



REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **1651** (13) **Y**
(51) Int.Cl: *H01F 27/28* (2006.01)
H01F 27/29 (2006.01)

(12) **BREVET DE INVENȚIE
DE SCURTĂ DURATĂ**

În termen de 6 luni de la data publicării mențiunii privind hotărârea de acordare a brevetului de invenție de scurtă durată, orice persoană poate face opoziție la acordarea brevetului

(21) Nr. depozit: s 2020 0114
(22) Data depozit: 2020.09.18

(41) Data publicării cererii:
2022.03.31, BOPI nr. 3/2022

(45) Data publicării hotărârii de
acordare a brevetului:
2022.11.30, BOPI nr. 11/2022

(71) Solicitant: INSTITUTUL DE ENERGETICĂ, MD

(72) Inventator(i): BOȘNEAGA Valeriu, MD; SUSLOV Victor, MD; TÎRȘU Mihai, MD;
ANISIMOV Vladimir, MD

(73) Titular: INSTITUTUL DE ENERGETICĂ, MD

(54) **Dispozitiv tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice**

(57) **Rezumat:**

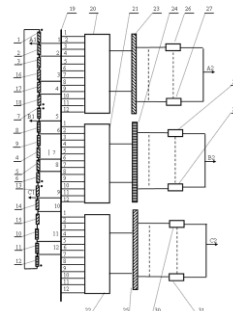
Invenția se referă la electrotehnică, și poate fi utilizată, de exemplu, pentru interconectarea sistemelor energetice de curent alternativ trifazat.

Dispozitivul tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice, conform invenției, constă dintr-un transformator trifazat principal cu înfășurări (1-18) unite într-un circuit inelar cu douăsprezece prize distribuite pe înfășurările (1-18) circuitului inelar, trei dintre care fiind conectate la fazele primului sistem energetic (A1, B1, C1), iar la fiecare priză sunt conectate intrările a trei chei electronice, numerotate circular, care sunt unite în trei blocuri de chei identice (20-22) separate, la ieșirile fiecărui bloc de chei (20-22) sunt conectate, respectiv, înfășurările (23-25) unui transformator trifazat suplimentar. În fiecare bloc (20-22), ieșirile cheilor cu numerotare impară sunt conectate electric împreună și cuplate la primul terminal al înfășurării (23-25) fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar, iar ieșirile cheilor cu numerotare pară sunt, de

asemenea, conectate electric împreună și cuplate la al doilea terminal al înfășurării (23-25) fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar. Fiecare înfășurare (23-25) a transformatorului trifazat suplimentar conține șapte prize, la fiecare dintre care fiind conectată intrarea unei chei electronice de ieșire (26-31), care formează trei grupuri identice separate. În fiecare grup, ieșirile acestor chei sunt conectate electric împreună și cuplate la fazele celui de-al doilea sistem energetic (A2, B2, C2).

Revendicări: 1

Figuri: 3



(54) Transformer device for interconnection of power systems

(57) Abstract:

1
The invention relates to electrical engineering, and can be used, for example, for interconnection of three-phase alternating current power systems.

The transformer device for interconnection of power systems, according to the invention, consists of a main three-phase transformer, with windings (1-18) connected in a ring circuit with twelve taps distributed over the windings (1-18) of the ring circuit, three of which are connected to the first power system (A1, B1, C1), and to each tap are connected the inputs of three electronic switches, numbered in a circle, which are connected to each tap, which are connected in three separate identical blocks of switches (20-22), to the outputs of each block of switches (20-22) are connected, respectively, the windings (23-25) of an additional three-phase transformer. In each block (20-22), the outputs of the odd-numbered switches are electrically connected

2
together and connected to the first terminal of the winding (23-25) of each phase of the additional three-phase transformer, and the outputs of the even-numbered switches are also electrically connected together and connected to the second terminal of the winding (23-25) of each phase of the additional three-phase transformer. Each winding (23-25) of the additional three-phase transformer comprises seven taps, to each of which being connected the input of one output electronic switch (26-31), which form three separate identical groups. In each group, the outputs of these switches are electrically connected together and connected to the phases of the second power system (A2, B2, C2).

