VILNIAUS UNIVERSITETAS
FIZIKOS FAKULTETAS
CHEMINĖS FIZIKOS INSTITUTAS

Linas Venskūnas

Idealių lygintuvų technologijos

Pagrindinių studijų baigiamasis darbas

(studijų programa - TELEKOMUNIKACIJŲ FIZIKA IR ELEKTRONIKA)

Studentas: Linas Venskūnas

Leista ginti

Darbo vadovas: Doc. Mindaugas Viliūnas

Instituto direktorius: prof. Valdas Šablinskas

VILNIUS 2018

Turinys

Įvadas ..... **Error! Bookmark not defined.**
1 Idealieji diodiniai valdikliai 4
1.1 LT4320/LT4320-1 idealieji diodiniai valdikliai 5
1.1.1 Kontaktų funkcijos 6
1.1.2 Pagrindinės charakteristikos 6
1.2 Teigiamos aukštos įtampos idealusis diodinis valdiklis LTC4357 7
1.2.1 Kontaktų funkcijos 7
1.2.2 Pagrindinės charakteristikos 8
1.3 5A idealusis diodas LTC4358 8
1.3.1 Kontaktų funkcijos 9
1.3.2 Pagrindinės charakteristikos 10
1.4 LM74670-Q1 diodinio lygintuvo valdiklis su impulsiniu pakrovimu 10
1.4.1 Kontaktų funkcijos 11
1.4.2 Pagrindinės charakteristikos 11
1.5 Valdiklių palyginimas 12
2 300 A lygintuvo konstravimas 13
3 Matavimų rezultatai 18
4 LM74670-Q1 konstravimas ir rezultatai 24
Literatūros sąrašas: 29
Santrauka 30
Summary 31

Įvadas

Idealus diodas tai prietaisas skirtas kontroliuoti srovės kryptį. Kai idealusis diodas prijungtas tiesiogine kryptimi, tai elektros srovė yra visiškai praleidžiama be jokių nuostolių ar iškraipymų ir vadinama tiesiogine srove. Kai idealusis diodas prijungtas grandinėje atbuline kryptimi, tada diodas nepraleidžia visiškai jokios srovės. Deja, idealieji diodai tikrovėje neegzistuoja, galima rasti tik artimus pakaitus, bet su kitokiais trūkumais. Idealiojo diodo atitikmuo realybėje būtų puslaidininkinis diodas, turintis vieną PN sandūrą. Šie diodai gali būti skirtingų tipų, atliekantys skirtingas užduotis ir turintys skirtingas savybes.

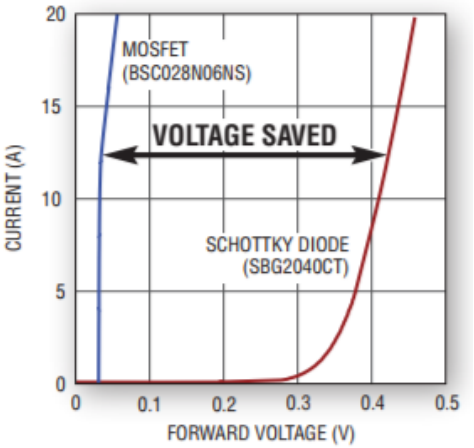
Vienas iš pagrindinių ir labiausiai žinomų diodų tipų yra pn diodai, kurių didelė tiesioginė įtampa (0,7-1,6 V) ir mažas pralaidumas atgalinei srovei (<<μA), atsiurbimo trukmė priklauso nuo pn diodo tipo, pavyzdžiui, lygintuviniams diodams -10 μs-20 ns [10]. Taip pat plačiai žinomi Šotki diodai, kurių didelė atbulinė srovė, tačiau maža tiesioginė įtampa (0,4 – 0,8 V). Jų išsijungimo nelėtina šalutinių krūvininkų atsiurbimas, o pagrindinis spartą ribojantis faktorius yra sandūros talpa. Šotki diodų trūkumas, kad jie yra labai jautrūs įtampų šuoliams ir greitai prasimuša. Kitokie parametrai yra SiC Šotki diodų, kurie gali turėti labai didelę atbulinę įtampą (iki 1700 V), mažą atbulinę srovę (<<μA) bei didelę tiesioginę įtampą (1,2-2,5 V) ir tendenciją jai didėti, kylant temperatūrai. [11]

Projektuojant idealius diodus, norima pasiekti mažą atgalinę srovę, būdingą PN diodams, kiek įmanomą mažesnę tiesioginę įtampą ir Šotki diodams būdingą nulinį atsiurbimą, todėl daugiausia yra naudojami MOSFET tranzistoriai [6]. Šie tranzistoriai integruojami į idealiuosius diodinius valdiklius.

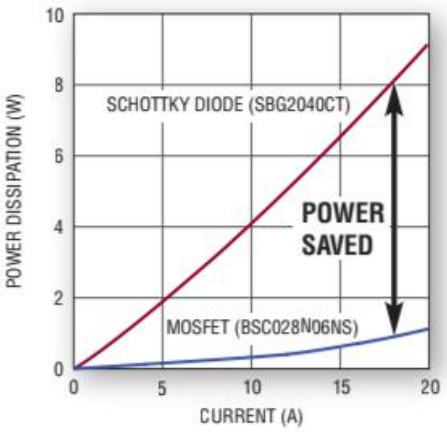
Pirmoje baigiamojo darbo dalyje mano darbo tikslas buvo susipažinti su šiais valdikliais ir naudojant LT4320 diodinį valdiklį sukontruoti 300 A 35 V žemų dažnių lygintuvą. Antroje darbo dalyje tikslas buvo sukonstruoti idealų diodą naudojant valdiklį LM74670 ir ištirti jo charakteristikas.

1 Idealieji diodiniai valdikliai

Idealieji diodiniai valdikliai kartu su galios tranzistoriumi yra diodų pakaitalai didelės srovės grandinėse. Valdikliai dažniausiai yra skirti n - kanalo MOSFET tranzistoriams, dėl didesnio elektronų nei skylių judrio silicyje, kas lemia geresnes charakteristikas: mažesnę atviro kanalo varžą, didesnę atbulinę įtampą, mažesnį sklendės krūvį, nei p – kanalo MOSFET tranzistorių. Valdomi valdiklio, šie tranzistoriai atlieka diodui būdingą funkciją.Reikia pažymėti, kad kiekvienas Si MOSFET tarp S ir D turi konstrukciškai lemtą diodą, kuris, tranzistoriui neveikiant, dirba kaip paprastas diodas (išskyrus tuos atvejus, kai į MOSFET įmontuojamas specialus, geresnėmis charakteristikomis pasižymintis diodas).Vidinio MOSFET diodo charakteristikos yra neįspūdingos - mažas greitis, didelė tiesioginė įtampa.



1 pav. Srovės priklausomybė nuo tiesioginės įtampos naudojant SCHOTTKY diodą ir idealųjį diodinį valdiklį. [5]



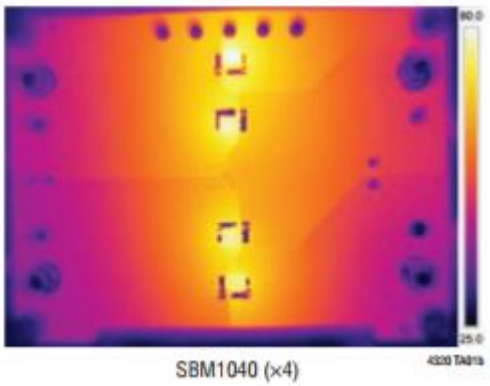
2 pav. Galios nuostolių priklausomybė nuo srovės naudojant SCHOTTKY diodą ir idealųjį diodinį valdiklį. [5]

Idealieji diodiniai valdikliai užima mažai vietos ir išsaugo brangią plokštės erdvę bei sumažina galios nuostolius. Reguliuojant sklendės įtampą galios tranzistoriuje specialiai palaikomas dešimčių mV eilės įtampos kritimas tam, kad valdiklis galėtų efektyviai aptikti srovės pasikeitimo momentą. Pakitus srovės krypčiai valdiklio greito išsijungimo mechanizmas išjungia tranzisotrių (išsijungia greičiau nei per 1 μs) apsaugo nuo atvirkštinės srovės. Valdiklio kokybę apibūdina būtent šis įsijungimo, išsijungimo laiko intervalas, kuo jis trumpesnis, tuo valdiklis yra aukštesnės klasės. Idealieji diodai, palyginus su Schottky diodu turi labai žemą galios išsklaidyma (2 pav.). [5]

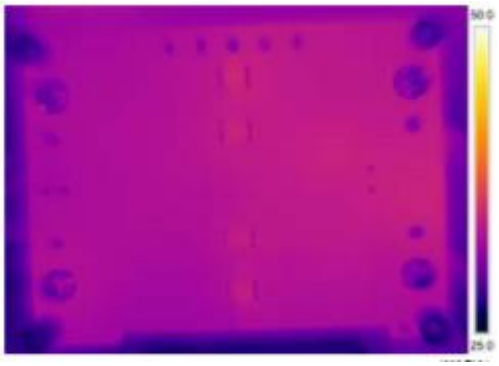
1.1 LT4320/LT4320-1 idealieji diodiniai valdikliai

LT4320/LT4320-1 yra idealieji tiltelų valdikliai, kurie valdo keturis N-kanalo MOSFET lauko tranzistorius, palaiko įtampos keitimą iš kintamos srovės į nuolatinę. Didinant maksimalią galimą įtampą bei mažinant galios išsklaidymą, idealusis tiltelis supaprastina galios tiekimą ir sumažina atsirandančius nuostolius, ypač tai svarbu žemose įtampose, kuriose įtampos kritimai dioduose yra sulyginami su visa lyginama įtampa. Kitas svarbus idealiojo tiltelio privalumas, kad jis pašalina temperatūrines problemas: temperatūra sumažinama kelis kartus ir sutaupoma plokštės erdvė, nes nereikia papildomų įrenginių aušinimui (3 pav., 4 pav., 5 pav.). LT4320 vidinis kondensatorinis įtampos daugintuvas yra NMOS tipo, kuris geriau veikia už didesnius ir brangesnius PMOS ir CMOS keitiklius. Jei galios šaltinis atjungiamas arba jo galia yra ženkliai sumažinama, specialus TURN-OFF mechanizmas sumažina atvirkštinės srovės daromą įtaką.

