

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2538214

**СПОСОБ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ
ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ**

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный политехнический университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013128192

Приоритет изобретения **19 июня 2013 г.**

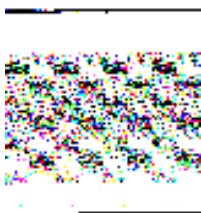
Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **18 ноября 2014 г.**

Срок действия патента истекает **19 июня 2033 г.**

*Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Л.Л. Кирий





**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013128192/07, 19.06.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.06.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.06.2013

(45) Опубликовано: 10.01.2015 Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2261510 C1, 27.09.2005. RU 2286637 C1, 27.10.2006. RU 18808 U1, 10.07.2001. RU 2286636 C1, 27.10.2006. WO 2009011536 A2, 22.01.2009. US 4420805 A, 13.12.1983. EP 0135110 A2, 27.03.1985. US 4591992 A, 27.05.1986

Адрес для переписки:

195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул.,
29, ФГАОУ ВО "СПбПУ", Отдел
интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

**Ванин Валерий Кузьмич (RU),
Попов Максим Георгиевич (RU),
Попов Станислав Олегович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский
государственный политехнический
университет" (ФГАОУ ВО "СПбПУ") (RU)****(54) СПОСОБ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ**

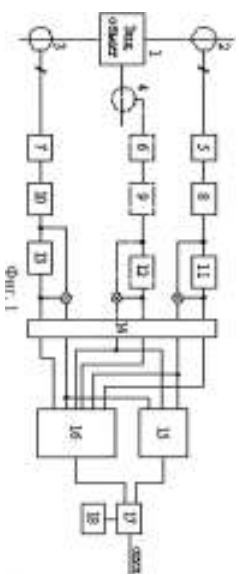
(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники, а именно к защите электроустановок. Технический результат заключается в повышении чувствительности и быстродействия защиты, а также устойчивости ее функционирования. В предложенном способе пофазно формируют дифференциальный ток. Исходя из полученных мгновенных значений вторичных токов определяют токи намагничивания и восстановленные первичные токи трансформаторов тока, при этом за положительные направления токов принимают их направление к защищаемому объекту. Полученные сигналы вторичных, восстановленных первичных токов и токов намагничивания ТТ плеч защиты приводят к одним относительным единицам с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов

тока и других выравнивающих коэффициентов. После чего формируют дифференциальный ток, пропорциональный сумме восстановленных первичных токов соответствующих присоединений защищаемого объекта. Вычисляют тормозной ток, пропорциональный токам намагничивания трансформаторов тока. Далее интегрируют полученные значения тормозного и дифференциального токов за период промышленной частоты и сравнивают полученный интегральный дифференциальный ток с уставкой и интегральным тормозным током. В случае, если значение интегрального дифференциального тока превосходит значение суммы интегрального тормозного тока и уставки срабатывания, формируют команду на отключение электроустановки. 3 ил.

R U
2 5 3 8 2 1 4
C 1

R U
2 5 3 8 2 1 4
C 1



R U 2 5 3 8 2 1 4 C 1

R U 2 5 3 8 2 1 4 C 1

Изобретение относится к области электротехники, а именно к защите электроустановок, и может быть применено в электроэнергетике и т.д.

Известны различные способы дифференциальной защиты, например, согласно способу дифференциальной защиты [Ванин В.К., Павлов Г.М. Релейная защита на элементах вычислительной техники.-2-е изд., перераб. и доп. - Л.:Энергоатомиздат, 1991. -336 с.] рабочий сигнал-модуль дифференциального тока формируют как сумму вторичных токов, а тормозной ток как максимальную из сумм отрицательных и положительных полуволн токов присоединений. Недостатком способа является его низкая чувствительность.

Известен выбранный в качестве прототипа способ дифференциальной защиты электроустановки, [RU Патент №2261510]. Согласно этому способу, исходя из измеренных мгновенных значений вторичных токов, пофазно формируют дифференциальный ток, пропорциональный сумме вторичных токов соответствующих присоединений защищаемого объекта, при этом за положительное направление тока принимается его направление к защищаемому объекту, и тормозной ток, состоящий из двух слагаемых, первое из которых пропорционально корню квадратному из векторного произведения указанных вторичных токов, а значения второго вычисляются путем интегрирования дополнительного тока, равного разности между суммой модулей указанных вторичных токов и модулем дифференциального тока, затягивают спад второго слагаемого тормозного тока, сравнивают дифференциальный ток с уставкой и тормозным током и по результатам сравнения выдают сигнал на срабатывание защиты (отключение электроустановки).

