

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТОВ УСТАВОК РЕЛЕЙНЫХ ЗАЩИТ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О. Г. ШИРОКОВ, А. А. КАПАНСКИЙ, Д. Р. МОРОЗ, А. С. ФИКОВ

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

В энергетических системах могут возникать повреждения и ненормальные режимы работы электрооборудования электростанций и подстанций, их распределительных устройств, линий электропередач и электроустановок потребителей электрической энергии. Повреждения в большинстве случаев сопровождаются значительным увеличением тока и снижением напряжения в элементах энергосистемы.

Резкое увеличение тока в большинстве случаев является следствием короткого замыкания в системе электроснабжения (СЭС). При коротком замыкании вследствие увеличения тока выделяется большое количество тепла, что в свою очередь приводит к нагреву линий и электрооборудования, по которому этот ток проходит, вызывая его разрушения.

Коротким замыканием (КЗ) называется всякое непредусмотренное нормальными условиями работы замыкание между фазами, а в системах с заземленными нейтралью (или четырехпроводных) – замыкание одной или нескольких фаз на землю (или на нулевой провод) [1].

Понижение напряжения нарушает нормальную работу потребителей электрической энергии и устойчивость параллельной работы генераторов и энергосистемы в целом.

Результатом ненормального режима могут быть отклонения напряжения, тока и частоты от допустимых значений. При понижении частоты и напряжения создается опасность нарушения нормальной работы потребителей и устойчивости энергосистемы, а повышение напряжения и тока угрожает повреждением оборудования и линий электропередачи.

Таким образом, для обеспечения нормального режима работы энергосистемы необходимо своевременно отключить поврежденный участок сети от неповрежденного, прекращая таким путем разрушения в месте повреждения. Это реализуется посредством релейных защит. Релейная защита является основным видом электрической автоматики, без которой невозможна нормальная и надежная работа современных энергетических систем. Она осуществляет непрерывный контроль за состоянием и режимом работы всех элементов энергосистемы и реагирует на возникновение повреждений и ненормальных режимов, воздействуя на специальные силовые выключатели или подавая сигнал дежурному персоналу.

Постановка задачи

Признак возрастания токов при КЗ используется для выполнения токовых защит, входящих в действие при увеличении тока в фазах линии сверх установленного

значения (уставки). Для правильной работы релейной защиты токовые уставки должны быть отстроены от токов нагрузки в максимальном режиме и от ее кратковременных толчков, вызванных пуском и самозапуском двигателей, колебанием нагрузки потребителей и другими причинами.

Одним из требований, предъявляемых к релейной защите, является обеспечение селективности. Под селективностью понимают свойство релейной защиты, характеризующее способность выявлять поврежденный элемент электроэнергетической системы и отключать этот элемент только ближайшими к нему выключателями. Однако сложность выполнения требования к обеспечению селективности возрастает с увеличением схемы электроснабжения и требует немалых затрат для ее соблюдения.

Важным условием для принятия нужной токовой защиты является ее проверка на чувствительность, под которой понимают способность распознать те повреждения и ненормальные режимы, на которые рассчитано реле. Проверка ведется по минимальному току короткого замыкания при повреждении в конце защищаемого участка. Для расчета токов КЗ необходимо построение схемы замещения системы электроснабжения, учитывая все ее сопротивления, что является весьма трудоемкой задачей.

Перечисленные выше требования показывают сложность проведения расчетов для выбора необходимой защиты в условиях развития системы электроснабжения. Инженерные расчеты без использования ЭВМ могут приводить к погрешностям при выборе тока срабатывания защиты и ее выдержки времени. В связи с этим ставится задача разработки программного обеспечения, позволяющего без значительных трудовых затрат и углубленных технических навыков рассчитать силу тока короткого замыкания в любой точке энергосистемы при повреждениях, а также выбрать необходимую защиту расчетного участка электрической цепи.

Существующие компьютерные программы

Энергоснабжающие организации уделяют большую роль правильному и быстрому выбору защиты линии при модернизации системы электроснабжения, поскольку ошибки при выборе токов срабатывания релейной защиты могут привести к ложному срабатыванию реле и нанесению ущерба организации. Поэтому многие предприятия заинтересованы в разработке и использовании компьютерных программ, позволяющих выбирать уставки срабатывания релейных защит автоматизированным способом. Рассмотрим положительные и отрицательные стороны существующих на сегодняшний день таких программ:

1. Компьютерная программа «Расчет уставок релейной защиты линий 6–10 кВ с микропроцессорными защитами с зависимыми характеристиками».

