



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
H02G 7/16 (2019.02); H02J 3/18 (2019.02)

(21)(22) Заявка: 2018124930, 06.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
06.07.2018

Дата регистрации:
31.07.2019

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 06.07.2018

(45) Опубликовано: 31.07.2019 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ФГБОУ ВО
"ТУСУР"

(72) Автор(ы):
Михальченко Сергей Геннадьевич (RU),
Михальченко Никита Яковлевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Томский государственный
университет систем управления и
радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CN 101615772 A, 30.12.2009. RU
2537851 C2, 10.01.2015. RU 2546643 C1,
10.04.2015. RU 124067 U1, 10.01.2013.

(54) СПОСОБ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ПРОВОДОВ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

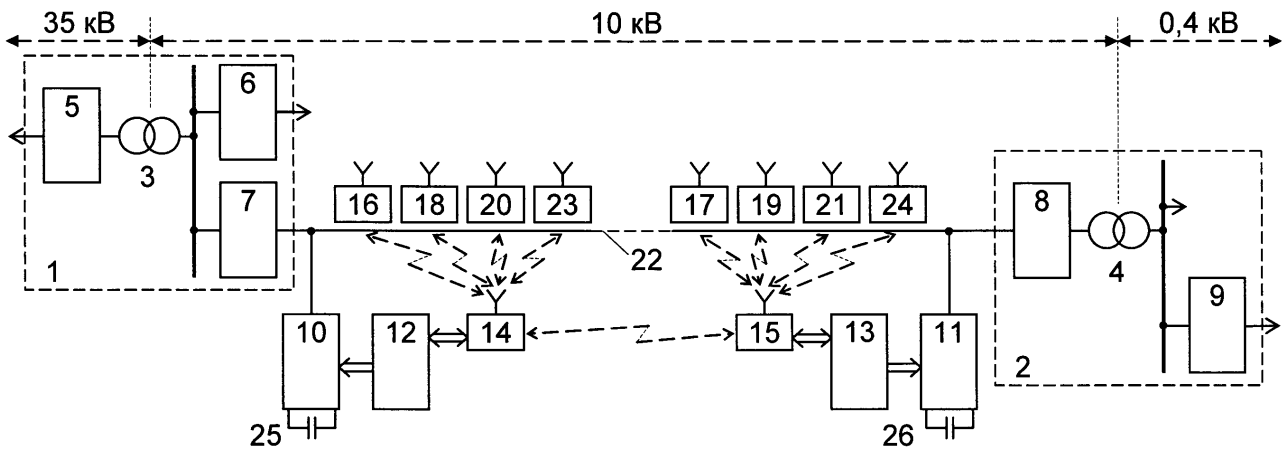
(57) Реферат:

Использование: в области электротехники и электроэнергетики. Технический результат - предотвращение обледенения проводов линии электропередач с использованием компенсаторов реактивной мощности и мощности искажений без отключения потребителей электроэнергии. Способ заключается в использовании компенсаторов реактивной мощности и мощности искажений, установленных в начале и конце линий, снабженных устройствами обмена информацией между собой, датчиками обледенения и температуры проводов. Эти компенсаторы при необходимости переводятся из режима компенсации в режим испарения образующейся микропенки льда за счет увеличения потерь в проводах линии электропередач, путем повышения величины эффективного тока в линиях и при необходимости - увеличения частоты. При этом уровень

напряжения линии электропередач поддерживается в заданном диапазоне. Устройство состоит из компенсаторов реактивной энергии и мощности искажений, установленных в начале и конце линии электропередач, блока управления, получающего информацию об обледенении от беспроводных датчиков тока, напряжения, температуры и обледенения. Получая сигнал об обледенении линии от датчиков, компенсаторы реактивной энергии и мощности искажений переводятся из режима компенсации в режим повышения токов, что позволяет повысить температуру проводников линий электропередач без отключения потребителя от сети. При необходимости дальнейшего повышения температуры линий блок управления переводит компенсаторы реактивной энергии и мощности искажений в режим передачи энергии повышенной частоты. 2 н.п. ф-лы, 7 ил.

