



Sverige

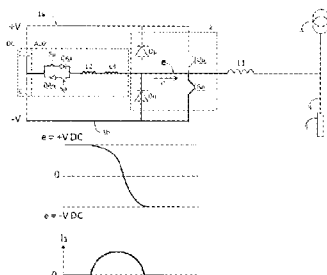
(12) Patentskrift

(10) SE 537 227 C2

(21) Patentansökningsnummer:	1250800-8	(51) Int.Cl.:	
(45) Patent meddelat:	2015-03-10	<b>H02M 7/487</b>	(2007.01)
(41) Ansökan allmänt tillgänglig:	2014-01-07		
(22) Ingivningsdag:	2012-07-06		
(24) Löpdag:	2012-07-06		
(30) Prioritetsuppgifter:	---		

- (73) Patenthavare: Comsys AB, Ideon Science Park, 223 70 Lund SE  
(72) Uppfinnare: Jonas PERSSON, Lund SE  
Erik HANSSON, Lund SE  
(74) Ombud: AWAPATENT AB, Box 5117, 200 71, MALMÖ SE  
(54) Benämning: Resonansomriktare  
(56) Anförda publikationer: DD 288944 A5 · XP 031085441 · XP 010539433  
(57) Sammandrag:

En resonansbetingad elkraftsomriktare tillhandahålls. Den resonansbetingade elkraftsomriktaren en DC-kraftkälla (DC), en positiv DC-ledare (1a), en negativ DC-ledare (1b), en fasledare (e), och en elkraftsomriktande enhet (2) som är kopplad mellan DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e). Den elkraftsomriktande enheten innefattar: en första strömställare (Gp) som är kopplad mellan den positiva DC-ledaren (1a) och fasledaren (e) och en första diod (Dp) som är parallellkopplad med den första strömställaren (Gp), en andra strömställare (Gn) som är kopplad mellan den negativa DC-ledaren (1b) och fasledaren (e) och en andra diod (Dn) som är parallellkopplad med den andra strömställaren (Gn). Den resonansbetingade elkraftsomriktaren innefattar vidare en resonansbetingad understödjande switchningskrets (AUX) som är kopplad mellan en matningsanslutning på DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e), varvid den resonansbetingade understödjande switchningskretsen (AUX) innefattar: minst en induktor (L3) som är seriekopplad med styrorgan (Sp, Sn) för styrning av den resonansbetingade switchningskretsen (AUX), och hjälpdioder (DAp, DAn) som är seriekopplade med styrorganen (Sp, Sn). Induktorn (L3) är en strömselektiv induktor som är anpassad att mättas av strömmar som flyter igenom induktorn vid normal drift så att induktorns (L3) induktans minskar.



## Sammandrag

En resonansbetingad elkraftsomriktare tillhandahålls. Den resonansbetingade elkraftsomriktaren en DC-kraftkälla (DC), en positiv DC-ledare (1a), en negativ DC-ledare (1b), en fasledare (e), och en elkraftsomriktande enhet (2) som är kopplad mellan DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e). Den elkraftsomriktande enheten innefattar: en första strömställare (Gp) som är kopplad mellan den positiva DC-ledaren (1a) och fasledaren (e) och en första diod (Dp) som är parallellkopplad med den första strömställaren (Gp), en andra strömställare (Gn) som är kopplad mellan den negativa DC-ledaren (1b) och fasledaren (e) och en andra diod (Dp) som är parallellkopplad med den andra strömställaren (Gn). Den resonansbetingade elkraftsomriktaren innefattar vidare en resonansbetingad understödjande switchningskrets (AUX) som är kopplad mellan en matningsanslutning på DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e), varvid den resonansbetingade understödjande switchningskretsen (AUX) innefattar: minst en induktor (L3) som är seriekopplad med styrorgan (Sp, Sn) för styrning av den resonansbetingade switchningskretsen (AUX), och hjälpdioder (DAp, DAn) som är seriekopplade med styrorganen (Sp, Sn). Induktorn (L3) är en strömselektiv induktor som är anpassad att mättas av strömmar som flyter igenom induktorn vid normal drift så att induktorns (L3) induktans minskar.

(Fig. 5a)

RESONANSOMRIKTARETekniskt område

Uppfinningen hänför sig till elkraftsomriktare som använder resonans för att begränsa effekten som behövs för switchning.

5

Bakgrund

Förluster uppträder i elkraftsomriktare eftersom ingen av komponenterna har ideala egenskaper. Förlusterna för in värme i elkraftskretssystemet, vilket utöver energiförluster ger värmebelastning på alla komponenter och därmed minskar deras livslängd.

Det är önskvärt att öka elkraftsomriktarnas arbetsfrekvens eftersom den avgivna effekten då kan styras mer exakt. Att öka switchningsfrekvensen leder till lägre switchningsrippel och lägre komponentvärden, vilket i sin tur leder till ett kompaktare, lättare och mer kostnadseffektivt utförande av uppfinningen. Vidare möjliggör minskat switchningsrippel eventuellt minskat EMI, vilket är i linje med målet för en strömställare som inte orsakar störningar. Dessutom möjliggör en hög switchningsfrekvens att högre frekvensströmmar alstras av elkraftsomriktaren, vilket breddar användningsområdet för omriktaren.

En frekvensökning leder emellertid också till ökade switchningsförluster eftersom det mesta av förlusterna uppträder på switchningscykelbasis. Att tvinga transistorerna att kommutera medan en ström flyter igenom den eller när en potentialskillnad ligger över den kräver energi som måste matas till transistorerna styre. Att minska strömmen genom transistorerna eller spänningen över den minskar följaktligen den sammanlagda ineffekten hos strömställaren och därmed den sammanlagda ineffekten till systemet.

Ett sätt att minska förlusterna över en viss strömställare är att med hjälp av urladdning av en kondensator lägga till en resonanskomponent till kretssystemet i vilket en ström alstras av ett induktivt element. En krets som använder den här tekniken kallas resonansomriktare, och förfarandet att nytt-

30

ja resonans för att underlätta kommutering kallas mjuk switchning. Det finns i allmänhet två typer av mjuk switchning: lågspänningsswitchning och lågströmsswitchning. Lågspänningsswitchning innebär minimering av spänningen eller potentialskillnaden över strömställaren före kommuteringen, medan  
5 lågströmsswitchningen innebär minimering av strömmen igenom strömställaren före switchningen.

En lösning för mjuk switchning tillhandahålls i US 5047913 (De Doncker et al.). De Doncker föreslår att styrda strömställare används i det resonansbetingade understödjande switchningskretssystemet för att få bukt med  
10 problemet med switchningsförluster hos aktiva anordningar i elkraftsomriktare. Minskningen av förluster i elkraftsomriktarna möjliggör drift vid högre switchningsfrekvenser. De Doncker beskriver att den resonanta utspänningen kan understiga spänningen hos den motsatta skenan på grund av komponentresistanser, ledningsförluster hos anordningen, och bristfällig drivpotential.  
15 Som en följd av detta kan nästa switchningsanordning som skall slås på i växelriktarpolen switchas vid resonansspänningens toppvärde och måste som en följd av detta absorbera en del switchningsförluster på grund av att den slås på vid en nollskild spänning, vilket även inbegriper energin som töms ut från kondensatorn.

