СИГРЭ. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМИТЕТ B3 «ПОДСТАНЦИИ»

АВТОРЫ:

ДАРЬЯН Л.А.,
Д.Т.Н.
ЗАО «ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНСПЕКЦИЯ ЕЭС»

ЛАВРУШИНА А.А.
ЗАО «ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНСПЕКЦИЯ ЕЭС»

В августе 2012 г. в Париже прошла 44-я сессия Международного совета по большим электроэнергетическим системам СИГРЭ (Conseil International des Grands Réseaux Electriques). В рамках сессии проводятся технические, административные и пленарные заседания всех входящих в эту конференцию исследовательских комитетов (ИК) и рабочих групп (РГ).

В предыдущих номерах мы рассказали о деятельности четырех ИК: A2 «Трансформаторы», B4 «Оборудование электропередач постоянного тока высокого напряжения и мощной силовой электроники», C6 «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация» и B2 «Воздушные линии». В настоящем номере мы представляем отчет о работе исследовательского комитета B3 «Подстанции».

Ключевые слова: Smart Grid, мониторинг, оценка состояния, МЭК 61850, модернизация существующих подстанций, нетрадиционные измерительные трансформаторы, береговые подстанции переменного тока.

Международный совет по большим электроэнергетическим системам СИГРЭ – постоянно действующая неправительственная и некоммерческая международная ассоциация, центральный офис которой расположен в Париже

ВВЕДЕНИЕ

1. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМИТЕТ ИК B3: ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Стратегическими целями деятельности ИК B3 «Подстанции» являются содействие инженерному развитию, расширению информационной базы и международному обмену информацией в области проектирования, строительства, технического обслуживания и управления подстанциями, а также анализ опыта эксплуатации и разработка рекомендаций для реализации наилучших решений.

Членами ИК B3 являются представители 38 стран: Австралия и Новая Зеландия – 3, Азия – 6, Северная Америка – 3, Южная Америка – 3, Африка – 2, Европа – 20, Ближний Восток – 1.

В своей деятельности ИК B3 выделяет следующие наиболее актуальные направления:

- проектирование подстанций и высоковольтных сетей переменного и постоянного тока;
- Smart Grid и повышение уровня автоматизации сетей;
- повышение информативности по рискам активов;
- повышение мощности подстанций и модернизация существующих активов;
- новые материалы и технологии;
- опыт эксплуатации высоковольтных сетей;
- безопасность и охрана окружающей среды;
- экономические аспекты строительства и ремонта.

Текущая работа комитета осуществляется в рабочих группах, которых в настоящее время насчитывается 13:

- РГ B3.13 (F. Gallon) «Сокращение времени на замену высоковольтного оборудования» (2005–2013);
- ОРГ (объединенная РГ) B3/C1/C2.14 (G. Lingner) «Оптимизация конфигурации схемы» (2006–2013);
- РГ B3.36 (P. Sandeberg) «Особенности систем переменного и постоянного тока ВВ подстанций, соединенных с ветровыми электростанциями» (2011–2013);
- РГ B3.35 (B. Carman) «Оптимизация конструкции заземления ПС на основе количественного анализа рисков» (2013–2016);
- РГ B3.25 (E. Duggan) «Анализ элегаза для оценки состояния элегазового оборудования» (2019–2013);
- РГ B3.29 (K. Uehara) «Технологии полевых испытаний оборудования ПС ультравысокого напряжения в условиях эксплуатации» (2010–2013);
- РГ B3.30 (S. Stangherlin) «Руководство по сокращению использования элегаза при проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования» (2010–2013);
- ОРГ B3/B1.27 (H. Koch) «Факторы, влияющие на принятие инвестиционных решений при выборе кабелей и газоизолированных линий переменного тока» (2011–2014);
- РГ B3.24 (M. Reuter) «Преимущество диагностики на основе измерения характеристик ЧР при оценке состояния КРУЭ» (2012–2015);

ИНФОРМАЦИЯ

СИГРЭ. ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫЕ ТЕМЫ

На сессии СИГРЭ авторы не представляют свои доклады. Делегаты знакомятся с ними заранее, а затем обсуждают на основании ряда вопросов, представленных в специальном докладе, который отражает основное содержание этих работ. Для более глубокого обсуждения сессионные доклады должны строго отвечать темам, указанным в списке предпочтительных, и быть отобраны соответствующими исследовательскими комитетами.

Доклады отбираются на основании аннотаций. Сперва они проверяются в национальном комитете, который уполномочен на дальнейшую передачу определенного числа работ. Затем председатель исследовательского комитета, который ответственен за ход дискуссий, при координации председателя технического комитета делает выбор из полученных предложений. Доклад может быть отклонен даже при условии, что написан полностью, если сочтут, что он недостаточно качественен.

Доклад должен быть посвящен только одной предпочтительной теме. Основной автор должен быть представителем коллективного члена СИГРЭ.

