

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Numéro de publication:

**0 109 096
B1**

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication du fascicule du brevet: **30.04.86**

(51) Int. Cl.⁴: **H 01 F 29/14, H 01 F 21/08**

(21) Numéro de dépôt: **83111475.6**

(22) Date de dépôt: **19.10.79**

(80) Numéro de publication de la demande initiale en application de l'article 76 CBE: **0 010 502**

(54) **Dispositif à inductance variable.**

(30) Priorité: **20.10.78 CA 313821**

(43) Date de publication de la demande:
23.05.84 Bulletin 84/21

(45) Mention de la délivrance du brevet:
30.04.86 Bulletin 86/18

(84) Etats contractants désignés:
BE DE FR GB SE

(56) Documents cités:

**CH-A- 355 210
DE-B-1 026 416
FR-A-2 324 053
US-A-2 844 804
US-A-3 087 108
US-A-3 622 868
US-A-3 657 678
US-A-3 757 201**

**BROWN BOVERI MITTEILUNGEN, vol. 52, no.
7, juillet 1965 "Neuartige
Schweissgleichrichter", pages 489-494**

(73) Titulaire: **HYDRO-QUEBEC
75, Boulevard Dorchester Ouest
Montréal Québec H2Z 1A4 (CA)**

(72) Inventeur: **Roberge, Gérald
14, rue Le Roy
Repentigny Québec L6A 1P6 (CA)**
Inventeur: **Doyon, André
537, Rue Jolliet
Boucherville Québec L4B 2Z3 (CA)**

(74) Mandataire: **Peuscet, Jacques et al
3, Square de Maubeuge
F-75009 Paris (FR)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Courier Press, Leamington Spa, England.

EP 0 109 096 B1

Description

Le présente invention est relative à un dispositif à inductance variable pour circuit triphasé et vise plus particulièrement un dispositif, dont la perméabilité efficace est commandée par un circuit magnétique fermé à travers lequel circule un flux magnétique à courant constant et réglable.

Dans cette demande de brevet, on utilisera indifféremment les termes "dispositif à inductance variable" ou "inductance variable".

Présentement, il existe plusieurs dispositifs à configurations diverses susceptibles d'être utilisés comme inductance variable en préconisant un contrôle de la perméabilité ou de la réluctance du matériau formant l'inductance par superposition longitudinale d'un flux magnétique soit alternatif, soit constant, comme par exemple dans le brevet US—A—1,788,152 de Dowling émis en 1931; le brevet US—A—2,844,804 de Roe, du 22 juillet 1985; le brevet US—A—2,976,478 de Aske, du 21 mars 1961; et le brevet US—A—3,735,305 de Sinnott et al, du 22 mai 1973. On connaît également le brevet US—A—3,757,201 de Cornwell émis le 4 septembre 1973 qui décrit un appareil destiné à régulariser une tension, un courant ou une charge, côté secondaire, au moyen d'un couplage magnétique variable qui affecte considérablement le facteur de puissance de l'inductance. Dans ce brevet, la perméabilité du circuit magnétique est affectée au moyen d'un flux constant, contrôlable dans un plan normal à celui d'un flux alternatif, mais il en résulte une augmentation considérable du courant d'excitation et du flux de fuite du circuit magnétique. Ces dispositifs connus possèdent toutefois des inconvénients majeurs dus au fait que plusieurs de ceux-ci fonctionnent à saturation, présentent une distorsion très appréciable de l'onde courant dû aux harmoniques générées dans les circuits magnétiques, et possèdent un faible facteur de puissance.

Un transformateur triphasé à inductance variable est par ailleurs décrit dans l'article: "Neuartige Schweissgleichrichter" pour dans la revue "Brown Boveri Mitteilungen" Vol. 52, No. 7 Juillet 1965, pages 489—494.

Un des buts de la présente invention est d'éviter les inconvénients mentionnés ci-dessus, relatifs aux dispositifs connus, et vise à proposer une inductance à faible taux d'harmoniques par un contrôle approprié de sa perméabilité ou réluctance.

Plus spécifiquement, la présente invention a trait à une inductance variable pour circuit triphasé comprenant pour chacune de ses phases un premier circuit magnétique formé d'un matériau anisotrope à travers lequel circule un champ magnétique alternatif. L'inductance comprend en outre un circuit magnétique de contrôle fermé, également formé d'un matériau anisotrope, à travers lequel circule un champ magnétique à courant continu réglable, le circuit magnétique de contrôle étant disposé par rapport à chacun des premiers circuits magnétiques de

façon à définir pour chaque phase au moins un espace magnétique commun dans lequel les champs magnétiques alternatif et continu respectifs se superposent orthogonalement pour orienter les dipôles magnétiques des espaces communs suivant une direction prédéterminée par l'intensité du champ magnétique à courant continu du circuit magnétique de contrôle et pour contrôler ainsi la perméabilité des premiers circuits magnétiques au champ alternatif. Selon l'invention, les premiers circuits magnétiques sont formés par un premier et un second noyaux ferromagnétiques, le premier et le second noyau incluant chacun trois protubérances disposées symétriquement autour de chaque noyau et montées en vis-à-vis par paires, dans chacune desquelles circule un champ magnétique alternatif couplé à une phase d'une source triphasée, le circuit magnétique de contrôle fermé étant formé d'un noyau ferromagnétique de contrôle disposé par rapport au premier et second noyau de façon à définir pour chaque phase un espace magnétique commun où le champ magnétique de cette phase et le champ magnétique continu se superposent orthogonalement pour orienter les dipôles magnétiques de chaque espace commun suivant une direction prédéterminée et pour commander ainsi la perméabilité des premiers circuits magnétiques au champ alternatif desdites phases.

Les formes de réalisation préférées de la présente invention seront décrites ci-après avec référence aux dessins, dans lesquels:

la figure 1 illustre un mode de réalisation de l'inductance pour circuits triphasés selon l'invention, ladite inductance ayant une configuration cylindrique;

la figure 2 est une vue explosée de l'inductance variable triphasée illustrée à la figure 1;

la figure 3 présente un schéma de raccordement de l'inductance variable de la figure 1, montée en auto-contrôle et contrôle inverse;

la figure 4 montre les courbes caractéristiques de l'inductance variable triphasée de la figure 3; et

la figure 5 présente les courbes caractéristiques d'un compensateur statique utilisant l'inductance triphasée suivant la présente invention.

