



ÚRAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVEDČENIU

219 560
(11) (B1)

(51) Int. Cl.³

H 05 B 7/10

(22) Prihlásené 04 04 79
(21) PV 2288-79

(40) Zverejnené 27 08 82

(45) Vydané 30 09 85

(75)
Autor vynálezu ŠKULTÉTY Karol, Ing., Nemšová, JANOŠŤÁK Vincent, Ing. Bratislava

(54) Trojfázový výkonový obvod

1

Vynález sa týka trojfázového výkonového obvodu, ktorý slúži na prepájania transformátora s elektródovou záťažou najmä sklárskych pecí.

Doposiaľ známe a používané výkonové obvody, tiež nazývané krátke siete, v oblasti elektrického tepla sa obvykle vyskytujú v dvoch typických priestorových usporiadaniach výkonových elektrických vodičov rôznych prierezov tvaru kruhu, obdĺžnika, medzikružia a pod. Tieto usporiadania sú buď komplanárne alebo triangulárne a od ich konkrétneho vyhotovenia závisia potom prenosové vlastnosti celého výkonového obvodu. Tieto vlastnosti sú dané najmä parametrami: vlastné a vzájomné odpory, vlastné a vzájomné indukčnosti, koeficienty zvýšenia odporu — vlastného vodiča a blízky vodičov od seba — celkový skinefekt a izolačná pevnosť. Ďalej sú to mechanické a konštrukčné parametre, ktoré musia vyhovovať dynamickému namáhaniu pri skratoch, požiadavke konštrukčnej jednoduchosti, zabezpečujúcej čo najnižšiu prácnosť pri montáži a čo najmenšiu priestorovú zastavanosť. Zladienie týchto troch náročných požiadaviek — elektrických, mechanických a konštrukčných, je pre niektoré typy usporiadania výkonových obvodov a pre daný rozsah prenášaných výkonov takmer nemožné a vedie k určitým technickým kompromisom.

Tak napríklad komplanárne usporiadania výkonových obvodov sú síce konštrukčne výhodné, ale pre prenosy väčších výkonov

2

alebo pri väčších dĺžkach obvodov, nedá sa dosiahnuť celková prúdová, napäťová a teda aj výkonová symetria, malé hodnoty a zhodnosť fázových reaktancií a rovnomernosť zaťaženia jednotlivých vodičov výkonového obvodu aj v rámci tej istej fázy. Pre dosiahnutie celkovej elektrickej symetrie výkonových obvodov má veľký vplyv symetria pripojenej záťaže napríklad elektród v tavenine, ale z dôvodov stručnosti ju považujeme za symetrickú. Táto podmienka je napokon u väčšiny viacelektródových sklárskych pecí pomerne ľahko splniteľná a v prípade energoblokov je splnená, vzhľadom na symetrickú konštrukciu vinutí generátorov a transformátorov. Za tohto predpokladu sú vo všeobecnosti komplanárne usporiadania typicky nesymetrické, čo vyvolalo celý rad riešení rôznych kompenzačných zapojení, ktoré však príčinu nesymetrie neodstraňujú, ale len znižujú jej účinok. Tieto kompenzačné zapojenia obvykle obsahujú rôzne kombinácie antiparalelne pôsobiacich obvodov a bandáži základného výkonového obvodu a znamenajú v konečnom dôsledku ďalšie prídavné straty, vyššiu spotrebu elektrovodného materiálu a konštrukčnú zložitosť. Komplanárne obvody používané v elektroenergetike pri prenášaní prúdov 3 až 6 kA o napätiach nízkych a maximálne do 10 kV, avšak o veľkých dĺžkach do 1 km, ktorým sa niekedy z technických a stavebných dôvodov nemožno vyhnúť, dosahujú 1 až 5 % straty, nesymetriu a po stavebnej stránke vyžadujú veľké rozmery energoka-

nála. Podobne je to u sklárskych pecí, kde nie je možné obvykle umiestniť transformátor blízko k peci vzhľadom na veľkú zastavanosť v okolí pece rôznymi sklárskymi technologickými zariadeniami. Sú to najmä veľké rozmery výmenníkov tepla ako sú regenerátory a rekuperátory, transportné zariadenia sklárskej vsádzky a podobne. Okrem toho u väčšiny sklárskych pecí, kde hlavným zdrojom tepla je spaľované palivo, je elektródový ohrev obvykle zabudovaný dodatočne pre dosiahnutie ďalšieho zvýšenia taviacich výkonov a kvality, bez zmeny rozmerov pece. Vtedy dosahujú dĺžky výkonových obvodov najčastejšie v komplanárnom usporiadaní od 50 do 150 m. Vtedy i pri malých prenášaných výkonoch od 0,6 do 1,2 MW, pri celkových fázových prúdoch 3 až 10 kA, vzniká celková elektrická nesymetria. Rozdiely napätia dosahujú až 20 % strednej fázy pri rozdieloch prúdov až 25 % prúdu strednej fázy. Pri tom vznikajú celkové elektrické straty 20 až 40 % z celkového príkonu. Ďalšie negatívne dôsledky sú nerovnomerný ohrev skloviny, jejmu odpovedajúce nerovnomerné konvenčné prúdenie skloviny a nerovnomerne pôsobiaca korózia vymurovky vane sklárskej pece. Triangulárne usporiadania výkonových obvodov umožňujú zasa dosiahnutie celkovej elektrickej symetrie, ale konštrukčne sú veľmi náročné, čo ich obmedzuje na malý počet vodičov na fázu 1 až 3 vodiče. Sú zatiaľ málo používané v elektroenergetike a pre napájanie sklárskych pecí sú neznáme. Podobne i pre veľké elektrické oblúkové a oblúково-odporové pece nenašli uplatnenie vzhľadom na zrovnateľnú veľkosť reaktácií a odporov samotných elektród voči samostatnému výkonovému obvodu, odlišné nastavovanie elektrického režimu a nestabilné chovanie sa elektródovej záťaže počas tavby. V oboch prípadoch komplanárnych a triangulárnych výkonových obvodov bývajú výkonové vodiče bifilárne usporiadané rôznymi spôsobmi, ktoré nezaručujú najrovnomernejšie rozdelenie prúdov do jednotlivých vodičov v rámci jednej fázy. Napríklad často bývajú vystriedané polarita len v jednom riadku alebo len stĺpci, potom súčasne aj v riadku aj v stĺpci a ešte silnejší bifilárny účinok sa dosahuje pri takom vystriedaní polarít, že vždy jedna polarita je obklopená v štyroch kolmých smeroch opačnou polaritou, avšak pre toto je potrebný veľký počet vodičov a pritom nebude zaručená rovnomernosť rozdelenia prúdov do všetkých vodičov v rámci jednej fázy.

Uvedené nevýhody v podstatnej miere odstraňuje trojfázový výkonový obvod podľa vynálezu, ktorého podstata spočíva v tom, že výkonové vodiče sú umiestnené vždy v párnom počte na fázu do vrcholov štvoruholníkov, výhodne štvorcov, ktorých stredu súmerne ležia na lúčoch súmernej trojlúčovej hviezdy a sú rovnako vzdialené od

stredy hviezdy, pričom výkonové vodiče všetkých troch lúčov hviezdy ležiace na najbližšej z osí od stredu hviezdy sú v trojfázovom slede sekundárnych svoriek transformátora s trojsvorkovým výstupom pripojené na jeho svorky, pričom všetky vodiče trojfázového výkonového obvodu sú uchytané v držiaku výkonových vodičov, ktorý je po celej dĺžke trojfázového výkonového obvodu rozmiestnený na pozdĺžnych profilových nosníkoch v intervaloch 0,6 až 1 m, pričom uchytanie držiakov výkonových vodičov o profilové nosníky je v miestach uhlovej výseče $\pm 20^\circ$ od osi uhlov zovretých lúčmi súmernej trojlúčovej hviezdy, kde jednotlivé výkonové vodiče sú na jednom konci pripojené na trojsvorkový výstup transformátora pomocou vstupných kontaktných dosák a na druhom konci sú výkonové vodiče pripojené na elektródovú záťaž sklárskej vane pece pomocou výstupných kontaktných dosák, ktoré sú priečne mechanicky a elektricky izolované, upevnené v dvoch rovnobežných izolačných rozperných doskách, ktoré sú pomocou profilových nosníkov upevnené o pracovnú plošinu sklárskej vane pece.

Výhody vynálezu sú po elektrickej stránke v dosiahnutí celkovej elektrickej symetrie na základe rovnakých fázových reaktancií a odporov, maximálne možného zníženia ich hodnôt, t. j. zníženia prenosných strát na minimum a v dosiahnutí čo najrovnomernejšieho prúdového zaťaženia vo vodičoch navzájom v rámci vlastného fázového zväzku vodičov, a v prípade obdĺžnikového prierezu dosiahnutie rovnomernejšieho prúdového zaťaženia celého prierezu. Po konštrukčnej stránke sú výhody v univerzálnosti použitia pre zapojenia vinutí transformátorov a záťaže do hviezdy, trojuholníka a otvoreného trojuholníka a pre širší rozsah prenášaných výkonov. Tieto spôsoby pripojenia na transformátory a záťaže súčasne zabezpečujú prehľadné pripojenie s minimálnym počtom prekrížení vodičov. Po stránke technológie tavenia skla vznikajú výhody z možnosti prepojavateľnosti vinutí transformátorov a elektródových záťaží, ktorá je využiteľná pri zmene technológie tavenia skla na danej peci. Napríklad dôjde k zmene hĺbky skloviny a tým aj k zmene odporu elektródovej záťaže, alebo zmenou farby tavennej skloviny sa zmenia vertikálne gradienty teplôt, tým i zmena elektrickej vodivosti skloviny a tým opäť zmena odporu elektródovej záťaže, čo si v oboch prípadoch vyžiada zmenu napájacieho napätia, dosahujúcu prepojovaním hviezdy, trojuholníka a otvoreného trojuholníka. Trojfázový výkonový obvod so 180° bifilaritou oproti obvodu so 120° bifilaritou má oveľa viac technických a technologických predností, ktoré sú najviac využiteľné a využívané práve u viac elektródových sklárskych pecí pre vytváranie špeciálnych zapojení elektród s vyšším

technologickým účinkom pri pôsobení toho istého príkonu v porovnaní so zapojením elektród, ktoré je viazané len na trojsvorkový výstup napájacieho transformátora, t. j. na 120° bifilaritu. Prednosťou zapojenia pri 180° bifilarite je, že nevznikajú vyššie harmonické zložky pretekajúceho prúdu vinutím transformátora, výkonovým obvodom a elektródovou záťažou.

Na priložených výkresoch, a to na obr. 1a je schématicky znázornený priečny rez trojfázovým výkonovým obvodom a na obr. 1b jeho alternatívne vyhotovenie s vodičmi obdĺžnikového profilu, na obr. 2 je schématicky znázornený celkový pohľad na prepojenie transformátora s elektródovou záťažou pece pomocou trojfázového výkonového obvodu, na obr. 3a je znázornené pripojenie trojfázového výkonového obvodu na transformátor so šesťsvorkovým výstupom, na obr. 3b je bočný pohľad na toto pripojenie, na obr. 4a je znázornené pripojenie trojfázového výkonového obvodu na transformátor s trojsvorkovým výstupom, na obr. 4b je bočný pohľad na toto pripojenie, na obr. 5 je znázornené pripojenie trojfázového výkonového obvodu na elektródovú záťaž sklárskej pece pri použití transformátora so šesťsvorkovým výstupom v priečnom reze, na obr. 6 je toto pripojenie znázornené v pozdĺžnom reze, na obr. 7 je znázornené pripojenie trojfázového výkonového obvodu na elektródovú záťaž sklárskej pece pri použití transformátora s trojsvorkovým výstupom a na obr. 8 je toto pripojenie znázornené v pozdĺžnom reze.

Trojfázový výkonový obvod je vytvorený umiestnením elektrických vodičov **1** kruhového prierezu alebo elektrických vodičov obdĺžnikového prierezu **2** do vrcholov štvoruholníkov **3**, ktoré v prípade vodičov kruhového prierezu sú štvorcami a v prípade vodičov obdĺžnikového prierezu sú obdĺžnikmi, pričom stredy súmernosti **4** týchto štvoruholníkov ležia na lúčoch **5** súmernej trojlúčovej hviezdy so stredom **6** hviezdy. Prídavanie ďalších vodičov je dané počtom vodičov m v smere osi **7** rovnobežných s lúčmi **5** hviezdy a počtom vodičov n v smere osi **8** kolmých na lúče hviezdy a stredy súmernosti vytváraných ďalších štvoruholníkov vodičov ležia na osiach **7** a **8** a sú od stredu súmernosti **4** základného štvoruholníka alebo ďalších štvoruholníkov rovnako vzdialené. Transformátor **9** umiestnený v trafokobke **10** je prepojený cez energokanál **11**, suterén **12** hutnej haly **13** a cez pracovnú plošinu **14** na elektródovú záťaž **15** sklárskej vaňovej pece **16** pomocou trojfázového výkonového obvodu **17**, ktorý prechodom cez energokanál **11** prechádza do suterénu **12** tak, že obchádza technologické zariadenia **18** na dopravu sklárskej vsádzky, výmenníky tepla **19** a dymové kanály **20**. Pozdĺž celého trojfázového výkonového obvodu **17** sú profilové nosníky **21**, na

ktorých sú mechanicky pevne uchytené držiaky **22** výkonových vodičov výkonového obvodu **17**, ktorý je pripojený na transformátor **9** so šesťsvorkovým výstupom pomocou vstupných kontaktných dosák **23** až **28** z elektrovedivého materiálu napr. medi, pomocou ktorých sa predlžia pôvodne sekundárne svorky transformátora po vrcholovú úroveň jednotlivých lúčov hviezdy, t. j. predĺžené svorky krajných fáz siahajú po úroveň vrcholov spodných dvoch šikmých lúčov hviezdy a predĺžené svorky prostrednej fázy siahajú po úroveň vrcholu vertikálneho lúča hviezdy, čo umožňuje priame pripojenie výkonových vodičov **1** pomocou káblových ok **29** na predĺžené svorky transformátora **9** prehľadne s minimálnym počtom prekrížení, čo je znázornené rovnakými značkami a indexami polarít navzájom si odpovedajúcich polôh výkonových vodičov **1** rozmiestnených na lúčoch hviezdy a polôh na predĺžených svorkách transformátora **9**, ktoré sú pomocou izolačných rozperných dosák **30** mechanicky zaistené proti dynamickým účinkom skratových prúdov. V prípade použitia transformátora s trojsvorkovým výstupom podľa obr. 4a, obr. 4b je trojfázový výkonový obvod **17** pripojený na transformátor **9** pomocou vstupných kontaktných dosák **31** až **33**, ktoré sú predĺžené do tvaru kontaktných dvojramenných segmentov, ktorých ramená zvierajú 120° , čo umožňuje priame pripojenie výkonových vodičov **1** pomocou káblových ok **29** na kontaktné dvojramenné segmenty **34** až **36**, ktoré sú predĺžením svoriek transformátora, s minimálnym počtom prekrížení výkonových vodičov **1**, čo je znázornené rovnakými značkami a indexami polarít navzájom si odpovedajúcich polôh výkonových vodičov **1** rozmiestnených na lúčoch **5** hviezdy a polôh na predĺžených svorkách transformátora v tvare kontaktných dvojramenných segmentov **34** až **36**, ktoré sú pomocou izolačných rozperných dosák **30** mechanicky zaistené proti dynamickým účinkom skratových prúdov. Vstupná kontaktná doska **32** je predĺžená do tvaru dvojramenného segmentu **35** pomocou dvoch kontaktných dosák **37** kolmých na smer predĺženia, čo zabezpečuje preklopenie kontaktného dvojramenného segmentu **34**, aby nevznikol priamy skrat. Trojfázový výkonový obvod **17** je pripojený na elektródovú záťaž sklárskej vaňovej pece **16** pri použití transformátora so šesťsvorkovým výstupom pomocou výstupných kontaktných dosák **38**, ktoré sú usporiadané do vrcholov štvoruholníkov **39**, ktorých stredy súmernosti **40** ležia na lúčoch **5** súmernej trojlúčovej hviezdy a sú rovnako vzdialené od stredu **6** hviezdy, pričom sú svojou dĺžkou stranou rovnobežné s lúčmi hviezdy, čo umožňuje pomocou priečných kontaktných dosák **41** a **42** tvaru dvojramenných segmentov prepojiť záťaž podľa potreby

