

CIGRE

Исследовательский Комитет
A3 «Высоковольтное оборудование»

Обобщение мировых тенденций развития высоковольтного оборудования

По материалам 45-й Сессии CIGRE,
25-29 августа 2014 года, Париж (Франция)



CIGRE
SESSION

24th to 29th
August 2014

45

<http://www.cigre.org>



Воробьев Виктор Федорович,
к.т.н., заведующий кафедрой
«Высоковольтные электроэнергетика,
электротехника и электрофизика» ФГБОУ ВПО
«Ивановский государственный энергетический
университет им. В.И. Ленина»

Исследовательский комитет ИК АЗ (Высоковольтное оборудование) СИГРЭ

Направления деятельности - теоретические исследования, разработка, проектирование, эксплуатация высоковольтного оборудования, взаимодействие этого оборудования с другими компонентами системы в нормальных и аварийных режимах работы, испытаний и стандартизации оборудования, обеспечение качества, надежности, обслуживания и управления.

Председатель комитета - Dr. Hiroki Ito (Нироки Ито, Япония).

Секретарь – Frank Richter (Френк Рихтор, Германия).

Действительных членов – 24, членов-наблюдателей – 13,
Рабочих групп - 17

Более 300 экспертов.



Актуальные направления в рамках деятельности рабочих групп ИК АЗ

- Повышение надёжности ВВ оборудования.
- Исследования в области управления сроком службы эксплуатируемого ВВ оборудования.
- Выработка решений о необходимости ремонта ВВ оборудования подстанций, его замены, включая решения о выводе из работы и ликвидацию старых подстанций.
- Разработка методов испытаний ВВ оборудования, эксплуатируемого в экстремальных условиях.
- Применение новых и альтернативных технологий в конструировании и создании ВВ оборудования.
- Интеллектуальное управление коммутационным оборудованием и интеграция его в системы защиты и автоматики.
- Развитие оборудования ультравысокого напряжения (УВН) и связанных с ним методик испытаний и стандартизации.

Актуальные вопросы на дискуссионной встрече ИК В1

Предпочтительная тема 1 (15 докладов)

- «Оборудование для удовлетворения меняющихся условий сети».

Предпочтительная тема 2 (6 докладов)

- «Управление продолжительностью срока службы и старением оборудования передачи и распределения».

Предпочтительная тема 3 (6 докладов)

- «Воздействие экстремальных условий эксплуатации на оборудование передачи и распределения».



Всего на сессии было представлено 27 докладов.
Специальными докладчиками были:
Антон Жансен из Нидерландов
Антонио Карлос Карвало из Бразилии.

Дискуссия в рамках предпочтительной темы 1

«Оборудование для удовлетворения меняющихся условий сети»

Рост выработки и потребления электрической энергии приводят к необходимости увеличения мощности и напряжения энергетического оборудования.

Наблюдается тенденция укрупнения электроэнергетических систем и усиление связи между ними. Необходимо решать задачи по разработке нового ВВ оборудования. Обсуждались вопросы:

- шунтирующие реакторы и коммутация шунтирующих реакторов (АЗ-101, 113);
- высоковольтные выключатели постоянного тока ВВПТ (АЗ-114);
- измерительные трансформаторы, включая ВВПТ, делители напряжения (АЗ-106, 107, 109, 111, 112);
- ультравысоковольтные (УВВ) выключатели (АЗ-104, 115);
- разъединители, в том числе УВВ (АЗ-102, 103, 110);
- ограничители токов короткого замыкания (ОТКЗ), включая устройства ограничения тока нагрузки (АЗ-105, 108).



Рис. 1 Сухой шунтирующий реактор
на 345 кВ, 20 МВА, 60 Гц, 3 фазы

Компактные реакторы

Для коммутаций реакторов применяют выключатели у которых разрывы шунтируются нелинейными резисторами

