

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН (ПО МАТЕРИАЛАМ 47-Й СЕССИИ СИГРЭ)

АВТОРЫ:

В.В. БЕЛЯКОВ,
ООО «ИНТЕР РАО —
ИНЖИНИРИНГ»

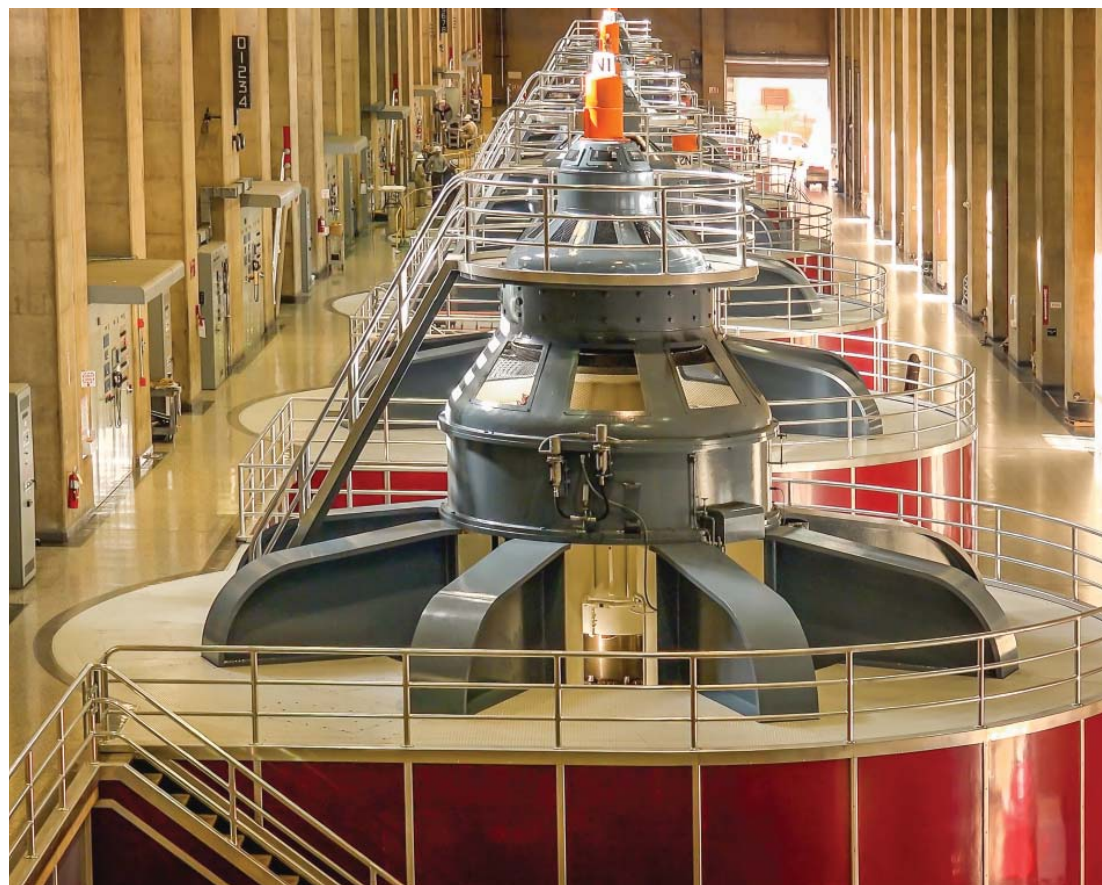
Ю.Д. ВИНИЦКИЙ,
Д.Т.Н.,
ООО «ИНТЕР РАО —
ИНЖИНИРИНГ»

М.Б. РОЙТГАРЦ,
К.Т.Н.,
ПАО «СИЛОВЫЕ
МАШИНЫ —
ЭЛЕКТРОСИЛА»

В Париже 26–31 августа с.г. прошла 47-я Сессия СИГРЭ. 26 докладов, представленных на заседаниях Исследовательского

комитета А1 «Вращающиеся электрические машины», достаточно полно характеризуют современное состояние данной отрасли электроэнергетики.

Ключевые слова: вращающаяся машина; генератор; Системный оператор; синхронный компенсатор; частичные разряды.



Машинный зал современной электростанции

ВВЕДЕНИЕ

СИГРЭ является некоммерческой неправительственной организацией, основанной в Париже в 1921 г. Членами СИГРЭ в настоящее время являются более 1100 организаций из 98 стран мира. Свыше 7000 экспертов активно сотрудничают по различным направлениям электроэнергетики. Всего в структуре СИГРЭ действуют 16 Исследовательских комитетов (ИК).

Представителем России в ИК А1 является М.Б. Ройтгарц, руководителем Подкомитета (ПК) А1 РНК СИГРЭ — В.В. Беляков, координатором работы ПК А1 — Ю.Д. Виницкий.

ИК А1 ответственен за направление «Вращающиеся электрические машины» и их применение для генерации электрической энергии (генераторы и мощные двигатели для различных механизмов на электрических станциях). Основными направлениями работы комитета А1 являются:

- Турбогенераторы AG/WGs A1.01;
- Гидрогенераторы AG/WGs A1.02;
- Новые технологии AG/WGs A1.05;
- Электрические двигатели AG/WGs A1.06.

На Сессии был продемонстрирован постоянно растущий уровень разработки технических решений в области совершенствования конструкции генераторов большой мощности, а также генераторов меньшей мощности для работы с возобновляемыми источниками энергии. Появление новых материалов, математических программ расчета процессов позволяет снижать себестоимость разрабатываемых электрических машин, повышать их надежность и эффективность.

Как и на предыдущих Сессиях и коллоквиумах, в промежутках между

Сессиями было обращено внимание на существенное изменение нагрузочных режимов генерирующих агрегатов. Значительный рост доли возобновляемых источников энергии в общей генерации привел к необходимости более тесного взаимодействия Системного оператора и производителей генераторов различной мощности. Выявлена необходимость модернизации (а в некоторых случаях и разработка новых решений) конструкции генератора для удовлетворения требований Системного оператора, особенно при подключении маломощных энергосистем к мощным энергосистемам. Сформулированы требования к необходимым диапазонам изменения частоты и напряжения, а также к скорости изменения нагрузки.