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ С РАЗЛИЧНОЙ ДЛИНОЙ ВОЛОКНА L В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЧАСТОТЫ

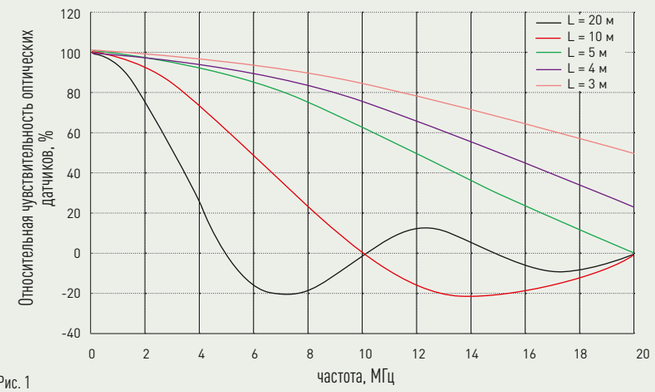

Рис. 1

- РГ B3.37 (D. Fulcheron) «Внутренние эффекты от разрядов в распределительных устройствах среднего напряжения (1–52 кВ) – снижение последствий» (2013–2017);
- РГ B3.31 (M. McVey) «Подстанции, эксплуатируемые в тяжелых климатических условиях» (2011–2013);
- РГ B3.32 (H. Cunningham) «Оптимизация обслуживания ОРУ» (2011–2014);
- РГ B3.34 (J. Smit) «Концепция управления подстанциями будущего» (2011–2014).

Период деятельности каждой РГ составляет три-четыре года и завершается обзорной публикацией в журнале «Электра» или выпуском технической брошюры – итогового материала, обобщающего доступные материалы, характеризующие уровень знаний в данной предметной области. В этой публикации также приводятся выводы и практические рекомендации по теме анализа.

ОБЗОР ДОКЛАДОВ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА 44-Й СЕССИИ ПО ТЕМАТИКЕ ИК B3

На 44-ю сессию СИГРЭ были представлены доклады по двум преференциальным темам (ПТ):

- достижения в области технологий подстанций;
- опыт управления подстанциями.

Первая преференциальная тема охватывала следующие вопросы:

- проектирование подстанций высокого напряжения;
- влияние стандарта МЭК 61850 «Коммуникационные сети и системы подстанций» и нетрадиционных измерительных трансформаторов на конструкцию ПС;
- требования к проектированию береговых подстанций переменного тока;
- снижение воздействия ПС на окружающую среду.

По второй преференциальной теме рассматривались:

- опыт управления ПС высокого напряжения;
- модернизация существующих подстанций в соответствии с новыми требованиями (повышение мощности, улучшение надежности и сокращение расходов на эксплуатацию);
- мониторинг и оценка состояния подстанций и газоизолированных линий;
- управление надежностью и сроком службы основного и вспомогательного оборудования.

По данным темам было представлено 25 докладов.

ДОКЛАДЫ ПО ПТ 1 «ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНОЛОГИЙ ПОДСТАНЦИЙ»

B3–101–2012

«Онлайн-мониторинг и регистрация переходных режимов в электроэнергетической системе» (D. F. Peelo, F. Rahmatian – Quanta Technology and BC Hydro, Canada)

Отмечено, что традиционные трансформаторы тока и напряжения показывают хорошие эксплуатационные свойства. Данные трансформаторы, предназначенные для измерения тока и напряжения промышленной частоты, имеют известные ограничения при регистрации переходных процессов. Рассмотрены способы использования оптических измерителей тока и напряжения, которые имеют широкие возможности при измерении переходных процессов в режиме онлайн. Приведены примеры, показывающие,

ОСЦИЛЛОГРАММА, ЗАПИСАННАЯ ВО ВРЕМЯ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ЛИНИИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ НА ПС INGLEDOW, КАНАДА, 2011 Г. (24 000 КАДРОВ / С)

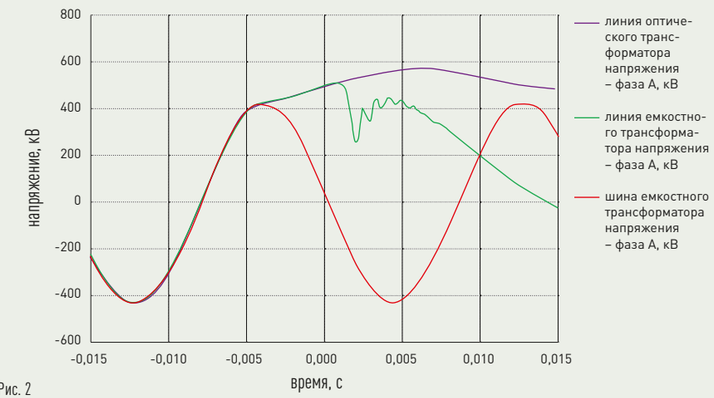

Рис. 2

что применение широкополосных оптических датчиков, помимо повышения точности измерений, делает возможным локализацию повреждения на основе анализа, например, параметров «бегущих волн». Это, в свою очередь, позволяет отказаться от применения дорогостоящего диагностического оборудования и получить значительный экономический эффект при эксплуатации. На рис. 1 и 2 приведены зависимости, показывающие преимущества применения оптических датчиков тока и напряжения.

B3–102–2012

«Компактные подстанции для быстрой установки» (D. Falorni, V. Iuliani – Piazza Costante ABB SpA, Italy)

Приведен опыт эксплуатации мобильных подстанций класса напряжения 145–170 кВ – SCRI (компактные подстанции для быстрой установки). Применение данных подстанций позволяет решать одновременно две задачи: 1) ускоренное строительство возобновляемых источников электроэнергии (ветровых и солнечных); 2) обеспечение электроснабжения в процессе строительства стационарных подстанций.

