



Вопросы трансформаторостроения на коллоквиуме исследовательского комитета А2 СИГРЭ в 2017 г.

ЛАРИН В.С.

В период с 1 по 6 октября 2017 г. в Кракове (Польша) состоялся очередной коллоквиум¹ Исследовательского комитета (ИК) А2 «Трансформаторы» Международного Совета по Большим Электрическим Системам (СИГРЭ).

Сфера деятельности ИК А2 достаточно широка, в нее входят трансформаторы (силовые, преобразовательные, фазоповоротные и пр.), электрические реакторы (шунтирующие, токоограничивающие, сглаживающие и пр.) и компоненты к ним (вводы, переключающие устройства, вспомогательное оборудование).

Основные направления деятельности ИК А2 «Трансформаторы» затрагивают все стадии жизненного цикла трансформаторного оборудования [1]:

подготовка технических требований и закупка, экономические аспекты;

проектирование, производство и испытания; эксплуатация, надежность, безопасность и экологичность;

обслуживание, диагностика, мониторинг и ремонт.

В работе ИК А2 «Трансформаторы» можно выделить следующие ключевые темы:

мониторинг, диагностика и управление ресурсом;

повышение надежности;

применение новых видов трансформаторного оборудования;

применение новых материалов и технологий.

В настоящее время в рамках ИК А2 «Трансформаторы» действуют следующие рабочие группы²:

A2.43 «Надежность трансформаторных вводов» (2010);

A2-D1.46 «Практический опыт применения маркеров старения трансформаторов» (2011);

A2.49 «Оценка состояния» (2012);

JWG A2-D1.51 «Совершенствование методов измерений частичных разрядов для заводских испытаний и испытаний на месте установки силовых трансформаторов» (2014);

JWG A2-C4.52 «Высокочастотные модели трансформаторов и реакторов» (2014). *Представитель РФ – Д.А. Матвеев;*

A2.53 «Интерпретации результатов анализа частотных характеристик (FRA)» (2015). *Представители РФ – А.А. Дробышевский, В.С. Ларин;*

A2.54 «Требования к уровню звука силовых трансформаторов» (2015);

A2.55 «Продление срока службы» (2016);

A2.56 «Энергоэффективность трансформаторов» (2016);

A2.57 «Влияние подмагничивания постоянным током» (2016);

A2.58 «Монтаж и пуско-наладочные работы на трансформаторах и реакторах» (2017);

A2.59 «Сборка, восстановление и испытания силовых трансформаторов на месте установки» (2017).

Предложения по новым рабочим группам.

«Импульсные испытания трансформаторов»³ (влияние параметров импульса, нестандартные формы импульсов, уточнение подхода на основе К-фактора по МЭК 60060-1, разработка рекомендаций по уточнению МЭК 60076-3 и пр.);

«Устройства регулирования под напряжением (РПН)» (виды РПН, их применение, технические требования, методы испытаний, эксплуатация, надежность, диагностика, мониторинг и пр.).

В 2016 г. вышли в свет четыре новые технические брошюры по комитету А2:

Номер брошюры	Название	Рабочая группа
646	Изоляция трансформаторов для передач постоянного тока высокого напряжения – проводимость масла	A2/D1.41 «Изоляция трансформаторов для передач постоянного тока высокого напряжения – проводимость масла»
655	Технологии и эксплуатация масляных шунтирующих реакторов	A2.48 «Шунтирующие реакторы»
659	Тепловое моделирование трансформаторов	A2.38 «Тепловое моделирование трансформаторов»

³ Создание данной РГ было предложено представителями РФ В.С. Лариным и Д.А. Матвеевым в связи с большим интересом к вопросам импульсных испытаний, поднятым на 46-й сессии СИГРЭ в 2016 г. в их докладе А2-311 «Влияние формы грозовых импульсов на электрические воздействия на изоляцию обмоток силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов», и поддержано председателем ИК А2 С. Райдером (Великобритания), руководителем АГ А2.3 Х. Фонком (Нидерланды) и членами ИК А2.

¹ Коллоквиумы исследовательских комитетов проходят раз в два года по нечетным (годам).

² В скобках указан год начала работы группы.

673	Руководство по транспортировке трансформаторов	A2.42 «Руководство по транспортировке трансформаторов»
-----	--	--

Краткие сведения о коллоквиуме ИК А2 СИГРЭ-2017.

