

В журнале «Энергоэксперт» № 4, 2013 года (стр. 48-54) был опубликован обзор методов и технических средств компенсации емкостных токов замыкания на землю. Хорошие перспективы открывает применение инновационного метода настройки компенсации с улучшенными показателями по чувствительности и точности, основанного на контроле частоты собственных колебаний в контуре нулевой последовательности сети. Но некоторые практические важные аспекты этого метода в опубликованных материалах не раскрыты, или отражены неточно, что может привести к искаженному пониманию сущности полезного и эффективного технического решения. С целью создания объективного целостного представления о превосходных возможностях нового метода, реализуемого в вычислительной среде современных микропроцессорных устройств управления, предлагается наглядное научно-обоснованное описание свойств автоматики управления дугогасящими реакторами, основанной на этом методе.

СОВРЕМЕННАЯ АВТОМАТИКА УПРАВЛЕНИЯ ДУГОГАСЯЩИМИ РЕАКТОРАМИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ЕМКОСТНОГО ТОКА ЗАМЫКАНИЯ НА ЗЕМЛЮ В СЕТЯХ 6–35 кВ

КОЗЛОВ В.Н., к.т.н., главный конструктор НПП Бреслер,

БУЛЫЧЕВ А.В., д.т.н., технический директор НПП Бреслер

Основные преимущества самых массовых в мире электрических сетей класса 6–35 кВ, работающих с изолированной нейтралью, обусловлены возможностью сохранять их в работе при наиболее частых видах повреждений – однофазных замыканиях на землю (ОЗЗ). Развитие сетей приводит к росту их емкости относительно земли. В связи с этим повышается вероятность возникновения и длительного горения электрической дуги в месте ОЗЗ, что в ряде случаев исключает возможность продолжения работы электрической сети с существующим дуговым ОЗЗ. Решение компенсировать емкостные токи в месте повреждения при ОЗЗ с помощью специальных катушек индуктивности – дугогасящих реакторов (ДГР) позволяет восстановить многие преимущества электрических сетей с изолированной нейтралью. Но при этом требуется практически непрерывно контролировать емкость сети и, при ее изменении, регулировать индуктивность ДГР [1]. Настройка ДГР в резонанс с емкостью сети в момент, предшествующий ОЗЗ, позволяет существенно снизить риск возникновения электрической дуги и, следовательно, предотвратить возможное развитие аварийной ситуации. Для контроля сети и регулирования ДГР необходимы специальные средства автоматики.

Степень компенсации емкостного тока при ОЗЗ принято оценивать с помощью специального показателя, называемого «расстройкой» компенсации:

$$\nu = \frac{I_C - I_L}{I_C} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где I_C – емкостной ток цепи, I_L – ток дугогасящей катушки.

Расстройка компенсации – величина безразмерная, и может быть представлена в относительных единицах или в процентах. При недокомпенсации (емкостный ток превышает индуктивный) $\nu > 0$; при перекомпенсации (индуктивный ток превышает емкостный) $\nu < 0$, при резонансе $\nu = 0$.

Традиционно используемые способы настройки системы компенсации емкостных токов ОЗЗ основаны на выявлении резонанса в контуре нулевой последовательности (КНП) сети по существенному изменению уровня или знака фазы напряжения нулевой последовательности на резонансной частоте.

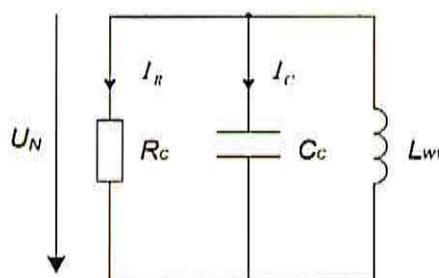


Рис. 1. Схема замещения КНП сети

Микропроцессорная техника позволяет реализовать более эффективные цифровые способы настройки, например, по параметрам собственных колебаний в контуре нулевой последовательности сети [2, 3, 4].

