



EESTI VABARIIK
PATENDIAMET

(11) **EE 05824 B1**

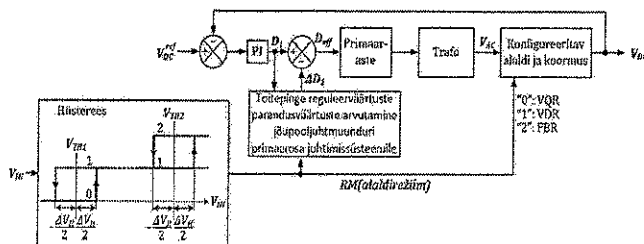
(51) Int.Cl.
H02M 7/00 (2018.01)
H02M 3/00 (2018.01)

(12) PATENDIKIRJELDUS

(21) Patenditaotluse number:	P201800004	(73) Patendiomanik:	Tallinna Tehnikaülikool Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE
(22) Patenditaotluse esitamise kuupäev:	06.04.2018	(72) Leiutise autorid:	Andrii Chub Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE
(24) Patendi kehtivuse alguse kuupäev:	06.04.2018		Dmitri Vinnikov Ehitajate tee 5, 19086 Tallinn, EE
(43) Patenditaotluse avaldamise kuupäev:	15.11.2019		
(45) Patendikirjelduse avaldamise kuupäev:	15.07.2020		

(54) Seadmestik ja meetod vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks

(57) Leiutise sisuks on seadmestik ja selle juhtimise meetod vahelduvvoolu alaldamiseks. Seadmestik sisaldab vähemalt kahte sõltumatut alaldi alam-süsteemi. Need alamsüsteemid sisaldavad ühesuunalisi jõupooljuhtlülitid, kondensatoreid, induktoreid, mistahes tüüpi elektrooniliselt juhitavaid lülitid, mida on vaja vahelduvpinge alaldamiseks. Igaühel neist on üks või mitu funktsiooni, nagu näiteks täissildalaldi, pinget kordistav alaldi, pinget neljakordistav alaldi vms. Vähemalt ühte N -alaldit saab deaktiveerida ja lahti sidestada lahtisidestusdioidiga, mille võib asendada elektrooniliselt juhitava lülitiga. Sellisel viisil saavutab seadmestik muudetava pingereguleerimis-ulatuse vahelduvpingest alalispingeks muundamisel. Selle aparraadi kasutamine võimaldab laiendada pingereguleerimisvahemikku, parandada kasutegurit ja suurendada jõupooljuhtmuunduri(te) üldist jõudlust. Lisaks võimaldatakse seadmestikku sisaldava jõupooljuhtmuunduri rikkekindlat tööd pingereguleerimisulatuse muutmise abil rikete korral seadmestikuga ühendatud elektriseadmetes.



(57) The subject of the invention is apparatus and control methods for rectification of alternating current. These apparatus comprises at least two independent rectifier sub-circuits. These sub-circuits comprise unidirectional current valves, capacitors, inductors, electronically controlled switches of any type needed for AC voltage rectification. Each of them possesses a single function or plurality of functions such as full bridge rectifier, voltage doubter rectifier, voltage quadrupler rectifier, etc. At least one of N -rectifiers could be deactivated and bypassed through bypass diode that could also be replaced by switch controlled electronically. By these means, the given apparatus achieves variable gain of voltage transformation from AC to DC form. It is possible to extend regulation range, improve efficiency and enhance overall performance of power electronic converter(s) when using this apparatus. Also, this enables fault-tolerant operation of converter comprising the given apparatus by means of voltage gain adjustment in case of failures in switching stage connected to given apparatus.

Seadmestik ja meetod vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks

Tehnikavaldkond

Leiutis kuulub jõuelektroonika valdkonda. See puudutab muudetava pingemuutmis-
teguriga alaldisüsteeme pinget tõstvates elektroonilistes jõupooljuhtmuundurites.

- 5 Leiutis hõlmab elektroonilisi jõupooljuhtmuundureid, mis on ette nähtud madal-
pingelistele energiaallikatele, nagu päikeseelemendid, väikesed tuuleturbiinid, kütuse-
elemendid, akud jt. Lisaks võimaldab leiutis üllalaia pingereguleerimise vahemikku
galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurites, tagades võimalused nende sead-
mete standardiseerimiseks ning laialdaseks kasutamiseks erinevates praktilistes
10 rakendustes.

Tehnika tase

- Paljud viimastel aastatel kasutusele võetud elektroonilised rakendused nõuavad
galvaaniliselt isoleeritud jõupooljuhtmuundureid sisend- või väljundpinge laia regulee-
rimisvahemikuga. Üks võimalus selle nõude rahuldamiseks on ümberkonfigureeritava
15 alaldi kasutamine. Tänapäevaks on välja pakutud mitmeid eri süsteeme. Varem on ümber
konfigureeritava alaldi eri süsteeme kirjeldatud erialakirjanduses. Mitmeid neist on
kirjeldatud allpool.

- Süsteem, mida on kirjeldatud artiklis Y. Shen, H. Wang, Z. Qin, F. Blaabjerg ja A. A.
Durra, „A reconfigurable series resonant DC-DC converter for wide-input and wide-
20 output voltages", Proceedings of 2017 IEEE Applied Power Electronics Conference
and Exposition (APEC), Tampa, FL, 2017, lk. 343–349 ja kujutatud joonisel fig 1(a),
sisaldab nelja diodi $D_1 \dots D_4$, kaht kondensaatorit C_1 , C_2 ja lüliti S_1 . See võib töötada
täissildalaldi (FBR) režiimis või pinget kordistava alaldi (VDR) režiimis. FBR-režiim on
aktiivne, kui lüliti S_1 on avatud ning FBR koosneb diodidest $D_1 \dots D_4$, jada-
25 kondensaatorist C_1 , mis eemaldab võimaliku alaliskomponendi, ning väljundfilter-
kondensaatorist C_2 , nagu näidatud joonisel fig 1(b). Greinacher-tüüpi VDR (ka
ebasümmeetriline VDR), mis koosneb diodidest D_1 , D_2 ja kondensaatoritest C_1 , C_2 ,
moodustatakse siis, kui lüliti S_1 on suletud, nagu näidatud joonisel fig 1(c). Sellel
süsteemil on ainult kaks võimalikku töörežiimi ning selle korral ei saa rakendada
30 jadalülitust samal viisil nagu leiutisele vastaval seadmestikul, mis vähendab selle
rikkekindlust. Seetõttu on selle seadme reguleerimisvahemik piiratud, võrreldes
võimaliku maksimaalse pingereguleerimisvahemikuga, mida on võimalik saavutada
leiutisele vastava seadmestikuga.

