Električni otporni mjerni pretvornici temperature

Oršulić, Mladen

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, FACULTY OF FOOD TECHNOLOGY / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:543779

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-18**

REPOZITORIJ PTFOS PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Food Technology Osijek

zir.nsk.hr

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

dabar DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Mladen Oršulić

Temperaturno ovisni otpornici

završni rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA

Nastavni predmet
Mjerenje i upravljanje procesima

TEMPERATURNO OVISNI OTPORNICI

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Frane Čačić Kenjerić

Student:**Mladen Oršulić** MB: 3157/09

Mentor: doc. dr. sc. Frane Čačić Kenjerić

Predano:30. 09. 2014.

Pregledano:09. 10. 2014.

Ocjena:

izvrstan (5)

Potpis mentora:

TEMPERATURNO OVISNI OTPORNICI

Sažetak

Tema ovog rada su temperaturno ovisni otpornici, njihov razvoj kroz povijesti, temeljni električni zakoni koji objašnjavaju njihov način rada. Spomenute su uloge njemačkih fizičara Georgea Simona Ohma i Gustava Kirchhoffa, koji su se istaknuli svojim radom u područjima elektriciteta i magnetizma, te svojim radom uvelike pridonijeli razumijevanju strujnog kruga i primjene temperaturno ovisnih otpornika. Osim povijesti i temeljnih spomenuti su i objašnjeni električni otpor i ovisnost otpora o temperaturi. Na temelju osnovnih zakona objašnjeni su principi rada otpornika te izvršena njihova podjela. U nastavku ovog rada obrađeni su temperaturno ovisni otpornici, opširno opisane njihove karakteristike i primjena.

Ključne riječi: otpor, otpornik, električni otpor, temperaturno ovisni otpornici.

Temperature dependent resistors

Summary

In this work Temperature dependant resistors will be described, from history overview to fundamental electrical laws with mention of German physicists George Simon Ohm, who laid foundations for electricity and magnetism. Gustav Kirchhoff who was also German physicists and chemist who's work greatly contributed to understanding of electric circuits, and thus application of temperature dependant resistors. Also fundamental laws will be described which are needed in order to understand topic, firstly nature of electrical resistance and temperature dependence of resistance, working principle of resistors and general division of resistors based on operation principle. Application of temperature dependant resistors will be discussed with their properties.

Keywords: resistance, resistors, electrical resistance, temperature dependant resistors.

hh

Sadržaj:

1. UVOD 1

2. ELEKTRIČNI ZAKONI 3

2.1. Ohmov zakon 4

2.2. Kirchhoffov zakon 4

2.3. Električni otpor 5

2.4. Temperaturna ovisnost 6

3. OTPORNIK 7

3.1. Fiksni otpornici 8

3.2. Mjerenje i očitanja 9

3.3. Promjenjivi otpornici 11

4. TEMPERATURNO OVISNI OTPORNICI 12

4.1. NTC otpornici 13

4.1.1. Mjerni opseg NTC otpornika 13

4.1.2. Načini korištenja NTC termistora: 15

4.2. PTC OTPORNICI 16

4.2.1. Mjerni opseg PTC otpornika 16

4.2.2. Načini uporabe PTC otpornika 17

4.3. TERMOPAROVI 18

4.3.1. Karakteristike nekih termoparova 19

5. ZAKLJUČAK 21

LITERATURA 23

1. UVOD

U ovome završnom radu ćemo razmotriti sve segmente elektroničkih otpornika gledano od njihove izrade, načina djelovanja te njihove široke primjene u svijetu. Otpornici su pasivne elektroničke komponente čija je glavna svrha ograničavati struju koja prolazi kroz njih, ovisno o naponu na ulaznoj grani. Taj omjer se definira pomoću Ohmovog zakona.

Otpornici kao komponente igraju ključnu ulogu u radu gotovo svih elektroničkih mreža i sklopovlja, gdje se njihova primjena može pronaći od jednostavnih sklopova poput kućnih osigurača, pa tako do temperaturno-ovisnih releja koji se široko primjenjuju u mehanizaciji.

Kako bi smo bolje razumjeli primjenu otpornika, prvo ćemo morati proći kroz same osnove otpornika, krećući tako od Ohmovog i Kirchoffovog zakona.

2. ELEKTRIČNI ZAKONI

2.1. Ohmov zakon

Ohmov zakon, kao temeljni zakon elektrotehnike, opisuje odnos jakosti električne struje, otpora i napona u strujnom krugu. Eksperimentalnim putem dokazano je da će jakost struje (*I*) kroz vodič biti veća što je veći napon (*U*) među njegovim krajevima i što je manji otpor (*R*) strujnog kruga u koji je vodič uključen, tj. može se reći da je jakost struje u strujnom krugu proporcionalna naponu, a obrnuto proporcionalna otporu. Matematički se ovo izražava u obliku formule 1:

$$I = \frac{U}{R} \tag{1}$$

Gdje je: U - napon (V) i R - otpor (Ω)
Ohmov zakon vrijedi za metale i otopine koje provode elektricitet (vodljive otopine). Takvi se vodići zovu omski vodiči. Za neke materijale poput poluvodičke diode Ohmov zakon ne vrijedi, a takvi se vodiči zovu ne omski.

