

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 902438 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 902438

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
H03H 7/46

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 17.05.1990

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 17.05.1990

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 25.11.1990

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

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

24.05.1989 DE 3916855

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Richard Hirschmann GmbH & Co., Richard-Hirschmann-Strasse 19 D-7300 Esslingen am Neckar, BRD, SAKSA, (DE)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Wendel, Wolfgang, BRD, SAKSA, (DE)

2 •Epple, Ralf, BRD, SAKSA, (DE)

3 •Stadler, Heinz, BRD, SAKSA, (DE)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

DI Antti Impola, Ruoholahdenkatu 16 B 26, 00180 Helsinki

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

Suurtaajuuksinen suuntakytkinhaaroitin

Högfrekvens-riktkopplingsav-grenare

SUURTAAJUUKSINEN SUUNTAKYTKINHAAROITIN

Esillä olevan keksinnön kohteena on patenttivaatimuksen 1 johdanto-osan mukainen suurtaajuuksinen suuntakytkinhaaroitin. Tällaista haaroitinta käytetään esimerkiksi yhteisantenni- ja kaapelitelevisiolaitteissa vaimennuksiltaan määrättyjen signaalien kytkemiseksi pääjohdoista sivujohtoihin, jakolaitteisiin tai myös suoraan antenniliitännätärasioihin.

Kuvatunlainen suuntakytkinhaaroitin on tunnettu esimerkiksi patenttijulkaisun DE 30 28 683 C2 kuvioista 1 ja 2 (tyyppi A), jolloin virta- ja jännitemuuntaja on varustettu samalla käämitysten kierroslukusuhteella n . Tämä muuntaja on leveäkaistainen taajuusarvoon 860 MHz asti ja se voidaan toteuttaa hyvällä sovituksella ja erotuksella ulostuloa ja haaroitusta varten noin 12 - 16 dB:n haaroitusvaimennuksilla. Erityisesti pitempien pääjohtojen alussa, kun vahvistinta ei käytetä, on haaroittimessa kuitenkin käytettävä yli 16 dB:n haaroitusvaimennuksia, jolloin tällä tavoin saavutettu vähäisempi pääkuormitus varmistaa vielä myös pääjohdon loppupäässä olevan tilaajan riittävän suurtaajuusenergian saannin. Tällöin tarvitaan virtamuuntajan toisiokäämitystä sekä jännitemuuntajan ensiökäämitystä varten enemmän kuin neljä käämitystä, joiden suuri hajainduktanssi edellyttää kuitenkin ylemmän rajataajuuden vähennystä erotuksen, sovituksen ja läpikulkuvaimennuksen suhteen. Siten asennusmahdollisuudet, erityisesti nykyisin yhä useammin mainituissa jakeluverkoissa käytetylle ensimmäiselle siirtävälle satelliittivälitaajuusalueelle (0,95 - 1,75 GHz), ovat huomattavan rajoitettuja.

Toinen vaihtoehto tarvittavan korkean haaroitusvaimennuksen saavuttamiseksi, nimittäin esimerkiksi 14 dB-suuntakytkinhaaroitin käyttö yhdessä jälkikytketyn vaimennuselimen (esimerkiksi π -kytkimen) kanssa, tarjoaa tosin leveäkaistaisen ja suhteellisen korkealla ylärajataajuudella varustetun ratkaisun, aiheuttaen kuitenkin erityisesti joukkotavaroiden, kuten antennipistorasioiden, yhteydessä usein liian korkeita kytkentäkustannuksia, ollen varustettuna huomattavasta

yhteishaaroitusvaimennuksesta huolimatta liian korkealla läpikulkuvaimennuksella.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on siten kehittää edelleen kuvatuslaista suuntakytkinhaaroitinta mahdollisimman vähäisillä kytkentäkustannuksilla siten, että tulokseksi saadaan leveäkaistainen ratkaisu 1,75 Hz:n ylärajataajuudella ja vähäisellä läpikulkuvaimennuksella, hyvällä erotuksella ja kaikkien liitäntöjen erinomaisella sovituksella ≥ 16 dB:n haaroitusvaimennuksiin.

Tämä tarkoitus saavutetaan keksinnön mukaisesti patenttivaimennuksen 1 tunnusmerkillisten ominaisuuksien avulla. Korkean ylärajataajuuden johdosta esiintyvän muuntajan mahdollisimman vähäisen kierroslukusuhteen n , joka on enintään 4, perusteella, jolloin n on käytännön syistä johtuen aina kokonaisluku ja ilmoittaa jatkuvasti suuremman ja pienemmän kierrosluvun välisen suhteen ($n > 1$), voidaan erittäin vähäisillä kustannuksilla, nimittäin käyttämällä vain yhtä ainoaa ohmista lisävastusta, saavuttaa jo 20 dB:n suuruinen haaroitusvaimennus haaroitusimpedanssin yhteydessä, joka on $\leq$ yksi neljäsosa aaltovastuksesta (esimerkiksi kolmantena jälkikytkettynä differentiaaaliuuntajaksi muodostettuna nelinkertaisena haaroittimena) tai 17 dB:n haaroitusvaimennus haaroitusimpedanssin yhteydessä, joka on $\leq$ puolet aaltovastuksesta (esimerkiksi antennipistorasiana toimivana kaksinkertaisena antennipistorasiana). Läpikulkuvaimennus pysyy tällöin, erityisesti rinnakkaisvastuksen pieninduktanssien liitännän avulla esimerkiksi SMD-tekniikkaa käyttämällä, varmuudella leveäkaistaisena alle 1 dB:n arvolla.

Edellä mainitut edut ovat lisäksi rinnakkaisvastuksen ansiosta jatkuvasti riippumattomia haaroitusliitännän vääristä sovituksista, joita esimerkiksi esiintyy usein antennipistorasioiden yhteydessä, kun vastaanottaminen liitäntäkaapelin pistoketta ei ole asetettu paikoilleen. Ilman rinnakkaisvastusta tällainen tyhjäkäynti muunnettaisiin virtamuuntajan välityksellä pääjohtoon, jonka läpikulkuvaimennus lisääntyisi.

Haaroitusliitännän suurempia impedansseja varten (jotka vastaavat esimerkiksi aaltovastusta Z_L yksikköhaaroittimessa tai puolta aaltovastusta yksikköhaaroittimesta jälkikytketyn differentiaalimuuntajan avulla muodostetussa kaksoishaaroittimessa) ja vielä korkeampiakin haaroitusvaimennuksia varten on edullista käyttää patenttivaatimuksen 2 mukaista sovellutusmuotoa. Kytkemällä käyttöön vain yksi ohminen lisävastus saavutetaan tällöin lisäksi ylimääräinen vapausaste muuntajan välityssuhteen käytännössä tapahtuvassa valinnassa ja kolmen vastuksen arvoissa.

Patenttivaatimuksen 1 mukaisen suuntakytkinhaaroittimen sovellutusmuodon yhteydessä saadaan tulokseksi halutun haaroitusvaimennuksen ja -impedanssin määrittämisen avulla vain yksi ainoa arvo virtamuuntajan kierroslukusuhdetta varten, joka on yleensä kahden kokonaisluvun välillä. Koska kuitenkin, kuten edellä on jo mainittu, vain kokonaisluvut ovat mahdollisia kierroslukusuhdetta varten, haaroituksen sovitussarvo poikkeaa tässä tapauksessa ihannearvosta. Keksinnön mukaisen suuntakytkinhaaroittimen patenttivaatimuksessa 2 selostetussa sovellutusmuodossa saadaan sen sijaan ohmisen lisävastuksen vastaavan valinnan avulla äärimmäisen yksinkertaisella tavalla kokonaislukuarvo virtamuuntajan kierroslukusuhdetta varten haaroitusliitännän impedanssin nimellisarvosta poikkeamatta. Kaiken kaikkiaan tämän suuntakytkinhaaroittinsovellutuksen, joka toimii kokonaistaajuusalueella noin 4 MHz - 1,75 GHz, avulla saadaan aikaan korkeiden haaroitusvaimennusten (yli noin 16 dB) lisäalueen välityksellä vähäisempi läpikulkuvaimennus sekä hyvä irtikytkentä ulostulossa ja haaroitusliitännässä sekä myös kaikkien liitäntöjen erinomainen sovitus.

Joka tapauksessa suuntakytkinhaaroittimen kehittämisen yhteydessä, kuten edellä on mainittu, annetaan ennakolta haaroitusimpedanssille ja -vaimennukselle kunkin käyttötapauksen asettamien vaatimusten mukaiset arvot. Tällöin saadaan seuraavat suuret ohmisen lisävastuksen funktiona seuraavista kaavoista:

$$n_2 = 2 \cdot 10^{-A_{AB}/20} / (1 + Z_L / (Z_{AB} - R_s))$$

$$n_2 \leq n_2 \cdot [(Z_L / (Z_{AB} - R_s) - (R_s / Z_L) / (1 + R_s / Z_L)]$$

$$R_p = n_2 \cdot Z_L / [(2 \cdot 10^{-a_{AB}} / (1 + R_s / Z_L)) - n_1 - n_2]$$

$$R = (n_1 \cdot n_2 - 1) / n_1^2 \cdot Z_L$$

$$a_D = 20 \lg 2(n_1 n_2 - 1) / (2n_1 n_2 - 1), \text{ jolloin}$$

- 5 n_2 = virtamuuntimen suuremman ja pienemmän kierrosluvun
välinen suhde,
 n_1 = jännitemuuntajan suuremman ja pienemmän kierrosluvun
välinen suhde,
 R_p = rinnakkain virtamuuntajan toisiokäämityksen kanssa
10 kytketty ohminen vastus,
 R_s = molempien muuntajien toisiokäämitysten liitäntäpisteen
ja haaroitusliitännän väliin kytketty ohminen lisävas-
tus,
 R = jännitemuuntajan toisiokäämityksen ja maan väliin
15 kytketty sisäinen päätevastus,
 a_{AB} = haaroitusvaimennus,
 a_D = läpikulkuvaimennus, ja
 Z_L = liitettyjen johtimien aaltovastus.

- Käytännön kokemusten mukaisesti tapahtuvan läpikulkuvaimen-
20 nuksen asettamisen (esimerkiksi ≤ 1 dB) avulla voidaan
määrittää sangen helposti vastuksen R_s ja kierroslukusuhteen
 n_1 ja siten myös vastusten R ja R_p mahdollinen alue. Tällöin
funktiot $n_2 = f(R_s)$ sekä $a_D = f(R_s)$ määritetään tarkoituksen-
mukaisesti käyttäen n_1 :tä parametrina ja suureiden a_D ja n_2
25 asetusrajat merkitään. Tällöin voidaan heti saada selville
suureen n_1 mahdolliset arvot (korkeinta arvoa ei ole annettu
laskettuna korkeimpana arvona, vaan saavutettavan yläraja-
taajuuden suhteen tarkoitettuna kokemusperäisenä arvona) ja
vastaavat arvot suuretta R_s varten. Suureiden R ja R_p arvot
30 on siten joko laskettava ylläolevista kaavoista tai määritet-
tävä käyrästä $R_p = f(R_s)$ parametrilla n_1 tai vastaavasti
käyrästä $R = f(n_2)$ parametrilla n_1 .

- Keksinnön erään edullisen lisäsovellutuksen mukaisesti
sisäinen päätevastus R käsittää jännitemuuntajan ensiö- ja
35 toisiokäämityksen kanssa sarjaan kytketyt ohmiset vastukset
 R_1 ja R_2 . Siten koko toisiokäämityksen kanssa kytketyn
päätevastuksen R eräs osa muunnetaan jännitemuuntajan ensiö-

puolella. Sarjaan ensiökäämityksen kanssa kytketty vastus R_1 on siten $\leq n_1 \cdot Z_L$, siis esimerkiksi $\leq 225 \Omega$. Sarjaan jännitemuuntajan toisiokäämityksen kanssa kytketty vastus R_2 määritetään kaavasta:

$$R_2 = (n_2/n_1 - 1/n_1^2) \cdot Z_L - R_1/n_1^2$$

ja sen arvo on ylläolevilla suureiden n_1 ja Z_L sekä $n_2 = 3$ arvoilla 42 - 67 Ω .

Tämän sisäisen suuntakytkin-päätevastuksen arvojakautuman avulla saavutetaan vähäisin kustannuksin matalien taajuuksien yhteydessä läpikulkuvaimennuksen vähennys sekä myös paluuvirtausvaimennuksen lisäys otto- ja antopäässä.

Eräs keksinnön mukaisen suuntakytkihaaroittimen edullinen lisäsovellutusmuoto on selostettu patenttivaatimuksessa 4. Tämä ratkaisu, jossa x osakäämistystä on asetettu kullekin 360 : x astetta olevalle kulma-alueelle putkisydämen päälle, on tosin valmistukseltaan hieman kalliimpi, saaden kuitenkin aikaan läpikulkuvaimennuksen toistuvan selvän vähennyksen korkeammilla taajuuksilla UHF-alueesta ylöspäin, jolloin esimerkiksi patenttivaatimuksen 1 mukaisen sovellutuksen yhteydessä (ilman suuretta R_1) voidaan saavuttaa 20 dB:n suuruinen haaroitusvaimennus myös vielä haaroitusimpedanssin $0,5 \cdot Z_L$ yhteydessä tai patenttivaatimuksen 2 mukaisessa sovellutuksessa $\leq 0,5$ dB:n läpikulkuvaimennus taajuusarvoon 1,75 GHz asti.

Keksinnön mukaista suuntakytkinhaaroitinta voidaan tietenkin käyttää sellaisenaan ja myös monikertahaaroitinlaitteiden rakenneosana, esimerkiksi edellä mainitun patenttijulkaisun mukaisen haaroitinlaitteen osana varustettuna vuorottaisesti yhteenliitetyillä yksittäishaaroittimilla, jotka muuntavat vaihtelevasti ottoimpedanssin korkeampiin (tyyppi A) ja matalampiin (tyyppi B) arvoihin, keksinnön mukaisen haaroittimen ollessa tyyppiä A.

Keksintöä selostetaan yksityiskohtaisemmin seuraavassa erään sovellutusesimerkin avulla oheisiin piirustuksiin viitaten, joissa:

Kuvio 1 esittää keksinnön mukaisen suurtaajuuksisen suunta-

kytkihaaroittimen periaatteellista kytkentäkaaviota antennipistorasiana käytettynä;

Kuvio 2 esittää graafisesti funktioita $n_1 = f(R_1)$ ja $n_2 = f(R_2)$ sekä käyrästä $a_n = f(R_n)$ $n_1:n$ ollessa parametrina; ja

5 Kuvio 3 esittää graafisesti funktioita R ja $R_n = f(n_2)$ $n_1:n$ ollessa parametrina.

Antennipistorasiakytkentä käsittää yksikkösuuntakytkinhaaroittimen RA ja erotuskytkennän AS. Suuntakytkinhaaroitin RA sisältää jännitemuuntajan U_1 , virtamuuntajan U_2 , sarjaan
10 jännitemuuntajan U_1 toisiokäämityksen kanssa kytketyn sisäisen päätevastuksen R , joka varmistaa suuntakytkinkytkennän korkean (teoreettisesti loputtoman suuren) erotuksen, virtamuuntajan toisiokäämityksen kanssa rinnakkain pieninduktiivisesti SMD-liitännän tapaan liitetyn rinnakkaisvastuksen,
15 sekä molempien muuntajien U_1 , U_2 toisiokäämitysten liitäntäpisteen V ja haaroituskytkennän AB väliin kytketyn sarjaviestuksen R_s .

Erotuskytkentä AS käsittää kaksoisjakaimena toimivan differentiaaliuuntajan D, joka on liitetty sisäänmenopuoleltaan
20 haaroitinliitännään AB ja molemmista ulostuloistaan valintalaitteiden S_1 ja S_2 välityksellä asianomaisiin pistorasiaulostuloihin RF ja TV haaroitinliitännää AB varten käytössä olevan leveäkaistaisen signaalin sisältämän radio- tai
25 vastaavasti televisiosignaalin suodattamiseksi. Haaroitinliitännän AB impedanssi on parasta mahdollista sovitusta varten yhtälön $0,5Z_0 = 37,5 \Omega$ mukainen.

Suuntakytkimen pääjohto suuntakytkinhaaroittimen RA sisäänmenon E ja ulostulon A välissä on alkupäässään yhteydessä pitemmän yhteislaite-runkojohdon kanssa. On tunnettua vähentää
30 runkojohdossa olevasta haaroittimesta tuleva haaroitusvaimennus runkojohdon alusta loppuun asti asteettaisesti, jolloin kaikki tilaajat saavat käyttöönsä vain vaadittavan suurtaajuustehon ja siten käytössä oleva suurtaajuusteho tulee kokonaisuudessaan käytetyksi hyväksi parhaalla mahdollisella
35 tavalla. Esillä olevassa sovellutuksessa käytetään tästä syystä suhteellisen korkeaa 20 dB:n haaroitusvaimennusta, jolloin rasialiitännöissä RF ja TV on käytössä noin 24 dB:n suuruinen vaimennettu signaali, joka varmuuden vuoksi on

lähettimen vaaditun minimaalisen sisämenotason yläpuolella.

Edellä mainittujen Z_{AB} :n ja a_{AB} :n arvojen perusteella laske-
taan edellä esitettyjen kaavojen avulla arvot $n_1, \dots, n_2$ ja
siten myös a_D , R ja R_p , ja piirretään kuvioissa 2 ja 3
5 näkyvät käyrät tai vastaavasti käyrästöt. Ottaen huomioon
edellä mainittu korkea rajataajuus, eivät kierroslukusuhteet
 n_1 ja n_2 saa ylittää arvoa 4, minkä johdosta arvoina $n_1, 2$
tulevat kysymykseen vain arvot 2, 3 ja 4 ja läpikulkuvai-
mennuksen a_D on edelleen oltava ≤ 1 dB. Näiden rajojen
10 yhteydessä muodostuu kuviossa 2 näkyvä varjostettu alue.
Koska, kuten edellä on mainittu, suure n saa olla vain
kokonaisluku, saadaan tulokseksi seuraavat vaihtoehdot:

1. a) $n_1 = 3$; $n_2 = 2$
b) $n_1 = 2$; $n_2 = 3$.

15 Molemmissa tapauksissa $a_D \leq 0,8$ dB.

2. $n_1 = n_2 = 3$. Tällöin $a_D \leq 0,5$ dB.

Asianomaisten vastusten R_s tai vastaavasti R_p ja R suuruudet
saadaan kuvioissa 2 tai 3 näkyvistä kaavioista seuraavasti:

1. a) $R_s \approx 29 \Omega$; $R_p \approx 16 \Omega$; $R \approx 42 \Omega$.
20 b) $R_s \approx 24 \Omega$; $R_p \approx 22 \Omega$; $R \approx 94 \Omega$.
2. $R_s \approx 24 \Omega$; $R_p \approx 25 \Omega$; $R \approx 67 \Omega$.

Näistä vaihtoehdoista on valittu tosiasiallista käytännön
sovellutusesimerkkiä varten tapaus 2. Tällöin putkisydämeen
käämityn virtamuuntajan U toisiokäämitys (ensiökäämitys
25 käsittää vain yhden sydänreiän läpi kulkevan langan, joka
vastaa yhtä käämitystä) käsittää kolmen yksittäisen käämityk-
sen sijasta 3×3 toistensa suhteen rinnakkain kytkettyä
putkisydämen kehälle tasaisesti jaettua käämitystä. Siten
tämän muuntajan hajainduktanssi olennaisesti vähenee ja
30 ylärajataajuus taas nousee, jolloin antennipistorasialla on
noin 4 MHz - 1,5 GHz taajuusalueella enintään 0,5 dB:n
läpikulkuvaimennus.

Kuten edellä on mainittu, on myös mahdollista läpikulkuvai-
mennuksen ja paluuvirtavaimennuksien parantamiseksi sisään-
35 meno- ja ulostulopäässä jakaa osiin sisäinen päätevastus

matalien taajuuksien yhteydessä patenttivaatimuksen 3 mukaisella tavalla. Vastukset R_1 ja R_2 voidaan laskea yksinkertaisesti tässä sovellutusmuodossa ilmoitettujen kaavojen avulla. Tällöin saadaan esimerkiksi edellä mainittua toista vaihtoehtoa varten seuraavat arvot:

$$R_1 \leq 225 \, \Omega \text{ ja } 42 \, \Omega \leq R_2 \leq 67 \, \Omega.$$

Ilmoitettua rakenneosamitoitusta (pääasiassa vastusarvoja) ei tietenkään voida käytännössä aina toteuttaa ehdottoman tarkasti, vaan vaimennusten ja liitäntäimpedanssien yhteydessä esiintyy vähäisiä poikkeamia optimiarvoista. Keksinnön mukaisen kytkennän avulla on kuitenkin mahdollista valmistaa sangen yksinkertaisella ja halvalla tavalla suuntakytkihiaroitin, jolla on varsin korkeisiin taajuuksiin asti suuri haaroitusvaimennus ja hyvä erotuskyky sekä korkeat paluuvirtausvaimennukset kaikissa liitännöissä. Siten on myös mahdollista käyttää pitempiä runkojohtoja yhteisantennilaitteissa ensimmäisen satelliitti-välitaajuusalueen muuntamisen yhteydessä ilman vahvistinta, ja siten saavuttaa huomattavia säästöjä.

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Suurtaajuuksinen suuntakytkinhaaroitin jännite- ja virtamuuntajalla sekä sisäisellä päätevastuksella varustet-
tuna, jolloin molempien muuntajien toisiokäämitysten liitän-
täkohta muodostaa haaroituksen, sanotun sisäisen päätevastuk-
sen ollessa kytkettynä jännitemuuntajan sekundäärikäämityksen
5 ja maan väliin, t u n n e t t u siitä, että haaroitusvaimen-
nuksen lisäämiseksi käytössä on virtamuuntajan ($\bar{U}_2$) toisio-
käämitykseen rinnakkain kytketty, siihen pieninduktanssilla
liitetty ohminen vastus (R_p) ja että tämä vastus (R_p) sekä
10 kummankin muuntajan ($\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$) muuntosuhteet (n_1 , n_2) on
valittu siten, että haaroitinliitännässä (AB) esiintyvät
haaroitusvaimennuksen ja -impedanssin arvot mahdollisimman
tarkasti nimellisarvojen mukaisia.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen suuntakytkinhaaroitin,
15 t u n n e t t u siitä, että molempien muuntajien ($\bar{U}_1$, $\bar{U}_2$)
toisiokäämitysten liitännäkohdan (V) ja haaroitusliitännän
(AB) väliin on kytketty ohminen lisävastus (R_s), jonka arvo
on valittu siten, että muuntajakäämitysten muuntosuhteet
(n_1 , n_2) ja läpikulkuvaimennus ovat mahdollisimman pieniä.

20 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen suurtaajuuksinen
suuntakytkinhaaroitin, t u n n e t t u siitä, että sisäinen
päätevastus (R) käsittää jännitemuuntajan ($\bar{U}_1$) ensiö- ja
toisiokäämityksen kanssa sarjaan kytketyn ohmisen vastuksen
(R_1 , R_2), jolloin jännitemuuntajan ($\bar{U}_1$) ensiökäämityksen
25 kanssa sarjaan kytketyn vastuksen (R_1) arvo on korkeintaan
yhtä suuri kuin jännitemuuntajan ($\bar{U}_1$) muuntosuhteen n_1 ja
siihen liittyvien johtojen aaltovastuksen (Z_L) tulo.

4. Minkä tahansa patenttivaatimuksen 1-3 mukainen suurtaa-
juuksinen suuntakytkihaaroitin, t u n n e t t u siitä,
30 että virtamuuntaja ($\bar{U}_2$) käsittää putkisydämen ja sen toisio-
käämitys vähintään kaksi rinnakkain kytkettyä osakäämitystä,
jotka on jaettu tasaisesti putkisydämen kehälle.