do hviezdy, trojuholníka alebo otvoreného trojuholníka, pričom na obr. 5 sú priečne kontaktné dosky 41 a 42 znázornené plnou čiarou, v zapojení do hviezdy sú významne čiarkované, kde sú použité len dve priečne kontaktné dosky 41 s jedným ramenom dlhším, pričom tretia priečna kontaktná doska ostáva rovnoramenná a je použitá len pri zapojení do trojuholníka a zapojenie v otvorenom trojuholníku dostaneme pri úplnom odpojení všetkých troch priečných kontaktných dosiek 41 a 42. Výstupné kontaktné dosky 38 na obr. 6 sú pomocou izolačných rozperných dosiek 30 a profilových nosníkov 43 jednak mechanicky uchytené o pracovnú plošinu 14 a tiež mechanicky zaistené proti dynamickým účinkom skratových prúdov. Odpovedajúce si polohy výkonových vodičov 1 na lúčoch 5 trojfázového výkonového obvodu 17 a polohy pripojených výkonových vodičov 1 na výstupných kontaktných doskách 38 sú znázornené rovnakými značkami a indexami polarít. Samotné výstupné kontaktné dosky 38 podľa obr. 6 a obr. 8 sú ochytené v izolačných rozperných doskách 30 pomocou kotviacich opierok 44, pričom medzi oboma izolačnými rozpernými doskami 30 sú umiestnené násuvné meracie transformátory prúdu 45. V prípade použitia transformátora s trojsvorkovým výstupom sú výstupné kontaktné dosky 38 priamo spojené a priečnymi kontaktnými doskami 42 tvaru rovnoramenných segmentov, čím možnosť prepájania elektródovej záťaže odpadá, avšak i tu sú odpovedajúce polohy výkonových vodičov 1 na lúčoch hviezdy a na priečných kontaktných doskách 42 označené rovnakými značkami polarít a indexov.

Štruktúra trojfázového výkonového obvodu je vytvorená umiestnením elektrických výkonových vodičov 1 kruhového prierezu alebo elektrických výkonových vodičov 1 obdĺžnikového prierezu 2 do vrcholov štvoruholníka 3, ktorý v prípade výkonových vodičov 1 kruhového prierezu je štvorcom a v prípade výkonových vodičov 1 obdĺžnikového prierezu je obdĺžnikom, pričom stredy súmernosti 4 týchto štvoruholníkov ležia na lúčoch 5 súmernej trojlúčovej hviezdy so stredom hviezdy 6 a sú od neho rovnako vzdialené, kde pri výkonových vodičoch 1 kruhového prierezu je táto vzdialenosť určená parametrom L_1 a pri výkonových vodičoch 1 obdĺžnikového prierezu parametrom L_2 . Pridávanie ďalších výkonových vodičov 1 k tejto štruktúre je dané počtom výkonových vodičov m v smere osi 7 rovnobežných s lúčmi 5 hviezdy a počtom výkonových vodičov n v smere osí 8 kolmých na lúče 5 hviezdy, pričom pre ne je vždy súčin $n \cdot m$ — párnym číslom a stredy súmernosti vytváraných ďalších štvoruholníkov výkonových vodičov 1 ležia na osiach 7 a 8 a sú od stredy súmernosti 4 základného štvoruholníka alebo ďalších

štvoruholníkov rovnako vzdialené a táto vzdialenosť je určená parametrom S — veľkosť strany štvorca pri výkonových vodičoch 1 kruhového prierezu. Pri výkonových vodičoch 1 obdĺžnikového prierezu stredy súmernosti vytváraných ďalších štvoruholníkov výkonových vodičov 1 ležia na osiach 7 rovnobežných s lúčmi 5 hviezdy a sú od stredy súmernosti 4 základného štvoruholníka alebo ďalších štvoruholníkov rovnako vzdialené a táto vzdialenosť je určená parametrom SA — veľkosť kratšej strany štvoruholníka 3, alebo ležia na osiach 8 kolmých na lúče 5 hviezdy a vtedy sú od stredy súmernosti 4 základného štvoruholníka alebo ďalších štvorcov rovnako vzdialené a táto vzdialenosť je určená parametrom SB — veľkosť dlhšej strany štvoruholníka 3. Hodnota parametra S je výhodná z intervalu $\langle 1, 2D; 1, 5D \rangle$, kde D je priemer výkonových vodičov 1 kruhového prierezu a je úmerná veľkosti prenášaného napätia, použitej izolácii prípadne požiadavke prirodzeného chladenia vzduchom a z hľadiska výsledných indukčností, veľkosti a rovnomernosti prúdového zaťaženia sa pohybuje v uvedenom intervale, podľa vzťahu

$$S = D \cdot 1,05^{n \cdot m},$$

kde D je priemer výkonových vodičov 1, m je počet výkonových vodičov 1 v smere osi 7 a n je počet výkonových vodičov 1 v smere osí 8. Pri obdĺžnikových prierezoch výkonových vodičov je hodnota parametra SA výhodná z intervalu $\langle 1, 5A; 3A \rangle$ a hodnota parametra SB je výhodná z intervalu $\langle 1, 2B; 1, 4B \rangle$, kde A je veľkosť kratšej strany obdĺžnika prierezu výkonového vodiča 1 a B je veľkosť dlhšej strany. Vyššie hodnoty z týchto intervalov sú úmerné vyšším prenášaným napätiam pri určitej izolácii a požiadavke prirodzeného chladenia vzduchom a nižšie hodnoty sú úmerné nízkym výsledným indukčnostiam, rovnomernosti prúdového zaťaženia, nižším prúdovým zaťažением a pohybujú sa v uvedených intervaloch podľa vzťahov

$$SA = A \cdot 1,08^{n \cdot m}, \quad SB = B \cdot 1,04^{n \cdot m}$$

Hodnoty parametrov L_1 a L_2 sú výhodné z intervalov

$$\begin{aligned} &\langle V_1 + 2S; V_1 + 3,5S \rangle \text{ a} \\ &\langle V_2 + 0,2 SB; V_2 + SB \rangle, \end{aligned}$$

kde nižšie hodnoty sú úmerné nižším prúdovým zaťažением a nižším počtom výkonových vodičov na fázu a tiež nižším výsledným indukčnostiam trojfázového výkonového obvodu a opačne. Pokles veľkostí L_1 a L_2 pod spodnú hranicu týchto intervalov znamená zníženie prúdového zaťaženia výkonových vodičov 1 bližšie k stredy hviezdy a opačne, prekročenie hornej hranice týchto intervalov znamená zníženie prúdového zaťaženia výkonových vodičov 1 vzdialenejších od stredy hviezdy, pričom hodnota pa-

parametra L_1 je daná vzťahom

$$L_1 = 2S + V_1 = 2S + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot (-1) \cdot \frac{S}{2} \cdot 1,03^m$$

a hodnota parametra L_2 je daná vzťahom

$$L_2 = 0,2 SB + V_2 = 0,2 SB + \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{n \cdot B + (n-1) \cdot SA}{2} \cdot 1,06^{n \cdot m}.$$

