

Ing. Oldřich H a v r á n e k, VÚHU

Ing. Rudolf S v o b o d a, VÚHU

Využití technických parametrů nadproudových ochran AB21, AB31

1.0 Úvod do problematiky

Úkol "Průzkum možností úprav, resp. náhrady nadproudových /relé/ ochran motorů AB21" byl řešen zejména pro neodůvodněné působení některých ochran uvedeného typu. Na základě poznatků provozních techniků je nutno konstatovat, že ochrany motorů jsou citlivé na zvýšenou teplotu prostředí, ve kterém pracují, na otřesy a předčasně vypínají pohony zejména pásových dopravníků, aniž by motory byly proudově přetížené. Protože podstatná rekonstrukce stávajících ochran v ZPA Trutnov není reálná, je cílem úkolu zhodnotit současný stav a navrhnout řešení, které by pomohlo překlenout období několika let, než bude možné nespolehlivé ochrany nahradit vhodnějšími typy.

2.0 Technické řešení

2.1 Charakteristika nadproudových relé

Všeobecně lze říci, že nadproudové ochrany /tepelné relé/ jsou založeny na principu změny rozměru nebo tvaru čidla kontrolovaným proudem. Dilatace ohřívajícího článku způsobuje vypnutí proudu pro chráněný objekt /motor, vedení aj./. Konstrukce ochrany je provedena tak, aby umožnila provoz zařízení při jmenovitých hodnotách proudu i při přetíženích, daných příslušnými normami a předpisy a přetíženích, která ještě neohroží životnost chráněného objektu.

Každý typ ochrany je charakterizován tzv. vypínacími křivkami /charakteristikami/, podle kterých lze provádět kontrolu správné funkce tepelného článku ochrany.

Obecně lze říci, že ochrany téměř vždy splňují podmínky norem a předpisů, které uvádějí, že ochrana při určitém pře-

tížení musí vypnout do určité doby.

Zpravidla, a to zejména u jednodušších systémů ochran - jako je např. typ AB21, je skutečný čas vypnutí podstatně kratší než umožňují předpisy. Podmínka norem a předpisů je tím splněna, ovšem motory zůstávají výkonově nevyužity a vlivem prostojů poháněného zařízení jsou způsobovány i ztráty ve výrobě.

Z dosavadní zkušenosti výrobce a dodavatele tepelných ochran ZPA vyplývá, že prakticky nelze jednoduchým způsobem resp. jednoduchým konstrukčním provedením vyrobit tepelnou ochranu, která by věrně sledovala zadanou vypínací charakteristiku. Aby např. ochrana AB21 vyhověla normám, musí rozptýl jejich vypínacích časů /který je mnohdy několik desítek %/, spadat do oblasti pod vypínací charakteristiku /obr. 1/, mnohdy ovšem za cenu předčasného vypínání chráněného spotřebiče.

2.2 Měření na nadproudových relé AB21, AB31

Převážná část vn motorů na pásových dopravnících a na velkостrojích je chráněná uvedenými relé, a to staršími typy A2B1 dodávanými přibližně do r. 1968 a novějšími typy AB21, dodávanými od r. 1969. Pro naše zkoušky jsme použili 10 kusů relé obou typů a v provedení se zapínacími i rozpínacími kontakty. Některá relé byla nová, dosud v provozu nepoužitá, další vzata z provozu. Dvě relé byla již z provozu vyřazena pro neopravitelnou poruchu.

Abychom se co nejvíce přiblížili provozním podmínkám nadproudových relé, při kterých dochází k jejich předčasnému působení, tj. při sluncem ohřátých elektrorozvodnách pásových dopravníků, použili jsme pro zajištění stejných provozních podmínek laboratorní sušičku Chirana SF-26/I. Při zachování ostatních provozních podmínek jako je použití přesycených proudových transformátorů, předepsané polohy přístroje a dalších podmínek pro seřizování a cejchování relé, byla v sušičce stupňovitě zvyšována teplota na určitou hodnotu.

Na tuto teplotu bylo prohřáto i vložené relé a při následném zatížení příslušným proudem byla sledována doba vypnutí. Schema zapojení přístrojů při měření je na obr. č. 2.

