

PRINCIP RADA ZAŠTITE OD TERMIČKOG PREOPTEREĆENJA I NJENO PODEŠAVANJE

B. Škorić, Elektrotehnički Fakultet Beograd
Z. Ristanović, Siemens d.o.o. Beograd, Srbija
S. Cvetković, Siemens d.o.o. Beograd, Srbija
M. Aleksić, Siemens d.o.o. Beograd, Srbija

UVOD

Termička zaštita treba da spreči prekomerno termičko naprezanje transformatora, motora, generatora i kablova odnosno da njihova temperatura ne pređe graničnu temperaturu koja je određena njihovom klasom izolacije. Termička zaštita se primenjuje kako u elektranama tako i u prenosnim i distributivnim mrežama. Formule u ovom radu su izvedene iz relacija navedenih u standardu IEC 60255-8 o termičkim modelima korišćenim za zaštitu elemenata EES-a. U svrhu provere navedenih relacija su vršena merenja. Pomoću uređaja za ispitivanje su se releju dovodile odgovarajuće sekundarne struje. Za merenje temperature ambijenta je korišćena Pt100 termosonda koja je preko RTD-box-a bila priključena na zaštitni uređaj. Rezultati merenja su direktno praćeni preko računara pomoću odgovarajućeg softweare-a, a računar je serijskim RS232 kablom bio direktno povezan na zaštitni uređaj. Treba i naglasiti da su za termičku zaštitu relevantne struje od nominalne struje do otprilike 30% veće od nominalne struje, jer jače struje isključuju druge zaštite kao zaštita od strujnog preopterećenja ($I >$) ili kratkospojna zaštita ($I \gg$).

U ovom radu su posebno razmatrana dva slučaja:

1. za formiranje termičke slike štice objekta se koristi samo struja po IEC 60255-8
2. za formiranje termičke slike štice objekta se koristi i struja i temperatura ambijenta po IEC 60255-8.

FORMIRANJE TERMIČKE SLIKE ŠTIĆENOG OBJEKTA SAMO POMOĆU STRUJE

Uređaj računa porast temperature štice objekta pomoću sledeće diferencijalne jednačine [3]:

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \theta = \frac{1}{\tau} \left(\frac{I''}{KI_N} \right)^2 \quad (1)$$

gde su:

I'' - struja štice objekta (sekundarna)

Θ - porast temperature šticeenog objekta
 τ - termiika vremenska konstanta šticeenog objekta

$$K = \frac{I_{max}}{I_N}$$

I_{max} maks. struja (svedena na sekundar) koju šticeeni objekat moze trajno da podnese

I_N - nom. struja releja ($I_N = 1A$ ili $I_N = 5A$)

t - vreme

Napomena: U slucaju da konstanta τ nije poznata, ona se moze približno odrediti na sledeci naain [5]:

$$\tau = \frac{1}{60} \left| \frac{I_{1s}}{I_{max}} \right|^2 \text{ [min]} \quad (2)$$

gde su:

I_{max} - maksimalna trajno dozvoljena struja šticeenog objekta (primarna)

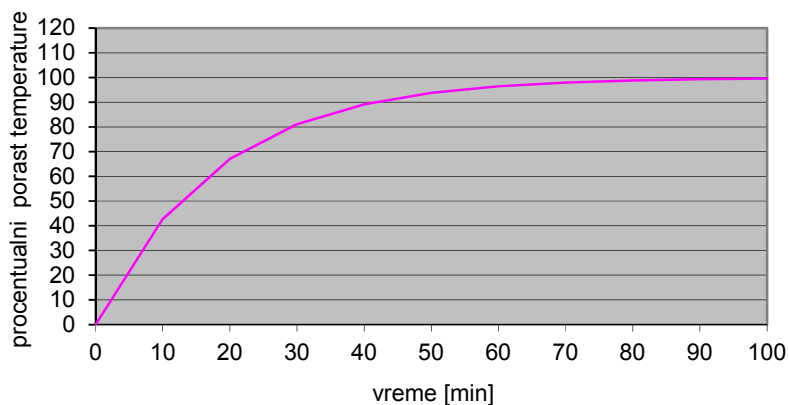
I_{1s} - maksimalna jednosekundna struja šticeenog objekta (primarna)

