

Из истории электротехники



Исполнилось ровно 90 лет с тех пор, как небольшая делегация специалистов нашей страны в конце ноября 1923 г. впервые приняла участие в работе Международной конференции по электропередачам очень высоких напряжений. Это была уже вторая конференция по этой важной проблеме. Первая прошла в 1921 г., который и считается годом создания организации, впоследствии получившей название «Международный совет по большим электрическим системам высокого напряжения», хорошо известной по французской аббревиатуре как СИГРЭ (CIGRE – Conseil International des Grand Reseaux Electriques a Haute Tension). В 2000 г. слово «Совет» в названии было заменено на «Конференция».

Основное направление развития электроэнергетики в XX в. – включение на параллельную работу генерирующих объектов и создание на этой базе энергосистем, в последующем – крупных энергообъединений, охватывающих огромные территории. Возникла сложная проблема управления объединенной энергосистемой, решить которую оказалось возможным благодаря достижениям в области новых средств управления, сбора, передачи и обработки информации.

На всех этапах развития электроэнергетики существенную помощь в практической реализации этих важных задач оказывала и оказывает Международная организация СИГРЭ, целью которой в соответствии с последней редакцией Устава является: «... облегчать и развивать обмен техническими знаниями и информацией между инженерными кадрами и специалистами, а также наращивать объем обмениваемых знаний и информации путем синтеза состояний вопросов и мирового опыта...».

Об истории создания СИГРЭ, ее многолетней деятельности, участии в ее работе отечественных ученых можно прочитать в книге В.Х. Ишкина и Л.Г. Мамиконянца, вышедшей в издательстве Московского энергетического института в 2003 г.

В журнале «Электричество», 1924, № 5 была опубликована статья проф. М.А. Шателена, входившего в состав первой советской делегации, участвовавшей в работе СИГРЭ. Предлагаем вниманию читателей эту статью с незначительной правкой.

Международные конференции по электропередачам очень высоких напряжений

Проф. М.А. ШАТЕЛЕН

В конце ноября истекшего года в Париже была собрана Международная конференция по электропередачам очень высоких напряжений. Эта конференция является уже второй международной конференцией по этому вопросу.

Как в первой, так и во второй конференциях принимали участие представители большинства государств Европы, а также Северо-Американские Соединенные Штаты. СССР имел своих представителей только на последней конференции, в которой принимали участие проф. М.А. Шателен (от Русского комитета международной электротехнической комиссии), профессора М.К. Поливанов и Л.И. Сиротинский (от Русского о-ва электротехников в Москве), проф. А.А. Чернышев и А.А. Котомин (от Русского технического о-ва в Ленинграде) и проф. А.А. Горев и Я.Р. Шмидт (от Ленинградского политехнического института). Вообще, число стран, представленных на второй конференции,

было несколько больше, чем на первой, именно 17 вместо 12.

Предметом обсуждения как на первой, так и на второй конференциях были исключительно вопросы, связанные с сооружением и эксплуатацией электрических линий очень высокого напряжения.

Конференции были разбиты на три секции, посвященные:

первая – вопросам производства и трансформации электрической энергии;

вторая – конструкции линий электропередач;

третья – эксплуатации электропередач.

На обеих конференциях к первой секции были отнесены также доклады, бывшие особенно многочисленными на первой конференции, относительно законодательных положений по электропередачам в различных странах.

Обе конференции были созданы Союзом электрических синдикатов во Франции (L'Union des

Syndicats de l'Electricite), который также взял на себя и издание трудов конференции.

Постановления первой конференции были уже опубликованы в русской технической прессе. Главнейшие из них, принятые как постановления всей конференции, касались вопроса о пересечении линиями электропередач железных дорог, каналов, рек, дорог, а также и других электрических линий, и вопроса о расчете прочности опор.

По вопросу о пересечениях были приняты следующие постановления:

желательно, чтобы по возможности было уничтожено разнообразие в требованиях, касающихся устройства переходов, существующих в различных странах;

желательно, чтобы требовалось выполнение переходов по возможности в направлении, соответствующем наименьшей механической работе линии и ее опоры, и чтобы фиксация наименьшего угла пересечения пересекающей линией пересекаемых пути или линии была заменена фиксацией наибольшего допустимого пролета, причем эта наибольшая длина должна быть различна для различных типов пересекаемых путей;

желательно, чтобы защита против возможности падения пересекающей линии на пересекаемые пути или линии осуществлялась или путем применения сдвоенных изоляторов на опорах, поддерживающих пересекающий пролет, или посредством какого-либо иного соответствующего приспособления, за исключением, однако, всякого рода защитных сеток, рам и т.п. конструкций.

По вопросу о расчете прочности опор было высказано пожелание, чтобы требования запаса прочности при расчете опор деревянных, металлических и железобетонных, а также для их фундаментов были установлены одинаковыми для всех стран. Установление требований должно основываться на наименьших величинах, которые по опыту разных стран оказались достаточными для обеспечения надежности сооружения.

Целый ряд заключений был принят секциями. Эти постановления касались конструкции альтернаторов, масляных выключателей, подстанций, параллельной работы станций, проводов, кабелей, опор, изоляторов, защиты линий от перенапряжений, заземления нейтрали и других вопросов, подвергавшихся рассмотрению.

По вопросу о защите линий от перенапряжений большинство высказывалось против применявшихся мер защиты, в частности, против роговых громоотводов и особенно рогов с алюминиевыми разрядниками. Однако на необходимости их применения настаивали многие участники конференции, особенно американцы, ссылавшиеся на многолетний опыт Америки. Польза заземленного про-

вода для защиты от перенапряжений атмосферного происхождения была признана почти всеми.

По вопросу о заземлении нейтрали было признано, что его нельзя рекомендовать для средних напряжений, но оно может быть рекомендовано для напряжений высоких. Секция признавала, однако, что подобное заземление может вызвать в телефонных линиях такие явления, устранить которые полностью не всегда удастся.

Вторая конференция занималась в общем теми же вопросами, что и первая. В многочисленных докладах, сделанных инженерами различных стран, освещались вопросы и эксплуатационного, и конструкционного характера.

Пленумом конференции были приняты всего два постановления, но секциями был высказан, кроме того, целый ряд пожеланий.

Одно из постановлений пленума носило характер организационный и касалось организационного вопроса доставки докладов для будущих конференций. Для этой цели предположено в каждой стране создать небольшой местный комитет из двух или трех членов, на обязанности которого лежало бы: получение докладов с мест, выбор докладов и своевременная доставка их в Бюро конференции.

Второе постановление уже чисто технического характера и касается законодательных правил и норм, устанавливаемых для электропередач. В это постановление вошли пожелания, внесенные итальянскими и голландскими делегатами. Содержание его следующее:

Конференция, констатируя, что во всех странах замечается ярко выраженная тенденция упрощать установки и что всюду стремятся обеспечить надежность их, избегая бесплодной траты материалов и средств, и считая, что нет оснований устанавливать слишком строгие требования, так как строители сами крайне заинтересованы в возможно лучшем устройстве установки, единогласно принимает следующие пожелания:

чтобы правила, касающиеся линий высоковольтных электропередач, способствовали прокладке линий по прямому направлению, уменьшая до возможного минимума число угловых опор и разрешая всюду пролеты одинаковой длины, а также позволяли возможно меньше вести линии вдоль линий железных дорог, каналов, рек, шоссе и т.п. в полосе их отчуждения;

чтобы было обращено внимание на экономическую важность облегчения устройства линий электропередач и чтобы строителям было дано право использования как частных, так и общественных земель для установки опор и подвески проводов, а также право пересекать водные и сухопутные пути сообщения под любым углом, не меняя направления линии и длин пролетов, так чтобы пересечения

происходили под углом, соответствующим наименьшим усилиям для опор;

чтобы был принят однообразный коэффициент запаса для проводов по всей длине линии;

чтобы были отменены требования применения защитных рам, сдваивания проводов, защитных проволок и чтобы требовалось лишь сдваивание изоляторов, и то только в тех случаях, где оно оправдано;

чтобы при пересечении линий телеграфных, телефонных и сигнализационных, если они не проложены под землей, разрешалось предъявлять лишь требование сдваивания изоляторов с добавочными соединениями, и то только в тех случаях, когда это является совершенно необходимым;

чтобы при расчете устойчивости опор, принималась во внимание не только тяжесть, но и реакция грунта, его компактность и сопротивляемость скольжению;

чтобы электропередача имела право пользоваться всегда общественными телефонными сообщениями и преимущественным правом включения при разных происшествиях;

чтобы подвергались строгой ответственности все виновные в порче производящих и передающих частей электропередач.

Кроме того, было высказано пожелание, чтобы труды конференции послужили материалом для дальнейшей разработки с целью выявления главных положений, подлежащих принятию в международном масштабе, и чтобы эти общие принципы одновременно с протоколами и пожеланиями конференции были переданы Международной электротехнической комиссии.

Кроме этих постановлений пленума, ряд заключений по докладам был сделан и отдельными секциями. Наиболее интересные из них касаются следующих вопросов.

Открытые подстанции. За последние два года открытые подстанции получили и в Европе, и в Америке большое распространение. Раньше в Америке этого рода устройства считались пригодными только для напряжений порядка 100 000 В; теперь же они применяются и для 33 000 В. Открытые конструкции позволяют экономичное устройство мелких маломощных подстанций, например в деревнях, так как при этом уничтожаются расходы на здания и упрощаются устройства.

Защита от перенапряжений. По этому вопросу, несмотря на наличие нескольких докладов и оживленную дискуссию в двух секциях, никакого определенного решения не вынесено. В общем, как будто большинство склонялось к мнению, что все громоотводы и разрядники являются слабыми местами установок, и в большинстве случаев без них

можно обойтись. По-видимому, наилучший способ защиты — это рассчитанная с запасом изоляция.

Опоры. Из всех материалов выяснилось, что стоимость опор представляет значительную часть стоимости линий высоких напряжений. Расходы на них стремятся сократить, уменьшая число опор и число специальных их типов и выбирая соответствующим образом конструкцию. Докладчиками было предлагаемо несколько решений. Из всех докладов и дискуссий по этому вопросу можно заключить, что заведующие эксплуатацией линий электропередач являются в большинстве случаев сторонниками прочных линий, устроенных на нормальных опорах, обладающих большой механической прочностью. Однако не исключается возможность применений шарнирных и гибких опор при условии достаточного числа анкерных опор, размещенных надлежащим образом. Устройство нормальных фундаментов для опор тоже вызывает значительные расходы, поэтому делаются попытки заменить их железобетонными плитами, заменить заделку опор в массив фундамента помещением в кладку особых железных частей, к которым прикрепляются опоры. Задачи механической прочности линий имеют такое значение, что французская «Ассоциация для электрических исследований» предприняла ряд специальных работ, касающихся:

- а) сопротивлений опор и их фундаментов,
- б) механических свойств проводов и кабелей,
- в) давление ветра на провода и кабели,
- г) физических свойств фарфора.

Эти работы продолжаются, и на конференции были сообщены только первые результаты.

Изоляторы. Самым жизненным элементом линии электропередачи остается изолятор, так как он подвергается всякого рода опасностям, появляющимся вследствие того, что он выполняет двойную работу: электрическую и механическую.

С точки зрения электрических свойств конференция рассмотрела несколько вопросов, в частности вопрос о распределении потенциала в гирлянде изоляторов, вопрос о характеристике изоляторов, основанный на отношении пробивного напряжения к напряжению разряда по поверхности, вопрос о старении изоляторов и т.п. Из всего выяснившегося из докладов и прений ясно, что фабриканты изоляторов все более и более занимаются выработкой сорта фарфора, который бы наилучшим образом удовлетворял требованиям электрическим и механическим. В частности, из прений выяснилось, что в настоящее время хороший изолятор с хорошо заделанной арматурой служит удовлетворительно и не вызывает необходимости частой замены. При обсуждении вопроса о качествах фарфора много внимания было обращено на роль пористости фарфора, и с большим интересом было выслу-

шано сообщение проф. Шателена об аммиачном методе испытания пористости, предложенном проф. Скобельцыным¹, и о результатах наблюдения над изоляторами на опытной высоковольтной линии Ленинградского политехнического института.

