

1 SYNCHRONNÍ INDUKČNÍ STROJE

1.1 Synchronní generátor

V této kapitole se dozvíte:

- princip činnosti synchronních motorů (generátorů),
- paralelní provoz synchronních generátorů,
- kompenzace sítě synchronním generátorem,
- čas potřebný na prostudování této kapitoly je 1,5 hod.

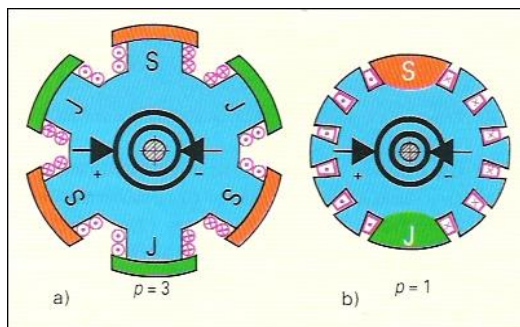


Klíčová slova a pojmy k zapamatování:

Rotory s vyniklými póly nebo s hladkým povrchem, synchronní otáčky, zatěžovací úhel, napětí naprázdno, jalové napětí, kapacitní jalový výkon.

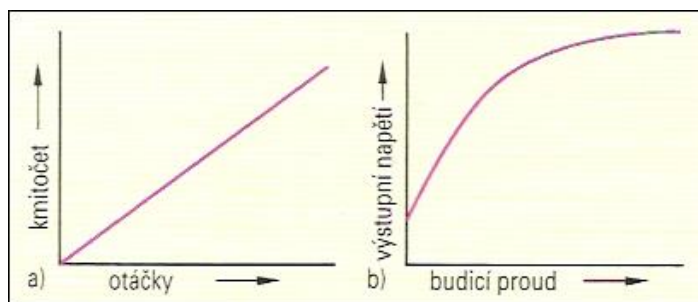


Elektrická energie se většinou vyrábí pomocí synchronních generátorů. V elektrárnách se většinou používají stroje s vnitřními póly, protože budící proud přiváděný přes sběrné kroužky na rotor je podstatně menší než vyráběné proudy odváděné ze statoru. Na rotoru je budící vinutí napájené přes sběrací kroužky stejnosměrným proudem. Protože se magnetické pole rotoru nemění, není akutní otázka ztrát v železe (hysterezí a vířivými proudy) a rotor tak může být vyroben z plného materiálu a je většinou ocelový. Rotory pro menší otáčky mají vyniklé (zvýrazněné) póly (obr. 32a) a nazývají se rotory s vyniklými póly nebo magnetická kola. Rotory pro velké otáčky jsou většinou jen dvojpólové a jsou konstruovány jako rotory s hladkým povrchem (obr. 32b).

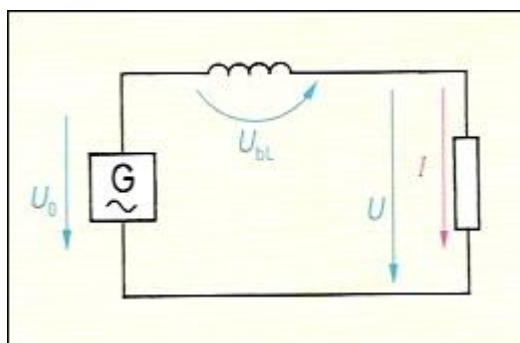


Obr. 32 Druhy rotorů synchronních generátorů: a) rotor s vyniklými póly, b) rotor s hladkým povrchem

Rotor je poháněn nějakým hnacím strojem (v elektrárnách většinou parní turbinou). Budící vinutí rotoru napájené stejnosměrným proudem indukuje magnetické pole nehybné vzhledem k rotoru a rotující vzhledem ke statoru. Toto rotující magnetické pole indukuje ve statorových vinutích pootočených vůči sobě o 120° tři střídavá napětí, která spolu vytvářejí trojfázové napětí. Ze statoru je odváděn trojfázový proud vyráběný generátorem. Velikost napětí generátoru závisí na budícím proudu a na otáčkách rotoru. Protože kmitočet sítě je pevně dán, určuje tím i otáčky rotoru (obr. 33a). Napětí se pak nastavuje velikostí budícího proudu (obr. 33b). Je-li synchronní generátor zatížen, protéká jeho statorovým vinutím proud. Tento proud způsobuje vlastní indukci úbytek napětí. Pomineme-li malý činný odpor vinutí, chová se zatížený synchronní generátor jako generátor nezávislý na zatížení, ke kterému je sériově připojena indukčnost (obr. 34).



