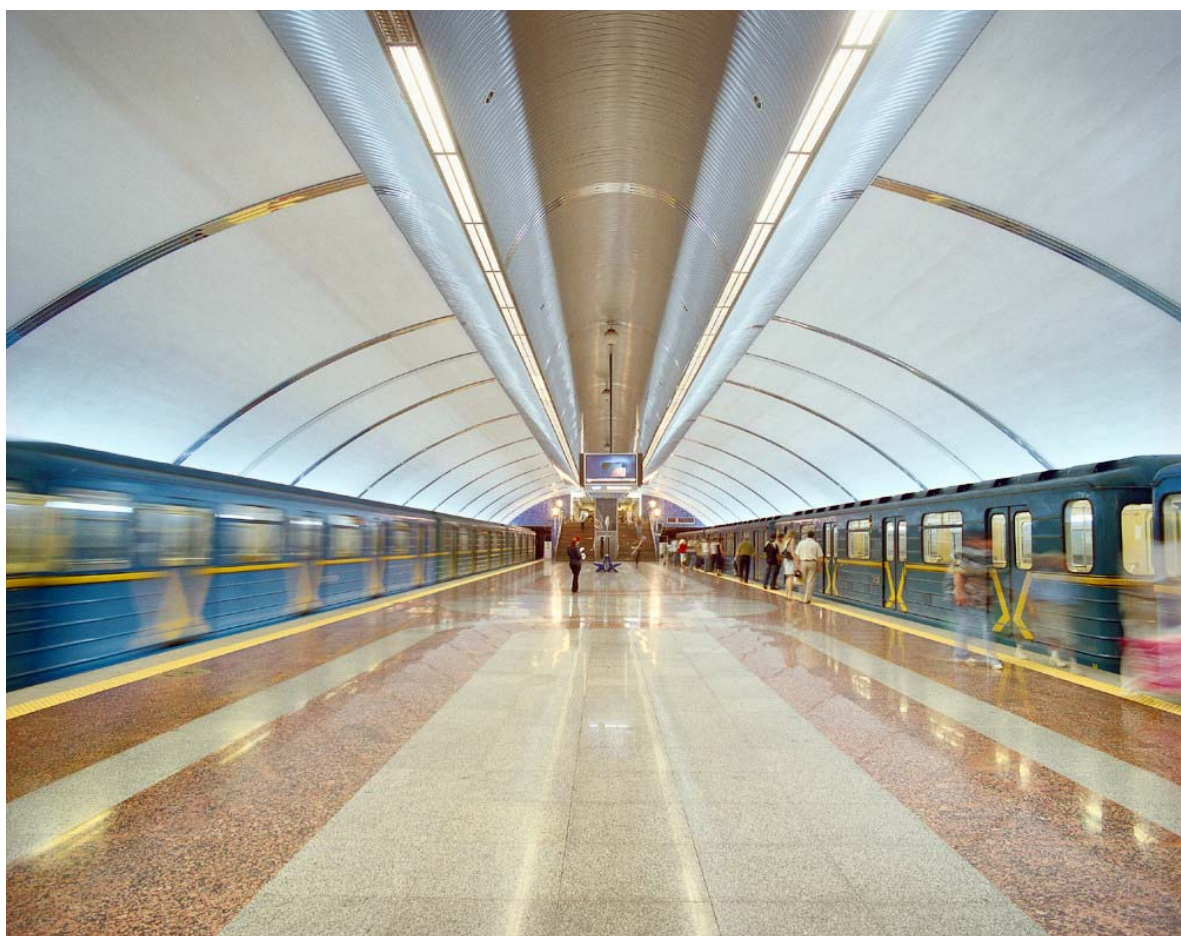


ЗАО "ЭТК "Плутон"



КОНЦЕПЦИЯ ПОСТАВКИ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

**для тяговых подстанций и контактной сети 825 В
метрополитенов**



Содержание

1. Концепция поставки	3
2. Состав оборудования для тяговых подстанций и контактной сети метрополитенов	7
3. Комплектные распределительные устройства 10 (6) кВ серии NEX	8
3.1. Основные типы ячеек	15
3.2. Основные технические характеристики NEX-10(6) кВ	15
3.3. Вакуумный выключатель Evolis	15
3.4. Устройства управления и защиты в NEX	15
4. Распределительные устройства постоянного тока серии РУ-825	15
4.1. Отличительные особенности распределительных устройств серии РУ-825	15
4.2. Основные компоненты ячейки серии РУ-825	18
4.2.1. Быстродействующий выключатель	18
4.2.2. Разъединители	21
4.2.3. Система управления и защит	22
4.2.4. Факторы надежности и безопасности распределительных устройств серии РУ-825	25
5. Выпрямитель для тяговых подстанций метрополитена	26
5.1. Секции преобразовательные серии В-ТПЕД	26
5.2. Трансформаторы RESIBLOC®	28
6. Общие характеристики низковольтных комплектных распределительных устройств переменного тока серии КРУ-0,4к, КРУ-0,23к, АТДП и щита постоянного тока ЩПТ-220	30
6.1. Назначение и применение	30
6.2. Отличительные особенности	31
6.3. Особенности конструкции	31
6.4. Основные компоненты	33
7. Шкафы контактной сети 825 В	35
7.1. Общие данные	35
7.2. Шкафы линейных разъединителей РУ-825ЛР	35
7.3. Пункт питания контактного рельса (в тупике) РУ-825ПР	37
8. Система мониторинга тяговой сети SMTN2-1,0-10	38
8.1. Назначение и основные функции	38
8.2. Конструктивное исполнение	38
8.3. Функции защит в системе SMTN2-1,0-10	39
8.4. Следы	39
9. Общая характеристика устройства конденсаторного УК-05-0,4-80-УХЛ4	42
9.1. Назначение и конструкция	42
9.2. Технические характеристики	43
9.3. Описание микропроцессорного блока контроля и управления	43
10. Зарядно-выпрямительное устройство ВТЕУ1-100/230-УХЛ4	44
11. Телемеханический комплекс	45
12. Заключение	50

1. Концепция поставки

На основании многолетнего опыта разработки и поставки оборудования для метрополитенов, сложилась определенная концепция поставки оборудования, которой Компания "Плутон" придерживается на протяжении последних десяти лет.

Основные выдержки этой концепции приведены ниже:

- 1) Все оборудование для тяговых подстанций метрополитена и контактной сети 825 В должно представлять собой единый автоматизированный комплекс, требующий к себе минимального внимания со стороны обслуживающего персонала, **не требующий периодического обслуживания и ремонтов.**
- 2) Оборудование должно поставляться «**под ключ**», начиная с участия поставщика в проектных работах. Оборудование поставляется как единый комплекс, с последующим монтажом, наладкой и вводом в эксплуатацию.
- 3) Нет необходимости поставки оборудования от одного производителя. Напротив, в комплект оборудования для тяговых подстанций метрополитена должно входить **лучшее** оборудование от Компании "Плутон", а также **лучшее** оборудование от ведущих мировых производителей.
- 4) Обязательным при поставке комплекта электрооборудования для тяговых подстанций метрополитена является полная увязка оборудования в **единый проектный и программный комплекс.**
- 5) Обязательной функцией оборудования, поставляемого в комплекте тяговой подстанции метрополитена, является **самодиагностика, мониторинг** состояния всех основных компонентов, входящих в состав оборудования.
- 6) Посредством встроенных интерфейсов оборудование должно быть **интегрировано в единую информационную сеть тяговой подстанции.**
- 7) **Ответственность** за безотказную гарантийную и постгарантийную работу оборудования принимает на себя компания-поставщик, гарантируя тем самым бесперебойный ввод оборудования в эксплуатацию, техническую поддержку оборудования в гарантийный срок и постгарантийный период.
- 8) Поставщик должен иметь возможность в течение всего срока эксплуатации оборудования **модернизировать** программное обеспечение комплекса тяговой подстанции, а также, с течением времени, **адаптировать** оборудование к новому поколению элементной базы промышленных контроллеров, к новым интерфейсам и протоколам связи, появляющимся с развитием техники. Вследствие такого развития, на протяжении 20-ти – 30-ти лет эксплуатации оборудования, периодически будет возникать необходимость в модернизации системы управления и программного обеспечения.

С целью внедрения на тяговых подстанциях метрополитена Компания "Плутон" предлагает комплект современного оборудования нового поколения.



При разработке и производстве оборудования для тяговых подстанций использованы технологии необслуживаемых контактных соединений, что также существенно повлияло на повышение надежности оборудования и на снижение расходов в процессе эксплуатации.

Комплект оборудования для тяговых подстанций создан в тесном сотрудничестве с институтом «Киевпроект» (г. Киев), институтом «Минскинжпроект» (г. Минск), КП «Киевпастранс» (г. Киев), институтом «Укрметротоннельпроект» (г. Киев), КП «Киевский метрополитен» (г. Киев), институтом «Минскметропроект» (г. Минск), с учетом современных самых жестких требований к безопасности, эргономике, надежности и экономичности.

Компания "Плутон" было первым предприятием-производителем на постсоветском пространстве, начавшим внедрение на тяговых подстанциях метрополитена современных (мирового уровня) коммутирующих компонентов и технологий, средств автоматизации и электронных защит.

Мы обладаем большим опытом комплектных поставок оборудования для тяговых подстанций метрополитена и городского электрического транспорта. Наиболее значительными объектами, на которые мы осуществляли поставки нашего оборудования, являются объекты:

- Минского городского электрического транспорта (Республика Беларусь);
- Харьковского метрополитена (Украина);
- КП «Киевпастранс» (Украина);
- Скоростного трамвая г. Кривой Рог (Украина);
- Трамвайно-троллейбусного управления г. Рига (Латвия);
- Минского метрополитена (Республика Беларусь);
- Киевского метрополитена (Украина);
- Московского метрополитена (Россия);
- Монорельсового транспорта г. Москва (Россия);
- Санкт-Петербургского метрополитена (Россия);
- Ташкентского метрополитена (Узбекистан);
- Бакинского метрополитена (Азербайджанская республика);
- Алматинского метрополитена (Республика Казахстан);
- Екатеринбургского метрополитена (Россия).



Для успеха, которого добились за годы существования наши компании, есть все объективные предпосылки:

- технические решения, ориентированные на передовой мировой уровень, с целью удовлетворения современных требований потребителя;
- разработка и реализация объектно-ориентированных проектов (реализация требований каждого конкретного энергохозяйства);
- наличие современных инженерных систем для проектирования и исследований;
- высококвалифицированные инженерные кадры;
- акценты на самые современные технические и технологические решения;
- стопроцентный контроль качества;
- сервисное обслуживание в период реализации проектов, а также в послегарантийный период.



Мы выполняем поставки оборудования для тяговых подстанций «под ключ», что включает в себя:

- проектно-конструкторские работы;
- изготовление и поставку оборудования;
- монтажные и пуско-наладочные работы;
- сдача объекта в эксплуатацию;
- сервисное обслуживание и обучение персонала.

Основные группы оборудования, поставляемого для тяговых подстанций метрополитенов:

- выпрямители, собранные по мостовой шести- или двенадцатипульсовой схемам в комплекте с сухими преобразовательными трансформаторами;
- распределительные устройства среднего напряжения 6 и 10 кВ;
- распределительные устройства постоянного тока ± 825 В;
- распределительные устройства переменного тока до 1000 В;
- щиты постоянного тока 220 В;
- сухие трансформаторы собственных нужд различной мощности;
- необслуживаемые аккумуляторные батареи и интеллектуальные зарядно-выпрямительные устройства;
- системы управления и мониторинга тяговой подстанции с полной диагностикой оборудования, выполненные на промышленных контроллерах.
- современные системы телемеханики, реализованные на промышленных контроллерах.

2. Состав оборудования для тяговых подстанций и контактной сети метрополитенов

В состав комплекта оборудования для тяговых подстанций и контактной сети метрополитенов входят:

1. Комплектные распределительные устройства 10(6) кВ серии NEX (производства Компании "Плутон" по лицензии компании Schneider Electric), в составе:
 - Ячейка вводной и отходящей линии;
 - Ячейка секционного выключателя;
 - Ячейка трансформатора напряжения;
 - Ячейка с трансформатором собственных нужд.
2. Выпрямители, шестипульсовая схема, В-ТПЕД-1,6к-825, В-ТПЕД 2,5к-825 в составе:
 - о Трансформатор преобразовательный типа RESIBLOC® мощностью 1600 кВА, 2500 кВА (производство компании ABB, Германия);
 - о Секция преобразовательная В-ТПЕД-1,6к-825 или В-ТПЕД-2,5к-825 соответственно.
3. Выпрямители, двенадцатипульсовая схема, В-ТПЕД-1,6к-825-12П, В-ТПЕД-2,5к-825-12П, в составе:
 - о Трансформатор преобразовательный типа RESIBLOC® мощностью 1600 кВА, 2500 кВА;
 - о Секция преобразовательная В-ТПЕД-1,6к-825-12П или В-ТПЕД-2,5к-825-12П соответственно.
4. Силовые понижающие трансформаторы типа RESIBLOC® мощностью 250 кВА, 400 кВА, 630 кВА, 1000 кВА.
5. Распределительные устройства постоянного тока серии РУ-825 в составе:
 - Ячейка линейная РУ-825Л-УХЛ4;
 - Ячейка катодная РУ-825К-УХЛ4;
 - Ячейка резервная РУ-825Р-УХЛ4;
 - Ячейка заземляющая РУ-825З-УХЛ4;
6. Распределительное устройство постоянного тока отрицательной шины 825 В РУ-825ОШ-УХЛ4.
7. Комплектное распределительное устройство переменного тока серии КРУ-0,4к.
8. Комплектное распределительное устройство переменного тока серии КРУ-0,23к.
9. Щит постоянного тока серии ЩПТ-220.
10. Щит СЦБ в составе:
 - устройство распределительное АТДП;
 - стабилизатор напряжения.
11. Зарядно-выпрямительные устройства.
12. Аккумуляторные батареи – необслуживаемые в течение всего срока службы (технология «dryfit»).
13. Шкафы контактной сети 825В:
 - Шкафы с линейными разъединителями РУ-825ЛР-УХЛ4;
 - Распределительные устройства присоединения кабелей РУ-825ПК-УХЛ4;
 - Пункты питания контактного рельса РУ-825ПР-УХЛ4;
 - Шкаф контактора РУ-825ЗК-УХЛ4.
14. Устройство автоматического управления тяговой подстанцией (АСУ ТП), телемеханический комплекс.
15. Оборудование вентиляции и кондиционирования.
16. Устройства компенсации реактивной мощности УК-05-0,4-80-УХЛ4.
17. Система мониторинга тяговой сети SMTN2-1,0-10.

3. Комплектные распределительные устройства NEX-10(6) кВ

Комплектное распределительное устройство среднего напряжения является одним из самых важных звеньев в цепи распределения электроэнергии. Компания "Плутон", основываясь на своем многолетнем опыте поставки оборудования, предлагает в качестве распределительных устройств среднего напряжения КРУ-10(6) кВ распределительные устройства серии NEX, которые изготавливаются по лицензии компании Schneider Electric.

Ячейка NEX представляет собой комплектное распределительное устройство (КРУ) в металлическом корпусе, предназначенное для внутренней установки на понижающих и распределительных подстанциях, а также распределительных пунктах. Ячейка NEX объединяет в себе инновационные решения, основанные на испытанных технологиях и имеет в своем составе: высокоэффективный коммутационный электрический аппарат, цифровые системы защиты, контроля и управления, а также корпус, устойчивый к воздействию возникающей внутри него электрической дуги.

Ячейки серии NEX соответствуют требованиям ГОСТ 14693 и стандарта МЭК 60298.



