

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STROJNÍ**



ELEKTROTECHNIKA - TEORIE

Elektrické přístroje

Ing. Jan Vaňuš Ph.D.

Ing. Roman Hrbáč Ph.D.

Ing. Tomáš Mlčák Ph.D.

Ostrava 2013

© Ing. Jan Vaňuš Ph.D., Ing. Roman Hrbáč Ph.D., Ing. Tomáš Mlčák Ph.D.

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-3049-0



Tento studijní materiál vznikl za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu: CZ.1.07/2.2.00/15.0463, MODERNIZACE VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ A DIDAKTICKÝCH METOD

OBSAH

10	ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE	3
10.1	Úvod	5
10.2	Elektrický oblouk a kontakty u elektrických přístrojů.....	6
10.3	Jistící přístroje.....	8
10.3.1	Pojistky	8
10.3.2	Jističe	9
10.3.3	Proudové chrániče	10
10.3.4	Jistící relé a spouště.....	11
10.4	Spínací a spojovací přístroje	12
10.4.1	Spínací přístroje.....	12
10.4.1.1	Stykače	12
10.4.1.2	Pomocné stykače	13
10.4.1.3	Motorové spouštěče	13
10.4.1.4	Pomocná relé	13
10.4.1.5	Časová relé	13
10.4.2	Nesamočinné spínací přístroje.....	14
10.4.3	Přístroje spojovací.....	14
10.5	Elektromagnety	15
10.6	Literatura.....	17



10 ELEKTRICKÉ PŘÍSTROJE



OBSAH KAPITOLY:

Úvod

Elektrický oblouk a kontakty u elektrických přístrojů

Jistící přístroje

Pojistky

Jističe

Proudové chrániče

Jistící relé a spouště

Spínací a spojovací přístroje

Spínací přístroje

Stykače

Pomocné stykače

Pomocná relé

Časová relé

Nesamočinné spínací přístroje

Přístroje spojovací

Elektromagnety

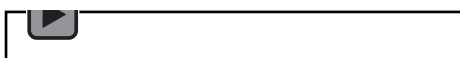


MOTIVACE:

Elektrický přístroj je speciální zařízení - elektrické zařízení, které může být přímou součástí elektrických obvodů (např. obvodů určených pro rozvod elektrické energie), nebo se jedná o detekční, signalizační či měřicí prvky umístěné mimo elektrický obvod. Elektrické přístroje nejčastěji slouží například k jištění, regulaci, spínání, odpojování, spouštění, signalizaci či k měření elektrických veličin apod.



Audio10.1 Motivace



**CÍL:**

Z jakých základních prvků se skládá každý elektrický obvod.

Rozdělení elektrických přístrojů podle funkce.

Co je to elektrický oblouk a jak vzniká.

Jakým způsobem se provádí zhášení elektrického oblouku v obvodech stejnosměrného proudu.

Jakým způsobem se provádí zhášení elektrického oblouku v obvodech střídavého proudu.

Nakreslete grafickou značku zapínacího, vypínacího a přepínacího kontaktu.

Jaké máme druhy jisticích přístrojů

Popište základní funkci pojistky a vyjmenujte druhy provedení tavných vložek pojistek dle jejich vypínacích charakteristik.

Popište základní funkci jističe a vyjmenujte druhy vypínacích charakteristik jističů.

Popište základní funkci proudového chrániče a jeho využití.

Vyjmenujte základní spínací přístroje.

Popište základní funkci stykače a jeho využití.

K čemu slouží pomocné stykače a pomocná relé.

K jaké funkci se využívají motorové spouštěče.

Kde se využívají časová relé a jaký je jejich hlavní princip.

Co jsou to nesamočinné spínací přístroje.

Jaké máme druhy spojovacích přístrojů.

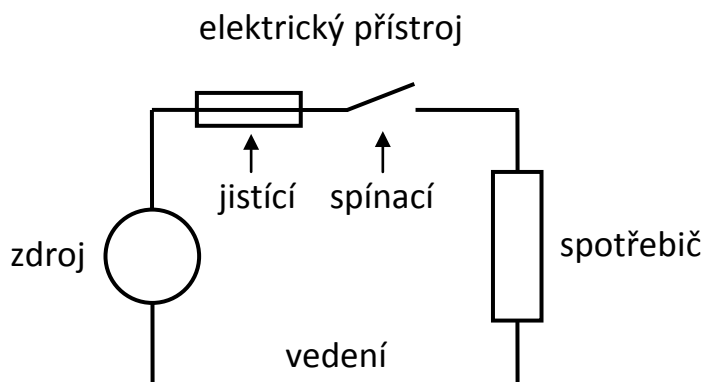
Co jsou to elektromagnety a kde se u elektrických přístrojů využívají.



10.1 ÚVOD

Každý elektrický obvod - EO (i ten nejjednodušší) obsahuje čtyři základní prvky, viz Obr. 1.1:

1. Zdroj (baterie, generátor, síť apod.),
2. spojovací vedení (vodiče, kabely, šňůry, troleje apod.),
3. spotřebiče (žárovky, topidla, motory, počítače, televizory apod.),
4. ovládací, spínací a jistící člen (vypínač, pojistka, atd.) – tzv. Elektrický spínací přístroj (ESPř).



Obr. 1.1 Základní schéma elektrického obvodu

Elektrický přístroj je zařízení používané v elektrických obvodech k obsluze a jistění elektrických rozvodů, pohonů, spotřebičů, k měření a k využití silových účinků elektrického proudu. Jedná se o velmi obsáhlý sortiment elektrických zařízení (EZ).

Rozdělení Elektrických přístrojů podle funkce:

- **Spínací (TSPř)** - spínají a rozspínají elektrický obvod, galvanicky oddělují zdroj od spotřebiče.

