



УДК 621.316.925.1

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕРМИНАЛЬНЫХ  
МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ РЕЛЕЙНЫХ  
ЗАЩИТ «СИРИУС» ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ И  
КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ  
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ**

*Магомедов М. Ш., Ганошина М. О.,  
Хлебникова М. В.*

Донской государственный технический  
университет, Ростов-на-Дону, Российская  
Федерация

[magomedov.magomed.sh@gmail.com](mailto:magomedov.magomed.sh@gmail.com)

[mganoshina@list.ru](mailto:mganoshina@list.ru)

[marinahlebnikova7@gmail.com](mailto:marinahlebnikova7@gmail.com)

Приведена методика расчета уставок релейной защиты воздушных и кабельных линий от междуфазных повреждений и от замыканий на землю. Основными преимуществами расчета уставок с автоматизацией являются исключение ошибок, избавление от промежуточных расчетов, и, в итоге, ускорение расчетов.

**Ключевые слова:** воздушные линии, кабельные линии, дистанционная защита, проектирование, релейная защита, автоматизация, подстанция, оборудование, микропроцессор.

**Введение.** В рамках интеллектуализации энергетики внедряются микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики, которые выполнены в виде терминалов. Эти терминалы существенно расширяют набор функций релейной защиты и автоматики, что позволяет улучшить технические характеристики и придать им свойства искусственного технического интеллекта.

В настоящее время произошло расширение номенклатуры релейной защиты в энергетике. Сейчас в эксплуатации находятся устройства, реализованные на электромеханической, полупроводниковой и микропроцессорной базах. Это приводит к усложнению проектирования релейной защиты и автоматики, так как необходимо учитывать особенности всех устройств. Применение компьютерных технологий позволяет снять эту проблему. Очень часто для этого используются специально написанные программы.

Недостатком их является то, что редактирование этих программ недоступно для пользователя. Производители терминалов постоянно их совершенствуют, что приводит к необходимости корректировки расчетов уставок и других параметров.

UDC 621.316.925.1

**AUTOMATION OF DESIGN OF  
TERMINAL MICROPROCESSOR RELAY  
PROTECTION "SIRIUS" FOR OVERHEAD  
AND CABLE POWER LINES**

*Magomedov M. Sh. Ganoshina M. O.,  
Khlebnikova M. V.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,  
Russian Federation

[magomedov.magomed.sh@gmail.com](mailto:magomedov.magomed.sh@gmail.com)

[mganoshina@list.ru](mailto:mganoshina@list.ru)

[marinanlebnikova7@gmail.com](mailto:marinanlebnikova7@gmail.com)

The article provides the method of calculation of settings of relay protection of air and cable lines against interphase damages and from short circuits on the earth. The main advantage of calculation of settings with automation is the exception of mistakes and the absence of intermediate calculations, and as a result the acceleration of calculations.

**Keywords:** air power lines, cable power lines, distant protection, design, relay protection, automation, substation, equipment, microprocessor.

В этой связи необходимы компьютерные технологии с открытым кодом программы. Возможны различные варианты. Наиболее доступным является применение программы Excel, которая позволяет автоматизировать проектирование релейной защиты и автоматики, сохраняя для пользователя возможность внесения необходимых изменений в алгоритмы расчетов с учетом продолжающегося совершенствования терминалов.

**Теоретическая часть.** При расчете уставок микропроцессорных устройств релейной защиты для линий электропередач необходимо учитывать следующее:

1. Схему с номинальными напряжениями, длинами линий, марками проводов. Обязательно учитывают параллельность линий, частичную или полную, а также указывают расстояние между параллельными линиями.

2. Схему электрических соединений электростанций и подстанций с параметрами трансформаторов, автотрансформаторов (мощность, напряжение КЗ, группы соединения обмоток, пределы регулировки напряжения), генераторов (мощность, номинальное напряжение, сверхпереходное реактивное сопротивление), места установки и типы коммутационной аппаратуры.

3. Приведенные к шинам подстанций защищаемой сети величины сопротивлений прямой (обратной) и нулевой последовательностей других частей системы, соответствующие максимальному и минимальному режимам работы.

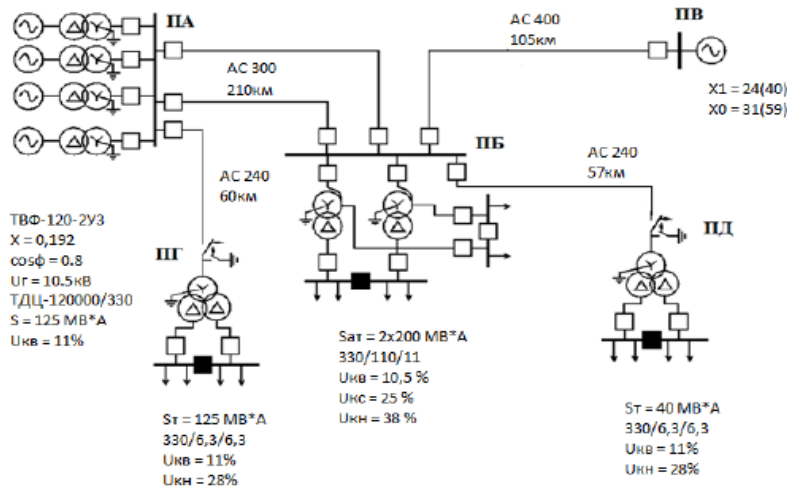
4. Места установки, типы и коэффициенты трансформации датчиков информации.