Мобильная ПС собрана в 40-футовых контейнерах, которые можно свободно перемещать без специальных разрешений для перевозки негабаритных грузов. В конструкции применено большое количество инновационных решений, направленных на уменьшение размеров конструкции и увеличение механической прочности, что необходимо для обеспечения безопасной транспортировки. Например, используются специальные амортизаторы для транспортировки по неровным дорогам. Для того чтобы свести к минимуму время установки, применяются кабели из сшитого полиэтилена и концевые муфты. Кроме того, эти подстанции обладают высокой заводской готовностью, т. е. тестирование всех основных блоков мобильной подстанции (высокого, низкого напряжения, защиты и управления) производится на заводе-изготовителе с устранением большинства выявленных недостатков на месте.

Для установки на местности мобильных ПС требуется землеотвод размером 20 х 50 м. Первая мобильная ПС в Италии находится в эксплуатации с 21 декабря 2010 г.

B3–103–2012

«Опыт эксплуатации шины процесса согласно стандарту МЭК 61850 с применением нетрадиционных измерительных трансформаторов» (A. Henrion, D. Pita and P. Schaub – Powerlink Queensland, Australia)

В работе речь идет о Powerlink Queensland (Powerlink), которая является компанией по передаче электроэнергии класса напряжения до 330 кВ в штате Квинсленд (Австралия). Общая стратегия компании ориентирована на реализацию проектов в соответствии со стандартом МЭК 61850 «Коммуникационные сети и системы подстанций». В работе обсуждаются особенности применения нетрадиционных измерительных трансформаторов (NCITS); мероприятия, направленные на улучшение конструкций на основе опыта эксплуатации, а также существующие и планируемые проекты по совершенствованию данного направления. Новый международный стандарт МЭК 61869 заменил стандарт МЭК 60044, касающийся группы измерительных трансформаторов. Новый стандарт включает в себя группу измерительных трансформаторов малой мощности (LPIT), которые обычно называют нетрадиционными трансформаторами (NCITS). МЭК 61869 определяет метод цифровой связи на основе стандартов МЭК 61850, МЭК 60044–8 и UCA International User Group (Международная группа пользователей).

Востребованность трансформаторов NCITS рассматривается с точки

«ДОРОЖНАЯ КАРТА» ВНЕДРЕНИЯ СТАНДАРТА МЭК 61850

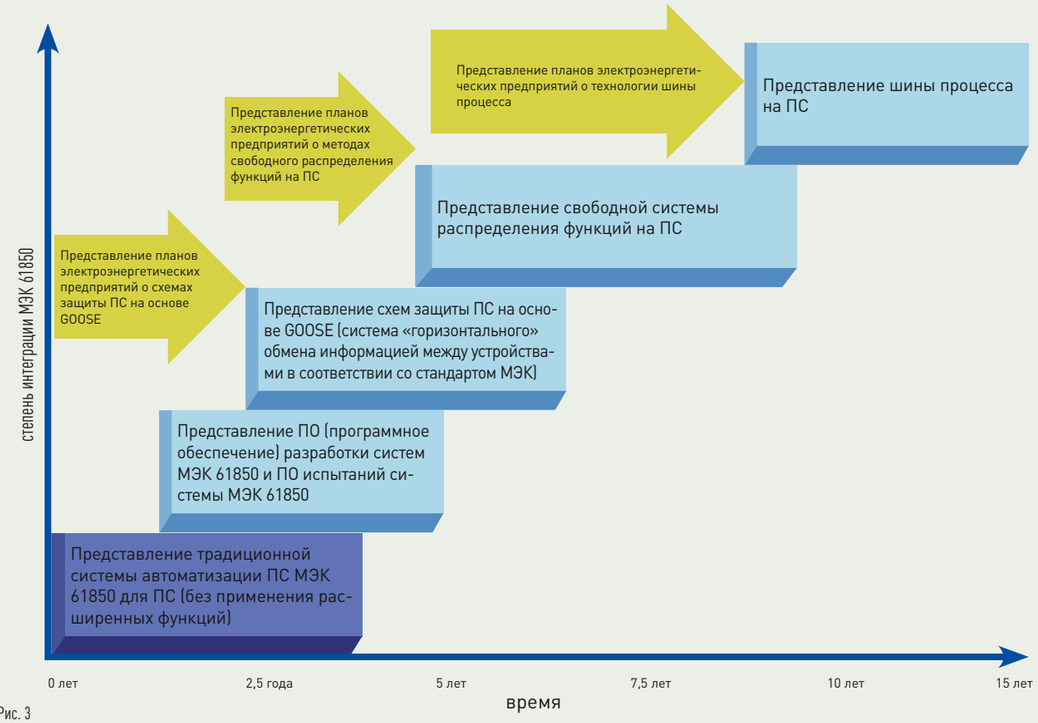

Рис. 3

зрения требований стандарта МЭК 61850, касающихся повышения безопасности, надежности, уменьшения вредного воздействия на окружающую среду и снижения затрат.

ВЗ–105–2012

«Разработка «дорожной карты» по внедрению решений на базе стандарта МЭК 61850 «Коммуникационные сети и системы подстанций» для высоковольтных подстанций в Ирландии (K. Cooney, K. Lynch – ESB International, Ireland)

Обсуждаются преимущества, получаемые в результате внедрения стандарта МЭК 61850:

- расширение автоматизации подстанций,
- снижение темпов технологического старения и вытекающей из этого необходимости замены оборудования;
- стандартизация технических средств подстанции, которая позволит снизить затраты жизненного цикла. Для этого необходима разработка соответствующего программного обеспечения;
- повышение функциональной интеграции вторичных систем в рамках подстанции.

На рис. 3 представлена «дорожная карта» внедрения стандарта МЭК 61850.

