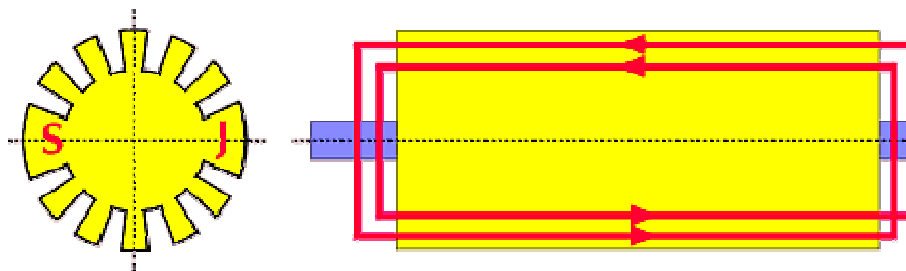


ELEKTRICKÉ STROJE

Mechanickou energii na energii elektrickou přeměňují elektrické generátory. Generátory jsou elektrické točivé stroje, které pracují na základě elektromagnetické indukce. Mohou být synchronní, asynchronní nebo stejnosměrné. Generátor, který vyrábí střídavý proud, se nazývá alternátor. Generátor na výrobu stejnosměrného proudu se jmenuje *dynamo*.

Synchronní alternátor

Synchronní alternátor je elektrický točivý stroj, který mění mechanickou energii v energii elektrickou při využití točivého magnetického pole. Je zdrojem střídavého proudu. Dnes trojfázové synchronní alternátory představují hlavní zdroje elektrické energie v elektrárnách.



Hladký rotor turboalternátoru

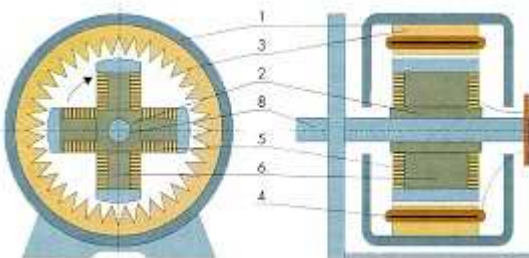
Základními částmi alternátoru jsou nepohyblivý stator a na hřídeli se otáčející rotor. Synchronní alternátor má na statoru trojfázové vinutí a na rotoru tzv. budící vinutí. Jestliže turbína nebo jiný pohon otáčí rotorem a v jeho budícím vinutí prochází stejnosměrný proud, vzniká točivé magnetické pole, které v trojfázovém vinutí statoru vyvolá (indukuje) trojfázové střídavé napětí. Druhé točivé magnetické pole vyvolá střídavý proud, který začne procházet trojfázovým vinutím statoru při připojení alternátoru ke spotřebiči. Stroj se nazývá synchronní, protože se obě točivá magnetická pole otáčejí se stejnými otáčkami (tj. synchronně).

Alternátory se podle zařízení, které je pohání, dělí na turboalternátory, hydroalternátory a alternátory poháněné spalovacími motory.

Turboalternátory pracují v tepelných elektrárnách a pohánějí je parní nebo plynové turbíny. Mají vodorovný hřídel a jsou to rychloběžné stroje s otáčkami 3 000/min.

Hydroalternátory najdeme ve vodních elektrárnách ve spojení s vodními turbínami. Jejich otáčky se pohybují od stovek do tisíců otáček za minutu. Výkon hydroalternátorů závisí na množství vody a výšce vodního spádu. Většinou bývají postaveny se svislými hřídeli.

Alternátory poháněné spalovacími motory jsou pomaloběžné stroje s velkým průměrem a malou délkou rotoru. Rotor pracuje většinou i jako setrvačnický, aby vyrovnával nerovnoměrnosti způsobené chodem pístových motorů.



Konstrukce synchronního alternátoru

Ve statoru alternátoru, který se podobá dutému válci, je magnetický obvod složený z plechů. Plechy se izolují lakem nebo zvláštním druhem papíru. Jsou v nich vytvořeny chladicí kanály, kudy vzduch nebo jiný plyn odvádí z magnetického obvodu teplo. Na vnitřním obvodu plechů

Konstrukce synchronního stroje. 1) stator, jsou drážky s měděnými vodiči, které 2) rotor, 3) magnetický obvod statoru, 4) vytvářejí trojfázové vinutí. Začátky vinutí statorové vinutí, 5) rotorové vinutí, 6) póly, 7) jsou připojeny na svorky alternátoru, odkud se střídavý elektrický proud odebírá a vede

se do [rozvodny](#) a dále ke spotřebitelům. Konce vinutí jsou spojeny do uzlu. Jednotlivé vodiče jsou izolovány.

Podle konstrukce rotoru se synchronní stroje dělí na stroje s vyniklými póly a na stroje s hladkým rotorem.

Hladký rotor se používá u turboalternátorů, protože při otáčkách 3 000/min dochází ke značným odstředivým silám. Kvůli velkému magnetickému odporu vzduchu je vzduchová mezera mezi rotorem a statorem velmi malá (milimetry). Rotor je vyroben z jednoho kusu oceli a má tvar hladkého válce s podélnými drážkami po obvodu. Ty zaujímají asi dvě třetiny obvodu a jsou souměrně rozloženy. Průměr rotoru turboalternátoru je maximálně 1 m. V drážkách je uloženo budicí vinutí, které je napájeno stejnosměrným proudem. Rotor turboalternátoru je obvykle dvoupólový.

U hydroalternátorů se používá *rotor s vyniklými póly*. Proti rotoru turboalternátoru má velký průměr a malou délku, protože hydroalternátor je pomaluběžný stroj. Na hřídeli rotoru je připevněno magnetové kolo s příslušným počtem pólů (4 až 80), které se často skládají z plechů. Na jádře každého pólu je umístěna cívka budicího vinutí, do níž se přivádí stejnosměrný proud. Budicí cívky jsou spojeny tak, aby střídavě vznikaly severní a jižní póly. Konstrukce jeho statoru se liší od turboalternátoru pouze velkým průměrem a malou délkou.



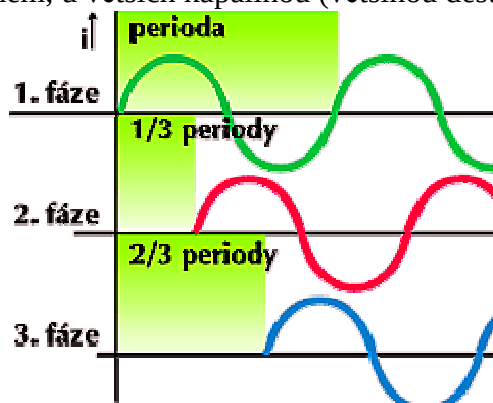
Stator turboalternátoru při montáži.

Budicí vinutí jsou připojena ke sběracím kroužkům, které jsou upevněny na hřídeli rotoru. Na kroužky dosedají kartáče, jimiž se do budicího vinutí přivádí stejnosměrný budicí proud z budiče, jenž zde vytváří stejnosměrné magnetické pole.

Velké hydroalternátory mívají na rotoru ještě *tlumič*, který při nárazových zatíženích alternátor zamezuje tzv. kývání rotoru. Póly tlumiče jsou vždy z plechů a jeho vinutí se vyrábí z měděných nebo bronzových tyčí.

Pro funkci synchronního alternátoru je nezbytný budič, který napájí budicí vinutí stejnosměrným proudem, jenž vyvolá magnetické pole rotoru. Jako *budič* se používá polovodičový usměrňovač nebo [dynamo](#), často umístěné na hřídeli alternátoru.

Při chodu alternátoru vzniká [tepl](#)o. Chlazení stroje zlepšuje spolehlivost, zvyšuje životnost a umožňuje menší rozměry stroje. U menších alternátorů se používá chlazení vzduchem, u větších kapalinou (většinou destilovanou vodou).

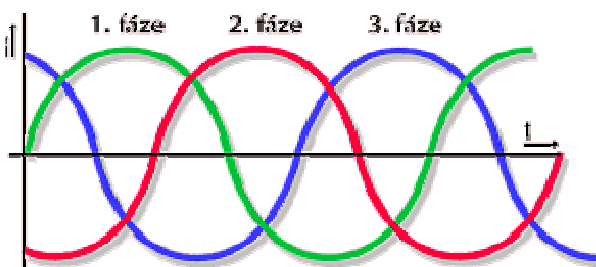


Graf třífázového proudu; i - proud, t - čas

Když rotorovým vinutím prochází budicí (stejnosměrný) proud, vznikne v rotoru magnetické pole. Protože se rotor poháněný turbínou otáčí, magnetické pole rotoru protíná statorové vinutí a indukuje v něm napětí. Na svorkách alternátoru se objeví střídavé trojfázové napětí. Statorovým vinutím neprochází proud a alternátor pracuje naprázdno. Připojíme-li k alternátoru nějaký spotřebič, začne statorovým vinutím procházet proud a vznikne točivé magnetické pole. Alternátor pracuje při zatížení.