Esminis skirtumas tarp LT4320ir LT4320-1 yra didžiausias leistinas lyginamos kintamos srovės dažnis, t.y. LT4320 yra pritaikytas lyginti kintamą srovę iki 60Hz, o LT4320-1 lyginti srovę iki 600Hz. Didžiausias dažnis priklauso ir nuo naudojamų tranzistorių tipo bei lyginamos srovės dydžio tipo, ir priimtinų persijungimo nuostolių.



3 pav. Tiltelio su pasyviuoju diodu termografa [1]



4 pav. Tiltelio su LT4320 valdiklių termografa [1]

CURRENT	MOSFET 2.5mΩ	DIODE SBM 1040
2A	0.6°C	15°C
4A	3.5°C	32°C
6A	6.7°C	49°C
8A	11°C	66°C
10A	16°C	84°C

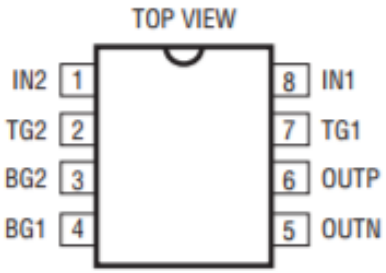
DC Input, On Same PCB

5 pav. Temperatūrų lentelė [1]

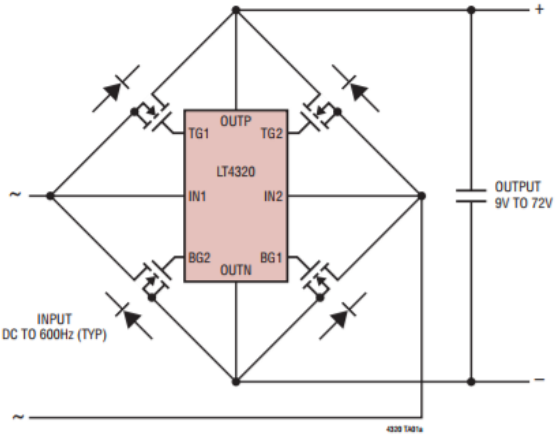
1.1.1 Kontaktų funkcijos

LT4320 ir LT4320-1 diodo kontaktai (7 pav.), jų paskirtis:

- IN2 (kontaktas 1/kontaktas 1): tiltelio įėjimas. IN2 sujungia NMOS tranzistoriaus MTG2 ištaką, MBG1 santaką ir galios įėjimą.
- TG2 (kontaktas 2/kontaktas2): viršutinių tranzistorių užtūros valdymas. TG2 valdo MTG2 užtūrą.
- BG2 (kontaktas3/kontaktas5): apatinių tranzistorių užtūros valdymas. BG2 kontaktas valdo MBG2 užtūrą.
- BG1 (kontaktas4/kontaktas6): apatinių tranzistorių užtūros valdymas. BG1 kontaktas valdo MBG1 užtūrą.
- OUTN (kontaktas5/kontaktas7): OUTN yra iš nuolatinės įtampos išėjimo kontaktas. Jis taip pat sujungia MBG1 ir MBG2 ištakas.



6 pav. LT4320 vaizdas iš viršaus su sužymėtomis kojelėmis [1]



7 pav. LT4320 schema [1]

1.1.2 Pagrindinės charakteristikos

Įėjimo įtampos (atžvilgiu OUTN): IN1, IN2: –3 V iki 80 V; OUTP: –0.3 V iki 80 V;

Išėjimo įtampos (atžvilgiu OUTN):BG1, BG2, TG1, TG2:–0.3V iki 80 V;

TG1-IN1,TG2-IN2:–0.3 V iki 12 V;

Įsijungimo, išsijungimo turkmė: t = 1 µs.

1.2 Teigiamos aukštos įtampos idealusis diodinis valdiklis LTC4357

LTC4357 yra teigiamos aukštos įtampos diodinis valdiklis, kuris valdo išorinį N-kanalo MOSFET tranzistorių ir pakeičia diodą. Išskirtinis šio valdiklio bruožas yra tai, jog jis naudoja išorinį maitinimą (pajungiamas per tris taškus: anodas, katodas ir maitinimas), dėl to jo charakteristikos yra geresnės negu idealiųjų diodų su dviejų taškų pajungimu. Valdiklį galima naudoti didelės srovės grandinėse, jis sumažina galios nuostolius, įtampos kritimą bei puikiai susitvarko su atsirandančiomis temperatūrinėmis problemomis.

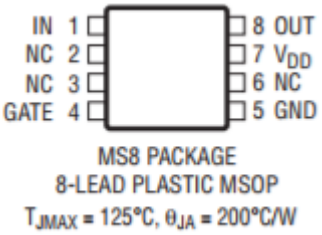
Valdiklis reguliuoja ant MOSFET tranzistorių krentančią įtampą taip užtikrindamas sklandų srovės perdavimą be jokių iškraipymų. LTC4357 išjungimo mechanizmas, kurio įsijungimo/išsijungimo trukmė yra 0,5 μs užtikrina, jog galios šaltiniui sugedus ar išsijungus bus sumažinta atgalinės srovės įtaka.

1.2.1 Kontaktų funkcijos

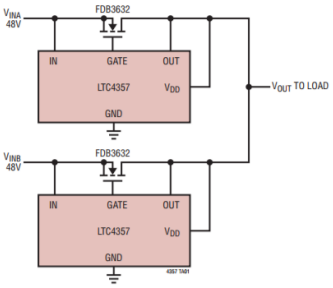
LTC4357 kontaktai (8 pav.), jų paskritis:

- GATE (kontaktas4): užtūros išvestis. Šis kontaktas valdo įtampos kritimą ant MOSFET tranzistoriaus. Jeigu srovė keičia kryptį ir dėl to krenta įtampa arba keičiasi įtampos kritimo ženklas tranzistoriuje, tuomet GATE kontaktas susijungia su IN kontaktu ir uždaro tranzistorių.
- GND (kontaktas5): valdiklio įžeminimas per kurį valdiklis maitinamas.
- IN (kontaktas1): IN yra anodas idealaus diodo, kuris susijungia su N-kanalo MOSFET tranzistoriaus ištaka. Šis kontaktas skirtas valdyti įtampai tarp santakos ir ištakos tranzistoriuje.
- OUT (kontaktas8): idealaus diodo katodą atitinkantis kontaktas OUT, kuris yra sujungtas su MOSFET tranzistoriaus santakos. Valdiklis stebi įtampą tarp IN ir OUT kontaktų ir pagal jos kryptį bei dydį priima sprendimą apie tranzistoriaus atidarymą/uždarymą.

- V_{DD} (kontaktas7): skirtas teigiamos įtampos padavimui. LTC4357 yra maitinamas V_{DD} kontaktu.



8 pav. LTC4357 vaizdas iš viršaus [3]



9 pav. LTC4357 schema [3]

1.2.2 Pagrindinės charakteristikos

Maitinimo įtampa: IN 9 V iki 80 V;

Naudojama srovė: 0,5 mA;

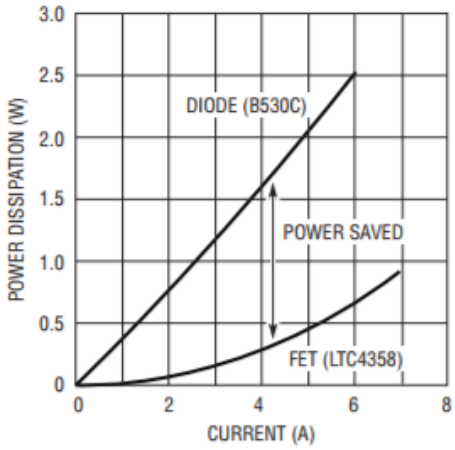
Didžiausia sklendės valdymo įtampa: 15 V;

Įtampos kritimas sklendės valdymui: 25 mV;

Įsijungimo, išsijungimo mechanizmo trukmė: t_{off} = 0,5 µs;

1.3 5A idealusis diodas LTC4358

LTC4358 yra 5A idealusis diodas, kuris labai panašus į LTC 4357. Valdiklis naudoja vidinį 20 mΩ N-kanalo MOSFET tranzinstorių. LTC4358 pakeičia diodus ir yra naudojamas didelės srovės grandinėse. Valdiklis sumažina galios nuostolius (10 pav.), šilumos išsiskyrimą.