Claims: 1

Fig.: 3

(54) Трансформаторное устройство для связи энергосистем

(57) Реферат:

1
Изобретение относится к электротехнике, и может быть использовано, например, для связи энергосистем трехфазного переменного тока.

Трансформаторное устройство для связи энергосистем, согласно изобретению, состоит из основного трехфазного трансформатора, с обмотками (1-18) соединёнными в кольцевую цепь с двенадцатью отводами, распределёнными по обмоткам (1-18) кольцевой цепи, три из которых подключены к первой энергосистеме (A1, B1, C1), а к каждому отводу подключены входы трех электронных ключей, пронумерованных по кругу, которые соединены в три отдельных одинаковых блока ключей (20-22), к выходам каждого блока ключей (20-22) подключены, соответственно, обмотки (23-25) дополнительного трехфазного трансформатора. В каждом блоке (20-22), выходы ключей с нечетными номерами

2
электрически соединены вместе и подключены к первому выводу обмотки (23-25) каждой фазы дополнительного трехфазного трансформатора, а выходы ключей с четными номерами также электрически соединены вместе и подключены ко второму выводу обмотки (23-25) каждой фазы дополнительного трехфазного трансформатора. Каждая обмотка (23-25) дополнительного трехфазного трансформатора содержит семь отводов, к каждому из которых будучи подключен вход одного выходного электронного ключа (26-31), которые образуют три отдельные одинаковые группы. В каждой группе выходы этих ключей электрически соединены вместе и подключены к фазам второй энергосистемы (A2, B2, C2).

П. формулы: 1

Фиг.: 3

Descriere:

5 Invenția se referă la electrotehnică, și poate fi utilizată, de exemplu, pentru interconectarea sistemelor energetice de curent alternativ trifazat.

Este cunoscut un dispozitiv tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice trifazate de curent alternativ, care constă dintr-un transformator trifazat cu înfășurări conectate într-un hexagon, care sunt dotate cu prize de reglare, în plus, prizele, situate simetric în raport cu vârful hexagonului sunt conectate la fazele sistemelor energetice interconectate [1].

10 Dezavantajul acestui dispozitiv constă în complexitatea sa și, în consecință, fiabilitatea redusă, deoarece calitatea energiei scade la fiecare comutare pentru schimbarea în treaptă a unghiului de fază. Prin urmare, pentru a îndeplini cerințele privind calitatea energiei, această treaptă trebuie menținută la o valoare minimă. În acest sens, este necesar un număr mare de prize distribuite pe înfășurări și, în consecință, un număr mare de chei de comutare. La reglarea unghiului circular și la o dimensiune a treptei unghiulare de 5°, numărul de prize distribuite pe înfășurările hexagonului va fi de $360^\circ/5^\circ = 72$ și pentru a asigura reglarea unghiului din partea fiecărui sistem energetic va fi necesar de minim $2*72*3 = 432$ chei pentru toate cele trei faze.

20 Cea mai apropiată soluție tehnică este un dispozitiv tip transformator pentru interconectarea a două sisteme energetice, care conține două înfășurări trifazate de reglare cu mijloace de comutare sub sarcină, conectate într-un poligon, precum și o înfășurare trifazată suplimentară [2].

Dezavantajele acestui dispozitiv constau în complexitatea sa și, în consecință, fiabilitatea redusă, deoarece pentru a îndeplini cerințele privind calitatea energiei, această treaptă trebuie menținută la o valoare minimă. Prin urmare, la reglarea unghiului circular și la o dimensiune a treptei unghiulare de 5°, numărul de prize distribuite pe înfășurările hexagonului din acest dispozitiv va fi, de asemenea, egal cu $360^\circ/5^\circ = 72$. Astfel, pentru a conecta toate cele trei faze ale ambelor sisteme legate la dispozitivul dat, sunt necesare de două ori mai multe chei, adică $72*3 = 216$ chei.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în majorarea fiabilității prin reducerea numărului de prize distribuite pe înfășurările transformatorului principal și a numărului cheilor de comutare.

