

через асимметричный нанобарьер, в результате чего на его обкладках создается (генерируется) электрическое напряжение.

Схема проектируемого устройства составляется из нанобарьеров, соединенных между собой проводящими ток наноструктурами (например, нанотрубками или молекулярными ансамблями), соединенными между собой и замкнутыми (в отсутствие рабочей нагрузки) на заряжаемый наноаккумулятор электроэнергии.

Дальнейшее совершенствование нанотехнологий производства схем (чипов) наноэлектроники и молекулярной электроники, из которых, как из кубиков, будут собираться микроблоки, а из них все более крупные блоки новых источников электроэнергии, будет сопровождаться уменьшением их размеров и стоимости, а мощность, наоборот, станет все более и более возрастать. Они найдут применение не только в сотовых телефонах и ноутбуках, но со временем станут основой автономных «домашних электростанций».

К сожалению, пока в нашей стране нет целевой программы развития нанотехнологий и исследований, в том числе в области наноэнергетики. Нет соответствующего высокотехнологичного оборудования. И поэтому оценивать, проверять наши научные разработки сегодня приходится косвенно, используя данные зарубежных, например швейцарских, наноэнергетиков, которыми руководит профессор М. Гретцель.

УДК 621.315

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ПРЕДЕЛЬНОГО СТЫГИВАНИЯ ПРОВОДНИКОВ РАСЩЕПЛЕННОЙ ФАЗЫ ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ

*Вечер А.А.*

Научный руководитель – АНДРУКЕВИЧ А.П.

Оценка электродинамической стойкости расщепленной фазы заключается в проверке схлестывания проводов фазы и механической прочности. Механическая прочность проводов определяется максимальными тяжениями проводов при коротком замыкании (КЗ). Небольшие расстояния между проводами расщепленной фазы (РФ) обуславливают большие электродинамические усилия, действующие внутри расщепленной фазы при КЗ. Испытания в опытных пролетах показали, что при определенном сочетании конструктивных параметров расщепленной фазы и величины токов КЗ возникает схлестывание проводов. После схлестывания провода фазы двигаются под действием междуфазных ЭДУ. В момент максимального стягивания проводов в пучке под действием внутрифазных ЭДУ происходит резкое увеличение тяжения фаз. Этот пик тяжения назван первым максимумом  $T_{1\max}$ .

Расчет динамики проводов расщепленной фазы при КЗ заключается в определении следующих параметров: первого максимума тяжения, максимальной силы сжатия, действующей на распорку, времени схлестывания проводов.

На кафедре «Электрические станции» БНТУ была разработана компьютерная программа FAZA, в которой реализуется численный метод динамики расщепленной фазы при коротком замыкании. В качестве расчетной модели фазы принимается пучок гибких упругих нитей, сопротивляющихся кручению, которые в заданных точках пролета соединяются между собой дистанционными распорками. Такая модель наиболее полно учитывает геометрические и физико-механические характеристики расщепленной фазы в целом пролете. Математическое описание динамики расщепленной фазы на

основе принятой модели включает в себя уравнения поступательных перемещений и закручивания проводов и распорок, которые решаются совместно. В соответствии с принципом связей механики действие проводов на распорки заменяется реакциями связей. После этого распорка считается свободным телом, к которому приложены реакции связей проводов, являющиеся по отношению к ней внешними силами.

В настоящее время ведутся работы по разработке упрощенного метода расчета первого максимума тяжений. При расчете предполагается, что  $T_{1\max}$  наступает в момент предельного стягивания и расчетные формулы выводятся для положения равновесия провода. Допускается, что в момент максимального стягивания проводов в фазе (рисунок 1) имеет место равновесие приложенных к ним сил и моментов этих сил.

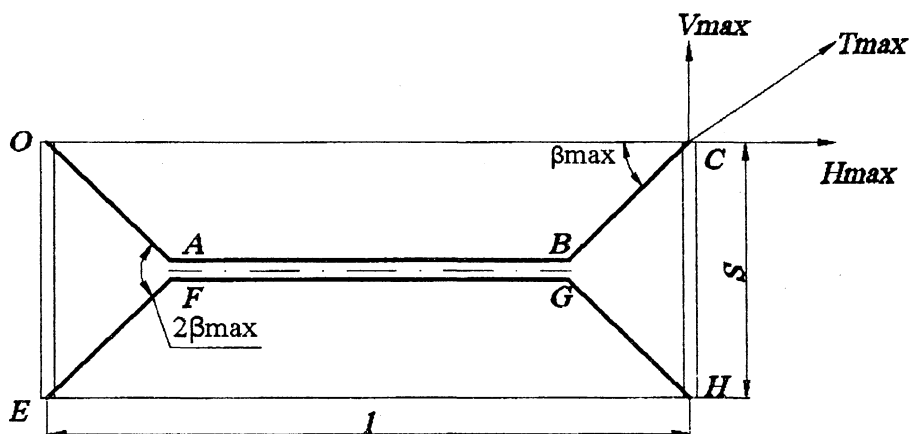


Рис. 1. Момент предельного стягивания проводников расщепленной фазы при коротком замыкании

При упрощенном расчете первого максимума тяжения возникает необходимость определения угла предельного стягивания проводников расщепленной фазы  $\beta_{\max}$  (рисунок 1). Для чего составляют уравнение равновесия моментов приложенных к участку  $OABC$  сил, которое представляет собой трансцендентное алгебраическое уравнение. Оно решается относительно  $\beta_{\max}$  методом половинного деления либо с помощью компьютерной программы. После того, как  $\beta_{\max}$  определено, выполняется расчет  $T_{1\max}$ .