Программа решает следующие основные задачи:

- расчет тока срабатывания максимальной токовой защиты (МТЗ);
- расчет уставок токовой отсечки (ТО);
- согласование с последующей и предшествующей защитами;
- выбор типа зависимой характеристики устройств релейной защиты (УРЗ);
- расчет оптимальной уставки (коэффициента) времени выбранного типа характеристики УРЗ.

Для работы программы необходимо выбрать варианты исполнения последующей защиты и предшествующей защиты, что является весьма неудобным и эффективным лишь на определенных участках сети.

2. Компьютерная программа «Короткое замыкание kz1000 v 1.1».

Программа предназначена для расчета токов однофазного и трехфазного короткого замыкания на кабельных и воздушных линиях до 1000 В.

Недостатком данной программы является:

- отсутствие возможности изменения схемы электроснабжения;
- расчет токов КЗ ведется исключительно на напряжении до 1000 В.

Основным недостатком существующих программ является отсутствие возможности построения схемы электроснабжения, а также расчета токов КЗ для расчетной схемы, что в свою очередь приводит к невозможности оценки защиты по чувствительности.

Кроме указанных, существует большое количество программ для расчета токов короткого замыкания. Их использование лишь частично автоматизирует процесс выбора уставок релейной защиты. Для решения поставленной задачи необходимо программное обеспечение, обладающее комплексным подходом и универсальностью.

Основная часть

В рамках решения поставленной задачи был разработан программный комплекс «Электро-Расчет» (КЭР). Основным преимуществом созданного программного комплекса по сравнению с существующими программами является возможность графического построения однолинейной схемы электроснабжения. Для реализации данной функции была создана палитра элементов, необходимая для построения схемы электроснабжения, включающая в себя шестнадцать основных электроустройств, таких как генератор, воздушная и кабельная линии, двигатели, трансформаторы и др. Для проведения требуемых расчетов необходимо указать паспортные данные всех элементов расчетной схемы электроснабжения (мощность, напряжения, сверхпереходное сопротивление и др.) (рис. 1).

