



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*H02J 3/01 (2021.08); H02J 3/26 (2021.08)*

(21)(22) Заявка: 2021123775, 06.08.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
06.08.2021

Дата регистрации:  
03.12.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.08.2021

(45) Опубликовано: 03.12.2021 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

308503, Белгородская обл., Белгородский р-н,  
п. Майский, ул. Вавилова, 24, ФГБОУ ВО  
Белгородский ГАУ, И.В. Руснак

(72) Автор(ы):

Вендин Сергей Владимирович (RU),  
Страхов Владимир Юрьевич (RU),  
Килин Станислав Витальевич (RU),  
Соловьёв Сергей Владимирович (RU),  
Яковлев Алексей Олегович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Белгородский государственный  
аграрный университет имени В.Я. Горина"  
(RU)

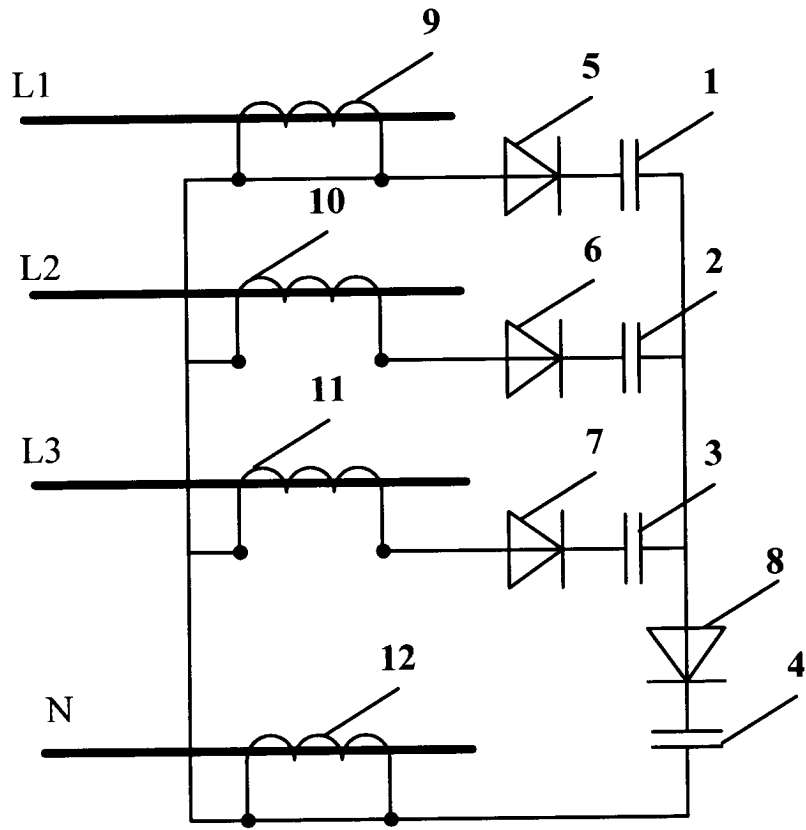
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2353040 C1, 20.04.2009. RU 186773  
U1, 01.02.2019. US 6108222 A1, 22.08.2000. US  
5977660 A1, 02.11.1999.

(54) Устройство защиты электрической сети от воздействия гармонических составляющих тока

(57) Реферат:

Полезная модель относится к электротехнике и может быть использована для создания технических средств, повышения качества и снижения потерь электрической энергии и напряжения при транспортировке в трехфазных четырехпроводных электрических сетях за счет снижения несинусоидальности и несимметрии. Технический результат заключается в компенсации наибольшей из гармоник тока, которые протекают в проводнике. Это достигается тем, что в полезной модели

выделяется ток частотой в 150 Гц, который вводится в цепь. Таким образом, уменьшается материалоемкость электромагнитного компенсатора, повышается надежность работы устройства и точность коммутации при компенсации третьей гармонических составляющих тока, что улучшает качество электрической энергии, снижает потери активной мощности и потери напряжения во всех элементах сети. 1 ил.



Фиг. 1

Полезная модель относится к электротехнике и может быть использована для повышения качества и снижения потерь электрической энергии за счет снижения несинусоидальности кривой тока и несимметрии в трехфазных четырехпроводных электрических сетях с глухозаземленной нейтралью.

5 Известно устройство [1], содержащее трехстержневой трансформатор, обмотки которого включены по схеме «звезда с нулем - треугольник». При продольном включении такого трансформатора в электрическую сеть токи третьей гармоники замыкаются в обмотках, соединенных по схеме «треугольник», и не проходят в линейные токи на сторону трансформатора с соединением обмоток по схеме «звезда».

10 Недостатком устройства являются большая материалоемкость и неполная компенсация третьей гармоники при несимметричной нагрузке в фазах сети, что снижает эффективность подавления тока третьей гармоники, искажающей синусоидальность напряжения сети.

15 Известно устройство защиты сети от воздействия токов третьей гармоники, по которому реализовано устройство, принятое за прототип [2], состоящее из трансреактора, трехфазного выпрямителя и конденсатора.

К недостаткам данного устройства относятся его низкая надежность при перенапряжениях, возникающих в первичной электрической сети, а также недостаточная точность коммутации.

20 Задачей заявляемой полезной модели является повышение надежности работы устройства, снижение потери напряжения в измерительной цепи, повышение точности коммутации при компенсации гармонических составляющих тока.

25 Указанный технический результат достигается тем, что в устройство защиты электрической сети от воздействия гармонических составляющих тока, вводится конденсатор, подключаемый после выпрямителя и в нейтральный проводник подключается выпрямитель, контакт ввода подключается к диоду, а выходной контакт подключается в общую точку через нейтральный проводник сети однополярно по отношению к трем трансреакторам, при этом первый измерительный трансформатор выполнен трансреактором, а конденсаторы - трехфазными.

30 Схема устройства защиты электрической сети от воздействия гармонических составляющих тока приведена на фигуре 1.

35 Полезная модель защиты электрической сети от воздействия гармонических составляющих тока состоит из конденсаторов 1, 2, 3, 4, диодов 5, 6, 7, 8, трансреакторов 9, 10, 11, 12 включенных в фазные проводники L1-L3. В нейтральный N проводник образующий замкнутый контур, через вторичные обмотки фаз которых через конденсатор 4 подключен диод 8 (фиг. 1).

40 Фактически предложенная структура представляет собой LC-фильтр. LC-фильтры обладают тем преимуществом, что на переменном токе конденсаторы и катушки индуктивности работают взаимнообратно, т.е. при увеличении частоты сигнала индуктивное сопротивление возрастает, а емкостное падает. Таким образом, в LC-фильтре нижних частот реактивное сопротивление параллельного элемента при увеличении частоты сигнала уменьшается и этот элемент шунтирует высокочастотные сигналы. На низких частотах реактивное сопротивление параллельного элемента достаточно высокое. Последовательный элемент обеспечивает прохождение

45 низкочастотных сигналов, а для сигналов высоких частот его реактивное сопротивление велико.

Устройство защиты электрической сети от воздействия гармонических составляющих тока функционирует следующим образом.

Однофазные нелинейные нагрузки и токи намагничивания понижающих силовых трансформаторов вызывают протекание в фазах и нейтрали четырехпроводной сети несинусоидальных токов, среди которых преобладает третья гармоника. Под действием напряжений протекающих в фазах и вследствие установки в них конденсаторов 1, 2, 3, а так же установке диода 8 в нейтральный провод, следует, что конденсаторы будут включаться попеременно по 1/3 периода промышленной частоты через диоды.

Гармоники тока, создаваемые нелинейными нагрузками, могут представлять собой серьезные проблемы для систем электропитания. Высшие гармоники тока, накладываемые на основную гармонику, приводят к искажению формы тока. В свою очередь искажения тока влияют на форму напряжения в системе электропитания, вызывая недопустимые воздействия на нагрузки системы. Увеличение общего действующего значения тока при наличии высших гармонических в системе приводит к перегреву всего оборудования распределенной сети электропитания.

