

# NCM4

## Описание и руководство по программированию (ver. 1.3)



### Общее описание

Модуль NCM4 предназначен для измерения действующего значения тока и фиксации состояния перегрузки и короткого замыкания в измеряемой токовой цепи.

Основные технические характеристики модуля:

- диапазон измеряемых токов до 100А (имеется 6 исполнений модуля на различные диапазоны);
- частота измерения тока 25 КГц, разрядность АЦП 12 бит;
- два исполнения дискретного выхода DO модуля - электромеханическое реле (220В, 6А) или MOSFET реле(200В, 50мА);
- поддерживаются три времятоковых характеристики (А, В и С) для защиты от перегрузки по току;
- индикация состояния модуля;
- работа по интерфейсу RS-485, скорость до 2,5 Мбит/с;
- два протокола обмена: MODBUS RTU и ST-BUS(M);
- потребляемый ток 25 мА;
- номинальное напряжение питания 24В;
- габаритные размеры (Ш x В x Г): 48 x 125,4 x 69,4 мм.

Код заказа NCM4-[-][-][-]

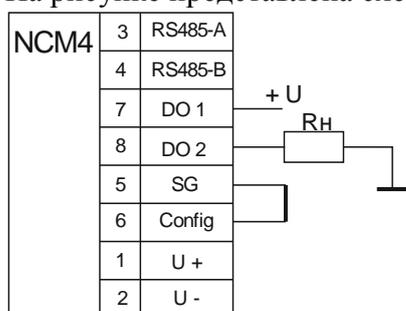
[+][-][-] – 0/1/2/3/4/5 измеряемый ток, А 10/20/40/60/80/100

[-][+][-] – 0/1 тип дискретного выхода, электромеханическое реле/MOSFET реле

[-][-][+] – 0/1 температурный диапазон, °С 0...60/-40...60

## Подключение модуля

На рисунке представлена схема подключения модуля NCM4:



Где:

- **U** – питание модуля NCM4 от источника постоянно напряжения 24В;
- **RS-485** – интерфейс связи, для чтения значений и установки настроек модуля;
- **CONFIG** – переключатель для перехода в режим по умолчанию для настроек связи. Если переключатель был замкнут при любом пересбросе или включении питания, модуль запустится с адресом 1 и скоростью работы 115200 Бод, без паритета. Также, в этом режиме на модуле реализовано автоопределение протокола MODBUS RTU или ST-BUS(M). Т.е., при любом обращении на скорости 115200 Бод к модулю, он автоматически распознает протокол, по которому с ним начали работать. Если переключатель был разомкнут, то загрузятся ранее заданные пользователем настройки связи из массива конфигурации без автоопределения протокола.
  - **DO** – ключ коммутации нагрузки. Выход может быть использован с любой полярностью. В зависимости от настройки 8 бита регистра mode, выход или включается при фиксации тока перегрузки и КЗ, или выключается.

## Алгоритмы работы с модулем

### Порядок настройки модуля

1. Прочитать текущие параметры из модуля.
2. Изменить нужные параметры, записью новых значений в соответствующие регистры модуля, согласно карте MODBUS-адресов.
3. Записать в регистр Save\_mode значение 0xAA55, тем самым сохранив новые значения в ЕЕПРОМ.
4. Записать в регистр Reset\_mode значение 0x55AA, что приведет к полной перезагрузке модуля.
5. Прочитать новые параметры и убедиться, что они вступили в силу.
6. Если были изменены настройки связи, то необходимо помнить, что они будут активированы только после перезагрузки и при разомкнутой переключателе CONFIG.

