

Л. И. Сарин, М. В. Ильиных, Н. Г. Царегородцев, Д. В. Полозюк, ООО «ПНП Болид»,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

## ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 6–35 кВ С ПОМОЩЬЮ РЕЗИСТИВНОГО ЗАЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ

*В современном промышленном мире любое отключение электроэнергии приводит к самым печальным и непредсказуемым последствиям. В августе и сентябре 2003 года аварии в энергосетях произошли почти во всех промышленных странах. В подавляющем большинстве подобных случаев причинами аварии стали перенапряжения, в том числе возникающие при однофазных замыканиях на землю.*

**В** электрических сетях 6–35 кВ, работающих в режиме изолированной или резонансно-заземленной нейтрали, внутренние перенапряжения являются причиной значительного числа аварий. Наиболее частым видом опасных перенапряжений являются перенапряжения при дуговых замыканиях, возникающие при однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). Их доля среди всех видов аварий значительна (до 80 %). Такие перенапряжения часто существуют в виде переходных процессов при перемежающейся дуге и опасны для электроустановок высокими кратностями перенапряжений  $U_{\text{пер}} = 3\text{--}3,5 U_{\text{ф}}$ , своей продолжительностью и шириной охвата сети, электрически связанной с местом повреждения.

Заземление нейтралей через дугогасящие реакторы компенсирует емкостные токи в месте замыкания и снижает в ряде случаев величины перенапряжений. Однако остается опасность возникновения больших кратностей перенапряжений при сочетании однофазных дуговых замыканий и неполнофазных режимов, возникающих при замедленной работе или отказе фаз выключателя и неточной настройке дугогасящего реактора. Используемая автоматическая настройка реактора (в силу инерционности системы управления и допустимой погрешности ее настройки) не позволяет полностью устранить максимальные кратности возникающих перенапряжений.

Значительную долю нарушений составляют повреждения вследствие феррорезонансных перенапряжений. Наиболее часто отмечаются выходы из строя измерительных трансформаторов напряжения при длительных перемежающихся дуговых замыканиях на землю. Вызывая относительно невысокие перенапряжения, они сопровождаются повышенными токами в обмотках, что приводит к термической неустойчивости и перегоранию обмоток.

Все применяемые способы ограничения перенапряжений основаны на использовании методов и средств, способствующих стеканию зарядов, появляющихся в трехфазной сети, на землю

(например, при дуговых замыканиях на землю) и приводящих к появлению напряжения смещения нейтрали.

Использование ограничителей перенапряжений (ОПН), уровни срабатывания которых удается приблизить к величинам допустимых кратностей кратковременных перенапряжений, недостаточно. Такие уровни ограничения позволяют снизить коммутационные напряжения, но не устраняют феррорезонансные и дуговые перенапряжения, которые могут длительно существовать с величинами менее чем  $2,8 U_{\text{ф}}$ . Длительные перенапряжения таких уровней опасны для ослабленной изоляции устаревших двигателей, обмоток трансформаторов напряжения и самих ОПН.

В настоящее время распределительные сети 3–35 кВ, особенно городские, достаточно резервированы и подготовлены как к более полной автоматизации, так и к переходу к работе с резистивно-заземленными нейтралью.

В этом случае снижение дуговых перенапряжений достигается заземлением нейтрали сети через активное сопротивление. Исключается и повреждение трансформаторов напряжения. В зависимости от конструктивного исполнения и величины сопротивления возможно ограниченное и постоянное подключение резистора в режиме ОЗЗ.

**В первом варианте** резистор рассчитывается на ограниченную мощность, что допускает протекание токов ОЗЗ в течение короткого времени, не более 1–10 с. За это время должно быть обеспечено срабатывание специальной селективной защиты, отключающей поврежденный фидер.

**Во втором варианте** резистор функционирует в длительном режиме до устранения аварии. Это позволяет демпфировать перенапряжения в течение времени существования ОЗЗ и обеспечить непрерывность электроснабжения.

Выбор схемы подключения и величины резистора является оптимизационной задачей. Вариант использования резистора, находящегося под действием напряжения только в течение