



SUOMI – FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN



FI000125987B

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 125987 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

13.05.2016

(51) Kv.lk. - Int.kl.

H01M 8/04 (2006.01)

(21) Patenttihakemus - Patentansökning

20115685

(22) Saapumispäivä - Ankomstdag

30.06.2011

(24) Tekemispäivä - Ingivningsdag

30.06.2011

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

31.12.2012

(73) Haltija - Innehavare

1 • **Convion Oy**, Tekniikantie 12, 02150 ESPOO, SUOMI - FINLAND, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 • **Hottinen, Tero**, Lohja, SUOMI - FINLAND, (FI)

2 • **ÄSTRÖM, Kim**, KIRKKONUMMI, SUOMI - FINLAND, (FI)

3 • **LAITINEN, Marko**, VANTAA, SUOMI - FINLAND, (FI)

(74) Asiamies - Ombud

LEITZINGER OY, Tammasaarenkatu 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja järjestely suojakaasujen tarpeen minimoimiseksi

Förfarande och arrangemang för reducering av behovet av skyddsgaser

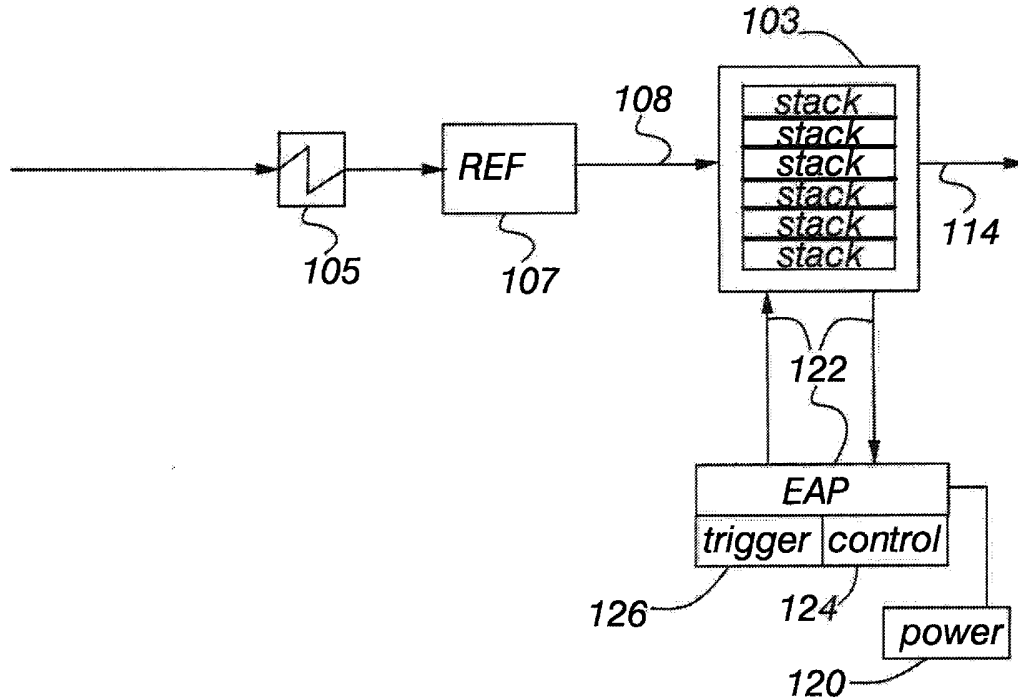
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

WO 0219446 A2, US 2005095469 A1, WO 2011137916 A1, JP H076778 A

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, jokainen polttokenno polttokennojärjestelmässä käsittäen anodipuolen (100), katodipuolen (102) ja elektrolyytin (104) anodipuolen ja katodipuolen välissä, ja jotka polttokennot ovat järjestettyinä polttokennopinoiksi (103), ja joka polttokennojärjestelmä käsittää polttokennojärjestelmän putkituksen reaktionaineita varten sekä välineet (108) polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille (100). Järjestely käsittää välineet (122) sähköistä anodisuojausta varten syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle (103) tai polttokennopinojen (103) ryhmälle anodien (100) oksidaation estämiseksi, energialähteen (120), joka on riittävä antamaan sähköistä energiaa ainakin ennalta määritetyn minimiajan mainituille sähköisen anodisuojauksen välineille (122), välineet (124) mainitun ennalta määritetyn jännitteen pienentämiseksi, jotta rajoitetaan anodisuojavirtaa ennalta määritettyyn maksimivirtaavuuteen erillisesti ainakin kahdelle pinolle (103) tai pinojen (103) ryhmälle ja välineet (126) mainittujen sähköisen anodisuojauksen välineiden (122) luotettavaksi liipaisemiseksi sellaisessa tilanteessa, jossa anodioksideaatiota ei voida estää välineillä (108) polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille (100).

Uppfinningen avser ett arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett högtemperaturbränslecellsystem, var bränslecell i bränslecellsystemet omfattande en anod sida (100), en katod sida (102) och en elektrolyt (104) mellan anodsidan och katodsidan, och vilka bränsleceller är arrangerade i bränslecellstackar (103), och vilket bränslecellsystem omfattar ett bränslecellsystemrörmät för reaktanter samt medel (108) för att mata bränsle till anodsidan (100) av bränslecellerna. Arrangemanget omfattar medel (122) för elektriskt anodskydd genom matning av en förutbestämd spänning separat till åtminstone två bränslecellstackar (103) eller grupper av bränslecellstackar (103) för att hindra oxidation av anoderna (100), en energikälla (120) tillräcklig för att förse nämnda medel (122) för elektriskt anodskydd med elektrisk energi åtminstone under en förutbestämd minimitid, medel (124) för att minska nämnda förutbestämda spänning, så att anodskyddsströmmen begränsas till ett förutbestämt maximistromvärde separat för åtminstone två stackar (103) eller stackgrupper (103) och medel (126) för att tillförlitligt utlösa nämnda medel (122) för elektriskt anodskydd i en situation där anodoxidation inte kan hindras av medlen (108) för att mata bränsle till bränslecellernas anodsidor (100).



Menetelmä ja järjestely suojakaasujen tarpeen minimoimiseksi

Keksinnön ala

- 5 Suurin osa maailman energiasta tuotetaan käyttäen öljyä, kivihiiltä, maakaasua tai ydinvoimaa. Kaikilla näillä tuotantomenetelmillä on niiden erityiset ongelmansa varsinkin kun on kyseessä esim. saatavuus ja ympäristöystävällisyys. Erityisesti ympäristön ollessa kyseessä varsinkin öljy ja kivihiili aiheuttavat saastumista niitä poltettaessa. Ydinvoiman kyseessä ollessa ongelmana
- 10 on ainakin käytetyn polttoaineen säilöminen.

- Varsinkin ympäristöongelmista johtuen kehitetään uusia energianlähteitä, jotka ovat ympäristöystävällisempiä ja niillä on esim. parempi tehokkuus kuin edellä mainituilla energialähteillä. Polttokennolaitteet ovat lupaavia tulevaisuuden energianmuunnoslaitteita, joilla polttoainetta, esim. biokaasua, muutetaan suoraan sähköksi kemiallisen reaktion kautta ympäristöystävällisessä prosessissa.
- 15

Tunnettu tekniikka

- 20 Kuviossa 1 esitettävä polttokenno käsittää anodielektrodin puolen 100 ja katodielektrodin puolen 102 ja elektrolyyttimateriaalin 104 niiden välillä. Kuten nuolet kuviossa 1 symboloivat, polttoaine 116 syötetään anodipuolelle ja ilma 106 syötetään katodipuolelle, josta syystä katodielektrodia kutsutaan myös
- 25 "ilmaelektrodiksi". Kiinteän oksidin polttokennoissa (SOFC) happi (toisin sanoen ilma 106) syötetään katodipuolelle 102 missä se pelkistyy negatiiviseksi happi-ioniksi vastaanottamalla elektroneja anodilta ulkoisen sähköpiirin 111 kautta. Negatiivinen happi-ioni kulkee elektrolyyttimateriaalin 104 läpi anodipuolelle 100, missä se reagoi polttoaineen 116 kanssa tuottaen vettä ja myös
- 30 tyypillisesti hiilidioksidia (CO₂). Anodin 100 ja katodin 102 välillä on ulkoinen sähköpiiri 111 käsittäen kuorman 110 polttokennolle.

Kuviossa 2 esitetään kiinteän oksidin polttokennolaite (SOFC, Solid Oxide Fuel Cells) esimerkkinä korkean lämpötilan polttokennolaitteesta. Kiinteän oksidin polttokennolaite voi hyödyntää polttoaineena esim. maakaasua, bio-
 5 kaasua, metanolia tai muita yhdisteitä sisältäen vetyhiiliseoksia. Kiinteän oksidin polttokennolaite kuviossa 2 käsittää useamman kuin yhden, tyypillisesti useita polttokennoja pinomuodostelmassa 103 (SOFC pino). Jokainen polt-
 tenno käsittää anodin 100 ja katodin 102 rakenteen, kuten kuviossa 1 on esitetty. Osa käytetystä polttoaineesta takaisinkiertetään takaisinkiertäys-
 järjestelyssä 109 kunkin anodin kautta.

10

Käyttämällä mittausvälineitä 115 (kuten virtausmittaria, sähkövirran mittaria ja lämpötilamittaria) suoritetaan kiinteän oksidin polttokennolaitteen toimin-
 nalle välttämättömiä mittauksia anodin kautta takaisin kierrätettävästä kaa-
 15 susta. Vain osa anodeilla 100 käytettävästä kaasusta takaisinkiertetään anodien kautta takaisinkiertäysjärjestelyissä 109, ja muu osa kaasusta pois-
 päästetään 114 anodeilta 100.

