SUOMI—FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 67640

C (45) Patentti myönnetty 10 04 1985
Patent meddelat

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ H 02 M 3/28

(86) Kv. hakemus — Int. ansökan

(21) Patenttihakemus — Patentansökning 813421

(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag 30.10.81

(23) Alkupäivä — Giltighetsdag 30.04.82

(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig 31.10.83

(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. — Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad 31.12.84

(32)(33)(31) Pyydetty etuoikeus — Begärd prioritet

(71) Salora Oy, Salorankatu 5-7, 24100 Salo 10, Suomi-Finland(FI)

(72) Ismo Juhani Pyörre, Märynummi, Suomi-Finland(FI)

(74) Berggren Oy Ab

(54) Dc-dc-muuttaja, jossa kahdella puolijohdekytkimellä syötetään vuorovaiheisesti resonanssipiiriä - Dc-dc-omvandlare vid vilken en resonanskrets alternerande matas medelst två halvledaromkoppling

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee sentyyppistä dc-dc-muuttajaa, jossa on muuntajan sisältävä resonanssipiiri sekä ainakin kaksi vuorotellen päällekytkettävissä olevaa, resonanssipiiriä vuorovaiheisesti syöttävää puolijohdekytkintä (T_1, T_2), joista kumpikin on varustettu rinnakkaisdiodilla (D_1, D_2) virran suunnanvaihtoa varten ja jotka ovat kytketyt lisäkomponentteineen johtosuunnassa peräkkäin tulevan tasajännitteen yli, jolloin kummankin kytkimen (T_1; T_2) kanssa sarjassa oleva induktanssi on ns. "flyback-tyyppisen" kytkennän tapaan kahtia jaetun muuntajan (M_1; M_2) ensiökäämi (N_{11}; N_{21}) ja puolijohdekytkimien läpi menevälle virralle on järjestetty virtatie mainittujen ensiökäämien välisestä pisteestä pisteeseen, joka on kahden jakokondensaattorin (C_1, C_2) kautta yhdistetty syöttöjännitteen napoihin, ja jolloin muuntajien toisiot (N_{12}, N_{22}) on kytketty tasasuuntaajien (D_3-D_6) kautta kuormaan (R_L) ja kytkentä toimii ns. "forward-periaatteella". Puolijohdekytkimien suojaamiseksi mahdollisimman hyvin liialliselta jännitteen nousunopeudelta sekä suuren lähtötehon varmistamiseksi muuntajasta on keksinnön mukaisesti kummassakin muuntajassa (M_1, M_2) vielä lisäkäämi (N_{13}, N_{23}), joka on sarjassa diodin (D_7, D_8) kanssa kytketty syöttöjännitteen napojen väliin.

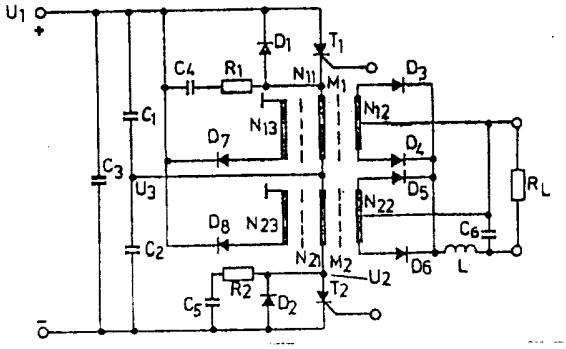

Fig.4

(57) Sammandrag

Uppfinningen berör en dc-dc-omvandlare av en typ omfattande en resonanskrets, som innehåller en transformator, samt åtminstone tvenne växelvis inkopplingsbara, resonanskretsen växelfasmässigt matande halvledaromkopplare (T_1, T_2), vilka var och en är försedd med en parallelldiod (D_1, D_2) för omriktning av strömmen och vilka med sina tilläggskomponenter är kopplade i ledningsriktningen efter varandra över den inkommande likspänningen, varvid en i serie med vardera omkopplaren (T_1; T_2) befintlig induktans i enlighet med en koppling av sk "flyback-typ" utgörs av en primärlindning (N_{11}; N_{21}) hos en tudelad transformator (M_1; M_2) och för strömmen genom halvledaromkopplarna anordnats en strömväg från den punkt mellan nämnda primärlindningar till en punkt som via tvenne delningskondensatorer (C_1, C_2) är ansluten till matningsspänningens poler och varvid transformatorernas sekundärsidor (N_{12}, N_{22}) är via likriktare (D_3-D_6) kopplade till belastningen (R_L) och kopplingen fungerar enligt den sk "forward-principen". För att möjligast väl skydda halvledaromkopplarna från alltför stor stigningshastighet hos spänningen samt för att försäkra en stor utgångseffekt från transformatorn har enligt uppfinningen vardera transformatorn (M_1, M_2) därtill försetts med en tilläggslindning (N_{13}, N_{23}), vilken i serie med en diod (D_7, D_8) är inkopplad mellan matningsspänningens poler.

Dc-dc-muuttaja, jossa kahdella puolijohdekytkimellä syötetään vuorovaiheisesti resonanssipiiriä

Esillä oleva keksintö kohdistuu dc-dc-muuttajaan, jossa on muuntajan sisältävä resonanssipiiri sekä ainakin kaksi vuorotellen päällekytkettävissä olevaa, resonanssipiiriä vuorovaiheisesti syöttävää puolijohdekytkintä, joista kumpikin on varustettu rinnakkaisdiodilla virran suunnanvaihtoa varten kytkimessä ja jotka ovat kytketyt lisäkomponentteineen johtosuunnassa peräkkäin sisääntulevan tasajännitteen yli siten, että kummankin kytkimen kanssa sarjassa on ainakin induktanssi, jotka sarjainduktanssit ovat ns. "flyback-tyyppisestä" kytkennästä tunnetulla tavalla kahtia jaetun muuntajan ensiökäämejä, jolloin puolijohdekytkimien läpi menevälle virralle on järjestetty virtatie, joka lähtee mainittujen ensiökäämien välisestä pisteestä pisteeseen, joka on kahden jakokondensaattorin kautta yhdistetty syöttöjännitteen napoihin, ja jolloin muuntajien toisiot on kytketty tasasuuntaajien kautta kuormaan ja muuntajien polariteetit on järjestetty niin, että kytkentä toimii ns. "forward-periaatteella".

Tunnettua (esim. FI-hakemus 771476) tyristoriohjattua dc-dc-muuttajaa edustaa kuvassa 1 esitetty itsekommutoivan muuttajan periaatekytkentä, jonka muuntajan M ensiövirta I_M on esitetty kuvassa 5a. Kytkennän toiminta on seuraava. Hetkellä t_1 sytytetään tyristori T_1, jolloin kondensaattorien C_1, C_2 ja C_3 kapasitanssin ja muuntajan M induktanssin muodostama resonanssipiiri sulkeutuu. Virta kulkee aikavälin t_1-t_2 tyristorin T_1 läpi sekä aikavälin t_2-t_3 diodin D_1 läpi, jolloin tyristori T_1 kommutoituu. Tämän jälkeen voidaan sytyttää tyristori T_2, esim. hetkellä t_4, jolloin virta kulkee ajan t_4-t_5 tyristorin T_2 läpi ja aikavälin t_5-t_7 diodin D_2 läpi.

Koska hetkellä t_5 virta siirtyy diodille D_2, voidaan tyristori T_1 sytyttää aikaisemminkin kuin hetkellä t_7, esimerkiksi hetkellä t_6, jolloin muuntajan virta noudattaa katkoviivan osoittamaa käyrää aikavälillä t_6-t_8. Tämä tapahtuu sillä edellytyksellä, että aikaväli t_5-t_6 on riittävän pitkä T_2:n kommutoimiseksi. Tämän eräänlaisen päällekkäiskytkennän avulla voidaan säätää virran amplitudia ja siten muuntajan M toisiosta diodeilla D_3 ja D_1 tasasuuntaamalla saatavan jännitteen arvoa.

Kuvan 1 kytkentä ei kuitenkaan sellaisenaan toimi edellä kuvatussa tilanteessa. Jos nimittäin hetkellä t_6 kytketään T_1 johtamaan, sen läpi kulkeva virta katkaisee nopeasti D_2:n virran ja koko kondensaattorin C_3 jännite vaikuttaa tyristorin T_2 yli eli tyristorin T_2 anodijännite nousee hyvin nopeasti suureen arvoon. Käytännön tyristorit eivät kestä ilman itsesytytystä tällaista jännitteen nousua, joten jännitteen nousunopeutta on rajoitettava.

Eräs tunnettu ratkaisu, joka mahdollistaa päällekkäiskytkennän, on esitetty kuvassa 2. Ratkaisussa on lisäkomponenteilla L_1, L_2, C_4, C_5, R_1 ja R_2 erotettu tyristori/diodikytkinparit toisistaan. Ratkaisu rajoittaa kuitenkin muuntajasta saatavaa tehoa, koska muuntajan kanssa sarjassa on aina jompikumpi keloista L_1 tai L_2. Haitta korostuu erityisesti, jos muuttajan taajuus on suuri, jolloin muuntajien induktanssi on pieni tai tyristorit sallivat vain pienen anodijännitteen nousunopeuden, jolloin vaaditaan suuret kuristimet.

