

# SYNCHRONNÍ STROJ

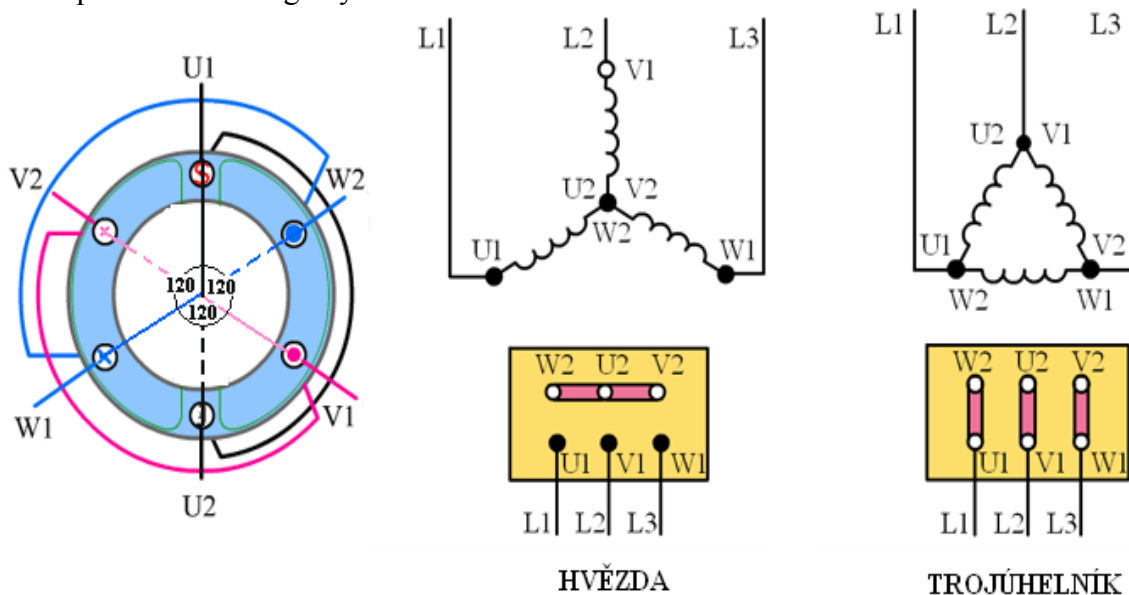
Ing. M. Bešta

## SYNCHRONNÍ STROJ

Synchronní stroje jsou točivé stroje, jejichž otáčky jsou úměrné pouze frekvenci napájecího napětí a počtu pólových párů (dvojic). V případě synchronního motoru se rotor takového stroje se otáčí stejným počtem otáček jako magnetické pole statoru. Synchronní generátory se využívají ve většině elektráren jako nejdůležitější typy strojů pro „výrobu“ elektrické energie. Synchronní motory jsou využívány v provozech, kde jsou vyžadovány velké výkony a nedochází k častému spouštění a změnám otáček.

Hlavní části synchronních strojů:

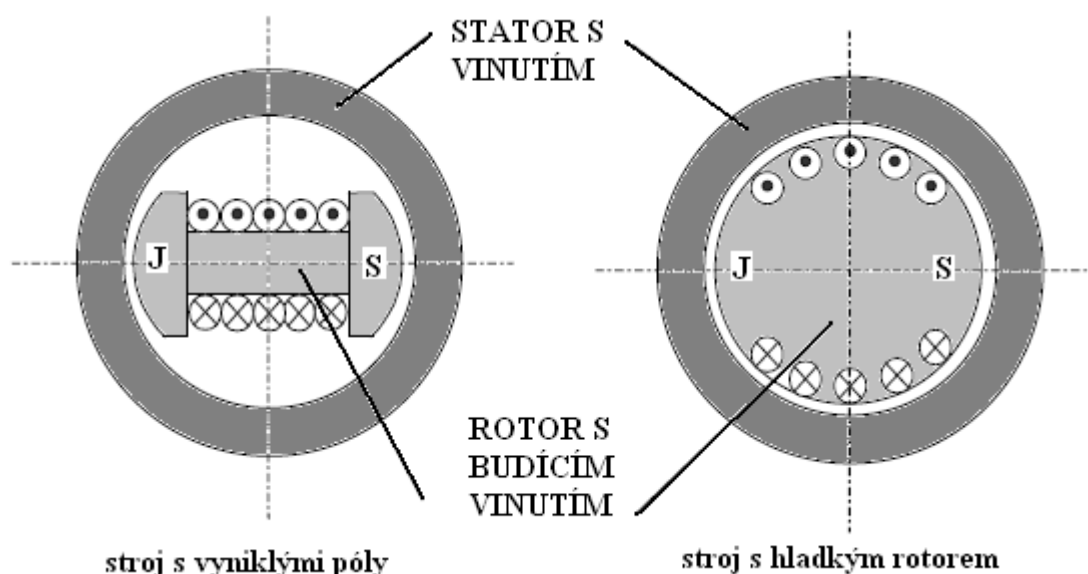
- 1) **Stator** - pevná nepohyblivá část stroje. Stator obsahuje většinou trojfázové vinutí založené v drážkách uvnitř magnetického obvodu. Tento magnetický obvod je složen z izolovaných elektrotechnických plechů, to minimalizuje ztráty v železe (podobně jako u transformátorů). Vinutí každé fáze je rozděleno minimálně na dvě části (pólová dvojice) tyto dvojice jsou umístěny na protilehlých stranách statoru. Počet pólových dvojic na jednu fázi spolu s frekvencí napájecího napětí rozhoduje o počtu otáček u synchronních motorů. Jednotlivá fázová vinutí pak navzájem svírají úhel  $120^\circ$  jako na obrázku ( $3 \times 120^\circ = 360^\circ$ ). Vinutí statoru může být spojeno do hvězdy, nebo trojúhelníku. Synchronní motory malých výkonů mají na statoru místo vinutí permanentní magnety.



- 2) **Rotor** – pohyblivá (rotující) část stroje od rotoru je oddělena vzduchovou mezerou. Osou rotoru prochází hřídel, která je vyvedena ven mimo stroj a jde o mechanicky velmi namáhanou část stroje. Hřídel přenáší točivý moment motoru na další využití, nebo naopak je s její pomocí turbínou roztáčen rotor generátoru. Na rotoru synchronního stroje je uloženo vinutí napájené (buzené) stejnosměrným proudem z budiče. Proud do vinutí rotoru je přiveden přes uhlíkové kartáče a kroužky, které jsou umístěné na hřídeli rotoru. Konstrukce rotoru odpovídá využití synchronního stroje. Z hlediska konstrukce se rotory synchronních strojů dělí:
  - rotory hladké
  - rotory s vyniklými póly

# SYNCHRONNÍ STROJ

Ing. M. Bešta



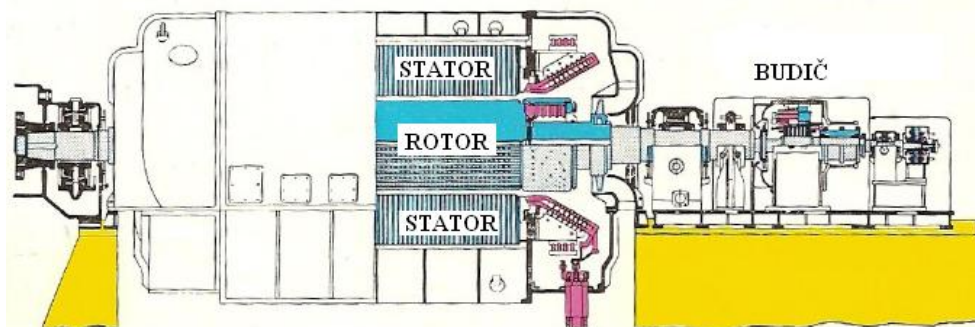
- 3) **Budič** – je to dynamo (stejnoseměrný elektrický generátor) jehož rotor je umístěn na hřídeli alternátoru. K buzení lze použít i například stejnosměrný proud z usměrňovače.

*Rozdělení synchronních strojů:*

- 1) Synchronní generátory - alternátory
- 2) Synchronní motory
- 3) Synchronní kompenzátory

*Synchronní generátory (alternátory):*

- 1) **Turboalternátory** – alternátory využívané v tepelných elektrárnách. Jde o stroje hladkými rotory, které jsou poháněny parní turbínou a jsou konstruované pro vysoké otáčky, až 3000 otáček za minutu. Těmto vysokým otáčkám musí být přizpůsobena konstrukce rotoru, vzhledem k odstředivým silám se rotory turboalternátorů nevyrobí ve větším průměru než 1,2m. Rotor však může dosahovat poměrně značných délek, neboť výkon je odvozen od objemu stroje ve vzduchové mezeře mezi státorem a rotorem, jde tedy o stroje s menším průměrem, ale velkou délkou v ose. Rotor turboalternátoru je vykován z jednoho kusu oceli, do které jsou vyfrézovány drážky pro uložení rotorového vinutí. Rotorové vinutí je přes sběrné kroužky napájeno z budiče, nebo usměrňovače stejnosměrným proudem a vytváří stejnosměrné magnetické pole. Magnetický tok se přes vzduchovou mezeru uzavírá ve statoru a indukuje ve statorovém vinutí střídavé napětí sinusového průběhu. Napětí na jednotlivých cívkách statoru jsou stejně jako cívky vzájemně posunuty o  $120^\circ$ .



TURBOALTERNÁTOR V ČÁSTEČNÉM ŘEZU

# SYNCHRONNÍ STROJ

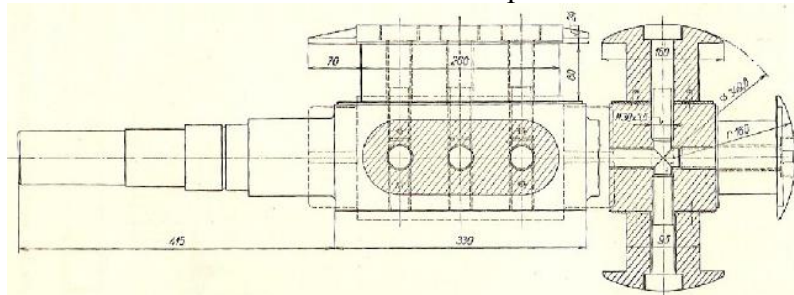
Ing. M. Bešta

- 2) **Hydroalternátory** – pomaloběžné generátory s velkým průměrem a malou délkou v ose. Konstrukce statoru vyjma rozměrů je obdobná s předchozím, má však většinou vícepólový rotor s vyniklými póly. Využívají se především ve vodních elektrárnách. Funkce hydroalternátoru je stejná jako u turboalternátoru, aby však bylo dosaženo stejné frekvence výstupního napětí generátoru 50Hz při pomalých otáčkách (přibližně 100 až 1000 ot./min.), musí mít rotor více budících cívek (vícepólové rotory). Výstupní frekvence generovaného napětí je dána vztahem:

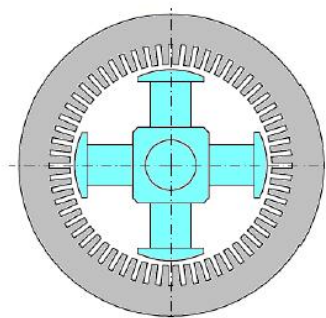
$$f = \frac{p \cdot N}{60} \text{ (Hz)}$$

p - počet pólových párů (dvojic) rotoru

N - počet otáček za minutu



ČTYŘPÓLOVÝ ROTOR



SYNCHRONNÍ STROJ  
S ČTYŘPÓLOVÝM ROTOREM

## *Synchronní motory:*

Mají stejnou konstrukci jako alternátory. Teoreticky platí, že každý alternátor lze použít jako motor a naopak. Připojením statorového vinutí na trojfázové napětí se uvnitř statoru vytvoří točivé magnetické pole. Cívky na pólech rotoru vytváří netočivé stejnosměrné magnetické pole, to je vybuzeo průchodem stejnosměrného proudu z budiče. Magnetická pole statoru a rotoru na sebe navzájem působí, přitahují se a odpuzují tak jak se mění mg. pole statoru. Vlivem hmotnosti rotoru a velké rychlosti otáčení magnetického pole statoru (je dána frekvencí napájecího napětí) rotor z klidu nevyvine točivý moment, se sám neroztočí. Rotor synchronního motoru je tak nejprve třeba roztočit na otáčky blízké synchronním, to znamená na otáčky téměř stejné, jako má točivé magnetické pole statoru. Teprve poté je připojeno napětí na cívky statoru a póly rotoru jsou trvale přitahovány za póly statoru s opačnou magnetickou polaritou, rotor se je pak vtažen touto silou do tzv. synchronismu a otáčí se stejným počtem otáček, jako magnetické pole statoru jde o tzv. synchronní otáčky. Rozběh synchronního motoru se provádí pomocným rozběhovým elektromotorem, speciální konstrukcí rotoru, nebo snížením frekvence napájecího napětí polovodičovými měniči. Výhodou synchronního motoru jsou stále stejné otáčky bez ohledu na zatížení, mění se pouze tzv. zátěžný úhel  $\beta$  což je úhel mezi polem rotoru a točivým magnetickým polem. Nevýhodou je už zmíněný komplikovaný rozběh a vyšší nároky na údržbu. Pokud zatížení motoru překročí kritickou mez, vzroste zátěžný úhel ( $\beta > 90^\circ$ ), motor vypadne ze synchronismu a zastaví se.

## *Otáčky synchronního motoru:*

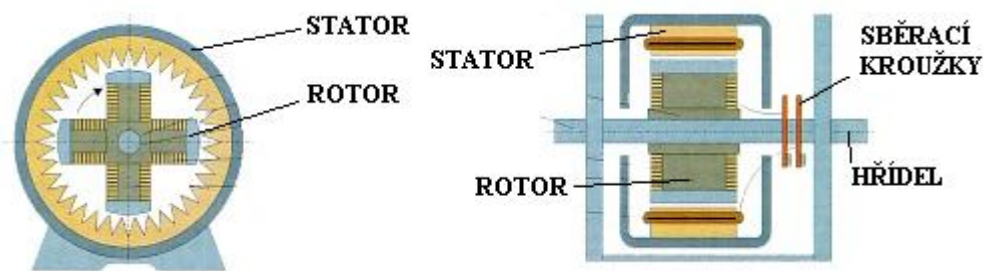
Řízení otáček u SM lze provádět pouze změnou frekvence trojfázového napětí na cívkách statoru. Otáčky jsou dány vztahem:

$$N = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ (ot./min)}$$

p- počet pólových párů na statoru (na jednu fázi)

# SYNCHRONNÍ STROJ

Ing. M. Bešta



## *Synchronní kompenzátor:*

Je to synchronní motor běžící naprázdno tzn. bez zatížení. Má speciální konstrukci bez vyvedené hřídele. V tomto režimu má tento stroj vlastnosti kondenzátoru a dodává do sítě jalový výkon. Používá se ke zlepšení účinníku sítě – kompenzaci.

## *Chlazení synchronních strojů:*

- s přirozeným chlazením pro malé motory s permanentními magnety chlazení je bez ventilátoru pouze přirozené proudění vzduchu
- s vlastním chlazením pro menší a střední výkony, motor má na hřídeli ventilátor, účinek je závislý na otáčkách motoru/generátoru
- s přirozeným vlastním chlazením kombinace předchozích, chlazení je rozděleno na dva okruhy
- s cizím chlazením pro největší motory a generátory proud chladicího média (vzduch, vodík, voda nebo jejich kombinace) je závislý na cizím zdroji a je nezávislý na otáčkách motoru

Způsob chlazení stroje na něm vyznačen mezinárodním IC kódem.

Obrázky převzaty:

<http://www.emotor.cz/>

[http://ok1zed.sweb.cz/s/el\\_generator.htm](http://ok1zed.sweb.cz/s/el_generator.htm)

Přehled konstrukce elektrických točivých strojů doc. Červený FEL skripta ZČU Plzeň