



МРСК ЦЕНТРА



СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**по результатам работы Международной
специализированной выставки**

«ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ РОССИИ 2017»

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА 6(10) – 110 кВ

Компания "ЭЗОИС" (Экспериментальный завод объемных инженерных сооружений)

Малогабаритное КРУ 6-10 кВ

В качестве комплектного распределительного устройства (КРУ) высшего напряжения в ТП применяется малогабаритное КРУ с элегазовой изоляцией на 4 или 3 присоединения. По требованию заказчика возможно применение других конфигураций КРУ, а также отдельных ячеек из всего номенклатурного ряда, выпускаемого компанией «ЭЗОИС». Срок службы КРУ – 30 лет.

Производство оборудования налажено на ООО «Фряновский завод электрических аппаратов» - заводе, который специализируется на производстве высоковольтного оборудования: распределительных устройств 6-20 кВ и измерительных ячеек ИТН.

Таблица 1

Параметры	КРУ на 3 присоединения	КРУ на 4 присоединения
Габаритные размеры	1186x710x 1400 см	1619x710x 1400 см
Вес	280 кг	360 кг



Рис.1



Рис.2

Вывод: возможно применение данного оборудования в Обществе при стесненных условиях размещения объектов.

Компания Электроцит Самара

КРУ 35 кВ

Закрытые распределительное устройство серии КРУ-СЭЩ-65 для приема и распределения электрической энергии напряжением 35 кВ. Представляет собой блочно-модульное здание со встроенными в него ячейками. Используется, как в качестве отдельного распределительного устройства, так и в составе подстанций 110/35/10(6), как распределительное устройство среднего напряжения, как вводное устройство в комплектных трансформаторных подстанциях 35/10(6) кВ, а так же в качестве пунктов секционирования.

Преимущества:

- гибкий набор решений в зависимости от транспортных возможностей и района эксплуатации (в части снеговой нагрузки) объекта: подъемная, разборная или радиальная крыша модуля;
- опциональные возможности по требованию заказчика: антистатический линолеум, алюминиевая «чечевица», дополнительная антикоррозийная обработка металлоконструкций;
- максимальное удобство и безопасность обслуживающего персонала: пожарно-охранная сигнализация, система пожаротушения, вентиляция, обогрев, кондиционирование, видеонаблюдение.



Рис.3

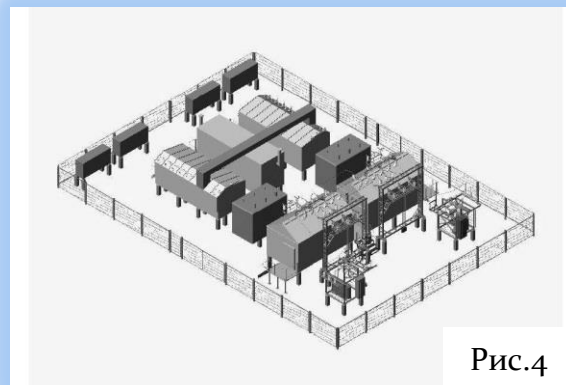


Рис.4

ЗРУ 110 кВ

Закрытая подстанция ЗРУ-СЭЩ 110/10(6) кВ для использования в условиях плотной городской застройки. На первом этаже здания подстанции располагаются распределительные устройства 10(6) кВ и вспомогательные помещения (аккумуляторная, АСКУЭ, панели защит и т.д.). На втором этаже размещено

распределительное устройство 110 кВ. Трансформаторы находятся в отдельных помещениях.

Преимущества:

- привлекательный внешний вид;
- компактная площадь подстанции;
- удобство в обслуживании;
- малый вес конструкции по сравнению со зданиями из железобетона удешевляет строительство фундамента.



Рис.5

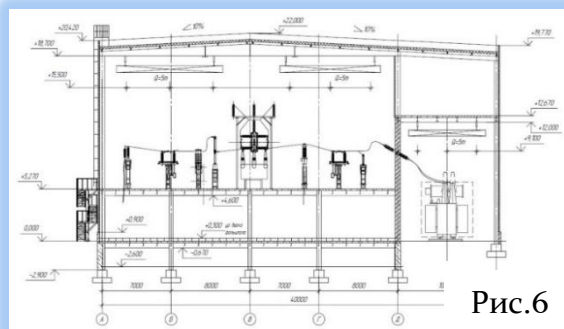


Рис.6

Вывод: данные компоновочные решения снижают габариты и сроки строительства ПС 35–110 кВ, возможно рассмотреть применение в условиях плотной городской застройки.

ЗАО «ЗЭТО» Завод электротехнического оборудования

КРУЭ 110 кВ

Ячейка КРУЭ типа ЯТЭ-110Л/2500У2 представляет собой комплекс модулей: выключателей, совмещенных разъединителей-заземлителей, быстродействующего заземлителя, трансформаторов тока, соединительных элементов, вводов кабельных или воздушных, токопроводов и др., помещенных в металлическую оболочку, заполненную шестифтористой серой.

Распределительное устройство с ячейками ЯТЭ-110Л/2500 производства ЗАО «ЗЭТО» разработано для применения в составе подстанций и электростанций на открытом воздухе при температуре окружающего воздуха до минус 45 °С.

Условия эксплуатации:

- номинальные значения климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1;
- максимальное сейсмическое воздействие – до 9 баллов, по шкале MSK-64;
- высота над уровнем моря – не более 1000 м;

- окружающая среда – не содержащая химически активных и опасных в отношении взрыва примесей;
- вид климатического исполнения У категория 2 по ГОСТ 15150.

Преимущества:

- занимаемая площадь ячейки 2,8 кв. м;
- унификация узлов и деталей значительно снижает запас запчастей при проведении регламентных работ;
- собственное литье изоляторов под давлением обеспечивает высокую надежность на весь срок эксплуатации;
- минимизация количества подвижных узлов и уплотнений комбинированного разъединителя-заземлителя обеспечивает высокую надежность КРУЭ 110 кВ;
- небольшим количеством модулей ячейки возможна реализация всех возможных электрических схем распределительных устройств класса 110 кВ;
- применение алюминиевых корпусов значительно снижает массу ячейки и нагрузки на фундаменты.

Пример выполнения компоновки по схеме 110-13
(две рабочие системы шин)



Рис.7

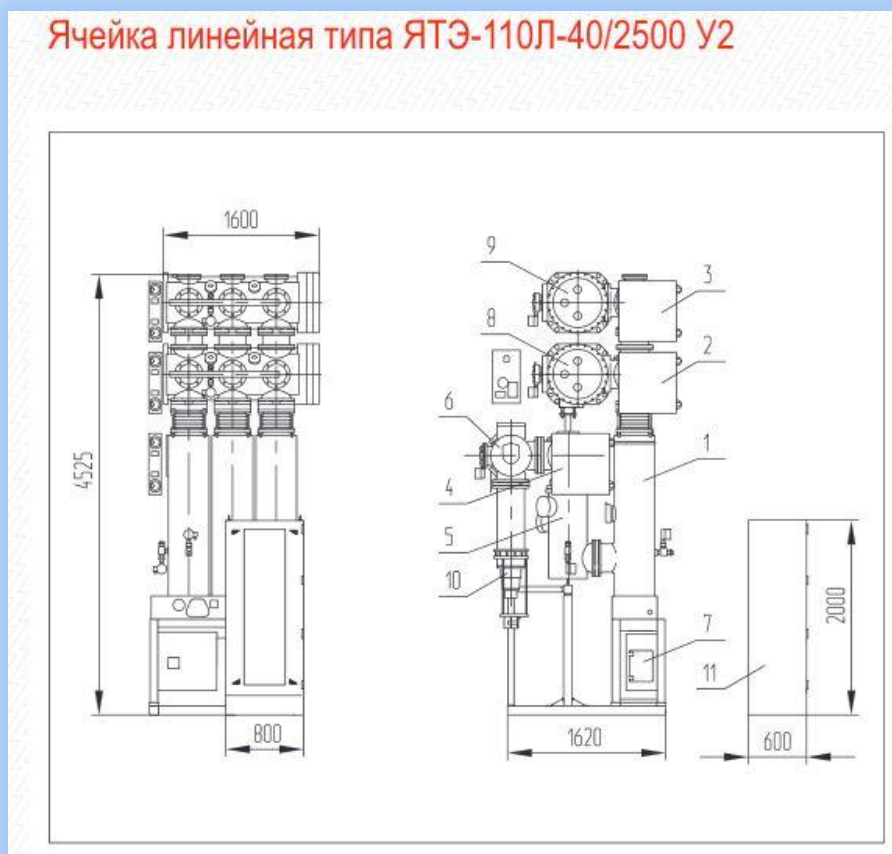


Рис.8

Вывод: заводская поставка ячейки осуществляется в полностью собранном виде, что позволяет заметно сократить сроки ввода в эксплуатацию объекта в целом. Конструктивные особенности компонентов КРУЭ, произведенных и испытанных на заводе, позволяют сделать транспортировку, сборку и ввод в эксплуатацию объекта простыми и быстрыми процессами.

Группа компаний СВЭЛ

КРУ-СВЭЛ

ГК «СВЭЛ» представила компоновочные решения, снижающие габариты и сроки строительства. Комплектные распределительные устройства КРУ-СВЭЛ предназначены для работы в составе распределительных устройств трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 6 (10) кВ, с заземленной или изолированной нейтралью.

КРУ применяются в качестве распределительных устройств трансформаторных подстанций и распределительных пунктов.

Преимущества:

- конструкция комплектных распределительных устройств не имеет сварных соединений. Соединения болтовые либо клёпанные, что позволяет применять оцинкованный лист во всех элементах КРУ-СВЭЛ;
- двойное покрытие металлоконструкций металлопорошковым покрытием позволяет избежать появления коррозии металла в течении 25 -30 лет;
- возможность установки оборудования различных производителей внутри ячеек КРУ;
- конструкция КРУ-СВЭЛ выполнена из блоков, что способствует быстрой реализации желаний заказчика (достаточно поменять блок);
- осуществляется технический контроль каждого узла в сборке, а затем ячейки в целом;
- малые габариты. Это достигается посредством максимального использования внутреннего пространства;
- поставляется в комплекте с инвентарной тележкой.



Рис.9

Вывод: локализация аварии в пределах одного отсека шкафа обеспечивает безопасность персонала и сохранность дорогостоящего оборудования, а система механических и электромагнитных блокировок, предотвращает возможность выполнения персоналом ошибочных действий. Возможно применение данного оборудования в Обществе при ТЭО.

Силовые и измерительные трансформаторы 10 (6)-110 кВ

В рамках выставки трансформаторную продукцию представили следующие производители: инжиниринговая компания НТТ, Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова, Инвар Элтранс, Национал Электрик, ЗАО Самараэлектроцит, ЗАО СВЭЛ, ЗАО Электромаш, ЗАО УТМ.

Линейка продукции со сниженными потерями холостого хода имеется у 2-х производителей: Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова, а также у ЗАО Самара Электроцит.

Сравнительный анализ потерь холостого хода по разным мощностям трансформаторов представлены в таблице:

Таблица 2

Производитель	Тип силового трансформатора	Мощность трансформатора, ВА				
		100	250	1000	1250	2500
Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова	Масляный герметичный, серия 12, Рхх, Вт	-	425	1100	1350	-
ЗАО Самараэлектроцит.	Масляный герметичный, серия 12, Рхх, Вт	400	580	1550	1800	3350

Силовые трансформаторы Минского электротехнического завода им. В.И. Козлова имеют самый низкий уровень потерь холостого хода из всех серийно выпускаемых на пространстве СНГ силовых трансформаторов. Данные трансформаторы полностью соответствуют рекомендациям Европейского комитета по электротехнике. Помимо низких потерь холостого хода, данные трансформаторы являются трансформаторами со сниженным уровнем шума. Аналоги данной серии выпускаются SIMENS, ABB, AREVA. В рамках выставки данные производители силовые трансформаторы не представляли.

Сравнительный анализ сроков окупаемости трансформаторов со сниженными потерями холостого хода по отношению к “классическим” силовым трансформаторам приведен в таблице:

Таблица 3

Мощность трансформатора, кВА	Разница в цене по отношению к “классическим” трансформаторам, тыс. руб.	Годовая экономия, тыс. кВт*ч	Срок окупаемости, лет
400	19,6	6,2	1
630	24,1	5,3	1,45
1000	34,9	3,9	2,83

В рамках текущей выставки широко представлены сухие трансформаторы 6-10/35 кВ: Инжиниринговая компания НТТ, Инвар Элтранс, Национал Электрик, ЗАО СВЭЛ, ЗАО Электромаш.

Если сравнивать оборудование данных производителей то основное различие между силовыми трансформаторами состоит в различии их технологий изготовления. В настоящее время имеется 3 основные технологии:

1. Технология заливки обмотки высокого напряжения распределительного трансформатора 6(10)/0,4кВ изоляционным компаундом с вакуумировкой. - трансформаторы с литой изоляцией. (80% от представленных трансформаторов). Преимущества данной технологии – отсутствие частичных разрядов в изоляции. Недостатком данной технологии является “растрескивание” компаунда в районе обмотки в случае неравномерности ее нагрева/ охлаждения. Данный эффект наблюдается при условии работы трансформатора в резко переменных нагрузках.

2. Технология «открытых обмоток». Трансформаторы с воздушно-барьерной изоляцией. Витковая изоляция обмотки ВН выполняется стеклошелком и пропитывается изоляционным составом в вакуумной камере. (10% от представленных трансформаторов). Стоимость данных трансформаторов меньше чем трансформаторов с литой изоляцией. Однако данные трансформаторы очень чувствительны к микроклимату камер в которых они установлены.

3. Технология Resibloc концерна ABB, когда междуслойная изоляция обмотки ВН выполняется в виде стекложута, пропитанного эпоксидным связующим составом (без вакуумировки). Обмотки НН и ВН выполняются единым блоком, и в обмотке ВН имеются вертикальные каналы охлаждения (по данной технологии выполняются силовые трансформаторы зарубежных производителей).

ЗАО Электромаш представил сухой силовой трансформатор фирмы ТЗР с литой изоляцией мощностью до 30 МВА напряжением 35 кВ с РПН. Глубина регулирования $\pm 4 \times 1,5\%$. Данный трансформатор имеет декларацию соответствия ГОСТ для трансформаторов до 25000 кВА на напряжение до 35 кВ.

Силовые трансформаторы 35-110 кВ, представленные Тольяттинский трансформатор, СВЭЛ, УТМ в этом году, по сравнению с представленными ранее не имеют существенных технологических новинок.

Измерительные трансформаторы

Оптический трансформатор (тока/ напряжения) в рамках выставки представил НПП «Марс-энерго». Особенностью данного производителя состоит в том, что представлен совмещенный трансформатор тока/ напряжения на класс напряжения 6-35 кВ.

Основными производителями оптических трансформаторов в настоящее время являются: ABB, ALSTOM, Профотек. Однако данные производители в рамках выставки представлены не были.

Комбинированный трансформатор тока и напряжения в одном корпусе ЗНТОЛП-НТЗ-6(10) (производитель Невский трансформаторный завод «Волхов»)

Трансформатор ЗНТОЛП-НТЗ-6 и ЗНТОЛП-НТЗ-10, является комбинированным трансформатором, включающим в себя заземляемый трансформатор напряжения и трансформатор тока с одной вторичной обмоткой, предназначен для установки в ПКУ на класс напряжения до 10 кВ и является комплектующим изделием.



Рис.10

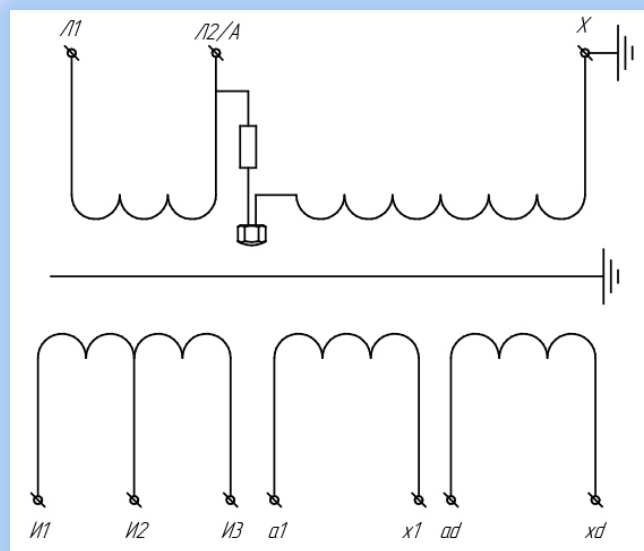


Рис.11

Трансформатор обеспечивает питание приборов учета электроэнергии, контрольно-измерительной аппаратуры, релейных (микропроцессорных) защит,

автоматики и используется, когда требуется измерение фазных напряжений и контроль изоляции сети.

Трансформатор изготавливается в виде опорной конструкции, в климатических исполнениях «УХЛ» и «Т», категории размещения «2» по ГОСТ 15150-69.

Рабочее положение трансформатора в пространстве – любое.

Трансформатор предназначен для работы в электроустановках, подвергающихся воздействию грозových перенапряжений и должны иметь:

- класс нагревостойкости «В» по ГОСТ 8865-93;
- уровень изоляции «а» и «б» по ГОСТ 1516.3-96.

Трансформатор имеет прозрачную крышку с возможностью пломбирования, для защиты вторичных выводов от несанкционированного доступа.

Комбинированный трансформатор тока и напряжения (производитель ЗАО «ЗЭТО»)

Трансформатор серии ТГК-110 кВ - предназначен для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты и управления в открытых и закрытых распределительных устройствах переменного тока частоты 50 Гц на номинальное напряжение 110 кВ. Трансформатор взрывобезопасного исполнения, что обеспечивается наличием защитного устройства.



Рис.12

Системы мониторинга для силовых трансформаторов 110 кВ мощностью 40 - 63 МВА: предложения производителей, оценка с точки зрения технической и экономической целесообразности.

Основные производители систем онлайн диагностики силовых трансформаторов 110 кВ которые были представлены на выставке: GE Energy и Lumasense inc.

GE представляет широко известные в стране диагностические комплексы Hydran, а также измерительную систему Minitrans.

Lumasense inc представила систему онлайн диагностики мониторинга растворенных газов и влаги в масле с помощью следующих аппаратно- программных комплексов:

- Gauge (Smart 3) - контроль по C₂H₂, C₂H₄, CH₄+ H₂O (контроль РПН)
- Guard (Smart 4) – контроль по H₂, CO, CO₂, C₂H₂+ H₂O (анализ + предупреждение)
- Guide (Smart 9) – контроль по H₂, CO, C₂H₂, C₂H₄, CO₂, C₂H₆, O₂, N₂ + H₂O (полная диагностика)

В основе разработанного компанией Lumasense решение для мониторинга лежит передовая технология недисперсионного инфракрасного анализа (NDIR). Представленная линейка продуктов создана, чтобы позволить осуществлять непрерывный мониторинг состояния трансформатора и РПН. Данная технология NDIR (Non-Dispersion InfraRed, недисперсионного ИК анализа) представляет из себя широкополосный ИК-излучатель, который полностью покрывает диапазон длин волн, соответствующий измеряемым газам. Оптические фильтры позволяют выделить узкие поддиапазоны, в которых поглощают излучение соответствующие газы.

Ключевые особенности: раздельное измерение каждого газа, отсутствие газа-носителя, расходных материалов, не требует технического обслуживания, высокая повторяемость в замерах, автоматизированная проверка, калибровка, наличие основных коммуникационных протоколов для создания "Умных сетей", соответствие текущим требованиям RoHS, высокое качество производства в соответствии со стандартами ISO 9001:2000, 13485.

Для определения приоритетов при выборе между различными производителями проведем сравнение технологиями онлайн мониторинга.

Таблица 4

Технология	Преимущества	Недостатки	Точность	Цена
NDIR (недисперсионный инфракрасный анализ) данный прибор	одновременное измерение газов не нужна калибровка минимум обслуживания малое время измерения газа высокая легкость установки	ограничения по определению очень низких концентраций газов интерференция газов может влиять на погрешность показаний, но это обычно компенсируется	хорошая	низкая
ФАС (PAS) фотоакустическая спектроскопия Приборы фирмы GE	может определять/измерять очень низкие концентрации (ppm и ppb) газа минимум обслуживания (в зависимости от	ограничения по определению высоких концентраций газов интерференция газов может влиять на погрешность показаний, но это обычно компенсируется	хорошая	высокая

	системы используемых фильтров)	вибрация влияет на показания есть сложности/ограничения в установке		
NIR Ближний инфракрасный анализ приборы Qualitrol	Одновременное измерение газов нечастые калибровки минимум обслуживания легкая установка	ограничения по определению очень низких концентраций газов интерференция газов может влиять на замеры	низкая	средняя

Исходя из сравнения технологий можно сделать вывод, что технология NDIR более проста и дешевле в применении по сравнению с аналогичными системами GE.

Система Smart 3/4/9 включает: датчик Smart DGA, инструменты для монтажа, соединительные кабели, блок EZHub, программное обеспечение SmartDGA Viewer для настройки и мониторинга. Для расширения характеристик можно дополнительно подключить блок iCore. Данные измерений хранятся в энергонезависимой памяти системы от 2 до 40 лет. Циркуляция масла осуществляется принудительно с помощью помпы. Перед отбором пробы в течение нескольких минут идет прогон большого количества масла, чтобы в камере было масло непосредственно находящееся внутри трансформатора, а не в трубках. На блоке датчика находится яркий индикатор, который позволяет легко контролировать состояние оборудования.

