

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СЕТЕЙ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

В.Ф. Сивокобыленко, М.П. Дергилев, А.В. Левшов А.В.
Донецкий национальный технический университет

Перенапряжения в сетях, які працюють з ізольованою нейтраллю, приводять до частих пошкоджень обладнання при замиканнях фази на землю. Проблема може бути вирішена шляхом удосконалення режиму заземлення нейтралі, застосування обмежувачів перенапружень та автоматичного шунтування пошкодженої фази.

Распределительные сети 6–10 кВ относятся к сетям с малым током замыкания на землю и эксплуатируются в режиме с изолированной или заземлённой через дугогасящий реактор нейтралью. Основным достоинством сети с изолированной нейтралью является высокая степень надежности электроснабжения потребителей электрической энергии при относительно малых расходах на резервирование, поскольку при наиболее частых видах повреждения - однофазных замыканиях на землю (ОЗНЗ), сеть может оставаться в работе длительное время (до четырёх часов), достаточном для отыскания и устранения места повреждения. Однако в условиях слабой гальванической связи такой сети с нулевым потенциалом земли ОЗНЗ неизбежно сопровождается возникновением специфических для этого режима перенапряжений, основными из которых являются дуговые перенапряжения. Это в сочетании с большим сроком эксплуатации большей части основного электрооборудования сетей привело к заметному увеличению повреждаемости электрооборудования сетей по причинам различных дефектов на линиях. Только за последние десять лет средний удельный показатель повреждаемости электрооборудования сетей по электрическим причинам возрос примерно на порядок. Так, по данным опыта эксплуатации Донецких электрических сетей, в настоящее время удельная повреждаемость составляет более 130 повреждений на каждые 100 км сети в год.

Таким образом, основным направлением борьбы за повышение надежности работы сетей среднего напряжения является предотвращение коммутационных, и особенно, дуговых перенапряжений.

В сложившихся условиях эффективное решение задачи существенного повышения уровня надежности работы распределительных сетей может быть найдено в комплексном подходе к решению этой проблемы. С одной стороны, необходимо идти по пути постепенной замены

электрооборудования с изношенной изоляцией на новое, а с другой – принять меры по снижению всех электрических воздействий на ослабленную изоляцию, создав условия для продления срока эксплуатации состарившегося электрооборудования.

Исследованиями, проведенными на кафедре “Электрические станции” ДонНТУ установлено, что в сетях с характерными параметрами величина дуговых перенапряжений может составлять (3,2 – 3,5) номинального фазного напряжения $U_{фн}$. По данным [1] допустимая кратность перенапряжений для кабельных линий и трансформаторов напряжением 6–10 кВ, находящихся в эксплуатации свыше 5 лет, составляет 2,8 а для электродвигателей - 1,8 $U_{фн}$.

Для повышения надежности работы системы электроснабжения без отключения потребителей в условиях сохраняющегося в течение некоторого времени однофазного замыкания, необходимо выполнение, по крайней мере, трёх условий: ограничение тока замыкания в месте повреждения изоляции; принятие надлежащих мер по ограничению внутренних перенапряжений; использования устройств релейной защиты от замыканий на землю, обеспечивающих быстрое обнаружение, сигнализацию и (или) отключение повреждённого присоединения.

Ток, протекающий в месте ОЗНЗ должен быть ограничен так, чтобы по возможности было гарантировано самопроизвольное погасание дуги, либо переход её в устойчивое замыкание с весьма малой вероятностью развития повреждения в междуфазное короткое замыкание. ПТЭ определено, что допустимыми у нас являются токи 30 и 20 А для сетей напряжением 6,10кВ соответственно. Однако, во многих странах безопасными считаются значительно меньшие по величине токи. Так, например, по данным [2,3] для распределительных сетей напряжением 4–15 кВ в США предельными считаются 7–10 А. И это, по-видимому, справедливо, особенно если речь идет о кабелях с алюминиевыми жилами.