RU 2 696 091 C1

RU 2 696 091 C1



Функциональная схема отрезка линии электропередач между двумя трансформаторными подстанциями для реализации предлагаемого способа предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений

Фиг.1

RU 2696091 C1

RU 2696091 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11)**2 696 091** (13) **C1**(51) Int. Cl.
H02G 7/16 (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC
H02G 7/16 (2019.02); H02J 3/18 (2019.02)(21)(22) Application: **2018124930, 06.07.2018**(24) Effective date for property rights:
06.07.2018Registration date:
31.07.2019

Priority:

(22) Date of filing: **06.07.2018**(45) Date of publication: **31.07.2019** Bull. № 22

Mail address:

**634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, FGBOU VO
"TUSUR"**

(72) Inventor(s):

**Mikhailchenko Sergej Gennadevich (RU),
Mikhailchenko Nikita Yakovlevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj
universitet sistem upravleniya i radioelektroniki"
(TUSUR) (RU)**(54) **METHOD TO PREVENT ICING OF POWER TRANSMISSION LINES AND DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

FIELD: electrical equipment.

SUBSTANCE: use: in the field of electrical engineering and power engineering. Proposed method consists in using reactive power compensators and distortion power installed at the beginning and end of lines equipped with data exchange devices, icing sensors and wire temperature sensors. These compensators, if necessary, are transferred from the compensation mode to the evaporation mode of the formed ice microfilm by increasing losses in the power transmission lines by increasing the value of the effective current in the lines and, if necessary, increasing the frequency. Power line voltage level is maintained within the specified range. Device consists of reactive energy compensators and power distortions installed at the beginning and end of power transmission line, control unit receiving information on icing from wireless current, voltage,

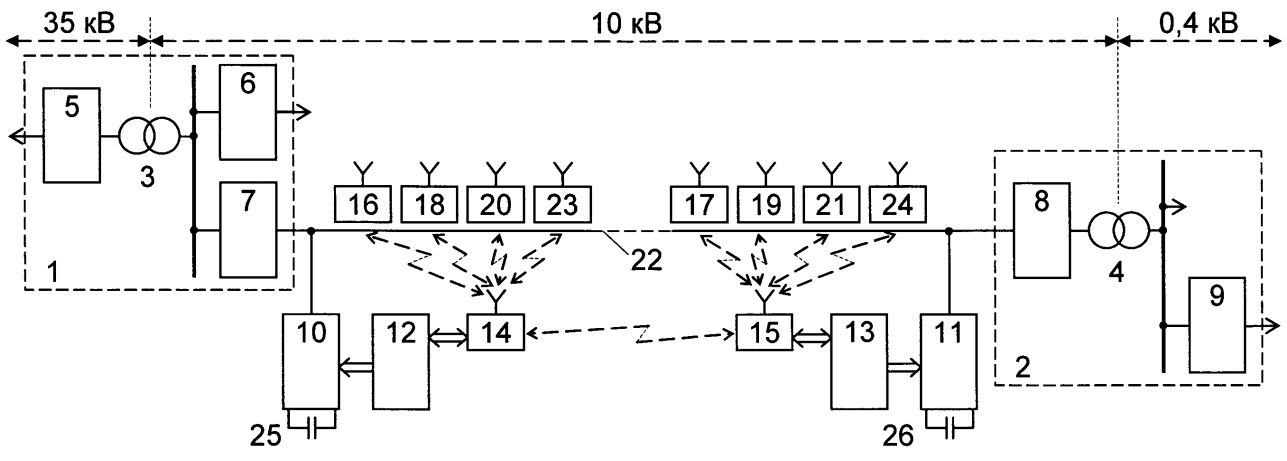
temperature and icing sensors. Receiving a signal on the line icing from sensors, reactive energy and distortion power compensators are switched from the compensation mode to the current increasing mode, which allows to increase the conductors temperature of power transmission lines without the consumer disconnection from the mains. If it is necessary to further increase the temperature of the lines, the control unit switches the reactive energy and distortion power compensators to the high-frequency power transmission mode.

EFFECT: technical result is prevention of icing of power transmission lines using reactive power compensators and distortion power without disconnection of electric power consumers.

2 cl, 7 dwg

RU 2 696 091 C1

RU 2 696 091 C1



Функциональная схема отрезка линии электропередач между двумя трансформаторными подстанциями для реализации предлагаемого способа предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений

Фиг.1

RU 2696091 C1

RU 2696091 C1

Изобретение относится к преобразовательной технике и может быть использовано в качестве системы предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений.

Известен способ расплавления льда постоянным током, заключающийся в том, что аварийный участок линии электропередач отключают от потребителя и генератора, линейные провода с одной стороны линии закорачивают между собой, а с другой стороны линии подключают дополнительные выпрямительные устройства, которые нагружают провода постоянным током [1]. При таком способе снижается требуемый уровень напряжения, по сравнению со способом плавления льда переменным током, но при этом потребитель электроэнергии обесточивается, а дополнительное оборудование трансформаторных подстанций (выпрямители) используются кратковременно.

Наиболее близким по технической сущности к заявленному изобретению является способ расплавления наросшего на провода льда или снега, переменным током заключающийся в том, что аварийный участок отключают от потребителя и закорачивают на землю через токоограничительные реакторы и конденсаторы компенсаторов, разогревая провода энергией генерирующих мощностей [2]. Недостатком такого способа является отключение потребителей и потери энергии на разогрев проводов линий электропередач. Кроме того, время плавления льда определяется уставками токов защиты, превышение которых приводит к веерному отключению системы энергоснабжения.

Целью изобретения является предотвращение обледенения проводов линии электропередач с использованием компенсаторов реактивной мощности и мощности искажений без отключения потребителей электроэнергии.

Указанная цель достигается тем, что в способе предотвращения обледенения проводов линий электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений, установленными в начале и конце линий, при отсутствии угрозы обледенения компенсаторы обеспечивают протекание по проводам линии электропередач только активной составляющей мощности нагрузки, а при поступлении сигналов с датчиков обледенения компенсаторы переводятся в режим испарения образующейся микропленки льда в три этапа за счет увеличения потерь мощности в проводах линии электропередач. При этом на первом этапе системы управления компенсаторами формируют сигналы управления на снижение компенсационных токов до нуля, что приводит к росту эффективного значения токов в линии на величину $\cos\varphi_n$ и коэффициента искажений K_n , определяемых долей высших гармоник тока сети по отношению к основной, генерируемых в сеть линейными и нелинейными нагрузками, поддерживая при этом уровень напряжения линии электропередач в заданном диапазоне и контролируют сигналы с датчиков обледенения и датчиков температуры проводов. Если приращение температуры проводов для расплавления микропленки льда недостаточно, то дополнительный рост температуры на втором этапе достигается увеличением токов компенсаторов, фазы которых синхронизируются с фазами токов нагрузки линии электропередачи таким образом, что бы один компенсатор выступал в качестве источника энергии, а второй в качестве компенсатора-приемника этой энергии, поддерживая напряжение в конце, либо в начале линии электропередач в заданном диапазоне, а при достижении заданного уровня напряжения на накопителе компенсатора-приемника энергии последний переводится системой управления в режим генерации, а другой компенсатор- в режим приемника энергии. Если и в этом режиме микропленка льда не испаряется, то на третьем этапе увеличение потерь мощности в

проводах линии электропередач обеспечивается переводом компенсаторов в режим генерации и потребления энергии на повышенной частоте, поддерживая амплитуды суммарного напряжения каждой фазы на постоянном уровне.

Технический эффект заключается в том, что потребитель не отключается от сети, а от трансформаторных подстанций будет использована только энергия потребителя и энергия потерь этого цикла нагрева проводов. Дополнительные токи между компенсаторами, необходимые для нагрева проводов, протекают минуя обмотки измерительных трансформаторов устройств защиты присоединений, что исключает известное несоответствие требуемых величин тока разогрева проводов и уставок защиты по току присоединений потребителей.

Сущность способа поясняется ссылками на чертежи, на которых представлено: на фиг. 1 - функциональная схема отрезка линии электропередач между двумя трансформаторными подстанциями для реализации предлагаемого способа предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений; на фиг. 2, 3, 4, 5, 6 - временные диаграммы токов и напряжений на элементах функциональной схемы, поясняющие сущность способа в различных режимах функционирования.

