ОТ РЕДАКЦИИ

В № 28 нашего журнала была опубликована статья С.И. Полещука «Повышение пропускной способности ВЛ 110 кВ», в которой автор рассматривает и обосновывает возможность применения схемы электроснабжения конкретного потребителя с помощью ВЛ 110 кВ с расщепленными фазами для увеличения ее пропускной способности, исключив при этом необходимость расширения КРУ 220 кВ на внешней питающей подстанции. При этом используются типовые опоры 220 кВ. По мнению автора, такое решение позволит обеспечить надежное электроснабжение потребителя и даст существенный экономический эффект. При обсуждении статьи на редакционной коллегии был отмечен ряд спорных утверждений, положенных в основу приведенных в ней обоснований. Публикуя статью, редакция предполагала возможность поступления откликов и проведение дискуссии по изложенным в ней вопросам.

Ниже приводится отзыв на опубликованную статью, автор которого А.В. Кузьмин подвергает критике основные положения статьи С.И. Полещука. Он также описывает ряд проблем, для решения которых необходимо разработать современные нормативно-технические документы, учитывающие применение новых типов проводов и арматуры, выпускаемых в настоящее время промышленностью.

Ключевые слова: компактированные провода; оптимизация схемы внешнего электроснабжения.

Реконструкция ЛЭП в Подпорожье (Ленинградская область)

ОТЗЫВ НА СТАТЬЮ С.И. ПОЛЕЩУКА «ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВЛ 110 КВ». А.В. КУЗЬМИН (АО «ЦИУС ЕЭС»)

ВВЕДЕНИЕ

Статья С.И. Полещука «Повышение пропускной способности ВЛ 110 кВ», опубликованная в № 5 (28) 2016 г. журнала «Энергия единой сети», затрагивает целый ряд важнейших проблем нашей отрасли. В статье предлагается для электроснабжения ПС 220 кВ ВНХК и выносного РУ 220 кВ ПС 110 кВ «Находка» применять так называемые ВЛ 110 кВ повышенной пропускной способности (далее — ВЛ 110 кВ ППС). Ряд утверждений и положений данной статьи, суть предлагаемого технического решения по оптимизации схемы внешнего электроснабжения ПС 220 кВ ВНХК и выносного РУ 220 кВ «Находка» вынуждают вступить в дискуссию с автором.

О ТИПАХ ОПОР

Для электроснабжения ПС 220 кВ ВНХК автором предлагается вместо двух одноцепных ВЛ 220 кВ длиной 20 км с фазой 1ХАСК400/93 (анкерные опоры У220-1) применить две двухцепные ВЛ 110 кВ с фазой 2ХАСК400/93 (анкерные опоры У220-2). При этом опоры У220-2 по типовому проекту 5713тм не рассчитаны на климатические нагрузки IV-го района по гололеду и IV–VI района по ветру даже с одним проводом АС400/93 в фазе, не говоря уже о расщепленной фазе. Таким образом, применение предложенного конструктива «ВЛ 110 кВ ППС» невозможно. Использование подобной конструкции фазы в рассматриваемых климатических условиях неизбежно потребует применения опор следующего класса напряжения — 330 кВ. Таким образом, будет построен уникальный объект — ВЛ 110 кВ на опорах ВЛ 330 кВ. Если абстрагироваться от оптимизации сети электроснабжения в целом и сравнивать технико-экономически только два рассматриваемых варианта ВЛ, то согласно укрупненным стоимостным показателям стоимость строительства по варианту «ВЛ 110 кВ ППС» возрастет в 2,5 раза относительно исходного варианта. По самым скромным оценкам, удорожание сооружения ВЛ составит более 600 млн руб. Как следствие, не удастся получить и эффект от оптимизации схемы внешнего электроснабжения ПС 220 кВ ВНХК, показанный автором в табл. 2 статьи. Тем более, что при расчете стоимости ВЛ по укрупненным стоимостным показателям не учтена стоимость ПИР (корректировка), устройства просеки и удорожание проекта вследствие тяжелых природно-климатических условий.

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ ТОКА

Общеизвестно, что область экономически обоснованной плотности тока ВЛ находится в диапазоне 0,8–1,3 А/мм^2. В исходном варианте этот показатель не оптимален и составляет 0,66 А/мм^2. В предлагаемом варианте «ВЛ 110 кВ ППС» использование сечения крайне неэффективно и равно 0,33 А/мм^2.