ВЗ–106–2012

«Строительство компактных подстанций для экономии площадей региональной электросетевой компании в Тегеране» (M. Vadiati – NRI, M. Kabiri – IGMC, F. Nekouei – ATIEH, A. R. Ebrahimi – TREC, Iran)

Описаны проблемы выбора проекта для строительства компактных подстанций в ограниченных городских условиях, когда нет возможности установить стандартную подстанцию. Показано применение новых технологий, таких как многоэтажная схема, оптимизация расстояния между оборудованием, применение вертикальных выключателей и т. д., для строительства компактной ПС. С помощью MatLab разработан алгоритм сравнения различных

ДАННЫЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РОБОТОВ С MDP

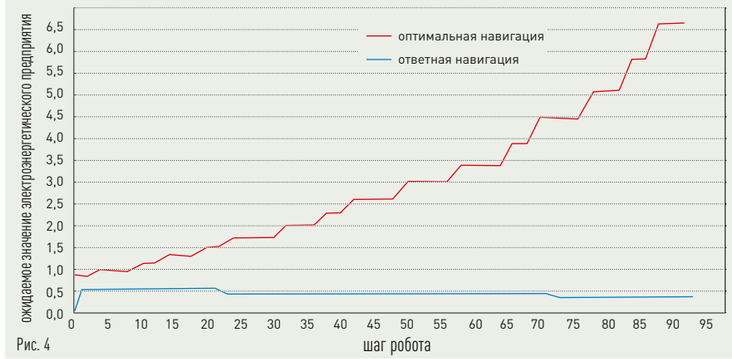

Рис. 4

решений. Использовались два разных программных обеспечения (MADM и QCBS), которые показали идентичные результаты работы. Разработанный алгоритм выбора оптимального компактного решения был предложен областной электросетевой компанией Тегерана.

З–110–2012

«Типовой проект строительства электроэнергетических объектов в условиях города» (R. Adobes, P. Cardona – Iberdrola Ingenieria y Construccion, S. A.U., Spain)

Представлен проект реконструкции энергоснабжения большого города на примере Валенсии. Обсуждаются возможные интеграционные решения по сокращению площадей и возможности перевода ПС под землю. Инвестиционный план Iberdrola предполагает строительство новых ЛЭП и подстанций класса напряжения 220 кВ. В частности, в Валенсии и прибрежных городах на востоке Испании передача электроэнергии осуществляется при напряжении 132 и 66 кВ. В проекте предусмотрено строительство девяти новых подстанций и 38 км ЛЭП класса напряжения 220 кВ. Питание потребителей переведено на среднее напряжение (20 кВ).

Авторы подчеркивают, что представленные в статье технические и эстетические решения могут быть применены в любом городе в целях сокращения необходимой площади для подстанций.

ВЗ–112–2012

«Оптимизация навигации роботов для осмотра и наблюдения на подстанциях» (A. Reyes, A. Felix – Instituto de Investigaciones Electricas, ITESM Campus Mexico City, Mexico)

В работе в качестве альтернативы предлагается использовать марковский процесс для оптимизации навигации роботов при осмотре ПС. Основным преимуществом подхода является то, что модель оптимизации с помощью компьютерного обучения и космической навигации была разработана с использованием алгоритма машинного осмысления. Разработка была протестирована на виртуальной подстанции, где навигация робота осуществлялась в различных условиях и на разном оборудовании. На рис. 4 показаны данные об использовании роботов, полученные от электроэнергетических предприятий. Данный метод может применяться в энергетике для наблюдения и поиска неисправностей на ПС. Планируется реализовать эти функции в роботе Pioneer 2.

ИНФОРМАЦИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

определяет следующие виды документов:

- Международный стандарт;
- Технические требования;
- Технический отчет.

Международный стандарт
Это стандарт, официально принятый Международной организацией по стандартизации, определяемый как «нормативный документ, разработанный в соответствии с процедурами согласования», принят всеми национальными комитетами МЭК.

Технические требования
Технические требования публикуются в тех случаях, когда стандарт находится в разработке или когда для официального принятия международного стандарта не достигнуто необходимое согласие.

Технический отчет
Информация в TR отличается от опубликованной в международных стандартах. Например, данные исследований, проведенных конкретным национальным комитетом. TR носит чисто информативный характер и не является нормативным документом.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ТРАДИЦИОННОЙ ПС С РАЗЛИЧНЫМИ СХЕМАМИ СИСТЕМЫ ШИН

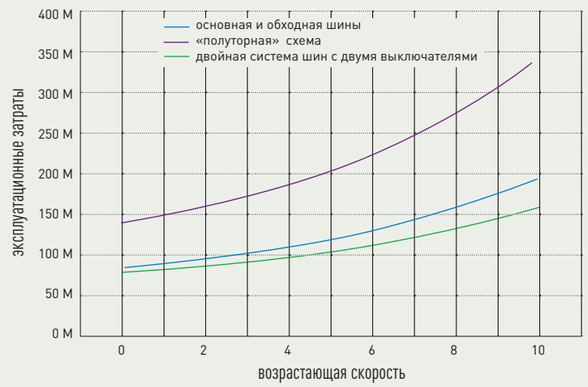

Рис. 5

ДОКЛАДЫ ПО ПТ 2 «ОПЫТ УПРАВЛЕНИЯ ПОДСТАНЦИЯМИ»

B3–201–2012

«Онлайн-мониторинг состояния подстанции: опыт Румынии» (C. Moldoveanu, V. Brezoianu – Nova Industrial SA, C. Diaconu – CN Transelectrica SA, Romania)

Представлены результаты мониторинга в режиме реального времени технического состояния электротехнического оборудования высоковольтных подстанций румынской электросетевой компании CN Transelectrica SA.