Zakonitosti u odnosima otpora, napona i struje otkrio je 1826. godine njemački fizičar Georg Simon Ohm (Slika 1.), istražujući metalne vodiče (Wikipedia, 2001*.)*.

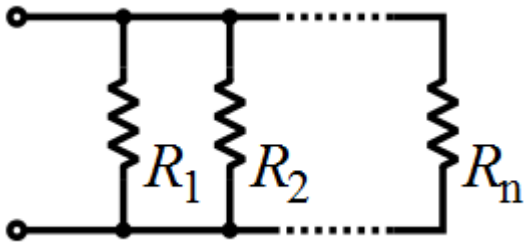
Slika 1. Georg Simon Ohm (JOC/EFR 2000.)

2.2. Kirchhoffov zakon

Kirchhoffovi zakoni su objašnjeni dvjema matematičkim jednakostima koje promatraju očuvanje električnog naboja i energiju u električnim krugovima, a formulirao ih je 1845. godine Gustav Kirchhoff.

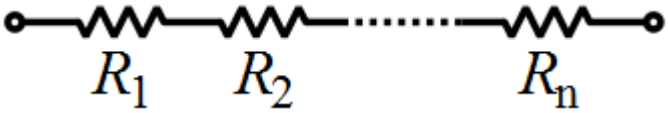
Kirchhoffovi zakoni temeljni su zakoni električnih krugova i mreža na temelju kojih se izvode izračuni istosmjernih i izmjeničnih električnih mreža i krugova u svim područjima elektrotehnike.

U prvom Kirchhoffovom zakonu definirano je da je zbroj struja koje ulaze u neki čvor ekvivalentan zbroju struja koja izlaze iz tog čvora. U slučaju primjene zakona na spajanje otpornika, poznat je pod nazivom paralelni spoj otpornika, a prikazan je na slici 2. U paralelnom spoju napon grane je jednak, a struja ovisi o otporu ispod grane.



Slika 2. Paralelni spoj otpora

U prvom Kirchhoffovom zakonu također je definirano je da je zbroj svih padova napona jednak ulaznom naponu na električnom krugu. Na primjeru spajanja otpornika, zakon se odnosi na serijski spoj otpornika (Slika 3.). U serijskom spoju, jakost struje je isti, a napon ovisi o otporu.(Oldham i Swain, 2008.).



Slika 3. Serijski spoj otpora

2.3. Električni otpor

Električni otpor je fizikalna veličina kojom se izražava omjer potencijala (napona) i jakosti električne struje, što je definirano Ohmovim zakonom. Električni otpor, je suprotan pojam od električne vodljivosti. Za materijale sa velikim brojem slobodnih elektrona koji pružaju mali otpor prolasku struje, kažemo da imaju mali specifični otpor. Električni otpor definiran je formulom 2:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \qquad (2)$$

gdje je otpor (R) kojega prolasku struje pruža žica (ρ) nekog promjera tj. presjeka(S) i dužine(l).

Materijali s puno slobodnih elektrona dobro provode struju. To su u prvom redu metali, a najmanji otpor pružaju srebro i bakar. Od njih se izrađuju električni vodovi. Željezo ima oko 7 puta veći otpor od bakrenog vodiča istih dimenzija. Veliki specifični otpor karakterizira izolatore. Neki materijali pružaju umjereno veliki otpor prolasku struje, pa se zato koriste za namjerno zagrijavanje žice ili medija kojim prolaze ili za povećanje otpora strujnih krugova, odnosno od njih se izrađuju električni grijači i otpornici. (Gudelj, 2005.)

2.4. Temperaturna ovisnost

Kod čistih metala (bakar, zlato, aluminij, srebro, itd.) porastom temperature raste i njihov otpor, dok se kod nekih legura otpor ne mijenja s porastom temperature. Otpor ugljena, čak i pada kada ga zagrijavamo.

Porast temperature od 1˚C uzrokuje porast svakog oma otpora za α Ω, pri čemu je α nazvan temperaturnim koeficijentom električnog otpora. Temperaturni koeficijent električnog otpora ovisi o vrsti materijala od koga je izrađen otpornik. Za metale njegova vrijednost iznosi oko 0,004 Ω / Ω˚C. Porast otpora otpornika ΔR (Ω) zbog porasta temperature od Δt ˚C daje izraz (formula 3.):

$$\Delta \boldsymbol{R} = \boldsymbol{R_{20}} \cdot \Delta \boldsymbol{t} \cdot \boldsymbol{\alpha}\ (\Omega) \qquad (3)$$

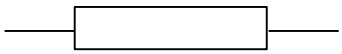
Posljedica nižeg otpora termičkih trošila kod nižih temperatura su strujni udari u električnoj mreži prilikom priključenja jakih hladnih grijača ili velikog broja hladnih sijalica (npr. u općoj rasvjeti velikih zgrada). Jakost struje stabilizira se na normalnu vrijednost tek kad se otporna žica usije na normalnu radnu temperaturu.