Patentissa US-3 573 597 on esitetty dc-dc-muuttajakytkentä, joka edellisistä eroten toimii ns. flyback-periaatteella. Flyback-virtalähteissä ensiökäämin johtaessa toisiokäämin diodi on estosuunnassa. Energia varastoituu ensiökäämin johtaessa muuntajan hajakenttään, josta se purkautuu toisioon ensiövirran katkettua. Kytkennässä on käytetty kahta

muuntajaa, joiden avulla on toteutettu kokoaaltotasasuuntaus, koska yhdessä muuntajassa ei voi flyback-toiminnan takia käyttää kokoaaltotasasuuntausta.

Flyback-tyyppisestä toiminnasta seuraa tehollisvirtojen ja niistä johtuva tehohäviön kasvu.

Koska tyristorien rinnalla ei ole vastakkaiseen suuntaan johtavia diodeja, tyristorien yli syntyvät suuret estosuuntaiset jännitteet, jotka estävät nykyisten, nopeiden tyristorien käytön.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi on esim. US-patentissa 3 881 146 ja DE-hakemusjulkaisussa 2 913 625 kuvan 3 mukaisesti muuntaja jaettu kahdeksi muuntajaksi M_1 ja M_2, joissa on ensiökäämit N_{11} ja N_{21}, sekä toisiokäämit N_{12} ja N_{22}. Muuntajien ensiökäämit on kytketty sarjaan tyristorien T_1 ja T_2 väliin siten, että käämit korvaavat kuvan 2 induktanssit L_1 ja L_2.

Muuntajien M_1 ja M_2 ensiövirrat on esitetty kuvan 5 kohdissa b ja c. Toiminta on sama kuin kuvan 2 mukaisella kytkennällä ja tyristori T_1 voidaan kytkeä johtamaan jo hetkellä t_6. Kuvan 2 kytkentään verrattuna saavutetaan kuitenkin seuraavat edut:

1. Tyristorin yli olevan jännitteen nousunopeus rajoittuu, koska muuntajat erottavat tyristori/diodikytkinparit toisistaan.
2. Tehon saanti ei rajoitu, koska kummallakin muuntajalla on oma tasasuuntaus ilman rajoittavia sarjakomponentteja.
3. Tyristorien ohjaustaajuus voidaan nostaa hyvin suureksi, sillä toisen muuntajan tehonsyöttö voidaan aloittaa toisen vielä toimiessa.
4. Koska piirit ovat sarjassa oikeastaan vain toisioiden

tasasuuntaajien jälkeisen kuorman R_L kautta, tulevat kaikki kommutoimis- ja katkaisuvirrat hyötykäyttöön eli piirin hyötysuhde on korkea.

5. Teho jakaantuu kahdelle muuntajalle, jolloin jäähdytys paranee lisääntyneestä pinta-alasta johtuen.

Eräissä tapauksissa edellä kuvatut edut saadaan kytkennällä, jossa muuntajien M_1 ja M_2 toisiot kytketään rinnan, jolloin riittää pienempi tasasuuntaajien määrä tai siten, että muuntajat tehdään samalle rungolle ja sydämelle käämimällä kaksi ensiötä ja kaksi tai yksi toisio.

Vaikka edellä kuvatussa esimerkkikytkennässä käytettiin tyristorikytkimiä, on selvää, että tyristorien tilalla voi olla transistorit kuten esimerkiksi US-patentissa 4 017 784, jolloin ensimmäisen kytkimen virran suunnan kääntyminen ei ole välttämätöntä ennen toisen kytkimen päällekytkemistä.

Kuvan 3 kytkennässä ohjattaessa tyristori T_1 johtamaan päällekkäin toisen kytkimen kanssa nousee kodensaattoreiden C_1 ja C_2 yhteisen pisteen jännitteen amplitudi arvoon, joka saattaa aiheuttaa tyristorien syttymisen ilman hilaohjausta. Samoin tyristorin yli vaikuttavan jännitteen nousunopeus saattaa kasvaa liian suureksi aiheuttaen myös itsesytytyksen.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainittujen tunnettujen kytkentöjen haittapuolet ja aikaansaada muuttaja, jolla on korkea hyötysuhde ja jossa puolijohdekytkimiä voidaan ohjata suurella taajuudella ilman niiden vaurioitumisvaaraa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi on keksinnölle tunnusomaista, että kuumassakin muuntajassa M_1, M_2 on vielä lisäkäämi N_{13}, N_{23}, joka on sarjassa diodin D_7, D_8 kanssa kytketty syöttöjännitteen ja laitemaan väliin.

Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin esimerkin muodossa ja viitaten oheisiin piirustuksiin, joissa

jo selostetut kuvat 1, 2 ja 3 esittävät tunnettua tekniikkaa edustavia kytkentöjä,
kuva 4 esittää esillä olevan keksinnön mukaista kytkentää, kuva 5 esittää kohdassa a kuvan 1 kytkentään liittyvää virtakäyrää ja kohdissa b ja c kuvan 3 kytkentään liittyviä virtakäyriä, ja kuva 6 esittää kuviin 3 ja 4 liittyviä jännitekäyriä.

Edellä kuvatut tunnetun tekniikan haitat voidaan eliminoida kuvan 4 kytkennällä, jossa kumpaankin muuntajaan on lisätty lisäkäämi N_{13}, N_{23}, joka on kytketty diodin D_7, D_8 avulla laitemaan ja syöttöjännitteen väliin. Kytkennän toiminta on esitetty seuraavassa kuvioiden 4, 5 ja 6 avulla. Kuvassa 6 katkoviivakäyrät edustavat piiriä ilman lisäkäämejä ja jatkuvat käyrät piiriä lisäkäämien kanssa.

Kuvassa 6a on esitetty kondensaattoreiden C_1 ja C_2 yhteisessä pisteessä vaikuttava jännite U_3. Käyrä 6b kuvaa tyristorin T_2 yli vaikuttavaa jännitettä U_2. Tarkastellaan aluksi piirin toimintaa ilman lisäkäämiä. Hetkellä t_4 sytytetään tyristori T_2, jolloin tyristorin yli oleva jännite putoaa nollaan ja virta lähtee kasvamaan käyrän 5c mukaisesti.

Hetkellä t_6 diodin D_2 vielä johtaessa sytytetään tyristori T_1. Käämin N_{11} yli vaikuttaa nyt yhtäkkisesti jännite U_1-U_3, joka redusoituu toisiokäämiin N_{12}- muuntajan muuntosuhteen mukaisesti. Käämin N_{12} jännitteen nousu vaikuttaa edelleen muuntajan M_2 käämin N_{22} kautta muuntajan M_2 käämiin N_{21}, jonka yli olevaan jännitteeseen summautuu siten muuntajan M_1 käämin N_{11} jännite. Käyrässä 6c ajon hetkellä t_6 näkyy edellä kuvattu nopea jännitteen muutos käämin N_{21} yli.

Kytkemällä muuntajiin lisäkäämit kuvan 4 tavalla, leikkautuu käämin N_{21} yli oleva jännite käämin N_{21} ja lisäkäämin N_{23} kierroslukujen suhteen määräämään arvoon. Esimerkissä kierroslukujen suhde $N_{12}/N_{32} = 1/2$. Kuvasta 6a nähdään, että lisäkäämit pienentävät jännitteen U_3 amplitudia ja kuvasta 6b nähdään lisäksi, että tyristorin yli olevan jännitteen U_2 nousunopeus pienenee huomattavasti.

Patenttivaatimukset

1. Dc-dc-muuttaja, jossa on muuntajan sisältävä resonanssipiiri sekä ainakin kaksi vuorotellen päällekytkettävissä olevaa, resonanssipiiriä vuorovaiheisesti syöttävää puolijohdekytkintä (T_1, T_2), joista kumpikin on varustettu rinnakkaisdiodilla (D_1, D_2) virran suunnanvaihtoa varten kytkimessä ja jotka ovat kytketyt lisäkomponentteineen johtosuunnassa peräkkäin sisääntulevan tasajännitteen yli siten, että kummankin kytkimen (T_1, T_2) kanssa sarjassa on ainakin induktanssi, jotka sarjainduktanssit ovat ns. "flyback-tyyppisestä" kytkennästä tunnetulla tavalla kahtia jaetun muuntajan (M_1, M_2) ensiökäämejä (N_{11}, N_{21}), jolloin puolijohdekytkimien läpi menevälle virralle on järjestetty virtatie, joka lähtee mainittujen ensiökäämien välisestä pisteestä pisteeseen, joka on kahden jakokondensaattorin (C_1, C_2) kautta yhdistetty syöttöjännitteen napoihin, ja jolloin muuntajien toisiot (N_{12}, N_{22}) on kytketty tasasuuntaajien (D_3-D_6) kautta kuormaan (R_L) ja muuntajien (M_1, M_2) polariteetit on järjestetty niin, että kytkentä toimii ns. "forward-periaatteella" t u n n e t t u siitä, että kummassakin muuntajassa (M_1, M_2) on vielä lisäkäämi (N_{13}, N_{23}), joka on sarjassa diodin (D_7, D_8) kanssa kytketty syöttöjännitteen ja laitemaan väliin.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen muuttaja, t u n n e t t u siitä, että muuntajat (M_1, M_2) on käämitty samalle rungolle.

