

(10) **LT 5805 B**

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

- (11) Patento numeris: **5805** (51) Int. Cl. (2011.01): **H02P 9/00**
H02M 5/00
- (21) Paraiškos numeris: **2010 036**
- (22) Paraiškos padavimo data: **2010 04 29**
- (41) Paraiškos paskelbimo data: **2011 11 25**
- (45) Patento paskelbimo data: **2012 02 27**
- (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: —
- (72) Išradėjas:
Povilas BALČIŪNAS, LT
Povilas NORKEVIČIUS, LT
- (73) Patento savininkas:
Kauno technologijos universitetas, K. Donelaičio g. 73, LT-44249 Kaunas, LT
- (74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Aurelija ŠIDLAUSKIENĖ, Dr. V. Šidlauskas ir partneriai, UAB, K. Būgos g. 29, LT-44326 Kaunas, LT

- (54) Pavadinimas:
Elektros sistemų dualizmo būdas ir įrenginys stochastinei energijai konvertuoti

- (57) Referatas:

Išradimas priklauso atsinaujinančios energijos šaltinių sričiai ir gali būti pritaikytas mažos galios vėjo ar hidroelektrinėse. Elektros sistemų dualizmo būdas stochastinei energijai konvertuoti pagrįstas tuo, kad vėjo turbiną tiesiogiai sujungia su permanentinių žadinimo magnetų sinchroniniu generatoriumi, kurio stochastinio pobūdžio elektros energiją konvertuoja lygintuvu į nuolatinę besikeičiančios įtampos elektros energiją ir naudoja inverterį - sistemos konverterį, kuris pagal elektros sistemų dualizmo koncepciją, besikeičiančios nuolatinės įtampos sistemos elektros energiją konvertuoja į kintamąją pramoninio dažnio srovės sistemos elektros energiją, kurią per transformatorių, pateikia į konvencinės įtampos sistemos elektros tinklą, kai veikia sisteminiame režime bei elektros imtuvams, kai veikia autonominiame, autonominiame rezerviniame, sisteminiame režimuose be to iš transformatoriaus per lygintuvą įkrauna energijos kaupiklį (akumuliatorių) iš kurio vienu kanalu nuolatinės srovės elektros energiją tiekia valdymo sistemai, kitu kanalu – per tarpinį kaupiklį, inverteriui - sistemos konverteriui formuoja autonominį, autonominį rezervinį veikimo režimą, o iš transformatoriaus per lygintuvą įtampą palygina

komparatoriuje su etalonine ir skirtumo įtampa, per signalo formuotuvą reguliuoja valdiklį, kuris akumulatoriaus energiją per tarpinį kaupiklį pateikia inverteriui–sistemos konverteriui, autonominiam, autonominiam rezerviniam veikimo režimui reguliuoti. Elektros sistemų dualizmo įrenginys stochastinei energijai konvertuoti, susidedantis iš vėjo turbinos tiesiogiai sujungtos su permanentinių magnetų žadinimo sinchroniniu generatoriumi, lygintuvo, konverterio, sudaryto iš tiltinio inverterio - nuolatinės įtampos sistemos į kintamosios srovės sistemos keitiklio ir prie jo prijungto transformatoriaus.

Išradimas priklauso atsinaujinančios energijos šaltinių sričiai ir gali būti pritaikytas mažos galios vėjo ar hidroelektrinėse.

Žinomas būdas ir įrenginys stochastinio pobūdžio elektros energijai, pavyzdžiui vėjo, hidro elektrinės generatoriaus, konvertuoti. Įrenginys sudarytas iš vėjo turbinos tiesiogiai sujungtos su permanentinių magnetų žadinimo sinchroniniu generatoriumi, lygintuvo, įkroviklio, energijos kaupiklio, konverterio inverterio, rezervinės apkrovos bei šių įrenginių valdymo sistemos. Valdymo sistema kontroliuoja įkroviklio puslaidininkių elementų komutaciją pagal elektros energijos kaupiklio įtampą bei konverterio, inverterio, rezervinės apkrovos, puslaidininkių elementų komutaciją pagal apkrovos įtampą (žr. JAV patentą US2007/ 0246943, publ. 2007.10.25).