Kako je već spomenuto, neki materijali kao ugljen, smanjuju otpor s porastom temperature. Čak i staklo, koje je pri normalnom rasponu temperatura poznato kao jako dobar izolator, na temperaturi taljenja postaje takoreći supervodljivo. Neki opet, kao manganin i konstantan, zadržavaju približno isti otpor u razumnom rasponu temperatura, pa se koriste za posebne namjene u tehnici. Neke tvari postaju supervodljive kod jako niskih temperatura, drastično smanjujući električni otpor. Poluvodići zagrijavanjem smanjuju otpor u zapornom smjeru, pa njihovo pregrijavanje može ugroziti funkcioniranje elektroničkih uređaja (Gudelj, 2005.).

3. OTPORNIK

Kao što je već spomenuto u uvodu, otpornik je pasivna dvoprilazna elektronička komponenta, čije je svrha ograničiti struju. U dosadašnjem dijelu rada su objašnjeni osnovni fizikalni zakoni i veličine koji opisuju otpornike, a otpornici se dijele po načinju djelovanja odnosno po njihovoj primjeni.

Osnovni simbol otpornika, prema IEC standardu, je prazan pravokutnik koji ima jedan ulaz i jedan izlaz (Slika 4.). Otpornik prema ANSI standardu ima cik-cak linije koje isto imaju jedan ulaz i jedan izlaz (Slika 5.).



Slika 4. IEC otpornik

Slika 5. ANSI otpornik

S obzirom da je dosta otpornika definirano i proizvedeno sa velikim varijacijama vrijednosti, u praksi je očekivani kombinirani znanstveni zapis vrijednosti tih otpornika. Npr. miliohm (1 mΩ = 10^{-3} Ω), kilohm (1 kΩ = 10^{3} Ω), i megaohm (1 MΩ = 10^{6}Ω). (Wikipedija, 2013.)

3.1. Fiksni otpornici

Fiksni otpornici su najčešće primjenjivani otpornici zbog jednostavnosti očitanja njihove vrijednosti otpora i tolerancije. Najčešće primjenjivani fiksni otpornici su više tračni cilindrični otpornici (Slika 6.).

Slika 6. Izgled otpornika

Upotrebljavaju se u industriji, a zbog jednostavnosti rada i očitanja, primjenjuju se i u amaterskoj elektronici.

Skupinu fiksnih otpornika može se podijeliti prema načinu izrade tj. materijalima koji se koriste u izradi:

- Izrada na bazi praha ugljena
- Izrada na bazi ugljenih diskova
- Izrada na bazi ugljene trake
- Printani ugljen (PCB)[1]
- Tanki film (traka)
- Metalna traka
- Žičani namot
- Industrijski

3.2. Mjerenje i očitanja

Većina fiksnih otpornika ima prstenje u boji ili napisane vrijednosti na njima kako bi se pojednostavio postupak identifikacije vrijednosti otpora otpornika i njegove tolerancije.

Kod standardnih višeslojnih cilindričnih otpornika (4 ili 5 tip), prve dvije boje definiraju tzv. broj koji se zbraja, treća se zove množitelj, s kojim se prva dva broja[2] množe, a četvrta pokazuje vrijednost tolerancije. Peta boja (ako je ima) govori temperaturnom koeficijentu. Iz priložene tablice (Tablica 1.), možemo iščitati koje vrijednosti označuju pojedine boje.

Mjerenje otpora otpornika se radi tako da se na ohmetar (instrument za mjerenje električnog otpora) spoje krajevi na otporniku sa sondama od instrumenta (Slika 7.). Ako je otpornik spojen na neki strujni krug, obavezno se mora odlemiti ili od spojiti jedan kraj kako bi očitanje bilo točno (ostale komponente u strujnom krugu mogu utjecati na krivo očitanje vrijednosti).

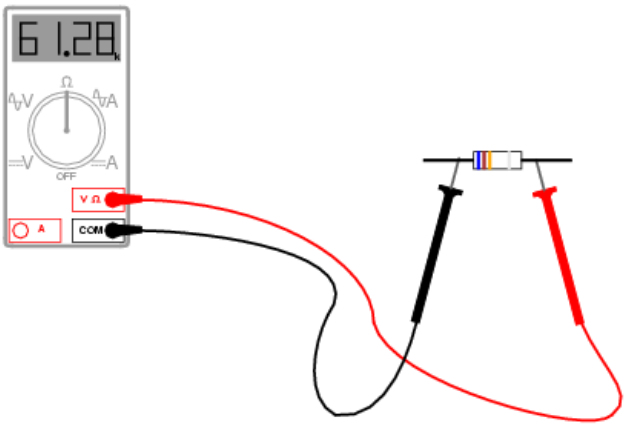
[1]PCB (PrintedCirucitBoard) – Elektronička tiskana ploča, sustav povezivanja elektroničkih komponenti na maloj ploči radi uštede prostora i materijala

[2] Ako postoji još jedan prsten, onda se on računa kao pribrojnik prije množitelja

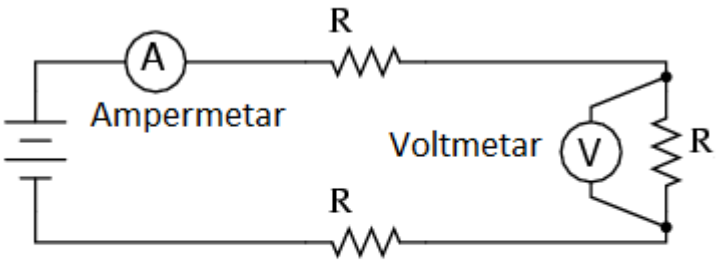
Tablica 1. Tablica vrijednosti otpora(Gordan Đurović, Elektrotehnika 1)

