

(19) REPUBLIKA SRBIJA (12) Prijava patenta (11) **P-2018/1357 A2**



ZAVOD ZA  
INTELEKTUALNU SVOJINU  
BEOGRAD

(51) Int. Cl.  
*H02M 7/02* (2006.01)  
*G01N 25/20* (2006.01)  
*G06F 21/50* (2013.01)

(21) Broj prijave: **P - 2018/1357**  
(22) Datum podnošenja prijave: **08.11.2018.**  
(43) Datum objavljivanja prijave: **28.02.2019.**

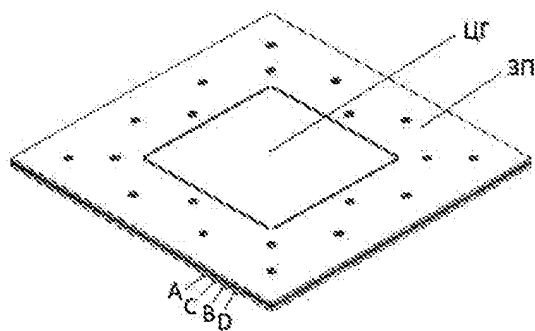
(73) Podnosilac prijave patenta:  
**INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE VINČA,**  
**Mihajla Petrovića Alasa 12-14,**  
**11351 Vinča, RS**

(72) Pronalazači:  
**RADIVOJEVIĆ, Dušan;**  
**MILOŠEVIĆ, Nenad, dr;**  
**STEPANIĆ, Nenad, dr**

(54) Naziv pronalaska: **JEDNOSMERNI IZVOR ELEKTRIČNOG NAPAJANJA ZAŠTIĆENE TOPLE PLOČE**

(57) Apstrakt:

Jednosmerni izvor električnog napajanja zaštićene tople ploče predstavlja uređaj za snabdevanje električnom energijom grejne ploče u aparaturi za određivanje toplotne provodnosti slabo provodnih i izolacionih materijala po metodi zaštićene tople ploče. Tehnički problem koji ovaj uređaj rešava je snabdevanje električnom energijom oba grejača tople ploče jednovremeno i to tako što im obezbeđuje adekvatan opseg napajanja prema projektovanim potrebama realizovanja toplotnog fluksa za materijale različitih toplotnih provodnosti. Takođe, digitalizacijom izvora obezbeđuje se bolja ponovljivost i serijska komunikacija sa računarnom. Primena uređaja je pored pomenute namene moguća još i za napajanje pasivnih potrošača koji zahtevaju visoku stabilnost napona napajanja. Uređaj pripada oblasti elektrotehnike, digitalnog procesiranja podataka mikrokontrolerom i podoblasti fizike, odnosno merenja fizičkih osobina materijala.



P-2018/1357 A2

# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ

## Област технике на коју се проналазак односи

Области технике на које се проналазак односи су електротехника, дигитално процесирање података помоћу микроконтролера и физика у подобласти мерење физичких величина материјала. Према међународној класификацији патената, области којој патент припада су:

- **H02M 7/02**, где су **H** електротехника; **02** генерисање, конверзија или дистрибуција електричне енергије; **M 7/02** претварање наизменичне у једносмерну електричну енергију
- **G06F 21/50**, где су **G06F** дигитално процесирање података, **21/50** фирмвер или оперативни системи
- **G01N 25/20**, где су **G** физика; **01** мерење, тестирање; **N** испитивање или анализирање материјала одређујући њихове хемијске или физичке величине; **25/20** мерећи топлотну проводност.

## Технички проблем

У поступку пројектовања и реализације апаратуре за мерење топлотне проводности слабо проводних материјала, било је неопходно обезбедити адекватно решење за одвојено напајање грејача, према специфичним потребама апаратуре. Задата снага грејача директно утиче на температуре топлих плоча система. Неопходно проширивање опсега испитивања топлотне проводности захтевало је повећавање напона напајања грејне плоче. Због тога се јавила потреба за новим напајањем са већим излазним напоном уз прецизније контролисање излаза чиме се побољшава краткорочна и дугорочна стабилност. Као оптимално решење за описану примену направљен је према специфичним потребама двоканални извор једносмерног напона са могућношћу комуникације са рачунаром којим се остварује електрично напајање оба грејача грејне плоче једним уређајем, а такође и отвара могућност контроле читавог процеса помоћу једног софтверског решења. Проблеми мануелног подешавања снаге, поновљивости, усклађивање опсега напона и струје према отпорности конкретних грејача, као и проблем ангажовања адекватне електричне енергије на основу циљаног опсега топлотних проводности мерљивих постојећом апаратуром, решавају се овим патентом.

## Стање технике

Испитивање транспортних топлотних особина материјала се, због сложености проблематике и практично реализованих апаратура по разноврсним методама, у највећој мери изводи у истраживачким установама од стране високо специјализованих кадрова. Имајући у виду широк дијапазон материјала од интереса за истраживање, као и растуће потребе за повећањем енергетске ефикасности зграда, производних процеса и др., у свету је видан недостатак лабораторијских ресурса и чине се напори да се активности експерименталне подршке интензивирају обезбеђивањем већег броја студија са следивим и поузданим резултатима.

Заједничко свим експерименталним методама у термофизици је да се експериментална поставка пројектује и реализује према особинама материјала чија се топлотна својства испитују. Резултат је такав да су, иначе малобројне, експерименталне поставке веома различите међу собом како по радним опсезима температуре у којима је испитивано својство мерљиво, тако и по конструкцији и особинама њихових подсистема.

