

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202190061** (13) **A2**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.06.30

(51) Int. Cl. **H02H 3/00 (2006.01)**

(22) Дата подачи заявки
2020.12.15

(54) **КОМБИНИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕННОГО ФИДЕРА ПРИ ОДНОФАЗНЫХ ЗАМЫКАНИЯХ НА ЗЕМЛЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

(31) **2019/0949.1**

(32) **2019.12.24**

(33) **KZ**

(96) **KZ2020/090 (KZ) 2020.12.15**

(71) Заявитель:

**ДМИТРИЧЕНКО ВИКТОР
ИВАНОВИЧ (KZ)**

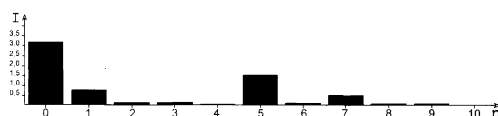
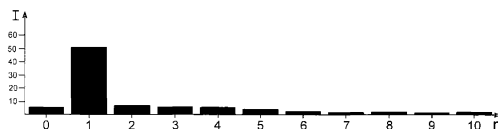
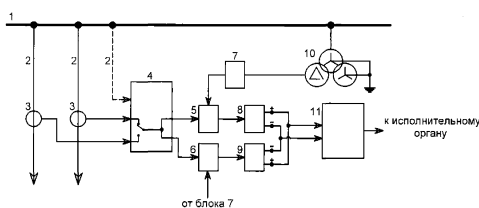
(72) Изобретатель:

**Дмитриченко Виктор Иванович,
Омирзаков Нагым Туймебайулы (KZ)**

(74) Представитель:

Авхадиева Ф.Р. (KZ)

(57) Изобретение относится к области энергетики, а именно к распределительным электросетям, работающим с изолированной, компенсированной, резистивно-компенсированной или резистивно-заземленной нейтралью, и предназначено для определения поврежденного фидера в электросетях 6-35 кВ при однофазных замыканиях на землю. Комбинированное устройство для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях содержит трансформаторы тока нулевой последовательности отходящих фидеров, переключатель, блок выделения постоянной составляющей тока, блок выделения высших гармоник тока, блок запуска, измерительный трансформатор напряжения и измерительный орган, разделительный трансформатор, установленный между переключателем и блоком выделения высших гармоник тока, а также выпрямитель, подключенный между блоком выделения постоянной составляющей тока и блоком выделения высших гармоник тока. Преимуществами предлагаемого изобретения являются расширение области применения, надежная и безопасная работа электросетей напряжением 6-35 кВ, обеспечивающая высокую эффективность электроснабжения.

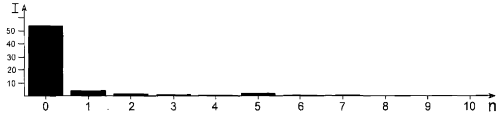
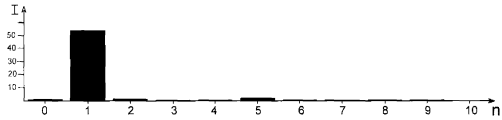


A2

202190061

202190061

A2



Комбинированное устройство для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях

Изобретение относится к области энергетики, а именно к распределительным электросетям, работающим с изолированной, компенсированной, резистивно-компенсированной или резистивно-заземленной нейтралью, и предназначено для определения поврежденного фидера в электросетях 6-35 кВ при однофазных замыканиях на землю.

Наиболее распространенной в электросетях 6-35 кВ защитой от однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) является релейная защита, состоящая из трансформатора тока нулевой последовательности и токового реле в каждом отходящем фидере, измерительного трансформатора напряжения, и реагирующая на действующее значение полного тока нулевой последовательности (ТНП) в поврежденном фидере. В данном устройстве защита поврежденной линии при возникновении ОЗЗ срабатывает по величине контролируемого ТНП, превышающей уставку на срабатывание защиты. Действует защита на отключение поврежденной линии от секции шин или на сигнал. Уставки на срабатывание исполнительных органов для обеспечения селективности выбираются по условию отстройки от собственного емкостного тока неповрежденных линий с учетом необходимой надежности и чувствительности защиты. (Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ. Конспект лекций. Санкт-Петербург, ПЭИПК, 2001. – 52 с.).

