

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraškos numeris: **2021 501**
(22) Paraškos padavimo data: **2021-01-08**
(41) Paraškos paskelbimo data: **2022-05-10**
(45) Patento paskelbimo data: **2022-10-10**
(30) Prioritetas: **202011201681.X, 2020-11-02, CN**

(73) Patento savininkas:
Tianjin University of Technology, No. 391 Binshui West Road, Xiqing District, Tianjin, CN

(72) Išradėjas:
**Wei LI, CN
Hulong WEN, CN
Xuesong ZHOU, CN
Youjie MA, CN
Mingxing DU, CN
Hanyu ZHAO, CN
Jinliang YIN, CN
Bing BAI, CN**

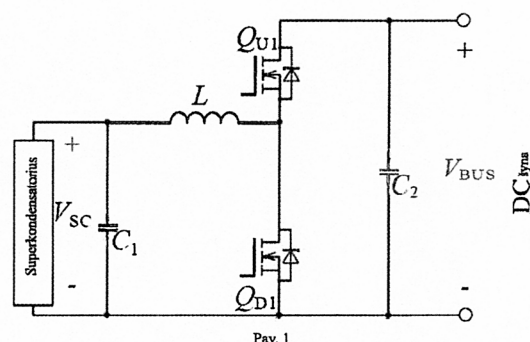
(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
Reda ŽABOLIENĖ, 7, METIDA, Verslo centras „VERTAS“, Gynėjų g. 16, LT-01109 Vilnius, LT

(54) Pavadinimas:

Rezonansinis nuolatinės srovės keitiklis

(57) Referatas:

Esamas išradimas yra susijęs su rezonansiniu nuolatinės srovės (DC-DC) keitikliu, turinčiu talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinę, trijų lygių petį, dviejų lygių petį, nuoseklųjį rezonansinį bloką, transformatorių ir tiltelinį lyginimo bloką. Rezonansinio DC-DC keitiklio konstrukciją sudaro trijų lygių petys, dviejų lygių petys, tiltelinis lyginimo blokas ir trijų lygių tiltelio konstrukcija bei įprastinė tiltelio konstrukcija, palaikanti viso tiltelio / pusės tiltelio perjungimą. Pagal dinaminio įtampos reguliatoriaus, esančio superkondensatoriaus pusėje, darbo režimą, ta pati grandinė gali perjungti tris darbinis režimus. Tai yra suderinama su superkondensatoriaus plačiu įėjimo įtampos svyravimo diapazonu stabilizuojant DC šynos įtampą ir taip užtikrinamas rezonansinio DC-DC keitiklio platus įėjimo įtampos diapazonas bei išplečiamas įtampos stiprinimo diapazonas.



TECHNIKOS SRITIS

Išradimas yra susijęs su keitiklių techninio pritaikymo sritimi, o konkrečiai – rezonansiniu nuolatinės srovės (DC-DC) keitikliu.

TECHNIKOS LYGIS

Dėl didelio masto atsinaujinančios energijos išteklių naudojimo ir plėtos, atsivėrė keliai pasaulinėms energijos ir aplinkosaugos problemoms spręsti. Be to, nuolatinės srovės arba ne maitinimo dažnio kintamąją srovę tiekia tokie įrenginiai, kaip fotoelektriniai įrenginiai, vėjo turbinos, kuro ir energijos saugojimo elementai. Šiuo metu automobilių, mobiliųjų telefonų, šviesos (LED) diodų apšvietimo įtaisų ir DC kintamojo dažnio variklių apkrovai naudojama nuolatinė srovė. Todėl pastaraisiais metais atsirado nuolatinės srovės mikroenergijos sistemos.

Nuolatinės srovės mikroenergijos sistemoje atiduodamoji galia ir atsinaujinančios energijos apkrova svyruoja atsitiktinai. Tai turi įtakos nuolatinės srovės mikroenergijos sistemos šynos įtampai, jos saugumui ir stabiliam veikimui. Todėl mikroenergijos sistemoje energijos saugojimo elementai, pvz., akumuliatorius ir superkondensatorius yra sujungiami, kad būtų slopinamas galios svyravimas ir išlaikomas DC šynos įtampos svyravimas. Superkondensatoriaus išėjimo įtampa svyruoja plačiu diapazonu. Tam yra reikalingas nuolatinės srovės (DC-DC) keitiklis, kad sistema efektyviai veiktų plačiame įėjimo įtampos diapazone. Svarbu sukurti dvikryptį DC-DC keitiklį su plačiu įėjimo įtampos diapazonu.

Artimiausiame patento dokumente CN108900097A (publikuotame 2018 m. lapkričio 27 d.) aprašomas rezonansinis keitiklis ir nurodoma elektrinės galios ir elektroninės įrangos techninio pritaikymo sritis. Rezonansinį keitiklį sudaro įėjimo pusės pusiau tiltelio lygio grandinė ir išėjimo pusės pusiau tiltelio trijų lygių grandinė, kai įėjimo pusės pusiau tiltelio grandinė ir išėjimo pusės pusiau tiltelio trijų lygių grandinė yra atitinkamai sujungtos su aukšto dažnio įtampos transformatoriumi per pagrindinio fronto rezonansinę grandinę ir papildomos pusės rezonansinę grandinę, o pusiau tiltelio trijų lygių grandinė naudojama išlyginimui ir apgrąžai. Rezonansinė grandinė yra naudojama švelniam perjungimo valdymui. Aukšto dažnio įtampos transformatorius naudojama izoliavimui ir įtampos transformavimui. Pagrindinio fronto rezonansinio tinklo išėjimo pusė yra jungiama su aukšto dažnio transformatoriaus TR pagrindiniu frontu. Aukšto dažnio įtampos transformatoriaus TR papildomas frontas

yra jungiamas su papildomo fronto rezonansinio tinklo įėjimo puse. Papildomo fronto rezonansinio tinklo įėjimo pusė jungiama su pusiau tiltelio trijų lygių grandinės išėjimo puse. Išėjimo pusės pusiau tiltelio lygio grandinės išėjimo pusė jungiama su maitinimo tiekimo išėjimo puse.

