РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2782157

СПОСОБ ОЦЕНКИ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Патентообладатель: ***федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)***

Авторы: ***Скамьин Александр Николаевич (RU), Шклярский Ярослав Элиевич (RU), Добуш Василий Степанович (RU), Галкин Дмитрий Сергеевич (RU)***

Заявка № **2022101623**
Приоритет изобретения **25 января 2022 г.**
Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **21 октября 2022 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **25 января 2042 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 782 157** (13) **C1**

(51) МПК
G01R 23/20 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 23/20 (2022.08)

(21)(22) Заявка: **2022101623, 25.01.2022**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.01.2022

Дата регистрации:
21.10.2022

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **25.01.2022**

(45) Опубликовано: **21.10.2022** Бюл. № **30**

Адрес для переписки:
190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2, ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный университет", Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):
Скамьин Александр Николаевич (RU),
Шклярский Ярослав Элиевич (RU),
Добуш Василий Степанович (RU),
Галкин Дмитрий Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2627195 C1, 03.08.2017. RU 2307364 C1, 27.09.2007. RU 2244313 C2, 10.01.2005. RU 2752765 C1, 03.08.2021. RU 2589441 C1, 10.07.2016. WO 2000010017 A1, 24.02.2000. US 20100131243 A1, 27.05.2010.**

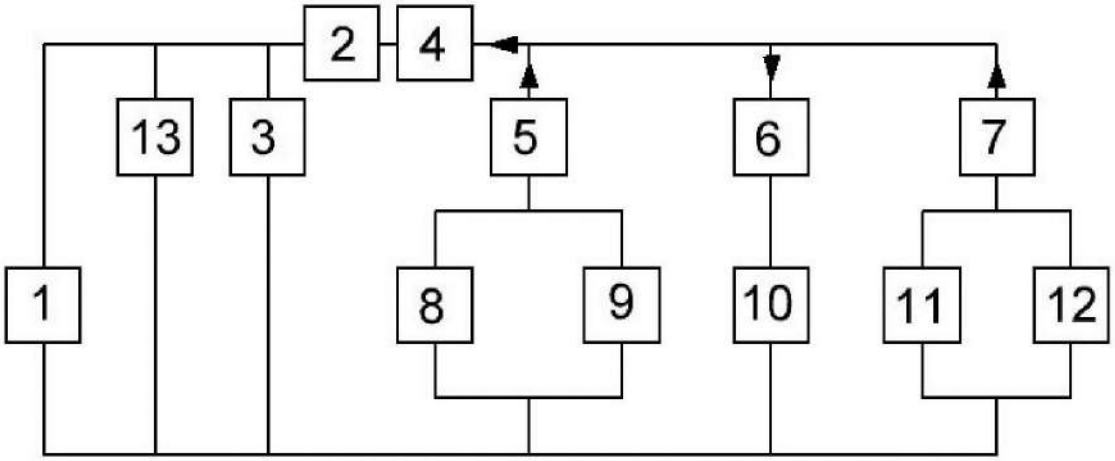
(54) СПОСОБ ОЦЕНКИ ДОЛЕВОГО ВКЛАДА ИСТОЧНИКОВ ИСКАЖЕНИЙ В НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электроэнергетики, в частности к способам определения влияния нелинейных потребителей электроэнергии на искажение напряжения в точке общего присоединения (ТОП). Технический результат: точная оценка долевого вклада каждого источника искажений в напряжение питающей сети, в том числе при наличии внешних источников искажений в системе электроснабжения. Сущность: измеряют амплитуду высших гармоник в напряжении питающей сети на каждой гармонике в отдельности до и после подключения пассивного фильтра гармоник, ток системы электроснабжения на вводе силового трансформатора всех потребителей на каждой гармонике в отдельности после подключения пассивного фильтра гармоник. Далее проводят расчет долевого вклада внешних источников искажений, первого и второго потребителя на гармонике порядка h. Затем сравнивают рассчитанные долевые вклады системы электроснабжения и потребителей в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h и проводят снижение уровня высших гармоник в напряжении и токе у потребителей с наибольшими вкладами. 1 ил., 1 табл.