Les figures 1 et 2 illustrent un arrangement d'inductance triphasée suivant un empilement de noyaux cylindriques de section droite identique conformément à la présente invention. Cet arrangement permet une distribution symétrique d'enroulements de phase PA, PB et PC autour des jambes ou protubérances, 1—1' 2—2' et 3—3' des noyaux M' et M'', respectivement. Le noyau de contrôle N, dont l'enroulement est alimenté en courant continu réglable par les bornes E1 et E2, comprend également des jambes N1, N2 et N3 qui sont montées en vis-à-vis des jambes 1, 2 et 3 du noyau M' d'une part, et des jambes N'1, N'2 et N'3 montées en vis-à-vis des jambes 1', 2' et 3' du noyau M'', d'autre part.

Comme on peut le voir sur les Figures 1 et 2, le noyau magnétique N relie les jambes des noyaux

M' et M'' à travers des zones de jonction appartenant au noyau magnétique N et dénommées ultérieurement "espaces magnétiques communs". La disposition orthogonale du circuit magnétique à courant continu par rapport aux circuits magnétiques à courant alternatif a pour effet de produire dans les espaces magnétiques communs un couple magnétique proportionnel à la valeur, dans le noyau N, du champ magnétique à courant continu, qui polarise les dipôles de ces espaces magnétiques communs. En raison de cette disposition orthogonale, les flux magnétiques à courant alternatif respectifs des trois phases ne peuvent emprunter le même chemin que le flux magnétique à courant continu; le champ magnétique à courant continu oriente, en les polarisant, les dipôles magnétiques des espaces magnétiques communs de façon à agir sur la perméabilité des circuits magnétiques excités par les enroulements à courant alternatif des différentes phases comme on le désire.

Dans ce montage les noyaux M' M'', et N sont en matériaux ferromagnétiques de même section droite, soit en ferrite, soit en fer laminé, et présentent par conséquent une propriété anisotropique inhérente. Aussi, les dipôles des différents espaces communs en l'absence de champ polarisant à courant continu dans le noyau N, tendent à s'orienter dans la direction du champ magnétique alternatif, la perméabilité des circuits magnétiques à courant alternatif étant alors une mesure de la facilité avec laquelle les dipôles magnétiques s'orientent dans la direction du champ magnétique correspondant. Les circuits magnétiques à courant alternatifs deviennent saturés au moment où leurs dipôles sont complètement orientés dans la direction du champ magnétique alternatif. En conséquence, l'application d'un champ magnétique à courant continu dans le noyau N dans une direction transverse au champ magnétique alternatif de chaque phase a pour effet d'agir sur les dipôles des espaces magnétiques communs en les polarisant, pour les éloigner de leur position d'équilibre, de sorte que les champs magnétiques alternatifs des trois phases doivent grandir en module pour que chaque dipôle maintienne sa même position d'équilibre dans les espaces magnétiques communs. Ce processus n'affecte aucunement l'inductance de fuite, mais seulement l'inductance de magnétisation de l'inductance variable triphasée. Il en résulte que l'induction magnétique de saturation se trouve augmentée et que les courbes de magnétisation deviennent plus linéaires avec l'augmentation du champ magnétique à courant continu dans les espaces communs. En conséquence, l'application d'un champ magnétique à courant continu perpendiculairement à un champ magnétique alternatif produit un effet d'entrefer variable pour le circuit magnétique alternatif.

Le principe de fonctionnement de ce dispositif à inductance variable triphasée consiste donc essentiellement à produire dans des espaces magnétiques communs un champ magnétique à

courant continu, qui a pour effet de s'opposer à la rotation des dipôles de ces espaces communs pour un contrôle adéquat de la perméabilité efficace des circuits magnétiques alternatifs.

Le montage de la figure 2 permet également une élimination des courants de troisième et neuvième harmoniques au moyen d'un raccordement en étoile des trois phases PA, PB et PC, avec neutre flottant, non raccordé à la masse, et l'élimination des flux de troisième et neuvième harmoniques à l'aide d'un enroulement secondaire superposé, PSA, PSB et PSC, raccordé en triangle. Ce raccordement en triangle des enroulements PSA, PSB et PSC est illustré à la Figure 3. De plus, les pertes dans le noyau de contrôle N sont considérablement réduites en raison du fait qu'aucune réaction bidirectionnelle ne subsiste entre le noyau de contrôle et les noyaux de phase, puisqu'il n'existe aucun flux magnétique alternatif dans le noyau de contrôle N, la somme des effets des trois phases étant nulle. En outre, le neutre du raccordement en étoile étant isolé de la masse, il n'est pas possible aux composants homopolaires de courant de s'établir en régime transitoire.

L'inductance variable triphasée peut également fonctionner en auto-contrôle. Pour un tel fonctionnement, le schéma de raccordement des phases et des bobines de contrôle qui incluent une source variable à courant continu V fournissant un flux inverse, est représenté à la figure 3.

Le mode d'excitation proposé à la figure 3 comporte deux systèmes de contrôle superposés, c'est-à-dire un contrôle alimenté directement par le circuit de puissance haute tension et un contrôle inverse de faible puissance relié à la source à courant continu V constante, mais réglable.

Dans ce circuit, le courant triphasé est redressé à l'aide de ponts de diodes T et traverse l'enroulement d'excitation E1—E2 avant de compléter son circuit de retour. Un deuxième enroulement est superposé au premier dans le noyau de contrôle et se trouve alimenté par une source à courant continu constante V de faible puissance. Ce dernier enroulement est disposé de façon que le champ magnétique à courant continu généré dans le noyau de contrôle N s'oppose au champ magnétique à courant continu principal généré par l'enroulement d'auto-contrôle. Le champ magnétique résultant dans le noyau de contrôle sera alors une fonction du champ magnétique généré par le courant alternatif triphasé, redressé par T, qui circule dans l'enroulement en auto-contrôle et, par conséquent, une fonction du niveau de tension aux bornes de l'inductance variable. Le fonctionnement de ce contrôle est simple et ne requiert aucune boucle de retour pour corriger le couple magnétique désiré sur les dipôles dans l'espace magnétique commun N. Ce couple magnétique est généré directement par le champ magnétique à courant continu résultant injecté dans le noyau de contrôle et le choix du nombre de tours de l'enroulement d'auto-contrôle y joue un rôle très important.