У оквиру Института за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторије за термотехнику и енергетику односно Националног института за термофизичке особине материјала врши се испитивање топлотне проводности чврстих материјала методом двостране заштићене

топле плоче.

У склопу апаратуре конструисане по методи ASTM C 1044-07 и ASTM C177 користи се грејна плоча приказана на сликама СЛ 1. и СЛ2. Грејна плоча се састоји из више слојева: горње ГП1 и доње ДЛП алуминијумске плоче, азбестне АЗТ плоче са термобатеријама и електричним грејачем ГР приказаним на слици СЛ1. Грејачи заштићене топле плоче су реализовани једним спиралним намотајем грејне жице на коме су издвојени крајеви за напајање и мерење пада напона. Грејна плоча има две грејне зоне односно два грејача који су приказани на слици СЛ 2. са ознаком ЦГ (Централни Грејач) и ЗП (Заштитни Прстен). Електрична отпорност жице на потезу А-Ц је 37  $\Omega$ , док отпорност на потезу Ц-Д износи 17  $\Omega$ . Пад напона између контаката А и Б се мери и улази у прорачун топлотног флукса у зони централног дела узорка који се монтирају са доње и горње стране грејне плоче.

Ови грејачи грејне плоче су били напајани једносмерним изворима напајања произвођача Соренсен, САД, радног напона од 0 до 10 V и јачине електричне струје од 0 до 100 А. Напајања су се подешавала аналогно, без могућности серијског повезивања са рачунаром. Излазни напон је ограничавао опсег остваривог топлотног флукса, будући да су грејачи релативно велике отпорности, а максимални напон на излазу ових извора релативно мали. У пракси је коришћено решење електричног повезивања као на СЛ 3. где се са извора напајања који представљају 1 до 4 извора везаних на ред, грејачи напајају у две паралелне гране кола а јачина струје у грани заштитног грејача I2 се контролисала реостатом.

### **Изражавање суштине проналаска**

Суштина проналаска представља електрично напајање заштићене топле плоче, као дела апаратуре за одређивање топлотне проводности чврстих материјала, са карактеристикама које су прилагођене конкретним потребама апаратуре а дефинисана патентним захтевима ове пријаве.

Побољшања добијена коришћењем овог патента су следећа:

- Увођење додатног излазног канала напајања тако да сваки грејач има свој посебан канал
- Избацивање реостата као механичке компоненте
- Повећање опсега испитивања топлотне проводности повећањем опсега напона напајања грејача
- Увођење софтверског подешавања вредности које дозвољава аутоматизацију процеса

### **Кратак опис слика нацрта**

Проналазак је описан и сликама, тако да оне представљају:

Слика 1 - Изометријски приказ грејне плоче на којој је плоча приказана по слојевима

Слика 2 - Изометријски приказ грејне плоче са обележеним зонама грејања и електричним контактима грејача

Слика 3 - Електрична шема повезивања апаратуре на претходни начин

Слика 4 - Електрична шема повезивања са употребом предмета патентног захтева

Слика 5 - Део електричне шеме на коме је приказан хардвер за дигиталну обраду и приказ података

Слика 6 - Део електричне шеме који служи за напајање електронике уређаја

Слика 7 - Део електричне шеме који реализује излазни сигнал на једном каналу

Слика 8 - Део електричне шеме који служи за снабдевање једног излазног канала једносмерним сигналом и за мерење конкретне излазне струје на том каналу.

### Детаљан опис проналаска

Лабораторија за термотехнику и енергетику Института „Винча“ се већ више деценија бави одређивањем термофизичких величина чврстих материјала у функцији температуре, између осталог и мерењем топлотне проводности слабо проводних материјала. У Лабораторији су тако развијене апаратуре за примену методе двостране заштићене топле плоче, стандардне референтне методе за одређивање топлотне проводности, једна за термоизолационе материјале димензије узорака  $500 \times 500 \text{ mm}^2$  и друга за слабо проводне чврсте материјале пречника узорака 75 мм. Основни принцип методе се заснива на примени Фуријеовог закона, односно на успостављању стационарног једнодимензионалног преноса топлоте кондукцијом кроз узорак топлотно изолационог или слабо проводног материјала. У циљу успостављања ових услова, неопходно је да се пар идентичних узорака испитиваног материјала постави између хладних и топле плоче, затим се у хладним плочама одржава константна температура а топла плоча се напаја једносмерном електричном струјом, што у стационарном стању доводи до разлике температура „топлих“ и „хладних“ површина узорака која се мери.

Топла плоча СЛ 2. се састоји од два грејача, главног ЦГ и заштитног ЗП, пројектована је тако да заштитни грејач окружује главни са уским процепом између њих и омогућава да готово сва топлота генерисана у главном грејачу пролази кроз узорак испитиваног материјала. Другим речима, сврха заштитног грејача је да у што већој мери смањи бочне губитке топлоте у главном грејачу и мерном делу узорка који се контролишу двома уграђеним термобатеријама СЛ 1. АЗТ.

Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче конструисан је тако да има два излазна канала за сваки грејач понаособ. Напонски опсег је од 0 до 60V са резолуцијом од 0,01 V и струјним опсегом од 0 до 1,6A, бирани су тако да могу да покрију циљани опсег ангажоване снаге у складу са различитим материјалима који се испитују. Регулација напона изведена је аналогно појачањем референтног напона са 14-битног Д/А конвертора СЛ 7. U4, чиме је постигнуто стабилно напајање са веома малим излазним флукуацијама и добром поновљивошћу. Подешавање се може обављати ручно преко тастера и дисплеја СЛ 5 S1, S2, S3, S4, JP8 респективно или рачунаром путем серијске комуникације U2, J1. Уређај може доставити информацију о температури референтног чипа СЛ 6. U3, U14, RA0, ради евентуалног кориговања излазних величина путем серијске комуникације. Уведена је и прекострујна дигитална заштита мерењем излазних струја СЛ 8. R6, U6, RA2 и корекцијом задатих величина на излазним каналима због безбедности.

Лабораторијски прототип се напаја наизменичним напоном из мреже, а даје једносмерне сигнале на два излазна канала једновремено за снабдевање грејача поменуте апаратуре. Прилагођавање импедансе као и галванско одвајање од мрежног напона обавља торусни трансформатор који снабдева оба канала наизменичном струјом са два независна енергетска секундара. Трећи секундар мале снаге користи се за напајање електронике уређаја, који се доводи на штампану плочу преко конектора JP1, Сл 6.

Од овог наизменичног напона добијају се, преко диода D1, D2 и електролита CE1, два једносмерна сигнала VD1 и VN2 од +12 V и -12 V. Од њих се уз помоћ кола VR1 и VR2 добијају два стабилисана напона и то позитиван VD2 од 8 V и негативан VN1 од -5 V. Грана од +8 V, поред осталог, напаја и чип референтног напона U3 чији се излаз користи као референца при формирању напона на излазу напајања као и референца за мерења уз помоћ интерних А/Д конвертора микроконтролера U1, СЛ 5. Иако је генератор референтног напона U3, СЛ 6., температурно компензован, на пину 3 даје информацију о томе колика је температура самог језгра, тако да се на основу те информације могу вршити и додатне корекције. Овај сигнал се појачава уз помоћ кола U14 и води на интерни А/Д конвертор микроконтролера. Референтни напон користи се такође и за формирање напона од +5V уз помоћ кола U5 и транзистора Q2.

Обзиром да се подешавање напона на излазима реализује аналогним путем могло би доћи до превелике дисипације на излазном транзистору. Пошто дисипација на излазним

транзисторима директно зависи од напона на њему пун напонски опсег подељен је на два једнака дела. Када се зада напон нижи од половине максималног, користи се прва половина секундара трансформатора, у супротном случају цео секундар. Пребацивање опсега обавља се релеом K1, Сл. 8, чији је „мирни“ контакт повезан на прву половину секундара чиме се на самом почетку дефинише мањи опсег. Команда за пребацивање опсега иде преко транзистора Q1 који по потреби активира радни контакт релеа, односно доводи максимални напон на исправљачки део.

Исправљање наизменичне струје са секундара трансформатора обавља се грецовим спојем G1 и електролитским кондензаторима CE3, CE4, CE5 Сл. 8. Негативан крај добијеног једносмерног напајања није директно повезан на заједничку масу, већ преко отпорника R6 мале отпорности а велике снаге. Кроз њега протиче излазна струја конкретног канала, тако да је погодан за мерења интензитета исте. Негативан напон формиран на отпорнику се инвертује и појачава колом U6 после чега се прослеђује на аналогни улаз микроконтролера ради аналогно-дигиталне конверзије.

Генерисање излазног сигнала по каналу обавља се на начин приказан схемом везе са Сл. 7. Дигитално-аналогни конвертор U4 по добијеној информацији путем SPI везе формира напон на пину 6 који је сразмеран примљеном броју, под условом да је највећа вредност једнака референтном напону. Овај сигнал се преко кола за подешавање офсета доводи до операционог појачавача U7 који има задатак да преко транзистора Q4 и Q5 формира излазни сигнал. Излазни PNP транзистор велике снаге Q5 контролише се струјом колектора транзистора Q4. Ова струја сразмерна је са излазним напonom операционог појачавача који зависи од разлике задатог напона са Д/А конвертора и напона повратне везе који даје информацију о интензитету напона реализованог на излазу. Повратна веза узима се преко разделника напона којој се придружује сигнал са отпорника R66 којим се врши смањивање шума излазног сигнала насталог кашњењем повратне информације на операциони појачавач. Сигнал за мерење напона узима се са потенциометра Rp23, док потенциометар Rp7 служи за подешавање појачања кола за генерисање излазног сигнала.

Управљање извором може се обављати мануелно, тастерима, или аутоматски, рачунаром путем серијске комуникације. Мануелно подешавање омогућава подешавање напона на оба канала са резолуцијом од 0,1 V. Оно се обавља уз помоћ четири тастера постављена на предњој плочи, од S1 до S4, Сл 5. Улазак у мени остварује се притиском на тастер „ентер“ S4 после чега се бира канал који се подешава. Притиском на тастер „стрелица десно“ S3 корисник селекује одговарајућу цифру, а тастери „стрелица горе“ S1 и „стрелица доле“ S2 служе за подешавање вредности одабране цифре. Управљање путем серијске везе се остварује RS232 протоколом преко конектора J1 и кола U2 задуженог за прилагођавање сигнала. Микроконтролер U1 садржи модул за серијску комуникацију којим се постиже поједностављење софтверске рутине. Поред подешавања напона, са резолуцијом од 0,01 V, може се подесити и позадинско осветљење на LCD монитору JP8. Бирањем интензитета осветљења одабира се одговарајући однос PWM (Pulse With Modulation) сигнала којим се драјвује транзистор Q14 на Сл. 5. Такође се серијским путем могу прочитати интерна мерења напона и струје по каналима као и температуре чипа референтног напона.

