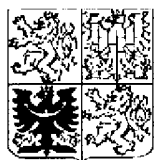


PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **04. 09. 96**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **16. 06. 99**
(Věstník č. 6/99)

(86) PCT číslo: **PCT/FR96/01353**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 98/10445**

(21) Číslo dokumentu:

765-99

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

H 01 F 27/32

(71) Přihlášovatel:

SCHNEIDER ELECTRIC SA, Boulogne
Billancourt, FR;

(72) Původce:

Louyot Brigitte, Marly, FR;
Wild Jacques, Metz, FR;

(74) Zástupce:

Všetečka Miloš JUDr., Hálkova 2, Praha 2,
12000;

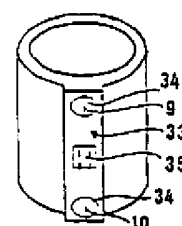
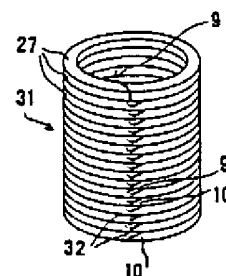
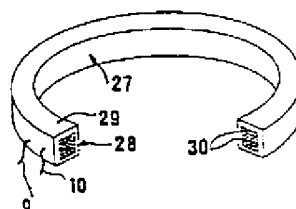
(54) Název přihlášky vynálezu:

**Středně nebo vysokonapěťové vinutí pro
vzduchové transformátory**

(57) Anotace:

Středně /nebo vysoko/ napěťové vinutí pro vzduchové elektrické transformátory podle navrhovaného řešení je vytvořené stohováním samostatných cívek /27/, navzájem spřažených a elektricky spojených do sériového uspořádání. Každá samostatná cívka /27/ je tvořená kovovým elektrickým vodičem /2/ s dielektrickým oláštěním /3/, navinutým do sériových závitů /30/, uspořádaných do na sobě uložených podélně nebo radiálně orientovaných vrstev /6, 7/, následně zapouzdřených do hmoty elektricky nevodivého plastického materiálu /29/, ze kterého vně vystupují vstupní/výstupní přípojovací koncovky /9, 10/. Počet vrstev /6, 7/ závitů /30/ pro jakékoliv dané elektrické napětí, aplikované mezi přípojovacími koncovkami /9, 10/, se volí tak, aby hodnota napětí mezi dvěma navzájem přilehlými, elektricky v největší vzálenosti od sebe uspořádanými závity /22, 32/ ve dvou sousedních vrstvách /6, 7/ nepřekračovala hodnotu průrazného napětí /Td/, odvozenou z Paschenova zákona pro vzuch. V alternativním provedení se počet

vrstev /6, 7/ závitů /30/ alespoň shoduje nebo je dvakrát větší než poměr hodnoty "U" ko hodnotě "u", zaokrouhlený směrem nahoru na první vyšší celé číslo, kde "u" odpovídá hodnotě průrazného napětí /Td/, a "U" představuje každé předem stanovené elektrické napětí, které se bude aplikovat mezi přípojovací koncovky.



STŘEDNĚ NEBO VYSOKONAPĚŤOVÉ VINUTÍ PRO VZDUCHOVÉ TRANSFORMÁTORY

Oblast techniky

Předložený vynález se týká vzduchových transformátorů pro přenos elektrické energie. Přesně řečeno se tento vynález týká vytvoření "středně nebo vysokonapěťového" vinutí, kterým je takové zařízení opatřené.

Dosavadní stav techniky

Taková "středně nebo vysokonapěťová" vinutí, tvořící primární vinutí distribučních transformátorů, tj. transformátorů, které jsou navrženy a určeny pro zatěžování vstupním napětím o velikosti 20 000 voltů na fázi a více, jsou obvykle vytvořené z kovového vodiče, opatřené dielektrickým opláštěním (kterým je zpravidla smaltovaný povlak) a navinuté do sériových závitů.

Obecně se rozlišují dva typy navíjení cívek, přičemž konstrukce obou uvedených typů se provádí na vzduchu.

Častěji používaný typ spočívá v navíjení závitů do vedle sebe uložených, koncentricky uspořádaných pásů nebo vrstev válcové konfigurace, rozkládajících se podélně vzhledem k orientaci osy cívky. Tento postup, ovlivněný v textilním průmyslu běžně používanou technologií "navíjení", se provádí tak, že po uložení kovového vodiče do trakce se

vodič navíjí na nosnou kostru do navzájem těsně přilehlých závitů rovnoměrně vyváženým pohybem "dopředu a zpět", uskutečňovaným v jednom směru, za vytvoření vrstvy závitů.

Druhý technologický postup spočívá v navíjení závitů do na sobě uložených plochých kotoučů, z nichž každý se rozkládá spirálovitě v radiálním směru. Tento postup, podrobně popsany zejména v patentovém spisu EP 0018446, podaném přihlašovatelem, spočívá v synchronizaci intenzity přivádění elektrického vodiče do ukládací schránky působením účinku jeho vlastní hmotnosti s rychlostí otáčení této schránky. Při tom dochází k ukládání elektrického vodiče rovnoměrně vyváženým pohybem "dopředu a zpět", uskutečňovaným v jednom směru, za vytvoření vrstvy závitů.

V oblasti techniky, týkající se vzduchových transformátorů, zahrnutých v předloženém vynálezu, tj. transformátorů ochlazovaných vzduchem, se po ukončení navíjení takto vytvořená cívka obvykle zapouští do lisovaného elektricky nevodivého pryskyřičného bloku, ze kterého vystupují vně pouze příslušné konce vodičů, které budou tvořit vstupní/výstupní připojovací koncovky cívky. Úkolem tohoto pryskyřičného pláště, kromě toho, že vinutí poskytuje mechanickou pevnost, je zajistit izolaci jednotlivých závitů elektrického vodiče vůči sobě navzájem.

Každá konfigurace vinutí, osvojená na základě způsobu navíjení, a to buďto navíjení do radiálních plochých kotoučů nebo navíjení do podélných vrstev, však neřeší, bohužel, vyhovujícím způsobem problém, spočívající v požadavku penetrace dielektrického materiálu do vinutí za účelem opláštění každého jednotlivého závitu vinutí. Lisovaný plastický materiál vykazuje ve skutečnosti menší

obtížnost při obalování svazku závitů, uspořádaných po navíjení uvnitř vinutí.

Každá konfigurace vinutí, osvojená na základě způsobu navíjení, a to buďto navíjení do radiálních plochých kotoučů nebo navíjení do podélných vrstev, bohužel neřeší dostatečně vyhovujícím způsobem problém, spočívající v požadavku penetrace dielektrického materiálu do vinutí za účelem opláštění každého jednotlivého závitu vinutí. Lisovaný plastický materiál vykazuje ve skutečnosti menší obtížnost při obalování svazku závitů zvnějšku než při zaujímání prostorů mezi jednotlivými závity, vytvořenými během jejich navíjení a nacházejících se uvnitř vinutí.

