

## **ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ДЕЛИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ**

**Дубовик Д.В.**

**Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент Павлов В.В.**

**Сибирский федеральный университет**

Для исследования переходных процессов в сетях 6 – 35 кВ, возникающих при коммутации нагрузки вакуумными выключателями, регистрирующая аппаратура должна подключаться к цепи с помощью устройств обеспечивающих безопасное проведение измерений и их необходимую точность. В качестве таких устройств в высоковольтных сетях используются трансформаторы напряжения или делители напряжения различных конструкций.

Подключение регистрирующих приборов с помощью трансформатора напряжения существенно повышает безопасность производства работ, но погрешности при выполнении измерения коммутационных перенапряжений (КП) могут достигать значений нескольких десятков процентов. Такие высокие погрешности объясняются значительными постоянными времени обмоток трансформаторов напряжения, нелинейностью магнитной цепи, изменением динамической проницаемости трансформаторной стали при существенном отличии частоты переходного процесса от номинальной. Последнее как раз и имеет место при возникновении коммутационных перенапряжений.

При использовании трансформаторов напряжения для подключения регистрирующих приборов к исследуемой цепи индукция шинпровода трансформатора напряжения в течение всего цикла испытаний не должна достигать значений, соответствующих насыщению. Даже при сравнительно невысоких кратностях перенапряжений это требование может быть выполнено только в том случае, если применяется трансформатор напряжения на существенно более высокое напряжение. Например, для цепей напряжением 35кВ необходимо использовать трансформатор напряжения напряжением 110 кВ. При измерениях в трехфазных сетях это нереально.

Наиболее приемлемым при исследовании КП является подключение регистрирующих приборов к исследуемой цепи с помощью делителей напряжения. Делитель напряжения (ДН) – устройство для деления постоянного или переменного напряжения, то есть получения части от исходного напряжения. Основные требования, предъявляемые к делителю напряжения: напряжение на низковольтном плече ДН должно по форме повторять измеряемое напряжение, а коэффициент деления не должен зависеть от частоты и уровня измеряемого напряжения.

Делитель напряжения строится на основе активных или реактивных сопротивлений. В делителе сопротивления включаются последовательно, выходным напряжением является напряжение на отдельном участке цепи делителя. Участки, расположенные между напряжением питания и точкой снятия выходного напряжения называют плечами делителя. Плечо между выходом и нулевым потенциалом питания обычно называют *нижним*. Другое плечо при этом называют *верхним*. В любом делителе два плеча.

Делитель напряжения, построенный исключительно на активных сопротивлениях (*рис. 1, а*), называется резистивным делителем напряжения.

Отличительной особенностью является то, что коэффициент деления таких делителей не зависит от частоты приложенного напряжения. Однако паразитные емкости элементов делителя по отношению к заземленным частям приводят к искажению формы выходного сигнала по отношению к входному напряжению, и наибольшие искажения

имеют место на переднем и заднем фронте импульса (увеличение длительности фронтов).

Делители напряжения изготовленные на основе конденсаторов называются ёмкостными (рис. 1, б). Эти делители хорошо работают в цепях периодическим напряжениям неизменной частоты, для которых они и предназначены. Для работы в цепях с коммутационными перенапряжениями они малопригодны, вследствие неизбежного искажения кривой, характеризующей процесс, так как коэффициент деления существенно изменяется при воздействии высокочастотного импульса переходного процесса. Так как реактивные сопротивления являются частотно-зависимыми элементами. Так же на форму выходного сигнала влияет собственное активное сопротивление элементов делителя.

Существуют индуктивные делители напряжениями (рис. 1, в). Которые можно рассматривать как частный случай трансформатора напряжения с теми же недостатками.

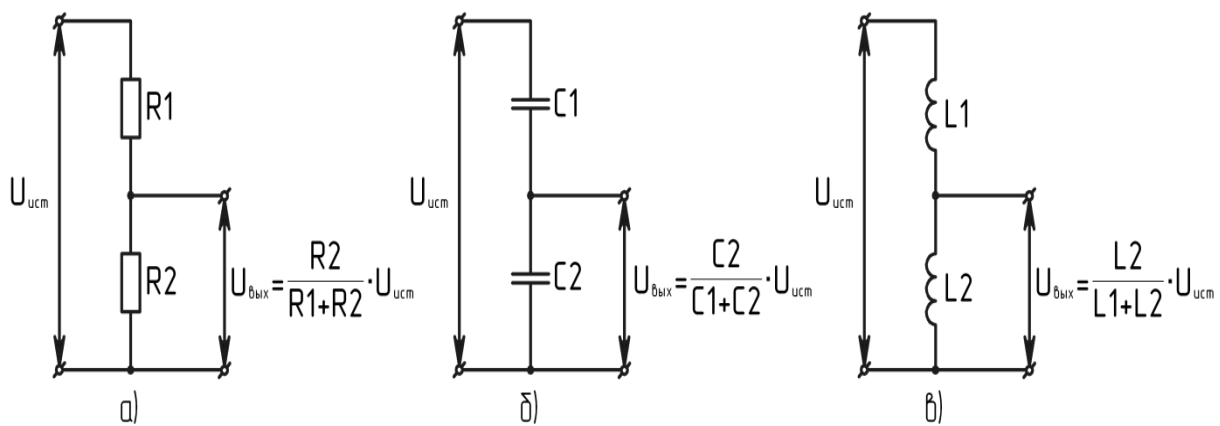


Рис. 1. а) резистивный делитель напряжения, б) ёмкостной делитель напряжения, в) индуктивный делитель напряжения

В программе Multisim 8 были смоделированы резистивный, ёмкостной, индуктивный и резистивно-ёмкостной делитель напряжения, для исследования влияния паразитных ёмкостей и собственных активных и реактивных сопротивлений. Как и предполагалось, у резистивного ДН форму выходного сигнала искажает паразитная ёмкость, на передней и задней части фронта тем самым увеличивая длительность фронтов. Исследование ёмкостного и индуктивного ДН так же показало значительное искажение формы выходного сигнала из-за частотной зависимости реактивных сопротивлений.

В результате анализа из существующих типов делителей (активных, ёмкостных и т.д.), при исследовании перенапряжений в цепях среднего класса напряжения наилучших результатов можно добиться при использовании резистивно - ёмкостных делителей напряжения (рис. 2). В которых за счет правильно рассчитанных соотношения величин ёмкостей и сопротивлений исключается влияние паразитной ёмкости и собственного активного сопротивления элементов делителя. Тем самым получаем делитель частотно компенсированный, то есть сопротивление которого не зависит от частоты сигнала, что позволяет измерять перенапряжение переходных процессов при коммутации нагрузки вакуумными выключателями без искажения сигнала.

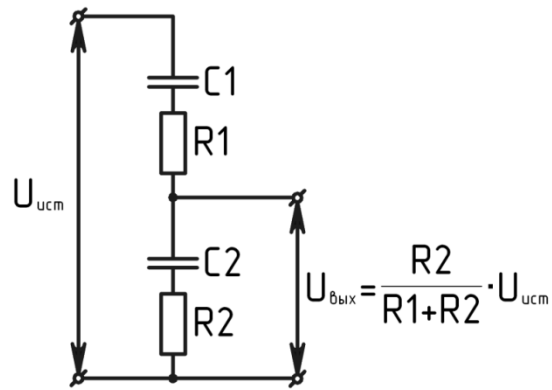


Рис. 2. Резистивно-ёмкостной делитель напряжения

Заключение по результатам моделирования и расчетов резистивно-ёмкостного ВДН:

По результатам расчетов и моделирования на кафедре Электрификации горно-металлургического производства (ЭГМП) Института Горного дела Геологии и Геотехнологий был изготовлен резистивно – ёмкостной делитель напряжения на напряжение 6 кВ, с напряжением на выходе низковольтного плеча 20 В. С помощью делителя в настоящее время выполняются измерения коммутационных перенапряжений в сетях 6 кВ промышленных предприятий. При коммутации включения и отключения вакуумными выключателями. Результаты измерений используются для разработки защиты оборудования от перенапряжений.