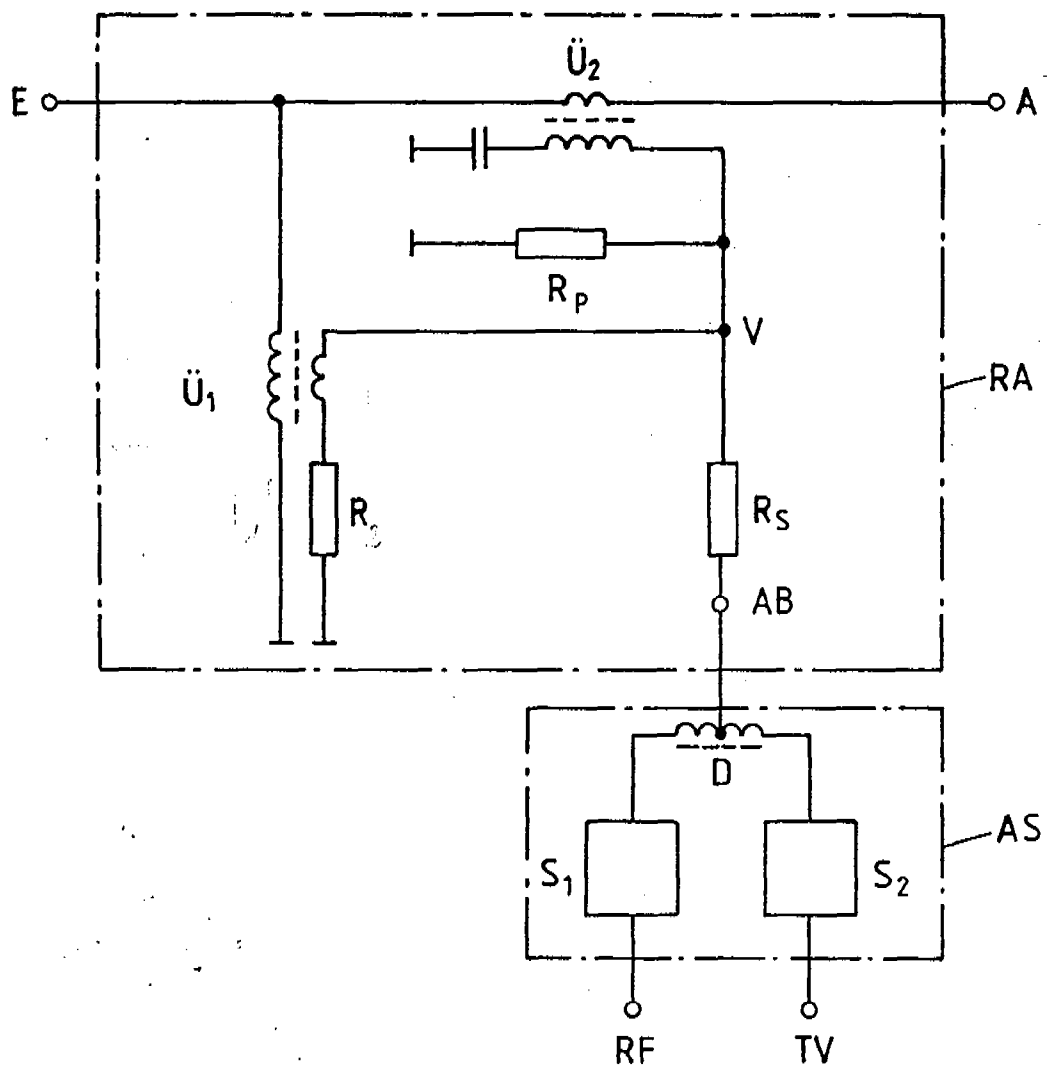


Fig.1

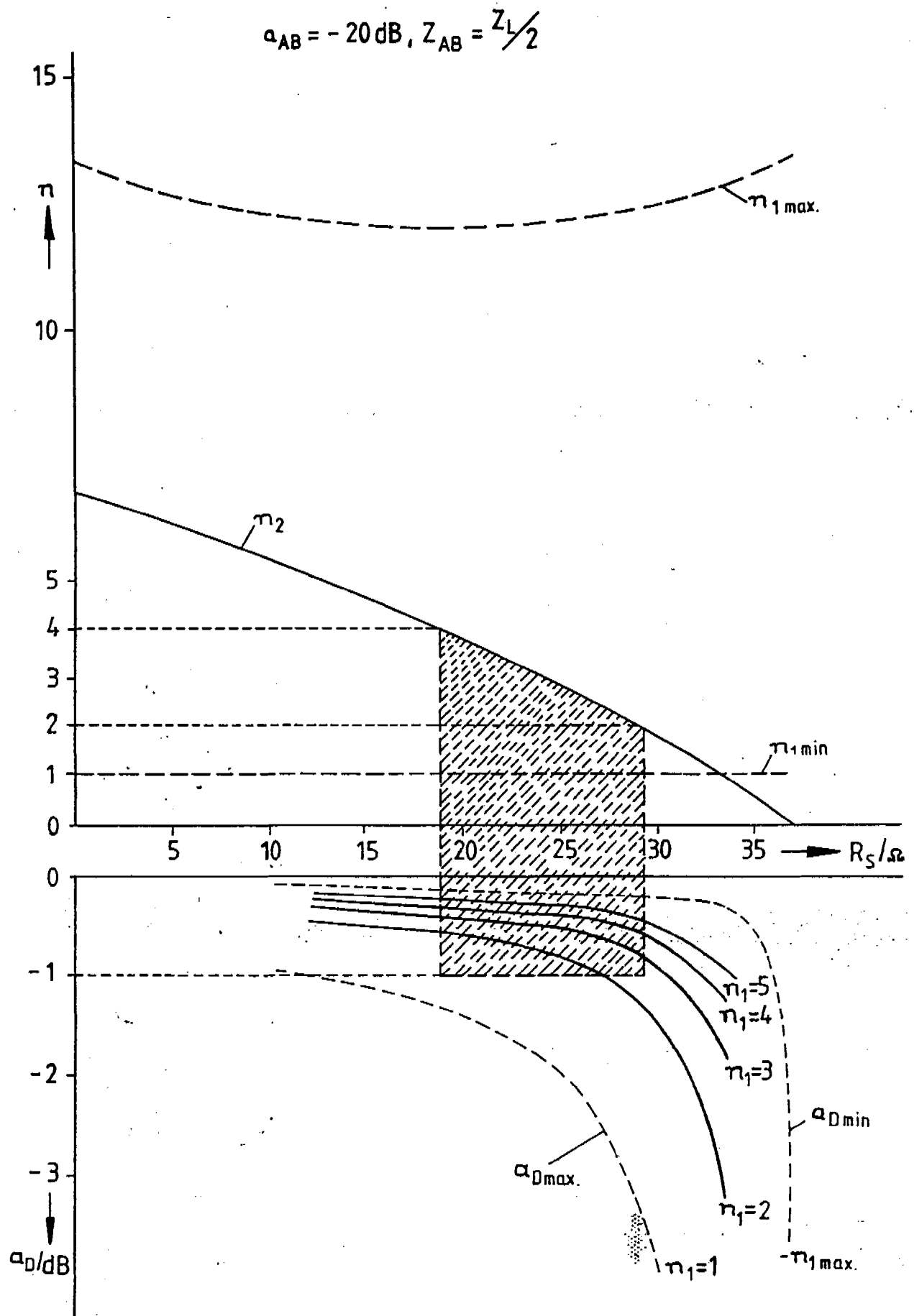