Obr. 33 Charakteristiky synchronního generátoru



Obr. 34 Synchronní generátor, zjednodušené náhradní zapojení

Úkol k zamýšlení:

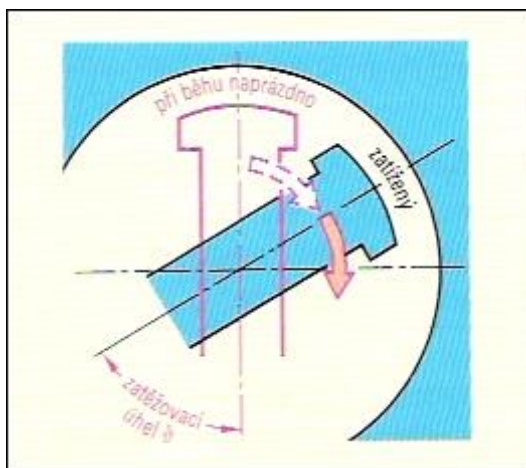
Zamyslete se nad funkcí synchronního generátoru a zvažte, na co má vliv budící napětí a na co otáčky turbíny.



Paralelní provoz synchronních generátorů

Při paralelním spojení generátorů nebo připojením k síti je vyžadována shoda v těchto parametrech: sled fází, časová poloha fází, kmitočet a efektivní hodnota napětí.

V elektrárnách jsou generátory řízeny automatickým zařízením, které zaručuje synchronizaci ze sítě. Synchronní generátor odvádí do sítě tím více energie, čím výkonnější má pohon. Aby si generátor přifázovaný k síti s pevným kmitočtem udržel i při zatížení synchronní otáčky, musí točivé pole předbíhat synchronní otáčky o zatěžovací úhel ω , který se zvětšuje úměrně se zatížením (obr. 35). Odběr činného výkonu z generátoru roste při zvyšování mechanického hnacího výkonu.



Obr. 35 Zatěžovací úhel synchronního generátoru

Při zvyšování budícího proudu synchronního generátoru nad hodnotu potřebnou pro běh naprázdno narůstá hodnota U_0 napětí naprázdno. Jalové napětí U_{BL} se mění rovněž, protože difference U_0 a U_{BL} musí zůstat stejná, rovna síťovému napětí U . Protože proud I vykazuje oproti U_{BL} fázový posuv o 90° , mění jeho fázor také svou polohu a předbíhá napětí U . Generátor tedy dodává do sítě kapacitní jalový výkon. Fázový úhel mezi U_0 a síťovým napětím U , závislý na budícím proudu, pak odpovídá zatěžovacímu úhlu ω rotoru. Synchronní generátor kryje v přebuzeném režimu potřebu induktivního jalového výkonu odběratelů připojených k síti.

Kontrolní otázky:

Na čem je závislý výkon synchronního generátoru?

Jakým proudem je napájena kotva a co tento proud ovlivňuje?

Co je zatěžovací úhel ω a jaký má vliv na synchronní otáčky?

Vysvětlíte co se stane, pracuje-li generátor v přebuzeném stavu?



1.2 Synchronní motor

V této kapitole se dozvíte:

- *jak pracuje synchronní motor, jakým způsobem se dostane na synchronní otáčky,*
- *jestli může během provozu vypadnout ze synchronních otáček a co je moment zvratu,*
- *jakým způsobem se dají využívat synchronní motory jako kompenzátory fázového posunu,*
- *čas potřebný na prostudování této kapitoly je 1 hod.*

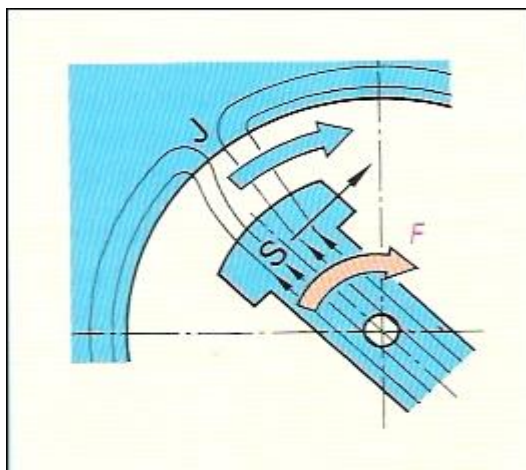


Klíčová slova a pojmy k zapamatování:

Kotvy z permanentních magnetů, rozběhový systém, moment zvratu, kompenzátor fázového posunu.

