

Технико-экономические аспекты развития электрических сетей 20 кВ

12 июля 2016 года в Москве (Swissôtel Красные Холмы) прошла 2-я Всероссийская конференция «Технико-экономические аспекты развития электрических сетей 20 кВ». Организатором выступил журнал «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение», генеральным партнером — АО «Объединенная энергетическая компания» (АО «ОЭК»).

На мероприятии собрались около ста участников — руководители и технические специалисты электросетевых компаний, в том числе Министерства энергетики РФ, ПАО «Россети», ПАО «МОЭСК», ПАО «МРСК Центра», ПАО «МРСК Северо-Запада», ПАО «МРСК Сибири», ПАО «МРСК Центра и Приволжья», территориальных сетевых организаций, научных, проектных организаций, учебных заведений, заводов-изготовителей. Докладчики и слушатели решали общую задачу — формирование и решение комплекса вопросов по применению в российской энергетике напряжения 20 кВ.

Модератором конференции выступил **Сергей Шумахер**, Заслуженный энергетик РФ, ведущий эксперт журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение». Он напомнил, что в том числе из-за плотности застройки городов во всем мире в качестве базового напряжения было принято 20 кВ, а в России и странах бывшего СССР — 10 кВ. Ровно год назад на первой конференции было принято решение, которое рекомендовало в крупных городах и мегаполисах заменить электрические сети напряжением 6 и 10 кВ электрическими сетями 20 кВ. Были одобрены подходы АО «ОЭК», ПАО «МОЭСК», ПАО «Ленэнерго» к вопросам разработки схем





Сергей Шумахер



Андрей Майоров



Степан Тодирка

развития городов с применением напряжения 20 кВ, был рассмотрен опыт Екатеринбургской электросетевой компании, которая использовала сеть 20 кВ для электропитания крупного городского мегаполиса.

Вторую конференцию «Технико-экономические аспекты развития электрических сетей 20 кВ» отличает от первой то, что появилась договоренность о поддержке проектов развития сетей 20 кВ со стороны ПАО «Россети». Это важно, поскольку новому направлению необходим идеолог, который взял бы на себя роль интегратора всех проблем электросетевого комплекса, в том числе коммунальной составляющей. Должна быть единая цель, общий тренд, и уже сегодня «Россети» обязали каждый ДЗО и Федеральную сетевую компанию уделять внимание проектам 20 кВ. Таким образом, «Россети» органично влились в процесс, который начался «снизу».

Опыт эксплуатации электрической сети 20 кВ мегаполиса и характеристиками ее надежности поделился **Андрей Майоров**, генеральный директор АО «ОЭК». О схемах построения городских распределительных сетей в современных условиях с применением 20 кВ рассказал **Степан Тодирка**, советник главного инженера ПАО «МОЭСК», а концепцию развития распределительной сети среднего напряжения в Московской области изложил **Андрей Вологин**, директор Восточных электрических сетей — филиала ПАО «МОЭСК».

Андрей Вологин в своем докладе обрисовал концепцию развития распределительной сети среднего напряжения в Московской области. В 2016 году предприятие проведет НИОКР для выяснения всех аспектов перевода абонентов Подмоскovie на сети 20 кВ, считая эти сети перспективным направлением. Более того, предприятие стремится

стать лидером в применении сети 20 кВ в сельской местности.

Участник конференции — руководитель АО «Королевская электросеть» **Геннадий Крук** в качестве комментария к докладу Андрея Вологина выразил некоторый скептицизм в быстром распространении сетей 20 кВ по стране. Он отметил, что для решения всех известных проблем в сетях (большая протяженность, потери мощности и напряжения) нужно некое поэтапное решение. В качестве примера он упомянул фидер длиной 28 км в Чеховском районе, где повысить напряжение на шинах потребителя до приемлемого уровня удалось не переводом сети на 20 кВ, а за счет установки в линию вольтдобавочного трансформатора.

Анализу влияния объектов распределенной генерации на режимы работы распределительных сетей 20 кВ и потребителей электроэнергии был посвящен доклад **Павла Илюшина**, к.т.н., заместителя ге-



Андрей Вологин



Геннадий Крук



Павел Илюшин



Михаил Каменский

нерального директора ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС».

Представители кабельной отрасли также выступили на конференции. Сегодня они ищут новые рынки сбыта, а развивающиеся сети 20 кВ могут стать одним из них. О трехжильных кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена с секторными токопроводящими жилами для распределительных сетей 20 кВ рассказал **Михаил Каменский**, к.т.н., заместитель заведующего отделением кабелей энергетического назначения ОАО «ВНИИКП». Разработанные кабели на 10 кВ уже выпускаются, а на 20 кВ — находятся в стадии опытно-промышленных изысканий. Конструкция кабелей с секторными жилами более компактная и легкая в сравнении с традиционными трехфазными кабелями, имеющими круглые жилы. В настоящее время также идет работа по созданию отечественного производства соединительных муфт на напряжение 20 кВ.

Тему, поднятую Михаилом Каменским, продолжил **Андрей Боев**, к.т.н., заместитель технического директора ООО «Холдинг Кабельный Альянс». Он рассказал об особенностях технологий изготовления кабелей с секторными жилами на напряжение 20 кВ и их преимуществах. Сегодня уже реализованы три проекта с использованием этого типа кабелей: два из них на напряжение 10 кВ были осуществлены в 2014 году (ИКЕА и киностудия ВГИК, Москва) и один на



Андрей Боев

20 кВ — в 2016 году (ГБУЗ ГКБ № 36, Москва).

В ходе дискуссии специалисты задали много вопросов по двум данным докладам, в том числе провокационных. Спрашивали об экономических аспектах прокладки и эксплуатации кабелей с секторными жилами, о строительных длинах и способах монтажа соединительных и концевых муфт. Несмотря на то, что новые кабели запатентованы ВНИИКП, другие отечественные заводы, проводя необходимые исследования, также смогут наладить их выпуск, а «Камкабель», например, уже приступил к производству.

Ни для кого не секрет, что для изготовления кабелей напряжением 20 кВ надо использовать сертифицированные, чистые, качественные материалы как изоляционные, так и полупроводящие. Опытном эксплуатации изоляционных материалов



Михаил Богданов

DowEurope в кабельных сетях напряжением 20 кВ поделился **Михаил Богданов**, специалист по технической поддержке и развитию DowEurope. Он рассказал об усилиях компании, которые были сделаны за последние два десятилетия по улучшению качества кабелей среднего напряжения и для продления срока их эксплуатации, представил новый изоляционный материал, специально разработанный для кабелей среднего напряжения с улучшенной стойкостью к водным триангам, представил результаты испытаний на ускоренное влажное старение, которые проходили в Германии и России (ВНИИКП).

Дмитрий Скворцов, заместитель генерального директора по маркетингу и сбыту ООО «Пи-ЭлСи Технолоджи» поднял тему мониторинга показателей бесперебойности электроснабжения потребителей и технологических процессов в сетях 20 кВ. Он рассказал о семействе контролеров — отечественной разработке, с расширенным функционалом, начиная от РП и заканчивая питающим центром.

Вообще, вопрос бесперебойности и надежности электрических сетей «красной нитью» прошел сквозь всю конференцию, его не раз поднимали и обсуждали участники. Увы, в России до сих пор надежность электрической сети определяется лишь по одному показателю — продолжительности отключения установки, а не по двум показателям,



Дмитрий Скворцов



Андрей Шунтов

как это принято за рубежом, — продолжительности и частоте.

Несколько докладов были посвящены техническим аспектам сетей 20 кВ, среди них доклад **Андрея Шунтова**, д.т.н., профессора, генерального директора ОАО «Специализированное проектно-конструкторское бюро по ремонту и реконструкции», который рассказал о потерях мощности в экранах кабелей 20 кВ.

Тематике потерь активной мощности и оптимизации схем соединения и заземления экранов был посвящен доклад Юрия Гусева, к.т.н., заведующего кафедрой электрических станций НИУ «МЭИ». В своем выступлении он поделился результатами расчетов потерь, токов и напряжений в экранах кабельных линий 20 кВ, а также сделал сравнение с традиционными сетями 10 кВ.

Виктория Востросаблина, главный инженер МКС, подели-



Юрий Гусев

лась опытом эксплуатации сетей 20 кВ, имеющих низкоомное заземление нейтрали. В частности, участникам конференции были продемонстрированы фотографии мест повреждения кабелей в такой сети, и дано их сравнение с аналогичными повреждениями, произошедшими в сети с изолированной нейтралью. Однозначный вывод, который был сделан присутствовавшими — резистивное заземление позволяет минимизировать последствия аварии, избежать возгораний и масштабных повреждений оборудования.

Доклад по работе защит в кабельной сети представил **Михаил Дмитриев**, к.т.н., доцент СПбГПУ. В презентации были рассмотрены особенности двухцепных кабельных линий, выполненных однофазными кабелями. Было показано, что если фазы проложены не треугольником, а имеют

рядное расположение, то в экранах кабелей появляются токи нулевой последовательности, которые при параллельной работе двух цепей приводят к возникновению токов нулевой последовательности в жилах и способны вызвать ложное срабатывание защит от замыканий на землю. Для исключения подобных ситуаций выступающим были даны рекомендации прокладывать фазные кабели не в ряд, а исключительно сомкнутым треугольником. Также докладчик отметил, что ложная работа защит будет маловероятна в сети, имеющей низкоомное резистивное заземление нейтрали.

Владимир Шевелев, технический директор ООО «Релематика», осветил тему релейной защиты сети 20 кВ: технические решения, итоги эксплуатации и организации обслуживания. Одной из основных особенностей сетей 20 кВ является низкоомное резистивное заземление нейтрали, которое имеет свои плюсы и минусы. Важным плюсом является возможность быстрого отключения поврежденного участка без возникновения опасных перенапряжений в сети и достаточно простая релейная защита. В качестве защит было рекомендовано применять быстродействующую дифференциальную защиту и максимальную токовую защиту.

В докладах других выступивших и в ходе дискуссии прозвучали вопросы эксплуатации кабельных сетей напряжением



Виктория Востросаблина



Михаил Дмитриев



Владимир Шевелев



20 кВ, бесперебойности электропитания потребителей и технологических процессов в сетях 20 кВ, были отмечены оптимальные способы заземления экранов кабелей, рассматривались режимы работы нейтрали в городских сетях 20 кВ, обсуждались токи нулевой последовательности и работа защит, анализировалась мощность трансформаторной подстанции 20/0,4 кВ микрорайона города. Докладчики рассказали о новых кабелях и новых изоляционных материалах, новейших негорючих полимерных трубах для прокладки кабелей, об особенностях сухих трансформаторов с разными типами изоляции и другим оборудованием.

Из общих тенденций эксплуатации были отмечены такие моменты, как надежность работы трансформаторов (трансформаторы с сухой изоляцией имеют более низкую прочность, чем трансформаторы с бумажно-масляной изоляцией), надежность и повреждения кабельных линий, работающих в блоке с воздушно-кабельной линией, коммутация кабельных линий, способы и формы прокладки кабеля для достижения наименьших потерь, проблемы короткого замыкания, негорючести кабелей. Многие участники конференции отметили тот факт, что запасы прочности современного оборудования, в частности, соединительных муфт, сухих трансформаторов, становятся меньше, поэтому следует искать любые возможности сни-

жения перенапряжений в сети. Во многом сложившаяся ситуация связана с тем, что современное оборудование зачастую производится по требованиям международной комиссии МЭК, которые регламентируют нехарактерную для России шкалу номинальных напряжений, а требования, предъявляемые к прочности изоляции, в МЭК подчас не такие жесткие, как это было в нашей стране в советские времена.

По итогам прошедшей конференции можно отметить, что сегодня в России многие пока еще осторожно относятся к развитию сети 20 кВ, видя большое число нерешенных вопросов, и специалистам отрасли, безусловно, необходимо регулярно (раз в год) собираться для их обсуждения.

Однако профессионалы отрасли считают, что 20 кВ для России — это уже почти решенная проблема. Если еще несколько лет назад никто, даже в Москве, и не мечтал о сети 20 кВ, то сегодня активно начали свое движение в этом направлении Московская область, Санкт-Петербург, есть такие решения и в Екатеринбурге, Нижневартовске, на Юге страны.

Заслуживает особенного внимания опыт ОЭК, МОЭСК, МКС, причем, этот опыт не теоретический, а практический, то есть каждое примененное здесь техническое решение было «выстрадано».

Завершая дискуссию, Сергей Шумахер отметил, что к следующей конференции специалисты должны найти ответы на эконо-

мические вопросы: насколько с помощью сетей 20 кВ можно выиграть от снижения потерь напряжения и активной мощности, какова стоимость этих сетей, их общий эффект. Он сказал: «Будем также надеяться, что скоро появится шаблон, который можно было бы использовать как трафаретное решение для других регионов, например, по опыту МОЭСК, реализующей проект 20 кВ в Новой Москве».

Конференция прошла насыщенно, и очень хорошо, что на ней присутствовали все, кто связан с сетями 20 кВ: специалисты эксплуатирующих организаций, проектировщики, представители сетевых компаний, производства, науки, коммунальной и муниципальной энергетики. По итогам 2-й конференции вскоре будет принято решение, которое согласуют между собой главные идеологи встречи и которое во многом будет опираться на решения 1-й конференции, определившей стратегические направления развития сети 20 кВ. Участники и организаторы конференции планируют обратиться к ПАО «Россети» с просьбой продолжить координацию развития отечественных сетей 20 кВ.

Доклады, прозвучавшие на конференции, читайте в этом выпуске. Некоторые выступления будут опубликованы в следующем номере журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» (№5 (38) сентябрь–октябрь 2016).

ОБМЕНЯВШИСЬ МНЕНИЯМИ, УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ ОТМЕТИЛИ:

- Большой опыт компаний московского региона в части проектирования, строительства и эксплуатации электрических сетей класса 20 кВ, особенно опыт ПАО «МОЭСК» и АО «ОЭК».
- Положительную тенденцию к созданию и развитию объектов 20 кВ в других регионах России, в частности в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Ханты-Мансийском автономном округе, Московской области.
- Областью применения сетей 20 кВ в настоящее время считаются районы с повышенной плотностью нагрузки, схемы электроснабжения удаленных потребителей. Однако есть все больше оснований считать определенной исторической ошибкой отказ в СССР от повсеместного использования класса 20 кВ, а создание и развитие вместо него напряжений 6–10 кВ. Причиной такого решения в свое время стала недооценка электрической нагрузки на сеть и желание всего лишь «зажечь лампочку в каждом доме».
- Создание новых сетей 20 кВ встречает существенно меньше проблем по сравнению с переводом уже действующих сетей 6–10 кВ на класс 20 кВ. В частности, потребители не всегда понимают получаемый для них эффект от повышения номинального напряжения и поэтому не готовы вкладывать деньги в реконструкцию своего электрохозяйства. Здесь сетевой компании важно наладить взаимодействие с потребителями и разработать какие-то взаимовыгодные формы сотрудничества. Данная работа должна вестись с потребителями заранее, планомерно.
- Достаточно большое время при строительстве воздушных линий 6–10 кВ используют изоляторы класса 20 кВ, имеющие повышенную импульсную прочность в условиях воздействия грозовых перенапряжений. В свете развития в нашей стране сетей 20 кВ сложившаяся практика применения изоляторов 20 кВ должна быть продолжена, ведь в случае необходимости она позволяет перевести линии с 6–10 кВ на 20 кВ без замены линейной арматуры.
- При питании удаленных потребителей 6–10 кВ повысить напряжение на их шинах можно за счет установки в линию вольтодобавочных устройств различных конструкций, однако данное решение следует рассматривать как временное, а в качестве его альтернативы целесообразно проработать возможность перевода сети на класс 20 кВ.
- В сетях 20 кВ рекомендуется применять резистивное заземление нейтрали с настройкой защит на быстрое отключение однофазного замыкания на землю. Данное решение позволяет избежать длительного горения дуги в месте повреждения изоляции, минимизировать повреждение других фаз.
- В сетях 20 кВ целесообразно применение трехфазных групп однофазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена. Три однофазных кабеля должны быть уложены, преимущественно, сомкнутым треугольником. С целью ускорения прокладки скручивание фаз в треугольник желательно производить уже на заводе-изготовителе.
- Применение в сетях 20 кВ трехфазных кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена, в частности с секторными жилами, возможно, но должно быть тщательно обосновано, в том числе с учетом таких факторов, как удобство монтажа, надежность удаления полупроводящего слоя по изоляции, пригодность стандартного монтажного инструмента и проч.
- В сетях 20 кВ с резистивно заземленной нейтралью достаточно применять однофазные кабели с минимальными сечениями экранов (25–35 мм²), что при прокладке однофазных кабелей сомкнутым треугольником позволяет использовать простое двустороннее заземление медных экранов. Делать одностороннее заземление экранов или их транспозицию не требуется.
- При прокладке кабелей 20 кВ в земле в полимерных трубах применяемые трубы должны быть негорючими. В частности, негорючесть полимерных труб имеет особое значение при обустройстве блочной канализации 20 кВ.
- С целью обеспечения надежности сетей 20 кВ целесообразно наладить взаимодействие с производителями сухих трансформаторов с целью найти истинные причины их высокой аварийности и разработать необходимый комплекс мероприятий, среди которых и повышение прочности изоляции таких трансформаторов.
- Признать важность для отечественной энергетики результатов работы конференции по сетям 20 кВ и в следующем году снова встретиться для обмена мнениями и корректировки технической политики.
- Поблагодарить участников конференции за их вклад в развитие сетей 20 кВ и просить их уделить особое внимание определению экономических показателей работы класса 20 кВ в сравнении с сетями 6–10 кВ. Системная работа в этом направлении позволит всем заинтересованным обоснованно принимать решение о расширении области применения 20 кВ в России.
- Отметить значительную роль ПАО «Россети» и отраслевого журнала «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение» как координаторов тематики 20 кВ и впредь просить их продолжать данную работу.