Описаны элементы интеллектуальных систем, предназначенные для онлайн-мониторинга всего основного оборудования подстанции 110–400 кВ Darste (первая подстанция в Румынии, которая полностью оснащена системами онлайн-мониторинга). Комплексная система онлайн-мониторинга, реализованная на этой подстанции, включает в себя мониторинг силовых трансформаторов, шунтирующих реакторов, высоковольтных выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, а также ограничителей перенапряжения. Эти интеллектуальные системы мониторинга можно использовать как автономно, так и в составе интеллектуальных сетей (Smart Grid), комплексной системы онлайн-мониторинга электрических станций и подстанций.

Описан комплекс программ, позволяющий осуществлять интеграцию указанных интеллектуальных систем и обеспечивающий связь с программным обеспечением технического обслуживания, предназначенным для управления техническим состоянием и обслуживания высоковольтных силовых трансформаторов, шунтирующих реакторов, трансформаторов тока и напряжения, высоковольтных выключателей, разъединителей и ОПН 110–750 кВ подстанций румынской энергосистемы.

Приведены некоторые особенности создания этих систем, обнаруженные в процессе реализации проекта для компании CN Transelectrica.

B3–206–2012

«Повышение надежности при модернизации подстанций путем изменения конфигурации системы шин» (S. Chareonsrikasem – Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT), T. Suwanasri – King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB), Thailand)

Потребность в электроэнергии в Таиланде постоянно растет. Для решения данной проблемы электроэнергетическим компаниям необходимо повышать надежность системы передачи. Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности является изменение конфигурации системы шин. Например, переход от системы с одной секцией сборных шин к системе с двумя секциями сборных шин и двумя выключателями. Для последних обычно требуется больше пространства и, следовательно, большая площадь для расширения подстанции. С другой стороны, стоимость недвижимости постоянно растет. Кроме того, физические ограничения и/или воздействие на окружающую среду также играют значительную роль. Все эти факторы приводят к строгим ограничениям на расширение ПС, особенно для обычных городских подстанций. По этой причине применение компактных распределительных устройств привлекает все большее внимание. В работе описан пилотный проект изменения конфигурации системы шин с использованием компактных распределительных устройств на традиционной подстанции класса напряжения 115 кВ. Для традиционных подстанций типичной схемой является распределительное устройство с одной секцией сборных шин, которая имеет относительно низкую надежность. В работе приведены расчеты надежности ПС и срока службы оборудования, а также вычисление эксплуатационных затрат (рис. 5) с разными конфигурациями секций системы шин. Это необходимо для того, чтобы подобрать подходящую экономически целесообразную схему с максимальной надежностью. В результате в качестве самого оптимального варианта была выбрана двойная система шин с двумя выключателями. Тем не менее изменение конфигурации секций системы шин ОРУ означает расширение ПС, которое в этом случае невозможно. С другой стороны, применение КРУЭ является очень дорогостоящим. В результате было принято решение о применении компактного РУ, при котором затраты относительно приемлемы.

B3–208–2012

«Мониторинг и оценка состояния коммутационного оборудования с элегазовой изоляцией и газоизолированных линий» (J. L. Rayon, A. Girodet – Alstom Grid, Aix-les-

АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

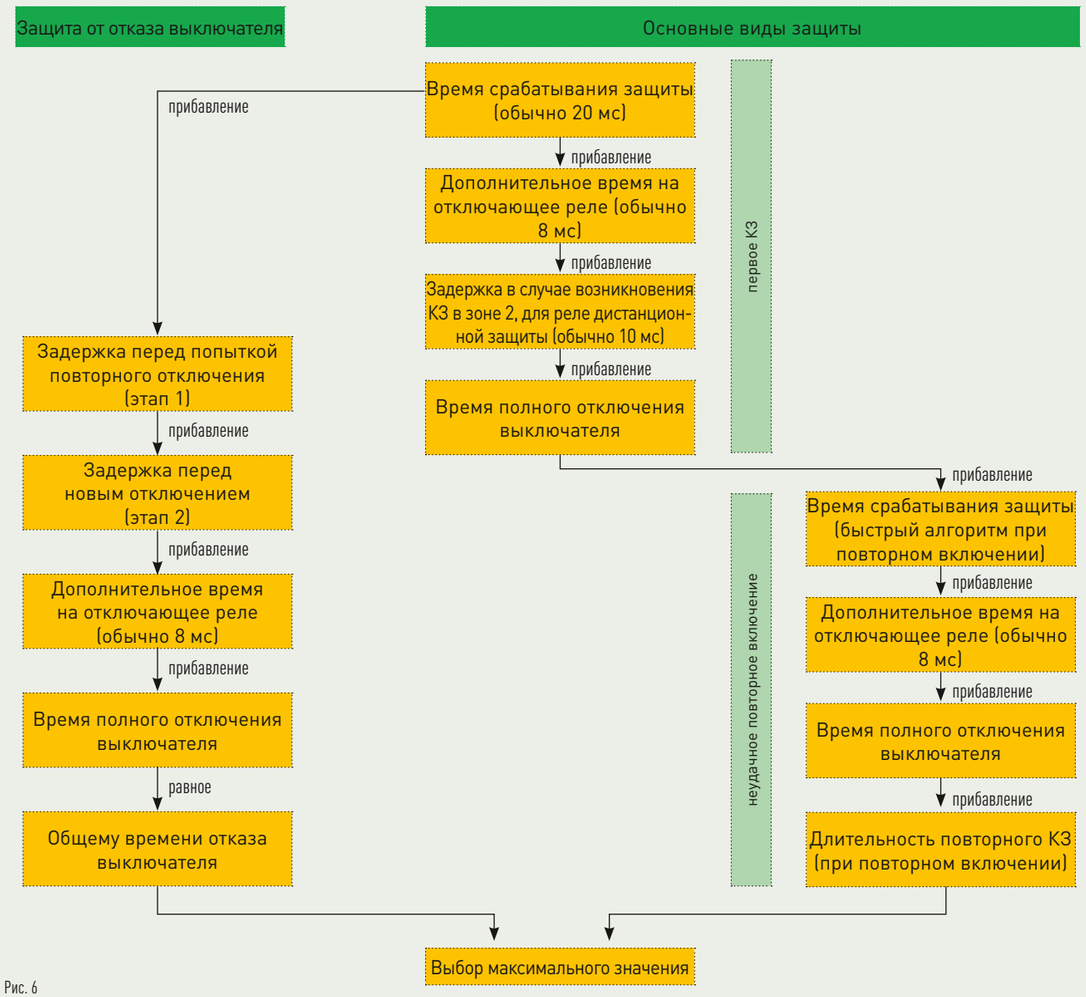

Рис. 6

УМЕНЬШЕНИЕ ОБЪЕМА ЭЛЕГАЗА В КРУЭ

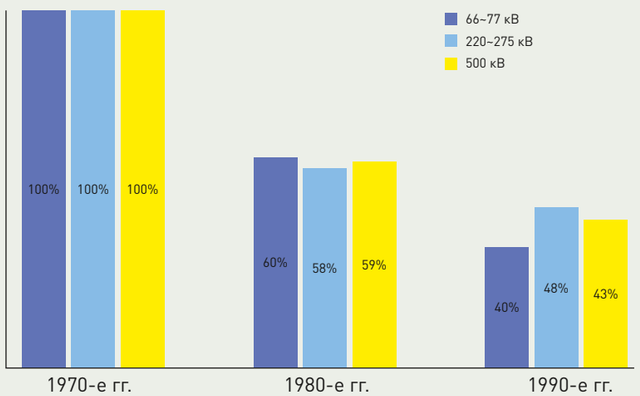

Рис. 7

Bains, France; Alstom Grid AG, Oberentfelden, Switzerland)

В последние годы технические требования к мониторингу текущего состояния коммутационного оборудования с элегазовой изоляцией (GIS) и газоизолированных линий (GIL) постоянно совершенствуются. Еще несколько лет назад основной упор в мониторинге GIS/GIL был сделан на контроль плотности элегаза с целью сведения к минимуму потери элегаза в течение всего срока службы оборудования, т. к. международные нормы, упомянутые в Киотском протоколе 1997 г., и стандарты для оборудования с элегазовой изоляцией (МЭК 62271–203) требуют от компаний высокоточного контроля за утечками элегаза.

В последние годы был введен дополнительный контроль технических параметров. На сегодня необходимо отслеживать, анализировать и передавать различным службам целый спектр новых параметров. В соответствии с новыми техническими требованиями системы мониторинга должны быть основаны на цифровых технологиях, благодаря которым станет понятным режим работы оборудования, а также будет обеспечен надежный подсчет ресурса, в частности, коммутационного оборудования.

Обеспечение обратной связи и применение новых технологий позволили не только создать надежную систему мониторинга, но и приблизиться к постановке новой задачи, а именно к объединению всех функций в единую систему комплексного мониторинга, соответствующего требованиям Smart Grid.

B3–209–2012

«Повышение уровней токов короткого замыкания и методология РГ B3.23» (G. Tremouille – Alstom Grid, A. Parisot – RTE, France; H. Imagawa – Chubu Electric Power, Japan)

В настоящее время все большее количество подстанций нуждается в обновлении и модернизации. Для рассмотрения данного вопроса была создана РГ B3.23 «Руководство по повышению мощности и модернизации подстанций». Было установлено, что в процессе модернизации подстанций, в первую очередь, нужно:

1). Модернизировать сети с возможностью управления токами КЗ на уровне, соответствующем характеристикам оборудования выдерживать токи КЗ. На ПС может быть дополнительно установлено новое оборудование, например токоограничивающее устройство.

2). Модернизировать подстанцию с целью обеспечения стойкости к токам КЗ.

По пункту 1 были рассмотрены следующие варианты решений:

- изменение действующих технических требований к оборудованию;
- установка дополнительного оборудования, например токоограничивающего реактора.

Именно эти решения исследованы в данной работе.

По пункту 2, когда решение о модернизации ПС уже принято, необходимо найти наиболее эффективное решение с возможностью повторного использования существующего оборудования для сокращения стоимости проекта.

В работе также приведена блок-схема анализа системы, включающая следующие пункты:

- общий анализ электроэнергетической системы;
- анализ исходных данных для оценки нагрузочных характеристик кабелей, а также стальных несущих конструкций;
- исследование системы заземления;
- анализ системы защиты;

- анализ строительных работ;
- анализ температурных ограничений.

На рис. 6 приведена схема анализа длительности токов КЗ, в которой рассматриваются как основные виды защиты, так и защита от отказа разъединителя.