О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ

Неочевидно и увеличение надежности в предложенной схеме. Два АТ250000/220/110 ПС220 ВНХК в исходной схеме были предназначены только для электроснабжения объектов ВНХК. В схеме с «ВЛ 110 кВ ППС» через данные АТ подключены не только объекты ВНХК, но и ОРУ 110 кВ «Находка». Это ослабит схему в ремонтных режимах, так как при выводе одного из АТ250000/220/110 ПС220 ВНХК в ремонт второй будет перегружаться, и время допустимого нахождения выведенного АТ в ремонте будет ограничено, а это в свою очередь снизит надежность электроснабжения ВНХК, электроприемники которого являются потребителями первой категории по надежности. Что касается эффекта от оптимизации схемы электроснабжения ПС «Находка», то в этой части технико-экономический эффект возможен, но из вышеприведенных соображений он будет более скромным, чем показано в табл. 3 статьи. Нецелесообразно и отказываться от строительства КРУЭ 110 кВ в регионе со сложными климатическими условиями и IV-й степенью загрязнения атмосферы.

О ПРОЧТЕНИИ ПУЭ

Категорически не согласен и с тем, что п. 2.5.77 ПУЭ накладывает ограничения на применение проводов без стальных сердечников на ВЛ 35 кВ и выше. Совершенно очевидно, что требования ПУЭ в части проводов распространяются только на провода по ГОСТ 839, что следует, по крайней мере, из п. 2.5.8 ПУЭ, где написано: «Все элементы ВЛ должны соответствовать государственным стандартам». Вообще говоря, если следовать ПУЭ неукоснительно, то получается, что применение нестандартных проводов и тросов запрещено. При этом нестандартные провода и тросы широко применя-

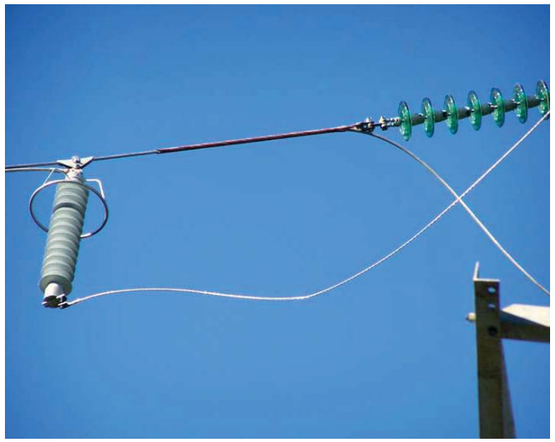


Рис. 1
ВЛ 110 кВ «Шепси — Туапсе-тяговая» (провод АААС242-2Z, натяжная арматура — спиральная, 2007 год)

ются в нашей стране с 2006 г. в соответствии с различными редакциями Положений о технической политике ведущих электросетевых компаний страны. На рис. 1 показана ВЛ 110 кВ «Шепси — Туапсе-тяговая» (провод АААС242-2Z, натяжная арматура — спиральная, 2007 г.). К слову, многие положения ПУЭ 7-го издания противоречат действующим строительным нормам и правилам обязательного характера, Положению ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. Необходимость разработки ПУЭ 8-го издания становится все очевиднее. Возвращаясь к п. 2.5.77 ПУЭ, необходимо отметить, что таблица данного пункта устанавливает требование по механической прочности. При этом разрывная прочность компактированного провода из алюминиевого сплава АААС-Z455-2Z составляет 146570Н, что существенно превышает прочность стандартного аналога АСК400/51 120481Н. Таким образом, прилагать требования табл. 2.5.77 ПУЭ к современным конструкциям проводов (компактированным, высокотемпературным и пр.) неуместно и неправильно.

