

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 823 715 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

11.02.1998 Patentblatt 1998/07

(51) Int Cl.6: H01F 30/12

(21) Anmeldenummer: 97810496.6

(22) Anmeldetag: 16.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV RO SI

(30) Priorität: 09.08.1996 DE 19632172

(71) Anmelder: Asea Brown Boveri AG
5401 Baden (CH)(72) Erfinder: Ravot, Jean François
01170 Chevry (FR)(74) Vertreter: Weibel, Beat et al
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) Drehstromtransformator

(57) Bei einem Drehstromtransformator, der pro Phase (U, V, W) eine primärseitige Wicklung (U_{PW} , V_{PW} , W_{PW}) und eine sekundärseitige Wicklung (U_{SW} , V_{SW} , W_{SW}) aufweist, sind an jedem Schenkel pro Phase (U, V, W) mindestens eine Längsregelwicklung (U_L , V_L , W_L) und zwei Querregelwicklungen (U_{Q1} , V_{Q1} , W_{Q1} , U_{Q2} , V_{Q2} , W_{Q2}) angeordnet, die mit der primärseitigen Wicklung (U_{PW} , V_{PW} , W_{PW}) und/oder der sekundärseitigen Wicklung (U_{SW} , V_{SW} , W_{SW}) in Wirkverbindung stehen. Die Längsregelwicklung (U_L , V_L , W_L) ist dabei entweder mit der auf dem gleichen Schenkel einer Phase (U, V, W) angeordneten primärseitigen (U_{PW} , V_{PW} , W_{PW}) oder der sekundärseitigen Wicklung (U_{SW} , V_{SW} , W_{SW}) elektrisch verbunden, und die primärseitige (U_{PW} , V_{PW} , W_{PW}) oder die sekundärseitige Wicklung (U_{SW} , V_{SW} , W_{SW}), welche auf dem Schenkel einer Phase (U, V, W) angeordnet sind, ist elektrisch mit jeweils einer Querregelwicklungen (U_{Q1} , V_{Q1} , W_{Q1} , U_{Q2} , V_{Q2} , W_{Q2}) der beiden benachbarten Phasen (U, V, W) verbunden. Die Längsregelwicklung (U_L , V_L , W_L) und die Querregelwicklungen (U_{Q1} , V_{Q1} , W_{Q1} , U_{Q2} , V_{Q2} , W_{Q2}) bestehen jeweils aus Teilwicklungen.

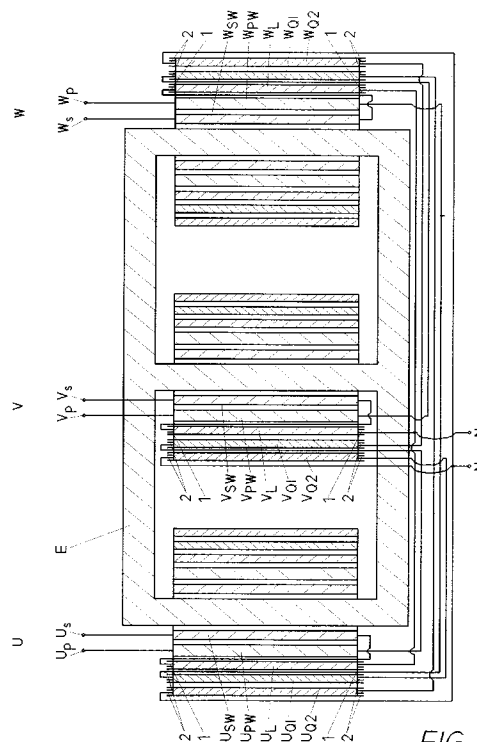


FIG. 1

EP 0 823 715 A2

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die elektrische Energieumwandlung mittels Drehstromtransformatoren in elektrischen Netzwerken. Sie betrifft einen Drehstromtransformator, wie er im Oberbegriff des ersten Anspruchs beschrieben ist.