Alternátor má vyrábět střídavé napětí a proud s frekvencí 50 Hz. Proto rotor dvoupólového stroje udělá každou sekundu padesát otáček, za minutu má tedy $50 \cdot 60 = 3\,000$ otáček. Jestliže má rotor 4 póly, stačí polovina otáček.

Protože do společné elektrické sítě dodává elektrickou energii několik elektráren současně, je třeba alternátory těchto elektráren připojit k síti tak, aby nedocházelo k potížím. Musí se připojit *paralelně*, což znamená, že alternátor musí mít se sítí stejné napětí, stejnou [frekvenci](#), obě napětí musejí být "ve fázi"



(v každém okamžiku musejí být napětí stejné fáze sítě a alternátoru shodná, aby nedocházelo k proudovému nárazu při připojení alternátoru k síti) a stejný sled fází (malý asynchronní trojfázový motor se po připojení na síť i k alternátoru musí otáčet ve stejném směru). V elektrické síti musí být stále konstantní [napětí](#). Shodnost napětí sítě a alternátoru se zajistí změnou budicího proudu alternátoru. Rovnosti frekvencí se dosáhne regulací přívodu mechanické energie k turbíně, protože frekvence alternátoru závisí na jeho otáčkách.

Po splnění všech podmínek lze alternátor připojit ("přifázovat") k síti. [Přifázování](#) se provádí automatickými zařízeními, která ve vhodné chvíli sama alternátor k síti připojí. *Přifázaný alternátor běží naprázdno*. To znamená, že do sítě nedodává žádný výkon, jeho statorovým vinutím neprochází proud. Teprve zvětšíme-li množství přiváděné mechanické energie do turbíny, alternátor začne dodávat do sítě požadovanou elektrickou energii. Při zvýšení budicího proudu alternátor dodává do sítě tzv. [jalový výkon](#), který zlepšuje kvalitu a stabilitu sítě.

Zvláštní synchronní alternátory

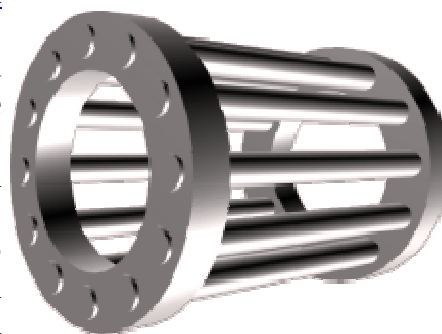
Existují i zvláštní typy [synchronních alternátorů](#). Například pro vyšší frekvence se používá **zubový alternátor**. Slouží často k napájení vysokofrekvenčních pecí. Budicí cívka je uložena ve statoru. Rotor nemá žádné vinutí a na jeho obvodu jsou zuby. Při otáčení rotoru vzniká napětí s frekvencí úměrnou počtu zubů a otáčkám.

Malé alternátory pro jízdní kola nebo mačkáci ruční svítilny mají na statoru magnetický materiál trvale zmagnetovaný tak, aby vytvářel jednotlivé póly. V rotoru je navinuta jen jedna cívka. Drobné alternátory s trvalými magnety nepotřebují budič. Pro větší alternátory se trvalé magnety nehodí kvůli obtížnému řízení svorkového napětí a magnetického pole.

Asynchronní alternátor

Pro výrobu elektrické energie se dnes [asynchronní alternátory](#) používají pouze výjimečně v malých automatizovaných [vodních elektrárnách](#).

Stator asynchronního generátoru je složen z plechů s drážkami, ve kterých je trojfázové vinutí. Podle rotoru se asynchronní stroje dělí na stroje nakrátko a kroužkové. Rotor asynchronního stroje *nakrátko* je složený z plechů a v drážkách má klecové vinutí, spojené právě nakrátko. Rotor *kroužkového* stroje (nepoužívají se u alternátorů) se od rotoru stroje nakrátko liší trojfázovým vinutím zapojeným do hvězdy a sběracím ústrojím (kroužky a uhlíkové kartáče).

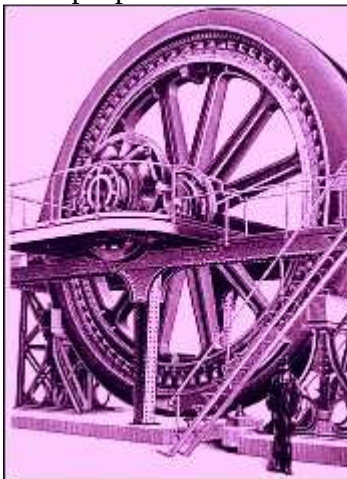


Vinutí rotoru asynchronního stroje nakrátko (někdy se nazývá klecové vinutí)

Jestliže turbína zvýší rychlost otáčení rotoru asynchronního stroje nad synchronní otáčky, rotor předbíhá točivé magnetické pole a alternátor dodává elektrickou energii do sítě. Množství dodávané energie tak závisí na průtoku vody (výkonu turbíny).