V prípade, že pre počty výkonových vodičov **1** platí $n < m$, výhodne $m = 2n$ vytvára sa lúčovitá — hviezdovitá štruktúra, trojfázový výkonový obvod zaberá väčší prierezy prierezu energokanála **11**, ale s nižšou hodnotou celkového magnetického toku v tomto priereze a opačne, ak pre počty výkonových vodičov **1** platí $n > m$, výhodne $n = 2m$ vytvára sa trojuholníková štruktúra, trojfázový výkonový obvod v tomto prípade zaberá menší prierezy prierezu energokanála **11**, ale s vyššou hodnotou celkového magnetického toku v tomto priereze a pre $n > m$, výhodne $n = 2m$ avšak pri štvoruholníku **3** výkonových vodičov **1** tvaru rovnomerného lichobežníka má štruktúra trojfázového výkonového obvodu **17** tvar troch koncentrických kruhových segmentov, pričom osi **8** sú koncentrickými kružnicami a osi **7** sú lúčmi hviezd, pričom tvar štruktúry zaberá najmenší prierezy prierezu energokanála **11**, s najväčšou hodnotou celkového magnetického toku v tomto priereze. Štruktúra trojfázového výkonového obvodu je závislá od vnútorného vyhotovenia zapojenia sekundárnych vinutí transformátorov **9**. Pri zapojení sekundárnych vinutí do hviezd alebo trojuholníka vnútri nádoby transformátora **9** sú len tri výstupné svorky, t. j. trojsvorkový výstup a sú k dispozícii len tri polarít, z ktorých je vytvorená buď jednoduchá štruktúra s rovnakou polaritou všetkých výkonových vodičov **1** v rámci jedného lúča **5** hviezd, alebo bifilárna štruktúra s vystriedaním vždy len dvoch rozdielnych polarít výkonových vodičov **1** v rámci jedného lúča **5** hviezd a tieto rozdielne polarít sú v trojfázovom slede sekundárnych svoriek u, v, w transformátora **9** postupne zoskupené po dvoch u, v do prvého lúča hviezd, po dvoch v, w do dru-

hého lúča hviezd a po dvoch w, u do tretieho lúča hviezd. Toto zoskupenie po dvoch polaritách v uvedenom slede vytvára tzv. podvojný trojfázový sled polarít $u, v; v, w; w, u$; sekundárnych svoriek transformátora **9**. Pri vyvedených začiatkoch a koncoch všetkých troch sekundárnych vinutí zvonku nádoby transformátora **9** je šesť výstupných svoriek, t. j. šesťstvorkový výstup a je k dispozícii šesť polarít, z ktorých je vytvorená bifilárna štruktúra s vystriedaním vždy len dvoch rozdielnych polarít výkonových vodičov **1** v rámci jedného lúča **5** hviezd a tieto rozdielne polarít sú v trojfázovom slede sekundárnych svoriek transformátora **9** u, x, v, y, w, z postupne zoskupené po dvoch u, x do prvého lúča hviezd, po dvoch v, y do druhého lúča a po dvoch w, z do tretieho lúča hviezd, čo vytvára tzv. podvojný trojfázový sled polarít $u, x; v, y; w, z$ sekundárnych svoriek transformátora **9**. Pri trojfázovom podvojnóm slede $u, v; v, w; w, u$ vzniká 120° bifilarita a pri trojfázovom podvojnóm slede $u, x; v, y; w, z$ vzniká 180° bifilarita. Priestorové vystriedanie polarít možno preniesť viacerými spôsobmi, avšak najvyšší účinok sa dosahuje vo forme najrovnomernejšieho rozdelenia prúdu do jednotlivých výkonových vodičov v rámci jednej fázy pri jednoduchom vystriedaní polarít tak, že každé dva susedné vodiče v osiach **7** a v osiach **8** majú navzájom opačnú polaritu.

Pre použitie v sklárskom priemysle sú najvýhodnejšie jednožilové medené káble, napríklad typ $1 \times YY$ 800 mm², lebo odpadajú pozdĺž trojfázového výkonového obvodu **17** kontaktné spoje, urýchlili sa montáž a vzhľadom na to, že sú izolované, bude tým zabezpečená ochrana proti korózii od rozpadu sklárskej vsádzky bohatej na sódu. Prierez tohto typu kábla je výhodný z hľadiska koeficientu skinefektu a vlastnej indukčnosti pre rovnaký prierezy obdĺžnikového tvaru.

Vynález môže nájsť ďalšie vhodné využitie v energetike pri prepájaní energoblokov, ako sú generátory a transformátory, avšak pri použití izolovaných výkonových vodičov a tiež v oblasti elektrického tepla oblúkových a oblúkovovo-odporových pecí.

PREDMET VYNÁLEZU

1. Trojfázový výkonový obvod, tvorený triangulárnym a bifilárnym usporiadaním elektrických výkonových vodičov vyznačujúci sa tým, že výkonové vodiče (1) sú umiestnené vždy v párom počte na fázu do vrchov štvoruholníkov (3), napríklad štvorcov, ktorých stredy súmernosti (4) ležia na lúčoch (5) súmernej trojlúčovej hviezd a sú rovnako vzdialené od stre-

du hviezd (6), pričom výkonové vodiče (1) všetkých troch lúčov hviezd ležiace na najbližšej z osí (8) od stredu hviezd (6) sú v trojfázovom slede sekundárnych svoriek (u, v, w) transformátora (9) s trojsvorkovým výstupom pripojené na jeho svorky, pričom všetky vodiče trojfázového výkonového obvodu (17) sú uchytené v držiaku (22) výkonových vodičov (1), ktorý je po

celej dĺžke trojfázového výkonového obvodu rozmiestnený na pozdĺžnych profilových nosníkoch (21) v intervaloch 0,6 až 1 m, pričom uchytenie držiakov (22) výkonových vodičov (1) o profilové nosníky (21) je v miestach uhlovej výseče $\pm 20^\circ$ od osi uhlov zovretých lúčmi (5) súmernej trojúhlovej hviezdy, kde jednotlivé výkonové vodiče (1) sú na jednom konci pripojené na trojsvorkový výstup transformátora (9) pomocou vstupných kontaktných dosák (31 až 33) a na druhom konci sú výkonové vodiče (1) pripojené na elektródovú záťaž (15) sklárskej vaňovej pece (16) pomocou výstupných kontaktných dosák (38), ktoré sú priečne mechanicky a elektricky izolovane upevnené v dvoch rovnobežných izolačných rozperných doskách (30), ktoré sú pomocou profilových nosníkov (43) upevnené o pomocnú plošinu (14) sklárskej vaňovej pece (16).

2. Trojfázový výkonový obvod podľa bodu 1 vyznačujúci sa tým, že dva výkonové vodiče (1) sú umiestnené na ďalších osiach (7) rovnobežných s lúčmi (5) hviezdy, pričom stred súmernosti štvoruholníka výkonových vodičov (1) je od stredu súmernosti základného štvoruholníka (3) vzdialený o dĺžku strednej priečky základného štvoruholníka (3) kolmej na lúč (5) hviezdy, ďalšie dva výkonové (1) vodiče na ďalších osiach (8) kolmých na lúč (5) hviezdy, kde stred súmernosti štvoruholníka výkonových vodičov (1) je od stredu súmernosti základného štvoruholníka (3) vzdialený o dĺžku strednej priečky základného štvoruholníka (3) rovnobežnej s lúčom (5) hviezdy, a ďalšie dva výkonové vodiče (1) v osiach (7 a 8) kolmých a rovnobežných s lúčmi (5) hviezdy.

3. Trojfázový výkonový obvod podľa bodu 2, vyznačujúci sa tým, že pri rovnoramennom lichobežníkovom tvare základného štvoruholníka (3) výkonových vodičov (1) sú osi (7) rovnobežné s lúčmi (5) hviezdy lúčmi vychádzajúcimi zo stredu (6) hviezdy a osi (8) kolmé na lúč (5) hviezdy sú kružnicami.

