

УДК 621.3

**Установка междуфазных распорок как один из методов повышения электродинамической устойчивости гибких проводников**

Федосевич Э. А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор СЕРГЕЙ И. И.

В распределительных устройствах (РУ) высокого напряжения электростанций и подстанций в Республике Беларусь общепринято применять токоведущие конструкции с гибкими проводами.

Начальное положение проводов и тяжения в пролете, при изменении температуры, скорости ветра и толщины гололеда, могут существенно изменяться. В связи с этой проблемой актуальным становится вопрос повышения электродинамической стойкости существующих токоведущих конструкций с минимальными затратами средств и времени.

Пролеты типовых ОРУ 110–330 кВ в основном используются на территории Республики Беларусь в составе электростанций и подстанций. Из всех пролетов выбраны пролеты наибольшей длины, где отклонения проводов будут самыми большими. Чтобы избежать вторичного КЗ на шинах РУ из-за недопустимого сближения фаз или их схлестывания, устанавливаются изолирующие междуфазные распорки.

Гибкость проводов распределительных устройств позволяет им принимать форму, обусловленную внешними нагрузками. При протекании по ним токов КЗ проводники соседних фаз начинают взаимодействовать. В результате они могут сблизиться на недопустимое по условию электрической прочности изоляционного промежутка расстояние. При этом на электрические аппараты РУ и опорные конструкции воздействуют ударные нагрузки.

Токи электродинамической стойкости гибкой ошиновки возрастают с увеличением сечения проводника. Это объясняется большей инерционностью тяжелых проводников. Одним из мероприятий, ограничивающих размах колебаний, может стать уменьшение стрелы провеса. Однако это приводит к дополнительным нагрузкам на опорные и изоляционные конструкции.

В закрытых распределительных устройствах с гибкой ошиновкой для ограничения колебаний сборных шин применяются V-образные гирлянды изоляторов, конструкция которых ограничивает отклонения зажимов. Более эффективно ограничивают размах колебаний шин при КЗ V-образные стержневые изоляторы.

Однако, такие технические решения применимы лишь для ЗРУ, где длина пролетов невелика. В ОРУ большая часть длины пролета приходится на провод, и ограничение колебаний зажимов существенного технического эффекта не даст.

Наиболее действенным решением, не требующим больших материальных и временных затрат, является установка междуфазных распорок. Их можно применять как во вновь сооружаемых, так и в существующих ОРУ.

Использование распорки, в состав которой входят тарельчатые изоляторы, для РУ напряжением 110 кВ и выше представляется нецелесообразным из-за ее значительной массы и гибкости. В качестве альтернативы можно предложить распорки на основе современных полимерных стержневых изоляторов.

Такие распорки могут быть применены для ограничения сближения фаз друг с другом в пролетах типовых ОРУ 110–330 кВ.

Основу такого изолятора составляет стержень из стеклопластика, который способен выдерживать значительные механические нагрузки во всех направлениях. Сверху такой стержень покрыт полимерной ребристой оболочкой для увеличения разрядных напряжений по поверхности.

Подобные полимерные распорки применялись на ЛЭП 220–500 кВ для ограничения пляски проводов.

Установка одной распорки в середине пролета значительно повышает электродинамическую стойкость пролета, а применение двух и более распорок может полностью исключить возможность недопустимого сближения гибких шин при любых возможных токах КЗ. Количество и место установки распорок должны определяться расчетом для каждого конкретного пролета. Такую возможность дает компьютерная программа FLEBUS, дополненная подпрограммой динамики междуфазной распорки.

Растягивающие усилия на распорку по результатам расчета могут достигать 250 даН, сжимающие – 150 даН.

Распорки в компьютерной программе представлены как пружины с жесткостью, соответствующей жесткости распорок. Вес распорок переносится на проводники в точки крепления распорок.

Основные параметры электродинамической стойкости – минимальные междуфазные расстояния в процессе колебания проводников и максимальные тяжения.

Существуют следующие схемы установки междуфазных распорок в пролете: в центре пролета; в одной трети пролета в шахматном порядке; в одной трети пролета; в одной пятой пролета в шахматном порядке.

Рассмотрим также ещё один пример выполнения междуфазной распорки для воздушных ЛЭП, схема которой приведена на рисунке 1.