На фиг. 1 представлена функциональная схема отрезка линии электропередач, содержащая трансформаторные подстанции 1, 2 с трансформаторами 3, 4 и устройствами защиты присоединений 5, 6, 7, 8, 9, компенсаторы реактивной мощности и мощности искажений 10, 11 со своими блоками управления 12, 13, которые снабжены беспроводными устройствами связи 14, 15 между компенсаторами, беспроводными датчиками токов 16, 17, датчиками напряжений 18, 19, датчиками температуры 20, 21 проводов 22 и датчиками обледенения 23, 24. А также 25 и 26 - емкостные накопители энергии компенсаторов 10 и 11 соответственно,

На фиг. 2 показаны диаграммы напряжения одной фазы 27, составляющие токов реактивной и нелинейной нагрузок 28, 29, соответственно, ток компенсатора 30 и активная составляющая тока нагрузки 31, протекающая по проводу линии электропередач своей фазы. Полупроводниковые и накопительные элементы 25, 26 компенсаторов 10, 11 формируют в каждой фазе ток 30 такой формы и величины, чтобы по проводам линии электропередач протекали только активные составляющие токов нагрузок 31 различного характера.

На фиг. 3 обозначены напряжения трех фаз 27, 32, 34 и практически синусоидальные токи 31, 33, 35, совпадающие по фазе с напряжениями соответствующих фаз.

На фиг. 4 приведены временные диаграммы напряжения 36 и тока 37 при нормальном функционировании компенсаторов (амплитуда тока I_{m1} в интервале времени от 0 до t_1) и в процессе нагружения проводов линии электропередач токами, I_{m2} (в интервале времени τ_1 до t_2) и I_{m3} (в интервале времени от t_2 и далее).

На фиг. 5 и 6 представлены фрагменты диаграмм напряжения 36 и тока 37 по фиг. 4 в моменты времени t_1 и t_2 .

На фиг. 7 показана диаграмма напряжения 38, содержащего гармонику повышенной частоты.

Устройство для реализации способа предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений работает следующим образом.

При отсутствии угрозы обледенения компенсаторы реализуют свою основную функцию - компенсации реактивной мощности ($\cos\phi_n$) и мощности искажений K_n , как

показано на фиг. 2 при формировании необходимого тока компенсатора 30 в случае наличия линейной активно-индуктивной нагрузки 28 и нелинейной нагрузки 29 в виде трехфазного выпрямителя. В этом режиме работы трехфазного компенсатора напряжения 27,32,34 и токи проводов линии электропередач 31, 33, 35 синфазны между собой, поэтому

по проводам линии электропередач протекают токи только активной составляющей мощности нагрузки, как показано на фиг. 4 амплитудой тока I_{m1} в интервале времени от 0 до t_1 .

При поступлении сигнала с датчика обледенения о появлении первых признаков обледенения, системы управления компенсаторами на первом этапе формируют сигналы управления на снижение компенсационных токов, что приводит к росту эффективного значения токов в линии на величину $\cos\varphi_H$ и коэффициента искажений $K_{и}$, определяемых долей высших гармоник тока сети по отношению к основной и генерируемых в сеть реактивными и нелинейными нагрузками.

как показано на фиг. 4 амплитудой тока I_{m2} в интервале времени от t_1 до t_2 .

На фиг. 4 приведены временные диаграммы, иллюстрирующие процесс скачкообразного снижения токов компенсаторов в момент времени t_1 при условии потребления нагрузкой активной и реактивной мощности. При этом эффективное значение тока в линии электропередач возрастает от значения тока I_{m1} до I_{m2} .

Температура проводов возрастает и растапливает образовавшийся тонкий слой льда. При плавном снижении токов компенсаторов реализуется режим поддержания температуры по датчикам температуры 20, 21 на уровне достаточном для исключения обледенения. Блоки управления компенсаторами 12, 13 считывают сигналы со всех датчиков 16-24, поддерживая при этом уровень напряжения по датчикам напряжения 18, 19 линии электропередач в заданном диапазоне. Если датчики обледенения 23, 24 показывают, что величины тока недостаточно для расплавления пленки льда на проводах, то дополнительный рост температуры, при необходимости, на втором этапе достигается увеличением мощности потерь ростом токов компенсаторов 10, 11. При этом наращивание эффективного значения токов компенсаторов 10, 11 достигается блоками управления, которые синхронизируют токи компенсаторов с фазами токов нагрузки, таким образом, чтобы один компенсатор 10 выступал в качестве

источника энергии, а второй компенсатор 11 в качестве приемника этой энергии, поддерживая напряжение в местах подключения компенсаторов в заданных пределах изменения. Это достигается блоками управления компенсаторами 12, 13 следующим образом. При достижении напряжения верхнего уровня на накопителе 25 компенсатора 10, выполняющего в данный момент времени функцию приемника энергии, он системой управления автоматически переводится в режим генерации, а другой компенсатор 11 - в режим приемника, заряжая емкостный накопитель 26, не выше установленного уровня напряжения. На фиг. 4 приведен пример скачкообразного наращивания тока линии электропередач в момент времени t_2 . Величина этого приращения тока определяется установленной мощностью компенсаторов. При этом температура проводов нарастает, а поддержание ее на уровне достаточном для предотвращения обледенения достигается плавным регулированием суммарного тока линии электропередач 22 по сигналам с датчиков обледенения 23, 24 и температуры 20, 21.

На фиг. 5 и фиг. 6 приведены фрагменты наращивания тока одной фазы при отключении режима компенсации (t_1) и перевода компенсаторов в режим синхронизации

с реактивными токами соответствующих фаз (t_2) с ростом токов от I_{m1} до I_{m2} и от I_{m2} до I_{m3} соответственно. В случае необходимости, дальнейшего повышения температуры проводов линии электропередач, достигается генерацией напряжения 38, содержащего гармоники повышенной частоты. Компенсаторы при этом переводятся в режим генерации и потребления энергии на повышенной частоте, поддерживая уровень напряжения в линии на уровне допустимого по уставкам защиты датчиков тока 16, 17.

По сравнению с прототипом предлагаемый способ устраняет возможность обледенения проводов без отключения энергоснабжения потребителей электрической энергии. Кроме того, повышается энергоэффективность путем нагрева проводов за счет взаимной перекачки

энергии накопителей 25, 26 и потребления от генерирующих мощностей только энергии потерь компенсаторов.

Кроме того, дополнительные токи между компенсаторами, необходимые для нагрева проводов, протекают минуя обмотки измерительных трансформаторов устройств защиты присоединений, что исключает известное несоответствие требуемых величин тока разогрева проводов и уставок защиты по току.

Перечень использованных источников

1. В.И. Каганов Как расплавить лед на проводах ЛЭП Наука и жизнь. Изд-во МИРЭА - 2008, №8.

2. А.Ф. Дьяков, И.И. Левченко Опыт борьбы с гололедом на линиях электропередачи. - Электрические станции, 1982, №1.

(57) Формула изобретения

1. Способ предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений, установленными в начале и конце линий, заключающийся в расплавлении пленки льда переменным током, отличающийся тем, что при отсутствии угроз обледенения компенсаторы обеспечивают протекание по проводам линии электропередач только активной составляющей мощности нагрузки, а при поступлении сигналов с датчиков обледенения компенсаторы переводятся в режим испарения образующейся микропленки льда в три этапа, за счет увеличения потерь мощности в проводах линии электропередач, для чего на первом этапе системы управления компенсаторами формируют сигналы управления на снижение компенсационных токов, что приводит к росту эффективного значения токов в линии на величину $\cos\phi_n$ и коэффициента искажений K_n , определяемых долей высших гармоник тока сети по отношению к основной, генерируемых в сеть линейными и нелинейными нагрузками, поддерживая при этом уровень напряжения линии электропередач в заданном диапазоне и контролируя сигналы с датчиков обледенения и датчиков температуры проводов, а дополнительный рост температуры при необходимости на втором этапе достигается увеличением токов компенсаторов, фазы которых синхронизируются с фазами токов нагрузки таким образом, чтобы один компенсатор выступал в качестве источника энергии, а второй - в качестве приемника этой энергии, а при достижении напряжения на накопителе компенсатора-приемника последний системой управления переводится в режим генерации, другой - в режим приемника энергии, причем на третьем этапе увеличение потерь мощности в проводах линии электропередач обеспечивается переводом компенсаторов в режим генерации и потребления энергии на повышенной частоте, поддерживая амплитуды суммарного напряжения каждой фазы на постоянном уровне.

2. Устройство для реализации способа по п. 1, содержащее компенсаторы реактивной

энергии и мощности искажений с блоками управления, установленными в начале и
конце линии электропередач, отличающееся тем, что линия электропередач снабжена
беспроводными датчиками тока, напряжения, температуры и обледенения, а блоки
управления компенсаторами дополнительно снабжены беспроводными устройствами
5 связи с перечисленными датчиками и между собой.