Patentkrav

1. Dc-dc-omvandlare, omfattande en resonanskrets, som innehåller en transformator, samt åtminstone tvenne växelvis inkopplingsbara, resonanskretsen växelfasmässigt matande halvledaromkopplare (T_1, T_2), vilka var och en är försedd med en parallelldiod (D_1, D_2) för omriktning av strömmen i omkopplaren och vilka med sina tilläggskomponenter är kopplade i ledningsriktningen efter varandra över den inkommande likspänningen sålunda, att i serie med vardera omkopplaren (T_1, T_2) befinner sig åtminstone en induktans, vilka serieinduktanser på från en koppling av sk "flyback-typ" känt sätt utgörs av primärlindningar (N_{11}, N_{21}) hos en tudelad transformator (M_1, M_2), varvid för strömmen genom halvledaromkopplarna anordnats en strömväg som utgår från en punkt mellan nämnda primärlindningar till en punkt som via tvenne delningskondensatorer (C_1, C_2) är ansluten till matningsspänningens poler, och varvid transformatorernas sekundärsidor (N_{12}, N_{22}) är via likriktare (D_3-D_6) kopplade till belastningen (R_L) och transformatorernas (M_1, M_2) polariteter anordnats så, att kopplingen fungerar enligt den sk "forward-principen", k ä n n e t e c k n a d av att vardera transformatorn (M_1, M_2) därtill uppvisar en tilläggslindning (N_{13}, N_{23}), vilken i serie med en diod (D_7, D_8) är inkopplad mellan matningsspänningen och apparatjorden.

2. Omvandlare enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d av att transformatorerna (M_1, M_2) är lindade på samma stomme.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

Hakemusjulkaisuja:-Ansökningspublikationer: Saksan Liittotasavalta-Förbundsrepubliken Tyskland(DE) 2 913 625 (B 23 K 9/10).
Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: USA(US) 3 573 597 (H 02 m 3/22), 3 881 146 (H 02 m 3/32).