Podle působení dále dělíme spínací přístroje na:

- nesamočinné - obyčejné (spínače, vypínače, odpínače, odpojovače - k sepnutí dochází jen vnějším mechanickým zásahem, např. rukou, částí stroje, atd.),
- samočinné (stykače, relé, jističe, vypínače se spouští, atd.).
- **Řídicí, spouštěcí, regulační** - zabezpečují další požadované funkce elektrického obvodu kromě jeho spojení. Jedná se o aktivní členy, které tvoří polovodičové prvky a pasivní členy, což jsou rezistory, tlumivky, atd.
- **Jistící** - chrání elektrický obvod a okolí před účinky poruchových stavů jako např.:
 - přetížení (pojistky, jističe, relé),
 - přepětí (bleskojistiky),
 - ohrožení zdraví osob, zvířat a majetku (chrániče).
- **Spojovací** - pro trvalé spojení (svorkovnice, zásuvky, armatury apod.).
- **Měřicí** (měřicí přístroje a jejich příslušenství).
- **Ostatní** (odporníky, tlumivky, elektromagnety apod.).

Elektrické přístroje slouží k:

- požadovanému připojení, zapojení spotřebiče, popř. rozvodu,
- jistění spotřebiče, popř. rozvodu (proti nadproudům),
- řízení funkcí a činností,
- měření elektrických i neelektrických veličin (zvláštní skupina tzv. měřicí přístroje a systémy).



Charakteristika spínacích přístrojů:

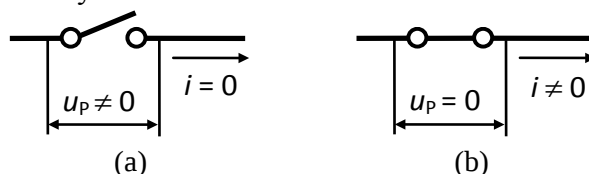
Každý Elektrický přístroj má čtyři základní stavy:

VYPNUTO - nulový proud a plné napětí na kontaktech, které určuje rozměr přístroje, viz Obr. 1.2 (a).

ZAPNUTO - nulové napětí a průchod proudu kontaktem způsobuje oteplení přístroje vlivem Jouleových ztrát, viz Obr. 1.2 (b).

Zapínání - přechod mezi stavy VYP → ZAP.

Vypínání - přechod mezi stavy ZAP → VYP.



Obr. 1.2 Elektrický přístroj s jeho základním stavem: (a) VYPNUTO, (b) ZAPNUTO

Vypínací schopnost přístroje je dána velikostí proudu, který dokáže spínač vypnout, aniž by došlo k jeho poškození.

10.2 ELEKTRICKÝ OBLOUK A KONTAKTY U ELEKTRICKÝCH PŘÍSTROJŮ

Elektrický oblouk (EO) - výboj v plynném prostředí (následná fáze elektrické jiskry popř. doutnavého výboje).

- průvodní jev při vypínání (přerušování) elektrického obvodu, kterým protéká elektrický proud nebo i při jeho zapínání (zejména u vypínačů na vn a vvn),
- následek většiny průrazů a přeskoků izolačních částí (poruchový stav).

Hlavní části oblouku:

- katodový prostor - označen **K**,
- anodový prostor - označen **A**,
- trup - označen **T**.

Vlastnosti oblouku:

- Ionizace - proces, při kterém se z neutrálního plynu (N_2 , O_2 , He, H, ...) stává plazma,
- plazma = charakteristický stav ionizovaného plynu (ionizace atomů) - 4. skupenství hmoty (6000 K),
- chování jako vodič (neplatí zde ale Ohmův zákon),
- napětí na oblouku je součtem napětí na jeho jednotlivých částech,
- vlastnosti jsou silně závislé na materiálu kontaktů.
- elektricky vodivý (10^8 A/m^2),
- vysoká teplota ($10^4 \div 10^6 \text{ K}$)
- intenzivní záření
- nelineární charakteristika, čtvrtý charakter

Zhášení oblouku:

V důsledku ochlazení dojde ke zmenšení jeho vodivosti (stupeň ionizace závislý na teplotě).

Zhášení elektrického oblouku v obvodech stejnosměrného proudu:

- prodloužením jeho délky (rozdělení na úseky),
- intenzivním ochlazováním (změna odporu oblouku v důsledku zmenšování průřezu)

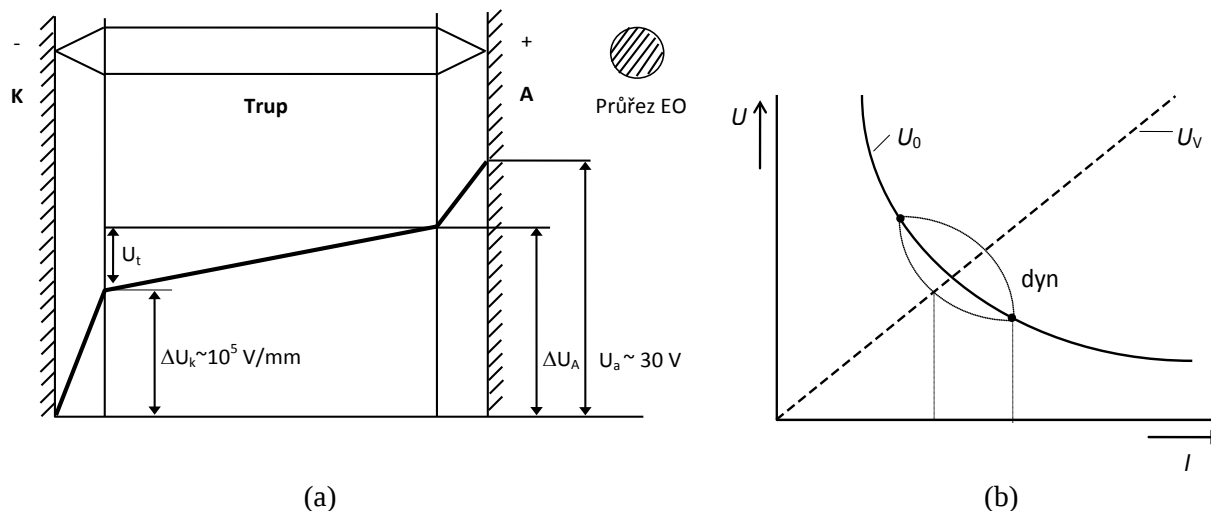


Praktická realizace: vhánění (vyfoukávání) elektrického oblouku prostřednictvím magnetického pole do zhašecí komory opatřené úzkými štěrbinami.

