением значения напряжения до максимального за время от долей микросекунды до 20 мкс и последующим менее быстрым снижением значения напряжения до нуля.

3.1.26 полное время отключения: Интервал времени между началом операции отключения и окончанием погасания дуги во всех полюсах

3.1.27 пропускная способность ОПН I_{pr} : Нормируемое изготовителем максимальное значение прямоугольного импульса тока длительностью 2000 мкс (ток пропускной способности). ОПН должен выдержать 18 таких воздействий с принятой последовательностью их приложения без потери рабочих качеств.

3.1.28 привод: Устройство, предназначенное для создания и передачи силы, действующей на подвижные части оборудования для выполнения его функций, а также для удержания оборудования в конечном положении.

3.1.29 разъединитель: Контактный коммутационный аппарат, который обеспечивает в отключенном положении изоляционный промежуток, удовлетворяющий нормированным требованиям.

3.1.30 трансформатор тока (напряжения): Трансформатор, в котором при нормальных условиях применения вторичный ток (вторичное напряжение) практически пропорционален (пропорционально) первичному току (первичному напряжению) и при правильном включении сдвинут (сдвинуто) относительно него по фазе на угол, близкий к нулю.

3.1.31 удельная энергия ОПН: Рассеиваемая ограничителем энергия, полученная им при приложении одного импульса тока пропускной способности, отнесенная к величине наибольшего длительно допустимого рабочего напряжения.

3.1.32 условия рассогласования фаз: Аномальные условия в цепи, возникающие при потере или отсутствии синхронизма между частями электрической сети с разных сторон коммутационного оборудования, при которых в момент оперирования выключателя фазовый угол между врачающимися векторами, представляющими электродвижущие силы на обеих сторонах, превышает нормальное значение и может достигнуть 180° (противофаза).

3.1.33 характеристика «напряжение-время» ОПН: Выдерживаемое напряжение промышленной частоты в зависимости от времени его приложения к ОПН. Показывает максимальный промежуток времени, в течение которого к ОПН может быть приложено напряжение промышленной частоты, превышающее U_{hr} , не вызывая повреждения или термической неустойчивости.

3.1 Обозначения и сокращения

«*B*» - операция включения.

«*O*» - операция отключения.

T10 - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при токе, составляющем около $0,1 I_{o,nom}$.

T30 - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при токе, составляющем около $0,3 I_{o,nom}$.

T60 - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при токе, составляющем около $0,6 I_{o,nom}$.

T100s - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при токе $I_{o,nom}$, не содержащем апериодической составляющей ($\beta \leq 20\%$).

T100a - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при токе $I_{o,nom}$ с апериодической составляющей ($\beta = \beta_n$).

Tcr₁ - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при критических токах $0,8 I_{o,nom}$ и $0,45 I_{o,nom}$.

Tcr₂ - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при критических токах $0,45 I_{o,nom}$ и $0,2 I_{o,nom}$.

Tcr₃ - режим испытаний выключателя на коммутационную способность при критических токах $0,2 I_{o,nom}$ и $0,05 I_{o,nom}$.

T2ρ' - режим испытаний выключателя на коммутационную способность в условиях двойного короткого замыкания на землю при токе $0,87 I_{o,nom}$.

T100s(a), T100s(b) - режимы испытаний выключателя на коммутационную способность, заменяющие режим *T100s*.

ОПН - нелинейный ограничитель перенапряжений в составе КРУ.

4 Технические требования при проведении аттестации КРУ класса напряжения 6-35 кВ

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1 Технические требования к КРУ					
1.1	Условия эксплуатации				
1.1.1	Номинальное напряжение сети, кВ	6; 10; 15; 20; 35			
1.1.2	Номинальная частота, Гц	50			Требование ОАО «ФСК ЕЭС»
1.1.3	Категория размещения	3, 4			ГОСТ 14693
1.1.4	Климатическое исполнение	У, УХЛ, ХЛ			ГОСТ 15150, п. 2.3
1.1.5	Верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °C	У3, УХЛ3, ХЛ3: +40 УХЛ4: +35			ГОСТ 15150, п. 3.2
1.1.6	Нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха, °C	УХЛ3, ХЛ3: -60 У3: - 25 или -5 ¹⁾ УХЛ4: +1			ГОСТ 15150, п. 3.2 ГОСТ 52565, п.6.1.2 Требование ОАО «ФСК ЕЭС»
1.1.7	Высота установки над уровнем моря, м	До 1000 ²⁾			Требование ОАО «ФСК ЕЭС»
1.1.8	Сейсмостойкость по шкале MSK-64, баллов	Не менее 6			ГОСТ 14693, п. п. 2.2
1.1.9	Требования к группе нормированных внешних механических воздействий	Указывается изготовителем в ТУ или спецификации			ГОСТ 17516.1
1.1.10	Степень защиты оболочек шкафов КРУ, не менее	IP2X			ГОСТ 14254

1) по согласованию с ОАО «ФСК ЕЭС»;
2) Допускается применение шкафов КРУ для работы на высоте над уровнем моря свыше 1000 м при соблюдении требований ГОСТ 15150, ГОСТ 1516.3 и ГОСТ 8024

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.2 Номинальные параметры					
1.2.1	Номинальное напряжение, кВ	6 10 15 20 35	ГОСТ 1516.3, п. 4.2.1		
1.2.2	Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2 12,0 17,5 24 40,5	ГОСТ 1516.3, п. 4.2.1		
1.2.3	Номинальный ток главных цепей шкафов, А	630; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000	ГОСТ 14963, п.1.1		
1.2.4	Номинальный ток сборных шин, А	630; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000; 5000	ГОСТ 14963, п.1.1		
1.3 Классификация					
1.3.1	Изоляционная среда	Воздушная, комбинированная (воздушная, твердая)	ГОСТ 14963, п. 1.2		
1.3.2	Условия обслуживания	Одностороннее; Двухстороннее.	ГОСТ 14693, п. 1.2		
1.3.3	Классификация исполнения	С выкатными элементами; без выкатных элементов	ГОСТ 14693, п. 1.2		
1.3.4	Вид управления	Местное; дистанционное; местное и дистанционное	ГОСТ 14693, п. 1.2		
1.3.5	Требования к изоляции токоведущих шин главных цепей	С изолированными шинами; с неизолированными шинами; с частично изолированными шинами	ГОСТ 14693, п. 1.2		
1.3.6	Вид линейных высоковольтных подсоединений	Кабельные; шинные	ГОСТ 14693, п. 1.2		
1.3.7	Уровень изоляции	Нормальная изоляция, уровень «б»	ГОСТ 1516.3, п. 4.5.1	3.4	
1.4 Требования к электрической прочности изоляции					
1.4.1	Номинальное напряжение, кВ	6 10 15 20 35			

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом		
1.4.2	Испытательное напряжение полного грозового импульса, кВ:	- относительно земли и между фазами (полюсами), между контактами выпусточателя и КРУ с одним разрывом на полюс; - между контактами КРУ при контролльном и ремонтном положениях выкатных элементов	60 70	75 85 110 145 220	125 190 220	ГОСТ 1516.3	
1.4.3	Испытательное переменное напряжение главных цепей в течение 1 мин. ³⁾ , кВ:	- относительно земли, между фазами и между контактами выключателя; - между контактами КРУ с двумя разрывами на полюс	32 27	42 48 63	55 65 75 95 120	ГОСТ 1516.3	
1.4.4	Испытательное переменное напряжение цепей управления и вспомогательных цепей в течение 1 мин., кВ ⁴⁾			2		ГОСТ 1516.3, п. 4.14	
1.4.5	Сопротивление изоляции элементов из органических материалов, МОм, не менее.	Сопротивления изоляции вторичных цепей, МОм, не менее	1000 1	1000 1 1	3000 1 1	30000 1 1	РД 34.45-51.300, п. п. 15.1.1, 15.2.1
1.5	Требования по нагреву при длительной работе и токах короткого замыкания						
1.5.1	Температура нагрева частей оболочки, к которым можно прикасаться при эксплуатации, °C		50		ГОСТ 14693, п. 2.4.3		

Примечание –³⁾ Продолжительность приложения испытательного напряжения для изоляции из твердых органических материалов 5 мин. Требование ОАО «ФСК ЕЭС».

⁴⁾ Если какие-либо элементы вторичных цепей согласно стандартам или техническим условиям, в соответствии с которыми они изготовлены, не допускают испытания напряжением, указанным в п. 1.4.4, то испытание может быть проведено при других значениях напряжения между изготавителем и потребителем. Вторичные цепи, рассчитанные на напряжение 60 В и ниже, а также цепи, содержащие устройства с микрэлектронными элементами, напряжением 1000-2000 В не испытываются.

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.5.2	Допустимое превышение температуры над температурой окружающего воздуха (верхнее значение температуры при эксплуатации), °С:	- контакты из меди с покрытием серебром; - контакты из меди с покрытием серебром не менее 24 мкм; - соединения из меди, алюминия и их сплавов без покрытия; - соединения из меди с покрытием серебром; - соединения из меди с покрытием оловом	ГОСТ 8024, п. 1.1	65 80 50 75 65	
1.5.3	Измерение сопротивления постоянному току. Значение сопротивления разъёмных контактных соединений, мкОм, не более:	- номинальный ток 630 А; - номинальный ток 1000 А; - номинальный ток 1600 А; - номинальный ток 2000 А и выше	РД 34.45-51.300, п. 15.4.1	60 50 40 33	
1.5.4	Предельно допустимое значение температуры нагрева токоведущих частей КРУ, при воздействии сквозных токов короткого замыкания, °С:	- из меди и её сплавов, не соприкасающиеся с органической изоляцией или маслом; - из алюминия, кроме алюминиевых, соприкасающиеся с органической изоляцией или маслом;	ГОСТ 14693, п. 2.4.2	250 ²⁾ 300	
		- из органической изоляцией или маслом;		200	
		- стальные, не соприкасающиеся с органической изоляцией или маслом		400	

Примечание. ²⁾ Максимально допустимая температура не должна превышать 80 % измененной температуры самовоспламенения изоляции или масла, но не более 250 °С.

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.6 Требование к стойкости при сквозных токах короткого замыкания					
1.6.1	Наибольший пик (тока электродинамической стойкости) i_D , кА	32	41	51	64
1.6.2	Среднеквадратичное значение тока за время его пропекания (ток термической стойкости) I_m , кА	12,5	16	20	25
1.6.3	Время протекания тока (время короткого замыкания) $t_{k.z.}$, с:				
	- главные цепи,				
	- цепи заземления				
1.7 Требование по стойкости к воздействию дуги при внутреннем коротком замыкании					
1.7.1	- наличие датчиков дуговой защиты; - наличие клапановброса давления во всех высоковольтных отсеках;	Обязательно Обязательно	ГОСТ 14693, п.п.3.2		
	- значение тока, при котором обеспечивается чувствительность дуговой защиты, А, не менее;	500 ⁶⁾			
	- ток короткого замыкания, кА;	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50			
	- время воздействия дуги, с, более	0,2 ⁷⁾			
	- предел локализации дуги	отсек			
1.8 Требования к коммутационной способности (режимы испытания выключателя в составе КРУ)⁸⁾					
1.8.1	Номинальное напряжение, кВ	6	10	15	20
1.8.2	Режим Т60 Ток отключения	(0,48–0,72) $I_0, \text{ном}$	ГОСТ 14693, п. 2.6		
	- операция или группа операций	«О-0,3с-ВО-180с-ВО»			
	- число опытов, не менее	1			
	Параметры ПВН				
	U_C , кВ	13	22	32	44
	t_3 , мкс	22	26	31	38
	$S = U_C/t_3$, кВ/мкс	0,6	0,85	1,04	1,16

Примечание – ⁶⁾ При использовании в качестве датчиков дуговой защиты фотодиодисторов, если в качестве датчиков дуговой защиты используется только путевой выключатель, то номинальный ток срабатывания может увеличиваться до 2500 А.

⁷⁾ При отсутствии датчиков дуговой защиты время воздействия дуги должно быть не более 1 с.

⁸⁾ Параметры ПВН и режимы указаны в соответствии с ГОСТ Р 52565.

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.8.3	Режим Г100s Ток отключения Ток включения Пик тока включения - операция или группа операций - число опытов, не менее	(1,0–1,1) $I_{o,ном}$ (1,0–1,1) $I_{в.н.}$ (1,0–1,1) $i_{в.н.}$ «О-0,3с-ВО-20с-ВО» 1	ГОСТ 14693, п.2.6		
	Параметры ПВН U_c , кВ t_3 , мкС $S = U_c/t_3$, кВ/мкС	12,3 51 0,24 20,6 61 0,34 30 71 0,42 41 87 0,47 69,4 122 0,57			
1.8.4	Режим Тс3 ⁹⁾ (критические токи) Ток отключения - операция или группа операций - число опытов, не менее Ток отключения - операция или группа операций - число опытов, не менее	(0,047–0,052) $I_{o,ном}$ «О-0,3с-ВО-180с-ВО» 1(0,19–0,21) $I_{o,ном}$ 1 «О-0,3с-ВО-180с-ВО» 1	ГОСТ 14693, п. п. 2.6, 4.3.5		
	Параметры ПВН U_c , кВ t_3 , мкС $S = U_c/t_3$, кВ/мкС	13 11 1,2 22 13 1,7 32 15 2,14 44 19 2,32 74 26 2,88			
1.8.5	Ток отключения холостого хода трансформатора разъемными контактами выкатных элементов, А	Указывается изготавителем в ТУ или спецификации	ГОСТ 14693, п. 2.6.2		
1.9	Требования к конструкции				
1.9.1	Наличие дверей отсека кабельного и выкатного элемента	Указывается изготавителем в ТУ или спецификации	ГОСТ 14693, п. 1.2		
	<i>Примечание – 9) Испытание в данном режиме подвергают КРУ с вакуумным выключателем в соответствии с п.4.3.5 ГОСТ 14693-90.</i>				

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.9.2	Требования к отсеку выкатного элемента	С отдельным доступом, с наличием фиксированных рабочего и контрольного положения выкатного элемента, с защитными шторками, с герметичным механизмом выкатывания/вкатывания, с возможностью перемещения выкатного элемента из рабочего в контрольное положение при закрытой двери и возможность местного аварийного отключения выключателя при замене выкатных элементов	ГОСТ 14693, п. 2.8		
1.9.3	Требования к отсеку кабельного присоединения	С отдельным доступом с фасадной, при одностороннем обслуживании и с тыльной стороны при двухстороннем, с подключением трехфазных кабелей с возможностью установки трансформаторов тока защиты от замыканий на землю	ГОСТ 14693, п. 2.8		
1.9.4	Блокировки в шкафах КРУ (механические и/или электромагнитные)	Обязательно	ГОСТ 12.2.007.0, п. 3.5		
1.9.5	Усилие на рукоятке механизма перемещения выкатного элемента, H_1 , не более	245	ГОСТ 12.2.007.4, п. 2.9		
1.9.6	Усилие на рукоятке ручного привода заземлителя, H_1 , не более	245 ¹⁰⁾	ГОСТ 14693, п. 2.8.5 ГОСТ 52726, п. 5.10.21		
1.9.7	Возможность оперирования высоковольтными выключателями при закрытой двери отсека выкатного элемента	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		

Примечание – ¹⁰⁾ На протяжении 70° поворота до 15° включительно допускается амплитудное значение усилия, равное 450 Н.

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.9.8	Конструкция шкафов КРУ должна обеспечивать нормальное функционирование приборов измерения, управления и схем защиты	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.8.1		
1.9.9	Винтовые соединения подвижных частей предохранены от самоотвинчивания	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.8.2		
1.9.10	Двери шкафов должны иметь запирающее устройство ключом, общим для всех шкафов	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.8.7		
1.9.11	Средства (нагреватели), обеспечивающие условия работы КРУ при низких температурах	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.9.12	Мнемосхема на фасадной панели КРУ	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.9.13	Стационарный указатель напряжения	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.9.14	КРУ должны быть оборудованы заземляющими ножками и иметь смотровые окна для визуального определения положения заземляющих ножей	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.9.15	Изготовление корпуса КРУ из стального листа с антикоррозионным покрытием	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.10	Требования к вспомогательным цепям				
1.10.1	Номинальное напряжение вспомогательных цепей переменного тока, В, не более	400	ГОСТ 14693, п.2.8.14.1		
1.10.2	Номинальное напряжение вспомогательных цепей постоянного (выпрямленного) тока, В, не более	220	ГОСТ 14693, п. 2.8.14.1		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.10.3	Схемы вспомогательных соединений КРУ	На электромеханических, микролектронных и микропроцессорных реле. На микропроцессорных устройствах защиты, управления, автоматики и сигнализации (наличие документа о разрешении применения на объектах ОАО «ФСК ЕЭС»)	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.11	Требования к механической стойкости		ГОСТ 14693, п. 2.7.2		
1.11.1	Шкафы КРУ должны выдерживать, цислов, не менее: - включений и отключений разъемных контактных соединений главных цепей; - включений и отключений разъемных контактных соединений вспомогательных цепей; - перемещений выкатного элемента из контролльного положения в рабочее и обратно; - открываний и закрываний дверей шкафов КРУ; - открываний и закрываний защитных щиторок; - отключений отключений заземляющего разъединителя	2000 500 2000 2000 2000 500			
1.11.2	Соосность и величина входления подвижных контактов: - несоосность контактов, мм, не более; - вертикальный люфт ламелей разъединяющих контактов ВЭ, мм, в пределах; - входление подвижных контактов в неподвижные, мм, не менее; - запас хода, мм, не менее	4-5 8-14 15 2	РД 34.45-51.300, п. п. 15.3.1, 15.3.2		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.12	Требования по надежности				
1.12.1	Срок службы до среднего (капитального) ремонта, лет, не менее	15	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.12.2	Срок службы, лет, не менее	30	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.12.3	Вероятность безотказной работы шкафов КРУ за наработку 40000 ч, не менее	0,985	ГОСТ 14693, п. 2.9		
1.12.4	Ресурс встроенного выключателя по механической стойкости, цикл «ВО», не менее: - для вакуумного выключателя - для элегазового выключателя	10 000; 25 000 10 000	ГОСТ 14693, п. 2.9		
1.12.5	Ресурс по коммутационной стойкости вакуумного выключателя: - количество операций «О» при номинальном токе отключения, кА: - 31,5 и менее, - 40, - 50; - количество операций «В» при токе включения (начальное действующее значение периодической составляющей), кА: - 31,5 и менее, - 40, - 50	25 20 18	ГОСТ 14693, п. 2.9 ГОСТ Р 52565, п. 6.6.4, таблица 13		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.12.6	Ресурс по коммутационной стойкости элегазового выключателя:				
	- количество операций «О» при номинальном токе отключения, кА:				
	- 31,5 и менее,	20	ГОСТ 14693, п. 2.9		
	- 40,	15	ГОСТ Р 52565, п. 6.6.4, таблица 13		
	- 50;	12			
	- количество операций «В» при токе включения (начальное действующее значение периодической составляющей), кА:				
	- 31,5 и менее,	10			
	- 40,	8			
	- 50,	6			
1.13	Гарантии изготовителя				
1.13.1	Гарантийный срок эксплуатации, лет	5 лет, со дня ввода в эксплуатацию, но не более 7 лет с даты отгрузки изготавителем	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.14	Требования безопасности				
1.14.1	Наличие декларации или сертификата соответствия требованиям безопасности	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.14.2	Испытание электрической прочности изоляции вторичных цепей КРУ одноминутным напряжением 50 Гц, кВ	2	ГОСТ 1516.3, п. 4.14		
1.14.3	Значение сопротивления между доступными металлическими истоковедущими частями КРУ, которые могут оказаться под напряжением и местом подключения шкафа к контуру заземления, Ом, не более	0,1	ГОСТ 1516.3, п. 3.22.5		
1.14.4	КРУ должны быть оборудованы автоматически закрывающимися защитными шторками с петлями для запирания механическим съёмным замком	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 3.10		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.15	Требования к маркировке, упаковке, транспортированию, условиям хранения				
1.15.1	Наличие таблички с данными: - товарный знак предприятия-изготовителя; - условное обозначение типа КРУ и (или) типоисполнения шкафа; - порядковый номер по системе нумерации предприятия-изготовителя; - дату изготовления (год); - номинальное напряжение в киловольтах; - номинальный ток главных цепей шкафа в амперах; - степень защиты по ГОСТ 14254; - массу в килограммах; - обозначение настоящего стандарта или технических условий		ГОСТ 14693, п. 2.12.1		
1.15.2	Табличка с указанием порядкового номера шкафа КРУ на выкатном элементе	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.12.2		
1.15.3	Транспортная маркировка	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.12.4; ГОСТ 14192		
1.15.4	Упаковка должна обеспечивать: - исключение механических повреждений, защиты изоляционных частей от воздействия внешней среды при транспортировании	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
1.15.5	Требования к упаковке	Указывается изготавителем в ТУ или спецификации	ГОСТ 14693, п. 2.13		
1.15.6	Требования к транспортированию и хранению КРУ	Указывается изготавителем в ТУ или спецификации	ГОСТ 14693		
1.16	Требования к комплектности поставки				
1.16.1	Комплект КРУ	Шкаф; шины; составные части; ЗИП; принадлежности и монтажные материалы	ГОСТ 14693, п. 2.11.1		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
1.16.2	Эксплуатационная документация: - паспорт; - руководство по эксплуатации; - электрические схемы главных цепей; - электрические схемы вспомогательных цепей; - эксплуатационная документация на комплектующие; - ведомость ЗИП	Обязательно	ГОСТ 14693, п. 2.11.2 ГОСТ 2.610 ГОСТ 2.601		
2 Технические требования к элементам КРУ(1)					
2.1 Требования к техническим характеристикам выключателя					
2.1.1 Основные параметры и технические характеристики					
2.1.1.1 Дугогасящая среда		Элегаз, вакуум	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
2.1.1.2 Номинальный ток отключения (периодическая составляющая), кА	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50		ГОСТ Р 52565, п. 5.1		
2.1.1.3 Ток отключения: - наибольший пик, кА - начальное действующее значение периодической составляющей, кА	32; 41; 51; 64; 81; 102; 128 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50		ГОСТ Р 52565, п. 6.6.1.4		
2.1.1.4 Расчётное процентное содержание апериодической составляющей, %	Указывается изготовителем в ТУ или спецификации		ГОСТ Р 52565, п. 6.6.2		
2.1.1.5 Тип привода	Пружинный, электромагнитный		ГОСТ Р 52565, п. 4.1.6		
2.1.2 Требования к механической работоспособности					
<i>Примечание – 1) При наличии действующего Заключения аттестации на элемент КРУ, элемент не рассматривается при аттестации КРУ.</i>					
<i>2) Только для вакуумных выключателей.</i>					

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.1.2.1	Собственное время отключения, мс, не более Собственное время включения, мс, не более	Указывается изготовителем в ТУ или спецификации Указывается изготовителем в ТУ или спецификации	ГОСТ Р 52565, п. п. 6.4.1, 6.4.3		
2.1.2.2	Минимальное напряжение срабатывания включающих устройств, В, не более: Минимальное напряжение срабатывания отключающих устройств, В, не более: - при питании постоянным током; - при питании переменным током через выпрямительное устройство.	0,85 $U_{n,\text{ном}}$ 0,7 $U_{n,\text{ном}}$ 0,65 $U_{n,\text{ном}}$			
2.1.2.3	Разница между моментами замыкания контактов полюсов при включении, мс, не более Разница между моментами размыкания контактов полюсов выключателей при отключении, мс, не более	5,0 3,3			
2.1.2.4	Требование к ресурсу выключателя по механической стойкости N (число циклов «включение - пауза - отключение») $B - t_n - O$ без тока в главной цепи). Объем испытаний, кол-во циклов: «B- t_n -O- t_n » - при $U_n = U_{min}$; «B- t_n -O- t_n » - при $U_n = U_{max}$; «B- t_n -O- t_n » - при $U_n = U_{nom}$; «O- t_{bl} -B-O- t_n -B- t_n » - при $U_n = U_{nom}$	10 000 2500 2500 2500 1250	ГОСТ Р 52565, п. 6.4.13		
2.1.2.5	Номинальное напряжение цепей управления (постоянный ток), В	110 или 220	ГОСТ Р 52565, п. 5.1		
2.1.2.6	Диапазон изменения напряжения постоянного тока цепей отключения, % от номинального значения	От 70 до 110	ГОСТ Р 52565, п. 6.4.3		

№	Наименование параметра	Требование по НД(СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.1.2.5	Диапазон изменения напряжения цепей включения, % от номинального значения	От 85 до 105	ГОСТ Р 52565, п. 6.4.2.1		
2.1.2.6	Диапазон изменения напряжения цепи двигателя завода пружин, % от номинального значения	От 85 до 110	ГОСТ Р 52565, п. 6.4.6.1		
2.1.3	Требования к коммутационной способности				
2.1.3.1	Полное время отключения не более, мс	Указывается изготовителем в ТУ или спецификации	ГОСТ Р 52565, А4.34		
	Номинальное напряжение, кВ	6 10 15 20 35	(0,08-0,12) $I_{o,nom}$ «О-0,3с-ВО-180с-ВО» 1		
2.1.3.2	Режим Т10 - ток отключения, кА - последовательность операций - число циклов		ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
	<i>Параметры ПВН</i>				
	U_C , кВ	13 22 32 44 74			
	t_3 , мкС	11 13 15 19 26			
	S , кВ/мкС	1,2 1,7 2,14 2,32 2,88			
2.1.3.3	Режим Т30 - ток отключения, кА - последовательность операций - число циклов		ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
	<i>Параметры ПВН</i>				
	U_C , кВ	13 22 32 44 74			
	t_3 , мкС	11 13 15 19 26			
	S , кВ/мкС	1,2 1,7 2,14 2,32 2,88			
2.1.3.4	Режим Т60 - ток отключения, кА - последовательность операций - число циклов		ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
	<i>Параметры ПВН</i>				
	U_C , кВ	13 22 32 44 74			
	t_3 , мкС	22 26 31 38 52			
		0,6 0,85 1,04 1,16 1,44			

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом	
2.1.3.5	Режим Т100s - ток отключения, кА - ток включения, кА - пик тока включения - последовательность операций - число операций «О», не менее 6	(1,0-1,1) $I_{o,nom}$ (1,0-1,1) $I_{b,n}$. (1,0-1,1) $i_{b,n}$. «О-0,3с-ВО-20с-ВО» 6	ГОСТ Р 52565, п. 6.6			
	<i>Параметры ПВН</i>	12,3 51 0,24	20,6 61 0,34	30 71 0,42	41 87 0,47	69,4 122 0,57
2.1.3.6	Режим Т100а¹³⁾ - ток отключения, кА - последовательность операций - число опытов, не менее 3 - нормированное содержание апериодической составляющей, %	(1,0-1,05) $I_{o,nom}$ «О» 3 (1,0-1,05) $i_{b,n}$.	ГОСТ Р 52565, п. 6.6			
	<i>Параметры ПВН</i>	12,3 51 0,24	20,6 61 0,34	30 71 0,42	41 87 0,47	69,4 122 0,57
2.1.3.7	Режим Тср1¹⁴⁾ I_o , кА Последовательность операций Количество циклов	(0,76-0,84) $I_{o,nom}$ (0,43-0,47) $I_{o,nom}$ «О-0,3с-ВО-180с-ВО» 1	ГОСТ Р 52565, п. 6.6			
	<i>Параметры ПВН:</i>	13 22 0,6	22 26 0,85	32 31 1,04	44 38 1,16	74 52 1,44

Примечание – ¹³⁾ При синтетических испытаниях значение длительности и амплитуды последнего полупериода должны быть в пределах от 90 до 110 % от расчётного в соответствии с таблицей 23 ГОСТ Р 52565.

¹⁴⁾ Режим Тср1 выполняют при увеличении минимального времени дуги на 10 мс или более в режиме Т60.

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.1.3.8	Режим Tcr2¹⁵⁾ I_o , кА Последовательность операций Количество циклов Параметры ПВН: U_c , кВ t_3 , мкс S , кВ/мкс	(0,43-0,47) I_o .ном (0,19-0,21) I_o .ном «О-0,3с-БО-180с-БО» 1	ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
2.1.3.9	Режим Tcr3¹⁶⁾ I_o , кА Последовательность операций Количество циклов Параметры ПВН: U_c , кВ t_3 , мкс S , кВ/мкс	(0,19-0,21) I_o .ном (0,047-0,052) I_o .ном «О-0,3с-БО-180с-БО» 1	ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
2.1.3.10	Режим T2ph' (в условиях двойного КЗ на землю) I_o , кА Последовательность операций Количество операций Параметры ПВН: U_c , кВ, t_3 , мкс S , кВ/мкс	(1,0-1,05) I_o .ном «О» 1	ГОСТ Р 52565, п. 6.6		
2.1.4	Коммутационная способность при отключении и вспышении ёмкостных токов конденсаторных батарей				

*Примечание – ¹⁵⁾ Режим Tcr2 выполняют при увеличении минимального времени дуги на 10 мс или более в режиме T30.
¹⁶⁾ Режим Tcr3 выполняют при увеличении минимального времени дуги на 10 мс или более в режиме T10.*

№	Наименование параметра	Требование по НД(СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.1.4.1	Отключение конденсаторных батарей¹⁷⁾ Класс С1 режим 1: - ток отключения, А - количество операций «ВО» режим 2: - ток отключения, А - количество операций «ВО» Класс С2 режим 1: - ток отключения, А - количество операций «ВО» режим 2: - ток отключения, А - количество операций «ВО»	(0,1-0,4) I_C 24 I_C 24 (0,1-0,4) I_C 24 I_C 80	ГОСТ Р 52565, п. п. 6.8, 9.7.9		
2.2	Требования к техническим характеристикам разъединителя¹⁸⁾				
2.2.1	Основные параметры и технические характеристики	Ручной, двигательный или пружинный	ГОСТ Р 52726, п. 4.1		
2.2.1.1	Вид привода разъединителя				
2.2.1.2		Требования к механической работоспособности			
2.2.1.3	Класс разъединителя по механической износостойкости	M2	ГОСТ Р 52726, п. 5.5.1		
2.2.1.4	Ресурс по механической стойкости, циклов В – О	10000	ГОСТ Р 52726, п. 5.5.1		
2.2.1.5	Номинальное напряжение питания электропривода, В: - для постоянного тока - для трехфазного переменного тока - для однофазного переменного тока	220 220; 400 220	ГОСТ Р 52726, п. 5.1		
2.2.1.6	Номинальная мощность электродвигателя привода, кВт	Указывается изготавителем в ТУ или спецификации	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		

*Примечание – 17) Для выключателей, предназначенных для отключения конденсаторных батарей.
18) В случае если разъединитель предусмотрен предустановленным изготавителем.*

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Полтврждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.2.1.7	Пределы изменения напряжения цепи двигателя завода пружин % от nominalного значения	От 85 до 110	ГОСТ Р 52726, п. 6.4		
2.3	Требования к техническим характеристикам заземлителя				
2.3.1	Ресурс по механической стойкости, «B-t _п -O- t _{п»} , не менее	1000	ГОСТ Р 52726, п. 5.5.2		
2.3.2	Включающая способность при коротком замыкании	12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50 32; 41; 51; 64; 81; 102; 128	ГОСТ Р 52726, п. 5.8.3		
2.4	Требования к техническим характеристикам трансформатора тока	Без включающей способности 2 5			
2.4.1	Наличие сертификата соответствия или декларации соответствия требованиям безопасности в системе ГОСТ Р и об утверждении типа средств измерений	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
2.4.2	Наличие свидетельства о первичной поверке средств измерений	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
2.5	Требования к техническим характеристикам трансформатора напряжения				
2.5.1	Наличие сертификата соответствия или декларации соответствия требованиям безопасности в системе ГОСТ Р и об утверждении типа средств измерений	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
2.5.2	Наличие Свидетельства о первичной поверке средств измерений	Обязательно	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		

№	Наименование параметра	Требование по НД (СО, ГОСТ), специальное требование заказчика	Нормативный документ	Подтверждённое значение параметра при аттестации	Соответствие, подтверждённое экспертом
2.6 Требования к техническим характеристикам ОПН¹⁹⁾					
3	Требования к сервисным службам				
3.1	Наличие помещения, склада запасных частей и ремонтной базы (приборы и соответствующие инструменты) для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта	1 Разрешительная документация на техническое обслуживание электротехнического оборудования. 2 Перечень и копии выполняемых договоров сервисного обслуживания. 3 Отзывы о проделанной ранее сервисным центром работе (референс-лист).	Требование ОАО «ФСК ЕЭС»		
3.2	Организация обучения и периодическая аттестация персонала эксплуатирующей организации, с выдачей сертификатов				
3.3	Наличие аттестованных производителем специалистов для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта	4 Перечень используемых приборов, с подтверждением их метрологической аттестации.			
3.4	Наличие согласованного с эксплуатирующей организацией аварийного резерва запчастей	5 Свидетельства и сертификаты о прохождении обучения персонала, подтверждающие право гарантированного обслуживания от имени завода-изготовителя.			
3.5	Обязательные консультации и рекомендации по эксплуатации и ремонту оборудования специалистами сервисного центра для потребителей закреплённого региона	6 Сертификаты, паспорт и иные документы, подтверждающие качество имеющихся в наличии запасных частей.			
3.6	Оперативное прибытие специалистов сервисного центра на объекты, где возникают проблемы с установленным оборудованием, в течение 72 ч				
3.7	Поставка любых запасных частей, ремонт и/или замена любого блока оборудования в течение 20 лет с даты окончания Гарантийного срока				
3.8	Срок поставки запасных частей для оборудования, с момента подписания договора на их покупку, не более 6 (одного) месяца				

Примечание – ¹⁹⁾ Применение отмеченных в установленном порядке в ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК».