Dans le tableau ci-annexé, sont représentés les taux de distorsion harmonique du courant de phase obtenus lorsque l'inductance triphasée de la figure 3 est utilisée soit en auto-contrôle, soit en auto-contrôle avec contrôle inverse. Sur ce tableau, les chiffres entre parenthèses réfèrent aux points de fonctionnement indiqués sur la figure 4.

Cette figure 4 représente les courbes caractéristiques de l'inductance triphasée cylindrique de la figure 3 en fonction des ampères-tours de contrôle à courant continu et en fonction d'un auto-contrôle. Plus particulièrement, la courbe "X" est celle obtenue pour le fonctionnement en auto-contrôle seul de l'inductance alors que la courbe "Y" représente la caractéristique de fonctionnement de l'inductance triphasée en auto-contrôle avec alimentation à courant continu inverse du noyau de contrôle.

L'inductance à perméabilité variable décrite ci-haut se prête particulièrement bien à une application comme compensateur statique lorsqu'elle est utilisée en parallèle avec une batterie de condensateurs pour les réseaux de transport d'énergie. En effet, le temps de réponse de l'inductance variable est de l'ordre de, ou inférieur à, un cycle pour une tension de réseau de 60 Hertz et la transition se fait sans déformation du courant. En outre, la distorsion harmonique de l'inductance étant très faible, aucun filtre autre que le raccordement du secondaire en delta n'est nécessaire, ce qui contribue à diminuer très sensiblement le coût et augmenter la fiabilité du compensateur statique. Il est également à noter que cette inductance variable peut être branchée directement à la haute tension du réseau et que ses pertes de fer et de cuivre sont comparables à celles d'un transformateur.

En effet, le mode de contrôle proposé pour l'inductance à perméabilité variable du type cylindrique illustré à la figure 3, est particulièrement avantageux dans une application au compensateur statique. Cette inductance triphasée comporte un circuit d'auto-contrôle venant du redressement du courant de l'inductance et un contrôle inverse de faible puissance venant d'une source à courant continu

indépendante. L'inductance ainsi contrôlée offre un élément idéal pour contrôler l'énergie véhiculée par une ligne de transport d'énergie, car la plage d'opération de cette inductance est triple (montée de tension, régulation et surtension), le niveau de saturation de l'inductance n'est jamais atteint, la réponse à une perturbation de tension sur la ligne de transmission est instantanée et sa fiabilité est considérable dû principalement à la simplicité de ce contrôle. De fait, utilisée en parallèle avec une batterie de condensateurs, cette inductance triphasée devient l'élément variable pour un compensateur statique dont les performances répondent aux besoins présents des réseaux de transport d'énergie. En effet, lors de l'apparition d'une surtension sur la ligne de transport, les courants de phase passent de l'état capacitif à l'état inductif dans un intervalle d'environ 0,5 cycle sur une base de 60 Hertz. Ce passage de l'état capacitif, où l est inférieur à zéro, à l'état inductif est particulièrement bien montré dans la figure 5 dont les courbes illustrent les points de fonctionnement du compensateur statique utilisant une inductance variable avec contrôle inverse allant de 0 à 500 ampères-tours négatifs. L'inductance variable décrite ci-haut permet donc une transmission sans déformation de l'onde courant, si ce n'est l'ajustement de l'angle de $+90^\circ$ à -90° par rapport à la tension d'alimentation du compensateur; quant à la distorsion du courant de phase, elle demeure négligeable.

L'inductance variable triphasée peut également être reliée en série avec une batterie de condensateurs, la résultante étant inductive, afin d'augmenter la variation de puissance de l'inductance variable en fonction des ampères-tours à courant continu.

Par ailleurs, en vue d'effectuer une régulation de tension pour une pente de 3 à 10% selon le choix de l'utilisateur, le nombre de tours de la bobine à courant continu alimentée par les ponts de diodes pourrait éventuellement être modifié à l'aide de thyristors asservis à une consigne de tension, ce qui aurait pour effet de déplacer la courbe du point de fonctionnement de l'inductance.

50

55

60

65

4

	Auto-contrôle							Auto-contrôle plus inverse	Sans Auto- Contrôle 50 V (5)
	Source=40 V c.a.				Condensateur 1000 µF				
	0 µF (1)	200 µF (1)	1000 µF (1)	30 V (2)	40 V (1)	50 V (3)	1.0 A inv. (200 µF)		
	38 V (4)								
Fond.	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	0,88	0,97	0,88	0,91	0,88	0,61	1,00	1,00	0,27
3	0,65	0,67	0,64	0,77	0,64	1,45	0,97	0,97	1,80
4	0,05	0,03	0,04	—	0,04	0,16	0,07	0,07	0,12
5	2,02	1,50	1,50	2,30	1,50	2,20	0,97	0,97	27,0
6	0,03	0,07	0,01	—	0,01	0,09	—	—	—
7	1,01	1,26	1,20	0,82	1,20	1,05	0,16	0,16	7,50
8	0,02	—	—	—	—	0,11	—	—	—
9	0,04	0,02	0,01	—	0,01	0,14	0,03	0,03	1,15
10	0,02	—	—	—	—	0,13	—	—	—
11	0,21	0,28	0,28	0,13	0,28	0,26	—	—	1,80

