



Skupina A

Jméno a příjmení:

- Vypočítejte výkon synchronního kompenzátoru pro kompenzaci soustruhů v tovární hale, které pracují s celkovým výkonem 3,6 MW, účinností 0,84, účínkem 0,73 a jsou připojeny na síťové napětí 10 kV, 50 Hz. Kompenzujte na 0,96.

$$\begin{aligned}
 1 &= \frac{3,6 \cdot 10^6}{0,84} = 4,286 \\
 &= \frac{4,286 \cdot 10^6}{0,73} = 5,871 \\
 &= \sqrt{2} \cdot 2 \\
 &= \sqrt{2} \cdot 2 \\
 &= 1 - 1 \\
 &= 4,012 - 1,252 = 2,76
 \end{aligned}$$

- Vypočítejte, jaké otáčky se musí nastavit, aby synchronní hydroalternátor s 36 póly vyráběl napětí s frekvencí 45 Hz.

$$= \frac{60}{1} = \frac{60 \cdot 45}{1} = 150 \text{ }^{-1}$$

- Popište rozdělení synchronních strojů podle činnosti; jednotlivé druhy definujte.

Synchronní generátor (alternátor) = stroj, který mění mechanickou energii roztáčející rotor na energii elektrickou odebranou ze svorek statoru

Synchronní motor = stroj, který mění přiváděnou elektrickou energii (elektrický příkon) na energii mechanickou na hřídeli (mechanický výkon)

Synchronní kompenzátor = náfázovaný synchronní motor dodávající (odebírající) jalovou energii do (ze) sítě

- Popište konstrukci (složení) 3f synchronního turboalternátoru.

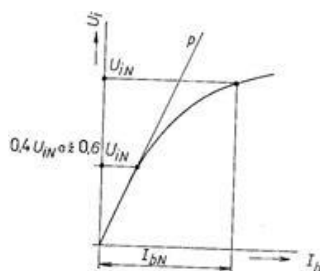
Stator se skládá ze svařované nebo odlité kostry, ve které je vložen svazek statorových plechů. Plechy jsou buď vcelku, nebo u velkých strojů poskládány ze segmentů. Na vnitřním průměru těchto plechů jsou drážky, v nichž je uloženo třífázové vinutí. Začátky a konce vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici.

Rotor je tvořený plným hladkým válcem vykováným z jednoho kusu legované oceli (chromniklová ocel s příměsí molybdenu) uloženým na hřídeli. Na asi dvou třetinách obvodu tohoto válce jsou podélně vyfrézovány drážky, ve kterých je uloženo dvoupólové budící stejnosměrné vinutí. Vinutí je uzavřeno v drážkách klíny, pod kterými jsou měděné, nebo bronzové pásky, které jsou spojeny kruhy nakrátko a tím tvoří amortizér neboli tlumič.

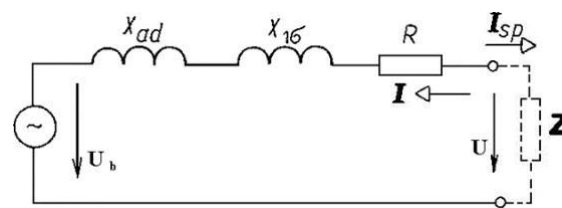
- Popište princip činnosti 3f synchronního turboalternátoru.

Rotor je buzen stejnosměrným proudem, takže se vytvoří statické magnetické pole. Budu-li tímto rotorem otáčet synchronními otáčkami, vytvoří se ve vzduchové mezeře točivé magnetické pole. Indukce v každém bodě vzduchové mezery se bude měnit sinusově (magnetická indukce má přibližně tvar lichoběžníku avšak vzhledem k časovému posunu jednotlivých napětí, magnetické setrvačnosti a vzhledem k velkému počtu drážek na pól a fázi (3 až 4) má výsledné indukované napětí téměř přesně sinusový průběh). Bude se tedy do každé cívky statorového třífázového vinutí indukovat napětí sinusového průběhu, které pak odebíráme ze svorek statoru. Velikost indukovaného napětí nastavujeme velikostí magnetického toku vybuzeného budícím proudem rotoru a rychlosti otáčení rotoru.

6. Načrtněte a popište charakteristiku naprázdno synchronního alternátoru a jeho náhradní schéma.



Charakteristika naprázdno je v podstatě o magnetizační charakteristika.



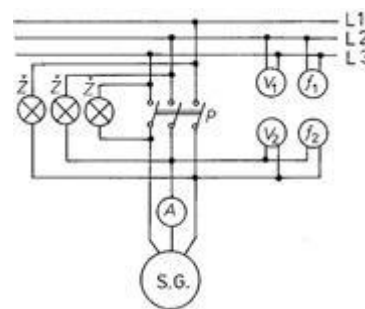
7. Popište činnost amortizéru při provozu turboalternátoru a důvod jeho použití. Popište čím je amortizér v turboalternátoru tvořen.