Boja	1. traka	2. traka	3. traka(Množitelj)	4. traka (tolerancija)	Temperaturni koeficijent
Crna	0	0	$\times 10^0$		
Smeđa	1	1	$\times 10^1$	±1% (F)	100 ppm
Crvena	2	2	$\times 10^2$	±2% (G)	50 ppm
Narančasta	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Žuta	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Zelena	5	5	$\times 10^5$	±0.5% (D)	
Plava	6	6	$\times 10^6$	±0.25% (C)	
Ljubičasta	7	7	$\times 10^7$	±0.1% (B)	
Siva	8	8	$\times 10^8$	±0.05% (A)	
Bijela	9	9	$\times 10^9$		
Zlatna			×0.1	±5% (J)	
Srebrna			×0.01	±10% (K)	
Bez boje				±20% (M)	

Drugi način mjerenja je tzv. *U/I* metoda. Ovom metodom mjerimo pad napona i protok struje pa zatim pomoću Ohmovog zakona izračunamo vrijednost otpora (Slika 8.).



Slika 7. Mjerenje otpora pomoću univerzalnog instrumenta



$$R = \frac{\text{U (očitanje voltmetra)}}{\text{I (očitanje apermetra)}}$$

Slika 8. Mjerenje otpora U/I metodom

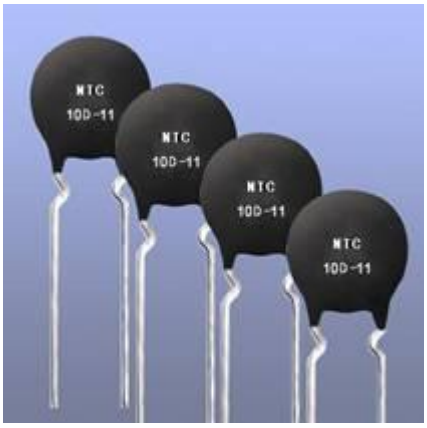
3.3. Promjenjivi otpornici

Promjenjivim otpornicima, odnosno potenciometrima, otpor se može ručno mijenjati zakretanjem osovine (kod okretajnih), odnosno pomicanjem klizača (kod kliznih). U sustavima gdje je potrebna regulacija protoka struje ili napona, rada motora i mehanizacije, promjenjivi otpornici igraju ključnu ulogu zbog jednostavnosti korištenja i praktične udaljene kontrole. Najčešće se koriste u sklopovima kao djelitelji napona, primjerice za podešavanje glasnoće zvuka u audio uređajima. Otporni materijal može biti žica, a otpor se mijenja pomicanjem klizača po namotajima žice. Ovakvi su potenciometri najčešće konstruirani kako bi podnijeli veće snage. Promjena otpora može biti linearna i logaritamska. Linearna znači da se otpor mijenja linearno u odnosu na pomicanje klizača, dok se kod logaritamskog potenciometra mijenja po logaritamskoj funkciji. (Matačić, 2014.)

4. TEMPERATURNO OVISNI OTPORNICI

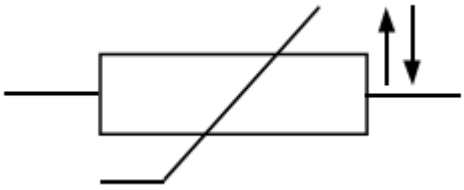
4.1. NTC otpornici

Kod metala i nekih drugih tvari otpor raste s porastom temperature. Međutim ima niz tvari (ugljen, poluvodiči) koje se ponašaju obratno. One lošije vode bolje u "hladnom" stanju nego u "toplom" stanju, odnosno otpor im se smanjuje pri povišenju temperature. Zato su nazvane toplim vodićima ili otpornicima s negativnim temperaturnim koeficijentom - NTC otpornicima (engl. Negative Temperature Coefficient). Često je u uporabi i naziv termistor (Slika 9.)



Slika 9. Izgled NTC otpornika

Promjena temperature i otpora su suprotnog smjera ↑↓, a simbol NTC otpornika je vidljiv na slici 10.



Slika 10. Simbol NTC otpornika

4.1.1.Mjerni opseg NTC otpornika

Temperaturni koeficijent otpora α je promjena otpora vodiča od 1 Ω pri promjeni temperature za 10K (Kelvin). Za termistore negativna temperaturna ovisnost je znatno izraženija nego pozitivna kod metala i iznosi nekoliko postotaka po stupnju Kelvina. Suvremeni NTC otpornici se proizvode od oksida Fe, Co, Ni, Cr, Mn i slično. Smjesa oksida u prahu se sinterira na temperaturama iznad 1000°C čime se formiraju otpornici oblika loptice, diska ili cilindra. Maksimalne radne temperature oksidnih termistora iznose 300 °C do 350 °C. U posljednje vrijeme se izrađuju visoko temperaturni termistori sa maksimalnim radnim temperaturama do 700°C pa čak i do 1000°C, što je blisko maksimalnim radnim temperaturama platinastog otpornog termometra. U području niskih temperatura, termistori se primjenjuju do nekoliko

desetaka stupnjeva Kelvina. Karakteristična krivulja temperaturne ovisnosti NTC otpornika je eksponencijalna i izražena je (formula 4.) :

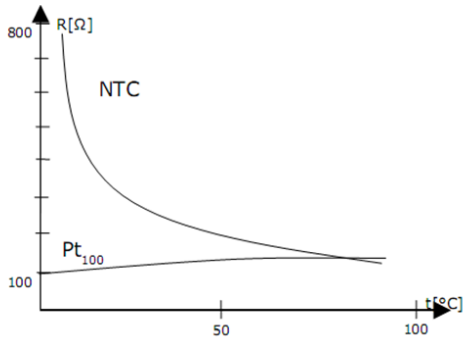
$$R = Ae^{\frac{B}{T}} \tag{4}$$

gdje su: *A, B* - konstante

T- apsolutna temperatura u K.

Otpor ovisi o upotrijebljenom materijalu, načinu izvedbe i temperaturnim promjenama. Promjenu otpora može izazvati promjena temperature okoliša. S druge strane vlastito zagrijavanje (samo zagrijavanje) odnosno hlađenje, kao posljedica različitih električnih opterećenja također uzrokuje promjenu otpora. Ovaj je efekt posebno važan. Kada se nabije dovoljno visoki napon proizvede se u otporniku toliko topline da mu poraste temperatura. To vodi smanjenju otpora, povećanju struje i novom rastu temperature. Nakon nekog vremena, od djelića sekunde do minute ovisno o izvedbi, uspostavi se ravnotežno stanje. Opisani efekt samo zagrijavanja termistora ima niz primjena. Primjerice, ako se NTC serijski spoji s nekim drugim uređajem, ograničit će početnu vrijednost struje. Zagrijavanjem struja bez naglog skoka postupno raste do njene završne vrijednosti. Primjenjuje se još i kao temperaturno osjetilo (senzor) u mjerenju temperature ili za kompenzacije temperaturnih ovisnosti drugih naprava, za stabilizaciju radne točke u tranzistorskim spojevima, te u regulacijskim uređajima za uključivanje i isključivanje pri određenim temperaturama. (Malešević, 2001.)

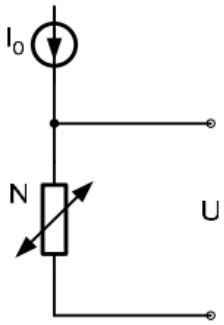
Glavna prednost NTC otpornika je njihova velika osjetljivost koja omogućava konstruiranje jednostavnih i pouzdanih termometara. Osjetljivost obično iznosi: -4 % po ^{o}C



Slika 11. Osjetljivost i temperaturni koeficijent obično ovise o temperaturi

4.1.2. Načini korištenja NTC termistora:

a) Napon U proporcionalan je oporu NTC otpornika (nelinearno):

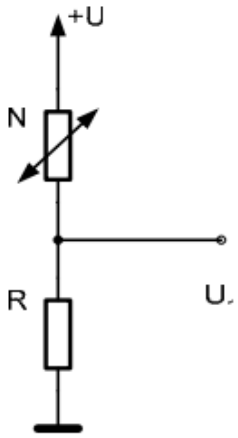


Slika 12. Napon U proporcionalan je oporu NTC otpornika

$$U_1 = U \cdot \frac{R}{R+N} \tag{5}$$

Gdje je: U - napon, N - otpor NTC termistora i R - otpor

b) Djelomična kompenzacija nelinearnosti NTC-a i naponskog djelitelja

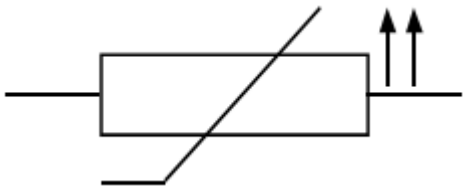


Slika13. Djelomična kompenzacija nelinearnosti NTC-a i naponskog djelitelja

$$U_1 = U \cdot \frac{1}{1+N/R} \tag{6}$$

4.2. PTC OTPORNICI

Osim metala ima još tvari kod kojih je otpor u "hladnom" manji nego u "toplom" stanju. To su hladni vodići. Otpor im raste s porastom temperature. Otpornici takvih karakteristika imaju pozitivni temperaturni koeficijent, pa ih nazivamo PTC otpornicima (engl. Positive Temperature Coefficient). Promjena temperature i otpora su istog smjera ↑↑. Kao i kod NTC otpornika uzrok promjene otpora može biti promjena temperature okoline (ambijenta) ili vlastito zagrijavanje ili hlađenje kao posljedica različitih električnih opterećenja. Otpor ispod određene temperature umjereno ovisi o temperaturi, a jako se povećava iznad te temperature. Povećanje može biti vrlo naglo i do 15 % po ^{o}C, a ukupno povećanje otpora u intervalu od nekoliko desetaka ^{o}C dostiže po nekoliko redova veličine. Izrađuje se od feroelektrične keramike npr. TiO_3. Koriste se u ograničenom opsegu temperatura, jer im iznad granične temperature temperaturni koeficijent opet postaje negativan. Osim toga jako su frekvencijski ovisni iznad 5 MHz zbog velikog kapaciteta *C* koji je posljedica njihove unutarnje strukture. Simbol PTC otpornika prikazana je na slici 14. (Malešević, 2001.)



Slika 14. Simbol PTC otpornika

4.2.1. Mjerni opseg PTC otpornika

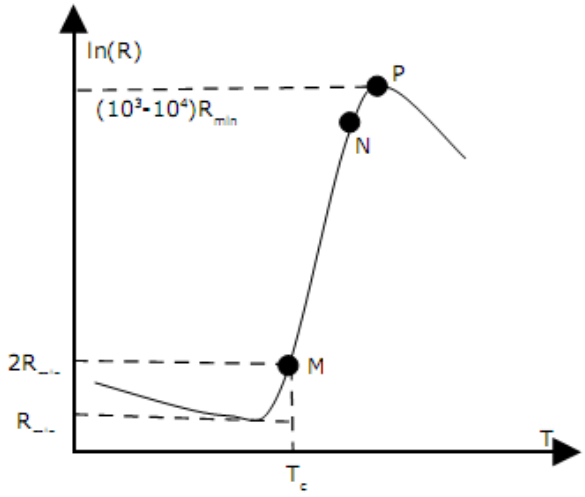
Mjerni opseg PTC otpornika je uzak, ali im je osjetljivost 10 puta veća u odnosu na NTC otpornike. Izrađuju se od fotolektrika, npr. barijev-titanat $BaTiO_3$. Barijev-titanat je izolator, ali se dopiranjem donorskih primjesa smanjuje njegova otpornost. Porast otpornosti između točki M i N predstavljen je izrazom (Formula 7.)

$$R = A \cdot e^{\{B \cdot (T - T_c)\}} \tag{7}$$

Gdje je: T_c - temperatura početka strmog porasta.

Iznad točke N otpornost raste sporije, dostiže maksimum, poslije čega opada. Brzina eksponencijalnog porasta iznosi 40 % - 50 % po °C pri čemu se otpornost povećava od 10^3 do 10^4 puta u odnosu na minimalan iznos otpornosti.

Dobija se sinteriranjem mljevenog materijala na temperaturi oko 1000°C, slično kao termistori. Tipičan izgled *R-T* karakteristike pozistora je prikazan na Slici 15. U širokom opsegu ispod T_c otpornost se neznatno smanjuje pri porastu temperature.

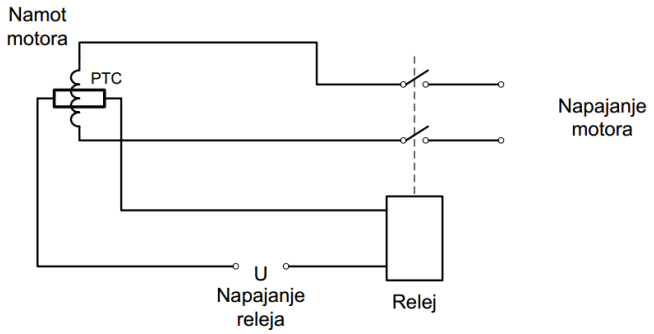


Slika 15. *R-T* karakteristika PTC otpornika

4.2.2.Načini uporabe PTC otpornika

Ugrađuju se kao zaštitni uređaji u opremi za zaštitu od pregrijavanja i u krugovima za regulaciju temperature za grijanje. PTC otpornik se serijski spoji s krugom za napajanje i postavi na poziciju gdje je moguće zagrijavanje iznad dozvoljenog. U slučaju pregrijavanja trenutno se poveća njegov otpor. Zaštita od prekomjernog porasta struje, odnosno pregrijavanja, automatski se osigurava vlastitim zagrijavanjem PTC otpornika. Kada struja postane prevelika PTC otpornik je ograniči na sigurnu vrijednost. (Limann, 1981.)

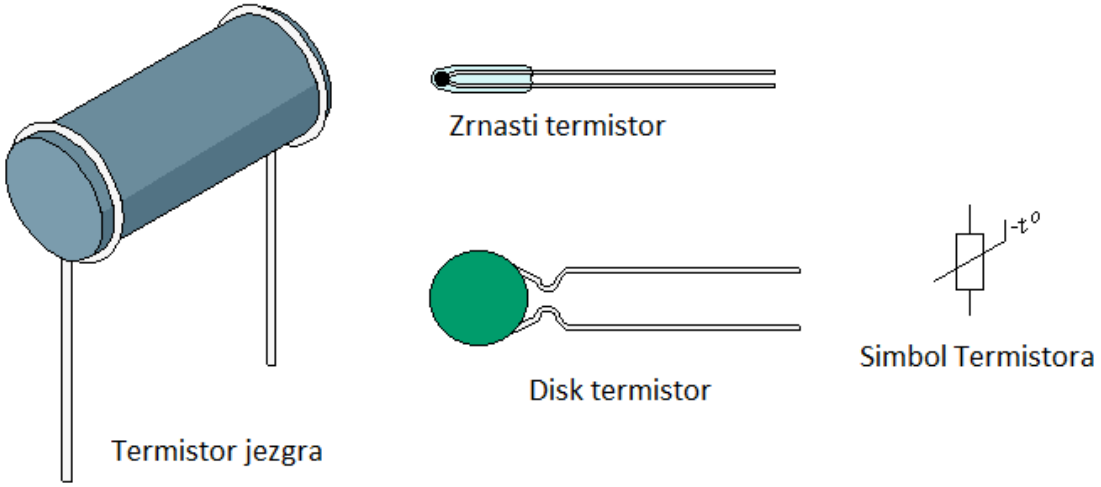
Najčešći način uporabe PTC otpornika (Slika 16.):



Slika 16. PTC otpornik spojen na elektromotor

Na normalnoj radnoj temperaturi motora relej PTC ima mali otpora pa je struja (I) dovoljna da relej bude u pobuđenom stanju tj. motor je priključen na mrežu. Kada temperatura namota

motora prijeđe T_c, R_t naglo raste, struja namota releja se smanjuje i prekida napajanje motora. Može se uporabiti kao temperaturno osjetilo i kao osjetilo razine tekućine. Postoji veliki broj izvedbi i oblika NTC I PTC otpornika, a samo neke od njih su spomenut (Slika 17.).

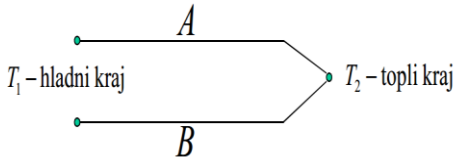


Slika17. Razni tipovi termistora (NTC & PTC)

4.3. TERMOPAROVI

Poput NTC i PTC otpornika, termoparovi isto rade na principu mjerenja otpora tj. protoka električne struje no njihova primarna svrha je očitanje temperature. Izvedba se obično sastoji od dvije žice od različitih metala ili legura, koje su spojene na jednom kraju (Slika 18.). Iako je princip rada sličan NTC i PTC tipu otpornika, ipak nije isti. Osnovni princip rada je kada se dva metala na termoparu izlože temperaturnom gradijentu te dolazi do razlike potencijala na otvorenom kraju električnog kruga. Taj efekt zovemo termoelektrični efekt, a otkrio ga je njemački fizičar Thomas Johann Seebeck 1821. godine, te se naziva još i Seebeckov efekt.

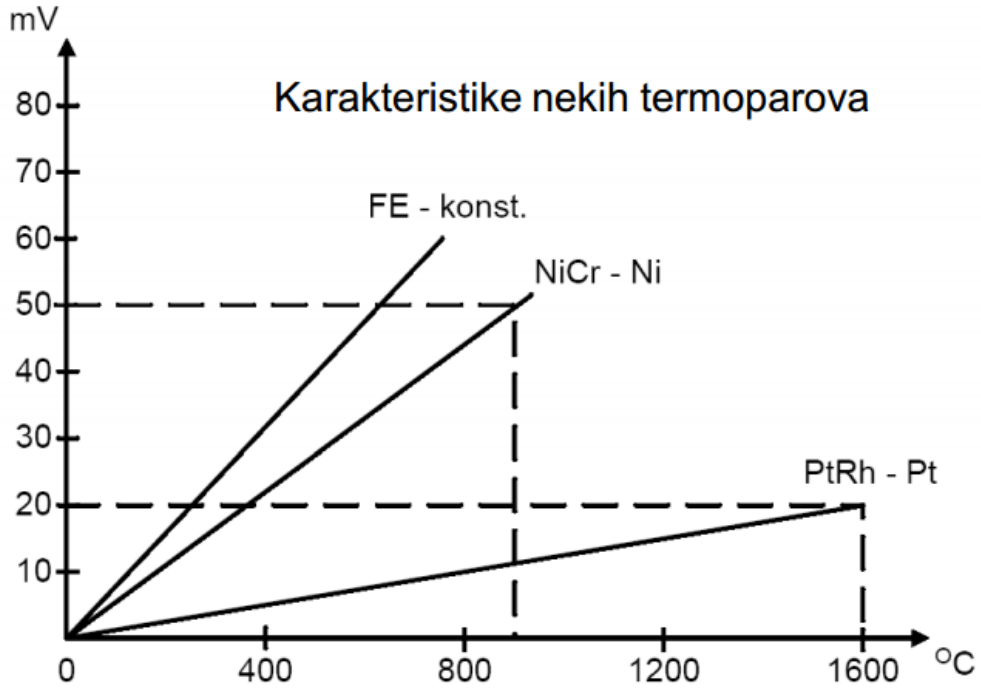
Ovisno o potrebama za preciznošću, kvaliteti i pouzdanosti u industriji, koriste se određene kombinacije tih metala i legura kako bi se zadovoljila određena norma.



Slika 18. Osnovna skica termopara

Poznavanjem α i T_1 i mjerenjem U_{AB} može se izmjeriti temperatura T_2.

4.3.1.Karakteristike nekih termoparova



Slika 19. Karakteristike pojedinih termoparova

Tablica 2. Karakteristike pojedinih termoparova

Fe-konstant (Fe-kons.)	do 700 °C
Legura nikal-krom (Ni-Cr)	do 1000 °C
Legura platina rodijump-latina (PtRh-Pt)	do 1600 °C
Bakar-konstantan (Cu-kons.)	do 400 °C
Legura nikal krom-konstantan (NiCr-kons.)	do 100 °C

Klasifikacija termoparova se deklarira prema legurama metala (primjeri u tablici 2.) i ovisno o karakteristikama određenih legura dobiju se temperaturni raspon, stabilnost, cijenu izrade i dostupnost materijala. Ovisno o tim kombinacijama i potrebi, dalje se proizvode takvi otpornici za primjenu u industriji, kućanstvu i ostalim djelatnostima.