RU 2782157 C1

RU 2782157 C1



Фиг. 1

RU 2782157 C1

RU 2782157 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 782 157** (13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01R 23/20 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(52) CPC
G01R 23/20 (2022.08)

(21)(22) Application: **2022101623, 25.01.2022**

(24) Effective date for property rights:
25.01.2022

Registration date:
21.10.2022

Priority:
(22) Date of filing: **25.01.2022**

(45) Date of publication: **21.10.2022** Bull. № **30**

Mail address:
190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2, FGBOU VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet", Patentno-litsenzionnyj otdel

(72) Inventor(s):
Skamin Aleksandr Nikolaevich (RU),
Shkliarskii Iaroslav Elievich (RU),
Dobush Vasilii Stepanovich (RU),
Galkin Dmitrii Sergeevich (RU)

(73) Proprietor(s):
federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi universitet» (RU)

(54) METHOD FOR ASSESSING THE SHARING CONTRIBUTION OF DISTORTION SOURCES TO THE SUPPLY MAINS VOLTAGE

(57) Abstract:

FIELD: electric power industry.

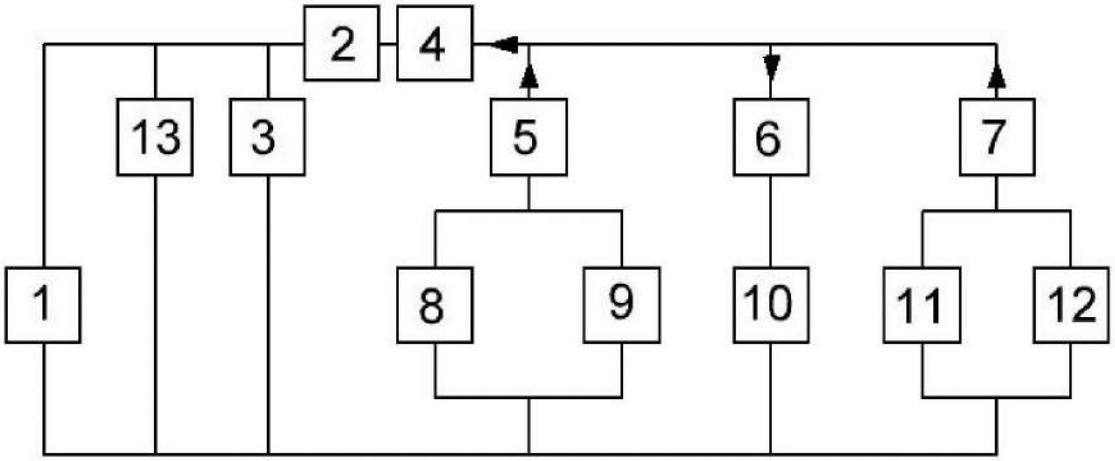
SUBSTANCE: invention relates to the field of electric power industry, in particular to methods for determining the effect of non-linear electricity consumers on voltage distortion at a common connection point (CCP). The amplitude of higher harmonics is measured in the mains voltage at each harmonic separately before and after the passive harmonic filter is connected, the current of the power supply system at the input of the power transformer of all consumers at each harmonic separately after the passive harmonic filter is connected. Next, the calculation of the share contribution of external sources of distortion, the first and second consumer at a harmonic of order h is carried out. Then, the calculated share contributions of the power supply system and consumers to the total distortion of the supply voltage at the harmonic of the order of h are compared and the level of higher harmonics in voltage and current is reduced for consumers with the largest contributions.

EFFECT: accurate assessment of the share contribution of each source of distortion to the mains voltage, including in the presence of external sources of distortion in the power supply system.

1 cl, 1 dwg, 1 tbl

RU 2782157 C1

RU 2782157 C1



Фиг. 1

RU 2782157 C1

RU 2782157 C1

Изобретение относится к области электроэнергетики, в частности к способам определения влияния нелинейных потребителей электроэнергии на искажение напряжения в точке общего присоединения (ТОП). Данное изобретение может быть использовано для регулирования коммерческих отношений между поставщиком электроэнергии и потребителями в вопросе оценки вклада каждого из потребителей в ухудшения качества напряжения в ТОП в процентном соотношении.