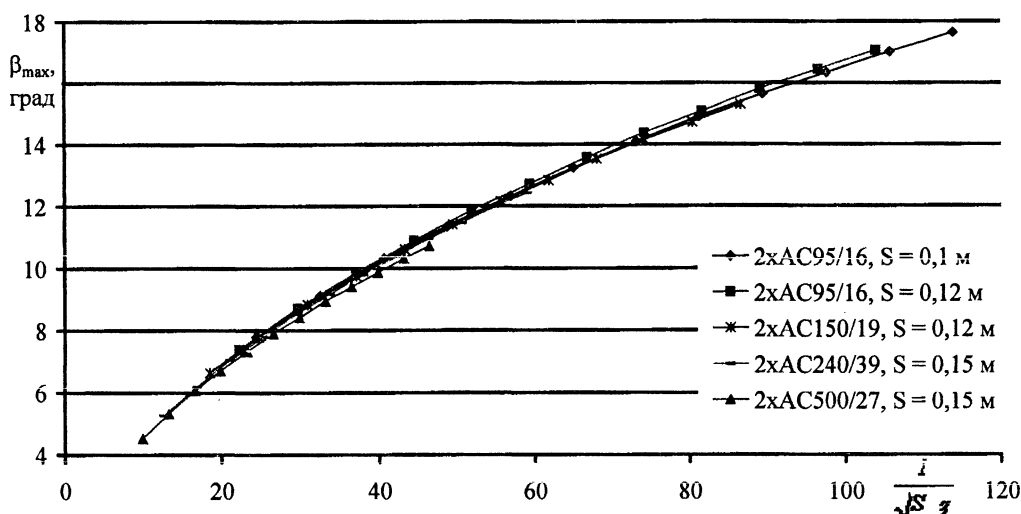


Рис. 2. Зависимость угла предельного стягивания проводников расщепленной фазы для подпролета 5 м при различном шаге расщепления и для различных марок провода

Определение  $\beta_{\max}$  по трансцендентному уравнению вызывает определенные затруднения, поэтому для ускорения и упрощения расчета для длины подпролета 5 м была получена зависимость угла  $\beta_{\max}$  от сочетания следующих параметров: ток КЗ, шаг расщепления и удельный вес провода на единицу длины  $\beta_{\max} = f\left(\frac{I}{\sqrt{S \cdot q}}\right)$  (рисунок 2).

Как видно из рисунка 2, полученные кривые можно представить одной общей зависимостью  $\beta_{\max} = f\left(\frac{I}{\sqrt{S \cdot q}}\right)$  при длине подпролета 5 м. Целью дальнейших исследований должно стать получение аналогичных зависимостей для других длин подпролета и, в конечном итоге, получение универсального графика определения угла предельного стягивания проводников расщепленной фазы независимо от длины подпролета, количества проводов в фазе и других конструктивных параметров.

УДК 621.316

## СОВРЕМЕННАЯ МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

*Васильева И.В., Анфилец С.В.*

Научный руководитель – **БУЛОЙЧИК Е.В.**

Одним из наиболее массовых объектов энергосистемы являются силовые трансформаторы. Система релейной защиты (РЗ) трансформаторов имеет два назначения: основное – автоматическое без выдержки времени отключение трансформатора от энергосистемы при возникновении аварийных режимов; дополнительное – сигнализация либо отключение трансформатора с выдержкой времени при возникновении опасных аномальных режимах работы.

К аварийным режимам относятся все виды внутренних коротких замыканий (КЗ), а к аномальным – броски намагничивающегося тока, перевозбуждения, перегрузки, прохождение через трансформатор сверхтоков внешних КЗ.

Основными показателями технического совершенства устройств РЗ трансформаторов являются защитоспособность и быстрота срабатывания.

Наиболее технически совершенными в настоящее время являются микропроцессорные комплексы РЗ. Применение микропроцессорных технологий обработки информации при повышении качества входных промежуточных измерительных преобразователей современных терминалов релейной защиты и автоматики (РЗА) позволяет получить ряд преимуществ устройств РЗ, в частности, дифференциальных защит. Ранее выявление повреждения благодаря высокой чувствительности и быстродействию позволяет уменьшить степень повреждения и время восстановления защищаемого объекта.

Микропроцессорная база позволяет существенно повысить (по сравнению с электромеханическими и микроэлектронными устройствами) технические характеристики устройств защиты различного первичного оборудования (постоянная самодиагностика, высокая селективность, чувствительность и быстродействие) за счет применения более совершенных алгоритмов.

В цифровых устройствах, как правило, производится компенсация фазового сдвига токов в обмотках силового трансформатора математическим путем. При этом электрическое соединение измерительных трансформаторов тока (ТА) сторон высшего на-