

Распределительные устройства

СИСТЕМЫ ТЯГОВОГО электроснабжения

По мере глобальной консолидации компаний — поставщиков электрических распределительных устройств рыночная доля оборудования, предназначенного для тяговых сетей частотой 16,7 Гц, постепенно уменьшается. Результатом этого являются образовавшийся дефицит некоторых компонентов или несоответствие их характеристик современным техническим требованиям. Задачей компаний, эксплуатирующих такие тяговые сети, является разработка технических требований и спецификаций того же уровня, который реализован для оборудования распределительных устройств промышленной частоты.

Заполнить в ближайшее время образовавшуюся нишу на рынке электрооборудования крупные поставщики не обещают. В ходе дальнейшего развития техники распределительных устройств выявилась тенденция к интеграции компонентов первичных и вторичных цепей.

Выпускаемые в настоящее время распределительные устройства содержат модули для отдельных силовых присоединений, включающие в себя также блоки управления и защиты. Они поставляются в готовом виде, смонтированными и проверенными в заводских условиях. На этом фоне поставщикам не всегда выгодно изготавливать устройства с задаваемыми конкретными параметрами; уже сейчас поставка необходимых компонентов гарантируется далеко не во всех случаях. Характер взаимодействия компонентов распределительных устройств и реализация связей между ними установлены новым стандартом IEC 61850. Согласно ему функции, которые раньше осуществлялись на базе вторичной кабельной разводки, перекладываются на системное программное обеспечение.

Развитие рынка и типовые распределительные устройства

Операторам, эксплуатирующим тяговые сети частотой 16,7 Гц, приходится реагировать на изменения, происходящие на рынке распределительных устройств, с тем чтобы приобретать современное оборудование при разумных затратах. Для обеспечения эксплуатационной готовности тяговых сетей частотой 16,7 Гц и в будущем необходимы действия в трех направлениях:

- совершенствование компанией DB Energie, входящей в состав холдинга железных дорог Германии (DB), типовых распределительных устройств;
- использование в системах тягового энергоснабжения компактных распределительных устройств промышленного производства;
- разработка компонентов тяговых сетей частотой 16,7 Гц на базе устройств, предназначенных для сетей промышленной частоты.

Типовые распределительные устройства компании DB Energie со-

стоят из стандартизированных компонентов определенной конфигурации, выполненных в виде модулей в соответствии с конкретными условиями использования. Рынок таких компонентов развился в 1980-е годы и функционировал до начала нового столетия.

Упомянутая консолидация поставщиков стала причиной рисков в рассматриваемой модели, на которые нужно было реагировать компаниям-операторам, эксплуатирующим тяговые сети. Начался поиск новых решений по замене компонентов, которые в сетях частотой 50 и 60 Гц не использовались никогда либо применялись крайне ограниченно. Результатом этих усилий стало внедрение устройства линейного контроля присоединений (AGP), что позволило отказаться от использования испытательного резистора при автоматическом повторном включении и однополюсного разъединителя нагрузки. AGP представляет собой эксплуатационное устройство, не вызывающее потерь мощности и компактно размещаемое в блоках распределительных устройств в зонах присоединения нагрузки.

AGP устанавливают в фидерных ячейках контактной сети с соблюдением геометрических размеров (180×310 мм) в горизонтальном положении для оптимизации условий охлаждения. Дополнительной энергии для работы AGP не требуется.

AGP-цилиндр включают параллельно фидерному выключателю и трансформатору тока. К фидеру в ячейке подключается трансформатор напряжения. Снимаемое с его вторичной обмотки напряжение используется:

- для формирования сигнала на срабатывание защиты контактной сети;
- в качестве критерия для включения схемы проверки линии на наличие короткого замыкания (OLPA) перед включением фидерного автомата;

• как критерий активации системы, контролирующей напряжение на обратном проводе и вызывающей срабатывание заземляющего выключателя (OLRA).

В блоке измерительных трансформаторов размещены трансформаторы напряжения для измерения параметров и учета энергии. Раньше такие трансформаторы устанавливали в общих блоках для измерения и контроля схемы продольного секционирования.