Аттестация оборудования, технологий, материалов и систем

При строительстве подстанций и линий электропередачи электросетевых объектов ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» применяется рекомендованное по результатам аттестации оборудование, технологии, материалы и системы. В соответствии с приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 25.02.2013 № 124/125 документ о результатах аттестации устанавливается в качестве одного из основных документов, отсутствие которого не позволяет участвовать в торгах.

Таблица 1
Перечень электротехнического оборудования, технологий, материалов и систем, допущенных к применению на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК»
(Раздел I. Первичное оборудование)

По состоянию на 25.07.2013 год

Производитель/ Заявитель	Наименование оборудования	Дата <u>утверждения</u> Срок действия Заключения аттестационной комиссии
ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВВОДЫ		
ООО «АББ», МО, г. Хотьково	Высоковольтные вводы с RIP изоляцией для трансформаторов на классы напряжения 110, 220 кВ типов BRIT-90-110-550/2000, BRIT-R-90-110-550/800, BRIT-90-220-1050/2000	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>
ООО «АББ», МО, г. Хотьково	Вводы высоковольтные с RIP изоляцией для выключателей на класс напряжения 35, 110 кВ типа BRIB-90-35-195/1000 и BRIB-30-110-550/2000	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>
ОПОРЫ, ПРОВОДА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЛ		
ООО «Алапаевский завод металлоконст- рукций», г. Алапаевск	Винтовые сваи стальные с литым наконечником (ВСЛ, ВСЛМ) и со сварной лопастью типов (ВС, ВСМ) по ТУ 5264-001-92920582-2012	<u>10.06.2013</u> <u>09.06.2014</u>
РЕАКТОРЫ		
ООО ВП «НТБЭ», г. Екатеринбург	Дугогасящие реакторы серии РДМР, мощностью 300-820 кВ·А, на класс напряжения 6-10 кВ, климатического исполнения У(УХЛ) и категории размещения 1	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2016</u>
КАБЕЛЬ И АРМАТУРА СВЯЗИ		
ООО «Камский кабель», г. Пермь	Кабели контрольные, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением марок КВВГнг(A)-LS, КВВГЭнг(A)-LS на напряжение 0,66 кВ различных сечений (ТУ 16.К71-310-2001), климатического исполнения УХЛ, категории исполнения 1-5 (от -50 до +50 °C)	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>
Кабель: ОАО «Севкабель», г. Санкт-Петербург; муфты: Tusco Electronics Raychem GmbH (Германия)	Кабели силовые на напряжение 6, 10, 20 и 35 кВ с изоляцией из спитого полиэтилена марок ПвП, АПвП, ПвПу, АПвПу, ПвПг, АПвПг, ПвПуг, АПвПуг, ПвПу2г, АПвПу2г, ПвВ, АПвВ, ПвВнг(A)-LS, АПвВнг(A)-LS (ТУ 16.К71-335-2004, ТУ 16.К71-359-2005) в комплекте с соеди- нительными муфтами марки POLJ и концевыми муфтами марки POLT производства Tusco Electronics, климатического исполнения УХЛ, категории исполнения 1-5 (от -50 до +50 °C)	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>
ОАО «Кирскабель», Кировская обл., г. Кирс	Кабели силовые марок ВВГнг(A)-LS, АВВГнг(A)-LS, ВВГЭнг(A)- LS, АВВГЭнг(A)-LS, ВБШвнг(A)-LS, АВБШвнг(A)-LS на напряжение 0,66 и 1 кВ, не распространяющие горение и с пониженным дымо- и газовыделением, климатического исполнения УХЛ, категории исполнения 1-5 (от -50 до +50 °C)	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>
ОАО «Кирскабель», Кировская обл., г. Кирс	Кабели контрольные марок КВВГнг(A)-LS, КВВГЭнг(A)-LS на напряжение 0,66 кВ, не распространяющие горение и с пониженным дымо- и газовыделением, климатического исполнения УХЛ, категории исполнения 1-5 (от -50 до +50 °C)	<u>27.06.2013</u> <u>26.06.2018</u>

Продолжение таблицы 1

Производитель/ Заявитель	Наименование оборудования	Дата <u>утверждения</u> Срок действия Заключения аттестационной комиссии
ООО «Аркасил СК»	Соединительные муфты МСВ 126 для наружной и внутренней установки с цельнолитыми изоляторами, изготовленными из кремний-органической резины по технологии pre-molding, и концевые муфты МКВ 126 наружной установки со стресс-конусами, изготовленными из кремнийорганической резины по технологии pre-molding, с композитными изоляторами для применения в составе кабельных систем с кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена на класс напряжения 64/110 кВ. (Рекомендуются к применению на электросетевых объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Россети» при аварийно-восстановительных работах, некомплексной реконструкции, связанной с перекладкой кабельных линий, аварийного резерва)	<u>03.07.2013</u> 02.07.2014
ПРОЧЕЕ		
ЗАО «НПО ТЕХНО-СЕРВИС-ЭЛЕКТРО», г. Москва	Акустический регистратор разрядных процессов с радиоканалом типа Радар-М	<u>10.06.2013</u> 09.06.2015
ООО «Нижегородский ЭТЗ», г. Нижний Новгород	Камеры сборные одностороннего обслуживания серии КСО «Новация», на номинальное напряжение 6 и 10 кВ, номинальные токи 630-1600 А, ток термической стойкости 20 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3 (с нижним значением температуры при эксплуатации до минус 25 °C), с вакуумным выключателем типа ВВ/TEL-10-20 (для применения на объектах МРСК и РСК)	<u>03.07.2013</u> 02.07.2018

Таблица 2

Перечень электротехнического оборудования, технологий, материалов и систем, допущенных к применению на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК»
(Раздел II. Вторичное оборудование)

По состоянию на 25.07.2013 года

Заявитель/ Производитель	Наименование оборудования	Дата <u>утверждения</u> Срок действия Заключения аттестационной комиссии
РЗ и ПА		
ООО НТЦ «Механотроника», г. Санкт-Петербург	Шкафы микропроцессорных устройств ШЗЛ-МТ (терминалы БРМЗ-ЛТ, БРМЗ-АПВ), ШЗТ-МТ (терминалы БРМЗ-ТД, БРМЗ-ТР), ШЗШ-МТ (терминал БРМЗ-ДЗШ) для защиты линий и оборудования 110-220 кВ. Шкафы микропроцессорных устройств ШВВ-МТ и ШАВР-МТ (терминалы БРМЗ-ВВ (СВ)), ШСИ-МТ (терминалы БМЦС и БММРЧ) для релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации в сетях 6-35 кВ	<u>03.07.2013</u> 02.07.2018
СВЯЗЬ		
ООО «АББ», г. Москва	Многофункциональный гибкий мультиплексор FOX 515/512 с системой управления FOXMAN версии ПО 7, 8, 9 без встроенного модуля передачи команд релейной защиты и противоаварийной автоматики ТЕВИТ 805 (N4BD)	<u>10.06.2013</u> 09.06.2014
ООО «Росэнерго-сервис», г. Ростов-на-Дону	Фильтр присоединения типа ФПМ-Рс	<u>17.06.2013</u> 16.06.2018

Устройства комплектные распределительные серии КРУ «ТЕМЗА»-6(10)кВ-У3 производства ООО «Завод трансформаторных подстанций СЭТ»

ООО «Завод трансформаторных подстанций СЭТ» производит комплектные трансформаторные подстанции на напряжение 10(6)/0,4 кВ (КТПН мощностью 400-1000 кВ·А, БКТПБ мощностью 100-1250 кВ·А, КТПП мощностью 250-2500 кВ·А), комплектные распределительные устройства КРУ «ТЕМЗА»-6(10) кВ, камеры сборные КСО и др. оборудование.

Комплектные распределительные устройства серии «ТЕМЗА» на номинальные напряжения 6-10 кВ, номинальный ток 2000 А, ток термической стойкости 31,5 кА, климатического исполнения У, категории размещения 3, с вакуумным выключателем типа ВД4 приняты аттестационной комиссией ОАО «ФСК ЕЭС» в 2013 г. и рекомендованы для применения на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК».

Назначение и область применения

Комплектные распределительные устройства серии КРУ «ТЕМЗА»-6(10)-У3 предназначены для приёма и распределения электроэнергии в сетях трёхфазного переменного тока на напряжение 6 и 10 кВ частотой 50 Гц. КРУ применяются в системах с изолированной, заземлённой через дугогасящий реактор или резистор нейтралью.

Шкафы КРУ соответствуют требованиям ТУ 3414-015-82134397-2010.

Шкафы КРУ предназначены для работы в составе распределительных устройств напряжением 6-10 кВ электрических станций, главных, сетевых и абонентских подстанций, а также подстанций и распределительных пунктов промышленных и гражданских объектов.

Основные технические характеристики шкафов КРУ «ТЕМЗА» приведены в таблице 1. Классификация исполнений шкафов КРУ представлена в таблице 2.

Условия эксплуатации

Шкафы КРУ соответствуют климатическому исполнению У и категории размещения 3 по ГОСТ 15150-69 и предназначены для работы внутри помещений при следующих условиях:

- высота установки над уровнем моря - не более 1000 м;
- верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха - не выше плюс 40 °C;
- нижнее рабочее значение температуры окружающего воздуха - не ниже минус 25 °C.

(При температуре окружающей среды ниже минус 25 °C необходимо осуществлять подогрев помещения распределительного устройства. В шкафах для обеспечения нормальной работы аппаратуры предусмотрено применение автоматических антиконденсатных нагревательных элементов. Максимальное значение потребления электроэнергии при обогреве шкафа при температуре минус 25 °C составляет не более 0,25 кВт).

- атмосферное давление - от 86,6 до 106,7 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.);
- относительная влажность воздуха: не более 80 % при температуре плюс 15 °C, не более 98 % при плюс 25 °C;
- содержание в окружающей среде коррозионно-активных агентов - должно соответствовать атмосфере типа II (промышленной) согласно ГОСТ 15150-69;

- окружающая среда должна быть взрыво-пожаробезопасной;
- окружающая среда не должна содержать токопроводящей пыли, агрессивных паров и газов в концентрациях, разрушающих изоляцию и металл.

Интенсивность сейсмического воздействия на шкафы КРУ не должна превышать (по шкале MS K-64):

- девяти баллов при установке шкафов над нулевой отметкой до 10 м;
- восьми баллов при установке шкафов над нулевой отметкой от 10 до 25 м.

Шкафы КРУ могут устанавливаться в контейнерах. В этом случае последние должны быть оборудованы системой обогрева и (или) кондиционирования.

Таблица 1

Основные технические характеристики КРУ «ТЕМЗА»

Наименование параметра	Значение параметра
Номинальное напряжение, кВ	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12
Номинальный ток главных цепей шкафов КРУ, А	630; 1000; 1250; 1600; 2000
Номинальный ток сборных шин, А	1600; 2000
Номинальный ток отключения выключателя, встроенного в КРУ, кА	16; 20; 25; 31,5
Ток термической стойкости ¹ , кА	16; 20; 25; 31,5
Ток электродинамической стойкости (амплитуда), кА	41,0; 51,0; 64,0; 81,0
Электрическое сопротивление главной цепи, мкОм:	
- для шкафов на номинальный ток до 1000 А, не более	120
- для шкафов на номинальный ток до 2000 А, не более	80
Электрическое сопротивление изоляции:	
- главных токоведущих цепей, МОм, не менее	1000
- вспомогательных цепей, МОм, не менее	1
Время протекания тока термической стойкости, с:	
- главных цепей	3
- цепей заземления	1
Номинальное напряжение вспомогательных цепей, В:	
- при постоянном токе	110; 220
- при переменном токе	220
- цепей освещения	24, 36
Габаритные размеры шкафов КРУ без шинопровода, мм:	
- ширина	650 ² ; 750 ³ ; 800 ⁴ ; 1000 ⁵
- глубина	1400 ⁶
- высота	2100
Масса, кг, не более	1300

Примечания:

- ¹ - для шкафов с трансформаторами тока на номинальные токи менее 600 А термическая и электродинамическая стойкости определяются стойкостью трансформаторов тока;
- 2 - для шкафов КРУ на номинальный ток 630-1250 А;
- 3 - для шкафов КРУ на номинальный ток 1600-2000 А;
- 4 - для шкафов КРУ с трансформаторами собственных нужд ТСКС-40 кВ·А, ТЛС-40 кВ·А;
- 5 - для шкафов КРУ с трансформаторами собственных нужд ТЛС-63 кВ·А;
- 6 - глубина шкафа с шинным вводом сверху - 1500 мм.

Структура условного обозначения:
КРУ «ТЕМЗА»-Х-ХХ-ХХ/ХХХУ3
КРУ «ТЕМЗА» - шкаф КРУ серии
«ТЕМЗА»;
Х - номер схемы главных цепей;
ХХ - номинальное напряжение, кВ
ХХ - номинальный ток отключения выключателя или предельный сквозной ток КЗ разъединителя, кА (для шкафов с ТН и ТСН - номинальная мощность трансформатора, кВ·А, для шкафов с КБ - номинальная мощность, квт);
ХХХ - номинальный ток главных цепей, А (для шкафов с ТН, ТСН и КБ-0);
У3 - вид климатического исполнения по

ГОСТ 15150-69 и ГОСТ 15543.1-89.

Пример записи обозначения шкафа КРУ со схемой главных цепей № 1, на номинальное напряжение 10 кВ с номинальным током отключения выключателя 20 кА и номинальным током главных цепей 1000 А:

**КРУ «ТЕМЗА»-1-10-20/1000У3
 ТУ 3414-015-82134397-2010.**

Термическая и электродинамическая стойкости трансформаторов тока - согласно техническим данным предприятия-изготовителя.

Номенклатура шкафов КРУ представлена сеткой схем главных цепей, которая приведена в таблице 6.

Таблица 2

Классификация исполнений шкафов КРУ «ТЕМЗА»

Наименование показателя	Исполнение
Уровень изоляции по ГОСТ 1516.3-96	Нормальная
Вид изоляции	Воздушная и твёрдая
Наличие изоляции токоведущих шин главных цепей	С неизолированными шинами
Наличие выдвижных элементов в шкафах	С выдвижными элементами Без выдвижных элементов ¹
Вид линейных высоковольтных подсоединений	Кабельные, шинные
Условия обслуживания	С односторонним обслуживанием С двухсторонним обслуживанием ²
Степень защиты оболочки шкафа по ГОСТ 14254-96	IP2X ³ - с выключателями высокого напряжения; - с выключателями нагрузки; - с разъединителями; - с трансформаторами напряжения; - с трансформаторами собственных нужд (до 63 кВ·А); - с конденсаторными батареями
Вид основных шкафов в зависимости от встраиваемой аппаратуры	Сплошная металлическая
Вид оболочки шкафа	Сплошная металлическая
Наличие перегородок между отсеками шкафа	Со сплошными металлическими перегородками
Наличие дверей в отсеке выдвижного элемента шкафа	Шкафы КРУ с дверьми
Вид управления	Местное и дистанционное
Наличие вентиляции	Естественная
Срок службы, лет, не менее	30 ⁴

Примечания:

¹ - шкафы КРУ с трансформаторами собственных нужд, с выключателями нагрузки, конденсаторными батареями;

² - изготавливается по специальному заказу;

³ - возможно обеспечение степени защиты IP40, IP41 по специальному заказу;

⁴ - при условии своевременной замены комплектующей аппаратуры, срок службы которой менее 30 лет.

Конструкция шкафов КРУ «ТЕМЗА» и их особенности

Конструкция шкафов КРУ обеспечивает их одностороннее обслуживание.

Шкафы КРУ выполняются как со стационарным размещением аппаратов и оборудования (шкафы с выключателями нагрузки, с трансформаторами СН и т. д.), так и с выдвижными элементами.

Встраиваемое в шкафы КРУ оборудование и присоединения определяют их вид конструктивного исполнения. Типы основного оборудования, применяемого в КРУ «ТЕМЗА», приведены в таблице 3.

Шкафы КРУ изготавливаются по типовым схемам главных и вспомогательных цепей, утверждённым в установленном

порядке и согласованным с Заказчиком.

Принципиальные схемы электрических соединений главных цепей шкафов КРУ выполняются в соответствии со схемами главных цепей, приведенными в таблице 6.

Схемы вспомогательных цепей выполняются в соответствии с заданиями проектных организаций, согласованными с заводом-изготовителем.

Схемы могут строиться на базе как электромеханических реле, так и - микропроцессорных устройств защиты и управления различных фирм-производителей.

Цепи учёта электроэнергии могут выполняться на электронных и многофункциональных микропроцессорных счётчиках электрической энергии.

Таблица 3
Тип основного оборудования шкафов КРУ «ТЕМЗА»

Наименование оборудования	Тип, марка	Предприятие-изготовитель
Силовые выключатели	VD4 SION BB/TEL VF12	ABB SIEMENS Таврида Электрик Элтехника
Контакторы	V-7, V-12	ABB
Выключатели нагрузки	C4	ABB
Заземляющий разъединитель	ЗР-10-СЭТ	ЗТП СЭТ
Трансформаторы напряжения	ЗНОЛП	СЗТТ
Трансформаторы тока	ТОЛ 10, ТЛК	СЗТТ
Трансформаторы тока нулевой последовательности	ТЗЛМ, ТЗЛЭ	СЗТТ
Предохранители силовые	ПКТ	Различные
Трансформаторы собственных нужд	ОЛС ТСКС ТЛС	СЗТТ Различные СЗТТ
Ограничители перенапряжений	ОПН	Различные
Устройства защиты и управления	Различные	Различные
Системы дуговой защиты	Различные	Различные

Корпуса шкафов КРУ представляют собой жёсткие металлические сборно-клепанные конструкции. Детали корпусов шкафов изготовлены на высокоточном оборудовании методом лазерной резки и холодной штамповки из высококачественного стального листа толщиной 2,5 мм с алюмоцинковым антикоррозионным покрытием. Наружные элементы корпусов (двери, боковые панели и др.) окрашены порошковой краской.

С целью обеспечения безопасности при возникновении электрической дуги шкафы с выдвижными элементами разделены металлическими перегородками на четыре отсека:

- отсек сборных шин;
- отсек выдвижного элемента;
- отсек трансформаторов тока и присоединений;
- отсек вспомогательных цепей.

Пример зонирования шкафа КРУ представлен на рисунке 1.

Каждый из высоковольтных отсеков снабжён отдельным клапаном сброса избы-

точного давления, размещённым на крыше. Во всех клапанах предусмотрены вентиляционные жалюзи для отвода нагретого воздуха из внутреннего объёма шкафа.

Провода схем вспомогательных цепей и контрольные кабели в высоковольтных отсеках шкафа проложены в каналах, закрывающихся съемными кожухами.

Отсеки выдвижного элемента, трансформаторов тока и присоединений, вспомогательных цепей с фасадной стороны шкафа имеют двери со специальными замками. Дверные замки всех шкафов КРУ открываются одним ключом. Двери шкафов открываются на угол, достаточный для нормального перемещения выдвижного элемента данного и соседних шкафов.

Ошиновка шкафов КРУ выполняется из медных шин, сечения которых подбираются в зависимости от номинальных токов и токов отключения.

Габаритные и присоединительные размеры шкафов КРУ «ТЕМЗА» представлены на рисунках 2,3.

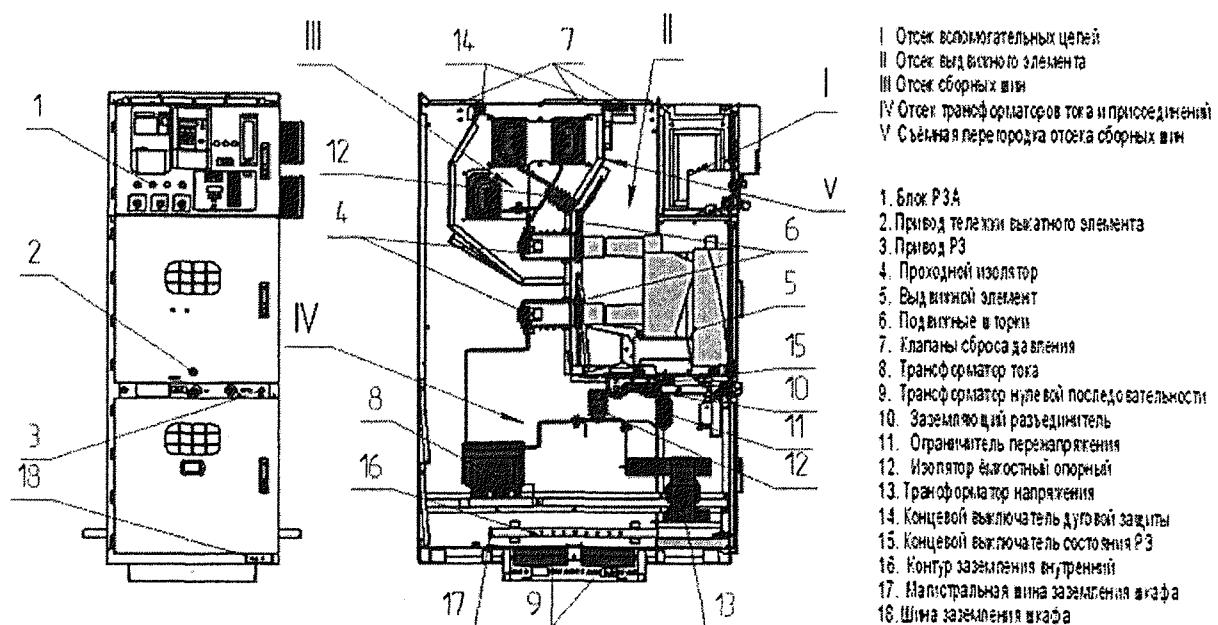


Рисунок 1 - Компоновка КРУ «ТЕМЗА» с силовым выключателем

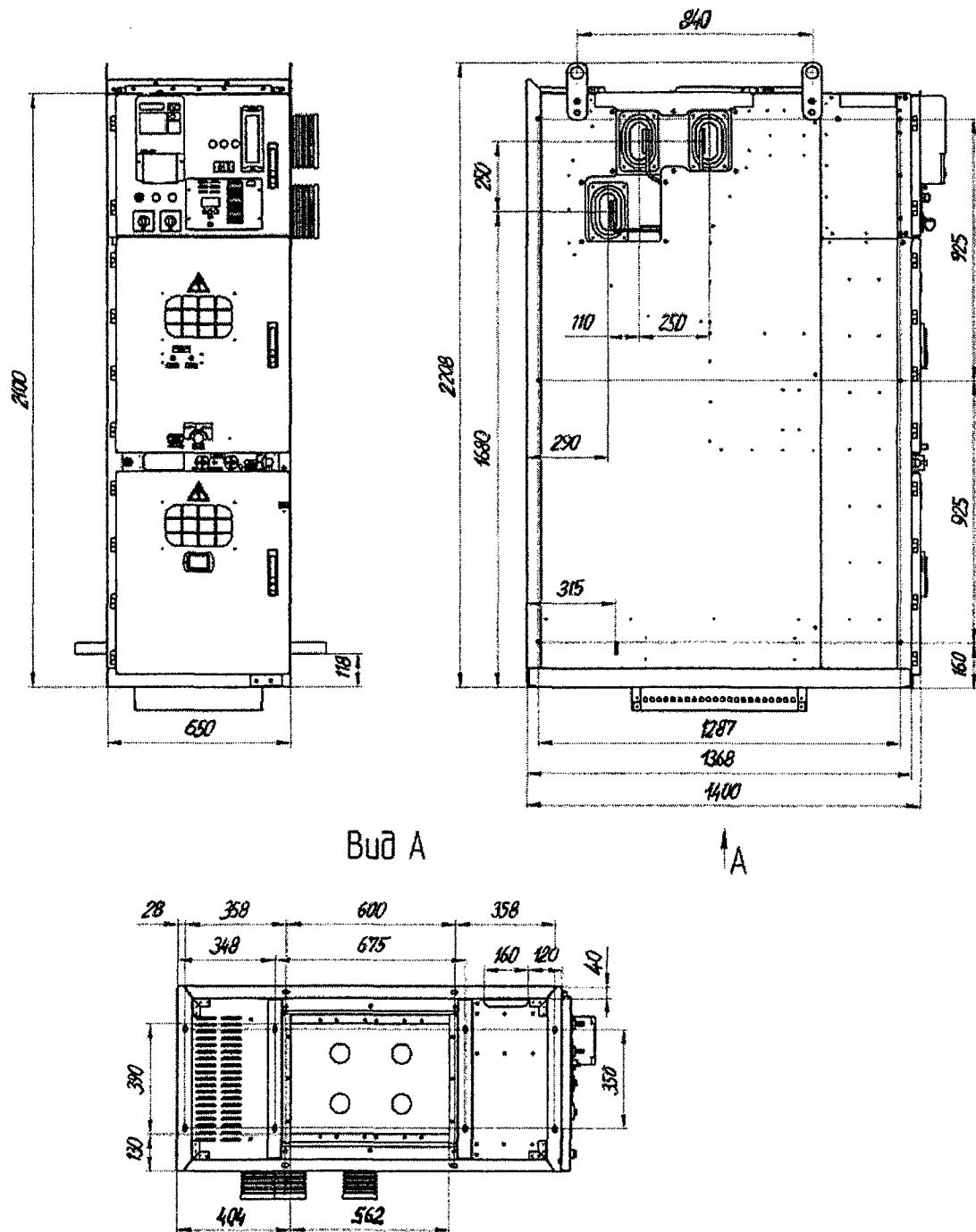


Рисунок 2 - Габаритные и присоединительные размеры шкафа КРУ «ТЕМЗА» на номинальный ток 630-1600 А

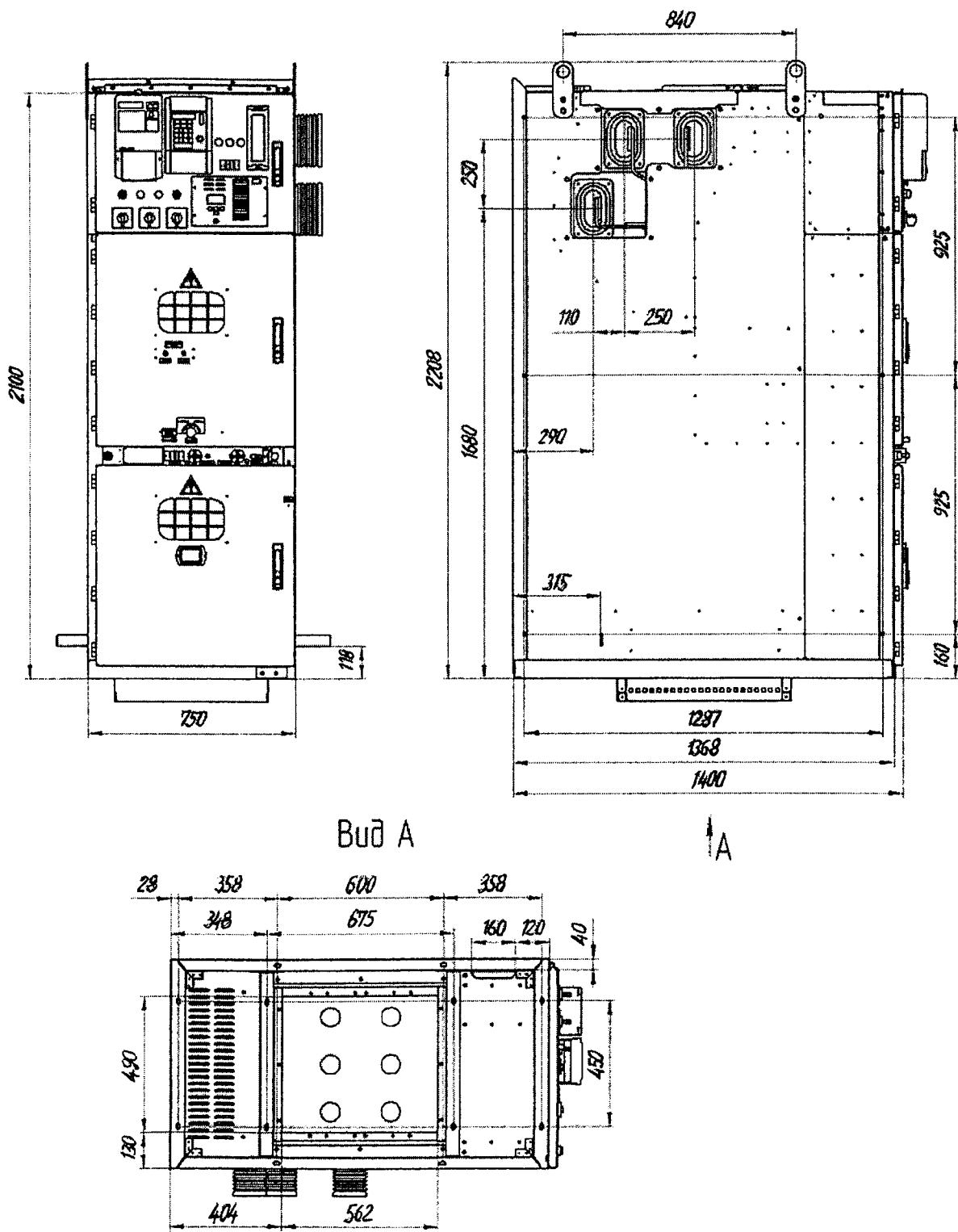


Рисунок 3 - Габаритные и присоединительные размеры шкафа КРУ «ТЕМЗА» на номинальный ток 1600-2000 А

Отсек выдвижного элемента

Отсек выдвижного элемента служит для размещения и функционирования в нём выдвижного элемента с высоковольтным выключателем или каким-либо другим аппаратом в зависимости от типоисполнения шкафа КРУ.