Šis būdas ir įrenginys leidžia išnaudoti vėjo elektrinės generuojamą stochastinių parametru elektros energiją. Valdymo sistema selektyviai pasirenka elektros energijos konversijos struktūrą pagal generatoriaus įtampą, todėl konversijos sistema konvertuoja stochastinių parametru vėjo generatoriaus generuojamą elektros energiją į konvencinių parametru elektros energiją, kuri tiekama apkrovai bei reikiamos įtampos dydžio elektros energiją kaupikliui įkrauti. Tačiau naudojama valdymo sistema yra pakankamai sudėtinga, jai reikalingas kompiuteris su mikrovaldikliu ir programine įranga, todėl šiai sistemai būtina aukštos kvalifikacijos eksploatacinė priežiūra, visa tai ženkliai padidina jos kainą. Šios konversijos sistemos negalima panaudoti vėjo mikroelektrinės darbui su elektros tinklu. Ši konversijos sistema negali veikti sisteminiame režime. Šios sistemos autonominis veikimo režimas yra neefektyvus, kai energijos kaupiklis pilnai įkrautas, perteklinę elektros energiją suvartoja rezervinė apkrova ir ją išskiria į aplinką šilumos energijos pavidalu. Energijos kaupiklio ir inverterio nuolatinės įtampos verčių suderinimui reikalingas konverteris. Šis tarpinis elektros energijos konversijos parametru suderinimas, konversijos sistemai veikiant autonominiame, autonominiame rezerviniame režime, mažina konversijos sistemos veikimo patikimumą, efektyvumą ir dar padidina jos kainą.

Žinomas būdas ir įrenginys stochastinio pobūdžio elektros energijai, pavyzdžiui vėjo, hidro elektrinės generatoriaus, konvertuoti. Įrenginys sudarytas iš vėjo turbinos tiesiogiai sujungtos su permanentinių magnetų žadinimo sinchroniniu generatoriumi, lygintuvo, ciklokonverterio, inverterio, įtampos, srovės jutiklių bei valdymo sistemos. Valdymo sistema pagal duomenis iš įtampos, srovės jutiklių kontroliuoja ciklokonverterio bei inverterio puslaidininkių elementų veikimą (žr. JAV patentą US2009/ 0189393, publ. 2009.07.30).

Šis būdas ir įrenginys leidžia išnaudoti vėjo elektrinės generuojamą stochastinių parametru elektros energiją. Vėjo elektrinės generatoriaus generuojama stochastinių parametru elektros energija konvertuojama į konvencinių parametru elektros energiją, kuri tiekama apkrovai. Ši konversijos sistema gali veikti autonominiame režime. Ši konversijos sistema gali tiekti vėjo elektrinės generuojamą perteklinę energiją elektros tinklui bei energijos kaupikliui. Ši konversijos sistema gali veikti autonominiame rezerviniame, sisteminiame režime. Tačiau elektros energijos konversijos sistemos valdymo sistema yra sudėtinga, kaip ir pirmojo analogo atveju, kuriai reikalingas kompiuteris su mikrovaldikliu, tai komplikuoja sistemą ir ženkliai padidina jos kainą, šiai sistemai būtina aukštos kvalifikacijos eksploatacinė priežiūra. Lygintuvo ir inverterio nuolatinės įtampos verčių suderinimui reikalingas ciklokonverteris. Šis tarpinis elektros energijos konversijos parametru suderinimas, konversijos sistemai veikiant autonominiame, autonominiame rezerviniame, sisteminiame režime, mažina konversijos sistemos veikimo efektyvumą, patikimumą ir dar padidina jos kainą.

Nežiūrint svarbių trūkumų, dėl esminių požymių panašumo šis būdas ir įrenginys priimtas galimojo išradimo prototipu.

Išradimo tikslas – didinti atsinaujinančiųjų energijos šaltinių energijos konversijos efektyvumą, maksimaliai išnaudojant atsinaujinančiųjų elektros energijos šaltinių (pvz. vėjo ar hidroelektrinės generatoriaus) generuojamą stochastinio pobūdžio elektros energiją, ypač esant mažam vėjo greičiui, kai vėjo greitis $V > 0$ m/s, panaudojant nesudėtingą, patikimą ir konkurentabilią elektros energijos konversijos sistemą bei šios valdymo sistemą.

Nurodytas tikslas pasiektas tuo, kad reguliavimui naudoja inverterį – sistemos konverterį, kuris pagal elektros sistemų dualizmo koncepciją, besikeičiančios nuolatinės įtampos sistemos elektros energiją konvertuoja į kintamąją pramoninio dažnio srovės sistemos elektros energiją, kurią per transformatorių pateikia į konvencinės įtampos sistemos elektros tinklą, kai veikia sisteminiame režime bei elektros imtuvams, kai veikia autonominiame, autonominiame rezerviniame, sisteminiame režimuose be to iš transformatoriaus per lygintuvą įkrauna energijos kaupiklį (akumuliatorių) iš kurio vienu kanalu nuolatinės srovės elektros energiją tiekia valdymo sistemai, kitu kanalu – per tarpinį kaupiklį, inverteriui – sistemos konverteriui

formuoja autonominį, autonominį rezervinį veikimo režimą, o iš transformatoriaus per lygintuvą įtampą komparatoriuje palygina su etalonine ir skirtumo įtampa per signalo formuotuvą reguliuoja valdiklį, kuris akumulatoriaus energiją, per tarpinį kaupiklį pateikia inverteriui – sistemos konverteriui, autonominiam, autonominiam rezerviniam veikimo režimui reguliuoti.

Nurodytas tikslas pasiektas tuo, kad konverteris sudarytas iš tiltinio inverterio – nuolatinės įtampos sistemos į kintamosios srovės sistemos keitiklio ir prie jo prijungto transformatoriaus, kurio viena iš antrinių apvijų prijungta prie apkrovos Z_a ir sinchroniškai prijungiant gali tiekti elektros energiją į konvencinių parametrų (pvz. 230V, 50Hz) elektros tinklą, o kita transformatoriaus antrinė apvija per lygintuvo tiltelį prijungta prie energijos kaupiklio (pvz. Redox kaupiklio ar akumulatoriaus), kuris tiekia energiją valdymo sistemai, kuri sudaryta iš impulsų generatoriaus jo fazės regulatoriaus, impulsų formuotuvo, konverterio komutuojamo kontūro $L_k - C_k$, puslaidininkiams valdyti., o trečioji transformatoriaus antrinė apvija prijungta per lygintuvo tiltelį prie komparatoriaus ir per valdymo signalo formuotuvą ir valdiklį gali reguliuoti elektros energijos tiekimą iš energijos kaupiklio į konverterio įėjimo grandinę, kada jis veikia autonominiame, autonominiame rezerviniame režime ir generuoja kintamosios srovės pramoninio dažnio elektros energiją apkrovai Z_a . Inverterio – sistemos konverterio komutuojamo kontūro $L_k - C_k$ parametrai parenkami taip: $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k = 1,0$, kai $\underline{Z_a} = Z_a \cdot e^{j\varphi_a=0}$; $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k > 1,0$, kai $\underline{Z_a} = Z_a \cdot e^{j\varphi_a>0}$; $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k < 1,0$, kai $\underline{Z_a} = Z_a \cdot e^{j\varphi_a<0}$. Čia $\omega_k = 2 \cdot \pi \cdot f_k$, kai f_k - elektros dažnis, kur ω_k – elektros kampinis dažnis, L_k – komutuojamo kontūro induktyvumas, C_k – komutojamo kontūro talpa, φ_a – fazė.

Galimo išradimo būdo ir įrenginio elektrinė schema pateikta Fig. 1, struktūrinė schema pateikta Fig. 2, veikimą iliustruoja charakteristikos, pateiktos Fig.3.

Galimo išradimo įrenginys stochastinio pobūdžio elektros energijai konvertuoti Fig. 1, Fig. 2 susideda iš vėjo turbinos VT (1), kuri tiesiogiai sujungta su permanentinių magnetų žadinimo generatoriumi PMSG (2), kuris generuodamas elektros energiją, ją tiekia per lygintuvą L-1 (3), tiltinį inverterį – nuolatinės įtampos sistemos į kintamosios srovės sistemos keitiklį ISK (4) su komutuojamu kontūru L_k (5), C_k (6), transformatorių TR (7) apkrovai Z_a (8), elektros tinklui ET (9) per lygintuvą L-2 (10) kondensatoriui C (11), elektros energijos kaupikliui EK (pvz. akumulatoriui ar Redox energijos kaupikliui) (12), kuris tiekia elektros energiją impulsų generatoriui IG (13), jų fazės regulatoriui FR (14) ir ISK (4) puslaidininkinių valdymo impulsų formuotuvui IF (15) per lygintuvą L-3 (16) komparatoriui K (17), kuris tiekia valdymo signalą signalo formuotuvui SF (18). Valdiklio V (19) valdomas SF (18), valdo elektros energijos

tiekimą iš elektros energijos kaupiklio EK (12) per tarpinį kaupiklį TK (20) tiltiniam inverteriui – nuolatinės įtampos sistemos į kintamosios srovės sistemą keitikliui ISK (4).