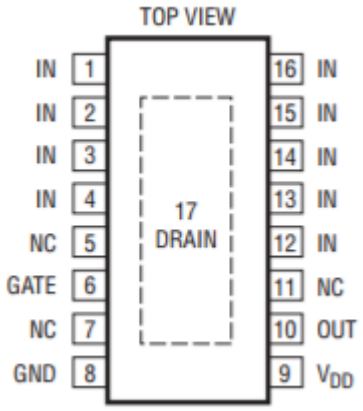
10 pav. galios nuostolių priklausomybė nuo srovės, naudojant diodą ir LTC4358 [4]

1.3.1 Kontaktų funkcijos

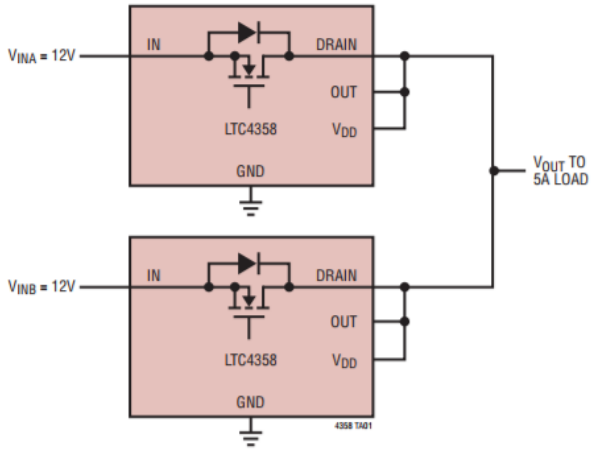
LTC4358 kontaktų (11 pav.) paskirtis:

- DRAIN: neapsaugotas plotas yra santaka vidinio N-kanalo MOSFET tranzistoriaus. Šis kontaktas turi būti sujungta su OUT kojele.
- GATE: užtūros valdymo kontaktas. Jei teka atbulinė srovė, Turn-off mechanizmas prijungia GATE kontaktą prie IN kojelės taip išjungdamas MOSFET tranzistorių.
- GND: valdiklio įžeminimas.
- IN: įėjimo įtampos kontaktas. IN yra idealaus diodo anodas. Šis kontaktas matuoja U_{in}-U_{out} ir pagal tai diodas atidaromas arba uždaromas. Jei pradės tekėti atgalinė srovė, suveiks Turn-off mechanizmas ir išjungs tranzistorių.
- NC: prijungti nereikia.
- OUT: išėjimo įtampa. OUT kontaktas yra idealaus diodo katodas. Šis kontaktas kontroliuoja santakos-ištakos įtampos kritimą MOSFET tranzistoriuje. Šį kontaktą reikia prijungti prie vidinio MOSFET tranzistoriaus santakos.

- V_{DD}: teigiamos maitinimo įtampos įėjimas. LTC4358 yra maitinamas per V_{DD} kontaktą. Šį kontaktą reikia prijungti prie OUT kontakto.



11 pav. LTC4358 vaizdas iš viršaus [4]



12 pav. LTC4358 schema [4]

1.3.2 Pagrindinės charakteristikos

Maitinimo įtampos: IN, OUT, V_{DD}, DRAIN 9 V iki 26,5 V;

Naudojama srovė: mažiau 0,6 mA;

Įtampos kritimas sklendės valdymui: 25 mV;

Turn off/on trukmė: 0,5 µs;

1.4 LM74670-Q1 diodinio lygintuvo valdiklis su impulsiniu pakrovimu

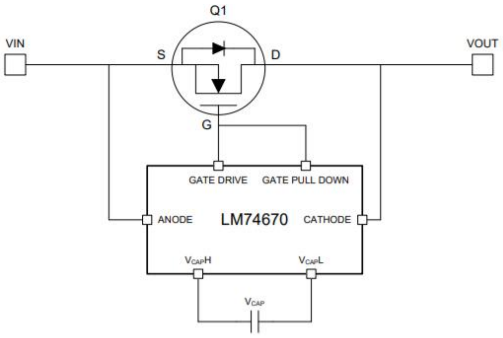
LM74670-Q1 valdiklis naudojamas su N – kanalo MOSFET tranzistoriumi tilteliniuose lygintuvuose. Šis valdiklis pasižymi tuo, kad kas tam tikru periodu pakrauna kondensatorių jo veikimui reikalinga energija, naudodamas paprasto pn diodo tiesioginės krypties įtampą. Valdiklis neturi vidinio galios tranzistoriaus, todėl norimo srovių diapozono idealaus diodo emuliavimui reikia pasirinkti tinkamos kanalo varžos išorinį MOSFET tranzistorių. LM74670-Q1 valdiklis gali pakeisti Šotki diodus diodiniuose lygintuvuose ir saulės modulių šuntuose, tuo būdų sumažindamas galios nuostolius.

Įtampa MOSFET tranzistoriuje tarp santakos ir ištakos yra nuolatos sekama. Valdikliui pajutus, jog įtampos poliaringumas keičiasi, jis įjungia arba išjungia diodą emuliuojantį tranzistorių. Veikimo metu naudojama energija sukaupta kondensatoriuje.

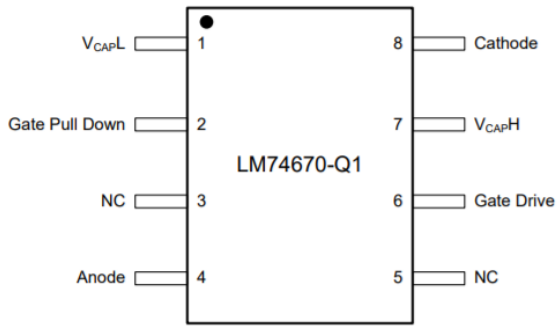
1.4.1 Kontaktų funkcijos

LM74670-Q1 kontaktų (14 pav.) funkcijos:

- V_{capL} kondensatoriaus įsikrovimo kontaktas;
- Gate Pull Down - MOSFET tranzistoriaus užtūros išjungimo kontaktas;
- Anode - MOSFET tranzistoriaus ištakos kontaktas;
- Gate Drive - MOSFET tranzistoriaus užtūros išėjimo kontaktas;
- V_{capH} - kondensatoriaus įsikrovimo kontaktas;
- Cathode – MOSFET tranzistoriaus santakos kontaktas;



13 pav. LM74670-Q1schema [12]



14 pav. LM74670-Q1 vaizdas iš viršaus [12]

1.4.2 Pagrindinės charakteristikos

- $V_{REVERSE_MAX}$ = -45 V;
- Išsijungimo laikas t = 2,2 µs;
- Minimali tiesioginė įtampa, reokalinga valdiklio veikimui (ji svarbi tuo metu kai pakraudinėjamas kondensatorius) U_{min} = 0,48 V;
- Minimali V_{CAP} kondensatoriaus įtampa U = 6,3 V;

1.5 Valdiklių palyginimas

Visi apvželgti idealieji valdikliai pasižymi tuo, kad turi išsijungimo mechanizmą, kuris leidžia atjungti tranzistorių prijungus atvirkštinio poliarumo įtampą, visiems valdikliams reikia maitinimo įtampos šaltinio bet bendri jų galios nuostoliai yra žymiai mažesni už diodų. Taigi idealūs diodai mažiau kaista, tad išvengiamos šilumos kuriamos problemos, dėl kurių didėja prietaiso kaina, atsiranda konstrukcinės problemos.

Ryškiausias skirtumas tarp idealiųjų valdiklių yra Turn-on/Turn-off mechanizmo suveikimo laikas. LTC4357 bei LTC4358 šis laikas yra 0,5 μs, o LT4320/4320-1 dvigubai ilgesnis - 1 μs. Šiuo požiūriu pirmieji du valdikliai yra pranašesni, tačiau reikia atsižvelgti ir į įtampų intervalus, kuriuose gali dirbti šie idealieji diodiniai valdikliai, pavyzdžiui LTC4357 maitinimo įtampa gali būti maksimali 100 V, o LTC4358 maksimali tik 28 V, kas yra lemta integruoto galios tranzistoriaus savybių. Kitas parametras, į kurį reikėtų atkreipti dėmesį, yra įtampa, krentanti ant atviro tranzistoriaus, kuri specialiai palaikoma, kad būtų galima suprasti, kada keičiasi srovės kryptis. LT4320, LM74670 valdikliuose ta įtampa yra 20 mV, LT4320-1 40 mV, LTC4357 bei LTC4358 - 25 mV. Taip pat visi šie idealūs diodiniai valdikliai turi skirtingas taikymo sritis, pavyzdžiui LT4320/4320-1 naudojamas kaip diodinio tiltelio pakaitalas, galios paskirstymo sistemose. LTC4357 bei LTC4358 naudojami telekomunikacijų infrastruktūrose, automobilių sistemose, o LM74670 - AC lygintuvuose, apsaugai nuo priešingo poliaringumo bei saulės modulių šuntavimui.

1 lentelė. Pagrindinės diodinių valdiklių charakteristikos

Diodiniai valdikliai	Įsijungimo/ išsijungimo trukmė	Didžiausia leistina įtampa	Įtampa palaikoma ant tranzistoriaus	Naudojama srovė
LT4320	1 μs	80 V	20 mV	0,4 mA
LTC4357	0,5 μs	100 V	25 mV	0,5 mA
LTC4358	0,5 μs	28 V	25 mV	0,6 mA
LM74670	2,2 μs	45 V	20 mV	1 mA

2 300 A lygintuvo konstravimas

Tikslas: sukonstruoti idealių diodų lygintuvą, leidžiantį dirbti bent iki 35 V įtampa ir iki 300 A stiprio srove. Viena pagrindinių komponenčių, kurią reikėjo pasirinkt, yra tranzistoriai. Pagal lyginamą įtampą reikia naudoti tranzistorių su mažiausia varža. 15 pav. rodo, kad ties 80-100 V didžiausia leistina Si tranzistoriaus D-S įtampa yra ta riba, nuo kurios pradeda stipriai mažėti atviro kanalo laidumas ir norint sumontuoti reikiamos varžos raktą jau reikia didelio kiekio lygiagrečių tranzistorių, kurie brangiai kainuos (nuo 100 V tranzistorių kainos pradeda greitai augti) ir didelio valdymo krūvio. Rinktis mažesnės nei 80 V įtampos tranzistorius neapsimoka dėl pramušimo rizikos (nors didžiausia teorinė idealaus tiltelio diodo atvirkštinė įtampa lygi įėjimo įtampos amplitudei +1,2 V, bet dėl saviindukcijos reiškinio ši įtampa gali labai išaugti), yra ta riba, kur jau pasiektos ribinės silicio tranzistorių varžos, tad rinktis mažesnių įtampų tranzistorius neapsimoka, o tranzistoriai virš 100 V yra labai brangūs ir sunkiau valdomi. Tam kad būtų pasiekti kuo mažesni galios nuostoliai, pasirinkome tranzistorių, kuris atitiko mūsų įtampų intervalus bei mažos varžos reikalavimus. Dėl itin patogaus korpuso, leidžiančio didelio ploto šilumai laidžius „diodo“ elektrodus montuoti prie laidžių šilumai ir elektrai plokščių, buvo pasirinkti FDMT80080DC tranzistoriai, kurie gali atlaikyti iki 80 V ir kurių varža 1,06 mΩ. [6]

Kadangi norime lyginti iki 300 A srovę, paskaičiuojame, kokie yra galios nuostoliai su mūsų pasirinktais tranzistoriais(skaičiuojama naudojant efektinę kintamos srovės vertę):

$$P = I^2R \tag{1}$$

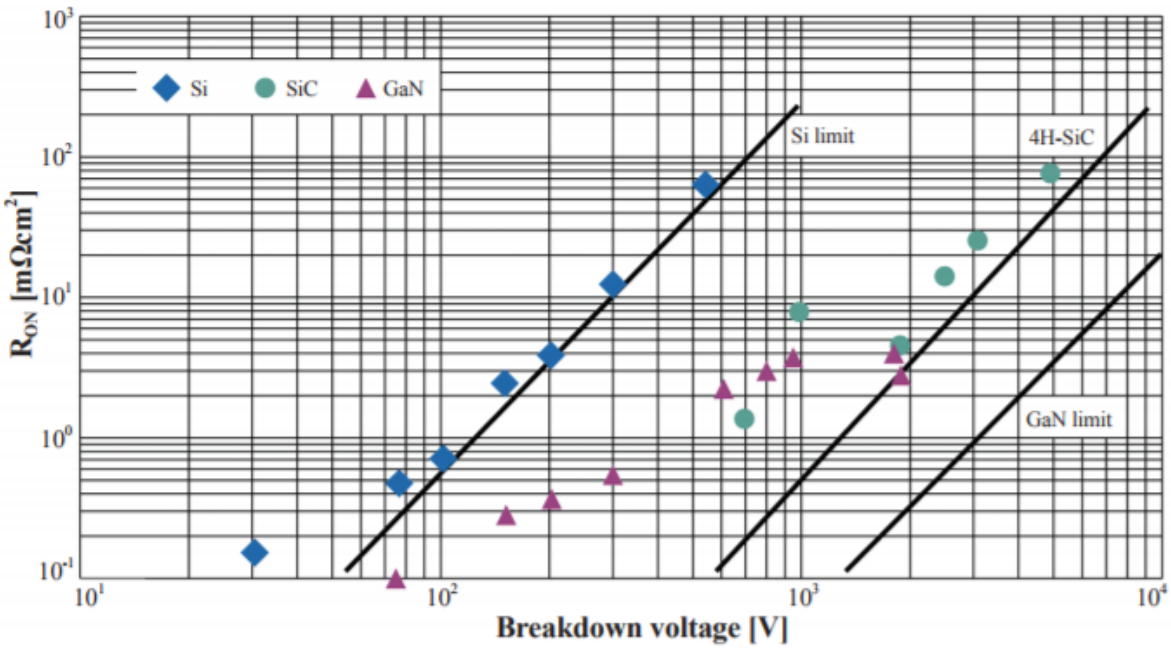
$P = (300^2 * (1{,}06 * 10^{-3})/3) * 2 = 63{,}6\,W$, daliklis iš 3 gaunasi, nes diodą emuliuoja trys lygiagrečiai įjungti tranzistoriai, o daugiklis iš 2, nes visada yra atviri du diodai.

Taip pat naudojant (1) paskaičiuojame galios nuostolius prie 200A ir 100A stiprio srovės gauname atitinkamai 28W ir 7W. Taigi matome, kad mūsų pasirinktas tranzistorius yra su ganėtinai žemais galios nuostoliais, todėl puikiai tiks mūsų idealiajam lygintuvui.

Palyginimui, MBR200100CT Šotki diodas [9] prie 100 A stiprio srovės sunaudotų galios:

$$P = IU \tag{2}$$

P = (128 * 0,88) * 2 =225 W, daugiklisiš 2, nes visada yra atviri du diodai . Kaip matome, Šotki diodų galios nuostoliai yra žymiai didesni, nei mūsų pasirinktų tranzistorių (jų galios nuostoliai yra tik 7 W).



15 pav. Tranzistorių kanalo varžos priklausomybė nuo pramušimo įtampos

Konstrukcijai gaminti buvo pasirinktas „sumuštinio“ principas, kuris puikiai tiko su pasirinktais tranzistoriais, kadangi jų ištakos ir santakos elektrodai yra priešingose korpuso pusėse. Varinės (4 mm) storio plokštelės buvo pasirinktos, nes turi labai gerą elektrinį bei šiluminį laidumą.

Pirmiausia buvo nuspręsta kiekvieną tiltelio diodą keisti 4 tranzistoriais (viso 16 tranzistorių). Užtepus litavimo pastą ir sudėjus tranzistorius, kaitinome juos krosnelėje, kol korpusas įkaito iki 300 ^{o}C temperatūros (16 pav.).

Buvo priimtas sprendimas, jog reikia mažinti tranzistorių skaičių, nes plotas, kuriame reikėjo tinkamai sulituoti tranizstorius, buvo per mažas. Taigi tranzistorių skaičius buvo sumažintas iki 12.

Kadangi korpusą teko kaitinti keletą kartų, buvo pastebėta, kad varis keičiantis temperatūroms gana greitai oksiduojasi, todėl ne kartą teko valyti paviršių, kad būtų gaunamas, kuo geresnis kontaktas.

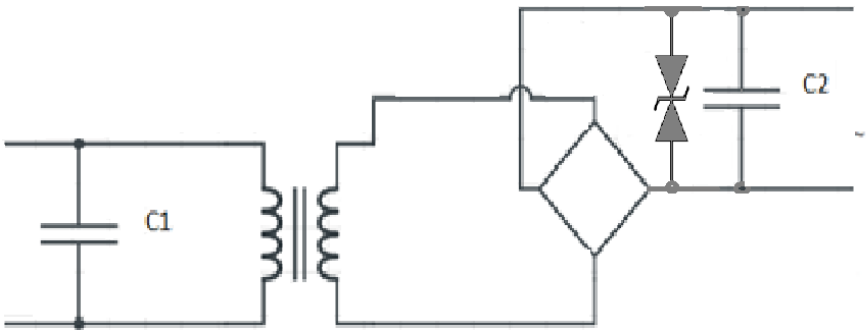
Taip pat svarbu buvo sutvirtinti korpusą taip, kad neužsitrumpintų tiltelio sluoksniai vienas tarp kito. Tam buvo panaudotos izoliacinės priemonės, kurios atsparios tiek aukštai temperatūrai, tiek nelaidžios elektros srovei.



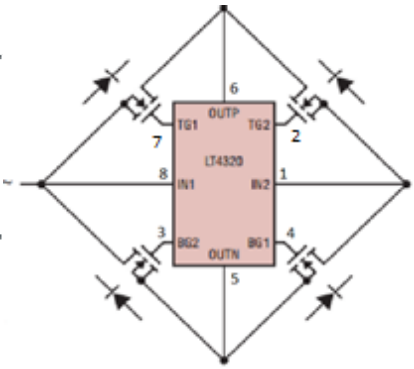
16 pav. Įkaitęs korpusas iki 300ºC temperatūros



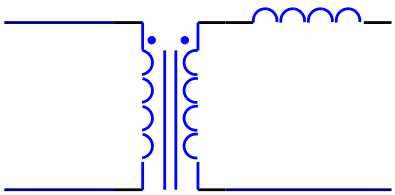
17pav. Galutinio idealaus diodinio tiltelio nuotrauka



18 pav. Matavimų schema



19 pav. Tiltelio su LT4320/LT4320-1 schema [1]



20 pav. Transformatoriaus ekvivalentinė schema

18 pav. matome du kondesatorius C_1 ir C_2. Jų tikslas nuslopinti transformatoriuje sukauptos magnetinės energijos sukeltus įtampos šuoliukus išjungiant transformatorių arba staigiai dingus didžiausiai apkrovai. Tuo atveju idealus transformatorius (T1) šuoliuko neduotų, bet realus transformatorius, pasižymintis tam tikru nesurištu induktyvumu L_1 (tiksliau, tai yra abiejų apvijų nesurištų induktyvumų kombinacija, perskaičiuota į antrinės apvijos nesurištą induktyvumą) visą tame induktoriuje sukauptą energiją atiduoda į apkrovą. Šį induktųvumą galima išmatuoti, matuojant realaus transformatoriaus antrinės apvijos induktyvumą, esant užtrumpintai pirminei apvijai. C_1 pasirinktas apskaičiuojant galimus induktyvinius transformatoriaus išmetimus. Mūsų naudojamo transformatoriaus parametrai: P=2kW, $U_{eff_išėjimo_neapkrovus}$=17V, $L_{pirminės}$=0,65 H, $L_{antrinės}$=82 µH, L_1=5µH.

$$I_{neapkrauto} = U_{AC} / R_{L1}, \quad R_{L1} = 2\pi * f_{ac} * L_{pirminės} \tag{3}$$

$$I_{neapkrauto} = U_{AC} / (2\pi * f_{ac} * L_{pirminės}) \tag{4}$$

Tai $I_{neapkrauto}$ apskaičiuojant pagal (4), gauname 1,5 A.

$$\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} \tag{5}$$

$$C = \frac{LI^2}{U^2} \tag{6}$$

Leistina U yra imama dviguba amplitudinė U_{AC} vertė (600 V), kas atitiktų dvigubą antrinės apvijos įtampą:

$$U_2 = 2 * \sqrt{2} * U_{ef_išėjimo_neapkrovus} \tag{7}$$

Tai naudojant (7) gauname, kad U_2 = 48 V.