Исправить нечеткость изложения сути цифровых способов настройки ДГР, встречающуюся в некоторых публикациях [5, 6], и сформировать короткое представление об их преимуществах можно на основе следующих рассуждений и доводов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДА

Известно [7], что любые возмущения в RLC-контуре, связанные с перераспределением энергии между индуктивностью и емкостью контура, приводят к возникновению в контуре переходного процесса, описываемого дифференциальным уравнением второго порядка относительно любой контролируемой переменной электрической величины. Решение дифференциального уравнения определяется корнями соответствующего характеристического уравнения (рис. 1):

$$p^2 + \frac{1}{RC}p + \frac{1}{LC} = 0.$$

Корни этого уравнения определяются так:

$$p_{1,2} = -\frac{1}{2RC} \pm \sqrt{\left(\frac{1}{2RC}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

Учитывая, что применительно к рассматриваемому методу интерес представляет только колебательный режим КНП, когда подкоронное выражение имеет отрицательные значения, можно записать:

$$p_{1,2} = -\alpha \pm j\omega_{\text{св}}$$

где α и $\omega_{\text{св}}$ – коэффициент затухания свободных колебаний и круговая ча-

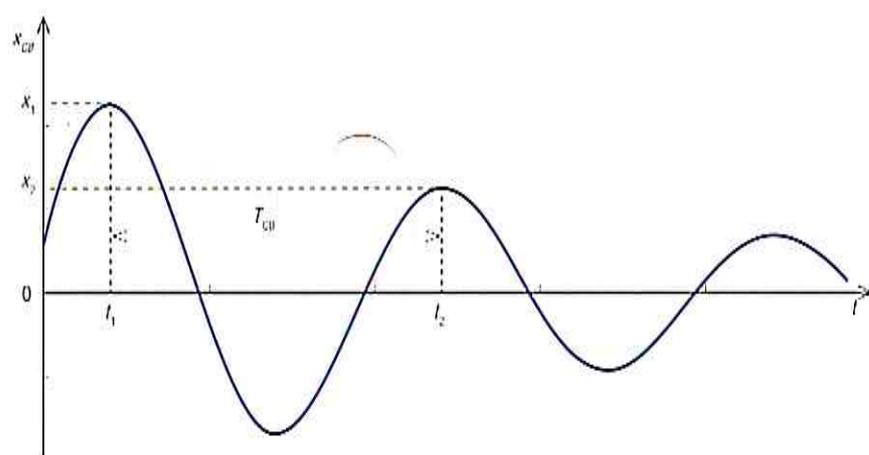


Рис. 2. Сигнал $x_{\text{св}}(t)$ в графическом виде

стота этих колебаний в контуре КНП, соответственно.

При этом общее решение дифференциального уравнения для свободной составляющей имеет вид:

$$x_{\text{св}}(t) = Ae^{-\alpha t} \sin(\omega_{\text{св}}t + \theta). \quad (2)$$

Здесь $x_{\text{св}}(t)$ – обозначение переменной, относительно которой решается уравнение (например, падению напряжения на любом из элементов или ток в какой либо ветви КНП); A и θ – амплитуда и начальная фаза колебаний, соответственно.

На рис. 2 показан общий вид пороменной $x_{\text{св}}(t)$.

Если сигнал, соответствующий $x_{\text{св}}(t)$, зафиксирован регистрирующим элементом устройства управления ДГР, то при известном математическом описании сигнала можно, измерив период и мгновенные значения через интервал времени, равный периоду, определить частоту и коэффициент затухания этого сигнала:

$$\omega_{\text{св}} = \frac{2\pi}{T_{\text{св}}}; \quad \alpha = \frac{\ln \frac{x_1}{x_2}}{T_{\text{св}}}$$

где x_1 и x_2 – мгновенные значения сигнала, соответствующие моментам времени t_1 и t_2 ; $T_{\text{св}}$ – период колебаний.

Следует отметить, что в указанных условиях, имея цифровую запись сигнала $x_{\text{св}}(t)$, для определения $\omega_{\text{св}}$ и α , можно использовать и более сложные математические методы обработки сигнала, например, по дискретным замерам (выборкам), относящимся лишь к отдельной части кривой $x_{\text{св}}(t)$ на небольшом интервале ее наблюдения.

СВЯЗЬ ЧАСТОТЫ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ В КНП И РАССТРОЙКИ КОМПЕНСАЦИИ

Выражению (1) для расстройки компенсации можно преобразовать к следующему виду:

$$\nu = \left(1 - \frac{\omega_0^2}{\omega_c^2}\right) \cdot 100\%, \quad (3)$$

Здесь:

$\omega_0 = \sqrt{1/LC}$ – частота идеального (без потерь) резонансного контура;
 ω_c – частота питающей сети.