В отсеке расположены узлы и механизмы, обеспечивающие правильное выполнение заданного алгоритма функционирования выдвижного элемента в шкафу КРУ.

В отсеке располагаются:

- кассетный выдвижной элемент (КВЭ);
- металлические шторки, автоматически перекрывающие токоведущие части при перемещении КВЭ из рабочего в контрольное положение;
- съёмная металлическая крышка перегородки, обеспечивающая в случае необходимости доступ в отсек сборных шин;
- оптоволоконный датчик дуговой защиты;
- клапан сброса избыточного давления с концевым выключателем.

Задняя стенка отсека, на которой установлены проходные эпоксидные изоляторы с втычными неподвижными стержневыми контактами, предназначенные для создания разъёмного контактного соединения с выдвижным элементом, выполнена из немагнитного материала (алюминиевый лист толщиной 3 мм).

Вспомогательные цепи выдвижного элемента выведены на многоштырковый разъём.

Аварийное отключение выключателя в рабочем положении осуществляется при закрытой двери отсека.

Выдвижной элемент относительно корпуса шкафа КРУ может занимать следующие фиксированные положения:

- рабочее, при котором главные и вспомогательные цепи шкафа замкнуты;
- контрольное, при котором главные цепи шкафа разомкнуты, а вспомогательные замкнуты. В этом положении допускается размыкание вспомогательных цепей (такое положение называют разобщённым). При

этом КВЭ остаётся в шкафу, а дверь может быть закрыта;

- ремонтное, при котором главные и вспомогательные цепи разомкнуты, и КВЭ находится вне корпуса шкафа.

Правильное и безопасное перемещение кассетного выдвижного элемента из одного положения в другое обеспечивают специальные блокировки.

В ремонтном положении КВЭ располагается на специальной тележке-подъёмнике, входящей в комплект поставки КРУ.

Для обеспечения безопасной работы отсек выдвижного элемента оборудован шторочным механизмом, автоматически закрывающим отверстия проходных изоляторов при нахождении выдвижного элемента в контролльном положении. Управление положением шторок происходит механически - за счёт перемещения основания КВЭ.

С лицевой стороны отсек закрывается дверью с многоточечным замковым механизмом. На двери имеются специальные отверстия для ручного оперирования выключателем и перемещения выдвижного элемента. Все отверстия перекрыты специальными защитными шторками и снабжены пояснительными надписями. Механическая блокировка, предусмотренная в отсеке, не позволяет открыть дверь, пока выдвижной элемент не будет выведен в контрольное положение.

Отсек трансформаторов тока и присоединений

Отсек предназначен для организации кабельных и шинных присоединений.

В отсеке располагаются:

- заземляющий разъединитель с ручным приводом;
- трансформаторы тока;
- трансформаторы напряжения (стационарно или на выдвижной конструкции);
- трансформаторы тока нулевой последовательности;
- ограничители перенапряжения;
- концевые заделки кабелей;

- оптоволоконный датчик дуговой защиты;
- клапан сброса избыточного давления с концевым выключателем;
- лампа освещения.

Для ввода силовых кабелей снизу в пределы отсека - в дне шкафа предусмотрен проём, образованный кабельным коробом.

Если шкаф КРУ устанавливается над кабельным каналом, то проём короба закрывается панелями из немагнитного материала (алюминиевый лист толщиной 3 мм). Кабели при этом проводятся через отверстия в панелях, герметизированные сальниками соответствующего размера. По местам ввода кабелей размещаются трансформаторы нулевой последовательности, закреплённые на отдельном кронштейне.

Отсек рассчитан на подключение до шести трёхжильных кабелей сечением до 240 мм^2 или до восемнадцати одножильных кабелей сечением до 500 мм^2 .

Расположение отверстий для ввода кабелей зависит как от их количества, так и от применяемых трансформаторов

нулевой последовательности. Стандартные варианты вводов при использовании трансформаторов нулевой последовательности ТЗЛМ-1 и ТЗЛЭ-125 приведены на рисунках 4,5.

Для ввода в шкаф контрольных кабелей в основании предусмотрен также проём, он расположен у левой боковой стенки непосредственно под каналом для прокладки проводов вторичных цепей.

С лицевой стороны отсек закрывается дверью с многоточечным замковым механизмом. Механическая блокировка, предусмотренная в отсеке, не позволяет открыть дверь, пока ножки заземляющего разъединителя не будут замкнуты.

Отсек вспомогательных цепей

Отсек вспомогательных цепей образован отдельно собираемым модулем с собственной дверью на лицевой стороне. Модуль устанавливается в верхней части шкафа КРУ. Размеры монтажного пространства в отсеке вспомогательных цепей приведены в таблице 4.

Таблица 4

Размеры монтажного пространства в отсеке вспомогательных цепей КРУ «ТЕМЗА»

Ширина шкафа А, мм	Размеры монтажного пространства, мм		
	Ширина	Глубина	Высота*
650	590	330	480
750	690	330	480
800	740	330	480
1000	940	330	480

* - в верхней части отсека проходит канал для межшкафных соединений высотой 50 мм.

В отсеке располагаются:

- микропроцессорные устройства защиты, управления и автоматики;
- устройство управления - блок управления (для выключателя ВВ/TEL);
- приборы контроля и учёта электроэнергии;
- штепсельные разъёмы;
- лампы освещения (собственного и отсека КВЭ);

- клеммные ряды и другая аппаратура вспомогательных цепей.

Отсек сборных шин

Отсек предназначен для размещения системы сборных шин, общий для всего распределительного устройства, и организации присоединения к ней аппаратуры шкафа. При этом обеспечивается ограждение сборных шин и отпаек от приборов и аппаратов шкафа с целью локализации

возможной электрической дуги в пределах отсека шкафа. Выделение сборных шин в отдельный отсек позволяет проводить работы в остальной части шкафа без снятия напряжения со сборных шин при соблюдении определённых мер безопасности.

В отсеке располагаются:

- плоские медные шины прямоугольного сечения;
- проходные эпоксидные изоляторы;
- оптоволоконный датчик дуговой защиты;
- клапан сброса избыточного давления с концевым выключателем.

Боковые панели, на которых устанавливаются проходные изоляторы для фиксации сборных шин в объёме отсека, выполнены из немагнитного материала (алюминиевый лист толщиной 3 мм).

Шинные мосты и приставки

Присоединения шкафов КРУ (вводы и выводы) могут быть как кабельными, так и шинными.

Ввод кабеля в шкаф осуществляется снизу в отсек трансформаторов тока и присоединений.

Ввод шин - сбоку или сзади шкафа - с помощью шинопроводов: специальных шинных приставок (схемы главных цепей № 15 и № 16) и шинных мостов (схема № 17). Конструктивно токоведущие части закреплены на опорных и в проходных изоляторах, ограждены от зоны обслуживания сплошной металлической оболочкой. Для доступа к токоведущим частям и шинным соединениям шинопроводы оборудованы съёмными крышками. В оболочках шинопроводов для эффективного охлаждения предусмотрены вентиляционные щели.

С целью обеспечения безопасности при возникновении электрической дуги шинопроводы снабжены клапанами сброса избыточного давления с концевыми выключателями.

Безопасность

Безопасность эксплуатации КРУ обеспечивается конструктивными решениями, простотой и наглядностью коммутационных операций, а также системой оперативных блокировок.

К конструктивным решениям, обеспечивающим безопасность эксплуатации, относятся:

- наличие металлических перегородок между отсеками шкафов, позволяющих локализовать аварию в пределах одного отсека;
- применение систем дуговой защиты с аварийными клапанами сброса давления и концевыми выключателями, систем оптической дуговой защиты;
- размещение на фасаде шкафов индикаторов наличия напряжения на токоведущих частях отсеков присоединений и сборных шин, а также гнёзд для проверки наличия напряжения и фазировки кабелей.

В шкафах КРУ серии «ТЕМЗА» предусмотрена система механических и электрических блокировок, полностью соответствующая всем требованиям по безопасности, предъявляемым к соответствующим изделиям государственными стандартами и другими нормативными документами, действующими на территории РФ. Общий перечень и краткие характеристики блокировок указаны в таблице 5.

Минимальная высота помещения (от уровня фундаментной рамы до потолка) должна быть равна 2,6. Конструкция КРУ позволяет проводить обслуживание отсека сборных шин и клапанов сброса давления изнутри ячеек. При этом высота помещения может быть уменьшена до 2,36 м.

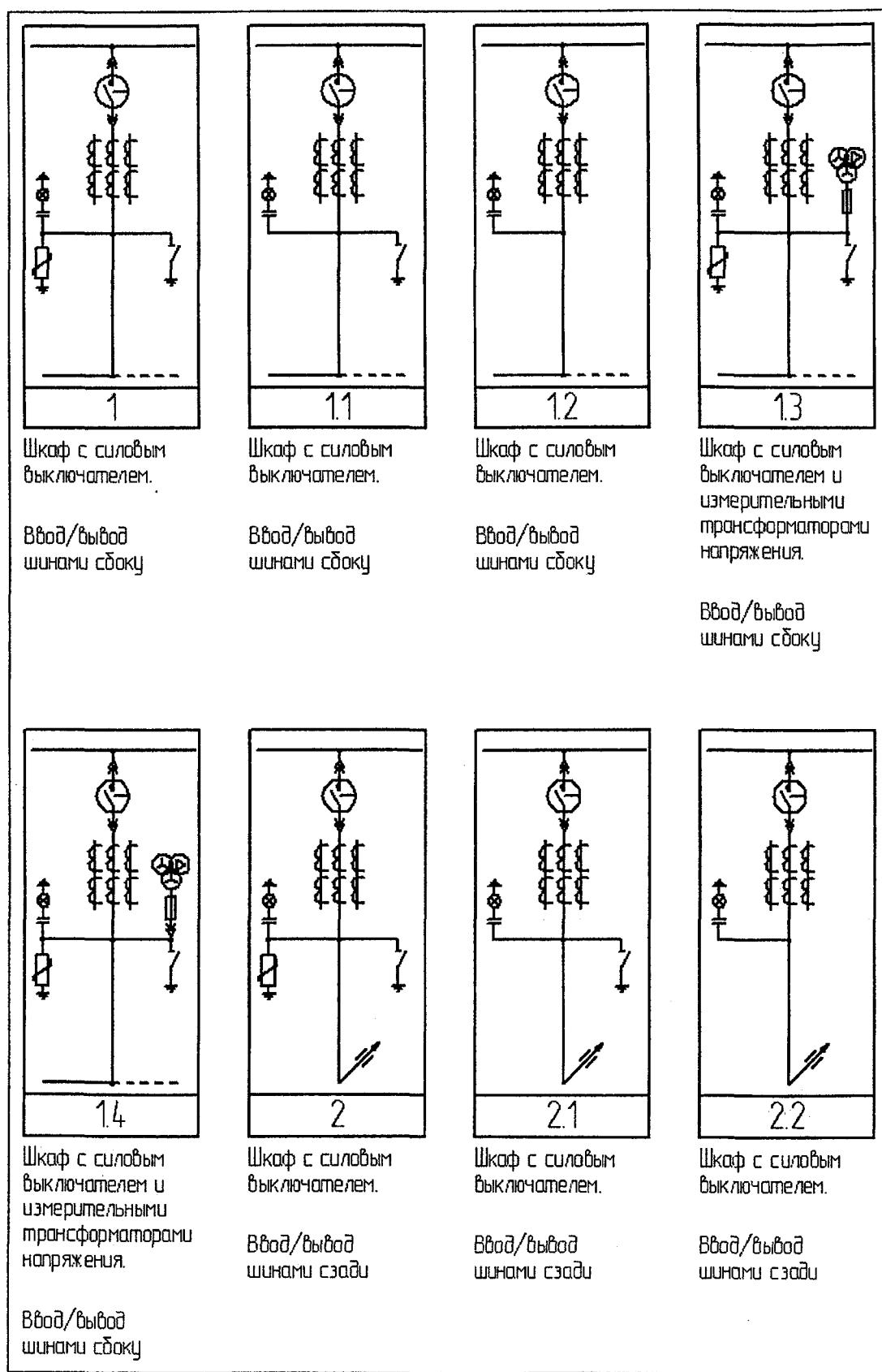
Если высота помещения меньше 4 м, над шкафами КРУ необходимо устанавливать специальные защитные короба. Установочные размеры шкафов КРУ указаны на рисунках 4,5.

Таблица 5
Перечень и краткие характеристики блокировок КРУ «ТЕМЗА»

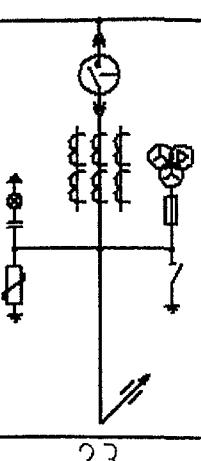
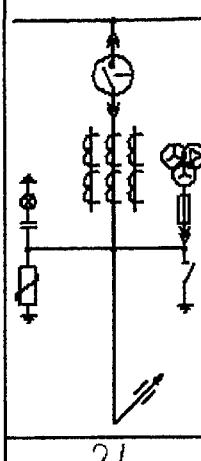
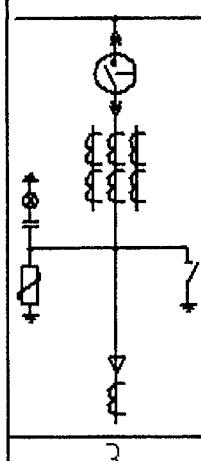
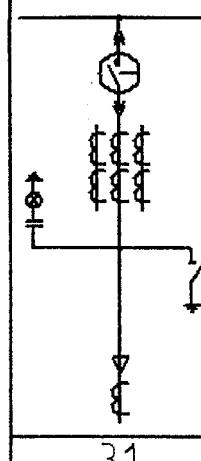
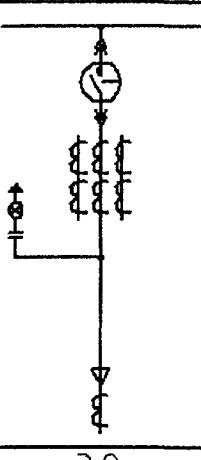
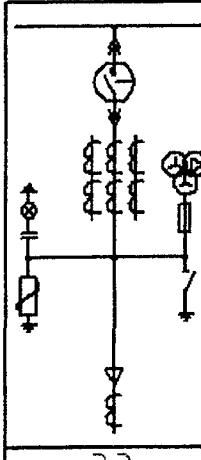
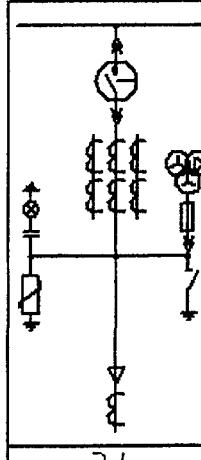
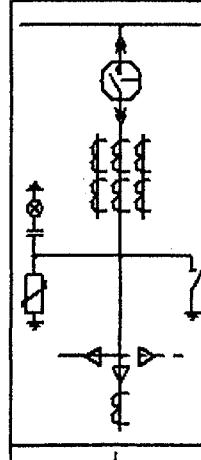
Наименование блокировки или состояния	Тип	Объект блокирования	Размещение
Фиксирование выдвижного элемента в рабочем и контрольном положениях		Выдвижной элемент	КВЭ
Фиксирование положения шторок при ремонтном положении КВЭ		Подвижные шторки	шкаф
Фиксирование положения контактов заземляющего разъединителя в замкнутом и разомкнутом состояниях		Заземляющий разъединитель	ЗР, шкаф
Наличие приспособления для запирания подвижных шторок в закрытом положении		Подвижные шторки	ШМ, шкаф
Блокировка, не допускающая перемещения тележки, находящейся в рабочем положении, при включённом силовом выключателе	Механическая	Выдвижной элемент	КВЭ
Блокировка, не допускающая перемещения тележки, находящейся в контролльном положении, при включённом силовом выключателе	Механическая		КВЭ
Блокировка, не допускающая перемещения тележки, находящейся в контролльном положении, при открытой двери отсека выдвижного элемента	Механическая		шкаф
Блокировка, не допускающая перемещения тележки, находящейся в контролльном положении, при включённом заземляющем разъединителе	Механическая		шкаф
Блокировка, не допускающая перемещения тележки при отсутствии управляющего напряжения на выводах электромагнитного блок-замка	Электрическая	Силовой выключатель	шкаф
Блокировка, не допускающая оперирования выключателем при нахождении выдвижного элемента вне контролльного или рабочего положений	Механическая, электрическая		КВЭ
Блокировка, не допускающая оперирования выключателем при отсутствии напряжения на пусковых электромагнитах	Электрическая	Заземляющий разъединитель	КВЭ
Блокировка, не допускающая включения заземляющего разъединителя при нахождении выдвижного элемента вне контролльного положения	Механическая		шкаф
Блокировка, не допускающая оперирования заземляющим разъединителем при открытой двери отсека присоединений	Механическая		шкаф
Блокировка, не допускающая оперирования заземляющим разъединителем при отсутствии управляющего напряжения на выводах электромагнитного блок-замка	Электрическая	Дверь отсека выдвижного элемента	шкаф
Блокировка, не допускающая открывания двери отсека выдвижного элемента при нахождении выдвижного элемента вне контролльного положения	Механическая		шкаф
Блокировка, не допускающая открывания двери отсека присоединений при отключённом заземляющем разъединителе	Механическая	Дверь отсека присоединений	шкаф

Таблица 6

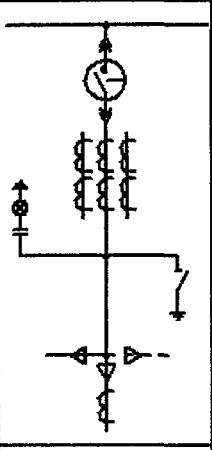
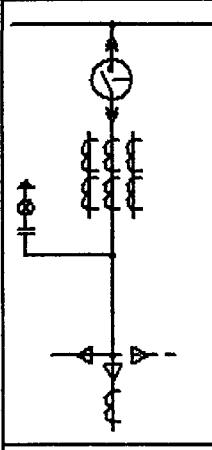
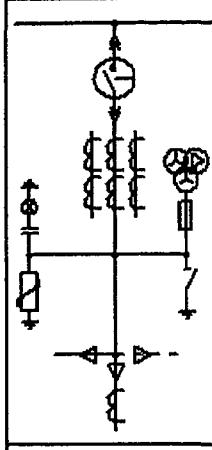
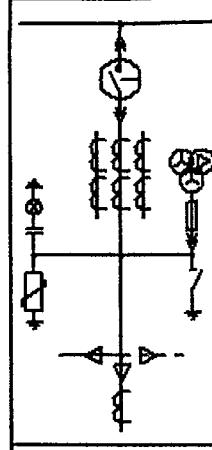
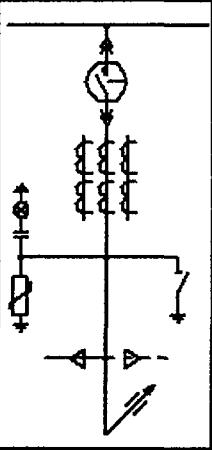
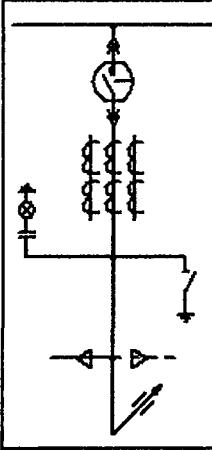
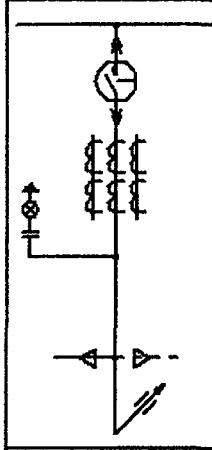
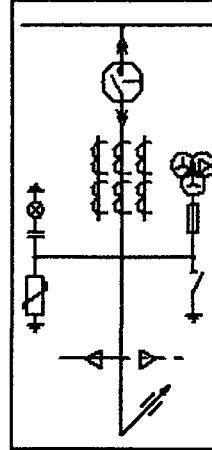
Схемы главных цепей шкафов КРУ «ТЕМЗА»



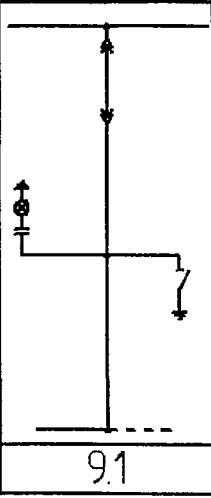
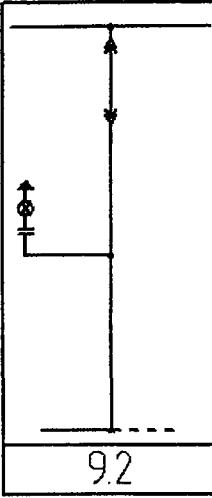
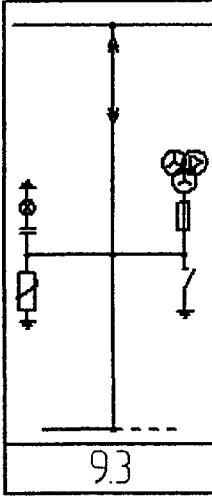
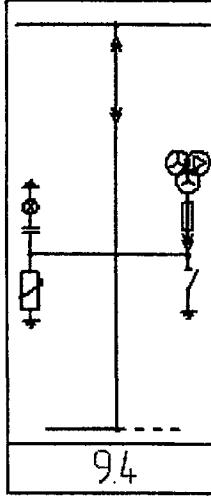
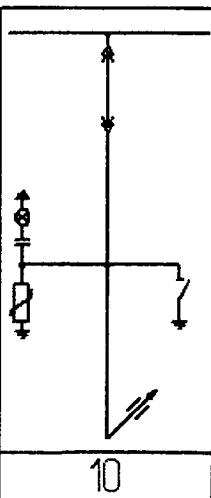
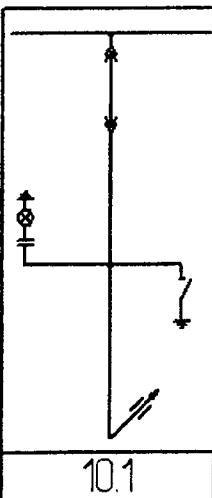
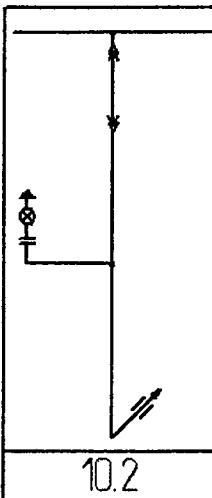
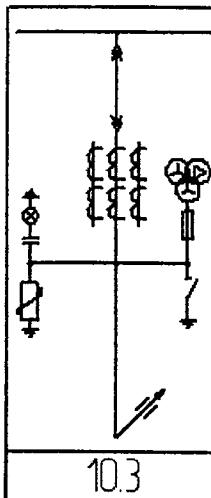
Продолжение таблицы 6

			
2.3	2.4	3	3.1
Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения.	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения.	Шкаф с силовым выключателем.	Шкаф с силовым выключателем.
Ввод/выход шинами сзади	Ввод/выход шинами сзади	Ввод/выход кабелем снизу	Ввод/выход кабелем снизу
			
3.2	3.3	3.4	4
Шкаф с силовым выключателем.	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения.	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения.	Шкаф с силовым выключателем.
Ввод/выход кабелем снизу	Ввод/выход кабелем снизу	Ввод/выход кабелем снизу	Ввод кабелем снизу. Выход кабелем вбок

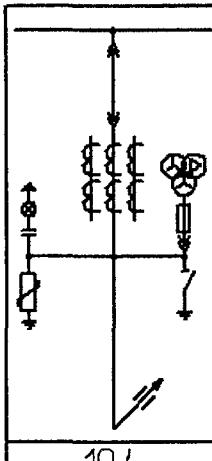
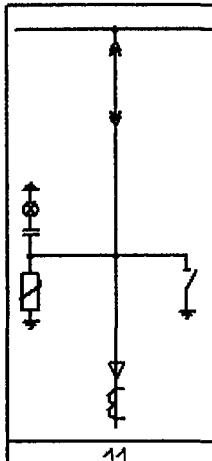
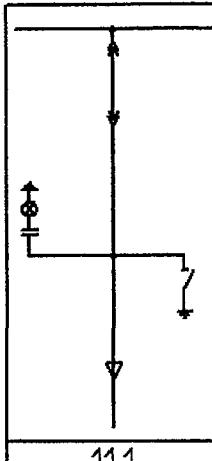
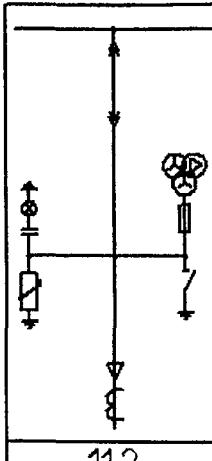
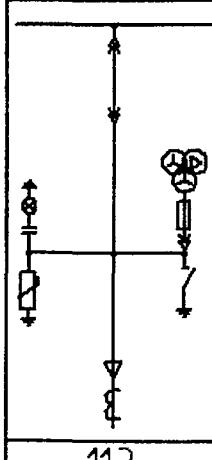
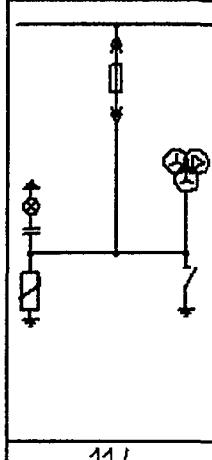
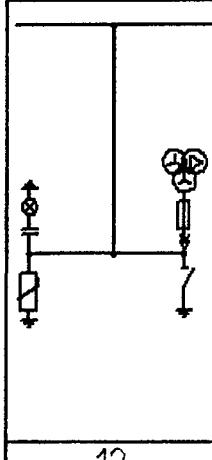
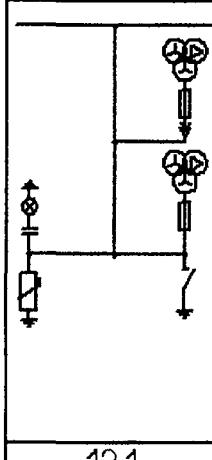
Продолжение таблицы 6

			
4.1	4.2	4.3	4.4
Шкаф с силовым выключателем. Вход кабелем снизу. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем. Вход кабелем снизу. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход кабелем снизу. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход кабелем снизу. Выход кабелем вбок
			
5	5.1	5.2	5.3
Шкаф с силовым выключателем. Вход шинами сзади. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем. Вход шинами сзади. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем. Вход шинами сзади. Выход кабелем вбок	Шкаф с силовым выключателем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход шинами сзади. Выход кабелем вбок
			Вход шинами сзади. Выход кабелем вбок

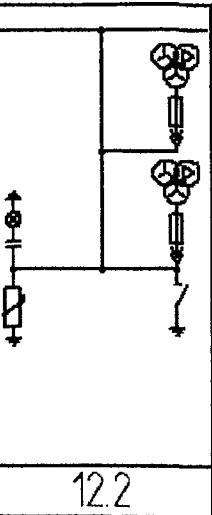
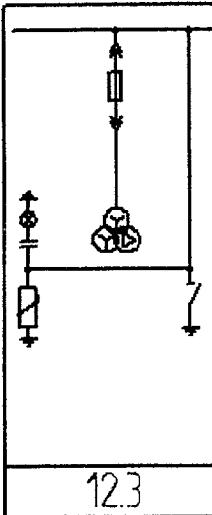
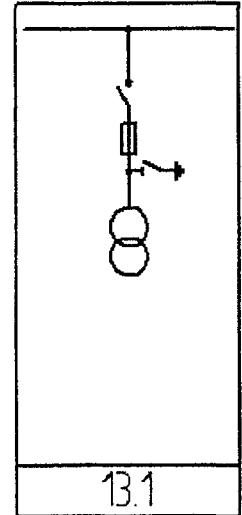
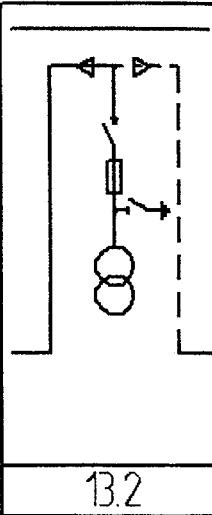
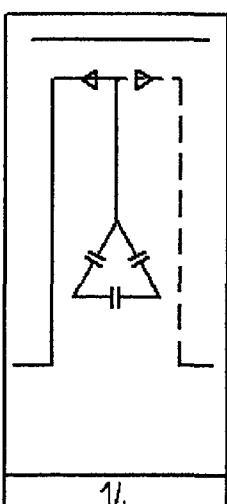
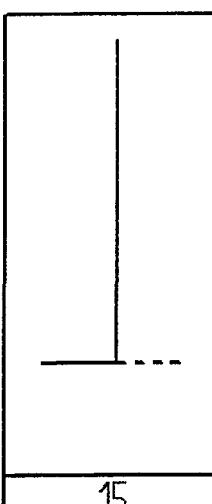
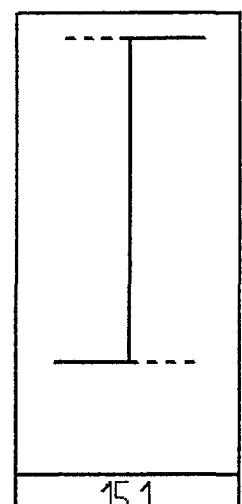
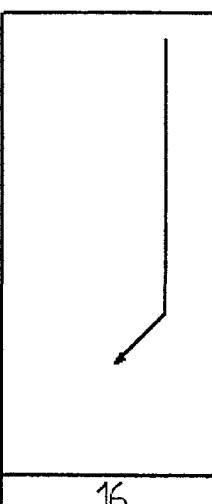
Продолжение таблицы 6

			
9.1	9.2	9.3	9.4
Шкаф с разъединителем. Вход/выход шинами сбоку	Шкаф с разъединителем. Вход/выход шинами сбоку	Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход шинами сбоку	Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход шинами сбоку
			
10	10.1	10.2	10.3
Шкаф с разъединителем. Вход/выход шинами сзади	Шкаф с разъединителем. Вход/выход шинами сзади	Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход шинами сзади	Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход шинами сзади

Продолжение таблицы 6

			
10.4	11	11.1	11.2
Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход шинами сверху	Шкаф с разъединителем. Вход/выход кабелем снизу	Шкаф с разъединителем. Вход/выход кабелем снизу	Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход кабелем снизу
			
11.3	11.4	12	12.1
Шкаф с разъединителем и измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход кабелем снизу	Шкаф с измерительными трансформаторами напряжения. Вход/выход кабелем снизу	Шкаф с заземлителем СЩ и измерительными трансформаторами напряжения.	Шкаф с заземлителем СЩ и двумя группами измерительных трансформаторов напряжения.

