

# Оснащение служб РЗА программным обеспечением

В настоящее время на предприятиях электроэнергетики применяется большое количество отдельных программных продуктов и комплексов, предназначенных для автоматизации задач сотрудников СРЗА.

Как правило, это существующие в рамках всего предприятия комплексы обработки заявок, автоматизированный документооборот, системы планирования ресурсов предприятия (ERP) и специализированное программное обеспечение для расчетов параметров аварийных режимов и уставок. Далее, говоря о программном обеспечении СРЗА, мы будем говорить о специализированных, предназначенных именно для СРЗА, инструментах, в некоторых случаях описывая их связь с инструментами смежных служб.

Часть повседневных задач сотрудников СРЗА не автоматизирована, часть задач автоматизируется при помощи офисного пакета приложений и средств операционных систем ПК сотрудников. Такой способ автоматизации обусловлен простотой реализации и внедрения и обеспечивает максимальную свободу реализации, но ведет к ряду проблем, основной из которых является неоднозначность хранения данных, разночтения и недостаточный контроль правильности ввода информации.

Зачастую программные продукты, применяемые в СРЗА, используют одинаковую информацию, требуя ее представления в разных форматах. Как правило, получение данных из источника и их преобразование в формат программ-получателя производится вручную и требует значительной части времени реализации всей задачи. Кроме того, данный процесс сопряжен с высокой вероятностью ошибок.

При анализе сложившейся ситуации возникло понимание необходимости сформировать общие требования к оснащению служб РЗА программными продуктами автоматизации повседневных задач, к программным продуктам и к подсистемам.

## Общие требования

**Распространенность.** В настоящее время в службе РЗА практически каждой энергосистемы, в филиалах СО ЭЭС и даже на предприятиях-потребителях с собственными электротехническими лабораториями есть программные продукты, автоматизирующие отдельные задачи, разработанные сотрудниками самого предприятия. Внедрение таких продуктов, как правило, проводится только на предприятии-разработчике, реже распространяется на другие предприятия региона, ну а распространение в пределах нескольких регионов – единичный случай. Такие продукты сильно усложняют внедрение других продуктов, поскольку имеют ограниченную совместимость и перекрывают часть функций вводимого ПО.

Распространенность программы или системы говорит о том, что ее характеристики устроили многих заказчиков, она в достаточной степени универсальна, чтобы подойти не одному предприятию.

Разработчики распространенной системы получают больше обратной связи о достоинствах, недостатках и возможных путях развития своего продукта, и, конечно, больше ресурсов на его улучшение.

**Специализированность.** Зачастую программные продукты, используемые специ-

алистами СРЗА, не имеют жесткой ориентации на автоматизацию задач именно служб РЗА: это универсальные продукты, применимые как в энергетике, так и в любой иной области. К таким продуктам можно отнести системы планирования, офисные пакеты и т. п.

Даже среди служб РЗА различных предприятий есть отличия, делающие инструмент, удобный для одних пользователей, менее эффективным для других. При этом практически везде применяется автоматизация отдельных задач с применением офисных пакетов программного обеспечения. Такой способ автоматизации имеет меньшую, чем у специализированных инструментов, эффективность.

Внедрение, изучение, эксплуатация и развитие программного продукта, созданного непосредственно для нужд служб РЗА, учитывающего требуемые ей данные, особенности ведения расчетов и составления отчетов, проходит с меньшими затратами.



**Обеспеченность сопутствующими услугами.** Для любого продукта, в том числе и программного, помимо его собственных характеристик, влияющих на выбор, учитываться обеспечение его жизненного цикла сопутствующими товарами и услугами. При приобретении автомобиля это расходные материалы, запчастки и доступность специалистов по обслуживанию и ремонту. Для программного продукта это обеспечение его производителем или поставщиком процесса внедрения, сопровождения, обучения применению и готовность к модификации под нужды заказчика.

**Совместимость (интегрируемость).** Вероятнее всего, для автоматизации отдельных задач сотрудников службы РЗА будут использоваться отдельные инструменты, что связано со следующими причинами:

- реализация полного комплекса средств автоматизации задач сотрудников СРЗА в рамках единого программного продукта крайне трудоёмкая;
- часть задач в любой службе уже автоматизирована;
- часть данных хранится в общих для нескольких служб предприятия базах.

Для обеспечения максимального удобства пользователей программы должны взаимодействовать и обмениваться данными с минимальным участием пользователя, в этом и заключается требование совместности. На уровне обмена данными совместность отдельных инструментов может быть обеспечена путем соблюдения требований информационной модели Common Information Model (стандарты МЭК 61968 и МЭК 61970).

Для реализации взаимодействия отдельные инструменты должны иметь программные интерфейсы, достаточные для их запуска, передачи данных и запуска выполнения конкретной задачи.

## Подсистемы

Попробуем составить список задач сотрудников СРЗА и средств их автоматизации, группируя их в подсистемы, то есть отдельные продукты или части программного комплекса, отвечающие за автоматизацию группы задач сотрудника СРЗА. Часть подсистем могут использоваться не только сотрудниками СРЗА, тогда мы постараемся описать требования к данной подсистеме с точки зрения автоматизации задач СРЗА.

**Обработка схем первичного оборудования.** Основным требованием к данной подсистеме является создание «активных» схем, из которых другие подсистемы могут получить информацию о схеме соединения первичного оборудования, и на которую они могут вывести результаты своей работы.

Хранение схемы в виде растрового изображения позволит работать только пользователю, при том, что такая работа не будет достаточно удобной, поскольку на такой схеме невозможен поиск по текстовым идентификаторам и трудоёмко вносить изменения в схему. Схема в виде векторного изображения, состоящего из отрезков, дуг и текста функциональнее, трудоёмкость ее изменения ниже, но такая схема также может быть обработана только пользователем.

В случае создания схемы путем расположения на ней объектов, описывающих различные виды оборудования, позволит другим подсистемам автоматически, без участия пользователя, получать данные об изменении схемы соединения первичного оборудования и выводить результаты своей на такую схему с учетом расположения объектов на ней.

Такая интерактивная схема является, пожалуй, самым удобным интерфейсом для взаимодействия пользователя. Вторым требованием к подсистеме является возможность обработки связанных схем разного уровня детализации, то есть связанных схемы сети, более детальной схемы энергообъекта, еще более детальной схемы собственных нужд или отходящей распределительной сети. Вывод всех уровней в одной схеме делает ее перегруженной, излишняя информация мешает пользователю. Предложенная организация позволит пользователю работать только с интересующей его в данный момент информацией, при сохранении связности элементов схем разных уровней для автоматической обработки смежными подсистемами.

**Паспортизация первичного оборудования.** Основными требованиями к данной подсистеме являются возможность автоматической передачи хранимых данных в смежные подсистемы и достаточность данных для проведения электротехнических расчетов.

Подсистемы расчета параметров схем замещения и выбора параметров срабатывания устройств РЗА должны автоматизировать, без участия пользователя, получать от данной подсистемы параметры первичного оборудования, необходимые им для расчетов. Это позволит избежать ошибок ввода данных пользователем, а также существенно сократить, если не исключить вовсе, трудозатраты на передачу и преобразование.

Требование автоматичности данных для проведения электротехнических расчетов означает, что подсистема должна обязательно хранить именно данные для расчетов, например, напряжения опыта короткого замыкания индуктора трансформатора при среднем и крайних положениях устройства регулирования напряжения. Данное требование не исключает хранения эксплуатационной информации, результатов испытаний и иной

информации, которая может быть востребована смежными службами.

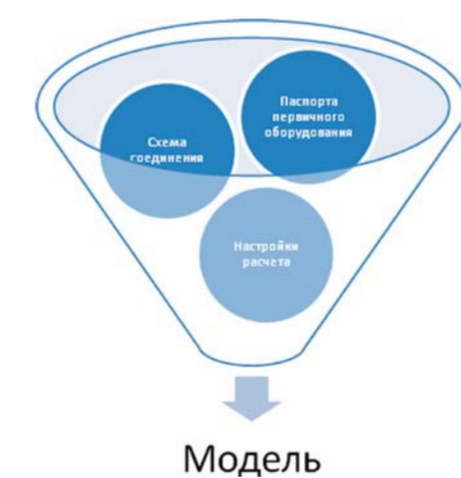
Отдельно следует отметить, что подсистема должна учитывать параметры всего оборудования, участвующего в формировании схем замещения электроэнергетической системы в средах моделирования нормальных и аварийных режимов, в том числе современные управляемые («умные») устройства (FACTS) и подобные.

**Расчет схем замещения первичного оборудования.** Одной из наиболее трудоёмких задач на сегодня является создание и актуализация моделей нормальных и аварийных режимов, результаты расчетов в которых используются при выборе параметров срабатывания устройств РЗА. При этом, не смотря на различия в назначении и принципе работы моделей, исходными данными для них являются в основном паспортные данные первичного оборудования и схема его соединения.

Требования к данной подсистеме складываются из ее назначения: обеспечение автоматизированного импорта исходных данных и экспорт результатов в соответствующие подсистемы с обеспечением минимальных трудозатрат пользователей.

Дополнительное требование складывается из необходимости взаимодействия с различными моделями: подсистема должна быть настраиваемой и позволять экспорт результатов в различных форматах.

**Расчет нормальных режимов.** Данная подсистема тесно связана с электротехническими расчетами и РЗА – ее результаты используются при отстройке уставок РЗА от нагрузочного режима и моделями аварийных режимов для уточнения напряжений в узлах модели в предаврийном режиме. Основное назначение – анализ нормального установленного режима, перетоков мощности, потерь и загрузки первичного оборудования – область компетенции смежных служб, тем не менее, необходимость учета

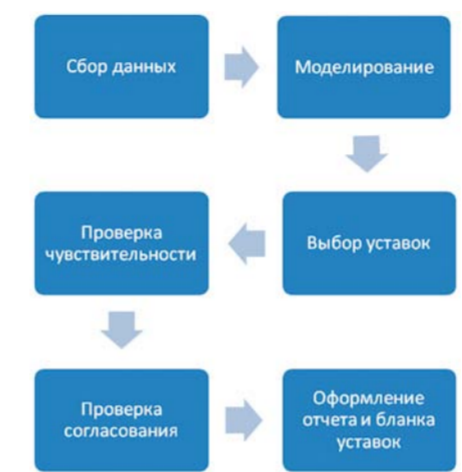


результатов моделирования нормальных режимов при электротехнических расчетах обуславливает требование либо совместности с инструментами смежных служб, либо использование собственного, либо построение совместной подсистемы с разделением прав и ответственности.

Помимо этого, данная подсистема должна учитывать установку продольных и поперечных статических и управляемых средств компенсации реактивной мощности и вставок постоянного тока, в противном случае применение такой подсистемы в скором будущем будет нецелесообразно ввиду расхождения модели и реальной сети.

**Расчет аварийных режимов.** Данная подсистема – одна из наиболее реализованных; существует большое количество программных продуктов как отечественного, так и зарубежного производства, уже внедренных

на предприятиях электроэнергетики. Наиболее распространенными из них являются АРМ СРЗА и его предшественник ТКЗ-3000 (ПК «Бриз», Новосибирск), которые применяются практически в каждой региональной энергосистеме в ОДУ и РДУ системного оператора, и на уровне магистральных и распределительных сетей.



Основным требованием к любой системе моделирования аварийных режимов является совместимость с существующей моделью, так как трудозатраты на составление модели заново много выше стоимости самих программных продуктов. Совместимость моделей позволит сравнить результаты расчетов и проверить математическую точность каждой из них.

Несмотря на распространенность реализации данной подсистемы, есть ряд ограничений, которые уже в скором времени потребуют их развития, а именно внедрение на предприятиях электроэнергетики современных средств управления перетоками активной и реактивной мощности (FACTS), вставка постоянного тока и иных современных элементов первичного оборудования.

**Расчет параметров срабатывания устройств РЗА.** Ввиду различия применяемых сегодня устройств РЗА как отечественных, так и зарубежных производителей, основным требованием к данной подсистеме является автоматизация расчета параметров срабатывания максимального количества (в идеале – всех) устройств РЗА, применяемых в энергосистеме.

Система расчета должна быть построена таким образом, чтобы минимизировать трудозатраты и возможность ошибки, при этом дать пользователю достаточную свободу для параметрирования устройств РЗА в соответствии особенностями объекта.

Подсистема расчета уставок должна иметь функции визуализации и согласования уставок ступенчатых защит. Визуализация повышает наглядность выбранных значений и требуется пользователю для анализа правильности расчета. Автоматизация согласования уставок ступенчатых защит смежных элементов энергосистемы позволяет повысить качество выполнения требования селективности действия устройств РЗА, а, следовательно, повысить правильность их работы.

**Проверка правильности параметров срабатывания УРЗА при изменении сети и нагрузочного режима.** В условиях изменения первичной сети и нагрузки потребителей изменяются условия эксплуатации смежных элементов, при этом корректно выбранные параметры срабатывания при предыдущей конфигурации первичной сети могут потерять актуальность. Задача проверки корректности параметров срабатывания устройств РЗА актуальна для сетей, в которых активно ведется капитальное строительство и ре-

конструкция и распределительных сетей. Дифференциальные и дистанционные защиты по принципу действия не так зависимы от изменений смежной сети, тем не менее, их также следует проверять. Задача проверки правильности параметров срабатывания схожа с выбором параметров срабатывания, но для ряда защит допустимо провести проверку отстройки от изменившегося нагрузочного режима.

Основное требование к данной подсистеме – автоматическое выявление устройств РЗА, действующие параметры срабатывания которых не соответствуют изменившимся нормальным и аварийным режимам энергосистемы.

**Классификация и учет установленных устройств РЗА.** Первоочередной задачей, стоящей перед сотрудниками РЗА, является учет установленных устройств, находящихся в их ведении. Для каждого устройства требуется учесть индивидуальные характеристики, такие как дата производства и установки или индивидуальный цикл профилактических работ. При этом, несмотря на индивидуальность места и способа установки, выходных цепей и настроек, устройства, выполненные на одинаковой элементной базе, требуется учитывать и обрабатывать совместно, например, при планировании закупок ЗИП.

Для этого применяется классификация, то есть выбор основных отличительных черт группы устройств и пренебрежение остальными. При классификации недостаточно учесть только марку реле или микропроцессорного терминала, свойства устройства зависят также от класса напряжения первичного оборудования и вида защищаемого объекта, на котором установлено устройство РЗА.

Основным требованием к данной подсистеме является обеспечение баланса между типизацией и учетом индивидуальных характеристик установленных устройств РЗА.

**Планирование и учет проведенного технического обслуживания УРЗА.** Данная подсистема предназначена для автоматизации трудоёмкой задачи составления многолетних графиков проведения профилактического контроля и восстановления устройств РЗА, и учета проведенных работ, в том числе и проведенных не в полном соответствии с графиком при планировании следующих.

Данная подсистема должна строиться в тесной интеграции с подсистемой учета установленных устройств, использовать индивидуальные параметры каждого устройства при планировании, позволять пользователю оперативно получить доступ к отчетам о проведенных работах.

Особым требованием к данной подсистеме является обеспечение ее безотказного функционирования в течение длительного промежутка времени.

**Обработка схем РЗА.** Несмотря на то, что схемы вторичных измерительных цепей, целей управления выключателями являются одни из видов документации служб РЗА и могут обрабатываться вместе с другими документами, есть ряд особенностей, которые обуславливают выделение этих документов в особую группу. Во-первых, схемы РЗА, как правило, хранятся непосредственно на подстанции и существуют в единственном экземпляре. Во-вторых, изменения схем должны фиксироваться специалистами РЗА непосредственно в ходе проведения работ на подстанции.

Эти отличия схем РЗА от других документов приводят к двум основным требованиям: возможность работы со схемами непосредственно на объекте и удобство создания и внесения изменений в существующие схемы.

**Учет автоматических отключений и анализа их действия.** Подсистема учета автоматических отключений предназначена для сбора статистических данных, анализа и предоставления периодической отчетности о качестве работы РЗА и выявленных причинах неправильных действий.

Основным требованием является реализация в подсистеме автоматического формирования отчетов в полном соответствии с действующими требованиями, а также возможность создания и изменения отчетов ответственными пользователями.

**Учет выявленных дефектов и времени вывоза устройств РЗА.** В ходе технического обслуживания или анализа неправильных действий устройств РЗА могут быть выявлены неисправности и заводские дефекты, препятствующие дальнейшей эксплуатации устройства. Важным для выявления тенденций и планирования является классификация и учет дефектов, учет и анализ длительности исправления дефекта.

Требованием к данной подсистеме является учет и классификация характерных для дефекта или неисправности особенностей для своевременного выявления тенденции и выбора способа предотвращения неправильных действий устройств РЗА. Учет времени вывоза требуется для анализа сложности работ по устранению, учета фактических сроков поставки ЗИП и оценки целесообразности разработки централизованных мер по предотвращению.

Подсистема должна быть тесно интегрирована с подсистемами классификации и учета устройств РЗА и учета автоматических отключений.



**Централизованное хранение осциллограмм.** Анализ действия устройств РЗА строится на анализе специалистом осциллограмм, которые могут быть записаны самим устройством РЗА или отдельным устройством. Несмотря на наличие универсальных стандартов записи и хранения осциллограмм, не все устройства и программное обеспечение обработки совместимы, а некоторые имеют собственный формат. Назначение данной подсистемы – создание централизованного универсального хранилища осциллограмм, совместного с конверторами из специальных форматов отдельных производителей в универсальный и общепринятый, например COMTRADE, и удобным средством просмотра осциллограмм.

**Анализ действия защит.** Неоднократные попытки производителей устройств РЗА создать инструменты автоматического анализа их действия показали, что их построение сложно реализуемо и крайне трудоёмко. Помимо этого, разработка связана с пониманием внутренних алгоритмов устройств РЗА, которые являются ноу-хау предприятия-производителя, а, следовательно, построение системы автоматического анализа для устройств РЗА несколькими производителями организационно затруднено.

В рамках данной подсистемы предлагается построение автоматизированного, а не автоматического анализа, то есть целью

подсистемы является не принятие решений, а предоставление пользователю максимального количества удобных инструментов: выявление событий на осциллограмме, сопровождение событий с векторными диаграммами для данного момента времени, построение годографов, составление шаблона отчета, требующего от пользователя минимального участия для составления конечного отчета.

**Классификация и учет средств измерений.** В большом количестве предприятий за обслуживание устройств РЗА и средств измерений отвечает одна служба. Фактически, задачи учета средств измерений и устройств РЗА имеют много общего. Для правильного построения подсистемы учета средств измерений требуется классифицировать их с учетом учета средств измерений и устройств РЗА имеют много общего. Для правильного построения подсистемы учета средств измерений требуется классифицировать их с учетом учета средств измерений и устройств РЗА имеют много общего. Для правильного построения подсистемы учета средств измерений требуется классифицировать их с учетом учета средств измерений и устройств РЗА имеют много общего.

**Планирование и учет проверок и калибровок средств измерений.** Планирование и учет работ по подтверждению достоверности средств измерений должно основываться на построении многолетнего графика. При построении графика должны учитываться дата производства и начала эксплуатации и индивидуальный для каждого средства измерения период проведения работ. Также должны учитываться работы, проводимые как самой службой, так и сторонними центрами стандартизации.

## Заключение

В статье приведен перечень программного обеспечения, оснащение которым службы РЗА, позволит повысить оперативность принятия решений, сократив время на поиск и обработку информации, проведения расчетов и составление отчетов.

Внедрение средств автоматизации должно снизить количество ошибок, связанных с «человеческим фактором», что в конечном итоге ведет к повышению качества электроснабжения потребителей.

Как видно, программное обеспечение, необходимое службам РЗА, достаточно само по себе, его выбор и внедрение должны проходить под контролем, а, в идеале, под управлением службы РЗА.

Рассмотренные выше принципы лежат в основе существующих программных продуктов ООО «ИЦ Бреслер». Программное обеспечение комплекса «Служба РЗА», программы автоматизированного расчета уставок «PSC2» и программы расчета параметров аварийных режимов «ТКЗ+». Данные продукты не покрывают всего спектра задач сотрудников служб РЗА, однако, часть оставшихся функций уже в стадии реализации. Об аспектах реализации и внедрения этих программных комплексов в следующих статьях.

Возможно, часть задач специалистов РЗА выпала из поля нашего внимания, и мы призываем присоединиться к обсуждению принципов, изложенных в статье, и совместными усилиями повысить степень автоматизации работы специалистов РЗА, избавить от рутинных, досадных оплошностей, и оставить больше времени на решение инженерных задач.