Süsteem, mida on kirjeldatud artiklis M. Shang ja H. Wang, „A LLC type resonant converter based on PWM voltage quadrupler rectifier with wide output voltage”, Proceedings of 2017 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC), Tampa, FL, 2017, lk. 1720–1726 ja kujutatud joonisel fig 2(a), sisaldab

5 kaheksat dioodi $D_1 \dots D_8$, kuut kondensaatorit $C_1 \dots C_6$ ja kaht lülitit S_1 ja S_2 . See võib töötada kolmes võimalikus režiimis: pinget neljakordistava alaldi (VQR) režiimis, pinget viiekordistava alaldi (V5MR, voltage 5X multiplier rectifier) režiimis ja pinget kuuekordistava alaldi (V6MR, voltage 6X multiplier rectifier) režiimis. VQR-režiim on aktiivne, kui lülitid S_1 ja S_2 on avatud ajal, mil kondensaatoreid C_1, C_2, C_5, C_6 ja diode

10 $D_5 \dots D_8$ kasutatakse pinge alaldamiseks, nagu näidatud joonisel fig 2(b). V5MR-režiim on aktiivne, kui lüliti S_1 on avatud ja lüliti S_2 on suletud ajal, mil diode D_2, D_4, D_5, D_7, D_8 ning kondensaatoreid C_1, C_2, C_4, C_5 ja C_6 kasutatakse pinge alaldamiseks, nagu näidatud joonisel fig 2(c). V6MR-režiim on aktiivne, kui lülitid S_1 ja S_2 on suletud ajal, mil kondensaatoreid $C_1 \dots C_6$ ja diode $D_1 \dots D_8$ kasutatakse pinge alaldamiseks, nagu

15 näidatud joonisel fig 2(d). Sellel süsteemil on kolm võimalikku töörežiimi, mis on võrreldavad mõnede leiutisele vastava seadmestiku töörežiimidega. Siiski ei saa selle korral rakendada järjestikülütust samal viisil nagu leiutisele vastaval seadmestikul, mis vähendab selle seadme rikkekindlust. Kuigi sellel lahendusel on lai pingereguleerimisulatus, on selle reguleerimisvahemik piiratud, võrreldes võimaliku maksimaalse

20 pingereguleerimisevahemikuga, mida on võimalik saavutada leiutisele vastava seadmestikuga.

Leiutisele kõige lähedasem tehnilise olemuse poolest on „Power quality enhancement” (US2017047852 A1), kus toiteplokk sisaldab vahelduvvoolu sisendit, alaldit alaldatud signaali genereerimiseks, mis baseerub vahelduvvoolu sisendil,

25 pingekordistit, mis on konfigureeritud pinge mitmekordistamiseks, mis baseerub vahelduvvoolu sisendil ja väljundit, mis on konfigureeritud elektrivoolu saamiseks, mis baseerub alaldist saadud alaldatud signaalil ja pingekordistist saadud mitmekordistatud pingel. Voolu saadakse vahelduvvoolu sisendist ainult iga signaalikuju pooltsükli jooksul. Selle lahenduse puuduseks on see, et alaldil puuduvad

30 lisa-lülituselemendid ning selle väljundpinge ei ole reguleeritav.

Leiutise olemus

Leiutise eesmärgiks on galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurite üldiste näitajate nagu kasutegur, sisend- või väljundpinge reguleerimisulatus, võimsustihedus

vms parandamine ning galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurite rikkekindel töö, kus konkreetne jõupooljuhtmuundur võib rikke korral muunduri primaarosas edasi töötada vähendatud vahelduv-alalispingetöstmisteguriga.

5 Esitatud seadmestik vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks sisaldab galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurit, mis sisaldab jõupooljuhtmuunduri primaarosa, isoleertrafot ning ümber konfigureeritavat alaldisüsteemi, milles on ühesuunalised jõupooljuhtlülid, kondensaatorid ja elektrooniliselt juhitavad lülid, kusjuures seadmestik on loogiliselt eraldatud kaheks sõltumatuks pingealaldisüsteemiks, millel on vähemalt üks alaldisüsteem (VDR või FRB) kombineeritud teise alaldifunktsiooniga
10 (VDR, juhul kui kaks VDR funktsiooni on aktiivsed, siis on see võrdne VQR funktsiooniga) või täieliku deaktiveerimise valmidus. Alaldifunktsioonid on aktiveeritud/deaktiveeritud elektrooniliselt juhitavate lülititega. Ühe alaldisüsteemi deaktiveerimiseks ja selle lahtisidestamiseks on ette nähtud ühesuunaline jõupooljuhtlüliti. Esitatud seadmestikul on rikketaluvus. Komponentide rikke korral süsteemis, mis
15 toidab vahelduvpingega või saab vahelduvpingetoidet kirjeldatavalt seadmestikult, võib seadmestik vähendada üldist pinge- või voolureguleerimise ulatust ja tagada süsteemi rikkejärgse töövõime. Komponentide rikke korral mis tahes alaldi alamsüsteemis, mille tulemus on ühe või mitme alaldi funktsiooni mittetoimimine, võib süsteem, mis toidab vahelduvpingega või saab vahelduvpingetoidet kirjeldatavalt
20 seadmestikult, endiselt säilitada töövõime vähendatud pinge- või voolureguleerimise vahemikuga, tagades alaldi funktsioonide (VDR, FBR, VQR jt) toimimise ka pärast rikke ilmnemist.

Esitatud meetod sisaldab etappi, kus arvutatakse toitepinge reguleerväärtuste parandusväärtused jõupooljuhtmuunduri primaarosa juhtimissüsteemile, võttes
25 aluseks sisend- ja väljundpinge ning -voolu ja informatsiooni seadmestiku töötingimuste kohta ning informatsiooni vahelduvpinget edastava jõupooljuhtmuunduri primaarosa kohta. Meetodiga saavutatakse galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurites laia sisendpinge reguleerimise vahemik.

Jooniste loetelu

30 Joonisel fig 1 on kujutatud kolm alamjoonist (a), (b) ja (c). Alamjoonisel (a) on kujutatud ümber konfigureeritava alaldi topoloogia, mida saab konfigureerida täissildalaldina, nagu näidatud alamjoonisel (b), või pinget kordistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (c).

Joonisel fig 2 on kujutatud neli alamjoonist (a), (b), (c) ja (d). Alamjoonisel (a) on kujutatud ümber konfigureeritava alaldi topoloogia, mida saab konfigureerida pinget neljakordistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (b), pinget viiekordistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (c), või pinget kuuekindistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (d).

Joonisel fig 3 on kujutatud kaks alamjoonist (a) ja (b). Olemas on kaks peamist tasakaalustatud vahelduvpinge lainekuju, mida võib alaldi korral rakendada: sümmeetriline, mida on kujutatud alamjoonisel (a), ja ebasümmeetriline, mida on kujutatud alamjoonisel (b).

Joonisel fig 4 on kujutatud nelja alamjoonist (a), (b), (c) ja (d). Alamjoonisel (a) on kujutatud väljapakutud seadme (konfigureeritava alaldiga) topoloogia, mida saab konfigureerida täissildalaldina, nagu näidatud alamjoonisel (b), pinget kindistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (c), või pinget neljakordistava alaldina, nagu näidatud alamjoonisel (d).

Joonisel fig 5 on välja toodud joonisel fig 4 kujutatud seadme võimalikke töörežiime. Joonisel fig 6 on kujutatud võimalikku siirdeskeemi seadme teostuse töörežiimide korral, mida on kujutatud joonisel fig 4.

Joonisel fig 7 on kujutatud hüstereetilist siirdemeetodit seadme teostuse töörežiimide korral, mida on kujutatud joonisel fig 4.

Joonisel fig 8 on kujutatud leiutisele vastavate galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurite üldistatud struktuur.

Joonisel fig 9 on kujutatud pakutud juhtimismeetodi lihtteostus.

Joonisel fig 10 on kujutatud idealiseeritud pingete lainekujud ja juhtmuutujad, mis on seotud pakutud juhtimismeetodi lihtteostusega, mida on kujutatud joonisel fig 9.

Leiutise teostamise näide

Esitatud seadmestik sisaldab galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurit, mis sisaldab jõupooljuhtmuunduri primaarosa, isoleertrafot ning ümber konfigureeritavat alaldisüsteemi, mis sisaldab kaht sõltumatut alaldi alamsüsteemi. Need alamsüsteemid sisaldavad ühesuunalisi jõupooljuhtlüliteid, kondensaatoreid, induktoreid, mistahes tüüpi elektrooniliselt juhitavaid lüliteid, mida on vaja vahelduvpinge alaldamiseks. Igaühel neist on üks või mitu funktsiooni, nagu näiteks täissildalaldi, pinget kindistav alaldi, pinget neljakordistav alaldi vms. Ühte kahest alaldist saab deaktiveerida ja lahti sidestada lahtisidestusdiodiga, mille võib asendada

elektrooniliselt juhitava lülitiga. Sellisel viisil saavutab esitatud aparaat muudetava pinge reguleerimisulatuse vahelduvpingest alalispingeks muundamisel.

Leiutis on tuletatud alaldi skeemilahendusest joonisel fig 1. Algse skeemilahendusega alaldi on võimeline töötama ainult kahes režiimis, samas kui leiutis on võimeline töötama kolmes töörežiimis, mis on ka peamine edasiarendus. Leiutisele kõige sarnasemat olemasolevat alaldi skeemilahendust kujutatakse joonisel fig 2. Joonisel fig 2 kujutatud alaldi on võimeline töötama kolmes erinevas režiimis. Põhiliseks puuduseks on piiratud pingetõstmise võime. Minimaalse ja maksimaalse pingetõusu vahe on ainult 2:3, samal ajal kui väljapakutud süsteemil on antud suhe 1:4, mis on oluline edasiminekuks. Olemasolevate ümberkonfigureeritavate alaldisüsteemide juhtimismeetodid on üsna algelised või pole neid üldse kirjeldatud.

Pakutud seadmestik nõuab, et vahelduvpinge signaalikuju, mida rakendatakse V_{AC} viikudele, oleks tasakaalustatud. Siiski võib see olla sümmeetriline, nagu näidatud joonisel fig 3(a), või ebasümmeetriline, nagu näidatud joonisel fig 3(b).

Kaherežiimset alaldit (joonis fig 1) võib täiustada, et suurendada selle funktsionaalsust kolme võimaliku režiimini: täissildalaldi (FBR), pinget kordistav alaldi (VDR), pinget neljakordistav alaldi (VQR). Nende omadustega täiustatud kolmerežiimset alaldit on kujutatud joonisel fig 4(a). Nagu eespool märgitud, ei vaja ülemine alamsüsteem (C_1 - D_1 - D_2 - D_5 - D_6 - S_1 - C_3) täiendavat lahtisidestusdioodi, sest see pole kunagi deaktiveeritud. Samal ajal sisaldab alumine alamsüsteem (C_2 - D_3 - D_4 - D_7 - S_2 - C_4) lahtisidestusdioodi D_7 , mis juhib voolu, kui nimetatud alamsüsteem deaktiveeritakse lüliti S_2 avamisega. FBR-režiim on aktiivne, kui lülitid S_1 ja S_2 on avatud ajal, mil kondensaatoreid C_1 , C_3 ja diode D_1 , D_2 , D_5 ja D_6 kasutatakse pinge alaldamiseks ning dioodi D_7 kasutatakse lahtisidestusdiodina, nagu näidatud joonisel fig 4(b). VDR-režiim on aktiivne, kui lüliti S_1 on suletud ja lüliti S_2 on avatud ajal, mil kondensaatoreid C_1 , C_3 ja diode D_1 ja D_2 kasutatakse pinge alaldamiseks ning dioodi D_7 kasutatakse lahtisidestusdiodina, nagu näidatud joonisel fig 4(c). VQR-režiim on aktiivne, kui lülitid S_1 ja S_2 on suletud, kui kõiki komponente peale dioodi D_7 kasutatakse pinge alaldamiseks, nagu näidatud joonisel fig 4(d).

