



## День презентаций ПАО «Ленэнерго»

### Системы постоянного и переменного оперативного тока

- аккумуляторные батареи;
- ЩПТ;
- AC/DC-выпрямители, зарядно-подзарядные устройства, инверторы, стабилизаторы;
- типовые решения построения СОПТ



# СИСТЕМЫ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ОПЕРАТИВНОГО ТОКА

## Презентации на полигоне ПАО «Ленэнерго»

Подготовил **Валерий Журавлев**, «Новости ЭлектроТехники»

Очередной День презентаций «Системы постоянного и переменного оперативного тока» состоялся 30 ноября 2017 года на учебно-тренировочном полигоне «Ленэнерго», расположенном в пос. Терволово Гатчинского района Ленинградской области.

Во встрече приняли участие более 80 человек, представляющих исполнительный аппарат ПАО «Ленэнерго», филиалы ПАО «Ленэнерго»: «Санкт-Петербургские высоковольтные электрические сети», «Дирекция строящихся объектов», Гатчинские, Кингисеппские, Новолadoжские, Пригородные, Тихвинские электрические сети, а также ПАО «МРСК Северо-Запада», АО «ЛОЭСК», ПАО «Федеральный испытательный центр», ФГАУ ДПО «ПЭИПК», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого и 17 компаний-производителей оборудования для систем оперативного постоянного и переменного тока.

Организатором мероприятия традиционно стал журнал «Новости ЭлектроТехники».

Перед началом пленарного заседания к собравшимся участникам Дня презентаций обратился **заместитель генерального директора – главный инженер ПАО «Ленэнерго» Игорь Кузьмин:**

– Не открою ничего нового для присутствующих, если скажу, что система оперативного тока – основа жизнеобеспечения подстанции. Сейчас в эксплуатации находится много СОПТ, степень морального и физического износа которых очень велика. Идет естественный процесс устаревания оборудования. Мы проводим последовательную реконструкцию и модернизацию электросетевого комплекса.

Кроме того, стремительно развиваются новые технологии проектирования, строительства и эксплуатации подстанций, в том числе технологии цифровизации электросетевого комплекса. Но при этом, подчеркну, переход на новый технологический уровень не снижает обязательных требований по обеспечению надежной работы всех подсистем.

Поэтому мы готовы рассмотреть и изучить любые предложения по организации СОПТ на подстанциях ПАО «Ленэнерго». Для нас главное – реализовать надежные решения, которые позволяют не подвергать опасности обслуживающий персонал, а также не подвести потребителей на территории, за которую мы отвечаем.

### ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

**Валерий Липтуга, руководитель проектов ООО «Аккумуляторные батареи производства ООО «Рязанский аккумуляторный завод «Тангстоун»** остановился на особенностях новых видов аккумуляторных батарей, предназначенных для использования в СОПТ.

Аккумуляторы серии STARK OPzS изготовлены по классической технологии с жидким электролитом. Номинальная емкость аккумуляторов данной серии – от 50 до 3350 А·ч. Выпускаются в виде элементов 2 В от 125 до 3350 А·ч, а также моноблоков с номинальным напряжением 6 и 12 В емкостью до 300 А·ч. Особенностью конструкции аккумуляторов STARK OPzS является применение трубчатой положительной пластины, что существенно увеличивает количество циклов заряд-разряд.

Аккумуляторы серии STARK OGi также изготовлены по классической технологии с жидким электролитом. Номинальная емкость аккумуляторов данной серии – от 50 до 1600 А·ч. Выпускаются в виде элементов 2 В и моноблоков с номинальным напряжением 6 и 12 В емкостью до 340 А·ч. Особенностью конструкции аккумуляторов STARK OGi является использование плоских намазных положительных пластин, обеспечивающих высокую плотность энергии и равную эффективность как в процессе разряда малым током, так и в коротком режиме разряда.

Особенностью конструкции аккумуляторов STARK GroE является использование положительной пластины большой поверхности (Планте), имеющей площадь в 10 раз больше обычной пластины и изготовленной из химически чистого свинца (99,99%).

Конструкция и материал пластин Планте придают аккумуляторам STARK GroE максимальную коррозионную устойчивость. Это обеспечивает самый продолжительный из всех известных сегодня типов свинцово-кислотных аккумуляторов срок службы в режиме непрерывного подзаряда – 25 лет при температуре 20 °С (остаточная емкость 80%). Другим важным преимуществом аккумуляторов на основе пластин большой поверхности является их предельно низкое внутреннее сопротивление, что позволяет получить высокие разрядные токи при сохранении заданного напряжения на выводах батареи.

Выступавший также рассказал о батареях нового поколения – STARK Lithium. За основу взяты литий-железофосфатные элементы (LiFePO4). Эта безопасная технология имеет на сегодняшний день лучшее соотношение цена/качество. Батареи герметизированные, необслуживаемые, устойчивы к глубокому



разряда, имеют низкий саморазряд. Емкость 40–1200 А·ч, 3000 циклов заряда-разряда.

Для обеспечения длительного срока службы литий-ионные аккумуляторы оснащаются системой балансировки элементов: пассивной (током менее 5 А) или активной (током 5 А и более). Более высокий ток балансировки позволяет ускорить фазу балансировки, снизить время заряда АКБ, а самое главное – увеличить отдаваемое при разряде количество энергии.