Galimas išradimo būdas ir įrenginys veikia autonominiame režime, sisteminiame režime bei autonominiame rezerviniame režime taip:

Autonominiame režime generatorius su permanentiniais magnetais PMSG (2) tiesiogiai sujungtas su vėjo turbina VT (1) generuoja stochastinio pobūdžio kintamojo dažnio, kintamosios srovės įtampos sistemos ($U=\text{const.}$, $I=\text{var.}$) elektros energiją, ją lygintuvu L-1 (3) konvertuoja nuolatinės srovės įtampos sistemos ($U=\text{const.}$, $I=\text{var.}$) elektros energiją, ją ISK (4) konvertuoja į srovės sistemos ($U=\text{var.}$, $I=\text{const.}$) elektros energiją, kurios įtampą ir srovę valdo elektros energijos kaupiklis EK (12). ISK konvertuotą elektros energiją TR (7) transformuoja į konvencinių parametrų (50Hz, 230V) elektros ir tiekia ją apkrovai Z_A (8), o perteklinę elektros energiją TR (7) transformuoja ir ją lygintuvu L-2 (10) konvertuoja į nuolatinės srovės elektros energiją, C (11) išlygina srovės ir įtampos pulsacijas ir tiekia elektros energijos kaupikliui EK (12). EK (12) valdo komparatoriaus K (17), signalo formuotuvo SF (18), valdiklio V (19) grandinę, kuri valdo elektros energijos tiekimą iš energijos kaupiklio EK (12) į TK (20). Kintamosios srovės elektros energiją TR (7) transformuoja, ją lygintuvu L-3 (16) konvertuoja į nuolatinės srovės įtampą, komparatoriuje K (17) palygina su etalonine ir skirtumo įtampa per signalo formuotuvą SF (18) reguliuoja valdiklį V (19), kuris energijos kaupiklio EK (12) elektros energiją, per tarpinį kaupiklį TK (20) tiekia inverteriui – sistemos konverteriui ISK (4). Kai lygintuvo L-3 (16) nuolatinės srovės įtampa mažesnė už komparatoriuje K (17) nustatytą etaloninę įtampą, valdymo grandinė įjungia EK (12) elektros energijos tiekimą per TK (20) inverteriui – sistemos konverteriui ISK (4), kai lygintuvo L-3 (16) gnybtų įtampa didesnė už etaloninę įtampą valdymo grandinė išjungia EK (12) elektros energijos tiekimą per TK (20) inverteriui – sistemos konverteriui. TK (20) tiekia pastovaus dydžio įtampos elektros energiją kai EK (12) yra atjungtas nuo ISK (4) įėjimo grandinės. Grandis susidedanti iš impulsų generatoriaus IG (13) fazės regulatoriaus FR (14), impulsų formuotuvo IF (15) valdo ISK (4) puslaidininkių elementų komutaciją, komutuodami L_k (5), C_k (6), kontūrą. Impulsų generavimo- valdymo grandinės impulsų seka parinkta taip, kad ISK (4) keičia nuolatinės srovės įtampos sistemos ($U=\text{const.}$, $I=\text{var.}$) energiją į kintamosios srovės sistemos ($U=\text{var.}$, $I=\text{const.}$) elektros energiją, kurios dažnis 50 Hz. Sisteminiame režime elektros tinklas prijungiamas prie TR (7). Perteklinė elektros energija per konversijos sistemą tiekiamą į elektros tinklą ET (9) arba atjungus apkrovą Z_A (8) ET kintamosios srovės įtampos sistemos elektros energiją transformuoja per transformatorių TR (7), ją lygintuvu L-2 (10), C (11) konvertuoja į nuolatinės srovės elektros energiją ir ją tiekia energijos kaupikliui EK (12).

