

УДК 621.3

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ГИБКИХ ШИН ОРУ 110 КВ МИНСКОЙ ТЭЦ-3

Плешко Д.Ю.

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

Под гибкой ошиновкой ОРУ понимается система подвешенных гибких проводов, которые крепятся к несущим конструкциям порталного типа с помощью натяжных гирлянд изоляторов. Гирлянды собирают из стеклянных изоляторов типа ПС или фарфоровых типа ПФ. В качестве основных принимаются более прочные и удобные в эксплуатации стеклянные изоляторы. Длина гирлянд изоляторов в зависимости от напряжения составляет от 0,9 м на 35 кВ до 9,5 м на 750 кВ, и их вес соизмерим с весом проводов в пролете. Все соединения в гирлянде, а также ее крепление к порталам выполняются шарнирно, поэтому гирлянда изоляторов представляет собой гибкую цепь элементов.

Гибкая ошиновка вместе с порталами образует анкерованные пролеты, расположенные рядами (пролеты ячеек). Ниже перпендикулярно к ним находятся пролеты сборных шин (шинные пролеты). Электрическая связь между анкерованными пролетами выполняется в виде свободно висящих петель (шлейфов). К гибким шинам ОРУ посредством ответвительных зажимов присоединяются спуски к электрическим аппаратам. Они монтируются практически без натяжения и имеют, как правило, значительную разность высот подвеса. В ряде случаев они представляют собой вертикально расположенные отпайки.

Обычно в пролете гибких шин ОРУ имеется не более трех спусков к электрическим аппаратам. Для подвески гибкой ошиновки ОРУ применяются сборные железобетонные или стальные порталы. В отдельных случаях стойки порталов выполняются железобетонными, а траверсы – металлическими. Высота порталов для ячейковых пролетов составляет от 7,86 м на 35 кВ до 26 м на 750 кВ, соответственно для шинных пролетов – от 6,1 до 17 м. Таким образом, гибкая ошиновка ОРУ является неоднородной по составу механической системой, которая под действием ЭДУ при КЗ совершает сложное колебательное движение. При больших токах КЗ оно сопровождается недопустимым сближением проводов соседних фаз и значительными динамическими усилиями на порталы и электрические аппараты. Поэтому в соответствии с указаниями ПУЭ и ГОСТ при проектировании ОРУ необходимо проверять электродинамическую стойкость гибкой ошиновки к большим токам КЗ.

Для оценки электродинамической стойкости гибкой ошиновки по условиям необходимо выполнить расчет ее динамики с учетом конструктивных элементов ОРУ. Расчетным является один пролет гибкой ошиновки ОРУ (рисунок 1). Влияние на него смежных участков заменяется динамическими силами, являющимися зеркальным отображением тяжений расчетного пролета.

Считается, что рядом расположенные пролеты идентичны и обтекаются одинаковыми по величине токами КЗ. В местах присоединения к гибким шинам спусков, гирлянд изоляторов, шлейфов, распорок, коромысел действуют сосредоточенные нагрузки, поэтому динамика гибкой ошиновки не может быть описана только уравнениями гибкой упругой нити. Эту систему необходимо дополнить уравнениями движения конструктивных элементов (гирлянд изоляторов, порталов, отпайек к аппаратам, аппаратов, зажимов, коромысел и распорок). Гирлянда изоляторов является гибкой цепью элементов, состоящей из чередующихся изоляционных и металлических компонентов.

Однако для упрощения модели она, как и провод, представляется гибкой упругой нитью с равномерно распределенной по длине массой. Этот подход очевиден и используется в работах, посвященных механическому расчету гибкой ошиновки ОРУ и воздушных ЛЭП. Упругие свойства расчетной модели гирлянды определяются параметрами стальных стержней изоляторов, составляющих более 90 % всей ее длины. Поэтому расчетная модель

гибкой ошиновки состоит из последовательно связанных между собой участков однородных гибких упругих нитей. Динамика участков расчетной модели, заменяющих гирлянды, провода шин и спусков, описывается системой уравнений.