Визуелна интеракција са корисником обавља се LCD (Liquid Cristal Display) монитором 2x16 карактера JP8 на Сл. 5, који поред тренутних вредности реализованих напона и струја прочитаних од стране самог уређаја или исписа при кретању по менију, може да има и обавештење о прекорачењу интензитета струје у тренутку реаговања прекострујне заштите.

Изабрано управљачко коло U1 је осмобитни Microchip микроконтролер 16F серије за кога је написан посебан фирмвер за ову намену. Дијаграм тока фирмвера дат је на Сл. 9.

У претпроцесном делу обавља се дефинисање улазно излазних портова, декларисање и иницијализација променљивих као и декларација интегрисаних и спољних периферија.

Први корак у главној рутини јесте проверавање прекорачења интензитета струје. Ова

мера предострожности уведена је као заштита самог уређаја али и као заштита у случају акцидента на самој апаратури. Уколико се установи да је прекорачење настало излазни напони се подешавају на нулу при чему се аутоматски врши и пребацивање на нижи опсег, исписује се порука о прекорачењу и програм се убацује у бесконачну петљу. Овим се уређај пребације на безбедан режим рада и једини начин за наставак је хардверско ресетовање прекидањем па укључивањем напајања.

Следећи корак је подешавање позадинског осветљења LCD монитора. Обзиром на разноврсност опреме која се налази у просторији за термофизичку карактеризацију и повремене потребе за замрачивање приликом разних мерења убачена је опција подешавања интензитета позадинског осветљења. Ова опција могућа је само путем серијске комуникације, а иницијални интензитет је подешен на 70%.

Мерење сигнала обавља се интерним А/Д конвертором резолуције 10 бита. Сваки сигнал се умеравља више пута па се врши дигитална обрада ради смањивања шума и повећања резолуције. Валидација овог решења проверавана је у лабораторијским условима са еталонираном опремом врхунских карактеристика а резултати су приказани у раду на домаћој конференцији. Мере се напони и струје па се резултати убацују у варијабле како би се могли приказати и на дисплеју и слати по захтеву серијском комуникацијом. Такође се мери сигнал сразмеран температури референтног чипа која је проверавана приликом калибрисања величина.

Следећи корак је исписивање нових вредности на дисплеј које се освежавају сваке секунде.

По пријему инструкције серијском RS232 комуникацијом програм се наставља извршавати у потпрограмској рутини. Подешавање порта и детаљнији технички подаци за комуникацију са уређајем су дефинисани у интерном упутству за управљање. Резултат комуникације може бити прослеђивање интерних мерења или задавање вредности са већом резолуцијом.

Проверавање логичког стања добијеног са „ENTER?“ тастера врши се због могућности подешавања напона по каналима мануелно. Уколико је тастер притиснут улази се у мени и врше се подешавања. Потврдом подешене вредности шаље се инструкција у потпрограм за задавање напона.

У блоку „ЗАДАЈ НАПОН“ постоји гранање које није приказано будући да је елементарно при услову везаном за интензитет напона који се жели задати. Због проблема дисипације на излазном транзистору, који је раније описиван, напонски опсег је подељен у два дела. Уколико је потребно задати напон до 30 V користи се нижи опсег при чему се излазни транзистор не оптерећује са доданих 30 V. На овај начин не долази до прегревања и евентуалног оштећивања транзистора. Вођење процеса је потпуно аутоматизовано тако да корисник не мора да води рачуна о избору подопсега.

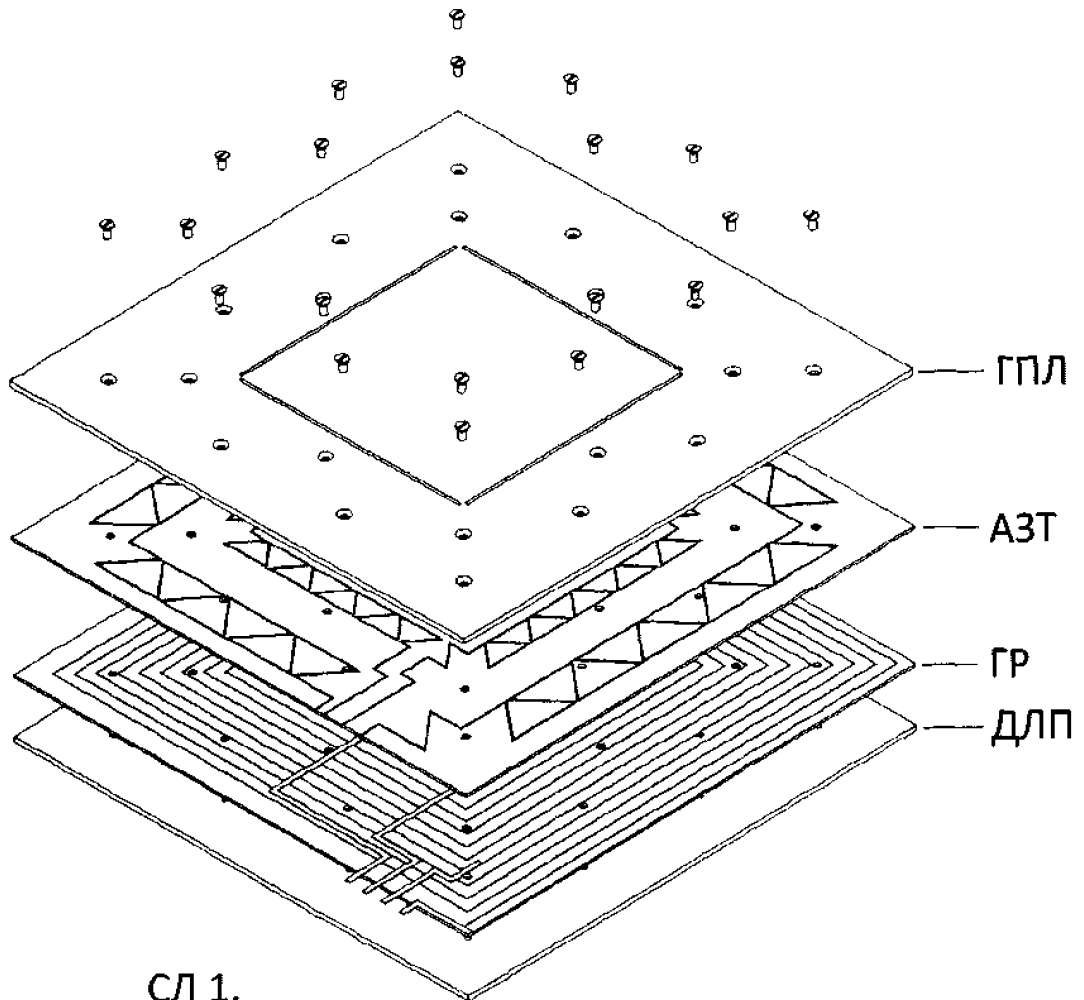
### **Начин индустријске или друге примене проналаска**

Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче може се користити поред наведене примене и за електрично снабдевање пасивних уређаја који захтевају велику краткорочну и дугорочну стабилност напајања.

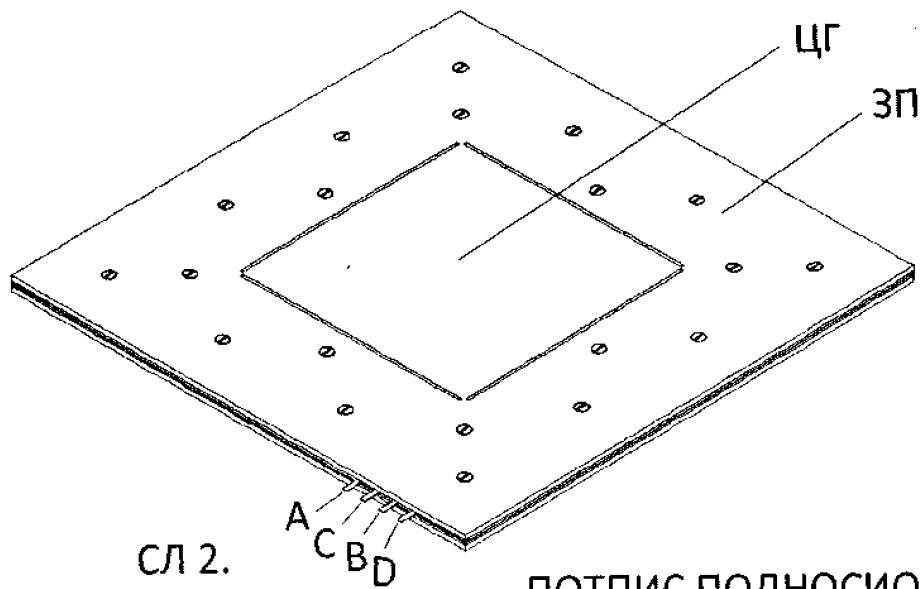
## Патентни захтеви

1. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче, **назначен тиме**, што је број излазних канала прилагођен броју независних грејача којих напаја а користе се у склопу апаратуре за одређивање топлотне проводности чврстих материјала методом заштићене топле плоче.
2. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче према Захтеву 1, **назначен тиме**, што се дефинисањем већег опсега излазних канала до 60V повећава опсег испитивања топлотне проводности материјала.
3. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче према Захтеву 1, **назначен тиме**, што се продесом дигитализације задатих вредности дефинише најмањи подеок напона подешавања од 10 mV чиме се значајно побољшава поновљивост извора напајања.
4. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче према Захтеву 1, **назначен тиме**, што се увођењем серијске комуникације добија могућност аутоматизације и рада са удаљености.
5. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче према Захтеву 1, **назначен тиме**, да у тренутку прекорачења максимално дозвољене струје улази у безбедан мод при чему излане напоне поставља на 0V и игнорише било какве команде све до искључивања и поновног укључивања уређаја.
6. Једносмерни извор електричног напајања заштићене топле плоче према Захтеву 1, **назначен тиме**, што омогућава подешавање позадинског осветљења дисплеја потребног због прилагођава специфичним условима осветљења у термофизичкој лабораторији.

# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ



СЛ 1.

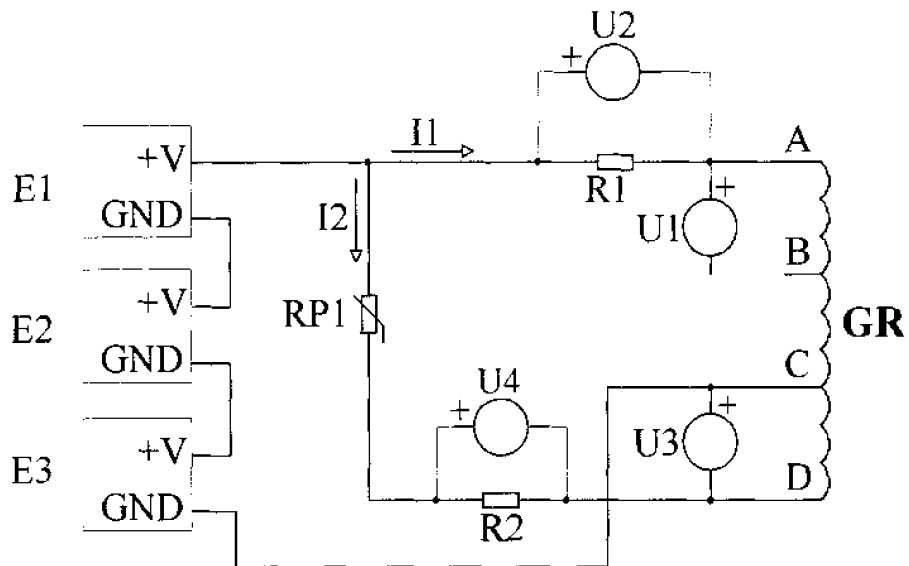


СЛ 2.