30 Dispozitivul tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate mai sus prin aceea că constă dintr-un transformator trifazat principal cu înfășurări unite într-un circuit inelar cu douăsprezece prize distribuite pe înfășurările circuitului inelar, trei dintre care fiind conectate la fazele primului sistem energetic, iar la fiecare priză sunt conectate intrările a trei chei electronice, numerotate circular, care sunt unite în trei blocuri de chei identice separate, la ieșirile fiecărui bloc de chei sunt conectate, respectiv, înfășurările unui transformator trifazat suplimentar. În fiecare bloc, ieșirile cheilor cu numerotare impară sunt conectate electric împreună și cuplate la primul terminal al înfășurării fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar, iar ieșirile cheilor cu numerotare pară sunt, de asemenea, conectate electric împreună și cuplate la al doilea terminal al înfășurării fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar. Fiecare înfășurare a transformatorului trifazat suplimentar conține șapte prize, la fiecare dintre care fiind conectată intrarea unei chei electronice de ieșire, care formează trei grupuri identice separate. În fiecare grup, ieșirile acestor chei sunt conectate electric împreună și cuplate la fazele celui de-al doilea sistem energetic.

45 Un asemenea set de caracteristici oferă posibilitatea reglării în două trepte, dispozitivul tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice constă din două transformatoare trifazate principal și suplimentar, în prima treaptă sunt necesare m-prize distribuite pe înfășurările transformatorului principal și, în consecință, 3m-chei electronice pentru trei faze, iar în a doua treaptă sunt necesare n-prize distribuite pe înfășurările fiecărei faze a transformatorului suplimentar și, în consecință, 3n-chei pentru fiecare fază, adică doar $3m+3n$ chei. În dispozitivul revendicat, numărul de chei este $3m+3n$, deci pentru dimensiunea treptei unghiulare de 5°, la $m=12$, avem $360^\circ/12=30^\circ$, deci este necesar de $30^\circ/5^\circ+1=7$ chei pentru fiecare fază, adică $n=7$, de unde reiese $3m+3n=3*12+3*7=36+21=57$. Reducerea numărului de prize și a numărului corespunzător de chei, menținând în același timp precizia reglării fazei, duce la o fiabilitate crescută, adică, este o soluție a sarcinii invenției.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-3, care reprezintă:

- fig. 1, schema dispozitivului revendicat;
- fig. 2, schema unui bloc de chei;
- 55 - fig. 3, schema de conectare a înfășurărilor transformatorului principal sub formă de hexagon.

Referințele din figurile 1 și 3:

1 - prima parte a înfășurării fazei A1; 2 - a doua parte a înfășurării fazei A1; 3 - a treia parte a înfășurării fazei A1; 4 - a patra parte a înfășurării fazei A1; 5 - a cincea parte a înfășurării fazei A1; 6 - a

șasea parte a înfășurării fazei A1; 7 - prima parte a înfășurării fazei B1; 8 - a doua parte a înfășurării fazei B1; 9 - a treia parte a înfășurării fazei B1; 10 - a patra parte a înfășurării fazei B1, 11 - a cincea parte a înfășurării fazei B1, 12 - a șasea parte a înfășurării fazei B1, 13 - prima parte a înfășurării fazei C1, 14 - a doua parte a înfășurării fazei C1, 15 - a treia parte a înfășurării fazei C1, 16 - a patra parte a înfășurării fazei C1, 17 - a cincea parte a înfășurării fazei C1, 18 - a șasea parte a înfășurării fazei C1, 19 - cablajul electric, 20 - primul bloc de chei, 21 - al doilea bloc de chei, 22 - al treilea bloc de chei, 23 - înfășurarea fazei A2 a transformatorului suplimentar, 24 - înfășurarea fazei B2 a transformatorului suplimentar, 25 - înfășurarea fazei C2 a transformatorului suplimentar, 26 - prima cheie a primei grupe de chei electronice de ieșire, 27 - n-cheie a primei grupe de chei electronice de ieșire, 28 - prima cheie celei de-a doua grupă de chei electronice de ieșire, 29 - n-cheie a celei de-a doua grupă de chei electronice de ieșire, 30 - prima cheie a celei de-a treia grupă de chei electronice de ieșire, 31 - n-cheie a celei de-a treia grupă de chei electronice de ieșire.

