

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 892995 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 892995

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification (IPC⁴)
G01C 19/66

(22) Tekemispäivä - Ingningsdag - Filing date 19.06.1989

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 19.06.1989

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 21.12.1989

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

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

20.06.1988 US 209251

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Sperry Marine Inc., 1070 Seminole Trail Charlottesville, Va., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Adkins, Charles M., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Brazell, James R., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

3 • Mayer, Gerard T., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

4 • Stacey, Henry C., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

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

Rengaslaserin tärinävärähtelyn kumoaja

Annulerare av en ringlasers skakningsvibration

Rengaslaserin värähtelyjen kumoaja

Keksintö kohdistuu värähtettyjen rengaslasergyroskooppien alueelle ja erityisemmin laitteeseen rengaslasergyroskoopin värähtelyjen aiheuttamien värähtelyjen vähentämiseksi.

Rengaslasergyroskooppi käyttää kahta monokromaattista lasersädetä, jotka etenevät vastakkaisissa suunnissa suljetuna silmukkana sen akselin ympärillä, minkä suhteen liikettä tunnustellaan. Laitteen pyörittäminen tämän akselin suhteen lisää tehokkaasti säteen kulkutien pituutta vastakkaisessa suunnassa. Koska kahden vastakkainpyörivän säteen lasertaajuudet ovat lasersäteen kulkutien funktioita, rengaslasergyroskoopin pyörimisen aikaansaama differentiaalinen kulkutien pituus aikaansaa taajuuseron näiden säteiden välille. Tämän taajuuseron suuruus ja merkki ovat tunnusteluakselin ympäri tapahtuvan pyörimisen nopeuden ja suunnan edustajia ja niitä voidaan tarkkailla tätä tarkoitusta varten alalla hyvin tunnetuilla tavoilla. Alhaisilla pyörimisnopeuksilla kahden vastakkainpyörivän säteen välinen taajuusero on pieni ja säteet pyrkivät resonoimaan yhteen tai "lukkiutumaan" värähdelläkseen samalla taajuudella. Tämä lukittuminen estää rengaslasergyroskooppiä tunnustelemasta pyörimisnopeuksia, jotka ovat samoja kuin lukkiutumispöörimisnopeus tai sen alapuolella. Lukkiutumisnopeuden alentamiseksi rengaslasergyroskooppiä värähtetään mekaanisesti oskilloidaan akselin ympäri pyörimisen aikaansaamiseksi yhdessä suunnassa ja sitten toisessa suunnassa aikaansaamaan liikkeen kumoutumisen lähtönavoissa, mutta ylläpitäen näennäisen liikkeen kussakin suunnassa näin alentaen lukkiutumisnopeutta.

Tämä värähtely aiheuttaa rengaslasergyroskoopin pyörimisen värähdellä samalla toimien äänigeneraattorina, mikä vaikuttaa haitallisesti muihin laitteisiin. Vaikka hyvin tunnetut tekniikat värähtelyä, vaimennusta ja eristystä varten vähentävät värähtelyä aiheuttamia värähtelyjä, värähtelyjen vähentämisen aste on riittämätön estämään muiden laitteiden värähtelyyn,

joka kytkeytyy rengaslasergyroskoopin asennuslevyyn, kohdistuva haitallinen vaikutus.

Tämän keksinnön periaatteiden mukaan tärinävärähtelyn kumoaja
 5 täristettyä rengaslasergyroskooppia (RLG) varten sisältää massan, mikä on pantu kokoon niin, että sillä on sama resonanssitaajuus kuin RLG:lla ja mikä on kytketty RLG:iin ja tunnustelulohkokokoonpanoon (SBA Sensor Block Assembly), jolle RLG on asennettu. Eräs keksinnön suoritusmuoto käyttää
 10 käyttösignaalia, jonka vaihe on 180° siirretty RLG:n täristyskäyttösignaalin suhteen massaa täristävän täristysmoottorin käyttämiseksi. Tämä faasiltaan siirretty massan täristys aikaansaa SBA:n värähtelyjä, jotka vastustavat niitä värähtelyjä, jotka ovat syntyneet RLG:n täristämisestä.

