

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23972

(13) С1

(46) 2023.04.30

(51) МПК

H 02H 3/00 (2006.01)

G 01R 19/06 (2006.01)

(54) **ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН ТОКА РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

(21) Номер заявки: а 20210088

(22) 2021.03.24

(43) 2022.10.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Романюк Федор Алексеевич; Румянцев Владимир Юрьевич; Румянцев Юрий Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ а 20190198, 2021.

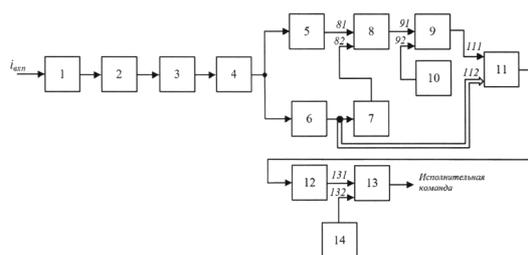
ВУ 20808 С1, 2017.

CN 110208593 А, 2019.

РОМАНЮК Ф.А. и др. Методика повышения быстродействия измерительных органов микропроцессорных защит электроустановок. Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ, 2019, т. 62, № 5, с. 405-410.

(57)

Цифровой измерительный орган тока релейной защиты электроэнергетической системы, содержащий последовательно соединенные блок (1) входных преобразователей, подключаемых входами к соответствующим измерительным трансформаторам тока защищаемой электроэнергетической системы, блок (2) фильтров нижних частот, аналого-цифровой преобразователь (3) и оперативное запоминающее устройство (4), выход которого соединен с входом блока (5) определения действующего значения вторичного тока каждого упомянутого трансформатора и входом блока (6) формирования ортогональных составляющих основной гармоники вторичного тока каждого упомянутого трансформатора, блок (7) определения действующего значения основной гармоники вторичного тока каждого упомянутого трансформатора, соединенный входом с выходом упомянутого блока (6) формирования ортогональных составляющих, а выходом - с одним из входов блока (8) определения разности отношений упомянутого действующего значения вторичного



Фиг. 1

ВУ 23972 С1 2023.04.30

тока к действующему значению основной гармоники вторичного тока и действующего значения основной гармоники вторичного тока к действующему значению вторичного тока, который соединен другим входом с выходом упомянутого блока (5) определения действующего значения вторичного тока, а выходом - с одним из входов блока (9) расчета корректирующих коэффициентов, другой вход которого соединен с выходом блока (10) задания параметра модификации корректирующих коэффициентов, блок (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, соединенный одним из входов с выходом упомянутого блока (6) формирования ортогональных составляющих, а другим входом - с выходом блока (9) расчета корректирующих коэффициентов, а также блок (12) определения текущего значения контролируемого параметра защищаемой электроэнергетической системы, вход которого соединен с выходом блока (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, а выход - с одним из входов блока (13) сравнения, другой вход которого соединен с выходом блока (14) задания уставок, а выход - со входами исполнительных устройств упомянутой релейной защиты.

---

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано в области цифровой релейной защиты объектов электроэнергетических систем, при повреждениях которых вторичные токи существенно искажаются из-за насыщения стали магнитопроводов измерительных трансформаторов тока. При этом не только искажаются формы вторичных токов, но и значительно уменьшаются их величины.

Использование для выделения из указанных токов основных гармоник, на которые реагируют измерительные органы, цифровых фильтров вносит дополнительную инерционность в процедуру формирования полезных сигналов. В результате недопустимо затягивается время определения достоверных значений информационных параметров, контролируемых цифровым измерительным органом тока (ЦИОТ) величин, а иногда может происходить неправильное действие ЦИОТ.

Известен ЦИОТ для функционирования в условиях глубокого насыщения магнитопровода измерительного трансформатора тока [1], содержащий последовательно соединенные входной преобразователь, вход которого подключен к измерительному трансформатору тока защищаемого объекта, фильтр нижних частот, аналого-цифровой преобразователь, оперативное запоминающее устройство, выход которого соединен с входом блока определения амплитудного значения основной гармоники вторичного тока и входом блока определения квадрата действующего значения вторичного тока; блок формирования эквивалентного сигнала измерительного органа тока, первый вход которого соединен с выходом блока определения амплитудного значения основной гармоники вторичного тока, а второй вход - с выходом блока определения квадрата действующего значения вторичного тока; блок сравнения, первый и второй входы которого соединены соответственно с выходом блока формирования эквивалентного сигнала измерительного органа и выходом блока задания уставок, а выход подключен к внешним устройствам, формирующим исполнительную команду измерительного органа тока.

