

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 940877 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE
PUBLIC**

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application **940877**

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H05B 41/295

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **25.08.1992**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **25.02.1994**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **08.04.1994**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

(86) Kansainvälinen hakemus - **25.08.1992** PCT/NO1992/000133
Internationell ansökan - International
application

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet - Priority

27.08.1991 NO 913368

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Lumicae Patent As, Prof. Smiths Allè 64, 3048 Drammen, NORJA, (NO)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Hartai, Julius, Drammen, NORJA, (NO)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Patenttitoimisto T Nieminen Oy, PL 65, 33201 Tampere

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Taajuusmoduloitu muuttaja sarjaan-rinnan kytketyssä resonanssissa

Frekvensmodulerad omformare i en serie-parallellkoplad resonans

Resonanssimuotoinen muunnin, jossa on sarja-rinnakkaisresonanssi

Resonansformig konverter med serieparallell resonans

Keksintö kohdistuu resonanssimuotoiseen muuntimeen käyttämään ohmista tai induktiivista kuormaa R_g käsittäen kaasunpurkausputket, joissa on transistorin muotoinen kommutoituva kytkin Q kytketty sarjaan tasajännitelähteen negatiivisen elektrodin ja induktorin L ensimmäisen pään välille, pulssigeneraattoriin ulostulostuloiheen kytkettynä transistorin ohjauselektrodiin, muuntajan, jonka ensiökäämi on kytketty induktorin L toisen pään ja jännitelähteen positiivisen elektrodin välille, ensimmäisen kondensaattorin C_1 ja diodin D_2 kytkettynä vastaavasti ensimmäiseen ja toiseen rinnakkaishaaraan kuormaa lähettävän ja kuormaa vastaanottavan transistorin Q elektrodien välille ja toisen kondensaattorin C_3 kytkettynä jännitelähteen päiden välille ja ollen täten kytketty sarjaan induktorin L kanssa diodin D_2 kautta.

Viime vuosina ovat tehomuunninten fyysiset mitat oleellisesti pienentyneet, mikä on saavutettu toimintataajuuksia kasvattamalla. Yleiset kvasisuorakaidepulssimuunnitimet lähestyvät nyt toiminta-aluetta, jonka yläraja on noin 0,5 MHz. Tämä tekee mahdolliseksi tärkeimpien passiivisten tehokomponenttien, kuten magneettisten komponenttien ja kondensaattorien, koon pienentämisen verrattuna esimerkiksi 20 kHz taajuudella toimiviin kytkimiin. Kuitenkin näillä muuntimilla, jotka ovat suurimmaksi osaksi pulssileveysmoduloituja muuntimia, on korkeat kytkentähäviöt tehopuolihohteissa, mikä johtaa alentuneeseen hyötysuhteeseen ja siten suurempaan jäähdytystarpeeseen, mikä alentaa muuntimien fyysisten mittojen pienentämismahdollisuuksia.

Tehomuunninten ylikuormien ja suurten kuormitusvaihteluiden käsittelykyvyn lisäämiseksi esimerkiksi, kun niitä käytetään teholähteinä kaasunpurkausputkille, on ehdotettu kytkentätransistorien kyllästymisen tarkkailua tai välttämistä erityisin virtapiirijärjestelyin, kuten esimerkiksi PCT-hakemuksesta NO WO 90/01248 ja GB-PS No 1 378 465 ilmenee.

Tehokkaampi tapa tehon muuntamiseen kasvavassa mää-

rin korkeammilla taajuuksilla perustuu nk. "nollavirtakyt-
kennälle", jossa käytetään sinimuotoista jännitettä, joka
voidaan tuottaa joko sarjaan tai rinnakkain kytketyn LC-
resonanssisäiliön avulla. Tällaisia muuntimia kutsutaan
5 "resonanssimuuntimiksi". Sinimuotoisen jännitteen käytön
etu on häviöiden oleellinen väheneminen tehopuolijohteis-
sa, koska kytkentä tapahtuu yleensä nollakohdassa. Reso-
nanssimuuntimien haittana on, että tietyllä tehotasolla
huippujännite on moninkertainen pulssileveysmoduloidun
10 muuntimen huippujännitteeseen verrattuna. Matalampivastuk-
sisia puolijohteita käyttämällä on kuitenkin mahdollista
kasvattaa toimintataajuuksia 1 MHz:n yläpuolelle. Näin 1
W/cm³ suuremmat tehotiheydet on hyvinkin saavutettavissa.

Tällaisissa muuntimissa käytetään tunnettua taa-
15 juusmodulointua säätöä, joka on integroidun piirin muodos-
sa, ja jota voidaan käyttää 1 MHz yläpuolella olevalla
alueella ja jota on saatavissa nimikkeellä LD 405 Gennum
Corporation-yhtiöstä, Burlington, Ontario, Kanada. Tämän
säätöpiirin käyttöä taajuusmoduloidussa muuntimessa on
20 kuvattu Gennun Corporation-yhtiön otsikolla "Using LD 405
in a 125 W resonant mode power supply" nimetyssä LD 405-
hakemusselityksessä. Tätä tarkoitusta varten sama yhtiö
on esitellyt resonanssi-piirin, jonka suoritusmuoto on pää-
piirteissään esitetty oheisessa kuviossa 1. Virtapiiri
25 käsittää induktanssin L, kapasitanssin C, resistanssin R
ja kuorman R_L . Ennen induktanssia L on tuotettu esimerkik-
si transistorin muotoinen kommutoiva kytkin S. Sen tarkoi-
tuksena on syöttää tasajännitettä lähteestä V sarjareso-
nanssisäiliöihin LC. Kuorman R_L resistanssi johtaa jännitet-
30 tä pois säiliöstä. Heti kun resonanssiprosessi on päättö-
nyt, kytkin S avautuu ja tehomuunnos lähteestä S kuormaan
 R_L keskeytyy. Tietyn aikajakson jälkeen kytkin S sulkeutuu
jälleen ja prosessi toistuu. Kommutointitaajuuksia voidaan
muuttaa siten, että keskimääräinen kuormassa R_L poisjoh-
35 tuva teho muuttuu.

Käytännön suoritusmuodossa tämän tyyppinen resonanssimuunnin toimii kahdella kommutointikytkimellä, joista kumpikin käsittelee resonanssijakson puolikasta. Kytkimet perustuvat MOS-kanavatransistoreihin, joita itseään
 5 käyttää MOSFET-aste. Esitetyn suoritusmuodon lähtöaste perustuu Schottky-tasasuuntausdiodeille.

Kuitenkin tämän resonanssimuuntimen aiemman tekniikan tason suoritusmuodossa on vaikeata kokonaan välttää resonanssijännitteen yliaallot ja lisäksi on vaikeata
 10 symmetrisoida puolijaksot siten, että ne saavat saman energiasisällön. Silti tehokytkimissä ja Schottky-ulostulodiodeissa tapahtuu huomattavia häviöitä. Tästä johtuen RC-verkostot on sijoitettu tehokytkinten yli jännite-transienttien vaimentamiseksi ja nämä vaimennuspiirit joh-
 15 tavat lisähäviöihin. Näin hyötysyhyde alenee ainakin 25 %:lla ja vaikka lähtöastetta käytetään ilman tasasuuntausdiodeita, häviö on noin 16 %.

Yleisesti voidaan em. muuntimista ja aiemman tekniikan tason samantyyppisistä laitteista sanoa, että kondensaattori on kytketty suoraan rinnakkain induktorin kanssa ja kytkin sarjaan jännitelähteen kanssa. Lisäksi kuorma "varastaa" energiaa resonanssipiiristä, joka on myös voitu valmistaa kuten muuntaja. Nämä aiemmat laitteet ovat yleensä vaikeita laskea ja toteuttaa resonanssin energiasisältörajoitusten vuoksi. Jos LC-piiristä johdetaan liikaa energiaa, taajuus muuttuu ja on monimutkaisten elektronisten säätölaitteiden avulla välttämätöntä säätää kommutointikytkinten kytkemistä niin, että piirin resonanssitila säilyy. Jos tällaisissa piireissä syntyy yli-
 25 kuormaa, transistorin kytkentäjännite kasvaa kontrollottomasti ja jos transistorit kytketään pois, tämä voi johtaa transientteihin, jotka aiheuttavat muuntimelle ei-korjattavissa olevaa vahinkoa. Ongelma on siinä, että säätölaite, jonka tarkoitus on suojata transistoria, ei
 30 toimi reaaliajassa ja siten transistori, ts. kytkin, al-

tistuu ei-normaaleille kuormille. Kuten jo mainittiin, huomattavia häviöitä ilmenee silti siten, että muuntimen hyötysuhde ei ole kuin noin 84 % ilman tasasuunnattua ulostuloa.

5 Lopuksi US-PS No. 4 613 796 julkaisee transistori-
värehtelypiirin, jossa kondensaattori on kytketty rinnan
muuntajan toisiokäämin napojen yläpuolelle, viimeainittu
toimii rinnakkaissiniaaltoresonanssissa kondensaattorin
10 kanssa ensimmäisenä aaltomuotoilukeinona tietyllä taajuudella. Toinen aallonmuotoilukeino koostuu toisesta kondensaattorista, joka on kytketty rinnan transistorivärehtelijän kollektori- ja emitterielektrodien yläpuolelle ja toimii sarjaresonanssissa induktorin kanssa kaksinkertaisella annetulla taajuudella.

15 Tämän keksinnön tavoite on tuottaa resonanssiipiiri ilman edellämainittuja ja muita haittapuolia. Tämä saavutetaan tämän keksinnön mukaisesti siten, että komponentit on mitoitettu siten, että toisen kondensaattorin (C3) arvo on useita kertoja suurempi kuin ensimmäisen kondensaattorin C1 ja pulssigeneraattori on sovitettu kääntämään transistori
20 päälle ja pois ajanjaksoiksi ja jaksoittain siten että: toiminnan ensimmäisessä vaiheessa transistori Q on kytketty päälle ja virta kulkee sarjassa muuntajan ensiökäämin P, induktorin L ja transistorin Q kautta, toisessa toiminnan vaiheessa transistori on kytketty pois ja virta jatkaa kulkuaan sarjassa muuntajan ensiökäämin P kautta ja läpi induktorin L ladataan ensimmäisen kondensaattorin C1,
25 ensimmäisen kondensaattorin C1 ja induktorin L toimiessa resonanssiipiirinä sarjassa jännitelähteeseen nähden, toiminnan kolmannessa vaiheessa transistori jää poiskytkettyyn tilaan ja virta kulkee päinvastaisessa suunnassa induktorin L ja
30 muuntajan ensiökäämin P kautta, jolloin ensimmäinen kondensaattori C1 purkautuu silloin ladataan toisen kondensaattorin C3; toinen kondensaattori C3 ja induktori L toimivat resonanssiipiirinä rinnan jännitelähteeseen nähden, toiminnan neljännessä vaiheessa, kun ensimmäinen kondensaattori C1 on purkautunut
35 virta jatkaa kulkuaan vastakkaisessa suunnassa muuntajan ensiökäämin ja induk-

torin kautta ja diodin D2 kautta siten, että toinen kondensaattori C3 latautuu ja toiminnan tämän neljännen vaiheen aikana transistori Q jälleen kytkeytyy ja virta kykenee kulkemaan ensimmäisessä suunnassa jännitelähteeltä ja ladatulta toiselta kondensaattorilta C3 muuntajan ensiökäämin induktorin ja transistorin kautta siten aloittaakseen uudestaan piirin toiminnan vaiheesta yksi, ja jolloin kuorma R_g on kytketty muuntajan T toisiokäämin päiden välille. Lisäpiirteet ja edut ilmenevät oheisista patenttivaatimuksista.

10

15

Keksintöä kuvataan seuraavassa yksityiskohtaisemmin viitaten oheisiin piirustuksiin.

Kuvio 1 esittää jo mainittua aiemman tekniikan tason mukaista rinnakkaisresonaattorin peruspiiriä.

Kuvio 2 esittää tämän keksinnön mukaista sarja-rinnakkaisresonanssiin perustuvan moduloidun muuntimen peruspiiriä, jota käytetään kylmäkatodikaasunpurkausputken kanssa.

Kuvio 3 esittää kuvion 2 muuntimen variaation osaa, jota käytetään hehkukatodikaasunpurkausputken kanssa.

Kuviot 4 a - c esittävät jännitekäyriä mitattuina muuntimen induktorin yli normaalilla kuormituksella ulostulosta, ulostulo oikosuljettuna sekä resonanssijännitteiden jaksoa eri johtamistiloissa ja erilaisissa kuormitusolosuhteissa.

Kuvio 5 esittää käytännön esimerkkiä tämän keksinnön mukaisesta taajuusmoduloidusta muuntimesta käytettä-

väksi hehkukatodikaasunpurkausputken teholähteenä.

Kuvio 6 esittää käytännöllistä esimerkkiä muunta-
jasta yksityiskohtaisemmin ja kuvion 2 piiriin tuotettuna.

Kuviossa 2 on ensimmäinen resonanssikondensaattori
5 C_1 tuotettu rinnakkain kommutoivana kytkimenä toimivan
transistorin Q varauksen lähettävän ja varauksen vastaan-
ottavan elektrodin yli. Kuorma R_G on tuotettu sarjaan in-
duktorin L kanssa, joka on kytketty transistoriin Q ja
kondensaattoriin C_1 . Toinen resonanssikondensaattori C_3
10 on tuotettu jännitelähteen elektrodin yli ja kytketty in-
duktoriin L diodin D_2 yläpuolella, diodi D_2 on kytketty
lisäksi rinnakkain transistorin Q varauksen lähettävän ja
varauksen vastaanottavan elektrodin väliin. Lisäksi muunta-
jan T ensiökäämi P on kytketty induktoriin L siten, että
15 muuntaja T, induktori L ja kondensaattorit C_1 , C_3 tuotta-
vat RCL-resonaattorin, joka toimii sarjassa rinnakkain
transistorin Q kanssa ja jonka Q-arvo, joka kuten on hyvin
tunnettua määritetään induktori-jännitteen U_L tai konden-
saattori-jännitteiden U_{C1} ja U_{C3} ja syöttöjännitteen U vä-
20 lisen suhteen avulla. Kuorma R_G on kytketty muuntajan T
ensimmäisen toisiokäämin S_1 päiden väliin ja siten, kuten
mainittiin, on kytketty sarjaan induktorin L kanssa. Re-
sonaattorin mitoitus voidaan edullisesti suorittaa ilmei-
sen tehovaatimuksen perusteella siten, että resonaattori
25 tai resonanssisäiliö mitoitetaan ilmeistä tehoa varten,
joka on 30 % suurempi kuin se, joka vaaditaan resonaatto-
rin valitulla toimintataajuudella. Transistoria Q ohjataan
määrätyllä taajuudella, jonka ei tarvitse vaihdella kuor-
mituksesta riippuen.

30 Tämän keksinnön mukaisen muuntimen toimintaa seli-
tetään yksityiskohtaisemmin seuraavassa. Transistoria Q
ohjataan sopivalla suorakaidepulssilla. Kun transistori
johtaa, jännite virtaa induktorin L ja muuntajan T kautta
siten, että nämä magnetisoituvat. Induktori L on valmis-
35 tettu kelasta ja ytimeistä, esimerkiksi ferriitistä ilmara-

olla. Kun transistori Q on lakannut johtamasta, induktorin L vastainduktio saa kondensaattorit C_1 tai C_3 varautumaan. Kondensaattorissa C_3 on kuitenkin kapasitanssi, joka on paljon suurempi kuin kondensaattorin C_1 kapasitanssi ja se on lisäksi vastakkaisesti varautunut. Muuntajaan T syötetään nyt samanmerkkistä virtaa kuin transistorin Q yläpuolelle saapuva virta. Kun kondensaattorin C_1 jännite saavuttaa maksimiarvonsa, virran suunta kääntyy ja kondensaattori C_1 purkautuu induktoria L ja muuntajaa T vasten. Sen jälkeen virran suunta jälleen kääntyy ja induktori L purkaa energiansa diodin D_2 yläpuolelle ja muuntaja T kondensaattoriin C_3 . Transistori Q tulee jälleen johtavaksi ja prosessi toistuu.

Prosessia voidaan kuvata nelivaiheisena. Vaiheessa 1 transistori Q on johtava ja virta kulkee suuntaan I_A muuntajan T kautta. Vaiheessa 2 transistori on lakannut johtamasta, mutta siitä seikasta johtuen, että induktori L toimii "säiliönä", virta kulkee yhä suuntaan I_A (kuvio 2) muuntajan T kautta, kun taas kondensaattori C_1 purkautuu samanaikaisesti induktorin L vastainduktiosta johtuen. Vaiheessa 3 induktorista L tuleva vastainduktio on lakannut ja kondensaattori C_1 purkautuu siten, että virta kulkee kondensaattoriin C_3 ja muuntajan T kautta suuntaan I_B (kuvio 2) samalla, kun induktori L "täyttyy". Vaiheessa 4 induktori L sitten "tyhjenee" diodin D_2 ja kondensaattorin C_3 kuin myös muuntajan T kautta, kunnes transistori Q tulee jälleen johtavaksi.

Olisi huomattava, että transistori Q voidaan vaihtokytkeä joka kerta, kun diodi D_2 johtaa ja siten myös "nolla"-virralla ja -jännitteellä. Induktorista L tuleva negatiivinen vastainduktiojännite U_L lisää syöttöjännitettä U ja kohdistuu muuntajan T ensiökäämin P yläpuolelle samalla, kun sekä jännite U että U_L purkavat kondensaattoria C_3 .

Toisiokäämistä S_1 kuormaan R_C purkautuva energia

ei tapahdu samassa vaiheessa kuin ensiökäämissä P ja siten vain osaa resonanssienergiasta voidaan käyttää. Tämä tuottaisi erinomaisen suhteen virran ja jännitteen välille, jos tämän keksinnön mukaista muunninta käytetään kaasunpurkauslampuissa yleensä.

Koska transistori Q toimii vain muuntajaan T syötettävän energian uudelleentäyttäjänä ja vaihesiirtymästä johtuen diodi D_2 jo vapauttaa transistorin sillä hetkellä, kun se kytketään päälle em. vaiheessa 4. Siten tämän keksinnön mukainen muunnin saavuttaa hyvin korkean hyötysuhteen. Kytkentähäviöt eliminoidaan täysin, kun transistori kytketään päälle resonanssin negatiivisessa vaiheessa, kun diodi D_2 johtaa ja kun transistori Q on irtikytettynä, kondensaattori C_1 ottaa jännitesyötön tehtäväkseen. Transistori Q toimii siten vain jännitteellä, joka on välttämätön induktorin L induktiokäyrän muodon säilyttämiseksi.

Jos ensimmäinen toisiokäämi S_1 on oikosulussa, muuntajan T impedanssi laskee nolnaan ja vaihesiirto induktorin L ja muuntajan T välillä lakkaa. Kaikki energia käytetään sitten resonanssin säilyttämiseen ja muuntimen energiakulutus laskee "nolnaan". Tämä tarkoittaa sitä, että muunnin on joka suhteessa oikosulkuja kestävä.

Jos kuorma R_G poistetaan toisiokäämistä S_1 , muuntajan impedanssi kasvaa ja taajuuden putoaminen johtaa kasvavaan virrankulutukseen, koska transistori Q kytketään päälle väärään aikaan. Tämän estämiseksi muuntajassa käytetään toista toisiokäämiä S_2 , joka on kytketty tasasuuntaussiltaan, jotta osa energiasta palautetaan jännitelähteen positiiviseen/negatiiviseen elektrodiin. Tällä tavalla muuntajassa T on aina tietty minimi-impedanssi. Resonaattori toimii siten annetulla taajuusalueella ja energia kiertää jännitesyöttölähteen ja toisiokäämin S_2 välillä tasasuuntaussillan B kautta, kuten kuviossa 2 esitetään.

Oikealla toisiokäämin S_2 jännitemitoituksella va-

paakäyntihäviöt (free-running losses) voidaan minimoida ja on mahdollista tuottaa ilmaisin (ei kuvassa), joka varoittaa mahdollisista kuorman R_G vioista, esimerkiksi viaallisesta kaasunpurkausputkesta, pulssigeneraattoripiirin
 5 kytkemiseksi irti, joka on kytketty transistorin Q ohjauselektrodiin. Näin transistori Q lakkaa täyttämästä resonaattoria uudelleen.

Jos muuntajan T toisiopuolella käytetään kuormana hehkukatodipurkausputkea, tämä voidaan tehdä yksinkertaisesti
 10 kuviossa 3 esitetyllä tavalla kytkemällä toisiokäämin S_1 päät ainakin yhden kondensaattorin C_6 avulla elektrodien K_1 , K_2 yläpuolella kaasunpurkausputkessa.

Kuten on tunnettua, kaasunpurkausputket, joissa on hehkukatodi, täytyy käynnistää elektrodeja esilämmittämällä,
 15 jotta putkessa saavutetaan riittävä kaasun ionisaatio ja että purkaus voi tapahtua. Tämä saavutetaan toisiokäämin S_1 ja kondensaattorin C_6 avulla, jotka on sovitettu muuntajan T resonanssitaajuuteen katodeiden K_1 , K_2 ollessa kuumennetussa tilassa. Tällainen adaptaatio voidaan määrittää
 20 empiirisesti tai mitattavan katodin lämmönvastuksen avulla lisättynä impedanssiin. Niin kauan kuin katodit K_1 , K_2 eivät ole riittävän kuumia, impedanssi on liian alhainen ja suurempi osa toisiokäämistä S_1 tulevasta virrasta käytetään katodien kuumentamiseen. Vasta kun tila resonanssia
 25 varten on saavutettu, jännite kasvaa tasolle, joka sytyttää elektrodit. Kun elektrodien K_1 , K_2 välinen purkaus syntyy, kondensaattori C_6 ei enää toimi resonanssikondensaattorina, mutta siitä huolimatta auttaa tietyllä hehkujännitteellä, joka pitää elektrodit kuumennettuina
 30 impedanssista johtuen, mikä on alhainen verrattuna taajuuteen. Tämä on sitäpaitsi etu, jos syöttöjännitteen alentamista käytetään himmennykseen.

Tämän keksinnön mukaista muunninta voidaan lisäksi käyttää sykkivän tasavirran kanssa ilman tasoitusta kaasunpurkausputkien suoraa käyttöä varten tehokertoimella
 35

$\cos \varphi$ jopa 0,95 saakka ja vaihekompensointiä käyttämättä, kuten uudet eurooppalaiset normit vaativat. Jos taajuus on 60 kHz, kondensaattori C_1 on esimerkiksi mitoitettu 0,005 μF ja kondensaattori C_3 0,22 μF , mutta 100 kHz taajuudella kondensaattori C_1 valitaan 0,003 μF ja kondensaattori C_3 on 0,15 μF . - Elektrodien välisen katodimateriaalin siirron aallonpituustarkastelu lisäksi osoittaa, että 30 - 35 kHz toimintataajuus on optimaalinen kaasunpurkausputkien kyseisen pituuden kanssa.

10 Kuinka tämän keksinnön mukainen muunnin käytännössä toimii on helposti ymmärrettävissä tarkasteltaessa kuvioita 4a - c.

Kuviot 4a ja 4b esittävät induktiojännitteen U_L käyttäytymistä mitattuna induktorin L päiden yli. Kuvioiden 4a ja 4b jännitettä kutsutaan keskimääräiseksi huipusta huippuun arvoksi U_L . Kuvioissa 4a ja 4b jännitteen kokonaisjakso on pulssi t_1 , kun taas transistori johtaa jaksolla t_2 . Kuviossa 4a toisiokäämin S_1 kuorma on normaali, jännite on alhainen (tässä 0,6 U_L) ja t_1 lyhyt (tässä 0, - 20 15 t_1) energian poisjohtamisesta johtuen. Kuviossa 4b toisiokäämi on oikosulussa. Jännite kasvaa (tässä 1,3 U_L) ja samoin t_2 kasvaa, koska energian poisjohtaminen on lakanut.

