

ÚVOD DO PARAMETRIZÁCIE OCHRANNÝCH RELÉ

*ELEKTRICKÉ OCHRANY V
ELEKTRIZAČNEJ SÚSTAVE*

PTP
A11
SEL-501

AUTOR
RÓBERT ŠTEFKO



TECHNICKÁ UNIVERZITA
V KOŠICIACH



Prvé vydanie publikované v roku 2022
Technickou univerzitou v Košiciach
Letná 9, 040 01 Košice

© 2022 Technická univerzita v Košiciach
© 2022 Róbert Štefko

Názov	Úvod do parametrizácie ochranných relé
Autor	Ing. Róbert Štefko
Vydavateľ	Technická univerzita v Košiciach
Rok vydania	2022
Vydanie	Prvé
Počet strán	43
Copyright	Technická univerzita v Košiciach
ISBN	978-80-553-4066-1
Edícia	Učebné texty

V učebnom texte sú popísané podrobné postupy pre parametrizáciu digitálnych ochrán od firmy SEL a mechanickej nadprúdovej ochrany, teoretický základ k meraniu prístrojového transformátora prúdu, popis a zapojenie jednotlivých častí elektrických ochrán.

Učebný text je určený študentom elektrotechniky v študijných programoch zameraných na elektroenergetiku, používateľom elektroenergetických zariadení a odbornej verejnosti.

Všetky práva vyhradené. Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť reprodukováná, distribuovaná alebo prenášaná v akejkoľvek podobe alebo akýmkoľvek prostriedkami, vrátane fotokopírovania, záznamu alebo iných elektronických alebo mechanických metód, bez predchádzajúceho písomného súhlasu vydavateľa, s výnimkou stručných citácií pri kritických recenziách a niekoľkých ďalších nekomerčných použitíach povolených autorským zákonom.

OBSAH

- Teória ochrán
 - Nadprúdové ochrany
- Teória PTP
 - Nadprúdové číslo
- Popis ochranných relé
- Výpočet
- Zapojenie a Testovanie
 - Dvojitá nadprúdová ochrana SEL-501
 - Nadprúdové relé A11



TECHNICKÁ UNIVERZITA
V KOŠICIACH



Tento učebný text bol podporovaný grantovou agentúrou kultúry a vzdelávania ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu VEGA č. 1/0627/24.

Pod'akovanie patrí rovnako aj firme Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. a Montáže Čakovice s.r.o. Praha za darovanie rôznych digitálnych ochrán.

Ich pochopenie a zvládnutie je nevyhnutné pre nadväzujúci predmet Systémy chránenia v elektrizačnej sústave na inžinierskom štúdiu.



Teória ochrán

Hlavnou úlohou chránenia elektrického zariadenia je zabezpečiť, aby dané zariadenie alebo úsek neboli vystavované nepriaznivým stavom napr. preťažovanie zariadenia a tým zníženie jeho životnosti, alebo náhodným poruchovým stavom v dôsledku skratu.

Z týchto dôvodov je potrebné poznať vzťahy pôsobenia medzi zariadením alebo úsekom voči okolitému priestoru, ktorý má veľmi významný vplyv na samotné zariadenie. Preto potrebujeme poznať vzájomné pôsobenia zariadenia na okolie a okolia na zariadenie. Pri samotnom nastavovaní a návrhu by sme mali mať o spomenutých dôvodov, čo najpodrobnejšie informácie.

V prípade neúplných alebo nejasných informácií, by sme ani nemali začínať s výpočtom pre chránenie zariadenia alebo úseku, prípadne prísnejšie posudzovať vplyv okolia na zariadenie.



Teória PTP



Teória PTP

Menovitý prevod p_I prístrojového transformátora prúdu je pomer menovitého primárneho prúdu I_{1n} k menovitému sekundárnemu prúdu I_{2n} , teda:

$$p_I = \frac{I_{1n}}{I_{2n}} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{U_{2N}}{U_{1N}} \quad (1)$$

Označme ΔI priemet fázora prúdu $\dot{I}_2$ od fázora prúdu $\dot{I}_1$. Tento prúd ΔI predstavuje absolútnu prúdovú chybu PTP a je daný vzťahom:

$$\Delta I = p_I * I_2 - I_1 \quad (2)$$

Relatívna prúdová chyba ε_I je daná vzťahom:

$$\varepsilon_I = \frac{\Delta I}{I_1} * 100 = \frac{p_I * I_2 - I_1}{I_1} * 100 \quad (3)$$



Teória PTP

Skutočná hodnota vonkajšieho bremena Z_s , ktoré je dané súčtom impedancií prístrojov a prívodov pripojených na sekundárne svorky transformátora prúdu. Teda záťaž nemôže prekročiť nominálny prúd I_{2s} .

$$U_{2s} = Z_s * I_{2s} \rightarrow Z_s = \frac{U_{2s}}{I_{2s}} \quad (4)$$

Menovité bremeno Z_n transformátora prúdu je impedancia, ktorú je možné pripojiť na sekundárne svorky PTP, pričom sa neprekročí dovolená chyba prúdu v meracom rozsahu.

$$Z_n = \frac{S_n}{I_{2n}^2} \quad (5)$$

Nadprúdový činiteľ n istiaceho transformátora prúdu je definovaný ako n -násobok menovitého primárneho prúdu I_{1n} , pri ktorom celková chyba transformátora prúdu dosiahne stanovenú hodnotu 5 % alebo 10 % (trieda presnosti PTP 5P alebo 10P).



Teória PTP – nadprúdové číslo

Menovité nadprúdové číslo n_n prístrojového transformátora prúdu je n_n -násobok menovitého primárneho prúdu I_{1n} , pri ktorom relatívna chyba sekundárneho prúdu I_2 dosiahne hodnotu $\varepsilon_I = -10 \%$ z celkového sekundárneho prúdu, ak je PTP zaťažený menovitým bremenom Z_n , pri menovitom sekundárnom účinníku $\cos \beta_n = 0,8$ indukčných a pri menovitej frekvencii f_n .

$$n_n \cong n_s * \frac{Z_s}{Z_n} \rightarrow n \cong n_n * \frac{Z_n}{Z} \text{ alebo } n_n * \frac{S_n}{S} \quad (6)$$

Hodnota primárneho prúdu, pri ktorom chyba sekundárneho prúdu dosiahne -10% .

$$I_1' = n_s * I_{1n} \quad (7)$$



Teória PTP – nadprúdové číslo

Skutočnú hodnotu nadprúdového čísla určíme zo vzťahu:

$$n_s = \frac{I_1'}{I_{1n}} \cong n_n * \frac{Z_n}{Z_s} \quad (8)$$

Celkové bremeno $\dot{Z}_c$, ktoré je dané fázorovým súčtom vonkajšieho a vnútorného bremena transformátora prúdu:

$$\dot{Z}_c = \dot{Z} + \dot{Z}_i = \sqrt{(Z_n * \cos \beta + R_2)^2 + (Z_n * \sin \beta + R_2 * \tan \beta_i)^2} \quad (9)$$