Основным недостатком известного устройства является то, что невозможно обеспечить одновременное выполнение условий селективности и чувствительности даже при применении современных высокочувствительных микропроцессорных устройств из-за соизмеримости и небольшой разницы между токами поврежденной и неповрежденных линий. Другим недостатком защиты является неработоспособность в случае, когда ОЗЗ происходит не как глухое металлическое замыкание, а через некоторое переходное сопротивление в месте замыкания фазы на

землю, так как переходное сопротивление снижает величину напряжения нулевой последовательности в сети по сравнению с металлическим замыканием. Следовательно, фактические ТНП всех линий при возникновении ОЗЗ через переходное сопротивление окажутся меньшими в сравнении с их величинами, которые учитываются в расчете и выборе уставок защит. Кроме того, такая защита не применяется при емкостных токах, превышающих допустимые значения и ограничиваемых компенсирующими устройствами.

Известно групповое устройство селективной защиты УСЗ-3М, применяемое в компенсированных сетях, которое выполняется в виде одного централизованного комплекса, состоящего из согласующего трансформатора, фильтров, выпрямительного моста и электроизмерительного прибора. Данное устройство УСЗ-3М основано на выделении и измерении высших гармоник тока, содержащихся в полном токе ОЗЗ, и поочередно подключаемое переключателем к трансформаторам тока нулевой последовательности (ТТНП) каждого отходящего фидера электросети. По наибольшему значению суммы выделенных и измеренных высших гармоник тока определяется поврежденный фидер. (Шабад М.А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ. Конспект лекций. Санкт-Петербург, ПЭИПК, 2001 – 52 с.).

Недостатками известных устройств являются высокая вероятность отказа защиты в срабатывании при ОЗЗ из-за недостаточной чувствительности, вследствие нестабильности состава и уровня высших гармоник тока, особенно при замыкании через переходное сопротивление в месте повреждения, тем самым не обеспечивается требуемая селективность определения поврежденного фидера, а также надежность и безопасность защиты электросетей от ОЗЗ.

Известно устройство для защиты электросетей от однофазных замыканий на землю, содержащее блок определения поврежденного фидера с блок-кассетами алгоритмов определения, трансформаторы тока нулевой

последовательности отходящих фидеров, блок запуска, измерительный трансформатор напряжения и блок генерации наложенного тока. В этом устройстве для каждого отходящего фидера введены последовательно соединенные пропускающий фильтр постоянной составляющей тока нулевой последовательности и блок-кассета одноименного алгоритма определения, включенные, соответственно, к выходу трансформатора тока нулевой последовательности и к входу блока определения поврежденного фидера, с возможностью выключения блок-кассеты алгоритма по наложенному току. Устройство работает по принципу определения поврежденного фидера по алгоритму наложенного тока и по алгоритму постоянной составляющей в токе замыкания на землю. (Патент РК на полезную модель №3894, МПК H02H 3/00, опубликовано: 19.04.2019, бюлл. №16).

Недостатком указанного аналога является необходимость установки дополнительных блоков генерации и передачи в сеть наложенного тока, что снижает точность защиты, является сложным, дорогим и имеет ограниченное применение в разветвленных сетях.

Наиболее близким по техническому решению, принятому в качестве прототипа, является комбинированная защита от ОЗЗ, реализующая алгоритм направленной защиты и алгоритм суммы высших гармоник тока. Устройство содержит измерительный трансформатор напряжения, трансформаторы тока нулевой последовательности отходящих фидеров, блок выделения основной гармоники тока и блок выделения высших гармоник в токе нулевой последовательности, пусковой и пороговый органы. При устойчивых замыканиях и только в некомпенсированных сетях действует алгоритм направленной защиты, а в компенсированных действует алгоритм суммы высших гармоник тока. (<http://bmrz-zakharov.narod.ru/2012/OZZ.htm>-дата обращения 15.09.2019г.).

Недостатками прототипа являются недостаточная чувствительность защиты в условиях нестабильности состава и уровня высших гармоник тока

при дуговых замыканиях, а также в области малых токов ОЗЗ и замыканиях через переходное сопротивление. Указанные недостатки снижают надежность и безопасность работы электросетей и, как следствие, снижается эффективность электроснабжения.

Таким образом, известные устройства, реализующие алгоритмы определения поврежденного фидера, присущие однофазным замыканиям на землю, не всегда обеспечивают требуемую селективность защиты из-за недостаточной чувствительности и имеют ограниченную область применения.

Задача предлагаемого изобретения – создание эффективного комбинированного устройства для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях, позволяющего повысить чувствительность и селективность защиты, расширить области применения, обеспечивающего надежную и безопасную работу электросетей и высокую эффективность электроснабжения.

Технический результат заключается в расширении области применения в электросетях напряжением 6-35 кВ с любыми режимами нейтрали, кроме глухого заземления, повышении чувствительности и селективности защит, а следовательно, повышении надежности и безопасности работы электросетей, что обеспечивает высокую эффективность электроснабжения.

Для достижения технического результата комбинированное устройство для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях, содержащее трансформаторы тока нулевой последовательности отходящих фидеров, переключатель, блок выделения постоянной составляющей тока, блок выделения высших гармоник тока, блок запуска, измерительный трансформатор напряжения и измерительный орган, *согласно изобретению*, дополнительно введены разделительный трансформатор и выпрямитель, при этом разделительный трансформатор входом подключен к переключателю, а выходом соединен с

входом блока выделения высших гармоник, причем выпрямитель входом включен к выходу блока выделения постоянной составляющей тока, а выходом соединен параллельно с выходом блока выделения высших гармоник тока. Предлагаемое изобретение поясняется чертежами.

На фигуре 1 представлена блок-схема предлагаемого комбинированного устройства для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях, где:

- 1 – электросеть,
- 2 – отходящие фидеры,
- 3 – трансформаторы тока нулевой последовательности (ТНП) отходящих фидеров,
- 4 – переключатель,
- 5 – разделительный трансформатор,
- 6 – блок выделения постоянной составляющей тока,
- 7 – блок запуска,
- 8 – блок выделения высших гармоник тока,
- 9 – выпрямитель,
- 10 – измерительный трансформатор напряжения (ТН),
- 11 – измерительный орган.

На фигуре 2 показан график гармонического состава ТНП в заземляющем проводнике при установившемся режиме без дутогасящего реактора (ДГР).

На фигуре 3 показан график гармонического состава ТНП в заземляющем проводнике при установившемся режиме с ДГР.

На фигуре 4 показан график гармонического состава ТНП в заземляющем проводнике в переходном процессе ОЗЗ за второй период замыкания без ДГР.

На фигуре 5 показан график гармонического состава ТНП в заземляющем проводнике в переходном процессе ОЗЗ за второй период замыкания с ДГР.

Комбинированное устройство для определения поврежденного фидера при ОЗЗ в электрических сетях, содержит ТТНП отходящих фидеров 3 электросети 1, связанных переключателем 4, который соединен выходом с входом блока выделения постоянной составляющей тока 6, а также с входом разделительного трансформатора 5. При этом разделительный трансформатор 5 выходом соединен с входом блока выделения высших гармоник 8, а выход блока выделения постоянной составляющей тока 6 соединен с выпрямителем 9. Кроме того, блок запуска 7 подключен своим входом с измерительным трансформатором напряжения 10, а выходами соединен с разделительным трансформатором 5 и блоком выделения постоянной составляющей тока 6.

Предлагаемое изобретение работает следующим образом.