### Работа с модулем

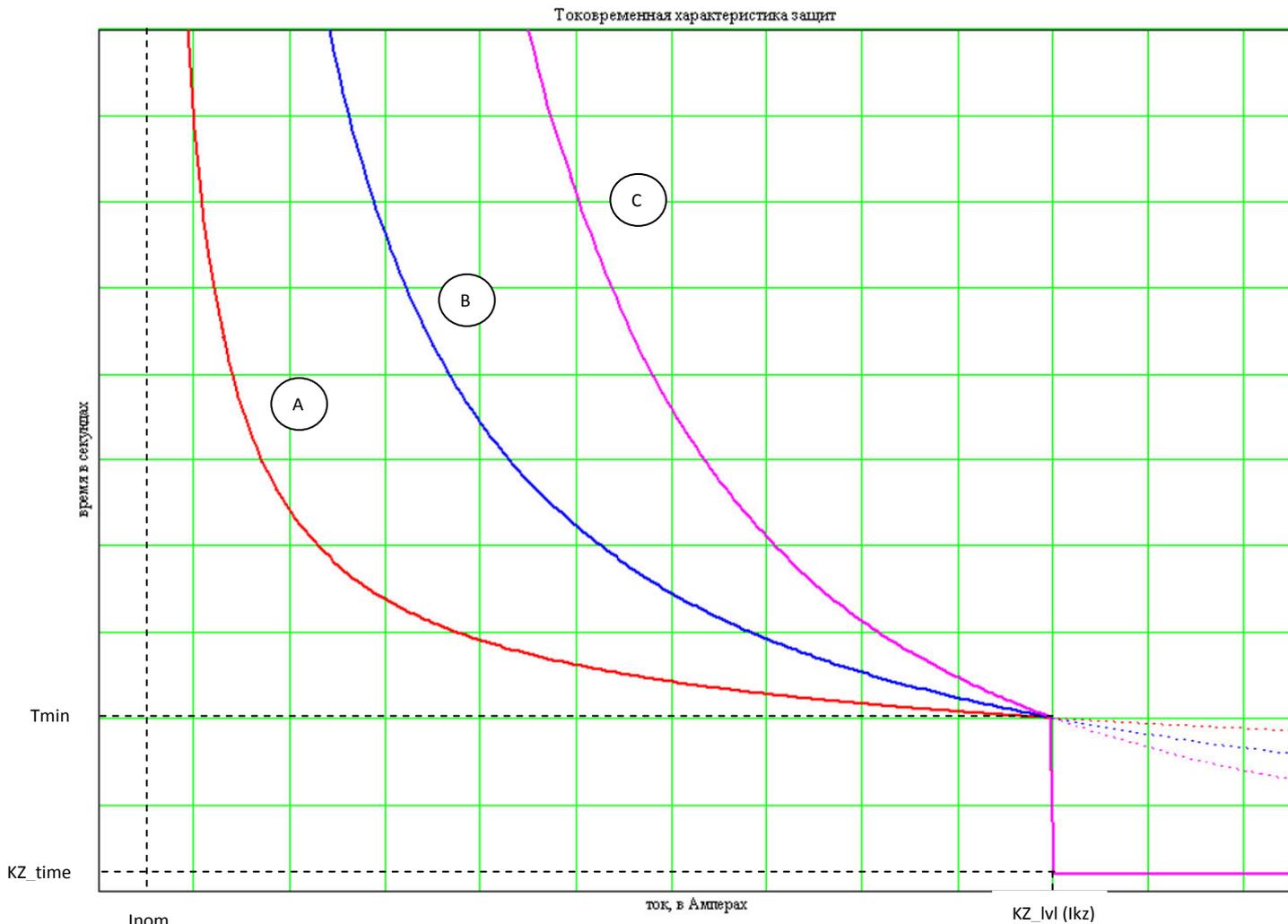
1. Прочитать регистр status.
2. Убедиться, что модуль откалиброван.
3. Прочитать, обязательно одним запросом, оба регистра I.
4. Использовать значение I для любых расчетов в программе, где нужен действующий ток, контролируемый NCM4.
5. Прочитать регистр status.
6. Проанализировать состояние аварии по току короткого замыкания или перегрузки.
7. Если зафиксирована авария по току КЗ или перегрузки и ток I пришел в норму, то сбросить аварию записью в регистр Clr\_KZ\_mode значения 0xA5A5.
8. Повторить последовательность с пункта 3.

## Индикация модуля

На модуле NCM4 имеется один двухцветный светодиод со следующими режимами работы:

- постоянно горит зеленый – нормальная работа модуля (короткое замыкание и перегрузка отсутствуют);
- мигает зеленый – отсутствует калибровка измерительного канала;
- постоянно горит красный – зафиксировано состояние перегрузки токовой цепи;
- мигает красный – зафиксировано состояние короткого замыкания в токовой цепи.