Известный ЦИОТ обладает невысоким быстродействием вследствие не учитываемой в полной мере инерционности цифровых частотных фильтров. На его основе могут быть реализованы простые измерительные органы тока с одним входным вторичным сигналом, контролирующие амплитудные, действующие либо средние значения.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению по технической сущности и достигаемому результату является цифровой измерительный орган релейной защиты электроэнергетической системы [2], содержащий последовательно соединенные блок входных преобразователей, подключаемых входами к соответствующим измерительным трансформаторам тока защищаемой системы, блок фильтров нижних частот, аналого-цифровой преобразователь и оперативное запоминающее устройство, выход которого соединен

с входом блока определения квадрата действующего значения вторичного тока каждого трансформатора и входом блока формирования ортогональных составляющих основной гармоники каждого указанного тока; блок определения квадрата действующего значения основной гармоники каждого вторичного тока, подключенный входом к выходу блока формирования ортогональных составляющих основной гармоники, а выходом - к одному из входов блока расчета корректирующих коэффициентов, соединенного другим входом с выходом блока определения квадрата действующего значения вторичного тока и выполненного с возможностью расчета корректирующего коэффициента для каждого из указанных токов как отношения двух соответствующих величин, переданных из блоков определения квадрата действующего значения вторичного тока и квадрата действующего значения основной гармоники указанного тока; соединенный входами с блоками формирования ортогональных составляющих основной гармоники каждого вторичного тока и расчета корректирующих коэффициентов; блок формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, каждая из которых равна произведению корректирующего коэффициента на величину соответствующей ему ортогональной составляющей основной гармоники, полученной в блоке формирования ортогональных составляющих основной гармоники каждого вторичного тока; а также блок определения текущих контролируемых информационных параметров тока защищаемой системы, вход которого подключен к выходу блока формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, а выход - к первому входу блока сравнения, соединенного вторым входом и выходом соответственно с блоком задания уставок и исполнительными устройствами измерительного органа.

На основе известного ЦИОТ могут быть реализованы функции измерительных органов тока релейной защиты как с одним входным вторичным током, когда их контролируемые информационными параметрами являются амплитудные, действующие либо средние значения, так и с тремя входными вторичными токами при использовании указанных параметров для анализа симметричных составляющих трехфазной системы токов.

Контролируемые информационные параметры вычисляются по ортогональным составляющим (ОС) эквивалентных токов, каждая из которых равна произведению корректирующего коэффициента на величину соответствующей ему ортогональной составляющей основной гармоники.

При определении текущего значения корректирующего коэффициента учитываются искажения вторичных токов вследствие насыщения магнитопровода измерительного трансформатора тока, а также инерционность блока формирования ОС основных гармоник вышеназванных токов. Вместе с тем в режимах глубокого насыщения указанного магнитопровода при наличии в первичном токе значительной апериодической составляющей с большой постоянной времени затухания существенно затягивается время формирования достоверных значений ОС эквивалентного тока, что в конечном итоге снижает быстродействие ЦИОТ. Кроме этого, относительно жестко задаваемая степень компенсации задержки в получении истинных значений ОС основной гармоники вторичного тока вследствие инерционности блока их формирования ограничивает функциональные возможности ЦИОТ в части выбора оптимального быстродействия для конкретных применений.

Задача, решаемая изобретением, состоит в расширении функциональных возможностей и повышении быстродействия ЦИОТ.

Поставленная задача решается ЦИОТ релейной защиты электроэнергетической системы, содержащим последовательно соединенный блок (1) входных преобразователей, подключаемых входами к соответствующим измерительным трансформаторам тока защищаемой электроэнергетической системы, блок (2) фильтров нижних частот, аналого-цифровой преобразователь (3) и оперативное запоминающее устройство (4), выход которого соединен с входом блока (5) определения действующего значения вторичного тока каждого упомянутого трансформатора и входом блока (6) формирования ортогональных состав-