Указанный способ обладает следующими главными недостатками:

Во-первых существенное снижение чувствительности и быстродействия защиты при насыщении ТТ и при возникновении внутренних повреждений в течение переходных режимов в энергосистеме, в том числе при внешних коротких замыканиях, во-вторых необходимость изменения настроек защиты при изменении параметров энергосистемы,

Задачей является повышение чувствительности и быстродействия защиты, а также устойчивость ее функционирования.

Поставленная задача достигается тем, что согласно заявленному способу пофазно формируют дифференциальный ток. Для этого во вторичные цепи трансформаторов тока присоединений защищаемого объекта подключают преобразователи «ток-напряжение», которые могут представлять собой промежуточные трансреакторы, нагрузочные резисторы или непосредственно оптико-электронные трансформаторы тока, у которых выходная информация представляется в виде напряжения, пропорционального измеряемому току. На их выходы подключают аналого-цифровые преобразователи, каждый из которых, синхронно с остальными преобразователями, с заданным интервалом времени измеряет мгновенное значение напряжения и формирует цифровой код, соответствующий мгновенному значению вторичного тока трансформатора тока. Далее, исходя из полученных мгновенных значений вторичных токов, определяют токи намагничивания и восстановленные первичные токи трансформаторов тока, при этом за положительные направления токов принимается их направление к защищаемому объекту.

Полученные сигналы вторичных, восстановленных первичных токов и токов намагничивания ТТ плеч защиты приводят к одним относительным единицам с учетом коэффициентов трансформации трансформаторов тока и других выравнивающих коэффициентов, например, для защиты трансформатора, коэффициентов трансформации силового трансформатора и схемы соединения его обмоток [Ванин В.К., Павлов Г.М.

Релейная защита на элементах вычислительной техники. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат, 1991. -336 с.]. После чего формируют дифференциальный ток, пропорциональный сумме восстановленных первичных токов соответствующих присоединений защищаемого объекта. Затем вычисляют тормозной ток,
 5 пропорциональный токам намагничивания трансформаторов тока. При этом могут быть использованы следующие способы вычисления тормозного сигнала из токов намагничивания, например разность токов намагничивания трансформаторов тока плеч защиты, или максимальный ток намагничивания. Далее интегрируют полученные значения тормозного и дифференциального токов за период промышленной частоты
 10 и сравнивают полученный интегральный дифференциальный ток с уставкой и интегральным тормозным током. В случае, если значение интегрального дифференциального тока превосходит значение суммы интегрального тормозного тока и уставки срабатывания, формируют команду на отключение электроустановки.

Поставленные задачи достигаются за счет того, что определяют токи намагничивания трансформаторов тока и как следствие значительно компенсируются погрешности
 15 измерения первичных токов, и значительно снижается ток небаланса защиты при внешних КЗ, сопровождающихся насыщением трансформаторов тока, что повышает чувствительность способа. Тормозной ток пропорционален току намагничивания трансформатора тока, что обеспечивает высокую чувствительность и быстродействие
 20 способа при насыщении трансформаторов тока при внутренних повреждениях и исключает излишнее загрубление защиты. Совокупность отличительных признаков способа позволяет повысить устойчивость функционирования защиты в различных переходных режимах.

Осуществление способа иллюстрируется фиг.1-3. На фиг.1 представлена функциональная блок-схема предлагаемого способа; на фиг.2, 3 - временные диаграммы токов, поясняющие работу защиты в случаях внешнего и внутреннего короткого замыкания. Поскольку дифференциальная защита работает пофазно, дальнейшее изложение ведется на примере одной фазы защиты.

На функциональной блок схеме устройства, в котором реализуется предлагаемый способ содержит объект защиты 1, трансформаторы тока плеч защиты 2-4, входные преобразователи вторичного тока ТТ 5-7, блоки АЦП 8-10, устройства определения тока намагничивания ТТ 11-13, блок приведения измеренных величин к одним относительным единицам 14, формирователи рабочего 15 и тормозного сигналов 16, блок для задания уставки защиты и формирующий сигнал отключения 17, блок самодиагностики 18. Фиг.1