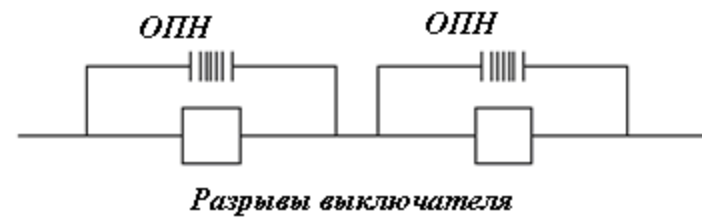


Рис. 2 Электрическая схема фазы выключателя

Высоковольтные выключатели постоянного тока

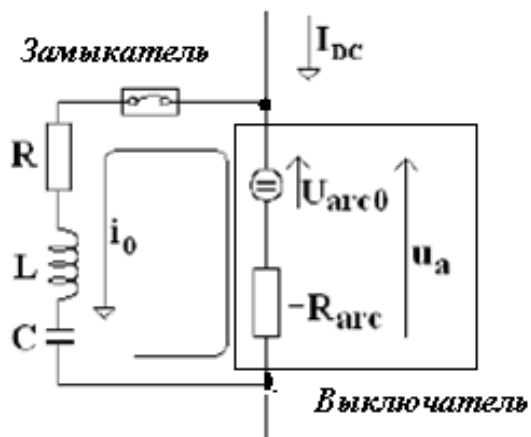


Рис.3 Упрощённая схема выключателя ПТ

- снижении тока в электрической дуге отключения на контактах выключателя переменного тока до нуля путем разряда предварительно заряженного конденсатора током обратного направления относительно направления отключаемого тока с величиной амплитуды тока, превышающий отключаемый ток (Рис. 3);
- LC цепь, подключенная параллельно контактам выключателя, конденсатор предварительно не заряжен, и требуется замыкатель;
- использование гибридных схем в которых параллельно контактам выключателя подключаются полупроводниковые ключи (Рис. 4)..

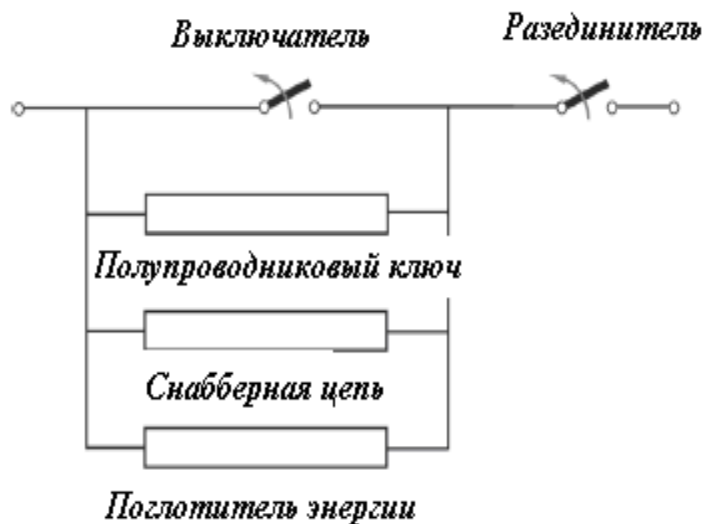


Рис. 4 Гибридный выключатель

Измерительные трансформаторы:

новые разработки измерительных трансформаторов напряжения ЕТН, основанных на ёмкостых делителях ЕД для прецизионного измерения в сетях постоянного тока на напряжение до 1000 кВ и методы прецизионной калибровки;

использование для измерений токов пояса Роговского а для измерения напряжений RC делители;

Выключатели ультравысокого напряжения:

обсуждаются результаты модельных исследований расчета переходных восстанавливающихся перенапряжений (ПНВ) для сети 1200кВ.

Разъединители:

конструкция пантографического разъединителя на номинальное напряжение 400кВ;

предлагается альтернативный IEC 62271-102 метод испытания шинных разъединителей КРУЭ в условиях протекания больших токов в параллельной шине (использование LC-резонансного источника тока с регулируемой резонансной частотой и с большой начальной запасаемой энергией конденсаторов)

Дискуссия в рамках предпочтительной темы 2

«Управление продолжительностью срока службы и старением оборудования передачи и распределения»

Указанная тема обозначалась как предпочтительная на 43-й Сессии CIGRE (2010), на 44-й Сессии CIGRE (2012), на технических коллоквиумах SC A3 в Рио-де-Жанейро (2007), в Вене (2011) и Окленде (2013). На 45-й Сессии CIGRE 2014 г. Это указывает на актуальность и важность вопросов для электроэнергетики.