ляющих основной гармонике вторичного тока каждого упомянутого трансформатора, блок (7) определения действующего значения основной гармонике вторичного тока каждого упомянутого трансформатора, соединенный входом с выходом упомянутого блока (6) формирования ортогональных составляющих, а выходом - с одним из входов блока (8) определения разности отношений упомянутых действующего значения вторичного тока к действующему значению основной гармонике вторичного тока и действующего значения основной гармонике вторичного тока к действующему значению вторичного тока, который соединен другим входом с выходом упомянутого блока (5) определения действующего значения вторичного тока, а выходом - с одним из входов блока (9) расчета корректирующих коэффициентов, другой вход которого соединен с выходом блока (10) задания параметра модификации корректирующих коэффициентов, блок (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентов токов, соединенный одним из входов с выходом упомянутого блока (6) формирования ортогональных составляющих, а другим входом - с выходом блока (9) расчета корректирующих коэффициентов, а также блока (12) определения текущего значения контролируемого параметра защищаемой электроэнергетической системы, вход которого соединен с выходом блока (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, а выход - с одним из входов блока (13) сравнения, другой вход которого соединен с выходом блока (14) задания уставок, а выход - со входами исполнительных устройств упомянутой релейной защиты.

На фиг. 1 представлена структурная схема ЦИОТ релейной защиты электроэнергетической системы, а на фиг. 2 - временные диаграммы эквивалентного тока предлагаемого ЦИОТ и прототипа.

В ЦИОТ релейной защиты электроэнергетической системы контролируемые информационные параметры определяются по косинусной и синусной ОС эквивалентного тока, формируемым путем умножения ОС, выделяемых цифровым фильтром Фурье, на корректирующий коэффициент, вычисляемый с учетом инерционности выделения ОС основной гармонике вторичного тока, степени насыщения магнитопровода измерительного трансформатора апериодической составляющей тока с большой постоянной времени затухания, а также изменяемой скорости получения ОС эквивалентного тока в переходном режиме.

В основе выражения для определения корректирующего коэффициента лежат следующие соображения.

Запаздывание, вносимое блоком формирования ОС основной гармонике вторичного тока, оценивается степенью различия значений полного вторичного тока и его основной гармонике на выходе указанного блока коэффициентом запаздывания:

$$KZ = \frac{I_{\text{вх}}}{I_1} - 1, \quad (1)$$

где  $I_{\text{вх}}$ ,  $I_1$  - действующие значения соответственно вторичного тока и его основной гармонике.

В установившемся режиме, когда  $I_{\text{вх}} = I_1$ ,  $KZ = 0$ . При наступлении переходного режима  $I_{\text{вх}}$  нарастает быстрее, чем  $I_1$ , поэтому  $I_{\text{вх}} > I_1$  и  $KZ > 0$ , а его численное значение определяется степенью различия  $I_{\text{вх}}$  и  $I_1$ .

Признаком насыщения магнитопровода измерительного трансформатора тока является наличие в полном вторичном токе, кроме основной, высших гармоник. При возрастании степени указанного насыщения происходит увеличение состава высших гармоник во вторичном токе. Поэтому для установления режима насыщения удобно пользоваться коэффициентом гармонических искажений THD, который определяется уровнем содержания высших гармоник в указанном токе. При неучете постоянной составляющей во вторичном токе, что вполне допустимо, THD описывается выражением:

$$\text{THD} = \sqrt{1 - \frac{I_1^2}{I_{\text{вх}}^2}}. \quad (2)$$

Степень искажения вторичного тока вследствие насыщения магнитопровода измерительного трансформатора тока определяется коэффициентом искажения КИ, который является функцией ТНД.

В режимах глубокого насыщения магнитопровода измерительного трансформатора тока апериодической составляющей с большой постоянной времени затухания в первичном токе КИ должен существенно возрасть в соответствии с увеличением ТНД, достигая наибольшего значения при  $\text{TND} = 1$ , когда  $\frac{I_1}{I_{\text{вх}}} = 0$ . При медленном выходе из указанных режимов из-за большой постоянной времени затухания необходимо обеспечить плавное снижение коэффициента искажения до значения  $\text{КИ} = 0$  при полном затухании апериодической составляющей.

Простая нелинейная зависимость  $\text{КИ} = f(\text{TND})$ , позволяющая выполнить указанные условия, имеет вид:

$$\text{КИ} = \text{TND}^2 = 1 - \frac{I_1^2}{I_{\text{вх}}^2}. \quad (3)$$

Корректирующий коэффициент должен возрастать с увеличением КЗ и КИ и плавно снижаться по мере затухания переходного процесса, принимая в установившемся режиме, когда  $\text{КЗ} = 0$  и  $\text{КИ} = 0$ , значение, равное 1. Кроме того, необходимо предусмотреть возможность изменения быстродействия формирования ОС эквивалентного тока за счет модификации указанного коэффициента:

С учетом изложенного выше, а также в результате логических рассуждений и несложных математических преобразований получено выражение для определения корректирующего коэффициента:

$$k_k = m \left( \frac{I_{\text{вх}}}{I_1} - \frac{I_1}{I_{\text{вх}}} \right) + 1, \quad (4)$$

где  $m$  - задаваемый параметр, обеспечивающий модификацию корректирующего коэффициента и определяющий быстродействие формирования ОС эквивалентного тока.

ЦИОТ релейной защиты электроэнергетической системы, содержащий последовательно соединенные блок (1) входных преобразователей, подключаемых входами к измерительным трансформаторам тока защищаемой системы, блок (2) фильтров нижних частот, аналого-цифровой преобразователь (3) и оперативное запоминающее устройство (4), выход которого соединен с входом блока (5) определения действующего значения вторичного тока каждого трансформатора тока и входом блока (6) формирования ортогональных составляющих основной гармоники каждого указанного тока; блок (7) определения действующего значения основной гармоники каждого указанного тока, подключенный входом к выходу блока (6) формирования ортогональных составляющих, а выходом - к одному из входов блока (8) определения разности отношений действующего значения вторичного тока к такому же значению его основной гармоники и действующего значения указанной гармоники к такому же значению ее вторичного тока для каждого из указанных токов, соединенного другим входом с выходом блока (5) определения действующего значения вторичного тока каждого трансформатора тока, а выходом - к одному из входов блока (9) расчета корректирующих коэффициентов, соединенного другим входом с выходом блока (10) задания параметра модификации корректирующих коэффициентов и выполненного с возможностью расчета корректирующего коэффициента для каждого из указанных токов как произведения двух соответствующих величин, переданных из блоков (8, 10), увеличенного на единицу; соединенный входами с блоками (6, 9) блок (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, каждая из которых равна произведению корректирующего коэффициента на величину соответствующей ему ортогональной составляющей основной гармоники, сформированной в блоке (6); а также блок

(12) определения текущих контролируемых информационных параметров защищаемой системы, вход которого подключен к выходу блока (11) формирования ортогональных составляющих эквивалентных токов, а выход - к первому входу блока (13) сравнения, соединенного вторым входом и выходом соответственно с блоком (14) задания уставок и исполнительными устройствами измерительного органа тока, реализующими исполнительную команду при выполнении условия сравнения.

Блок (1) входных преобразователей преобразует входные вторичные токи, представленные обобщенным сигналом  $i_{вxn}$ , поступающим от измерительных трансформаторов тока защищаемого объекта, в пропорциональные сигналы напряжения. Количество указанных преобразователей в блоке (1) определяется числом входных вторичных токов, а каждый из них представляет собой обычный промежуточный трансформатор с экраном между первичной и вторичной обмотками.

Блок (2) фильтров нижних частот состоит из активных фильтров 2-го порядка с многоконтурной обратной связью по числу входных вторичных токов, каждый из которых реализован на операционном усилителе и предназначен для подавления спектральных компонент с частотой, превышающей половину частоты дискретизации входного тока.

Аналого-цифровой преобразователь (3) осуществляет преобразование выборок выходных сигналов блока (2) фильтров нижних частот в цифровые коды.

Оперативное запоминающее устройство (4) выполняет функцию хранения входных токов, которые обрабатываются последующими блоками.

Блок (5) определения действующих значений вторичных токов функционирует согласно выражению:

$$I_{вxn} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_{вxn}^2}, \quad (5)$$

где  $n = 1 \dots N$  - номер выборки вторичного тока в окне наблюдения;

$i_{вxn}$  - выборки вторичного тока;

$N$  - число выборок за период основной частоты, которому соответствует окно наблюдений.

В основу реализации блока (6) формирования ОС основных гармоник вторичных токов положено дискретное преобразование Фурье, при котором выделение косинусной  $i_{cn}$  и синусной  $i_{sn}$  ОС осуществляется по выражениям:

$$\begin{aligned} i_{cn} &= \sum_{i=1}^N a_{cn} i_{вxn}; \\ i_{sn} &= \sum_{i=1}^N a_{sn} i_{вxn}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $a_{cn}$ ,  $a_{sn}$  - коэффициенты соответственно косинусного и синусного цифровых фильтров Фурье.