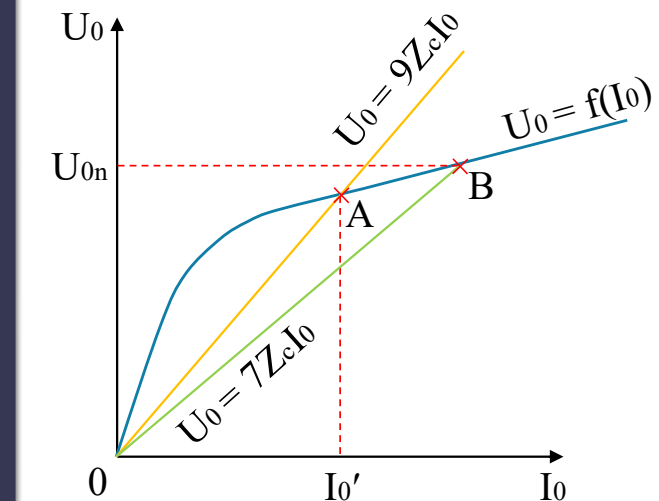
Teória PTP – nadprúdové číslo

Zostrojíme priamku so smernicou $U_0/I_0 = 9 \cdot Z_c$, ktorá prechádza počiatkom súradnicového systému. Táto priamka pretne charakteristiku naprázdno v bode A. Horizontálna súradnica bodu A je veľkosť hľadaného prúdu I_0' , ktorý je potrebný na stanovenie nadprúdového čísla:

$$n = \frac{I_0'}{0,1 \cdot I_{2n}} = 10 \cdot \frac{I_0'}{I_{2n}} \quad (10)$$

Tento spôsob však má svoje obmedzenia, a preto sa nadprúdové číslo určí podľa bodu B, ktorý je určený ako priesečník charakteristiky a priamky so smernicou $U_0/I_0 = 7 \cdot Z_c$. Vertikálna súradnica bodu B je hľadané napätie U_{0n} . Nadprúdové číslo sa určí zo vzťahu:

$$n = \frac{U_{0n}}{0,9 \cdot I_{2n} \cdot Z_c} \quad (11)$$



Obr. 1 Magnetizačná charakteristika PTP

Teória PTP – nadprúdové číslo

Určovať hodnoty U_{lim} , I_{lim} z definície podľa relatívnej prúdovej chyby je náročné. Hodnoty U_{lim} a I_{lim} určujú o koľko má byť predimenzovaný magnetický obvod transformátora prúdu oproti normálnemu vyhotoveniu, aby sa nepresýtil jednosmernou zložkou striedavého prúdu:

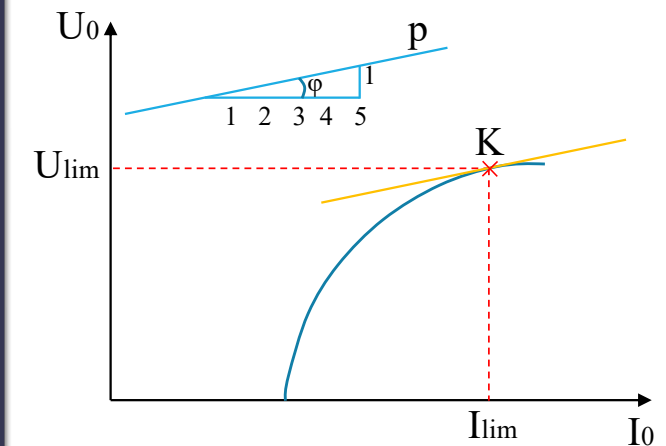
$$U_{lim} > n_n * \left(\frac{S_n}{I_{2n}} + R_2 * I_{2n} \right) \quad (12)$$

a veľkosť limitného prúdu:

$$I_{lim} > n_n * I_{2n} * \delta \quad (13)$$

Označme zložku prúdu ΔI_q , ktorá je priemetom fázora $\dot{I}_0$ kolmo na fázor primárneho prúdu $\dot{I}_1$. Táto zložka prúdu v pomerných hodnotách predstavuje uhlovú chybu PTP a je daná vzťahom:

$$\delta = \frac{\pi}{180} * \delta_{st} = \tan \delta_{st} = \frac{\Delta I_q}{I_1} \quad (14)$$



Obr. 2 Magnetizačná charakteristika PTP v logaritmickú mierke

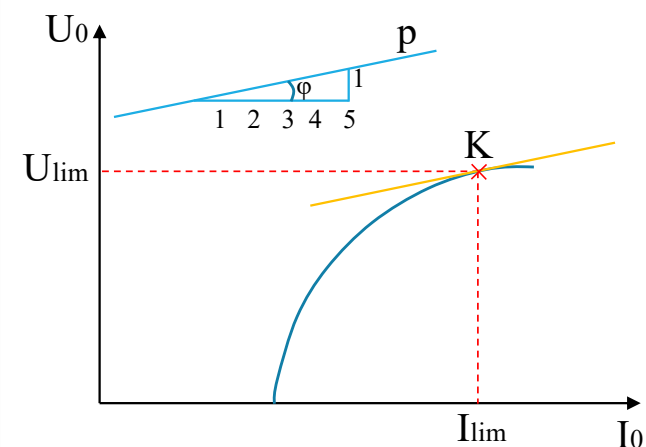
Teória PTP – Príklad 1

V rozvodni je inštalovaný merací transformátor prúdu, ktorý má prevod (p_i) 400 A / 5 A. Určte skutočnú hodnotu primárneho prúdu I_1 tečúceho vedením ak na sekundárnej strane PTP bol nameraný sekundárny prúd I_2 3,6 A:

$$I_1 = I_2 * p_i = 3,6 \text{ A} * \frac{400 \text{ A}}{5 \text{ A}} = 288 \text{ A} \quad (15)$$

Príklady:

1. Na sekundárnej strane PTP s prevodom 1000 A / 1 A bol nameraný sekundárny prúd I_2 0,45 A. Vypočítajte veľkosť prúdu, ktorý tečie vedením, t.j. na primárnej strane PTP. **Výsledok:** I_1 je 450 A.
2. Na sekundárnej strane PTP s prevodom 750 A / 5 A bol nameraný sekundárny prúd I_2 2,3 A. Vypočítajte veľkosť prúdu, ktorý tečie vedením, t.j. na primárnej strane PTP. **Výsledok:** I_1 je 345 A.



Obr. 2 Magnetizačná charakteristika PTP v logaritmickú mierku

Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

K správne projektu ochrán v elektrizačných sústavách je potrebné sa zoznámiť s niektorými základnými pojmami istiacich relé. Tieto veličiny sú závislé na konštrukčnom vyhotovení relé, a teda pre každé relé sú iné. *Menovité hodnoty relé sa udávajú na štítku ochrany, a to osobitne pre hlavné a pomocné obvody.*

Menovitá spotreba istiaceho relé S_n je príkon spotrebovaný v obvodoch relé vo VA pre striedavý prúd alebo vo W pre jednosmerný prúd, pri menovitej hodnote prúdu (napätia), ustálenej teplote relé a pri teplote okolia $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Spotreba relé má veľký význam pre správne dimenzovania záťaže prístrojových transformátorov prúdu a napätia. Na rozbeh relé je potrebné priviesť príkon, ktorý musí byť rovný minimálnej spotrebe relé. Spotreba relé v činnosti nemusí byť rovná menovitej spotrebe S_n relé. *Výpočet spotreby relé:*

$$S = U_r * I_r \quad (16)$$



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Prídržný pomer istiaceho relé k_n je definovaný ako pomer odpadovej hodnoty k rozbehovej hodnote. Hodnota prídržného pomeru je vždy menšia ako jedna a udáva sa pre nezat'azené kontakty relé. Vtedy je hodnota prídržného pomeru najväčšia. Ak sú kontakty zat'azené, potom prechodom prúdu cez kontakty sa vyvíja sila, ktorá ich spája.