Lülitite S_1 ja S_2 sisse ja välja lülitamise tõttu suudab see süsteem tagada alalispinge, ühel järgnevaist (ideaalsel, st kadudeta) juhtudest:

- pool V_{AC} -viikudele rakendatud vahelduvpinge kõikumisest (võrdub $\frac{1}{2} \cdot V_{pk-pk}$ -ga), kui lülitid S_1 , S_2 on välja lülitatud (avatud);

- V_{AC} -viikudele rakendatud vahelduvpinge kõikumine (võrdub V_{pk-pk} -ga), kui lüliti S_1 on suletud (sisse lülitatud) ja lüliti S_2 on välja lülitatud (avatud);
- V_{AC} -viikudele rakendatud vahelduvpinge kahekordne kõikumine (võrdub $2V_{pk-pk}$ -ga), kui lülitid S_1 , S_2 on suletud (sisse lülitatud).

5 Nagu eespool märgitud, võib antud juhul paralleelselt ühendatud diodi D_6 ja lüliti S_1 teostada järgmiselt: mitme eraldi seadmena, koos samasse korpusesse paigaldatud seadmetena, samas pooljuhtvormis rakendatud seadmetena või mis tahes eeltoodud variantide kombinatsioonina.

Eeldatakse, et seadme kolmerezžiimset teostust, mida on kujutatud joonisel fig 4(a),
 10 kasutatakse galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuunduri väljundpinge reguleerimiseks. Selle alalispinge reguleerimisvõimaluse üldistatud põhimõtteskeem on kujutatud joonisel fig 5. Ideaalsel juhul võib kolmerezžiimse alaldi töörežiimi muutmine suurendada või vähendada muunduri pingereguleerimisulatust 2 kuni 4 korda. Sellest tulenevalt võib konverter töötada ülilaias sisendpinge reguleerimise vahemikus,
 15 kusjuures seadme kasutegurit ei mõjuta suured kaod, mis esinevad tavaliselt lülitite ebasoodsate töötingimuste tõttu muunduri primaarastmes, st need väldivad lülitite kontrollisignaalide täitetegurite kriitilisi väärtuseid. Režiimidevahelise nõuetekohase ülemineku tagamiseks peab juhtimissüsteem lülitama sisse ja välja vastavad lülitid (praegusel juhul S_1 ja S_2) olenevalt sisendpingest, võimsusest ja väljundpingest.

20 Režiimide ülemineku üldistatud skeem on kujutatud joonisel fig 6. Lisaks võib juhtimissüsteem läbi viia lüliti juhtimissignaali töötsükli täiteteguri edasiside põhist juhtimist, kasutades selleks juhtimissignaali täitetegurite hüppelist muutmist (täiteteguri väärtuse hüppelise muutuse suurus on süsteemis üheks juhtmuutujatest), parandamaks seadme dünaamilist jõudlust töörežiimi vahetuse ajal. Samuti võib
 25 režiime vahetada eri punktides olenevalt konkreetse režiimimuutuse suunast. Üleminekupunktide positsiooni võib määrata alalispinge reguleerimise tase, sisendpinge, sisendvool, sisendvõimsus, veasignaal või nende signaalide funktsioonid. Lisaks võib üleminekut kahe lähima režiimi vahel läbi viia hüstereetilise juhtimise reeglite alusel, nagu näidatud joonisel fig 7, samal ajal kui ribalaiuse ja hüstereesi
 30 positsiooni iga lähimate režiimide paari puhul määravad eespool kirjeldatud faktorid.

Leiutise põhimõttele vastavate galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurite kirjeldus on toodud joonisel fig 8, kus on näidatud, et need sisaldavad jõupool-juhtmuunduri primaarosa, mis teisendab alalispinge vahelduvpingeks, isoleertrafot,

mis tagab galvaanilise isolatsiooni ja V_{AC} -toitepinge, ning ümber konfigureeritavat alaldit, mis ühendab vahelduvpinge V_{AC} ja alalispinge V_{DC} .

Joonisel fig 9 kujutatud pakutud juhtimismeetodi lihtteostust võib kasutada koos ümber konfigureeritava alaldiga, millel on FBR-, VDR- ja VQR-funktsioonid. Pingete, voolutugevuste ja juhtmuutujate idealiseeritud skeem on kujutatud joonisel fig 10. Sellel skeemil määrab hüstereesikontroller alaldi töörežiimi („RM”-signaal). „RM”-signaali ja juhtmuutuja „ D_1 ” põhjal määratakse toitetingimus „ ΔD_1 ”. Üleminekul töörežiimide vahel reguleeritakse toimivat juhtmuutujat „ D_{eff} ”, mille tulemus võib olla pinge V_{DC} tõus või langus, nagu näidatud joonisel fig 10.

- 10 Esitatud meetod vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks hõlmab etappi, kus edastatakse staatilise püsioleku juhtsignaalid lülititele, mis määravad alaldi-funktsiooni(d) leiutisele vastavas seadmestikus, võttes aluseks sisend- ja väljundpinge ning -voolu ja kasuteguri arvulised väärtused, mis vastavad tööpunktile, ning informatsiooni vahelduvpinget edastava jõupooljuhtmuunduri primaarosa kohta.
- 15 Lisaks sisaldab meetod etappi, kus arvutatakse toitepinge reguleerväärtuste parandusväärtused jõupooljuhtmuunduri primaarosa juhtimissüsteemile, võttes aluseks sisend- ja väljundpinge ning -voolu ja informatsiooni leiutisele vastava seadmestiku töötingimuste kohta ning informatsiooni vahelduvpinget edastava jõupooljuhtmuunduri primaarosa kohta. Leiutise meetodiga saavutatakse galvaaniliselt
- 20 isoleeritud alalispingemuundurites laia sisendpinge reguleerimise vahemik.

Patendinõudlus

1. Seadmestik vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks, mis sisaldab galvaaniliselt isoleeritud alalispingemuundurit, mis sisaldab jõupooljuhtmuunduri primaarosa, isoleertrafot ning ümber konfigureeritavat alaldisüsteemi, kusjuures alaldisüsteem
- 5 sisaldab ühesuunalisi jõupooljuhtlüliteid, kondensaatoreid ja elektrooniliselt juhitavaid lüliteid, **mis erineb selle poolest, et**
- seadmestik on loogiliselt eraldatud kaheks sõltumatuks pingealaldi süsteemiks, millel on vähemalt üks alaldifunktsioon kombineeritud teise alaldifunktsiooniga või täielik deaktiveerimise valmidus;
 - 10 – alaldifunktsioonid on aktiveeritud/deaktiveeritud elektrooniliselt juhittavate lülititega;
 - ühe alaldisüsteemi deaktiveerimiseks ja selle lahtisidestamiseks on ette nähtud ühesuunaline jõupooljuhtlülit.
2. Seadmestik vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb selle poolest, et**
- 15 – lahtisidestav ühesuunaline jõupooljuhtlülit on asendatud elektrooniliselt juhittavate lülititega;
- alaldid ja lülid, mis on ühendatud paralleelselt, on paigaldatud samasse korpusse või integreeritud pooljuhtvormi;
 - sama tüüpi lihtsa eraldi komponendi asemel on ette nähtud sama tüüpi
 - 20 komponentide järjestikune, paralleelne või järjestik-paralleelne ühendus.
3. Seadmestik vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb selle poolest, et** deaktiveeritav alamlülitus sisaldab ühte või mitut paralleelselt ühendatud diodi.
4. Seadmestik vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb selle poolest, et** lülid on pooljuhtlülid.
- 25 5. Seadmestik vastavalt nõudluspunktile 1, **mis erineb selle poolest, et** kahesuunaline töö on saavutatud juhul, kui ühesuunaliste vooluventiilidena toimivate seadmete asemel kasutatakse elektrooniliselt juhittavaid lüliteid.
6. Meetod vahelduvvoolu muutmiseks alalisvooluks, mis hõlmab etappi, kus edastatakse staatilise püsioleku juhtsignaalid lülititele, mis määravad alaldifunktsiooni(d)
- 30 nõudluspunktile 1 vastavas seadmestikus, võttes aluseks sisend- ja väljundpinge ning -voolu ja kasuteguri arvulised väärtused, mis vastavad tööpunktile, ning informatsiooni vahelduvpinget edastava jõupooljuhtmuunduri primaarosa kohta, **mis erineb selle poolest, et** meetod sisaldab etappi, kus arvutatakse toitepinge reguleerväärtuste

- parandusväärtused jõupooljuhtmuunduri primaarosa juhtimissüsteemile, võttes aluseks sisend- ja väljundpinge ning -voolu ja informatsiooni nõudluspunktile 1 vastava seadmestiku töötingimuste kohta ning informatsiooni vahelduvpinget edastava jõupooljuhtmuunduri primaarosa kohta, ning meetodiga saavutatakse galvaaniliselt
- 5 isoleeritud alalispingemuundurites laia sisendpinge reguleerimise vahemik.

1/8

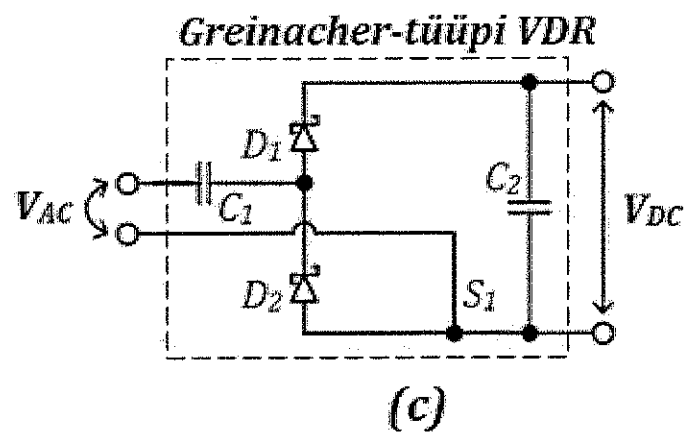
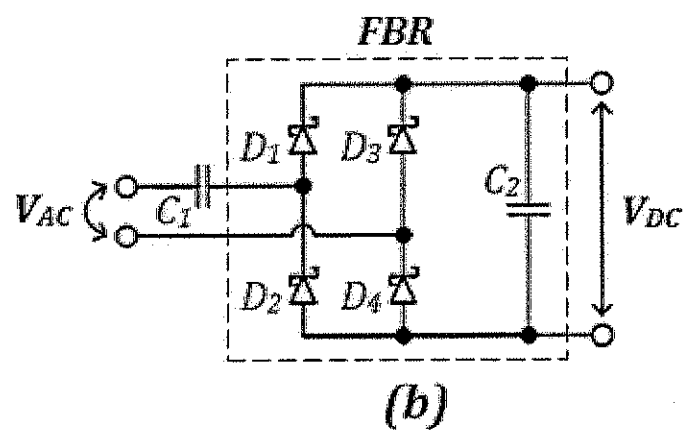
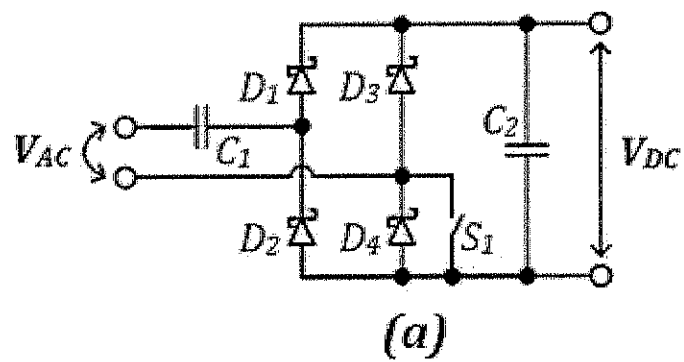


Fig 1 (Tehnika tase)

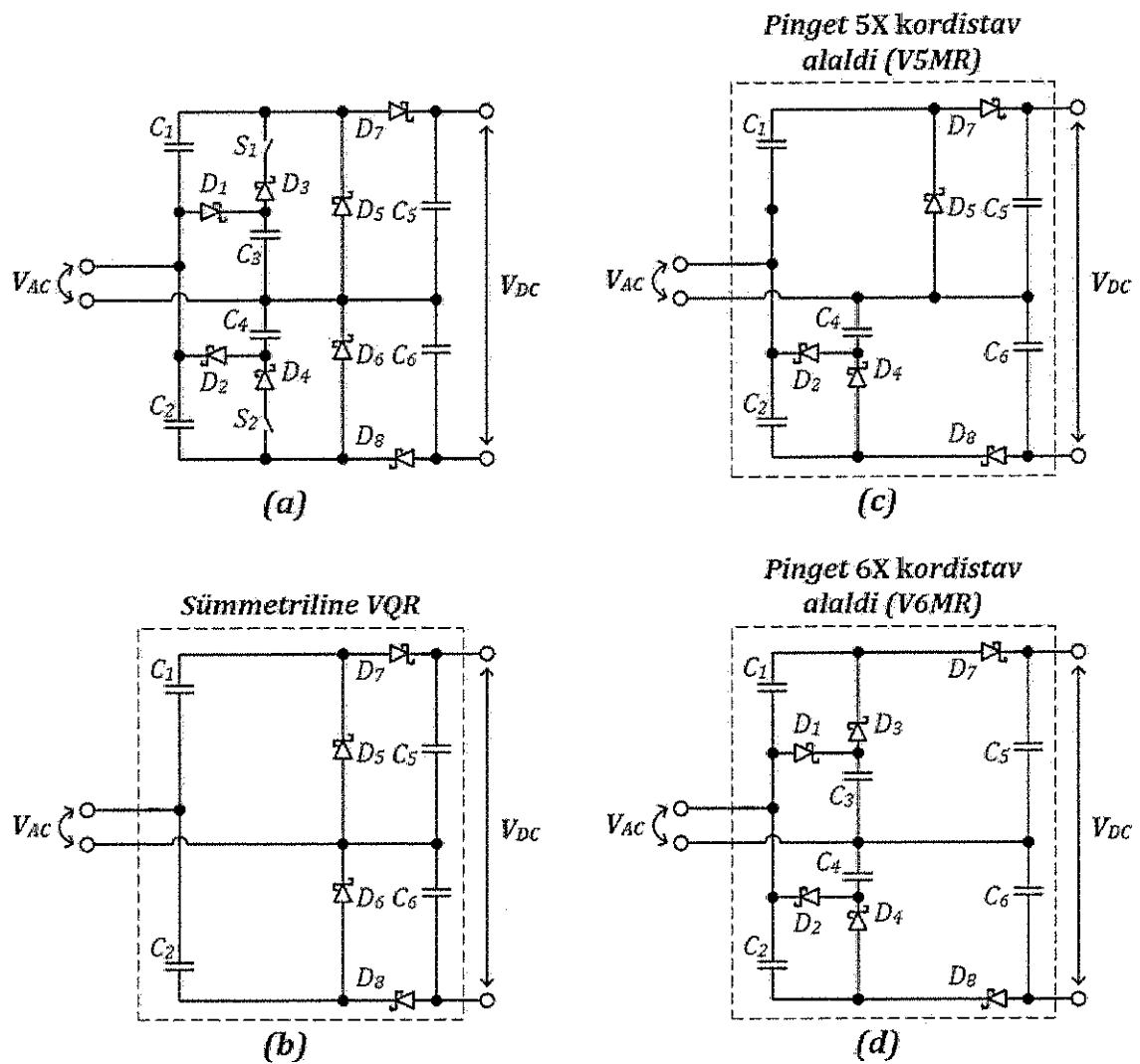


Fig 2 (Tehnika tase)

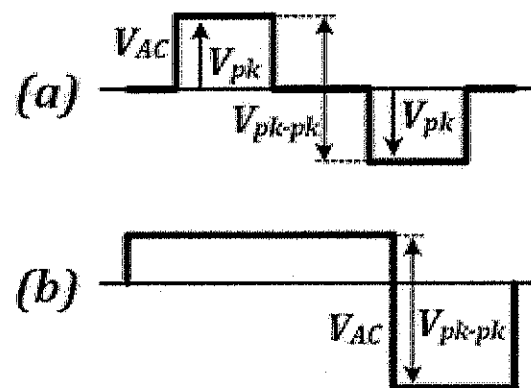


Fig 3

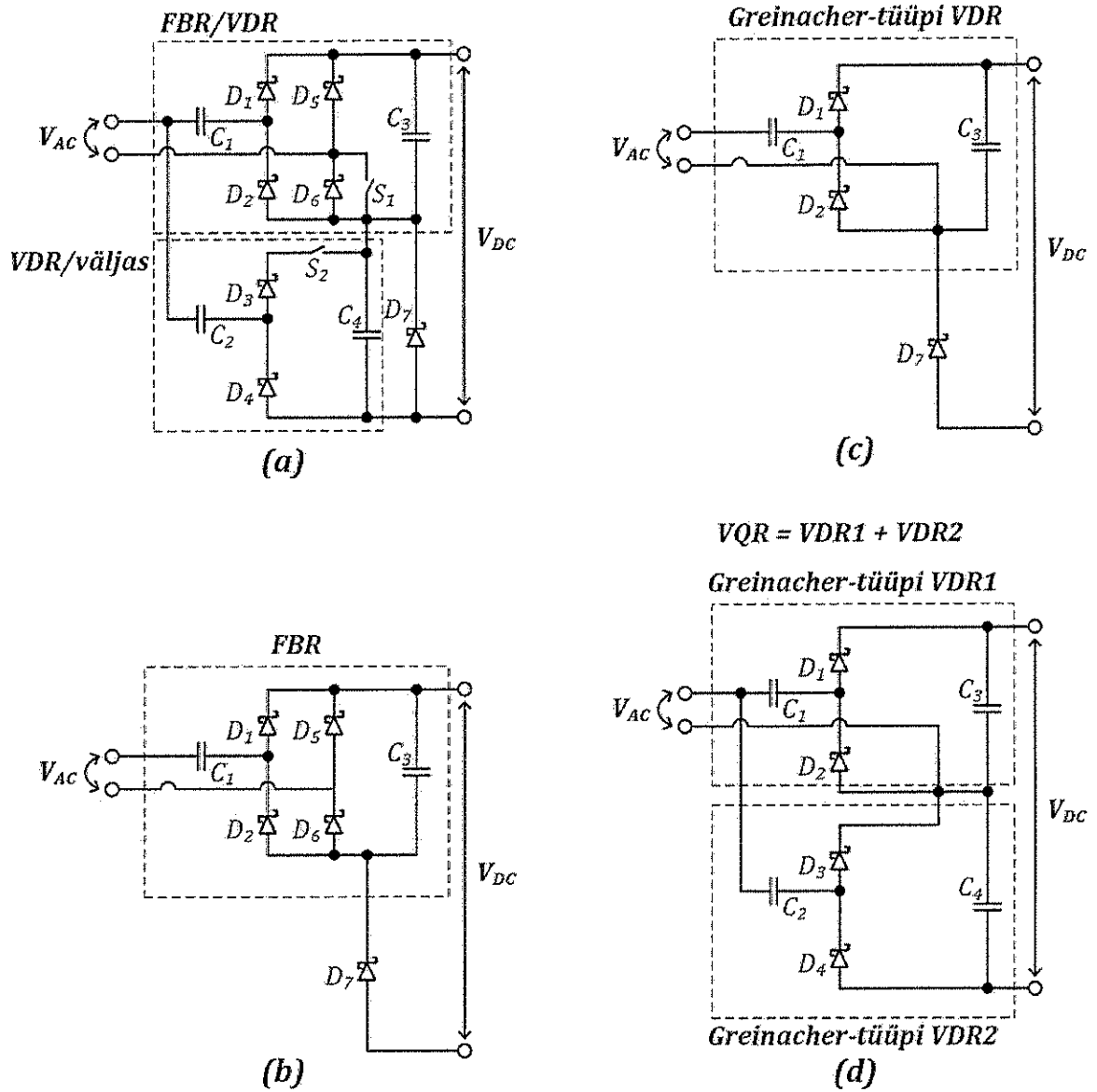


Fig 4

4/8

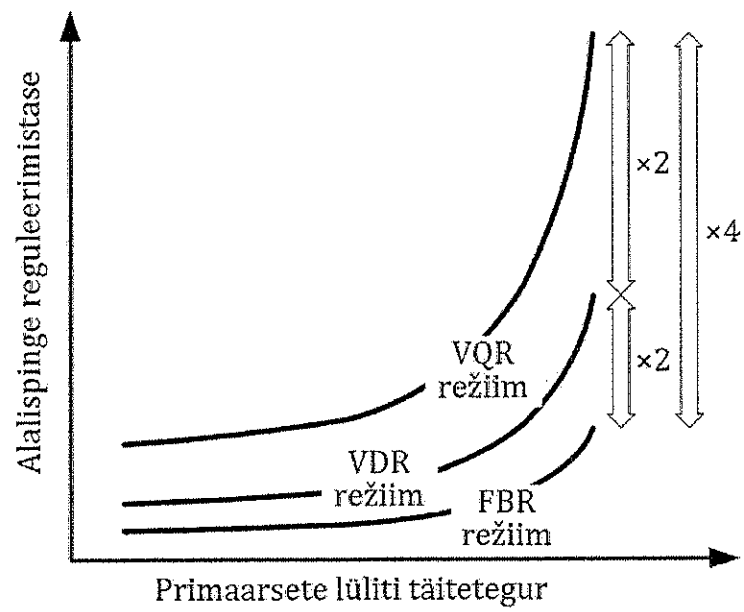


Fig 5

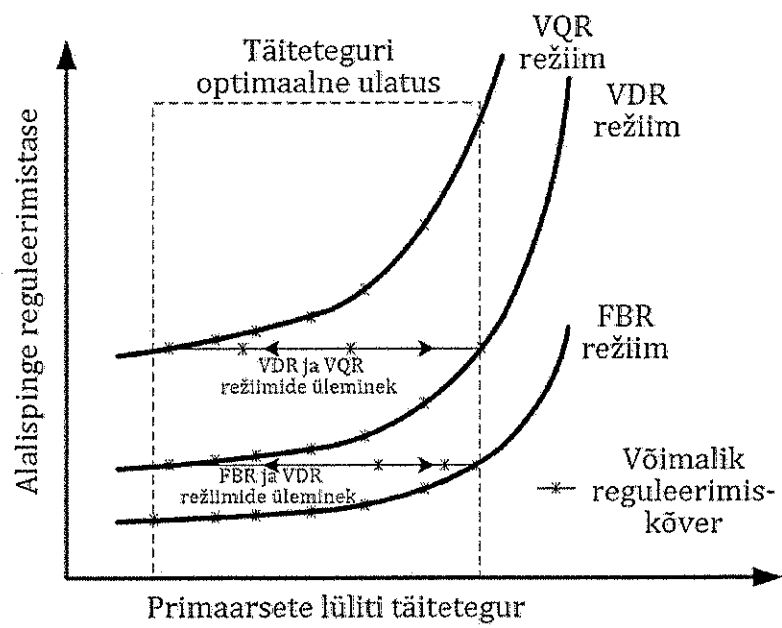


Fig 6

