



SUOMI—FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

[B] (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLÄGGNINGSSKRIFT 64026

C (45) Patentmeddelat
13.02.1983

(51) Kv.lk.³/Int.Cl.³ H 02 M 7/515

(86) Kv. hakemus — Int. ansökan

(21) Patentihakemus — Patentansökning

810456

(22) Hakemispäivä — Ansökningsdag

13.02.81

(23) Aikupäivä — Giltighetsdag

13.02.81

(41) Tullut julkiseksi — Blivit offentlig

14.08.82

(44) Nähtävääsijan ja kuul.julkaisun pvm. —
Ansökan utlagd och utskriften publicerad

31.05.83

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

(71) Kemppi Oy, PL 233, 15801 Lahti 80, Suomi-Finland(FI)

(72) Tapani Mäkimaa, Lahti, Suomi-Finland(FI)

(74) Berggren Oy Ab

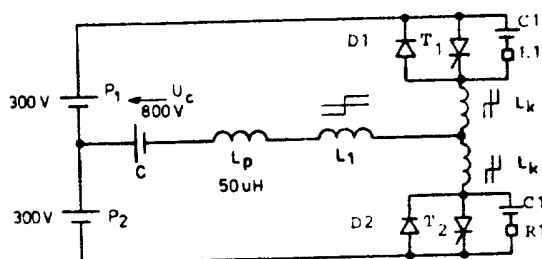
(54) Invertterikytkentä - Inverterkoppling

(57) Tiivistelmä

Selostuksen kohteena on invertterikytkentä, jossa on tasajännitelähde, joka omaa itse välioton tai jonka yli kytketyssä jännitteenjakopiirissä on väliotto, ja kaksi sarjaan kytkettyä tyristorikytkintä, jotka ovat kytketyt johtosuunnassa tasajännitelähteen yli ja joissa on kummassakin tyristorin (T_1 ; T_2) yli kytketty RC-suoja (R_1 , C_1) ja tyristorin kanssa vastarinnan kytketty kommutointidiodi (D_1 ; D_2) sekä tyristorin kanssa sarjaan kytketty kuristin (L_k), jolloin tyristorikytkimien välisestä pisteestä haarautuu ainakin yhden kuristimen (L_p) ja yhden kondensaattorin (C) sisältävä keskihaara jännitelähteen väliottoon. Tyristorikytkimien kanssa sarjassa olevat kuristimet (L_k) ovat sinänsä tunnetulla tavalla kyllästyviä kuristimia ja mainitun keskihaaran sisältämä kuristin (L_p , L_1) muodostuu myös ainakin osaksi kyllästyvästä kuristimesta (L_1), sopivimmin kyllästyvän kuristimen (L_1) sekä kiinteän kuristimen (L_p) sarjakytkennästä.

(57) Sammandrag

Föremålet för beskrivningen utgöres av en inverter, innefattande en likspänningskälla som antingen själv innehåller ett mellanuttag eller som har ett mellanuttag i en däröver kopplad spänningsdelare, och tvänne seriekopplade tyristoromkopplare, vilka är kopplade i framriktningen över likspänningskällan och vardera omfattar ett över en tyristor (T_1 ; T_2) kopplat RC-skydd (R_1 , C_1) och en antiparallellt med tyristorerna kopplad kommuteringsdiod (D_1 ; D_2) samt en i serie med tyristorerna kopplad drossel (L_k), varvid från en punkt mellan tyristoromkopplarna avgrenar sig till spänningsmellanuttaget en mittgren innefattande åtminstone en drossel (L_p) och en kondensator (C). De med tyristoromkopplarna seriekopplade drosslarna (L_k) utgöres på i och för sig känt sätt av mättningsbara drosslar och den drossel (L_p , L_1) som mittgrenen innehåller utgöres likaså åtminstone delvis av en mättningsbar drossel (L_1), lämpligen av en seriekoppling av en mättningsbar drossel (L_1) och en fast drossel (L_p).



Kuv. 2

Invertterikytkentä

Esillä oleva keksintö kohdistuu invertterikytkentään, jossa on tasajännitelähde, joka omaa itse välioton tai jonka yli kytketyssä jännitteenjakopiirissä on väliotto, ja kaksi sarjaan kytkettyä tyristorikytkintä, jotka ovat kytketyt johtosuunnassa tasajännitelähteen yli ja joissa on kummassakin tyristorin yli kytketty RC-suoja sekä tyristorin kanssa sarjaan kytketty kuristin, jolloin tyristorikytkimien välisestä pisteestä haarautuu ainakin yhden kuristimen ja yhden kondensaattorin sarja-kytkennän sisältävä keskihaara mainittuun väliottoon.

Siitä asti kun tyristorit tulivat komponentteina markkinoille on niitä käytetty invertterikytkennöissä varsin paljon. Esillä oleva keksintö koskee nimenomaan sellaista invertterikytkentää, jossa käytetään tyristoreita yhdessä kyllästyvien kuristimien kanssa. On sen vuoksi paikallaan todeta, että kyllästyvien magneettikomponenttien käyttö suuntaajatekniikassa ei sinänsä ole uusi asia. Kyllästyviä kuristimia käytetään yleisesti venttiilien (diodien, tyristorien ja Hg-venttiilien) suojaamiseen liiallisia virran ja jännitteen muutosnopeuksia vastaan kuten jäljempänä oleva yksityiskohtainen selvitys osoittaa. Myös esimagnetoituja kuristimia ja magneettivahvistimia on suuntaajatekniikassa käytetty jo vuosikymmeniä. Viitataan tässä oheiseen julkaisuluetteloon.

Esimerkiksi lähdeviitteessä /4/ esitetään kyllästyvien kuristimien käyttöä tyristorien kytkentä- ja katkaisuhäviöiden vähentämiseen. Samaa aihetta käsitellään niinikään viitteissä /5/, /8/ ja /13/. Kyllästyvien

kuristinten käyttöä jännitteen nousunopeussuojaukseen käsitellään mm. viitteissä /2/, /5/ ja /12/.

Kyllästyviä kuristimia on lisäksi käytetty rinnankytkettyjen tyristorien syttymisviiveiden tasaukseen /4/ sekä sarjakytkennoissä jännitteenjaon tasoitukseen tyristorien syttyessä /7/.

Liitteessä /11/ esitetään oleellisesti ottaen Morgan-periaatteen mukainen menetelmä resonanssi-invertterin tehollisen taajuuden nostamiseen ja liitteissä /1/ ja /10/ esitellään magneettivahvistinsovellutuksia.

Seuraavassa tarkastellaan oheisen kuvion 1 mukaista kytkentää, joka koostuu paristoista P_1 ja P_2 , tyristoreista T_1 ja T_2 , suojakeloista L_k , RC-suojista R_1 C_1 , kommutointikondensaattorista C , pääinduktanssista L_p , haja-induktanssista L_σ sekä kuormasta R_L ja kommutointidiodista $D1$ ja $D2$. Suojakelojen L_k tarkoituksena on suojella tyristoreja T_1 ja T_2 liialliselta virran nousunopeudelta ja yhdessä RC-suojien kanssa liialliselta jännitteen nousunopeudelta. L_p muodostaa C :n kanssa varsinaisen kommutointipiirin, jonka tarkoituksena on tyristorin sammuttaminen kuten kirjallisuudesta on tunnettua (Bedford-Hoft: Principles of Inverter Circuits).

Taajuuden ollessa pieni (alle 1kHz) voidaan L_k C_1 R_1 helposti mitoittaa siten, että nykyisin yleisesti saatavilla tyristoreilla ja E :n ollessa 500-600 V (kolmi-vaihesillalla tasasuunnattu 380 V:n jännite) tyristorin sallitut dV/dt ja dI/dt arvot eivät tule ylitetyksi ja toisaalta RC-suojien häviöt pysyvät kohtuullisina. Taajuuden kasvaessa on keloja L_p , L_σ ja L_k sekä kondensattoria C pienennettävä. Tämän seurauksena tyristorien dI/dt ja dV/dt nousevat jos R_1 ja C_1 pysyvät vakioina sillä kuten tunnettua

$$\frac{dV}{dt} \max \approx \frac{E}{2L_k} R_1 \quad (1)$$

Kuten (1):stä selviää voi asian korjata R_1 :ta pienentämällä mutta tämän seurauksena on C_1 :tä kasvatettava jotta piiri $2L_k R_1 C_1$ pysyisi riittävästi vaimennettuna eikä aiheuttaisi jännitepiikkejä. Jos kriteerinä pidetään kriittisesti vaimennettua resonanssipiiriä saadaan C_1 :lle

$$C_1 = \frac{8L_k}{R_1^2} \quad (2)$$

eli R_1 :n pienentämisestä seuraa C_1 :n kasvaminen. Koska RC-suojien häviöteho on muotoa

$$P_{\text{häviö}} \sim E^2 f C_1 \quad (3)$$

nousee häviöteho varsin nopeasti taajuuden kasvaessa. Häviötehon absoluuttiarvo riippuu voimakkaasti asetuista vaatimuksista ja käytettävissä olevista komponenteista. Jäljempänä esitettävässä esimerkkitapauksessa siedettävä käytännön raja on alle 5kHz. Lisäksi on syytä pitää mielessä, ettei tyristori siedä millaista RC-suojaa hyvänsä. Valmistajat antavat usein ylärajan C_1 :lle ja alarajan R_1 :lle. Tästä johtuen ei taajuutta voi loputtomiin kasvattaa edes RC-suojan häviöiden kustannuksella.