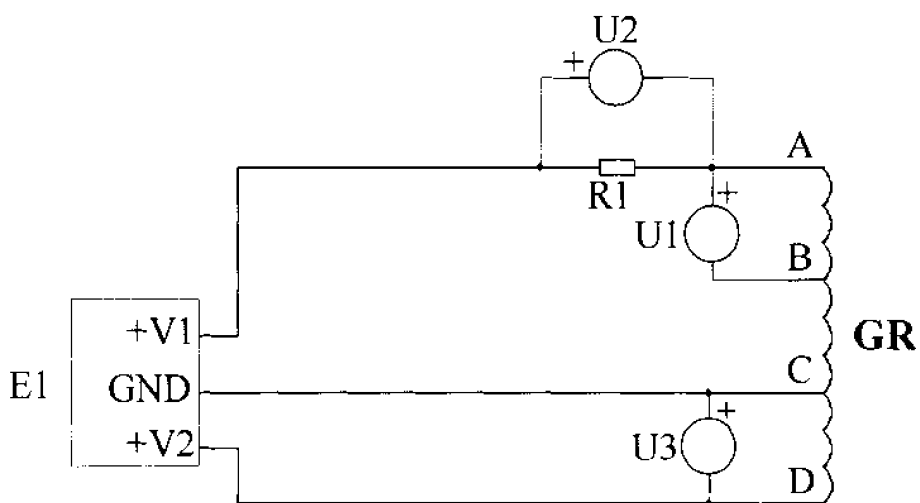
ПОТПИС ПОДНОСИОЦА ПРИЈАВЕ



# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ



СЛ 3.

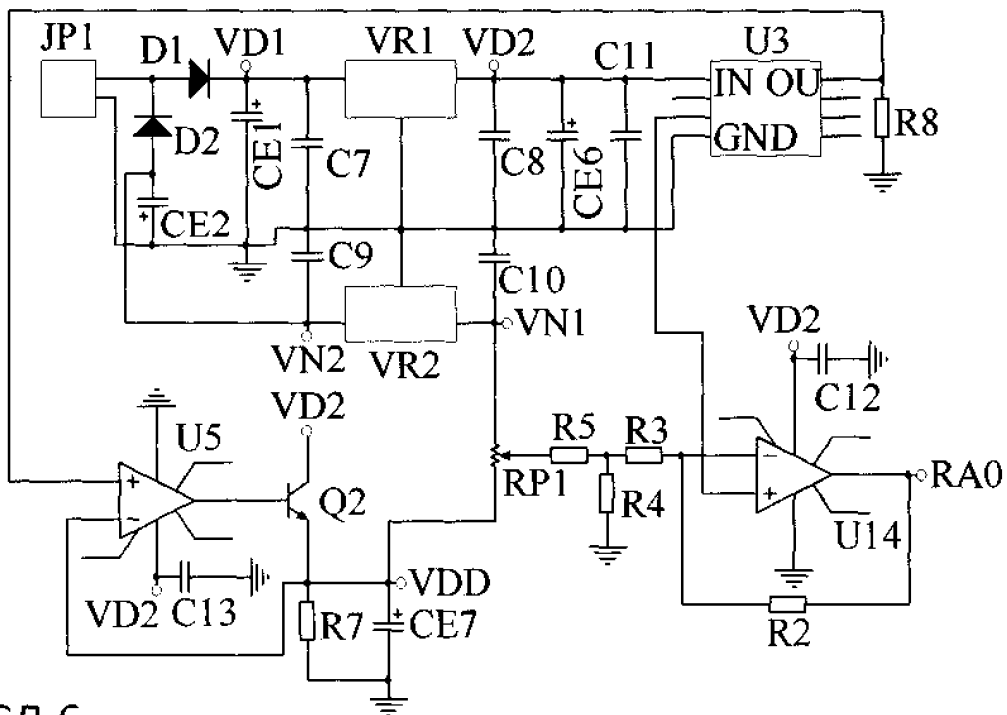
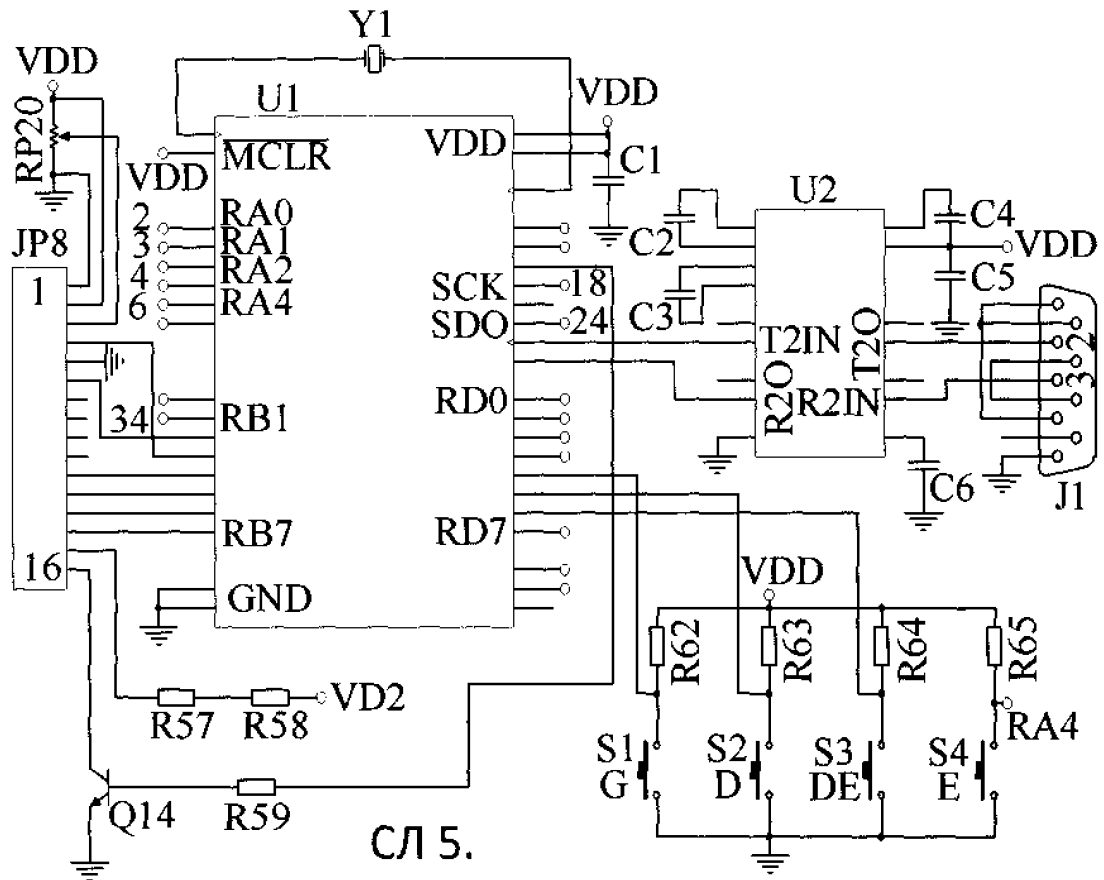


