

X14EMM – otázky ze strojů

(většinou je v nich snad všechno podstatné)

Otázka 1: Princip činnosti elektrického motoru a generátoru

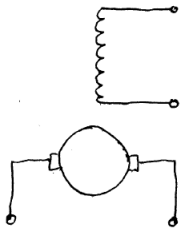
- motor přeměňuje elektrickou energii na mechanickou, generátor mechanickou energii na elektrickou
- princip motoru spočívá v dodání elektrické energie vinutí kotvy, kde se ve vodičích rozloží proud, na vodiče kotvy působí síla $F_m = B \cdot l \cdot I$ (B ... magnetická indukce [T], l ... délka vodiče [m], I ... proud [A]), její smysl se určí pravidlem levé ruky (siločáry do dlaně, prsty ve směru proudu, palec ve směru síly), působením komutátoru je prostorová polarita proudu stálá, elektromagnetická síla působí stále ve stejném smyslu a rotor se otáčí
- princip generátoru spočívá v dodání mechanické energie (nejčastěji poháněcím strojem) rotoru – ten se otáčí a ve vodičích kotvy indukuje napětí $U_i = B \cdot l \cdot v$ (B ... magnetická indukce [T], l ... délka vodiče [m], v ... rychlost [m/s]), jeho smysl se určí pravidlem pravé ruky (siločáry do dlaně, palec směr pohybu, prsty směr napětí)

Otázka 2: Stejnoseměrné stroje (konstrukční provedení, vlastnosti, použití)

- stejnosměrné stroje se používají v řídicí technice (rotační měniče, tachodynamy, motory pro roboty...) nebo např. v automobilech (startér...) (stejnoseměrné motory se používají především v dopravě (pohon tramvají, lokomotiv...), kde jsou ale postupně nahrazovány střídavými motory, stejnosměrná dynamy se už moc nepoužívají – jsou nahrazována polovodičovými usměrňovači)
- princip činnosti stejnosměrného stroje: rotor se otáčí v magnetickém poli tvořeném budicím vinutím umístěným na hlavních pólech statoru, při otáčení rotoru mezi kartáči dochází k plynulému přepínání vodičů tak, že při stejnosměrném napájení je ve vodičích pod jedním pólem smysl proudu stále stejný, ve vodičích se při otáčení rotoru mění smysl proudu (má střídavý charakter), magnetické pole vytvořené proudem kotvy má při otáčení rotoru stálou polohu v prostoru (kolmou k budicímu magnetickému poli)
- vinutí rotoru stejnosměrného stroje je tvořeno vodiči rozloženými na jeho vnějším obvodu a spojenými do uzavřeného vinutí, vodiče rotoru tvoří cívky, které jsou spojeny do série a vyvedeny na lamely komutátoru (komutátor působí jako mechanický měnič kmitočtu indukovaného napětí na kmitočet budicího pole (na stejnosměrné napětí a proud))

Otázka 3: Stejnoseměrné motory s cizím a paralelním buzením (základní charakteristiky)

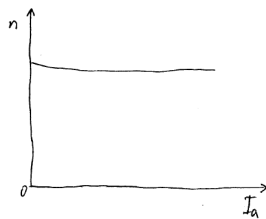
- cizí buzení stejnosměrného motoru:



- napěťová rovnice motoru: $U = U_i + R \cdot I$

- při spouštění je třeba mít motor plně nabuzen, aby měl velký záběrný moment i při menším záběrném proudu kotvy

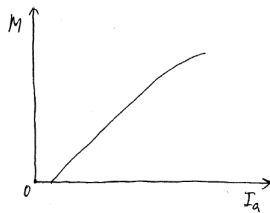
- rychlostní charakteristika (mechanická charakteristika má podobný průběh):



$n(I)$
 $U = konst, I_b = konst.$

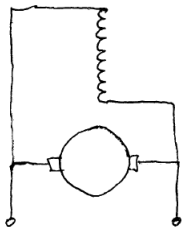
$n(M)$
 $U = konst, I_b = konst.$

- momentová charakteristika:



$M(I)$
 $U = konst, I_b = konst.$

- paralelní (derivační) buzení stejnosměrného motoru:

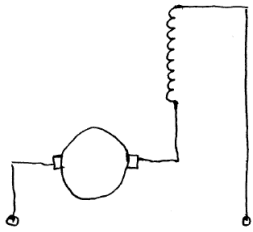


- pro konstantní napájení ($I_b = konst.$) má paralelní zapojení stejné charakteristiky jako zapojení s cizím buzením

- rychlost otáčení se dá řídit pouze změnou budícího proudu nebo odporem v obvodu kotvy

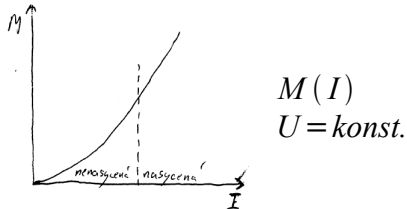
- používá se např. u textilních a obráběcích strojů

Otázka 4: Stejnoseměrné motory se sériovým buzením (základní charakteristiky)

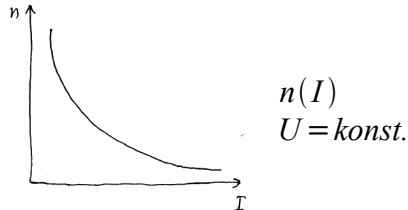


- proud kotvy je současně proudem budícím
- sériový motor nesmí být spuštěn bez zatížení a při provozu se nesmí mechanicky odlehčit, protože při malém zatížení odebírá malý proud, tím se odbuzuje a jeho rychlost by mohla nabýt nebezpečných hodnot

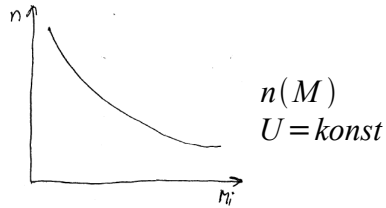
- momentová charakteristika (grafem parabola):



- rychlostní charakteristika (grafem hyperbola posunutá nahoru):

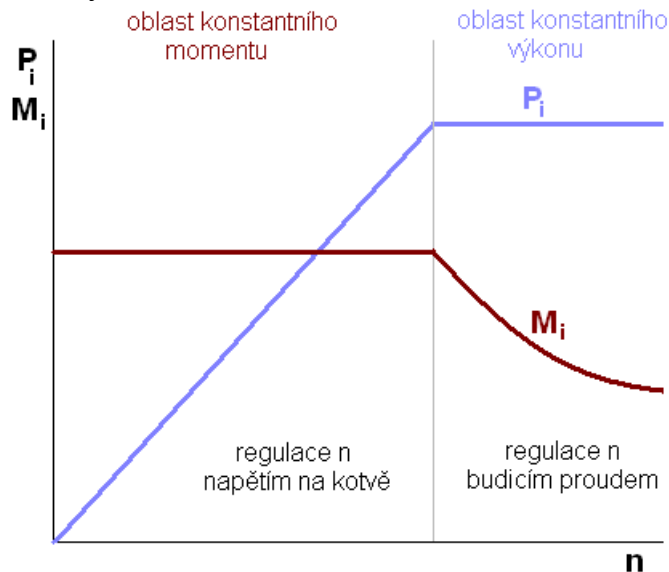


- mechanická charakteristika (grafem polytropa):



Otázka 5: Spouštění stejnosměrných motorů, řízení otáček

- při spouštění stejnosměrných motorů je třeba získat dostatečný záběrný moment při nízkém záběrném proudu, toho se dá docílit za podmínek, že se motor nabudí jmenovitým proudem a po nabuzení se na kotvu připojí co nejmenší napětí, které se postupně zvyšuje
- rychlost motoru se dá řídit změnou napětí na kotvě nebo změnou magnetického toku (změnou budicího proudu)
- nejlépe jde rychlost motoru řídit při maximálním momentu (to je při jmenovitém proudu kotvy)
- řízení rychlosti motoru s cizím buzením:



- otáčky sériových stejnosměrných strojů se dají řídit pouze napětím (předřadným odporem), protože budicí proud je zároveň i proudem kotvy

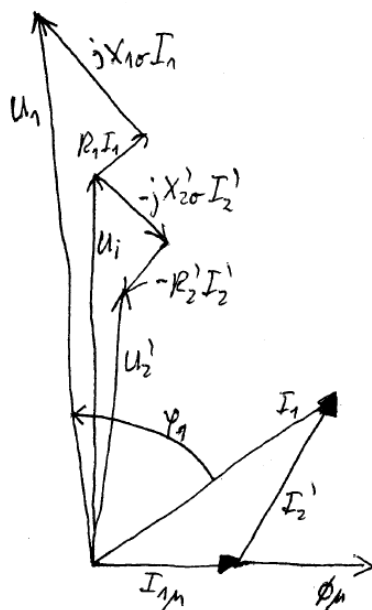
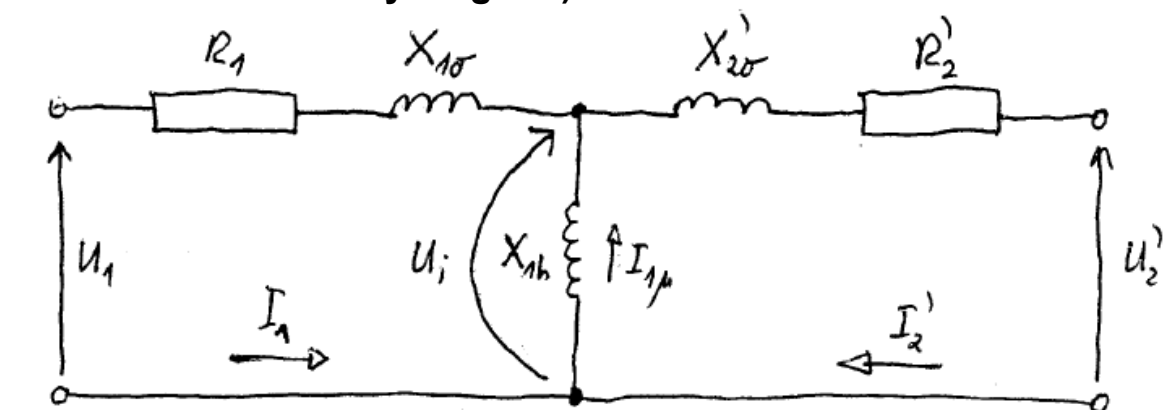
Otázka 6: Elektrické brždění stejnosměrných motorů

- motor s cizím buzením se dá elektricky brzdit:
 - rekuperací – když je indukované napětí stroje větší než napětí sítě, tak se při stálém buzení obrátí smysl momentu a stroj začne pracovat jako dynamo a začne se brzdit (zvýšení indukovaného napětí se dá dosáhnout zvýšením rychlosti stroje na rychlost naprázdno, snížením napájecího napětí nebo zvýšením budicího proudu motoru)
 - do odporu – motor se odpojí od napájecího zdroje a na svorky kotvy se připojí odpor, tím se změní směr proudu v kotvě a tím i smysl momentu a stroj začne pracovat jako dynamo a brzdit se
 - protiproudem – příliš se nepoužívá
 - reverzací (obrácením smyslu točení) – u motoru s cizím buzením se provádí záměnou přívodů k budicímu vinutí nebo kotvy
- sériový motor se většinou brzdí do odporu

Otázka 7: Transformátory (princip činnosti, konstrukční provedení)

- transformátory se využívají hlavně ke zvyšování nebo snižování střídavého napětí (např. při přenosu a rozvodu elektrické energie)
- princip funkce transformátoru plyne z Maxwell-Faradayova zákona o indukovaném napětí (je-li primární vinutí napájeno střídavým proudem, vzniká v magnetickém obvodu střídavý magnetický tok, který je magneticky spřažen se sekundárním vinutím)
- části transformátoru:
 - magnetický obvod – uzavírá hlavní magnetický tok, je složen z plechů (navzájem izolovaných kvůli omezení ztrát vířivými proudy), hlavní částí magnet. obvodu jsou jádra s vinutím a magnetické spojky, které uzavírají magnet. obvod
 - vinutí – každá fáze má nejméně dvě vinutí vzájemně magneticky vázaná, podle uspořádání se vinutí dělí na válcová (každé vinutí tvoří válec po celé výšce jádra) nebo desková (cívky primárního a sekundárního vinutí se ve směru osy jádra střídají)
 - nádoba – používá se u transformátorů chlazených olejem (v něm je transformátor ponořen)

Otázka 8: Transformátory (náhradní schéma, napěťové rovnice, fázorový diagram)



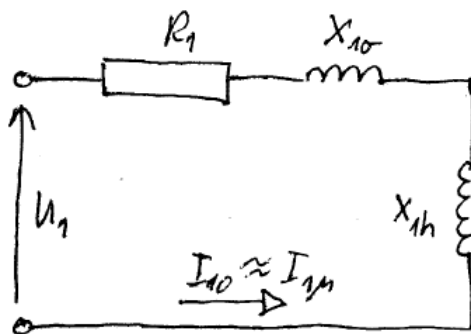
$$\hat{U}_1 = R_1 \cdot \hat{I}_1 + j \cdot X_{1\sigma} \cdot \hat{I}_1 + \hat{U}_i$$

$$\hat{U}_2' = -R_2' \cdot \hat{I}_2' - j \cdot X_{2\sigma} \cdot \hat{I}_2' + \hat{U}_i$$

Otázka 9: Paralelní práce transformátorů

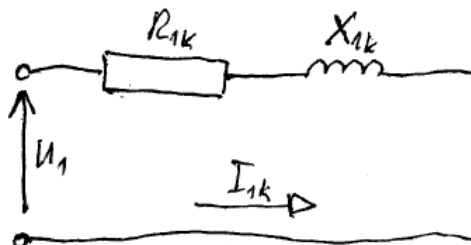
- paralelní chod transformátorů se používá při nerovnoměrném zatížení, kde by použití jednoho transformátoru bylo technicky i ekonomicky nevýhodné
- při paralelním chodu mají transformátory paralelně propojená jak primární, tak sekundární vinutí, žádný z paralelně pracujících transformátorů nesmí být přetížen
- při chodu naprázdno nesmí sekundárními vinytími protékat vyrovnávací proud (nadměrně stroje zatěžuje), toho se dosáhne tím, že paralelně pracující transformátory mají stejná jmenovitá napětí, stejný převod a stejný hodinový úhel
- při zatížení je důležité správné rozložení zatížení mezi jednotlivé transformátory, to se zajistí poměrnými napětími nakrátko nelišícími se o víc než 10%

Otázka 10: Chod transformátoru naprázdno, nakrátko a při zatížení, účinnost



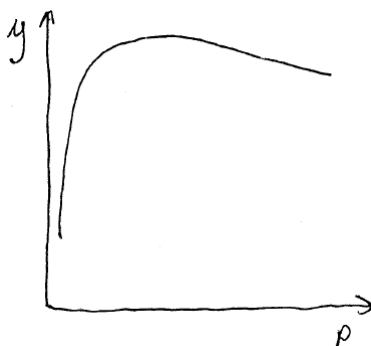
- při chodu naprázdno není transformátor na výstupu zatížen, takže výstupní proud je nulový

- vstupní proud naprázdno je shodný s magnetizačním proudem naprázdno, je velmi malý a je spožděn přibližně o 90° za napětím



- při chodu nakrátko je výstupní vinutí zkratováno

- ustálený proud nakrátko tekoucí vinytím při jmenovitém vstupním napětí je mnohokrát větší než jmenovitý proud



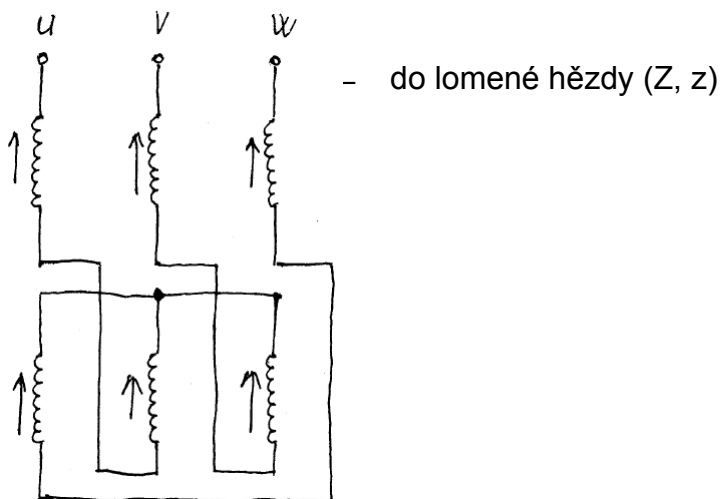
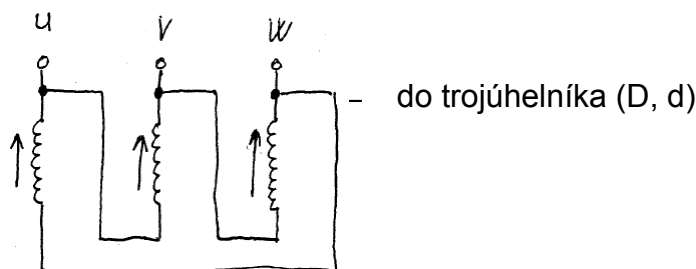
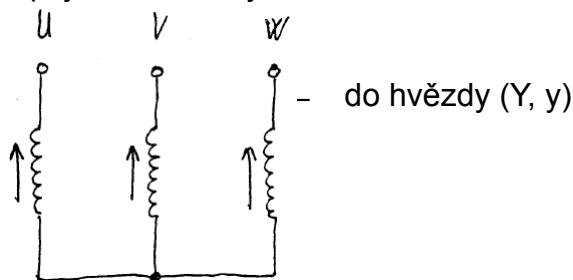
- účinnost je poměr výstupního výkonu k vstupnímu příkonu (projevují se ztráty v železe, Jouleovy ztráty...)
- účinnost transformátoru je největší při takovém zatížení, že ztráty ve vinytí se rovnají ztrátám naprázdno (v praxi dosahují transformátory největší účinnosti při zatížení přibližně polovičním než je jmenovité)

Otázka 11: Trojfázový transformátor (magnetický obvod, spojení vinutí)

- podle konstrukce magnetického obvodu se trojfázové transformátory dělí na:
 - s nezávislým magnetickým systémem – magnetické toky jednotlivých fází se navzájem neovlivňují, každý prochází vlastním magnetickým obvodem, používá se výjimečně, nejčastěji pro velké výkony
 - se závislým magnetickým systémem – většina trojfázových transformátorů je tohoto typu

(ve skriptech mi k transformátoru se závislým magnetickým systémem chybí obrázek, tak se mi těžko popisuje, když to nechápu)

- zapojení vinutí trojfázového transformátoru:



Otázka 12: Točivé magnetické pole střídavého točivého stroje

- točivé magnetické pole vznikne ve střídavém poli, pokud jsou ve stroji minimálně dvě prostorově natočená vinutí napájená časově posunutými proudy

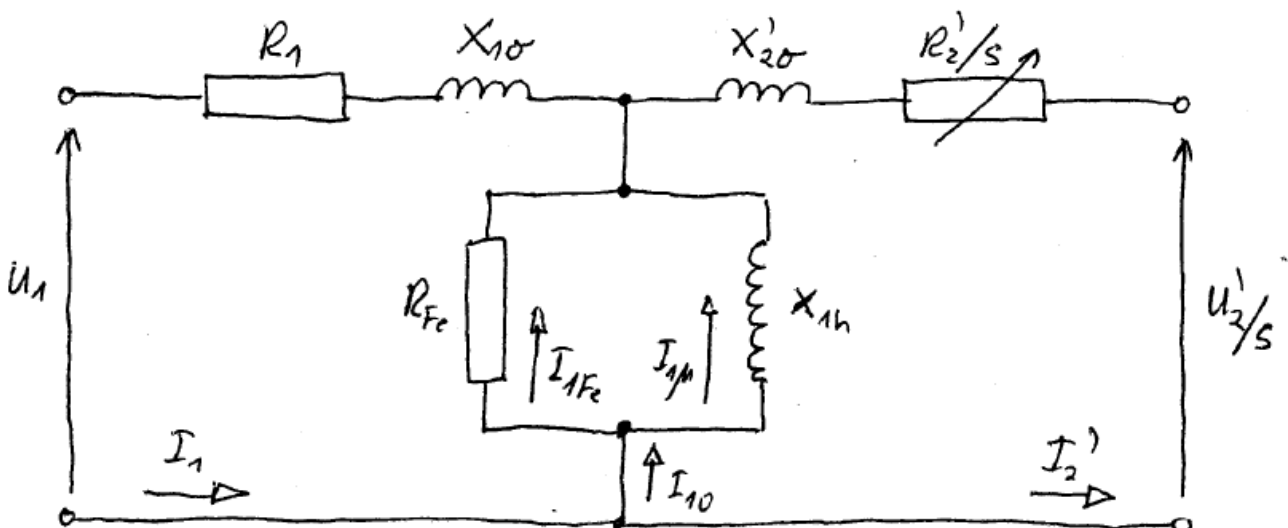
(obrázky ve skriptech nebo v přednáškách – neumím je namalovat ☺)

Otázka 13, 14: Asynchronní motor (konstrukce, princip, vinutí)

- princip činnosti asynchronního stroje je založen na indukci napětí a proudů v rotorovém vinutí
- rychlost rotoru musí být jiná než rychlost točivého magnetického pole statoru, jinak by se v rotoru napětí a proudy neindukovaly a stroj by měl nulový moment
- při rozběhu se ve stojícím vinutí rotoru indukují napětí, ty v uzavřeném obvodu rotoru vyvolají proudy, vzájemným působením proudů v rotoru a polem statoru vzniká moment, který začne točit rotorem ve směru točení pole, tím se zmenší velikost indukovaného napětí i proudů, elektrická energie se přeměňuje na energii mechanickou a stroj pracuje jako motor (skluz mezi nula a jedna)
- pokud se rotor asynchronního stroje pohání vnějším mechanickým momentem, relativní rychlost rotoru a točivého pole získají opačný smysl než u motoru a vzniklý moment bude působit proti hnacímu momentu, přivedená mechanická energie se bude přeměňovat v energii elektrickou a stroj bude pracovat jako generátor (skluz menší než nula) (dodává do sítě činný výkon)
- asynchronní stroj může pracovat i jako brzda (skluz větší než jedna), pokud se proti směru točení točivého pole přivede mechanický moment, který tedy působí proti momentu stroje

- stator asynchronního stroje tvoří prstenec z ocelových plechů (0,5 mm), které mají vespod drážky, ve kterých je uloženo vinutí (většinou trojfázové), začátky a konce fází jsou vyvedeny na svorkovnici
- rotor asynchronního stroje tvoří taky plechy, vinutí se používá klecové (měď, bronz...) nebo trojfázové vyvedené na kroužky, na které se přes kartáče připojuje spouštěcí odpor na omezení záběrného proudu (po rozběhu se spouštěcí odpor vyřadí a kroužky se spojí nakrátko)

Otázka 15: Asynchronní stroj (náhradní schéma, napěťové rovnice)



$$\hat{U}_1 = R_1 \cdot \hat{I}_1 + j \cdot X_{1\sigma} \cdot \hat{I}_1 + \hat{U}_{i1}$$

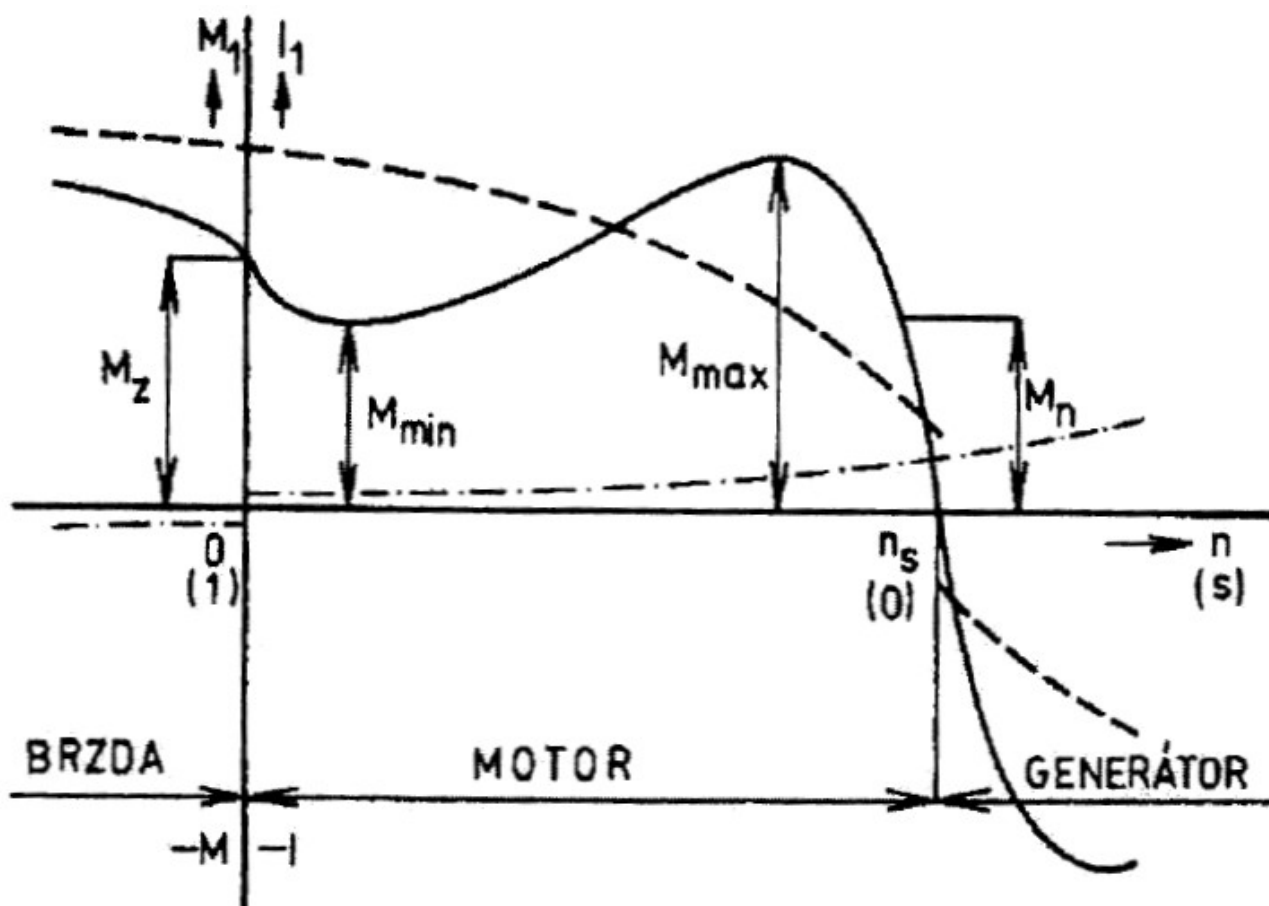
$$\hat{U}_{i2} = R_2 \cdot \hat{I}_2 + j \cdot X_{2\sigma} \cdot \hat{I}_2 + \hat{U}_2$$

Otázka 16: Výkonová bilance asynchronního motoru

- na satorové vinutí se přivádí příkon, jeho část se spotřebuje ztrátami ve satorovém vinutí a na ztráty v železe satoru, zbytek je rovný výkonu ve vzduchové mezeře, ten se dělí na el. výkon v rotorovém obvodu (Jouleovy ztráty a výkon dodávaný třeba spouštěcímu odporu) a na elektromechanický výkon, který je složen z výkonu na hřídeli a z mechanických ztrát

Otázka 17: Moment asynchronního stroje (závislost momentu a proudu satoru na otáčkách)

- moment asynchronního stroje je úměrný druhé mocnině napájecího napětí



Otázka 18: Spouštění a řízení rychlosti asynchronního motoru

- při spouštění odebírá asynchronní motor velký záběrný proud (asi čtyř- až sedmi-násobek jmenovitého proudu), proto je snaha záběrný proud omezit:
 - spouštěním za sníženého napětí (snížení pomocí např. reaktoru) – snížení napájecího napětí sníží záběrný moment s druhou mocninou poklesu napětí
 - spouštěním pomocí autotransformátoru
 - spouštěním pomocí přepínače hvězda – trojúhelník – při rozběhu vinutí ve hvězdě (fázové napětí i proud ve vinutí menší $\sqrt{3}$ krát, tím je moment a síťový proud menší třikrát), nevýhodou je momentový a proudový ráz při přepnutí na trojúhelník
 - spouštěním změnou rotorového odporu nebo změnou napájecího kmitočtu
- plynulé řízení rychlosti asynchronního motoru je obtížné
- rychlost se dá řídit:
 - kmitočtem – musí se dodržet poměr $\frac{U}{f} = konst.$, aby nebylo vinutí proudově a magneticky přetěžováno
 - změnou počtu pólů – spíš skokové přepínání než řízení
 - řízením velikosti skluzu – skluz se mění změnou napájecího napětí na svorkách stroje, odporem v obvodu rotoru nebo napájením rotorového vinutí

Otázka 19: Rotorová vinutí asynchronních motorů se zvětšeným záběrem

(sem prý patří tvary klece)

Otázka 20: Jednofázový asynchronní motor (spouštění)

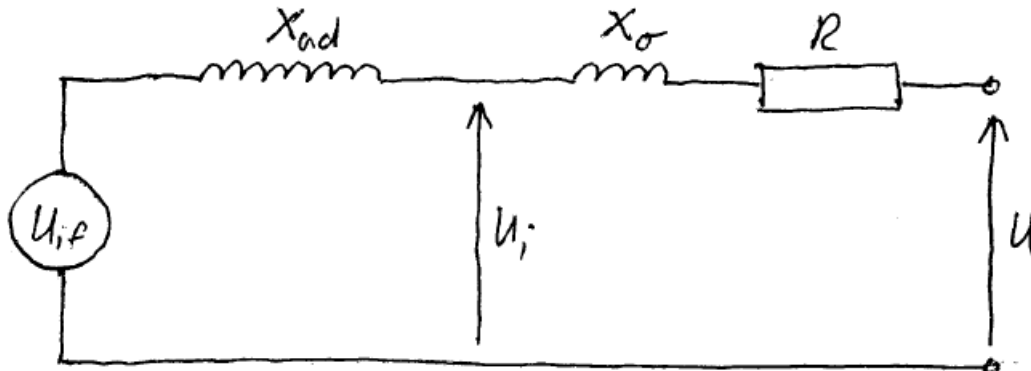
- působení jednofázového motoru je podobné jako působení dvou stejných trojfázových motorů na společném hřídeli s točivými poli opačného smyslu (momenty působí proti sobě a jejich rozdíl je roven momentu jednofázového motoru)
- při roztočení rotoru (elektricky nebo mechanicky) má motor moment a může se rozběhnout na pracovní rychlost (obě pole se pak otáčí, každé v jiném smyslu a s rozdílnými skluzy)
- jednofázový asynchronní motor se nerozbíhá sám, je potřeba ho rozběhnout pomocí mechanického roztočení či elektrického roztočení
- k elektrickému roztočení se používá pomocné rozběhové vinutí prostorově natočené o 90° el. proti hlavnímu vinutí (proud v pomocné fázi je časově posunutý proti proudu v hlavní fázi, toho je dosaženo zapojením kapacity, indukčnosti nebo odporu do série s pomocnou fází)

Otázka 21, 24: Synchronní stroje (konstrukce, využití, rozběh motoru)

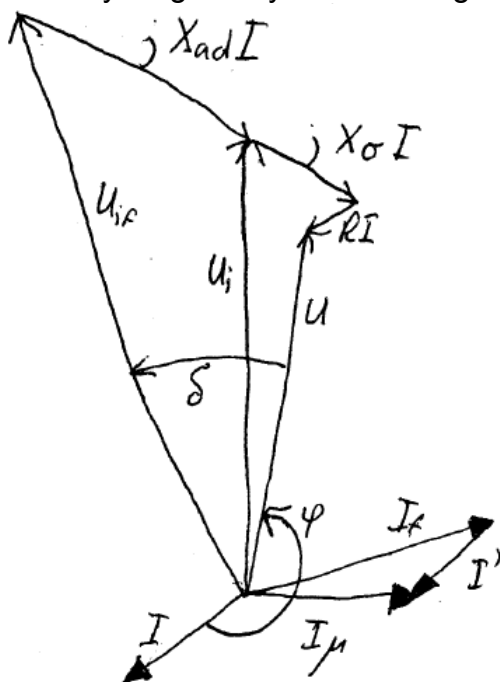
- synchronní stroj je nejvýznamnější el. stroj na výrobu elektrické energie (alternátor)
- jako motory se používají synchronní stroje pro pohon průmyslových zařízení s velkými výkony (nevýhodou je ale obtížnější spouštění a řízení rychlosti)
- synchronní stroj se dá použít i jako synchronní kompenzátor (zdroj pouze jalové energie ke kompenzaci jalového zatížení sítě)
- statorové vinutí tvoří tři cívky (fáze) s plným krokem, vzájemně prostorově natočené o 120° el., budící vinutí na rotoru je napájeno stejnosměrným proudem (často přes sběrací kroužky), v cívkách statorového vinutí se při otáčení rotoru indukují střídavá napětí vzájemně časově posunutá o 120°
- vytvořené magnetické pole se otáčí se stejnou rychlostí jako rotor a má vůči rotoru i jeho točivému poli stálou polohu
- pokud je trojfázové vinutí statoru napájeno trojfázovým proudem, vytvoří točivé magnetické pole, které roztočí rotor, a stroj pak pracuje jako motor
- stator synchronního stroje se příliš neliší od statoru asynchronního stroje (izolované plechy s vinutím v drážkách), rotor nemusí být složen z plechu, protože v něm díky synchronnímu otáčení nevznikají ztráty v železe, bývá ukován z kvalitní oceli, vzduchová mezera může být větší než u asynchronního, protože synchronní stroj neodebírá ze sítě jalový výkon (až 10 cm)
- podle konstrukce rotoru se synchronní stroje dělí na:
 - s hladkým rotorem – malý průměr a velká délka rotoru (turboalternátory, turbomotory)
 - s vyniklými póly (hydroalternátory)
- výhodou synchronního motoru jsou konstantní provozní otáčky, nulový skluzový rotorový výkon, malé rotorové ztráty (vyšší výkony), ekonomičnost (jediný motor schopný dodávat do sítě jalový výkon a tím kompenzovat účinník v místě spotřeby)
- nevýhodou synchronního motoru jsou obtížný rozběh (nutné nejdřív ho přivést na synchronní otáčky), obtížné řízení rychlosti (možné pouze změnou kmitočtu napájecí sítě), vyšší pořizovací náklady než asynchronní
- rozběh synchronního motoru je možný pomocí rozběhového motoru (synchronní motor se rozeběhne pomocným motorem na synchronní rychlost, pak se přifází na síť a teprve po tom se mechanicky zatíží), asynchronním rozběhem (pomocí rozběhového klecového vinutí) nebo kmitočtovým rozběhem

Otázka 22: Synchronní stroje (napětové rovnice, náhradní schéma, fázorový diagram)

- schéma synchronního stroje s hladkým rotorem:



- fázorový diagram synchronního generátoru s hladkým rotorem:



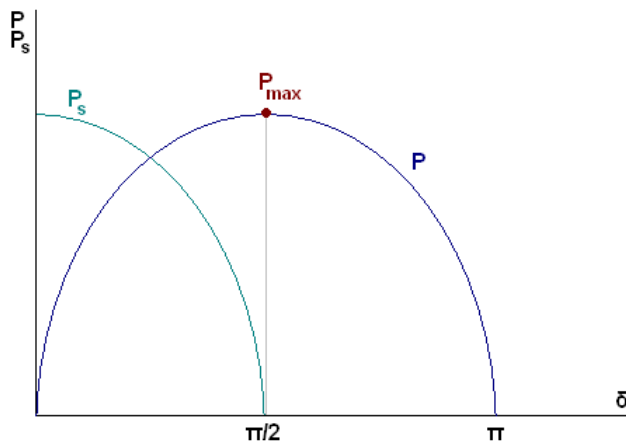
$$\hat{U} = R \cdot \hat{I} + j \cdot X_{\sigma} \cdot \hat{I} + \hat{U}_i$$

$$U_f = R_f \cdot I_f$$

Otázka 23: Práce synchronního stroje na síti, fázování

- alternátor v síti problémy nedělá (jeho výkon je zanedbatelný vůči výkonu všech ostatních paralelně zapojených strojů), problémy jsou pouze při připínání synchronního alternátoru na síť (připínaný alternátor se musí přizpůsobit parametům sítě)
- aby při připojování synchronního stroje na síť nevznikaly proudové rázy, musí být splněno:
 - stejný sled fází stroje a sítě
 - stejný kmitočet stroje a sítě
 - stejná velikost napětí stroje a sítě
 - stejná fáze napětí stroje a sítě v okamžiku připnutí
- jalový výkon synchronního stroje pracujícího na síti lze regulovat buditím proudem, činný výkon lze regulovat mechanickým momentem na hřídeli stroje

**Otázka 25: Statická stabilita a přetížitelnost synchronního stroje,
možnosti zvýšení**



- P_{\max} je mez statické stability (zvýšit se dá přibuzením nebo při výrobě zvětšením vzduchové mezery stroje)
- P_s je činitel synchronizačního výkonu

$$P_s = \frac{dP}{d\delta}$$

(určuje schopnost stroje udržet se v synchronním stavu (největší synchronizační schopnost je při chodu na prázdko = $\delta=0$, nejmenší je v okolí $\delta=90^\circ$ el.))

- synchronizační výkon: $\Delta P = P_s \cdot \Delta \delta$ (udává, jestli je stroj schopen se při změně výkonu ustálit v novém rovnovážném bodě výkonové charakteristiky bez změny buzení)
- výkonová přetížitelnost je definována jako poměr maximálního a jmenovitého výkonu
- hodnota přetížitelnosti motorů má být minimálně 1,5, alternátorů aspon 1,25 (zátěžný úhel přibližně: $\delta=47^\circ$)

X14EMM – otázky z přístrojů

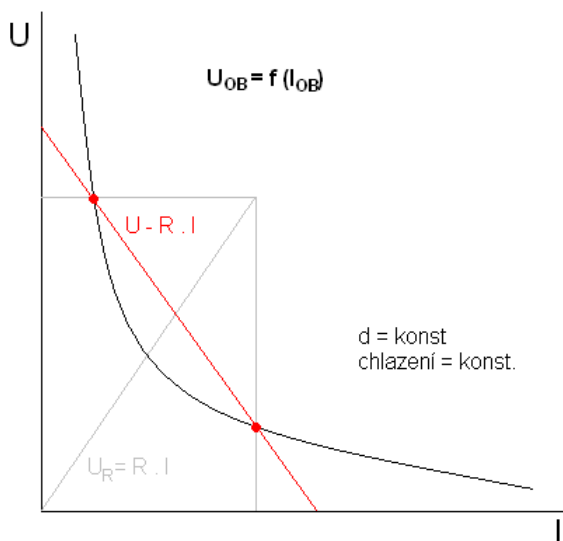
(některé otázky jsou nedokončené, případně je u nich jen malá zmiňka)

Otázka 1: Kontakty

- kontakty zajišťují spínání a rozpínání obvodu
- v místě přechodu proudu z jednoho kontaktu do druhého vzniká přechodový odpor, protože proud prochází vlivem nerovností menším průřezem, ve velikosti přechodového odporu se projeví i vliv nečistot a oxidových vrstev (a samozřejmě materiál, tvar a velikost plochy kontaktů)
- přechodový odpor se projeví zahříváním kontaktů (u málo rozpínaných kontaktů může dojít až ke vzniku mikrosvárů, které způsobují problémy s rozepnutím) a úbytkem napětí na kontaktech
- přechodový odpor se snižuje např. u hodně spínaných kontaktů mechanicky (nárazy kontaktů při sepnutí), u kontaktů vypínaných pomocí el. oblouku se nečistoty vypalují

Otázka 2: Vypínání stejnosměrných obvodů

- potřeba převést el. oblouk na nestabilní a tím ho uhasit (neskokové zhasnutí zajistí indukčnosti)



- stabilita hoření oblouku:

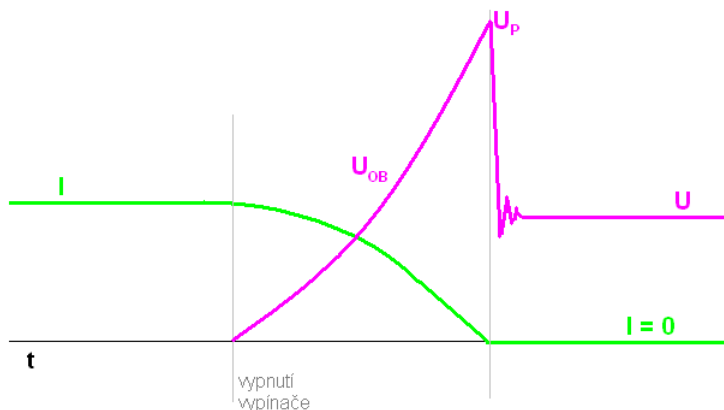
$$U = \frac{dI}{dt} \cdot d + R \cdot I + U_{OB} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{U - R \cdot I - U_{OB}}{d}$$

$$\Rightarrow U - R \cdot I = U_{OB}$$

$$= \text{stabilita hoření oblouku} \left(\frac{dI}{dt} = 0 \right)$$

- pokud $U_{OB} > U - R \cdot I$, nejsou body stability, oblouk je tedy nestabilní a zhasne

- při vypnutí vypínače dojde k zapálení oblouku a k přepětí:

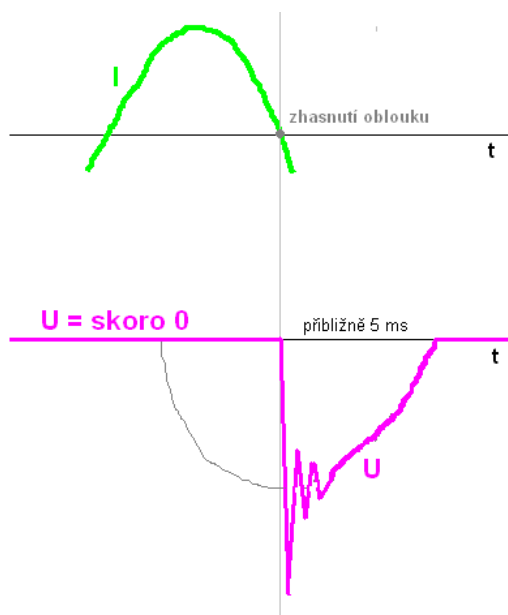


- při zrychlení odstranění oblouku vystoupá obloukové napětí výš (tedy vyšší U_p), což jde jen dokud hodnota U_p není nebezpečná pro součástky obvodu

- při zvýšení indukčnosti bude oblouk hořet delší dobu (proud bude pomaleji klesat), ale zvýší se i přepětí

Otázka 3, 5, 8, 9: Vypínání střídavých obvodů

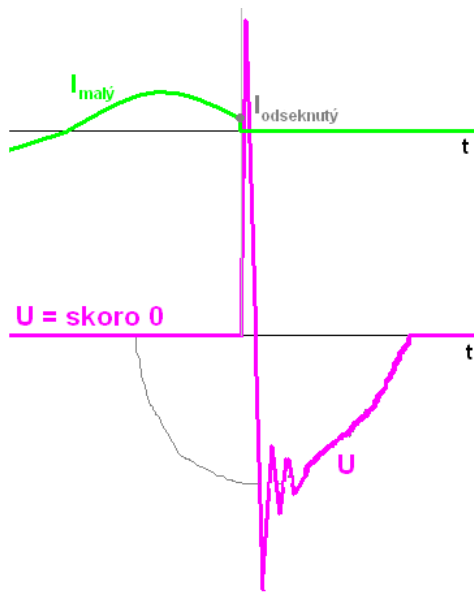
- střídavé obvody mají jednodušší vypínání než stejnosměrné (vypíná se v nule proudu, do které proud sám dojde a kde je nulová i energie v indukčnosti)
- vypnout přímo v nule je nereálné – mechanismy vypínající tak rychle se nedají vyrobit, proto se kontakty začnou vzdalovat kdykoliv a až jsou v dostatečné vzdálenosti, tak při prvním průchodu nulou oblouk zhasne
- elektrický oblouk nesmí měnit charakter obvodu (ohýbat sinusovku), proto musí být jeho odpor zanedbatelný vůči obvodu a napětí oblouku musí být mnohem menší než napětí zdroje
- nejnáročnější případ je vypínání zkratu (čistě induktivní zátěže)
- čím větší je vzdálenost mezi zkratem a vypínačem, tím je vypínání jednodušší
- průběh proudu a napětí při vypínání střídavého obvodu:



- elektrický oblouk synchronizuje vypnutí do proudové nuly
- kmitavý pohyb vzniká kvůli parazitní kapacitě (f [kHz] – zajišťuje potřebnou strmost kvůli zotavení vypínače)
- po el. oblouku je potřeba co nejrychleji dejonizovat jeho prostor

- typy vypínačů:
 - **tlakovzdušný vypínač** – je potřeba rychlého zchlazení el. oblouku, charakteristika S, doba vypnutí přibližně 100 μ s
 - **olejový vypínač** – el. oblouk hoří v odpadech (H), používají se už jen s málo olejem (10l) kvůli problémům s hořícím olejem při poruše, charakteristika téměř lineární, doba vypnutí přibližně 100 μ s
 - **SF₆ vypínač** – úplně jiné vlastnosti el. oblouku než u ostatních, mnohem rychlejší dejonizační proces (i 100x), charakteristika téměř skoková, doba vypnutí několikanásobně menší než u ostatních vypínačů
 - **vakuové vypínače** – mají velmi krátký oblouk a nepoužívají se ve velmi vysokém napětí, v oblasti vysokého napětí ano

- vypínání při velkých proudech je v podstatě bez problémů (velký proud naakumuluje dostatek tepla = energie na dosažení nuly)



- u malých proudů ztratí oblouk stabilitu dřív než v nule a zbylá energie ($W_L = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I_{OB}^2$) se nalije do parazitní kapacity, která se pak vybíjí

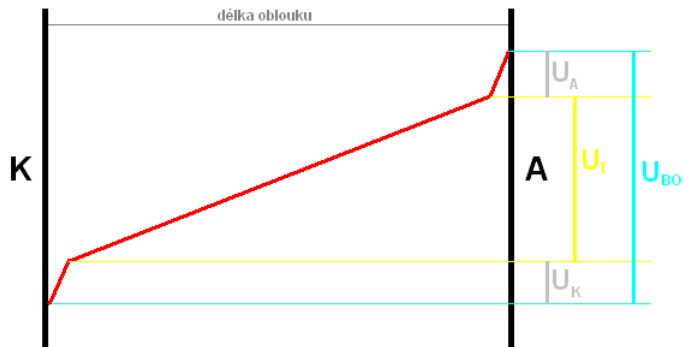
- špičkové napětí: $U_p = I_{OB} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \doteq 50 kV$

- špičce se dá zamezit malou vzdáleností mezi kontakty (= zpomalením vzdalování), ale to tvoří problémy jinde a snižuje životnost vypínače
- u vypínačů SF₆ se proud odsekává až skoro v nule, takže se tvoří pouze malá neškodná špička
- malé proudy jsou produkty transformátorů

- při vypínání obvodu s nízkým napětím nelze docílit zanedbatelného odporu a napětí oblouku vůči obvodu, díky tomu je proudový průběh zdeformovaný a i pro vypínání v nule se pracuje se zbytkovou indukčností, napětí tvoří zhášecí špičku danou přebytkovou energií (toto přepětí závisí na přebytkové energii v obvodu po zdeformování) – dá se vyřešit připojením přepětíového členu, který rozdíl srovná
- v obvodech s nízkými napětími je třeba u zkratů chránit obvod, proto se na rozdíl od vysokonapětíových obvodů nenechává zkratový proud dojít do nuly
- obvody vypínané s omezením proudu se doplňují pojistkou nebo jističem
- studená charakteristika ukazuje, jak roste pevnost při vypínání bez proudu (vzrůst průrazné pevnosti mezi pohyblivými se kontakty)

Otázka 4: Spínací oblouk

- elektrický oblouk je samostatný vysokotlaký elektrický výboj s velmi vysokou teplotou
- napětí v el. oblouku:



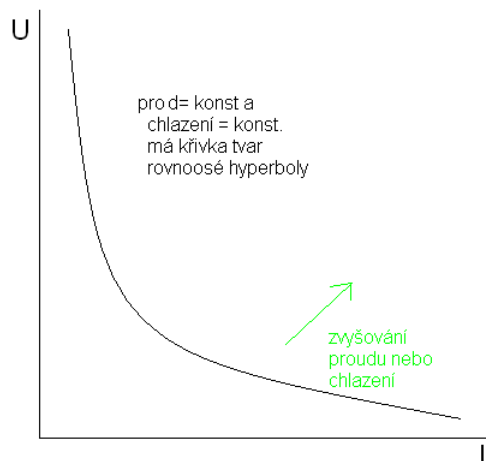
$$U_{OB} = U_K + U_A + U_T \quad (\text{napětí oblouku})$$

U_K ... úbytek napětí na katodě

U_A ... úbytek napětí na anodě

U_T ... napětí trupu

- úbytek na katodě i anodě je konstantní ($U_K + U_A \approx 30 \text{ V}$), změna možná pouze u trupu
- el. oblouky se dělí na krátké ($U_K + U_A \gg U_T$) a dlouhé ($U_K + U_A \ll U_T$)



- při větší délce oblouku je větší i napětí U_{OB}
- při zvýšení chlazení zmenší oblouk průřez, zvýší proudovou hustotu a tím i teplo v jádře oblouku a U_T získá větší strmost

- rovnice paní Ayrtonové:

$$U_{OB} = A + B \cdot d + \frac{C + D \cdot d}{I_{OB}}$$

d ... délka oblouku

A, B, C, D ... konstanty

- el. oblouk je čistě odporový člen, takže má velkou setrvačnost na srovnání změn v oblouku
- při rovnání změn proudu mění svou vodivost, geometrii... a snaží se dosáhnout rovnováhy (statické char. - obr. nad)

Otázka 6: Zotavené napětí

- zotavené napětí je napětí, které se ustálí po zkratu
- při určování velikosti zotaveného napětí je třeba vyjít ze schématu sítě a druhu zkratu, nejjednodušší případy jsou jednofázový obvod, trojfázový zemní zkrat a trojfázový zdroj s trvale uzemněným uzlem (v nich pracuje každá fáze samostatně a obnovené napětí se rovná fázovému)

Otázka 7: Průrazná pevnost po uhasnutí oblouku

- v oleji po uhašení oblouku průrazná rychlost rychle roste, vodík, který si vytvořil oblouk při hoření, je totiž velmi dobrý chladicí prostředek, takže deionizační a rekombinační děje probíhají velmi rychle (olej je ale potřeba často čistit a doplňovat, protože část oleje se spálí)
- u vypínačů SF₆ probíhá velmi strmý nárůst průrazné pevnosti po zhasnutí el. oblouku

Otázka 10: Vypínání malých induktivních proudů

- při vypínání malých induktivních proudů má význam zhášení v SF₆ – deionizace prostoru se plně projeví, až při průchodu proudu nulou

Otázka 11, 12: Vypínání kapacitních proudů

- vypínání kapacitních proudů se vyskytuje v energetických a průmyslových soustavách, např. při vypínání soustředěných kondenzátorových baterií (používají se na kompenzaci účinníku) nebo při vypínání kabelových sítí / venkovních vedení naprázdno

Otázka 13: Rozdíly proudově závislé a proudově nezávislé vypínací charakteristiky čas-proud u jističů

- vypínací charakteristika čas-proud jističů je určena kombinací nadproudového a zkratového čidla, tato kombinace aktivuje pružinový střadač, ve kterém je nashromážděna energie potřebná k vypnutí zkratových proudů

Otázka 14: Rozdíly mezi omezujícím a neomezujícím jističem

- jističe jsou elektrické přístroje určené k samočinnému vypínání nadproudů a zkratů
- neomezující jistič chrání pouze před zkratovými proudy, omezující chrání přístroj/stroj i před přetížením

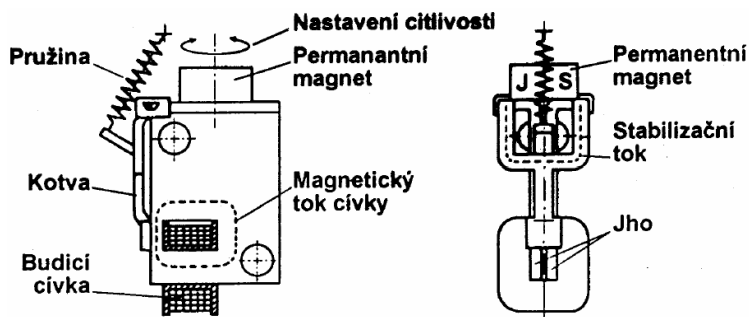
(může to být odpověď na otázku, ale také nemusí... kdo ví...)

Otázka 15: Kriteria pro rozhodnutí o parametrech jističe

- důležitým kritériem při jakémkoliv rozhodnutí je ekonomická stránka (cena/výhody)
- jistič musí být dimenzován podle vodiče, který je dimenzován na proudy v daném okruhu (tím se zajistí, že části jističe při přetížení vydrží)
- dalším parametrem je účel a umístění – např. pro jištění vedení se využívají jističe s vypínací charakteristikou čas-proud typu B, pro jištění zátěží s většími nárazovými proudy (transformátorů) jističe s charakteristikou čas-proud typu D, pro jištění např. žárovkových obvodů se používají jističe s charakteristikou čas-proud typu C
- ohled se musí brát i na to, zda jistič pracuje samostatně nebo kaskádně

Otázka 16, 17, 18: Proudový chránič

- proudový chránič zajišťuje ochranu před nebezpečným dotykem neživých částí elektrického zařízení, takže je nutné, aby vypínací rychlost proudového chrániče nepřesáhla desítky milisekund
- princip proudového chrániče je v zapojení součtového transformátoru, který hlídá, jestli proudy v primárním vinutí jsou stejné, pokud zjistí rozdíl, indukuje rozdílový proud v sekundárním vinutí, což aktivuje diferenciální relé, které odpadne a tím rozepne spínač primárního obvodu
- proudové chrániče se používají hlavně v sítích TNS a TN-C-S
- proudové chrániče se podle vypínací charakteristiky čas-proud dělí na:
 - **nezpožděné** – splňují podmínky ochrany osob před přímým i nepřímým dotykem, reaguje i na krátké proudové rázy (do 250A)
 - **se zpožděním (nejméně 10 ms)** - splňují podmínky ochrany osob před přímým i nepřímým dotykem, reaguje i na krátké proudové rázy (do 3 kA)
 - **zpožděné, selektivní (nejméně 40 ms)** – splňují podmínky pouze pro ochranu neživých částí (pro ochranu osob nelze použít), mají vysokou odolnost proti rázovým proudům do 5 kA
- diferenciální relé proudového chrániče:



- permanentní magnet udržuje v pohotovostním stavu kotvu, která je podepřena přitaženou pružinou
- v případě rozdílu proudu v primárním vinutí, pošle sekundární obvod proud do budicí cívky, která zeslabí (magnet. tokem) účinek permanentního magnetu

diferenciálního relé a kotva tak odpadne, to spustí mechanismus spínače a ten vypne primární obvod