## Защиты по перегрузке



На рисунке представлены графики токовременных защит. Все обозначения соответствуют одноименным регистрам, описанным в карте MODBUS-адресов. Пунктирные линии показывают поведение защит по перегрузке при отключенной защите по току короткого замыкания.

Время для срабатывания аварии по перегрузке вычисляется согласно формуле из стандарта МЭК:

$$t(i) := \frac{K}{\left(\frac{i}{I_{nom}}\right)^S - 1} \cdot \frac{T_{min}}{B}$$

где:

- K, S – постоянные величины, жестко заданные для каждого типа характеристик. Значения этих коэффициентов для каждой кривой представлены в таблице:

Тип характеристики	K	S
A	0,14	0,02
B	13,5	1
C	80	2

- $i$  - действующий ток в Амперах на текущий момент времени;
- $I_{nom}$  – действующий номинальный ток в Амперах в измеряемой линии;
- $B$  - коэффициент пропорциональности тока  $I_{kz}$  к току  $I_{nom}$ . Вычисляется по формуле:

$$B := \frac{K}{\left(\frac{I_{kz}}{I_{nom}}\right)^S - 1}$$

- $T_{min}$  – минимальное время, которое будет выдерживаться при входном токе  $I_{kz}$ .
- $I_{kz}$  - максимальный ток перегрузки (регистр KZ\_lvl), при котором выдержка времени срабатывания будет равна  $T_{min}$ ;

Защита по перегрузке включается только тогда, когда будет выполняться условие:  $i > (1.1 * I_{nom})$ .

Алгоритм работы модуля в режиме перегрузки соответствует работе электротепловых аппаратов защиты.

## Режимы работы выхода DO

Выход DO имеет два режима работы: режим одновибратора и режим внешнего сброса. Режимы различаются только схемой сброса аварии. В режиме внешнего сброса, после фиксации аварии по перегрузке и току короткого замыкания, выход DO остается включенным до тех пор, пока не придет специальный запрос через RS-485, на сброс состояния аварии или перезагрузку модуля. В режиме одновибратора выход DO после завершения аварии остается включенным на время, заданное в массиве конфигурации. После истечения данного времени, модуль автоматически выключит DO. Если в момент включенного выхода DO, зафиксирована еще одна авария по току, то таймер начинает отсчет заново с последней аварии. Таким образом, выход DO будет включен на всё время аварии + время из массива конфигурации после завершения аварии. Настраиваются режимы следующим образом: если в регистр времени удержания аварии записан 0, то модуль включает режим внешнего сброса, иначе режим одновибратора. Допускается сброс внешним запросом в режиме одновибратора в любой момент выдержки времени. Инверсия выхода DO задается 8 битом регистра mode.

## Карта MODBUS адресов

Все управляющие и общие регистры MODBUS RTU имеют тип HOLDING (0x4xxxx) и доступны для записи и чтения. Чтение регистров осуществляется функцией 0x3 (Read Holding Registers). Запись можно выполнять, как одиночным 0x6 (Preset Single Register), так и групповым запросом 0x10 (Preset Multiple Regs).

