

А.Н. Гребенюк, Е.Д. Герман, О.Ю. Панасюк
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)

ПОВРЕЖДЕНИЕ ПРОВОДОВ ЛЭП ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

Введение

В настоящее время характерной особенностью климата Украины является резкая смена погодных условий (например, в осеннее – зимний период характерны резкие переходы от оттепели к заморозкам и наоборот). Ежедневная погода формируется воздушными массами, которые чаще всего приходят с Атлантики, иногда – с Северного Ледовитого океана, Центральной Азии или Африки. Циклонические возмущения, зарождающиеся над Средиземноморьем и затем смещающиеся на Черное море и на территории Украины и России, являются частой причиной сильных дождей, снегопадов, гололеда и штормовых ветров в регионе. Во многих случаях эти циклоны отличаются небольшими размерами, но при этом связанные с ними зоны осадков велики по площади и сохраняются в течение нескольких дней. Нередко выход южных циклонов вызывает наводнения и гололед, причиняющие большой ущерб. Эти процессы трудны для прогнозирования из-за малых размеров циклонов и их быстрого роста над морем. Последствия этих процессов неоднозначны [4]. При этом в холодное время года на проводах образуется тонкий слой наледи, имеющий эллипсообразную или крыловидную форму. При порывистом ветре у каждого такого провода возникает небольшая подъемная сила (порядка одного ньютона на метр его длины) которая приводит к пляске проводов, а в отдельных случаях к схлестыванию. Схлестывание может вызывать межфазные замыкания и пережоги проводов. В итоге происходят перебои в работе линий электропередачи (ЛЭП) на несколько часов либо дней. Кроме того, обледенение в следствии значительных механических напряжений может вызвать повреждения проводов и опор, а также проводов в точках крепления из-за их пляски. По удельным технико-экономическим показателям наши линии именно из-за пляски проводов сильно уступают зарубежным. Ветровые нагрузки особенно возрастают при обледенении проводов, что вызвано увеличением их площади поверхности. К тому же для других стран, с менее суровыми климатическими условиями, эта проблема вообще не так актуальна, как для Украины.

Проблема совершенствования механической части конструкций высоковольтных линий приобретает исключительно важное и приоритетное значение для экономики. Из года в год возрастает объем "старых" действующих линий электропередачи, в то же время для их обновления применяют традиционные типовые проектные конструкции, в которых проблема пляски не решена.

Цель работы

Исследовать проблему пляски проводов. Определить ее влияние на механическую прочность проводов. Разработать рекомендации для обеспечения надежности воздушных ЛЭП.

Повреждения можно условно разделить на три вида: усталостное разрушение провода; абразивное истирание; разрушение провода при растяжении. Каждый вид повреждений имеет свои характеристики и соответственно может повлиять на повреждение повивов или обрыв провода. На повреждаемость проводов и тросов также влияет не до конца исследованное явление коррозии [1].

Усталостное разрушение

Связано с изгибом провода в точках крепления, что приводит к повреждению повивов провода и уменьшению прочности на разрыв. В случае увеличения нагрузки на провод в связи с отложением гололеда, а также динамических нагрузок, происходят обрывы проводов и дальнейшее развитие аварии.

Очевидно, что наиболее часто усталостное разрушение наблюдается в точках подвеса провода. Он должен крепиться к изолятору так, чтобы исключить перемещение провода по зажиму. Точка крепления провода часто превращается в точку пляски провода и превращается в основную точку изгиба.

Другая критическая точка – край зажима гасителя вибрации. Гасители вибрации предназначены для снижения или подавления вибрации. К сожалению, если гаситель вибрации установлен неправильно или в результате пляски провода повреждается гаситель вибрации то точка вибрации может сместиться на край традиционного болтового зажима, что опять же приведет к увеличению изгиба из-за локализованной точки опоры.

Межфазные распорки, используемые для устранения пляски проводов, могут также создавать очаги изгиба провода внутри пролета.

Циклическая нагрузка в результате ветровых нагрузок и образования льда может также вызывать усталостное разрушение.

Абразивное истирание

Относительное движение одной поверхности по другой вызывает абразивное истирание. При пляске проводов абразивное истирание может проявиться более чем в одной точке системы проводов. Наиболее часто это наблюдается в точках подвеса провода. Здесь контактируют мягкий алюминий наружного повива провода и относительно жесткая поверхность другого материала поддерживающего приспособления. Другой точкой, подверженной абразивному истиранию, является контакт внутренних повивов провода. Повивы имеют разные направления скрутки относительно друг друга, и поэтому между повивами будет возникать абразивное истирание из-за пляски проводов.

Абразивное истирание приводит к уменьшению площади соприкасающихся поверхностей, и в результате провод становится более плоским, а его наружный диаметр значительно меньшим. Прямым следствием абразивного истирания является снижение устойчивости к износу и уменьшение прочности на разрыв.