**Михаил Полтавец, заместитель технического директора ООО ПК «Электроконцепт» (г. Новосибирск), в докладе «Оборудование собственных нужд постоянного и переменного тока, системы контроля изоляции»** отметил несколько продуктов компании, которые могут вызвать интерес энергоснабжающих организаций в части поиска мест утечек на землю.

Микроконтроллерный комплекс РИДУС предназначен для автоматизации и мониторинга электрооборудования и может применяться для сетей постоянного и переменного тока. Комплекс включает в себя различные устройства, в том числе выполняющие функции контроля сопротивления изоляции относительно земли.

Особенность комплекса в том, что он:

- представляет систему питания собственных нужд как интеллектуальный объект, создавая абстрактную модель, удобную для интегрирования в общие технологические процессы;
- в режиме реального времени отслеживает состояние и параметры сети и оборудования, предоставляя информационный срез в любой момент времени;
- самостоятельно решает задачи управления, определенные на этапе проектирования и конструирования, не привлекая ресурсы системы управления верхнего уровня;
- своевременно предупреждает о возможности возникновения аварийных ситуаций, о необходимости вмешательства персонала для устранения возникших неисправностей и т.д.

МКА (микроконтроллерный комплекс автоматизации) РИДУС – оптимальное решение по автоматизации СН-0,4 и СОПТ для цифровых подстанций.

Одной из составляющих частей системы РИДУС являются стационарный (СКИ) и переносной комплексы контроля изоляции (ПКИ). СКИ состоит из дисплея, контроллера и дифференциальных токовых датчиков. ПКИ состоит из анализатора, детектора и высокочувствительных токовых клещей (0,01–100 мА).

Системы СКИ РИДУС и ПКИ РИДУС работают по принципу мостовой схемы (Т-мост балансных сопротивлений) без инжектирования переменного тока в измеряемую сеть постоянного тока.

ПКИ РИДУС может работать в системах постоянного тока с номинальным напряжением 27/48/110/220 В и позволяет обнаруживать:

- утечки с неметаллическим замыканием с сопротивлением до 400 кОм;
- закольцованные цепи и объединения сетей, питающихся от разных АБ, с перетоками;

- утечки с одновременным замыканием в положительном и отрицательном полюсе, в том числе при равных сопротивлениях;
- многоточечные и разнополярные утечки на землю.

ПКИ РИДУС может работать в сетях с емкостью до 250 мкФ относительно земли.

Переносное устройство контроля изоляции способно определять сопротивление изоляции относительно земли отдельных кабельных линий и цепей в пределах от 0 до 400 кОм. Также устройство позволяет быстро и с точным позиционированием определить непосредственное место утечки благодаря указанию места повреждения изоляции в кабеле или цепи с протекающим током утечки на землю. Указание места повреждения существенно сокращает время поиска неисправности, устранения и предотвращения причин сложных аварий.

Стационарная система контроля изоляции СКИ РИДУС устанавливается в ЩПТ и выдает информацию о состоянии изоляции полюсов сети постоянного тока с поиском отходящей линии со сниженным сопротивлением изоляции в автоматическом режиме.

Обслуживающий персонал вмешивается в работу только в случае появления сигналов о предупреждениях, авариях или для выполнения стандартных периодических проверок.



**Антон Андриенко, технический руководитель ООО «Ольдам» (г. Москва), в докладе «Современные решения по построению СОПТ на базе оборудования отечественного производства»** пояснил, что «Ольдам» в области разработки систем оперативного тока оказывает потребителям полный спектр услуг,

начиная с научно-исследовательских и конструкторских работ и заканчивая утилизацией.

Компания имеет в России две производственные площадки. «НовАК» («Новгородская аккумуляторная компания») производит промышленные свинцово-кислотные аккумуляторы серии ОР и АСК. Завод «СПТ» («Системы постоянного тока»), находящийся в Новосибирске, выпускает зарядно-выпрямительные устройства, низковольтные распределительные щиты постоянного и переменного тока, автоматизированные системы контроля и управления системами постоянного тока.

Стационарные свинцово-кислотные аккумуляторные батареи серии ОР и АСК предназначены для того, чтобы обеспечивать электроснабжение во время провала электроэнергии в сети. Батареи способны поддерживать электропитание нагрузки как в течение нескольких секунд, так и в течение многих часов.

Аккумуляторы с плоскими намазными пластинами из свинцово-сурьмяного сплава имеют повышенные удельные энергетические характеристики. Они гарантируют длительную и надежную эксплуатацию, а также практически не нуждаются в обслуживании.

Щит постоянного тока (ШПТ) в зависимости от требуемых электрических и эксплуатационных характеристик может состоять из:





- ▶ – шкафа ввода аккумуляторной батареи (ШВАБ), предназначенного для обеспечения ЦПТ питанием от АБ и защиты АБ от сверхтоков;
- шкафа ввода и секционирования, предназначенного для ввода в ЦПТ электропитания от ШВАБ и ЗВУ, а также для защиты линий ввода на шины питания и шины управления от сверхтоков;
- шкафа отходящих линий, предназначенного для распределения электропитания по потребителям и защиты отходящих линий от сверхтоков.

