

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СРЕДСТВ ВИБРОЗАЩИТЫ КОМПАНИИ PLP

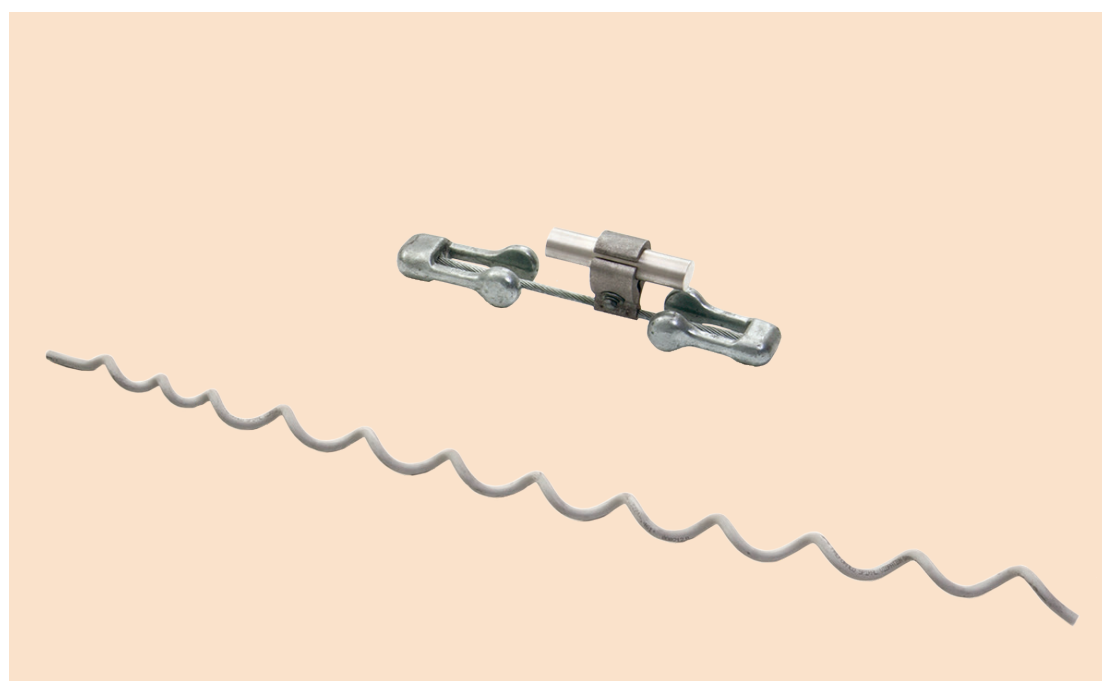


На правах рекламы

**У**же в начале существования воздушных линий электропередачи одной из основных проблем было обеспечение безаварийной работы на протяжении всего срока эксплуатации. Проблема предотвращения аварий, вызванных ветровыми колебаниями проводов, занимает особо важное место.

Компания Preformed Line Products (PLP) на протяжении более 50 лет успешно применяет различные технические решения для борьбы с ветровыми

колебаниями проводов ВЛ, такими как Эолова вибрация, субколебания, пляска проводов. Как показывает наш многолетний опыт – наилучшим решением является игнорирование необходимости применения активной защиты от ветровых колебаний, затраты на которую значительно ниже по сравнению со стоимостью устранения последствий аварии. В этой связи мы рассмотрим в данной статье проблему самого распространенного вида колебаний ВЛ – Эоловой вибрации и пути ее решения



Гасители вибрации PLP

## ЭОЛОВЫ ВИБРАЦИИ – ОСНОВНОЙ ВИНОВНИК ОТКАЗОВ

Эолова вибрация проводов возникает в ламинарном потоке воздушных масс перемещающемся перпендикулярно к цилиндрической форме провода (рис. 1).

### МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭОЛОВЫХ ВИБРАЦИЙ

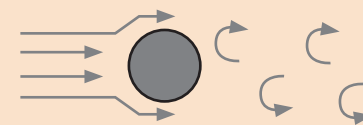


Рис. 1

Завихрения воздуха за проводом вызывают вибрации с относительно высокой частотой (небольшая длина волны) и низкой амплитудой. Вибрации эти очень опасны,

поскольку небольшая длина волны является причиной того, что угол изгиба провода является относительно большим (рис. 2)

Эоловы вибрации возникают при скорости ветра от 0.6 до 7 м/с. Их амплитуда составляет меньше диаметра провода, а частота варьируется от единиц до нескольких сотен герц.