Kuvio 4c esittää resonanssijännitteen jaksoa eri kuormitusolosuhteissa. Normaalia sinimuotoista käyttäytymistä on merkitty käyrällä F_1 . Käyrä F_2 muodostuu, kun muuntaja T "varastaa" energiaa ja käyrä F_3 , kun toisiokäämi S_1 on oikosulussa. Vapaa diodi johtaa koko ajan negatiivisessa puolijaksossa, ts. jaksolla T_D . Oli kuormatila mikä tahansa, transistori Q johtaa jaksolla t_{Q1} . Jos energia johdetaan pois muuntajan T yläpuolelle, transistori Q toimii jaksolla t_{Q2} , koska järjestelmä on itseohjautuva. Jos toisiokäämi S_1 on oikosulussa, transistori Q johtaa jaksolla T_{Q2} , energiaa ei enää johdu pois muuntajaan T ja 35 negatiivisessa puolijaksossa induktori L jakaa suuremman

osan energiasta takaisin kondensaattoriin C_3 .

Tämän keksinnön mukaisen taajuusmoduloidun muuntimen käytännön esimerkkiä kuvataan seuraavaksi viitaten kuvioon 5. Tässä yhteydessä täytyy ymmärtää, että kuviot 2 ja 3 esittävät jonkin verran alkeellisempia suoritustapoja tämän keksinnön mukaisesta muuntimesta.

Kuten kuvioista 5 voidaan nähdä, tasasuuntaussilta B_2 jakaa tasajännitettä vaihtovirtalähteestä, ja tämä jännite tasoitetaan kondensaattoreissa C_2 ja C_3 . Diodi D_{12} syöttää pulssigeneraattoriin, joka esitettyssä suoritustapossa käsittää bistabiilin multivibraattorin, joka on Schmitt-liipaisupiirin muotoinen, jossa on invertoidut ulostulot, jotka muodostuvat kuudesta portista $A_1 - A_6$. Pulssigeneraattoriin jännitettä säädetään zener-diodin z_1 avulla ja tasoitetaan kondensaattorin C_4 avulla. Esitettyssä suoritustapossa pulssigeneraattoriin tuottaa epästabiilin multivibraattoriin resistorin R_6 ja diodin D_1 yläpuolelle kuin myös muuttuvan resistanssin R_V (R_5) siten, että perustaajuus ja pulssin leveys virite-
tään haluttuun arvoon resistorien R_V ja R_6 ja kondensaattorin C_5 kautta. Portin A_1 ulostulo jakaa sopivaa suora-
kaidepulssia ja ohjaa neljän portin $A_3 - A_6$ sisäänmenot suurin piirtein rinnakkain. Samojen porttien ulostulot on myös kytketty rinnan ja transistorin Q ohjauselektrodiin, jota käytetään kytkimenä. Jos käytetään normaalia kaksipaista transistoria, ohjaus tulee tietenkin transistorin kannalle, mutta jos käytetään sen sijaan MOS-kanava-transistoria, ohjauselektrodi on tietenkin identtinen porttielektrodin kanssa. Edullisesti tämän keksinnön mukainen muunnin voidaan toteuttaa samaanliitetyn vapaakäyntidiodin kanssa siten, että tasasuuntausdiodi D_2 ja toinen kuvion 2 rinnakkaishaara jätetään pois.

Kun transistori Q johtaa, herätevirtaa johdetaan induktoriin L ja ensiökäämiin P muuntaajassa T ja resonanssiprosessi käynnistyy. Resonanssitaajuus voidaan hienosää-

tää muuttuvan resistanssin R_V yläpuolella.

Muuntajan T toisiokäämi S_1 syöttää jännitettä ja virtaa tuotettuun kuormaan, kuten kuvion 2 yhteydessä on yksityiskohtaisemmin ollut puhetta. Kuviossa 5 muuntajassa T on lisäksi kolmas toisiokäämi S_3 . Sitä käytetään kuorman ionisaatiojännitteen kasvattamiseen, jos kuorma on kaasunpurkausputki, turvallisemman sytytyksen tuottamiseksi äärimmäisen alhaisissa lämpötiloissa, koska sen ensimmäinen pää on kytketty kaasunpurkausputken elektrodeihin ja sen toinen pää on kytketty maahan, kuten kuvataan.

Muuntaja T on käytännön esimerkissä toteutettu E-sydänmuuntajana, kuten yksityiskohtaisesti kuviossa 6 on esitetty. Korkeita taajuuksia varten, ts. MHz-alueella, sydämet ja käämit voidaan valmistaa esimerkiksi ferriittiliuskojen ja dielektrisen kalvon kanssa ja kerrostamalla käämit niiden päälle. Kuitenkin, E-sydänmuuntajia käytetään ei-tavanomaisissa sovellutuksissa, esimerkiksi taajuuksilla 30 - 100 kHz, mikä tekee mahdolliseksi yhä hyvin kompaktin konstruktion. Lisäksi, kuten kuvion 5 suoritusmuodossa esitetään, induktori L integroidaan muuntajan T ensiökäämin P kanssa.

Toisiokäämi S_2 , joka on kytketty tasasuuntaussiltaan B_1 , on mitoitettu siten, että tasajännite saavutetaan tasasuuntausdioidien $D_7 - D_{10}$ yläpuolella sillassa B_1 , jännite on alempi kuin jännite D_2 ja C_3 yli normaalissa toiminnassa. Resistorit R_{10} ja R_{11} muodostavat sitten jännitteenjakajan kondensaattoria C_{20} vastaan, jolle annetaan arvo, joka määrää halutun aikajakson ennen pulssigeneraattoripiiriä ja diodin D_5 kautta kytkee irti epästabiliin multivibraattorin. Jos signaali A_1 on alhainen, porttien $A_3 - A_6$ ulostulot menevät myös alas. Irtikytkenän kesto määritetään kondensaattorin C_{20} avulla resistorien R_7 ja R_8 kautta. Tietyn ajan jälkeen invertoivan vahvistimen A_2 sisäänmeno menee myös alas, ja sen ulostulo menee korkealle siten, että multivibraattori jälleen käynniste-

tään. On kuitenkin myös mahdollista toteuttaa suojaustoiminnot muulla tavoin aiemman tekniikan tason avulla, ja tässä esitetty piiri on tarkoitettu pelkästään esimerkiksi tämän keksinnön mukaisen muuntimen käytännön esimerkistä ja sen ei tulisi rajoittaa keksinnön suoja-alaa missään tapauksessa.

Tämän keksinnön mukaisen muuntimen oleellinen kohta on siinä, että resonanssikondensaattori C_1 , joka kuvion 5 suoritusmuodossa on toteutettu 9 kondensaattorin $C_{1a} - C_{1i}$ (ei kuvassa) rinnakkaspiirin muotoinen, toimii vain resonanssikondensaattorina taajuuden puolijakson aikana. Resonanssitaajuuden toinen puolijakso, jota käytetään resonanssisäiliön uudelleentäyttöön, ts. induktorin L_1 , tuotetaan kondensaattorin C_3 kautta C_1 purkauksen avulla. Tässä yhteydessä voidaan mainita, että alalla on hyvintunnettua, että paluuliikeoskillaatteorit (fly-back oscillators) pyrkivät antamaan epäsymmetrisen taajuuskäyttäytymisen energian avulla, joka on vedetty resonanssisäiliöstä jo ensimmäisessä paluuliikkeessä siten, että seuraava puolijakso saa alemman energiasisällön. Jotta muuntaja T toimii symmetrisesti toimivana kuormana, kuvion 2 resonanssikondensaattorin C_1 täytyy näin saada suurempi varaus toisella puolijaksolla. Tämä saavutetaan jo olemassaolevalla varauksella kondensaattorissa C_3 , joka on kytketty sarjaan induktorin L kanssa diodin D_2 kautta ja jännitetasolla, joka on identtinen ensimmäisen puolijakson taso. Resonanssikondensaattorin C_3 oikealla mitoituksella ja sopivalla syöttöjännitteellä U muuntajaan syötetään sama energiamäärä molemmissa puolijaksoissa. Kumpaakin resonanssin puolijaksoon on kuitenkin tuotettu energian symmetointi. Yhdessä muuntajassa T käytettävän ilmaraon kanssa, tämä saa resonaattorin tuottamaan suurin piirtein täydellisen sinimuotoisen jännitteen ilman muuntajan ensiökäämiä P , jota tasajännitekomponentti esijännittää.