СЛ 4.

ПОТПИС ПОДНОСИОЦА ПРИЈАВЕ

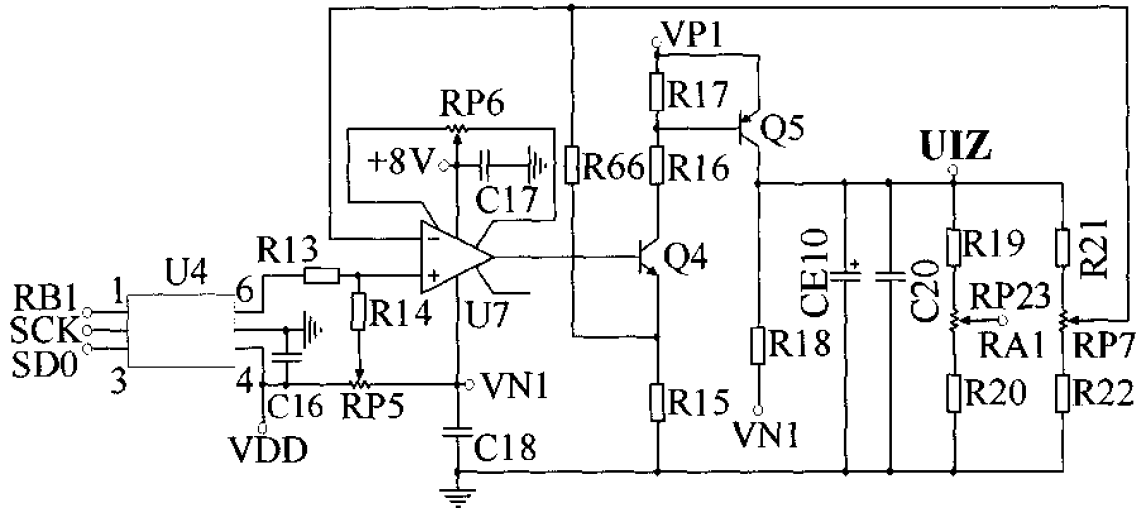
\_\_\_\_\_

# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ

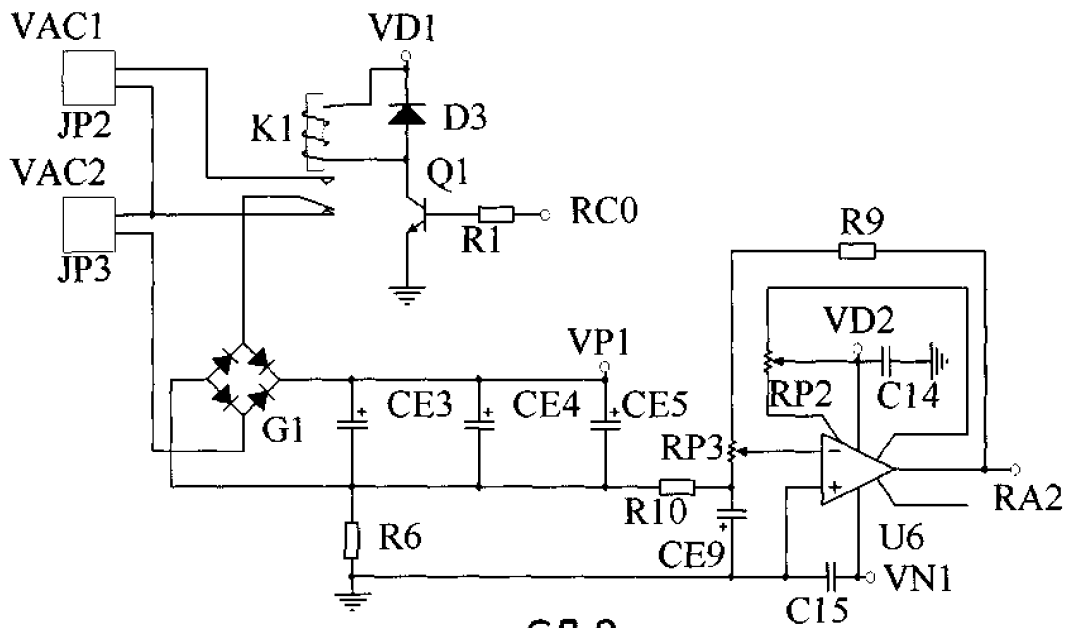


ПОТПИС ПОДНОСИОЦА ПРИЈАВЕ

# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ



СЛ 7.

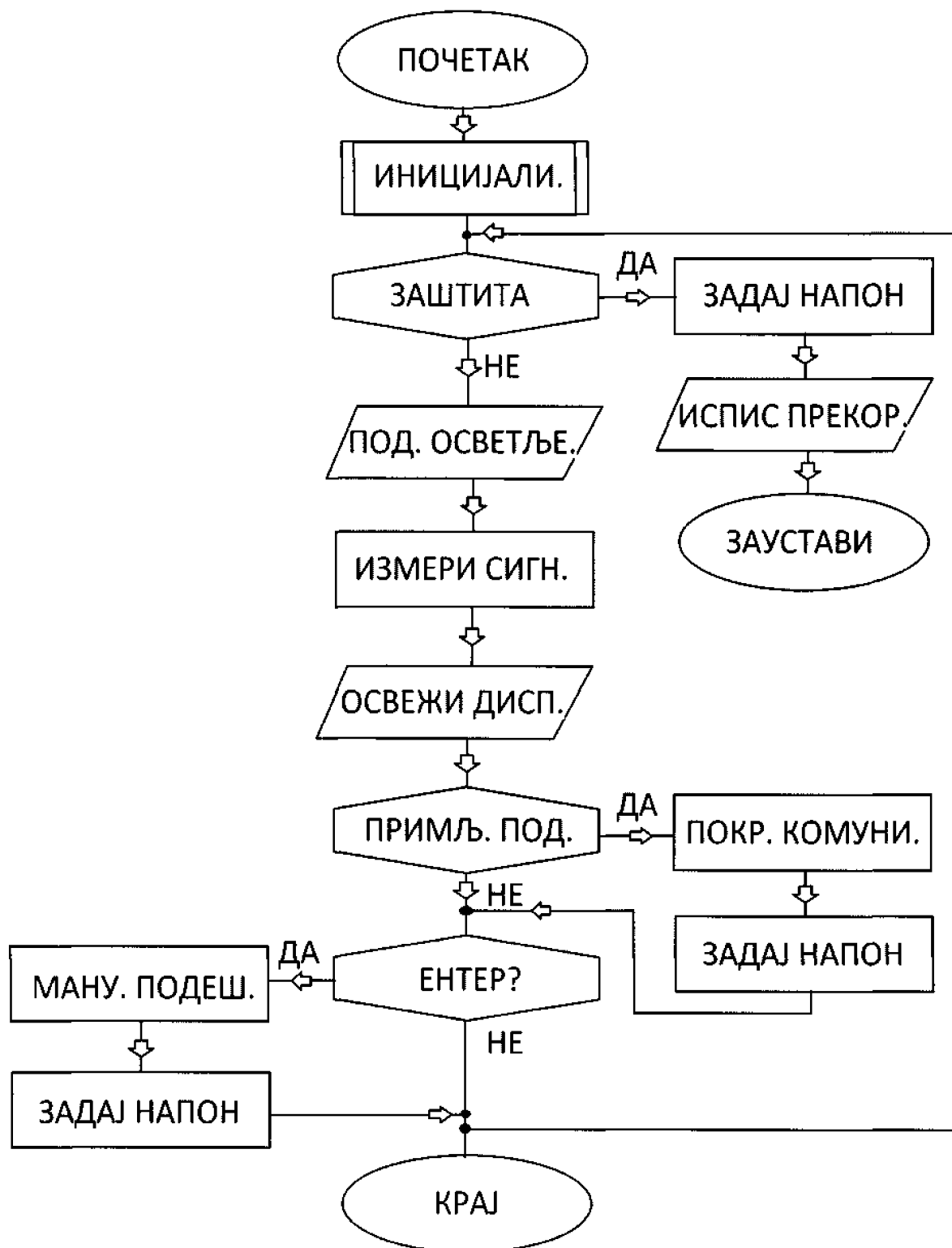


СЛ 8.

ПОТПИС ПОДНОСИОЦА ПРИЈАВЕ

\_\_\_\_\_

# ЈЕДНОСМЕРНИ ИЗВОР ЕЛЕКТРИЧНОГ НАПАЈАЊА ЗАШТИЋЕНЕ ТОПЛЕ ПЛОЧЕ



Сл 9.

ПОТПИС ПОДНОСИОЦА ПРИЈАВЕ