Зависимость частоты колебаний от скорости ветра и диаметра провода можно получить из уравнения Струхала:

$$f = \frac{185V}{d} \text{ где:}$$

- $f$  (Гц) – частота колебаний (Гц)
- $V$  – скорость ветра (м/с)
- $d$  – диаметр провода (мм)

Согласно уравнению выше, частота вибрации прямо пропорциональна скорости ветра (от 1 до 7 м/с) и обратно пропорциональна диаметру провода.

Используя выше указанную формулу были рассчитаны предельные частоты (скорость ветра 1 и 7 м/с) для разных, примерных диаметров проводов:

Для  $d=8$  мм;  $f_{\text{мин}}=23,1$  Hz;  $f_{\text{макс}}=161,9$  Hz  
Для  $d=15$  мм;  $f_{\text{мин}}=12,3$  Hz;  $f_{\text{макс}}=86,3$  Hz  
Для  $d=25$  мм;  $f_{\text{мин}}=7,4$  Hz;  $f_{\text{макс}}=51,8$  Hz  
Для  $d=40$  мм;  $f_{\text{мин}}=4,6$  Hz;  $f_{\text{макс}}=32,4$  Hz

Эти расчёты показывают, что провода с большим диаметром (например, фазные провода ВЛ) совершают вибрационные колебания с относительно низкой частотой. С другой стороны провода с меньшим диаметром (например, грозозащитный трос, ОКГТ, ОКСН, фазные провода распределительных линий электропередачи) вибрируют с более высокими частотами.

## ГАСИТЕЛИ ВИБРАЦИИ СТОКБРИДЖА

Наиболее распространенным средством борьбы с ветровыми колебаниями является гасители вибрации Стокбриджа (рис. 3).

Поскольку принцип работы гасителя, его внешний вид и составные части являются довольно простыми, то узнать насколько эффективен гаситель и может ли вызывать он опасность для провода является проблематичным. Два гасителя с одинаковой массой и размерами, но сделанные из разных материалов могут иметь совсем разные свойства.

Гаситель вибрации Стокбриджа независимо от его вида должен иметь как можно большее отношение рассеиваемой энергии к его весу, а характеристика гашения в зависимости от частоты, с наименьшим количеством областей неэффективного гашения.

На протяжении многих лет демпферный трос гасителя подвергается постоянному изгибу. Если его материал не является достаточно упругим, после нескольких лет можно увидеть пластическую деформацию, что ухудшает характеристики гашения. В общем,

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА ИЗГИБА ОТ ДЛИНЫ ВОЛНЫ

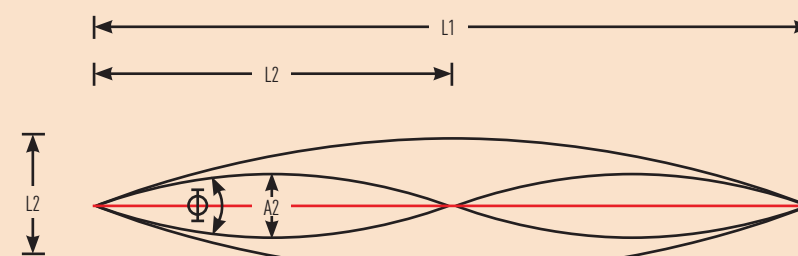


Рис. 2. Визуализация зависимости угла изгиба от длины волны (чем меньше длина волны, тем угол изгиба провода больше).

