



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **310640**

(13) B1

(51) Int Cl<sup>7</sup> H 02 H 9/08

## Patentstyret

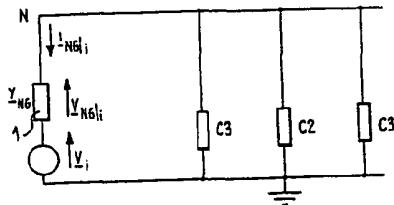
(21) Søknadsnr	19951569	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	1993.10.08, PCT/FR93/01000
(22) Inng. dag	1995.04.25	(85) Videreføringdag	1995.04.25
(24) Løpedag	1993.10.08	(30) Prioritet	1992.10.26, FR, 9212756
(41) Alm. tilgj.	1995.06.08		
(45) Meddelt dato	2001.07.30		
(71) Patenthaver	Electricite de France - Service National, 2, rue Louis-Murat, F-75008 Paris, FR		
(72) Oppfinner	Jean Bergeal, Palaiseau, FR		
(74) Fullmektig	J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo		

(54) **Benevnelse** Fremgangsmåte og anordning for måling av balanse og ubalanse ved kompensasjon av et elektrisk fordelingsnett

(56) **Anførte publikasjoner** Ingen

(57) **Sammendrag**

Fremgangsmåte for å måle balanse og ubalanse ved kompensering av et elektrisk fordelingsnett som omfatter en kompensasjons-spole (1), og hvor et ekstra målesignal føres inn i fordelingsnettets nøytralkrets og den variasjon i unipolar spenning som induseres av dette målesignal blir målt, hvorpå en impedansmåling utføres ved å sammenligne den unipolare spenningsvariasjon med nevnte ekstra målesignal, både med hensyn til amplitude og til faseforskyvning. En parallell strøm kan med fordel tilføres den nøytrale krets ved sekundærviklingen i en unipolar transformator som er anbrakt i nøytralspolen.



Foreliggende oppfinnelse gjelder en fremgangsmåte for måling av balanse og ubalanse ved kompensasjon av et elektrisk fordelingsnett som omfatter en kompenseringsspole. Oppfinnelsen gjelder også en anordning for utøvelse av en variant av denne fremgangsmåte.

5

En kompenseringsspole, eller Petersen-spole, i et sådant nett gjør det mulig å kompensere for den kapasitive strøm som skrives seg fra fordelt kapasitans på nettets ledninger, og ved hjelp av kompenseringsspolen kan det da oppnås balanse, dvs. en perfekt kompensasjon for ledningenes kapasitive ubalanse.

10

Når den iboende kapasitive impedans i nettet varierer, f.eks. som en følge av innkobling eller utkobling av forbrukere med høy belastningsfaktor, skjevstemmes da faktisk kompenseringsspolen, dvs. at den ikke lenger nøyaktig kompenserer for den totale kapasitans som foreligger i nettet. I et slikt tilfelle er det fordelaktig å variere kompenseringsspolens impedansverdi for derved å gjenopprette balanse.

15

For å påvise og måle ubalanse i et netts kompensasjon, er det allerede blitt foreslått å føre inn en elektrisk strøm i nettets nøytralkrets, idet frekvensen av denne strøm gjøres litt forskjellig fra nettets frekvens, og som en følge av at det opptrer et svevningsfenomen, vil det da være mulig å påvise og måle nettets ubalanse. Denne fremgangsmåte er imidlertid forholdsvis komplisert og krever en betraktelig innsats av utstyr, særlig da en generator med en frekvens som er forskjellig fra nettets frekvens. Videre vil denne type drift kreve lange innstillings- og måleperioder.

20

Som beskrevet i europeisk patent nr. 0 235 145, er det også allerede blitt foreslått å fremstille en anordning som gjør det mulig å tilføre en tilleggsreaktans mellom null-ledning og jord for nettet og deretter beregne nettets parametre med hensyn til svekning, asymmetri og ubalanse. Kobling av en tilleggsreaktans mellom null-ledning og jord kan gjøres ved impedansinnkobling i parallell eller serie med kompenseringsspolen, eller til og med ved å påvirke selve kompenseringsspolen dersom nettet omfatter en variabel kompenseringsspole.