Продолжение таблицы 6

			
12.2	12.3	13.1	13.2
Шкаф с заземлителем СШ и двумя группами измерительных трансформаторов напряжения.	Шкаф с заземлителем СШ и измерительным трансформатором напряжения.	Шкаф с трансформатором собственных нужд.	Шкаф с трансформатором собственных нужд.
Подключение на СШ	Подключение на СШ	Подключение кабелем	Подключение кабелем
			
14	15	15.1	16
Шкаф с конденсаторной батареей.	Боковая переходная панель	Боковая переходная панель	Задняя переходная панель
Подключение кабелем	Шинный переход сбоку наверх.	Шинный переход сбоку на СШ.	Шинный переход сзади наверх.

Продолжение таблицы 6

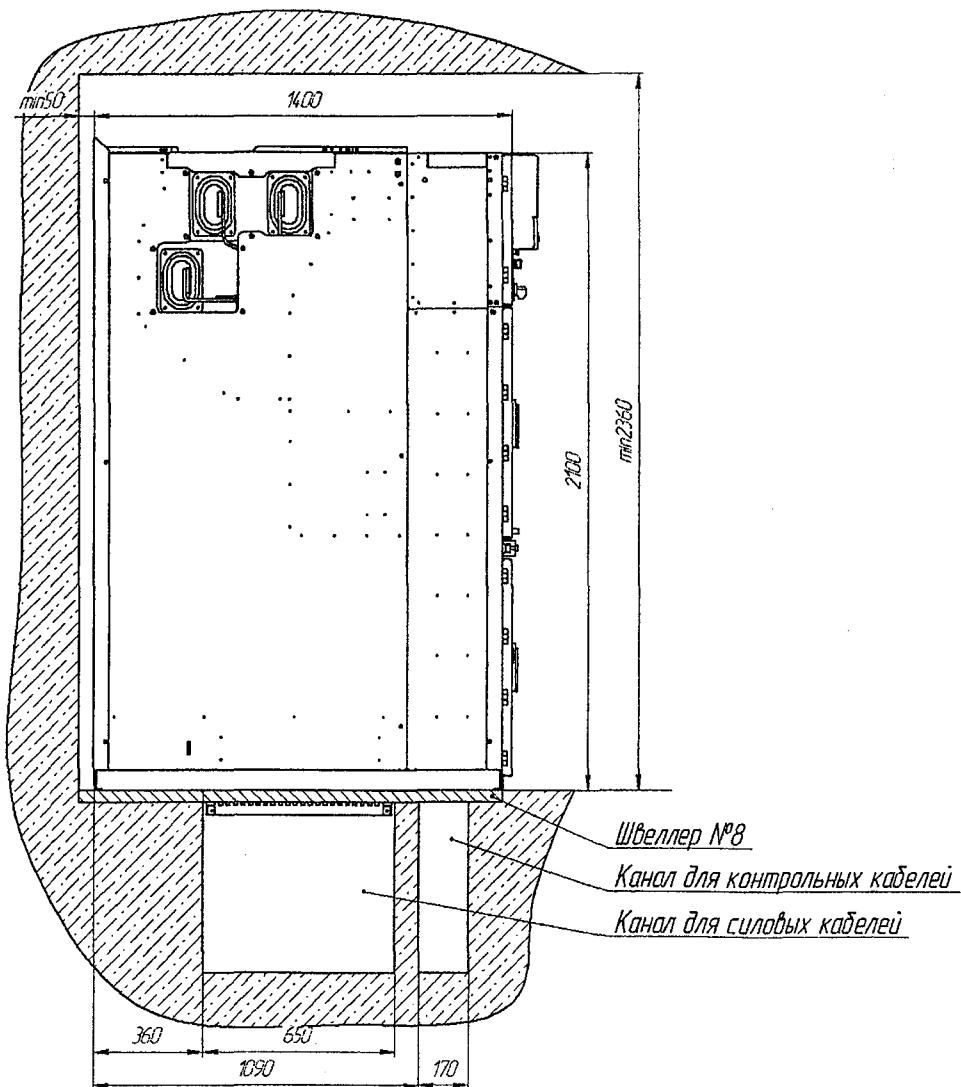
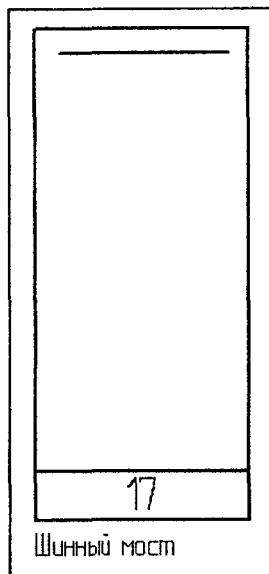


Рисунок 4 - Установка шкафа КРУ «Темза» над кабельным каналом

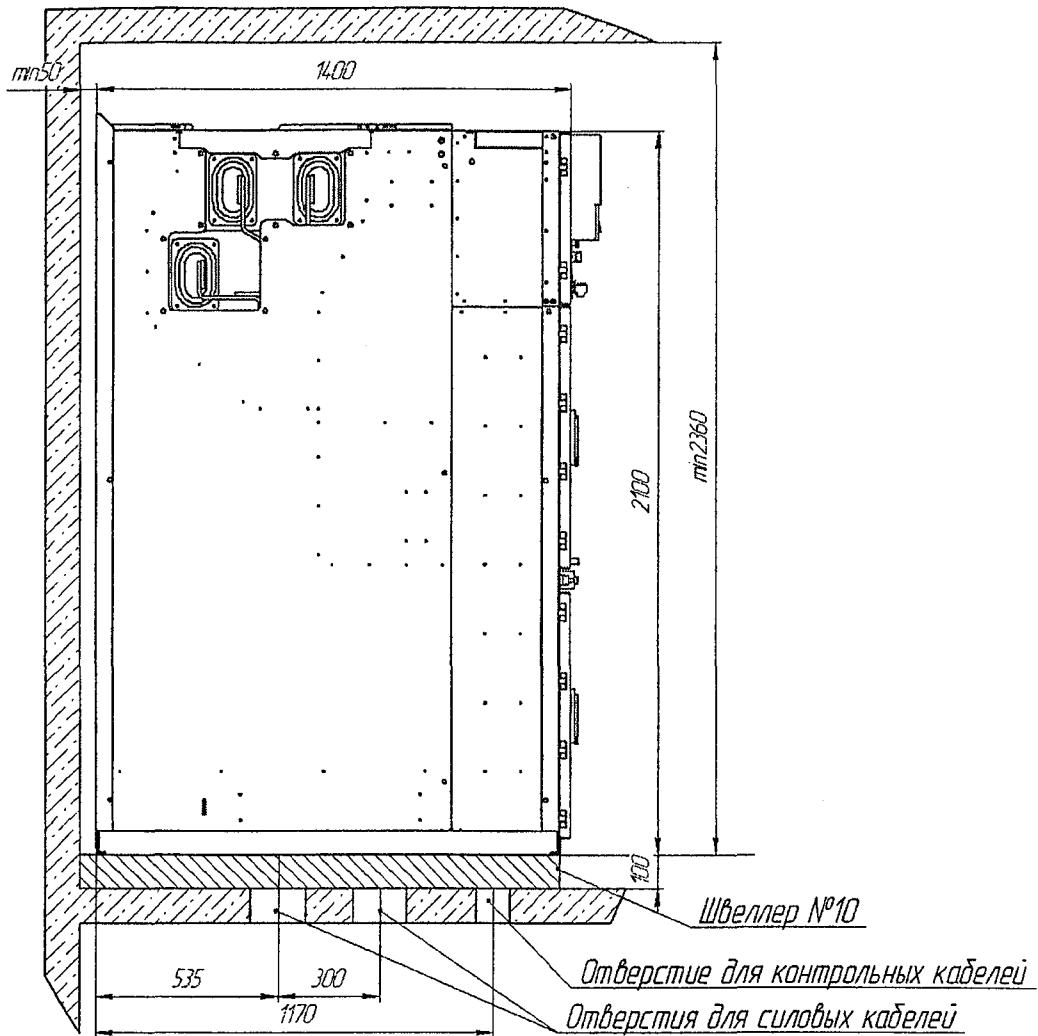


Рисунок 5 - Установка шкафа КРУ «Темза» на фундаментной раме

За дополнительной информацией и по вопросу заказа следует обращаться:

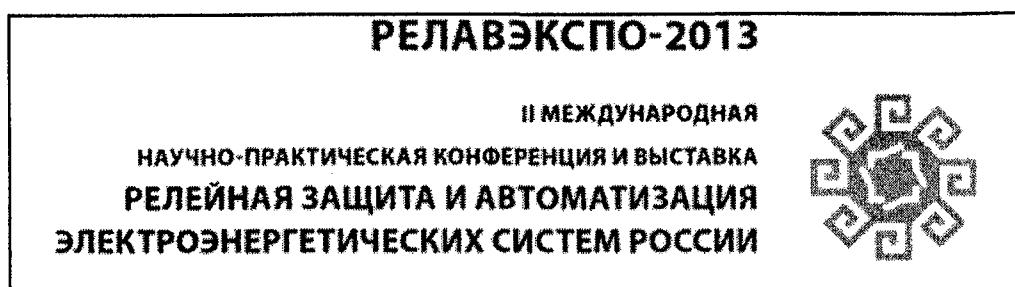
ООО «Завод трансформаторных подстанций СЭТ»

199406, г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, Малый пр., 48

Телефон: (812) 321-36-97, 321-77-33, 321-36-94

телефон/факс: (812) 321 36 95

E-mail: zavod@set.ru



С 23 по 26 апреля 2013 года в городе Чебоксары прошла II международная научно-практическая конференция и выставка «РЕЛАВЭКСПО - 2013». Конференция зарекомендовала себя в качестве одной из ведущих российских площадок для обмена опытом специалистов в области релейной защиты. Она собрала 750 представителей компаний из 52 регионов России, Австрии, Канады, Франции, Белоруссии и Украины.

Цели выставки и конференции заключались в анализе современного состояния релейной защиты и автоматизации производства, передачи и распределения электроэнергии, обмене опытом и ознакомление с передовыми технологиями РЗА при управлении, проектировании и эксплуатации объектов, обеспечивающих надежность и управляемость ЕЭС России в нормальных и аварийных режимах. Участники Конференции обсудили вопросы технического уровня разработок устройств РЗА, ПА и АСУ ТП; подходов к реализации «цифровых подстанций» и «умных сетей» с учетом мирового опыта; проблемы эксплуатации и развития систем ТО, диагностики и мониторинга микропроцессорных устройств РЗА и ПА. На Конференции было представлено более 80 докладов.

В рамках Конференции, в открытом формате, состоялось техническое совещание начальников служб РЗА региональных подразделений ОАО «ФСК ЕЭС» и представителей МРСК. В 2013 году впервые работала **Молодежная секция конференции** под названием: «Молодежь: инновации в автоматизации электроэнергетики». Она прошла параллельно основным мероприятиям. Участниками конференции стали магистранты, аспиранты, молодые ученые и специалисты в возрасте до 35 лет профильных предприятий и организаций страны. Конференция обсудила:

1. Организационные и технические вопросы РЗА процессов производства, передачи и распределения электроэнергии, в том числе решение проблем нормативно-технического обеспечения релейной защиты и автоматизации в энергетике.

2. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем. Адаптированные и интегрированные системы противоаварийного управления, включающие релейную защиту и автоматику, противоаварийную автоматику и аппаратуру передачи сигналов.

3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами электростанций и подстанций. Технологические и программные комплексы АСУ ТП.

4. Автоматизированные системы диспетчерского управления (АСДУ), обеспечивающие согласованную деятельность диспетчерских служб всех уровней.

5. Системы сбора, передачи, обработки и отображения информации.

6. Системы и оборудование для обеспечения контроля и безопасности электроэнергетических объектов. Технологическое видеонаблюдение.

7. Решения на базе стандарта МЭК 61850.

8. Автоматизированные рабочие места персонала всех уровней.

9. Системы автоматизированного проектирования.

10. Автоматизация ТО электрооборудования и устройств РЗА и ПА.

11. Системы регистрации аналоговых и дискретных сигналов при аварийных нарушениях в электроэнергетических системах. Системы анализа развития аварийных нарушений и оценки функционирования устройств РЗА.

12. Электромагнитная совместимость микропроцессорных устройств.

Открывая конференцию, **Алексей Белотелов**, президент НП «СРЗАУ» обратил внимание на качество профессионального проектирования и эксплуатации систем РЗА, состояние нормативно-технического обеспечения (НТО) проектных и электросетевых организаций в области релейной защиты, автоматизации и управления. Нет НТД по микропроцессорным (МП) устройствам РЗА. Отдельные стандарты организаций не решают проблемы НТО электроэнергетики. Необходимо создавать систему российских стандартов. Наличие сетевого стандарта МЭК 61850, который в принципе определяет различные аспекты внедрения МП-устройств. Но он не является российским, и на русский язык переведена только часть разделов стандарта.

Разработка и развитие систем РЗА следует ориентировать на типовое проектирование. При нынешнем разнообразии МП-устройств РЗА типовое проектирование ушло в небытие. МП-устройства обладают избыточным количеством функций, которые зачастую не нужны в конкретном проекте. А от этого зависит цена устройства и необходимость получения от заказчика данных, необходимых и достаточных для разработки проекта. Проблемой проектирования остается реализация РЗА нового оборудования подстанций, к которому относятся управляемые шунтирующие реакторы различных типов, статические тиристоры, компенсаторы и др. Оно разрабатывалось, как правило, без учета требований к РЗА, поэтому совместить его с РЗА часто оказывается достаточно трудно.

Актуален вопрос интеграции МП-

устройств РЗА в АСУ ТП объекта. Здесь также отсутствует нормативная база для регламентации и оптимизации объема информации, получаемой от устройства РЗА оперативным и диспетчерским персоналом ПС. Сейчас, по данным ОРГРЭС, 15 % аварий и нештатных ситуаций в энергосистемах происходят по вине организаций, проектирующих РЗА. В заключение А. Белотелов озвучил мысль: «Для активизации процессов развития РЗА в России необходима Концентрация интеллектуальных, финансовых и инновационных ресурсов в НИИ и проектных организациях, объединенных в единую структуру для консолидации усилий по разработке НТД, систем и устройств РЗА. На новой научно-технической и методической основе следует создать независимый испытательный и сертификационный центр. Однако эти вопросы требуют мощного административного и финансового ресурса».

На конференции выступил глава Чувашии **Михаил Игнатьев**. Он отметил, что проведение «РЕЛАВЭКСПО» дает дополнительный импульс для того, чтобы в условиях вступления России в ВТО продукция ведущих отечественных производителей могла успешно конкурировать с зарубежными аналогами. «Сегодня в электроэнергетике проходят революционные процессы, и наши ученые создают новые продукты для обеспечения безопасности энергетической системы. Мы ставим перед собой задачу сделать Чувашию мощным регионом, так как в нем, несмотря на маленькую территорию, есть золотой фонд - это предприятия и работающие в них кадры. Устройства релейной защиты, автоматики и противоаварийной автоматики, а также ВЧ-связи, выпускаемые российскими предприятиями, среди всех видов электрооборудования имеют самый большой процент по импорту замещению» - заключил Михаил Игнатьев.

Заместитель министра Минэнерго России **Андрей Черезов** обратил внимание на то, что «в Чувашии разрабатывается и производится около 40 % оборудования

релейной защиты и автоматики, применяемого в российских электрических сетях. Федеральная сетевая компания планомерно увеличивает долю использования отечественного оборудования при новом строительстве и модернизации энергообъектов. Взаимодействие ОАО «ФСК ЕЭС» с российскими производителями электрооборудования позволяет стимулировать развитие отечественной электротехники и снижать зависимость отечественной энергосистемы от оборудования зарубежного производства».

Главный инженер ОАО «РусГидро» Рахметулла Альжанов заметил, что «многие устройства РЗА мы сегодня покупаем за рубежом. Но в последние годы мы поняли, что российские изделия не только не уступают по надежности и качеству западным изделиям, но даже их превосходят».

С совместным докладом специалистов выступил Алексей Михайлов (ЧЭАЗ). До конца 1970-х годов практически 100 % устройств РЗА было выполнено на электромеханических (ЭМ) компонентах, в конце 1970-х годов началось внедрение в эксплуатацию микроэлектронных (МЭ), а с середины 1990-х - микропроцессорных (МП) устройств РЗА. Сейчас МЭ-панели не выпускаются, а доля МП-устройств составляет 19 % от общего количества устройств РЗА. Основную часть в энергосистеме до сих пор составляют ЭМ-реле. Обследование их состояния на подстанциях показало, что значительная часть электромеханических реле и комплектов РЗА выработала свой нормативный срок, т. е. они служат больше 12 лет. В 2001 году доля МЭ-панелей и МП-устройств в общем объеме РЗА составляла 1,2 % (по данным ОРГРЭС). Распределение ЭМ-устройств по срокам эксплуатации выглядит так: 15 % устройств находились в эксплуатации в пределах нормативного срока службы (до 12 лет), 50 % - от 12 до 25 лет и 34 % - свыше 25 лет, причем 10 % из них находились в эксплуатации более 35 лет.

Из опыта эксплуатации было установлено, что фактический средний срок службы ЭМ-устройств составляет примерно 25 лет. В этой связи принято решение: на объектах, где техническое перевооружение основного оборудования не предусматривается в ближайшие годы, а состояние устройств РЗА требует замены, следует применять однотипные механические или микроэлектронные устройства. В устройствах, находящихся в относительно удовлетворительном состоянии, с целью продления эксплуатации следует заменять только наименее надежные реле и другие элементы. Очень хорошее с точки зрения авторов доклада решение, к сожалению, не получило дальнейшего развития. Отсутствие четкого понимания методов выявления оборудования, требующего замены, привело к заметному снижению объема работ по обновлению ЭМ-устройств РЗА. ЧЭАЗ ощутил это в виде падения производства реле и комплектов защит. За последние 10 лет ЧЭАЗ выпустил около 4 млн. реле, в то время как до 1985 года завод выпускал до 3 млн. реле в год.

Замена традиционных ЭМ устройств на современные МП - длительный процесс. Оценка темпов реализации инвестиционных программ показывает, что переход от ЭМ-систем РЗА на цифровые РЗА займет 25-30 лет, при этом ускоренный переход вызывает дополнительные проблемы. Оптимистичные ожидания относительно качества и надежности работы МП РЗА оказались завышенными. 20-летний опыт работы МП-устройств показал, что процент их неправильной работы значительно выше, чем аналогичный показатель ЭМ-устройств РЗА, несмотря на их значительный износ.

В современных условиях весьма важным представляется вопрос о повышении надежности системы РЗА в экстремальных условиях. Широкое применение МП-устройств РЗА делает уязвимой защиту объекта при электромагнитных помехах. Например, применение цифровых устройств на старых подстанциях затруднено из-за

ухудшения электромагнитной обстановки подстанций, а именно: из-за значительных перенапряжений во вторичных цепях, возникающих во время коммутации основного оборудования и при грозовых импульсах в первичных цепях, по причине несоответствия проектных требований в части выполнения систем заземления и защиты от электромагнитных помех. В конце 50-х годов XX века было обнаружено, что электромагнитный импульс способен нарушить работу устройств, содержащих чувствительные компоненты. Сегодня электромагнитным оружием обладают Россия, США и Китай. Имеются разработки в Германии, Израиле, Франции и Англии. Интернет пестрит подробными инструкциями по созданию электромагнитных бомб ручным способом за 400 долларов. В этой связи необходимо создавать типовые решения по построению подстанций с дополнительным защитным контуром, реализованным на базе ЭМ-реле, обладающим высокой устойчивостью к электромагнитным и другим внешним воздействиям, закончил А. Михайлов.

Под председательством заместителя главного инженера ОАО «ФСК ЕЭС» Павла Тюделекова и начальника Департамента РЗА и ПА Виктора Пуляева прошло техническое совещание начальников служб РЗА электросетевых компаний. На совещании выступили представители большинства филиалов ОАО «Российские сети». Начальники служб РЗА обменялись назревшими проблемами и предлагали пути их решения, рассказывали об опыте обучения и закрепления кадров, вносили предложения по Концепции повышения надежности работы энергосистемы. В докладе Александра Балуева, ведущего эксперта отдела РЗА Департамента РЗА и ПА ФСК ЕЭС, озвучены итоги работы служб РЗА в 2012 году и причины неправильной работы устройств РЗА.

Основной причиной неправильной работы устройств РЗА стало старение устройств и кабелей, отработавших свой срок службы (40,4 %). Зафиксировано значительное

количество случаев неправильной работы устройств РЗА, отнесенных персоналом МЭС к «прочим причинам» (19,3 %) без представления полной информации о конкретных причинах. Это говорит о том, что они в большей степени связаны с упущениями в эксплуатации. В 2012 году количество случаев неправильной работы РЗА из-за старения оборудования осталось на уровне 2011 года, поскольку были устранены выявленные при осмотрах и техническом обслуживании основные неисправности и дефекты. В 2012 году зафиксировано 14465 случаев правильной и 162 случая неправильной работы МП-устройств РЗА, которые составляют 36 % от всех случаев неправильной работы РЗА за год.

Докладчик подчеркнул, что наиболее значимыми организационными причинами неправильной работы МП-устройств РЗА на протяжении многих лет остаются ошибки монтажно-наладочного персонала, заводов-изготовителей, проектных организаций и разработчиков РЗА. Процент неправильной работы МП РЗА по этим причинам увеличился более чем в 5 раз по сравнению с ЭМ-устройствами РЗА, что объясняется нехваткой подготовленных специалистов со знанием цифровых устройств РЗА в проектных и наладочных организациях, а также недостаточностью нормативно-методического обеспечения. В дни работы «РЕЛАВЭКСПО-2013» прямое общение разработчиков и эксплуатации позволило производителям электротехнического оборудования узнать, как оцениваются применяемые технические решения. Сформировались новые направления совершенствования выпускаемой продукции. Специалистам энергокомпаний удалось получить подробные ответы на многие вопросы, возникшие в ходе эксплуатации изделий РЗА и ПА. По данным опроса, проведенного среди участников «РЕЛАВ-ЭКСПО-2013», высоко были оценены организационный уровень и содержательная часть прошедших мероприятий (средний балл составил 4,6 по пятибалльной системе оценки).

Материалы конференции по РЗА для электрических сетей с изолированной нейтралью

ОЦЕНКА МИНИМАЛЬНОГО УРОВНЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК В ТОКЕ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6-10 кВ

д.т.н. Шuin В.А., Винокурова Т.Ю., Шагурина Е.С.,
Ивановский государственный энергетический
университет, e-mail: rza@rza.ispu.ru

Введение

В кабельных электрических сетях 6-10 кВ промышленного и городского электроснабжения, работающих с компенсацией емкостных токов, в качестве защиты от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) основное применение получили устройства, основанные на использовании высших гармоник (ВГ) в токах нулевой последовательности присоединений защищаемого объекта. При разработке и проектировании защит от ОЗЗ на основе ВГ для определения требований к чувствительности и области возможного применения необходима оценка минимального уровня гармоник в токе ОЗЗ. Такие оценки на основе упрощенных моделей электрических сетей 6-10 кВ и их элементов были даны в конце 60-х годов в работах [1, 2]. При определении минимального уровня ВГ в токе ОЗЗ принимается, что основным источником ВГ является нелинейность кривой намагничивания трансформаторов, установленных на подстанциях 6-10/0,4 кВ.

В целях упрощения расчетов в схемах замещения, используемых в [1, 2], не учитывается влияние на уровень ВГ в месте ОЗЗ сопротивления линий от центров питания до ТП, межфазных емкостей, комплексного характера сопротивления нагрузки и других факторов. При учете нелинейности кривых намагничивания трансформаторов нагрузки в [1] принято, что функция $i_\mu = f(\psi)$ с достаточной точностью может быть аппроксимирована полиномом 5-й степени, т. е. $i_\mu \approx a \psi^5$, что вносит заметные погрешности в определение гармонического

состава тока намагничивания. В [2] параметры эквивалентного источника ВГ определяются на основе данных по гармоническому составу тока намагничивания силовых трансформаторов, полученных еще в 30-е годы. Опыт эксплуатации защит на основе ВГ не всегда подтверждает сделанные на основе указанных расчетов оценки минимального уровня высших гармоник в токах ОЗЗ, и требует их уточнения.

Расчетная схема замещения для оценки минимального уровня высших гармоник

Появление современных систем моделирования (например, Matlab) обеспечивает возможность применения более точных моделей сетей 6-10 кВ и их элементов, в частности, нелинейных трансформаторов и других источников гармоник, получения наиболее достоверных оценок минимального уровня ВГ в токах ОЗЗ и чувствительности защит на их основе. Расчеты, выполненные в ИГЭУ с использованием моделей компенсированных сетей 6-10 кВ в системе Matlab, показали, что минимальный уровень ВГ в токах ОЗЗ может быть в несколько раз меньше значений, полученных в [1, 2]. Создание таких моделей и расчеты с их использованием представляют трудоемкую задачу. Поэтому целесообразно использовать упрощенные схемы замещения, учитывающие все основные факторы, влияющие на минимальный уровень ВГ в токе ОЗЗ.

На основе указанных выше исследований на моделях сети 6-10 кВ в программном комплексе Matlab были определены

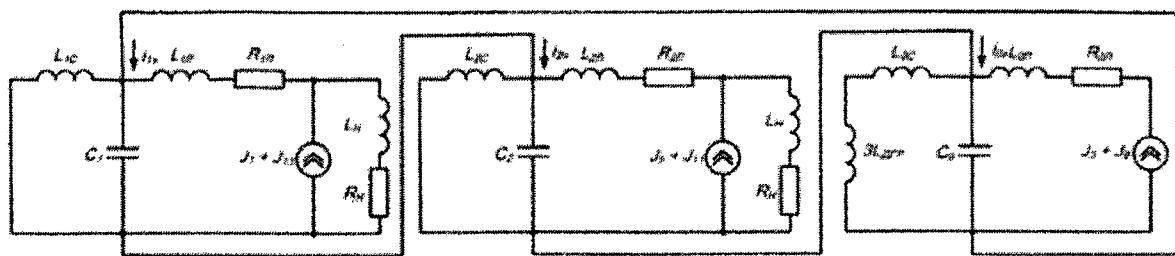


Рисунок 1 - Схема замещения сети

основные факторы, влияющие на уровень ВГ в токе ОЗЗ (которые не учитывались в [1,2]) - мощность КЗ на шинах системы, различное число трансформаторов, установленных на подстанциях, имеющих в общем случае различные параметры (токи намагничивания и их спектры), сопротивление связи трансформаторов нагрузки с центрами питания, межфазные емкости, различие параметров элементов сети для симметричных составляющих различных последовательностей и др. Учет названных факторов, а также наличие в токах фаз ВГ различных последовательностей наиболее просто позволяет выполнить комплексная схема замещения, составленная с использованием метода симметричных составляющих (рисунок 1).

В отличие от схем замещения, используемых в работах [1,2], в схеме замещения на рисунке 1 учитываются различия емкостей сети в схемах прямой (обратной) и нулевой последовательности, т. е. влияние межфазных емкостей, различие сопротивлений линий в схемах прямой (обратной) и нулевой последовательностей. В схеме в качестве источников учтены гармоники, входящие в рабочий спектр частот устройств защиты от ОЗЗ на основе ВГ ($\nu = 3, 5, 7, 9, 11$ и 13), причем гармоники, кратные 3-м, образуют систему нулевой последовательности, 5 и 11 гармоники - систему обратной последовательности и гармоники 7, 13 - систему прямой последовательности. Для определения параметров источников тока определены спектры ВГ токов намагничивания основных типов

трансформаторов подстанций 6-10/0,4 кВ.

Так, для трансформаторов ТМ мощностью 250-10 000 кВ А с группой соединения обмоток Y/Δ и магнитопроводом, выполненным из стали Э330, уровни резко выраженных 5-й и 7-й гармоник составляют $\sim 12\%$ и $\sim 3,7\%$ (соответственно) от величины тока намагничивания при $U = U_{ном}$; $\sim 15,4\%$ и $\sim 5,3\%$ при $U = 1,05U_{ном}$ и $\sim 8,6\%$ и $\sim 2,4\%$ при $U = 0,95U_{ном}$. Сравнение результатов расчётов минимального уровня ВГ в сетях 6-10 кВ, выполненных на моделях в системе Matlab с использованием упрощённой схемы замещения, показали, что погрешности аналитического решения могут быть оценены величиной 10-15 %.

Заключение

Для аналитической оценки минимального уровня ВГ в токах ОЗЗ сетей 6-10 кВ целесообразно использовать комплексную схему замещения по методу симметричных составляющих, позволяющую более точно учесть основные влияющие факторы.

Литература

- Кискачи В.М. Расчет минимального уровня высших гармоник при однофазных замыканиях на землю в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. Труды ВНИИЭ. Вып. 26. М.: Энергия, 1966. - с. 89-105.

- Жежеленко И.В., Толпого О.Б. Чувствительность сигнализации замыканий на землю с использованием высших гармоник в сетях промышленных предприятий // Электричество, 1969. № 10 - с. 32-39.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕТИ 6-10 кВ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ

д.т.н. Шуин В.А., Мурзина Е.А.
Ивановский государственный энергетический
университет, e-mail: rza@rza.ispu.ru

Введение

Необходимость в анализе переходных процессов при ОЗЗ в сетях 6-10 кВ возникает при решении задач, связанных:

- с оценкой параметров и соотношений переходных токов и напряжений, используемых для действия аппаратов защиты от данного вида повреждений, реагирующих на переходный процесс;
- устойчивостью функционирования аппаратов защиты от ОЗЗ, основанных на использовании различных составляющих тока и напряжения нулевой последовательности установившегося режима (промышленной частоты, высших гармоник и «наложенных токов»);
- определением места (зоны) повреждения на линиях электропередачи;
- исследованием перенапряжений в сетях 6-10 кВ и определением эффективного значения тока в месте повреждения;
- оценкой термической стойкости ограничителей перенапряжений при дуговых перемежающихся ОЗЗ и других задач.

Эффективным методом исследования электромагнитных переходных процессов при ОЗЗ в сетях 6-10 кВ представляется сочетание аналитических методов решения рассматриваемой задачи на основе упрощенных моделей (схем замещения) электрической сети и имитационного моделирования на ЭВМ с применением более точных, и соответственно, более сложных моделей сети и ее элементов.

Классификация аналитических решений уравнений переходного процесса при ОЗЗ в сетях 6-10 кВ

В переходном процессе при ОЗЗ условно выделяют две основные стадии, связанные с разрядом емкостей поврежденной фазы и дополнительным зарядом емкостей

неповрежденных фаз, которым соответствуют две основные частотные составляющие. С учетом этого схемы замещения подразделяют на 2 группы:

- схемы, учитывающие наличие в переходных токах и напряжениях двух частотных составляющих - разрядной и зарядной (такие схемы замещения могут быть названы двухчастотными), например [1];
- схемы, учитывающие наличие в переходных токах и напряжениях одной, как правило, зарядной, частотной составляющей (одночастотная схема замещения).

В некоторых случаях применяются более сложные схемы замещения, учитывающие многочастотный характер разрядной стадии переходного процесса при ОЗЗ (например, 3-частотная схема замещения, учитывающая в разрядных токах две частотные составляющие).

Результаты исследований

В целях обоснования расчетной схемы замещения и методики определения параметров ее элементов были проведены исследования переходных процессов при ОЗЗ на математических моделях кабельных линий 6-10 кВ, учитывающих реальную их конфигурацию, определенный характер параметров линий, средние значения параметров линий (длин, сечений) и других элементов и диапазоны их изменения. В качестве основного объекта исследований были выбраны кабельные линии 6-10 кВ систем промышленного электроснабжения, имеющие более сложную конфигурацию, чем сети другого назначения.

Анализ результатов вычислительных экспериментов показал, что представление переходного процесса при ОЗЗ как одночастотного может приводить к существенным погрешностям в оценке амплитуд

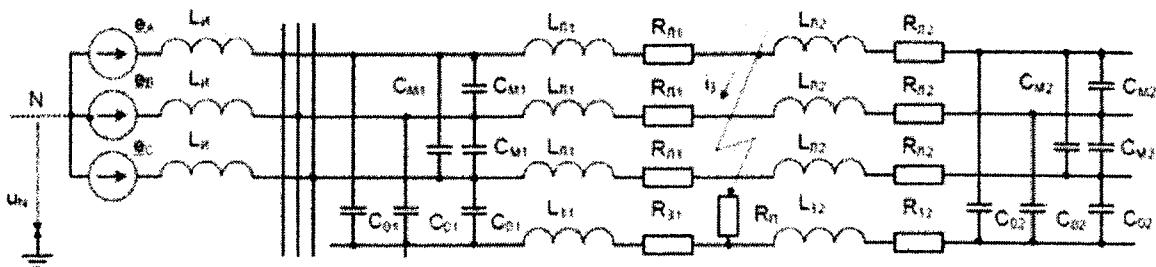


Рисунок 1 - Расчетная схема замещения сети 6-10 кВ для анализа переходных процессов при ОЗЗ

переходных токов и напряжений. При изменении расчетных условий (параметров элементов и места ОЗЗ в сети), несмотря на многочастотный характер разрядной составляющей, ее форма и амплитуда в основном определяется одной частотной составляющей, имеющей наименьшую частоту.

Частота и амплитуда данной составляющей переходного тока разряда определяется емкостями сети и продольными параметрами поврежденной линии, расположенными на участке от шин центра питания до места повреждения. Емкости сети, расположенные за местом повреждения, обуславливают появление дополнительных частотных составляющих в токе разряда, приводящих к «зашумлению» основной разрядной составляющей. Поэтому при расчете разрядной составляющей влиянием емкостей сети, расположенных за местом ОЗЗ, можно пренебречь, однако эти емкости должны учитываться при расчете зарядной и принужденной составляющих.

Схема замещения для анализа переходных процессов и определение её параметров

С учетом результатов исследований на моделях расчетную схему замещения кабельной сети 6-10 кВ для анализа переходных процессов при ОЗЗ можно представить в виде, показанном на рисунке 1.

Переходный процесс при ОЗЗ в схеме по рис. 1 описывается дифференциальным уравнением 6-го порядка, т.е. исходная схема замещения является трехчастотной.

Для приведения данной схемы к двухчастотной при расчете основной разрядной составляющей продольные сопротивления линии и емкости сети, расположенные справа от места ОЗЗ (L_{R2} , L_{M2} , R_{R2} , R_{M2} , C_{R2} , C_{M2}), не учитываются, а при расчете зарядной составляющей емкости сети, подключенные к шинам центра питания, определяются как сумма емкостей, расположенных по обе стороны от места повреждения:

$$C_{0\Sigma} = C_{01} + C_{02}, \quad C_{M\Sigma} = C_{M1} + C_{M2}.$$

Такой подход к расчету разрядной и зарядной составляющих позволяет также приблизенно учесть зависимость продольных параметров поврежденной линии от частоты.

Выводы

1. Переходный процесс при ОЗЗ в кабельных линиях 6-10 кВ для приближенных количественных оценок параметров переходных токов и напряжений может рассматриваться как двухчастотный.

2. Определение разрядной и зарядной составляющей должно производиться по двухчастотным схемам замещения с различными параметрами элементов.

Литература

1. Шуйн В.А. Начальные фазовые соотношения электрических величин переходного процесса при замыканиях на землю в кабельных сетях 6-10 кВ // Электричество. - 1991, № 10.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ И ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ДУГОГАСЯЩИХ РЕАКТОРОВ И РЕЗИСТИВНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ

Воронов П.Л., к.т.н. Щедрин В.А.

Чувашский государственный университет
им. И.Н. Ульянова, e-mail: chedrin@chuvsu.ru

Введение

Опыт эксплуатации различных устройств защиты от ОЗЗ в сетях 6-36 кВ указывает на их во многих случаях неселективное или ошибочное срабатывание. Неудовлетворительно ведут себя направленные защиты ЛЭП при замыканиях на землю с перемежающимися дугами, что объясняется искажениями фазных углов между мгновенными токами и напряжениями нулевой последовательности в переходных режимах, а также небалансами, вызываемыми электромагнитными процессами в сетях и несимметрией фазных сопротивлений изоляции кабельных и воздушных линий. На практике возникают серьезные проблемы и при применении дугогасящих реакторов (ДГР), резонансная постройка которых часто не представляется возможной из-за отсутствия работоспособных и надежных автоматических регуляторов, в особенности в условиях непрерывного изменения емкости сети и несимметрии фаз.

Комбинированное заземление нейтрали (через реактор и резистор), а также высокоомное или низкоомное резистивное заземление нейтрали с целью снижения перенапряжений тоже нередко приводят к негативным последствиям и нарушениям электроснабжения. Они вызываются неправильным выбором параметров элементов заземления, не использования градации электрических сетей по значениям токов замыкания и наличию в электрической системе врачающихся машин. Все это порождает различные точки зрения на эффективность выбора средств ограничения перенапряжений и способов выбора режима нейтрали в сетях 6-35 кВ. Многочисленные публикации на эту тему подчеркивают важность и необходимость теоретического и практического рассмотрения перечисленных проблем.

Аспекты индивидуального и совместного использования ДГР и резисторов

В настоящем материале рассматриваются аспекты индивидуального и совместного использования ДГР и резисторов в нейтрали в установившихся режимах. В сети с изолированной нейтралью $Y_N = 0$, напряжение смещения нейтрали в нормальном режиме сети будет:

$$\dot{U}_{N'N} = \dot{U}_A - \frac{\dot{U}_{AB} Y_B - \dot{U}_{CA} Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C}.$$

Из указанного уравнения можно получить выражение для напряжения смещения нейтрали при подключении дополнительного конденсатора в одну из фаз, например, с целью определения емкостных проводимостей фаз. Для случая подключения C_A к фазе А после упрощений имеем:

$$\dot{U}_{N'N} = \dot{U}_A \frac{\Delta C_A}{3C + \Delta C_A},$$

где C - искомая емкость фаз относительно земли, причем:

$$C = \frac{(1 - \frac{U_{N'N}}{U_A})}{3 \frac{U_{N'N}}{U_A}} \Delta C_A = \frac{(U_A - U_{N'N}) \Delta C_A}{3U_{N'N}}$$

Ток замыкания фазы А в симметричной сети ($C_A = C_B = C_C$) и при подключении к ней дополнительной емкости C_A будет:

$$i_A = -(i_B + i_C) = (\dot{U}_C - \dot{U}_A) jwC + (\dot{U}_C - \dot{U}_A) jwC = 3jwC \dot{U}_A$$

Выражение записано при положительных направлениях фазных токов от источника энергии.

Однако значение тока изменяется, если емкости ΔC_B или ΔC_C подключаются к своим фазам:

$$\dot{I}_A = \dot{U}_A (3jwC + 1,5jw\Delta C_B - \frac{\sqrt{3}}{2} w\Delta C_B),$$

$$\dot{I}_A = \dot{U}_A (3jwC + 1,5jw\Delta C_C + \frac{\sqrt{3}}{2} w\Delta C_C).$$

Отсюда следует, что полная компенсация тока замыкания при рассмотренных условиях при использовании ДГР не осуществима. Этот же вывод справедлив, если сеть несимметрична и $C_A \neq C_B \neq C_C$. Появление активной составляющей тока обусловлено сдвигом фазных напряжений источника. Для сети при компенсации емкостного тока замыкания на землю посредством ДГР, настроенного на резонансный режим, теоретически возможна точная настройка реактора (при пренебрежении его активным сопротивлением). При этом обеспечивается минимальное значение тока в месте замыкания, минимальная скорость восстановления напряжения на поврежденной фазе после гашения дуги и минимальный уровень дуговых перенапряжений. Однако на практике компенсировать ток замыкания согласно выражению не удается.

В самом общем случае, когда в нейтраль сети включены реактор и резистор, напряжение смещения нейтрали будет:

$$\dot{U}_{NN} = \frac{\dot{U}_A jwC_A + \dot{U}_B jwC_B (-\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} j) + \dot{U}_C jwC_C (-\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} j)}{jwC_A + jwC_B + jwC_C + \frac{1}{R_N} + \frac{1}{jwL_N}}$$

Если предположить, что осуществлена резонансная настройка реактора по обычному условию, то напряжение смещения нейтрали будет:

$$\dot{U}_{NN} = \dot{U}_A \frac{jw\Delta C_A R_N}{1 + jw\Delta C R_N}$$

Выводы

1. В том случае, когда каким-либо способом с помощью автоматического регулятора будет достигнут резонанс, то резистор, включенный в нейтраль, приводит к увеличению напряжения смещения нейтрали при емкостной несимметрии сети. Резистор в нейтрали при резонансном режиме снижает активную составляющую тока замыкания на

землю, причем значение этого тока при рекомендуемых значениях $R_N = (100-400)$ Ом, например, в сети 10 кВ будет находиться в пределах (57-14,5) А. Хотя применением резистора в нейтрали не обеспечивается ее эффективное заземление, все же при наличии резистора удается существенно снизить уровень перенапряжений при дуговых замыканиях. То же самое имеет место и при совместном использовании резистора и реактора. Перенапряжения, как правило, возникают в переходных режимах, которые здесь не рассматриваются.

2. На основе анализа различных способов заземления нейтрали можно сказать, что только настроенный в резонанс с емкостью сети дугогасящий реактор в сочетании с компенсацией активной составляющей в состоянии обеспечивать полное подавление дуговых замыканий. Применение такого способа направлено непосредственно на основную причину вредных воздействий, возникающих при замыканиях в сетях 3-35 кВ.

3. Отсутствие необходимых технических средств, которые могли бы обеспечить в реальных условиях точную резонансную настройку контура нулевой последовательности сетей, повлекло за собой внедрение различных модификаций резистивного заземления нейтрали. Они предназначены лишь для борьбы со следствиями, а не с истинной причиной, вызывающей перенапряжения. Стремление к отказу от компенсации тока замыкания на землю посредством ДГР и сопутствующих устройств обусловлено частично неправильным и неэффективным его использованием. Значительные отклонения от резонанса, допускаемые в сетях, это не проблема самой компенсации, а неграмотной эксплуатации ДГР. На наш взгляд, современные микропроцессорные системы автоматизации и регулирования, введение в нейтраль сети источника тока вместо включения резистора, а также применение устройств обнаружения замыканий и контроля изоляции будут способствовать комплексному подходу решения проблемы заземления нейтрали в сетях 3-35 кВ.

АДАПТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ЗЕМЛЯНЫХ ЗАМЫКАНИЙ В СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

к.т.н. Ефремов В.А., Алексенко С.А.,
Ластовкин В.Д., Белянин А.А.,
Воронов П.И., ООО «ИЦ Бреслер»
(Чебоксары), ОАО «Магаданэнерго»,
e-mail: rza@ic-bresler.ru

Введение

Основными повреждениями в сетях 6-35 кВ являются ОЗЗ, которые составляют 75-90 % от общего количества повреждений [1]. Согласно [2] ОЗЗ не должно приводить к немедленному отключению повреждённого присоединения. Кроме того, из-за феррорезонансных явлений отключение линии с ОЗЗ может быть нежелательно и приводить к выходу из строя ТН и слабонагруженных силовых трансформаторов, работающих в режимах, близких к холостому ходу [3]. Длительное существование режима ОЗЗ может вызвать пробой и междуфазные или многоместные замыкания. Для защиты от ОЗЗ предложен искусственный перевод ОЗЗ в двойное замыкание на землю (ДЗЗ) и определены принципы выполнения искусственного замыкания. В режиме ДЗЗ токи, в том числе ток нулевой

последовательности, имеют значительную величину, достаточную для срабатывания защиты и определения места повреждения. Разработан алгоритм, обеспечивающий селективное отключение только той линии, на которой наблюдалось ОЗЗ.

Структурная схема адаптивной защиты от ОЗЗ

Разработан алгоритм быстродействующей адаптивной защиты от ОЗЗ. Под адаптацией понимается подстройка под схему сети, приведение режима ОЗЗ в режим ДЗЗ, выявление поврежденных фаз и определение места второго замыкания. На рисунке 1 приведена структурная схема этого алгоритма.

Структурная схема описывает индивидуальное устройство защиты, устанавливаемое на каждое присоединение. Устройство фиксирует ОЗЗ, определяет повреждённый

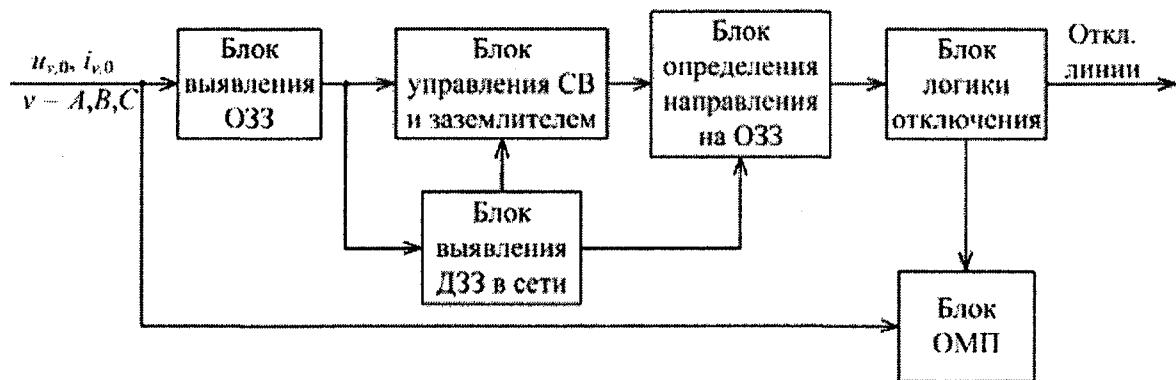


Рисунок 1 - Структурная схема разработанного алгоритма

элемент, выдаёт сигнал на перевод ОЗЗ в ДЗЗ в сети с изолированной нейтралью (на заземление второй искусственной точки) и выдаёт сигнал на отключение повреждённой линии. «Блок выявления ОЗЗ» определяет факт наличия ОЗЗ в сети. В качестве информационных параметров используются фазные/межфазные напряжения и напряжение нулевой последовательности. При определении наличия ОЗЗ в сети сигнал с блока выявления ОЗЗ подаётся на блок управления секционным выключателем (СВ) и заземлителем («Блок управления СВ и заземлителем»), а также на блок выявления двойного замыкания в сети («Блок выявления ДЗЗ в сети»). Блок выявления двойного замыкания в сети необходим для отстройки от режимов, когда в сети происходит естественное двойное замыкание. Этот блок предотвращает замыкание заземлителя в этом режиме.

Если блок выявления двойного замыкания в сети не срабатывает, то устройство подаёт сигнал посредством блока управления секционным выключателем и заземлителем либо на замыкание на землю заземлителя, либо сначала на замыкание СВ, а затем на замыкание на землю заземлителя в зависимости от конфигурации сети. Реле направления мощности нулевой последовательности модуля «Блок определения направления на ОЗЗ» в режиме ДЗЗ определяет направление на ОЗЗ и повреждённый фидер [4], в том числе в соединённых через сеть фидерах, и через блок логики выдаёт сигнал на селективное отключение повреждённой линии. Длительность искусственного двойного замыкания на землю определяется

в основном требованиями обеспечения точного определения места повреждения, что выполняет модуль «Блок ОМП» защиты. В режиме ДЗЗ алгоритм ОМП выполнен с использованием параметров аварийного режима основной гармоники сети [5].

Заключение

Разработанный алгоритм позволит сократить время существования ОЗЗ в сети, тем самым практически исключён режим естественного двойного замыкания на землю. Реализация разработанного алгоритма позволит обеспечить селективную работу защиты с высоким быстродействием, что позволит избежать возможного экономического ущерба от аварий и недоотпуска электрической энергии потребителям.

Литература

1. Щuin В.А., Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ - М.. НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2001.
2. Правила устройства электроустановок, 2002.
3. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и компенсацией емкостных токов. - М.: «Энергия», 1971.
4. Попов И.Н., Лачугин В.Ф., Соколова Г.В. Релейная защита, основанная на контроле переходных процессов. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Лямец Ю.Я., Антонов В.И., Ефремов В.А., Нудельман Г.С., Подшивалин Н.В. Диагностика линии электропередачи. В кн. Электротехнические микропроцессорные устройства и системы. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1992. с. 9-33.

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ АДАПТИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЕХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

д.т.н. Булычёв А.В., к.т.н. Козлов В.Н.,
ООО «НПП Бреслер» (Чебоксары)
e-mail: info@bresler.ru

Введение

С момента появления сетей с изолированной нейтралью и до настоящего времени поиск ОЗЗ остается актуальной проблемой в области РЗА, что свидетельствует об отсутствии приемлемого решения проблемы селективного выявления ОЗЗ. Микропроцессорная техника открывает новые возможности в решении этого вопроса. Сети, относящиеся к классу сетей с изолированной нейтралью, характеризуются многообразием их конфигураций и параметров (воздушные, кабельные, смешанные; компенсированные и некомпенсированные; с нейтралью изолированной или заземленной через резистор, дугогасящий реактор, который может работать в различных и т. д.). В результате многообразие режимов развития ОЗЗ и, как следствие, отсутствие универсального способа селективного выявления линии с ОЗЗ и построения защиты от таких замыканий.

Алгоритмические и физические возможности выявления ОЗЗ

Основными величинами, характеризующими процесс возникновения и развития ОЗЗ, являются напряжение нулевой последовательности U_o контролируемой секции шин и токи нулевой последовательности I_o отходящих от шин линий. К настоящему времени разработан ряд алгоритмов, основанных на взаимном сравнении U_o и I_o , а также выделении, контроле и (или) сравнении их отдельных составляющих. Многие из алгоритмов трудно реализуемы на существующей элементной базе, другие практически нереализуемы из-за возможностей средств измерения. Последнее, в

первую очередь, относится к измерению токов нулевой последовательности.

В сетях, где ток I_o составляет единицы ампер и более, он может быть определен как сумма линейных токов всех фаз линии. Однако количество таких сетей невелико, поскольку предпринимаются разнообразные меры для снижения тока I_o и устранения сопутствующих эффектов возникновения дуги при ОЗЗ, перенапряжений, электрохимической коррозии металлической оболочки кабелей и т. д. Поэтому реальные токи I_o в большинстве сетей измеряются долями ампера, а в сетях, имеющих компенсацию емкостного тока - миллиамперами. Из-за неидентичности характеристик линейных трансформаторов погрешности расчета I_o в разы превышают реальные токи нулевой последовательности.

Для измерения малых токов I_o используются специальные ТТ нулевой последовательности (ТТНП). Основная проблема ТТНП заключается в малой величине магнитного поля. Однако получение высоких метрологических свойств ТТНП, необходимых для высокочувствительной защиты, связано с определенными трудностями, преодоление которых имеют противоречивый характер. Во-первых, токи нулевой последовательности, контролируемые устройством защиты, невелики, они создают слабое магнитное поле первичной обмотки. Во-вторых, усилить магнитное поле первичной обмотки за счет увеличения количества витков первичной обмотки практически невозможно из-за ограничений реализуемости. В-третьих, эквивалентный первичный ток

ТТНП в определенных условиях может быть значительным, например, при замыканиях на землю двух фаз в двух разных точках, и ТТНП должен выдерживать этот ток в течение определенного времени.

В связи с этим привлекательный алгоритм построения селективной защиты от ОЗЗ, построенный на контроле направления мощности нулевой последовательности, реализованный у большинства производителей устройств микропроцессорной защиты, во многих случаях оказывается не используемым в реальных условиях. Практическая реализация возможна лишь при использовании специальных ТТНП неразъемной конструкции, выполненных на основе магнитных материалов с особыми магнитными свойствами. При этом ТТНП должны поставляться в комплекте с защитой от ОЗЗ (аналогично защитам фирмы SEPARA), что ограничивает применение защит на действующих подстанциях.

В микропроцессорном (МП) устройстве защиты для изменения алгоритма обработки контролируемых сигналов нет необходимости это устройство создавать заново. Если имеется достаточный ресурс в требуемом интервале времени, все известные алгоритмы выявления ОЗЗ могут быть выполнены одновременно. Тем более что защита от ОЗЗ не требует высокого быстродействия. Положительным является также то, что цифровая обработка сигналов позволяет достаточно просто выполнить ранее сложно реализуемые алгоритмы, использующие высокочастотные составляющие сигналов, алгоритмы контроля спектра сигналов и т. д.

Одновременное выполнение различных алгоритмов выявления ОЗЗ предполагает вопрос: «А каким из них в данном случае доверять?» На первый план выходят: задача классификации режимов возникновения и развития ОЗЗ с позиции их достоверного

определения теми или иными алгоритмами; а также задача информационной различимости (идентификации) этих режимов. Защиту в этом случае можно считать адаптивной, т. е. автоматически подстраивающейся под режим ОЗЗ.

МП-реализация устройства защиты позволяет смягчить и требования к ТТНП за счет цифровой коррекции их характеристик. Основным требованием к ТТНП в этом случае является идентичность этих характеристик.

Реализация адаптивной защиты от ОЗЗ

Защиты от ОЗЗ могут быть индивидуальными (контролирующими одну линию) или централизованными (контролирующими все линии, отходящие от секции шин). Последние технически более совершенны, т.к. обладают большей информационной базой. Основной проблемой выполнения централизованной защиты является кабельное хозяйство, объем которого нарастает пропорционально количеству контролируемых линий. ТТНП из-за разной длины соединительных проводов работают с различной вторичной нагрузкой, что существенно ухудшает их характеристики. МП-реализация позволяет выполнить централизованную защиту рассредоточенной путем переноса обработки тока I_o непосредственно к ТТНП, а связь с центральным терминалом выполнить в цифровом виде. Такое решение делает систему защиты гибкой и легко масштабируемой, позволяет просто наращивать количество контролируемых линий.

ООО «НПП Бреслер» серийно выпускает адаптивную защиту от ОЗЗ «Бреслер-0107.ОПФр». Защита прошла сертификационные испытания ОАО «ФСК ЕЭС». Устройства защиты установлены более чем на 1500 линиях 6-35 кВ.

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6-10 кВ С БОЛЬШИМИ ТОКАМИ ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ

Алексеев К.О., Морозов А.К., к.т.н. Пашковский С.Н.,
Чувашский государственный университет
И.Н. Ульянова - ООО НПП «Экра»

Введение

В настоящее время подавляющее большинство кабельных сетей 6-10 кВ городов и крупных промышленных предприятий имеют большие токи замыкания на землю и поэтому работают в режиме заземления нейтрали через дугогасящий реактор [1]. Как известно, в сетях с компенсацией емкостного тока токи (без учета активной составляющей) не позволяют получить однозначный признак поврежденного элемента при замыкании на землю. В этой связи в различных устройствах используются либо естественные составляющие токов нулевой последовательности с частотой, отличающейся от промышленной, либо искусственно вводимые (накладываемые) на сеть токи.

Проблемы и особенности селективной защиты

Наиболее распространенными устройствами, использующими естественные высшие гармоники, являются устройства, описанные в [2, 3]. Известным недостатком данных устройств является то, что затруднительно выбрать определенный порог их срабатывания, так как уровень гармонических составляющих в сети может изменяться в широких пределах [4, 5]. Способ относительного замера обеспечивает практический во всех случаях правильную работу защиты. Однако реализация такого способа требует централизованного исполнения, что обуславливает большую техническую сложность. Такой метод, в принципе, возможно применить и в разветвленных сетях радиальной структуры при соответствующем согласовании выдержек времени защит на разных подстанциях.

Однако в этом случае невозможно

полностью исключить влияние изменения абсолютного уровня высших гармоник в сети. Это объясняется тем, что на подстанциях, где все линии не повреждены, устройство относительного замера выберет как поврежденную одну из линий с наибольшим током. Для того, чтобы исключить такое ошибочное действие защиты, необходимо привлекать дополнительный признак, которым, по нашему мнению, может являться абсолютная величина тока высших гармоник линии, питающей подстанцию. Именно это обстоятельство может сделать затруднительным использование принципа относительного замера для выполнения селективной защиты в разветвленной сети.

Одним из известных способов выполнения защиты в сетях с компенсацией емкостного тока является измерение уровня низкочастотных гармоник в токе нулевой последовательности при дуговых перемежающихся замыканиях и уровня искусственно наложенного контрольного тока с частотой 25 Гц при устойчивых замыканиях [6].

Достоинством данного способа является относительная стабильность воздействующих величин в различных режимах работы. Границы применимости данного способа ограничены необходимостью установки специального источника контрольного тока и ограничениями по конфигурации сети.

В последнее время часто высказываются предложения по решению проблемы обеспечения селективной работы защиты от замыканий на землю путем изменения режима работы нейтрали, а именно заземление нейтрали через такое достаточно низкое сопротивление, при котором создается большой ток замыкания на землю,

позволяющий выполнить простую токовую защиту. Однако при этом защита во всех случаях должна действовать на отключение с небольшой выдержкой времени. Практика показывает, что к такому действию защиты готовы не все потребители. Кроме того, при отказе защиты или выключателя заземляющий резистор, который не рассчитывается на длительное протекание тока, автоматически отключается, и сеть с большим емкостным током переходит в режим изолированной нейтрали с возможными известными негативными последствиями.

Компромиссным вариантом, по нашему мнению, может являться комбинированное заземление нейтрали [7]. Достоинством комбинированного заземления нейтрали является возможность отключения заземляющего резистора при отказе защиты без появления существенных проблем. В этом случае сеть переходит в режим работы с компенсацией емкостного тока, и открываются новые возможности для выполнения селективной защиты от замыканий на землю с использованием повышенной активной составляющей тока, создаваемой дополнительным заземляющим резистором.

Заключение

Известные способы выполнения защиты от замыканий на землю в зависимости от конкретных условий обладают определенными недостатками. Одним из возможных вариантов, который может быть применен во многих случаях, является применение комбинированного заземления нейтрали.

Литература

1. Правила устройства электроустановок. Дополненное с исправлениями. - М.: ЗАО «Энергосервис», 2008 - 440 с.
2. Авторское свидетельство 805463 СССР, МКИЗ Н 02 Н 3/16. Устройство для защиты электроустановки от однофазного замыкания на землю в компенсированной сети//В.В. Кискачи. - № 2678664/24-07. Заявлено 26.10.1978; Опуб. 15.02.1981.
3. Кискачи В.М., Сурцева С.Е., Горшенина Н.М., Панфилов Б.И. Устройства сигнализации замыканий на землю// Электрические станции. 1972. № 4. с. 69-72.
4. Кискачи В.М. Селективность сигнализации замыканий на землю с использованием высших гармоник токов нулевой последовательности//Электричество. 1967. № 9.
5. Кискачи В.М. Условия селективной работы сигнализации однофазных замыканий на землю с использованием высших гармоник тока нулевой последовательности //Труды ВНИИЭ. Т. 26 - М.: Энергия, 1966.
6. Вайнштейн Р.А., Юдин С.М. и др. Защита от замыканий на землю в компенсированных сетях 6-10 кВ//Электричество. 1998. № 7. с. 26-30.
7. Ильиных М.В., Сарин Л.И., Ширковец А.И. Анализ опыта эксплуатации сети 6 кВ ТЭЦ Кузнецкого металлургического комбината с компенсированной и комбинированно-заземленной нейтралью//Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование 6-35 кВ: Труды Четвертой Всероссийской научно-технической конференции. - Новосибирск, 2006. с. 62-71.

Микропроцессорные устройства РЗА серии ТЭМП 2501 производства ООО «ИЦ «Бреслер»

Исследовательский центр «Бреслер» - комплексное многофункциональное, научно-производственное предприятие. Компания производит:

- системы РЗА энергосистем и потребителей;
- комплектные устройства автоматики и защиты;
- шкафы автоматики, управления и защиты;
- шкафы АСУ, АСУ ТП.