2.3 Provozní podmínky relé na dolech

V průběhu několika teplotně kritických dní v letošním roce jsme provedli měření teplot v rozvodnách pásových dopravníků. Měření bylo provedeno registračním teploměrem v bezprostřední blízkosti nadproudových relé AB21, při uzavřených rozvaděčích i rozvodnách. Mimo to byla sledována ve stejných dnech i maximální venkovní teplota, měřená v meteorologické budce.

Výsledky tohoto měření jsou následující:

Datum	Venkovní teplota max. /°C/	Vnitřní teplota max. /°C/
14. 7. 82	35	43
15. 7. 82	37	44
16. 7. 82	35	36
30. 7. 82	36	41
31. 7. 82	35	36
1. 8. 82	36	43
2. 8. 82	35	37

Maxima uvedených vnitřních teplot byla naměřena mezi 15,00 - 17,00 hodinou. V ostatní denní době byla teplota uvnitř rozvaděčů podstatně nižší. Rovněž nižší vnitřní teploty, zdánlivě neodpovídající venkovním teplotám /16.7., 31.7., 2.8./, jsou zřejmě způsobeny oblačností, kdy rozvodny nebyly plně vystaveny slunečnímu záření.

Jak prokázalo další laboratorní měření, jsou vlastní systémy relé vystaveny ještě vyšší teplotě, která vzniká od topných spirál bimetalových článků.

2.4 Předpisy a návody pro nastavování dob vypnutí relé

Z předpisů, které se používají jako návodu při seřizování a kontrole ochran je to především brožura ZPA, závod Trutnov "Tepelná relé AB21, AB31 /A2B1, A3B1/: návod pro projektování, zkoušení a údržbu". /1967/

Z uvedeného návodu vyjímáme znění článků, týkajících se kontroly vypínací křivky, resp. dob vypnutí při určitém přetížení spotřebiče /motoru/:

- A. Asymptotickou část vypínací křivky kontrolujeme takto:
proud /115 - 120 %/. I_n relé vypíná za 6 - 8 minut
proud 105 % I_n relé nevypne ani za 20 minut.

Zkouší se relé uzavřené a za studeného stavu. Po vypnutí vždy ochlazujte otevřené relé lehkým ovíváním až se samostatně vrátí. Nepřesnost asymptoty opravíme změnou seřízení relé.

Z novějších používaných návodů je to návod uvedený v ČSN 353416 Jistící relé pro elektromagnetické stykače, platný od 1.7. 1974 a změněné - změnou a/ - 4/1980 v čl. 30, "Vypínací charakteristiky".

Z uvedeného článku 30 vyjímáme:

- B. Proud 105 % I_n relé vypíná nad 2 hodiny - teplota okolí.
Proud 120 % I_n relé vypíná do 2 hodin,
proud 150 % I_n relé vypíná do 2 minut,
a to při ustálené teplotě po předcházejícím zatížení nastaveným proudem.

Oba uvedené způsoby /A, B/ jsou buď samostatné nebo ve vzájemné kombinaci používány v provozech dolů více nebo méně úspěšně. Provedme stručný rozbor a zhodnocení obou návodů a vliv jejich použití na funkci tepelných relé.

Předpis ad A respektuje jen vlastnosti bimetalového relé, tj. průběh tepelné charakteristiky. Dostatečně nerespektuje možnosti krátkodobých přetížení spotřebičů /motorů/.
Tím, že se nastavuje za studeného stavu jsou vlivem teplotní

nestability, po ohřátí provozním proudem, doby vypínání podstatně kratší a vzniká nebezpečí vypnutí relé např. i jmenovitým proudem motoru /je prokázáno měřením/.

Předpis ad B respektuje vlastnosti motorů, možnost jejich krátkodobého přetížení i provozní prostředí relé /nastavování v předeřátém stavu/. Vlastnosti relé typu AB21, AB31 však nejsou takové, aby plně využily předpisem nabízené možnosti. Relé nelze seřadit tak, aby využilo současně dvě z uvedených podmínek / $120 \% I_n$ vypíná do 2 hodin, $150 \% I_n$ do 2 minut/ při přesném nastavení jedné z nich. Např. při nastavení relé na $150 \% I_n$ za 2 minuty vypíná $120 \% I_n$ do 10 minut. Naopak při nastavení $120 \% I_n$ za 2 hodiny vypíná $150 \% I_n$ podstatně déle než do 2 minut, což již odporuje nejen předpisu, ale i možnostem chráněného motoru.