Следует отметить интерес к возврату к синхронным компенсаторам, в том числе к разработке и практической реализации решений по повышению устойчивости и стабилизации напряжения в энергосистеме путем использования выведенных из работы генераторов (отключение от турбины) в режиме синхронного компенсатора. Это, по мнению российских разработчиков, открывает дополнительные перспективы для использования асинхронизированных генераторов и созданных на тех же принципах асинхронизированных синхронных компенсаторов.

Цифровизация энергетики не оставила в стороне и проблемы вращающихся машин. Важным трендом является создание высокоинтеллектуальных устройств и систем непрерывного мониторинга и диагностики вращающихся машин, базы данных работающего оборудования, анализ и обобщение выявленных трендов с целью обеспечения продления ресурса и существенного прогресса в продвижении ремонтов «по состоянию» как наиболее экономичных способов организации ремонтов.

АТЛАНТ
диспетчерские пульты

- Разнообразие конфигураций;
- ровная столешница по всей длине пульта;
- надежный стальной каркас;
- встроенные кабельные каналы для сигнальных и электрических проводов;
- лючки доступа к верхнему кабельному каналу;
- тыловой и фронтальный доступ к оборудованию;
- естественный и принудительный воздухообмен для установленного оборудования;
- модульная система энергоснабжения.



- Мягкий кант для защиты рук диспетчера во всех комплектациях;
- соответствие требованиям эргономики;
- износостойкая HPL-столешница с антистатическим покрытием;
- только качественные и профессиональные материалы;
- производство РФ.



Удобство. Надежность. Стиль.

Каждый диспетчерский пульт «АТЛАНТ» изготавливается по индивидуальному проекту. Перед отправкой к клиенту осуществляется полная предварительная сборка диспетчерского пульта, что гарантирует высокое качество поставляемого изделия.

Pult-atlant.ru
Pultatlant.ru
sales@pult-atlant.ru
+7 495 956 21 14

Продолжаются работы по совершенствованию методов и способов контроля состояния электрических машин в процессе эксплуатации, повышению их надежности.

На Сессии были обсуждены 26 докладов. Ниже приведен обзор наиболее интересных из них, на взгляд авторов.

Доклад A1-101 (США): Hybridizing Gas Turbine with Battery Energy Storage: Performance and Economics [Совместное функционирование газовых турбин с аккумуляторными хранилищами энергии: функциональные и экономические показатели]
Miller N.W., Kaushik V., Heinzmann J., Frasier J., General Electric Company, Southern California Edison Company

В этом докладе рассматривается одна из наиболее важных проблем, которая стоит перед электрогенерирующими компаниями, вынужденными работать в условиях очень высокой и продолжающей увеличиваться доли возобновляемой энергии, поступающей на рынок (рис. A1-101-1). Наличие относительно дешевых возобновляемых источников энергии привело к закрытию крупных генерирующих мощностей, работающих на ископаемом топливе. Тем не менее все еще существует требование к обеспечению работы традиционных источников энергии, например, газотурбинных генераторов, с целью генерации энергии в случае недостаточной выработки мощности возобновляемыми источниками энергии и/или для стабилизации электроэнергетической системы. В докладе продемонстрирована сложность упомянутой проблемы на примере рынка электроэнергии Калифорнии. Одним из возможных решений, предложенных в этом документе, является использование газотурбинной установки, совмещенной

КРИВЫЕ СУТОЧНЫХ НАГРУЗОК С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

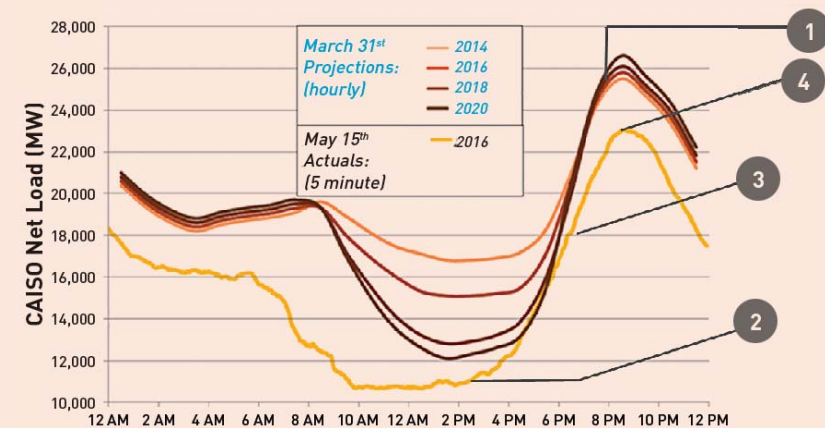


Рис. A1-101-1

ГИБРИД БАТАРЕИ И ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ В ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ



Рис. A1-101-2

с накопителем энергии на базе аккумуляторной батареи. В докладе приведено подробное описание первой установленной системы подобного рода (рис. A1-101-2) и обсуждение экономических и функциональных показателей системы.

Доклад A1-103 (Германия): Development, Test and Validation of new Generator Product Line for current and future operational regimes [Разработка, тестирование и проверка новой линейки генерирующего оборудования для работы

ВЫРАБОТКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ГЕРМАНИИ В ЯНВАРЕ 2017 Г.