Rešenje jednaaine uz poaitni uslov $\theta(t = 0) = 0$ je:

$$\theta(t) = \left(\frac{I_{max}}{KI_N} \right)^2 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) \cdot 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

Ova jednaaina predstavlja karakteristiku procentualnog zagrevanja šticeenog objekta. Za struju, koja je jednaka maksimalno dozvoljenoj trajnoj struji, šticeeni objekat ee se zagrejati do njegove maksimalne temperature i karakteristika zagrevanja izgleda kao na sledeaoj slici (uzeto: $\tau = 18 \text{ min}$):

SLIKA 1 - PROCENTUALNI PORAST TEMPERATURE (COLD CURVE)



Primer:

Posmatra se motor sa sledeaim podacima:

$P_N = 670 \text{ kW}$; $U_N = 6 \text{ kV}$; $I_{NM} = 76 \text{ A}$; $\cos\phi_N = 0,85$

CT: 100A/5A, ($n_{CT} = 20$)

Podesiti zaštitu od termiikog preoptereeenja tako da ona iskljuai motor u trenutku kada se on zagreje do temperature od 120°C , odnosno $\theta_{maxdoz} = 120^\circ\text{C}$ (klasa izolacije E).

Rešenje:

Ovde je samo potrebno podesiti faktor K i tako prilagoditi nominalnu struju releja maksimalnoj trajno dozvoljenoj struji motora. Podatak o toj struji daje proizvoaa motor. To je praktiino struja koja ee motor zagrejati do njegove maksimalne dozvoljene temperature koja ovde iznosi 120°C .

Faktor K je određen odnosom sekundarne maksimalne trajno dozvoljene struje štice objekta i nominalne struje releja. Ako se dozvoljava strujno preopterećenje motora od 5%, imamo:

$$K = \frac{1,05 \cdot I_{NM}}{n_{CT} \cdot I_N} = \frac{1,05 \cdot 76A}{20 \cdot 5A} = 0,8$$

Podešavanjem faktora K na 0,8 obezbeđuje se da termička zaštita isključi motor kad njegova temperatura dostigne $120^\circ C$, odnosno obezbeđuje se da temperatura motora ne pređe graničnu temperaturu koja odgovara njegovoj klasi izolacije (ovde E).

Karakteristike isključenja termičke zaštite

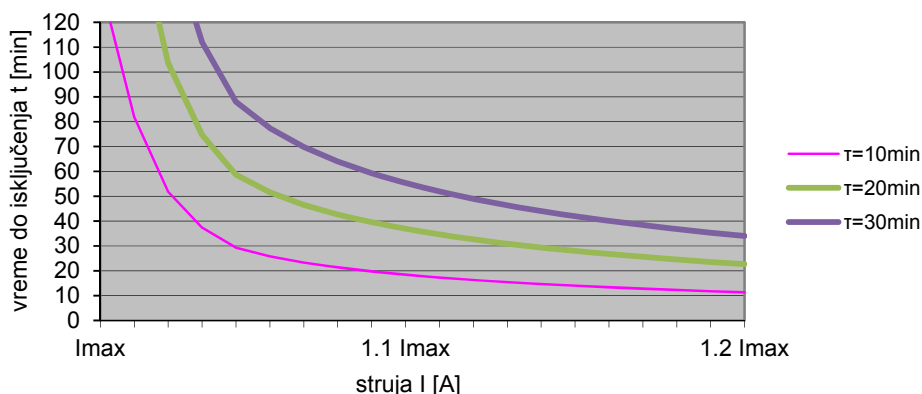
Zagrevanje iz hladnog stanja – Cold curve

Jednačinu (3) treba izjednačiti sa 100% i rešiti po t . Tako se dobija karakteristika isključenja. Karakteristika isključenja je zavisnost vremena do isključenja (nakon početka delovanja struje I) od struje zagrevanja I i parametara K i τ . Smatra se da pre delovanja struje I nije proticala struja, zbog toga naziv "cold curve" [4]:

$$t = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I}{KI_N} \right)^2}{\left(\frac{I}{KI_N} \right)^2 - 1} \right) \quad [min] \quad (4)$$

Na sledećoj slici su prikazane karakteristike isključenja za razne vrednosti termičke vremenske konstante τ . Sa slike se vidi da τ linearno utiče na brzinu zagrevanja odnosno na vreme do isključenja i pomera karakteristiku isključenja u vertikalnom pravcu.

