

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 83400904.5

(51) Int. Cl.³: H 01 F 29/02

(22) Date de dépôt: 05.05.83

(30) Priorité: 25.05.82 FR 8208998

(43) Date de publication de la demande:
30.11.83 Bulletin 83/48

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE GB IT LI LU NL SE

(71) Demandeur: Barthelemy, Louis
Résidence Longchamp
Thoiry - (Yvelines)(FR)

(72) Inventeur: Barthelemy, Louis
Résidence Longchamp
Thoiry - (Yvelines)(FR)

(74) Mandataire: Rataboul, Michel
Cabinet Michel Rataboul 69, rue de Richelieu
F-75002 Paris(FR)

(54) Tranformateur électrique à circuits primaires modulaires alimentés sélectivement.

(57) L'invention concerne un transformateur réglable de manière quasi-continue, sans interruption de l'alimentation du primaire et sans mise à zéro de la tension du secondaire.

Il est caractérisé en ce que le primaire comprend au moins deux modules qui comprennent chacun deux bobinages 1 et 2 ainsi que deux circuits magnétiques 3 et 4 tandis qu'un bobinage secondaire unique 5 est commun aux deux bobinages primaires 1 et 2.

Des moyens tels que des connecteurs 7 et 8 permettent de neutraliser l'induction des primaires 1 et/ou 2 dans le secondaire 5 tout en conservant l'activité du circuit magnétique 3 et/ou 4 correspondant.

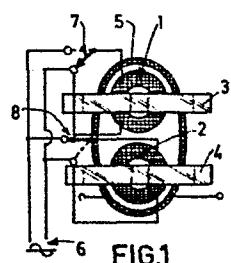


FIG.1

Transformateur électrique à circuits primaires modulaires alimenté sélectivement.

La présente invention concerne un transformateur à tension variable.

5 On sait que ce genre de transformateur tend à résoudre le problème qui consiste à faire varier une tension de sortie à partir d'une tension d'entrée nominale constante.

De tels transformateurs ont de multiples applications:

- en galvanoplastie ils permettent d'ajuster le courant en fonction du produit traité et de la surface intéressée;
- en transmission mécanique ils entrent dans la constitution de variateurs de vitesse;
- en métallurgie ils assurent une alimentation des fours à induction réglables.

Jusqu'à maintenant, les transformateurs connus présentent de très nombreux inconvénients.

20 Ainsi, par exemple, dans les transformateurs à prise, le secondaire comporte plusieurs bornes de sortie et un commutateur est appliqué sélectivement à l'une ou l'autre de ces bornes pour donner une tension d'utilisation variable en fonction de la hauteur du secondaire à laquelle se trouve la prise.

25 Avec un tel dispositif, on se heurte à des sauts et à des ruptures de charge très graves qui obligent à une limitation extrême des puissances à réguler et, malgré cela, l'installation subit une usure rapide.

30 On connaît également les "auto-transformateurs" à curseur qui prévoient une seule prise de sortie sur le secondaire mais celle-ci est mobile et constituée par un galet en charbon.

35 On comprend aisément que lorsque le galet passe d'une spire à l'autre il les met en court circuit et cela provoque une chauffe du charbon qui s'use rapidement et qui oblige à limiter la puissance de variation.

Toutefois, on rencontre ici un avantage qui vient de la régulation qui est quasi continue, puisque le pas est d'une seule spire, de sorte que si l'on imagine que le secon-

daire est formé par un bobinage de 220 spires, le pas est égal à $\frac{1}{220}$.

5 Les amplificateurs magnétiques ou "transducteurs" comprennent un circuit magnétique et une bobine de self, ce qui permet d'obtenir un réglage sans pièce mécanique en mouvement, car on agit en saturant et en désaturant le circuit magnétique en provoquant un déphasage.

10 Il en résulte un régime non sinusoïdal et, par voie de conséquence, un décalage entre le courant et la tension qui conduit à un cosinus ϕ très mauvais.

15 Enfin, les développements de l'électronique ont permis d'utiliser des thyristors qui donnent un signal de sortie non sinusoïdal et analogue, par conséquent, à celui d'un transducteur, mais sans déphasage.

En revanche, chaque interruption provoque des sautes de courant inadmissibles dans la pratique.

En résumé, les dispositifs connus présentent les inconvénients suivants :

- 20 - commutation avec rupture de charge,
- puissance d'utilisation limitée,
- régime sinusoïdale déformé,
- cosinus ϕ variable,
- puissance massique identique à celle d'un transformateur
25 normal,
- incidence économique défavorable par le coût élevé.

La présente invention reméde à tous ces inconvénients comme on le verra par la suite, puisqu'un transformateur conforme à l'invention ne connaît aucune limite de puissance, 30 fonctionne avec un régime sinusoïdal pur, présente un cosinus ϕ constant, ne provoque pas de rupture de charge et permet un réglage d'une finesse aussi grande que l'on veut du fait que le pas de ce réglage peut être pratiquement insensible.

35 L'invention sera bien comprise par la description détaillée ci-après faite en référence au dessin annexé. Bien entendu la description et le dessin ne sont donnés qu'à titre d'exemple indicatif et non limitatif.

Les figures 1 et 2 sont des vues schématiques, respectivement en plan et de face, d'un transformateur élémentaire conforme à l'invention.

Les figures 3 à 6 sont des schémas montrant différentes 5 solutions pour l'alimentation sélective individuelle des différents modules primaires que comporte un transformateur conforme à l'invention.

La figure 7 est un schéma montrant la conception possible d'un transformateur conforme à l'invention.

10 La figure 8 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier de l'invention..

La figure 9 est un schéma montrant l'application de l'invention à la régulation d'un transformateur de puissance.

15 La figure 10 est un schéma partiel d'une variante de réalisation.

La figure 11 montre schématiquement une possibilité de bobinage "en huit" pour le secondaire commun à deux circuits primaires.