Oikein valituilla induktorin L induktanssin ja mu-

untajan T impedanssin arvoilla kuin myös oikeilla konden-
saattorien C_1 ja C_3 kapasitanssiarvoilla ja sopivalla sy-
öttöjännitteellä U on mahdollista saavuttaa hyvin korkea
hyötusuhte, koska kytkentähäviöt eliminoidaan täysin ja
5 transistori Q toimii vain piirin jännitteen murto-osalla
induktiivisten komponenttien virran ja jännitteen välisen
vaihesiirtymän vuoksi. Transistoria Q voidaan todellisuu-
dessa pitää jännitekytkimenä, joka asettaa resonanssipii-
rin nolllaksi resonanssin positiivisiin ja negatiivisiin
10 jaksoihin nähden. Näin transistori eliminoi resonaattorin
pyrkimyksen relaksaatioon ja pitää annetun taajuuden sa-
malla, kun induktori L nostaa virran pääasiallisesti ylös,
kun transistori Q ei ole johtava. Tämä voidaan myös saa-
vuttaa muuntajassa T käytettävän ilmaraon yksilöllisillä
15 adaptatiolla tuotetun kuorman R_G ominaisuuksiin. Ilmarakoa
voidaan siten käyttää aktiivisesti induktorin L ja kon-
densaattoorin C_1 energiavuodon ohjaamiseksi. Muuntajan T
ja käytetyn ilmaraon oikea mitoitus voi S_1 :n täydellisellä
oikosululla saada resonaattorin täyteen resonanssiin taa-
20 juusalueella, jonka transistori Q määrittää.

Lopuksi täytyy mainita, että alan ammattilaisille
on ilmeistä, että pulssigeneraattori voidaan myös sopivas-
ti toteuttaa toisella tavalla kuin epästabiilina multivib-
raattorina, koska viimeainittu voidaan korvata digita-
25 lisella taajuussyntetisaattorilla. Kun käytetään epästa-
biilia multivibraattoria, taajuus on ohjattavissa vain 10
- 15 %. Digitaalinen taajuussyntetisaattori voi käyttää
tämän keksinnön mukaista muunninta taajuusalueen yläpuo-
lella, joka ulottuu AF-alueelta ja 100 MHz:iin ja yli sa-
30 malla, kun tuotettua taajuutta voidaan helposti ohjata
oktaavikaistan leveydeltä ja ylikin. Sitten muunninta voi-
daan käyttää HF- ja VHF-sovellutuksissa, joissa vaaditaan
korkeita, vakaita ja symmetroituja resonanssijännitteitä.
Lisäksi on ilmeistä, että kaikki komponentit, jotka sisäl-
35 tyvät pulssigeneraattoripiiriin, myös Schmitt-liipaisupor-

tit $A_1 - A_6$ ja myös transistori Q voidaan edullisesti integroida yhdelle sirulle. Tämän keksinnön mukaisen taajuusmuuntimen avulla häviöt rajoittuvat häviöihin muuntajassa, pulssigeneraattoripiirissä, energiahäviöön resonanssi-induktorissa ja sisäänmenoon sijoitetussa tasasuuntaussillassa. Kokonaishäviöt voidaan näin pitää 5 %:ssa ja pienempinä siten, että tämän keksinnön mukaisen muuntimen käytännön suoritusmuoto saavuttaa noin 97 % hyötysuhteen.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Resonanssimuotoinen tehon muunnin käyttämään ohmista tai induktiivista kuormaa
 5 (Rg) käsittäen kaasunpurkausputket, joissa on transistorin muotoinen kommutoiva kyt-
 kin (Q) kytketty sarjaan tasajännitelähteen negatiivisen elektrodin ja induktorin (L) en-
 simmäisen pään välille, pulssigeneraattoriin ulostulostuloineen kytkettynä transis-
 torin ohjauselektrodiin, muuntajan, jonka ensiökäämi on kytketty induktorin (L) toi-
 sen pään ja jännitelähteen positiivisen elektrodin välille, ensimmäisen kondensaattorin
 10 (C1) ja diodin (D2) kytkettynä vastaavasti ensimmäiseen ja toiseen rinnakkaishaaraan
 kuormaa lähettävän ja kuormaa vastaanottavan transistorin (Q) elektrodien välille ja
 toisen kondensaattorin (C3) kytkettynä jännitelähteen päiden välille ja ollen täten
 kytketty sarjaan induktorin (L) kanssa diodin (D2) kautta,
 t u n n e t t u siitä, että komponentit on mitoitettu siten, että toisen kondensaat-
 15 torin (C3) arvo on useita kertoja suurempi kuin ensimmäisen kondensaattorin (C1)
 ja pulssigeneraattori on sovitettu kääntämään transistori päälle ja pois ajanjaksoiksi ja
 jaksoittain siten että:
 toiminnan ensimmäisessä vaiheessa transistori (Q) on kytketty päälle ja virta kulkee
 20 sarjassa muuntajan ensiökäämin (P), induktorin (L) ja transistorin (Q) kautta,
 toisessa toiminnan vaiheessa transistori on kytketty pois ja virta jatkaa kulkuaan sarjas-
 sa muuntajan ensiökäämin (P) kautta ja läpi induktorin (L) ladataen ensimmäisen kon-
 densaattorin (C1), ensimmäisen kondensaattorin (C1) ja induktorin (L) toimiessa reso-
 nanssiipiirinä sarjassa jännitelähteeseen nähden,
 25 toiminnan kolmannessa vaiheessa transistori jää poiskytkettyyn tilaan ja virta kulkee
 päinvastaisessa suunnassa induktorin (L) ja muuntajan ensiökäämin (P) kautta, jolloin
 ensimmäinen kondensaattori (C1) purkautuu silloin ladataen toisen kondensaattorin
 (C3); toinen kondensaattori (C3) ja induktori (L) toimivat resonanssiipiirinä rinnan
 jännitelähteeseen nähden,
 30 toiminnan neljännessä vaiheessa, kun ensimmäinen kondensaattori (C1) on purkautu-
 nut virta jatkaa kulkuaan vastakkaisessa suunnassa muuntajan ensiökäämin ja indukto-
 rin kautta ja diodin (D2) kautta siten, että toinen kondensaattori (C3) latautuu ja toimin-
 nan tämän neljännen vaiheen aikana transistori (Q) jälleen kytkeytyy ja virta kykenee
 kulkemaan ensimmäisessä suunnassa jännitelähteeltä ja ladatulta toiselta kondensaatto-

5 rilta (C3) muuntajan ensiökäämin induktorin ja transistorin kautta siten aloittaakseen uudestaan piirin toiminnan vaiheesta yksi, ja jolloin kuorma (Rg) on kytketty muuntajan (T) toisiokäämin päiden välille.

10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että transistorina (Q) on MOS-kenttä-tehotransistori, jossa on sisäinen vapaakäyntidiodi, jolloin tasasuuntausdiodi (D2) toisessa rinnakkaishaarassa eliminoiduu.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että pulssigeneraattori käsittelee epästabiilin multivibraattorin.

15 4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että pulssigeneraattori käsittelee digitaalisen taajuussyntetisaattorin.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että muuntajan (T) toisiokäämin (S1) impedanssi viritetään resonaattorin Q-arvoon nimelliskuormalla (Rg).

20 6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että kuorma (Rg) on tasapainotettu kompensointikuorman avulla, jos kuorman (Rg) hetkellinen arvo on pienempi kuin nimelliskuorma.

25 7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että kuorman (Rg) tasapainottamiseksi tuotetaan muuntajan toisiokäämin (S1) päiden väliin tasasuuntaussilta (B1), joka silta (B1) on kytketty jännitelähteen elektrodien väliin siten, että muuntajan (T) ensiökäämin (P) impedanssi on annetun maksimiarvon alapuolella.

30 8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että kondensaattori (C1) rajoittaa induktorin (L) tuottaman vastainduktiopulssin jännitettä transistorin (Q) yli.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että hehkukatodikaasunpurkausputkien käyttämiseksi ensimmäisen toisiokäämin (S1) päät on kytketty kondensaattoriin (C6) kaasunpurkausputkien elektrodien (K1, K2) kautta toisiokäämi (S1) ja kondensaattori (C6) on sovitettu muuntajan (T) resonanssitaajuuteen elektrodien (K1, K2) ollessa kuumassa tilassa.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen resonanssimuotoinen tehon muunnin **tunnettu** siitä, että hehkukatodikaasunpurkausputkien käyttämiseksi, on katodina (K1, K2) toimiva elektrodi lisäksi kytketty yhteen päähän muuntajan (T) kolmannen toisiokäämin (S3) päistä.

PATENTKRAV

1. Effektomvandlare av resonanstyp för drivning av en ohmsk eller induktiv belastning (R_0), också för drivning av en belastning som uppvisar gasurladdningsrör, innefattande en kommuterande switch (Q) i form av en transistor, som är kopplad i serie mellan den negativa elektroden av en likspänningskälla och en första terminal av en induktor (L), en pulsgeneratorkrets med en utgång ansluten till transistorns styrelektrod, en transformator (T) med en primärlindning ansluten mellan en andra terminal av induktorn (L) och spänningskällans positiva elektrod, en första kondensator (C_1) i en första gren och en diod (D_2) i en andra gren, vilka båda grenar är kopplade parallellt över den laddningsemitterande och den laddningsmottagande elektroden av transistor (Q), och en andra kondensator (C_3) kopplad över spänningskällans terminaler för att på så sätt vara kopplad i serie med induktorn (L) via dioden (D_2), **k ä n n e t e c k - n a d a v** att komponenterna är så dimensionerade att den andra kondensatorn (C_3) har ett värde, som är flera gånger större än den första kondensatorns (C_1) värde, att pulsgeneratoren är anordnad att slå till och slå från transistor under perioder och med intervaller så att:

i en första driftsfas transistor (Q) är ledande och ström flyter i serie genom primärlindningen (P) på transformatorn, induktorn (L) och transistor (Q),

i en andra driftsfas transistor är spärrad och ström fortsätter att flyta i serie genom primärlindningen (P) på transformatorn och genom induktorn (L) för att därvid ladda den första kondensatorn (C_1), varvid den första kondensatorn (C_1) och induktorn (L) arbetar som en resonanskrets i serie med spänningskällan,

i en tredje driftsfas transistor är fortsatt spärrad och ström flyter i den motsatta riktningen genom induktorn (L) och transformatorns primärlindning (P) när den första kondensatorn (C_1) urladdas och den andra kondensatorn (C_3) därvid laddas, vilken andra kondensator (C_3) och induktor (L) arbetar som en resonanskrets parallellt med spänningskällan,

i en fjärde driftsfas, sedan den första kondensatorn (C_1) urladdats, ström fortsätter att flyta i den motsatta riktningen genom transformatorns pri-

märlindning och induktorn, via dioden (D_2), så att den andra kondensatorn (C_3) laddas och under denna fjärde driftsfas transistor (Q) bringas att bli ledande igen och ström kan flyta i den första riktningen från spänningskällan och från den laddade andra kondensatorn (C_3) genom transformatorns primärlindning, induktorn och genom transistor, varvid den första driftsfasen för kretsen börjas om igen, och en belastning (R_G) som är kopplad mellan terminalerna av en sekundärlindning (S_1) av transformatorn (T).

2. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att transistor (Q) är en MOS-fälteffekt-transistor med en integrerad frigångsdiod, varigenom den likriktande dioden (D_2) i den andra parallella grenen inte erfordras.

3. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att pulsgeneratorkretsen innefattar en astabil vippa.

4. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att pulsgeneratorkretsen innefattar en digital frekvenssyntetisator.

5. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att impedansen av transformatorns (T) sekundärlindning (S_1) är avstämmd till kvalitetsfaktorn för resonanskretsen vid nominell belastning (R_G).

6. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 5, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att belastningen (R_G) balanseras med en kompenseringsbelastning om momentanvärdet av belastningen (R_G) är mindre än den nominella belastningen.

7. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 6, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att för balansering av belastningen (R_G) anordnas en likriktarbrygga (B_1) mellan terminalerna av en andra sekundärlindning (S_2) av

transformatorn, vilken likriktarbrygga (B_1) är kopplad mellan spänningskällans elektroder så att impedansen av transformatorns (T) primärlindning (P) ligger under ett givet maximumvärde.

8. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att kondensatorn (C_1) begränsar spänningen av den motinduktionspuls som induktorn genererar över transistor (Q).

9. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 1, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att för drivning av gasurladdningsrör med varm katod är terminalerna av den första sekundärlindningen (S_1) kopplade till en kondensator (C_6) via gasurladdningsrörets elektroder (K1, K2), vilken sekundärlindning (S_1) och kondensator (C_6) är avpassade till resonansfrekvensen för transformatorn (T) i elektrodernas (K1, K2) upphettade tillstånd.

10. Effektomvandlare av resonanstyp enligt patentkrav 9, **k ä n n e - t e c k n a d a v** att för drivning av gasurladdningsrör med varm katod är den som katod (K1, K2) arbetande elektroden därutöver ansluten till den ena av terminalerna av en tredje sekundärlindning (S_3) på transformatorn (T).

Fig.1.

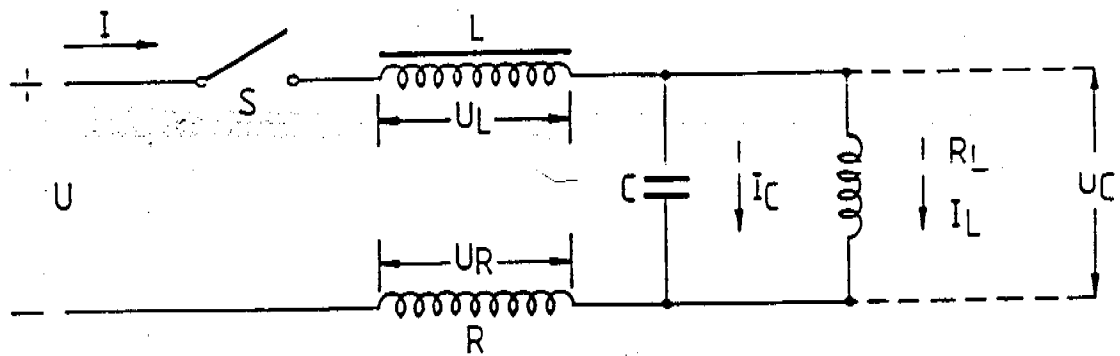


Fig.2.

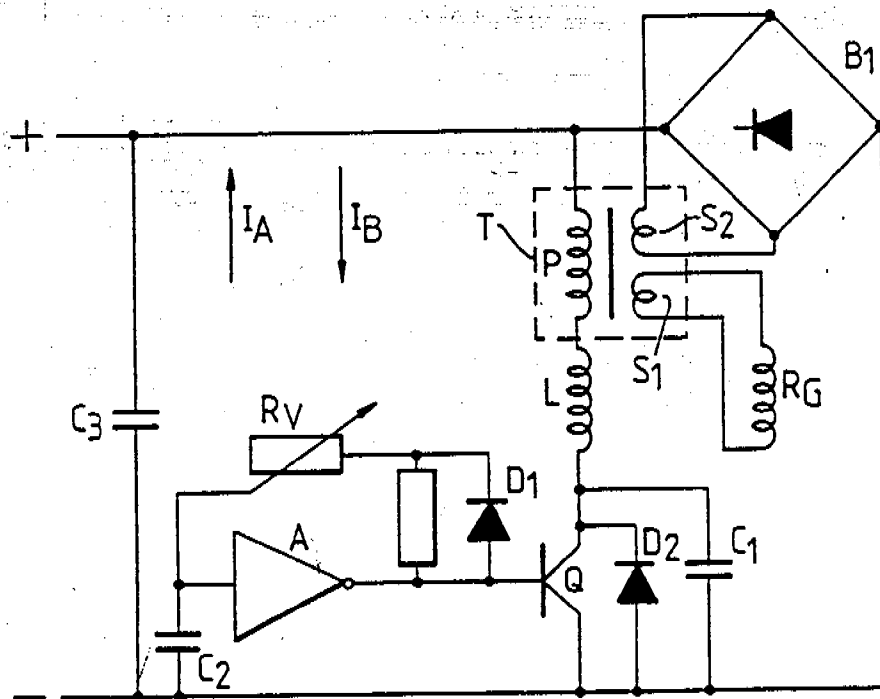


Fig. 3.