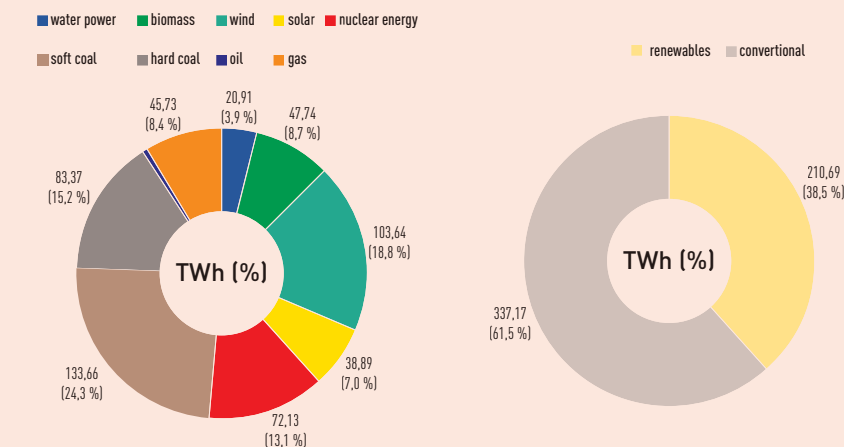


Рис. A1-103-1

ГИБКАЯ ДИАГРАММА МОЩНОСТИ ПРИ РЕГУЛИРУЕМОМ ОХЛАДИТЕЛЕ

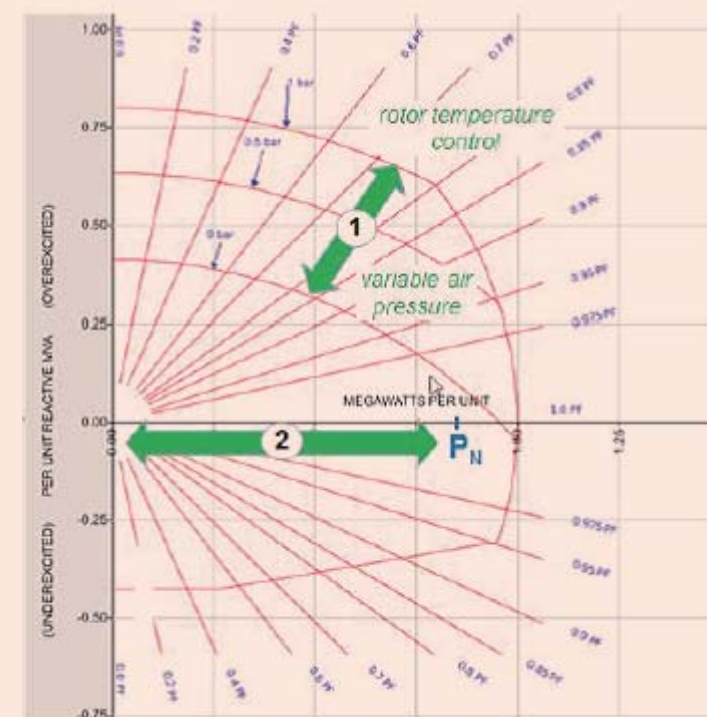


Рис. A1-103-2

в существующих и перспективных эксплуатационных режимах]
Braam J.-H., Siemens AG

На рис. A1-103-1 приведены объемы выработки электрической энергии для Германии на январь 2017 г. Как следует из рисунка, объем выработки электроэнергии за счет возобновляемых источников энергии составляет 38,5%, в том числе за счет ветрогенерации — 18,8%.

В докладе A1-103 дано описание новой линейки генераторов, статорные обмотки которых выполнены с водяным охлаждением, тогда как роторы и сердечники статоров имеют воздушное охлаждение. Такая конфигурация оборудования была выбрана с целью минимизации механического износа и температурного старения обмоток генераторов вследствие повышенного уровня циклической нагрузки в традиционном электрогенерирующем оборудовании, вызванного протеканием тока в направлении возобновляемых источников энергии с характерными периодическими изменениями. С целью уменьшения циклических температурных изменений в обмотке статора была выбрана система водяного охлаждения. Для охлаждения сердечника и ротора подается воздух под давлением, что позволяет исключить необходимость использования водорода и соответствующих систем уплотнения вала, исходя из условий обеспечения безопасности, а также для уменьшения требований к технической обслуживанию. Для оптимизации температурных режимов и эффективности система водяного охлаждения была спроектирована таким образом, чтобы предусмотреть возможность изменения расхода в зависимости от тока статора, в то время как воздушная система находится под повышенным давлением в соответствии с величинами тока ротора и коэффициента мощности (рис. A1-103-2).

Согласно приведенным в докладе данным, первая установка была протестирована на заводе и продемонстрировала функциональные показатели в соответствии с ожиданиями и стандартами проектирования.

Предполагается выпустить линейку генераторов в диапазоне мощностей, которые в настоящее время в основном используются в конструкциях с полным косвенным воздушным и водородным охлаждением.