B3–211–2012

«Модернизация существующих объектов подстанции: успешный опыт» (L. Crisostenes, E. P. Moraes – Eletropaulo, S. L. S. Cabral – Matrix, J. C. R. Lopes – Inovatec, Brazil)

Представлен новый способ модернизации существующих подстанций с помощью повышения рабочего напряжения при сохранении базового уровня изоляции. В этом случае можно использовать практически всю существующую инфраструктуру. При этом сохраняются оборудование, система заземления, изоляторы, провода, выключатели, трансформаторы тока, но заменяются силовые трансформаторы, трансформаторы напряжения и разрядники.

Описана реализация пилотного проекта бразильским агентством ANEEL на ПС Eletropaulo в Сан-Паулу с изменением уровня напряжения с 88 до 138 кВ.

Чтобы увеличить пропускную способность существующей подстанции, учитывая высокую стоимость земли, а также социальные и экологические ограничения в условиях города, требуется анализ всех альтернативных решений для каждого конкретного случая. В случае ПС Eletropaulo были приняты во внимание следующие условия:

- повышение нагрузок;
- использование существующей инфраструктуры (сооружения, оборудование, фундаменты);
- техническое обслуживание и повышение условий безопасности;
- реализация услуг в городских условиях с минимальными перерывами энергоснабжения потребителей;
- уменьшение рисков, возникающих в результате воздействия магнитных полей и шумов, в связи с близостью подстанции к городским зданиям;
- сокращение инвестиционных затрат по сравнению с традиционными решениями в рамках расширения подстанции.

В работе описан проект, в котором представлено оптимальное решение, соответствующее всем вышеперечисленным условиям. Показано, что в рамках данного подхода можно получить экономию до 48% по сравнению со стоимостью строительства новой подстанции.

B3–212–2012

«Изменение требований к оборудованию подстанций и применение новых технологий для существующих ПС» (H. Imura – Kansai Electric Power Co., K. Sasamori – Mitsubishi Electric Corp., T. Kobayashi – Tokyo Electric Power Co., T. Yokota – Toshiba Corp., Y. Mametani – Chubu Electric Power Co., A. Okada – Hitachi Ltd, Japan)

Описаны изменения требований к оборудованию подстанций Японии в результате перемен как в обществе, так и в электроэнергетической отрасли, а также расширения электроэнергетической системы.

Приведены примеры использования новых технологий на существующих ПС.

ИНФОРМАЦИЯ

СТАНДАРТ МЭК 61850

МЭК 61850 является новым международным стандартом связи на подстанции. Он позволяет интегрировать в единую систему все устройства защиты, управления, измерения и мониторинга и обеспечивает возможность реализации быстродействующих систем защиты, блокировки и телеотключения. Сегодня этот стандарт объединяет преимущества Ethernet с высокими техническими характеристиками и надежностью, наиболее важными для подстанции.

Основные главы стандарта МЭК 61850 первой редакции были опубликованы в 2002–2003 гг. В 2003–2005 гг. были опубликованы остальные главы первой редакции. Всего первая редакция насчитывала 14 документов. Позднее часть глав была переработана и дополнена.

Актуальная компиляция стандарта МЭК 61850 включает в себя 21 документ (стандарты, технические отчеты, технические требования). Некоторые из документов уже имеют вторую редакцию, а некоторые только изданы в первой редакции (причем совсем недавно).

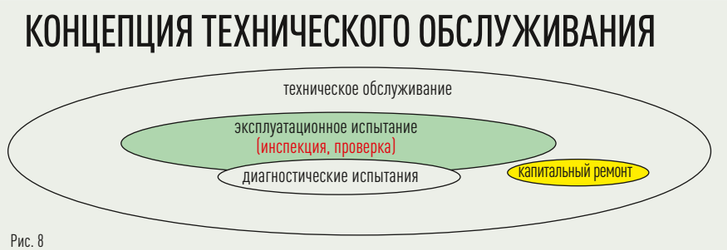

Рис. 8

Требования к оборудованию подстанции могут быть разделены на три категории:

- координация с энергосистемой;
- обеспечение экологической безопасности;
- восстановление старого оборудования.

Работы по координации с энергосистемой связаны с ростом мощностей 1990-х гг., сопровождавшихся ростом токов КЗ. В результате были разработаны выключатели с повышенной отключающей способностью, а также было начато применение силовых трансформаторов с высокой стойкостью к токам КЗ.

Различные меры для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду были разработаны и введены в эксплуатацию в Японии. Среди них сооружение подземных подстанций, повторное использование и переработка материалов, сокращение использования и ограничение выбросов элегаза (рис. 7).

Что касается мер замедления старения оборудования, установленного на подстанциях еще в 1960-х и 1970-х гг., то оно в основном было заменено новыми КРУЭ. При замене необходимо принимать во внимание новые требования к оборудованию, например сокращение длительности отключения, снижение капитальных затрат и повторное использование существующего оборудования.

B3–213–2012

«Эксплуатационные испытания на подстанции высокого напряжения» (K. Uehara – Toshiba, T. Kobayashi – TEPCO, Japan; G. Lia – CEPETCL – CEPRI, China; S. K. Agrawal – PGCIL, India; J. H. Kim – Hyousung, C. Oh – KEPCO, Korea)

Экономика развивающихся стран быстро растет, как и спрос на электроэнергию в крупных городах этих стран. Для удовлетворения спроса необходимо строительство современных высоковольтных сетей для передачи электроэнергии большей мощности.

