

УДК 621.3

ПЛЯСКА ПРОВОДОВ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЕЕ ОГРАНИЧЕНИЮ

Кулак Н.С.

Научный руководитель – Потачиц Я.В.

Пляска проводов, так же, как и вибрация, возбуждается ветром, но отличается от вибрации большой амплитудой, достигающей 12–14 м, и большой длиной волны. На линиях с одиночными проводами чаще всего наблюдается пляска с одной волной, т. е. с двумя полуволнами в пролете, на линиях с расщепленными проводами – с одной полуволной в пролете.

В плоскости, перпендикулярной оси линии, провод движется при пляске по вытянутому эллипсу, большая ось которого вертикальна или отклонена под небольшим углом (до 10–20°) от вертикали. Диаметры эллипса зависят от стрелы провеса: при пляске с одной полуволной в пролете большой диаметр эллипса может достигать 60–90 % стрелы провеса, при пляске с двумя полуволнами 30–45 % стрелы провеса. Малый диаметр эллипса обычно составляет 10–50 % длины большого диаметра.

Как правило, пляска проводов наблюдается при гололеде. Гололед отлагается на проводах преимущественно с подветренной стороны, вследствие чего провод получает неправильную форму. При воздействии ветра на провод с односторонним гололедом скорость воздушного потока в верхней части увеличивается, а давление уменьшается. В результате возникает подъемная сила V_y , вызывающая пляску провода.

Опасность пляски заключается в том, что колебания проводов отдельных фаз, а также проводов и тросов происходят несинхронно; часто наблюдаются случаи, когда провода перемещаются в противоположных направлениях и сближаются или даже схлестываются. При этом происходят электрические разряды, вызывающие оплавление отдельных проволок, а иногда и обрывы проводов. Наблюдались также случаи, когда провода линий 500 кВ поднимались до уровня тросов и схлестывались с ними.

Удовлетворительные результаты эксплуатации опытных линий с гасителями пляски пока недостаточны для уменьшения расстояний между проводами.

На некоторых зарубежных линиях с недостаточными расстояниями между проводами разных фаз установлены изолирующие распорки, исключаящие возможность схлестывания проводов при пляске.

На основании мирового опыта можно сделать следующие выводы:

– создать способ, который гарантировал бы полное гашение и предотвращение пляски проводов при любых природных условиях воздействия ветра и гололеда невозможно;

– создать гасители, ограничивающие пляску до безопасной величины, работающие на регулирование фазовых соотношений между крутильными и поступательными колебаниями, возможно и они оцениваются в мировой практике, как наиболее перспективные и готовые к практическому применению. Такими гасителями являются маятниковые гасители, которые нашли практическое применение в Канаде, США, Германии, Норвегии, Японии, Бельгии, Словакии, Исландии, Латвии, России и т. д. Маятниковый гаситель представляет собой груз на удлиненной консоли;

– метод борьбы с пляской проводов за счет нарушения однородности нарастания гололеда и аэродинамической однородности за счет вращения провода и изменения его сечения по длине в настоящее время также считается наиболее перспективным и осуществляется как за счет установки грузов ограничителей закручивания провода, так и за счет, например, спиральных гасителей.

Отсюда вытекает, что можно создать ограничитель пляски проводов, работающий как грузограничитель закручивания провода, который будет ограничивать величину гололедообразований и одновременно гасить пляску проводов.

В отличие от вибрации пляска характеризуется малой частотой, большой амплитудой колебания и большой длиной волны. На проводах образуются стоячие волны, когда длина полуволны становится кратной длине пролета.

Вибрирующий провод в пролете ВЛ (воздушной линии) имеет волнообразную форму. Колебания провода при вибрации представляют собой стоячие волны, когда точки провода с наибольшим размахом колебаний (пучности) и точки провода, остающиеся неподвижными в процессе колебаний (узлы), не меняют своего положения по длине провода.

Длина волны вибрации равна удвоенному расстоянию между двумя соседними узлами (или пучностями). Наибольший размах колебаний называется амплитудой вибрации. Амплитуда вибрации обычно не превышает 3–5 см при длине волны от 1 до 10 м. За 1 с происходит от 5 до 100 колебаний.

Наименьшая скорость ветра, при которой возможна вибрация проводов, составляет 0,5–0,6 м/с. Верхняя граница колеблется от 4–5 м/с при высоте подвески провода 12 м, до 8–10 м/с при высоте подвески провода около 70 м (на специальных переходах).

Вибрация проводов возникает вследствие образования завихрений воздушного потока при обтекании провода. Отрывы от провода образующихся за ним воздушных вихрей раскачивает провод в вертикальном направлении. Для возникновения вибрации необходимо, чтобы усилия, действующие на провод, были достаточно большими и чередовались по направлению. Такие усилия возникают только при равномерном ветре. Вероятность возникновения вибрации возрастает с увеличением длины пролета линии, диаметра и высоты подвески провода. С изменением тяжения по проводу меняются длина волны, амплитуда и частота вибрации. Вибрация проводов возникает при направлении ветра под углом 45–90° к оси линии.

При углах 30–45° вибрация неустойчива, а при углах менее 20° – вообще не возникает. Чаще всего вибрация возникает на линиях, проходящих по открытой местности. Кустарники, постройки и деревья на трассе влияют на возникновение вибрации, так как они меняют направление и скорость воздушного потока. На линиях, проходящих по лесным массивам с высотой деревьев, близкой к высоте подвески провода, вибрация проводов практически не наблюдается.

В результате вибрации в месте крепления провода в поддерживающем или натяжном зажиме возникают перегибы. Количество их в процессе эксплуатации быстро достигает очень больших величин и вызывает усталость металла провода. Происходит разрушение отдельных проволок провода, а затем и обрыв провода при нормальном тяжении. Провод до разрушения выдерживает от полумиллиона до нескольких десятков миллионов перегибов.

С увеличением тяжения по проводу усталость металла наступает при меньшем числе перегибов. Повреждения проводов от вибрации чаще всего возникают вблизи поддерживающих зажимов. Чем сильнее изгибается провод в зажиме и чем острее края плашек, зажимающих провод, тем скорее наступает разрушение провода от вибрации.

Наилучшие условия для работы провода создаются в зажимах с широким устьем и закругленными краями в месте выхода провода. Повреждения проводов от вибрации вблизи натяжных зажимов наблюдаются редко, так как натяжной зажим может колебаться вокруг оси крепления вместе с проводом. Однако, если зажимы оказываются массивными, возможны повреждения провода от вибрации и вблизи натяжного зажима

При вибрации обычно в первую очередь, происходит разрушение проволок наружного повива провода, так как они испытывают наибольшие перегибы. Проволоки в месте излома имеют мелкозернистую структуру, края излома – гладкие. Шейки, характерные для разрыва проволок под действием тяжения, отсутствуют. Разрушение провода от вибрации развивается очень быстро, так как увеличиваются напряжения в оставшихся проволоках за счет уменьшения суммарного сечения провода.

Расщепленные фазы на линиях электропередач 330–750 кВ, состоящие из связанных распорками двух-пяти проводов, подвержены вибрации в меньшей степени, чем отдельные провода. Наличие связей между проводами препятствует развитию колебаний и

способствует рассеянию энергии вибрации. Амплитуда вибрации расщепленных фаз снижается в 1,5–10 раз в зависимости от числа проводов и расстояния между распорками, в большинстве случаев это устраняет опасность повреждения проводов от вибрации.

При двух проводах в фазе иногда требуется установка гасителей, а на трех и более защита гасителями вибрации не требуется.

При применении на линиях электропередачи расщепления проводов в фазе дистанционные распорки, устанавливаемые на проводах, в значительной степени обеспечивают гашение вибрации проводов. Особенно эффективно гасят вибрацию парные распорки при групповой схеме их расположения и расщеплении фазы на три и более проводов. В этих условиях установка дополнительных гасителей вибрации, как правило, не требуется, если расстояние между «кустами» распорок не превышает 60–75 м.