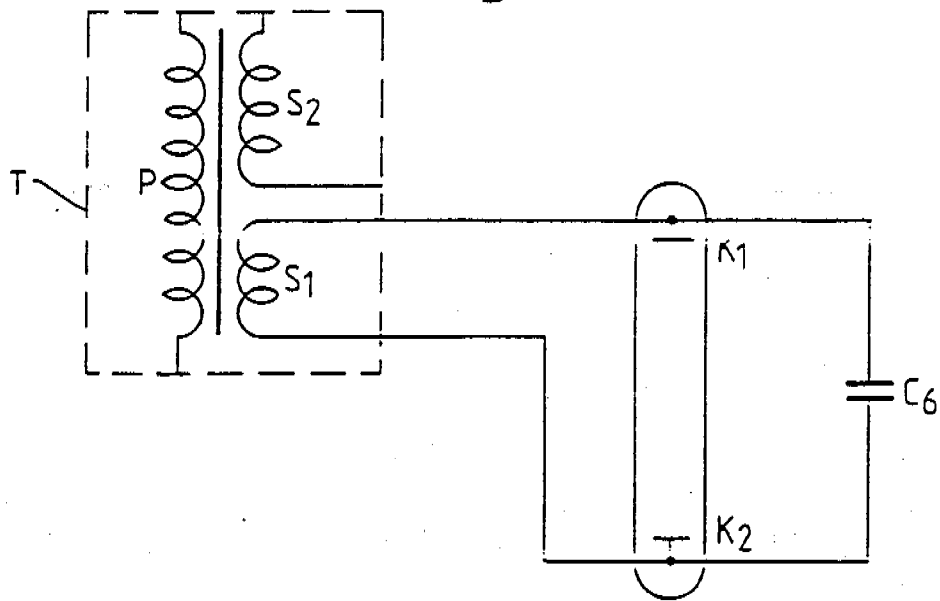


Fig. 4a.

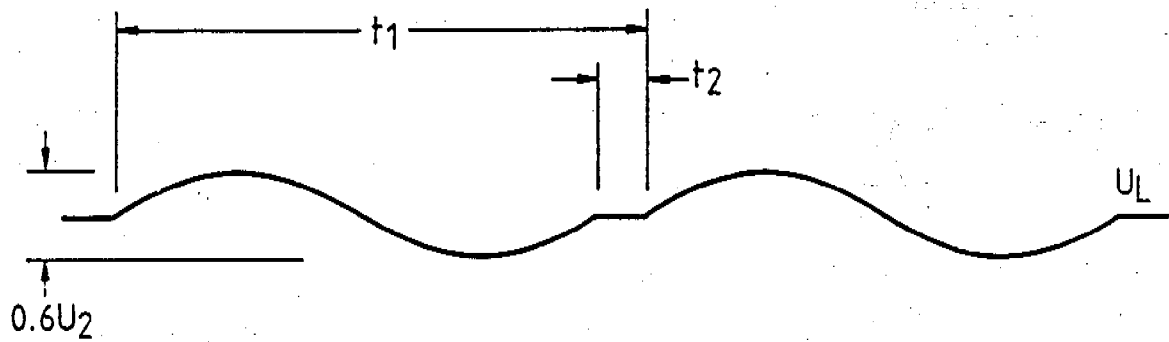


Fig. 4b.

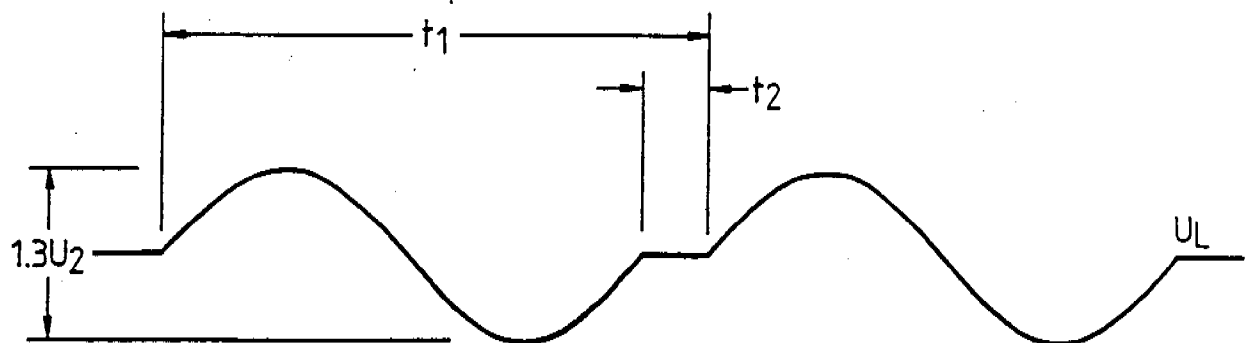


Fig.4c.

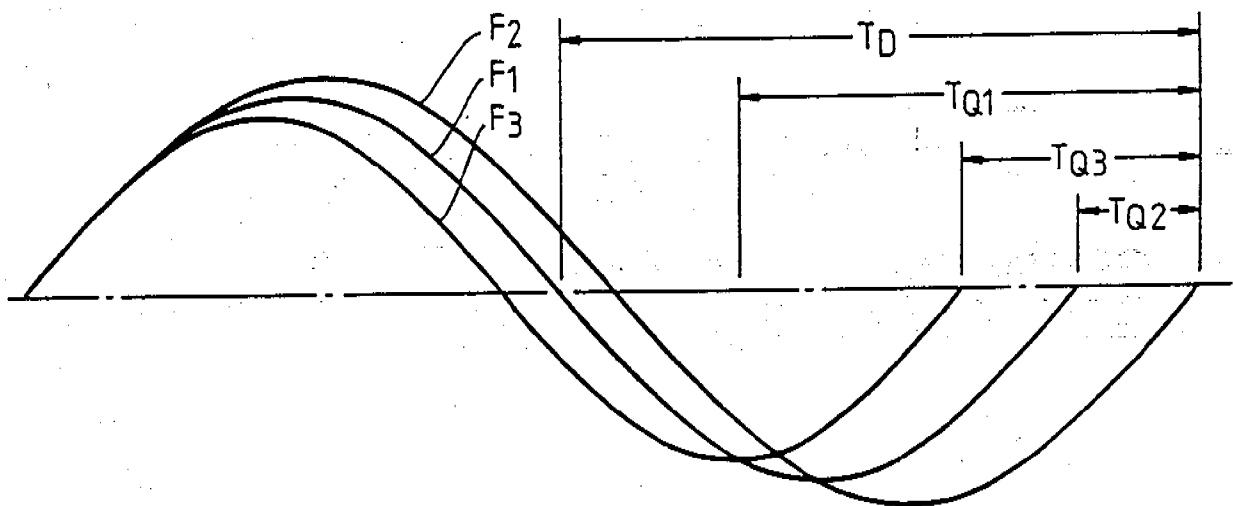


Fig. 5.