Detaljnija klasifikacija se vodi prema slovima te je također podijeljeno prema tipu legure. Na primjer, B, R i S tip termo parova imaju slabu osjetljivost i samim time manje rezultate. Ostale klase sadržavaju kriterije poput kemijske inercije materijala od kojega se sastoji neki članak, te da li sadržava magnetska svojstva. Karakterizacija termoparova je prikazana u tablici 3. (Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, 2012.)

Tablica 3.Karakteristike klasa (tipova članaka), (Wikipedia, 2014.).

KLASA	Temperaturni raspon °C				Tolarancija prve klase (°C)	Tolerancija druge klase (°C)	IEC klasa boje	BS klasa boje	ANSI klasa boje
	kontinuirano		kratkoročno						
	nisko	visoko	nisko	visoko					
K	0	+1100	−180	+1300	−40 – 375: ±1.5 375 – 1000: ±0.004×T	−40 – 333: ±2.5 333 – 1200: ±0.0075×T			
J	0	+750	−180	+800	−40 – 375: ±1.5 375 – 750: ±0.004×T	−40 – 333: ±2.5 333 – 750: ±0.0075×T			
N	0	+1100	−270	+1300	−40 – 375: ±1.5 375 – 1000: ±0.004×T	−40 – 333: ±2.5 333 – 1200: ±0.0075×T			
R	0	+1600	−50	+1700	0 – 1100: ±1.0 1100 – 1600: ±0.003×(T−767)	0 – 600: ±1.5 600 – 1600: ±0.0025×T			nije definirano
S	0	+1600	−50	+1750	0 – 1100: ±1.0 1100 – 1600: ±0.003×(T−767)	0 – 600: ±1.5 600 – 1600: ±0.0025×T			nije definirano
B	+200	+1700	0	+1820	Not Available	600 – 1700: ±0.0025×T	Nema standard; koristi se Cu	Nema standard; koristi se Cu	nije definirano
T	−185	+300	−250	+400	−40 – 125: ±0.5 125 – 350: ±0.004×T	−40 – 133: ±1.0 133 – 350: ±0.0075×T			
E	0	+800	−40	+900	−40 – 375: ±1.5 375 – 800: ±0.004×T	−40 – 333: ±2.5 333 – 900: ±0.0075×T			
	−272	+300	n/a	n/a	Reproduktivnost 0.2% od napona				

5. ZAKLJUČAK

Nakon obavljene obrade na temu „Temperaturno ovisni otpornici“ zaključeno je da otpornici kao pasivni elementi igraju ključnu ulogu u industriji, mehanizaciji i primijenjenoj elektronici. Primjena im je široka, a njihovo postojanje je neophodno za normalan rad svih strojeva, uređaja ili aparata.

Iako se način izrade i rad čine jednostavni zbog pasivnih elemenata, varijacije otpornika su velike i svaki ima svoje mjesto i svoju važnost te prednost i manu.

Također su jako bitni u polju sigurnosti, veliki broj otpornika koji su opisani u ovom radu, imaju ulogu zaštite od prenapona ili strujnog udara te čuvaju elektroničke komponente koje se nalaze u tom strujnom krugu pa tako i veće električne mreže.

LITERATURA

Liptak BG: Temperature measurements. U *Instrument Engineers' Handbook: Process Measurement and Analysis, fourth edition, Volume I.* CRC Press, 2003.

Gudelj G: *Elektrotehnički Materijali i Komponente*. Tehnička Knjiga, Zagreb, 2005.

Matačić I: *Peta volta*, 2014. http://www.petvolta.com/tutoriali/komponente/otpornici-vrste-otpornika/ (7. Listopada 2014)

JOC / EFR, 2000. http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Mathematicians/Ohm.html

5. Listopada 2014.)

Malešević Lj: *Osnove elektronike (Repetitorij s laboratorijskim vježbama).* Veleučilište u Splitu, elektrotehnički odjel, Split, 2001.

Merenje temperature. Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, http://ccd.uns.ac.rs/aus/autIND/sau_doc/Za%20sajt/12_Meraci_temperature_i_kolicine_toplote.pdf (3.10.2014)

Oldham K T S: *The doctrine of description: Gustav Kirchhoff, classicalphysics, andthe "purposeof all science" in 19th-centuryGermany*. Doktorski rad. University of California, Berkeley, (2008).

OttoLimann: *Elektronika na lak nacin.* Tehnicka knjiga, Zagreb, 1981

Thermocouple. In *Wikipedia, TheFreeEncyclopedia*. (2014.), http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Thermocouple&oldid=627635371

(4. Listopada 2014.)

Wikipedia, TheFreeEncyclopedia. http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ohm%27s_law&oldid=624699412

(October 3, 2014,)

Wikipedija, Slobodna enciklopedija. (2013.). http://hr.wikipedia.org/w/index.php?title=Otpornik&oldid=4237740. (4. Listopada 2014.)