

УДК 621.316.925

А.Д. РЫБАЛКИН (канд. техн. наук, доц.), **В.И. НАГАЙ** (д-р техн. наук, проф.)
Южно-Российский государственный технический университет
a2610@yandex.ru

ВЫБОР НАГРУЗКИ НА ТРАНСФОРМАТОРЫ ТОКА ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ РЗ

Выбор нагрузки на трансформаторы тока при применении микропроцессорных устройств релейной защиты имеют ряд особенностей. В частности, необходимо добавить проверку на обеспечение времени достаточно точной трансформации. С целью повышения производительности труда проектировщиков рекомендовано применять разработанную авторами компьютерную программу.

Ключевые слова: трансформатор тока, выбор нагрузки, погрешность, ток короткого замыкания, микропроцессорные устройства релейной защиты.

В соответствии с требованиями ГОСТ 7746-2001 производители трансформаторов тока (ТТ) обязаны гарантировать работу ТТ с погрешностью не больше заданной при протекании по первичной обмотки ТТ вынужденной составляющей тока короткого замыкания (ТКЗ) с кратностью не больше заданной. При этом все три погрешности, а именно токовая, угловая и полная вычисляются за время равное периоду промышленной чистоты. Можно показать, что в зависимости от характера нагрузки и относительного содержания свободных составляющих в ТКЗ форма вторичного тока при одной и той же величине токовой погрешности будет существенно отличаться.

Алгоритмы функционирования современных микропроцессорных (МП) устройств релейной защиты (УРЗ) предполагают следующие действия:

- Сбор необходимого количества замеров тока, достаточного для обработки сигнала.
- Отработка алгоритма с выдачей сигнала в случае, если возникла такая необходимость.
- Производство замера и замена первого сигнала выборки со сдвигом всей последовательности замеров и добавление последнего сигнала к выборке.

Таким образом, видно, что современные МП УРЗ обрабатывают мгновенные значения тока. Следовательно, для алгоритмов функционирования МП УРЗ важно гарантировать мгновенное значение погрешности вторичного тока по отношению к первичному приведенному току, которое можно рассчитать по формуле

$$F_{\text{мгн}} = \frac{i_2 - i_1''}{i_1''} \quad (1)$$

где i_1'' - значение приведённого первичного тока в момент времени t ;

i_2 - значение вторичного тока в момент времени t .

Эта погрешность в процессе обработки данных, согласно алгоритму, становится составляющей итоговой погрешности. Кроме неё необходимо учесть методическую и инструментальную погрешности.

Важно так же обеспечить время, необходимое для сбора информации МП УРЗ.

Из этого следует, что три интегральные погрешности не обеспечивают достаточных условий, необходимых для анализа поведения УРЗ в условиях интенсивных электромагнитных переходных процессов и разработки алгоритмов функционирования УРЗ.

Кроме того, традиционная практика выбора нагрузки на ТТ сводилась к определению допустимой нагрузки по кривым предельных кратностей [6]. В настоящее время такой подход не всегда может быть реализован. Во-первых при проектировании отсутствуют кривые для ТТ, особенно иностранного производства. Во-вторых появились предложения применять ТТ с допустимой погрешностью 5%. В этом случае целесообразно применить метод базисных параметров [10].

Для выбора нагрузки на ТТ с учётом необходимости обеспечить время достаточно точной трансформации (ДТТ) [7] необходимо дополнить существующую методику выбора нагрузки на ТТ по этому условию.

Необходимость такой проверки объясняется тем, что кроме периодической составляющей в токе короткого замыкания может содержаться апериодическая составляющая, которая является однополярной. В этом случае насыщение сердечника ТТ происходит существенно быстрее, чем при воздействии только периодической составляющей. В [9] показано, что величина нагрузки, подключённой ко вторичной обмотке ТТ, влияет на время насыщения сердечника ТТ только в первом периоде. При насыщениях сердечника ТТ во втором и последующих периодах на момент наступления насыщения влияет постоянная времени затухания апериодической составляющей (T_1). Следовательно, величина $Z_{\text{доп}}$, выбранная по условию трансформации периодической составляющей с погрешностью не больше заданной является максимально возможной. В случае, если при выбранной таким образом величине $Z_{\text{доп}}$ время насыщения сердечника ТТ (длительность интервала ДТТ) оказывается меньше допустимого по условиям работы измерительных органов (ИО) защиты данного типа величину $Z_{\text{доп}}$ необходимо снизить.

© Рыбалкин А.Д., Нагай В.И., 2013

Такая работа по заданию ООО НПП «ЭКРА» была выполнена на кафедре «Электрические станции» Южно-Российского государственного технического университета (НПИ) и применяется при проектировании УРЗ проектным подразделением этого предприятия.

Проектирование релейной защиты и противоаварийной автоматики электрических станций и подстанций представляет достаточно трудоемкий процесс, включающий два вида работ:

- рутинные работы, которые занимают до 70-80 % времени;
- творческие работы, которые составляют соответственно 30-20 % времени.

В связи со сказанным представляется целесообразно рутинную работу алгоритмизировать, разработать для нее программы или процедуры и за счет внедрения этих программ повысить производительность труда проектировщиков и в целом снизить стоимость проекта [1]. Такие подходы уже известны и были предприняты. Работы по созданию программы выбора сечения кабеля в токовых цепях релейной защиты были начаты в Южно-Российском государственном техническом университете (Новочеркасском политехническом институте) еще в 70-80 годы 20 века [2]. Программы были разработаны для ЭВМ типа «Минск-32» и «ЕС ЭВМ». Они были внедрены в практику проектирования в Ростовском отделении института «Теплоэлектропроект», Ростовском и Горьковском отделениях института «Энергосетьпроект». Параллельно такие работы велись и в Павлодарском политехническом институте [3,4].

Известно два подхода при создании программ:

1. Создается программа, которая потом распространяется в качестве загрузочного модуля и в случае необходимости внести в нее изменение, рассылаются файлы всем пользователям, которые потом самостоятельно вставляют в готовые программы. Такой подход создает ряд неудобств, заключающийся в необходимости рассылки, отслеживания ситуации с тем внедрены ли эти изменения или нет, и приводят, в конечном счете, к тому, что у различных пользователей имеются различные версии программ.

2. Современное состояние информационных технологий позволяет предложить другой путь, который избавляет от необходимости рассылать файлы и следить за состоянием программ у пользователей и так далее.

Этот подход состоит в том, что применяются так называемые «облачные технологии». В применении к рассматриваемому вопросу используется только часть возможностей этих технологий, и сводятся к тому, что у разработчика программы на его сайте или на выделенном сайте располагается программа, которая решает поставленную задачу проектирования. Проектировщики получают доступ к этому сервису, внося некоторую абонентскую плату.

На серверах приложений выполняются прикладные части клиент-серверных приложений, а также находятся данные, доступные клиентам. Например, чтобы упростить извлечение данных, серверы хранят большие объемы информации в структурированном виде. В сервере приложений на запрашивающий компьютер пересылаются только результаты запроса. Приложение-клиент на удаленном компьютере получает доступ к данным, хранимым на сервере приложений. Однако вместо всей базы данных на компьютер проектировщика с сервера загружаются только результаты запроса.

Учитывая выше сказанное, нами разработана программа, реализующая методику проектирования с использованием передовых информационных технологий.

Демо-версия программы представлена по адресу: <http://adr.tmc-center.ru/user/steps/>.

Исходные данные вводятся в программу путём заполнения форм, часть которых приведена ниже:

Результат расчёта представлен в виде таблицы, которая без каких либо изменений подшивается к проекту (табл.1).

Таблица			1	-	Результат						расчета
Тип защиты	Вид КЗ	Тип ТТ	Схема соединения ТТ	Расчетное сечение (мм ²)	Сечение кабеля (мм ²)	Длина кабеля (м)	Напряжение на вторичной обмотке ТТ (В)	Z ^φ (Ом)	Z ⁰ (Ом)	Z ^{диф} (Ом)	
ДЗО-330	К(1) 3 ф.	ТФКН-330-1000-1-Р	звезда	0.9 1.51	1.5 2.5	120	288.7 287.9	2.5	0	0	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыбалкин А.Д. О системе автоматизированного проектирования релейной защиты. - Известия СКНЦ ВШ. Серия Технические науки. 1979, №3, с.30-32.
2. Подгорный Э.В., Рыбалкин А.Д. Негримовский П.Я., Зубкова Н.В. Автоматизация расчёта сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты// Изв. Вузов СССР – Электромеханика.1981г. №12.с.208-211.
3. Богдан А.В. Программный комплекс для расчёта погрешностей трансформаторов тока// Изв.вузов - Электромеханика. 1992.№6.-С.100-106.
4. Богдан А.В. Расчёт сечения контрольных кабелей трансформаторов тока, включённых на сумму токов. //Сб. Казахского политехнического института – Рабочие процессы и совершенствование теплотехнических устройств и электрических систем. Алма-ата. 1977. Вып. №8.-С.38-41.
5. Королев Е. П., Либерзон Э. М. Расчёты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты.-М.: Энергия, 1980.- 207с.
6. Указания по расчёту сечений жил контрольных кабелей в токовых цепях релейной защиты (вторая редакция). 5916-ТМ.Москва 1973
7. Добродеев К.М., Добродеев М.К. и Рыбин Д.В. «Расчёт защитных трансформаторов тока и их вторичных цепей (взгляд проектировщика)». Релейная защита и автоматизация. Чебоксары. 2012.С. 14-25.
8. Богдан А.В., Золотов Б.П., Подгорный Э.В. Сравнение численных методов расчёта переходных процессов трансформаторов тока на ЦВМ. ИВУЗ-Электромеханика. №2, 1974 . С. 163-172
9. Богдан А.В. Переходный ток идеализированного трансформатора тока. Изв. Вузов – Электромеханика,1972, №5, с.497-502.
10. Дроздов А.Д. Расчёт режимов трансформаторов тока в релейной защите по номинальным и базисным параметрам. – Электричество, 1968, №6 с. 72-75.

REFERENCES

1. Ribalkin AD About the computer-aided design of relay protection. - Proceedings SKNTS HS. Series of Technical Sciences. 1979, № 3, p.30-32.
2. Piedmont EV, Ribalkin AD Negrimovsky PY, Zubkov NV Automation of calculation of cross sections of control cables in the current circuit protection relay / / Math. Universities of the USSR - Elektromehnika.1981g. Number 12.s.208-211.
3. Bogdan A. Software to calculate the errors of current transformers / / Izvestija Vuzov-Electromechanics. 1992. № 6.- P.100-106.
4. Bogdan A. The calculation of the cross section of control cables transformers included in the sum of the currents. / / Proc. Kazakh Polytechnic Institute - Working processes and improve thermal and electrical devices. Alma-Ata. 1977. MY. № 8.-P.38-41.
5. Korolev, EP, Liebersohn EM Allowable loads in current circuit relay zaschity.-M.: Energiya, 1980. - 207C.
6. Guidelines for the calculation of cross sections of control cables in the current circuit protection relay (second edition). 5916-1973 TM.Moskva
7. Dobrodeev KM, MK Dobrodeev Rybin and DV "Calculation of protective current transformers and secondary circuits (view designer). Relay protection and automation. Cheboksary. 2012.S. 14-25.
8. Bogdan A., Zoloyev BP, Piedmont EV Comparison of numerical methods for calculating the transient current transformers on a computer. IVUZ-Electromechanics. Number 2, 1974. S. 163-172
9. Bogdan A. Transient current idealized CT. Math. Universities Electromechanics, 1972, № 5, p.497-502.
10. Drozdov AD Calculation modes of current transformers in relay protection in nominal and basic parameters. - Electricity, 1968, № 6. 72-75.

О.Д. РИБАЛКІН, В.І. НАГАЙ

Південно-Російський державний технічний університет

Вибір навантаження на трансформатори струму при підключенні мікропроцесорних пристроїв РЗ. Вибір навантаження на трансформатори струму при застосуванні мікропроцесорних пристроїв релейного захисту має ряд особливостей. Зокрема, необхідно додати перевірку на забезпечення часу достатньо точної трансформації. З метою підвищення продуктивності праці проектувальників рекомендовано застосовувати розроблену авторами комп'ютерну програму.

Ключові слова: *електрична система, нормальні режими, магістральні електромережі, довгі лінії електропередачі, неоднорідність, оптимальне управління, математичне моделювання.*

A. RIBALKIN, V. NAGAY

South-Russian State Technical University

Choice of Load of Current Transformers at Use of Microprocessor Devices of Relay Protection. Choice of load of current transformers at use of microprocessor devices of relay protection have a number of features. In particular it is necessary to add with check on providing time of rather exact transformation. For the purpose of increase of labor productivity of designers it is recommended to apply the computer program developed by authors.

Key words: *current transformer, loading choice, error, current of short circuit, microprocessor devices of relay protection.*