Самым распространенным в настоящее время средством снижения аварийных последствий от однофазных замыканий является дугогасящий реактор (ДГР), который, сохраняя преимущества сетей с изолированной нейтралью, призван улучшить условия работы электрооборудования при ОЗНЗ. В [4] показано, а также подтверждено нашими исследованиями, что добиться желаемых результатов можно только в строго симметричной сети при коэффициенте настройки ДГР в пределах 0,98–1,02. Опыт эксплуатации сетей показывает, что в современных условиях обеспечить высокую степень настройки компенсирующей техники маловероятно. В то же время, при наличии в сети несимметричной нагрузки даже резонансная настройка ДГР приводит к смещению напряжения на нейтрали, а следовательно к появлению больших перекосов напряжений по фазам, достигающих 40 % и более в нормальном режиме работы сети, что ведет к ускоренному старению и резкому сокращению срока службы изоляции

электрооборудования. В [5] показано, что при увеличении фазного напряжения по отношению к земле всего на 20 % срок службы изоляции снижается в два раза. При настройке ДГР в режим перекompенсации на 25% (рекомендуемый ПТЭ), кратность перенапряжений в сети с ДГР уже может достигать 3 Uф и более.

В сетях с небольшим емкостным током замыкания на землю, где установка ДГР не нормируется, имеют место высокие кратности дуговых перенапряжений, что требует принятия безотлагательных мер по их ограничению. В настоящее время активно обсуждаются вопросы изменения режима нейтрали и отказа от изолированной нейтрали в этих сетях. Предпочтение отдается режиму с заземлением нейтрали через активное сопротивление.

Установлено, что в сетях с низким уровнем резервирования потребителей электрической энергии предпочтение следует отдавать высокоомному резистору в нейтрали сети. Если существующая система электроснабжения потребителей достаточно надежна (несколько центров питания, наличие устройств АВР и т. д.), то следует применять низкоомные резисторы в нейтрали. В этом случае в режиме ОЗНЗ величина тока может достигать значения в десятки и даже сотни ампер что, естественно, требует применения устройств релейной защиты, действующих на немедленное отключение поврежденного присоединения. Рекомендуемое значение заземляющего резистора составляет 100 – 200 Ом для сетей 6кВ и 150–300 Ом для сетей 10 кВ. Такой резистор обеспечивает достаточно глубокое (до 2,2 – 2,4 Uф) ограничение перенапряжений и сокращает до минимума время их воздействия.

Авторами предложен ряд схемных решений, основная идея которых заключается в комбинированном использовании средств релейной защиты, режима заземления нейтрали, ограничителей серии ОПН с разными порогами ограничения и системы быстрого и автоматического шунтирования поврежденной фазы, которая устраняет дуговые замыкания фазы на землю [6]. Последняя оборудована устройством автоматического выбора поврежденной фазы, обеспечивающим также относительно быстрое и селективное отыскание поврежденного присоединения в сети с любой конфигурацией. Лабораторные и сетевые испытания предлагаемых решений показали высокую эксплуатационную надежность.

Выводы

1. Основной причиной высокой повреждаемости электрооборудования в сетях среднего класса напряжения являются дуговые перенапряжения, возникающие при перемежающемся характере горения дуги в месте пробоя фазной изоляции на землю.

2. Проблема повышения надежности работы распределительных сетей напряжением 6-10 кВ складывается из комплекса задач, эффективное

решение которых может быть найдено для каждой конкретной сети индивидуально с учетом характерных ее особенностей на основе комбинированного использования средств релейной защиты, совершенствования режима заземления нейтрали, применения ограничителей серии ОПН с разными порогами ограничения и системы быстрого и автоматического шунтирования поврежденной фазы.

3. Практическая реализация разработанных устройств и схемных решений позволяет обеспечить требуемый уровень надежности функционирования электрооборудования с высокой степенью изношенности изоляции.

Литература

1. Гиндулин Ф.А., Гольдштейн В.Г., Дульзон А.А., Халилов Ф.А. Перенапряжения в сетях 6-35 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
2. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE std 142-1991). Published by the IEEE inc/ - NJ, 1992.
3. Wang G.H., Moffart W.M., Vegh L.J. High-resistance grounding and selective ground fault protection for a major industrial facility // IEEE Trans. On IA. – 1984. – Vol.IA – 20. - №4.
4. Петров О.А. Точность систем автоматической настройки компенсации емкостных токов однофазного замыкания на землю в электрических сетях. Электрические станции. №11, 1989.
5. Дмоховская Л.Ф., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. и др. Техника высоких напряжений. Учебник для студентов электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов. Под общей ред. Д.В. Разеви́га. Изд. 2-е, перераб. и доп. –М., «Энергия», 1976.
6. Сивокобыленко в.ф., Лебедев В.К., Левшов А.В. и др. Повышение надежности работы сетей собственных нужд электростанций при замыканиях фазы на землю.- Сб.научн. трудов ДонНТУ. Серия: Электротехника и энергетика, вып.21:-Донецк: ДонНТУ, 2000,с.17-20

Поступила в редакцию 11 января 2004 года