Для того чтобы можно было безопасно заземлять главную шину при ударном токе короткого замыкания $I_k > 25$ кА, заземление осуществляют выключателем со встроенным заземлителем в ячейках «Контактная сеть и контроль схемы продольного секционирования», а также в соседней фидерной ячейке.

Благодаря этой концепции отпадает необходимость в испытательных ячейках, испытательных сборных шинах, отдельных блоках для измерения и контроля схемы секционирования, а также в дополнительных выключателях нагрузки во всех фидерных ячейках. Сокращение числа устройств приводит к существенному уменьшению потребности в площадях постов и тяговых подстанций.

При использовании устройств AGP сохраняются все достоинства типовых распределительных устройств, такие, как возможность

замены всех устройств и силовых выключателей, удобный доступ к компонентам распределительных устройств и к концевым кабельным муфтам. Используя разъединительные накладки, можно отключать и заземлять дефектные кабели.

Кроме того, обеспечивается возможность:

- уменьшения числа фидерных модулей в системе управления тяговой подстанцией;
- сокращения длительности проверки цепей схемами OLPA и OLRA;
- одновременной проверки нескольких присоединений;
- уменьшения температурных потерь в процессе проверки линии на наличие короткого замыкания.

Применение компактных распределительных устройств промышленного изготовления

В последние годы в общественных сетях промышленной частоты оправдало себя применение распределительных компактных устройств промышленного изготовления. Анализ этой тенденции привел к появлению рекомендаций об использовании в тяговых сетях однополюсного распределительного устройства переменного тока напряжением 15 кВ, частотой 16,7 Гц, соответствующего европейскому стандарту EN 62271 – 200. Некоторые

компании ориентируются на модифицированный вариант трехполюсного стандартного распределительного устройства с широким использованием сходных по конструкции элементов. Применение компактных распределительных устройств промышленного изготовления, проверенных практикой и помещенных в шкафы, обеспечивает ряд дополнительных преимуществ:

- повышение безопасности персонала за счет размещения всех компонентов в шкафах;
- уменьшение степени опасности для персонала в случае ошибки при обслуживании;
- сокращение потребности компании в инженерном персонале;
- уменьшение числа мест присоединения;
- ускорение монтажа и принятия объектов в эксплуатацию за счет применения монтажных модулей, прошедших заводской контроль;
- ускорение замены компонентов.

Комплектация распределительных устройств по стандарту EN 62271 – 200

Технические требования, принципиальные схемы распределительных устройств, а также перечень их основных компонентов приведены в соответствующих документах компании DB Energie. При этом из экономических соображений рекомендации в отношении ошиновки даны лишь для трансформаторов и преобразователей. Кроме того, даны примеры выполнения выводов в фидерных ячейках и схемы секционирования контактной сети.

Каждое компактное распределительное устройство включает следующие элементы:

- отсеки сборных шин и фидерных выключателей;
- отделение кабельных соединений;
- выкатная часть;
- интегрированный канал выравнивания давления в секциях распределительного устройства;

Технические требования к однополюсным распределительным устройствам внутренней установки для тяговой сети напряжением 15 кВ, частотой 16,7 Гц	
Максимальное длительное напряжение, кВ	17,25
Расчетное напряжение по изоляции (OV4)	17,25
Расчетное кратковременное испытательное напряжение переменного тока, кВ	50
Расчетное испытательное напряжение грозового импульса, кВ	125
Расчетный рабочий ток, А:	
сборной шины	2500
фидера	2000
Расчетный ударный ток короткого замыкания, кА	100
Расчетный кратковременный скачок тока короткого замыкания (0,3 с), кА	40
Устойчивость к электрической дуге	IAC AFLR 40 kA/0,3 c
Изоляция перегородок	LSC2B
Напряжение управления постоянного тока, В	60 ± 15 %

• низковольтное отделение с фидерными блоками децентрализованной защиты и управления.

Все компоненты распределительного устройства размещены в металлическом шкафу со стенками из листовой стали толщиной не менее 2 мм. Шкаф состоит из трех примыкающих друг к другу секций, устойчивых к воздействию электрической дуги: для сборных шин, силовых выключателей и кабельных соединений. Каждая секция имеет собственную изоляцию, предотвращающую возможность переброса электрической дуги с соседних секций. При возникновении электрической дуги в одной из секций давление в ней резко возрастает в результате образования большого количества горячих газов и частиц сажи. Для борьбы с этими явлениями предусмотрен предохранительный клапан, выравнивающий давление и способствующий удалению газов и частиц сажи за пределы помещения, занимаемого распределительным устройством.

Новинкой в области распределительных устройств тяговых сетей является применение в фидерных и трансформаторных ячейках выкатных частей с вакуумными выключателями нагрузки, разъединителем и блоком АРП. При выкатывании этой секции она срабатывает как шинный разъединитель. Токоведущие части, соединяющие схему выкатной части с другими секциями, выполнены на базе проходных изоляторов из литой синтетической смолы. Когда при выкатывании происходит разрыв главной цепи, неподвижные контакты проходных изоляторов, остающихся под напряжением и связанных со сборными шинами и кабельной секцией, автоматически экранируются защитным коробом. При выкатывании тележки происходит также отключение цепей управления путем размыкания соответствующих разъёмов.

В отличие от фидерных и трансформаторных ячеек ячейки про-

должного секционирования оборудованы выкатной частью, содержащей только отрезок шины с комплектом подпружиненных контактов, установленных на опорных изоляторах.

Выкатные части одинаковых конструкций унифицированы и взаимозаменяемы в пределах распределительного устройства. Распределительные устройства идентичной конструкции, но разных технических характеристик можно кодировать с помощью переключения соответствующих перемычек на разъемах цепей управления.

Требования европейских стандартов к компонентам тяговых сетей напряжением 15 кВ, частотой 16,7 Гц

Киоски для компактных распределительных устройств представляют собой изготавливаемые в заводских условиях типовые транспортируемые металлические контейнеры, в которых размещены соответствующие изолированные ячейки. Такой компоновкой достигается значительное сокращение общей занимаемой площади по сравнению с открытыми распределительными устройствами, монтируемыми из отдельных компонентов и требующими по условиям безопасности размещения элементов управления на определенном расстоянии от силовых компонентов. Кроме распределительных устройств, контейнеры содержат устройства системы собственных нужд.

Внедрение рассмотренных технических разработок позволило многим компаниям существенно модернизировать оборудование систем тягового электроснабжения частотой 16,7 Гц. В значительной степени гармонизированы спецификации на тяговое оборудование и системы защит, появились новые возможности совершенствования систем управления за счет введения в действие норм IEC 61850. Этими

мероприятиями компании надеются вновь заинтересовать поставщиков устройств тягового электроснабжения частотой 16,7 Гц и предотвратить тем самым значительный рост цен.

Новые распределительные устройства напряжением 110 кВ, частотой 16,7 Гц

В ближайшие годы DB Energie предстоит обновить большое число распределительных устройств тяговых сетей напряжением 110 кВ, частотой 16,7 Гц без изменения их местоположения и без перерыва подачи электроэнергии для тяги поездов. При этой реконструкции будут по возможности избегать применения дорогостоящих и требующих больших затрат времени мероприятий, вызывающих одновременно эксплуатационные ограничения. Для того чтобы при этом обеспечивалась надежность тягового электроснабжения, предлагается использовать передвижное устройство переключения TSW напряжением 110 кВ для различных условий применения с децентрализованными блоками защиты и управления.

При создании агрегата TSW компанией DB Energie были поставлены, в частности, следующие требования:

- небольшие размеры;
- малое время монтажа и приемки на месте;
- низкие затраты в эксплуатации.

Конструкция

Переключающее устройство TSW — это комбинация нескольких гибридных модулей переключения. Оно представляет собой компактную многофункциональную систему, пригодную для использования на открытой части подстанций, заключенную в металлический корпус и использующую в качестве изоляции элегаз (SF₆). Выключатель PASS M0-16,7 ESS предназначен для подключения к обычной сбор-

Технические требования к модулю напряжением 110 кВ, частотой 16,7 Гц	
Расчетная частота, Гц	16,7
Номинальное напряжение, кВ	110
Максимальное продолжительное напряжение, кВ	123
Расчетное напряжение изоляции, кВ	123
Расчетное кратковременное испытательное напряжение, кВ:	
относительно земли	230
между разомкнутыми контактами	265
Расчетное испытательное напряжение грозового импульса, кВ:	
относительно земли	550
между разомкнутыми контактами	630
Расчетный рабочий ток, А	2000
Расчетный разрывной ток короткого замыкания на один полюс при напряжении 110 кВ, кА	31,5
Расчетный ударный ток короткого замыкания, кА	80
Напряжение в системе управления, В:	
оперативный постоянный ток	60 ± 15 %
то же, переменный	230

