

УДК 621.316.925.1

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «ELPLEK» ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Кухарчук А.В., Жданова Д.И., Квитко Я.И., Кожевников Н.А., Чепкасов А.И.

*Пермский национально исследовательский политехнический университет,
Пермь, e-mail: r805@mail.ru*

Анализ программы ELPLEK, с целью подтверждения возможности использования для расчётов различных режимов и моделирование действия защит (выбор характеристик и места установки). Анализ программы включает в себя моделирование нормального и аварийных режимов, построение диаграмм токов, напряжений и карт селективности действия защит. При решении поставленных задач использованы методы теории электроэнергетических систем, электрических цепей, линейной алгебры, методы математического моделирования. Практическая значимость основных результатов статьи. Анализ описывает, что результаты расчётов, полученные с помощью программы «ELPLEK», в некоторых случаях предназначены для оценочных расчетов. Из-за отсутствия сертификации программа «ELPLEK» не может быть использована службами и организациями, занимающимися проектированием электрической части станций и подстанций. Возможно использовать в лабораторных работах как средство для выбора и выполнения согласования уставок защит, координации характеристик срабатывания реле, инструмента для контроля селективности и чувствительности устройств РЗА при изменениях схемы сети, места и вида повреждения.

Ключевые слова: ELPLEK, расчёт короткого замыкания, моделирование режимов, карта селективности, диаграммы тока и напряжения

ANALYSIS OF THE USE OF THE SOFTWARE «ELPLEK» FOR MODELLING RELAYING

¹Kukharchuk A.V., ¹Zhdanova D.I., ¹Kvitko Ya.I., ¹Kozhevnikov N.A., ¹Chepkasov A.I.

Perm National Research Polytechnic University, Perm, e-mail: r805@mail.ru

Analysis program EPLEK, with the aim of acknowledgment capabilities use for calculations different modes and modeling activities of protection (feature selection and installation location). Program analysis includes modeling of normal and emergency modes, the construction of the current diagrams, voltage and cards selectivity of action protections. When solving tasks used methods of the theory of electric power systems, electric circuits, linear algebra, mathematical modeling methods. The practical significance of the main results of the paper. Analysis describes the results of calculations obtained by «ELPLEK» program, in some cases designed for estimations. Due to lack of certificate program «ELPLEK» not be used by agencies and organization involved in the design of electrical stations and substations. But it is possible to use in laboratory work as a means for selection and implementation of harmonization of protection settings, coordination of relay tripping characteristics, the tool for controlling the selectivity and sensitivity of the relay protection and automation devices at the network diagram change, place and type of damage.

Keywords: ELPLEK, calculation of short circuit, modeling system modes, selectivity map, amperage and voltage diagrams

Основополагающими принципами при реализации положений Федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения является формирование образовательных компетенций. С целью повышения качества подготовки бакалавров в процессе изучения курса «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» значительная часть учебного материала должна быть освоена в рамках проведения лабораторных работ и самостоятельной работы. Следовательно, требуется расширение лабораторных практикумов и создания условий для самостоятельного освоения компетенций согласно плану дисциплины. На лабораторный практикум возлагаются следующие задачи:

1. Практическое закрепление полученных теоретических знаний.
 2. Приобретение навыков самостоятельной работы.
 3. Планирование и постановка инженерного эксперимента.
 4. Обработка и объяснение результатов эксперимента.
 5. Сопоставление результатов теоретического анализа с экспериментальными данными.
- Современная электроэнергетическая система состоит из генераторов, трансформаторов и потребителей различного рода и представляет собой сложный комплекс, оценка режимов работы и проектирование новых объектов электроэнергетики включает в себя решение задач релейной защи-

ты, системной автоматики и устойчивости энергосистемы. При этом возникает необходимость в расчётах несимметричных режимов при коротких замыканиях, неполнофазных включений и сложных видах несимметрии сети в одной или нескольких точках связанных со значительной трудностью и временными затратами.

Специализированные программные продукты дают возможность упростить решение этих задач, позволяя рассчитывать параметры электрической сети практически любой сложности в нормальных и аварийных режимах работы. Программный пакет *ELPLEK* является бесплатным, предназначенным для анализа режимов работы электроэнергетической системы средством. *ELPLEK* позволяет построить модель электрической системы с генераторами, трансформаторами, линиями электропередачи, шинами, выключателями и т.п. и установить релейную защиту [4]. В редакторе содержатся функциональные возможности для учета параметров моделей генераторов, трансформаторов, линий электропередач, шин, выключателей и других элементов электросетевого хозяйства, кроме того, имеется возможность настройки защит с различными параметрами, которые могут быть встроены в подготовленную модель энергосистемы. Моделируются взаимодействие элементов электроэнергетической системы и функций релейной защиты. Для построения модели электрической сети используется простой редактор с элементами в виде условных графических обозначений (редактор схем). Параметры элементов электрической сети задаются пользователем. Меню параметров каждого элемента зависит от вида элемента.

Анализ нескольких программных продуктов автоматизации проектирования

объектов электроэнергетики представлен в таблице.

Основные преимущества могут быть сформулированы следующим образом: программа бесплатная и имеет широкий спектр возможностей моделирования устройств релейной защиты (имеется возможность использования время-токовых характеристик *IEC*, *ANSI* (*ABB*, *Westinghouse*, *Schneider Electric* и т.д.) и настраиваемых пользовательских характеристик.

Расчеты аварийных режимов выполняются по стандарту *IEC 60909*, либо используя метод, подобный методу наложения при условии $X_d \gg X_q$. Рассчитывая электрическую сеть непосредственно или определяя потокораспределения, для электрической сети могут быть получены параметры режима перед коротким замыканием.

Возможно моделирование следующих режимов работы системы электроснабжения: короткие замыкания, обрыв линий, нормальные режимы с учетом положений устройств регулирования напряжений трансформаторов.

При моделировании режима работы системы электроснабжения нужно учитывать следующие допущения, влияющие на результат:

1. Предполагается, что параметры переходных режимов (X), X' и т.д.) являются постоянными, не учитываются изменения во времени, связанные с насыщением магнитных систем.

2. Не учитываются системы управления генераторами, в том числе регулирование возбуждения.

Пример схемы электроснабжения, построенной в пакете *ELPLEK* с результатами расчета существующего режима, представлен на рис. 1.

Аналогия «*ELPLEK*» с другими программами [4, 7, 10]

Возможности	« <i>ELPLEK</i> »	«Электрик v 7.8»	« <i>RastrWin</i> »
Моделирование аварийных режимов	+	+	–
Составление расчетной схемы	+	–	+
Расчет токов короткого замыкания	+	+	–
Расчет грозозащиты	–	+	–
Показание токораспределения	+	–	+
Расчет потерь мощности	–	+	+
Построение карты селективности	+	–	–
Построение диаграмм тока и напряжений	+	+	–
Выбор защит	+	–	–
Доступность	+	–	–
Простота в использовании	–	+	–

справа), протекающий через соответствующий трансформатор тока в модели системы электроснабжения, функциональные возможности так же позволяют выполнять автоматическое определение разности между временами срабатывания двух защит при заданном токе.

Функциональные возможности позволяют отображать на карте селективности до 16 характеристик выбранных реле с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока так и токов в реле при соединении трансформаторов тока в треугольник. Наличие специального суммирующего трансформатора тока, позволяет моделировать работу защит включенных на токи соответствующих последовательностей.

Реле дистанционной защиты могут быть настроены с четырехугольной либо круговой характеристикой [5]. На рис. 4 представлен

результат моделирования действия четырехступенчатой дистанционной защиты.

Дистанционное реле и реле максимального тока (PGQ -реле, электромеханические реле, реле повторного включения, реле с характеристиками определенными пользователем), могут иметь шесть наборов (групп) уставок, с возможностью перехода между группами в зависимости от положения выключателей в модели системы электроснабжения для различных конфигураций сети.

Возможности пользовательских настроек характеристик защит с использованием нескольких ступеней позволяют выполнять проверку селективности действия защит применяемых на напряжение до 1000 В, т.е. настраивать характеристики в соответствии с параметрами автоматических выключателей и предохранителей.

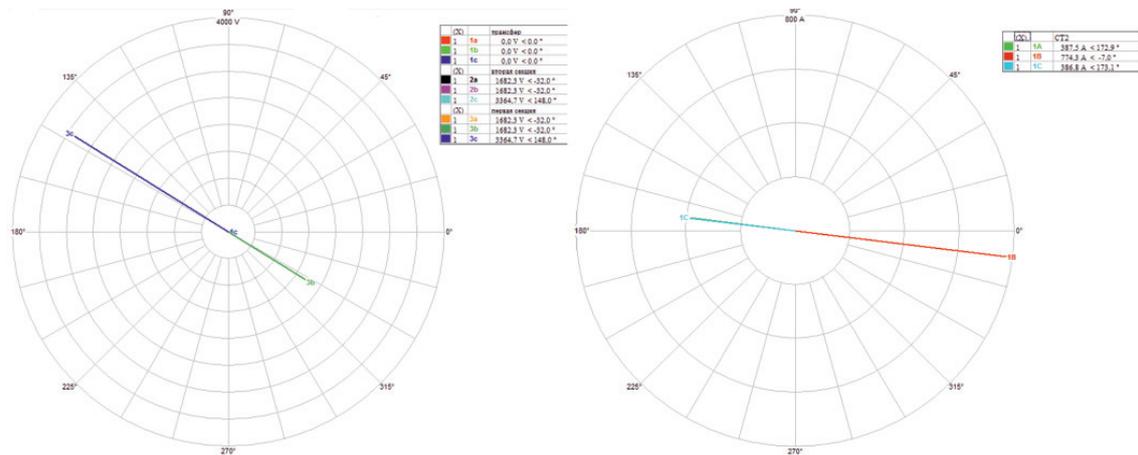


Рис. 2. Диаграммы токов и напряжений

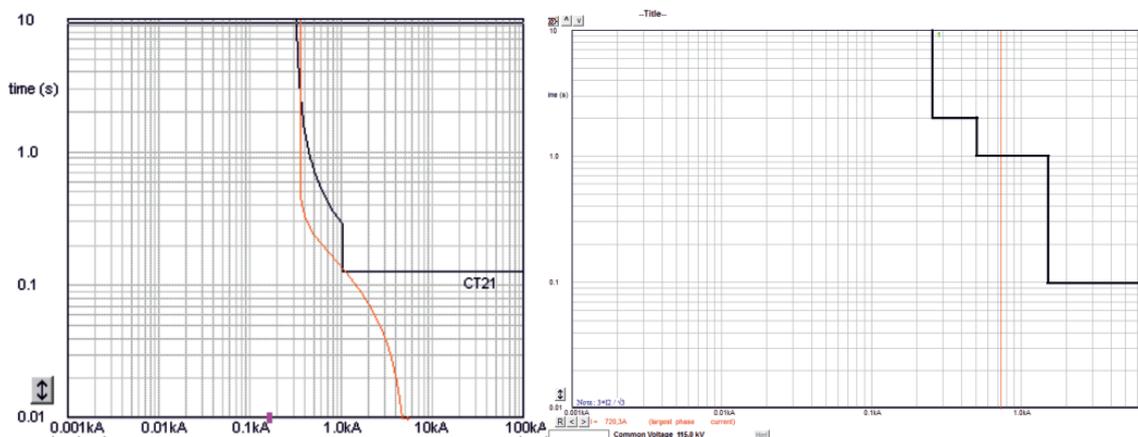


Рис. 3. Времятоковая характеристика защиты

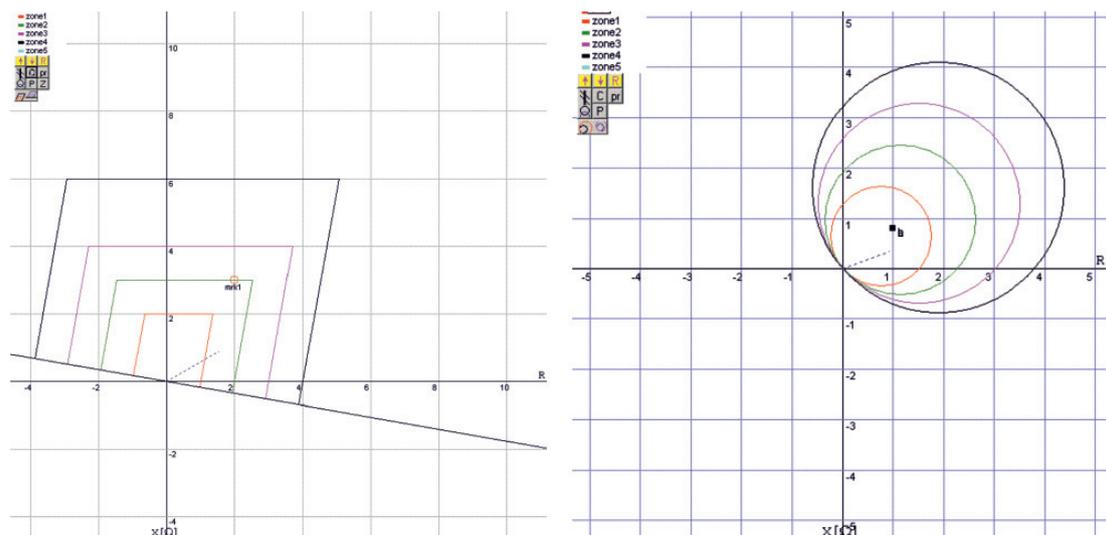


Рис. 4. Характеристика ступеней дистанционных защит

Проведённый анализ показал, что результаты расчётов, полученные с помощью программы *ELPLEK*, могут быть использованы при оценочных расчетах. Использование службами и организациями, занимающимися проектированием электрической части станций и подстанций, из-за отсутствия надлежащей сертификации, а также ограниченной функциональности недопустима.

В образовательном процессе *ELPLEK* может быть использован как хорошее наглядное пособие для выполнения работ, связанных с выбором и выполнением согласования уставок защит, координации характеристик срабатывания реле и предохранителей, инструмента для контроля селективности и чувствительности устройств релейной защиты при изменениях схемы сети, места и вида повреждения параметров работы нагрузки. Имеющиеся функциональные возможности делают *ELPLEK* аналогом систем имитационного поведения релейной защиты и автоматики и практически единственным решением, которое может быть рекомендовано студентам для облегчения освоения учебного материала.

Список литературы

1. Авербух А.М. Примеры расчетов неполнофазных режимов и коротких замыканий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1979. – 184 с.: ил.
2. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. Учеб. Для вузов по спец. «Электроснабжение». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1991. – 496 с.
3. Векторные диаграммы в релейной защите и автоматике. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2008. 80 с.; ил. [Библиотека электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 12 (120)].
4. Все о релейной защите [Электронный ресурс]. – <http://tza.org.ua/ELPLEK/view/Raschet-releynoy-zashchiti-->

ELPLEK--Russkaya-versiya-pomoshchi_2-8.html. (дата обращения: 20.12.2015).

5. Дистанционные защиты ПЗ – 157, ПЗ-158, ПЗ-159. – М., «Энергия», 1973. – 96 с. с ил. (Б-ка электромонтёра. Вып. 380).
6. Дифференциальная защита шин 110–220 кВ. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 93 с. ил. – (Б-ка электромонтёра, Вып. 560).
7. Программный комплекс «RastrWin» [Электронный ресурс]. <http://www.rastrwin.ru/rastr/modification.php> (дата обращения: 20.12.2015).
8. Чернобровов Н.В. Релейная защита. Учебное пособие для техникумов. Изд. 5-е, перераб. и доп. – М.: «Энергия», 1974. – 680 с.: ил.
9. Шабад М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1985. – 296 с.: ил.
10. Электротехнические программы [Электронный ресурс]. – <http://rzd2001.narod.ru/cu.html> (дата обращения: 20.12.2015).

References

1. Averbuh A.M. Primery raschetov nepolnofaznyh rezhimov i korotkih zamykanij. 2-e izd., pererab. i dop. L.: Jenergija. Leningr. otd-nie, 1979. 184 p.: il.
2. Andreev V.A. Relejnaja zashhita i avtomatika sistem jelektrosnabzhenija. Ucheb. Dlja vuzov po spec. «Jelektrosnabzhenie». 3-e izd., pererab. i dop. M.: Vyssh. shk., 1991. 496 p.
3. Vektornye diarrammy v relejnoj zashhite i avtomatike. M.: NTF «Jenerproprress», 2008. 80 p.; il. [Biblio-techka jelektrotehnika, prilozhenie k zhurnalu «Jenerretik»; Vyp. 12 (120)].
4. Vse o relejnoj zashhite [Jelektronnyj resurs]. – http://tza.org.ua/ELPLEK/view/Raschet-releynoy-zashchiti--ELPLEK-Russkaya-versiya-pomoshchi_2-8.html. (data obrashhenija: 20.12.2015).
5. Distancionnye zashhity PZ 157, PZ-158, PZ-159. M., «Jenergija», 1973. 96 p. s il. (B-ka jelektromontjora. Vyp. 380).
6. Differencialnaja zashhita shin 110–220 kV. M.: Jenergoatomizdat, 1984. 93 p. il. (B-ka jelektromontjora, Vyp. 560).
7. Programmnyj kompleks «RastrWin» [Jelektronnyj resurs]. <http://www.rastrwin.ru/rastr/modification.php> (data obrashhenija: 20.12.2015).
8. Chernobrovov N.V. Relejnaja zashhita. Uchebnoe posobie dlja tehnikumov. Izd. 5-e, pererab. i dop. M.: «Jenergija», 1974. 680 p. il.
9. Shabad M.A. Raschety relejnoj zashhity i avtomatiki raspredelitelnyh setej 3-e izd., pererab. i dop. L.: JenergoatomizdatLeningr. otd-nne, 1985. 296 p.: il.
10. Jelektrotehnicheskie programmy [Jelektronnyj resurs]. <http://rzd2001.narod.ru/cu.html> (data obrashhenija: 20.12.2015).