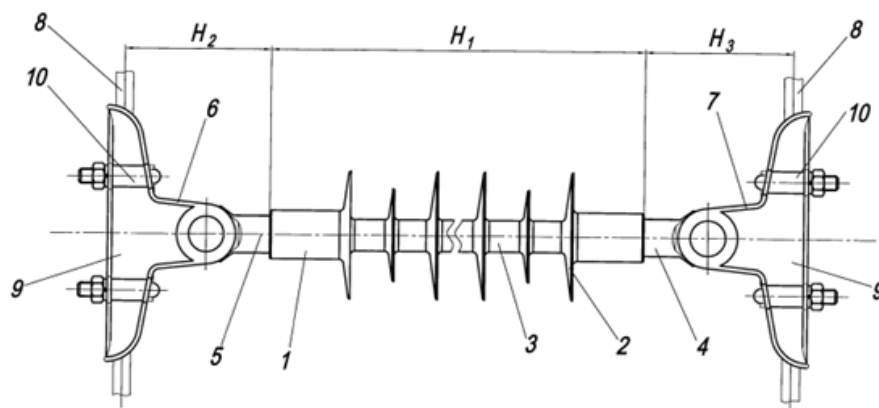


Рисунок 1 – Междуфазная дистанционная распорка воздушных ЛЭП напряжением 35–1150 кВ

Распорка состоит из изоляционного модуля (1), например, в виде стеклопластикового или композитного стержня или стеклопластиковой или композитной трубы. Модуль (1) с обеих сторон заканчивается, например, металлическими оконцевателями (4, 5), которыми крепится шарнирно в одной или нескольких плоскостях к присоединительным узлам крепления (6, 7) к проводам 8 воздушной линии электропередачи. Присоединительные узлы крепления (6, 7) имеют элементы, позволяющие регулировать их длину. Для обеспечения оптимальных электрических высоковольтных характеристик распорки отношение значений строительных длин длинного изоляционного модуля и присоединительных узлов может быть выбрано из определенного соотношения. Данная междуфазная распорка обеспечивает высокую эксплуатационную надежность, конструкционную и технологическую простоту производства.

Известна междуфазовая дистанционная распорка для фиксации проводов воздушной линии электропередачи, содержащая изолирующую тягу с оконцевателями на ее концах для закрепления проводов, выполненную составной из, по меньшей мере, двух элементов, соединенных между собой, при этом оконцеватели выполнены с продольными каналами, на внутренней поверхности одной из сторон которых выполнены шипы, а вторая сторона выполнена со сквозным отверстием со скосом и наклонным выступом.

Данная распорка предназначена для монтажа на линиях, находящихся под напряжением, что обусловило существенное усложнение конструктивного выполнения ее изолирующей тяги с оконцевателями. Распорки, монтируемые, как правило, на воздушных линиях электропередачи, не находящихся под напряжением, гораздо проще по конструкции и технологический процесс их изготовления существенно менее затратен и сложен.

Известна также внутрифазная изолирующая распорка, содержащая корпус, соединенный с шишечными зажимами для крепления составляющих расщепленного провода, каждый из которых снабжен опорной и нажимной плашками; при этом корпус выполнен в виде осевого стержня из диэлектрического материала и имеет трекингозащитные ребра, а плашечные зажимы жестко закреплены на корпусе, причем нажимная и опорные плашки соединяются при помощи болтового соединения.

В этой известной распорке не обеспечено оптимальное соотношение между значениями строительных длин узлов крепления к проводам воздушной линии к значениям строительных длин изоляционного корпуса, что чрезвычайно важно для достижения высоких электрических характеристик междуфазных дистанционных распорок, особенно, если они монтируются на воздушных линиях электропередачи сверхвысокого и ультравысокого напряжений (свыше 330 кВ).

Данная междуфазная дистанционная распорка для ЛЭП напряжением 35–1150 кВ характеризуется простотой конструктивного исполнения, небольшими затратами при изготовлении, легкостью монтажа, надежностью в ходе эксплуатации, а также высокими электрическими (высоковольтными) характеристиками в широком диапазоне напряжений воздушных линий электропередачи (от высоких значений до ультравысоких). Вышеуказанный положительный технический результат был достигнут за счет новой совокупности существенных конструктивных признаков предложенной междуфазной дистанционной распорки воздушных линий напряжением 35–1150 кВ, представленной в нижеследующей формуле изобретения: «междуфазная дистанционная распорка воздушных линий электропередачи напряжением 35–1150 кВ, состоящая из длинного изоляционного модуля, представляющего собой стеклопластиковый или композитный стержень или стеклопластиковую или композитную трубу, и имеющего по наружной поверхности защитное покрытие из кремнийорганической гладкой резины или кремнийорганической резины с ребрами различной формы или чередующимися в различных последовательностях расположения участков гладких и ребристых, при этом вышеупомянутый длинный изоляционный модуль выполнен на своих концах, по меньшей мере, с двумя металлическими оконцевателями, глухо или шарнирно в одной или нескольких плоскостях закрепленными к присоединительным узлам крепления проводов воздушной линии, имеющим не регулируемые по длине или позволяющими регулировать их длину элементы, причем отношение значений строительных длин  $H_1$  длинного изоляционного модуля к половине значений суммы строительных длин  $H_2$  и  $H_3$  присоединительных узлов крепления модуля к проводам воздушной линии  $H_3/1/2(H_1 + H_2)$  выбирается в пределах 5–150; присоединительные узлы крепления длинного изоляционного модуля подсоединяются к расщепленным проводам воздушной линии электропередачи; присоединительные узлы крепления к проводам воздушной линии выполнены в виде плашек с крепежом; присоединительные узлы крепления к проводам воздушной линии выполнены в виде лодочек с крепежом».

Данная междуфазная дистанционная распорка для воздушных линий электропередачи напряжением 35–1150 кВ состоит из длинного изоляционного модуля 1. Модуль 1 – это может быть, например, стеклопластиковый или композитный стержень или стеклопластиковая или композитная труба, выполняемые с наружной поверхности с защитным покрытием из кремнийорганической гладкой резины или кремнийорганической резины с ребрами 2 различной формы или чередующимися в различных последовательностях расположения гладких и ребристых участков 3, 2.

Модуль 1 с обеих сторон заканчивается металлическими оконцевателями 4, 5, которыми крепится глухо или шарнирно в одной или нескольких плоскостях к присоединительным узлам крепления 6, 7 к проводам 8 воздушной линии электропередачи. Присоединительные узлы крепления 6, 7 могут иметь элементы постоянной (нерегулируемой) длины или эти элементы могут регулироваться по своей строительной длине. Для обеспечения оптимальных электрических высоковольтных характеристик распорки отношение значений строительных длин  $H_1$  длинного изоляционного модуля 1 к половине значений суммы строительных длин  $H_2$  и  $H_3$  присоединительных узлов 6, 7 крепления модуля к проводам линии  $H_3/1/2(H_1 + H_2)$  выбирается в пределах 5–150.

Присоединительные узлы крепления 6, 7 длинного изоляционного модуля 1 могут также подсоединяться непосредственно к расщепленным проводам воздушной линии электропередачи.

Присоединительные узлы крепления 6, 7 к проводам 8 воздушной линии выполняются в виде плашек с крепежом или в виде лодочек 9 с крепежом 10.

Монтируется заявляемая распорка стандартным широко распространенным способом с помощью телескопических вышек или со специальных тележек, передвигающихся по проводам воздушных линий электропередачи. Например, провода 8 вкладываются в желоба лодочек 9 и оконцеватели 4, 5 изоляционного модуля 1 крепятся посредством специального крепежа 10 к подвескам лодочек 9 с проводами 8 воздушной линии электропередачи.

Предлагаемая междуфазная дистанционная распорка воздушных линий электропередачи напряжением 35–1150 кВ отличается эксплуатационной надежностью, конструкционной и технологической простотой, низкой себестоимостью и высокими электрическими высоковольтными характеристиками; в ЗАО «МЗВА» налажено серийное производство таких распорок.

#### Литература

1. Сергей, И. И. Динамика проводов электроустановок энергосистем при коротких замыканиях: теория и вычислительный эксперимент / И. И. Сергей, М. И. Стрелюк. – Минск : ВУЗ-ЮНИТИ, 1999. – 252 с.