Обсуждались вопросы:

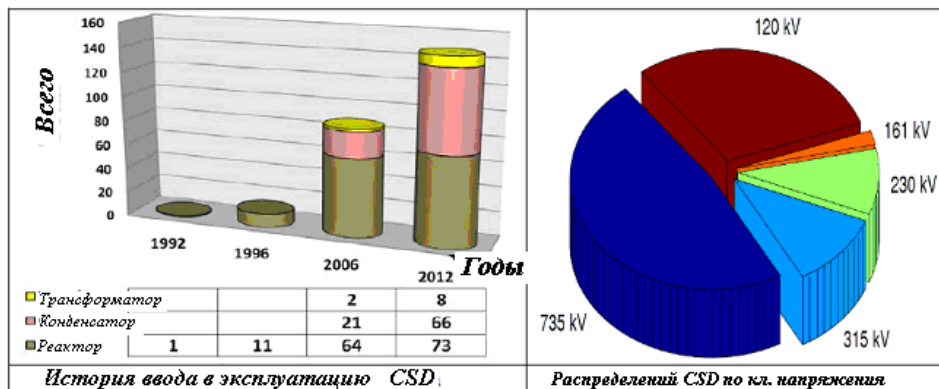
- управление жизненным циклом высоковольтного оборудования на примере работы распределительной сетевой компании (A3-206);
- проблемы применения управляемой коммутации высоковольтными выключателями с целью повышения ресурса работы высоковольтного оборудования (A3-203, A3-204);
- надежность работы высоковольтных выключателей, способы расчета моделей, измерения параметров коммутируемых цепей в процессе их работы (A3-201, A3-202, A3-205).

Управление жизненным циклом высоковольтного оборудования:

- он-лайн мониторинг, оф-лайн измерения и экспертные оценки;
- управляемая коммутация (CSD) как средство ограничения перенапряжений, воздействующих на изоляцию высоковольтного оборудования (рис. 6);
- перспективность применения управляемой коммутации по сравнению с традиционными методами, используемыми для снижения влияния переходных процессов на электрическое оборудование.

Успех управляемой коммутации основан на двух принципах:

- определение момента подключения или отключения нагрузки и источников, благоприятного для смягчения влияния переходных процессов;
- надежной оценки продолжительности операции управляемой коммутации при непредвиденных условиях эксплуатации.



Дискуссия в рамках предпочтительной темы 3

«Воздействие экстремальных условий эксплуатации на оборудование передачи и распределения»

Рассматривались экстремальные воздействия на изоляцию высоковольтного оборудования, возникающие в период коммутации и при воздействии внешних факторов . Обсуждались вопросы:

- режимы работы распределительных сетей сверхвысокого напряжения в которых наблюдаются перенапряжения превышающие соответствующие международные стандарты (А3-301);
- проблемы возникновения перенапряжений при обрыве вакуумным выключателем малых индуктивных токов (А3-302);
- способы снижения уровня бросков тока при подключении незаряженных конденсаторных батарей под напряжение в сетях 145-420 кВ (А3-303);
- проблемы проектирования сейсмостойкого оборудования (А3-304);
- результаты исследования надежности внешней изоляции из полимерных материалов условиях большого количества снега и сильного загрязнения (А3-305);
- конструкция мощного элегазового генераторного выключателя (А3-306).

Конструкция и испытание мощного элегазового генераторного выключателя на номинальное напряжение 27 кВ и номинальный отключаемый ток 100 кА.
 Полномасштабные испытания с помощью оригинальной синтетической схемы испытаний.
 В этой схеме впервые применяется два контура напряжения, один из них для демонстрации способности выключателя продолжительно выдерживать возвращающееся напряжение промышленной частоты, чего, как правило, нет в синтетических тестах, а второй – для формирования требуемого переходного восстанавливающего напряжения.