Работает схема следующим образом. Вторичные токи трансформаторов тока 2, 3 присоединений защищаемого объекта 1 преобразуются в пропорциональные напряжения в блоках 5,7. Далее в блоках 8,10 производится преобразование аналоговых сигналов в цифровую форму, и затем в алгоритме защиты используются только цифровые сигналы.
 40 В нелинейных блоках 8, 10 определяются токи намагничивания трансформаторов тока и далее с помощью сумматора определяются восстановленные первичные токи. Полученные сигналы с ТТ плеч защиты приводятся к одним относительным единицам в блоке 14 с учетом коэффициента трансформации. После чего восстановленные токи соответствующих присоединений защищаемого объекта используются для
 45 формирования дифференциального тока в блоке 15. Приведенные токи намагничивания поступают на вход формирователя тормозного тока 16. В блоке 16 может быть использованы различные способы вычисления тормозного тока из токов намагничивания, например, разность токов намагничивания трансформаторов тока

плеч защиты. Блоки 15, 16 формируют интегральные значения тормозного и дифференциального токов, при этом интервал усреднения данных величин может регулироваться. Рабочий и тормозной токи сравниваются в блоке 17, в котором также формируется сигнал на отключение защищаемого объекта. Часть блоков 4, 6, 9, 12 и связи между ними и схемой защиты показаны пунктиром. Таким образом, происходит наращивание схемы в случае увеличения количества присоединений защищаемого объекта. Схема дополнена блоком самодиагностики защиты 18, входными сигналами которого являются все измеренные и вычисленные в ходе обработки в функционально решающем блоке сигналы (для упрощения структурной схемы эти входные сигналы на ней не отображены). В данном блоке обрабатываются полученные токи намагничивания, первичные и вторичные токи. В случаях выявления возможного превышения допустимой погрешности работы блоков определения тока намагничивания защита загроубляется (повышается уставка срабатывания), либо блокируется. В блоке 18 также реализуется алгоритм, выявляющий режим глубокого насыщения ТТ и обрыв токовых цепей. В последних случаях полностью блокируется действие защиты на отключение.

Для качественного анализа рассматриваемого способа дифференциальной защиты в различных динамических режимах и с учетом нелинейности характеристик электрооборудования и элементов защиты проведены расчетные математические исследования с использованием компьютерного моделирования переходных процессов.

Расчетные осциллограммы переходных процессов для внутреннего КЗ в случае насыщения одного из трансформаторов тока плеч защиты приведены на фиг.2. На первой осциллограмме (фиг.2,а) показаны первичный i_1 и вторичный ток i_{12} трансформатора тока, из которых видно, что в течение переходного процесса вторичный ток существенно искажается относительно первичного. На второй осциллограмме (фиг.2, б) приведены дифференциальный ток, пропорциональный сумме вторичных токов трансформаторов тока плеч защиты $i_{д}$, и дифференциальный ток, пропорциональный сумме восстановленных первичных токов плеч защиты $i_{дв}$. Из графика видно, что первый ток снижается в течение переходного процесса и имеет четко выраженный минимум, что и является причиной снижения быстродействия и чувствительности дифференциальных защит, второй ток резко возрастает после возникновения КЗ и в нем отсутствует спад, который наблюдается у первого тока. Тормозной ток i_r , вычисленный как разность токов намагничивания трансформаторов тока, имеет четко выраженный максимум и постепенно снижется к концу переходного процесса (фиг.2,в, г), тормозной ток, вычисленный как максимальный ток намагничивания, будет иметь аналогичный характер. Минимум разности дифференциального и тормозного тока (фиг.2,г) наблюдается через несколько периодов после момента возникновения КЗ, при этом она остается положительной, что обеспечивает правильную работу защиты. Важно отметить, что в начальный момент времени после возникновения повреждения значение дифференциального тока существенно превосходит ток срабатывания, что гарантирует срабатывание дифференциальной защиты при внутренних КЗ уже в течение первого периода промышленной частоты (0,02 с) после момента возникновения КЗ.

Для случая внешнего короткого замыкания осциллограммы дифференциального и тормозного сигнала приведены на фиг.3. На первой осциллограмме (фиг.3,а) показаны первичный, вторичный ток и ток намагничивания трансформатора тока $i_{1л}$, из которых так же, как для случая внутреннего КЗ, видно, что в течение переходного процесса

вторичный ток существенно искажается относительно первичного. На второй осциллограмме (фиг.3,б) приведены дифференциальный ток, пропорциональный сумме вторичных токов трансформаторов тока плеч защиты, и дифференциальный ток, пропорциональный сумме восстановленных первичных токов плеч защиты, которые
5 показывают, что второй ток существенно ниже первого. На фиг.3,в, г приведены осциллограмма тормозного тока и усредненных значений дифференциального тока и тормозного, а также их разность. Из графиков следует, что тормозной ток существенно больше дифференциального, что обеспечивает селективность работы защиты. В
10 установившихся режимах или при КЗ не сопровождающихся большой апериодической составляющей тормозной ток весьма мал даже при больших токах КЗ, что обеспечивает быстрое действие и высокую чувствительность защиты.