ной шине двухполюсного исполнения напряжением 110 кВ, частотой 16,7 Гц. Его основные компоненты:

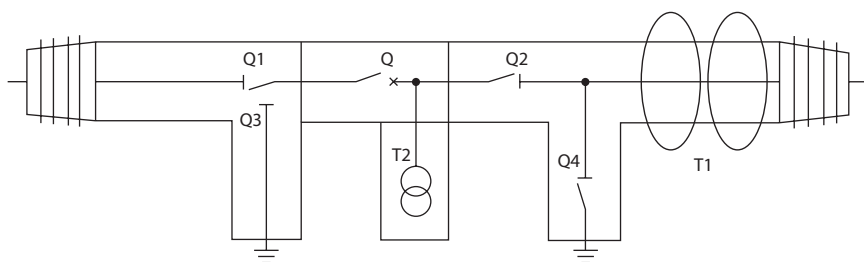
- высоковольтные вводы для подключения к сборным шинам и линейным проводам;
- силовой выключатель;
- комбинация разъединителя с заземлителем;
- быстродействующий заземлитель со стороны линии;
- вставной трансформатор тока;
- индуктивный трансформатор напряжения с газовой изоляцией.

Электрическая схема модуля TSW приведена на рисунке.

За исключением сборных шин, все находящиеся под напряжением части помещены в заземленные литые или сварные алюминиевые корпуса, наполненные под давлением изолирующим газом SF₆. Все переключающие контакты помеще-

ны в отдельные заполненные газом секции, в каждой из которых предусмотрен датчик давления с температурной компенсацией и линия подвода от газовой магистрали для компенсации падений давления или случайных утечек. Кроме того, в каждом газовом отсеке предусмотрена предохранительная шайба, разрушающаяся при увеличении давления выше предельно допустимых величин, и устройство отвода газа. Это предохраняет корпус от повреждения при чрезмерно высоком давлении.

Присоединение высоковольтных элементов осуществляется через вводы с изоляторами на базе силиконовых композиций. Благодаря водоотталкивающей поверхности эти изоляторы устойчивы к загрязнениям и, соответственно, к перекрытиям.



Электрическая схема модуля TSW:

Q — главный выключатель; Q1/Q3 — комбинированный разъединитель-заземлитель; Q2 — разъединитель; Q4 — быстродействующий заземлитель; T1 — вставной трансформатор тока; T2 — трансформатор напряжения

Связь модуля с устройствами управления, расположенными на подстанциях, реализована в соответствии с нормами IEC 61850. Устройства управления и реле защит расположены непосредственно у модуля в шкафу с контролируемой атмосферой, установленном на открытой части подстанции.

В транспортном положении размеры модуля TSW составляют 5000×2450×3744 мм (соответственно длина, ширина и высота). Его масса вместе с опорной рамой, стойками и шкафами с устройствами управления и защиты составляет 3,5 т.

Основные компоненты

Модуль TSW изготовлен на базе главного выключателя PASS M0-16,7, созданного на основе стандартного высоковольтного выключателя промышленной частоты. Использование выключателя PASS M0-16,7 позволит значительно обновить распределительные устройства тягового тока напряжением 110 кВ, частотой 16,7 Гц при относительно небольших затратах.

Устройство для отключения сборных шин выполнено как комбинация разъединителя и заземлителя с моторным приводом. При повороте вала разъединителя на 90° он отключается от сборных шин. Поворот еще на 90° вызывает включение заземлителя.

С линейной стороны заземление осуществляется быстродействующим заземлителем. О положении заземлителя можно судить по указателю, механически соединенному с устройством привода и находящемуся с ним в одном корпусе. Для контроля положения переключателя служит смотровое окно, предусмотренное в корпусе устройства. В аварийной ситуации положение переключателя можно изменить вручную с помощью рукоятки.

По материалам компании DB Energie и интернет-сайта www.patent-de.com/20051201/EP1577150.html.