TECHNOLOGISCHER HINTERGRUND UND STAND DER TECHNIK

In vermaschten elektrischen Energieversorgungsnetzen oder Ringnetzen besteht vielfach die Aufgabe, die Stromverteilung im Netz zu ändern, um einen Zweig vor Überlastung zu schützen oder um einen möglichst guten Wirkungsgrad in der Gesamtstromverteilung, also kleinste Netzverluste, zu erreichen. Dies wird dadurch möglich, dass man in das Ringnetz eine Spannung einfügt, die Kreisströme bewirkt. Die Überlagerung der bisherigen Netzströme mit diesen Kreisströmen ergibt eine geänderte Stromverteilung im Netz und damit auch in den im Netz installierten, parallel betriebenen Transformatoren.

Das Hinzufügen einer Zusatzspannung U_z in einem Netzzweig kann innerhalb des Netzes sowohl die Wirkleistungsverteilung wie auch die Blindleistungsverteilung in gewünschter Weise beeinflussen. Hierfür weist die Zusatzspannung U_z eine sogenannte Längskomponente auf, welche mit der Netzspannung in Phase liegt, und eine Querkomponente, die gegen die Netzspannung 90° phasenverschoben ist. Eine Änderung der Längskomponente nimmt Einfluss auf die Blindleistungsverteilung im Netz und die Variation der Querkomponente steuert den Wirkleistungsfluss.

Eine nach dem obigen Prinzip wirkende Zusatzspannung U_z wird üblicherweise in Drehstromnetzen mittels dreiphasiger Spartransformatoren realisiert, wie beispielsweise in "Elektrische Maschinen" von Bödefeld/Sequenz, Springer Verlag 1971, auf den Seiten 86ff beschrieben ist. Für eine Steuerung der Längskomponente kommt ein normaler Stern-Spartransformator mit verschiedenen Spannungsabgriffen zum Einsatz, welcher im folgenden Längsregeltransformator genannt wird. Die Steuerung der Querkomponente wird meistens mit einem ebenfalls als Serientransformator ausgebildeten Dreieck-Spartransformator, einem sogenannten Querregeltransformator, vorgenommen. Dementsprechend werden für eine kombinierte Längs- und Querregelung in einem Netzzweig ein Haupttransformator mit einem Längsregeltransformator und einem Querregeltransformator in Serie geschaltet. Der Haupttransformator dient der Kopplung des Oberspannungsnetzes und des Unterspannungsnetzes und die in Serie geschalteten Längs- und Querregeltransformatoren erlauben durch Regelung eine verlustärmere und damit wirtschaftlichere Ausnutzung von parallelgeschalteten

Transformatoren. Nachteilig an der beschriebenen Serienschaltung sind allerdings die hohen Erstellungskosten für die zusätzlichen Regeltransformatoren und ihr umfangreicher Platzbedarf. Desweiteren sind Längs- und Querregeltransformatoren ebenfalls verlustbehaftet und weisen namentlich Kupfer- und Eisenverlust auf.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Drehstromtransformator der eingangs genannten Art dahingehend weiterzuentwickeln, dass er eine einfachere und kostengünstigere Längs- und Querregelung zur geeigneten Lastverteilung in einem elektrischen Netz ermöglicht, wobei der für die Längs- und Querregelung benötigte Platzbedarf reduziert, und im Vergleich zum Stand der Technik eine Reduktion der Netzverlustleistung erzielt werden soll.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe durch die Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

Der Kern der Erfindung ist darin zu sehen, dass innerhalb eines Drehstromtransformatorgehäuses sowohl die geforderte Energieübertragung zwischen zwei galvanisch getrennten Netzen vorgenommen wird als auch eine gewünschte Längs- und Querregelung zur Blind- und Wirkleistungsverteilung in einem Energienetz vorgenommen wird. Hierfür wird zu einer primärseitigen oder einer sekundärseitigen Phasenspannung eine stufenweise einstellbare Längsspannung, und jeweils eine stufenweise einstellbare Querspannung der beiden benachbarten Phasen addiert.

Die Vorteile der Erfindung sind unter anderem darin zu sehen, dass die sonst zwecks regelbarer Blind- und Wirkleistungsverteilung separat in Reihe zu einem Haupttransformator geschalteten Läng- und Querregeltransformatoren lediglich auf wenige Zusatzwicklungen im Haupttransformator reduziert werden. Durch diese Massnahme werden sowohl Baukosten wie auch Betriebskosten reduziert. An dieser Stelle umfassen die Ersparnisse bei den Baukosten die kostenintensiven Transformatorkerne, das Wicklungskupfer und die nötige Stellfläche der zusätzlichen Transformatoren. Betriebskostensparnisse sind vor allem durch die geringeren Eisen- und Kupferverluste zu verzeichnen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sowie die damit erzielbaren Vorteile werden nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt eines Drehstromtransformators mit Längs- und Querregelwicklungen;
- Fig. 2 eine alternative Ausführungsform des Drehstromtransformators;

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist mit E der Eisenkern eines Drehstromtransformators vom Kerntransformatortyp bezeichnet. Dieser Drehstromtransformator weist drei Primärwicklungen U_{pw} , V_{pw} und W_{pw} mit den drei Phasenspannungen U_p , V_p und W_p auf und weiterhin weist der Transformator drei Sekundärwicklungen U_{sw} , V_{sw} und W_{sw} mit den drei Phasenspannungen U_s , V_s und W_s auf. Auf jedem Eisenkernschenkel sind pro Phase U, V, W des weiteren jeweils eine Längsregelwicklung U_L , V_L und W_L und jeweils zwei Querregelwicklungen angeordnet, nämlich U_{Q1} , U_{Q2} in der Phase U, V_{Q1} , V_{Q2} in der Phase V und W_{Q1} , W_{Q2} in der Phase W.

Wie bereits erläutert wurde, dienen Längs- und Querregeltransformatoren der gezielten Blind- und Wirkleistungsverteilung in einem Energieverteilungsnetz. Erfindungsgemäss wird diese Blind- und Wirkleistungsverteilung durch geeignete elektrische Verbindungen der Längsregelwicklungen U_L , V_L und W_L und der Querregelwicklungen, U_{Q1} , U_{Q2} , V_{Q1} , V_{Q2} , W_{Q1} , W_{Q2} mit den Primär- und Sekundärwicklungen U_{pw} , V_{pw} , W_{pw} , U_{sw} , V_{sw} und W_{sw} erreicht. Die nötigen Regelverfahren zur Blind- und Wirkleistungsverteilung sind hinlänglich in Verbindung mit der Verwendung herkömmlicher Längs- und Querregeltransformatoren bekannt, so dass diese Regelverfahren an sich im folgenden nicht näher erläutert werden. Die Erfindung betrifft vorrangig eine elektrische Schaltung, an welcher herkömmliche Regelverfahren zur Anwendung gelangen können.

Wie in Fig. 1 gezeigt wird, ist die Sekundärwicklung U_{sw} der Phase U über einen Stufenschalter 1 mit einer in gleicher Phase liegenden, aus einer Anzahl Teilwicklungen bestehenden, Längsregelwicklung U_L verbunden. Die beiden Sekundärwicklungen V_{sw} und W_{sw} der benachbarten Phasen V und W sind entsprechend der Installation in Phase U mit den Längsregelwicklungen V_L und W_L elektrisch über den Stufenschalter 1 verbunden. Der installierte Stufenschalter 1 ist somit in allen drei Phasen U, V, W mit entsprechenden Stufenkontakten zur Ansteuerung der jeweiligen Teilwicklungen der Längsregelwicklungen U_L , V_L und W_L ausgerüstet, die eine in Grenzen stufenweise Variation der entsprechenden Phasenspannungen U_s , V_s und W_s erlaubt. Hierbei werden alle Phasen gleichzeitig mit nur einem Stufenschalter 1 um den gleichen Betrag m in p.u. mittels Regelung variiert. Der zur Phasenspannung U_s addierte Spannungsanteil der Längsregelwicklungen U_L mit der Grösse $m \cdot U_s$ kann also je nach gewähltem Schaltstellung des Stufenschalters 1 positiv oder negativ sein, so dass die resultierende Phasenspannung vergrössert oder verkleinert wird. Mit der Regelkorrektur der Längsregelwicklungen betragen die resultierenden Sekundärspannungen $U_s + m \cdot U_p$, $V_s + m \cdot V_p$ und $W_s + m \cdot W_p$.

Eine geregelte Änderung der Stellung des Stufenschalters 1 wird in einem Energieverteilungsnetz mit mehreren parallelbetriebenen Drehstromtransformatoren zur Verminderung des Blindstromaustausches und der damit verbundenen Verluste eingesetzt.

Die Primärwicklung U_{pw} der Phase U ist in Hintereinanderschaltung mit den Querregelwicklungen V_{Q1} und W_{Q2} verbunden. Auch hier werden die an den Querregelwicklungen V_{Q1} und W_{Q2} anstehenden Spannungen über einen Stufenschalter 2 an entsprechenden Teilwicklungen der Querregelwicklungen abgegriffen, wobei die Beträge der Spannungen gleich gross sind, nämlich $n \cdot V_p$ und $n \cdot W_p$, und stufenweise variierbar zwischen n in p.u..

Die Phasenwinkel der an V_{Q1} und W_{Q2} anstehenden Spannungen sind gemäss Schaltschema und Stellung des Stufenschalters 2 beide voreilend oder beide nacheilend bezüglich der Phasenspannung U_p . Dies liegt daran, dass beispielsweise die Spannung an V_{Q1} bei einer gewählten Stufenschalterstellung phasengleich mit der Phasenspannung V_p abgegriffen wird, während die hinzuaddierte Spannung an W_{Q2} zur Phasenspannung W_p in Phasenopposition steht. Es treten also bezogen auf U_p lediglich die Kombinationen 60°-voreilende Spannung an V_{Q1} mit 120°-voreilender Spannung an W_{Q2} auf, oder 60°-nacheilende Spannung an W_{Q2} mit 120°-nacheilender Spannung an V_{Q1} , und die resultierende Spannung ergibt sich dann zu $U_p + n \cdot (V_p - W_p)$. Die Addition der Spannungen an den Querregelwicklungen ergibt aufgrund Betragsgleichheit und der aufgezeigten Wahl der Phasenwinkel immer eine zu U_p senkrecht stehende, sogenannte Querspannung, die, einer geeigneten Regelung folgend, entweder 90°-voreilend oder 90°-nacheilend ist. Diese Querspannung wird der Phasenspannung U_p hinzuaddiert, wodurch sich die resultierende Spannung in Betrag und Phase von U_p unterscheidet. Diese erzielte Phasenverschiebung führt zu einer bevorzugten Wirkleistungsverteilung und zu reduzierten Verlusten.

Entsprechend der Installation an der Primärwicklung U_{pw} sind auch V_{pw} und W_{pw} über den Stufenschalter 2 mit den entsprechenden Querregelwicklungen der benachbarten Phasen verbunden. So ist V_{pw} angeschlossen an den Querregelwicklungen W_{Q1} und U_{Q2} , und W_{pw} ist verbunden mit U_{Q1} und V_{Q2} , und die resultierenden Spannungen ergeben sich zu $V_p + n \cdot (W_p - U_p)$ und $W_p + n \cdot (U_p - V_p)$.

Alle Spannungsabgriffe an den Querregelwicklungen U_{Q1} , U_{Q2} , V_{Q1} , V_{Q2} , W_{Q1} , W_{Q2} werden über den einen Stufenschalter 2 bedient und sie sind betragsmässig gleich gross, nämlich $n \cdot U_p$, $n \cdot V_p$ und $n \cdot W_p$.

Die Fig. 2 zeigt eine alternative Ausführungsvariante der Erfindung. Die Längsregelung wird hier an den Primärseite des Drehstromtransformators vorgenommen und die Querregelung an der Sekundärseite. Dementsprechend ist die Primärwicklung U_{pw} über den Stufenschalter 1 mit der Längsregelwicklung U_L verbunden und die Sekundärwicklung U_{sw} über den Stufenschalter

2 mit den Querregelwicklungen V_{Q1} und W_{Q2} der benachbarten Phasen. Durch zyklisches Drehen ergeben sich die Verbindungen der beiden anderen Phasen. Die Längsregelwicklung V_L ist über den Stufenschalter 1 mit der Primärwicklung V_{pw} verbunden, der Stufenschalter 2 verbindet die Sekundärwicklung V_{sw} mit den Querregelwicklungen W_{Q1} und W_{Q2} . In Phase W ist die Längsregelwicklung U_L über den Stufenschalter 1 mit der Primärwicklung W_{pw} , und die Sekundärwicklung U_{sw} mit den Querregelwicklungen U_{Q1} und U_{Q2} verbunden. Das Wirkprinzip dieser Alternativlösung ist gleich dem der in Fig. 1 dargestellten ersten Lösung.

Denkbar im Sinn der Erfindung ist auch eine kombinierte Quer- und Längsregelung ausschliesslich auf der Primärseite oder auf der Sekundärseite des Drehstromtransformators. Desweiteren ist die erfindungsgemässe Schaltungsanordnung zweifelsohne auch in anderen Transformatortypen, wie Fünfschenkeltransformator oder Manteltransformator denkbar, wobei selbstverständlich auch andere Wicklungsanordnungen wie die in den Ausführungsbeispielen gezeigten Stern-Stern-Schaltungen möglich sind. Dabei ist die konzentrische Anordnung aller Einzelwicklungen weder zwingend notwendig noch ist deren Lage radiale Verteilung auf einem Schenkel des Eisengestells vorgeschrieben.

BEZUGSZEICHENLISTE

U, V, W	Phasen	
U_p, V_p, W_p	primärseitige Phasespannungen	30
U_s, V_s, W_s	primärseitige Phasespannungen	
U_{PW}, V_{PW}, W_{PW}	Primärwicklungen	
U_{SW}, V_{SW}, W_{SW}	Sekundärwicklungen	
U_L, V_L, W_L	Längsregelwicklungen	
U_{Q1}, V_{Q1}, W_{Q1}	Querregelwicklungen	35
U_{Q2}, V_{Q2}, W_{Q2}	Querregelwicklungen	
E	Eisenkern	
1, 2	Stufenschalter	

40

Patentansprüche

1. Drehstromtransformator, der pro Phase (U, V, W) mindestens eine primärseitige Wicklung (U_{pw}, V_{pw}, W_{pw}) und mindestens eine sekundärseitige Wicklung (U_{sw}, V_{sw}, W_{sw}) aufweist, welche auf einem Schenkel eines Eisenkerns (E) installiert sind, wobei der Drehstromtransformator für den Einsatz in einem elektrischen Energieübertragungsnetz mit einer Längs- und/oder einer Querregelung zur Erzielung einer geeigneten Blind- und/oder Wirkleistungsverteilung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass an jedem Schenkel pro Phase (U, V, W) mindestens eine Längsregelwicklung (U_L, V_L, W_L) und/oder mindestens zwei Querregelwicklungen ($U_{Q1}, V_{Q1}, W_{Q1}, U_{Q2}, V_{Q2}, W_{Q2}$) mit der primärseitigen Wicklung (U_{pw}, V_{pw}, W_{pw}) und/oder der sekundär-

seitigen Wicklung (U_{sw}, V_{sw}, W_{sw}) in Wirkverbindung stehen.

2. Drehstromtransformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsregelwicklung (U_L, V_L, W_L) entweder mit der auf dem gleichen Schenkel einer Phase (U, V, W) angeordneten primärseitigen (U_{PW}, V_{PW}, W_{PW}) oder der sekundärseitigen Wicklung (U_{SW}, V_{SW}, W_{SW}) elektrisch verbunden ist.
3. Drehstromtransformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass entweder die primärseitige (U_{PW}, V_{PW}, W_{PW}) oder die sekundärseitige Wicklung (U_{SW}, V_{SW}, W_{SW}), welche auf dem Schenkel einer Phase (U, V, W) angeordnet sind, elektrisch mit mindestens jeweils einer Querregelwicklungen ($U_{Q1}, V_{Q1}, W_{Q1}, U_{Q2}, V_{Q2}, W_{Q2}$) der beiden benachbarten Phasen (U, V, W) verbunden ist.
4. Drehstromtransformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Längsregelwicklung (U_L, V_L, W_L) und die Querregelwicklungen ($U_{Q1}, V_{Q1}, W_{Q1}, U_{Q2}, V_{Q2}, W_{Q2}$) aus Teilwicklungen bestehen.

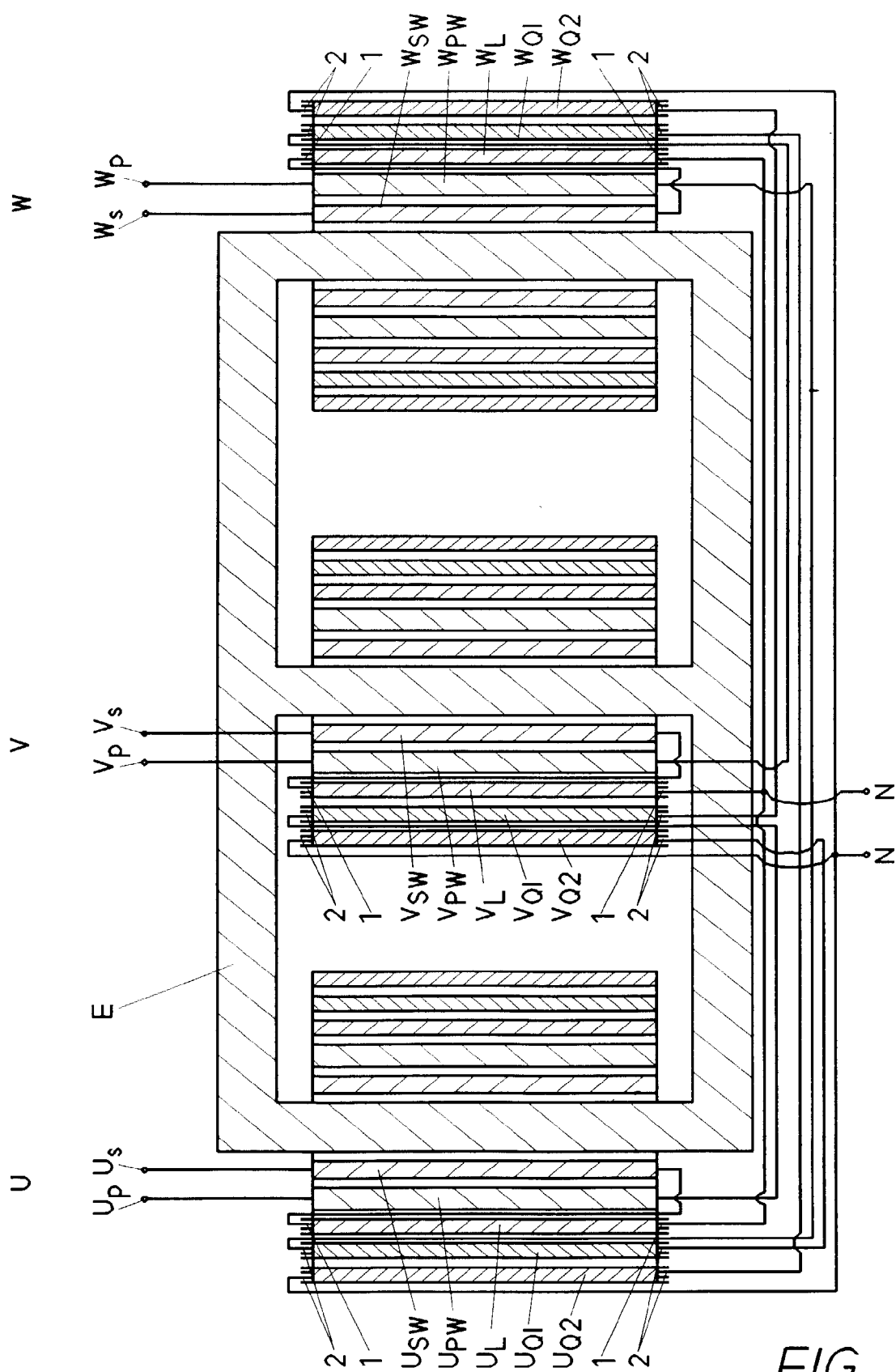


FIG. 1