В рамках коллоквиума ИК А2 СИГРЭ-2017 состоялись следующие мероприятия:

- заседания рабочих групп ИК А2 (01.10.2017);
- презентации докладов коллоквиума ИК А2 (02–03.10.2017);
- заседания консультативных групп ИК А2 (04.10.2017);
- технические семинары (04.10.2017);
- заседание ИК А2 (05.10.2017);
- техническая выставка (01 – 06.10.2017);
- техническая экскурсия на ГАЭС «Porabka-Zag» 540 МВт (06.10.2017).

В коллоквиуме приняли участие более 150 специалистов из ведущих стран мира (Австрия, Бразилия, Великобритания, Германия, Израиль, Испания, Канада, Китай, Республика Корея, Нидерланды, Польша, Португалия, Россия, США, Франция, Швейцария, Швеция, Япония и др.).

Официальный сайт коллоквиума: <http://cigrecracow2017.com>

Исследовательским комитетом А2 СИГРЭ для коллоквиума в г. Краков были утверждены следующие Предпочтительные темы (ПТ) и вопросы:

ПТ1. Уровни звука и вибраций силовых трансформаторов и реакторов:

методы расчета и оценки уровней звука и вибраций, сравнение с измерениями (точность, повторяемость);

моделирование для определения уровней звука и вибраций, в том числе для новых или усовершенствованных конструкций;

решения по снижению уровня звука.

ПТ2. Диагностика и надежность компонентов:

надежность и уровень повреждаемости компонентов трансформаторов и реакторов;

влияние компонентов на общую надежность трансформаторов и реакторов;

диагностика компонентов трансформаторов и реакторов, включая идентификацию начальных повреждений.

ПТ3. Инновационные решения для транспортировки и установки:

опыт применения мобильных подстанций и трансформаторов;

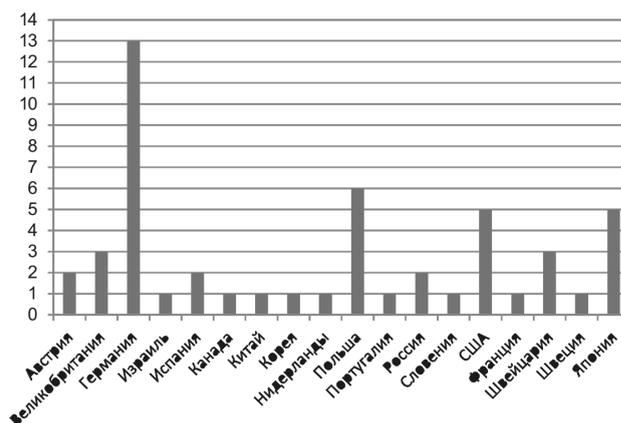
опыт сборки трансформаторов на месте установки (разборка на заводе, повторная сборка на месте установки, испытания после установки);

опыт применения инновационных решений для преодоления ограничений по транспортным размерам и массе.

Всего было представлено 39 докладов, авторами которых являются специалисты из 18 стран мира:

Предпочтительная тема	Число докладов (%)
ПТ1	13 (33,3 %)
ПТ2	18 (46,2 %)
ПТ3	8 (20,5 %)
ПТ1+ПТ2+ПТ3	39 (100 %)

На рисунке показано распределение докладов по странам, которые представляют специалисты – авторы или соавторы этих докладов. Наибольшее число докладов поступило от Германии – 13 докладов (в основном, компании Siemens и ABB); Польша – 6 докладов; США и Япония – по 5 докладов; Швейцария – 3 доклада; Австрия, Испания и Россия – по 2 доклада. Список докладов приведен в Приложении).



Число докладов, представленных специалистами стран мира

Далее представлены результаты обобщения докладов коллоквиума ИК А2 СИГРЭ-2017, представленных инновационных исследований и решений, пилотных проектов и наиболее обсуждаемых вопросов.

Инновационные исследования и решения, представленные на коллоквиуме ИК А2 СИГРЭ-2017.

По итогам обобщения материалов, представленных на коллоквиуме ИК А2 СИГРЭ-2017, можно отметить следующие ключевые инновационные исследования и решения.

ПТ1. Уровни звука и вибраций силовых трансформаторов и реакторов:

1. *Исследования вибраций и уровня звука с использованием лазерных доплеровских виброметров.*

Исследование акустических и вибрационных характеристик магнитопроводов распределительных трансформаторов при различных уровнях магнит-

ной индукции (доклад PS1_1, Adrian Volk, Bruno Bosnjak (Германия)).

Исследования влияния конструкции обмоток и давления прессовки на уровень звука силовых трансформаторов (доклад PS1_5, A. Al-Abadi, A. Gamil, F. Schatzl (Германия), B. Van Der Aa, E. De Groot, J. Declercq (Нидерланды)).

2. Развитие требований и методов акустических испытаний трансформаторов.

Составление базы данных по уровню звука трансформаторов мощностью от единиц до нескольких сотен мегавольт-ампер, 13 производителей, более чем 1000 записей (доклад PS1_2, Christoph Ploetner, Германия).

Измерения уровня звука мощных трансформаторов методом переносного микрофона (доклад PS1_7, K. Yamaguchi, N. Nogishige, M. Takahashi, Y. Fujitomi, S. Kano (Япония); доклад PS1_8, M. Swiatkowski, A. Jaros, M. Kozupa (Польша), C. Ploetner (Германия)).

3. Практика снижения уровня звука трансформаторов на месте установки.

Практика применения передовой техники снижения уровня звука – звукоотражающих перегородок, звукоизолирующих оболочек, звукоизолирующих покрытий и звукопоглощающих экранов (доклад PS1_3, M. Gillet, F. Devaux, T. Boroomand, L. Carpes (Франция); доклад PS1_13, C. Rajotte, B. Gosselin (Канада)).

Применения технологии частотно-регулируемого привода (ЧРП) для управления вентиляторами системы охлаждения трансформатора с целью снижения уровня звука, снижения потребляемой мощности на охлаждение трансформаторов (главным образом при малой нагрузке трансформатора) и продления срока службы подшипников электродвигателей (доклад PS1_10, W. Goette, S. Ries, M. Weber (Германия)).

ИТ2. Диагностика и надежность компонентов.

1. Развитие методов диагностики трансформаторного оборудования.

Уточнение граничных и предельных значений концентраций растворенных в масле газов (доклад PS2_5, L. Cheim, T. Ansari (США); доклад PS2_6, D. J. Kweon, Y. H. Kim, O. Y. Lee, H. S. Lee, H. K. Kang, J. H. Neo, J. S. Lim (Республика Корея)).

Применение электромагнитного (ультравысоко-частотного) метода регистрации для локализации частичных разрядов в силовых трансформаторах (доклад PS2_13, M. Matsushita, S. Yamada, T. Chigiri, D. Itatsu (Япония); доклад PS2_19, M.A. Azirani, P. Werle, J. Szczechowski (Германия)).

Развитие метода частотных характеристик и выявление внутренних повреждений трансформаторов (доклад PS2_2, В.С. Ларин (Россия); доклад PS2_3, В.С. Ларин, Д.А. Матвеев (Россия)).

2. Развитие и повышение эффективности систем мониторинга для раннего обнаружения развивающихся дефектов.

Онлайн-мониторинг высоковольтных вводов (доклад PS2_8, R. Zaleski (Польша), H. Ding, J. Larworth (Великобритания)).

Тенденции и перспективы развития систем мониторинга (доклад PS2_11, Wieslaw Gil, Przemyslaw Wroniek (Польша)).

3. Управление ресурсом и эксплуатация, ориентированная на обеспечение надежности (RCM).

Применение индексов технического состояния и ранжирование трансформаторов для принятия решений о продлении эксплуатации или замене оборудования (доклад PS2_4, C. Schneider, J. Staninowski, L. Cheim, J. Vines, S. Varadan (США)).

«Интеллектуальные» трансформаторы с функцией самодиагностики как часть системы управления активами (доклад PS2_10, K. Viereck, D. Dohnal (Германия)).

ИТ3. Инновационные решения для транспортировки и установки.

1. Мобильные трансформаторы и трансформаторы «быстрого развертывания».

Совершенствование конструкции мобильных трансформаторов (доклад PS3_7, M. Jaroszewski, R. Marek (США), R. Szewczyk (Польша)).

Применение высокотемпературной изоляции для улучшения массогабаритных показателей трансформаторов (доклад PS3_5, R. Szewczyk (Польша), R. Marek (США), J.-C. Duart (Швейцария)).

Применение натуральных эфиров для повышения класса нагревостойкости изоляции и экологичности трансформаторов (доклад PS3_3, M. Lashbrook, R. Martin (Великобритания), P. Werle, J. Szczechowski, T. Asshauer (Германия); доклад PS3_8, M. Cuesto, C. Gonzblez-Garcna (Испания), D. Vukovic (Германия), J. Emmel (Швейцария), A. Aznar, J.C. Sbnchez, P. Gymez (Испания)).