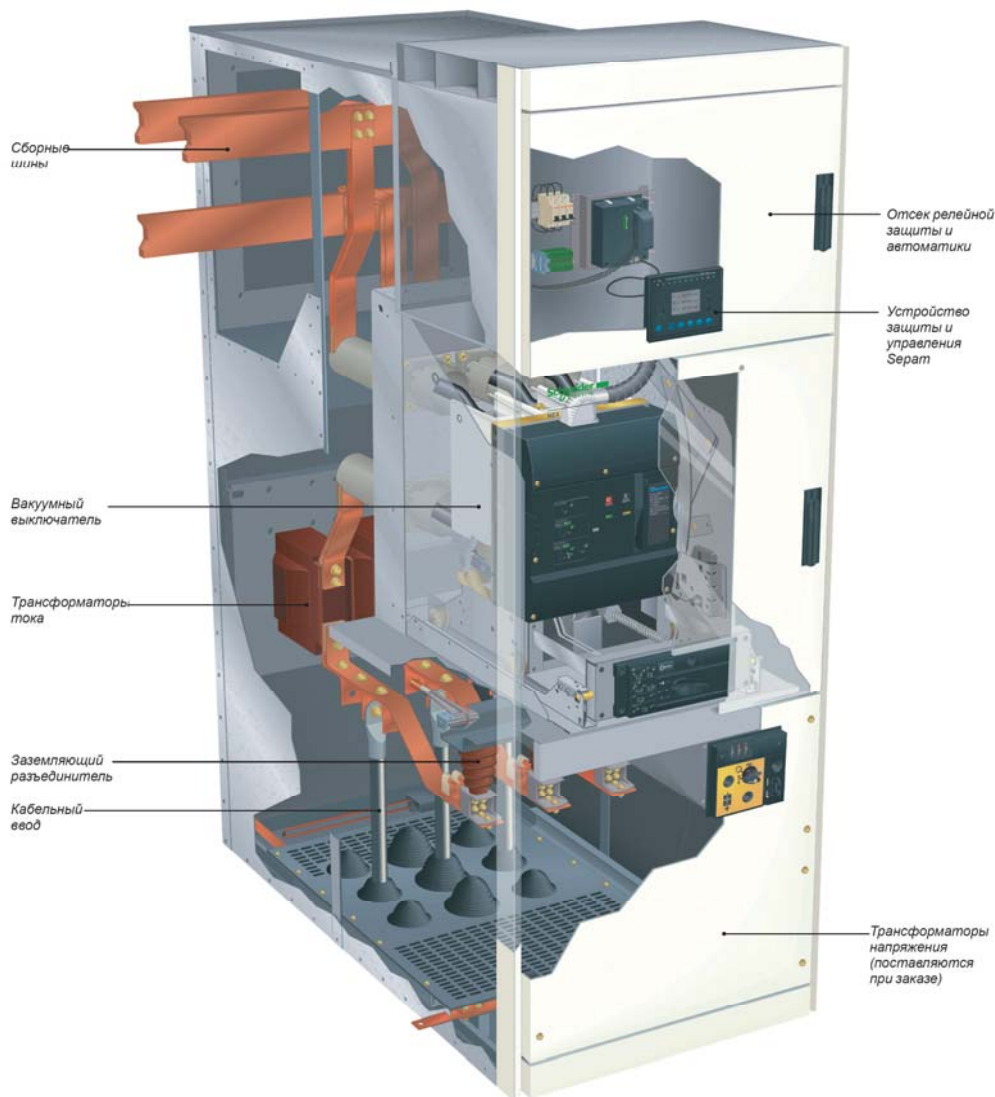
Комплектное распределительное устройство NEX-10(6) кВ

Ячейка состоит из 4 отсеков, разделенных между собой металлическими перегородками:

- **отсек релейной защиты и автоматики.** В отсеке расположены устройство защиты Sepam или MiCom (по требованию Заказчика), приборы контроля и учета электроэнергии, клемные ряды и другая аппаратура вспомогательных цепей;
- **отсек коммутационного аппарата.** В отсеке, помимо выкатного элемента с вакуумным выключателем (тележки с разъединителем или заземляющим разъединителем), расположены подвижные металлические шторы, которые

- автоматически закрываются при перемещении выключателя / разъединителя / заземляющего разъединителя из рабочего положения в контрольное;
- **кабельный отсек.** В отсеке расположены кабельные вводы, заземляющий разъединитель, модуль системы индикации наличия напряжения, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения;
 - **отсек сборных шин.** В отсеке расположены медные шины, проходные изоляторы.

Каждый отсек (кроме отсека релейной защиты) имеет свой канал отвода газов.



Основные компоненты распределительного устройства NEX-10(6) кВ

Все металлические элементы ячейки заземлены:

- корпус и двери ячейки;
- выкатной элемент (выключатель, тележка с разъединителем или заземляющим разъединителем) и трансформаторы напряжения - в соответствии с техническими требованиями на данные элементы;
- кабельные вводы, заземляющий разъединитель, датчики тока и трансформаторы напряжения - в соответствии с техническими требованиями на данные элементы.

Ячейки NEX обеспечивают высокую степень защиты персонала, благодаря развитой системе блокировок. Вспомогательное оборудование низкого напряжения и блок мониторинга находятся отдельно от секции высокого напряжения и размещены в отсеке релейной защиты и автоматики.

3.1. Основные типы ячеек

Основные типы ячеек NEX-10 (6) кВ:

- Ячейка вводной и отходящей линии;
- Ячейка секционного выключателя;
- Ячейка трансформаторов напряжения;
- Ячейка с трансформатором собственных нужд.

Ячейка вводной и отходящей линии



Ячейка секционного выключателя



Ячейка трансформаторов напряжения



Ячейка с трансформатором собственных нужд



В ячейках вводной и отходящей линии и ячейке секционного выключателя установлен вакуумный выключатель выкатного исполнения.

3.2. Основные технические характеристики NEX-10(6) кВ

Таблица 1. Технические характеристики NEX-10(6) кВ

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение	
Номинальное напряжение	кВ	6	10
Максимальное рабочее напряжение	кВ	7,2	12
Электрическая прочность изоляции			
Выдерживаемое напряжение промышленной частоты 50 Гц в течение 1 мин	кВ	32	42
Импульсное значение 1,2/50 мкс	кВ	60	75
Ток			
Ток термической стойкости	кА/3 сек	25	25
		31,5	31,5
Ток электродинамической стойкости	кА	62,5	62,5
		81	81
Номинальный ток сборных шин	А	1250, 2500	1250, 2500
Номинальный ток главных цепей	А	630	630
		1250	1250
		2500	2500
Стойкость к внутренней дуге (дополнительно)			
IAC-AFLR	кА/0,5 сек	25	25
Класс защиты		-IP4X для оболочки; -IP2X между отсеками.	

Условия эксплуатации

КРУ NEX изготовлено для работы в нормальных климатических условиях в помещениях в соответствии с нормами МЭК 62271-1 и ГОСТ 15150.

Температура окружающей среды:

- при эксплуатации: нижнее предельное значение температуры воздуха – минус 25 °С, верхнее - плюс 40 °С (среднесуточное значение температуры воздуха не более плюс 35 °С);
- при транспортировке: нижнее предельное значение температуры воздуха - минус 45 °С, верхнее - плюс 50 °С .

Высота над уровнем моря:

- не более 1000 м;
- при применении устройств для работы на высоте более 1000 метров над уровнем моря , необходимо соблюдать дополнительные требования стандартов МЭК 62271-1, ГОСТ 15150 и ГОСТ 1516.1 по согласованию с производителем устройств.

Окружающая среда:

- не взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, соли, водяных паров и агрессивных газов в концентрациях, снижающих параметры распределительного устройства.
- среднесуточная относительная влажность не более 95 %,
- среднемесячная относительная влажность не более 90 %,
- среднесуточное атмосферное давление не более 2,2 кПа,
- среднемесячное атмосферное давление не более 1,8 кПа.

3.3. Вакуумный выключатель Evolis

Выключатели Evolis применяются в качестве коммутационного аппарата для защиты и управления распределительными и промышленными сетями.

Технические параметры выключателя Evolis:

- Номинальное напряжение 6 ,10 кВ.
- Наибольшая отключающая способность при КЗ: до 31,5 кА.
- Номинальный ток от 630 А до 2500 А.
- Технология осевого магнитного поля (AMF) при отключении (принцип вращения дуги).
- Выкатное исполнение.

Особая форма рабочих контактов в вакуумных камерах выключателя и перемещение дуги в процессе ее гашения обеспечивают максимально возможную в данном типе выключателей «мягкость» гашения дуги даже при высоких значениях тока.

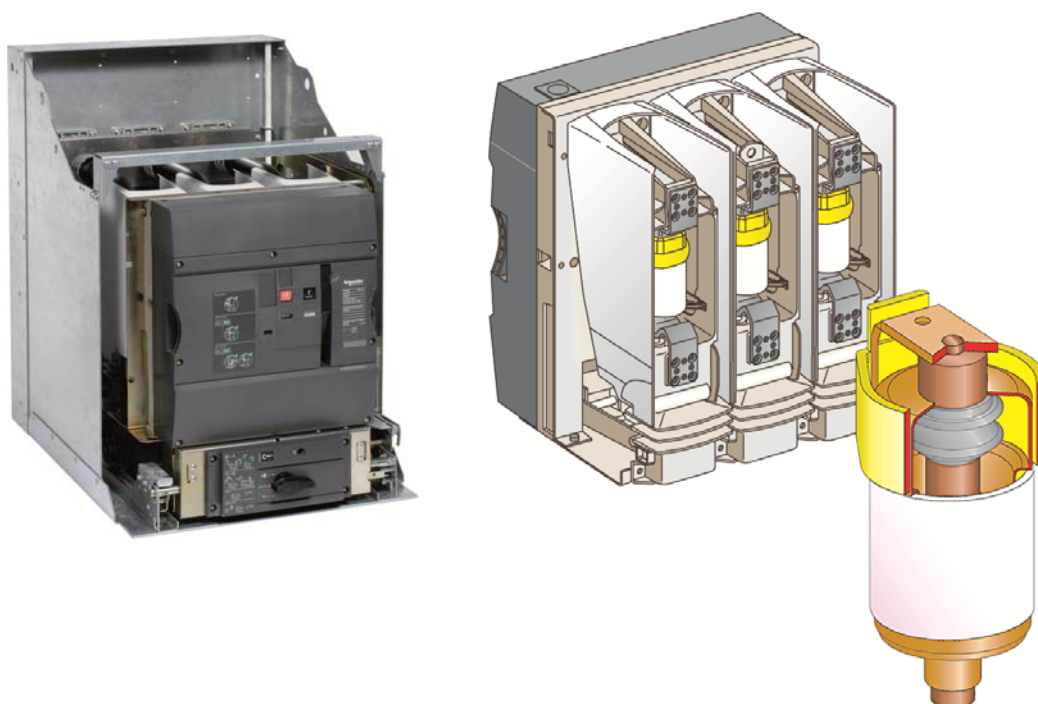
Преимуществами данной технологии являются:

- компактность рабочих контактов и вакуумных камер;
- «мягкость» гашения дуги.

Evolis соответствует самому высокому классу электрической износостойкости (МЭК 62271-100: класс E2).

Электромагнитное поле генерируется внешним витком, который окружает контактную зону. Это техническое решение упрощает и, тем самым, повышает надежность вакуумной камеры, сверхмощные контакты не деформируются при замыкании-размыкании.

Evolis соответствует самым высоким требованиям механической износостойкости (МЭК 62271-100: класс M2).



Выключатель Evolis

Таблица 2. Технические характеристики выключателя Evolis

Общие технические характеристики в соответствии с МЭК 62271-100					
Наименование параметра	Ном. ток откл. (Isc)	Ном. ток	Значение		
Ширина ячейки (мм)			650	800	900
	25 кА	630 А	+	+	
		1250 А	+	+	
		2500 А			+
	31,5 кА	630 А	+	+	
		1250 А	+	+	
		2500 А			+
Дополнительные характеристики в соответствии с МЭК 62271-100					
Номинальные параметры	Обозн.	Ед.изм.	Значение		
Напряжение	Ur	кВ	6	10	10
Напряжение изоляции: - промышленная частота 50 Гц, 1 мин. - грозовой разряд (1.2/50 мсек)	Ud	кВ	32	42	42
	Up	кВ	57	75	75
Частота	fr	Гц	50-60		
Ток термической стойкости	Ik/tk	кА	Isc/3 сек		
Ток электродинамической стойкости (ударный)	Ip	кА	2,5 Isc (50 Гц)		
Номинальный ток включения		кА	2,5 Isc (50 Гц)		
Другие характеристики					
Последовательность операций	О-0.3 сек-ВО-15 сек-ВО О-0.3 сек-ВО-3 мин-ВО О-3 мин-ВО-3 мин-ВО				

Временные характеристики	Размы- кание	мсек	< 50
	Полное отклю- чение	мсек	< 60
	Вклю- чение	мсек	< 71
Механическая прочность	Класс		M2
	Ресурс циклов		30 000
Коммутационная износостойкость	Класс		E2
Количество коммутаций при полном значении	Isc	25 кА	100
		31,5 кА	50
Отключающая способность емкостного тока	Класс		C1 (для определенных типов)
Рабочая температура		°C	минус 35 °C до +40 °C
Средняя относительная влажность	24 ч		< 95 %
	1 месяц		< 90 %

Защита от внутренней дуги в ячейках NEX

Ячейки NEX конструктивно защищены от разрушающего действия внутренней дуги и обеспечивают безопасность обслуживающего персонала. В качестве дополнительной опции в ячейке NEX может быть установлен детектор внутренней дуги - электронный модуль с оптическим датчиком. Оптические датчики измеряют силу света, созданного дугой, в ячейке NEX. Электронный модуль, после обработки информации от датчиков, посылает сигнал на отключение выключателя.

В случае, если распределительное устройство NEX установлено в середине помещения, для безопасной работы обслуживающего персонала обеспечивается четырехсторонняя защита.

3.4. Устройства управления и защиты в NEX

В распределительных устройствах NEX применены наиболее эффективные средства управления и защиты, благодаря чему ячейки NEX могут быть легко интегрированы в систему автоматизированного управления подстанций.

Каждая ячейка NEX может быть оборудована комплексной системой управления, контроля и защиты, которая состоит из:

- измерительных трансформаторов для определения требуемых электрических величин (фазного тока, остаточного тока, напряжений и т.д.);
- релейной защиты, легко адаптируемой в систему защиты КРУ;
- системы индикации и сигнализации для информирования обслуживающего персонала;
- различных дополнительных вспомогательных устройств: блоков для тестирования вторичных цепей, и т.д.

Устройства релейной защиты и управления Sepam

Устройство релейной защиты и управления Sepam является ядром системы защиты, контроля и управления, применяемой в ячейках NEX, и выполняет все необходимые функции защиты, измерения, управления, контроля и сигнализации.

Цифровые устройства релейной защиты Sepam серий 20, 40, 80 спроектированы с учетом мирового опыта в области защиты электрических сетей.

Устройства Sepam серий 20, 40 и 80 выполняют все необходимые функции:

- эффективная защита оборудования и персонала;

- точные измерения и детальная диагностика;
- управление силовыми коммутирующими устройствами;
- контроль и индикация состояния силовых коммутационных устройств;
- обмен информацией с централизованной системой управления по коммуникационной сети.



Устройства релейной защиты Sepam

Серия Sepam соответствует стандарту МЭК 61850.

Для быстрой адаптации к различным требованиям защиты и управления, а также удобства последующей модернизации, функции устройства Sepam могут быть расширены (улучшены) путем добавления различных модулей, которые устанавливаются в соответствии с запросами Заказчика.

Преимущества системы Sepam:

- Более чем 20 летний опыт создания систем релейной защиты;
- Более 150,000 блоков Sepam успешно эксплуатируются в 90 странах мира;
- Система качества основывается на результатах испытаний и жестких требованиях к условиям эксплуатации, таким как температура, загрязнения и т.д.;
- Энергомический и интуитивный интерфейс «человек-машина»(UMI);
- Доступное программное обеспечение;
- Эффективная защита персонала и оборудования;
- Точные измерения и детальная диагностика;
- Встроенная функция управления оборудованием;
- Управление и система индикации как на ячейке, так и на дистанционном пульте.

