

# ДЕМПФИРУЮЩИЕ РАСПОРКИ КАК ЭФФЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПЛЯСКИ, ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ И ВИБРАЦИИ ПРОВОДОВ ВЛ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

**И.В. Блинов**, канд. техн. наук  
ИЭД НАН Украины

Известно, что защита проводов воздушных линий электропередачи (ВЛ) от вибрации требует установки гасителей вибрации, защита расщепленных фаз ВЛ от колебаний в пролетах предусматривает расстановку внутрифазных дистанционных распорок, а одним из методов борьбы с пляской проводов является увеличение расстояния между проводами расщепленных фаз ВЛ, уменьшение пролетов, установка средств гашения пляски [5, 6, 7].

Важным является тот факт, что на ВЛ с расщепленной фазой, в отличие от ВЛ с одиночным проводом, при одинаковых условиях эксплуатации, пляска возникает гораздо чаще. Это может быть объяснено тем, что при установке глухих распорок, широко применяемых сегодня, расщепленная фаза ВЛ приобретает свойства жесткой системы, которая подвержена различным колебаниям проводов, являющихся одним из факторов, провоцирующим появление пляски проводов. Такие распорки практически не выполняют гашения колебаний и вибрации.

Поскольку колебания плохо поглощаются в пролетах между установленными распорками расщепленной фазы ВЛ (субпролетах) и не могут их покинуть, значительно возрастает риск повреждения проводов от распорок, а также самих распорок в этих зонах [3].

Характерные разновидности колебаний проводов показаны на рис. 1. К ним относятся: колебания проводов в пролетах между установленными распорками расщепленной фазы ВЛ (субпролетах) (рис.1 а); вертикальные колебания (рис.1 б);

горизонтальные колебания (рис.1.в); крутильные колебания (рис.1 г).

Причем, из всех видов колебаний проводов субколебания (колебания проводов субпролетах) встречаются наиболее часто и являются наиболее опасными (Рис. 1. а-1, а-2). При таких колебаниях составляющие горизонтальной пары проводов пучка движутся в противофазе по эллиптическим траекториям с главной осью эллипса, слегка наклонной к горизонтали. В подпролетах длиной более 50 м амплитуда субколебаний может достигать большого размаха (0,3–0,5 м), что способно вызвать соударения проводов в средней части подпролета. На рис.2. приведен пример разрушения проводов вследствие влияния вибрации и колебаний. Во время дождя, при наличии гололеда, мокрого снега, изморози на ВЛ могут возникать колебания, развитие которых приводит к появлению пляски проводов. Этот процесс характеризуется значительно большей амплитудой колебаний, их малой частотой и приводит к разрушению как гирлянд изоляторов, так и

