

(11) **EE 05831 B1**

(51) Int.Cl.
H02J 3/00 (2006.01)
H02M 5/00 (2006.01)

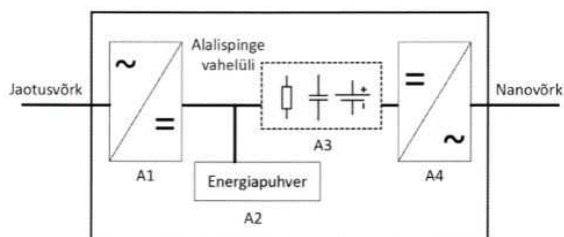
(12) **PATENDIKIRJELDUS**

| | |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (21) Patenditaotluse number: P201800025 | (73) Patendiomanik: Tallinna Tehnikaülikool Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE |
| (22) Patenditaotluse esitamise kuupäev: 28.09.2018 | (72) Leiutise autorid: Indrek Roasto Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE |
| (24) Patendi kehtivuse alguse kuupäev: 28.09.2018 | Tanel Jalakas Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE |
| (43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev: 15.05.2020 | Dmitri Vinnikov Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE |
| (45) Patendikirjelduse avaldamise kuupäev: 15.12.2020 | |

(54) **Seade vältimaks energiavoo suuna muutusest tingitud ülepingete teket nanovõrgus**

(57) Seade vältimaks energiavoo suuna muutusest tingitud ülepingete teket nanovõrgus on sagedusmuundur nanovõrgu sidumiseks jaotusvõrguga. Sagedusmuundur sisaldab kahesuunalisi sisend- ja väljundvahelüli, alalispinge vahelüli, energiasalvestit ja pingesummutusahelat. Sagedusmuunduri sisendiks on jaotusvõrgupoolne osa ja väljundiks nanovõrgupoolne osa. Pingesummutusahelaks võib olla takistusmaatriks, fikseeritud pingesallikas või alalispingemuunduriga sujuvalt reguleeritav koormus, kusjuures koormus on passiivtakisti või energiasalvesti.

(57) A device for avoiding overvoltages due to the direction change of the energy flow in the nanogrid is a frequency converter that connects nanogrid with the distribution grid. The frequency converter consists of bidirectional input and output inverters, a dc-link, energy storage and a voltage damping circuit. The input connects to the distribution grid while the output connects to the nanogrid. The voltage damping circuit can be a resistor matrix, a fixed voltage source or a dc-dc converter controlled load that consists of a passive resistor or energy storage.



SEADE VÄLTIMAKS ENERGIAVOO SUUNA MUUTUSTEST TINGITUD ÜLEPINGETE TEKET NANOVÖRGUS

Tehnikavaldkond

- Käesolev leiutis kuulub jõuelektroonika seadmete valdkonda. Täpsemalt käsitleb
- 5 leiutis summustusahelaid ülepingete summutamiseks, mis tekivad energiavoo suuna muutmisel nanovõrgus.

Tehnika tase

- Leiutis on seotud energiavoogude kahesuunalise juhtimisega nanovõrgus. Nanovõrguks loetakse väikest (kuni 100 kW) madalpinge elektrisüsteemi, mis suudab
- 10 töötada nii jaotusvõrguga ühenduses (*on-grid*) kui ka autonoomselt (*off-grid*). Sealjuures peab üleminek ühest režiimist teise toimuma automaatselt ja nii, et nanovõrgu pingekvaliteet ei kannataks. Nanovõrk koosneb energiaallikatest, salvestitest ja tarbijatest. Nanovõrguks võivad olla väikehooned, korterelamud, eramud jm väike-ehitised.

- 15 Tänapäeva ehitistes kasutatavad salvestid ja taastuenergiaallikad töötavad reeglina pingejärgijatena, st nad vajavad stabiilset siinuset vörgupinget, et energiat välja anda. Sealjuures on oluline, et vörgupinge vastaks standardites nõutud kvaliteedile. Üldiselt on piisav juba 10% kõrvalekalle, et pingejärgurina töötavad seadmed end välja lülitaks. Nanovõrk on aga jaotusvõrgust lahti sidestatud, mistõttu peab vastava
- 20 siinuspinge genereerima ühenduspunktis asuv sagedusmuundur. Ülejäänud allikad nanovõrgus töötavad lihtsalt pingejärguritena.

- Energia liigub nanovõrgus kahesuunaliselt: sagedusmuundurist nanovõrku (C2N) ja nanovõrgust sagedusmuundurisse (N2C). C2N korral käitub sagedusmuundur siinuse-
lise pingeaallikana ja N2C korral siinuset pinget tarbiva juhitava koormusena. N2C
- 25 režiimi rakendatakse juhul, kui nanovõrgus tekib energia ülejääk, mida on tarvis suunata jaotusvõrku või energiasalvestisse. Kõige kriitilisem on sealjuures hetk, mil energiavoosuund muutub. Sellel hetkel langeb sagedusmuunduri koormus lühiajaliselt nulli ehk ta töötab tühijooksul. Sellises olukorras ei suuda tavaline sagedusmuundur oma väljundpinget stabiliseerida ja nanovõrku genereeritakse ohtlik ülepinge.

- 30 Tuntud on autonoomne katkematu toiteallikas (US4673826A), mis tagab stabiilse energiavarustuse oma väljundis. Seadme puuduseks on aga ühesuunaline

väljundvaheldi (inverter). Kahesuunalist vaheldit (inverterit) ei saa rakendada, kuna puudub võimalus mainitud ülepingete summutamiseks alalispinge vahelülis (dc bus) ja ühtlasi ka nanovõrgus.

5 Tuntud on kolmefaasiline ac-ac (vahelduvvool-vahelduvvool) jada resonants jõumuundur (US5010471A), mis võimaldab kahesuunalist energiajuhtimist. Seadme puuduseks on asjaolu, et puudub stabiilse pingega alalispinge vahelüli, mis toimiks energiasalvestina. Seetõttu ei sobi seade nanovõrgu toitemuunduriks.

Tuntud on elektriraudteele mõeldud liinipinget stabiliseeriv toiteplokk (KR100964631B1), mis suunab rongi kontaktliinis tekkiva energiaülejäägi tagasi võrku.
10 Antud süsteem on mõeldud alalispingega rööbastranspordi toiteks ja ei sobi vahelduvvoolu nanovõrgu energiatega kahesuunaliseks juhtimiseks.

Tuntud on võrguga ühendatud energiajuhtimissüsteem, mis sisaldab ka energiasalvestit (US20110115295A1). Energiajuhtimissüsteem suudab juhtida energiavoogusid kahesuunaliselt allikate ja võrgu vahel. Leiutises märgitakse ära, et
15 salvesti ja taastuenergiaallika vaheline alalispingesiin võib vajada lisapingestabiliseerijat. Samas ei täpsustata mis moodi vastav seade peaks välja nägema.

Leiutisele kõige lähedasem tehnilise olemuse poolest on spetsiaalne sagedusmuundur (R. Majumder, "A hybrid microgrid with dc connection at back to back converters," IEEE Trans. Smart Grid, vol. 5, no. 1, pp. 251–259, 2014). Reeglina ühendatakse nanovõrk
20 jaotusvõrguga ühes ühenduspunktis, kasutades selleks spetsiaalset sagedusmuundurit (vt joonis fig 1). Sellise sagedusmuunduri ülesandeks on tagada nanovõrgu pinge ja sageduse stabiilsus kõigis töörežiimides, st *on-grid*, *off-grid* ja siirderežiim ühest teise. Sellel sagedusmuunduril on alalispinge vahelüli, mis toimib energiasalvestina, kuhu saab ühendada elektrienergia salvestid (akud,
25 kondensaatorid jne). Sagedusmuundur hakkab sellisel juhul tööle katkematu toiteallikana (e UPS), tagades nanovõrgu energiastabiilsuse ja sõltumatuse jaotusvõrgust. Selle lahenduse puuduseks on see, et kui energiavoolu suund muutub, langeb koormus lühiajaliselt nulli, st ta töötab tühijooksul.

Leiutise olemus

30 Leiutise eesmärgiks on välja töötada seade, mis väldib energiavoo suuna muutusest tingitud ülepingete teket nanovõrgus.

Esitatud seadmeks on spetsiaalne sagedusmuundur nanovõrgu sidumiseks jaotusvõrguga ning lühiajaliste pingepiikide summutamiseks. Sagedusmuundur sisaldab kahe-suunalisi sisend- ja väljundvaheldej, alalispinge vahelüli, energiasalvestit ja summutusahelat, kusjuures summutusahel on paigutatud alalispinge vahelülisse.