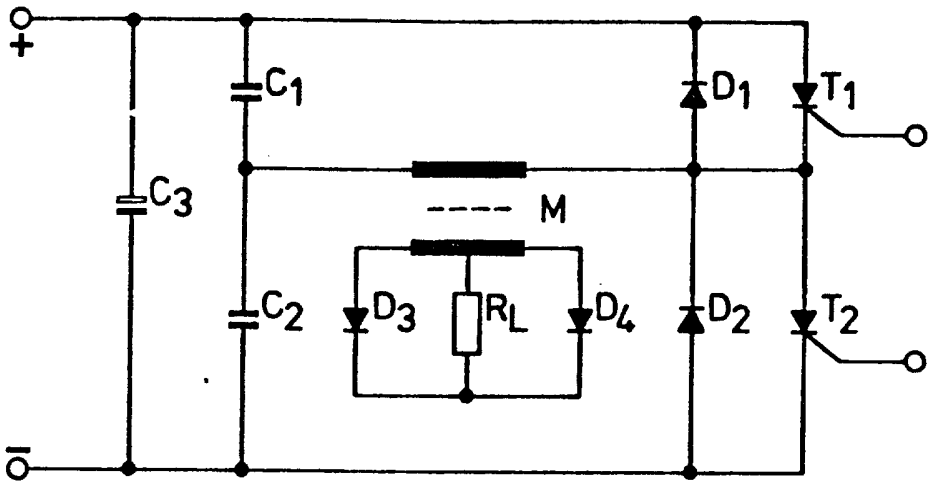
+
C1
D1
T1
C3
M
C2
D3
RL
D4
D2
T2
−

Fig. 1

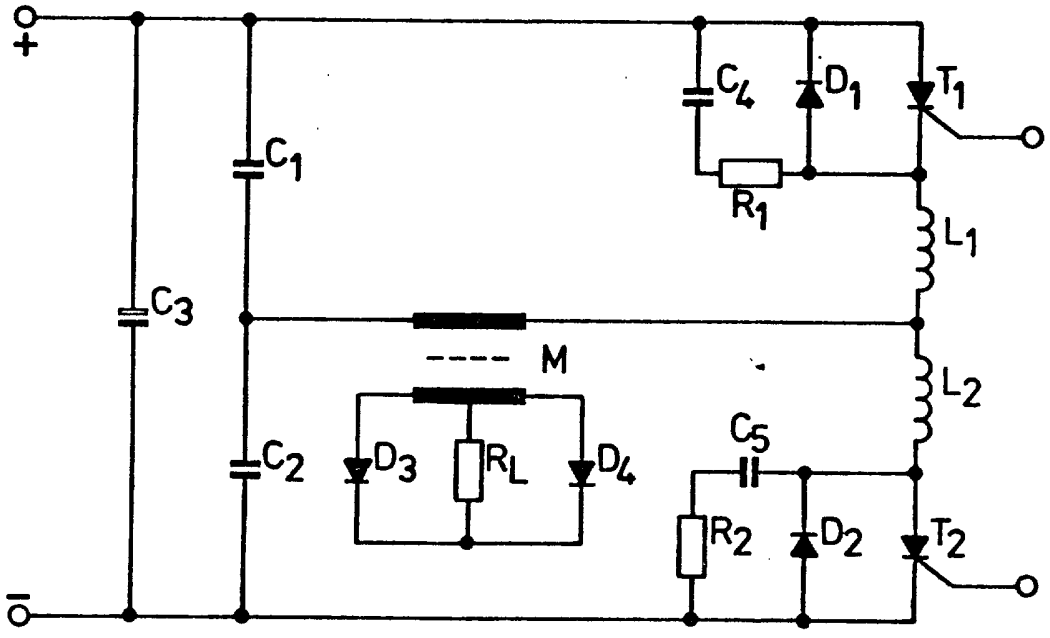
+
C4
D1
T1
C1
R1
L1
C3
M
L2
C5
C2
D3
RL
D4
R2
D2
T2
−

Fig. 2

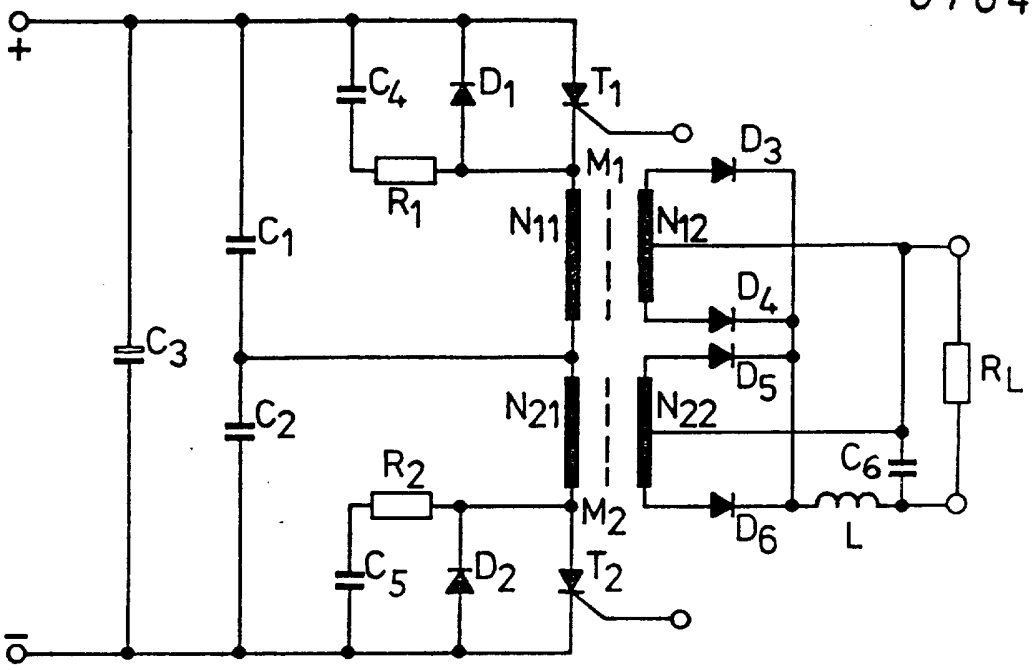
+
C4
D1
T1
M1
D3
R1
N11
N12
C1
D4
C3
D5
RL
N21
N22
C2
R2
C6
M2
D6
L
C5
D2
T2
−

