УДК 621.316

М.П. ГАВРИЛОВ, студент группы ЭЭб-152 (КузГТУ)
Р.В. БЕЛЯЕВСКИЙ, зам. директора по НИР ИЭ (КузГТУ)
г. Кемерово

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Линии электропередачи (ЛЭП). играют важную роль в нашей повседневной жизни. Практически любая человеческая деятельность невозможна без применения электричества.

Основным преимуществом передачи именно электрической энергии является минимальное время, в течение которого приемное устройство получит питание. Это объясняется скоростью распространения электромагнитного поля и обеспечивает широкое распространение ЛЭП.

Напряжение в линии зависит от её протяжённости и передаваемой по ней мощности.

Для воздушных ЛЭП в России и принята следующая шкала напряжений: 0.4, 6, 10, 20, 35, 110, 150, 220, 330, 400, 500, 750, 1150 кВ.

В зависимости от характеристик сети, протяженности линии, количества потребителей и их потребностей ЛЭП делятся на следующие классы по напряжению:

- низший (напряжение менее 1 кВ);
- средний (напряжение в диапазоне от 1 кВ до 35 кВ);
- высокий (напряжение в диапазоне от 110 кВ до 220 кВ);
- сверхвысокий (напряжение в диапазоне от 330 кВ до 750 кВ);
- ультравысокий (напряжение выше 750 кВ).

На текущий момент в России общая протяжённость воздушных и кабельных линий электропередачи магистрального электросетевого комплекса напряжением до 1150 кВ составляет 131 583 км, в том числе:

- линий напряжением 1150 кВ - 948,8 км;
- линий напряжением 750 кВ - 3708,468 км (в т.ч. ВЛ-800 кВ);
- линий напряжением 500 кВ - 36722,39 км (в т.ч. ВЛ-400 кВ);
- линий напряжением 330 кВ - 10984,735 км;
- линий напряжением 220 кВ - 77540,93 км;
- линий напряжением 110 кВ - 1206,76 км (в т.ч. ВЛ-150 кВ);
- линий напряжением 0,4 - 35 кВ - 470,98 км.

Линия электропередачи – это сооружение, состоящее из проводов и вспомогательных устройств, предназначенное для передачи или распределения электрической энергии. ЛЭП, являясь основным звеном энергосистемы. [1]

ВЛ в своем составе имеют множество устройств и конструкций. Перечислим основные из них: опоры; арматура и изоляторы; устройства заземления; провода и тросы; разрядные устройства; маркеры для обозначения проводов; подстанции.

По воздушным ЛЭП электрическая энергия передаётся на значительные расстояния по проводам, прикрепленным к опорам (столбам) с помощью изоляторов.

При сооружении линий электропередачи применяются железобетонные, стальные и деревянные опоры, по числу цепей делятся на одно- и двух- цепные.

Опоры ВЛ делятся на анкерные и промежуточные. Опоры этих групп различаются способом подвески проводов. Опоры анкерного типа служат для натяжения проводов, на этих опорах провода подвешиваются с помощью подвесных гирлянд. Расстояние между промежуточными опорами называется промежуточным пролетом, а расстояние между анкерными опорами -анкерным пролетом.

Анкерные опоры предназначены для жесткого закрепления проводов в особо ответственных точках ВЛ: на пересечениях особо важных инженерных сооружений, на концах ВЛ и на концах прямых ее участков. Анкерные опоры значительно сложнее и дороже промежуточных и поэтому число их на каждой линии должно быть минимальным. [3]

Промежуточные прямые опоры устанавливаются на прямых участках ВЛ для поддержания провода в анкерном пролете.

Провода, изоляторы, тросы.

Для воздушных ЛЭП применяют неизолированные провода (однопроволочные, многопроволочные и полые) из меди, алюминия, сталеалюминия, реже стальные.

Самонесущие изолированные провода обладают большими преимуществами. Изоляция между жилами проводов защищает от короткого замыкания в процессе прокладки среди ветвей деревьев, препятствует обледенению, упрощает монтаж на стенах различных сооружений и препятствует воровству электроэнергии.

По конструкции неизолированные провода делятся на однопроволочные и многопроволочные.

Однопроволочные провода бывают монометаллические и биметаллические.

Биметаллические провода имеют однопроволочный стальной сердечник, обеспечивающий проводу необходимую механическую прочность и сваренную с ним «рубашку» из цветного металла (меди, алюминия).

