



(51) МПК  
*H02H 7/10* (2006.01)  
*H02H 7/12* (2006.01)  
*H02M 7/49* (2007.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2011108278/07, 14.05.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 14.05.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 07.08.2008 DE 102008036811.3

(43) Дата публикации заявки: 20.09.2012 Бюл. № 26

(45) Опубликовано: 27.09.2013 Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2295824 C1, 20.03.2007. RU 2210166 C1, 10.08.2003. DE 102005045091 A1, 22.03.2007. US 6014323 A1, 11.01.2000. US 2006279249 A1, 14.12.2006. WO 2007023064 A1, 01.03.2007.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 09.03.2011

(86) Заявка РСТ:  
 EP 2009/055808 (14.05.2009)

(87) Публикация заявки РСТ:  
 WO 2010/015430 (11.02.2010)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,  
 ООО "Юридическая фирма Городисский и  
 Партнеры", пат.пов. А.В. Мицу, рег.№ 364

(72) Автор(ы):

**ХИЛЛЕР Марк (DE),  
 КРУГ Дитмар (DE)**

(73) Патентообладатель(и):

**СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)**

**(54) СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ РЕЗЕРВИРОВАНИИ МНОГОФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано для управления выпрямителем переменного тока с распределенными накопителями энергии с тремя фазными модулями, которые имеют соответственно одну верхнюю и одну нижнюю ветвь вентиляей, которые снабжены соответственно по меньшей мере тремя электрически последовательно включенными двухполюсными подсистемами (10). Техническим результатом является

формирование симметричной системы напряжений при выходе из строя по меньшей мере одного накопителя. В соответствии с изобретением вышедшие из строя подсистемы (10) неисправной ветви (Т2) вентиляей и подсистемы (10) исправной ветви (Т1) вентиляей неисправного фазного модуля (100) соответственно количеству вышедших из строя подсистем замыкаются накоротко, конденсаторные напряжения ( $U_C$ ) оставшихся подсистем (10) неисправного фазного модуля (100), повышаются таким





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H02H 7/10* (2006.01)  
*H02H 7/12* (2006.01)  
*H02M 7/49* (2007.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2011108278/07, 14.05.2009**

(24) Effective date for property rights:  
**14.05.2009**

Priority:

(30) Convention priority:  
**07.08.2008 DE 102008036811.3**

(43) Application published: **20.09.2012 Bull. 26**

(45) Date of publication: **27.09.2013 Bull. 27**

(85) Commencement of national phase: **09.03.2011**

(86) PCT application:  
**EP 2009/055808 (14.05.2009)**

(87) PCT publication:  
**WO 2010/015430 (11.02.2010)**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO  
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",  
pat.pov. A.V. Mitsu, reg.№ 364**

(72) Inventor(s):

**KhILLER Mark (DE),  
KRUG Ditmar (DE)**

(73) Proprietor(s):

**SIMENS AKT&IENGEZELL'ShAFT (DE)**

(54) **METHOD OF CONTROL IN CASE OF REDUNDANCY OF MULTI-PHASE AC RECTIFIER WITH DISTRIBUTED ENERGY ACCUMULATORS**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention may be used to control an AC rectifier with distributed energy accumulators with three phase modules, which have accordingly one upper and one lower branch of valves, which are equipped accordingly with three electrically serially connected dipole subsystems (10). In accordance with the invention the failed subsystems (10) of a faulty branch (T2) of valves and the subsystem (10) of a good branch (T1) of valves of a faulty phase module (100), corresponding to the quantity of failed subsystems, are shorted, capacitor voltages ( $U_c$ ) of remaining subsystems (10) of the faulty phase module

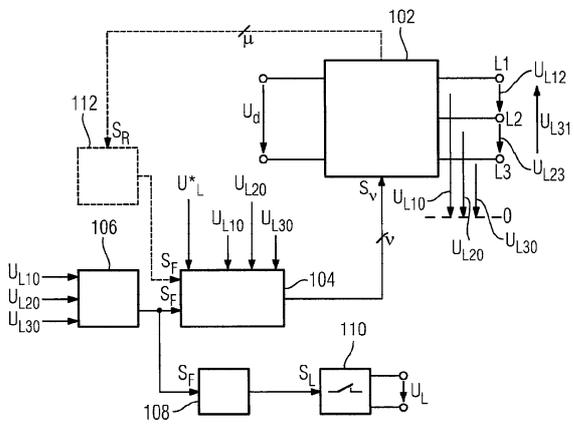
(100), are increased in such a manner that their sum is equal to the sum of capacitor voltages ( $U_c$ ) of subsystems (10) of the good phase module (100), and the subsystem (10) of good phase modules (100) are controlled as if before a failure of one subsystem (10). Therefore, at the outputs (L1, L2, L3) of the AC rectifier (102) with distributed energy accumulators (9) in case of a failure a symmetric system of voltages is produced with maximum amplitude.

EFFECT: generation of a symmetrical system of voltages in case of an accumulator failure.

6 cl, 15 dwg

RU 2 494 512 C2

RU 2 494 512 C2



Фиг.12

Изобретение относится к способу управления многофазным выпрямителем переменного тока с распределенными накопителями энергии.

Из DE 10103031 известен выпрямитель переменного тока с распределенными накопителями энергии. Эквивалентная схема подобного выпрямителя переменного тока более подробно представлена на фиг.1. Согласно этой эквивалентной схеме, данный известный выпрямитель переменного тока, который обозначен как 102, имеет три фазных модуля, которые обозначены, соответственно, как 100. Эти фазные модули 100 на стороне постоянного напряжения электропроводно соединены, соответственно, с положительной и отрицательной сборной шиной  $P_0$  и  $N_0$  постоянного напряжения. Между этими обеими сборными шинами  $P_0$  и  $N_0$  постоянного напряжения в случае преобразователя переменного тока с промежуточным контуром напряжения было бы включено последовательное соединение двух конденсаторов  $C1$  и  $C2$ , на которых имеет место падение постоянного напряжения  $U_d$ . Точка соединения этих обоих электрически последовательно включенных конденсаторов  $C1$  и  $C2$  образует виртуальную среднюю точку (нейтраль)  $O$ . Каждый фазный модуль 100, который образует ветвь моста многофазного выпрямителя переменного тока, имеет верхнюю и нижнюю частичную ветвь моста, которая, так как частичные ветви моста представляют соответствующий выпрямительный вентиль многофазного выпрямителя переменного тока с распределенными накопителями энергии, далее называется ветвью  $T1$  или  $T3$ , или  $T5$  и  $T2$  или  $T4$ , или  $T6$  вентиляей. Каждая из этих ветвей  $T1$ - $T6$  вентиляей имеет некоторое число включенных электрически последовательно двухполюсных подсистем 10. В этой эквивалентной схеме выпрямителя 102 переменного тока каждая из ветвей  $T1$ - $T6$  вентиляей имеет четыре двухполюсных подмодуля 10. Однако число подсистем 10 на ветвь  $T1$ , ...,  $T6$  вентиляей не ограничено этим представленным числом. Каждая точка соединения двух ветвей  $T1$  и  $T2$ , или  $T3$  и  $T4$ , или  $T5$  и  $T6$  вентиляей фазного модуля 100 образует вывод  $L1$  или  $L2$  или  $L3$  стороны переменного напряжения фазного модуля 100. Так как в этом изображении выпрямитель 102 переменного тока имеет три фазных модуля 100, то к их выводам  $L1$ ,  $L2$  и  $L3$  стороны переменного напряжения, также называемым нагрузочными выводами, может подключаться трехфазная нагрузка, например двигатель трехфазного тока.