10

15

20

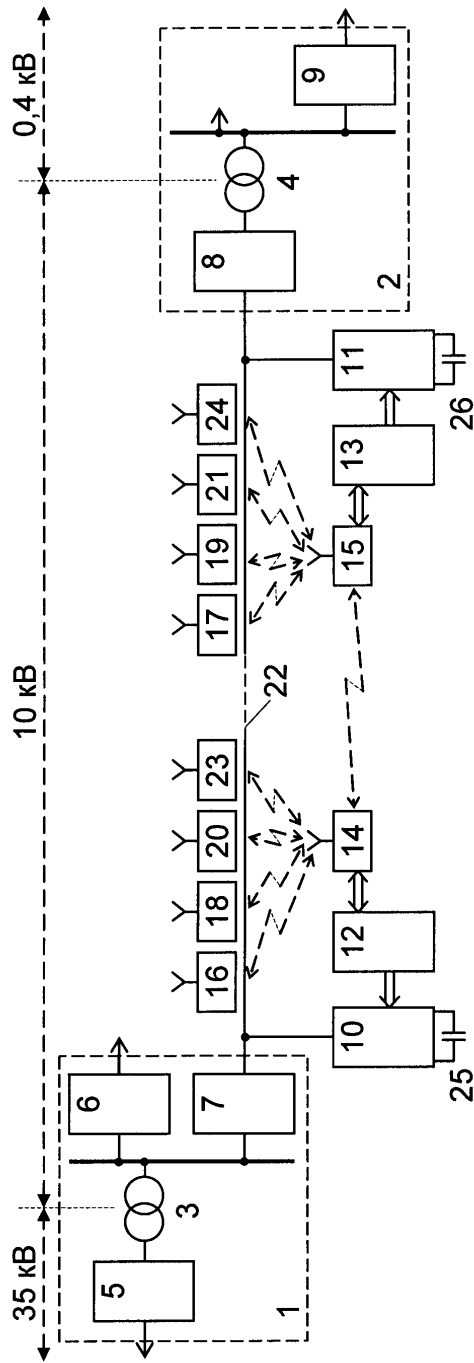
25

30

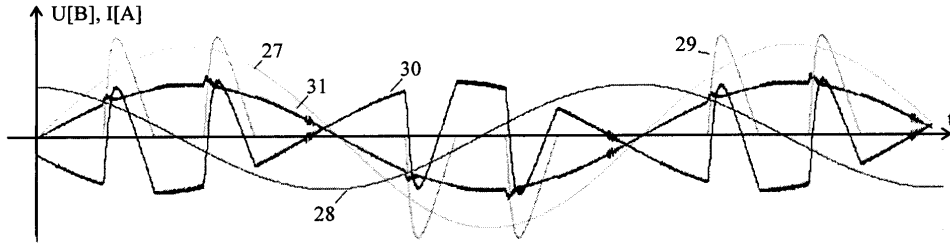
35

40

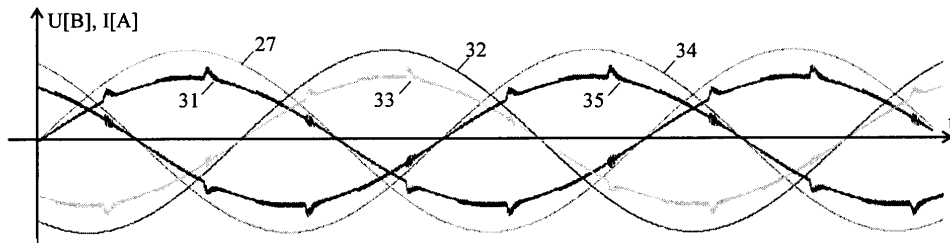
45



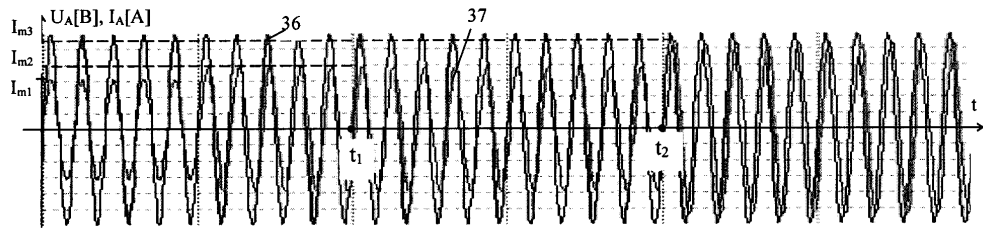
Фиг.1 Функциональная схема отрезка линии электропередач между двумя трансформаторными подстанциями для реализации предлагаемого способа предотвращения обледенения проводов линии электропередач компенсаторами реактивной мощности и мощности искажений



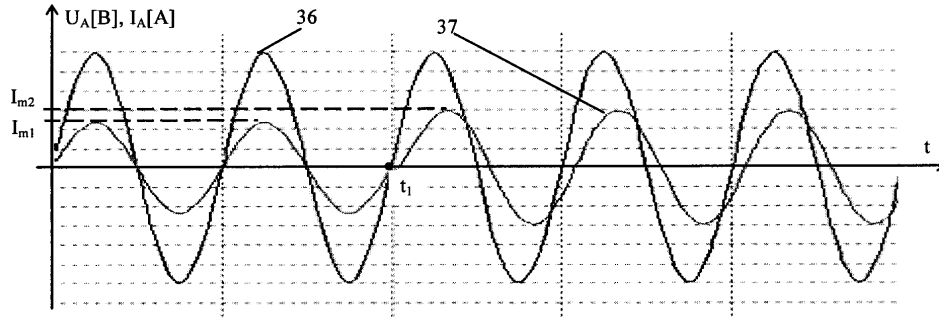
Фиг. 2 Диаграммы напряжения одной фазы 27 и составляющие токов реактивной и нелинейной нагрузок 28, 29, соответственно



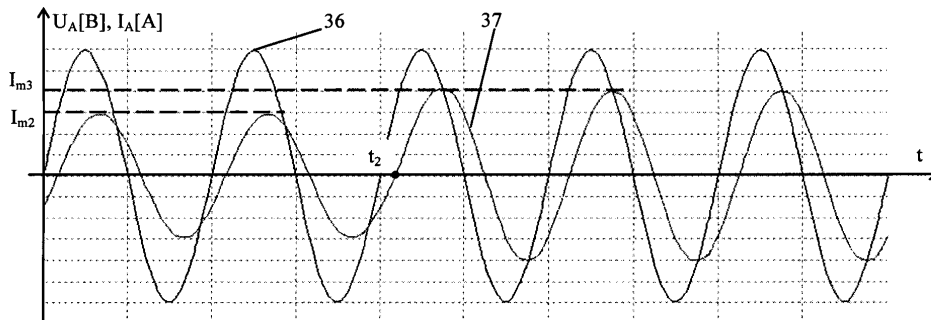
Фиг. 3 Напряжения трех фаз 27, 32, 34 и токи 31, 33, 35 соответствующих фаз в режиме компенсации



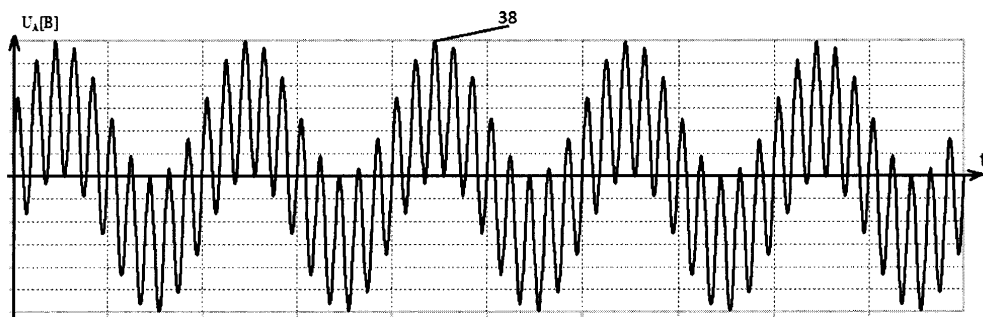
Фиг. 4 Временные диаграммы напряжения 36 и тока 37 в процессе нагружения проводов линии электропередач



Фиг. 5 Временные диаграммы напряжения 36 и тока 37 в процессе нагружения проводов линии электропередач при отключении режима компенсации



Фиг. 6 Временные диаграммы напряжения 36 и тока 37 в процессе нагружения проводов линии электропередач, режим синхронизации с реактивными токами



Фиг.7 Диаграмма напряжения 38, содержащего гармонику повышенной частоты