

тана, этана и этилена. С учетом избыточного давления в системе охлаждения и объема ее водорода определялось расчетная концентрация соответствующего углеводорода. После пуска пробы вновь устанавливались пробоотборники. Через 8 часов, они снимались, из них извлекался и исследовался газ.

В результате выполненных анализов было установлено, что после впуска гради ровочного углеводорода в систему охлаждения генератора его количество, извлеченное из пробоотборника, увеличивается на один-два порядка по сравнению с фоновым.

#### Выводы по критериям, нормам и периодичности диагностики.

1. Применение ХАГ с пламенно-ионизационным детектором обеспечивает чувствительность анализа примесных углеводородов до  $10^{-5}$  % по объему и позволяет определить фоновые концентрации примесных углеводородов в водороде исправных генераторов.

2. Более чем десятилетний опыт применения ХАГ, систематизация и статистический анализ результатов определили следующие фоновые концентрации примесных газов в водороде исправных генераторов:  $\text{CH}_4 - 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-4}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_4 - 10^{-5} - 10^{-4}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6 - 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$  %, которые можно принять за предварительные нормы ( $\text{C}_2\text{H}_2 - 10^{-5}$ ).

3. Критерии оценки по абсолютной концентрации примеси ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ) является пока основными.

4. Динамика концентрации примеси также может служить параметром оценки наличия и степеней развития дефекта. При постоянной скорости процесса концентрация примеси нарастает с замедлением, достигая некоторого повышенного относительно фона установившегося значения.

При поверхностном или объемном расширении зоны разрушения нарастание концентрации будет ускоряться, сравнительно быстро достигая предельных значений.

УДК 621.316.925

## АДАПТАЦИЯ УСТАВОК МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗА

*Коваленко В.А., Шапкова М.В.*

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент ТИШЕЧКИН А.А.

Повышенные требования к сохранению устойчивости, надежности и живучести энергосистем могут обеспечить только совершенные устройства РЗ. При их разработке должно учитываться, что мероприятия противоаварийной автоматики по сохранению устойчивости разрабатываются только с учетом быстродействующих защит и не учитывают действия резервных ступеней защит, имеющих время срабатывания более 0,5 с. Для осуществления наиболее эффективного ближнего резервирования необходимо стремиться иметь время срабатывания II ступеней резервных защит от многофазных КЗ не более 0,5 с. Кроме того, необходимо также обеспечить повышение эффективности дальнего резервирования. Указанное может быть обеспечено увеличением чувствительности соответствующих ступеней резервных защит как от многофазных коротких замыканий (КЗ), так и от замыканий на землю.

Устройства РЗ на электромеханических реле и интегральных микросхемах имеют стабильные уставки. Параметры срабатывания этих устройств выбирают исходя из наиболее тяжелых расчетных условий, определяемых достаточно реальным сочетанием схем и режимов работы сети однако эти режимы и схемы могут существовать очень непродолжительное время. Такой выбор уставок приводит к неоправданному загроубле-

нию и замедлению устройств РЗ при реальной схеме и режимах, которые могут быть легче и продолжительнее, чем наилучшие расчетные.

С учетом изложенного было предложено выполнить защиту адаптивной с переменными уставками, переключаемыми специальным устройством автоматического переключения уставок РЗ (АПУ РЗ).

При разработке принципа организации АПУ РЗ на основании проведенного анализа были приняты следующие исходные положения. Следует предусматривать АПУ для II и III ступеней дистанционной защиты от многофазных КЗ и I–III ступеней токовой направленной защиты нулевой последовательности от замыканий на землю (ТЗНП) линий, автотрансформаторов и трансформаторов по параметру срабатывания (соответственно сопротивлению или току) и выдержке времени. Целесообразно также предусматривать АПУ ступеней названных выше защит в том случае, если хотя бы в одном наилучшем режиме:

- не обеспечивается коэффициент чувствительности  $K_{\text{ч}}$  в соответствии с ПУЭ;
- выдержка времени больше, чем во всех остальных режимах;
- значительно меньше зона (на 10 % и более), охватываемая I ступенью ТЗНП, чем во всех остальных режимах;
- во всех случаях для других ступеней, если предусматривается их АПУ по условию обеспечения необходимого  $K_{\text{ч}}$  или выдержки времени.

АПУ защит целесообразно производить реже и по возможности в ограниченном районе системы. Обоснованность такого решения определяется стремлением упростить выполнение АПУ РЗ и уменьшить время, необходимое для анализа и выдачи рекомендаций по переключению уставок.

