

*ՀՏԴ 004**Ինֆորմատիկա**Մամիկոն ՀԱԿՈԲՅԱՆ*

*Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան, ՏՀՏԷ
ինտիտուտ, կառավարման համակարգերի ամբիոն, տեխ. գ. թ., դոցենտ.
E-mail: hakopyan.mamikon@mail.ru*

ՏԻՐԻՍՏՈՐՆԵՐՈՎ ԵՎ ՍԻՄԻՍՏՈՐՆԵՐՈՎ ԿԱՌԱՎԱՐՈՒՄԸ ԱՎՏՈՄԱՏ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ

Դիտարկվում է ավտոմատ կառավարման համակարգերում լայն կիրառում գտած տիրիստորով և սիմիստորով կառավարվող սխեմաների տարբերակների հետազոտումը, երբ դրանց օգտագործում են որպես բանալիներ:

Տիրիստորները և սիմիստորները՝ որպես ուժային բանալիներ, լայն կիրառություն են գտել նաև տարբեր էլեկտրոնային սարքերի փոփոխական հոսանքի շղթաներում, էլեկտրաէներգիայի փոխակերպիչներում և զանազան էլեկտրոնային հարմարանքներում:

Բանալի բառեր՝ Տիրիստոր, սիմիստոր, ավտոմատ կառավարման համակարգ, հաստատուն հոսանք, կառավարման շղթա, իմպուլսների տևողություն, բեռ:

М.АКОБЯН

**УПРАВЛЕНИЕ В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С
ПОМОЩЬЮ ТИРИСТОРОВ И СИМИСТОРОВ**

Рассмотрены исследованные варианты схем управляемых тиристорами и симисторами в системах автоматического контроля в качестве их применения как ключей.

Тиристоры и имитаторы, как силовые выключатели, также широко используются в цепях переменного тока различных электронных устройств, преобразователей питания и различных электронных приспособлений.

Ключевые слова: Тиристор, симистор, система автоматического управления, постоянный ток, схема управления, импульсное сопротивление, нагрузка.

М. HAKOBYAN

**PERFORMING CONTROL IN AUTOMATIC SYSTEMS USING
THYRISTORS AND TRIACS**

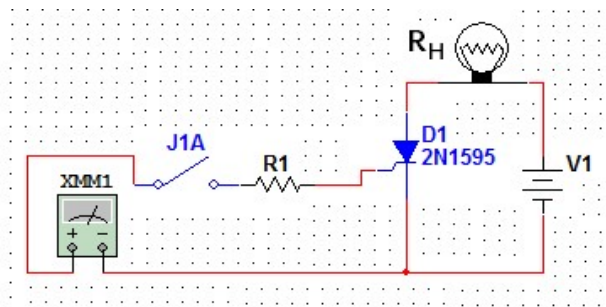
Research of the options for thyristors and traits controlled circles that are widely used in automatic control systems are observed, when maintained as keys.

Thyristors and traics, as power switches, have also been widely used in alternating current circuits of various electronic devices, power converters and various electronic facilities.

Key words: Thyristor, triac, automatic control system, constant current, control circuit, pulse resistance, load.

Տիրիստորը ուժային էլեմենտ է, աշխատում է որպես մեծ էլեկտրական հզորությունների կառավարման կամ անջատման տարր: Տիրիստորի կառավարման ամենապարզ մեթոդը, տիրիստորի փակ վիճակից բաց վիճակին փոխանջատումն է, որն իրականացվում է արտաքին ազդանշանով, երբորդ՝ կառավարող էլեկտրոդի (ԿԷ) միջոցով: Երբ տիրիստորի անոդին կատոդի նկատմամբ կիրառված է բացասական լարում, էմիտրային p-n անցումները շեղվում են հակառակ ուղղությամբ (փակ են), իսկ կոլեկտորային անցումը ուղիղ ուղղությամբ բաց է (նկ. 1):

Արդյունքում սարքը գտնվում է փակ վիճակում, ինչը կառավարման շղթայի կողմից փոխել հնարավոր չէ:



Նկ. 1. Տիրիստորի միացման սխեման

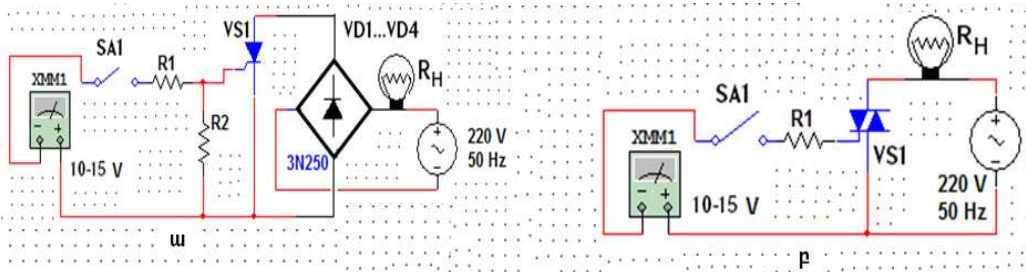
Եթե անողին կատոդի նկատմամբ կիրառվի դրական լարում, էմիտրային անցումները կշեղվեն ուղիղ ուղղությամբ, իսկ կոլեկտորայինը՝ հակառակ: Կառավարման ազդանշանի բացակայության դեպքում սարքի փակ վիճակը պահպանվում է, իսկ կիրառված լարումը գրեթե ընկնում է փակ կոլեկտորային անցման վրա: Որպեսզի սարքը բերվի բաց վիճակի, անհրաժեշտ է կառավարող էլեկտրոդով անցկացնել որոշակի հոսանք [1]:

Տարբերվում են տիրիստորի բնական և արհեստական ստիպողական կոմուտացումներ: Բնականի դեպքում հոսանքի փոխանցումը մեկ տիրիստորից մյուսին կատարվում է ցանցի լարման շնորհիվ, արհեստականի դեպքում կերպափոխիչի սխեմայում ավելացվում են հատուկ կոմուտացնող շղթաներ, որոնց օգնությամբ ժամանակի անհրաժեշտ պահերին իրականացվում է կոմուտացիա (փոխանջատում) [2, 3]:

Միմիստորը իր գործողությամբ համարժեք է զուգահեռ և հակառակ ուղղություններով միացված երկու չփակող տիրիստորների և կարող է ծառայել որպես ոչ լրիվ կառավարումով փոփոխական հոսանքի բանալի: Միմիստորը կառավարվում է նույն կերպ, ինչպես սովորական տիրիստորը:

Դրանք հինգ շերտից (չորս p-n անցումներից) բաղկացած կիսահաղորդչային սարքեր են և օգտագործվում են փոփոխական հոսանքի շղթաներում կոմուտացիայի նպատակով [4]:

Նկար 1-ի SA1 բանալին (հաջորդ նկարներում նույնպես) պարզ և հարմար բանալի է, որն ապահովում է շղթայի փակվելուն, սակայն օժտված է էական թերությամբ՝ կառավարող ազդանշանը դեկավարելու համար պահանջվում է շատ մեծ հզորություն:



Նկ. 2. Տիրիստորի կառավարման սխեմա

Սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում տիրիստորների երաշխավորված բացման համար պահանջվում է կառավարման էլեկտրոդին (I_y) մոտավորապես 70-160 մԱ հոսանք: Հետևաբար, կառավարման հանգույցի համար հավաքված միկրոսխեմաների սնուցման (10-15 В) լարման դեպքում պահանջվում է 0,7-2,4 Վտ հաստատուն հզորություն: Նշենք, որ կառավարման լարման բևեռականությունը տիրիստորների համար դրական է կատոդի նկատմամբ, իսկ սիմիստորների համար կամ բացասական է երկու կիսապարբերությունների համար, կամ էլ բևեռականությամբ համընկնում է անոդի լարման հետ:

Ակտիվ բեռի դեպքում բեռի լարման գործող արժեքը որոշվում է հետևյալ կերպ.

$$U_{\text{բեռ}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_F^2 d\vartheta} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} (\sqrt{2} U \sin\vartheta)^2 d\vartheta} = U \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}:$$