Referințele din figura 2:

32 - prima cheie; 33 - a doua cheie; 34 - a treia cheie; 35 - a patra cheie; 36 - a cincea cheie; 37 - a șasea cheie; 38 - a șaptea cheie; 39 - a opta cheie; 40 - a noua cheie; 41 - a zecea cheie; 42 - a unsprezece cheie; 43 - a douăsprezece cheie.

Dispozitivul prezentat în fig. 1-3 constă din următoarele părți și legături.

Transformatorul trifazat include: șase părți ale înfășurării fazei A1: prima - 1, a doua - 2, a treia - 3, care sunt conectate electric între ele în serie, a patra - 4, a cincea - 5 și a șasea - 6, care sunt conectate electric între ele în serie; șase părți ale înfășurării fazei B1: prima - 7, a doua - 8, a treia - 9, care sunt conectate electric între ele în serie, a patra - 10, a cincea - 11, a șasea - 12, care sunt conectate electric între ele în serie; și șase părți ale înfășurării fazei C1: prima - 13, a doua - 14, a treia - 15, care sunt conectate electric între ele în serie, a patra - 16, a cincea - 17 și a șasea - 18, care sunt conectate electric între ele în serie. Înfășurările fiecăreia dintre fazele transformatorului principal, situate pe trei coloane, sunt indicate cu aceeași hașurare. Toate aceste înfășurări 1-18 sunt conectate într-un inel, la care sunt executate m-prize (fig. 1, 3 prezintă varianta pentru $m=12$). Fazele primului sistem energetic sunt conectate după cum urmează: faza A1 - la punctul de conectare al primei 1 și celei de-a doua 2 părți a înfășurării fazei A1; faza B1 - la punctul de conectare al primei 7 și celei de-a doua 8 părți a înfășurării fazei B1; faza C1 - la punctul de conectare al primei 13 și celei de-a doua 14 părți a înfășurării fazei C1. Prin cablajul electric 19 prizele înfășurărilor 1-18 transformatorului trifazat principal sunt conectate la trei blocuri identice de chei electronice: primul - 20, al doilea - 21 și al treilea - 22.

Transformatorul trifazat principal, cuprinde înfășurările 1-18, unite în circuitul inelar cu 12 prize distribuite pe înfășurările 1-18 ale circuitului inelar, trei dintre care fiind conectate la fazele primului sistem energetic A1, B1, C1, iar la fiecare priză sunt conectate intrările a trei chei electronice 32-43, numerotate circular, care sunt unite în trei blocuri de chei identice 20-22 separate. La ieșirile fiecărui bloc de chei 20-22 sunt conectate, respectiv, înfășurările 23-25 ale transformatorului trifazat suplimentar. În fiecare bloc 20-22, ieșirile cheilor cu numerotare impară 32, 34, 36, 38, 40, 42 sunt conectate electric împreună și cuplate la primul terminal al înfășurării 23-25 fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar, iar ieșirile cheilor cu numerotare pară 33, 35, 37, 39, 41, 43 sunt, de asemenea, conectate electric împreună și cuplate la al doilea terminal al înfășurării 23-25 fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar. Fiecare înfășurare 23-25 a transformatorului trifazat suplimentar conține șapte prize, la fiecare dintre care fiind conectată intrarea unei chei electronice de ieșire 26-31, care formează trei grupuri identice separate, iar, în fiecare grup, ieșirile acestor chei sunt conectate electric împreună și cuplate la fazele celui de-al doilea sistem energetic A2, B2, C2.