Известен способ определения потребителя, искажающего показатели качества электрической энергии в узле энергоснабжающей организации, и его вклада в искажение (патент РФ № 2244313, опубл. 10.01.2005). Данный способ предполагает расчет сопротивлений неискажающих нагрузок и расчет токов искажений искажающих нагрузок каждого потребителя. После чего полученные значения токов соотносят с суммарными значениями.

Недостатком способа является тот факт, что за суммарное значение токов искажений авторы принимают алгебраическую сумму токов потребителей, аргументируя это тем, что такое допущение не повлияет на значение долевых вкладов. Однако очевидно, что векторная сумма токов будет значительно отличаться от алгебраической, так как взаимное расположение векторов токов каждой из ветвей может быть любым.

Известен способ определения долевых участий нагрузки и энергосистемы в изменении качества напряжения (патент РФ № 2307364, опубл. 27.09.2007), который включает измерение и определение интегральных составляющих анормальных напряжений ветвей с ЭДС и анормальных составляющих токов ветвей нагрузки, на основе чего рассчитываются долевые участия каждого энергообъекта.

Недостатком способа является значительное количество исходных данных, касающихся как системы электроснабжения мгновенные значения ЭДС системы, так и потребителей индуктивность L. Для корректной оценки долевых участий каждого энергообъекта необходимо постоянно определять вышеуказанные величины.

Известен способ выявления фактического вклада субъектов электрических сетей в искажение качества электрической энергии в точке общего присоединения в электрической сети (патент РФ № 2364875, опубл. 20.08.2009). Согласно данному способу, вклад каждого субъекта энергосистемы определяется на основании действующего значения напряжения обратной волны, при этом напряжение каждой гармоники в ТОП разлагают на составляющие прямой и обратной волн при помощи Т-преобразования.

Недостатками является необходимость определения в реальном времени волнового сопротивления сети на каждой гармонике, так как его значение непрерывно меняется и зависит от режима работы каждого из субъектов энергосистемы.

Известен способ выявления источника высших гармоник (патент РФ № 2573706, опубл. 27.01.2016), в котором источник высших гармоник определяется по зависимости тока высших гармоник системы электроснабжения от активного сопротивления фильтрокомпенсирующего устройства, установленного параллельно одной из нагрузок.

Недостатком способа является то, что данный способ позволяет лишь определить, является ли источником искажения потребитель или система электроснабжения, но не позволяет оценить вклад каждого из них в общие искажения в процентном соотношении.

Известен способ оценки влияния потребителя на искажение напряжения в точке общего присоединения (патент РФ № 2627195, опубл. 03.08.2017), который включает определение параметров автономного напряжения для каждого потребителя в отдельности, расчет коэффициента его влияния на искажения напряжения и сравнение расчетных параметров с допустимыми.

Недостатком способа является необходимость расчета параметров схемы замещения, таких как проводимость каждого потребителя, что вносит дополнительную погрешность в окончательный результат. Авторы отмечают, что относительная погрешность определения параметров схемы замещения при использовании предлагаемого способа не превышает 7%, что является значительной величиной. Кроме того, в результате определяется не вклад потребителя в общие искажения, а лишь сравнивается его влияние с допустимой величиной и делается вывод о допустимости или недопустимости такого режима работы потребителя.

Известен способ определения фактического вклада источников искажений в значения показателей качества электроэнергии в точке общего присоединения (патент РФ № 2236016, опубл. 10.09.2004), в котором фактический вклад каждого субъекта-источника искажений считается прямо пропорциональным проекции тока субъекта-источника искажений на суммарный ток всех субъектов-источников искажений.

Недостатком способа является то, что все субъекты делятся на источники и потребители искажений, в то время как в реальных энергетических системах большинство потребителей представляют собой набор различных линейных и нелинейных нагрузок. Такие нагрузки, согласно данному способу, результируются в исключительно в субъект-источник или субъект-потребитель. В таком случае упускается вклад субъектов-потребителей искажений, в то время как они также содержат источники высших гармоник. Кроме того, принадлежность субъекта к источникам или потребителям искажений определяется по фазовым углам сдвига между напряжением искажений и соответствующим током высших гармоник. Иными словами - по знаку мощности искажения на каждой из гармоник. Однако напряжение искажения в узле электрической сети является результатом совместной работы всех источников искажения, подключенных к ТОП. При существенном расхождении по фазе между токами искажения потребителей один или несколько искажающих потребителей будут иметь положительные мощности искажения и восприниматься как неискажающие.

Известен способ определения долевого вклада источников искажений в напряжение питающей сети потребителей на основе подключения резонансного пассивного фильтра высших гармоник, (Shklyarskiy, Y.; Skamyin, A.; Vladimirov, I.; Gazizov, F. Distortion Load Identification Based on the Application of Compensating Devices. Energies 2020, 13, 1430) принятый за прототип. Долевой вклад источников искажений определяется путем вычисления токов гармоник нелинейной нагрузки потребителя путем вычитания измеренного тока вводного присоединения из тока фильтра на частоте высшей гармоники (при протекании гармонического тока вводного присоединения к потребителю), либо путем суммирования измеренного тока вводного присоединения и тока фильтра на частоте высшей гармоники (при протекании гармонического тока вводного присоединения к потребителю). Отношение токов гармоник нелинейных нагрузок потребителей равно отношению напряжений на частотах высших гармоник, создаваемых токами нелинейной нагрузки потребителей.

Недостатком способа является то, что необходимо подключать пассивные фильтры высших гармоник у каждого потребителя и проводить одновременные измерения на вводных присоединениях и фильтрах. Кроме того, на основе такого способа удается определить долевой вклад потребителей друг относительно друга, а не их долевой вклада в общие искажения напряжения в точке общего присоединения. Также недостатком является отсутствие возможности оценки вклада одного потребителя относительно вклада всей энергосистемы, так как подключение пассивного фильтра гармоник у единственного потребителя позволяет определить лишь амплитуду тока

гармоники его нелинейной нагрузки.

Техническим результатом является точная оценка долевого вклада каждого источника искажений в напряжение питающей сети, в том числе при наличии внешних источников искажений в системе электроснабжения.

Технический результат достигается тем, что

измеряют амплитуду высших гармоник в напряжении питающей сети на каждой гармонике в отдельности до и после подключения пассивного фильтра гармоник, ток системы электроснабжения на вводе силового трансформатора всех потребителей на каждой гармонике в отдельности после подключения пассивного фильтра гармоник, далее проводят расчет долевого вклада внешних источников искажений, первого и второго потребителя на гармонике порядка h по выражениям:

$ДВ_{СЭСh} = 100 \bullet U_{ВНh} / U_{0h}$

$ДВ_{1h} = 100 \bullet I_{1Пh} / |\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}|$

$ДВ_{2h} = 100 \bullet I_{2Пh} / |\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}|$, где

$ДВ_{СЭСh}$ - долевой вклад системы электроснабжения в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h,

$ДВ_{1h}$ - долевой вклад первого потребителя в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h,

$ДВ_{2h}$ - долевой вклад второго потребителя в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h,

U_{0h} - амплитуда гармоники порядка h питающего напряжения сети до подключения пассивного фильтра гармоник,

$U_{ВНh}$ - амплитуда гармоники порядка h питающего напряжения сети на стороне высшего напряжения вводного силового трансформатора потребителя после подключения пассивного фильтра гармоник,

$\underline{I}_{0h}$ - комплексный ток системы электроснабжения на частоте гармоники порядка h,

$\underline{I}_{Фh}$ - комплексный ток пассивного фильтра гармоник на частоте гармоники порядка h,

$I_{1Пh}$ - амплитуда тока вводного присоединения первого потребителя на частоте гармоники порядка h,

$I_{2Пh}$ - амплитуда тока вводного присоединения второго потребителя на частоте гармоники порядка h,

затем сравнивают рассчитанные долевые вклады системы электроснабжения и потребителей в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h и проводят снижение уровня высших гармоник в напряжении и токе у потребителей с наибольшими вкладами.

Способ поясняется следующим чертежом:

фиг. 1 - схема замещения для определения долевых вкладов на частоте гармоник.

1 - комплексное сопротивление системы электроснабжения (СЭС);

2 - вводной силовой трансформатор потребителя;

3 - измеритель напряжения СЭС;

4 - измеритель тока СЭС;

5 - измеритель тока первого потребителя;

6 - измеритель тока пассивного фильтра гармоник;

7 - измеритель тока второго потребителя;

8 - нелинейная нагрузка первого потребителя;

9 - линейная нагрузка первого потребителя;

10 - пассивный фильтр гармоник;

11 - нелинейная нагрузка второго потребителя;

12 - линейная нагрузка второго потребителя;

13 - нелинейная нагрузка третьего потребителя.

Способ осуществляется следующим образом. В электрической сети устанавливается измеритель напряжения СЭС 3, определяющий амплитуду высших гармоник в напряжении питающей сети на каждой гармонике h в отдельности до подключения пассивного фильтра гармоник 10.

В случае превышения установленных нормами и стандартами значений высших гармоник в напряжении питающей сети порядка h выполняются следующие действия. Подключается пассивный фильтр гармоник, настроенный на гармонику порядка h, которая превышает нормируемые значения. С помощью измерителя напряжения СЭС 3 определяется амплитуда высших гармоник напряжения, характеризующая долевой вклад нелинейной нагрузки третьего потребителя 13.

Устанавливается измеритель тока СЭС 4, определяющий амплитуду токов высших гармоник СЭС, протекающих по комплексному сопротивлению СЭС 1, устанавливается измеритель тока первого потребителя 5, определяющий амплитуду токов высших гармоник первого потребителя, устанавливается измеритель тока второго потребителя 7, определяющий амплитуду токов высших гармоник второго потребителя, устанавливается измеритель тока пассивного фильтра гармоник 6, определяющий амплитуду тока высших гармоник, протекающих по пассивному фильтру гармоник 10 на каждой гармонике h в отдельности.

Далее рассчитывается долевой вклад СЭС на рассматриваемой гармонике порядка h по выражению:

$$ДВ_{СЭСh} = 100 \cdot U_{ВНh} / U_{0h} \quad (1)$$

где U_{0h} - амплитуда гармоники порядка h питающего напряжения сети, определенная измерителем напряжение СЭС 3 до подключения пассивного фильтра гармоник;

$U_{ВНh}$ - амплитуда напряжения высшей гармоники порядка h на стороне высшего напряжения вводного силового трансформатора потребителя, определенная измерителем напряжение СЭС 3 после подключения пассивного фильтра гармоник.

Далее рассчитывается долевой вклад первого и второго потребителя на рассматриваемой гармонике по выражениям:

$$ДВ_{1h} = 100 \cdot I_{1Пh} / |\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}|,\ ДВ_{2h} = 100 \cdot I_{2Пh} / |\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}| \quad (2)$$

где $\underline{I}_{0h}$ - комплексный ток СЭС на частоте гармоники порядка h, определенный измерителем тока СЭС 4;

$\underline{I}_{Фh}$ - комплексный ток пассивного фильтра гармоник на частоте гармоники порядка h, определенный измерителем тока пассивного фильтра гармоник 6;

$I_{1Пh}$ - амплитуда тока вводного присоединения первого потребителя на частоте гармоники порядка h, определенная измерителем тока первого потребителя 5;

$I_{2Пh}$ - амплитуда тока вводного присоединения второго потребителя на частоте гармоники порядка h, определенная измерителем тока второго потребителя 7.