Fig.3

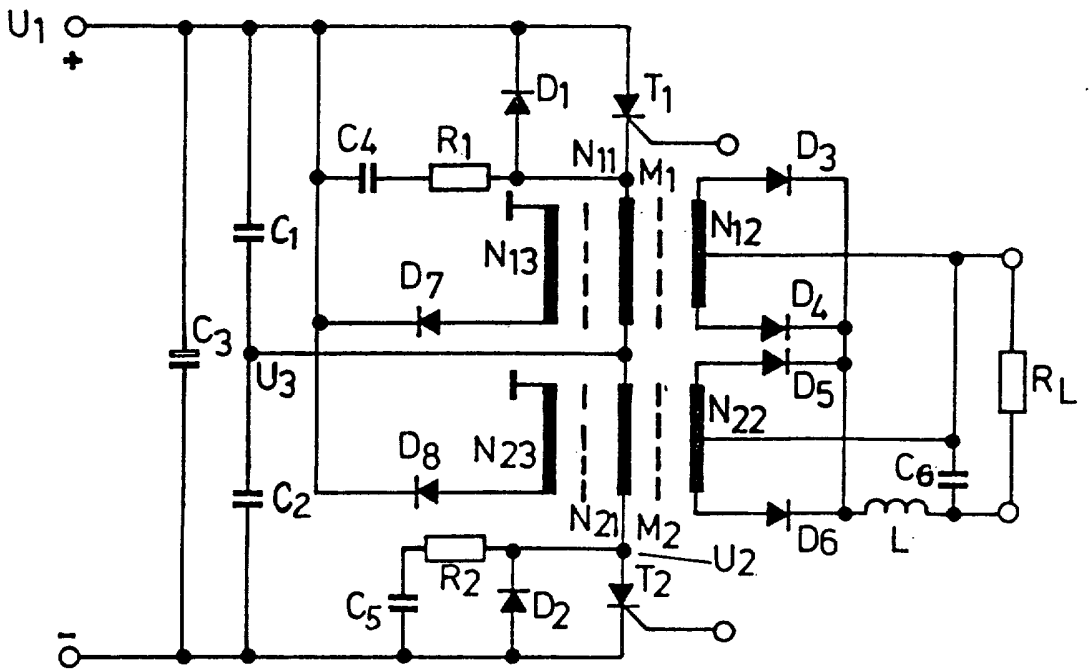
U1
+
D1
T1
C4
R1
N11
M1
D3
N13
N12
C1
D7
D4
C3
U3
D5
RL
N22
D8
N23
C6
C2
N21
M2
D6
L
U2
R2
T2
C5
D2
−