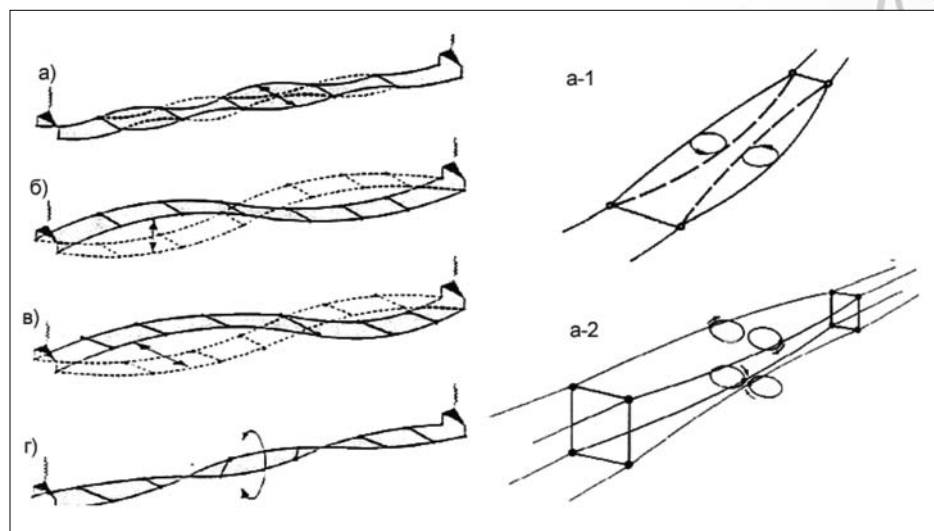


Рис. 1. Виды колебаний проводов ВЛ

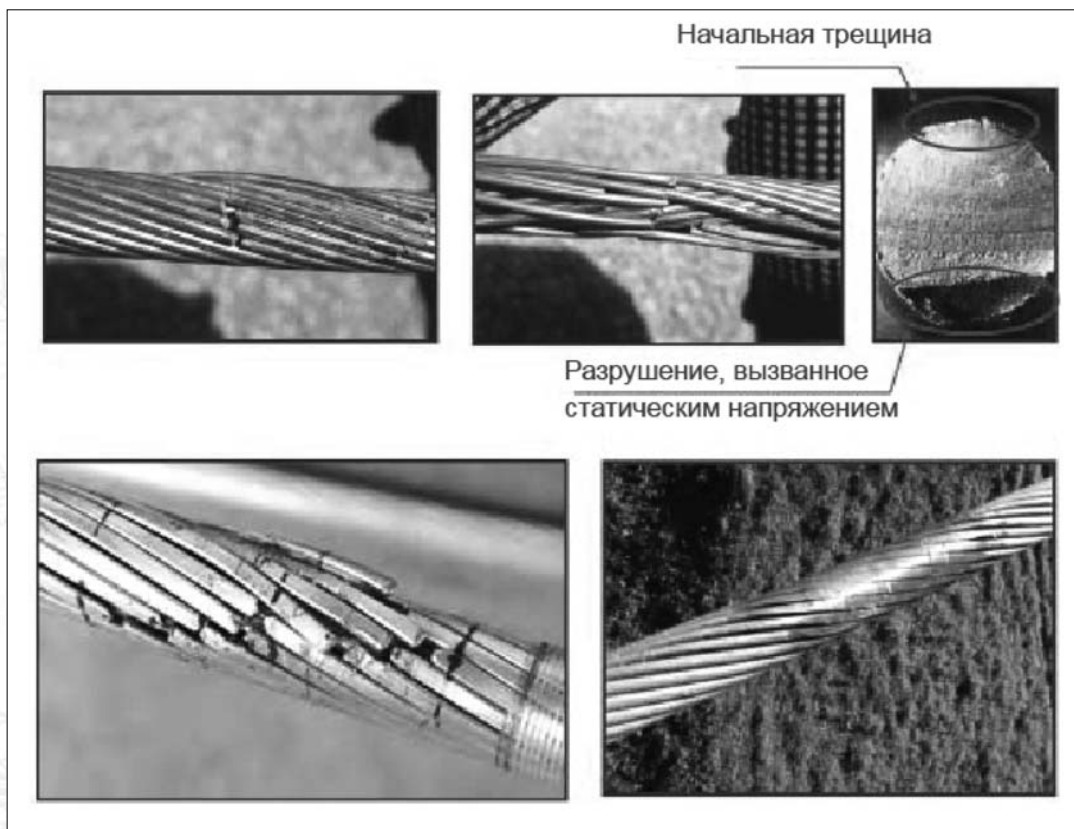


Рис. 2. Разрушение проводов в зажимах

опор ВЛ [4]. Следует отметить, что одними из преобладающих по величине и решающими в количественной оценке пляски являются крутильные колебания [2], уменьшение которых позволяет значительно повысить устойчивость ВЛ к пляске. Эффектив-

ность гашения колебаний на ВЛ зависит как от характера колебаний, так и свойств распорок и мест их расстановки [8]. Для обеспечения гашения вибрации и колебаний в широком диапазоне частот, амплитуд и полуволны колебаний необходимо, чтобы в