Eräs tunnettu keino sovittaa yhteen suuren taajuuden tuoma vaatimus pienistä keloista L_k ja pienten häviöiden asettama vaatimus suurista L_k :n induktansseista on tehdä kelat L_k kyllästyviksi. Tämä perustuu siihen, että varsinaisen toiminnan aikana virrat ovat niin suuret, että L_k on kyllästytynä ja sen induktanssi on pieni sallien suurehkon taajuuden.

Sen sijaan RC-suojien $R_1 C_1$ toimiessa on ao. kelan L_k virta pieni, jolloin kela on kyllästymättömässä tilassa ja sen induktanssi on suuri jolloin dV/dt on (1):n nojalla pieni ja kuten (1):n ja (2):n nojalla ilmenee voidaan C pitää pienenä, jolloin häviöt ovat pienet. Käytännössä voi L_k :n induktanssi olla kyllästymättömässä tilassa jopa 500 kertainen kyllästystilaan verrattuna ja suuremmatkin muutokset ovat mahdollisia. Tällä menetelmällä on kuitenkin eräs vakava haitta kuten seuraavasta ilmenee.

Jos otaksutaan, että T_1 on juuri lakannut johtamasta ja I on kommutoimassa D_1 :lle tavanomaiseen tapaan, on tässä tilanteessa U_C :n jännite maksimissaan ja L_k kyllästymättömässä tilassa, jolloin sen induktanssi on tyypillisesti luokkaa 100-200 μH .

Tällöin pisteen A jännite B:tä vasten eli käytännössä T_2 :n yli vaikuttava jännite voi nousta varsin suureksi sillä

$$U' \approx E + (U_C - \frac{E}{2}) \frac{L_k}{L_p + L_k} ; (R_L = \infty) \quad (4)$$

Kun edellä esitetyn perusteella sijoitetaan $E/2 \approx 300$ V ja kondensaattorin C jännite U_C esim. ≈ 800 V, saadaan

$$U' \approx 600V + (800V - 300V) \frac{200 \mu H}{250 \mu H} = 1000 V$$

Asian merkitys kasvaa sen vuoksi, että tyristorin jänniteluokan kasvaessa tyristorien suurimmat nopeudet pienenevät, joten suuriin taajuuksiin pyrittäessä joudutaan käyttämään verraten pienijännitteisiä tyristoreja ja toisaalta tyristorien sarjakytkentä on kallis ja teknisesti hankalahko ratkaisu.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on poistaa edellä mainittu ongelma, ts. pienentää kyseessä olevaa jännitehuippua kun käytetään kyllästyviä kuristimia. Tämän saavuttamiseksi on keksinnön mukaiselle invertterikytkennälle tunnusomaista se, mikä on esitetty oheisessa patenttivaatimuksessa 1.

Keksinnössä on siis olennaista se, että tyristorien kanssa sarjassa olevien kuristimien lisäksi myös piirin keskihaarassa oleva kuristin on kyllästyvä. Edullisesti keskihaaran kuristin muodostuu vakiosuuruisen sekä kyllästyvän kuristimen sarjakytkennästä.

Keksintöä valaistaan seuraavassa lähemmin esimerkin avulla ja viitaten oheiseen piirustukseen, jossa

kuvio 1 esittää jo selostettua tunnettua kytkentää, ja kuvio 2 esittää esillä olevan keksinnön mukaista kytkentää.

Kuvion 2 mukainen kytkentä on muuten samanlainen kuin kuvion 1 mukainen, jossa siis myös kuristimet L_k voivat olla kyllästyviä, mutta esillä olevan keksinnön mukaan on kuviossa 2 piirin keskihaaraan L_p :n kanssa sarjaan kytketty kolmas kyllästyvä kuristin L_1 .

Kun tämä kuristin L_1 mitoitetaan niin, että virrasta riippumatta

$$L_1 = k L_k \quad (5)$$

jossa k on sopiva vakio, voidaan jännitepiikki poistaa miltei täysin.