Собственная резонансная частота идеального контура ω_0 связана с частотой свободных колебаний следующим соотношением:

$$\omega_{\text{св}} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \alpha^2} = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}. \quad (4)$$

ВЛИЯНИЕ ПОТЕРЬ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАССТРОЙКИ ПО ЧАСТОТАМ КНП

В реальном (не идеализированном) КНП с ДГР есть элементы с активным сопротивлением. Поэтому исходный запас колебательной энергии неизбежно уменьшается при колебаниях, и КНП необходимо рассматривать как диссипативную систему. Для учета диссипации (рассеяния энергии) удобно использовать понятие добротности контура $Q = I_C/I_R$, или обратной добротности величины $d = 1/Q$, которую принято называть коэффициентом успокоения сети. Здесь I_C и I_R – соответственно, ток в емкости и активном сопротивлении КНП при параллельной схеме замещения КНП (см. рис.1).

Выражение (4) можно записать так:

$$\omega_{\text{св}} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} = \omega_0 \sqrt{1 - 0,25d^2}.$$

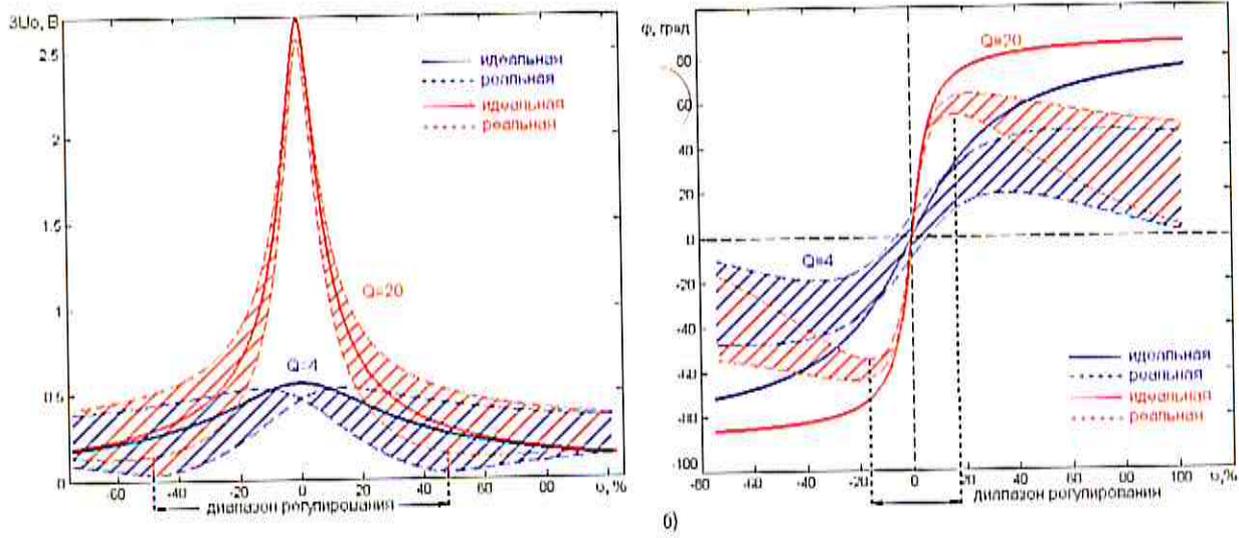


Рис. 3. Характеристики КНП: а) – амплитудная; б) – фазовая

Отсюда наглядно видно, что $\omega_{сн}$ и ω_o – это разные величины, и могут быть равны лишь в идеальных условиях при бесконечно большой добротности КНП, т.е. при отсутствии в нем потерь. Если среднюю величину d в компенсированных сетях принять равной 0,05 (т.е. $Q=20$), то различие частот $\omega_{сн}$ и ω_o составляет сотые доли процента, и можно считать $\omega_{сн} \approx \omega_o$ [8]. Эти частоты существенно различаются только в случаях, когда добротность контура составляет единицы.