15 Toinen suoritusmuoto käyttää sähkösignaalia, mikä on sen momentin edustaja, minkä RLG:n täristyskäyttö kohdistaa SBA:iin sen täristysmoottorin käyttämiseksi, mikä täristää massaa sähkösignaalin vasteena. Tämä sähkösignaalin ja täristysmoottorin yhdistelmä aiheuttaa massan käyttämisen tavalla, mikä aiheuttaa SBA:oon momentin, joka on amplitudiltaan sama ja vastakkaisvaiheinen siihen momenttiin nähden, jonka RLG:n huojuttaminen kohdistaa SBA:oon. SBA:oon kohdistetut momentit, mitkä ovat amplitudiltaan samoja ja vaiheeltaan
 20 vastakkaisia aikaansaavat värähtelyjä vastakkaisessa suhteessa, mikä pyrkii kumoamaan RLG:n SBA:oon aiheuttamia värähtelyjä niitä samalla suuresti vähentäen .

30 Kuvio 1 on vastatärinämassa ja täristysmoottorikokoonpanon kuvanto.

Kuvio 2 on lohkokaavio keksinnön suoritusmuodosta, jossa signaalin, jonka taajuus edustaa gyroskoopin täristys sykliä, vaihe siirretään ja sitä käytetään sen jälkeen käyttämään
 35 vastatärinämassaa.

Kuvio 3 on lohkokaavio keksinnön suoritusmuodosta, missä signaaleja, mitkä edustavat tunnustelulohkokokoonpanon vä-

räntelyjä ja signaalit, mitkä edustavat gyroskoopin ja vastatärinämassan tärinää, kytketään säätämään elektronista kytkentää, josta annetaan signaali vastatärinämassan käyttämiseksi.

5

Kuviot 4 ja 5 ovat lohkokaaavioita keksinnön suoritusmuodoista kuvaten gyroskoopin, vastatärinämassan ja tunnistelulohkokokoonpanon vaihtoehtoisia järjestelyjä.

- 10 Kuvio 6 on lohkokaavio piiristä, mitä voidaan käyttää kuvioissa 3-5 esitettyjen elektroniikkojen säätämiseksi.

Rengaslasergyroskooppia täristetään akselinsa suhteen kahden vastakkainpyörivän säteen lukkiutumisvaikutuksen minimoimiseksi alhaisilla pyörimisnopeuksilla. Tämä tärinä on pyörivää värähtelyä gyroskoopin akselin suhteen vakiotaajuudella. Sellainen tärinä aiheuttaa reaktiomomentin SBA:oon gyroskoopin kiinnityskohdissa sisältäen värähtelyjä, mitkä aiheuttavat melua, mikä etenee rakenteen läpi ja säteilee

15 siitä. Keksinnön mukaan tämä melu voidaan minimoida kytkemällä vastatärinämassa (CDM Counter Dither Mass), minkä mekaaninen resonanssitaajuus on sama kuin gyroskoopin SBA:oon aiheuttama ja täristämällä sitä samalla taajuudella ja amplitudilla kuin mitä on kohdistettu RLG:iin. Täristysmoottorin

20 massakokoonpano 10, mitä voidaan käyttää, on esitetty kuviossa 1. Täristysmoottori 11 voi olla sisäisesti kytketty kulmamassaan 12 sellaisen resonanssirakenteen tuottamiseksi, minkä mekaaninen resonanssitaajuus on sama kuin RLG:lla. Täristysmoottori on identtinen sen kanssa, mitä käytetään

30 RLG:n täristämiseksi käsittäen neljä kannatinta 13a-13d, mitkä ovat samoin kulmin asetettuja ja kiinnitettyjä massaan 12. Kolmeen näistä kannattimista on kytketty pietsosähköiset kiteet 15a-15c. Vaihtovirtaa olevat sähkösignaalit, mitkä on kytketty kolmeen pietsosähköiseen kiteeseen 15a-15c luovat

35 paineita, mitkä vaihtelevat signaalien amplitudien mukaan aiheuttaen koko kokoonpanon värähtelyn. Neljäs pietsosähköinen kide 15d on kytketty neljänteen kannattimeen ja se toimii

värähtelyn sieppaajana tunnustellen täristysmoottorin värähtelyjä ja muuttaen nämä sähkösignaaleiksi.

Seuraavassa viitataan nyt kuvioon 2, missä vastatärinämas-
 5 san kokoonpano 10 on kytketty RLG:n 17 ja SBA:n 19 välille.
 Kuvioissa 1-6 samanlaiset elementit on merkitty samoilla
 numeromerkeillä. RLG:n täristysmoottorin sieppauskiteen
 antama sähkösignaali kytketään linjaa 21 pitkin vaiheensiir-
 täjään 23 ja siitä linjaa 25 pitkin CDM:n kiteiden käyttämi-
 10 seksi. Vaiheensiirtäjä 23 voi olla tehty aikaansaamaan 180°
 vaiheensiirron RLG:n 17 täristysmoottorin sieppaussignaalin
 ja sähkösignaalien, jotka ovat annetut CDM:n 10 täristysmoot-
 torin käyttökiteitä varten, välille. Tämä 180° vaiheensiirto
 aiheuttaa sen, että CDM:n 10 täristysmoottori saattaa CDM:n
 15 10 värähtelemään 180° vaihe-erolla RLG:n 17 täristämiseen
 nähden aikaansaaden samalla dynaamisen värähtelyn absorboijan
 tuottamalla värähtelyjä tunnusteluohkokokoonpanossa, mitkä
 värähtelyt vastustavat RLG:n 17 täristyksen aiheuttamia
 värähtelyjä.

20

RLG:n ja CDM:n huojuuttamisen SBA:oon indusoimat värähtelyt
 eivät ole välttämättä samassa vaiheessa käyttövoimien kanssa.
 Lisäksi fysikaaliset muutokset, kuten inertiamomenttien erot
 ja RLG:n 17 ja CDM:n 10 kytkeytymiskertoimet SBA:oon 19
 25 voivat aikaansaada vaiheensiirron ja amplitudin eroja RLG:n
 17 ja CDM:n 10 indusoimien värähtelyjen välille. Niinpä
 yksinkertainen 180° vaiheensiirto RLG:n 17 ja CDM:n 10 täris-
 tystaajuuksien välillä ei välttämättä aikaansaa optimaalis-
 ta värähtelyjen kumoutumista. Suurempi SBA:n värähtelyn
 30 kumoutuminen verrattuna yksinkertaiseen 180° vaiheensiirtoon
 voidaan aikaansaada suljetun silmukan säätöjärjestelmällä,
 missä SBA:n 19 värähtelyt muutetaan sähkösignaaleiksi, mitä
 sitten käsitellään käyttämään CDM:n 10 täristysmoottorin
 käyttämiseksi sopivassa vaiheessa ja sopivalla amplitudilla
 35 RLG:ia käyttävän täristyssignaalin suhteen. Kaaviokuva sel-
 laisesta järjestelmästä on esitetty kuviossa 3.

Kiihtyvyyssmittari 27, mikä on asennettu SBA:oon 19, tunnustelee värähtelyjä ja antaa signaalin, mikä taajuus ja amplitudi vastaavat SBA:n 19 värähtelytaajuutta ja amplitudia. Tämä sähkösignaali, RLG:a 17 käyttävästä täristysmoottorista saatu sieppaussignaali ja CDM:a käyttävästä täristysmoottorista saatu sieppaussignaali kytketään elektroniseen säätöpiiriin 29, mitä ei ole kuvattu, missä signaaleja käsitellään käyttösignaalin tuottamiseksi linjaa 31 pitkin CDM:n käyttömoottorille, mikä aikaansaa nollan kiihtyvyyssmittarin 27 ulostulossa.