№ п/п	МВ-адрес	Название	Описание																																																																																																								
1	0x0000	I	Действующее значение измеряемого тока. Для достоверного значения регистры необходимо читать парой. Ответ модуля включает следующую последовательность байт формата float 1-0-3-2. Оба регистра доступны только для чтения. Запись в них не вызовет ошибок, но будет проигнорирована модулем.																																																																																																								
2	0x0001																																																																																																										
3	0x0002	Iavg	Усредненное действующее значение измеряемого тока. Усреднение выполняется по принципу скользящего среднего за время 1,28 секунды (последние 64 отсчета действующего тока). Для достоверного значения регистры необходимо читать парой. Ответ модуля включает следующую последовательность байт формата float 1-0-3-2. Оба регистра доступны только для чтения. Запись в них не вызовет ошибок, но будет проигнорирована модулем.																																																																																																								
4	0x0003																																																																																																										
5	0x0004	status	<p>Регистр статуса модуля NCM4. Данный регистр доступен только для чтения. Запись в данный регистр будет проигнорирована. Формат регистра представлен ниже:</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">15</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">14</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">13</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">12</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">11</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">10</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">9</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">7</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">6</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">5</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">3</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1</td><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – защита по перегрузке включена</td> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – есть КЗ</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – защита по КЗ включена</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">1 – есть перегрузка</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – сброс модуля по WDT</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">1 – max откалиброван</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – сброс модуля по внешнему запросу</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">1 – min откалиброван</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td colspan="7"></td> <td style="text-align: center;">1 – сброс модуля по питанию</td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">1 – ноль откалиброван</td> </tr> </table> <p>Все остальные биты не используются.</p>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0								1 – защита по перегрузке включена								1 – есть КЗ															1 – защита по КЗ включена			1 – есть перегрузка															1 – сброс модуля по WDT			1 – max откалиброван															1 – сброс модуля по внешнему запросу			1 – min откалиброван															1 – сброс модуля по питанию			1 – ноль откалиброван
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0																																																																																												
							1 – защита по перегрузке включена								1 – есть КЗ																																																																																												
														1 – защита по КЗ включена			1 – есть перегрузка																																																																																										
														1 – сброс модуля по WDT			1 – max откалиброван																																																																																										
														1 – сброс модуля по внешнему запросу			1 – min откалиброван																																																																																										
														1 – сброс модуля по питанию			1 – ноль откалиброван																																																																																										
6	0x0005	speed	<p>Скорость работы модуля по протоколам MODBUS RTU и ST-BUS(M). Регистр доступен для записи и чтения. В регистр пишется индекс скорости из таблицы ниже:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Скорость, в Бодах</th> <th colspan="2">Индекс</th> </tr> <tr> <th>MODBUS RTU</th> <th>ST-BUS(M)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1200</td><td>0</td><td>-</td></tr> <tr><td>2400</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>4800</td><td>2</td><td>-</td></tr> <tr><td>9600</td><td>3</td><td>1</td></tr> <tr><td>19200</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>38400</td><td>5</td><td>-</td></tr> <tr><td>57600</td><td>6</td><td>-</td></tr> <tr><td>115200</td><td>7</td><td>3</td></tr> <tr><td>250000</td><td>8</td><td>4</td></tr> <tr><td>625000</td><td>9</td><td>5</td></tr> <tr><td>1250000</td><td>10</td><td>6</td></tr> <tr><td>2500000</td><td>11</td><td>7</td></tr> </tbody> </table> <p>После изменения данный параметр вступит в силу только после его сохранения и перезагрузки модуля без перемишки CONFIG.</p>	Скорость, в Бодах	Индекс		MODBUS RTU	ST-BUS(M)	1200	0	-	2400	1	0	4800	2	-	9600	3	1	19200	4	2	38400	5	-	57600	6	-	115200	7	3	250000	8	4	625000	9	5	1250000	10	6	2500000	11	7																																																															
Скорость, в Бодах	Индекс																																																																																																										
	MODBUS RTU	ST-BUS(M)																																																																																																									
1200	0	-																																																																																																									
2400	1	0																																																																																																									
4800	2	-																																																																																																									
9600	3	1																																																																																																									
19200	4	2																																																																																																									
38400	5	-																																																																																																									
57600	6	-																																																																																																									
115200	7	3																																																																																																									
250000	8	4																																																																																																									
625000	9	5																																																																																																									
1250000	10	6																																																																																																									
2500000	11	7																																																																																																									
7	0x0006	addr	<p>Адрес модуля по протоколам MODBUS RTU и ST-BUS(M). Адрес должен попадать в диапазон от 1 до 254. Адреса 0 и 255 зарезервированы. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу только после его сохранения и перезагрузки модуля без перемишки CONFIG.</p>																																																																																																								