В последнее время, все большее распространение получает комбинированный способ заземления нейтрали с установкой заземляющего резистора параллельно ДГР. Добротность таких сетей естественно снижается, и обычно имеют значения от 2 до 8. Наличие резистора оказывает благоприятное влияние на снижение перенапряжений, возникающих в сети при ОЗЗ [9]. Однако, для автоматических регуляторов, контролирующих величину или фазу напряжения нулевой последовательности сети вблизи точки резонанса (экстремума) в КНП, условия значительно ухудшаются. Резонансные кривую (рис. 3) становятся пологими, что является одной из причин нарушения работоспособности таких «традиционных» автоматических регуляторов ДГР (типа МИРК, УАРК и др.).

Одно из достоинств регуляторов, построенных по принципу контроля частоты собственных колебаний КНП, в отличие от «традиционных» – возможность их работы в современных низкودобротных сетях. При микропроцессорной реализации автоматики ДГР легко

выполняется расчет расстройки компенсации с учетом реальных потерь в КНП. Благодаря этому достигается высокая точность определения расстройки. Например, в автомате управления ДГР «Бреслер-0107.060» погрешности расчета расстройки компенсации емкостного тока не превышают 1 %, при добротности КНП всего лишь более 4.

КАКИЕ ВЕЛИЧИНЫ КОНТРОЛИРУЮТ АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ДГР

Поскольку измерение (контроль) токов, практически, всегда представляет собой более сложную задачу, чем измерение напряжений, в качестве контролируемой величины удобнее использовать напряжению на нейтрали сети U_N . Это напряжение измеряется с помощью измерительного трансформатора напряжения секции шин на выводах обмотки, включенной по схеме «разомкнутый треугольник».

Существует целый ряд проблем, обусловленных использованием напряжения на нейтрали сети U_N в качестве основного контролируемого параметра. Сложность заключается в его малой (в идеале – нулевой) величине в нормальном режиме работы сети. Это напряжение образуется как сумма напряжений различных небалансов в сети. Напряжения небалансов, в свою очередь, могут иметь разные значения для различных сетей, величины их нестабильны, они содержат частоты, отличные от частоты сети, и не синхронизированные с ней. В результате оказывается, что естественное напряжение на нейтрали сети имеет значительную стохастическую

(случайную) составляющую, которая меняется с течением времени [4].

На рис. 3 приведены амплитудная и фазовая характеристики КНП, где заштрихованные части соответствуют реальному положению кривых при изменении фазы небалансов. Видно, что появляются точки ложных резонансов. Соответственно, «традиционные» регуляторы при попадании в режим, соответствующий зоне этих резонансов, работают неправильно. Для вывода их в реальную зону регулировки требуется ручное вмешательство, причем, сама зона регулировки сильно сужается.

Для адаптации к этим условиям почти во всех «традиционных» регуляторах (REG-DPA, МИРК, УАРК) приходится использовать искусственное смещение потенциала нейтрали сети [10], что также является их существенным недостатком.

Для воздушных сетей напряжение нейтрали, главным образом, определяется несимметрией фаз линии относительно земли. ПУЭ допускает работу сети с уровнем напряжения смещения нейтрали не более 15 % от фазного напряжения. В кабельных электрических сетях несимметрия фаз мала, и измеряемое напряжение составляет всего лишь десятки милливольт.

Регуляторы, построенные на использовании для контроля расстройки компенсации емкостного тока частоту собственных колебаний КНП, нечувствительны к этим факторам, и смещение нейтрали сети не оказывает влияния на их работу.

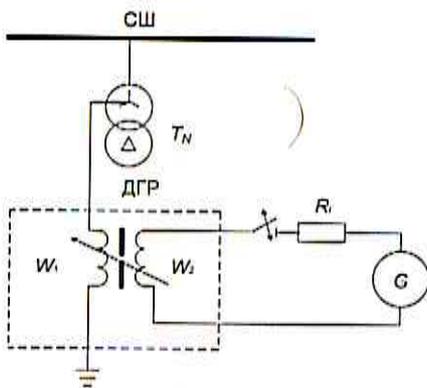


Рис. 4. Схема цепей заземления нейтрали через ДГР с дополнительным источником тока

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧАСТОТЫ, КАК КОНТРОЛИРУЕМОГО ПАРАМЕТРА

Частота сигнала, как контролируемый параметр, удобна тем, что всевозможные линейные и нелинейные искажения формы и величины сигнала не оказывают существенного влияния на точность измерения. Существует много методов определения частоты сигнала в зависимости от интервала его наблюдаемости и знания его математического описания. Для явно наблюдаемого сигнала (в данном случае это свободная составляющая переходного процесса в КНП) достаточно определить период сигнала и $\omega_{сн} = 2\pi / T_{сн}$, причем, совершенно не важно, какой сигнал для этого использован (напряжение или ток в КНП).

СОЗДАНИЕ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ В КНП СЕТИ

Чтобы в КНП сети возникли колебания, необходимо создать возмущающее воздействие, которое привело бы к перераспределению энергии между его реактивными элементами.

Естественными возмущениями являются:

- подключению (отключению) фидеров;
- загорание (погасание) дуги при ОЗЗ;
- изменение емкости сети при ОЗЗ и др.

Однако, естественные возмущения носят случайный характер, а для постоянного контроля параметров КНП должны создаваться тестовые воздействия на КНП самим устройством контроля.

Если в сети имеется ДГР, то возмущения можно создать путем изменения энергии реактора, которая определяется суммарным током в его обмотках. Например, можно изменить энергию реактора за счет импульса

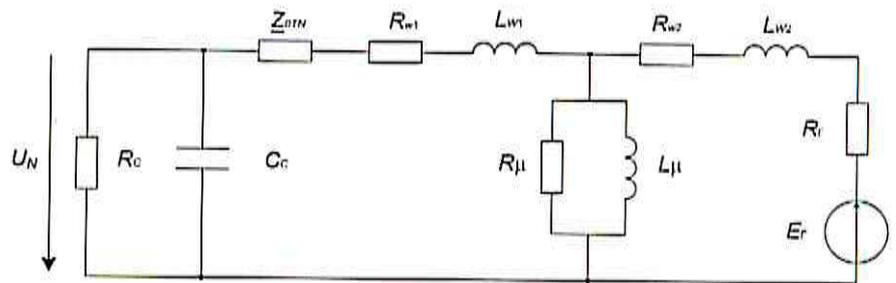


Рис. 5. Схема замещения КНП при замкнутом ключе

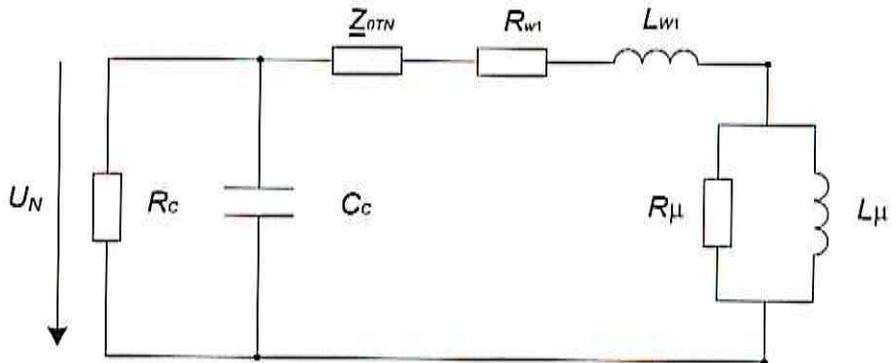


Рис. 6. Схема замещения сети при разомкнутом ключе

тока, создаваемого в дополнительной (или измерительной) обмотке от внешнего источника G (рис. 4).

Необходимо отметить, что свободные колебания возникают, как в момент появления импульса тока, так и в момент его исчезновения. Схемы замещения КНП сети в этих режимах различны (рис. 5 и рис. 6).

На рис. 5 показана схема замещения КНП, соответствующая замкнутому состоянию ключа при подключении дополнительного источника тока. На схеме приняты следующие обозначения: E_r и R_r – соответственно, э.д.с. и внутреннее активное сопротивление дополнительного источника тока; R_{w1} и L_{w1} – активное сопротивление и индуктивность рассеяния первичной обмотки ДГР; R_{w2} и L_{w2} – активное сопротивление и индуктивность рассеяния вторичной обмотки ДГР; R_μ и L_μ – эквивалентное активное сопротивление потерь и индуктивность намагничивания ДГР; $Z_{дгТН}$ – эквивалентное полное сопротивление нейтралеобразующего трансформатора.