Разрушение провода при растяжении

Разрушение провода при растяжении имеет место в результате механической перегрузки его жил. Такие разрушения легко увидеть, так как провод утончается в этом месте, но разрыва может и не быть, однако его прочность значительно снижается. Для обрыва провода при растяжении в пролете должна действовать большая нагрузка, связанная не только с ветровой нагрузкой но и с обледенением ЛЭП, пляской проводов или падением опор.

Ускоренное разрушение проводов за счет коррозии

Основные причины ускоренного разрушения проводов – это влияние неблагоприятных климатических факторов, а также контактная коррозия алюминиевых и стальных проволок и щелевая коррозия алюминия в местах касания. Коррозия может образовываться при влиянии на ЛЭП кислотных дождей, влажности, повышенной температуры, солнечной радиации. Коррозионный процесс способствует уменьшению диаметра проводника d из алюминия в среднем 8 мкм/год [6]. Соответственно при изменении сечения провода механическая прочность уменьшается, а если при этом учитывать местную коррозию, то воздушные линии электропередач из года в год становятся менее надежными.

При действии ветра на провода воздушных ЛЭП появляются дополнительные перегрузки, связанные с колебательными движениями проводов. Эти перегрузки усложняют эксплуатацию ЛЭП, время от времени даже приводят к авариям.

Известно несколько видов колебательных движений проводов. Один из них – вибрация. Это колебания с маленькой амплитудой (порядка поперечника провода), образующие стоячие волны. Вибрация возникает из-за срыва вихрей при слабом равномерном движении воздуха, когда скорость ветра не превышает 6 м/с. Это достаточно распространенное явление, и против него энергетиками разработаны необходимые меры защиты. Колебательные движения проводов появляются также под действием порывов ветра. Они имеют беспорядочный характер.

Намного больше проблем и хлопот эксплуатационникам ЛЭП причиняет вид колебательных движений, под названием пляска проводов. Она проявляется в виде стоячих волн. В пролете ЛЭП могут появиться полволны, волна либо $3/2$ волны в зависимости от длины пролета. Амплитуда волны достигает нескольких метров, период – нескольких секунд.

Согласно ПУЭ одиночные алюминиевые и сталеалюминевые провода сечением до 95 мм² в пролетах длиной более 80 м, сечением 120 – 240 мм² в пролетах более 100 м, сечением 300 мм² и больше в пролетах более 120 м, стальные провода и тросы всех сечений в пролетах более 120 м должны быть защищены гасителями вибрации, если механическое напряжение при среднегодовой температуре превышает: 35 МПа в алюминиевых проводах, 40–70 МПа в сталеалюминевых проводах, 170 МПа в стальных проводах и тросах. В пролетах, меньше указанных выше, защита от вибрации не требуется [5].

Поэтому на линиях напряжением 35–330 кВ обычно устанавливаются виброгасители, выполненные в виде двух грузов, подвешенных на стальном тросе. Виброгасители поглощают энергию вибрирующих проводов и уменьшают амплитуду вибрации возле зажимов.

На сегодня изобретенных в мире устройств, подвешиваемых на проводах в пролёте линии известно, более ста. К сожалению, ни одно из них не смогло гарантировать положительный эффект, а если рядом с гибким проводом в месте его крепления проложить металлический стержень и прикрепить его к проводу, то амплитуда и длина волны уменьшатся, а частота колебаний увеличится. Из курса сопротивления материалов общеизвестно, что у стержня изгибная жесткость во много раз больше, чем у гибкого провода. Таким образом, стержень и есть тем генерирующим звеном, которое создает при пляске проводов волну с меньшей амплитудой и более высокой частотой.

Выводы

1. Для увеличения эксплуатационной надежности воздушных ЛЭП необходимо обеспечить снижение пляски проводов с использованием не только стандартных методов, но и применяя новые разработки.
2. В зимнее время проводить мероприятия по плавке гололеда.

Список литературы

1. Воронцов Л.А. Алюминий и алюминиевые сплавы в электротехнических изделиях. М.: Энергия, 1971. – 224 с.
3. Бошнякович А.Д. Механический расчет проводов и тросов линий электропередачи. Л.: Энергия, 1971. – 296 с.
4. Турбин В.С. Усовершенствование методов изучения климатических нагрузок на воздушные линии с учетом топографических особенностей местности // Энергетика и электрификация. – 2007. – №10. – С. 12–16.
5. Правила устройств электроустановок, – Х.: Изд. "Индустрия", 2007. – 416 с.
6. Акимов Г.В. Основы учения о коррозии и защите металлов. – М.: Государ. науч.-техн. изд. л-ры по черной и цветной металлургии, 1946. – 276 с.