На фиг.2 более подробно показана эквивалентная схема известной формы выполнения двухполюсной подсистемы 10. Схемное устройство по фиг.3 представляет функционально полностью равноценный вариант. Обе формы выполнения двухполюсной подсистемы 10 известны из DE 10103031 A1. Эти известные двухполюсные подсистемы 10 имеют, соответственно, два отключаемых полупроводниковых переключателя 1 и 3, два диода 2 и 4 и униполярный накопительный конденсатор 9. Оба отключаемых полупроводниковых переключателя 1 и 3 соединены электрически последовательно, причем эта схема последовательного соединения включена электрически параллельно накопительному конденсатору 9. С каждым из отключаемых полупроводниковых переключателей 1 и 3 электрически параллельно подключен один из обоих диодов 2 и 4 таким образом, что они по отношению к соответствующим отключаемым полупроводниковым переключателям 1 и 3 включены антипараллельно. Униполярный накопительный конденсатор 9 подсистемы 10 состоит либо из одного конденсатора, либо из батареи конденсаторов, состоящей из нескольких таких конденсаторов. Точка соединения эмиттера отключаемого полупроводникового переключателя 1 и анода диода 2 образует соединительную клемму  $X1$  подсистемы 10. Точка соединения эмиттера

обоих отключаемых полупроводниковых переключателей 1 и 3 и обоих диодов 2 и 4 образует вторую соединительную клемму X2 подсистемы 10.

В форме выполнения двухполюсной подсистемы 10 согласно фиг.3 эта точка соединения образует первую соединительную клемму X1. Точка соединения коллектора отключаемого полупроводникового переключателя 1 и катода диода 2 образует вторую соединительную клемму X2 подсистемы 10.

В обеих формах выполнения двухполюсной подсистемы 10 согласно фиг.2 и 3 в качестве отключаемых полупроводниковых переключателей 1 и 3 применяются биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT). Также могут применяться полевые транзисторы со структурой металл-оксид-полупроводник (МОП). Кроме того, могут применяться двухоперационные диодные тиристоры (GTO) или коммутируемые тиристоры с интегральным затвором (IGCT).

Согласно DE 10103031 A1, двухполюсные подсистемы 10 каждого фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока по фиг.1 могут управляться для переключения в состояние переключения I, II и III. В состоянии переключения I отключаемый полупроводниковый переключатель 1 включен, а отключаемый полупроводниковый переключатель 3 выключен. Тем самым существующее на соединительных клеммах X1 и X2 клеммное напряжение  $U_{x21}$  двухполюсной подсистемы 10 равно нулю. В состоянии переключения II отключаемый полупроводниковый переключатель 1 выключен, а отключаемый полупроводниковый переключатель 3 включен. В этом состоянии переключения II существующее клеммное напряжение  $U_{x21}$  равно конденсаторному напряжению  $U_C$ , существующему на накопительном конденсаторе 9. В состоянии переключения III оба отключаемых полупроводниковых переключателя 1 и 3 выключены, и существующее на накопительном конденсаторе 9 конденсаторное напряжение  $U_C$  является постоянным.

Для того чтобы этот выпрямитель 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии согласно фиг.1 мог работать с резервированием, должно гарантироваться, что неисправная подсистема 10 на своих клеммах X1 и X2 была продолжительно короткозамкнута. Это означает, что клеммное напряжение  $U_{x21}$  неисправной двухполюсной подсистемы 10 независимо от направления тока через клеммы X1 и X2 равно нулю.

Из-за отказа одного из имеющихся в подсистеме 10 отключаемых полупроводниковых переключателей 1 и 3 или относящейся к ним схемы управления, корректное функционирование этой подсистемы 10 нарушается. Другими возможными причинами для сбоев функционирования, в числе прочего, являются неисправности в соответствующей схеме управления полупроводниковых переключателей, их энергопитании, связи и определении измеренных значений. Это означает, что двухполюсная подсистема 10 не может больше надлежащим образом управляться в одном из возможных состояний переключения I, II или III. За счет короткого замыкания подсистемы 10 на ее выводы X1 и X2 к этой подсистеме больше не подводится никакая энергия. За счет этого косвенные убытки, такие как перегрев и сгорание при дальнейшей эксплуатации преобразователя переменного тока, надежно исключаются.

Подобное проводящее соединение типа короткого замыкания между соединительными клеммами X1 и X2 неисправной двухполюсной подсистемы 10 должно надежным образом и без перегрева отводить по меньшей мере рабочий ток ветви T1, ..., T6 вентилях фазного модуля 100, в котором находится неисправная двухполюсная подсистема 10. В DE 102005040543 A1 указано, каким образом

неисправная двухполюсная подсистема 10 может надежным образом становиться короткозамкнутой, чтобы этот известный выпрямитель 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии мог далее эксплуатироваться с резервированием.

5 Для последующего пояснения предположим, что накопительные конденсаторы 9 всех двухполюсных подсистем 10 имеют соответствующее одинаковое напряжение  $U_C$ . Способ для начального установления этого состояния и его поддержания при работе также известен из DE 10103031 A1. На фиг.4 на диаграмме по времени  $t$  представлена  
10 характеристика изменения разности потенциалов  $U_{PL}$  на клемме P фазного модуля 100 по отношению к сетевому выводу L. На фиг.5 на диаграмме по времени  $t$  представлена характеристика разности потенциалов  $U_{LN}$  нагрузочного вывода L фазного модуля 100 по отношению к потенциалу на клемме N. Согласно этим характеристикам потенциалов  $U_{PL}$  и  $U_{LN}$  в моменты времени  $t_1, \dots, t_8$  из восьми двухполюсных  
15 подсистем 10 ветвей T1 и T2 вентилей соответственно, одна подсистема 10 подключена или отключена. При этом включение соответствует переходу из состояния переключения I в состояние переключения II. Отключение соответствует переходу из состояния переключения II в состояние переключения I. На этих обеих диаграммах  
20 представлен, соответственно период  $T_p$  основного колебания характеристики потенциала  $U_{L0}$  (фиг.6) нагрузочного вывода L по отношению к виртуальной средней точке O фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии характеристик потенциалов  $U_{PL}$  и  $U_{LN}$ .

25 На фиг.6 показана характеристика разности характеристик потенциалов  $U_{LN}$  и  $U_{PL}$  согласно фиг.4 и 5 на диаграмме по времени  $t$ . Эта получающаяся характеристика потенциала  $U_{L0}$  приложена между выводом L1, или L2, или L3 стороны переменного напряжения фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии по фиг.1 и виртуальной средней точкой O,  
30 которая образована в случае промежуточного контура напряжения с двумя конденсаторами C1 и C2 точкой соединения этих обоих конденсаторов C1 и C2. Соответствующие составляющие верхних гармоник или компонентов постоянного напряжения в выходных напряжениях  $U_{LX0}$  фазных модулей 100 многофазного  
35 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии по фиг.1 компенсируются в случае симметричной системы трехфазного напряжения в разностных напряжениях соответствующих двух сдвинутых по фазе выходных напряжений  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  или  $U_{L30}$ . Из этих обеих характеристик потенциалов  $U_{PL}$  и  $U_{LN}$  можно также видеть, что сумма потенциалов в каждый момент времени равна  $4 \cdot U_C$ .  
40 Это означает, что значение постоянного напряжения  $U_d$  между сборными шинами  $P_0$  и  $N_0$  постоянного напряжения всегда соответствует постоянному числу подсистем 10 в состоянии переключения II, умноженному на значение конденсаторного напряжения  $U_C$ , существующего на конденсаторе C. В приведенном для примера случае это число  
45 соответствует количеству имеющихся в ветвях T1, ..., T6 вентилей двухполюсных подсистем 10 выпрямителя 102 переменного тока по фиг.1.

На фиг.7 показаны выходные напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии и соответствующие  
50 связанные напряжения  $U_{L12}$ ,  $U_{L23}$  и  $U_{L31}$ . В этом случае отсутствия неисправности напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  и связанные с ними напряжения  $U_{L12}$ ,  $U_{L23}$  или  $U_{L31}$  образуют симметричную систему трехфазного напряжения. То есть сдвиг фазы выходных напряжений  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  и связанных с ними напряжений  $U_{L12}$ ,  $U_{L23}$

и  $U_{L31}$  трех фазных модулей 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии равен  $120^\circ$  по отношению друг к другу.

Из DE 102005045091 A1 известен способ управления выпрямителем переменного тока с распределенными накопителями энергии согласно фиг.1, с помощью которого в случае неисправности по меньшей мере одной подсистемы фазного модуля этого выпрямителя переменного тока поддерживаются условия симметрии. Согласно этому известному способу сначала определяется ветвь вентилях одной из трех фаз, в которой одна или более двухполюсных подсистем неисправны. Каждая неисправная подсистема управляется таким образом, что клеммное напряжение соответственно равно нулю. В другой ветви вентилях неисправного фазного модуля, соответственно количеству определенных двухполюсных подсистем, соответствующее этому количеству подсистем управляется таким образом, что клеммное напряжение соответственно равно конденсаторному напряжению. Это управление подсистемами в неисправном фазном модуле также выполняется для подсистем ветвей вентилях исправных фазных модулей.