20 Alla switchningslaster orsakar elektromagnetisk interferens (EMI), och högspänningstillämpningar, som till exempel aktiva filter, har särskilt högt EMI. Bestämmelser fordrar att elektroniken inte sänder ut EMI över vissa värden och det är därför i sig ett viktigt mål att alstra mindre EMI. I applikationer där omriktaren eller växelriktaren är kopplad direkt till kraftledningsnätet kan  
25 EMI-brus orsaka problem som normalt sett löses genom att använda elektromagnetiska kompatibilitetsfilter (EMC-filter). EMC-filter måste placeras seriekopplat med omriktaren och hanterar därmed hela strömkapaciteten. Genom att minimera EMI:et så kan EMC-filter elimineras från omriktarformgivningen, vilket minskar storleken och kostnaden för kretssystemet.

30 En resonansomriktare innefattar två huvudswitchningsanordningar per fas. Switchningsanordningarna har dioder som är parallellkopplade med dem. Resonansomriktaren innefattar vidare en understödjande resonansbetingad kommuteringskrets som inbegriper en understödjande switchningsanordning

som är seriekopplad med en induktor och en kondensator. När en diod switchas från ett oledande till ett ledande tillstånd och omvänt finns en intrinsisk återhämtningstid som orsakas av laddningsbärare som lagras i dioden, varvid dioden under denna återhämtningstid kan leda i backriktningen eftersom

5 dioden inte uppnår sin blockkapacitet förrän laddningen är utarmad i övergången. Efterledningstiden ligger typiskt in intervallet 10 – 1000 ns, under vilken tid en efterledningsström flyter igenom dioden i backriktningen.

Efterledningsströmmen medför ökat EMI-brus eftersom efterledningsströmmen tillsammans med kretssystemets reaktiva element alstrar övertoner,

10 varvid effekten kan bli betydande när stora strömmar switchas vid hög frekvens. För att minska mängden förluster i systemet och öka switchningshastigheten så vore det fördelaktigt att erhålla en resonansomriktare i vilken problemet med diodernas efterledningsström är minskat.

## 15 Sammanfattning

En resonansbetingad elkraftsomriktare tillhandahålls. Den resonansbetingade elkraftsomriktaren innefattar en DC-kraftkälla, en positiv DC-ledare, en negativ DC-ledare, en fasledare, och en elkraftsomriktande enhet som är kopplad mellan DC-kraftkällan och fasledaren, varvid den elkraftsomriktande

20 enheten innefattar: en första strömställare som är kopplad mellan den positiva DC-ledaren och fasledaren och en första diod som är parallellkopplad med den första strömställaren, en andra strömställare som är kopplad mellan den negativa DC-ledare och fasledaren och en andra diod som är parallellkopplad med den andra strömställaren.

25 Den resonansbetingade elkraftsomriktaren innefattar vidare en resonansbetingad understödjande switchningskrets som är kopplad mellan en matningsanslutning på DC-kraftkällan och fasledaren. Den resonansbetingade understödjande switchningskretsen innefattar: minst en induktor som är seriekopplad med styrorgan för styrning av den resonansbetingade understödjande switchningskretsen och hjälpdioder som är seriekopplade med

30 styrorganen, varvid den resonansbetingade understödjande switchningskretsen kännetecknas av att induktorn är en strömselektiv induktor som är an-

passad att: mättas av strömmar som flyter igenom induktorn vid normal drift så att induktorns induktans minskas.

Eftersom efterledningsströmmar flyter igenom hjälpdioderna och den strömselektiva induktorn befinner sig under mätnadsströmmen så arbetar  
5 induktorn i sitt linjära område som dämpar strömmen och följaktligen minskar efterledningsströmmen som flyter igenom hjälpströmställaren, medan den däremot, vid normal drift, då strömmen hos hjälpströmställaren flyter igenom induktorn och i framriktningen igenom hjälpdioderna, snabbt mättas vilket får induktorn att verka som en rent resistiv komponent.

10 Enligt en utföringsform av den resonansbetingade elkraftsomriktaren är induktansen hos den strömselektiva induktorn anpassad att minskas till under 50% när den mättas vid normal drift.

Enligt en utföringsform är induktansen hos den strömselektiva induktorn anpassad att minskas till under 20% när den mättas vid normal drift.

15 Enligt en utföringsform är den strömselektiva induktorn seriekopplad med en andra induktor som är anpassad att ha en väsentligen konstant induktans vid normal drift när den första strömselektiva induktorn är väsentligen mättad.

20 Enligt en utföringsform är den strömselektiva induktorn anpassad att arbeta i dess väsentligen linjära område när en efterledningsström flyter igenom hjälpdioderna och den strömselektiva induktorn och arbeta med induktans som är minskad till under 50% av induktansen i det linjära området när en ström som är större än efterledningsströmmen flyter i framriktningen vid normal drift.

25 Enligt en utföringsform är den strömselektiva induktorn en induktor som innefattar magnetiskt material som är anpassat att mättas magnetiskt efter att en strömmängd har flutit igenom induktorn. Det magnetiska materialet kan vara en järnkärna hos induktorn.

30 Enligt en utföringsform är den olinjära induktorn anpassad att mättas av strömmar som är väsentligen större än efterledningsströmmen och vilka flyter i framriktningen så att induktorn verkar som ett induktivt element med en induktans som är lägre än 20 % av den första induktansen.

Enligt en utföringsform är den olinjära induktorn en strömselektiv induktor som innefattar magnetiskt material som är anpassat att mättas magnetiskt efter att en strömmängd har flutit igenom den strömselektiva induktorn. Att realisera den strömselektiva induktorn som en strömselektiv induktor som innefattar ett magnetiskt material som är anpassat att mättas magnetiskt är ett billigt, enkelt och robust sätt att formge kretssystemet till uppfinningskonceptet. Det magnetiska materialet är till exempel en järnkärna hos induktorn.

Enligt en utföringsform är den strömselektiva induktorn en induktor med en induktans i intervallet 1-10  $\mu\text{H}$ , och enligt en annan utföringsform är den strömselektiva induktorn en induktor med en induktans i intervallet 3-7  $\mu\text{H}$ .

Enligt en utföringsform är den strömselektiva induktorn en induktor med en mättnadsström i intervallet 1-10 A och enligt en annan utföringsform är den strömselektiva induktorn en induktor med en mättnadsström i intervallet 3-7 A, vilket sålunda gör kretssystemet lämpligt för mellanspänningskraftelektronikapplikationer.

Den resonansbetingade elkraftsomriktaren kan till exempel användas i ett aktivt filter eller en spänningstransformator.

Vänligen observera att alla utföringsformer kan kombineras på vilket som helst sätt.