Podstata vynálezu

Cílem předloženého vynálezu je navrhnout vyhovující řešení shora popsaného problému.

Z tohoto důvodu je cílem předloženého vynálezu vytvoření středně nebo vysokonapěťového vinutí pro vzduchové elektrické transformátory, vyznačujícího se tím, že je vytvořené stohováním samostatných cívek, napevno spřažených a elektricky, prostřednictvím svých připojovacích koncovek, navzájem spojených do sériového uspořádání, přičemž každá samostatná cívka je tvořena kovovým elektrickým vodičem, opatřeným dielektrickým opláštěním a na vzduchu navinutým do množství sériových závitů, uspořádaných do na sobě uložených podélně nebo radiálně orientovaných vrstev, následně zapouzdřených do hmoty elektricky nevodivého plastického materiálu, ze kterého vně vystupují vstupní/výstupní připojovací koncovky, a že počet vrstev závitů pro jakékoliv

dané elektrické napětí, aplikované mezi připojovacími koncovkami, se volí tak, aby hodnota napětí mezi dvěma navzájem přilehlými, elektricky v největší vzdálenosti od sebe uspořádanými závitů ve dvou sousedních vrstvách, kterou je možné přivádět na opláštěný vodič, nepřekračovala hodnotu průrazného napětí T_d , odvozenou z Paschenova zákona pro vzduch.

Ekvivalentní význam jako citovaný Paschenův zákon mají pro účely vymezení a definování předloženého vynálezu na jeho teoretickém základě sestrojené křivky, znázorněné na obr. 2 připojené výkresové dokumentace, udávající hodnoty elektrického napětí mezi dvěma navzájem přilehlými závitů vinutí pro účely eliminace možného výskytu jevu parciálního vybíjení vytvářením elektrického oblouku mezi závitů v závislosti na tloušťce izolačního opláštění vodiče.

Předložený vynález je založený na zjištění skutečnosti, že Paschenův zákon je aplikovatelný pro řešení tohoto specifického případu a na jeho základě je možné stanovit výchozí bod pro konkrétní odpovědi na řešený problém.

Připomeňme, že Paschenův zákon, objevený a zavedený do praxe na konci minulého století, dokazuje, že průrazné napětí mezi dvěma tělesy, nabitými různými elektrickými potenciály, v daném plynném prostředí, například vzduchu, je plynulou funkcí výrobku a je závislé na vzdálenosti, oddělující od sebe jednotlivé vodiče, a tlaku okolního prostředí. Pokud existuje požadavek na podrobnější informace, nechť příslušný uživatel obrátí svou pozornost na články nebo publikace, pojednávající o řešeném problému, například stať Pierra Segura, uvedenou v publikaci "Strojírenské technologie", pod názvem "Izolační plyny",

D2350-4 až 7, nebo paragraf 9.5 studie Roberta Fourniera o názvu "Izolátory v elektrotechnice - Koncepce a teorie", vydané nakladatelstvím Eyrolles Paris. Kromě toho by mělo být poznamenáno, že aplikace Paschenova zákona při konstrukci vzduchových transformátorů byla již uvažována a využita asi před šesti lety (viz US 4496926), na jehož základě se doporučuje udržování tlaku pryskyřičného materiálu zapouzdření, například prostřednictvím lisování pod tlakem, za účelem dosahování vyšších průrazných napětí ve vinutí.

Pro účely řešení existujícího problému se podle předloženého vynálezu shora zmiňovaný Paschenův zákon pro vzduch aplikuje sice na případ vodiče, navíjeného ve vzduchovém prostředí, tento vodič je však opatřený dielektrickým opláštěním, na jehož základě se při aplikaci uvedeného zákona uskutečňuje konstrukce diagramu křivek, znázorněného na obr. 2, reprezentujícího hodnoty průrazného napětí mezi navzájem přilehlými závity v závislosti na tloušťce dielektrického opláštění, přičemž charakteristickou veličinou, použitou pro jejich konstrukci je tlak vzduchu, nacházejícího se v mrtvých prostorech mezi jednotlivými závity cívky.

Z uvedeného důvodu musí být zřejmé, že předložený vynález bude, spíše než se snažit o vyplnění tohoto mrtvého prostoru, vytvořeného mezi jednotlivými závity cívky, vstřikováním dielektrického materiálu, vymezovat a charakterizovat podmínky navíjení, umožňující fyzickou přítomnost vzduchu v těchto mrtvých prostorech tak, aby uvnitř elektrického vinutí, které v obou uvedených případech tvoří vinutí transformátorů, určených pro zatěžování napětím

několika desítek tisíc voltů na fázi, plnil mnohem účinnější roli dielektrika než vstřikovaný materiál.

Díky jednoduchému zapouzdření vinutí prostřednictvím izolačního plastického materiálu pak již neexistuje žádné riziko, které by omezovalo rozsah použití.

Podle přednostního provedení předloženého vynálezu, vykazuje sestava závitů v kolmém průřezu obecně čtvercový nebo protažený obdélníkový tvar. Takto, předložený vynález představuje obzvlášť významnou výhodu, spočívající v použitelnosti takové sestavy pro konstrukci primárních vinutí vzduchových transformátoru variabilních velikostí prostřednictvím stohování standardních samostatných cívek na sebe, následně spojených do sériového uspořádání s tím, že jejich počet bude záviset na úrovni elektrického napětí, které se má přivádět na připojovací koncovky primárního vinutí. Nezbytná nutnost výroby stavebnicových modulů, které by v elektrotechnickém průmyslu, jakož i ve všech ostatních zpracovatelských průmyslových odvětvích, umožnily dosahování větší flexibility v organizaci skladového hospodářství a zásobování, a současně i snížení potřebného výrobního času, přetrvává do současnosti.

Přehled obrázků na výkresech

Předložený vynález, jeho další charakteristické znaky bude a dosahované výhody se stanou zřejmými na základě následujícího podrobného popisu konkrétních příkladů provedení v kombinaci s připojenou výkresovou dokumentací, ve které představuje:

- obr. 1 ukázkou Paschenovy křivky pro vzduch, převzatou ze shora zmiňované studie R. Fourniera a zařazenou z čistě dokumentárních účelů;
- obr. 2 diagram závislosti průrazného napětí mezi dvěma přilehlými závitů, nacházející se v kontaktu se vzduchem, na tloušťce dielektrického opláštění, obklopujícího kovový vodič, ze kterého jsou vytvořené závity, a tlaku vzduchu;
- obr. 3a schematické znázornění vinutí, vytvořeného navíjením závitů do podélných vrstev;
- obr. 3b schematické znázornění vinutí, vytvořeného navíjením závitů do radiálních vrstev;
- obr. 4 v pěti pohledech 4a až 4e pět po sobě postupně jdoucích kroků vytváření samostatné cívky v souladu s předloženým vynálezem a stohování těchto samostatných cívek do "středně napětového" vinutí, navrhovaného jako součást vícefázových vzduchových transformátorů.

Příklady provedení vynálezu

Křivka, znázorněná na obr. 1, názorně ukazuje, že pro dané okolní prostředí, v tomto případě vzduch, je průrazné napětí U_d výhradně funkcí součinu $d \cdot p$, kde d je vzdálenost, o kterou jsou od sebe oddělená dvě tělesa zatížená různým elektrickým napětím, a p je tlak vzduchu, nacházejícího se mezi nimi.

V souvislosti s uvedeným by mělo být poznamenáno, že tato vzájemná relace se nebere na zřetel v případě existence velmi nízkých nebo velmi vysokých hodnot součinu $d \cdot p$. V rozmezí platnosti tohoto součinu (to je přibližně v rozmezí od 3×10^{-3} do 2×10^2 bar.mm [od 3×10^{-8} do 2×10^{-3} Pa.mm]) se průrazné napětí U_d se vzrůstající vzdáleností (a/nebo tlakem) rovnoměrně zvyšuje, s výjimkou nízkých hodnot součinu $d \cdot p$ (tj. hodnot menších než 8×10^{-3}) při kterých se objevuje existence inverzního jevu. Tato křivka, jejíž vzhled je zde znázorněný zcela obecně pro jakoukoliv Paschenovu křivku, ukazuje, že průrazné napětí U_d vždy, před narůstáním v závislosti na součinu $d \cdot p$, prochází nejdříve rychle dosaženým minimem.

Závěrem, vyvozeným z tohoto pozorování v souladu s předloženým vynálezem, je skutečnost, že v případě indukčního vinutí vytvořeného z opláštěného vodiče, navinutého do závitů, nacházejících se ve vzájemném kontaktu, musí být maximální přípustné napětí mezi jednotlivými závity z důvodu eliminace výskytu jevu parciálního vybíjení nižší než minimum dané Paschenovou křivkou, přičemž se musí vždy, v okamžiku, kdy přechází skrze povrchovou plochu vodiče do prostoru mezi jednotlivými závity ve směru pohybu od bodu vzájemného kontaktu, nacházet na vzestupné části této křivky, a z uvedeného důvodu takovým způsobem, aby se vždy nacházelo v poloze, ve které může průrazné napětí U_d v závislosti na zvětšující se vzdálenosti mezi jednotlivými vodiči, pouze narůstat.

Popsaným způsobem, pro dielektrické opláštění elektrického vodiče dané povahy a tloušťky, je možné determinovat počet vrstev závitů, požadovaný pro vinutí z

nich vytvořené tak, aby bylo schopné odolávat působení daného napětí.

Jinak řečeno, hodnotu maximálního napětí, které se může aplikovat na konce takového vinutí, je možné nastavovat prostřednictvím volby počtu vrstev závitů, tvořících toto vinutí. Vinutí, vhodná pro použití při zatěžování jakkoli vysokým elektrickým napětím, mohou být pak podle požadavku vytvořena prostřednictvím snadno proveditelného stohování jednotlivých standardních cívek, zkonstruovaných na základě popsaného uspořádání. Je třeba vzít na vědomí, že je naprosto nezbytné zajistit, aby takové uspořádání zůstávalo "studené", tj. vykazovalo teplotu okolní místnosti, z důvodu jeho udržování ve stavu, ve kterém může vlivem zatížení vinutí elektrickým proudem docházet pouze ke zvyšování tlaku, nacházejícího se v prostorech mezi jednotlivými závity.

Právě řečená skutečnost je prostřednictvím skupiny křivek, znázorněných na obr. 2, převedená na schematické grafické vyjádření. Tyto křivky, jejichž základním parametrem je tlak vzduchu, zaujímajícího prostor mezi jednotlivými závity, reprezentují hodnoty průrazného napětí T_d (ve voltech) jako funkce vzdálenosti " E_p ", oddělující dva kovové vodiče, z nichž každý je opatřený identickým, běžně používaným dielektrickým smaltovaným povlakem, uspořádané ve vzájemném kontaktu. Jinak řečeno, vzdálenost " E_p " takto představuje dvojnásobek tloušťky dielektrického opláštění vodiče vinutí cívk.

Z uvedeného může být například seznatelné, že v případě, kdy je hodnota tlaku vzduchu v prázdných prostorech mezi jednotlivými závity vinutí 0,2 baru [$0,2 \cdot 10^5$ Pa] nebo v

jakémkoliv jiném případě, kdy tato hodnota nepoklesne pod uvedenou hodnotu, a za předpokladu, že napětí mezi těmito závity nepřekročí hodnotu 550 voltů a tloušťka smaltovaného opláštění je 0,15 mm nebo větší (viz bod A), neexistuje žádné riziko výskytu parciálního vybíjení mezi navzájem přilehlými závity. Další příkladem je případ, kdy při tloušťce dielektrického smaltovaného opláštění 0,025 mm neexistuje žádné riziko výskytu parciálního vybíjení v prostoru mezi jednotlivými závity při tlaku 0,5 baru [$0,5 \times 10^{-5}$ Pa] a za předpokladu, že napětí T_d mezi navzájem přilehlými závity nepřekročí hodnotu 400 voltů (viz bod B), nebo hodnotu napětí 330 voltů při tlaku 0,2 baru [$0,2 \times 10^{-5}$ Pa] (viz bod C). Při tlaku 0,2 baru [$0,2 \times 10^{-5}$ Pa] se pak totožná hodnota průrazného napětí, tj. 400 voltů, dosáhne při tloušťce smaltovaného opláštění 0,06 mm (viz bod D).

Uvažovaným tlakem je zde absolutní tlak, přičemž tento tlak, působící v prostoru mezi jednotlivými závity, je během ochlazovací fáze obvykle negativní a při následném opětovném spuštění transformátoru tento stav podtlaku pokračuje až do té doby, dokud není dosažena provozní teplota. Uváděným napětím T_d je efektivní hodnota napětí (rms napětí), zatímco uváděným napětím U_d , viz obr. 1, je napětí udávané ve vrcholových hodnotách.

Obr. 3a a 3b schematicky naznačují dva způsoby navíjení a to, v uvedeném pořadí, navíjení závitů v podélných vrstvách a navíjení závitů v plochých radiálních vrstvách, a slouží pro účely názorného příkladu jednoduchosti uskutečňování předloženého vynálezu. Na uvedených obrázcích jsou identické konstrukční prvky označené stejnými vztahovými značkami.

Na obou obrázcích je znázorněná válcová cívka s osou X otáčení v částečném axonometrickém pohledu shora a v axiálním příčném řezu, přičemž je z takto vytvořeného kolmého průřezu přímo seznatelné příslušné uspořádání závitů, tvořících elektrické vinutí.

Vinutí 1, znázorněné na obr. 3a, se získá vytvořením ze skladového flexibilního elektrického vodiče 2 kruhového průřezu, opatřeného dielektrickým smaltovaným opláštěním 3 obvyklé jakosti. Tento elektrický vodič se navíjí kolem osy X otáčení na kostru 4 vinutí do závitů, uspořádaných v koncentrických podélných vrstvách. Po montážním připevnění prvního závitu 5 ke kostře 4 vinutí na jednom z jejích konců pokračuje navíjení následujících závitů ve směru naznačeném prostřednictvím šipky F_y až ke druhému konci kostry vinutí ve spirálovité trajektorii s velmi malým stoupáním, které se shoduje s průměrem vodiče. Takto se vytvoří první podélná vrstva 6 těsně vedle sebe uspořádaných závitů, přičemž se vodič udržuje v napnutém stavu a způsobuje takto otáčení kostry 4 kolem vlastní osy X . Druhá vrstva 7 se vytvoří stejným způsobem, avšak při opačném směru navíjení, který je naznačený prostřednictvím šipky $F_{y'}$. Při navíjení takto dochází k vytváření těsně vedle sebe uspořádaných závitů prostřednictvím rovnoměrného pohybu "dopředu a zpět" vzhledem k ose X , přičemž se při každém průchodu v jednom směru získá vždy jedna podélná vrstva, pravidelně se střídající s protilehle uspořádanou předcházející vrstvou.

Takto se, navíjením kolem osy X , vytvoří svazek vedle sebe uložených, koncentrických podélných vrstev. Poslední závit 8 vinutí spolu s prvním závitem 5 tvoří svými vně z vinutí vystupujícími konci vstupní/výstupní připojovací koncovky 9, 10.

Vinutí 11, znázorněné na obr. 3b, se získá podobným způsobem s tím, že navíjení elektrického vodiče se uskutečňuje do plochých radiálních vrstev 13, uložených na sobě. Tyto vrstvy, neboli ploché kotouče, se vytvoří při ukládání elektrického vodiče 2 do závitů prostřednictvím pohybu, který probíhá rovněž ve smyslu "dopředu a zpět", avšak v tomto případě je orientovaný kolmo na osu X. Nosná deska 12 je pro tyto účely opatřena čelními přírubami 14 a 15, které slouží pro boční vymezení svazku na sobě uložených plochých kotoučů 13, a otáčí se kolem uvedené osy X.

Elektrický vodič 2 se při tomto způsobu navíjení nenachází v napnutém stavu, ale je vystavený jen a pouze působení své vlastní hmotnosti, a rychlost otáčení nosné desky 12 se nepřetržitě nastavuje v závislosti na rychlosti přivádění vodiče tak, aby se ukládání závitů uskutečňovalo v požadované radiální poloze plochého kotouče ve svazku. Automatizovaný systém, umožňující průmyslovou výrobu vinutí tímto způsobem navíjení, je popsán v již shora zmiňovaném patentovém spisu EP 0081446.

Při každém průchodu se vytváří závit, rozkládající se v radiálním směru. Vyplňování prostoru vyhrazeného pro vinutí se uskutečňuje odspodu. Jak je znázorněno na zmiňovaném obrázku, první plochý kotouč 17 se začíná vytvářet od prvního vnitřního závitu 16, uspořádaného proti vnitřní čelní přírubě 14 a následně se rozkládá radiálně v odstředivé orientaci, naznačené prostřednictvím šipky Fh, až do dosažení úrovně vnější čelní příruby 15. Druhý plochý kotouč 18 se pak vytváří na prvním plochem kotouči v dostředivé orientaci až do dosažení vnitřní čelní příruby 14, načež tento proces pokračuje až do vytvoření posledního

závitu 19, vystupujícího svým koncem vně mimo vinutí, podobně jako konec prvního závitu 16, přičemž tyto konce společně tvoří vstupní/výstupní připojovací koncovky 20 a 21 vinutí.

V případě navíjení koncentrických podélných vrstev podle obr. 3a, stejně tak jako v případě navíjení radiálních vrstev podle obr. 3b, se po ukončení navíjení takto vytvořená vinutí uloží do formy, do které se pak vstřikuje polymerní materiál, vykazující izolační schopnostmi vůči elektrické energii. Tímto polymerem může být například teplem tvrditelný plastický materiál, takový jako je epoxidová pryskyřice, vytvrditelná teplem za přítomnosti anhydridů, nebo teplem tvárný plastický materiál, takový jako je polyamid nebo akrylová pryskyřice. Elektrické vinutí se tímto způsobem zapouzdří do elektricky nevodivého polymerního pláště, ze kterého vně vystupují pouze neizolované připojovací koncovky 9, 10 a 20, 21.

V případě obou uvažovaných způsobů navíjení takto vytvořené závity přesto, že se po navinutí nacházejí v těsném uspořádání, vymezují mezi sebou zcela nevyhnutelně mrtvé prostory 26. Velký počet těchto mrtvých prostorů zůstává částečně nebo úplně bez přítomnosti dielektrického materiálu, což je způsobené neschopností tohoto materiálu v důsledku kompaktnosti vytvořeného vinutí proniknout do uvedených prostorů během jeho vstřikování.

V souladu s Paschenovým zákonem nesmí být žádný ze dvou navzájem přilehlých závitů opatřený dielektrickým opláštěním 3, které vykazuje tloušťku menší než je požadovaná daná hodnota, stanovená na základě křivek, znázorněných na obr. 2, pro předem určené elektrické napětí, které se má přivádět

na připojovací koncovky. V opačném případě existuje možnost výskytu parciálního vybíjení. Uvedený požadavek je naprosto striktní pro dva navzájem přilehlé, elektricky od sebe nejvíce vzdálené závity, uspořádané ve dvou sousedních vrstvách (rozdíl potenciálu je v tomto případě největší), což jinak řečeno představuje takové závity, které jsou umístěné na začátku a na konci dvou navzájem přilehlých vrstev.

Příkladem takových dvou závitů je dvojice závitů, označená na obr. 3a vztahovými značkami 22, 23 a na obr. 3b vztahovými značkami 24, 25.

Kromě toho, napětí u mezi takovou dvojicí závitů je vázané na napětí U , aplikované na vstupní/výstupní připojovací koncovky vinutí 1 nebo 11, v závislosti na počtu $2n$ sousedních vrstev, podle následujícího vztahu:

$$u = U/n.$$

Ze shora uvedeného pak musí být zřejmé, že v souladu s předloženým vynálezem je možné eliminovat jakékoliv riziko výskytu parciálního vybíjení v mrtvých prostorech 26 mezi jednotlivými závity, je-li pro každé napětí U , aplikované na vinutí, počet vrstev závitů, tvořících toto vinutí, stanovený tak, že napětí u mezi dvěma navzájem přilehlými, avšak elektricky od sebe nejvíce vzdálenými závity, uspořádanými ve dvou sousedních vrstvách, nepřekračuje hodnotu T_d , která by mohla být na svorky přiváděná na základě aplikace Paschenova zákona pro vzduchové prostředí.

Jinak řečeno to znamená, že počet vrstev musí být alespoň shodný nebo dvakrát větší než hodnota poměru U/u , zaokrouhlená směrem nahoru na první vyšší celé číslo.

S odvoláním na obr. 4a až 4e je, jak již bylo uvedeno shora, znázorněno pět po sobě postupně jdoucích kroků vytváření samostatné cívky v souladu s předloženým vynálezem a stohování těchto samostatných cívek do "středně napětového" vinutí, navrhovaného jako součást vícefázových vzduchových transformátorů.

Ve skutečnosti vykazuje cívka 27 tvar prstence se čtvercovým nebo protaženým obdélníkovým průřezem, tj. průřezem, jehož délka značně přesahuje trojnásobek jeho šířky. Tato samostatná cívka 27, tvořící vinutí "středního napětí" nebo "vysokého napětí" pro vzduchový transformátor, se získá následujícím způsobem:

- Obr. 4a:

Flexibilní měděný nebo hliníkový vodič 2, opatřený smaltovaným opláštěním, se nejprve navine do závitů 30 (například 200 až 300 závitů) za vytvoření prstence 28. Navíjení se provádí například do "koncentrických podélných vrstev", popsanych v souvislosti s obr. 3a. Pokud je to žádoucí, zpevňuje se takto vytvořený prstenec prostřednictvím impregnace kličem, což ve svém důsledku zaručuje jeho určitou minimální mechanickou pevnost.

- Obr. 4b:

Prstenec 28 se umístí do formy (není znázorněna), do které se následně vstřikuje izolační dielektrická pryskyřice

29, do které bude tento prstenec zapouzdřený v tloušťce několika milimetrů s tím, že se před prováděním této operace zajistí, aby konce vodiče vyčnívaly vně vinutí v dostatečném rozsahu z důvodu vytvoření připojovacích koncovek 9, 10, které budou sloužit pro připojení zdroje napětí. Po ztuhnutí pryskyřice je výroba standardní samostatné cívky 27 u konce.

V souladu s předloženým vynálezem se počet vrstev, kterých je například patnáct, stanovuje tak, aby maximální efektivní hodnota napětí (rms napětí) mezi dvěma navzájem přilehlými a elektricky od sebe nejvíce vzdálenými závitů byla například 350 voltů, což znamená, že tato cívka může pak být použita pro napětí například 2 500 voltů. Tímto způsobem se získá cívka v podstatě čtvercového průřezu s patnácti vrstvami a dvaceti závitů na vrstvu, například, s tím, že uvedenou tvarovou konfiguraci cívek je možné, pokud je to žádoucí, celkem snadno měnit v závislosti na požadovaném elektrickém výkonu. Na základě této skutečnosti se v souladu s předloženým vynálezem zrodila myšlenka, že je výhodné udržovat konfiguraci průřezu cívky obecně čtvercového nebo přibližně čtvercového tvaru (tj. přibližně: délka menší než trojnásobek šířky) a to zejména z důvodu dosažení možnosti použití modulů, jak bude podrobně objasněno dále.

Jak již bylo specifikováno shora, použitou pryskyřicí může být teplem tvrditelný nebo teplem tvárný plastický polymer, který svými vynikajícími elektricky izolačními schopnostmi zajišťuje, že "středně (nebo vysoko) napěťové" vinutí transformátoru bude možné zatěžovat napětím, které běžně dosahuje hodnoty několika desítek tisíc voltů na fázi.

- Obr. 4c:

Vinutí 31 transformátoru, zde znázorněné, se pak získá stohováním samostatných cívek 27 na sebe až do dosažení požadované výšky. Takto vytvořená sestava je pevně spojená pomocí jakýchkoliv pro uvedené účely vhodných prostředků, například lepením. Po zkompletování sestavy se jednotlivé cívky navzájem spojí do sériového uspořádání prostřednictvím malých spojovacích objímek 32, které jsou nakonec sevřením připevněné k připojovacím koncovkám 9, 10.

- Obr. 4d:

Tato oblast vinutí musí pak být, vzhledem k tomu, že spojovací objímky nejsou opatřené izolací, elektricky odizolovaná od zbývajících částí stohu cívek. Toho se dosáhne potažením této oblasti vrstvou pryskyřice, vytvořené nalisováním termoplastické pryskyřičné fólie za tepla.

Válcový stoh samostatných cívek 27 pak takto vykazuje ve výseči o úhlu 10 až 20° podélně ve směru výšky se rozkládající výstupek 33, ze kterého v jeho horní a spodní části vystupují vně připojovací koncovky, tvořící vstupy/výstupy vinutí pro spojení s identickými vinutími dalších fází transformátoru.

Pro tento účel je výhodné kolem těchto vstupních/výstupních připojovacích koncovek obráběním vytvořit malá miskovitá vybrání 34, která budou sloužit k zakrytí konců spojovacích tyčí mezi jednotlivými fázemi. Podobným způsobem je rovněž výhodné v případě, kdy primární vinutí tvoří vinutí středního napětí (transformátor je činný jako snížovací transformátor), vytvořit kolem uprostřed stohu cívek uspořádaných vstupních/výstupních připojovacích

koncovek středové vybrání 35, sloužící obvykle pro účely nastavování transformátoru na napětí, přiváděné z napájecího systému.

- Obr. 4e:

Před vytvářením uvedených různých vybrání je však výhodné, v souladu s přednostním provedením předloženého vynálezu, opatřit stoh cívek povlakovou vrstvou pryskyřice 36 o tloušťce několika milimetrů, vykazující rovnoměrně rozložené, mírně elektricky vodivé vlastnosti, na kterou je připojené uzemnění 37. Tato vrstva, nanášená nástřikem nebo izostatickým lisováním termoplastické pryskyřice za tepla, pro tento případ ve tvaru fólie, tvoří elektrické stínění, které bude umožňovat provoz transformátoru bez nutnosti jeho obklopení vzduchem jako izolátoru. To konkrétně znamená, že takový transformátor je schopný pracovat v exteriéru, bez nutnosti jeho uzavření do odděleného prostoru, což bude ve svém důsledku snižovat celkové náklady a všeobecně usnadňovat provozní činnost a údržbu.

Takto vytvořený primární induktor 38 je připravený pro uložení kolem sekundárního vinutí před vlastní montážní kompletací sestavy kolem sloupce magnetického okruhu transformátoru.

Montážní sestavu vinutí pro transformátory je možné, vzhledem k uvedenému, konstruovat ze samostatných modulů, které tvoří standardní samostatné cívky, upravené pro specifická vstupní napětí. Takto, na základě předpokladu, že induktor 38 je vytvořený z identických cívek 27, je každá z těchto cívek schopná provozu bez rizika průrazu až do napětí 2 500 voltů, což znamená, že například při uspořádání deseti

takových cívek do série je tato sestava schopná provozu s napájecím napětím 25 000 voltů

Vzhledem k uvedenému musí být samozřejmé, že induktory 38 je možné konstruovat i ze standardních samostatných cívek, vykazujících různé charakteristické vlastnosti, například přípustné vstupní napětí, nebo výška cívky. Ze zcela zřejmých praktických důvodů se pro takové sestavy budou upřednostňovat cívky se stejnou šířkou s výjimkou případů, ve kterých se pro určité typy induktorů vyžaduje uspořádání odstupňované vnější stěny.

Rozsah předloženého vynálezu není předcházejícím popisem příkladných provedení žádným způsobem omezen, naopak pokrývá každé další alternativní nebo ekvivalentní řešení, jehož charakteristické znaky jsou ve shodě s připojenými patentovými nároky.

Zastupuje:

Dr. Miloš Všetečka v.r.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Středně nebo vysokonapěťové vinutí pro vzduchové elektrické transformátory, **vyznačující se tím**, že je vytvořené stohováním samostatných cívek (27), napevno spřažených a elektricky, prostřednictvím svých připojovacích koncovek (9, 10), navzájem spojených do sériového uspořádání, přičemž každá samostatná cívka (27) je tvořená kovovým elektrickým vodičem (2), opatřeným dielektrickým opláštěním (3) a na vzduchu navinutým do množství sériových závitů (30), uspořádaných do na sobě uložených podélně nebo radiálně orientovaných vrstev (6, 7), následně zapouzdrěných do hmoty elektricky nevodivého plastického materiálu (29), ze kterého vně vystupují vstupní/výstupní připojovací koncovky (9, 10), a že počet vrstev (6, 7) závitů (30) pro jakékoliv dané elektrické napětí, aplikované mezi připojovacími koncovkami (9, 10), se volí tak, aby hodnota napětí mezi dvěma navzájem přilehlými, elektricky v největší vzdálenosti od sebe uspořádanými závity (22, 23) ve dvou sousedních vrstvách (6, 7), kterou je možné přivádět na opláštěný vodič (2, 3), nepřekračovala hodnotu průrazného napětí (T_d), odvozenou z Paschenova zákona pro vzduch.

2. Středně nebo vysokonapěťové vinutí pro vzduchové elektrické transformátory, **vyznačující se tím**, že je vytvořené stohováním samostatných cívek (27), napevno navzájem spřažených a elektricky, prostřednictvím svých připojovacích koncovek (9, 10), navzájem spojených do sériového uspořádání, přičemž každá samostatná cívka (27) je tvořená kovovým elektrickým vodičem (2), opatřeným dielektrickým opláštěním (3) a na vzduchu navinutým do

množství sériových závitů (30), uspořádaných do na sobě uložených podélně nebo radiálně orientovaných vrstev (6, 7), následně zapouzdřených do hmoty elektricky nevodivého plastického materiálu (29), ze kterého vně vystupují vstupní/výstupní připojovací koncovky (9, 10), a že počet vrstev (6, 7) závitů (30) se alespoň shoduje nebo je dvakrát větší než poměr hodnoty "U" ku hodnotě "u", zaokrouhlený směrem nahoru na první vyšší celé číslo, kde "u" odpovídá hodnotě průrazného napětí (T_d), odečtené z křivek, znázorněných na obrázku 2 a stanovených jako funkce tloušťky průrazného napětí (T_h) dielektrického opláštění (3) vodiče, a "U" představuje každé předem stanovené elektrické napětí, které se bude aplikovat mezi připojovací koncovky.

3. Vinutí podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že jeho závity jsou navinuté v podélných vrstvách (6, 7).

4. Vinutí podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že jeho závity jsou navinuté v radiálních vrstvách (17, 18).

5. Vinutí podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že elektricky nevodivým plastickým materiálem (29) pro zapouzdření je teplem tvrditelný plastický materiál.

6. Vinutí podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že elektricky nevodivým plastickým materiálem (29) pro zapouzdření je teplem tvárný plastický materiál.

7. Vinutí podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že množství závitů (30) tvoří kompaktní sestavu, která

v kolmém průřezu vykazuje obecně čtvercový nebo protažený
obdélníkový tvar.