На фиг.8 показана диаграмма по времени  $t$  характеристики разности потенциалов  $U_{PL1}$  клеммы P фазного модуля 100 относительно нагрузочного вывода L1, причем в нижней ветви T2 вентилях фазного модуля 100 одна двухполюсная подсистема 10 неисправна. На фиг.9 на диаграмме по времени  $t$  показана характеристика разности потенциалов  $U_{L1N}$  клеммы L1 относительно потенциала клеммы N. Из характеристики разности потенциалов  $U_{PL1}$  согласно фиг.8 можно видеть, что подсистема 10 верхней ветви T1 вентилях фазного модуля 100 управляется таким образом, что ее клеммное напряжение  $U_{X21}$  всегда равно конденсаторному напряжению  $U_C$ , имеющемуся на накопительном конденсаторе 9. За счет этого из показанных для примера четырех подсистем 10 верхней ветви T1 вентилях остаются только три подсистемы 10, которые могут подключаться или отключаться. Из временной характеристики разности потенциалов  $U_{L1N}$  нижней ветви T2 вентилях фазного модуля 100 можно видеть, что одна из показанных для примера четырех подсистем 10 управляется таким образом, что ее клеммное напряжение  $U_{X21}$  всегда равно нулю. Согласно фиг.1, из этих нижних ветвей T2, T4 и T6 вентилях трех фазных модулей 100 ветвь T2 вентилях имеет неисправную двухполюсную подсистему 10, обозначенную штриховкой. За счет этого значение амплитуды напряжения  $U_{L1N}$  каждой ветви T2 вентилях может быть максимально равно только  $3 \cdot U_C$ . Посредством этого известного способа количество применяемых подсистем 10 в случае неисправности устанавливается равным количеству применяемых подсистем 10 в случае отсутствия неисправности. Характеристика амплитуды суммы разностей потенциалов  $U_{PL1}$  и  $U_{L1N}$  показана на диаграмме фиг.9 прерывистой линией. По отношению к случаю отсутствия неисправности, напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  в случае неисправности имеют, соответственно, меньшую максимальную амплитуду. В показанном примере эти напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  в случае отсутствия неисправности имеют максимальную амплитуду напряжения, равную  $1/2 \cdot U_d$ , в то время как в случае неисправности максимальная амплитуда составляет только  $3/8 \cdot U_d$ . То есть, посредством известного способа в случае неисправности получают симметричную трехфазную систему напряжения с меньшей максимальной амплитудой.

На фиг.10 показана характеристика разностей потенциалов  $U_{PL1}$  и  $U_{L1N}$  согласно фиг.8 и 9 по времени  $t$ . Из этой временной характеристики потенциала  $U_{L10}$  нагрузочного вывода L1 по отношению к виртуальной средней точке O можно видеть, что она отклоняется от нулевого положения уже несимметрично. Это нулевое

положение сдвинуто на  $1/8 \cdot U_d$ . Это означает, что эта характеристика потенциалов имеет постоянную составляющую.

На фиг.11 показана векторная диаграмма трехфазной системы напряжений выпрямителя 102 переменного тока по фиг.1 при наличии неисправной подсистемы 10. Из этой системы напряжений можно видеть, что выходные напряжения  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  в отношении амплитуды не изменились по сравнению с системой напряжений по фиг.7. Так как в ветви Т2 вентилей одна подсистема 10 (заштрихована) вышла из строя, то амплитуда выходного напряжения  $U_{L10}$  этого неисправного фазного модуля 100 уменьшилась соразмерно на величину конденсаторного напряжения  $U_C$ . Тем самым связанные напряжения  $U_{L12}$ ,  $U_{L23}$  и  $U_{L31}$  соразмерно больше не равны. Оба связанных напряжения  $U_{L12}$  и  $U_{L31}$  по амплитуде равны, но по сравнению со связанным напряжением  $U_{L23}$  меньше. За счет выхода из строя по меньшей мере одной подсистемы 10 ветви Т1, ..., Т6 вентилей из симметричной системы напряжений связанных напряжений  $U_{L12}$ ,  $U_{L23}$  и  $U_{L31}$  получается несимметричная система напряжений. Появляющаяся асимметрия зависит от числа неисправных подсистем 10 и от числа затронутых этим ветвей Т1, ..., Т6 вентилей.

В основе изобретения лежит задача предложить способ для управления трехфазным выпрямителем переменного тока с распределенными накопителями энергии, с помощью которого при выходе из строя по меньшей мере одного накопителя энергии может формироваться симметричная трехфазная система напряжений.

Согласно соответствующему изобретению способу сначала определяется количество вышедших из строя подсистем и тем самым неисправные ветви вентилей фазных модулей выпрямителя переменного тока с распределенными накопителями энергии. Затем неисправные подсистемы и подсистемы исправных ветвей вентилей неисправных фазных модулей управляются таким образом, что их клеммные напряжения равны нулю. Тем самым все неисправные подсистемы и подсистемы в исправных ветвях вентилей неисправных фазных модулей соответственно числу неисправных подсистем короткозамкнуты. Тем самым выходное напряжение неисправного фазного модуля имеет сниженную амплитуду, которая проходит симметрично нулевому положению. Это означает, что выходное напряжение свободно от постоянного напряжения. За счет выхода из строя по меньшей мере одной подсистемы в ветви вентилей фазного модуля из имеющейся на выходных клеммах выпрямителя переменного тока с распределенными накопителями энергии симметричной трехфазной системы напряжений формируется несимметричная система напряжений.

Основная идея, лежащая в основе изобретения, состоит в том, что выходное напряжение неисправного фазного модуля, пониженное из-за выхода из строя по меньшей мере одной подсистемы, должно вновь приводиться на его предыдущее амплитудное значение. При этом несимметричная система напряжений должна была бы вновь стать симметричной. Причем одновременно амплитуды этой симметричной системы напряжений были бы максимальными.

При этом возникает вопрос, как с уменьшенным числом подсистем может формироваться амплитуда, которая должна была бы соответствовать амплитуде выходного напряжения фазного модуля в режиме без неисправностей. Решение состоит в том, что накопители энергии оставшихся подсистем ветвей вентилей неисправного фазного модуля заряжаются настолько выше, что сумма повышенных конденсаторных напряжений подсистем ветви вентилей неисправного фазного модуля равна сумме конденсаторных напряжений подсистем ветви вентилей исправного

фазного модуля. Чем выше число подсистем на ветвь вентилях, тем меньше повышение на каждое конденсаторное напряжение остающихся подсистем ветви вентилях неисправного фазного модуля при выходе из строя подсистемы.

5 В предпочтительном способе остающиеся подсистемы неисправного фазного модуля последовательно друг за другом на предварительно определенный промежуток времени электропроводно соединяются с источником энергии, который предоставляет по меньшей мере повышенное конденсаторное напряжение. В течение этого промежутка времени ток протекает из источника энергии в подключенную  
10 подсистему, благодаря чему ее накопитель энергии подзаряжается. Если существующее на накопителе энергии конденсаторное напряжение достигает предварительно определенного значения, то эта подсистема отсоединяется от источника энергии, который связывается со следующей подсистемой неисправного фазного модуля. Так как подобный источник энергии для предварительного заряда накопителей энергии подсистем выпрямителя переменного тока с распределенными  
15 накопителями энергии уже имеется в таком выпрямителе переменного тока, не требуется существующий выпрямитель переменного тока расширять соответствующими аппаратными средствами.

20 В другом предпочтительном способе устанавливается дополнительный ток ветви вентилях, который протекает последовательно через одну за другой оставшиеся подсистемы неисправного фазного модуля в течение предварительно определенного промежутка времени. И посредством этого повышаются конденсаторные напряжения оставшихся подсистем неисправного фазного модуля.

25 Из зависимых пунктов 4-6 следует, каким образом генерируется такой дополнительный ток ветви вентилях. Способ генерирования дополнительных токов ветви вентилях посредством дополнительных временных участков напряжения известен из DE 102005045090 B4.