Například u výtahů pracují asynchronní motory, které se při jízdě dolů, při brždění, mohou stát asynchronními generátory a vracet energii zpět do sítě.

Výhodou asynchronního generátoru je jednoduchá konstrukce u stroje nakrátko, spolehlivost při provozu a stálé otáčky (proto turbína nepotřebuje regulátor otáček).



Dynamo

Stejnoseměrné stroje jsou nejstarším druhem elektrických strojů.

V roce 1831 britský fyzik Michael Faraday (1791 - 1867) předvedl na přednášce v Královské společnosti v Londýně vůbec první princip dynama v historii. O půl století později v roce 1881 ohromil elektrotechnický svět na výstavě v Paříži americký vynálezce Thomas Alva Edison (1847 - 1931) svým dynamem, které nazval "Jumbo". Edisonovo dynamo dodávalo proud pro 2 000 žárovek a ve své době bylo největší na světě. I s parním strojem, který dynamo poháněl, vážilo 27 t.

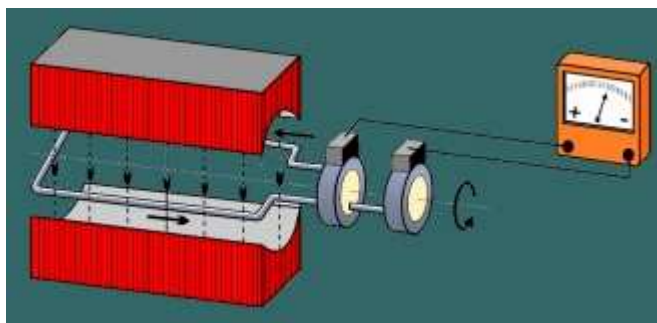
První vyráběná dynama byla vskutku impozantních rozměrů.

Za následujících padesát let hmotnost dynam o odpovídajícím výkonu klesla na 5 t. Velkou výhodou stejnosměrných strojů je snadné řízení otáček. Dynamo je název pro *stejnoseměrný generátor*. I zde se mění mechanická energie na elektrickou. Mechanickou energii dodává vodní či parní turbína v elektrárně nebo spalovací motor, ale i lidská síla třeba u dynama na jízdním kole. Každý stejnosměrný stroj může pracovat jako dynamo nebo jako motor. Proto se dynama používají v průmyslových pohonech a v elektrické trakci (v dopravě). Dynama najdeme například u dieselelektrických lokomotiv, kde napájejí hnací stejnosměrné motory. Stále méně se používají u automobilů jako zdroje stejnosměrného proudu a jejich využití jako budičů také klesá.

Princip činnosti a konstrukce dynama

Činnost dynama je rovněž založena na elektromagnetické indukci. Budicí proud ve statorovém vinutí vyvolá ve statoru magnetický tok. Ve vinutí rotoru se při jeho otáčení v magnetickém poli indukují střídavé napětí, které se *komutátorem*, upevněným na hřídeli rotoru, mění na napětí stejnosměrné. Z komutátoru se stejnosměrné napětí odvádí *kartáči* na svorkovnici stroje, odkud se odebírá potřebný elektrický proud.

Stator dynama bývá vyroben z magneticky měkké oceli nebo je složen z elektrotechnických plechů. Ke statoru se upevňují hlavní a pomocné póly a většinou i sběrací ústrojí. Moderní stroje mají hlavní i pomocné póly složeny z plechů. Na jádrech hlavních pólů jsou nasazeny cívky budicího vinutí, které jsou napájeny stejnosměrným proudem. Polarity hlavních pólů se po obvodu statoru střídají, takže za severním pólem následuje vždy pól jižní, pak severní, jižní atd.