Подземные кабели. Передача электрической энергии подземными кабелями в некоторых специальных случаях, например в городах и т.п., представляет большие преимущества перед передачей по воздушным линиям, поэтому получение кабелей для очень высоких напряжений представляет большой интерес. Кабели высокого напряжения требуют особого выбора изолирующих материалов с целью уменьшения потерь на диэлектрический гистерезис, особой конструкции, при которой диэлектрик работает при наивыгоднейших условиях и т.п. Представленные доклады дали некоторый материал для суждения об этих вопросах. Особый интерес представил доклад «Ассоциации директоров электрических предприятий» в Голландии, в котором изложен предлагаемый Ассоциацией метод испытаний кабелей, проверенный на многих случаях и давший отличное совпадение между результатами испытания и результатами, полученными при эксплуатации кабелей.

Заземление нейтрали. По вопросу о заземлении, связанному тесно с вопросами о безопасности телефонных, телеграфных и сигнализационных линий и персонала их обслуживающего, было сделано несколько сообщений, и по этому вопросу велась живая дискуссия. Из докладов и прений выяснилось, что практика заземления нейтрали в линиях очень высокого напряжения все разрастается и что, по-видимому, влияния заземления на телефонные линии можно бояться гораздо меньше, чем думали.

Кроме докладов по перечисленным вопросам, был заслушан и обсужден еще целый ряд докладов по другим вопросам, носившим больше информационный характер. Таковы были доклады о некоторых сооружениях высокого напряжения, например об американских открытых подстанциях, о правилах и нормах для линий электропередач, установленных в различных странах, в том числе и в СССР, о масляных выключателях, о способах сношений между электрическими станциями и подстанциями, о цепной подвеске рабочего провода на электрических железных дорогах большой скорости и т.п.

Особое внимание было уделено унификации напряжений. Этот вопрос при международном обмене изделиями электропромышленности имеет особо важное значение. Конференция, передав все

материалы Международной электротехнической комиссии, высказала пожелание, чтобы эта Комиссия достигла международного соглашения относительно шкалы напряжений. При обсуждении предложений многие делегаты высказывались за шкалу с множителем $\sqrt{3}$, принятую VIII Всероссийским электротехническим съездом для СССР.

На конференцию был представлен также проект международных правил для линий электропередач высоких напряжений, составленный бельгийской делегацией. Этот проект был подвергнут обсуждению и также передан в Международную электротехническую комиссию.

На последнем пленарном заседании было принято решение и впредь периодически собирать конференции и выразить благодарность Союзу электрических синдикатов за проявленную инициативу по созыву конференции и за содействие ее работам.

На этом же заседании было принято предложение американского делегата, д-ра Майу, относительно собирания сведений об эксплуатационных данных для электропередач. Конференция обратилась с просьбой ко всем делегатам организовать в их странах возможно широкое собирание опытных данных, выяснившихся при эксплуатации линий высокого напряжения, дабы эти данные могли быть обработаны ко времени третьей конференции и на ней обсуждены.

Конференция сопровождалась рядом экскурсий на заводы, крупнейшие станции и т.п. Особый интерес вызвало посещение только что открытой на Электрокерамическом заводе в Париже лаборатории для испытания изоляторов с трансформаторами, дающими напряжение до 1 млн В. Лаборатория носит имя великого электрика Ампера. Весьма интересные экскурсии были предприняты на Пиринеи, где участники конференции могли познакомиться с новыми гидроэлектрическими установками, сооружаемыми для питания электрифицируемых железных дорог, с самими дорогами и их оборудованием (в частности, с мощными ртутными выпрямителями), а также с теми громадными заводами, электромеханическими и электрокерамическими, которые возникли в районе электропередач для изготовления подвижного состава, электромашин и изоляторов для электрифицируемых дорог и, конечно, для других нужд Франции.

Русская делегация встретила со стороны президиума Союза синдикатов самый радушный прием и полное содействие. Делегация считает долгом выразить здесь свою глубокую признательность председателю Союза, инженеру Легуэцу, генеральному секретарю Трибо-Ласпиеру и всему секретариату конференции.

¹ Скобельцын В.В. Определение пористости фарфора. — Электричество, октябрь 1922 г., с. 38.