Kuvioissa 2 ja 3 CDM 10 on esitetty asennettuna SBA:lle 19 RLG:n 17 ollessa asennettuna CDM:aan 10. Tulisi olla ilmeistä, että muut asennustavat, mitkä voivat aikaansaada värähtelyjen kumoutumisen, ovat mahdollisia. Kuviossa 4 CDM 10 on esitetty asennettuna SBA:ssa olevaan syvennykseen. CDM:stä saatava sieppaussignaali on kytketty napaan 33, mikä on asennettu SBA:oon, mistä sieppaussignaali on kytketty säätöelektroniikkaan 29, kun taas CDM:n 10 täristysmoottorin navat on kytketty toiseen napaan 35, mikä on asennettu SBA:oon 19, mikä on kytketty säätöelektroniikkaan 29 linjaa 31 pitkin. Kuviossa 5 on esitetty RLG 17 asennettuna SBA:n 19 pinnalle, kun taas CDM 10 on asennettu vastakkaiselle pinnalle. Tässä kokoonpanossa sähkösignaalit kytketään säätöelektroniikkaan 29 ja siitä samalla tavalla kuin on esitetty kuviossa 3.

Lohkokaavio piiristä, jota voidaan käyttää säätöelektroniikkaa 29 varten, on esitetty kuviossa 6. RLG:n täristysmoottorin 39 siepparin 37 signaalia käytetään kanttiaallon tekijää ja tasonsäätöpiiriä 47 varten ja 90° vaiheensiirtimen 49 kautta toista kanttiaallon tekijää ja tasonsäätöpiiriä 51 varten. Kanttiaallon tekijän ja tasonsäätöpiirien 47 ja vastaavasti 51 lähtönavoissa esiintyvät signaalit ovat samassa vaiheessa ja kanttimuodossa siepparin 37 lähtönavoissa esiintyvän signaalin kanssa. Nämä samassa vaiheessa ja kanttimuodossa olevat signaalit kytketään synkronisiin detektoreihin 53 ja 55 vertailusignaaleina kiihtyvyyssmittarin

27 lähtösignaalien detektointia varten. Synkronisten detektoreiden 53 ja 55 lähtönavoissa esiintyvät signaalit ovat SBA:n 19 värähtelyjen vaiheen ja amplitudin funktioita siepparin 37 signaalin vaiheen ja amplitudin suhteen. Kun vaihe-
5 kulma on pieni, synkronisesta detektorista 53 saatava lähtösignaali edustaa värähtelyjen amplitudia, kun taas synkronisesta detektorista 55 saatava lähtösignaali edustaa vaihekulmaa. Samassa vaiheessa ja kanttimuodossa havaitut signaalit synkronisista detektoreista 53 ja 55 kytketään vaiheen ja
10 amplitudin virheen detektoriin 57, mistä signaalit, mitkä edustavat värähtelyvaihetta ja amplitudia, kytketään vaiheen ja amplitudin säätöpiiriin 59, mikä antaa vertailusignaalin, millä on vaihe ja amplitudi, mitkä on määrittänyt vaiheen ja amplitudin virheet, mitkä vaiheen ja amplitudin virheiden
15 detektori 57 on havainnut. Tämä vertailusignaali kytketään summausverkon 61 invertoimattomaan napaan, minkä verkon lähtönapa kytketään vahvistimen 63 kautta täristysmoottorin 67 sisääntulevaan käyttönapaan 65. Täristyskäyttömoottorin 67 sieppausnavassa 69 esiintyvä signaali, mikä edustaa CDM:n
20 täristysamplitudia ja -taajuutta, kytketään summausverkon 61 invertoivaan napaan. Tämä järjestely säätää täristysmoottorin 67 käyttösignaalin amplitudia ja taajuutta aikaansaadakseen CDM:n 10 tärinän, mikä aiheuttaa värähtelyjä SBA:ssa 19, mitkä värähtelyt vastustavat optimaalisesti RLG:n 17
25 siihen aiheuttamia värähtelyjä.

Koska keksintöä on kuvattu parhaina pidetyissä suoritusmuodoissaan, on ymmärrettävä, että sanat, joita on käytetty ovat pikemminkin kuvaavia kuin rajoittavia sanoja ja että
30 muutoksia voidaan tehdä oheisten vaatimusten suojapiirin sisällä poikkeamatta keksinnön alasta ja hengestä laajemmassa mielessä.

Patenttivaatimukset

1. Laite alustan värähtelyjen, jotka on aiheuttanut alustalle asennetun massan värähtely, vastustamiseksi,
t u n n e t t u siitä, että se käsittää massalaitteen, mikä
5 on mekaanisesti kytketty alustaan; ja massan värähtelyttämislaitteen, mikä on kytketty massalaitteeseen sen saattamiseksi värähtelemään tavalla, mikä vastustaa värähtelymassan alustaan aiheuttamia värähtelyjä.
- 10 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että massalaitte on rakennettu niin, että sen mekaaninen resonanssitaajuus on sama kuin värähtelymassan resonanssitaajuus.
- 15 3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että värähtelymassa sisältää sieppauslaitteen, missä annetaan sähkösignaaleja, mitkä edustavat värähtelymassan liikkeitä ja siitä että massan värähtelyttämislaitte käsittää värähtelijälaitteen, jossa on käytön syöttölaite massan
20 saattamiseksi värähtelemään siihen kytkettyjen sähkösignaalien mukaisesti; ja vaiheensiirtolaite, mikä on kytketty sieppauslaitteen ja käytön syöttölaitteen välille sieppauslaitteesta käytön syöttölaitteeseen kytkettyjen sähkösignaalien vaiheen siirtämiseksi, vaiheensiirron ollessa valittu
25 minimoimaan alustan värähtelyjä.
4. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vielä värähtelijälaitteen massalaitteen saattamiseksi mekaanisesti värähtelemään, jolloin värähtelijälaitteessa on sieppauslaite, jossa annetaan signaaleja, jotka edustavat massalaitteen mekaanisia värähtelyjä ja käytön syöttölaitteen sähköisten käyttösignaalien vastaanottamiseksi; kiihtyvyysmittarilaitteen, joka on asennettu alustalle sellaisten sähkösignaalien antamiseksi, jotka
30 edustavat alustan värähtelyjä; ja värähtelyn säätölaitteen, mikä on kytketty vastaanottamaan signaaleja värähtelymassan sieppauslaitteelta, signaaleja värähtelijälaitteen sieppauslaitteelta, ja signaaleja kiihtyvyysmittarilaitteelta säätö-

signaalien antamiseksi käytön syöttölaitteelle massalaitteen saattamiseksi värähtelemään tavalla, mikä vastustaa värähtelylaitteen värähtelyjen aiheuttamia värähtelyjä.

5 5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen laite, t u n n e t t u
siitä, että värähtelyn säätölaite käsittää värähtelymassan
sieppauslaitteeseen kytketyn laitteen ensimmäisen vertailu-
signaalin antamiseksi samassa vaiheessa värähtelymassan
sieppauslaitteen signaalin kanssa; värähtelymassa sieppaus-
10 laitteeseen kytketyn laitteen toisen vertailusignaalin an-
tamiseksi, minkä signaalin vaihe on muutettu ennalitamaäärä-
tyllä vaihekuilmalla värähtelymassan sieppauslaitteen sig-
naalin suhteen; ja laitteen, mikä on kytketty vastaanottamaan
ensimmäinen ja toinen vertailusignaali kiihtyvyyssmittarilait-
15 teelta käyttösignaalien antamiseksi käytön syöttölaitteille
massalaitteen värähtelyttämiseksi ja sellaisten värähtelyjen
aiheuttamiseksi, mitkä vastustavat värähtelylaitteen väräh-
telyjen aiheuttamia värähtelyjä.

20 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n n e t t u
siitä, että käyttösignaalilaitte käsittää: laitteen sähkösig-
naalien havaitsemiseksi kiihtyvyyssmittarilaitteelta ensim-
mäisen ja toisen vertailusignaalien suhteen amplitudin ja
vaiheen virhesignaalien antamiseksi; laitteen, mikä on kyt-
25 ketty saamaan vaiheen ja amplitudin virhesignaalit käytön
vertailusignaalien antamiseksi vaiheen ja amplitudin virhesig-
naalien mukaisesti; ja laitteen, mikä on kytketty saamaan
vertailukäyttösignaalit ja signaalit värähdyttäjälaitteen
sieppauslaitteelta mainittujen sieppauslaitteelta ja väräh-
30 dyttäjälaitteelta tulevien signaalien vertaamiseksi vertai-
lukäyttösignaaleihin käyttösignaalien antamiseksi käytön
syöttölaitteelle.

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n n e t t u
35 siitä, että vaihekulma on 90° .

8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n n e t t u

siitä, että massalaite on asennettu värähtelylaitteen ja alustan väliin.

9. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n n e t t u
5 siitä, että massalaite on asennettu alustassa olevaan syvennykseen.

10. Patenttivaatimuksen 5 mukainen laite, t u n n e t t u
10 siitä, että värähtelymassa on asennettu alustan ensimmäiselle pinnalle ja massalaite on asennettu alustan toiselle pinnalle, mikä on ensimmäistä pintaa vastapäätä.

11. Menetelmä alustan värähtelyjen vastustamiseksi, mitkä värähtelyt on aiheuttanut alustalle asennettun värähtelevän
15 massan liikkeet, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet: asennetaan massalaite alustalle; ja saatetaan massalaite värähtelemään tavalla, mikä aiheuttaa värähtelyjä, mitkä vastustavat värähtelylaitteen liikkeiden aiheuttamia värähtelyjä.

20

12. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että käsittää vaiheet: asennetaan moottorilaitte massalaitteeseen; annetaan värähtelymassasta signaaleja, mitkä edustavat värähtelymassan liikkeitä; siir-
25 retään värähtelymassasta annettujen signaalien vaihetta vaiheeltaan siirrettyjen signaalien antamiseksi; ja kytketään vaihesiirrettyt signaalit moottorilaitteelle massalaitteen saattamiseksi värähtelemään vaihesiirrettyjen signaalien mukaisesti, jolloin massalaitteen värähtelyt aiheuttavat
30 alustan värähtelyjä, mitkä vastustavat värähtelylaitteen aiheuttamia värähtelyjä.

13. Patenttivaatimuksen 11 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että vaihe massan saattamiseksi
35 värähtelemään käsittää: luodaan ensimmäinen vertailusignaali samassa vaiheessa sen signaalin kanssa, mikä edustaa värähtelylaitteen liikkeitä; luodaan toinen vertailusignaali, mikä vaihesiirretty ennaltamäärätyn vaihekuiman verran sitä

edustavan signaalin suhteen; annetaan signaali, mikä edustaa alustan värähtelyjä; havainnoidaan synkronisesti värähtelyä edustavaa signaalia ensimmäisen ja toisen vertailusignaalin suhteen vaiheen ja amplitudin virhesignaalien saamiseksi;

5 käsitellään vaiheen ja amplitudin virhesignaaleita käytön vertailusignaalin luomiseksi; ja kytketään käytön vertailusignaali moottorilaitteeseen, mikä on kytketty massalaitteeseen massan saattamiseksi värähtelemään tavalla, mikä aiheuttaa sellaisia alustan värähtelyjä, mitkä vastustavat

10 sen värähtelyjä, mitkä ovat värähtelymassan aiheuttamia.

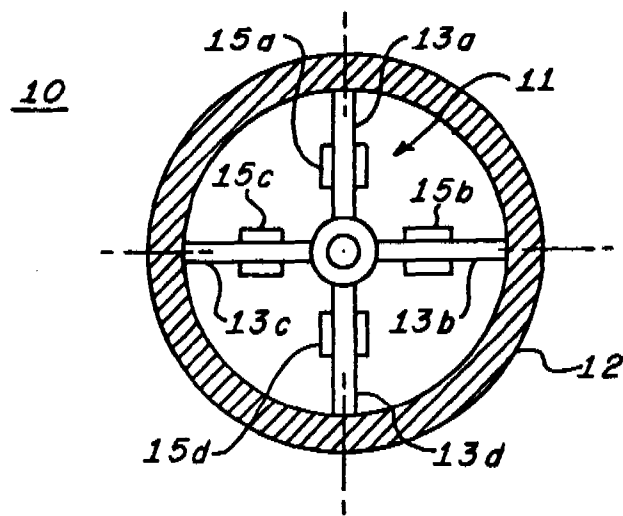


FIG. 1.

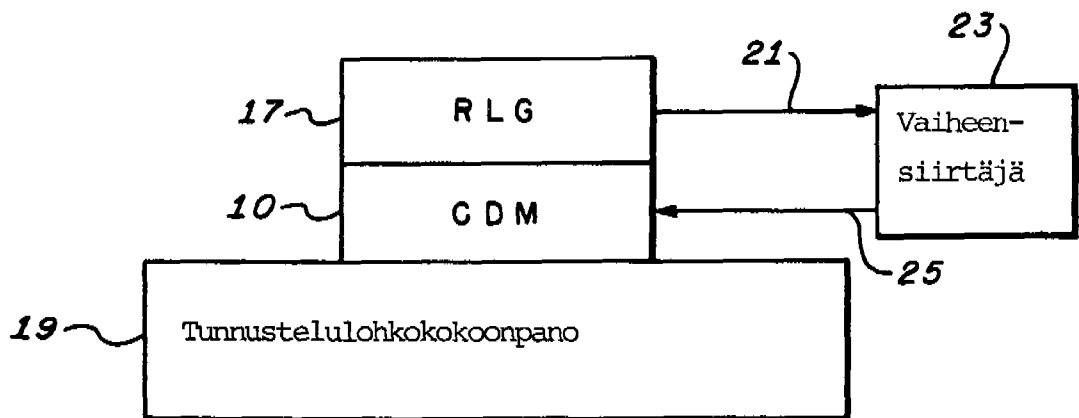


FIG. 2.

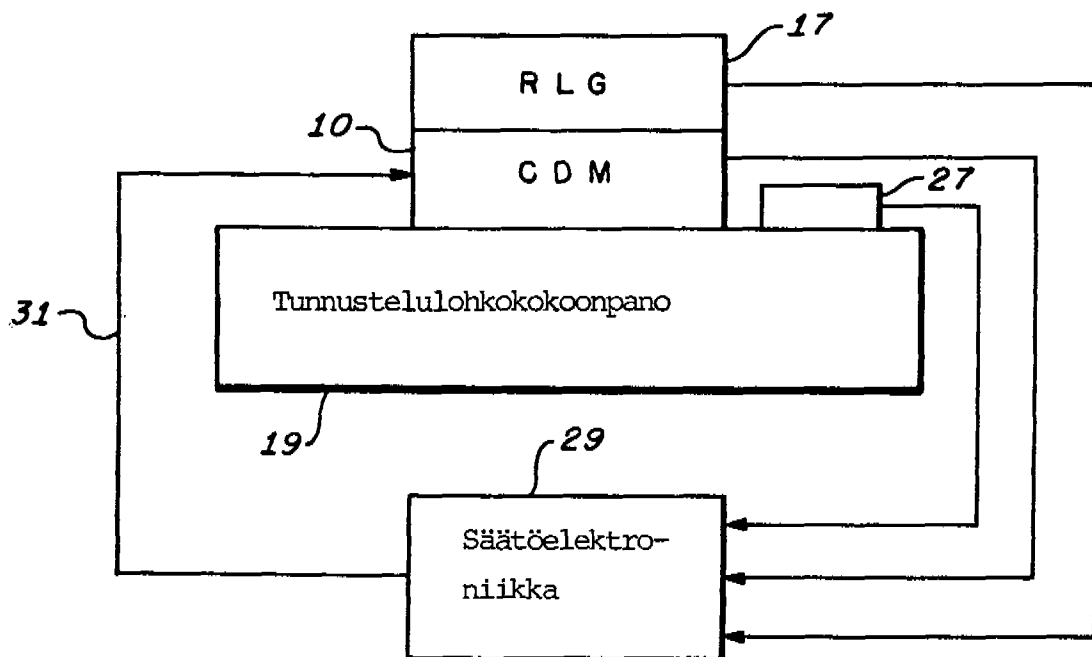


FIG. 3.

FIG. 4.