О ПРИМЕНЕНИИ КОМПАКТИРОВАННЫХ ПРОВОДОВ

Концептуально неправильной является и попытка рассмотреть применение компактированного провода для увеличения длин пролетов ВЛ. Такая попытка, во-первых, противоречит назначению этих проводов, а во-вторых, по ряду причин не приводит к технико-экономическому эффекту. Компактированные провода (в частности, АААС-Z455-2Z) применяются в районах со сложными климатическими условиями с целью снижения гололедно-ветровых воздействий на ВЛ, снижения нагрузки на опоры, повышения надежности и долговечности. Правильно подобранная замена стандартного провода на компактированный дает ряд эффектов, позволяя одновременно снизить механическую нагрузку на конструкции ВЛ, затраты на опоры и фундаменты, повысить пропускную способность и, в некоторых случаях, снизить потери электроэнергии. В табл. 1 проводится сравнение провода АС400/51 по ГОСТ 839 с компактированным проводом из алюминиевого сплава АААС-504-2Z. Из таблицы видно превосходство последнего по всем показателям, кроме стоимости. Здесь стоит отметить динамику снижения стоимости компактированных проводов на протяжении последних 10 лет, что связано, прежде всего, с запуском линий по производству таких проводов на территории России из отечественной катанки.

Кстати говоря, именно существующая практика приложения требований ПУЭ 7-го издания к проводам нового поколения не позволяет в полной мере использовать все их преимущества. Так, например, современные конструкции проводов без ущерба для надежности и долговечности ВЛ позволяют повысить максимально допустимое напряжение до 60% предела прочности при растяжении, тогда как ПУЭ ограничивает это значение 45%. Никак не учитывается при расчетах современных конструкций проводов их меньшее сопротивление ветру и меньшая масса гололедных отложений. Последнее, вообще говоря, является скорее проблемой производителей проводов, которым следовало бы разработать соответствующие методики и экспериментально подтвердить правильность этих методик.

Провод	$I_{допустимый}$, А	Сопротивление, Ом/км	Диаметр, мм	Удельный вес, кг/км	Стоимость*, тыс. руб./км	Разрывное усилие, кН
АС 400/51	825	0,073	27,5	1490	330	120,48
АААС-504-2Z	940	0,067	27,45	1401	450	162,3

* Ориентировочно по ценам 2015 г., для стандартного провода могут существенно различаться у разных заводов-изготовителей.

Таблица 1

О СОВМЕСТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ НА НАГРЕВ

На основании протокола испытаний ЗАО «НТЦ «Электросети» в статье делается некорректный вывод о несоответствии заявленных характеристик провода АААС-Z455-2Z заводским техническим условиям из-за расхождений измеренного термопарами значения температуры провода при переменном токе 700 А и заявленного в технической спецификации значения температурно-токовой характеристики. При этом не принимается в расчет существенная разница условий измерения: теоретические значения максимально допустимого тока согласно технической спецификации на АААС-Z455-2Z даны с учетом перпендикулярно направленного ветра 0,6 м/с, тогда как при испытаниях на нагрев совместно со спиральной арматурой ветра не было. Сила и направление ветра наряду с силой тока оказывают решающее значение на температуру нагрева провода, поэтому приведенное в статье сопоставление некорректно. К слову, по результатам разнообразных контрольных испытаний ни разу не был зафиксирован факт несоответствия технических характеристик проводов типа АААС-Z заявленным значениям. Наоборот, измеренные значения, как правило, оказывались лучше заявленных. В подразделе 3 статьи приводятся рассуждения о «глубине проникновения электромагнитных волн» для различных типов проводов. И делается вывод, что в проводах АААС-Z плотность тока в наружных повивах выше, чем во внутренних, тогда как для сталеалюминиевых и полых проводов эта проблема неактуальна. На самом деле речь идет о банальном поверхностном эффекте, который, разумеется, имеет место во всех видах проводников (в том числе и по ГОСТ 839) и зависит не столько от их конструкции, сколько от частоты. Рассмотрение работы полых проводов применительно к ВЛ лишено технического смысла.

О РЕЗУЛЬТАТАХ ЭКСПЕРИМЕНТА И НАГРЕВЕ СПИРАЛЬНОЙ АРМАТУРЫ

В конце автором выдвигается тезис о предвзятом характере проведения и результатов испытаний по совместному нагреву провода АААС-Z455-2Z со спиральной арматурой и возможном неприемлемом результате при увеличении максимального тока до 800 А. При проведении упомянутых испытаний, проводившихся 14.04.2016 г. в испытательной лаборатории ЗАО «НТЦ «Электросети», присутствовал лично и подтверждаю их объективный характер. Там использовались только поверенные средства измерения. Здесь следует отметить, что производитель допускает работу провода АААС-Z455-2Z при температурах и свыше 90° С, ограничивая ее по времени. Согласно главе 1.3 ПУЭ, сечение проводников ВЛ выбирается, исходя из экономической плотности тока по расчетному току нормального режима. Расчетные токи нормального режима ВЛ, для которых выбран провод АААС-Z455-2Z, не превышают 600 А. Таким образом, выбранное сечение соответствует экономически обоснованной плотности тока 0,8–1,3 А/мм^2. Плотность тока свыше 1,3 А/мм^2 имеет место, как правило, в послеаварийных и ремонтных режимах. По указанной причине выбор максимальной токовой нагрузки 700 А при проведении испытаний вполне обоснован.

Здесь же необходимо отметить, что спиральная арматура в нашей стране применяется не один десяток лет (в том числе совместно с про-

ИЗ «ПОЛОЖЕНИЯ ПАО «РОССЕТИ» О ЕДИНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКЕ В ЭЛЕКТРОСЕТЕВОМ КОМПЛЕКСЕ»

2.4.5. Провода, грозозащитные тросы

На ВЛ 220 кВ и выше, как правило, следует применять стандартные сталеалюминевые провода. В обоснованных случаях допускается применение современных конструкций проводов, позволяющих существенно увеличить пропускную способность без увеличения нагрузки на опоры, или превосходящие стандартные провода по техническим характеристикам:

- при новом строительстве — провода с сердечником из стальных и алюминиевых сплавов, композитных немагнитных материалов обладающие: повышенной пропускной способностью, с цилиндрической поверхностью из проволок трапецеидальной или z-образной формы с меньшими коэффициентами аэродинамического сопротивления, повышенной коррозионной стойкостью и повышенной стойкостью к гололедно-ветровым воздействиям, лучшей деформационной способностью, большей крутильной жесткостью;
- при реконструкции ВЛ с целью повышения пропускной способности при сохранении (или снижении) нагрузки на опоры, а также при строительстве больших переходов применять провода с длительно допустимыми температурами до 240°С с токопроводящими повивами из термостойких алюминиевых сплавов.

Рис. 2
Монтаж провода GTACSR217/49 (J-Power Systems Corporation) на ВЛ 220 кВ «Афипская — Крымская»

водами типа AAAC-Z) и является одним из рекомендуемых видов быстромонтируемой линейной арматуры. Каких-либо ограничений на применение спиральной арматуры до настоящего времени не установлено. При этом эффект аномального нагрева натяжных спиральных зажимов впервые выявлен в 2016 г. при плотностях тока свыше 1,3 А/мм^2 в вынужденных режимах. Вследствие выявленного эффекта, необходимо внести в нормативные документы, устанавливающие требования к объему и методам испытаний проводов и линейной арматуры, еще и к обязательному проведению испытаний на нагрев всех видов линейной арматуры совместно с проводом при максимально допустимых токовых нагрузках для него. Прежде такие испытания не проводились ни со спиральной, ни с какими-либо другими типами линейной арматуры.