- 5 Sagedusmuunduri sisendiks on jaotusvõrgupoolne osa ja väljundiks nanovõrgupoolne osa. Summutusahelaks võib olla takistusmaatriks, mis sisaldab aktiivtakistusi, lülititeid ja isolatsiooni lülitit, fikseeritud pingeallikas, milleks on seade, mis tagab lühiajaliselt oma klemmidel konstantse pinge ja mis sisaldab akulülitit ja isolatsiooni lülitit, või alalispingemuunduriga ja isolatsioonilülitiga sujuvalt reguleeritav koormus, kusjuures
- 10 koormus on passiivtakisti või energiasalvesti. Kuna kõrgem pinge alalispinge vahelüli tekitab ülepinge ka nanovõrgus, siis ülepingete vältimiseks lülitatakse tühijooksu hetkel sisse summutusahel, mis kas hajutab või salvestab üleliigse energia.

Jooniste loetelu

- Joonisel fig 1 on kujutatud tehnika tasemest tuntud sagedusmuundur nanovõrgu sidumiseks jaotusvõrguga.
- 15

Joonisel fig 2 on kujutatud sagedusmuundurit nanovõrgu sidumiseks jaotusvõrguga.

Joonisel fig 3 on kujutatud leiutisekohase seadme (sagedusmuunduri) skeemi, mis sisaldab summutusahelat A3, mis baseerub takistusmaatriksil.

Joonisel fig 4 on kujutatud summutusahelat A3, mis baseerub fikseeritud pingeallikal.

- 20 Joonisel fig 5 on kujutatud summutusahelat A3, mis baseerub alalispingemuunduriga sujuvalt reguleeritaval koormusel, kus koormuseks on passiivtakisti (a) või energiasalvesti (b).

Leiutise teostamise näide

- Esitatud seade vältimaks energiavoo suuna muutusest tingitud ülepingete teket nanovõrgus sisaldab kahe-suunalisi vaheldej: sisendvaheldit A1, väljundvaheldit A4, alalispinge vahelüli, energiasalvestit A2 ja summutusahelat A3. Summutusahel A3 on paigutatud alalispinge vahelülisse.
- 25

- Nanovõrk ühendatakse jaotusvõrguga läbi kahe-suunalise sagedusmuunduri, mis sisaldab sisendvaheldit A1, väljundvaheldit A4, alalispinge vahelüli, energiasalvestit A2, kus sagedusmuunduri alalispinge vahelülisse on lisatud summutusahel A3, mis vältib energiavoo suuna muutusest tingitud ülepingete teket muunduri väljundis –
- 30

nii nanovõrgus kui ka sagedusmuunduri alalispinge vahelülis. Siinuspinge kvaliteedi nanovõrgus tagab sagedusmuundur. Juhul kui nanovõrgus tekib energia ülejääk, suunab sagedusmuundur selle kas oma energiasalvestisse või tagasi jaotusvõrku. Kõige kriitilisem on sealjuures hetk, mil energiavoosuund muutub režiimist C2N

5 režiimiks N2C. Sellel hetkel langeb sagedusmuunduri koormus lühiajaliselt nulli ja pinge sagedusmuunduri alalispinge vahelülis hakkab kasvama. Kõrgem pinge alalispinge vahelülis tekitab ülepinge ka nanovõrgus. Ülepingete vältimiseks lülitatakse tühi-

jooksu hetkel sisse summutusahel A3, mis kas hajutab või salvestab üleliigse energia.

Summutusahela A3 realiseerimiseks on kolm võimalust: takistusmaatriks (joonis fig 3),

10 fikseeritud pingeallikas (joonis fig 4) ja alalispingemuunduriga sujuvalt reguleeritav koormus (joonis fig 5).

Takistusmaatriksil baseeruv summutusahel A3 koosneb 1...n aktiivtakistustest R2, R3, Rn, lülititest S2...Sn ja isolatsiooni lülitist S1. Takistite väärtus ja arv tuleb valida vastavalt võimsusele ja salvesti suurusele. Juhtimissüsteem otsustab vastavalt

15 energiavoo suurusele, mitu takistit tuleb korruga sisse lülitada. Samal ajal, kasutades isolatsiooni lülitit S1, katkestab juhtimissüsteem väljundvaheldi A4 ühenduse energiasalvestiga A2.

Fikseeritud pingeallikal B1 baseeruv summutusahel A3 võib olla väike aku, superkondensaator, hooratas, stabiliseeritud toiteplokk vms seade, mis tagab

20 lühiajaliselt oma klemmidel konstantse pinge. Analoogselt takistusmaatriksiga lülitab juhtimissüsteem sisse isolatsioonilüliti S1 ja katkestab väljundvaheldi A4 ühenduse energiasalvestiga A2. Samaaegselt lülitatakse sisse lüliti S2, mis ühendab B1 väljundvaheldiga A4.

Alalispingemuunduriga reguleeritaval koormusel baseeruv summutusahel A3 sisaldab

25 juhtimissüsteemi, alalispingemuundurit A5 ja koormust, mis võib olla takisti R4 või mõni energiasalvesti B2. Energiaülejäägi tekkimisel alalipinge vahelülis katkestab juhtimissüsteem energiavoo alalispinge vahelülisse, avades lüliti S1 ja samaaegselt käivitatakse A5, mis seab koormuse sujuvalt nii suureks, et oleks tagatud stabiilne alalispinge vahelüli pinge.

Patendinõudlus

1. Seade vältimaks energiavoo suuna muutustest tingitud ülepingete teket nanovõrgus, mis sisaldab kahe-suunalisi vaheldeid (A1, A4), alalispinge vahelüli ja energiasalvestit (A2), **mis erineb selle poolest, et** alalispinge vahelülisse on paigutatud isolatsioonilüliti (S1) ja summutusahel (A3), mis sisaldab kas lülite ja passiivtakistite maatriksit või muundurit (A5) ja energiasummutuselemente
2. Seade vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb selle poolest, et** energiasummutuselementideks on kas passiivtakisti (R4), superkondensaator või aku (B2).

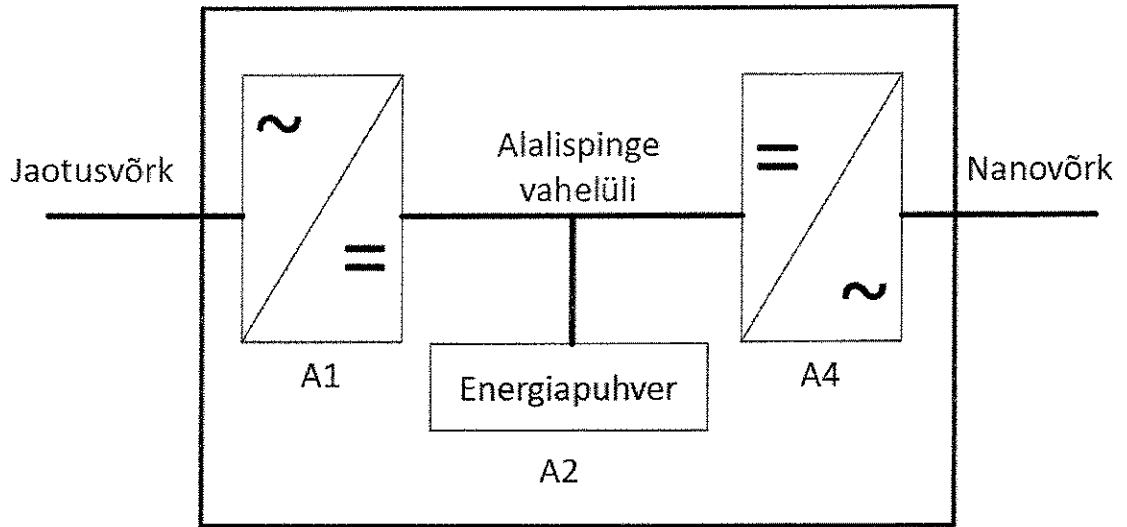


FIG 1

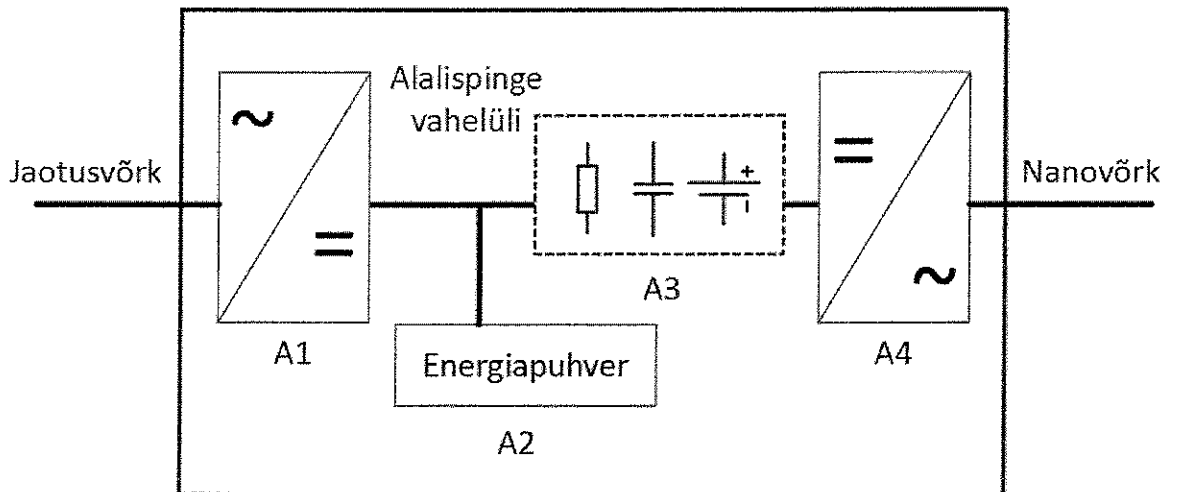


FIG 2

2/2

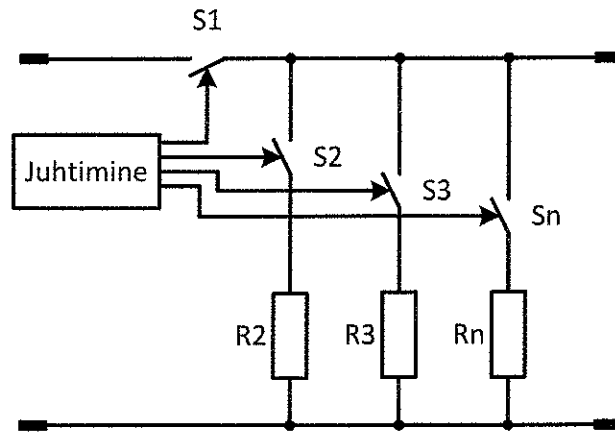


FIG 3

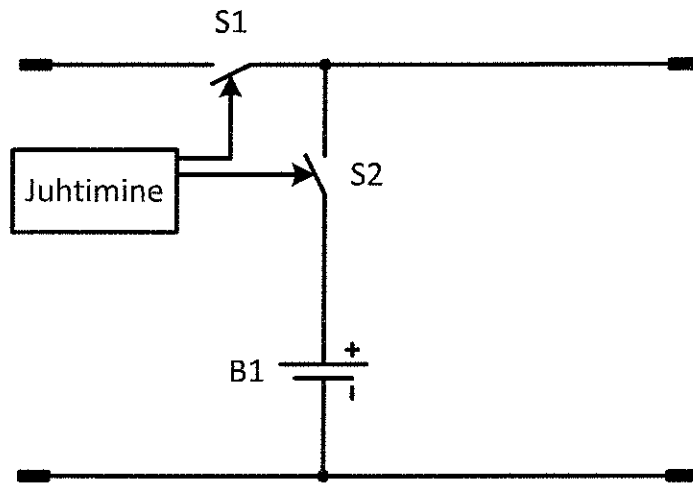


FIG 4

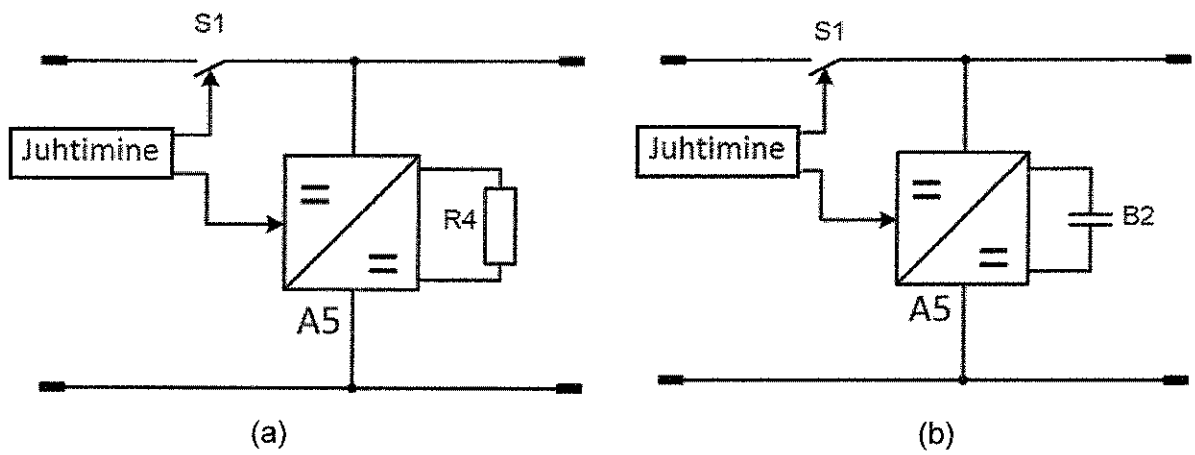


FIG 5