

(19)



(10) **LT 2016 016 A**

(12) **PARAIŠKOS APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2016 016** (51) Int. Cl. (2016.01): **G21C 15/00**

(22) Paraiškos padavimo data: **2016-02-05**

(41) Paraiškos paskelbimo data: **2016-08-10**

(62) Paraiškos, iš kurios dokumentas išskirtas, numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos numeris: —

(86) Tarptautinės paraiškos padavimo data: —

(85) Nacionalinio PCT lygio procedūros pradžios data: —

(30) Prioritetas: **JP 2015-022207, 2015-02-06, JP**

(71) Pareiškėjas:

**Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., 1-1, Saiwai-cho 3-chome, Hitachi-shi, Ibaraki
317-0073, JP**

(72) Išradėjas:

**Yasunori NAGATA, JP
Tomohiro NAKAMURA, JP
Masayoshi MATSUURA, JP
Kazuaki KITO, JP
Yoshihiko ISHII, JP**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:

**Liudmila GERASIMOVICH, IĮ „Liudmila Gerasimovič, Patentinis patikėtinis“,
Vingrių g. 13-42, LT-01141 Vilnius, LT**

(54) Pavadinimas:

Branduolinės jėgainės aktyviosios zonos avarinio aušinimo sistema

(57) Referatas:

Įrenginio tikslas sukurti reaktorių, kuriame galimas reaktoriaus aktyviosios zonos šaltasis sustabdymas kiekviena paviene sistema aktyviosios zonos avarinės aušinimo sistemos (AZAAS) konfigūracijoje, įskaitant reaktoriaus aktyviosios zonos izoliavimo aušinimo sistemą (RAZIAS). Branduolinės jėgainės AZAAS sistemoje, įskaitant kai AZAAS suskirstytą mažiausiai į tris sekcijas, kur pirmoji AZAAS sekcija apima RAZIAS, turinčią turbinos varomą aukšto slėgio įpurškimo siurblį, žemo slėgio užliejimo sistemą ŽSUS, turinčią variklio varomą žemo slėgio įpurškimo siurblį, ir avarinį energijos šaltinį, kur RAZIAS tiekia vandenį į reaktoriaus slėgiminį indą (RSI) pirmuoju vamzdžiu ir pirmuoju maitinimo vandens vamzdžiu, o ŽSUS tiekia vandenį į RSI antruoju vamzdžiu ir antruoju maitinimo vandens vamzdžiu, ir yra automatinė slėgio mažinimo sistema (ASMS), naudojama kartu su AZAAS, suskirstyta į tris sekcijas. AZAAS be to turi įtrūkimų detektorius, aptinkantį įtrūkimus pirmajame maitinimo vandens vamzdyje arba antrajame maitinimo vandens vamzdyje, ir yra pirmasis vožtuvas, numatytas antrame ŽSUS vamzdyje, ir jungiančioji linija, sujungianti pirmąjį vamzdį ir antrąjį vamzdį per antrąjį vožtuvą, esantį prieš srovę nuo pirmojo vožtuvo, kur įtrūkimų detektorius aptinka įtrūkimus antrajame maitinimo vandens vamzdyje ir valdo pirmąjį vožtuvą ir antrąjį vožtuvą vandeniui tiekti į RSI iš ŽSUS per jungiančiąją liniją ir pirmąjį maitinimo vandens vamzdį.

BRANDUOLINĖS JĖGAINĖS AKTYVIOSIOS ZONOS AVARINIO AUŠINIMO SISTEMA

Technikos sritis

Šis išradimas susijęs su branduolinės jėgainės aktyviosios zonos avarinio aušinimo sistema (AZAAS), įskaitant atsargines įpurškimo sistemas, skirtas reaktoriaus aušalo įpurškimui į reaktoriaus slėgiminius indus (RSI) reaktoriaus šaltam sustabdymui.

Technikos lygis

Įvykiai branduolinėje jėgainėje, į kuriuos atsižvelgtina, vertinant konstrukcijos tinkamumą, yra apibrėžiami saugos užtikrinimo tikslais ir vienas jų yra aušalo praradimo avarija (APA).

APA yra toks įvykis, kurio metu išteka reaktoriaus aušalas ir aušinimo geba reaktoriaus aktyviojoje zonoje veikiant reaktoriui sumažėja dėl vamzdžių, kurie sudaro reaktoriaus aušalo slėgiminį barjerą, arba avarinio įrengimų pažeidimo, įtrūkimo ar panašiai. Čia reaktoriaus aušalo slėgiminis barjeras atitinka priemones, esančias tomis pačiomis slėgio sąlygomis, kaip ir reaktorius, sulaikant reaktoriaus aušalą reaktoriui normaliai veikiant ir suformuojant slėgiminį barjerą, atsiradus kritinėms sąlygoms reaktoriui veikiant trumpalaikių anomalijų procesų metu arba avarijų metu, ir, jeigu ši priemonė nesuveikia, gali įvykti APA.

Reaktoriaus įrengimų saugai užtikrinti reaktorius yra saugiai stabdomas, reaktoriaus aktyvioji zona yra aušinama, įpurškiant aušalą į reaktoriaus RSI, siekiant sulaikyti radioaktyvias medžiagas pirminio apsauginio gaubto (PAG) ribose.

Anksčiau paminėtuose procesuose reaktoriaus aktyviosios zonos aušinimas vykdomas naudojant AZAAS. AZAAS yra suprojektuota kuro elemento apvalkalo vamzdžių pažeidimams išvengti, PAG vientisumui užtikrinti ir susidariusiai per ilgesnį laiko tarpą reaktoriaus likutinei šilumai pašalinti, aušinant reaktoriaus aktyviąją zoną APA atveju. Be to, AZAAS konstrukcijoje yra garantuojama saugos funkcija atskiro aktyvaus komponento sutrikimo atveju ir numatomas avarinio dyzelinio generatoriaus (ADG) įrengimas, darant prielaidą, kad gali būti prarastas tiek vietinis, tiek ir išorinis energijos šaltiniai, o taip pat numatant funkcijų ir sistemų dubliavimą arba autonomiškumą. Čia pavienis sutrikimas reiškia, jog prarandama atskiro komponento saugos funkcija dėl pavienio veiksnio, įskaitant daugybinius sutrikimus, kilusius dėl nuo jo priklausomų veiksnių.

Pažangiajame verdančio vandens reaktoriuje (ABWR) AZAAS apima aukšto slėgio reaktoriaus aktyviosios zonos užliejimo sistemą (ASAZUS) ir reaktoriaus aktyviosios zonos izoliavimo aušinimo sistemą (RAZIAS), kuri leidžia įpurkšti reaktoriaus aušalą net ir tada, kai RSI yra aukšto slėgio būsenoje; žemo slėgio užliejimo sistemą (ŽSUS), kuria įpurškiamas reaktoriaus aušalas, kai RSI viduje yra žemas slėgis; ir automatinę slėgio mažinimo sistemą (ASMS), kuri automatiškai sumažina slėgį RSI.

Fig. 2 yra duota šiuolaikinio ABWR reaktoriaus AZAAS 1 sistemos schema. Brėžinyje ABWR reaktorių struktūra yra tokia kaip toliau aprašyta.

Pozicija „3“ Fig. 2 pažymėtas PAG, „2“ yra RSI, saugantis reaktoriaus aktyviąją zoną 4. Slėgio mažinimo kameroje SMK 19 PAG 3 apačioje yra padarytas slėgio mažinimo baseinas (SMB) 11 aušinimo vandeniui laikyti. Pozicija „20“ žymi sausą šachtą, atitinkančią kitokią nei SMK 19 dalį PAG 3 viduje. Pozicija „12“ žymi maitinimo vandens vamzdį, kuriuo tiekiamas vanduo į RSI 2 neparodytu vandens į reaktorių tiekimo siurbliu. Maitinimo vandens vamzdis apima dvi sistemas, 12A ir 12B. RSI 2 viduje susidaręs garas paduodamas į neparodytą garo turbiną pagrindiniu garo vamzdžiu 18.

Fig. 2 parodyta AZAAS 1 yra suskirstyta į 1A, 1B ir 1C sekcijas, tiekiančias aušinimo vandenį, laikomą SMB 11 į RSI 2 aušinimo siurbliais 5, 6 ir 7, įrengtais šiose sekcijose, tuo būdu aušinant reaktoriaus aktyviąją zoną 4.

Šiuolaikinių ABWR reaktorių AZAAS 1 apima tris ŽSUS sistemas (ŽSUS (A), ŽSUS (B) ir ŽSUS (C)) su ŽSUS siurbliais 5 (5A, 5B ir 5C), kuriuos varo varikliai 8, čia yra dvi ASAZUS (ASAZUS (B) ir ASAZUS (C)) sistemos su ASAZUS siurbliais 6 (6B ir 6C), kuriuos varo varikliai 8, viena RAZIAS sistema su RAZIAS siurbliu 7, varomu garo turbinos 9, ir ASMS.

Minėtos aušinimo sistemos yra atskirai taip įrengtos, kad atitiktų 1A, 1B ir 1C sekcijas. ŽSUS (A) ir RAZIAS įrengti 1A sekcijoje, ŽSUS (B) ir ASAZUS (B) įrengti (B) sekcijoje, o ŽSUS (C) ir ASAZUS (C) yra įrengti (C) sekcijoje.

AZAAS 1 gauna maitinimo energiją iš trijų ADG (8A, 8B ir 8C) kaip avarinių energijos šaltinių, taip kad užtikrintų saugos funkciją net ir tuo atveju, jeigu nutrūktų išorinis energijos tiekimas ir įvyktų pavienis sistemos komponento gedimas. Atitinkamai sistema yra sudaryta iš trijų sekcijų, kurių 1A sekcijoje yra ŽSUS (A) sistema, viena RAZIAS sistema ir vienas

ADG 8A; 1B sekcijoje yra viena ŽSUS (B), viena ASAZUS (B) ir vienas ADG 8B, o 1C sekcijoje yra viena ŽSUS (C), viena ASAZUS (C) ir vienas ADG 8C.

ŽSUS įpurškimo sistemų konfigūracijoje atitinka vieną iš darbo režimų likutinės šilumos pašalinimo sistemoje (LŠPS), kur sistema siurbia vandenį iš baseino SMB 11 ir šį vandenį išpurškia RSI aktyviosios zonos gaubto išorėje. ŽSUS apima tris nepriklausomas sistemas (ŽSUS (A), ŽSUS (B) ir ŽSUS (C)), išdėstytas trijose sekcijose: ŽSUS (A) 1A sekcijoje naudoja maitinimo vandens vamzdį 12A kaip įpurškimo liniją pro valdomą vožtuvą 24, o ŽSUS įpurškimo vamzdžiai 13 ir 14 naudojami kaip įpurškimo vamzdžiai likusiose 1B ir 1C sekcijose.

ASAZUS yra sistema, siurbianti vandenį, kuri pirmiausia pasiima vandenį iš kondensato laikymo rezervuaro (KLR) 15 kaip pirmojo vandens šaltinio, ir paskui iš SMB 11 kaip antrojo vandens šaltinio, įpurškiant vandenį RSI 2 aktyviosios zonos kevalo viduje, turėdama dvi nepriklausomas sistemas. ASAZUS įpurškimo vamzdžiai 16,17 yra naudojami kaip įpurškimo linijos sistemos 1B ir 1C sekcijose.

RAZIAS pirmiausiai siurbia vandenį iš KLR 15 ir galiausiai - iš SMB 11, išpurškiant vandenį aktyvios zonos kevalo išorėje. Maitinimo vandens vamzdis 12B sistemoje yra naudojamas kaip įpurškimo linija.

ASMS yra sistema, išleidžianti garą RSI 2 viduje į SMK 19, sumažindama slėgį RSI 2 viduje iki tokio slėgio, kuriam esant įpurškimas gali būti atliktas ŽSUS, papildomai aušindamas reaktoriaus aktyviąją zoną. Garas yra išleidžiamas į SMK 19 pro apsauginį vožtuvą AV 27, numatytą, pavyzdžiui, prie pagrindinio garo vamzdžio 18 dalies.

Darant labiausiai nepalankią prielaidą dėl AZAAS 1 egzistuojančiuose ABWR reaktoriuose yra numatytinas vietinio energijos šaltinio ir išorinio energijos šaltinio praradimas, o taip pat režimas, kai AZAAS sekcijos 1B arba 1C dėl kokių nors priežasčių neveikia ir laikoma, kad kuriame nors iš likusių įpurškimo vamzdžių 16 arba 17 ASAZUS sistemoje yra pažeidimų. Tokiu atveju paleidžiamas RAZIAS siurblys 7 ir reaktoriaus aušalas yra įpurškiamas į RSI 2 vidų su aukštu slėgiu, tokiu būdu švelninant reaktoriaus vandens lygio kritimą. Po to suveikia ASMS ir atsidaro AV 27, kuriuo sumažinamas slėgis RSI 2 viduje, ir tada purškiama su ŽSUS.

Be padarytos labiausiai nepalankios prielaidos dėl AZAAS 1 šiuolaikiniuose ABWR reaktoriuose gali būti įsivaizduojama situacija, kai dėl kokių nors priežasčių papildomai neveikia dar viena sekcija. Šiuo atveju kaip nauja kritiškiausia prielaida svarstoma, kad

prarastas tiek vietinis energijos šaltinis, tiek ir išorinis energijos šaltinis; ir kad dėl kokių nors priežasčių neveikia AZAAS 1B ir 1C sekcijos, ir papildomai 1A sekcijoje pažeistas ŽSUS (A) įpurškimo vamzdis 12A.

Kitaip tariant, daroma prielaida, kad yra situacija, pavaizduota Fig. 3 ir Fig. 4 brėžiniuose. AZAAS (1) sistemos komponentų funkcijos parodytos Fig. 3, paskirstant funkcijas per atitinkamas sekcijas. RAZIAS siurblys 7 ir ŽSUS siurblys 5A bei ADG 8A yra sekcijoje 1A, ASAZUS siurblys 6B ir ŽSUS siurblys 5B bei ADG 8B yra numatyti sekcijoje 1B, o ASAZUS siurblys 6C ir ŽSUS siurblys 5C bei ADG 8C yra numatyti sekcijoje 1C. Brėžinyje matyti, kad ASMS, kuri mažina RSI slėgį automatiškai, egzistuoja nepriklausomai nuo šių sekcijų.

Nagrinėjamos situacijos aktyviosios zonos aušinimo sistemos funkcijos, užbrauktos Fig. 3 „X“ ženklu, neveikia. AZAAS konfigūracijos schema sunkesnėmis sąlygomis, nei numatoma egzistuojančiuose ABWR reaktoriuose, pavaizduota Fig. 4, kur užbraukymo ženklais „X“ papildomai pažymėtos vietos, kur atsiranda funkciniai sutrikimai. Patikimai veikia vien RAZIAS siurblys 7 ir ADG 8A sekcijoje 1A bei ASMS AV 27, kuris mažina RSI slėgį automatiškai. Nors ADG 8A galėtų veikti, aušinimo vanduo, kurį tiekia ŽSUS siurblys 5A, neprisideda prie reaktoriaus aktyviosios zonos aušinimo, kadangi pažeistas įpurškimo vamzdis 12A (maitinimo vandens vamzdis).

Aušinimas, kuriuo būtų galima pasitikėti šiomis sąlygomis, turėtų būti toks. Šiuo atveju garo turbina paleidžia RAZIAS siurbį 7, kuris įpurškia reaktoriaus aušalą į RSI 2 su aukštu slėgiu, siekiant sušvelninti vandens lygio reaktoriuje kritimą. Po to įsijungia ASMS (AV 27 atidarytas), sumažinant slėgį RSI 2 viduje, tačiau RAZIAS tokiomis sąlygomis, kai RSI 2 yra žemo slėgio būsenoje, neveikia, o kitos aušinimo sistemos, priklausančios AZAAS 1, taip pat neveikia, todėl reaktoriaus aktyviosios zonos šaltas sustabdymas sunkiai pasiekiamas.

Atsižvelgiant į išvardytas problemas, patentinėje literatūroje yra aprašyta konstrukcija, kurioje RAZIAS sekcijoje (1A) pakeista ASAZUS, kuri gali veikti žemo slėgio sąlygomis.

Nuorodų sąrašas:

Patentinė literatūra: JP-A-2009-31079

Išradimo esmė

Techninė problema

Pagal patentinėje literatūroje JP-A-2009-31079 pasiūlytą sprendimą, reaktoriaus aktyviosios zonos šaltas sustabdymas yra galimas, tačiau nei viena aušinimo sistema neveikia taip, kad galėtų įpurkšti aušinantį vandenį į reaktoriaus aktyviąją zoną jėgainės elektros maitinimo nutrūkimo (EMJN) sąlygomis. Be to, esamuose įrenginiuose būtina atlikti didelio masto šalinimo ir įrengimo darbus. Atitinkamai, yra pageidautina pasiekti reaktoriaus aktyviosios zonos šaltą sustabdymą tokiais metodais, kurių pagalba galima būtų įpurkšti aušinantį vandenį į reaktoriaus aktyviąją zoną net EMJN sąlygomis ir paprasčiau.

Atsižvelgiant į tai, kas išdėstyta, šiame išradime yra siūlomas reaktorius, kuriame galima pasiekti šaltą reaktoriaus aktyviosios zonos sustabdymą AZAAS konfigūracijos kiekvienoje pavienėje sistemoje, įskaitant RAZIAS.

Problemos sprendimas

Pagal šio išradimo įgyvendinimo variantą, siekiant išspręsti problemą, siūloma branduolinės jėgainės AZAAS, apimant AZAAS sistemas, išskirstytas bent į tris sekcijas, kur pirmoji sekcija AZAAS sistemoje turi RAZIAS su aukšto slėgio įpurškimo siurbliu, kurį varo turbinos; ŽSUS su žemo slėgio įpurškimo siurbliu, kurį varo variklis, ir avarinį energijos šaltinį, kur RAZIAS tiekia vandenį į RSI pirmuoju vamzdžiu ir pirmuoju maitinimo vandens vamzdžiu, o ŽSUS tiekia vandenį į RSI antruoju vamzdžiu ir antruoju maitinimo vandens vamzdžiu; ir ASMS, kurią kartu naudoja AZAAS, yra suskirstyta į tris sekcijas, kurios apima įtrūkimo detektorių, aptinkantį įtrūkimus pirmajame maitinimo vandens vamzdyje arba antrajame maitinimo vandens vamzdyje, ir yra numatytas pirmasis vožtuvas ŽSUS antrajame vamzdyje ir jungiamoji linija, jungianti pirmąjį vamzdį ir antrąjį vamzdį per antrąjį vožtuvą, esantį prieš srovę nuo pirmojo vožtuvo, kur įtrūkimų detektorius aptinka antrojo maitinimo vandens vamzdžio įtrūkimus ir paleidžia pirmąjį ir antrąjį vožtuvus vandeniui į RSI tiekti iš ŽSUS per jungiamąją liniją ir pirmąjį maitinimo vandens vamzdį.

