

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) FI 770331 A7

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 770331

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H02M

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 31.01.1977

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 31.01.1977

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 14.08.1977

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

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

13.02.1976 DE 2605793

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • BBC AG Brown, Boveri & Cie., 5401 Baden, Switzerland, SVEITSI, (CH)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Häusler, Michael, BRD, SAKSA, (DE)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

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

Menetelmä korkeajännite-tasavirta-voimansiirtolaitoksen (HGÜ) käynnistämiseksi

Förfarande för igångsättning av en högspännings-likströms-kraftöverföringsanläggning

BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden, Sveitsi

Menetelmä HVDC-voimansiirtoaseman käynnistämiseksi - Förfarande
för igångsättning av en HVDC-kraftöverföringsstation

Keksintö kohdistuu menetelmään aseman käynnistämiseksi suurjännitteisessä tasavirta-(HVDC)voimansiirtolaitoksessa, jossa on ainakin kaksi tasa- ja vaihtovirtaverkkoihin yhdistettävää virran- ja jännitteensäätimillä varustettua suuntaajaa, jotka voivat toimia valinnaisesti tasa- tai vaihtosuuntaajina. Käynnistettävä asema voi olla myös voimalaitoksen HVDC-blokkikytkentä.

Keksintöä voidaan käyttää sovellettaessa HVDC-voimansiirtoa keskusalueiden syöttöön. Tämä todennäköinen käyttökohde voi johtaa siihen, että valtaosaltaan tai jopa kokonaan passiivisesta kuormasta muodostuvia erillisiä verkkoja syötetään suurjännitteisen vaihtosuuntaajan välityksellä (IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. Pas-94, n:o 2, March/April 1975, pp. 408-415 = vastaava HVDC-kirjoitussarjan eripainos). Vaikkakaan tällaiseen käyttöön ei sinänsä sisälly periaatteellisia ongelmia, ei verkon häiriöiden jälkeen tarvittavaa uudelleen käynnistystä ole tähän mennessä ratkaistu.

Tunnetaan ainoastaan sellainen menetelmä johdannossa esitetyn kaltaisen HVDC-laitoksen käynnistämiseksi, jossa lähdetään siitä oletuksesta, että vaihtovirtaverkot ovat käyttöönottohetkellä kytettyinä ja niissä ei ole vikoja (DT-patenttijulkaisu n:o 1 613 574).

Tunnettu menetelmä ratkaisee siten vain joitain ongelmia, joita käynnistyksessä esiintyy normaalikäyttöön verrattuna. Erityisesti on huomattava, että johdon virtaa nostettaessa on ohitettava suuntaajan aukkoisuusraja, ts. tasavirtajohdossa kulkevassa virrassa on aukkoja eli virta ei ole jatkuva. Tästä säätölaitteille aiheutuvat vaikeudet ratkaistaan tunnetussa tapauksessa siten, että parillista lukumäärää suuntaajasilloja ohjataan sillä tavoin, että ensiksi jokaisella suuntaaja-asemalla puolet suuntaajasilloista tulee ohjatuksi tasasuuntaajakäyttöön ja toinen puoli vaihtosuuntaajakäyttöön pienimmällä sallitulla ohjauskulmalla. Tämän jälkeen tasasuuntaaja-aseman virransäädin säätää aluksi virran halutun suuruiseksi ja kun haluttu virta on saavutettu, nostaa vaihtosuuntaaja-aseman jännitteensäädin jännitteen nimellisarvoonsa, mikä tapahtuu ohjaamalla vastakkainohjatut suuntaajasillat haluttuun käyttötilaan. Tällöin tarvittava loisteho otetaan pääosaltaan vaihtovirtaverkosta.