Amortizér, neboli tlumič je tvořen měděnými pásky uloženými pod klíny a spojenými na čelech měděnými kruhy do krátka. V amortizéru se indukuje napětí jenom tehdy, dojde-li ke změně zátěže (především prudké změně) a tedy změni-li se zátěžný úhel β . Tyčemi amortizéru začne procházet proud vytvářející magnetické pole působící proti změně která jej vyvolala (Lenzův zákon) a tedy tlumí (zmenšuje) výkyvy os magnetických polí rotoru a statoru při přechodovém ději, který nastal po změně zátěže. Tím zajistí, že stroj nevypadne ze synchronismu.

8. Definujte podmínky paralelní spolupráce synchronních alternátorů a popište, jak je splníme.

Musí být stejné napětí a stejná frekvence na svorkách stroje jako v síti, stejný sled fází a přibližně stejný fázový posun napěťových fázorů sítě a stroje.

Stejný sled fází zjistíme třeba krátkým připojením 3f as. motorku k síti a ke generátoru a bude-li se otáčet vždy stejným směrem je sled fází stejný. Přidáváním páry na trurbinu se začnou zvyšovat otáčky generátoru a tím i frekvence napětí na jeho svorkách, dokud nedosáhneme hodnoty stejné jaká je v síti (přibližně) – měříme kmitoměry f_1 a f_2 ; Poté začneme stroj přibuzovat a začne se zvyšovat napětí až dosáhneme hodnoty stejné jaká je v síti – měříme voltmetry V_1 a V_2 ; Fázový posun pak „doladíme“ regulací páry a budícího proudu podle blikání fázovacích žárovek \checkmark tak aby rozdíl v jejich blikání byl co nejmenší a pak při tzv. fázování na



„tmu“ můžeme při zhasnutých žárovkách zapnutím vypínače P synchronní stroj připojit k síti. Při dobrém přifázování je proud mezi sítí a strojem nulový a ukazatel ampérmetru A se nevychýlí. Dnes se v elektrárnách pro fázování používají tzv. fázovací automaty, které v principu pracují stejně, jen nastavování shodných paramerů si řídí samy.

9. Popište postup, jak můžeme pomocí turboalternátoru dodávat do sítě činnou elektrickou energii (činný proud).

Po správném nafázování je generátor držen v synchronismu tvrdou sítí, jestliže bychom se pak snažili synchronní stroj zrychlovat přidáním páry do turbíny, přemění se mechanický příkon poháněcího stroje v synchronním stroji na elektrický výkon (platí zákon o zachování energie). Synchronní stroj začne do sítě dodávat činný proud.

10. Popište postup, jak můžeme pomocí turboalternátoru dodávat do sítě jalovou elektrickou energii (jalový proud).

Po správném nafázování je generátor držen v synchronismu tvrdou sítí, jestliže bychom pak začali alternátor přibuzovat, tedy zvyšovat proud I_b , svorkové napětí U se nezmění, celkový magnetický tok Φ_v se také nezmění, zvětší se ovšem magnetický tok budící Φ_b . Strojem musí začít procházet proud I , který se sebou ve fázi vytvoří magnetický tok Φ_a pro který platí: $\Phi_v = \Phi_b + \Phi_a = \text{konst}$. Tento proud je tedy proudem jalovým a odchází ze stroje do sítě = stroj dodává jalový proud = stroj pracuje jako ideální kondenzátor.

11. Popište princip činnosti synchronního motoru s autoasynchronním rozběhem a jeho použití.

Statorové vinutí synchronního motoru s autoasynchronním rozběhem se připojí na zdroj 3f napětí, začne jím procházet proud, který vybudí v magnetickém obvodu statoru točivé magnetické pole. Toto točivé magnetické pole statoru indukuje napětí do amortizéru (kotvy nakrátko), kterou začne procházet proud, a jelikož na vodič s proudem v magnetickém poli působí síla vyvolávající točivý moment, rotor se roztočí stejným směrem, jakým se točí magnetické pole statoru. Po rozběhu na asynchronní otáčky se přivede ss proud do vinutí rotoru a motor je vtažen do synchronismu.

Synchronní motor se vyznačuje tím, že se jeho otáčky nemění se zatížením, nemění-li se frekvence přiváděného napětí, moment zátěže však musí být menší než tzv. moment zvratu, při kterém by motor vypadl ze synchronního chodu. Používá se například pro nízkootáčkový pohon válcovacích stolic nebo pro průmyslovou automatizaci.

Skupina B

Jméno a příjmení:

1. Vypočítejte výkon synchronního kompenzátoru pro kompenzaci fréz v tovární hale, které pracují s celkovým výkonem 2,4 MW, účinností 0,81, účínkem 0,72 a jsou připojeny na síťové napětí 10 kV, 50 Hz. Kompenzujte na 0,95.

$$\begin{aligned} I &= \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{2,4 \cdot 10^6}{0,81} = 2,963 \\ I &= \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{2,963 \cdot 10^6}{0,72} = 4,115 \\ I &= \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{2,963 \cdot 10^6}{0,95} = 3,119 \\ I &= \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{2,963 \cdot 10^6}{0,95} = 3,119 \\ I &= \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{2,963 \cdot 10^6}{0,95} = 3,119 \end{aligned}$$

2. Vypočítejte, jaké otáčky se musí nastavit, aby synchronní turboalternátor vyráběl napětí s frekvencí 60 Hz.

$$n = \frac{60}{p} = \frac{60 \cdot 60}{2} = 3600 \text{ }^{-1}$$

3. Popište rozdělení synchronních strojů podle konstrukce rotoru.

Stroje s vyniklými (vyjádřenými) póly = mají rotor tvořen hřídelí na níž je magnetové kolo s příslušným počtem pólů (4 - 36)

Stroje s hladkým rotorem = mají rotor tvořený plným hladkým válcem vykováným z jednoho kusu legované oceli. Na asi dvou třetinách obvodu tohoto válce jsou podélně vyfrézovány drážky, ve kterých je uloženo dvoupólové budící vinutí.

4. Popište konstrukci (složení) 3f synchronního hydroalternátoru.

Stator se skládá ze svařované nebo odlité kostry, ve které je vložen svazek statorových plechů. Plechy jsou buď vcelku, nebo u velkých strojů poskládány ze segmentů. Na vnitřním průměru těchto plechů jsou drážky, v nichž je uloženo třífázové vinutí. Začátky a konce vinutí jsou vyvedeny na svorkovnici.

Rotor hydroalternátoru je rotor s vyniklými (vyjádřenými) póly, které jsou tvořeny hřídelí na níž je magnetové kolo s příslušným počtem pólů (4 - 36). Rotor bývá nejčastěji poskládán z plechů, aby se zamezilo ztrátám vzniklým pulsací budícího proudu (u velkých strojů se opět skládá ze segmentů), stroje s velkou vzduchovou mezerou mají rotor vyroben z jednoho kusu železa. Poloměr zaoblení pólových nástavců je menší než poloměr vnitřní strany statoru a to zajišťuje téměř sinusový tvar magnetické indukce B_δ ve vzduchové mezeře. Na pólech je navinuto budící stejnosměrné vinutí, zapojené sériově tak, aby po připojení zdroje ss napětí vznikl vždy střídavě severní a jižní pól.

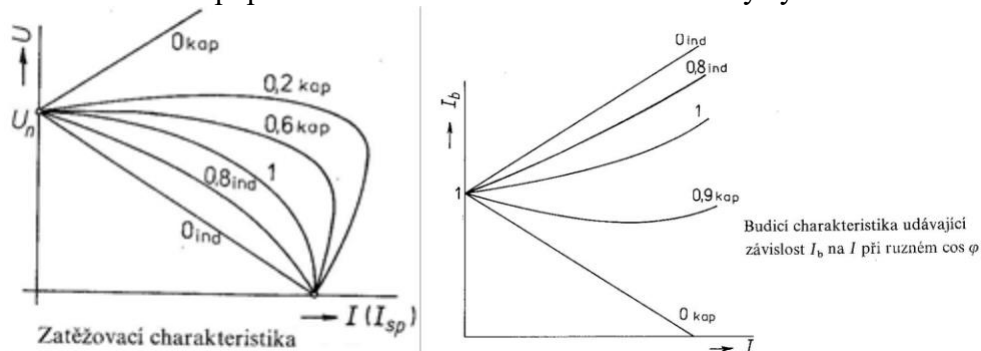
5. Popište princip činnosti 3f synchronního hydroalternátoru.

Rotor je buzen stejnosměrným proudem, takže se vytvoří statické magnetické pole. Budu-li tímto rotorem otáčet synchronními otáčkami, vytvoří se ve vzduchové mezeře točivé magnetické pole. Indukce v každém bodě vzduchové mezery se bude měnit sinusově (vlivem proměnné tloušťky vzduchové mezery mezi rotorem a statorem). Bude se tedy do každé cívky statorového třífázového vinutí indukovat napětí sinusového průběhu, které pak odebíráme ze svorek statoru. Velikost indukovaného napětí nastavujeme velikostí magnetického toku vybuzeného budícím proudem rotoru a rychlostí otáčení rotoru.

6. Popište činnost amortizéru při provozu hydroalternátoru a důvod jeho použití. Popište čím je amortizér v hydroalternátoru tvořen.