Išradimo pranašumai

Pagal siūlomą išradimą galima AZAAS, kuri leidžia įpurškimo sistemoms turėti rezervą taip, kad įpurkštų reaktoriaus aušalą į RSI ir būtų pasiektas reaktoriaus aktyviosios zonos šaltas sustabdymas tokiomis sąlygomis, kai dėl kokių nors priežasčių avarinio aušinimo sistemos neveikia dviejose sekcijose iš trijų AZAAS sekcijų, o taip pat daroma prielaida, jog atsirado

įtrūkimas įpurškimo vamzdyje bet kurioje AZAAS įpurškimo sistemos vienoje sekcijoje, kurią galima naudoti.

Trumpas brėžinių aprašymas

Fig. 1 yra schema, parodanti ABWR, įskatinat AZAAS pagal šio išradimo įgyvendinimą.

Fig. 2 pateikta egzistuojančio ABWR AZAAS konfigūracijos schema.

Fig. 3 yra vaizdas, parodantis AZAAS 1 sistemos komponentų funkcijas, jas paskirstant pagal atitinkamas sekcijas.

Fig. 4 yra schema, vaizduojanti AZAAS konfigūraciją ABWR labiausiai nepalankiomis sąlygomis.

Fig. 5 yra schema, iš esmės vaizduojanti šio išradimo papildomus komponentus.

Fig. 6 atvaizduoja specialų matavimo prietaisą (slėgių skirtumo matuoklį) 22 pozicijoje, kuris skirtas įtrūkimams maitinimo vandens vamzdyje 12A aptikti.

Fig. 7 parodyta, kaip įtrūkimas F maitinimo vamzdyje 12A atsiranda Fig. 6 parodytoje konfigūracijoje.

Fig. 8 pateikta schema, vaizduojanti kriterijaus „2 iš 4“ konfigūracijos pavyzdį, pritaikytą slėgio skirtumo matuokliui, matuojant slėgių skirtumą tarp maitinimo vandens vamzdžių.

Išradimo įgyvendinimo variantų aprašymas

Toliau yra detaliau paaiškintas šio išradimo įgyvendinimas remiantis brėžiniais.

Įgyvendinimo variantas 1

Fig. 1 pateikta ABWR, apimančio AZAAS pagal šio išradimo įgyvendinimą, sisteminė schema.

Fig. 1 dalys, pažymėtos punktyrinėmis linijomis, žymi funkcinės konfigūracijos dalis, kurios pridėtos pagal šį išradimą. Trumpai tariant, jungianti linija 21, apimanti valdomą vožtuvą 23, 1A sekcijoje jungia RAZIAS vamzdį ir ŽSUS (A) vamzdį, ir valdomas vožtuvas 23 yra valdomas tokiu būdu, kad yra atidarytas, kai maitinimo vandens vamzdyje 12A aptinkamas įtrūkimas, pavyzdžiui, tarp vamzdžių atsiranda tam tikro nustatyto dydžio arba didesnis slėgių skirtumas.

Pagal nurodytą konfigūraciją, garo turbina 9 paleidžia RAZIAS siurblių 7, kuris įpurškia reaktoriaus aušalą su aukštu slėgiu į RSI 2, kad sušvelnintų reaktoriaus vandens lygio kritimą. Po to suveikia ASMS (AV 27 atidarytas) slėgiui RSI 2 viduje sumažinti. Be to, kai aptinkamas įtrūkimas maitinimo vandens vamzdyje 12A (pavyzdžiui, atsiranda tam tikro

nustatyto dydžio arba didesnis slėgių skirtumas tarp vamzdžių) atidaromas valdomas vožtuvas 23 ir ADG 8A varomas ŽSUS siurblys 5A gali būti paleistas įpurškiant vandenį į reaktoriaus aktyviąją zoną per ŽSUS (A), jungiančią liniją 21 ir maitinimo vandens vamzdį 12B.

Aprašytos konfigūracijos įgyvendinimo variantas 1 pagal šį išradimą, naudojamas kaip aprašyta anksčiau, toliau bus paaiškintas detaliau.

Pagal šį įgyvendinimo variantą, ABWR reaktoriaus pagrindiniai AZAAS komponentai yra tie patys, kurie parodyti Fig. 2. AZAAS 1 apima tris ŽSUS sistemas (ŽSUS (A), ŽSUS (B) ir ŽSUS (C)), turinčias ŽSUS siurblius 5 (5A, 5B ir 5C), varomus ADG 8; dvi ASAZUS sistemas (ASAZUS (B) ir ASAZUS (C)), turinčias ASAZUS siurblius 6 (6B, 6C), varomus ADG 8, vieną RAZIAS sistemą su RAZIAS siurbliu 7, varomu garo turbinos 9, ir ASMS.

Šios aušinimo sistemos yra įrengtos atskirai taip, kad atitiktų sekciją 1A, sekciją 1B ir sekciją 1C. ŽSUS (A) ir RAZIAS yra įrengtos sekcijoje 1A; ŽSUS (B) ir ASAZUS (B) yra įrengtos sekcijoje (B), ir ŽSUS (C) ir ASAZUS (C) yra įrengtos sekcijoje (C).

AZAAS 1 gauna maitinimą iš trijų ADG sistemų (8A, 8B ir 8C) kaip avarinių energijos šaltinių sistemų, kad užtikrintų saugos funkciją, net jeigu nutrūktų energijos tiekimas iš išorinio energijos šaltinio ir tuo atveju, jei įvyktų sistemoje esančio komponento pavienis gedimas. Atitinkamai, sistema yra konfigūruota su trimis sekcijomis, kur 1A sekcija apima vieną ŽSUS (A) sistemą, vieną RAZIAS sistemą ir vieną ADG 8A, 1B sekcija apima vieną ŽSUS (B), vieną ASAZUS (B) sistemą ir vieną ADG 8B, ir 1C sekcija apima vieną ŽSUS (C) sistemą, vieną ASAZUS (C) sistemą ir vieną ADG 8C.

Įpurškimo sistemų konfigūracijose ŽSUS yra viena iš LŠPS veikimo režimų, kai siurbiamas vanduo iš SMB 11 baseino ir šis vanduo purškiamas į RSI 2 aktyviosios zonos kevalo išorę, įskaitant tris nepriklausomas ŽSUS sistemas (ŽSUS (A), ŽSUS (B) ir ŽSUS (C)). Trijų sekcijų ŽSUS sistemos ŽSUS (A) sekcijoje 1A naudoja maitinimo vandens vamzdį 12A kaip įpurškimo liniją su valdomu vožtuvu 24, o ŽSUS vamzdžiai 13 ir 14 yra naudojami kaip įpurškimo linijos sekcijose 1B ir 1C.

ASAZUS yra sistema, siurbianti vandenį iš KLR 15 kaip pirmojo vandens šaltinio, paskui iš SMB 11 kaip antrojo vandens šaltinio, įpurškianti vandenį į RSI 2 aktyviosios zonos kevalo viduje, apimant dvi nepriklausomas sistemas. ASAZUS vamzdžiai 16 ir 17 yra naudojami kaip įpurškimo linijos sistemos sekcijose 1B ir 1C.

RAZIAS pirmiausia siurbia vandenį iš KLR 15 ir galop iš SMB 11, įpurškiant vandenį aktyviosios zonos kevalo išorėje. Maitinimo vandens vamzdis 12B sistemoje yra naudojamas kaip įpurškimo linija.

ASMS yra sistema, išleidžianti garą RSI 2 viduje į SMK 19, sumažindama slėgį RSI 2 viduje iki slėgio, kuriam esant ŽSUS gali purkšti aušalą papildomam reaktoriaus aktyviosios zonos aušinimui. Garas yra išleidžiamas į SMK 19 per AV 27, numatytą, pavyzdžiui, prie pagrindinio garų vamzdžio 18 dalies.

Egzistuojančiuose ABWR reaktoriuose darant labiausiai nepalankią dėl AZAAS 1 prielaidą, tai būtų sistemos vidinio energijos šaltinio ir išorinio energijos šaltinio praradimas, taip pat kai AZAAS sistema neveiktų sekcijose 1B ir 1C dėl kokių nors priežasčių, be to, kad yra papildomai pažeistas kuris nors iš likusių ASAZUS įpurškimo vamzdžių 16 ar 17. Tuo metu paleidžiamas RAZIAS siurblys 7, ir reaktoriaus aušalas yra įpurškiamas į RSI 2 su aukštu slėgiu, taip sušvelninant reaktoriaus vandens lygio kritimą. Po to suveikia ASMS ir atsidaro AV 27, kuris sumažina slėgį RSI 2 viduje, ir tada vykdo purškimą su ŽSUS.