Новая конструкция трансформатора, исключая необходимость размещения бака расширителя над трансформатором (доклад PS3_6, T. Stirl, J. Harthun, M. Saravolas, K.-H. Hdger, T. Friedel (Германия)).

2. Трансформаторы большой мощности, собираемые на месте установки.

Испытания на месте установки (доклад PS3_4, T. Kobayashi, S. Ito, K. Konishi, M. Kadowaki, S. Yamada, Y. Nakashima (Япония)).

Новые разработки и пилотные проекты, представленные на коллоквиуме ИК А2 СИГРЭ-2017.

1. Автотрансформатор 400/230/33 кВ с применением натурального эфира (доклад PS3_8 [2], Испания, Германия, Швейцария):

однофазное исполнение;

номинальная мощность – 120 / 160 / 200 МВА при работе комбинированной системы охлаждения в режимах М / Д / НДЦ (ONAN / ONAF / ODAF);

номинальное напряжение стороны ВН/СН/НН – 400/230/33 кВ;

испытательные напряжения полного грозового импульса стороны ВН/СН/НН – 1425/950/170 кВ;

регулирование напряжения РПН на стороне СН, $\pm 10 \times 1,5\%$;

схема и группа соединения обмоток трехфазной группы – Унавто/Д-0-11.

2. Автотрансформаторы «быстрого развертывания» 200 МВА 345/138 кВ (доклад PS3_5 [3], Польша, США, Швейцария):

однофазное исполнение;

номинальная мощность 200 МВА;

высокотемпературная изоляция с применением арамидной бумаги Номекс (ДюПонт);

высокая транспортабельность за счет компактных размеров и транспортной массы менее 59 т;

быстрая установка и ввод в эксплуатацию за счет применения модульной конструкции.

3. Автотрансформаторы «быстрого развертывания» 300 МВА 345/138 кВ (доклад PS3_5 [4], Польша, США, Швейцария; доклад PS3_3 [4], Великобритания, Германия):

однофазное исполнение;

пересоединяемые с помощью ПБВ обмотки ВН и СН с сочетанием напряжений 345/138 и 138/69 кВ;

номинальная мощность 100/50 МВА для сочетаний напряжений 345/138 и 138/69 кВ;

способ регулирования напряжения – РПН;

подключение к стороне СН с помощью втычных кабельных муфт или вводов;

гибридная высокотемпературная изоляция с заполнением синтетическим эфиром;

транспортная масса с жидким диэлектриком – 98 т;

продолжительность установки и монтажа на месте эксплуатации – около 3 дней.

Тематика практических семинаров. В рамках коллоквиума ИК А2 СИГРЭ-2017 состоялись практические семинары по актуальным вопросам трансформаторостроения, которые проводили председатели и члены рабочих групп:

«Надежность трансформаторов» (А2-37, докладчик J. Jagers (Южная Африка));

«Надежность трансформаторных вводов» (А2-43, докладчик А. Mikulecky (Хорватия));

«Частичные разряды в трансформаторах» (D1-29, докладчики S. Coenen, A. Kraetge (Германия));

«Тепловое моделирование трансформаторов» (А2-38, докладчики P. Picher (Канада), H. Campelo (Португалия), T. Gradnik (Словения));

«Шунтирующие реакторы» (А2-48, докладчики S. Ryder, M. Lamb (Великобритания)).

Очередные мероприятия с участием комитета А2 «Трансформаторы» СИГРЭ.

В период с 26 по 31 августа 2018 г. в Париже, Франция запланировано проведение 47-й сессии СИГРЭ, в рамках которой по комитету А2 «Трансформаторы» утверждены следующие предпочтительные темы.

ПТ1. Тепловые характеристики силовых трансформаторов:

определение превышений температуры наиболее нагретых точек с помощью моделирования и непосредственного измерения;

определение превышений температур магнитопровода, бака и других частей с помощью моделирования и непосредственного измерения;

влияние требований к перегрузкам на выбор конструкции и составных частей.

ПТ2. Достижения в диагностике и мониторинге:

высокочастотные модели силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов, сравнение с результатами измерений;

интерпретация и моделирование частотных характеристик обмоток;

опыт применения различных методов измерений частичных разрядов в условиях заводских испытаний и на месте установки.