Блок (7) определения действующего значения основной гармоники каждого вторичного тока реализует выражение:

$$I_{ln} = \sqrt{\frac{i_{cn}^2 + i_{sn}^2}{2}}. \quad (7)$$

В блоке (8) определения разности отношений действующего значения вторичного тока к такому же значению его основной гармоники и действующего значения указанной гармоники к такому же значению ее вторичного тока для каждого из упомянутых токов реализуется выражение:

$$R_n = \frac{I_{вxn}}{I_{ln}} - \frac{I_{ln}}{I_{вxn}}. \quad (8)$$

В блоке (9) расчета корректирующих коэффициентов в соответствии с выражением (4) и с учетом (8) определяются текущие значения указанных коэффициентов:

$$k_{kn} = mR_n + 1. \quad (9)$$

В блоке (10) задания параметра модификации корректирующих коэффициентов в виде двоично-десятичного кода устанавливается численное значение  $m$ , которое определяет скорость изменения указанных коэффициентов за счет модификации зависимости  $k_{kn} = f(t)$ . При увеличении  $m$  возрастает скорость нарастания  $k_{kn}$  в переходном режиме, что в конечном итоге обеспечивает повышение быстродействия ЦИОТ.

Блок (11) формирования ОС эквивалентных токов  $i_{eqcn}$ ,  $i_{eqsn}$  реализует функцию их вычисления по значениям  $i_{cn}$ ,  $i_{sn}$  и величине корректирующего коэффициента  $k_{kn}$ :

$$\begin{aligned} i_{eqcn} &= k_{kn}i_{cn}; \\ i_{eqsn} &= k_{kn}i_{sn}. \end{aligned} \quad (10)$$

В блоке (12) определения текущих контролируемых информационных параметров по значениям  $i_{eqcn}$ ,  $i_{eqsn}$  с использованием известных выражений вычисляются сравниваемые ЦИОТ величины.

Блок (13) сравнения сопоставляет вычисленные величины с уставками, которые устанавливаются в виде двоично-десятичного кода в блоке (14) задания уставок, и вырабатывает исполнительную команду.

Все блоки и элементы структурной схемы ЦИОТ релейной защиты могут быть реализованы по известным схемам с использованием средств микроэлектронной и микропроцессорной техники.

При реализации на базе предлагаемого ЦИОТ органа с одним входным вторичным током он будет работать следующим образом.

Входной вторичный ток  $i_{вхп}$  от измерительного трансформатора тока (на фиг. 1 не показан) защищаемого объекта поступает на вход входного преобразователя блока (1), выходной сигнал которого пропорционален  $i_{вхп}$ . Фильтр нижних частот блока (2) ограничивает частотный спектр входного тока. Аналого-цифровой преобразователь (3) формирует последовательность выборок  $n$  из поступающего на его вход выходного сигнала фильтра нижних частот с шагом дискретизации  $\Delta t = \frac{T}{N}$ , где  $T$  - период основной частоты.

Полученные на выходе аналого-цифрового преобразователя (3) выборки на протяжении периода наблюдения, равного периоду основной частоты, поступают в буфер оперативного запоминающего устройства (4).

Выборки входного вторичного тока, хранящиеся в буфере, поступают на входы блока (5) определения действующего значения указанного тока, по которым в соответствии с (5) определяется  $i_{вхп}$ , и блока (6) формирования ОС основной гармоники этого же тока, где в соответствии с (6) вычисляются его косинусная  $i_{cn}$  и синусная  $i_{sn}$  ОС основной гармоники.

На вход блока (7) определения действующего значения основной гармоники входного вторичного тока подаются ОС  $i_{cn}$  и  $i_{sn}$ , по которым вычисляется действующее значение указанной гармоники в соответствии с 7.

В блоке (8) определения разности отношений действующего значения вторичного тока к такому же значению его основной гармоники и действующего значения указанной гармоники к такому же значению ее вторичного тока по поступающим на его вход 81 с выхода блока 5 действующему значению вторичного тока, а на вход 82 с выхода блока 7 действующему значению основной гармоники того же тока вычисляется указанная разность в соответствии с выражением 8.