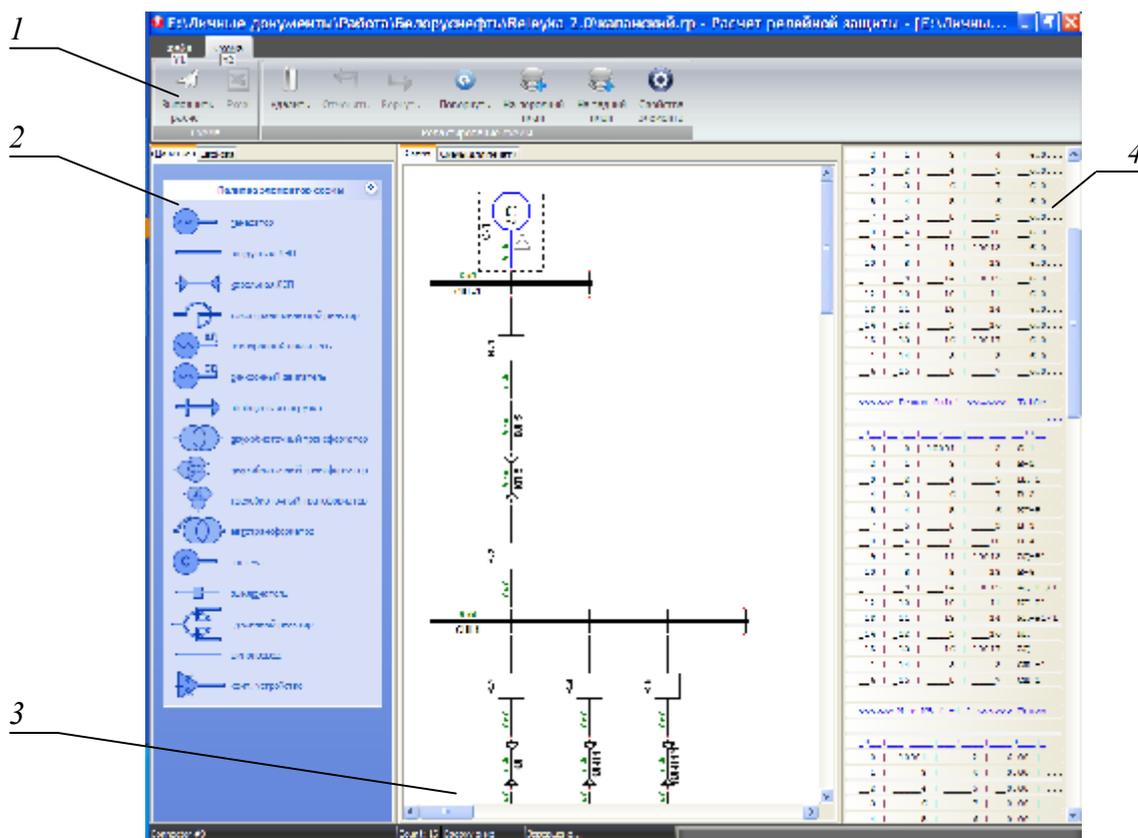


Рис. 1. Внешний вид программного комплекса «Электро-Расчет»:
1 – строка групп команд; 2 – палитра элементов; 3 – графический интерфейс
для ввода и редактирования схем электроснабжения;
4 – консоль этапности вычислений

Информацию о каждом созданном объекте СЭС можно хранить в базе данных, что позволяет ускорить процесс создания схемы при ее модернизации. В данном программном комплексе существует собственная база паспортных данных элементов системы электроснабжения. Однако паспортные характеристики не всегда являются типовыми, что затрудняет создание универсальной базы данных. Для решения этой задачи в программе предусмотрен ввод индивидуальных паспортных характеристик элементов. КЭР предусматривает создание электронной библиотеки вводимых элементов СЭС. В общем виде логическая структура базы данных программного комплекса представлена на рис. 2.



Рис. 2. Логическая структура базы данных программного комплекса

Одновременно с созданием схемы электроснабжения происходит ее преобразование в схему замещения в соответствии с [1], в которой показаны расчетные элементы СЭС в виде электрических сопротивлений. Автоматически нумеруются точки присоединения элементов схемы, для которых в дальнейшем производится расчет аварийных режимов.

Созданный программный комплекс КЭР способен производить расчет токов, протекающих в каждом элементе схемы электроснабжения, при нормальном и аварийном режиме работы системы. Расчет токов аварийного режима производится для всех видов КЗ методом узловых потенциалов [3]. На основании расчетных значений тока, в режиме максимальной и минимальной работы энергосистемы, происходит выбор типа применяемой релейной защиты и уставок ее срабатывания. Для выбора перечня необходимых защит элементов энергосистемы программа определяет место положения выключателя в расчетной схеме. По месту положения

определяется защищаемый объект, типы защит и уставки срабатывания реле, после чего производится проверка на чувствительность.

Результаты произведенных вычислений выводятся в электронном табличном виде в формате программы MS Excel и сохраняются в электронной библиотеке программы.

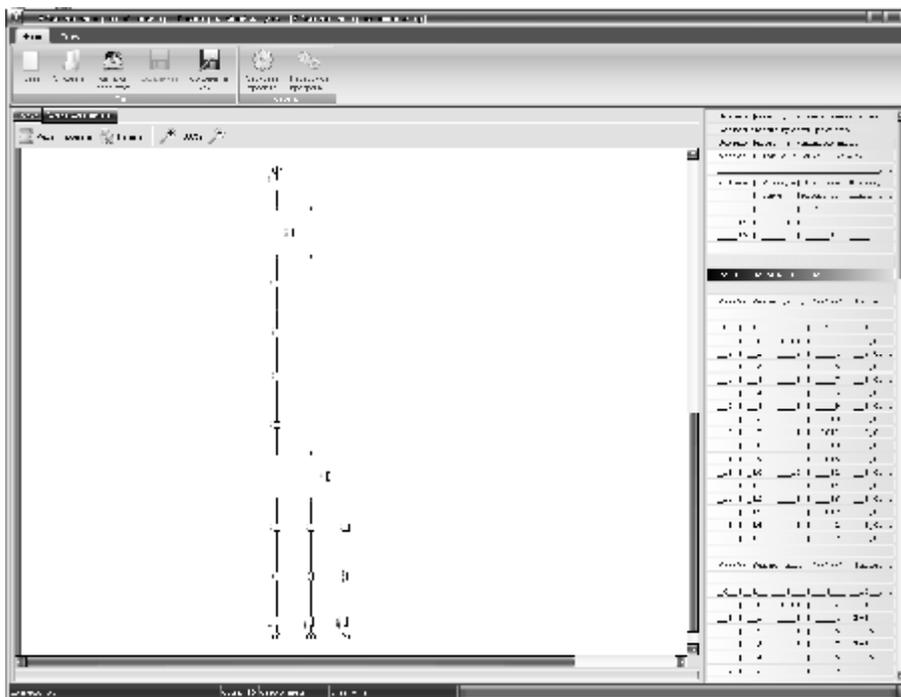


Рис. 3. Пример схемы замещения созданной системы электроснабжения

КЭР выполняет следующие функции:

- создание математической модели рассчитываемой СЭС, включающей в себя схемы замещения расчетной схемы для прямой, обратной и нулевой последовательностей;
- создание табличной формы хранения информации каждого элемента схемы электроснабжения;
- расчет аварийного режима, т. е. возникновения короткого замыкания, в каждой точке схемы электроснабжения методом узловых потенциалов в матричной форме;
- расчет уставок релейных защит для каждого выключателя;
- расчет токов в схеме электроснабжения при нормальных условиях.

Для реализации указанных функций в программном комплексе имеется четыре взаимодействующих между собой модуля (рис. 4).

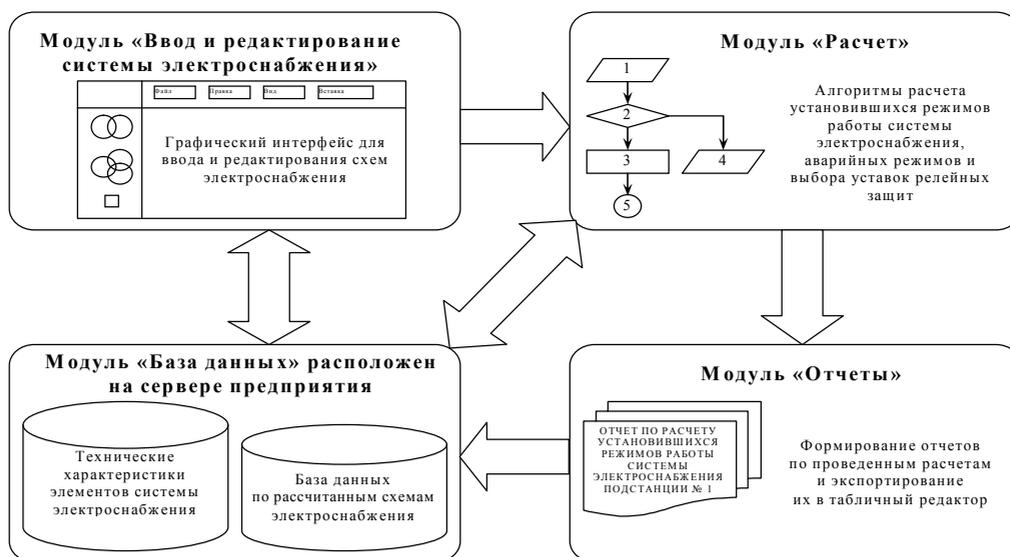


Рис. 4. Функциональная структура программного комплекса «Электро-Расчет»

К достоинствам программного комплекса «Электро-Расчет» можно отнести:

- простота интерфейса КЭР позволяет легко использовать программный комплекс любому пользователю;
- оперативность производимых вычислений, в сравнении с расчетом данной задачи в ручном режиме;
- способность пошагового контроля расчета;
- возможность изменения параметров схемы электроснабжения;
- возможность производить расчет для замкнутых сетей электроснабжения.

С помощью персонального компьютера, на котором установлен КЭР, можно подключиться к базе данных, хранящейся на сервере предприятия. После подключения к базе данных допускается двухсторонняя связь и обновление информации на персональном компьютере, а в случае проведения расчетов и обновление базы данных на сервере предприятия. Разработанная структура взаимодействия компонентов программного комплекса представлена на рис. 5.