После размыкания ключа и отключения источника тока, схема замещения КНП будет другой (рис. 6), и только запас энергии в реактивных элементах обеспечивает колебательный процесс. Использование параметров этого про-

цесса для измерений и расчетов предпочтительнее, поскольку на них не оказывают влияния параметры измерительной обмотки и источника тока. Корректные преобразования схемы замещения позволяют привести ее к виду, соответствующему исходной схеме замещения КНП сети (рис. 1).

ВЫДЕЛЕНИЕ СВОБОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ КОЛЕБАНИЙ В КНП

Интенсивность свободных колебаний наблюдаемой величины определяется количеством энергии в КНП после отключения дополнительного источника. В качестве наблюдаемой величины при реализации автоматики ДГР удобно использовать напряжение, пропорциональное напряжению на нейтрали сети UN.

В целом напряжение UN содержит составляющие напряжения несимметрии фазных величин и напряжения шумов, создаваемых сетью и работающим оборудованием. Казалось бы, чем больше эти составляющие (небалансы), тем больше энергии в КНП надо вносить, чтобы повысить интенсивность свободных колебаний для их различимости на общем фоне. Однако это не принципиально при использовании современных методов обработки сигналов, обеспечивающих эффективное выделение

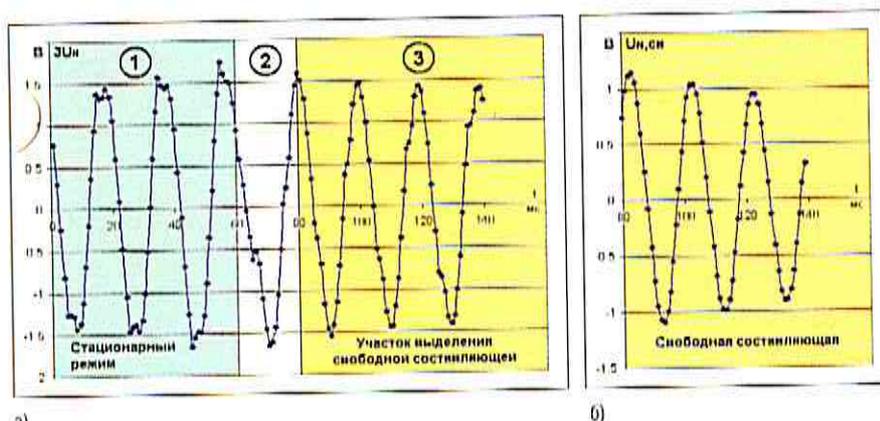


Рис. 7. Осциллограммы: а) рабочая осциллограмма напряжения на нейтрали сети; б) осциллограмма выделенной свободной составляющей

полезного сигнала на фоне значительных помех. Например, на рис. 7, а приведена осциллограмма напряжения, пропорционального напряжению UN на нейтрали сети, полученная при работе автоматического регулятора ДГР «Бреслер-0107.060». Осциллограмма разбита на три участка: 1 – до момента подключения источника тока; 2 – интервал, соответствующий замкнутому состоянию ключа (инжекции тока во вторичную обмотку ДГР); 3 – после прекращения действия накладываемого импульса тока.

Технология цифровой фильтрации позволяет выделить даже очень слабый полезный сигнал из сигнала с большим содержанием шумов. Используя для цифровой фильтрации корреляционный подход и временную задержку, можно выделить свободные колебания в КНП следующим образом. Участки 1 и 3 осциллограммы содержат, практически, идентичные шумы и различаются только наличием свободной составляющей в сигнале на участке 3. Согласованное совмещение и вычитание сигналов 1 и 3 участков осциллограммы обеспечивает подавление шума и выделение свободных колебаний (рис. 7, б).

Можно акцентировать, что визуально трудно найти существенную разницу между сигналами на 1 и 3 участках осциллограммы, но применяемые цифровые методы фильтрации позволяют выделить свободную составляющую напряжения $U_{\text{н}}$ с приемлемой точностью (рис. 7, б) даже в условиях, когда ток, создаваемый дополнительным источником, мал, и не вызывает заметного изменения напряжения на нейтрали сети.