#### Kort beskrivning av figurerna

Uppfinningen beskrivs i det följande med hänvisning till den exemplifierande ritningen, på vilken:

fig. 1 visar en krets för resonansswitchning då utströmmen switchas från att ha spänningen +V till att ha spänningen -V,

fig. 2 visar en krets för resonansswitchning då utströmmen switchas från att ha spänningen +V till att ha spänningen -V,

fig. 3 visar en krets för resonansswitchning då utströmmen switchas från att ha spänningen -V till att ha spänningen +V,

fig. 4 visar ett diagram över derivatorna av utströmmen, resonansströmmen, stegkantsdetektorsignalen och en referenssond när switchningsk-

retsen som beskrivs i fig. 1 nyttjas till att switcha och utströmmen switchas från att ha spänningen  $+V$  till att ha spänningen  $-V$ ,

fig. 5a, 5b visar en krets för resonansswitchning, innefattande en strömselektiv induktor, då utströmmen switchas från att ha spänningen  $+V$  till att ha spänningen  $-V$ ,

fig. 6 visar ett diagram över derivatorna av utströmmen, resonansströmmen, stegkantsdetektorsignalen och en referenssond när switchningskretsen som beskrivs i fig. 3, innefattande den olinjära induktorn, nyttjas till att switcha och utströmmen switchas från att ha spänningen  $+V$  till att ha spänningen  $-V$ .

Fig. 7a visar en utföringsform av en induktor med ett centralplacerat strömselektivt parti.

Fig. 7b visar ett impedansdiagram hos induktorn enligt utföringsformen som visas i fig. 7a.

#### Detaljerad beskrivning

I det följande kommer grundprinciperna för resonansswitchning som realiserar en strömselektiv induktor att beskrivas med hjälp av ett exempel i enlighet med den åtföljande ritningen. Det torde inses att ritningen endast är åskådliggörande och inte på något sätt begränsar omfånget.

I de följande figurerna åskådliggörs elkraftsomriktaren för användning i ett aktivt filter. Denna utföringsform skall emellertid endast ses som ett exempel på en användning av elkraftsomriktaren. Uppfinningskonceptet som definieras av kraven kan användas i alla applikationer i vilka en resonansbetingad elkraftsomriktare är fördelaktig.

Elkraftsomriktaren i ett aktivt filter alstrar en kompenserande ström som kompenserar för laster i ett övertonsalstrande elkraftsystem. Genom att minska övertonerna i det elektriska systemet så minskar den reaktiva effekten som genereras och därmed minskas den totala energiförbrukningen. En ytterligare beskrivning av detaljerna hos ett aktivt filter återfinns till exempel i US7289888 (Persson). Det elektriska systemet illustreras i de följande figurerna av en energiförsörjningsenhet 4, en energiförbrukande last 5 och en huvudledare 3 för överföring av energi från energiförsörjningsenheten 4 till

den energiförbrukande enheten 5. Energiförsörjningsenheten 4 kan till exempel utgöras av elkraftledningsnätet eller en transformator som minskar spänningen som tillförs från huvudkraftledningsnätet. Den energiförbrukande lasten 5 kan till exempel utgöras av en elektrisk motor. Det aktiva filtret innefattar vidare en induktor L1 som omvandlar pulserna som alstras av strömställarna Gp, Gn till en kontinuerlig signal genom att motarbete förändringarna i ström igenom filtret genom att över induktorn utveckla en spänning som är proportionell mot förändringstakten hos strömmen i enlighet med  $I = -LdU/dt$ . För ett aktivt filter som är konfigurerat för ström på 100 A är induktorn typiskt en induktor i spannet 200-250  $\mu\text{H}$ .

Fig. 1 visar ett kretssystem för resonansbetingad elkraftsomriktning. Den resonansbetingade omriktaren innefattar två huvudswitchningsanordningar Gp, Gn per fas. Switchningsanordningarna har dioder Dp, Dn som är parallellkopplade med desamma. Den resonansbetingade omriktaren innefattar vidare en understödjande resonansbetingad kommuteringskrets AUX som inbegriper understödjande switchningsanordningar Sp, Sn som är seriekopplade med en induktor L2 och en matningskoppling på DC-kraftkällan (DC). DC-kraftkällan utgörs enligt den här utföringsformen av två kondensatorer C. I den föredragna utföringsformen används IGBT:er på grund av de höga switchningsfrekvenserna både till huvudswitchningsanordningen Gp, Gn och de understödjande switchningsanordningarna Sp, Sn, men uppfinningen är lämplig för användning i många andra typer av switchningsanordningar som till exempel (men inte begränsat till) BJT:er, MOSFET:er, MCT:er, GTO:er eller IGCT:er. Fig. 1 beskriver funktionen hos resonansströmställaren då ström ej flyter igenom L1. Extra ström behöver matas till det resonansbetingade kretssystemet för att tvinga spänningen från +V till -V. Som ett första steg i switchningscykeln slås strömställaren Gp av så att strömmen upphör att flyta från den positiva ledningen +V. Spänningen i fasledaren e är nu den positiva spänningen +V och det flyter ingen ström. Strömställaren Sp slås på och sluter resonanskretsen så att kondensatorn C laddas ur över strömställaren Sp och dioden DAp och ändrar således potentialskillnaden över induktorn L2, vilket alstrar en ström som leveras till fasledaren e. Resonanskretsen levererar följaktligen en tvingande potential som är väsentligen lika med halva

spänningsskillnaden mellan  $-V$  och  $+V$ . Detta får potentialen i fasledaren  $e$  att sjunka mot  $-V$ , vid vilken tidpunkt det börjar flyta ström genom den negativa dioden  $D_n$ . Vid denna tidpunkt minskas potentialskillnaden över den negativa strömställaren  $G_n$  så att  $G_n$  kan switchas utan någon spänning däröver.

5            Fig. 2 visar ett andra alternativ i vilket syftet är att switcha från  $+V$  till  $-V$  när en ström flyter igenom  $L1$ . Den positiva strömställaren  $G_p$  slås av, men eftersom  $L1$  innehåller ett magnetfält kommer den att fortsätta att driva en ström  $I_2$  genom den från dioden  $D_n$ , vilket gör att spänningen i huvudledningen faller från  $+V$  till  $-V$  så att spänningsskillnaden för strömställaren  $G_n$   
10 minskas så att strömställaren  $G_n$  kan switchas med mycket små förluster.

Fig. 3 visar en tredje switchningsfunktion enligt vilken switchningen utförs från  $-V$  till  $+V$  när en ström flyter igenom induktorn  $L1$ . Den negativa strömställaren  $G_n$  slås i ett första steg av, vilket får en ström  $I_3$  som drivs av induktorn  $L1$  att fortsätta att flyta igenom den negativa dioden  $D_n$  (betecknad  
15 som diodström  $I_d$ ).  $S_p$  slås på och sluter därmed hjälpkretsen  $AUX$  som laddar ur  $C$  och driver en hjälpström  $I_4$  med hjälp av  $L2$ , vilket får spänningen att öka i huvudledningen och sålunda minska spänningsskillnaden över  $G_p$ . När spänningen över  $G_p$  närmar sig noll så slås  $G_p$  på varvid strömmen  $I_{G_p}$  börjar flyta igenom  $G_p$  och  $S_p$  slås av.