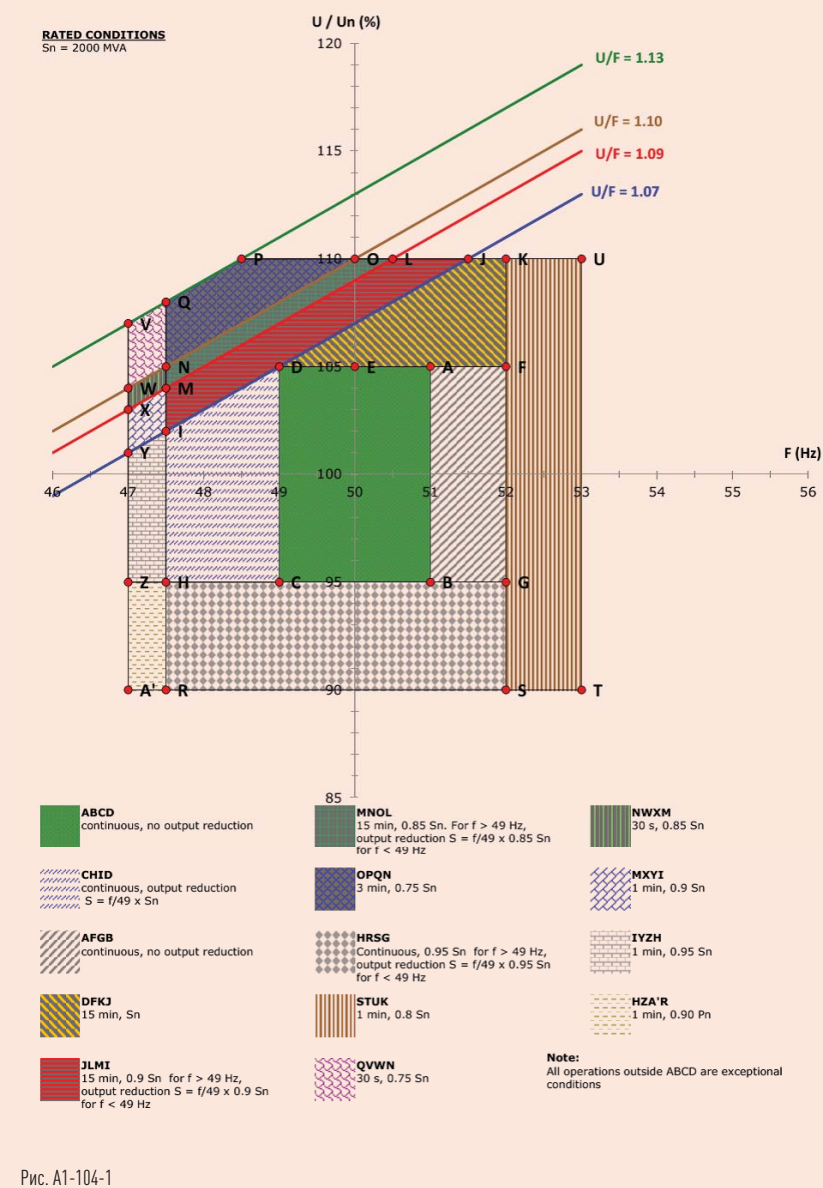
Авторы доклада ссылаются на ту же DUCK CURVE, что и в докладе A-101 для обоснования дополнительных требований к генераторам в связи с изменяющимися режимами работы генерирующего оборудования в энергосистемах (необходимость реализации маневренных режимов и увеличивающееся использование возобновляемых источников энергии).

Следует также отметить, что основными задачами, которые ставит оператор German Energiewende, являются:

- обеспечение продажи 55–60 % электроэнергии, получаемой от ВИЭ, к 2035 г.;
- полное выведение из работы атомных электростанций к 2020 г.;
- снижение на 50 % потребности в электрической энергии к 2050 г.;
- разработка мощных накопителей энергии, «умных» сетей и «гибких» (работающих в переменных режимах) тепловых энергоблоков;
- обеспечение использования 6 млн электромобилей к 2030 г.

Доклад A1-104 (Франция): Impact of Grid Code Evolution on the Design of the Generators for Nuclear Plants (half speed, power above 800 MVA) [Влияние развития сетевых стандартов на конструкцию генераторов

ДИАГРАММА ЭКСПЛУАТАЦИИ ТУРБОГЕНЕРАТОРА 2000 МВА ПРИ ОТКЛОНЕНИЯХ НАПРЯЖЕНИЯ И ЧАСТОТЫ



для атомных электростанций (половинная скорость, мощность свыше 800 МВА)]
Chay P., Buquet M., Wahdame B., Fernagut V., Magois S., General Electric EDF

В докладе A1-104 приведена хорошо проработанная оценка эксплуатационных проблем и воздействий, связанных с требованиями сетевого стандарта ENTSO-E к синхронным генераторам

большой мощности (>800 МВА). К ним относятся общие требования для электрогенерирующих модулей типа D (диапазоны напряжения и частоты), способность к поддержанию генераторного режима в случае возникновения отказов (FRT), более быстрая реакция системы возбуждения, стойкость к изменениям частоты в соответствии с заданной скоростью изменения частоты (ROCOF) и способность поддержания генераторного режима при провале напряжения сети (LVRT).

По мере того как рабочая точка перемещается от номинальных значений напряжения и частоты, может наблюдаться значительное повышение температуры сердечника статора генератора и обмотки возбуждения, что может привести к повреждению сердечника статора генератора и изоляции обмоток, оказывая тем самым негативное влияние на срок службы генерирующего оборудования. Таким образом, как правило, рекомендуется ограничить степень, длительность и частоту возникновения таких эксплуатационных условий (рис. A1-104-1). Тем не менее работа генерирующих агрегатов в определенных эксплуатационных пределах может быть затруднена, и решение заключается в использовании оборудования с избыточными размерами или переключающих устройств для регулировки напряжения под нагрузкой. Для выработки окончательного решения может потребоваться достижение определенного компромисса между оператором сети, владельцем электростанции и изготовителем оборудования.

Доклад A1-106 (Великобритания): Calculation of Rotor Eddy Current Losses in High-Speed PM Synchronous Generators using Transfer Matrices [Расчет потерь на вихревые токи в роторах высокоскоростных синхронных

генераторов на постоянных магнитах с использованием метода передаточных матриц]
Anglada J.R., Sharkh S.M. University of Southampton United Kingdom, M.A. Yuratic TSL Technology Ltd.

В докладе A1-106 приведено описание аналитического метода расчета потерь на вихревые токи в роторах высокоскоростных синхронных генераторов на постоянных магнитах с использованием метода передаточных матриц, который используется в качестве более строгого и практического способа итерационного проектирования по сравнению с медленным, но более точным методом конечных элементов. В качестве примера приводится генератор на постоянных магнитах мощностью 50 кВт и скоростью вращения 65 000 об./мин, при этом демонстрируется хорошая корреляция между методом передаточных матриц и методом конечных элементов при расчете потерь на вихревые токи как под нагрузкой, так и без нагрузки.

Доклад A1-211 (Индия): Generators as Synchronous Condensers to Meet Dynamic System Requirement by Renewable Mix — Indian scenario [Использование генераторов в качестве синхронных компенсаторов для выполнения динамических требований к системе при работе в условиях смешанной генерации с использованием возобновляемых источников энергии — Индийский сценарий]
Chaturvedi D.K., Gupta A.K., NTPC Ltd.