Устройство контроля и учета электроэнергии

Устройство контроля и учета электроэнергии PowerLogic - это полный модельный ряд измерителей мощности для выбранной конфигурации КРУ. Устройство контроля и учета электроэнергии PowerLogic обладает высокими эксплуатационными характеристиками, оптимальной стоимостью и обеспечивает точные измерения.

Устройство контроля и учета электроэнергии PowerLogic серии 3000/4000 спроектировано для использования в ключевых точках электросети с наиболее чувствительными нагрузками для проведения подробного анализа. С его помощью можно получить данные, необходимые для восстановления нормальных режимов работы электрических сетей. Этот прибор может определять среднюю стоимость электрической энергии, потреблённой в течение указанного периода или в реальном времени.

По желанию Заказчика может быть установлено другое устройство учета и контроля электроэнергии.



Устройство контроля и учета электроэнергии PowerLogic

4. Распределительные устройства постоянного тока серии РУ-825

4.1. Отличительные особенности распределительных устройств нового поколения серии РУ-825

Современные распределительные устройства нового поколения серии РУ-825 предназначены для работы на тяговых подстанциях в системе энергоснабжения тяговой сети метрополитена.



Линейка распределительных устройств серии РУ-825 в Киевском метрополитене

Отличительные особенности нового поколения распределительных устройств серии РУ-825 производства Компании "Плутон":

- высокая степень надежности;
- степень защиты IP43 линейки шкафов на штатном месте и IP54 отсека автоматики и управления обеспечивает надежную защиту электрооборудования от пыли и загрязнений, повышая тем самым надежность оборудования, снижая эксплуатационные расходы на обслуживание;
- отсутствие необходимости в частом периодическом обслуживании и периодических ремонтах;
- снижение габаритных размеров, массы, материалоемкости и, как следствие, уменьшение объема подземной выработки;
- удобство осмотров, обслуживания за счет применения выкатного элемента с выключателем и линейным разъединителем;
- возможность мониторинга и самодиагностики оборудования, что приводит к снижению затрат времени на обслуживание, поиск неисправностей, ремонтно-восстановительные работы;
- встроенная система мониторинга тяговой сети с набором электронных защит тяговой сети;
- повышение безопасности эксплуатации;
- снижение вероятности возникновения пожаров.

Распределительные устройства удовлетворяют требованиям ПУЭ, ПТЭ и ПБЭ ЭП, ППБ, СНиП, техническому заданию, техническим условиям.

Распределительные устройства РУ-825 соответствуют международному стандарту IEC 61992-6:2006.

Ячейки РУ-825 состоят из трех основных отсеков:

- отсек с быстродействующим выключателем;
- отсек силовых шин и кабелей;
- отсек автоматики и управления.

Степень защиты ячейки РУ-825 – IP43 линейки шкафов на штатном месте и IP54 отсека автоматики и управления.

В отсеке быстродействующего выключателя находится выкатной элемент: тележка, на которой установлен быстродействующий выключатель, разъединитель рабочей шины, сервопривод выкатного элемента, исполнительные механизмы электромагнитных блокировок и др.

Силовые и низковольтные отсеки разделены, что обеспечивает безопасность обслуживания и эксплуатации, а также делает невозможным проникновение плазмы из отсека в отсек и из силовых отсеков в отсек системы управления.

Силовая часть распределительного устройства выполнена с применением технологии необслуживаемых контактных соединений. Используются специальные компенсирующие устройства производства ФРГ, которые стабилизируют прижим на контактных

соединениях, независимо от температуры и тепловых суточных и сезонных колебаний. При сборке распределительных устройств каждое болтовое контактное соединение обжимается с помощью динамометрического ключа определенным тарированным усилием в соответствии со



Ячейка РУ-825, выкатная тележка
в ремонтном положении

стандартами, и указанный момент затяжки болтового соединения сохраняется на протяжении всего срока эксплуатации распределительных устройств.

Благодаря этому при эксплуатации распределительных устройств серии РУ-825 нет необходимости в контроле, периодической подтяжке, зачистке контактных соединений. Температурная стабилизация контактного соединения повышает пожаробезопасность распределительных устройств и подстанции в целом.

Концептуальные решения, применяемые в РУ-825 производства Компании "Плутон", основаны на минимизации участия человека в процессах переключения, сборки и разборки схемы на подстанции. Мы исходим из того положения, что чем меньше человек вмешивается в процесс переключений, процесс обдумывания блокировок, чем меньше прикладывает усилия к коммутирующим аппаратам в процессе переключения – тем надежнее работает электроустановка и тем меньше вероятность поражения персонала электрическим током. Данная концепция реализуется с помощью применения малогабаритных, маломощных сервоприводов для управления разъединителями, для выкатывания и закатывания тележки с выключателем, а также с помощью применения электромагнитных блокировок, управляемых промышленными контроллерами.

Выкатной элемент имеет три положения: рабочее, контрольное и ремонтное. Из рабочего в контрольное положение, а также обратно из контрольного в рабочее выкатной элемент перемещается автоматически с помощью электрического сервопривода. При этом человек не прикладывает никаких усилий при вкатывании и выкатывании тележки. В ремонтное положение и обратно в рабочее тележка перемещается только после того, как управляющий контроллер даст разрешение на выкатывание тележки проверив все блокировки, которые участвуют в системе безопасности на подстанции (а не только в данной конкретной ячейке).

Описанный алгоритм означает, что человек только дает команду собрать или разобрать схему нажатием на ту или иную кнопку панели управления. Все остальное делает электроника и механика: проверяет возможность осуществления поданной команды из соображения безопасности, посредством электрических сервоприводов управляет разъединителями, быстродействующим выключателем, выкатной тележкой, механическими блокировками.



Быстродействующий выключатель
на выкатной тележке

В случае невозможности выполнения той или иной команды по причине нарушения безопасности, неисправности, неверных действий персонала и т.д., система сообщает о невыполнении команды и о причине этого невыполнения. Таким образом, практически полностью устраняется вероятность возникновения ошибок персонала, которые могут привести к авариям или к другим трагическим последствиям.

Состояние коммутирующих аппаратов распределительного устройства отображается в каждый момент времени на панели визуализации и управления, расположенной в заземляющей ячейке РУ-8253.

Принцип минимального вмешательства человека в процесс переключений существенно повышает надежность коммутирующих аппаратов, т.к. в большинстве случаев, последние выходят из строя из-за приложения чрезмерных усилий или ошибочных действий персонала при управлении разъединителями вручную с неснятыми блокировками и т.п.

Основные технические характеристики распределительных устройств серии РУ-825 приведены в таблице 3.

Основные технические параметры распределительных устройств серии РУ-825

Таблица 3. Технические характеристики распределительных устройств серии РУ-825

Наименование параметра	Норма для типоразмера				
	РУ-825Л (линейная)	РУ-825Р (резервная)	РУ-825К (катодная)	РУ-825З (заземляющая)	РУ-825ОШ (с разъед. отрицат. шины)
1. Номинальное напряжение силовой цепи, В	825				
2. Номинальный ток силовой цепи, А	4000			1000	4000
3. Ток динамической устойчивости, кА	80				
4. Номинальная отключающая способность тока к.з., кА/мс	125/100			-	
5. Управление	микропроцессорное				-
6. Диапазон уставок токовой защиты по прямому току, кА	1,4 – 2,7; 2,0 – 8,0; 4,0-15,0				
7. Уставка защиты обратного тока, А	-			500 ± 100	-
8. Виды электрических защит • токовая отсечка без выдержки времени (максимально импульсная отсечка); • максимально-токовая защита с выдержкой времени; • превышение заданного предельного значения скорости нарастания тока (di/dt); • тепловая защита (токовременная защита); • контроль снижения напряжения ниже минимально допустимого уровня.	да			-	
9. Номинальное напряжение цепи управления, В постоянного тока	220				
10. Номинальное напряжение цепи освещения	220 В, 50 Гц				
11. Номинальное напряжение цепей сигнализации, В	24				
12. Охлаждение	естественное воздушное				
13. Габаритные размеры, не более, мм	800 x 2000 x 1200				600 x 600 x 2000
14. Масса, кг, не более	520			370	180
15. Исполнение выключателя: • Конструктивное • По способу управления	выкатное с электрическим удержанием			-	

4.2. Основные компоненты ячейки серии РУ-825

4.2.1. Быстродействующий выключатель

Применение быстродействующего выключателя UR40-81 производства компании Secheron (Швейцария) позволяет выполнить ячейку с габаритными размерами: ширина 800 мм, глубина 1200 мм, высота 2000 мм. Это существенное (более, чем в 2,5 раза) снижение габаритных размеров по сравнению с распределительными устройствами предыдущего поколения, построенных на базе быстродействующих выключателей типа ВАБ.

Уменьшение габарита ячейки значительно экономит место на подстанции и снижает расходы на капитальное строительство.

Применение выключателя ВАБ-42-4000/10Л для создания ячейки с таким габаритом невозможно из-за больших массо-габаритных показателей этого выключателя, а также больших расстояний приближения к заземленным частям конструкции и к изоляционным экранам.



Быстродействующий выключатель
UR40-81

Компания Secheron производит выключатели UR26-81, UR36-81, UR40-81 на номинальные токи 2600 А, 3600 А, 4000 А соответственно. Выключатель выпускается в двух исполнениях по способу удержания главного контакта: с электрическим удержанием и магнитным удержанием. Главный силовой контакт выполнен из твердого цельнометаллического сплава серебра. Контакт не подлежит механическому обслуживанию (зачистке) после аварийных отключений и отключений по перегрузке. Единственным способом обслуживания главного контакта являются периодические осмотры и промывка контактной поверхности ветошью, смоченной в растворяющих составах. Периодичность осмотров – 250 отключений по перегрузке. Механический износ – 8х25000 циклов включений-отключений. Система дугогашения способствует ограничению нарастания тока короткого замыкания, а так же ограничивает уровень перенапряжений, возникающих при отключении быстродействующего выключателя.

В выключателе UR40-81 нет дугогасящих контактов. Присутствуют только главные контакты. Такое техническое решение увеличивает надежность выключателя, т.к. при отключениях особо тяжелых коротких замыканий дугогасящие контакты подвержены выгоранию и подлежат замене. Кроме того, отсутствие дугогасящих контактов способствует сокращению времени отключения.

Уставка выключателя регулируется плавно. Однажды откалиброванный на предприятии-изготовителе выключатель не требует входного контроля у заказчика, контроля и периодической калибровки в процессе эксплуатации. При необходимости изменения уставки выключателя необходимо с помощью специального винта установить значение делений на шкале уставок, соответствующее току уставки. На этом операция изменения уставки окончена. Точность описанной настройки составляет $\pm 10\%$ благодаря тому, что характеристика изменения уставок в широком диапазоне – линейная.

Эксплуатационные характеристики выключателя UR40-81 значительно превосходят характеристики выключателя ВАБ-42-4000/10Л. В таблице 4 приведены сравнительные характеристики выключателей ВАБ 42 и UR 40-81.

Сравнение параметров выключателей ВАБ-42-4000 и UR40-81

Таблица 4. Сравнительная характеристика параметров выключателей ВАБ-42-4000 и UR40-81

Наименование параметра	ВАБ-42-4000/10Л	UR40-81
1. Род тока главной цепи	постоянный	постоянный
2. Номинальный рабочий ток, при установке в шкафу А:	4000	4000
3. Номинальное напряжение главной цепи, В	1050	900
4. Пределы токов уставки, А	1000...2000 2000...4000	2000...8000 4000-15000
5. Автоматическое отключение по сверхтоку	Да	Да
6. Номинальная отключающая способность тока короткого замыкания, кА/мс	50/20	125/100
7. Номинальное напряжение цепей управления, В	110, 220	24, 36, 48, 72, 96, 110, 220
8. Расстояние до заземленных частей (без экрана/с экраном)		
По высоте, мм	1000	750
По глубине, мм	500	200/25

Наименование параметра	ВАБ-42-4000/10Л	UR40-81
По ширине, мм	400	300/95
9. Механическая прочность, циклов	10000	8 x 25000 = 200000
9а. Механическая прочность без обслуживания, чистки и смазки (неаварийных переключений)	Внеочередная ревизия после 50 отключений при токах менее 2000А	Осмотр после 25000 отключений
10. Внеочередная ревизия	После 8 отключений аварийного тока до 30кА.	После 250 отключений по перегрузке (значение тока выше, чем порог отключения)
11. Испытательное напряжение, кВ: Главная цепь относительно земли Между главными контактами	5 5	15 15
12. Условия эксплуатации: Высота над уровнем моря – не более, м Температура окружающей среды, °С	1000 +1...+40	1400 -25...+40
13. Масса, кг	170	98

Комментируя таблицу сравнения параметров необходимо сделать акцент на п.п. 9, 10, 11, 13. Так выключатель ВАБ-42 требует обслуживания после 8 отключений аварийного тока, в то время, как выключатель UR40-81 – после 250 отключений. Внеочередная ревизия выключателя ВАБ-42 требуется уже после 1-го месяца эксплуатации, тогда как у UR40-81 – после 8 x 25000 переключений – только осмотр. Выключатель UR40-81 имеет испытательное напряжение главных цепей относительно корпуса и «земли» - 15 кВ, в то время, как ВАБ – 5 кВ.

Вследствие высокой механической и электрической прочности применение выключателя UR40-81 ведет к повышению надежности энергоснабжения, к снижению затрат на обслуживание оборудования. Выключатель UR40-81 имеет одну группу главных контактов, изготовленных из цельного твердого сплава серебра, которые разрывают главную токовую цепь во время оперативных переключений и в аварийных режимах. При этом выключатель допускает 250 отключений по перегрузке (значение тока выше, чем порог отключения) до осмотра.

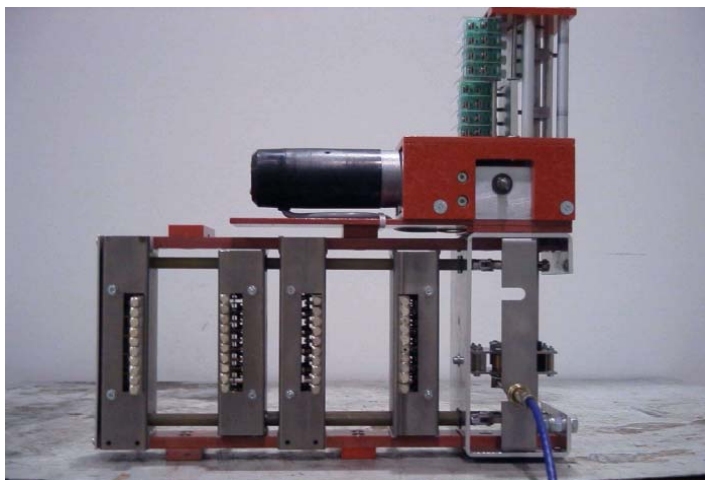
В выключателях типа ВАБ в отличие от выключателей UR40-81 – две группы контактов – основные и дугогасительные. Наличие дугогасительных контактов увеличивает время гашения дуги, ухудшая коммутационные характеристики выключателей. Кроме того, в случае особо тяжелых отключений, дугогасящие контакты способны к выгоранию и подлежат замене.

Быстродействующий выключатель, а также двухполюсный линейный разъединитель установлены на выкатной тележке и заблокированы механически между собой. Благодаря такому конструктивному решению значительно повышается удобство осмотров и обслуживания выключателя во время регламентных работ.

Преимущества быстродействующих выключателей постоянного тока Secheron

1. Механическая простота.
2. Автоматическая настройка прижатия контакта.
3. Длительный срок службы: пример - замена контакта на выключателе выполняется через 3000 отключений токов короткого замыкания.
4. Изоляционный материал, самоочищающийся под действием дуги.
5. Уставка на отключение регулируется плавно.
6. Все изоляционные материалы соответствуют жестким Европейским экологическим требованиям.
7. Нет дугогасящего контакта, что делает время на отключение минимальным.
8. Нет требования по калибровке выключателя во время всего срока эксплуатации.
9. Ток при отключении выключателем токов короткого замыкания не успевает достигнуть больших значений.
10. Длительное время не требуются смазка, регулировка, тех. обслуживание.

4.2.2. Разъединители



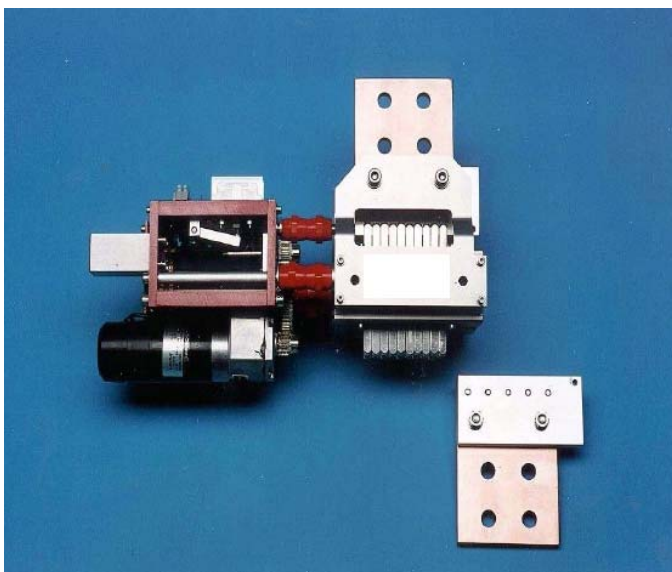
Разъединитель EDT

таким образом, что подключаемые шины входят в разъединитель беспрепятственно, без механического сопротивления.

Только после того, как выкатной элемент окажется на своем месте, все блокировки подтвердят разрешение на включение разъединителя, сервопривод начинает сводить ламели, и контактные поверхности ламелей входят в контакт с шинами. При этом, за счет оригинальной механики, контактные поверхности ламелей притираются о плоскость шины, зачищая окисную пленку серебра. Каждая ламель прижимается индивидуальной пружиной, не связана с другими и работает самостоятельно. В случае выхода из строя одной ламели (ослабла пружина и др.) остальные остаются в работе и никаких аварийных ситуаций не возникает. К тому же по суммарной площади контактных ламелей разъединитель имеет четырехкратный запас контактной поверхности. Разъединитель относится к разряду необслуживаемых, с количеством циклов до технического обслуживания 10000 (или через 10 лет).

Разъединители EST 1000, EDT 2500 и EDT 4000 имеют уникальную конструкцию контактной системы с двойным разрывом и самозачищающимися контактами, что позволяет выполнить подключение быстродействующего выключателя, установленного на выкатной тележке, к силовой шине без механических усилий.

Легкость выкатывания тележки с выключателем и двухполюсным разъединителем типа EDT 4000 достигается за счет оригинальной конструкции разъединителя. Разъединитель двухполюсный – имеет два ряда ламелей, которые в исходном (отключенном) состоянии разведены



Разъединитель EST

Распределительные устройства снабжены специальным заземляющим разъединителем, что исключает необходимость наложения переносного заземления человеком. Заземляющий разъединитель имеет такую же конструкцию, как описанный выше рабочий разъединитель.

Разъединитель управляется сервоприводом или вручную. При проведении регламентных и ремонтных работ нет необходимости доступа персонала в шинный отсек, что существенно снижает опасность поражения электрическим током.

Разъединители типа EST, EDT имеют уменьшенные габаритные размеры и высокие эксплуатационные характеристики.

В таблице 5 приведены характеристики разъединителей EST, EDT производства Германии.

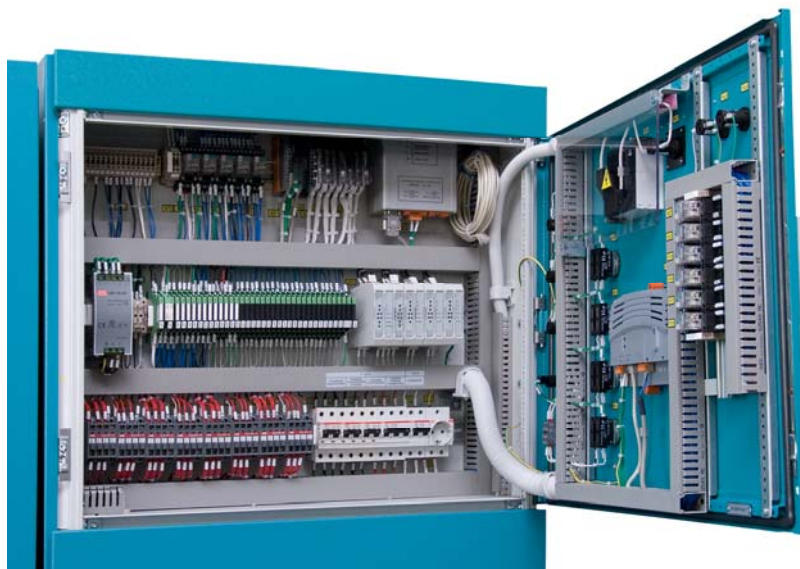
Таблица 5. Технические параметры разъединителей типа EST 1000, EDT2500, EDT 4000

Наименование параметра	EST 1000	EDT 2500	EDT 4000
Номинальный ток, А	1000	2500	4000
Ток динамической устойчивости, кА	80	100	100
Механическая прочность (максимальное количество переключений)	30000	20000	20000
Необходимое усилие привода, Нм	7	10	10
Монтаж привода	Встроен		
Наличие блокировок	Встроены		
Техническое обслуживание	Через 10000 циклов или через 10 лет		

Разъединители имеют бесшумный маломощный электрический привод мощностью 18 Вт. Применение электроприводов управляемых системой автоматики значительно снижает риск повреждения разъединителей в случае ошибочных действий оперативного персонала.

4.2.3. Система управления и защит

Распределительные устройства серии РУ-825 оборудованы микропроцессорной системой управления и защит, выполняющей функции управления, защиты и мониторинга состояния оборудования тяговой подстанции.



Отсек системы управления распределительного устройства РУ-825

В состав системы управления и защит входят:

- промышленные контроллеры;
- промышленный компьютер с сенсорным TFT монитором;
- система мониторинга тяговой сети SMTN2.

Ячейки серии РУ-825 как и все основное оборудование подстанции оборудованы промышленными контроллерами фирмы Bernecker & Rainer.

В процессе управления распределительным устройством, в выполнении алгоритмов блокировок релейно-коммутирующая аппаратура участия не принимает.

Все алгоритмы реализуются на программном уровне, а управление сервоприводами, исполнительными механизмами, быстродействующим выключателем осуществляется с помощью электронных коммутирующих элементов.

Распределительное устройство РУ-8253 (с заземляющим разъединителем) снабжено встроенным промышленным компьютером с TFT монитором, обеспечивающим функцию управления и визуализации.

Система управления снабжена системой мониторинга тяговой сети SMTN2. В течение всего времени работы распределительного устройства система ведет постоянное осциллографирование параметров тяговой сети – тока и напряжения. Система ведет запись медленного следа, и быстрого следа. Система способна различить реальный переходной процесс от всплесков, создаваемых подвижным составом. В случае возникновения переходного процесса (перегрузка, короткое замыкание), система мониторинга автоматически переходит в режим записи быстрого следа. Время записи быстрого следа – 100 мс. Система способна реализовать следующие электронные защиты: di/dt , $\Delta i/\Delta t$, максимально токовую защиту, защиту от минимального напряжения, токовременную защиту.

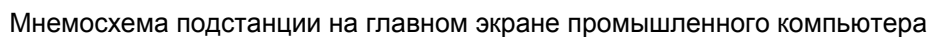
Система управления, защиты и мониторинга ведет архив событий, происходящих на тяговой подстанции, запись аварийных процессов, мониторинг тяговой сети (нагрузок фидерных линий, напряжения тяговой сети).

Энергонезависимый архив событий, который сохраняется в памяти компьютера, служит для фиксирования и регистрации всех процессов, происходящих на тяговой подстанции, выявления ошибок персонала, в случае аварийных процессов – выявления причин и следствий аварийных процессов, проведения анализа процессов, предшествующих аварии. Система способна сама себя диагностировать и сообщать персоналу с высокой достоверностью характер неисправности. Система управления и мониторинга объединяется в сеть с системой верхнего уровня – телемеханикой, центральным диспетчерским пультом, организовывая единую АСУ тяговых подстанций (АСУ ТП).

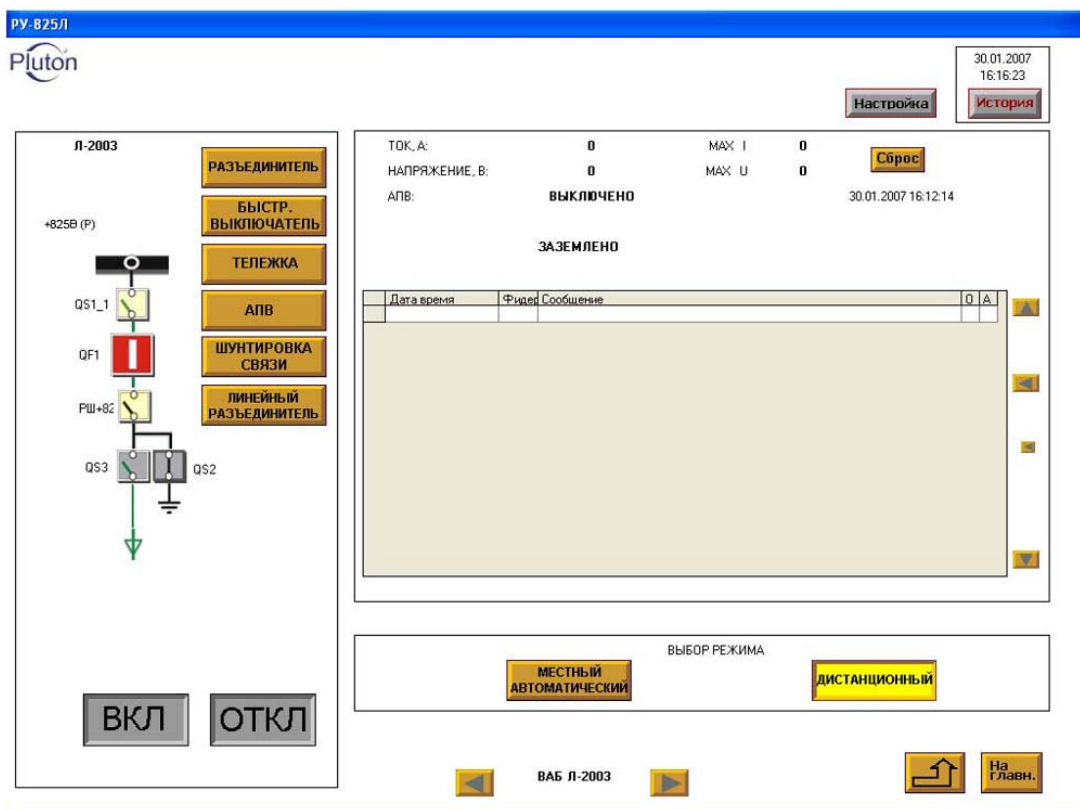
Особенности работы системы управления, защиты и мониторинга тяговой подстанции:

- выполняет функции основных защит: di/dt , $\Delta i/\Delta t$, максимально токовую защиту, защиту от минимального напряжения, токовременную защиту;
- получает команды от аппаратуры более высокого уровня управления и обрабатывает их в соответствии с заданным алгоритмом, выдает подтверждения о выполнении команд;
- выдает управляющие команды конечным устройствам;
- осуществляет запись в памяти контроллера всех событий во времени и обеспечивает связь по сети через интерфейсы RS-232, RS-485, CAN;
- имеет возможность объединения в сеть с системой верхнего уровня и встраиваться в глобальные автоматизированные системы управления тяговыми подстанциями.

Система управления и защит позволяет в простой и удобной форме отображать состояние элементов подстанции, представлять информацию в доступном для анализа виде.



Архив событий подстанции на экране промышленного компьютера



Окно управления компонентами ячейки РУ-825Л на экране промышленного компьютера

4.2.4. Факторы надежности и безопасности распределительных устройств серии РУ-825

Как упоминалось выше, основой концепции построения распределительных устройств серии РУ-825 является повышенная надежность и сведение к минимуму необходимости обслуживания и периодических ремонтов оборудования.

Пути достижения поставленной задачи:

- Применение быстродействующих выключателей типа UR40-81 производства компании Secheron (Швейцария), с высокой отключающей способностью, динамической устойчивостью к токам короткого замыкания, с увеличенным ресурсом механической надежности и с увеличенным ресурсом аварийных отключений до осмотра.
- Применение разъединителей типа EST, EDT, не требующих обслуживания в течении 10 лет эксплуатации, обеспечивающих коммутацию электрической силовой цепи без механических усилий.
- Полная автоматизация управления тяговой подстанцией.
- Использование малогабаритных сервоприводов для перемещения выкатного элемента и управления разъединителями.
- Использование необслуживаемых контактных соединений с устройствами стабилизации контактного соединения.
- Передача функций анализа блокировок и алгоритмов управления тяговой подстанцией микропроцессорным промышленным контроллерам с целью повышения надежности управления, безопасности проведения регламентных работ и исключения ошибочных действий персонала.
- Ведение архива событий тяговой подстанции с целью возможности проведения анализа действий персонала и работы оборудования.

- Встроенная система мониторинга тяговой сети SMTN2, фиксирующая все переходные процессы, возникающие в тяговой сети и выполняющая функции основных защит: di/dt , $\Delta i/\Delta t$, максимально токовую защиту, защиту от минимального напряжения, токовременную защиту.
- Степень защиты IP43, IP54 ячеек серии РУ-825, препятствующая попаданию пыли в распределительные устройства, в результате чего повышается их надежность и пожаробезопасность.
- Применение заземляющих разъединителей, управляемых сервоприводом, обеспечивающих повышенную безопасность персонала при наложении заземления на отходящий фидер во время проведения регламентных и ремонтных работ.
- Мониторинг состояния оборудования тяговой подстанции с функцией самодиагностики оборудования.
- Возможность быстрого проведения осмотров и восстановления оборудования, в случае возникновения неисправностей, благодаря применению выкатного элемента, на котором установлен быстродействующий выключатель и линейный разъединитель.

5. Выпрямитель для тяговых подстанций метрополитена

Выпрямитель для тяговых подстанций метрополитена включает в себя секцию преобразовательную серии В-ТПЕД производства Компании "Плутон" и трансформатор, изготовленный по технологии RESIBLOC®, производства компании АББ. Трансформатор разработан специально для работы на тяговых подстанциях метрополитена совместно с выпрямителем серии В-ТПЕД производства Компании "Плутон".

Выпрямители производятся на номинальные токи 1600 А и 2500 А по мостовой 12-ти пульсовой и 6-ти пульсовой схемам выпрямления.



Выпрямитель серии В-ТПЕД, в составе:
преобразовательная секция В-ТПЕД (справа) и трансформатор RESIBLOC® (слева)

5.1. Секции преобразовательные серии В-ТПЕД

Секции преобразовательные серии В-ТПЕД – это современные преобразователи, в разработке которых использованы новейшие достижения отечественных и мировых технологий. Выпрямители выполнены на силовых таблеточных диодах 2500 А 25-го класса производства компании VISHAY (ранее International Rectifier) и выпускаются по мостовой 12-и пульсовой и 6-и пульсовой схемам выпрямления.

Охлаждение – воздушное естественное.

Исполнение силовой ошиновки, силовых контактных соединений – аналогичное технологии силовой части, описанной выше для распределителей серии РУ-825.

Деление тока по параллельным ветвям – принудительное, осуществляется с помощью эффективных индуктивных делителей, обеспечивающих деление токов между параллельными ветвями не хуже 5 %. Таким образом, в процессе эксплуатации преобразователей, в случае замены силового диода – нет необходимости в подборе диодов по прямому и обратному падению напряжения.

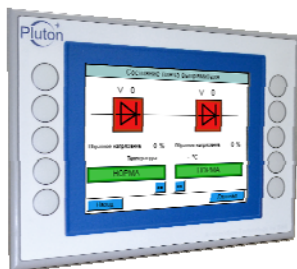
Равномерность деления токов сохраняется также в процессе эксплуатации при естественном уходе параметров силовых диодов. Это важный критерий надежности и отсутствия необходимости периодического контроля оборудования в процессе эксплуатации.

Выпрямители серии В-ТПЕД обладают встроенной защитой от внешних коммутационных перенапряжений со стороны переменного тока на базе варисторов и RC-цепей. Для снижения внутренних коммутационных перенапряжений и уровня радиопомех, силовые диоды зашунтированы RC-цепями.

Для контроля состояния силовых полупроводниковых приборов применена **микропроцессорная система управления и диагностики**, обеспечивающая контроль за состоянием каждого диода по критериям: нормальная работа, ухудшение параметров и пробой, а также осуществлять контроль температуры диодов с выдачей информации на панель визуализации.

Диагностирование по этим критериям позволяет существенно увеличить срок безаварийной работы сверх 80000 часов (9 – 10 лет), достигая около 25 лет безаварийной работы в общей сложности. При этом во время работы в динамике производится мониторинг параметров каждого диода.

Панель визуализации РР65 производства компании B&R (Австрия) представляет собой промышленный контроллер модульного типа с жидкокристаллическим экраном с псевдосенсорными органами управления. В мнемонической форме изображаются условные обозначения состояния диодов выпрямителя, графики распределения обратного напряжения между диодами и температуры ветвей.



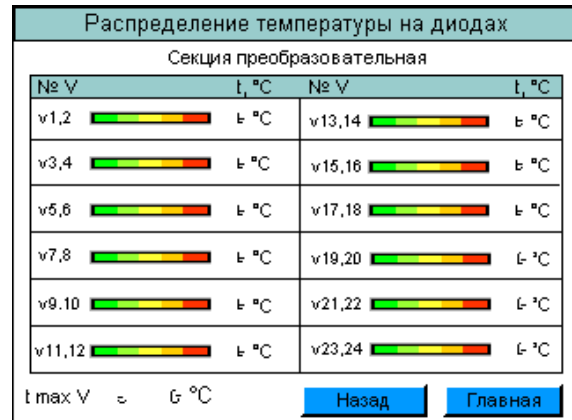
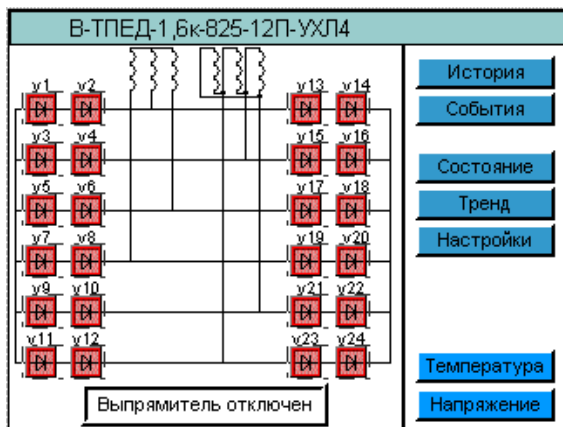
Панель визуализации РР65



Преобразовательная секция
В-ТПЕД-1,6к-825М2

В процессе эксплуатации силовых полупроводниковых приборов, особенно в тот период, когда гарантированный ресурс работы приборов исчерпан, необходимо иметь информацию о состоянии диода, соответствия его классу и т.д. В случае изменения параметров до уровня, ниже критичных для данной схемы, силовой диод можно заменить в безтоковую паузу на подстанции, не доводя выпрямитель до аварийного отключения в результате пробоя диода.

В секциях преобразовательных реализована связь с системой управления верхнего уровня (центральной панелью подстанции, устройствами защиты распределительных устройств среднего напряжения, диспетчерским пультом (системой телемеханики)) как по обычной многопроводной связи через клеммник, так и по двухпроводной связи через порт RS-485 на расстояние до 1200 м.



Окно параметров выпрямителя на экране промышленного компьютера

5.2. Трансформаторы RESIBLOC®



Трансформатор, изготовленный по технологии RESIBLOC®

В настоящее время Компания "Плутон" поставляет современные сухие трансформаторы типа RESIBLOC® мощностью от 1000 кВА до 30 МВА с различными сочетаниями напряжений ВН и НН (до 45 кВ). Трансформаторы RESIBLOC® успешно эксплуатируются в метрополитенах Украины, России, Белоруссии, Казахстана, Азербайджана и других странах мира.

Трансформаторы имеют оригинальную конструкцию первичной и вторичных обмоток, выполняемых из медного провода и алюминиевой фольги. Бандажированы обмотки стекловолоконной нитью, пропитанной эпоксидным компаундом. Благодаря оригинальной конструкции обмоток и технологии нанесения компаунда, трансформаторы RESIBLOC® способны выдерживать максимальные колебания температурных расширений без повреждения поверхности компаунда и без образования микротрещин. Это единственные сухие трансформаторы, способные работать при температурах минус 60 °С.

Трансформаторы работают в условиях 100% влажности и в условиях конденсации водяных паров, а также в условиях химического загрязнения.

Трансформаторы могут быть оснащены радиальными вентиляторами с низким уровнем шума, что позволяет увеличить нагрузку до 140 % номинальной мощности.

Устойчивость обмоток трансформатора к механическим нагрузкам составляет 650 – 750 Н/мм², что на порядок выше, чем у ближайшего конкурента – трансформаторов, изготовленных по технологии GEAFOL. Описанный параметр особенно важен для преобразовательных трансформаторов, работающих в режиме частых пусковых токов.

Все компоненты трансформаторов прошли испытания на отсутствие токсичности. Все материалы негорючие и не поддерживают процесс горения. Степень защиты трансформаторов - IP 00, IP23, IP43, IP54.

Трансформатор типа RESIBLOC® допускает перегрузку до тех пор, пока наиболее горячая точка нагрева трансформатора не достигнет 155 °С

По желанию заказчика трансформаторы поставляются с электронным блоком контроля температуры. Блок снабжен двумя уставками: на 140 °С – сигнал тревоги и на 155 °С – выключение нагрузки. Возможна также третья уставка на 130 °С – включение принудительной вентиляции.

Благодаря описанным технологическим и конструктивным особенностям, трансформаторы типа RESIBLOC® хорошо вписываются в концепцию подстанции, не требующей обслуживания.



Трансформаторы RESIBLOC® на тяговой подстанции «Райымбек Батыр» Алматинского метрополитена

Основные технические параметры выпрямителей серии В-ТПЕД

Таблица 6. Основные технические характеристики выпрямителей серии В-ТПЕД

Наименование параметра	В-ТПЕД-1,6к-825М1	В-ТПЕД-2,5к-825М1	В-ТПЕД-1,6к-825М2	В-ТПЕД-2,5к-825М2	В-ТПЕД-1,6к-825-12П	В-ТПЕД-2,5к-825-12П
1. Номинальная выходная активная мощность, кВт	1320	2062,5	1320	2062,5	1320	2062,5
2. Номинальное выходное напряжение, В	825					
3. Номинальный выходной ток, А	1600	2500	1600	2500	1600	2500
4. Номинальное входное напряжение, кВ	6; 6,3; 10; 10,5					
5. Номинальная входная частота, Гц	50 (60)					
6. Число фаз входного напряжения выпрямителя	3					
7. Число фазных присоединений преобразовательной секции	3				6	
8. Вид охлаждения преобразовательной секции	Воздушное, естественное					
9. Напряжение сети собственных нужд, В	~220					
10. Коэффициент мощности (расчетный), о.е. не менее	0,95					
11. К.П.Д. (расчетный), % не менее	98					
12. Типовая мощность преобразовательного трансформатора, кВА	1600	2500	1600	2500	1600	2500
13. Номинальная мощность преобразовательного	1470	2315	1470	2315	1470	2315

Наименование параметра	В-ТПЕД-1,6к-825М1	В-ТПЕД-2,5к-825М1	В-ТПЕД-1,6к-825М2	В-ТПЕД-2,5к-825М2	В-ТПЕД-1,6к-825-12П	В-ТПЕД-2,5к-825-12П
трансформатора, кВА						
14. Тип преобразовательного трансформатора	RESIBLOC®, ТСЗП-1600/10-МУЗ	RESIBLOC®, ТСЗП-2500/10-МУЗ	RESIBLOC®, ТСЗП-1600/10-МУЗ	RESIBLOC®, ТСЗП-2500/10-МУЗ	RESIBLOC®, ТРСЗП-1600/10-МУЗ	RESIBLOC®, ТРСЗП-2500/10-МУЗ
15. Кратность допустимых перегрузок по току, раз и время допустимых перегрузок, с	1,25-7200 с 2 раза в сутки* 2,0 - 40 с. с цикличностью 75 с. ** 3,0 - 10 с. с цикличностью 75с. **		1,5-7200 с 2 раза в сутки* 2,0 - 40 с. с цикличностью 75 с. ** 3,0 - 10с. с цикличностью 75 с. **			
16. Габаритные размеры преобразовательной секции, мм не более						
длина	1000	2000	1000	2000	1000	2000
глубина	600	600	600	600	600	600
высота	2200	2200	2200	2200	2200	2200
17. Масса преобразовательной секции, кг не более	400	800	400	800	400	800
*Среднеквадратичное значение тока за любые 8 часов в течение суток не должно превышать номинальный ток.						
** Среднеквадратичное значение тока за любые 75 секунд не должно превышать 1,25 номинального тока для выпрямителей В-ТПЕД-1,6к-825М1, В-ТПЕД-2,5к-825М1 и 1,5 номинального тока для выпрямителей В-ТПЕД-1,6к-825М2, В-ТПЕД-2,5к-825М2						

6. Общие характеристики низковольтных комплектных распределительных устройств переменного тока серии КРУ-0,4к, КРУ-0,23к, АТДП и щита постоянного тока ЩПТ-220

6.1. Назначение и применение

Современные комплектные распределительные устройства серии КРУ-0,4к и КРУ-0,23к предназначены для работы в сетях номинальным напряжением 380 В и 220 В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц с изолированной нейтралью. Устройства распределительные серии АТДП могут иметь исполнение как на 380 так и на 220 В переменного тока с изолированной или глухозаземленной нейтралью. Щит постоянного тока серии ЩПТ-220 предназначен для работы в изолированных сетях номинальным напряжением 220 В постоянного тока.

Распределительные устройства серии КРУ-0,4к, КРУ-0,23к, АТДП и ЩПТ-220 предназначены для комплектования тяговых подстанций метрополитена и служат для приема, распределения электрической энергии, защиты отходящих линий от перегрузок и токов короткого замыкания.

Распределительные устройства серии КРУ-0,4к, КРУ-0,23к, АТДП и ЩПТ-220 разрабатывались, как составляющая часть тяговой подстанции, не требующая периодического обслуживания и периодических ремонтов. Изначальная сложность разработки состояла в том, что данное оборудование относится к классификации стандартных распределительных устройств.

Применение в низковольтных распределительных устройствах средств автоматики (промышленные контроллеры, сервоприводы автоматических выключателей и др.) приводит к их удорожанию, относительно существующего множества оборудования подобного типа. Однако эти затраты очень быстро окупаются в процессе эксплуатации оборудования на тяговых подстанциях метрополитена.



Линейка распределительных устройств РУ-0,23к

6.2. Отличительные особенности

КРУ-0,4к, КРУ-0,23к, АТДП и ЩПТ-220 это составляющая часть тяговой подстанции, не требующая периодического обслуживания и периодических ремонтов.

Низковольтные распредустройства и их основные компоненты соответствуют требованиям ГОСТ 22789, ПУЭ, ПТЭ и ПТБ ЭП а также требованиям международных стандартов и правил.

Отличительные особенности распределительных устройств:

- высокая степень надежности;
- снижение габаритных размеров и массы;
- удобство обслуживания;
- снижение времени на обслуживание и поиск неисправностей;
- снижение вероятности возникновения пожаров.

Уменьшенный габарит распределительных устройств значительно экономит место на подстанции и расходы на строительную часть.

Силовая часть распределительного устройства выполнена аналогично другому оборудованию для тяговых подстанций - с применением технологии необслуживаемых контактных соединений (см. описание распределительных устройств серии РУ-825. Благодаря этому при эксплуатации распределительных устройств нет необходимости в периодической подтяжке, зачистке контактных соединений. Стабилизация контактного соединения повышает пожаробезопасность распределительных устройств и подстанции в целом.

6.3. Особенности конструкции

Оболочка шкафов распределительных устройств представляет собой металлическую конструкцию RITTAL, производства ФРГ, с дверью спереди. На шкафах ввода и секционных шкафах органы управления автоматическим выключателем расположены на фронтальной стороне шкафа за прозрачной защитной дверцей с замком. На распределительных шкафах отходящий линий органы управления расположены на поворотной панели за дверью. Таким



Вводная ячейка линейки
КРУ-0,4к

образом, при проведении оперативных переключений исключена возможность касания оперативным персоналом токоведущих частей.

На дверях всех распределительных устройств расположены лицевые панели с цветной мнемосхемой, соответствующей набору коммутационного оборудования для каждого шкафа и наглядными цветными светодиодными указателями положения (включен/отключен) коммутационных аппаратов. Это позволяет эксплуатационному персоналу легко ориентироваться в состоянии схем электроснабжения потребителей электроэнергии метрополитена.

Распределительные устройства имеют высокую степень надежности, компактную конструкцию, легкий доступ ко всем соединительным компонентам, простую фиксацию защитных элементов.

Степень защиты распределительных устройств - IP 54.

Благодаря модульности конструкций RITTAL стыковка отдельных шкафов в общей линейке распределительного устройства происходит с высокой точностью, с выполнением требуемой степени защиты. При этом не возникает перекосов металлоконструкций, как отдельных шкафов, так и всего устройства в целом.

Благодаря высокой точности изготовления металлоконструкций RITTAL не возникает механических напряжений на опорную изоляцию силовых цепей сборных шин, что существенно повышает надежность работы изделий;

Исключение попадания пыли в распределительное устройство при степени защиты IP54 снижает эксплуатационные расходы на обслуживание, повышает надежность работы, так как пыль является причиной перекрытия цепей находящихся под напряжением по поверхности изоляции. Данное решение значительно повышает пожарную безопасность распределительных устройств;

Отличительными особенностями оборудования являются:

- Эффективное использование полезного пространства, высокая степень безопасности и защиты от случайных соприкосновений;
- Специальные шинные сборки вставляются в цельный держатель и закрепляются с помощью фиксирующего устройства.
- Высокая статическая и термическая нагрузочная способность благодаря специальной форме профиля.
- Большая площадь поверхности медных шин обеспечивает хороший теплоотвод.
- Для соединения шинных систем шкафов используются компенсаторы, обеспечивающие термическую и механическую компенсацию при соединении шинных сборок на стыке между двумя шкафами.
- Автоматические выключатели снабжены электрическими сервоприводами, позволяющими реализовать функцию дистанционного управления.
- Линейка шкафов снабжена микропроцессорным промышленным контроллером, реализующим функцию контроля блокировок, управления сервоприводами автоматических выключателей, связь с системами управления верхнего уровня.
- Защита поверхности шкафов выполнена с тройной обработкой поверхности – фосфатирование, электрофорезная грунтовка и текстурная окраска напылением.

Благодаря этому, поверхность распределительного оборудования устойчива к минеральным маслам, смазкам, машинным эмульсиям, слабым кислотным и щелочным растворам.



6.4. Основные компоненты

Составляющие токового распределительного оборудования сертифицированы в соответствии с промышленными стандартами (сертификаты UL, CSA, DNV, GL).

В качестве силовых электроаппаратов в распределительные системы устанавливаются автоматические выключатели производства Schneider Electric серий Multi9 на номинальные токи от 0,5 до 125 А, Compact NSX на номинальные токи от 100 до 630 А, NW на номинальные токи от 800 до 6300 А. Возможно исполнение распределительных устройств с автоматическими выключателями иных производителей.

6.4.1. Конструктивные характеристики автоматических выключателей

Автоматические выключатели собираются в литых изолированных конструкциях, изготовленных из синтетического материала полиэфирного стекла, обеспечивающего устойчивость к деформациям возникающих при коротком замыкании.

- Основные особенности:
- Двойная изоляция – полное разделение силовой и вспомогательной цепей.
- Селективность – позволяет выделить только зону повреждения, обеспечивая максимальную бесперебойность работы.
- Действие выключателя не зависит от давления и скорости включения.
- Доступ к дугогасящим камерам, подвижным и неподвижным контактам обеспечивается простым снятием крышки выключателя, что ускоряет обслуживание, повышает его безопасность.
- Увеличенные изолирующие промежутки обеспечивают отсутствие токов утечки и диэлектрическую устойчивость даже при перенапряжениях.
- Герметичный корпус.
- Все металлические части обработаны антикоррозионным составом.



Автоматический выключатель Masterpact

Для возможности проведения регламентных работ на группах автоматических выключателей в шкафах линейных автоматов, во вводных и секционных шкафах применяются ножевые разъединители типов ISFT на номинальные токи от 100 до 630 А (Schneider Electric), выключатели-разъединители нагрузки Interpact INS/INV на номинальные токи от 40 до 2500 А (Schneider Electric) и разъединители серии LTL на номинальные токи 1250 и 1600 А (OZ). Названные разъединители характеризуются хорошими электрическими характеристиками, высокой надежностью и удобством управления.

Контроль изоляции в распределительных устройствах осуществляется установленными в вводных шкафах КРУ-0,4к, КРУ-0,23к и АТДП приборами контроля изоляции фирм Bender GmbH и Socomes. Значение сопротивления изоляции индицируется свечением светодиодов на передней панели прибора и индикатором, а при снижении изоляции ниже заданных пределов замыкаются «сухие» контакты в цепи внешней сигнализации. Приборы имеют выход в сеть RS-485, позволяющую передавать значения сопротивления изоляции, сигналы предупредительной и аварийной ситуации диспетчеру.

Для контроля изоляции в ЩПТ-220 применяются приборы фирмы Bender GmbH, предназначенные для работы в изолированных сетях постоянного тока. Измеряемое сопротивление изоляции непрерывно отображается на ЖКИ-дисплее. Два отдельно настраиваемых сигнальных реле, находящихся в составе прибора, позволяют различать сигналы «Предупреждение» и «Авария» и выдавать их «сухими» контактами в цепи внешней сигнализации. Диапазон настроек уставок срабатывания каналов – от 1 до 200 кОм. Для проверки функционирования и тестирования на приборе имеется кнопка «Тест». Прибор имеет выход в сеть RS-485, позволяющую передавать значения сопротивления изоляции, сигналы предупредительной и аварийной ситуации диспетчеру.

Измерение и контроль электрических параметров в КРУ-0,4к, КРУ-0,23к и АТДП осуществляется цифровым мультиметром фирмы Lovato Electric S.P.A., установленным в вводных шкафах линейных распределительных устройств. На лицевой панели прибора измеряемые величины отображаются при помощи цифровых светодиодных индикаторов.

Технические характеристики шкафов приведены в таблице 7.

Технические характеристики шкафов низковольтных комплектных распределительных устройств

Таблица 7. Технические характеристики низковольтных комплектных распределительных устройств

Наименование параметра		Значение
Электрические Характеристики	Номинальное рабочее напряжение	380 В, 220 В
	Испытательное напряжение	2,5 кВ
	Номинальная частота	50 Гц (пост. ток)
	Номинальный ток	1000 А, 1600 А, 2000 А
	Динамическая устойчивость сборных шин	50 кА
Механические характеристики	Размеры	
	Ширина шкафа	400мм, 600 мм, 800 мм
	Высота шкафа	2000 мм
	Глубина	600 мм
	Степень защиты	IP 54

Наименование параметра			Значение
Защита поверхности	Каркас		грунтовка RAL 7044
	Облицовочные части (панель крыши, задняя стенка)		Текстурная окраска RAL 7035
	Монтажное шасси		оцинкованная листовая сталь
Шинная сборка	Материал		медь
	Сечение сборной шины, мм		60x10 (80x10)

7. Шкафы контактной сети 825 В

7.1. Общие данные

Современные шкафы контактной сети 825 В предназначены для работы в системе тяговой сети метрополитена, как в тоннеле, так и в депо, и служат для приема и распределения электрической энергии тяговой сети.

Основные компоненты шкафов соответствуют требованиям ГОСТ 22789, а также требованиям международных стандартов и правил.

Отличительные особенности:

- высокая степень надежности;
- сниженные габаритные размеры и масса;
- удобство обслуживания;
- снижение времени на обслуживание;
- снижение вероятности возникновения пожаров.

Силовая часть выполнена по технологии необслуживаемых контактных соединений, описанной выше. Степень защиты IP 54.

В оборудовании применены разъединители EST 4000, которые имеют уникальную конструкцию контактной системы с двойным разрывом и самозачищающимися контактами, что позволяет выполнить подключение силовых цепей к шине без механических усилий (описание разъединителей – см. выше). Обжимной принцип включения (не рубящий), исключает механические нагрузки при включении разъединителя. Разъединители имеют бесшумный электропривод мощностью 18 Вт. Применение разъединителей с сервоприводами, управляемыми системой автоматики, исключает человеческий фактор и снижает риск повреждения оборудования при выполнении неправильных действий человеком.

Исключение попадания пыли в оборудование при степени защиты IP 54 снижает эксплуатационные расходы на обслуживание, повышается надежность работы. Данное решение значительно повышает пожарную безопасность распределительных устройств.

7.2. Шкафы линейных разъединителей РУ-825ЛР

Шкафы линейных разъединителей предназначены для включения и отключения обесточенных участков контактного рельса 825 В метрополитена. Шкафы линейных разъединителей обеспечивают коммутацию питающей линии 825 В номинальным током 4000А.

Шкафы изготавливаются в оболочке фирмы RITTAL (ФРГ) и представляют собой комплектное устройство одностороннего обслуживания, включающее в себя отсек с разъединителем и приводом, низковольтный отсек и отсек управления. Имеются несколько модификаций шкафов в зависимости от количества и расположения подключаемых силовых кабелей и силовых шин на входе и выходе. Имеется возможность управления приводом разъединителя в местном или дистанционном режимах.

Применяются комплектующие ведущих мировых производителей. Степень защиты IP 54.

Отличительными особенностями изделий являются: высокая степень унификации и надежности, снижение массо-габаритных показателей, снижение времени на ремонтно – восстановительные работы, легкость, удобство и безопасность обслуживания, возможность визуального контроля за состоянием разъединителя.

Шкафы линейных разъединителей взаимозаменяемы с используемыми шкафами на существующих линиях метрополитена.

По надежности, качеству функционирования, удобству и безопасности обслуживания шкафы линейных разъединителей соответствует уровню лучших образцов передовых зарубежных фирм – изготовителей электротехнического оборудования.

В изделиях обеспечивается электробезопасность при выполнении работ по обслуживанию привода, цепей управления и телесигнализации, а также при коммутации силовой цепи, находящейся под напряжением. Также обеспечивается надежность, удобство в эксплуатации и обслуживании.

Существенно повышен технический уровень изделия по сравнению с существующими шкафами пункта питания, эксплуатируемых на действующих линиях метрополитена.

На двери отсека управления выполнено обзорное окно для визуального наблюдения за работой разъединителя. В верхней части двери установлен шкафчик с кнопками управления разъединителем и выключателем освещения. Шкафчик имеет дверцу, которая снабжена замками, закрывающимися при помощи съемной ручки - ключа.

Подключение силовых кабелей к разъединителю производится сверху через кабельные зажимы и специальные морские гермовводы, установленные на крыше. Гермовводы обеспечивают самую высокую степень герметизации в условиях работы оборудования в тоннелях метрополитена. Подключение силовой шины к разъединителю производится снизу через отверстие в изоляционной панели, установленной на днище.



Распределительное устройство
с линейным разъединителем
РУ-825ЛР

Основные технические параметры шкафов РУ-825ЛР

Таблица 8. Технические параметры РУ-825ЛР

Наименование параметра	Значение
1. Номинальное напряжение силовой цепи, В	825
2. Номинальный ток силовой цепи, А	4000 (постоянный)
3. Динамическая устойчивость к токам короткого замыкания, кА	100
4. Напряжение цепей сигнализации и управления электроприводом разъединителя, В	=220
5. Напряжение цепей освещения, В	12 (50 Гц)
6. Степень защиты оболочки РУ-825ЛР (кроме днища)	IP54
7. Цикличность (включение или отключение), раз/ч	40
8. Механическая устойчивость, циклов, не менее	20000

7.3. Пункт питания контактного рельса (в тупике) РУ-825ПР

Пункты питания контактного рельса (в дальнейшем РУ-825ПР) предназначены для питания контактного рельса тупика без канавы, тупика с канавой, коммутации цепи дроссель главного пути - дроссель тупика (участок путей технического осмотра).



Пункт питания контактного рельса РУ-825ПР

РУ-825ПР обеспечивает подвод питания и распределение питания 825В с номинальным током 4000А. Шкафы РУ-825ПР изготавливаются в оболочках фирмы RITTAL (Германия) и представляют собой трехсекционное комплектное устройство двухстороннего обслуживания, включающее в себя силовую аппаратуру для распределения энергии (автоматическое и ручное управление), систему управления, индикации, сигнализации и защиты. Применяются комплектующие ведущих мировых производителей: ABB, Schneider Electric, Weidmuller и т.д.

Степень защиты IP54. Подключение силовых кабелей к разъединителю производится сверху через кабельные зажимы и специальные морские гермовводы, установленные на крыше.

8. Система мониторинга тяговой сети SMTN2-1,0-10

8.1. Назначение и основные функции

Система мониторинга тяговой сети серии SMTN2-1,0-10 (далее SMTN2) предназначена для защиты тяговых сетей метрополитенов от токов короткого замыкания и недопустимых перегрузок, анализа произошедших аварийных процессов, мониторинга параметров тяговой сети.



Комплект SMTN2: измерительный модуль, преобразовательный модуль и панель промышленного контроллера с функцией визуализации PP65

Защита тяговых сетей обеспечивается путем непрерывного контроля динамики изменения тока и напряжения в тяговой сети с выдачей команд на отключение быстродействующего выключателя (далее БВ) распределительного устройства серии РУ-825 в случае превышения параметров сети заданных уставок.

SMTN2 выполняет следующие функции:

- измерение величины и формы тока и напряжения в тяговой сети в различных режимах, в том числе и при коротком замыкании в линии;
- считывание из системы защиты SMTN измеренных значений системой верхнего уровня с использованием панельного компьютера, установленного в одном из устройств РУ-825 (далее ПК);
- защита тяговой сети от токов короткого замыкания, в том числе от малых токов удаленных коротких замыканий;
- осциллографирование и запись в долговременную память формы и величины токов и напряжений при коротких замыканиях (обнаружение одной из защит аварийного процесса в тяговой сети). Передача в систему верхнего уровня (ПК) данных для статистического анализа с целью корректировки уставок защит;
- изменение коэффициентов преобразования, уставок защит, выбор интервалов усреднения при помощи системы верхнего уровня;
- анализ распределения токов между катодными распределительными устройствами.

8.2. Конструктивное исполнение

SMTN2 представляет собой три отдельных модуля, крепящихся непосредственно на DIN-рейку, и соединяющихся между собой:

- измерительный модуль и модуль делителя напряжения размещаются в зоне высокого напряжения в одном корпусе;
- модуль преобразовательный размещается в зоне низких напряжений.

Измерительный модуль и модуль преобразователя соединяются между собой при помощи оптических кабелей, которые обеспечивают высокую гальваническую развязку между высоковольтными цепями и вторичными цепями.

Измерительный модуль непосредственно подключен к первичному датчику измерения тока и напряжения. Датчиком тока является шунт, датчиком напряжения – резистивный делитель напряжения, находящийся внутри измерительного модуля, и предназначен для понижения измеряемого напряжения до уровня приемлемого для дальнейшей обработки.

8.3. Функции защит в системе SMTN2-1,0-10

В системе SMTN2 реализованы следующие виды электронных защит:

- защита по минимальному напряжению с регулируемой выдержкой времени
- токовая отсечка без выдержки времени (максимальная импульсная отсечка);
- максимально-токовая защита с регулируемой выдержкой времени (двухуровневая, направленная, дистанционно изменяемая);
- превышение заданного предельного значения скорости нарастания тока (di/dt), (с дистанционной блокировкой);
- превышение заданного предельного значения интеграла скорости нарастания тока ($\Delta i/\Delta t$), (с дистанционной блокировкой).

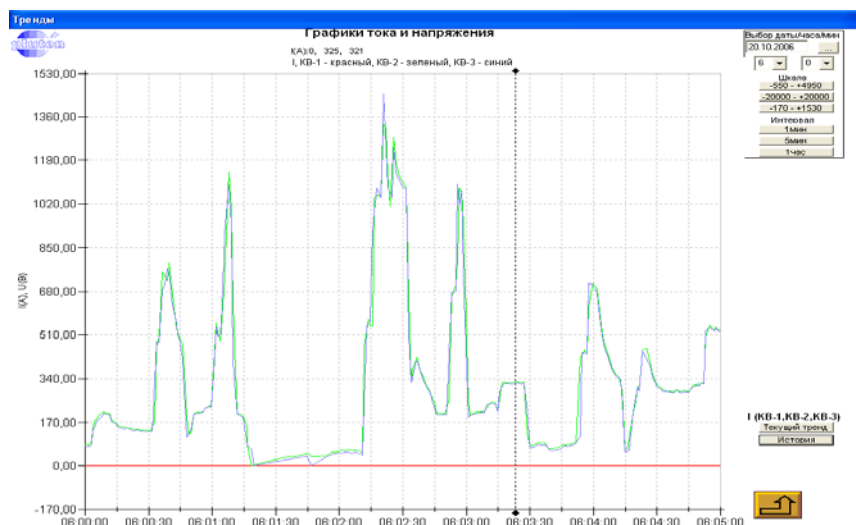
Реализация всех защит основана на амплитудно-временном анализе значений тока и напряжения защищаемого фидера.

Включение или выключение видов защит, изменение уставок или уточнения значений уставок защит, калибровки (при необходимости), считывание информации возможно через протокол высокого уровня (ModBus) по каналу связи RS-232 либо при помощи ПК. Каждый вид защиты может быть включен или отключен в зависимости от потребностей потребителя.

8.4. Следы

После срабатывания одного из критериев защит контроллер модуля преобразовательного формирует событие, по которому в энергонезависимой памяти SMTN2 записываются «Быстрые» и «Медленные» следы. Одновременно со следами записывается астрономическое время срабатывания защиты, вид сработавшей защиты.

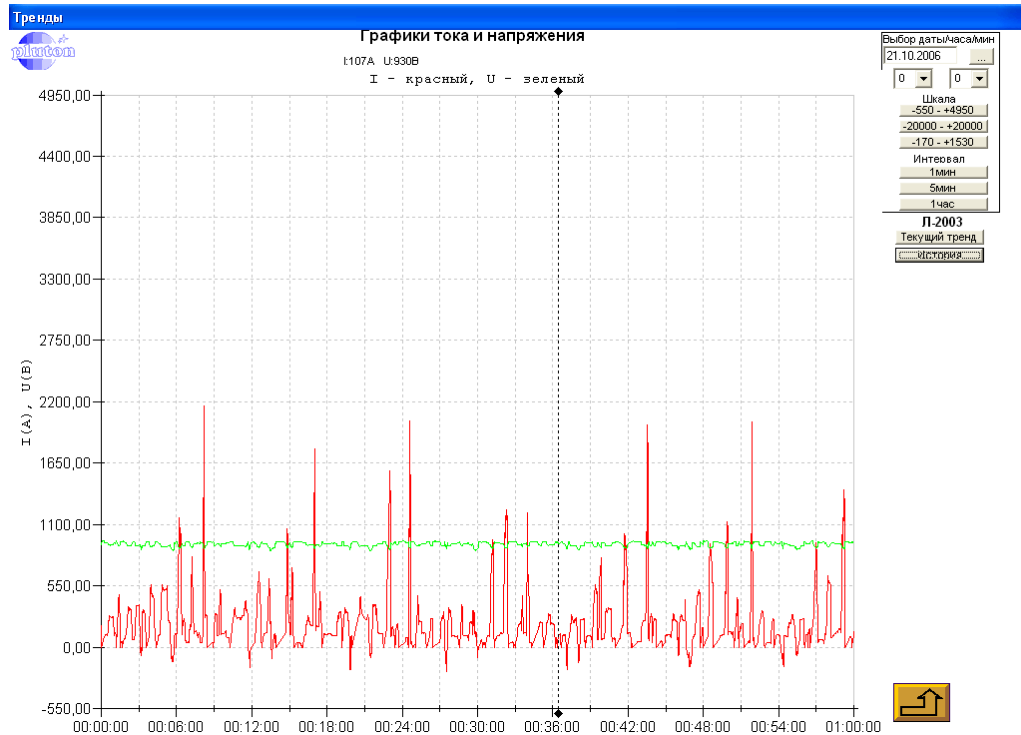
В «след» записывается как значения тока и напряжения после обнаружения аварийной ситуации, так и значения тока и напряжения до возникновения аварии (так называемая предыстория). Длина «быстрого следа» составляет 1024 значения, 512 из них представляют собой «предысторию» и 512, которые представляют собой «послеисторию». Длина «медленного следа» составляет 1024 значения, 724 из них представляют собой предысторию и 300, которые представляют собой послеисторию.



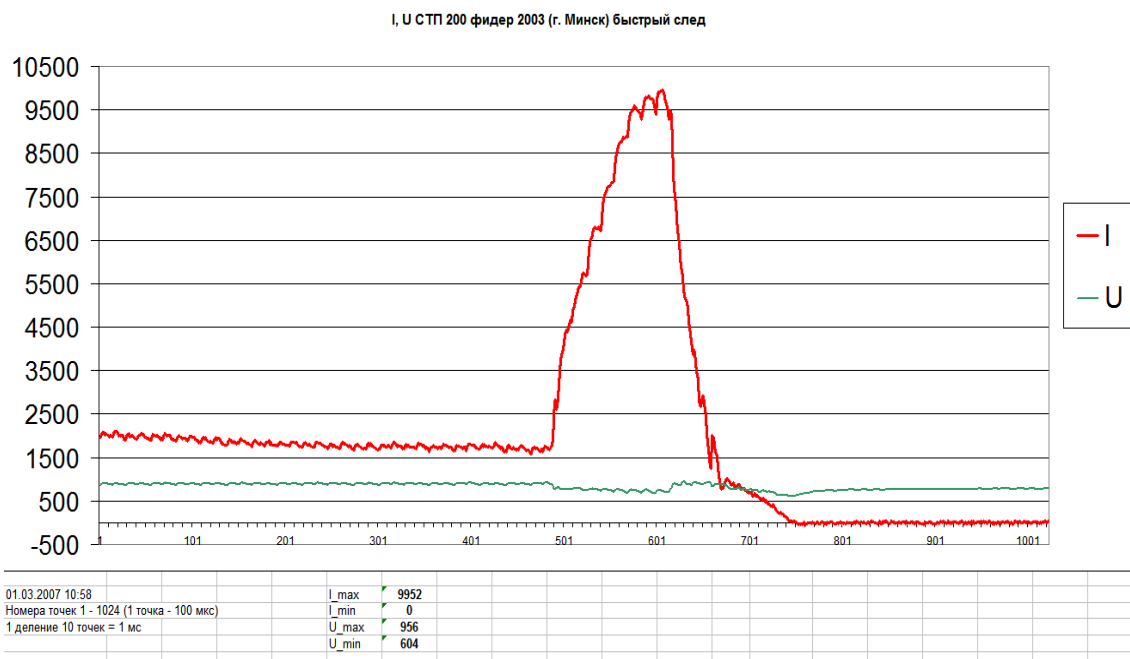
Пример записи распределения токов между катодными распределительными устройствами и токовые нагрузки фидера

Временной интервал, который описывает «Быстрый след» составляет 100 мс. При формировании «Медленного следа» используются средние значения тока и напряжения за интервал выборки.

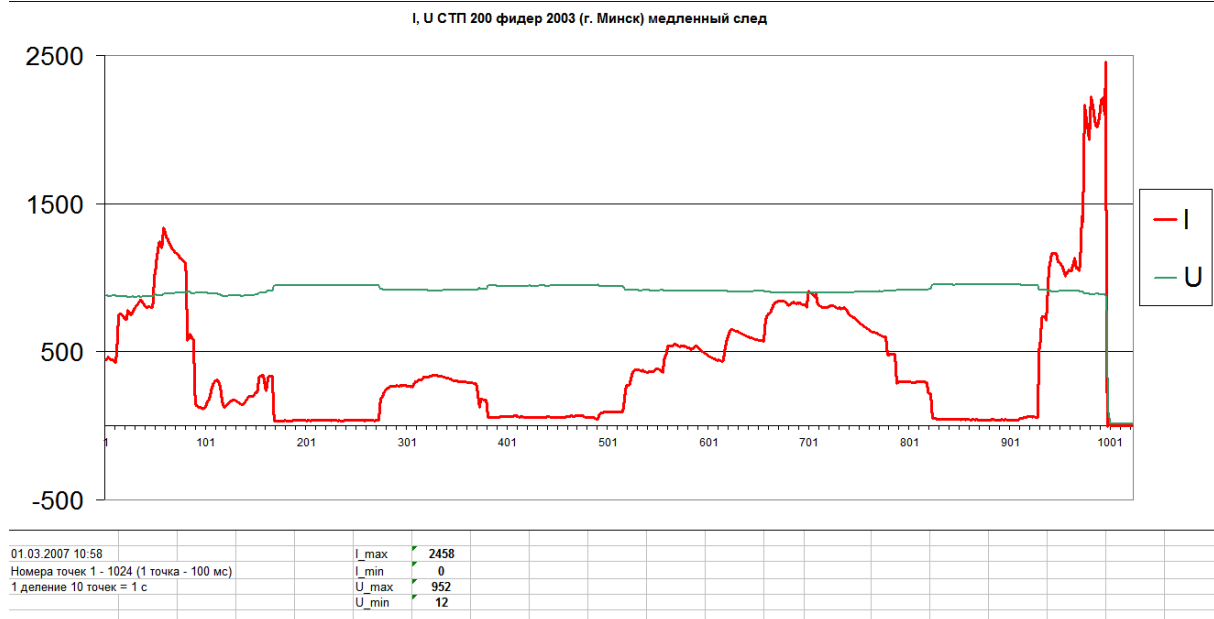
Следы могут быть считаны системой верхнего уровня через интерфейс RS485 по протоколу ModBus или быть просмотрены, а также сохранены для дальнейшей обработки при помощи персонального компьютера.



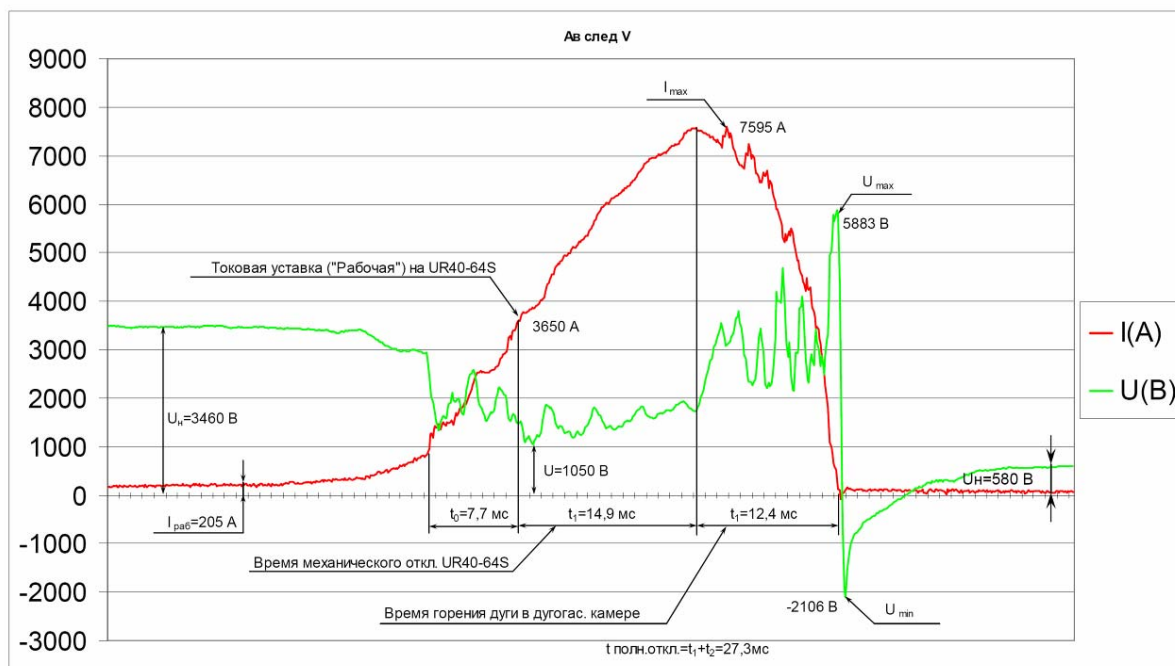
Пример записи токовых нагрузок фидера на экране ПК



Пример записи «быстрого следа» короткого замыкания



Пример записи «медленного следа» короткого замыкания



09.02.2007 20:09:45 Токовая отсечка
 09.02.2007 20:09:45 Отключение БВ по Перегрузке

Осциллограмма аварийного отключения быстродействующего выключателя UR-40-64 по «короткому замыканию», зафиксированная на Ф-2 ЭЧЭ-1 «Запорожье-Левое», сеть постоянного тока 3,3 кВ, (цена одного деления временной шкалы составляет 1 мс)

9. Общая характеристика устройства конденсаторного УК-05-0,4-80-УХЛ4

Предназначено для компенсации реактивной мощности. Применяется в сетях метрополитенов с напряжением 380 В, 50 Гц. Устройство с многоступенчатой регулировкой компенсирующими конденсаторами и микропроцессорным блоком контроля и управления.

Устройство компенсации реактивной мощности подключаются к первой и второй секции КРУ-0,4к.

9.1. Назначение и конструкция

УК предназначено для компенсации реактивной мощности в сетях низкого напряжения 380 В с целью повышения коэффициента мощности электроустановок и распределительных сетей; компенсации фазового сдвига в электрической сети, вносимого индуктивными нагрузками (электродвигателями, трансформаторами, дросселями и др.).



Устройство конденсаторное
УК-УХЛ4

для управления контакторами автоматической корректировки коэффициента мощности.

УК - это комплектное устройство, состоящее из металлической оболочки, коммутирующих аппаратов, аппаратов защиты и управления.

Оболочка УК представляет собой сварную конструкцию с одной дверью, которая защищает от проникновения внутрь пыли, посторонних предметов и воды. Обслуживание шкафа – одностороннее. В шкафу установлены вентиляционные решетки для обеспечения охлаждения аппаратуры. В нижней части шкафа на монтажной панели установлена шина для подключения к контуру заземления. Внешние кабели и провода вводятся в шкаф через гермовводы, установленные в днище шкафа. Гермовводы также являются элементами механического крепления кабелей.

Шкаф предназначен для установки на стенку, для чего на шкафу установлены специальные уголки.

Габаритные размеры 600x1200x300 мм.

Дверь шкафа снабжена замком, закрывающимся при помощи съемной ручки - ключа. На двери также расположен контроллер

В УК установлены следующие аппараты:

- выключатель нагрузки для коммутации силовой цепи;
- разъединители с предохранителями для коммутации и защиты от перегрузок и коротких замыканий цепей конденсаторов;
- контакторы;
- конденсаторы компенсирующие;
- контроллер для автоматической корректировки коэффициента мощности;
- выключатель автоматический для защиты и коммутации цепей управления;
- трансформатор понижающий.

9.2. Технические характеристики

Основные параметры УК приведены в таблице 9.

Таблица 9. Технические характеристики устройства конденсаторного УК

Наименование параметра	Значение
1. Номинальное напряжение сети, В	380
2. Частота питающей сети, Гц	50
3. Мощность конденсаторной батареи, квар	80
4. Количество ступеней регулирования	5
5. Пределы регулирования коэффициента мощности	0,8 индуктивного - 0,8 емкостного
6. Степень защиты по ГОСТ 14254	IP43

9.3. Описание микропроцессорного блока контроля и управления

Основные функции контроллера:

- имеет 5-ступенчатую конфигурацию;
- позволяет точно и надежно управлять коэффициентом мощности системы даже в условиях грубых искажений формы кривой тока или при высоком содержании гармоник;
- осуществляет оптимальное использование конденсаторов, гарантирующее более продолжительное время их эксплуатации;
- производит оценку величины тока на основе средневзвешенных значений, обеспечивает сбалансированное использование конденсаторных батарей посредством автоматического регулирования количества рабочих циклов и времени подключения каждой ступени.

Оснащение контроллера:

- трехзначный семисегментный дисплей;
- мембранная клавиатура с 4-мя кнопками;
- 7 светодиодных индикаторов для основных функций и измерений;
- TTL - RS-232 последовательный интерфейс для установки и автоматического тестирования через персональный компьютер;
- внутренний температурный датчик.

Контроллером выполняются следующие измерения:

- коэффициента мощности;
- среднее измерение коэффициента мощности за неделю;
- напряжения и тока;
- реактивной мощности для достижения установленного значения;
- полной реактивной мощности;
- перегрузки конденсатора;
- температуры панели.

При обнаружении контроллером аварийной ситуации в системе, на дисплее высвечивается мигающий код аварии. Сигнальные коды и причины аварии описаны в прилагаемой инструкции по эксплуатации.

Через релейные выходы контроллера осуществляется управление контакторами. Контакторы с ограничивающими резисторами обеспечивают быстрый разряд конденсаторов для компенсации реактивной мощности и мгновенное отключение их от силовой цепи при снятии питания с катушек управления контакторами.

В случае перенапряжения, повышения температуры или перегрузки конденсаторов все ступени автоматически отключаются, чтобы избежать повреждения конденсаторов.

Контроллер позволяет управлять 15 ступенями конденсаторной батареи мощностью до 600 квар.

10. Зарядно-выпрямительное устройство ВТЕУ1-100/230-УХЛ4

Зарядно-выпрямительное устройство ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 предназначено для преобразования переменного тока в регулируемый постоянный ток для заряда аккумуляторных батарей и питания потребителей постоянным напряжением как в буферном включении с аккумуляторной батареей, так и непосредственно.

Основные технические данные ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 приведены в таблице 10.

Таблица 10. Основные технические характеристики ВТЕУ1-100/230-УХЛ4

Наименование параметра	Значение	
1. Номинальное входное напряжение, В	380+15 %, -20 %	
2. Частота, Гц	50±1	
3. Количество фаз	3	
4. Количество вводов	1	
5. Режим работы	продолжительный	
6. Выход постоянного тока	Подзаряд	Дозаряд
6.1. Номинальное выпрямленное напряжение, В	230	320
6.2. Номинальный выпрямленный ток, А	100	100
6.3. Диапазон регулирования выходного напряжения, В	0-260	0-360
6.4. Коэффициент мощности, не менее (при номинальных параметрах)	0,9	0,9
6.5. Коэффициент полезного действия, не менее (при номинальных параметрах)	0,94	0,94
7. Габаритные размеры (ширина, высота, глубина), мм, не более	800x1800x600	

Питание ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 осуществляется от трехфазной сети переменного тока с номинальным значением напряжения 380 В через силовой трансформатор.



Зарядно-выпрямительное устройство ВТЕУ1-100/230-УХЛ4

ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 обеспечивает двухступенчатый заряд аккумуляторных батарей: на первой ступени производится заряд при заданном стабилизированном токе, на второй ступени (подзаряд) - при заданном стабилизированном напряжении.

ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 обеспечивает параллельную работу с аналогичными выпрямителями на общую нагрузку. ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 динамически и термически устойчив к токам внутренних и внешних коротких замыканий.

ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 имеет следующие виды защит:

- от внутренних коротких замыканий;
- от внешних коротких замыканий;
- токоограничение выходного тока на уровне дискретно - изменяемой уставки;
- от внутреннего короткого замыкания в силовом трансформаторе;
- от перегрева силовых тиристоров;
- от перенапряжений на силовых тиристорах;
- от неправильного подключения аккумуляторной батареи
- от неправильного чередования фаз питающего напряжения.

Конструктивно ВТЕУ1-100/230-УХЛ4 выполнен в виде шкафа с односторонним обслуживанием и габаритными размерами (ширина, высота, глубина) (800x1800x600) мм. Охлаждение модулей тиристорных естественное воздушное, контроль температуры осуществляется с помощью термодатчиков, установленных на корпус охладителя. Силовой понижающий трансформатор установлен внутри шкафа. Сглаживающий фильтр установлен на выходе выпрямителя.

Подвод кабелей внешних подключений осуществляется через отверстия в днище шкафа, уплотненными гермовводами.

11. Телемеханический комплекс



Комплект оборудования телемеханики Компании "Плутон" предназначен для телемеханизации электроснабжения тяговых подстанций и выполняет функции телеуправления (ТУ) и телеконтроля (ТК). Комплект оборудования объединяет рассредоточенные тяговые подстанции в единый телемеханический комплекс (ТМК). ТМК осуществляет ТУ и ТК с помощью программно-технических средств энергодиспетчером с диспетчерского пункта (ДП) тяговых подстанций метрополитена.

Состав ТМК:

- шкаф телемеханики тяговой подстанции (ТМ);
- автоматизированное рабочее место дежурного по тяговой подстанции (АРМ-Д);
- шкаф телемеханики энергодиспетчера ДП (ТМ-ЭД);
- автоматизированное рабочее место энергодиспетчера ДП (АРМ-ЭД);
- автоматизированное рабочее место дополнительной системы телемеханики (АРМ-ДС);
- автоматизированное рабочее место телемеханика (АРМ-ТМ).

Перечень оборудования, контролируемого ТМК:

- распределительные устройства 10 кВ;
- выпрямители (силовые трансформаторы и преобразовательные секции);
- распределительные устройства 825 В;
- распределительные устройства 0,23 кВ и 0,4 кВ;
- щит постоянного тока (ЩПТ);
- зарядно-выпрямительные устройства (ВТЕУ);
- шкаф управления климатом (ШУК);
- различные сигналы (пожарные, охранные и др.).

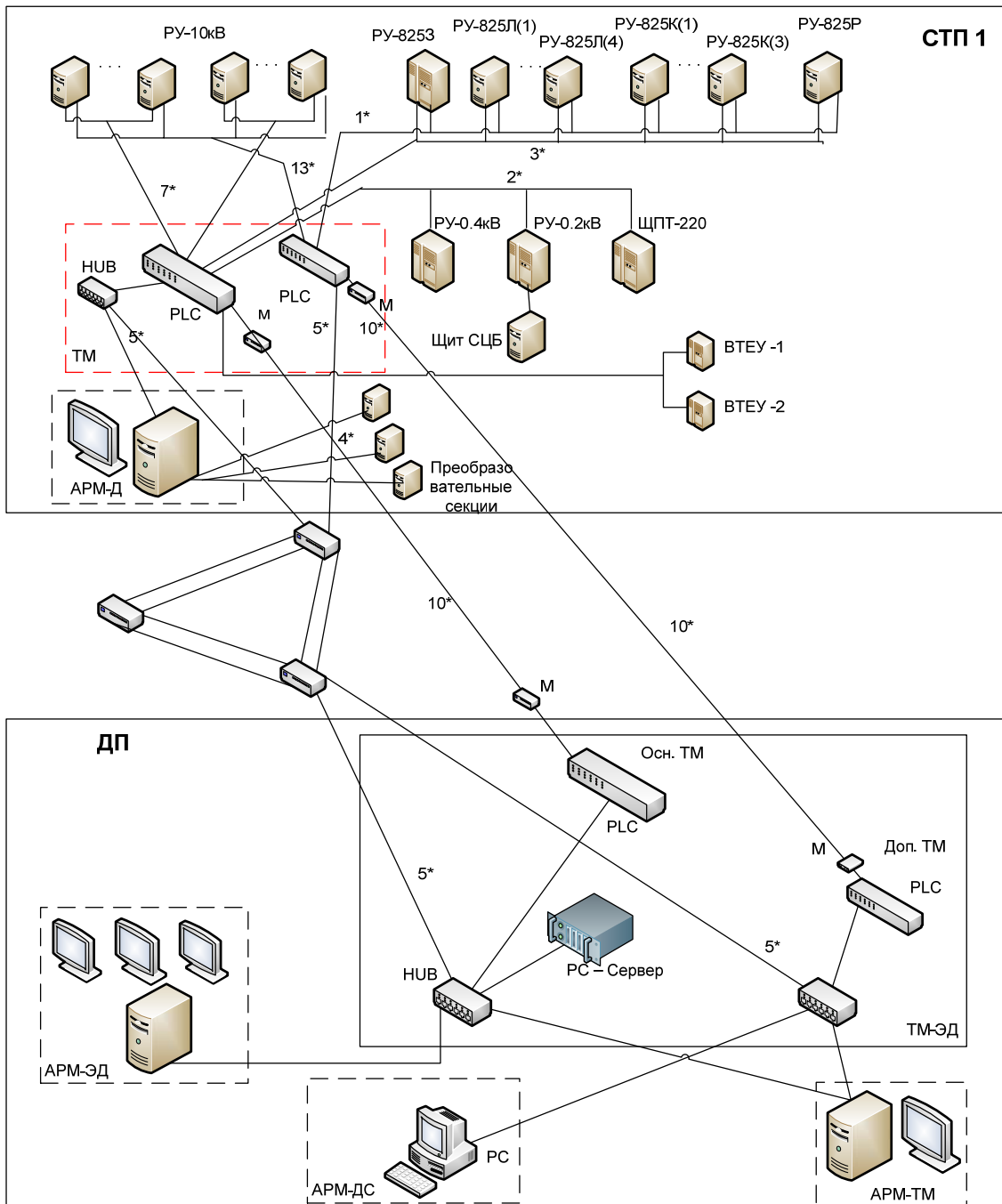
В ТМК предусмотрено две независимые системы телемеханики: основная и дополнительная. Для обеих систем предусмотрено передача информации по двум каналам связи.

Каждый канал связи может быть настроен на следующие типы каналов:

- волоконно-оптический (ВОЛС) – (V = от 10 Мб/с, интерфейс Ethernet);
- медный телефонный кабель – (V = от 1200 б/с, сопротивление медной линии связи - до 3 кОм).

Основные функции ТМК:

- отображать на мнемосхемах монитора текущее состояние оборудования тяговой подстанции, работы аппаратных и программных средств;
- принимать дискретные сигналы - выполнять телесигнализацию (ТС);
- принимать аналоговые сигналы - выполнять телеизмерение (ТИ);
- выдавать сигналы телеуправления (ТУ) с анализом допустимости выдачи команд и контролировать их исполнение;
- сигнализировать о самопроизвольном изменении состояний объектов и нарушении работы устройств;
- получать ретроспективную информацию (команды управления, изменения состояния, тренды и т.д.);
- осуществлять доступ для просмотра справочной информации;
- обеспечивать высокую степень автоматизации процессов сбора и обработки информации.



Структурная схема телемеханического комплекса ТМК

- шкаф телемеханики тяговой подстанции - ТМ
- автоматизированное рабочее место дежурного по тяговой подстанции - АРМ-Д (поставляется в виде плоскостанельного РС, устанавливается в РY8253)
- шкаф телемеханики энергодиспетчера ДП - ТМ-ЭД
- автоматизированное рабочее место энергодиспетчера ДП - АРМ-ЭД
- автоматизированное рабочее место дополнительной системы телемеханики - АРМ-ДС
- автоматизированное рабочее место телемеханики - АРМ-ТМ
- комплект оборудования для интеграции тяговой подстанции с АРМ-ЭД, ТМ-ЭД - КО-ЭД

1* - RS485 (MB RTU)

2* - CAN

3* - CAN

4* - RS485 (3 Луча)

5* - Ethernet

6* - Ethernet

7* - RS485

10* - RS485 (4-проводная, 20 км) (два канала –основной, резервный) – с возможностью подключения до 30 узлов

ТМК обеспечивает:

- защиту от возникновения ложной команды ТУ, а также высокую надёжность передачи команд управления;
- высокую точность передачи измеряемых величин ТС, ТИ;
- быстрое прохождение сообщений о различных событиях на объекте управления;
- быстрое прохождение команд для ТС, ТУ, ТИ, недопустимость большого запаздывания сигналов;
- приоритетность ТУ перед ТС, ТС перед ТИ;
- обмен информацией по нескольким различным каналам связи;
- привязку событий к абсолютному времени, с точностью 1 мс;
- диагностику функционирования всех узлов системы и каналов связи. Время определения неисправности с момента ее возникновения не более 1 мин;
- поддержание единого времени для всех узлов системы;
- функционирование оборудования основной системы телемеханики (ОСТ) при обрыве одного из основных каналов связи;
- функционирования оборудования дополнительной системы телемеханики (ДСТ) при обрыве одного, или двух основных каналов связи;
- ретроспективу необходимых параметров и информации, в том числе и о состоянии телемеханического оборудования (ТМО) глубиной до 30 суток. Фиксацию различных событий о состоянии тяговой подстанции и работы ТМК, в том числе обрыв связи, сбой в работе, и др. – фиксация времени появления и времени восстановления;
- надежную работу ТМК, в том числе и автоматическое возобновление работы ТМК при возникновении сбоя;
- централизованную переработку информации;
- удобную работу пользователю, в том числе визуальную и звуковую сигнализацию.

Технические характеристики ТМК:

- количество контролируемых тяговых подстанций – до 30 шт;
- структура – трехуровневая;
- тип сигналов ввода-вывода:
 - дискретные входные/выходные типа «сухой контакт»;
 - аналоговые входные сигналы;
- время реакции на изменение состояния объекта – до 2-5 сек;
- время прохождения команды до объекта управления – 1-3 сек;
- наработка на отказ по функциям доведения команд и получения информации – 50 тыс. час;
- сертифицированное оборудование;
- лицензионное программное обеспечение;
- каналы связи (Ethernet, RS-485):
 - канал связи для основного оборудования – волоконно-оптический (ВОЛС) – ($V = 10$ Мб/с)
 - канал связи по медной линии – ($V = 1200$ б/с). Сопротивление медной линии связи - до 3 кОм;
- режим работы – постоянный, круглосуточный (7/24 - семь суток в неделю, двадцать четыре часа в сутки);
- электропитание основных узлов осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением $220 \pm 10\%$ В и частотой $50 \text{ Гц} \pm 2\%$;
- мощность потребления для каждого узла - не более 300Вт;
- расстояние от ДП до самой дальней ТП - до 20 км;
- расстояние от кабельной линии между оборудованием тяговой подстанции и ДП и каналообразующей аппаратурой (ВОЛС) - до 200 м;
- точность передачи измеряемых величин - не хуже 0,1%;
- вероятность возникновения ложной команды - не более $10^{-6} \dots 10^{-10}$;
- степень защиты по ГОСТ 14254 - IP 44;
- диапазон рабочих температур $+5 \dots +45$ °С;
- относительная влажность воздуха 40...90%;

- внешняя среда типа II по ГОСТ 15150, невзрывоопасная, не содержит значительного количества токопроводящей пыли (до 5 мг/м³) и испарений химических веществ в концентрациях, которые разрушают контактные соединения, защитные покрытия и изоляцию;
- оборудование ТМК нормально работает при влиянии промышленных радиопомех, которые не превышают норм, предусмотренных в «Общесоюзных нормах допускаемых промышленных помех» (норма 11-82);
- оборудование ТМК нормально работает при постоянных и появляющихся электромагнитных полях напряженностью до 400 А/м;
- обеспечивается беспереывное питание оборудования ТМК на тяговой подстанции и ДП на протяжении не менее 60 минут в случае отсутствия основного питания напряжения ~220 В +10/-15 %, 50 Гц.



12. Заключение

В настоящем документе представлена концепция поставки оборудования для тяговых подстанций метрополитена, созданная Компанией "Плутон" на основе многолетнего опыта разработки и производства оборудования для метрополитенов, городского электрического транспорта, железных дорог.

Концепция построена на базе последних достижений мировой техники в области электроаппаратостроения, автоматизации, современных технологий передачи информации.

Данная концепция направлена на сведение до минимума участия человека в процессах, происходящих на тяговой подстанции при существенном повышении надежности работы оборудования. Концепция способствует увеличению срока безаварийной эксплуатации оборудования, снижению затрат на капитальное строительство. Высокая степень автоматизации, самодиагностики должна привести к существенному снижению эксплуатационных затрат.

Применение оборудования с высокой коммутационной способностью, динамической устойчивостью к токам короткого замыкания, большим механическим ресурсом способствует существенному повышению надежности энергоснабжения тяговой сети метрополитена.

Применение систем мониторинга и защиты тяговых сетей способствует ускоренной диагностике возникновения аварийных процессов и сокращению времени отключения аварийных токов, в результате чего, контактная сеть может работать в щадящем режиме, что в свою очередь способствует увеличению срока службы контактной сети.

Основная идея вышеописанной концепции – это поставка комплекта оборудования тяговых подстанций «под ключ», начиная с проектных работ (разработка, согласование проекта) и, заканчивая вводом оборудования в эксплуатацию. Проект «под ключ» включает в себя непосредственно изготовление и поставку оборудования тяговой подстанции, монтажные, шеф-монтажные, пуско-наладочные работы, обучение персонала, поддержка гарантийных обязательств в течение всего гарантийного срока, а также постгарантийное обслуживание. Основная идея настоящей концепции - это ответственность поставщика перед Заказчиком с момента подписания контракта по всем вопросам, касающимся ввода объекта в эксплуатацию и безаварийной эксплуатации.

Возможность реализации такой задачи кроется не только в желании поставщика заключить контракт и поставить оборудование. Решающая роль в эффективной реализации задачи «под ключ» - в эффективных схмотехнических, технологических, конструктивных решениях построения оборудования, систем автоматики которые находятся в «одних руках» .



Полная автоматизация технологии управления тяговой подстанцией и контактной сетью, мониторинг состояния оборудования и контактной сети – один из основных ключей успешной реализации концепции поставки оборудования для тяговых подстанций. Создание комплекта оборудования необслуживаемого или малообслуживаемого с низким энергопотреблением – также один из основных факторов успеха на пути реализации комплексного решения вопросов электроснабжения метрополитена.

Третья и самая важная составляющая, обеспечивающая реализацию концепции Компании "Плутон" - это инжиниринг высокого уровня, который обеспечивает коллектив высококлассных инженеров. Именно они составляют основную интеллектуальную силу, создающую наше оборудование. Именно в эту генерирующую силу направлены основные инвестиции компании «Плутон».

Мы уверены, что наши новаторские решения в области энергоснабжения метрополитена будут способствовать увеличению надежности энергоснабжения при общем снижении капитальных затрат на строительство, а также эксплуатационных затрат на потребленную электроэнергию и на обслуживание оборудования. При этом мы берем на себя полную ответственность за положительный, эффективный результат работы «под ключ».

ЗАО "ЭТК "Плутон"

105318, Россия, г. Москва, Семеновская пл., д. 7, этаж 4
тел.: +7 (495) 201-06-06, +7 (499) 391-49-08; факс.: +7 (499) 579-81-67
www.etc-pluton.ru; e-mail: info@etc-pluton.ru