Jos esimerkiksi L_k on kuten edellisessä esimerkissä ja kaavan (5) $k=3$, saadaan (4):ään sijoittamalla

$$\begin{aligned}
 U' &\approx E + (V_c - \frac{E}{2}) \frac{L_k}{L_p + L_k + L_1} \\
 &= 600V + (800V - 300V) \frac{200 \mu H}{50 \mu H + 200 \mu H + 600 \mu H} \\
 &\approx 718 V
 \end{aligned}$$

eli jännitehuippu on pudonnut lähes 30 %. Tässä on syytä todeta, että C:n jännite voi olla vielä paljon korkeampi kuin em. 800V jolloin kyllästyvällä lisäkuristimella L_1 saavutettu etu entisestään korostuu.

Keksinnön mukaista kytkentää soveltaen voidaan siis tyristorien jännitteennousunopeutta pienentää ilman, että niiden jänniterasitus tai RC-suojan häviöteho kasvaisi. Tämä tarkoittaa myös käytännössä sitä, että tyristorien teknillis-taloudellista maksimitoimintataajuutta voidaan nostaa, jopa moninkertaistaa.

Lopuksi on vielä syytä huomauttaa, että kuvioiden 1 ja 2 kytkennät ovat osittain vain periaatteellisia. Käytännössä on useimmiten niin, että on vain yksi jännitelähde E, ja tämän yli on kytketty esimerkiksi kahden kondensaattorin muodostama jännitteenjakaaja, jonka keskipiste toimii mainittuna väliottona. Kuristin L_p taas voi vuorostaan muodostua esimerkiksi muuntajan ensiököäämistä.

Luettelo viitteistä:

/1/	US-patentti	3 324 380
/2/	US-patentti	3 321 695
/3/	SE-kuulutusjulkaisu	316 862
/4/	SE-patentti	227 486
/5/	GB-patentti	1 407 594
/6/	"	1 360 112
/7/	CH-patentti	475 669
/8/	"	467 549
/9/	US-patentti	2 635 222

- /10/ US-patentti 2 857 563
- /11/ Seeling, T. Thyristorwechselrichter mit
sättigbaren Drosseln für
Mittelfrequenzanwendungen
IEEE Trans. on Magnetics,
Vol. MAG-2, no. 3, Sept.1966
- /12/ Min.B.J. An Improved Snubber Circuit
Wearsch, H.W. for Power Semiconductors
IAS 77, Annual
- /13/ Meyer, Manfred Beanspruchung von Thyristoren
in selbstgeführten Strom-
richtern
Siemens Zeitschrift
Mai 1965, Heft 5
- /14/ Technische Mitteilungen
4,5, 9
AEG

Patenttivaatimukset

1. Invertterikytkentä, jossa on tasajännitelähde, joka omaa itse välioton tai jonka yli kytketyssä jännitteenjakopiirissä on väliotto, ja kaksi sarjaan kytkettyä tyristorikytkintä, jotka ovat kytketyt johtosuunnassa tasajännitelähteen yli ja joissa on kummassakin tyristorin (T_1 ; T_2) yli kytketty RC-suojat (R_1 , C_1) ja tyristorin kanssa vastarinnan kytketty kommutointidiodi (D_1 ; D_2) sekä tyristorin kanssa sarjaan kytketty kuristin (L_k), jolloin tyristorikytkimien välisestä pisteestä haarautuu ainakin yhden kuristimen (L_p) ja yhden kondensaattorin (C) sarjakytkennän sisältävä keskihaara mainittuun väliottoon, t u n n e t t u siitä, että tyristorikytkimien kanssa sarjassa olevat kuristimet (L_k) ovat sinänsä tunnetulla tavalla kyllästyttäviä kuristimia, ja että mainitun keskihaaran sisältämä kuristin (L_p , L_1) muodostuu myös ainakin osaksi kyllästyvästä kuristimesta (L_1), jolloin mainitut kuristimet (L_k , L_1) on lisäksi mitoitettu niin, että ne kyllästyvät suunnilleen samanaikaisesti, jotta niiden induktanssien suhde säilyisi likimain vakiona.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kytkentä, t u n n e t t u siitä, että keskihaaran kuristin muodostuu kyllästyvän kuristimen (L_1) sekä kiinteän kuristimen (L_p) sarjakytkennästä.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen kytkentä, t u n n e t t u siitä, että keskihaaran kuristin muodostuu osaksi (L_p) muuntajan ensiökäämistä.

Patentkrav

1. Inverterkoppling, innefattande en likspänningskälla som antingen själv innehåller ett mellanuttag eller som har ett mellanuttag i en däröver kopplad spänningsdelare, och tvenne seriekopplade tyristoromkopplare, vilka är kopplade i framriktningen över likspänningskällan och vardera omfattar ett över en tyristor (T_1 ; T_2) kopplat RC-skydd (R_1 , C_1) och en antiparallellt med tyristorn kopplad kommuteringsdiod (D_1 ; D_2) samt en i serie med tyristorn kopplad drossel (L_k), varvid från en punkt mellan tyristoromkopplarna avgrenar sig till spänningsmellanuttaget en mittgren innefattande en seriekoppling av åtminstone en drossel (L_p) och en kondensator (C), k ä n n e t e c k n a d av att det med tyristoromkopplarna seriekopplade drosslarna (L_k) på i och för sig känt sätt utgöres av mättningsbara drosslar och att den drossel (L_p , L_1) som mittgrenen innehåller likaså utgöres åtminstone delvis av en mättningsbar drossel (L_1), varvid nämnda drosslar (L_k , L_1) därtill dimensionerats så att de mätts ungefär samtidigt så att förhållandet mellan deras induktanser förblir i stort sett konstant.

2. Koppling enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d av att mittgrenens drossel består av en seriekoppling av en mättningsbar drossel (L_1) och en fast drossel (L_p).

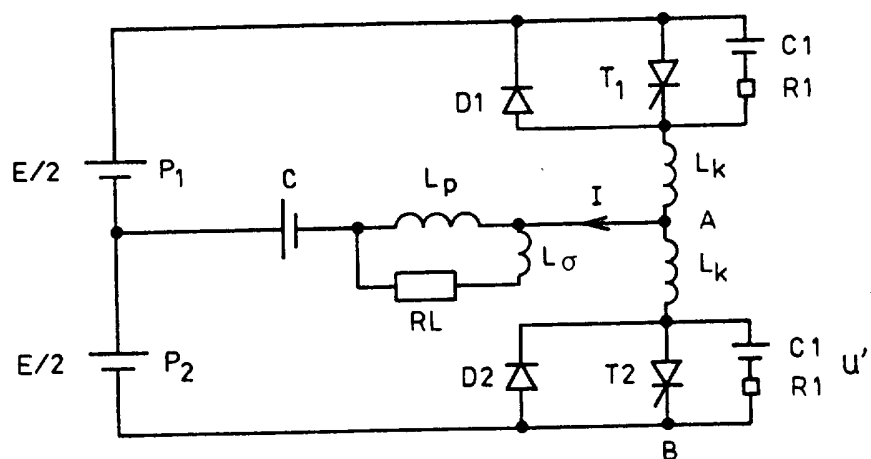
3. Koppling enligt patentkravet 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att mittgrenens drossel delvis utgöres av primärlindningen (L_p) hos en transformator.

Viitejulkaisuja-Anförda publikationer

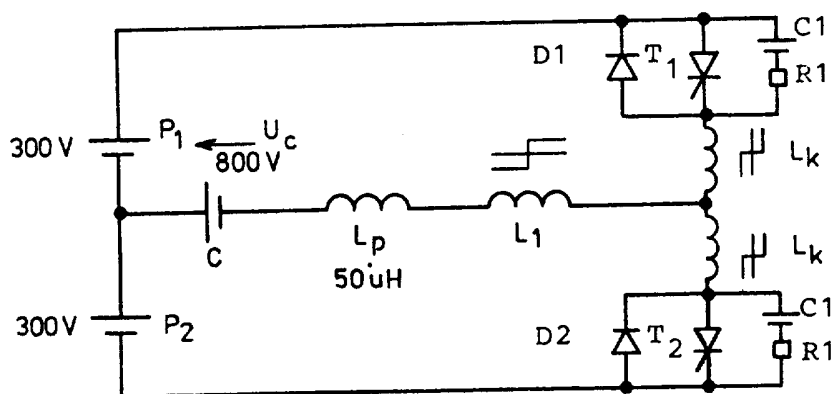
Patenttijulkaisuja:-Patentskrifter: Ruotsi-Sverige(SE) 208 393 (H 02 m 7/48). USA(US) 3 300 706 (321-43).

Muita julkaisuja:-Andra publikationer:

Heumann, Stumpe: Thyristoren, 1969, B.G. Taubuer, Stuttgart, p. 217.



Kuv. 1



Kuv. 2