Pre prúdové relé platí:

$$k_n = \frac{I_0}{I_r} \quad (17)$$

Kde:

I_0 je odpadová hodnota prúdu relé [A]

I_r je rozbehová hodnota prúdu relé [A]

Pre napät'ové relé platí:

$$k_n = \frac{U_0}{U_r} \quad (18)$$

Kde:

U_0 je odpadová hodnota napätia relé [V]

U_r je rozbehová hodnota napätia relé [V]



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Doba relé t_{ar} je čas, ktorý uplynie od okamihu popudu do okamihu zapôsobenia relé (napr. do uzavretia kontaktu relé). Ide o vlastnú dobu pôsobenia elektrickej ochrany a závisí od zložitosti ochrany.

Celková doba relé t_{c-dr} je čas, ktorý uplynie od okamihu popudu do pôsobenia elektrickej ochrany. Táto doba sa skladá z niekoľkých dôb jednotlivých článkov, ktoré obsahuje ochrana, napr. doby rozbehového článku, doby časového článku, doby koncového článku a pod.

Rozptyl relé $\pm \Delta X_{roz}$ je daný rozdielom medzi strednou hodnotou X zistenou z 10 meraní a medzi krajnou hodnotou maximálnou X_{max} a minimálnou X_{min} . Hodnotu rozptylu je dôležité poznať hlavne u časových relé. *Rozptyl relé sa vypočíta nasledovne:*

$$+\Delta X_{roz} = X_{str} - X_{min} \quad (19) \qquad -\Delta X_{roz} = X_{str} - X_{max} \quad (20)$$



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Chyba relé ΔX je rozdiel medzi skutočne zistenou (nameranou) rozbehovou hodnotou relé X_r a nastavenou hodnotou X_N na ochrane alebo jej časti. *Vypočíta sa podľa vzťahu:*

$$\Delta X = X_r - X_N \quad (21)$$

Relatívna chyba relé ΔX_r je daná ako podiel absolútnej chyby relé ΔX a nastavenej hodnoty relé X_N a udáva sa v percentách. Absolútna i relatívna chyba relé môže mať kladnú alebo zápornú hodnotu. *Vypočíta sa nasledovne:*

$$\Delta X_r = \frac{\Delta X}{X_N} * 100 = \frac{X_r - X_N}{X_N} * 100 \quad (22)$$



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Ochrany stupňovité – pre zaistenie selektívneho vypínania potrebujeme zaistiť pôsobenie s časovým oneskorením, ktoré bude vhodne odstupňované a zabezpečí sa tak vzájomné zálohovanie ochrán. Z tohto dôvodu obsahujú rozbehový a časový člen, ktoré prípadne s členom meracím a smerovým určí poruchový stav a v závislosti od nastavených časov bude vypínať ochrany. Medzi stupňovité ochrany patria nadprúdové a dištančné ochrany.

Nadprúdové ochrany pracujú na jednoduchom princípe a využívajú sa, ako záložné alebo pri VN vedeniach a menej dôležitých vedeniach NN vedení, ako hlavné. Ako už z názvu vyplýva ochrana reaguje na zvýšené hodnoty prúdu nad hodnotu nastaveného rozbehového prúdu I_r , pri preťažení vedení alebo skratoch.



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Časovo závislá – má klesajúcu závislosť podobnú poistkám, čas pôsobenia sa vypočíta podľa rovnice (23) pre $I/I_{nas} > 1$.

$$t = \frac{k * \alpha}{\frac{I}{I_{nas}}^{\beta} - 1} \quad (23)$$

Kde:

I je meraný prúd [A]

I_{nas} je nastavený prúd na elektrickej ochrane [A]

k je časový násobiteľ [-]

α a β sú koeficienty pre konkrétny typ vypínacej charakteristiky

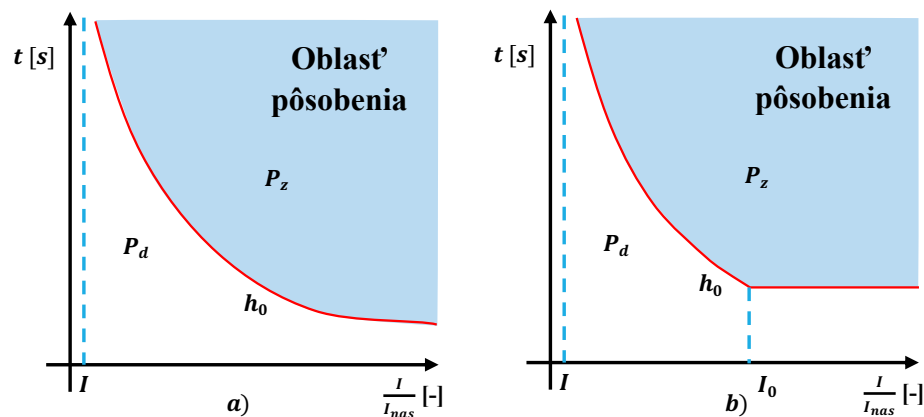
Ak je hodnota $I/I_N \leq 1$ potom je čas pôsobenia $t = \infty$.



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Polo závislá – má charakteristiku rovnakú do veľkosti I_0 . Pre väčšie prúdy $I/I_{nas} > I_0$ už má konštantnú čas pôsobenia a nezávisí už od zmeny prúdu.

P_d - dovolená oblasť; P_z - zakázaná oblasť; h_0 - hranica pôsobenia



Obr. 3 Charakteristika rýchlosti pôsobenia a) časovo závislá; b) polo závislá



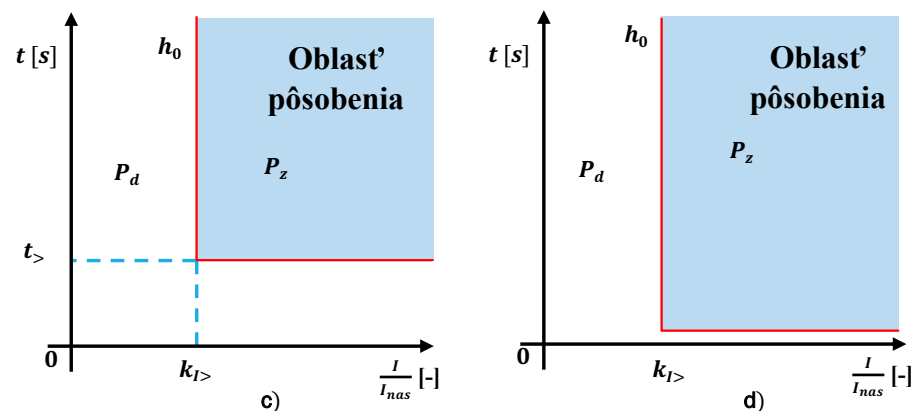
Teória elektrických ochrán

– nadprúdové ochrany

Časovo nezávislá – pôsobí podľa nastaveného času $t_>$ pri dosiahnutí prúdu $kI_>$. Pre väčšie prúdy $I/I_{nas} > kI_>$ už má konštantnú dobu pôsobenia a nezávisí od zmeny prúdu.

