



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014106487/07, 20.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.02.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.02.2014

(45) Опубликовано: 10.08.2015 Бюл. № 22

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU2488218 C1, 20.07.2013. RU2356151 C1, 20.05.2009. RU2025018 C1, 15.12.1994. US6690175 B2, 10.02.2004

Адрес для переписки:

665717, Иркутская обл., г. Братск, ул. Мира, 55,
кв. 39, Козлову Виктору Александровичу

(72) Автор(ы):

Козлов Виктор Александрович (RU),
Большанин Георгий Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Козлов Виктор Александрович (RU)

(54) СПОСОБ УЧЕТА СТРЕЛЫ ПРОВЕСА КАЖДОГО ЛИНЕЙНОГО ПРОВОДА ТРЕХФАЗНОЙ ТРЕХПРОВОДНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ЕЕ СОГЛАСОВАНИИ С НАГРУЗКОЙ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано при передаче электрической энергии потребителю с помощью трехфазной трехпроводной линии электропередачи (ЛЭП) (2), согласование которой с нагрузкой достигается в результате выполнения определенных условий, которые посезонно могут изменяться в результате изменения первичных параметров трехфазной трехпроводной линии электропередачи, определяемых с учетом величин стрел провеса каждого провода этой линии электропередачи и величин расстояний соответственно между линейным проводом и землей (18). Посезонное изменение стрелы провеса провода и изменение расстояния между линейным проводом (5) и землей предложено

измерять при помощи дальномера (25). Согласование заключается в сопоставлении действительного и эталонного сопротивлений нагрузки, напряжений в конце линии или токов, поступающих в нагрузку. Исходные данные о напряжениях и токах в линии могут быть получены через устройства сопряжения или датчики, выполненные в виде трансформаторов напряжения и тока, спектроанализаторов, делителей напряжения или шунтов переменного тока. В результате обработки исходных данных в процессоре формируются управляющие сигналы для корректирующих органов. Изобретение обеспечивает уменьшение потерь и повышение пропускной способности ЛЭП. 3 ил.

RU 2558659 C1

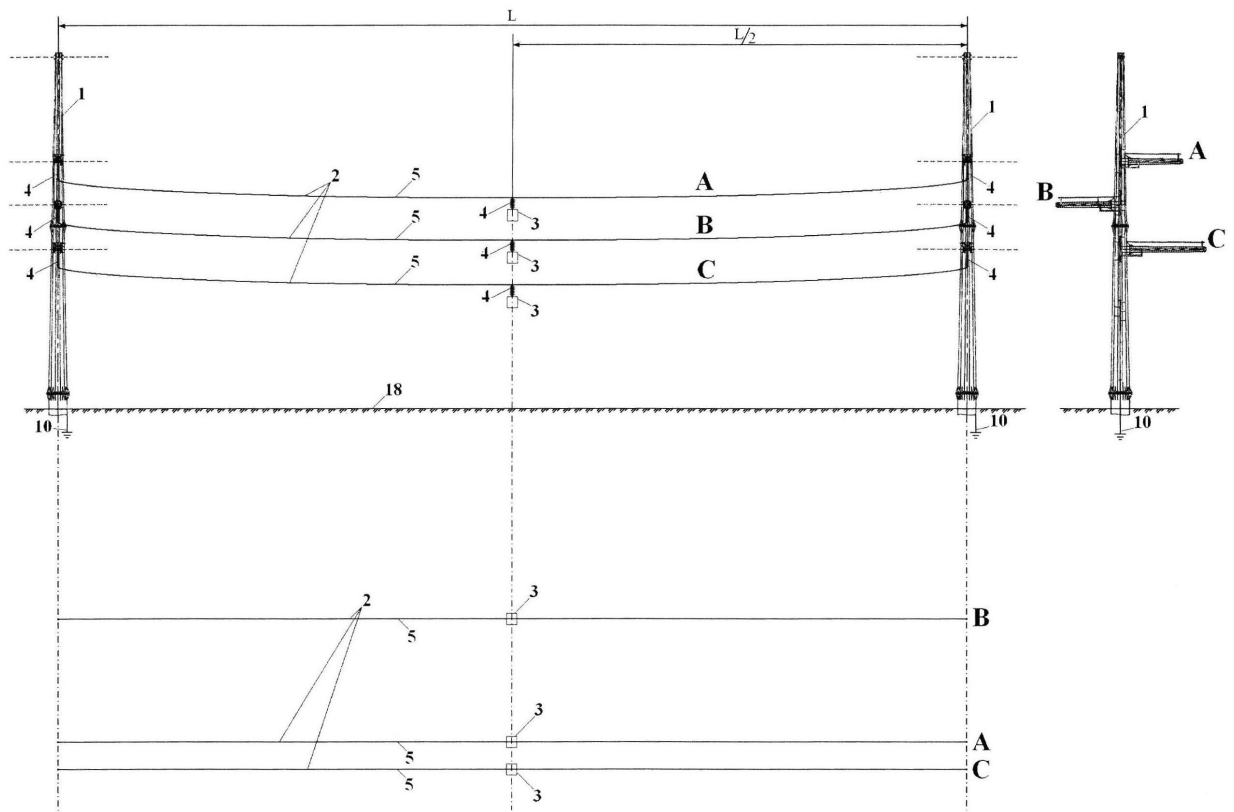


Рис.1

RU 2558659 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02J 3/00 (2006.01)
H02H 5/10 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014106487/07, 20.02.2014
(24) Effective date for property rights:
20.02.2014
Priority:
(22) Date of filing: 20.02.2014
(45) Date of publication: 10.08.2015 Bull. № 22
Mail address:
665717, Irkutskaja obl., g. Bratsk, ul. Mira, 55, kv.
39, Kozlovu Viktoru Aleksandrovichu