ТП 6-10/0,4 кВ

Программно-аппаратный комплекс САВС

Инженерная компания «Прософт-Системы» представила программно-аппаратный комплекс САВС — высокоэффективное средство определения, локализации аварийных участков сетей 6-20 кВ и включения резерва. САВС входит в состав комплексной системы Smart Grid («Умные сети») и предназначена для автоматизации диспетчерского управления распределительными сетями 6, 10 кВ в нормальных и в аварийных режимах.

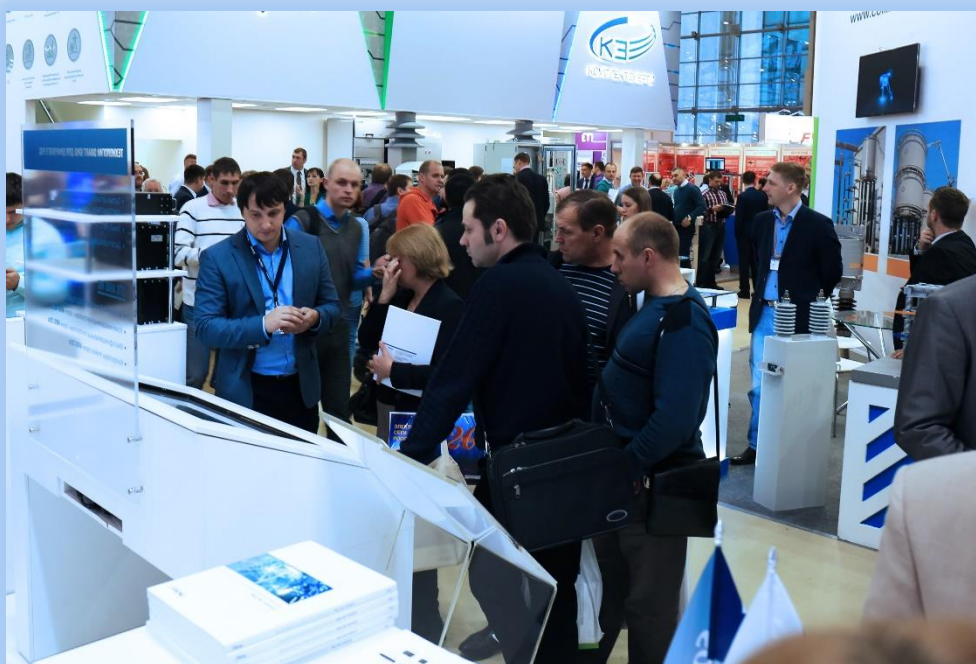


Рис.13

Программно-аппаратный комплекс САВС внедрен в распределительных сетях 6-20 кВ в Республике Татарстан, (Электросетевая компания).

Если для автоматизации воздушных сетей 6, 10 кВ технические решения построения активно-адаптивной сети на базе реклоузеров давно известны, то для городских кабельных сетей с кольцевыми схемами данное решение - новинка.

Оборудование, на базе которого строится система:

Контроллер ячейки ARIS 2203/2205/2208

Модульный проектно-компонруемый контроллер предназначен для комплексного мониторинга и управления основным оборудованием ячейки 6–35кВ, обеспечивает прямой ввод сигналов с измерительных ТТ / ТН, ввод дискретных сигналов, выдачу команд телеуправления и оперативной блокировки, интеграцию терминалов РЗА. Используется в составе АСУ ТП ПС, ССПИ, ССПТИ, СОТИ АССО, АСТУЭ, АСУ Э и др. Протокол МЭК 61850.



Рис.14

Коммуникационный контроллер
ARIS-4810/4820

Предназначен для сбора данных с интеллектуальных электронных устройств (IED) и других устройств нижнего уровня, конвертации протоколов, передачи данных в SCADA-системы и диспетчерские центры, взаимодействие с другими системами в стандартных протоколах. Используется в составе Smart Grid (CABC/FLISR), АСУ ТП ПС, ССПИ, ССПТИ, АСТУЭ, АСУ Э и других.



Рис.15

ARIS SCADA – это программный комплекс, предназначенный для создания информационно-управляющих (SCADA) систем автоматизации технологического процесса выработки, передачи и распределения электрической энергии. Применяется на предприятиях электрических сетей, объектах генерации, энергообъектах нефтегазовой промышленности и организации диспетчерских центров управления данными объектами.

Индикатор короткого замыкания ИКЗ-К

Предназначен для установки в КРУ, КСО для определения короткого замыкания в кабельных сетях.

Имеется недостаток – отсутствие возможности передачи данных в диспетчерский пункт. Производителям дана рекомендация по соответствующим доработкам и дополнения данных устройств устройствами передачи данных.



Рис.16

Прочее новое оборудование и материалы для сетей 6-10 кВ

Реклоузер вакуумный РВА OSM - NOJA Power на 15 кВ, 27 кВ и 38 кВ



Рис.17

По сравнению с реклоузерами производства Таврида Электрик имеет ряд преимуществ:

- возможность мониторинга показателей качества электроэнергии
- регистрация осциллограмм при наступлении определенного события
- функция телеизмерения.

В настоящий момент проводится аттестация в ПАО «Россети». Возможна сборка аппарата на территории Р.Ф, что обеспечит исполнения политики импортозамещения.

Датчик обледенения ДО-2 производства МНПП «АНТРАКС»



Рис.18

Предназначен для фиксации обледенения проводов. Принцип работы основан на регистрации изменения параметров электромагнитного поля при обледенении.

Дистанционный фиксатор типа ВИС-120



Рис.19

NILED представили новый дистанционный фиксатор ВИС-120, предназначенный для прокладки СИП по опоре, (применение в МРСК – монтаж к спусков к пунктам учета). Преимущество данного изделия заключается в обеспечении возможности подъема по опоре на лазах, а также вдвое меньшая стоимость (60 руб.) по сравнению с аналогом ВИС.

Термоусаживаемые клеевые ремонтные кожухи для восстановления повреждения оболочки кабелей СП



Рис.20

Термоусаживаемый ремонтный кожух предназначен для быстрого и качественного ремонта поврежденной изоляции кабеля, замены и ремонта поврежденных защитных кожухов в термоусаживаемых соединительных муфтах. Термоусадочный рукав обеспечивает герметичную изоляцию всех типов кабелей.

- Рабочая температура: от -40 °С до +65 °С
 - Температура полной усадки: 120 °С
 - Коэффициент усадки: 4:1
 - Электрическая прочность: ≥ 18 кВ / мм
- Относительное удлинение при разрыве: $\geq 300\%$
 - Предел прочности при растяжении: ≥ 17 МПа
 - Материал изготовления: полиолефин, термоплавкий клей, стальные скобы
 - Стандартный цвет: чёрный

Описание:

На внутренней поверхности кожуха нанесен слой термоплавкого клея, который создает отличную адгезию кожуха и оболочки кабеля, чем достигается полная герметизация поврежденного участка.

Усадка осуществляется при помощи газовой (пропан-бутановой) горелки. Металлический замок состоит из 3-х частей по 0,5 метра. На месте монтажа замок и термоусадочную манжету можно подрезать по длине.

Коммутационные аппараты 0,4 – 110 кВ

Коммутационные аппараты на выставке были представлены такими организациями как: НПО «РиМ», АО «Корневский завод низковольтной аппаратуры», ООО «КилоВольт», АО «НПП «Контакт», ООО «Чебоксарский завод электромонтажных изделий», АО «ПО Элтехника», ГК «Энерготехмонтаж», ООО «РОСВАКУУМ», ООО «СК «БЕТТА», ОАО «Электрощит» и др. Из вышеперечисленных стоит отметить:

Вакуумные выключатели серии VF 10, 20, 35 кВ (производитель АО «ПО Элтехника»)

Вакуумные выключатели серии VF предназначены для работы в составе КСО и КРУ, в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, номинальным напряжением 10,20,35 кВ и номинальным током до 3150А с изолированной или заземленной через резистор или дугогасительный реактор нейтралью.

Преимущества:

- Универсальная конструкция позволяет применять выключатели в составе КСО и КРУ стационарно или на выкатной тележке.

- Отсутствие заметных усилий при вкатывании/выкатывании аппарата гарантируют отсутствие перекосов и ударов при замыкании/размыкании контактов выкатного элемента.

- Неразборная конструкция полюса VF повышает электрическую прочность, надежность изоляции и защищает камеры от неблагоприятного воздействия окружающей среды.

- Конструкция вакуумной камеры выключателя серии VF исключает повышенный износ контактов и их преждевременную эрозию благодаря технологии AMF, которая распределяет дугу равномерно по всей поверхности контактов.

- Конструкция пружинно-моторного привода не требует применение блоков питания и блоков управления, имеет возможность ручного оперирования. Привод выключателя обладает высокой механической надежностью и низким энергопотреблением



Рис.21

- Особенность механизма действия привода выключателя серии VF – короткие по времени участки разгона и торможения. Эффективное демпфирование, реализованное в приводе выключателя серии VF, позволяет избежать нежелательного дребезга контактов при включении.
- Во включенном состоянии контакты имеют дополнительное поджатие, необходимое для поддержания минимального переходного сопротивления электрическому току. При таких условиях снижается выделение тепла внутри дугогасительных камер при длительном протекании рабочего тока.
- Возможность установки механических блокировок для блокировки других устройств РУ от стационарной версии серии VF.
- Возможность установки максимальных токовых расцепителей 5А для применения в схемах с дешунтированием.

*Вакуумный выключатель РИМ ВВ-10
(производитель НПО «РиМ»)*

Выключатели вакуумные РиМ ВВ-10 предназначены для коммутации высоковольтных электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с номинальным напряжением до 10 кВ для систем с изолированной и заземленной нейтралью и номинальными токами коммутации 630, 800, 1000 А.

Технические особенности:

- Возможность отключения выключателя в течении 48 ч (и более) после исчезновения оперативного питания;
- Обладает высокой стойкостью к вибрационным нагрузкам и сотрясениям, что позволяет использовать ВВ в местах с повышенной сейсмической активностью и в непосредственной близости от железной дороги, метро и работающей дорожной и строительной техники;
- Блок управления ВВ имеет встроенную защиту от короткого замыкания по цепям управления электромагнитами;



Рис.22

- Установочные и габаритные размеры выключателя идентичны аналогичным моделям других отечественных производителей, что позволяет использовать выключатели РИМ ВВ во всех типах КРУ и КСО;
- Питание цепей управления от сети постоянного и переменного тока;
- Быстродействующий электромагнитный привод с защелкой.

Функциональные возможности:

- Включение и отключение выключателя при подаче сигналов (сухой контакт или оперативное напряжение);
- Ручное механическое отключение выключателя;
- Сигнализация и индикация состояния выключателя;
- Защита от несанкционированного включения/отключения выключателя;
- Встроенный счетчик числа циклов ВО;
- Наличие вспомогательных сигналов для РЗА;
- Совместно с блоком управления обеспечивается выполнение следующих функций:
 - Самодиагностика и частичная идентификация типа неисправности;
 - Блокировка от повторного включения;
 - Включение/отключение от вторичных цепей трансформаторов тока при отсутствии оперативного питания;
 - Контроль исправности цепей управления электромагнитами;
 - Подзарядка блока конденсаторов выключателя от независимого источника питания;
 - Сигнализация аварийного отключения выключателя;
 - Управление от низковольтного вспомогательного источника питания.
 - Опция - включения/отключения выключателя при отсутствии оперативного питания.

ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ ВАКУУМНЫЙ «ВВ-РА-10» (производство ЗАО «РАДИУС Автоматика»)



Рис.23

Заявленные производителем технические характеристики вакуумного выключателя ВВ-РА-10

Таблица 5

Характеристика	Значение
Номинальное напряжение, кВ	6 (10)
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7 (12)
Номинальная частота, Гц	50
Номинальный ток главных цепей, А	1000
Номинальный ток отключения, кА	20
Ток термической стойкости(3с), кА	20
Собственное время включения выключателя, с, не более	0,05
Собственное время отключения выключателя, с, не более	0,02
Коммутационный ресурс циклов «В-О» при номинальном токе	50000
Коммутационный ресурс циклов «В-О» при номинальном токе короткого замыкания	100

Интеллектуальный разъединитель РИМ-3 (производитель ООО МНПП «Антракс»)

Информация о данном разъединителе на информационных носителях и на сайте производителя отсутствует. Описание взято из буклета с выставки. Проект в разработке на 2018 год.

Из буклета:

«Система автоматизации ВЛ 6-10 кВ на основе инновационных интеллектуальных разъединителей РИМ-3 обеспечивает оперативное дистанционное секционирование воздушных линий.

Внедрение интеллектуального разъединителя РИМ-3 – это легкий способ определить место аварии ВЛ, уменьшить количество отключенных потребителей и улучшить индексы надежности энергосистемы.

Наблюдаемость каждого участка сети за счет использования ИКЗ с функционалом определения направления протекания аварийных токов.

Интеграция информации в SCADA-систему пользователя.

Управление узловыми точками воздушной линии электропередачи благодаря оснащению дистанционно управляемыми разъединителями.

Селективное определение всех типов аварийных ситуаций, включая ОЗЗ с низкими токами и неустойчивые аварийные процессы.

Передача информации об аварии в централизованную систему и быстрое отключение аварийного участка.

Система на основе интеллектуальных разъединителей РИМ-3 подходит для работы в сетях с любым типом заземления нейтрали. Включение и отключение воздушной линии возможно в автоматическом режиме, с пульта диспетчера, автоматизированного местного и ручного управления. Отключение линии или контролируемого участка производится в бестоковую паузу.

Разъединитель, его привод, блок управления размещены на опоре линии электропередач 6-10 кВ. Случайный доступ к высоковольтным элементам ограничен. Указатель поврежденного участка крепится непосредственно на провод. Оборудована не требует дополнительных стоек и легко монтируется на любой тип опоры, обеспечивая безопасную работу.

Индикатор короткого замыкания для воздушных линий электропередачи ИКЗ-В34.

Конструкция системы автоматизации на базе интеллектуального разъединителя включает:

- разъединитель наружной установки;
- автоматизированный привод с блоком управления;
- указатель поврежденного участка;
- комплекты монтажных частей;
- трансформатор типа ОЛ.

Выключатели вакуумные высоковольтные 110 кВ (производитель АО «НПП «Контакт»)

ВБП-110III-31,5/2000 УХЛ1

Выключатель с пружинным приводом на номинальное напряжение 110 кВ частоты 50 Гц с усиленной изоляцией, наружной установки предназначен для работы в нормальных и аварийных режимах электрических сетей на открытых частях станций, с заземленной нейтралью с коэффициентом замыкания на землю не более 1,4.

Выключатели соответствуют требованиям ГОСТ 52565-2006 и КУЮЖ.674153.011ТУ.



Рис.24

Условия эксплуатации:

- 1) выключатель изготовлен в климатическом исполнении УХЛ, категории размещения 1 по ГОСТ 15150-69;
- 2) выключатель предназначен для работы на высоте над уровнем моря до 1000 м;
- 3) верхнее значение температуры окружающего воздуха при эксплуатации плюс 40 град. С;
- 4) нижнее значение температуры окружающего воздуха при эксплуатации минус 60 град. С;
- 5) относительная влажность воздуха при температуре +25 град. С 100% с конденсацией влаги.

Вывод:

Большой интерес вызвал интеллектуальный разъединитель РИМ-3, заявленный ООО МНПП «Антракс». Такой коммутационный аппарат позволил бы сократить время аварийных отключений. Вакуумный выключатель 110 кВ был представлен только одной отечественной компанией АО «НПП «Контакт».

РЗА: защиты ВЛ и трансформаторов 35-110 кВ

В рамках развития устройств РЗА в свете протокола МЭК 61850 производители как российских, так и зарубежных компаний взяли в приоритет как разработку новых линеек МП терминалов защит и автоматики управления, так и перевод уже зарекомендовавших себя устройств на цифровой лад.

Компания ООО НПП ЭКРА

Компания ООО НПП ЭКРА подвергла модернизации линейку терминалов серии БЭ 2607. Устройства предназначены для защиты и управления ВЛ 110 кВ и выше. Платформу терминалов переводят на 400 серию.



Рис.25

Смена версии ПО позволяет разместить на лицевой стороне цифровую клавиатуру. Электронные кнопки, аналоги стандартных ключей управления, которые можно запрограммировать на ввод-вывод защит, автоматики, функций терминала, на которые можно будет воздействовать как непосредственно нажатием на данную кнопку, так и удаленно – с диспетчерского пункта. По окончании перевода функции из одного состояния в другое пройдет подтверждающий сигнал, который будет зафиксирован. Это возможно сделать как по протоколу МЭК 60750 так и по МЭК 61850.

Так же на лицевой панели терминала появились кнопки управления выключателем присоединения. Увеличился дисплей, что положительным образом сказывается на восприятии информации

как персоналом РЗА для параметрирования терминала, так и для оперативного персонала для считывания параметров зафиксированных при технологическом нарушении.



Рис.26

В новой версии терминалов предусмотрены универсальные токовые датчики на 1/5 А. Переключение происходит программной перемычкой при параметрировании терминала.

Стоит отметить, что в данной версии терминала как по технической начинки, так и ПО применена типизация решений. Это говорит о том, что терминал ДФЗ при помощи смены прошивки можно переконфигурировать в ДЗЛ, комплект КСЗ с АУВ и т.д. Отпадает необходимость хранить в аварийном запасе несколько типов терминалов.



Рис.27

В части оборудования для цифровых ПС был представлен шкаф устройств преобразования аналоговый и дискретных сигналов наружного исполнения. В шкафу были представлены устройства ПДС (DMU) и ПАС (AMU) выполненные на базе устройств серии БЭ2704. Подобные решения уже применяются на ПС 110 кВ Медведевская. Данный шкаф позволяет оцифровать аналоговые сигналы измеряемых величин, дискретные сигналы и выдать их в общее информационное поле цифровой ПС.

Компания ЗАО «Радиус Автоматика»

На выставке был представлен обновленный терминал Сириус 2МЛ-02. Габариты терминала изменились, увеличилось количество программируемых кнопок на лицевой панели. Устройство получило поддержку протокола МЭК 61850. В дальнейшей перспективе планируется перевод всей 2 линейки на данную платформу.



Рис.28

Дополнительные новые возможности

- Оперативный ввод/вывод всех функций, в том числе средствами МЭК 61850.
- Функция каждого входа, реле, светодиода и кнопки оперативного управления может быть выбрана пользователем.
- Перенос событий, срабатываний, уставок, настроек и состояния схемы в энергонезависимую память.
- Увеличение памяти осциллограмм в 4 раза и замена батарейки на ионистор, не требующий периодической замены.

Таблица 6

Варианты исполнения процессорных модулей Исполнение	с протоколом связи МЭК 61850-8.1	с протоколом связи МЭК 61850-8.1 и 9.2
Основная область применения	Классические ПС 6-35, 110 кВ, новые ПС 6-35 кВ	Новые ПС 110-220 кВ, цифровые ПС
Число и тип интерфейсов связи: RS485 Ethernet («витая пара» или оптика)	2 2	2 2 или 4
Поддерживаемая редакция МЭК 61850	2-я	2-я
Поддерживаемые сервисы МЭК 61850	MMS GOOSE (прием/передача)	MMS GOOSE SV (прием/передача)
Протоколы резервирования сети Ethernet	PRP	PRP и HSR
Синхронизация времени	SNTPv4 + PPS	SNTPv4 + PPS, PTPv2
Время готовности устройства к срабатыванию после подачи питания	0,5 с	10 с

Таблица 7

Сравнительная таблица параметров МП терминалов РЗА										
Тип параметра	МП терминалы защиты ЛЭП 110 кВ					МП терминалы защиты 3-х обмоточного трансформатора				
	Сириус 3 ЛВ ЗАО Радиус автоматика	ТЛ 2607.011 НПП ЭКРА	БЭМП ДТЗ-02 АО ЧЭАЗ	ТОР 300.510 ООО Релематика	REL 650 ABB	Сириус Т-3 ЗАО Радиус автомати ка	БЭ 2704V041 НПП ЭКРА	ДЗТ-03 ЧЭАЗ АО	ТОР 300.513 ООО Релематика	RET 650 ABB
1. Поддержка протокола МЭК 61850	да	да	да	да	да	да	да	да	да	да
2. Версия протокола МЭК 61850	МЭК 61850-2	МЭК 61850-9.2	МЭК 61850-8.1	МЭК 61850-9.2	МЭК 61850-9.2	МЭК 61850-2	МЭК 61850-9.2	МЭК 61850-8.1	МЭК 61850-9.2	МЭК 61850-9.2
3. Количество аналоговых входных сигналов, шт	10	13	8	11	10	9	24	18	10	20
4. Количество входных дискретных сигналов, шт	47	32	32	52	36	21	48	24	53	18
5. Количество выходных дискретных сигналов, шт	45	16	24	53	45	24	32	24	53	27
6. Количество и тип портов связи (стандартной комплектации)	1 –USB 2 - RS485	2 RS485 2 Ethernet	2 Ethernet 1 IRIG-B	2- Ethernet 2- RS 485 1-USB	2 оптических Ethernet	1 –USB 2 - RS485	2 RS485 2 Ethernet	2 Ethernet 1 IRIG-B	2- Ethernet 2- RS 485 1-USB	2 оптически х Ethernet
7. Возможность параллельной работы по «меди» и по протоколу МЭК 61850	Нет	Аналоговые сигналы - нет Дискретные сигналы - да	Требуется уточнения	Требуется уточнения	Требуется уточнения	нет	Аналоговые сигналы - нет Дискретные сигналы - да	Требуется уточнения	Требуется уточнения	Требуется уточнения

Оперативный ток

На выставке были представлены ведущие предприятия отрасли в том числе компании занимающиеся производством аккумуляторных батарей и преобразовательного оборудования для систем оперативного постоянного тока подстанций.