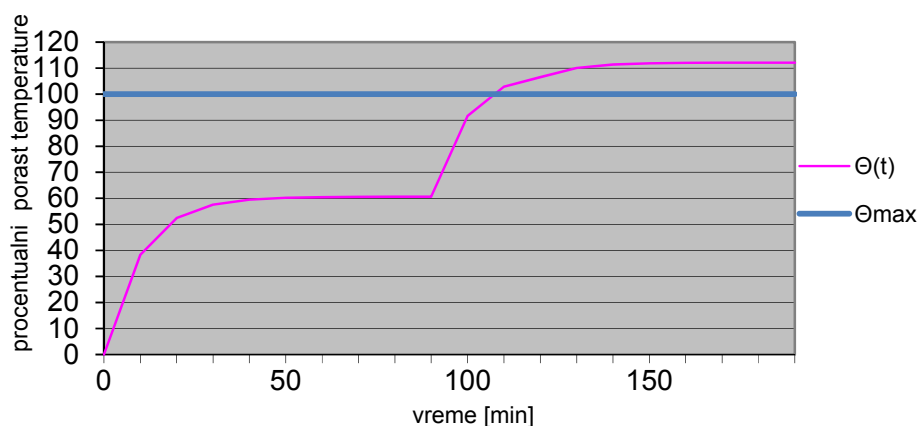
SLIKA 2 - KARAKTERISTIKE ISKLJUČENJA (COLD CURVE)



Zagrevanje sa prethodnim opterećenjem – Hot curve

Posmatrajmo sada sledeći slučaj: neka je štice objekat bio duže vreme opterećen nekom strujom $I_{preth.} < I_{max}$ koja je prouzrokovala zagrevanje štice objekta do temperature $\theta_{preth.} < \theta_{max}$. Neka nakon toga vrednost struje skoči na $I > I_{max}$ što će prouzrokovati pregrevanje štice objekta. Vremenski tok zagrevanja izgledaće kao na sledećoj slici:

SLIKA 3 - PROCENTUALNI PORAST TEMPERATURE (HOT CURVE)



U trenutku kada kriva $\theta(t)$ preseče pravu θ_{max} , relej šalje nalog za isključenje. Vreme od početka delovanja struje I do isključenja računa se prema sledećoj formuli [4]:

$$t' = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I'}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{I'_{preth.}}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I'}{KI_N}\right)^2 - 1} \right) \quad [min] \quad (5)$$

Primer:

Posmatra se energetski kabl sa sledećim podacima:

$$I_{NK} = I_{max} = 420 \text{ A (nom. struja kabla)}$$

$$I_{1s} = 35640 \text{ A}$$

$$CT: 300A/5A, (n_{CT} = 60)$$

$$I_N = 5 \text{ A (nom. struja releja)}$$

Odrediti koliko se dugo posmatrani energetski kabl sme preopteretiti za 20% a da ga termička zaštita ne isključi ako je on pre nego što je nastupilo preopterećenje duže vreme bio opterećen strujom

$$I_{preth.} = 370 \text{ A.}$$

Rešenje:

$$K = \frac{I_{NK}}{n_{CT} \cdot I_N} = \frac{420 \text{ A}}{60 \cdot 5 \text{ A}} = 1,4$$

$$\tau = \frac{1}{60} \left| \frac{I_{1s}}{I_{max}} \right|^2 = \frac{1}{60} \cdot \left| \frac{35640}{420} \right|^2 \approx 120 \text{ min}$$

$$t' = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I'}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{I'_{preth.}}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I'}{KI_N}\right)^2 - 1} \right) = 120 \cdot \ln \left(\frac{\left(\frac{8,4}{7}\right)^2 - \left(\frac{6,2}{7}\right)^2}{\left(\frac{8,4}{7}\right)^2 - 1} \right) \approx 48 \text{ min}$$

Pod navedenim uslovima termička zaštita će isključiti kabl posle 48 min. Toliko vremena imaju dispečeri da rasterete preopterećeni kabl.