Линейные изоляторы предназначаются для подвески проводов и грозозащитных тросов к опорам линий электропередачи. В зависимости от напряжения линий электропередачи применяются штыревые или

подвесные изоляторы, изготовленные из стекла, фарфора или полимеров. [2]

Штыревые изоляторы применяются при напряжении от 0,4 до 6 кВ, при напряжении от 10 до 35 кВ применяются как штыревые, так и подвесные изоляторы.

Подвесные изоляторы состоят из фарфоровой или стеклянной тарелки, шапки из ковкого чугуна и стержня. Гирлянды изоляторов собирают и подвешивают к опорам, обеспечивая необходимую изоляцию проводов.

Изоляторы из закаленного стекла в отличие от фарфоровых не требуют проверки на электрическую прочность перед монтажом. В случае наличия дефекта изолирующая деталь стеклянного изолятора рассыпается на мелкие части, а остаток стеклянного изолятора сохраняет несущую способность, равную не менее 75 % номинальной электромеханической прочности изолятора.

Тросы.

Для защиты воздушных ЛЭП от атмосферных перенапряжений, возникающих при грозовых разрядах в линию или вблизи неё, применяют грозозащитные тросы или разрядники, которые устанавливают на ЛЭП с напряжением до 35 кв.

Потери энергии при передаче через воздушные электросети зависят от силы тока, поэтому при передаче ее на дальние расстояния с помощью трансформаторов повышают напряжение и во столько же раз уменьшают силу тока, что позволяет значительно снизить потери. Однако с ростом напряжения начинают происходить различные разрядные явления, которые также вносят свой вклад в потери.

Следует выделить следующие типы потерь в воздушных ЛЭП:

- неизбежные потери за счет омического сопротивления проводов;
- потери на электромагнитное излучение;
- потери при возникновении коронного разряда на проводах и изоляторах;
- потери при возникновении резонансных явлений в проводе при рассогласовании с нагрузкой;
- утечки тока за счет нарушения изоляции;
- утечка тока при межфазных коротких замыканиях и замыкании на землю.

К условиям, снижающим степень энергоэффективности эксплуатации ВЛ относятся гололёдно-изморозевые отложения, сильный туман, моросящий дождь или мокрый снег, пожары на трассе, сильный ветер.

Плохие погодные условия приводят к дополнительным потерям-возникновению коротких замыканий и обрыву проводов.

На ЛЭП постоянно оказывают воздействие погодные условия. Температура, осадки, атмосферное давление, влажность, а также скорость и направление ветра являются важными параметрами, измерение которых необходимо для мониторинга погодных условий для ЛЭП. Знание текущей погодной ситуации вдоль линии электропередачи позволяет уменьшить количество отключений энергии.

Состояние проводов и изоляции ЛЭП

В процессе эксплуатации может происходить повреждение и износ проводов, а также загрязнение и пробой изоляторов. При этом возникают межфазные утечки и замыкания. За счет старения проводов при нагревании протекающим током может происходить критическое провисание и касание проводов земли и объектов рельефа. Большую часть повреждений воздушных линий составляют короткие замыкания и обрывы.

Такую проблему можно решить использованием проводов с трапециевидным сечением.

Главная проблема электросетевого комплекса нашей страны - физический износ оборудования. Основная часть ВЛ построена в 60-80-е годы XX века. При этом доля ЛЭП, находящихся в эксплуатации более 25 лет, составила:

- ЛЭП 1150 кВ - 45 %;
- ЛЭП 750 кВ - 65 %;
- ЛЭП 500 кВ - 70 %;
- ЛЭП 330 кВ - 74 %;
- ЛЭП 220 кВ - 82 %;
- ЛЭП 110 кВ и ниже - 73 %.

Решение этой проблемы заключается в модернизации ЛЭП и строительстве новых ВЛ, внедрение современного оборудования, материалов и технологий эксплуатации ВЛ.

Например, для обновления ВЛ в настоящее время предлагается использовать многогранные стальные опоры ЛЭП.

Стальные многогранные опоры ЛЭП предназначены для поддержания ВЛ с напряжением от 10 до 500 кВ, как в населенной, так и в ненаселенной местности.

Их производят из низколегированной стали. Опора представляет собой конструкцию, выполненную из стоек в форме полых усеченных пирамид, а в поперечном сечении – правильный многогранник. С телескопическими и фланцевыми соединениями. Преимуществом таких опор является:

- сокращение сроков строительства;
- снижение материальных затрат;
- удобная транспортировка;
- сокращение затрат на землеотвод;

- надежность. Срок службы опоры с оцинкованным покрытием – до 75 лет;

- вандалоустойчивость.