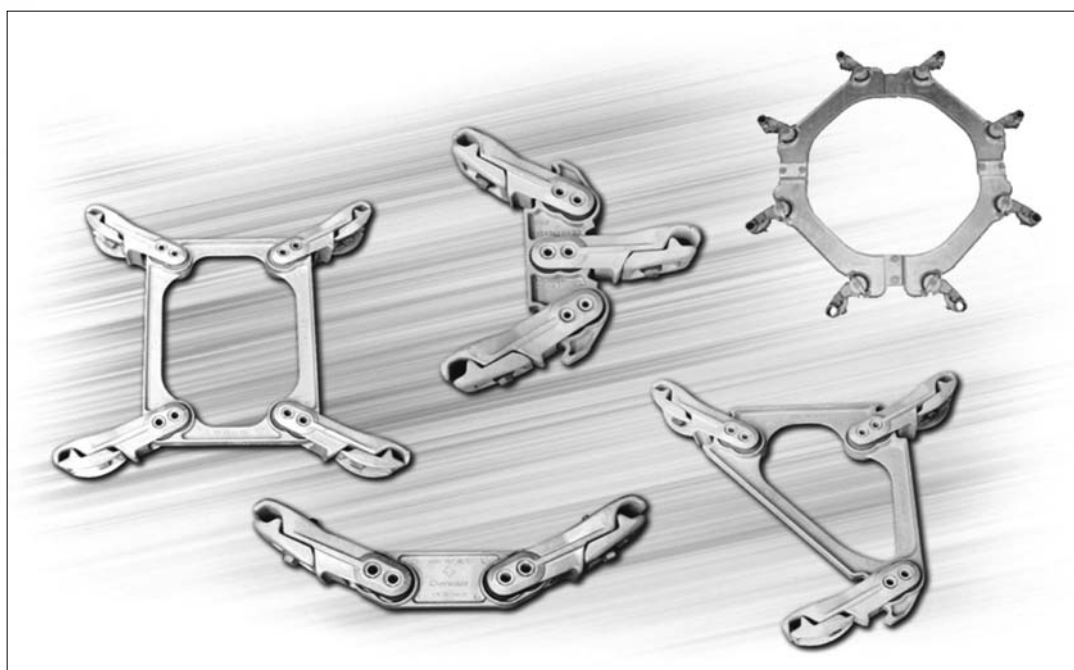


Рис. 3. Демпфирующие распорки EN (Sicame)

распорка обладала демпфирующими свойствами и обеспечивалась подвижность ее конструкции [9].

Следует отметить, что сегодня в странах Европы и Северной Америки осуществляется переход к системному использованию распорок обладающих демпфирующими свойствами, преимущества которых над жесткими распорками отмечается во многих международных публикациях и отчетах электротехнических комиссий [11]. Пример таких демпфирующих распорок приведен на рис.3.

Распорки данного типа имеют количество лучей по числу проводов расщепленной фазы ВЛ и обеспечивают сохранение требуемого расстояния между проводами в фазе, гашение вибрации и различных видов колебаний, предупреждают возникновение пляски проводов. Сегодня разрабатываются и уникальные демпфирующие распорки для фаз расщепленных на 6 и более проводов, причем часто такие распорки изобретаются под конкретную ВЛ.

Особенностью конструкции таких распорок является то, что лучи демпфирующей распорки шарнирно соединены с корпусом через демпферный узел (эластомерный вкладыш), что обеспечивает подвижность конструкции распорки и эластичность движения ее лучей относительно корпуса распорки. Это свойство позволяет распорке реагировать на колебания и движения проводов во всех плоскостях, а также на крутильные колебания без повреждения проводов или распорок. Применение таких распорок приводит к появлению определенной взаимосвязи колебаний в субпролетах, что способствует их "расстраиванию" [2], гашению в других демпфирующих распорках и гасителях вибрации, установленных в пролете. За счет распределения вибрации и колебаний от мест их возникновения вдоль всего пролета ВЛ уменьшается концентрация энергии колебаний в отдельных субпролетах, что снижает вероятность появления колебаний более высокой амплитуды. На рис.4. показано движение двулучевой демпфирующей распорки типа EN на проводе: продольное L, вертикальное V, горизонтальное H, коническое C.