Zhášení elektrického oblouku v obvodech střídavého proudu:

- lepší podmínky než u stejnosměrného oblouku (samovolné zhášení neboli obnovení izolačního stavu při průchodu proudu nulou),
- potřeba chlazení a rychlé deionizace prostředí mezi kontakty (nejrychlejší je to ve vakuu).

Na Obr. 2.1 (a) je zobrazeno rozložení napětí na oblouku a Obr. 2.1 (b) znázorňuje statickou charakteristiku oblouku.



Obr. 2.1 (a) Rozložení napětí na oblouku, (b) Statická charakteristika oblouku

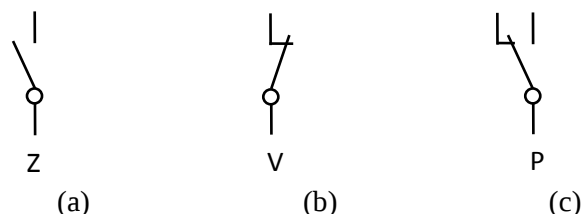
Kontakty (základní prvky) u ESPř:

Podstata činnosti je ve změně elektrického odporu části obvodu mezi kontakty:

- $R = \infty$ při vypnutém stavu,
- $R \cong 0$ při zapnutém stavu (závisí na velikosti proudu, stavu kontaktů a prostředí),
- provedení kontaktů podle různých kritérií dle:
 - místa styku - bodové, přímkové, plošné,
 - konstrukce - nožové, palcové, kartáčové, lamelové, atd.,
 - celkové uspořádání mechanismu - pákové, můstkové, suvné,
 - funkce - spojovací (pracovní), rozpojovací (klidové), hlavní, opalovací, pomocné.
- opotřebení kontaktů - míra životnosti a funkčnosti ESPř, (úbytek materiálu na A - kráter, nános materiálu na K - výčnělek)
- materiál kontaktů:
 - neušlechťené - nejčastěji Cu a jeho slitiny (bronz, mosaz),
 - Ag (odolné proti atmosférické korozi),
 - poloušlechťené - spékané materiály (slinuté kovy, W, Ni, Cu, Ag, C), mechanicky a tepelně odolné.

Na Obr. 2.2 (a) až Obr. 2.2 (c) jsou ukázány grafické značky zapínacího, vypínacího a přepínacího kontaktu.





Obr. 2.2 Označování kontaktů ve schématech (grafické značky): (a) zapínací, (b) vypínací, (c) přepínací

10.3 JISTÍCÍ PŘÍSTROJE

10.3.1 Pojistky

Pojistky jsou přístroje, u kterých se přetavením určených součástí (tavných vložek) přeruší obvod, ve kterém jsou zapojeny, za předpokladu, že proud pojistkou přesáhne po stanovenou dobu stanovené hodnoty. Ve schématech se pojistky značí písmenem F (FU) a jejich značka je uvedena na Obr. 3.1. Pojistky se používají k jištění rozvodu nebo elektrického zařízení před nadproudem, který by mohl způsobit jejich poškození, případně úraz.

Základní funkce pojistky:

- Přerušení obvodu v důsledku přetavení drátku, případně pásku umístěného v tavné vložce obsahující zhášelo - křemičitý písek. K přetavení dochází teplem vznikajícím při průchodu proudu.
- Omezení zkratového proudu v obvodu za pojistkou (v důsledku rychlého působení v 1. půlperiodě zkratového proudu).

Konstrukční části pojistek:

- Pojistková vložka (patrona),
- pojistkový spodek (držák), případně ukazatel indikace zapůsobení.

Mechanické provedení pojistek:

- trubičkové (skleněné, požívané u domácích spotřebičů a elektronických obvodů),
- závitové (E13, 27, 33),
- nožové (zásuvné),
- válcové,
- speciální (např. v auto instalacích, apod.).

Při průchodu zkratového proudu i_k je teplo vznikající v tavné vložce pojistky:

$$Q = R_p \int_0^{t_t} i_k^2 dt \quad (1)$$

kde R_p je odpor pojistkové vložky a t_t je doba tavení vložky.

Pojistka propustí do elektrického obvodu energii úměrnou propustnému integrálu (tzv. Joulovu integrálu):

$$[I^2 \cdot t]_{\text{prop}} = \int_0^{t_k} i_k^2 dt = \int_0^{t_t} i_k^2 dt + \int_{t_t}^{t_v} i_k^2 dt \quad (2)$$

kde t_k je vypínací doba pojistky. Integrál je možno dále rozložit na tavný integrál - závislý na vlastnostech pojistky a zhášecí integrál - závislý na parametrech a vlastnostech jištěného obvodu.

Pojistka tedy vypíná zkratový proud během jeho nárůstu, a tím vlastně dochází k omezení zkratového proudu tekoucího obvodem na hodnotu tavného proudu pojistky. Z hlediska omezení je nejnejpříznivější zkrat s velkou počáteční strmostí proudu.

Schopnost pojistky omezení zkratového proudu se vyjadřuje pomocí tzv. omezovacích charakteristik pojistky uváděných v dokumentaci – v katalozích.

Rozsahy vypínání pojistek (označuje se písmenným znakem na tavné vložce):



„g“ - tavné vložky mohou vypínat všechny nadproudy (v celém rozsahu vypínací schopnosti)

„a“ - tavné vložky mohou vypínat pouze část nadproudů.

Kategorie užití pojistek (písmeno na tavné vložce):

