

UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za elektrotehniko

Boštjan Pikelj

**Vpliv galvanske zaščite in kontaktne sile na
segrevanje varovalčnega podstavka PK 2**

DIPLOMSKO DELO VISOKOŠOLSKEGA STROKOVNEGA ŠTUDIJA

Mentor: prof. dr. Danjel Vončina

Ljubljana, maj 2016

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Danjelu Vončini, za pomoč in koristne nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se vsem sodelavcem podjetja ETI elektroelement d.d., ki so me spodbujali in pripomogli s svojimi izkušnjami in nasveti pripeljati diplomsko nalogo do zaključka.

Še posebej se zahvaljujem sodelavcem razvoja elektrotehničnih izdelkov, ki so mi stali ob strani in me spodbujali pri dokončanju študija.

Zahvala velja tudi moji družini, ki me je vzpodbujala pri študiju.

KAZALO

1. Uvod.....	1
1.1 Predstavitev diplomske naloge	1
2. Niskonapetostna talilna varovalka	2
2.1 Opis in sestavni deli niskonapetostnih talilnih varovalk tipa NV	2
2.2 Podnožja za NV varovalke	4
2.3 Opis in vrste NV podnožji - podstavkov	5
3. Določitev dejavnikov za izvedbo meritev segrevanja NV podstavka	9
3.1 Pregled standarda IEC 60269-1	9
3.1 Pregled standarda IEC 60269-2	12
4. Vpliv električnega toka na segrevanje podstavka[7].	14
4.1 Fizikalno delo električnega toka[7].	14
5. Izdelava vzorcev in izvedba meritev	17
5.1 Priprava vzorcev za izvedbo meritev PK 2 podstavka	17
5.2 Opis preizkusa segrevanja	20
5.3 Opis merjenja izvlečne sile.....	24
6.Rezultati meritev	26
6.1. Predstavitev parametrov za merjenje segrevanja in padcev napetosti.....	26
6.2. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s posrebrenimi peresi – PK 2 C Ag	27
6.3. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s pokositrenimi peresi – PK 2 C Sn.....	29
6.4. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s ponikljanimi peresi – PK 2 C Ni.....	30
6.5 Analiza rezultatov meritev na podstavku PK 2 C izvedbe	31
6.6 Rezultati meritev na podstavku PK 2 S v izvedbi s posrebrenimi peresi – PK 2 S Ag.....	32
6.7 Rezultati meritev na podstavku PK2 S v izvedbi s pokositrenimi peresi – PK2 S Sn	33
6.8 Rezultati meritev na podstavku PK 2 S v izvedbi s ponikljanimi peresi –.....	35
PK2 S Ni.....	35
6.9 Analiza rezultatov meritev na podstavku PK 2 S izvedbe.....	37
Sklep	38
Priloge.....	39
Literatura	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Zgradba NV talilne varovalke [1].....	3
Slika 2: Shematski prikaz NV podstavka s pripadajočo opremo[4].....	5
Slika 3: Sestavnica NV podstavka[4].....	6
Slika 4: Različni tipi NV podstavkov tipa 00, glede na nosilni del.....	7
Slika 5: Različni tipi priključnih sponk.....	7
Slika 6: Različni tipi kontaktnih peres	8
Slika 7: Vpliv električnega toka na temperaturo snovi[7].....	14
Slika 8: Kontaktno pero PK 2 C in S oblike	17
Slika 9: Kontaktna peresa z različnimi galvanskimi zaščitami	18
Slika 10: Prikaz primera merjenih točk galvanskega nanosa na posrebrenih peresih.....	19
Slika 11: Kontaktno pero z 2 vzmetema - večja kontaktna sila	19
Slika 12: Shematski prikaz priključitve termočlena.....	20
Slika 13: Termočleni na PK podstavku.....	20
Slika 14: Položaj merjenja podstavka in merjene točke.....	22
Slika 15: Merilni instrument Metrel MD 903	23
Slika 16: Merilni inštrument Anritherm HL610.	23
Slika 17: Naprava za merjenje izvlečne sile.....	24
Slika 18: Merilnik Sile Lutron FG-5100	25
Slika 19: Prikaz položaja merjenih točk na podstavku PK 2	26
Slika 20: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ag.....	28
Slika 21: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ag.....	28
Slika 22: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Sn.....	29
Slika 23: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Sn.....	30
Slika 24: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ni.....	31
Slika 25: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ni.....	31
Slika 26: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Ag	33
Slika 27: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK2 S Ag	33
Slika 28: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Sn	34
Slika 29: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Sn	35
Slika 30: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Ni	36
Slika 31: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK2 S Ni	36
Slika 32: Prikazovalnik za nastavitve preizkusnih parametrov.....	39
Slika 33: Prednja stran tokovnega generatorja.....	40
Slika 34: Preizkusno polje tokovnega generatorja	40
Slika 35: Prikaz tehničnih zahtev za modelni vložek [6]	41

Slika 36: Prikaz naprave za merjenje izvlečne sile [6].....	42
Slika 37: Zategovalni navorni ključ	42
Slika 38 : Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (posrebrni)	43
Slika 39 : Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (nikljani) ...	44
Slika 40: Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (kositrani) ..	45
Slika 41: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Ni vzorec C4	46
Slika 42: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Sn vzorec C9	47
Slika 43: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Ag vzorec C18.....	48
Slika 44: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Ag vzorec S8	49
Slika 45: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Ni vzorec S13	50
Slika 46: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Sn vzorec S24	51
Slika 47: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C19.....	52
Slika 48: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C18.....	52
Slika 49: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C23.....	53
Slika 50: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S6	53
Slika 51: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S8	54
Slika 52: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S2	54
Slika 53: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C10	55
Slika 54: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C9	55
Slika 55: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C14	56
Slika 56: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec C24.....	56
Slika 57: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec S19	57
Slika 58: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec S27	57
Slika 59: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C4	58
Slika 60: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C2	58
Slika 61: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C3	59
Slika 62: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S13	59
Slika 63: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S11	60
Slika 64: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S17	60

KAZALO TABEL

Tabela 1: Veličine in simboli	V
Tabela 2: Potrebni čas za merjenje temperature [5].	9
Tabela 3: Omejitev nadtemperature ΔT za kontaktna peresa in priključne sponke[5].	10
Tabela 4: Presek bakrenih vodnikov za testiranje po točki 8.3 in 8.4 [5].	11
Tabela 5: Pregledna tabela testiranj za NV podnožja in število vzorcev za testiranje[6].	12
Tabela 6: Navor privitja vijakov glede na tip podstavka [6].	13
Tabela 7: izlečna sila talilnega vložka iz kontaktov podstavka [6].	13
Tabela 8: Specifične upornosti in prevodnosti snovi [7].	15
Tabela 9: Temperaturni koeficienti snovi [7].	16
Tabela 10: Tehnični podatki PK 2 kontaktnih peres	17
Tabela 11: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Ag	27
Tabela 12: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Sn	29
Tabela 13: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Ni	30
Tabela 14: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 S Ag	32
Tabela 15: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK2 S Sn	34
Tabela 16: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK2 C Ni	35

Seznam uporabljenih simbolov

V pričujočem diplomskem delu so uporabljene naslednje veličine in simboli:

Tabela 1: Veličine in simboli

Veličina/oznaka		Enota	
Ime	Simbol	Ime	Simbol
temperatura	T	stopinja Celzija	°C
Sila	F	Newton	N
čas	t	ura	h
tok	I	amper	A
napetost	U	volt	V
navor	M	Newtonmeter	Nm

POVZETEK

Namen diplomske naloge je raziskati vpliv galvanske zaščite in kontaktnega peresa na segrevanje podstavka PK 2, s pomočjo meritev.

V prvem delu so opisane nizkonapetostne električne varovalke NV tipa s podrobnejšim opisom različnih tipov NV podstavkov, glede na uporabo, tehnične zahteve in izvedbe. Predstavljeni so dejavniki, ki vplivajo na izvedbo segrevanja NV podstavka. Opisani so deli standarda IEC 60269, ki se nanašajo na merjenje segrevanja. Prikazan je tudi fizikalni vpliv električnega toka na segrevanje podstavka.

V drugem delu je predstavljena izdelava vzorcev in izvedba meritve za potrebe segrevanja NV podstavkov. Opisana je merilna oprema, ki je bila potrebna za izvedbo meritev, ter podrobneje je opisan postopek izvedbe meritev.

V zadnjem delu so prikazani rezultati meritev na podstavku PK 2. Meritve segrevanja so se izvedle na podstavku PK 2 s kontaktnima peresoma v C in S izvedbi, ter s tremi različnimi galvanskimi nanosi; srebro, kositer in nikelj. Na podlagi meritev je bil izdelana analiza vpliva galvanskega nanosa in kontaktne sile na segrevanje PK podstavka.

NV podstavek PK 2 je velikosti 2 (400 A), ki ima za nosilni del uporabljeno keramično osnovo in kovinsko ploščo, na kateri je privijačeno kontaktno pero.

Ključne besede: segrevanje, podstavek PK, kontaktno pero,

ABSTRACT

The purpose of this paper is to explore an influence of galvanic protection and PK2 fuse-base contacts on the heating of the PK 2 fuse-base.

In the first part a low voltage NH fuses with detail description of different types of NH fuse-bases, regarding the use, technical demands and type are described. Factors that have influence on heating of a NH fuse-base are presented. Parts of standard IEC 60269 that refer to heating measurement and also phisycal influence of electric current on heating are described.

In the second part a preparation of test samples and performance of heating measurements is presented. A desctription of measuring equipment used at the heating measurements and a detail description of test conditions are presented.

In the last part results of the NH 2 fuse-base testing are presented. Heating measurements were performed on PK 2 fuse-bases with C and S contact shape and different galvanic protection: silver, tin and nickel. Analyses of galvanic protection and contact force influence on heating of PK fuse-base were performed.

Fuse-base PK 2 is a NH fuse-base size 2 (400 A) consisted of ceramic body, metal plate and contacts.

Keywords: heating, PK fuse-base, PK contacts

1. UVOD

1.1 Predstavitev diplomske naloge

Diplomsko delo je bilo izvedeno v oddelku elektrotehničnega razvoja podjetja ETI Elektroelement d.d.. V omenjenem oddelku se ukvarjajo z bazičnim razvojem in izvajajo meritve, ki so nujno potrebne pri zasnovi novih proizvodov. V oddelku se izvajajo tudi zahtevnejše meritve za ostale službe ETI-ja, ter zunanje naročnike. Osnovni namen je razvoj novih inovativnih izdelkov in uvedba v redno proizvodnjo.

Nizkonapetostne talilne varovalke imajo nalogo ščititi naprave tokokroga pred termičnimi in dinamičnimi vplivi ob prekoračitvi električnega toka. Varovalke tipa NV so namenjene za uporabo v najtežjih pogojih obratovanja, kot so industrija in distribucijska omrežja. Poslužujejo jih lahko le strokovno usposobljene osebe, ker velikokrat zamenjava ne poteka v breznapetostnem stanju. Zato je zelo pomembna pravilna izbira in uporaba ustreznih varovalk. Varovalke so namenoma oslABLJENA mesta v inštalaciji, saj se mora izvesti prekinitev električnega toka prav na tem delu inštalacije. Seveda pa se na oslABLJENEM mestu inštalacije, zaradi večje upornosti sprošča tudi več toplotne energije, ki povzroča segrevanje le teh. Talilne varovalke delujejo tako, da se pretali talilni element, ki je znotraj ohišja talilnega vložka. Pri tem se sprošča toplota, ki vpliva na segrevanje sestavnih delov varovalke.

Eden od ključnih delov je podnožje, oziroma NV podstavek, kamor je vstavljen talilni vložek. Za pravilno dimenzioniranje NV podstavka je pomembno, da so ustrezno izbrani kontaktni elementi in njihova galvanska zaščita, saj v največji meri vplivajo na segrevanje podstavka.

Namen diplomske naloge je raziskati vpliv kontaktne sile kontaktnega peresa in vpliv različnih vrst galvanske zaščite s pomočjo meritev na segrevanje NV podstavka.

V prvem delu so opisane sestave in delovanje NV varovalk. Prikazana in opisana je sestava in razdelitev NV podstavkov. Drugi del opisuje standarde, po katerih so se izvedla testiranja in vpliv električnega toka na segrevanje podstavka. V zadnjem delu so prikazani rezultati meritev in analiza rezultatov. Iz analize rezultatov se je dobilo optimalno izvedbo, kontaktnih peres, glede segrevanje podstavka.

2. NIZKONAPETOSTNA TALILNA VAROVALKA

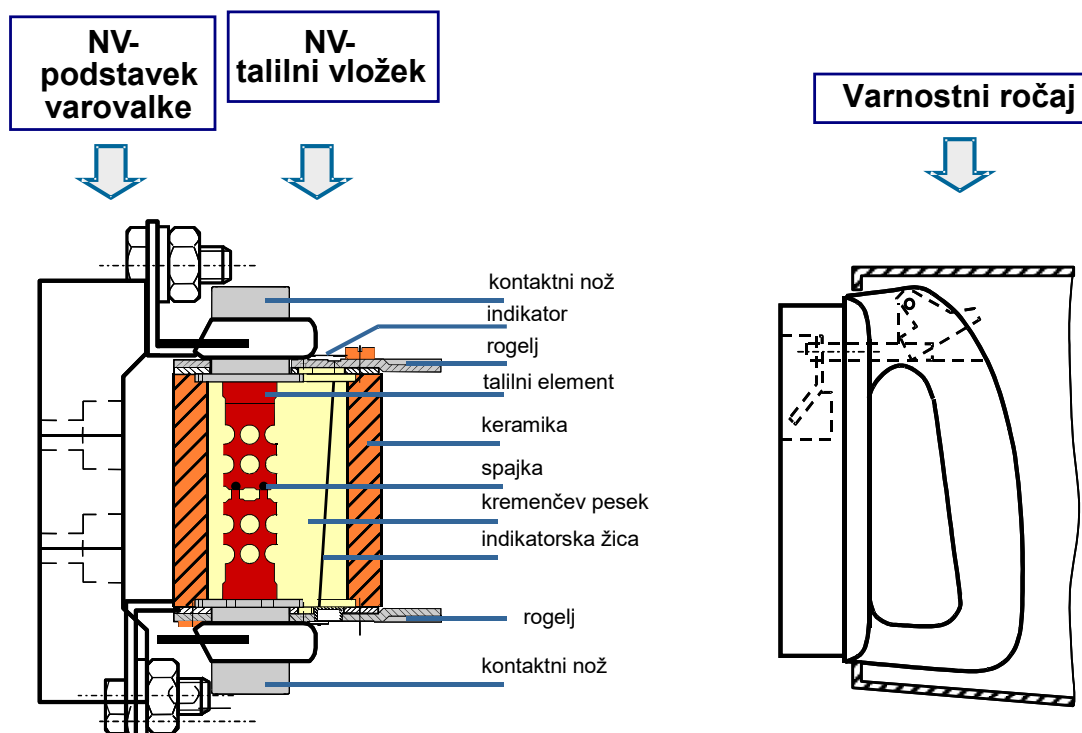
Pojem nizkonapetostna talilna varovalka vključuje sklop vseh delov, ki sestavljajo kompletno napravo. Eden ključnih delov varovalke je talilni vložek, saj se v njem vrši osnovna funkcija varovalke, prekinitev električnega toka. Talilni vložek je definiran kot del varovalke, ki zanesljivo trajno prevaja tok do svojega nazivnega toka in zanesljivo izklopi vsak prevelik tok od neke določene vrednosti do svoje izklopne zmogljivosti.

Nizkonapetostne talilne varovalke so namenoma oslabljeni mesta v tokokrogu, kjer se tokokrog prekine, če steče skozenj prevelik tok v določenem času, in s tem obvaruje ljudi, priključne naprave oziroma vodnike pred termičnimi in mehanskimi poškodbami. Prekinitev toka se mora izvršiti znotraj talilnega vložka dovolj hitro in varno, brez kakršnih koli poškodb okolice in samih sestavnih delov varovalke. Pri današnjem stanju tehnike si nizkonapetostnih tokokrogov in stikalnih naprav ne moremo zamisliti brez varovalnih elementov, saj bi morale biti drugače vse naprave in vodniki dimenzionirani na najvišji možni kratkostični tok, ki bi se na tistem mestu lahko pojavil. To bi seveda povzročilo večjo porabo materiala in velike dimenzije vseh naprav. Uporaba varovalnih elementov, od katerih se zaradi nekaterih svojih prednosti najbolj množično uporabljajo talilni vložki, torej poceni gradnjo naprav in instalacij.

Talilna varovalka je kot zaščitni element v električnih tokokrogih poznana že od leta 1864, ko so jo začeli uporabljati za zaščito podmorskih telegrafskih kablov.

2.1 Opis in sestavni deli nizkonapetostnih talilnih varovalk tipa NV

Varovalke tipa NV (nožasta varovalka) so namenjene uporabi v najtežjih pogojih obratovanja, v industrijskih obratih in v javnem distribucijskem omrežju. Posluhujejo jih lahko le strokovno usposobljene osebe, ker njihova menjava ne poteka v breznepetostnem stanju. Delovanje NV talilnih varovalk je enako, kot pri ostalih nizkonapetostnih varovalkah.



Slika 1: Zgradba NV talilne varovalke [1].

Talilna varovalka tipa NV je sestavljena iz:

- podstavka, ki služi za pritrditev na podlago, nosi priključne sponke in kontaktna peresa ter izolira dele pod napetostjo od podlage,
- kontaktnih delov,
- talilnega vložka in
- pribora (varnostni ročaj, zaščitna prekritja delov pod napetostjo,..).

Talilni vložek tipa NV je sestavljen iz:

- pokrovov,
- medleže za kompenzacijo neravnin na keramičnem ohišju,
- nožev, na katere je privarjen talilni element,
- talilnega elementa,
- indikatorja,
- keramičnega ohišja,
- gasilnega sredstva (kremenčev pesek).

Standardne velikosti varovalk tipa NV:

- 00 za nazivne tokove do 160 A,
- 0 za nazivne tokove do 160 A,
- 1 za nazivne tokove do 250 A,
- 2 za nazivne tokove do 400 A,
- 3 za nazivne tokove do 630 A in
- 4 za nazivne tokove do 1250 A.

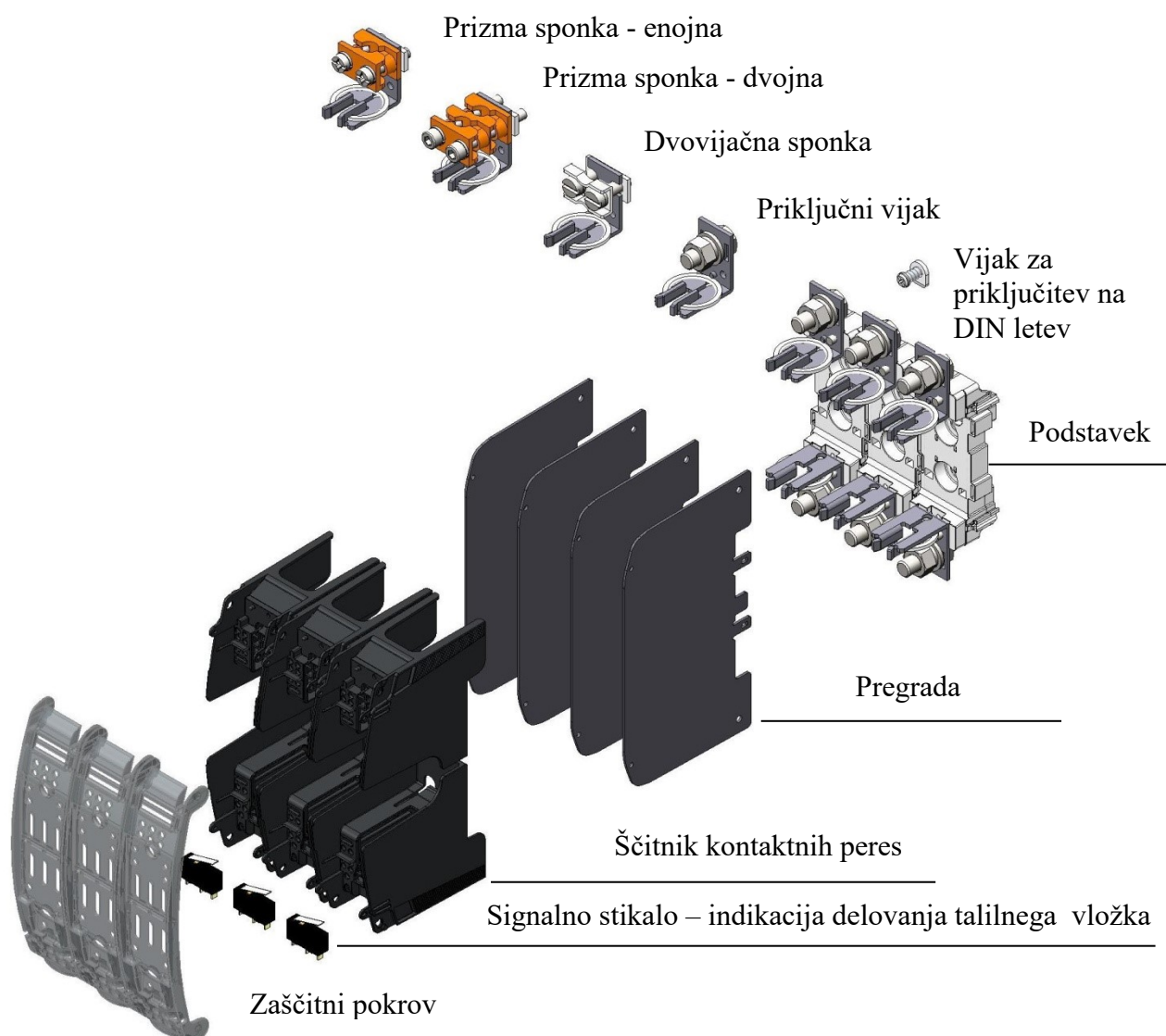
Standardizacija

Naslednji prepisi, standardi v večini določajo dimenzije in karakteristike nizkonapetostnih varovalk tipa NV:

- IEC 60269, EN 60269, DIN VDE 0636,
- DIN 43620,
- VDE 0680,
- VDE 0636/21, VDE 0636/201, IEC 60269-2,
- VDE 0636/22,
- PN-IEC 60269-2 in
- DIN 43623.

2.2 Podnožja za NV varovalke

Zaščitne naprave v električnih inštalacijah so namenjene pravočasni zaščiti elektroinštalacij, naprav, sistemov pred prevelikimi tokovnimi obremenitvami. NV podstavki so držalo za NV talilne vložke. Podstavki opravljajo pomembno vlogo, saj morajo skrbeti za dober stik med kontaktnim peresom in talilnim vložkom. Zelo pomembno je kakšen je ta stik, saj nam z različnimi stiki prihaja do različnih segrevanj in posledično tudi do večjih padcev napetosti, ki se odražajo v večji izgubni moči, ki se nato odvaja kot toplota. Zaradi tega je predpisana izvlečna sila, s katero lahko izvlečemo NV talilni vložek. Po standardu sta predpisani zgornja (maksimalna) in spodnja (minimalna) izvlečna sila. Večja sila izvleka NV talilnega vložka nam pripomore k boljšemu stiku in posledično boljšemu odvajanju toplote iz talilnega vložka. Če je sila premajhna, se lahko talilni vložki prekomerno segrevajo in se posledično poškoduje podstavek ali pa pride do neželenega delovanja talilnega vložka. Izvlečna sila je omejena na maksimalno vrednost zaradi enostavnejšega posluževanja uporabnika pri manipulaciji s talilnim vložkom.