Հաստատուն հոսանքով տիրիստորների կառավարման թերություն է համարվում կառավարման ազդանշանի և ցանցի աղբյուրի գալվանական կապը: Եթե սիմիստորի սխեմայում (նկ. 2բ) ցանցային լարերի համապատասխան միացումը կառավարման ազդանշանին կարելի է միացնել զրոյական լարով, ապա տիրիստոր օգտագործելիս (նկ. 2ա) այդպիսի հնարավորություն առաջանում է միայն, երբ անջատվում է VD1-VD4 ուղղիչ կամրջակը: Վերջինս բերում է մեկ կիսապարբերության լարման փոխանցում բեռի վրա և նրան տրվող հզորության կրկնակի փոքրացում:

Հանգույցի կողմից օգտագործվող կառավարող հզորության փոքրացման տարբերակներից մեկն է համարվում հաստատուն հոսանքի փոխարեն համեմատաբար մեծ միջադադարով (скважность) օժտված իմպուլսների անընդհատ հաջորդականության օգտագործումը: Քանի որ տիպային տրինիստորների միացման ժամանակը 10 մկվ է, փոքր է, ապա դրանց կառավարման էլեկտրոդներին կարելի է տալ նույն երկարությամբ և միջադադարով օժտված իմպուլսներ, օրինակ՝ 5-10-20, որը համապատասխանում է 20-10-5 կՀց հաճախությանը:

Այդ դեպքում համապատասխանաբար փոքրանում է նաև օգտագործվող հզորությունը 5-10-20 անգամ: Մակայն կառավարման նման մոտեցումով առաջանում են մի շարք նոր թերություններ: Նախ, տիրիստորը միացվում է ոչ թե ցանցային լարման կիսապարբերության սկզբում, այլ ժամանակի ցանկացած պահի, որը հետ է ընկնում կիսապարբերության սկզբից այնքան ժամանակ, որը չի գերազանցում թողարկվող իմպուլսների պարբերությունը, այսինքն՝ 50-100-200 մկվրկ-ը: Այդ ընթացքում ցանցի լարումը կարող է աճել մոտավորապես 5-10-20 Վ, որը կբերի էլքային լարման որոշակի փոքրացմանը:

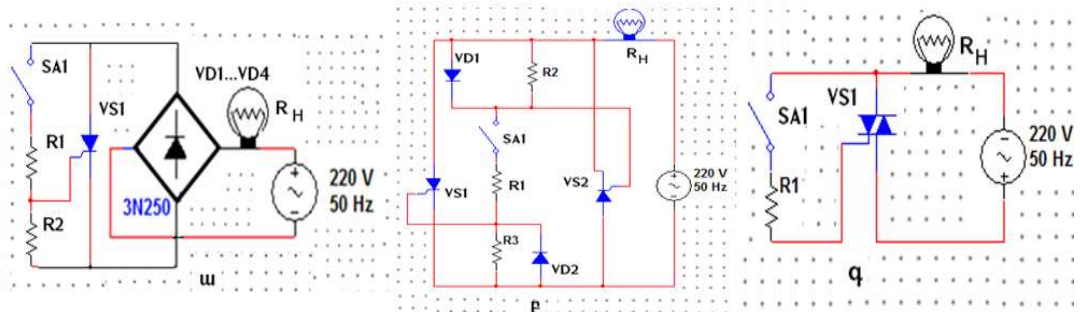
Գոյություն ունի նաև մեկ այլ հիմնախնդիր: Եթե միացման ժամանակ կիսապարբերության սկզբում թողարկվող իմպուլսի գործողության ժամանակ տիրիստորով անցնող հոսանքը չի հասնում հետ պահման մակարդակին, տիրիստորը իմպուլսի ավարտից հետո անջատվում է: Հաջորդ իմպուլսը նորից է միացնում տիրիստորին, և դա չի անջատվում միայն այն դեպքում, եթե իմպուլսի անջատման պահին դրանով անցնող հոսանքը լինի ավելի մեծ պահող հոսանքից:

Այսպիսով, հոսանքը բեռնվածքում սկզբում կունենա մի քանի կարճ իմպուլսների տեսք և միայն հետո սինուսոիդայի տեսք:

Եթե բեռնվածքը ունի ակտիվ-ինդուկտիվ բնույթ (օրինակ՝ էլեկտրաշարժիչ), ապա նրա միջով անցնող գործող կարճ միացման ընթացքում հոսանքի իմպուլսը կարող է չհասցնել մինչև հոսանքի պահպանող (ток удержания) մեծությանը, եթե մինչև իսկ ցանցում ակնթարթային լարումը մաքսիմալ է: Ամեն իմպուլսի ավարտից հետո տիրիստորը կանջատվի: Այդ թերությունը սահմանափակում է թողարկվող իմպուլսների տևողությունը:

Իմպուլսային թողարկումների կիրառումը թեթևացնում է գալվանական հանգուցալուծումը կառավարման հանգույցի և ցանցի միջև, քանի որ դրան կարող է ապահովել նույնիսկ փոքր տրանսֆորմատոր, որի տրանսֆորմացիայի գործակիցը մոտ է 1,1-ի: Իմպուլսային կառավարման ժամանակ հզորության իջեցումը և գալվանական հանգուցալուծման հնարավորությունը թույլ են տալիս կառավարման հանգույցներում կիրառել առանց տրանսֆորմատորի տիրիստորային սնուցում:

Երրորդ լայն տարածված տիրիստորային կառավարման ձևը կառավարող էլեկտրոդին ազդանշան տալն է նրա անոդից բանալու և սահմանափակ ռեզիստորի միջոցով (նկ.3.): Եթե լարումը անոդի վրա բավականաչափ մեծ է, մինչ տիրիստորի բացվելը, հանգույցում հոսանքը բանալիով հոսում է մի քանի միկրովայրկյանի ընթացքում:



Նկ. 3. Տիրիստորների կառավարման սխեմա

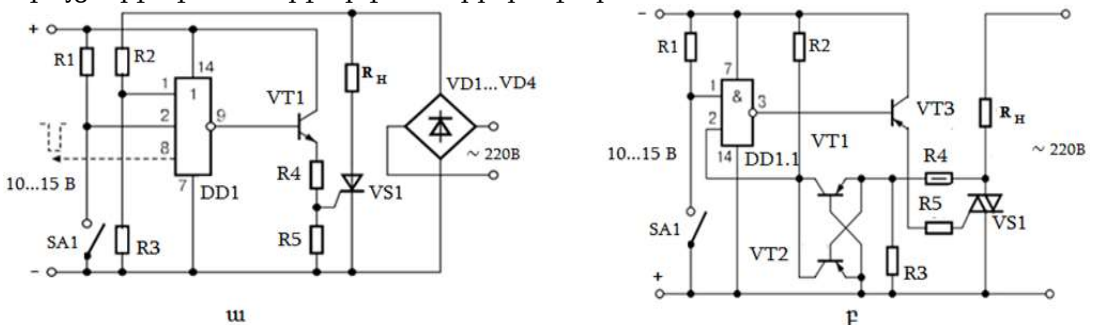
Որպես բանալիներ օգտագործում են էլեկտրամագնիսական ռելեներ, բարձր լարման երկբևեռային տրանզիստորներ, ֆոտոդինիստորներ կամ ֆոտոսիմիստորներ:

Ելնելով կառավարման իմպուլսային հոսանքի առավելագույն արժեքներից և բանալու միջոցով անցնող մաքսիմալ կամ առավելագույն իմպուլսային հոսանքից, կարելի է յուրաքանչյուր կոնկրետ զույգի համար որոշել սահմանափակող ռեզիստորի մինիմալ թույլատրելի դիմադրությունը:

Սահմանափակող R_1 ռեզիստորի դիմադրությունը կարող է փոքրանալ բեռնվածքի դիմադրության մեծությամբ, քանի որ միացման պահին նրանք միացած են հաջորդաբար: Բացի այդ եթե բեռնվածքն ունի ինդուկտիվ-ռեզիստորային բնույթ, կարելի է էլ ավելի փոքրացնել նշված ռեզիստորի դիմադրությունը:

Պետք է նաև նկատի ունենալ, որ սիմիստորները միացնող հոսանքն ունի տարբեր մեծություններ դրական և բացասական կիսաալիքի համար: Այդ պատճառով էլ էլքային լարումում կարող է առաջանալ ոչ մեծ հաստատուն բաղադրիչ:

Պահանջվող հզորության շղթաներում կարելի է զգալի կրճատման հասնել, եթե տիրիստորի միացման պահին ղեկավարման էլեկտրոդին միացնենք հոսանք: Նման ռեժիմ ապահովելու համար նկար 4-ում բերված են ղեկավարման հանգույցների սխեմաների երկու տարբերակներ:



Նկ. 4. Ղեկավարման հանգույցների սխեմաներ

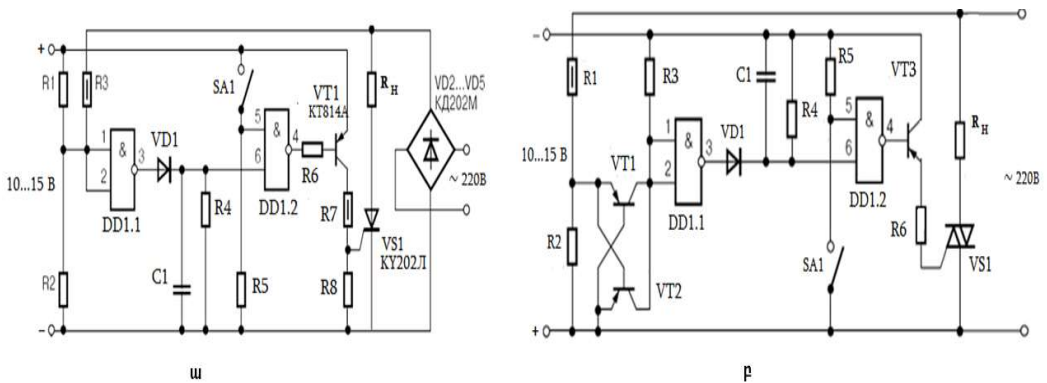
Նկար 4-ա-ում բերված տիրիստորի միացումը տեղի է ունենում SA1 բանալու հպակների փակվելու պահին: Տիրիստորի միացումից հետո DD1.1 էլեմենտն անջատվում է և կառավարվող էլեկտրոդի հոսանքը ընդհատվում, որը զգալիորեն տնտեսում է շղթայի կառավարման հոսանքի սպառումը: Եթե տիրիստորի վրա կիրառված լարումը SA1-ի միացման պահին լինի փոքր DD1.1 հոսանքափոխման շեմից, տիրիստորը չի միացվում, քանի դեռ լարումը նրա վրա չհասնի այդ շեմին, այսինքն չդառնա միկրոսխեմայի սնուցման լարման կեսից ավելի: Շեմային լարումը կարելի է կարգավորել, ընտրելով R6 դիմադրությունը: R2 դիմադրությունը ապահովում է DD1.1 էլեմենտի ցածր տրամաբանական մակարդակը, երբ փակվում է տիրիստորի VS1-ը և VD2 դիոդային կամրջակը:

Սխիստորի համանման միացման համար անհրաժեշտ է երկբևեռ դեկավարման շղթա՝ հավաքված DD1.1 էլեմենտով (նկ.4-բ): Այդ շղթան հավաքված է VT1, VT2 և R2, R4 դիմադրություններով: VT1 տրանզիստորը միացված է ընդհանուր բազայով սխեմայով, և լարումը նրա կոլեկտորին մոդուլով դառնում է փոքր DD1.1 էլեմենտի շեմային հոսանքից, երբ VS1 սխիստորի անոդի վրա լարումը դրական է կատոդի համեմատ և գերազանցում է նրան 7Վ-ով: Համանման VT2 տրանզիստորը ընկնում է հազեցման մեջ, երբ անոդի վրա բացասական լարումը մոդուլով դառնում է ավելի բարձր -6Վ-ից:

Նկ. 4-ում բերված սխեման օժտված է զգալի թերությամբ: Եթե որևէ պատճառով տիրիստորը չի միացվում, նրա կառավարման էլեկտրոդով անցնող հոսանքը կմնա անորոշ երկար ժամանակ: Այդ պատճառով էլ անհրաժեշտ է նախաձեռնել հատուկ միջոցներ՝ սահմանափակելու իմպուլսի տևողությունը:

Ղեկավարման համար կարելի է օգտագործել սխեմաներ, որոնցում օգտագործվում են մեկ միացվող իմպուլսներ: Այս սխեմաների հիմնական թերությունն համարվում է այն, որ առաջին միացումը տեղի է ունենում ցանցային լարման կիսապարբերության հենց սկզբում: Հզորության կորուստների փոքրացման համար կարելի է սխեմայի հանգույցներում ձևավորված իմպուլսը ածանցել և ածանցված հետին ճակատը տիրիստորի համար օգտագործել որպես թողարկող իմպուլս:

Հանգույցի սխեման, որը ձևավորում է տիրիստորի միացման իմպուլսը ճիշտ այն ժամանակ, երբ ցանցի լարումը անցնում է զրոյով, բերված է նկ. 5-ի ա-ում:



Նկ. 5. Տիրիստորի միացման սխեման. ա) երբ ցանցի լարումը անցնում է զրոյով,

բ) սիմիստորով կառավարման հանգույցի սխեման

Ռեզիստորներ R1-R3 և DD 1.1 շղթան ձևավորում է կարճ իմպուլսներ (60-100 մկվրկ), երբ ցանցի լարումն անցնում է զրոյով: Այդ իմպուլսները լիցքավորում են C1 կոնդենսատորը: Կոնդենսատորը համեմատաբար ավելի դանդաղ է լիցքաթափվում R4 ռեզիստորի միջոցով, և DD1.2-ի ելքում ձևավորվում է բացասական բևեռականության իմպուլս մի երկարության, որը որոշվում է R4C1 շղթայի ժամանակի հաստատումով: Սխեմայում բերված իմպուլսի տևողությունը կազմում է մոտ 400 մկվ: Սիմիստորով կառավարման հանգույցի սխեման նշված պարամետրերին մոտ, բերված է նկ. 5-բ-ում:

Նկար 5-ում բերված հանգույցների սխեմաների աշխատանքի դեպքում կառավարման էլեկտրոդի իմպուլսի միացումը ուղղում է տիրիստորի ելքային բնութագիրը, երբ ցանցային լարումը անցնում է զրոյով և իմպուլսի երկարության ճիշտ ընտրման դեպքում տիրիստորին պահում է միացված վիճակում մինչև հոսանքի այն պահը, երբ բեռնվածքում ոչ մեծ ինդուկտիվ բաղադրիչ չկա:

Այսպիսով, դիտարկվել է ավտոմատ կառավարման համակարգերում լայն կիրառում գտած տիրիստորով և սիմիստորով կառավարվող սխեմաների տարբերակների հետազոտումը, երբ դրանց օգտագործում են որպես բանալիներ:

Բեռնվածքի հզորության ֆազաիմպուլսային կառավարման դեպքում կարելի է օգտագործել վերը նշված սխեմատեխնիկական լուծումները:

Պետք է նշել նաև, որ այսպիսի հանգույցները պետք է ապահովեն տիրիստորի միացման կայուն հապաղում, որը լինի անկախ ցանցի լարումից և ջերմաստիճանից, իսկ ձևավորվող իմպուլսի տևողությունը կիսապարբերության սահմաններում, պետք է ապահովի հոսանքի հապաղումը անկախ բեռնվածքի միացման պահից:

Գրականություն

1. Բարեղամյան Գ.Վ., Ուժային էլեկտրոնիկայի հիմունքներ /Ուսումնական ձեռնարկ. – Երևան, ՀՊՃՀ. - 2011. - 135 էջ:
2. Келим Ю. М., Типовые элементы систем автоматического управления. – М.: "ИНФРА". 2002. – 384 с.
3. Капелюховский А.А., Ситников Д.В., Элементы систем автоматического управления. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. – 96 с.
4. Воронин П.А., Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение. – М.: Изд. дом "ДОДЭКА-XXI". 2005.- 384 с.

Հոդվածը տպագրության է երաշխավորել խմբագրական խորհրդի անդամ, ֆ.մ.գ.թ. Գ. Ն.Սահակյանը: