

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) FI 761206 A7

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 761206

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation -
International patent classification
G21D

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 29.04.1976

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 29.04.1976

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 26.03.1977

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

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

25.09.1975 US 616693

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • The Babcock & Wilcox Company, 161 East 42nd Street, New York. NY 10017, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Durant, Oliver W., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Oy Jalo Ant-Wuorinen Ab, Iso Roobertinkatu 4 - 6 A, 00120 Helsinki

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

Ydinvoimaa tuottavan yksikön säätöjärjestelmä

Kontrollsystem för kärnkraftproducerande enheten

The Babcock & Wilcox Company, New York, N.Y. 10017, USA

Ydinvoimaa tuottavan yksikön säätöjärjestelmä - Styrssystem för kärnkraftproducerande enheter

Tämän keksinnön kohteena on säätösystemi ydinvoimaa tuottavaa yksikköä varten, joka yksikkö koostuu painevesijäähdytetystä reaktorista; läpivirtaushöyrykehittimestä, joka on varustettu syöttöveden johtolaitteilla, turbiinigeneraattorista, johon johdetaan höyry höyry kehittimestä sekä laitteista, jotka ylläpitävät jäähdytysaineen virtausta reaktorin ja höyry kehittimen läpi, joka säätösystemi koostuu laitteista, jotka aikaansaavat myötäsäätösignaaliin, joka on suhteessa haluttuun tehonkehitysyksikön tehonkehitykseen, toisesta laitteista, jotka säätävät reaktorin lämmönkehitystä. Keksinä tunnetaan siitä, että säätösystemissä on kolmannet laitteet, jotka säätävät syöttöveden virtausta höyrykehittimeen, ja että mainitut toiset ja kolmannet laitteet reagoivat yksinomaisesti mainittuun myötäsäätösignaaliin ja toimivat rinnakkain tämän alaisina, jolloin reaktorin lämmönkehitys sekä syöttöveden virtausmäärä höyrykehittimeen pidetään kumpikin erillisessä toiminnallisessa suhteessa mainittuun myötäsäätösignaaliin. Tällaisessa yksikössä voi reaktorin teho olla aina 3 400 MW sekä sähkövoiman nettokehitys noin 1 200 MW.

Keksinnön mukaisesti primäärinen myötäsäätösignaali, joka vas-

taa haluttua tehon kehitystä tai kehityksen tarvetta, säätää rinnan, erillisten säätösilmukoiden kautta, tarvittavaa reaktorin lämmönkehitystä, joka vaaditaan tyydyttämään lämmöntarve, sekä syöttöveden kokonaisvirtausta höyrynkehittämiin ja höyryn virtausta niistä siten, että kriittiset systeemin muuttujat saadaan pidetyiksi asetusarvoissaan.

Edelleen keksinnön mukaisesti jokaiseen erilliseen säätösilmukkaan menevä myötäsäätösignaali modifioidaan kysynnän ja hetkittäisen tehon kehityksen eron aikaintegraalilla muutosten jatkuvaksi kalibroimiseksi, pysyvissä olosuhteissa, reaktorin lämmönkehityksessä, joka vaaditaan tyydyttämään tehon kysyntä, joka aiheutuu muutoksista prosessin tehokkuudessa ja vastaavista muutoksista syöttöveden kokonaisvirtauksessa höyrynkehittämiin sekä höyryn kokonaisvirtauksessa höyrynkehittimistä kriittisten prosessimuuttujien pitämiseksi asetusarvoissaan.

Edelleen keksinnön mukaisesti jokaiseen erilliseen säätösilmukkaan syötettävä myötäsäätösignaali modifioidaan edelleen suhteessa hetkellisiin eron muutoksiin tehonkehityksen tarpeen ja kulloisenkin kehityksen ja kriittisten prosessimuuttujien välillä.

Edelleen keksinnön mukaisesti säädetään lisäksi syöttöveden virtauksen suhteellinen määrä höyrynkehittämiin suhteessa jäähdytysnesteen suhteellisten määrien muutoksiin höyrynkehittimien läpi.

Edelleen keksinnön mukaisesti syöttöveden virtauksen suhteelliset määrät höyrynkehittämiin säädetään edelleen suhteessa höyrynkehittimeen tulevan syöttöveden lämpötilan muutoksiin.

Edelleen keksinnön mukaisesti syöttöveden virtauksen suhteelliset määrät höyrynkehittämiin säädetään lisäksi suhteessa keskimääräisten höyrynkehittimien jäähdyttimen lämpötilojen välisten erojen aikaintegraaliin.

Nämä ja muut keksinnön kohteet käyvät selville menetelmää selitettäessä piirroksiin liittyen, joissa piirroksissa

kuvio 1 on kaavio painevesiatomireaktorista, johon kaavioon on merkitty primääriset säätimet sekä lopulliset säätöelementit, joita käytetään

kuvioissa 2 ja 3 esitetyissä säätösysteemeissä,

kuvio 3 on logiikkakaavio, joka esittää tyypillistä järjestelyä kriittisten systeemiparametrien poikkeamien määrittelyä asetusravasta.

Kuviossa 1 on esitetty painevesireaktori 1, jossa ylläpidetään ennaltamäärättyä toimintapainetta paineistajalla 2. Reaktorin jäähdytinaine, ts. paineenalainen vesi, kierrätetään reaktorin 1 läpi ja kertaalleen höyrynkehittimien 3 ja 4 kautta erillisten jäähdytyskiertojen A ja B kautta. Jäähdytyskierto A aikaansaadaan kiertopumpuilla 7 ja 8, jotka ovat rinnan, kun taas jäähdytyskierto B aikaansaadaan samantlaisilla kiertopumpuilla 9 ja 10.

Höyrynkehittimistä 3 ja 4 johdetaan höyry johdon 11 kautta turbiiniin, joka on merkitty yleisviitteellä 12, jossa on korkeapaineysikkö 13 (HP) sekä yksi tai useampi välipaine- ja matalapaineysiköitä, jotka on merkitty numerolla 14 (IR & LP). Korkeapaineysikkö 13 ja välipaine- sekä matalapaineysiköt 14 käyttävät yhtä generaattoria 15, joka kehittää sähkövirtaa, joka johdetaan siitä johtimilla 16, 17 ja 18. Vaihtoehtoisesti jokainen turbiiniyksikkö voi olla järjestetty käyttämään erillisiä generaattoreita, jotka kaikki syöttävät yleistä verkkoa.

Höyry johdetaan korkeapaineysikköön 13 tavallisen virtauksen säätöventtiilin kautta, joka on kaaviollisesti estetty kohdassa 19, ja poistetaan sieltä johdon 20 kautta kuumentimeen 21, jota syötetään höyryllä johdosta 11 haara johdon 22 kautta. Kuuma, uudelleen kuumennettu höyry johdetaan sitten johdon 23 kautta välipaine- ja matalapaineysikköihin 14 ja poistetaan näistä lauhduttimeen 24. Lauhduttimen 24 lauhde pumpataan lauhdepumpulla 25 matalapaineisen kuumentimen 26 kautta, jota kuumennetaan välipaine- ja matalapaineysiköistä 14 otetulla höyryllä. Syöttövesi poistetaan rinnan matalapaine kuumentimesta 26 höyrynkehittimen syöttöpumpuilla 27 ja 28. Höyrynkehittimen syöttöpumpusta 27 tuleva syöttövesi kulkee korkeapaine kuumentimen 29 kautta, jota kuumennetaan korkeapaineysiköstä 13 otetulla höyryllä, höyrynkehittimeen 3. Höyrynkehittimen syöttöpumpusta 28 tuleva syöttövesi kulkee korkeapaine kuumentimien 30 kautta, joita kuumennetaan korkeapaineysiköstä 13 tulevalla höyryllä, höyryn kehittimeen 4.

Kuten kuviossa 4 on esitetty, joka on logiikkadiagramma sää-

tösystemistä, yksikön kuormituspyyntö voidaan aikaansaada automaattisella kuormituslähetinsysteemillä, kuten on esitetty kohdassa 32, tai muulla automaattisella tai käsitoimisella tavalla, primääriseen myötäsäätösignaalin muodostajaan 33, jonka tarkoituksena on aikaansaada myötäsäätösignaali, joka vastaa haluttua tai vaadittua voimayksikön tehonkehitystä. Primäärinen myötäsäätösignaali, jolle on asetettu maksimirajat yksikössä 33 A, jotka vastaavat reaktorin kapasiteettia maksimaalisissa kuormitusolosuhteissa kaikkien oheislaitteiden ollessa käytössä, johdetaan signaalijohtimen 34 kautta ja signaali säättää, rinnan erillisten säätösilmukoiden kautta, höyryn virtausta korkeapaineturbiiniyksikköön 13, syöttöveden kokonaismäärää höyrynkehittämiin 3 ja 4 sekä neutronitehoa tai lämmönkehitystä (Nd) reaktorissa 1 hetkellisen tehon kehityksen pitämiseksi voimayksikössä tehon tarvetta vastaavana.

Primäärinen myötäsäätösignaali tulee erillisiin säätösilmukoihin toimigeneraattoreiden 61A, 62A ja 63A kautta, joiden tarkoituksena on muokata primäärinen myötäsäätösignaali siten, että normaaleissa toimintaolosuhteissa ja normaalissa prosessin tehokkuudessa aikaansaadaan reaktorin lämmönkehitys, joka vaaditaan tyydyttämään tehon tarve sekä syöttöveden kokonaisvirtaus höyrynkehittämiin ja höyryn virtaus näistä, joka vaaditaan pitämään kriittiset prosessiin muuttujat asetusarvoissaan. Jokainen säätösilmukka on edelleen varustettu yksittäisillä muokkaavilla signaaleilla, kuten jäljempänä selvitetään tarkemmin, niin että hetkellinen tehon kehitys pidetään täsmälleen vastaamassa tarvittavaa tehon kehitystä ja että kriittiset prosessiin muuttujat pidetään asetusarvoissaan, huolimatta muutoksista prosessin tehokkuudessa ja/tai muutoksista toimintaolosuhteissa.

Piirroksiin viitaten on todettava, että on käytetty tavallisia säätölogiikkasymboleita. Säätökomponentit tai laitteet, kuten niitä myös joskus kutsutaan, joita nämä symbolit tarkoittavat, ovat tavallisia kauppatavaralaitteita ja niiden toiminta yleisesti tunnettu. Edelleen on käytetty tavallisia logiikkasymboleita, jottei säätösystemiä yhdistettäisi tietyn tyyppiseen säätöön, kuten pneumaattiseen, hydrauliseen, sähköiseen, elektroniseen, digitaaliseen tai näiden yhdistelmiin, koska keksintöä voidaan käyt-

tää mihinkä tahansa edellämainitun tyyppiseen säätösystemiin. On edelleen todettava, että primääriset säätäjät, jotka on esitetty logiikkakaavioissa, on merkitty kuvioon 1 samoin kuin lopulliset säätöelementit.

Kuviossa 2 muokkaavat signaalit, joista yksi tai useampi syötetään erillisenä kuhunkin yksittäiseen säätösilmuksaan, on merkitty megawattierona (MW_e), säätöventtiilipaine-erona (TP_e), syöttöveden lämpötilan erona (FWT_e) sekä reaktorin jäähdyttimen lämpötilan erona (RCT_e).

Kuvio 3 on logiikkadiagrammi alasilmukasta näiden muokkaavien signaalien aikaansaamiseksi. Myötäsäätösingaali siirretään signaalihoitimella 34 toimigeneraattoreihin 35, 36, 37 ja 39, joista jokaisen tarkoitus on käsitellä myötäsäätösignaalia siten, että niiden ulostulosignaali edustaa oikeaa tai asetusarvoa muuttujasta, johon se liittyy primäärimyötäsäätösignaalin kulloistakin määrää varten.

Toimigeneraattori 35 aikaansaa asetusarvosignaalin, joka vastaa oikeaa säätöventtiilin painetta senhetkistä primäärisyötäsäätösignaalia varten, jota on verrattu eroyksikössä 40 signaalin kanssa, joka on aikaansaatu säätöventtiilin paineen lähettimessä 41 sekä antaa ulostulosignaalin, joka vastaa säätöventtiilipaineen eroa (TP_e).

Erosignaali, joka vastaa megawattieroa (MW_e) aikaansaadaan vertaamalla eroyksikössä 43 ulostulosignaalia toimigeneraattorista 36 ulostulosignaaliin, joka on aikaansaatu megawattilähettimessä 42.

Signaali, joka vastaa syöttöveden keskimääräisen lämpötilan eroa (FWT_e), aikaansaadaan ottamalla keskiarvo syöttöveden lämpötilaeroista (FTW_{eA}) ja (FTW_{eB}) silmukoissa A ja B. Täten, kuten on esitetty, toimigeneraattorin 37 ulostulosignaalia, joka edustaa normaalia syöttöveden lämpötilaa suhteessa kuormitustarpeeseen, kaikki syöttöveden kuumentimet toiminnassa ja normaalisti toimivina, verrataan eroyksikössä 44A, signaaliin, joka vastaa hetkellistä syöttöveden lämpötilaa silmukassa A, ja joka on aikaansaatu syöttöveden lämpötilan lähettimessä 46. Samalla tavalla ulostulosignaalia toimigeneraattorista 37 verrataan eroyksikössä 44B signaaliin, joka vastaa hetkellistä syöttöveden lämpötilaa

silmukassa B, ja joka on aikaansaatu syöttöveden lähettimessä 47. Ulostulosignaali erotyksiköistä 44A ja 44B menevät summayksikköön 45, joka tuottaa ulostulosignaalin (FWT_e), joka vastaa keskimääräistä syöttöveden lämpötilan eroa.

Signaali, joka vastaa reaktorin jäähdytinaineen lämpötilan eroa (RCT_e), aikaansaadaan vertaamalla, erotyksikössä 50, ulostulosignaalin toimigeneraattorista 39 signaalin kanssa, joka vastaa keskimääräistä reaktorin jäähdytinaineen lämpötilaa, joka on aikaansaatu summayksikössä 51 signaaleista, jotka on kehitetty summayksiköissä 52, 53. Summayksikkö 52 antaa keskiarvon signaaleista, jotka on aikaansaatu lämpötilalähettimissä 54 ja 55 ja jotka vastaavat jäähdytinaineen lämpötilaa, joka tulee ja lähtee reaktorista 1 jäähdytyskierrossa A. Samalla lailla summayksikkö 53 antaa keskiarvon signaaleista, jotka on aikaansaatu lämpötilalähettimissä 56 ja 57, ja jotka vastaavat jäähdytinaineen lämpötilaa, joka tulee reaktoriin 1 ja poistuu siitä jäähdytyskierrossa B.

Kuten on ilmeistä kuvion 2 tarkastelusta, yksilöidyt erotysignaali syötetään yhteen tai useampaan laskinyksikköön. Tarpeettoman monimutkaisuuden välttämiseksi piirroksissa, erotysignaali johtimet erotyksiköiltä 40, 43, 45 ja 50 on jätetty esittämättä, on ilmeistä, että esimerkiksi signaali (TP_e), joka on aikaansaatu erotyksikössä 40, syötetään noihin summayksiköihin, joihin on esitetty (TP_e) syöttö.

Erillisten säätösilmukoiden suhteen, jotka on esitetty kuviossa 2 turbiinin höyryvirtaukselle, syöttöveden virtaukselle sekä reaktorin lämmönkehitykselle, on todettava, että tiettyjä erotysignaaleja aikaansaadaan integrointiyksiköillä 58, 59 ja 60, joiden ulostulosignaali johdetaan kertomayksiköihin 61, 62 ja 63, ja ne toimivat vakiotilan kalibrointikorjauksen antajina primääriselle myötäsäätösignaalille. Muita signaaleja, kuten on esitetty, johdetaan summayksiköille 64, 65 ja 66 ja ne toimivat esikorjauksen antajina primääriselle myötäsäätösignaalille ja ovat suhteessa lyhytaikaisiin muutoksiin erotysignaaleissa. Kulloisetkin erotysignaali, joka on aikaansaatu tekemään vakiotilakalibrointikorjaus tai esi- ja hetkellinen korjaus, ovat riippuvia kyseessä olevasta erillisestä säätösilmukasta.

Tarkasteltaessa reaktorin lämmönkehityksen säätösilmukkaa, modifioitu myöstäsäätösingaali, jollaisena se on aikaansaatu toimigeneraattorilla 63A, ohjaa säätösauvojen käyttölaitetta 102 reaktorin lämmönkehityksen pitämiseksi vastaavan lämmönkehityksen kanssa, joka tarvitaan tyydyttämään kehityksen tarve vakioisissa olosuhteissa. Megawattiero johdetaan, vakiotilakalibrointikorjauksen aikaansaamiseksi, integrointiyksikön 60 ja kertomayksikön 63 läpi. Signaalit, jotka edustavat esi- ja hetkellistä korjausta, joka vastaa reaktorin jäähdytinaineen lämpötilan eroa, aukon paineen eroa ja megawattieroa, johdetaan summayksikön 65 läpi. Säätösauvojen käyttölaitteet 102 asemoidaan hetkellisen reaktorin lämmönkehityksen pitämiseksi summayksikön 66 säätösignaalia vastaavana paikallisella säätösilmukalla, joka koostuueroyksiköstä 103, missä summayksikön 66 ulostulosignaalia verrataan signaaliin, joka vastaa hetkellistä neutronikehitystä (Ni) ja joka on aikaansaatu neutronikehityksen lähettimellä 48. Eroyksikön 103 ulostulosignaali, suhde- ja integraaliyksikön 104 kautta, säätää säätösauvojen käyttölaitteiden 102 toimintaa hetkellisen neutronitehon pitämiseksi vastaamassa sitä, mikä vaaditaan tehon kehityksen pitämiseksi siinä arvossa, joka on määritetty summayksiköllä 66.

Tarkasteltaessa turbiinin höyrynvirtauksen säätösilmukkaa, ohjaa modifioitu myöstäsäätösingaali turbiinin säätöventtiilejä 19. (Säätöventtiileille 19 johdettu säätösignaali voi, analogisella tai digitaalisella piirillä ja vastaavalla, olla sovellettu mille tahansa turbiinin venttiilisäätömekanismille). Aukon paineen ero, joka on johdettu integrointiyksikön 58 läpi, toimii turbiinin venttiilin kuristamiseksi ja täten höyrynvirtauksen pienentämiseksi höyryn paineen laskiessa alle asetusarvon ja päin vastoin. Väärien vakaan olotilan korjausten estämiseksi höyrynvirtaukseen, vähennetään aukkopaineen erosta signaalieroyksikössä 70, joka signaali on suhteessa megawattieroon. Singaalit, jotka vastaavat keksimääristä jäähdyttimen lämpötilaeroa, syöttöveden lämpötilaeroa, aukon paineen eroa ja megawattieroa, liitetään sopivasti vahvistettuina esikorjauksina myöstäsäätösignaaliin summayksikössä 64. Toiminnassa aiheuttaa keskimääräisen jäähdytinaineen lämpötilan lasku laskun turbiinin höyrynvirtauksessa; syöttöveden lämpötilan lasku, jollainen aiheutuu esimerkiksi syöttöveden kuu-

mentimen poiskytkemisestä, aiheuttaa alenemisen höyryn virtauksessa korvauksena vähenemisestä poistovirtauksessa ja estää täten hetkellisen tehonkehityksen nousun, joka muuten olisi tuloksena; aleneminen aukon paineessa aiheuttaa alenemisen turbiinin höyryn virtauksessa; ja aleneminen tehon kehityksessä aiheuttaa vastavan lisääntymisen turbiinin höyryn virtauksessa. Suhteelliset korjaukset, jotka on johdettu summayksikön 64 kautta vaikuttavat stabiloivasti voimaa tuottavan yksikön toiminnassa vaihtelevissa olosuhteissa. Säättösignaali summayksiköstä 64 johdetaan lopulliseen säätöyksikköön, eli turbiinin säätöventtiileihin 19.

Jotta pysyvä suhde vallittaisi kontrollisignaalin yksiköstä 64 ja turbiinin höyryvirtauksen välillä, on aikaansaatu paikallinen takaisinkytkentäsilmutka. Signaali, joka vastaa hetkellisestä turbiinin höyryn virtausta aikaansaadaan ensimmäisen vaiheen paineenlähettimessä 71 ja verrataan yksikön 64 ulostulosignaalin kanssa eroyksikössä 72. Signaali, joka on aikaansaatu suhderynnä integraaliyksikössä 73 säätää turbiinin säätöventtiileitä tarvittaessa lähettimessä 71 aikaansaadun signaalin pitämiseksi summayksikön 64 ulostulosignaalia vastaavana.

Kuten edellä olevasta selvityksestä on ilmeistä, asemoidaan turbiinin höyryn virtausta säätävät venttiilit 19 tarvittavalla tavalla turbiinin höyryn virtauksen pitämiseksi sellaisena kuin summayksikön 64 ulostulosignaali edellyttää. Mikäli halutaan, ja kuten US-patentissa 3 894 396, joka on julkaistu 15.7.1975, on selvitetty, voidaan höyryvirtaussäätösilmutkaan sisällyttää rajäsäätöjä, jolloin höyryvirtaus turbiiniin säädetään tarvittavalla tavalla, jotta estettäisiin venttiilipaineen muutokset asetusarvosta ennalta määrätyt rajat ylittävästi.

Tarkasteltaessa syöttöveden virtauksen säätöä, ylläpidetään syöttöveden kokonaisvirtaus suhteessa erilliseen modifioituun myötäsäätösignaaliin ja syöttöveden virtaus yhteen höyrynkehittimeen suhteessa syöttöveden virtaukseen toiseen höyrynkehittimeen, joka virtaus on säädetty vaadituksi keskimääräisten jäähdytinaimien lämptilojen pitämiseksi silmutkoissa A ja B yhtä suurina.

Myötäsäätösignaali toimigeneraattorissa 62A modifioituna ohjaa rinnan venttiiliä 75, joka säätää syöttöveden virtausta höyrynkehittimeen 3 sekä venttiiliä 76, joka säätää syöttöveden vir-

tausta höyrykehittimeen 4. Syöttöveden kokonaisvirtaus höyrykehittimiin 3 ja 4 ylläpidetään kysyntää vastaavana takaisinkytkentäsilmukalla, joka koostuu virtauslähettimestä 77, eroyksiköstä 78 sekä suhde- plus integraaliyksiköstä 79. Ulostulosignaali, joka on aikaansaatu suhde- plus integraaliyksikössä 79 johdetaan johtimien 80 ja 81 kautta summayksiköihin 82 ja 83 ja se säättää syöttöveden virtausta höyrykehittimiin 3 ja 4. Täten normaaleissa olosuhteissa höyrykehitykset höyrykehittimissä pidetään yhtä suurina.

Höyrykehittimelle 3 on aikaansaatu paikallinen takaisinkytkentäsilmukka, joka koostuu virtauksen lähettimestä 84, eroyksiköstä 85 sekä suhde- plus integraaliyksiköstä 86. Samanlainen takaisinkytkentäsilmukka on aikaansaatu höyrykehittimelle 4, joka koostuu virtauksen lähettimestä 87, eroyksiköstä 88 sekä suhde- plus integraaliyksiköstä 89. Täten syöttöveden virtaus höyrykehittimeen 3 pidetään suhteessa summayksikön 82 ulostulosignaaliin ja syöttöveden virtaus höyrykehittimeen 4 pidetään suhteessa summayksikön 83 ulostulosignaaliin. Yhteenvetona voidaan todeta, että syöttöveden säätö, niin pitkälle kuin sitä on selitetty, toimii syöttöveden kokonaisvirtauksen pitämiseksi höyrykehittimiin 3 ja 4 suhteessa signaaliin, joka on aikaansaatu summayksikössä 65, jolloin samalla huolehditaan, että syöttöveden virtaus höyrykehittimeen 3 on suhteessa summayksikön 82 ulostulosignaaliin ja syöttöveden virtaus höyrykehittimeen 4 suhteessa ulostulosignaaliin summayksiköstä 83.

Tällaista syöttöveden virtauksen tasapainoisuutta höyrykehittimiin 3 ja 4 modifioidaan kuitenkin jatkuvasti vaadittaessa keskimääräisten jäähdytinaineen lämpötilojen pitämiseksi toisiaan vastaavina silmukoissa A ja B. Kuten kuviossa 3 on esitetty, summayksikön 52 ulostulosignaali on suhteessa jäähdyttimen lämpötilojen keskiarvoon silmukassa A reaktoriin 1 tultaessa ja sieltä poistuttaessa sekä ulostulosignaali summayksiköstä 53 on suhteessa reaktorista 1 tulevaan ja sieltä lähtevään jäähdytinaineen lämpötilan keskiarvoon silmukassa B. Kuten kuviossa 2 on esitetty, on ulostulosignaali, joka on suhteessa eroon silmukassa A ja silmukassa B olevien jäähdytinaineen lämpötiloissa, aikaansaatu eroyksikössä 90 ja menee kertomayksikköön 93 suhde- plus integraa-

liyksikön 91 ja summayksikön 92 kautta, joka kertomayksikkö saa ulostulosignaalin summayksiköstä 65. Täten syötäsäätösignaali, joka määrää syöttöveden virtauksen höyrynkehittimeen 3 modifioidaan silmukoiden A ja B jäähdytinaineen lämpötilojen keskiarvon välisen eron mukaisesti. Mikäli keskimääräinen jäähdytinaineen lämpötila silmukassa A on pienempi kuin keskimääräinen jäähdytinaineen lämpötilasilmukassa B, pienenee syöttöveden virtaus höyrynkehittimeen 3 sekä päin vastoin.

Samanaikaisesti syöttöveden virtauksen muutoksen kanssa höyrynkehittimeen 3 säätö toimii vastavan, mutta vastakkaissuuntaisen muutoksen aikaansaamiseksi syöttöveden virtauksessa höyrynkehittimeen 4. Ulostulosignaali kertomayksiköstä 93, joka edustaa syöttöveden virtauksen tarvetta höyrynkehittimeen 3 johdetaan signaalijohtimen 94 kautta eroyksikköön 95, ja joka täten vähentää summayksikön 65 ulostulosignaalista määrään, joka vastaa syöttöveden virtauksen tarvetta höyrynkehittimeen 3. Ulostulosignaali eroyksiköstä 95, joka on suhteessa eroon syöttöveden kokonaistarpeen ja höyrynkehittimen 3 syöttöveden tarpeen välillä, on täten oikea syöttöveden tarve höyrynkehittimelle 4.

Syrjäytyssäätö keksimääräisestä jäähdyttimen silmukan lämpötilan erosta, ollen erittäin tarkka, on suhteellisen hidas siitä syystä, että se on riippuva lämpötilan mittauksesta, jolla on suhteellisen pitkä aikavakio. Tällaiset muutokset keskimääräisissä jäähdyttimen lämpötiloissa, jotka voivat aiheutua yhden höyrynkehittimen asteettaisesta likaantumisesta verrattuna toiseen, käsitellään luotettavasti. Nopeiden, rajujen ja mahdollisesti katastrofaalisten muutosten käsittelemiseksi keskimääräisissä jäähdytinaineen lämpötiloissa, joita voi aiheutua esimerkiksi jäähdytyspumpun joutumisesta epäkuntoon, keksintö edelleen sisältää välittömien muutosten aikaansaamisen syöttöveden virtauksen suhteellisissa määrissä höyrynkehittimiin edestakaisella tavalla tuloksena olevan muutoksen arvioimiseksi keskimääräisen jäähdytinaineen lämpötilan erossa. Tällaista arvioimista noudattaen, säätö toimii lähtien erosta keskimääräisissä jäähdytinaineen silmukan lämpötiloissa, aikaansaaden suhteellisen hitaan jatkuvan muutoksen kunnes keskimääräiset jäähdytyssilmukan lämpötilat ovat palautuneet yhtä suuriksi.

Kuviossa 2 on tämä periaate esitetty sovellettuna sellaisiin rajuihin jäähdytinaineen virtauksen muutoksiin, joita voi esiintyä jäähdytyspumpun särkyessä silmukassa A tai B. Jokainen muutos jäähdytinaineen virtauksessa toisessa silmukassa verrattuna jäähdytinaineen virtaukseen toisessa silmukassa aikaansaa vastaavan muutoksen syöttöveden virtauksessa höyrynkehittämiin, ennakoiden muutoksen keskimääräisissä jäähdytinaineen lämpötiloissa, mikä aiheutuisi tällaisista muutoksista suhteellisissa jäähdytinaineen silmukoiden virtauksissa.

Toimigeneraattori 96 aikaansaa ulostulosignaalin, joka vastaa jäähdytinaineen virtausta silmukan A läpi määritettynä virtauksen lähettimellä 97. Toimigeneraattori 98 aikaansaa ulostulosignaalin, joka vastaa jäähdytinaineen virtausta silmukan läpi määritettynä virtauslähettimellä 99. Näitä kahta ulostulosignaalia verrataan eroyksikössä 100 ja sen ulostulosignaali menee summayksikköön 92. Jäähdytinaineen virtauksen laskiessa silmukassa A, mikä voi aiheutua esimerkiksi jäähdytinpumpun 7 joutumisesta epäkuntoon, toimii säätö vähentäen syöttöveden virtausta suhteellisesti höyrynkehittäimeen 3 ja lisää suhteellisesti syöttöveden virtausta höyrynkehittäimeen 4 sekä päin vastoin. Tämän jälkeen säätö modifioi keskimääräisten silmukan lämpötilojen perusteella muutoksen suhteellisissa syöttöveden virtausmäärissä jatkuvasti siksi kunnes keskimääräiset silmukan lämpötilat ovat samat.

Tämä periaate on edelleen esitetty kuviossa 2 sovellettuna ennakoituihin eroihin keskimääräisissä silmukoiden jäähdytinaineen lämpötiloissa, jotka aiheutuvat muutoksista suhteellisissa syöttöveden lämpötiloissa höyrynkehittämiin 3 ja 4, jotka johtuvat esimerkiksi syöttöveden kuumentimen 29 poiskytkemisestä.

Odotettu tulos tulee olemaan reaktoriin 1 höyrynkehittäimestä 3 tulevat jäähdytinaineen lämpötilan laskeminen ja täten silmukan A keskimääräisen lämpötilan laskeminen ja täten silmukan A keskimääräisen lämpötilan laskeminen. Keksintö ennakoi tämän muutoksen tekemällä välittömän muutoksen syöttöveden virtaukseen höyrynkehittämiin. Esisäätötoiminta eroyksiköstä 101, joka vaikuttaa summayksikössä 92 kertomayksikköön 93, lisää syöttöveden virtausta höyrynkehittäimeen 4 ja alentaa syöttöveden virtausta höyrynkehittäimeen 3.

Yksinkertaisuuden vuoksi on piirroksista ja selityksestä jätetty pois yksityiskohtia, joilla ei ole merkitystä keksinnölle ja jotka ovat yleisesti käytettyjä. Niinpä esimerkiksi kuviossa 1 höyrynkehittimet 3 ja 4 voisivat olla varustettuja monilla rinnakkaisilla putkilla, kuten tavallisesti käytetään läpivirtaushöyrynkehittimissä. Samalla tavalla säätösauvojen 102 käyttö ja ydintehon lähetin 48 ovat esitetyt lohkokaavioina siksi, että säätösystemiin voidaan käyttää mitä tahansa lukuisista saatavilla olevista laitteista ydintehon säätämiseksi ja tehon mitaamiseksi. Edelleen tavalliset ja yleisesti tunnetut suojausysteemit ja rajoittavat säädöt, joita käytetään ydinvoimalaitoksissa, voisivat olla esitettyinä. Koska tällaiset systeemit ja säädöt eivät muodosta minkäänlaista osaa keksinnöstä, on ne jätetty pois piirroksista ja selityksestä.

On selvää, että esitetty säätösystemi on esitetty vain esimerkin luontoisena ja että siitä voidaan tehdä lukuisia muutoksia keksinnön puitteissa, joka on määritelty oheisissa patenttivaatimuksissa.

Patenttivaatimukset:

1. Säätösystemi ydinvoimaa tuottavaa yksikköä varten, joka yksikkö koostuu painevesijäähdytetystä reaktorista (1); läpivirtaushöyrynkehittimestä (3, 4), joka on varustettu syöttöveden johtolaitteilla (27, 28), turbiinigeneraattorista (15), johon johdetaan höyry höyrynkehittimestä (3, 4) sekä laitteista (A, 7, 8, B, 9, 10), jotka ylläpitävät jäähdytysaineen virtausta reaktorin (1) ja höyrynkehittimen (3, 4) läpi, joka säätösystemi koostuu laitteista (33), jotka aikaansaavat myötäsäätösignaalin, joka on suhteessa haluttuun tehonkehitysyksikön tehonkehitykseen, toisesta laitteista (63), jotka säätävät reaktorin lämmönkehitystä, t u n n e t t u siitä, että säätösystemissä on kolmannet laitteet (75, 76), jotka säätävät syöttöveden virtausta höyrynkehittimeen (3, 4), ja että mainitut toiset (63) ja kolmannet laitteet (75, 76) reagoivat yksinomaisesti mainittuun myötäsäätösignaaliin ja toimivat rinnakkain tämän alaisina, jolloin reaktorin (1) lämmönkehitys sekä syöttöveden virtausmäärä höyrynkehittimeen (3, 4)

pidetään kumpikin erillisessä toiminnallisessa suhteessa mainittuun myötäsäätösignaaliin.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen kuuluu edelleen neljännet laitteet (19) höyryn virtauksen säätämiseksi höyrynkehittimestä (3, 4) turbiiniin (12), jolloin mainitut neljännet laitteet (19) reagoivat yksinomaan mainittuun myötäsäätösignaaliin ja toimivat rinnan mainittujen toisten (63) ja kolmansien (75, 76) laitteiden kanssa mainitun säätösignaalin alaisina.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu toimigeneraattori (63A), joka reagoi mainittuun myötäsäätösignaaliin, ja joka aikaansaa modifioidun myötäsäätösignaalin, jolloin mainitut toiset laitteet (63) reagoivat mainittuun modifioituun myötäsäätösignaaliin.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet (60), jotka modifioivat mainittujen toisten laitteiden (63) vastauksen mainitulle myötäsäätösignaalille suhteessa aikaintegraaliin, joka on saatu halutun ja hetkellisen tehonkehitysyksikön tehonkehityksen välisestä erosta.

5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet (66), jotka modifioivat mainittujen toisten, kolmansien ja neljänsien laitteiden erillisen vastauksen suhteessa muutoksiin monissa mainitun tehonkehitysyksikön muuttujissa.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen kuuluu lisäksi laitteet (91), jotka modifioivat mainittujen kolmansien laitteiden vastauksen mainitulle myötäsäätösignaalille suhteessa aikaintegraaliin reaktoriin menevän ja sieltä tulevan jäähdytysaineen lämpötilojen keskiarvon poikkeamsta^{a/} asetusravosta.

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet, jotka modifioivat mainittujen kolmansien laitteiden vastauksen vastaten lämpötilojen keskiarvon poikkeamaa siinä jäähdytysaineessa, joka menee reaktoriin ja poistuu siitä, asetusravosta suhteessa eroon halutun ja hetkellisen tehonkehityksen välillä tehonkehitysyksikössä.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen kuuluu edelleen laitteet, jotka modifioivat mainittujen kolmansien laitteiden vastauksen mainitulle myötäsäätösignaalille toiminnallisessa suhteessa muutoksiin jäähdytysaineen virtauksessa höyrynkehittimen (3, 4) läpi.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet, jotka modifioivat mainittujen kolmansien laitteiden vastauksen mainitulle myötäsäätösignaalille suhteessa muutoksiin syöttöveden lämpötilassa, joka tulee höyrynkehittimeen (3, 4).

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että ydinvoimaa kehittävään yksikköön kuuluu toinen läpivirtaushöyrynkehitin (4), joka on varustettu syöttöveden johdolla laitteilla (28), ja joka antaa höyryä turbiinigeneraatorille (15), sekä laitteet (B, 9, 10), jotka huolehtivat jäähdytysaineen virtauksesta reaktorin (1) läpi sekä mainitun toisen höyrynkehittimen (4) läpi, jolloin yhdistelmään kuuluu edelleen laitteet, jotka huolehtivat syöttöveden kokonaisvirtauksesta mainituille kehittimille (3, 4) erillisessä toiminnallisessa suhteessa mainittuun myötäsäätösignaaliin.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden virtauksen suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynkehittimiin (3, 4) huomioiden eron keskimmaisissa lämpötiloissa jäähdytysaineessa, joka tulee ensin mainittuun höyrynkehittimeen (3) sekä mainittuun toiseen höyrynkehittimeen (4), ja poistuu niistä.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynkehittimiin (3, 4) huomioiden aikaintegraali, joka saadaan erosta mainituissa keskimääräisissä lämpötiloissa.

13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden virtauksen suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynkehittimiin (3, 4) ottaen huomioon muutokset jäähdytinaineen virtauksen suhteellisissa määrissä höyrynkehittimien (3, 4) läpi.

14. Patenttivaatimuksen 10 mukainen säätösystemi, t u n n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden virtauksen suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynkehittimiin (3, 4) ottaen huomioon muutokset jäähdytinaineen virtauksen suhteellisissa määrissä höyrynkehittimien (3, 4) läpi.

n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynrkehittimiin (3, 4) suhteessa eroon syöttöveden lämpötiloissa, joka on johdettu höyrynrkehittimiin (3, 4).

15. Patenttivaatimuksen 10 mukainen säätösystemi, t u n - n e t t u siitä, että siihen edelleen kuuluu laitteet syöttöveden suhteellisten määrien säätämiseksi höyrynrkehittimiin (3, 4) huomioonottaen eron algebrallinen summa keskimääräisissä lämpötiloissa jäähdytysaineessa, joka tulee höyrynrkehittimiin (3, 4) ja poistuu niistä, jäähdytinaineen suhteelliset määrät höyrynrkehittimien (3, 4) läpi sekä ero syöttöveden lämpötilassa, joka johdetaan höyrynrkehittimiin (3, 4).

Patentkrav:

1. Styrssystem för en kärnkraftproducerande enhet, vilken enhet består av en tryckvattenkyld reaktor (1); en genomströmningsånggenerator (3, 4), vilken är försedd med en tillförselanordning (27, 28) för matarvatten, en turbingenerator (15), till vilken leds ånga från ånggeneratoren (3, 4) samt anordningar (A, 7, 8, B, 9, 10), vilka upprätthåller ett flöde av kylmedium genom reaktorn (1) och ånggeneratoren (3, 4), vilket styrssystem omfattar anordningar (33), vilka åstadkommer en framstyrsignal, som är proportionell med det önskade effektuttaget ur den kraftproducerande enheten, en andra anordning (63), som reglerar reaktorns (1) värmeutveckling, k ä n n e t e c k n a t därav, att styrsystemet uppvisar en tredje anordning (75, 76), vilken reglerar matarvattenflödet till ånggeneratoren (3, 4), och att nämnda andra och tredje anordningar (75, 76) reagerar endast för nämnda framstyrsignal samt fungerar parallellt under inverkan av denna, varvid reaktorns (1) värmeutveckling samt matarvattnets flödesmängd till ånggeneratoren (3, 4) hålls vardera i ett skilt funktionellt förhållande till nämnda framstyrsignal.

2. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det uppvisar vidare en fjärde anordning (19) för reglering av ångflödet från ånggeneratoren (3, 4) till turbinen (12), varvid nämnda fjärde anordning (19) reagerar endast för nämnda

framstyrsignal och fungerar parallellt med nämnda andra (63) och tredje (75, 76) anordningar under inverkan av nämnda styrsignal.

3. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det uppvisar ännu en funktionsgenerator (63A), vilken reagerar för nämnda framstyrsignal och vilken åstadkommer en modifierad framstyrsignal, varvid nämnda andra anordning (63) reagerar för nämnda modifierade framstyrsignal.

4. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det ännu uppvisar en anordning (60), som modifierar nämnda andra anordnings (63) svar på nämnda framstyrsignal i förhållande till tidsintegralen av differensen mellan det önskade och det verkliga effektuttaget ur den kraftproducerande enheten.

5. Styrssystem enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning (66), som modifierar nämnda andra, tredje och fjärde anordningars skilda svar i proportion till ändringar i storleken av ett flertal parametrar i nämnda kraftproducerande enhet.

6. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning (91) som modifierar nämnda tredje anordnings svar på nämnda framstyrsignal i proportion till tidsintegralen av avvikelsen av medeltalet av det i reaktorn införda och det därifrån utkommande kylmediets temperaturer från ställvärdet.

7. Styrssystem enligt patentkravet 6, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning, vilken modifierar nämnda tredje anordnings svar motsvarande avvikelsen av medeltalet av det i reaktorn införda och det därifrån utkommande kylmediets temperaturer från ställvärdet i proportion till differensen mellan det önskade och det verkliga effektuttaget från den kraftproducerande enheten.

8. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning, som modifierar nämnda tredje anordnings svar på nämnda framstyrsignal i funktionellt förhållande till förändringar i kylmediets flöde genom ånggeneratoren (3, 4).

9. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning, vilken modifierar

nämnda tredje anordnings svar på nämnda framstyrssignal i proportion till förändringar i temperaturen av matarvattnet som kommer in i ånggeneratorn (3, 4).

10. Styrssystem enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att den kärnkraftproducerande enheten uppvisar en andra genomströmningsånggenerator (4), vilken är försedd med en tillförselanordning (28) för matarvatten och vilken tillför ånga till turbingeneratorn (15), samt en anordning (8, 9, 10), vilken upprätthåller ett kylmedelsflöde genom reaktorn (1) samt genom nämnda andra ånggenerator (4), varvid kombinationen vidare uppvisar en anordning för att upprätthålla det totala flödet av matarvatten till nämnda generatorer (3, 4) i skilt funktionellt förhållande till nämnda framstyrssignal.

11. Styrssystem enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning för reglering av matarvattenflödets relativa hastigheter till ånggeneratorerna (3, 4) i enlighet med differensen i medeltemperaturer av kylmediet som införs i och utgår från förstnämnda ånggenerator (3) samt nämnda andra ånggenerator (4).

12. Styrssystem enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar anordningar för reglering av relativa mängderna matarvatten till ånggeneratorerna (3, 4) i enlighet med tidsintegralen av differensen i nämnda medeltemperaturer.

13. Styrssystem enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning för reglering av relativa mängderna matarvatten till ånggeneratorerna (3, 4) i enlighet med ändringar i kylmediets relativa hastigheter genom ånggeneratorerna (3, 4).

14. Styrssystem enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning för reglering av relativa mängderna matarvatten till ånggeneratorerna (3, 4) i proportion till differensen i matarvattnets temperaturer som har tillförts ånggeneratorerna (3, 4).

15. Styrssystem enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k n a t därav, att det dessutom uppvisar en anordning för reglering av relativa mängderna matarvatten till ånggeneratorerna (3,

4) i enlighet med den algebraiska summan av differensen i medeltalet av temperaturerna av kylmediet som införs i och utgår från ånggeneratorerna (3, 4), relativa mängderna kylmedium genom ånggeneratorerna (3, 4) och skillnaden i temperatur av matarvattnet som tillförs ånggeneratorerna (3, 4).

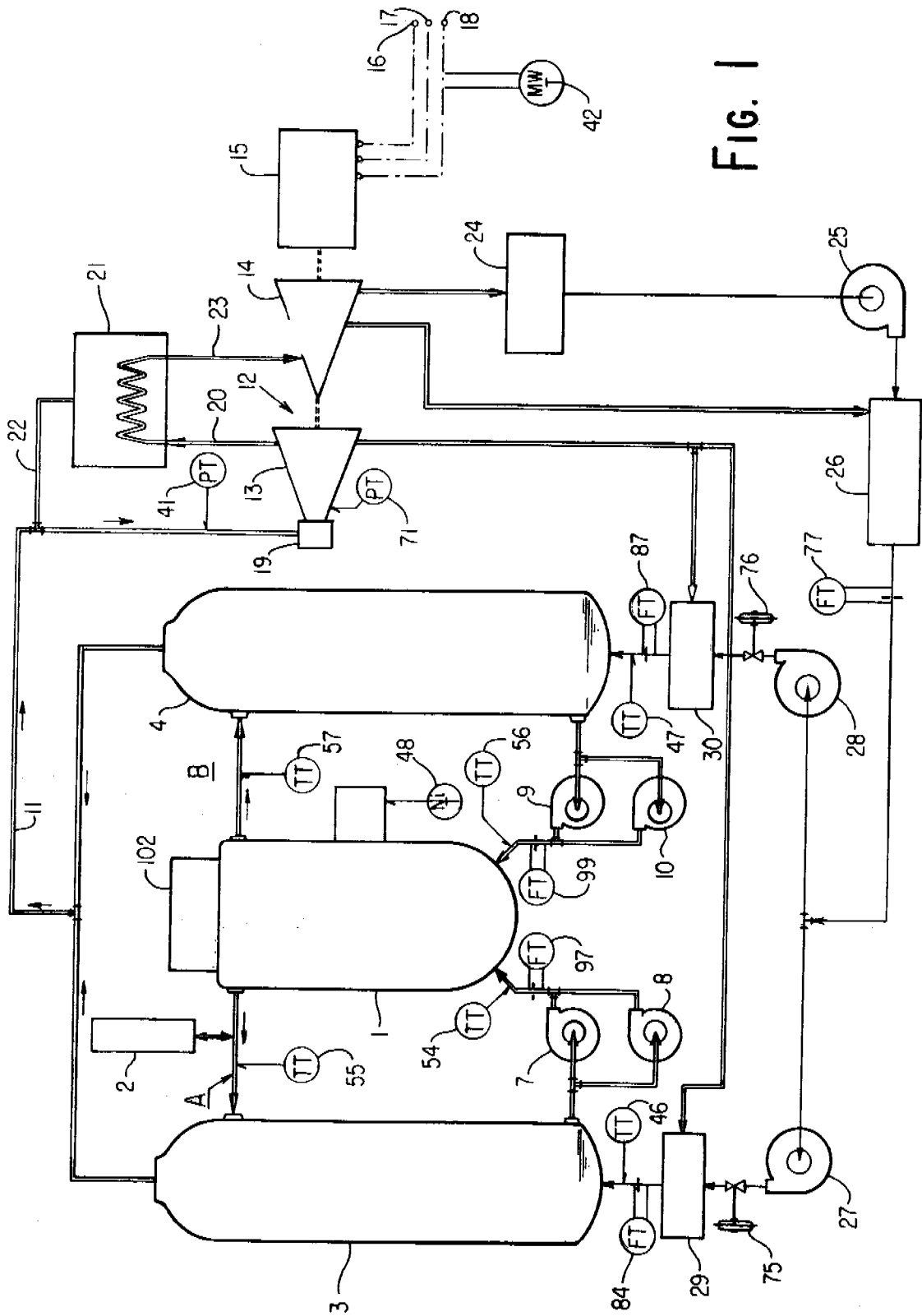


FIG. 1

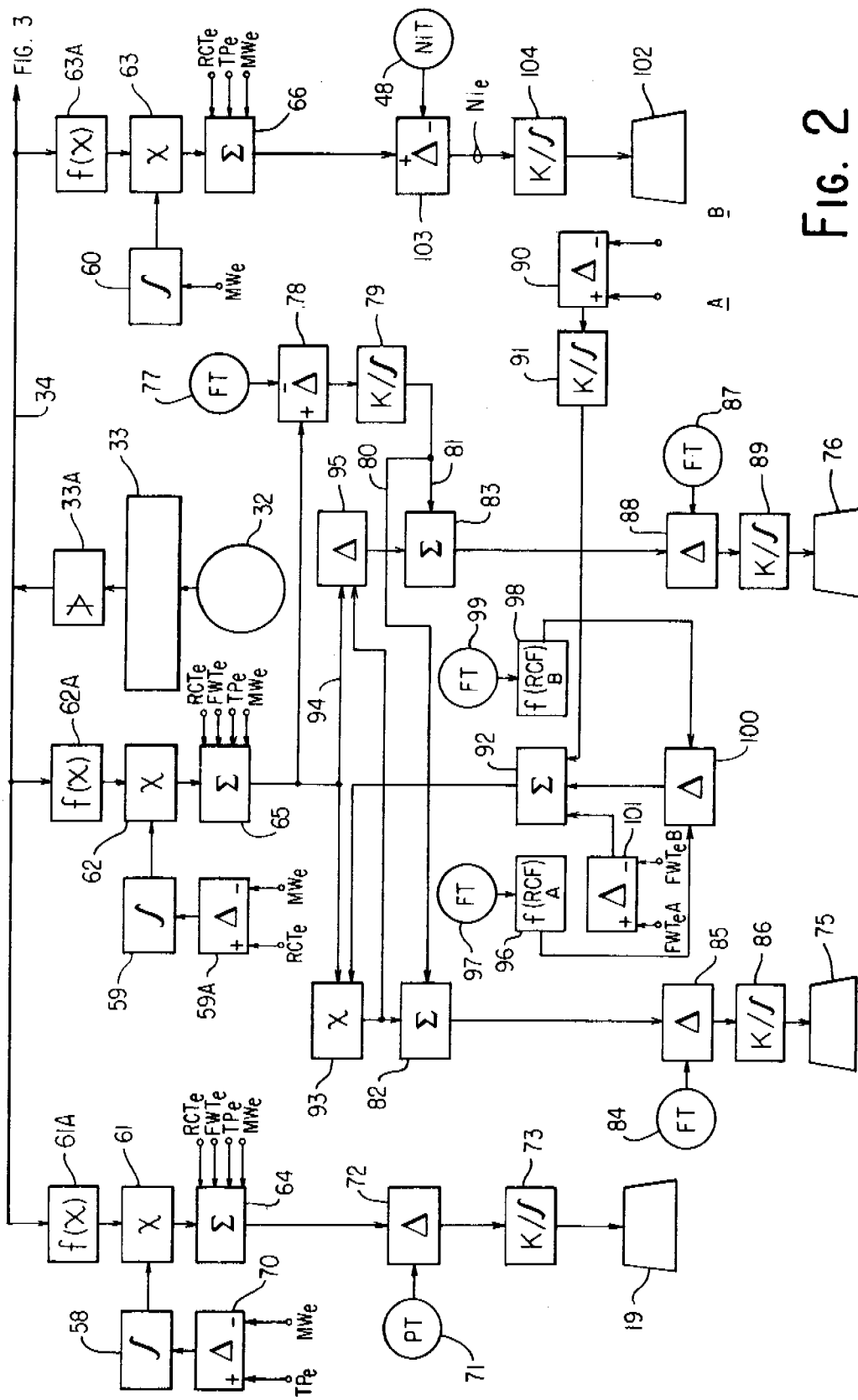


FIG. 2

FIG. 2

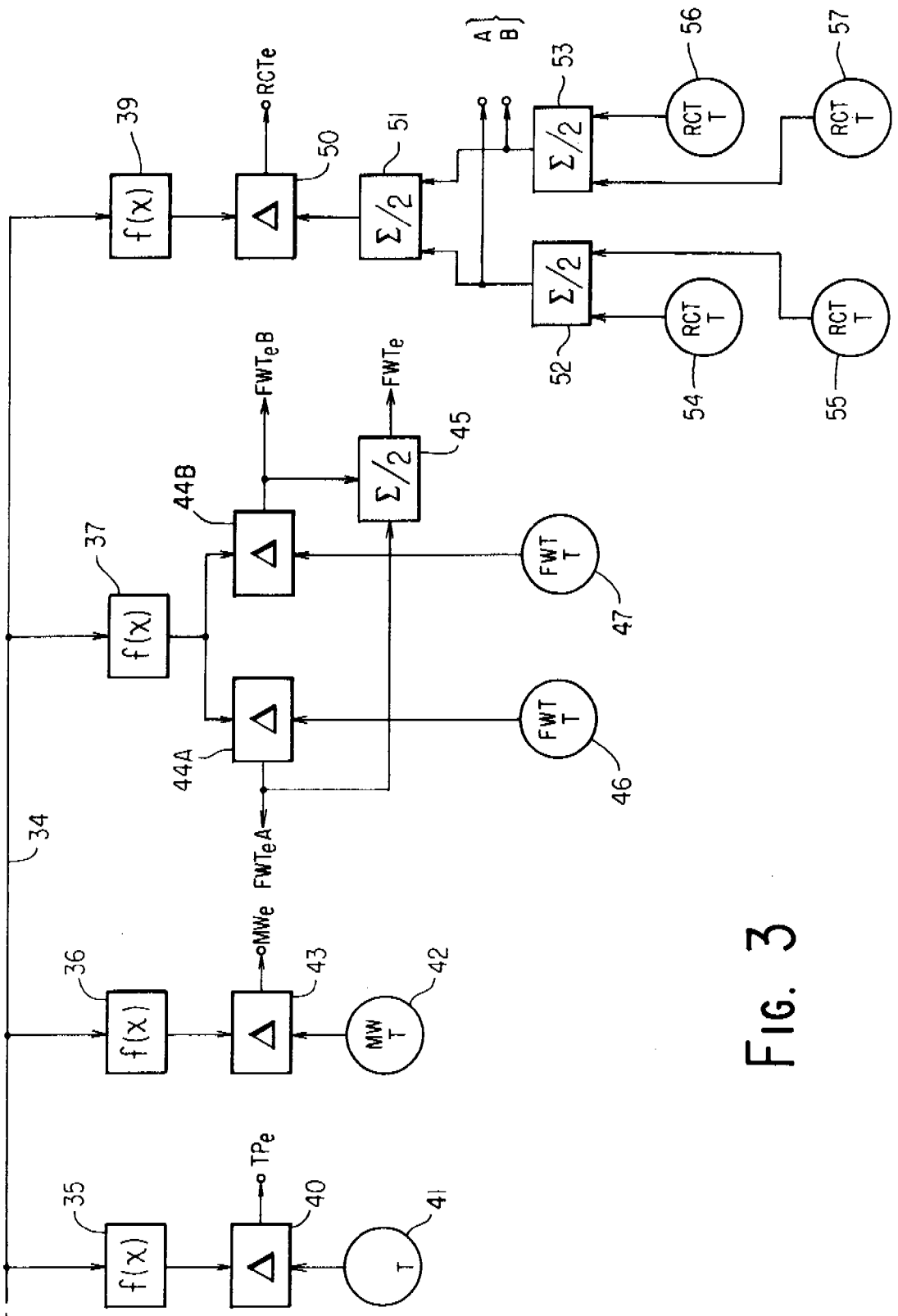


FIG. 3

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökninga.

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,
utläggnings- och patentskrifter:

FI _____

CH _____

DE _____

DK _____

FR _____

GB P 1149 062 (G 21 C 7/36)

NO _____

SE _____

US P 3 778 347 (G 21 C 7/36)

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

EP _____

WO _____

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

Henrik Ogerman

Allekirjoitus