Так на выставке был представлен производитель зарядно-подзарядных устройств и щитов постоянного тока (УППТ или ШУОТов) Завод Конвертор, Москва.

Оборудование завода также имеет аттестацию для применения на объектах ПАО «Россети».

Ключевыми особенностями оборудования Завода Конвертор являются следующие решения:

- В ЗВУ используется только естественное, конвекционное охлаждение (требование ФСК, т.к. кулер может выйти из строя, что приводит к выходу ЗВУ из строя);
- Каждый ЗВУ имеет свою плату управления, т.е. абсолютно не зависит от второго ЗВУ, что повышает надежность системы в



Рис.29

целом. При выходе одного ЗВУ из строя система остается в работе;

- Своя микропроцессорная система автоматики, позволяющая интегрировать ЩПТ в АСУ ТП и контролировать удаленно необходимые параметры;
- Высокий КПД ЗВУ – 96%, что уменьшает выделение тепла и позволяет сделать ЗВУ с естественным охлаждением;
- Надежность и долговечность оборудования, срок службы 20-25 лет.



Рис.30

Кроме того на стенде были представлены устройство для разряда АКБ – УР-120, которое позволяет разряжать батарею стабилизированным током и мобильное ЗВУ на 40А. Данное ЗВУ было разработано в качестве аварийного запаса, т.е. в случае выхода из строя ЗВУ на объекте есть возможность оперативно поставить подменное ЗВУ на 40А 220В. ЗВУ изготовлено в компактном корпусе, позволяющем разместить его в багажнике легкового автомобиля и весит 40 кг.

Особенности:

- реализация стандарта МЭК 61850 в устройствах РЗА отечественных и зарубежных производителей, интеграция устройств РЗА в АСУ ТП ПС в рамках стандарта МЭК 61850;

- использование программируемых контроллеров для автоматизации и управления коммутационными аппаратами ПС;

В рамках участия в выставке «Электрические сети России 2017» внимание так же привлекли разработки следующих компаний: ООО «ПиЭлСи Технолоджи» (торговая марка «ТОPAZ electronics»), Компания ДЭП.

ООО «ПиЭлСи Технолоджи» является действующим предприятием без иностранного участия в уставном капитале, имеющим на территории России полный производственный цикл, а именно:

- разработку электронных блоков и контроллеров, включая схемотехнические и дизайнерские решения, а также программирование микроконтроллеров;
- серийное производство электронных блоков и контроллеров, включая производство плат на современной автоматической роботизированной линии,
- разработку специализированного программного обеспечения ТОPAZ SCADA для контроллеров уровня объекта, серверов и Автоматизированных рабочих мест (АРМ);
- серийное производство комплектов (шкафов) для ССПИ, АСУ ТП, АСКУЭ, ККЭ, РАС, РЗА;
- проектирование и монтаж ССПИ, АСУ ТП и др. на объектах заказчика.

Компания предлагает практически полный спектр устройств для построения АСУТП подстанции на базе протокола МЭК 61850.

Особенно следует отметить наличие в предлагаемой номенклатуре оборудования коммутаторов для построения шин цифровой подстанции с полной поддержкой бесшовных технологий (находятся на стадии сертификации). В настоящее время все проекты цифровых подстанций, реализуемые в России, с которыми удалось ознакомиться, строятся на применении импортного оборудования этого типа. Представляется целесообразным рассмотреть возможность применения оборудования ООО «ПиЭлСи Технолоджи» в будущих периодах в рамках импортозамещения.

По информации представителя компании все эти объекты не являются в полной мере «цифровыми подстанциями», т.к. в них реализована только станционная шина, шина процесса отсутствует, ввод аналоговых параметров осуществляется «по меди».

Компания ДЭП

Представляет широкий спектр контроллеров и программного обеспечения для построения АСУТП с поддержкой протокола МЭК 61850.



Устройства «depRTU» являются многофункциональным изделиями, используемыми при создании «Цифровой подстанции» в качестве устройств сопряжения (объединяющих устройств MU, SAMU) и в качестве интеллектуальных электронных устройств (IED).

Рис.31

С применением оборудования компании выполняется строительство ПС «Южная» «Вологдаэнерго» с использованием МЭК 61850 (стадия завершения ПНР). На данном объекте запроектирована полная идеология «цифровой подстанции» с применением станционной шины и шины процесса, при этом заложено полное резервирование РЗА «по меди». В результате ПНР проводится полностью по «медному» варианту, МЭК 61850 используется только в подсистеме АСТУ, но зато с цифровыми измерениями в этом протоколе. Есть информация, что на стадии проектирования была допущена ошибка при выборе коммутаторов (отсутствие поддержки NTP), в связи с чем имеются значительные проблемы с пусконаладкой.

«РЗА: защиты ВЛ, КЛ 6-10кВ и РП 6-10/0,4кВ, системы питания РЗА»

ЗАО «Радиус автоматика» - разработка и производство микропроцессорных устройств РЗА для энергетических систем:

Реле тока «Сириус-2-Л-К» предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением 3–35 кВ. Реле предназначено для защиты воздушных и кабельных линий, вводов, секционных выключателей, а также трансформаторов, преобразовательных агрегатов и т.д. Интеллектуальное реле тока «Сириус-2-Л-К» может применяться при построении высокотехнологичных систем РЗА повышенной экономической эффективности;

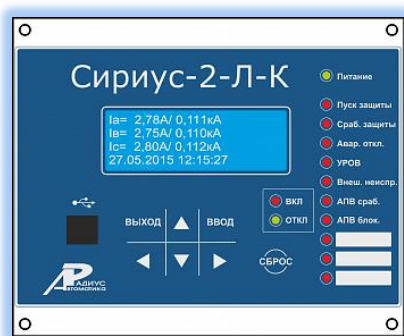


Рис.32 а)



Рис.32 б)

Новое микропроцессорное устройство автоматики присоединений напряжением 0,4 и 6–35 кВ «Сириус-АВР» предназначено для АВР – автоматического ввода резервного источника питания в случае пропадания напряжения на одном из питающих вводов путем включения секционного выключателя, а также ВНР – восстановления схемы нормального режима после восстановления питания на отключенном вводе. К устройству подводятся две системы трехфазных напряжений двух вводов.

Реле «Сириус-2-ТН-К» предназначено для контроля трансформаторов напряжения, а также для выполнения функций релейной защиты и автоматики подстанций.

Интеллектуальное реле напряжения «Сириус-2-ТН-К» может применяться при построении высокотехнологичных систем РЗА повышенной экономической эффективности.

Исполнение «И4» для устройств РЗА серии «Сириус» обеспечивает поддержку протокола МЭК 61850 второй редакции.

Устройства серии «Сириус» обеспечивают весь необходимый функционал для построения «цифровых подстанций» и развертывания «Smart Grid».

Предусмотрены два варианта исполнения «И4»: «И4-FX» - с двумя оптическими интерфейсами Ethernet (100BASE-FX) «И4-TX» - с двумя интерфейсами Ethernet по «витой паре» (100BASE-TX).

Микропроцессорное устройство "Орион-3ДЗ" - это новое поколение устройства дуговой защиты.

Устройство формирует GOOSE-сообщения о собственной конфигурации и зафиксированных событиях в соответствии с протоколом МЭК-61850. Для подключения к сети Ethernet установлен разъём RJ-45.

Устройство выполнено в виде блока (имеющего выходные реле для подключения к исполнительным органам и разъём RJ-45 для подключения к сети Ethernet), устанавливаемого в релейном отсеке ячейки, и трёх датчиков дуги, размещаемых в контролируемых отсеках.



Рис.33

Устройство «Орион-3ДЗ» имеет такие же посадочные размеры и схему подключения, использует такие же датчики дуги, как и Устройство «Орион-ДЗ». Это позволяет использовать его в существующих схемах без каких-либо изменений.

ООО «Релематика» - основное направление деятельности разработка, производство, поставка и наладка устройств РЗА:

- Обновленная серия микропроцессорных устройств предназначена для осуществления функций релейной защиты, противоаварийной автоматики, управления, сигнализации и регистрации событий на объектах энергетики напряжением 35-750 кВ, а также для создания «интеллектуальных» энергосистем и «цифровых» подстанций.



Рис.34

На основе терминалов «ТОР 300» собирается вся линейка шкафной продукции компании.

Терминал «ТОР 300 ЛОК» предназначен для обслуживания воздушных (ВЛ) и кабельно-воздушных (КВЛ) линий напряжением 6-750 кВ и обеспечивает локацию (определение места повреждения) при коротких замыканиях (КЗ) на линиях с ответвлениями, с односторонним или двусторонним питанием. В зависимости от исполнения, один терминал может обслуживать до четырех линий одновременно.

Устройство «ТОР 300 ЛОК» соответствует требованиям технических условий ТУ 3433-024-54080722-2012.

Логика работы устройства свободно-конфигурируема и создается под каждый конкретный проект модификацией типовой схемы логики в графической среде программирования.

Все терминалы поддерживают обмен данными по стандарту МЭК 61850 в части 8-1 и 9-2.

Пары портов могут работать в режиме резервирования по стандарту МЭК 62439-3 PRP.

Устройства могут иметь до 7 портов связи с разными типами поддерживаемых интерфейсов (USB, RS-485, Ethernet, ВОЛС, ВЧ-вход)

Осуществлена поддержка протоколов ModBus-RTU, ModBus-ASCII, МЭК 60870-5-103, IEEE C37.94 и стандартов МЭК 61850-8-1, МЭК 61850-9-2 по отдельным портам связи.

ООО «РЗА Системз» - разработка и производство устройств релейной защиты и автоматики; системы оперативного постоянного тока.

- Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики (РЗА) серии РС83 предназначены для использования на присоединениях 6 – 110 кВ подстанций и распределительных пунктов.



Рис.35

Состав серии позволяет комплексно обеспечить выполнение функций РЗА распределительных сетей практически без применения дополнительной аппаратуры. Защита и автоматика любых линий 6-10-20-35 кВ.

Защита кабельной линии связи генерации с энергосистемой.

Защита и автоматика вводов 6-10-20-35 кВ.

Резервная защита силового трансформатора 35-110 (150) кВ, автоматика и управление вводным выключателем ВН.

Программно-технические комплексы по расчету параметров аварийного режима, расчету и выбору параметров срабатывания устройств РЗА

«ПРiЗ ЭТО» - планирования ремонтов и задач электротехнического оборудования, разработка **ООО «Релематика»**.

Программный комплекс (ПК) разработан для применения в электротехнических службах подстанций и станций (электроцех, ЭТЛ, служб релейной защиты и автоматики, диспетчерских управлений и пунктов, служб ПС, ЛЭП, метрологи, связи и т.п.) предприятий электроэнергетики. Внедрение комплекса обеспечивает централизацию информации службы и филиалов, автоматизацию электротехнических расчетов (в том числе и уставок защит), ведение справочников и составление отчетов. Программный комплекс является клиент-серверным приложением. На сервере располагается база данных для хранения знаний службы: параметров оборудования, защит, схем и документации. Централизованное хранение данных позволяет обеспечить единые средства защиты информации от утери и повреждения. Помимо этого, централизация хранения обеспечивает идентичность результатов расчетов и формируемых отчетов на любом рабочем месте.

«PSC» - автоматизированный расчет уставок защит 6-35, 110-220, 330-750 кВ, разработка ООО «Релематика».

Программа «PSC» предназначена для автоматизированного расчета параметров срабатывания устройств РЗА. Методика, заложенная в программе, основана на рекомендациях производителей защит, руководящих указаниях по релейной защите и правилах устройства электроустановок.

Программа имеет дружелюбный пользовательский интерфейс и гибкую контекстно-зависимую систему помощи, содержащую как инструкцию по использованию программы и ее модулей, так и методику расчета, расчетные выражения и рекомендуемые значения коэффициентов.

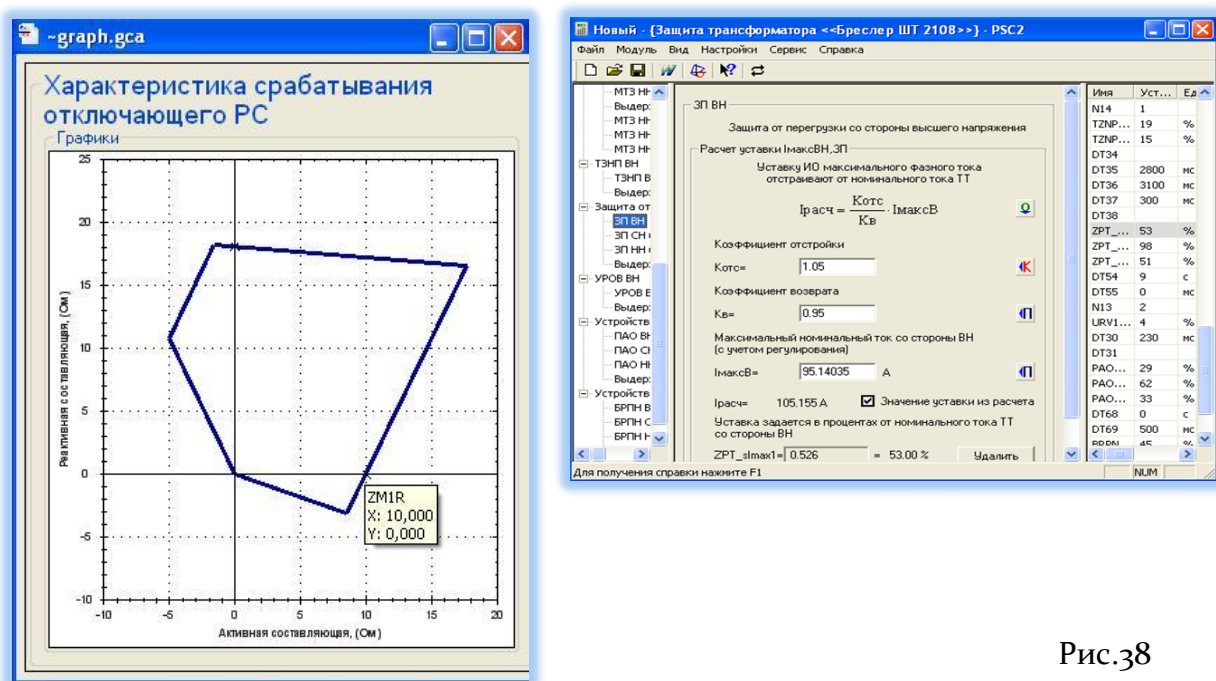


Рис.38

Программа состоит из ядра и расчетных модулей, каждый из которых отвечает за расчет параметров срабатывания определенного устройства РЗА. Единое ядро обеспечивает одинаковый интерфейс программы при работе с модулями расчета уставок устройств РЗА различных производителей, а модульность позволяет заказчику приобретать нужные на сегодня модули. При появлении необходимости, модули можно заказать к уже приобретенному комплекту.

«ТКЗ++» - программа расчета аварийных режимов, разработка ООО «Релематика».

Программа предназначена для автоматизации комплекса задач моделирования аварийных режимов в электроэнергетической системе (ближайший аналог – АРМ СРЗА или ТКЗ 3000). Полученные результаты вычислений могут применяться при

выборе параметров срабатывания устройств релейной защиты и автоматики, для выбора и проверки первичного оборудования по условиям термической и динамической устойчивости и при анализе реальных аварий. Особое внимание в программе уделено совместимости с новыми операционными системами при сохранении совместимости с существующими моделями.

Основные функции программы:

Редактор расчетных схем предназначен для описания математической модели электроэнергетической системы. Он представляет собой форму для редактирования модели в табличном виде с рядом функций, повышающих удобство работы.

Среди функций модуля:

- сортировка, фильтрация и расширенный поиск в списке ветвей по любому из полей;
- редактирование параметров модели в таблице и через специальную форму;
- контроль вводимых данных;
- два способа представления списков индуктивно-связанных ветвей;
- гибкая настройка отображения данных;
- чтение и сохранение данных в совместимых форматах ТКЗ-3000 и АРМ СРЗА;
- сводные данные о составе схемы.

Модуль эквивалентирования позволяет получить эквивалентную модель сети путем исключения узлов, ветвей и индуктивных групп из исходной схемы. Задание на эквивалентирование заключается в формировании списка узлов, оставляемых в схеме, любым из способов:

- Список - перечисление узлов вручную;
- Маска - ввод шаблона номеров узлов с применением специальных символов;
- Схема соединения - выбор узлов, основанный на соединении узлов между собой;
- Элементы - перечисление элементов, которые останутся в расчетной схеме;
- Пояса - выбор узла и количества поясов от него, которые останутся в расчетной схеме.

Модуль сравнения схем позволяет сравнить две версии одной схемы и выявить различия в параметрах элементов, ветвей, узлов и индуктивно-связанных ветвей посредством удобного и наглядного интерфейса, а также составить отчет о различиях. Настраиваются сравниваемые поля и минимальная величина отличия.

Модуль расчета ТКЗ предоставляет интерфейс ввода и коррекции заданий на расчет аварийных составляющих токов и напряжений, а также сопротивлений при металлических замыканиях: однофазном, междуфазном, трехфазном и двухфазном замыкании на землю, а также при обрывах и любом виде однократной поперечной несимметрии. Аварийные величины рассчитываются в местах повреждения и в местах наблюдения (узлы и ветви). Для описания подрежима доступны директивы подключения, отключения и изменения свойств ветвей. Задание описывается посредством общепринятого и понятного набора директив, снабженного

наглядными примерами ввода параметров для каждой из них. Перед запуском задание проверяется и

Модуль аварийной коммутации произвольного вида позволяет моделировать любые повреждения в элементах энергосистемы. Модуль предоставляет пользователю выбрать участвующие в коммутации узлы (в том числе и промежуточные), описать способ замыкания и переходные сопротивления между фазами этих узлов, нейтралью и землей. Интерфейс построен в форме мастера, позволяющем последовательно отобрать узлы, участвующие в аварийной коммутации, способ их соединения, места наблюдения и подрежим. Расчет происходит в фазных координатах для предварительно свернутой до мест повреждения и наблюдения модели. В результате расчета модуль выводит отчет, аналогичный отчету модуля расчета ТКЗ.

Модуль поиска расчетного режима позволяет найти режимы, соответствующие максимальным и минимальным значениям выбранной пользователем величины, путем перебора возможных вариантов отключения ветвей и переключения коммутационных аппаратов. В результате поиска пользователь получает отсортированный список подрежимов с возможностью открытия любого из них в редакторе задания на расчет.

Модуль множественных расчетов позволяет автоматически построить отчет о максимальных и минимальных токах КЗ на шинах подстанций, соответствующих подрежимам и питанию поврежденных шин в первом поясе. Модуль имеет удобный интерфейс выбора узлов, для которых строится отчет и настроек поиска максимального и минимального режимов.

Модуль проверки отключающей способности выключателей предназначен для автоматизации проверки соответствия номинального тока отключения выключателей, установленных в энергосистеме, результатам моделирования максимальных токов КЗ, протекающих через ветвь выключателя. Модуль позволяет описать места установки выключателей путем выбора их из справочника, и проверить соответствие отключающей способности максимальным токам при КЗ между шинами и выключателем и за ним. В результате расчета выводится отчет о проведенной проверке.

Кабели 6-110 кВ

Мониторинг состояния

Температурный мониторинг кабельных линий выполненных с изоляцией из сшитого полиэтилена имеет огромное значение, так как:

- позволяет продлить время службы кабельной линии, уменьшая старение изоляции за счет выбора оптимального температурного режима;
- повысить надежность электроснабжения;
- позволяет использовать максимальные возможности по пропускной способности кабельной линии, наблюдая в режиме онлайн за ее температурным режимом;
- позволяет заблаговременно спрогнозировать возможное место повреждения.

Температурный режим кабеля, выполненного из сшитого полиэтилена на данный момент возможно контролировать по всей его длине при помощи оптического волокна, находящегося в кабеле или закрепленного на его поверхности. Контроль основан на обратном рассеянии света в оптическом волокне, который является распределенным датчиком по длине кабеля, причем возможно снимать температурную кривую по всей длине линии.



Рис.39

По словам производителей кабельной продукции сложности внедрения в силовую кабель жилы оптоволоконна нет, основной сложностью температурного мониторинга является система, позволяющая считывать информацию. К сожалению на выставке не было производителей, с которыми взаимодействовали производители кабельной продукции. Отметим, что производителей такой продукции достаточно

мало, например Lios (дочерняя фирма NKT cables), Sensa (дочерняя фирма Schlumberger), ООО «Седатек» (Россия).

Приведем описание системы Российской фирмы ООО «Седатек».

Назначение системы:

Система ПТС-1000 предназначена для непрерывного мониторинга температуры силовых кабелей из сшитого полиэтилена в реальном времени с целью предотвращения сокращения их срока службы из-за перегрева, а также обеспечения комплексной безопасности, предотвращения аварийных ситуаций и увеличения пропускной способности.

Преимущества системы:

- Датчиком системы является оптическое волокно, обладающее пожаробезопасностью, стойкостью к внешним физическим воздействиям, устойчивостью к влиянию электромагнитных возмущений, ремонтпригодностью, простотой конструкции и высокой надежностью при невысокой стоимости;
- Непрерывный автоматизированный мониторинг температуры кабельных линий в реальном времени для обеспечения комплексной безопасности, предотвращения аварийных ситуаций и оптимизации режимов их функционирования;
- Конструктивное исполнение блоков системы с применением безвентиляторной технологии охлаждения, существенно повышающей её надёжность;
- Возможность контроля нескольких кабельных линий одним измерительным блоком с целью определения их теплового режима по всей протяжённости;

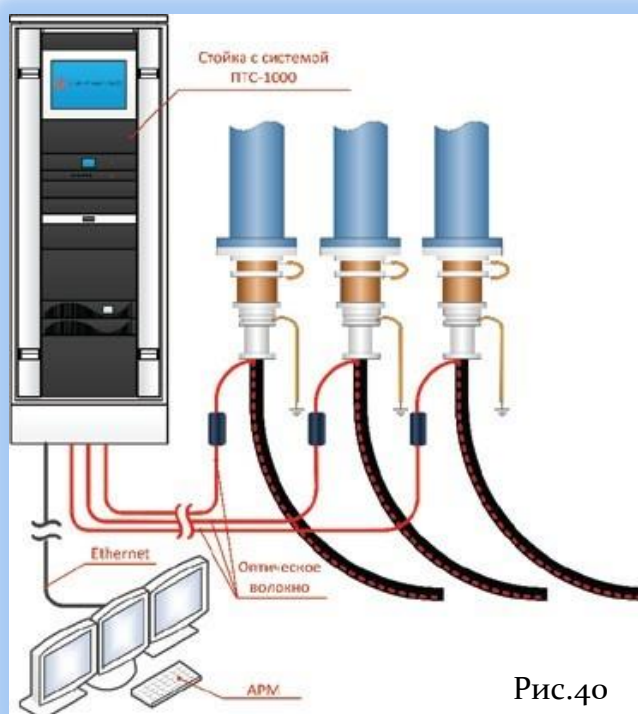


Рис.40

Принцип работы:

В системе ПТС-1000 используется распределенный датчик температуры (чувствительный элемент), которым является оптическое волокно, расположенное непосредственно в кабеле или закреплённое на его поверхности. Принцип работы системы основан на математической обработке измеряемого спектрального состава обратного Рамановского рассеяния лазерных импульсов в многомодовом оптическом волокне. Результатом каждого измерения является температурный профиль, представляющий собой распределение температуры по всей длине оптического волокна.

Возможности системы

На основании измеренных температурных профилей система ПТС-1000 формирует ТелеИзмерения (ТИ) и ТелеСигнализацию (ТС) по каждой фазе кабельных линий, включающие в себя:

- ТИ максимальной температуры;
- ТИ расстояния до максимальной температуры; ТИ скорости изменения температуры;
- ТИ расстояния до максимальной скорости изменения температуры;
- ТС в случае превышения заданных уровней температуры;
- ТС в случае повреждения кабеля и обрыва волокна;
- ТС в случае отсутствия питания системы;
- ТС в случае несанкционированного доступа к оборудованию.

Специализированное программное обеспечение (ПО) системы ПТС-1000 позволяет:

- Отображать и передавать потребителю текущие значения заданных ТИ и ТС;
- Просматривать результаты измерений системы;
- Отображать топологию кабельных линий с привязкой к подоснове, совмещенную с температурными профилями, и предоставлять диспетчеру информацию о текущей максимальной температуре кабеля и оперативную обстановку в наглядном виде (опционально);
- Просматривать температурные профили и рефлектограммы рабочих волокон из БД за указанный период времени;
- Осуществлять расчет:
 1. температуры жилы (опционально);
 2. максимально допустимой нагрузки на кабель, исходя из максимально допустимой температуры жилы, и заданного времени (опционально);
 3. максимально допустимой длительности нагрузки на кабель, исходя из максимально допустимой температуры жилы, и текущих значений нагрузки (опционально).

- Осуществлять разбиение и контролировать отдельные сегменты фаз кабельных линий, имеющих различные условия залегания и пр., а также передавать и отображать ТИ и ТС по каждому сегменту;
- Устанавливать пороговые значения контролируемых параметров для каждого сегмента в отдельности.

Технические характеристики

Таблица 8

Интервал дискретизации температуры по длине кабеля	от 1 м (в зависимости от длины КЛ)
Разрешающая способность по температуре	0,5 °С
Погрешность измерения	±1,5 °С
Максимально возможная длина линии	до 40 км
Время измерения температуры по всей длине кабеля	от 15 секунд
Организация хранения информации(температурные профили, рефлектограммы, ТС и ТИ)	во встроенной базе данных и на удалённом сервере
Совместимость алгоритмов расчета пропускной способности кабельных линий со стандартами МЭК 60853 и МЭК 60287)	есть
Интеграция и обмен данными с диспетчерскими и прочими потребителями	по протоколам МЭК 60870-5-104, Modbus, OPC DA 2.05a (3.0)
Тип датчика	В соответствии со стандартом ITU-T. G.651.1 многомодовый градиентный волоконно-оптический кабель 50/125 мкм
Автономная работа при прекращении подачи питающего напряжения	6 часов
<i>Условия эксплуатации:</i>	
Диапазон рабочих температур	от - 40 до + 50 °С
Влажность	до 95%
Питание	220 В переменного напряжения

Приведем характеристики системы оптоволоконного измерения температуры (EN.SURE) предлагаемая компанией LIOS (модели EN.SURE200SM, EN.SURE300SM, EN.SURE400SM)

Таблица 9

Диапазоны мониторинга	20 км, 30 км, 40 км (на один канал)
Внутренние оптоволоконные каналы	1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16 (по заказу)
Линейная разрешающая способность	1м
Коммуникационные интерфейсы / SCADA	
Программируемые входы	4 (по заказу до 40)
Программируемые выходы (безпотенциальные)	10 (по заказу до 106)
Выходы аналоговых сигналов	4 - 20μA (наружный, по заказу)
Коммуникационные интерфейсы	Ethernet TCP/IP (2x), RS232, USB
Коммуникационные протоколы	MODBUS, DNP3, IEC60870, IEC61850 (по заказу)
Входы наружного мониторинга	Pt100(2x), Ток 0-20 μA(2x), Напряжение 0-10 В (2x)(по заказу)
Оптические данные	
Оптический разъём	E2000 / APC
Классификация лазера	Класс 1М (EN60825-1:2007)
Тип волокна, многорежимный - диапазоны 2 ... 20 км	Градиент показателя преломления 50/125 μм многорежимный
Тип волокна, однорежимный - диапазоны 20 ... 40 км	SM 9/125 μм однорежимный
Условия окружающей среды	
Температура хранения	-35... +75 °C
Рабочая температура	-10... +60 °C
Влажность (без конденсации)	≤95 %, относительная
Класс защиты (IEC 60529)	IP51

Как видно из приведенных таблиц, параметры систем схожи и позволяют с высокой точностью производить температурный мониторинг кабелей со встроенным оптоволоконном.

Кабели с изоляцией из этиленпропиленовой резины (ЭПР)

Кабели с изоляцией из этиленпропиленовой резины (ЭПР), одно- и многожильные, с различными типами брони так и без неё, с различными типами наружной оболочки предназначенные для применения в распределительных сетях 0,6/1 и 10/35кВ объектов промышленности и инфраструктуры, в том числе во взрывоопасных зонах всех классов, с подтверждённой возможностью эксплуатации при температурах до -65°C, и монтажа до -35°C.

Преимущества кабелей ЭПР по сравнению с СПЭ

- стойкость резины к абсорбции влаги. Воздействие воды на полимерные материалы (изоляция из СПЭ) приводит к образованию водных деревьев (трининги) в толще изоляции, что ускоряет последующие процессы её старения.

- бóльшая пропускная способность за счет увеличения допустимой температуры токопроводящей жилы (допустимые токи нагрузки в зависимости от условий прокладки на 15-30 % больше, чем у кабеля с БПИ);

- высокий ток термической устойчивости при коротком замыкании, что особенно важно, когда сечение кабеля выбрано только на основании номинального тока КЗ;

- вибродемпфирование. Этиленпропиленовая резина – эластичный материал, который хорошо противостоит повышенным вибронагрузкам на кабели подключённые к агрегатам подверженным высоким вибрациям. Высокие динамические характеристики каучуков, отлично характеризуют поведение этиленпропиленовой резины как материала изоляции при ударных, периодических и других внешних механических воздействиях;

- эластичность материала изоляции обеспечивает удобство прокладки кабеля, как в кабельных сооружениях, так и на сложных трассах в земле в том числе и при низких температурах. Благодаря отсутствию каких-либо жидких компонентов в конструкции кабеля, прокладку, возможно, проводить с неограниченной разностью в уровнях, включая вертикальную прокладку;

- термическая стойкость. Характеризуется способностью резин сопротивляться термическому (тепловому) старению – т.е. сохранять эксплуатационные свойства, изменения которых обусловлено повышенными температурами;

Кабели выпускаются с различными типами оболочек, предназначенные для различных условий эксплуатации.

Оболочки силовых кабелей содержат светостабилизаторы и не подвержены разрушающему воздействию солнечной радиации в течение всего срока службы.

ПВХ - оболочка (поливинилхлорид пластика) (цвет: красный, чёрный) - кабели предназначены для прокладки в воздухе, в закрытых помещениях, в кабельных коллекторах, в сухих грунтах (п Рис.63 но-глинистая и нормальная почва с влажностью менее 14%). Удовлетворяют требованиям пределов распространения горения при одиночной прокладке ПРГО 1 по классификации НПБ 24897. *Устойчивы к воздействию влаги, кислот, щелочей, растворов солей, бензина, керосина, жиров, спиртов*

Оболочка, не распространяющая горение, не содержащая галогенов Н (цвет: оранжевый, чёрный) -кабели предназначены для прокладки в воздухе, в закрытых помещениях, в кабельных коллекторах, при групповой прокладке. Данная оболочка, благодаря специальным материалам, из которых она изготовлена, при воздействии открытого пламени не выделяет токсичных веществ. Степень

коррозионной активности материалов оболочки чрезвычайно низка. Также при горении не выделяется газ, вызывающий удушье. Кабели удовлетворяют требованиям пределов распространения горения при групповой прокладке ПРГП 1 по классификации НПБ 248-97 имеют разрешение ФЕДЕРАЛЬНОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ И АТОМНОМУ НАДЗОРУ (РОСТЕХНАДЗОР) на применение во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок согласно гл. 7.3 ПУЭ, ГОСТ Р 51 330. 13-99.

Оболочка из полихлоропреновой резины (цвет: красный) - кабели предназначены для прокладки в воздухе, в закрытых помещениях, в кабельных коллекторах, при групповой прокладке, обладают очень широким диапазоном рабочих температур, не распространяют горение. Оболочка обладает повышенной механической стойкостью, морозоустойчива, стойка к химическим веществам, буровым растворам, естественному окислению и атмосферным воздействиям, обладает отличной эластичностью. Кабели с оболочкой из полихлоропреновой резины удовлетворяют требованиям пределов распространения горения при групповой прокладке ПРГП 1 по классификации НПБ 248-97.

Характеристики кабелей позволяют сделать положительное заключение в пользу кабелей с ЭПР, но более высокая стоимость зачастую позволяет их использовать лишь в исключительных условиях.

Таблица 10

Характеристики	Кабель с БПИ	Кабель с СПЭ	Кабель с ЭПР
Срок эксплуатации [лет]	30	40	40
Гарантийный срок эксплуатации [месяц]	60	60	60
Номинальное напряжение, [кВ]	10	10	10
Максимальная рабочая температура жилы при перегрузке [°C]	90	130	140
Испытательное переменное напряжение частотой 50 Гц, 5 мин. [кВ]	25	30	30
Предельно допустимая температура при протекании тока КЗ [°C]	200	250	300
Максимальная рабочая температура жилы [°C]	70	90	90-105
Монтаж при температуре, не ниже [°C]	0	-20	-35
Коэффициент диэлектрических потерь при 20°C	0,008	0,001	0,004
Разность уровней, не более [м]	15	не ограничено	не ограничено
Температура окружающей среды, верхний предел [°C]	+50	+65	+70
Температура окружающей среды, нижний предел [°C]	-50	-60	-65
Электрическое сопротивление изоляции, не менее [МОм*км]	200	200	200
Минимальный радиус изгиба	15xD	12xD	12xD
Категория (распространение горения при испытаниях в пучках)	A	A	A
Показатель токсичности продуктов горения, г/м ³	не менее 40, дым содержит токсичные элементы - хлор, фтор, бром	не менее 40, дым не содержит токсичных галогенов	не менее 40, дым не содержит токсичных галогенов
Дымообразование при горении и тлении (снижение светопропускаемости), %	40	10-20	10-20

**ВЛ-35/110 кВ: высокотемпературные провода,
грозозащитные тросы, композитные опоры**

Провод АССС (производитель ОАО «Кирскабель»)

Интересным решением холдинга «УНКОМТЕХ» стали работы по созданию неизолированных проводов с композитными сердечниками на основе углеродных или базальтовых волокон и термореактивного полимерного связующего.

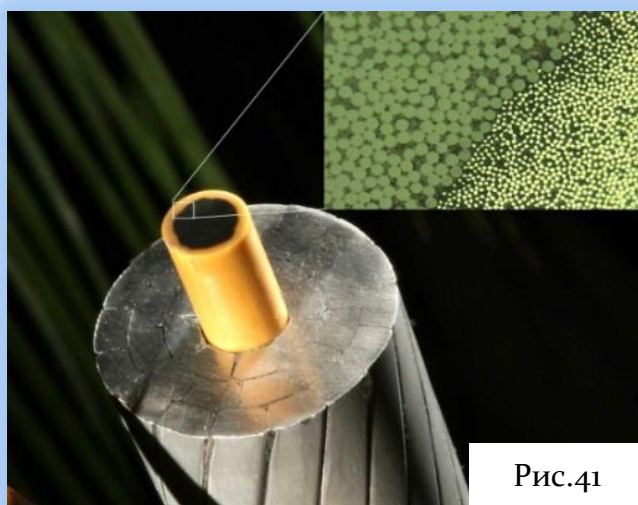


Рис.41

- Прочность на разрыв композитного сердечника выше, чем у стального сердечника, следовательно, выше прочность и провода в целом
- Масса композитного сердечника значительно ниже массы стального ($\approx$ в 3 раза), следовательно, ниже масса и провода в целом
- Низкий коэффициент линейного расширения сердечника и провода в целом
- Высокая рабочая температура - 180 °С

Безоговорочное преимущество композитных проводов – высокая прочность и небольшая масса. Для высокотемпературных проводов очень важно и 2 других отраженных преимущества – низкий коэффициент линейного расширения и высокая рабочая температура. Область применения высокотемпературного провода АССС схожа с областью применения высокотемпературного провода АСТ - прежде всего в проектах реконструкции линий с целью повышения пропускной способности, однако, все-таки является чуть более вариативной.

Высокотемпературный неизолированный провод АСПТ (компания ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ»)



Рис.42

Провод неизолированный из термостойкого алюминиевого сплава с сердечником из стальной проволоки, плакированной алюминием, с повышенной рабочей температурой.

Предназначен для передачи электрической энергии в воздушных сетях.

Условное обозначение марки провода формируется из букв и цифр, отражающих элементы конструкции, материалы и характеристики провода:

АСПТ 1/2-3/4, где

АСПТ - провод неизолированный из термостойкого алюминиевого сплава с сердечником из стальной проволоки, плакированной алюминием, с повышенной рабочей температурой.

1 - Номинальное сечение проволок из алюминия, мм²

2 - Номинальное сечение сердечника провода, мм²

3 - Рабочая температура провода, °С

4 - Диаметр провода, мм

Таблица 11

Расчетные параметры провода АСПТ*

Номинальное сечение, мм ²	Сечение алюминий/сталь, плакированная алюминием, мм ²	Диаметр провода, мм	Диаметр сердечника из стальных проволок, плакированных алюминием, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°C, Ом, не более	Разрывное усилие, Н, не менее	Масса 1 км провода, кг
25/4,2	24,9/4,15	6,9	2,3	1,099	890	95,0
35/6,2	36,9/6,15	8,4	2,8	0,744	1320	142,0
50/8,0	48,2/8,0	9,6	3,2	0,569	1720	185,0
70/72	68,4/72,2	15,4	11	0,3143	98200	667,0
120/19	117,5/18,8	15,15	5,55	0,2362	42457	449,0
120/27	114/26,6	15,4	6,6	0,2381	51186	490,0
150/19	147,6/18,8	16,75	5,55	0,19	47098	531,0
150/24	148,7/24,2	17,1	6,3	0,1803	53752	570,0
150/34	147/34,3	17,5	7,5	0,1846	66003	632,0
185/24	186,9/24,2	18,9	6,3	0,15	59352	675,0
185/29	181,2/29	18,8	6,9	0,1532	64218	692,0
240/32	244/31,65	21,6	7,2	0,1148	77522	881,8
240/39	235,8/38,6	21,55	7,95	0,1176	84506	905,3
300/39	301,4/38,6	24	8	0,09304	94213	1085,7
330/30	334,6/29	24,8	6,9	0,0849	89081	1116,2
330/43	332/43	25,2	8,4	0,0848	106789	1203,5
400/51	394/51	27,5	9,15	0,07124	125180	1427,4
500/64	490/63,5	30,6	10,2	0,0574	154262	1773,5
700/86	687/86	36,2	12,0	0,04099	214444	2470,5
800/105	821/105	39,7	13,25	0,03431	257215	2956,8
1000/56	1003,2/56,3	42,4	9,6	0,02871	226995	3144,1

ПРЕИМУЩЕСТВА:

Провода АСПТ имеют значительные преимущества по сравнению с обычными проводами типа АС:

- Обычный алюминий при температуре 90°C отжигается и резко теряет прочность, сплав Al-Zr сохраняет свои свойства при 150°C и 210°C, с пиковыми нагрузками до 180° С и 230°C соответственно.
- Обеспечивается повышение пропускной способности ЛЭП при том же сечении фазных проводов в 2 раза;
- Отсутствие внешней коррозии стали сердечника;
- Облегчение процесса плавки гололеда;
- Небольшие стрелы провеса;
- Провод АСПТ монтируется на существующие опоры ЛЭП, что позволяет избежать дополнительных расходов на обновление металлоконструкций;
- Провод АСПТ может монтироваться как в стандартную арматуру, так и в арматуру спирального типа;

- Применение высокотемпературных проводов АСПТ позволяет снизить весовую нагрузку на опоры.

Преимуществом данных проводов является то, что при равных массогабаритных и физико-механических параметрах они имеют пропускную способность в два раза выше относительно стандартных проводов АС.

Высокотемпературный неизолированный провод АСПТк

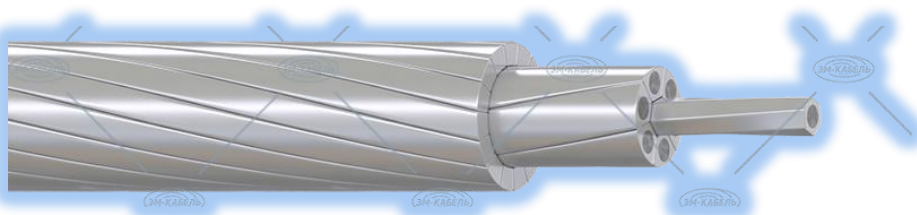


Рис.43

Провод компактированный из термостойкого алюминиевого сплава с сердечником из стальной проволоки, плакированный алюминием. Предназначен для передачи электрической энергии в воздушных сетях.

Таблица 12

Расчетные параметры провода АСПТк

Номинальное сечение, мм ²	Диаметр провода, мм	Диаметр сердечника, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°C, Ом, не более	Масса 1 км провода, кг
120/19	13,8	8,1	0,232	486
120/24	14,0	9,4	0,245	506
120/27	14,4	9,7	0,222	570
150/19	15,5	8,1	0,183	584
150/27	15,5	9,7	0,192	656
150/34	16,2	11,1	0,186	715
185/29	17,0	9,7	0,158	752
185/43	17,6	12,3	0,151	932
240/32	19,3	10,5	0,119	918
240/56	20,0	14,3	0,120	1124
300/39	21,7	11,5	0,097	1132
300/43	21,8	12,3	0,093	1195
300/67	22,5	15,3	0,091	1373
330/43	22,6	12,3	0,085	1280
400/51	24,8	13,5	0,070	1538
400/67	25,2	15,3	0,069	1684
450/93	27,1	18,2	0,061	2037
500/67	27,4	15,3	0,057	1930
500/93	28,1	17,9	0,059	2090
550/72	29,5	16,1	0,051	2127
600/72	30,5	16,8	0,047	2310

Провода АСПТк имеют значительные преимущества по сравнению с обычными проводами типа АС:

- Обычный алюминий при температуре 90°C отжигается и резко теряет прочность, сплав Al-Zr сохраняет свои свойства при 150°C и 210°C, с пиковыми нагрузками до 180° С и 230°C соответственно.
- Обеспечивается повышение пропускной способности ЛЭП при том же сечении фазных проводов в 2 раза;
- Отсутствие внешней коррозии стали сердечника;
- Облегчение процесса плавки гололеда;
- Небольшие стрелы провеса;
- Провод АСПТ монтируется на существующие опоры ЛЭП, что позволяет избежать дополнительных расходов на обновление металлоконструкций;
- Применение высокотемпературных проводов АСПТ позволяет снизить нагрузку на опоры.

Применение уплотненных проволок в конструкции провода АСПТк для придания проводу гладкой поверхности, улучшает его аэродинамические характеристики, а также уменьшает объем снежного налета, задерживающегося на проводе, что позволяет снизить гололедную и ветровую нагрузку.

Согласно положению ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе» (п. 9.6.1) на высоковольтных воздушных линиях электропередачи следует применять неизолированные провода, характеризующиеся меньшими коэффициентами аэродинамического сопротивления, повышенной коррозионной стойкостью и стойкостью к гололедно-ветровым воздействиям. Данными преимуществами перед традиционными проводами типа АС обладают компактированные провода марки АСПк и АСПТк за счет их меньшего диаметра и более гладкой поверхности.

Помимо улучшенных аэродинамических характеристик провода АСПк и АСПТк обладают повышенной устойчивостью к коррозии, благодаря наличию алюминиевой оболочки на стальной проволоке сердечника. Это обеспечивает более надежную защиту стальному сердечнику, при нахождении проводов в агрессивных средах.

Высокотемпературный неизолированный провод АСПТз



Рис.44

Провод неизолированный из термостойкого алюминиевого сплава с сердечником из стальной проволоки, плакированной алюминием, с повышенной

рабочей температурой, с зазором, предназначен для передачи электрической энергии в воздушных сетях.

Таблица 13

Расчетные параметры

Номинальное сечение, мм ²	Сечение алюминиевый сплав/сталь, плакированная алюминием, мм ²	Диаметр провода, мм	Диаметр сердечника из стальных проволок, плакированных алюминием, мм	Электрическое сопротивление 1 км провода постоянному току при 20°C, Ом, не более	Разрывное усилие, Н, не менее	Величина тока, А*		Масса 1 км провода, кг
						150 °C	210° C	
116/15	116,20/15,33	14,70	5,01	0,2559	41820	540	630	442,5
138/19	137,74/18,83	16,15	5,55	0,2132	51200	610	710	531,0
166/22	166,25/21,98	17,70	6,00	0,1765	64050	720	845	630,4
182/24	182,30/24,22	18,42	6,30	0,1614	66290	765	895	696,7
216/32	216,20/31,67	19,40	7,20	0,1368	81860	845	990	851,8
256/37	255,78/37,17	22,00	7,80	0,1146	96760	960	1130	1000,0
268/43	268,40/43,10	22,60	8,40	0,1092	107540	995	1165	1081,5
287/37	286,80/37,17	23,00	7,80	0,1026	100580	1130	1210	1095,0
354/40	354,00/40,00	25,24	8,10	0,0832	114250	1180	1390	1297,8
414/48	414,30/47,81	27,60	8,85	0,0711	135200	1315	1550	1521,0
415/49	415,06/49,48	27,60	9,00	0,0705	138500	1320	1555	1533,0
487/32	487,35/31,64	29,42	7,20	0,06025	121140	1430	1680	1600,0
495/58	495,18/58,07	30,47	9,75	0,05950	164530	1455	1710	1828,4
531/64	531,17/63,55	31,54	10,20	0,05529	178650	1525	1795	1959,5
563/43	562,80/43,12	31,78	8,40	0,05218	149100	1570	1850	1897,0

Условное обозначение марки провода формируется из букв и цифр, отражающих элементы конструкции, материалы и характеристики провода:

АСПТз 1/2-3/4, где:

АСПТз - Провод неизолированный из термостойкого алюминиевого сплава с сердечником из стальной проволоки, плакированной алюминием, с повышенной рабочей температурой, с зазором;

1 - Номинальное сечение проволок из алюминия, мм²;

2 - Номинальное сечение сердечника провода, мм²;

3 - Рабочая температура провода, °C;

4 - Диаметр провода, мм.

Провода АСПТз имеют значительные преимущества по сравнению с обычными проводами типа АС:

- Обычный алюминий при температуре 90°C отжигается и резко теряет прочность, сплав Al-Zr сохраняет свои свойства при 150°C и 210°C, с пиковыми нагрузками до 180°C и 230°C соответственно;

- Обеспечивается повышение пропускной способности ЛЭП при том же сечении фазных проводов в 2 раза;

- Отсутствие внешней коррозии стали сердечника;
- Облегчение процесса плавки гололеда;
- Небольшие стрелы провеса;
- Применение высокотемпературных проводов АСПТз позволяет снизить нагрузку на опоры.

Благодаря уникальной конструкции провода с зазором марки АСПТз достигается снижение стрелы провеса и увеличение габарита линии.

Использование новых конструкций высоковольтных проводов типа АСПТ, АСПТк, АСПТз позволяет существенно увеличить пропускную способность и надежность существующих и вновь строящихся ЛЭП.

Высокотемпературный неизолированный провод TACSR/ACS 521-A20SA

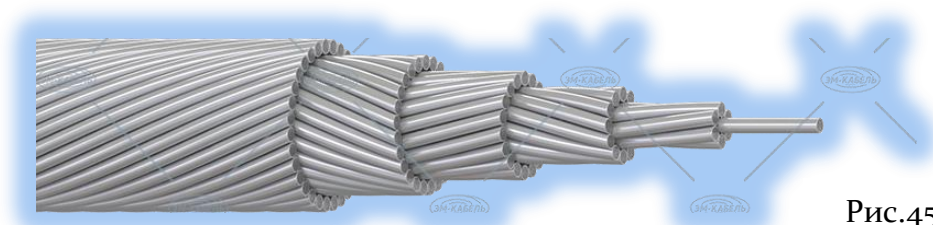


Рис.45

Провод неизолированный из стальных, плакированных алюминием проволок или из стальных, плакированных алюминием проволок и проволок из термостойкого алюминиевого сплава.

Предназначен для подвески на опорах линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше при организации больших переходов.

Высокотемпературный провод марки TACSR/ACS 521-A20SA является абсолютным аналогом зарубежных производителей.

Изготавливается в климатическом исполнении «У» по ГОСТ 15150, эксплуатируется при температуре окружающей среды от минус 60 до плюс 80 °С с учетом солнечной радиации.

Провод стоек к эоловой вибрации и галопированию.

Срок службы - не менее 50 лет.

Таблица 14

Основные технические характеристики провода

Расчетное сечение, мм	521,03
Число/диаметр проволок, мм	91*2,70
Диаметр провода, мм	29,7
Вес провода, кг/км	3512
Механическая прочность на разрыв, Н	698140
КТЛР 10 ⁻⁵ 1/С	1,30

Модуль упругости, Н/мм ²	15700
Сопротивление, Ом/км	0,1665

Уникальность провода такого большого сечения заключается в том, что он может применяться при организации больших, от 2 до 4-х км, переходах через реки.

Грозозащитный трос коррозионностойкий ГТК



Рис.46

Применяется как заземлённый протяжённый тросовый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи, служащий для защиты токопроводящих проводов от прямых ударов молнии.

Предназначен для подвески на опорах линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше.

Изготавливается из стальных, плакированных алюминием проволок или из стальных, плакированных алюминием проволок и проволок из алюминиевого сплава.

Эксплуатируются при температуре окружающей среды от минус 60 до плюс 80 °С с учетом солнечной радиации.

Таблица 15

Основные технические характеристики

Параметры ГТК	ГТК20- 0/50 -9,1/60	ГТК20- 0/70 -11,1/87	ГТК20- 0/90 - 12,1/104	ГТК20- 0/100 -13,2/123	ГТК20- 0/120 -14,2/142	ГТК20- 0/300 -22,6/360
Наружный диаметр ГТК, мм	9,1	11,1	12,1	13,2	14,2	22,6
Вес ГТК, кг/км	333	493	580	700	807	2040
Механическая прочность на разрыв, кг	6146	8929	10622	12515	14506	36738
Максимально допустимая растягивающая нагрузка, кг	4300	6250	7435	8760	10154	25715
Средне эксплуатационная нагрузка, кг	2150	3125	3717	4380	5077	12857
Площадь стали плакированной алюминием, мм ²	49,96	72,58	86,34	101,7	117,9	298,6
Общее сечение, мм ²	49,96	72,58	86,34	101,7	117,9	298,6
R постоянному току при 20С ⁰ , Ом/км	1,7194	1,2038	0,9993	0,8704	0,747	0,2945
Термическое воздействие тока короткого замыкания, кА ² с	22,7	48	67,7	94,1	126,6	811
КТЛР, 10 ⁻⁶ 1/°С	13	13	13	13	13	13
Модуль упругости конечный, кг/мм ²	148	162	162	162	162	162
Модуль упругости начальный (монтажный), кН/мм ²	145	145	145	145	145	145
Модуль ползучести (вытяжки), кН/мм ²	133	133	133	133	133	133

Расшифровка: ГТКХХ-1/2/3/4

ГТК – грозозащитный трос коррозионностойкий;

ХХ – тип стальной, плакированной алюминием проволоки;

1 – сечение алюминиевых проволок, мм²;

2 – сечение стальных, плакированных алюминием проволок, мм²;

3 – диаметр троса, мм;

4 – механическая прочность на разрыв, кН.

Технология плакирования позволяет создать на поверхности стальной проволоки слой алюминия, который одновременно будет нести антикоррозионную функцию и в несколько раз снижать электрическое сопротивление.

Грозазащитный трос марки ГТ (компания ООО «Саранскабель-Оптика»)

НАЗНАЧЕНИЕ

Применяется как заземлённый протяжённый тросовый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи напряжением от 35кВ и выше, служащий для защиты токопроводящих проводов от прямых ударов молнии.

ГТ 1 повив



Рис.47

ГТ 2 повива

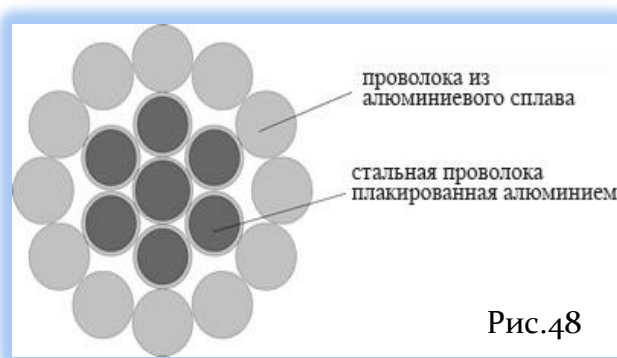


Рис.48

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Трос, выполненный в виде одного или нескольких повивов стальных плакированных алюминием проволок или из стальных плакированных алюминием проволок и проволок из алюминиевого сплава.

Таблица 16

Краткие сведения о конструкции

Диаметр кабеля, мм	от 7,9 до 29,9
Вес кабеля, кг/ км	от 250 до 3540

Таблица 17

Эксплуатационные требования

Рабочая температура	-60°C... +85°C
Минимальная температура при монтаже	-30°C
Температура транспортировки и хранения	-60°C...+70°C
Минимальный радиус изгиба кабеля	не менее 20 диаметров кабеля
Срок службы	25 лет
Срок гарантийной эксплуатации	2 года после ввода в эксплуатацию, не более 2,5 лет со дня доставки.
Растягивающее усилие	от 27,0 кН до 458,0 кН

Волоконно-оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос марки ОКГТ-ц

НАЗНАЧЕНИЕ

Применяется как заземлённый протяжённый тросовый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи напряжением от 35кВ и выше, служащий для защиты токопроводящих проводов от прямых ударов молнии, а также для выполнения функций кабеля связи и передачи данных посредством оптического волокна.

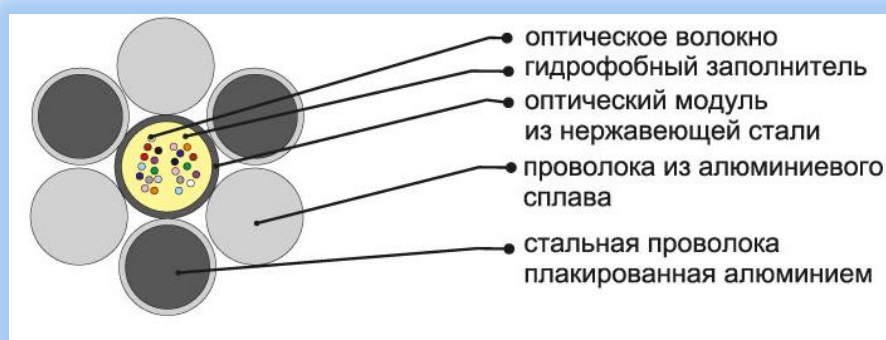


Рис.49

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Кабель с сердечником в виде центрального оптического модуля, с уложенными внутри оптическими волокнами, заполненный по всей длине гидрофобным компаундом. Сердечник армирован одним или несколькими слоями стальных проволок, плакированных алюминием или проволок из алюминиевого сплава.



Рис.50

Таблица 18

Краткие сведения о конструкции

Количество ОВ	2-24	24-48	50-96
Количество модулей	1	1	1
Количество волокон в пучке	до 12	до 12	до 24
Диаметр кабеля, мм	от 8,2	от 8,8	от 9,8
Вес кабеля, кг/ км	от 248	от 275	от 313

Таблица 19

Эксплуатационные требования

Рабочая температура	-60°C... +85°C
Минимальная температура при монтаже	-30°C
Температура транспортировки и хранения	-60°C...+70°C
Минимальный радиус изгиба кабеля	не менее 20 диаметров кабеля
Срок службы	25 лет
Срок гарантийной эксплуатации	2 года после ввода в эксплуатацию, не более 2,5 лет со дня доставки.
Растягивающее усилие	от 33,0 кН до 484,0 кН
Раздавливающее усилие (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод Е 3)	не менее 100 кг/10 мм

*Волоконно-оптический кабель, встроенный в грозозащитный трос марки
ОКГТ-с*

НАЗНАЧЕНИЕ

Применяется как заземлённый протяжённый тросовый молниеотвод, натянутый вдоль воздушной линии электропередачи напряжением от 35кВ и выше, служащий для защиты токопроводящих проводов от прямых ударов молнии, а также для выполнения функций кабеля связи и передачи данных посредством оптического волокна.

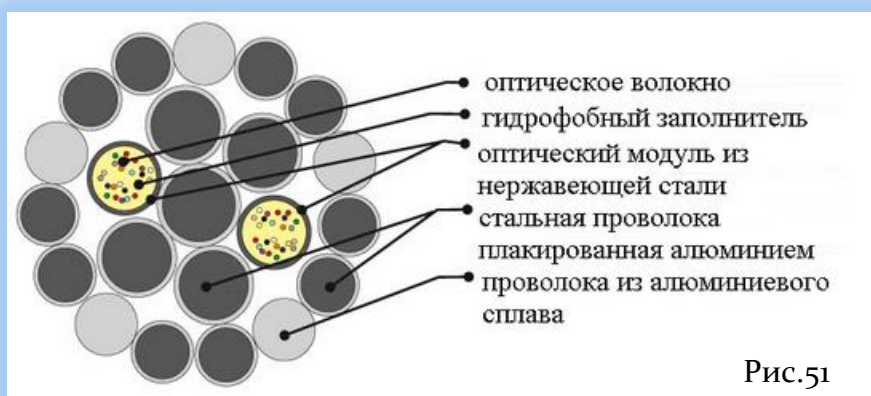


Рис.51

ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ

Кабель содержит центральный силовой элемент из стальной проволоки плакированной алюминием, вокруг которого скручены стальные проволоки, плакированные алюминием и/или проволоки из алюминиевого сплава и оптические модули, с уложенными внутри оптическими волокнами. Оптический модуль по всей длине заполнен гидрофобным компаундом. Поверх наложен один или несколько повивов стальных проволок, плакированных алюминием или проволок из алюминиевого сплава.

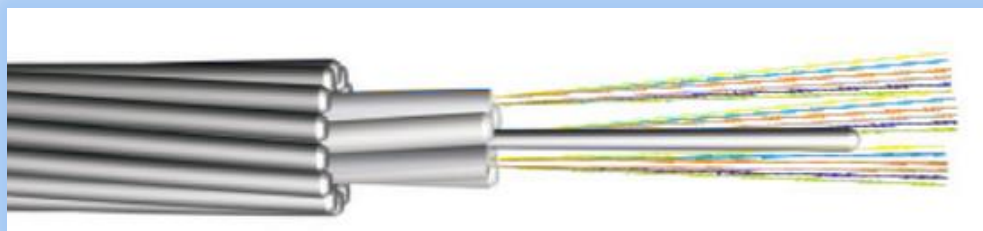


Рис.52

Таблица 20

Краткие сведения о конструкции

Количество ОВ	2-48	50-96	98-144	146-192
Количество модулей	1-2	2-4	3-4	4
Количество волокон в пучке	до 12	до 12	до 12	до 12
Диаметр кабеля, мм	от 13,1 до 28,5	от 14 до 28,5	от 15,4 до 28,5	от 17,4 до 28,5
Вес кабеля, кг/ км	от 352	от 397	от 520	от 880

Таблица 21

Эксплуатационные требования

Рабочая температура	-60°C... +85°C
Минимальная температура при монтаже	-30°C
Температура транспортировки и хранения	-60°C...+70°C
Минимальный радиус изгиба кабеля	не менее 20 диаметров кабеля
Срок службы	25 лет
Срок гарантийной эксплуатации	2 года после ввода в эксплуатацию, не более 2,5 лет со дня доставки.
Растягивающее усилие	от 33,0 кН до 484,0 кН
Раздавливающее усилие (ГОСТ Р МЭК 794-1-93 метод Е 3)	100 кг/10 мм

Компания ООО «ЭИТ» представила грозозащитный трос CPW

ООО «ЭИТ» - научно производственное предприятие по разработке инновационных решений для предприятий топливно – энергетического комплекса.

Разработанный компанией ООО «ЭИТ» грозозащитный трос CPW на основе высокомолекулярного углеродного волокна позволяет эффективно решать задачи в области повышения качества электроснабжения потребителей. Применение инновационного грозозащитного троса CPW совместно с заземляющими устройствами AVG эффективно повышает грозоупорности воздушной линии, снижает как эксплуатационные затраты, так и затраты на строительство новых воздушных линий. Технология грозозащиты воздушных линий на основе тросов из углеродных волокон запатентована (патент №2626456).



Монтаж грозотроса CPW_Игумновская ТЭ

Рис.53

Таблица 22

Сравнительные характеристики грозотросов:

Параметр	СПВ 9 мм	МЗ 11,2 мм
Вес 1 км (кг)	80	695
Маркировочная группа (кгс/мм ²)	255	180
Стойкость к коррозии	Не подвержен	Средняя
Температурный коэффициент линейного расширения (10 ⁻⁶ /°C)	0,15	12
Стойкость к локальному повышению температуры (°C)	Более 1000	350
Срок службы (лет)	Более 50	20-25

*Компания ЗАО «Феникс-88» представила композитные опоры
для ВЛ 6 - 20 кВ*

Общие положения

Композитные опоры (КО) разработаны для строительства, модернизации и проведения аварийно-восстановительных работ ВЛ 6-20 кВ в различных условиях. Композитные опоры обладают такими потребительскими качествами как малый вес, простота сборки и установки, высокая механическая прочность, стойкость к воздействию климатических факторов, долговечность и экологичность, удобство транспортировки.

Данные качества особенно значимы в труднодоступных и отдаленных районах с неразвитой сетью автомобильных дорог, где проезд большегрузного транспорта становится проблематичным и доставка железобетонных или стальных опор сопряжена со значительными трудностями и затратами.

Также преимуществами применения опор из композиционных материалов являются высокая скорость и небольшая стоимость монтажа и сниженные затраты на логистику. Для строительства в сейсмически активных районах наиболее подходят сооружения, обладающие относительно небольшой массой и достаточной жесткостью.

ВЛ на композитных опорах могут возводиться вблизи населенных пунктов или в их границах, в общественных местах (парковые, рекреационные зоны), так как важными параметрами опор являются эстетичный внешний вид с возможностью окраски в любые цвета, вандалоустойчивость, безопасность для населения (невозможность подъема на опору без специальных приспособлений)

Вид опор в транспортной упаковке



Вид уставленных опор



Стойка композитной опоры

Конструкция стойки из композитных материалов состоит из модулей в виде усеченных конусных труб различных диаметров. Сборка стойки представляет собой телескопическую стыковку модулей «конус в конус» с перекрытием (нахлестом) не менее 1.5 диаметра ствола в месте стыка.

Характеристики композиционного материала стойки:

- модуль упругости E при изгибе, МПа (кг/см^2) – 25000(2,55*105);
- разрушающее напряжение σ , МПа (кг/см^2) при:
- растяжении σ раст – 205 (2000);
- сжатие σ осж – 205 (2000);
- объемный вес ρ , кг/м^3 – 2000 (не более)
- минимальная температура - -60°C ;
- максимальная температура - $+40^\circ\text{C}$;
- тип атмосферы – промышленная;
- предельная высота эксплуатации над уровнем моря – 1000м;
- рабочее значение влажности воздуха (среднегодовое/верхнее) – 75%/100%;
- интенсивность осадков – 3 мм/мин;
- интегральная поверхностная плотность потока энергии солнечного излучения (верхнее рабочее значение) – 1125 Вт/м² (0,027 кал/(см²*с)).