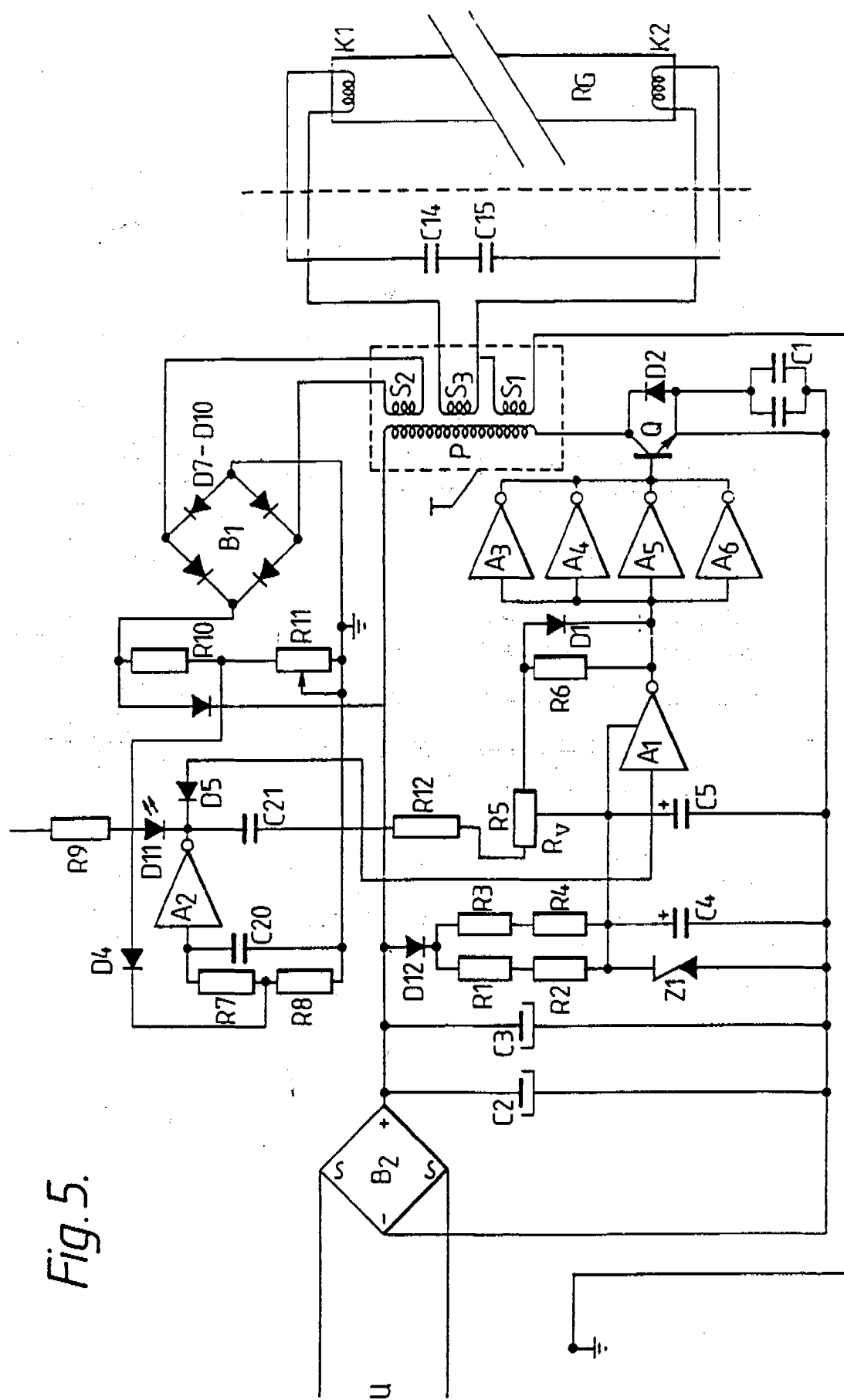
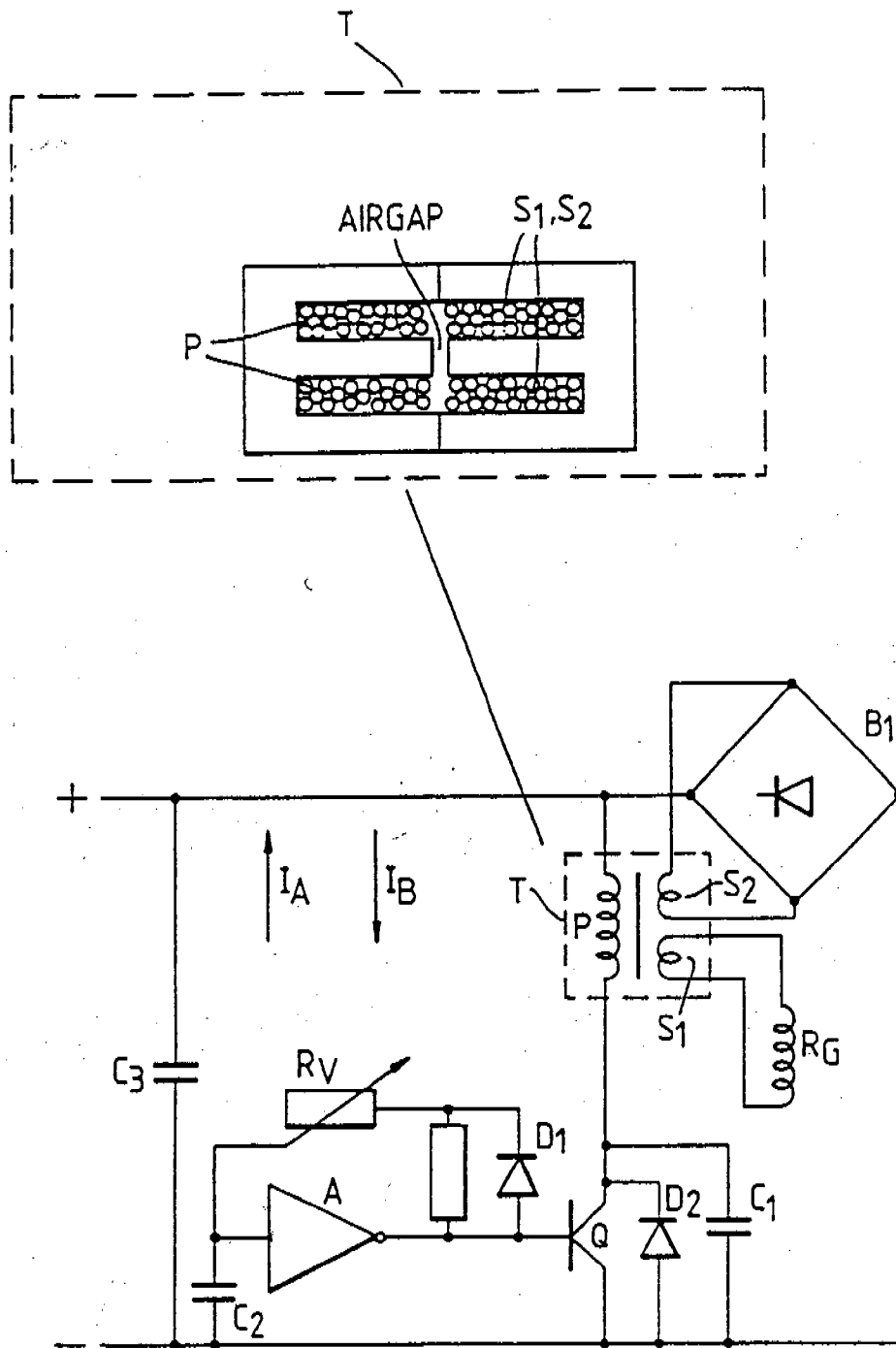


Fig. 6.



PATENTTIHAKEMUS NRO	LUOKITUS (IPC7)
940877	H 05B 41/295, H 02M 7/5383

TUTKITTU AINEISTO
Patenttijulkaisukokoelmasta (FI, SE, NO, DK, DE, CH, EP, WO, GB, US) tutkitut luokat
Tiedonhaut ja muu aineisto Esp@cenet Derwent/Delphion Intellectual Property Network/Internet

VIITEJULKAISUT		
Kategoria ^{*)}	Julkaisun tunnistetiedot	Koskee vaatimuksia
X	WO 89/08971 (H 05B 41/29)	
X	WO 90/01248 (H 05B 41/29)	
X	US 4 613 796 (H 05B 37/02)	
X	GB 1 378 465 (H 01B 41/29)	
X	GB 2 110 890 (H 05B 41/29)	
^{*)} X Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu yksinään tarkasteltuna Y Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu, kun otetaan huomioon tämä ja yksi tai useampi samaan kategoriaan kuuluva julkaisu A Yleistä tekniikan tasoa edustava julkaisu, ei kuitenkaan patentoitavuuden este D Hakijan selitysosassa mainitsema tekniikan tasoon kuuluva julkaisu		
Päiväys	Tutkija	
28.05.2002	Ilari Anttila	