Okamžitá – pôsobí pri prekročení nastaveného prúdu $kI_>$ skoro bez oneskorenia. Oneskorenie predstavuje reakčný čas samotnej ochrany do 30 ms.

P_d - dovolená oblasť; P_z - zakázaná oblasť; h_0 - hranica pôsobenia; $t_>$ - časové oneskorenie; $kI_>$ - prúdové vysunutie



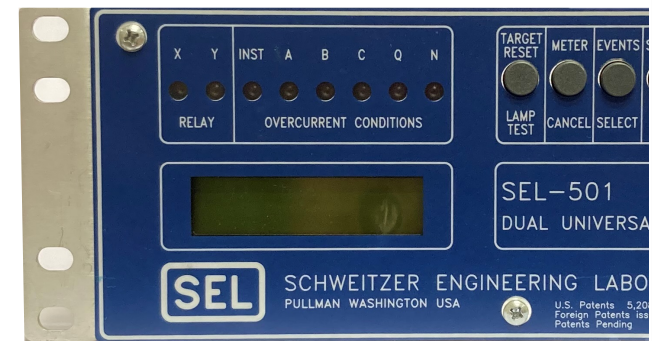
Obr. 4 Charakteristika rýchlosti pôsobenia c) časovo nezávislá; d) okamžite pôsobiaca



Teória elektrických ochrán – nadprúdové ochrany

Pri nastavovaní jednotlivých časoch sa vychádza všeobecne z predpokladu, kde najvzdialenejšia ochrana vypína najrýchlejšie, pre ktorú platí rovnica $t_2 = t_1 + \Delta t$. Koordinačný časový interval Δt závisí na vyhotovení časového relé a vypínača, pričom najčastejšie je v intervale 0,2 až 0,5 s. Pričom netreba zabúdať na prúdové nastavenie relé tak, aby sa ochrany vzájomne zálohovali. K správne nastaveniu rozbehových prúdov I_r potrebujem poznať prúdové pomery skratových prúdov, preťaženií a menovitých prúdov. Veľkosť skratových prúdov sa môže líšiť pre rôzne časy prevádzky. Z týchto dôvodov je potrebné poznať maximálny a minimálny skratový prúd.

Pri zmene schémy siete je potrebné preveriť či dané nastavenie ochrán vyhovuje a v prípade potreby je možné využiť inú sadu nastavenia ochrany, keďže digitálne ochrany majú štandardne 4 sady, medzi ktorými je možné prepínať.



Nastavenie nadprúdových ochrán

Určenie veľkosti časového koordinačného intervalu Δt :

- maximálnymi chybami časového relé,
- dobou vypnutia výkonových vypínačov,
- záložným bezpečnostným časom, ktorý sa volí cca 0,1 s.

Nastavenie rozbehového prúdu I_r :

- rozbehový prúd relé I_r musí byť väčším ako I_n :

$$I_r \geq I_n * \frac{k_b}{k_p * p_i} \quad (24)$$

kde I_n nominálny prúd (štandardný stav bezporuchový)

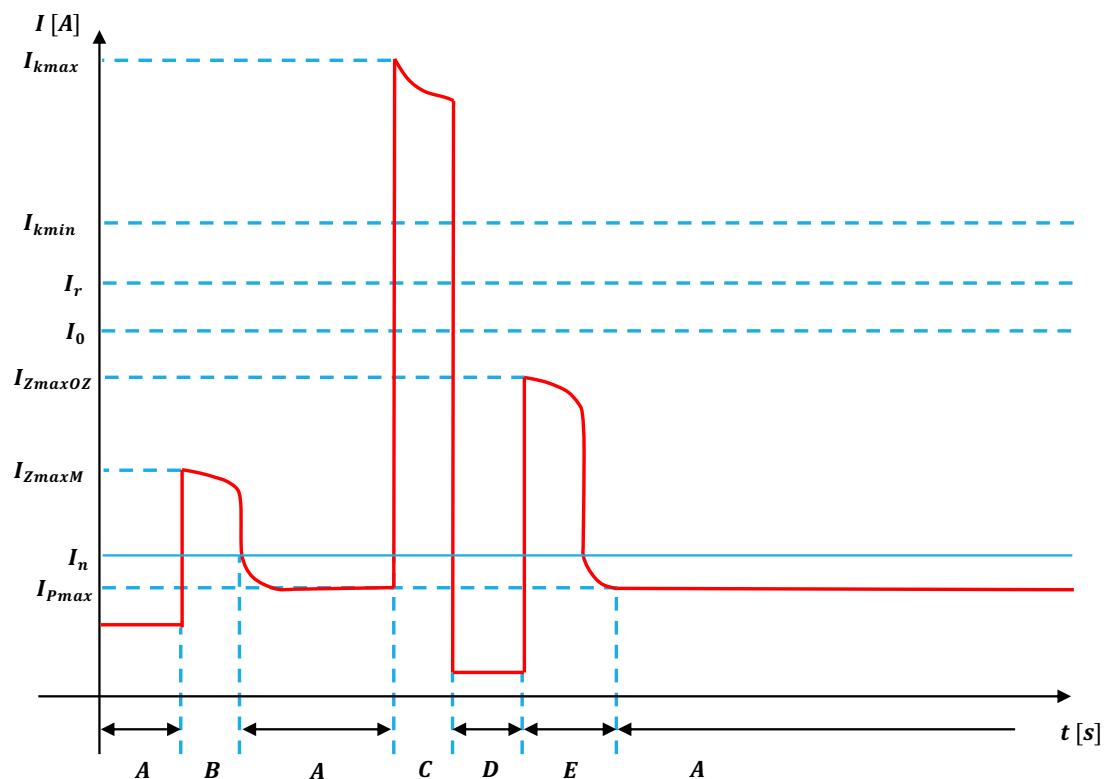
k_b je koeficient bezpečnosti a vyberá sa z intervalu 1,1 až 1,35

k_p je prídržný pomer relé a je udávaný výrobcovi v rozsahu 0,94 až 0,98

p_i je menovitý prevod prúdových transformátorov.



I_{kmax} – maximálny skratový prúd (3f); I_{kmin} – minimálny skratový prúd;
 I_r – rozbehový prúd; I_0 – odpadový prúd; I_{zmaxOZ} – maximálny zapínací prúd pre opätovné zapínanie; I_{zmaxM} – maximálny rozbehový prúd motorov; I_n – nominálny prúd; I_{pmax} – maximálny prevádzkový prúd



Obr. 5 Prúdové pomery pri rôznych prevádzkových a poruchových stavoch



Nastavenie nadprúdových ochrán

Ďalej rozbehový prúd nadprúdového relé musí byť menší ako minimálny vypočítaný skratový prúd I_{k2fmin} na konci záložného úseku.

$$I_r \leq I_{k2fmin} * \frac{1}{k_c * p_i} \quad (25) \quad k_c = \frac{I_{k2fmin}}{I_r * p_i} \quad (26)$$

kde k_c je koeficient citlivosti najmenej pre okamžité pôsobiace 2 a ostatné 1,5.

p_i je menovitý prevod prúdových transformátorov.

V prípade, že koeficient citlivosti k_c vyjde menší ako 1,5 u nadprúdových nezávislých časových ochrán, potom sa citlivosť ochrany zvýši tak, že znížime hodnotu rozbehového prúdu I_r . Týmto prestavením ochrany bude rozbiehať pri nižších prúdoch.