Amortizér, neboli tlumič je tvořen měděnými tyčemi uloženými v pólových nástavcích a spojenými na čelech měděnými kruhy do krátka. V amortizéru se indukuje napětí jenom tehdy, dojde-li ke změně zátěže (především prudké změně) a tedy změni-li se zátěžný úhel β . Tyčemi amortizéru začne procházet proud vytvářející magnetické pole působící proti změně která jej vyvolala (Lenzův zákon) a tedy tlumí (zmenšuje) výkyvy os magnetických polí rotoru a statoru při přechodovém ději, který nastal po změně zátěže. Tím zajišťuje, že stroj nevypadne ze synchronizmu.

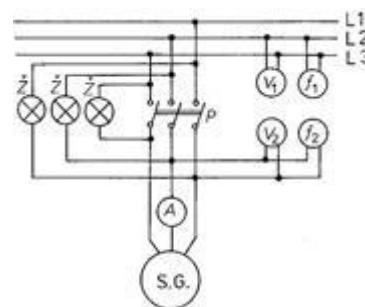
7. Načrtněte a popište budící a zatěžovací charakteristiky synchronního alternátoru a jejich vzájemné vztahy.



Zatěžovací charakteristiky ukazují závislost svorkového napětí na odebíraném proudu, a pokud požadujeme po nafázování generátoru konstantní napětí v celém rozsahu odebíraného proudu a při libovolném účinníku zátěže, musíme měnit budící proud dle budících charakteristik a daného účinníku.

8. Definujte podmínky paralelní spolupráce synchronních hydroalternátorů a popište, jak je splníme. Musí být stejné napětí a stejná frekvence na svorkách stroje jako v síti, stejný sled fází a přibližně stejný fázový posun napětíových fázorů sítě a stroje.

Stejný sled fází zjistíme třeba krátkým připojením 3f as. motorku k síti a ke generátoru a bude-li se otáčet vždy stejným směrem je sled fází stejný. Přidáváním vody na trurbinu se začnou zvyšovat otáčky generátoru a tím i frekvence napětí na jeho svorkách, dokud nedosáhneme hodnoty stejné jaká je v síti (přibližně) – měříme kmitoměry f_1 a f_2 ; Poté začneme stroj přibuzovat a začne se zvyšovat napětí až dosáhneme hodnoty stejné jaká je v síti – měříme voltmetry V_1 a V_2 ; Fázový posun pak „doladíme“ regulací vody a budícího proudu podle blikání fázovacích žárovek \checkmark tak aby rozdíl v jejich blikání byl co nejmenší a pak při tzv. fázování na



„tmu“ můžeme při zhasnutých žárovkách zapnutím vypínače P synchronní stroj připojit k síti. Při dobrém přifázování je proud mezi sítí a strojem nulový a ukazatel ampérmetru A se nevychýlí. Dnes se v elektrárnách pro fázování používají tzv. fázovací automaty, které v principu pracují stejně, jen nastavování shodných paramerů si řídí samy.

9. Popište postup, jak můžeme pomocí hydroalternátoru dodávat do sítě činnou elektrickou energii (činný proud).

Po správném nafázování je generátor držen v synchronizmu tvrdou sítí, jestliže bychom se pak snažili synchronní stroj zrychlovat přidáním vody do turbíny, přemění se mechanický příkon poháněcího stroje v synchronním stroji na elektrický výkon (platí zákon o zachování energie). Synchronní stroj začne do sítě dodávat činný proud.

10. Popište postup, jak můžeme pomocí hydroalternátoru dodávat do sítě jalovou elektrickou energii (jalový proud).

Po správném nafázování je generátor držen v synchronizmu tvrdou sítí, jestliže bychom pak začali alternátor přibuzovat, tedy zvyšovat proud I_b , svorkové napětí U se nezmění, celkový magnetický tok Φ_v se také nezmění, zvětší se ovšem magnetický tok budící Φ_b . Strojem musí začít procházet proud I , který se sebou ve fázi vytvoří magnetický tok Φ_a pro který platí: $\Phi_v = \Phi_b + \Phi_a = \text{konst.}$ Tento proud je tedy proudem jalovým a odchází ze stroje do sítě = stroj dodává jalový proud = stroj pracuje jako ideální kondenzátor.

11. Popište princip činnosti synchronního kompenzátoru a jeho použití.

Synchronní kompenzátor je v podstatě synchronní motor běžící bez mechanické zátěže, který je nafázovaný a změnou budícího proudu mění velikost jalového proudu v síti. Většinou bývají přebuzeny, takže pracují s kapacitním účinníkem, můžou však pracovat i s účinníkem induktivního charakteru, tedy podbuzeny. Tyto stroje tedy pouze dodávají (odebírají) do sítě jalovou energii. Používají se pro hromadnou kompenzaci, tedy především pro kompenzaci velkého množství asynchronních motorů použitých pro pohony např. obráběcích strojů.