L'invention a pour objet un transformateur électrique destiné à délivrer une grandeur électrique réglable, notamment à des fins de régulation, caractérisé en ce qu'il comprend d'une part au moins deux modules qui comprennent chacun au moins un bobinage de circuit primaire et qui sont indépendants et, d'autre part un seul bobinage de circuit secondaire commun à tous les modules, chacun de ceux-ci étant associé à des moyens permettant de neutraliser son induction électrique individuelle dans le bobinage du circuit secondaire commun, tout en conservant l'activité du circuit magnétique correspondant.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

30 - les moyens sont constitués par un connecteur individuel à chaque module et ayant deux positions, dans l'une desquelles le bobinage de circuit primaire est alimenté normalement par une tension d'origine nominalement constante et dans l'autre desquelles l'édit circuit magnétique reste activé à partir de la même tension d'origine mais en induisant une tension nulle par soustraction.

- Les deux positions du connecteur correspondent respective-

ment à l'alimentation normale du bobinage du circuit primaire et à sa mise en court-circuit.

- Entre la tension d'alimentation et chacune des deux bornes du bobinage de circuit primaire de chaque module, 5 sont intercalés deux interrupteurs électroniques tels que des thyristors ou des transistors montés tête-bêche et commandés sélectivement pour assurer l'inversion et l'alimentation dudit bobinage.
- Chaque module comprend deux bobinages de circuit primaire alimentés sélectivement, soit pour assurer l'induction normale dans le bobinage de circuit secondaire, 10 soit pour la neutraliser.
- les deux bobinages sont de sens inverses, un connecteur étant prévu pour établir le contact entre la tension 15 d'origine et l'un ou l'autre de ces deux bobinages.
- Les deux bobinages sont de même sens et un inverseur est intercalé entre les bornes d'un seul de ces bobinages et la tension d'origine qui alimente simultanément l'autre bobinage.
- Le bobinage de circuit primaire du premier module est 20 alimenté par les deux lignes principales d'une source de tension et le bobinage correspondant des modules suivants est alimenté à l'une de ses extrémités par l'une des deux lignes principales et à son autre extrémité par une dérivation issue d'un point intermédiaire, notamment médian, du bobinage de circuit primaire du module précédent.
- Les modules ont une tension nominale procurant avec 25 un courant donné une puissance qui est différente pour chaque module, le total de ces puissances individuelles étant sensiblement égal à la puissance maximum admissible pour le circuit secondaire unique.
- Les puissances des modules sont des fractions dégressives régulières de la puissance totale et dont les dénominateurs sont des puissances entières de deux.

En se reportant aux figures 1 et 2, on voit qu'un transformateur conforme à l'invention peut comprendre, comme ici, deux modules qui comprennent chacun un seul

bobinage primaire respectivement 1 et 2 associés chacun à un circuit magnétique respectivement 3 et 4, ces deux circuits primaires étant associés à un seul bobinage de circuit secondaire 5 commun aux deux modules 1 et 2.

5 Chaque bobinage primaire 1 et 2 est relié indépendamment à une source de tension 6 nominalement constante, par exemple 220 Volts.

10 Pour chaque bobinage, se trouve un commutateur respectivement 7 et 8 pouvant occuper deux positions dans 1'une desquelles il établit le circuit normal (connecteur 8 sur les figures 1 et 2) tandis que dans l'autre (connecteur 7 figure 1), il met le bobinage correspondant en court-circuit.

15 De la sorte, selon que le commutateur de chaque bobinage de circuit primaire est dans l'une ou l'autre de ses deux positions, le circuit secondaire unique 5 a une tension qui correspond soit à celle qui résulte du bobinage 1 seulement, soit à celle qui résulte du bobinage 2 seulement, soit à celle qui résulte de l'action des 20 deux bobinages 1 et 2 à la fois.

25 Une installation complète comprenant un transformateur conforme à l'invention, est équipée d'un dispositif de commande, éventuellement programmé, et agissant sur tous les connecteurs pour agir sélectivement sur l'alimentation individuelle de chaque module primaire.

Il en résulte qu'en calibrant convenablement les modules primaires, on peut atteindre un très grand degré de précision et de finesse de réglage.

30 Naturellement, une version simple consiste à prévoir une pluralité de modules tous égaux entre eux.

Mais, selon une version plus élaborée, il est intéressant de prévoir que les modules ont une tension nominale qui est établie pour procurer, avec un courant donné, une puissance qui est différente pour chaque module.

35 Le total de ces puissances individuelles est sensiblement égal à la puissance maximum admissible pour le circuit secondaire unique.

Selon une variante de l'invention qui s'avère être particulièrement intéressante, les modules sont des fractions dégressives régulières de la puissance totale et s'établissent selon un code binaire.

5 En d'autres termes, le dénominateur de chaque fraction est une puissance entière de 2 de sorte que le module le plus puissant est égal à la moitié de la puissance totale P , soit $\frac{P}{2}$, les autres modules ayant une puissance égale respectivement à $\frac{P}{4}, \frac{P}{8}, \frac{P}{16}, \frac{P}{32}, \frac{P}{64}$, etc...

10 On voit, ainsi, que le pas de réglage, ou saut minimum, est égal à la plus petite fraction de P prévue dans le transformateur.

15 Il est par conséquent possible dans la pratique, sans aucune difficulté, de réaliser un transformateur composé d'une pluralité de modules de dimensions décroissantes qui, au nombre de huit procurent une finesse de réglage égale à $\frac{1}{255}$ pour le dernier module ce qui est une excellente performance ($\frac{1}{255} = \frac{P}{N-1}$)

20 Lorsque la puissance demandée est égale à $\frac{P}{2}$, on n'active que le module N°1. Si l'on désire l'augmenter de $\frac{P}{255}$, on active en plus le module N°8. Pour l'augmenter encore de $\frac{P}{255}$ on active le module N°7 en neutralisant, simultanément le module N°8 etc...

25 Chaque module étant commandé sélectivement, toutes les combinaisons sont possibles avec une finesse de réglage égale à $\frac{P}{N-1}$, $N-1$ étant la fraction de la puissance du dernier module d'un ensemble donné.

30 Il faut souligner, car cela est une caractéristique intéressante de l'invention, que chaque module primaire est peu volumineux et que le passage d'un réglage au $\frac{1}{127}$ à un réglage au $\frac{1}{255}$ ne nécessite que l'adjonction d'un transformateur supplémentaire de très petites dimensions.

35 En se reportant maintenant à la figure 3, on voit un schéma électrique d'un transformateur conforme à l'invention comprenant six modules identiques 10 à 15 et, bien entendu, toujours un seul bobinage de circuit

secondaire 16.

Chaque module comprend un bobinage 17 à 22 associé à un circuit magnétique individuel 23 à 28.

La source de tension alternative 30 est reliée à 5 deux lignes principales 31 et 32 sur lesquelles sont branchées les alimentations individuelles de chaque module primaire respectivement 33 à 38 et 39 à 44.

Le type de connexion choisi est celui qui a déjà été décrit en regard des figures 1 et 2 c'est-à-dire 10 que chaque module 10 à 15 est associé à un connecteur respectivement 45 à 50 mobile entre deux positions correspondant à l'alimentation normale ou à la mise en court-circuit de chaque bobinage 17 à 22.

Pour simplifier le dessin, on a représenté tous 15 les modules 10 à 15 comme s'ils avaient tous les mêmes dimensions.

Cependant, dans la réalité, si on adopte le mode de réalisation préféré selon lequel les modules procurent 20 des puissances différentes, il est clair qu'ils ont des dimensions d'autant plus faibles que la puissance développée est elle-même faible.

Si l'on retient la variation binaire de cette puissance par rapport à la puissance totale P admissible par l'unique bobinage de circuit secondaire 16, on a 25 pour le module 10 une puissance égale à $\frac{P}{2}$, pour le module 11 une puissance égale à $\frac{P}{4}$, etc...

En supposant que l'installation est alimentée en 220 Volts avec un courant efficace de 48 Ampères, on obtient les résultats groupés dans le tableau ci-après :

Module	Tension du pri- maire en Volts	courant efficace en Ampères	Puissance en KVA		Fraction de la puissance totale	épaisseur du circuit magnéti- que en mm
			en monophasé	en triphasé		
5	10	48	5,28	15,84	1/2	50
	11	48	2,64	7,92	1/4	25
	12	48	1,32	3,96	1/8	12,5
	13	48	0,66	1,98	1/16	6,25
10	14	48	0,33	0,99	1/32	3,125
	15	48	0,165	0,5	1/64	1,56
	<u>x</u>	48	0,165	0,5	1/64	1,56
	Totaux	220	/	10,56	≠31,68	1
						/

Il ressort de la description ci-dessus, que la tension du secondaire est fonction du nombre de modules sous tension et qu'elle peut, de ce fait, varier de 0 à 100 pour 100 en modifiant le rapport du nombre de spires des bobinages primaires au nombre de spires du bobinage secondaire en prenant la précaution de shunter les bobinages des modules non activés pour leur donner une impédance nulle, ce qui est bien le cas puisque le secondaire devient alors conducteur.

Le transformateur unique conforme à l'invention fonctionne, en quelque sorte, comme une série de transformateurs dont les secondaires seraient tous en série.

Cette solution entraîne une économie massive très sensible puisque la puissance d'un tel transformateur-variateur est la même que celle qu'aurait un transformateur classique sans réglage.

En se reportant maintenant à la figure 4, on va décrire un transformateur du même type que celui qui a été décrit précédemment, c'est-à-dire dont chaque module ne comprend qu'un seul bobinage primaire, mais avec l'utilisation de thyristors tête-bêche pour agir sélectivement sur l'induction produite par le bobinage primaire.

Sur cette figure, on n'a représenté que deux modules respectivement 51 et 52 mais l'ébauche du module 53 montre que l'on peut, comme cela résulte des explications précédentes, prévoir un nombre de modules quelconque au-dessus de deux.

Chaque module comprend un bobinage de circuit primaire respectivement 54 et 55 et un circuit magnétique individuel 56 et 57.

Chaque module est alimenté à partir d'une source de tension 58 raccordée à deux lignes principales 59 et 60 à chacune des-
5 quelles sont raccordées les bornes des deux bobinages 54 et 55.

Chacune de ces bornes 54a et 54b d'une part, 55a et 55b d'autre part aboutit à une dérivation à deux branches sur chacune des-
quelles se trouve un thyristor, lesquels sont montés tête-bêche pour les mêmes dérivation: 61 et 62-63 et 64-65 et 66-67 et 68

10 Ces thyristors sont commandés par tous moyens électroniques connus de telle manière que dans le même bobinage primaire donné soit envoyé un courant, soit dans un sens soit dans l'autre.

Il en résulte que dans un cas le bobinage secondaire unique 70 est le siège d'une tension qui, le cas échéant, s'ajoute aux autres tensions nées des autres modules, tandis que dans l'autre cas aucune tension n'est induite dans le bobinage secondaire.

On voit ainsi que selon le sens dans lequel le bobinage est parcouru il y a neutralisation de l'effet d'induction.

20 Mais, ici encore, la magnétisation des circuits magnétiques est permanente, quel que soit le sens effectif du courant. En d'autres termes, les circuits magnétiques sont toujours alimentés, mais la tension dans le bobinage secondaire est soit effectivement induite soit nulle.

25 La solution électronique qui vient d'être décrite présente de nombreux avantages parmi lesquels on peut citer le fait que l'enclenchement et la rupture se font au zéro de la sinusoïde de sorte que quelle que soit la combinaison utilisée pour les modules, il y a conservation du régime sinusoïdal pur.

30 En outre, l'emploi de thyristors ou de transistors pour effectuer la commutation d'une manière sélective des modules, permet d'obtenir des vitesses de commutation extrêmement grandes, nécessaires pour réguler des grandeurs électriques à très hautes performances.

35 En se reportant maintenant aux figures 5 et 6, on voit un autre mode de réalisation de l'invention selon lequel chaque module comprend deux bobinages de circuit primaire.

Sur la figure 5 on a représenté un module complet 71 et l'amorce d'un second 72 avec, comme toujours, un seul et unique bobinage de circuit secondaire 73.

Chaque module comprend un circuit magnétique 74 et deux 5 bobinages de même pas respectivement 75 et 76.

Une source de tension 77 est reliée à deux lignes 78 et 79, cette dernière aboutissant directement à l'une des bornes 76a du bobinage 76 et à la borne 80a d'un connecteur 80.

La ligne 78 aboutit à une dérivation à deux branches 10 dont l'une aboutit à la borne 76b du bobinage 76 et l'autre est reliée d'une part à la borne 75a du bobinage 75 et d'autre part, à la borne 81a d'un bobinage 81 dont le pas est inverse de celui du bobinage 75 et dont la seconde borne 81b peut être reliée à la ligne 79, comme la borne 75b, selon la 15 position du connecteur 80.

Avec ce montage, on voit que le courant qui se divise selon les flèche F1 et F2 parcourt toujours le bobinage 76 et, selon la position du connecteur 80, parcourt soit le bobinage 75 soit le bobinage 81.

20 Dans le premier cas une tension est induite dans le bobinage secondaire 73 et cette tension vient s'ajouter à la tension induite du bobinage 76 tandis que dans l'autre cas le bobinage 81 ayant un enroulement de pas inverse du bobinage 75, la tension induite dans le bobinage secondaire 73 vient 25 non plus s'ajouter mais se soustraire à la tension induite à partir du bobinage primaire 76 de sorte que, finalement, le bobinage secondaire 73 est parcouru soit par la tension nominale du module 71 soit par une tension nulle pour le même module 71.

30 Dans cette hypothèse, le bobinage secondaire 73 est parcouru, le cas échéant, par les seules tensions induites par les autres modules.

En se reportant maintenant à la figure 6, on voit un montage qui lui aussi comprend deux bobinages primaires pour 35 chaque module mais, ici, la neutralisation de chaque module s'obtient par des moyens différents.

On a représenté deux modules complets 90 et 91 et l'ébauche d'un troisième 92.

Chacun de ces deux modules comprend un bobinage primaire 93 et 94 associé à un circuit magnétique 95 et 96 et dont les bornes sont reliées en permanence à deux lignes 97 et 98 alimentées par une source 99.

5 En outre, chacun de ces modules comprend un deuxième bobinage respectivement 100 et 101 associé à un circuit magnétique 102 et 103, l'ensemble des modules correspondant, comme toujours, à un unique bobinage secondaire 104.

Entre les lignes 97 et 98 d'une part et les bornes des 10 bobinages 100 et 101 d'autre part, sont intercalés des inverseurs respectivement 105 et 106.

On comprend qu'avec ce montage, selon la position que l'on donne à chaque inverseur situé dans chaque module, le bobinage correspondant 100, 101, etc... est parcouru de la même 15 manière que le bobinage correspondant 93, 94, etc... ou se trouve en opposition de sorte que, comme dans le cas de la figure 5, le bobinage secondaire 104 est parcouru par une tension induite qui s'ajoute ou qui se retranche à celle, permanente, des bobinages 93, 94, etc...

20 La tension aux bornes du bobinage secondaire 104 est donc bien le résultat d'une addition des tensions de chaque module activé.

En se reportant maintenant à la figure 7, on voit que l'on a représenté graphiquement la manière de diviser la 25 puissance totale P admissible par le bobinage secondaire en des modules ayant chacun, pour un courant donné, une puissance qui est une fraction régulièrement dégressive de la puissance P .

30 Ce graphique tend à montrer visuellement que l'on peut sans difficulté atteindre une extrême finesse de réglage puisque l'on pourrait, quelle que soit la puissance P , prévoir un dernier module de puissance égale à $\frac{P}{128}$ ou même $\frac{P}{256}$ ou $\frac{P}{512}$ etc...

35 Ce graphique montre également que l'obtention de cette finesse se fait moyennant un module extrêmement compact et donc bon marché alors que généralement l'augmentation d'une performance donnée est proportionnellement beaucoup plus compliquée et coûteuse que la performance elle-même.

Sur la figure 8, on a schématisé un transformateur conforme à l'invention comprenant quatre modules du type selon lequel chacun de ceux-ci comprend deux bobinages primaires et deux circuits magnétiques.

- 5 On voit que pour chaque module 110, 111, 112 et 113 les deux bobinages respectivement 114 et 115, 116 et 117, 118 et 119, 120 et 121 sont égaux de même que les circuits magnétiques correspondants 122 et 123, 124 et 125, 126 et 127, 128 et 129.
- 10 Il est en effet fondamental que les deux circuits primaires et les deux circuits magnétiques de chaque module soient rigoureusement égaux pour que l'un puisse neutraliser l'autre.

On comprend, bien entendu, que la tension résultante est soit nulle, soit égale à l'addition des deux circuits primaires de chaque module.

Chaque module a une fonction binaire, 0 et 1, obtenue par l'inversion du champ d'un primaire par rapport à l'autre.

Sur la figure 9, on a représenté un exemple d'application de l'invention à la régulation d'un transformateur.

20 Sur ce schéma, on voit cinq modules 130 à 134 associés à un circuit secondaire 135 qui constitue lui-même le circuit primaire d'un transformateur de puissance comprenant, à la manière connue, un circuit magnétique 136 et un circuit secondaire 137.

25 La figure 10 représente un schéma d'une variante selon laquelle une dérivation est connectée au milieu de l'un des deux enroulements de chaque module et constitue l'alimentation de l'enroulement correspondant du module suivant.

Ainsi, par exemple, le module 140 est alimenté en 220 Volts 30 à partir de la source 141 par deux lignes principales 142 et 143. Cette tension est appliquée à l'enroulement 144 associé à un homologue 145.

Du milieu de l'enroulement 144, part une dérivation 146 qui aboutit à l'extrémité de l'enroulement correspondant 147 35 associé à un homologue 148 du module suivant 149. L'autre extrémité de l'enroulement 147 est reliée directement à la ligne 142 de sorte que la tension d'alimentation de l'enroulement 147 est de 110 Volts seulement.

De la même manière, l'enroulement 150 associé à l'enroulement 151 du module 152 est alimenté en 55 Volts et ainsi de suite, le secondaire 153 étant toujours unique et commun à tous les modules.

5 Le premier module 140 a une puissance de $\frac{P}{2}$ avec un courant de $\frac{i}{4}$ pour un courant nominal de \underline{i} . Le module 149 a $\frac{P}{4}$ et $\frac{i}{8}$. Le module 152 a $\frac{P}{8}$ et $\frac{i}{16}$ etc...

10 Avec cette variante, le nombre de spires des enroulements du primaire est constant pour tous les modules, quelle que soit leur puissance. On parvient de la sorte à une standardisation qui conduit à une économie de main d'oeuvre.

15 D'autre part, on réalise des économies de matière première (cuivre) puisque le courant, dans chaque module, a une valeur décroissante pour laquelle le diamètre du fil de bobinage peut être exactement adapté. Pour un ensemble de module, on parvient à une excellente adéquation entre le courant et la quantité de cuivre nécessaire et suffisante.

20 Les détails pratiques de la construction d'un transformateur conforme à l'invention sont à la portée de l'homme de métier mais on peut citer, toutefois, les dispositions ci-après :

25 - plutôt que d'avoir des dimensions rationnelles, certes, mais peu pratiques comme celles qui sont schématisées sur la figure 7, il est préférable de prévoir pour les circuits magnétiques des dimensions constantes pour ce qui est de la longueur et de la largeur tandis que l'on fait varier seulement l'épaisseur selon la puissance désirée pour chaque module.

30 Ce mode de construction est schématisé par la figure 8. Un exemple chiffré se trouve dans le tableau de la page 8 où la dernière colonne indique l'épaisseur du circuit magnétique en millimètres comme seule dimension variable d'un module à l'autre, la longueur et la largeur étant établies une fois pour toutes.

35 - Plutôt que de construire un important transformateur composé exclusivement de modules conformes à l'invention, il est possible d'associer un transformateur banal à un transformateur conforme à l'invention et comportant plu-

sieurs modules de petite puissance, ce transformateur agissant comme régulateur du premier.

Une application de ce principe se trouve dans les transformateurs de ligne auxquels on peut adjoindre quelques

5 modules qui régulent automatiquement les variations de tension.

- La possibilité de combiner un gros transformateur à tension constante et un transformateur conforme à l'invention à tension réglable, conduit à quatre solutions possibles

10 qui sont respectivement :

. la réalisation d'un transformateur complet conforme à l'invention dans une seule structure;

. la réalisation dans une première structure d'un transformateur à tension constante et d'une partie modulaire conforme à l'invention puis, dans une deuxième structure, un ensemble de modules ne servant qu'aux réglages fins de la puissance minimum;

15 . la réalisation dans deux structures différentes d'un transformateur à tension constante et d'un transformateur modulaire conforme à l'invention, ces deux structures étant électriquement connectées;

20 . la réalisation d'un ensemble de régulation comprenant d'une part un transformateur à tension constante aux bornes du secondaire et d'autre part, un transformateur à tension réglable au primaire dans la plage de -15 à + 15%.

25 Comme indiqué plus haut, la commande des différents modules peut être obtenue soit par des moyens électro-mécaniques, soit par des moyens électroniques.

30 - Lorsque le circuit primaire des modules comporte deux bobinages et deux circuits magnétiques, l'enroulement peut être obtenu soit indépendamment pour chacun d'eux soit en continu pour les deux bobinages en donnant à chaque spire un parcours "en 8", comme cela est schématisé sur la figure 11.

35 - Le régime sinusoïdal restant pur à tous les instants, un transformateur selon l'invention permet d'alimenter un redresseur en conservant son ondulation résiduelle naturelle.

- Il faut noter que la disposition de deux circuits magnétiques avec deux circuits primaires pour chaque module donne des résultats tout à fait différents du montage connu sous le nom de "shunt magnétique" car celui-ci n'a pas d'enroulement primaire. Il en résulte des fuites créant un déphasage courant-tension important d'où un cosinus φ médiocre.
5 Selon l'invention, au contraire, on obtient un cosinus φ voisin de 1 avec les réalisations du type représenté notamment sur les figures 1 et 8.
- 10 - On peut prévoir un transformateur modulaire conforme à l'invention utilisant des solutions mixtes électro-mécaniques et électroniques notamment en prévoyant des thyristors pour le dernier module seulement, ces thyristors ne jouant que sur une fraction infime de la sinusoïde et
15 ne provoquant une variation de puissance que dans des proportions absolument insignifiantes avec un taux de distorsion très réduit .

Il ressort de la description ci-dessus, que l'invention permet de réaliser un transformateur à tension réglable qui comprend des avantages extrêmement marqués par rapport aux
20 dispositifs connus :

- A tout instant la charge appliquée au secondaire reste sous tension et, cela, même pendant le temps des interruptions dues aux commutations.
- La coupure et la fermeture des circuits de mise en action
25 des modules se fait au 0 de la sinusoïde puisque la modification du nombre de modules utilisés a pour conséquence une action sur l'amplitude de la sinusoïde.
- La surface de fuite est réduite au minimum et est identique à celle d'un transformateur normal de haute performance et
30 notamment avec des réalisations représentées sur les figures 1 et 8.
- La commutation se fait sans suture de charge.
- Le réglage se fait selon une progression pas à pas extrêmement fine.
- On peut utiliser des dispositifs de stabilisation de tous types connus.
- La puissance est illimitée.
- 35 - Un transformateur conforme à l'invention a un rendement égal à celui d'un transformateur normal.
- Le réglage se fait sans aucune interruption de l'alimentation électrique.

- La variation de tension est réalisée à partir d'un système d'asservissement pas-à-pas qui évite une mise à zéro de la tension du secondaire, lorsqu'il faut la moduler.

L'invention n'est pas limitée aux seuls modes de réalisation décrits et représentés mais en embrasse au contraire toutes les variantes.

REVENDICATIONS

1- Transformateur électrique destiné à délivrer une grandeur électrique réglable, notamment à des fins de régulation, caractérisé en ce qu'il comprend d'une part au moins deux modules qui comprennent chacun au moins un bobinage de circuit primaire (1 et 2) et qui sont indépendants et, d'autre part, un seul bobinage de circuit secondaire (5) commun à tous les modules, chacun de ceux-ci étant associé à des moyens permettant de neutraliser son induction électrique individuelle dans le bobinage de circuit secondaire commun (5), tout en conservant l'activité du circuit magnétique primaire correspondant (3-4).

2- Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens sont constitués par un connecteur (7-8) individuel à chaque module et ayant deux positions dans l'une desquelles le bobinage de circuit primaire (1-2) est alimenté normalement par une tension d'origine normalement constante et dans l'autre desquelles le circuit magnétique (3-4) reste activé à partir de la même tension d'origine mais en induisant une tension nulle par soustraction.

3- Transformateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que les deux positions du connecteur (45 à 50) correspondent respectivement à l'alimentation normale du bobinage de circuit primaire (17 à 22) et à sa mise en court-circuit.

4- Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'entre la tension d'alimentation et chacune des deux bornes (54a-54b, 55a-55b) du bobinage de circuit primaire (54-55) de chaque module (51-52) sont intercalés deux interrupteurs électroniques tels que des thyristors ou des transistors (61 à 68) montés tête-bêche et commandés sélectivement pour assurer l'inversion de l'alimentation dudit bobinage (54-55).

5- Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque module (71) comprend deux bobinages de circuit primaire (75 et 81) alimentés sélectivement, soit pour assurer l'induction normale dans le bobinage de circuit secondaire (73) soit pour la neutraliser.

6 - Transformateur selon la revendication 5, caractérisé en ce que les deux bobinages (75 et 81) sont de sens inverses, un connecteur (80) étant prévu pour établir le contact entre la tension d'origine et l'un ou l'autre de ces deux bobinages (75 ou 81).

5 7- Transformateur selon la revendication 5, caractérisé en ce que les deux bobinages (93-100, 94-101) sont de même sens et en ce qu'un inverseur (105-106) est intercalé entre les bornes d'un seul de ces bobinages (100-101) et la tension d'origine qui alimente simultanément l'autre bobinage (93-94).

10 8- Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le bobinage de circuit primaire (144) du premier module (140) est alimenté par les deux lignes principales (142-143) d'une source de tension (141) et que le bobinage correspondant (147-150) des modules suivants (149-152) est alimenté à l'une de ses extrémités par l'une (142) des deux lignes principales (142-143) et à son autre extrémité par une dérivation (146) issue d'un point intermédiaire, notamment médian, du bobinage de circuit primaire (144) du module précédent (140).

15 9- Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les modules ont une tension nominale procurant avec un courant donné une puissance qui est différente pour chaque module, le total de ces puissances individuelles étant sensiblement égal à la puissance maximum admissible pour le circuit secondaire unique.

20 10- Transformateur selon la revendication 9, caractérisé en ce que les puissances des modules sont des fractions dégressives régulières de la puissance totale et dont les dénominateurs sont des puissances entières de deux.

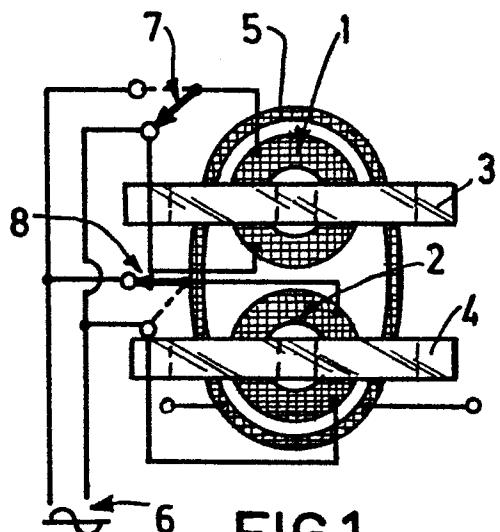


FIG.1

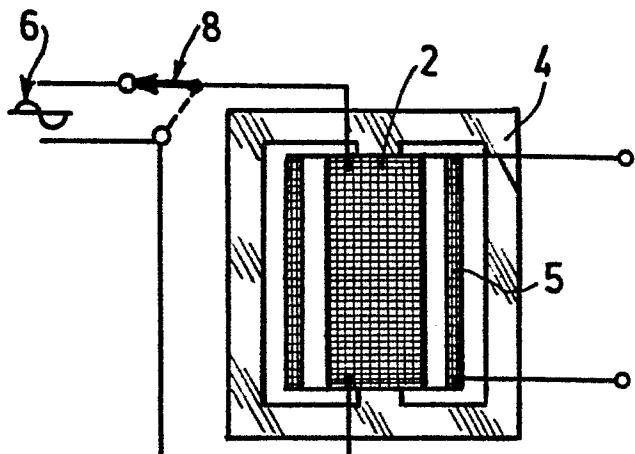


FIG.2

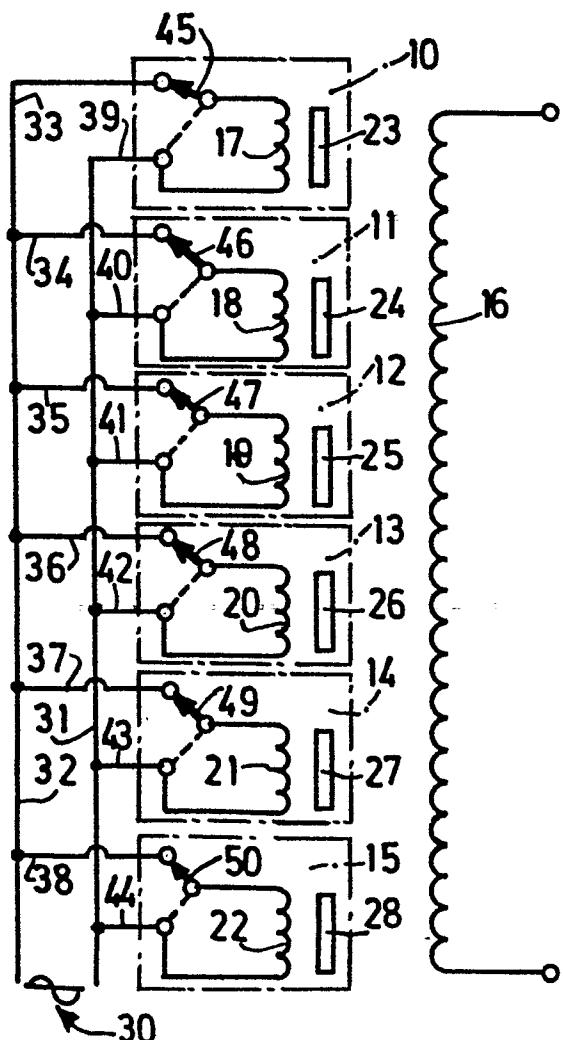


FIG.3

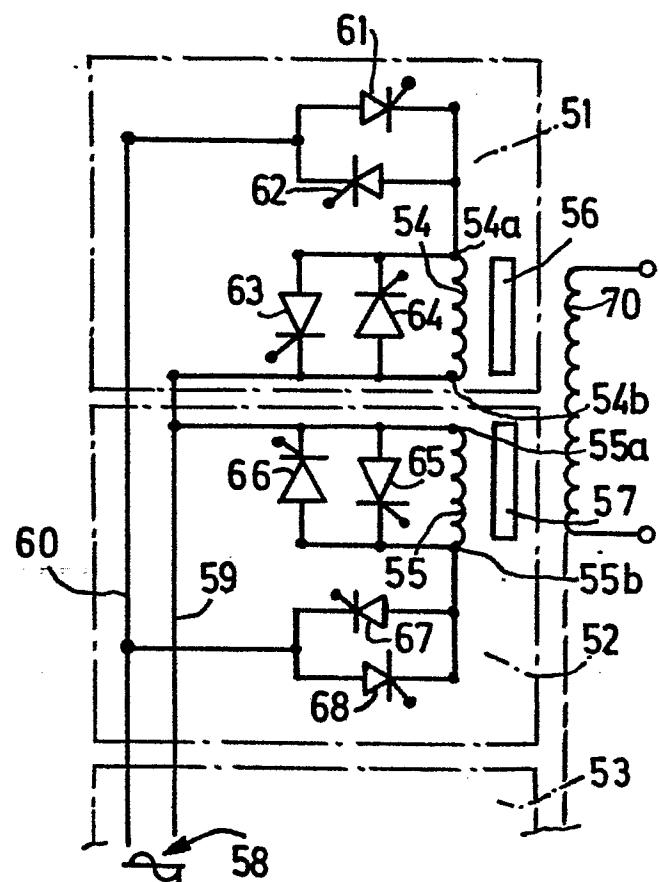


FIG.4

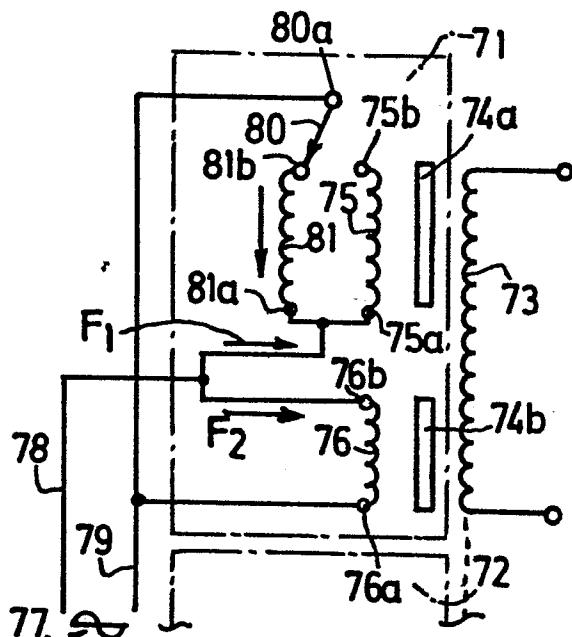


FIG.5

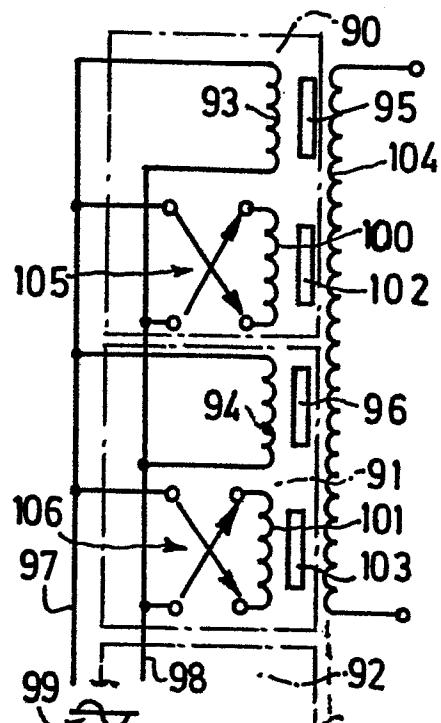


FIG.6

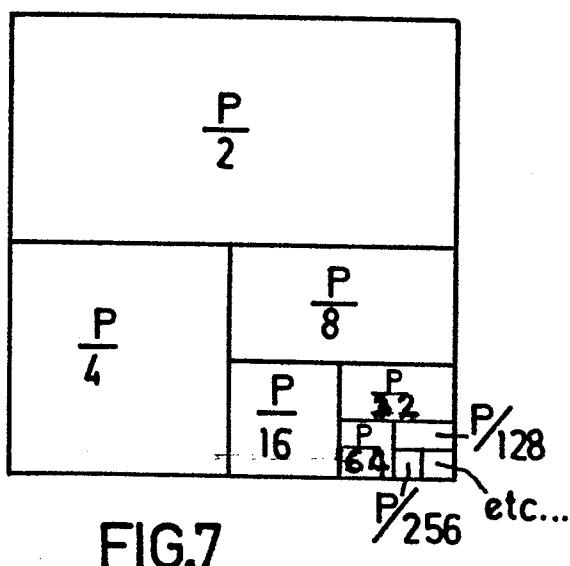


FIG.7

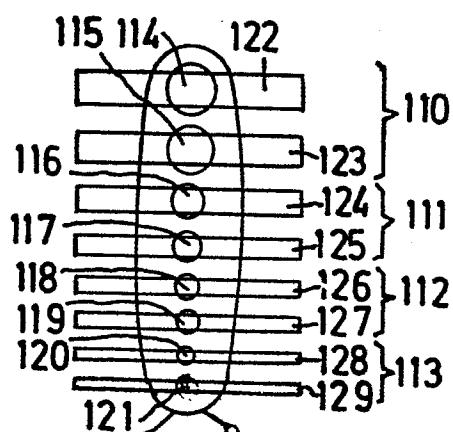


FIG.8

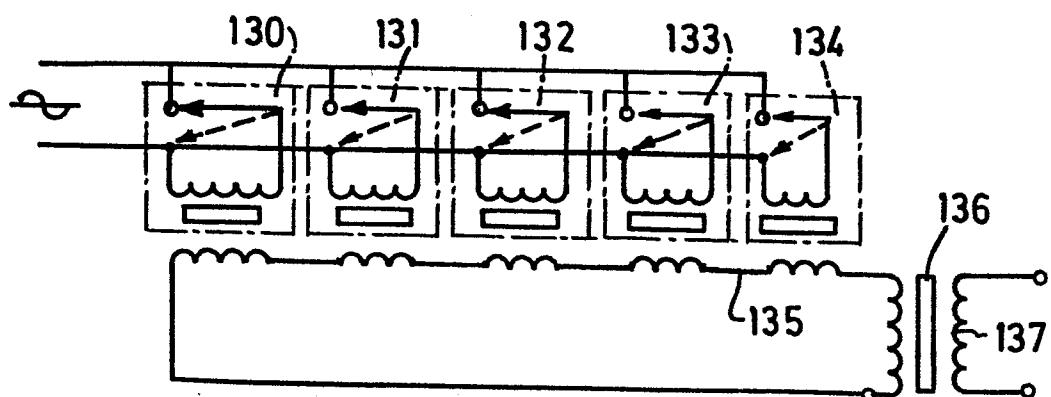


FIG.9

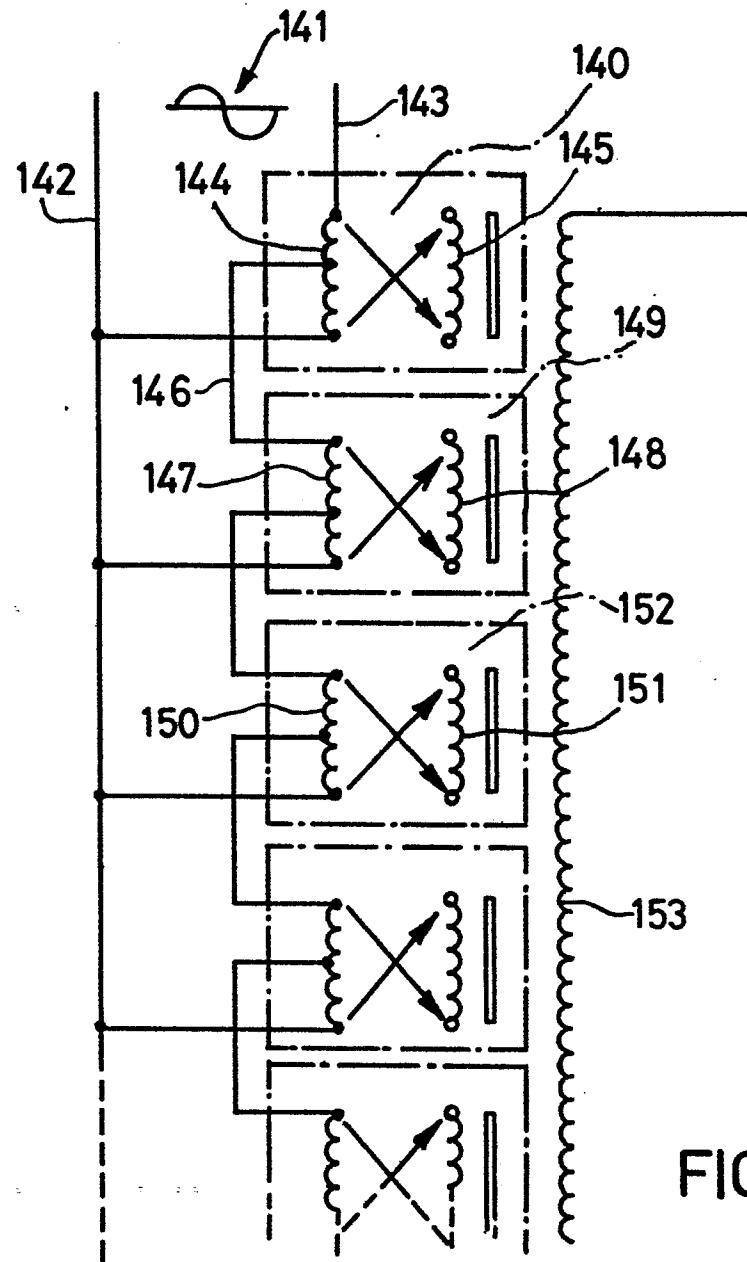


FIG.10

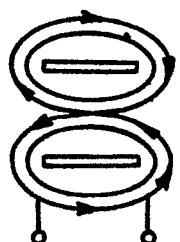


FIG.11



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 3)
X	FR-A-2 406 908 (P. SIRVEN) * Page 1, ligne 1 - page 2, ligne 25 *	1-4, 9, 10	H 01 F 29/02
A	DE-A-2 150 946 (ELAN-SCHALTELEMENTE KURT MAECKER)	---	
A	US-A-3 195 038 (BRENTFORD ELECTRIC)	---	
A	GB-A-2 063 572 (WESTINGHOUSE)	---	
A	FR-A-1 422 650 (R. SLIVSEK)	---	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 3)
A	FR-A-2 155 839 (ALSTHOM)	---	H 01 F 29/00

Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE	Date d'achèvement de la recherche 25-08-1983	Examinateur VANHULLE R.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES	T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire & : membre de la même famille, document correspondant		