Esami tyrimai rodo, kad superkondensatorius jungiamas su nuolatinės srovės mikrotinkleliu per dvikryptę galios mažinimo / didinimo grandinę, 1 pav. Topologija yra paprasta ir ekonomiška. Tačiau topologijoje stiprinimą galima reguliuoti tik keičiant perjungimo įtaiso darbo ciklą. Todėl stiprinimo diapazonas yra mažas, o dėl izoliacijos stokos negalima užtikrinti saugumo.

IŠRADIMO ESMĖ

Šio išradimo tikslas – pateikti rezonansinį nuolatinės srovės (DC-DC) keitiklį, kuris būtų suderinamas naudoti esant plačiam superkondensatoriaus įėjimo įtampos svyravimo diapazonui, stabilizuojant DC šynos įtampą ir išplečiant įtampos stiprinimo diapazoną.

Norint pasiekti prieš tai nurodytų tikslų, šiame išradime pateikiami toliau nurodyti sprendimai.

Rezonansinis DC-DC keitiklis yra su talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandine, trijų lygių petimi, dviejų lygių petimi, nuosekliaju rezonansiniu bloku, transformatoriumi ir tiltelinio lyginimo bloku.

Teigiamas superkondensatoriaus elektrodas yra atskirai jungiamas su talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinės vienu gnybtu, trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. Superkondensatoriaus neigiamas elektrodas yra atskirai jungiamas su kitu įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės gnybtu, trijų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu. Trijų lygių peties trečiasis įėjimo gnybtas jungiamas su įėjimo įtampos dalytuvo grandinės įtampos dalinimo gnybtu, o trijų lygių peties išėjimo gnybtas jungiamas su nuosekliojo rezonansinio bloko pirmuoju gnybtu.

Transformatoriaus pagrindinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su dviejų lygių peties išėjimo gnybtu ir kitu nuosekliojo rezonansinio bloko gnybtu. Transformatoriaus antrinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su tiltelinio lyginimo bloko pirmuoju ir antruoju įėjimo gnybtais, o tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas jungiamas su DC šyna.

Vadovaujantis konkrečiais šio išradimo įgyvendinimo pavyzdžiais, tai turi toliau nurodytą techninį poveikį.

Šiuo išradimu aprašomas rezonansinis DC-DC keitiklis. Rezonansinio DC-DC keitiklio konstrukciją sudaro trijų lygių petys, dviejų lygių petys, tiltelinis lyginimo blokas ir trijų lygių tiltelio konstrukcija bei įprastinė tiltelio konstrukcija, palaikanti viso tiltelio / pusės tiltelio perjungimą. Pagal dinaminio įtampos reguliatoriaus superkondensatoriaus pusės darbo režimą, ta pati grandinė gali perjungti tris darbinis režimus. Tai yra suderinama su superkondensatoriaus plačiu įėjimo įtampos svyravimo diapazonu, stabilizuojant DC šynos įtampą, ir užtikrinamas rezonansinio DC-DC keitiklio platus įėjimo įtampos diapazonas bei išplečiamas įtampos stiprinimo diapazonas.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Siekiant aiškiau iliustruoti šio išradimo įgyvendinimo pavyzdžių techninius sprendimus ar ankstesnį techninį lygį, pridedami įgyvendinimo pavyzdžių brėžiniai toliau bus trumpai aprašomi. Reikėtų atkreipti dėmesį, kad toliau pateikiami pridedami brėžiniai tik iliustruoja kai kuriuos esamo išradimo įgyvendinimo pavyzdžius, tačiau kitus pridedamus brėžinius taip pat gali gauti vidutinės kvalifikacijos specialistai, neįdėdami jokių kūrybinių pastangų.

1 pav. pavaizduota esamo dvikrypčio DC/DC keitiklio topologija;

2 pav. pavaizduota rezonansinio DC-DC keitiklio struktūrinė schema pagal esamą išradimą;

3 pav. pavaizduota rezonansinio DC-DC keitiklio principinė schema vidutinės įtampos stiprinimo režimu pagal esamą išradimą, o

4 pav. pavaizduota rezonansinio DC-DC keitiklio principinė schema žemos įtampos stiprinimo režimu pagal esamą išradimą.

IŠSAMUS APRAŠYMAS

Toliau aiškiai ir išsamiai aprašomi esamo išradimo įgyvendinimo pavyzdžių techniniai sprendimai, nurodant esamo išradimo įgyvendinimo pavyzdžių pridedamus brėžinius. Akivaizdu, kad aprašyti įgyvendinimo pavyzdžiai yra tik dalis, o ne visi esamo išradimo įgyvendinimo pavyzdžiai. Neįdėdant kūrybinių pastangų, vidutinės kvalifikacijos specialisto gautiems visiems kitiems esamo išradimo įgyvendinimo

pavyzdžiams turi būti taikoma esamo atradimo teisinė apsauga.

Šio išradimo tikslas – pateikti rezonansinį nuolatinės srovės (DC-DC) keitiklį, kuris būtų suderinamas naudoti esant plačiam superkondensatoriaus įėjimo įtampos svyravimo diapazonui stabilizuojant DC šynos įtampą ir išplečiant įtampos stiprinimo diapazoną.