Таким образом, при реализации метода нет необходимости в большой

мощности источника возмущающего сигнала, и, следовательно, можно использовать для наложения тока дополнительную или измерительную обмотку плунжерного ДГР.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АВТОМАТИКИ УПРАВЛЕНИЯ ДГР

Главное регулирование ДГР за счет плунжера привлекает возможностью изменять индуктивность в линейном режиме. Но механический ресурс плунжера весьма нововлик. Например, фирма TRENCH допускает лишь 10 включений плунжера в сутки. Перестройка плунжера необходима только при изменении конфигурации сети, приводящей к изменению ее емкости относительно земли. В то же время контролируемая регуляторами ДГР величина – напряжение UN подержана более частым колебаниям. Поэтому «традиционная» автоматика, реагируя на колебания UN, вынуждена часто включать механизм плунжера и пытаться найти новое его положение.

Автоматика, построенная на основе контроля частоты свободных колебаний КНП сети, реагируя на изменение напряжения UN, всего лишь выполняет внеочередной контроль $\omega_{\text{сн}}$, но требующий операций с плунжером ДГР.

В компенсированных сетях значительно усложняется решение задачи поиска фидера с ОЗЗ, так как ток замыкания мал. Наиболее радикальное решение – наложение на КНП сети контрольного сигнала и его измерение с помощью трансформаторов тока нулевой последовательности фидеров. Однако это требует дополнительного оборудования для

создания контрольного сигнала в сети. В рассматриваемой же автоматике управления ДГР достаточно использовать для поиска поврежденного фидера интервал 2 осциллограммы (рис. 7, а), неиспользуемый для алгоритма определения расстройки КНП самой автоматикой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя можно выделить следующие важнейшие преимущества метода определения расстройки компенсации по частоте свободных колебаний КНП:

- корректная работа в сетях с чисто индуктивным и комбинированным (активно-индуктивным) заземлением нейтрали;
- корректная работа в симметричных сетях при отсутствии смещения нейтрали;
- отсутствие необходимости в дополнительном смещении нейтрали сети и связанных с этим смещением негативных эффектов;
- отсутствие излишних включений привода ДГР, необусловленных реальным изменением конфигурации сети;
- возможность определения частоты свободных колебаний непосредственно из напряжения на измерительной обмотке ДГР, упрощающей практическую реализацию автоматик.

В настоящее время в эксплуатации находится более трехсот устройств автоматического управления плунжерными ДГР типа «Бреслер-0117.60» [11]. Устройство используется практически со всеми типами реакторов и различными видами заземления нейтрали, имеющихся в России и странах СНГ.

Микропроцессорная реализация устройства дополнительно обеспечивает:

- совместное использование дополнительного источника тока, как для задачи автоматик управления ДГР, так и для поиска поврежденного фидера;
- ведение журнала событий, в котором фиксируется дата и время изменения емкостного тока сети, новые значения величины этого тока и расстройки компенсации;
- мониторинг добротности сети с сохранением результатов, что позволяет косвенно судить о состоянии изоляции сети;
- диагностики привода плунжера ДГР без разборки его механической части;
- удаленный доступ к автоматике с возможностью изменения режимов ее работы и передаче имеющейся информации.

ВЫВОДЫ

1. Разработан новый высокоэффективный способ настройки ДГР, основанный на контроле частоты свободных колебаний в контуре нулевой последовательности сети, обеспечивающий резонансную настройку ДГР при комбинированном (активно-индуктивном) заземлении нейтрали сети и существенной активной составляющей в токе замыкания на землю.

2. Создана, серийно выпускается и успешно эксплуатируется автоматика управления ДГР серии «Бреслер-0107.060», основанная на разработанном способе настройки ДГР. Несомненным преимуществом автоматики серии «Бреслер-0107.060» является то, что в ней реализованы линейные принципы регулирования ДГР разных типов (не порождающие нелинейные искажения и высшие гармонические составляющие в напряжении сети) и обеспечивающие возможность работы ДГР параллельно с заземляющим резистором.