30 Соответствующий изобретению способ разделяется, таким образом, на три части, а именно: определение вышедших из строя подсистем и их короткое замыкание, причем соответственно количеству вышедших из строя подсистем ветви вентилях, также накоротко замыкаются подсистемы ветви вентилях неисправного фазного модуля, соответствующей неисправной ветви вентилях. За счет этого выходное напряжение  
35 неисправного фазного модуля снижается соответственно количеству вышедших из строя подсистем, но свободно от постоянной составляющей напряжения. На втором этапе конденсаторные напряжения остающихся подсистем неисправного фазного модуля повышаются таким образом, что сумма этих конденсаторных напряжений  
40 равна сумме конденсаторных напряжений исправного фазного модуля. На третьем этапе соответствующего изобретению способа осуществляется управление подсистемами исправных фазных модулей. Это управление не отличается от управления подсистемами выпрямителя переменного тока с распределенными накопителями энергии в режиме в отсутствие неисправностей.

45 Для дальнейшего пояснения изобретения далее даются ссылки на чертежи, на которых схематично представлена форма выполнения соответствующего изобретению способа управления трехфазным выпрямителем переменного тока с распределенными накопителями энергии.

50 Фиг.1 показывает эквивалентную схему известного выпрямителя переменного тока с распределенными накопителями энергии,

Фиг.2 показывает эквивалентную схему первой формы выполнения известной двухполюсной подсистемы выпрямителя переменного тока по фиг.1;

Фиг.3 показывает эквивалентную схему второй формы выполнения известной двухполюсной подсистемы выпрямителя переменного тока по фиг.1;

Фиг.4-6 представляют характеристики потенциала фазного модуля выпрямителя переменного тока по фиг.1 в случае отсутствия неисправности соответственно на диаграмме по времени  $t$ ;

Фиг.7 - векторная диаграмма симметричной трехфазной системы напряжений выпрямителя переменного тока по фиг.1 в случае отсутствия неисправностей,

Фиг.8-10 представляют характеристики потенциала фазного модуля выпрямителя переменного тока по фиг.1 в случае неисправности соответственно на диаграмме по времени  $t$ ;

Фиг.11 - векторная диаграмма несимметричной трехфазной системы напряжений выпрямителя переменного тока по фиг.1 в случае неисправности,

Фиг.12 - блок-схема соответствующего изобретению управления выпрямителем переменного тока по фиг.1 и

Фиг.13-15 - представляют характеристики потенциала неисправного фазного модуля выпрямителя переменного тока по фиг.1 соответственно на диаграмме по времени  $t$ , которые генерируются посредством соответствующего изобретению способа.

Фиг.12 показывает блок-схему управления выпрямителем 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии по фиг.1. На этой блок-схеме ссылочной позицией 104 обозначено устройство для формирования управляющих сигналов  $S_v$ , ссылочной позицией 106 обозначено устройство для определения неисправных подсистем 10, ссылочной позицией 108 обозначено устройство накопления, и ссылочной позицией 110 обозначен подключаемый источник энергии низкого напряжения. Устройство 104 со стороны выхода электрически соединено с управляющими выводами полупроводниковых переключателей 1 и 3 двухполюсных подсистем 10 ветвей Т1-Т6 вентилей выпрямителя 102 переменного тока. Выходные напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$ , существующие на выводах L1, L2 и L3 стороны переменного напряжения, также обозначаемых как выходные клеммы выпрямителя 102 переменного тока, подаются на устройство 106 для определения неисправных двухполюсных подсистем 10. Со стороны выхода это устройство 106, с одной стороны, связано с входом устройства 104 для формирования управляющих сигналов  $S_v$ , а с другой стороны - с входом блока 108 накопления. Со стороны выхода это устройство 108 накопления соединено с подключаемым источником 110 энергии. На устройство 104 для формирования управляющих сигналов  $S_v$  подаются полученные выходные напряжения  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$  и заданное напряжение  $U^*_L$ .

Существует дополнительная возможность определить неисправные подсистемы 10 в ветвях Т1, Т2, или Т3, Т4, или Т5, Т6 каждого фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями энергии. Для этого применяется устройство 112, которое со стороны входа связано с каждой двухполюсной подсистемой 10 выпрямителя 102 переменного тока. Каждая подсистема 10 посылает на это устройство 112 ответный сигнал  $S_R$ , который указывает, изменила ли соответствующая подсистема 10 надлежащим образом свое состояние переключения. Из этих  $\mu=6m$  ответных сигналов  $S_R$  формируется сигнал  $S_F$  ошибки, который подается на устройство 104. Так как при этом речь идет о другой возможности определения неисправных двухполюсных подсистем 10, она изображена на управлении согласно фиг.12 прерывистой линией.

Как уже упомянуто, выходное напряжение  $U_{L10}$ , или  $U_{L20}$ , или  $U_{L30}$

выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии согласно фиг.1 снижается, как только одна двухполюсная подсистема 10 в ветви Т1, ..., Т6 вентилях одного из трех фазных модулей 100 выпрямителя 102 переменного тока выйдет из строя. Значение снижения амплитуды соответствует при этом  
5 значению конденсаторного напряжения  $U_c$ , существующего на накопителе 9 энергии.

Предположим, что двухполюсная подсистема 10 ветви Т2 вентилях фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии согласно фиг.1 из-за некоторой неисправности является надежно  
10 короткозамкнутой. Эта неисправная двухполюсная подсистема 10 наглядно представлена на эквивалентной схеме выпрямителя 102 переменного тока согласно фиг.1 посредством штриховки.

Согласно соответствующему изобретению способу сначала определяется  
15 количество неисправных двухполюсных подсистем 10. Так как предполагается, что только одна подсистема 10 неисправна, в качестве этого количества определяется «1». Кроме того, определяется ветвь Т1, ..., Т6 вентилях, в которой находится неисправная подсистема 10. В рассматриваемом случае речь идет о ветви Т2 вентилях. Неисправная подсистема 10 ветви Т2 вентилях и подсистема 10 исправной ветви Т1 вентилях,  
20 соответствующей исправной ветви Т2 вентилях, исправного фазного модуля 100 управляются таким образом, что их клеммные напряжения  $U_{X21}$  соответственно равны нулю. Если несколько подсистем 10 ветви Т1, ..., Т6 вентилях или нескольких ветвей Т1, ..., Т6 вентилях неисправны, то соответственно числу неисправных подсистем 10 в ветвях Т1, ..., Т6 вентилях, соответствующих неисправным ветвям Т1,  
25 ..., Т6, исправного фазного модуля 100 управление осуществляется таким образом, что также клеммные напряжения  $U_{X21}$  этих подсистем 10 также соответственно равны нулю. Это означает, что  $2n$  подсистем 10 при  $n$  = количеству неисправных подсистем 10 замыкаются накоротко.

При знании количества неисправных подсистем 10 и знании неисправных ветвей  
30 вентилях, можно определить спад напряжения на выходе L1, L2 или L3 фазного модуля выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии. Число применяемых подсистем 10 на ветвь Т1, ..., Т6 вентилях и конденсаторное напряжение  $U_{\hat{c}}$ , существующее на накопительном конденсаторе 9  
35 каждой подсистемы 10, известно, так что амплитуда каждого из напряжений  $U_{L10}$ ,  $U_{L20}$  и  $U_{L30}$ , существующих на выходных клеммах L1, L2 или L3, известна. Эта амплитуда равна  $mU_{\hat{c}}/2$ , причем  $m$  - число применяемых подсистем 10 на ветвь Т1,  
40 ..., Т6 вентилях. Чем выше число  $m$  применяемых подсистем 10, тем незначительнее амплитудный спад при выходе из строя подсистемы 10 в ветви Т1, ..., Т6 вентилях.