Siekiant aiškiau ir išsamiau įgyvendinti esamo išradimo prieš tai nurodytąjį tikslą, savybes ir privalumus, esamas išradimas toliau yra aprašomas išsamiau nurodant pridedamus brėžinius ir konkrečius įgyvendinimus.

Pritaikymo pagrindimui, kai superkondensatoriaus įėjimo įtampa svyruoja plačiu diapazonu, pagal esamą išradimą pateikiamas rezonansinis DC-DC keitiklis, kurį galima perjungti keliais režimais ir jis palaiko platų įėjimo įtampos diapazoną. Kaip pavaizduota 2 pav., DC-DC keitiklis yra su talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandine, trijų lygių petimi, dviejų lygių petimi, nuosekliajame rezonansiniame bloke, transformatoriumi ir tiltelinio lyginimo bloku.

Teigiamas superkondensatoriaus elektrodas yra atskirai jungiamas su talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinės vienu gnybtu, trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. Superkondensatoriaus neigiamas elektrodas yra atskirai jungiamas su kitu įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės gnybtu, trijų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu. Trijų lygių peties trečiasis įėjimo gnybtas jungiamas su įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės įtampos dalinimo gnybtu, o trijų lygių peties išėjimo gnybtas yra jungiamas su nuosekliajame rezonansinio bloko vienu gnybtu.

Transformatoriaus pagrindinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su dviejų lygių peties išėjimo gnybtu ir kitu nuosekliajame rezonansinio bloko gnybtu. Transformatoriaus antrinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su tiltelinio lyginimo bloko pirmuoju ir antruoju įėjimo gnybtais. Tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas jungiamas su DC šyna.

Rezonansinis DC-DC keitiklis taip pat yra su filtravimo kondensatoriumi. Tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas yra jungiamas su DC šyna po to, kai lygiagrečiai sujungiamas su filtravimo kondensatoriumi.

Talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinę sudaro C1 ir C2 kondensatoriai.

C1 kondensatoriaus vienas gnybtas yra atskirai jungiamas su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. C1 kondensatoriaus kitas gnybtas yra jungiamas su C2 kondensatoriaus vienu gnybtu. C2 kondensatoriaus kitas gnybtas yra jungiamas su superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, o trijų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas yra jungiamas su dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu.

C1 kondensatoriaus kito gnybto jungimo taškas ir C2 kondensatoriaus vienas gnybtas naudojami kaip įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės įtampos dalinimo gnybtas.

Trijų lygių petys turi galios jungiklio tranzistorių Q_1 , galios jungiklio tranzistorių Q_2 , galios jungiklio tranzistorių Q_3 , galios jungiklio tranzistorių Q_4 , atvirkštinės grandinės diodą D_1 ir atvirkštinės grandinės diodą D_2 .

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 santaka yra atskirai jungiama su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės vienu gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 šaltinis yra jungiamas su superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės kitu gnybtu ir dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu.

Atvirkštinės grandinės diodo D_1 neigiamas elektrodas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 šaltinis ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 santaka yra jungiami naudojant tą patį tašką. Atvirkštinės grandinės diodo D_2 teigiamas elektrodas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 šaltinis ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 santaka yra jungiami naudojant tą patį tašką. Atvirkštinės grandinės diodo D_1 teigiamas elektrodas yra jungiamas su atvirkštinės grandinės diodo D_2 neigiamu elektrodu.

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 santaka yra naudojama kaip trijų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 šaltinis naudojamas kaip trijų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas, atvirkštinės grandinės diodo D_1 teigiamo elektrodo jungimo taškas ir atvirkštinės grandinės diodo D_2 neigiamas elektrodas naudojami kaip trijų lygių peties trečiasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio

tranzistoriaus Q_2 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 santaka naudojami kaip trijų lygių peties išėjimo gnybtas.

Dviejų lygių petį sudaro galios jungiklio tranzistorius Q_5 ir galios jungiklio tranzistorius Q_6 .

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 santaka yra atskirai jungiama su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės vienu gnybtu ir trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 šaltinis yra atskirai jungiamas su superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės kitu gnybtu ir trijų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu.

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 santaka yra naudojama kaip dviejų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 šaltinis naudojamas kaip dviejų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 santaka naudojami kaip dviejų lygių peties išėjimo gnybtas.

Nuoseklųjį rezonansinį bloką sudaro kondensatorius C_R ir induktorius L_R . Kondensatoriaus C_R vienas gnybtas jungiamas su trijų lygių peties išėjimo gnybtu, kondensatoriaus C_R kitas gnybtas jungiamas su induktoriaus L_R vienu gnybtu, o induktoriaus L_R kitas gnybtas jungiamas su transformatoriaus pagrindinės ritės vienu gnybtu.

Transformatoriaus sukimo santykis yra $n:1$.

Tiltelinį lyginimo bloką sudaro galios jungiklio tranzistorius Q_7 , galios jungiklio tranzistorius Q_8 , galios jungiklio tranzistorius Q_9 , ir galios jungiklio tranzistorius Q_{10} .

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 santaka jungiama su DC šynos teigiamu elektrodu, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 šaltinis jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 šaltinis yra jungiamas su DC šynos neigiamu elektrodu.

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 santaka jungiama su DC šynos teigiamu elektrodu, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 šaltinis jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} santaka. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} šaltinis yra jungiamas

su DC šynos neigiamu elektrodu.

Galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 santaka naudojama kaip tiltelinio lyginimo bloko pirmasis įėjimo gnybtas. Galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} santaka naudojama kaip tiltelinio lyginimo bloko antrasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 santaka ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} šaltinis naudojami kaip tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas.

Trijų lygių technologija ir viso tiltelio / pusės tiltelio perjungimo technologija yra derinamos norint išplėsti įtampos stiprinimo diapazoną. Atliekant fazių perjungimo valdymą keitiklis gali lanksčiai veikti abiem kryptimis. Be to, pagal superkondensatoriaus pusės dinaminio įtampos reguliatoriaus darbo režimą galima išgauti platų stiprinimo diapazoną, kuris būtų suderinamas su plačiu superkondensatoriaus įtampos svyravimo diapazonu.

Esamo išradimo pagrindiniai parametrai yra superkondicionieriaus įtampa V_{SC} , DC šynos įtampa V_{BUS} , DC šynos srovė I_{BUS} , stačiakampės bangos įtampos V_{T1} išėjimas per lyginimo / apgręžimo bloką superkondensatoriaus pusėje, stačiakampės bangos įtampos V_{T2} išėjimas per lyginimo / apgręžimo bloką DC šynos pusėje, transformatoriaus sukimo santykis T , kuris yra $n:1$, konverterio perjungimo tranzistoriaus valdymo dažnis f_s , nuosekliojo tūrinio rezonatoriaus pilnutinė varža X ir DC šynos ekvivalentiška apkrovos varža R_L . Be to, superkondensatoriaus vardinė įtampa apibrėžiama kaip V_N .

Tenkinamos toliau nurodytos formulės:

$$X = 2\pi f_s L_R - \frac{1}{2\pi f_s C_R}$$

$$R_L = \frac{V_{BUS}}{I_{BUS}}$$

Kai pasikeičia superkondensatoriaus įtampa, stačiakampės bangos įtampos V_{T1} išėjimo per lyginimo / apgręžimo bloką superkondensatoriaus pusėje pagrindinio komponento amplitudę galima koreguoti įjungiant / išjungiant perjungimo tranzistorius nuo Q_1 iki Q_6 . Taip keitiklis gali perjungti aukštos įtampos stiprinimo režimą, vidutinės įtampos stiprinimo režimą ir žemos įtampos stiprinimo režimą, pagal šį išradimą

užtikrinant platų keitiklio įėjimo įtampos diapazoną.

Superkondensatoriaus įtampa V_{SC} keičiasi realiu laiku atsižvelgiant į įkrovimo / iškrovimo būseną ir likusią superkondensatoriaus talpą, taigi, svyruoja plačiu diapazonu. Išskirtinis esamo išradimo pranašumas yra tas, kad keitiklio stiprinimo režimą galima perjungti realiu laiku atsižvelgiant į superkondensatoriaus įtampą, kuri būtų suderinama su superkondensatoriaus plačiu įėjimo įtampos svyravimo diapazonu tuo pat metu stabilizuojant DC šynos įtampą. Konkrečiai, kai $V_{SC} \geq 0,8 V_N$, grandinė veikia žemos įtampos režimu, kai $0,8 V_N > V_{SC} \geq 0,4 V_N$, grandinė veikia vidutinės įtampos režimu, o kai $V_{SC} < 0,4 V_N$, grandinė veikia aukštos įtampos režimu.

1) Aukštos įtampos stiprinimo režimas

Kai superkondensatoriaus įėjimo įtampa yra santykinai žema, kitaip tariant, kai $V_{SC} < 0,4 V_N$, keitiklis veikia aukštos įtampos stiprinimo režimu. Veikiant šiuo režimu, visi grandinės perjungimo tranzistoriai yra įjungti pagal fiksuotą 50 % darbo ciklą. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_1 , Q_2 ir Q_6 , ir tuo pat metu įjungiami Q_3 , Q_4 ir Q_5 . Kai Q_1 , Q_2 ir Q_6 yra įjungti, $V_{T1} = V_{SC}$. Kai Q_3 , Q_4 ir Q_5 yra įjungti, $V_{T1} = -V_{SC}$. Dvi perjungimo tranzistorių grupės yra įjungiamos papildydamos viena kitą. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloko išėjimo įtampa V_{T1} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra $\pm V_{SC}$. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_7 ir Q_{10} , ir tuo pat metu įjungiami Q_8 ir Q_9 . Kai Q_7 ir Q_{10} yra įjungti, $V_{T2} = V_{BUS}$. Kai Q_8 ir Q_9 yra įjungti, $V_{T2} = -V_{BUS}$. Dvi perjungimo tranzistorių grupės yra įjungiamos papildydamos viena kitą. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloko įėjimo įtampa V_{T2} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra $\pm V_{BUS}$. Taikoma fazių perjungimo valdymo strategija. Fazės perjungimo kampas ϕ tarp V_{T1} ir V_{T2} yra valdomas, kad būtų valdomas į superkondensatoriaus ir DC šynos puses perduodamos energijos dydis bei kryptis. Kai V_{T1} viršija V_{T2} , ϕ yra apibrėžiamas kaip teigiama vertė ir energija perduodama iš superkondensatoriaus pusės į DC šynos pusę. Priešingu atveju, ϕ yra apibrėžiamas kaip neigiama vertė ir energija perduodama iš DC šynos pusės į superkondensatoriaus pusę. Veikiant šiuo režimu, santykis tarp DC šynos įtampos V_{BUS} ir superkondensatoriaus įtampos V_{SC} yra toks:

$$V_{BUS} = \frac{8nR_L V_{SC}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

Perduodamoji galia P yra:

$$P = \frac{8n^2 V_{SC} V_{BUS}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

2) Vidutinės įtampos stiprinimo režimas

Kai superkondensatoriaus įėjimo įtampa yra vidutinė, kitaip tariant, kai $0,8 V_N > V_{SC} \geq 0,4 V_N$, keitiklis veikia vidutinės įtampos stiprinimo režimu. Šiame režime, kaip pavaizduota 3 pav., Q_5 yra visada išjungtas, Q_6 yra visada įjungtas, o kiti perjungimo tranzistoriais yra visi įjungti pagal fiksuotą 50 % darbinį ciklą. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_1 ir Q_2 , ir tuo pat metu įjungiami Q_3 ir Q_4 . Kai Q_1 ir Q_2 yra įjungti, $V_{T1} = V_{SC}$. Kai Q_3 ir Q_4 yra įjungti, $V_{T1} = 0$. Dvi perjungimo tranzistorių grupės yra įjungiamos papildydamos viena kitą. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloko išėjimo įtampa V_{T1} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra V_{SC} arba 0. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_7 , ir Q_{10} ir tuo pat metu įjungiami Q_8 ir Q_9 . Kai Q_7 ir Q_{10} yra įjungti, $V_{T2} = V_{BUS}$. Kai Q_8 ir Q_9 yra įjungti, $V_{T2} = -V_{BUS}$. Dvi perjungimo tranzistorių grupės yra įjungiamos papildydamos viena kitą. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloko įėjimo įtampa V_{T2} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra $\pm V_{BUS}$. Taikoma fazių perjungimo valdymo strategija. Fazės perjungimo kampas φ tarp V_{T1} ir V_{T2} yra valdomas, kad būtų valdomas į superkondensatoriaus ir DC šynos puses perduodamos energijos dydis bei kryptis. Kai V_{T1} viršija V_{T2} , φ yra apibrėžiamas kaip teigiama vertė ir energija perduodama iš superkondensatoriaus pusės į DC šynos pusę. Priešingu atveju, φ yra apibrėžiamas kaip neigiama vertė ir energija perduodama iš DC šynos pusės į superkondensatoriaus pusę. Veikiant šiuo režimu, santykis tarp DC šynos įtampos V_{BUS} ir superkondensatoriaus įtampos V_{SC} yra toks:

$$V_{BUS} = \frac{4nR_L V_{SC}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

Perduodamoji galia P yra:

$$P = \frac{4n^2 V_{SC} V_{BUS}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

3) Žemos įtampos stiprinimo režimas

Kai superkondensatoriaus įėjimo įtampa yra santykinai aukšta, kitaip tariant, kai $V_{SC} \geq 0,8 V_N$, keitiklis veikia žemos įtampos stiprinimo režimu. Šiame režime Q_1 ir Q_5 yra visada išjungti, Q_6 yra visada įjungtas, o kiti perjungimo tranzistoriais yra visi įjungti pagal fiksuotą 50 % darbinį ciklą. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_3 , ir Q_4 , ir papildomai įjungiamas Q_2 . Kai Q_2 yra įjungtas, $V_{T1} = 0,5 V_{SC}$. Kai Q_3 ir Q_4 yra įjungti, $V_{T1} = 0$. Superkondensatoriaus pusės lyginimo / apgręžimo bloko išėjimo įtampa V_{T1} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra $0,5 V_{SC}$ arba 0. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloke tuo pat metu įjungiami Q_7 ir Q_{10} , ir tuo pat metu įjungiami Q_8 ir Q_9 . Kai Q_7 ir Q_{10} yra įjungti, $V_{T2} = V_{BUS}$. Kai Q_8 ir Q_9 yra įjungti, $V_{T2} = -V_{BUS}$. Dvi perjungimo tranzistorių grupės yra įjungiamos papildydamos viena kitą. DC šynos pusės lyginimo / apgręžimo bloko įėjimo įtampa V_{T2} yra stačiakampės bangos įtampa, kurios darbinis ciklas yra 50 %, o amplitudė yra $\pm V_{BUS}$. Taikoma fazių perjungimo valdymo strategija. Fazės perjungimo kampas φ tarp V_{T1} ir V_{T2} yra valdomas, kad būtų valdomas į superkondensatoriaus ir DC šynos puses perduodamos energijos dydis bei kryptis. Kai V_{T1} viršija V_{T2} , φ yra apibrėžiamas kaip teigiama vertė ir energija perduodama iš superkondensatoriaus pusės į DC šynos pusę. Priešingu atveju, φ yra apibrėžiamas kaip neigiama vertė ir energija perduodama iš DC šynos pusės į superkondensatoriaus pusę. Veikiant šiuo režimu, santykis tarp DC šynos įtampos V_{BUS} ir superkondensatoriaus įtampos V_{SC} yra toks:

$$V_{BUS} = \frac{2nR_L V_{SC}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

Perduodamoji galia P yra:

$$P = \frac{2n^2 V_{SC} V_{BUS}}{\pi^2 X} \sin \varphi$$

Šis išradimas pasižymi toliau nurodytais privalumais.

1) Keitiklio darbinį režimą galima perjungti realiu laiku pagal superkondensatoriaus įtampą. Kai superkondensatoriaus įtampa yra santykinai žema, keitiklis veikia didelio stiprinimo režimu. Kai superkondensatoriaus įtampa yra

vidutinė, keitiklis veikia vidutinio stiprinimo režimu. Kai superkondensatoriaus įtampa yra santykinai aukšta, keitiklis veikia mažo stiprinimo režimu. Taip išgaunamas platus keitiklio įėjimo įtampos diapazonas.