„G“ - všeobecné užití,

„M“ - jištění motorových obvodů,

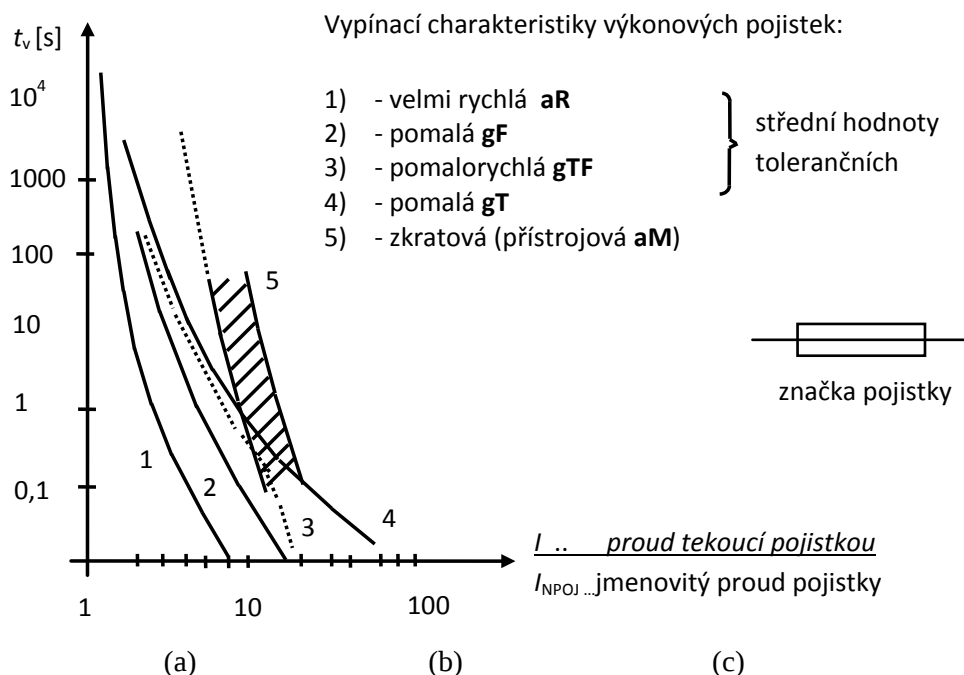
„R“ - jištění polovodičů,

„Tr“ - jištění transformátorů.

Jmenovitá vypínací schopnost pojistky:

Je to hodnota předpokládaného proudu, kterou je schopna tavná vložka přerušit (uváděno v TD).

Vlastnosti pojistek jsou udávány **vypínacími charakteristikami**, které vlastně vyjadřují střed tolerančního (rozptylového) pásma, viz Obr. 3.1.



Obr. 3.1 Vypínací charakteristiky výkonových pojistek a jejich značka

Provedení tavných vložek pojistek dle jejich vypínacích charakteristik:

- **normální** (použití k jištění vedení),
- **pomalé** (označené znakem - šnekem - použití k jištění motorů),
- **rychlé a velmi rychlé** (k jištění obvodů s polovodičovými součástkami).

Rozdělení pojistek podle obsluhy:

- pojistky určené pro kvalifikovanou obsluhu (dříve pro průmyslové použití),
- pojistky určené pro nekvalifikovanou obsluhu (dříve pro domovní a podobné účely)
 - zajištění ochrany před nebezpečím úrazu elektrickým proudem a nezaměnitelnosti tavných vložek.

10.3.2 Jističe

Jističe jsou mechanické spínací přístroje se schopností spínání, přenášení a vypínání proudu obvodu za normálních i abnormálních podmínek (např. při zkratu). Ve schématech se jističe značí písmenem F a jejich možné typy značení jsou uvedeny na Obr. 3.2 (a).

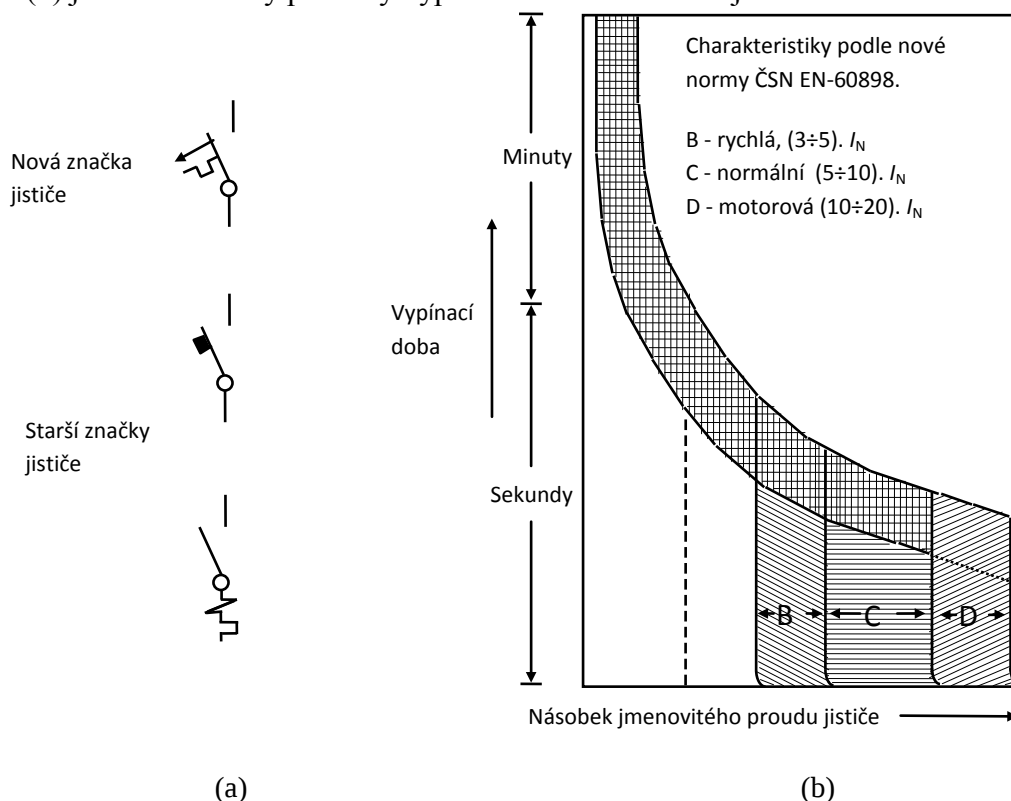
Stabilní poloha jističe je ve vypnuté poloze. Do zapnuté polohy jsou jističe uváděny vnější silou (mechanicky pomocí ovládacího elementu, případně zapínací cívky) a jsou v ní drženy pomocí volnoběžky. Síla na vypnutí je vyvozena od pružiny. Popud k vypnutí (k vybavení volnoběžky) je mechanicky, a to buď ručně, nebo od spouští, případně cívky elektromagnetu.



Funkce jističe spočívá v jištění výkonového obvodu a zařízení zapojených za jističem před poškozením při poruše. Většina jističů je vybavena standardní nadproudovou a zkratovou spouští s možností přidavného doplnění (např. podpětovou spouští, cívkami, pomocnými kontakty a podobně).

K jištění a k ručnímu spínání střídavých motorů se používají trojpólové jističe označované jako motorové spouštěče (spouštěče motorů).

Vypínací schopnost jističů je rozdílná podle výrobce, typové velikosti a pracovního napětí. Na Obr. 3.2 (b) jsou znázorněny příklady vypínacích charakteristik jističů.



Obr. 3.2 (a) Značky jističů, (b) Vypínací charakteristiky jističů

10.3.3 Proudové chrániče

Proudový chránič je elektrický ochranný prvek, který detekuje a vyhodnocuje tzv. reziduální (rozdílový) proud vůči přednastavené hodnotě. Proudový chránič nejistí připojený obvod před nadproudy. Jeho praktické použití je spojeno s ochranou před nebezpečím úrazu elektrickým proudem.

Upozornění: proudový chránič nechrání před účinky při dvoupólovém dotyku (dotknete-li se současně dvou fází, nebo fázového a nulového vodiče).

Reziduální proud: efektivní hodnota výsledného vektoru okamžitých hodnot proudů tekoucích hlavním obvodem.

Provedení proudové chrániče z hlediska počtu pólů:

- 2 pólové - určené pro 1fázové spotřebiče připojené na L a N,
- 4 pólové - určené pro 3fázové spotřebiče, připojené na L1, L2, L3, N.

Provedení s ohledem na rychlost vypnutí:

- bez zpoždění (určen pro všeobecné použití),
- s prodlouženým vypínacím časem (např. s $t_{vmin} = 10$ ms),
- selektivní s prodlouženým vypínacím časem ($t_{vmin} = 40$ ms).

Sestava proudového chrániče obsahuje:

- proudový součtový transformátor (pro všechny pracovní vodiče),
- citlivé vybavovací relé,



- spínací mechanismus (pro všechny pracovní vodiče).

Normální pracovní podmínky (stav):

- kontakty jsou v zapnutém stavu, spotřebič je připojen,
- součet všech proudů procházejících vodiči, a tím i součtovým transformátorem je roven nule,
- indukované napětí ve vinutí je nulové $U_i = 0$.

Poruchový stav (průraz izolace, dotyk apod.):

$\sum i \neq 0, U_i \neq 0 \rightarrow$ vybavovací relé aktivuje vypínací mechanismus a kontakty se rozpojí, poté se spotřebič odpojí od napájecí sítě.

Provedení s ohledem na citlivost (druh proudu):

AC - citlivost na střídavý proud,

A - citlivost na střídavý a pulzující stejnosměrný proud,

B - citlivost jako A na stejnosměrné reziduální proudy vzniklé při usměrňování.

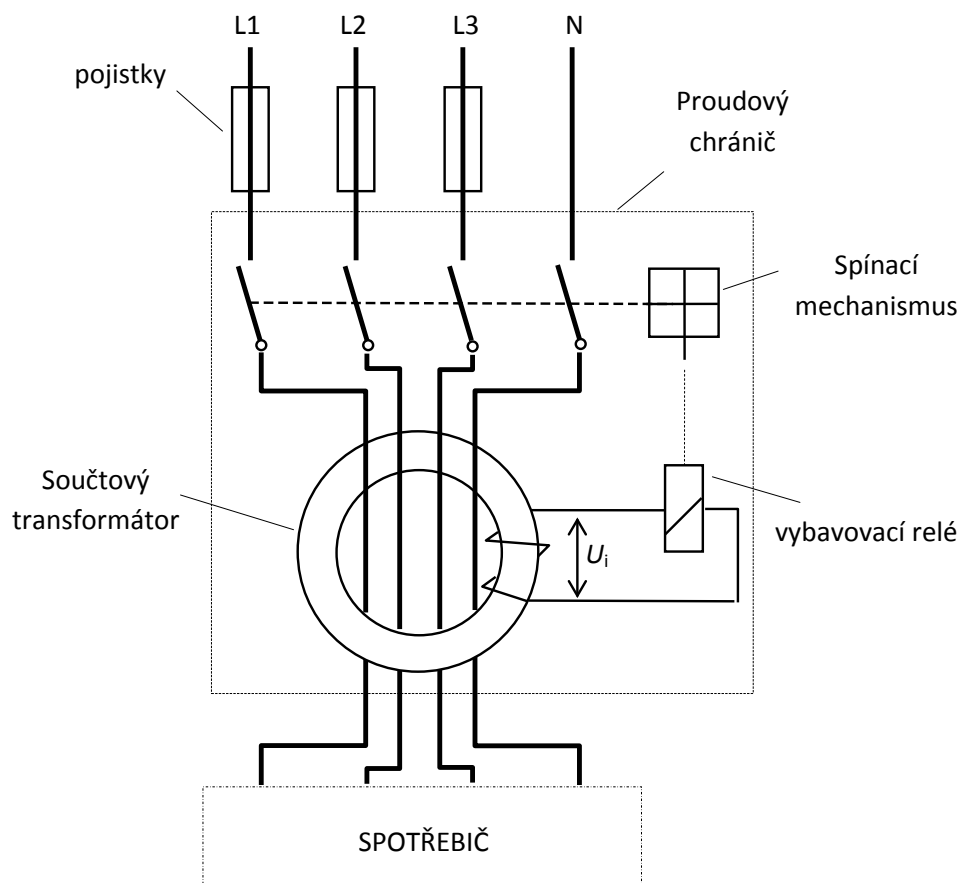
Možná mechanická provedení:

- vestavná (do rozvaděče),
- přenosná pro pohyblivé přívody (TZV. zásuvkový adaptér).

Použití:

- ochranný prvek při ochraně před nebezpečím úrazu elektrickým proudem.

V poslední době jsou k dispozici i kombinované přístroje: proudový chránič + jistič, zabezpečující jak ochranu před nebezpečím úrazu elektrickým proudem, tak i proti přetížením, případně zkratům.



Obr. 3.3 Sestava proudového chrániče (třífázového)

10.3.4 Jistící relé a spouště

Spoušť - část jističe nebo výkonového vypínače působící mechanicky na jeho vybavovací ústrojí.



Jistící relé (nebo soupravy) - jsou samostatné přístroje s kontaktními výstupy, které elektricky ovládají vybavovací ústrojí výkonových spínačů (jističů, stykačů, apod.). Některá provedení mohou být doplňkovým modulovým prvkem spínačů.

Teplná nadproudová relé a spouště - nejčastěji v provedení s bimetalovým článkem, který je napájen buď přímo proudem jištěného obvodu, nebo přes transformátor proudu. Vzniklé ztráty $P_v = R \cdot I^2$ oteplují článek a při dosažení vybavovací teploty odpovídající $1,05 \div 1,2$ násobku I_N dochází k aktivaci vybavovacího ústrojí.

Vypínací charakteristiky $t = f(I/I_{nast})$ se udávají pro teplotu okolí $20 \pm 5^\circ \text{C}$. Mají značný rozptyl vůči výchozímu studenému stavu a dají se v omezeném rozsahu měnit (např. vypínací dráhou, připojením paralelních odporů, apod.).

Do jednofázových případně do stejnosměrných obvodů je nutno vždy zapojovat všechny články trojpólových provedení přístroje.

10.4 SPÍNACÍ A SPOJOVACÍ PŘÍSTROJE

10.4.1 Spínací přístroje

Konstrukčně nejjednodušší, nikoliv svým významem. Dělení je možno provést dle množství kritérií (např. konstrukce, provedení, krytí, funkce, způsob vypnutí apod.):

samočinné spínače:

- stykače, pomocná a časová relé,

nesamočinné spínače:

- otočné a stiskací ovládače, mezní spínače (mechanické, teplotní, tlakové, rychlostní, apod.).

10.4.1.1 Stykače

Stykače jsou nejpoužívanější samočinné spínače, které mají aretovanou pouze jednu polohu (nejčastěji klidovou, tj. ve vypnutém stavu). Umožňují poměrně vysokou hustotu spínání s možností dálkového ovládání (zapínání i vypínání). Jsou základním výkonovým spínacím prvkem pro kontaktní logické řízení.

Provedení stykačů:

- vzduchové (nejčastější),
- olejové,
- vakuové.

Základní vybavení:

- ovládací cívka (elektromagnet),
- kontakty.

Druhy kontaktů:

- hlavní (silové) - kontakty přenášející výkon připojeného spotřebiče (obvodu),
- pomocné (ovládací).

Provedení kontaktů:

- zapínací - *pracovní* (Z),
- vypínací - *klidový* (V).

Popis funkce:

Přivedením napětí na ovládací cívku elektromagnetu dojde působením elektromagnetického pole k přitahu kotvy, která je spojena s pohyblivými kontakty (nejčastěji v můstkovém provedení), které se uvedou do druhé pracovní polohy (pracovního stavu zapnuto/vypnuto).

Kategorie použití stykačů s ohledem na jejich životnost:

AC-1 - Neinduktivní nebo slabě induktivní zátěž (např. odporové pece).

AC-2 - Motory s kotvou kroužkovou (spouštění a reverzace chodu).



AC-3 - Motory s kotvou nakrátko.

AC-4 - Motory s klecovým rotorem (spouštění a reverzace chodu).

AC-11 - Elektromagnety (cívky stykačů, břemenové).

Modulární (sestavné) provedení stykačů umožňuje sestavení požadované varianty (např. hlavní a pomocné kontakty, časově zpožděný kontakt, atd.).

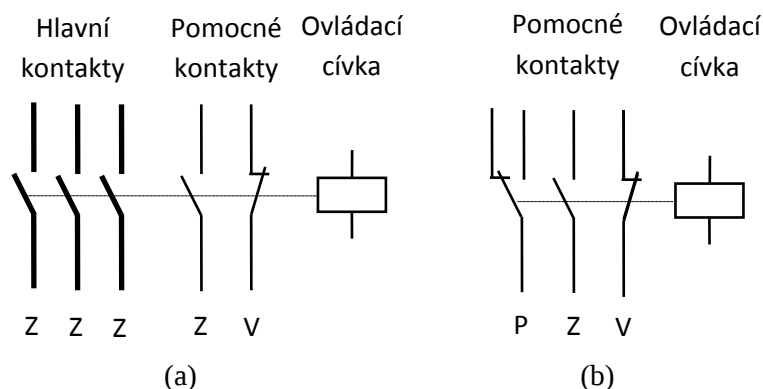
Proudová zatížitelnost stykačů se pohybuje v rozmezí $10 \div 420$ A.

Ovládání stykačů se provádí pomocí ovládacích přístrojů zapojených v obvodu ovládací cívky.

Změny stavu stykače lze v zásadě dosáhnout:

- impulzním sepnutím a vypnutím (např. tlačítka),
- trvalým sepnutím (rozpojením) kontaktu ovládacího spínače.

Schematická značka stykače je uvedena na Obr. 4.1 (a).



Obr. 4.1 (a) Značka stykače, (b) Značka pomocného relé

10.4.1.2 Pomocné stykače

Pomocné stykače jsou svým konstrukčním provedením (nízká proudová zatížitelnost kontaktů) obdobné stykačům a jsou určeny ke spínání malých výkonů (proudů).

10.4.1.3 Motorové spouštěče

Jedná se o obdobné provedení jako u stykačů s možností přímého mechanického ručního ovládání jejich stavu. Jsou určeny k zapojení do přívodu k elektrickým motorům.

10.4.1.4 Pomocná relé

Pomocná relé (zkráceně jenom relé) jsou svým konstrukčním provedením obdobná stykačům s tím, že obsahují pouze pomocné kontakty v různé sestavě vypínacích a zapínacích kontaktů. Tyto jsou určeny pro zapojení do obvodů dalších přístrojů (tzv. ovládacích obvodů) a mají malou proudovou zatížitelnost (nejsou tedy určeny ke spínání přenášeného elektrického výkonu). Provedení kontaktů je rovněž obdobné (ZAP, VYP). Často se zde navíc vyskytuje provedení přepínacího kontaktu (P). Schematická značka pomocného relé je uvedena na Obr. 4.1 (b).

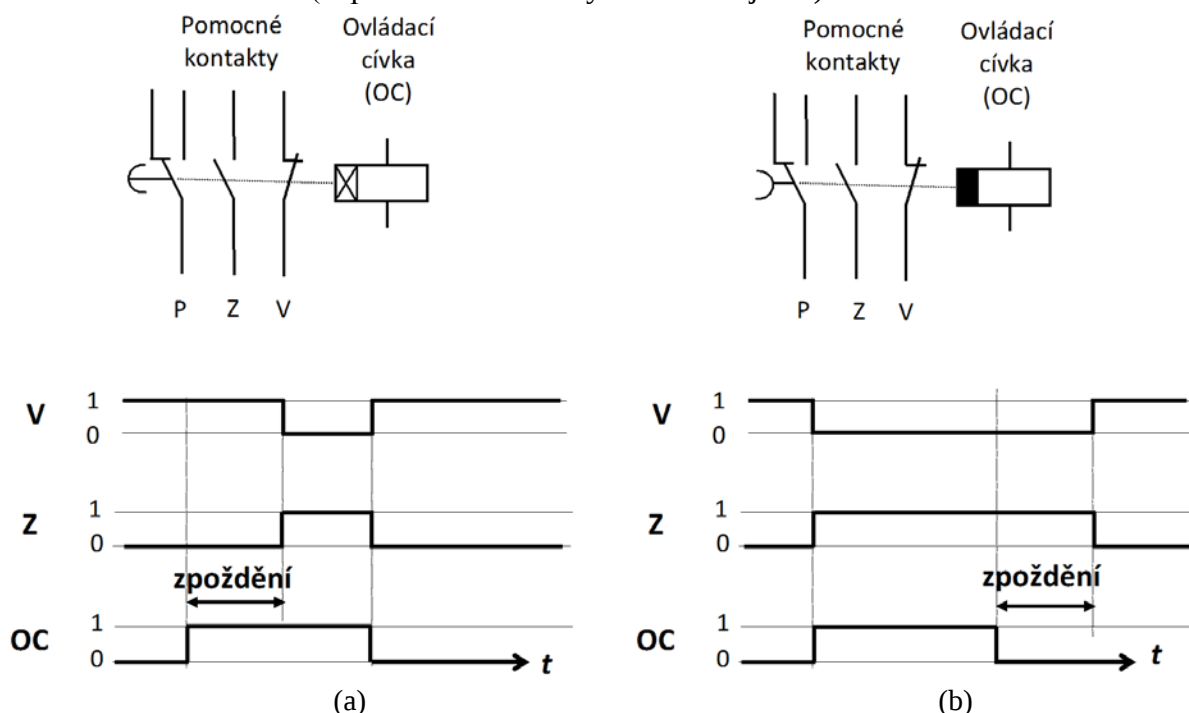
10.4.1.5 Časová relé

Časová relé umožňují dosáhnout časového zpoždění mezi připojením (odpojením) ovládací cívky k napětí a přitahem (odpadem) kotvy elektromagnetu spojené s kontakty, a tím i změny jejich stavu. Podle funkce je dělíme na časová relé:

- se zpožděným přitahem (kotvy),
- se zpožděným odpadem (kotvy).



Funkce a označení kontaktů a ovládacích cívek ve schématech je zřejmé z Obr. 4.2 (b). U většiny těchto relé lze časové zpoždění nastavit. Provedení těchto relé bývají elektromechanické (např. s hodinovým strojkem) nebo elektronické.



Obr. 4.2 Konfigurace a tabulka spínání časových relé: (a) se zpožděným přitahem, (b) se zpožděným odpadem

10.4.2 Nesamočinné spínací přístroje

Jedná se opět o obsáhlou skupinu přístrojů, které lze rozdělit podle řady kritérií:

- dle provedení kontaktů a způsobů ovládání: nožové, pákové, otočné, stiskací, kolébkové, apod.
- dle druhu ovládacího mechanismu: ručně ovládané, koncové, mezní, programové, atd.

10.4.3 Přístroje spojovací

- Svorky, svorkovnice (pevný spoj).
- Zásuvky, vidlice (snadno rozpojitelný spoj určený např. pro připojení pohyblivých (mobilních) spotřebičů, rozebíratelné prodloužení přívodu apod.). Napětí ze zdroje je zde vždy nutno přivést na izolačně chráněné části, tzv. dutinky.

Zásuvka tvoří nepohyblivou část zásuvkového spojení. Protikusem je vidlice (zástrčka). Zásuvka je pevně spojená se stěnou budovy, rozvaděče nebo stroje.

- Síťová zásuvka je konstruována pro opakované spojování a rozpojování bez použití nástrojů. Svou konstrukcí umožňuje manipulaci i naprostým laikům bez elektrotechnické kvalifikace. Toho se dosahuje důsledným dodržováním principu použití obnažených kontaktů (kolíků) na straně spotřebiče a maximálně skrytých kontaktů (dutinek) na straně zdroje energie. Na straně zdroje zůstává odkrytý pouze zemnicí kontakt, upravený tak, aby byl první, který se spojí a poslední, který se rozpojí. Aby se umožnilo používání prodlužovacích přívodů, musely být vyvinuty k zásuvce a vidlici ještě dva další přístroje:
 - Spojka je pohyblivá zásuvka, přístroj montovaný na prodlužovací kabel, který má stejné provedení jako zásuvka, je kompaktní, odolný a lze do něj zasunout vidlici.



- Přívodka je přístroj zabudovaný napevno do stěny obytného přívěsu, obytného kontejneru nebo třeba sanitky. Má ale kolíky jako vidlice a jde na něj nasunout spojka na konci prodlužovacího přívodu.

Zásuvky mohou být jednofázové i vícefázové (typicky třífázové). Podléhají standardům, tyto standardy bývají v různých částech světa odlišné. V České republice je normalizované napětí 230/400 V, 50 Hz.

- Zásuvky pro nízké napětí - Napětí se dle místních norem liší, takže někde je to 90 V, jinde 250 V ale v naprosté většině zemí je buďto cca 230 V nebo cca 115 V, (kmitočet buďto 50 Hz nebo 60 Hz) u jednofázových a od 200 V až 400 V u třífázových rozvodů. Z toho vyplývá nutnost užívat redukce nebo převodní transformátory, pokud chceme elektrické spotřebiče používat mimo oblast, pro kterou byly vyrobeny. U spotřební elektroniky vybavené odděleným síťovým adaptérem je jednodušší opatřit si nový adaptér. Například přístroje určené pro USA a Evropu často pocházející ze stejné asijské montovny se liší právě jen přiloženým síťovým adaptérem.
- Vidlice je součástí pohyblivého přívodu (kabelu) k jinému elektrickému zařízení, nebo je přímo částí tohoto zařízení (zásuvkový adaptér). Obdobné spojení datových, telekomunikačních, obecně slaboproudých rozvodů, případně kombinace silových a slaboproudých rozvodů se jmenuje konektorové spojení.
- Spojovací armatury (ke spojení holých vodičů (troleje, zemnicí vedení, bleskosvody, apod.)

10.5 ELEKTROMAGNETY

Elektromagnety jsou přístroje využívající silové účinky elektrického proudu, které se projevují silovým působením magnetického pole na feromagnetické materiály.

Magnetický obvod:

Je to část prostoru, ve kterém se uzavírá magnetický tok. Soustředění magnetického pole do určitého pracovního prostoru lze dosáhnout pomocí dobře magneticky vodivého materiálu. Nejčastěji železo, nebo v kombinaci železo a vzduchová mezera.

Obdobně jako v elektrických obvodech i zde platí Kirchhofovy zákony a zákon Hopkinsonův (obdoba Ohmova zákona).

I. Kirchhofovův zákon - algebraický součet magnetických toků v místě jejich rozdělování magnetického obvodu (obdoba uzlu u elektrického obvodu) je roven nule, jak naznačuje rovnice (3).

$$\sum \Phi = 0 \quad (3)$$

II. Kirchhofovův zákon - algebraický součet magnetických napětí v uzavřené smyčce magnetického obvodu (obdoba uzlu u elektrického obvodu) je roven nule, jak ukazuje rovnice (4).

$$U_m = \sum F_m \quad (4)$$

Hopkinsonův zákon popisuje rovnice (5), jehož grafickým vyjádřením je magnetizační charakteristika $\Phi = f(F_m)$.

$$\Phi = \Lambda_m \cdot F_m = \frac{F_m}{R_m} \quad (5)$$

Pro cívku s N závitů protékanou proudem I lze uvedené zákony aplikovat do vztahu:

$$F_m = \sum U_m = \Phi \cdot \sum R_m = N \cdot I \quad (6)$$

Magnetomotorická síla je rovna součtu magnetických napětí všech částí magnetického obvodu na uzavřené indukční čáře.



Cílem výpočtu magnetického obvodu je zpravidla určení magnetomotorické síly F_m (popř. budícího proudu cívkou I_b) pro danou velikost magnetického toku Φ (nebo indukce B) v pracovní oblasti elektromagnetu.

Pro magnetický obvod lze taky použít náhradního elektrického schématu, v němž jsou elektrické veličiny U , I a R nahrazeny veličinami magnetickými F_m , Φ , R_m .

Magnetický odpor materiálu konstantního průřezu S a stejné permeability μ je pro délku siločáry l možno zjednodušeně určit dle vztahu:

$$R_m = \frac{l}{\mu \cdot S} \quad [\text{H}^{-1}; \text{m}, \text{H} \cdot \text{m}^{-1}, \text{m}^2] \quad (7)$$

Rozdělení elektromagnetů dle jejich použití:

přidržené - slouží k upnutí ferromagnetických předmětů při jejich přemísťování nebo opracovávání, (břemenové elektromagnety, elektromagnetické upínací desky, elektromagnetické spojky, třidiče, apod.). Charakteristický rys: celistvost magnetického obvodu, nejčastěji v provedení na stejnosměrný proud.

pohybové - (zapínací - vypínací mechanismy jističů, spínačů, ventily, brzdy, apod.). Charakteristický rys: magnetický obvod obsahuje pevnou část, pohyblivou část (kotvu) a vzduchovou mezeru.

Rozdělení EM podle druhu elektrického proudu:

stejnosměrné (konstantní proud, a tím i buzení, síla je závislá na momentálním zdvihu elektromagnetu)

střídavé (magnetický tok i indukce jsou přibližně konstantní, tzn., že je konstantní i síla)

Přitažlivá (tažná) síla elektromagnetu:

Je dána změnou energie magnetického pole - W_m při posuvu (zdvihu) pohyblivého jádra (kotvy), $x = l_\delta$.

$$F = \frac{dW_m}{dx} \approx \frac{dR_m}{dl_\delta} \quad (8)$$

Kde:

$$W_m = \frac{1}{2} \cdot F_m \cdot \Phi = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2 = \frac{1}{2} \cdot \Phi^2 \cdot R_m = \frac{1}{2} \cdot \Lambda_m \cdot F_m^2 \quad (9)$$

Při zapínání a vypínání obvodu s magnety na stejnosměrný proud se jedná o přechodný děj elektrického obvodu s prvky R a L . K zamezení nežádoucích jevů a k dosažení požadovaných vlastností se proto používají následné prostředky:

- předřadné indukčnosti (tlumivky) - zvětšení časové konstanty $\tau = L/R$,
- předřadné odpory - zmenšení časové konstanty,
- ochranné odpory (diody) - omezení přepětí při vypínání.

U elektromagnetů na střídavý proud je složení magnetického obvodu provedeno z orientovaných (dynamových) plechů a je zde časová závislost tažné síly (harmonická funkce). Po připojení cívky elektromagnetu na střídavé napětí U o kmitočtu f vznikne v magnetickém obvodu magnetický tok Φ , jehož velikost lze určit z rovnice pro indukované napětí.

Napětí indukované ve vinutí s N závitů, které se nachází v magnetickém obvodu je dle indukčního zákona ($u = d\Phi/dt$) dáno vztahem (10).

$$U = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot \Phi \quad (10)$$

Z rovnice (9) lze určit velikost magnetického toku vybuzeného cívkou připojenou k napětí U jako:

$$\Phi = \frac{U}{4,44 \cdot f \cdot N} \quad (11)$$



10.6 LITERATURA

Vrána V.: Elektrické přístroje, učební text VŠB TU Ostrava, FEI, kat 452, Říjen 1998.

Vrána V., Kolář V.: Elektrické přístroje, učební text VŠB TU Ostrava, FEI, kat 452, Únor 2006.

Internet

http://fei1.vsb.cz/kat420/index_story.html

http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrick%C3%A9_p%C5%99%C3%ADstroje