На линиях с расщеплением фазы только на два провода виброгасящее действие дистанционных распорок несколько слабее и может потребоваться установка дополнительных гасителей вибрации, хотя количество их на каждом проводе обычно меньше, чем на линиях с нерасщепленными проводами, проходящими в таких же условиях.

Так, на линиях с расщепленной фазой из двух проводов, соединенных распорками, защита от вибрации необходима при длинах пролетов более 150 м и среднеэксплуатационных напряжениях в сталеалюминиевых проводах, превышающих 40–45 МПа, в зависимости от марки провода и характера местности, по которой проходит линия.

Установка гасителей не требуется, если линия проходит по лесному массиву с высотой деревьев, превышающей высоту подвеса проводов, вдоль горных долин и других препятствий, защищающих линию от поперечных ветров

В соответствии с действующими «Методическими указаниями по типовой защите от вибрации проводов и тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35–750 кВ» защита от вибрации одиночных проводов и тросов не требуется, если среднеэксплуатационные напряжения в них оказываются меньше 35–40 МПа для алюминиевых проводов и проводов из сплава АН; 40–45 МПа для сталеалюминиевых проводов и проводов из сплава АЖ; 100–110 МПа для медных проводов и 180–200 МПа для стальных проводов и тросов. Более точно эти величины определяются в зависимости от сечения проводов, длины пролетов и характера местности, по которой проходит линия, открытая ровная местность без древесной растительности, сильно пересеченная или застроенная местность, или наличие редкого или низкорослого леса.

В зависимости от условий прохождения трассы тинии, конструктивных особенностей линий и тяжения по проводам и тросам гасители вибрации устанавливаются либо с обеих сторон пролета, либо только с одной стороны, при этом рекомендуется устанавливать гасители вибрации через одну опору, т. е. по обе стороны от одной опоры и пропуская следующую.

Установка гасителей с одной стороны пролета допускается в условиях пониженной опасности вибрации в пролетах длиной менее 200 м, а также в пролетах длиной 200–320 м, если среднеэксплуатационное – напряжение в проводах незначительно (на 5–10 %) превышает указанные ранее безопасные для вибрации значения.

Установка гасителей вибрации обязательна как для одиночных проводов, так и для расщепленных независимо от среднеэксплуатационного напряжения в проводах при пересечении больших рек, водоемов, открытых горных долин, если длина пролета пересечения превышает 500 м для больших рек и водоемов и 800 м для горных долин, где вибрация проявляется несколько в меньшей степени, чем при пересечении рек и водоемов.

В переходных пролетах через реки и водоемы длиной 500–1500 м, а также через горные долины шириной 800–1500 м рекомендуется установка с каждой стороны пролета по два гасителя вибрации. Защита от вибрации проводов и тросов в переходных пролетах длиной более 1500 м, а также независимо от длины пролета для проводов диаметром более 38 мм и проводов со среднеэксплуатационным тяжением более 180 кН должна производиться по специальному проекту.

На линиях с расщепленными фазами наряду с вибрацией наблюдается еще один вид колебаний проводов – это колебания проводов на участках между дистанционными распорками, связанные с экранированием одного из проводов другим при воздействии ветра на провода, расположенные в одной горизонтальной плоскости. Такой вид колебаний получил название субколебаний. Экранирование одного провода другим при ветре поперек линии и сравнительно небольшом расстоянии между проводами (0,3–0,4 м) приводит к тому, что экранируемый провод попадает в зону завихрений воздушного потока и возникают его колебания в основном в горизонтальной плоскости.

Литература

1. Сергей, И.И. Упрощенный расчет максимальных тяжений проводов на двух стадиях их движения при коротком замыкании / И.И. Сергей, А.П. Андрукевич, Е.Г. Пономаренко // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 6. – С. 12–26.
2. Васильев, А.А. Электрическая часть станций и подстанций : учеб. пособие для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.