В соответствии с изобретением этот спад напряжения в неисправном фазном  
модуле 100 должен теперь компенсироваться повышением конденсаторного  
45 напряжения  $U_{\hat{c}}$  подсистемы 10 исправного фазного модуля 100. Для этого накопители 9 энергии этих подсистем 10 таким образом дополнительно заряжаются, что сумма повышенных конденсаторных напряжений  $U_{\hat{c}}^*$  равна сумме

конденсаторных напряжений  $U_c$  ветви Т3, Т4 или Т5, Т6 вентилях исправного фазного  
50 модуля 100. Для этого повышенного конденсаторного напряжения  $U_{\hat{c}}^*$  справедливо:

$$U_{\hat{c}}^* = U_c + \Delta U \text{ при } \Delta U = U_c / m - n.$$

В принятом случае это означает, что должно выполняться следующее:

$$\Sigma U^*_C = 4/3 U_C$$

Отсюда следует, что конденсаторные напряжения  $U_C$  накопителей 9 энергии еще трех имеющихся подсистем 10 обеих ветвей Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля должны повышаться на треть своего значения. Если вместо четырех подсистем 10 на ветвь Т1, ..., Т6 вентилей применяются восемь подсистем 10, то конденсаторные напряжения  $U^*_C$  подсистем 10 каждой ветви Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100 должны согласно приведенному уравнению для повышенного конденсаторного напряжения  $U^*_C$  увеличиваться соответственно только на 1/7 своего значения.

При повышении конденсаторного напряжения  $U_C$  до значения  $U^*_C$  на накопителе 9 энергии каждой подсистемы 10 неисправного фазного модуля 100 повышается также соответственно нагрузка по напряжению обоих полупроводниковых переключателей 1 и 3 и обоих диодов 2 и 4. Для того чтобы эти полупроводники 1-4 каждой подсистемы 10 неисправного фазного модуля 100 выдерживали эту нагрузку по напряжению, число  $m$  применяемых подсистем 10 каждой ветви Т1, ..., Т6 вентилей выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии должно быть по возможности высоким, например, равным восьми, в частности, двенадцати. Чем выше число  $m$  применяемых подсистем 10 каждой ветви Т1, ..., Т6 вентилей выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии, тем меньше увеличение конденсаторного напряжения  $U_C$  остающихся подсистем 10 неисправного фазного модуля 100, или тем больше вышедших из строя подсистем 10 ветви Т1, ..., Т6 вентилей фазного модуля могут компенсироваться за счет повышения конденсаторного напряжения  $U_C$  остающихся подсистем 10 обеих ветвей Т1, Т2 или Т3, Т4 или Т5, Т6 вентилей неисправного фазного модуля 100.

То, на какую долю  $\Delta U$  конденсаторные напряжения  $U_C$  подсистем 10 ветвей Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100 должны, соответственно, повышаться, считывается в зависимости от определенного количества неисправных подсистем 10 из запоминающего устройства 108. На выходе этого запоминающего устройства 108 имеется сигнал  $S_L$ , с помощью которого подключаемые источники 110 энергии таким образом подключаются к клеммам X1 и X2 подсистем 10 неисправного фазного модуля 100, что их конденсаторные напряжения  $U_C$  повышаются на предварительно определенное значение  $\Delta U$ . Чтобы реализовать это, каждая еще имеющаяся исправная подсистема 10 обеих ветвей Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100 может управляться с целью подзарядки следующим образом: из  $(2m-2n)$  еще имеющихся подсистем ( $m$  = числу подсистем 10 на ветвь вентилей;  $n$  = числу неисправных подсистем на ветвь вентилей) выпрямителя 102 переменного тока  $(2m-2n-1)$  подсистем 10 управляются для переключения в состояние I переключения, и соответствующая остающаяся исправная подсистема 10 управляется для переключения в состояние II или III переключения. Циклически друг за другом соответствующая следующая исправная подсистема 10 неисправного фазного модуля 100 управляется для переключения в состояние II переключения, а предыдущая - назад в состояние I переключения. Источник 110 энергии, который предоставляет повышенное конденсаторное напряжение  $U^*_C$ , также требуется при подзаряде накопителя 9 энергии подсистемы 10 выпрямителя 102 переменного тока. Это означает, что этот источник 110 энергии уже является составной частью данного выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии. В уже упомянутом документе DE 10103031 A1 описана подобная подзарядка.

Конденсаторные напряжения  $U_C$  накопителя 9 энергии подсистем 10 обеих ветвей

Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100 могут также повышаться с помощью дополнительного тока ветви вентилей. Чтобы генерировать дополнительный ток ветви вентилей, согласно DE 102005045090 В4, в напряжениях ветвей вентилей фазного модуля должны генерироваться дополнительные временные участки напряжения. Подобные временные участки напряжения могут характеризоваться тем, что действия переключения обеих ветвей вентилей фазного модуля более не синхронны во времени, а выполняются со свободно выбираемым временным интервалом. Это означает, что действия переключения верхней ветви вентилей, например Т1, фазного модуля 100 по отношению к действиям переключения нижней ветви Т2 вентилей этого фазного модуля 100 выполняются с задержкой и/или с опережением. За счет этой модификации действий переключения обеих ветвей Т1, Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100 динамически устанавливается предварительно определенный дополнительный временной участок напряжения. Чтобы не повторять преобладающую часть этого патентного документа, для последующего объяснения генерации дополнительных временных участков напряжения будут даваться ссылки на указанный патентный документ.

На фиг.13 и 14 на диаграмме по времени  $t$  показаны соответствующие характеристики потенциалов  $U_{PL1}$  и  $U_{L1N}$  ветвей Т1 и Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100. Характеристика на диаграмме по фиг.14 соответствует точно качественной характеристике потенциала на диаграмме на фиг 9. Согласно способу, соответствующему изобретению, также подсистема 10 в исправной ветви Т1 вентилей неисправного модуля, соответствующей неисправной ветви Т2 вентилей, управляется таким образом, что ее клеммное напряжение  $U_{X21}$  равно нулю. Поэтому характеристика потенциала  $U_{PL1}$  на диаграмме на фиг.13 соответствует качественной характеристике потенциала  $U_{L1N}$  на диаграмме на фиг.14, которые по отношению друг к другу являются взаимно обратными. Существующая на выходе L1 неисправного фазного модуля 100 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии характеристика потенциала  $U_{L10}$  представлена на фиг.15 на диаграмме по времени  $t$ . Без второй части соответствующего изобретению способа, а именно, повышения конденсаторных напряжений  $U_C$  на  $\Delta U$  еще имеющих подсистем 10, пиковое значение выходного напряжения  $U_{L10}$  составляет  $3/2 U_C^*$  по отношению к  $2U_C$  выходного напряжения  $U_{L20}$  или  $U_{L30}$  исправного фазного модуля 100. Эта разность амплитуд компенсируется посредством повышения конденсаторных напряжений  $U_C$  на  $\Delta U$  еще имеющих подсистем 10 обеих ветвей Т1, Т2 вентилей неисправного фазного модуля 100. С помощью такого повышения конденсаторных напряжений  $U_C$  на  $\Delta U$  несимметричная векторная диаграмма по фиг.11 вновь переводится в симметричную векторную диаграмму согласно фиг.7.

С помощью соответствующего изобретению способа возможен даже режим работы с избыточностью выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии при так называемой двойной ошибке. В случае двойной ошибки речь идет о неисправности, при которой вышли из строя две подсистемы 10 в несоответствующих ветвях вентилей двух фазных модулей 100, например, ветвей Т1 и Т4 вентилей. Для того чтобы поддерживать в границах спад напряжения полупроводников 1-4 каждой подсистемы 10 выпрямителя 102 переменного тока с распределенными накопителями 9 энергии, количество  $m$  подсистем 10 должно выбираться по возможности большим, причем  $m=12$  на ветвь Т1, ..., Т6 уже могло бы быть достаточным.