20            I switchningsförloppet som beskrivs med hänvisning till fig. 1 när dioden  $D_{Ap}$  (analog med  $D_{An}$  i andra switchningsförlopp) i hjälpströmställaren switchas från det ledande tillståndet till ett oledande tillstånd har den på grund av laddningsbärare som är lagrade i dioden  $D_{Ap}$  en intrinsisk återhämtnings-  
25 laddningen är utarmad i övergången, kan dioden leda i backriktningen under den här återhämtningsstiden. Detta bringar ström att flyta i backriktningen igenom dioden  $D_{Ap}$ , eftersom induktorn  $L2$  fortsätter att driva ström genom att förbruka energin som är lagrad i induktorns  $L2$  magnetfält. Den här tiden kallas efterledningstid och ligger typiskt mellan 10 och 1000 ns.

30            Fig. 4 visar ett diagram över spänningen hos strömmen som levereras av hjälpströmställaren, angiven som 14, och hur hjälpströmmen driver ned spänningen 12 i fasledaren ( $e$  i fig. 1) till 0-potential före switchning. Efterledningsverkan i dioden  $D_{Ap}$  kan ses i området  $a$  då spänningen drivs ner under

-V då en oscillerande ström flyter i backriktningen igenom dioden DAp då induktorn L2 fortsätter att driva en ström genom att förbruka energin som är lagrad i induktorns L2 magnetfält. 11 är en stegdetektorsignal och 13 är en referenssond som inte är kopplad till kretssystemet och därför verkar som en  
5 antenn som fångar upp signaler som orsakas av EMI. Såsom framgår av referenssonden 13 alstrar switchningen väsentligt EMI som detekteras av referenssonden.

Den oscillerande efterledningsströmmen medför ökat EMI-brus vars verkan kan vara betydande när stora strömmar switchas väldigt snabbt. Det  
10 vore fördelaktigt att erhålla en resonansomriktare i vilken problemet med diodernas efterledningsström är minskat för att minska mängden förluster i systemet och öka switchningshastigheterna.

Fig. 5a visar en switchningskrets liknande kretsen som visas i fig. 1, varvid skillnaden utgörs av en extra strömselektiv induktor L3 med olinjära  
15 egenskaper vilken mätts av hjälpströmmen som flyter igenom den. En induktor är ett elektriskt element som i proportion mot strömmängden som flyter igenom induktorn lagrar energi i sitt magnetfält och som använder energin för att motarbeta förändring i strömmen som skapade magnetfältet. En olinjär induktor eller strömselektiv induktor är en induktor som har olinjära egenskaper vilket betyder att uppbyggnaden av magnetfältet varierar med strömmen  
20 som flyter igenom induktorn.

Den strömselektiva induktorn L3 grundas på mättnad av magnetiskt material som till exempel induktorns L3 järnkärna (56 i fig. 5b). Järnkärnan magnetiseras av uppbyggnaden av induktorns magnetfält från strömmen som  
25 passerar genom spolens lindningar (59 i fig. 5b). Magnetfältet linjerar upp järnkärnans mikroskopiska magnetiska domäner vilket bringar deras magnetiska fält att vridas och linjeras parallellt med det yttre fältet. Ju mer ström som flyter genom induktorn desto kraftigare uppbyggnad av magnetfältet och desto mer linjeras de magnetiska domänerna. När fler och fler magnetiska do-  
30 män linjeras så minskas mängden av tillgängliga magnetiska domäner som kan linjeras tillsammans med ökningen i ström, och därmed de strömselektiva induktorernas förmåga att lagra energi i ett magnetfält. Fullständig magnetisk mättnad inträffar när alla domäner är upplinjerade så att ytterligare ökning av

strömmen som flyter igenom induktorn inte kan orsaka ytterligare linjering av magnetiska domäner.

Järnkärnans 56 mättnad gör den resulterande induktansen till en funktion av den pålagda strömmen. Induktorn L3 har en induktans på  $3 \mu\text{H}$  och en mättnadsström på 3 A, vilket betyder att induktorn L3 har induktansen  $3 \mu\text{H}$  för strömmar under 3 A och induktansen  $0 \mu\text{H}$  för pålagda strömmar över 3 A. När den understödjande switchningsanordningen  $S_p$  sluter och bringar ström att flyta från kondensatorn C igenom hjälpströmställaren blir induktorn L3 snabbt mättad, vilket innebär att den nu verkar som ett rent resistivt element. När hjälpkretsen har drivit en ström som får spänningen i fasledningen att minska till  $-V$  så stängs strömställaren  $G_n$ , varvid strömmen flyter från den negativa ledaren 1b till fasledaren e. Eftersom dioden DAp hos hjälpströmställaren AUX fortfarande innehåller laddningsbärare, så börjar en efterledningsström att flyta i den motsatta riktningen. Efterledningsströmmen orsakar en uppbyggnad av ett magnetfält i induktorn L3 då efterledningsströmmen understiger mättnadsströmmen (i detta exempel 3 A), varvid induktorn således arbetar i sitt linjära område och dämpar strömmen och därmed minskar efterledningsströmmen som flyter igenom hjälpströmställaren. Resultatet är att resonansströmmens (visas som 14 i figurerna 4 och 6) derivata kommer att vara lägre, och att efterledningsströmmens derivata kommer att vara lägre i det område i vilket induktorn L3 är aktiv eftersom den resulterande induktansen kommer att vara  $L_2 + L_3$ . Eftersom efterledningsströmmens derivata kommer att vara lägre så kommer den sammanlagda efterledningsladdning som behöver tvingas bort från dioden att vara lägre. Dessutom kommer oscillationerna hos strömmen som levereras till fasledningen från DC-kraftkällan att vara mindre vilket ger en stabilare kompenserande ström från strömställaren.

Fig. 6 visar ett diagram över samma switchningscykel som visas i diagrammet i fig. 4 och som beskrivs med hänvisning till fig. 1, i vilket den strömselektiva induktorn (L3) är aktiv. Det framgår i området **a**, i spänningen 14', att verkan av den oscillerande efterledningsströmmen minskas. Dessutom framgår det av område **b** att oscillationerna hos utströmmens 12' spänning minskas och att strömställaren därför tillhandahåller en stabilare och mer precis

avgiven effekt som minskar EMI. Minskningen i EMI framgår också av referenssonden 13' eftersom ripplet som fångats upp av referenssonden är väsentligt lägre än i exemplet som visas i fig. 4.

Fig. 7a visar en utföringsform av en induktor 20 för användning i den resonansbetingade elkraftsomriktaren. Induktorn 20 innefattar en första induktor som innefattar en yttre järnkärna 23 och ett flertal lindningar av ledaren 22 som är anpassad att verka som ett induktivt element (beskrivet som L2 i figurerna 1-3 och 5a) med väsentligen konstant induktans vid normal drift. Den förhållandevis stora yttre järnkärnan blir inte magnetiskt mättad vid normal drift och den yttre induktorn arbetar således i sitt (väsentligen) linjära område vid normal drift. Induktorn 20 innefattar vidare en inre induktor som innefattar en inre järnkärna 21 och ett enskilt lindningsvarv 22' av ledaren 22 som om-lindrar den centralplacerade järnkärnan 21. Den inre induktorn (beskriven som L3 i fig. 5a) är anpassad att verka som en strömselektiv induktor som har en första induktans, vilken typiskt ligger i intervallet 3-7  $\mu\text{H}$  när en efterledningsström flyter i backriktningen, då efterledningsströmmen typiskt understiger 3 A. Den strömselektiva inre induktorn är vidare anpassad att mättas av strömmar som är väsentligen större än efterledningsströmmen (typiskt över 10 A) som typiskt flyter i framriktningen igenom dioderna Dap, DAn så att induktorn har en induktans som vid normal drift är påtagligt lägre än induktansen när efterledningsströmmar flyter igenom den strömselektiva induktorn (företrädesvis lägre än 50 %, mer föredraget lägre än 20 % och mest föredraget lägre än 20 %). Det andra induktiva elementet har typiskt en mättnadsström som ligger i intervallet 1-10 A, företrädesvis 3-7 A.

Fig. 7b visar en impedanskurva hos induktorn 20 enligt utföringsformen som visas i fig. 7a. Kurvan för 1 lindningsvarv visar hur den strömselektiva induktorns impedans är väsentligen noll när ström från DC-kraftkällan flyter i framriktningen genom ström som flyter igenom induktorn (normal drift) eftersom induktorn är väsentligen mättad och därför endast verkar som ett resistivt element. När den oscillerande efterledningsströmmen flyter igenom induktorn 20 är impedansen av så stor som 50  $\Omega$  (vid 2 MHz) då induktorn verkar i sitt linjära område med den första impedansen eftersom kretssystemets efterledningsström understiger mättnadsströmmen hos den strömselektiva induktorn.

Den strömselektiva induktorn verkar därför i sitt linjära område, dämpar strömmen, och således minskar efterledningsströmmen som flyter igenom hjälpströmställaren.

- Vänligen observera att de beskrivna utföringsformerna inte begränsar
- 5 uppfinningens omfång eftersom kretssystemet kan anpassas på vilket som helst sätt inom omfånget av de vidhängande kraven.

## AWAPATENT AB

Kontor/Handläggare  
Stockholm/ JLN

Comsys AB

Ansökningsnr  
1250800-8

Vår referens  
SE-21058080

### PATENTKRAV

Formatted

1. Resonansbetingad elkraftsomriktare innefattande:
  - en DC-kraftkälla (DC),
  - 5 en positiv DC-ledare (1a),
  - en negativ DC-ledare (1b),
  - en fasledare (e), och
  - en elkraftsomriktande enhet (2) som är kopplad mellan DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e), varvid den elkraftsomriktande enheten innefattar:
    - 10 en första strömställare (Gp) som är kopplad mellan den positiva DC-ledaren (1a) och fasledaren (e) och en första diod (Dp) som är parallellkopplad med den första strömställaren (Gp),
    - en andra strömställare (Gn) som är kopplad mellan den negativa DC-ledaren (1b) och fasledaren (e) och en andra diod (Dp) som är parallellkopplad med den andra strömställaren (Gn), och
    - 15 en resonansbetingad understödjande switchningskrets (AUX) som är kopplad mellan en matningsanslutning på DC-kraftkällan (DC) och fasledaren (e), varvid den resonansbetingade understödjande switchningskretsen (AUX) innefattar:
      - 20 en första of andra minst en induktor (L3, L2) som är seriekopplad med styrorgan (Sp, Sn) för styrning av den resonansbetingade understödjande switchningskretsen (AUX), samt hjälpdioder (DAp, DAn) som är seriekopplade med styrorganen (Sp, Sn),
      - 25 **kännetecknad av att**
        - 30 den första induktorn (L3) är en strömselektiv induktor som är anpassad att mättas av strömmar som flyter igenom induktorn (L3) vid normal drift så att induktorns (L3) induktans minskas, samt att den andra induktorn (L2) är anpassad att ha väsentligen konstant induktans vid normal drift, när den första strömselektiva induktorn (L3) är väsentligen mättad.;

Formatted: Font: Not Bold

2. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt krav 1, varvid induktansen hos den strömselektiva induktorn är anpassad att minskas till mindre än 50 % när den mättas vid normal drift.

5 3. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt krav 1, varvid induktansen hos den strömselektiva induktorn är anpassad att minskas till mindre än 20 % när den mättas vid normal drift.

10 ~~4. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt krav 1, varvid den strömselektiva induktorn (L3) är seriekopplad med en andra induktor (L3) och varvid den andra induktorn är anpassad att ha en väsentligen konstant induktans vid normal drift när den första strömselektiva induktorn är väsentligen mättad.~~

15 54. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt krav 1, varvid den strömselektiva induktorn (L3) är anpassad att:

a. arbeta i sitt väsentligen linjära område när en efterledningsström flyter igenom hjälpdioderna och den strömselektiva induktorn (L3), och

b. arbeta med induktans minskad till mindre än 50% av induktansen i det linjära området när en ström flyter i framriktningen vid normal drift.

20

65. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av kraven 1-54, varvid den strömselektiva induktorn (L3) är en induktor (L3) som innefattar magnetiskt material (56) som är anpassat att bli magnetiska mättat efter att en strömmängd har flutit igenom induktorn (L3).

25

76. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt krav 65, varvid det magnetiska materialet är en järnkärna (56) hos induktorn (L3).

30 87. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av de föregående kraven, varvid den strömselektiva induktorn har en induktans som är i dess linjära område i intervallet 1-10  $\mu\text{H}$ .

98. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av de föregående kraven, varvid den strömselektiva induktorn har en induktans som är i dess linjära område i intervallet 1-10  $\mu$ H.

5 | 109. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av de föregående kraven, varvid den strömselektiva induktorn är en induktor med en mättningsström i intervallet 1-10 A.

10 | 104. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av de föregående kraven, varvid den strömselektiva induktorn är en induktor med en mättningsström i intervallet 3-7 A.