Стальные многогранные опоры ЛЭП 0,4 – 10 кВ

В российских сетях ЛЭП многогранные опоры постепенно получают распространение. Техническое отставание в области сетевого строительства практически не ощущалось до последнего времени. Во-первых, состояние сетей на рубеже 90-х гг. было вполне удовлетворительным. Во-вторых, объемы сетевого строительства в последние 15 лет находились на крайне низком уровне. В-третьих, сохранялись старые нормы на проектирование и строительство ЛЭП. В-четвертых, отсутствовали жесткие требования по землеотводам, экологическим нормам, эстетике и т.п. В этих условиях текущие задачи легко решались на старой технической основе.

В настоящее время положение в корне изменилось по всем выше перечисленным направлениям. Изменилось текущее состояние сетей. За истекшие 15–20 лет физический износ сетей существенно увеличился. Лишь 25–30% приходится на сети со сроком службы до 15 лет. Более 30% сетей служат более 30 лет. Начался резкий рост объемов сетевого строительства. В корне изменились внутрисистемные требования. С введением в 2003 г. 7-го издания Правил устройства электроустановок резко возросли требования к надежности сетей. Для исполнения требований нового ПУЭ приходится на 30–40% снижать пролетные расстояния в ЛЭП, строящихся на типовых опорах. Это влечет соответствующее увеличение затрат и сроков строительства. В процессе разработки Концепции развития сетей высокого напряжения были сформулированы и новые технические требования к ним. Предусматривается увеличение сроков службы до 50 лет, сокращение сроков строительства, затрат на эксплуатацию и т.д. По ряду позиций опоры старого ряда не отвечают новым техническим требованиям. Требования внешних подсистем к энергетике значительно ужесточились. За последние несколько лет в корне изменились экологические требования к строящимся объектам, цены на временный и постоянный землеотвод также сильно возросли. Практически невозможно строительство новых ЛЭП за пределами старых коридоров в крупных городах, природоохранных зонах, лесах первой категории и т.д. Не последнее место стали занимать и вопросы эстетики (в особенности при строительстве в городской черте). Особым фактором выступают изменения в законодательной базе, которые предъявляют повышенные требования к землеотводу, безопасности, вандалоустойчивости и другим параметрам опор. Совокупность этих требований приводит к тому, что в ряде случаев многогранным опорам нет заменителей. Главным стимулирующим фактором развития рынка выступает необходимость обновления парка ЛЭП. Обновлять линии, замещая опоры на новые, но не слишком долговечные, нецелесообразно. Поэтому традиционный железобетон медленно, но верно будет вытесняться. Активизация государственных целевых программ,

призванных способствовать распространению именно стальных многогранных опор, воспринимается участниками рынка как сигнал со стороны государства. Многогранные стальные опоры производятся из того же материала, что и решетчатые, поэтому нет издержек переключения на другую ресурсную базу. Производство стальных опор капиталоемко и трудоемко, но последний фактор может сыграть положительную роль для инвестора, решившегося открыть новые рабочие места, так как найдет поддержку у региональных властей.

Рынок стальных многогранных опор демонстрирует высокую перспективность. Считается, что в 2004 г. ОАО «Опытный завод «Гидромонтаж»» первым в России начал выпуск многогранных металлических опор для линий электропередачи (к этому времени уже функционировало производство Домодедовского завода «МЕТАКО», а также Санкт-Петербургской компании «Амира», однако оба этих предприятия специализировались изначально на выпуске опор освещения). Изначально объемы завода «Гидромонтаж» были невелики, т.к. не было соответствующего спроса. Частично мощности загружались дополнительными заказами на изготовление опор освещения, это направление на заводе активно развивается и сейчас.

Сегодня, в рамках применения многогранных опор, разработаны конструкции, изготовлены опытные образцы, проведены испытания и сертификация опор, разработаны типовые проекты для сетей напряжением 6–500 кВ.

Типовые проекты для ВЛ 6-10 кВ приведены в таблице 27.

Таблица 23

Типовые проекты для стальных многогранных опор 6-10 кВ

№	Шифр	Наименование
1	25.0002	Расчетные пролеты для стальных многогранных опор ВЛ 10 - 35 - 110 кВ по ПУЭ 7 издания (дополнение к проектам опор ВЛ)
2	22.0028	Стальные многогранные опоры ВЛ 6-10 кВ
3	22.0098	Стальные многогранные двухцепные опоры ВЛ 10-35 кВ
4	28.0006	Опоры для ВЛ 6-10 кВ повышенной надежности.
5	3.407.2-181.09	Стальные многогранные опоры ВЛ 6-10 кВ
6	СП 08-004	Установка электрооборудования на напряжение 6-10 кВ на многогранных стальных опорах повышенной надежности

Производство многогранных опор

В настоящее время в стране производится около 32–35 тыс.т многогранных опор для разных нужд строительства. Официальная статистика производства стальных опор отсутствует, т.к. соответствующей статистической категории не существует.

В табл.28 представлены основные российские производители стальных многогранных опор.

Опытный завод «Гидромонтаж», основной производитель многогранных стоек в России, располагает мощностями по производству 48 тыс. т конструкций, что эквивалентно производству 3 тыс. опор ВЛ 110 кВ или 2 тыс. опор 220 кВ.

ЗАО Домодедовский завод металлоконструкций «МЕТАКО» располагает мощностями для производства примерно 6 тыс. т многогранных опор.

Новый производитель – компания «Опора-Инжиниринг» – располагает мощностями около 35 тыс. т опор в год.

В декабре 2009 г. ЗАО «АГИС Инвест» в г. Муроме (Владимирская область) ввело в строй завод металлоконструкций широкого профиля стоимостью 1,3 млрд руб. Многогранные опоры стали выпускаться на предприятии с 2010 г. Помимо многогранных опор линий электропередачи высотой до 12 м, завод выпускает мостовые, трубные конструкции, радиовышки и др. ассортимент строительных конструкций.

Таблица 24

Ведущие российские производители стальных многогранных опор ЛЭП

Производитель	Произв. мощности, т	Регион производства	Наличие сертификатов соответствия	Наличие аттестации ПАО «Россети»
Домодедовский завод металлоконструкций «МЕТАКО»	30000	Домодедово	Да	Да, опоры 110-330 кВ
Опытный завод «Гидромонтаж»	48000	Нарофоминск	Да	Да, опоры 110-330 кВ
ООО «АГИС Инжиниринг»	н/д	Москва	Да	Да, опоры 6-500 кВ
ОАО "Иркутский завод сборного железобетона"	н/д	Иркутск	Да	Да, опоры 110-220 кВ
ООО «Опора-Инжиниринг»	35000	Тула	Да	Нет
ГК «Амира»	10000	Санкт-Петербург	Да	Да, опоры 10-35, 110 и 220 кВ
ООО «Агрисовгаз»	10000	Калуга	Да	Нет
ОАО «Энергостальконструкция»	н/д	Конаково	Да	Да, опоры 6-500 кВ
ООО «Альфа-Тех»	н/д	Казань	Да	Да, опоры 10-220 кВ
ООО «Уральский завод многогранных опор»	н/д	Свердловская обл.	Да	Нет
ООО «Сибирский Завод Металлоконструкций - ГлобалСталь»	н/д	Новосибирск	Да	Да, опоры 10-35, 110 и 220 кВ
АО «Уральский завод металлоконструкций» (АО «УМЕКОН»)	н/д	Екатеринбург	Да	Да, опоры 110, 220, 500 кВ
ЗАО «Завод ЭСКОН», Челябинская обл	н/д	Южноуральск	Да	Да, опоры 110, 220, 500 кВ
«Покровский завод многогранных опор»	25000	Оренбург	Да	Да, только опоры 110-220 кВ

Регулирование реактивной мощности, компенсация емкостных токов

*Оборудование заземления нейтрали
(ООО «НПП Бреслер»)*

ФИЛЬТРЫ НЕЙТРАЛЕОБРАЗУЮЩИЕ ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ



Фильтр нейтралеобразующий присоединительный масляный типа ФНПМ



Фильтр нейтралеобразующий присоединительный сухой типа ФНПС

Рис.56

ОБЗОР

Трехфазные нейтралеобразующие присоединительные фильтры типов ФНПМНПМНПМ (масляное исполнение) и ФНПСНПСНПС (сухое исполнение) предназначены для создания искусственной нейтральной точки в трехфазной электрической сети 6–10 кВ и подключения к ней высоковольтных заземляющих аппаратов (дугогасящих реакторов и/или заземляющих резисторов).

Первичная обмотка фильтра выполнена по схеме соединения «зигзаг с выведенной нейтралью», поэтому фильтры обладают меньшим сопротивлением токам нулевой последовательности и являются более предпочтительными, чем трансформаторы со схемой соединения Y_0/Δ , применяемые для формирования нейтрали в сетях среднего напряжения.

Фильтры опционально могут выпускаться с дополнительной вторичной обмоткой, расположенной на двух или трех стержнях, которая может

использоваться для создания дополнительного источника питания устройств управления.

Таблица 24

Технические характеристики

	ФНПМ	ФНПС
Номинальная мощность, кВА	от 80 до 1600	от 80 до 800
Класс напряжения сети, кВ	6; 10	6; 10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12	7,2; 12
Система охлаждения	Естественное масляное	Естественное воздушное
Режим работы	Длительный	Длительный
Схема соединения обмоток	Зигзаг с выведенной нейтралью	Зигзаг с выведенной нейтралью

КОНСТРУКЦИЯ

Фильтры нейтралеобразующие присоединительные масляные типа ФНПМ

Фильтр типа ФНПМ состоит из активной части, бака, крышки и имеет герметичную конструкцию. Фильтр заполнен трансформаторным маслом.

Активная часть фильтра, жестко скрепленная с крышкой бака, представляет собой магнитную систему, обмотки и их выводы, нижние и верхние ярмовые прессующие балки. Магнитная система имеет трехстержневой магнитопровод, собранный из листов холоднокатаной электротехнической стали и стянутых ярмовыми прессующими балками.

На каждом стержне фильтра расположены по две одинаковых катушки с равным числом витков, соединенные по схеме «зигзаг с выведенной нейтралью». При таком соединении результирующее фазное напряжение образуется геометрическим сложением напряжений двух частей обмотки, находящихся на разных стержнях. Между катушками расположен охлаждающий маслоканал для лучшей циркуляции масла.

Фильтры нейтралеобразующие присоединительные сухие типа ФНПС.

Фильтр типа ФНПС представляет собой активную часть в защитном кожухе.

Активная часть фильтра состоит из магнитной системы, обмоток и их выводов, нижних и верхних ярмовых прессующих балок. Магнитная система имеет трехстержневой магнитопровод, собранный из листов холоднокатаной электротехнической стали и стянутых ярмовыми прессующими балками.

На каждом стержне фильтра расположены по две одинаковых катушки с равным числом витков, соединенные по схеме «зигзаг с выведенной нейтралью». При таком соединении результирующее фазное напряжение образуется геометрическим сложением напряжений двух частей обмотки, находящихся на разных стержнях.

РЕАКТОРЫ ДУГОГАСЯЩИЕ С КОНДЕНСАТОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ



Реактор дугогасящий масляный с конденсаторным регулированием типа РДМК



Реактор дугогасящий сухой с конденсаторным регулированием типа РДСК

Рис.57

ОБЗОР

Реакторы дугогасящие типов РДМКРДМКРДМКРДМК (масляное исполнение) и РДСК РДСК РДСК РДСК (сухое исполнение), с плавным конденсаторным регулированием индуктивного тока, предназначены для компенсации емкостного тока при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗОЗЗОЗЗ) в сетях 6–10 кВ.

Дугогасящие реакторы представляют собой статическую индуктивность, обладающую заведомо большим индуктивным током по сравнению с максимально возможным емкостным током сети и, подключенную к вторичной нагрузочной обмотке индуктивности, батарею конденсаторов, с изменяющейся емкостью. Изменение индуктивного тока дугогасящих реакторов до необходимого для компенсации значения происходит за счет изменения эквивалентной емкости конденсаторной батареи. Батарея имеет 7 или 8 (при мощности реактора более 800 кВА) коммутируемых конденсаторных блоков. Емкости блоков образуют двоичную систему значений емкостей. Таким образом, реактор имеет 128 (256) ступеней регулирования, обеспечивая плавное изменение тока компенсации.

Нагрузочная обмотка, рассчитанная на полную мощность дугогасящего реактора, помимо батареи конденсаторов, позволяет подключать шкаф низковольтных резисторов.

Изменение реактивной и активной проводимостей ДГРДГРДГР производится автоматикой управления «Бреслер-0117.060» по реальным текущим измеренным значениям расстройки компенсации и добротности контура нулевой

последовательности (КНПКНПКНП) сети. Время настройки реактора на резонансный режим составляет 15-30 мс с точностью до 0,5 А.

Дугогасящий реактор подключается между нейтральной точкой сети и землей. При отсутствии в сети явно выведенной нейтрали подключение производится с помощью фильтра нулевой последовательности - специального нейтралеобразующего присоединительного трансформатора.

Таблица 25

Технические характеристики

	РДМК	РДСК
Номинальная мощность, кВА	от 80 до 1600	от 80 до 800
Класс напряжения сети, кВ	6; 10	6; 10
Номинальное напряжение рабочей обмотки, кВ	6,6/√3; 11/√3	6,6/√3; 11/√3
Номинальное напряжение нагрузочной обмотки, кВ	0,5	0,5
Номинальное напряжение сигнальной обмотки, кВ	0,1	0,1
Время работы в режиме ОЗЗ	до 6 часов	до 2 часов
Кратность регулирования	не менее 12	не менее 12
Способ регулирования тока	Плавное конденсаторное регулирование	Плавное конденсаторное регулирование
Система охлаждения	Естественное масляное	Естественное воздушное

КОНСТРУКЦИЯ

Дугогасящие реакторы состоят из силовой части, представляющей из себя статическую катушку индуктивности, и шкафа конденсаторных батарей, смонтированных на общих швеллерах.

Реакторы дугогасящие масляные с конденсаторным регулированием типа РДМК.

Катушка индуктивности, помещенная в бак с крышкой, состоит из магнитопровода, рабочей обмотки, нагрузочной обмотки и сигнальной обмотки. Бак заполнен трансформаторным маслом и имеет радиаторы, состоящие из ряда вертикальных охлаждающих труб, образующих пути для циркулирующего масла внутри них.

Реакторы дугогасящие сухие с конденсаторным регулированием типа РДСК.

Катушка индуктивности, помещенная в защитный кожух, состоит из магнитопровода, рабочей обмотки, нагрузочной обмотки и сигнальной обмотки.

Шкаф конденсаторных батарей состоит из конденсаторов различной емкости, коммутационной аппаратуры и сигнальных ламп. Аналогичную конструкцию имеет, устанавливаемый опционально, шкаф резисторов. Шкафы могут комплектоваться переключателями для ручного управления.

АГРЕГАТЫ ДУГОГАСЯЩИЕ С КОНДЕНСАТОРНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ



Агрегат дугогасящий масляный с конденсаторным регулированием типа АДМК



Агрегат дугогасящий сухой с конденсаторным регулированием типа АДСК

Рис.58

ОБЗОР

Агрегаты дугогасящие с плавным конденсаторным регулированием типа АДМК (масляного исполнения) и типа АДСК (сухого исполнения) предназначены для компенсации емкостного тока при однофазных замыканиях на землю в сетях 6–10 кВ.

Агрегаты представляют собой фильтр нейтралеобразующий присоединительный и дугогасящий реактор, расположенные в общем конструктиве - баке (кожухе). По своим основным параметрам и возможностям агрегаты соответствуют отдельно устанавливаемым элементам компенсации.

Благодаря агрегатированному исполнению достигается:

- снижение установочной площади;
- упрощение монтажа;
- уменьшение объема масла;
- облегчение обслуживания.

Управление реактивной и активной проводимостями дугогасящего агрегата производится автоматикой управления «Бреслер-0117.060» по реальным текущим измеренным значениям расстройки компенсации и добротности контура нулевой последовательности (КНПКНПКНП) сети. Время настройки агрегата на резонансный режим составляет 15-30 мс с точностью до 0,5 А.

Таблица 26

	АДМК	АДСК
Номинальная мощность, кВА	от 80 до 800	от 80 до 800
Класс напряжения сети, кВ	6; 10	6; 10
Время работы в режиме ОЗЗ	до 6 часов	до 2 часов
Кратность регулирования	не менее 12	не менее 12
Способ регулирования тока	Плавное конденсаторное регулирование	Плавное конденсаторное регулирование
Система охлаждения	Естественное масляное	Естественное воздушное

КОНСТРУКЦИЯ

Агрегаты дугогасящие масляные с конденсаторным регулированием типа АДМК

Агрегат масляного исполнения состоит из фильтра нейтралеобразующего присоединительного, статической катушки индуктивности, размещенных в общем баке и шкафа конденсаторных батарей, совместно размещенных на одной общей раме.

Фильтр и катушка индуктивности помещены в маслonaполненный бак с крышкой, на которой размещены соответствующие выводы. Для охлаждения масла по бокам бака имеются радиаторы.

Агрегаты дугогасящие сухие с конденсаторным регулированием типа АДСК

Агрегат сухого исполнения состоит из фильтра нейтралеобразующего присоединительного, статической катушки индуктивности, размещенных в общем кожухе, и шкафа конденсаторных батарей, совместно размещенных на одной общей раме.

Класс нагревостойкости обмоток не ниже «F» по ГОСТ8865–93.

АВТОМАТИКА УПРАВЛЕНИЯ ДУГОГАСЯЩИМИ РЕАКТОРАМИ



Рис.59

ОБЗОР УСТРОЙСТВА

Автоматика управления дугогасящими реакторами «Бреслер-0117.060» предназначена для автоматической настройки контура нулевой последовательности сети на заданный режим компенсации емкостного тока.

Устройство не требует создания искусственной несимметрии, рассчитано на работу в сетях 6–35 кВ при объединении секций шин и комбинированном заземлении нейтрали.

Устройство работает с плунжерными дугогасящими реакторами, реакторами с конденсаторным регулированием и реакторами ступенчатого типа.

Функции:

- автоматическая настройка ДГР на резонансный или заданный режим компенсации в нормальном режиме работы сети;
- управление резистором заземления нейтрали;
- определение величины и знака расстройки контура;
- измерение величины емкостных токов секций;
- выбор оптимальной отпайки катушки реактора для ступенчатых ДГР;
- работа при любых комбинациях включения секционных выключателей;
- диагностика ДГР;
- осциллографирование фазных напряжений, напряжения на нейтрали, рабочего тока ДГР при однофазных замыканиях на землю;
- блокировка разъединителя ДГР;
- ведение журнала событий.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Принцип работы устройства автоматики управления дугогасящими реакторами основан на определении параметров контура нулевой последовательности сети по его переходной характеристике, получаемой в результате кратковременного воздействия на контур тестового сигнала. Метод измерения параметров контура защищен патентом на изобретение, имеет высокие метрологические характеристики, не зависящие от измеряемого объекта.

Тестовый сигнал подается в контур нулевой последовательности сети через сигнальную обмотку ДГР. Измерение и регистрация сигнала переходного процесса для определения параметров контура осуществляется с помощью измерительного трансформатора напряжения с вторичной обмотки, соединенной по схеме «разомкнутый треугольник», либо с сигнальной обмотки реактора.

Таблица 27

Технические характеристики

Число обслуживаемых секций одним шкафом	до 4
Диапазон измерения расстройки, %	400÷85
Точность настройки ДГР, %	1
Диапазон уставок поддержания расстройки, %	±10
Диапазон задания зоны чувствительности, %	±20
Номинальное напряжение оперативного переменного/постоянного тока, В	110 или 220±20% (50 Гц)

ООО «РЕАКТОРМАШ» (<http://reactormash.ru/>)



ООО «РЕАКТОРМАШ» — научно-производственное предприятие, занимающееся разработкой, производством и реализацией дугогасящих, токоограничивающих, сглаживающих, фильтровых, пусковых реакторов для электросетевых компаний и крупных промышленных предприятий.

Рис.6о

Масляные дугогасящие реакторы

Варианты исполнения и типоразмеры:

- Класс напряжения: 6, 10, 15, 20 и 35 кВ.
- Номинальная мощность: от 120 до 4000 кВа.
- Длительность в режиме ОЗЗ: кратковременный 2 часа, стандартный 6 часов, длительный 24 часа.
- Плавное регулирование тока компенсации в диапазоне от 5% до 100%.

- Климатическое исполнение: У, УХЛ, ХЛ, Т.
- Категория размещения: 1, 2, 3.
- Диапазон рабочих температур: от -60 С до +45 С.

Описание конструкции.

Все элементы конструкции реактора рассчитаны на работу в течение всего срока эксплуатации без проведения средних и капитальных ремонтов.

Масляный дугогасящий реактор представляет собой обмотку с переменной индуктивностью, расположенную на магнитопроводе броневого типа с регулируемым воздушным зазором в стержне, размещённую в баке с запорной арматурой и навесным оборудованием, заполненным трансформаторным маслом.

Технические преимущества.

– **Отсутствие износа механической части** при изменении воздушного зазора ввиду отсутствия трения скольжения в исполнительном механизме не требует обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации.

– **Установка механической части вне центра магнитной системы** позволяет изготавливать ее элементы из высокопрочной легированной стали.

– **Изготовление всех металлических элементов конструкции реактора на станках лазерной резки с ЧПУ** обеспечивает высокую точность сборки и безотказность системы сигнализации и блокировки.

– **Применение специализированного устройства прецизионной точности вместо обычной передачи «винт-гайка»** в качестве исполнительного механизма позволяет компенсировать все нагрузки на подвижный стержень в процессе эксплуатации реактора и обеспечить точность настройки на протяжении всего срока службы.

– **Встраивание поворотных датчиков крайних положений непосредственно в электропривод** обеспечивает срабатывание датчиков при определенном количестве оборотов выходного вала. Точность и безотказность срабатывания поворотных датчиков обеспечена отсутствием возможности поворота выходного вала после срабатывания датчика.

– **Установка путевых датчиков крайних положений непосредственно на исполнительном механизме** обеспечивает срабатывание датчиков при воздействии подвижного стержня без передаточного звена, что обеспечивает точность и безотказность срабатывания путевых датчиков.

– **Установка в мотор-редуктор двухсторонней муфты** ограничения крутящего момента с индикацией срабатывания обеспечивает защиту от заклинивания подвижного стержня.

– **Поверхность бака реактора грунтуется** цинкосодержащим составом и покрывается в три слоя методом порошкового окрашивания, что обеспечивает высокую стойкость к коррозии.

- **Использование емкостных датчиков уровня масла** и манометрического электроконтактного термометра обеспечивает возможность удаленного контроля состояния дугогасящего реактора.
- **Применение оригинальной конструкции магнитопровода**, оптимизация электромагнитного ядра посредством современных вычислительных программ, подбор рационального соотношения массы стали и меди обеспечивают низкие массогабаритные показатели реактора.
- **Система автоматического управления**

Назначение

В настоящее время электрические сети напряжением 6-10 кВ нуждаются в эффективных средствах защиты от замыканий на землю. Один из методов локализации аварий подобного типа – использование дугогасящих реакторов (ДГР), настроенных в резонанс с емкостью сети. Как показывает практика, в процессе работы сети параметры изоляции относительно земли могут изменяться, поэтому ДГР должен быть оборудован системой автоматической настройки.

Варианты исполнения и технические характеристики:

- Напряжение оперативного питания микропроцессорного устройства: 220В AC/DC;
- Напряжение питания шкафа (терминала): 3х380 В;



Рис.61

- Потребляемая мощность одного микропроцессорного терминала: не более 10 Вт;
- Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: УХЛ 3.1, 4;
- Степень к механическому воздействию: М4;
- Конструктивное исполнение по размещению: напольный шкаф / панель / навесной шкаф;
- Конструктивное исполнение: одностороннего обслуживания / двухстороннего обслуживания;
- Установка микропроцессорного устройства: на переднюю дверь / на фальш-панель и передней дверью с окном в области микропроцессорного устройства;
- Число управляемых реакторов (агрегатов) одним шкафом: до 4;
- Степень защиты: до IP54.

Описание конструкции.

Система управления предназначена для автоматической настройки тока реактора на заданный режим компенсации, в том числе при изменениях

конфигурации сети. Шкаф автоматического управления конструктивно реализован на качественных корпусах Rittal и DKS. Силовая часть комплектуется приборами автоматического регулирования компенсации и низковольтными устройствами Schneider Electric, Siemens Wieland.

Система автоматического управления (САУ) нашего предприятия предназначена для работы с дугогасящими реакторами и агрегатами масляного и сухого типа.

Технические преимущества.

- Полная диагностика состояние дугогасящего реактора или агрегата. Контроль работоспособности всех датчиков и устройств.
- Погрешность определения емкостного тока замыкания не более 1%.
- Определение емкостного тока и настройка в режим компенсации до момента возникновения ОЗЗ.
- Возможность установки частотного регулятора для максимально плавной и точной настройки. Настройка в резонанс с погрешностью не более 0,5%.
- Сохранение работоспособности при разных режимах эксплуатации сети и видах однофазного замыкания на землю, в т. ч. замыканиях через высокое переходное сопротивление, а также в сетях с низкой добротностью контура нулевой последовательности.
- Наличие функции регистрации событий.
- Возможность подключения к системам АСУ ТП.
- Отсутствие необходимости в средних и капитальных ремонтах в течение всего срока службы.



Сухие дугогасящие реакторы

Рис.62

Характеристики.

- Класс напряжения: 6, 10, 15 и 20 кВ.
- Номинальная мощность: от 120 до 2000 кВа.
- Длительность в режиме ОЗЗ: кратковременный 2 часа, стандартный 6 часов, длительный 24 часа.
- Плавное регулирование тока компенсации: в диапазоне от 5% до 100%.
- Климатическое исполнение: У, УХЛ, ХЛ, Т.
- Категория размещения: 3, 4.

- Охлаждение: естественное воздушное, принудительное воздушное.
- Степень защиты: от IP21 до IP54.

Описание конструкции.

Принципиально сухой дугогасящий реактор нашего производства имеет конструктивное исполнение аналогичное масляному ДГР, что обеспечивает высокую преемственность технологических и узловых решений.

Модульная конструкция сухого дугогасящего реактора позволяет обеспечить максимальный уровень ремонтпригодности: замена и модернизация практически каждого из узлов реактора может быть произведена в максимально сжатые сроки с установкой нового узла без полного разбора реактора.

Для обеспечения защиты от воздействия агрессивных факторов окружающей среды в РДС применяются наиболее совершенные материалы и прогрессивные технологии. Так, в обмотке используется воздушно-барьерная изоляция с технологией многократной пропитки и запечки, а также специально разработанные обмоточные провода.

Активная часть сухого дугогасящего реактора, как правило, располагается в защитном кожухе, который по требованию заказчика может быть изготовлен со степенью защиты от IP21 до IP54.

Технические преимущества.

Сухие дугогасящие реакторы обладают всеми основными преимуществами масляных дугогасящих реакторов предприятия, а также дополнительными достоинствами:

- Адаптированный исполнительный механизм для открытой установки с полной пыле-влагозащитой повышает надёжность эксплуатации и не требует специального обслуживания на протяжении всего срока эксплуатации.
- Низкие массогабаритные показатели достигаются за счет применения современных композитных электроизоляционных материалов, обладающих высокой электрической и прочностью при значительных показателях теплопроводности и малой массе.
- Стойкость к перепадам температуры достигается за счет воздушно-барьерной изоляции в обмотке с применением кремнийорганических составов, обладающих высокой электрической прочностью и эластичностью после запекания, что позволяет избежать растрескивания изоляции при резких перепадах температуры, в том числе при включении из холодного состояния.

Преимущества.

- Кратчайшие сроки производства (от 25 дней) за счет отлаженного процесса сборки дугогасящего реактора, наработанной годами базы поставщиков и склада основных комплектующих;
- Гарантия на дугогасящий реактор от 60 месяцев;
- Экологическая безопасность благодаря отсутствию загрязнения почвы нефтепродуктами;

- Пожаробезопасность за счёт использования материалов, не поддерживающих горение;
- Эксплуатация сухих ДГР не требует содержания маслохозяйства и мониторинга состояния масляной изоляции.
- Низкие эксплуатационные затраты за счет применения необслуживаемых узлов.
- Все элементы конструкции реактора рассчитаны на работу в течение всего срока эксплуатации дугогасящего реактора, поскольку не требуют ни специального обслуживания, включая замену консистентных смазок механизмов, ни средних, ни капитальных ремонтов.
- Возможность изготовления дугогасящего реактора с нестандартными техническими параметрами благодаря высококвалифицированному инженерно-конструкторскому персоналу и отработанным методикам расчетов и конструирования.
- Оперативная консультационная поддержка заказчиков, начиная от проектирования, разработки рабочей и проектной документации и заканчивая вопросами эксплуатации установленного оборудования.

Компания ЭНСОНС (<http://ensons.ru/>)

Компания ЭНСОНС — это инновационное электромашиностроительное предприятие специализирующееся на проектировании и изготовлении систем автоматической компенсации емкостных токов и систем снижения токов короткого замыкания.



Рис.63

- Масляные дугогасящие реакторы (РЗДПОМ 6(10)-35/120-2000)

Назначение.

Плунжерный дугогасящий реактор (ДГР) с плавным регулированием тока серии РЗДПОМ, предназначен для компенсации емкостных токов в электрических сетях 6, 10, 35 кВ с изолированной нейтралью, возникающих при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). Реактор подключается между нейтралью сети и контуром заземления подстанции. При отсутствии явно выведенной нейтрали подключение производится к нейтрали с помощью фильтра нулевой последовательности типа ФМЗО (присоединительный нейтралеобразующий трансформатор).

Для автоматического управления, масляные

реакторы РЗДПОМ могут использоваться совместно с шкафами автоматики «ЭНСОНС-0142». Настройка реактора в резонанс с емкостью сети может осуществляться любыми системами автоматического управления (REG-DPA, МИРК), использующим любой способ формирования опорного сигнала (высоковольтный конденсатор, блок смещения нейтрали, естественная несимметрия).

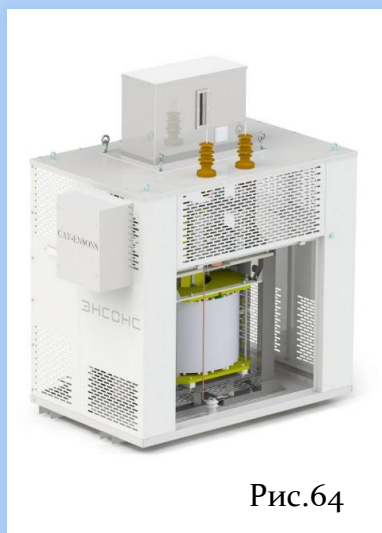


Рис.64

Основные технические характеристики:

- Номинальное напряжение 6, 10, 35 кВ;
- Номинальная мощность от 120 до 2000 кВА;
- Ток компенсации до 525 Ампер;
- Диапазон регулирования от 5 до 100% ном. тока;
- Категория размещения 1, 2, 3;
- Климатическое исполнение У, УХЛ, ХЛ, Т;
- Срок эксплуатации 40 лет;
- Гарантийный срок 5 лет.

Сухие дугогасящие реакторы (РЗДПОС 6(10)-35/120-2000)

Назначение.

Плунжерные дугогасящие реакторы (ДГР) с плавным регулированием тока серии РЗДПОС, предназначены для компенсации емкостных токов в электрических сетях 6, 10, 35 кВ с изолированной нейтралью, возникающих при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). Реактор подключается между нейтралью сети и контуром заземления подстанции. При отсутствии явно выведенной нейтрали подключение производится к нейтрали с помощью фильтра нулевой последовательности типа ФСЗО (присоединительный трансформатор).

Для автоматического управления, сухие реакторы РЗДПОС могут использоваться совместно с шкафами автоматики «ЭНСОНС-0142». Настройка реактора в резонанс с емкостью сети может осуществляться любыми системами автоматического управления (REG-DPA, МИРК), использующим любой способ формирования опорного сигнала (высоковольтный конденсатор, блок смещения нейтрали, естественная несимметрия).

Основные технические характеристики:

- Номинальное напряжение 6, 10, 35 кВ;
- Номинальная мощность от 120 до 2000 кВА;
- Ток компенсации до 525 Ампер;

- Диапазон регулирования от 5 до 100% ном. тока;
- Категория размещения 3, 4;
- Степень защиты кожуха от IP21 до IP54;
- Климатическое исполнение У, УХЛ, ХЛ, Т;
- Срок эксплуатации 30 лет;
- Гарантийный срок 5 лет.

Сухие токоограничивающие реакторы (РТОС, РТСТ 3-110/100-10000)

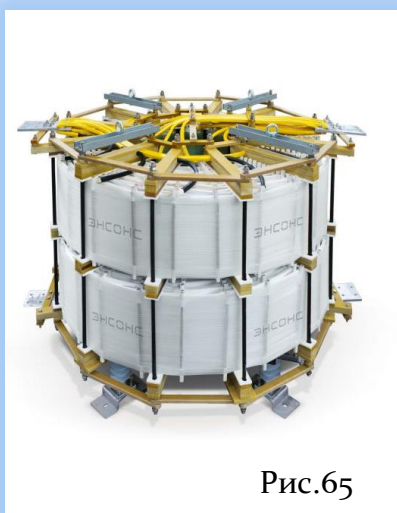


Рис.65

Назначение.

Токоограничивающие реакторы предназначены для ограничения токов короткого замыкания в электрических сетях 6-110 кВ и поддержание уровня напряжения электрических установок в момент короткого замыкания.

Разрабатываются с применением провода прямоугольного сечения с силиконовой кремнийорганической изоляцией. Из многожильного алюминиевого или медного провода.

Выпускаемые типы токоограничивающих реакторов:

1. РТОС - однофазные вертикального исполнения
2. РТСТ - трехфазные вертикального исполнения
3. РТСТГ - трехфазные горизонтального исполнения
4. РТСТУ - трехфазные углового исполнения
5. РТСТС - сдвоенные трехфазные вертикального исполнения
6. РТСТСГ - сдвоенные трехфазные горизонтального исполнения

Основные технические характеристики:

- Тип реактора классический, сдвоенный;
- Номинальное напряжение 6, 10, 20, 35, 110 кВ;
- Номинальный ток от 100 до 10000 А;
- Индуктивное сопротивление до 25 Ом;
- Категория размещения 1, 2, 3, 4;
- Сейсмостойкость до 9 баллов по MSK 64;
- Климатическое исполнение У, УХЛ, ХЛ, Т;
- Тип провода многожильный алюмин. Или медный прямоугольный;
- Расположение фаз горизонтальное, угловое, вертикальное;
- Срок эксплуатации 30 лет;
- Гарантийный срок 5 лет.

Шкаф автоматического управления (ЭНСОНС-0142)



Рис.66

Назначение.

Система управления «ЭНСОНС-0142.» на базе микроконтроллера МИРК / REG DPA предназначена для автоматической резонансной настройки дугогасящих реакторов и агрегатов, определения емкостного тока в сетях 6-35 кВ с плунжерными реакторами и агрегатами, а также с комбинированным способом заземления нейтрали.

Шкаф автоматического управления дугогасящими реакторами выполнен в едином корпусе с открывающейся передней панелью, закрываемой на замок.

Основные технические характеристики:

- По типу регуляторов МИРК-4 / МИРК-5 / REG DPA;
- Способ монтажа навесной / напольный;
- Способ обслуживания односторонний / двухсторонний;
- Количеству регуляторов в одном шкафу 1, 2, 3, 4;
- Степень защиты IP30 или IP54;
- Напряжение питания шкафа переменное или постоянное

Устройство защиты распределительных сетей на напряжение до 35 кВ от воздействия грозового разряда

Данное устройство на выставке представила компания ЗАО «Технокомплект».

Назначение изделия

Устройства защиты распределительных сетей на напряжение до 35 кВ от прямого воздействия грозового разряда предназначены для организации защиты распределительных сетей среднего напряжения и установок, включенных в эти сети, от воздействия атмосферных электрических разрядов.

Описание и работа устройства

В Устройстве защиты распределительных сетей (УЗРС) используется принцип сбора наведенных зарядов с воздушных линий электропередачи электрической сети. Заряды собираются и концентрируются в устройстве, в результате чего достигается высокая напряженность поля и создаются условия для развития искусственного грозового разряда.

Реализуемый в УЗРС метод

Реализуется метод сбора наведенных зарядов и создания зоны искусственного грозового разряда

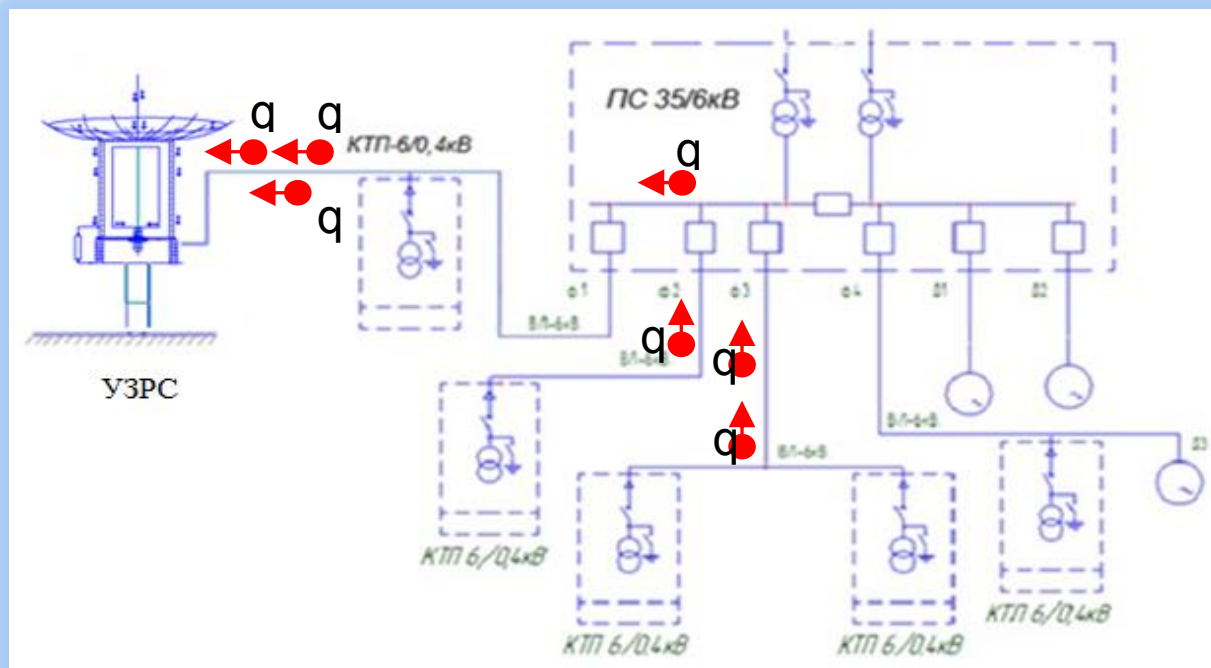


Рис.67

За счет собранных с воздушных линий электропередачи зарядов в верхней части блока приема зарядов УЗРС создается область повышенной напряженности электрического поля, которая способствует ориентации развития лидера молнии в направлении УЗРС. При ударе молнии в блок приема зарядов ток молнии через разрядник и спуск заземления отводится в землю.

Таким образом, возникает основной разряд молнии на безопасном расстоянии от оборудования.

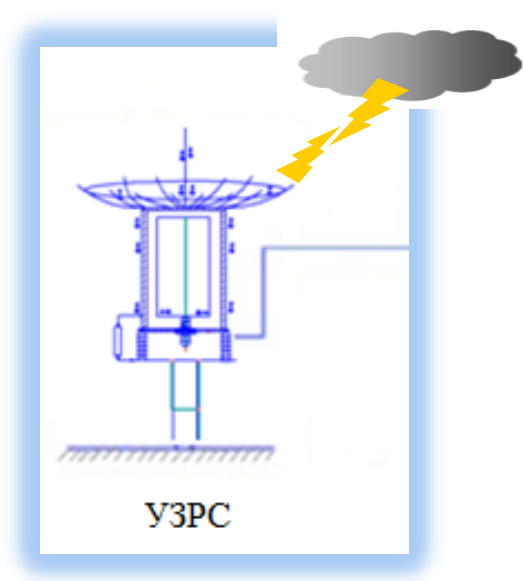


Рис.68

Технические характеристики

Варианты исполнения УЗРС, соответствие обозначения устройств комплектам конструкторской документации приведены в таблице.

Таблица 28

Номинальное напряжение сети, кВ	Обозначение устройства	Обозначение комплекта КД
6	УЗРС – 6 УХЛ1	ШЖИС.566112.001
10	УЗРС – 10 УХЛ1	ШЖИС.566112.002
35	УЗРС – 35 УХЛ1	ШЖИС.566112.003

Основные электрические параметры УРЗС соответствуют значениям, приведенным в таблице.