Keksinnön lähtökohtana on tehtävä voida käynnistää HVDC-asema tai HVDC-blokkikytkentä myös kun toimivassa vaihtovirtaverkossa on vika. Tällainen tapaus voi esiintyä, kun verkkoa syötetään pääosaltaan tai yksinomaan HVDC-laitoksesta (saariverkko) ja verkon käyttö katkeaa johtuen esim. häiriöstä HVDC-asemalla tai syötetyssä verkossa. Vastaavanlainen tapaus esiintyy myös käynnistettäessä ensimmäistä yksikköä HVDC-blokkikytkennällä varustetussa voimalaitoksessa, kun mainittu voimalaitos on vieraasta vaihtovirtaverkosta eristettynä (esim. kuten off-shore-voimalaitos).

Jo esitetty tehtävänasettelu sinänsä on keksinnöllinen, koska tähän asti käytetyssä tekniikassa tarvitaan toimiva vaihtovirtaverkko eristetyn HVDC-aseman käynnistämiseksi uudelleen. Tämä voidaan toteuttaa yleisesti tunnetulla tavalla siten, että yksikön oma käyttöenergia synnytetään aluksi dieselgeneraattoreilla ja päägeneraattorit ajetaan ylös. Vasta tämän jälkeen kytketään HVDC-järjestelmä.

Lämpövoimalaitoksissa tarvitaan tämän menetelmän toteuttamiseksi kaasuturbiinit, jotka ovat teholtaan 6 % päägeneraattorien tehosta.

Tämä ratkaisu on liian kallis, käytöltään epätaloudellinen ja alentaa HVDC-voimansiirron kilpailukykyä suurjännitteiseen vaihtovirtavoimansiirtoon verrattuna. Jälkimmäisessä voidaan nimittäin tarvittava käynnistysteho saada ilman muuta suurjännitteisen voimansiirtoyhteyden kautta.

Edellä esitetty tehtävä ratkaistaan siten, että keksinnön mukaisesti käyttöönottohetkellä toimivasta vaihtovirtaverkosta eristettynä olevan HVDC-aseman tai blokkikytkennän, sen käytön tarvitsemat apulaitteet mukaan luettuna, käynnistämiseen tarvittava pätöteho otetaan HVDC-aseman tasavirtapuolelta ja että HVDC-aseman tai blokkikytkennän käynnistyskäytön tarvitsema kommutointiloisteho sekä muu käynnistämisen aikana tarvittava loisteho otetaan riippumattomasta loisteholähteestä.

Tätä yllättävän yksinkertaista ja kustannuksiltaan pientä ratkaisua ei ole aikaisemmin tunnettu, koska yleisesti käytetyssä tekniikassa, jossa käytetään verkon kommutoimia suuntaajia, on tarvittu saatavilla oleva vaihtojännite tai kommutointiloisteho.

Nämä vaikeudet vältetään keksinnön mukaisilla toimenpiteillä ilman, että tarvittaisiin kalliita käynnistysgeneraattoreita. HVDC-asemaa ja siitä riippuvia apulaitteita käynnistettäessä käynnistyskäytön alussa loisteholähde, esim. vaiheensiirrinkone, ajetaan ylös aseman tai blokkikytkennän käyttöarvojen jännitteeseen ja taajuuteen. Se on tällöin yhdessä riippumattoman, tyhjäkäyntihäviöiden kattamiseen tarkoitetun energialähteen kanssa yhdistettynä aseman tai blokkikytkennän tyhjäkäynnissä olevaan suuntaajan muuntajaan. Kun käyttöarvot on saavutettu, annetaan aseman suuntaajan ohjattaville venttiileille sytytyspulssit. Nyt voidaan pätöteho saada HVDC-yhteyden kautta ja siten antaa syöttö käynnistyksessä tarvittaville (esim. voimalaitoksen tai HVDC-aseman) apulaitteille.

Tämän ratkaisun etuna on, että loisteholähteen ja tyhjäkäyvän suuntaajalaitoksen käynnistämiseen tarvitaan vain hyvin vähän loistehoa. Loisteholähdettä voidaan lisäksi käyttää normaalikäytössä. Tämä ei tosin ole mikään merkittävä etu voimalaitoksen blokkikytkennän yhteydessä, koska loistehon tarve voidaan tällöin normaalisti kattaa päägeneraattorilla, mutta eristettyä verkkoa HVDC-yhteyden kautta syötettäessä tarvitaan joka tapauksessa loisteholähteitä,

joten keksinnön mukainen ratkaisu ei aiheuta loisteholähteen aktiivoinnin kustannuksia lukuunottamatta mainittuja lisäkustannuksia normaalikäyttöön verrattuna.

Muut menetelmätekniset toimenpiteet ilmenevät jäljempänä olevista alivaatimuksista ja kahden menetelmäesimerkin selityksestä.

Kuvio 1 esittää pääosaltaan HVDC-syötettyä erillistä verkkoa käynnistyksen aikana,
 kuvio 2 esittää voimalaitosta, jossa on HVDC-blokkikytkentä ja käynnistyslaitteet, ja
 kuvio 3 esittää esimerkkiä käynnistyksestä HVDC-monipistekäytössä.

On selvää, että esitetyt HVDC-järjestelmien ja apulaitteistojen laitteet on esitetty vain kaaviollisesti. HVDC-suuntaajien rakenteen suhteen viitataan esimerkiksi aikakauslehden ETZ-A, Bd. 89 (1968) numeroihin 8 ja 9.

Tapaus 1: Käynnistys pääosaltaan HVDC-syötetyssä erillisessä verkossa

Tapaukseen liittyvät laitteet on esitetty kuviossa 1. Erillisen vaihtovirtaverkon 2 kuluttama pätöteho saadaan normaalikäytössä vaihtovirtaverkosta 1 HVDC-yhteyden välityksellä (jossa on asemat 3 ja 4). Erillisen verkon loistehotarve katetaan vaiheensiirtimellä 7 ja/tai kondensaattoriparistolla 10 mahdollisesti yhteistoiminnassa ohjattavan kuristimen 9 kanssa. Samat loisteholähteet kattavat HVDC-aseman 4 loistehotarpeen. Käynnistystä varten on vielä suhteellisen pienitehoinen vaiheensiirrin 6.

Mahdollisen jännitteen täydellisen katoamisen jälkeen verkosta 2 eivät siihen liitetyt loisteholähteet ole enää käytettävissä.

Häiriön poistuttua käynnistetään käynnistysvaiheensiirrin 6 riippumattoman pyörityslaitteen avulla katkaisijan 12 ollessa suljettuna ja katkaisijan 13 avoimena. Heti kun jännite ja taajuus ovat saavuttaneet käyttöarvonsa, vapautetaan tähän saakka estettynä olleet suuntaajan 4 sytytyspulssit kulman arvolla 90° . Käynnistettävän suuntaajaryhmän häviöiden kattamista varten voidaan käynnistysvaiheensiirtimen rinnalle kytkeä diesel 18 (aseman varadiesel) siksi ajaksi kunnes energiaa saadaan HVDC-yhteyden kautta, mikäli vaiheensiirtimen pyörityslaitteen teho ei ole riittävä.

Aseman 4 venttiilien sytyttämisen jälkeen, tehdään aseman 3 venttiilit johtaviksi ohjauskulmalla 90° ja niitä ohjataan siten, että siirtotasajännite pysyy lähellä nollaa ja virta aukkoisuusrajan yläpuolella. Tässä tilassa voidaan pätötehoa siirtää verkosta 1 asemalle 4.

Nyt voidaan katkaisijat 13-16 sulkea, jolloin käynnistysvaiheensiirtimeen 6 kytkeminen tasaa kokoojakiskon 11 loistehotaseen.

Verkko 2 voidaan nyt kytkeä portaittain jännitteisenä olevaan kokoojakiskoon 11. Lisääntyvä kulutuksen pätöteho on katettava HVDC-yhteyden kautta, mikä voidaan toteuttaa suuntaajia säätämällä. Säädön ominaiskäyrä voidaan tällöin muodostaa sellaiseksi, että pätötehon kasvaessa aseman 3 virta säädetään minimiarvoonsa samalla kun asema 4 säättää tasajännitteen sellaiseksi, että haluttu pätöteho tulee siirretyksi. Heti kun jännite saavuttaa suurimman, esim. pienimmän sammutuskulman määräämän arvon, voidaan siirtyä sammutuskulmasäätöön aseman 3 muuttaessa nyt siirrettyä virtaa vaadittua siirtotehoa vastaavasti. Samanaikaisesti loisteholähteet 7, 9 ja 10 säädetään ylös verkon ja suuntaajan 5 tarvitsemaan loistehoon.

Tapaus 2: HVDC-blokkikytkellä varustetun voimalaitoksen käynnistäminen

Tapaukseen liittyvä laitteisto ilmenee kuviosta 2. Normaalitilassa voimalaitoksen, jossa on generaattori 101, antama energia siirretään HVDC-asemien 102 ja 103 kautta vaihtovirtaverkkoon 104. Yksikön omakäyttöenergia saadaan yksikön omakäyttömuuntajan 107 kautta generaattorin 101 navoista. Koska generaattorin napajännite on vääristynyt suuntaajakäytöstä johtuen, voidaan omakäyttömuuntajan 107 toisiopuolelle kytkeä jännitteen suodattamiseksi suurjännitesuodatin 108, joka antaa omakäyttöverkkoon myös osan perustaaajuudesta loistehosta. Muu, etenkin suuntaajan 102 tarvitsema loisteho saadaan generaattorista 101.

Käynnistettäessä käynnistysvaiheensiirrin 109 ajetaan ylös katkaisijoiden 105, 114-116 ollessa avoinna. Kun jännite ja taajuus ovat saavuttaneet käyttöarvonsa, mahdollisesti tarvittavan varadieselin 117 tehtävänä on kattaa aseman häviöt siihen asti kunnes energiaa voidaan saada HVDC-järjestelmästä.

Asemat käynnistetään vapauttamalla sytytyspulssit asemalla 102

ohjauskulmalla 90° ja tämän jälkeen asemalla 103 ohjauksella, joka on lähellä 90° :tta, jolloin yhteys toimii aluksi tasajännitteellä nolla ja pienemmällä aukottomalla tasavirralla. Tämän jälkeen suljetaan katkaisija 113 ja vaiheensiirrin 109 säädetään siten, että loistehotase tasoittuu.

Tämän jälkeen kytketään portaittain omakäyttöverkko 110, jolloin vaiheensiirrintä 109 säädetään edelleen siten, että loistehotase tasapainottuu. Omakäytön ottama pätöteho on katettava HVDC:n kautta. Heti kun yksikön koko omakäyttö on tyydytetty, generaattori 101 voidaan ajaa ylös, tahdistaa ja kytkeä generaattorikatkaisijan 105 kautta. Tästä eteenpäin generaattori 101 voi ottaa tehtäväkseen omakäytön ja suuntaajan 102 loistehon kattamisen.

Energian suunnan saattamiseksi normaaliksi on nyt vielä tasajännitteen napaisuus käännettävä sytytyspulssien siirrolla. Tällöin asema 102 tulee ohjatuksi tasasuuntaajakäyttöön ja asema 103 vaihtosuuntaajakäyttöön.

Normaalitilan saavuttamisen jälkeen voidaan vaiheensiirrin 109 erottaa katkaisijan 112 avulla.

Koska voimalaitoksessa on usein useita yksiköitä, voidaan vaiheensiirrintä 109 käyttää edullisesti lisäkatkaisijan 115 kautta myös muiden yksiköiden käynnistyksessä.

Vaiheensiirrtimen 109 tilalla voidaan periaatteessa myös käyttää itseohjaavaa loisvirransuuntaajaa tai itseohjaavaa virransuuntaajaa yhdessä ohjattavan kuristimen ja kondensaattorin kanssa.

Tapaus 3: HVDC-aseman käynnistäminen monipisteverkossa

Edellä kuvatussa käynnistysmenetelmässä oletetaan, että siirtotasajännite pidetään aluksi nollassa tai lähellä nollaa. Tämä rajoitus on häiritsevä monipistekäytössä (DT-patenttijulkaisu n:o 1 588 067).

Tapauksissa, joissa siirtotasajännitteen alentaminen on epäsuotavaa, voidaan menetellä seuraavalla tavalla (vrt. kuvio 3):

Aluksi käynnistetään loisteholähteet 201. Tämän jälkeen ne kytkeetään kahteen katkaisijan 207 avulla vastarinnankytkettyyn aseman-

puolikkaaseen (esim. 6- tai 12-pulssisiltakytkennät), jolloin toista 202 käytetään tasasuuntaajana ja toista vaihtosuuntaajana. Esityksen yksinkertaistamiseksi on kuviossa 3 vastarinnankytketyt 6-pulssiyksiköt esitetty kaaviollisesti. Käynnistuksen aikana vaiheessa, jossa käyttöön otettavan HVDC-aseman suuntaaja on jo jännitteisenä ja sen venttiilit ovat sytytettyinä mutta jossa HVDC-asema ei vielä saa pätötehoa HVDC-verkosta 204, on syntyvät häviöt katettava lisäksi esim. voimalaitoksen tai HVDC-vaihtosuuntaaja-aseman varadieselillä 206. Tarvittava pätöteho on noin 1 % siirrettävästä HVDC-tehosta eli siis pieni voimalaitoksen koko omakäyttötehoon verrattuna.

Käytettäessä suuntaajaa minimivirralla aukkoisuusrajan yläpuolella voidaan tasajännite nostaa pienentämällä aluksi suurta ohjauskulmaa α (ryhmässä 202) tai β (ryhmässä 203) kunnes nimellistasajännite saavutetaan. Tämän jälkeen voidaan käynnistettävä HVDC-asema yhdistää toiselta puoleltaan HVDC-monipisteverkkoon sulkemalla vain toinen katkaisijoista 205. Nyt voidaan pätötehoa saada verkosta 204 tai syöttää siihen, jolloin tasasuuntaaja-vaihtosuuntaaja-silmukkakäyttöä on jatkettava vain niin kauan kunnes siirrettävä tasavirta I_d ylittää aukkoisuusrajan. Vastarintakytkennän etuna on lisäksi, että HVDC-blokkikytkennässä voidaan siirtyä normaalikäyttöön, jossa energiaa syötetään monipisteverkkoon 204, tarvitsematta vaihtaa tasajännitteen napaisuutta.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä suurjännitteisen tasavirta-(HVDC-)voimansiirtolaitoksen, jossa on ainakin kaksi tasa- ja vaihtovirtaverkkoihin kytkettävää, virran- ja jännitteensäätimillä varustettua suuntaajaa, jotka voivat toimia valinnaisesti tasa- tai vaihtosuuntaajina, aseman tai voimalaitoksen, jossa on HVDC-blokkikytkentä, käynnistämiseksi, t u n n e t t u siitä, että käyttöönottohetkellä toimivasta vaihtovirtaverkosta eristettynä olevan HVDC-aseman tai blokkikytkennän, sen käytön aikana tarvitsemat apulaitteet mukaan luettuna, käynnistämiseen tarvittava pätöteho otetaan HVDC-aseman tasavirtapuolelta ja että HVDC-aseman tai blokkikytkennän käynnistyskäytön tarvitsema kommutointiloisteho sekä muu käynnistämisen aikana tarvittava loisteho otetaan riippumattomasta loisteholähteestä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että loisteholähteenä on vaiheensiirrinkone ja/tai kondensaattoriparisto ja/tai itseohjautuva loisvirransuuntaaja.
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että käynnistyskäytön alussa vaiheensiirrinkone ajetaan ylös aseman tai blokkikytkennän käyttöarvojen jännitteeseen ja taajuuteen, jolloin vaiheensiirrin on yhdistetty yhdessä riippumattoman, suuntaajan häviöiden kattamiseen tarkoitetun energialähteen kanssa aseman tai blokkikytkennän suuntaajan muuntajaan, ja että jännitteen ja taajuuden käyttöarvojen saavuttamisen jälkeen annetaan aseman suuntaajan ohjattaville venttiileille sytytyspulssit.
4. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä HVDC-blokkikytkennän yhteydessä, t u n n e t t u siitä, että käynnistysloisteholähdettä käytetään vaihtokytkentälaitteiden avulla valinnaisesti eri yksiköille.
5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä HVDC-blokkikytkennän yhteydessä, t u n n e t t u siitä, että voimalaitoksen omakäyttöverkossa käytetään tahtimoottoreita loistehon synnyttämiseksi jo ensimmäisessä käynnistysvaiheessa.
6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä HVDC-blokkikytkennän yhteydessä, t u n n e t t u siitä, että yksikön generaattori ajetaan ylös HVDC:n syöttämän omakäyttölaitoksen avulla, tahdistetaan ja kytketään asianomaiseen HVDC-suuntaajaan, jolloin tämän jälkeen käännetään energian suunta siirtojohdossa ja yksikön generaattori ottaa tehtäväkseen omakäyttöenergian syötön.
7. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että suurten jänniterasitusten välttämiseksi pienimmällä mahdollisella suuntaajan loisteholla käynnistystyksen aikana HVDC:n jännite säädetään lähes nolllaksi ja tasavirta arvoon, joka ylittää vain vähän aukkoisuusrajan, ja että siirtotehoa nostettaessa nostetaan aluksi jännitettä ja kun jännitteen yläraja on saavutettu, nostetaan tasavirtaa.
8. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä

HVDC-järjestelmien, joissa on vakiotasajännite, etenkin HVDC-monipistelaitosten HVDC-asemia varten, t u n n e t t u siitä, että aukkoisen käytön välttämiseksi käynnistytksen aikana aluksi vastarinnankytketään aseman kaksi suuntaajaryhmää täyteen napajännitteeseen ja niitä käytetään tasasuuntaajana ja vaihtosuuntaajana minimivirralla aukkoisuusrajan yläpuolella.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että käytettäessä virransuuntaajaa minimivirralla tasajännite nostetaan nimellistasajännitteeseen ohjauskulmaa pienentämällä, että tämän jälkeen kytketään käyttöön otettava HVDC-asema HVDC-monipisteverkkoon toiselta puolelta, että vastarinnankytkennän vaihtosuuntaaja-tasasuuntaaja-käyttö pidetään toiminnassa kunnes HVDC-verkon tasavirta ylittää aukkoisuusrajan.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kun minimivirtaan riittävän yhden suuntaajan minimisiirtoteho on saavutettu, toinen suuntaajaryhmä erotetaan ja kytketään normaalikäyttöön.

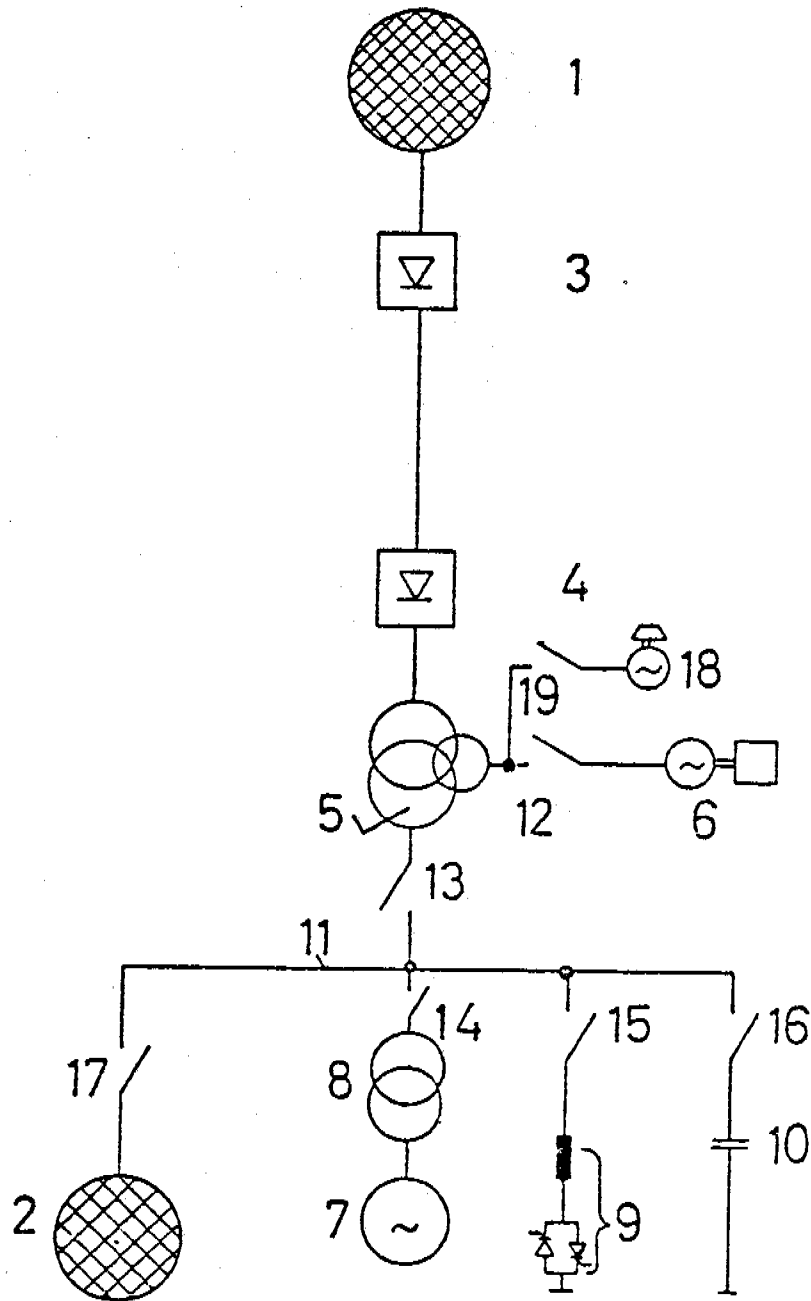


Fig.1

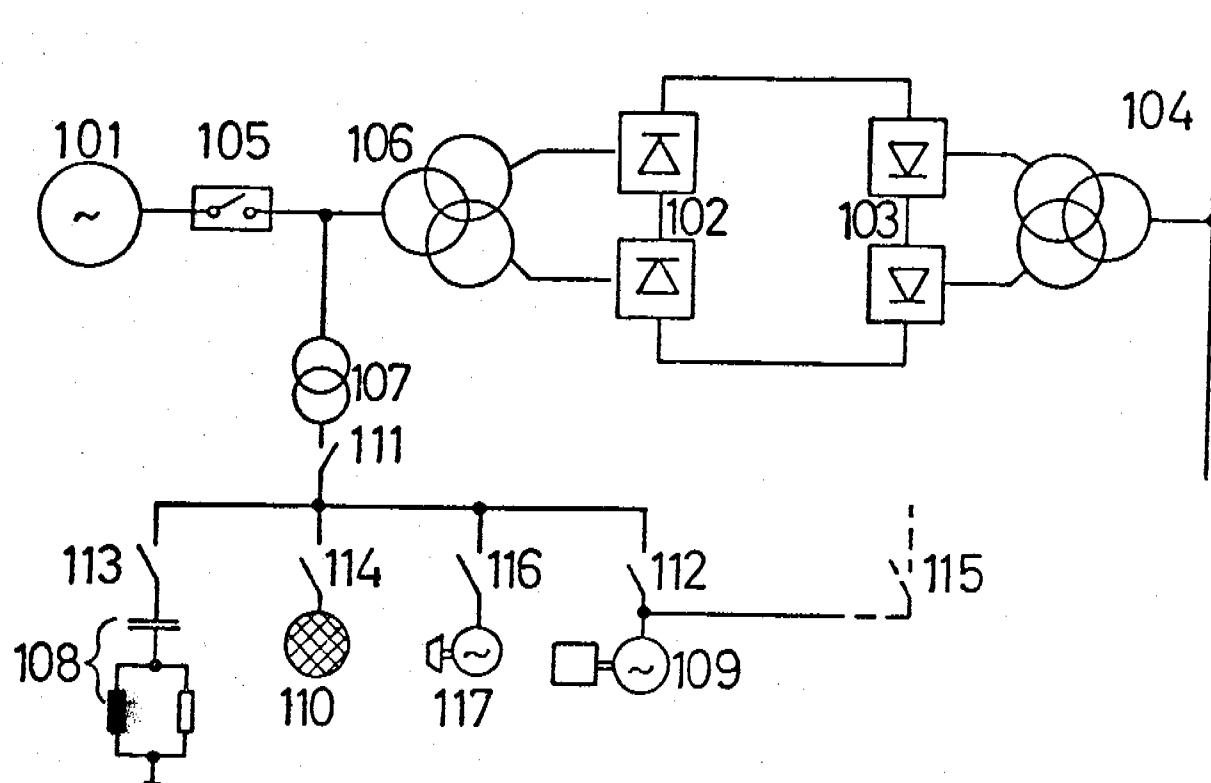


Fig. 2

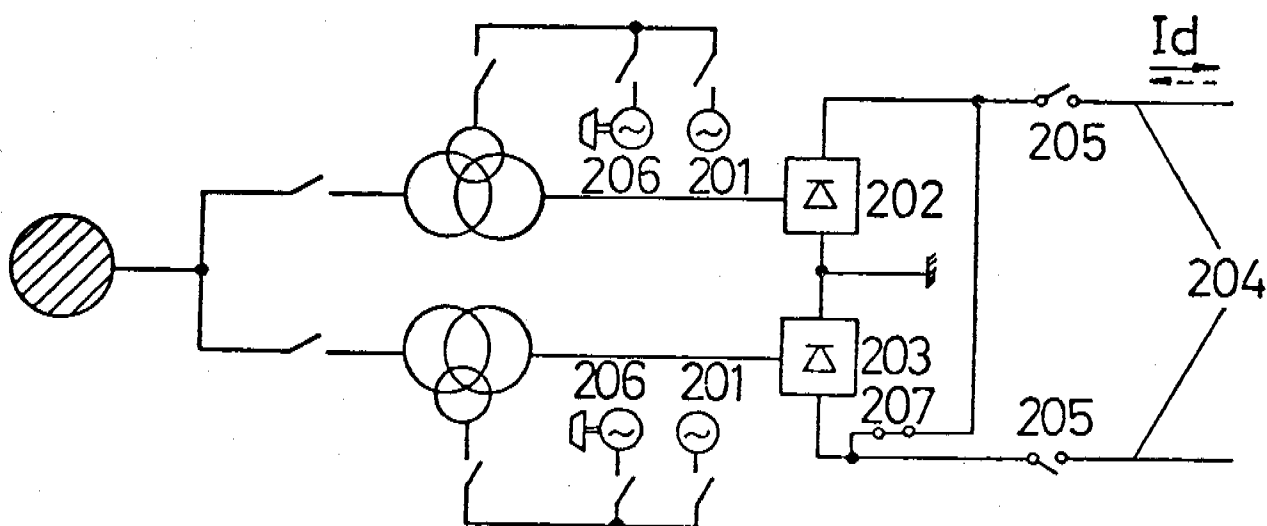


Fig. 3