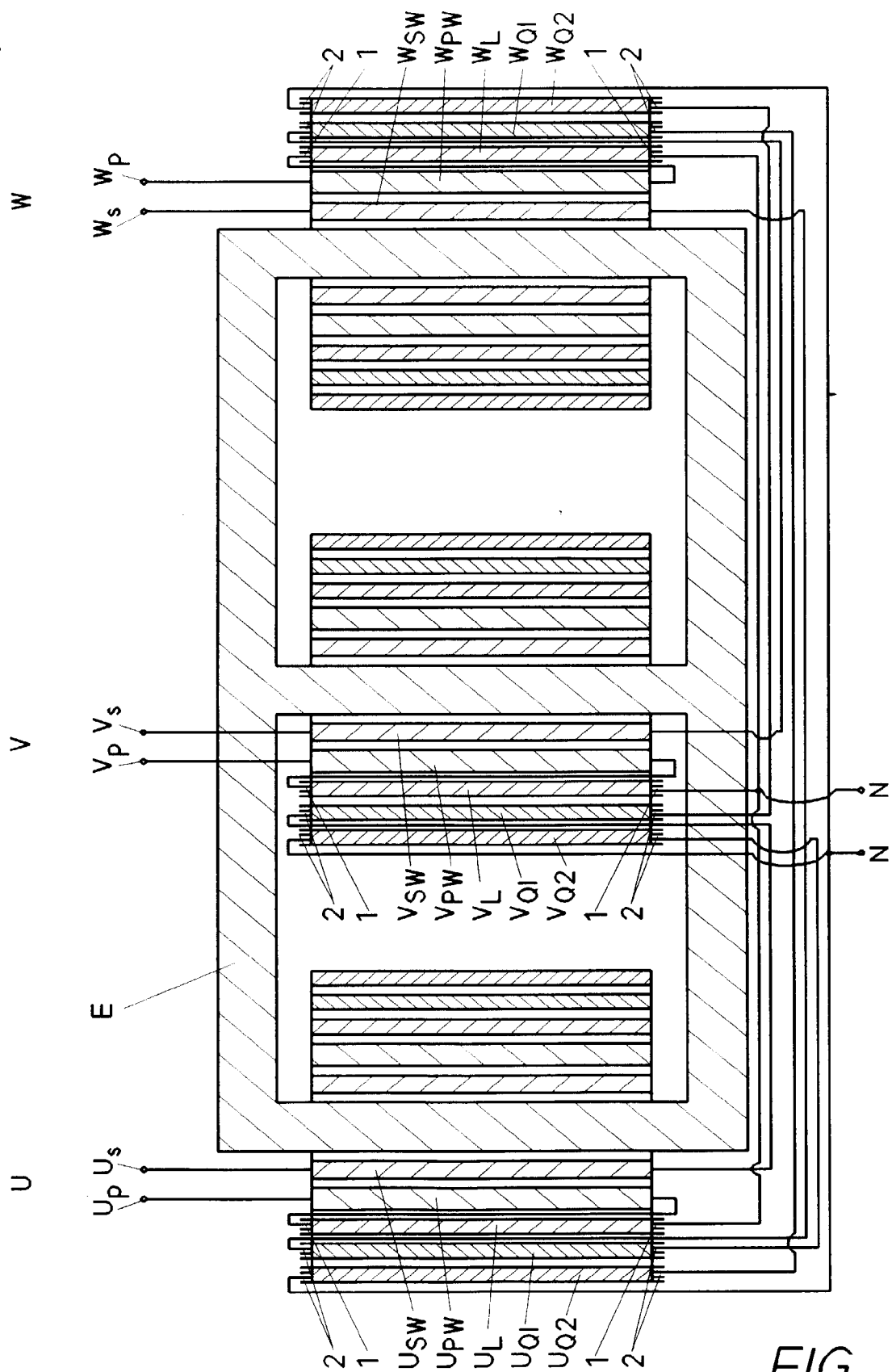


FIG. 2