Таблица 29

Наименование параметра	Значение
Номинальное напряжение распределительной сети, кВ	6; 10; 35
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2; 12; 40,5
Односекундный ток термической стойкости, кА	20
Частота сети, Гц	50
Номинальное напряжение вторичных цепей, В	24
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69	УХЛ1
Степень защиты по ГОСТ 14254-96, не хуже:	
Блок приема зарядов (БПЗ)	IP00
Блок управления (БУ)	IP55
Устройство подключения (УП)	IP55
Датчик грозовых разрядов (ДР)	IP55

Схема УРЗС

Общий вид УЗРС представлен на рисунке

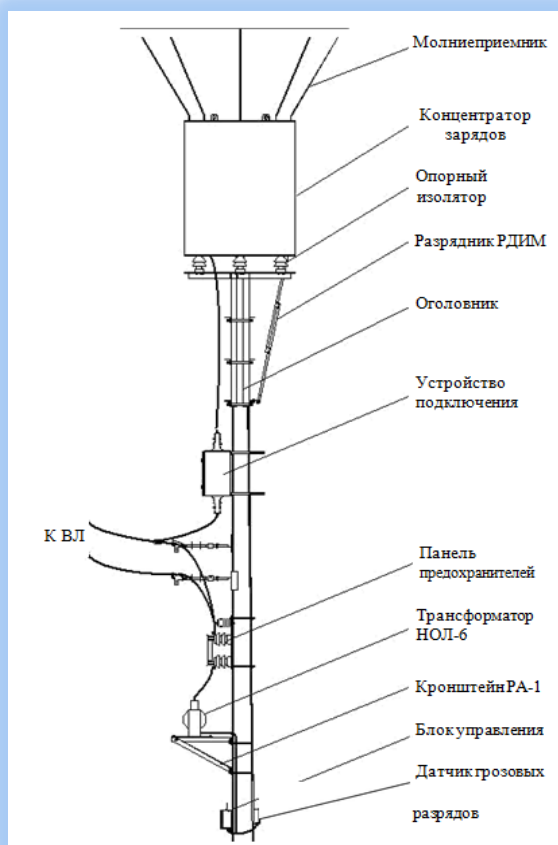


Рис.69

Состав УЗРС

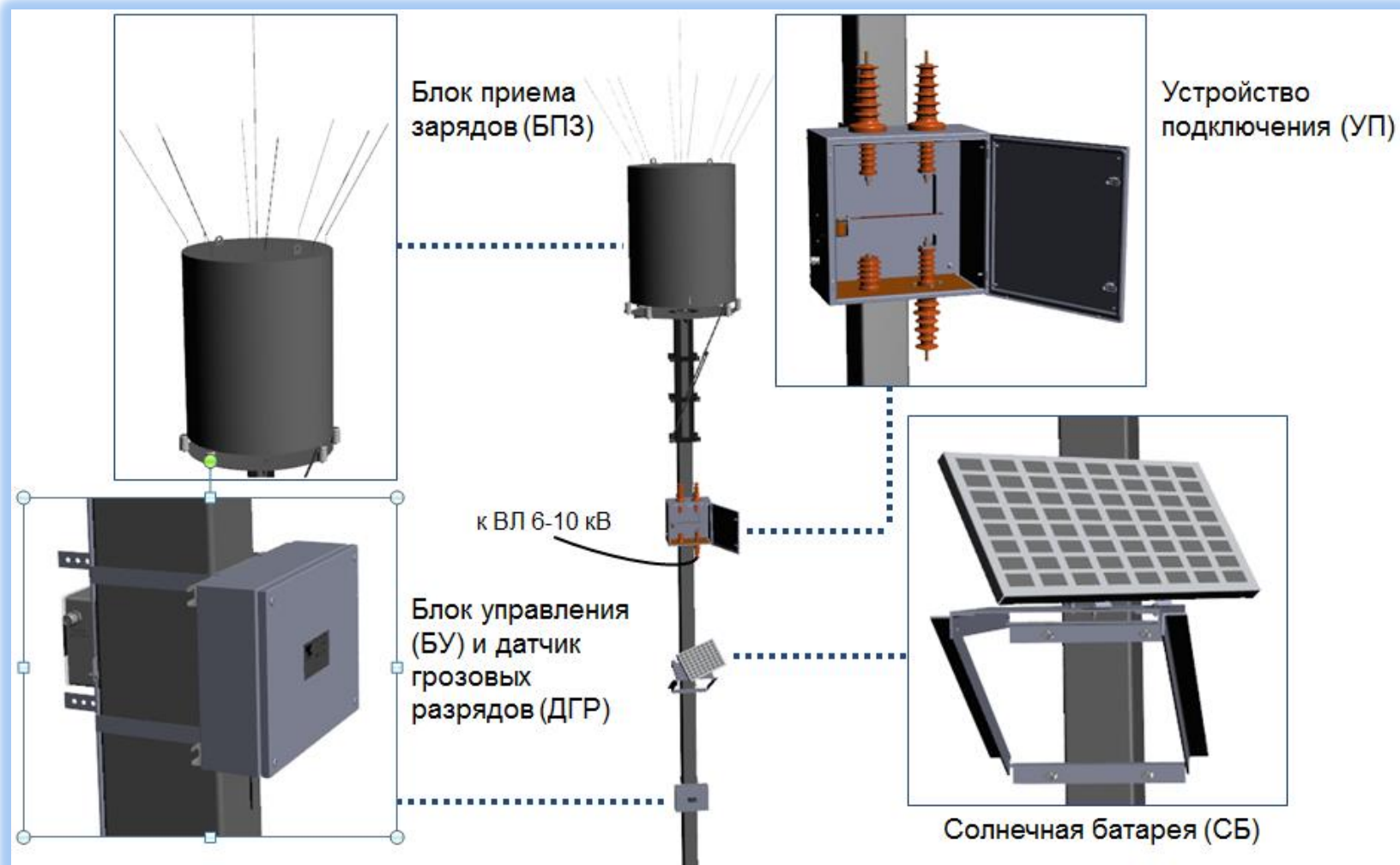


Рис.70

Устройство защиты распределительных сетей устанавливается на железобетонную опору СВ-110.

Устройство и работа УЗРС

Блок приема зарядов служит для сбора и концентрации наведенных зарядов с воздушных линий (ВЛ) электропередачи, а также приема разрядов молнии.

Концентратор зарядов конструктивно состоит из внешнего и внутреннего цилиндров, изолированных между собой и от заземленного оголовника. Внешний цилиндр соединяется с контуром заземления через разрядник РДИМ. Соединение внешнего и внутреннего цилиндров с устройством подключения осуществляется высоковольтными кабелями. Устройство подключения присоединяется к двум фазам ВЛ.

Блок приема зарядов предназначен для создания зоны искусственного грозового разряда, путем концентрации наведенных на линии электропередачи зарядов в предгрозовой период, и создания условий для развития встречного лидера с молниеприемника устройства в сторону лидера грозового разряда. Объем собранных зарядов и защищаемая зона зависят от площади, охваченной ВЛ. В предгрозовой период, при подключенной УЗРС к ВЛ, наведенные на ней заряды частично переходят на внутренний цилиндр накопителя зарядов. Циклически (примерно 1 раз в 30 с) в Устройство подключения срабатывает высоковольтный переключатель на основе промежуточного реле, который отключает заряженный внутренний цилиндр от ВЛ и подключает его к внешнему цилиндру. В результате все заряды с внутреннего переходят на внешний цилиндр. Данный процесс многократно повторяется. В результате, на внешнем цилиндре, а далее на молниеприемнике, концентрируется значительная часть наведенных на ВЛ зарядов, достаточная по энергии для развития встречного лидера в сторону грозового облака или, в противном случае, грозовой разряд происходит за пределами защищаемой зоны, в месте, где еще имеются объекты, на которых сконцентрировано количество зарядов, достаточное для развития встречного лидера.

При попадании грозового разряда в молниеприемник установки, УЗРС обеспечивает прохождение тока молнии по цепи: молниеприемник - внешний цилиндр - разрядник - контур заземления. На ВЛ разряд не попадает, так как конструктивно исключается ее подключение к внешнему цилиндру (уровень изоляции 40 кВ).

Подключение УЗРС производится к двум фазам линии электропередачи. Ответвление от линии выполняется высоковольтным проводом СИП-3. Ответвление подключается к трансформатору напряжения типа НОЛ, установленному на кронштейне РА-1, через предохранители ПКН и ограничители перенапряжения ОПН. Один из проводов ответвления подключается к УП для передачи наведенных зарядов. Вторичные выводы трансформатора напряжения присоединяются кабелем к блоку управления, обеспечивая питание вторичных цепей УЗРС.

Устройство подключения

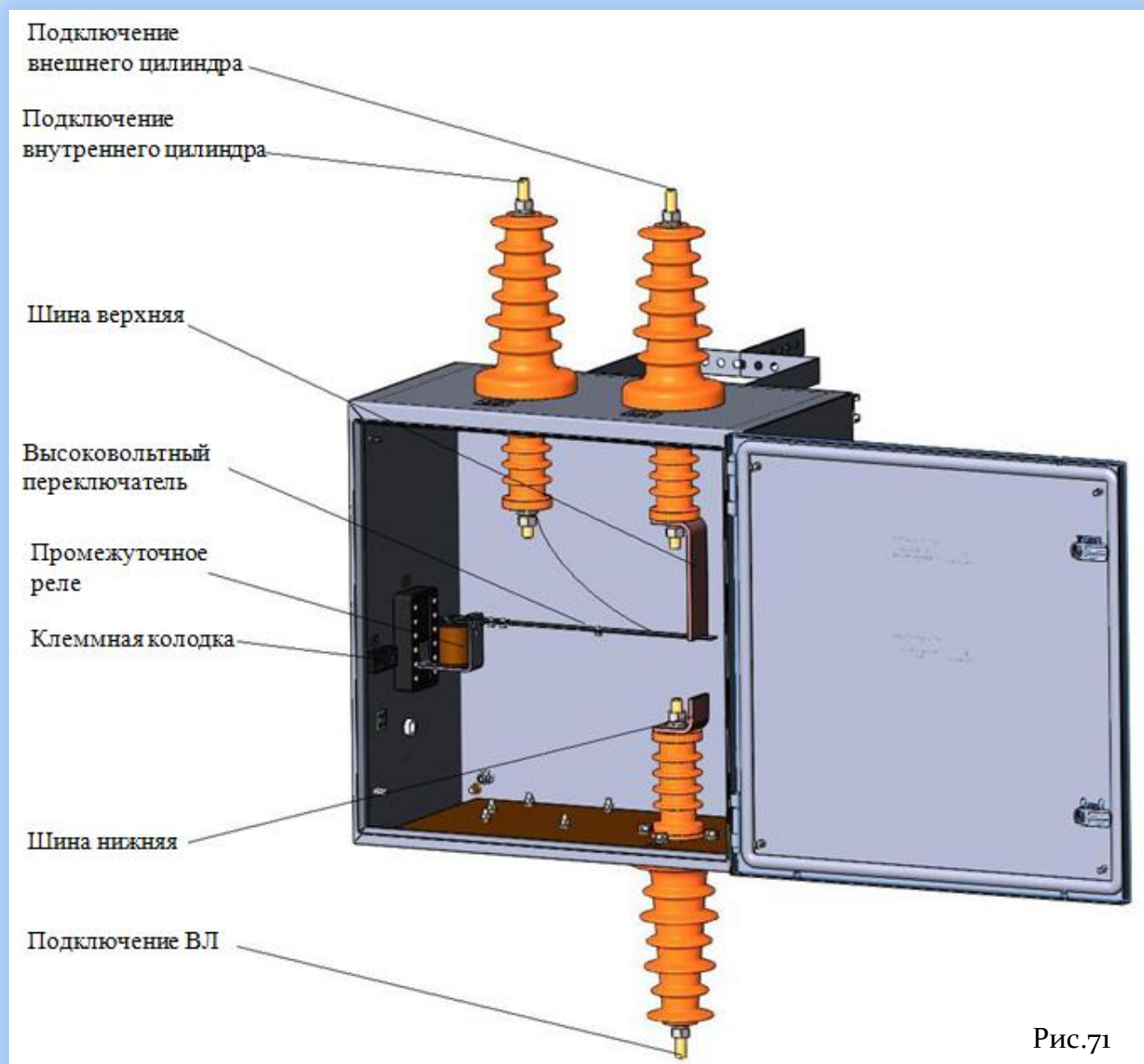


Рис.71

Схема устройства защиты распределительной сети

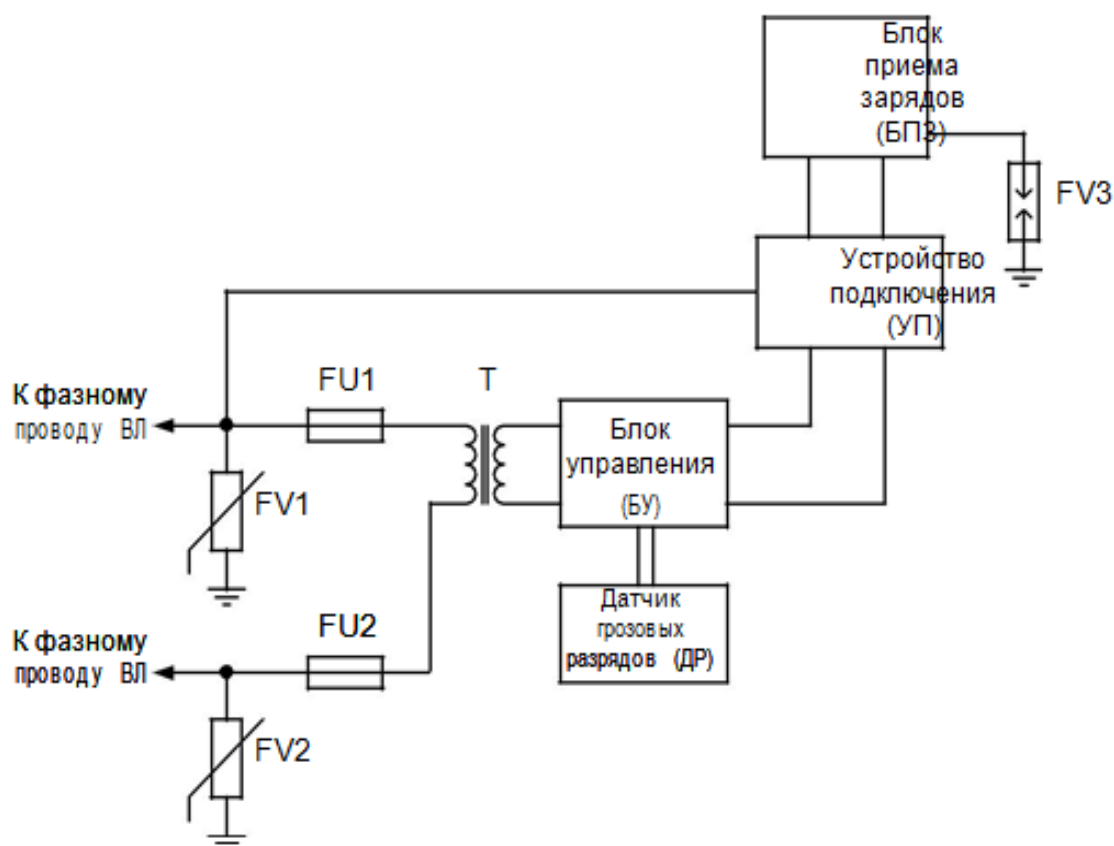


Рис.72

Вывод

Средний срок службы, установленный производителем (ЗАО «Технокомплект»), не менее 25 лет. Данное устройство защиты распределительной сети успешно зарекомендовало себя на объектах распределительной сети электроснабжения объектов нефтегазодобычи и может быть применено в качестве опытной эксплуатации для защиты от воздействия атмосферных электрических разрядов объектов ПАО «МРСК Центра».

Устройства защиты от перенапряжения электрооборудования 6 и 10 кВ типа УЗПЭ (производитель ООО «Инста»)

Устройства защиты от перенапряжений электрооборудования предназначены для защиты электрооборудования переменного тока частотой 50 Гц, классов напряжения 6 и 10 кВ, работающего в сетях с изолированной нейтралью от коммутационных и грозовых перенапряжений.

Предназначены для замены используемых в эксплуатации вентильных разрядников и традиционных ограничителей перенапряжений.

Изготавливаются по ТУ 3414-023-82442590-2015.

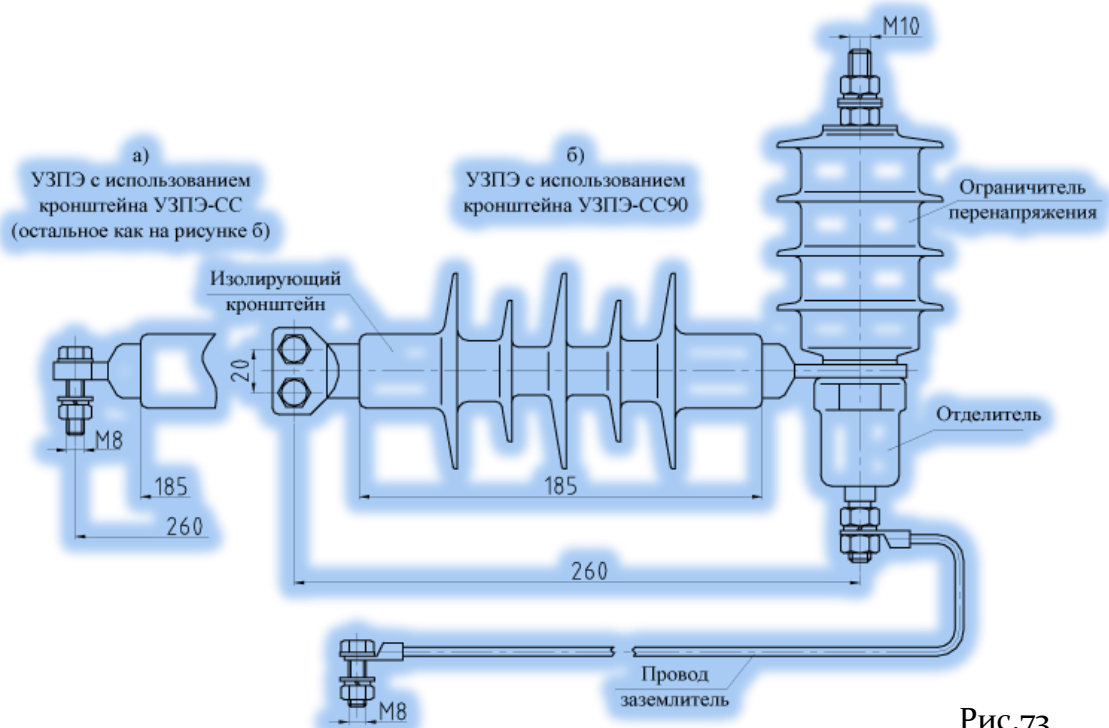


Рис.73

Описание конструкции и принцип действия:

Устройства состоят из ограничителя перенапряжений в герметичном полимерном корпусе, армированном металлическими фланцами и установленном на изолирующем кронштейне. В цепь заземления ограничителя включен отделитель.

При повреждении ограничителя перенапряжения отделитель автоматически разрывает цепь заземления, устраняя, тем самым, устойчивое замыкание на землю. Поврежденный ограничитель перенапряжения легко обнаруживается визуально. Изоляцию фазы от земли, к которой присоединен ограничитель перенапряжения, при этом обеспечивает изолирующий кронштейн, выполненный на основе линейного стержневого изолятора на напряжение 10 кВ для работы в районах до 4 степени загрязнения (С3) включительно.

Защитные оболочки ограничителя и кронштейна изготовлены из кремнийорганической композиции с высокими показателями гидрофобности, трекингоэрозионной стойкости и классом воспламеняемости FV (ПВ).

К современным решениям для защиты ВЛЗ 6-20 кВ относятся устройства на базе линейных ОПН (типа УЗПН) и устройства на базе дугогасительных камер (типа РМК).

Заявленные функциональные характеристики РМК и УЗПН близки, однако их работа основана на разных принципах действия.

Устройство УЗПН состоит из ограничителя перенапряжений нелинейного (ОПН) специальной конструкции и искрового промежутка (ИП) между фазным проводом и ОПН. При воздействии на провода индуктированных перенапряжений, вызванных грозовыми разрядами вблизи ВЛ, а также перенапряжений, вызванных прямыми ударами молнии в ВЛ, искровой промежуток УЗПН пробивается и подсоединяет к проводу ОПН. Ограничитель перенапряжения благодаря снижению собственного сопротивления в этот момент эффективно сбрасывает перенапряжения на заземленные части опор через электроды, минуя изоляторы, что предохраняет их от перекрытия и повреждения, а провод – от пережога. После снятия перенапряжения при воздействии напряжения промышленной частоты ток через ОПН за счёт возврата сопротивления ОПН до исходных значений ограничивается до величины, при которой существование дуги в искровом промежутке невозможно, и дуга гаснет.

Основными элементами РМК (разработка отечественной компании АО «НПО «Стример») являются: мультикамерная система, несущий стеклопластиковый стержень и узел крепления разрядника к стержню изолятора. Разрядник устанавливается на металлический стержень изолятора с искровым воздушным промежутком между верхним концом разрядника и проводом. При воздействии грозового перенапряжения сначала пробивается искровой воздушный промежуток, а затем – МКС разрядника. Гашение сопровождающего тока достигается за счет разбиения импульсной дуги на большое количество маленьких дуг, каждая из которых находится в ограниченном объеме разрядной камеры. Появление в такой камере элементарной дуги с чрезвычайно высокой температурой приводит к стремительному росту давления внутри нее, вследствие чего дуга выбрасывается наружу, где происходит ее значительное удлинение, а также интенсивное охлаждение за счет контакта с окружающим воздухом. При переходе сопровождающего тока через ноль происходит гашение дуги, и линия продолжает бесперебойную работу без отключения и АПВ.

Таблица 30

Сравнительные характеристики устройств молниезащиты типа УЗПН и РМК

№	Параметр	УЗПН	РМК
1	Принцип прерывания сопровождающего тока	Ограничение тока нелинейным сопротивлением ОПН. Ток протекает внутри аппарата.	Ограничение тока путем разбивания дуги на большое количество маленьких дуг. Ток протекает внутри аппарата.
2	Поведение при прямом ударе молнии в линию	Повреждается на одной или на нескольких опорах	Не повреждается. Имеется специальная версия – РМКЭ для защиты ВЛ от ПУМ.
3	Поведение при замыкании внешнего искрового промежутка	Выходят из строя при квазистационарных перенапряжениях	Не повреждается
4	Научно-техническая новизна	Копия финского устройства SD146	Отечественная разработка, защищённая российскими, американскими, европейскими и бразильскими патентами.
5	Срок службы	30 лет	30 лет
6	Обслуживание	Не требуется	Не требуется
7	Цена	4500-5000 руб. (10 кВ)	4300 руб. (10 кВ)

Выводы: устройства молниезащиты ВЛ типа УЗПН и РМК близки по функциональным и эксплуатационным характеристикам, а также обладают сравнимой ценой. Тот факт, что РМК не повреждается при прямых ударах молнии в линию не является весомым преимуществом, т.к. ПУМ – достаточно редкое явление для ВЛ 6-10 кВ. Таким образом можно рекомендовать к применению оба устройства.

Обзор выставки сделан на основе отчетов филиалов ПАО «МРСК Центра» и не является рекламным материалом