В докладе A1-211 рассматриваются вопросы использования существующих, выведенных из эксплуатации генераторных установок и стратегических резервных генераторов в качестве синхронных компенсаторов для уменьшения проблем с компенсацией реактивной мощности в энергосистеме Индии, возникших

вследствие быстрого развития электрогенерирующих мощностей на базе ветряных и солнечных электростанций. В качестве конкретного примера приведено описание трех генераторов с водородным охлаждением мощностью 95 МВт и даны рекомендации по переключению генератора для работы в качестве синхронного компенсатора. Также рассматриваются преимущества использования вращающихся машин для компенсации реактивной мощности в сравнении со статическими тиристорными компенсаторами. Показаны преимущества использования синхронных компенсаторов в данном случае.

Доклад A1-202 (Австрия): A Study of the Propagation Behaviour of Partial Discharge Pulses in the High-Voltage Winding of Hydro Generators [Анализ режимов распространения импульсов частичных разрядов в высоковольтных обмотках гидрогенераторов]
Oettl T., Engelen C., OMICRON electronics GmbH, Binder E., Consultant, Kessler T., Vorarlberger Illwerke AG

В докладе A1-202 приведено описание исследования распространения импульсов частичных разрядов, выполненного на двух обмотках статора, подлежащих перемотке, при различных номинальных величинах напряжения и мощности. Заявленной целью этого исследования являлась разработка методов надежной идентификации частичных разрядов в различных частях обмотки статора. Ключевым элементом данного метода является представление «матрицы затухания», построенной на основании набора выбранных измерений частоты. Цель метода заключается в устранении хорошо известного процесса затухания и дисперсии высокочастотных импульсов частичных разрядов в ходе их распространения по обмотке статора. Посредством

изменения амплитудно-частотной характеристики детектора авторы доклада A1-202 продемонстрировали, что этот метод может использоваться для идентификации специфических характеристик дефектов в обмотке.

Доклад A1-205 (Канада): Novel Fiber Optic Technology Monitors in-Slot Vibration and Hot Spots in an Air-Cooled Gas Generator [Использование современной оптоволоконной технологии для мониторинга вибрации в пазах и обнаружения мест локального перегрева в газогенераторных агрегатах с воздушным охлаждением]
Kung P., et al., QPS Photonics Incorporation

В докладе A1-205 представлены результаты измерения вибрации и температуры, полученные с использованием оптоволоконных датчиков, установленных в газотурбинных генераторах с воздушным охлаждением. Физические основы для каждого из таких датчиков подробно описаны в докладе (рис. A1-205-1). Получены данные измерений температуры в пазах (рис. A1-205-2) и концевых обмотках, а также параметры вибрации в изолирующих прокладках, выводах концевых обмоток и нейтральной выводной шине. Наблюдалась хорошая корреляция измеренных температур между новым оптоволоконным датчиком, предназначенным для распределенного измерения температуры, и традиционными резистивными датчиками температуры, устанавливаемыми в пазах. После успешного испытания на этом генераторе с воздушным охлаждением планируется дальнейшее тестирование на машине с водородной системой охлаждения.

В докладе A1-205 приведен обзор параметров, которые могут быть измерены на работающем генераторе и могут использоваться для иденти-

ПРОВЕРКА ПРИМЕНИМОСТИ ОПТОВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ И ТЕМПЕРАТУРЫ В СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМАХ

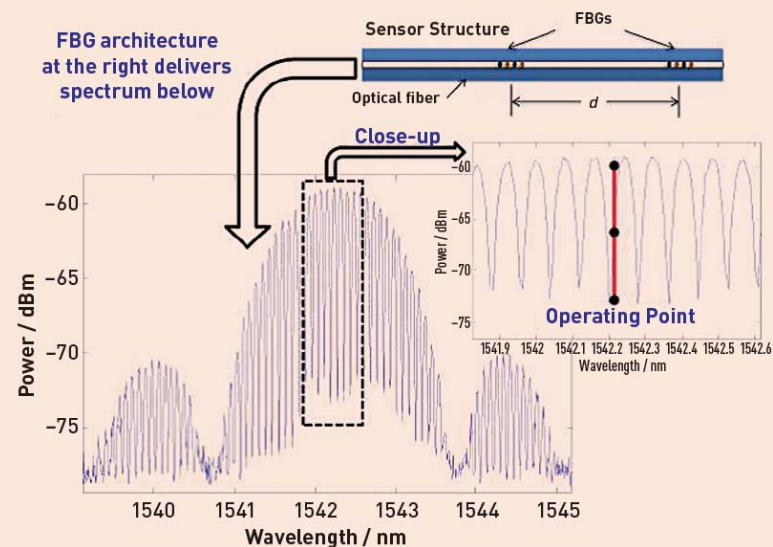


Рис. A1-205-1

фикации дефектов на ранних этапах развития повреждения с целью применения программы технического обслуживания, исходя из технического состояния. В докладе рассмотрены следующие параметры: магнитный поток для закороченных витков обмотки ротора; вибрация концевых обмоток статора; вибрация вала и подшипников; воздушный зазор между ротором и статором (для генераторов с приводом от гидравлической турбины). В этом докладе продемонстрировано, что в зависимости от используемой технологии различные рабочие параметры оказывают разное влияние на результаты мониторинга, и некоторые из них оказывают значительное воздействие. Были рассмотрены три конкретных случая, посредством

УСТАНОВКА ПАЗОВОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ

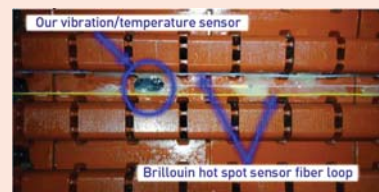


Рис. A1-205-2

которых была подтверждена чувствительность измеряемых параметров (вибрация торцевых обмоток, величина воздушного зазора и вибрация)

к изменению условий эксплуатации (температура обмоток статора, скорость и нагрузка, соответственно).