(72) Inventor(s):
Kozlov Viktor Aleksandrovich (RU),
Bol'shanin Georgij Anatol'evich (RU)
(73) Proprietor(s):
Kozlov Viktor Aleksandrovich (RU)

(54) **SAGGING CALCULATION FOR EACH LINEAR WIRE OF THREE-PHASE THREE-WIRE POWER TRANSMISSION LINE AT ITS LOAD MATCHING**

(57) Abstract:

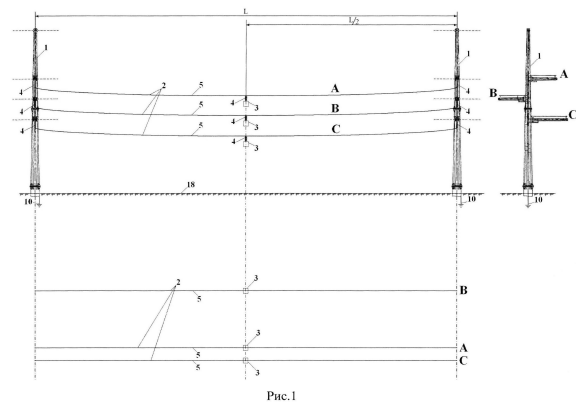
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention may be used at transmission of electric energy to consumers by means of a three-phase three-wire power transmission line (2), which load matching is attained in result of the fulfilment of certain conditions varying seasonally due to the change in primary parameters of the three-phase three-wire power transmission line determined with the calculation of sagging for each wire of the above line and respective distance between the linear wire and the ground (18). It is suggested to measure the seasonal change in wire sagging and the distance between the linear wire (5) and the ground by means of a distance meter (25). Matching includes the comparison of the actual and reference resistance of the load, voltage at the line end or currents supplied to the load. Initial data on voltage and current in the line can be obtained through interfaces or sensors made in a form of voltage or current transformers, spectrum analysers, voltage

dividers and alternating-current shunts. In result of initial data processing the processor generates control signals for correcting bodies.

EFFECT: reduced losses and improved capacity of the power transmission line.

3 dwg



RU 2 558 659 C1

RU 2 558 659 C1

Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано при проектировании, монтаже, наладке и эксплуатации линий электропередачи (ЛЭП) среднего, высокого и сверхвысокого напряжений.

Передача электрической энергии по протяженным ЛЭП, а также электрической энергии повышенной частоты по сравнительно непротяженным линиям электропередачи обеспечивается: по однопроводным ЛЭП одной парой волн электромагнитного поля (падающей и отраженной); по трехпроводным - тремя парами; по четырехпроводным - четырьмя и т.д. [1]. В результате согласования ЛЭП с электрической нагрузкой пропускная способность ЛЭП повышается из-за исключения отраженной волны электромагнитного поля, уменьшается степень искажения кривых напряжения и тока, увеличивается надежность работы электрического оборудования, нормализуется работа релейной защиты, автоматики и связи, улучшается экологическая обстановка в районе эксплуатации линии электропередачи.

Известны способы согласования линий связи с нагрузкой [2]. Однако применяемые здесь технические элементы, такие как дифференциальный усилитель, не предназначены для работы на высоком напряжении, к примеру 110 кВ [ГОСТ Р 54149-2010]. Это значит, что специфика реализации этих способов достаточно своеобразна и неприменима в ЛЭП с распределенными параметрами среднего, высокого и сверхвысокого напряжений.

Известно условие согласованного режима работы однопроводной ЛЭП [3], на основании которого работает устройство [патент RU 2390924], где реализован согласованный режим работы однопроводной ЛЭП. Недостатком изобретения является то, что по такому условию согласования невозможно добиться согласования всех линейных проводов несимметричной трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП [1] с электрической нагрузкой.

Прототипом является изобретение [4], где рассмотрен способ согласования трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой на частотах ярко выраженных гармонических составляющих токов и напряжений. Недостатком этого способа согласования ЛЭП с нагрузкой является то, что здесь не учитываются сезонные, нагрузочные (снижение, увеличение тока ЛЭП) изменения величин первичных параметров эксплуатируемой ЛЭП, которые связаны с изменением стрел провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной ЛЭП и изменением расстояний между этими линейными проводами и землей.

Стрелы провеса провода должны соответствовать нормам, указанным в правилах устройства электроустановок (ПУЭ) [5]. Стрелы провеса проводов будут изменяться в процессе эксплуатации ЛЭП, как и расстояния между этими линейными проводами и землей, будут изменяться и вторичные параметры ЛЭП, что в итоге приведет к изменению условий согласованного режима работы ЛЭП.

Цель изобретения заключается в формировании способа учета стрел провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП и величин расстояний между линейным проводом и землей при согласовании ЛЭП с электрической нагрузкой на основании непрерывного контроля за первичными параметрами этой ЛЭП в реальном времени. При помощи косвенно измеренной величины стрелы провеса каждого линейного провода и расстояния между линейным проводом и землей определяются условия согласования трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП с электрической нагрузкой [6-9].

Технический результат заключается в обеспечении стабильного соблюдения условий согласования трехфазной трехпроводной высоковольтной линии электропередачи с электрической нагрузкой, которые сезонно изменяются в зависимости от величины

транспортируемого тока ЛЭП. Выполнение условий согласования трехфазной трехпроводной ЛЭП с электрической нагрузкой влечет за собой уменьшение потерь электрической энергии, повышение пропускной способности ЛЭП, уменьшение степени искажения кривых напряжения и тока по всей протяженности ЛЭП.