Обоснованность использования данного подхода подтверждается следующим. Из схемы на фиг. 1 следует, что долевой вклад по напряжению первого и второго потребителей в общие искажения питающего напряжения можно определить следующим образом:

$$ДВ_{1h} = U_{П1h}/U_{0h} = I_{1h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}|, \quad (3)$$

$$ДВ_{2h} = U_{П2h}/U_{0h} = I_{2h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}|, \quad (4)$$

где $U_{П1h}$ - амплитуда гармоники порядка h в точке подключения первого потребителя к сети;

$U_{П2h}$ - амплитуда гармоники порядка h в точке подключения второго потребителя к сети;

I_{1h} - амплитуда тока нелинейной нагрузки первого потребителя на частоте гармоники порядка h;

$\underline{I}_{1h}$ - комплексный ток нелинейной нагрузки первого потребителя на частоте гармоники порядка h;

$\underline{I}_{2h}$ - комплексный ток нелинейной нагрузки второго потребителя на частоте гармоники порядка h.

При подключении пассивного фильтра гармоник к шинам потребителей измерение амплитуд токов вводного присоединения первого и второго потребителей $I_{1Пh}$ и $I_{2Пh}$ с помощью измерителей тока 5 и 7 позволяет определить амплитуды токов нелинейной нагрузки потребителей I_{1h} и I_{2h}. Комплексное сложение токов $\underline{I}_{0h}$ и $\underline{I}_{Фh}$ практически полностью совпадает с суммарным током нелинейных нагрузок двух потребителей $\underline{I}_{1h}$ и $\underline{I}_{2h}$, что позволяет определить амплитуду их суммарного вектора:

$$I_{1h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| = I_{1Пh} / |\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}| \quad (5)$$

Стоит отметить, что комплексное сложение векторов тока $\underline{I}_{0h}$ и $\underline{I}_{Фh}$ приводит к исключению влияния нелинейной нагрузки третьего потребителя 13 на определение долевых вкладов в процентном соотношении первого и второго потребителя в общие искажения питающего напряжения, создаваемые этими потребителями.

В ходе аналитического определения долевых вкладов первого и второго потребителя использовались следующие коэффициенты (6-9):

$$A = \frac{\left|n_{ф}^{(h)}\right|}{\left|n_{2}^{(h)} \cdot n_{ф}^{(h)} + n_{2}^{(h)}\right|} \quad (6)$$

$$B = \frac{\left|n_{ф}^{(h)}\right|}{\left|n_{1}^{(h)} \cdot n_{ф}^{(h)} + n_{1}^{(h)}\right|} \quad (7)$$

где $n_{1}^{(h)}$ - комплексная величина, показывающая во сколько раз комплексное сопротивление линейной нагрузки первого потребителя 9 больше комплексного сопротивления СЭС на гармонике h;

$n_{2}^{(h)}$ - комплексная величина, показывающая во сколько раз комплексное сопротивление линейной нагрузки второго потребителя 12 больше комплексного сопротивления СЭС на гармонике h;

$n_{ф}^{(h)}$ - комплексная величина, показывающая во сколько раз комплексное сопротивление пассивного фильтра гармоник больше комплексного сопротивления СЭС на гармонике h;

Тогда выражения долевых вкладов первого и второго потребителя принимают следующий вид:

$$ДВ_{1h} = I_{1h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| + A \cdot I_{1h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| - B \cdot I_{2h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| \quad (11)$$

$$ДВ_{2h} = I_{2h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| - A \cdot I_{2h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| + B \cdot I_{1h}/|\underline{I}_{1h} + \underline{I}_{2h}| \quad (12)$$

Так как коэффициенты A и B стремятся к нулю из-за низкого значения сопротивления пассивного фильтра гармоник, то долевые вклады потребителей, рассчитанные исходя из токов нелинейных нагрузок двух потребителей $\underline{I}_{1h}$ и $\underline{I}_{2h}$, соответствуют долевым вкладам потребителей, рассчитанным исходя из токов вводных присоединений первого потребителя $I_{1Пh}$, второго потребителей $I_{2Пh}$, тока СЭС $\underline{I}_{0h}$ и тока пассивного фильтра гармоник $\underline{I}_{Фh}$.

В итоге определяются долевые вклады в общие искажения питающего напряжения внешних источников искажений относительно вводного силового трансформатора потребителей и долевые вклады всех питающихся от трансформатора потребителей на гармонике h, что необходимо при выборе параметров и места подключения устройств снижения уровня высших гармоник, которые подключаются в первую очередь у потребителей с наибольшими долевыми вкладами.