Autonominiame rezerviniame režime generatorius su permanentiniais magnetais PMSG (2) yra atjungtas nuo L-1 (3). EK (12) tiekia nuolatinės srovės elektros energiją, per konversijos sistemą apkrovai Z_A (8).

Galimo išradimo būdo ir įrenginio veikimą iliustruoja charakteristikos pateiktos Fig.3.

Autonominį konversijos sistemos veikimo režimą tik su energijos kaupikliu iliustruoja ISK išėjimo gnybtų įtampos U_I bei srovės I_I priklausomybės nuo vėjo greičio V . Kai $V > 0$ m/s, tai $U_I > U_{EK}$, $I_I > 0$. Todėl energijos kaupiklis yra įkraunamas srove I_I , kintant vėjo greičiui V plačiose ribose. Autonominį konversijos sistemos veikimo režimą su apkrova ir energijos kaupikliu iliustruoja ISK apkrovos įtampos U_a bei srovės I_a , elektros energijos kaupiklio įkrovimo srovė I_{EK} priklausomybės nuo vėjo greičio V . Kai $V > 0$ m/s, tai $U_a = \text{const.}$, I_a , $I_{EK} > 0$. Todėl konvencinių parametru elektros energija gali būti tiekiamą apkrovai bei perteklinė elektros energija į EK. Sisteminį veikimo režimą iliustruoja tiekiamos į elektros tinklą srovės I_{ET} , apkrovos įtampos U_a priklausomybės nuo vėjo greičio V . Kai $V > 0$ m/s, $U_a = \text{const.}$, $U_a > U_{ET}$, $I_{ET} > 0$. Todėl konvencinių parametru elektros energija gali būti tiekiamą apkrovai bei perteklinė elektros energija į elektros tinklą. Konversijos sistema gali veikti autonominiu rezerviniu veikimo režimu, kai $V = 0$ m/s arba vėjo elektrinė atjungta nuo konversijos sistemos. Iš EK per konversijos sistemą, konvencinių parametru elektros energija gali būti tiekiamą apkrovai.

Galimas išradimas, palyginus su prototipu pagerina atsinaujinančiųjų energijos šaltinių energijos konversijos efektyvumą, maksimaliai išnaudojant stochastinio pobūdžio energijos potencialą, panaudojant nesudėtingą bei konkurentabilią konversijos sistemą bei šios valdymo sistemą, nes:

- konversijos sistema pagal elektros sistemų dualizmo koncepciją konvertuoja stochastinio pobūdžio elektros energiją į konvencinių parametru elektros energiją ir tiekia ją apkrovai, elektros tinklui bei atitinkamos įtampos vertės energijos kaupikliui, kai $V > 0$ m/s.
- konversijos sistema yra daugiafunkcionali, patikima ir nesudėtinga, stochastinio pobūdžio elektros energijos keitimui į konvencinių parametru elektros energiją reikalingas tik vienas inverteris – sistemos konverteris ISK, nuolatinės įtampos verčių suderinimui nereikalingas konverteris, ciklokonverteris;
- konversijos sistemai valdyti panaudojama nesudėtinga ir patikima valdymo sistema, kuriai nereikalingas kompiuteris su programine įranga

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Elektros sistemų dualizmo būdas stochastinei energijai konvertuoti pagrįstas tuo, kad vėjo turbiną tiesiogiai sujungia su permanentinių žadinimo magnetų sinchroniniu generatoriumi, kurio stochastinio pobūdžio elektros energiją konvertuoja lygintuvu į nuolatinę besikeičiančios įtampos elektros energiją ir ją reguliuoja konverteriu *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad reguliavimui naudoja inverterį – sistemos konverterį, kuris pagal elektros sistemų dualizmo koncepciją, besikeičiančios nuolatinės įtampos sistemos elektros energiją konvertuoja į kintamąją pramoninio dažnio srovės sistemos elektros energiją, kurią per transformatorių pateikia į konvencinės įtampos sistemos elektros tinklą, kai veikia sisteminiame režime bei elektros imtuvams, kai veikia autonominiame, autonominiame rezerviniame, sisteminiame režimuose, be to, iš transformatoriaus per lygintuvą įkrauna energijos kaupiklį (akumuliatorių) iš kurio vienu kanalu nuolatinės srovės elektros energiją tiekia valdymo sistemai, kitu kanalu – per tarpinį kaupiklį, inverteriui – sistemos konverteriui formuoja autonominį, autonominį rezervinį veikimo režimą, o iš transformatoriaus per lygintuvą įtampą komparatoriuje palygina su etalonine ir skirtumo įtampa per signalo formuotuvą reguliuoja valdiklį, kuris akumuliatoriaus energiją, per tarpinį kaupiklį pateikia inverteriui – sistemos konverteriui, autonominiam, autonominiam rezerviniam veikimo režimui reguliuoti.

2. Elektros sistemų dualizmo įrenginys stochastinei energijai konvertuoti, susidedantis iš vėjo turbinos, tiesiogiai sujungtos su permanentinių magnetų žadinimo sinchroniniu generatoriumi, lygintuvu ir konverteriu *b e s i s k i r i a n t i s* tuo, kad konverteris sudarytas iš tiltinio inverterio – nuolatinės įtampos sistemos į kintamosios srovės sistemos keitiklio ir prie jo prijungto transformatoriaus, kurio viena iš antrinių apvijų prijungta prie apkrovos Z_a ir sinchroniškai prijungiant gali tiekti elektros energiją į konvencinių parametrų elektros tinklą, o kita transformatoriaus antrinė apvija per lygintuvo tiltelį prijungta prie energijos kaupiklio, kuris tiekia energiją valdymo sistemai, kuri sudaryta iš impulsų generatoriaus, jo fazės regulatoriaus ir impulsų formuotuvo, konverterio komutuojamo kontūro $L_k - C_k$, puslaidininkiams valdyti, o trečioji transformatoriaus antrinė apvija prijungta per lygintuvo tiltelį prie komparatoriaus ir per valdymo signalo formuotuvą ir valdiklį gali reguliuoti elektros energijos tiekimą iš energijos kaupiklio į konverterio įėjimo grandinę, kada jis veikia autonominiame, autonominiame rezerviniame režime ir generuoja kintamosios srovės pramoninio dažnio elektros energiją apkrovai Z_a , o inverterio – sistemos konverterio komutuojamo kontūro $L_k - C_k$ parametrai parenkami taip: $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k = 1,0$, kai $\underline{Z_a} = Z_a \cdot e^{j\varphi_a=0}$; $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k > 1,0$, kai

$\underline{Z}_a = Z_a \cdot e^{j\varphi_a > 0}$; $\omega_k^2 \cdot L_k \cdot C_k < 1,0$, kai $\underline{Z}_a = Z_a \cdot e^{j\varphi_a < 0}$, be to, $\omega_k = 2 \cdot \pi \cdot f_k$, kai f_k - elektros dažnis, ω_k - elektros kampinis dažnis, L_k - komutuojamo kontūro induktyvumas, C_k - komutuojamo kontūro talpa, φ_a - fazė.

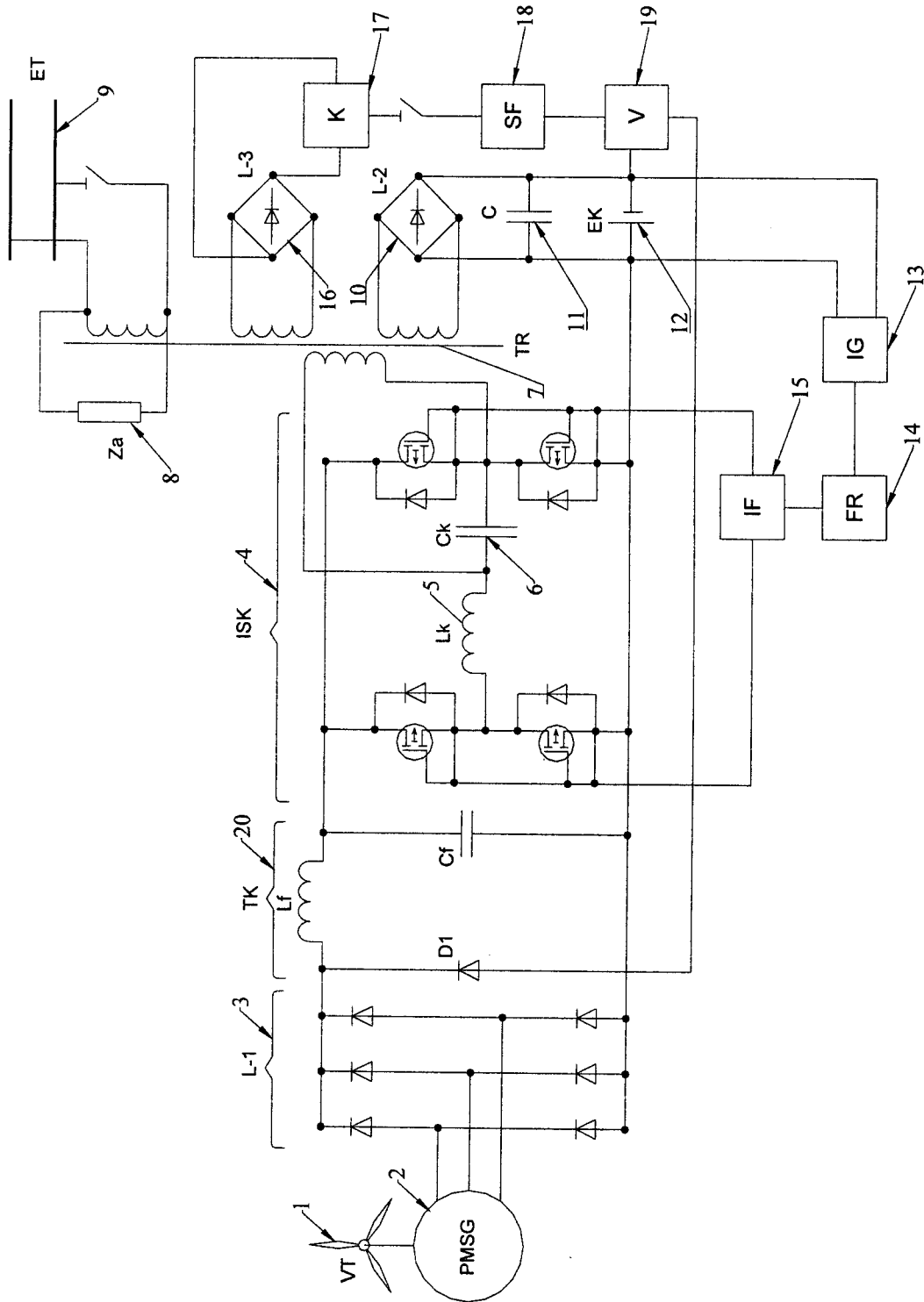


Fig. 1

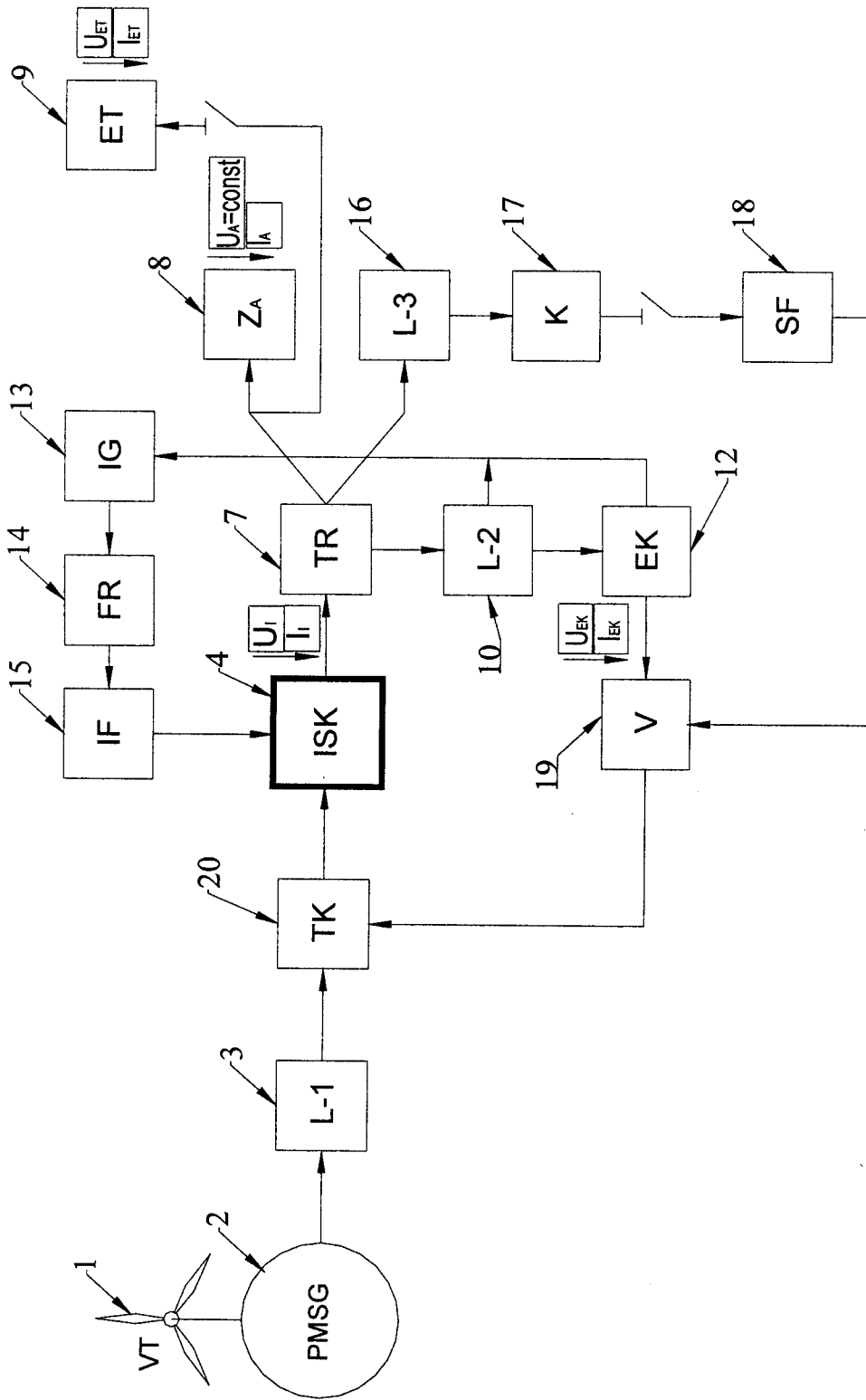