5 Технический результат достигается тем, что способ учета стрелы провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной линии электропередачи при ее согласовании с нагрузкой, заключающийся в том, что исходная информация о напряжениях и токах в линии электропередачи через устройства сопряжения или датчики поступает в процессор, а величины стрел провеса каждого линейного провода и
10 величины расстояний между линейным проводом и землей для каждого линейного провода определяются один раз на основании справочных или измеренных данных, эти величины участвуют в определении первичных параметров линии электропередачи, при помощи которых получают условия согласования линии электропередачи с распределенными параметрами с электрической нагрузкой, отличается тем, что в
15 процессоре уточняются условия согласования трехфазной трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой для каждого линейного провода, которые могут изменяться из-за сезонного повышения или понижения температуры, образования гололеда на линейных проводах, увеличения или уменьшения величины транспортируемого тока, что влечет за собой изменение стрелы провеса провода и
20 изменение величины расстояния между линейным проводом и землей, а значит, и изменение первичных параметров линии электропередачи, на основании которых получают вторичные параметры линии электропередачи и определяют условия согласования трехфазной трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой, для трех линейных проводов их стрелы провеса оцениваются индивидуально
25 дальномерами, работающими в режиме реального времени, расположенными в диэлектрических конструкциях, изготовленных, например, из пластмассы, которые подвешены на каждый линейный провод через зажим и полимерный изолятор, диэлектрические конструкции с дальномерами располагаются в фиксированных местах на протяжении всей длины линии электропередачи, дальномеры получают питание от
30 накапливающейся электроэнергии батареи, получающей электроэнергию от солнечной батареи, косвенно измеренные величины стрелы провеса провода и косвенно измеренные величины расстояния между линейным проводом и землей передаются в процессор компьютера, где по специализированной программе определяются первичные и вторичные параметры трехфазной трехпроводной линии электропередачи с учетом
35 величин стрел провеса каждого линейного провода и величин расстояний между линейными проводами и землей уточняются величины токов и напряжений, которые соответствуют токам и напряжениям согласованной трехфазной трехпроводной линии электропередачи, после этого в результате сравнения действительного и эталонного значений сопротивлений нагрузки, напряжений в конце линии или токов, поступающих
40 в нагрузку, формируются управляющие сигналы для корректирующих органов, в качестве которых могут быть использованы устройства РПН силовых трансформаторов, автоматизированные технологические комплексы, накопители электроэнергии, источники активной мощности, такие как малые или средние гидроэлектростанции или электростанции других типов.

45 Сущность изобретения поясняется схемами: на рис.1 показан алгоритм косвенного измерения дальномерами стрел провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной ЛЭП и косвенного измерения величин расстояний между линейными проводами ЛЭП и землей; на рис.2 представлен алгоритм работы дальномера, косвенно

измеряющего стрелу провеса линейного провода трехфазной трехпроводной ЛЭП и косвенно измеряющего величину расстояния между линейным проводом ЛЭП и землей; на рис.3 представлен алгоритм работы процессора.

На рисунках используются следующие обозначения:

- 5 1 - опора ЛЭП 2;
 2 - трехфазная трехпроводная высоковольтная ЛЭП;
 3 - устройство (У), оболочка которого выполнена из диэлектрика, такого как
 пластмасса;
 4 - изолятор, такой как ЛК-70/220-АЧ УХЛ1;
 10 5 - линейный провод ЛЭП 2;
 6 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП У) устройства 3 (У);
 7 - процессор (П У) устройства 3 (У);
 8 - цифроаналоговый преобразователь (ЦАП У) устройства 3 (У);
 9 - антенна (А У);
 15 10 - заземление;
 11 - зажим, такой как ПГН-5-3В;
 12 - показывающий или самопишущий регистрирующий прибор (РО);
 13 - солнечная батарея (СБ);
 14 - точка начала луча 16, исходящего от лазера 28 дальногомера 25 (Д);
 20 15 - конечная точка отраженного луча 17, находящаяся на фотоприемнике 27;
 16 - луч, исходящий от лазера 28 дальногомера 25 (Д);
 17 - отраженный от земли 18 луч 16;
 18 - земля;
 19 - конечная точка на земле 18 луча 16 и начальная точка на земле 18 луча 17;
 25 20 - диспетчерский пункт (ДП);
 21 - диэлектрик;
 22 - антенна (А) диспетчерского пункта 20 (ДП);
 23 - электрическая батарея дальногомера 25 (Д);
 24 - электронный блок;
 30 25 - дальномер (Д);
 26 - аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
 27 - фотоприемник дальногомера 25 (Д);
 28 - лазер дальногомера 25 (Д);
 29 - конструкция из диэлектрика, такого как пластмасса, куда помещается дальномер
 35 25 (Д);
 30 - процессор (П);
 31 - цифроаналоговый преобразователь (ЦАП);
 32 - блок величины расстояния N2 (N2), измеренной дальномером 25 (Д);
 33 - блок косвенно измеренной величины стрелы провеса (N1) линейного провода
 40 5;
 34 - блок косвенно измеренной величины расстояния (N4) между линейным проводом
 5 и землей 18;
 35 - специализированная программа (LEP3 v.1.00) для прогнозирования величины
 основных характеристик электрической энергии высоковольтной ЛЭП трехфазного
 45 трехпроводного исполнения 2;
 36 - блок величины стрелы провеса (Nз) линейного провода 5;
 37 - блок суммы ($\sum_{i=1}^3 N$);

38 - блок величины расстояния (N_V) между поверхностью линейного провода 5 и землей 18;

39 - блок суммы результатов ($\sum_{i=1}^3 M$).

