

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036461**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.12

(51) Int. Cl. **H05B 7/152** (2006.01)
H05B 7/09 (2006.01)

(21) Номер заявки
201892116

(22) Дата подачи заявки
2017.04.04

(54) СИСТЕМА ДУГОВОЙ ПЛАВКИ И СПОСОБ МОНИТОРИНГА ДЛИНЫ ЭЛЕКТРОДА В ТАКОЙ СИСТЕМЕ

(31) 2016/02781

(56) JP-A-S57130398
KR-A-20140007083
JP-A-H038290
CN-U-204679109
JP-A-H06260281

(32) 2016.04.21

(33) ZA

(43) 2019.04.30

(86) PCT/IB2017/051903

(87) WO 2017/182902 2017.10.26

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГЛЕНКОР ОПЕРЕЙШНС САУТ
АФРИКА (ПРОПРАЙТЕРИ)
ЛИМИТЕД (ZA)**

(72) Изобретатель:
Ле Ру Даниэль Жак (ZA)

(74) Представитель:
**Веселицкая И.А., Веселицкий М.Б.,
Кузенкова Н.В., Каксис Р.А., Белоусов
Ю.В., Куликов А.В., Кузнецова Е.В.,
Соколов Р.А., Кузнецова Т.В. (RU)**

(57) В патенте описана дуговая плавильная система 10 и способ мониторинга или получения длины электрода дуговой плавильной системы 10. Система 10 содержит по меньшей мере один электрод; устройство измерения тока, сконфигурированное для измерения тока в электроде во время работы системы; и устройство обработки данных. Устройство обработки данных сконфигурировано для определения колебаний величины тока в электроде, измеряемого устройством измерения тока на протяжении некоторого периода времени, и получения характеристики колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода. Получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе, по меньшей мере, колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени.

B1

036461

036461

B1

Область техники

Изобретение относится к системе дуговой плавки и к способу обнаружения/определения изменения длины электрода, который формирует часть системы дуговой плавки.

Уровень техники

В процессе плавки электрод на основе углерода погружают в расплавленный металл с флюсом, причем глубина погружения конца электрода неизвестна. Электроды предназначены для подведения электрического тока и обеспечения необходимой энергии, требующейся для осуществления процесса. При осуществлении плавки может использоваться один или несколько электродов. Могут использоваться готовые электроды, заменяемые по мере необходимости, или же они могут формироваться непрерывно (электроды Содерберга). Эффективное восполнение электродов является критическим моментом и оказывает влияние на стабильность и эффективность производственного процесса (электроды изготавливаются на основе углерода и, соответственно, участвуют в реакции). При идеальной длине электрода не только обеспечивается оптимальная плавка с высоким КПД, но также происходит непрерывный процесс формирования электрода путем поддержания соответствующих средних токов электрода (в случае электродов Содерберга).

Практика показывает, что поддержание оптимальной длины электродов -это одна из наиболее трудных (и потенциально ухудшающих характеристики процесса) операций, которая ежедневно выполняется производственным персоналом. В связи с характером используемой электрической схемы трудно определить длины электродов, считывая на панели управления показания приборов, измеряющих такие параметры, как ток и сопротивление электродов. Только в крайних случаях поломки электрода (то есть, уменьшение длины электрода) эти параметры могут обеспечить указание на происшествие, однако практика показала, что их использование для поддержания длины электрода является бесполезным занятием. Были предприняты различные попытки решения этой проблемы, однако ни одна из них не обеспечила приемлемого решения (как правило, ввиду больших затрат, и/или необходимых модификаций используемого оборудования и/или точности предлагаемого способа).

Многие способы были основаны на измерении веса электрода. Эти способы основываются на том, что более длинный электрод обязательно будут весить больше по сравнению с более коротким электродом, и, соответственно, точная длина может быть вычислена в предположении определенной плотности материала электрода. С самого начала это способ улучшался путем устранения возможных источников колебаний характеристик. Сначала использовался вес всей колонны электрода. Этот способ был улучшен путем устранения резких колебаний веса, происходящих в связи с компонентами облицовки электрода (гибкие трубы шины, трение с уплотнениями свода, поток воды и т.п.), путем размещения датчиков веса ниже скользящих держателей, что обеспечивает выделение веса электрода (стальные кожухи, секция пастовых и спеченных электродов) (Sidorski, E., 2006, "Определение длины электрода плавильной печи", патент US 7095777). Другое изменение этого способа заключается в компенсации сил плазмы путем учета токов электродов (Allen, C. & Motter, J., 1975, "Система определения длины электрода", патент US 3872231).

В другом способе использовалась модель расходования материала электрода. При использовании вместе с величинами ежедневного проскальзывания может быть определена теоретическая длина электрода. Такой способ используется компанией Mintek для определения длин электродов (их модель расходования построена на основе входной мощности) (Hockaday, C, 2015, "Определение длины электрода", Интервью 29 декабря 2015 г.). Точность модели очевидно зависит от точности данных о расходовании материала электрода. Расходование материала электрода изменяется при выходе за пределы рабочих режимов, режима скачивания шлака и т.п., так что точность этого способа очень низка. Этот способ также не позволяет обнаруживать поломки электродов.

В одном из патентов длину электрода определяют, используя разницу потенциалов двух точек кожуха печи (одна из точек выбирается как можно ближе к измеряемому электроду) и ток электрод (Kalgraf, K., Morkesdai, G. и Tronstad, R., 2001, "Способ определения положения конца расходоуемого электрода, используемого в электродуговой плавильной печи", патент US 6178191).

Настоящее изобретение направлено на решение по меньшей мере некоторых вышеуказанных проблем.

Сущность изобретения

В настоящем изобретении предлагается способ мониторинга, или получения показателя, длины электрода дуговой плавильной системы, включающий:

измерение тока, проходящего через электрод во время работы (то есть, во время работы дуговой плавильной системы);

определение колебаний (изменений) величины измеряемого тока на протяжении некоторого периода времени;

получение характеристики (величины) колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе по меньшей мере колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени.

Электроды обычно имеют удлиненную форму, например, могут иметь удлиненный корпус.

Способ может быть более пригоден для мониторинга, или получения показателей, длин двух, предпочтительно трех, электродов дуговой плавильной системы. В этом случае способ может включать измерение тока в каждом электроде во время работы системы;

определение колебаний величины измеряемого тока для каждого электрода на протяжении некоторого периода времени;

получение для каждого электрода характеристики колебаний величины тока, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе, по меньшей мере, колебаний величины тока, определенных для каждого электрода на протяжении указанного периода времени.

Способ может включать сравнение, предпочтительно с использованием процессора, полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока для получения показателя длины электрода. Способ может включать определение эталонной характеристики колебаний величины тока. Эталонная характеристика колебаний величины тока может быть характеристикой колебаний величины тока для электрода, длина которого известна. Эталонная характеристика колебаний величины тока указывается далее как "заданная величина".

В настоящем изобретении предлагается также способ обнаружения/определения изменения длины электрода дуговой плавильной системы, включающий:

измерение тока в электроде во время работы системы;

определение, предпочтительно с использованием процессора, колебаний величины измеренного тока на протяжении некоторого периода времени;

получение, предпочтительно с использованием процессора, характеристики колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе, по меньшей мере, колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени;

сравнение, предпочтительно с использованием процессора, полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока (с "заданным значением").

Вышеописанные способы по настоящему изобретению могут включать, в частности, измерение тока в электроде в определенные моменты/в интервалах на протяжении некоторого периода времени. Вышеописанные способы по настоящему изобретению могут также включать определение, предпочтительно с использованием процессора, колебаний величины тока путем вычисления разности величин тока, измеренных в последовательных интервалах/моментах времени.

Получаемая характеристика колебаний величины тока в соответствии с вышеописанными способами по настоящему изобретению может быть вычислена с помощью следующей формулы:

$$I_{var} = \frac{\sum_{i=0}^n |I_{i+1} - I_i|}{(t_n - t_0)}$$

где I_{var} - характеристика колебаний величины тока;

n - суммарное количество точек данных, по которым должна вычисляться получаемая характеристика колебаний величины тока;

I_i - измеренная величина тока в интервале/в момент i времени; и

$t_n - t_0$ - относится к периоду времени, на протяжении которого были записаны точки данных.

Должно быть понятно, что термин "точки данных" относится к моментам времени, в которые был измерен ток электрода.

Колебания величины измеряемого тока могут быть определены с помощью процессора. Процессор может формировать часть вычислительного устройства, такого как компьютер, или же может быть программируемым логическим контроллером (ПЛК).

Получаемая характеристика колебаний величины тока в соответствии с вышеописанными способами по настоящему изобретению может быть вычислена с помощью процессора. Процессор может формировать часть вычислительного устройства, такого как компьютер, или же может быть программируемым логическим контроллером (ПЛК).

Операции определения колебаний величины измеряемого тока и вычисления получаемой характеристики колебаний величины тока могут быть выполнены одним и тем же процессором.

Вышеупомянутая дуговая плавильная система может быть дуговой плавильной печью. Дуговая плавильная печь может быть феррохромной печью.

Дуговая плавильная система может быть электродуговой печью.

Способ может не включать получение характеристики колебаний величины тока в период/момент времени, когда осуществляется переключение ответвлений на трансформаторе, функционально подсоединенном к электроду. Более конкретно, способ может не включать получение характеристики колебаний величины тока в течение периода времени, когда осуществляется переключение ответвлений на трансформаторе, функционально подсоединенном к электроду.

В настоящем изобретении также предлагается дуговая плавильная система, содержащая

по меньшей мере один электрод;

устройство измерения тока, сконфигурированное для измерения тока в электроде во время работы

системы; и

устройство обработки данных, сконфигурированное для определения колебаний величины тока в электроде, измеряемого устройством измерения тока на протяжении некоторого периода времени, и получения характеристики колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе, по меньшей мере, колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени.

Электроды обычно имеют удлиненную форму, например имеют удлиненный корпус.

Система может содержать два, предпочтительно три электрода. Устройство измерения тока может быть сконфигурировано для измерения тока в каждом электроде во время работы системы. Вместо этого система может содержать три устройства измерения тока, по одному для каждого электрода.

Устройство обработки данных может быть сконфигурировано для определения колебаний величины измеряемого тока для каждого электрода на протяжении некоторого периода времени; и

получения для каждого электрода характеристики колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе по меньшей мере колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени.

Устройство обработки данных может быть сконфигурировано для обнаружения/определения изменения длины электрода путем сравнения полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока (с "заданной величиной"). Эталонная характеристика колебаний величины тока ("заданная величина") может быть характеристикой колебаний величины тока для электрода, длина которого известна. Устройство обработки данных может быть сконфигурировано для определения эталонной характеристики колебаний величины тока ("заданная величина"). Эталонная характеристика колебаний величины тока ("заданная величина") может быть характеристикой колебаний величины тока для электрода, длина которого известна.

В настоящем изобретении также предлагается дуговая плавильная система, содержащая по меньшей мере один электрод;

устройство измерения тока, сконфигурированное для измерения тока в электроде во время работы системы; и

устройство обработки данных, сконфигурированное для обнаружения/определения изменения длины электрода путем:

определения колебаний величины измеряемого тока для каждого электрода на протяжении некоторого периода времени;

получения характеристики колебаний величины тока, которая является показателем длины электрода, причем получение характеристики колебаний величины тока осуществляют на основе по меньшей мере колебаний величины тока, определенных на протяжении указанного периода времени;

сравнения полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока (с "заданной величиной").

В вышеописанных дуговых плавильных системах устройство измерения тока может быть сконфигурировано для измерения тока в электроде в определенные моменты/интервалы времени на протяжении некоторого периода времени. Кроме того, устройство обработки данных может быть сконфигурировано для определения разности/количества колебаний величины тока путем вычисления разности величин тока, измеренных в последовательные моменты/интервалы времени.

Характеристика колебаний величины тока в вышеописанных дуговых плавильных системах может быть вычислена с помощью следующей формулы:

$$I_{var} = \frac{\sum_{i=0}^n |I_{i+1} - I_i|}{(t_n - t_0)}$$

где I_{var} - характеристика колебаний величины тока;

n - суммарное количество точек данных, по которым должна вычисляться получаемая характеристика колебаний величины тока;

I_i - измеренная величина тока в интервале/в момент i времени; и

$t_n - t_0$ - относится к периоду времени, в котором были записаны точки данных.

Устройство обработки данных может содержать процессор. Устройство обработки данных может содержать вычислительное устройство, такое как компьютер, или же может содержать программируемый логический контроллер (ПЛК).

Дуговая плавильная система по настоящему изобретению может быть дуговой плавильной печью. Дуговая плавильная печь может быть феррохромной печью.

Дуговая плавильная система по настоящему изобретению может быть электродуговой печью.

Краткое описание чертежей

Настоящее изобретение описывается ниже со ссылками на варианты его осуществления, которые являются всего лишь примерами, и на схематические чертежи. На чертежах показано:

на фиг. 1 - блок-схема конфигурации аппаратных средств системы дуговой плавки в соответствии с

настоящим изобретением;

на фиг. 2А - график вычисленной величины тока, протекающего в системе дуговой плавки (то есть, тока электрода), на протяжении некоторого временного интервала, для электрода длиной 2,3 м;

на фиг. 2Б - график вычисленной величины тока, протекающего в системе дуговой плавки (то есть, тока электрода), на протяжении некоторого временного интервала, для электрода длиной 3,0 м;

на фиг. 3А - графическое представление зависимости сопротивления от тока, протекающего через первый электрод системы дуговой плавки;

на фиг. 3Б - графическое представление зависимости сопротивления от тока, протекающего через второй электрод системы дуговой плавки;

на фиг. 3В - графическое представление зависимости сопротивления от тока, протекающего через третий электрод системы дуговой плавки;

на фиг. 4А - графическое представление изменения колебаний величины тока в первом электроде (ΔI_{var1}) в зависимости от изменения количества переключений ответвлений ($\Delta TX312$);

на фиг. 4Б - графическое представление изменения колебаний величины тока во втором электроде (ΔI_{var2}) в зависимости от изменения количества переключений ответвлений ($\Delta TX123$);

на фиг. 4В - графическое представление изменения колебаний величины тока в третьем электроде (ΔI_{var3}) в зависимости от изменения количества переключений ответвлений ($\Delta TX231$);

на фиг. 5А - графическое представление нормальных колебаний величины тока (ΔI_{var1}) и модели колебаний величины тока (ΔI_{var1_17}) в эталонном состоянии для электрода 1 (на временном интервале 30 мин);

на фиг. 5Б - графики, демонстрирующие влияние переключений ответвлений на колебания величины тока;

на фиг. 5В - графики, демонстрирующие работу модели колебаний величины тока в эталонном состоянии;

на фиг. 6А - графики, демонстрирующие влияние, которое оказывают переключения ответвлений на абсолютную разность между последовательными величинами тока ($|I_{i+1} - I_i|$) электродов;

на фиг. 6Б - графики, демонстрирующие влияние, которое оказывают переключения ответвлений на абсолютную разность между последовательными величинами тока ($|I_{i+1} - I_i|$) электродов, когда вычисления не осуществляют во время переключений ответвлений.

Подробное описание осуществления изобретения

В разделе "Уровень техники" были указаны недостатки предшествующих технических решений. За неимением более точных данных для расчета длины электрода использовались средние величины измерений сопротивления и тока, хотя это не обеспечивало достаточной точности. Управление осуществлялось путем регулирования скорости скольжения для поддержания определенных заданных значений средних величин токов или сопротивлений электродов, причем в моменты неустойчивой работы печи обычной практикой работы производственного персонала является выпуск расплавленного металла для открытия концов электродов и визуальной оценки их длин, чтобы фактическая длина электродов не оказалась неожиданностью.

Из опыта практической работы был сделан вывод, что хотя средние величины тока в электродах одинаковы, однако отличается характер достижения определенной средней величины. Было обнаружено, что более длинный электрод, как правило, работает более устойчиво, когда измеряемый ток электрода характеризуется лишь небольшими флуктуациями величины. Напротив, более короткие электроды демонстрируют повышенную неустойчивость в работе. Это обстоятельство иллюстрируется на фиг. 2А и 2Б. Кроме того, также было обнаружено, что отсутствует какая-либо реальная зависимость между колебаниями тока и средней величиной тока/сопротивления (см. фиг. 3А-3В).

В настоящем изобретении вышеуказанная неустойчивость используется для мониторинга длин электродов в дуговой плавильной системе.

Поэтому настоящее изобретение относится к дуговой плавильной системе, более конкретно, к феррохромной плавильной печи, которая сконфигурирована для мониторинга длины одного или нескольких электродов в процессе плавления. Для того чтобы контролировать/получать показатели длин электродов, используется устройство обработки данных, реализующее специальный алгоритм, в котором учитываются колебания величины тока, протекающего через электрод, во времени для вычисления характеристики колебаний величины тока (которая также может указываться как "разброс величин тока электрода").

Затем вычисленную величину изменения тока сравнивают с заданным значением. Заданное значение обычно относится к идеальной/оптимальной величине для вычисленной характеристики колебаний величины тока, когда электрод имеет конкретную/требуемую длину. Заданное значение обычно получают, используя систему для вычисления характеристики колебаний величины тока, когда длина электрода известна (напр., когда в плавильной системе используется новый электрод, или после физического изменения длины электрода). После вычисления заданного значения его можно сравнивать с любыми вычисленными характеристиками колебаний величины тока, которые могут быть вычислены впоследствии во время работы плавильной системы.

На всех фигурах ссылочный номер 10 относится к дуговой плавильной системе в целом (напр., к феррохромной плавильной печи) в соответствии с настоящим изобретением. Для доставки энергии на три электрода, расположенные в печи с дугой под флюсом системы 10 используются три однофазных трансформатора 12.1-12.3. Однако следует понимать, что может использоваться любое количество электродов. Электроды обычно имеют удлиненную форму (то есть, содержат удлиненный корпус).

К первичным обмоткам трансформаторов 12.1-12.3 печи функционально подсоединены многодиапазонные трансформаторы 14.1-14.3 тока с использованием трансформаторов 11.1-11.3 эталонного тока. В такой конфигурации трансформаторы 11.1-11.3 и 14.1-14.3 обеспечивают возможность преобразования исходных токов 16.1-16.3 в показания токов электродов.

Трансформаторы 12.1-12.3 и 14.1-14.3 - это трансформаторы с несколькими ответвлениями. Управление положениями ответвлений на трансформаторах 12.1-12.3 и 14.1-14.3 осуществляется синхронно устройством переключения ответвлений, имеющим привод от электродвигателя.

Трансформаторы 14.1-14.3 тока подсоединены по схеме треугольника, которая может быть аналогична схеме подсоединения электродов.

Каждый из трансформаторов 14.1-14.3 подсоединен к соответствующему датчику 20.1-20.3 тока (4-20 мА), который сконфигурирован для формирования аналогового сигнала, используемого в качестве входного сигнала программируемого логического контроллера (ПЛК) 22. Более конкретно, датчики 20.1-20.3 подсоединены к входным каналам 19.1-19.3, соответственно, ПЛК 22. Цифровой выход ПЛК 22 подсоединен к компьютеру 24 (или другому вычислительному устройству), например, с использованием сети Ethernet.

Следует понимать, что многодиапазонные трансформаторы 14.1-14.3 тока, трансформаторы 11.1-11.3 исходного тока и соответствующие датчики 20.1-20.3 тока вместе формируют систему измерения тока, сконфигурированную для измерения тока в электродах во время работы и передачи данных в ПЛК 22 для соответствующей обработки. Следует понимать, что могут быть реализованы альтернативные системы измерения тока для измерения тока, проходящего через электроды. Кроме того, системы измерения тока могут быть подсоединены не к ПЛК, а непосредственно к компьютеру.

Затем ПЛК или компьютер 24 может использоваться для вычисления характеристики колебаний величины тока для каждого электрода. Поэтому ПЛК и/или компьютер 24 может эффективно формировать систему обработки, сконфигурированную для вычисления характеристики колебаний величины тока для каждого электрода и для мониторинга/получения показаний длин электродов на основе этого вычисления.

Характеристика колебаний величины тока для каждого электрода может быть вычислена с помощью следующей формулы:

$$I_{var} = \frac{\sum_{i=0}^n |I_{i+1} - I_i|}{(t_n - t_0)} \quad (1)$$

где I_{var} - полученная/вычисленная характеристика колебаний величины тока;

n - суммарное количество точек данных, по которым должна вычисляться получаемая характеристика колебаний величины тока;

I_i - измеренная величина тока в интервале/в момент i времени; и

$t_n - t_0$ - относится к интервалу времени, на протяжении которого были записаны точки данных.

Как можно понять из вышеприведенного уравнения, характеристика колебаний величины тока определяется на шкале времени. Далее, сначала вычисляются абсолютные разности, и затем их делят на суммарный интервал времени, на протяжении которого осуществлялся сбор данных. Этот способ может быть применен, как правило, для различных способов выборки данных, которые зависят от типа используемого ПЛК. Усреднение мгновенных значений, как правило, будет точным только в том случае, когда выборка осуществляется с фиксированной частотой.

После вычисления характеристики колебаний величины тока для определенного электрода, ПЛК 22 или компьютер 24 получает показатель длины электрода путем сравнения вычисленной характеристики колебаний величины тока с заданным значением. Как уже указывалось, заданное значение может быть получено обычно путем вычисления характеристики колебаний величины тока аналогичным образом, когда длина электрода известна, например, в начале работы в системе 10 с новым электродом. Эта эталонная характеристика может отличаться для разных систем, а также для разных ПЛК. Предусматривается, что при определении эталонной характеристики используются данные, получаемые измерениями на некотором интервале времени, с их оптимизацией для конкретной системы 10.

В случае короткого электрода из-за нестабильности характеристики колебаний величины тока числитель уравнения становится большим, и, соответственно, характеристика колебаний величины тока также будет иметь большое значение.

Эксперимент

Методика исследований

Нижеописанная методика исследований использовалась для сбора данных, их анализа и установления корректности результатов. В рассматриваемом эксперименте влияние длины электрода устранялось

в предположении, что его длина остается постоянной от одного 30-минутного интервала до другого. Затем анализировалось влияние переключений ответвлений на колебания величины тока от одного 30-минутного интервала до другого.

Сбор данных

Были получены данные для конкретной печи за 13-дневный период. Для каждого 30-минутного интервала в этом временном периоде получали следующие данные (всего 624 набора данных):

Колебания величины тока для каждого электрода; и
количество переключений ответвлений на один трансформатор.

Анализ данных

К средней входной мощности системы применялся фильтр (напр., фильтр 40 МВт) для исключения временных периодов, когда печь была выключена, поскольку потенциально они могут существенно влиять на характеристику колебаний величины тока.

Колебания величины тока, проходящего через электрод E1, сопоставлялись с суммой переключений ответвлений на трансформаторах 3 и 1 (обозначено ТХ312).

Колебания величины тока, проходящего через электрод E2, сопоставлялись с суммой переключений ответвлений на трансформаторах 1 и 2 (обозначено ТХ123).

Колебания величины тока, проходящего через электрод E3, сопоставлялись с суммой переключений ответвлений на трансформаторах 2 и 3 (обозначено ТХ231).

Проверка корректности модели

По результатам анализа данных была определена аппроксимация методом линейной регрессии (см. ниже уравнение 2). Линия проходит через нулевую точку графика, поскольку никакое изменение исследуемого параметра не должно приводить к изменению колебаний величины тока:

Уравнение 2. Сопоставление изменения I_{var} с изменением характерного параметра:

$$\Delta I_{var} = m \Delta x \quad (2)$$

где I_{var} - изменение колебаний величины тока (кА/с);

m - наклон линии регрессии; и

Δx - изменение параметра (а именно, количества/суммы переключений ответвлений).

Определяя эталонное состояние как "0", получаем:

$$I_{var,i} - I_{var,0} = m(x_i - x_0) \quad (3)$$

Уравнение 4. Вычисление колебания величины тока эталонного состояния:

$$I_{var,0} = I_{var,i} - m(x_i - x_0) \quad (4)$$

Для любого момента (i) теперь можно откорректировать действительную характеристику колебаний величины тока, используя известную зависимость между колебаниями тока и количеством/суммой переключений ответвлений для представления "откорректированной характеристики колебаний величины тока".

Если $I_{var,0}$ обнаруживает меньше флуктуаций от одного интервала к другому, это означает, что неизменно обеспечивается более надежный результат.

Степень флуктуаций вычисляют, используя нижеприведенную формулу (сумма абсолютных изменений между интервалами):

Уравнение 5. Вычисление флуктуации I_{var} для сравнения моделей:

$$I_{var_{fluctuation}} = \sum_{i=0}^n |I_{var_{i+1}} - I_{var_i}| \quad (5)$$

В качестве дополнительной меры точности использовался также диапазон колебаний величины тока (разность между максимальной и минимальной величинами для конкретного интервала). Чем меньше диапазон, тем уже полоса, внутри которой происходят флуктуации величины.

Уравнение 6. Вычисление диапазона I_{var} для конкретного интервала:

$$\text{Диапазон} = I_{var_{max}} - I_{var_{min}} \quad (6)$$

Результаты

Как можно видеть на фиг. 4А-4В, результаты показывают, что имеется корреляция между количеством выполненных переключений ответвлений и флуктуациями характеристики колебаний величины тока. Как показано на этих фигурах, для каждого электрода была получена аппроксимация методом линейной регрессии (см. пунктирные линии и соответствующие уравнения в верхних правых углах графиков), при этом может быть отмечена хорошая корреляция для всех трех электродов с очень сходными наклонами во всех случаях.

Корреляция между изменением суммарного количества переключений ответвлений и изменением колебаний величины тока может использоваться для получения улучшенной модели (указанной как "модель колебаний величины тока откорректированного состояния"). При прохождении отдельных линий регрессии через нулевую точку графика, соответствующие наклоны линий составляют 0,0014, 0,0016 и 0,0015, соответственно, что указывает на то, что колебания всех трех токов аналогичным образом реагируют на количество переключений ответвлений на один интервал. Для рассматриваемого эксперимента было решено использовать среднее значение для всех трех электродов (то есть, 0,0015).

Для выполнения сравнения откорректированная характеристика колебаний величины тока должна была быть максимально приближенной к привычной величине. Для этого сначала вычисляли среднее количество переключений ответвлений в 30-минутном интервале (для каждой пары трансформаторов) для данных, собранных и обработанных в качестве эталонного состояния. Вычисленное среднее количество переключений ответвлений, равное 17, использовалось для замены x_0 . Например, если суммарное количество переключений ответвлений равно 40, то Δx будет равно 23. Затем использовалось уравнение для вычисления откорректированной характеристики колебаний величины тока (на 30-минутных интервалах) для всех собранных данных. В табл. 1 приведены величины, усредненные за день. С учетом уравнения 4 и имея в виду, что увеличение количества переключений ответвлений приводит к повышению вычисленной величины I_{var} , член mdX обеспечивает корректировку действительной величины I_{var} для получения откорректированной величины I_{var} (то есть, величины I_{var} , которая была бы получена, если бы было выполнено только 17 переключений ответвлений). Вторая и третья колонки для каждого электрода обеспечивают показатели наблюдаемых флуктуаций, вычисленных с использованием уравнений 5 и 6, соответственно.

Таблица 1. Колебания величины тока.

Нормальная характеристика колебаний величины тока (то есть, величина I_{var} , вычисленная с помощью уравнения 1) в сравнении с моделью колебаний величины тока откорректированного состояния.

Дата	Электрод 1			Электрод 2			Электрод 3											
	Нормальная	Эталонная		Нормальная	Эталонная		Нормальная	Эталонная										
	I_{var1_Avg}	I_{var1_Var}	I_{var1_Range}	I_{var1_17Avg}	I_{var1_17Var}	$I_{var1_17Range}$	I_{var2_Avg}	I_{var2_Var}	I_{var2_Range}	I_{var2_17Avg}	I_{var2_17Var}	$I_{var2_17Range}$	I_{var3_Avg}	I_{var3_Var}	I_{var3_Range}	I_{var3_17Avg}	I_{var3_17Var}	$I_{var3_17Range}$
1	0,210	1,973	0,286	0,205	1,828	0,281	0,164	1,431	0,138	0,158	1,078	0,100	0,201	2,046	0,192	0,197	1,837	0,171
2	0,193	1,365	0,198	0,188	1,285	0,185	0,191	1,666	0,268	0,188	1,408	0,222	0,213	1,944	0,266	0,210	1,636	0,229
3	0,200	1,808	0,306	0,200	1,830	0,276	0,154	1,042	0,148	0,154	1,120	0,124	0,192	1,167	0,204	0,192	1,175	0,177
4	0,202	1,329	0,231	0,186	1,255	0,193	0,170	1,472	0,237	0,155	1,140	0,174	0,193	1,770	0,252	0,185	1,584	0,250
5	0,188	1,408	0,237	0,189	1,370	0,240	0,160	0,947	0,154	0,161	0,852	0,133	0,169	1,053	0,190	0,170	1,043	0,178
6	0,205	1,555	0,255	0,197	1,629	0,212	0,230	2,381	0,399	0,221	2,221	0,371	0,173	1,281	0,193	0,166	1,089	0,167
7	0,175	1,846	0,283	0,175	1,767	0,275	0,133	0,911	0,162	0,133	0,835	0,105	0,171	1,564	0,224	0,172	1,431	0,209
8	0,193	1,947	0,205	0,196	1,922	0,186	0,145	1,336	0,171	0,148	1,198	0,141	0,164	1,691	0,199	0,168	1,564	0,180
9	0,163	1,404	0,174	0,168	1,257	0,142	0,154	1,161	0,189	0,159	1,112	0,149	0,141	1,133	0,155	0,148	0,969	0,134
10	0,201	1,776	0,321	0,199	1,631	0,290	0,177	1,829	0,191	0,175	1,476	0,161	0,178	1,637	0,210	0,178	1,454	0,203
11	0,221	1,732	0,247	0,218	1,598	0,255	0,211	1,254	0,157	0,209	1,171	0,125	0,161	1,046	0,151	0,160	0,894	0,113
12	0,159	1,303	0,200	0,163	1,237	0,193	0,188	2,080	0,316	0,192	1,914	0,312	0,148	0,960	0,127	0,154	0,927	0,109
13	0,160	1,684	0,189	0,165	1,255	0,161	0,164	1,426	0,171	0,168	1,382	0,150	0,165	1,566	0,207	0,169	1,435	0,196

В табл. 1:

I_{var1_Avg} относится к средним значениям характеристик колебаний величины тока на 30-минутных интервалах для электрода 1 в течение 24-часового периода.

I_{var1_Var} относится к разбросу вычисленных характеристик колебаний величины тока на 30-минутных интервалах в течение 24-часового периода (вычисляется с использованием уравнения 5).

I_{var1_Range} относится к диапазону колебаний величины тока в электроде 1 (то есть, максимальное вычисленное отклонение величины тока минус минимальное вычисленное отклонение величины тока).

I_{var1_17Avg} относится к средним значениям откорректированных характеристик колебаний величины тока на 30-минутных интервалах для электрода 1 в течение 24-часового периода (вычисляются с использованием уравнения 4).

I_{var1_17Var} относится к разбросу откорректированных характеристик колебаний величины тока на 30-минутных интервалах для электрода 1 в течение 24-часового периода (вычисляется с использованием уравнения 5).

$I_{var1_17Range}$ относится к диапазону откорректированной характеристики колебаний величины тока в электроде 1 (то есть, максимальная откорректированная характеристика колебаний величины тока минус минимальная откорректированная характеристика колебаний величины тока).

Следует понимать, что те же самые общие определения/указания также применимы к шести соответствующим колонкам в разделах электродов 2 и 3.

Всякий раз, когда модель колебаний величины тока откорректированного состояния превосходила нормальные измерения (в части флуктуации), ячейка в табл. 1 показана серым фоном, причем примерно в 94% случаев модель колебаний величины тока откорректированного состояния снижала количество наблюдаемых флуктуаций. На фиг. 5А показаны действительные характеристики колебаний величины тока на 13-й день эксперимента, а также откорректированные характеристики колебаний величины тока в тех же интервалах.

На фиг. 5Б приведена графическая иллюстрация влияния увеличения/уменьшения количества переключений ответвлений на нормальные колебания величины тока ($4hr_Ivar3$). Для удаления некоторой части шумов использовалось скользящее среднее на данных в 30-минутных интервалах с 4-часовым окном (в этом примере использовался электрод 3). Должно быть понятно, что количество переключений

ответвлений имеет существенное влияние на нормальную характеристику колебаний величины тока.

На фиг. 5В иллюстрируется работа модели колебаний величины тока откорректированного состояния (4hr_Avg Ivar3_17). По мере увеличения количества переключений ответвлений нормальную характеристику колебаний величины тока снижают (а именно, посредством модели колебаний величины тока откорректированного состояния) для компенсации действий в отношении увеличенного количества ответвлений, в результате чего флуктуаций становится меньше, а рабочий диапазон суживается.

Поэтому модель колебаний величины тока откорректированного состояния, в которой реализуется корреляция между количеством переключений ответвлений и колебаниями тока, обеспечивает повышение точности и надежность характеристики колебаний величины тока.

В другом примере те интервалы времени, в течение которых осуществляются переключения ответвлений, можно не учитывать (исключить) в вычислениях, чтобы по возможности повысить точность получаемой/вычисляемой характеристики колебаний величины тока или характеристик колебаний величины тока откорректированного состояния. Таким образом, система 10 может быть сконфигурирована для исключения/игнорирования данных, полученных во время переключения ответвлений, при вычислении характеристик колебаний величины тока. В других вариантах система 10 может быть сконфигурирована таким образом, чтобы измерения тока во время переключения ответвлений не учитывались/не документировались/не обрабатывались. Более конкретно, компьютер 24 или ПЛК могут быть сконфигурированы таким образом, чтобы измерения тока во время переключения ответвлений не учитывались/не документировались/не обрабатывались. Например, выполнение программы, записанной в компьютере 24 или в ПЛК для осуществления вычислений, может быть приостановлено на время выполнения переключения ответвлений. Вышеизложенное иллюстрируется на фиг. 6А и 6Б. На фиг. 6А показано влияние, которое переключения ответвлений оказывают на абсолютную разность ($|I_{i+1}-I_i|$) последовательных величин токов электродов. С другой стороны, на фиг. 6Б показано, как можно уменьшить влияние переключения ответвлений на абсолютную разность ($|I_{i+1}-I_i|$) последовательных величин токов электродов.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что настоящее изобретение особенно полезно для определения длин электродов. В этом случае можно обнаружить поломки или потери концов электродов. Могут быть определены возможные причины разбалансировки печи и предприняты соответствующие корректирующие действия. Очень длинные электроды также имеют тенденцию работы с очень малыми величинами токов электродов, что вызывало в прошлом неправильные выводы в отношении длин электродов. Таким образом, настоящее изобретение может использоваться для определения того, что малые величины токов электродов связаны (или не связаны) с их большой длиной.

Точный контроль относительных длин отдельных электродов и, в конечном счете, существенное улучшение точности определения линий электрических дуг электродов обеспечивает непосредственно:

улучшение радиального и аксиального распределения тепловой энергии по цилиндрическому или прямоугольному объему высокотемпературной печи;

максимизацию рабочего объема внутри высокотемпературной печи для осуществления высокотемпературной реакции, в результате чего улучшаются показатели эффективности и производительности металлургического производства;

улучшенный и менее изменчивый тепловой профиль в зоне спекания электродов, в результате чего электроды более устойчивы к поломкам.

Настоящее изобретение обеспечивает существенное снижение макроскопических перемещений элементов электродов, в результате чего снижаются уровни создаваемых механических и тепловых напряжений. Таким образом, может быть существенно снижена интенсивность износа в результате механических и химических воздействий (напр., суммарное снижение более 15%).

Вышеуказанные достоинства дают в результате повышение устойчивости всего металлургического процесса, в результате чего обеспечивается превосходное восстановление целевых элементов в их требуемые соответствующие фазы и соответствующее снижение рассредоточения нежелательных (случайных) элементов в ценных фазах целевой реакции.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ мониторинга или получения показателя длины электрода дуговой плавильной системы, включающий:

а) измерение в определенные моменты времени на протяжении периода времени величины тока, проходящего через электрод или в электроде во время работы системы;

б) определение с использованием процессора колебаний измеренной величины тока на протяжении указанного периода времени;

в) получение с использованием процессора характеристики колебаний величины тока, используя, по меньшей мере, колебания измеренной величины тока, определенные на протяжении указанного периода времени; и

г) получение с использованием процессора показателя длины электрода, используя характеристику колебаний величины тока.

2. Способ по п.1, в котором осуществляют мониторинг или получение показателя длин двух электродов дуговой плавильной системы, включающий:

а) измерение в определенные моменты на протяжении периода времени величины тока в каждом электроде во время работы системы;

б) определение колебаний измеренной величины тока для каждого электрода на протяжении указанного периода времени;

в) получение для каждого электрода характеристики колебаний величины тока, используя, по меньшей мере, колебания измеренной величины тока, определенные для отдельного электрода на протяжении указанного периода времени; и

г) получение для каждого электрода показателя длины электрода, используя характеристику колебаний величины тока для отдельного электрода.

3. Способ по п.1, включающий сравнение с использованием процессора полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока для получения показателя длины электрода, причем эталонная характеристика колебаний величины тока представляет собой характеристику колебаний величины тока для электрода с известной длиной.

4. Способ по п.1, в котором шаг (б) включает определение с использованием процессора колебаний измеренной величины тока путем вычисления разности величин тока, измеренных в последовательных моментах времени.

5. Способ по п.4, в котором получаемую характеристику колебаний величины тока вычисляют с помощью следующей формулы:

$$I_{var} = \frac{\sum_{i=0}^n |I_{i+1} - I_i|}{(t_n - t_0)}$$

где I_{var} - получаемая характеристика колебаний величины тока;

n - суммарное количество точек данных, по которым должна вычисляться получаемая характеристика колебаний величины тока, где точки данных относятся к моментам времени, в которые был измерен ток электрода;

I_i - измеренная величина тока в интервале i времени и

$t_n - t_0$ - относится к периоду времени, на протяжении которого были записаны точки данных.

6. Дуговая плавильная система, содержащая

по меньшей мере один электрод;

устройство измерения тока, сконфигурированное для измерения, в определенные моменты времени на протяжении периода времени величины тока в электроде во время работы системы; и

устройство обработки данных, сконфигурированное для

определения колебаний величины тока в электроде, измеряемого устройством измерения тока, на протяжении указанного периода времени;

получения характеристики колебаний величины тока, используя, по меньшей мере, колебания величины тока, определенные на протяжении указанного периода времени; и

получения показателя длины электрода, используя характеристики колебаний величины тока.

7. Система по п.6, содержащая два электрода.

8. Система по п.7, в которой устройство измерения тока сконфигурировано для измерения величины тока в каждом электроде во время работы системы.

9. Способ обнаружения/определения изменения длины электрода системы дуговой плавки, включающий

измерение в определенные моменты времени на протяжении периода времени величины тока в электроде во время работы системы;

определение с использованием процессора колебаний величины измеренного тока на протяжении указанного периода времени;

получение с использованием процессора характеристики колебаний величины тока, используя, по меньшей мере, колебания измеренной величины тока, определенные на протяжении указанного периода времени; и

обнаружение/определение, имело ли место изменение длины электрода, посредством сравнения с использованием процессора полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока.

10. Дуговая плавильная система, содержащая

по меньшей мере один электрод;

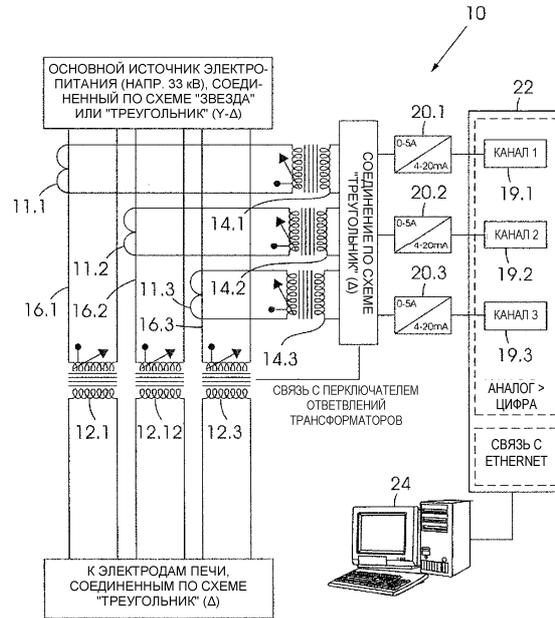
устройство измерения тока, сконфигурированное для измерения, в определенные моменты времени на протяжении периода времени величины тока в электроде во время работы системы; и

устройство обработки данных, сконфигурированное для обнаружения/определения изменения длины электрода путем

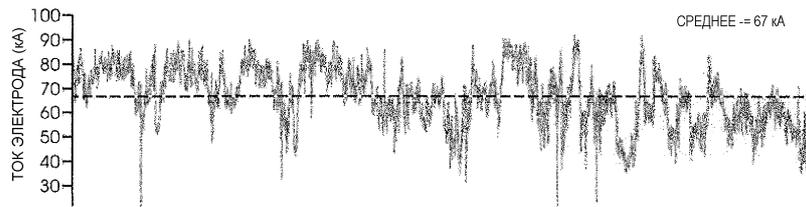
определения колебаний измеренной величины тока на протяжении указанного периода времени;

получения характеристики колебаний величины тока, используя, по меньшей мере, колебания ве-

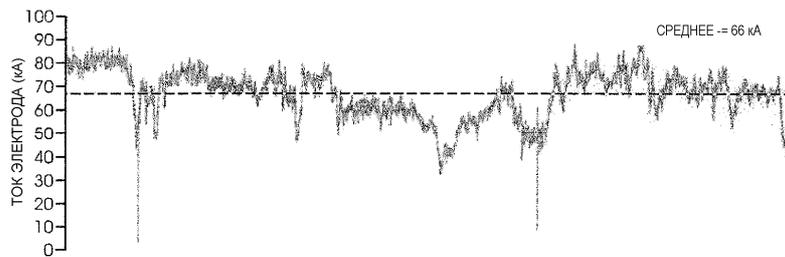
личины тока, определенные на протяжении указанного периода времени; и обнаружение/определение, имело ли место изменение длины электрода, посредством сравнения полученной характеристики колебаний величины тока с эталонной характеристикой колебаний величины тока.



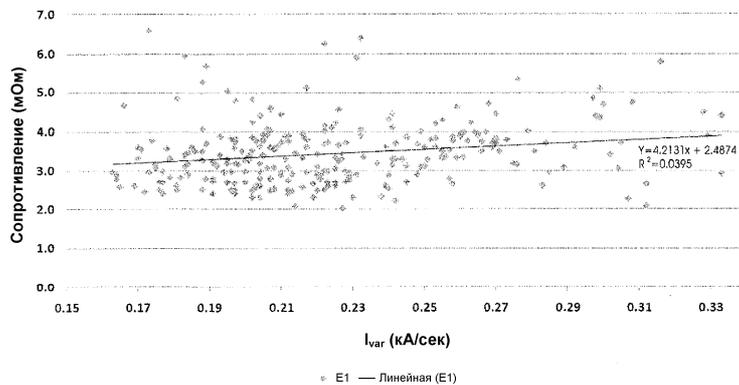
Фиг. 1



Фиг. 2А

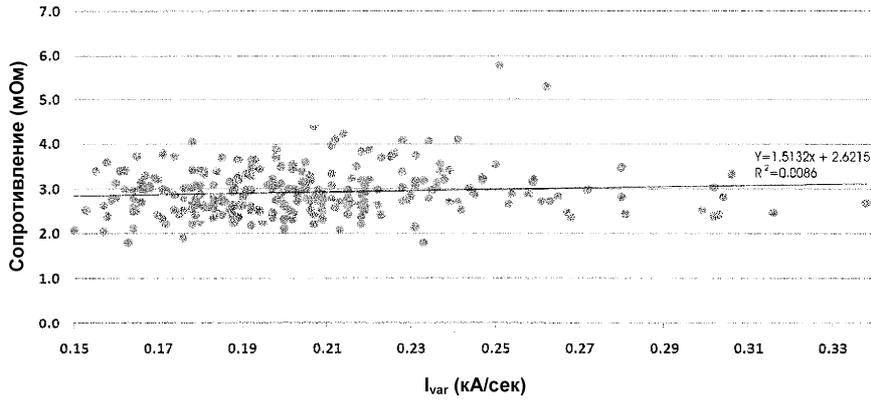


Фиг. 2Б
I_{var} от R (Электрод 1)



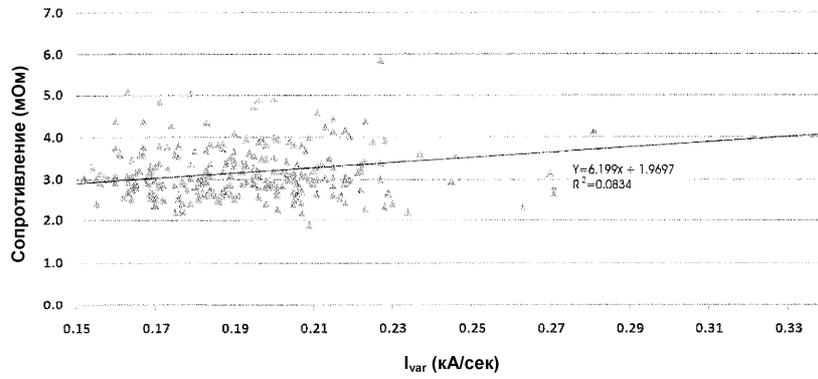
Фиг. 3А

I_{var} от R (Электрод 2)



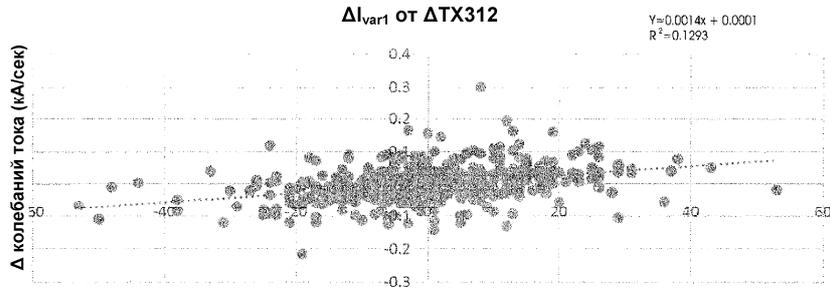
Фиг. 3Б

I_{var} от R (Электрод 3)



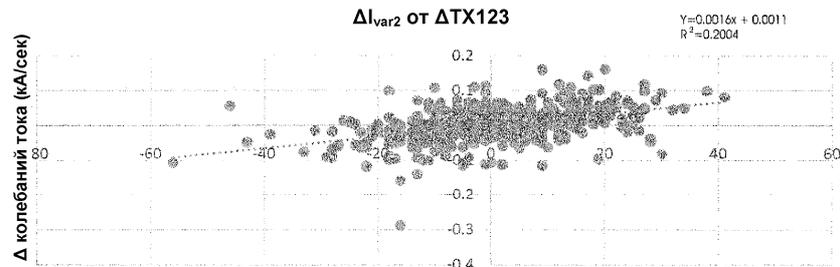
Фиг. 3В

ΔI_{var1} от $\Delta TX312$



Фиг. 4А

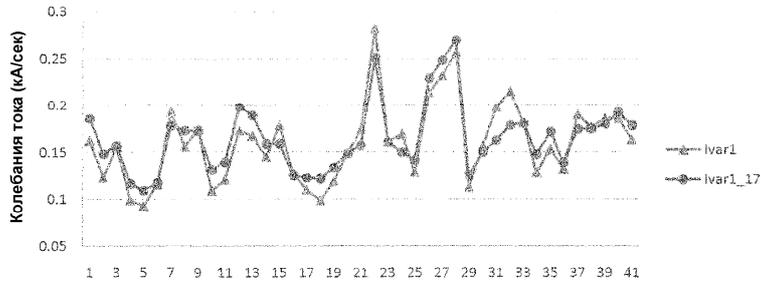
ΔI_{var2} от $\Delta TX123$



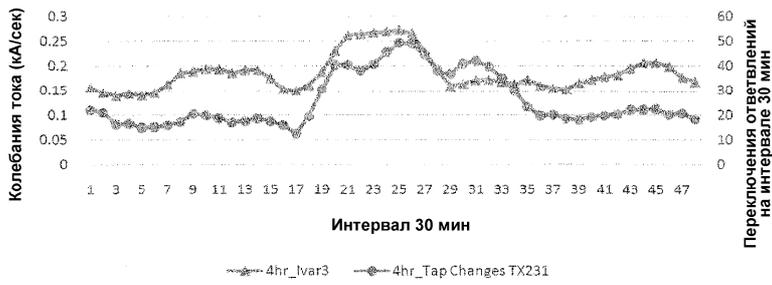
Фиг. 4Б



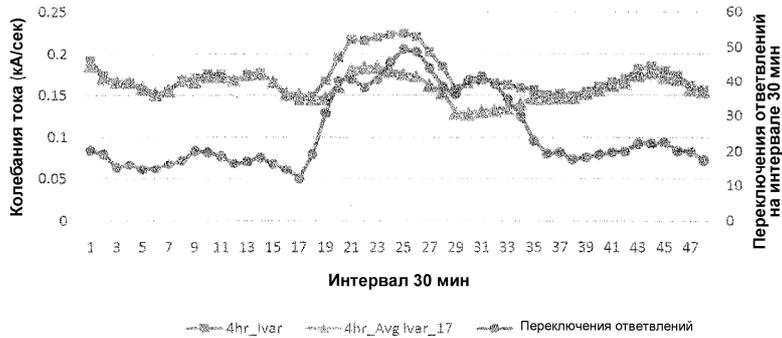
Фиг. 4В



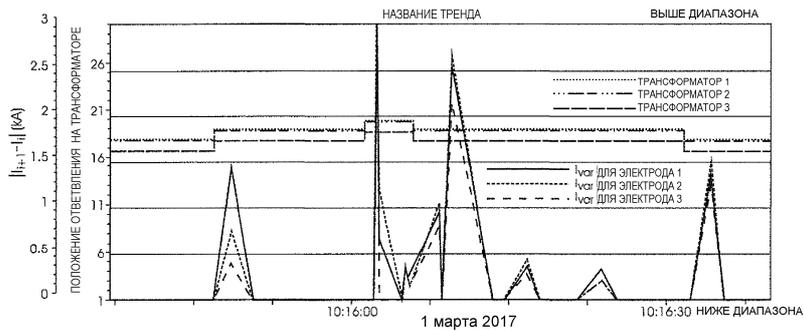
Фиг. 5А



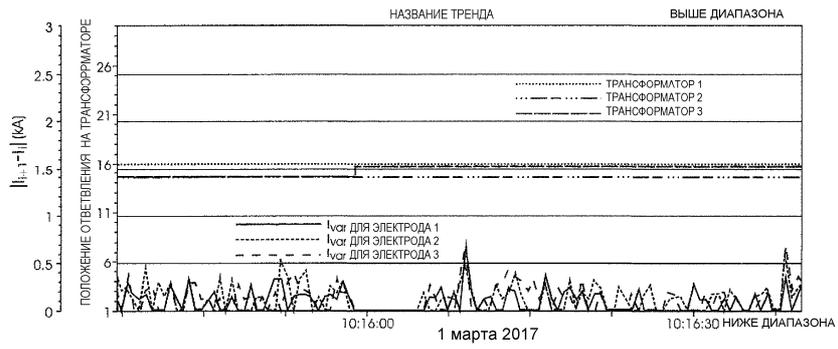
Фиг. 5Б



Фиг. 5В



Фиг. 6А



Фиг. 6Б