## Формула изобретения

1. Способ управления выпрямителем (102) переменного тока с распределенными накопителями (9) энергии с тремя фазными модулями (100), которые имеют  
5 соответственно одну верхнюю и одну нижнюю ветвь (Т1, Т3, Т5; Т2, Т4, Т6) вентиляей, которые снабжены соответственно по меньшей мере тремя электрически последовательно включенными двухполюсными подсистемами (10), при выходе из строя по меньшей мере одной подсистемы (10), содержащий следующие этапы:
- 10 а) определение количества (n) вышедших из строя подсистем (10),  
 б) определение ветвей (Т1, ..., Т6) вентиляей, в которых по меньшей мере одна подсистема (10) вышла из строя,  
 в) управление каждой вышедшей из строя подсистемой (10) таким образом, что их клеммные напряжения ( $U_{X21}$ ) равны нулю,  
 15 д) определение исправных ветвей (Т1, ..., Т6) вентиляей каждого неисправного фазного модуля (100), соответствующих неисправным ветвям (Т1, ..., Т6) вентиляей,  
 е) управление некоторым количеством подсистем (10) в соответствующей исправной ветви (Т1, ..., Т6) вентиляей каждого неисправного фазного модуля (100)  
 20 так, что их клеммные напряжения ( $U_{X21}$ ) равны нулю,  
 ф) повышение конденсаторных напряжений ( $U_c$ ) подсистем (10) каждого неисправного фазного модуля (100), у которых клеммные напряжения ( $U_{X21}$ ) продолжительно не равны нулю, таким образом, что сумма повышенных конденсаторных напряжений ( $U^*_c$ ) подсистем (10) соответствующей ветви (Т1, ..., Т6)  
 25 вентиляей неисправного фазного модуля (100) равна сумме конденсаторных напряжений ( $U_c$ ) подсистем (10) соответствующей ветви вентиляей исправного фазного модуля (100), и  
 г) управление подсистемами (10) ветвей (Т1, ..., Т6) вентиляей исправного фазного  
 30 модуля (100) в соответствии с тем, как перед выходом из строя по меньшей мере одной подсистемы (10).
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что подсистемы (10) неисправных фазных модулей (100), у которых клеммные напряжения ( $U_{X21}$ ) продолжительно не равны  
 35 нулю, последовательно друг за другом на предварительно определенный промежуток времени электропроводно соединяются с источником энергии (110), который предоставляет повышенное конденсаторное напряжение ( $U^*_c$ ).
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что устанавливается предварительно определенный дополнительный ток ветви вентиляей, который протекает в течение  
 40 предварительно определенного промежутка времени последовательно друг за другом через каждую подсистему (10) каждого неисправного фазного модуля (100), у которых клеммные напряжения ( $U_{X21}$ ) не равны продолжительно нулю.
4. Способ по п.3, отличающийся тем, что для генерации соответствующего  
 45 дополнительного тока ветви вентиляей применяется дополнительный временной участок напряжения в напряжениях ветвей вентиляей каждого неисправного фазного модуля (100).
5. Способ по п.4, отличающийся тем, что дополнительные временные участки  
 50 напряжения устанавливаются таким образом, что действия переключения в верхней и нижней ветвях (Т1, Т2 или Т3, Т4 или Т5, Т6) вентиляей каждого неисправного фазного модуля (100) выполняются с предварительно определенным временным интервалом времени.
6. Способ по п.4, отличающийся тем, что дополнительные временные участки

напряжения выражаются таким образом, что для синхронно по времени выполняемых действий переключения ветвей (Т1, Т2 или Т3, Т4 или Т5, Т6) вентилей каждого неисправного фазного модуля (100) предусмотрены дополнительные действия переключения.