2.5 Výsledky kontrolních měření

Z mnoha měření, i několikrát opakovaných u stejných nadproudových relé, vyjímáme charakteristické údaje funkčních vlastností relé při různých pracovních podmínkách, zejména při různých teplotách /další materiály jsou archivovány ve VÚHU - odbor TZ/ Tabulky 2 + 4 obsahují údaje o měření při použití meziměničů PNP s převodem 4/5 A a předpokládaným jmenovitým proudem motoru $I_n = 5 \text{ A}$. Na vstup meziměničů byl tedy přiváděn násobek I_n , podle ČSN 353416, zejména $1,2 I_n$ a $1,5 I_n$. Jak je známo, meziměniče PNP /přesycené proudové transformátory/ potlačují velikost proudu I_a , tekoucího vlastním systémem relé /topným vinutím a odporovým bočником/, stoupne-li tento proud nad určitou hodnotu /tab. 1/.

Vlivem změny zatížení sekundárního vinutí měniče PNP se mění, při stejném primárním proudu, proud sekundáru, což nastává nejen změnou nastavení hodnoty I_e na stupnici relé, ale např. i změnou průřezů a délky připojovacích vodičů. Z pohledu uvedených vlastností soustavy /PNP měniče-relé/ jsou nastavované hodnoty I_e všeobecně větší, než jsou jmenovité proudy motorů /vstup do PNP měničů/. Nastavené hodnoty

I_e se řídí výhradně dobami vypnutí při jednotlivých přetíženích a hodnoty stupnice jsou pro vlastní funkci jen informativní. Tabulka č. 2 obsahuje údaje o měření na novém relé AB21. V poznámkách tabulky jsou uvedeny podmínky, ze kterých kontrola funkce relé probíhala.

Po konečné úpravě nastavených hodnot I_e /měř. č. 3/ bylo relé zahřáto na ustálenou teplotu a vypínalo proud $1,5 I_n$ za 1,6 a 1,55 minuty, při stejném nastavení I_e byla pro $1,2 I_n$ vypínací doba 5,3 a 6,8 minut.

Při dalším měření bylo relé umístěno v sušičce a vnější teplota stoupla postupně na 40, 50, 60 a 70° C. Úměrně tomu stoupala i vnitřní teplota uzavřeného relé a klesaly doby vypnutí až na polovinu své původní hodnoty při vnější teplotě 25° C /porovnání měř. č. 4 a č. 8/. Při zatížení jmenovitým proudem $I_n = 5$ A /na primáru PNP měničů/ relé nevypnulo ani za 1 hod. při vnitřní teplotě 67° C /konečná teplota po 1 hod. zatížení/.

Z uvedených hodnot dob vypnutí při $1,5 I_n$ /1,6; 1,55 min./ i dob vypnutí při $1,2 I_n$ vyplývá, že je možné uvedené relé nastavit ještě na vyšší hodnotu I_e , aby se doba vypnutí relé při zatížení teplého relé /45° C/ $1,5 I_n$ přiblížila ještě více povolené hodnotě 2 min. /ČSN/.

Obdobně se chová i relé, jehož změřené údaje jsou v tab. č. 3. Po několikerém opakovaném zatížení proudem $1,2 I_n = 6$ A stoupla vnitřní teplota relé z 35° C na 58° C a vypínací doby se zkrátily téměř na 20 % původní hodnoty /při zkoušce ze studeného stavu/. Hodnotu $1,5 I_n = 7,5$ A vypíná předeřáté relé za 1,3 a 1,2 min.

Je zřejmé, že i zde opět existuje možnost nastavit I_e relé na vyšší hodnoty, aby při zátěži $1,5 I_n$ se doba vypnutí blížila 2 minutám, aniž doba vypnutí 10 min. při $1,2 I_n$ bude podstatně překročena. V žádném případě však nedosáhne čsl. normou dovolenou hodnotu 2 hodin.