5

Суть предлагаемой разработки заключается в реализации при помощи технических средств, таких как дальномеры [патент RU 2340871], подвешенных к линейным проводам через зажимы и изоляторы, косвенного измерения стрел провеса каждого линейного провода и косвенного измерения величин расстояний между каждым линейным
10 проводом ЛЭП и землей. Таким образом осуществляется контроль за посезонным изменением первичных параметров эксплуатируемой протяженной трехфазной трехпроводной высоковольтной линии электропередачи. Это приведет к посезонному нагрузочному изменению расчетных полученных на основании математической модели ЛЭП [1] условий согласования трехфазной трехпроводной высоковольтной линии
15 электропередачи с электрической нагрузкой [6-9]. Стабилизация этих условий согласования достигается для действующей ЛЭП при помощи изобретения [4].

15

Пусть будет необходимо выполнить контроль за посезонным или нагрузочным (уменьшение или увеличение передаваемого по ЛЭП тока) изменением первичных параметров [1] эксплуатируемой протяженной трехфазной трехпроводной
20 высоковольтной ЛЭП, а также ее последующее согласование с электрической нагрузкой. Рассмотрим алгоритм работы предлагаемого изобретения на примере высоковольтной одноцепной трехфазной ЛЭП.

20

На рис.1 показан алгоритм косвенного измерения дальномерами стрел провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной ЛЭП и косвенного измерения
25 величин расстояний между линейными проводами ЛЭП и землей для контроля за посезонным изменением первичных параметров трехфазной трехпроводной неизолированной высоковольтной ЛЭП. Здесь в качестве объекта, за которым осуществляется контроль, выступает трехфазная трехпроводная высоковольтная ЛЭП 2, линейные провода 5 которой подвешены к опорам 1 при помощи гирлянд изоляторов
30 4. Гирлянды изоляторов 4 одной опоры 1 расположены на расстоянии L от гирлянд изоляторов 4 другой опоры 1. На расстоянии $L/2$ от опоры устанавливают устройства 3 (У), которые подвешивают на каждый линейный провод 5 через зажим 11 (рис.2) и изолятор 4, выполненный из полимера. В устройстве 3 (У) (рис.1, 2) размещен дальномер
35 25 (Д) (рис.2), устройство которого описано в изобретении [патент RU 2340871] или в изобретении [патент RU 2381447]. Дальномер 25 (Д) предназначен для определения величины расстояния N_2 или величины расстояния от места, где расположен лазер 28, до земли 18. Стрелки на рис.2 показывают направление луча 16 от начальной точки 14 лазера 28 дальномера 25 (Д) до конечной точки 19 на земле 18, являющейся начальной
40 точкой луча (отраженного) 17, распространяющегося по направлению к конечной точке 15, находящейся на фотоприемнике 27. Таким образом определяется расстояние между землей 18 и дальномером 25 (Д) [патент RU 2340871].

35

40

Высоковольтные опоры имеют заземление 10 (рис.1).

45

На рис.2 представлен алгоритм работы дальномера 25 (Д), косвенно измеряющего стрелу провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) трехфазной трехпроводной ЛЭП 2 (рис.1) и косвенно измеряющего величину расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) ЛЭП 2 (рис.1) и землей 18 (рис.1, 2).

Далее рассмотрен алгоритм учета стрелы провеса одного линейного провода 5 ЛЭП 2 (рис.1) и величины расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) ЛЭП 2 (рис.1)

и земель 18 (рис.1, 2). Алгоритм применим, в принципе, для любого линейного провода 5 ЛЭП 2 (рис.1).

Устройство 3 (У) (рис.1, 2) содержит дальномер 25 (Д) (рис.2). На линейном проводе 5 закреплен зажим 11, такой как ПГН-5-3В, на котором через изолятор 4 подвешено устройство 3 (У).

Устройство 3 (У) имеет конструкцию 29, выполненную из диэлектрика, такого как пластмасса, по бокам которого расположены солнечные батареи 13 (СБ), такие как СЗУ2-БСА-7,5 или СЗУ2-БСА-15У.

Дальномер 25 (Д), входящий в состав устройства 3 (У) (рис.1, 2), измеряет расстояние N2 32 (N2) (рис.2, 3) от лазера 28 (рис.2) дальномера 25 (Д), расположенного в подвешенном состоянии при помощи изолятора 4, до земли 18. Дальномер 25 (Д) получает электроэнергию от источника питания, каковым является солнечная батарея 13 (СБ). Электроэнергия накапливается в батарее 23 дальномера 25 (Д). Батарея 23 дальномера 25 (Д) является источником электроэнергии для лазера 28. Часть конструкции 29 может быть наполнена диэлектриком 21 или может быть полой.

Аналого-цифровой преобразователь 6 (АЦП У) устройства 3 (У) (рис.1, 2) позволяет сформированные в электронном блоке 24 (рис.2) аналоговые сигналы преобразовать в дискретные, после чего они поступают в процессор 7 (П У). Дискретные сигналы из процессора 7 (П У) подаются в блок цифроаналогового преобразователя 8 (ЦАП У), такого как GSM модем Enfora 1218, СПТ 961, СПГ 763 и т.п. [10], где преобразуются в аналоговые. Затем результаты косвенного измерения и измерения расстояния N2 32 (N2) (рис.2, 3) передаются по каналу связи при помощи антенны 9 (А У) (рис.2), установленной снаружи устройства 3 (У), в диспетчерский пункт 20 (ДП) на антенну 22 (А), откуда поступают в блок аналого-цифрового преобразователя 26 (АЦП), такого как GSM модем Enfora 1218 [10]. Затем данные переходят в процессор 30 (П) и дальше в блок цифроаналогового преобразователя 31 (ЦАП), где преобразуются в аналоговые. Далее результаты измерений, в том числе и результат измерения расстояния N2 32 (N2) (рис.2, 3), выводятся на показывающий или самопишущий регистрирующий прибор 12 (РО).

На рис.3 представлен алгоритм работы процессора 7 (П У) (рис.2) на примере работы дальномера 25 (Д) для каждого линейного провода 5 (рис.1, 2) ЛЭП 2 (рис.1). На рис.3 показано, как из 6 (АЦП У) (рис.2) в процессор 7 (П У) поступают сигналы, иллюстрирующие измеренные дальномером 25 (Д) (рис.2, 3) величины расстояний N2 32 (N2) от точки 14 (рис.2) до 19 или от точки 19 до 15, которые затем поступают в блок 33 (N 1) (рис.3). В блоке 33 (N 1) определяется величина стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) по формуле:

$$N1=L-(N2+N),$$

где L - высота подвески провода 5 на изоляторе 4 (рис.1) у опоры 1, мм; N - расстояние от точки 14 (рис.2) или 15 до поверхности линейного провода 5 (рис.1, 2), обращенной к земле 18, мм.

Величина блока N2 32 (N2) (рис.2, 3) поступает в блок 34 (N4) (рис.3), где определяется величина расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 по формуле:

$$N4=N2+N.$$

Блок 35 (LEP3 v.1.00) на рис.3 иллюстрирует использование в предлагаемом способе специализированной программы для прогнозирования величин основных характеристик электрической энергии в линии электропередачи трехфазного трехпроводного исполнения [11]. При помощи этой программы определяются действующие значения комплексных величин токов и напряжений, постоянные распространения волн

электромагнитного поля по проводам ЛЭП 2 (рис.1), величины собственных и взаимных волновых сопротивлений [1]. Блок 35 (LEP3 v.1.00) служит для определения величин стрел провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) и величин расстояний между линейными проводами 5 и землей 18, участвующих в определении первичных параметров ЛЭП 2 (рис.1) [1], на основании которых определяются вторичные параметры ЛЭП 2, участвующие в формировании условий согласования трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 с электрической нагрузкой [6-9] и их стабилизации [4].

Стрелы провеса 33 (N1) (рис.3) каждого линейного провода 5 (рис.1, 2) и величин расстояний 34 (N4) (рис.3) между линейными проводами 5 (рис.1, 2) и землей 18 участвуют в определении первичных параметров трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 (рис.1). Это отображается следующими формулами [1] (для линейных проводов А и В):

1) емкостная связь между линейным проводом 5 (рис.1, 2), А (рис.1) и поверхностью земли 18 (поперечный параметр ЛЭП 2) определяется так [1]:

$$C_{0An} = \frac{1}{c \lg \frac{H}{r}} \cdot l,$$

где Н - расстояние между линейным проводом 5 и его зеркальным отражением относительно поверхности земли 18, мм; с - постоянный коэффициент, равный $41.4 \cdot 10^6$ км/Ф; r - радиус провода, мм, l - протяженность исследуемого участка ЛЭП 2, мм.

С учетом провеса линейного провода 5 (рис.1, 2), А (рис.1), трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 расстояние между проводом 5 и его зеркальным отражением определяется по формуле [1]:

$$H = 2 \left(N4 + \frac{N1}{3} \right),$$

где N4 - величина расстояния между проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 (величина 38 (N_v) (рис.3)), мм; N1 - стрела провеса провода 5 (рис.1, 2) (величина 36 (N_з) (рис.3)), мм;

2) емкостная связь между двумя линейными проводами 5 (рис.1, 2), А и В (рис.1) круглого сечения с погрешностью до 5% определяется так [1]:

$$C_{0ABn} = \frac{1}{41.4 \cdot 10^6 \lg \frac{H_y}{d}} \cdot l;$$

$$H_y = H + d,$$

$$N_{ij} = H + d,$$

где N_{ij} - расстояние между первым проводом 5 (рис.1, 2) и зеркальным отражением второго, мм; d - расстояние между проводами 5, мм;

3) резистивная составляющая электромагнитной связи между двумя линейными проводами 5, то есть активная проводимость между ними, определяется [1]:

$$G_{0ABn} = 2 \cdot \sqrt{\mu_0^2 (\rho_+ V_+ + \rho_- V_-)^2 \cdot 10^6 - (2\pi \cdot n \cdot f_0 \cdot C_{0ABv})^2},$$

где ρ₊ и ρ₋ - объемная плотность положительных и отрицательных зарядов в

пространстве от провода 5 ЛЭП 2 (рис.1) до поверхности земли 18 (рис.1, 2); V_+ и V_- - скорость перемещения этих зарядов; $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м - магнитная постоянная; n - гармоническая составляющая; f_0 - частота основной гармоники;

4) количественная оценка индуктивной связи между линейными проводами 5 исследуемой трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 (рис.1) определяется по формуле [1]:

$$M_{0ABn} = \left[\frac{\mu_0 \cdot l}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \frac{l + \sqrt{l^2 + d^2}}{d} - \frac{\sqrt{l^2 + d^2}}{l} + \frac{d}{l} \right) \right].$$

Эти формулы реализуются в блоке 35 (LEP3 v.1.00) (рис.3), позволяют определить первичные параметры трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 (рис.1). Затем на основании расчетных первичных параметров определяются вторичные параметры рассматриваемой ЛЭП 2, а также условия ее согласования с электрической нагрузкой. Полученные расчетные условия согласования трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 с электрической нагрузкой необходимо реализовать для действующей ЛЭП 2, передающей электрическую энергию нагрузке [4].

Из блока 35 (LEP3 v.1.00) (рис.3) поступает информация о величине стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2), входящего в состав трехфазной трехпроводной высоковольтной ЛЭП 2 (рис.1), в блок 36 (Nз) (рис.3). Величины, сформированные в блоках 33 (N1) и 36 (Nз), сравниваются между собой. В результате такого сравнения получается разница между косвенно измеренной величиной блока 33 (N1) стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) и величиной стрелы провеса блока 36 (Nз) (рис.3) линейного провода 5 (рис.1, 2), полученной ранее. Результат сравнения поступает в

блок суммы $37 \left(\sum_{i=1}^3 N \right)$ (рис.3). Одновременно из блока 35 (LEP3 v.1.00) поступает информация о величине расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 в блок 38 (N_V) (рис.3). Величины, сформированные в блоках 34 (N4) и 38 (N_V), сравниваются между собой. В результате такого сравнения получается разница между косвенно измеренной величиной блока 34 (N4) расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 и величиной блока 38 (N_V) (рис.3) расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18, полученной ранее. Результат сравнения поступает в блок суммы результатов $39 \left(\sum_{i=1}^3 M \right)$ (рис.3).

Затем величины, полученные в блоке суммы $37 \left(\sum_{i=1}^3 N \right)$ и в блоке суммы результатов $39 \left(\sum_{i=1}^3 M \right)$, передаются из 7 (П У) (рис.2) в 8 (ЦАП У). Одновременно из 7 (П У) в 8 (ЦАП У) передаются: косвенно измеренная величина стрелы провеса 33 (N1) (рис.3) линейного провода 5 (рис.1, 2); косвенно измеренная величина расстояния N4 34 (N4) (рис.2, 3) между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18; измеренная дальномером 25 (Д) (рис.2) величина расстояния N2 32 (N2) (рис.2, 3). Затем аналоговые сигналы высокой частоты при помощи антенны 9 (А У) (рис.2) передаются на принимающую антенну 22 (А) диспетчерского пункта 20 (ДП). Далее аналоговые сигналы преобразуются в цифровые в блоке аналого-цифрового преобразователя 26 (АЦП),

такого как GSM модем Enfora 1218. Затем цифровые сигналы поступают в процессор 30 (П), где фиксируется результат работы алгоритма рис.2 в виде информации о величинах блоков 32 (N2) (рис.3), 33 (N1), 37 ($\sum_{i=1}^3 N$), 34 (N4) и 39 ($\sum_{i=1}^3 M$). В процессор 30 (П) (рис.2) может поступать от 26 (АЦП) только величина блока 32 (N2) (рис.3), а затем реализуется часть алгоритма, показанного на рис.3 и определяющая величины блоков 33 (N1), 37 ($\sum_{i=1}^3 N$), 34 (N4) и 39 ($\sum_{i=1}^3 M$). Таким образом можно выбрать, от какого процессора - 7 (П У) (рис.2) или 30 (П), будет осуществляться уточнение величины стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) и величины расстояния между линейным проводом 5 и землей 18, участвующих в формировании первичных параметров ЛЭП 2 (рис.1), для которой выполняется стабилизация условий согласования с электрической нагрузкой [4]. Далее информация в виде цифрового сигнала от процессор 30 (П) (рис.2) поступает в блок цифроаналогового преобразователя 31 (ЦАП), где преобразуется в аналоговый, и затем величины от блоков 32 (N2) (рис.3), 33 (N1), 37 ($\sum_{i=1}^3 N$), 34 (N4) и 39 ($\sum_{i=1}^3 M$) выводятся на показывающий или самопишущий регистрирующий прибор 12 (РО) (рис.2).

Одновременно работает часть алгоритма, относящаяся к блоку 37 ($\sum_{i=1}^3 N$), изображенная на рис.3, которая, когда величина разницы $\Delta N1$, или $\Delta N2$, или $\Delta N3$ между измеренными косвенно величиной стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) блока 33 (N1) (рис.3) и полученной несколько ранее величиной этой стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) блока 36 (Nз) (рис.3) отлична от нуля, выполняется обновление ранее полученной величины стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) в блоке 36 (Nз) (рис.3) более поздним значением стрелы провеса этого провода 5 (рис.1, 2) блока 33 (N1) (рис.3). Новое значение стрелы провеса линейного провода 5 (рис.1, 2) поступает в блок 35 (LEP3 v.1.00) (рис.3).

Одновременно работает часть алгоритма, относящаяся к блоку 39 ($\sum_{i=1}^3 M$), изображенная на рис.3, в которой, когда величина разницы $\Delta N4$, или $\Delta N5$, или $\Delta N6$ между измеренными косвенно величиной расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 блока 34 (N4) (рис.3) и полученной несколько ранее величиной этого расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 блока 38 (N_V) (рис.3) отлична от нуля, выполняется обновление ранее полученной величины расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 в блоке 38 (N_V) (рис.3) более поздним значением расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 блока 34 (N4) (рис.3). Новые значения расстояния между линейным проводом 5 (рис.1, 2) и землей 18 поступают в блок 35 (LEP3 v.1.00) (рис.3).

