

3. Крагельский И.В. Трение и износ. - М.: Машиностроение, 1968 - 480 с.
4. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах. М.: Машиностроение, 1982 – 191 с.
5. Беляев Н.М., Рядно А.А. Методы теории теплопроводности. - М.: Высшая школа, 1982. Ч. 1 - 327 с.
6. Лыков А.В. Теплообмен. Справочник. - М.: Энергия, 1971 - 560 с.
7. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. - М.: Мир, 1979 - 392 с.
8. Сачков И.Н. Влияние формы включений на проводимость двумерных регулярных матричных систем //Журн. технич. физики. - 1996. - Т. 66. - Вып. 12.- С. 48-58.
9. Сачков И.Н. Режимы радиальной перекоденсации в цилиндрических объемах //Теплофиз. выс. темп. 1995. - Т. 33. - № 5. - С. 759-764
10. Сачков И.Н. Применение метода конечных элементов (МКЭ) для прогнозирования дефектов при непрерывном литье сплавов // Кристаллизация и компьютерные модели /НИИ математического моделирования . Ижевск, 1994. С. 46-60.
11. Дульнев Г.Н., Новиков В.В. Процессы переноса в неоднородных средах. - Л.: Энергоатомиздат. 1991 - 258 с.

Обабкова Н.Е

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСОВ РЕЖИМА ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ 6-35 КВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И БОРЬБЫ С ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯМИ В ЭТИХ СЕТЯХ

Введение. Цель данной статьи – изложить основные моменты IV всероссийской научно-технической конференции «Ограничение перенапряжений. Режимы заземления нейтрали. Электрооборудование сетей 6-35 кВ», проведенной в г. Новосибирске с 26 по 28 августа 2006 г., осветить новые разработки, представленные там, мнения специалистов различных профилей, принявших в ней участие, интересные решения, родившиеся в обсуждениях, спорах, обмене опытом, осветить различные точки зрения, естественно, включая и спорные.

ГЕОГРАФИЯ (представили доклады): Россия (г. Москва: А.А. Челазнов, А.В. Иванов, Ю.Н.Звонарев, В.В. Фоменко (ООО «ВНИИГАЗ»), В.А. Кричко, И.А. Миронов (Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» - фирма «ОРГРЭС»), А.А. Михель (ОАО «ГАЗПРОМ»), г. Санкт-Петербург: В.Г. Езерский (ООО НТЦ «Механотроника»), г. Екатеринбург: Н.Е. Обабкова, А.А. Кокарев (ООО

ВП «НТБЭ»), г. Новосибирск: К.П. Кадомская, Е.А. Кондранина, Ю.А. Лавров, Н.Ф. Петрова, О.И. Лаптев, С.А. Кондаков, Л.В. Богдашева, В.Е. Качесов, С.С. Шевченко (НГТУ), Л.И. Сарин, А.И. Шалин, М.В. Ильиных, И.Л. Дрожжина, А.И. Ширковец, А.М. Хабаров, А.Б. Пичхадзе, В.А. Сенченко, Н.А. Дарков (ООО «ПНП Болид»), В.В. Власов, Д.А. Голдобин, Г.А. Данилов, А.П. Заболотников (ЗАО «Феникс-88»), И.Е. Наумкин (ОАО «Филиал НТЦ электроэнергетики - СибНИИЭ»), В.П. Михеев, А.В. Орлянский, О.Н. Остапенко (ГУП «УЭВ СО РАН»), Е.Н. Дементьев (ИЯФ СО РАН), Крым: А.В. Терешенко (ОАО «Крымэнерго»), г. Томск: Р.А. Вайнштейн, В.В. Шестакова, С.М. Юдин, Т.С. Гурин (Томский политехнический университет), г. Омск: Д.В. Батулько (НПО «МИР»), г. Удомля Тверской обл.: А.И. Гаврилко (Калининская АЭС), Беларусь: М.А. Короткевич, А.М. Протас (НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций, МЧС респ. Беларусь, Минск), Украина: П.Г. Плешков, А.И. Котыш (Кировградский технический университет). Д Также присутствовали слушатели из разных областей России.

Краткая предыстория. Обсуждение оптимального режима заземления нейтрали в сетях 6-35 кВ ведется уже длительное время. На данный момент п.1.2.16 ПУЭ выглядит следующим образом:

Цитата: «Работа электрических сетей 3-36 кВ должна предусматриваться с изолированной или заземленной через дугогасящие реакторы нейтралью.

Компенсация емкостного тока замыкания на землю должна применяться при значениях этого тока в нормальных режимах:

- в сетях 3-20 кВ, имеющих железобетонные и металлические опоры на ВЛ, и во всех сетях 36 кВ – более 10А;
- в сетях, не имеющих железобетонных и металлических опор на ВЛ: при напряжении 3-6 кВ – более 30 А; при 10 кВ – более 20 А; при 15-20 кВ – более 15 А;

При токах замыкания на землю более 50 А рекомендуется применение не менее двух заземляющих дугогасящих реакторов».

В связи с прогрессом, имеющим место в последние 10-15 лет, имеющиеся средства заземления нейтрали сетей 6-35 кВ постоянно обновляются как аппаратно, так и идейно, комбинируются, появляются новые режимы (полное подавление однофазных замыканий на землю). В связи с этим неизбежно возникают споры, научные дискуссии, написан ряд диссертаций на эту тему.

К известным общесетевым средствам относятся:

- высокоомная компенсация емкостной составляющей (КЕС) тока ОЗЗ на основе резонансного заземления нейтрали;

- низкоомная компенсация потенциала поврежденной фазы (АКП) при помощи однофазного трансформатора, включаемого между нейтралью сети и землей так, что напряжение с высокой стороны оказывается в противофазе с ЭДС поврежденной фазы – так наз. противовключение;
- низкоомное шунтирование места ОЗЗ ВВ-ключом при помощи автоматического заземления поврежденной фазы (АЗФ) короткозамыкателем.
- Резистивное (высокоомное и низкоомное) заземление нейтрали

АКП и АЗФ по конечному результату равноценны: скачком снижают потенциал поврежденной фазы и удерживают заданное время, затем скачком восстанавливают напряжение поврежденной фазы. В случае самоликвидации ОЗЗ устройство переводится в исходное состояние. В противном случае повторяют указанные действия до ее оперативного отключения персоналом. При поиске поврежденного фидера АКП или АЗФ продолжает работать, если даже отключено поврежденное присоединение. Поэтому при поиске поврежденного фидера необходимо, очевидно, пробное (также, скачком) снятие защиты после каждого очередного отключения присоединения и контроля напряжения $3U_0$. Самый большой недостаток АКП и АЗФ – это их низкоомность и опасность в этой связи их эксплуатации (велика вероятность получения КЗ через сами эти устройства при повреждении другой фазы, не оборудованной ТТ).

Наилучшей, по нашему мнению, общесетевой защитой является высокоомная КЕС при помощи автоматически подстраиваемого до резонанса контура нулевой последовательности сети (КНПС) дугогасящего реактора (ДГР) плунжерного типа. При этом обеспечивается не менее 85% самоустраняющихся ОЗЗ, т.е. в 3,5 раза реже приходится принимать меры в связи с устранением аварийной ситуации, а именно: производить оперативные переключения, искать место повреждения, восстанавливать изоляцию и т.п.

Компенсация емкостной составляющей токов замыкания на землю (КЕС) занимается не только наше предприятие. Есть и другая автоматика настройки КНПС на резонанс: МИРК, БАНК, САРК, ФАРК, БАРК, РНДК и т.п.

В настоящее время в мире существует альтернатива КЕС, то есть резонансному заземлению нейтрали – резистивно заземленная – высокоомная или низкоомная – нейтраль. При таком режиме нейтрали однофазное замыкание на землю является КЗ, остаточный ток достаточен для срабатывания защит, поврежденное присоединение сразу отключается и выводится в ремонт.

Некоторые отечественные представители как от науки, так и от эксплуатации, считают резистивно заземленную нейтраль в сети 6-35 кВ наиболее приемлемым вариантом. Исходя из определенных недостатков нерегулируемого

резистора в нейтрали разрабатывается технология ступенчатого регулирования величины сопротивления резистора.

Цитата из доклада А.А. Челазнова (ОАО «Вниггаз», Москва) на вышеупомянутой конференции:

«Заземление нейтрали сети в схемах электроприводных КС должно осуществляться через резистор, позволяющий обеспечить быстродействующее селективное отключение ОЗЗ. Сопротивление резистора в нейтрали определяется по формуле:

$$R_N \leq \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \times I_{C.з.макс.}}$$

где $I_{C.з.макс.}$ - максимальный ток срабатывания защиты от ОЗЗ.

С целью снижения термического воздействия дуги на изоляцию статорных обмоток высоковольтных двигателей может быть использована регулируемая резисторная установка. В этом случае резистор включают в рассечку треугольника специального заземляющего трансформатора Y/Δ, с возможностью регулирования величины сопротивления резистора. Управление величиной сопротивления резистора в зависимости от величины напряжения нулевой последовательности (или тока ОЗЗ) позволяет исключить нежелательное повышение активного тока ОЗЗ при замыканиях вблизи высоковольтных выводов обмотки двигателя или трансформаторов и обеспечить приемлемую селективность РЗ при замыкании вблизи нейтральной точки обмотки».

Определенно, селективность – это полезно. Очень. И резонансно-заземленная нейтраль, безусловно, имеет недостаток то, что 100% селективности еще ни одна селективная защита на данный момент не обеспечивает. Это объяснимо некоторой нетипичностью формы тока нулевой последовательности в зависимости от момента пробоя. И распознавание образов в данной ситуации пока 100% селективности не обеспечивает – слишком уж много нюансов в каждой конкретной ситуации.

В связи с вышеизложенным мы пришли к выводу: пусть нынче и нет сигнализации со 100% - ной селективностью, эксплуатация страдать не должна. Размышления о том, как выйти из этой ситуации, породили нашу новую разработку: устройство кратковременного включения низковольтного резистора (УКВР).

В связи с тем, что мы в корне не согласны с политикой «обеспечить быстродействующее селективное отключение присоединения» там, где оно вполне может быть самоустраниющимся (а это, как согласно Ф.А. Лихачеву, так и исходя из результатов работы нашей аппаратуры, ни много, ни мало – целых 85% - зачем же им мешать самоустраниться, зачем прожигать??? Мы «выбьем» те

15%, которые несамоустранимы (механические)). Поэтому ТОЛЬКО ПО ФАКТУ ПРИЗНАНИЯ нашей аппаратурой замыкания на землю НЕСАМОУСТРАНИМЫМ, мы его «прождем» и селективно отключим. И в этом мы видим соломонново решение. Мы отнюдь не хотим сказать, что резистор – это зло. Вовсе нет!!! Просто мы считаем целесообразным подойти к решению вопроса общесетевой защиты комплексно, в каждый конкретный момент используя тот инструмент воздействия на сеть, который целесообразен именно на данном этапе!

В мире ситуация с режимами заземления нейтрали сведена в таблицу 1.

Таблица 1. Способы заземления нейтрали в странах мира

Страна	Принятое напряжение	Способ заземления нейтрали			
		Изолированная	Через дугогасящий реактор	Через резистор	Глухое
Россия	6–35 кВ	+	+		
Австралия	11–12 кВ			+	+
Канада	4–25 кВ			+	+
США	4–25 кВ			+	+
Испания	10–30 кВ	+	+		
Италия	10–20 кВ	+			
Португалия	10–30 кВ			+	
Франция	12–24 кВ			+	
Япония	6,6 кВ	+		+	
Германия	10–20 кВ		+		
Австрия	10–30 кВ		+		
Бельгия	6,3–17 кВ			+	
Великобритания	11 кВ			+	+
Швейцария	10–20 кВ		+		
Финляндия	20 кВ	+	+		

Сейчас много говорится о возможных резонансных перенапряжениях.

Цитата из доклада «Комплексный подход к выбору средств ограничения перенапряжений в сетях 6, 10 кВ крупных промышленных предприятий целлюлозно-бумажной и металлургической промышленности» М.В. Ильиных, Л.И. Сарина (ООО НПП «Болид», г. Новосибирск) на вышеупомянутой конференции: «Повышение напряжения на реактированной нейтрали в нормальном ре-

жиме происходит за счет резонанса напряжений в контуре: емкость линии – индуктивность ДГР. В цепь протекания токов входит индуктивность трансформатора, в нейтраль которого подключен ДГР». Безусловно, если моделировать систему с источником напряжения однофазным - или трехфазным, но несимметричным - собственная емкость фаз сети относительно земли с индуктивностью ДГР, настроенной в резонанс, действительно создают резонансный контур и при вышеизложенных обстоятельствах перенапряжения будут иметь место. Но не в трехфазной симметричной (каковыми являются все кабельные сети.)

Для того, чтобы в этом убедиться, приведем простейшую схему подключения ДГР к сети

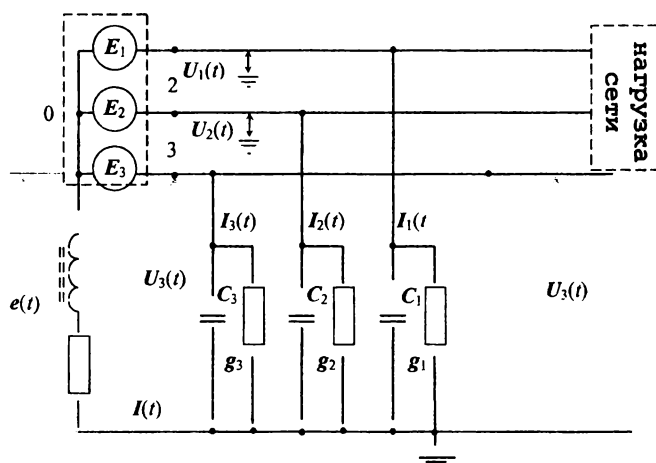
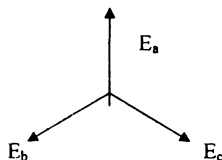


Рис. 1. Упрощенная схема замещения трёхфазной электрической сети

Теперь рассмотрим векторы питающих напряжений:



А теперь оценим, что получится при их суммировании. Сумма их векторов тождественно равна нулю. Что же в данной симметричной сети может послужить поводом к перенапряжениям?

Совершенно иная ситуация наблюдается там, где в сети есть воздушные вставки (или сеть полностью воздушная). В таких случаях мы, в зависимости от объекта, принимаем одно из двух решений: либо симметрируем сеть, либо в нормальном режиме сеть работает с изолированной нейтралью (но реактор стоит в преднастройке, включаясь в работу в аварийном режиме). Подробнее об этом можно почитать в статье «Автоматическое симметрирование реактивных проводимостей изоляции относительно земли в коротких сетях 6 - 10 кВ». (Обабков В.К., д.т.н., проф., Обабкова Н.Е., инж. (ООО ВП "Наука, техника, бизнес в энергетике", Екатеринбург, Россия). Тез. докл. XIII науч.-техн. конференции по обмену опытом проектирования, наладки и эксплуатации устройств релейной защиты и автоматики в энергосистемах Урала. 24-26 октября 2001 г., Екатеринбург, ОДУ и МЭС Урала, РАО ЕЭС России. С.85-89; также опубл. Сб. докл. Всероссийской науч.-техн. конф. "Энергосистема: управление, качество, безопасность", УГТУ-УПИ, С.181-183). Или на нашем сайте <http://www.ntbe.ural.ru/pages.htm>.