Доклад A1-210 (Хорватия): Application of Differential Magnetic Field Measurement (DMFM method) in Winding Fault Detection of AC Rotating Machines as Part of Expert Monitoring Systems [Применение метода измерения дифференциального магнитного поля (метод DMFM) для обнаружения коротких замыканий в обмотках вращающихся машин переменного тока в качестве экспертных систем мониторинга]
Elez A., Študir J., Tvorčić S., KONČAR Generators and Motors, KONČAR Electrical Engineering Institute

В докладе A1-210 описан метод обнаружения коротких замыканий в обмотках индукционных и синхронных машин с использованием двух катушек обнаружения, смонтированных на зубьях статора со смещением на один полюсный шаг и подключенных последовательно таким образом, что сигналы наведенного напряжения нейтрали-

КОНСТРУКЦИЯ МЕДНОГО ЭКРАНА И ЗАВИСИМОСТЬ ПОТЕРЬ В ЭКРАНЕ ОТ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ЗАЗОРА

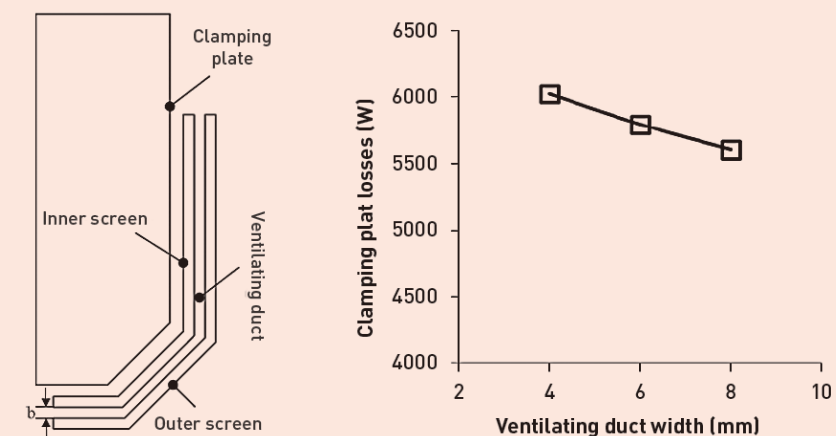
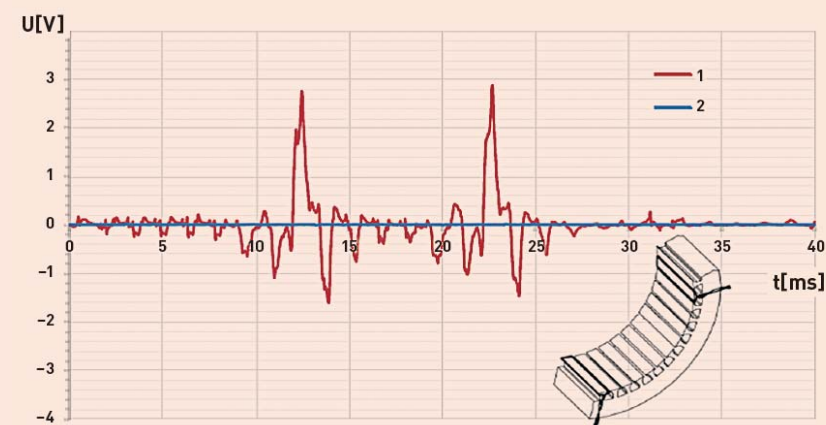


Рис. A1-305-1

зуются (рис. A1-210-1). Разрыв шины ротора или короткое замыкание между витками обмотки приводят к возникновению регистрируемого отклонения сигнала напряжения

СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ДАТЧИКОВ НА ЗУБЦАХ СТАТОРА И РЕЗУЛЬТАТЫ КОНТРОЛЯ РОТОРА



1 — с повреждением в роторе; 2 — без повреждений

Рис. A1-210-1

в соответствии с числом и местом расположения коротких замыканий. Проверка этой методики измерения дифференциального магнитного поля производилась с помощью моделирования по методу конечных элементов, а также посредством лабораторных испытаний. Этот метод позволяет упростить процесс интерпретации сигналов в сравнении с существующими методами с одинарной обмоткой и, как было заявлено, обладает большей чувствительностью. Данные представлены только для асинхронных машин, но также применимы к синхронным машинам с явно выраженными полюсами и турбогенераторам.

Доклад A1-305 (Китай): Analysis on the Effect of Screen Ventilation Width on End Flux Distribution and Eddy Current Losses of Turbo-generator [Анализ влияния ширины вентиляционного зазора между экранами на распределение торцевого магнитного потока и потери на вихревые токи в турбогенераторе]
Wang L., Sun Y., Kou B., Harbin

КОНСТРУКЦИЯ И СЕТОЧНАЯ МОДЕЛЬ ТОРЦЕВОЙ ЗОНЫ СТАТОРА

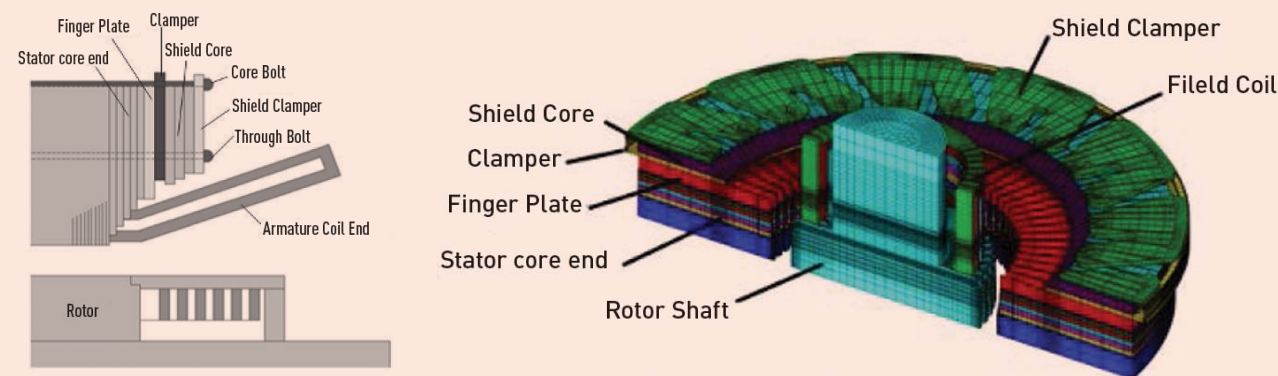


Рис. А1-307-1

Electric Machinery Co., Ltd. School of Electrical Engineering and Automation, Harbin Institute of Technology, College of Electrical and Electronic Engineering, Harbin University of Science and Technology

В этом докладе представлены результаты исследования потерь на вихревые токи в сердечнике статора с установленным электромагнитным экраном генератора мощностью 330 МВт. В исследовании рассматривался электромагнитный экран, выполненный из двух слоев меди с промежутком между слоями, который использовался в качестве вентиляционного канала, размеры которого изменялись для изучения общего воздействия на эффективность экранирования и результирующие потери (рис. А1-305-1 на с. 15).