ПТ3. Приемочные испытания на месте установки:

требуемые приемочные испытания силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов;

дополнительные приемочные испытания силовых трансформаторов и шунтирующих реакторов, определяемые их спецификой;

опытная эксплуатация трансформаторов и реакторов, включая требования к дополнительному наблюдению и мониторингу.

Следующий коллоквиум ИК А2 «Трансформаторы» запланирован на ноябрь 2019 г. в Нью-Дели, Индия. Планируется проведение коллоквиума совместно с ИК В2 «Воздушные линии» и D1 «Материалы и новые методы испытаний».

От национального комитета СИГРЭ Румынии поступило предложение провести в 2021 г. коллоквиум комитета А2 «Трансформаторы» в Бухаресте, Румыния, в период 20–23.09.2021 (предварительно).

Выводы. По итогам коллоквиума ИК А2 СИГРЭ-2017 можно отметить следующие ключевые направления развития и наиболее обсуждаемые вопросы трансформаторостроения:

1. Передовая практика управления ресурсом трансформаторного оборудования:

применение индексов состояния и ранжирование трансформаторов для принятия решений о продлении их эксплуатации или замене.

2. Повышение надежности трансформаторного оборудования:

развитие и повышение достоверности систем мониторинга для раннего обнаружения развивающихся дефектов;

развитие методов диагностики трансформаторного оборудования и его компонентов.

3. Применение новых видов трансформаторного оборудования:

мобильных трансформаторов;

трансформаторов «быстрого развертывания»;

трансформаторов для сборки на месте эксплуатации.

4. Применение новых материалов и технологий для повышения экологичности, взрыво- и пожаробезопасности, энергоэффективности:

применение альтернативных трансформаторному маслу жидких диэлектриков (натуральных и синтетических эфиров) для повышения экологической чистоты, взрыво- и пожаробезопасности;

применение высокотемпературной изоляции для улучшения массогабаритных показателей;

снижение уровня звука трансформаторов на стадии проектирования и в эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rajotte C. Presentation of CIGRE activities on Power Transformers [Electron. Resurs] <http://a2.cigre.org/what-is-SC-A2>

2. Cuesto M., Gonzalez-Gargna C., Vukovic D., Emmel J., Aznar A., Sánchez J.C., Gumez P. Largest single-phase green transformer with natural ester at 420 kV and tests comparison with mineral oil. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_8, October 1st- 6th, 2017, Cracow, Poland.

3. Szewczyk R., Marek R., Duart J.-C. High temperature insulation systems: an important tool in design of compact, mobile or fast-deployable large power transformers. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_5, October 1st- 6th, 2017, Cracow, Poland.

4. Lashbrook M., Martin R., Werle P., Szczechowski J., Asshauer T. Ester-based Liquids for Mobile Extra High Voltage Applications. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_3, October 1st 6th, 2017, Cracow, Poland.

[26.07.2018]

Приложение. Список докладов ИК А2 «Трансформаторы» на коллоквиуме исследовательского комитета А2 СИГРЭ в 2017 г. в г. Кракове, Польша.

Предпочтительная тема 1. Уровни звука и вибраций силовых трансформаторов и реакторов.

PS1_1. Adrian Volk, Bruno Bosnjak (Германия). Acoustic and Vibrational Behaviour of a Distribution Transformer Core Under Varying Magnetic Excitation (Акустические и вибрационные характеристики магнитопроводов распределительных трансформаторов при различных уровнях магнитного возбуждения)⁴.

PS1_2. Christoph Ploetner (Германия). No-load sound power levels for specification purposes derived from more than 1000 measurements – a representative figure for three-phase transformers (Уровни звуковой мощности на холостом ходу для целей стандартизации, полученные по более чем 1000 измерений – представительные значения для трехфазных трансформаторов).

PS1_3. M. Gillet, F. Devaux, T. Boroomand, L. Carpes (Франция). Upon the Importance of Mastering all Physical Phenomena for the Design of Efficient Sound Barriers for Electrical Apparatus (О важности изучения физического феномена для проектирования эффективной системы звуковых барьеров для электрических аппаратов).

PS1_4. M. Pirnata, P. Tarman (Словения). The effect of tap position on transformer load noise (Влияние положения переключающего устройства на уровень звука трансформаторов).

PS1_5. A. Al-Abadi, A. Gamil, F. Schatzl (Германия), B. Van Der Aa, E. De Groot, J. Declercq (Нидерланды). Investigating the Effect of Winding Design and Clamping Pressure on the Load-Noise Generation of Power Transformers (Исследования влияния конструкции обмоток и давления прессовки на уровень звука силовых трансформаторов).

PS1_6. A. Gamil, F. Schatzl, J. Declercq (Германия). Determining Core Noise Levels (A-weighted & 1/1 Octave Bands) based on Core Design and Material Properties (Определение уровня звука магнитопровода (A-взвешенный & 1/1 октавные диапазоны) на основе конструкции магнитопровода и свойствах материалов).

PS1_7. K. Yamaguchi, N. Norishige, M. Takahashi, Y. Fujitomi, S. Kano (Япония). Verification of New Sound Power Level Measurement Methods (Верификация новых методов измерения уровня звуковой мощности).

PS1_8. M. Swiatkowski, A. Jaros, M. Kozupa (Польша), C. Ploetner (Германия). Uncertainty of the determined Transformer Sound Power Level in respect to the applied Measurement Conditions (Неопределенности измерения уровня звуковой мощности трансформаторов, связанные с условиями измерений).

⁴ Здесь и далее названия докладов даны в переводе автора отчета.

PS1_9. Franz Klammler, Gerald Leber, Peter Hamberger (Австрия). DC impact on noise and losses on transformers and the possibility of compensation (Влияния подмагничивания постоянным током на уровень шума и потери трансформаторов и возможность компенсации).

PS1_10. Werner Goette, Stefan Ries, Matthias Weber (Германия). Design Influence to the Noise Emission and Power Consumption of OFAF/ODAF Coolers for Power Transformers (Влияние конструкции на излучение шума и потребление мощности охладителей систем охлаждения OFAF/ODAF силовых трансформаторов).

PS1_11. Anders Daneryd, Kent Olsson, Claes Bengtsson (Швеция). Tank vibrations and sound levels of high voltage shunt reactors - advances in simulation methodologies (Вибрации бака и уровни звука шунтирующих реакторов высокого напряжения – достижения в методологии моделирования).

PS1_12. S. Pyrog, F. Benzmüller, G. Greve, C. Ploetner (Германия). Sound contribution of saturable reactors in rectifier transformers during FAT (Вклад насыщающихся реакторов в уровень звука преобразовательных трансформаторов при заводских приемочных испытаниях).

PS1_13. C. Rajotte, B. Gosselin (Канада). Transformer audible noise. Evolution of substation practices in a large utility (Шум трансформаторов. Эволюция практики подстанций крупной энергосетевой компании).

Предпочтительная тема 2. Диагностика и надежность компонентов.

PS2_1. L. Dreier, M. Jashari, Ch. Krause (Швейцария), T. Prevost (США). The Impact of Laminated Cellulosic Products on Transformer Lifetime (Влияние ламинированных продуктов целлюлозы на срок службы трансформаторов).

PS2_2. В.С. Ларин (Россия). Internal short-circuits faults localization in transformer windings using FRA and natural frequencies deviation patterns (Локализация внутренних коротких замыканий в обмотках трансформаторов с помощью анализа частотных характеристик и паттерных отклонений собственных частот)⁵.

PS2_3. В.С. Ларин, Д.А. Матвеев (Россия). Analysis of transformer frequency response deviations using white-box modelling (Анализ отклонений частотных характеристик с помощью моделей «белого ящика»)⁶.

PS2_4. C. Schneider, J. Staninovski, L. Cheim, J. Vines, S. Varadan (США). Transformer Reliability. Taking Predictive Maintenance Program to the Next Level (Надежность трансформаторов. Перевод программы предупредительного обслуживания на следующий уровень).

PS2_5. Luiz Cheim, Tauhid Ansari (США). Carbon monoxide (CO) levels in power transformers and the need to update concepts (Уровни оксида углерода в силовых трансформаторах и необходимость обновления концепций).

PS2_6. D. J. Kweon, Y. H. Kim, O. Y. Lee, H. S. Lee, H. K. Kang, J. H. Heo, J. S. Lim (Республика Корея). Estimation of Lifetime and DGA Indicators for Power Transformers of KEPCO (Оценка остаточного срока службы и граничных концентраций растворенных газов силовых трансформаторов энергокомпании KEPCO).

PS2_7. A. C. Barradas, N. D. Gonzalves, C. Cotas, R. J. Santos, M.M. Dias, J. C. B. Lopes, M. A. Quintela, H. M. R. Campelo (Португалия). Impact of the Tank Oil Flow Distribution in the Thermal Performance of a Zig-Zag Core-Type Transformer Winding (Влияние распределения потоков масла в баке на тепловые характеристики обмоток с зигзагообразными охлаждающими каналами стержневых трансформаторов).

PS2_8. Rafal Zaleski (Польша), Hongzhi Ding, John Larworth (Великобритания). High Voltage Bushings Failure Mechanisms and Their Detection Methods (Механизмы повреждения высоковольтных вводов и методы их обнаружения).

PS2_10. K. Viereck, D. Dohnal (Германия). What are the Benefits of an Intelligent Transformer in Terms of Diagnostics and Operational Reliability (Какие есть преимущества у «интеллектуальных» трансформаторов в части диагностики и эксплуатационной надежности).

PS2_11. Wieslaw Gil, Przemyslaw Wroniek (Польша). New Ideas and Trends in On-line Power Transformers Monitoring (Новые идеи и тренды онлайн-мониторинга силовых трансформаторов).

PS2_12. T. Kobayashi, I. Ohno, K. Aoki, H. Sugiyama, S. Iwasaki (Япония). Improvement on OLTC maintenance toward the optimization of life cycle cost (Улучшение обслуживания РПН для оптимизации полных затрат за весь срок службы).

⁵ Текст и презентация доклада доступны для скачивания по следующему ссылке: [http://cigre.ru/research_commitets/sc_wg/A2/2017_Cracow/Internal%20short-circuits%20faults%20localization%20using%20FRA.pdf](http://cigre.ru/research_commitets/sc_wg/A2/2017_Cracow/Internal%20short-circuits%20faults%20localization%20in%20transformer%20windings%20using%20FRA%20and%20natural%20frequencies%20deviation%20patterns.pdf).

⁶ Текст и презентация доклада доступны для скачивания по следующему ссылке: [http://cigre.ru/research_commitets/sc_wg/A2/2017_Cracow/Larin_Matveev_Analysis%20of%20frequency%20response%20deviations%20using%20white-box.pdf](http://cigre.ru/research_commitets/sc_wg/A2/2017_Cracow/Analysis%20of%20transformer%20frequency%20response%20deviations%20using%20white-box%20modelling.pdf)

PS2_13. *M. Matsushita, S. Yamada, T. Chigiri, D. Itatsu (Япония).* Evaluation of Location of Partial Discharges in Power Transformer by UHF Method (Локализация частичных разрядов в силовых трансформаторах с помощью ультравысокочастотного метода).

PS2_14. *T. Kobayashi, H. Kagawa, M. Ueda, K. Konishi, H. Kajino, K. Sasamori, O. Kisanuki, Y. Nakashima (Япония).* Development and application of polymeric gas bushing for transformer to improve the reliability, seismic performance and maintainability (Разработка и применение газонаполненных вводов с внешней полимерной изоляцией для повышения надежности, сейсмостойкости и удобства обслуживания).

PS2_15. *J. Case, H. Pregartner, G. Leber, S. Ausserhofer (Австрия).* A winding clamping system to improve short-circuit withstand, maintain winding clamping pressure and optimise the load-noise characteristics of large power transformers (Система прессовки обмоток для повышения стойкости при коротких замыканиях, обеспечения силы прессовки обмоток и оптимизация шумовых характеристик мощных силовых трансформаторов).

PS2_17. *Janusz Marian Szczechowski (Германия).* Electronic Power Supply Used in HV Testing of Power Transformers – Known Advantages and Limitations (Электронные источники питания для высоковольтных испытаний силовых трансформаторов – известные преимущества и ограничения).

PS2_18. *Dong Zhang, Dazhong Shen (Китай).* Using of balancing transformers to force the current splitting on an example of a large phase-shifting-transformer (Использование уравнивающих трансформаторов для принудительного распределения токов на примере фазоповоротного трансформатора большой мощности).

PS2_19. *Mohammad Akbari Azirani, Peter Werle, Janusz Szczechowski (Германия).* Effect of PD Type on UHF Signals and UHF PRPD Pattern in Power Transformers (Влияния типа частичных разрядов на сигналы и фазовые диаграммы частичных разрядов ультравысокочастотного метода в силовых трансформаторах).

PS2_20. *Anatoly Shkolnik (Израиль).* The Fire of Autotransformer as Result of 400 kV Bushing Explosion (Возгорание автотрансформатора в результате взрыва ввода 400 кВ).

Предпочтительная тема 3. Инновационные решения для транспортировки и установки.

PS3_1. *Antonio Gonz6lez, Carlos Vila (Испания).* Experience and benefits of transformer movement by

skidding (Опыт и преимущества перемещения трансформаторов волоком).

PS3_2. *Simon Ryder (Великобритания), Rafal Zaleski (Польша).* Evaluation of Alternative Transformer Designs to Reduce Transport Dimensions and Mass (Оценка альтернативных конструкций трансформаторов для снижения транспортных габаритов и массы).

PS3_3. *M. Lashbrook, R. Martin (Великобритания), P. Werle, J. Szczechowski, T. Asshauer (Германия).* Ester-based Liquids for Mobile Extra High Voltage Applications (Жидкости на основе эфиров для применения в мобильном трансформаторе сверхвысокого напряжения).

PS3_4. *T. Kobayashi, S. Ito, K. Konishi, M. Kadowaki, S. Yamada, Y. Nakashima (Япония).* Quality Control and Site Test for Site Assemble Transformers (Проверка качества и испытания собираемых на месте установок трансформаторов).

PS3_5. *R. Szewczyk (Польша), R. Marek (США), J.-C. Duart (Швейцария).* High temperature insulation systems: an important tool in design of compact, mobile or fast-deployable large power transformers (Высокотемпературные изоляционные системы: важный инструмент в проектировании компактных, мобильных или быстро устанавливаемых мощных силовых трансформаторов).

PS3_6. *T. Stirl, J. Harthun, M. Saravolac, K.-H. H6ger, T. Friedel (Германия).* New Transformer Design Permits Elimination of Conservator on Top of Transformer Tank (Новая конструкция трансформатора, допускающая исключения размещения расширителя над баком трансформатора).

PS3_7. *M. Jaroszewski, R. Marek (США), R. Szewczyk (Польша).* Advancements in technology for mobile transformers and substations (Достижения в технологиях для мобильных трансформаторов и подстанций).

PS3_8. *M. Cuesto, C. Gonz6lez-Garcna (Испания), D. Vukovic (Германия), J. Emmel (Швейцария), A. Aznar, J.C. S6nchez, P. Gumez (Испания).* Largest single-phase green transformer with natural ester at 420 kV and tests comparison with mineral oil (Крупнейший однофазный экологически чистый трансформатор 420 кВ с заполнением натуральным эфиром и сравнение результатов его испытаний с заполнением минеральным маслом).

А в т о р: Ларин Василий Серафимович окончил Институт электроэнергетики МЭИ (ТУ) в 2004 г. В 2007 г. защитил кандидатскую диссертацию «Исследование и разработка эффективного метода расчета внутренней изоляции силовых трансформаторов». Регулярный член Исследовательского комитета А2 «Трансформаторы» СИГРЭ и представитель Россий-

ского национального комитета СИГРЭ в комитете

A2 СИГРЭ. Начальник отдела трансформаторов ВЭИ – филиал РФЯЦ–ВНИИТФ.

Elektrichestvo, 2018, No. 11, pp. 54–61

DOI:10.24160/0013-5380-2018-11-54-61

Questions of Transformers Creation on the Colloquium of Research committee A2 SIGRE 2017

LARIN Vasily S. (*All-Russian Electrotechnical Institute, Moscow, Russia*) – *Head of the Department, Regular member of the Study Committee A2 «Transformers», Cand. Sci. (Eng.)*

REFERENCES

1. **Rajotte C.** Presentation of CIGRE activities on Power Transformers [Electron. Resurs] <http://a2.cigre.org/what-is-SC-A2>
2. **Cuesto M., González-García C., Vukovic D., Emmel J., Aznar A., Sánchez J.C., Gymez P.** Largest single-phase green transformer with natural ester at 420 kV and tests comparison with mineral oil. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_8, October 1st– 6th, 2017, Cracow, Poland.
3. **Szewczyk R., Marek R., Duart J.-C.** High temperature insulation systems: an important tool in design of compact, mobile or

fast-deployable large power transformers. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_5, October 1st- 6th, 2017, Cracow, Poland.

4. **Lashbrook M., Martin R., Werle P., Szczechowski J., Asshauer T.** Ester-based Liquids for Mobile Extra High Voltage Applications. — CIGRE Study Committee A2 COLLOQUIUM, report PS3_3, October 1st– 6th, 2017, Cracow, Poland.

[26.07.2018]