			Регистр настроек модуля. Доступен для записи и чтения.																
			<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>15</td><td>14</td><td>13</td><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>9</td><td>8</td><td>7</td><td>6</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td><td>0</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 40px;"> 0 – при аварии DO=1  1 – при аварии DO=0 </p> <p style="margin-left: 100px;"> 0 – без паритета  1 – четность  2 – нечетность </p> <p style="margin-left: 140px;"> 0 – MODBUS RTU  1 – ST-BUS(M)  0 – 1 стоп-бит  1 – 2 стоп-бита </p>	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0				
8	0x0007	mode	<p>Все остальные биты не используются. Биты 3-1 действительны только для протокола MODBUS RTU. После изменения данные параметры вступят в силу только после их сохранения и перезагрузки модуля без переключки CONFIG.</p>																
9	0x0008	pulse	<p>Регистр времени удержания аварии.</p> <p>С помощью этого регистра задается режим работы выхода DO. Если регистр равен 0, то включается режим внешнего сброса. Любое другое значение включает режим одновибратора, со временем выдержки = значение данного регистра * 10 миллисекунд. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу только после его сохранения и перезагрузки модуля.</p>																
10	0x0009	KZ_lvl	<p>Регистр действующего значения тока короткого замыкания.</p> <p>Ток перед записью в этот регистр умножается на 100, это позволяет добиться точности в 10мА, минуя формат float. Например, если мы хотим задать ток КЗ, равным 100.54 А, то мы пишем в данный регистр значение 10054.</p> <p>Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу только после его сохранения и перезагрузки модуля.</p>																
11	0x000A	KZ_time	<p>Регистр времени фиксации тока КЗ. В данном регистре задается время в микросекундах. Если в регистр записан 0, то защита по току КЗ отключается сразу, без дополнительной переинициализации модуля. В регистр можно записать любое значение, но микропрограмма, все значения выше 2,5 миллисекунд воспринимает, как 2,5 миллисекунды. Например, чтобы задать время фиксации тока КЗ = 1 миллисекунда, в регистр необходимо записать число 1000. Также, данный регистр можно использовать, как фильтр при сильных помехах в сети, чтобы избежать ложного срабатывания аварии по короткому замыканию. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу только после его сохранения и перезагрузки модуля.</p>																
12	0x000B	ADC_max	<p>Регистр константы максимума. Регистр хранит среднеквадратичный код АЦП, умноженный на 10, который соответствует действующему току, задаваемому при калибровке максимума. В момент калибровки константы максимума данный регистр автоматически становится равным 0xFFFF до тех пор, пока не посчитается новая константа. Регистр доступен только для чтения. После калибровки полученное значение вступает в силу сразу. Но так как аварийный уровень тока КЗ считается с помощью данного значения, то настоятельно рекомендуется модуль после сохранения константы перезагрузить.</p>																
13	0x000C	ADC_min	<p>Регистр константы минимума. Регистр хранит среднеквадратичный код АЦП, умноженный на 10, который соответствует действующему току, задаваемому при калибровке минимума. В момент калибровки константы минимума данный регистр автоматически становится равным 0xFFFF до тех пор, пока не посчитается новая константа. Регистр доступен только для чтения. После калибровки полученное значение вступает в силу сразу. Но так как аварийный уровень тока КЗ считается с помощью данного значения, то настоятельно рекомендуется модуль после сохранения константы перезагрузить.</p>																
14	0x000D	K_trans	<p>Регистр коэффициента трансформации. Регистр хранит коэффициент, на который модуль умножает входной ток. По умолчанию, в данном регистре записана единица. Задавать значения</p>																

			0 или значения, при которых ток будет выше 600А запрещено. Данный коэффициент необходим при включениях через понижающие токовые трансформаторы, выдающие на выходах токи 1 или 5 Ампер. Например, если трансформатор при 400 А на первичной обмотке, будет выдавать 5 А во вторичной обмотке, то в данный регистр необходимо записать значение, равное 80-ти. Далее модуль, все измеряемые токи будет умножать на 80. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу сразу.
15	0x000E	I_max	Регистр действующего значения тока калибровки максимума. Ток перед записью в этот регистр умножается на 100, это позволяет добиться точности в 10мА, минуя формат float. Например, если мы хотим задать ток для калибровки, равным 50.54 А, то мы пишем в данный регистр значение 5054. Рекомендуемый диапазон тока для калибровки максимума: от 40А до 80А. Регистр доступен только для чтения. После калибровки полученное значение вступает в силу сразу. Но без последующей калибровки константы максимума ADC_max, вычисляемые значения измеряемого действующего тока будут искажаться.
16	0x000F	I_min	Регистр действующего значения тока калибровки минимума. Ток перед записью в этот регистр умножается на 100, это позволяет добиться точности в 10мА, минуя формат float. Например, если мы хотим задать ток для калибровки, равным 0.7 А, то мы пишем в данный регистр значение 70. Рекомендуемый диапазон тока для калибровки минимума: от 700мА до 1А. Регистр доступен только для чтения. После калибровки полученное значение вступает в силу сразу. Но без последующей калибровки константы минимума ADC_min, вычисляемые значения измеряемого действующего тока будут искажаться.
17	0x0010	Inom	Регистр действующего значения номинального тока в измеряемой цепи. Ток перед записью в этот регистр умножается на 100, это позволяет добиться точности в 10мА, минуя формат float. Например, если мы хотим задать ток, равным 10,5 А, то мы пишем в данный регистр значение 1050. Заданный ток, как минимум в 1,1 раза, должен быть меньше тока, заданного в регистре KZ_lvl. Значение 0, запретит выполнение защиты по перегрузке. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу сразу. Но формула вычисления времени перегрузки будет искажать результат. Поэтому, для дальнейшей работы измененный регистр необходимо сохранить, а затем перезагрузить модуль.
18	0x0011	PR_type	Регистр типа характеристики кривой, описывающей защиту по перегрузке тока. Каждый тип имеет свой индекс, который и пишется в данный регистр: 1 – характеристика типа А; 2 – характеристика типа В; 3 – характеристика типа С; 0 и другие значения – отключение защиты. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный параметр вступит в силу сразу. Но формула вычисления времени перегрузки будет искажать результат. Поэтому, для дальнейшей работы измененный регистр необходимо сохранить, а затем перезагрузить модуль.
19	0x0012	Tmin	Регистр минимальной выдержки времени защиты по перегрузке тока при условиях, когда измеренный ток будет равен заданному току в регистре KZ_lvl. Время задается в миллисекундах. Для точной отработки защиты, желательно, время задавать кратным 20 миллисекунд. Значение 0 – отключает защиту. Например, в регистре KZ_lvl задан ток 50 А. Если защита от короткого замыкания выключена (KZ_time=0), при токе 50 А на измеряемой линии, защита не будет срабатывать в течение времени, заданного в этом регистре. Регистр доступен для записи и чтения. После изменения данный

			параметр вступит в силу сразу.
20	0x0013	user_save	<p>Данный регистр представляет собой энергонезависимую ячейку для любых нужд пользователя. Т.е. любой записанное в этот регистр значение, будет храниться, и при отключении питания. Есть ряд ограничений с данным регистром. Максимальное кол-во перезаписей в эту ячейку не должно превышать 100000. При большем кол-ве записей, производитель не дает гарантии, что значение будет корректно сохраняться.</p> <p>На время записи, порядка 45 миллисекунд, модуль перестанет выполнять микропрограмму. Поэтому, необходимо писать в эту ячейку только при условии, что останов модуля на 45 миллисекунд, не приведет к неприятным последствиям на измеряемом канале. Например, если в момент записи в ячейку произойдет КЗ, то время реакции на КЗ будет с задержкой в 45 миллисекунд.</p>
21	0x0014 - 0x001F	-	Резерв. Запись и чтение в данные регистры не будет вызывать ошибок, но запись будет игнорироваться, а чтение будет всегда возвращать нули.
22	0x0020	Save_mode	Регистр управления сохранением массива конфигурации. Данный регистр имеет смысл только на запись. При чтении всегда будет возвращаться 0. Запись в данный регистр значения 0xAA55 дает команду модулю сохранить массив конфигурации в энергонезависимую память. Запись в регистр любого другого значения будет проигнорирована.
23	0x0021	Reset_mode	Регистр управления программным сбросом модуля. Данный регистр имеет смысл только на запись. При чтении всегда будет возвращаться 0. Запись в данный регистр значения 0x55AA дает команду выполнить полную перезагрузку модуля. Запись в регистр любого другого значения будет проигнорирована.
24	0x0022	Clr_KZ_mode	Регистр управления сбросом аварии по току короткого замыкания или перегрузки. Данный регистр имеет смысл только на запись. При чтении всегда будет возвращаться 0. Запись в данный регистр значения 0xA5A5 дает команду модулю сбросить аварию. Запись в регистр любого другого значения будет проигнорирована.