Harmo- nique	Auto-contrôle						Auto-contrôle plus inverse	Sans Auto- Contrôle 50 V (5)
	Source=40 V c.a.			Condensateur 1000 µF				
	0 µF (1)	200 µF (1)	1000 µF (1)	30 V (2)	40 V (1)	50 V (3)		
	1.0 A inv. (200 µF)							
12	—	—	—	—	—	—	—	—
13	0,05	0,10	0,10	0,03	0,10	0,21	0,47	0,73
14	0,01	—	—	—	—	—	—	—
15	—	—	—	—	—	—	—	0,04
16	—	—	—	—	—	—	—	—
17	0,02	0,05	0,05	0,01	0,05	0,06	—	0,36
18	—	—	—	—	—	—	—	—
19	0,04	0,02	0,02	—	0,02	0,09	—	0,12
20	—	—	—	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	—	—	—	0,02
22	—	—	—	—	—	—	—	—
23	0,01	0,01	0,01	—	0,01	0,01	—	0,04

Revendications

1. Inductance variable pour circuit triphasé comprenant pour chacune de ses phases un premier circuit magnétique (M', M'') formé d'un matériau anisotrope à travers lequel circule un champ magnétique alternatif, ladite inductance comprenant en outre un circuit magnétique (N) de contrôle fermé, également formé d'un matériau anisotrope, à travers lequel circule un champ magnétique à courant continu réglable, le circuit magnétique (N) de contrôle étant disposé par rapport à chacun des premiers circuits magnétiques de façon à définir pour chaque phase au moins un espace magnétique commun dans lequel les champs magnétiques alternatif et continu respectifs se superposent orthogonalement pour orienter les pôles magnétiques desdits espaces communs suivant une direction prédéterminée par l'intensité dudit champ magnétique à courant continu du circuit magnétique (N) de contrôle et pour contrôler ainsi la perméabilité desdits premiers circuits magnétiques audit champ alternatif, caractérisée par le fait que les premiers circuits magnétiques sont formés par un premier (M') et un second (M'') noyaux ferromagnétiques, le premier (M') et le second (M'') noyaux incluant chacun trois protubérances (1, 2, 3; 1', 2', 3') disposées symétriquement autour de chaque noyau et montées en vis-à-vis par paires (1, 1'; 2, 2'; 3, 3'), dans chacune desquelles circule un champ magnétique alternatif couplé à une phase d'une source triphasée, ledit circuit magnétique (N) de contrôle fermé étant formé d'un noyau (N) ferromagnétique de contrôle disposé par rapport au premier (M') et second (M'') noyau de façon à définir pour chaque phase ledit espace magnétique commun où le champ magnétique de cette phase et le champ magnétique continu se superposent orthogonalement pour orienter les pôles magnétiques de chaque espace commun suivant une direction prédéterminée.

2. Inductance variable selon la revendication 1, caractérisée par le fait que lesdits premier (M') et second (M'') noyaux de phase et ledit noyau (N) de contrôle sont de configuration cylindrique et de sections droites identiques.

3. Inductance variable selon la revendication 1, caractérisée par le fait que chaque paire de protubérances (1, 1'; 2, 2'; 3, 3') montées en vis-à-vis comporte un premier (PS, PA; PB, PB; PC, PC) et un second (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) enroulements et que les premiers enroulements PA, PA; PB, PB; PC, PC) sont interconnectés en étoile avec neutre flottant alors que les seconds (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) enroulements sont interconnectés en triangle.

4. Inductance variable selon l'une des revendications 1 ou 3, caractérisée par le fait que ledit noyau (N) de contrôle comporte un premier enroulement (E1, E2) à travers lequel circule un courant, dont l'intensité est assujettie au courant triphasé de l'inductance au moyen d'un pont de redressement (T), de façon à définir un fonction-

nement en auto-contrôle de ladite inductance variable.

5. Inductance variable selon la revendication 4, caractérisée par le fait qu'un second enroulement est prévu sur ledit noyau (N) contrôle et relié à une source à courant continu de façon à définir un fonctionnement en contrôle inverse de ladite inductance variable par opposition d'un champ magnétique à courant continu inverse à celui généré par le premier (E1, E2) enroulement du noyau (N) de contrôle.

6. Inductance variable selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'une batterie de condensateurs est reliée en parallèle avec ladite inductance variable pour déterminer un fonctionnement en compensateur statique à plage inductive et capacitive variable.

7. Inductance variable selon la revendication 1, caractérisée par le fait qu'une batterie de condensateurs est reliée en série avec ladite inductance.

8. Inductance variable selon la revendication 4, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de commutation pour augmenter ou diminuer le nombre de tours dudit premier enroulement (E1, E2) du noyau (N) de contrôle afin de permettre un déplacement de la courbe de fonctionnement de l'inductance variable.

9. Inductance variable selon la revendication 8, caractérisée en ce que les moyens de commutation comprennent des thyristors.

10. Inductance variable selon la revendications 9, caractérisée en ce que les thyristors sont asservis à une consigne de tension.

Patentansprüche

1. Variable Induktivität für einen Dreiphasenkreis, mit einem ersten magnetischem Kreis (M', M'') für jede Phase aus anisotropem Material, durch den ein magnetisches Wechselfeld zirkuliert, und mit einem geschlossenen magnetischen Steuerkreis (N), der ebenfalls aus anisotropem Material besteht und durch den ein von einem regelbaren Gleichstrom gespeistes Magenettfeld zirkuliert, wobei der magnetische Steuerkreis (N) gegenüber jedem der ersten magnetischen Kreise so angeordnet ist, daß jede Phase wenigstens ein gemeinsamer magnetischer Raum definiert ist, in dem sich die magnetischen Wechselfelder und das Gleichfeld rechtwinklig überlagern, um die magnetischen Dipole der gemeinsamen Räume nach einer Richtung zu orientieren, die vorgegeben ist durch die Stärke des magnetischen Gleichstromfeldes des magnetischen Steuerkreises (N), und um so die Permeabilität der ersten Wechselfeld-Magnetkreise zu steuern, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten magnetischen Kreise einen ersten (M') und einen zweiten (M'') ferromagnetischen Kern enthalten, welche jeder drei Vorstöße (1, 2, 3; 1', 2', 3') besitzen, die symmetrisch um jeden Kern und als einander gegenüberliegende Paar (1, 1'; 2, 2'; 3, 3') angeordnet sind, und in denen jeweils ein magnetisches Wechselfeld zirkuliert, das mit einer Phase einer dreiphasigen Wechselstrom-

quelle gekoppelt ist, und daß der geschlossene magnetische Steuerkreis (N) einen ferromagnetischen Steuerkern (N) enthält, welcher gegenüber dem ersten (M') und dem zweiten (M'') Kern derart angeordnet ist, daß für jede Phase der gemeinsame magnetische Raum gebildet ist, in dem sich das Magnetfeld der jeweiligen Phase und das magnetische Gleichfeld rechtwinklig überlagern, um die magnetischen Dipole jedes der gemeinsamen Räume nach einer vorgegebenen Richtung zu orientieren.