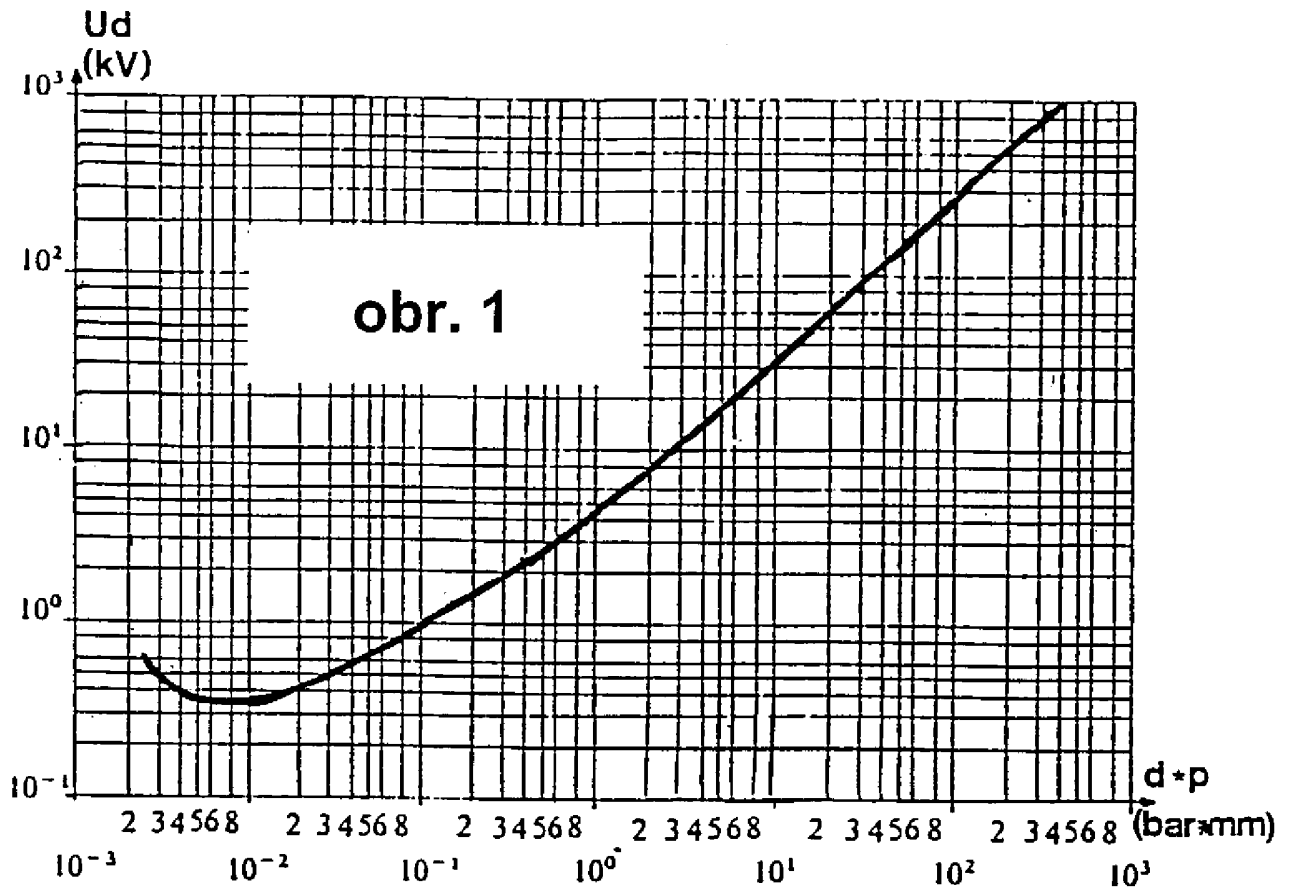
Zastupuje:

Dr. Miloš Všetečka v.r.

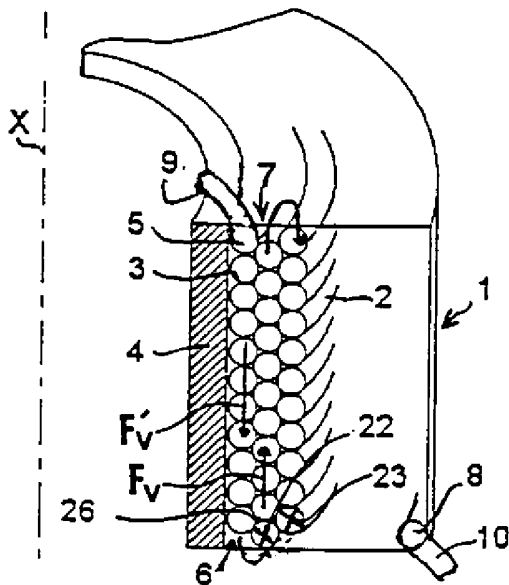
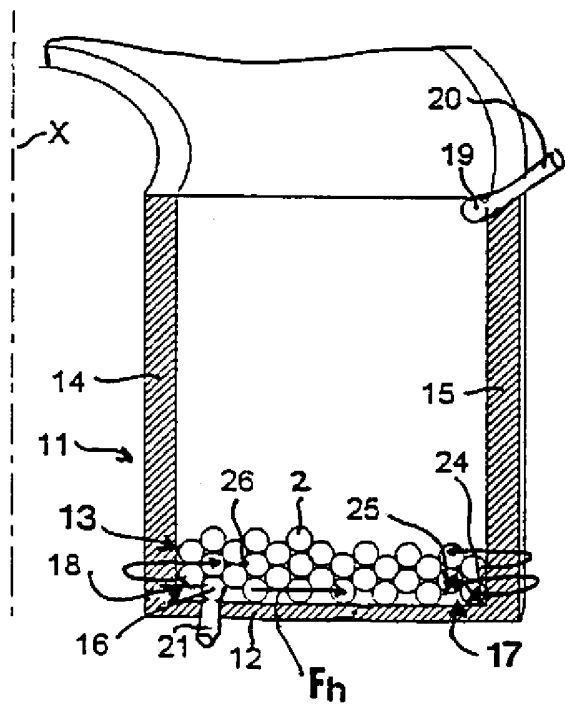
Seznam vztahových značek

- 1 vinutí
- 2 elektrický vodič
- 3 dielektrické opláštění
- 4 kostra vinutí
- 5 první závit
- 6 první vrstva
- 7 druhá vrstva
- 8 poslední závit
- 9 připojovací koncovka
- 10 připojovací koncovka
- 11 vinutí
- 12 nosná deska
- 13 radiální vrstva
- 14 čelní příruba
- 15 čelní příruba
- 16 vnitřní závit
- 17 první plochý kotouč
- 18 druhý plochý kotouč
- 19 koncový závit
- 20 připojovací koncovka
- 21 připojovací přípojka
- 22 závit
- 23 závit
- 24 závit
- 25 závit
- 26 mrtvý prostor
- 27 cívka
- 28 prstenec
- 29 elektricky nevodivý
plastický materiál
- 30 sériové závity

31	vinutí
32	spojovací objímka
33	výstupky
34	miskové vybrání
35	střední vybrání
36	povlaková vrstva
37	uzemnění
38	primární induktor
39	
X	osa otáčení



