

УДК 621.311:551.516.4

Е.В.Карпов (6 курс, каф. ИЭиТВН), Ф.Х.Халилов, д.т.н., проф.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Современные металлургические заводы — одни из крупнейших потребителей электроэнергии среди промышленных предприятий. В настоящее время нагрузка металлургических комбинатов достигает и превосходит 1000 МВт.

Обычно система электроснабжения названных предприятий включает собственные ТЭЦ небольшой мощности (порядка 300 МВт), которые используются в качестве второго источника электроэнергии для потребителей категории 1, крупные подстанции 110...220 кВ глубокого ввода, распределительные трансформаторные и преобразовательные подстанции, кабельные и воздушные сети, токопроводы ВН и НН.

Новейшие схемы электроснабжения металлургических заводов предусматривают сведение к минимуму числа сетевых звеньев и ступеней промежуточной трансформации. Это достигается в результате внедрения глубоких вводов, повышения напряжения распределительных сетей, дробления трансформаторных и преобразовательных подстанций и ряда других мер.

Крупные масштабы предприятий черной металлургии и непрерывность технологического процесса, протекающего при высоких температурах, большое количество крупных синхронных и асинхронных двигателей, тяжелые условия работы электроустановок и электрооборудования создают особые требования к системе электроснабжения. Все звенья технологического процесса металлургического завода рассчитаны на вполне определенную производительность, поэтому перерыв в работе какого-либо агрегата отражается на работе всего предприятия и может привести к повреждению основного оборудования. Так, даже кратковременное прекращение подачи охлаждающей воды к доменной или мартеновской печи вызовет пережог охлаждающих устройств.

В эксплуатации изоляция электрооборудования металлургических комбинатов кроме длительного рабочего напряжения испытывает кратковременные грозовые и внутренние перенапряжения. Положение усугубляется тем, что на изоляцию одновременно воздействуют такие внешние факторы как повышенная температура, вибрации, повышенное загрязнение и механические силы.

Из всего сказанного можно сделать вывод, что вопрос ограничения перенапряжений в электрических сетях металлургических заводов и комбинатов очень актуален.

Рассмотрим воздействующие на изоляцию электрооборудования перенапряжения более подробно.

Проблемы грозозащиты анализируемых сетей можно свести к проблемам сетей 110...220 кВ, непосредственно связанных с воздушными линиями, проблемам сетей 3...10 кВ, связанных с воздушными линиями через магнитную связь и сетей НН (до 1 кВ). Из литературы известно, что вероятность повреждения электрооборудования вследствие прямых ударов молнии можно принять равной нулю, так как защита подстанций от таких ударов осуществляется стержневыми молниеотводами с очень высокой степенью надежности. Таким образом, основную проблему при создании надежной грозозащиты подстанций представляют волны атмосферных перенапряжений, набегающие с подходящих ЛЭП. При близких ударах молнии в ЛЭП, приходящая к подстанции волна перенапряжений имеет достаточно крутой фронт и вызывает в схеме подстанции сложный переходный

процесс. При этом даже участки проводов между защитными аппаратами и защищаемым оборудованием длиной 10 метров и менее должны рассматриваться как линии с распределенными параметрами и в них необходимо учитывать переходные процессы. Амплитуды высокочастотных колебаний, определяемые этими процессами, зависят в большей степени от крутизны фронта тока молнии, чем от амплитуды тока грозового разряда. По этой причине задача анализа надежности грозозащиты подстанции состоит в нахождении всех сочетаний опасных амплитуд и крутизны токов, которые могут возникать на ЛЭП при различных местах грозовых поражений. В настоящее время имеется ряд способов определения областей опасных параметров, использующих специализированные аналоговые модели и ПЭВМ. Один из наиболее распространенных методов состоит в численном определении кривой опасных волн (КОВ) на ПЭВМ. В СПбГПУ разработан комплекс программ для расчета КОВ, который имеет достаточную для поставленной задачи точность результатов.

Внутренние перенапряжения, воздействующие на изоляцию электрооборудования металлургических комбинатов можно разделить на 3 вида: коммутационные, квазистационарные и феррорезонансные. Характеристики внутренних перенапряжений зависят от множества факторов. Часть из них представляет собой случайную величину, изменяющуюся от коммутации к коммутации и при смене режима сети (мгновенные значения рабочего напряжения на емкости или тока в индуктивности в момент коммутации, предвключенная реактивность системы, число отходящих линий и т.д.). Учесть эти факторы при математическом или лабораторном моделировании удастся лишь с некоторым приближением. Исследования внутренних перенапряжений, возникающих в электрических сетях, выполняются с помощью расчетов на ЭВМ, лабораторных моделей, путем непосредственных измерений в действующих энергосистемах и анализа опыта эксплуатации. Конечной целью исследований обычно является не расчет одного переходного процесса при заданных исходных данных, а определение статистического распределения возможных в процессе эксплуатации амплитуд перенапряжений с учетом статистической вариации параметров сети и условий развития данного вида перенапряжений, а также одновременного учета нелинейных факторов (насыщение сердечников силовых трансформаторов, коронного разряда и т.д.). В настоящее время высказывается утверждение, что оптимальным средством решения такой задачи будет сочетание физической модели и ЭВМ, причем ЭВМ предназначается для подготовки исходных данных, управления ходом процесса в модели, коррекции его параметров и обработки результатов.

До недавнего времени основным средством защиты от перенапряжений являлся вентильный разрядник. Однако, применяемые в настоящее время вентильные разрядники с резисторами на основе карбида кремния вследствие невысокой нелинейности материала не позволяют обеспечить достаточное ограничение перенапряжений (в основном рассчитаны на грозовые перенапряжения). Более высокое их снижение требует уменьшения нелинейного последовательного сопротивления. Это приводит к сильному увеличению сопровождающих токов, а искровые промежутки не в состоянии погасить большие токи.

Значительное улучшение защитных характеристик разрядников может быть достигнуто при отказе от использования искровых промежутков. Это становится возможным при переходе к резисторам с резко нелинейной вольтамперной характеристикой и большой пропускной способностью. Таким требованиям удовлетворяют варисторы на основе окиси цинка ZnO. Защитные аппараты на основе таких варисторов получили название нелинейных ограничителей перенапряжений (ОПН). Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с вентильными разрядниками:

1. вследствие большой пропускной способности обеспечивают ограничение как грозовых, так и внутренних перенапряжений;

2. имеют лучшие защитные характеристики;
3. дешевле примерно на 15...20%;
4. требуют небольших эксплуатационных издержек.

Так как для большинства линий высокого, среднего и низкого напряжений металлургических заводов основную опасность представляют именно внутренние перенапряжения (коммутационные, дуговые и феррорезонансные), то следует их изоляцию принудительно защитить от таких перенапряжений. С целью обеспечения надежной защиты изоляции можно порекомендовать установку в электрических сетях металлургических заводов нелинейных ограничителей перенапряжения.

В настоящее время изучаются статистические характеристики упомянутых перенапряжений и разрабатываются технические требования к основному средству защиты в электрических сетях металлургических комбинатов — ОПН 0,22...220 кВ.