Fig. 2

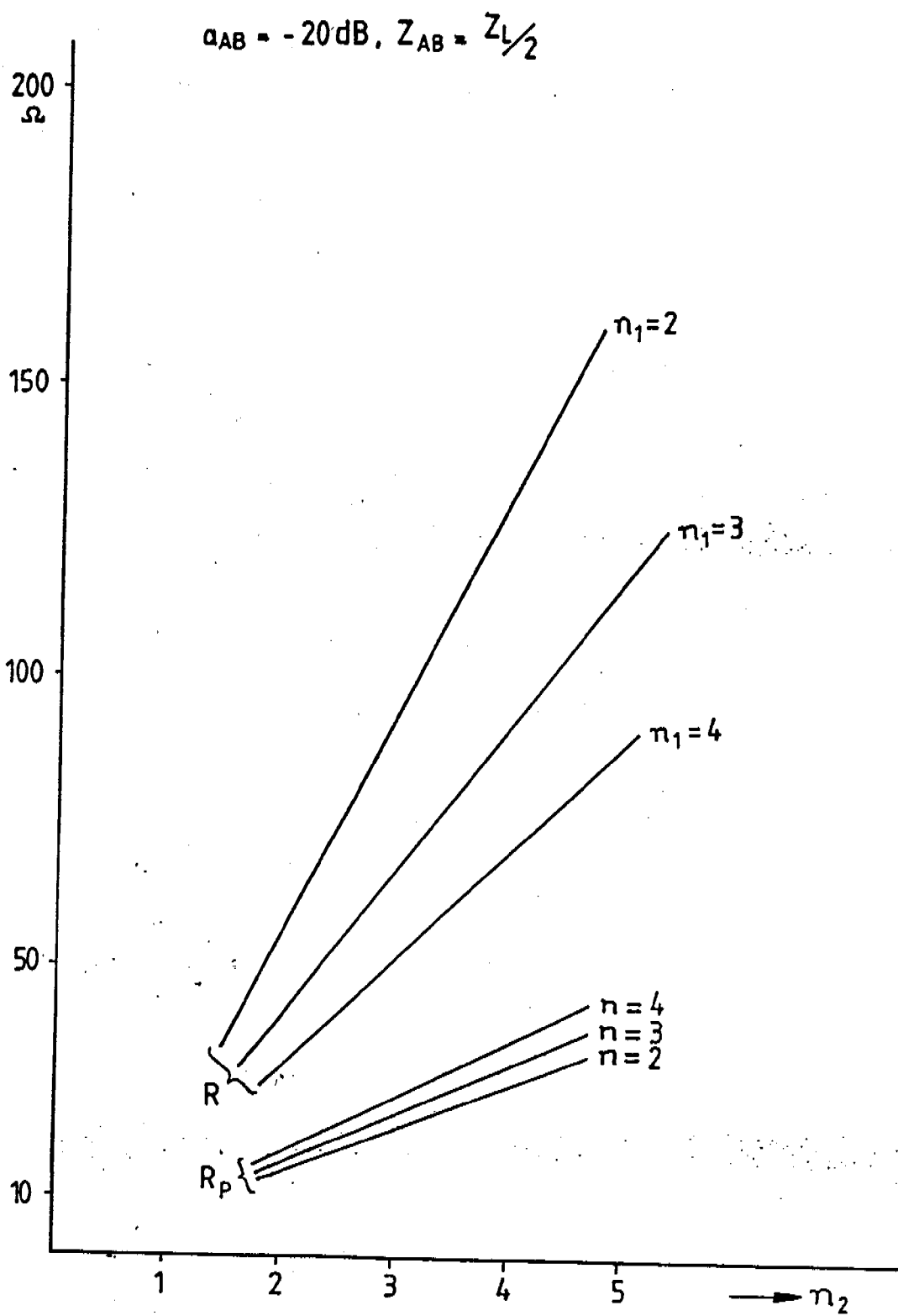


Fig. 3