Основные требования к методам испытаний демпфирующих распорок и критериям их оценки приведены в международном стандарте IEC 61854 [10]. Важным является проведение испытания распорок на пропускание провода в зажиме распорки и прочность установки распорки на проводе при возникновении короткого замыкания на ВЛ, возникновение которого приводит к сжестыванию или, наоборот, расхождению проводов расщепленной фазы ВЛ. Причем сила сжатия и растяжения при коротком замыкании может превышать 10 кН, что неизбежно приводит к необхо-

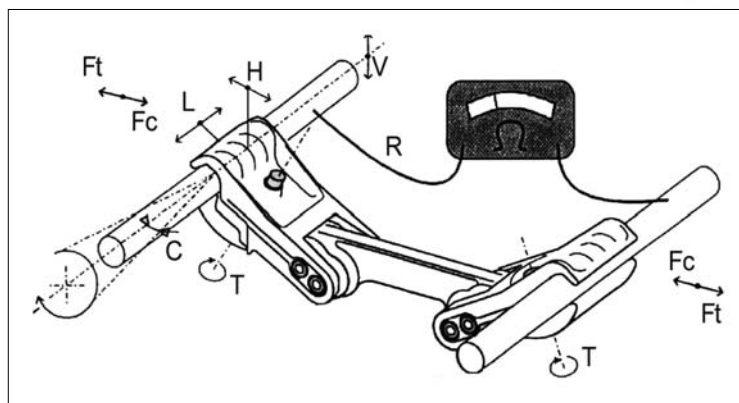


Рис. 4. Движение парной распорки типа EN

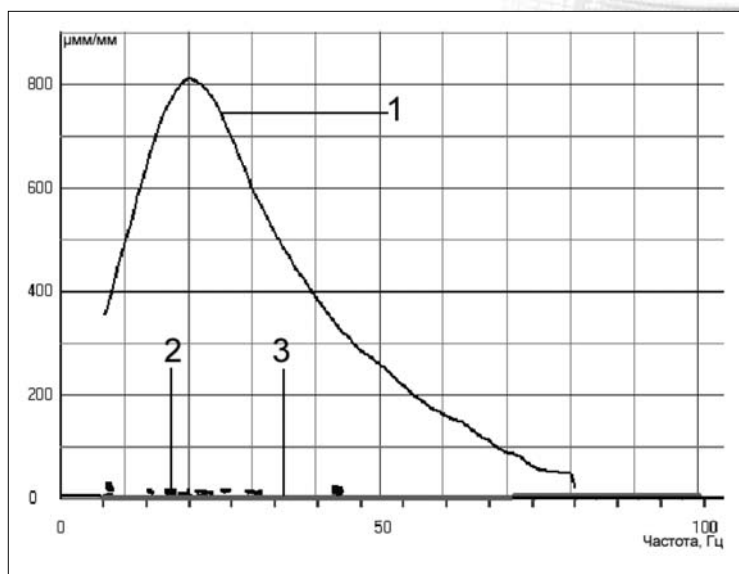


Рис. 5. Микродеформации провода в зажимах

димости обеспечения в распорке требуемого механического сопротивления таким усилиям.

Для анализа демпфирующих свойств распорок в IEC 61854 предусмотрены испытания эластомерной вкладыши на способность к гашению вибрации и колебаний проводов, испытания их механических свойств и испытания на климатическое старение. Для предотвращения появления проблем, которые могут иметь место вследствие емкостного разряда на луче или корпусе распорки эластомерные вкладыши должны выполняться электрически проводимыми.

Распорки должны проходить испытания на коррозионную стойкость, уровень промышленных радиопомех (IEC 437), испытания на стойкость к климатическим внешним воздействиям, испытания на корону. Согласно IEC 61854 распорки должны выдерживать 108 циклов эоловой вибрации, 107 циклов колебаний между проводами в расщепленной фазе. Проведение приведенных типов испытаний направлено на подтверждение обеспечения функционирования демпфирующих распорок в течении всего срока эксплуатации ВЛ.

Сегодня построение эффективной системы гашения вибраций и колебаний выполняется на основе компьютерного моделирования и основывается на изучении вибрационных характеристик провода, его свойств к самогашению энергии вызванной колебаниями, анализе условий эксплуатации ВЛ и характеристике средств гашения вибраций и колебаний.

На рис.5 показан пример моделирования системы гашения вибрации и колебаний на основе применения многочастотных гасителей типа STN и демпфирующих распорок EN. Моделирование проведено на основе данных расчета микродеформаций жил провода АС 400/51 с растягивающей нагрузкой 11,3 кг/мм<sup>2</sup>, при пролете длиной 300м на ВЛ 330 кВ с расщепленной на два провода фазой, подверженной порывистому ветру до 25 м/с и при температуре окружающей среды от -30 до +40 С<sup>0</sup>. График 1 (рис.5.) показывает максимальную расчетную динамическую деформацию на изгиб провода в ?-мм/мм (количество микродеформаций на миллиметр) на конце поддерживающего и натяжного зажима в зависимости от частоты колебаний провода. На графике 2 приведена максимальная расчетная динамическая деформация на конце поддерживающего и натяжного зажима после установки выбранной системы гашения вибраций, состоящей из трех многочастотных гасителей вибрации STN и 6-ти демпфирующих распорок типа EN на пролет. Максимальная динамическая деформация на изгиб провода в зажиме распорки показана на графике 3.

В заключение отметим, что установка демпфирующих распорок приводит к непрерывному перераспределению колебаний проводов вдоль пролета ВЛ, вовлекает другие распорки в процесс демпфирования и снижает, таким образом, концентрацию энергии колебания в отдельных субпролетах ВЛ. Другим преимуществом демпфирующих распорок является уменьшение крутильной жесткости проводов и обеспечение их подвижности относительно корпуса распорки, что снижает жесткость системы расщепленной фазы.

Перераспределение колебаний проводов вдоль пролета ВЛ, уменьшение крутильной жесткости проводов, обеспечение подвижности проводов в расщепленной фазе относительно распорок и гашение крутильных колебаний в субпролетах ВЛ, за счет применения демпфирующих распорок, увеличивает эффективность гашения вибрации и колебаний на ВЛ, а также служит средством предупреждения появления пляски проводов.

1. *Виноградов А. А.* Современные подходы к гашению пляски проводов воздушных ЛЭП с одиночными и расщепленными фазами. Типы гасителей пляски, их сравнительная эффективность и эксплуатационная надежность. // Энерго-инфо (www.energo-info.ru).

2. *Каверина Р.С.* Повышение надежности ВЛ при воздействии гололеда // Материалы конференции Линии электропередачи: проектирование, строительство, опыт эксплуатации и научно технический прогресс. – 2006. – С.310 – 320.

3. *Колосов С.В., Снеговский Д.В., Рыжов С.В., Цветков Ю.Л.* Внутрифазные дистанционные распорки-гасители // Энерго-инфо (www.energo-info.ru).

4. *Горохов Е. В., Бакаев С. Н., Назим Я. В., Моргай В. В., Попов М. С.* Анализ причин и последствий аварий на участках ВЛ 330 кВ джанкойских МЭС Крымской электроэнергетической системы НЭК «Укрэнерго» // Металлические конструкции. – 2010. – ?2, том 16 С. 75-92

5. *РД 34.20.182-90.* Методические указания по типовой защите от вибрации и субколебаний проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ // СПО ОРГРЭС. – 1991. – 80 с.

6. *СО 153-34.20.121-2006.* Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ. – 2002. – 49 с.

7. *СОУ 45.2-00100227-24:2010* Захист проводів і тросів повітряних ліній електропередавання від вітрових коливань (вібрації, галоупування, субколивань). Методичні вказівки. – К.: КВІЦ. – 2010.

8. *Champa R.J., Poffenberger J.C., and Siter R. B.* Bundled conductor spacers. In Annual Conf. Transmission Section, pages 11–13, Atlanta, Georgia, USA, April 1973. Engineering and Operations Div., Southeastern Electric Exchange.

9. *Hearnshaw D.* Spacer Damper Performance - a function of in - span positioning. In IEEE Trans. on PAS., volume 93, pages 1298–1306, 1974.

10. *IEC 61854 - Overhead lines – Requirements and tests for spacers.* – 1998. – p. 84.

11. *State of the art survey on spacers and spacer dampers: Part 1 – general description* // CIGRE – SC22 WG11-TF5. – p. 6.