$$C = \frac{5 * 10^{-6} * 10^2}{90000} = 5{,}55 * 10^{-9}\, F$$

Mažiausias kondensatoriaus dydis, kurį reikėtųnaudoti yra 5,55 * 10^{-9} F. Mes pasirinkome C_1=1 μF, kad būtume tikri, jog induktyviniai reiškiniai nepadarys jokios žalos.

$$W = \frac{LI^2}{2} \tag{8}$$

$$W = \frac{300^2 * 5 * 10^{-6}}{2} = 0{,}225\, J$$

Pagal (8) apskaičiavome galios išsiskyrimą išėjime, kurią gesina TVS diodas ir kondensatorius C_2. C_2=2000 μF, taigi jame dėl apkrovos dingimo atsiranda įtampos šuoliukas:

$$U_{šuol_1} = \frac{W}{U_{apkrovos} * C_2} \tag{9}$$

Kuris lygus:

$$U_{šuol_1} = \frac{0{,}225}{20 * 2 * 10^{-3}} = 5{,}6\, V.$$

Iš kitos pusės, nutrūkusi srovė I_{max} yra labai didelė (300 A), taigi ominėje C_2 varžoje gaunamas ženklus įtampos kritimas. Dėl tos priežasties C_2 sudarytas iš 2 lygiagrečių mažos ESR (28 mΩ) 1000 μF 35 V kondensatorių WLR102M1VJ26R. Dėl srovės šuolio turime papildomą ominės kondesatorių dalies lemtą įtampos šuolį: $U_{šuol_2}$=300 A * = 4,2 V (pagal Omo dėsnį). Bet kuriuo atveju bendra šuolių suma yra tik 9,8 V, kas nėra pavojinga grandinei.

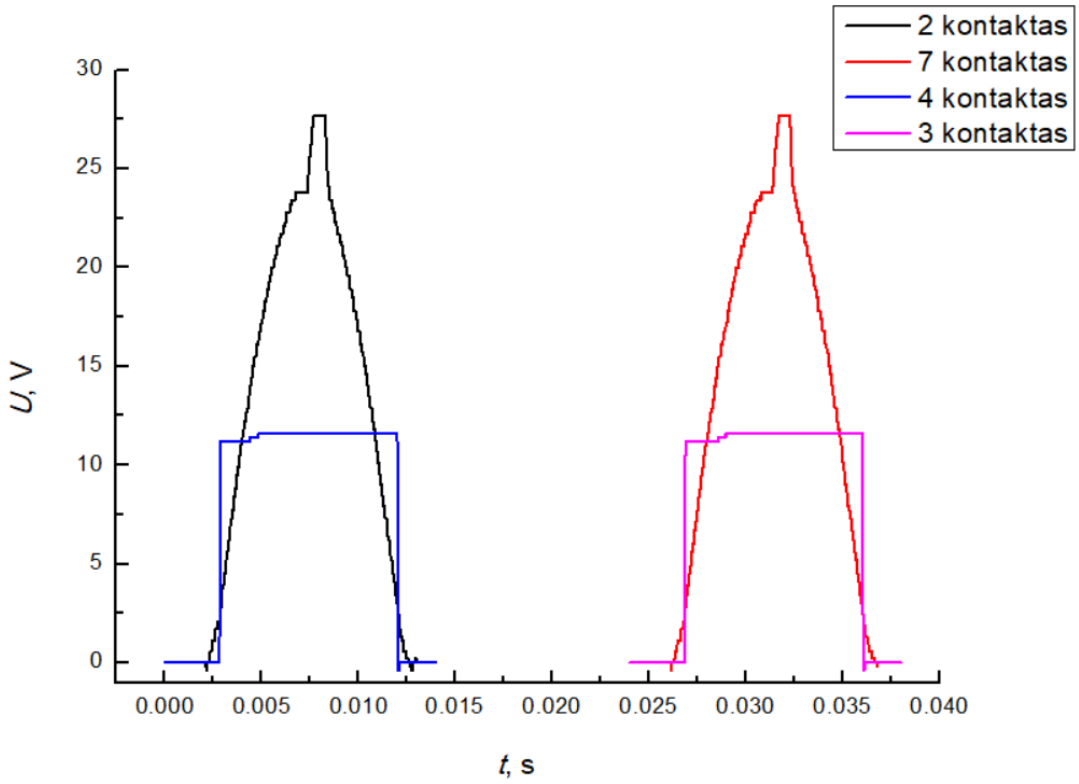
Taip pat reikėtų pastebėti, jog net pavienio FDMT80080DC tranzistoriaus atsparumas perkrovai (Non-repetitive avalanche energy) 1,7 J [6] yra ženkliai didesnis už transformatoriaus apkrovos atjungimo metu išskiriamą energiją, tačiau papildomos apsaugos priemonės reikalingos dėl idealsu valdiklio apsaugos. Nors prijungus C_2 įtampos šuolis gaunamas nedidelis, bet tyrimamas C_2 kenkia, taigi atliekant matavimus jis atjungiamas ir tuomet visa nesurišto indukatoriaus energija išsiskiria TVS diode, kurio parametrai [8], yra tinkami tokio šuolio nugesinimui.

3 Matavimų rezultatai

Renkantis apkrovas atsižvelgėme, jog dėl didelės srovės (iki 300 A) ir galios (iki 3 kW) reikėjo pakankamai didelių apimčių kūno su varža 60 mΩ, kad būtų galima susitvarkyti su atsirandančia didele temperatūra. Tinkamo rezistoriaus, kuris atitiktų šiuos reikalavimus, nepavyko rasti, todėl jį reikėjo konstruoti pačiam. Pirmoji, 100 mΩ apkrova, buvo pagaminta lygiagrečiai sumontavus 15 vienetų po 1,5 Ω 25 W pastovios galios (leistina trumpalaikė galia iki 100 W) rezistorių ant ventiliatoriumi aušinamo radiatoriaus. Ši apkrova pasižymi minimaliu induktyvumu. Kita, dideliu induktyvumu pasižyminti, taigi pereinamiesiems procesams tirti netinkama, 200 mΩ apkrova buvo gauta iš 2 * 6 mm^2 laido ritės. Be to, buvo naudojama ir 2,2 Ω 25 W standartinis apkrovos rezistorius. Kokybiniam tyrimui (kadangi varža labai priklausoma nuo temperatūros, kuri pajungus apkrovą, labai greitai kyla) buvo pasigaminta 45 mΩ plieninės skardos juostelė.

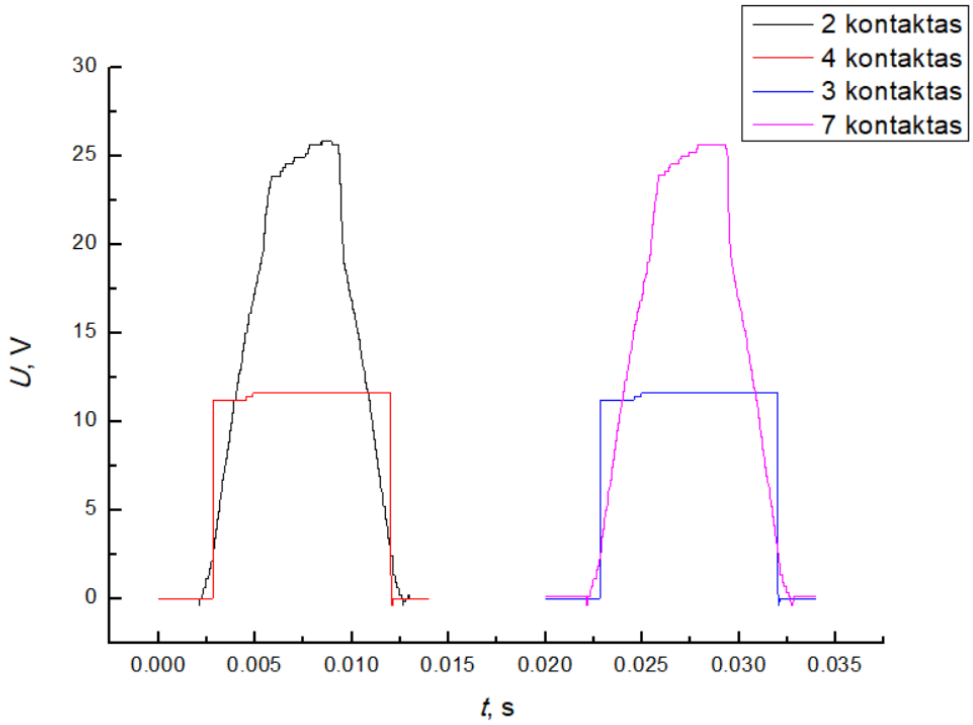
Tiriant idealaus tiltelio veikimą, buvo išmatuotos tiek „viršutinio“ TG1 (pagal 19 pav), tiek „apatinio“ BG1 diodus emuliuojančių tranzistorių įtampų laikinės priklausomybės esant įvairioms pajungtoms apkrovoms.

Pradžioje buvo ištirtas tiltelio veikimas be apkrovos (21 pav.).



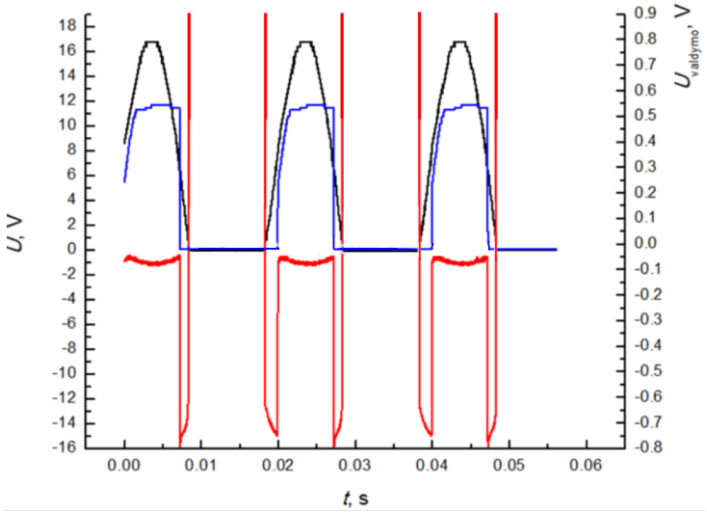
21 pav. Įtampos tarp „apatinio“ tranzistoriaus (žr. 19 pav.) 5 ir 3, 4 (Gate source įtampa) bei „viršutinio“ tranzistoriaus 5 ir 2, 7 (Drain Source įtampa) kontaktų be prijungtos apkrovos

Matosi, kad apatinis tranzistorius yra pilnai atidaromas (sklendės įtampa yra apie 12 V) praktiškai visam pusperiodžiui, bet srovė per jį teka tik tuomet, kai trumpam atidaromas viršutinis tranzistorius. Trūkumas - matosi, kad IC (IC - ideal controller) pusperiodžio pradžioje neturi pakankamai energijos, kad pilnai atidarytų apatinį tranzistorių (jo sklendės įtampa neišsyk pasiekia 12 V), taigi visos grandinės naudingumo pagerinimui labai padėtų arba atskiras maitinimo šaltinis, arba bent prie IC prijungiamas ženklios talpos kondensatorius, galintis pusperiodžio trukmės intervale išsaugoti tranzistorių valdymui reikalingą energiją.



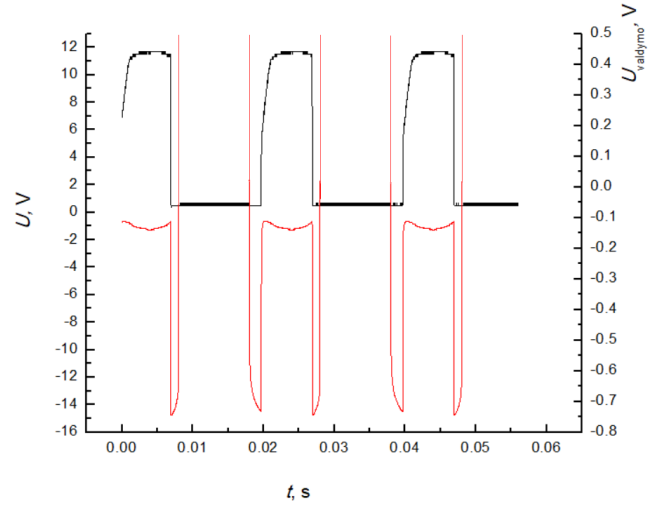
22pav. Įtampos tarp „apatinio“ tranzistoriaus (žr. 19 pav.) 5 ir 3,4 (Gate source įtampa) bei „viršutinio“ tranzistoriaus 5 ir 2,7 (Drain Source įtampa) kontaktų su prijungta 20 Ω apkrova.

Iš 21 pav. ir 22 pav. galime matyti diodų atsidarymo trukmes. Pagrindinis skirtumas, jog prijungus apkrovą diodą emuliuojantis tranzistorius būna atidarytas žymiai ilgesnį laiką. Be to, pajungus apkrovą matome, kad viršutinio tranzistoriaus sklendės įtampa pradžioje didėja tam, kad palaikyti tranzistoriuje IC būdingą 20 mV ar 40 mV įtampos kritimą, bet vėliau įsisotina ir kaip matome (21 pav.) toje vietoje tranzistoriaus D-S įtampa pradeda augti jau dėl tranzistoriaus atviro kanalo varžos (t.y. norint sumažinti nuostolius reikėtu arba naudoti mažesnės varžos tranzistorius, arba jungti jų daugiau lygiagrečiai.) 21 pav. matomas dar vienas IC trūkumas - didžiausia viršutinio tranzistoriaus sklendės valdymo įtampa tėra 7.5 V, taigi nepilnai išnaudojamas viršutinis tranzistorius, nes padidinus jo sklendės įtampą iki 12 V, kaip apatinio, būtų galima gauti mažesnę atviro kanalo varžą, taigi ir mažesnius tranzistoriaus nuostolius. Kaip ir jau minėtu atveju, čia labai praverstų išorinis IC maitinimas arba energijos saugojimas ženklios talpos kondensatoriuje.



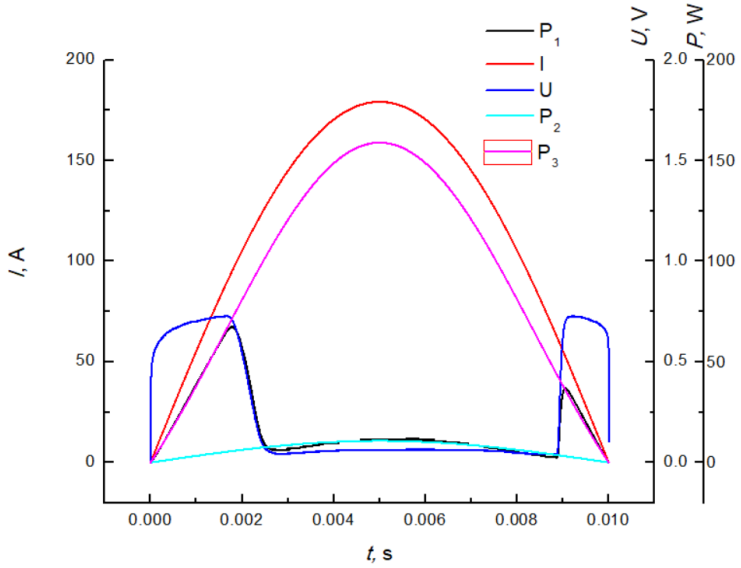
23 pav. Viršutinio TG1 tiltelio tranzistoriaus santakos ir sklendės įtampų kinetikos.Matuota tarp 8-7-6 kontaktų (žiūrėti19 pav.).

Juoda linija žymi įėjimo įtampą, raudona – apatinės sklendės valdymo įtampą, o mėlyna linija įtampą krintančią ant tranzistoriaus (atvirkštinės įtampos pusperiodis apribotas dėl mažos skalės). Šiuo atveju matuojant tranzistorius buvo prijungtas prie teigiamo tiltelio išvado. Taigi, kaip matome iš raudonos linijos, diodas truputį vėluoja atsidaryti ir užsidaryti, todėl atsiranda nuostolių.

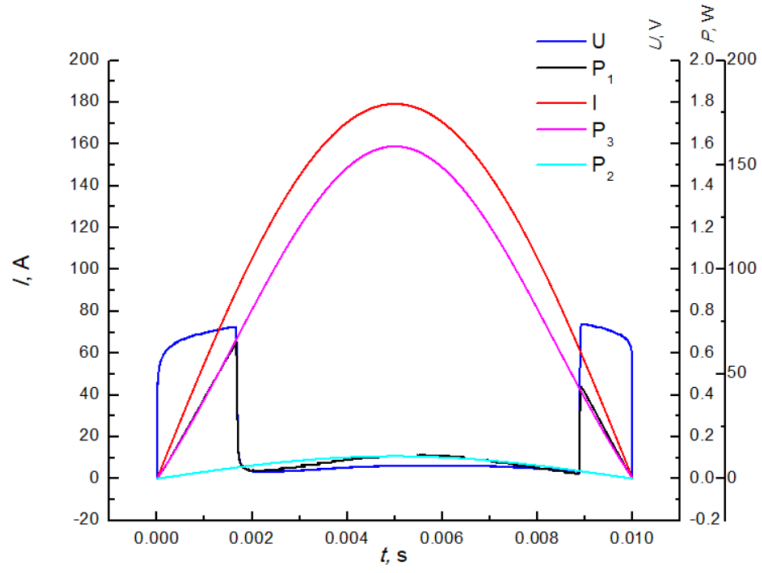


24 pav. Apatinio tiltelio BG1 tranzistoriaus santakos ir sklendės įtampų kinetikos. Matuota tarp 8-5-4kontaktų (žiūrėti 19pav.).

Grafike 24 pav. Yra pavaizduota raudona linija kuri parodo apatinės sklendės valdymo įtampą, o juoda linija žymi įtampą krentančią ant tranzistoriaus. Šiuo atveju matuojant tranzistorius buvo prijungtas prie neigiamo tiltelio išvado. Reikėtų paminėti jog raudonos linijos aukščiausi taškai yra nurėžti, nes ten kita įtampų skalė, kuri kyla iki maždaug 16 V.



25 pav. TG1 „viršutinio" tranzistoriaus tiesioginio jungimo pusperiodžio veika (matuota tarp 8-7 kontaktų (žiūrėti 19 pav.))



26 pav. BG1 „apatinio" tranzistoriaus tiesioginio jungimo pusperiodžio veika (matuota tarp 5-4 kontaktų (žiūrėti 19 pav.))