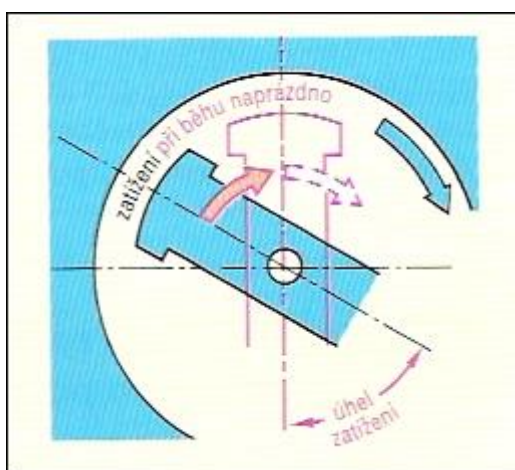


Stator synchronního motoru má stejnou konstrukci jako stator asynchronního motoru. Na svazku statorových plechů je uloženo trojfázové vinutí, potřebné k vytváření točivého magnetického pole. Kotva se skládá z železného jádra buď masivního, nebo složeného ze svazku plechů a budícího vinutí, napájeného přes sběrné kroužky stejnosměrným proudem. Kotva působí jako elektromagnet, který má stejný počet pólů jako stator. U malých motorků bývají používány kotvy z permanentních magnetů. Po zapnutí má točivé pole okamžitě otáčky odpovídající počtu pólů a kmitočtu napájecího napětí. Póly rotoru jsou přitahovány protipóly statoru a odpuzovány statorovými póly stejného druhu. Rotor se vzhledem ke své setrvačné hmotě neroztočí okamžitě synchronně s točivým polem statoru. Jakmile se otáčky kotvy přiblíží díky rozběhovému systému (např. rozběhová klec v rotoru) otáčkám točivého pole, je kotva „vtažena“ do synchronních otáček a běží dál synchronně (obr. 36).



Obr. 36 Silové působení na otáčející se kotvu

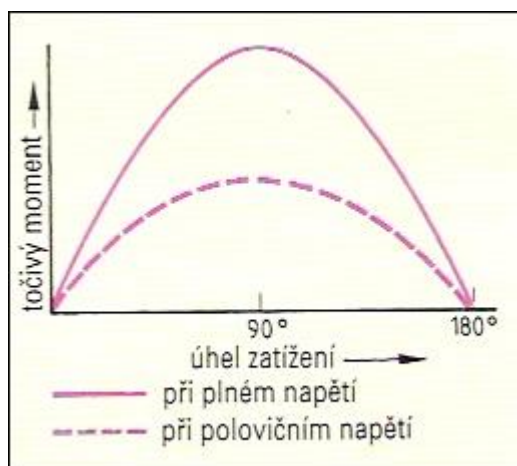
Synchronní motory potřebují k rozběhu pomocný rozběhový systém. Má-li rotor motoru doplňkové vinutí nakrátko, může se synchronní motor rozbíhat jako asynchronní. Po rozběhu a zapnutí buzení kotvy pak běží motor synchronně. Během asynchronního rozběhu musí být budící vinutí rotoru zkratováno přes odpor, aby se nenaindukovalo velké napětí, které by prorazilo izolaci vinutí. Při provozu zabrání doplňkové vinutí nakrátko nárazovému kolísání zatížení prudkému kolísání otáček motoru, a proto jej nazýváme tlumicí vinutí. Po rozběhu běží motor synchronně s točivým polem statoru. Při rostoucím zatížení motoru narůstá vzdálenost (pootočení) mezi rotujícími póly kotvy a protipóly statoru. Póly rotoru tak zůstávají zpět o úhel zátěže α za póly točivého pole, nebo též za polohu při běhu naprázdno (bez zatížení) (obr. 37).



Obr. 37 Úhel zatížení synchronního motoru

Synchronní motory mají i při zatížení stejné otáčky jako točivé pole statoru. Točivý moment je tím větší, čím větší je úhel zátěže. Uprostřed mezi dvěma sousedními póly

(kladným a záporným) statoru působí na póly rotoru největší síla, kdy předbíhající pól statoru táhne a následující tlačí. Při dalším nárůstu úhlu zátěže točivý moment opět klesá (obr. 38). Moment zvratu nastane v polovině úhlu mezi sousedními póly, tj. při úhlu zátěže 90° u dvoupólového motoru. Tyto motory mají maximální moment zvratu dvojnásobný než jmenovitý moment. Při překročení momentu zvratu se přeruší spojení mezi točivým polem a kotvou. Kotva vypadne ze synchronizmu a zastaví se. Tyto motory jsou méně citlivé na pokles napětí než asynchronní motory. Magnetická indukce točivého pole a točivý moment se zmenšují proporcionálně s poklesem napětí (obr. 38).



Obr. 38 Závislost točivého momentu na úhlu zatížení

Úkol k zamýšlení:

Zamyslete se nad synchronním generátorem a synchronním motorem, vyjmenuj rozdíly a co by bylo zapotřebí pro jejich záměnu.



Je-li synchronní motor provozován s větším než jmenovitým budícím proudem, mluvíme o přebuzeném provozu a motor je použit jako kompenzátor fázového posuvu stejně jako synchronní generátor. V tomto stavu se využívá ke kompenzaci jalového proudu podobně jako kompenzační kondenzátory.

Kontrolní otázky:

Z čeho se skládá kotva synchronního motoru?

U malých motorků je kotva vyrobena jak?

Co potřebují synchronní motory na rozběh?

Jak chápeš výraz moment zvratu?



Shrnutí:

V této kapitole si studenti osvojili základní pojmy způsoby činnosti synchronních generátorů a synchronních motorů. Studenti si uvědomili tu skutečnost, že elektrickou energii vyrábějí synchronní generátory bez ohledu na to, o jakou elektrárnu se jedná.