5. Присоединение потребителей к линии электропередачи глухими отпайками, что усложняет выбор уставок защит, особенно для параллельных линий.

**Практическая часть.** В качестве примера для автоматизации проектирования с помощью программы Excel была выбрана многоступенчатая дистанционная защита (ДЗ) линии электропередачи. Первая ступень ДЗ-1 предназначена для защиты большей части линии от междуфазных коротких замыканий. Вторая ступень ДЗ-2 обеспечивает защиту всей линии электропередачи при междуфазных коротких замыканиях. Третья ступень ДЗ-3 выполняет функции дальнего резервирования. Имеется специальная дистанционная защита от коротких замыканий на землю. Защиты работают с независимой выдержкой времени.

При расчете дистанционной защиты линии исходными данными являются: токи коротких замыканий по линиям, параметры линий электропередач, коэффициенты трансформации ТТ и ТН, угол нагрузки. На рис. 1 показано окно программы Excel, где изображены исходная схема электрической сети с линией электропередачи, для которой проектируется дистанционная защита, таблица для ввода исходных данных для и таблица с результатами расчетов основных параметров спроектированной дистанционной защиты. Для удобства пользователя разработан интерфейс, состоящий из множества всплывающих подсказок по входным параметрам и результатам расчетов.

Марка провода		$r_y, \text{Ом/км}$		$x_y, \text{Ом/км}$	$L, \text{км}$	Сопр. линий	Модуль
АС 300/48	$Z_x \text{ АБ}$	0,098	+	0,328	210	$20,58+68,88i$	71,89
АС 240/39	$Z_x \text{ БВ}$	0,075	+	0,323	105	$7,875+33,915i$	34,82
АС 400/51	$Z_x \text{ БД}$	0,12	+	0,331	57	$6,84+18,867i$	20,07
АС 500/64	$Z_x \text{ АГ}$	0,12	+	0,331	60	$7,2+19,86i$	21,12



Точки на схеме	Токи	9,10	11	12	13	25	26,28
Каскад откл у ПА 1'	1,821	0,296	1	0,704			
Каскад откл у ПБ 3'	1,753	0,358	1				
Каскад откл у ПБ 3'	1,629	0,427	1				
Точка Т3	4,841	0,296					
Точка Т3	5,306	0,179		0,642			
Точка Т10	3,554			0,642	0,642	1	
Точка Т11	0,341			0,639	0,639		1

ПА-ПБ	Угол	0,69	$X_{атв}$	67,91 Ом	$U_{ном}$	330
	Угол	0,707	$X_n$	37 Ом	$K_э$	0,85
ПБ-ПВ	Угол	0,835	$X_n$	18,24 Ом		
	Угол	0,704	$X_n$	538,4 Ом		
			$X_n$	21,12 Ом		

Наименование	Место Установк	Степень I	Степень II	Степень III	КчII	КчIII
ПА-ПБ	ПА	61,11	84,19	266,6	1,17	0,83
	ПБ	61,11	107,8	266,6	1,5	0,98
ПБ-ПВ	ПБ	29,59	81,76	221,2	0,67	0,25
	ПВ	29,59	90,45	221,2	1,38	0,25

Рис. 1. Формирование задания на расчёт в Excel

**Заключение.** Выполненная работа позволяет сделать вывод о целесообразности применения программы Excel для автоматизации проектирования релейной защиты с минимальными затратами времени.

#### **Библиографический список**

1. Руководящие указания по релейной защите. Релейная защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов 110-500 кВ: Расчеты. – Москва : Энергоатомиздат, 1985. — 96 с.
2. Дьяков, А. Ф. Основы проектирования релейной защиты электроэнергетических систем: учебное пособие / А. Ф. Дьяков, В. В. Платонов. — Москва : Московский энергетический институт (технический университет), 2000. — 249 с.
3. Микропроцессорное устройство защиты «Сириус-Т». Руководство по эксплуатации / Москва : ЗАО «Радиус Автоматика». — Режим доступа: [http://www.rzaproject.ru/sirius\\_t.pdf](http://www.rzaproject.ru/sirius_t.pdf) (дата обращения : 15.03.2018).
4. Засыпкин, А. С. Релейная защита трансформаторов / А. С. Засыпкин. — Москва : Энергоатомиздат, 1989. — 240 с.
5. Рекомендации по применению и выбору уставок дифференциального модуля SPCD 3D53 реле SPAD 346С. SPAD 346С. Дифференциальное реле с торможением. Руководство пользователя и техническое описание / АББ Реле Чебоксары. — Режим доступа : <http://www.14956361ff1a9ce.ru.s.siteapi.org> (дата обращения : 15.03.2018).
6. Методические указания по расчету уставок защит подстанционного оборудования производства ООО НПП «ЭКРА» / ОАО «ФСК ЕЭС», ООО «Исследовательский центр «Бреслер». — Режим доступа : [http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto\\_56947007-29.120.70.99-2011\\_n.pdf](http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/sto_56947007-29.120.70.99-2011_n.pdf) (дата обращения : 15.03.2018).