Комплектные устройства релейной защиты и автоматики присоединений 6-35 кВ серии ТЭМП 2501 (ТЭМП 2501-1, ТЭМП 2501-2, ТЭМП 2501-3, ТЭМП 2501-4, ТЭМП 2501-5, ТЭМП 2501-6) приняты аттестационной комиссией ОАО «ФСК ЕЭС» в 2013 г. и рекомендованы для применения на объектах ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК».

Назначение и область применения

Микропроцессорные устройства серии ТЭМП 2501 предназначены для применения в схемах вторичной коммутации электрических станций, подстанций и распределительных устройств с переменным, выпрямленным переменным или постоянным оперативным током. Устройства могут быть установлены в КСО и КРУ любого типа и производителя, КРУН, КТП СН, а также на панелях, в шкафах управления, расположенных в релейных залах и пультах управления.

Устройства осуществляют выполнение необходимых функций по защите, автоматике, управлению и сигнализации различных присоединений комплектных распределительных устройств 6-35 кВ. Устройства токовых защит обеспечивают взаимодействие с масляными, вакуумными, элегазовыми выключателями, оснащёнными различными типами приводных механизмов, а также с автоматическими выключателями 0,4 кВ, имеющими электромагниты управления.

Общие положения

Все устройства серии ТЭМП 2501 выполнены с максимально возможным набором защит и автоматики. Работа отдельных функций, а также взаимодействие между

ними, определяется заданной конфигурацией логической схемы конкретного устройства, которая может быть отредактирована в соответствии с требованиями применения непосредственно по месту установки устройства. Наличие в составе устройств дискретных входов и выходных реле программируемого пользователем назначения значительно расширяет возможности их применения, позволяет реализовать различные (в т. ч. и нетиповые) схемы вторичной коммутации шкафов защит.

Микропроцессорная элементная база, на основе которой разработаны устройства серии ТЭМП 2501, позволяет реализовать универсальное устройство, совмещающее функции релейной защиты, управления, автоматики, сигнализации, измерения, регистрации. Наряду с основными задачами назначения устройства выполняют и дополнительные функции:

- обеспечивают возможность подключения к ПК для настройки параметров устройства и ведения электронной базы уставок присоединений энергообъекта (с помощью специального ПО);
- осуществляют передачу в АСУ параметров защищаемого присоединения;

- фиксируют аварийные ситуации при соединении с записью параметров повреждения, момента возникновения и длительности аварии;
- содержат встроенный аварийный осциллограф;
- контролируют исправность выключателя и осуществляют его диагностику.

Использование микропроцессорной элементной базы обеспечивает постоянство характеристик, точность измерений, а также возможность реализации различных алгоритмов автоматики, управления, защитных функций. В то же время технические характеристики устройств делают возможным их применение на объектах с жёсткими

Общие технические параметры серии ТЭМП 2501

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Цепи оперативного тока	
Рабочий диапазон напряжения питания (переменное, постоянное, выпрямленное), В	от 88 до 264
Потребляемая мощность (номинальная/максимальная), Вт (В·А)	7/15
Время готовности устройства, мс	не более 250
Аналоговые входы	
Номинальный фазный ток, I_n , А	1/5
Номинальный ток нулевой последовательности, $3I_0$, А	0,2/1
Диапазон контролируемых токов, I_n	от 0,01 до 40,00
Термическая стойкость токовых цепей (длительно/1 с), I_n	4/100
Номинальное напряжение U_n ($3U_0$), В	100/110
Диапазон контролируемых напряжений, U_n	от 0,01 до 2,00
Частота входного сигнала, Гц	50 ± 5
Потребляемая мощность, В·А	не более 0,3
Дискретные входы	
Номинальное напряжение управления, В	110 либо 220
Напряжение срабатывания (волях от напряжения управления), В	не менее 0,65
Потребляемая мощность, Вт (В·А)	не более 0,8
Собственное время срабатывания, мс	не более 20
Программируемая выдержка времени срабатывания входа, с	от 0,03 до 300
Выходные реле	
Максимальное напряжение на контактах, В	~ 440/ = 300
Номинальный ток контактов, А	8
Допустимый ток включения (в течение 4 с/в течение 0,5 с), А	15/30
Порты передачи данных	
Протокол связи	SPA-bus
Передний порт связи (подключение к ПК)	RS-232
Задний порт связи (подключение к АСУ)	ИРПС/ТТЛ/RS-485/ВОЛС
Скорость передачи данных, бит/с	2400/4800/9600/19200
Дополнительные сведения	
Масса устройства, кг	не более 5
Диапазон рабочих температур, °C:	
- обычный	от - 20 до + 55
- расширенный	от - 40 до + 55

условиями эксплуатации. Габаритные и установочные размеры устройств ТЭМП 2501 приведены на рисунках 1-5. Общие технические параметры устройства серии ТЭМП 2501 приведены в таблице 1.

Функциональный состав серии:

- ТЭМП 2501-1Х - устройство защиты и автоматики присоединений 0,4-35 кВ (универсальное);
- ТЭМП 2501-2Х - устройство защиты и автоматики секционного (шинного) ТН;
- ТЭМП 2501-3Х - устройство защиты и автоматики линии 6-35 кВ;
- ТЭМП 2501-4Х - устройство защиты и автоматики ЭД большой и средней мощности;
- ТЭМП 2501-5Х - устройство направленных токовых защит и автоматики присоединений 6-35 кВ;
- ТЭМП 2501-6Х - устройство защит по напряжению и АВР.

Устройства серии ТЭМП 2501 обеспечивают хранение уставок, конфигурации и

зарегистрированных событий (в т. ч. и осцилограмм) независимо от наличия напряжения питания сколь угодно долго в течение всего срока службы (не менее 25 лет). Устройства содержат встроенные часы-календарь, благодаря которым обеспечивается привязка зарегистрированных параметров (аварийных ситуаций) к реальному времени. При отсутствии (исчезновении) оперативного напряжения обеспечивается корректная работа часов-календаря в течение не менее чем 2-х месяцев.

В составе устройств реализована развитая система самодиагностики, которая обеспечивает постоянный контроль исправности аппаратной и программной частей. При обнаружении неисправности устройства его работа блокируется, выдаётся предупреждающая сигнализация и дополнительная информация об источнике неисправности.

Устройства серии ТЭМП 2501 выпускаются в различных вариантах конструктивного исполнения:

Таблица 2
Устойчивость к воздействию помех

Воздействие	Параметры	Степень жёсткости
Магнитное поле промышленной частоты - длительно - в течение 1 с	100 А/м 1000 А/м	5 по ГОСТ Р 50648
Импульсное магнитное поле	300 А/м	4 по ГОСТ Р 50649
Электростатический разряд - контактный разряд - воздушный разряд	6 кВ, 150 пФ 8 кВ, 150 пФ	3 по ГОСТ Р 51317.4.2
Радиочастотное электромагнитное поле	80-1000 МГц, 10 В/м	3 по ГОСТ Р 51317.4.3
Наносекундные импульсные помехи - цепи контроля тока (напряжения) - цепи питания, входные и выходные	4 кВ, 5/50 нс 2 кВ, 5/50 нс	4 по ГОСТ Р 51317.4.4
Микросекундные импульсные помехи	1/50 мкс, 4 кВ	4 по ГОСТ Р 51317.4.5
Колебательные затухающие импульсные помехи	0,1...1 МГц; 1 кВ	3 по ГОСТ Р 51317.4.12
Кондуктивные радиочастотные помехи	0,15...80 МГц, 10 В	3 по ГОСТ Р 51317.4.6
Кондуктивные помехи промышленной частоты - длительно - в течение 1 с	30 В 100 В	4 по ГОСТ Р 51317.4.16
Динамические изменения электропитания - провалы напряжения до 50 % от U_n - прерывания напряжения	2 с 0,5 с	4 по ГОСТ Р 51317.4.11

- ТЭМП2501-Х1 - утопленный монтаж, горизонтальное крепление;
- ТЭМП2501-Х2 - навесной монтаж;
- ТЭМП2501-Х3 - утопленный монтаж, вертикальное крепление.

Все входные и выходные цепи гальванически изолированы от внутренней схемы устройства и относительно друг друга, выдерживают воздействие испытательного напряжения 2 кВ в течение 1 минуты.

Устройства серии ТЭМП 2501 разработаны для применения на объектах с неблагоприятной электромагнитной обстановкой.

Реализованные в устройствах технические решения обеспечивают их нормальное функционирование без сбоев в условиях воздействия помех (таблица 2) в соответствии с ГОСТ Р 51317.6.5 «Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях», что регулярно подтверждается испытаниями в аккредитованных лабораториях по измерению параметров ЭМС.

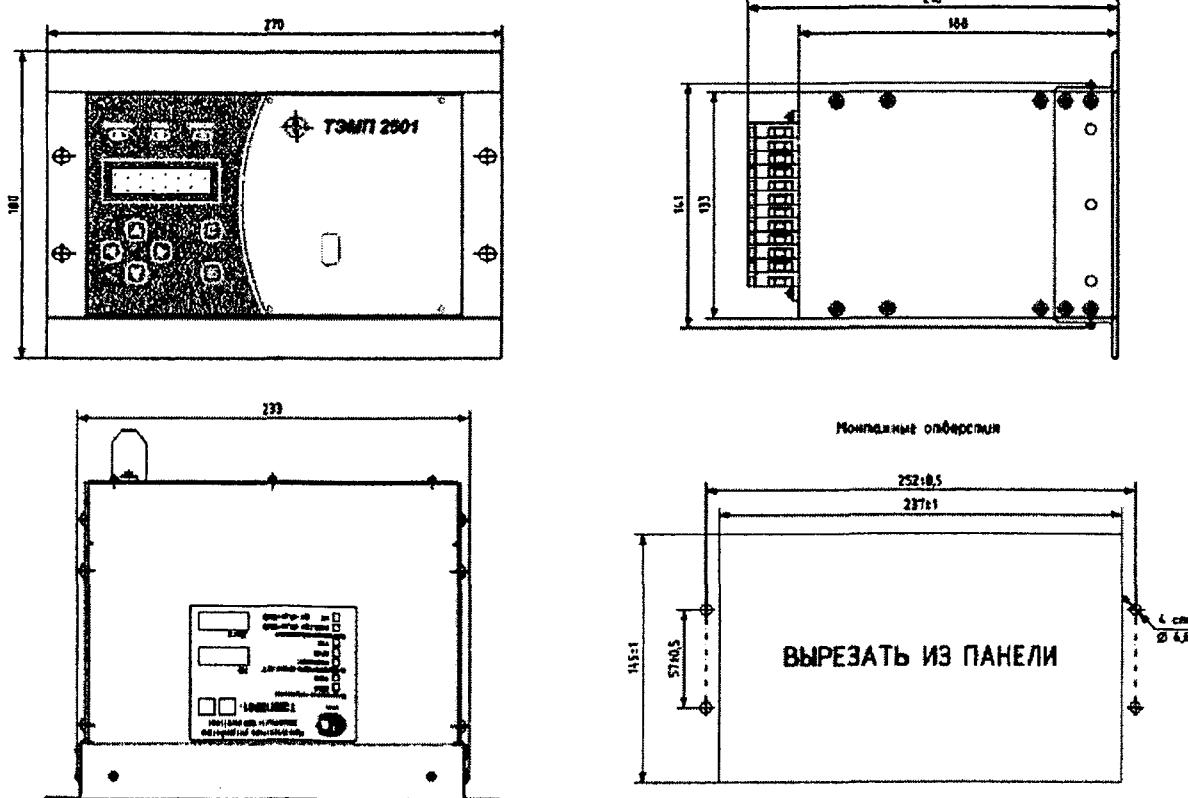


Рисунок 1 - Габаритные и установочные размеры ТЭМП 2501-11/21/31/41

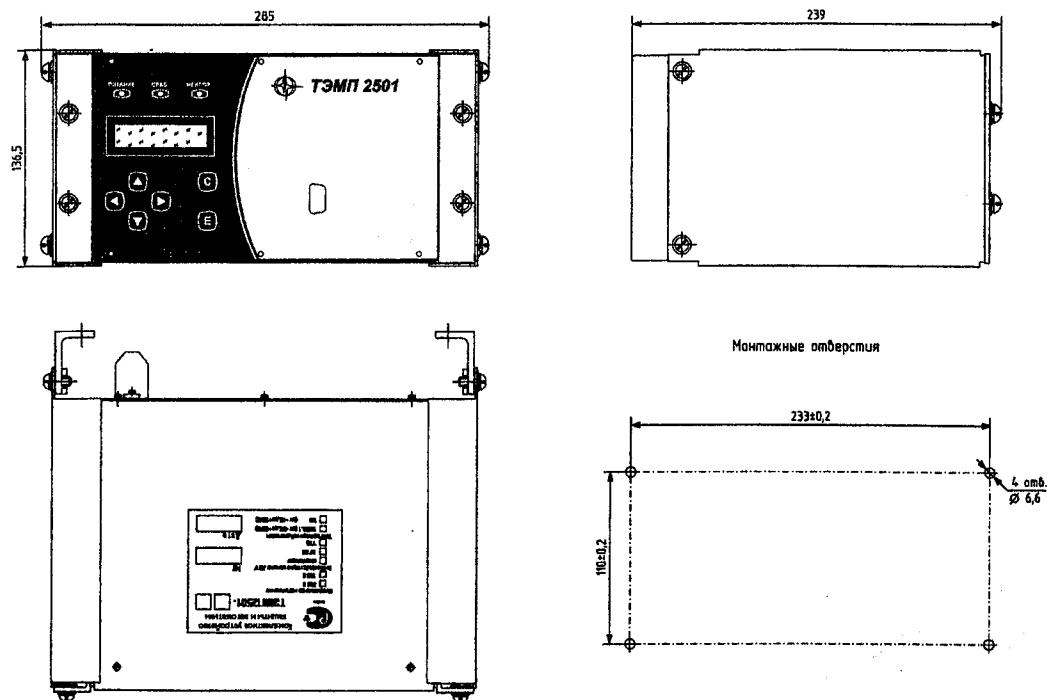


Рисунок 2 - Габаритные и установочные размеры ТЭМП 2501-12/22/32/42

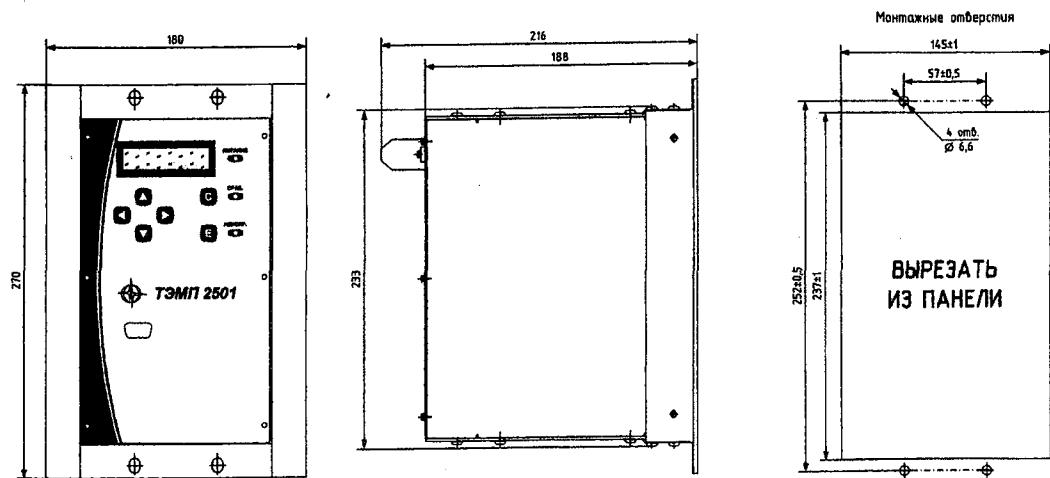


Рисунок 3 - Габаритные и установочные размеры ТЭМП 2501-13/23/43

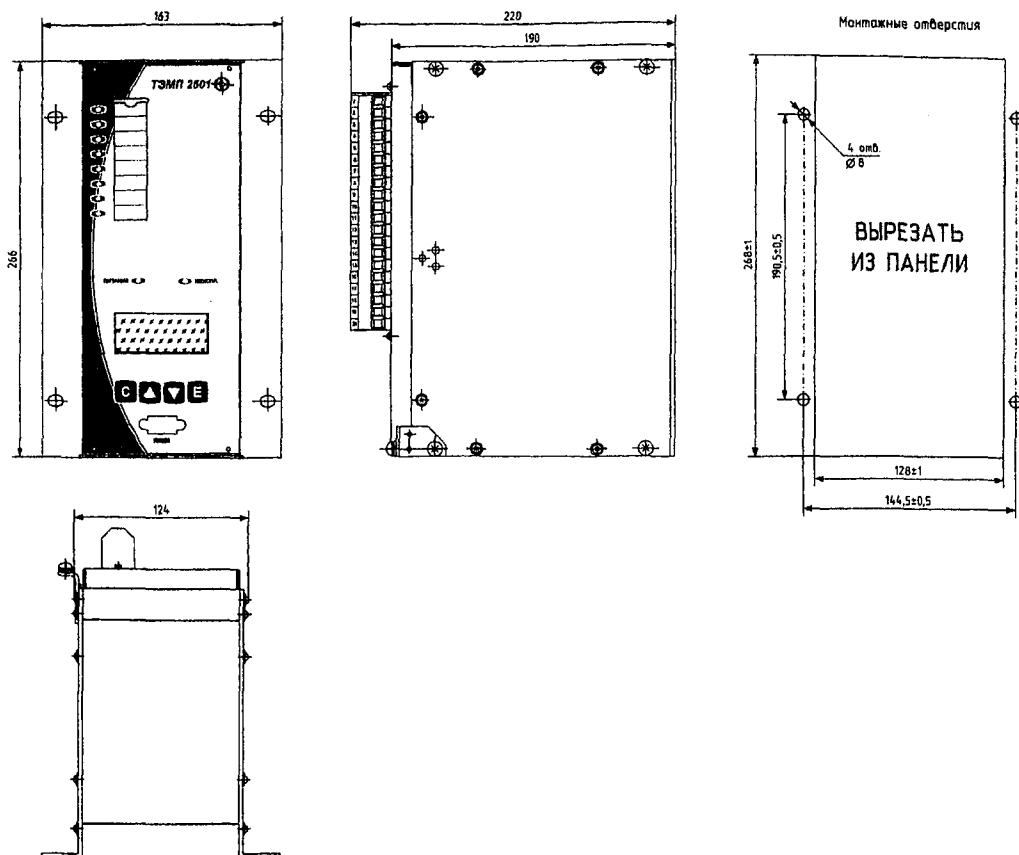


Рисунок 4 - Габаритные и установочные размеры ТЭМП 2501-51/61

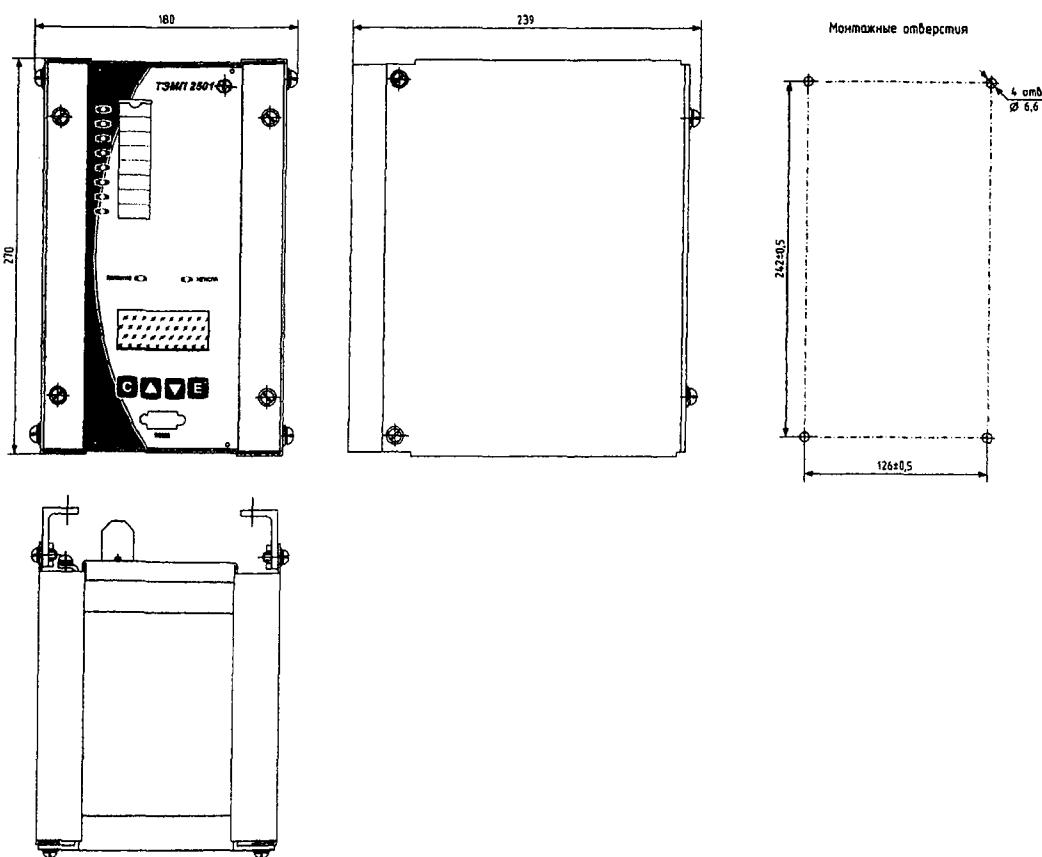


Рисунок 5 - Габаритные и установочные размеры ТЭМП 2501-52/62

Комплектное устройство защиты и автоматики присоединений

6-35 кВ ТЭМП 2501-1



Назначение и область применения

Универсальное устройство токовых защит и автоматики ТЭМП 2501-1 содержит несколько функциональных схем, что позволяет использовать его для построения схем защиты вводного выключателя секции, секционного выключателя, отходящей линии (воздушной или кабельной), линии к ТСН, электродвигателя 6-10 кВ.

Основное назначение устройства - селективная защита от междуфазных коротких замыканий выполненная в виде ненаправленной двух- или трехфазной МТЗ и защита от замыканий на землю в распределительных сетях напряжением 6-35 кВ и 0,4 кВ с изолированной или глухозаземленной нейтралью. Основные функции и характеристики устройства приведены в таблице 3. Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501 представлен на рисунке 6.

Комплектное устройство защиты и автоматики ТЭМП 2501-1 соответствует требованиям технических условий ТУ 3433-016-54080722-2010 и ГОСТ Р51321.1. Устройство разработано в соответствии с

«Общими техническими требованиями к микропроцессорным устройствам защиты и автоматики энергосистем» РД 34.35.310 с соблюдением необходимых требований для применения их на ПС с переменным, выпрямленным переменным или постоянным оперативным током.

Основные характеристики устройства

Состав устройства:

- количество аналоговых каналов - 4 (Ia, Ib, Ic, 3Io);
- количество дискретных входов - 8 (4 фиксированного назначения, 4 программируемых);
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих контактов внешних устройств (программируется пользователем);
- количество выходных реле - 10 (5 фиксированного назначения, 5 программируемых);
- два последовательных порта связи;
- 3 функциональных светодиода («Питание», «Срабатывание», «Неисправность»);
- символьный дисплей 2 строки по 16 символов;

- 6 кнопок перемещения по структуре меню и редактирования параметров (установок) устройства.

Защита:

- трехступенчатая ненаправленная МТЗ;
- ускорение второй ступени МТЗ при включении выключателя;
- автоматическое удвоение уставок первой и второй ступеней МТЗ при включении выключателя;
- возможность использования второй ступени МТЗ как защиты от асинхронного режима работы;

- обратнозависимые времятоковые характеристики (6 типов) третьей ступени МТЗ;
- ненаправленная защита от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ);
- защита от несимметричного режима работы нагрузки (защита от обрыва фаз);
- резервирование отказа выключателя (УРОВ);
- логическая защита шин (ЛЭШ) с контролем положения выключателя;
- дуговая защита (приём сигнала от внешнего датчика).

Таблица 3
Основные функции и характеристики устройства ТЭМП 2501-1

Функции	Основные характеристики	Обозначение	Параметры
Защита			
1-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое удвоение уставки - 1 выдержка времени 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,25 ... 40 I = 0,05 ... 300 с
2-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое удвоение уставки - 3 выдержки времени срабатывания - возможность ускорения срабатывания - регулируемое время возврата - формирование сигнала «Пуск МТЗ» для ЛЭШ 	$I_{уст}$ $T_{уст}$ $T_{пуск}$ $T_{возвр}$	= 0,25 ... 40 I_n = 0,05 ... 300 с = 0,10 ... 1,5 с = 0,04 ... 10 с
3-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - 6 типов времятоковых характеристик, - 2 выдержки времени срабатывания, - формирование сигнала «Пуск МТЗ» для ЛЭШ 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10 ... 5 I = 0,05 ... 300 с*
ЗОФ	<ul style="list-style-type: none"> - 2 выдержки времени срабатывания - выдержка времени 1 с при 100 % несимметрии 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 10 ... 100 % = 1 ... 300 с
ОЗЗ	<ul style="list-style-type: none"> - 6 типов времятоковых характеристик - 2 выдержки времени срабатывания 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10 ... 2,5 I = 0,05 ... 300 с*
УРОВ	<ul style="list-style-type: none"> - фиксированная уставка по току - регулируемая выдержка времени срабатывания 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,05 I = 0,1 ... 1,0 с
Дуговая защита	<ul style="list-style-type: none"> - приём сигнала от внешнего датчика - возможность ввода контроля по току - запрет срабатывания при неисправности датчика 		
* время срабатывания при независимой от тока выдержке			
Автоматика			
Двукратное АПВ	<ul style="list-style-type: none"> - формирование сигнала несоответствия - разрешение/запрет внешним сигналом - возможность запрета при работе защит 	$T_{рот}$ $T_{ср1}$ $T_{ср2}$	= 0,5...25 с = 0,5...20 с = 0,5...120 с
ЧАПВ	- отключение по АЧР с последующим автоматическим включением	$T_{рот}$ $T_{ср}$	= 0,5...25 с = 0,5...120 с
АВР	<ul style="list-style-type: none"> - с контролем напряжения защитой ВВ - с контролем напряжения защитой СВ 	$T_{рот}$ $T_{ср1}$	= 10 с Не более 0,3 с

Автоматика:

- двукратное АПВ;
- отключение от АЧР с последующим ЧАПВ;
- автоматический ввод резерва (АВР);
- приём сигналов отключения от внешних устройств;
- возможность блокировки защит внешним дискретным сигналом.

Управление выключателем:

- приём команд от ключей управления выключателем (местное);
- управление по последовательным портам связи (дистанционное);
- блокировка многократных включений выключателя (защита от «прыгания»);
- контроль положения выключателя и исправности цепей управления.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- регистрация пуска/срабатывания защит (5 событий: значения токов, длительность, дата-время);
- аварийный осциллограф (предаварийная запись 0,5 с, запись аварии от 0,5 до 5,0 с, объем 35 с);
- индикация токов в первичных и относительных значениях;

- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит;
- фиксация вида повреждения после аварийного отключения;
- возможность автоматического сброса сигнализации после успешного АПВ;
- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле;
- встроенное реле РФК.

Дополнительные сведения:

Коэффициент возврата защит (кроме 3-й ступени МТЗ) - 0,95;

Коэффициент возврата 3-й ступени МТЗ - от 0,7 до 0,96;

Время возврата защит (кроме 2-й ступени МТЗ), с, не более - 0,04;

Погрешность по току срабатывания:

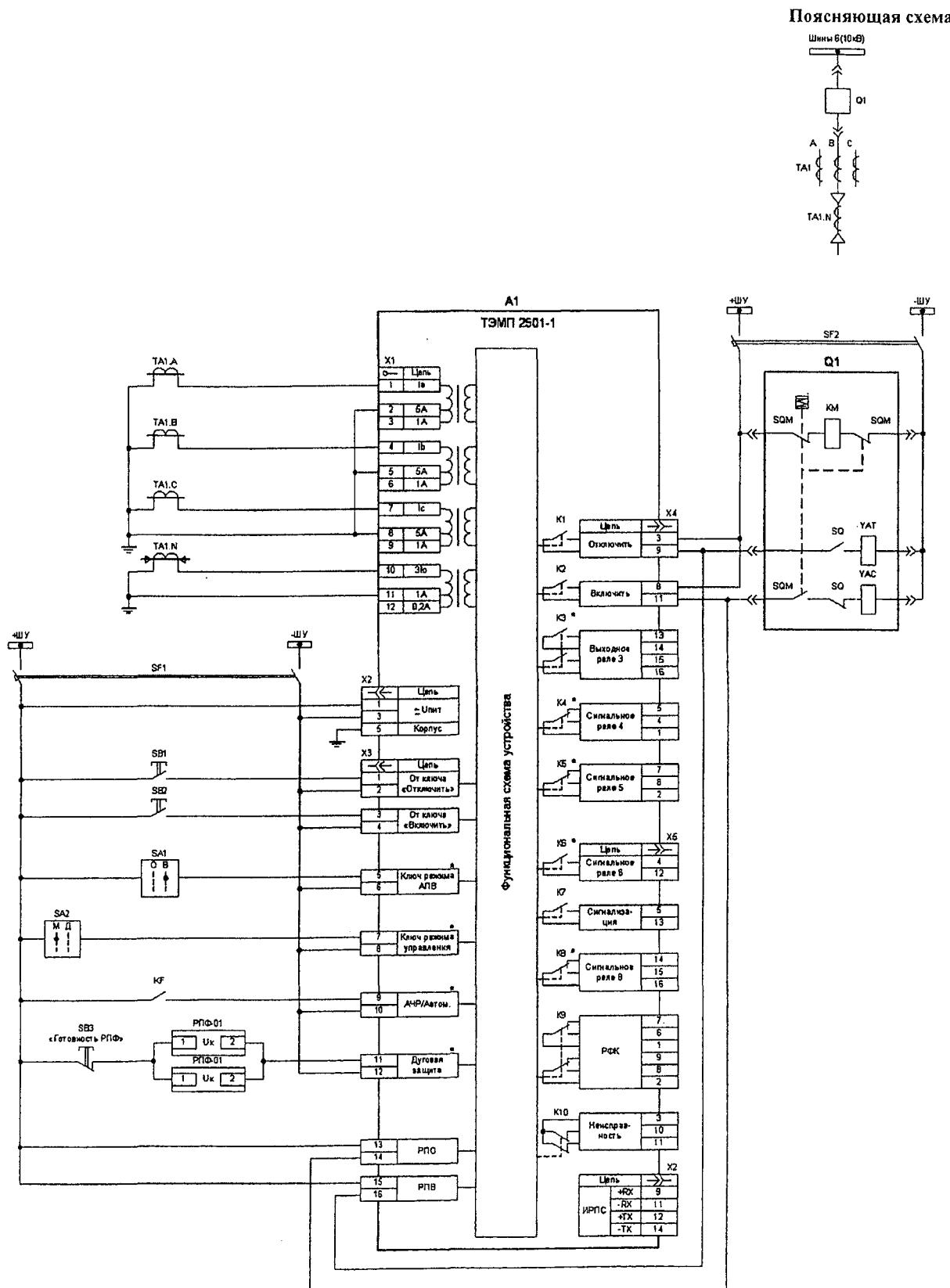
- при уставках менее $0,5 I_n$, не более - ($\pm 5 \%$);

- при уставках более $0,5 I_n$, не более - ($\pm 3 \%$)

Погрешность по времени срабатывания:

- при уставках менее 0,5 с, не более - (± 10 мс);

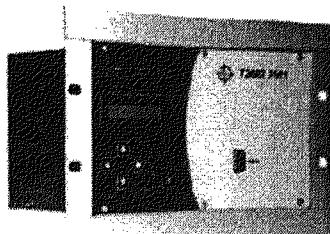
- при уставках более 0,5 с, не более - (± 10 мс).