При этом наблюдается тенденция перехода к ЛЭП высокого напряжения для передачи электроэнергии большой мощности на дальние расстояния, например, где существует необходимость передавать большое количество электроэнергии в отдаленные районы. Системы передачи электроэнергии класса напряжения 765 кВ за последние два десятилетия были построены в Канаде, США, Корее, Южной Африке, Бразилии, Китае и Индии. Также в Китае, Японии и Индии построены или находятся на стадии проектирования системы передачи электроэнергии класса напряжения 1000 кВ и выше.

Линии электропередачи высокого напряжения обладают высокой пропускной способностью. Однако при возникновении неисправностей в таких системах последствия становятся достаточно серьезными. Эксплуатационные испытания на ПС имеют решающее значение для обеспечения надежности оборудования и системы в целом после транспортировки и монтажа оборудования.

В настоящее время существует явный недостаток опыта эксплуатации действующих ПС высокого напряжения. В работе представлены результаты испытаний при вводе в эксплуатацию и техническом обслуживании ПС класса напряжения 765 кВ. На рис. 8 приведен пример концепции технического обслуживания ПС. Эти данные полезны для электроэнергетических компаний и производителей, планирующих строительство ПС указанного класса напряжения и выше в будущем.

Результаты работы РГ B3.29 СИГРЭ по этим вопросам опубликованы в конце 2012 г.

B3–214–2012

«Анализ качества используемых разъединителей при реконструкции подстанций «Сан-Карлос» и «Чивор» (J. G. M. Montoya, D. E. G. Torres – Interconexion Electrica S. A. E. S. P. – ISA, Colombia)

В 2008 и 2009 гг. во время модернизации (повышение мощности) ПС «Сан-Карлос» и ПС «Чивор» подрядчик поставил около 2 тыс. контактных узлов для сборки нового коммутационного оборудования класса напряжения 230 кВ, часть из которых оказалась заводским браком, а часть была сломана в процессе установки. Эта ситуация вызвала серьезную обеспокоенность и была тщательно исследована.

Учитывая, что подрядчик заверил о соответствии контактных узлов требованиям стандарта МЭК 62271–1:2007, а также для соблюдения плана-графика проекта подрядчику было разрешено продолжить установку контактных узлов при условии устранения технических и экономических последствий, если после испытаний понадобится их замена.

При анализе условий производства контактных узлов было обнаружено, что применялась различная технология их производства (для изготовления одной партии контактных узлов использовались песчаные формы, а для другой – металлические). Кроме того, поверхность некоторых изделий, изготовленных по металлическим формам, была неровной, а на поверхности других, изготовленных по песчаным формам, имелись остатки песка.

Еще одной важной особенностью оказалась малая площадь контакта с наличием только двух зажимов для соединения с кабелем, что позволило предположить: конструкция не могла противостоять механическим и тепловым воздействиям при токах КЗ 40 кА и 63 кА на ПС «Чивор» и «Сан-Карлос» соответственно. В результате было принято решение о проведении дополнительных испытаний (в соответствии со стандартом МЭК 62271–1:2007) на воздействие токов КЗ.

Испытания проводились в два этапа. На первом разрядный ток подавался в течение 0,3 с. При этом величина тока составляла 2,5-кратное значение тока КЗ. На этом этапе, называемом «динамическое испытание», контактные узлы подвергались наибольшим механическим нагрузкам. На втором этапе, который называется «статическое испытание», контактные узлы подвергались воздействию тока КЗ в течение 1 с для оценки тепловой устойчивости.

Испытание на воздействие тока КЗ считалось успешным, если контактный узел выдерживал как динамическое, так и статическое испытания без каких-либо повреждений.

В настоящее время качество контактных узлов не столь высоко, как это было раньше. Возможно, из-за конкуренции между производителями, которые работают в соответствии со стандартами, не всегда при этом проводя эксплуатационные испытания. Можно сделать вывод: проведение эксплуатационных испытаний контактных узлов для установки на подстанциях с уровнем тока КЗ выше 50 кА должно быть обязательным.

Испытания показали, что контактные узлы, поставленные подрядчиком на ПС «Чивор» и «Сан-Карлос», не отвечают предъявляемым к ним требованиям, в результате чего они были заменены на проверенные качественные контактные узлы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные доклады свидетельствуют об имеющей место тенденции создания подстанций, обслуживание которых требует минимального участия человека. В частности, активно развиваются системы мониторинга состояния оборудования и подстанции в целом, что повышает эксплуатационную надежность. Большое внимание уделяется внедрению цифровых измерительных трансформаторов, работающих на разных физических принципах. В связи со значительным старением парка оборудования большое внимание уделяется новым подходам к модернизации и продлению срока эксплуатации подстанций. Также представляет интерес информация по применению мобильных подстанций. Вопросы экономии площадей при строительстве и реконструкции подстанций в больших городах являются актуальными для многих стран мира. ■

ИНФОРМАЦИЯ

45-Я СЕССИЯ СИГРЭ

45-я сессия СИГРЭ пройдет с 24 по 30 августа 2014 г. Комитет B3 «Подстанции» рассмотрит следующие предпочтительные темы:

ПТ-1 «Модернизация подстанций в соответствии с требованиями будущего»:

- интеграция новых подходов в автоматизации сети на подстанциях передающих и распределительных сетей;
- влияние новых разработок в сети на проектирование подстанций;
- морские подстанции;
- распределительные подстанции низкой стоимостью и быстрого развертывания.

ПТ-2 «Управление жизненным циклом подстанций»:

- ремонт, реконструкция, расширение и улучшение технических характеристик подстанций;
- управление основными производственными фондами, техническое обслуживание, контроль, вопросы надежности и устойчивости;
- управление рисками в проектировании, монтаже и эксплуатации подстанций.