Nastavenie nadprúdových ochrán

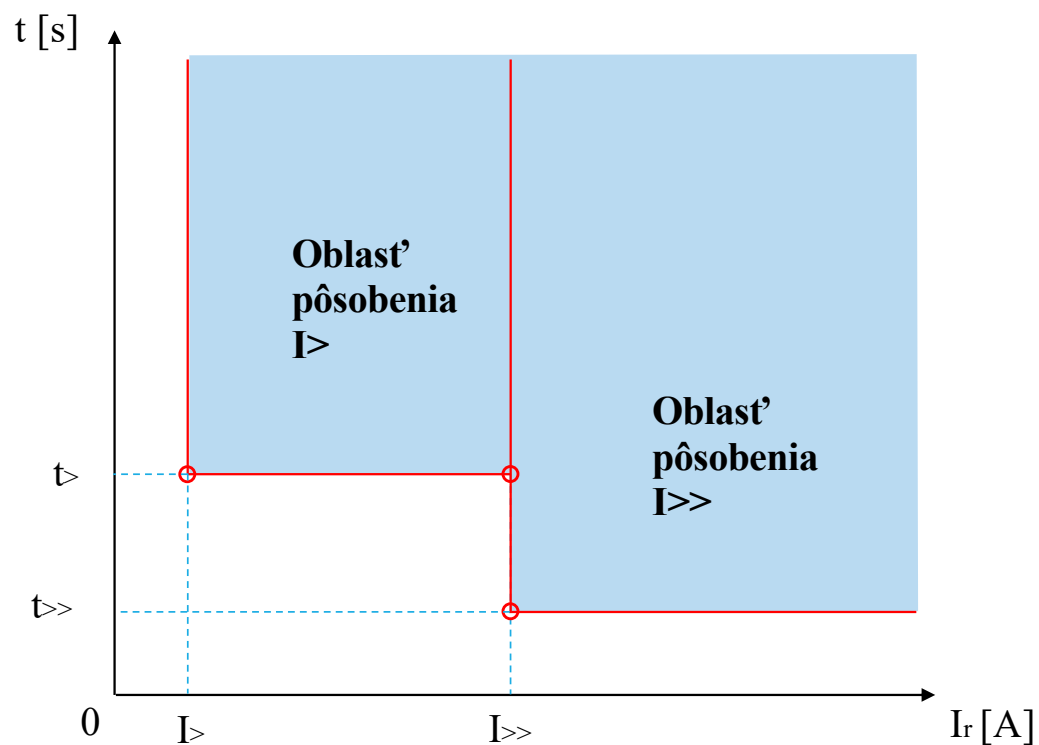
Trojfázový skratový prúd je spravidla najväčší. V prípade skratu v blízkosti transformátora s uzemneným uzlom alebo uzemňovacím transformátorom môže byť jednofázový skratový prúd väčší ako trojfázový. Platí to hlavne pre transformátory so zapojením Yz, Dy a Dz pre uzemnenie vinutia y alebo z na strane nižšieho napätia transformátora. Z tohto dôvodu sa pri výpočte rozbehových skratových prúdov počíta s dvojfázovým skratovým prúdom.

Keďže elektrické zariadenia sa dimenzujú na najvyšší skratový prúd, pričom vo väčšine prípadov je to práve trojfázový skratový prúd. Na rozdiel od vonkajších vedení sa u káblových vedení vyskytujú skoro vo všetkých prípadoch trojfázové skraty, pričom oblúk poruší izoláciu všetkých troch fáz. Dvojfázové skraty na vedeniach môžu spôsobiť zvýšené namáhanie pre jednofázové transformátory, ktoré sa spájajú s trojfázovými prípojnícami.



Charakteristika nadprúdovej ochrany

$t_{>}$ - časové oneskorenie pre preťaženie; $t_{>>}$ - časové oneskorenie pre skraty; $I_{>}$ - prúdové vysunutie pre preťaženie; $I_{>>}$ - prúdové vysunutie skratové



Obr. 6 Charakteristika nadprúdovej ochrany



Teória elektrických ochrán – Príklad 1

Nadprúdové relé s menovitou hodnotou prúdu $I_n = 5 \text{ A}$ má nastavenú rozbehovú hodnotu prúdu I_r rovnú 1,8 násobok I_n . Nadprúdové relé zopne svoje kontakty pri hodnote prúdu $I_r = 9 \text{ A}$. Svoje kontakty rozopne pri odpadovej hodnote prúdu $I_o = 7,5 \text{ A}$. Rozsah nastavenia nadprúdového relé je $(0,8-2) \cdot I_n$. Vypočítajte pridrzný pomer a rozptyl chyby relé:

$$k_n = \frac{I_o}{I_r} = \frac{7,5 \text{ A}}{9 \text{ A}} = 0,8\bar{3} < 1; k_n = 83,3\bar{3} \% \quad (27)$$

Najväčšia povolená prúdová chyba pri nastavenej hodnote I_r je daná triedou presnosti:

$$\Delta X_r = \frac{I_{rmax} - I_{rmin}}{I_{nas}} = \frac{9,45 - 8,55}{9} = 0,1 = 10 \% \quad (28)$$

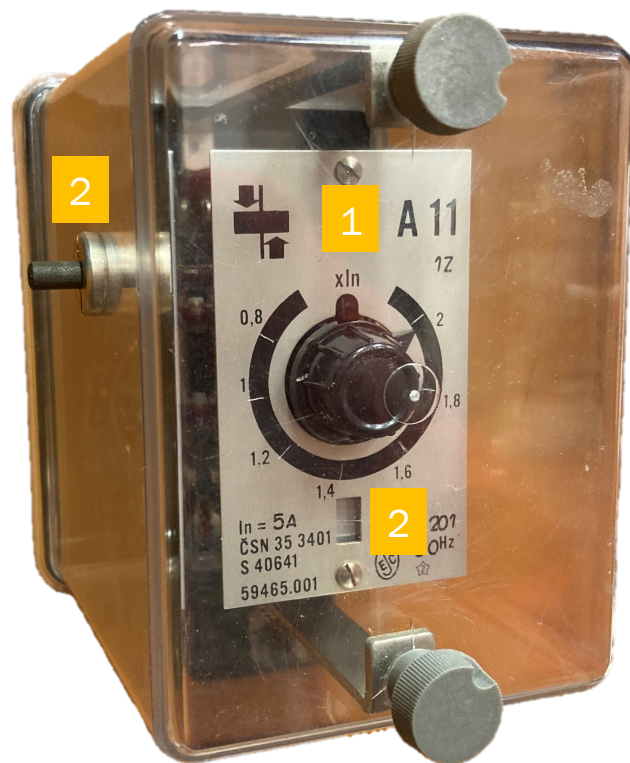


Popis elektrických ochrán



Nadprúdové relé A 11

- 1 Stupnica s otočným prepínačom 4-10A
- 2 Tlačidlo resetovania signalizácie stavu