30

Denne fremgangsmåte har den ulempe at reaksjonstiden for en slik måling er meget høy, og kan være av størrelsesorden flere minutter, samtidig som målenøyaktigheten heller ikke er særlig god, spesielt hvis asymmetrien er lav, og denne fremgangsmåte kan således ikke fungere pålitelig under alle driftsforhold i et nett.

35

Formålet for oppfinnelsen er da å frembringe en fremgangsmåte og anordning for å måle ubalansen i kompensasjonen av et elektrisk fordelingsnett som er kompensert ved hjelp av en kompenseringsspole, på en slik måte at det oppnås kort reaksjonstid, lave omkostninger og en arbeidsfunksjon som fungerer under alle forhold, uavhengig av

5 netnets naturlige asymmetri.

For å oppnå dette gjelder oppfinnelsen en fremgangsmåte for måling av balanse og ubalanse ved kompensasjon av et elektrisk fordelingsnett som omfatter en kompenseringsspole, idet fremgangsmåten har som særtrekk at et ekstra målesignal ved nettets

10 frekvens føres inn i fordelingsnettets nøytralkrets og den variasjon i unipolar spenning som induseres på grunn av nevnte innføring av det ekstra målesignal måles, og en impedansmåling utføres ved å sammenligne den unipolare spenningsvariasjon med det ekstra målesignal med hensyn til amplitude og faseforskyvning.

15 Dette er en måling som omfatter et aktivt system hvis reaksjonstid er vesentlig kortere enn ved løsninger som omfatter impedansvariasjoner i nøytralkretsen. Videre kan denne fremgangsmåte utføres med enkle midler.

I henhold til en første utførelse blir en ekstra målespenning ført inn i serie med

20 kompenseringsspolen. Denne ekstra målespenning kan med fordel føres inn ved hjelp av en transformator, hvis sekundærvikling er koblet i serie med kompenseringsspolen.

I henhold til en annen utførelse tilføres en strøm i parallell med nøytralkretsen. Denne ekstra målestrøm kan da med fordel føres inn i nøytralkretsen ved hjelp av en unipolar

25 transformator. Denne utførelse er særlig fordelaktig fordi den bare krever installasjon av noen få tilleggs-elementer, særlig når den unipolare transformator allerede foreligger på spolen.

Andre særtrekk og fordeler ved foreliggende oppfinnelse vil fremgå av følgende beskrivelse av utførelseseksempler under henvisning til de vedføyde tegninger, på hvilke:

30

- Fig. 1 viser ekvivalentkretsen for et kompensert nett,
- fig. 2 viser prinsippet for innføring av et målesignal,
- fig. 3 er et koblingsskjema over en anordning for innføring av en spenning i serie,
- fig. 4 er et koblingsskjema for innføring av en strøm i parallell, og
- 35 fig. 5 viser koblingsskjemaet for en utførelse av oppfinnelsen.

Fig. 1 viser ekvivalentkretsen for et kompensert elektrisk fordelingsnett. Kompenserte nett er utstyrt med en nøytral impedans 1, eller en reaktiv kompenseringsspole innkoblet mellom spenningskildens nullpunkt og jord. Hvis det opptrer en enfasefeil, vil den reaktive strøm som flyter gjennom kompenseringsspolen gjøre det mulig å kompensere for nettets kapasitive strøm, for derved å begrense feilstrømmen. I fig. 1 er de kapasitanser som er fordelt over nettet representert ved kapasitansene C1, C2 og C3.

Når nettet er i normal drift, dvs. at det ikke har noen feil, vil spenningen mellom nullpunktet og jord være bestemt av tre grunnleggende parametre, nemlig skjevstemningen  $m$ , asymmetrien  $\underline{k}$  og dempningen  $d$ . Den normaliserte nøytral/jord-spenning  $\underline{V}_{NG}$  kan da skrives:

$$\underline{V}_{NG} = \frac{\underline{V}_{NG}}{V_{nom}} = \frac{\underline{k}}{m + jd} \quad (1)$$

15

hvor  $V_{nom}$  er nettets nominelle spenning mellom fase og nullpunkt, dvs. spenningen mellom en fase og nøytralledning, mens  $V_{NG}$  er spenningen mellom klemmene for kompenseringsspolen 1.

I henhold til oppfinnelsen blir et ekstra målesignal ført inn i nøytral/jord-kretsen for nettet. De parametre som er angitt ovenfor blir så beregnet på grunnlag av en sammenligning mellom det innførte signal og den variasjon i nøytral/jord-spenningen som forårsakes av denne innføring, nemlig ved anvendelse av superposisjons-teoremet.

Nøytral/jord-kretsens nye impedans blir således målt med hensyn til amplitude og fase (dvs. ved å utføre en vektoranalyse av  $\Delta V/\Delta I$ ), og det vil da være mulig å bestemme den variasjon av spolen 1 som må utføres for å gjenopprette balanse i nettet.

Dette er skematisk vist i fig. 2, som viser kompenseringsspolen 1 og de fordelte impedanser C1, C2, C3 i hver fase. I både fig. 3 og 4 tilsvarer  $\underline{Y}_{tG}$  disse kapasitanser.

Fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen består i at det innføres en målespenning  $\underline{V}_i$  i serie med kompenseringsspolen 1. Virkningen av den spenning som føres inn i serie med spolen kan uttrykkes ved følgende ligning:

35

$$\underline{V}_{NG} I_i = \frac{1}{m + jd} \underline{V}_i \quad (2)$$

Variasjonen av spenningen  $V_{NG}$  som funksjon av innført spenning blir så målt og det er da mulig å utlede fra dette, skjevstemningen  $m$  av nettet, hvilket i sin tur gjør det mulig å beregne den verdi som det er nødvendig å variere impedansen av spolen 1 med, for å kunne gjenopprette balanse.

5

Målesignalet kan tilføres på to måter. For det første kan en spenning føres inn i serie med spolen 1, hvilket gjør det nødvendig å koble en matetransformator 11 i serie med nevnte spole, slik som vist i fig. 3. Denne transformator bør da ha følgende egenskaper:

- den nominelle spenning bør tilsvare den maksimalt mulige spenning ved en fullstendig enfasefeil under de mest ugunstige forhold for nettet,
- den nominelle strøm bør tilsvare den maksimalt mulige strøm som kan flyte gjennom nøytralledningen, også i tilfellet av en fullstendig enfasefeil.

10

Primærsiden av transformatoren 11 mates fra en spenningskilde 12. Transformatoren 11 kan f.eks. være en toroid-transformator. Primærkretsen bør være utført for å motstå de spennings- og strømpåkjenninger som opptrer med en enfasefeil i nettet. En bryter 14 gjør det mulig å kortslutte matetransformatoren på sekundærsiden, hvis anordningen ikke er i drift. I henhold til en annen utførelse blir målesignalet tilført ved å føre inn en strøm parallell med nøytralspolen 1. Dette er vist i fig. 4.

20

Innføring av en tilleggsstrøm krever bruk av en matetransformator 21 som må tilfredsstille følgende betingelser:

- den nominelle spenning bør tilsvare den største mulige spenning over spolens 1 klemmer, dvs. den nominelle spenning  $V_{nom}$  mellom fase og null-leder, i tilfellet av en fullstendig enfasefeil,
- den nominelle strømverdi bør tilsvare den maksimale strøm som skal innføres i nettet.

25

Primærsiden av transformatoren 21 mates fra en spenningskilde i serie med en impedans 23. Disse to elementer kan være varierbare og/eller omkoblbare. Denne utførelse gjør det også mulig å variere den totale impedanse for nøytral/jord-forbindelsen med det formål å utføre supplerende målinger uten å føre inn et målesignal.

30

Denne annen utførelse i henhold til oppfinnelsen har den fordel at matetransformatoren bare behøver å kunne motstå påkjenninger som er lavere enn om det innføres en spenning i serie med spolen 1.

35

Dersom en enfasefeil opptrer på nettet, vil det videre i den første utførelse bli indusert en høy strøm i primærsiden av matetransformatoren, hvilket i sin tur fører til overbelastning av denne transformator og den ekstra spenningskilde.

5 En annen ulempe ligger i det forhold at ved innføring av en spenning vil målingen bli utført på en serieresonanskrets og ikke på parallellresonans, slik det er tilfellet ved innføring av en målestrøm. Forsterkningen ved resonans vil da være ukontrollert og kan derfor frembringe en høy og skadelig unipolar spenning.

10 Fig. 5 viser et utførelseseksempel i henhold til oppfinnelsen og angir prinsippet for tilførsel av en målestrøm. I denne figur angir 51 skjematisk et mellomspenningsnett med 12000 V fase/nøytral (20 kV mellom fasene) for energioverføring til et lavspenningsnett på 400 V, med sin kompenseringsspole 52 og sin fordelte impedans 53. Dette nett omfatter, slik det ofte er tilfellet, en unipolar transformator 54 anordnet i fordelings-  
15 stasjonen og som utnytter den magnetiske kjerne i nullpunktspolen. Denne unipolare transformator 54 anvendes for å innføre målestrøm, som f.eks. tilføres fra en hjelpe-spenningskilde 55, som f.eks. utgjøres av spenningstilførselen for stasjonens eget utstyr, dvs. 220 V koblet i serie med en motstand 56 med en motstandsverdi på noen få titalls ohm, slik som 20 ohm.

20

Motstanden R som er innkoblet på sekundærsiden av transformatoren 54, representerer symbolsk dempningsmotstanden på lavspenningssiden for en strøm på 20 A på mellomspenningssiden. Hvis den aktive komponent av mellomspenningsstrømmen er 20 A, så er dempningsmotstanden på mellomspenningssiden 600 ohm. Hvis vindingsforholdet for  
25 unipolar-transformatoren 54 er lik 30, så vil dette tilsvare en dempningsmotstand R på lavspenningssiden som er lik 0,66 ohm.

Hvis matemotstanden 56 har en motstandsverdi på 20 ohm og hvis spenningskilden 55 avgir en spenning på 220 V, oppnås en strøm på 10,6 A, hvilket fører til en spenning på  
30 omtrent 7 V over den lavspente dempningsmotstand R ved utbalansering, hvilket tilsvarer 1,75 % unipolarspenning (spenningsverdien i forhold til nominell spenning).

Hvis det foreligger en skjevstemning på grunn av overkompensasjon tilsvarende f.eks. en strømstyrke på 100 A, så vil den variasjon som frembringes i unipolarspenningen bli  
35 å dividere med 5, dvs. at den vil tilsvare 0,35 %, nemlig en verdi som fremdeles er lett å måle. På lavspenningssiden (med nominell spenning på 400 V ved fullstendig feil), gir

dette seg til kjenne ved måling av en spenningsvariasjon på 1,4 V i en unipolar spenning som høyst er av størrelsesorden 24 V, dvs. 6 % av den maksimale feilfrie unipolar-spenning, innenfor det normale driftsområde.

- 5 Hvis det på den annen side opptrer en skjevstemning på grunn av underkompensasjon, foreligger det en mulighet for serieavstemning mellom lekkasjereaktansen for unipolar-transformatoren 54 og restkapasitansen fra skjevstemningen på mellomspenningssiden. Dette utgjør ikke noe problem, da strømmen tilføres ved anvendelse av en kilde på lavspenningssiden. Om nødvendig bør dette tas i betraktning ved beregning av nettets
- 10 utbalansering, idet den faktiske unipolare spenning måles ved mellomspenningen.

Når en feil opptrer på mellomspenningssiden, vil den oppnådde spenning være 400 V, eventuelt motsatt rettet den ekstra spenningskilde på 220 V. Resultatet av dette er at den strøm som flyter gjennom matekretsen vil være 30 A. Bryteren 57 for å slå på

15 målekretsen bør følgelig være utført for en strøm på 30 A og en spenning på 620 V.

Variasjonen i unipolarspenningen kan i det tilfelle som er vist i fig. 5, måles enten på lavspenningssiden eller på mellomspenningssiden.

- 20 Det vil innses at det i henhold til oppfinnelsen blir mulig å oppnå en rask måling av skjevstemningen av nettet, hvilket tillater, om nødvendig, en automatisk utbalansering ved å virke på kompenseringsspolen.

I henhold til oppfinnelsen kreves det heller ingen måling av asymmetrien, slik det er

25 tilfellet med den anordningen som er beskrevet i det ovenfor nevnte europeiske patent, hvilket gjør målingen meget lett.

Med fremgangsmåten i henhold til oppfinnelsen elimineres videre behovet for å utføre omkobling på kompenseringsspolen, sammenlignet med den tidligere kjente anordning.

- 30 Dette er særlig viktig da et fullstendig fravær av kompensasjon kan opptre under omkoblingen, alt etter den type kompenseringsspole som anvendes. Dette er særlig ugunstig på grunn av de tallrike feil som ofte opptrer innenfor et kort tidsrom, f.eks. i tilfellet av et lynnedslag eller under stormforhold.

- 35 Det forhold at omkobling ikke utføres på kompenseringsspolen gjør det videre mulig i betraktelig grad å redusere prisen på denne.

Måleanordningen i henhold til oppfinnelsen er normalt frakoblet og slås bare på ved hjelp av bryteren 57 når en variasjon i den unipolare spenning er påvist. En måling blir så utført ved innføring av strøm, og hvis det utledes en ubalanse på nettet, blir den kompensasjon som må gjøres, beregnet og utført, f.eks. ved å virke på spolen 1.

5

En annen fordel ved oppfinnelsesgjenstanden i forhold til den innretning som er kjent fra det ovenfor nevnte europeiske patent, hvor jordimpedansen varieres, er at motstanden i nøytral/jord-kretsen da må holdes konstant. I anordningen i henhold til oppfinnelsen forandres ikke jordimpedansen, og målingen blir derfor ikke skadelidende. Dette er særlig tilfelle når spolens Q-faktor varierer ved omkobling av spoleuttakene eller på grunn av andre variasjoner.

15

Nøyaktigheten av utbalanseringsmålingene gjør det da mulig å redusere spoleomkostningene med en faktor på fem.

20

En annen fordel ved foreliggende oppfinnelsesgjenstand er at når målesignalet tilføres, vil dette frembringe en variasjon i unipolarspenningen som er tilgjengelig over hele fordelingsledningen og derfor utgjør et slags "bærestrømsignal" som kan utnyttes av en hvilken som helst stasjon som befinner seg på ledningsnettet, for derved å kunne utføre en fjernregulering av dette.

25

Anordningen i henhold til oppfinnelsen er meget økonomisk, da det i den viste utførelse bare er nødvendig å tilkoble en hjelpespenning som er tilgjengelig i en fordelingsstasjon, en bryter samt en motstand som kan være like lett å få tak i som de motstander som anvendes i elektriske varmeradiatorer.

**PATENTKRAV**

1. Fremgangsmåte for måling av balanse og ubalanse ved kompensasjon av et elektrisk fordelingsnett som omfatter en kompenseringsspole (1),  
5 k a r a k t e r i s e r t v e d at et ekstra målesignal ved nettets frekvens føres inn i fordelingsnettets nøytralkrets og den variasjon i unipolar spenning som induseres på grunn av nevnte innføring av det ekstra målesignal måles, og en impedansmåling utføres ved å sammenligne den unipolare spenningsvariasjon med det ekstra målesignal med hensyn til amplitude og faseforskyvning.
- 10 2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor det ekstra målesignal som innføres, er en ekstra målespenning som tilføres i serie med kompenseringsspolen (1).
3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor det ekstra målesignal som innføres, er  
15 en ekstra målestrøm som tilføres nøytralkretsen parallelt med kompenseringsspolen (1).
4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3, og hvor den ekstra målestrøm tilføres nøytralkretsen ved hjelp av en unipolar-transformator (54).
- 20 5. Fremgangsmåte som angitt i krav 3, og hvor den ekstra målestrøm tilføres ved hjelp av en måletransformator (21), hvis sekundærside er koblet til kompenseringsspolen (1).
6. Fremgangsmåte som angitt i krav 2, og hvor den ekstra målespenning tilføres ved  
25 hjelp av en transformator (11), hvis sekundærside er koblet i serie med kompenseringsspolen (1).
7. Anordning for å utøve fremgangsmåten angitt i krav 1,  
k a r a k t e r i s e r t v e d at den omfatter:  
30 – en strømkilde (55, 56) anordnet i serie med primærkretsen for en unipolar-transformator (54) og innrettet for å føre et ekstra målesignal ved nettets frekvens inn i fordelingsnettets nøytralkrets,  
– bryterutstyr (57) for å koble inn nevnte kilde i kretsen ved påvisning av en variasjon i den unipolare spenning, og  
35 – utstyr for å måle den variasjon i den unipolare spenning som induseres på grunn av det innførte ekstra målesignal og for å utføre en impedansmåling ved å sammenligne

den unipolare spenningsvariasjon med det ekstra målesignal med hensyn til amplitude og faseforskyvning.

8. Anordning som angitt i krav 7, og hvor strømkilden utledes fra en hjelpespenning i  
5 fordelingsnettets reguleringsstasjon.

9. Anordning som angitt i krav 8, og hvor unipolar-transformatoren (54) har en  
sekundærvikling som avgir en spenning på lavt spenningsnivå i tilfellet av en fullstendig  
feil på nettet, idet strømkilden utgjøres av en motstand med en motstandsverdi på noen  
10 titalls ohm og som strømforsynes av stasjonens hjelpespenning.

\* \* \* \* \*

1 / 2

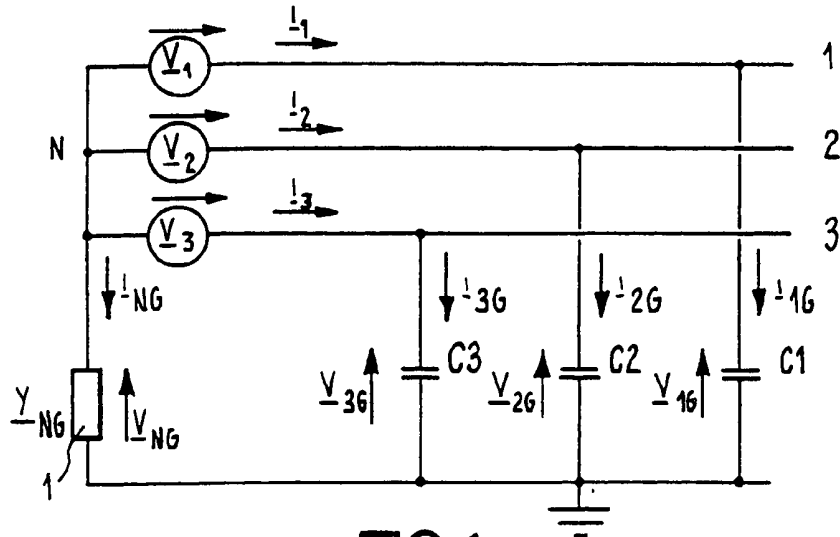


FIG. 1

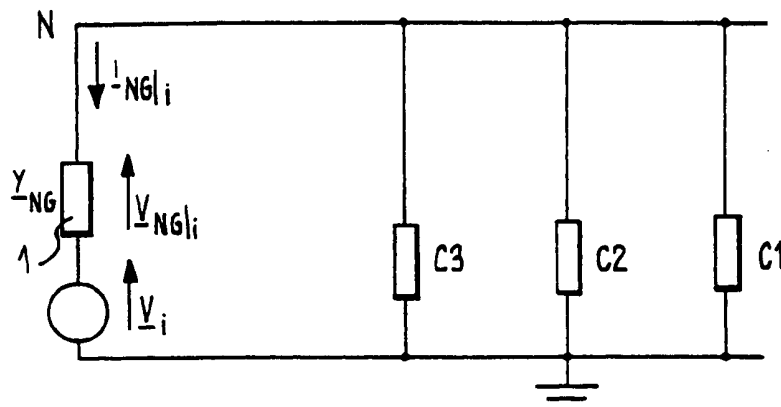


FIG. 2

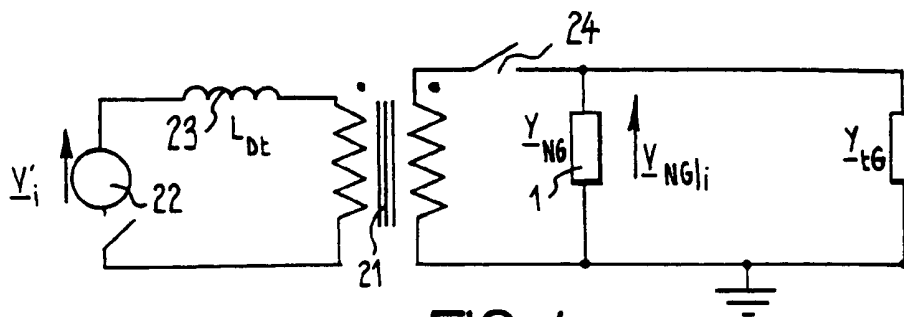


FIG. 4

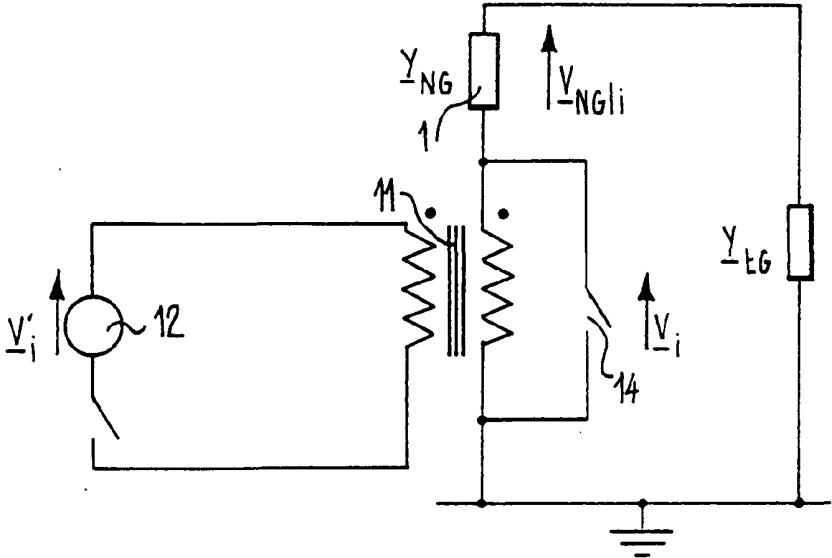


FIG. 3

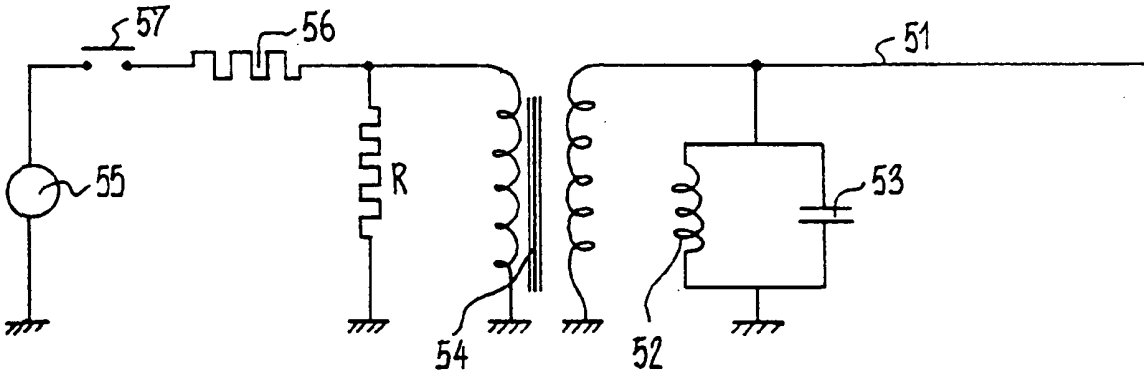


FIG. 5