

Otázky a okruhy problematiky pro přípravu na státní závěrečnou zkoušku z oboru PE v navazujícím magisterském programu strukturovaného studia na FEL ZČU v ak. r. 2020/21

Soubor obsahuje tematické okruhy a otázky z problematiky dvou zaměření studia v oboru PE. Každé z těchto zaměření se pak dělí do dvou předmětů státní závěrečné zkoušky:

Zaměření Pohony a výkonová elektronika:

KEV/SNEPP Elektrické pohony P

KEV/SNVE Výkonová elektronika

Zaměření Elektromechanické systémy

KEV/SNEPS Elektrické pohony S

KEV/SNEMS Elektromechanické systémy

Zaměření Pohony a výkonová elektronika

KEV/SNEPP Elektrické pohony P

- 1. Systém a jeho matematický model.**
Vnější a vnitřní popis spojitých/diskrétních systémů; diferenciální/diferenční rovnice, L-přenos/Z-přenos, stavová reprezentace - dynamické rovnice (stavová a výstupní).
- 2. Dynamické vlastnosti lineárních spojitých/diskrétních systémů.**
Přechodová, impulsní a frekvenční charakteristika, způsob měření a vyhodnocení, vzájemné souvislosti; diskretizace a perioda vzorkování, impulsní a přechodová posloupnost. Statická, astatická (integrační) a derivační soustava.
- 3. Stabilita lineárních spojitých/diskrétních systémů a nelineárních systémů.**
Algebraická a frekvenční kritéria stability, vlastnosti a použití (Hurwitz, Routh-Schur, Nyquist, Jury, Ljapunov).
- 4. Kvalita regulačního pochodu.**
Kritéria kvality - vlastnosti a použití; lineární regulační plocha, kvadratické kritérium, ITAE, optimální modul, symetrické optimum.
- 5. Regulátor P, PI, PID.**
Popis, struktura a použití, dynamické a frekvenční vlastnosti; optimální nastavení parametrů regulátoru (standardní tvary, frekvenční charakteristiky, kritické zesílení).
- 6. Inženýrské metody analýzy a syntézy pohonů (ss motor s cizím buzením).**
Frekvenční charakteristiky (ALFCH a FLFCH) otevřené proudové (resp. rychlostní) smyčky. Nyquistovo kritérium. Vliv změn nastavení regulátoru na bezpečnost ve fázi a vliv na časovou odezvu soustavy. Souvislost s rozložením nul a pólů uzavřené smyčky.
- 7. Regulátor proudu u pohonů se stejnosměrným motorem s cizím buzením.**
Proudová smyčka jako podřazená smyčka regulátoru rychlosti. Schéma. Vysvětlení průběhů. Problematika napájení motoru z tyristorových měničů oproti „ideálnímu zdroji napětí“ (zpoždění v měniči, vliv přerušovaných proudů, rozdílnosti při reverzaci v obvodu kotvy a v obvodu buzení). Vliv indukovaného napětí jako porucha v regulační smyčce.
- 8. Regulace rychlosti stejnosměrného motoru s cizím buzením.**
Silové schéma a schéma regulačních obvodů. Vysvětlení průběhů při požadavku na rozběh na rychlost vyšší nežli jmenovitá (odbuzování) a při reverzaci rychlosti. Vliv a význam omezovačů v regulátorech. Příklady realizace čidla rychlosti.

9. Nadřazená regulační smyčka.

Regulace polohy cílová (struktura + průběhy). Pohony s regulací výkonu (příklady použití + popis funkce). Elektromechanická interakce pohonu (problematika pružného hřídele, omezování strmostí změn požadované rychlostí pomocí „S-křivky“ atd.).

10. Základní vlastnosti synchronního stroje.

Synchronní stroj napájený přímo ze sítě – charakteristiky $M(\omega)$ a $M(\beta)$, stabilita. Nebezpečí vypadnutí ze synchronismu. Účinník a fázorový diagram přebuzeného a podbuzeného stroje.

11. Synchronního stroje PMSM napájený z napět'ového střídače.

Fázorový diagram pro motorický a generátorický režim pro nízkou rychlost ($i_{sd}=0$) a pro vysokou rychlost ($i_{sd}<0$). Zjednodušené schéma silové a regulační. Nadřazené regulátory pro generování požadavků i_{sdw} a i_{sqw} . Příklady realizace čidla polohy.

12. Elektronicky komutovaný motor BLDC.

Odlišnosti od pohonu s PMSM. Zjednodušené schéma silové a regulační. Výhody/nevýhody a příklady použití BLDC v praxi. Příklady realizace čidel polohy.

13. Synchronní stroj napájený z měniče proudového typu (ventilový pohon LCI).

Silové schéma. Toky činného a jalového výkonu, fázorové diagramy (na straně stroje a na straně vstupního usměrňovače) v režimu motorickém a v režimu generátorického brzdění. Odlišnosti od měniče napět'ového typu (vlivy na motor a na síť, zvlnění momentu, problematika rekuperace).

14. Asynchronní stroj v ustáleném stavu.

Základní rovnice a odpovídající náhradní schémata (tj. odděleně stator a rotor, T-článek, Gama článek, zjednodušení v okolí synchronní rychlosti). Charakteristiky $M(\omega)$, $M(\omega_R)$, $I_S(\omega)$ a $I_S(\omega_R)$ a jejich modifikace pro jiné hodnoty U_S , ω_S a R_R . Zjednodušený odhad účinníku a účinnosti pro různé pracovní body na momentové charakteristice.

15. Skalární řízení asynchronního motoru.

Silové a regulační schéma (schéma s čidlem i bez čidla). Pohyb pracovního bodu na momentových charakteristikách při rozběhu na 120% jmenovité rychlosti (a následném zabrzdění). Vysvětlení napět'ově-kmitočtového řízení (závislosti U_S , P , M , Ψ_S na rychlosti).

16. Princip vektorového řízení asynchronního motoru.

Zjednodušený fázorový diagram (zanedbané rozptyly) pro režim motor/brzda a pro větší a menší mg . sycení a souvislost se složkami $\{d, q\}$. Principiální silové a regulační schéma. Porovnání vlastností vektorového a skalárního řízení. Příklady, kdy je nutné použít vektorové řízení, a kdy dostačuje jen skalární řízení (a zdůvodnění).

17. Princip přímého řízení momentu DTC.

Porovnání vektorového řízení a DTC. Napět'ové rovnice pro stator ve stojící souřadné soustavě $\{\alpha, \beta\}$. Realizovatelné napět'ové vektory napět'ového střídače a jejich vliv na změny mg . toku statoru. Příklad pohybu vektoru mg . toku.

18. Mikroprocesorový regulátor pohonu a jeho základní periferie.

Výběr (návrh) mikroprocesorového regulátoru – koncepce regulátoru, výběr mikrokontroléru a jeho sledované parametry, vztah mezi výpočtním výkonem a vlastnostmi paměti. Základní periferie regulátoru pro pohony.

19. Tvorba algoritmu v pevné řádové čarce a základní bloky regulačních struktur

Normování, volba referenčních (vztažných) hodnot a volba vhodného datového formátu. Normování proměnných, výrazů a rovnic. Základní algoritmy a jejich implementace v mikroprocesoru: PS regulátor, číslicové filtry, rampy a profily. Aproximace funkce polynomem a tabulkou.

20. Principy dimenzování komponent elektrického pohonu.

Ztráty „naprázdno“ a „od zatížení“ v el. strojích, indukčnostech a transformátorech. Metoda ekvivalentního proudu, momentu a výkonu. Druhy zatížení S1, S2, S3 a S6. Vliv způsobu chlazení el. strojů. Přídavné ztráty vlivem rozběhu (S4) a brzdění (S5). Přepočet setrvačných hmot na hřídel motoru a na přímočarý pohyb.

KEV/SNVE**Výkonová elektronika**

1. **Výkonové polovodičové součástky (diody, tranzistory a tyristory)** – druhy, statické vlastnosti, dynamické vlastnosti, proudová a napěťová zatížitelnost.
2. **Základní spojení usměrňovačů** – vzájemné porovnání základních druhů, střídačový a usměrňovačový chod, řídicí a zatěžovací charakteristika, použití nulové diody, skutečná komutace.
3. **Přerušovaný a nepřerušovaný proud usměrňovačů** – zvlnění nepřerušovaného proudu, přerušovaný proud při zátěži typu motor a RC, dynamické vlastnosti usměrňovače při přerušovaném a nepřerušovaném proudu, vliv na zatěžovací charakteristiku.
4. **Sériová spojení usměrňovačů** – schéma, kruhový diagram, postupné řízení, omezování jalového výkonu 1. harmonických, omezování deformačního a jalového výkonu.
5. **Paralelní spojení usměrňovačů** – schéma, princip činnosti, omezování deformačního výkonu.
6. **Proudové pulsní usměrňovače** – možnosti použití, vlastnosti ve srovnání s klasickými usměrňovači, principy řízení, akumulační obvod.
7. **Napěťové pulsní usměrňovače** – možnosti použití, vlastnosti ve srovnání s klasickými usměrňovači, principy řízení.
8. **Stejnoseměrné spínače a pulsní měniče** – principy snižování napětí, zvyšování napětí a pulsního řízení odporu, zvlnění proudu zátěže, vstupní filtr.
9. **Vícefázová spojení pulsních měničů** – druhy, principy řízení, zvlnění vstupního napětí na kondenzátoru vstupního filtru, zvlnění proudu zátěže.
10. **Vícekvadrantová spojení pulsních měničů** – varianty, principy a použitelnost dvoukvadrantových a čtyřkvadrantových měničů.
11. **Napěťové střídače při obdélníkovém řízení** – jednofázové a trojfázové spojení, spínací diagram, regulační rozsah úhlu sepnutí Ψ , napětí a proud na zátěži při hodnotě $\Psi = \pi$, spínání zpětných diod.
12. **Napěťové střídače při PWM (ŠPM)** – princip založený na koincidenci nosného a modulačního signálu, porovnání s obdélníkovým řízením, možnosti zvýšení základní harmonické.
13. **Polární modulace** – transformace na prostorový vektor, tvorba základních napěťových vektorů, improvizace libovolného napěťového vektoru.
14. **Proudové střídače** – tyristorový s komutačními obvody (dvě funkce komutačního obvodu), obvodové řešení s vypínatelnými součástkami, PWM (vložené komutace, polární řízení).
15. **Nepřímé měniče s napěťovým střídačem** – varianty výkonového obvodu, princip činnosti, provozní režimy (motorický, generátorický).
16. **Nepřímé měniče s proudovým střídačem** – varianty výkonového obvodu, princip činnosti, provozní režimy (motorický, generátorický).
17. **Přímé měniče kmitočtu s vnější komutací** – schéma, princip činnosti.

18. **Přímé měniče kmitočtu s vlastní komutací, maticové měniče** – schéma, princip činnosti.
19. **Střídavé spínače a měniče napětí** – princip činnosti jednofázového měniče napětí při zátěžích R, L a R-L. Možnosti uspořádání a použití 3-fázové verze měniče napětí, úsporná zapojení.
20. **Harmonické proudy na střídavé straně usměrňovačů** – idealizované průběhy, amplitudový zákon, vliv úhlu komutace, poměry při současné práci více měničů.
21. **Působení nepřímých měničů kmitočtu na stranu napájecí sítě** – poměry u měniče s napětěvým střídačem, zobecněný amplitudový zákon, vliv kapacity a indukčnosti stejnosměrného obvodu, skutečný účinník.
22. **Vliv nepřímého měniče na zátěž** – soustava měnič, kabel, motor, typické průběhy, parametry ovlivňující velikost přepětí v obvodu a frekvenci kmitů. Opravné prostředky.
23. **Změny napětí způsobené měniči v napájecí síti** - impedance sítě, vyšší harmonické složky napětí.
24. **Způsoby minimalizace harmonických a kompenzace účiníku v rozvodné síti** – bez pomoci přídavných zařízení, s pomocí přídavných zařízení – síťové filtry, dynamická kompenzace účiníku.
25. **Výkonové obvody stejnosměrných pohonů, napájených ze střídavé sítě** – reverzační měniče v obvodu kotvy a v obvodu buzení, výkonové obvody pro variantu s okruhovými proudy a bez okruhových proudů, práce v jednotlivých kvadrantech pohonu.
26. **Výkonové obvody stejnosměrných pohonů, napájených ze stejnosměrné troleje** – výkonové obvody, pracovní režimy jízda, brzdění rekuperací, brzdění do odporu, základní regulační obvody. Průběhy proudu a napětí na výstupu z měniče
27. **Výkonový obvod pohonů s asynchronním motorem** – měnič kmitočtu s napětěvým střídačem a s diodovým nebo napětěvým pulsním usměrňovačem. Pracovní režim pohon, brzdění. Fázorové diagramy pro vstupní i výstupní stranu měniče (pro oba režimy), popis činnosti, zhodnocení.
28. **Víceúrovňové měniče s upínacími diodami** – schéma tříúrovňové varianty, princip víceúrovňového fázového napětí střídače, spínací diagram. Princip PWM a polárního řízení pro tento typ měniče.
29. **Víceúrovňové měniče s plovoucími kondenzátory** – schéma tříúrovňové varianty, princip tvorby víceúrovňového fázového napětí střídače, spínací diagram. Princip balancování napětí na plovoucích kondenzátorech. Princip zvyšování počtu úrovní měniče.
30. **Víceúrovňový měnič s kaskádně řazenými H-můstky** – schéma jedné buňky, kaskádní řazení více buněk. Princip tvorby výstupního napětí. Princip řízení pomocí PWM.

Zaměření Elektromechanické systémy

KEV/SNEPS Elektrické pohony S

1. **Pohon s usměrňovačem a stejnosměrným motorem (s cizím buzením).**
Výkonové schéma pro variantu s reverzací v obvodu kotvy a pro variantu s reverzací v obvodu buzení. Popis funkce bloků pro všechny 4 kvadranty pohonu. Popis reverzace momentu na momentových charakteristikách (pro zadanou rychlost motoru).
2. **Pohon se stejnosměrným motorem napájeným ze ss zdroje (trolej).**
Výkonové schéma. Popis funkce. Odvození průběhů proudu a napětí (při nízké a při vyšší

rychlosti motoru) na výstupu měniče pro režim pohon, brzda rekuperační a brzda do odporu.

3. **Asynchronní motor s kmitočtovým řízením – výkonové schéma.**
Nepřímý měnič kmitočtu s napětovým střídačem – nejjednodušší verze s diodovým usměrňovačem, verze s možností rekuperace energie při brzdě. Výkonová schémata, popis jednotlivých silových bloků v režimu „motor“ a v režimu „rekuperační brzda“.
4. **Negativní vlivy na síť u pohonů s tyristorovým usměrňovačem.**
Výkonové schéma (jednofázový nebo třífázový můstkový tyristorový usměrňovač napájející zátěž s velkou vyhlazovací indukčností). Fázorový diagram a časové průběhy pro vstupní proud a napětí pro různé provozní režimy (a odpovídající úhly řízení α). Možnosti omezení negativních vlivů.
5. **Negativní vlivy na síť u pohonů s měničem kmitočtu.**
Výkonové schéma (jednofázový nebo třífázový můstkový diodový usměrňovač napájející meziobvod napětového typu). Časové průběhy pro vstupní proud a napětí pro různé varianty indukčností na vstupu a v stejnosměrném meziobvodu. Možnosti omezení negativních vlivů.
6. **Inženýrské metody analýzy a syntézy pohonů (ss motor s cizím buzením).**
Frekvenční charakteristiky (ALFCH a FLFCH) otevřené proudové (resp. rychlostní) smyčky. Nyquistovo kritérium. Vliv změn nastavení regulátoru na bezpečnost ve fázi a vliv na časovou odezvu soustavy. Souvislost s rozložením nul a pólů uzavřené smyčky.
7. **Regulátor proudu u pohonů se stejnosměrným motorem s cizím buzením.**
Proudová smyčka jako podřazená smyčka regulátoru rychlosti. Schéma. Vysvětlení průběhů. Problematika napájení motoru z tyristorových měničů oproti „ideálnímu zdroji napětí“ (zpoždění v měniči, vliv přerušovaných proudů, rozdílnosti při reverzaci v obvodu kotvy a v obvodu buzení). Vliv indukovaného napětí jako porucha v regulační smyčce.
8. **Regulace rychlosti stejnosměrného motoru s cizím buzením.**
Silové schéma a schéma regulačních obvodů. Vysvětlení průběhů při požadavku na rozběh na rychlost vyšší nežli jmenovitá (odbuzování) a při reverzaci rychlosti. Vliv a význam omezovačů v regulátorech. Příklady realizace čidla rychlosti.
9. **Nadřazená regulační smyčka.**
Regulace polohy cílová (struktura + průběhy). Pohony s regulací výkonu (příklady použití + popis funkce). Elektromechanická interakce pohonu (problematika pružného hřídele, omezování strmosti změn požadované rychlosti pomocí „S-křivky“ atd.).
10. **Základní vlastnosti synchronního stroje.**
Synchronní stroj napájený přímo ze sítě – charakteristiky $M(\omega)$ a $M(\beta)$, stabilita. Nebezpečí vypadnutí ze synchronismu. Účinník a fázorový diagram přebuzeného a podbuzeného stroje.
11. **Synchronního stroje PMSM napájený z napětového střídače.**
Fázorový diagram pro motorický a generátorický režim pro nízkou rychlost ($i_{sd}=0$) a pro vysokou rychlost ($i_{sd}<0$). Zjednodušené schéma silové a regulační. Nadřazené regulátory pro generování požadavků i_{sdw} a i_{sqw} . Příklady realizace čidla polohy.
12. **Elektronicky komutovaný motor BLDC.**
Odlišnosti od pohonu s PMSM. Zjednodušené schéma silové a regulační. Výhody/nevýhody a příklady použití BLDC v praxi. Příklady realizace čidel polohy.
13. **Synchronní stroj napájený z měniče proudového typu (ventilový pohon LCI).**
Silové schéma. Toky činného a jalového výkonu, fázorové diagramy (na straně stroje a na straně vstupního usměrňovače) v režimu motorickém a v režimu generátorického brzdění. Odlišnosti od měniče napětového typu (vlivy na motor a na síť, zvlnění momentu,

problematika rekuperace). Porovnání použitelnosti měniče proudového typu pro napájení synchronního stroje a asynchronního stroje.

14. **Asynchronní stroj v ustáleném stavu.**

Základní rovnice a odpovídající náhradní schémata (tj. odděleně stator a rotor, T-článek, Gama článek, zjednodušení v okolí synchronní rychlosti). Charakteristiky $M(\omega)$, $M(\omega_R)$, $I_s(\omega)$ a $I_s(\omega_R)$ a jejich modifikace pro jiné hodnoty U_s , ω_s a R_R . Zjednodušený odhad účinníku a účinnosti pro různé pracovní body na momentové charakteristice.

15. **Skalární řízení asynchronního motoru.**

Silové a regulační schéma (schéma s čidlem i bez čidla). Pohyb pracovního bodu na momentových charakteristikách při rozběhu na 120% jmenovité rychlosti (a následném zabrzdění). Vysvětlení napětově-kmitočtového řízení (závislosti U_s , P , M , Ψ_s na rychlosti).

16. **Princip vektorového řízení asynchronního motoru.**

Zjednodušený fázorový diagram (zanedbané rozptyly) pro režim motor/brzda a pro větší a menší mg.sycení - souvislost se složkami $\{d, q\}$. Principiální silové a regulační schéma. Porovnání vlastností vektorového a skalárního řízení. Příklady, kdy je nutné použít vektorové řízení, a kdy dostačuje jen skalární řízení (a zdůvodnění).

17. **Princip přímého řízení momentu DTC.**

Porovnání vektorového řízení a DTC. Napětové rovnice pro stator ve stojící souřadné soustavě $\{\alpha, \beta\}$. Realizovatelné napětové vektory napětového střídače a jejich vliv na změny mg. toku statoru. Příklad pohybu vektoru mg. toku.

18. **Asynchronní stroj kroužkový (resp. s klecí nakrátko) jako generátor.**

Mechanický výkon a výkony přivedené do statoru a do rotoru (vinutý rotor) pro podsynchronní a pro nadsynchronní rychlost. Příklady pohonů s dvojitě napájeným indukčním strojem DFIM (popis použitých měničů a směry toku výkonů v jednotlivých provozních stavech). Motor s klecí nakrátko v generátorickém režimu – popis funkce jednotlivých bloků měniče kmitočtu s možností rekuperace.

19. **Spouštění asynchronního motoru.**

Spouštění „naprázdno“ - schéma a princip softstartéru, další metody omezení záběrného proudu. Spouštění „pod zatížením zátěžným momentem“ – pohybová rovnice pohonu a její aplikace na momentovou charakteristiku, ustálená rychlost jako průsečík momentových charakteristik (včetně vlivu momentového sedla motoru).

20. **Principy dimenzování komponent elektrického pohonu.**

Ztráty „naprázdno“ a „od zatížení“ v el. strojích, indukčnostech a transformátorech. Metoda ekvivalentního proudu, momentu a výkonu. Druhy zatížení S1, S2, S3 a S6. Vliv způsobu chlazení el. strojů.

KEV/SNEMS Elektromechanické systémy

1. **Výkonová rovnice elektrického stroje.**

Vztah výkonu a rozměrů elektrického stroje, vztah momentu a rozměrů elektrického stroje. Vznik točivého momentu.

2. **Magnetické toky, indukovaná napětí.**

Magnetické toky v magnetickém obvodu elektrického stroje. Souvislost magnetických toků s indukčnostmi. Rovnice pro indukované napětí a její odvození.

3. **Magnetické obvody elektrických strojů.**

Materiály pro magnetické obvody a jejich charakteristiky. Dimenzování magnetických obvodů. Závislost ztrátového čísla na frekvenci a indukci.

4. **Ztráty a účinnost elektrických strojů.**
Rozdělení ztrát v elektrických strojích. Druhy ztrát a jejich příčiny. Výpočet účinnosti elektrického stroje. Způsoby omezení jednotlivých typů ztrát.
5. **Transformátory.**
Konstrukční uspořádání transformátorů. Princip funkce. Spojení vinutí transformátorů, hodinové číslo. Napětí nakrátko, paralelní chod transformátorů. Převod, poměrné veličiny, náhradní schéma, fázorový diagram. Nesymetrické režimy transformátorů.
6. **Synchronní stroje.**
Konstrukční uspořádání synchronních strojů. Princip funkce. Vyniklost synchronních strojů. Synchronní stroje s permanentními magnety. Charakteristiky synchronních strojů. Náhradní schéma, fázorový diagram, kruhový diagram
7. **Asynchronní stroje.**
Konstrukční uspořádání asynchronních strojů. Princip funkce. Stroje s vinutou kotvou a klecí nakrátko. Speciální druhy klecí asynchronních strojů. Charakteristiky asynchronních strojů. Náhradní schéma, fázorový diagram, kružnicový diagram
8. **Stejnoseměrné stroje.**
Konstrukční uspořádání stejnosměrných strojů. Princip funkce. Způsoby zapojení budících vinutí stejnosměrných strojů. Charakteristiky stejnosměrných strojů v závislosti na zapojení. Náhradní schéma
9. **Autotransformátor a trojvinutový transformátor.**
Transformační výkon a typový výkon autotransformátoru, vlastnosti, spojení. Náhradní schéma trojvinutového transformátoru, určení parametrů, spojení, typový výkon, použití.
10. **Základní zkoušky elektrických strojů.**
Měření naprázdno a nakrátko. Rozdělení ztrát ve stroji na základě měření. Určení parametrů stroje z měření.
11. **Parazitní jevy v elektrických strojích.**
Jednosměrná magnetizace transformátoru. Časové a prostorové harmonické v elektrickém stroji. Jednostranný magnetický tah. Třetí harmonická a její násobky v magnetizačním proudu.
12. **Kružnicový diagram asynchronního stroje.**
Vznik kružnicového diagramu za pomoci kruhové inverze. Konstrukce kružnicového diagramu na základě měření. Obor platnosti.
13. **Kruhový diagram synchronního stroje.**
Konstrukce kružnicového diagramu synchronního stroje, kružnicový diagram se zanedbáním a uvažováním odporu kotvy. Synchronní stroje na tvrdé síti, V-křivky. Řízení činného a jalového výkonu. Nesymetrické režimy synchronních strojů.
14. **Synchronní generátor samostatně pracující**
Řízení napětí a kmitočtu, charakteristiky, činný a jalový výkon, vliv zátěže, ztráta řiditelnosti a protiopatření
15. **Přechodné stavy na elektrických strojích.**
Sepnutí nezátíženého transformátoru, náhlý zkrat na transformátoru. Náhlý zkrat na synchronním stroji. Namáhání vinutí při zkratu. Dynamické chování synchronního stroje.
16. **Budící pole synchronních strojů, pole reakce kotvy.**
Činitelé tvaru pole. Reaktance synchronních strojů a jejich vztah.
17. **Vinutí elektrických strojů.**
Druhy vinutí elektrických strojů, provedení vinutí. Činitel kroku, činitel rozlohy, činitel vinutí.

18. Stejnoseměrná vinutí.

Konstrukční uspořádání stejnosměrných vinutí. Podmínky proveditelnosti stejnosměrného vinutí. Fázorová hvězdice a napěťový polygon.

19. Střídavá vinutí.

Konstrukční uspořádání střídavých vinutí. Podmínky proveditelnosti střídavých vinutí. Zubová vinutí. Souvislost počtu drážek na pól a fázi s typem stroje.

20. Tingleyho schéma a Görgesův obrazec.

Tingleyho schéma jako náhrada fázorové hvězdice. Görgesův obrazec, konstrukce, určení diferenčního rozptylu vinutí. Stupňovitá křivka magnetomotorického napětí.

21. Provedení elektrických strojů, režimy provozu.

Kódy IP, IC a IM. Významy těchto označení. Provozní režimy S#.

22. Postup při návrhu elektrického stroje.

Postup při výpočtu elektrického stroje. Iterativnost návrhu. Možnosti volby výpočetních parametrů.

23. Specifika návrhu transformátorů.

Určení počtu závitů vinutí a průřezu jádra. Návrh zapojení vinutí pro požadované hodinové číslo.

24. Specifika návrhu asynchronních strojů.

Vliv drážkování rotoru na provozní parametry. Návrh vinutého rotoru a klece nakrátko.

25. Specifika návrhu synchronních strojů.

Návrh budícího vinutí a určení buzení synchronního stroje.

26. Specifika návrhu stejnosměrných strojů.

Vinutí pomocných pólů, kompenzační vinutí a ekvipotenciální spojky prvního a druhého řádu. Návrh komutátoru.

27. Způsoby odvodu ztrátového tepla.

Způsoby chlazení elektrických strojů. Přímé chlazení, dvouokruhové chlazení, chlazení uzavřených strojů. Využití vodního a vodíkového chlazení.

28. Ventilační obvody.

Zdroje tlaku v elektrických strojích. Sestavení ventilačních obvodů. Atkinsonův zákon a způsob řešení ventilačních obvodů.

29. Tepelné obvody.

Zdroje tepla v elektrických strojích a jejich lokace. Analogie tepelných obvodů s elektrickými obvody. Způsoby řešení ustálených a přechodných stavů.

30. Konstrukční prvky elektrických strojů.

Ložiska elektrických strojů, způsoby uchycení jednotlivých komponent elektrického stroje a jejich namáhání. Zajištění statorového a rotorového svazku. Hřídele, průhyb hřídele a kritické otáčky.

xxx
xxxxxxxxx
xxx