Способ поясняется следующим примером. Проведен расчет несинусоидального режима для СЭС, представленной на фиг. 1. Параметры схемы представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Исходные данные для расчета схемы замещения			
Сопротивление системы электроснабжения	$Z_{0(h=1)}$ =	0,01	Ом
Сопротивление вводного силового трансформатора	$Z_{TP(h=1)}$ =	0,02	Ом
Активное сопротивление первого потребителя	$R_{1(h=1)}$ =	0,58	Ом
Индуктивное сопротивление первого потребителя	$X_{L1(h=1)}$ =	0,72	Ом
Емкостное сопротивление первого потребителя	$X_{C1(h=1)}$ =	1,2	Ом
Активное сопротивление второго потребителя	$R_{2(h=1)}$ =	1,16	Ом
Индуктивное сопротивление второго потребителя	$X_{L2(h=1)}$ =	1,44	Ом
Ток нелинейной нагрузки первого потребителя (h=5)	I_1 =	60	А
Ток нелинейной нагрузки второго потребителя (h=5)	I_2 =	20	А
Ток нелинейной нагрузки третьего потребителя (h=5)	I_3 =	50	А
Активное сопротивление пассивного фильтра	$R_{Ф(h=1)}$ =	0,02	Ом
Индуктивное сопротивление пассивного фильтра	$X_{LФ(h=1)}$ =	0,24	Ом
Емкостное сопротивление пассивного фильтра	$X_{CФ(h=1)}$ =	6,0	Ом

Расчет представлен на частоте гармоники порядка h=5. В соответствии с описанным способом определяется амплитуда напряжения пятой гармоники питающей сети до подключения фильтра:

U_{0h} = 24,7 (В)

Такое значение превышает установленные ГОСТ пределы. Далее подключается пассивный фильтр гармоник, настроенный в резонанс на частоту пятой гармоники. Определяется амплитуда пятой гармоники напряжения, характеризующая долевой вклад нелинейной нагрузки третьего потребителя.

$U_{ВН}$ = 1,59 (В)

Следовательно, долевой вклад СЭС определяется как:

$ДВ_{СЭС}$ = 100 • 1,59/ 24,7 = 6,4 %

Далее определяются амплитуды токов пятой гармоники вводного присоединения первого и второго потребителя:

$I_{1Пh}$ = 57,96 (А); $I_{2Пh}$ = 18,35 (А)

Далее определяется комплексный ток СЭС и комплексный ток пассивного фильтра гармоник на частоте пятой гармоники:

$\underline{I}_{Фh} = 81{,}97e^{j172{,}7}$ (А); $\underline{I}_{0h} = 27{,}46e^{-j141{,}7}$ (А)

Далее определяется амплитуда суммарного тока СЭС и тока пассивного фильтра гармоник на частоте пятой гармоники:

$|\underline{I}_{0h} + \underline{I}_{Фh}| = 76{,}19$ (А)

Следующим шагом определяется долевой вклад первого и второго потребителя в искажения питающего напряжения:

$ДВ_{1h} = 100 \bullet 57{,}96 / 76{,}19 = 76$ %; $ДВ_{2h} = 100 \bullet 18{,}35 / 76{,}19 = 24$ %

Определение долевых вкладов первого и второго потребителя проводится независимо от внешних источников искажений. Однако их долевой вклад должен определяться в общие искажения питающего напряжения, значения которого должно определяться за исключением вклада внешнего источника искажений.

Таким образом, долевой вклад СЭС составляет 6,4 % в общие искажения питающего напряжения, долевой вклад первого и второго потребителя в оставшуюся часть искажений питающего напряжения составляет 76 % и 24 % соответственно.