Было достигнуто уменьшение потерь в зажимной пластине на 7% в случае использования экрана с большим промежутком за счет незначительного увеличения потерь в электромагнитном экране.

Доклад А1-307 (Япония): Loss Reduction by Large-Scale Electromagnetic Analysis for Turbine Generators [Уменьшение потерь посредством комплексного анализа

электромагнитных полей] Kometani H., Motoyoshi K., Sora N., Maeda S., Tanaka K., Mitsubishi Electric Corporation

В этом докладе рассматривается большая модель электромагнитных полей, построенная по методу конечных элементов, которая использовалась для анализа потерь в различных компонентах генератора мощностью 900 МВА с косвенной водородной системой охлаждения. По результатам анализа были предложены конструктивные решения, направленные на снижение уровня потерь, которые могут применяться для улучшения общей эффективности генератора. Были рассмотрены такие компоненты и конструктивные решения, которые включают в себя разрезание торцевых пакетов сердечника статора, применение многослойного электромагнитного экрана, использование немагнитных материалов в конструкции корпуса поблизости от концевых обмоток статора и подключений фазы, концевые обмотки на стержнях статора из изолированных проводников, скрученных по принципу Ребеля, а также повышение эффективности контактных сопротивлений между пазовыми клиньями ротора и бандажным кольцом. Конструкция и сеточная модель торцевой зоны

статора представлены на рис. А1-307-1. В докладе приведена оценка потенциала уменьшения потерь для каждого определенного компонента агрегата в целом.

Доклад А1-308 (Испания): Reactive Power Capability of Large Hydro Generators and the European Grid Code Requirements with Respect to Voltage Stability [Допустимая величина реактивной мощности для крупных гидрогенераторов и требования европейского сетевого стандарта применительно к стабильности напряжения] Rouco L., Universidad Pontificia Comillas, Perán F., Iberdrola

В докладе А1-308 приведен отчет об исследованиях, проведенных с целью определения способности гидрогенератора мощностью 65 МВА отвечать требованиям, установленным для верхней границы реактивной мощности, согласно недавно одобренному европейскому сетевому стандарту, чувствительности применительно к напряжению в точке подключения, а также для определения параметров переключателя выходных обмоток трансформатора.

В европейском сетевом стандарте были представлены требования

относительно стабильности напряжения, сформулированные в виде верхней границы напряжения в зависимости от соотношения Q/P_{max} в точке подключения; этот стандарт должен быть имплементирован на национальном уровне соответствующими Системными операторами. Эти требования отличаются от традиционных требований к допустимой реактивной мощности на выводах генератора, которые

указаны в стандартах на проектирование, например, в МЭК 60034-3, IEEE C50.13 и C50.12.

В докладе приведена оценка способности генератора к подаче реактивной мощности в точке подключения повышающего трансформатора, как это предусмотрено в настоящее время новыми требованиями сетевого стандарта. В докладе приведено заключение,

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПРОВОДНИКОВ ОБМОТКИ СТАТОРА

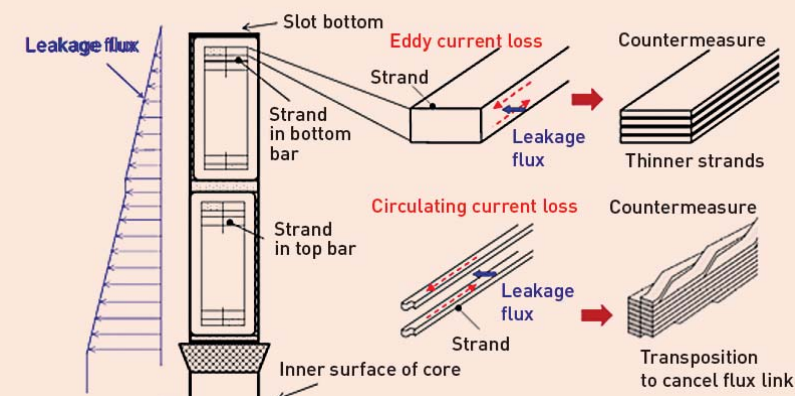


Рис. А1-309-1

ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ ОБМОТКИ СТАТОРА

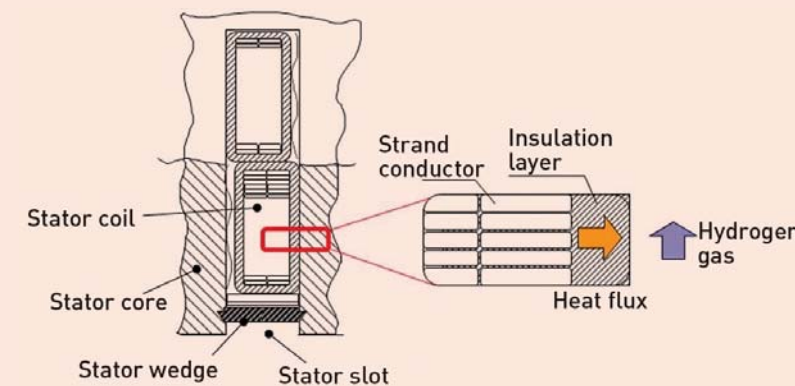


Рис. А1-309-2

**ИЗ ГОСТА 27471-87
МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
ВРАЩАЮЩИЕСЯ**

**ТЕРМИНЫ
1. ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ**

Вращающаяся электрическая машина
Электротехническое устройство, предназначенное для преобразования энергии на основе электромагнитной индукции и взаимодействия магнитного поля с электрическим током, содержащее по крайней мере две части, участвующие в основном процессе преобразования и имеющие возможность вращаться или поворачиваться относительно друг друга.