121. Resonansbetingad elkraftsomriktare enligt något av de föregående kraven, avsedd att användas i ett aktivt filter.

15 | ----

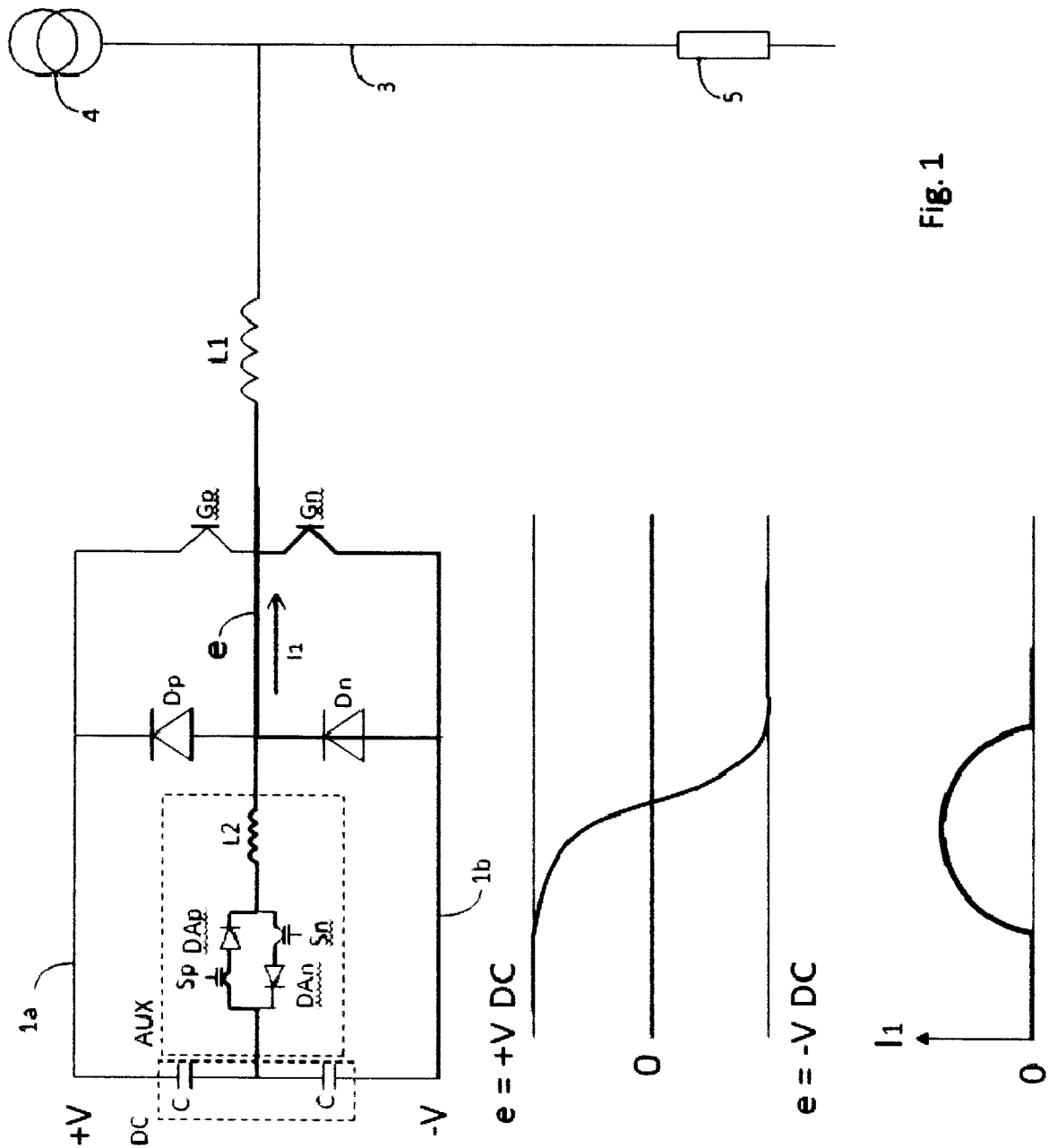


Fig. 1



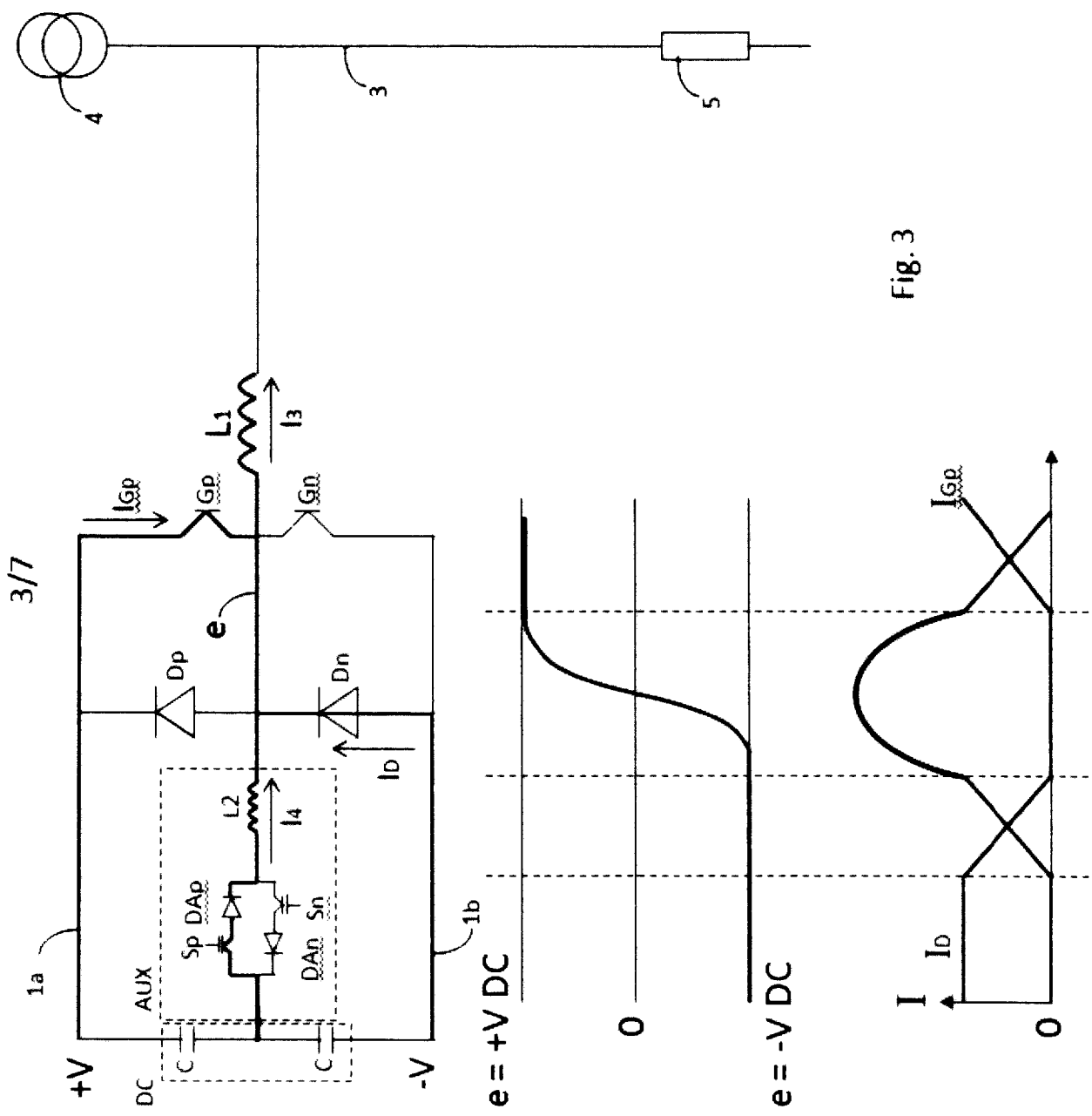