5

10

15

20

25

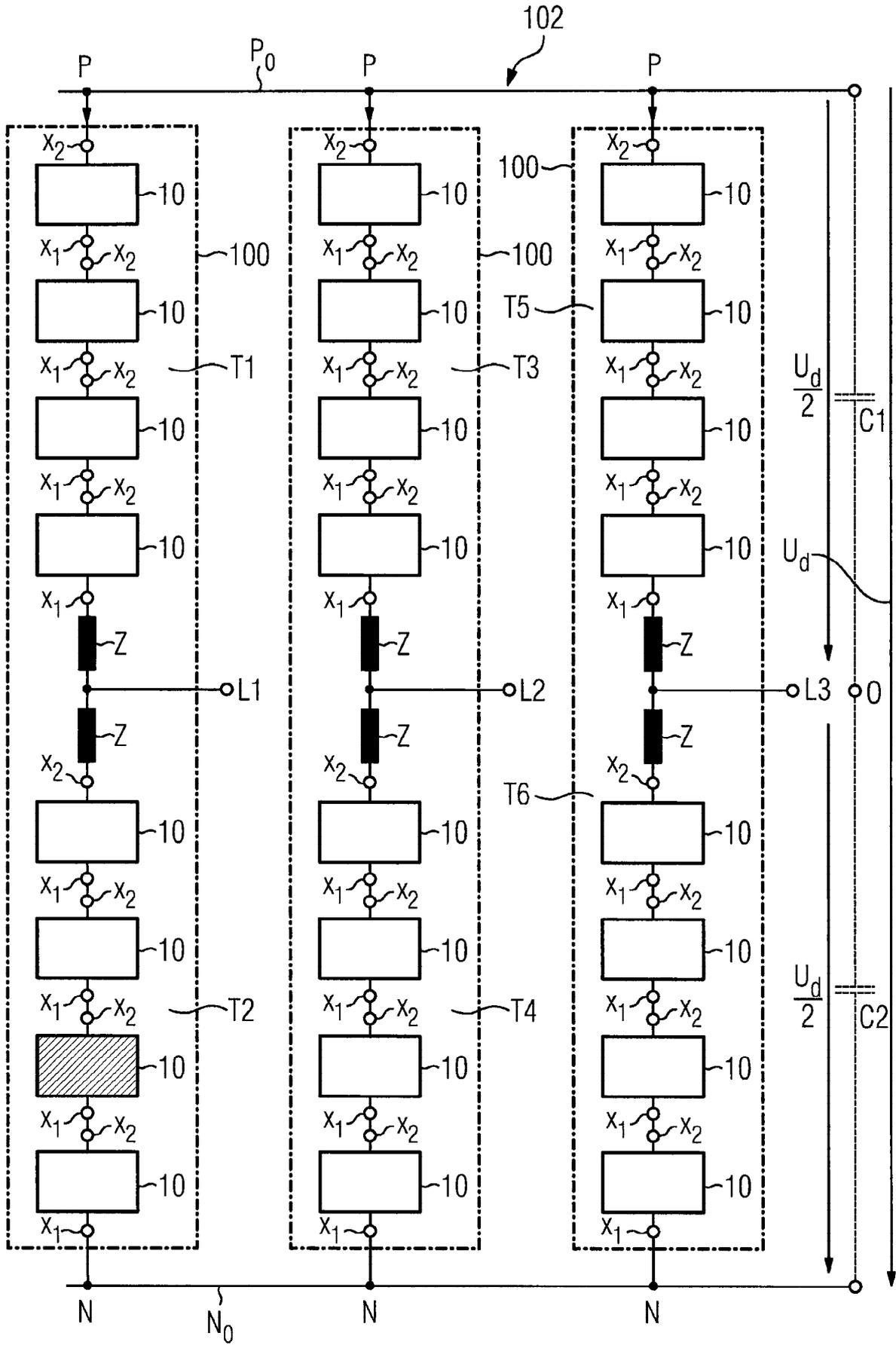
30

35

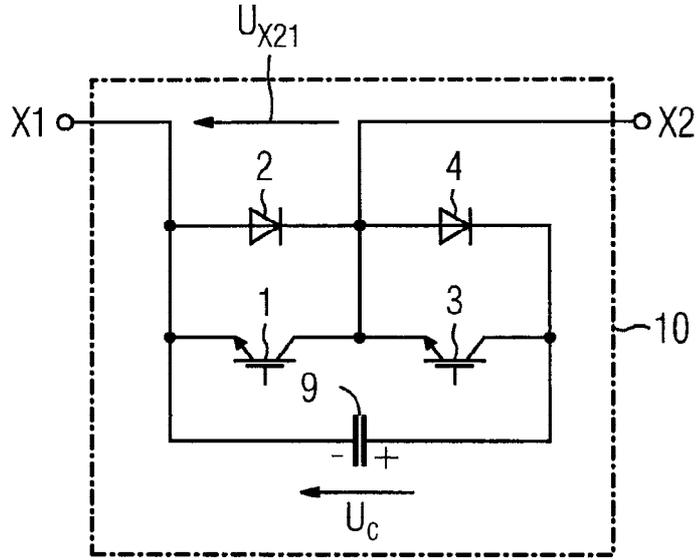
40

45

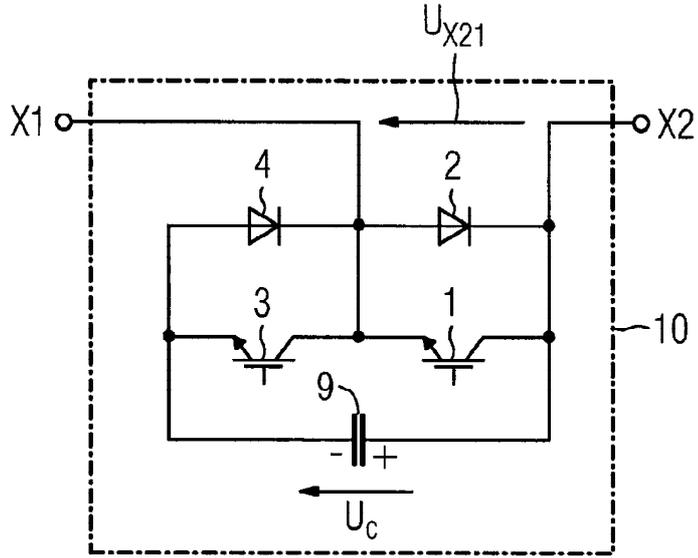
50



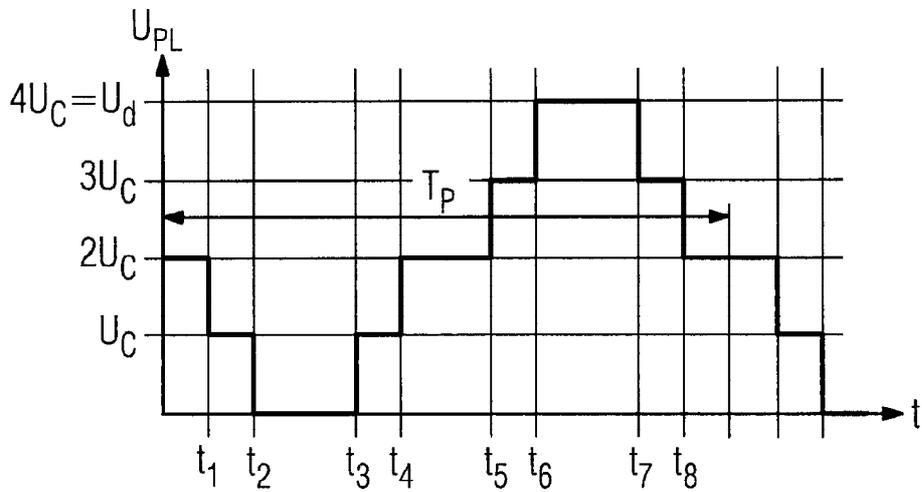
ФИГ. 1



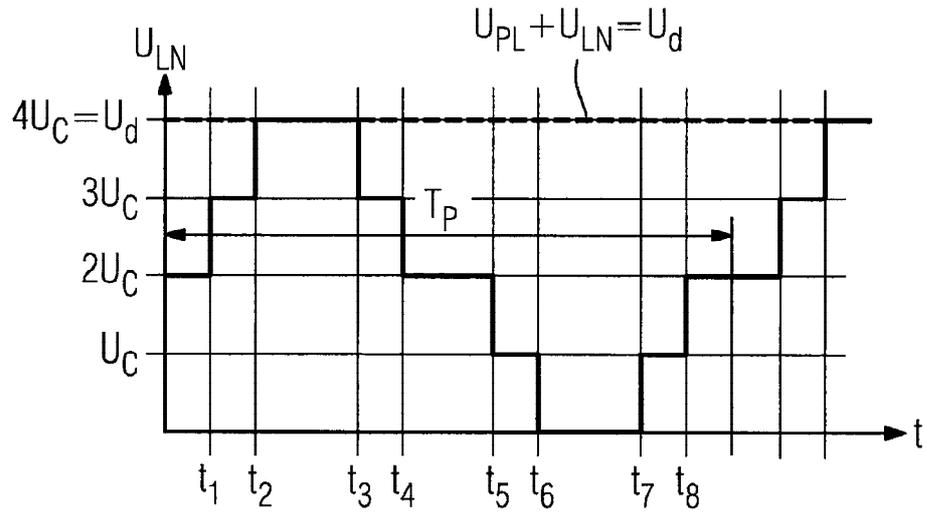
ФИГ.2



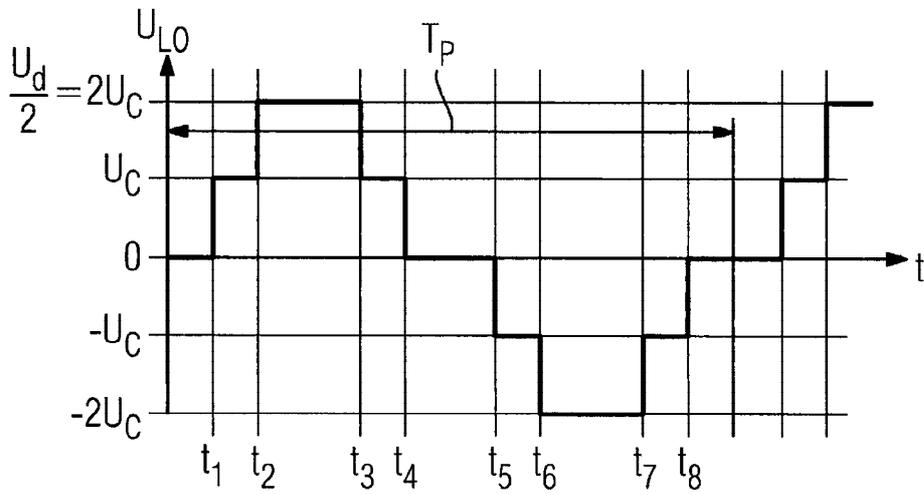
ФИГ.3



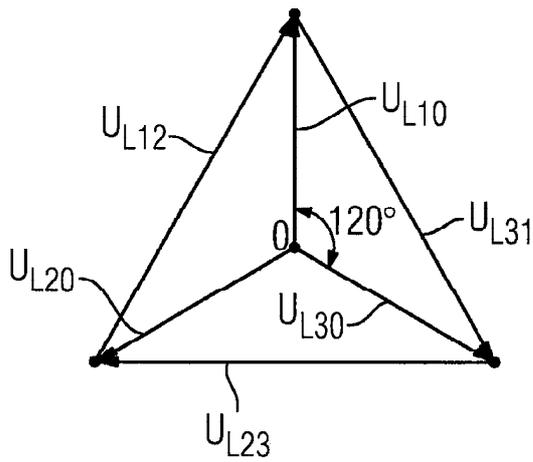
ФИГ.4