Protože se při seřizování a nastavování relé vyskytují

i případy, že se provádí při otevřených krytech relé, provedli jsme porovnání vypínacích dob relé při stejném nastavení i stejném zatížení, ale při zavřeném nebo otevřeném krytu relé /tab. č. 4/. Z naměřených hodnot vypínacích dob vyplývá podstatný vliv přirozeného větrání relé na prodloužení vypínací doby. V uvedeném případě se vypínací doba u otevřeného relé oproti relé zavřenému prodlužuje přibližně čtyřikrát. Této možnosti předcházení výpadkům relé se někdy používá i v provozech dolů.

Z měření rovněž vyplývá: nastavíme-li a cejchujeme-li relé za studeného stavu a otevřené, zkrátí se při provozu zavřeného relé, při stejném proudovém přetížení, vypínací doba na čtvrtinu i méně. Podstatně tím vzroste nebezpečí předčasného neodůvodněného vypnutí relé a zastavení chráněného pohonu.

Rozhodně správné a účinnější tedy je, seřizovat relé při takovém tepelném režimu, v jakém převážně pracuje. To znamená, nastavovat a cejchovat vypínací doby na předehřátém reléovém systému a při zavřených krytech relé.

2.6 Realizace výsledků měření

V průběhu řešení úkolu byly s pracovníky výrobce relé i pracovníky provozu organizovány vzájemné konzultace /viz "Seznam literatury"/. Vzhledem k dosud nejednotnému postupu při seřizování a kontrole sledovaných relé vznikl požadavek, zpracovat "Jednotný předpis pro nastavování a seřizování tepelných nadproudových časových relé typu AB21, AB31 v důlních provozech SHR". Uplatněním tohoto předpisu, který je ve formě závěru a doporučení v plném znění uveden v kapitole 3.0 tohoto článku, se podstatně sníží potíže s nežádoucím působením nadproudových relé AB21, AB31 v kritických letních měsících, resp. dnech, kdy teplota uvnitř rozvodu PD dosahuje ca. 45°C a uvnitř vlastních relé téměř 50°C . Při uplatňování "Předpisu....." zůstává zachována chránící funkce relé.

Zpracovaný "Předpis" byl pracovníky energetického odboru GR SHD projednán se zástupci dodavatele relé ZPA, Obvodního báňského úřadu v Mostě, resp. s dalšími organizacemi a bude rozeslán na energetické odbory koncernových podniků SHD a pracovníkům reléových skupin závodů k aplikaci.

Ekonomický přínos řešení je nesporný, nelze ho však v současné době vyčíslit, protože nejsou k dispozici údaje o prostojích mechanismů z titulu předčasného působení nadproudových relé motorů. O přínosu získaných poznatků a navrhovaných řešení lze ovšem uvažovat jen při důsledné realizaci doporučených opatření.

3.0 Závěr, doporučení

Ochranná relé typu AB21, AB31 a jejich starší varianty jsou v provozu dolů používána již řadu let. Je všeobecně známa jejich konstrukce, způsob jejich použití, funkční vlastnosti, klady i nedostatky.

Protože podstatné konstrukční úpravy nelze na relé provádět, je nutné maximální pozornost věnovat seřizování a údržbě relé.

V oblasti spolehlivosti funkce relé v podmínkách uhelných dolů byl proveden průzkum i laboratorní zkoušky relé. Měřením byla prokázána značná funkční závislost relé na teplotě prostředí, ve kterém jsou instalována, i na teplotě vnitřní, způsobené vlastní funkcí relé. V mnohých případech byla zjištěna i nejednotnost a nepřesnost v nastavování vypínacích časů a dlouhé intervaly mezi jednotlivými kontrolami relé.

