

УДК 621.31

**Олейников Дмитрий Николаевич, Вивчарь Павел Алексеевич,
Страхов Святослав Игоревич, Ястребов Сергей Сергеевич,
Казачков Максим Сергеевич, Лыхманова Виктория Ивановна,
Михнев Роман Фёдорович**

ПРОВЕРКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ПОМОЩЬЮ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА OMICRON CMC 356

Статья посвящена исследованию применения измерительного программно-технического комплекса OMICRON CMC 356 для проверки функционирования токовых защит, входящих в состав цифрового микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики «БМРЗ-ДЗ». Был смоделирован участок электрической сети электроснабжения района, составлена его схема замещения, рассчитаны токи коротких замыканий в характерных точках, рассчитаны уставки трёхступенчатой максимальной защиты, входящей в состав микропроцессорного устройства релейной защиты и автоматики «БМРЗ-ДЗ».

Ключевые слова: расчет режима сети, короткое замыкание, ИППТК OMICRON CMC 356, токовая защита, трёхступенчатая максимальная токовая защита, микропроцессорное устройство РЗА «БМР-ДЗ».

**Dmitriy Oleynikov, Pavel Vivchar, Svyatoslav Strakhov, Sergey Jastrebov,
Maksim Kazatchkov, Victoria Lykhmanova, Roman Mikhnev
CHECKING OPERATE CORRECTLY OVERCURRENT TRANSMISSION LINES
WITH TEST SET OMICRON CMC 356**

In this scientific article studied the use of measuring software and hardware complex OMICRON CMC 356 to verify the functioning of the current protections that are part of the digital microprocessor relay protection and automation «BMRZ-DZ». Short-circuit currents in the characteristic points are calculated three-stage setting maximum protection, which is part of microprocessor relay protection and automation «BMRZ-DZ» was modeled land area of electric power supply network, made up of its equivalent circuit are calculated.

Key words: calculation mode network, a short circuit, MPTC OMICRON CMC 356, overcurrent protection, three-stage overcurrent protection, RPA «BMRZ-DZ» microprocessor device.

В данной работе рассмотрено микропроцессорное устройство релейной защиты и автоматики НТЦ «Механотроника» – терминал релейной защиты «БМРЗ-ДЗ». Это устройство предназначено для выполнения функций релейной защиты, автоматики, управления и сигнализации присоединений напряжением от 0,4 до 220 кВ. Терминал БМРЗ-ДЗ обеспечивает выполнение функций токовой защиты и автоматики при любых видах повреждений на воздушных линиях.

Цель настоящей работы – создание документа по испытаниям для выполнения автоматической проверки функций токовых защит в цифровых устройствах релейной защиты и автоматики с применением измерительного программно-технического комплекса OMICRON CMC 356. В проведённой работе было исследовано функционирование трёхступенчатой максимальной токовой защиты (МТЗ) воздушных линий электропередач класса напряжения 110 кВ.

Трёхступенчатая максимальная токовая защита предназначена для защиты от междуфазных повреждений. Первая и вторая ступени выполнены с независимыми времятоковыми характеристиками. Третья ступень чувствительная, может иметь как независимую, так и зависимую характеристики, выбор типа которых осуществляется соответствующим программным ключом. В работе использовалась независимая выдержка времени третьей ступени МТЗ.

Функциональная схема алгоритма максимальной токовой защиты, реализованной в устройстве «БМРЗ-ДЗ», представлена на рис. 1.

С помощью измерительного программно-технического комплекса Omicron CMC365 на базе стандартного программного обеспечения Omicron Control Center был создан документ для автоматизированной проверки ступеней МТЗ в составе микропроцессорного устройства «БМРЗ-ДЗ». Схема подключения измерительного программно-технического комплекса Omicron CMC365 и микропроцессорного устройства «БМРЗ-ДЗ» представлена на рис. 2.

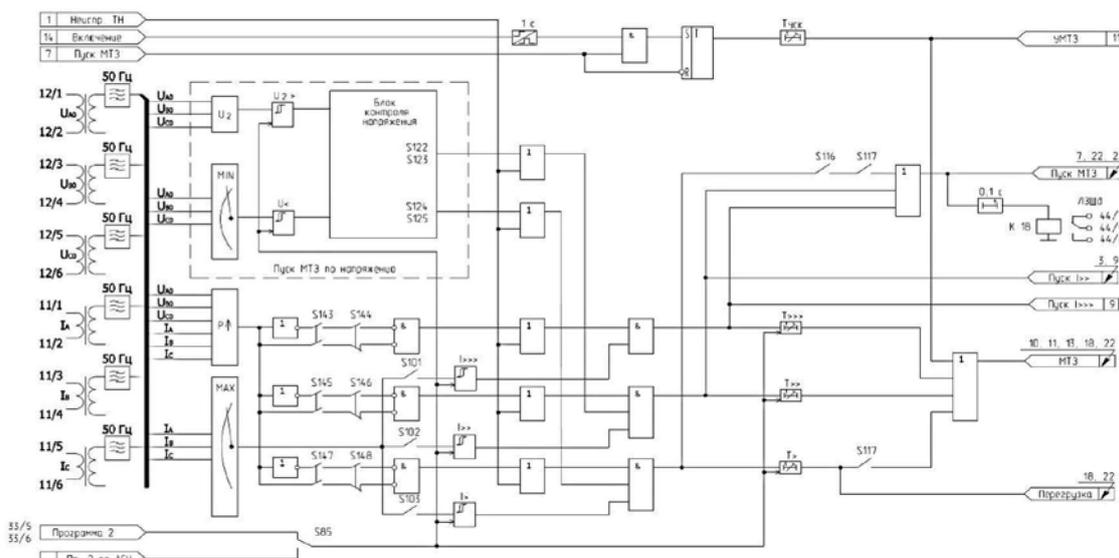


Рис. 1. Функциональная схема алгоритма максимальной токовой защиты, реализованной в устройстве «БМРЗ-ДЗ»

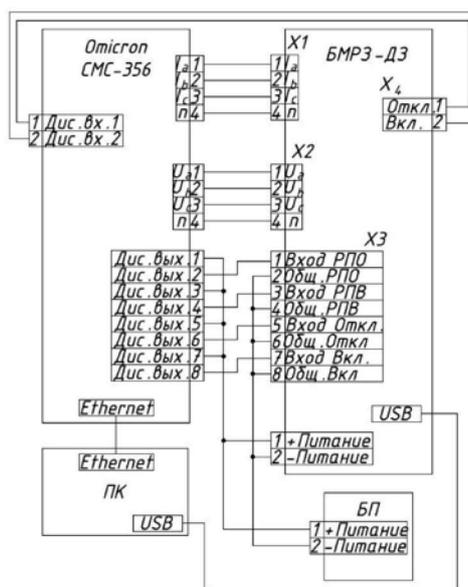


Рис. 2. Схема подключения измерительного программно-технического комплекса Omicron CMC365 и микропроцессорного устройства «БМРЗ-ДЗ»

Для целей выбора уставок МТЗ, при которых проводилась проверка, была создана модель участка электрической сети электроснабжения района, составлена его схема замещения, с помощью программного комплекса RastrWin рассчитаны токи короткого замыкания в характерных точках сети, рассчитаны уставки трёх ступеней МТЗ [1].

Схема замещения участка электрической сети района электроснабжения, используемая для отстройки ступеней максимальной токовой защиты, приведена на рис. 3.

На основании существующей методики расчёта и выбора уставок [2] были определены уставки для трёх ступеней максимальной токовой защиты линии: для первой ступени: $I_{\phi} \gg \gg = 21,567$, с выдержкой времени: $t_{cp} = 0,4$ с, для второй ступени: $I_{\phi} \gg = 2,855$, с выдержкой времени: $t_{cp} = 0,7$ с, для третьей ступени: $I_{\phi} > = 1,289$, с выдержкой времени: $t_{cp} = 1,5$ с.

Рассчитанные уставки были внесены в устройство «БМРЗ-ДЗ». Для проведения испытаний использовалась только OMICRON CCM 356, с помощью которого также имитировались логические сигналы включения и отключения выключателя с использованием бинарных выходов устройства Omicron CMC365.

В документ по испытаниям Control Center был внедрён программный модуль Pulse Ramping для определения токов срабатывания и токов возврата, коэффициента возврата.

Модуль Pulse Ramping генерирует последовательность импульсов, амплитуда которых пошагово возрастает или уменьшается. Амплитуда генерируемых импульсов пошагово нарастает, пока не произойдет одно из двух событий: достижение максимальной амплитуды сигнала или достижение порогового значения срабатывания по условиям испытания.

На основе модуля Pulse Ramping были составлены алгоритмы, согласно которым происходило постепенное приращение токов от номинальных рабочих до аварийных значений, рассчитанных на основе уставок МТЗ. Данные токи подавались на устройство «БМРЗ-ДЗ» для проверки трёх введённых в работу ступеней МТЗ [2, 3].

Таким образом, в модуле Pulse Ramping были созданы пять состояний, моделирующие линейно изменяющиеся величины токов и напряжений, возможных в реальной электрической сети. Первое состояние ЛИС имитировало включение линии на номинальный ток сети, при котором на логические входы «БМРЗ-ДЗ» подавались дискретные сигналы «Включение выключателя» и «РПВ». Второму состоянию соответствовало отключение сигнала «Включение выключателя» и наличие только сигнала «РПВ», причём в первых двух состояниях поддерживался номинальный ток линии. Третье состояние – увеличение токов от номинального до значения выше тока уставки проверяемой ступени МТЗ. При срабатывании МТЗ на логические входы испытательного программно-технического комплекса подавались сигналы «Выключение выключателя» – на первый вход, «РПО» – на второй вход. Логика модуля Pulse Ramping была реализована так, что при появлении дискретных сигналов ИПТК фиксировал значения токов срабатывания устройства защиты и останавливал дальнейшее их линейное приращение. Заранее в документе по испытаниям было задано амплитудное значение приращения тока на одну ступень: $i = 500$ мА, длительность ступени: $dt = 100$ мс и соответственно скорость приращения линейно изменяющейся величины (в данном случае токов трёх фаз): $di/dt = 5$ А/с. Далее созданным документом предусматривалось проведение проверки тока возврата измерительных органов ступени МТЗ при уменьшении токов до величины нормального режима с той же по модулю скоростью: $di/dt = -5$ А/с – состояние 4 ЛИС. При этом ИПТК фиксировал величину тока возврата при пропадании сигнала «Выход 1» на втором логическом входе.

Последним состоянием (состояние 5) алгоритмом документа производился сброс сигнализации и отключение токов нагрузки. После проведённых испытаний документ проверки первой ступени МТЗ выводил на экран фактическое значение тока срабатывания, тока возврата и коэффициент возврата, определялось отклонение от указанных номинальных значений. Определение коэффициента возврата вычислялось согласно следующему выражению:

$$\left. \begin{aligned} U_{l\min} &= U_l (1 - t\gamma_l) \\ U_{l\max} &= U_l (1 + t\gamma_l) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

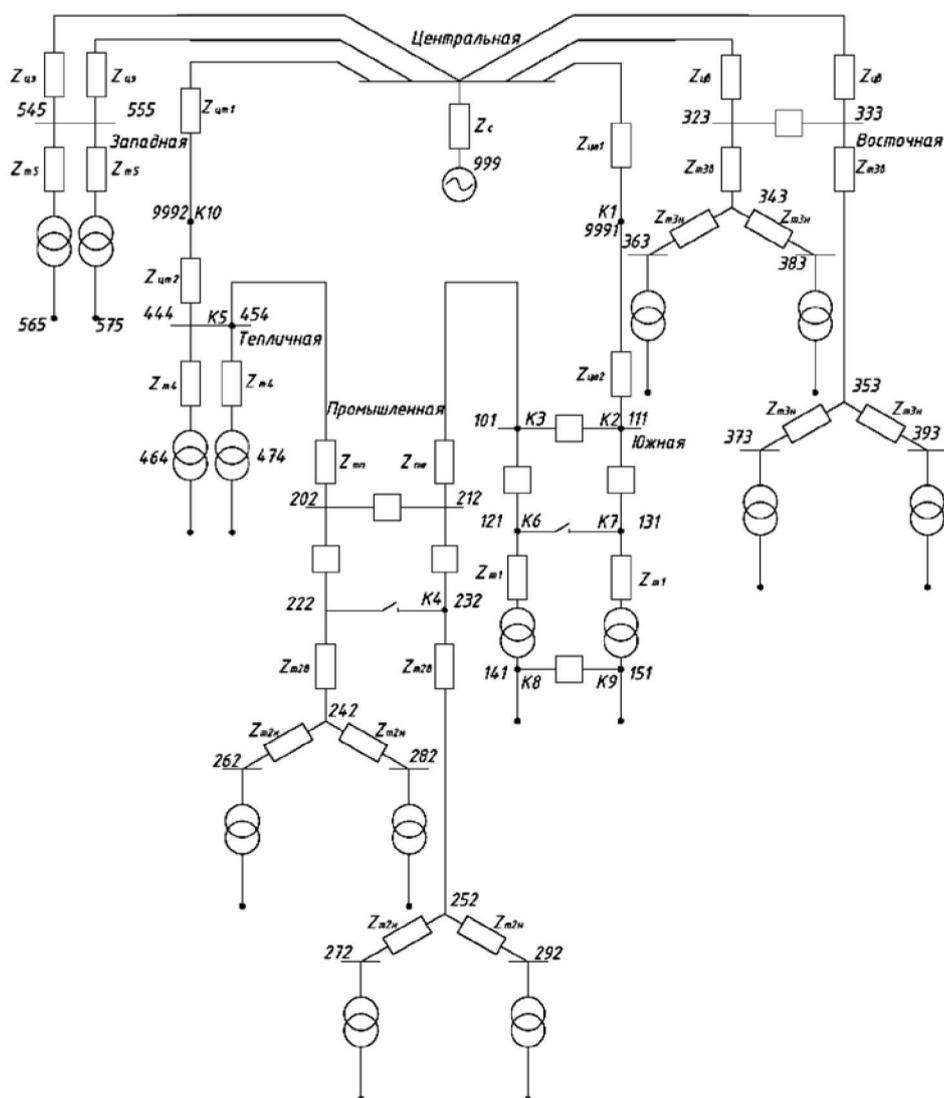


Рис. 3. Схема замещения участка электрической сети района электроснабжения для расчётов токов короткого замыкания

Аналогично описанному алгоритму проверки первой ступени МТЗ были созданы документы по испытаниям для остальных двух ступеней максимальной токовой защиты. Документ по испытаниям для проверки токов срабатывания и токов возврата для первой ступени МТЗ, реализованный при помощи модуля Pulse Ramping, приведён на рис. 3.

На рис. 4 представлены следующие элементы: 1 – окно просмотра испытания ЛИС, где задаются ступени состояния и их параметры, логическое управление бинарными сигналами; 2 – окно детализированного просмотра ЛИС, где задаются параметры отдельного состояния модуля Pulse Ramping; 3 – векторная диаграмма токов и напряжений выбранного состояния ЛИС; 4 – окно просмотра измерений ЛИС, сюда выводятся итоговые результаты проверки ступени максимальной токовой защиты: значения тока срабатывания, возврата и коэффициента срабатывания, а также отклонения данных величин от номинальных.

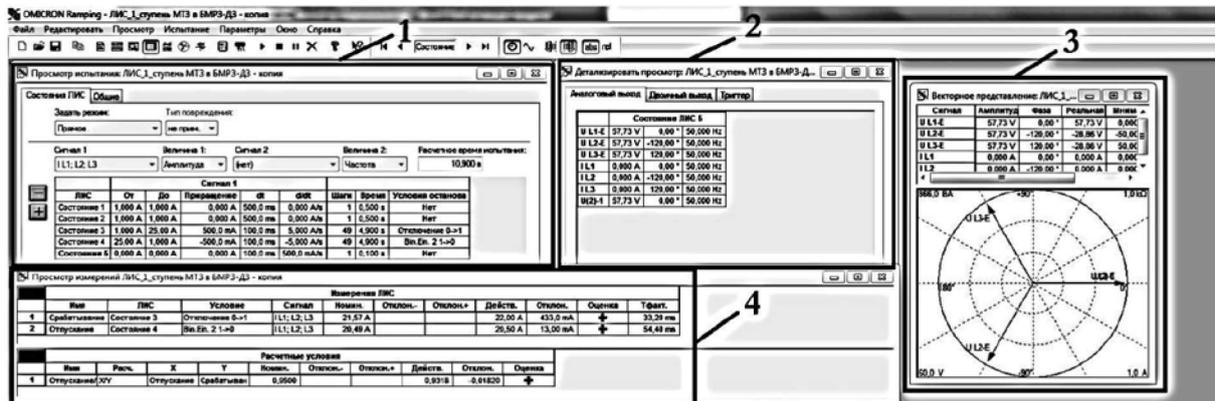


Рис. 4. Проверка токов срабатывания и токов возврата для первой ступени МТЗ, реализованная при помощи модуля Pulse Ramping

Таким образом, в результате проведённой работы на основе программного обеспечения Omicron Control Center был получен единый документ для проведения автоматизированной проверки срабатывания по заданным уставкам трёх ступеней максимальной токовой защиты воздушных линий 110 кВ в составе микропроцессорного устройства «БМРЗ-ДЗ». Для каждой ступени МТЗ были определены токи срабатывания и возврата, коэффициент возврата. В итоге проделанной работы были определены фактические значения токов срабатывания, токов возврата и коэффициента возврата трёх ступеней максимальной токовой защиты: $I_{ф.ср} = 22,0$ А, $I_{ф.в} = 20,50$ А, $k_{ф.в} = 0,9318$ – для первой ступени соответственно; $I_{ф.ср} = 2,9$ А, $I_{ф.в} = 2,7$ А, $k_{ф.в} = 0,9310$ – для второй ступени; $I_{ф.ср} = 1,28$ А, $I_{ф.в} = 1,22$ А, $k_{ф.в} = 0,9531$ – для третьей ступени.

Определено фактическое время срабатывания и время возврата для трёх ступеней МТЗ: $t_{ф.ср} = 396,7$ мс, $t_{ф.в} = 45,3$ мс – для первой ступени соответственно; $t_{ф.ср} = 705,0$ мс, $t_{ф.в} = 53,2$ мс – для второй ступени; $t_{ф.ср} = 1,483$ с, $t_{ф.в} = 61,2$ мс – для третьей ступени.

Литература

1. ТКЗ RastrKZ. Документация пользователя [Электронный ресурс]. URL: <http://www.RastrWin.ru>
2. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007 – 29.120.70.200-2015. Методические указания по расчёту и выбору параметров настройки (уставок) микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики производства ООО НПП «ЭКРА», «ABB», «GE MULTILIN» и «ALSTOM GRID»/«AREVA» для воздушных и кабельных линий с односторонним питанием напряжением 110–330 кВ.
3. Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ: руководство по эксплуатации ДИВГ.648228.001 РЭ «Механотроника», Санкт-Петербург. 98 с.
4. OMICRON CMC 356. Справочное руководство; Версия CMC356.RS.2, OMICRON electronics, 2009. 149 с.