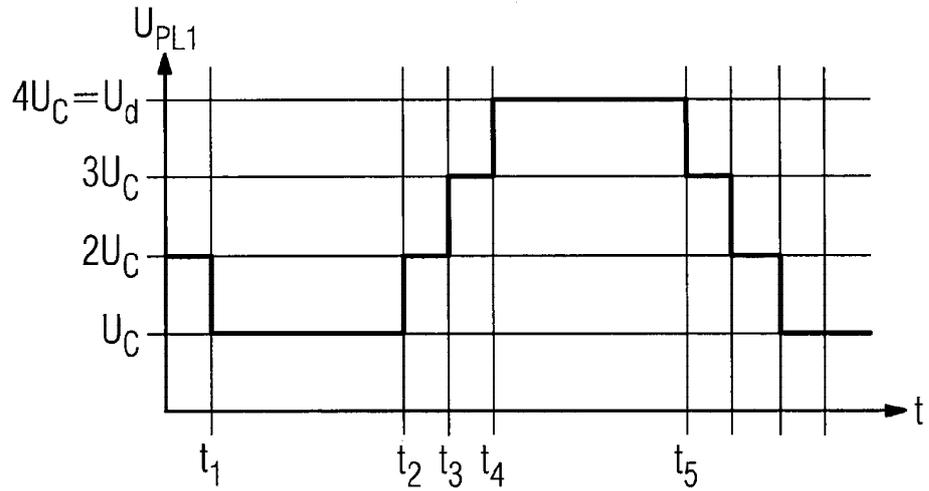
ФИГ.5



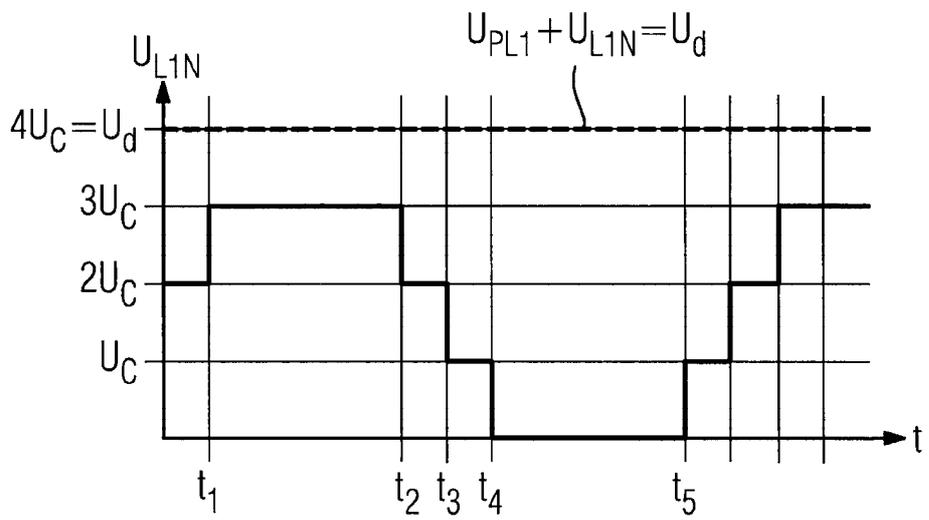
ФИГ.6



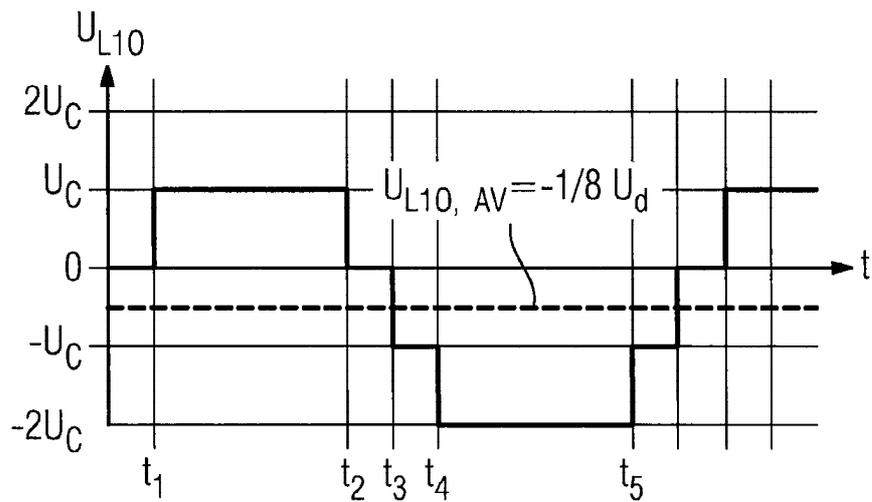
ФИГ.7



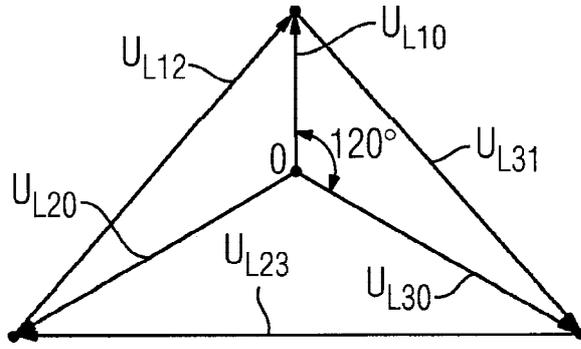
ФИГ.8



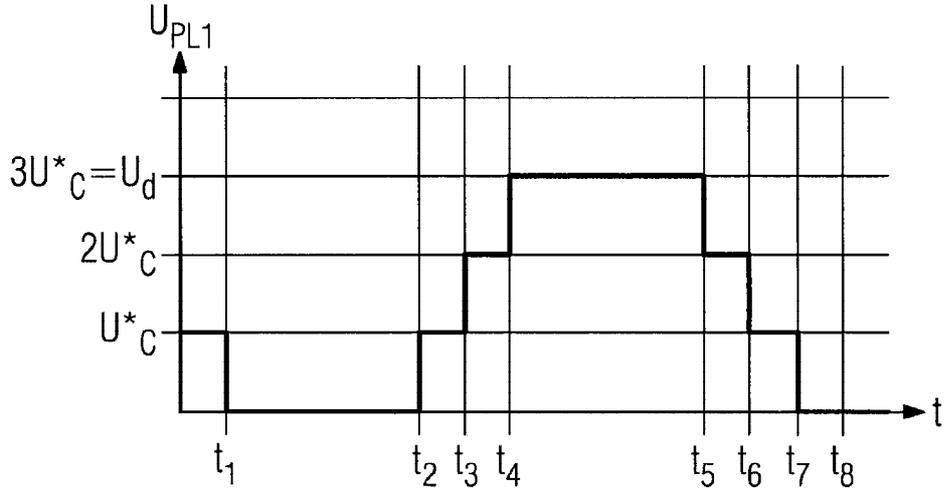
ФИГ.9



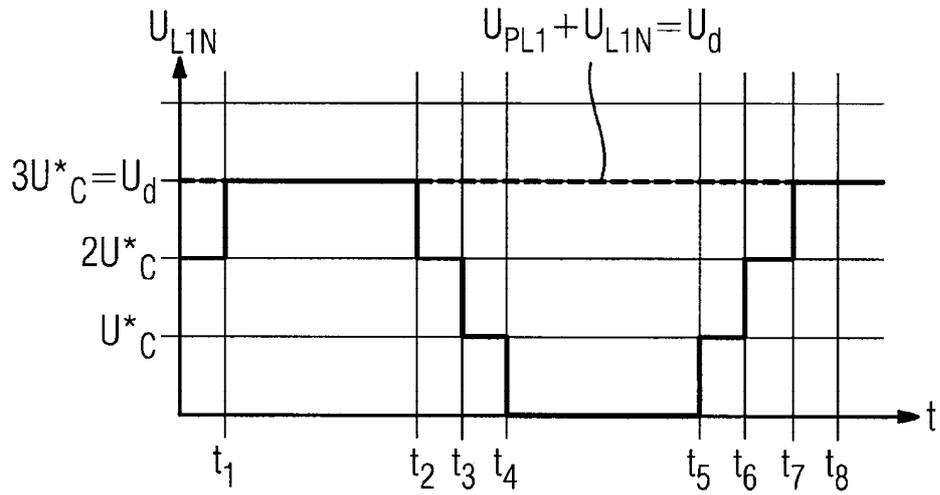
ФИГ.10



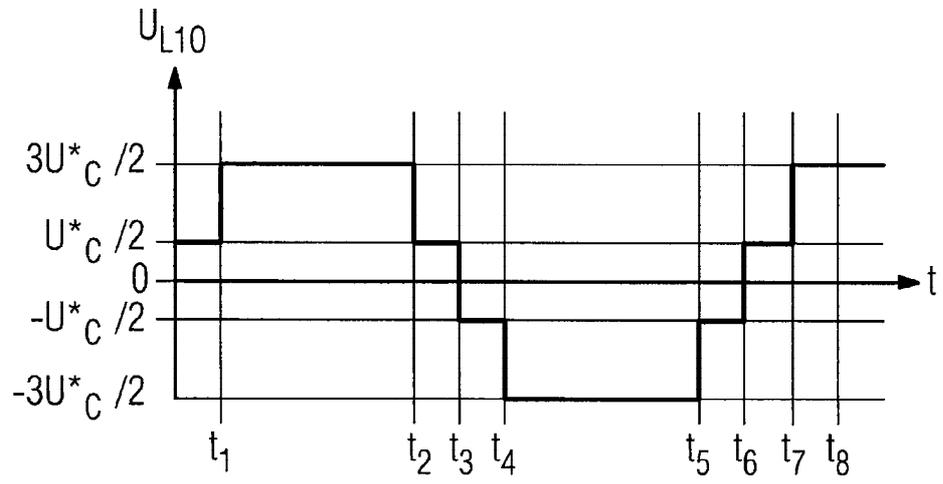
ФИГ.11



ФИГ.13



ФИГ.14



Фиг.15