

ZAŠTITA ELEKTROMOTORA U ELEKTROMOTORNIM POGONIMA

Srpak D.¹, Keglević K.¹, Huđek J.¹

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

Sažetak: U radu su opisane smetnje koje mogu djelovati na elektromotor tijekom rada elektromotornog pogona, te elementi koji služe za zaštitu elektromotora od različitih nepovoljnih stanja. Na primjeru promatranog pogona opisana su dva problema koja su se pojavila u elektromotornom pogonu pilane i njegovo adekvatno rješenje.

Ključne riječi: elektromotor, pogon, zaštita, smetnje, opterećenje

Abstract: This paper describes disorders that can affect the electric motor during the operation, and protective elements that are used for the protection of the electric motor from unfavourable conditions. Based on the example of observed plant, two problems that appeared in electric drive on saw mill and their adequate solution were described.

Key words: Electric motor, drive, protection, disorders, load

1. UVOD

Zaštitu motora ostvaruju elementi kojima je zadaća sačuvati motor od nedopuštenog zagrijavanja, od trajnih oštećenja i ograničiti na najmanju mjeru vrijeme isključenosti pogona. Prema potrebama, zaštita se može sastojati od najjednostavnijih uređaja koji djeluju samo kod velikih preopterećenja, do složenih i skupih uređaja s inteligentnim djelovanjem i kod malih preopterećenja. Cijena i složenost zaštitnih uređaja obično je razmjerna cijeni i važnosti elektromotornog pogona. Tako se razlikuju jednostavna zaštita za motore malih snaga, poboljšana zaštita za niskonaponske motore većih snaga i složena zaštita za visokonaponske motore i motore najvećih snaga.

Motori u pogonu trebaju prije svega biti zaštićeni od kratkog spoja, preopterećenja i pregrijavanja.

Kao sredstva zaštite najčešće se koriste osigurači, sklopnici s bimetalnim okidačima i motorne zaštitne sklopke.

2. SMETNJE KOJE MOGU UTJECATI NA ISPRAVAN RAD ELEKTROMOTORA

Zaštita elektromotora sprečava teže posljedice smetnji koje mogu dolaziti:

- od radnog mehanizma,
- od izvora napajanja,
- od utjecaja okoliša.

2.1. Smetnje izazvane radnim mehanizmom

Radni mehanizam može preopteretiti motor momentom tereta većim od nazivnog. To je najčešće slučaj u pogonim s promjenljivim opterećenjem ako snaga motora nije odabrana prema najvećem mogućem opterećenju, kao i onda ako dođe do neočekivanih promjena na radnom mehanizmu (mehaničko oštećenje pokretnih dijelova ili slično).

Kod preopterećenja koja dovode do prisilnog zaustavljanja elektromotor dolazi u stanje kratkog spoja. Elektromotor se u tom slučaju štiti kratkospojnom i termičkom (toplinskom) zaštitom. Elementi za kratkospojnu zaštitu brzo prekidaju strujni krug kod struje kratkog spoja i koja je puno veća od nazivne struje. Za tu svrhu koriste se rastalni osigurači i različite izvedbe elektromagnetskih okidača. Vrijeme prekidanja strujnog kruga s rastalnim osiguračima je kraće što je struja veća. Rastalni osigurači ne jamče istodobno prekidanje sve tri faze, što je ozbiljan nedostatak kod trofaznih motora, jer motor može nastaviti rad na dvije faze, što također stvara naprezanja u motoru. Izrađuju se u dvije inačice: brzi i spori. Odabrana nazivna vrijednost struje osigurača treba biti veća od nazivne struje motora da osigurači ne bi reagirali tijekom normalnog pogona. Kod iste nadstruje brzi osigurači prekidaju znatno ranije od sporih, stoga treba obratiti pozornost na brzinu reakcije u odnosu na povećanje struje kod zaleta.

S obzirom na to da osigurači ne štite motor od toplinskih preopterećenja nastalih pri trajnim strujama motora neznatno većim od nazivnih (kod manjih preopterećenja), u tu svrhu se ugrađuju bimetalni zaštitni releji.