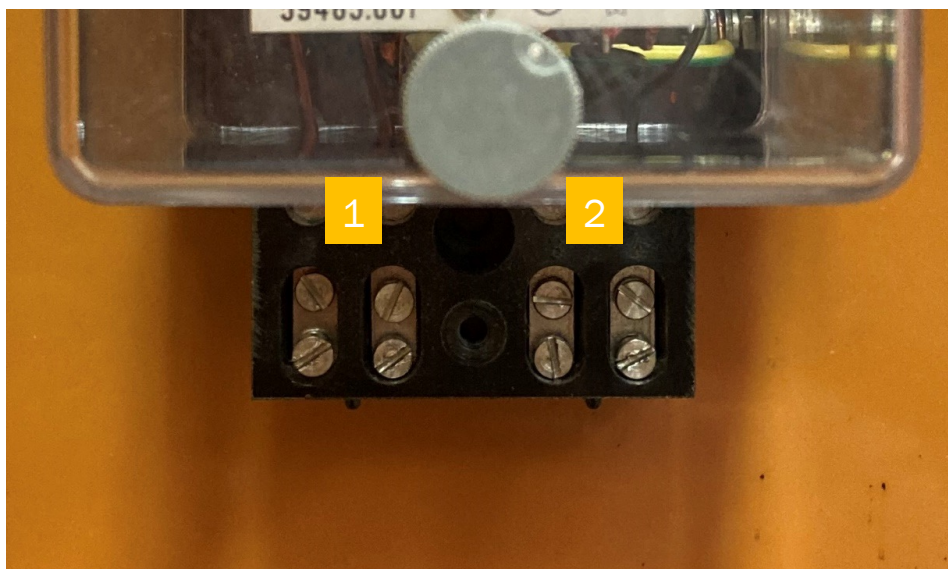


Obr. 7 Nadprúdové relé A11 – pohľad spredu



Nadprúdové relé A 11

1 Napájacie vstupy (1; 2) 2 Výstupy relé (3; 4)



Obr. 8 Nadprúdové relé A11 - pohľad na svorkovnicu



*Vzorový výpočet
nadprúdová ochrana*



Nadprúdová ochrana

%Impedancia sieťového napájača

$$Z_{lsiet} = U_n / (\sqrt{3} * I_{k3siet}) = 22e3 / (\sqrt{3} * 3.2328e3) = 3.929\Omega$$

% Nominálny prúd vetvy

$$I_N = S_n / (\sqrt{3} * U_{n1}) = 1000e3 / (\sqrt{3} * 22e3) = 26.2432 A$$

%Impedancia káblového vedenia

$$X_l = 0.14\Omega/km$$

$$Z_{lvedenia} = l * X_l = 1 * 0.14 = 0.14\Omega$$

%Impedancia transformátora

$$u_r = dP_k / S_n = 9500 / 1000000 = 0.0095$$

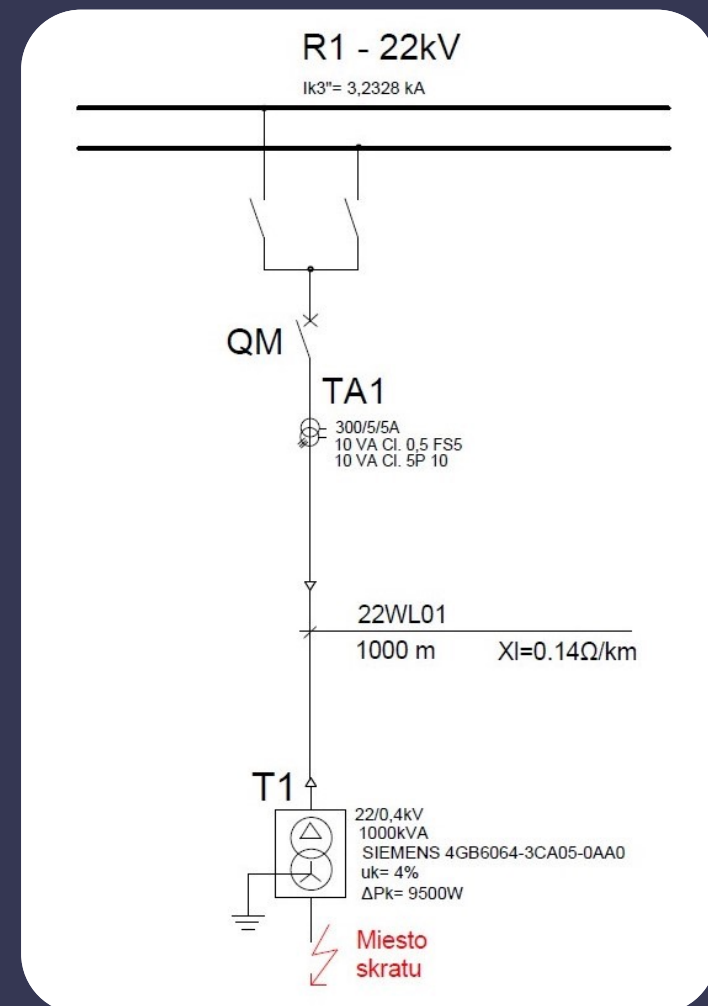
$$R_t = (u_r * U_{n2}^2) / S_n = (0.0095 * 400^2) / 1000000 = 0.0015\Omega$$

$$u_x = \sqrt{u_k^2 - u_r^2} = \sqrt{0.04^2 - 0.0095^2} = 0.0389$$

$$X_t = (u_x * U_{n2}^2) / S_n = (0.0389 * 400^2) / 1000000 = 0.0062\Omega$$

$$K_{t2} = 0.95 / (1 + 0.6 * (X_t / (U_{n2}^2 / S_n))) = 0.95 / (1 + 0.6 * (0.0062 / (400^2 / 1000000))) = 0.9284$$

$$Z_{IT1} = K_{t2} * (R_t + j * X_t) = 0.9284 * (0.0015 + j * 0.0062) = 0.0014 + j0.0058\Omega$$



Obr. 9 Ukážkové zadanie

Nadprúdová ochrana

% Výpočet skratového prúdu

$$Z_{1skrat} = Z_{1siet} + Z_{1vedenia} + \text{abs}(Z_{1T1}) =$$

$$= 3.929 * (0.4/22)^2 + 0.14 * (0.4/22)^2 + 0.006 = 0.0073 \Omega$$

$$I_{k3R1} = U_n / (\sqrt{3} * \text{abs}(Z_{k1})) = 400 / (\sqrt{3} * \text{abs}(Z_{1skrat})) = 31.635 \text{ kA}$$