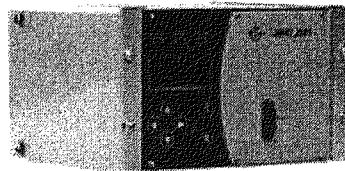
* - назначение дискретных входов и выходных реле определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства

Рисунок 6 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-1
(на постоянном оперативном токе)

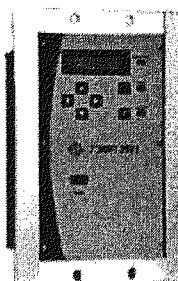
Комплектное устройство защиты и автоматики секционного трансформатора напряжения 6-35 кВ ТЭМП 2501-2



ТЭМП 2501-21
установленный монтаж,
горизонтальное крепление



ТЭМП 2501-22
навесной монтаж



ТЭМП 2501-23
установленный монтаж,
вертикальное крепление

Назначение и общие сведения

Основное назначение устройства ТЭМП 2501-2 - реализация групповых защит при соединений секции по напряжению и формирование управляющих сигналов для функций автоматики устройств защиты по току.

Устройство защиты и автоматики ТЭМП 2501-2 представляет собой комбинированное микропроцессорное реле напряжения, которое устанавливается в ячейку секционного (шинного) ТН. Основные функции и характеристики устройства приведены в таблице 4. Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501-2 представлен на рисунке 7.

Основные характеристики устройства

Состав устройства:

- количество аналоговых каналов - 4 (U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , $3U_o$);
- количество дискретных входов - 8;
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих контактов внешних устройств (программируется пользователем);
- количество выходных реле - 10 (все программируемые);
- два последовательных порта связи;
- 3 функциональных светодиода («Питание», «Срабатывание», «Неисправность»);
- символьный дисплей 2 строки по 16 символов;
- 6 кнопок перемещения по структуре меню и редактирования параметров (установок) устройства.

Защита:

- двухступенчатая защита минимального напряжения ($3U<$, $3U<<$);
- двухступенчатая защита от повышения напряжения ($3U>$, $3U>>$);
- трехступенчатая защита от понижения линейных напряжений ($U<<$, $U<<$, $U<<<$);
- двухступенчатая защита от замыканий на землю по напряжению нулевой последовательности ($U_o>$, $U_o>>$).

Автоматика:

- отключение ввода секции по АВР;
- вольтметровая блокировка защит при соединений;
- приём внешнего сигнала от защиты по напряжению обратной последовательности;
- контроль напряжения секции;
- контроль общесекционных автоматов (автоматов образования шинок);
- контроль исправности цепей напряжения шинного ТН;
- контроль положения вводного и секционного выключателей.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- регистрация пуска/срабатывания защит (5 событий: значения напряжений, длительность, дата-время);
- аварийный осциллограф (предаварийная запись 0,5 с, запись аварии от 0,5 до 5,0 с, объем 35 с);
- индикация напряжения в первичных и относительных значениях;

- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит;
- фиксация вида повреждения;
- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле.

Дополнительные сведения:

Коэффициент возврата защит от понижения напряжения - 1,05;

Коэффициент возврата защит от повышения напряжения, не более - 0,95;

Время возврата защит, с, не более - 0,04;

Погрешность по напряжению срабатывания:

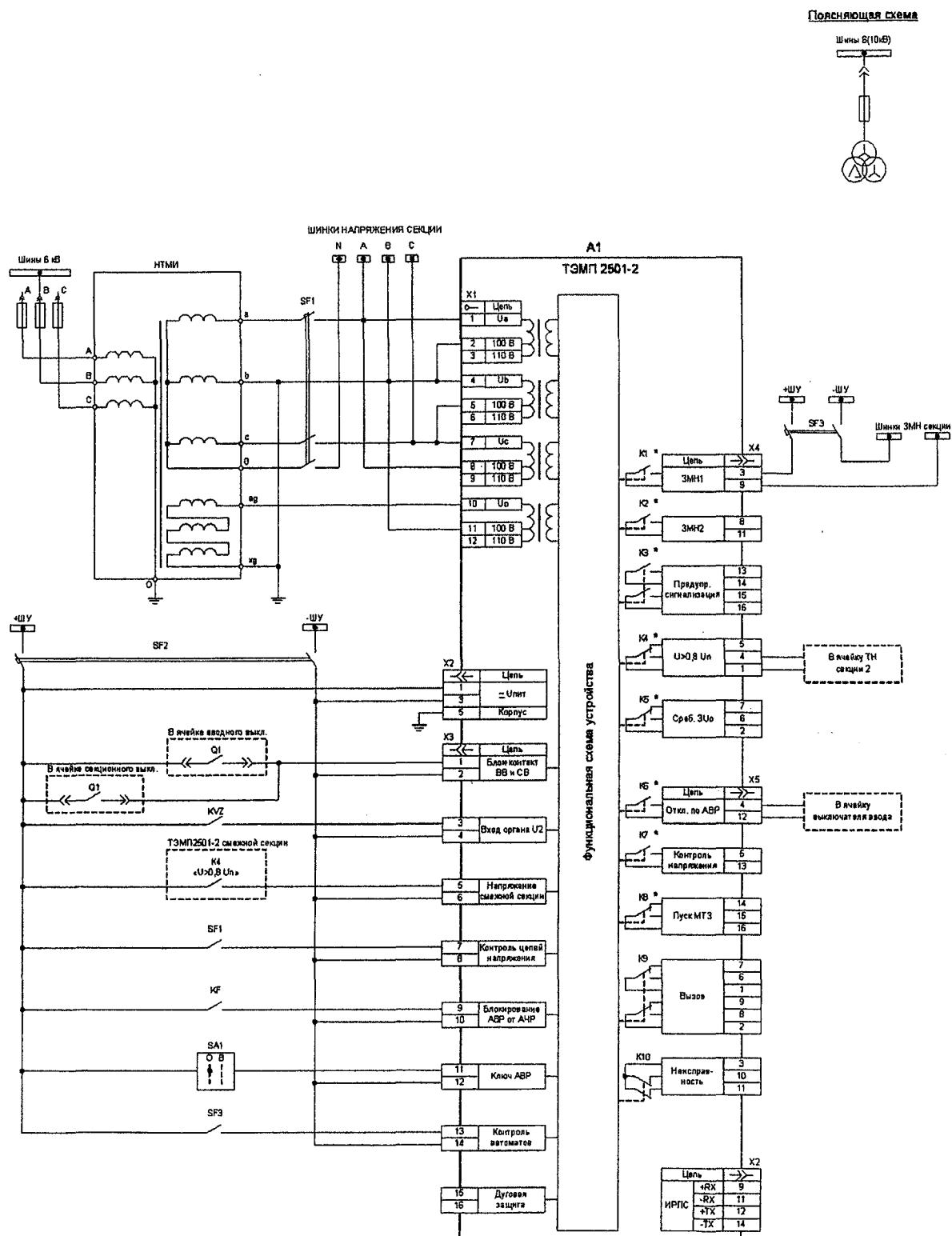
- при уставках менее 0,5 лп, не более - ($\pm 5\%$);
- при уставках более 0,5 лп, не более - ($\pm 3\%$);

Погрешность по времени срабатывания:

- при уставках менее 0,5 с, не более - (± 10 мс);
- при уставках более 0,5 с, не более - ($\pm 2\%$).

Основные функции и характеристики устройства ТЭМП 2501-2

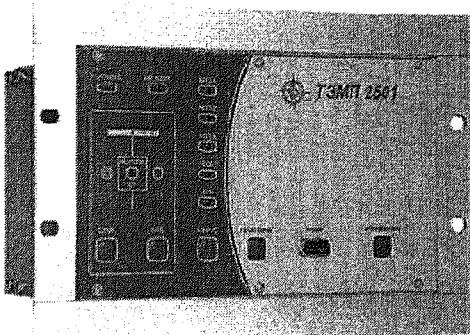
Функции	Основные характеристики	Обозначение	Параметры
Защита от понижения напряжения			
1-я ступень (3U<<)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,2 U _n = 0,05...10 с
2-я ступень (3U<)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,2 U _n = 0,05...100 с
Защита от повышения напряжения			
1-я ступень (3U>>)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,6 U _n = 0,05...10 с
2-я ступень (3U>)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,6 U _n = 0,05...100 с
Защита от понижения линейных напряжений			
1-я ступень (U<<<)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,2 U = 0,05...10 с
2-я ступень (U<<)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,2 U = 0,05...10 с
3-я ступень (U<)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...1,2 U = 0,05...100 с
Защита по максимальному напряжению нулевой последовательности			
1-я ступень (U >>)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,02...1,0 U = 0,05...10 с
2-я ступень (U >)	- 1 выдержка времени	$U_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,02...1,0 U = 0,05...100 с
ЗМН 1	- пуск при срабатывании ступени 3U< - контроль исправности цепей напряжения - возможность фиксации срабатывания (удержания) до восстановления напряжения	$T_{ср}$	= 0,05...30 с
ЗМН 2	- пуск при срабатывании ступеней 3U< или U<<<	$T_{ср}$	= 0,05...30 с
Автоматика			
АВР	- формирование сигнала отключения ввода секции - пуск при срабатывании ступени 3U<<, U<< или U ₀ >> - возможность пуска при срабатывании 3U>> - контроль наличия напряжения на смежной секции - контроль исправности цепей напряжения	$T_{ср}$	= 0,5...60 с



* - назначение выходных реле определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства.

Рисунок 7 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-2

Комплектное устройство защиты и автоматики линии 6-35 кВ ТЭМП 2501-3



Назначение и общие сведения

Устройство токовых защит и автоматики ТЭМП 2501-3 является упрощенной (в части аппаратного состава) модификацией устройства ТЭМП 2501-1.

Устройство ТЭМП 2501-3 реализует одну функциональную схему, предназначенную для построения защиты отходящей линии (воздушной или кабельной) 6-35 кВ, однако устройство может быть также использовано и для защиты вводных и секционных выключателей небольших распределительных устройств.

Основное назначение устройства - селективная защита от междуфазных коротких замыканий выполненная в виде ненаправленной двухфазной МТЗ и защита от замыканий на землю в распределительных сетях напряжением 6-35 и 0,4 кВ с изолированной или глухо-заземлённой нейтралью. Основные функции и характеристики устройства приведены в таблице 5. Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501-3 представлен на рисунке 8.

Основные характеристики устройства

Состав устройства:

- количество аналоговых каналов - 3 ($I_a, I_c, 3I_o$);
- количество дискретных входов - 5 (4 фиксированных, 1 программируемый);
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих

контактов внешних устройств (программируется пользователем);

- количество выходных реле - 5 (4 фиксированных, 1 программируемое);
- передний порт связи для подключения к ПК (задний порт для АСУ - опция);
- 2 функциональных светодиода («Питание», «Неисправность»);
- 8 светодиодов сигнализации состояния устройства и защищаемого выключателя;
- 5 кнопок управления.

Защита:

- трехступенчатая ненаправленная МТЗ;
- ускорение второй ступени МТЗ при включении выключателя;
- автоматическое удвоение установок первой и второй ступени МТЗ при включении выключателя;
- обратнозависимые времятковые характеристики (6 типов) третьей ступени МТЗ;
- ненаправленная защита от замыканий на землю;
- логическая защита шин (ЛЭШ).

Автоматика:

- двукратное АПВ;
- приём сигналов отключения от внешних устройств;
- возможность блокировки защит внешним дискретным сигналом.

Управление выключателем:

- приём команд от ключей управления выключателем (местное);

- управление выключателем с лицевой панели устройства (кнопками управления);
- управление по последовательным портам связи (дистанционное);
- блокировка многократных включений выключателя (защита от «прыгания»);
- контроль положения выключателя и исправности цепей управления.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- регистрация пуска/срабатывания защит (5 событий: значения токов, длительность, дата-время);
- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит;
- светодиодная сигнализация положения выключателя (мнемосхема на лицевой панели);
- фиксация вида повреждения после аварийного отключения;
- возможность автоматического сброса сигнализации после успешного АПВ;

- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле;
- проверка исправности элементов индикации (светодиодов).

Дополнительные сведения:

Коэффициент возврата защит (кроме 3-й ступени МТЗ) - 0,95;

Коэффициент возврата 3-й ступени МТЗ - от 0,7 до 0,96;

Время возврата защит, с, не более - 0,04;

Погрешность по току срабатывания:

- при уставках менее $0,5 I_n$, не более - ($\pm 5 \%$);

- при уставках более $0,5 I_n$, не более - ($\pm 3 \%$);

Погрешность по времени срабатывания:

- при уставках менее 0,5 с, не более - ($\pm 10 \text{ мс}$);

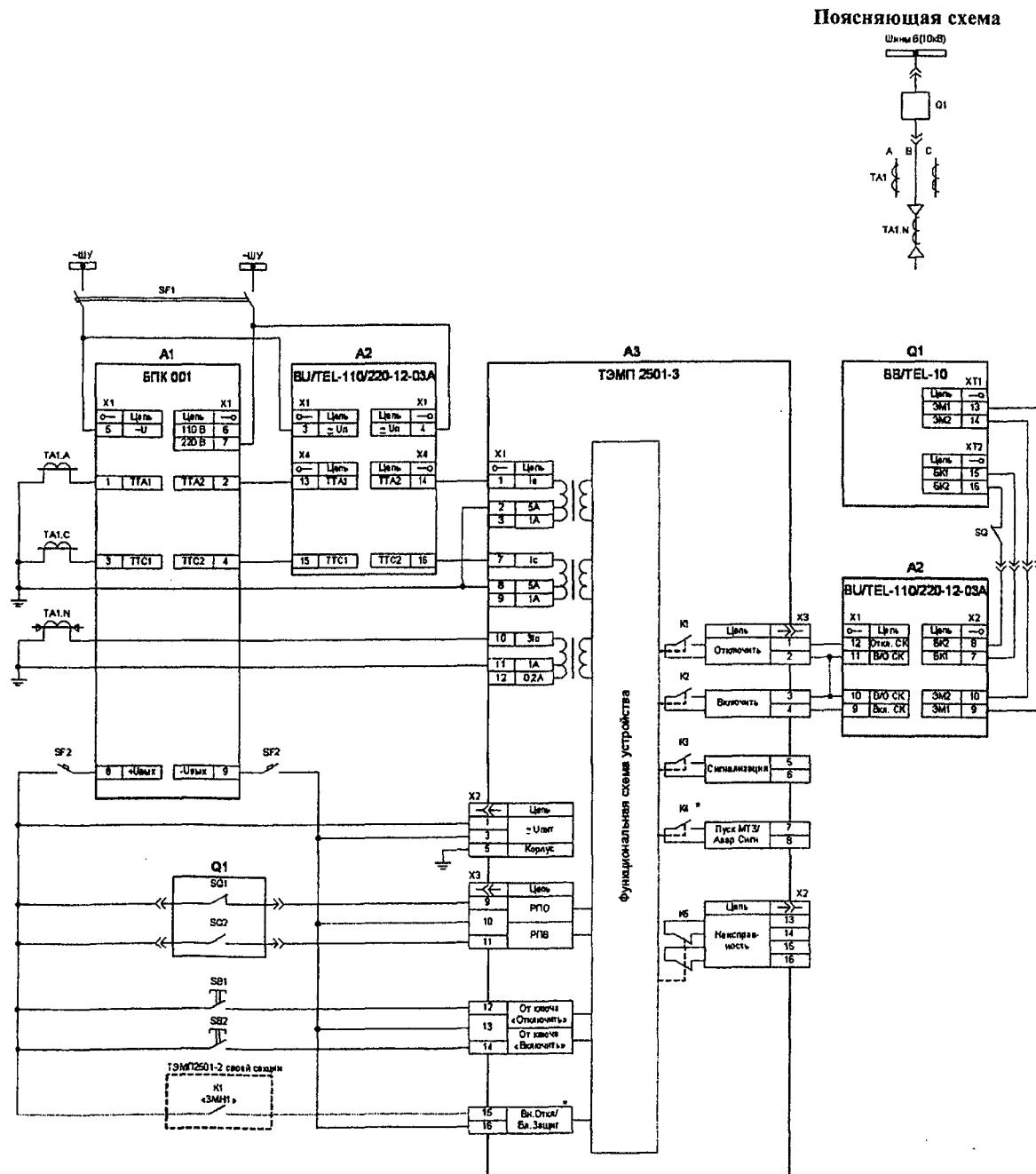
- при уставках более 0,5 с, не более - ($\pm 2 \%$).

Таблица 5

Основные функции и характеристики устройства ТЭМП 2501-3

Функции	Основные характеристики	Обозначение	Параметры
Защита			
1-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое удвоение уставки - 1 выдержка времени 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	$= 0,25 \dots 40 I_n$ $= 0,05 \dots 300 \text{ с}$
2-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - автоматическое удвоение уставки - 3 выдержки времени срабатывания - возможность ускорения срабатывания - регулируемое время возврата 	$I_{уст}$ $T_{уст}$ $T_{уск}$ $T_{возвр}$	$= 0,25 \dots 40 I_n$ $= 0,05 \dots 300 \text{ с}$ $= 0,10 \dots 1,5 \text{ с}$ $= 0,04 \dots 10 \text{ с}$
3-я ступень МТЗ	<ul style="list-style-type: none"> - 6 типов времятоковых характеристик - 2 выдержки времени срабатывания 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	$= 0,10 \dots 5 I$ $= 0,05 \dots 300 \text{ с}^*$
O33	<ul style="list-style-type: none"> - 6 типов времятоковых характеристик - 2 выдержки времени срабатывания 	$I_{уст}$ $T_{уст}$	$= 0,10 \dots 2,5 I$ $= 0,05 \dots 300 \text{ с}^*$
Автоматика			
Двукратное АПВ	<ul style="list-style-type: none"> - формирование сигнала несоответствия - разрешение/запрет внешним сигналом - возможность запрета при работе защит 	$T_{рот}$ $T_{ср1}$ $T_{ср2}$	$= 0,5 \dots 25 \text{ с}$ $= 0,5 \dots 20 \text{ с}$ $= 0,5 \dots 120 \text{ с}$

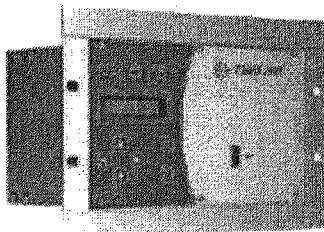
* - время срабатывания при независимой от тока выдержке



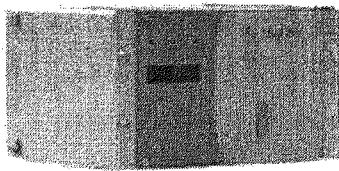
* - назначение выходных реле определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства

**Рисунок 8 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-3
(на переменном оперативном токе)**

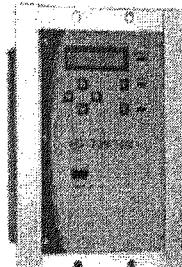
Комплектное устройство защиты и автоматики электродвигателей 6-10 кВ ТЭМП 2501-4



ТЭМП 2501-41
установленный монтаж,
горизонтальное крепление



ТЭМП 2501-42
панельной монтаж



ТЭМП 2501-43
установленный монтаж,
вертикальное крепление

Назначение и общие сведения

Устройство ТЭМП2501-4 содержит одну функциональную схему и реализует полный набор функций защиты и автоматики, согласно требованиям ПУЭ, за исключением дифференциальной защиты, который обеспечивает построение защиты высоковольтного электродвигателя (асинхронного или синхронного).

Основные функции и характеристики устройства приведены в таблице 6. Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501-4 представлен на рисунке 9.

Основные характеристики устройства **Состав устройства:**

- количество аналоговых каналов - 4 ($I_a, I_b, I_c, 3I_o$);
- количество дискретных входов - 8 (4 фиксированного назначения, 4 программируемых);
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих контактов внешних устройств (программируется пользователем);
- количество выходных реле - 10 (5 фиксированного назначения, 5 программируемых);
- два последовательных порта связи;

- 3 функциональных светодиода («Питание», «Срабатывание», «Неисправность»);

- символьный дисплей 2 строки по 16 символов;
- 6 кнопок перемещения по структуре меню и редактирования параметров (установок) устройства.

Защита:

- ненаправленная МТЗ;
- защита от асинхронного режима работы (ЗАР);
- защита от затянутого пуска и блокировки ротора (с раздельными выдержками времени);
- защита от перегрузки (независимая выдержка или тепловая модель);
- защита от потери нагрузки;
- защита от несимметричного режима работы нагрузки (защита от обрыва фаз);
- ненаправленная защита от замыканий на землю (ОЗЗ);
- резервирование отказа выключателя (УРОВ);
- защита минимального напряжения (приём сигнала от ТЭМП 2501-2);
- логическая защита шин (ЛЗШ);
- дуговая защита (приём сигнала от внешнего датчика).

Автоматика:

- однократное АПВ;
- запрет включения «горячего» электродвигателя;
- запрет включения при превышении допустимого числа запусков;
- автоматика ликвидации асинхронного режима (ресинхронизация);
- отключение от внешних цепей (технологических защит).

Управление выключателем:

- приём команд от ключей управления выключателем (местное);
- управление по последовательным портам связи (дистанционное);
- блокировка многократных включений выключателя (защита от «прыгания»);
- контроль положения выключателя и исправности цепей управления.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- регистрация пуска/срабатывания защит (5 событий: значения токов, длительность, дата-время);
- аварийный осциллограф (предаварийная запись 0,5 с, запись аварии от 0,5 до 5,0 с, объем 35 с);
- индикация токов в первичных и относительных значениях;

- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит;
- фиксация вида повреждения после аварийного отключения;
- возможность автоматического сброса сигнализации после успешного АПВ;
- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле;
- встроенное реле РФК.

Дополнительные сведения:

Коэффициент возврата защит (кроме защиты от потери нагрузки) - 0,95;

Коэффициент возврата защиты от потери нагрузки - 1,05;

Время возврата защит (кроме 2-й ступени МТЗ), с, не более - 0,04;

Погрешность по току срабатывания:

- при уставках менее 0,5 In, не более - ($\pm 5\%$);

- при уставках более 0,5 In, не более - ($\pm 3\%$);

Погрешность по времени срабатывания:

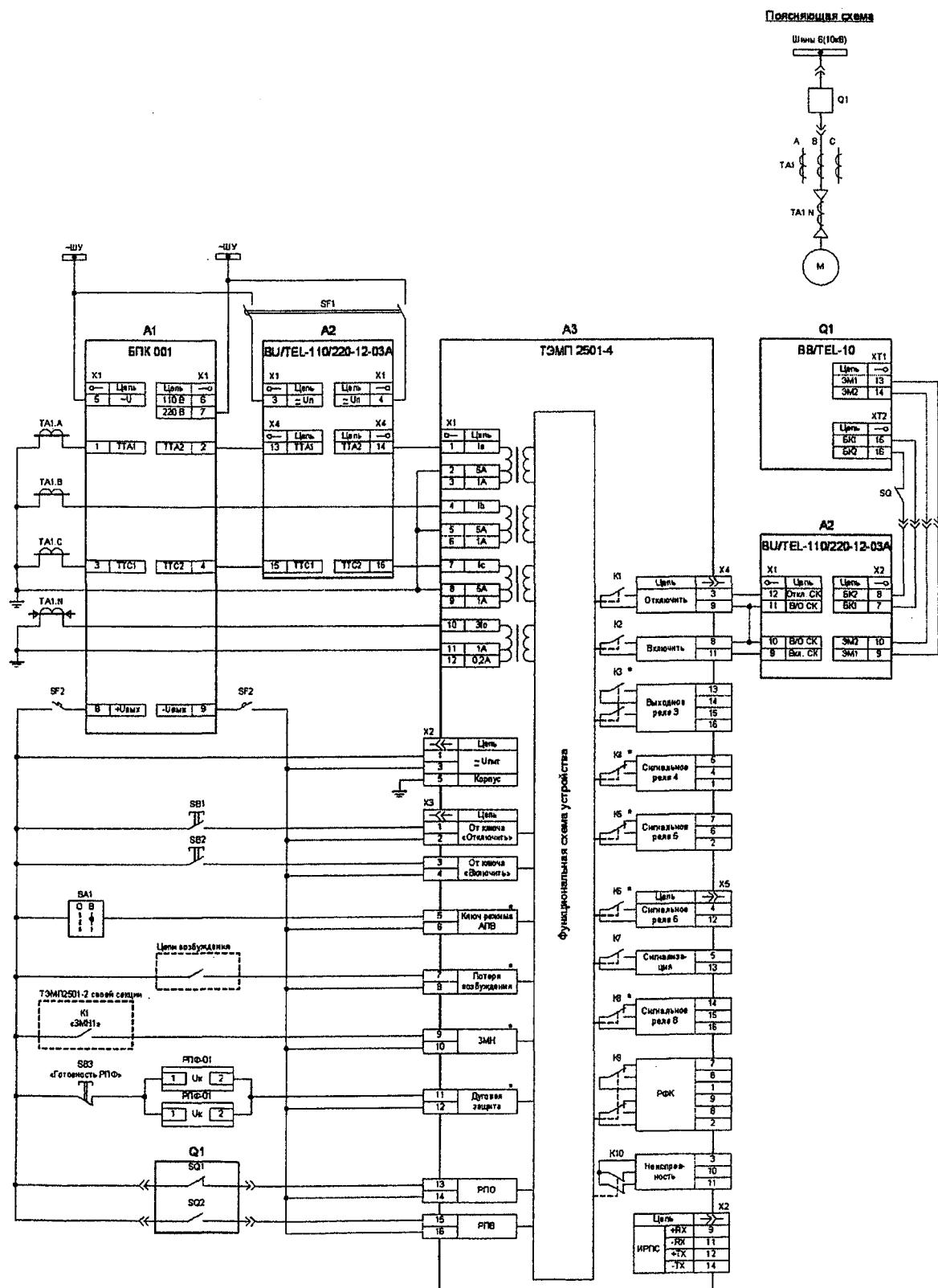
- при уставках менее 0,5 с, не более - ($\pm 10\text{ мс}$);

- при уставках более 0,5 с, не более - ($\pm 2\%$).

Таблица 6

Основные функции и характеристики устройства ТЭМП 2501-4

Функции	Основные характеристики	Обозначение	Параметры
Защита			
МТЗ	- автоматическое удвоение уставки при включении и самозапуске ЭД - 1 выдержка времени - формирование сигнала «Пуск МТЗ» для ЛЗШ	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,25...40 I_n = 0,05...30 с
ЗАР	- 3 выдержки времени - регулируемое время возврата - действие на цепи ресинхронизации - возможность запрета при пуске и самозапуске - отключение при неисправности возбудителя - возможно использование в качестве 2-й ступени МТЗ для асинхронных ЭД	$I_{уст}$ $T_{пуск}$ $T_{возвр}$	= 0,25...40 I_n = 0,05...300 с = 0,04...10 с
Затянутый пуск, блокировка ротора	- 2 раздельные выдержки времени (пуск/ блокировка) - возможность раздельного блокирования защит	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,25...15 I_n = 0,05...300 с
Перегрузка	- 3 выдержки времени - независимая выдержка или тепловая модель ЭД - возможность раздельного действия на отключение или разгрузку механизма	$I_{уст}$ $T_{пуск}$ $T_{нагр}$	= 0,20...5 I_n = 0,05...300 с* = 60...7200 с
Потеря нагрузки	- 1 выдержка времени - автоматическая блокировка при снижении напряжения	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...2,0 I_n = 0,05...300 с
ЗОФ	- 2 выдержки времени - минимальная выдержка при 100 % несимметрии	ΔI $T_{уст}$	= 10...100 % = 1...300 с
ОЗЗ	- 2 выдержки времени - раздельное действие на цепи отключения/ сигнализации	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,10...2,5 I_n = 0,05...300 с
ЗМН	- приём сигнала от внешнего реле напряжения - 1 выдержка времени - возможность действия на цепи отключения - автоматическое определение режима «Самозапуск»	$T_{уст}$	= 0,05...300 с
УРОВ	- фиксированная уставка по току - регулируемая выдержка времени срабатывания	$I_{уст}$ $T_{уст}$	= 0,05 I_n = 0,1...1,0 с
Дуговая защита	- приём сигнала от внешнего датчика - возможность ввода контроля по току - запрет срабатывания при неисправности датчика		
* - время срабатывания при независимой от тока выдержке			
Автоматика			
АПВ	- формирование сигнала несоответствия - разрешение/запрет внешним сигналом - возможность запрета при работе защит	$T_{рот}$ $T_{ср}$	= 0,5...25 с = 0,5...120 с
Блокировка пуска «горячего» ЭД	- отображение времени до разрешения повторного пуска - возможность ручного сброса запрета	$K_{запр}$ $K_{охл}$	= 0,1...0,8 = 1/2/3/4/5
Счётчик времени запусков	- запрет включения ЭД при превышении допустимого количества пусков в час - учёт режимов самозапуска ЭД - отображение времени до снятия запрета - возможность ручного сброса запрета	Σts Δts	= 5...500 с = 2...250 с/ч



* - назначение дискретных входов и выходных реле определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства

Рисунок 9 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-4
(на переменном оперативном токе)

Комплектное устройство направленных токовых защит и автоматики присоединений 6-35 кВ ТЭМП 2501-5

Назначение и общие сведения

Комплектное устройство ТЭМП 2501-5 является дальнейшим развитием терминала защиты ТЭМП 2501-1.

Основное назначение устройства ТЭМП 2501-5 - универсальное устройство, осуществляющее выполнение всех необходимых функций защит и автоматики различных присоединений электроустановок напряжением 0,4-35 кВ.