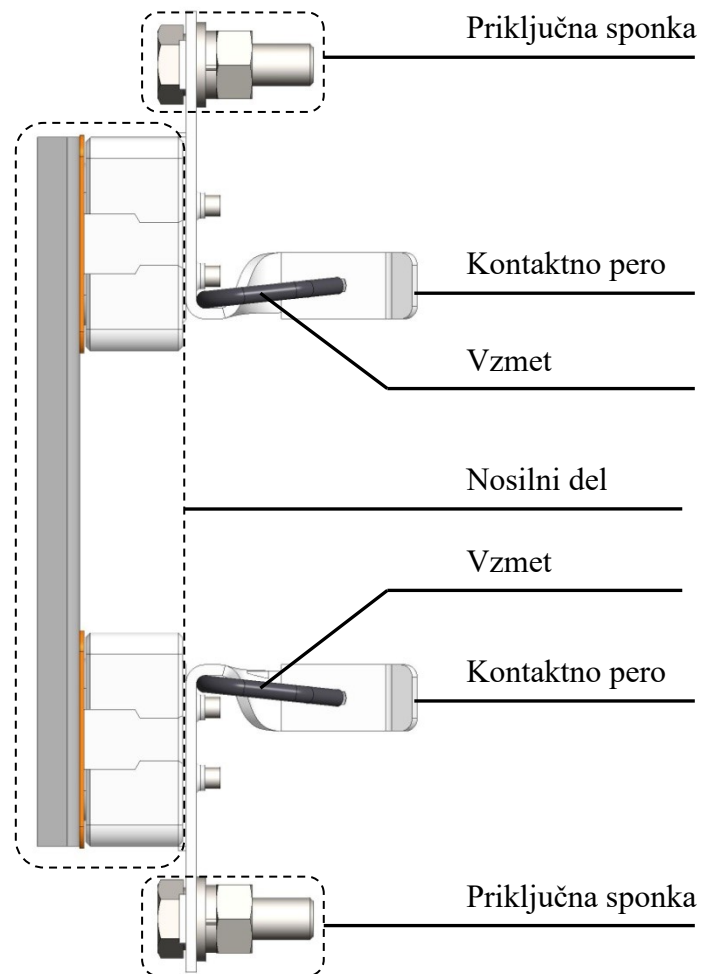
Slika 2: Shematski prikaz NV podstavka s pripadajočo opremo[4].

2.3 Opis in vrste NV podnožji - podstavkov

Podnožja za NV varovalke morajo izpolnjevati zahteve iz standardov, oziroma predpisov po katerih so izdelana. Vsi večji proizvajalci izdelujejo NV podnožja v skladu s standardom IEC 60269-2. V standardu so predpisane dimenzije, ter električne in mehanske zahteve podstavkov. Glede uporabe materialov za izdelavo si lahko sami proizvajalci izberejo primeren material. Seveda morajo izbrani materiali ustrezati že zgoraj navedenemu standardu IEC 60269-2.

Podstavek NV je sestavljen iz:

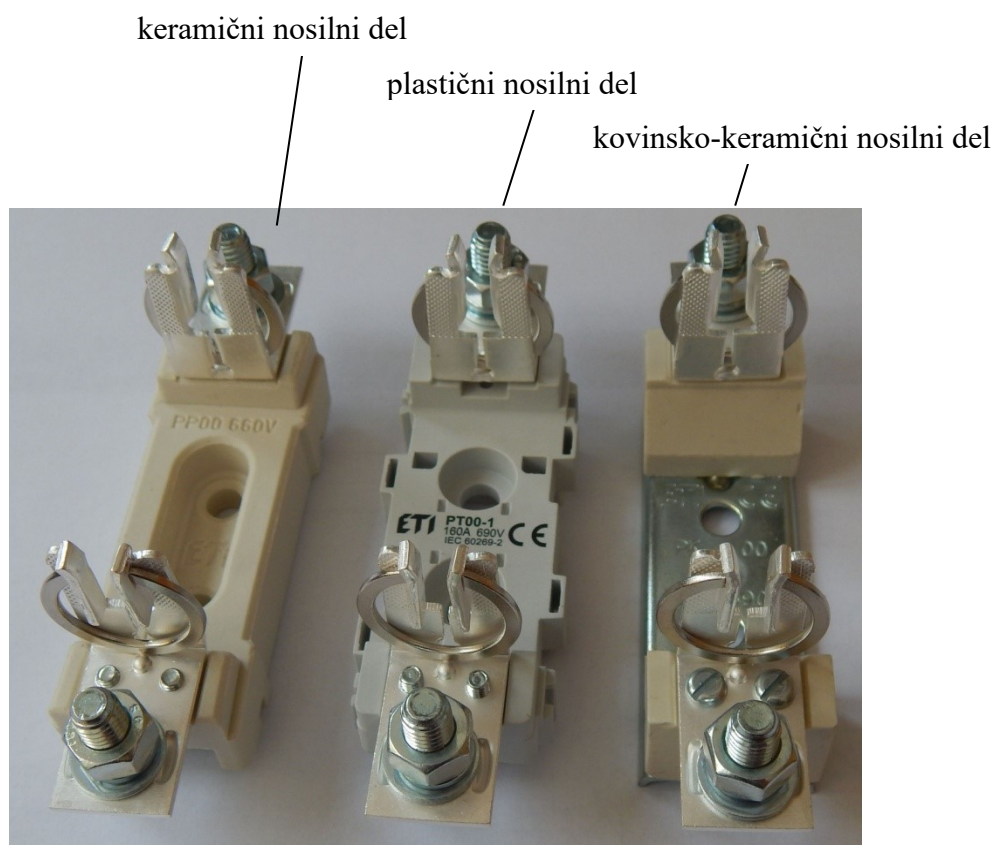
- nosilnega dela,
- kontaktnega peresa,
- vzmeti in
- priključne sponke.



Slika 3: Sestavnica NV podstavka[4].

Glede na izvedbo nosilnega dela razlikujemo NV podstavke:

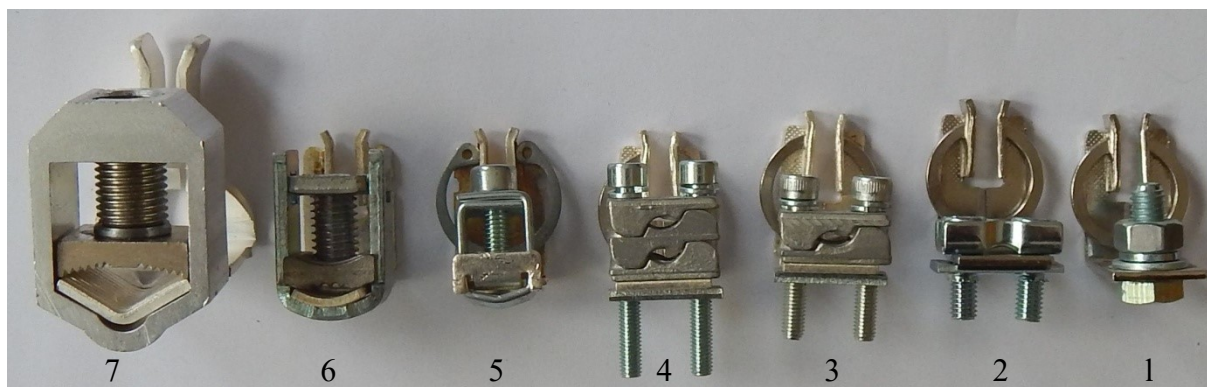
- plastični nosilni del,
- keramični,
- kovinsko – keramični in
- kovinsko – plastični.



Slika 4: Različni tipi NV podstavkov tipa 00, glede na nosilni del

Glede na vrsto priključka ločimo:

- enovijačna sponka - 1,
- dvovijačna sponka - 2,
- prizma sponka - enojna - 3,
- prizma sponka - dvojna - 4,
- kletkasta sponka - 5,
- U sponka - 6 in
- V sponka - 7.



Slika 5: Različni tipi priključnih sponk

Eden od pomembnejših sestavnih delov podstavka je električni kontakt, ki ga sestavlja kontaktno pero, vzmet in priključni vijak. Zelo pomembna je dobra kontaktna površina na peresu, tako na priključnem delu (priključni vijak), še bolj pa na kontaktnem delu (kontakt talilni vložek - kontaktno pero podstavka). Zelo pomemben dejavnik pri dobrem stiku je ustrezna izbira materiala za kontaktno pero in galvanska zaščita. V največji meri se uporablja kot osnovni material baker. Pri NV podstavkih manjših nazivnih tokov do 250 A nekateri proizvajalci uporabljajo medenino (CuZn). Galvanska zaščita kontaktnih peres je zelo pomemben dejavnik, saj lahko zelo vpliva na dober električni kontakt med kontaktnim peresom in kontaktom talilnega vložka. Izbira galvanskega nanosa je pomembna, saj v kolikor se izbere ustrezna vrsta, je dovoljeno večje segrevanje, ki ga predpisuje IEC 60269-1. Za galvansko zaščito se uporablja; srebro, nikelj in kositer.

Priključni vijaki se morajo priviti z ustreznim navorom privitja, da ohranjajo optimalen stik med priključnim vodnikom in kontaktnim peresom.



Slika 6: Različni tipi kontaktnih peres

3. DOLOČITEV DEJAVNIKOV ZA IZVEDBO MERITEV SEGREVANJA NV PODSTAVKA

Za pravilno izvedbo meritev segrevanja in padcev napetosti je treba pripraviti ustrezno priključitev podstavkov na električno napajanje in izbrati ustrezno merilno opremo.

Vse meritve segrevanja sem izvedel v skladu s standardoma IEC 60269-1 in 60269-2.

3.1 Pregled standarda IEC 60269-1

Nekaj splošnih informacij o izdajatelju standardov IEC :

IEC -Mednarodna komisija za elektrotehniko »The International Electrotechnical Commission«

IEC Central Office 3, rue de Varembe, CH-1211 Geneva 20, Switzerland

Email: inmail@iec.ch

Web: www.iec.ch

IEC 60269-1 velja za nizkonapetostne varovalke, kjer se uporabljajo talilni vložki z izklopno zmogljivostjo najmanj 6 kA, ter so namenjene zaščiti izmeničnih tokokrogov do 1000 V in enosmernih tokokrogov do 1500 V. V tem delu standarda so opisane splošne zahteve za talilne vložke in podstavke. Navedeni so tipski preizkusi za izpolnjevanje ustreznost karakteristik talilnih vložkov, ter predpisi glede označevanja izdelkov, uporabe ustreznih priključnih vodnikov in ostale zahteve, ki morajo biti izpolnjene za preizkušanje.

Za izvedbo segrevanja podstavkov je predpisan čas segrevanja podstavka, ki je pomemben zaradi stabilizacije temperature. Predpisani časi za segrevanje so enaki kot za delovanje talilnega vložka in so navedeni v standardu pod točko 5.6.2, ter so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Potrebni čas za merjenje temperature [5].

I_n (A)	Čas meritve (h)
$I_n < 16$	1
$16 \leq I_n \leq 63$	1
$63 \leq I_n \leq 160$	2
$160 \leq I_n \leq 400$	3
$I_n < 400$	4

Podstavek mora biti tako zasnovan in izdelan, da lahko v standardnih pogojih delovanja vstavimo talilne vložke nazivnih tokov, za katere je izdelan in jih med delovanjem ne poškodujejo. Segrevanje je določeno v točki 7.3, ter prikazano v tabeli 3. V standardu je določena razlika temperatur med izmerjeno in temperaturo okolice, ki se izračuna po enačbi (3.1).

$$\Delta T = (T - T_o) \quad (3.1)$$

ΔT –Nadtemperatura (K)

T – Izmerjena temperatura (°C)

T_o – Temperatura okolice (°C)

Tabela 3: Omejitev nadtemperature ΔT za kontaktna peresa in priključne sponke[5].

			Nadtemperatura (K)	
			Odprt	Zaprto
Kontakt	Z vzmetjo	Negalvaziniran baker	40	45
		Negalvazinirana medenina	45	50
		Galvaniziran s kositrom	55	60
		Galvaniziran z nikljem	70	75
		Galvaniziran s srebrom	c)	c)
	S privitjem	Negalvaziniran baker	55	60
		Negalvazinirana medenina	60	65
		Galvaniziran s kositrom	65	65
		Galvaniziran z nikljem	80	85
		Galvaniziran s srebrom	c)	c)
Priključne sponke		Negalvaziniran baker	55	60
		Negalvazinirana medenina	60	65
		Galvaniziran s kositrom	65	65
		Galvaniziran z nikljem ali srebrom	70 ^{d)}	70 ^{d)}

c) Omejeno samo, da ne povzroči škode na sosednjih delih

d) Omejitev dviga temperature je predpisana za uporabo PVC izoliranih vodnikov

Po standardu so za navedene vrednosti v tabeli pri posameznih vrsti materiala in galvanskih zaščitah še dodatne obrazložitve in zahteve, vendar jih nisem posebej navedel, saj ne vplivajo na merjenje segrevanja NV podstavka. Za meritev segrevanja NV podstavka je v tabeli 3 določena maksimalna nadtemperatura za galvanske priključke iz kositra na 65 K, iz niklja in srebra pa na 70 K.

Preseki priključnih vodnikov, ki so potrebni za posamezni nazivni tok, so prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: Presek bakrenih vodnikov za testiranje po točki 8.3 in 8.4 [5].

Nazivni tok A	Presek mm ² ali mm x mm
2	1
4	1
6	1
8	1,5
10	1,5
12	1,5
16	2,5
20	2,5
25	4
32	6
40	10
50	10
63	16
80	25
100	35
125	50
160	70
200	95
250	120
315	185
400	240
500	2 × 150 ali 2 × (30 × 5) ^{a)}
630	2 × 185 ali 2 × (40 × 5) ^{a)}
800	2 × 240 ali 2 × (50 × 5) ^{a)}
1000	2 × (60 × 5) ^{a)}
1250	2 × (80 × 5) ^{a)}
a) Priporočen presek za varovalke s priključitvijo na bakrene zbiralke. Vrsta in način priključitve naj bosta zapisana v merilnem poročilu. Za zbiralke mat črne barve naj bo razdalja med dvema zbiralkama iste polaritete približno 5 mm.	

3.1 Pregled standarda IEC 60269-2

V IEC 60269-2 so navedene dodatne zahteve za varovalke, ki jih lahko poslužujejo samo strokovno usposobljene osebe. Standard še posebej opisuje uporabo varovalk v industriji. V tem delu standarda so opisane zahteve in preizkusi za NV podstavke, ki jih je treba upoštevati pri izdelavi in testiranju. Predpisano je potrebno število vzorcev in vrsta preizkusa. Določene zahteve standarda se navezujejo na prvi del standarda IEC 60269-1. Za celotno preizkušanje NV podstavkov je predpisanih kar nekaj testov, ki pa lahko časovno potekajo tudi več tednov, kar bi bilo preobširno za izvedbo diplomske naloge.

V tabeli 5 so prikazani potrebni preizkusi za NV podstavke. Za izvedbo diplomske naloge sem izvedel testiranje segrevanja, ki je opisano pod točko 8.9. omenjenega standarda.

Tabela 5: Pregledna tabela testiranj za NV podnožja in število vzorcev za testiranje[6].

	Preskusi po podtočkah	Število vzorcev						
		1	1	1	1	1	1	5
8.5.5.1	Preverjanje izklopne zmogljivosti podstavka				x	x		
8.9	Preverjanje segrevanja						x	
8.10.1.2	Preverjanje priključitvenega spoja podstavka							x
8.11.1.2	Mehanska trdnost podstavka	x	x	x				
8.11.2.4	Preizkus na slabšanje izolacije talilnih vložkov in podstavkov	x	x	x				

Za izvedbo segrevanja NV podstavkov je treba pravilno izbrati priključni vodnik z ustreznim presekom, glede na nazivni tok preizkušene podstavka. Dolžina vodnika mora biti najmanj 1 meter, oziroma 2 metra, v kolikor imamo zaporedno priključene merjence. Priključni presek vodnika predpisuje IEC 60269-1 in je prikazan v tabeli 4.

Pri preizkusu je treba zagotoviti, da so priključni vijaki ustrezno privijačeni. V kolikor ni izveden ustrezen navor privitja priključnih vodnikov, lahko vpliva na rezultate segrevanja. Navor privitja priključnih vodnikov so navedeni v tabeli 6.

Tabela 6: Navor privitja vijakov glede na tip podstavka [6].

I_n A	Velikost	Velikost vijakov	Navor Nm
160	00	M 8	10
160	0 ^a	M 8	10
250	1	M 10	32
400	2	M 10/12	32
630	3	M 10/12	32
1000	4	M12	56
1250	4a	2 x M 12/16	56
^a Ni dovoljeno za nove inštalacije, razno za talilne vložke z udarno iglo.			

Eden od dejavnikov, ki vpliva na meritve segrevanja, je izvlečna sila talilnega vložka. Potek izvedbe merjenja izvlečne sile je opisan v točki 8.11.1.2. Z izvlečno silo je posledično povezana kontaktna sila med kontaktnim peresom podstavka in kontaktnim nožen talilnega vložka. V kolikor je kontaktna sila optimalna glede na naležno površino kontaktnega peresa, je tudi segrevanje podstavka manjše. Izvlečne sile glede na tip podstavka so prikazane v tabeli 7.

Tabela 7: izlečna sila talilnega vložka iz kotaktov podstavka [6].

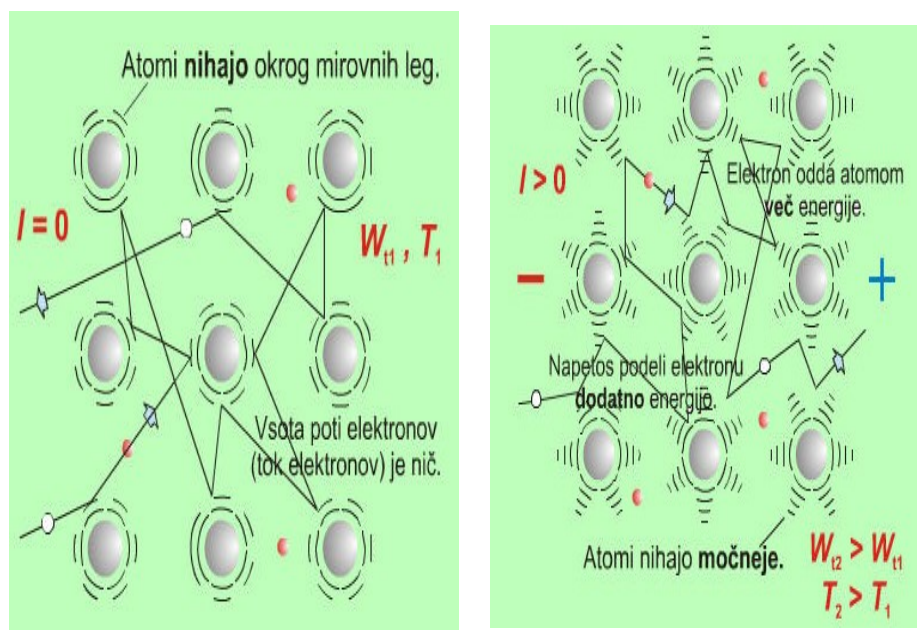
velikost	Izvlečna sila	
	$F_{min}(N)$	$F_{max}(N)$
00	60	250
0	80	300
1	110	350
2	150	400
3	210	400

4. VPLIV ELEKTRIČNEGA TOKA NA SEGREVANJE PODSTAVKA[7].

Električni tok se zaradi končnih upornosti vodnikov pretvarja v toploto, ki ni zaželjena v elektroinstalacijah, razen tam kjer toploto izkoriščamo. Sproščena toplota segreva vodnike električnih instalacij, naprav (elektromotorjev, transformatorjev „), ter varovalnih naprav, kot so varovalke in ogroža njihovo življensko dobo z visokimi temperaturami in povzroča izgube električne energije.

4.1 Fizikalno delo električnega toka[7].

Nosilci elektrine električnega toka pri napredovanju skozi snov (slika 7), oddajo del svoje kinetične energije atomom snovi in tako snov grejejo. Električni tok, ki teče skozi snov z določeno električno upornostjo, spreminja električno energijo v toplotno.



Slika 7: Vpliv električnega toka na temperaturo snovi[7].

Jakost električnega toka

Toplotni učinek električnega toka skozi vodnik je odvisen od gostote električnega.

$$J=I/A \quad (\text{A/m}^2) \quad (4.1)$$

J – gostota električnega toka (A/mm^2)

I – električni tok (A)

A – presek vodnika (mm^2)

Električna specifična prevodnost, upornost[7].

Različne snovi imajo različno električno prevodnost oziroma upornost. Upornost vodnika s presekom 1 mm^2 in dolžino 1 m pri temperaturi 20 °C , imenujemo specifična upornost snovi (ρ). Specifična upornost oziroma prevodnost(γ) je snovna lastnost. Najboljši električni prevodnik je srebro, sledijo pa mu baker, zlato in aluminij. Zlitine imajo praviloma večje specifične upornosti kot kovine, ki jih tvorijo. Tako je zelo pomembna ustrezna izbira materiala za izdelavo tokovodečih delov podstavka.

Tabela 8: Specifične upornosti in prevodnosti snovi [7].

Snov (pri 20 °C)	$\rho(\Omega m) \cdot 10^{-6}$	$\gamma(S/m) \cdot 10^6$	$\gamma(\%)Cu$
Čiste kovine			
srebro	0,016	61	105
baker	0,018	58	100
zlato	0,022	43	74
aluminij	0,028	36	62
volfram	0,055	29	31
cink	0,061	16,5	28
železo	0,1	10	17
platina	0,106	9,4	16
živo srebro	0,962	1,04	1,8
Zlitine			
medenina (CuZn)	0,063	15,9	27
nikelin (CuNiZn)	0,4	2,5	4,3
manganin (CuMnNi)	0,43	2,3	3,9
konstantan (CuNi)	0,5	2	3,4
cekas (NiCr)	1,1	0,9	1,5

Odvisnost tokovodečih delov od temperature[7].

Specifične upornosti snovi so izmerjene pri temperaturi 20 °C . Električni vodniki pa so pogosto izpostavljeni delovnim temperaturam, ki so višje ali nižje od 20 °C . Z izračuni in poskusi se je izkazalo, da je pri različnih temperaturah upornost snovi različna. Spremembi upornosti $1\text{ }\Omega$ pri spremembi temperature za 1 K , pravimo temperaturni koeficient upornosti

(α). Snovi, katerih upornost z naraščajočo temperaturo narašča, imajo pozitivni temperaturni koeficient upornosti in obratno.

Tabela 9: Temperaturni koeficienti snovi [7].