2.2. Smetnje povezane s izvorom napajanja

Zaštita od mrežnih smetnji odnosi se prije svega na trofaznu mrežu i izmjenične motore. Česta je **smetnja prekomjerno odstupanje naponskog oblika od sinusnog**, a nastaje zbog utjecaja viših harmonika struje. Glavni su uzročnici trošila koja napajana preko elektroničkih energetskih pretvarača opterećuju mrežu višim harmonicima. Propisima se dopuštaju odstupanja od sinusnog oblika napona do 5%. Pri većem odstupanju oblika od sinusoidnog, amplitude harmonika su veće i stvaraju parazitske momente. Izmjenični motori priključeni na nesinusni napon rade neekonomično jer

parazitski momenti smanjuju ukupni moment, a povećani gubici uvjetuju veće zagrijavanje. Uobičajeni prekostrujni ili bimetalni releji ostaju nedjelotvorni jer se efektivna vrijednost struje neznatno mijenja, pa jedino direktna temperaturna zaštita može uspješno zaštititi motor od pregrijavanja.

Smetnje promjenljivog iznosa napona imaju različite rezultate pri povećanju i smanjenju napona. Izmjenične mreže imaju propisane vrijednosti iznosa napona i frekvencije, ali se dopuštaju manja odstupanja. Motori su obično građeni tako da trajno izdrže odstupanje napona za $\pm 5\%$ i odstupanje frekvencije za 1%. Asinkroni motor opterećen konstantnim momentom tereta, pri sniženom naponu uzima veću struju te je strujno preopterećen. Prekostrujna zaštita štiti motor i kod pogona sa sniženim naponom. Ponekad se primjenjuje i podnaponska zaštita koja isključuje motor kad je priključni napon dulje vrijeme prenizak. Ako je napon povećan, uz djelomično zasićen motor povećava se magnetski tok, uz isti moment struja opterećenja je manja, a povećaju se gubici u željezu. Zaštita ne bi trebala djelovati. Ipak, ako je motor već duboko u zasićenju, struja magnetiziranja jako poraste, pa tako i ukupna struja u statoru, te proradi zaštita od strujnog ili termičkog preopterećenja.

Nesimetrija trofazne mreže uzrok je povećanim gubicima i eventualno pregrijavanju trofaznog motora. Nepovoljno djeluje inverzna komponenta okretnog momenta, osobito velika pri ispadu jedne faze, pa motor radi na dvije faze. Ovu pojavu uspješno štiti temperaturna i prekostrujna zaštita.

Prenaponi nastali u mreži mogli bi na motorima (osobito visokonaponskim) dovesti do proboga izolacije i prouzročiti zemni ili kratki spoj koji onesposobljava motor za daljnji rad. Ta se opasnost sprečava zaštitom od prenapona pomoću katodnih odvodnika ili sličnih elemenata.

2.3. Smetnje uzrokovane djelovanjem okoliša i na okoliš

Smetnje uzrokovane djelovanjem okoliša u većini se slučajeva svode na pogoršane uvjete hlađenja ili na opasnu atmosferu s eksplozivnim smjesama. Dok su prostori s mogućnošću stvaranja eksplozivnih smjesa plinova i para rijetki i zahtijevaju ugradnju posebno namijenjene opreme, otežano hlađenje događa se vrlo lako i često. Npr., motori hlađeni preko površine kućišta mogu se u pogonu prekriti ili djelomično zatrpiti prašinom, zbog čega se više zagrijavaju pri nazivnom, a čak i pri opterećenju manjem od nazivnog. Jedina učinkovita zaštita je temperaturna jer ostale jednostavne zaštite ne djeluju. Posljedica smještaja u premalenu i nedovoljno ventiliranu prostoriju je pregrijavanje motora, pa je djelotvorna samo temperaturna zaštita.

Posebne mjere zaštite zahtijeva (često zanemaren) utjecaj elektromotora na okolinu. Mnogi električni uređaji onečišćuju okoliš elektromagnetskim zračenjem. Elektromotorni pogoni sadrže elektroničke sklopove koji uklapanjem i isklapanjem elektromotora generiraju elektromagnetske smetnje koje se šire u okoliš zračenjem i po električnoj mreži.

Takve uređaje treba oklapanjem i filtriranjem spriječiti u emitiranju visokofrekvencijskih smetnji u mrežu i okolni prostor. Štetna zračenja moraju ostati unutar granica dopuštenih propisima.

Nedovoljno uravnotežene mase i druge dinamičke pojave mogu u elektromotornim pogonima prouzročiti vibracije. Nastajanje i širenje vibracija treba spriječiti ili ublažiti, a njihov štetni utjecaj smanjiti na dopuštenu mjeru.

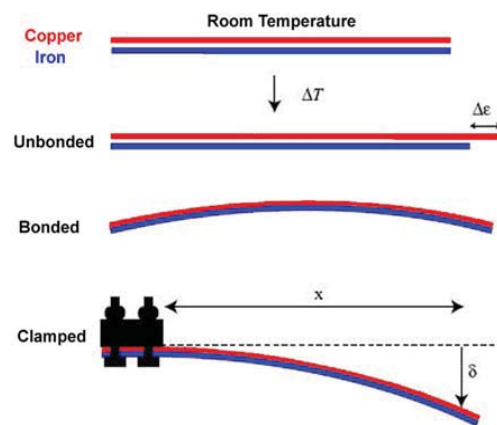
3. KARAKTERISTIKE ZAŠTITNIH ELEMENATA

3.1. Zaštita osiguračima

Svrha osigurača (simbol je prikazan na slici 4. oznakom F2) je da u slučaju kratkog spoja što prije prekine napajanje elektromotora električnom energijom. Osigurači mogu biti rastalni ili automatski, a biraju se tako da izdrže struju zaleta motora (tromi – da ne isklope / ne pregore), a da štite od kratkog spoja.

3.2. Zaštita bimetalnim i prekostrujnim relejima

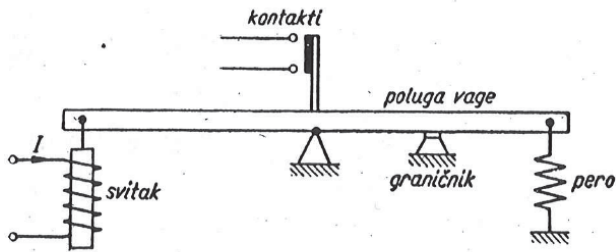
Za zaštitu od opterećenja većih od nazivnih koristi se **bimetalni relej**, odnosno relej s ugrađenim aktivnim elementom zvanim BIMETAL. On se sastoji od dvije duguljaste pločice od različitog materijala, slijepljene jedna na drugu kojima teče struja u uzdužnom smjeru kako je prikazano na slici 2.



Slika 1. Bimetal

Zbog razvijene topline bimetal se savija jer mu elementi (pločice) imaju različite koeficijente rastezanja. U trajnom radu (režim S1) se zaštita podešava na nazivnu struju elektromotora. Bimetalni releji su također osjetljivi na nesimetriju struja, te tako mogu spriječiti jednofazni i dvofazni rad (isklopit će kod nestanka jedne ili dvije faze).

Prekostrujni relej radi na principu elektromagnetske indukcije. Strujom motora (direktno ili preko strujnog transformatora) protjecan je svitak koji uvlači željeznu jezgru, a ona mehanički zatvara komandne kontakte. Položaj jezgre i njena brzina kretanja ovise o veličini struje, pa i prekostrujni relej radi na »strujnom« principu.

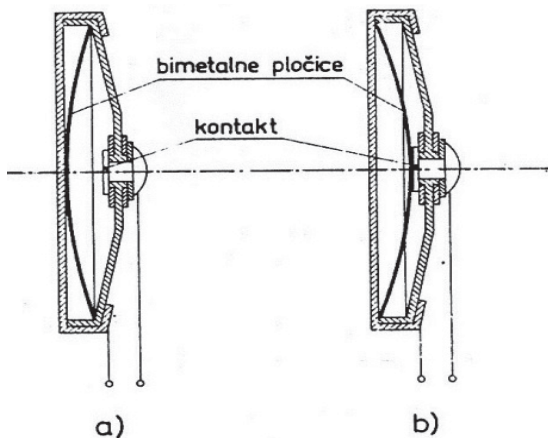


Slika 2. Shema prekostrujnog releja

3.3. Termička ili temperaturna zaštita

Termička ili temperaturna zaštita zasniva se na stvarnoj temperaturi štice objekta i u tome je razlika u odnosu na bimetal. Za niskonaponske motore su najvažniji mjerači temperatura ugrađeni direktno u namot motora, a najčešće su:

a) Bimetalne sonde



Slika 3. Bimetalna sonda

Bimetalna pločica (oko 1 cm promjera) napravljena je tako da je savijena na jednu stranu u hladnom stanju (sl. 4.a), tj. ako je hladnija od neke kritične vrijednosti temperature, a na drugu stranu (sl. 4.b) ako je toplija od te vrijednosti, tj. kod te kritične vrijednosti. Tada pločica »preskoči« iz jednog položaja u drugi i zatvori kontakt, odnosno daje nalog za isključenje motora.

b) Poluvodički otpornici s pozitivnim temperaturnim koeficijentom

Njih još često nazivaju termistorima. To su vrlo mali elementi obično najveće dimenzije 3-7 mm, a često su veliki kao glavica šibice. Ugrađuju se izravno u namot i napajaju naponom iz pomoćnog izvora.

Djelovanje je slično kao kod termo sonde (bimetalne sonde), samo se pomoćni krug galvanski ne prekida. Otpornik mijenja iznos otpora s temperaturom, a budući da je spojen na fiksni iznos napona, mijenja se i struja koja protječe kroz pomoćni strujni krug. Zaštitno

djelovanje (isključenje) može se dakle podesiti prema iznosu struje u pomoćnom krugu.

3.4. Motorna zaštitna sklopka

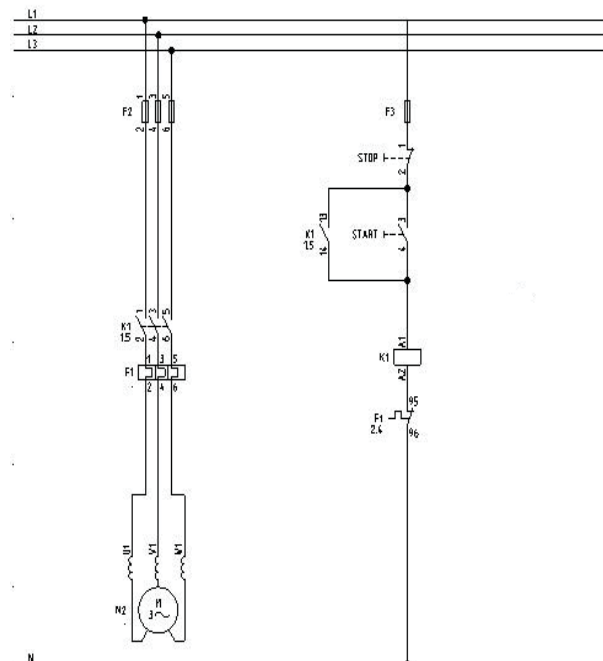
Motorna zaštitna sklopka je uređaj koji služi za uključivanje i isključenje motora, a istodobno zaštićuje motor.

U sklopku su ugrađeni bimetalni okidači za zaštitu od preopterećenja i brzi elektromagnetski okidači za zaštitu od kratkog spoja.

Termički element se nalazi u glavnom krugu i struja motora prolazi kroz njega. Kada dođe do preopterećenja, bimetal se zagrije i prekine rad sklopke (isključi napon na izlazu). Kod višestruko veće struje (struje kratkog spoja), elektromagnetski okidač djeluje preko poluge na mehanizam koji isklopi pomične kontakte i prekine strujni krug.

4. OPIS PROMATRANOG POSTROJENJA I PROBLEMATIKA

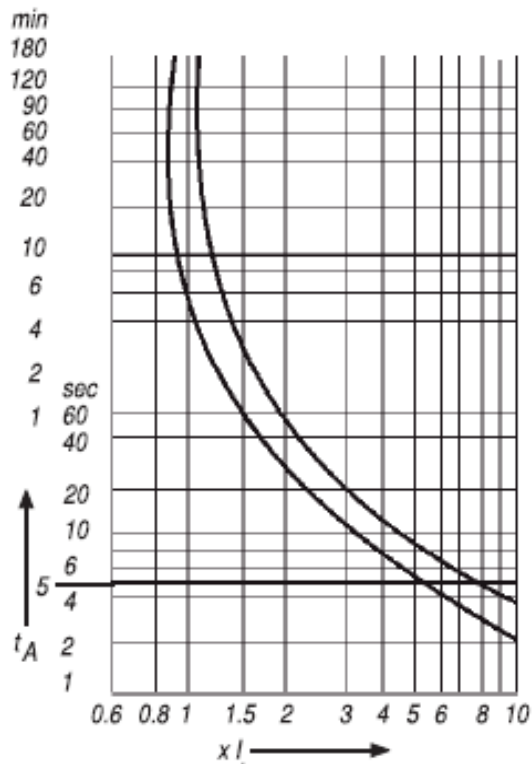
Koja zaštita je u određenom slučaju potrebna i koje zaštitne mjere će biti primijenjene ovisi o složenosti, važnosti postrojenja i uvjetima u kojima motor radi. Postrojenje za obradu drveta, čija je električna shema prikazana na slici 1., sastoji se od jednog trofaznog asinkronog motora od 1,1 kW koji je zaštićen osiguračima i bimetalnim zaštitnim relejom, te se pokreće preko sklopnika. Postrojenje je staro 10 godina i nikada nije popravljano.



Slika 4. Shema spoja motora i zaštite pogona u pilani

Motor se štiti bimetalnom zaštitom: model BBC M625, raspon podešavanja struje prorade 5-8A. Bimetalni relej je podešen na nazivnu struju motora koja iznosi 5A. Različito opterećenje motora postignuto je tako da se kružnoj pili dodaju drva različite debljine i težine. Struja faze mjerena je digitalnim strujnim kliještima tipa DT-

3341. Nakon što je opterećenje bilo takvo da je struja po fazi bila 10A, bimetalni relej je proradio za 60 sec.



Slika 5. Isklopna karakteristika bimetalnog zaštitnog releja

Prvi problem: Prilikom piljenja drva nakon određenog vremena dolazi do pregaranja motora.

Drugi problem: Uključenjem postrojenja za obradu drva, bez obzira na to što elektromotor nije opterećen, dolazi do iskapčanja bimetalne sklopke svakih 15-20 min.

4.1. Rješenje problema

Prvi problem: Promatranjem rada pogona pri punom opterećenju uočeno je da dolazi do prekomjernog zagrijavanja motora. Strujnim kliještima je izmjerena struja jedne faze motora i ustanovljeno je da je strujno opterećenje iznad dopuštenih granica. Zbog opterećenja većeg nego što motor može podnijeti, struja kroz motor je veća od nazivne pa dolazi do prekomjernog zagrijavanja, što destruktivno utječe na izolaciju bakrenih žica u namotu. Nakon nekog vremena dolazi do proboja izolacije i do pregaranja motora.

Potrebna je ugradnja elektromotora veće nazivne snage, a prijedlog je zamjena elektromotora snage 1.1kW elektromotorom snage 2.2kW, kako bi postrojenje moglo raditi pod punim opterećenjem.

Drugi problem: Prilikom rada postrojenja strujnim kliještima mjerena je struja kroz motor pri različitim opterećenjima. Nakon nekoliko minuta mjerenja ustanovljeno je da je strujno opterećenje na motor u granicama nazivnih vrijednosti struje motora i struje bimetala, te da nakon nekog vremena bimetalna zaštita isključuje motor iako su opterećenja unutar granica mogućnosti motora. Razlog je starenje bimetalne sklopke koja tijekom vremena izgubi tvorničke karakteristike. Privremeno rješenje je da se bimetalna zaštita podesi na veću struju te da se što prije zamijeni novom koja odgovara karakteristikama motora.

5. ZAKLJUČAK

Elektromotorni je pogon izložen poremećajima u kojima može doći do opasnost za osobe, do oštećenja dijelova pogona ili se električna mreža kao izvor energije izlaže povećanim opterećenjima.

Treba staviti na raspolaganje potrebnu količinu mehaničke energije, ovisno o tehničkim zahtjevima pogona, a pri tome pružiti maksimalnu sigurnost pogona i osoba koje njime rukuju.

Pored ispravnog izbora elektromotora za konkretne potrebe pogona, mora postojati i odgovarajuća izvedba njegove zaštite, te se mora provoditi redovita kontrola i održavanje pogona.

6. LITERATURA

- [1] JURKOVIĆ B.: Elektromotorni pogoni, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [2] MAČIĆ Š.: Električni strojevi, Sarajevo, 2005.
- [3] <http://mk.traconelectric.com/>, srpanj 2010.
- [4] <http://www.fer.hr/download/repository/p8.pdf>, srpanj 2010.
- [5] http://www.koncarnes.hr/admin/pdf_e/KATALOG_ELEKTROMOTORI.pdf, kolovoz 2010.

Kontakt:

Dunja Srpak, dipl. ing.

Veleučilište u Varaždinu

Križanićeva 33, 42000 Varaždin

Tel: 098/821 891

e-mail: dunja.srpak@velv.hr,

krkeglevic@velv.hr,

josip.hudjek@velv.hr