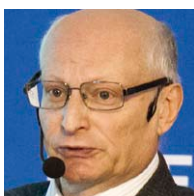
Распределительные системы постоянного тока РСПТ выполнены на базе ЗВУ серии НРТ и представляют собой сочетание щита постоянного тока и ЗВУ в одном корпусе.

К преимуществам РСПТ можно отнести то, что линейка оборудования РСПТ охватывает все схемотехнические решения для подстанций. Система мониторинга состояния ЗВУ и АБ позволяет постоянно следить за работой оборудования. Также РСПТ являются устойчивыми к сейсмическим воздействиям до 9 баллов.

Базовая конфигурация предусматривает односекционное исполнение, один ввод от АБ, контроль тока выпрямителей, контроль уровня напряжения на выходе выпрямителей, выдачу предупредительного и аварийного сигналов при выходе напряжения за допустимый уровень, контроль изоляции (уставка 20–50 кОм регулируемая), выдачу аварийного сигнала при снижении сопротивления изоляции до установленного значения, защитные устройства на выходе (автоматические выключатели 6–50 А).

Дополнительно, по желанию заказчика, в РСПТ можно обеспечить контроль уровня напряжения и пульсаций на шинах секций распределения с выдачей сигнала на сухие контакты, защиту АБ от глубокого разряда, двухсекционное распределение с межсекционным рубильником, установить устройство мигающего света, устройство мониторинга с интерфейсом RS485 для подключения к АСУТП, до 24 двухполюсных выключателей или предохранителей на 6–63 А, два ввода от аккумуляторной батареи или подключение двух аккумуляторных батарей и т.д.

Развитием РСПТ является РСПТ-М, в которой модульное построение системы позволяет организовать резервирование по схеме N+1.



**Юрий Гендлин, заместитель генерального директора ООО «Завод Конвертор» (г. Москва), в докладе «Оборудование ООО «Завод Конвертор» для систем СОПТ подстанций»** рассказал о зарядно-подзарядных устройствах и средствах мониторинга СОПТ, производимых компанией.

Зарядно-подзарядные устройства (ЗПУ) имеют большой диапазон регулировки выходного напряжения (от 10 до 130–140% от  $U_{ном}$ ) и выполняют следующие защитные и сервисные функции:

- контроль целостности цепи аккумуляторной батареи;
- изменение напряжения подзаряда в зависимости от температуры в помещении аккумуляторной батареи;
- двух- или трехступенчатый заряд любым методом согласно DIN 41773, то есть  $IU$ ,  $U$ ,  $IUI$ ;

- включение вентиляции в помещении аккумуляторной батареи в режиме заряда и автоматический вывод из работы устройства при отсутствии вентиляции;
- защита от различных видов неисправностей, в том числе и коротких замыканий в нагрузке, как металлических, так и через переходное сопротивление;
- индикация выходного напряжения, тока, температуры в помещении аккумуляторной батареи, напряжения дополнительных элементов, уставок в режиме заряда и подзаряда, расшифровка причины неисправности. Все уставки можно изменять при работе в любом режиме. Кроме того, ЗПУ могут встраиваться в систему АСУ.

Выступающий сравнил транзисторные и тиристорные зарядно-подзарядные устройства и сделал вывод, что оптимальными вариантами применения являются:

- на токи до 80 А – транзисторные ЗПУ;
- на токи от 80 А до 120 А – как транзисторные, так и тиристорные ЗПУ;
- на токи свыше 120 А – тиристорные ЗПУ.

Микропроцессорная система автоматизации, кроме функций, выполняемых ЗПУ, также осуществляет:

- измерение, контроль и индикацию тока и напряжения аккумуляторной батареи, на секциях щита постоянного тока с действием на сигнал при выходе измеряемой величины за пределы уставки;
- контроль работы, индикацию основных параметров и состояния устройств ЗПУ, УТСП-М (при установке устройства УТСП М на ЦПТ);
- контроль и визуальную сигнализацию состояния коммутационного оборудования щита постоянного тока;
- измерение сопротивления изоляции;
- измерение и индикацию температуры в помещении аккумуляторной батареи;
- цифровое осциллографирование.

При аварийном срабатывании коммутационной аппаратуры или выходе значений измеряемого параметра за пределы уставок осуществляется запись в энергонезависимую память состояния коммутационной аппаратуры и аналоговых сигналов (напряжение и ток). Передача информации в АСУ ТП осуществляется по стандартному протоколу.

Выступающий также остановился на особенностях работы устройств контроля изоляции и ложного срабатывания терминалов. Ложное срабатывание терминалов защит, происходящее при поиске фидера с пониженной изоляцией, связано не с током инжекции устройств поиска такого фидера, а с высоким сопротивлением дискретных входов терминалов.

По мнению докладчика, многие производители терминалов забыли о противоаварийном циркуляре Ц-05-89э от 21.08.1989. Входное сопротивление дискретных входов на порядки больше сопротивления, предписанного этим циркуляром.

Ложное срабатывание возможно только у тех терминалов, на дискретных входах которых уже имеется снижение сопротивления изоляции. Но во многих случаях из-за большого входного сопротивления дискретных входов это снижение изоляции сложно найти. Поэтому ложное срабатывание терминалов защит может вызвать не только работа устройства поиска фидера с пониженной изоляцией, но и кратковременное снижение изоляции на любом фидере.



**Аксар Виноградов, руководитель направления СОПТ департамента НКУ и КРУ ООО НПП «ЭКРА» (г. Чебоксары), выступая с сообщением «Решения НПП «ЭКРА» в электроснабжении собственных нужд постоянного и переменного тока объектов энергетики», особое внимание уделил системе контроля изоляции «ЭКРА-СКИ» и тиристорным зарядно-подзарядным устройствам.**

В настоящее время в СОПТ применяются устройства контроля сопротивления изоляции с функцией поиска поврежденного присоединения, однако не все они удовлетворяют требованиям:

1. По величине перекоса напряжения полюсов. Так, в стандарте ФСК указано, что для емкости сети в диапазоне от 2 до 10 мкФ величина перекоса напряжений не должна превышать 50–85 В, а при емкости сети более 10 мкФ при задержке срабатывания ДВ, равной 20 мс, величина перекоса не должна превышать 77 В.

2. По определению присоединений с симметричным снижением сопротивлений изоляции на обоих полюсах.

3. Возможности совместной непрерывной работы с традиционной схемой на основе двух резисторов с сопротивлением 1,1 кОм, последовательно включенных между полюсами сети, и резистором сопротивлением 3,9 кОм, включенным между обшей точкой резисторов 1,1 кОм и землей или ее аналогом.

Этим требованиям удовлетворяет система контроля изоляции «ЭКРА-СКИ», которая использует запатентованные способ измерения и способ определения сопротивления изоляции присоединений. «ЭКРА-СКИ» состоит из стационарной системы и переносной в виде специализированного прибора для ручного поиска.

Стационарная система контроля изоляции «ЭКРА-СКИ» включает терминал и датчики дифференциального тока трех типов: ДДТ-25, ДДТ-40, ДДТ-70. Способ измерения сопротивления изоляции основан на периодическом подключении сначала к одному, а затем к другому полюсу контролируемой сети ОПТ делителей напряжения относительно земли. При этом производится измерение напряжения на полюсах сети относительно земли, а также протекающего в земле тока с помощью датчика полного тока, установленного в терминале СКИ.

На основании данных полного тока и напряжения на полюсах производится контроль сопротивления изоляции полюсов сети. Измерение дифференциальных токов присоединений выполняется с помощью датчиков дифференциальных токов. На основании данных дифференциальных токов и напряжений на полюсах осуществляется контроль изоляции отдельных присоединений.

«ЭКРА-СКИ» – единственная система, имеющая аттестацию в ПАО «Россети».

Выступающий рассказал также о тиристорных зарядно-питающих устройствах, выпускаемых компанией. Тиристорное ЗПУ с номинальным током от 16 до 1200 А и напряжением от 24 до 950 В имеет два основных варианта исполнения – одноканальное и двухканальное, которое применяется для АБ с хвостовыми элементами либо для реализации двух отдельных независимых каналов в одной конструкции.

Выходные характеристики зарядного устройства полностью соответствуют требованиям по эксплуатации современных АБ. ЗПУ обладает низким уровнем пульсаций выходного напряжения (<0,5%) и высокой точностью стабилизации выходного напряжения (<0,5%), точность стабилизации тока 1,5%; имеет функцию ограничения тока заряда АБ на безопасном уровне и термокомпенсацию напряжения подзаряда АБ. Диапазон регулирования выходного напряжения 0–130% от номинального. Диапазон регулирования выходного тока 0–105% от номинального.

У ЗПУ полностью цифровая система управления. Задание параметров, выбор режима работы и просмотр состояния устройства производится через микропроцессорную панель управления. Система управления имеет автоматический тестовый контроль всех систем выпрямителя при его включении и обеспечивает полное интегрирование в единую информационную сеть с остальными элементами СОПТ.

Наличие встроенного WEB-интерфейса позволяет организовать дистанционный мониторинг состояния на обычном компьютере. Имеется заключение аттестационной комиссии о соответствии техническим требованиям ПАО «Россети». Рекомендуется для применения на объектах ПАО «Россети» и ПАО «Газпром».

Наличие встроенного WEB-интерфейса позволяет организовать дистанционный мониторинг состояния на обычном компьютере. Имеется заключение аттестационной комиссии о соответствии техническим требованиям ПАО «Россети». Рекомендуется для применения на объектах ПАО «Россети» и ПАО «Газпром».

Владимир Ребров, заместитель директора филиала в Санкт-Петербурге ООО «Беннинг Пауэр Электроникс» (г. Домодедово, Московская обл.), в докладе «Системы оперативного тока: повышение надежности, оптимизация эксплуатационных расходов» рассказал об особенностях некоторых устройств, выпускаемых компанией.



**Владимир Ребров, заместитель директора филиала в Санкт-Петербурге ООО «Беннинг Пауэр Электроникс» (г. Домодедово, Московская обл.), в докладе «Системы оперативного тока: повышение надежности, оптимизация эксплуатационных расходов» рассказал об особенностях некоторых устройств,**

выпускаемых компанией.

В тиристорных выпрямителях серии Thyotronic воплощена всесторонняя концепция мониторинга и контроля со следующими функциями:

- Контроль сети электроснабжения. При аварии напряжения сети тиристорный регулятор блокируется, входной контактор выключается. После восстановления напряжения сети регулятор разблокируется автоматически по истечении установленного времени.
- Контроль выходных параметров выпрямителя. Если выходное напряжение устройства опускается ниже 2,1 В/эл и его выходной ток менее 90% номинального, устройство контроля сообщает о неисправности выпрямителя.
- Контроль перенапряжения. Если выходное напряжение из-за внутренних или внешних причин становится недопустимо высоким, в течение 20 мс блокируются импульсы запуска тиристорного моста и выходное напряжение обнуляется.
- Контроль перенапряжения производится в динамическом режиме с автоматическим сбросом блокирования. Если система контроля фиксирует перенапряжение в пределах временного периода 30 секунд 4 раза и более, то сетевой контактор отключается.
- Контроль низкого напряжения батареи.
- Проверка цепи батареи. Цепь батареи системы электроснабжения тестируется циклически один раз каждые 24 ч.
- Тест емкости батареи.





- ▶ – Контроль замыкания на землю. Устройство измеряет сопротивление изоляции выхода выпрямителя относительно земли. Шины плюса и минуса контролируются попеременно.
  - Программируемая зарядная автоматика. Если батарея из-за сетевой аварии или по другой причине разряжается, при восстановлении рабочего режима выпрямителя происходит его переход в режим токоограничения. Если выпрямитель находится в режиме токоограничения больше 30 секунд, происходит автоматическое переключение в режим ускоренного заряда.
  - Режим выравнивающего заряда. Он может включаться с клавиатуры панели управления и контроля. При этом повышается выходное напряжение выпрямителя, но его ток не превышает 20%. Происходит выравнивающий заряд или заряд для ввода в эксплуатацию с характеристикой  $I$  вплоть до конечного напряжения заряда батареи.
  - Распределение тока в режиме параллельной работы. При соединении выпрямителей внутренним интерфейсом, распределение выходного тока составляет  $\pm 10\%$ .
- Также BENNING разработал особую линейку промышленных модульных систем электропитания постоянного тока, отвечающую техническим требованиям энергетического сектора. Эти системы предназначены для питания ответственной нагрузки следующими напряжениями постоянного тока: 24, 48, 60, 110, 220 и 336 В. Выходная зарядная характеристика  $I_U$  выпрямительных модулей ТЕВЕСНОР 3000 HDI делает возможным функционирование системы совместно с батареей или без нее.

Модульные системы электропитания постоянного тока обеспечивают гибкую масштабируемость выходной мощности, высокую работоспособность и превосходную эффективность. Основа системы – 19-дюймовая корзина, в которую встроены выпрямительные модули, работающие параллельно. Выпрямительные модули «горячего резерва» предусматривают варьирование выходной мощности и резервирование по схеме N+1. Силовые модули обеспечивают высокий уровень КПД (более 90% в широком диапазоне нагрузок от 30 до 100%), что способствует снижению тепловых потерь во время работы.

Каждый модуль обеспечивает максимум 3000 Вт выходной мощности. Несущая корзина вмещает от 1 до 5 силовых модулей и обеспечивает выходную мощность от 3 до 15 кВт. Если встроено всего 4 силовых модуля, то 1 посадочное место несущей корзины может использоваться для установки модуля мониторинга и контроля MCU 2500.



**Сергей Шавловский, специалист по развитию продукции АО «Электронмаш» (г. Санкт-Петербург), в выступлении «Типовые решения СОПТ и системы мониторинга для объектов ПАО «Россети»** представил линейку систем оперативного тока ExOnSys.

Система оперативного постоянного тока ExOnSys разрабатывалась АО «Электронмаш» как типовая система, учитывающая современные технические требования и обеспечивающая надежное питание потребителей на объ-

ектах электроснабжения всех классов напряжения сетевых и промышленных предприятий.

СОПТ выпускается в составе четырех серий: S, M, L и XL, каждая из которых отличается по номинальному току шин и составу шкафов.

Серии S (ШОТ ExOn, ток до 80 А) и M (ток до 160 А) применяются на новых или реконструируемых ПС 110 кВ, серии L (до 250 А) и XL (до 630 А), как правило, применяются на подстанциях высших классов напряжения с большим количеством потребителей.

Все серии СОПТ ExOnSys имеют типовые схемы, которые, с одной стороны, отвечают требованиям нормативной документации (СТО) и учитывают требования по надежности питания потребителей разных групп, а с другой стороны адаптированы к осуществляемому типу реконструкции СОПТ и подстанции – новое строительство, частичная реконструкция или полная реконструкция и учитывают современные проектные решения.

Другой важной стороной СОПТ ExOnSys является полностью переработанная система мониторинга. СОПТ поколения 2015–2016 гг. уже обладала достаточно развитыми средствами мониторинга, однако в ней была использована статическая концепция, которая, с одной стороны, не позволяла гибко подходить к выбору требуемого функционала и состава устройств, а с другой стороны, не обеспечивала поддержку современных протоколов передачи данных.

Сохранив надежность электрической части СОПТ ExOnSys на прежнем высоком уровне, разработчики полностью переработали систему мониторинга, которая теперь строится на модульном принципе и может быть использована на любых объектах промышленности и цифровых подстанциях и поддерживает передачу данных в АСУ ТП по МЭК 61850-8-1 (MMS), МЭК 60870-5-104, Modbus TCP.