При использовании заявляемого способа дифференциальной защиты уставка срабатывания принимается равной $0,05I_{ном}$ во всем диапазоне первичных токов ТТ, удовлетворяющих условию 10% погрешности, при этом время срабатывания защиты
15 не будет превышать 1,5 периодов промышленной частоты. Таким образом, способ дифференциальной защиты обеспечивает быстрое действие и чувствительность защиты. При этом обеспечивается устойчивость работы способа в различных переходных режимах.

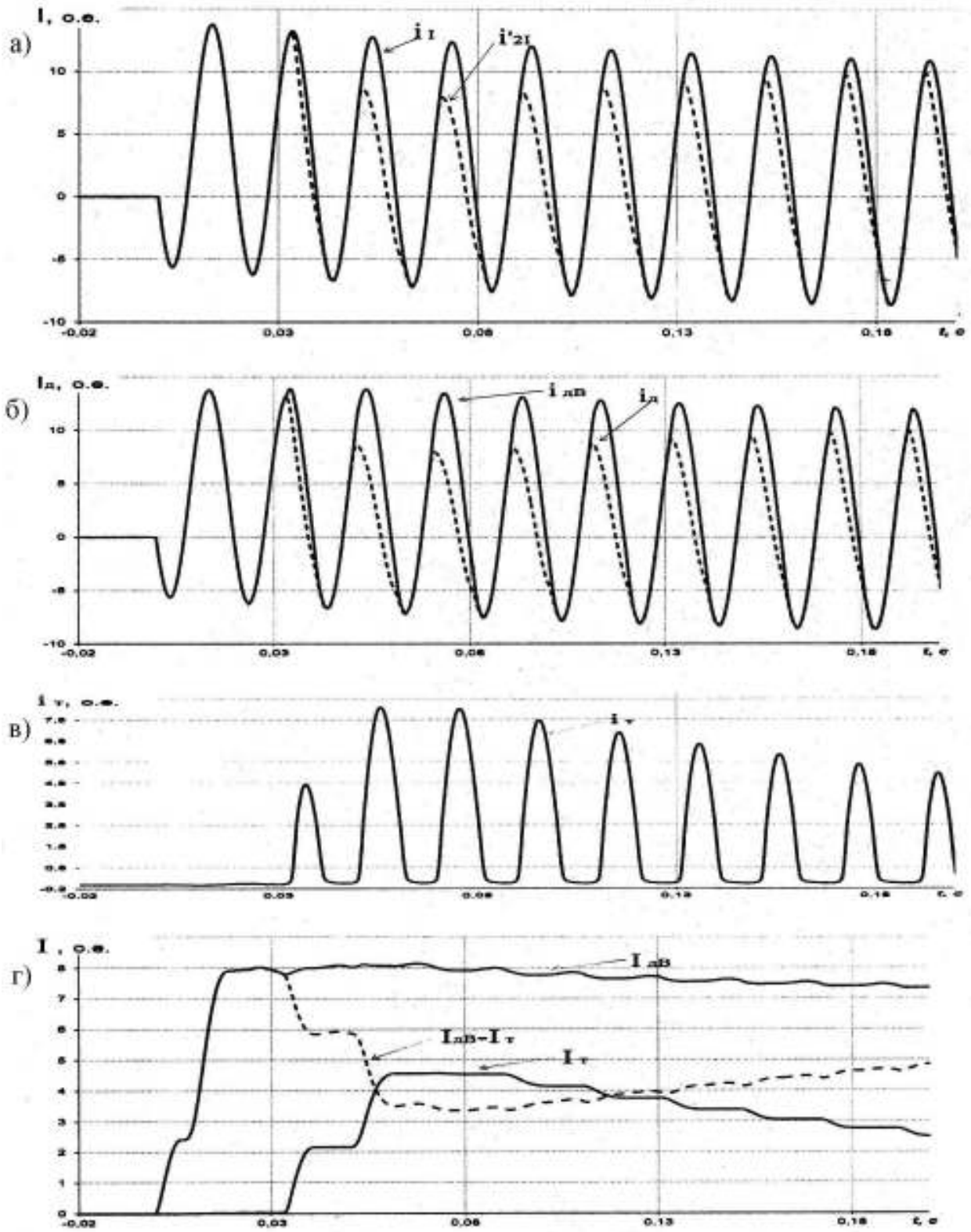
20 Формула изобретения

Способ дифференциальной защиты электроустановки, заключающийся в том, что из вторичных токов трансформаторов тока пофазно формируют интегральные
дифференциальный ток и тормозной ток, сравнивают интегральный дифференциальный ток с уставкой и интегральным тормозным током и по результатам сравнения выдают
25 сигнал на срабатывание защиты, отличающийся тем, что определяют токи намагничивания и восстановленные первичные токи трансформаторов тока, за положительное направление которых принимают направление к защищаемой установке, и приводят их к одним относительным единицам с учетом коэффициентов трансформации, формируют дифференциальный ток, пропорциональный сумме
30 восстановленных первичных токов установки, и вычисляют тормозной ток, пропорциональный токам намагничивания трансформаторов тока.

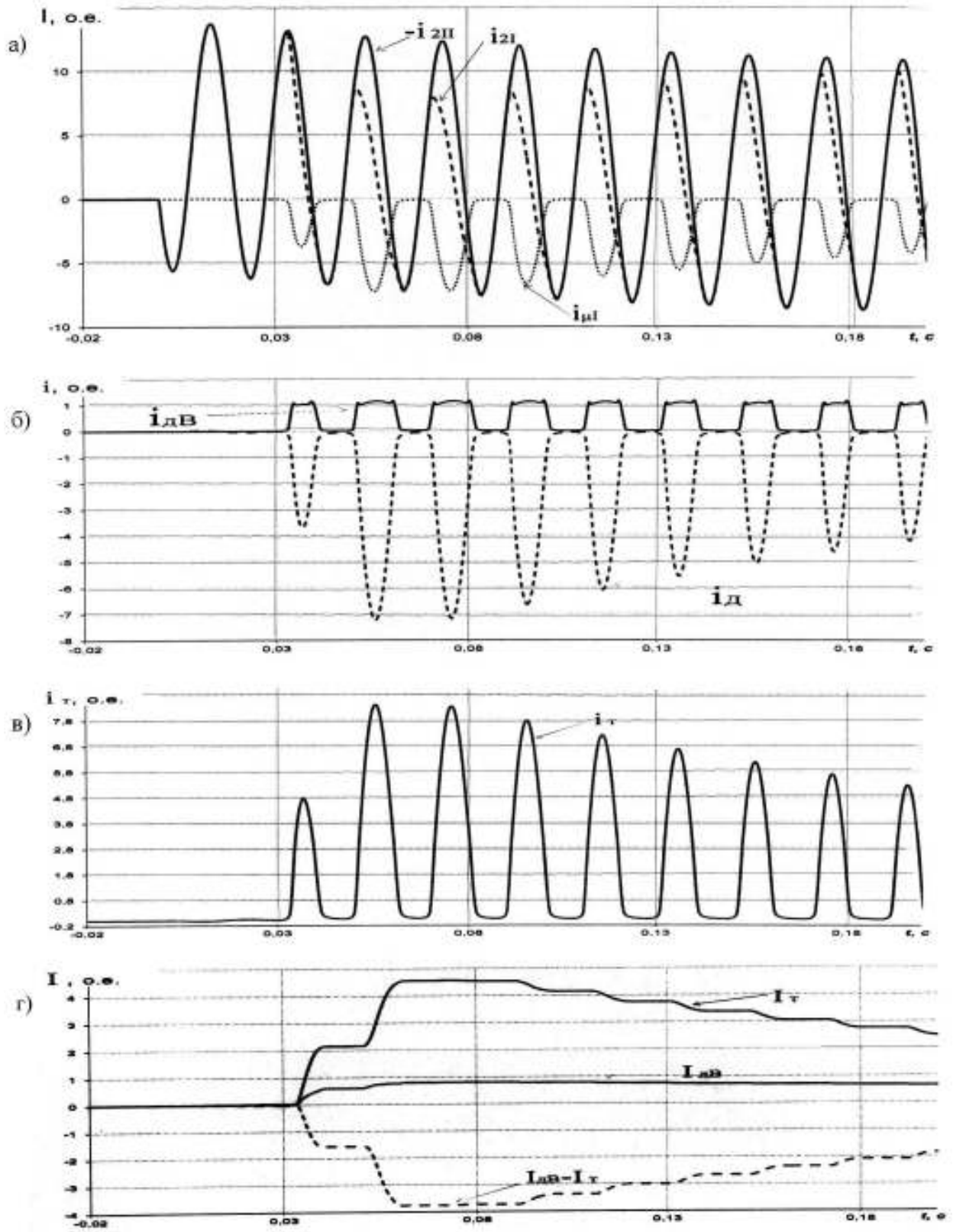
35

40

45



Фиг. 2



Фиг. 3