Toate cheile acestui dispozitiv sunt electronice și controlabile. Ieșirile primului bloc 20 de chei electronice sunt conectate la înfășurarea 23 a fazei A2 a transformatorului suplimentar. Ieșirile celui de-al doilea bloc 21 de chei electronice - la înfășurarea 24 a fazei B2 a transformatorului suplimentar. Ieșirile celui de-al treilea bloc 22 de chei electronice - la înfășurarea 25 a fazei C2 a transformatorului suplimentar. În fig. 1 înfășurările diferitor faze ale transformatorului suplimentar sunt prezentate cu hașurare diferită. Fiecare dintre aceste înfășurări are șapte prize, iar la fiecare priză este conectată o cheie din grupul cheilor de ieșire, după cum urmează:

- la înfășurarea 23 a fazei A2 se conectează cheile: începând cu prima cheie 26 a primului grup de chei de ieșire, până la a șaptea cheie 27 a primului grup de chei de ieșire;
- la înfășurarea 24 a fazei B2: începând cu prima cheie 28 a celui de-al doilea grup de chei de ieșire, până la a șaptea cheie 29 a celui de-al doilea grup de chei de ieșire;
- la înfășurarea 25 a fazei C2: începând cu prima cheie 30 a celui de-al treilea grup de chei de ieșire, până la a șaptea cheie 31 a celui de-al treilea grup de chei de ieșire.

Ieșirile acestor chei în fiecare grup sunt conectate electric împreună și cuplate la fazele corespunzătoare ale celui de-al doilea sistem energetic A2, B2 și C2.

La punctele de legătură dintre părțile înfășurărilor 1-18, cheile 32-43 din toate cele trei blocuri 20-22 de chei electronice sunt conectate la prizele înfășurărilor 1-18 ale transformatorului principal în același mod și în felul următor (fig. 2):

- Intrarea primei chei 32 este conectată la punctul de conectare al primei 1 și celei de-a doua 2 părți ale înfășurării fazei A1;
- Intrarea celei de-a doua cheie 33 este conectată la punctul de conectare al celei de-a doua 2 și a treia 3 părți ale înfășurării fazei A1;
- Intrarea celei de-a treia cheie 34 este conectată la punctul de conectare al celei de-a patra 4 și a cincea 5 părți ale înfășurării fazei C1;
- Intrarea celei de-a patra cheie 35 este conectată la punctul de conectare al celei de-a cincea 5 și a șasea 6 părți ale înfășurării fazei C1;
- Intrarea celei de-a cincea cheie 36 este conectată la punctul de conectare al primei 7 și celei de-a doua 8 părți ale înfășurării fazei B1;
- Intrarea celei de-a șasea cheie 37 este conectată la punctul de conectare al celei de-a doua 8 și a treia 9 părți ale înfășurării fazei B1;
- Intrarea celei de-a șaptea cheie 38 este conectată la punctul de conectare al celei de-a patra 4 și a cincea 5 părți ale înfășurării fazei A1;
- Intrarea celei de-a opta cheie 39 este conectată la punctul de conectare al celei de-a cincea 5 și a șasea 6 părți ale înfășurării fazei A1;
- Intrarea celei de-a noua cheie 40 este conectată la punctul de conectare al primei 13 și celei de-a doua 14 părți ale înfășurării fazei C1;
- Intrarea celei de-a zecea cheie 41 este conectată la punctul de conectare al celei de-a doua 14 și a treia 15 părți ale înfășurării fazei C1;
- Intrarea celei de-a unsprezecea cheie 42 este conectată la punctul de conectare al celei de-a patra 10 și a cincea 11 părți ale înfășurării fazei B1;
- Intrarea celei de-a douăsprezecea cheie 43 este conectată la punctul de conectare al celei de-a cincea 11 și a șasea 12 părți ale înfășurării fazei B1;

Acest dispozitiv funcționează după cum urmează.

Tensiunea de fază a primului sistem energetic, A1, B1 și C1, aplicată pe transformatorul principal trifazat, și curenții provocați de aceștia curg prin toate înfășurările 1-18 ale sale după cum urmează:

- șase părți 1-6 ale înfășurării fazei A1 (prima - 1, a doua - 2, a treia - 3, a patra - 4, a cincea - 5 și a șasea - 6);
- șase părți 7-12 ale înfășurării fazei B1 (prima - 7, a doua - 8, a treia - 9, a patra - 10, a cincea - 11 și a șasea - 12);
- și șase părți 13-18 ale înfășurării fazei C1 (prima - 13, a doua - 14, a treia - 15, a patra - 16, a cincea - 17 și a șasea - 18).

Toate aceste înfășurări 1-18 sunt conectate într-un circuit inelar cu douăsprezece prize, amplasate pe cerc. Prin cablajul electric 19, cele douăsprezece prize ale înfășurărilor 1-18 ale transformatorului trifazat principal sunt conectate la trei blocuri identice de chei electronice: primul - 20, al doilea - 21 și al treilea - 22. Conectate la ieșirile acestor blocuri de chei 20-22, înfășurările 23-25 ale transformatorului suplimentar: înfășurarea 23 a fazei A2, înfășurarea 24 a fazei B2 și înfășurarea 25 a fazei C2, prin cheile deschise din aceste trei blocuri de chei 20-22 sunt conectate la perechi de prize adiacente de la înfășurările 1-18 de fază ale transformatorului trifazat principal de-a lungul circuitului inelar al conexiunii lor.

La cheile de ieșire 26-31, grupurile cărora din șapte chei sunt conectate la prizele înfășurărilor 23-25 ale transformatorului suplimentar, în fiecare moment al timpului este deschisă o singură cheie, prin care curentul curge către al doilea sistem energetic A2, B2, C2. Cheile de ieșire 26-31 sunt conectate în felul următor:

- la înfășurarea 23 a fazei A2, începând cu prima cheie 26 a primului grup de chei de ieșire până la a șaptea cheie 27 a primului grup de chei de ieșire;
- la înfășurarea 24 a fazei B2, începând cu prima cheie 28 a celui de-al doilea grup de chei de ieșire, până la a șaptea cheie 29 a celui de-al doilea grup de chei de ieșire;
- la înfășurarea 25 a fazei C2, începând cu prima cheie 30 a celui de-al treilea grup de chei de ieșire, până la a șaptea cheie 31 a celui de-al treilea grup de chei de ieșire.

La aceleași frecvențe, în ambele sisteme energetice, A1, B1, C1 și A2, B2, C2 numerele specifice ale cheilor care trebuie deschise sunt determinate în funcție de valoarea defazării între sinusoidale de tensiune ale fazelor cu același nume al sistemelor energetice menționate. La frecvențe diferite, cu o viteză determinată de valoarea diferenței de frecvență, se produce o comutare alternativă

sincronă a cheilor 32-43 în cele trei blocuri de chei (în primul - 20, în al doilea - 21 și în al treilea - 22). Cheile 32-43 sunt deschise în perechi adiacente, asigurându-se că fiecare înfășurare 23-25 a transformatorului suplimentar este conectată la anumite prize 26-31 adiacente ale înfășurărilor 23-25 ale transformatorului principal. De exemplu, primele sunt deschise cheile în perechi: prima cheie 32 și a doua cheie 33; apoi a doua cheie 33 și a treia cheie 34; în continuare, a treia cheie 34 și a patra cheie 35; apoi, a patra cheie 35 și a cincea cheie 36; după aceea, a cincea cheie 36 și a șasea cheie 37; apoi, a șasea cheie 37 și a șaptea cheie 38; mai departe, a șaptea cheie 38 și a opta cheie 39; după care, a opta cheie 39 și a noua cheie 40; apoi a noua cheie 40 și a zecea cheie 41; după care, a zecea cheie 41 și a unsprezecea cheie 42; urmată de a unsprezecea cheie 42 și a douăsprezecea cheie 43; și în final, a douăsprezecea cheie 43 și prima cheie 32. În acest caz, dacă pentru faza A2 a transformatorului suplimentar sunt deschise prima cheie 32 și a doua cheie 33 din primul bloc de chei 20, apoi pentru faza B2 o să fie deschise a cincea cheie 36 și a șasea cheie 37 din al doilea bloc de chei 21, iar pentru faza C2 o să fie deschise a noua cheie 40 și a zecea cheie 41 din al treilea bloc de chei 22.

În general, acest dispozitiv oferă posibilitatea reglării în două trepte, și anume, prizele de la înfășurările transformatorului principal formează prima treaptă de reglare și prizele de la înfășurările transformatorului suplimentar formează a doua treaptă de reglare, datorită cărora, numărul de chei și prize de la înfășurări este redus.

Reducerea numărului de chei și a numărului corespunzător de prize menținând în același timp precizia reglării fazei, conduce la o creștere a fiabilității.

(56) Referințe bibliografice citate în descriere:

1. SU 625258 A1 1978.09.25
2. SU 1288764 A1 1987.02.07

(57) Revendicări:

Dispozitiv tip transformator pentru interconectarea sistemelor energetice, care constă dintr-un transformator trifazat principal cu înfășurări (1-18) unite într-un circuit inelar cu douăsprezece prize distribuite pe înfășurările (1-18) circuitului inelar, trei dintre care fiind conectate la fazele primului sistem energetic (A1, B1, C1), iar la fiecare priză sunt conectate intrările a trei chei electronice (32-43), numerotate circular, care sunt unite în trei blocuri de chei identice (20-22) separate, la ieșirile fiecărui bloc de chei (20-22) sunt conectate, respectiv, înfășurările (23-25) unui transformator trifazat suplimentar; în fiecare bloc (20-22), ieșirile cheilor cu numerotare impară (32, 34, 36, 38, 40, 42) sunt conectate electric împreună și cuplate la primul terminal al înfășurării (23-25) fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar, iar ieșirile cheilor cu numerotare pară (33, 35, 37, 39, 41, 43) sunt, de asemenea, conectate electric împreună și cuplate la al doilea terminal al înfășurării (23-25) fiecărei faze a transformatorului trifazat suplimentar; fiecare înfășurare (23-25) a transformatorului trifazat suplimentar conține șapte prize, la fiecare dintre care fiind conectată intrarea unei chei electronice de ieșire (26-31), care formează trei grupuri identice separate, iar, în fiecare grup, ieșirile acestor chei sunt conectate electric împreună și cuplate la fazele celui de-al doilea sistem energetic (A2, B2, C2).