3. Объективно автоматика серии «Бреслер-0107.060», имея неоспоримые преимущества в функциональных свойствах и превосходную характери-

стики, сегодня одна из наиболее совершенных и востребованной. Применение автоматики серии «Бреслер-0107.060» позволяет безупречно эффективно решить задачу компенсации емкостных токов замыкания на землю в распределительных электрических сетях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Petersen W.* Neutralizing of ground fault current and suppression of ground fault arcs through the ground fault reactor. E.T.Z., 1919.

2. *Козлов В.Н., Ильин В.Ф.* Дугогасящие реакторы в сетях 6–35 кВ. Реализация метода автоматического управления. // *Новости ЭлектроТехники.* – 2008. – № 2 (50). – С. 92–94.

3. *Козлов В.Н., Потров М.И.* Дугогасящие катушки и автоматика управления ими. // Релейная защита и автоматизация. – 2010. – № 01(00). – С. 20–25.

4. *Козлов В.Н., Петров М.И., Соловьев И.В.* О способах выполнения автоматики управления ДГР. // Релейная защита и автоматизация. – 2012. – № 03(08). – С. 14–19.

5. *Миронов И.А.* Использование частоты свободных колебаний на ней-

трали сети для управления ДГР и сигнализации ОЗЗ. // *Релейщик* – 2010. – №1. С.32–37.

6. *Миронов И.А.* Современное оборудование для компенсации емкостного тока замыкания на землю в сетях 6–35 кВ: тенденции развития. – *Энергоэксперт.* – 2013. – № 4. С. 48–54.

7. *Атабеков Г.И.* Теоретические основы электротехники: В 3-х ч. Ч.1. Линейные электрические цепи. Учебник для вузов. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 592 с. ил.

8. *Лихачов Ф.А.* Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М.: Энергия, 1971. – 152 с. с илл.

9. *Ильиных М., Сарин Л., Ширковец А., Буянов Э.* Компенсированная и комбинированно заземленная нейтраль. Опыт эксплуатации сети 6 кВ металлургического комбината // *Новости ЭлектроТехники.* – 2007. – № 2 (44). – С. 68–72.

10. *Миронов И.С.* Дугогасящие реакторы 6–35 кВ. Автоматическая компенсация емкостного тока // *Новости ЭлектроТехники.* – 2007. – № 3 (45). – С. 62–65.

11. www.bresler.ru.

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
БРЕСЛЕР

Производство и поставка микропроцессорных устройств РЗА с 1992 года

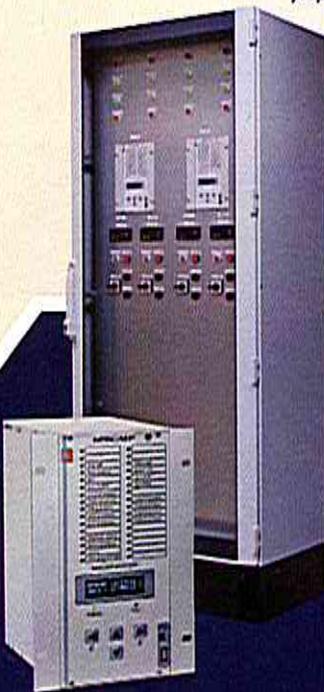
Россия, 428018, г. Чебоксары, ул. Афанасьева, д. 13
(8352) 45-91-91 45-95-96

www.bresler.ru
info@bresler.ru

Разработка и производство аппаратуры РЗА энергосистем

Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и проектные работы

Обучение персонала, монтажные и пусконаладочные работы



- Микропроцессорные регистраторы аварийных событий
- Программный комплекс ОМП ЛЭП повышенной точности по цифровым осциллограммам
- Универсальные программы анализа цифровых осциллограмм с функцией одно- и двухстороннего ОМП
- Микропроцессорные устройства одно-, двухстороннего и волнового ОМП ЛЭП повышенной точности

- Защита дальнего резервирования ответственных подстанций
- Микропроцессорные терминалы автоматической частотной разгрузки
- Микропроцессорные устройства центральной сигнализации
- Микропроцессорная автоматика управления дугогасящими реакторами 6-35 кВ

- Централизованные и распределенные защиты от ОЗЗ в сетях 6-35 кВ с функцией определения поврежденного фидера
- Микропроцессорные устройства автоматического ввода резерва АВР и БАВР для сетей 6-35 кВ
- Микропроцессорные устройства оперативных блокировок