2) Galima išvengti ypač mažo ar didelio fazės perjungimo kampo φ perjungiant keitiklio stiprinimo režimą, taip užtikrinant keitiklio perjungimo tranzistoriaus švelnaus perjungimo charakteristikas ir didelį efektyvumą.

Kiekvienas šios specifikacijos įgyvendinimo pavyzdys yra aprašomas laipsniškai, kiekviename įgyvendinimo pavyzdyje akcentuojami jo skirtumai nuo kitų įgyvendinimo pavyzdžių, o tokios pačios ir panašios įgyvendinimo pavyzdžių dalys gali būti susijusios viena su kita.

Šioje specifikacijoje keli pavyzdžiai yra naudojami norint iliustruoti esamo išradimo principus ir įgyvendinimus. Prieš tai minėtųjų įgyvendinimo pavyzdžių aprašymas yra naudojamas siekiant padėti iliustruoti esamą išradimą ir jo pagrindinius principus. Be to, vidutinės kvalifikacijos specialistai gali įvairiai modifikuoti konkrečius įgyvendinimo pavyzdžius ir jų pritaikymo sritį, vadovaudamiesi esamo išradimo mokymais. Apibendrinant, šios specifikacijos turinys neturi būti aiškinamas kaip esamo išradimo apribojimas.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Rezonansinis nuolatinės srovės (DC-DC) keitiklis, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad, jis apima talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinę, trijų lygių petį, dviejų lygių petį, nuoseklųjį rezonansinį bloką, transformatorių, ir tiltelinio lyginimo bloką;

kur teigiamas superkondensatoriaus elektrodas yra atskirai jungiamas su talpinio įėjimo įtampos dalytuvo grandinės vienu gnybtu, trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu, superkondensatoriaus neigiamas elektrodas yra atskirai jungiamas su kitu įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės gnybtu, trijų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu, trijų lygių peties trečiasis įėjimo gnybtas jungiamas su įėjimo įtampos dalytuvo grandinės įtampos dalinimo gnybtu, o trijų lygių peties išėjimo gnybtas jungiamas su nuosekliojo rezonansinio bloko pirmuoju gnybtu, o

transformatoriaus pagrindinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su dviejų lygių peties išėjimo gnybtu ir kitu nuosekliojo rezonansinio bloko gnybtu, transformatoriaus antrinės ritės du gnybtai yra atitinkamai jungiami su tiltelinio lyginimo bloko pirmuoju ir antruoju įėjimo gnybtais, o tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas jungiamas su DC šyna.

2. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad rezonansinis DC-DC keitiklis papildomai yra su filtravimo kondensatoriumi ir

tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas yra jungiamas su DC šyna po to, kai lygiagrečiai sujungiamas su filtravimo kondensatoriumi.

3. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinėje yra C1 kondensatorius ir C2 kondensatorius,

C1 kondensatoriaus vienas gnybtas yra atskirai jungiamas su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, trijų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu ir dviejų lygių peties pirmuoju įėjimo gnybtu. C1 kondensatoriaus kitas gnybtas yra jungiamas su C2 kondensatoriaus vienu gnybtu; C2 kondensatoriaus kitas gnybtas yra jungiamas su

superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, o trijų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas yra jungiamas su dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu, o

C1 kondensatoriaus kito gnybto jungimo taškas ir C2 kondensatoriaus vienas gnybtas naudojami kaip įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės įtampos dalinimo gnybtas.

4. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad trijų lygių petys turi galios jungiklio tranzistorių Q_1 , galios jungiklio tranzistorių Q_2 , galios jungiklio tranzistorių Q_3 , galios jungiklio tranzistorių Q_4 , atvirkštinės grandinės diodą D_1 ir atvirkštinės grandinės diodą D_2 ;

galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 santaka yra atskirai jungiama su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės vienas gnybtas ir dviejų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 santaka, galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 santaka, galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 santaka, galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 šaltinis yra jungiamas su superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, o įėjimo įtampos talpinio dalytuvo kitas gnybtas yra jungiamas su dviejų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu;

atvirkštinės grandinės diodo D_1 neigiamas elektrodas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 šaltinis ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_2 santaka yra jungiami naudojant tą patį tašką, atvirkštinės grandinės diodo D_2 teigiamas elektrodas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 šaltinis ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 santaka yra jungiami naudojant tą patį tašką, o atvirkštinės grandinės diodo D_1 teigiamas elektrodas yra jungiamas su atvirkštinės grandinės diodo D_2 neigiamu elektrodu, ir

galios jungiklio tranzistoriaus Q_1 santaka yra naudojama kaip trijų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_4 šaltinis naudojamas kaip trijų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas, atvirkštinės grandinės diodo D_1 teigiamo elektrodo jungimo taškas ir atvirkštinės grandinės diodo D_2 neigiamas elektrodas naudojami kaip trijų lygių peties trečiasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio

tranzistoriaus Q_2 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_3 santaka naudojami kaip trijų lygių peties išėjimo gnybtas.

5. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad dviejų lygių petį sudaro galios jungiklio tranzistorius Q_5 ir galios jungiklio tranzistorius Q_6 ;

galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 santaka yra atskirai jungiama su superkondensatoriaus teigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės vienas gnybtas ir trijų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 šaltinis yra jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 santaka, galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 šaltinis yra atskirai jungiamas su superkondensatoriaus neigiamu elektrodu, įėjimo įtampos talpinio dalytuvo grandinės kitu gnybtu ir trijų lygių peties antruoju įėjimo gnybtu, ir

galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 santaka yra naudojama kaip dviejų lygių peties pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 šaltinis naudojamas kaip dviejų lygių peties antrasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_5 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_6 santaka naudojami kaip dviejų lygių peties išėjimo gnybtas.

6. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad nuoseklųjį rezonansinį bloką sudaro kondensatorius C_R ir induktorius L_R ; ir

kondensatoriaus C_R vienas gnybtas jungiamas su trijų lygių peties išėjimo gnybtu, kondensatoriaus C_R kitas gnybtas jungiamas su induktoriaus L_R vienu gnybtu, o induktoriaus L_R kitas gnybtas jungiamas su transformatoriaus pagrindinės ritės vienu gnybtu.

7. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad transformatoriaus sukimo santykis yra $n:1$.

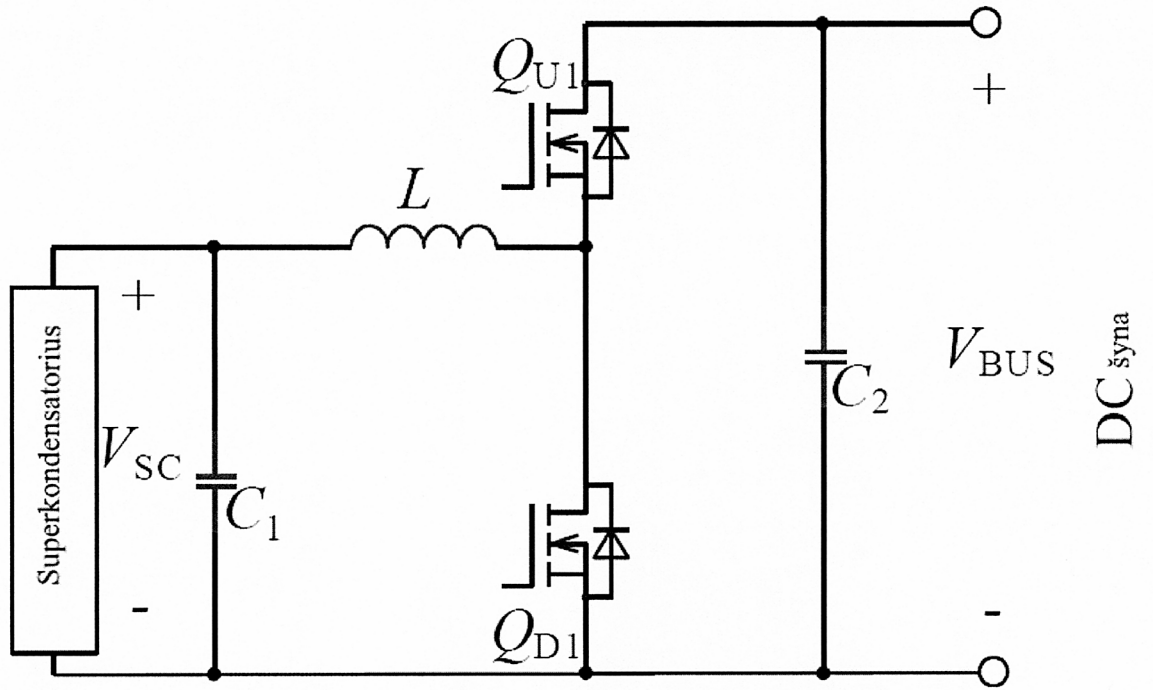
8. Rezonansinis DC-DC keitiklis pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i s tuo, kad tiltelinį lyginimo bloką sudaro galios jungiklio tranzistorius Q_7 , galios jungiklio tranzistorius Q_8 , galios jungiklio tranzistorius Q_9 , ir galios jungiklio tranzistorius Q_{10} ;

galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 santaka jungiama su DC šynos teigiamu elektrodu, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 šaltinis jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 santaka, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 šaltinis yra jungiamas su DC šynos neigiamu elektrodu;

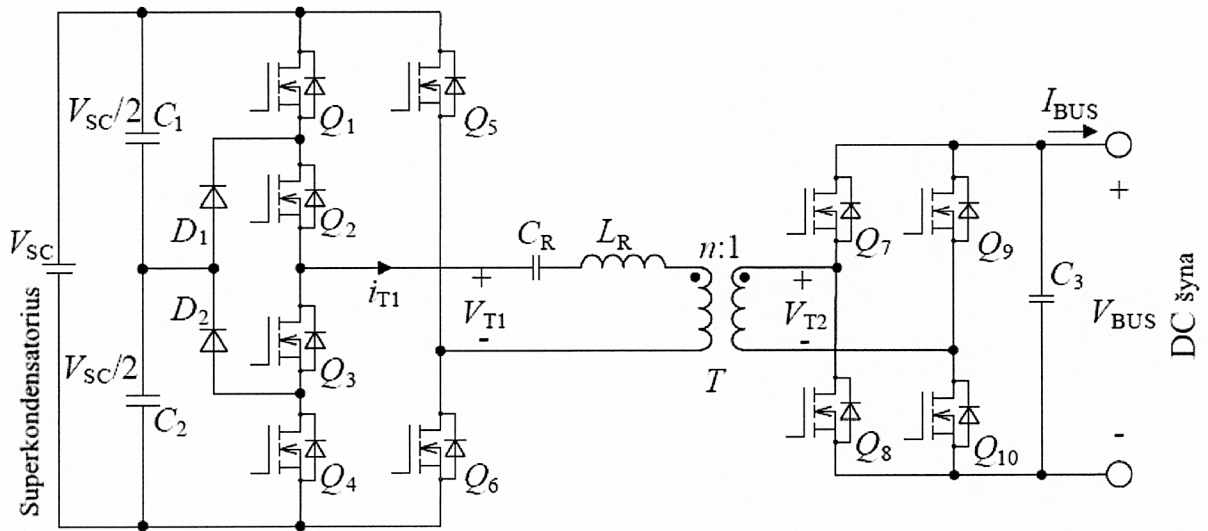
galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 santaka jungiama su DC šynos teigiamu elektrodu, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 šaltinis jungiamas su galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} santaka ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} šaltinis yra jungiamas su DC šynos neigiamu elektrodu, ir