Fig.4

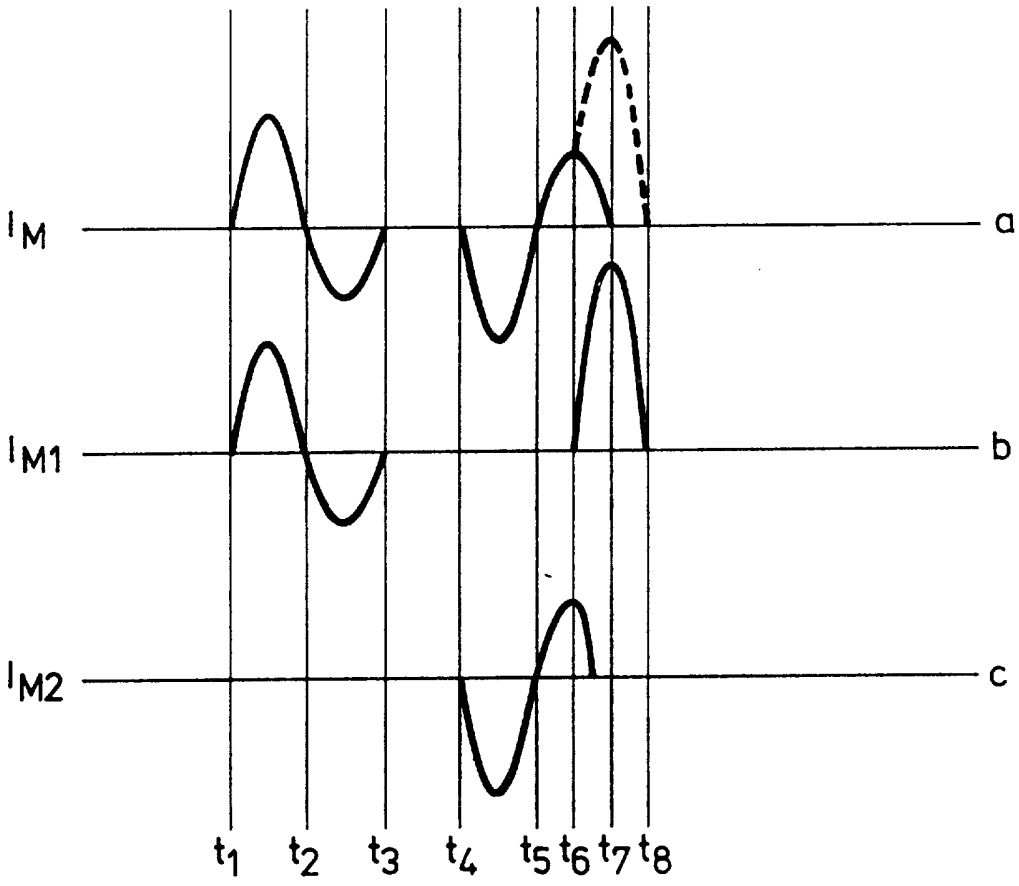

Fig.5

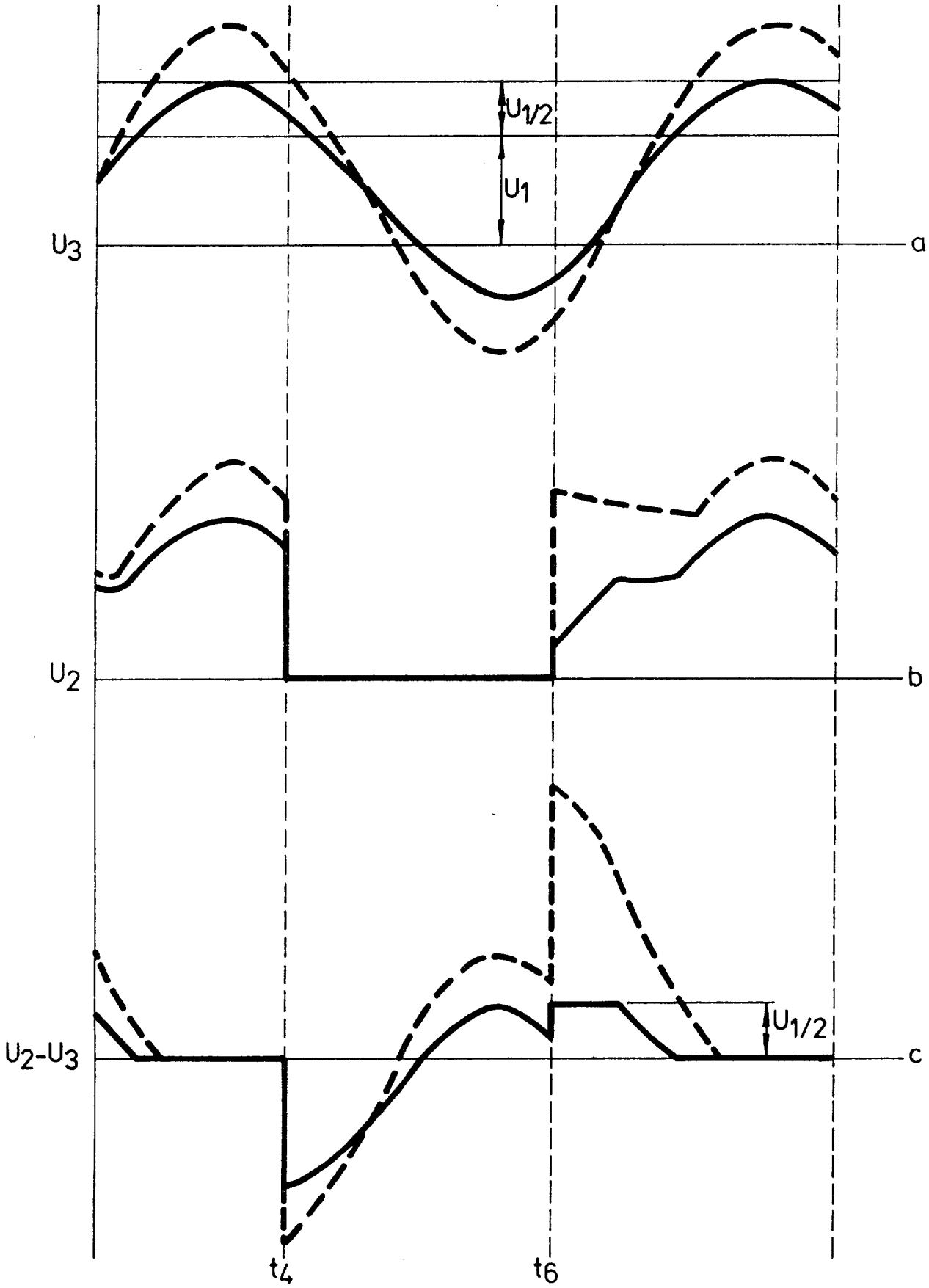

Fig. 6