

ИНТЕГРАЦИЯ ФУНКЦИЙ ЦИФРОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Гребченко Н.В.

Донецкий государственный технический университет

ivp@elf.dgtu.donetsk.ua

A possibility and expediency of diagnosing defended electrical equipment by relay protection devices is grounded. Is Brought an implementation An example of carrying-out diagnosing protection on the base of ground fault protection.

Эффективная и надежная работа основного электроэнергетического оборудования обеспечивается вторичными системами, которые условно могут быть разделены на следующие три: информационно-измерительная; управления; противоаварийной защиты и автоматики. Одной из задач информационно-измерительной системы является диагностирование первичного оборудования и вторичных систем [1]. При такой классификации систем видно, что функции диагностирования объекта и его защиты формально разделены. Для нынешнего уровня реализации диагностики характерно ее выполнение во многих случаях только на отключенном оборудовании. Поэтому можно сделать вывод и о практическом разделении функций защиты и диагностики. С другой стороны можно утверждать о некотором совмещении этих функций у существующих защит. Это становится возможным, если функционирование защит рассматривать как непрерывный процесс оценки текущего технического состояния защищаемого объекта и выявления момента наступления предельно допустимого состояния. Другими словами можно считать, что защиты выполняют дискретное диагностирование. Но не только такая интерпретация функций защиты подводит к идее интеграции функций защиты и диагностирования в средствах автоматики. Выполнение релейной защиты на микропроцессорах существенно расширяет возможности такой автоматики, и она по техническим параметрам становится приемлемой для реализации диагностирования.

В качестве одного из основных путей развития современной релейной защиты нужно считать переход от защит, выявляющих повреждения, к защитам, позволяющим обнаруживать дефекты и предотвращать их развитие. Некоторые авторы уже высказывали подобные предложения [1,2] и реализовали их для отдельных объектов [3,4].

В настоящее время расширяется использование цифровой элементной базы для реализации релейной защиты объектов электроэнергетических систем, что способствует существенному повышению ее технического совершенства [5]. Благодаря более совершенным способам представления и обработки информации об объектах повышается достоверность распознавания режимов объектов [5-7].

Теоретически замена аналоговой формы представления параметров режима (ток, напряжение, мощность и т.д.) на цифровую позволяет повысить точность измерений и удобство дальнейшей обработки информации. При этом следует иметь в виду, что при практическом решении различных задач требуется различная точность. Например, для релейной защиты и управления в большинстве случаев точность преобразования может быть ниже, чем для регистраторов аварийных сигналов, диагностирования и научных исследований. Реализация цифровой обработки информации для диагностирования требует использования отдельных АЦП для каждой величины. Это объясняется тем, что мультиплексирование сигналов на вход одного АЦП приводит к возникновению больших ошибок из-за неодновременности фиксации входных сигналов. Например, при расчете мгновенного значения величины активной трехфазной мощности по выражению:

$$P_{3\phi} = u_{ab} \cdot i_a + u_{cb} \cdot i_c.$$

требуется измерение двух фазных токов и двух линейных напряжений. Если замеры этих величин будут выполняться через время t , например равное 30 микросекунд, то ошибка Δp может достичь 3 %. (рис.1). Учитывая то, что изменение некоторых диагностических параметров может составлять величину такого же порядка, следует сделать вывод о необходимости одновременного измерения всех сигналов, используемых для диагностирования электрооборудования.

Современное развитие энергосистем требует дальнейшего повышения устойчивости их работы и снижения затрат на выработку электроэнергии. Одним из основных путей решения этой проблемы является предотвращение возникновения аварий за счет непрерывного диагностирования оборудования, выявления наиболее вероятных мест повреждений и своевременного их устранения. Конечно, возникновение некоторых аварий спрогнозировать невозможно.

Анализ причин и частоты возникновения повреждений показывает, что в большинстве случаев повреждения возникают в результате постепенных отказов и выработки ресурса электрооборудования. Поэтому значительную часть аварий можно предотвратить путем выявления возникновения дефектов на ранней стадии развития и своевременного их устранения. Для этого диагностика должна выполняться непрерывно, на работающем электрооборудовании.

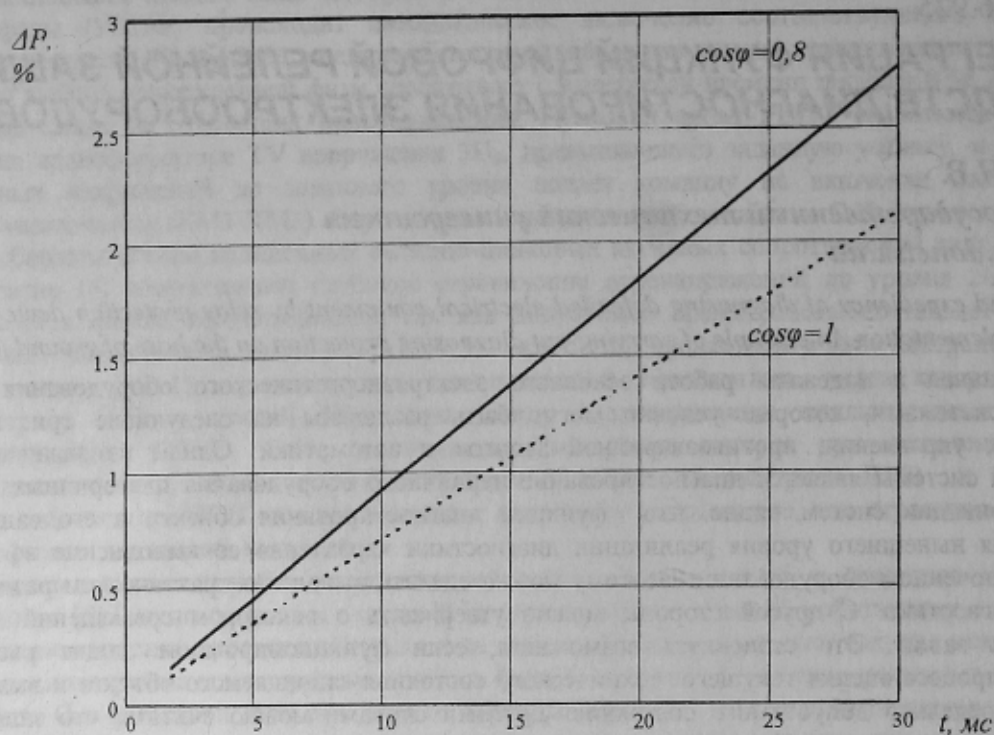


Рисунок 1-Зависимость ошибки расчета величины активной мощности от времени сдвига между замерами токов и напряжений

В этой ситуации может оказаться целесообразным изменение философии построения средств релейной защиты. Например, вместо основной и резервной защиты выполняется две или три защиты [4]. Вместе с тем, следует отметить, что не изменяется основная концепция, в соответствии с которой релейная защита остается децентрализованной и основное время находится в ждущем режиме. Она активизируется только в случае возникновения повреждения. Поэтому имеющаяся информация о состоянии объекта не используется полностью.

Таким образом, видно, что с одной стороны - современная элементная база РЗ является технологичной и адаптивной, а с другой стороны - задачи диагностирования могут решаться релейной защитой при ее соответствующей организации.

Задачи релейной защиты и диагностирования очень близки. Принципиальное их отличие заключается в том, на какой стадии развития дефекта вступает в действие та или другая автоматика. Диагностирование выявляет дефекты на ранней стадии их развития и благодаря этому представляет определенное время для анализа возникшей ситуации и принятия оптимального решения. Релейная защита срабатывает, как правило, тогда, когда остается только один путь решения возникшей проблемы - отключение объекта.