В нормальном режиме работы электросети 1 без ОЗЗ (фигура 1) отходящие фидеры 2 обеспечивают электроснабжение потребителей, а ТТНП 3 отходящих фидеров и измерительный ТН 10 находятся под напряжением и формируют для блока запуска 7 соответствующие сигналы о нормальном состоянии электросети 1 без ОЗЗ. Разделительный трансформатор 5, блок выделения постоянной составляющей тока 6, блок выделения высших гармоник тока 8, выпрямитель 9 и измерительный орган 11 находятся в исходном состоянии (в готовности функционировать).

При возникновении в электросети 1 ОЗЗ измерительный ТН 10 фиксирует факт замыкания, включает в работу блок запуска 7 и начинается процедура определения поврежденного фидера. Сигналы от ТТНП 3 и других фидеров через переключатель 4 поочередно подключаются посредством разделительного трансформатора 5 к входу блока выделения высших гармоник тока 8, в котором формируются сигналы суммарных значений высших гармоник тока поочередно от разных фидеров и затем также поочередно подаются на вход измерительного органа 11.

Параллельно и синхронно с этим процессом подается сигнал от переключателя 4 на вход блока выделения постоянной составляющей тока

6 и далее через выпрямитель 9 соединяется, суммируясь с выходным сигналом блока выделения высших гармоник тока 8. Затем в измерительном органе 11 по наибольшему значению суммарного сигнала определяется поврежденный фидер соответствующей функцией релейной защиты.

Введение разделительного трансформатора 5 необходимо для гальванической развязки между двумя параллельными цепочками устройства. Одна в составе разделительного трансформатора 5 и блока выделения высших гармоник тока 8, а вторая в составе блока выделения постоянной составляющей тока 6 и выпрямителя 9. Обе цепочки включены между выходом переключателя 4 и входом в измерительный орган 11. Этим устраняется их взаимное влияние, обеспечивая эффективное функционирование устройства. Вместе с тем введение в устройство выпрямителя 9 диктуется следующим.

Основными источниками несимметричного переменного ТНП являются ОЗЗ, сопровождающиеся дуговыми разрядами в месте повреждения (перемежающаяся, затем прерывистая дуги) при любых режимах нейтрали электросети, а также нелинейные характеристики индуктивностей в электросети (дутогасящие реакторы, нейтралесобразующие и силовые трансформаторы), апериодический характер переходных процессов при возникновении ОЗЗ и др. При этом несимметричный переменный ТНП появляется в ТТНП 3 только поврежденного фидера с момента появления и до установившегося состояния ОЗЗ. (Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов. – М.: «Энергия», 1971. – с. 48-49; Саенко Ю.Л., Попов А.С. Влияние характера горения дуги на повреждаемость трансформаторов напряжения контроля изоляции//Вестник Приазовского Государственного Университета – Мариуполь, 2011. – Вып.21. – С. 101-106).

Указанные процессы происходят во всей электросети и весьма неоднородны, а их динамика непредсказуема. Поэтому выделение

постоянной составляющей из ТНП с однозначной полярностью на выходе из блока выделения постоянной составляющей тока 6 не представляется возможным. А поскольку на выходе блока выделения высших гармоник тока 8 конструктивно выполняется четкая полярность сигнала, то для параллельного соединения выходов этих блоков 6 и 8 необходим выпрямитель 9, посредством которого выходы названных блоков и соединяются параллельно.

Сравнительный анализ предлагаемого устройства с прототипом показывает, что в случае ОЗЗ выделенные из ТТНП 3 отходящих фидеров раздельно постоянная составляющая тока и сумма высших гармоник тока, в отличие от прототипа, суммируются, создавая, таким образом, комбинированный сигнал более высокого уровня. Затем этот сигнал поступает к исполнительному органу 11, обеспечивая более высокую чувствительность защиты от ОЗЗ.

Кроме того, значения указанных токов различны в зависимости от стадий процесса ОЗЗ в месте повреждения (вначале перемежающаяся дуга, затем прерывистая с переходом в установившийся режим с металлическим замыканием или через переходное сопротивление). Такие различия в ТНП определяют дополнительное условие учитывать и фактор момента времени от возникновения ОЗЗ, особенно для замыканий через переходное сопротивление с ослабленными параметрами токов и напряжений. При этом более эффективно суммирование раздельных сигналов с формированием усиленного комбинированного, а не малозначимого их раздельного использования. Это позволит определять поврежденный фидер с ОЗЗ в электросетях с любым режимом заземления нейтрали, в том числе при замыканиях через переходное сопротивление, и значительно расширить область применения защит.

Представленный анализ подтверждает повышение чувствительности и селективности комбинированного устройства для определения поврежденного фидера, расширение области применения предлагаемого

изобретения, а также на новизну и значительные преимущества предлагаемого устройства по сравнению с прототипом.

Пример для подтверждения эффективности предлагаемого устройства.

На фигурах 2, 3, 4, 5 представлены реальные экспериментальные данные гармонического состава ТНП в заземляющем проводнике при искусственном металлическом замыкании на землю в электросети 10 кВ:

а) в установившемся режиме, соответственно, без дутогасящего реактора (ДГР) и с ДГР (фигуры 2, 3);

б) в переходном процессе ОЗЗ за второй период замыкания, соответственно, без ДГР и с ДГР (фигуры 4, 5), где:

- I – действующее значение тока, А,

- n – номер гармоники тока.

Действующее значение суммы высших гармоник тока $I_{вг}$ рассчитывается по известной формуле:

$$I_{вг} = \sqrt{I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots + I_n^2} \quad (1)$$

где: I_3, I_4, I_5, I_n – действующие значения токов 3-й, 4-й, 5-й, n -й гармоник.

Причем действующее значение постоянной составляющей тока I_0 отображено непосредственно на фигурах 2, 3, 4, 5 как 0-я гармоника.

Суммарное значение действующего тока I составит:

$$I = I_0 + I_{вг} \quad (2)$$

Результаты расчетов по формулам 1 и 2 представлены в Таблице для соответствующих режимов ОЗЗ (п.1 и п.2) по предлагаемому изобретению.

Также в указанной Таблице (п.3) на основании результатов выполненных расчетов и сведений из научно-практических источников приведена характеристика использования алгоритмов по предлагаемому изобретению ($I_0 + I_{вг}$) и по прототипу ($I_{вг} + I_{нз}$), где $I_{нз}$ представляет алгоритм направленной защиты.

**Таблица результатов расчетов по предлагаемому изобретению и
характеристики алгоритмов в релейных защитах.**

Режимы ОЗЗ и нейтрали		Результаты расчетов			Характеристики алгоритмов в релейных защитах				
		I₀	I_{ВГ}	I₀+ I_{ВГ}	I₀	I_{ВГ}	I_{НЗ}	I₀+ I_{ВГ}	I_{ВГ}+ I_{НЗ}
1. Установив- шийся режим, металличес- кое замыка- ние	без ДГР	5,6	10,1	15,7	надежно	надежно	надежно	надежно	надежно
	с ДГР	3,2	1,6	4,8	надежно	слабый сигнал	не действует	надежно	нестабильно
2. Переходной процесс, вто- рой период, металличес- кое замыка- ние	без ДГР	1,0	1,75	2,75	слабый сигнал	слабый сигнал	нестабильно	надежно	нестабильно
	с ДГР	52	1,75	53,15	надежно	слабый сигнал	не действует	надежно	слабый сигнал
3. Замыкание через переходное сопротивление	без ДГР, с ДГР	По литературным данным			слабый сигнал	слабый сигнал	не действует	надежно	слабый сигнал

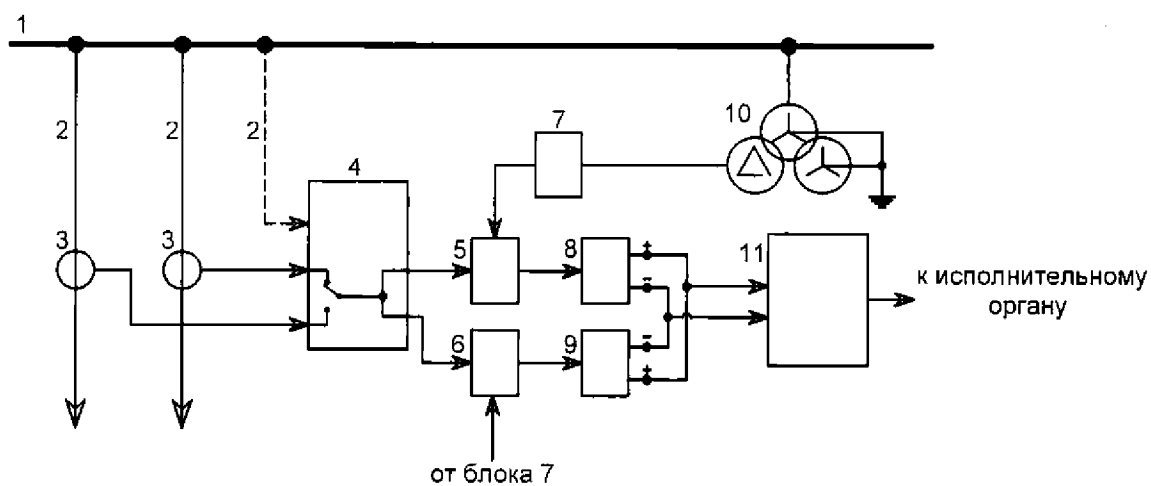
Таким образом, на основании полученных данных можно утверждать, что предлагаемое изобретение показывает более высокую эффективность по сравнению с прототипом для любых режимов нейтрали и процессов ОЗЗ в месте повреждения.

Для функционирования предлагаемого устройства могут применяться выпускаемые промышленностью блоки и элементы систем типа УСЗ-3М для определения поврежденного фидера, широко распространенные измерительные трансформаторы напряжения типа ЗНОЛ, трансформаторы тока нулевой последовательности типа ТЗЛ, а также применяемые в электроэнергетике оборудование, приборы и элементы релейных защит.

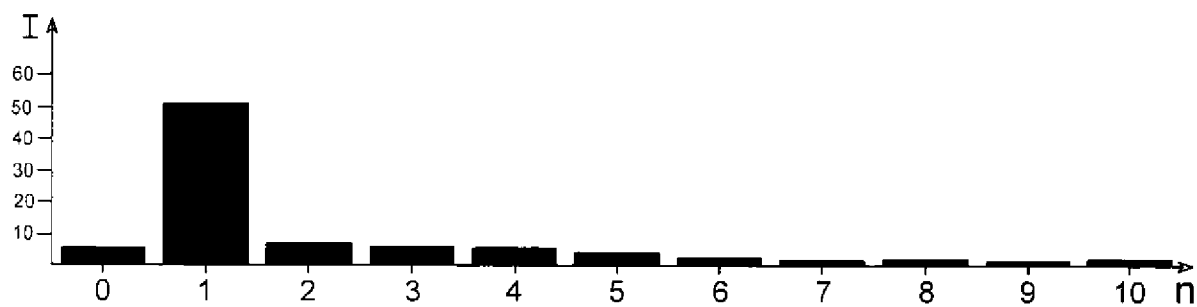
Преимуществом предлагаемого изобретения является расширение области применения, надежная и безопасная работа электросетей напряжением 6-35 кВ, обеспечивающая высокую эффективность электроснабжения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