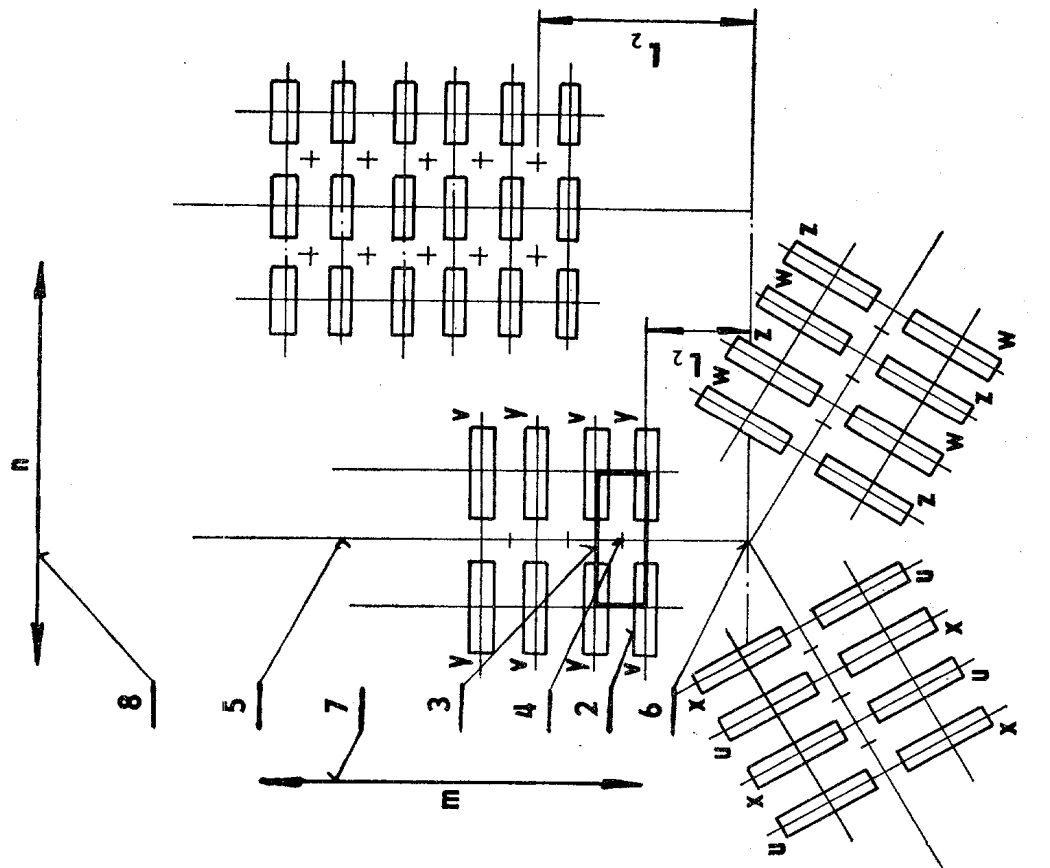
4. Trojfázový výkonový obvod podľa bodov 1, 2 a 3 vyznačujúci sa tým, že každé dva susedné výkonové vodiče (1) ležiace na rovnakých osiach (8) kolmých na lúče (5) hviezdy a tiež každé dva susedné výkonové vodiče (1) ležiace na rovnakých osiach (7) rovnobežných s lúčmi (5) hviezdy majú opačnú polaritu, pričom výkonové vodiče (1) všetkých troch lúčov (5) hviezdy ležiace na najbližšej z osi (8) od stredu

hviezdy (6) sú v podvojnóm trojfázovom slede sekundárnych svoriek (u, v), (v, w) a (w, u) transformátora (9) s trojsvorkovým výstupom a sú v podvojnóm trojfázovom slede sekundárnych svoriek (u, x), (v, y) a (w, z) transformátora (9) so šesťsvorkovým výstupom.

5. Trojfázový výkonový obvod podľa bodov 1, 2, 3 a 4 vyznačujúci sa tým, že pre transformátor (9) s trojsvorkovým výstupom sú jeho sekundárne svorky predĺžené pomocou vstupných kontaktných dosák (31 až 33), ktoré sú ukončené rovnoramennými segmentami (34 až 36) až za úroveň okrajových výkonových vodičov (1), ktoré sú na najvzdialenejších od stredu hviezdy (6) kolmých osiach (8) na lúče (5) hviezdy, kde za týmito okrajovými výkonovými vodičmi (1) sú pomocou izolačných rozperných dosák (30) mechanicky a elektricky izolačne upevnené rovnoramenné segmenty (34 až 36) a nad úroveň sekundárnych svoriek transformátora (9) vstupné kontaktné dosky (31 až 33), pričom pre transformátor (9) so šesťsvorkovým výstupom sú jeho sekundárne svorky predĺžené pomocou vstupných kontaktných dosák (23 až 28) až za úroveň okrajových výkonových vodičov (1), ktoré sú na najvzdialenejších od stredu hviezdy (6) kolmých osiach (8) na lúče (5) hviezdy, pričom všetky vstupné kontaktné dosky (23 až 28) sú pevne uchytené pomocou izolačnej rozpernej dosky (30) nad úroveň konca sekundárnych svoriek transformátora (9).

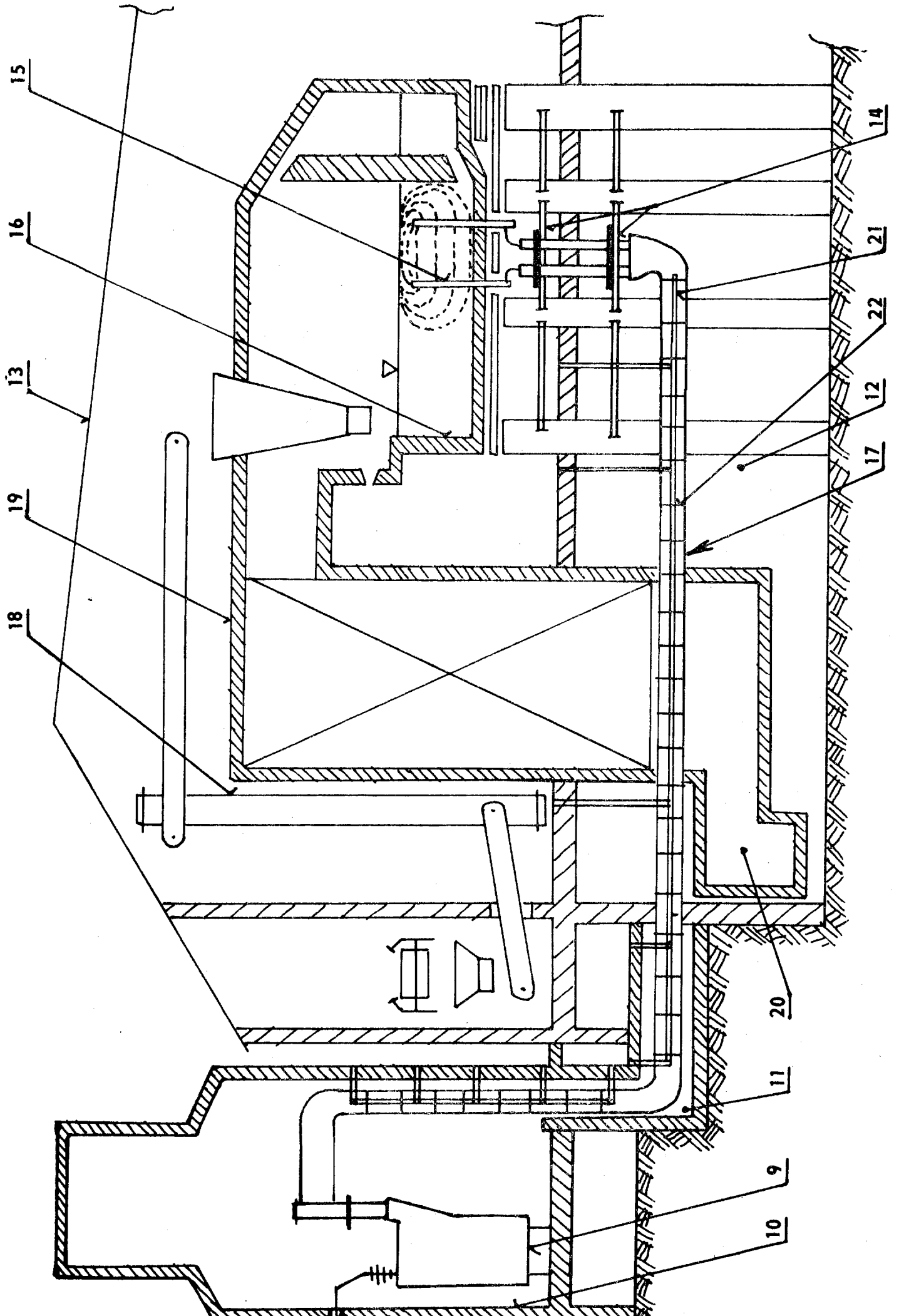
6. Trojfázový výkonový obvod podľa bodov 1 až 5 vyznačujúci sa tým, že pre transformátor (9) s trojsvorkovým výstupom sú výstupné kontaktné dosky (38) umiestnené vždy v párnom počte na fázu do vrcholov štvoruholníkov, výhodne štvorcov, ktorých stredy súmernosti (40) ležia na lúčoch (5) súmernej trojlúčovej hviezdy a výstupné kontaktné dosky (38) ležia na rovnakých osiach rovnobežných s lúčmi (5) hviezdy majú rovnakú polaritu, pričom sú svojou dlhšou stranou obdĺžnikového prierezu rovnobežné s lúčmi (5) hviezdy, kde na ne dosadajú priečne kontaktné dosky (42) tvaru rovnoramenných segmentov, z ktorých sú dva s jedným ramenom dlhším pri transformátore (9) so šesťsvorkovým výstupom.