galios jungiklio tranzistoriaus Q_7 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_8 santaka naudojama kaip tiltelinio lyginimo bloko pirmasis įėjimo gnybtas, galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 šaltinio jungimo taškas ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} santaka naudojama kaip tiltelinio lyginimo bloko antrasis įėjimo gnybtas, o galios jungiklio tranzistoriaus Q_9 santaka ir galios jungiklio tranzistoriaus Q_{10} šaltinis naudojami kaip tiltelinio lyginimo bloko išėjimo gnybtas.

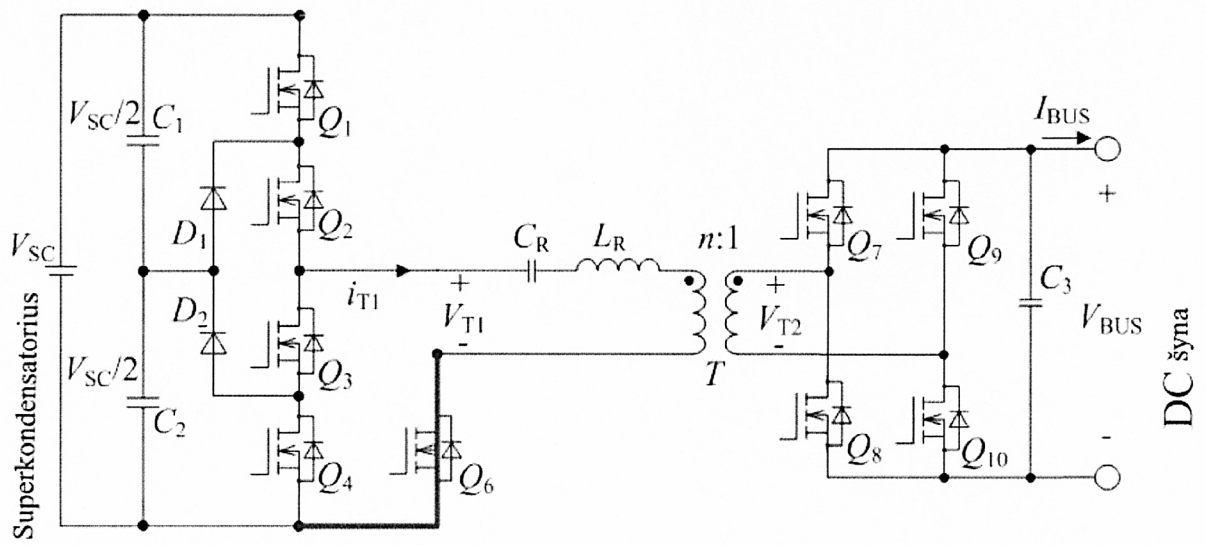
BRĖŽINIAI



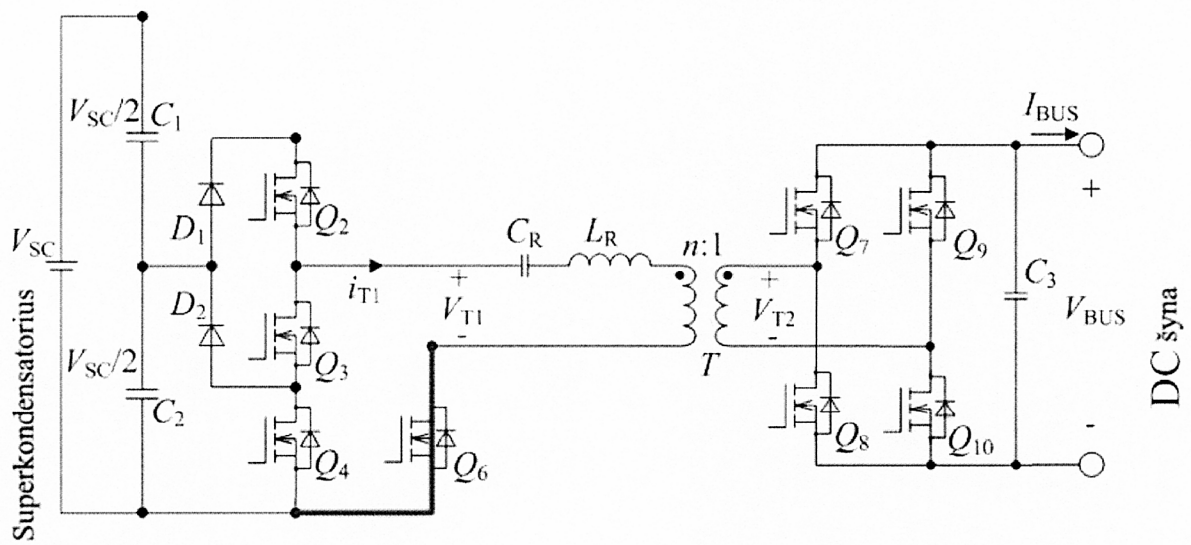
1 pav.



2 pav.



3 pav.



4 pav.