О новых разработках в области режима заземления нейтрали.

Комбинированная нейтраль. Как известно, оптимизацией режима нейтрали сейчас занимается не только наш научный центр. Не только у нас родилась идея объединить несколько средств общесетевой защиты. В Новосибирском государственном техническом университете уже очень долго занимается этими же вопросами коллектив сотрудников во главе с д.т.н., проф. К.П. Кадомской. Они подошли к вопросу с несколько другой стороны и предлагают такую комбинацию в нейтрали – постоянное включение резистора параллельно дугогасящей катушке.

Цитата из доклада «Анализ эксплуатации сети 6 кВ ТЭЦ Кузнецкого металлургического комбината» М.В. Ильиных, Л.И. Сарина, А.А.Ширковца (ООО НПП «Болид» Новосибирск): «При комбинированном заземлении нейтрали (неотключаемый резистор параллельно дугогасящему реактору) уровень перенапряжений в сети 6 кВ ТЭЦ КМК с вероятностью 0,95 не превышает 2,3 Уф, а время горения с той же вероятностью составляет не более 35 мс. В случае же компенсированной нейтрали эти показатели будут равны 2,4 Уф и 100 мс, соответственно. Максимальные же значения перенапряжений для режимов с компенсированной и комбинированной нейтралью составляют 2,7 Уф и 2,35 соответственно».

Мы решительно не согласны с данным предположением, так как, при комбинированной вышеописанным способом нейтрали скорость нарастания напряжения на поврежденной фазе выше, нежели просто с ДГР в нейтрали, изоляция сети часто не успевает набирать электрическую прочность (скорость

нарастания электрической прочности изоляции в зависимости от состояния изоляции находится в пределах (0, 268-1.15) кВ/мс). Есть много расчетов, компьютерных осциллограмм. Но это тема для отдельной статьи, которая планируется к выходу в ближайшее время.

Полностью компенсированная нейтраль (полное подавление однофазных замыканий на землю). Строго говоря, новой эта разработка является только в силу своей небольшой распространенности на территории СНГ. Суть ее состоит в том, что компенсируются и емкостная, и активная составляющие тока ОЗЗ. В случае неустранности ОЗЗ трехфазная нагрузка снабжается электроэнергией, как и прежде, что позволяет не спешить с отключением поврежденного фидера, т.к. авария не развивается, перекося же напряжений относительно земли не так существенен для изоляции.

В. Е. Соркина, М. В. Буньков, А. С. Веремеенко

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ РГПШУ НА ОСНОВЕ ПОРТАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Введение

На сегодняшний день автоматизированная система управления нашего университета (назовем ее условно «ВУЗ») представляет собой систему, где главным звеном связи между подсистемами, является человек. Подсистемы «ВУЗ`а» это такие программные продукты как Кадры, Абитуриент, Студент, Бухгалтерия и пр. Каждая подсистема основана на своей собственной базе данных. Данные переписываются сотрудниками из одной базы данных в другую вручную (в связи с разнородностью баз данных), данные многократно дублируются. Информация поступает не своевременно и с большим количеством ошибок, а отсюда - ограниченная скорость доступа и актуализации данных.

Таким образом, даже те задачи системы «ВУЗ», которые сейчас автоматизированы, работают далеко не оптимально, тем самым теряются огромные человеко-временные ресурсы в деятельности ВУЗ`а, как единой образовательной структуры.

Теперь поговорим о будущей корпоративной сети нашего университета, которую мы хотели бы видеть в ближайшем будущем.

При наличии в локальной сети университета, большого количества разнородных данных и программных продуктов, которые требуются пользователям