Be padarytos labiausiai nepalankios prielaidos dėl AZAAS 1 sistemos egzistuojančiuose ABWR reaktoriuose, nagrinėtina dar situacija, kai dėl kokių nors priežasčių neveikia papildomai dar viena sekcija. Šiuo atveju kaip nauja sunkiausia prielaida numatytinas vidinio energijos šaltinio ir išorinio energijos šaltinio praradimas, taip pat kad dėl kokių nors priežasčių neveikia AZAAS sistemų sekcijos 1B ir 1C bei papildomai sekcijoje 1A sistemos ŽSUS (A) įpurškimo vamzdis 12A yra pažeistas.

Šiuo atveju tik viena RAZIAS sistema gali įpurkšti reaktoriaus aušalą į RSI 2, kaip parodyta Fig. 3.

Šio išradimo įgyvendinimo variante be jau anksčiau nurodytų egzistuojančių komponentų yra numatyti papildomi toliau nurodyti komponentai. Apskritimais apibrėžtos Fig. 1 dalys yra papildomos dalys, o Fig. 5 iš esmės vaizduoja nurodomus komponentus papildomose dalyse.

Papildomos dalys bus paaiškintos remiantis Fig. 5.

Sekcija 1A yra iš esmės paaiškinta Fig. 5. Šiuo atveju vamzdis 31, jungiantysis prie ŽSUS (A) įpurškimo vamzdžio (maitinimo vandens vamzdžio) 12A, ir vamzdis (32), jungiantis prie RAZIAS įpurškimo vamzdžio (maitinimo vandens vamzdžio) 12B, yra sujungti jungiančia linija 21. Jungiančiojoje linijoje 21 yra numatytas valdomas vožtuvas 23 (variklio varomas

vožtuvas (MO), kuris punktyru apibrėžtas Fig. 1). Be to, valdomas vožtuvas 24 yra numatytas taip pat ŽSUS (A) jungiamajame vamzdyje 31. Esamas vožtuvas gali būti naudojamas kaip vožtuvas 24.

Prietaisas 22, matuojantis būsenos rodiklius (slėgių skirtumo matuoklis yra punktyru apibrėžtas Fig. 1), yra prijungtas prie abiejų tiekimo vamzdžių 12A ir 12B, o įtrūkimų detektorius 29 vamzdžių įtrūkimams nustatyti, remiantis abiejų tiekimo vamzdžių 12A ir 12B būsenos rodikliais, yra prijungtas prie prietaiso 22. Fig. 5 pavyzdyje slėgių skirtumo detektorius yra numatytas maitinimo vandens vamzdžiuose 12A ir 12B vamzdžių įtrūkimams aptikti įtrūkimų detektoriumi 29.

Įtrūkimų detektorius 29 aptinka įtrūkimą F maitinimo vandens vamzdyje 12A pagal prietaiso 22 parodymus, valdydamas vožtuvą 23 jungiančioje linijoje 21 ir vožtuvą 24 jungiamajame vamzdyje 31. Atitinkamai ŽSUS (A) gali pasirinktinai įpurkšti vandenį iš dviejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B.

Pavyzdžiui, kai aptinkamas įtrūkimas maitinimo vandens vamzdyje 12A, įtrūkimų detektorius (29) suveikia taip, kad vožtuvas 24, esantis vamzdyje 31, jungiančiame prie vamzdžio 12A, yra uždaromas, o vožtuvas 23, esantis jungiamojoje linijoje 21, atidaromas. Tokiu būdu galimas vandens įpurškimas į reaktoriaus aktyviąją zoną iš ŽSUS (A). Šiuo atveju, ŽSUS siurbis 5A varomas ADG 8A, kuris gali būti įjungtas, ir vanduo įpurškiamas į reaktoriaus aktyviąją zoną iš ŽSUS vamzdžio 31 pro jungiamojoje linijoje 21 esantį vožtuvą 23, per RAZIAS vamzdį 32 ir įpurškimo (maitinimo vandens) vamzdį 12B.

Atitinkamai, tuo atveju, kai dėl kokių nors priežasčių dvi AZAAS sekcijos iš trijų neveikia, o veikia tik viena AZAAS sekcija, netgi tada, kai papildomai daroma prielaida, jog bet kurioje įpurškimo sistemoje atsirado įtrūkimas įpurškimo vamzdyje, esančioje AZAAS vienoje sekcijoje, kurią galima naudoti, stabilus reaktoriaus aušalo srautas gali būti įpurškstas į RSI 2, perjungus purškimo eigą AZAAS sistemoje ŽSUS sistemos sekcijoje 1A, reguliuojant vožtuvą 23 jungiamojoje linijoje 21 ir vožtuvą 24 jungiamajame vamzdyje, jeigu reikia, pagal išradimo įgyvendinimą.

Tai yra, reaktoriaus aktyviosios zonos šaltą sustabdymą galima pasiekti netgi sunkesnėmis sąlygomis, nei anksčiau minėtame ABWR reaktoriuje, jeigu įpurškimo sistemose yra rezervas/dubliavimas.

Nors išradimo įgyvendinimas buvo paaiškintas remiantis ABWR pavyzdžiu, ši išradimą galima taikyti visiems reaktoriams.

Aukščiau paaiškintame išradimo įgyvendinimo variante gali būti toliau pritaikomos papildomos modifikacijos ir alternatyvos. Pirma, 1-mame išradimo įgyvendinime, kaip valdomas vožtuvas 24 jungiamojoje linijoje 21 tarp ŽSUS ir RAZIAS sekcijoje 1A gali būti pritaikytas variklio valdomas vožtuvas, suspaustu oru valdomas vožtuvas, azotu varomas vožtuvas arba rankiniu būdu valdomas vožtuvas nepriklausomai nuo tipo.

Siekiant nustatyti įtrūkimus maitinimo vandens vamzdžiuose 12A ir 12B kaip prietaisas 22, matuojantis abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B būsenos rodiklius, gali būti naudojami tokie prietaisai, kaip slėgių skirtumo matuoklis, srautų skirtumo matuoklis, termometras ir radiacinis tankio matuoklis nepriklausomai nuo jų tipo.

Kai slėgio skirtumo matuoklis, sukonfigūruotas nustatant RAZIAS pusę kaip aukšto slėgio pusę, o ŽSUS pusę kaip žemo slėgio pusę, yra naudojamas kaip prietaisas 22, matuojantis abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B būsenos rodiklius įtrūkimams maitinimo vandens vamzdyje 12A nustatyti, tai yra įmanoma išvengti nepageidaujamo ŽSUS sistemos ŽSUS (A) purškimo eigos perjungimo, proporcingai sumažinant reikšmę, jei įtrūksta maitinimo vandens vamzdis 12B.

Fig. 6 parodyta matavimo prietaiso 22 (slėgių skirtumo matuoklio), skirto įtrūkimams maitinimo vandens vamzdyje 12A nustatyti, speciali įrengimo vieta. Šiuo atveju, kai matavimo prietaiso įrengimo vieta yra nustatyta arčiau PAG 3 pusės, tai abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A, 12B kylančių dalių 33 reaktoriaus slėgiminiame inde RSI (2), galima gauti didesnę slėgių skirtumą statinio slėgio požūriu.

Fig. 7 parodytas vaizdas, kai Fig. 6 parodytoje konfigūracijoje atsiranda įtrūkimas F maitinimo vandens vamzdyje 12A. Fig. 7 prietaiso 22 (slėgių skirtumo matuoklio) slėgio matavimo taškuose slėgiai yra PA, PB, o slėgis reaktoriaus aktyviosios zonos viduje P0. Šiuo atveju, slėgių skirtumas, kurį reikia nustatyti įpurškimo linijai sekcijoje 1A perjungti, yra nustatomas didesnis, nei slėgių skirtumas $\Delta P1$ tarp abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B normalioje būsenoje arba mažesnis, nei slėgių skirtumas $\Delta P2$ tarp abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B, gautas kai įtrūksta vamzdis 12A reaktoriaus slėgiminio indo RSI (2) aplinkoje ir taip pat RSI 2 pusėje nuo maitinimo vandens 12A vamzdžio kylančios dalies 33A. Todėl nepageidaujamas įpurškimo linijos perjungimas normalioje būsenoje yra negalimas, o slėgių skirtumą galima aptikti ir įpurškimo liniją perjungti netgi tuo atveju, kai atsiranda įtrūkimas daugelyje maitinimo vandens vamzdžio A12 vietų šiame išradime nagrinėjamose būsenose.

Fig. 6 ir Fig. 7 parodytoje konfigūracijoje smūginė banga gali atsirasti tuoj po to, kai atsiranda įtrūkimas bet kurioje galimoje įtrūkti vietoje abiejuose maitinimo vandens vamzdžiuose 12A ir 12B. Šiuo atveju dėl smūginės bangos poveikio pasidaro sunku tiksliai išmatuoti slėgių skirtumą tarp abiejų maitinimo vandens vamzdžių 12A ir 12B. Reaguojant į įvykį, įtrūkimų detektoriaus 29 laikmatis yra taip nustatytas, kad suveiktų, pavyzdžiui, po kelių dešimčių sekundžių po įtrūkimo, taip išvengiant nepageidaujamo įpurškimo linijos perjungimo dėl netikslaus slėgio skirtumo matavimo.

Be to, Fig. 6 ir Fig. 7 parodytoje konfigūracijoje yra efektyvu dubliuoti matavimo prietaisus ir kitką matavimų patikimumui pagerinti, o vietų konfigūracijos pavyzdys tokiu atveju parodytas Fig. 8. Pavyzdyje Fig. 8 yra įrengti keturi slėgio skirtumo matuokliai 22 (22a, 22b, 22c ir 22d) ir įtrūkimų detektoriuje 29 pritaikytas „2 iš 4“ kriterijus signalams iš keturių skirtumo matuoklių. Tuo būdu padidinamas slėgių skirtumo matuoklių patikimumas, išvengiant klaidingų matavimų.

Pozicijų sąrašas

- 1: aktyviosios zonos avarinė aušinimo sistema (AZAAS);
- 2: reaktoriaus slėgiminis indas (RSI);
- 3: pirminis reaktoriaus gaubtas/kevalas (PRK);
- 4: reaktoriaus aktyvioji zona;
- 5: žemo slėgio užliejimo sistemos (ŽSUS) siurblys;
- 6: aukšto slėgio aktyviosios zonos užliejimo sistemos (ASAZUS) siurblys;
- 7: reaktoriaus aktyviosios zonos izoliavimo aušinimo sistemos (RAZIAS) siurblys;
- 8A, 8B, 8C: avariniai dyzeliniai generatoriai (ADG);
- 9: garo turbina RAZIAS siurbliui varyti;
- 11: slėgio mažinimo baseinas (SMB);
- 12A, 12B: maitinimo vandens vamzdžiai;
- ŽSUS (A), ŽSUS (B), ŽSUS (C): žemo slėgio užliejimo sistemos;
- ASAZUS (B) ir ASAZUS (C): aukšto slėgio aktyviosios zonos užliejimo sistemos;
- RAZIAS: reaktoriaus aktyviosios zonos izoliavimo aušinimo sistema;
- 13, 14: ŽSUS įpurškimo vamzdžiai;
- 15: kondensato laikymo talpa (KLT);
- 16, 17: ASAZUS įpurškimo vamzdžiai;
- 18: pagrindinis garo vamzdis;
- 19: slėgio mažinimo kamera (SMK);
- 20: sausa šachta;
- 21: ŽSUS (A) ir RAZIAS jungianti linija;
- 22: prietaisas įtrūkimams aptikti;
- 23: vožtuvas ŽSUS (A) purškimo linijai perjungti;
- 24: valdomas vožtuvas vamzdyje, jungiančiame prie ŽSUS (A) maitinimo vandens vamzdžio (12A);
- 33A, 33B: maitinimo vandens vamzdžio kylančios dalys;
- 27: apsauginis (viršslėgio) vožtuvas (AV);
- 29: įtrūkimų detektorius;
- 31: vamzdis, jungiantis prie ŽSUS (A) įpurškimo vamzdžio (maitinimo vandens vamzdžio) (12A);
- 32: vamzdis, jungiantis prie RAZIAS įpurškimo vamzdžio (maitinimo vandens vamzdžio) (12B).

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Branduolinės jėgainės aktyviosios zonos avarinė aušinimo sistema (AZAAS), apimanti:

suskirstytą mažiausiai į tris sekcijas AZAAS, kur pirma AZAAS sekcija apima reaktoriaus aktyviosios zonos izoliavimo aušinimo sistemą (RAZIAS), turinčią turbinos (9) varomą aukšto slėgio įpurškimo siurbį (7); žemo slėgio įpurškimo sistema (ŽSUS), turinčią variklio varomą žemo slėgio įpurškimo siurbį (5A), ir avarinį maitinimo šaltinį (8A),

kur RAZIAS tiekia vandenį į reaktoriaus slėgiminį indą (RSI) pirmuoju vamzdžiu (32) ir pirmuoju maitinimo vandens tiekimo vamzdžiu (12B), ir ŽSUS tiekia vandenį į RSI antruoju vamzdžiu (31) ir antruoju maitinimo vandens tiekimo vamzdžiu (12A), ir

automatinę slėgio mažinimo sistemą (ASMS), kuri naudojama bendrai su AZAAS, suskirstytą į tris sekcijas,

b e s i s k i r i a n t i tuo, kad AZAAS apima:

įtrūkimų detektorių (29), aptinkantį įtrūkimus pirmajame maitinimo vandens tiekimo vamzdyje (12B) arba antrajame maitinimo vandens tiekimo vamzdyje (12A);

pirmąjį vožtuvą (24), numatytą ŽSUS antrajame vamzdyje (31); ir

jungiančiąją liniją (21), sujungiančią pirmąjį vamzdį (32) ir antrąjį vamzdį (31) per antrąjį vožtuvą (23), esantį prieš srovę nuo pirmojo vožtuvo (24),

kur įtrūkimų detektorius (29) skirtas aptikti įtrūkimus antrajame maitinimo vandens vamzdyje (12A) ir valdyti pirmąjį vožtuvą (24) ir antrąjį vožtuvą (23) vandens tiekimui į RSI iš ŽSUS per jungiančiąją liniją (21) ir pirmąjį maitinimo vandens vamzdį (12B).

2. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad pirmojoje sekcijoje AZAAS tiekiant vandenį į RSI pirmuoju vamzdžiu (32) ir RAZIAS pirmuoju maitinimo vandens vamzdžiu (12B), valdo ASMS, naudojamą bendrai su AZAAS, kuri suskirstyta į tris sekcijas, ir, sumažinus slėgį RSI, tiekia vandenį iš ŽSUS į RSI jungiančiąją liniją (21) ir pirmuoju maitinimo vandens vamzdžiu (12B).

3. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal 1 arba 2 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad AZAAS sistemos, kitokios nei pirmoji sekcija AZAAS sistemose, suskirstytose į tris sekcijas, apima aukšto slėgio aktyviosios zonos užliejimo sistemas (ASAZUS), kurios gali įpurkšti

reaktoriaus aušalą net kai RSI () viduje yra aukštas slėgis, ir ŽSUS sistemas (), įpurškiančias reaktoriaus aušalą, kai RSI viduje yra žemas slėgis, ir pirmosios sekcijos žemo slėgio įpurškimo siurbį (5A), kurį galima naudoti net tuo atveju, kai aušinimas kitomis nei pirmosios sekcijos AZAAS sistemomis yra sunkiai įvykdomas, ir kai atsiranda įtrūkimas antrajame maitinimo vandens vamzdyje (12A).

4. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal bet kurį iš 1 – 3 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad bet kuris iš variklio valdomų vožtuvų, galintis būti atidarytas ir uždarytas, suspaustu oru valdomas vožtuvas, azotu valdomas vožtuvas arba rankiniu būdu valdomas vožtuvas yra numatytas kaip pirmasis vožtuvas (24) arba antrasis vožtuvas (23), kurį galima valdyti.

5. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal bet kurį iš 1 – 4 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad įtrūkimų detektorius (29), kuris aptinka įtrūkimą pirmajame maitinimo vandens vamzdyje (12B) arba antrajame maitinimo vandens vamzdyje (12A), naudoja prietaiso (22), numatyto tarp pirmojo maitinimo vandens vamzdžio (12B) ir antrojo maitinimo vandens vamzdžio (12A), signalą ir matuoja būsenos rodiklius maitinimo vandens vamzdžių viduje, ir minėtu prietaisu (22) gali būti bet koks slėgių skirtumo matuoklis, srautų skirtumo matuoklis, termometras ir radiacinis tankio matuoklis.

6. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal 5 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad slėgio skirtumo matuoklis yra suformuotas, nustatant RAZIAS () pusę kaip aukšto slėgio pusę ir ŽSUS pusę kaip žemo slėgio pusę, ir

įpurškimo linija ŽSUS sistemoje nėra perjungiamo mažinant srautą tuo atveju, kai antrasis maitinimo vandens vamzdis (12A) yra įtrūkęs.

7. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal 5 arba 6 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad slėgių skirtumo matuoklis yra įrengtas taip, kad matavimo pozicija yra RSI viduje ir jis yra sumontuotas arčiau RSI nei pirmojo maitinimo vandens vamzdžio (12B) ir antrojo maitinimo vandens vamzdžio (12A) kylančios dalys (33).

8. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal bet kurį iš 5-7 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad slėgių skirtumo nustatyta reikšmė įpurškimo linijai perjungti yra nustatyta aukštesnė,

nei slėgių skirtumas, atsižvelgiant į slėgių skirtumą tarp maitinimo vandens vamzdžių (12A, 12B) normaliai veikiant, taip, kad įpurškimo linija nėra perjungžiama normalios eksploatacijos metu.

9. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal 8 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad slėgių skirtumas gali būti aptinkamas net darant prielaidą, jog atsirado vamzdžio įtrūkimas antrajame maitinimo vandens vamzdyje (12A) arti RSI, taip pat arčiau RSI pusės, nei antrojo maitinimo vandens vamzdžio (12A) kylanti dalis (33A).

10. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal bet kurį iš 1 - 9 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad įtrūkimų detektorius (29) turi laikmatį, nustatytą, kad suveiktų praėjus relaksacijos laikui po įtrūkimo atsiradimo, siekiant kad įtrūkimų detektorius (29) nesuveiktų klaidingai net atsižvelgiant į smūginę bangą, galinčią atsirasti iškart po įtrūkimo pirmajame maitinimo vandens vamzdyje (12B) arba antrajame maitinimo vandens vamzdyje (12A).

11. Branduolinės jėgainės AZAAS pagal bet kurį iš 1 - 10 punktų, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad slėgių skirtumo matuoklyje numatytas „2 iš 4“ kriterijus klaidingiems matavimams išvengti.

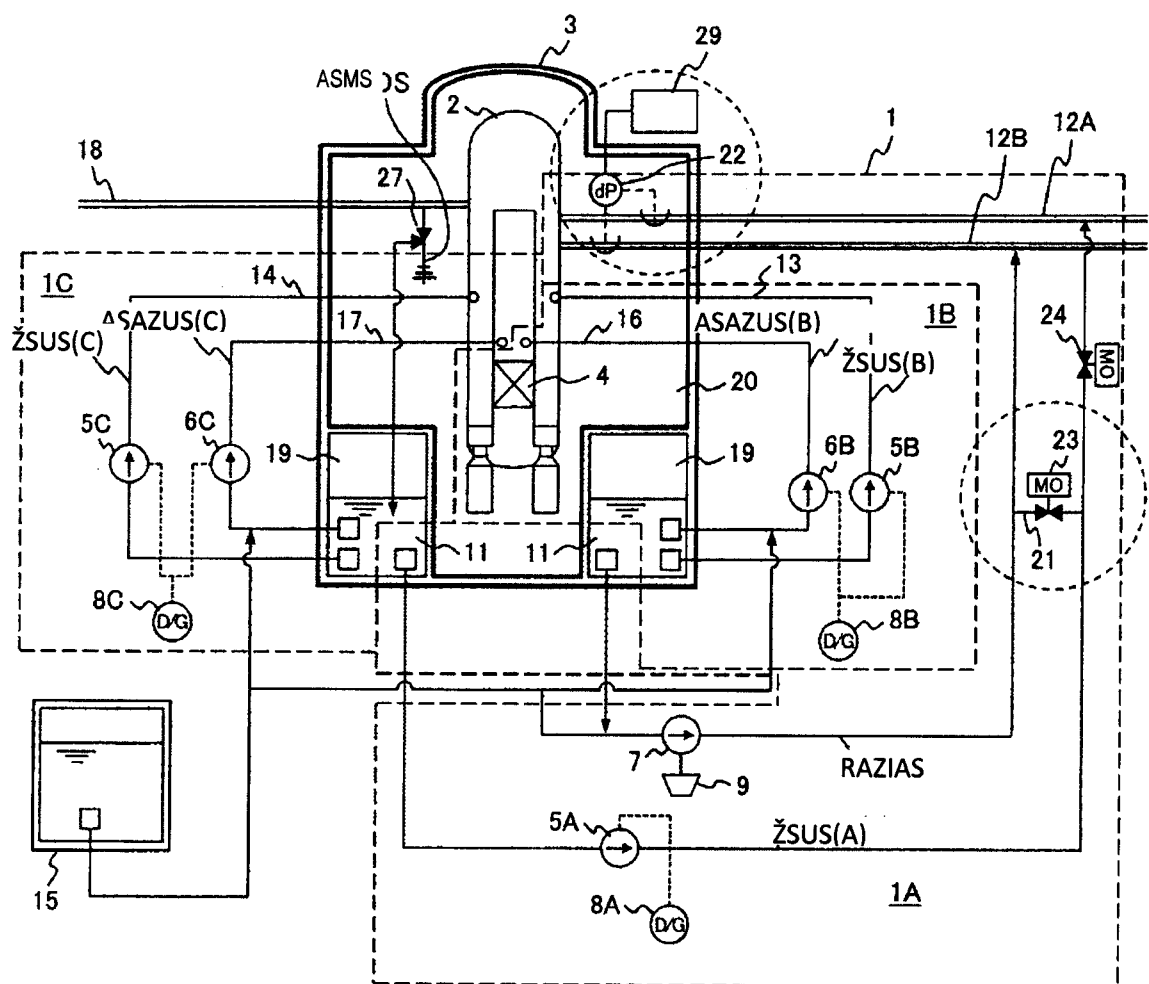


Fig. 1

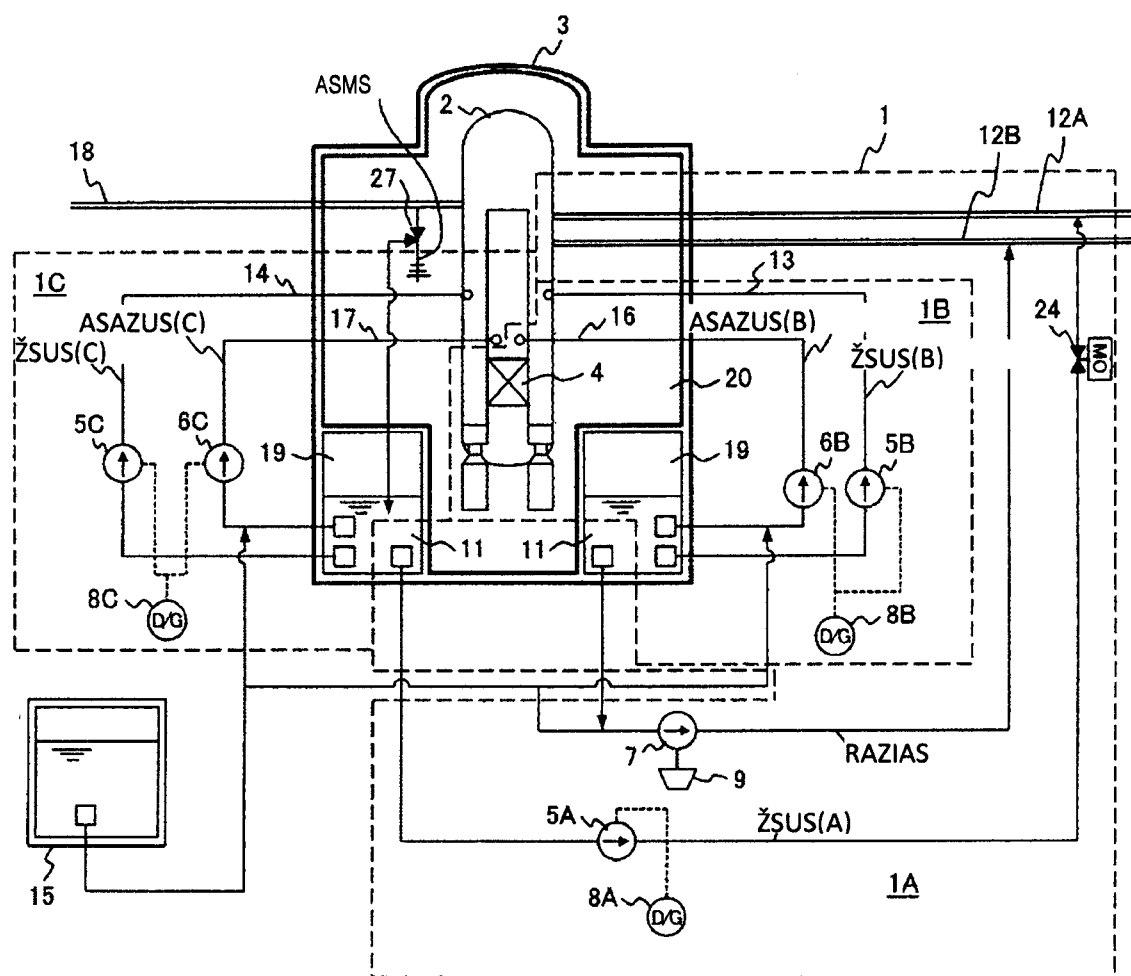


Fig. 2

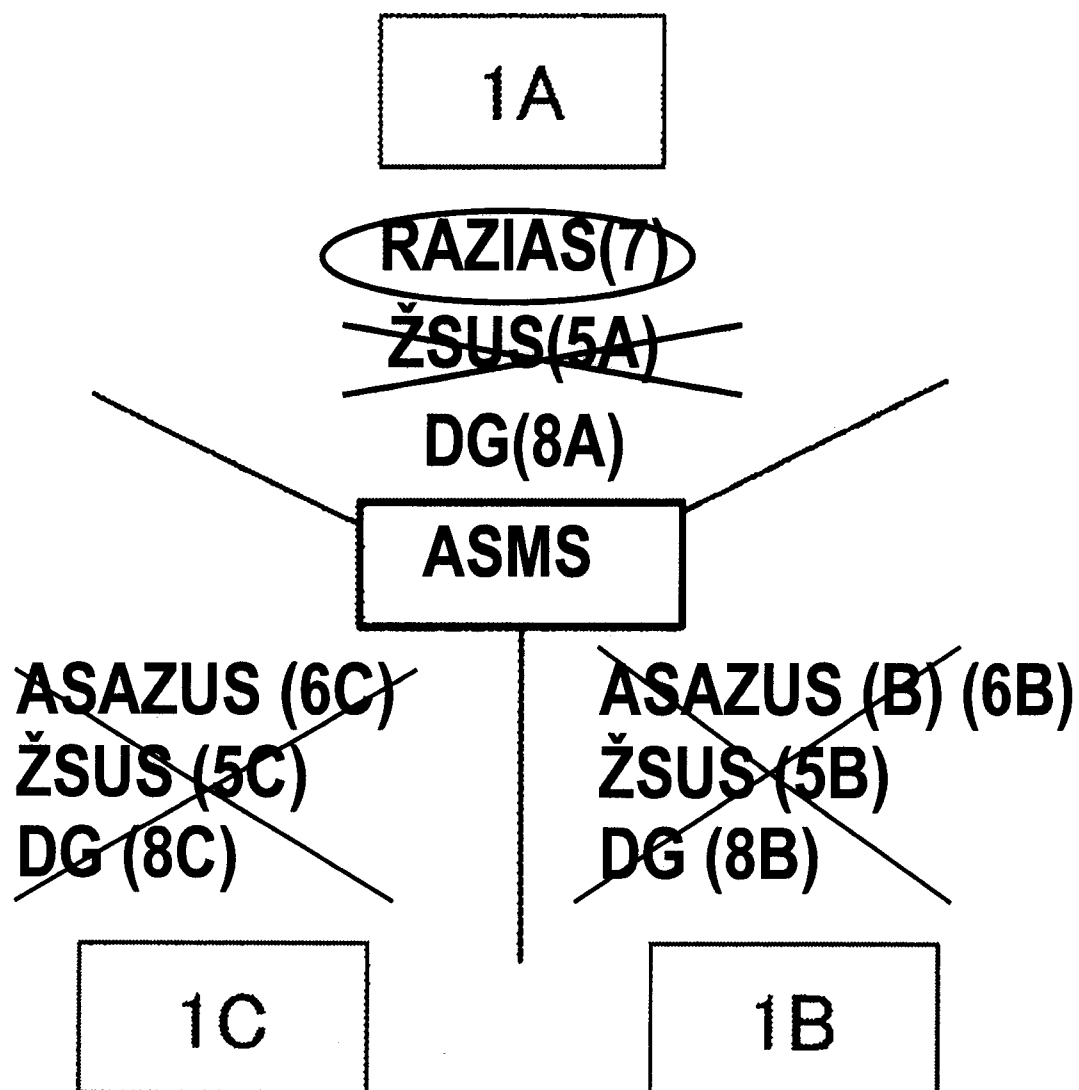


Fig. 3

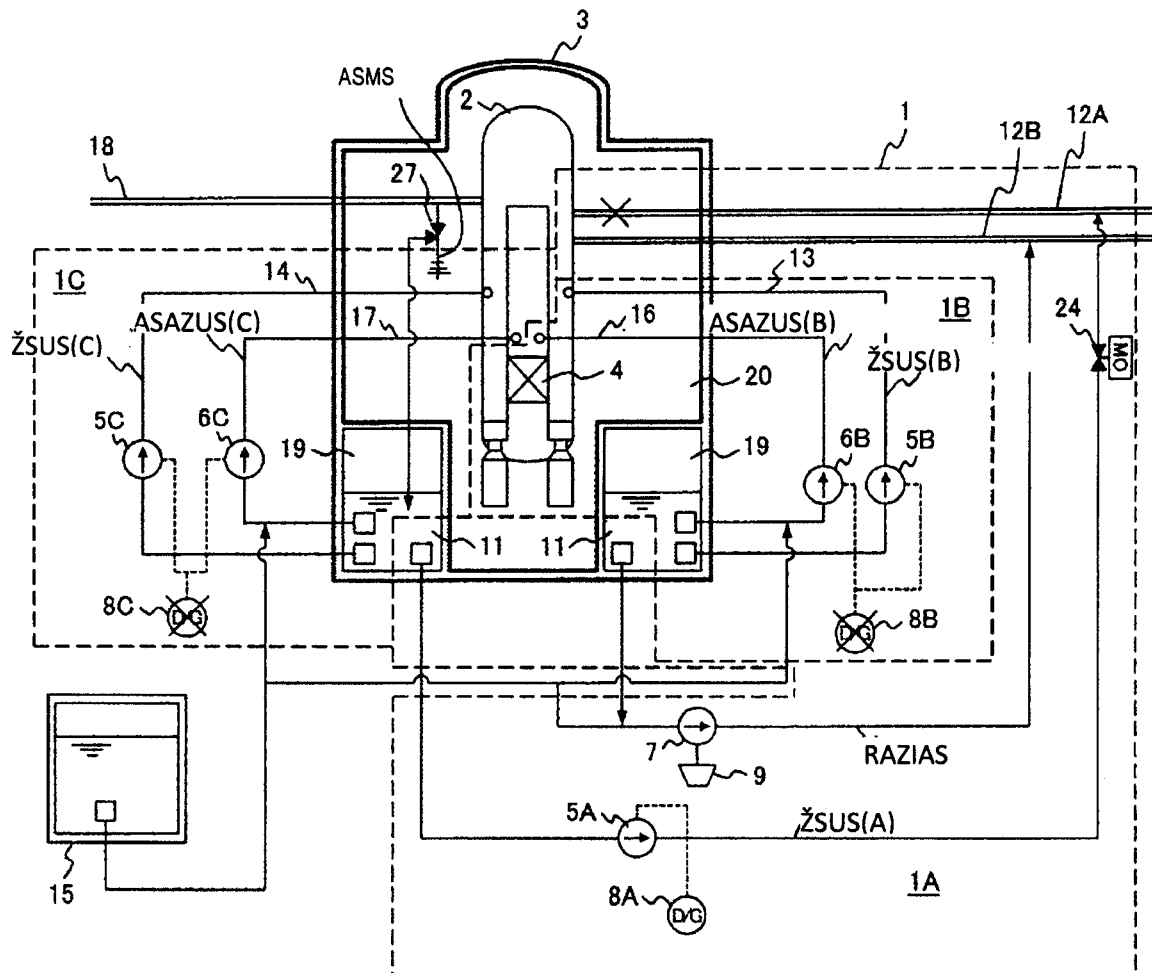


Fig. 4

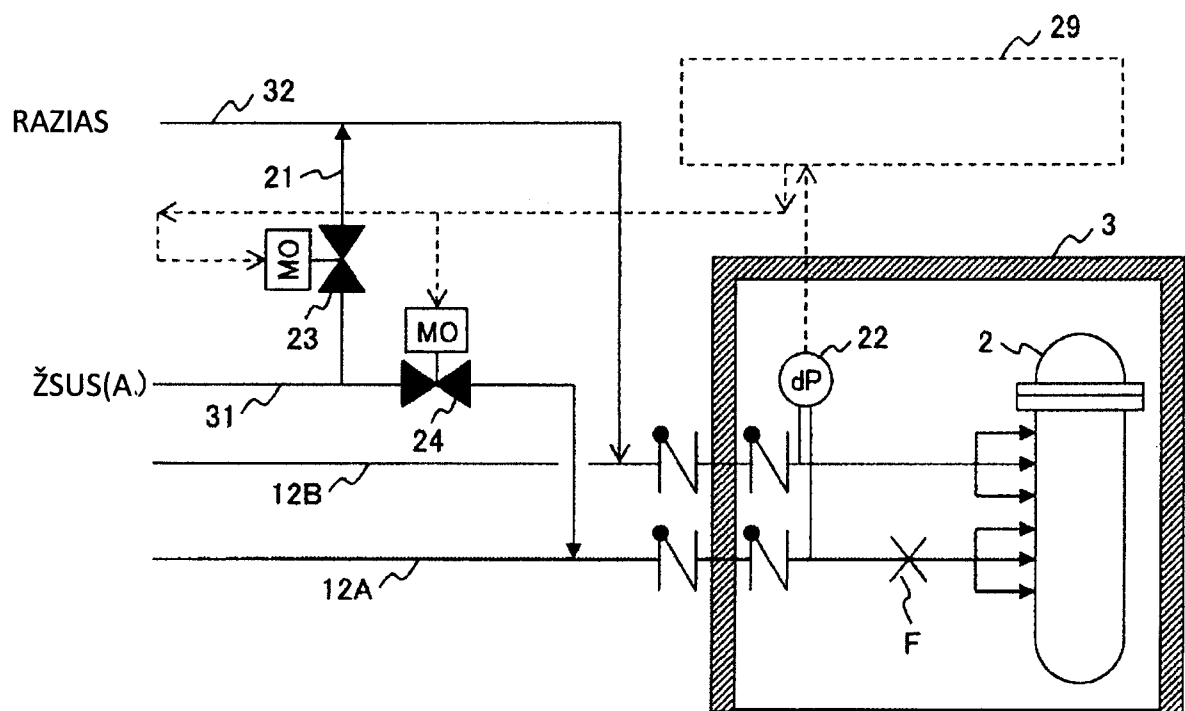


Fig. 5

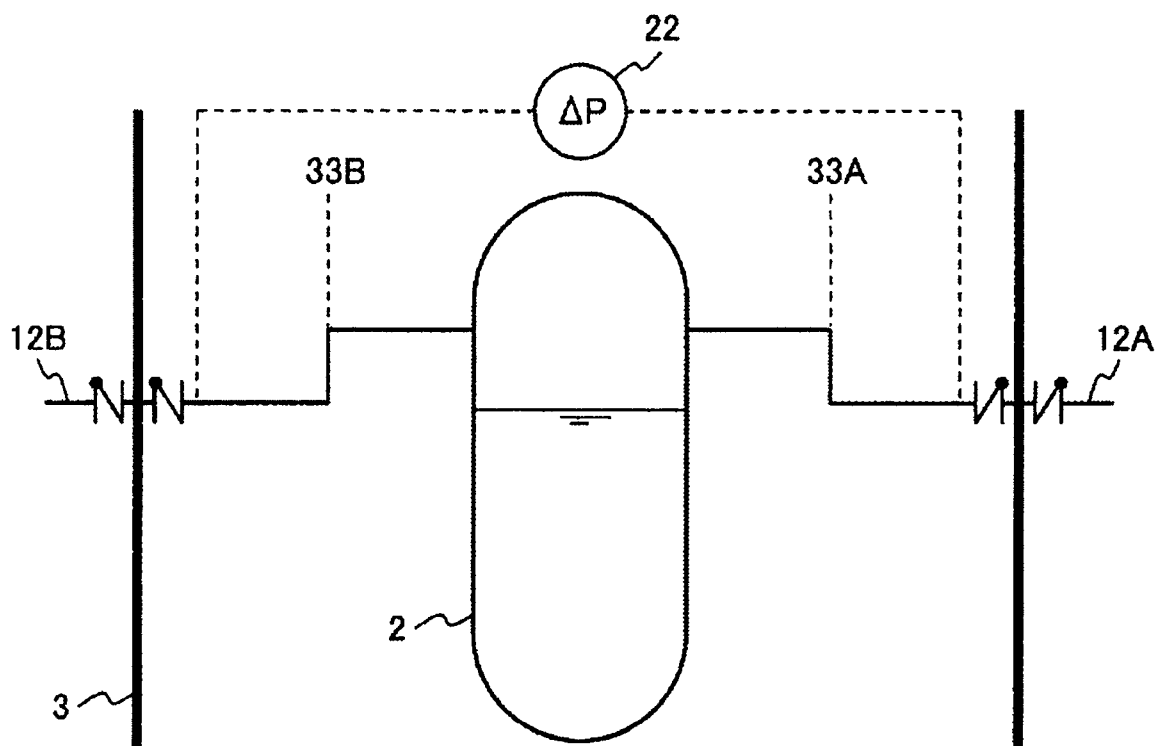


Fig. 6

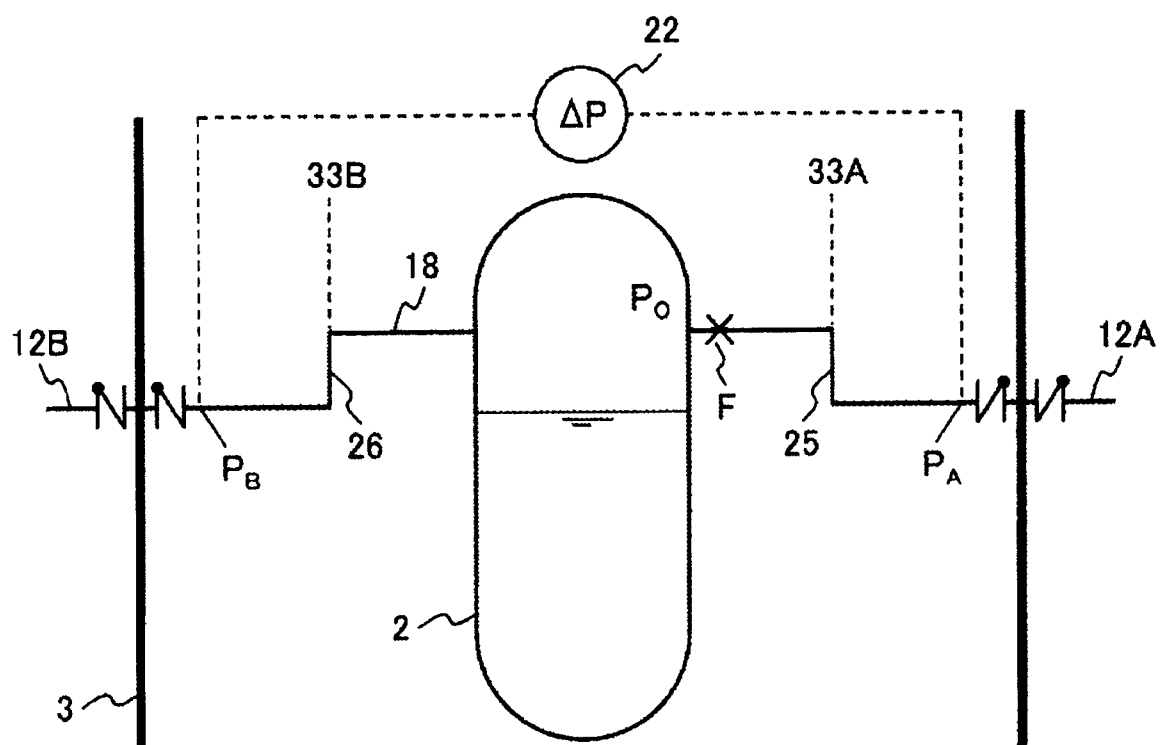


Fig. 7

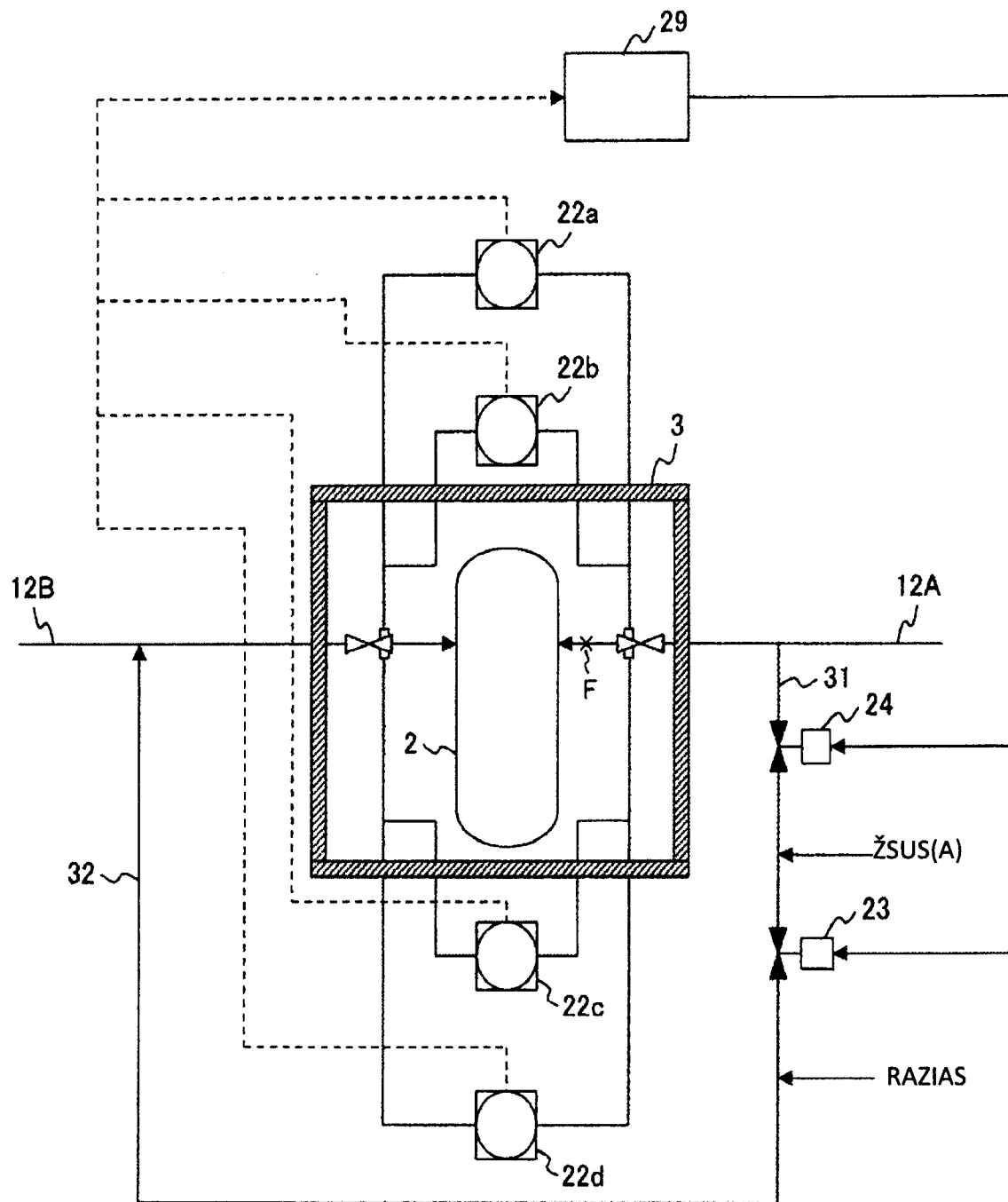


Fig. 8