Kuviossa 2 esitettävä kiinteän oksidin polttokennolaite käsittää myös poltto-
 aineen lämmönvaihtimen 105 ja reformerin 107. Lämmönvaihtimia käytetään
 20 ohjaamaan lämpötilaolosuhteita polttokennoprosessissa ja niitä voi olla sijoit-
 tuneena useampi kuin yksi kiinteän oksidin polttokennolaitteen eri paikoissa. Kierrätettävässä kaasussa oleva ylimääräinen lämpöenergia otetaan talteen
 yhdessä tai useammassa lämmönvaihtimessa 105 hyödynnettäväksi kiinteän
 oksidin polttokennolaitteessa tai ulkopuolisessa lämmöntalteenottoyksikössä.
 25 Reformeri 107 on laite, joka muuntaa polttoaineen kuten esim. maakaasun
 sellaiseen koostumukseen, joka on sopiva polttokennoille, kuten esim. koos-
 tumukseen sisältäen vetyä ja metaania, hiilidioksidia, hiilimonoksidia ja rea-
 goimattomia kaasuja. Kuitenkin jokaisessa kiinteän oksidin polttokennolait-
 teessa ei välttämättä ole reformeria.

30

Kiinteän oksidin polttokennolaite (SOFC) on sähkökemiallinen muunnoslaite,
 joka tuottaa sähköä suoraan oksidoimalla polttoainetta. Kiinteän oksidin polt-

tokennolaitteen etuina ovat korkeat tehokkuudet, pitkän aikavälin stabiili-
suus, vähäiset päästöt ja matalat kustannukset. Pääasiallinen huono puoli on
korkea toimintalämpötila, josta aiheutuvat pitkät käynnistysajat ja sekä me-
kaaniset että kemialliset yhteensopivuusongelmat. Kiinteän oksidin poltto-
5 kennot (SOFC) toimivat lämpötiloilla 600-1000 °C.

Kiinteän oksidin polttokennon anodielektrodi sisältää tyypillisesti merkittäviä
määriä nikkeliä, joka on taipuvaista muodostamaan nikkelioksidia, mikäli ilma
ei ole pelkistävää. Mikäli nikkelioksidin muodostuminen on vakavaa, elektro-
10 din morfologiaa muutetaan palautumattomasti, mikä aiheuttaa merkittävää
sähkökemiallisen aktiviteetin häviämistä tai jopa kennojen rikkoontumista.
Täten SOFC järjestelmät vaativat turvakaasua, joissa on pelkistäviä aineosia
(kuten vetyä laimennettuna inertillä kuten typellä), käynnistuksen ja sulkemi-
sen aikana, jotta estetään polttokennojen anodielektrodien oksidaatiota. Käy-
15 tännön järjestelmissä turvakaasun määrää pitää minimoida, koska suuri mää-
rä esimerkiksi paineistettua kaasua, joka sisältää vetyä, on kallista ja ongel-
mallista tilaa vaativina komponentteina.

Anodien oksidaatio voidaan estää ylläpitämällä pelkistävää ilmaa anodivirta-
20 uksen kanavissa. Pelkistävät olosuhteet voidaan ylläpitää syöttämällä poltto-
ainetta tai muita pelkistäviä aineosia kuten vetyä sisältävää kaasua nopeudel-
la, joka on riittävä pelkistämään kaiken anodeille saapuvan hapen. Mikäli pel-
kistävällä kaasulla on korkea vetypitoisuus (tai muun vastaavan kaasun pitoi-
suus), vaadittavat virtaukset ovat suhteellisen pieniä, ja mikäli normaalia
25 polttoainetta voidaan käyttää, niin ei tarvita lisäkaasulähdettä. Sopivilla pro-
sessi- ja turvajärjestelyillä normaalia polttoainetta voidaan käyttää pelkistä-
vän ilman ylläpitämiseksi anodeilla normaalitoimintatiloissa kuten myös käyn-
nistämisen aikana ja ohjatun sulkemisen aikana. Kuitenkin hätäsulkutilan-
teessa (ESD, emergency shutdown) johtuen esimerkiksi kaasuhälytyksestä,
30 kaikki palavien kaasujen syöttö pitää välittömästi katkaista. Jos vetyä yhä
tarvitaan anodeilla, sitä pitää syöttää laimennetun seoksen muodossa, jolla
on riittävän matala vetypitoisuus, jotta se ei muodosta ilman kanssa räjähtä-

vää seosta millään sekoitussuhteilla. Vety-typiseoksella vetypitoisuus ei saa olla korkeampi kuin 5%, jotta kyseinen kriteerio täyttyy. Tämä lisää vaadittavan virtaustilavuuden kaksikymmentä kertaiseksi verrattuna puhtaan vedyn syöttöön.

5

Tunnetun tekniikan sovellusten mukaisesti ajon aikaisten reaktioaineiden määrä normaalin käynnistuksen tai sulkemisen aikana minimoidaan anoditaisinkierätyksellä, toisin sanoen kierrättämällä käyttämätön suojakaasu takaisin kiertoon, koska on samanaikainen tarve ajonaikaisten reaktioaineiden minimointiin ja lämmitysajan minimointiin käynnistystilanteessa ja samanaikainen tarve ajonaikaisten reaktioaineiden minimointiin ja jäähdyttämiseen sulkutilanteessa. On myös mahdollista minimoida myös käynnistuksen lämmitysaikaa mainitussa takaisinkierätysprosessissa, koska myös lämpöä voidaan takaisinkierättää yhdessä käyttämättömän kaasun kanssa. Kuitenkin hätä-

10 sulkutilanteessa, jonka voi aiheuttaa esimerkiksi kaasuhalvitys tai sähkökatkos, ei ole käytettävissä aktiivista takaisinkierätystä, mikä lisää tarvittavan suojakaasun määrää. Lisäksi katodin ilmavirta ei myöskään jäähdytä järjestelmää hätä-sulkutilanteessa, koska ilmapuhallin on oltava suljettuna, ja siten tarvittavan suojakaasun määrä jopa edelleen kasvaa, koska aika järjestelmän

15 jäähdyttämiseen alas lämpötiloihin, joissa nikkelioksidaatiota ei tapahdu, on jopa kolminkertainen verrattuna aktiiviseen sulkutilanteeseen.

Hätä-sulkutilanteessa tarvittavan kaasun kokonaismäärä määritetään ajalla, joka vaaditaan järjestelmän jäähdyttämiseen anodioksidaation lämpötilojen alapuolelle. Koska aktiivista jäähdytysmekanismia ei ole käytettävissä jäähdyttämässä hätä-sulkutilanteessa, jäähdytysaika voi olla jopa kymmeniä tunteja hyvin eristetyille järjestelmälle. Tämä aiheuttaa tarpeen suurelle suojakaasun varastoinnille polttokennoyksikön läheisyyteen. Lisäkustannuksen ohella kaasuvastointi lisää myös merkittävästi polttokennojärjestelmän installaation tilantarvetta. Ennen kaikkea kaasuvastointi ja jakelulogiikka

25 (pullo- tai pullotelinevaihdokset) asettavat lisävaatimuksia polttokennojärjestelmän ympäristölle ja kustannuksen kullekin vaihdokselle. Kaikkienensa tarve

30

massiiviselle määrälle suojakaasua (toisin sanoen turvakaasua) on merkittävä este polttokennojärjestelmien käytettävyydelle useissa sovelluksissa.

Patenttihakemuskäsitteessä US2002/028362 esitetään suojamenetelmiä anodioksidatiorille korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä sulku-tilanteissa tai polttoaineen puutostilanteissa. Yhdessä dokumentin US2002/028362 menetelmässä säilytetään pelkistävä ilma sulan hiilen polttokennon anodin tai kiinteän oksidin polttokennon anodin ympärillä seuraavalla tavalla: a) seuraamalla polttokennon generoimaa sähköpotentiaalia, ja b) muodostamalla ulkoinen sähköinen potentiaali polttokennon yli siten, että sähkövirta virtaa polttokennon läpi suuntaan, joka on vastakkainen sähkövirran suunnalle polttokennon normaalitoiminnan aikana, aina kun polttokennon jänniteulostulo pienenee alle ennalta määritetyn tason. Mainittujen jännitteen pienenemisien alle ennalta määritetyn tason jälkeen käytetään ulkoista teholähdettä kyseisellä käytännössä olennaisen matalalla jännitetasolla. Ainakin alhaisemmissa toimintalämpötiloissa kyseisen kaltaiset toteutusmuodot eivät onnistu estämään anodioksidatioria. Hätsulkutilanteissa kyseisen tyyppisiä menetelmiä ei voida sellaisenaan käyttää.

20 **Keksinnön lyhyt selostus**

Keksinnön tavoitteena on muodostaa polttokennojärjestelmä, jossa onnistutaan vähentämään anodioksidatiorin riskiä sulku-tilanteissa, jotta vähennetään tarvetta turvakaasuille. Tämä saavutetaan järjestelyllä suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, jokainen polttokenno polttokennojärjestelmässä käsittäen anodipuolen, katodipuolen ja elektrolyytin anodipuolen ja katodipuolen välissä, ja jotka polttokennot ovat järjestettyinä polttokennopinoiksi, ja joka polttokennojärjestelmä käsittää polttokennojärjestelmän putkituksen reaktionaineita varten sekä välineet polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille. Järjestely käsittää välineet sähköistä anodisuojausta varten syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle tai polttokennopinojen

- ryhmille anodien oksidaation estämiseksi, energialähteen, joka on riittävä antamaan sähköistä energiaa ainakin ennalta määritetyn minimiajan mainituille sähköisen anodisuojausvälineille, välineet mainitun ennalta määritetyn jännitteen pienentämiseksi, jotta rajoitetaan anodisuojaavirtaa ennalta
- 5 määritettyyn maksimivirta-arvoon erillisesti ainakin kahdelle pinolle tai pinojen ryhmälle ja välineet mainittujen sähköisen anodisuojausvälineiden luotettavaksi liipaisemiseksi sellaisessa tilanteessa, jossa anodioksideaatiota ei voida estää välineillä polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille.
- 10 Keksinnön kohteena on myös menetelmä suojakaasujen tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, jossa menetelmässä polttoainetta syötetään polttokennojen anodipuolille, ja muodostetaan ennalta määritettyjä jännite ja virta-arvoja. Menetelmässä suoritetaan sähköinen anodisuojaus syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdel-
- 15 le polttokennopinolle tai polttokennopinojen ryhmälle anodien oksidaation estämiseksi, annetaan sähköenergiaa ainakin ennalta määritetyn minimiajan verran mainitun sähköisen anodisuojaus suorittamiseen, pienennetään mainittu ennalta määritetty jännite, jotta rajoitetaan anodin suojaavirta ennalta määritettyyn maksimi virta-arvoon erillisesti ainakin kahdelle polttokenno-
- 20 pinolle tai polttokennopinojen ryhmälle, ja menetelmässä liipaistaan varmatoimisesti sähköisen anodisuojaus suorittaminen sellaisessa tilanteessa, jossa anodioksideaatiota ei voida estää syöttämällä polttoainetta polttokennojen anodipuolille.
- 25 Keksintö perustuu energialähteen hyödyntämiseen, joka on riittävä antamaan sähköistä energiaa ainakin ennalta määritetyn minimiajan verran sähköiseen anodisuojaukseen syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle tai ainakin kahdelle polttokennopinojen ryhmälle anodipuolien oksidaation estämiseksi. Mainittua ennalta määritettyä jännitettä käytetään rajoittamaan anodisuojaus sähkövirtaa ennalta määritettyyn
- 30 maksimivirta-arvoon erillisesti ainakin kahdelle pinolle tai ainakin kahdelle pinojen ryhmälle. Lisäksi sähköistä anodisuojausta liipaistaan luotettavasti

päälle tilanteessa, jossa anodioksidaatiota ei voida estää syöttämällä polttoainetta polttokennojen anodipuolille.

- 5 Keksinnön etuna on, että onnistutaan saavuttamaan merkittäviä säästöjä taloudellisissa kustannuksissa ja polttokennojärjestelmän fyysisessä koossa anodioksidaation riskin pienentämisessä hätäsulkuutilanteessa.

Kuvioluettelo

- 10 Kuvio 1 esittää yksittäisen polttokennon rakenteen.
- Kuvio 2 esittää esimerkin kiinteän oksidin polttokennolaitteesta (SOFC).
- 15 Kuvio 3 esittää esillä olevan keksinnön mukaisen ensimmäisen edullisen toteutusmuodon.
- Kuvio 4 esittää edullisen esimerkkitoteutusmuodon polttokennopinojen sähköisen anodisuojausten välineistä
- 20 Kuvio 5 esittää esillä olevan keksinnön mukaisen toisen edullisen toteutusmuodon.

Keksinnön yksityiskohtainen selostus

- 25 Kiinteän oksidin polttokennoilla (SOFC) voi olla monenlaisia geometrioita. Levymäinen geometria (kuvio 1) on tyypillinen voileipätyyppinen geometria, jota käytetään useimmiten polttokennototeutuksissa, joissa elektrolyytti 104 on voileipämäisesti anodin 100 ja katodin 102 välissä. Kiinteän oksidin polttokennolaitteita (SOFC) voidaan myös tehdä putkimaisilla geometrioilla, joissa joko ilma tai polttoaine päästetään kulkemaan putken sisäpuolella ja muu kaasu päästetään kulkemaan putken ulkopuolella. Tämä voidaan myös järjestää siten, että polttoaineella käytettävä kaasu päästetään kulkemaan putken
- 30

sisäpuolella ja ilma päästetään kulkemaan putken ulkopuolella. Putkimainen rakenne on parempi eristämään polttoaineen ilmasta. Kuitenkin levymäisen rakenteen suorituskyky on parempi kuin putkimaisen rakenteen suorituskyky, koska levymäisellä rakenteella on vastaavasti matalampi resistanssi. Muita

5 kiinteän oksidin polttokennolaitteiden rakenteita ovat modifioidut levymäiset polttokennot (MPC tai MPSOFC), joissa aaltomainen rakenne korvaa perinteisen levymäisen polttokennon tasaisen konfiguraation. Tällaiset rakenteet ovat lupaavia, koska ne omaavat sekä levymäisten kennojen (matala resistanssi) ja putkimaisten kennojen edut.

10

Kiinteän oksidin polttokennoissa käytettävä keramiikka ei tule ilmeisen aktiiviseksi ennekuin se saavuttaa erittäin korkean lämpötilan, ja tästä johtuen polttokennopinot pitää lämmittää lämpötiloihin 600-1000 C°. Hapen pelkistymisen 106 (kuvio 1) happi-ioneiksi tapahtuu katodilla 102. Nämä ionit voidaan siten siirtää kiinteän oksidin elektrolyytin 104 kautta anodille 100, missä ne voivat elektrokemiallisesti oksidoida polttoaineena 108 käytettävän kaasun. Tässä reaktiossa muodostuvat vesi ja hiilidioksidi sivutuotteena kuten myös kaksi elektronia. Nämä elektronit kulkevat ulkopuolisen piirin 111 kautta, missä ne voidaan hyödyntää sähkövirran tuottamiseksi. Tämä kierros sitten toistuu, kun kyseiset elektronit tulevat katodimateriaaliin 102 takaisin.

15

20

Suurissa kiinteän oksidin polttokennojärjestelmissä tyypilliset polttoaineet ovat luonnonkaasu (enimmäkseen metaania), erilaiset biokaasut (enimmäkseen tyyppiä ja/tai hiilidioksidilla laimennettua metaania) ja muita korkeampia

25 hiilivetyjä sisältäviä polttoaineita mukaan lukien alkoholit. Polttoainetta syötetään anodipuolelle välineillä 108 (kuvioissa 2, 3, 5) polttoaineen syöttämiseksi, mainitut välineet käsittäen välttämättömän yhteysputkituksen polttoaineen lähteestä, joka sisältää polttoainetta, polttokennojen 103 anodipuolille 100. Metaani ja korkeammat hiilivedyt pitää reformoida joko reformeissa 107 (kuvio 2) ennen niiden sisäänsyöttöä polttokennopinoille 103 tai (osittaisesti) sisäisesti polttokennopinoissa 103. Reformointireaktiot vaativat tietyn määrän vettä, ja lisävettä tarvitaan myös estämään mahdollinen hiilenmuodostumi-

30

nen (koksaantuminen), joka aiheutuu metaanista ja erityisesti korkeammista hiilivedyistä. Tämä vesi voidaan muodostaa sisäisesti kierrättämällä anodi-
 kaasun päästövirtausta, koska vettä tuotetaan suurissa määrin polttokenno-
 reaktiossa, ja/tai mainittua vettä voidaan muodostaa myös erillisestä vesi-
 5 syötöstä (esimerkiksi suorasta tuorevedensyötöstä tai päästökondensaatin
 kierrätyksestä). Anoditakaisinkierrätyksen järjestelyllä myös osa käyttämät-
 tömästä polttoaineesta ja laimennusaineet anodikaasussa syötetään takaisin
 prosessiin, kun taas erillisen vesisyötön järjestelyssä ainut lisäys prosessiin
 on vesi.

10

Esillä olevan keksinnön mukaiset toteutusmuodot oksidaation estämiseksi
 anodeilla järjestetään ylläpitämällä sopivaa sähkökenttää kennoilla, mikä es-
 tää nikkelioksidatioreaktion tapahtumasta. Mainitun kentän ylläpitämiseksi
 pitää syöttää sähkövirtaa polttokennoille. Sähkövirran suuruus korreloi hapen
 15 määrää, joka saapuu anodeille. Seuraavassa esitetään tekniikoita ja mene-
 telmiä hyödyntää sähköistä anodisuojausta myös hätäsulkutilanteiden olo-
 suhteissa.

Hätäsulkutilanteet voivat syntyä useista eri syistä sisäisesti tai ulkoisesti polt-
 20 tokennojärjestelmässä, joihin syihin mukaan lukeutuvat kaasuvuodot, verk-
 kokatkokset ja kriittisten komponenttien rikkoontumiset. Esimerkiksi, koska
 kaasuvuodot ovat yksi potentiaalisista syistä hätäsulkutilanteiden syntymi-
 seen, polttokennojärjestelmän täytyy olla räjähdysten kannalta turvallista
 tyyppiä.

25

Sähköisille laitteille tämä edellyttää vaatimusta EX-luokitukseen, vyöhykkeen
 2 luokitukseen (räjähtävän ilmapiirin ilmeneminen on harvinaista) tai parem-
 paan luokitukseen. Mikäli sähköistä anodisuojausta käytetään hätäsulkutilan-
 teissa, täytyy olla osoitettuna ettei se lisää räjähdysriskiä vaikutusalttiissa
 30 osissa kuten: polttokennopinoissa, virrankeräys- ja kaapelointiosissa, sähköi-
 sessä piiristössä ja energialähteessä.

Polttokennopinojen 103 kannalta sähköisen anodisuojaus-
 vaikutta räjähdysturvallisuuteen. Riippumatta siitä, ovatko anodit suojattuja
 suojakaasun syötöllä tai sähköisesti, polttokennopinoilla on jännite lähellä
 OCV (open circuit voltage, avoimen silmukan jännite) jännitettä niin kauan
 5 kuin ne pysyvät kuumina OCV:n tasot ovat tyypillisesti välillä 1V–1,15V riip-
 puen pinoista ja toimintalämpötiloista. Pinojen pintalämpötilat ovat olennai-
 sesti samoja ja alun perin tyypillisesti selvästi yli todennäköisesti vuotavien
 kaasujen itsesyttymislämpötilojen. Kun sähköinen anodisuojaus varustetaan
 sähkövirran rajausominaisuuksilla, voi se itse asiassa vähentää ylikuumentu-
 10 misen riskiä, joka aiheutuu paikallisista vuodoista tai oikosuluista pinoissa.
 Täten polttokennopinojen räjähdysturvallisuus ei ole esteenä käyttää sähköis-
 tä anodisuojausta hätäsulkutilanteessa.

Virran keräämiselle soveltuu olennaisesti samanlaiset asiat kuin polttokenno-
 15 pinoille 103. Koska piiriin katkoja ei voida sijoittaa kuumaan ympäristöön
 pinon virrankerääjien ja kaapeloinnin kuuma osa pitää aina pinojännitteen ja
 täten ei ole eroa sillä asialla, käytetäänkö suojakaasutusta tai sähköistä suo-
 jausta. Sähköiseen suojaukseen käytettävä virta on ainakin voimakkuuden
 kertalukua pienempi kuin nimelliset polttokennovirrat, jolloin vastaava kaape-
 20 loinnin lämpötilakuorma on mitätön. Sähkövirrankeräyksen kylmille osille voi-
 daan soveltaa normaaleja EX-käytäntöjä.

Kuviossa 3 esitetään esillä olevan keksinnön mukainen ensimmäinen edulli-
 nen toteutusmuoto korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä. Sähköinen
 25 piiristö 122, jota käytetään muodostamaan sähköistä suojasta, toisin sano-
 en välineet 122 sähköisen anodisuojaus toteuttamiseksi käsittävät edulli-
 sesti välineet lähteestä 120 saatavan sähköisen energian muuntamiseksi
 kontrolloiduksi jännitteeksi ja huippurajoitetuksi sähkövirraksi, jota syötetään
 pinoille 103. Täten välineet 122 edullisesti käsittävät tehoelektroniikan piiris-
 30 tön. EX-vyöhykkeillä 1 ja 2 voidaan käyttää esimerkiksi liekkisuojustua kote-
 lointia, jotta mukaudutaan EX vaatimuksiin.

Erilaisia energianlähteitä 120 voidaan käyttää sähköisen tehon muodostamiseen sähköistä anodisuojausta varten. Nämä vaihtoehdot mukaan lukevat patterit (esimerkiksi lyijyhappo, litium) syöttö ulkoisesta UPS:sta tai turvallisuussyöttö vaihtovirta- tai tasavirtalähde (esimerkiksi hätätilan tehonlähde laivasovellutuksissa) ja varageneraattorit. Voidaan käyttää erilaisia lähteiden yhdistelmiä, esimerkiksi syöttö sähköverkosta, joka on turvavarmistettu pattereilla, joita voidaan käyttää rajoitetunpituisen sähköverkon katkoksen ajan. Patterit tai hätätilan generaattori voidaan sijoittaa erillisille vaarattomalle alueelle, jotta vältetään tarve EX-luokitukselle. Ainakin pattereille on saatavilla EX-hyväksytyjä kotelointeja. Energianlähde 120 on riittävä muodostamaan sähköistä energiaa ainakin ennalta määritetyn minimiajan verran mainituille välineille 122 sähköisen anodisuojauksen muodostamiseksi. Ennalta määritetty minimiaika perustuu esimerkiksi polttokennojärjestelmän laskelmiin ja/tai polttokennojärjestelmän mittauksiin ennen polttokennojärjestelmän toimintaprosessia tai polttokennojärjestelmän toimintaprosessin aikana.

Esillä oleva keksintö käsittää myös välineet 126 mainittujen sähköisen anodisuojauksen välineiden 122 luotettavaksi liipaisemiseksi tilanteessa, jossa anodioksidaatiota ei voida estää välineillä 108 polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen 103 anodipuolelle 100. Välineet 126 liipaisevat, ts. kytkevät sähköisen anodisuojauksen päälle. Täten välineet 126 ovat esimerkiksi liipaisukytkin tai liipaisuelektroniikka keksinnön mukaisen liipaisuoperaation suorittamiseksi. Käsky suorittaa liipaisuoperaatio annetaan edullisesti välineille 126 tehoelektroniikan ohjausvälineitä 124 tai polttokennojärjestelmän ohjausprosessorilta.

Sähkövirran määrä, joka tarvitaan ylläpitämään vaadittavaa sähkökenttää anodilla, riippuu pinojen huoltotasosta ja maasulkuvirtojen tasosta, jne., ja näihin tarkoituksiin esillä oleva keksintö esittää ratkaisuja rajoittaa virta-arvoja. Veden absoluuttinen tarve voidaan määrittää sähköisessä anodisuojauksessa määrittämällä happivuodon määrä, ja mainitun happimäärän perusteella määritetään vastaava vetymäärä. Siinä keksinnön mukaisessa

prosessissa, jossa hyödynnetään yhdistettyä sähköistä anodisuojausta ja suojakaasutusta, tarvittavaa vetymäärää muodostetaan mainitussa määrittelyssä erityisesti niissä tilanteissa, kun käytetään vain suojakaasutusta kyseisessä prosessissa. Pessimistinen arvio sähköisessä anodisuojauksessa tarvittavalle sähkövirralle, jotta saavutetaan sama suojauksen taso kuin käyttämällä vain suojakaasua, voidaan saada olettamalla, että kaikki vety suojakaasussa kulu-
 5 tetaan. Mainittu arvio on pessimistinen, koska vaatimuksilla suojakaasun määrille ovat huomattavat turvamarginaalit, kun prosessissa käytetään vain tunnetun tekniikan suojakaasutusta. Turvamarginaalit ovat asetettuja johtu-
 10 en erilaisista epävarmuustekijöistä. Varsinainen tarve vedylle olisi vähemmän, ja täten vastaavasti myös todellinen tarve sähköisessä anodisuojauksessa tarvittavalle sähkövirralle olisi myös vähemmän.

Sähköisessä anodisuojauksessa käytettävä jännite pitäisi asettaa siten, että
 15 nikkelioksidaatiota eikä myöskään hien muodostumista saa päästä tapahtu-
 maan. Mainitussa lähestymistavassa esitettävät numeeriset arvot perustuvat kokeellisiin termodynaamisiin laskelmiin, jotka (tai samankaltaiset arvot) voi-
 daan myös löytää kirjallisuudesta. Mikäli käytetään vakiojännitettä, silloin
 tämä jännite pitäisi olla lähellä 1,0V. Mikäli pinojen lämpötilainformaatiota on
 20 saatavilla, silloin tehonkulutusta voidaan vähentää vähentämällä jännitettä
 alas 0,8V:iin korkeissa lämpötiloissa, joissa myös sähkövirran oletetaan ole-
 van korkeimpia. Yhdessä keksinnön edullisessa toteutusmuodossa tehoelekt-
 roniikan säätövälineet 124 käsittävät pinoresistanssin (ASR) mittausvälineet
 25 anodisuojavirran moduloimiseksi esimerkiksi injektoimalla korkean taajuuden
 AC (vaihtovirta, alternating current) signaalia DC (tasavirta, direct current)
 signaalin päällä, jotta muodostetaan pinoresistanssi-informaatiota. Muodos-
 tettua pinoresistanssi-informaatiota voidaan käyttää arvioimaan pinolämpöti-
 laa ja sitten sitä voidaan käyttää määrittämään sopivaa sähköisen suojauksen
 jännitearvoa käytettäväksi ilman tarvetta varsinaiselle lämpötilamittaukselle.
 30 Edullisesti välineet 124 muodostavat lämpötila-arvot erillisesti polttokennopi-
 noista 103 injektoimalla korkean taajuuden vaihtojännitesignaalia tasavirta-
 signaalin mukana ja sen päällä kullekin pinolle 103 tai pinojen ryhmälle pi-

nospesifisen resistanssi-informaation mittaamiseksi. Sitten määritetään yksilöllinen lämpötilainformaatio kullekin pinolle tai pinojen ryhmälle mainitun pinospesifisen resistanssi-informaation perusteella, ja mainittua lämpötilainformaatiota hyödynnetään virta-arvojen rajoittamisessa, joita virta-arvoja
 5 käytetään pinospesifisessä sähköisessä anodisuojauksessa.

Lisäksi ohjausvälineet 124 käsittävät välineet 124 ennalta määritetyn suojajännitteen vähentämiseksi jotta rajoitetaan suojavirtaa ennalta määritettyyn maksimiarvoon pinospesifisessä sähköisessä anodisuojauksessa viallisten pinojen tai oikosuljettujen pinojen tapauksissa. Näissä tilanteissa mahdollinen tai mahdolliset oikosuljetut pinot eivät tyhjennä koko käytettävissä olevaa suojavirtapotentiaalia, ja suojavirtaa voidaan muodostaa yhä muille pinoille, jotta estetään niiden vahingoittumista. Muut pinot voidaan täten pitää yhä
 10 käytössä tällaisella erillisellä järjestelyllä, joka on järjestetty esillä olevan keksinnön mukaisesti. Maksimisähkövirta-arvojen määrittäminen edeltä käsin perustuu ainakin pinojen 103 lämpötilainformaatioon, ja mainittu ennalta määrittäminen voidaan suorittaa polttokennojärjestelmän toimintaprosessin aikana tai ennen polttokennojärjestelmän toimintaprosessia. Nämä välineet 124 ennalta määritetyn jännitteen vähentämiseksi voidaan muodostaa yksinkertaisista jännitteen vähennystekniikoista tunnetun tekniikan mukaisesti tai myös
 15 monimutkaisista jännitteen säätötekniikoista.

Kuviossa 4 esitetään edullinen esimerkinomainen toteutusmuoto välineissä 122 sähköisen anodisuojauksen suorittamiseksi polttokennopinoille. Nämä
 25 välineet 122 käsittävät diodit D1, D2, D3, D4, ensimmäiset kytkimet S1, S2, S3, S4, toiset kytkimen k1, k2, kondensaattorin C1 ja kelan L1. Diodit ja ensimmäiset kytkimet ovat rinnakkainkytkennöissä. Nämä välineet 122 yhdistetään DC-linkkiin toisen kytkimen k1 kautta, polttokennopinoihin 103 toisen kytkimen k2 kautta ja energianlähteeseen 120 rinnakkainkytkennässä kondensaattoriin C1. Mainitut välineet 122 toimivat pinosuojaustilassa, kun S1 ja
 30 D2 ovat aktiivisia, k2 on kiinni ja k1 on auki. Kun patteria käytetään energianlähteenä 120, välineet 122 toimivat patterivaraustilassa, kun S3 ja D4 ovat

aktiivisia, k1 on kiinni ja k2 on auki. Edelleen välineet 122 toimivat transiittienergian puskurina, kun S4 ja D3 ovat aktiivisia, S1 on kiinni ja k1 on kiinni.

Yhdessä keksinnön edullisessa toteutusmuodossa välineet 122 sähköisen anodisuojausjärjestelmän toteuttamiseksi, toisin sanoen tehoelektroniikan piiristö sähköisen anodisuojausjärjestelmän toteuttamiseksi voidaan yhdistää pihoihin 103 jatkuvasti ja ohjata käyttämällä yksittäistä päällekytkentä/poispäällekytkentä-signaalia. Välineet 122 sallivat vapauttaa vaatimuksia päätehoonmuuntimen (esimerkiksi DC/DC) minimitoimintaa sähkövirrasta, joita päätehoonmuunninta käytetään suojauspiiristönä, toisin sanoen välineet 122 voivat auttaa polttokennoja 103 jakamaan sähkövirtaa kuormituksen alkuvaiheissa. Riippuen päämuuntimessa käytettävästä topologiasta, mahdollinen käynnistys korkeammilla sähkövirran arvoilla sallii yksinkertaista suunnittelua ja kustannussäästöjä.

Mikäli sähköisen anodisuojausjärjestelmän teholähde 120 toteutetaan suurena patteripakkauksena, silloin sitä voidaan myös hyödyntää muodostamaan lisätoiminallisuutta polttokennojärjestelmälle. Mikäli se on yhdistettynä päämuuntaajaan, voi se toimia transiittienergian puskurina sarjatoimintamuodossa ja lisäksi polttokennojärjestelmä voi muodostaa UPS (Uninterruptible Power Supply) toiminnallisuuden.

Kuviossa 5 esitetään esillä olevan keksinnön mukainen toinen edullinen toteutusmuoto, jossa järjestely käsittää pneumaattisen aktivointijärjestelmän 130 suojaasuoperointiin hätätilan sulkemistilanteessa, jotta minimoidaan tarvetta suojaasuoperointiin yhdessä sähköisen anodisuojausjärjestelmän kanssa, joka on esitettyä esimerkiksi liittyen kuvioon 3. Järjestely 130 suojaasuoperointiin on esimerkiksi jokin suojaasuoperointijärjestelmä, joita esitetään patenttihakemuksessa FI20105196. Sellainen pneumaattinen aktivointijärjestely huuhteluoperointiin on edullisesti sijoitettuna korkeanlämpötilan polttokennojärjestelmän katodipuolelle 102, jotta vähennetään olennaisesti tarvetta suojaasuoperointiin (toisin sanoen turvakaasulle) anodipuolella hätätilan-

teessa, mutta järjestelyä voidaan myös soveltaa anodipuolen 100 tai yhtäaikaaisesti sekä anodipuolella 100 että katodipuolella 102 korkeanlämpötilan polttokennojärjestelmässä. Tällaisella yhdistetyllä suojakaasu ja sähköisen anodisuojausten järjestelyllä voidaan saavuttaa olennaisesti pienemmät happivuodot, ja täten huomattavasti pienemmän energialähteen 120 käyttö on riittävää sähköisessä anodisuojauksessa. Erityisesti suuren volyymin polttokennojärjestelmässä järjestelmäkoko voidaan järjestää olennaisesti pienemmäksi ja taloudelliset kustannukset ovat pienemmät kuin järjestelmässä, joka käyttää sähköistä anodisuojausta ilman mainittua suojakaasutusta.

10

Vaikka keksintö on esitettynä edellä liittyen liitettyihin kuvioihin ja selostukseen, ei keksintö ole kuitenkaan millään tavoin rajoittunut niihin vaan keksintöä voidaan muunnella patenttivaatimusten sallimissa rajoissa.

15

Patenttivaatimukset

1. Järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, jokainen polttokenno polttokennojärjestelmässä
- 5 käsittäen anodipuolen (100), katodipuolen (102) ja elektrolyytin (104) anodipuolen ja katodipuolen välissä, ja jotka polttokennot ovat järjestettyinä polttokennopinoiksi (103), ja joka polttokennojärjestelmä käsittää polttokennojärjestelmän putkituksen reaktionaineita varten sekä välineet (108) polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille (100),
- 10 **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää välineet (122) sähköistä anodisuojausta varten syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle (103) tai polttokennopinojen (103) ryhmille anodien (100) oksidaation estämiseksi, varageneraattorin mainittuna energialähteenä (120), joka on riittävä antamaan sähköistä energiaa ainakin
- 15 ennalta määritetyn minimiajan mainituille sähköisen anodisuojauksen välineille (122), välineet (124) mainitun ennalta määritetyn jännitteen pienentämiseksi, jotta rajoitetaan anodisuojavirtaa ennalta määritettyyn maksimivirta-arvoon erillisesti ainakin kahdelle pinolle (103) tai pinojen (103) ryhmälle ja välineet (126) mainittujen sähköisen anodisuojauksen välineiden
- 20 (122) luotettavaksi liipaisemiseksi sellaisessa tilanteessa, jossa anodioksideatiota ei voida estää välineillä (108) polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille (100), ja järjestely käsittää välineet (132) räjähdysturvallisen toiminnan muodostamiseksi räjähtävän ilman läsnä ollessa, ja järjestely käsittää välineet (134) epäturvallisten välineiden
- 25 luotettavaan jännitteiden poistoon.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että mainittu tilanne on hätäsulku tilanne, jossa anodioksideatiota ei
- 30 voida estää välineillä (108) polttoaineen syöttämiseksi polttokennojen anodipuolille (100).

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää välineet (124) lämpötila-arvojen muodostamiseen polttokennopinoista (103) ja mainittujen ennalta
- 5 määritettyjen jännitearvojen määrittämiseen mainittujen lämpötila-arvojen funktiona.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää mainitut välineet (124) lämpötila-arvojen muodostamiseen polttokennopinoista (103) pinoresistanssi-informaation perusteella, joka muodostetaan moduloimalla anodisuojavirtaa.
- 10
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää välineet (124) lämpötila-arvojen muodostamiseksi erillisesti polttokennopinoista (103) injektoimalla korkeataajuuksinen vaihtovirtasignaali tasavirtasignaalin mukana ja sen päällä erillisesti jokaiseen pinoon (103) tai pinoryhmiin pinospesifisen
- 15 resistanssi-informaation mittaamiseksi, ja määrittämällä yksilöllinen lämpötilainformaatio jokaiselle pinolle tai pinojen ryhmälle mainitun pinospesifisen resistanssi-informaation perusteella ainakin virta-arvojen rajoittamista varten, joita virta-arvoja käytetään pinospesifisessä sähköisessä anodisuojuksessa.
- 20
- 25
6. Patenttivaatimuksen 2 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää välineet (130) reaktioaineiden poistamiseen suojakaasutuksella hätäsulkuutilanteessa, jotta minimoidaan suojakaasujen
- 30
- tarve yhdessä patenttivaatimuksen 1 mukaisen järjestelyn kanssa.

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää olennaisen tehokkaan patterilähteen mainittuna energialähteenä (120) sähköisen energian antamiseksi polttokennopinojen (103) sähköiseen anodisuojaukseen, ja toimimiseen transienttienergian puskurina erillisessä toimintatilassa ja/tai UPS (Uninterruptible Power Supply) toiminnallisuuden toteuttamiseen polttokennojärjestelmällä.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen järjestely suojakaasun tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, **tunnettu** siitä, että järjestely käsittää varageneraattorin mainittuna energialähteenä (120) sähköisen energian antamiseksi polttokennopinojen (103) sähköiseen anodisuojaukseen, ja/tai UPS (Uninterruptible Power Supply) toiminnallisuuden toteuttamiseen polttokennojärjestelmällä.

9. Menetelmä suojakaasujen tarpeen minimoimiseksi korkean lämpötilan polttokennojärjestelmässä, jossa menetelmässä polttoainetta syötetään polttokennojen anodipuolille (100), ja muodostetaan ennalta määritettyjä jännite ja virta-arvoja, **tunnettu** siitä, että menetelmässä

- suoritetaan sähköinen anodisuojaus syöttämällä ennalta määritetty jännite erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle (103) tai polttokennopinojen (103) ryhmälle anodien (100) oksidaation estämiseksi,
- annetaan sähköenergiaa käyttäen varageneraattoria energialähteenä (120) ainakin ennalta määritetyn minimiajan verran mainitun sähköisen anodisuojauksen suorittamiseen,
- pienennetään mainittu ennalta määritetty jännite, jotta rajoitetaan anodin suojavirta ennalta määritettyyn maksimi virta-arvoon erillisesti ainakin kahdelle polttokennopinolle (103) tai polttokennopinojen (103) ryhmälle,
- ja menetelmässä liipaistaan varmatoimisesti sähköisen anodisuojauksen suorittaminen sellaisessa tilanteessa, jossa anodioksideatiota ei voida estää syöttämällä polttoainetta polttokennojen anodipuolille (100), ja

muodostetaan räjähdysturvallinen toiminta räjähtävän ilman läsnä ollessa, ja poistetaan luotettavasti jännitteet epäturvallisista välineistä.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
5 mainittu tilanne on hätäsulkutilanne, jossa anodioksideaatiota ei voida estää syöttämällä polttoainetta polttokennojen anodipuolille (100).

11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
10 muodostetaan lämpötila-arvot polttokennopinoista (103) ja mainitut ennalta määritetyt jännitearvot määritetään mainittujen lämpötila-arvojen funktiona.

12. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
muodostetaan lämpötila-arvot polttokennopinoista (103) pinoresistanssi-
informaation perusteella, joka muodostetaan moduloimalla anodisuojavirtaa.
15

13. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
muodostetaan lämpötila-arvot erillisesti polttokennopinoista (103)
injektoimalla korkeataajuuksinen vaihtovirtasignaali tasavirtasignaalin
mukana ja sen päällä erillisesti jokaiseen pinoon (103) tai jokaiseen
20 pinoryhmään pinospesifisen resistanssi-informaation mittaamiseksi, ja
määrittämällä yksilöllinen lämpötilainformaatio jokaiselle pinolle tai pinojen
ryhmälle mainitun pinospesifisen resistanssi-informaation perusteella ainakin
virta-arvojen rajoittamista varten, joita virta-arvoja käytetään
pinospesifisessä sähköisessä anodisuojauksessa.

25
14. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
poistetaan reaktioaineet suojakaasutuksella hätäsulkutilanteessa, jotta
minimoidaan suojakaasujen tarve yhdessä patenttivaatimuksen 1 mukaisen
järjestelyn kanssa.

30
15. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että
käytetään olennaisen tehokasta patterilähdettä mainittuna energialähteenä

(120) sähköisen energian antamiseksi polttokennopinojen (103) sähköiseen anodisuojaukseen, ja toimimiseen transienttienergian puskurina erillisessä toimintatilassa ja/tai UPS (Uninterruptible Power Supply) toiminnallisuuden toteuttamiseen polttokennojärjestelmällä.

5

16. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että käytetään varageneraattoria mainittuna energialähteenä (120) sähköisen energian antamiseksi polttokennopinojen (103) sähköiseen anodisuojaukseen, ja/tai UPS (Uninterruptible Power Supply)

10 toiminnallisuuden toteuttamiseen polttokennojärjestelmällä.

Patentkrav

1. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem, var bränslecell i bränslecellsystemet
5 omfattande en anodsida (100), en katodsida (102) och en elektrolyt (104)
mellan anodsidan och katodsidan, och vilka bränsleceller är arrangerade i
bränslecellstackar (103), och vilket bränslecellsystem omfattar ett
bränslecellsystemrörnät för reaktanter samt medel (108) för att mata bränsle
till anodsidan (100) av bränslecellerna, **kännetecknat** av att arrangemanget
10 omfattar medel (122) för elektriskt anodskydd genom matning av en
förutbestämd spänning separat till åtminstone två bränslecellstackar (103)
eller grupper av bränslecellstackar (103) för att hindra oxidation av anoderna
(100), en reservgenerator som nämnda energikälla (120), som är tillräcklig
för att förse nämnda medel (122) för elektriskt anodskydd med elektrisk
15 energi åtminstone under en förutbestämd minimitid, medel (124) för att
minska nämnda förutbestämda spänning, så att anodskyddsströmmen
begränsas till ett förutbestämt maximiströmvärde separat för åtminstone två
stackar (103) eller stackgrupper (103) och medel (126) för att tillförlitligt
utlösa nämnda medel (122) för elektriskt anodskydd i en situation där
20 anodoxidation inte kan hindras av medlen (108) för att mata bränsle till
bränslecellernas anodsidor (100), och arrangemanget omfattar medel (132)
för att bilda explosionssäker funktion vid närvaro av exploderande luft, och
arrangemanget omfattar medel (134) för tillförlitligt avlägsnande av otrygga
medlens spänningar.
25
2. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
nämnda situation är en nödstoppsituation, där anodoxidation inte kan
hindras av medlen (108) för att mata bränsle till bränslecellernas anodsidor
30 (100).

3. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
arrangemanget omfattar medel (124) för att bilda temperaturvärden från
bränslecellstackar (103) och att bestämma nämnda förutbestämda
5 spänningssvärden som funktion för nämnda temperaturvärden.

4. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 3, **kännetecknat** av att
arrangemanget omfattar nämnda medel (124) för att bilda temperaturvärden
10 från bränslecellstackar (103) på basis av stackresistansinformation, som
bildas genom att modulera anodskyddsströmmen.

5. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 4, **kännetecknat** av att
15 arrangemanget omfattar medel (124) för att bilda temperaturvärden separat
från bränslecellstackar (103) genom att injektera en högfrekvent
växelströmsignal med och ovanpå en likströmsignal separat i varje stack
(103) eller stackgrupp (103) för att mäta stackspecifikt resistansinformation,
och genom att bestämma individuellt temperatursinformation för varje stack
20 eller stackgrupp på basis av nämnda stackspecifika resistansinformation
åtminstone för att begränsa strömvärden, vilka strömvärden används i ett
stackspecifikt elektriskt anodskydd.

6. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
25 högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 2, **kännetecknat** av att
arrangemanget omfattar medel (130) för att avlägsna reaktanterna med
skyddsgasning i en nödstoppsituation, så att man minimerar behovet av
skyddsgas tillsammans med ett arrangemang enligt patentkrav 1.

30 7. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett
högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att
arrangemanget omfattar en väsentligen effektiv batterikälla som nämnda

energikälla (120) för att förse bränslecellsstackarnas (103) elektriska anodskydd med elektriskt energi, och för att fungera som buffert för transientenergi i ett skilt funktionsläge och/eller för att genomföra UPS (Uninterruptible Power Supply) funktionalitet med bränslecellssystemet.

5

8. Arrangemang för att minimera behovet av skyddsgas i ett högtemperaturbränslecellsystem enligt patentkrav 1, **kännetecknat** av att arrangemanget omfattar en reservgenerator som nämnda energikälla (120) för att förse bränslecellsstackarnas (103) elektriska anodskydd med elektriskt energi, och/eller för att genomföra UPS (Uninterruptible Power Supply) funktionalitet med bränslecellssystemet.

10

9. Förfarande för att minimera behovet av skyddsgas i ett högtemperaturbränslecellsystem, i vilket förfarande man matar bränsle till bränslecellernas anodsida (100) man i förfarandet

- utför ett elektriskt anodskydd genom att mata en förutbestämd spänning separat till åtminstone två bränslecellstackar (103) eller grupper av bränslecellstackar (103) för att hindra oxidation av anoderna (100),
- förser elektriskt energi genom att använda en reservgenerator som energikälla (120) åtminstone under en förutbestämd minimitid för att utföra nämnda elektriska anodskydd,
- minskar nämnda förutbestämda spänning, så att anodskyddsströmmen begränsas till ett förutbestämt maximiströmvärde separat för åtminstone två bränslecellstackar (103) eller grupper av bränslecellstackar (103),
- och i förfarandet utlöser man tillförlitligt utförandet av det elektriska anodskyddet i en sådan situation där anodoxidation inte kan hindras genom att mata bränsle till bränslecellernas anodsidor (100), och man bildar explosionssäker funktion vid närvaro av exploderande luft, och avlägsnar tillförlitligt spänningarna från otrygga medlen.

15

20

25

30

10. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att nämnda situation är en nödstoppsituation, där anodoxidation inte kan hindras genom att mata bränsle till bränslecellernas anodsidor (100).

5 11. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att man bildar temperaturvärden från bränslecellstackar (103) och nämnda förutbestämda spänningsvärden bestäms som funktion för nämnda temperaturvärden.

10 12. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att man bildar temperaturvärden från bränslecellstackar (103) på basis av stackresistansinformation, som bildas genom att modulera anodskyddsströmmen.

15 13. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att man bildar temperaturvärden separat från bränslecellstackar (103) genom att injektera en högfrekvent växelströmsignal med och ovanpå en likströmsignal separat i varje stack (103) eller stackgrupp (103) för att mäta stackspecifikt resistansinformation, och genom att bestämma individuellt temperatursinformation för varje stack eller stackgrupp på basis av nämnda
20 stackspecifika resistansinformation åtminstone för att begränsa strömvärden, vilka strömvärden används i ett stackspecifikt elektriskt anodskydd.

25 14. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att avlägsnar reaktanterna med skyddsgasning i en nödstoppsituation, så att man minimerar behovet av skyddsgas tillsammans med ett arrangemang enligt patentkrav 1.

30 15. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att man använder en väsentligen effektiv batterikälla som nämnda energikälla (120) för att förse bränslecellsstackarnas (103) elektriska anodskydd med elektriskt energi, och för att fungera som buffert för transientenergi i ett skilt funktionsläge

och/eller för att genomföra UPS (Uninterruptible Power Supply) funktionalitet med bränslecellssystemet.

16. Förfarande enligt patentkrav 9, **kännetecknat** av att man använder en
5 reservgenerator som nämnda energikälla (120) för att förse
bränslecellsstackarnas (103) elektriska anodskydd med elektriskt energi,
och/eller för att genomföra UPS (Uninterruptible Power Supply) funktionalitet
med bränslecellssystemet.

10

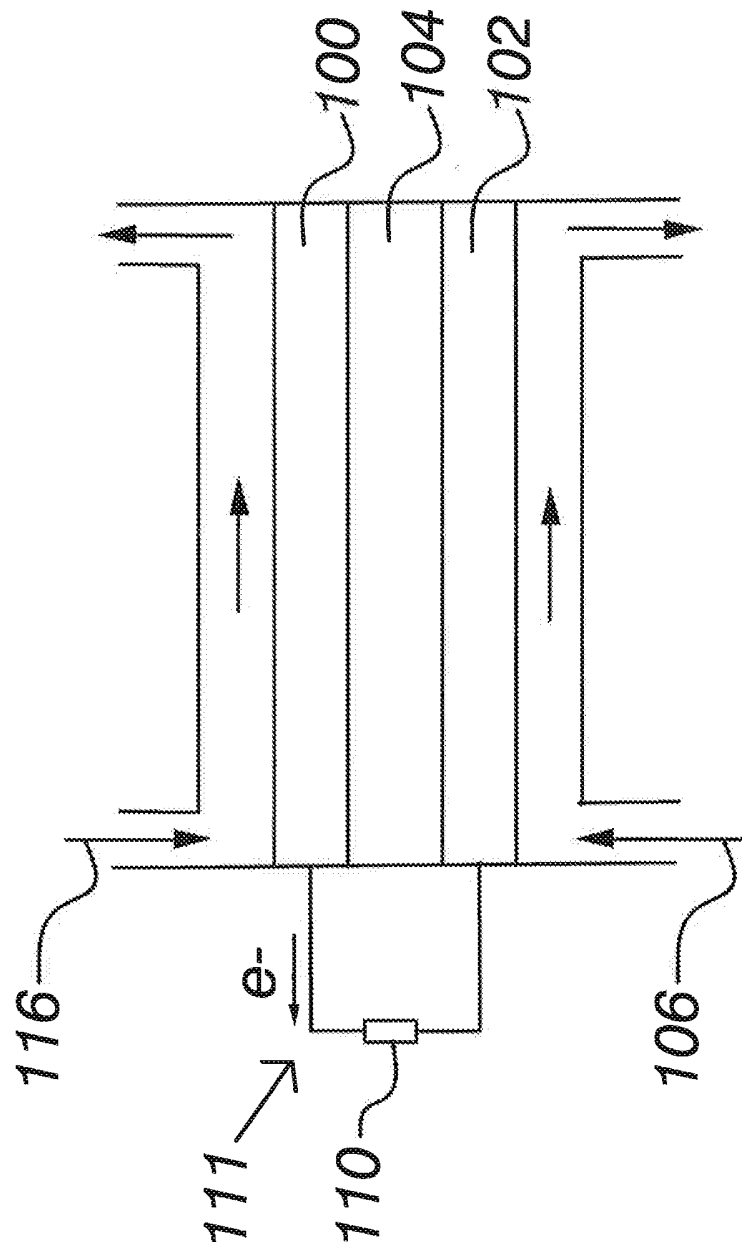


Fig. 1

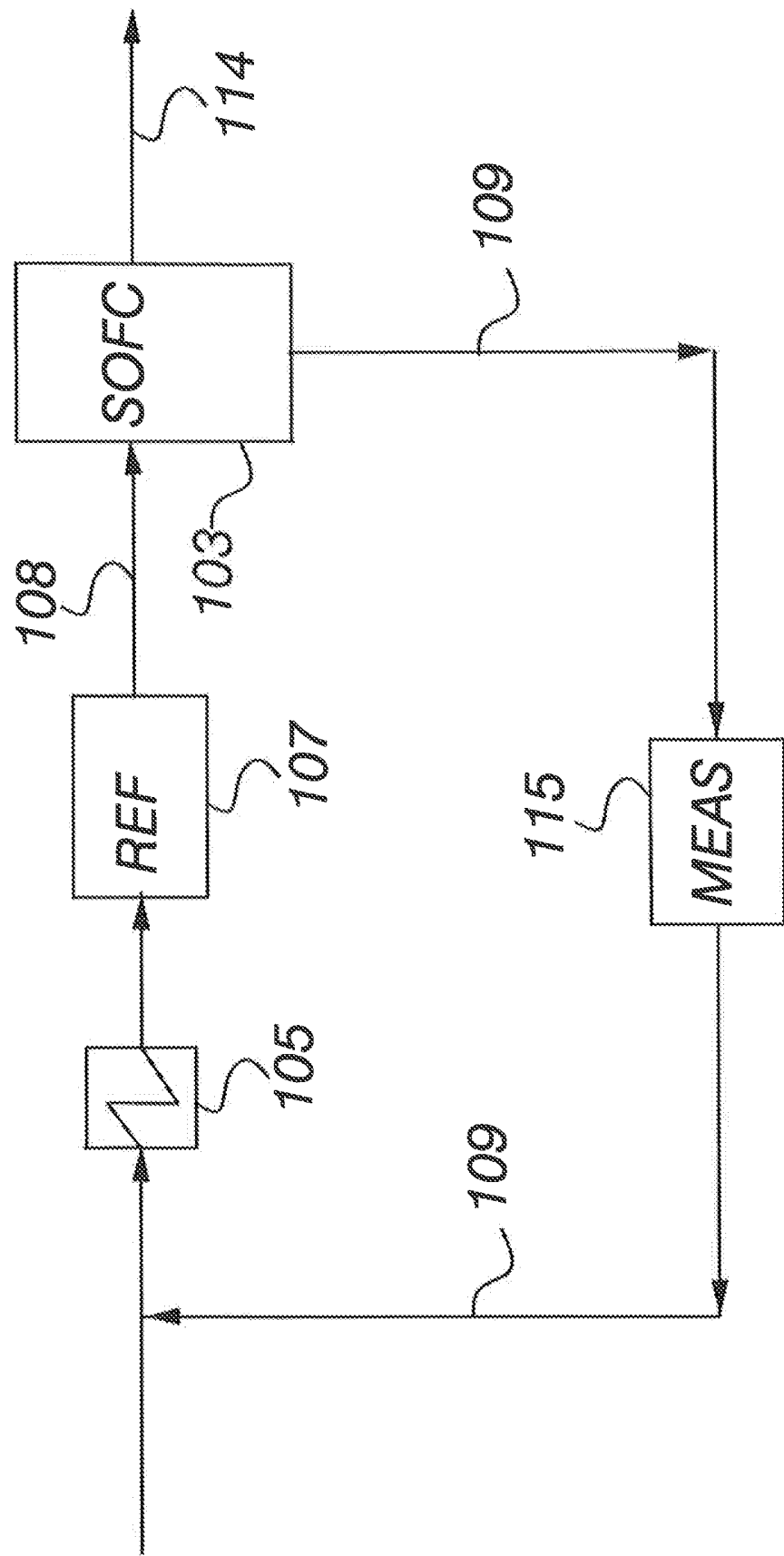


Fig. 2

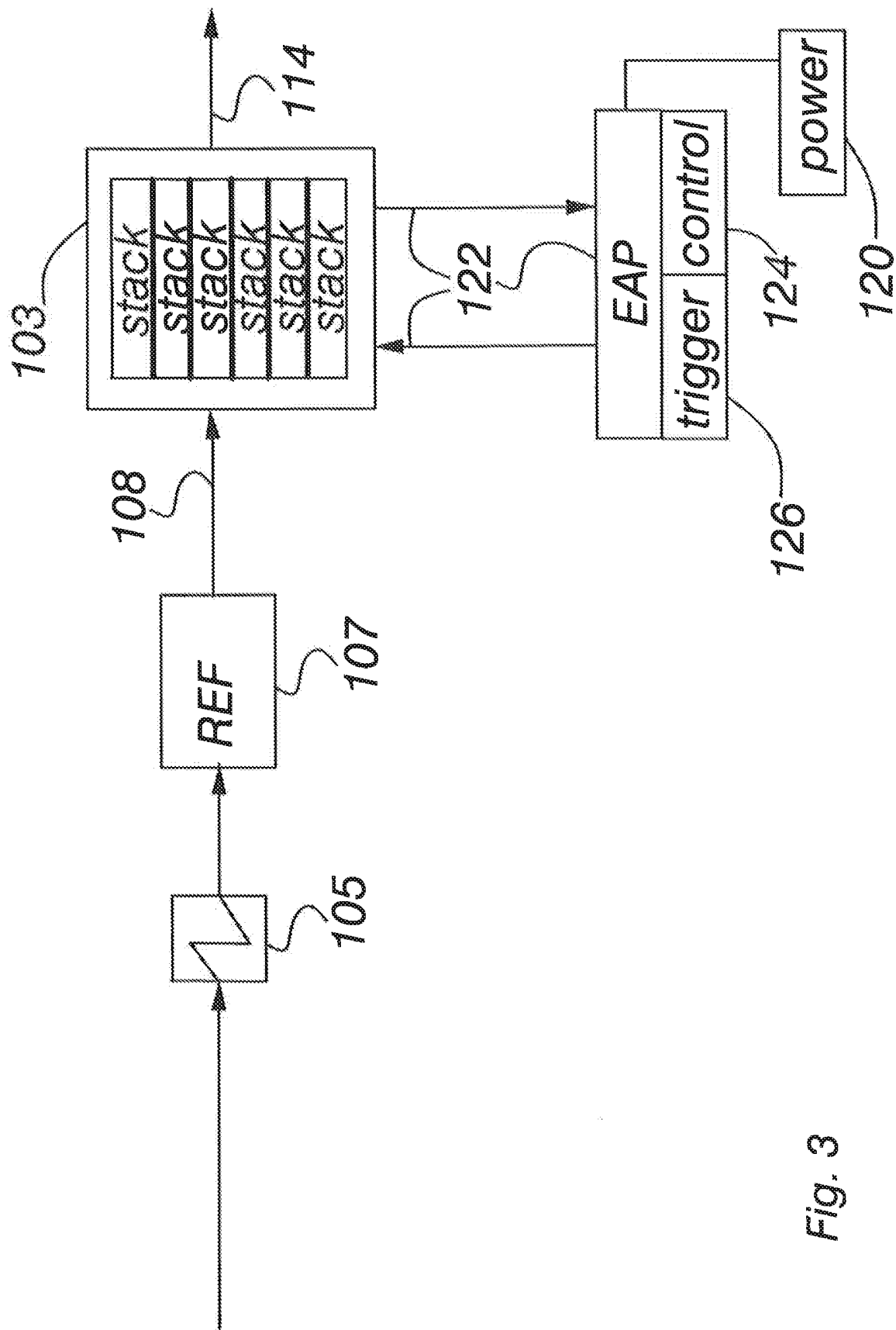


Fig. 3

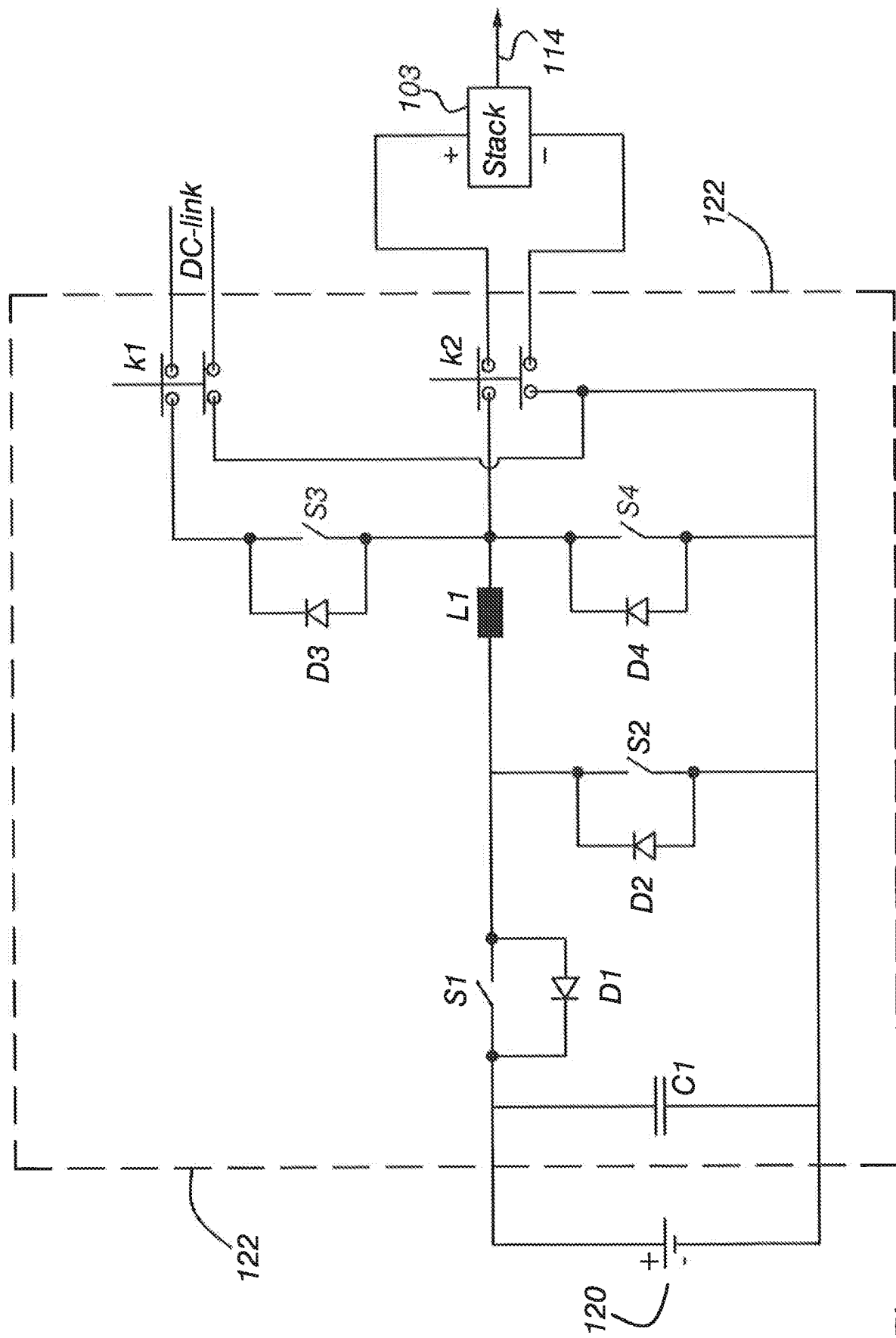


Fig. 4

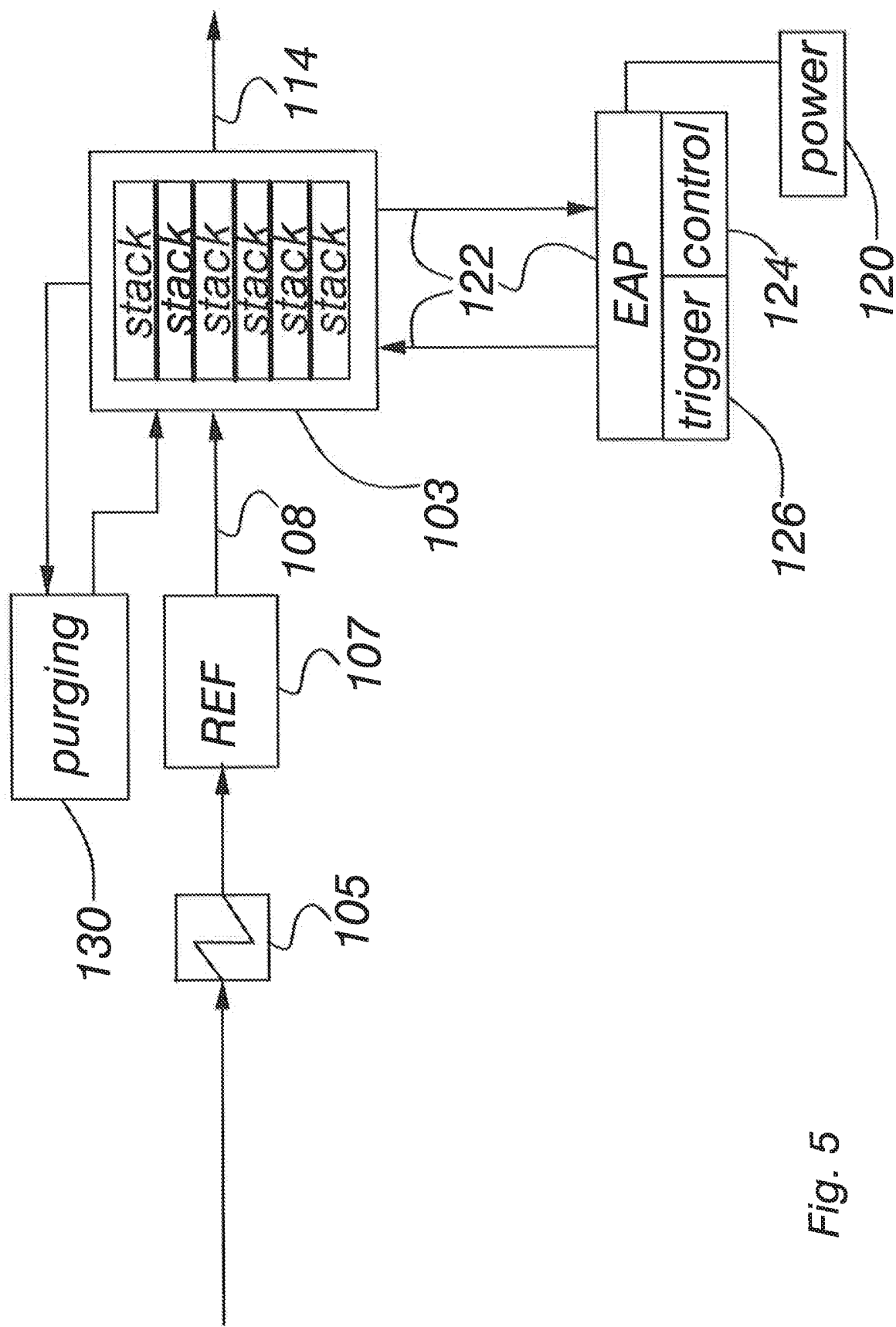


Fig. 5