В резервных защитах должна быть предусмотрена возможность осуществления АПУ измерительных органов (ИО) и органа выдержки времени (ОВВ) соответствующей ступени. При этом уставка может изменяться у ИО или ОВВ либо одновременно у обоих.

АПУ должно осуществляться на основании сравнения текущего режима сети с расчетным. При наступлении текущего режима, соответствующего расчетному, должны переключаться уставки (по сопротивлению и току срабатывания, а также по выдержке времени) на значения, соответствующие данному расчетному режиму. При этом уставки соответствующих ступеней для всех расчетных режимов (в которых предусматривается АПУ) должны быть определены заранее и в табличной форме заложены в соответствующий блок устройства АПУ РЗ. Основные функции этого устройства состоят в сравнении указанных режимов, выборке на основании этого сравнения из таблиц необходимых уставок и передаче необходимых управляющих сигналов для их выполнения в соответствующей ступени резервной защиты того или иного элемента подстанции (электростанции).

Для локализации повреждений в распределительных сетях энергосистем с односторонним питанием преимущественно используются токовые защиты со ступенчатой характеристикой выдержки времени.

Ступенчатые токовые защиты от междуфазных КЗ содержат в общем случае три ступени: первая ступень – токовая отсечка (ТО), обычно выполняемая без выдержки времени; вторая ступень – токовая отсечка с выдержкой времени (ТОВ), третья ступень – максимальная токовая защита (МТЗ). В зависимости от конкретных условий применения может использоваться одна, две или все три ступени защиты. Измерительными органами (ИО) всех ступеней являются органы максимального тока, включенные на полные токи фаз защищаемого объекта.

Чувствительность защит, оцениваемая как отношение минимального тока КЗ (обычно двухфазного) к току срабатывания ИО при известных величинах токов КЗ, оп-

ределяется током срабатывания  $I_{\text{ср}}$  ИО. Токи срабатывания ИО всех ступеней выбираются по наиболее тяжелым условиям симметричного режима. Ток срабатывания ИО ТО выбирается по условию отстройки от максимального значения тока трехфазного КЗ в конце защищаемого участка.

Такие защиты содержат большое количество ИО и имеют меньшую чувствительность к несимметричным повреждениям, чем к симметричным, что ограничивает область их применения.

Например, на предприятии РУП «Минскэнерго» не всегда удается обеспечить требуемую чувствительность МТЗ, равную 1,5. Для решения данной проблемы приходится вводить пуск по напряжению. Однако это тоже не всегда приводит к желаемому результату.

Улучшить основные показатели технического совершенства ступенчатых токовых защит, расширить область их использования возможно путем разработки адаптивных токовых защит, автоматически изменяющих свои характеристики в зависимости от вида КЗ, изменения режимов работы распределительной сети и других влияющих факторов. Это приводит к необходимости усложнения алгоритмов работы защиты, что не является определяющим при использовании современной микропроцессорной элементной базы и цифровых методов обработки входной информации. Такие защиты должны быть нечувствительны к эксплуатационным изменениям частоты в энергосистеме.

Для реализации устройства можно использовать серийно выпускаемые промышленностью микроконтроллеры, имеющие в своем составе таймеры, систему прерываний, постоянное запоминающее устройство для хранения промежуточных результатов вычислений, репрограммируемое запоминающее устройство для хранения уставок по току и времени срабатывания ступеней защиты, устройства ввода-вывода для подключения исполнительного элемента и других внешних устройств.

### Литература

1. Релейная защита и линейная автоматика электрических сетей 110–750 кВ // Сборник научных трудов. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
2. Романюк, Ф.А., Тишечкин, А.А., Ковалевский, А.В. Принципы выполнения адаптивной микропроцессорной токовой защиты от междуфазных КЗ // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 2. – С. 11–14.
3. Хэ, Жэньван, Чю, Ваньин, Шпунтова, А.Г. Идея адаптации уставок для систем защиты на микропроцессорной основе // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2004. – № 4. – С. 37–40.

УДК 621.311:618.5

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ С БЕСКОНЕЧНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ В СИСТЕМЕ VISSIM

Козлов Е.М., Родцевич А.Б.

Научный руководитель – канд. техн. наук, доцент РУМЯНЦЕВ В.Ю.

Фильтрами называют устройства, обеспечивающие выделение из выходного сигнала частотных компонент. Наиболее распространенными являются частотные фильтры, характеризующиеся своими АЧХ и ФЧХ. Фильтры являются основой для большинства приложений обработки сигналов. Типичное назначение – это извлечение или вырезка области спектра входного сигнала или определенной частоты. Аналогом первой производной для решетчатой функции является обратная разность: