

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНЫХ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ 110 КВ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Цель работы – повышение эффективности защиты оборудования тяговых подстанций от перенапряжений установкой нелинейных ограничителей перенапряжений на высокой стороне силовых трансформаторов.

Тяговые подстанции электрифицированных железных дорог с номинальным напряжением 25 кВ служат для электроснабжения электроподвижного состава и нетяговых потребителей. Для повышения надежности электроснабжения каждая дистанция электрифицированной железной дороги запитывается от двух тяговых подстанций (ТПС), то есть силовые трансформаторы двух ТПС работают на контактную сеть (КС) параллельно. Поэтому при потере одной тяговой подстанцией питания от внешней энергосистемы происходит «обратная» трансформация напряжения через КС от второй ТПС на «высокую» сторону неотключенного силового трансформатора. При коротком замыкании на линии, через которую получает питание ТПС, и его последующем отключении этот эффект становится причиной возникновения опасных квазистационарных и коммутационных перенапряжений, воздействию которых будет подвергаться оборудование ТПС.

Для достижения поставленной цели работы была рассмотрена промежуточная транзитная подстанция, выполненная по схеме мостика «Н». Работа системы была смоделирована с помощью пакета моделирования Matlab Simulink (рис. 1). ТПС получает питание от внешней сети 110 кВ от двух независимых источников ПС-1 и ПС-2 по двум линиям ВЛ-1 и ВЛ-2 длиной по 50 км каждая. Данная модель позволяет имитировать короткое замыкание на линии с последующим действием защиты (отключение «пораженного» участка от сети). Нелинейный ограничитель перенапряжений (ОПН) моделировался с помощью нелинейного сопротивления по вольтамперной характеристике защитного аппарата. Измерение напряжения производилось на высокой стороне силового трансформатора (СТ), от которого на напряжении 27,5 кВ питается КС. Также, при расчетах, измерялась выделяемая энергия в ОПН.

При расчетах рассматривалось однофазное короткое замыкание, так как оно является наиболее частым (65%) случаем короткого замыкания в сети. Были рассмотрены два расчетных случая: нейтраль трансформатора разземлена и заземлена.

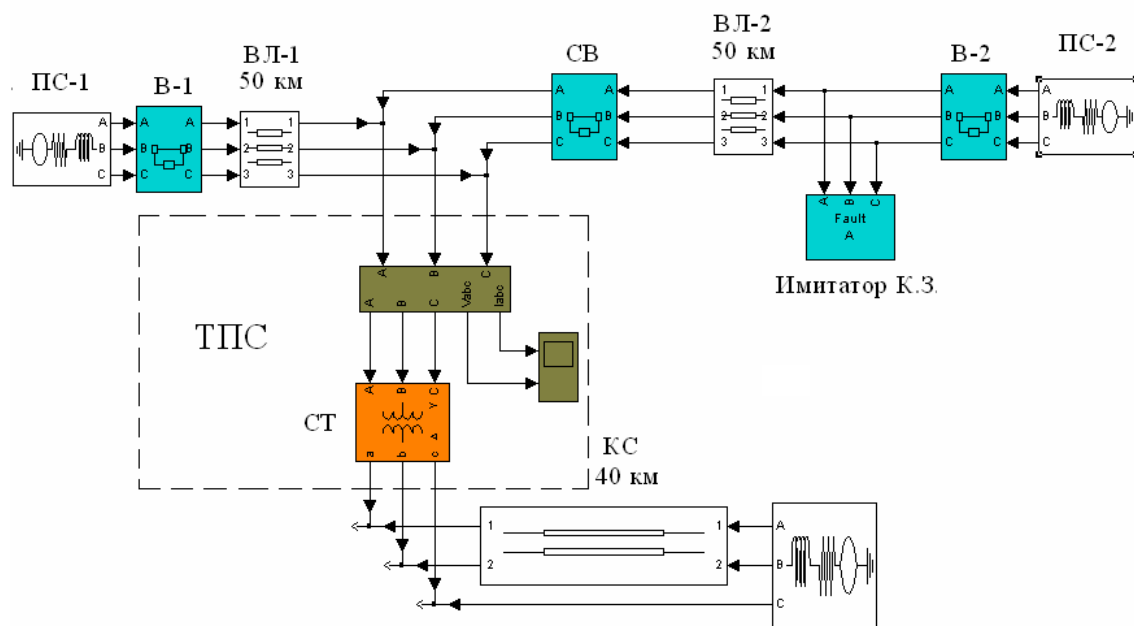


Рис. 1

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что даже при минимальном времени воздействия (0,1 с) квазистационарных перенапряжений (при разземленной нейтрали) будет повреждаться подстанционное оборудование, в первую очередь защитные аппараты. При заземленной нейтрали квазистационарные перенапряжения могут существовать более 20 мин, не представляя опасности для оборудования. Коммутационные перенапряжения при разземленной нейтрали будут превышать расчетную кратность $K_p=3,0$ [1] и достигают уровня 3,8, а при заземлении нейтрали не превышают 1,55.

Определение уровня перенапряжений с учетом ОПН проводилось для более опасного случая, когда нейтраль разземлена. При расчетах рассматривались ОПН с разным наибольшим длительно допустимым рабочим напряжением ограничителя $U_{н.д.р.}$ (73, 83, 88 кВ). Анализ полученных результатов показал, что применение ОПН и увеличение $U_{н.д.р.}$ позволяет снизить удельную выделяемую в ограничителе энергию до допустимого уровня. При этом возросшие коммутационные перенапряжения не будут превышать 2,1.

Анализ проведенной работы позволяет сделать следующие выводы:

- наличие эффекта «обратной» трансформации приводит к опасным перенапряжениям при разземленной нейтрали силового трансформатора;
- во всех расчетных случаях заземление нейтрали силового трансформатора позволяет снизить уровень перенапряжений до безопасного;
- значительного снижения уровня перенапряжений можно добиться отключением силового трансформатора на стороне 27,5 кВ до выделения участка с изолированной нейтралью;
- снизить удельную выделяющуюся энергию в ОПН можно путем повышения наибольшего длительно допустимого напряжения аппарата, при этом ограничивая коммутационные перенапряжения до безопасного уровня.

Результатом работы стали рекомендации по выбору ОПН при заземленной и при разземленной нейтрали трансформатора, применение которых позволяет снизить перенапряжения до безопасного уровня.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Техника высоких напряжений / Под ред. С.Г.Кучинского.- СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отд-ние, 2003.– 608 с.