Гололед-одна из серьезных причин аварий в электроэнергетических системах повышенной мощности состоит в образовании плотного ледяного осадка (гололеда) толщиной до 50-70 мм. Обледенение также представляет собой угрозу для ЛЭП. Гололедно-изморозевые отложения на проводах и тросах ВЛ происходят при температуре воздуха около –5 °С и скорости ветра 5–10 м/с. В результате налипшего льда масса проводов значительно увеличивается, что приводит, к их обрыву, недопустимо близкому сближению и сильному раскачиванию, ухудшению защитных свойств изоляторов и разрушению опор.

Борьба с обледенением проводов линий электропередачи является поистине глобальной проблемой. Традиционный способ плавки при коротком замыкании линий электропередачи и отключением от нее всех потребителей малоэффективен. [4]

Решать эту проблему можно путем нагрева проводов до температуры +(100-200) ºС до наступления гололеда. Такой нагрев можно осуществлять с помощью бегущей высокочастотной электромагнитной волны, распространяющейся по линии электропередачи одновременно с основным напряжением промышленной частоты.

Серьёзной проблемой является зарастание ЛЭП деревьями и кустарником.

От порядка, в котором содержатся просеки под линиями электропередач, во многом зависит бесперебойное электроснабжение производственного и частного сектора. Сильные ветра ломают переросшие ветви деревьев и часто провоцируют обрыв проводов или короткое замыкание. Сухие деревья являются наиболее пожароопасными и могут стать причиной энергетической катастрофы.

Коронный разряд на проводах.

Коронный разряд возникает в резко неоднородных полях, к которым относится и электрическое поле проводов воздушных ЛЭП. Эта высокочастотная составляющая тока короны является источником интенсивного электромагнитного излучения, которое создает помехи радио- и телевизионному приему. Коронный разряд на проводах линиях электропередачи вызывает значительные потери передаваемой энергии. Интенсивность коронного разряда уменьшаются при увеличении диаметра провода. С этой же целью вместо одиночных часто применяют так называемые расщепленные провода. На линиях с напряжением от 330 до 750 кВ применяют расщепленные провода, состоящие соответственно из 2, 3 и 4 отдельных проводников, находящихся друг от друга на расстоянии до 50 см. На линиях 1150 кВ используются расщепленные провода, состоящие из 6 или 8 отдельных проводников, разнесенных на

значительное расстояние для уменьшения волнового сопротивления линии и увеличения ее пропускной способности.

Повышение энергоэффективности эксплуатации воздушных линий предполагает их строительство согласно разработанного и утверждённого проекта. Дальнейшая эксплуатация ВЛ должна производиться с использованием спецтехники и специально обученного персонала по обслуживанию.

Необходимо выполнять своевременные замены дефектных узлов, изоляторов и подгнивших опор, вести контроль за состоянием металла и сварочных швов опор на предмет глубоких коррозий. Также требуется проверка и подтяжка болтовых соединений и гаек анкерных болтов, замена отдельных элементов ВЛ и выправка отдельных опор. Для повышения энергоэффективности эксплуатации воздушных линий необходима чистка изоляции и вырубка деревьев из-за угрозы их разрастания в стороны ВЛ.

Кроме того, важно раз в 6 лет проводить верховой осмотр линий с выборочной проверкой состояния проводов и тросов в зажимах изоляторов.

В дальнейшем мной планируется построение модели ЛЭП в MATLAB Simulink и проведении с помощью неё исследований.

Список литературы:

1. Основы современной энергетики том 2 [Текст] : учебник для вузов / И. М. Бортник [и др.] ; под ред. А. П. Бурмана и В. А. Строева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : МЭИ, 2008. – 632 стр.

2. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика [Текст] : учебник / Г. Ф. Быстрицкий. – Москва КНОРУС,2013. – 408 с.-(Бакалавриат).

3. Лыкин А. В. Электрические системы и сети[Текст] : учебное пособие / Новосибирск: НГТУ, 2002. -248 с.

4. Статья «Высокая энергия» опубликована в журнале «Популярная механика» [Электронный ресурс] (№155, сентябрь 2015) http://www.popmech.ru/technologies/214841-kak-ustroeny-opory-lep/