Автоматика может быть рассмотрена с двух сторон: с одной стороны технический уровень современной техники позволяет обеспечить требуемую точность обработки информации для диагностирования, с другой стороны - диагностирование может рассматриваться как высокочувствительная релейная защита, которая предотвращает появление большой части повреждений. Таким образом, релейная защита на микропроцессорной элементной базе при наличии соответствующих алгоритмов позволяет реализовать диагностирующие защиты. В связи с этим необходимо выполнить разработку теоретических основ построения диагностирующих защит. При этом представляется перспективным использование эвристических методов, в том числе генетического метода и метода поиска с запретом.

На первом этапе реализации диагностирующих защит экономически и технически целесообразно использовать защиты, находящиеся в эксплуатации. При этом предлагается основным требованием считать то, что эти защиты должны выявлять не все, а только наиболее часто возникающие дефекты, т.е. дефекты изоляции электрооборудования. Для этого лучшим образом подходят защиты от замыканий на землю, принцип действия которых основан на контроле величины и направления токов нулевой последовательности. В этом случае оценка качества изоляции может выполняться за счет повышения чувствительности защит. Другие виды частых дефектов или повреждений могут фиксироваться по изменению симметричных составляющих токов или напряжений. Например, наиболее характерные изменения параметров режима, характеризующие возникновение основных дефектов трехфазных электродвигателей, приведены в табл. 1. Эти данные положены в основу разработки диагностирующих защит электродвигателей собственных нужд тепловых электростанций.

Локальное снижение качества изоляции электроустановки необходимо рассматривать как наиболее вероятное место возникновения короткого замыкания, а поэтому его своевременное выявление является одним

из наиболее эффективных путей предотвращения повреждений электроустановок, в том числе и в системе собственных нужд тепловых электрических станций (ТЭС). При этом следует иметь ввиду, что в сети с изолированной нейтралью допускается относительно длительное существование замыкания фазы на землю. Если это замыкание сразу не переходит в короткое, то все равно оказывает отрицательное влияние на изоляцию всей сети. Поэтому благодаря непрерывному контролю изоляции сети генераторного напряжения и системы собственных нужд можно существенно повысить надежность работы ТЭС.

Таблица 1 - Наиболее характерные изменения параметров режима, характеризующие возникновение дефектов двигателей с.н.

Повреждение		Параметр режима				
		Ток обратной последовательности	Третья гармоника тока	Частота тока обратной последовательности	Ток нулевой последовательности	
Обмотка статора	Замыкание в одной точке		*		*	
	Витковое замыкание	*		*		
	Обрыв параллельных ветвей	*		*		
Ротор	Обрыв стержней к.з. обмотки	*		*		
Износ подшипников		*		*		

Оперативный контроль состояния изоляции, выполняемый путем измерения величины напряжения нулевой последовательности, имеет низкую эффективность. Это связано с тем, что он не обладает избирательностью и не позволяет выявлять повреждения изоляции на начальной стадии их развития.

Существующие селективные защиты от замыканий на землю, выполненные на принципе контроля величины токов нулевой последовательности, позволяют выявлять, как правило, только металлические замыкания или замыкания через небольшое переходное сопротивление. В основном это связано с тем, что защита отстраивается от бросков емкостных токов и поэтому имеет большую уставку срабатывания. Вместе с тем при отсутствии металлического замыкания по величине тока нулевой последовательности можно оценивать качество изоляции присоединения (кабель-двигатель или кабель-трансформатор 6/0,4).

Предлагается существующие защиты от замыканий на землю модернизировать таким образом, чтобы они одновременно выполняли функции защиты и диагностики защищаемого присоединения, т.е. превратить их в диагностирующие защиты.

В этом случае удастся наиболее рационально использовать средства автоматики, в том числе релейную защиту (РЗ), и обеспечить их информативное постоянное функционирование. При отсутствии повреждения устройства РЗ находятся в несработавшем состоянии и могут при соответствующей их организации давать информацию о состоянии защищаемого присоединения. Эта информация может представляться в виде сигнала о целесообразности или допустимой длительности дальнейшей эксплуатации присоединения. В данном случае принципиальное отличие режима диагностирования от режима защиты заключается в том, что выполняется не только сравнение диагностического параметра (например, величины тока нулевой последовательности) с его допустимым значением, но и оценка его величины, т.е. на сколько параметр превысил допустимое значение.

На рис. 2 приведен один из возможных вариантов модернизации существующей защиты от замыканий на землю. Защита выполнена на трансформаторе тока нулевой последовательности типа ТЗЛМ и реле тока КА типа РТЗ-51. Для повышения чувствительности защиты на время диагностирования в дополнительно намотанную на трансформатор тока обмотку $W_{доп}$ подается переменный ток [8,9].

Лабораторные исследования показали, что при наиболее благоприятных условиях диагностирующая защита реагирует на снижение сопротивления изоляции с 0,5 МОм до 0,43 Мом.

В настоящее время завершается монтаж опытного образца диагностирующей защиты на присоединении 6 кВ багерного насоса на одной из ТЭС.

В дальнейшем, при разработке и выпуске новых цифровых защит, необходимо закладывать в принцип действия соответствующих защит функции диагностирования защищаемых объектов. Один из вариантов исполнения диагностирующей защиты - первая ступень защиты (высокочувствительная) выявляет возникающие дефекты и подает соответствующий сигнал, а вторая - фиксирует возникновение коротких замыканий или других повреждений и действует на отключение защищаемого объекта.

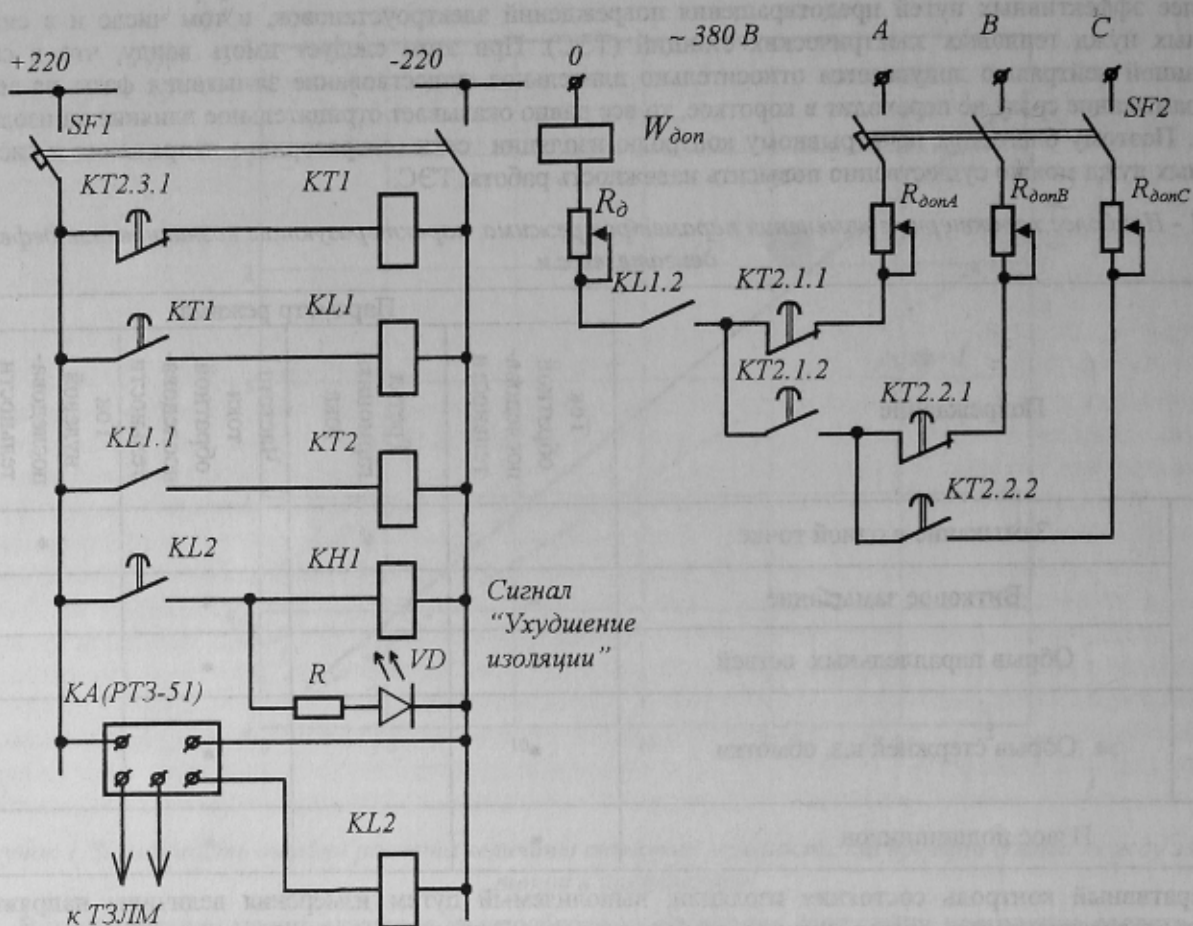


Рисунок 2 - Упрощенная принципиальная схема диагностирующей защиты от замыканий на землю присоединений собственных нужд электростанций

Выводы.

Интеграция функций релейной защиты и диагностирования электрооборудования без снижения технического уровня этих систем позволяет:

- оптимально использовать информацию о состоянии объектов энергосистем для оперативного управления;
- отказаться от дополнительной установки и использования специальных датчиков, трансформаторов тока и т.д.;
- упростить техническую реализацию диагностирования и снизить затраты на его внедрение;
- повысить надежность работы, как самих средств автоматики, так и обслуживаемого электрооборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интегрированные экспертные системы диагностирования в электроэнергетике // Стогний Б.С., Гуляев В.А., Кириленко А.В. и др.; Под ред. Стогния Б.С.; АН Украины Ин-т эл. динамики. Киев: Наук. думка, 1992. - 248 с.
2. Микропроцессорные гибкие системы релейной защиты // В.В. Михайлов, Е.В. Кириевский, Е.М. Ульяницкий и др.; под ред. В.П. Морозкина. М. Энергоатомиздат. 1988. 240 с.
3. Шевцов Е.И. Микропроцессорная система контроля изоляции и защиты статора мощного блочного турбогенератора от замыканий на корпус. Энергетика и электрификация. №6, 1995. с.24-28.
4. Микропроцессорная система защиты и диагностики агрегатов электродвигатель-механизм с Modbus интерфейсом // Ветров В.И., Ерушин В.П., Суворов А.В. и др. Schneider Automation Club. №7, 1999. с.14-17.
5. Усачев Ю.В. Основные пути обеспечения надежности функционирования РЗА ЕЭС России в условиях реформирования энергетики // Релейная защита и автоматика энергосистем 2000. Тезисы докладов XIV научно-технической конференции. ВВЦ г. Москва. СРЗА ЦДУ ЕЭС России 2000. с.3-5.
6. Стогний Б.С., Демин А.Е., Кузнецов А.В. Методы и принципы метрологического обеспечения измерительных каналов тока и напряжения в энергетике. Техническая электродинамика. 1995. № 1. с.59-63.
7. Пуляев В.И., Усачев Ю.В. Цифровая регистрация аварийных событий в энергосистемах. //М. НТФ «Энергопрогресс», 1999. - 72 с.
8. Гребченко Н.В. Автоматический контроль изоляции присоединений собственных нужд электрических станций // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: Обчислювальна техніка та автоматизація, випуск 3 - Донецьк: ДонДТУ. - 1999. - с.46-50.
9. Гребченко Н.В., Сивокобыленко В.Ф. Диагностика электродвигателей собственных нужд электростанций в стационарных режимах // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 5. Київ. 2000. 96-99 с.