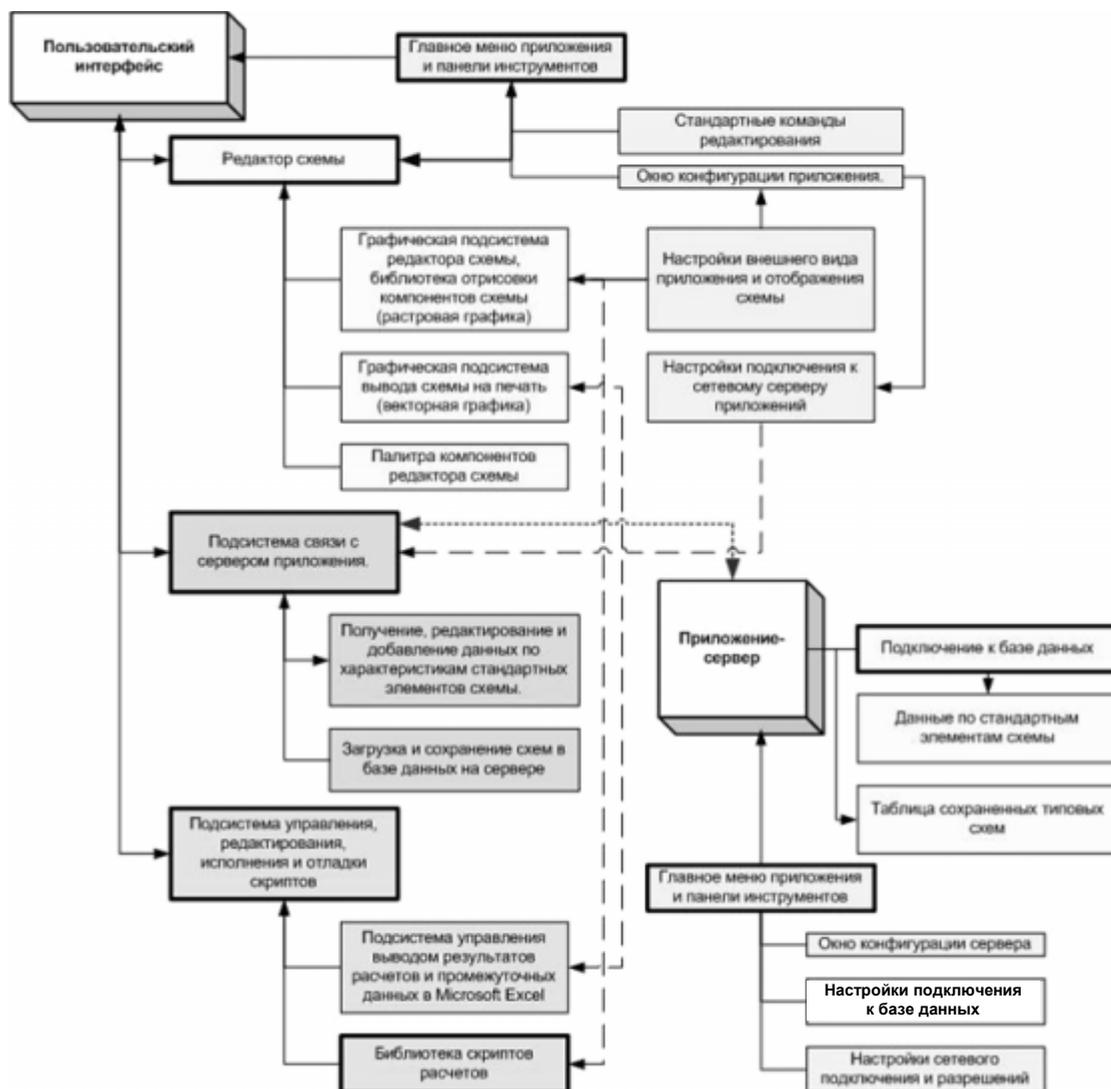


Рис. 5. ER-диаграмма программного комплекса

Ключевыми компонентами здесь являются пользовательский интерфейс и приложение-сервер. Посредством пользовательского интерфейса возможно выполнение редактирование компьютерной модели СЭС, что обеспечивает универсальность функционирования КЭР по отношению к объекту проектирования. Приложение-сервер здесь выполняет роль системы управления базами данных по типовым элементам СЭС предприятия и распределительным электрическим сетям существующих, модернизируемых и проектируемых подразделений предприятия.

Разработанный КЭР реализует основные принципы функционирования систем автоматизированного проектирования. В нем использован комплексный подход к решению задач проектирования релейной защиты, обеспечена модульность структуры и информационное единство, типизация и стандартизация используемых решений. Наличие библиотеки скриптов расчетов обеспечивает использование новейших методов решения задач и расширение функциональных возможностей КЭР.

Заключение

Разработанный программный комплекс, в отличие от большинства аналогичных, позволяет создавать математическую модель СЭС любой конфигурации и

производить на ее основе расчет токов КЗ и выбор уставок релейной защиты. При этом комплекс не требует от оператора углубленных технических знаний.

Наличие открытой библиотеки скриптов позволяет пользователю с более глубокими знаниями модернизировать программный комплекс и расширять его функциональные возможности.

Литература

1. Шабад, М. А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей / М. А. Шабад. – 3-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 296 с.
2. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения : ГОСТ 2.721–74. – Утв. постановлением Госстандарта СССР от 18 марта 1974 г. № 605.
3. Основы теории цепей / Г. В. Зевке [и др.]. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.

Получено 08.07.2010 г.