obr.3b



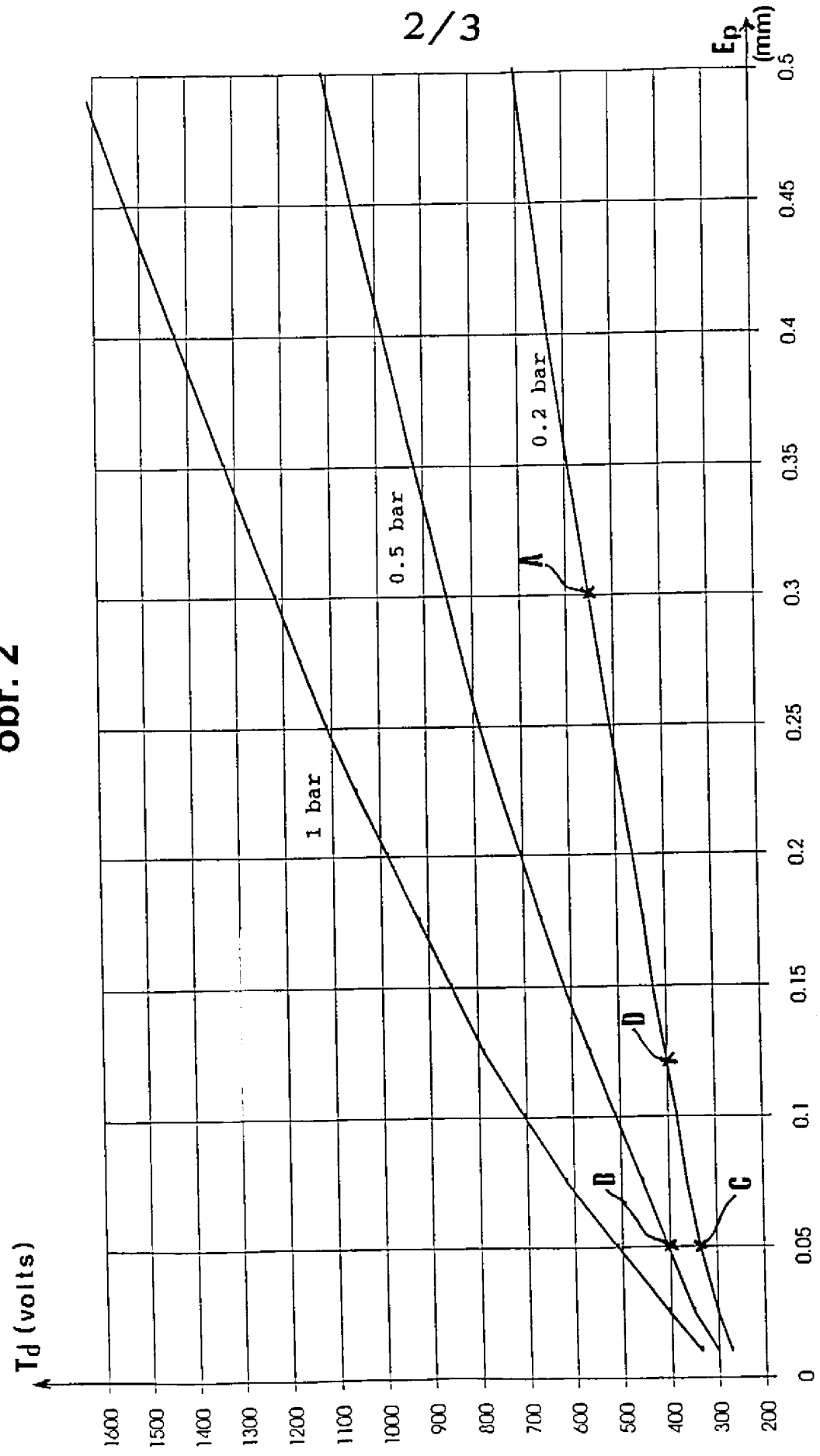
obr.3a

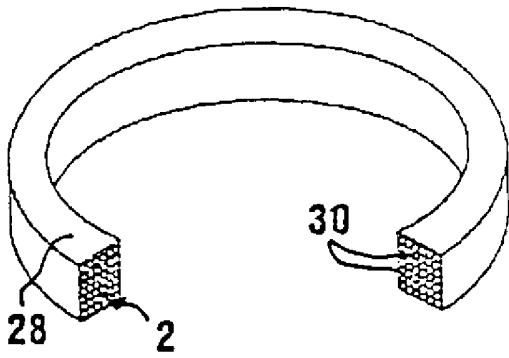
PV765-99

04.03.99

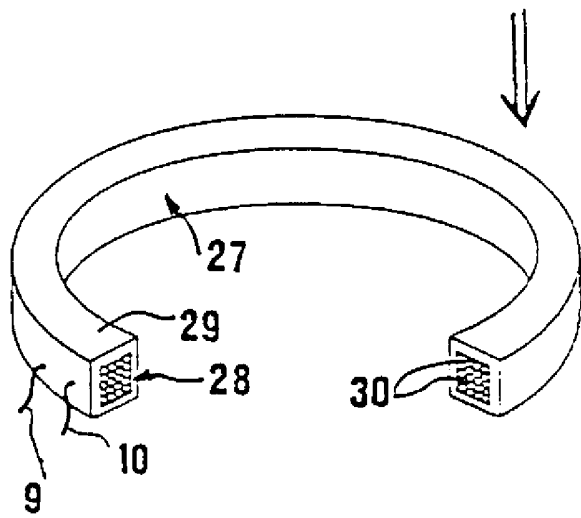
2/3

obr. 2

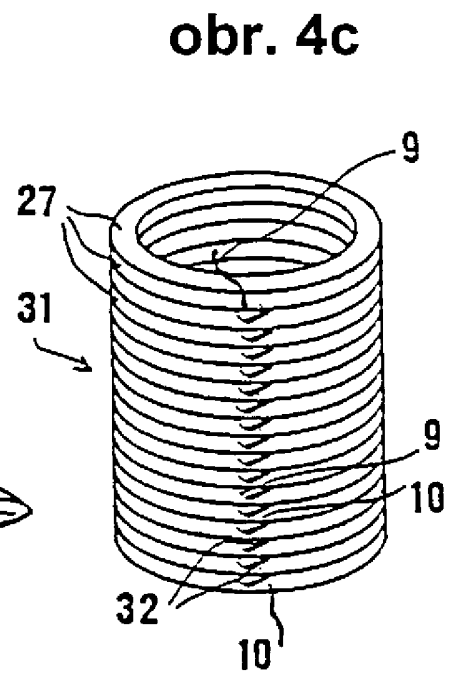




obr.4a

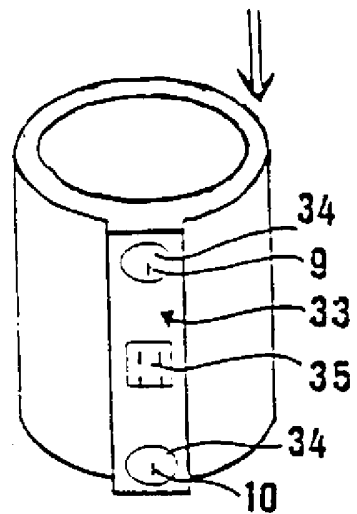
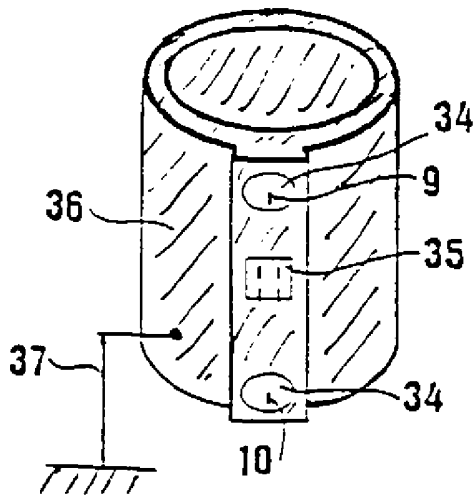


obr.4b



obr. 4c

obr. 4e



obr. 4d