2. Variable Induktivität nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der erste (M') und der zweite (M'') Phasenkerne und der Steuerkern (N) zylindrische Gestalt haben und ihre Querschnitte gleich sind.

3. Variable Induktivität nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes Paar der einander gegenüberliegenden Vorstöße (1, 1'; 2, 2'; 3, 3') eine erste (PA, PA; PB, PB; PC, PC) und eine zweite (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) Wicklung aufweist, wobei die ersten Wicklungen (PA, PA; PB, PB; PC, PC) im Stern mit nicht geerdetem Nulleiter und die zweiten Wicklungen (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) im Dreieck geschaltet sind.

4. Variable Induktivität nach Anspruch 1, oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkern (N) eine erste Wicklung (E1, E2) aufweist, durch die ein Strom fließt, dessen Stärke von dem dreiphasigen Strom der Induktivität über eine Gleichrichterbrücke (T) derart abhängig ist, daß die variable Induktivität selbstgeregelt ist.

5. Variable Induktivität nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuerkern (N) eine zweite Wicklung aufweist, welche derart an eine Gleichstromquelle angeschlossen ist, daß sie eine inverse Regelung der variablen Induktivität darstellt durch die Gegenwirkung eines magnetischen Gleichstromfeldes, welches dem von der ersten Wicklung (E1, E2) des Steuerkerns (N) erzeugten Feld entgegengerichtet ist.

6. Variable Induktivität nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kondensatorbatterie mit ihr parallel geschaltet ist, um einen Betrieb der statischen Kompensation variabel im induktiven und kapazitiven Bereich zu ermöglichen.

7. Variable Induktivität nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kondensatorbatterie mit ihr in Reihe geschaltet ist.

8. Variable Induktivität nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie Kommutatoren aufweist, durch die die Zahl der Windungen der ersten Wicklung (E1, E2) des Steuerkerns (N) erhöht oder herabgesetzt werden kann, um eine Verschiebung der Kennlinie der variablen Induktivität zu ermöglichen.

9. Variable Induktivität nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Kommutatoren Thyristoren aufweisen.

10. Variable Induktivität nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Thyristoren spannungsgesteuert sind.

Claims

1. Variable inductor for three-phase circuit comprising for each of its phases a first magnetic circuit (M', M'') formed of an anisotropic material through which flows an alternating magnetic field, said inductor further comprising a closed control magnetic circuit (N), also formed of an anisotropic material, through which flows an adjustable direct current magnetic field, the control magnetic circuit (N) being disposed with respect to each of the first magnetic circuits so as to define for each phase at least one common magnetic space in which the respective alternating and direct current magnetic fields are orthogonally superimposed to orient the magnetic dipoles of said common spaces following a direction predetermined by the intensity of said direct current magnetic field of the control magnetic circuit (N) and thus to control the permeability of said first magnetic circuits to said alternating field, characterized in that said first magnetic circuits are formed by a first (M') and a second (M'') ferromagnetic cores, the first (M') and the second (M'') cores each including three legs (1, 2, 3; 1', 2', 3') symmetrically disposed around each core and mounted in registry per pairs (1, 1'; 2, 2'; 3, 3'), in each of which flows an alternating magnetic field coupled to one phase of a three-phase source, said closed control magnetic circuit (N) being formed of a control ferromagnetic core disposed with respect to the first (M') and second (M'') cores so as to define for each phase said common magnetic space where the magnetic field of this phase and the direct current magnetic field are orthogonally superimposed so as to orient the magnetic dipoles of each common space following a predetermined direction.
2. Variable inductor according to claim 1, characterized in that said first (M') and second (M'') phase cores and said control core (N) have a cylindrical configuration and are of identical cross sections.
3. Variable inductor according to claim 1, characterized in that each pair of legs (1, 1'; 2, 2'; 3, 3') mounted in registry comprises a first (PA, PA; PB, PB; PC, PC) and a second (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) windings and in that the first windings (PA, PA; PB, PB; PC, PC) are star-connected with a floating neutral whereas the second windings (PSA, PSA; PSB, PSB; PSC, PSC) are delta-connected.
4. Variable inductor according to one of claims 1 or 3, characterized in that said control core (N) comprises a first winding (E1, E2) through which flows a current, whose intensity is controlled through the three-phase current of the inductor by means of a rectifying bridge (T), so as to define a self-control operation of said variable inductor.
5. Variable inductor according to claim 4, characterized in that a second winding is provided on said control core (N) and connected to a direct current source so as to define an inverse control operation of said variable inductor by setting in

opposition a direct current magnetic field inverse to that generated by the first winding (E1, E2) of the control core (N).

6. Variable inductor according to claim 1, characterized in that a bank of capacitors is connected in parallel with said variable inductor to determine an operation as a static compensator having a variable inductive and capacitive range.

7. Variable inductor according to claim 1, characterized in that a bank of capacitors is connected in series with said inductor.

8. Variable inductor according to claim 4, characterized in that it comprises switching means for increasing or reducing the number of turns of said first winding (E1, E2) of the control core (N) in order to allow a displacement of the operation curve of the variable inductor.

9. Variable inductor according to claim 8, characterized in that said switching means comprises thyristors.

10. Variable inductor according to claim 9, characterized in that said thyristors are controlled through a voltage reference.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

9

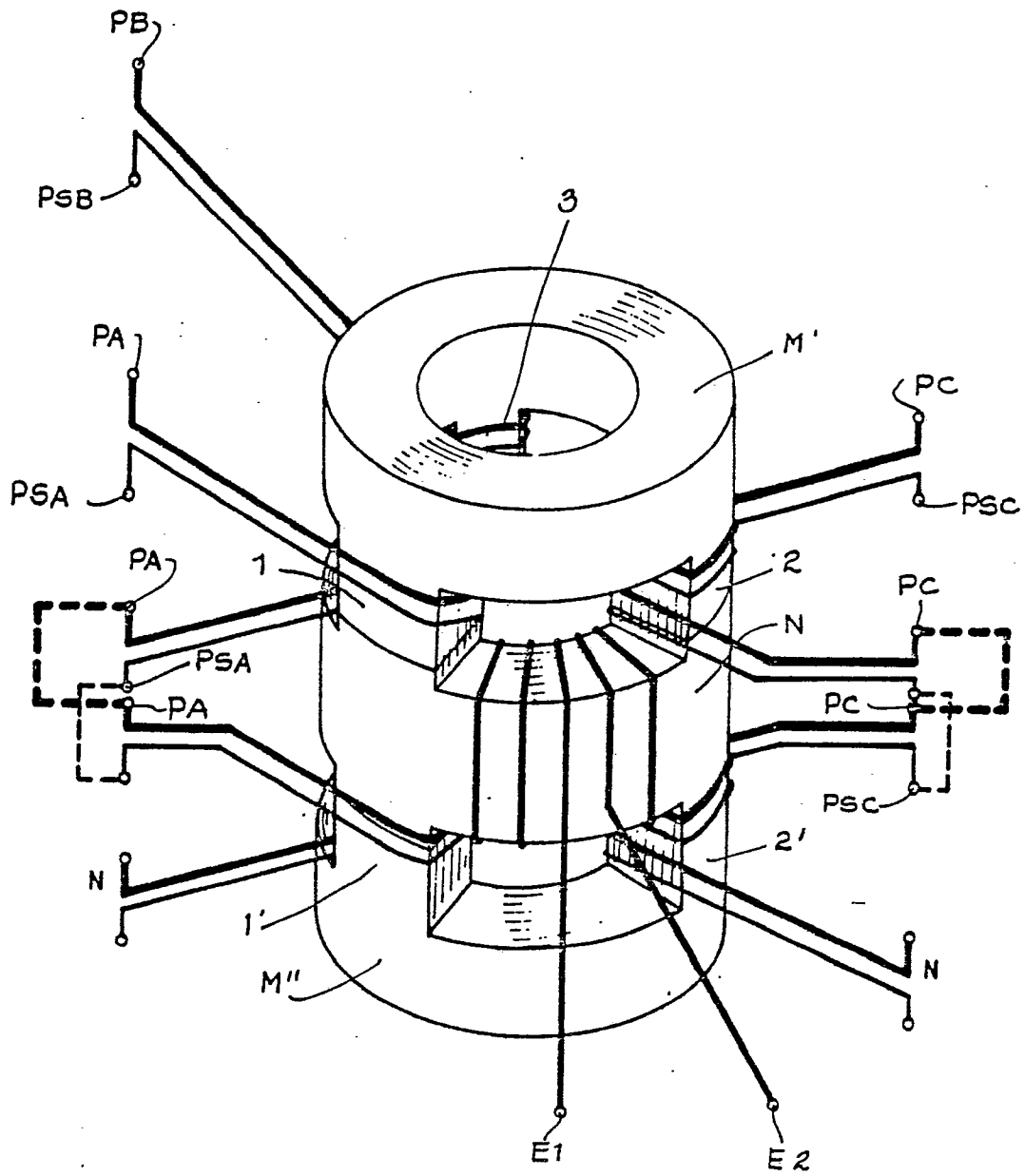


Fig. 1

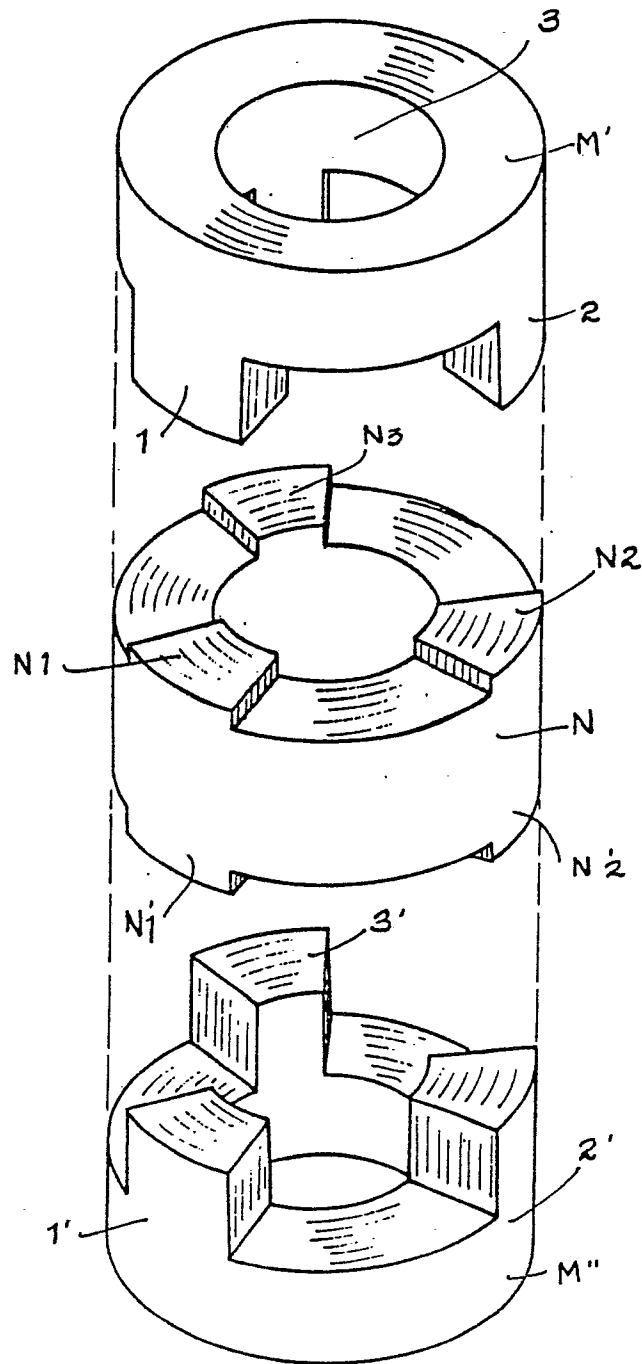
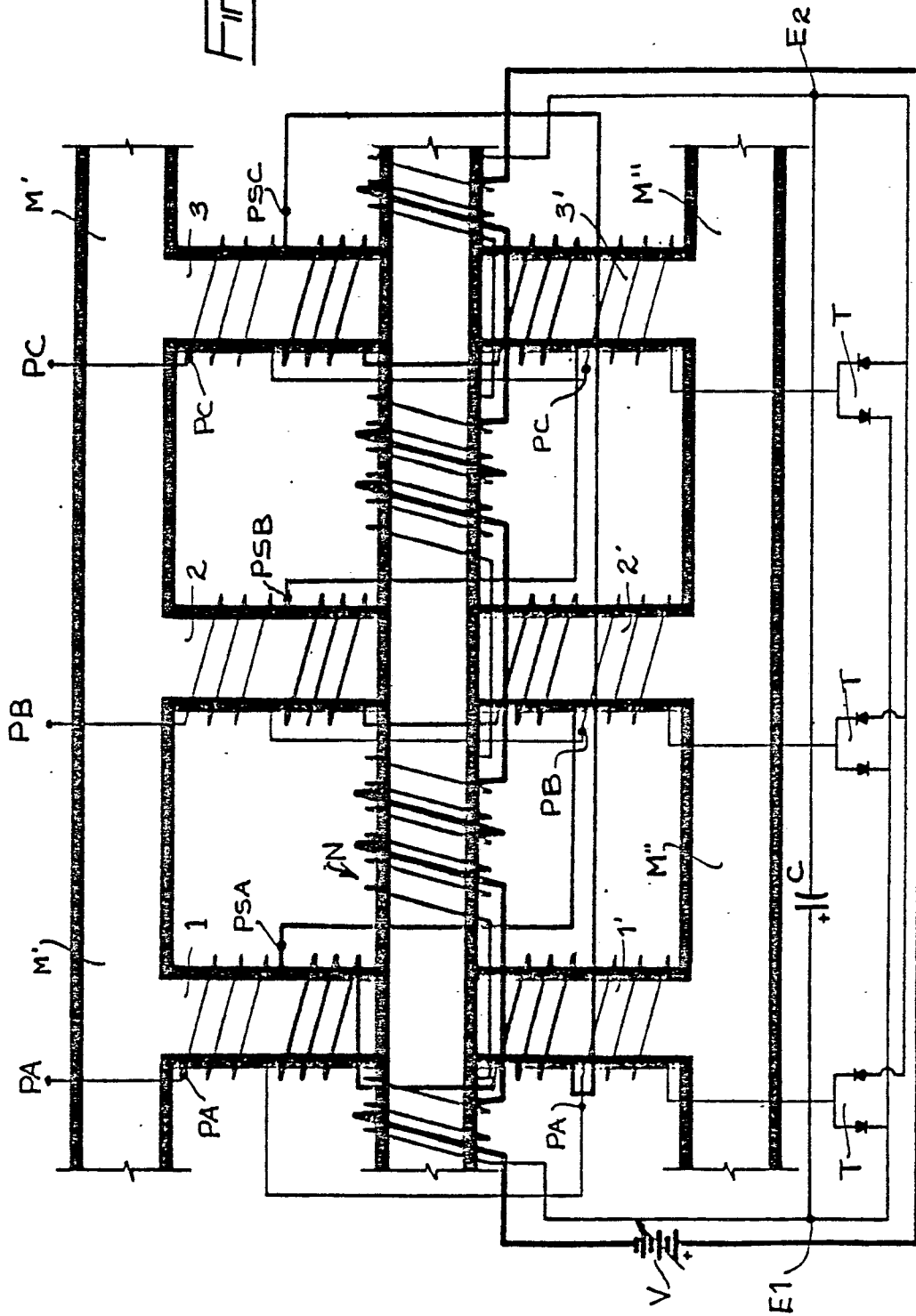
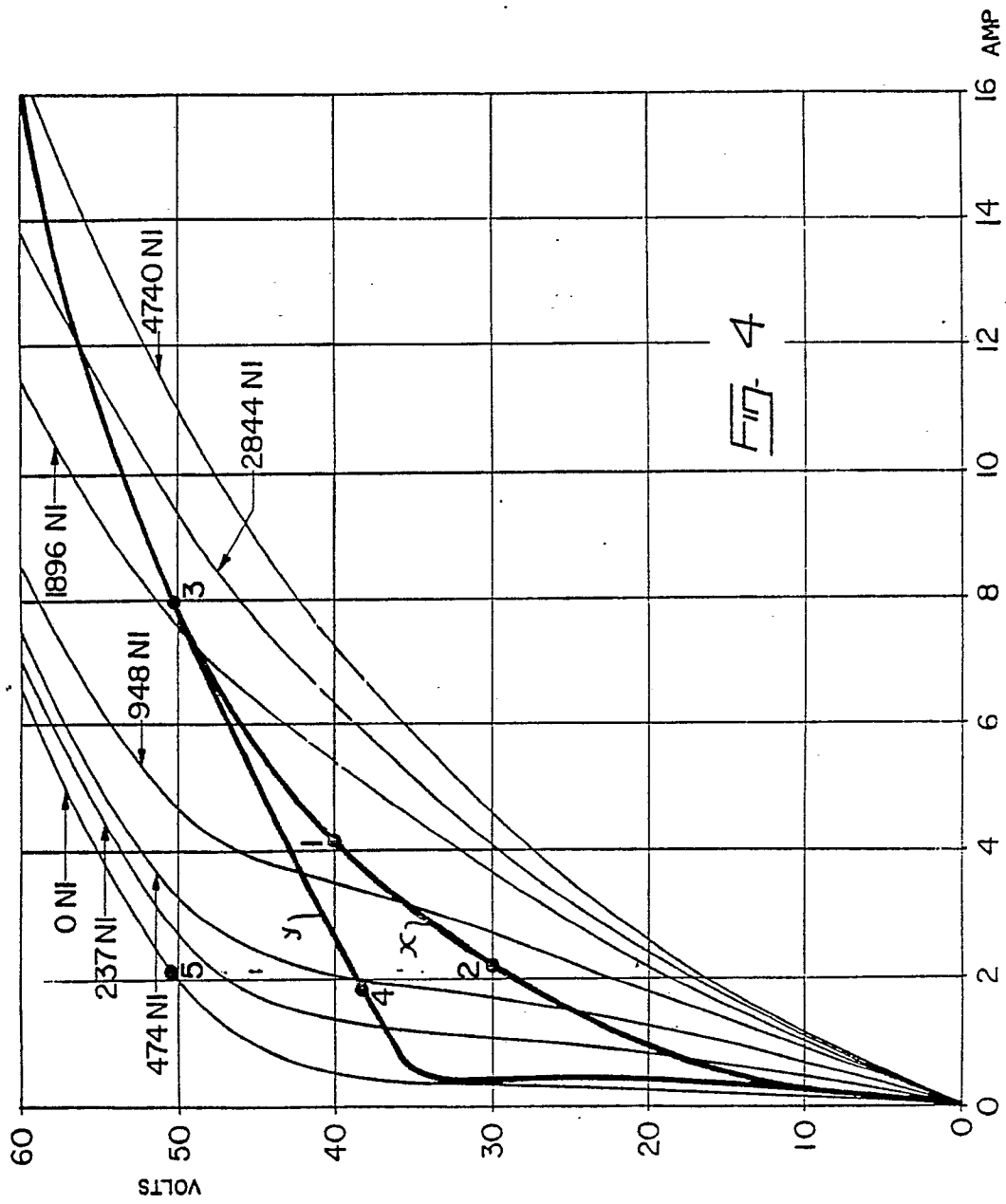


Fig. 2

Fig. 3





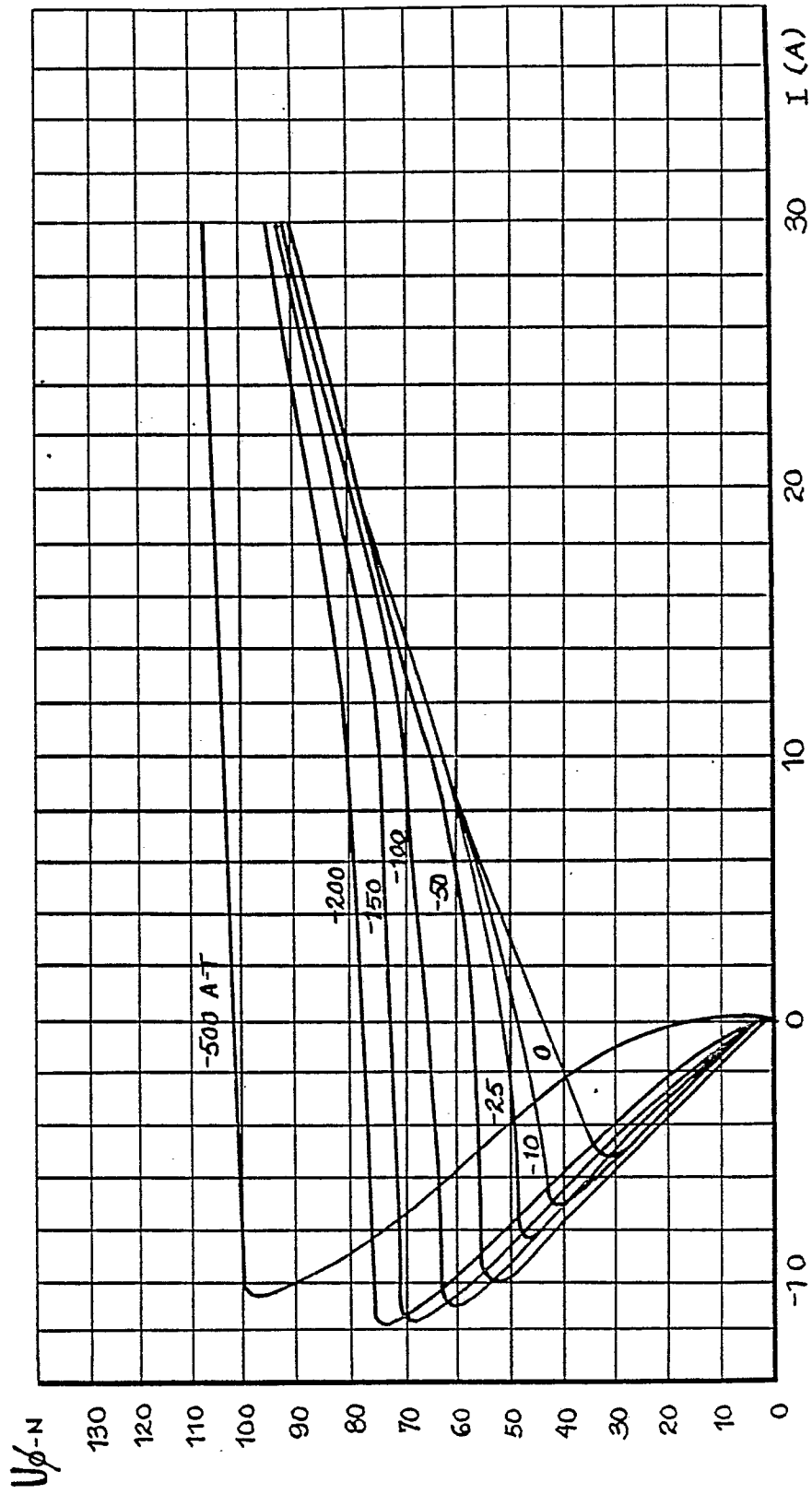


Fig. 5