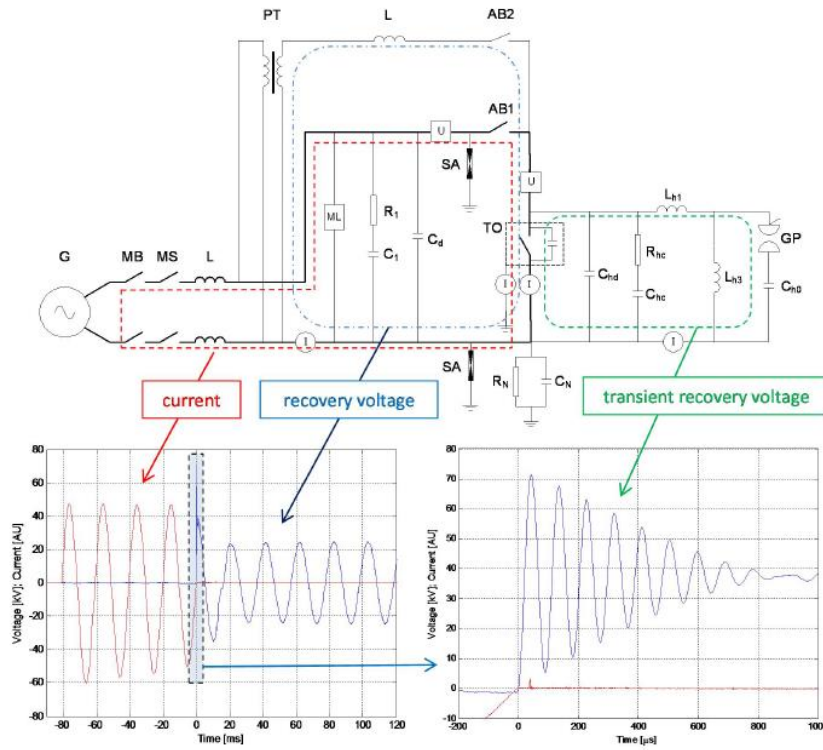


Рис. 7 Функциональная однолинейная схема испытаний

G: генератор;

MB:защитный генераторный выключатель;

MS: замыкатель;

AB: вспомогательный выключатель;

TO:испытываемый выключатель;

PT: силовой трансформатор;

ML:устройство продления дуги;

GP: управляемый разрядник;

SA:ограничитель перенапряжения;

R, L, C: резистор, реактор, конденсатор;

U, I: напряжения, тока измерители.

Материалы рабочих групп, рассмотренные на Сессии

Технические брошюры, разработанные в рабочих группах :

WG A3.24 «Simulating internal arcs and current withstand tests» (Имитация внутренней дуги и токовые испытания варисторов);

WG A3.25 «MO varistors and surge arresters for emerging system conditions» (МО варисторы и ограничители перенапряжений для меняющихся системных условий);

WG A3.27 «Vacuum switchgear» (Вакуумные распределительные устройства);

WG A3.28 «Switching and testing of EHV&UHV equipment (TB570)» (Коммутация и тестирование СВН и УВН оборудования (TB570));

Другие РГ работают в следующих направлениях:

WG A3.26 «Capacitor bank switching and impact on equipment» (Коммутация конденсаторных батарей и воздействия на оборудование);

WG A3.29 «Deterioration and ageing of HV substation equipment» (Износ и старения оборудования подстанции ВН);

WG A3.30 «Overstressing of substation equipment» (Перегрузки подстанционного оборудования);

WG A3.31 «NCIT with digital output» (Нетрадиционные измерительные трансформаторы с цифровым выходом);

JWG A3.32 «Non-intrusive condition monitoring for MV/HV switchgear» (Нон-инструзивные методы мониторинга СН/ВН коммутационного оборудования);

WG A3.33 «Experience with equipment for series/shunt compensation» (Опыт работы с оборудованием последовательной и параллельной компенсации);

JWG A3/B5.34 «Technical requirements and capability of state-of-the-art DC switching equipment» (Технические требования и возможности современного коммутационного оборудования ПТ);

WG A3.35 «Guidelines and best practices for commissioning and operation of controlled switching projects» (Руководящие принципы и передовой опыт использования ввода в эксплуатацию и эксплуатация объектов с управляемой коммутацией).

Тенденции в области разработки новых видов высоковольтного оборудования

Темы докладов, представленных на сессии, вписываются в общемировую тенденцию – создание интеллектуальных электрических сетей. Работы в этом направлении ведутся в США, Японии, Индии, Китае. Евросоюз разрабатывает концепцию «Европейская электрическая сеть будущего». Россия также ведёт работы в этой области, и потому проблемы, поднятые на сессии, весьма актуальны и для Российских сетей.

Продолжает развиваться направление передачи энергии на большие расстояния, что особенно актуально для России. Разрабатывается оборудование ультравысокого напряжения, в том числе на постоянном токе.

Значительное внимание уделяется управлению жизненного цикла высоковольтного оборудования. Разрабатываются вопросы снижения опасных воздействий на высоковольтное оборудование и методы диагностики.

Модернизируется существующее оборудование и внедряются электронные средства управления, обеспечивающих их эффективную работу:

- коммутационное оборудование;
- оборудование для компенсации реактивной мощности;
- коммутационное оборудование для переключений последовательных и параллельных компенсирующих устройств без перенапряжений и бросков тока;
- применение управляемой коммутации, цифровых измерительных трансформаторов.

Представленный на обсуждение материал представляет практическую ценность для разработчиков высоковольтного оборудования и эксплуатационных служб электроэнергетических предприятий.