**2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ
ВРАЩАЮЩИХСЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**

Электромашинный генератор
Вращающаяся электрическая машина, предназначенная для преобразования механической энергии в электрическую.

Вращающийся электродвигатель
Вращающаяся электрическая машина, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую.

Электромашинный преобразователь
Вращающаяся электрическая машина, предназначенная для изменения параметров электрической энергии.

Электромашинный компенсатор
Синхронная машина, предназначенная для генерирования или потребления реактивной мощности.

УМЕНЬШЕНИЕ ПРЕВЫШЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ

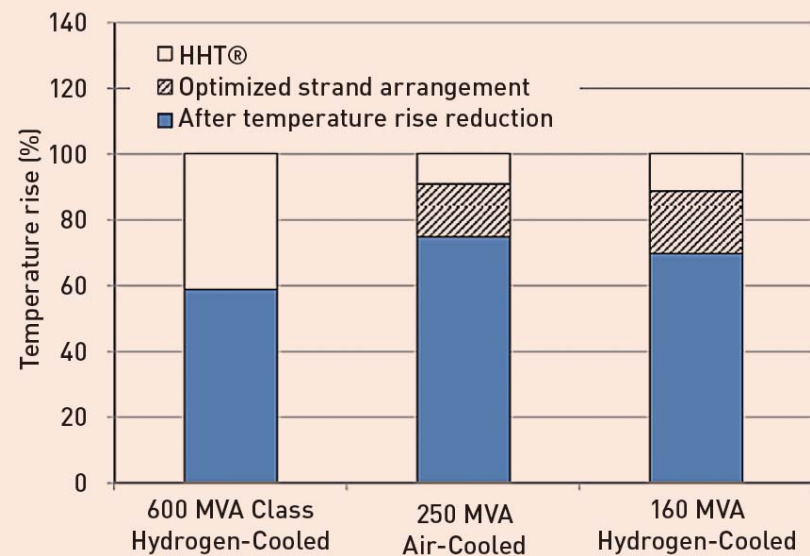


Рис. А1-309-3

что, если генератор соответствует текущим требованиям, наложенным Системным оператором, то этот генератор не может работать исключительно в области рабочих режимов, предусмотренных в настоящее время европейским сетевым стандартом.

Доклад А1-309 (Япония): Development of Large Indirectly Hydrogen-cooled Turbine Generator and Associated Technologies [Разработка турбогенераторов большой мощности с косвенной водородной системой охлаждения и связанных технологий] Muramatsu S., Takahashi K., Onoda M., Tanaka K., Hattori K., Mitsubishi Hitachi Power Systems, Ltd.

В этом докладе приведено описание опыта применения трех базовых технологий, необходимых для разработки генератора мощностью 900 МВА с косвенной водородной системой охлаждения; приведенные

результаты также могут применяться для перемотки / модернизации генераторов с целью повышения выходной мощности и эффективности. К таким технологиям относятся применение главной изоляции стенок стержней статора из материала с высокой теплопроводностью (ННТ), оптимизированная транспозиция проводов по принципу Ребеля (рис. А1-309-1, А1-309-2 на с. 17) и усовершенствование креплений торцевых обмоток статора. В частности, изолирующие материалы с высокой теплопроводностью и оптимизация по принципу Ребеля применялись и были проверены в ходе перемотки генераторов как с водородной, так и воздушной системой охлаждения в диапазоне мощностей от 160 до 600 МВА. Сообщалось о возможности уменьшения величины повышения температуры на стержнях статора до 50 % (рис. А1-309-3) в зависимости от размеров генератора и первоначальной конструкции.

Доклад А1-304 (Россия): Operation Experience of Asynchronized Turbine Generators in the Moscow Power System [Опыт эксплуатации асинхронных турбогенераторов в электроэнергетической системе Москвы] Shakarian Y. G., Sokur P.V., R&D Center FGC UES, JSC, Petrenya Y.K., Pinchuk N.D., Roytgarts M.B., PJSC "Power Machines", Lenyov S.N., Gritsenko A.D., PJSC "Mosenergo", Polyakov F.A., Kuznetsov D.V., Electroservice-NTCG LLC, Russia

В докладе А1-304 приведены данные эксплуатации пяти асинхронизированных турбогенераторов мощностью в диапазоне от 110 до 320 МВт, которые установлены в электроэнергетической системе Москвы в период между 2003 г. и 2009 г. Все асинхронизированные турбогенераторы оснащены двумя обмотками возбуждения, которые могут компоноваться в симметричной или асимметричной конфигурации, при этом асимметричная конфигурация имеет преимущество в плане лучших показателей применительно к потерям возбуждения. Полученные данные продемонстрировали возможности генераторов этого типа работать с увеличенными опережающими коэффициентами мощности, что, таким образом, уменьшает потребность в опережающем коэффициенте мощности на традиционных генерирующих установках, характеризующихся низкими опережающими коэффициентами мощности. Это особенно полезно в условиях плотной локальной электроэнергетической системы московского региона. В настоящее время на стадии рассмотрения находятся поправки касательно изменения тарифов, что приведет к повышению прибыльности эксплуатации оборудования с опережающими коэффициентами реактивной мощности, что сделает эксплуатацию асинхронизированных турбогенераторов коммерчески более привлекательной в будущем.

Cabex — энергия успеха



18-я Международная выставка
кабельно-проводниковой
продукции

19–21 марта 2019 года
Москва, КВЦ «Сокольники»

- Кабели и провода
- Кабельная арматура
- Электромонтажные изделия
- Электротехнические изделия
- Оборудование для монтажа, переработки кабеля
- Материалы для производства кабеля

Реклама

Забронируйте стенд
www.cabex.ru

Организаторы



Международная
Выставочная
Компания
+7 (495) 252 11 07
cabex@mvk.ru



Генеральный
информационный партнер



Специальный
отраслевой партнер

