Регистраторы аварийных событий. История и современность

Предыстория РАС

- С появлением большой энергетики (то есть, централизация выработки электроэнергии, ее распределение и доведение до конечного потребителя) возникли проблемы с повреждением оборудования, в первую очередь – линий электропередачи. Соответственно, потребовались средства достаточно быстрого отключения повреждений и отыскания мест повреждения

Плавкие предохранители. Нужны ли средства регистрации срабатывания?

- Первыми защитными устройствами в энергетике стали предохранители с плавкими вставками. На ранней стадии внедрения плавких предохранителей не было ни необходимости какой-либо сигнализации об их повреждении, ни технической возможности передачи соответствующей информации на соответствующий уровень оперативного управления. Плавкие предохранители, как правило, сохраняют свое состояние срабатывания (перегорания) до замены, что позволяет зафиксировать соответствующий факт оперативными средствами. Алгоритм достаточно прост: нет напряжения (или его существенное снижение) за предохранителем, есть напряжение до предохранителя – сгорел предохранитель. Есть нормальное напряжение за предохранителем, но нет у потребителя – ищите проблему в питающей линии.
- И сегодня, более века спустя после появления плавких предохранителей, не появилось заметной потребности в фиксации их перегорания. С данной задачей вполне справляются конечные потребители, в том числе устройства РЗА и элементы собственных нужд энергообъектов собственными средствами.

Автоматические выключатели. Нужны ли средства регистрации срабатывания?

- Вторым простейшим защитным устройством является автоматический выключатель (в просторечии именуемый автоматом), включающий в себя измерительный орган и коммутационный аппарат. Здесь также можно определить срабатывание по фактическому положению, отличающемуся от последней операции оперативного включения. Но большинство современных автоматов оснащаются сигнальными контактами, посредством которых можно выдать информацию на более высокий уровень оперативного управления – от старых традиционных устройств центральной сигнализации и сигнальных ламп до современных систем АСУ ТП.

Блинкеры и указательные реле – предшественники регистраторов аварийных событий

- С переходом от защитных устройств, совмещающих функции коммутационных аппаратов к устройствам релейной защиты, дающих команду на отключение выключателей в первичной цепи, возникла потребность в фиксации причины, по которой выключатель отключился. В связи с этим и появилась необходимость создания каких-то элементов, фиксирующих срабатывание устройств релейной защиты и автоматики. Такими элементами стали на первом этапе блинкер (механический элемент, изменяющий свое положение и вид для оператора при срабатывании какого-то устройства) и указательное реле. Указательное реле включает в себя собственно блинкер, соленоид, инициирующий его срабатывание без внешних механических воздействий, а в большинстве случаев – и закрепленные на блинкере контакты, выдающие информацию во внешние цепи. Наиболее характерным примером указательных реле является РУ-21 (две группы контактов с гальванической развязкой). Контакты выполнены без самовозврата, возврат в исходное положение (квитирование) после срабатывания реле выполняется оператором.

Светодиодная сигнализация – альтернатива электромеханическим указательным реле

- С переходом от электромеханических устройств РЗА к микроэлектронным (а впоследствии и к микропроцессорным) появились и потребность, и техническая возможность перехода от электромеханических указательных реле к светодиодной сигнализации. При этом есть немало примеров сосуществования электромеханических указательных реле и светодиодов в одних и тех же устройствах.
- Различия между этими средствами индикации событий довольно существенны и актуальны. Главный довод в пользу электромеханических указательных реле – сохранение информации о срабатывании во всех условиях, включая потерю оперативного тока на объекте и пожар на релейном щите (комплектном распредустройстве), приводящий к полному выгоранию устройств РЗА или регистраторов аварийных событий

Светодиодная сигнализация – альтернатива электромеханическим указательным реле

С другой стороны, светодиоды обладают рядом несомненных преимуществ:

- существенно меньшие по сравнению с указательными реле габариты;
- практически мгновенное действие в отличие от реле РУ-21, обладающих заметной инерционностью;
- легкость интеграции в микроэлектронные и микропроцессорные устройства;
- возможность оперативного контроля исправности;
- отсутствие необходимости какой-либо регулировки;
- стойкость к механическим воздействиям;
- отсутствие электромагнитных помех в отличие от электромеханических указательных реле.

Аварийные осциллографы и фиксирующие приборы – первые регистраторы аварийных событий

- В 50-е годы прошлого века появились первые серийные средства отыскания мест повреждения на линиях электропередачи по параметрам аварийного режима – фиксирующие импульсные приборы ФИП-1А, ФИП-1В. Впоследствии им на смену пришли ФИП-2А, ФИП-2В и более совершенные приборы ЛИФП, ФПТ, ФПН. Большинство из образцов этой линейки выпускались Рижским опытным заводом «Электроавтоматика».

Аварийные осциллографы и фиксирующие приборы – первые регистраторы аварийных событий

- Другим направлением регистрации аварийных событий стали светолучевые осциллографы, позволявшие отслеживать динамику процесса. Первые послевоенные годы отраслевая научно-исследовательская лаборатория измерений (ОЛИЗ) в Ленинграде – будущий завод «Вибратор» освоила выпуск аппаратуры общепромышленного, медицинского и военного назначения: магнитоэлектрический переносной четырёхшлейфный осциллограф (МПО4), восьмиканальный переносной электромеханический осциллограф МПО-2, 12-канальных осциллографов типа Н105 и механокардиографа Н106. На их основе были разработаны светолучевые осциллографы Н-11 (регистрация до 8 параметров аварийных событий на стандартной перфорированной кинопленке шириной 35 мм) и Н13 (регистрация до 12 параметров на рулонной фотобумаге шириной до 120 мм) для целей энергетики, которые вполне можно отнести к разряду регистраторов аварийных событий (РАС).

Первые средства ОМП

- Одним из существенных недостатков этих осциллографов было отсутствие возможности регистрации предшествующего режима. Этот недостаток был устранен в последующих разработках: автоматический аварийный осциллограф Н022 с записью предаварийного режима как самостоятельное устройство и магнитограф временной задержки Н049. использовавшийся как приставка к осциллографу Н-13 для записи предаварийного режима. Оба устройства были довольно сложны и ненадежны. Широкого распространения не получили. К другим недостаткам любых светолучевых осциллографов можно отнести:
- необходимость использования внешних пусковых устройств;
- довольно сложный процесс фотохимической обработки, при которой зачастую происходила потеря информации;
- сложность тиражирования осциллограмм (за исключением Н-11);
- отсутствие каких-либо средств анализа полученных результатов;
- ограниченное количество регистрируемых сигналов.

Первые микропроцессорные средства ОМП

- Существенным шагом вперед стала аппаратура МФИ-1, разработанная Рижским политехническим институтом и выпускавшаяся некоторое время на том же предприятии. Впоследствии эта же аппаратура под маркой МИР-1 выпускалась на одном из российских предприятий и стала основой для более совершенной аппаратуры. Главным достоинством аппаратуры этой линейки и другой аналогичной была возможность прямого замера расстояния до места КЗ и получения параметров аварийного режима (фазные токи и напряжения и их симметричные составляющие) для уточняющих расчетов.
- Впоследствии ЗАО «РАДИУС – Автоматика» освоило серию аппаратуры ИМФ разных модификаций, а последнее время – Сириус-2-ОМП, которая на сегодня является самой популярной аппаратурой в части прямого ОМП по параметрам аварийного режима. Рассмотрение других аналогичных устройств выходит за рамки настоящей статьи.

Цифровые осциллографы

- Одновременно с цифровыми средствами ОМП различные фирмы начали разработки цифровых осциллографов. Для некоторых из них (НПП ЭКРА, ЗАО Радиус Автоматика) это стало промежуточным этапом к разработке полноценных микропроцессорных устройств РЗА, для других – конечной продукцией, усовершенствованной в дальнейшем

Количество регистраторов аварийных событий

- В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) предусматривалась установка одного аварийного осциллографа на магистральную линию 330 – 750 кВ, одного на секцию (систему) шин 220 кВ, одного на две секции (системы) шин 110 кВ, при этом количество осциллографов может существенно различаться в зависимости от конкретной конфигурации распредустройства.
- Для определения мест повреждений на ВЛ 110 кВ и выше длиной более 20 км должны предусматриваться фиксирующие приборы.
- Количество определялось с точки зрения экономики. Сейчас с появлением МП УРЗА, которые наряду с основными функциями выполняют функции РАС, ограничения существенно сократились.

Взаимодействие между электромеханическими устройствами РЗА и регистраторами аварийных событий.

- Старые электромеханические устройства РЗА (собственно, как и более современные микроэлектронные), разрабатывались в то время, когда регистраторы аварийных были или в стадии разработки, или позволяли регистрировать ограниченное количество сигналов. Соответственно, в их схемы и конструкцию не закладывалась возможность регистрации отдельных ступеней защит.
- Удачное решение найдено ООО «Свей». Недостаток контактов отдельных реле компенсируется применением малогабаритных реле КРТ, КРН, разработанных для комплектации собственной аппаратуры АУРА и применяемых некоторыми сторонними производителями РАС для выполнения собственных задач. Реле устанавливаются в общем ряду зажимов рядом с обычными клеммами.
- Так, например, для защиты ЭПЗ-1636 необходима установка и коммутация до 15 дополнительных реле. Очевидно, что выполнение подобной задачи довольно трудозатратно, требует вывода защиты на длительное время и не оправдывает конечного результата. У микроэлектронных УРЗА подобная задача практически невыполнима.

Сосредоточенные или рассредоточенные регистраторы? Независимые или функция МП УРЗА?

- Перед тем, как рассматривать достоинства и недостатки различных систем, нужно определиться с понятием, что же относить к сосредоточенным, а что – к рассредоточенным регистраторам?
- В связи с тем, что четкой общепринятой терминологии в этом вопросе пока нет, предлагаются следующие термины и определения

Регистраторы аварийных событий. Особенности терминологии

- регистратор событий – устройство или функция комплектного устройства, фиксирующие в табличном виде изменение положения заданных физических и виртуальных элементов РЗА в нормальном и аварийном режиме;
- регистратор аварийных событий (РАС) – устройство или функция комплектного устройства, фиксирующие в виде осциллограмм параметры аварийного режима, а также изменение положения заданных физических и виртуальных элементов РЗА в аварийном режиме;
- сосредоточенный регистратор аварийных событий – регистратор, предназначенный для регистрации аварийных процессов всех присоединений распредустройства (объекта), у которого аналоговые и дискретные сигналы подаются или непосредственно в системный блок, или в датчики, располагаемые в непосредственной близости от него;
- рассредоточенный регистратор аварийных событий – регистратор, у которого аналоговые и дискретные сигналы подаются на датчики и периферийные устройства, расположенные непосредственно вблизи измерительных трансформаторов тока и напряжения или в другом удобном участке цепи;
- автономный регистратор аварийных событий – отдельное устройство, предназначенное для регистрации аварийных процессов одного присоединения и частично – смежных присоединений;
- групповой регистратор аварийных событий – отдельное устройство, предназначенное для регистрации аварийных процессов двух присоединений;
- функция РАС – вспомогательная функция МП УРЗА, аналогичная функциям регистраторов аварийных событий.

Сосредоточенные РАС

- Характерный пример сосредоточенного регистратора – аппаратура АУРА-256 (до 256 аналоговых и 512 дискретных каналов), АУРА-32 (32 аналоговых и 128 дискретных каналов) производства ООО «Свей». Датчики вынесены за пределы системного блока, но должны располагаться в непосредственной близости от него. То есть, аналоговые и дискретные сигналы необходимо вести к регистратору (или на ближайшие панели). Той же фирмой выпускается рассредоточенный (по определению производителя) регистратор АУРА-Р, где расстояние от периферийных блоков до центрального процессора может в зависимости от системы связи от 80 до 2000 м, что позволяет размещать датчики в удобном месте По несколько иной, но сходной системе строится ПТК «НЕВА-РАС» производства НПП Энергосоюз. К каждому автономному блоку регистрации, контроля и управления (БРКУ) может быть подключено до 64 аналоговых и 288 дискретных сигналов, при этом в единую сеть может быть объединено до 63 БРКУ. Датчики аналоговых сигналов размещаются в удобном месте и информация от них до БРКУ передается посредством облегченных кабелей (сигнальных и даже телефонных). При этом каждый БРКУ можно отнести к рассредоточенным регистраторам. Независимо от того, сосредоточенные это регистраторы или рассредоточенные, при сосредоточении всей информации в одном блоке (центральный процессор в системах АУРА, БРКУ – ПТК «НЕВА-РАС») снижается надежность системы. При отказе централизованного блока теряется вся информация.

Рассредоточенные РАС

- Этого недостатка лишены индивидуальные регистраторы для каждого присоединения. Наиболее характерный пример – Сириус-2 ОМП производства ЗАО «РАДИУС-Автоматика». Имеет 4 входа по току, 4 входа по напряжению и 21 дискретный вход. Наряду с основной функцией ОМП имеет функцию осциллографа.
- Функции регистраторов аварийных событий поддерживают многие (если не большинство) современных МП УРЗА. При отказе отдельного регистратора для одного присоединения информацию, хотя бы и частично, можно восстановить по показаниям смежных регистраторов.

Групповые РАС

- Промежуточную позицию занимают групповые регистраторы аварийных событий, рассчитанные на подключение 2-3 присоединений. Характерные примеры – регистратор БЭ 2704 900 производства НПП ЭКРА (до 16 аналоговых, до 32 внешних дискретных сигналов и до 8 датчиков постоянного тока), REMI 32/15 разработки Рижского технологического института (15 аналоговых и 32 дискретных сигнала). Могут охватить всю сторону 110 кВ подстанции по схеме «мостик» или одну секцию шин с двумя отходящими линиями. Даже при отсутствии альтернативных регистраторов на объекте некоторую часть информации можно восстановить по данным со смежных объектов.

РАС как отдельные устройства или встроенные функции МП УРЗА

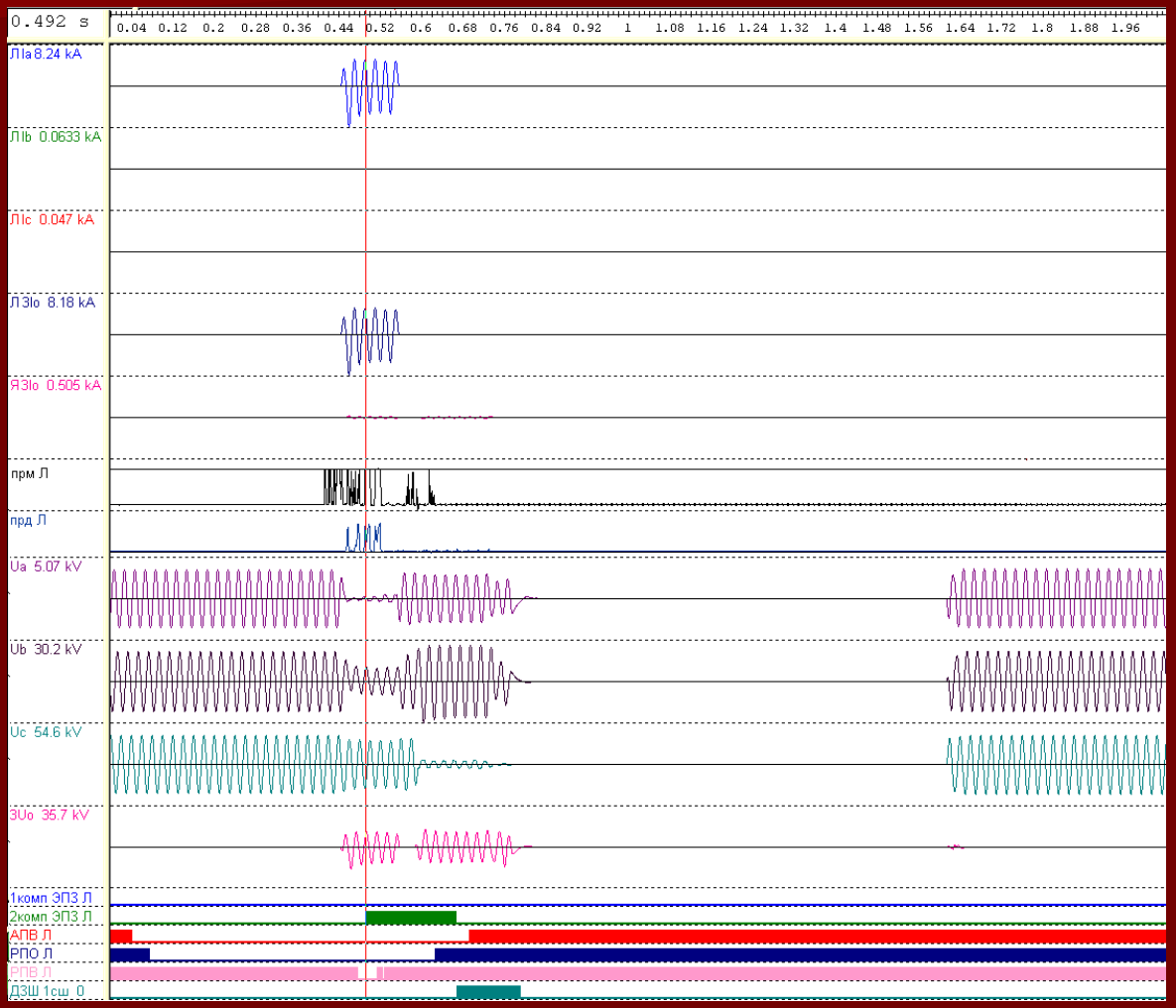
- Окончательное слово о технической возможности – за разработчиками, о необходимости – за представителями эксплуатации. Но и конечному пользователю очевидно, что каждое устройство должно выполнять свои конкретные функции. Довольно сложна регистрация срабатывания отдельных функций МП УРЗА внешним регистратором. За ним в большинстве случаев остается контроль за выполнением устройством РЗА своих задач в виде внешних воздействий. В данном случае внутренний контроль остается за самими МП УРЗА. ОМП в МП УРЗА запускается, как правило, по факту срабатывания защиты, автономные РАС позволяют выполнить пуск ОМП и запуск осциллографа по заданным параметрам аварийного режима или от внешних устройств независимо от срабатывания защит. Кроме того, РАС как функция МП УРЗА имеет крайне ограниченные возможности по регистрации срабатывания иных устройств РЗА, процессов в СОПТ и прочих существенных событий.

Итого: какие же принципы построения РАС наиболее разумны?

- 1. Подстанция нового поколения, оснащенная АСУ ТП, у которой основные, резервные защиты, сетевая и противоаварийная автоматика выполнены на микропроцессорных устройствах со встроенной функцией РАС. В дополнение к МП УРЗА могут устанавливаться средства ОМП с функцией контроля за срабатыванием УРЗА или без таковой, если АСУ ТП по своим скоростным характеристикам обеспечивает надлежащий контроль за последовательностью срабатывания отдельных устройств. Взаимный контроль за достоверностью измерения входных величин возлагается на параллельно работающие МП УРЗА (сравнительный анализ аналоговых сигналов, полученных из разных регистраторов).
- 2. Подстанция с частичной или поэтапной реконструкцией, на которой длительное время или на постоянной основе остаются электромеханические или микроэлектронные устройства РЗА. На первом этапе вполне разумно установить регистраторы независимые от МП УРЗА регистраторы аварийных событий. Здесь больше подойдут средства ОМП с функцией осциллографирования и регистрацией дискретных сигналов, которые сохранятся в работе и по завершении реконструкции.

Проблемы анализа полученной информации

- Рассмотрим осциллограмму одного реального события



Проблемы анализа полученной информации

На этой двухсекундной осциллограмме зафиксировано шесть (!) технологических нарушений:

- неуспешное АПВ линии;
- переход КЗ на шины;
- непонятное включение одного из присоединений;
- отказ в сборке шин после работы ДЗШ;
- повторное КЗ на линии – сначала двухфазное, потом трехфазное;
- не сработало автоматическое ускорение 3 зоны ДЗ с противоположного конца линии.

Только анализ для официального отчета с получением дополнительной информации от представителей на местах занял полный рабочий день. Полный анализ (элементы его приведены на страницах http://dororz.ru/os_25.htm) для выяснения концептуальных причин основного и связанных с ним событий занял куда больше времени и так до конца не завершен, так как объект пошел под полную реконструкцию, в связи с чем актуальность потерялась.

Проблемы анализа полученной информации

- Можно привести немало примеров, когда из-за отказа защит линии отключение повреждения обеспечивалось дальним резервированием (процесс длительности до минуты фиксировался несколькими регистраторами с разных объектов, десятки осциллограмм) или при серийных, в течение часов, а то и суток отключениях линий электропередачи в сложных метеоусловиях (сотни осциллограмм).
- В связи с этим проблема автоматизации анализа аварийных событий, (по крайней мере, его компонентов) представляется актуальной.

- Благодарю за внимание
  - Дорохин Е.Г.
    http://dororz.ru
    rzdoro@yandex.ru