## ГАСИТЕЛЕЙ ВИБРАЦИИ СТОКБРИДЖА VORTX™, ПРЕДЛАГАЕМЫЙ КОМПАНИЕЙ PLP

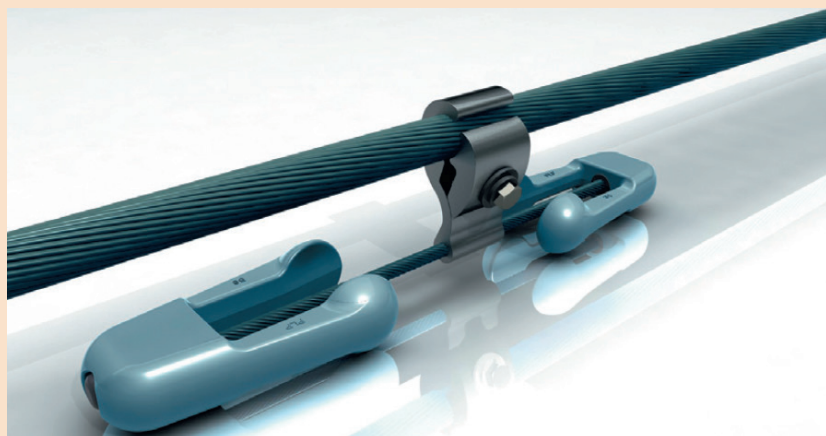


Рис. 3.

гаситель с согнутым тросиком имеет крайне низкую эффективность и не защищает должным образом провода. В тоже время, если использовать в конструкции гасителя более жесткий тросик, то он будет менее эффективным при рассеивании энергии колебаний.

Также особое внимание при выборе гасителей вибрации Стокбриджа

стоит обращать на узел крепления к проводу, т. к гаситель с неудовлетворительным качеством изготовления узла крепления не только не будет предохранять линию от повреждений, но может сам стать их причиной.

Наилучшим решением, по мнению специалистов нашей компании, является использование спирально-го крепления (рис. 6). Такой способ

## ХАРАКТЕРИСТИКА ГАШЕНИЯ

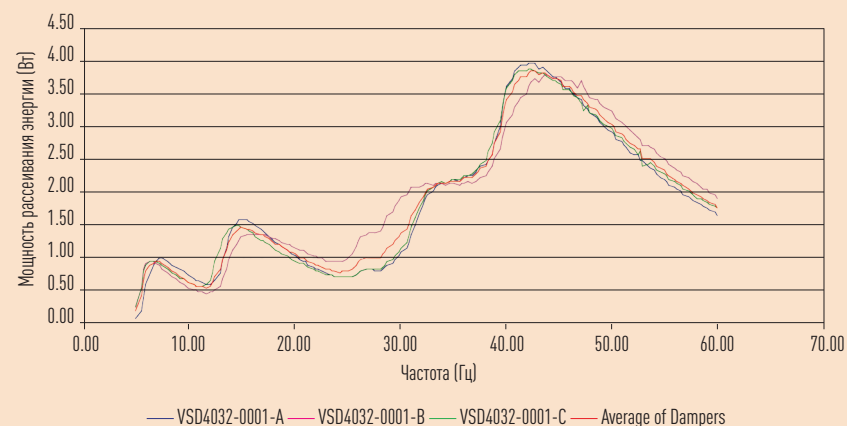


Рис. 4. Характеристика гашения – рассеиваемая энергия в зависимости от частоты для четырех резонансного гасителя.

## ПОВРЕЖДЕНИЕ ПРОВОДА, ВЫЗВАННОЕ НЕПРАВИЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ ГАСИТЕЛЯ



Рис. 5

полностью устраняет в риск повреждения провода, не требует контроля момента затяжки болта и надежно фиксирует гаситель в месте его установки на весь срок службы.

Риск повреждения провода при использовании классического варианта крепления (болтового) можно ограничить, применяя защитные спиральные протекторы (рис. 7).

## УСТАНОВКА ГАСИТЕЛЯ ВИБРАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ СПИРАЛЬНОГО ЗАЖИМА

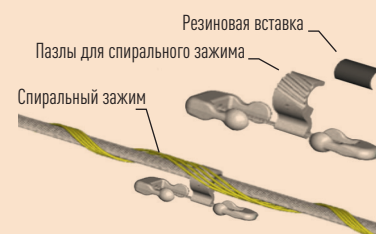


Рис. 6.