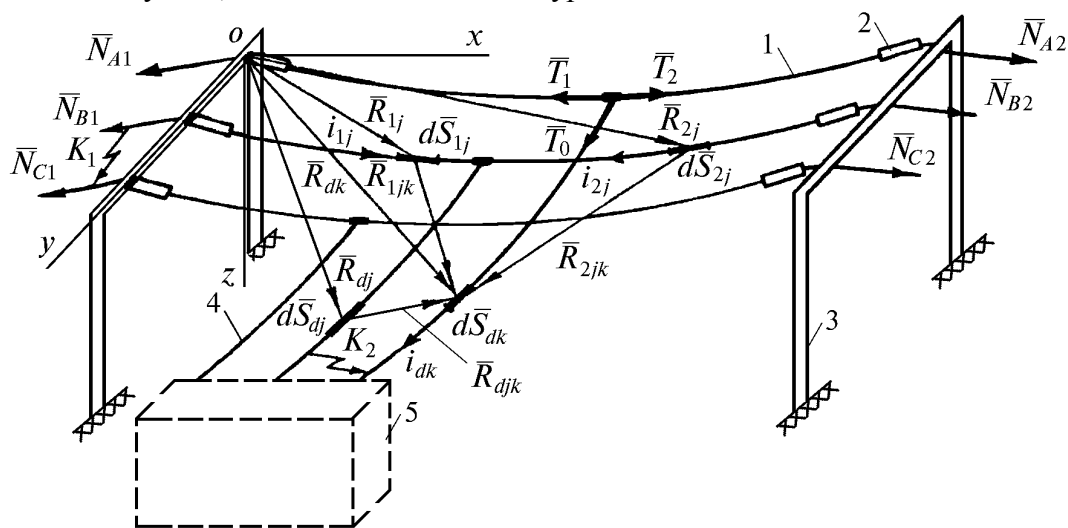


Рисунок 1. Расчетная схема пролета гибкой ошиновки ОРУ

Для гибкой ошиновки с расщепленными проводами в местах присоединения спусков устанавливаются дистанционные распорки жесткого типа. Согласно принципу связей механики, они освобождаются от последних, и рассматривается их динамика под действием сил от шин и спусков по уравнениям жесткой распорки.

Эти уравнения используются также для описания динамики коромысла, соединяющего гирлянду с расщепленными проводами гибкой ошиновки. Динамика концов гирлянд и спусков зависит от упругих и инерционных характеристик порталов, электрических аппаратов и шинных изолирующих опор.

Действующие на электрический аппарат или изолирующую опору нагрузки от проводов по осям x и y являются изгибающими, а по оси z – растягивающими. Соотношение между ними зависит не только от расположения спусков, но и места КЗ. При сквозном КЗ спуски под действием сил от шин перемещаются в плоскости yoz , поэтому от них на аппарат действуют изгибающие и растягивающие усилия в этой плоскости.

При КЗ в ячейке путь протекания тока КЗ включает в себя провода ответвлений. Их электродинамические взаимодействия между собой и с шинами ОРУ обуславливают изгибающие нагрузки по трем взаимноперпендикулярным направлениям. Динамические прогибы шинных изолирующих опор и электрических аппаратов находят из уравнений колебаний упругого стержня с заземленным концом (консоли). Электрические аппараты представляются эквивалентной консолью. Соответствие динамических характеристик консоли и реального электрического аппарата обеспечивается при использовании его экспериментальной жесткости в целом.

Порталы представляют собой П-образные металлические или железобетонные конструкции с заземленными в грунте стойками и шарнирно соединенными с ними траверсами. Только в ОРУ 500 кВ и выше применяются стальные порталы с жестким соединением стоек с траверсой. При расчете динамики порталов используется расчетная схема в виде трех стержней. Траверса представляется упругим стержнем с равномерно распределенной массой и постоянной жесткостью по длине, который имеет шарнирно-закрепленные концы. На этот стержень действуют сосредоточенные силы, равные проекциям векторов тяжений в точках крепления гибкой ошиновки к порталам. Расчетная модель стойки принимается в виде консоли, на конец которой действует сила из плоскости портала, равная поперечной силе в опорном сечении траверсы. Влияние подвижности стоек на формы и частоты собственных колебаний траверсы не учитывается. В общем случае силы, действующие на портал при КЗ, имеют три составляющие по координатным осям. Под

действием составляющих сил по осям x и z траверса портала совершает вынужденные поперечные колебания. Вынужденными продольными колебаниями траверсы можно пренебречь, так как суммарная сила, действующая на портал по оси y , как показывают экспериментальные данные, при любом виде КЗ незначительна. Прогибы стоек обусловлены силами из плоскости портала. Вынужденные поперечные колебания траверсы в плоскостях $хоу$ и $зоу$ обуславливают действие на стойки сил, имеющих составляющие по осям x и z . Продольные колебания стоек по оси z не учитываются, и рассматриваются их вынужденные поперечные колебания под действием составляющей силы по оси x .

В результате работы с помощью программы FleBus была рассчитана электродинамическая стойкость гибких шин ОРУ 110 кВ Минской ТЭЦ-3 и сделаны соответствующие выводы о пригодности данного РУ для работы, а также даны практические рекомендации по его конструктивному улучшению.

Литература

1. Васильев, А.А. Электрическая часть станции и подстанций / А.А. Васильев – М.: Энергия, 1980. – 608 с.
2. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б.Н. Неклепаев – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
3. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 648 с.
4. 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.