5/8

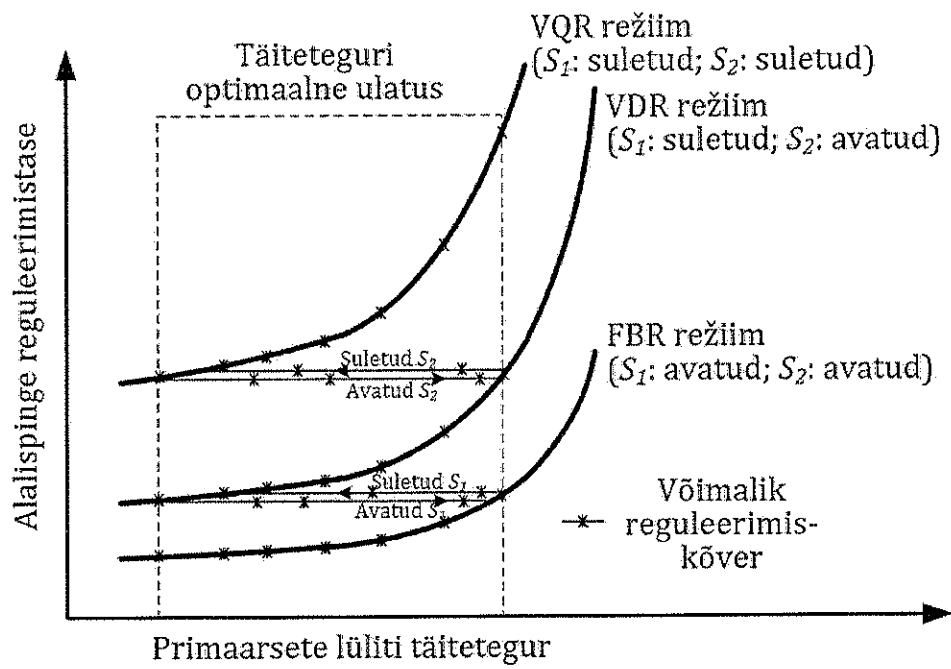


Fig 7

6/8

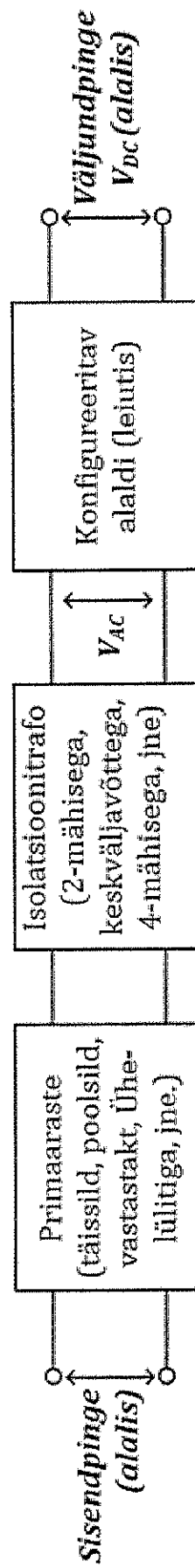


Fig 8

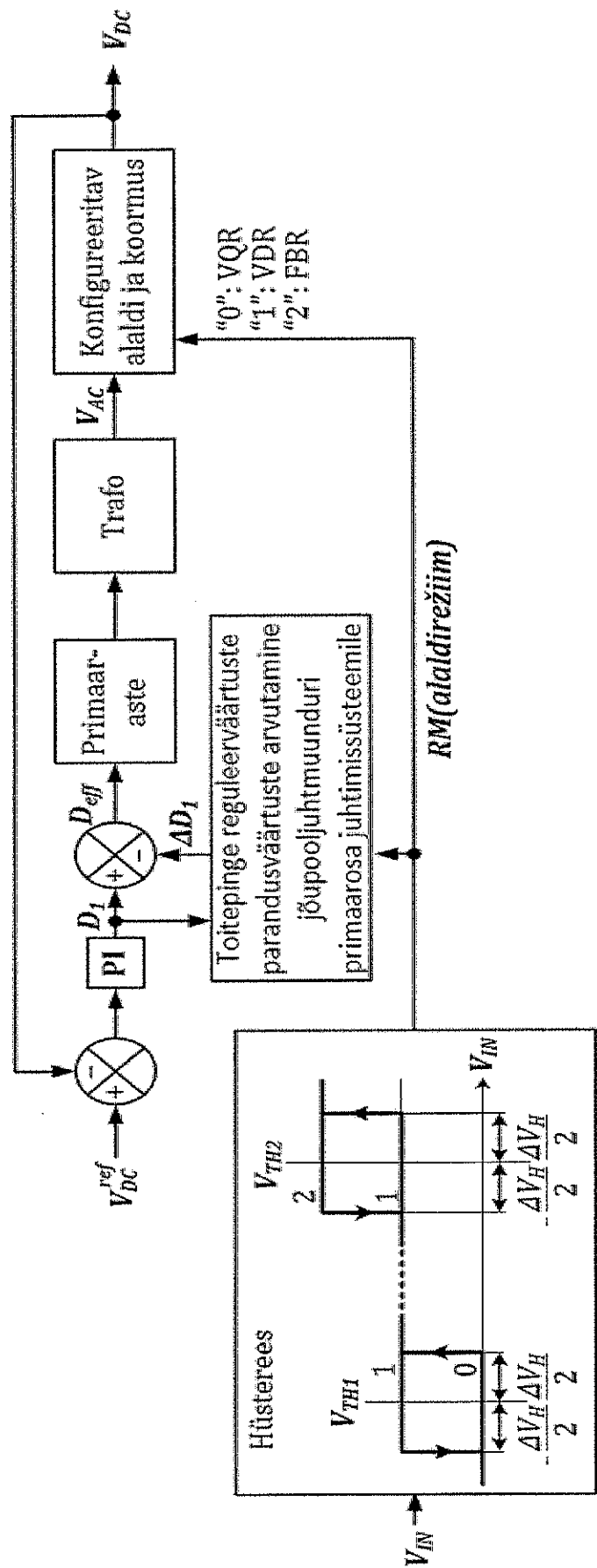


Fig 9

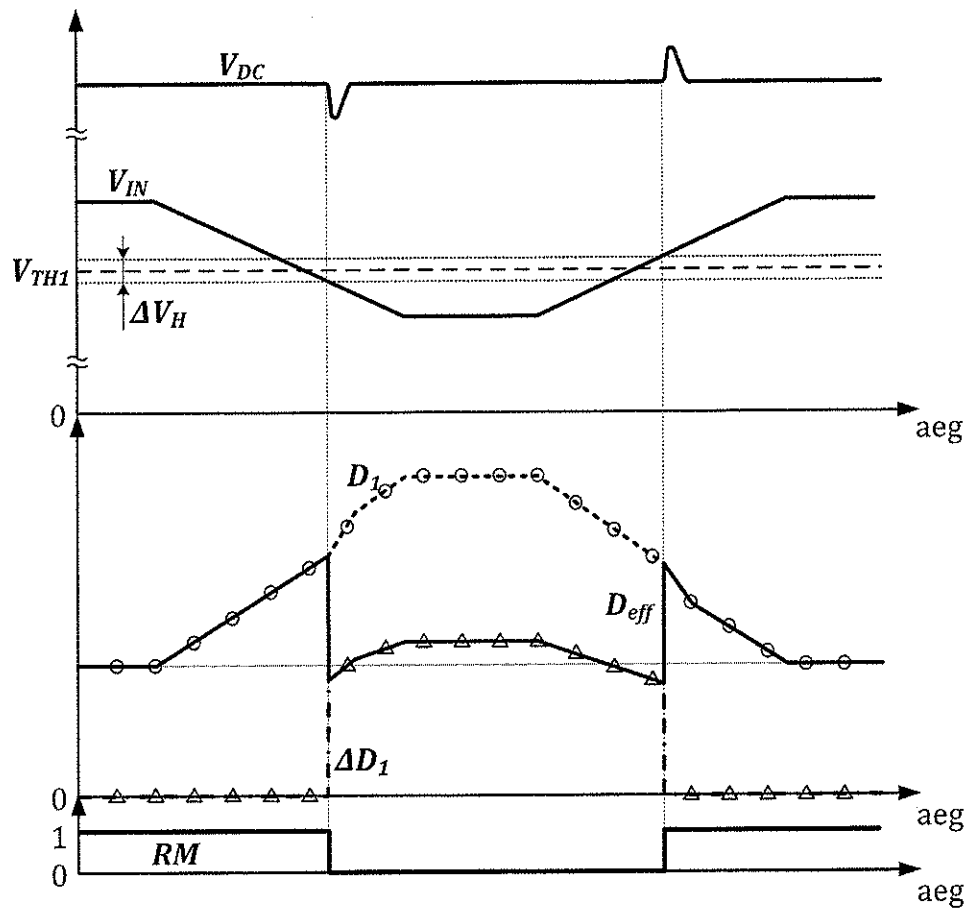


Fig 10