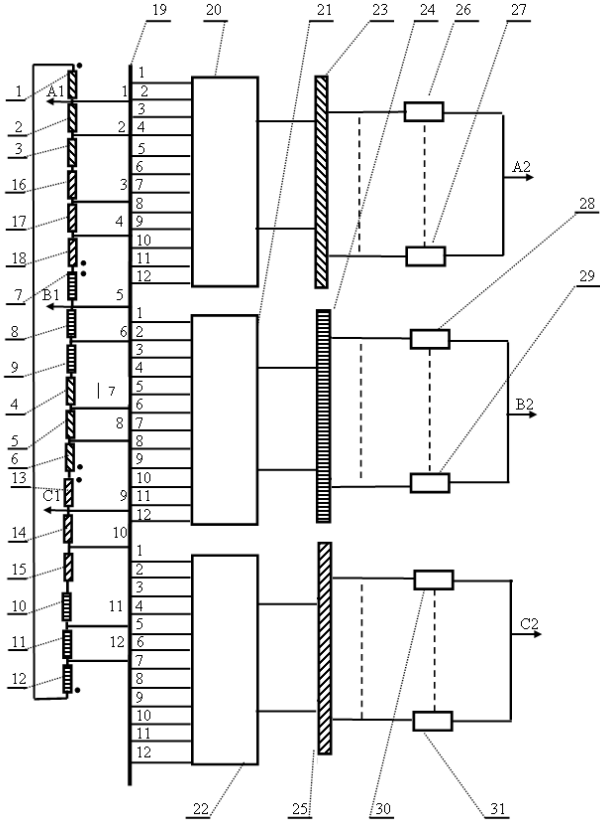


Fig. 1

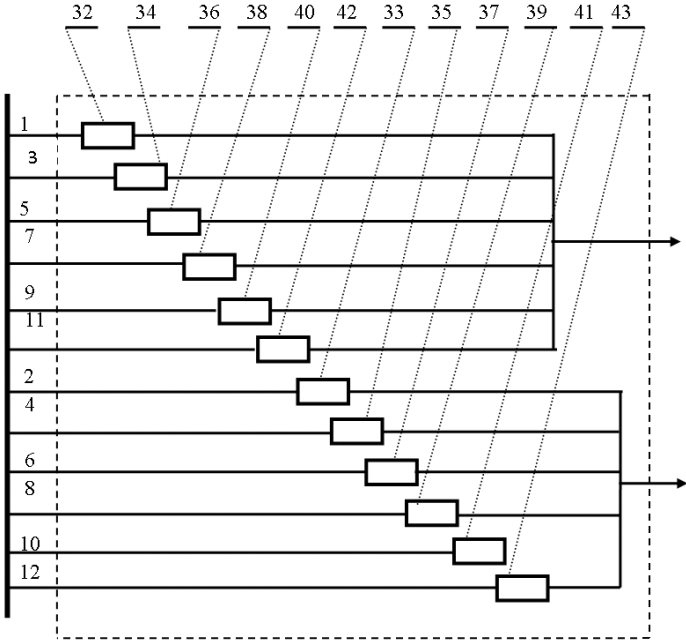


Fig. 2

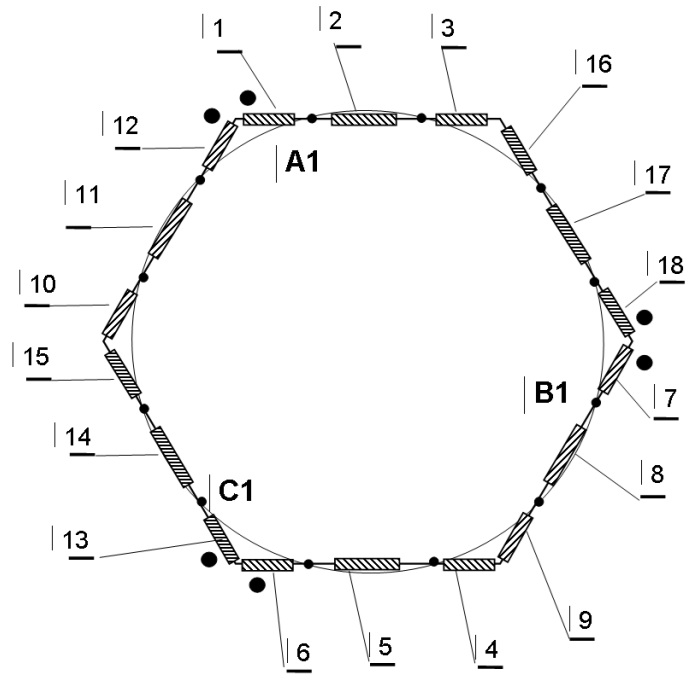


Fig. 3