Опираясь на практический опыт поставок, можно с уверенностью сказать, что рост количества потребителей СОПТ, связанный с появлением на современных подстанциях большого количества требовательных к надежности питания потребителей, привел к тому, что, по мнению заказчиков, система мониторинга СОПТ должна иметь расширенный функционал относительно перечисленных в СТО ФСК ЕЭС требований, включая возможности диагностики и самодиагностики.

В связи с возросшим значением АБ, возникла необходимость не просто контролировать состояние и режим АБ в целом, а поэлементно отслеживать напряжение, со своевременным информированием о пониженном либо повышенном напряжении на отдельном деградировавшем элементе; не просто контролировать состояние ЗВУ и значения тока и напряжения, а отслеживать уровень пульсаций, состояние питающей сети и внутренних систем, выходного напряжения, дисбаланс токов при параллельной работе и других параметров, напрямую влияющих на качество оперативного тока.

Все эти и другие возможности реализованы в штатной системе мониторинга нового поколения СОПТ ExOnSys, а наличие функций самодиагностики позволяет контролировать состояние внутренних связей между отдельными функциональными модулями системы мониторинга и своевременно сигнализировать об этом оперативному персоналу.



**Александр Лыков, заместитель главного инженера ООО «ИТФ «Лентурборемонт» (г. Санкт-Петербург), в докладе «Практический опыт проектирования, изготовления, монтажа и сервиса комплектных СОПТ производства ИТФ «Лентурборемонт»** отметил, что за последние 10 лет компания успешно выпол-

нила замену оборудования АБ, СОПТ, ЩСН и ДГУ «под ключ» на нескольких десятках действующих подстанций.

При этом приоритетом являются работы по последовательной цепочке: проектирование – изготовление оборудования – комплектация материалами – строительные-монтажные и пусконаладочные работы – ввод в эксплуатацию, а также сервисное обслуживание.

Докладчик обратил внимание на стремление отдельных производителей СОПТ снизить себестоимость конечной продукции за счет использования сомнительных комплектующих и применения схмотехнических решений 80-х годов прошлого века.

В части практического внедрения современных решений при разработке и изготовлении систем СОПТ и ЩСН докладчик сообщил о многолетнем положительном опыте по применению:

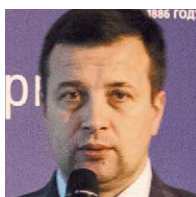
- многоканальных регистраторов для отображения и хранения (а также последующего объективного анализа) аналоговых параметров аварийных событий (граничные токи и напряжения, графики снижения сопротивления изоляции, короткие замыкания и пр.);
- модульных выпрямителей с ВЧ-преобразованием сетевого напряжения;
- модульных динамических стабилизаторов для питания особо ответственных нагрузок РЗА и ПА;
- автоматических выключателей постоянного тока;
- систем плавного пуска для электродвигателей и АВР для резервных ДГУ.

Специалистам ИТФ «Лентурборемонт» представляются сомнительным ограничение отраслевых СТО (работники компании с 2010 г. постоянно участвуют в рабочей группе ПАО «ФСК ЕЭС» по внедрению стандартов по СОПТ) в использовании в СОПТ автоматических выключателей постоянного тока, систем тотального контроля всех защитных и защитно-коммутационных аппаратов (в том числе служебных), систем активного контроля сопротивления изоляции, аккумуляторных батарей типа OPzS и герметизированных типа AGM и проч.

В подтверждение надежности «классических» аккумуляторов докладчик сообщил о наличии протоколов тестов (за последние 5 лет обследовано более 60 батарей) с применением комбинированных методик с проведением полноценных контрольных разрядов, с замерами плотности электролита, напряжения, электрической проводимости и тепловизионной диагностики, которые подтверждают надежную работу аккумуляторов типа OPzS (VARTA, Норреке) более 24 лет и типа AGM (EnerSys) более 12 лет.

Наряду с этим тесты показали несоответствие заявленному ресурсу и разрядным характеристикам аккумуляторов, изготовленных по «инновационным» технологиям. Выступающий предложил проведение экспресс-тестирования таких аккумуляторов на подстанциях ПАО «Ленэнерго».

В части конструктивных решений по СОПТ и ЩСН были приведены примеры успешного внедрения компанией контейнерных аккумуляторных батарей и контейнерных СОПТ и ЩСН на подстанциях, где отсутствует место для установки данного оборудования.



**Олег Прокофьев, генеральный директор ООО «Группа ЭНЭЛТ» (г. Казань), в выступлении «Системы постоянного и переменного оперативного тока производства предприятий группы компаний ЭНЭЛТ»** подробно рассказал о щитах переменного и постоянного тока.

Щит постоянного тока (ЩПТ) предназначен для обеспечения бесперебойным электропитанием потребителей постоянного тока (устройств релейной защиты и автоматики, микропроцессорных терминалов защит, приводов

► высоковольтных выключателей и т.д.) во всех режимах работы системы собственных нужд станций и подстанций от аккумуляторных батарей или зарядно-выпрямительных устройств.

Функционально ЩПТ состоит из силовой части, системы сигнализации, системы контроля изоляции, системы контроля качества напряжения, системы мониторинга и регистрации состояний.