Программа 35 (LEP3 v.1.00) работает в составе изобретения [4].

Источники информации

1. Большанин, Г.А. Распределение электрической энергии пониженного качества по участкам электроэнергетических систем. В 2 кн. Кн. 1 / Г.А. Большанин. - Братск: БрГУ, 2006. - 807 с.

2. Кэрки, Д. Согласование выходного импеданса при помощи полностью дифференциальных операционных усилителей / Д. Кэрки // Компоненты и технологии. - 2010. - №5. - С.150-154.

3. Большанин, Г.А. Коррекция качества электрической энергии / Г.А. Большанин - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2007. - 120 с.

4. Способ согласования трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой на частотах ярко выраженных гармонических составляющих токов и напряжений: Патент №2488218, Россия, МПК H03K 3/00 / В.А. Козлов, Г.А. Большанин. - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Братский государственный университет", №2012110296/08; Заявл. 16.03.2012; Опубл. 20.07.2013.

5. Правила устройства электроустановок / Министерство энергетики РФ. - 7-е изд. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. - 160 с. - ил.

6. Козлов, В.А. Условия согласования однородной трехпроводной высоковольтной линии электропередачи 10 кВ и выше с нагрузкой / В.А. Козлов, Г.А. Большанин // Материалы VII международной научно-практической конференции. - Прага: Печатный дом «Образование и Наука», 2011. - С.86-90.

7. Козлов, В.А. Согласованный режим работы однородной трехпроводной линии электропередачи / В.А. Козлов, Г.А. Большанин // Системы. Методы. Технологии. - 2011. - №4. - С.70-76.

8. Козлов, В.А. Согласованный режим работы однородной трехпроводной ЛЭП 220 кВ и выше как средство улучшения электромагнитной обстановки / В.А. Козлов, Г.А. Большанин // Наука сегодня: теоретические аспекты и практика применения. Ч.2: Сб. науч. трудов. - Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2011. - С.63-66.

9. Козлов, В.А. Условия согласования несимметричной трехфазной трехпроводной высоковольтной линии электропередачи / В.А. Козлов // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Научная индустрия европейского континента - 2012». - Прага: Печатный дом «Образование и Наука», 2012. - С.63-66.

10. Применение GSM-модемов совместно с приборами энергоучета НПО ЛОГИКА / ЗАО НПФ ЛОГИКА. - М.: ЛОГИКА, 2010. - 10 с.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010611988 "Расчет параметров трехфазной трехпроводной неизолированной линии электропередачи (LEP3 v.1.00)".

Формула изобретения

Способ учета стрелы провеса каждого линейного провода трехфазной трехпроводной линии электропередачи при ее согласовании с нагрузкой, заключающийся в том, что исходная информация о напряжениях и токах в линии электропередачи через устройства сопряжения или датчики поступает в процессор, а величины стрел провеса каждого линейного провода и величины расстояний между линейным проводом и землей для каждого линейного провода определяются один раз на основании справочных или измеренных данных, эти величины участвуют в определении первичных параметров линии электропередачи, при помощи которых получают условия согласования линии электропередачи с распределенными параметрами с электрической нагрузкой, отличающийся тем, что в процессоре уточняются условия согласования трехфазной трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой для каждого линейного провода, которые могут изменяться из-за сезонного повышения или понижения температуры, образования гололеда на линейных проводах, увеличения

или уменьшения величины транспортируемого тока, что влечет за собой изменение стрелы провеса провода и изменение величины расстояния между линейным проводом и землей, а значит, и изменение первичных параметров линии электропередачи, на основании которых получают вторичные параметры линии электропередачи и определяют условия согласования трехфазной трехпроводной линии электропередачи с электрической нагрузкой, для трех линейных проводов их стрелы провеса оцениваются индивидуально дальномерами, работающими в режиме реального времени, расположенными в диэлектрических конструкциях, изготовленных, например, из пластмассы, которые подвешены на каждый линейный провод через зажим и полимерный изолятор, диэлектрические конструкции с дальномерами располагаются в фиксированных местах на протяжении всей длины линии электропередачи, дальномеры получают питание от накапливающей электроэнергии батареи, получающей электроэнергию от солнечной батареи, косвенно измеренные величины стрелы провеса провода и косвенно измеренные величины расстояния между линейным проводом и землей передаются в процессор компьютера, где по специализированной программе определяются первичные и вторичные параметры трехфазной трехпроводной линии электропередачи с учетом величин стрел провеса каждого линейного провода и величин расстояний между линейными проводами и землей, уточняются величины токов и напряжений, которые соответствуют токам и напряжениям согласованной трехфазной трехпроводной линии электропередачи, после этого в результате сравнения действительного и эталонного значений сопротивлений нагрузки, напряжений в конце линии или токов, поступающих в нагрузку, формируются управляющие сигналы для корректирующих органов, в качестве которых могут быть использованы устройства РПН силовых трансформаторов, автоматизированные технологические комплексы, накопители электроэнергии, источники активной мощности, такие как малые или средние гидроэлектростанции или электростанции других типов.

30

35

40

45

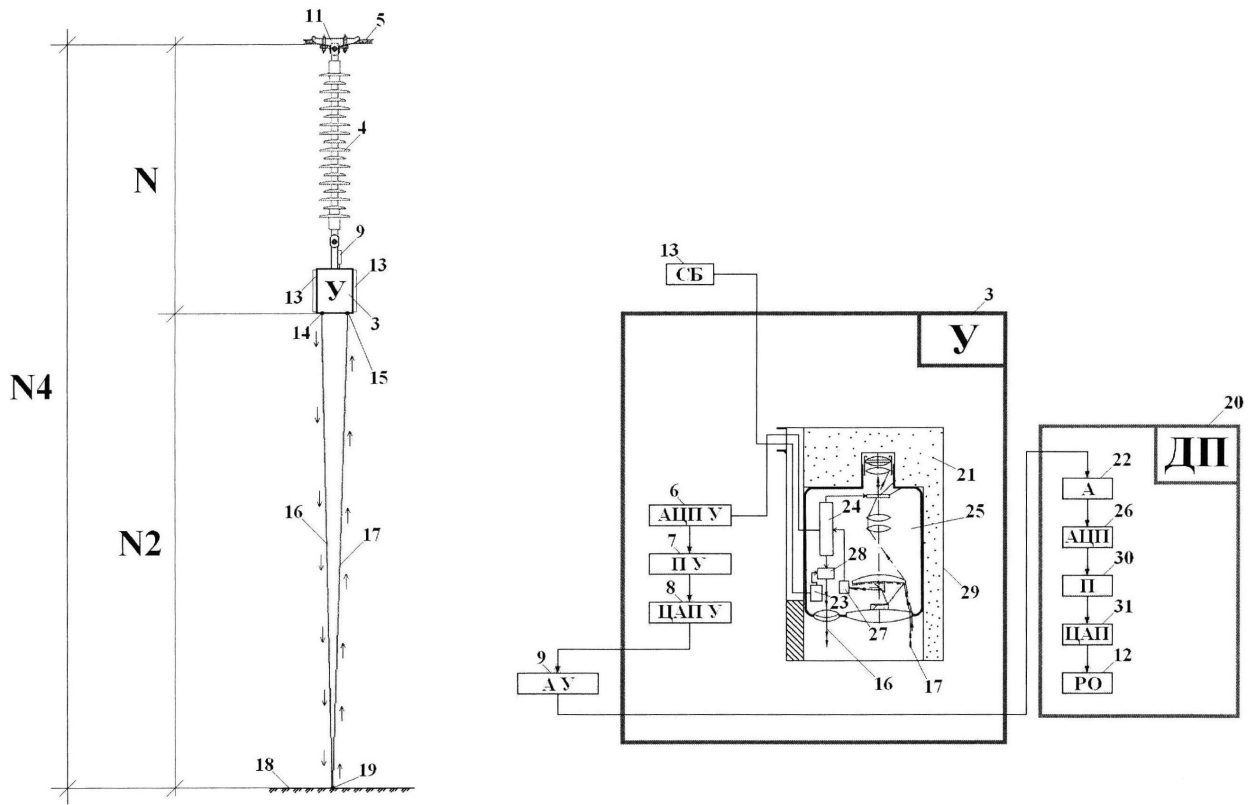


Рис.2

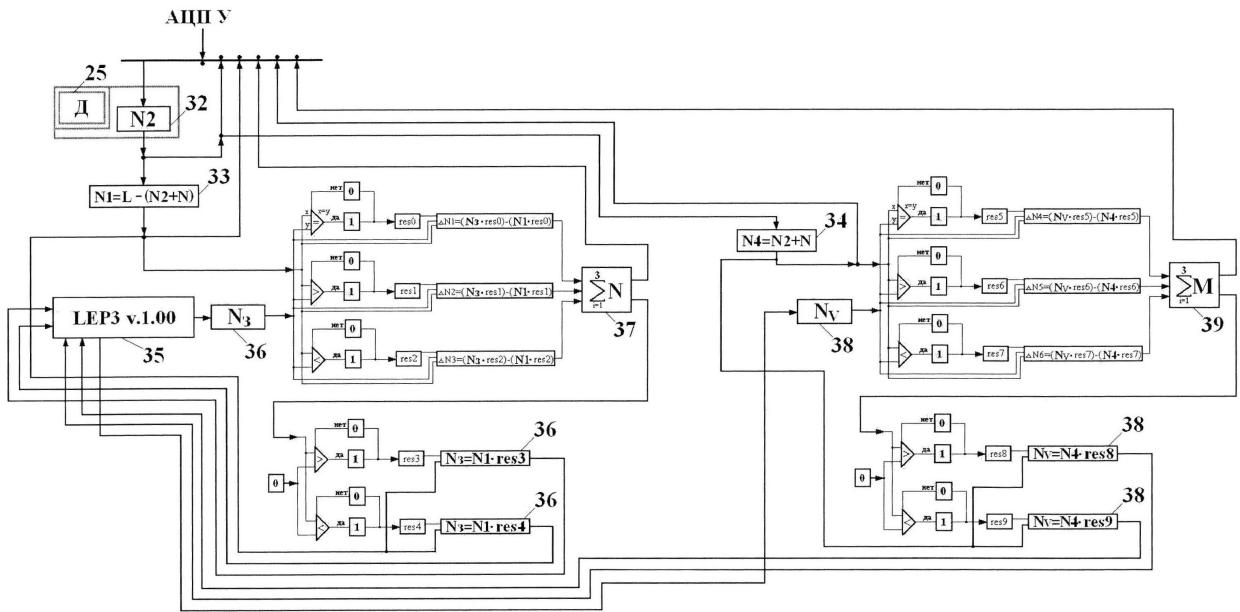


Рис.3