$$I_{k2R1} = \sqrt{3}/2 * I_{k3R1} = \sqrt{3}/2 * 31.635 = 27.397 \text{ kA}$$

% Prepočet skratového prúdu na 22kV stranu transformátora

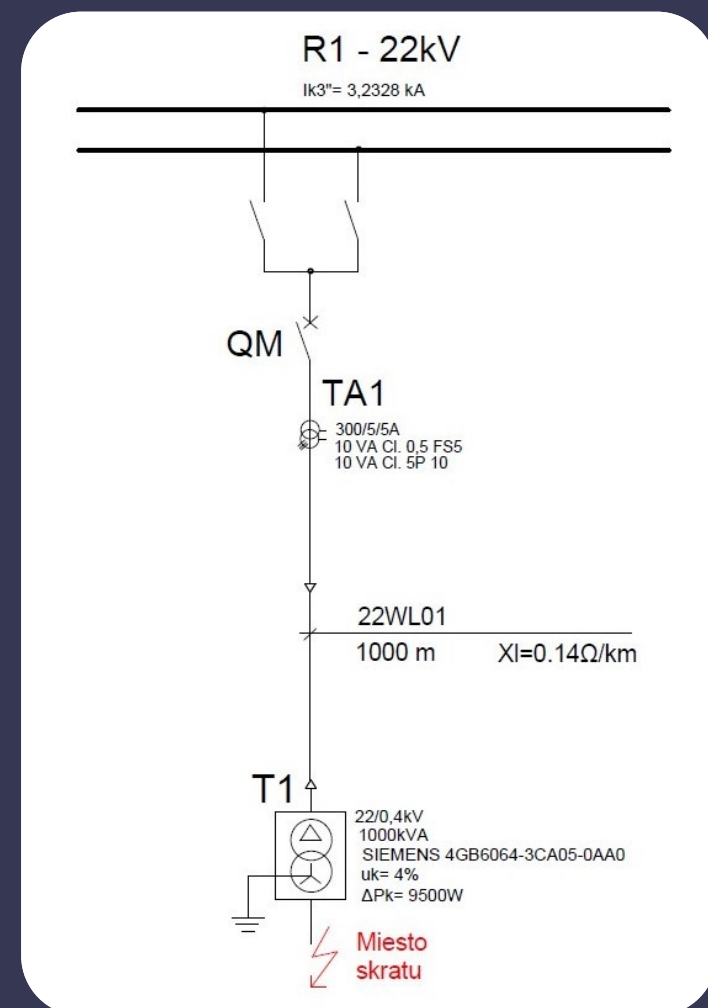
$$I_{k2R122} = I_{k2R1} * (0.4/22) = 498.1273 \text{ A}$$

% Výpočet rozbehového prúdu ochrany pre pret'aženie

$$I_{>} = (k_b * I_N) / (k_p * p_p) = (1.1 * 26.2432) / (0.95 * 300/5) = 0.5064 \text{ A}$$

% Výpočet rozbehového prúdu ochrany pre skraty

$$I_{>>} = (0.8 * I_{k2R122}) / (k_c * p_p) = (0.8 * 498.1273) / (1.5 * 300/5) = 4.428 \text{ A}$$



Obr. 9 Ukážkové zadanie

Nadprúdová ochrana

%Hodnota rozbehového prúdu ochrany pre preťaženie

$$I_{>} \leq I_{R>}$$

$$0.5064A \leq I_{R>}$$

$$I_{R>} = 1A$$

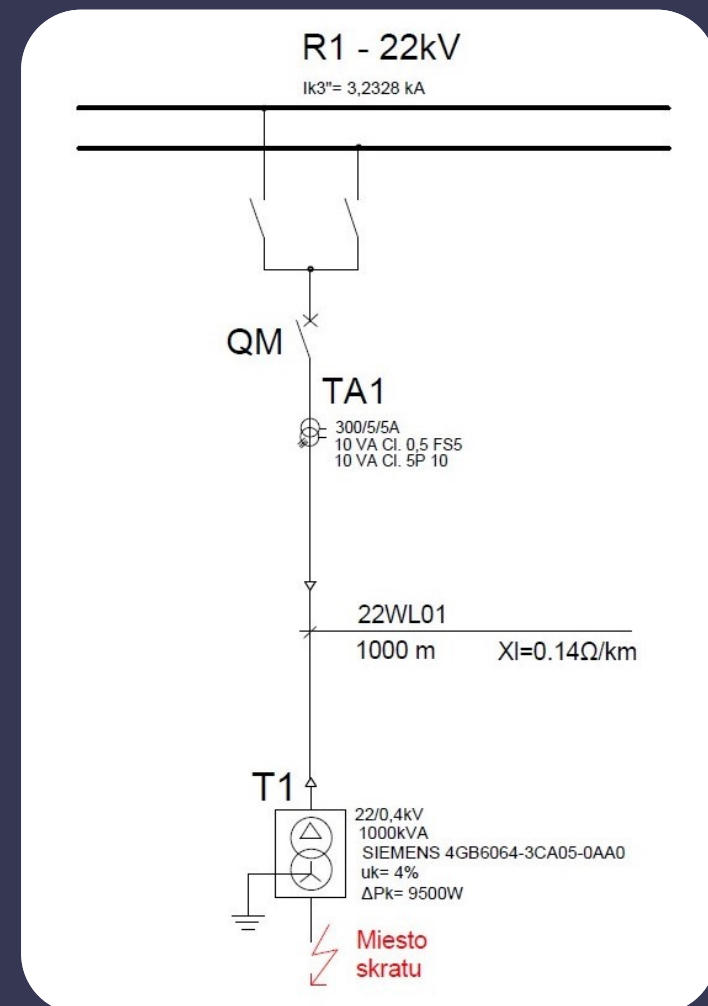
%Hodnota rozbehového prúdu ochrany pre skraty

$$I_{\gg} \geq I_{R\gg} > I_{R>}$$

$$4.428A \geq I_{R\gg} > 1A$$

$$I_{R\gg} = 3.5A$$

Časové oneskorenie si volíme pre preťaženie $t > 0.25s$ a pre skraty $t \gg 0s$ s uvažovaním pre chránenie ďalších úsekov už len použitím poistiek a ističov.

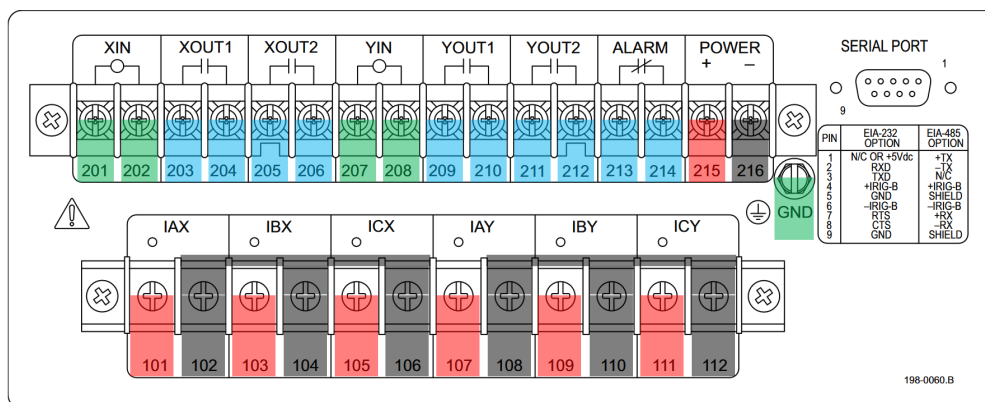
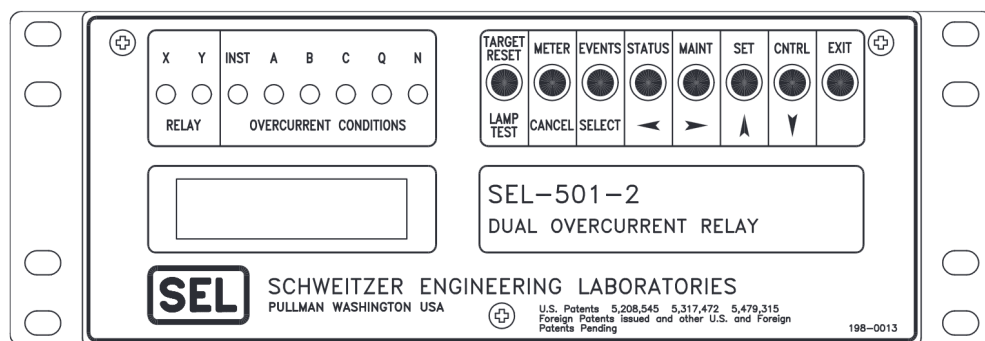


Obr. 9 Ukážkové zadanie

*Vzorové zapojenie
nastavovaných ochrán
a testovanie*



Dvojitá Nadprúdová ochrana SEL-501

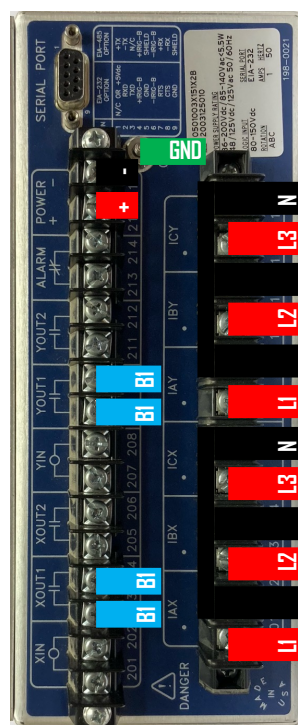
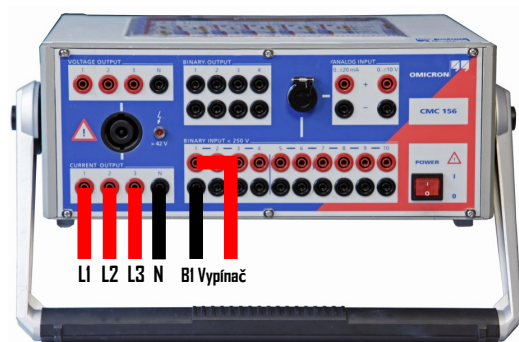


Obr. 10 Nadprúdové relé SEL-501



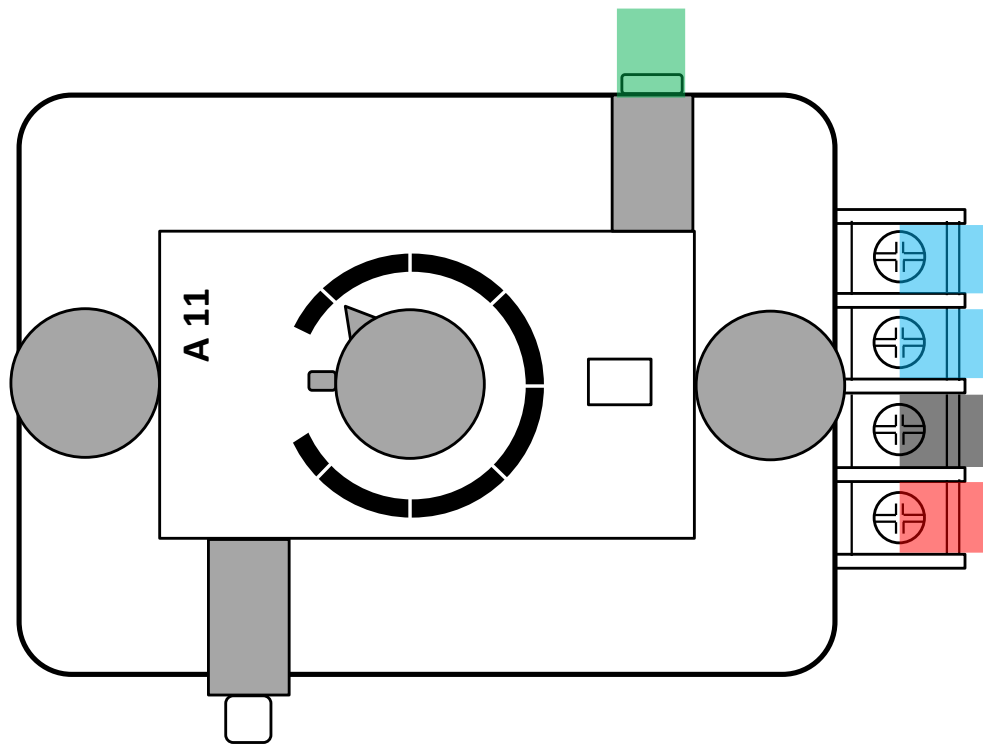
Dvojitá Nadprúdová ochrana SEL-501

Schéma zapojenia digitálnej ochrany SEL-501



Obr. 11 Nadprúdové relé SEL-501 - testovanie

Nadprúdové relé A11

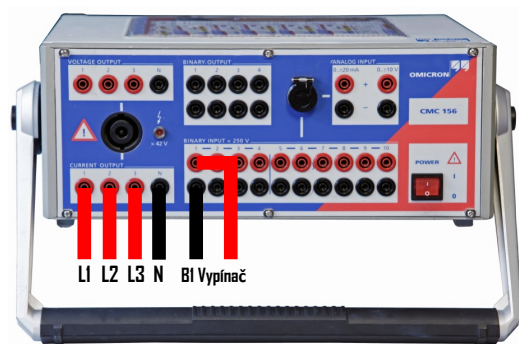


Obr. 12 Nadprúdové relé A11 – schematické zakreslenie



Nadprúdové relé A11

Schéma zapojenia mechanickej nadprúdovej ochrany



Obr. 13 Nadprúdové relé A11 - testovanie

Zoznam použitej literatúry

- [1] Chladný, Vladimír: Ochrany v elektrizačných sústavách: Návod na cvičenie. Košice: TU v Košiciach, 1983, 167 s, ISBN 80-7099-133-X.
- [2] Mešter, Marian: Výpočet skratových prúdov v trojfázových striedavých sústavách. Banská Bystrica: PRO, 2005, 94 s, ISBN 80-89057-10-1.
- [3] Čonka, Zsolt; Imrich, Vladimír; Frák, Peter: Elektrické ochrany v ES. Košice: TUKE, 2020, 150 s, ISBN 978-80-553-3613-8.
- [4] STN EN 60909-3:2003, Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách Časť 0: Výpočet skratových prúdov.
- [5] Omicron: Compano 100: Manuál [Online], Rakúsko, Viedeň: OMICRON electronics GmbH, 2022, [cit. 2022-03-04], Dostupné na internete: <<https://www.omicronenergy.com/en/products/compano-100/>>.
- [6] Omicron: CMC 156: Referenčná príručka[Online], Rakúsko, Viedeň : OMICRON, 2000, [cit. 2021-10-10]. Dostupné na internete : <[https://moodle.tuke.sk/moodle/pluginfile.php/121423/mod folder/content/0/CMC156.pdf?forcedownload=1](https://moodle.tuke.sk/moodle/pluginfile.php/121423/mod_folder/content/0/CMC156.pdf?forcedownload=1)>.



Ing. Róbert Štefko,
Úvod do parametrizácie ochranných relé

Vydala Technická univerzita v Košiciach v roku 2022
Sadzba textu písmom Time New Roman (Microsoft Office)
Sadzba matematiky písmom Cambria Math (Microsoft Office)
43 strán, 13 obrázkov, 0 tabuliek
Vydanie prvé
ISBN 978-80-553-4066-1

Učebný text je určený študentom elektrotechnických fakúlt v študijných programoch zameraných na elektroenergetiku, používateľom elektroenergetických zariadení a odbornej verejnosti.