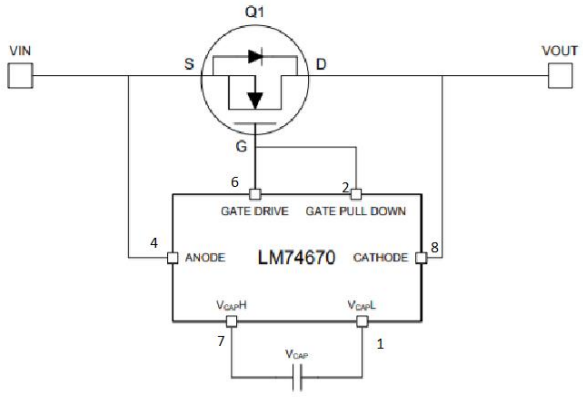
Grafikuose 25 pav.ir 26 pav. pavaizduota diodą emuliuojančio tranzistoriaus atbulinė įtampa U, srovė I, bei galių P_1 (apskaičiuota galia veikiant idealiam diodui normaliu režimu), P_2 (teorinis idealaus diodo atvejis ($U = \begin{cases} 40\ mV,\ I < \frac{40\ mV}{R_{MOSFET}} \\ I * R_{vidutinė},\ I > \frac{40\ mV}{R_{MOSFET}} \end{cases}$)) 0,04 V yra įtampa, kurios idealiu atveju užtektų, sklendės valdymui bei P_3 (supaprastintas pn diodo atvejis (U=0,6V+(I(t)*0,0016 Ω)) kreivės. Suintegravus galios (viršutinio tranzistoriaus TG1) P_1 kreivę ir padalinus iš pusperiodžio (kas yra 10 ms) iš 25 pav. gauta vertė lygi 16,7 W, o iš 26 pav. (apatinio tranzisotriaus BG1) 13,4 W. Taigi matome „apatinis" tranzistorius BG1 turi mažesnius galios nuostolius. Šis skirtumas gali būti paaiškintas tuo, jog apatinis tranzistorius visada yra valdomas didžiausia sklendės įtampa (taigi jo varža yra mažiausia įmanoma), nes nesiekiama riboti jo įtampos kritimo (tą geriausiai parodo 21 ir 22 pav.) ties nustatyta 20 mV ar 40 mV verte, o ir atidarymo trukmė yra kontroliuojama pagal viršutinio tranzistoriaus įtampą, taigi buvimo įjungtam trukmė gali būti ilgesnė (vėlgi tai puikiai matosi 21 ir 22 pav).

Teorinė idelaus diodo kreivė P_2 suintegruota ir padalinta iš pusperiodžio (10 ms), duoda vidutinę 6,8 W galią. Tai parodo, kad teoriškai mes dar galėtume sutaupyti apie 2 kartus daugiau galios. Tačiau tam reikalingas jautresnis srovės krypties nustatymo mechanizmas (kad pakitus srovės poliarumui diodas neliktų atviras) ir didesnės galios tranzistorių sklendžių valdiklis, nes dabartinis, ypač viršutinio tranzistoriaus, nesugeba suformuoti pakankamai aštraus sklendžių įtampos fronto. Nors iš 23 ir 24 pav. sklendės įtampos frontai atrodo aštrūs, bet jų lemtas santakos įtampos didėjimas, o ypač mažėjimas (25 ir 26 pav), yra pernelyg lėkšti.

Jei pakeistume diodus emuliuojančius tranzistorius paprastais diodais (P_3 kreivė), vidutiniai galios nuostoliai siektų apie 94,1 W, kas yra 6 – 7 kartus daugiau negu mūsų tiriamųjų „diodų" galios nuostoliai.

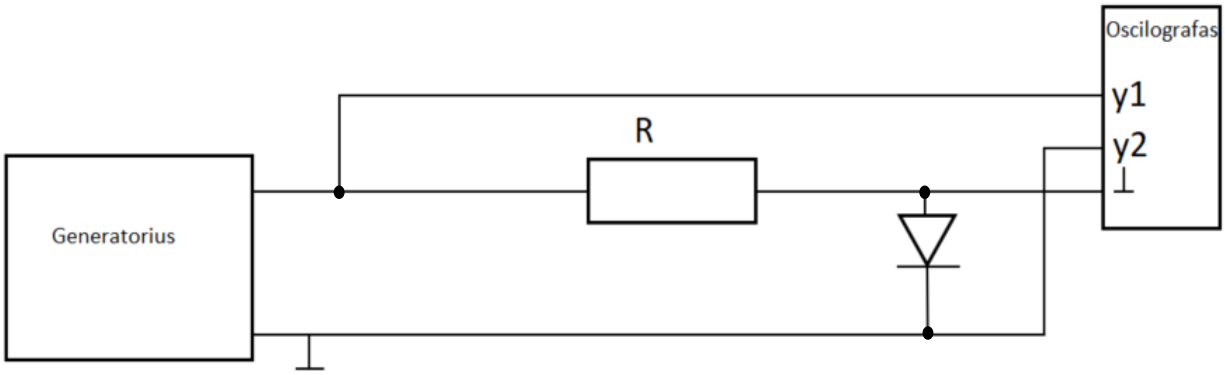
4 LM74670-Q1 konstravimas ir rezultatai

Tikslas: valdiklio LM74670 pagrindu sukonstruoti idealų diodą su impulsiniu pakrovimu ir ištirti jo charakteristikas.

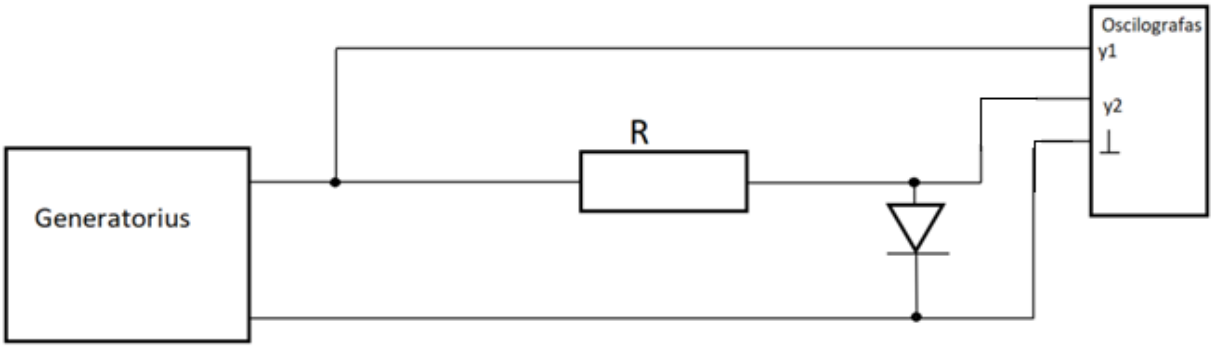


27 pav. LM74670-Q1 schema [12]

Norint sukonstruoti šį diodą reikia N-kanalo MOSFET tranzistoriaus ir bent 1 μF talpos kondensatoriaus. Valdiklio aprašyme [12] buvo pateiktas sąrašas galimų tranzistorių pasirinkimų su jų parametrais. Buvo pasirinktas įspūdingų charaktetristikų (V_{DS} = 30 V, I_D = 4,9 A, R_{Dson} = 47 mΩ ir visa tai 2 mm^3 tūryje) PMV40UN tranzistorius [13]. Energijos, reikalingos valdiklio veikimui saugojimui buvo pasirinktas X5R tipo 2,2 μF 10 V talpos keraminis kondensatorius, pasižymintis nedideliais gabaritais ir nedidele kaina. Šis kondensatorius užtikrina gamintojo rekomenduojama 1 μF talpą ir prie 6 V valdiklio darbo įtampos (didelės talpos keraminiai kondensatoriai turi stiprią $C(U)$ priklausomybę. Mūsų atveju C(6 V) yra apie 1,4 μF). Diodo charakteristikos buvo matuojamos naudojant generatorių Tektronix AFG 3251 ir osciloграfą Tektronix TDS 3032 sujungtus į 28a pav. (diodo srovės įr įtampos matavimui) ir 28b pav. (šaltinio įtampos ir diodo įtampos matavimui) nurodytą grandinę. Rezistorius R (100 Ω rezistorius ir potenciometras, kurio varžą keitėme nuo 167 Ω iki 683) šioje grandinėje skirtas per osciloграfo kanalą y_1 (28a pav.) matuoti srovei arba matyti iš generatoriaus paduodamą įtampą (28b). Kanale y_2 matome prie diodo prijungtą įtampą. Nedidelės tiriamos srovės vertės buvo ribotos 50 Ω generatoriaus vidaus varža.



a)

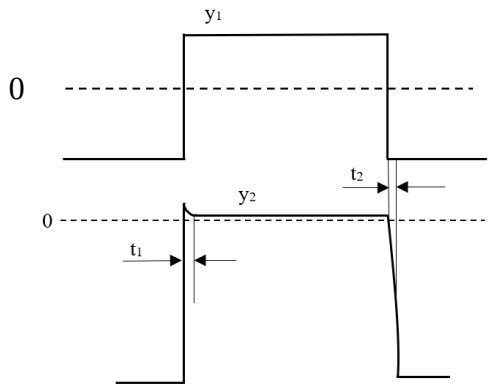


b)

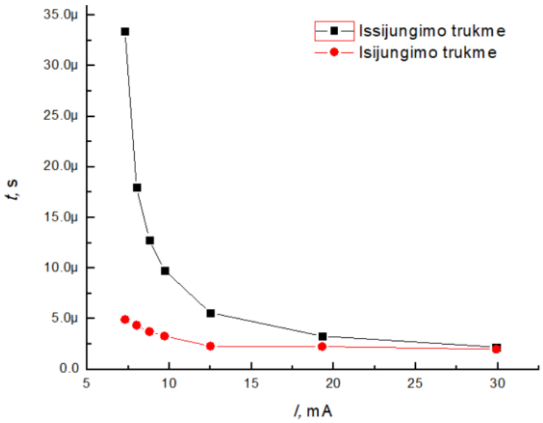
28 pav. Matavimų schemos su LM74670 diodiniu valdikliu

Matavimai buvo atlikti, bet buvo gautos, dešimčių ms eilės išsijungimo trukmės, kurios pradėdavo bent kiek ženkliau mažėti tik prie 100mA eilės srovių. To priežastis - pernelyg maža atviro kanalo varža, neleidžianti valdikliui efektyviai pastebėti, kad diodas jau turi užsidaryti. Kadangi mes negalime tirti šio valdiklio prie didelių srovių, todėl tolimesniem matavimams teko naudoti BSS138 [15] tranzistorių, kurio atviro kanalo varža yra beveik 100 kartų didesnė (3,5 Ω) nei prieš tai naudoto tranzistoriaus. Naudojant šį žymiai „prastesnį“ tranzistorių buvo galima efektyviau atlikti matavimus ir ištirti išsijungimo trukmes prie žymiai mažesnių srovių, negu su PMV40UN tranzistoriumi.

Norint išmatuoti valdiklio įsijungimo išsijungimo trukmes, buvo sujungta matavimų schema 28 b) pav., iš generatoriaus buvo paduodama 10 Hz dažnio kintamos įtampos impulsas (nuo -2,5 V iki 2,5 V) ir buvo keičiama potenciometro varža.

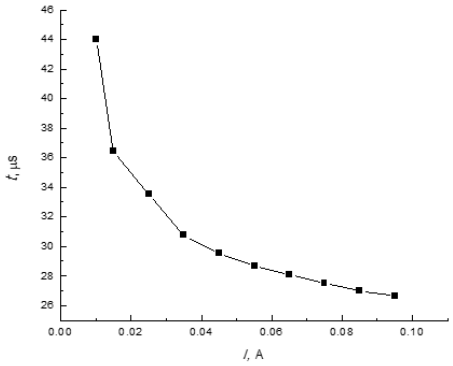


29 pav. Generatoriaus ir diodo įtampos



30 pav. Idealaus diodo įsijungimo/išsijungimo trukmių priklausomybė nuo srovės

29 pav. matome signalą y_1 iš generatoriaus ir y_2 idealaus diodo įtampą (teigiama įtampa yra tiesioginė). Kuomet generatoriaus įtampa pereina iš neigiamo pusperiodžio į teigiamą, matome, kad diodas suveikia ne iš karto, o per laiką t_1. Tai yra todėl, kad valdiklis nepajaučia pasikeitusio poliaringumo iki tam tikros vertės (mūsų atveju 40 mV), o pajutęs dar užlaiko įsijungimą. Kuomet valdiklis suveikia, diodą emuliuojantis tranzistorius atsidaro. Tuomet, reguliuojant sklendės įtampą, ant diodo palaikoma 20 mV įtampa tam, jog pastebėti srovės poliarumo pasikeitimą. 30 pav. pavaizduotas išsijungimo trukmė t_2 (juoda) prie mažų srovių žymiai viršija įsijungimo trukmę t_2 (raudona), nes valdikliui sunku pajausti poliarumo pasikeitimą. Prie didesnių srovių t_1 ir t_2 yra praktiškai lygūs.



31 pav. Vidinio kondensatoriaus įsikrovimo turkmės priklausomybė nuo diodo srovės

Idealus diodas veikimui reikalingą energiją gauna iš kondensatoriaus V_{CAP} (27 pav.), kuris energijai išsekus (įtampa krenta žemiau 5,3 V) yra perkraunamas. Perkrovimas atliekamas išjungus pagrindinį „diodo“ tranzistorių ir išnaudojant šio tranzistoriaus parazitinėje tiesiogine kryptimi įjungtoje pn sandūroje susidariusį 0,6 V potencialų skirtumą. Tiesa, tuomet diodas jau yra nebe idealus o įprastas PN. 31 pav. parodo, kiek trunka pakrovimas priklausomai nuo per diodą tekančios srovės. Akivaizdu, kad tekant didesnei srovei didesnis įtampos kritimas tiesiogine kryptimi įjungtame diode lemia greitesnį kondensatoriaus įsikrovimą. Įsikrovimų periodiškumas (mūsų atveju 2,3 s) priklauso nuo V_{CAP} talpos ir nuo kontrolerio srovės naudojimo, kuris yra temperatūros ir galios tranzistoriaus sklendės nuotėkio funkcija.

Tokio tipo diodai yra patogūs naudoti ir pasižymi neblogomis perjungimo savybėmis didesnėse srovėse, atitinkančiomis žemo dažnio PN diodus, taigi jie gali būti efektyviai naudojami žemo dažnio grandinėse - 50/60 Hz lygintuvuose, saulės modulių šuntavimo grandinėse, poliarumo apsaugos grandinėse.

Aukšto dažnio grandinėse šiame darbe apžvelgti diodai nėra tinkami dirbti, kadangi jų reakcijos į srovės poliarumo pokytį trukmė yra pernelyg ilga. Tai paaiškinama maža, dešimčių mV įtampa, naudojama srovės poliarumo nustatymui ir aukštais reikalavimais to poliarumo nustatymo patikimumui. Aukštadažnėms grandinėms reikalinga papildoma informacija apie srovės kryptį, paprastai gaunama naudojant daugiau nei du idealaus diodo pajungimo išvadus.

Rezultatai

1. Apžvelgti šiuo metu rinkoje esantys populiariausi idealūs diodų grandynai ir jų valdikliai.
2. Suprojektuotas, pagamintas ir ištirtas žemo dažnio 35V 300A srovės lygintuvas su idealių diodų valdikliu LT4320.
3. Naudojant LM74670-Q1 diodinį valdiklį sukonstruotas idealus diodas ir ištirtos jo charakteristikos.

Išvados

1. Idealių diodų tiltelio vidutinė nuostolių galia esant 128 A srovei idealiu teoriniu atveju yra 14 W, reali nuostolių galia yra 30 W ir nuo teorinės skiriasi dėl lėto LT4320 valdiklio veikimo. Palyginimui šotki diodų MBR200100CT lygintuvas prie tokios pat srovės naudotų 225 W galią.
2. Idealaus diodo valdiklis LT4320 yra labai patogus naudoti ir pasižymi energijos taupymo savybėmis, bet norint jas dar pagerinti, reikėtų:
    a. Paspartinti srovės kryptį nustatančios grandinės reakciją
    b. Naudoti papildomą maitinimo šaltinį, arba pakankamos talpos išoriniame kondensatoriuje kaupti energiją, reikalingą tranzistorių valdymui
3. Dėl korpuso konstrukcinių ypatybių, mažos vidaus varžos ir itin didelio atsparumo perkrovoms, tranzistorius FDMT80080DC [6] yra tinkamas naudojimui idealių diodų, ypač tiltelinėse, grandinėse.
4. Nors grandinė su LM74670-Q1 diodiniu valdikliu puikiai susitvarko su idealaus diodo funkcijomis žemame dažnyje, bet aukšto dažnio grandinėse dėl per lėtos reakcijos ir nesinchronizuoto energijos pasipildymo momento yra netinkamas.

Literatūros sąrašas:

Lažas, V. Bartkevičius, G. Jasinevičienė, R. Šurna, *Pramoninė elektronika 1*, (Mokslas, Vilnius, 1988m.)

[1]http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/4320fb.pdf

[2]http://tpea.cpss.org.cn/uploads/soft/170801/1_1122564961.pdf

[3]http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/4357fd.pdf

[4]http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/4358fa.pdf

[5]http://cds.linear.com/docs/en/product-selector-card/2PB_Linear_idealdiodesfc.pdf

[6] https://eu.mouser.com/ProductDetail/ON-Semiconductor-Fairchild/FDMT80080DC?qs=%2fha2pyFadujCrxmfX1u7HUh9xu7lYEvXr7dEAOnB7%2fwQD%2f%252bimU5EWA%3d%3d

[7]https://www.elektronik.ropla.eu/pl/magazyn/magazyn/?ic=JAM0625

[8]https://eu.mouser.com/ProductDetail/Littelfuse/SMCJ26A/?qs=sGAEpiMZZMvxHShE6WhpuznpqHUCVB%2FR1BXByI3gWq0%3D

[9]https://eu.mouser.com/ProductDetail/GeneSiC-Semiconductor/MBR200100CT/?qs=sGAEpiMZZMtQ8nqTKtFS%2FHVp1T5850G0TwaW7MIEjcA%3D

[10]https://eu.mouser.com/Search/Refine.aspx?Keyword=pn+diode

[11]https://www.wolfspeed.com/downloads/dl/file/id/96/product/70/c3d10170h.pdf

[12] http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm74670-q1.pdf

[13] https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/PMV40UN.pdf

[14] http://www.rcl.lt/index.php?id=2&lang=lt&begin=0&acc=show&fid=546&pcode=IPMU/SSOP56&pmode=

[15] https://cdn.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/BSS138.pdf

Santrauka

Šiame darbe yra apžvelgiami idealieji diodiniai valdikliai (LT4320, LT4320-1, LTC4357, LTC4358, LM74670-Q1), aptariamos jų charakteristikos, funkcijos ir taikymai. Eksperimentiškai ištirti yra LT4320, LT4320-1 bei LM74670-Q1 valdikliai. LT4320 pagrindu suprojektuotas ir pagamintas 300 A 35 V idealių diodų tiltelis ir išmatuotos jo charakteristikos. Tiltelis pasižymėjo žemais galios nuostoliais (prie 128 A srovės tik 30 W). Šiame tiltelyje naudoti tranzistoriai FDMT80080DCtaip pat palengvino darbą konstruojant, kadangi jų ištakos ir santakos elektrodai yra priešingose pusėse, todėl buvo pasirinkta „sumuštinio“ principas, kuris yra labai patogus. Taip pat ištirta grandinė su LM74670-Q1 diodiniu valdikliu. Šis diodinis valdiklis puikiai dirba žemų dažniu srityje, tačiau aukšto dažnio grandinėse dėl per lėtos reakcijos ir nesinchronizuoto energijos pasipildymo momento yra netinkamas.

Summary

In this research I reviewed LT4320, LT4320-1, LTC4357, LTC4358 ideal diode controllers, discussed about their characteristics, functions and applications. The LT4320, LT4320-1 and LM74670-Q1 controllers were more specifically reviewed. I used LT4320, LT4320-1 for the construction of the bridge. The LT4320 controller has shown to have good energy saving features. A 300 A 35 V ideal diode bridge was constructed, with low power loss (only 30 W at a 128 A current). The FDMT80080DC transistors used on this bridge also eased the construction work, as their source and drain electrodes are on the opposite sides, so the “sandwich” principle was chosen, which was very convenient. The circuit with the LM74670-Q1 ideal diode controller was also specifically reviewed. This controller works great in the low frequency area, but in high frequency circuits it is not suitable due to the slow response and the moment of unsynchronized power refill.