Рассчитаем коэффициенты А и В, характеризующие отклонение значений долевых вкладов потребителей при их расчете по токам гармоник нелинейных нагрузок потребителей:

А = 0,015; В = 0,034

Такие значения свидетельствуют о незначительной погрешности определения долевых вкладов по описанному способу, которую можно рассчитать при определении долевых вкладов потребителей исходя из токов их нелинейных нагрузок:

$ДВ_{1h} = 100 \bullet 60 / 80 = 75$ %; $ДВ_{2h} = 100 \bullet 20 / 80 = 25$ %

На основании разработанного способа возможно определить расположение источников искажений, а значит определить потребителей с наибольшими долевыми вкладами в общие искажения питающего на гармонике порядка h. В результате можно принимать обоснованное решение о целесообразности применения средств для уменьшения искажений питающего напряжения, а также проводить выбор их параметров.

(57) Формула изобретения

Способ оценки долевого вклада потребителей в общие искажения питающего напряжения, включающий измерение токов вводных присоединений потребителей и токов пассивного фильтра гармоник на каждой гармонике в отдельности, отличающийся тем, что измеряют амплитуду высших гармоник в напряжении питающей сети на каждой гармонике в отдельности до и после подключения пассивного фильтра гармоник, ток системы электроснабжения на вводе силового трансформатора всех потребителей на каждой гармонике в отдельности после подключения пассивного фильтра гармоник, далее проводят расчет долевого вклада внешних источников искажений, первого и второго потребителя на гармонике порядка h по выражениям:

$ДВ_{СЭСh}=100 \bullet U_{ВНh}/U_{0h}$

$ДВ_{1h}=100 \bullet I_{1Пh}/|\underline{I}_{0h}+\underline{I}_{Фh}|$

$ДВ_{2h}=100 \bullet I_{2Пh}/|\underline{I}_{0h}+\underline{I}_{Фh}|$, где

$ДВ_{СЭСh}$ – долевой вклад системы электроснабжения в общие искажения питающего

напряжения на гармонике порядка h,

$ДВ_{1h}$ – долевой вклад первого потребителя в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h,

$ДВ_{2h}$ – долевой вклад второго потребителя в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h,

U_{0h} – амплитуда гармоники порядка h питающего напряжения сети до подключения пассивного фильтра гармоник,

$U_{ВHh}$ – амплитуда гармоники порядка h питающего напряжения сети на стороне высшего напряжения вводного силового трансформатора потребителя после подключения пассивного фильтра гармоник,

$\underline{I}_{0h}$ – комплексный ток системы электроснабжения на частоте гармоники порядка h,

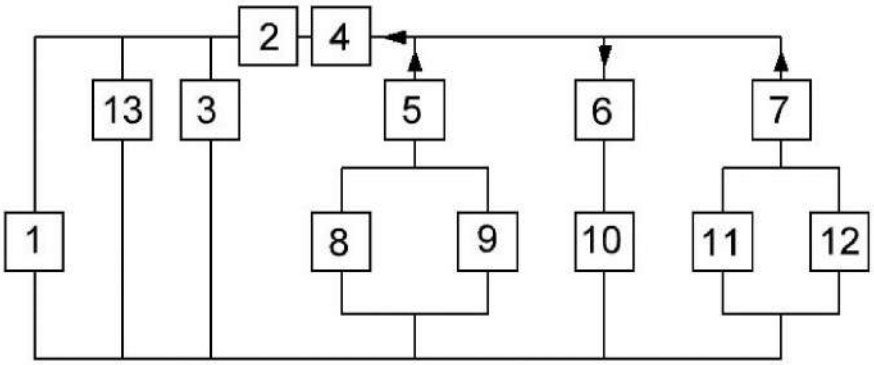
$\underline{I}_{Фh}$ – комплексный ток пассивного фильтра гармоник на частоте гармоники порядка h,

$I_{1Пh}$ – амплитуда тока вводного присоединения первого потребителя на частоте гармоники порядка h,

$I_{2Пh}$ – амплитуда тока вводного присоединения второго потребителя на частоте гармоники порядка h,

затем сравнивают рассчитанные долевые вклады системы электроснабжения и потребителей в общие искажения питающего напряжения на гармонике порядка h и проводят снижение уровня высших гармоник в напряжении и токе у потребителей с наибольшими вкладами.

1



Фиг. 1