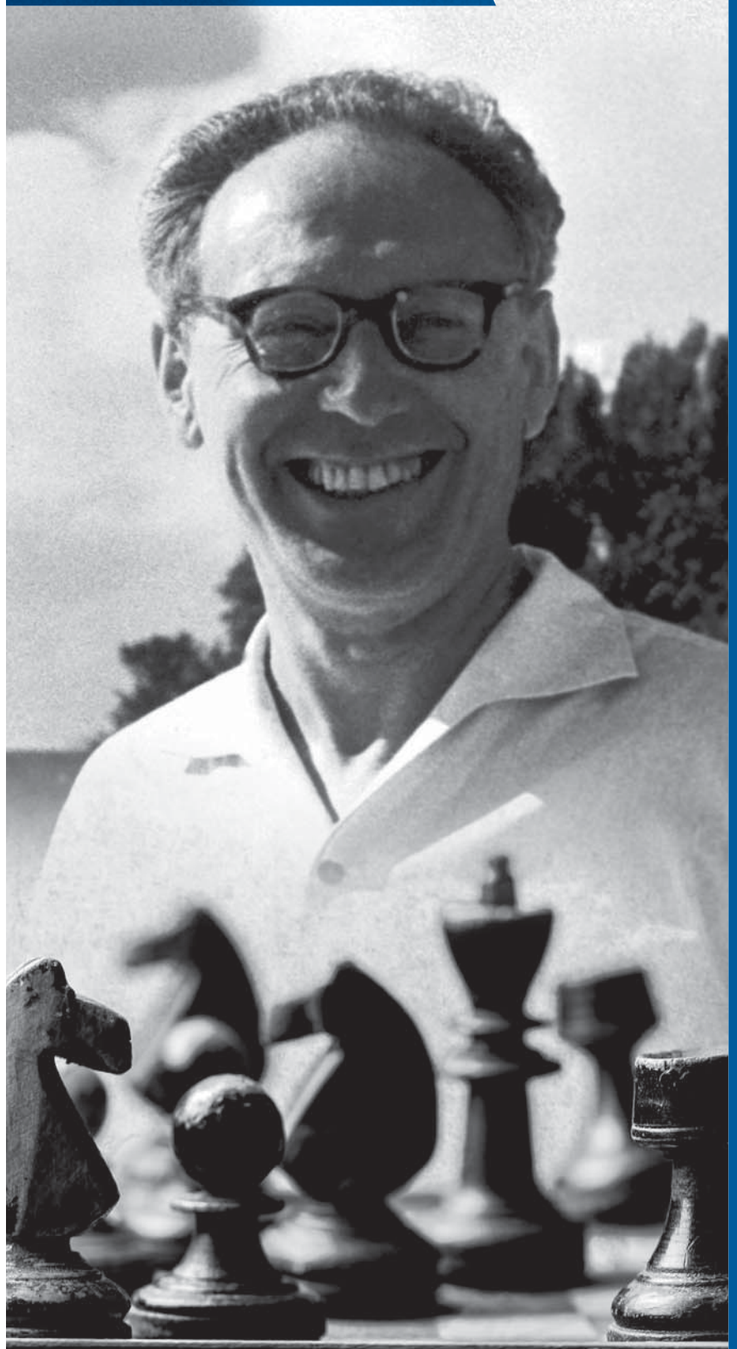
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отдавая дань уважения автору как инженеру, склонному к поиску эффективных и нестандартных решений, все же считаю предлагаемое в анализируемой статье техническое решение нереализуемым и неэффективным в силу вышеприведенных соображений. Также не могу согласиться и с тезисом о том, что п. 2.5.77 ПУЭ накладывает какие-либо ограничения на применение современных конструкций проводов.

Считаю наиболее эффективным способом повышения пропускной способности ВЛ 110 кВ и выше применение современных конструкций проводов (компактированных и высокотемпературных). В обоснованных случаях применение таких проводов может дать ощутимый технико-экономический эффект, выражающийся в снижении нагрузки на опоры и фундаменты, потерь электроэнергии, повышении пропускной способности. На рис. 2 представлен монтаж высокотемпературного провода GTACSR217/49 (J-Power Systems Corporation) на ВЛ 220 кВ «Афипская — Крымская» (путем замены существующего AC300/56 одновременно достигнуты увеличение пропускной способности и снижение нагрузки на опоры). В частности, для идеи, предложенной автором, — оптимизации сети организацией электроснабжения с помощью ВЛ 110 кВ — представляется целесообразным рассмотреть вариант применения высокотемпературных проводов. При этом необходимо выполнить расчеты режимов и технико-экономическое обоснование.

Следствием выявленного эффекта нагрева проводов при применении некоторых видов спиральных зажимов при плотностях тока свыше 1,3 А/мм^2 должны стать изменения в государственных стандартах, устанавливающих требования к совместным испытаниям проводов и линейной арматуры и временные ограничения на применение натяжной спиральной арматуры для проводов на ВЛ 110–220 кВ. Вводить какие-либо ограничения на ВЛ 330 кВ и выше нет оснований ввиду низких плотностей токов в нормальных режимах (как правило, не выше 0,8 А/мм^2).

ноябрь 2017



VII
Открытый
шахматный турнир
энергетиков
памяти М. М. Ботвинника

2017

ШАХМАТНЫЙ ТУРНИР ЭНЕРГЕТИКОВ

Приглашаем команды энергетиков поддержать нашу добрую традицию и принять участие в ежегодном открытом шахматном турнире!

Состоится личное и командное первенство по правилам ФИДЕ для быстрых шахмат.

НАБИРАЙТЕ ЧЕТЫРЕХ ИГРОКОВ
И РЕГИСТРИРУЙТЕ КОМАНДУ
НА САЙТЕ ТУРНИРА
WWW.TURNIR.NTC-POWER.RU

реклама