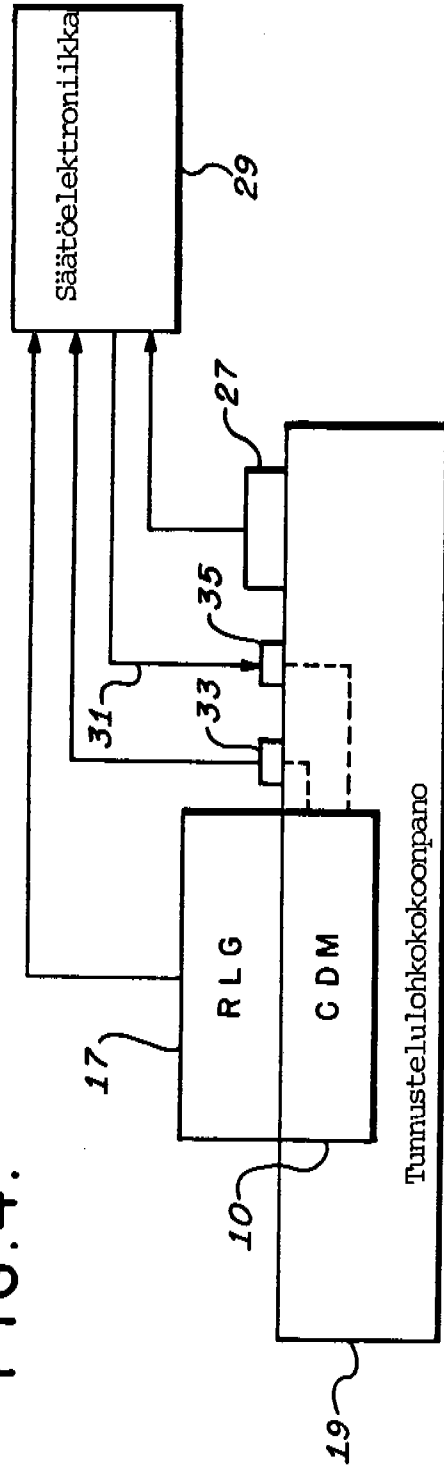


FIG. 5.

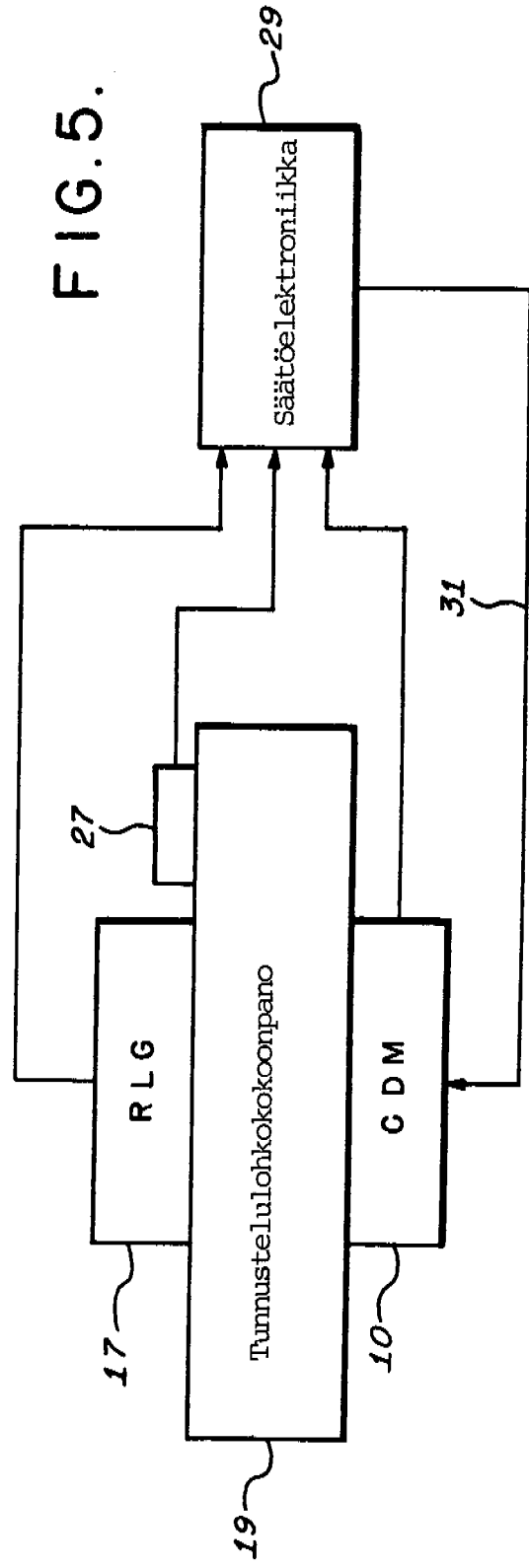


FIG. 6.