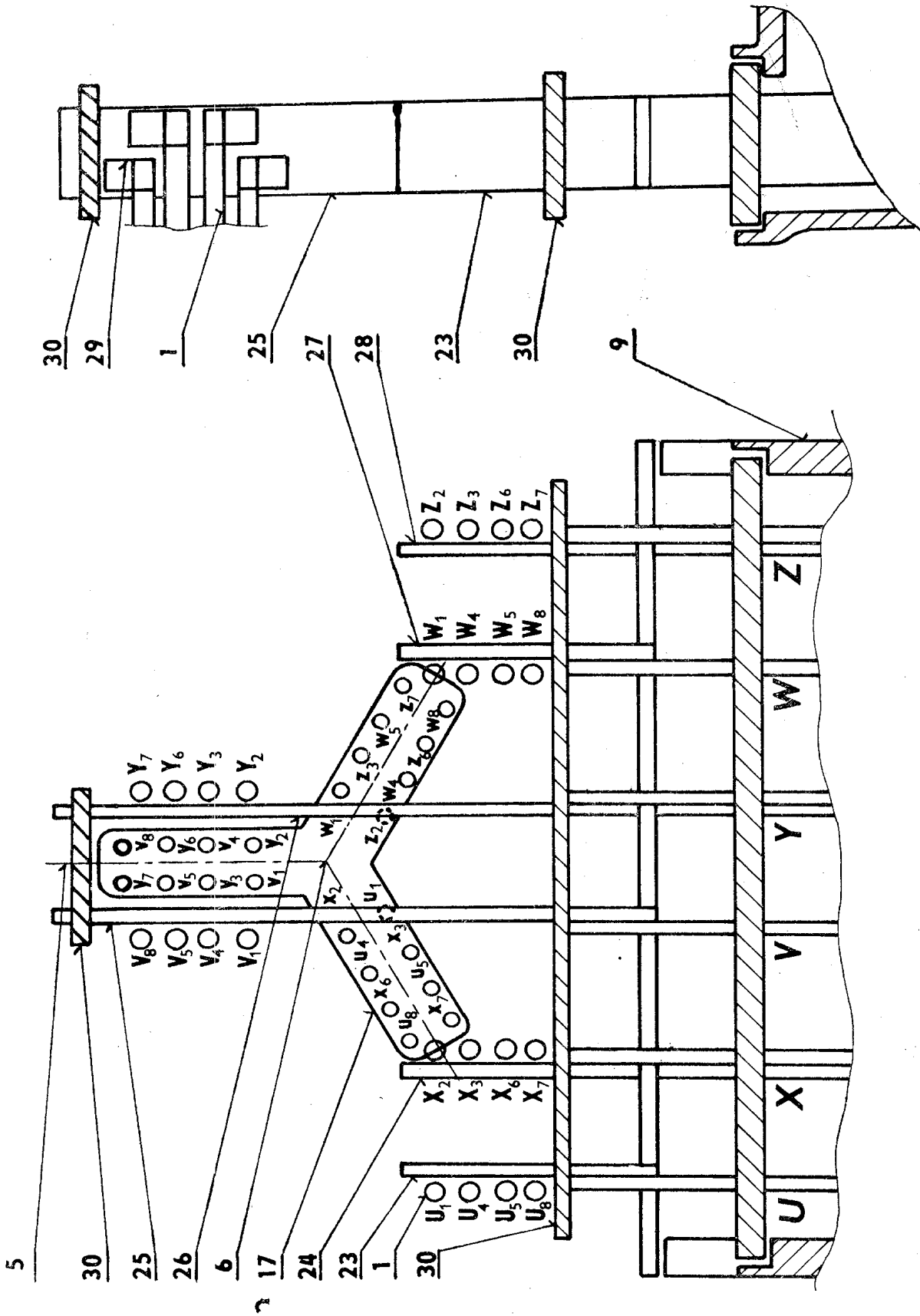
7. Trojfázový výkonový obvod podľa bodov 1 až 4 vyznačujúci sa tým, že výkonové vodiče (1) majú svoju dlhšiu stranu obdĺžnikového prierezu (2) rovnobežnú s osiami (8).



Obr. 1a

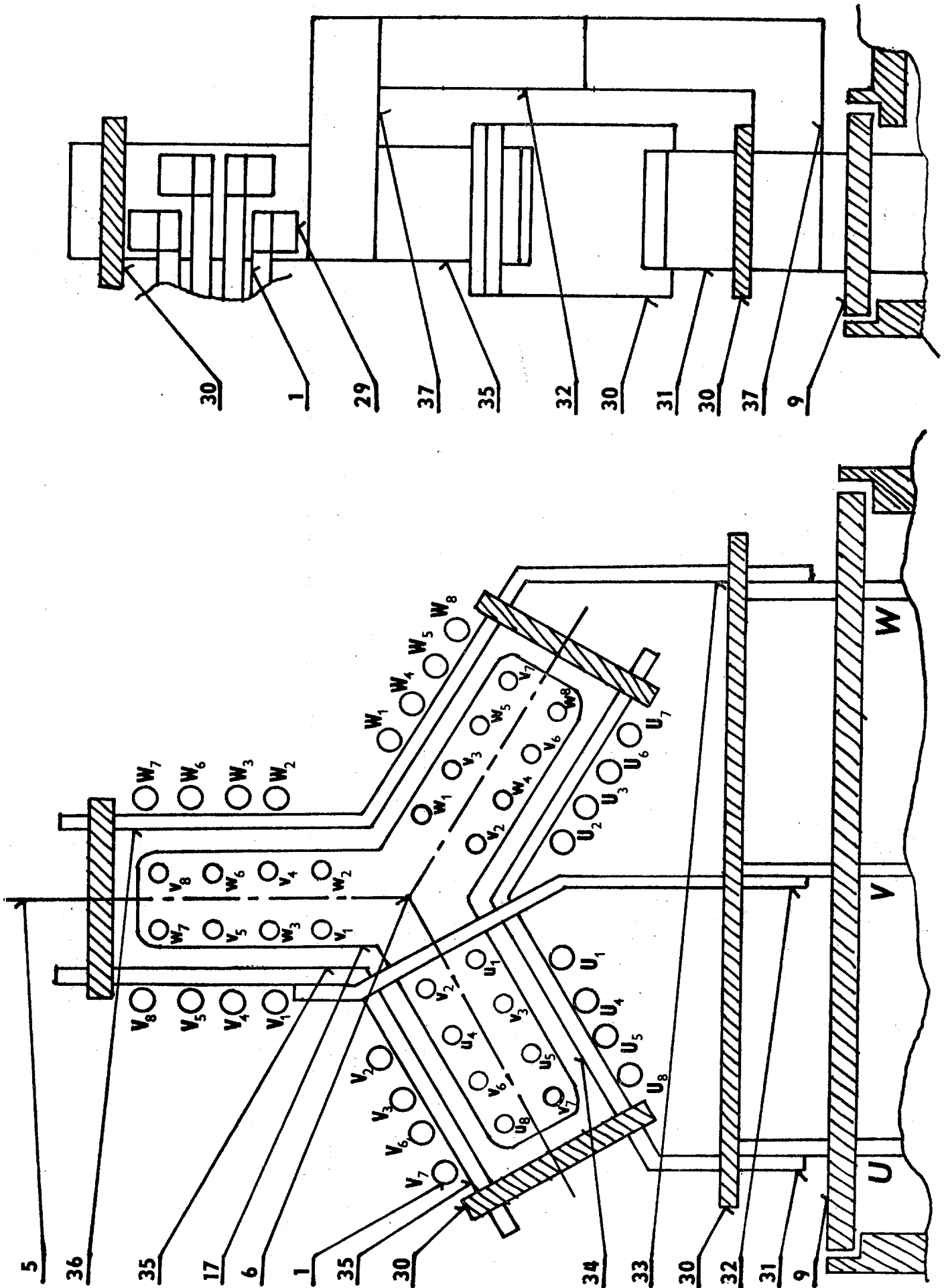
Obr. 1b

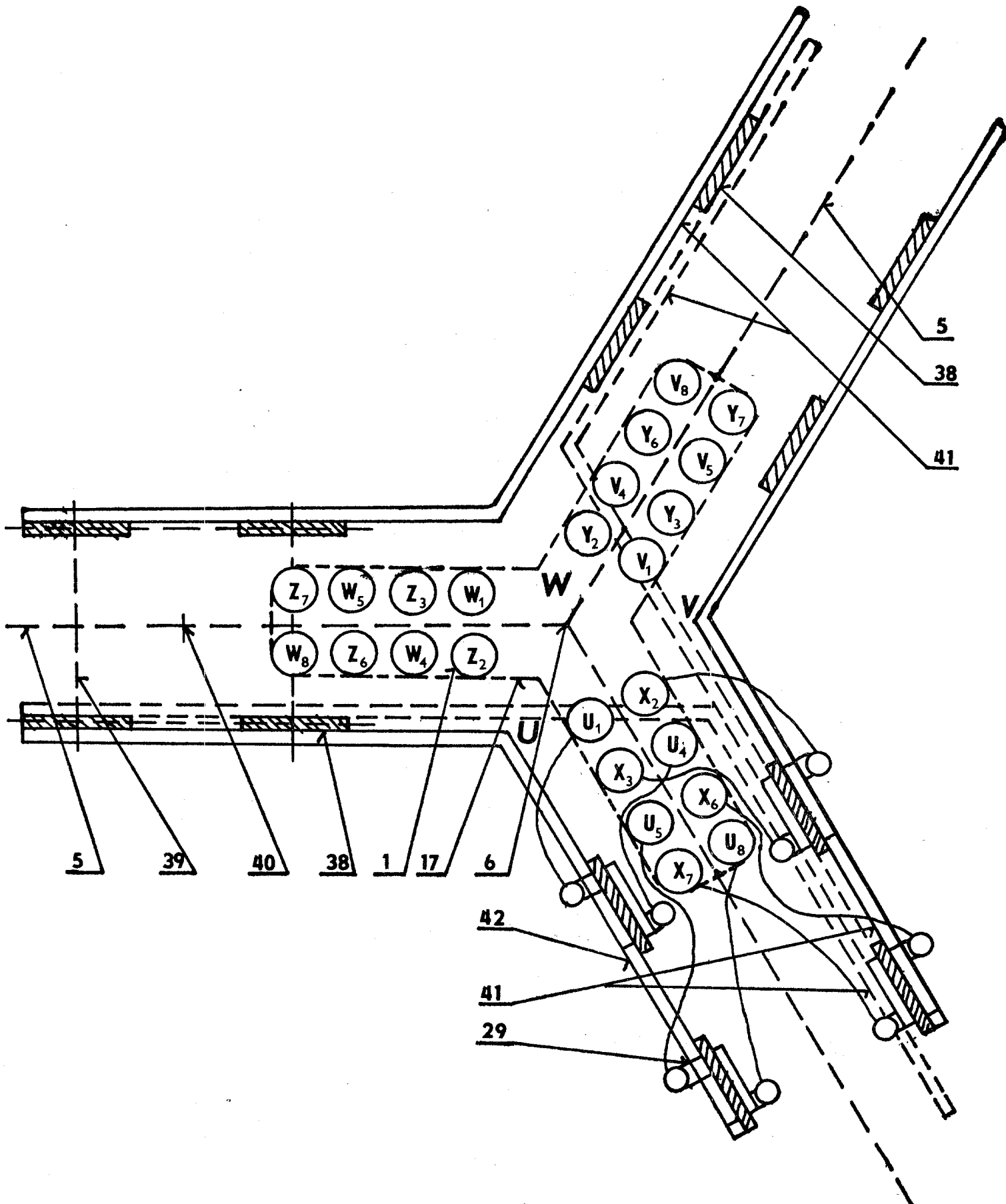




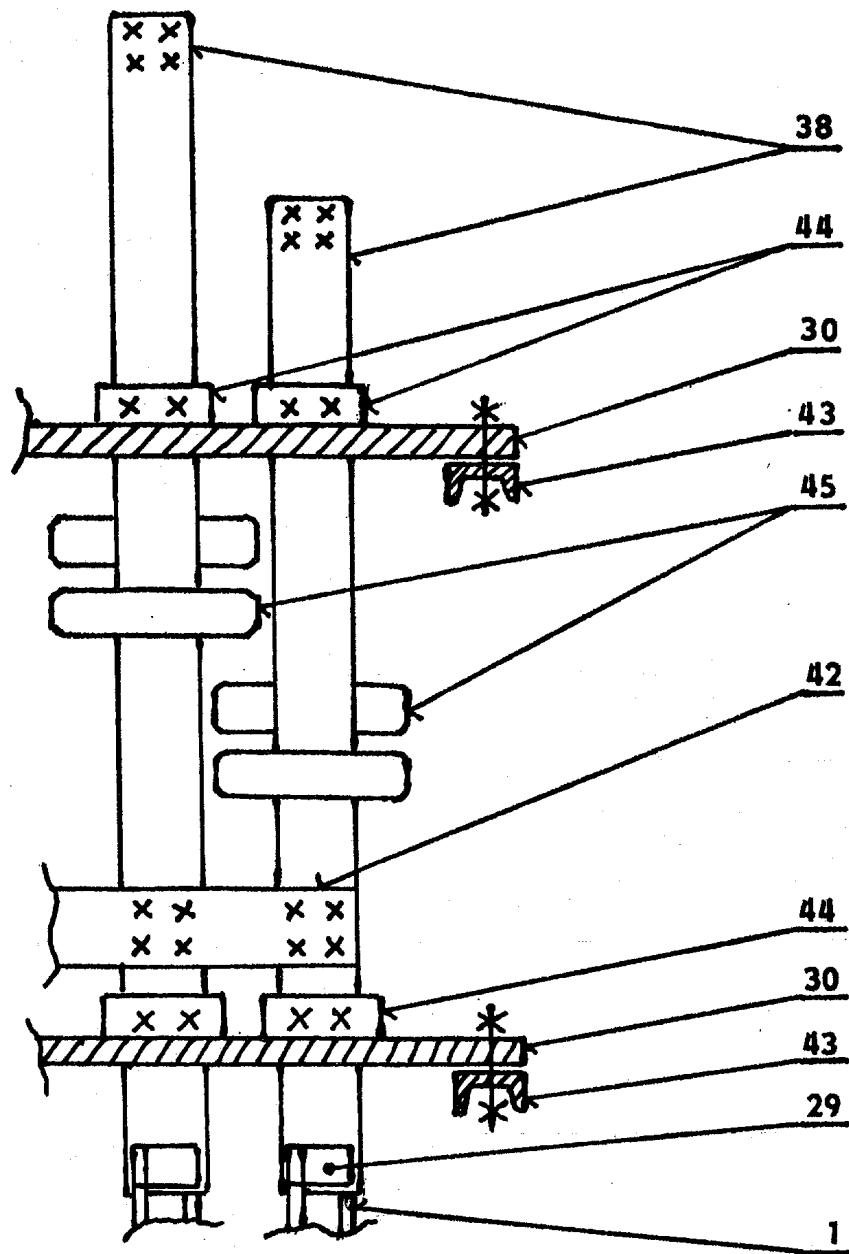
Obr. 3b

Obr. 3a

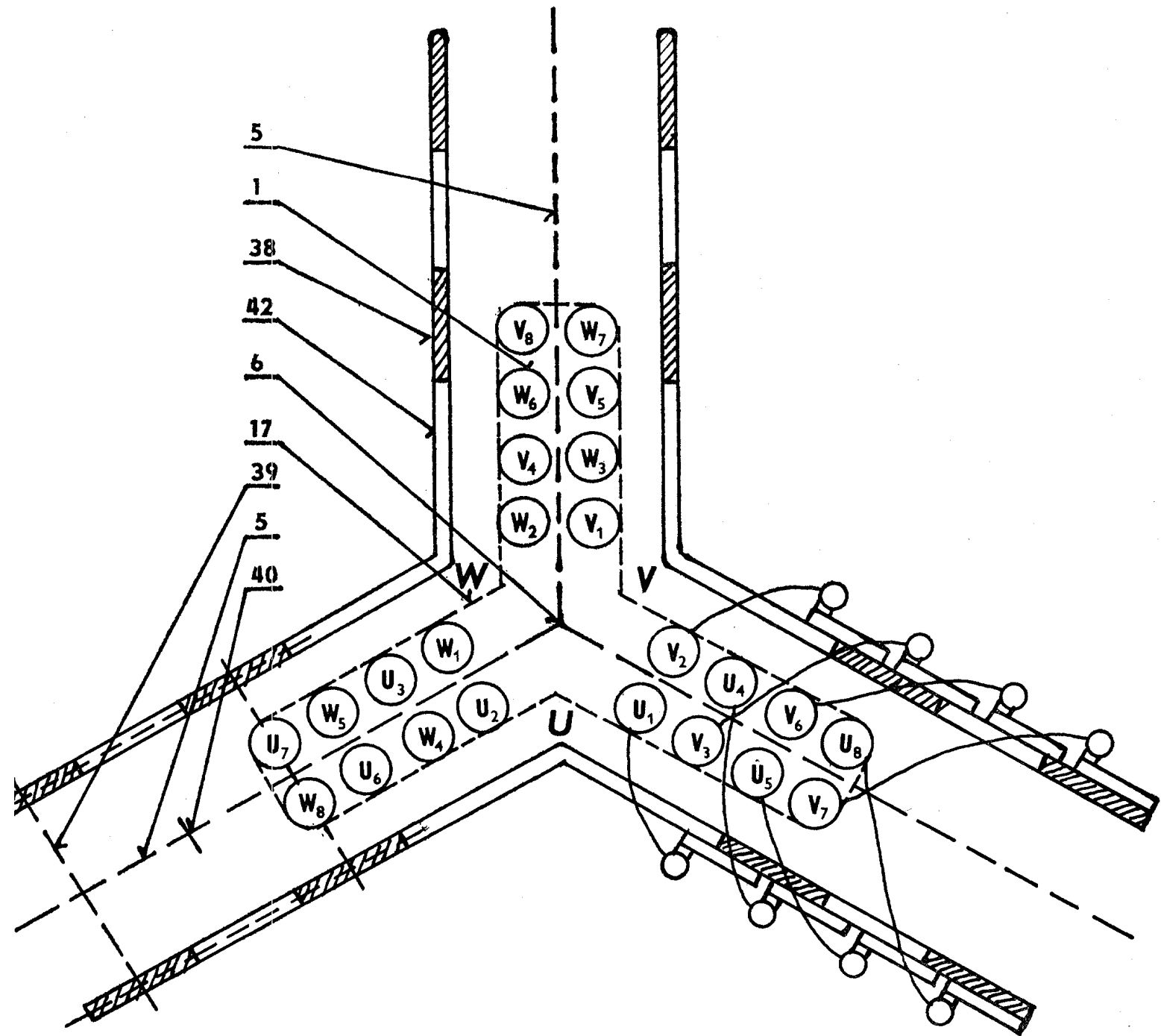




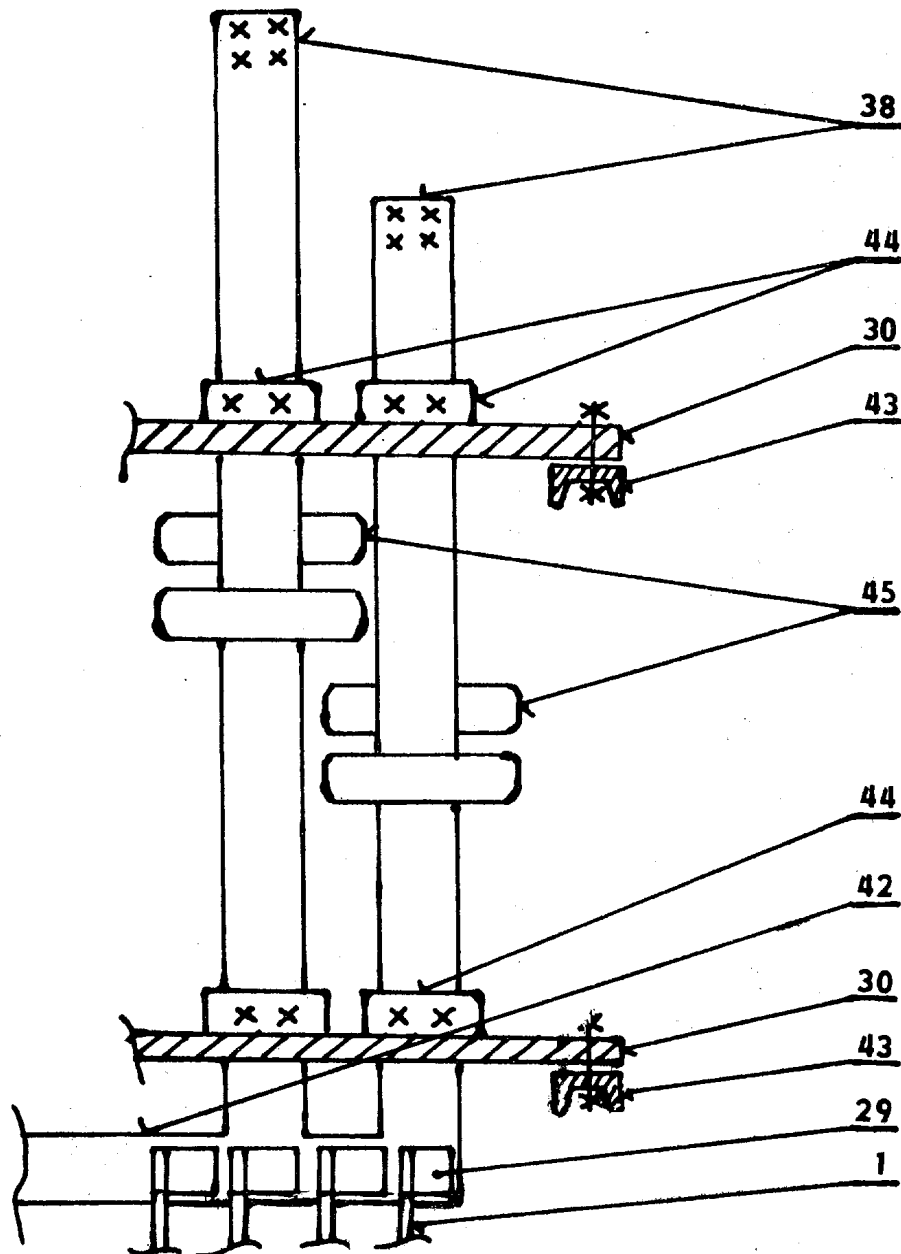
Obr: 5



Obr. 6



Obr. 7



Obr. 8