На входы 91 и 92 блока 9 расчета корректирующего коэффициента поступают соответственно с выхода блока 8 значения упомянутой выше разности  $R_n$ , а с выхода блока 10 - значения параметра модификации корректирующего коэффициента  $m$ , по которым согласно выражению 9 вычисляется текущий корректирующий коэффициент  $k_{kn}$ .

Рассчитанное текущее значение корректирующего коэффициента  $k_{kn}$  подается на вход 111 блока 11 формирования ОС эквивалентного тока  $i_{eqcn}$ ,  $i_{eqsn}$ , на вход 112 которого с выхода блока 6 поступают ОС основной гармоники входного вторичного тока  $i_{cn}$ ,  $i_{sn}$ , каждая из которых умножается на текущее значение  $k_{kn}$  согласно выражению 10.

Сформированные в блоке 11 ОС эквивалентного тока  $i_{eqcn}$ ,  $i_{eqsn}$  с его выхода передаются на вход блока 12 определения текущего контролируемого информационного параметра. Если в ЦИОТ указанным параметром является действующее значение тока, то оно вычисляется по выражению:

$$I_{eq} = \sqrt{\frac{i_{eqcn}^2 + i_{eqsn}^2}{2}}. \quad (11)$$

Действующее значение  $I_{eq}$  поступает на вход 131 блока 13 сравнения, где сопоставляется с уставкой, которая от блока 14 задания уставок подводится к входу 132 блока 13 сравнения. Если  $I_{eq}$  превышает уставку срабатывания, то на выходе блока 13 сравнения формируется исполнительная команда ЦИОТ.

Результаты исследования функционирования предлагаемого ЦИОТ и прототипа, представленные на фиг. 2, получены методом вычислительного эксперимента с помощью комплексной математической модели, включающей модели электроэнергетической системы, защищаемого объекта, измерительного трансформатора тока, а также модели вышеназванных измерительных органов тока.

На отрезке времени 0...0,08 с существовал нормальный режим. В момент времени  $t = 0,08$  с возникло короткое замыкание с содержанием в токе повреждения апериодической составляющей с большой постоянной времени ее затухания. При  $t = 0,085$  с измерительный трансформатор тока вошел в режим глубокого насыщения и его вторичный ток 15 снизился. В предложенном ЦИОТ воспроизводится более интенсивное увеличение действующего значения эквивалентного тока 16 как по скорости нарастания, так и по уровню в сравнении с аналогичным током, воспроизводимым в прототипе 17.

При одной и той же уставке 18 предложенный ЦИОТ с параметром модификации корректирующего коэффициента  $m$ , равным 2,5, срабатывает через 0,005 с после возникновения короткого замыкания, а прототип - через 0,085 с.

Таким образом, при наличии в токе короткого замыкания апериодической составляющей с большой постоянной времени затухания быстродействие предложенного ЦИОТ примерно на 4 периода основной частоты выше, чем у прототипа. Задавая различные значения параметра  $m$ , можно изменять быстродействие предложенного ЦИОТ в зависимости от конкретных применений.

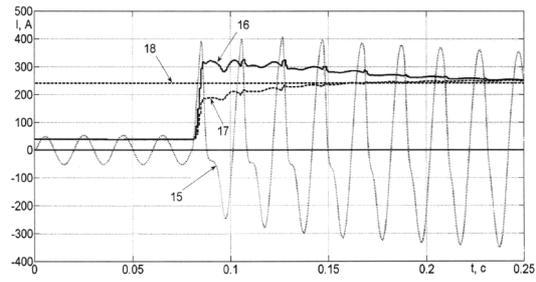
При отсутствии в токе короткого замыкания апериодической составляющей, а также при малой постоянной времени ее затухания предложенный ЦИОТ и прототип функционируют примерно одинаково.

По мере затухания апериодической составляющей в токе короткого замыкания разница между действующими значениями эквивалентного тока в предложенном органе 16 и аналогичным током в прототипе 17 уменьшается и со временем становится равной нулю.

## Источники информации:

1. РУМЯНЦЕВ Ю.В. и др. Цифровой измерительный орган тока для функционирования в условиях глубокого насыщения трансформатора тока. Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ, 2018, т. 61, № 6. с. 483-493.

2. РОМАНЮК Ф.А. и др. Цифровой измерительный орган релейной защиты электроэнергетической системы. Решение о выдаче патента на изобретение от 21.01.2021 по заявке № а 20190198 от 27.06.2019.



Фиг. 2