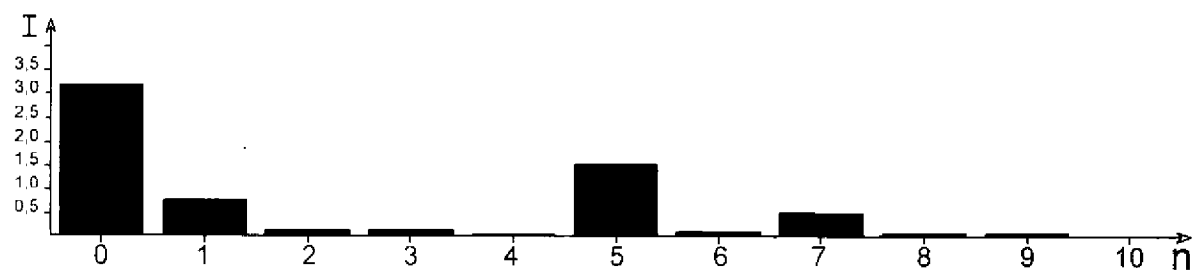
Комбинированное устройство для определения поврежденного фидера при однофазных замыканиях на землю в электрических сетях, содержащее трансформаторы тока нулевой последовательности отходящих фидеров, переключатель, блок выделения постоянной составляющей тока, блок выделения высших гармоник тока, блок запуска, измерительный трансформатор напряжения и измерительный орган, *отличающееся тем, что* дополнительно введены разделительный трансформатор и выпрямитель, при этом разделительный трансформатор входом подключен к переключателю, а выходом соединен с входом блока выделения высших гармоник, причем выпрямитель входом включен к выходу блока выделения постоянной составляющей тока, а выходом соединен параллельно с выходом блока выделения высших гармоник тока.



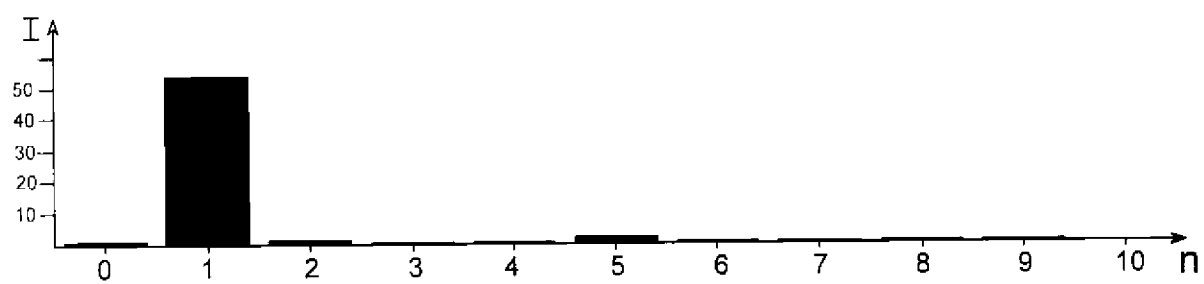
Фигура 1



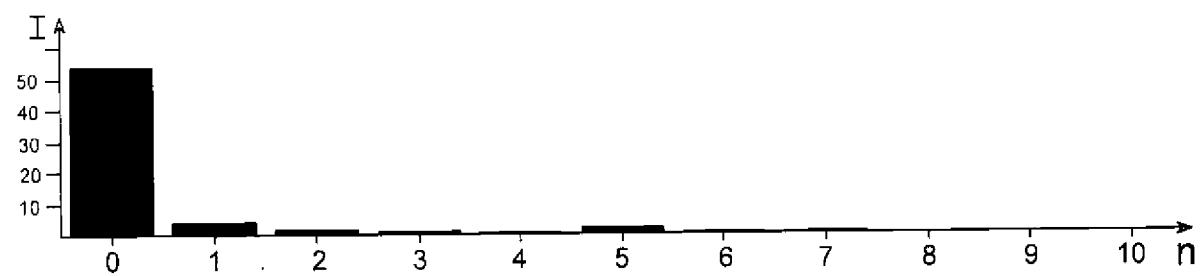
Фигура 2



Фигура 3



Фигура 4



Фигура 5