Fig. 2

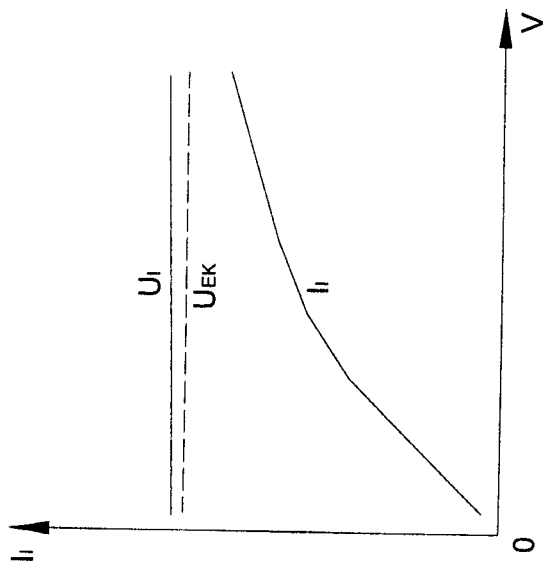
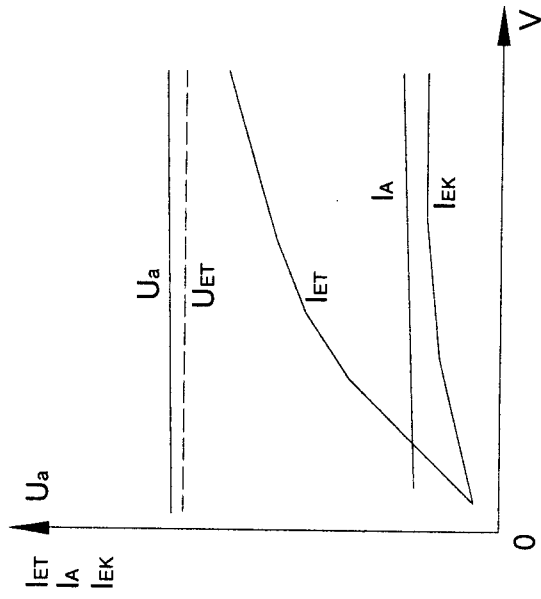


Fig. 3