Snov	$\alpha(K^{-1})$
železo	0,0065
wolfram	0,0044
aluminij	0,004
baker	0,0039
srebro	0,0038
platina	0,0031
Zlitine	
medenina	0,0016
nikelin	0,00023
manganin	0,00001
konstantan	$\pm 0,00001$
grafit	-0,0013
ogljje	-0,0004

$$\Delta T = \Delta \vartheta (K)$$

$$\Delta \vartheta = \vartheta - 20^{\circ}C \text{ (}^{\circ}C\text{)} \quad (4.2)$$

$$\Delta R = R_{20} \cdot \Delta T \cdot \alpha(\Omega)$$

$$R_a = R_{20} + \Delta R(\Omega)$$

ΔT - sprememba absolutne temperature (K)

$\Delta \vartheta$ - sprememba Celzijeve temperature ($^{\circ}C$)

ϑ - dejanska temperatura ($^{\circ}C$)

ΔR - Sprememba upornosti zaradi spremembe temperature(Ω)

R_{20} - upornost pri 20 $^{\circ}C$ (Ω)

α - temperaturni koeficient (K^{-1})

R_a - upornost vodnika pri določeni temperaturi(Ω)

Sprememba upornosti zaradi spremembe temperature je premo sorazmerna z upornostjo pri 20 $^{\circ}C$, s spremembo temperature glede na 20 $^{\circ}C$ in temperaturnim koeficientom upornosti. Upornost vodnika pri določeni temperaturi je enaka vsoti upornosti pri 20 $^{\circ}C$ in spremembe upornosti ΔR .

5. IZDELAVA VZORCEV IN IZVEDBA MERITEV

5.1 Priprava vzorcev za izvedbo meritev PK 2 podstavka

Za izdelavo vzorcev sem uporabil kontaktna peresa dveh različnih izvedb (S in C izvedbe). Kontaktni peresi se razlikujeta po teži, površini in velikosti. Kontaktno pero C izvedbe je masivnejše, z večjo kontaktno površino na delu kontaktiranja s talilnim, oziroma modelnim vložkom. Pri S izvedbi je pa večja naležna površina na delu priključnega vodnika. Tehnični podatki obeh peres so prikazani v tabeli 10.

C izvedba



S izvedba



Slika 8: Kontaktno pero PK 2 C in S oblike

Tabela 10: Tehnični podatki PK 2 kontaktnih peres

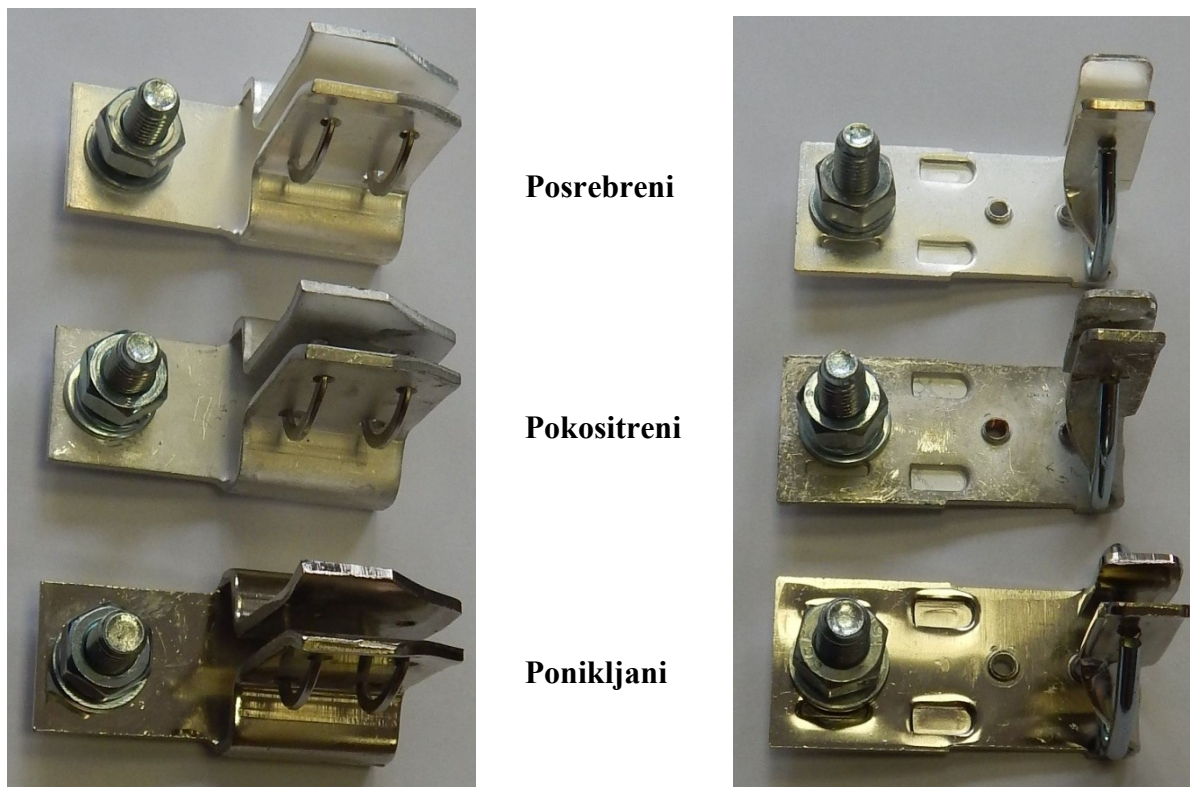
Kkontaktno pero		C izvedba	S izvedba
Material	-	baker	baker
Teža*	g	167,0	86,0
Volumen *	cm ³	19,2	10,0
Celotna površina*	cm ²	147,6	95,1
Presek **	mm ²	90,0	87,5
Debelina **	mm ²	3,0	2,5
Širina T***	mm	30	35
Širina P **	mm	35	15

* brez vijakov, matic, podložk, vzmeti

** presek, širina P in debelina kontaktnega peresa v območju priključnega vijaka

*** Širina T v območju kontaktiranja s talilnim vložkom

Kontaktne peresa, na katerih so se izvedle meritve, sem pripravil s tremi različnimi galvanskimi zaščitami. Uporabljena je bila galvanska zaščita z nikljem, srebrom in kositrom. Kontaktna peresa z različnimi galvanskimi zaščitami so prikazani na sliki 9.

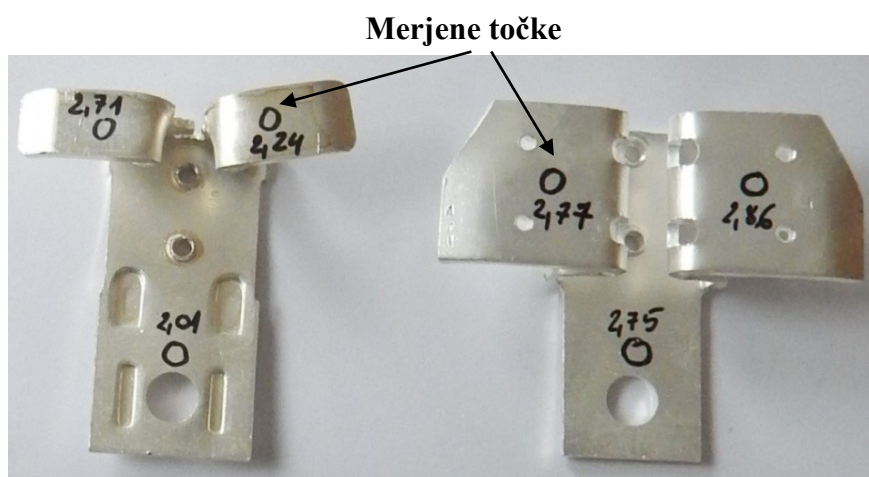


Slika 9: Kontaktna peresa z različnimi galvanskimi zaščitami

Debelina galvanskega nanosa se je izmerila na rentgenskem fluorescenčnem spektrometru z neporušno metodo. Debelina galvanskega nanosa je bila izmerjena v treh točkah; 2 x kontaktni površini talilnega vložka in 1 x kontaktna površina priključka. Debelina galvanskega nanosa je bila za;

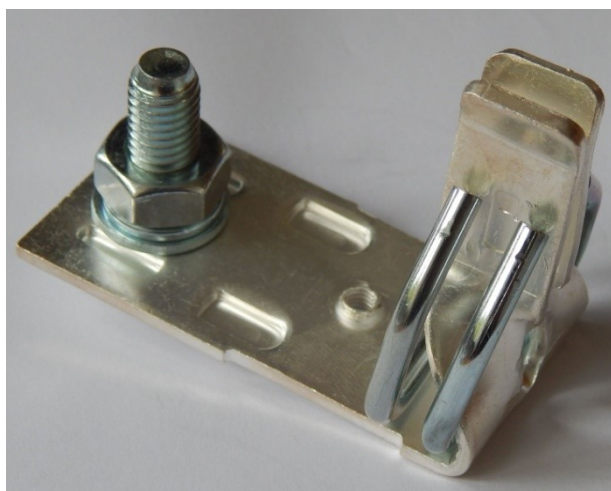
- srebro 2,01-2,86 μm ,
- kositer 3,63-7,74 μm in
- nikelj 3,06-6,00 μm .

Podrobnejši rezultati meritev so v prilogi 3.



Slika 10: Prikaz primera merjenih točk galvanskega nanosa na posrebrjenih peresih

Kontaktno silo na kontaktnem peresu sem spreminjal s pomočjo korekcij vzmeti, ki so vgrajene na kontaktnem peresu. Vzmeti so se dodale, oziroma odstranile in s tem se je povečala kontaktna sila in posledično vplivala na izvlečno silo talilnega vložka iz podstavka. Postopek merjenja izvlečne sile je opisan v poglavju 5.3.

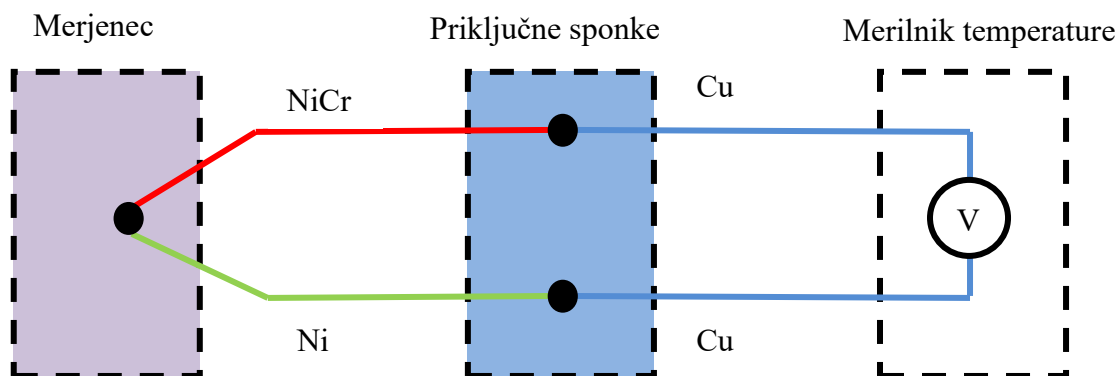


Slika 11: Kontaktno pero z 2 vzmetema - večja kontaktna sila

Tako pripravljena kontaktna peresa se privijačijo na keramično osnovo nato pa vse skupaj na kovinsko ploščo. Na podstavke z najmanjšo, srednjo in največjo izvlečno silo, ki so bili obdelani z različnimi galvanskimi zaščitami, sem namestil termočlene.

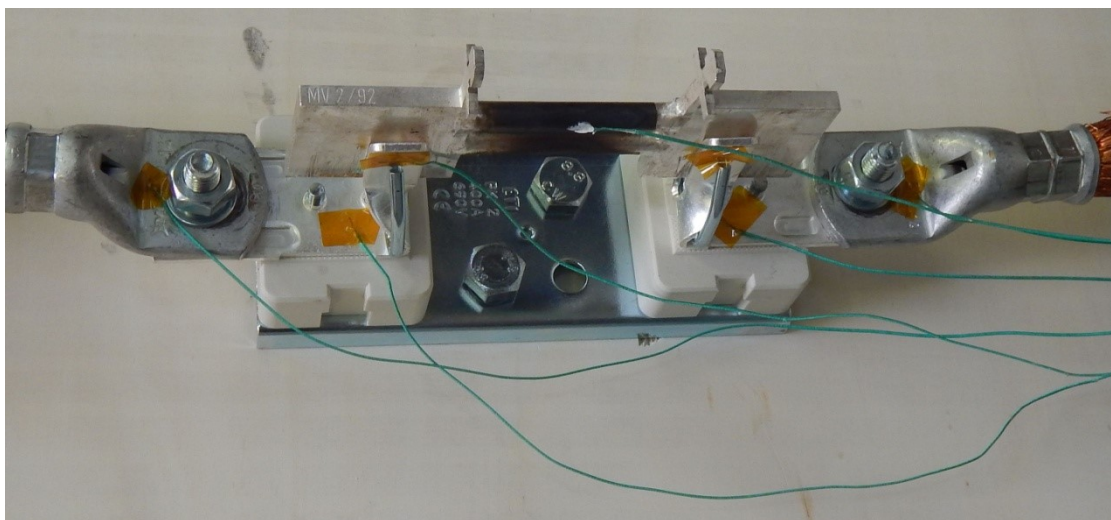
Termočlen je sestavljen iz dveh različnih prevodnih žic (NiCr – Ni), ki sta na merjenem koncu spojeni na drugi strani pa ločeno priključeni v merilni inštrument. Ob segrevanju merilnega mesta se na termočlenu ustvarja padec napetosti, ki ga zaznamo na merilnem inštrumentu kot

padec napetosti. Glede na temperaturo se spreminja napetost na sponkah termočlena in tako inštrumentu odčitamo vrednost temperature.



Slika 12: Shematski prikaz priključitve termočlena

Termočlene sem pritrdil na merjena mesta podstavka s pomočjo temperaturno obstojnega samolepilnega traku in dvokomponentnega lepila. Pri namestitvi termočlena je potrebno izolirati dele, kjer teče električni tok, saj drugače meritev ni možna. Na sliki 13 je prikazan PK 2 podstavek z nameščenimi termočleni.



Slika 13: Termočleni na PK podstavku

5.2 Opis preizkusa segrevanja

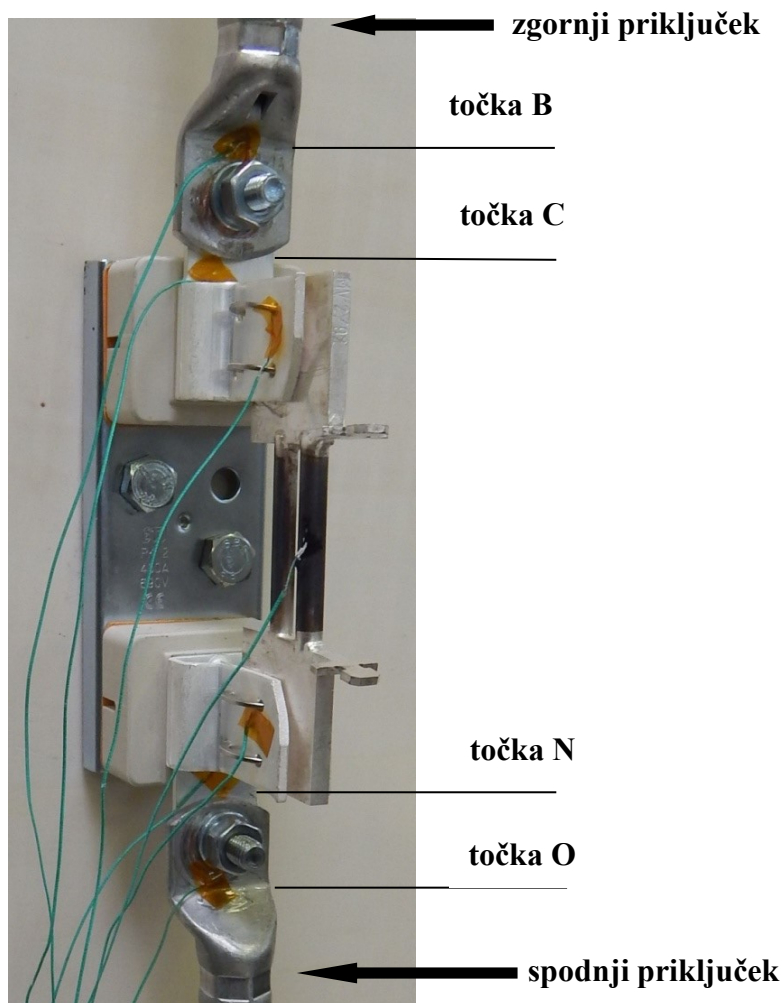
Za opravljanje preizkusa segrevanja je bilo treba v prostoru, kjer so potekale meritve, zagotoviti ustrezno temperaturo zraka okolice in namestiti temperaturna merilnika za merjenje

temperature okolice. Med preizkusom mora biti temperatura okolice med $+20^{\circ}\text{C}$ in $+30^{\circ}\text{C}$ in se med samim testom ne sme spremeniti za več kot 3 K. Temperatura zraka okolja mora biti zabeležena med zadnjo četrtino obdobja testa, z najmanj dvema temperaturnima zaznavama. To so lahko termometri ali termoelementi, ki so porazdeljeni okoli merjenca, na približno enaki višini in oddaljeni približno 1 meter. Temperaturna zaznavanja morajo biti zaščitena proti zračnemu toku in toplotnemu sevanju v okolici zaradi preprečevanja hitrih toplotnih sprememb. Natančno merjenje temperature zraka okolja je pomemben faktor, ki vpliva na rezultat segrevanja merjenca. Končni rezultat segrevanja je namreč razlika med izmerjeno temperaturo delov merjenca na izbranih točkah in izmerjeno temperaturo okoliškega zraka.

Meritve sem izvedel tako, da sem podstavke privijačil horizontalno na preizkusno tablo, ki je namenjena za preizkušanje podstavkov. Preizkušance sem nato povezal preko priključnih vodnikov s tokovnim generatorjem EKO TR-1 (priloga 1).

Ker je segrevanje odvisno tudi od povezovalnih vodnikov, je pomembna prava izbira preseka vodnika. Merjence sem zaporedno povezoval z izoliranimi bakrenimi vodniki, katerih presek je glede na različne vrednosti nazivnega toka podan v tabeli 4. Presek vodnika ima pomembno vlogo pri odvajanju toplotnega toka iz talilnega vložka. Po standardu je tudi določeno, da mora biti dolžina vodnika najmanj 1 meter. V primeru, da povežemo dva talilna vložka zaporedno pa mora biti vodnik med njima dolg vsaj 2 metra. Za dober kontakt med vodnikom in priključno sponko je treba pritrdilni vijak priviti z navornim ključem. Vrednosti navora privijanja za preverjanje mehanske trdnosti vijačnih priključkov so podane v tabeli 6. Vrednost navora privijanja se izbere glede na premer navoja, ki ga imamo, kjer pritrdimo vodnik. Vsaka velikost vijaka ima svoj navor zategovanja. Ustrezen navor zategovanja je pomemben, saj nam določa stik med dvema ploščama. S pravim stikom oziroma s pravilnim navorom dosežemo, da je na stiku najmanj izgub.

Za meritve so bili uporabljeni modelni talilni vložki, kjer je vpliv na segrevanje talilnih vložkov največji. Modelni talilni vložki so dimenzionirani tako, da imajo konstantno izgubno moč, ki je maksimalna predpisana za določeno velikost PK podstavka. Izgubna moč talilnih vložkov, ki se vstavijo v podstavek, ne sme biti večja, kot je predpisana za podstavek po standardu. Izgubna moč modelnega vložka za podstavek velikosti 2 je predpisana 45 W.



Slika 14: Položaj merjenja podstavka in merjene točke

Z izgubno močjo je povezano segrevanje talilnega vložka in z njim tudi PK podstavek. Glede na nazivno vrednost toka vstavljenih talilnih vložkov, je na tokovnem generatorju treba nastaviti električni tok in čas, ki je definiran v skladu s standardom IEC 60269. Električni tok je moral skozi vzorce teči zadosten čas, da se temperatura ustali pri končni vrednosti. S tem se doseže maksimalna temperatura segrevanja in maksimalno izgubno moč na modelnem vložku.

Pri izvedbi meritev podstavka PK 2 je maksimalna vrednost električnega toka 400 A, kar pomeni, da je treba segrevanje izvajati najmanj 3 ure. Po omenjenem času sem izvedel meritve padcev napetosti in segrevanja, ter jih zapisoval v tabelo. Padec napetosti je bil

pogojen tudi s stikom med nožem modelnega vložka in kontaktnim peresom podstavka. Pri večjem padcu pa se je stik tudi močnejše segreval.



Slika 15: Merilni instrument Metrel MD 903

Talilni vložki se zaradi toka skozi talilni element začnejo segrevati. Toplotni tok se iz talilnih vložkov odvaja preko kontaktov in priključnih sponk. Temperaturo zunanjih delov na določenih merilnih točkah sem meril s pomočjo merilnika temperature z oznako Anritherm HL610.



Slika 16: Merilni inštrument Anritherm HL610.

Za najbolj natančne rezultate je bilo treba na izbranih točkah izmeriti najvišjo doseženo temperaturo. Temperaturo pa sem meril tudi s pomočjo termočlenov, ki sem jih pritrdil

neposredno na točke meritev. Termočleni pa so bili povezani na napravo proizvajalca National instruments, ki vsebuje kartico za zajem podatkov iz termočlenov. Ta je preko USB priključka priključena na računalnik in je zajemala podatke.

5.3 Opis merjenja izvlečne sile

Kontaktne peresa morajo biti dovolj prožna, da je izvlečna sila v predpisanih mejah. V standardu IEC 60269-2 imamo opisano, kako izmerimo izvlečno silo. Izvlečno silo sem izmeril tako, da sem s pomočjo ročice, ki je ustvarila navor, vsakič izvlekel skupaj z modelnim vložkom iz PK podstavka. Preko vzvoda pa sem imel vmes senzor, ki je bil povezan na instrument Lutron FG-5100. Inštrument je vsakič zabeležil največjo silo, s katero sem izvlekel modelni vložek. Na vsakem vzorcu je bilo izvedenih 5 meritev iz katerih se je izračunala povprečno vrednost izvlečne sile. V standardu imamo tudi tabelo, ki nam določa najnižjo in najvišjo izvlečno silo. To prikazuje tabela 7.



Slika 17: Naprava za merjenje izvlečne sile.

Naprava za merjenje izvlečne sile je prikazana na sliki 17 in je izdelana v skladu z zahtevami standarda IEC 60269-2. Tehnične zahteve za izdelavo naprave so prikazane v prilogi 2.

Na sliki 18 je prikazan elektronski merilnik izvlečne sile .

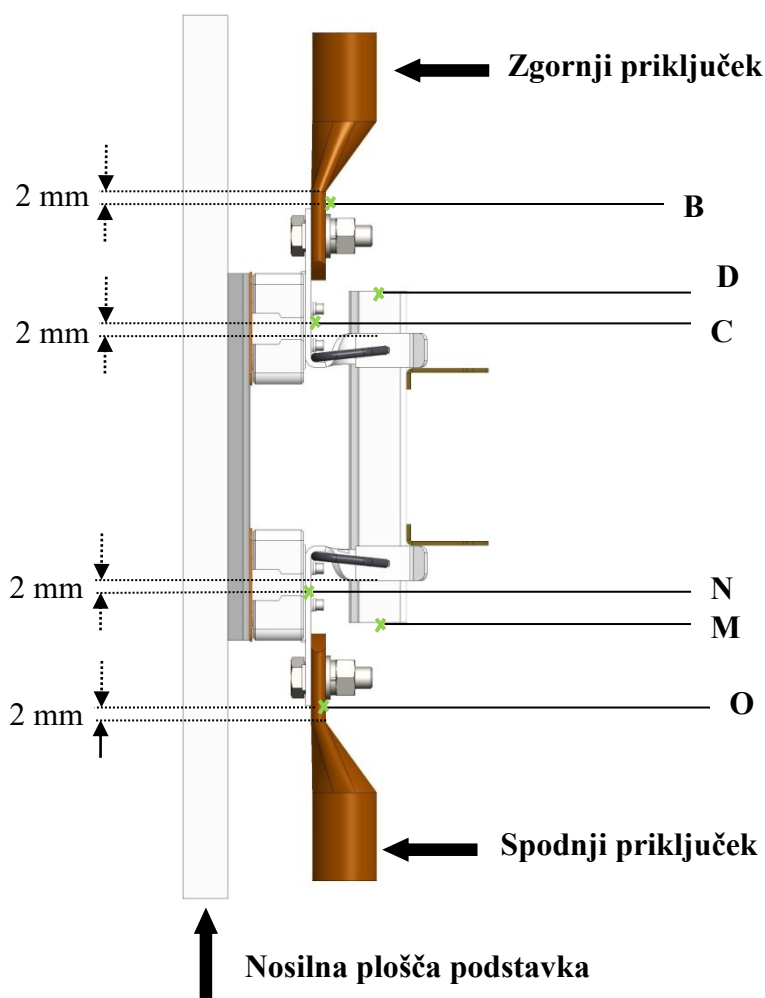


Slika 18: Merilnik Sile Lutron FG-5100

6.REZULTATI MERITEV

6.1. Predstavitev parametrov za merjenje segrevanja in padcev napetosti

Za merjenje segrevanja so bili uporabljeni podstavki PK 2 v dveh oblikovnih izvedbah kontaktnih peres (C in S izvedba) s tremi različnimi vrstami galvanske zaščite; srebrenje, kositranje in nikljanje. Meritve segrevanja in padcev napetosti so se izvedle v točkah po celotnem podstavku in so podrobneje prikazane v prilogi 4 in 5. Na sliki 19 so predstavljene merjene točke katere so predpisane za merjenje segrevanja po standardu in iz katerih dobimo vpliv na kontaktiranje.



Slika 19: Prikaz položaja merjenih točk na podstavku PK 2

Po standardu sta za merjenje segrevanja predpisani točki B in O. Na točkah C in N se bo ovrednotilo segrevanje kontakta, ki je pomembno pri izbiri primerne materiala za nosilni del. Padce napetosti sem meril med točkami B-C, C-E, L-N, in N-O, ki vplivajo na kvaliteto kontaktnega spoja.

Vse meritve so se izvedle z izmeničnim tokovnim generatorjem nizke napetosti. Za priključne vodnike so se uporabili izolirani bakreni vodniki preseka 240 mm^2 , ki so predpisani za nazivni tok 400 A. Vse meritve so bile opravljene pri nazivnem toku 400 A. Priključni vodniki so bili privijačeni z navorom 32 Nm.

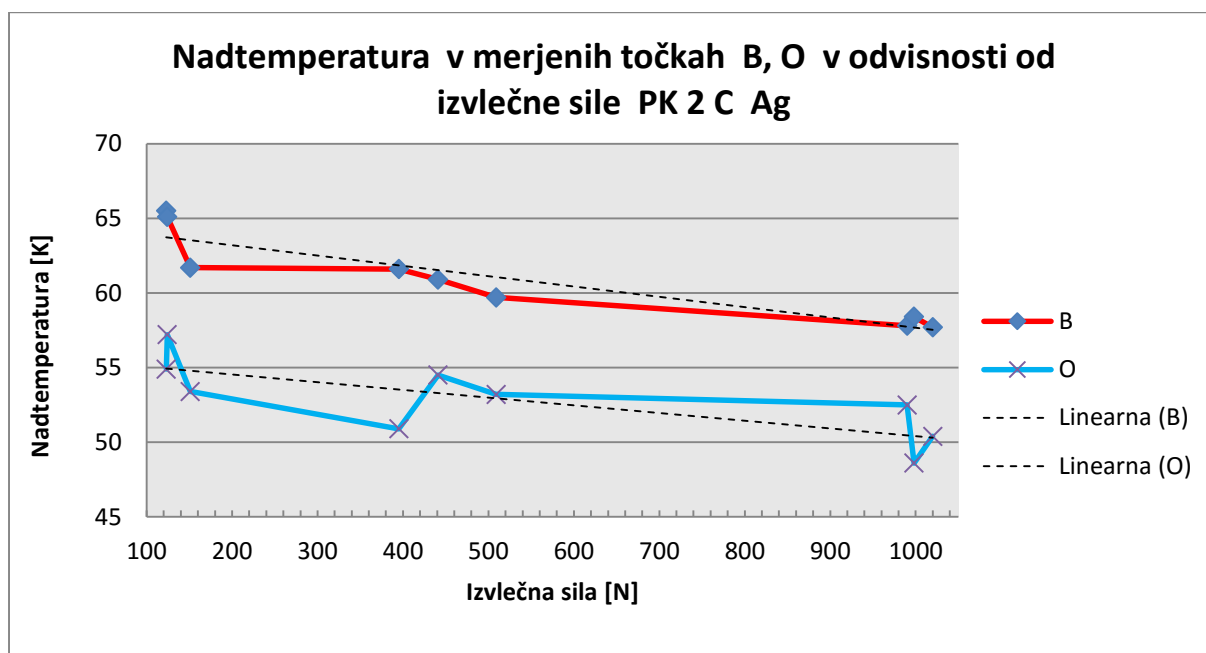
6.2. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s posrebrenimi peresi – PK 2 C Ag

V tabeli 11 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C s posrebrenimi kontaktnimi peresi C izvedbe.

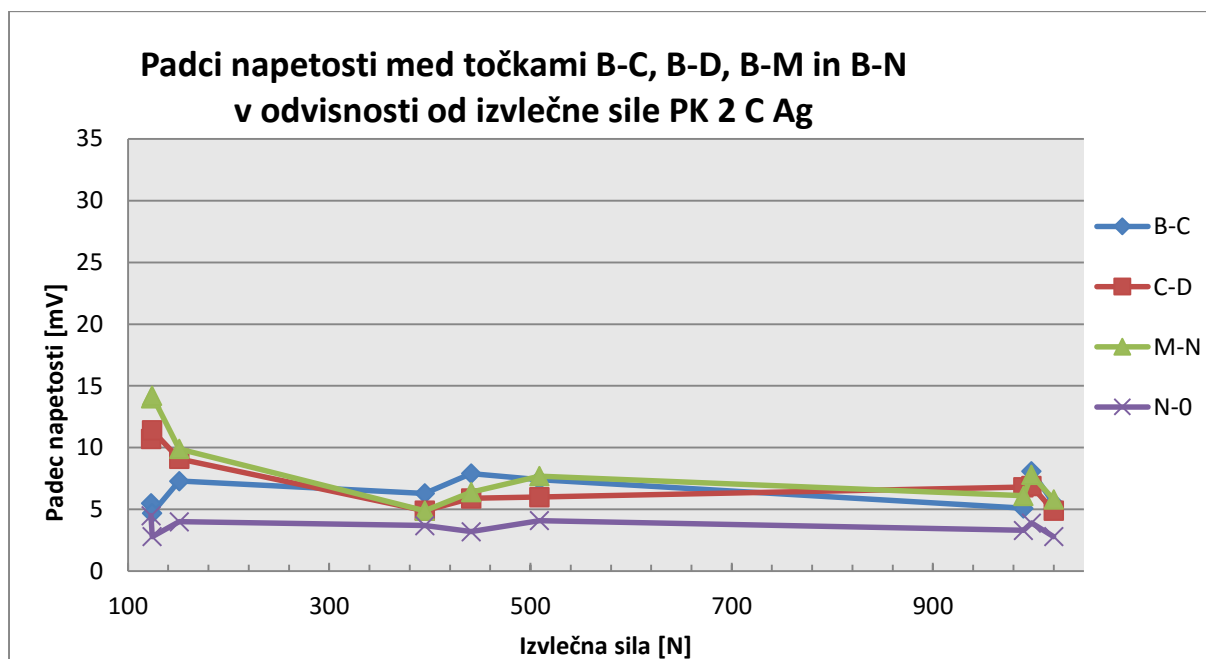
Tabela 11: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Ag

Podstavek PK 2 C v izvedbi s posrebrenimi kontaktnimi peresi (Ag)									
št..vzorca	Izvlačna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
C21	123	65,5	74,3	65,4	54,9	5,5	10,7	14,0	4,5
C20	124	65,1	74,6	64,2	57,2	4,7	11,4	14,2	2,8
C19	151	61,7	69,8	61,6	53,4	7,3	9,1	9,9	4,0
C18	395	61,6	68,6	59,1	50,9	6,3	4,9	4,9	3,7
C17	441	60,8	68,7	62,6	54,5	7,9	5,9	6,4	3,2
C16	509	59,7	67,0	60,5	53,2	7,4	6,0	7,7	4,1
C23	990	57,8	64,9	58,3	52,5	5,1	6,8	6,1	3,3
C24	998	58,4	65,2	55,5	48,6	8,1	6,9	7,8	3,9
C22	1020	57,7	64,7	56,9	50,4	5,5	4,9	5,8	2,8

Iz meritev je razvidno da je pri manjši izvlečni sili talilnega vložka iz podstavka več toplotnih izgub in tudi padci napetosti so večji. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 5,3 do 10,7 K. Padci napetosti na kontaktnem delu (C-D, M-N) so pri manjši izvlečni sili do 14 mV, pri maksimalni dopustni izvlečni sili (400 N) se ustali in pri večjih silah se zelo malo znižujejo.



Slika 20: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ag



Slika 21: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ag

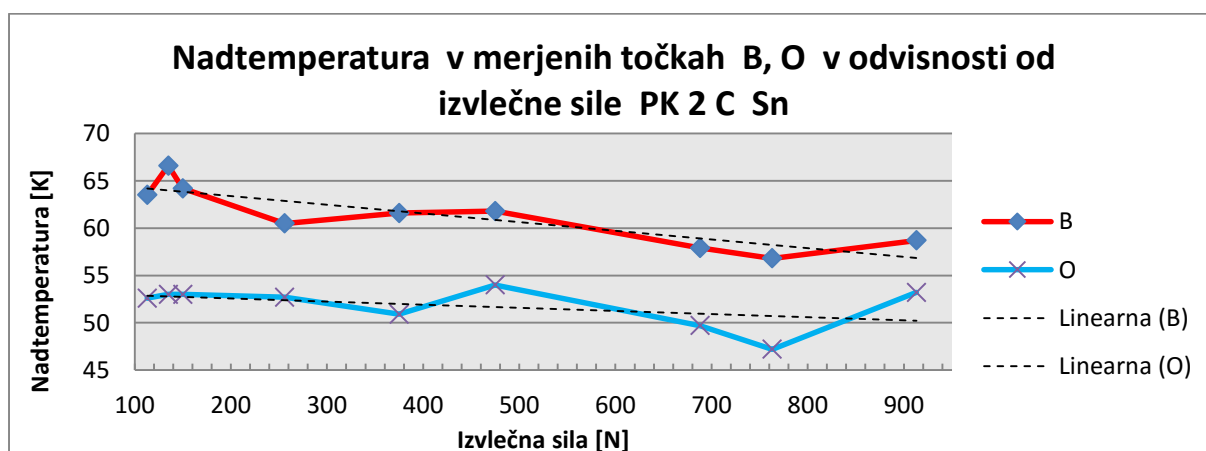
6.3. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s pokositrenimi peresi – PK 2 C Sn

V tabeli 12 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C s pokositrenimi kontaktnimi peresi C izvedbe.

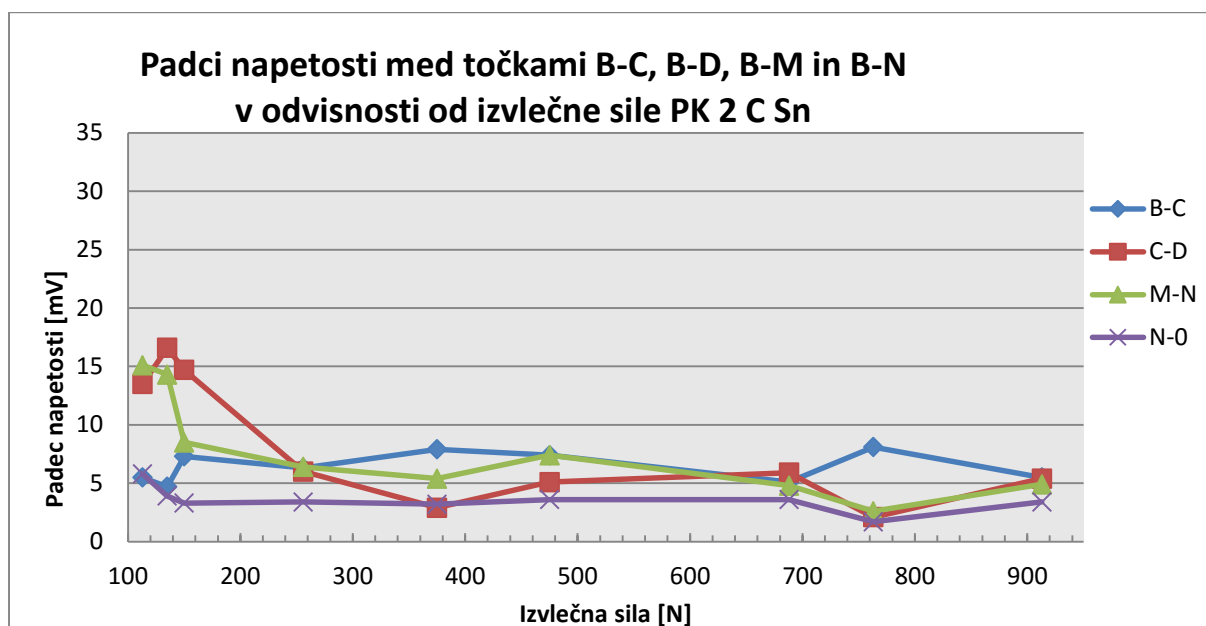
Tabela 12: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Sn

Podstavek PK 2 C v izvedbi s pokositrenimi kontaktnimi peresi (Sn)									
št..vzorca	Izvlačna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
C12	113	63,5	71,4	60,8	52,6	5,5	13,5	15,1	5,8
C11	135	66,6	76,5	67,1	53,0	4,7	16,6	14,3	3,9
C10	150	64,2	72,7	60,5	53,0	7,3	14,7	8,5	3,3
C7	256	60,5	68,8	60,0	52,7	6,3	6,0	6,4	3,4
C9	375	61,6	68,7	58,6	50,9	7,9	2,9	5,4	3,2
C8	475	61,8	69,6	62,3	54,0	7,4	5,1	7,4	3,6
C13	688	57,9	65,9	56,1	49,7	5,1	5,9	4,8	3,6
C15	763	56,8	62,9	53,2	47,2	8,1	2,1	2,6	1,7
C14	913	58,7	66,7	59,3	53,2	5,5	5,4	4,9	3,4

Iz meritev je razvidno, da pri manjši izvlečni sili 150 N talilnega vložka iz podstavka temperatura doseže skoraj 65 K. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 5,5 do 13,6 K. Padci napetosti na kontaktnem delu (C-D, M-N) so pri manjši izvlečni sili do 16,6 mV, kar kaže na slabše kontaktiranje pokositrenih kontaktnih peres. Pri minimalni dopustni izvlečni sili je segrevanje na zgornji predpisani meji, saj je za pokositrena peresa dovoljeno maksimalna nadtemperatura 65 K.



Slika 22: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Sn



Slika 23: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Sn

6.4. Rezultati meritev na podstavku PK 2 C v izvedbi s ponikljanimi peresi – PK 2 C Ni

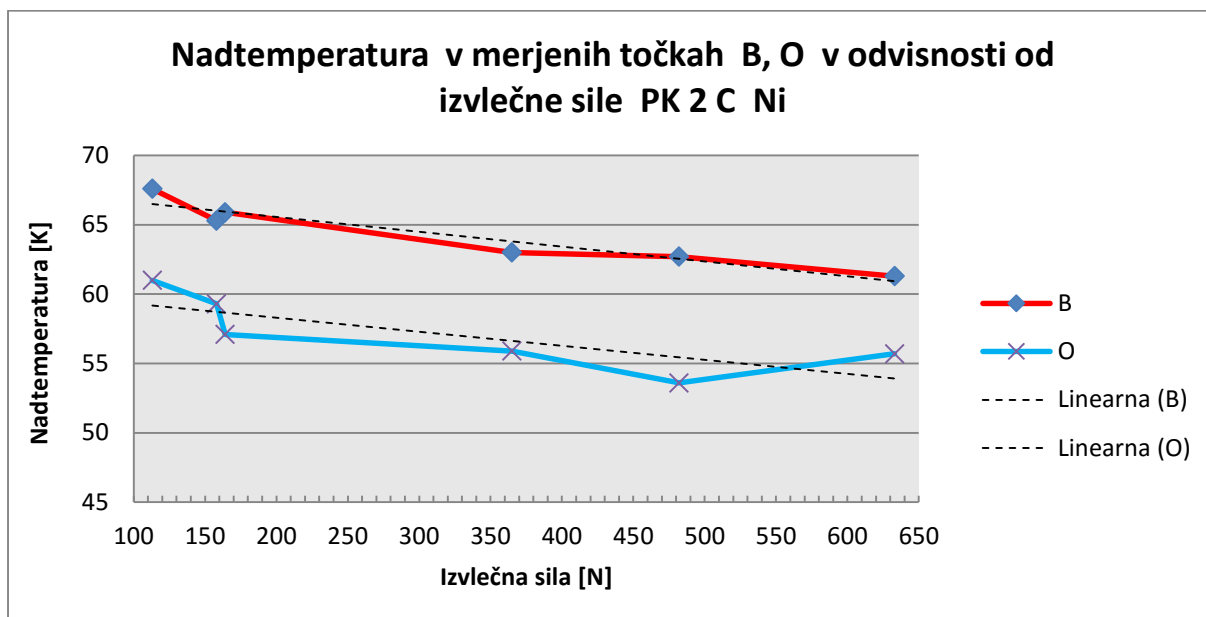
V tabeli 13 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C s ponikljanimi kontaktnimi peresi C izvedbe .

Tabela 13: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C Ni

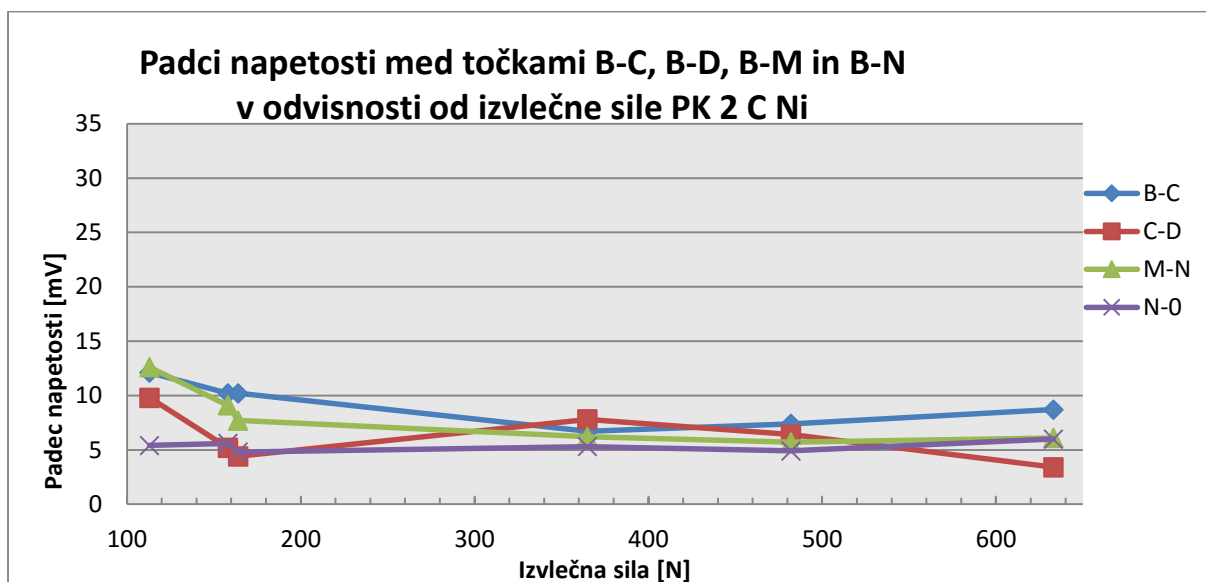
Podstavek PK 2 C v izvedbi s ponikljanimi kontaktnimi peresi (Ni)									
št..vzorca	Izvelčna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
C5	113	67,6	74,5	67,4	61,0	12,1	9,8	12,6	5,4
C4	158	65,3	71,6	63,2	59,3	10,2	5,2	9,1	5,6
C6	164	65,9	73,8	64,2	57,1	10,2	4,4	7,7	4,8
C2	365	63,0	68,4	60,5	55,9	6,7	7,8	6,2	5,3
C1	482	62,7	66,7	59,6	53,6	7,4	6,4	5,7	4,9
C3	633	61,3	68,2	62,3	55,7	8,7	3,4	6,1	6,0

Temperatura segrevanja pri majhni izvlečni sili (še dopustni 150 N) doseže že skoraj 66 K, kar je blizu dovoljene vrednosti 70 K. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 5,6 do 9,1 K. Padci napetosti na kontaktnem delu (C-D, M-N) se z večjo izvlečno silo

manjšajo, vendar so dokaj konstantni v kolikor gledamo območju še dovoljenih izvlečnih sil (150 N – 400 N).



Slika 24: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ni



Slika 25: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 C Ni

6.5 Analiza rezultatov meritev na podstavku PK 2 C izvedbe

Iz rezultatov meritev je razvidno, da je segrevanje v točki B in O, pri vseh izvedbah še znotraj dovoljenih mej. Vendar je izvedba s pokositrenimi kotaktnimi peresi na meji še dovoljenega,

saj standard dovoljuje maksimalno nadtemperaturo 65 K. Je pa na pokositrenih peresih največji vpliv kontaktne sile na segrevanje. Z višanjem izvlečne sile se nadtemperatura najbolj zniža. Pokositrena kontaktna peresa PK 2 C niso najbolj primerna za vgradnjo na podstavke, saj imajo pri minimalni izvlečni sili 150 N samo še 1 K nadtemperaturo pod dovoljeno vrednostjo. Ponikljano kontaktno pero ima glede na posrebreno kontaktno pero za okrog 3 K višjo nadtemperaturo, glede na približno enako izvlečno silo. Nadtemperatura pri minimalni izvlečni sili 150 N je za 2-3 K višja, glede na maksimalni izvlečno silo 400 N, pri vseh uporabljenih galvanskih zaščitah na kontaktnem peresu v merjenih točkah B in O.

Iz rezultatov meritev segrevanje je za uporabo v PK 2 podstavku najprimernejše posrebreno kontaktno pero.

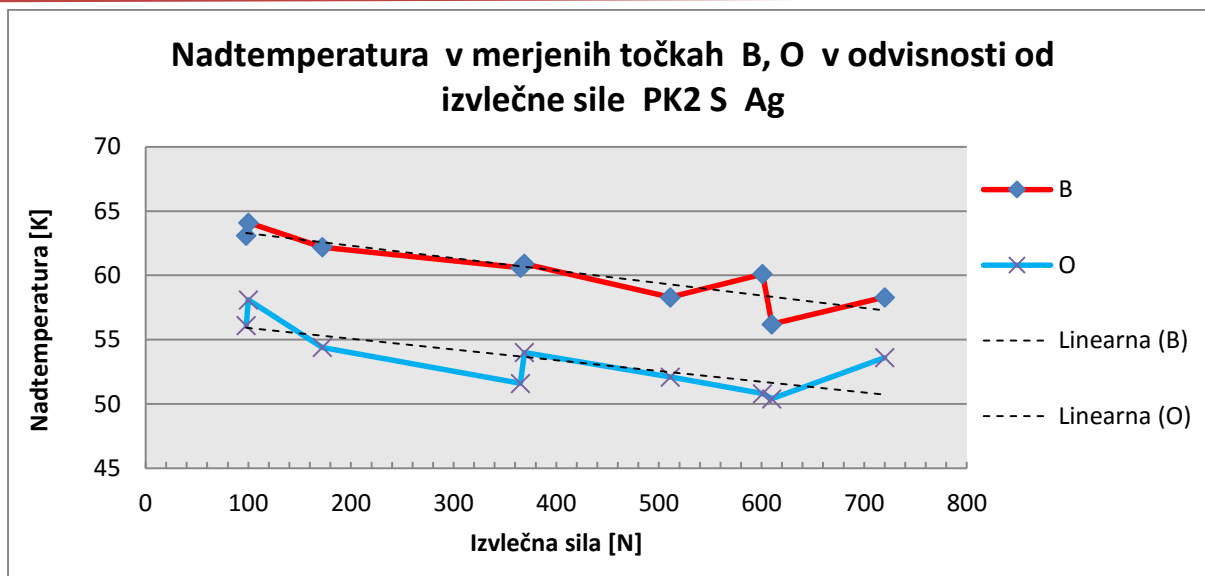
6.6 Rezultati meritev na podstavku PK 2 S v izvedbi s posrebrenimi peresi – PK 2 S Ag

V tabeli 14 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 S s posrebrenimi kontaktnimi peresi S izvedbe.

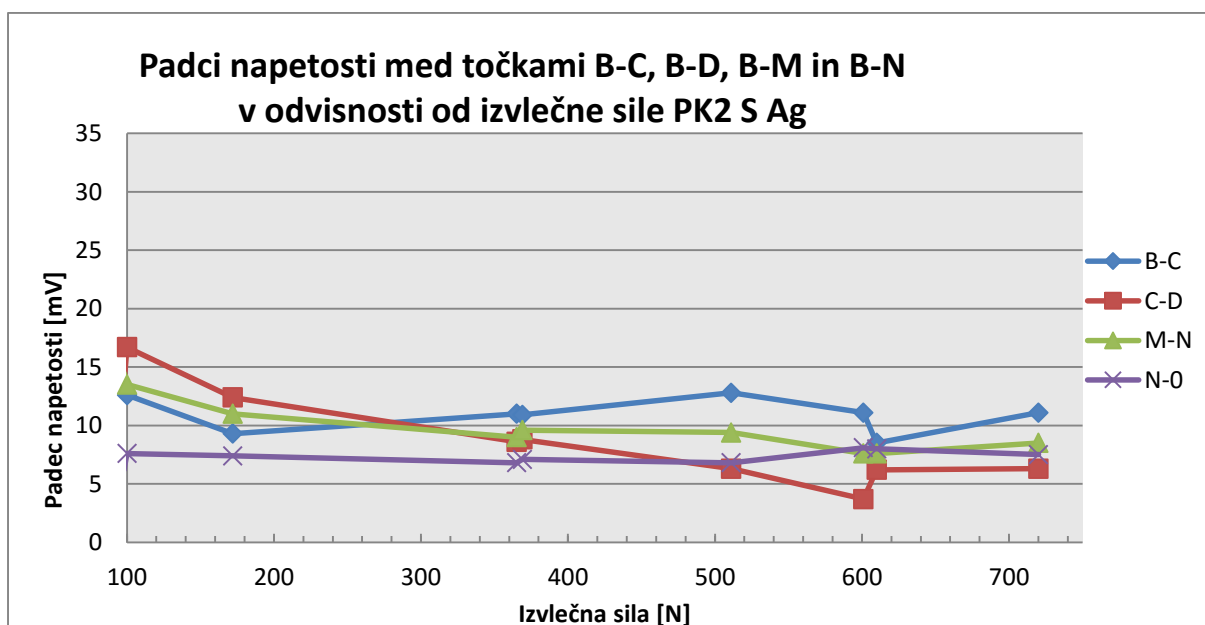
Tabela 14: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 S Ag

Podstavek PK 2 S v izvedbi s posrebrenimi kontaktnimi peresi (Ag)									
št..vzorca	Izvlečna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
S4	98	63,1	79,0	72,6	56,1	12,7	13,6	14,5	6,2
S5	100	64,1	81,8	75,9	58,1	12,6	16,7	13,5	7,6
S6	172	62,2	80,1	71,3	54,4	9,3	12,4	11,0	7,4
S9	365	60,6	77,3	66,9	51,6	11,0	8,6	9,0	6,8
S8	369	60,9	77,1	70,9	54,0	10,9	8,8	9,6	7,1
S7	511	58,3	73,3	68,3	52,1	12,8	6,3	9,4	6,8
S1	601	60,1	72,0	65,7	50,8	11,1	3,7	7,6	8,1
S3	610	56,2	77,2	66,9	50,4	8,5	6,2	7,6	8,0
S2	720	58,3	75,0	69,1	53,6	11,1	6,3	8,5	7,5

Iz meritev je razvidno, da je pri manjši izvlečni sili talilnega vložka iz podstavka, manjše segrevanje, kar prikazuje graf na sliki 26. Manjši so tudi padci napetosti. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 2,8 do 9,7 K. Padci napetosti na kontaktnem delu (C-D, M-N) so pri manjši izvlečni sili do 16,7 mV, pri maksimalni dopustni izvlečni sili (400 N) se ustali in se pri večjih silah zelo malo zmanjšuje.



Slika 26: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Ag



Slika 27: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK2 S Ag

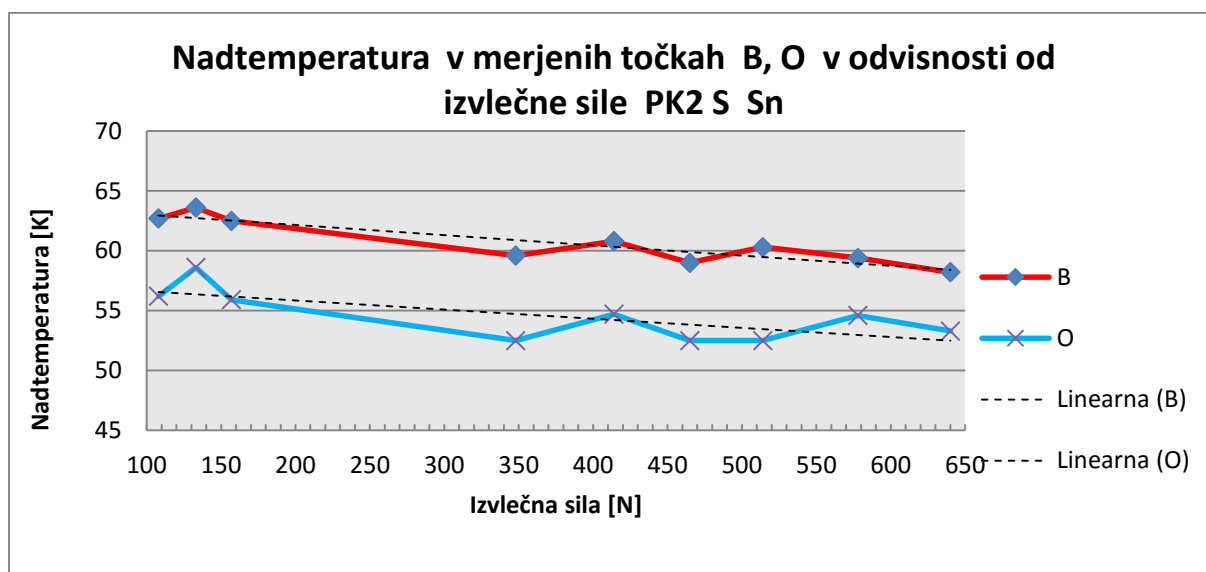
6.7 Rezultati meritev na podstavku PK2 S v izvedbi s pokositrenimi peresi – PK2 S Sn

V tabeli 15 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 S s pokositrenimi kontaktnimi peresi S izvedbe.

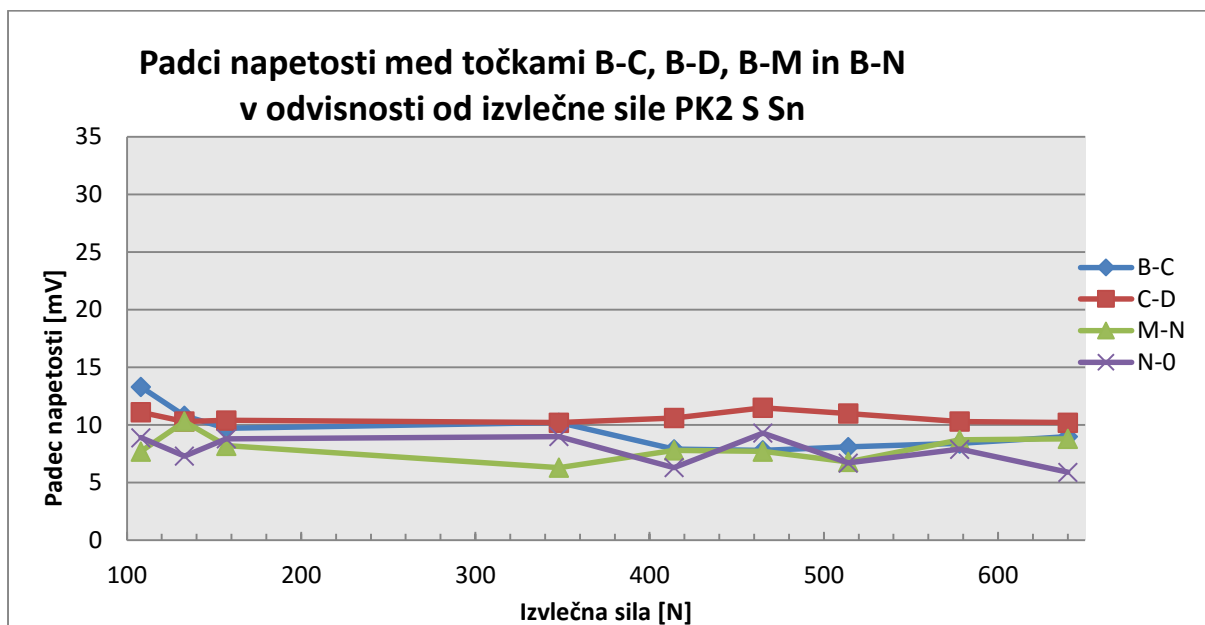
Tabela 15: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK2 S Sn

Podstavek PK2 S v izvedbi s pokositrenimi kontaktnimi peresi (Sn)									
št..vzorca	Izvlačna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
S22	108	62,7	81,0	71,9	56,2	13,3	11,1	7,7	8,9
S23	133	63,6	82,8	75,7	58,6	10,8	10,3	10,3	7,3
S24	157	62,5	83,3	74,7	55,9	9,7	10,4	8,2	8,8
S19	348	59,6	76,3	67,5	52,5	10,2	10,2	6,3	9,0
S20	414	60,8	79,3	69,7	54,7	10,5	8,0	10,8	6,3
S25	465	59,0	75,6	68,9	52,5	11,1	8,2	10,7	6,3
S21	514	60,3	80,6	69,8	52,5	12,8	6,3	6,8	6,7
S26	578	59,4	78,8	69,9	54,6	8,4	10,3	11,7	4,9
S27	640	58,2	76,9	68,1	53,3	9,0	10,2	8,8	5,9

Iz meritev je razvidno, da se nadtemperatura ne glede na velikost izvlečne sile ne zmanjšuje. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 5,0 do 9,3 K. Padci napetosti se glede na izvlečno silo ne nižajo, ampak so zelo neenakomerno razporejeni, kar prikazuje graf na sliki 29.



Slika 28: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Sn



Slika 29: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Sn

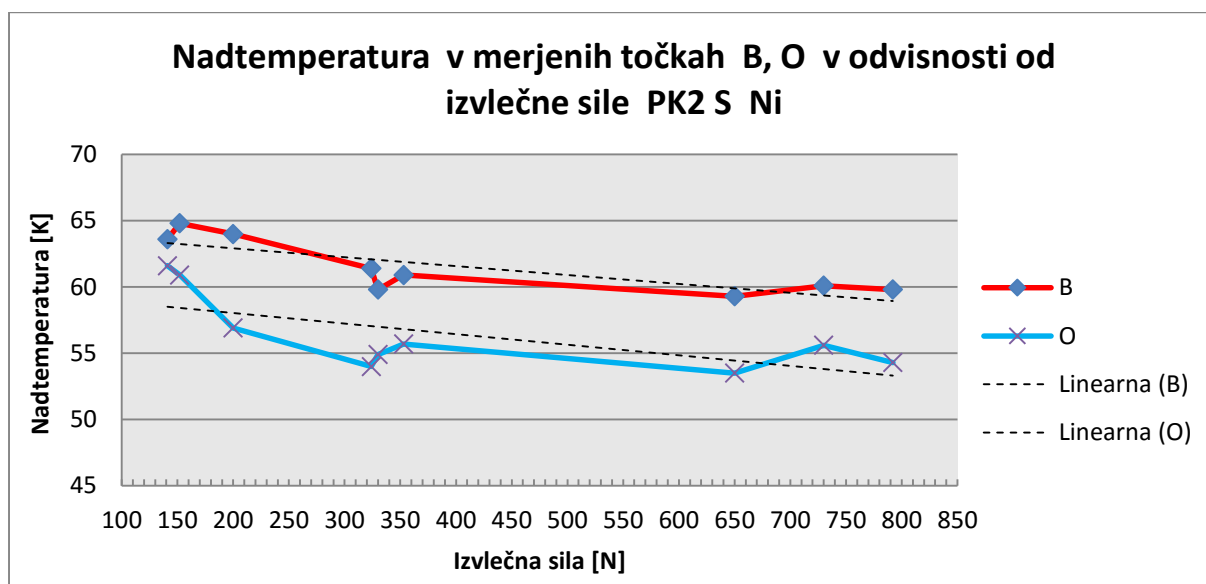
6.8 Rezultati meritev na podstavku PK 2 S v izvedbi s ponikljanimi peresi – PK2 S Ni

V tabeli 16 so prikazani rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK 2 C s ponikljanimi kontaktnimi peresi S izvedbe.

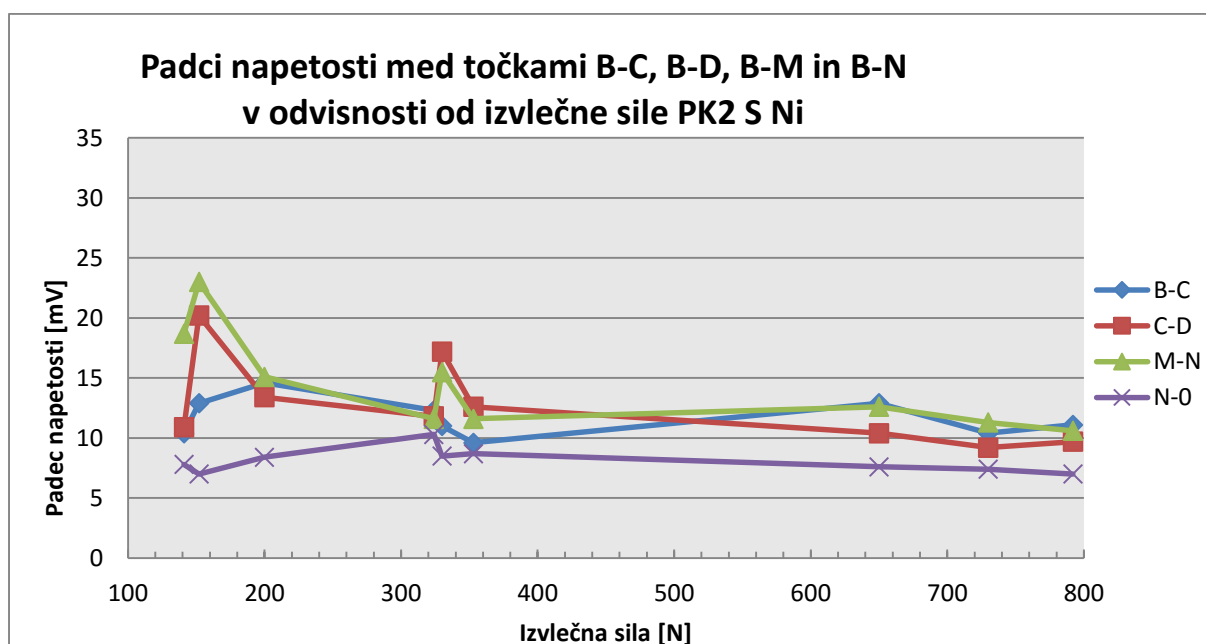
Tabela 16: Rezultati meritev segrevanja in padcev napetosti na podstavku PK2 C Ni

Podstavek PK2 S v izvedbi s ponikljanimi kontaktnimi peresi (Ni)									
št.vzorca	Izvlečna sila (N)	Nadtemperatura(K)				Padec napetosti (mV)			
		B	C	N	O	B-C	C-D	M-N	N-O
S14	141	63,6	80,4	74,4	61,6	10,4	10,9	18,7	7,8
S13	152	64,8	89,9	79,3	60,9	12,9	20,2	23,0	7,0
S15	200	64,0	82,2	76,3	56,9	14,6	13,4	15,1	8,4
S12	324	61,4	78,3	67,1	54,0	12,3	11,8	11,6	10,3
S10	330	59,8	77,1	73,2	54,9	11,0	17,2	15,5	8,5
S11	353	60,9	80,4	63,7	55,7	9,6	12,6	11,6	8,7
S16	650	59,3	67,2	63,4	53,5	12,9	10,4	12,6	7,6
S17	730	60,1	76,7	68,5	55,6	10,4	9,2	11,3	7,4
S18	792	59,8	77,8	68,0	54,3	11,1	9,7	10,6	7,0

Temperatura se glede na večanje izvlečne sile se enakomerno znižuje tako v točki merjenja B kot tudi v točki O. Razlika med merjeno točko B in O na istem podstavku je od 2,0 do 8,7 K.



Slika 30: Grafični prikaz nadtemperature v merjenih točkah B, O v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK 2 S Ni



Slika 31: Grafični prikaz padcev napetosti med točkami B-C, B-D, B-M in B-N v odvisnosti od izvlečne sile na podstavkih PK2 S Ni

6.9 Analiza rezultatov meritev na podstavku PK 2 S izvedbe

Iz rezultatov meritev je razvidno, da je segrevanje v točki B in O, kot ga predpisuje standard, pri vseh izvedbah še znotraj dovoljenih mej. Pri vseh izvedbah galvanske zaščite kontaktnih peres se z večanjem izvlečne sile znižuje nadtemperatura. Hitrost nižanja nadtemperature je pri vseh izvedbah približno enaka. Pokositrena kontaktna peresa imajo nadtemperaturo 2-3 K pod dovoljeno vrednostjo. Pokositrena peresa so zelo blizu zahtevam standarda, ki je 65 K, kar lahko povzroči prekoračitev dovoljenih vrednosti, zato niso najbolj primerna za uporabo v PK podstavkih. Ponikljana kontaktna peresa imajo pri minimalni izvlečni sili 150 N samo za 4 K nižjo nadtemperaturo od dovoljene, ki je 70 K. Nadtemperatura pri minimalni izvlečni sili 150 N je za 2-3 K višja, glede na maksimalni izvlečno silo 400 N, pri vseh uporabljenih galvanskih zaščitah na kontaktnem peresu v merjenih točkah B in O.

Pri posrebrenih kontaktnih peresih na podstavku PK 2 S so rezultati najboljši in so najbolj primerna za uporabo v celotnem področju še dovoljene izvlečne sile (150 N – 400 N) talilnega vložka iz podstavka.

SKLEP

Iz izvedenih meritev je razvidno, da je segrevanje podstavka pri manjši izvlečni sili intenzivnejše, praktično pri vseh izvedbah. Vpliv kontaktne sile, ki sem jo posledično določil z izvlečno silo od minimalne dovoljene vrednosti 150 N do maksimalne vrednosti 400 N je pri vseh uporabljenih galvanskih zaščitah na kontaktnem peresu v merjenih točkah B in O zmanjša za 2-3 K. Zaradi vertikalnega položaja montaže podstavka pri izvedbi meritve v območju dovoljenih vrednosti izvlečnih sil se točka B segreje od 5 do 10 K bolj kot točka O. Z meritvami segrevanja z modelnimi vložki se je izkazalo, da so še vse izmerjene vrednosti v skladu s standardom IEC 60269-1, kjer je predpisana maksimalna nadtemperatura 70 K za posrebreno in nikljano zaščito kontaktnih peres in 65 K za pokositrena kontaktna peresa. Najmanj primerna so pokositrena kontaktana peresa, ki imajo nadtemperaturo pri minimalni izvlečni sili 150 N v izvedbi PK 2 C samo še 1 K pod dovoljeno vrednostjo v izvedbi PK 2 S pa 2-3 K pod dovoljeno vrednostjo. Posrebrena kontaktna peresa se najmanj segrevajo v območju dovoljenih izvlečnih sil (150 N - 400 N). Z višanjem izvlečne sile nad 400 N je vpliv na intenziteto zniževanje segrevanja veliko manjši, kot pri izvlečnih silah pod 400 N.

Iz rezultatov je razvidno, da je segrevanje podstavkov PK 2 S in PK 2 C pri isti galvanski zaščiti zelo primerljivo, kljub temu, da je masa kotaktnega peresa PK 2 S za skoraj 50% manjša od kontaktnega peresa PK 2 C. Imata pa obe kontaktni peresi na delu kontaktiranja s priključnim vodnikom enak presek in s tem enako tokovno gostoto. Iz tega lahko sklepamo, da se večina toplote ki se sprosti na kontaktnem peresu odvede na priključne vodnike.

Segrevanje je eden prvih pokazateljev pri ustrezni izbiri kontaktnega peresa za izdelavo PK podstavkov. Za potrditev navedenih ugotovitev bo treba izvesti še ostale meritve, ki so zahtevane v okviru standarda IEC 60269-2.

PRILOGE

Priloga 1: Tokovni generator EKO TR-1

Izmenični tokovni generator je namenjen testiranju nizkonapetostnih varovalk in stikal. Ima vgrajen Siemensov krmilnik Simatic, ki avtomatsko prilagaja preizkusni tok v teku meritve. Preizkusni tok se nastavi preko SIEMENS-ovega »touch« (panela slika 32). Na preizkusnem tokovnem generatorju je možno sočasno meriti na 1 merilnem mestu. Največji možen preizkusni tok je 1000 A.



Slika 32: Prikazovalnik za nastavitve preizkusnih parametrov.



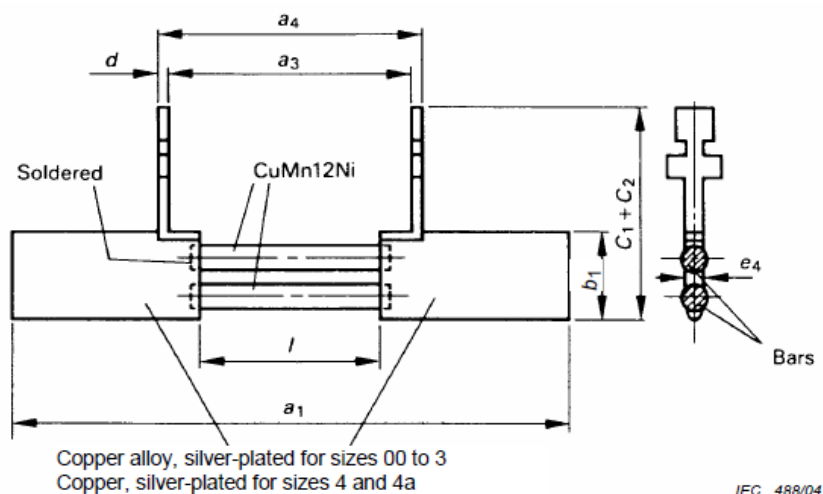
Slika 33: Prednja stran tokovnega generatorja.



Slika 34: Preizkusno polje tokovnega generatorja

Priloga 2: Modelni vložek in naprava za izvlečno silo po IEC 60269-2

Dimensions of the gripping-lugs, see Figure 101.



Dimensions in millimetres

For other dimensions, see Figure 101.

Size	l	P* W	R** mΩ	Bars	
				Number	Diameter
00	30,5 ⁰ ₋₃	12	0,47	1	7
0 ¹⁴⁾	46 ⁰ ₋₄	25	0,97	1	6
1	46 ⁰ ₋₄	32	0,51	1	8
2	46 ⁰ ₋₄	45	0,281	2	8
3	46 ⁰ ₋₄	60	0,151	3	9
4	54 ⁰ ₋₆	90	0,09	3	12
4a	54 ⁰ ₋₆	110	0,07	4	12

* At the largest rated current of the size.
 ** Measured at the gripping lugs; equalized with a tolerance of ±2 %.

Figure 105 – Dummy fuse-link according to 8.3.4.1, 8.9.1 and 8.10

Slika 35: Prikaz tehničnih zahtev za modelni vložek [6]

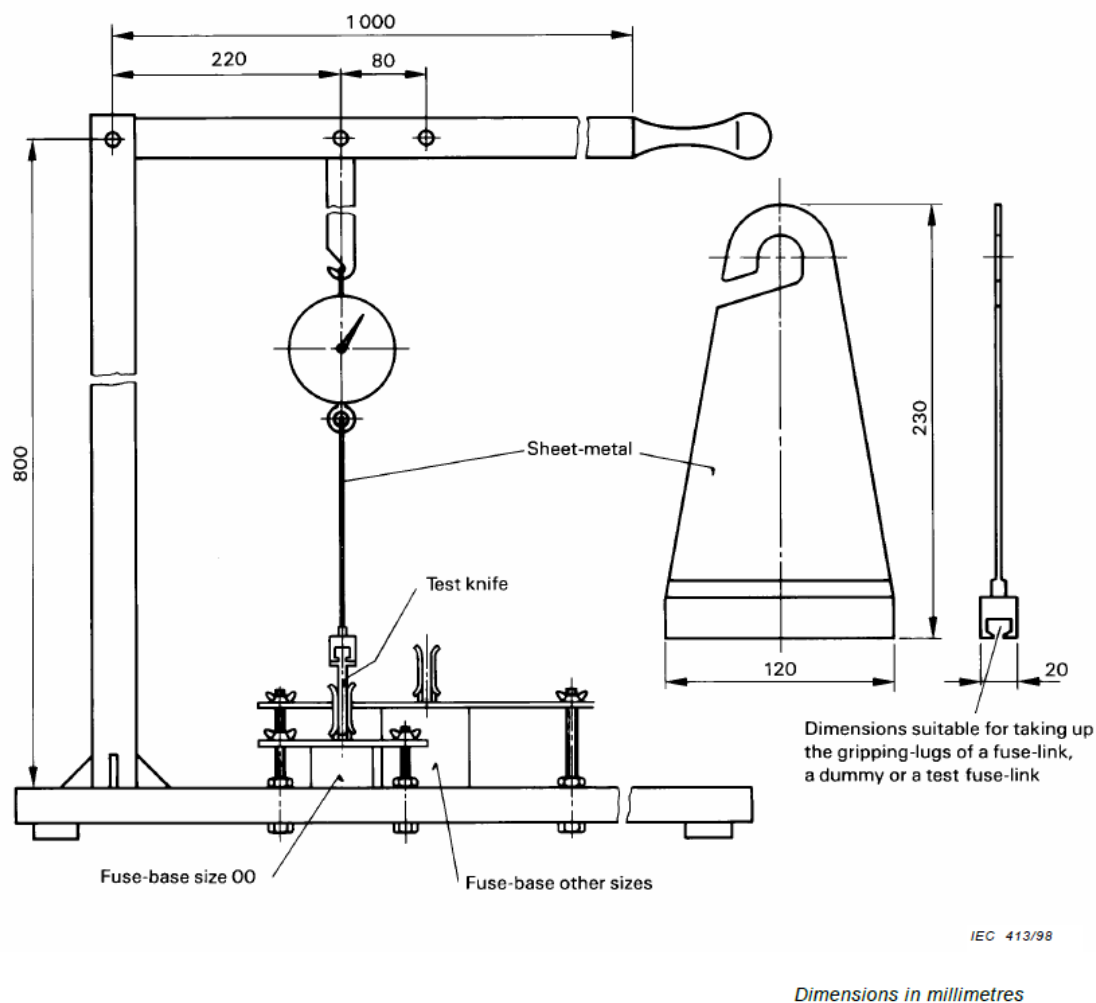


Figure 108 – Example of a measuring device for determining the withdrawal forces according to 8.9.1 and 8.11.1.2

Slika 36: Prikaz naprave za merjenje izvlečne sile [6]

Priloga 2: Navorni ključ

Vsi vijaki so bili privijačeni z navornim kjučem, ki je umerjen in je prikazan na sliki 37.



Slika 37: Zategovalni navorni ključ

Priloga 3: Meritve galvanskega nanosa na kontaktnem peresu

pero PK Ag

ETI d.d.

Izlake

Obrezija 5

Tel. 03 56 57 570

Instrument information

Unit number : 1
Unit description : CE7TWGS03
Tube : Toshiba, Anode : 74, Window : 14

Condition

High voltage : 40 kV
Tube current : 690 μ A
Measurement time : 30 s
Collimator : 0.300 mm ϕ

Results

cur.	Ag (μ m)	Date	Time
1	2.77	04/08/2016	12:30:18
2	2.86	04/14/2016	12:54:23
3	2.75	04/14/2016	12:55:13
4	2.71	04/14/2016	12:56:22
5	2.24	04/14/2016	12:58:26
6	2.01	04/14/2016	13:00:41

Slika 38 : Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (posrebreni)

pero PK Ni

ETI d.d.

Izlake

Obrezija 5

Tel. 03 56 57 570

Instrument information

Unit number : 1
Unit description : CE7TWGS03
Tube : Toshiba, Anode : 74, Window : 14

Condition

High voltage : 40 kV
Tube current : 690 μ A
Measurement time : 30 s
Collimator : 0.300 mm o

Results

cur.	Ni (μ m)	Date	Time
1	5.96	04/14/2016	12:41:13
2	6.00	04/14/2016	12:45:06
3	4.71	04/14/2016	12:47:27
4	3.06	04/14/2016	12:48:28
5	5.06	04/14/2016	12:49:39
6	6.02	04/14/2016	12:50:23

Slika 39 : Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (nikljani)

pero PK Sn

ETI d.d.

Izlake

Obrezija 5

Tel. 03 56 57 570

Instrument information

Unit number : 1
Unit description : CE7TWGS03
Tube : Toshiba, Anode : 74, Window : 14

Condition

High voltage : 40 kV
Tube current : 690 μ A
Measurement time : 30 s
Collimator : 0.300 mm o

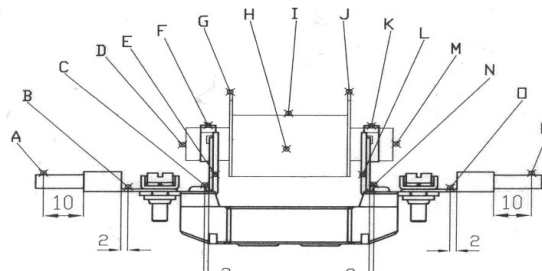
Results

cur.	Sn (μ m)	Date	Time
1	6.27	04/14/2016	12:21:10
2	7.55	04/14/2016	12:22:31
3	7.74	04/14/2016	12:23:25
4	3.63	04/14/2016	12:28:22
5	3.40	04/14/2016	12:29:09
6	3.96	04/14/2016	12:31:20

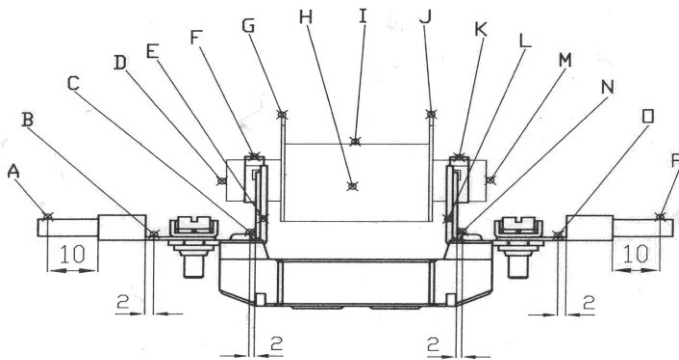
Slika 40: Rezultati meritev debeline galvanskega nanosa na kontaktnih peresih (kositrani)

Priloga 4: Rezultati meritev

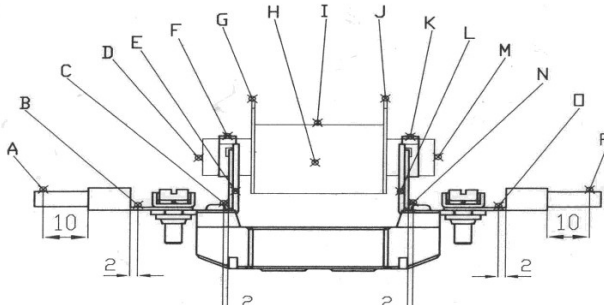
Na vseh vzorcih predstavljenih v poročilu se je izvedlo meritve segrevanja in padcev napetosti z ročnim merilnikom temperature in napetosti, po 3 urah od začetka meritve, kot so prikazana na sliki 41-46.

		TEST REPORT Acc. to standard: IEC 60269-2			Nr.: 11/2016	
					Date: 15.2.2016	
					Examiner: B.Pikelj	
Test object: Podstavek PK 2 C 400 A 690 V Ni (brez vzmeti) vzorec 3					Screw: M10	
Test conductors: 240 mm ²					Terminal:	
Model fuse link: Modelnivložek 45 W					Conductor preparation:	
Test current (A): 400					Screw torque (Nm): 32	
					Ambient temperature (°C): 22,6	
Sampl e Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
C4	A	60,7	38,3	/		
	B	87,7	65,3	/		
	C	94	71,6	10,2		
	D	110,8	88,4	15,4		
	E left	106,2	83,8	13,1		
	E right	102,6	80,2	14,7		
	F	117,1	94,7	18,4		
	G	116,1	93,7	19,2		
	H	/	/	/		
	I	183,4	161	/		
	J	110,8	88,4	129,1		
	K	116,3	93,9	131,3		
	L left	91,6	69,2	140,5		
	L right	96,8	74,4	139,8		
	M	110,2	87,8	134,0		
	N	85,6	63,2	143,1		
O	81,7	59,3	148,7			
P	46,4	24	/			
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:157, 147, 149, 165, 170, F _{pov} = 158		
						

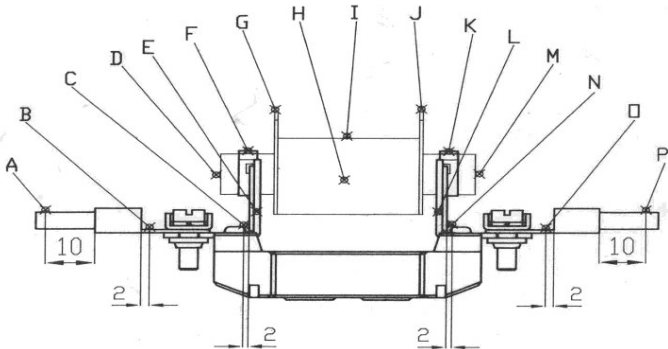
Slika 41: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Ni vzorec C4

 LABOR		TEST REPORT Acc. to standard: IEC 60269-2		Nr.: 11/2016		
				Date: 17.02.2016		
				Examiner: B.Pikelj		
Test object: Podstavek PK 2 C 400 A 690 V Sn (2 vzmeti) vzorec 1				Screw: M10		
Test conductors: 240 mm ²				Terminal:		
Model fuse link: Modelnivložek 45 W				Screw torque (Nm): 32		
Test current (A): 400				Ambient temperature (°C): 24,7		
Sampl e Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
C9	A	62,8	38,1	/		
	B	86,3	61,6	/		
	C	93,4	68,7	7,9		
	D	109,8	85,1	10,8		
	E left	104,6	79,9	9,7		
	E right	104,8	80,1	10,7		
	F	115,2	90,5	14,7		
	G	111,1	86,4	15,4		
	H	/	/	/		
	I	181,5	156,8	/		
	J	96,6	71,9	124,5		
	K	101,7	77	125,8		
	L left	92,7	68	129,3		
	L right	93,7	69	129,7		
	M	97,5	72,8	127,8		
	N	83,3	58,6	133,2		
O	75,6	50,9	136,4			
P	47,3	22,6	/			
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:356, 364, 399, 381, 376, F _{pov} = 375		
						

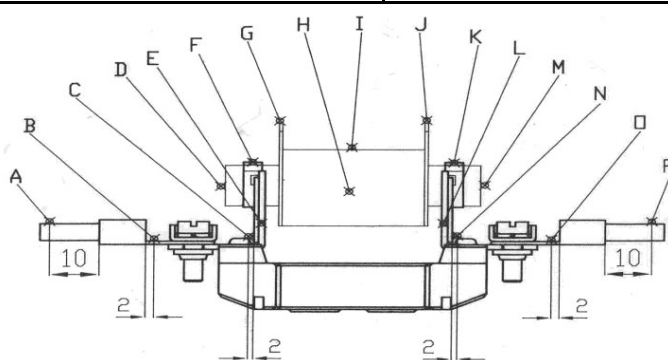
Slika 42: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Sn vzorec C9

 LABOR		TEST REPORT Acc. to standard: IEC 60269-2			Nr.: 11/2016	
					Date: 13.4.2016	
					Examiner: B.Pikelj	
Test object: Podstavek PK 2 C 400 A 690 V Ag (2 vzmeti) vzorec 1				Screw: M10		
Test conductors: 240 mm ²				Terminal:		
Model fuse link: Modelnivložek 45 W				Conductor preparation:		
Test current (A): 400				Screw torque (Nm): 32		
				Ambient temperature (°C): 23,7		
Samp le Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
C18	A	56,4	32,7	/		
	B	84,8	61,1	/		
	C	92,3	68,6	6,9		
	D	109,7	86	11,8		
	E left	94,3	70,6	9,7		
	E right	93,6	69,9	11,1		
	F	114,2	90,5	14,2		
	G	108,8	85,1	15,4		
	H	/	/	/		
	I	177,3	153,6	/		
	J	99,5	75,8	124,1		
	K	103,8	80,1	126,0		
	L left	94,2	70,5	129,4		
	L right	93,8	70,1	129,7		
	M	97,7	74	128,6		
	N	82,8	59,1	133,5		
	O	74,6	50,9	137,2		
	P	47,1	23,4			
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:395, 411, 388, 378, 404, F _{pov} = 395		
						

Slika 43: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 C Ag vzorec C18

ETI LABOR		TEST REPORT			Nr.: 14/2016	
					Date: 3.2.2016	
					Examiner: B.Pikelj	
Test object: Podstavek PK2 S 400 A 690 V Ag (1 vzmet) vzorec 2				Screw: M10		
Test conductors: 240 mm ²				Terminal:		
Model fuse link: Modelnivložek 45 W				Conductor preparation:		
Test current (A): 400				Screw torque (Nm): 32		
				Ambient temperature (°C): 25,4		
Sampl e Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
S8	A	62,2	36,8	/		
	B	86,3	60,9	/		
	C	102,5	77,1	8,5		
	D	131,1	105,7	17,3		
	E left	126,4	101	16,2		
	E right	121,8	96,4	17,1		
	F	131,4	106	20,0		
	G	125,3	99,9	21,4		
	H	/	/	/		
	I	183,1	157,7	/		
	J	115,9	90,5	131,3		
	K	122,1	96,7	132,7		
	L left	113,2	87,8	137,0		
	L right	115,5	90,1	136,5		
	M	117,7	92,3	134,6		
	N	96,3	70,9	144,2		
O	79,4	54,0	151,3			
P	50,4	25,0				
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:309, 374, 420, 434, 308, F _{pov} = 369		
						

Slika 44: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Ag vzorec S8

ETI LABOR		TEST REPORT			Nr.: 15/2016	
					Date: 9.3.2016	
					Examiner: B.Pikelj	
Test object: Podstavek PK2 S 400 A 690 V Ni (brez vzmeti) vzorec 3				Screw: M10		
Test conductors: 240 mm ²				Terminal:		
Model fuse link: Modelnivložek 45 W				Conductor preparation:		
Test current (A): 400				Screw torque (Nm): 32		
				Ambient temperature (°C): 25,8		
Sampl e Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
S13	A	53,1	27,3	/		
	B	90,6	64,8	/		
	C	115,7	89,9	12,9		
	D	159,2	133,4	33,1		
	E left	132,3	106,5	14,5		
	E right	138,5	112,7	18,5		
	F	158,7	132,9	31,9		
	G	148,7	122,9	33,2		
	H	/	/	/		
	I	189,7	163,9	/		
	J	141,2	115,4	140,5		
	K	149,6	123,8	141,8		
	L left	129,6	103,8	163,4		
	L right	135,8	110	164,4		
	M	143,4	117,6	148,1		
	N	105,1	79,3	171,1		
O	86,7	60,9	178,1			
P	52,2	26,4				
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:159, 157, 138, 163, 144, F _{pov} = 152		
						

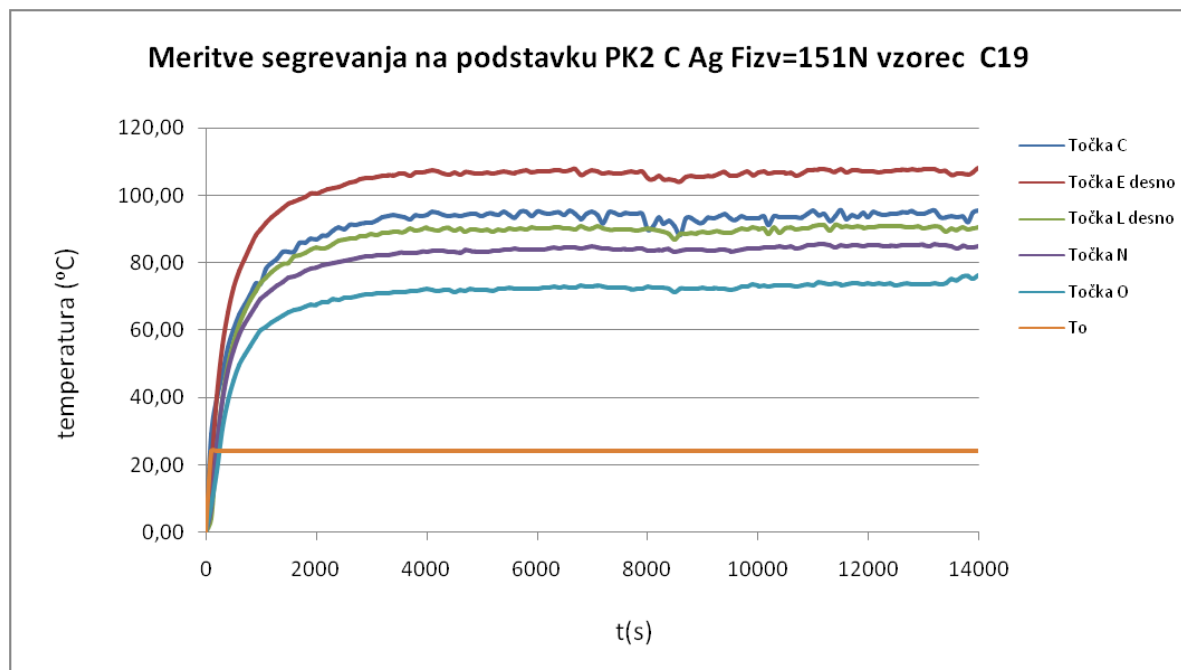
Slika 45: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Ni vzorec S13

ETI LABOR		TEST REPORT			Nr.: 16/2016	
					Date: 29.3.2016	
					Examiner: B.Pikelj	
Test object: Podstavek PK2 S 400 A 690 V Sn (brez vzmeti) vzorec 1				Screw: M10		
Test conductors: 240 mm ²				Terminal:		
Model fuse link: Modelnivložek 45 W				Screw torque (Nm): 32		
Test current (A): 400				Ambient temperature (°C): 25,9		
Sampl e Nr.	Measur e point	Temperature [°C]	Temperature [K]	U _{B-x} [mV]	U _{O-x} [mV]	Result
S24	A	60,6	36,4	/		
	B	86,7	62,5	/		
	C	107,5	83,3	9,7		
	D	136,2	112	20,1		
	E left	125,4	101,2	16,6		
	E right	127,2	103	16,9		
	F	136,0	111,8	22,5		
	G	127,5	103,3	22,1		
	H	/	/	/		
	I	197,0	172,8	/		
	J	121,3	97,1	130,3		
	K	130,1	105,9	132,4		
	L left	117,7	93,5	140,0		
	L right	122,4	98,2	141,1		
	M	125,0	100,8	137,1		
	N	98,9	74,7	145,3		
	O	80,1	55,9	154,1		
P	48,8	24,6				
R _{cold} [mΩ]:				P _{diss.} [W]:		
ΔU [mV]:				F [N]:159,151,141,172, 163, F _{pov} = 157		

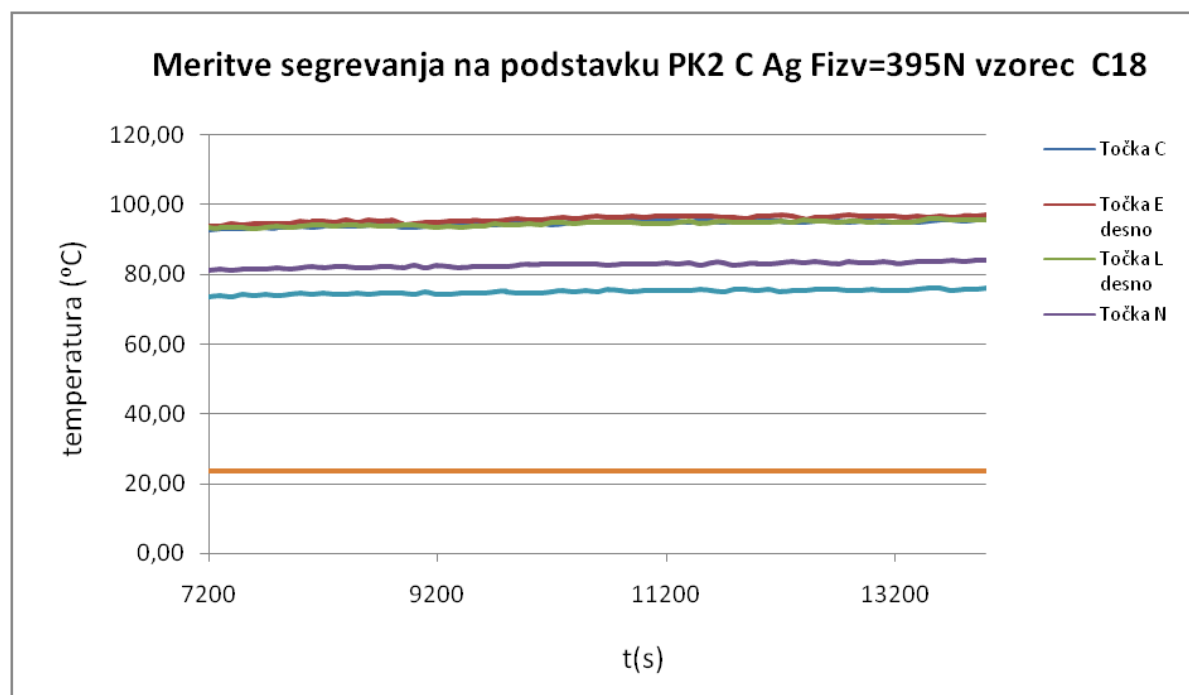
Slika 46: Primer rezultata meritev na podstavku PK 2 S Sn vzorec S24

Priloga 5; Rezultati meritev s termočleni

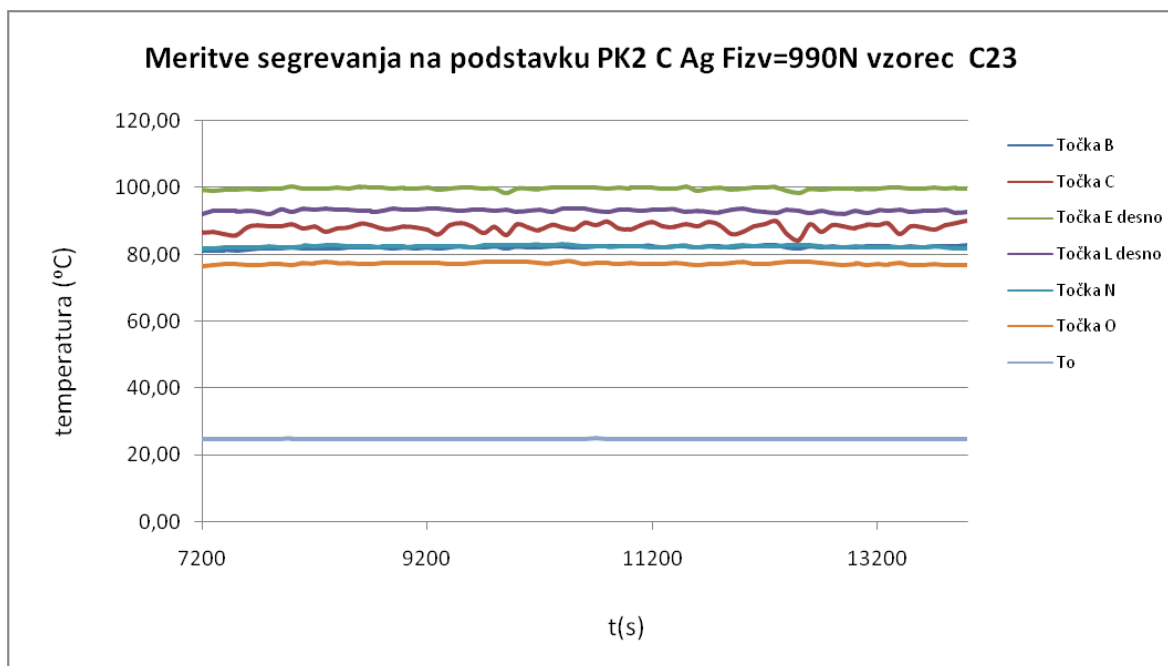
V prilogi so prikazani časovni poteki meritev segrevanja, ki so bile izvedene s pomočjo termočlenov.



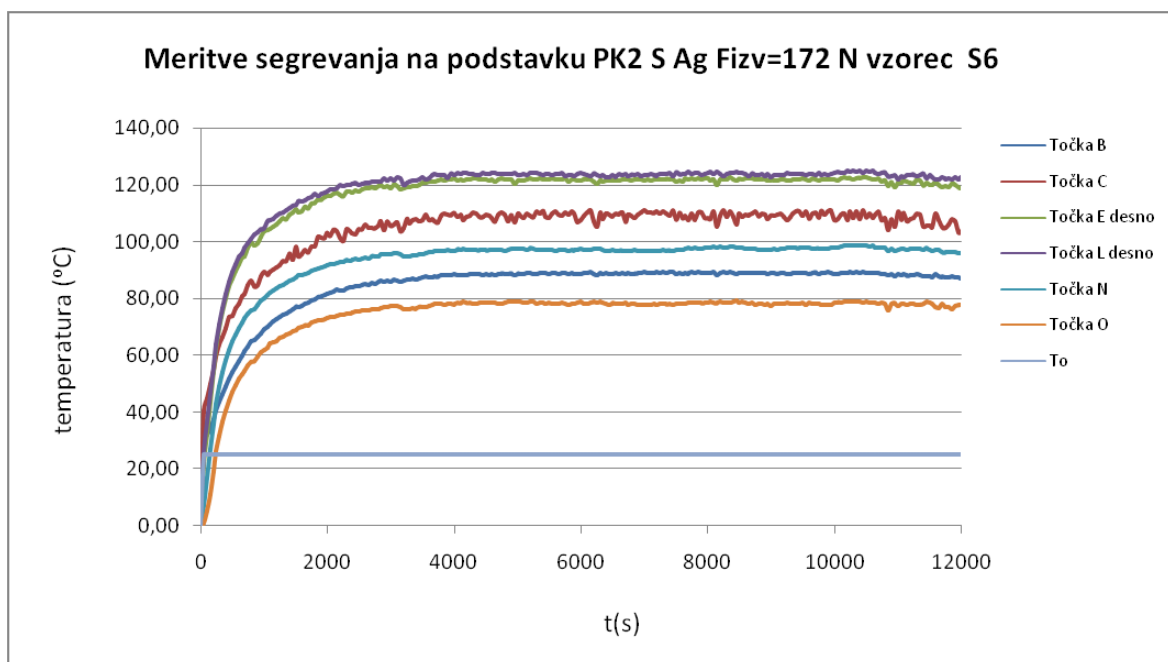
Slika 47: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C19



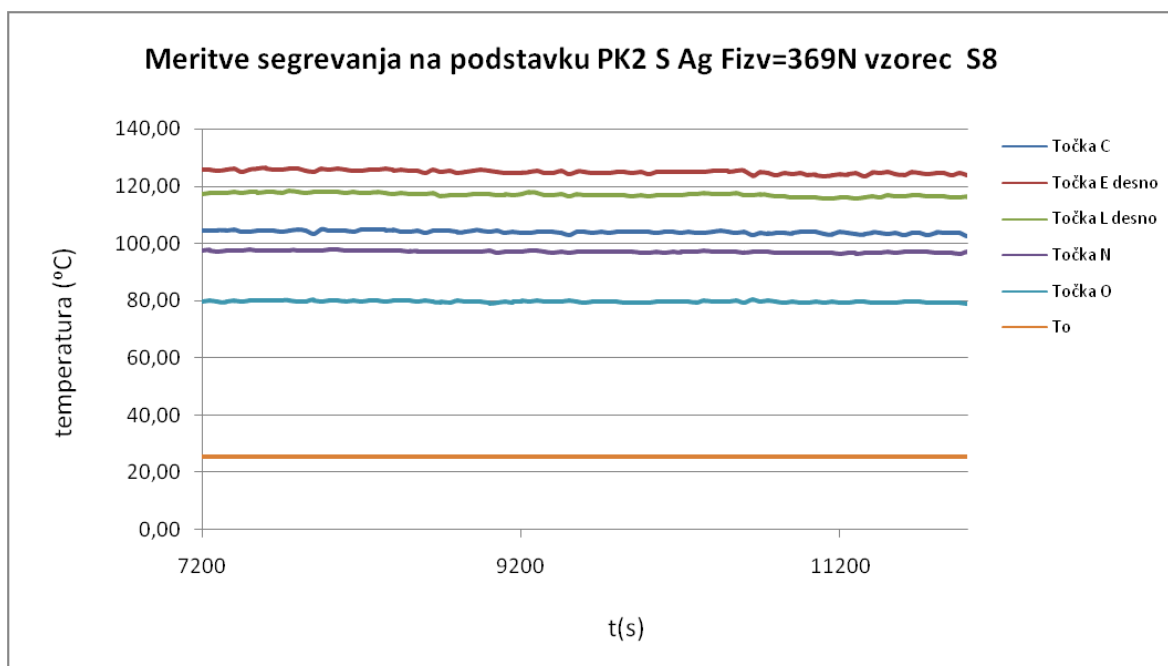
Slika 48: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C18



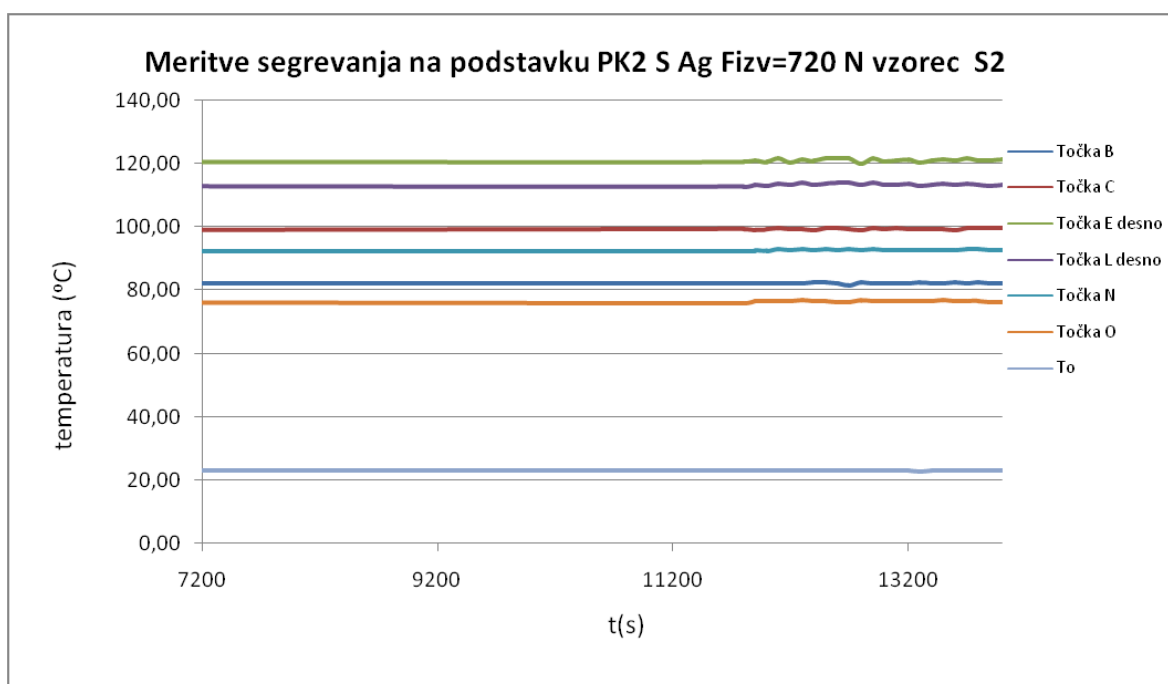
Slika 49: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ag vzorec C23



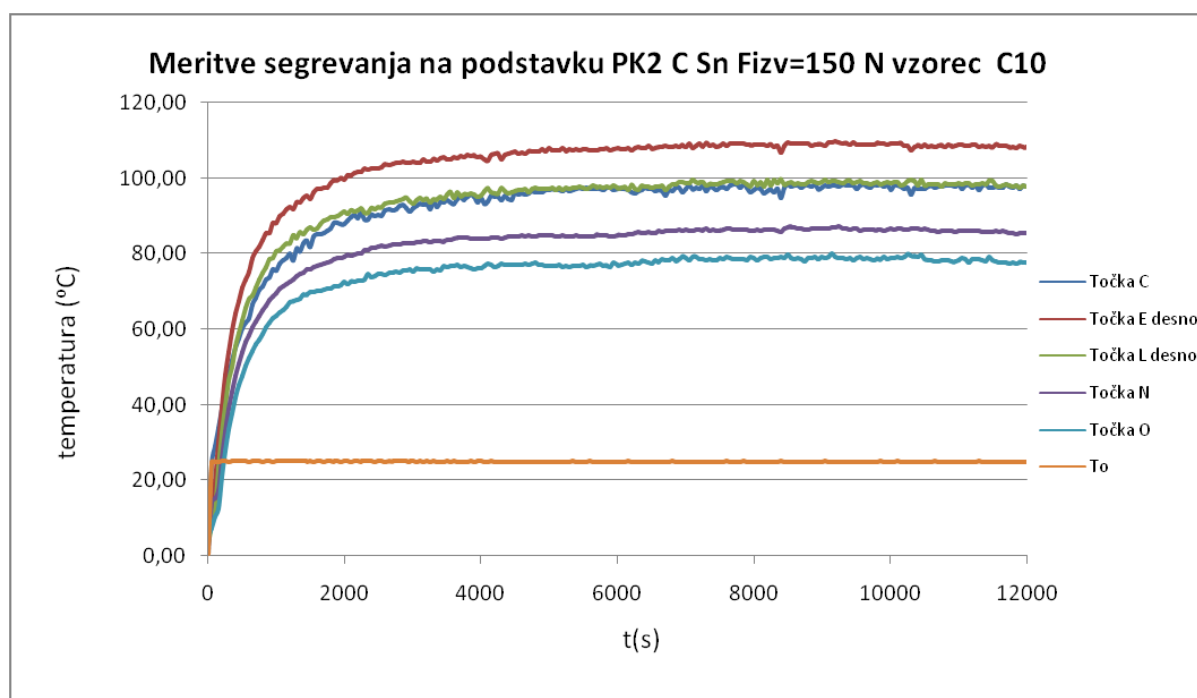
Slika 50: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S6



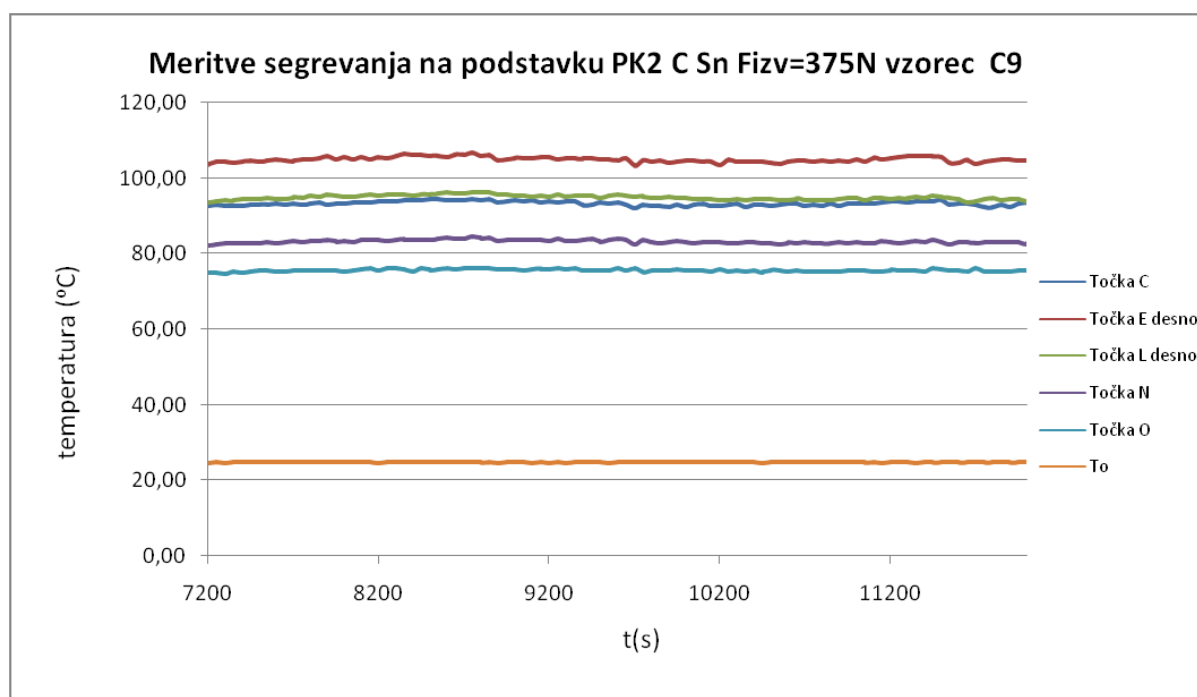
Slika 51: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S8



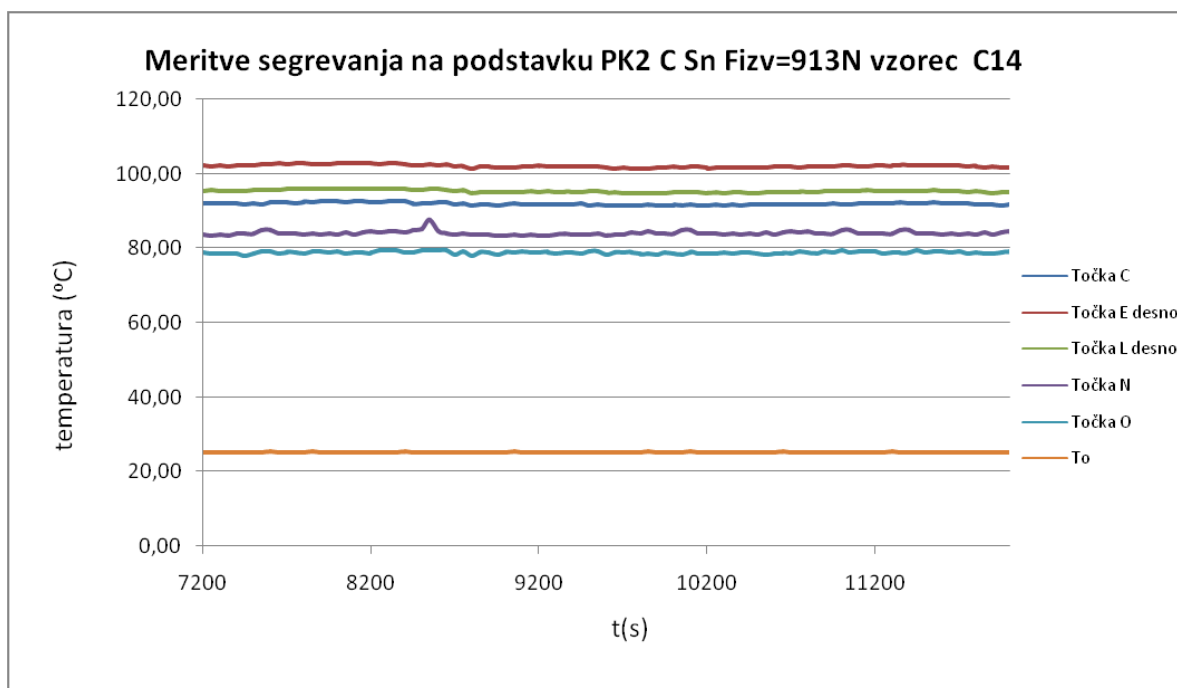
Slika 52: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ag vzorec S2



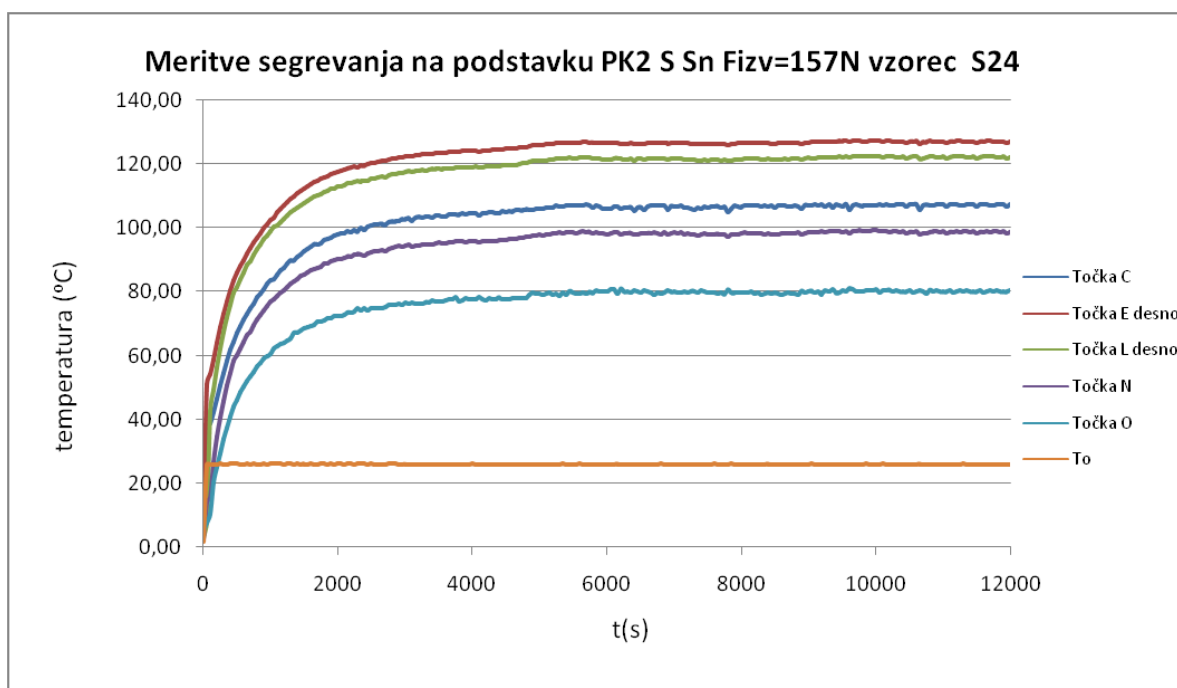
Slika 53: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C10



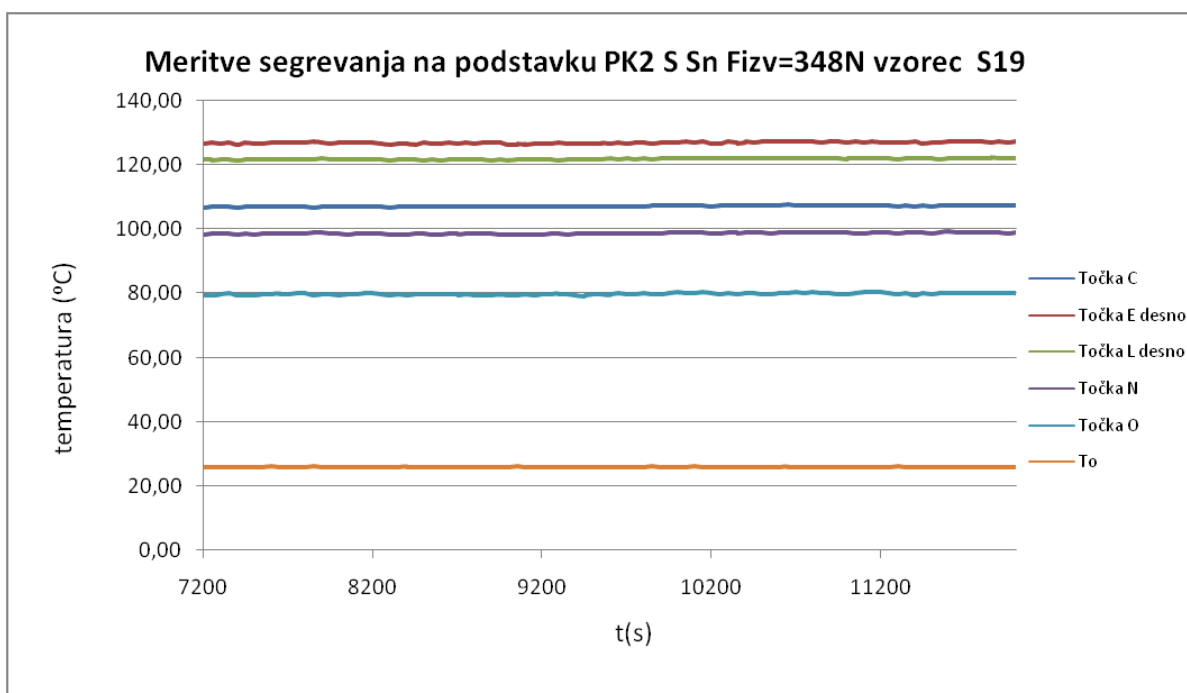
Slika 54: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C9



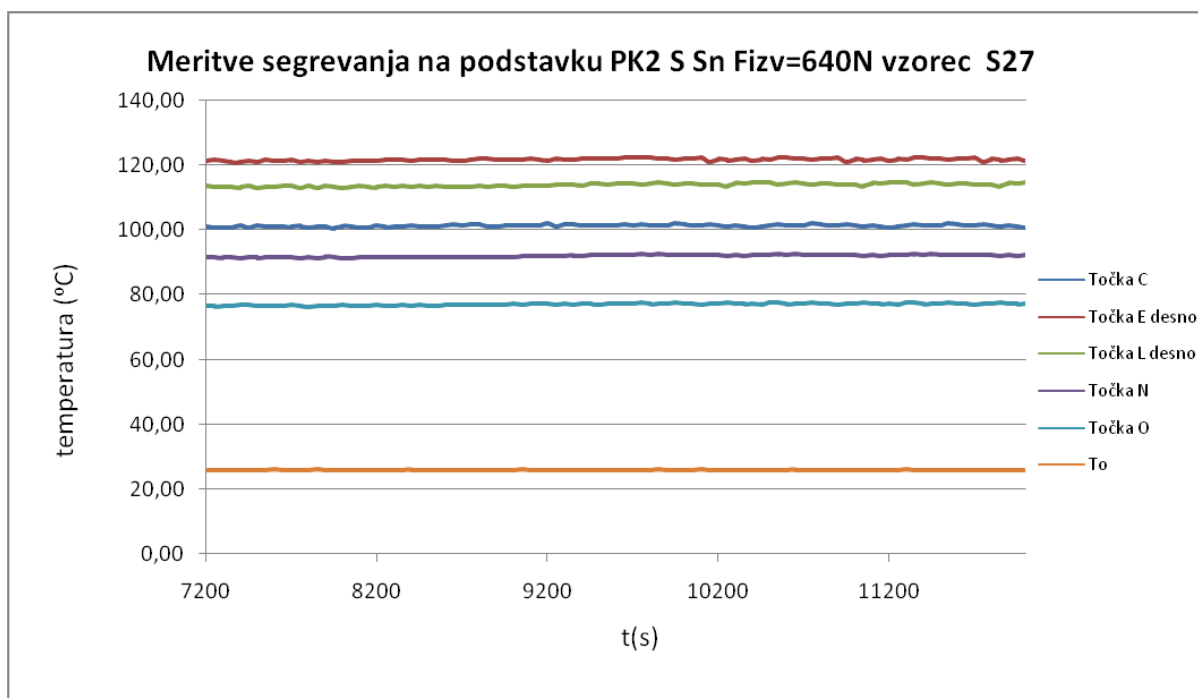
Slika 55: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Sn vzorec C14



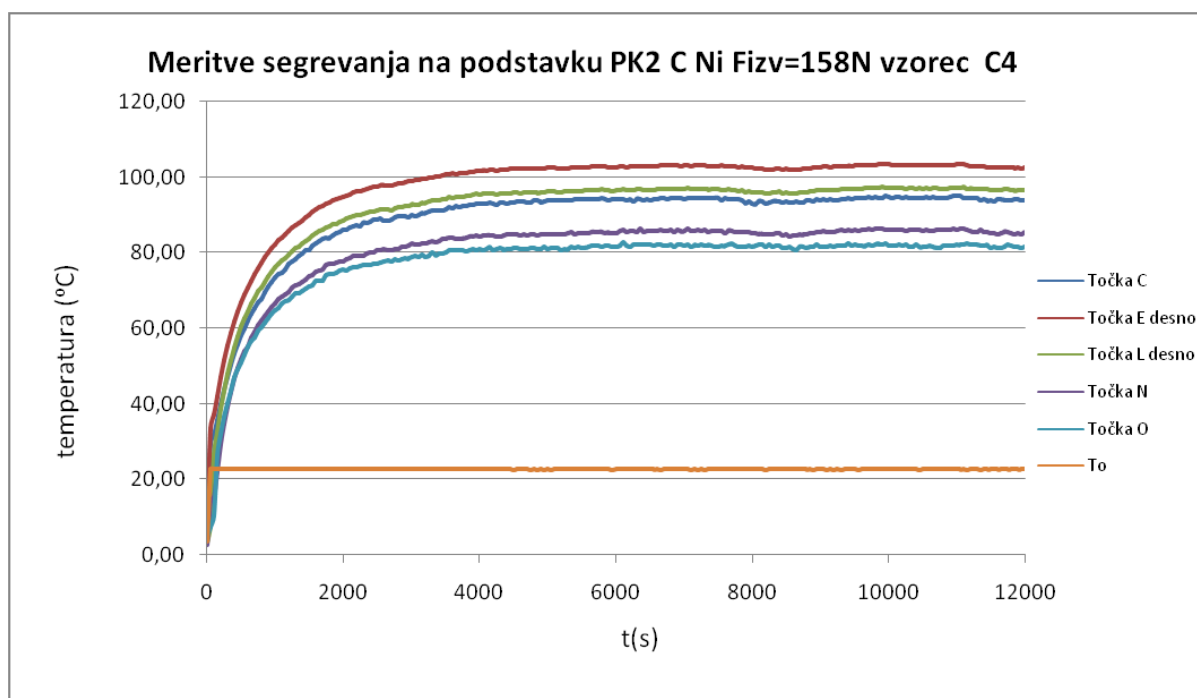
Slika 56: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec C24



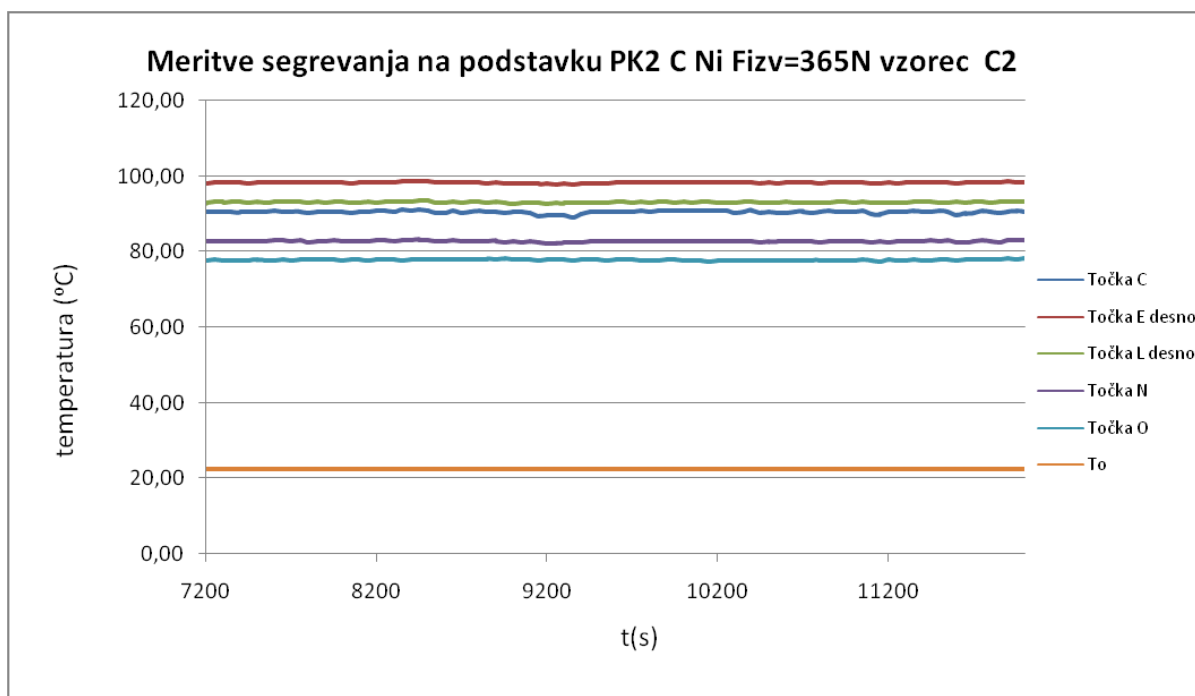
Slika 57: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec S19



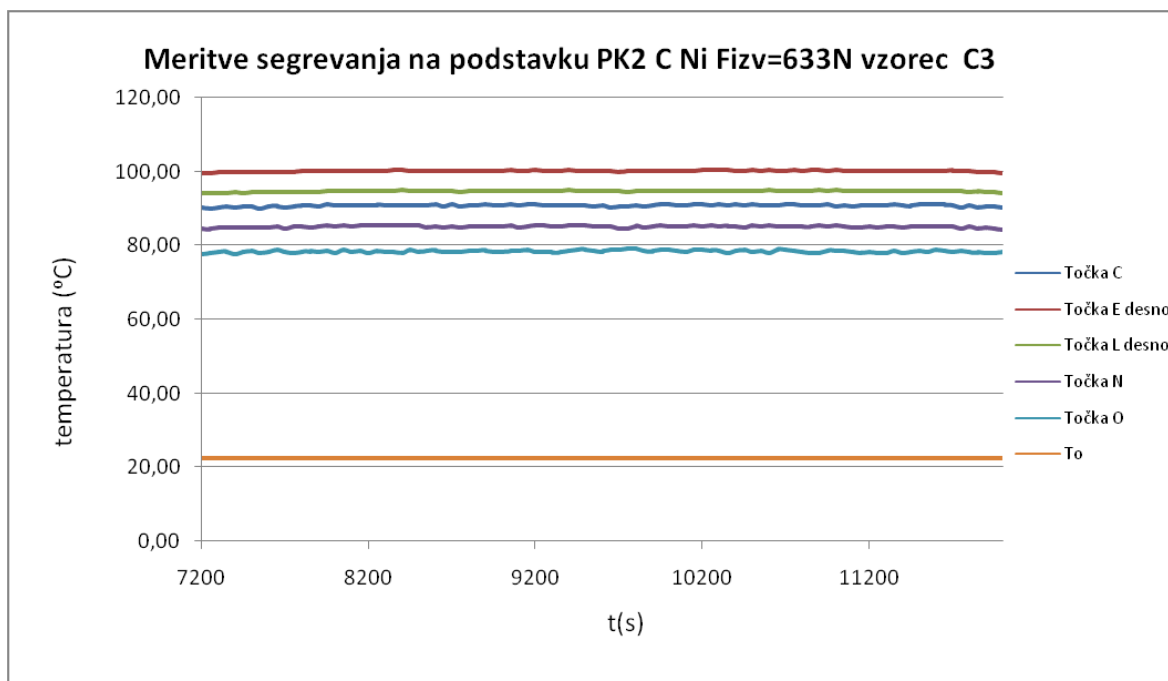
Slika 58: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Sn vzorec S27



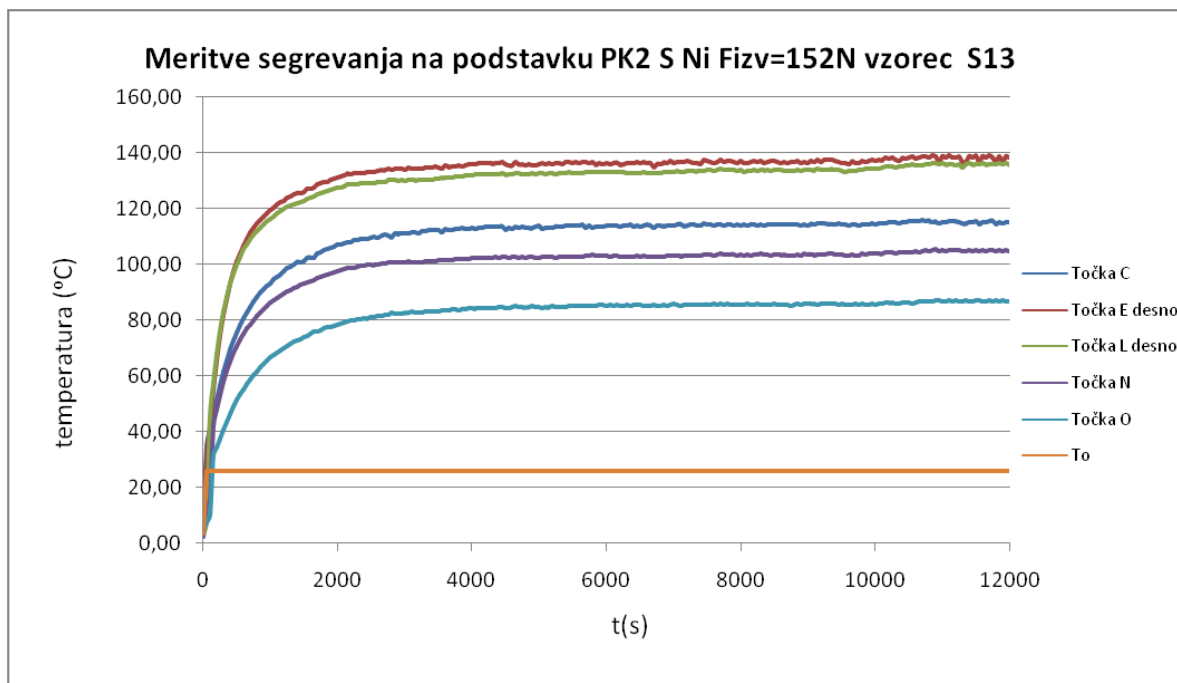
Slika 59: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C4



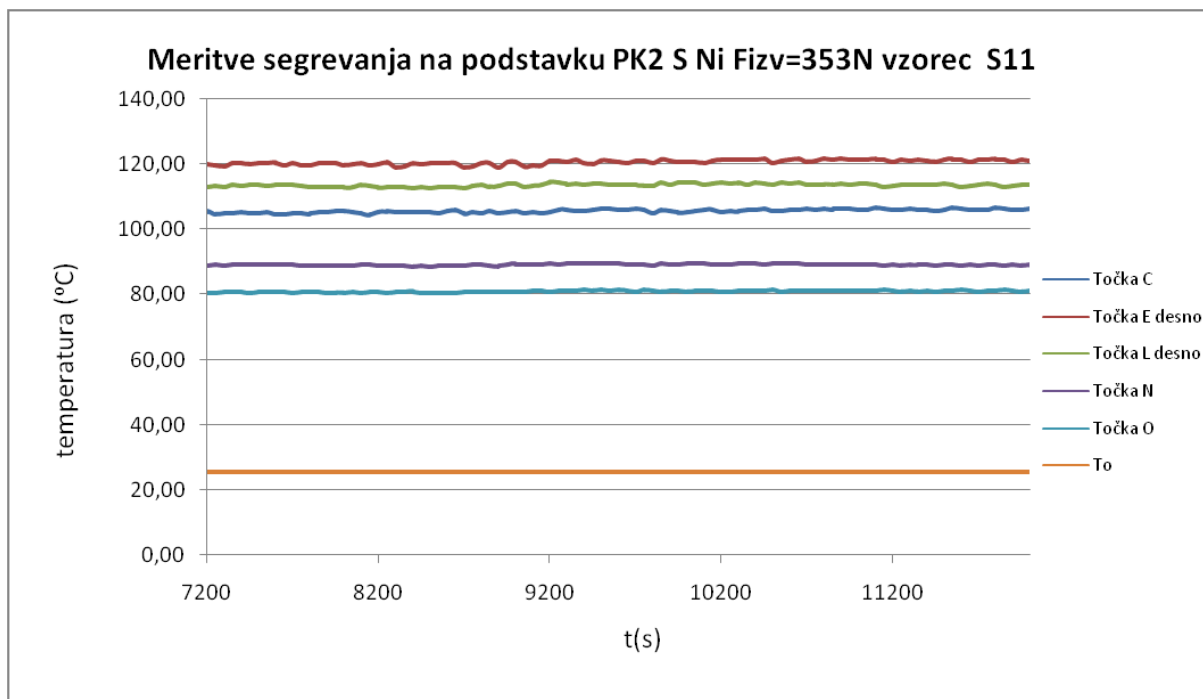
Slika 60: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C2



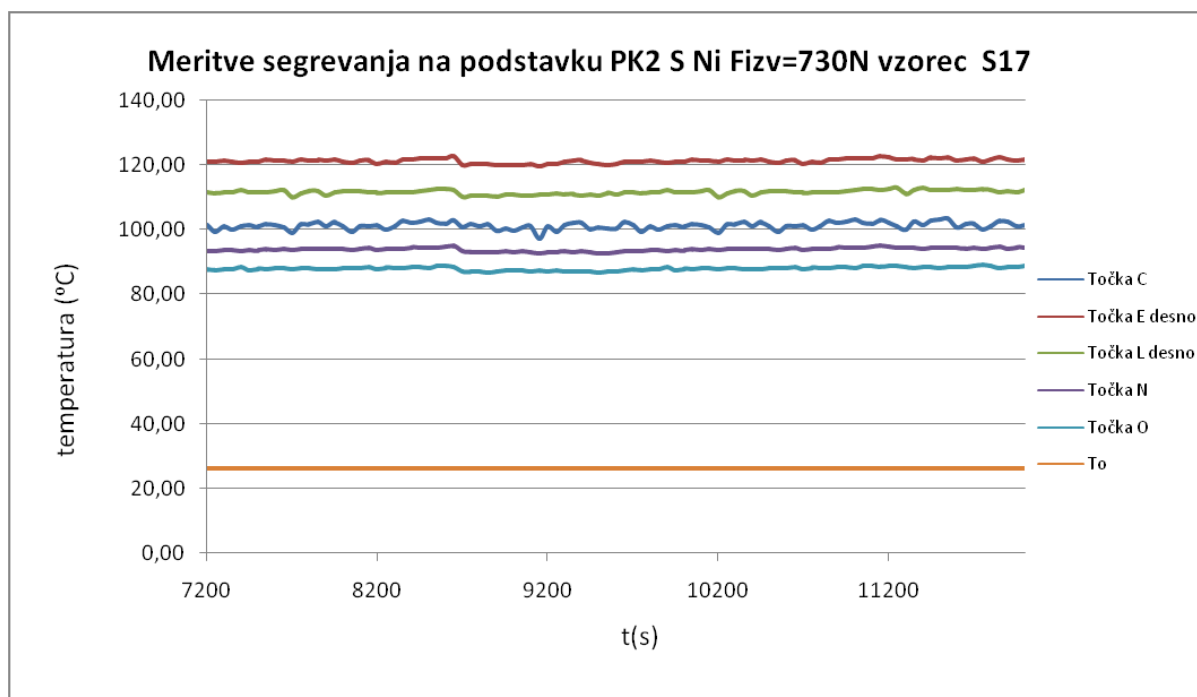
Slika 61: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 C Ni vzorec C3



Slika 62: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S13



Slika 63: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S11



Slika 64: Meritev segrevanja na podstavku PK 2 S Ni vzorec S17

LITERATURA

- [1.] Bessei, Herbert. Sicherungshandbuch. Izdajatelj: NH-HH-Recycling. ISBN 978-3-00-021360-1. 2007.
- [2.] ETI [internet]. 2016. [ogled 13.4.2016]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.eti.si/>
- [3.] ETI Katalog 2014/15, marec 2015. Katalog izdelkov.
- [4.] ETI. Interno gradivo podjetja ETI d.d.
- [5.] International standard IEC 60269-1. 2006-11. Low-voltage fuses, Part 1, General requirements. izdajatelj: International Electrotechnical Commission.
- [6.] International standard IEC 60269-2. 2006-11. Low-voltage fuses, Part 2, Supplementary requirements for fuses for use by authorized persons (fuses mainly for industrial application) – Examples of standardized systems of fuses A to I. izdajatelj: International Electrotechnical Commission.
- [7.] Osnove elektrotehnike [internet]. Gradivo [citirano. 12.4.2016; 15:17]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://eoet1.tsckr.si/plus/>. 2016