Fig. 3

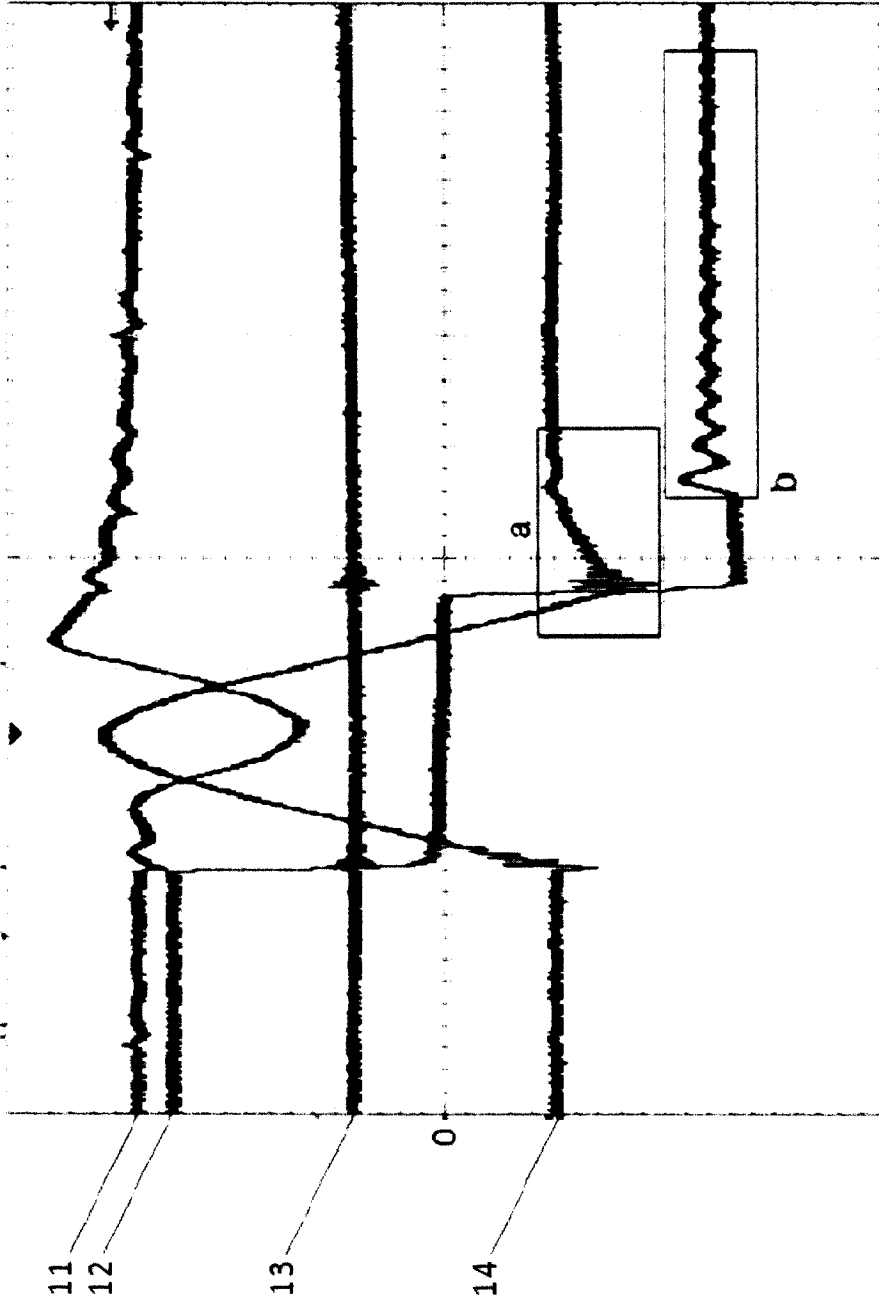


Fig. 4

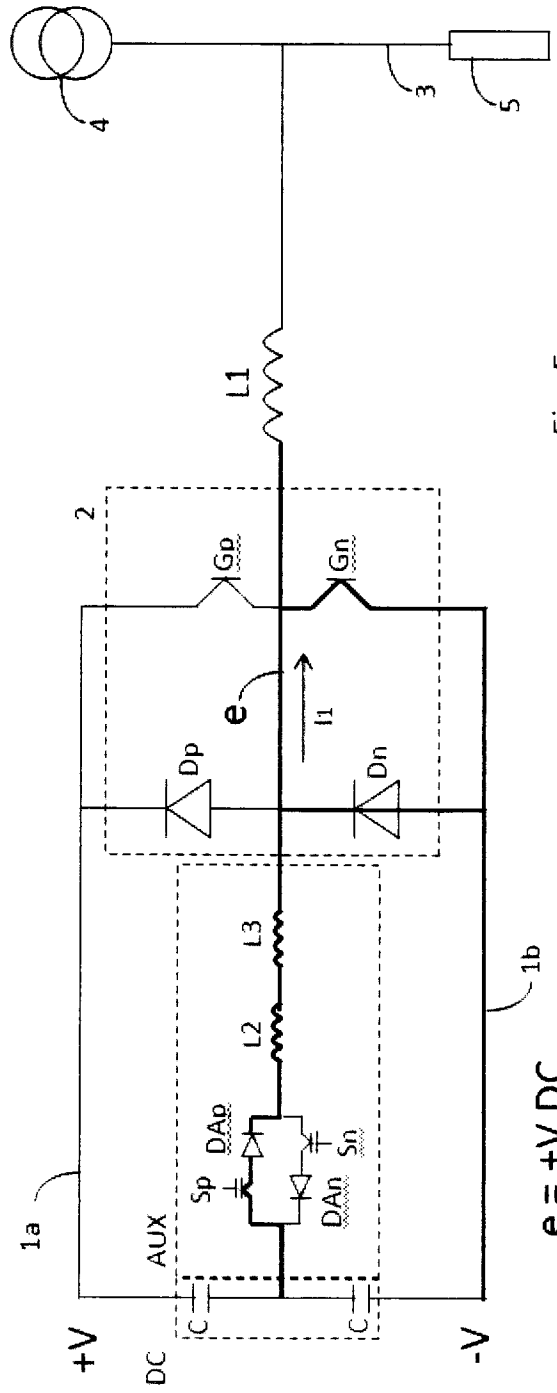


Fig. 5a

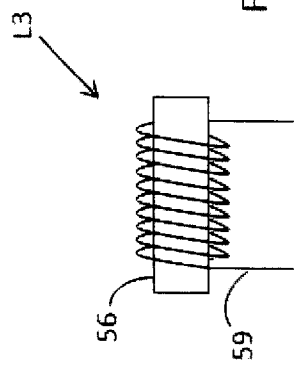
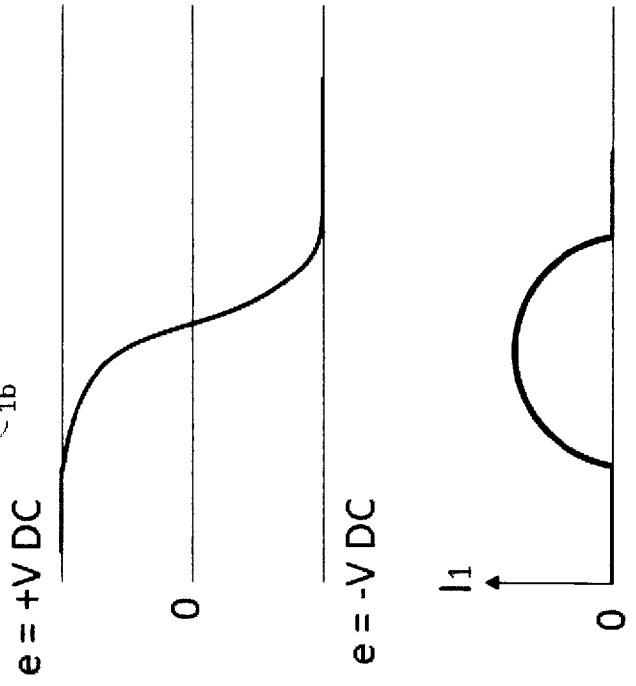


Fig. 5b

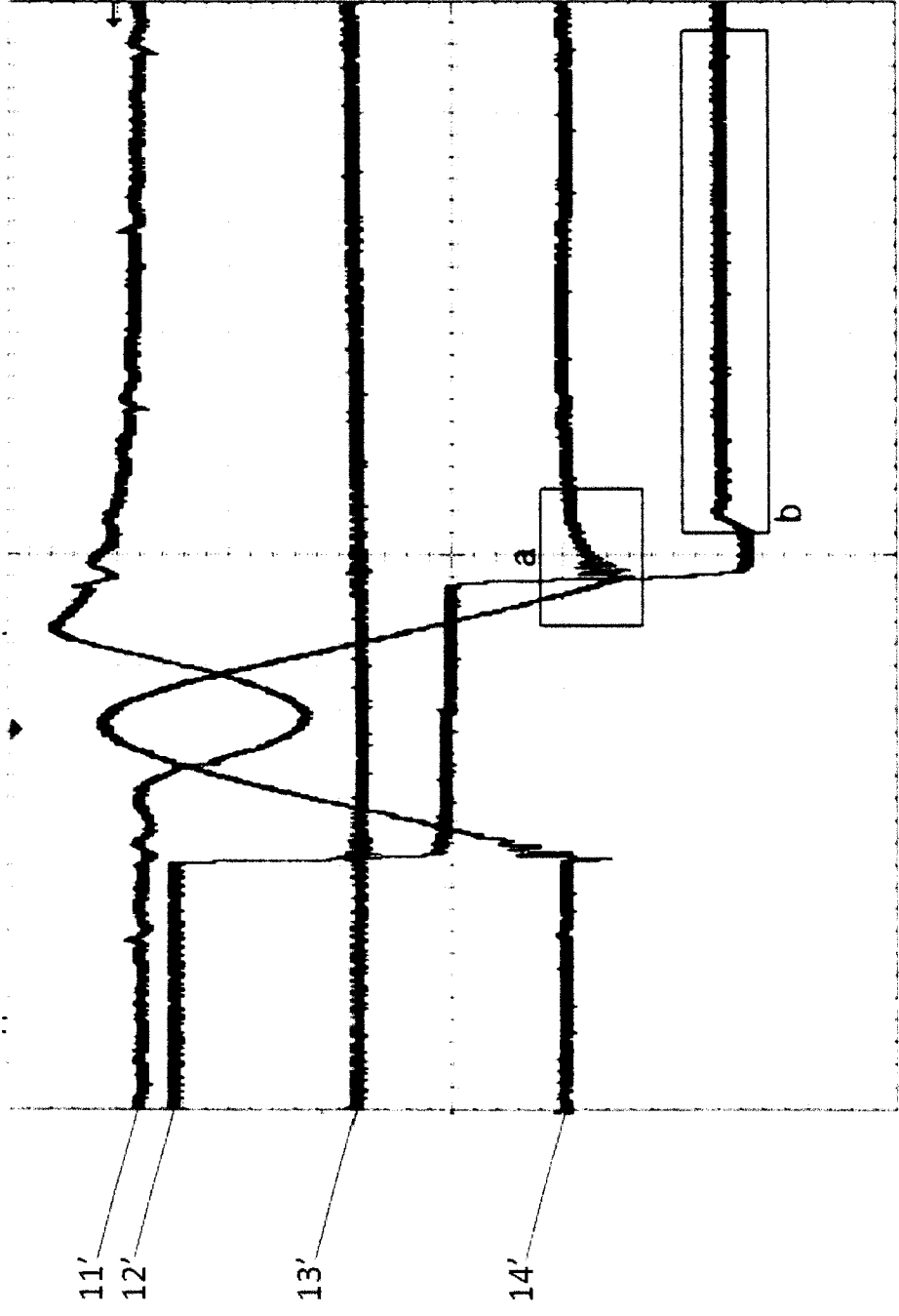


Fig. 6

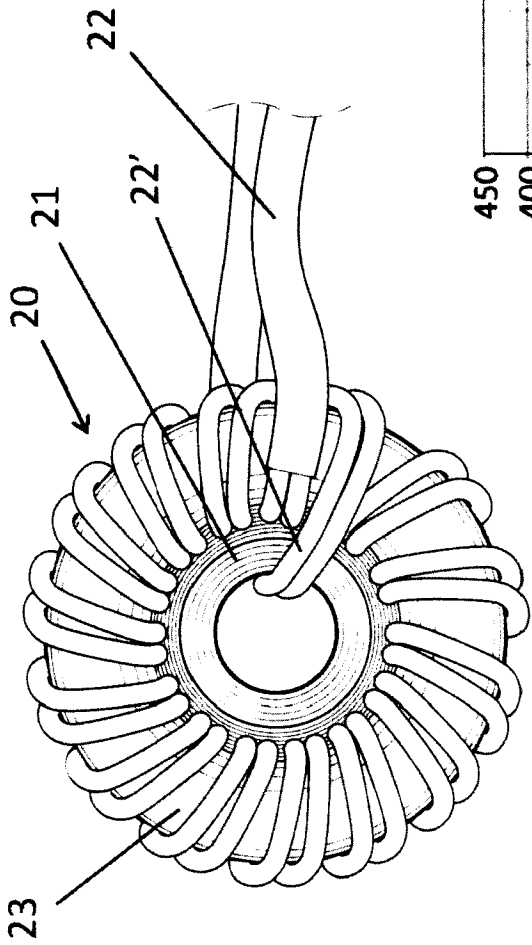


Fig. 7a

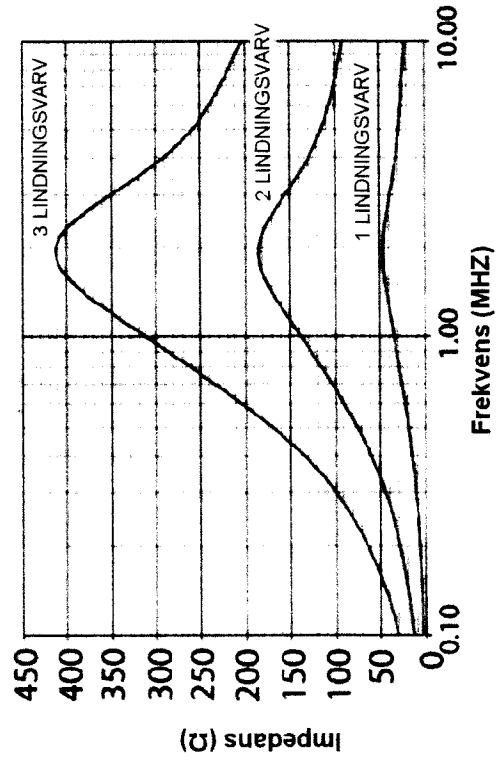


Fig. 7b