V zájmu správné funkce relé a pro zajištění využití chráněných motorů je nutné se při seřizování a zkoušení tepelných nadproudových časových relé typu AB21, AB31 řídit následujícím způsobem:

1. Seřizování relé provádět vždy v sestavě s příslušenstvím v jaké je nebo bude instalováno v provozu /např. s měniči PNP, přidavnými odpory, vodiči ap./. To platí zejména při

seřizování relé na zkušebně, v dílně ap. Tento způsob seřizování mimo provoz lze doporučit zejména pro časovou náročnost na pracné, ale přesné nastavení vypínacích časů. Pokud se jedná o motory s lehkým nebo krátkým rozběhem do ca 105 nebude třeba používat přidavných zátěží WB - odstranit je zcela a příslušný vodič vést bez zbytečných šroubových spojů přímo do relé.

2. Protože relé pracují v ohřátém stavu a vzhledem k teplotní nestabilitě bimetalových článků je účelné nastavovat vypínací časy vždy po předchozím předeřtění proudem motoru.

Relé předeřtívat a opakovaně cejchovat jen při uzavřeném krytu relé.

3. Uspokojivý ustálený tepelný stav uvnitř relé nastane ca po 20 minutovém předeřtění podle bodu 2, kdy teplota uvnitř relé je o 10 - 15° C vyšší než teplota vnějšího okolí. Uspokojivý tepelný stav studeného relé zjednáme /po předchozím působení/ otevřením skříňky a rychlým ovi-
váním, až všechny tři články samočinně přeskočí do klidové polohy. Po ca 1 min. možno počít pokus "za studena".

Před započetím prací doporučuje výrobce u relé, která byla dlouho v nečinnosti ustálit mechanický stav relé krátkým předeřtím 2 - 2,5 násobným nastaveným proudem po dobu až 30 min. Vypínací doba se nesleduje, všechny články se musí bezvadně vracet.

4. První nastavení proudové hodnoty na stupnici relé nebude pravděpodobně vyhovovat možnostem relé. Je v zájmu provozovatele, aby nastavování proudových hodnot relé bylo opakováno, až se doba vypnutí relé pro určité proudové přetížení maximálně přiblíží k přípustné hodnotě. Týká se to zejména přetížení 1,5 I_n s vypnutím do 2 min., což odpovídá přetížení 1,2 I_n s vypnutím do 8 až 10 min. a naopak. Kontrolovat je nutné oba body vypínací charakteristiky.

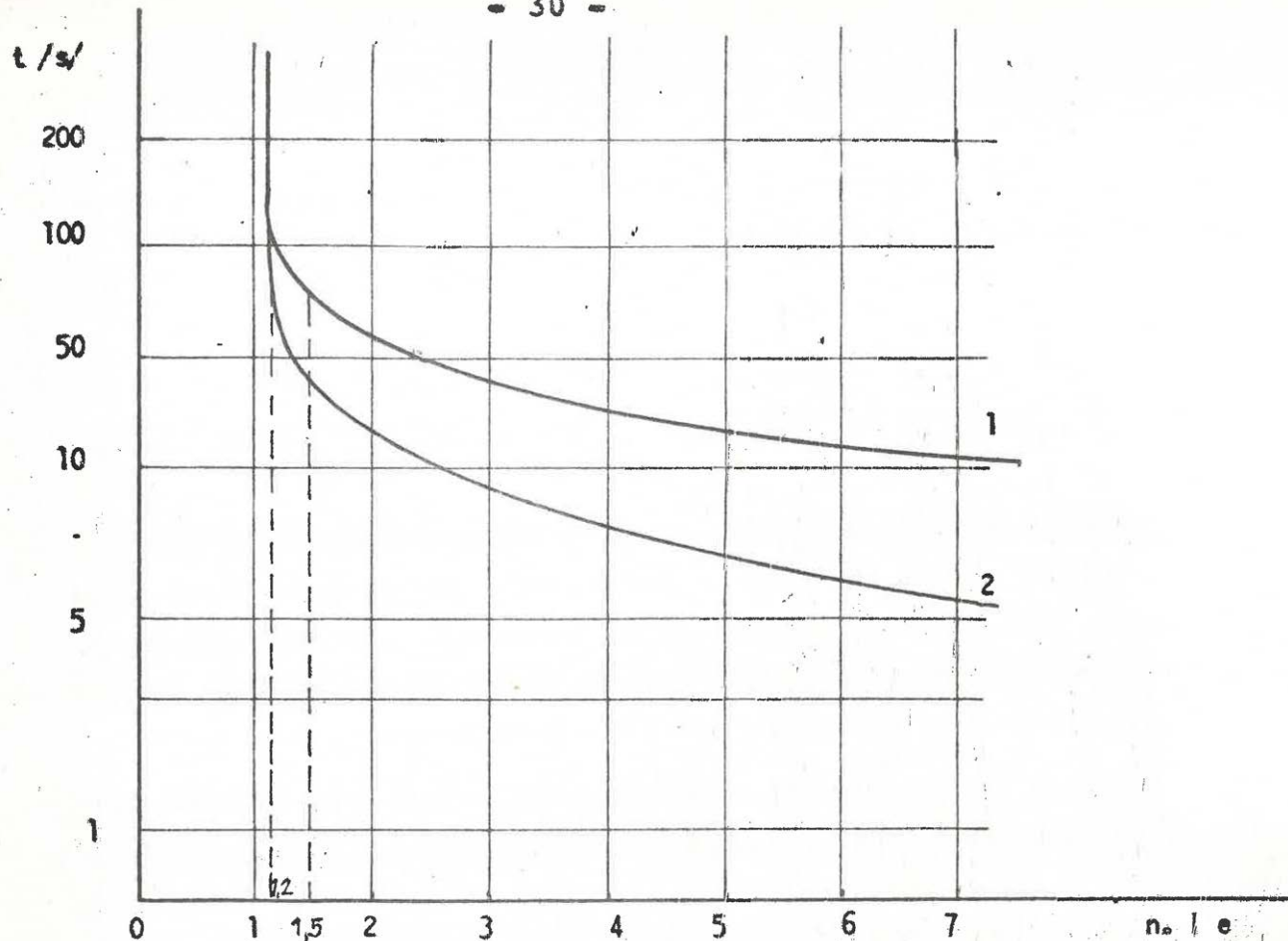
5. Pro nastavení dob působení relé při určitém násobku jmenovitého proudu chráněného motoru lze používat údaje z tab. č. 4, obsažené v ČSN 353416 "Jističí relé pro elektromagnetické stykače", článek 30 "Vypínací charakteristiky". Jde o opravenou normu 2. vydání z r. 1981.

Násobek přetížení jmenovit. proudu relé	Doba působení relé	Teplota popudových členů	Druh rozběhu motoru
1,05	nad 2 hodiny	Teplota okolí	
1,20	do 2 hodin	Ustálená teplota po předcházejí- cím zatíže- ní jmenovi- tým proudem	
1,50	do 2 minut		lehký střední
	do 4 minut		těžký

6. V důsledku téměř neovlivnitelného průběhu vypínací charakteristiky relé nelze plně využít možností, daných uvedenou ČSN 353416, tj. přiblížit se maximálně a současně u jednoho a téhož relé ke dvěma hodnotám vypínacích dob /např. $1,5 I_n - 2 \text{ min.}$ a $1,2 I_n - 2 \text{ hod.}/$.

Při seřízení relé na $1,5 I_n - 2 \text{ min.}$ je vypínací doba při zatížení $1,2 I_n$ vždy podstatně kratší /do 10 min./, než umožňuje ČSN a přibližně odpovídá požadavkům "Návodu ZPA" pro seřizování relé.

7. Toto doporučení se netýká nastavování zkratových článků relé AB21, AB31. Rovněž pro ostatní kontrolní činnost a zacházení s uvedenými relé platí "Návod pro projektování, zkoušení a údržbu", vydaný ZPA, závod Trutnov v r. 1967 a Výnos OBÚ v Mostě ze dne 22. 3. 1982, čj. 1035/82, kterým se upřesňují požadavky na pravidelné zkoušky reléových ochran a automatik na elektrických zařízeních střídavých napětí v SHR.

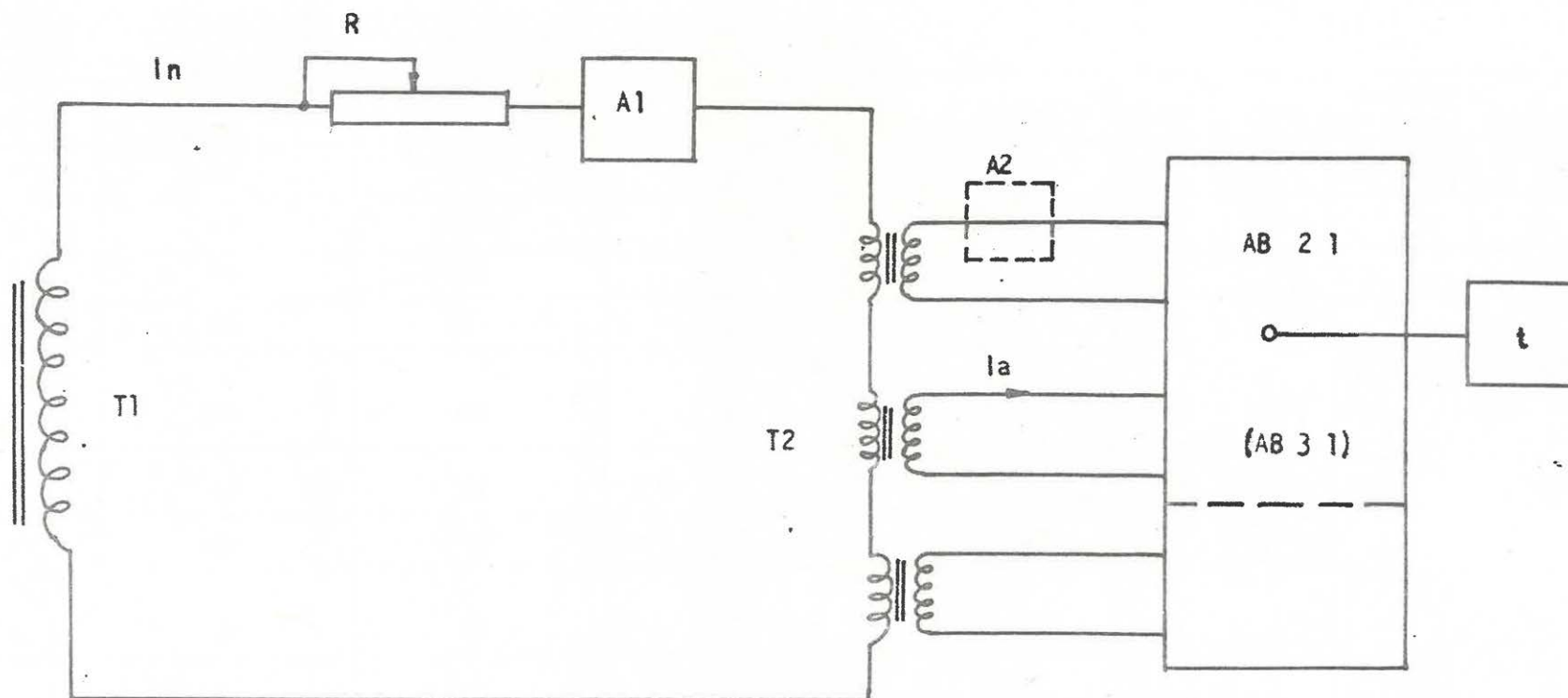


Obr. 1

Vypínací charakteristiky relé AB 21, AB 31 s přesycenými transformátory
(1- pro topné vynutí studené, 2- teplé)

Primár. proud I_n [A]	Hodnota proudu I_e nastavená na stupnici relé			
	5A	5,5A	6A	7A
	Sekundární proud PNP, vstup do relé - I_a [A]			
5	5,9	6	6	6
6	7,0	7,1	7,1	7,2
7	7,3	7,6	8,0	8,3
8	7,5	7,9	8,3	9,0
9	7,6	8,0	8,5	9,3
10	7,6	8,0	8,6	9,4

Tab. č. 1- Závislost sekundárního proudu měničů PNP na velikosti primárního proudu
a změnách nastavení hodnoty I_e na stupnici relé



- T1 - zdroj proudu
 R - regulační odporník
 A1 - ampérmetr pro jmenovitý proud I_n
 T2 - mezipřevodník PNP
 A2 - kontrola zatěžovacího proudu I_a
 AB21-(AB31)- tepelné nadproudové časové relé
 t - tepelné čidlo s digitálním teploměrem

Obr. 2

Schematické zapojení přístrojů
při měření

TAB. Č. 2

Hodnoty měření na relé AB21, č. 173243, 2R, nové, nepoužité, seřizované na $I_n = 5 \text{ A}$

Měření č.	Vnější teplota [°C]	Vnitřní teplota po vypnutí relé [°C]	Nastavený proud I_e [A]	Zatěžovací proud $\times I_n$ [A]	Data vybavení [min]		Poznámka
1	25	37	5,1 5,1	$1,5 I_n = 7,5$	1,2	0,9	Předehtřívání 20 min proudem I_n Zavřena při všech dalších měřeních
2	25	40	5,4 5,6	7,5	1,5	1,3	Opak. po návratu r. Přestavení I_e a 5min předehtřívání, zavř.
3	25	40	5,6 5,8	7,5	1,6	1,55	"
4	25	44	5,6 5,8	$1,2 I_n = 6,0$	5,3	6,8	Opak. po návratu r. proudem $1,2 I_n = 6 \text{ A}$
5	40	46	"	"	4,0	4,4	Opak. při zvýšené vnější teplotě bez předehtřátí relé
6	50	53	"	"	3,6	4,0	"
7	60	64	"	"	3,2	3,7	"
8	70	72	"	"	2,8	3,2	"
9	60	67	"	$I_n = 5,0$	-		Nevypnula I_n do 60min
10	21	30	"	$1,2 I_n = 6,0$	7,5	8,3	Ze stud. stavu, bez předehtřátí

TAB. Č. 3

Hodnoty měřené na relé AB21, č. 133882, 2Z, použité, seřizované na $I_n = 5\text{ A}$

Měření č.	Vnější teplota [°C]	Vnitřní teplota po vypnutí relé [°C]	Nastavený proud I_e [A]	Zatěžovací proud $\times I_n$ [A]	Doba vybavení [min]		Poznámka
1	26	35	5,9	$1,2 I_n = 6,0$	9,3	9,1	Náběh ze studeného stavu, zavřená
2	26	38	"	"	7,0	7,3	Opak po 5 min chlazení, zavřená
3	26	42	"	"	6,3	6,1	"
4	29	46	"	"	4,2	4,0	Opak s předehřátím I_n 5 min, zavřená
5	50	58	"	"	1,9	2,0	Opak dtto ve sušičce, zavřená
6	50	53	"	$I_n = 5,0$	do 20 min nevypnula		"
7	50	54	"	6,0	2,0	2,0	Po zvýšení z $I_n = 5\text{ A}$ na $1,2 I_n$ bez přerušení proudu vyp. za 2 min
8	29	45	"	$1,5 I_n = 7,5$	1,3	1,2	Předehřátí I_n 20min Zavřená

TAB. Č. 4

Hodnoty měřené na relé AB31, č. 218163, 3Z, použité, seřizované na $I_n = 5 \text{ A}$

Měření č.	Vnější teplota [°C]	Vnitřní teplota při vypnutí relé [°C]	Nastavený proud I_e [A]	Zatěžovací proud $x I_n$ [A]	Doba vybavení [min]			Poznámka
1	29	37	6,1 6,0 5,9	1,2 $I_n = 6,0$	7,0	6,9	6,4	Ze stud. stavu, zavř.
2	45	45	"	"	6,5	6,3	5,9	Opakování po návratu systému relé a dalších 5 min chladnutí
3	30	48	"	"	6,3	6,3	5,8	"
4	30	40	"	"	23,6	25,3	14,1	Opakování po návratu relé a 5 min chladnutí Otevřená, větrá!
5	25	35	"	"	10,1	9,0	8,0	Opak., stud. stav, za- vřená
6	25	38	"	"	6,5	5,7	6,2	Opak. po návratu systému relé, zavřená
7	25	35	"	"	24,3	21,1	22,0	Opak., otevřená ochrana
8	25	35	"	1,5 $I_n = 7,5$	do 1 min			Opak., zavřená ochrana