При протекании тока через трансреакторы 9, 10, 11 возникающие в цепи высшие гармоники будут срезаны за счет подключения фильтра на входе диодов 5, 6, 7 при 100% нагрузке, такое подключение так же позволяет снизить коэффициент искажения тока до допустимой величины в 8-10%. Некомпенсированный фильтр содержит цепь, состоящую из последовательно включенных трансреакторов 9, 10, 11 по сути являющихся катушками индуктивности и емкостями конденсаторов 1, 2, 3, настроенных на определенную гармонику. Конденсатор 4 и диод 8 в цепи не позволяют протекать постоянной составляющей тока в нулевом контуре электрической цепи.

Для компенсации, возникающей при выпрямлении постоянной составляющей, введены конденсаторы 1, 2, 3. Значение емкости конденсатора подбирается из условия компенсации индуктивного сопротивления вторичной электрической цепи на частоте

$$150 \text{ Гц } C = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 9f_c^2 \cdot L} \quad (\text{где } L - \text{ суммарная индуктивность вторичных обмоток}$$

трансреакторов). В результате протекающий через трансреакторы 9, 10, 11, ток частотой 150 Гц не будет содержать постоянной составляющей, а вторичные обмотки трансреакторов не будут дополнительно прогреваться.

Таким образом, уменьшается материалоемкость электромагнитного компенсатора, повышается надежность работы устройства и точность коммутации при компенсации гармонических составляющих тока, что улучшает качество электрической энергии, снижает потери активной мощности и потери напряжения во всех элементах сети.

#### Источники информации

1. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Том 1: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 652 с., ил.
2. RU 2353040 C1, H02J 3/01 (2006.01), H02J 3/26 (2006.1), 20.04.2009.

#### (57) Формула полезной модели

Устройство защиты электрической сети от воздействия токов гармонических составляющих тока, содержащее трансреакторы, включенные в фазные проводники L1-L3, диоды и конденсаторы, при этом в нейтральный N проводник, образующий замкнутый контур через вторичные обмотки фаз, через конденсатор подключен выпрямитель, отличающееся тем, что вводится конденсатор, подключаемый после диода, и в нейтральный проводник подключается выпрямитель, контакт ввода подключается к диоду, а выходной контакт подключается в общую точку через нейтральный проводник сети однополярно по отношению к трем трансреакторам, при

этом первый измерительный трансформатор выполнен трансреактором, а конденсаторы - трехфазными.

5

10

15

20

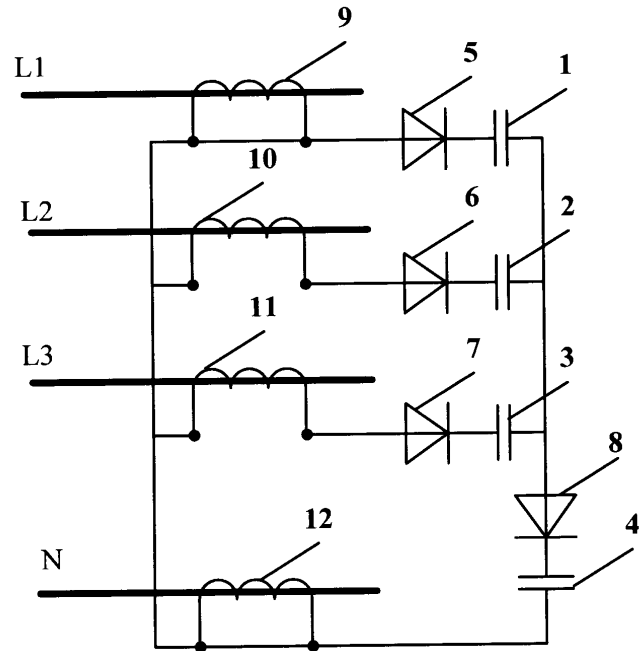
25

30

35

40

45



Фиг. 1