К силовой части относятся коммутационные и защитные аппараты силовых цепей, присоединения кабелей и внутренние силовые связи (оборудование, выполняющее основные функции распределения электроэнергии внутри щита).

Система сигнализации представляет собой гибкое техническое решение по визуальному контролю состояния оборудования в основных режимах работы ЩПТ, имеющее множество вариантов исполнения под любые потребности заказчика.

Контроль изоляции является одной из самых важных функций ЩПТ, он осуществляется автоматически и достигается внедрением в щит высокотехнологичного оборудования, предназначенного для решения такого рода задач.

Щит собственных нужд (ЩСН) предназначен для питания оборудования электроэнергией в системах собственных нужд переменным током напряжением 0,4 кВ подстанций и электростанций.

Функционально щит собственных нужд состоит из шкафов ввода, шкафа секционирования с блоком АВР и шкафов распределения. ЩСН выпускаются как в шкафах ГК «ЭНЭЛТ», так и в шкафах производства Rittal, ABB, Schneider Electric, DKC и т.д., имеется возможность как одностороннего, так и двухстороннего обслуживания.

ЭНЭЛТ совместно с компанией Rittal освоили производство распределительных устройств 0,4 кВ с выдвижными ячейками собственной разработки, которые представляют собой функциональный блок с установленными в нём коммутационными аппаратами.

Всё производимое и поставляемое ООО «Группа ЭНЭЛТ» оборудование для предприятий ПАО «Россети» имеет положительные заключения аттестационной комиссии ПАО «Россети» (ЩСН, ЩПТ, АВ, ЗВУ).

**В докладе руководителя проектно-технического отдела ООО «Группа ЭНЭЛТ» Александра Горянского было отмечено**, что компанией выполнен ряд проектов по строительству инновационных солнечных электростанций в труднодоступных районах страны. Один из них – успешно реализованный проект автономной солнечной электростанции мощностью 36 кВт в поселке Верхняя Амга (Якутия) с накопителями электроэнергии на инновационных свинцово-карбонных аккумуляторных батареях.

Использование технологии «свинец-карбон» улучшает способность принимать заряд, уменьшает сульфатацию отрицательной пластины, то есть является наиболее подходящим решением для применения с частичным снятием емкости.

АВ с такой технологией имеют самый большой срок службы в циклическом режиме работы – более 4200 циклов разряда с глубиной 70%. Расчетный срок службы составляет не менее 15 лет. Компактная структура и модульная конструкция позволяют уменьшить площадь установки, обеспечивают удобство монтажа и обслуживания.

В заключение докладчик обратился к руководству ПАО «Ленэнерго» с официальным предложением ввести в опытную эксплуатацию свинцово-карбонные аккумуляторные батареи ООО «Группа ЭНЭЛТ» на объектах ПАО «Ленэнерго».



**Валентин Крошин, руководитель отраслевой группы ЗАО «МПОТК «ТЕХНОКОМПЛЕКТ» (г. Дубна), в выступлении «Отечественное производство зарядных устройств серии АУОТ-М «Дубна», серии ПНЗП-М «Дубна» и современные системы постоянного тока на их базе в рамках реализации программы импортозамещения»** рассказал об основных технических параметрах и функциональных особенностях устройств, которые производит компания.

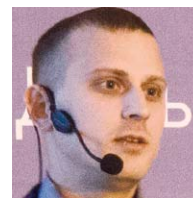
При этом основное внимание докладчик уделил комплексу мониторинга системы оперативного тока серии КМСОТ-М

«ДУБНА», который предназначен для измерения основных первичных электрических и технологических параметров компонентов СОПТ, вычисления вторичных параметров, характеризующих состояние СОПТ, и заблаговременного информирования о предаварийных режимах работы.

Комплекс обеспечивает следующие функции:

- контроль и индикация напряжения на шинках постоянного тока и выдача сигнала о его повышении или понижении;
- контроль уровня пульсаций напряжения на секциях и выдача сигнала при увеличении пульсаций выше уставок;
- измерение и индикация суммарного тока потребления секций и сборок СОПТ, токов ЗУ;
- измерение и фиксация аварийных значений сверхтоков, времени их протекания, оценочный подсчет остаточного ресурса плавких вставок вводов питания на сборки СОПТ;
- подсчет количества аварийных отключений автоматических выключателей, оценочное определение остаточного коммутационного ресурса;
- измерение напряжения на равных по количеству элементов частях аккумуляторной батареи, вычисление суммы и разности измеренных значений, выдача сигнала при превышении величины разности напряжений заданного значения, индикация суммарного значения напряжения;
- измерение и индикация тока в цепи аккумуляторной батареи с определением направления (по критерию заряд/разряд);
- контроль уровня пульсаций тока АВ и выдача сигнала при увеличении пульсаций выше уставки;
- контроль и индикация температуры АВ, выдача сигнала при достижении предельно допустимых значений;
- измерение потенциалов полюсов СОПТ относительно земли, вычисление их разности и выдача сигнала при превышении разности потенциалов заданных величин;
- автоматическое измерение активного сопротивления изоляции полюсов СОПТ относительно земли и выдача сигнала при его снижении ниже заданных значений с указанием поврежденного фидера;
- ручной поиск участка со сниженным сопротивлением изоляции;
- контроль целостности всех предохранителей, аварийного отключения любого автоматического выключателя, положения всех коммутационных и защитных аппаратов;
- индикация состояния и положения всех защитных и коммутационных аппаратов: местная визуальная и по АСУ ТП с привязкой к мнемосхеме СОПТ.

Также комплекс КМСОТ-М «ДУБНА» выполняет регистрацию аварийных событий СОПТ с указанием времени возникновения и записью аварийных параметров в энергонезависимую память.



**Александр Васин, генеральный директор ООО «Штиль Энерго» (г. Тула), в выступлении «Гарантированное электропитание оборудования телемеханики и связи на ПС переменного тока»** сказал, что электропитание оборудования средств связи и телемеханики подстанции должно осуществляться от системы гарантированного

и бесперебойного электропитания по ГОСТ 5237-83 и соответствовать первой категории надежности энергоснабжения.

Сейчас модельный ряд устройств бесперебойного питания переменного тока (УБП), выпускаемых компанией под маркой «Штиль», включает четыре вида, отличающихся выходной мощностью – от 1 до 11 кВА, или от 0,75 до 8,25 кВт. Все они удовлетворяют условию резервирования N+1 по инверторным модулям, исходя из заявленной мощности, а также содержат не менее двух выпрямительно-зарядных модулей для надежного и эффективного заряда АКБ.

К основным особенностям УБП «Штиль» можно отнести:

- двойное преобразование сети – online (VFI) по IGBT-технологии;
- возможность подключения двух независимых фидеров ~220 В 50 Гц;
- отсутствие перерыва в электроснабжении при нарушении электроснабжения одного из фидеров;
- модульный принцип построения входных и выходных каскадов устройства, обеспечивающий отсутствие единой точки отказа оборудования и повышенную надежность УБП;



- возможность подключения до 4 групп АКБ для выполнения резервирования N+1 для исключения одновременного выхода из строя всей батарейной группы;
- применение низковольтной (=48 В) батареи, позволяющей избежать поражения током обслуживающего персонала при чрезвычайных ситуациях (пожар, наводнение и пр.), при КПД 95% преобразования энергии питания нагрузки по переменному току и 92% нагрузки по постоянному току;
- возможность последующего увеличения мощности УБП как по постоянному, так и по переменному току за счет «горячего» включения дополнительных инверторных и выпрямительно-зарядных модулей;
- «горячая» замена всех базовых узлов УБП, а именно выпрямительно-зарядных, инверторных модулей и центрального контроллера, без обесточивания питания ответственных потребителей;
- автоматический переход в режим ЕСО в случае перегрузки или аварии инверторов в группе;
- возврат в режим работы online при снятии перегрузки инверторов;
- отключение незадействованных выпрямительно-зарядных модулей с последующим их попеременным включением для повышения общей наработки на отказ и поддержания высокого коэффициента полезного действия;
- контроль состояния АКБ (тест емкости, тест мощности, термокомпенсация, поэлементный контроль, выравнивание напряжения АКБ, установка тока заряда, установка напряжения LVD, установка напряжения АКБ, при котором выдается аварийное сообщение о низком разряде, токе перегрузки) как в автоматическом режиме, так и в ручном;
- полностью цифровое управление силовыми преобразовательными модулями;
- самотестирование при запуске;
- локальная и удаленная выдача информации о неисправностях и состоянии системы;
- ведение архива событий выхода параметров за нормированные значения;
- простой, информативный и интуитивно понятный русскоязычный интерфейс;
- детальный мониторинг (напряжение выпрямительно-зарядных модулей, их температура, напряжение инверторных модулей, токи каждого модуля, их состояние, напряжение сети основного фидера, состояние резервного фидера, состояние всех релейных элементов, датчиков и мн. другое) по протоколам Modbus-RTU (RS-485), SNMP, HTTP (Ethernet), Штиль (Ethernet, USB, ПО Power System Manager), а также с помощью сигнальных контактов.

Модельный ряд УБП «Штиль» был разработан с учетом возможности полной интеграции в существующие схемы построения электропитания оборудования АСДТУ ПС переменного тока с высшим напряжением 35–750 кВ.

### ИТОГИ

Итоги Дня презентаций подвел *заместитель главного инженера по Ленинградской области ПАО «Ленэнерго» Николай Бурдуков:*

– ПАО «Россети» сейчас начали достаточно серьезную проработку решений с применением цифровых технологий. Определены приоритетные инновационные направления развития – «Цифровая подстанция» и «Цифровой РЭС». Соответственно нам очень интересны инновационные разработки, новые предложения, которые могут поступить от разработчиков и производителей оборудования для СОПТ.

Сегодня мы услышали достаточно много интересных докладов. Практически все компании мы хорошо знаем, и их оборудование применяется на наших объектах. Тем интереснее было узнать о новых решениях, предлагаемых ими в области систем оперативного тока.

**Очередной День презентаций ПАО «Ленэнерго» состоится 22 марта 2018 года и будет посвящен мобильным и модульным подстанциям 110–35–6(10) кВ и комплектующему оборудованию: малогабаритным КРУ (КРУЭ) и силовым трансформаторам, а также силовым кабелям для подключения мобильных подстанций и токопроводам.** ■