Устройство содержит расширенный набор функций защиты, автоматики и сигнализации, который позволяет реализовать полноценную современную защиту практически любого типа присоединения среднего и низкого классов напряжения.

Благодаря улучшенному интерфейсу человека-защита значительно упрощаются операции по настройке (конфигурированию) устройства и анализу аварийных ситуаций. Алгоритмы функционирования устройства позволяют не только эффективно определять возникновение аварийных ситуаций на участках электрической системы, но и осуществлять диагностику силового оборудования.

Основные функции и характеристики устройства приведены в таблице 7. Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501-5 представлен на рисунке 10.

Основные характеристики устройства

Состав устройства:

- количество аналоговых каналов - 4 токовых (I_a , I_b , I_c , $3I_o$) и 4 напряжения (U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , $3U_o$);
- количество дискретных входов - 9 (4 фиксированного назначения, 5 программируемых);
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих контактов внешних устройств (программируется пользователем);
- количество выходных реле - 12 (5 фиксированного назначения, 7 программируемых);

- два независимых последовательных порта связи;

- 2 функциональных светодиода («Питание», «Неисправность») и 8 программируемых;

- символьный дисплей 4 строки по 20 символов;

- 4 кнопки перемещения по структуре меню и редактирования параметров (устройств) устройства.

Задача:

- трехступенчатая направленная/ненаправленная МТЗ;

- возможность автоматического изменения уставок при изменении направления мощности;

- направленная/ненаправленная токовая защита нулевой последовательности (ТЭНП);

- возможность работы ТЭНП по основной частоте или по высшим гармоникам;

- регулируемые коэффициенты возврата для всех ступеней МТЗ и ТЭНП;

- обратнозависимые времятоковые характеристики (6 типов) для всех ступеней МТЗ и ТЭНП;

- ускорение отключения от ступеней МТЗ и ТЭНП при включении выключателя на КЗ;

- защита от несимметричного режима работы нагрузки (защита от обрыва фаз, I);

- защита по току обратной последовательности (I_2);

- одно/трехфазное реле максимального напряжения (ЭПН);

- одно/трёхфазное реле минимального напряжения (ЭМН);

- орган контроля напряжения нулевой последовательности или напряжения ввода;

- резервирование отказа выключателя (УРОВ);

- логическая защита шин (ЛЗШ) с контролем положения выключателя;

- дуговая защита (приём сигнала от внешнего датчика).

Автоматика:

- однократное АПВ;
- автоматический ввод резерва (АВР) с логикой восстановления нормального режима (ВНР);
- приём сигналов отключения от внешних устройств;
- возможность блокировки защит внешним дискретным сигналом.

Управление выключателем:

- приём команд управления от ключей (местное) и по портам связи (дистанционное);
- возможность управления выключателем с двумя электромагнитами отключения;
- блокировка многократных включений выключателя (защита от «прыгания»);
- контроль положения выключателя и исправности цепей управления;
- контроль собственного времени включения и отключения выключателя;
- диагностика износа выключателя по механическому и коммутационному ресурсам.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- контроль аналоговых величин (токи и напряжения) в первичных и вторичных значениях;
- контроль активной, реактивной мощности, энергии и коэффициента мощности;
- регистрация 10 аналоговых (аварийные ситуации) и 100 дискретных событий;
- аварийный осциллограф (предаварийная запись 0,1 с, запись аварии от 0,3 до

25,0 с, объем до 150 с);

- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит с программируемым пользователем назначением;
- фиксация вида повреждения после аварийного отключения;
- возможность автоматического сброса сигнализации после успешного АПВ;
- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле.

Дополнительные сведения

Параметры органов направления мощности МТЗ и ТЗНП:

- уставка угла максимальной чувствительности - от 0° до 360° ;
- зона срабатывания - $170^\circ \pm 5^\circ$;
- минимальная чувствительность по току - $0,012 In$;
- минимальная чувствительность по напряжению - $0,05 Un$;
- время действия элемента «памяти» - 2,5 с;

Коэффициент возврата ступеней МТЗ и ТЗНП - от 0,7 до 0,96;

Время возврата защит, мс, не более - 65;

Погрешность по току срабатывания:

- при уставках менее $0,5 In$, не более - ($\pm 5\%$);
- при уставках более $0,5 In$, не более - ($\pm 2,5\%$);

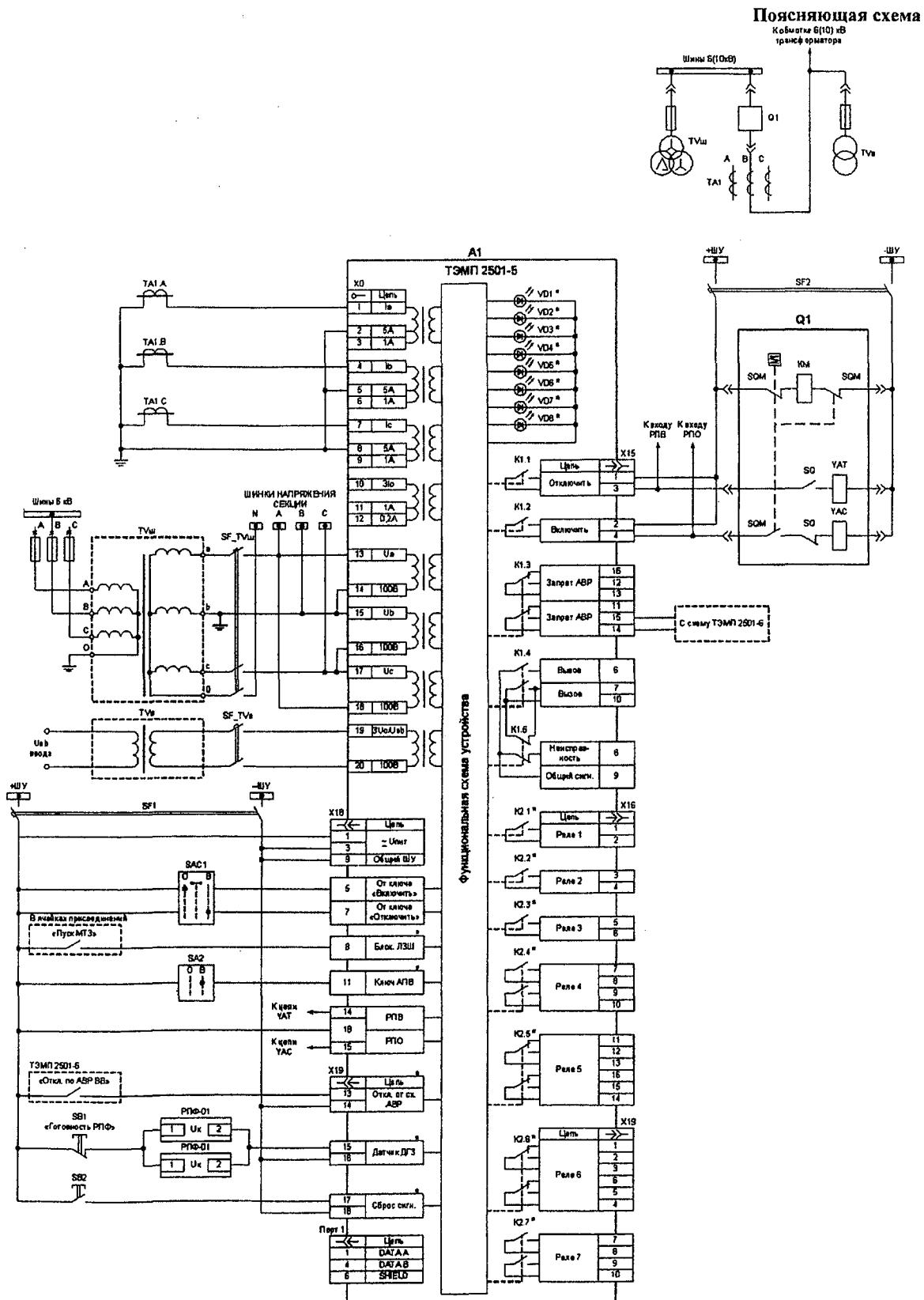
Погрешность по времени срабатывания:

- при уставках менее $0,5$ с, не более - (± 25 мс);
- при уставках более $0,5$ с, не более - ($\pm 3\%$).

Таблица 7

Основные функции и характеристики устройства ТЭМП 2501-5

Функции	Основные характеристики	Обозначение	Параметры
Защита			
1-я ступень МТЗ 2-я ступень МТЗ 3-я ступень МТЗ	- любая ступень может быть выполнена направленной - независимые уставки прямого/обратного направлений - 6 типов времятоковых характеристик для любой ступени - формирование сигнала «Пуск МТЗ» для ЛЗШ	I _{уст} T _{уст} T _{уск}	= 0,1...40 I _n = 0,05...240 с* = 0,1...1,5 с
ТЗНП	- независимые уставки прямого/обратного направлений - 6 типов времятоковых характеристик - действие на отключение или сигнализацию	I _{уст} T _{уст} T _{уск}	= 0,1...5 I _n = 0,05...240 с* = 0,1...1,5 с
ΔI	- 1 выдержка времени - действие на отключение или сигнализацию	ΔI T _{уст}	= 10...100 % = 1...300 с
I ₂	- 1 выдержка времени - действие на отключение или сигнализацию	I _{2уст} T _{уст}	= 0,03...2,5 I _n = 0,06...300 с
ЗПН	- однофазный/трехфазный режим работы - 1 выдержка времени	U _{уст} T _{уст}	= 0,5...1,5 U _n = 0,05...300 с
ЗМН	- однофазный/трехфазный режим работы - 1 выдержка времени	U _{уст} T _{уст}	= 0,1...1,0 U _n = 0,05...300 с
УРОВ	- уставка по току - регулируемая выдержка времени срабатывания	I _{уст} T _{уст}	= 0,05...0,5 I _n = 0,1...1,0 с
Дуговая защита	- приём сигнала от внешнего датчика - возможность ввода контроля по току		
* - время срабатывания при независимой от тока выдержке			
Автоматика			
АПВ	- формирование сигнала несоответствия - разрешение/запрет внешним сигналом - возможность запрета при работе защит	T _{гот} T _{ср}	= 0,5...300 с = 0,5...300 с
АВР	- с параллельной работой вводов или с разрывом питания - запрет выполнения при КЗ на шинах - ВНР с отдельным органом контроля U _{ввода}	U _{уст} T _{уст}	= 0,1...1,0 U _n = 0,05...300 с



* - назначение дискретных входов, выходных реле и светодиодов индикации определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства

**Рисунок 10 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-5
(на постоянном оперативном токе)**

Комплектное устройство защит по напряжению и АВР ТЭМП 2501-6

Назначение и общие сведения

Комплектное устройство ТЭМП 2501-6 является универсальным микропроцессорным терминалом, который осуществляет контроль напряжения сразу на двух секциях шин подстанции или распределительного устройства и реализует функции централизованного АВР и групповых защит по напряжению.

Устройство содержит две идентичные по составу и независимые друг от друга группы ступеней защит для каждой из контролируемых секций шин. Установка устройства может быть осуществлена в ячейке секционного выключателя.

Пример схемы подключения устройства ТЭМП 2501-6 представлен на рисунке 11.

Основные характеристики устройства **Состав устройства:**

- количество аналоговых каналов - 8 (U_{ab} , U_{bc} , U_{ca} , $3U_o$ для 1СШ и 2СШ);
- количество дискретных входов - 9;
- возможность приёма дискретных сигналов от замыкающих либо от размыкающих контактов внешних устройств (программируется пользователем);
- количество выходных реле - 12 (5 фиксированного назначения, 7 программируемых);
- два независимых последовательных порта связи;
- 2 функциональных светодиода («Питание», «Неисправность») и 8 программируемых;
- символьный дисплей 4 строки по 20 символов;
- 4 кнопки перемещения по структуре меню и редактирования параметров (установок) устройства.

Задача:

- защита минимального напряжения (ЗМН);

- защита от повышения напряжения (ЗПН);
- защита по напряжению обратной последовательности (ЗНОП);
- защита от замыканий на землю по напряжению нулевой последовательности ($U_o>$).

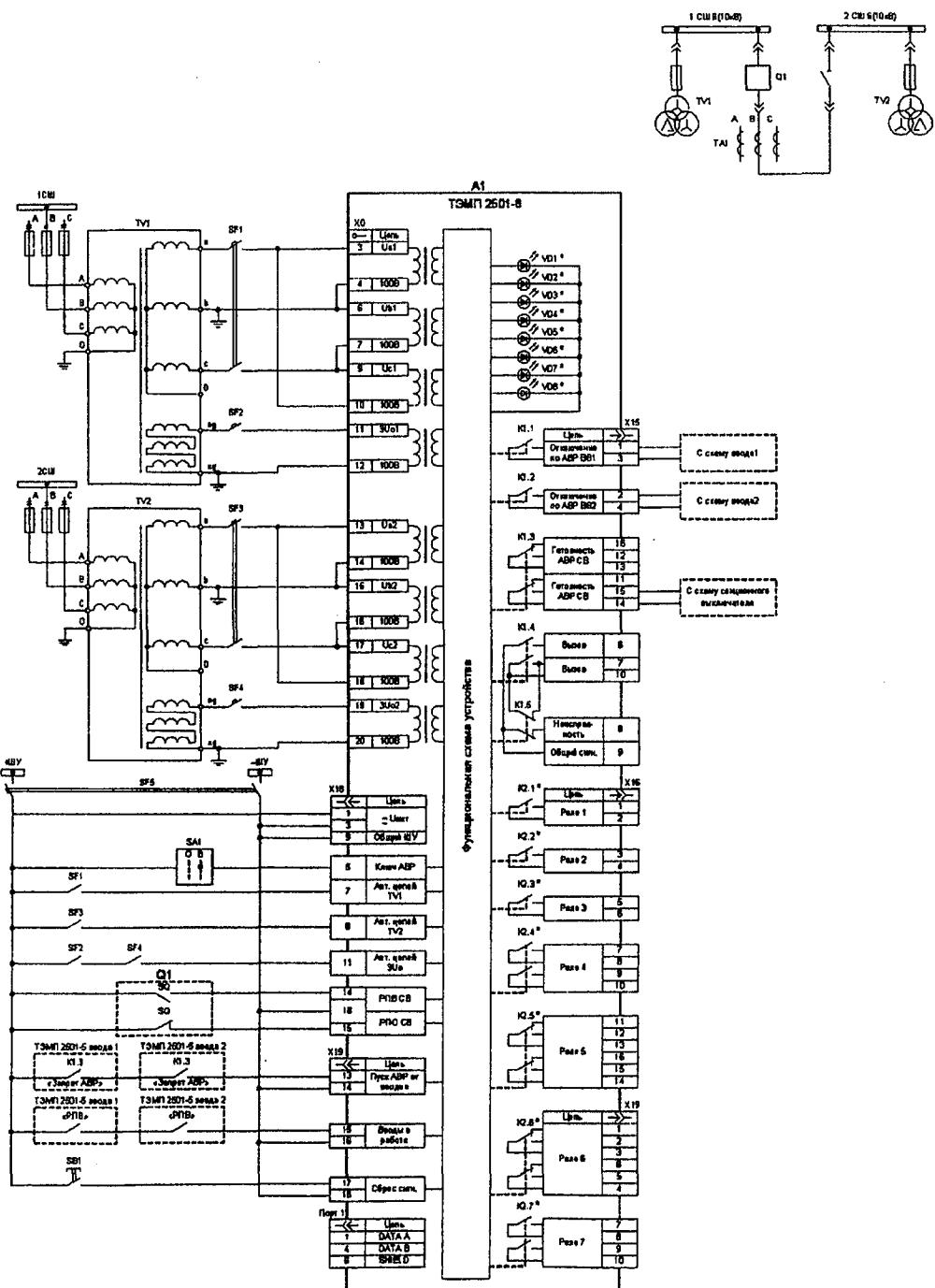
Автоматика:

- отключение ввода секции по АВР;
- включение секционного выключателя по АВР;
- вольтметровая блокировка защит при соединений;
- контроль напряжения секции;
- контроль исправности цепей напряжения шинных ТН;
- контроль положения секционного выключателя.

Регистрация, сигнализация, сервисные функции:

- контроль аналоговых величин (токи и напряжения) в первичных и вторичных значениях;
- контроль активной, реактивной мощности, энергии и коэффициента мощности;
- регистрация 10 аналоговых (аварийные ситуации) и 100 дискретных событий;
- аварийный осциллограф (предаварийная запись 0,1 с, запись аварии от 0,3 до 25,0 с, объем до 150 с);
- светодиодная индикация пуска/срабатывания защит с программируемым пользователем назначением;
- фиксация вида повреждения при срабатывании защит;
- выдача аварийной и предупредительной сигнализации;
- регистрация состояния дискретных входных сигналов и выходных реле.

Поясняющая схема



* - назначение выходных реле и светодиодов индикации определяется пользователем, в зависимости от конкретной схемы подключения устройства

Рисунок 11 - Пример схемы подключения ТЭМП 2501-6

За дополнительной информацией и по вопросу заказа следует обращаться:

ООО «ИЦ «Бреслер»

428020, Республика Чувашия, г. Чебоксары, пр. И. Яковлева, д. 1

Телефон: +7(8352) 24-06-50 (многоканальный); Факс: +7(8352) 24-02-43

Электронная почта: info@ic-bresler.ru; market@ic-bresler.ru

Книжные новинки

Уважаемые читатели, сообщаем, что вышли из печати новые книги.

Косенков П.В., Черемисин В.В.
Учебная программа и перечень вопросов для подготовки электротехнического персонала к проверке знаний норм и правил работы в электроустановках потребителей
 М.: Издательство МИЭЭ, 2012.
 – 72 с.

Учебно-методическое пособие содержит программу и перечень вопросов для подготовки к проверке знаний норм и правил работы в электроустановках руководителей, специалистов и другого электротехнического персонала организаций, ссылки на нормативные документы, содержащие ответы на поставленные вопросы.

Пособие предназначено для главных энергетиков (ответственных за электрохозяйство организаций), специалистов по охране труда, контролирующих электроустановки. Брошюра может использоваться работниками организаций при подготовке к проверке знаний норм и правил работы в электроустановках.

Балаков Ю.Н., Черемисин В.В.
Учебная программа и перечень вопросов для подготовки к проверке знаний электротехнического персонала энергоснабжающих организаций РФ по программе «Нормы и правила работы в электроустановках организаций электроэнергетики»
 М., Издательство МИЭЭ, 2012. – 112 с.

Предлагаемые учебно-методические материалы содержат программу подготовки руководящего состава и электротехнического персонала организаций электроэнергетики по нормативно-техническим документам и Правилам для электрических станций и электрических сетей Российской Федерации, а также вопросы и ссылки на нормативные документы, содержащие ответы на поставленные вопросы.

Учебно-методические материалы предназначены для электротехнического персонала организаций электроэнергетики, а также персонала организаций, выполняющего работы применительно к этим объектам.

**Колечицкий Е.С., Борисов Р.К.,
 Горшков А.В., Жарков Ю.В.,
 Шамшетдинов К.Л.**
**Заземляющие устройства
 электроустановок. Требования нормативных документов,
 расчет, проектирование,
 конструкции, сооружение**
 Вологда: Издательство «Инфра-Инженерия», 2013. - 360 с.

В книге приведены перечень и анализ действующих нормативных документов в области заземляющих устройств и анодной защиты. Рассмотрены конструкции заземляющих устройств для всего спектра номинальных напряжений с учётом современных требований. Изложены современные методы расчётов заземлителей и анодных заземлений, в том числе и численные, а также дана информация об используемых программах. Приводятся особенности проектирования заземляющих устройств различных типов. Излагаются современные методы контроля за состоянием заземляющих устройств.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, проектировщиков, эксплуатационного персонала энергообъектов, студентов и аспирантов вузов.

Бушуев В.В.
**Энергетика России. Т. 1:
 Потенциал и стратегия
 реализации**
 Вологда: Издательство «Инфра-Инженерия», 2012. - 520 с.

Книга содержит широкий взгляд автора на общие проблемы энергии и энергетики, основные постулаты разрабатываемой им теории эргодинамики как общего учения об энергетической эволюции мира, представлении о национальном богатстве как энергетическом потенциале устойчивого развития России, обосновывающие подходы и авторские комментарии к ЭС-2020 и ЭС-2030.

Книга представляет несомненный интерес не только для исследователей, но и для широкой общественности, интересующейся проблемами развития России и её инфраструктурной базы - энергетики.

Продолжение

Справочник по электрическим сетям 0,4 - 35 кВ и 110 - 1150 кВ. Том 15

Вологда: Издательство «Инфра-Инженерия», 2013. - 800 с.

В настоящем томе рассмотрены два взаимосвязанных направления взаимодействий оперативного персонала в энергосистеме Российской Федерации:

- Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике;
 - Правила организации безопасных работ оперативного персонала в электроустановках.
- В первой части этого тома приведены нормативные документы утверждённые Правительством и Минэнерго РФ с изменениями и дополнениями, действующими в настоящее время:
- «Правила оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике». Утвержденные постановлением Правительства РФ от 27.12.2004 г. № 854;
 - «Оперативно-диспетчерское управление в электроэнергетике. Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС и изолированно работающих энергосистемах России». Утвержден и введен в действие Приказом ОАО РАО «ЕЭС России» от 31.07.2007 г. № 535;
 - Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС России». Правила предотвращения развития и ликвидации нарушений нормального режима электрической части энергосистем. Утвержден Российской открытым акционерным обществом энергетики и электрификации «ЕЭС России». Приказ от 30.06.2008 г. № 321;
 - «Методические указания по устойчивости энергосистем». Утверждено Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 277;
 - «Инструкция по предотвращению и ликвидации аварий в электрической части энергосистем». Утверждено Приказом Минэнерго России от 30.06.2003 г. № 289.

Во второй части рассмотрены Правила безопасной организации работ оперативного персонала электроустановок. Подробно описаны вопросы обслуживания и эксплуатации распределительных устройств, подстанций, воздушных и кабельных линий электропередачи, основных устройств релейной защиты и автоматики. Требования к оперативным переключениям рассмотрены в необходимой последовательности действий с коммутационными аппаратами и устройствами релейной защиты и автоматики с учётом проверок выполнения операций и соблюдения правил безопасности.

Книга предназначена для работников системного оператора, диспетчерских служб разного уровня подчинения, предприятий энергосистем, обслуживающих электросети 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ, энергетиков промышленных предприятий и предприятий коммунальной энергетики, энергетиков сельскохозяйственного производства, студентов энергетических университетов, колледжей, а также энергетиков других отраслей и предприятий, связанных с потреблением и распределением электроэнергии.

Продолжение

<p>Бушуев В.В. Энергетика России. Т. 2: Энергетическая политика России (энергетическая безопасность, энергоэффективность, региональная энергетика, электроэнергетика) Вологда: Издательство «Инфра-Инженерия», 2012. - 616 с.</p>	<p>Книга содержит подборку авторских статей, отражающих не только разрабатываемые под руководством доктора технических наук, профессора Бушуева В.В. подходы к этим видам энергетической политики государства, но также оценки и комментарии, представляющие его личный взгляд на эти проблемы. Книга представляет несомненный интерес не только для исследователей, но и для широкой общественности, интересующейся проблемами развития России и её инфраструктурной базы - энергетики.</p>
<p>Хорольский В.Я., Таранов М.А. Надежность электроснабжения Учебное пособие. М.: Издательство «ФОРУМ», 2013. - 128 с.</p>	<p>Изложены теоретические основы надёжности систем электроснабжения. Приводятся показатели надёжности, рассматриваются модели отказов, методы расчёта надёжности невосстанавливаемых и восстанавливаемых систем. Даётся оценка влияния перерывов электроснабжения на ущерб, наносимый потребителям, рассмотрены рекомендации по обеспечению требуемого уровня надёжности при проектировании и в процессе эксплуатации электроустановок.</p>
	<p>Пособие рекомендовано студентам высших учебных заведений, учащихся колледжей, а также работникам электрохозяйств.</p>
<p>Колчков В.И. Метрология, стандартизация и сертификация Учебник. М.: Издательство «ФОРУМ», 2013. - 432 с.</p>	<p>Учебник предназначен студентам высших учебных заведений, специалистам для изучения дисциплины «Метрология, стандартизация и сертификация». Рассмотрены современные методы оценки точности измерений на основе документов ИСО/МЭК по выражению неопределённости измерения. Особое внимание уделяется направлению, связанному с модификацией национальных стандартов по отношению к стандартам ИСО в области основных норм взаимозаменяемости, и возникающим в этой связи особенностям перехода на линейку модифицированных стандартов.</p>
	<p>Учебник имеет интерактивное Интернет-сопровождение «Консультационно-информационный ресурс «Точность-Качество», зарегистрированное в Государственном регистре баз данных РФ за № 0220611114.</p>
<p>Герасимов Б.И., Сизикин А.Ю., Герасимова Е.Б. Управление качеством: проектирование Учебное пособие. М.: Издательство «ФОРУМ», 2013. - 176 с.</p>	<p>В учебном пособии исследованы теоретические и методологические проблемы проектирования процессов стандартизации и управления качеством продукции предприятий и организаций.</p>
	<p>Учебное пособие предназначено для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования и слушателей системы переподготовки кадров по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. Может быть использовано научными работниками, аспирантами и студентами, интересующимися вопросами самооценки, стандартизации и экономического анализа системы качества предприятий и организаций.</p>

Продолжение

<p>Варварин В.К. Выбор и наладка электрооборудования Справочное пособие. 2-е изд. М.: Издательство «ФОРУМ», 2013. - 240 с.</p>	<p>В пособии рассмотрена наладка оборудования электродвигателей, пусковой и защитной аппаратуры, заземляющих устройств. Приведены данные о степенях защиты, о конструктивном исполнении и способе монтажа электрооборудования для выбора его с учётом специфических условий среды, в которой это оборудование должно работать. Изложены сведения об электрических цепях и схемах. Описаны причины возникновения ошибок в схемных решениях, а также методы обнаружения неисправностей в электрических цепях.</p>
<p>Васильков А.В., Васильков И.А. Источники электропитания Учебное пособие. М.: Издательство «ФОРУМ», 2012. - 400 с.</p>	<p>В пособии приводятся сведения, которые необходимы не только студентам соответствующих специальностей, но и инженерам и техникам, чтобы оптимизировать выбор серийных источников питания, разрабатывать собственные оригинальные схемы, более уверенно эксплуатировать источники питания и диагностировать их неисправности.</p> <p>Изложение учебного материала ведётся по модульному принципу с акцентом на формировании необходимых профессиональных компетенций в каждом разделе. При этом каждый раздел авторы постарались сформировать самостоятельным, что является более удобным для непрерывного образования специалистов.</p>
<p>Гальперин М.В. Электротехника и электроника Учебник. 2-е изд. М.: Издательство «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2013. - 480 с.</p>	<p>В учебнике рассмотрены электрическое и электромагнитное поля, электрические цепи постоянного и переменного тока, трансформаторы, электрические машины и электропривод, передача и распределение электроэнергии, физические принципы действия, структуры и схемы включения полупроводниковых и фотоэлектронных приборов - диодов, тиристоров, биполярных и полевых транзисторов, фоторезисторов, фото- и светодиодов, фототранзисторов, жидкокристаллических и электронно-лучевых дисплеев и фотоумножителей.</p>
<p>Хромоин П.К. Электротехнические измерения Учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство «ФОРУМ», 2013. - 288 с.</p>	<p>Учебное пособие предназначено для студентов образовательных учреждений среднего профессионального образования, обучающихся по специальности «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования предприятий и гражданских зданий». Он может быть полезен студентам смежных специальностей, программа образования которых включает вопросы измерений в энергетических системах с напряжением до 1000 В и в низкочастотных электрических цепях.</p>
<p>Остапенкова О.Н. Расчёт источников вторичного питания электронных устройств Учебное пособие. 2-е изд. М.: Издательство «ФОРУМ»; НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 96 с.</p>	<p>Пособие состоит из 2-х глав. В первой главе приводится характеристика схем выпрямления и дана методика расчёта выпрямителей на различные виды нагрузки. Во второй главе систематизированы сведения по построению и расчёту стабилизаторов напряжения и тока, приводится справочный материал по типовым схемам стабилизаторов, методике их расчёта и проектирования. Расчёты проводятся по упрощённым формулам, что позволяет быстро выбрать элементы схемы, определить их режим работы.</p>
	<p>Пособие предназначено для преподавателей, студентов и обучающихся средних профессиональных учебных заведений.</p>

Продолжение**Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф.****Электрические машины**

Учебник. 4-е изд., перераб. и доп.

М.: Издательский центр

«Академия», 2013. - 320 с.

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника». Рассмотрены трансформаторы и электрические машины, используемые в современной технике. Показана их решающая роль в генерации, распределении, преобразовании и утилизации электрической энергии. Даны основы теории, характеристики, режимы работы и примеры конструкций и применения электрических генераторов, трансформаторов и двигателей. Предназначен для студентов высшего профессионального образования и может быть использован в системе повышения квалификации и переподготовки инженеров-электромехаников и инженеров смежных специальностей.

.....

За дополнительной информацией и по вопросу заказа следует обращаться:

Издательский комплекс МИЭЭ

105425, г. Москва, Щёлковский проезд, д. 13А

Телефон/факс: (495) 652-24-12, 652-24-07

E-mail: energoiz@mail.ru**Издательство «Инфра-Инженерия»**

Почтовый адрес: 160000, г. Вологда, а/я 40

Фактический адрес: 160011, г. Вологда, ул. Козленская, д. 63, офис 5

Телефон/факс: 8(8172)75-15-54

Телефон: 8-911-512-48-48

E-mail: infra-e@yandex.ru**Издательство «ФОРУМ»**

101990, г. Москва - Центр, Колпачный пер., 9а.

Телефон/факс: (495) 625-32-07, 625-52-43

E-mail: forum-knigi@mail.ru**Издательский центр «Академия»**

129085, Москва, пр. Мира, 101в, стр. 1

Телефон: 8 (495) 616-00-22

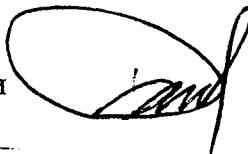
E-mail: academia-moscow.ru

По вопросам информации, публикуемой в РУМ, а также их заказа следует обращаться
по телефонам: (499) 374-71-00, 374-66-09, 374-66-55; (495) 727-19-09 (доб. 12-66)
по факсу: (499) 374-66-08 или 374-62-40

Подписано в печать

«8» 08 2013 года

Руководитель Дирекции по управлению проектами

 B.V. Бойков

Ответственный за выпуск



A.N. Жулёв

Формат

Учетн.-изд. лист 10.2

Тираж 250 экз.

Зак. № 103

ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС»

115201, Москва, Каширское шоссе, 22, корп.3

Телефон: (499) 374-71-00, 374-66-09, (495) 727-19-09 доб. 12-66

Факс: (499) 374-66-08, 374-62-40