Za struju $I = I_{max}$ štice objekat će se zagrejati do maksimalne temperature koju on može da podnese. Rezultat jednačine (3) je tada $\theta = 100\%$. Ako želimo da odredimo koliko je vremena potrebno da temperatura štice objekta poraste do neke procentualne vrednosti $\theta[\%]$ od maksimalnog dozvoljenog porasta temperature, pri nekoj struji I , jednačinu (3) treba izjednačiti sa $\theta[\%]$ i rešiti po t . Dobija se

sledeća jednačina koja daje vreme koje je potrebno struji I da zagreje štice objekat do proizvoljne vrednosti θ [%].

$$t'' = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2 - \frac{\theta[\%]}{100}} \right) \quad [\text{min}] \quad (6)$$

Ako je u prethodno opisanom slučaju duže vreme delovala struja $I_{preth} < I_{max}$, vreme koje je potrebno struji I da zagreje štice objekat do θ [%], računa se prema sledećoj formuli:

$$t''' = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{I''_{preth}}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2 - \frac{\theta[\%]}{100}} \right) \quad [\text{min}] \quad (7)$$

Rezultati merenja

TABELA 1 – PROCENTUALNO ZAGREVANJE 1

$I_N = 5 A ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 6 A ; t = 80 \text{ min}$		
	$\theta_{izračunato}$ [%]	$\theta_{izmereno}$ [%]
$K = 0,8$	225	225
$I_N = 5 A ; K = 1 ; I = 6 A ; t = 40 \text{ min}$		
	$\theta_{izračunato}$ [%]	$\theta_{izmereno}$ [%]
$\tau = 5 \text{ min}$	144	144
$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ; t = 80 \text{ min}$		
	$\theta_{izračunato}$ [%]	$\theta_{izmereno}$ [%]
$I = 4 A$	64	64

TABELA 2 – VREME t

$I_N = 5 A ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 6 A ;$		
	$t_{izračunato}$ [min]	$t_{izmereno}$ [min]
$K = 1,0$	11,86	11,75
$I_N = 5 A ; K = 1 ; I = 6 A ;$		
	$t_{izračunato}$ [min]	$t_{izmereno}$ [min]
$\tau = 15 \text{ min}$	17,78	17,80
$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ;$		
	$t_{izračunato}$ [min]	$t_{izmereno}$ [min]
$I = 7 A$	7,14	7,12

TABELA 3 – VREME t'

$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 6 A ;$		
	$t'_{izračunato}$ [min]	$t'_{izmereno}$ [min]
$I_{preth.} = 3 A$	8,98	9,02

TABELA 4 – VREME t''

$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 6 A ;$		
	$t''_{izračunato}$ [min]	$t''_{izmereno}$ [min]
$\theta = 90\%$	9,81	9,83

TABELA 5 – VREME t'''

$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 6 A ; I_{preth.} = 2,5 A$		
	$t'''_{izračunato}$ [min]	$t'''_{izmereno}$ [min]
$\theta = 90\%$	7,90	7,92

FORMIRANJE TERMIČKE SLIKE ŠTIĆENOG OBJEKTA POMOĆU STRUJE I TEMPERATURE AMBIJENTA

Temperatura ambijenta je temperatura okolnog medijuma. To može biti vazduh ili kod transformatora i transformatorsko ulje. Preko termosonde i termo-box-a se releju saopštava trenutna temperatura ambijenta i relej na osnovu nje i struje procenjuje temperaturu šticeenog objekta. Najnepovoljnija temperatura ambijenta koja odgovara normalnim uslovima iznosi $\theta_{amb} = 40^\circ\text{C}$. Ako termo-box nije priključen ili prijavi smetnju, relej smatra da temperatura ambijenta iznosi 40°C [1].

Vremenski oblik zagrevanja ima sličan oblik kao i u prethodnom slučaju, jedina razlika je u dodatnom članu θ_{amb} :

$$\Theta(t) = \Theta_{\max} \cdot \left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right) + \theta_{amb} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (8)$$

odnosno ako se posmatra samo stacionarno stanje:

$$\Theta = \Theta_{\max} \cdot \left(\frac{I''}{KI_N}\right)^2 + \theta_{amb} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (9)$$

pri čemu je $\theta_{\max} = K^2 \cdot \theta_N$ porast temperature pri maksimalnoj trajno dozvoljenoj struji šticeenog objekta a θ_N porast temperature pri nominalnoj struji releja (odnosno nominalno sekundarnoj struji strujnih transformatora). Kako je uglavnom poznat podatak o temperaturi šticeenog objekta pri njegovoj nominalnoj struji θ_{NM} (radna temperatura), temperatura θ_N se mora odrediti [1]:

$$\theta_N = \theta_{NM} \cdot \left(\frac{I_N}{I_{NM}}\right)^2 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (10)$$

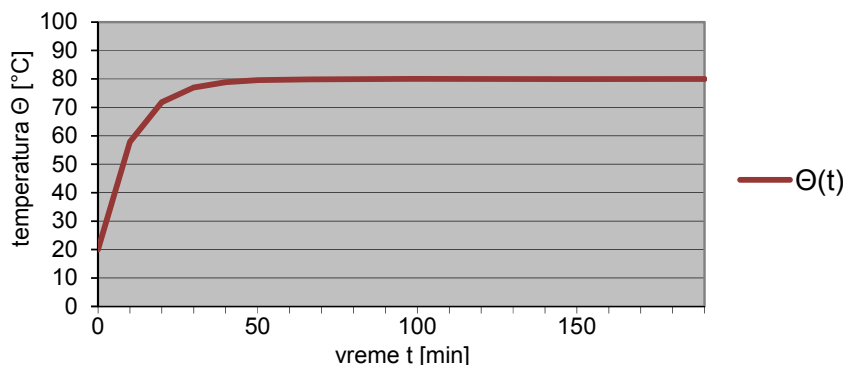
I_N - nominalna struja strujnih transformatora (primarna)

I_{NM} - nominalna struja šticeenog objekta (primarna)

Ovde treba naglasiti da se faktor K računa na isti način kao što je opisano u prvom delu ovog rada i da se ovde releju saopštava porast temeprature pri nominalnoj struji releja a ne pri nominalnoj struji šticeenog objekta. Ovo će biti kasnije još jendom pojašnjeno kroz jedan primer.

Na sledećoj slici je prikazan vremenski oblik zagrevanja pri temperaturi ambijenta od 20°C .

SLIKA 4 - PORAST TEMPERATURE



Bitno je uočiti da θ_{amb} pomera krivu zagrevanja samo u vertikalnom pravcu. Temperatura θ_{amb} zapravo predstavlja početnu tačku krive zagrevanja na ordinati.

Zavisnost maksimalne trajno dozvoljene struje od temperature ambijenta

Iz do sada rečenog proizlazi da se pri temperaturama ambijenta manjim od 40°C maksimalna trajno dozvoljena struja štice objekta povećava odnosno pri temperaturama ambijenta većim od 40°C ona smanjuje. Relacija koja daje procentualno zagrevanje je:

$$\theta = \left(\frac{I}{KI_N}\right)^2 \cdot 100 + \frac{\theta_{amb} - 40^{\circ}\text{C}}{\theta_{max}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (11)$$

Iz relacije (11) se može odrediti maksimalna trajno dozvoljena struja pri proizvoljnoj temperaturi ambijenta:

$$I_{max} = KI_N \cdot \sqrt{\frac{\theta_{max} - \theta_{amb} + 40^{\circ}\text{C}}{\theta_{max}}} \cdot n_{CT} \quad [A] \quad (12)$$

Primer:

Neka je $\gamma = 1,2$, nominalna struja releja $I_N = 5A$, odnosno $KI_N = 6A$ i neka je porast temperature štice objekta pri nominalnoj struji releja $\theta_N = 100^{\circ}\text{C}$.

CT: 300A/5A, ($n_{CT} = 60$)

Odrediti maksimalnu trajno dozvoljenu struju štice objekta pri:

$$\theta_{amb1} = 20^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{amb2} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$\theta_{amb3} = 60^{\circ}\text{C}$$

Rešenje:

Odredimo prvo maksimalni porast temperature θ_{max} pri sekundarnoj struji $KI_N = 6A$:

$$\theta_{max} = 1,2^2 \cdot (100^{\circ}\text{C}) = 144^{\circ}\text{C}$$

Pomoću formule (9) dobijamo redom:

$$I_{max1} = 384A$$

$$I_{max2} = K \cdot I_N \cdot n_{CT} = 360A$$

$$I_{max3} = 334A$$

Jasno se vidi da je maksimalna trajno dozvoljena struja štice objekta pri $\theta_{amb3} = 60^{\circ}\text{C}$ za 50A manja od maksimalne trajno dozvoljene struje pri $\theta_{amb1} = 20^{\circ}\text{C}$.

Karakteristike isključenja termičke zaštite

Kao i u slučaju kada se ne uzima u obzir θ_{amb} postoje i ovde relacije koje daju vreme do isključenja u slučaju da struja I pređe maksimalnu trajno dozvoljenu struju I_{max} i one se dobijaju iz relacije (8), [1],[2]:

$$t_1 = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{\theta_{maxdoz} - \theta_{amb}}{\theta_{max}}\right)} \right) \quad [min] \quad (13)$$

$$t_2 = \tau \ln \left(\frac{\left(\frac{I}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{I_{preth.}}{KI_N}\right)^2}{\left(\frac{I}{KI_N}\right)^2 - \left(\frac{\theta_{maxdoz} - \theta_{amb}}{\theta_{max}}\right)} \right) \quad [min] \quad (14)$$

gde su:

$\theta_{max} = K^2 \theta_N$ maksimalni porast temp. pri $I_{max} = KI_N$ (sekundarno), odnosno I_{max} (primarno)
 $\theta_{maxdoz} = \theta_{max} + 40^\circ C$ maksimalna temperatura koju šticeeni objekat sme da dostigne.

Formule (13) i (14) su analogne formulama (4) i (5) iz prvog dela ovog rada. Za $\theta_{amb} = 40^\circ C$ one su identične. Prva predstavlja vreme do isključenja iz hladnog stanja (cold curve) a druga predstavlja vreme do isključenja nakon što je duže vreme delovala struja $I_{preth.} < I_{max}$ koja onda skoči na vrednost $I > I_{max}$ (hot curve).

Postoji i formula koja određuje vreme do isključenja u slučaju da je struja $I_{preth.} < I_{max}$ delovala prouzvoljno dugo ($t_{pret.}$) i onda skočila na $I > I_{max}$ [1]:

$$t_3 = \tau \cdot \ln \frac{\left(\frac{I_{preth.}}{KI_N}\right)^2 + \frac{\theta_{amb} - 40^\circ C}{\theta_{max}} \left[\left(\frac{I_{preth.}}{KI_N}\right)^2 + \frac{\theta_{amb\ t=0} - 40^\circ C}{\theta_{max}} \right] \left(1 - e^{-\frac{t_{pret.}}{\tau}}\right)}{\left(\frac{I_{preth.}}{KI_N}\right)^2 + \frac{\theta_{amb} - 40^\circ C}{\theta_{max}} - 1} \quad [min] \quad (15)$$

$\theta_{amb\ t=0}$ - temperatura ambijenta u trenutku $t = 0$

$t_{pret.}$ - vremenski period, u kojem je delovala struja $I_{preth.}$

Primer:

Posmatra se motor sa sledećim podacima:

$P_N = 740\ kW$; $U_N = 6\ kV$; $I_{NM} = 84\ A$; $\cos\varphi_N = 0,85$

CT: 100A/5A, ($n_{CT} = 20$)

Podesiti zaštitu od termičkog preopterećenja tako da ona isključi motor u trenutku kada se on zagreje do temperature od $120^\circ C$, odnosno $\theta_{maxdoz} = 120^\circ C$ (klasa izolacije E).

Rešenje1:

$\theta_{maxdoz} = 120^\circ C$

$\theta_{max} = \theta_{maxdoz} - 40^\circ C = 120^\circ C - 40^\circ C = 80^\circ C$

Faktor K je određen odnosom sekundarne maksimalne trajno dozvoljene struje šticeenog objekta i nominalne struje releja. Kod motora se kao maksimalna trajno dozvoljena struja uglavnom uzima nominalna struja motora tako da imamo:

$$K = \frac{I_{NM}}{n_{CT} \cdot I_N} = \frac{84\ A}{20 \cdot 5\ A} = 0,84$$

$\theta_{max} = K^2 \cdot \theta_N$, odakle sledi:

$$\theta_N = \frac{\theta_{max}}{K^2} = \frac{80^\circ C}{0,84^2} = 113,4^\circ C$$

Podešenje "porast temp. pri nom. struji releja" ("temp. rise at rated sec. current") treba podesiti na $\theta_N = 113,4^\circ C$, da bi zaštita dala motor isključila kada njegova temperatura dostigne $120^\circ C$.

Rešenje2:

Podešenje za θ_N se može odrediti i na sledeći način. Kako je klasa izolacije motora E, maksimalna trajno dozvoljena temperatura je $120^\circ C$. Uz referentnu temperaturu ambijenta od $40^\circ C$ imamo maksimalni porast temperature motora od $\theta_{NM} = 80^\circ C$. Pomoću formule (10) dobijamo vrednost za θ_N koju je potrebno podesiti:

$$\theta_N = 80 \cdot \left(\frac{100}{84}\right)^2 = 113,4^\circ C$$

Oba proračuna daju isti rezultat!

Rezultati merenja

TABELA 6 – PROCENTUALNO ZAGREVANJE 2

$I_N = 5 A ; K = 1,2 ; \tau = 10 \text{ min} ; \theta_{amb} = 20^\circ\text{C} ; t = 60 \text{ min} ; \theta_N = 100^\circ\text{C}$		
	$\theta_{izračunato} [\%]$	$\theta_{izmereno} [\%]$
$I = 6A$	86	86
$I_N = 5 A ; K = 1,2 ; \tau = 10 \text{ min} ; I = 5A ; t = 60 \text{ min} ; \theta_N = 80^\circ\text{C}$		
	$\theta_{izračunato} [\%]$	$\theta_{izmereno} [\%]$
$\theta_{amb} = 60^\circ\text{C}$	87	87

TABELA 7 – MAKSIMALNA TRANJA STRUJA

$I_N = 5 A ; K = 1 ; \tau = 10 \text{ min} ; \theta_N = 100^\circ\text{C}$		
	$I_{max-izračunato} [A]$	$I_{max-izmereno} [A]$
$\theta_{amb} = 100^\circ\text{C}$	3,16	3,15

TABELA 8 – VREME t_1

$I_N = 5 A ; K = 0,9 ; \tau = 30 \text{ min} ; I = 5A ; \theta_N = 120^\circ\text{C}$		
	$t_{1izračunato} [\text{min}]$	$t_{1izmereno} [\text{min}]$
$\theta_{amb} = 80^\circ\text{C}$	19,43	19,25

TABELA 9 – VREME t_2

$I_N = 5 A ; K = 1,1 ; \tau = 30 \text{ min} ; I = 6A ; \theta_N = 130^\circ\text{C} ; \theta_{amb} = 80^\circ\text{C}$		
	$t_{2izračunato} [\text{min}]$	$t_{2izmereno} [\text{min}]$
$I_{preth.} = 4A$	11,92	11,85

TABELA 10 – VREME t_3

$I_N = 5 A ; K = 1,2 ; \tau = 15 \text{ min} ; I = 6,5A ; \theta_N = 110^\circ\text{C} ; \theta_{amb} = \theta_{amb t=0} = 95^\circ\text{C} ; t_{pret.} = 7 \text{ min}$		
	$t_{3izračunato} [\text{min}]$	$t_{3izmereno} [\text{min}]$
$I_{preth.} = 5A$	13,70	13,50

ZAKLJUČAK

Rezultati merenja potvrđuju ispravnost datih formula i pokazuju da se pri određenoj struji i poznatim parametrima štichenog objekta može tačno odrediti njegovo zagrevanje odnosno vreme do isključenja u slučaju preopterećenja. Greške merenja su reda 1% i manje. One se mogu objasniti tako, što ipak nije uvek moguće tačno podesiti željenu struju. U formulama gde figuriše $I_{preth.}$ utiče na grešku i to što pri merenju prelaz sa $I_{preth.}$ na I nije moguće ostvariti trenutno nego postepeno., a formula pretpostavlja trenutni prelaz.

LITERATURA:

1. SIEMENS, 4.2011, SIPROTEC, 7SJ61 Manual, "1", 120 -128
2. SIEMENS, 4.2011, SIPROTEC, 7SJ61 Handbuch, "2", 125 -133
3. SIEMENS, 1.2009, SIPROTEC 7UT6x Manual, "3", 226 – 229
4. Standard IEC 60255 – 8, 1990, Electrical relays – Thermal electrical relays, "4"
5. SIEMENS, PTD EA, 2005, Applications for SIPROTEC Protection Relays, "5"

Bojan Škorić, Elektrotehnički Fakultet Beograd
Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija
Tel: +381(0)113757669; Mob: +381(0)637841549
E-mail: Bojan.S@gmx.net