## ГАСИТЕЛЬ VORTX™ УСТАНОВЛЕННЫЙ НА ЗАЩИТНЫЙ ПРОТЕКТОР

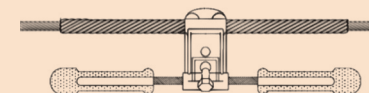


Рис. 7

## СПИРАЛЬНЫЙ ГАСИТЕЛЬ (SVD)

Спиральный гаситель вибрации (SVD) является специальным образом изготовленной спиралью с переменным диаметром, для обеспечения эффективной установки на проводе и одновременно эффективного гашения вибрации (рис. 8). Также, как и в случае гасителя Стокбриджа, SVD откликается с некоторой задержкой относительно на вибрации провода, что вызывает рассеивание энергии ветровых колебаний.

## ТИПИЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГАШЕНИЯ СПИРАЛЬНОГО ГАСИТЕЛЯ ВИБРАЦИИ

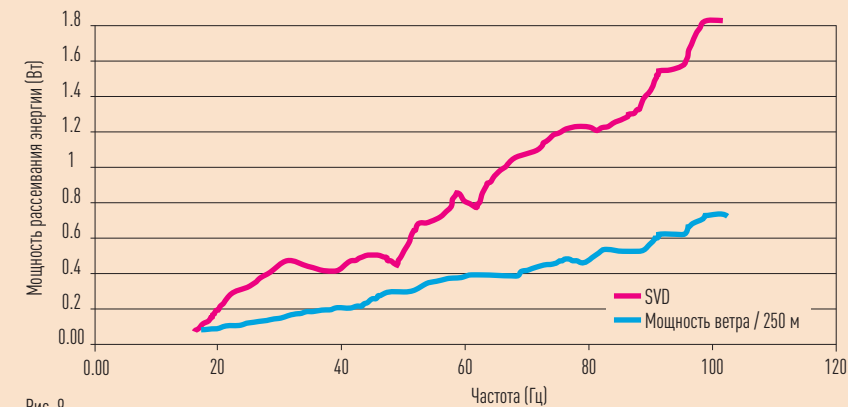


Рис. 9

Спиральные гасители вибрации PLP изготавливаются из высокопрочного термостойкого ПВХ, что позволяет применять их в различных климатических районах.

Максимальная длительная температура работы спирального гасителя не должна превышать 125 °С.

Гасители SVD в общем обладают высокой эффективностью гашения, которая возрастает вместе с ростом частоты колебаний (рис. 10). Это явление очень полезно, если обратить внимание на то, что энергия ветровых колебаний также возрастает с возрастанием частоты. К сожалению, при частотах ниже 20 Гц эффективность SVD довольно ограничена и во многих случаях энергия рассеиваемая гасителем может быть ниже энергии колебаний провода.

## ВЫВОДЫ

Согласно характеристикам рассеивания энергии для гасителя вибрации Стокбриджа и SVD (рис. 4 и рис. 9) основное различие между данными гасителями вибрации заключается в различном спектре подавляемых частот.

## СПИРАЛЬНЫЙ ГАСИТЕЛЬ ВИБРАЦИИ



Рис. 8

Соответственно, спиральный гаситель (SVD) рекомендуется для гашения высокочастотных колебаний. Согласно формуле Струхала данные колебания могут возникнуть на проводах малого диаметра (не более 23 мм).

Аналогично, гасители Стокбриджа имеют наибольшую эффективность при более низкочастотных колебаниях. Их рекомендуется применять для проводов с большими диаметрами (более 20 мм).

Сейчас мы смело можем утверждать, что оба наших технических решения являются эффективными, что подтверждают не только в лабораториях подразделений PLP, но и длительной эксплуатацией сотен тысяч изделий во всех во всех частях света, в том числе и в России.

## СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАШЕНИЯ ГАСИТЕЛЯ СТОКБРИДЖА И SVD

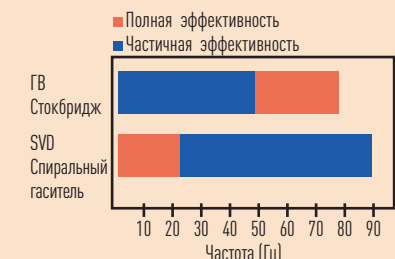


Рис. 10