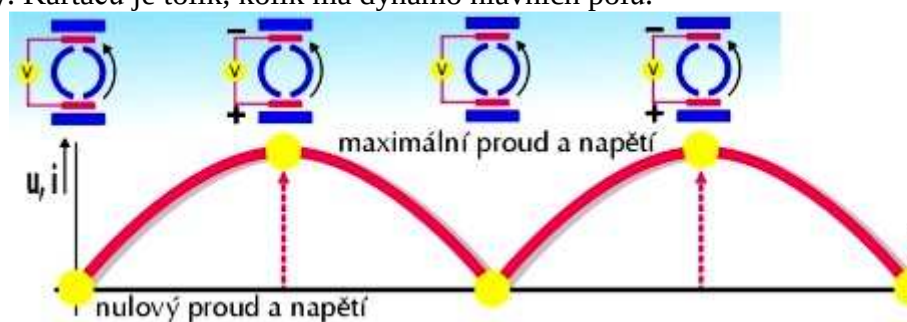


Generátor střídavého proudu.

Rotor se kvůli zmenšení ztrát vyrábí z elektrotechnických izolovaných plechů tloušťky 0,5 mm. Má tvar válce a na svém hřídeli má umístěn komutátor. Vývody cívek rotorového vinutí, které je uloženo v drážkách rotoru, jsou připojeny k lamelám komutátoru.

Komutátor je zařízení, které slouží k přepojení vodiče z jednoho kartáče na jiný a má funkci *usměrňovače*, protože střídavé napětí indukované v rotorovém vinutí mění na stejnosměrné napětí. Skládá se z několika vzájemně izolovaných měděných lamel. Ke každé lameli vedou vodiče dvou různých cívek. Celé vinutí rotoru je přes komutátor propojeno. Čím více lamel komutátor má, tím je výstupní stejnosměrné napětí stabilnější (tím je méně zvlňené).

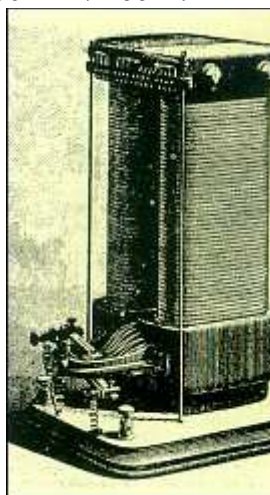
Sběrací ústrojí převádí proud mezi vnějším obvodem a vinutím rotoru. Uhlíkové kartáče dosedají na lamely komutátoru. Jsou upevněny v držácích, které umožňují nastavení správné polohy. Kartáčů je tolik, kolik má dynamo hlavních pólů.



Činnost komutátoru dynama

Komutace

V magnetickém poli se otáčí závit a v něm se indukují napětí. Připojíme-li závit ke dvěma polovinám kroužku (lamelám), u kterých jsou připojeny kartáče, získáme *stejnosměrný proud*. Kartáče se nepohybují a záporný kartáč je stále spojen s vodičem, který prochází pod severním pólem. Kladný kartáč je neustále připojen k vodiči procházejícímu pod jižním pólem. Následkem toho tedy od kartáčů prochází proud stále stejným směrem. Získáváme stejnosměrný proud. Při komutaci dochází v cínce ke změně směru proudu (následek otáčení rotoru). Pro zlepšení komutace se mezi hlavní póly ještě umísťují úzké pomocné póly s komutačním vinutím.



Druhy dynam

První dynama kolem roku 1850 používala *trvalé magnety* ve tvaru podkovy. Moderní **dynama** mají *elektromagnety*. Podle druhu a zapojení budicího vinutí se rozlišují dynama s cizím buzením a s vlastním (paralelním, sériovým a smíšeným) buzením. *Vlastní buzení* dynam, kdy je proud do vinutí statoru přiváděn z vlastních svorek stroje, umožňuje zbytkový (remanentní) magnetismus, jenž vyvolá malé indukované napětí potřebné ke vzniku proudu.

Budicí vinutí hlavních pólů dynama s *cizím buzením* se napájí z cizího zdroje (baterie, jiné dynamo, **usměrňovač**). Dynam s cizím buzením je zdroj, který umožňuje řídit napětí v širokém rozsahu, výhodou je i malý pokles napětí při zatížení. Nevýhodou je, že potřebuje pomocný zdroj napětí. Používá se například v řídicích obvodech, k napájení velkých motorů u těžních nebo válcovacích zařízení.

Dynamo z počátku století. Svými parametry (stejnosměrný proud asi 10A o napětí 50V) bylo určeno pro využití v domácnosti.

Dynamo s *paralelním* buzením má budicí vinutí připojené paralelně k rotorovému vinutí. Nepotřebuje cizí zdroj napětí, snadno se řídí jeho napětí a je odolné proti zkratu. Proto se tato

dynama používají nejčastěji.

Budicí vinutí dynama se *sériovým* buzením má všechna vinutí spojena do série. Jako vlastní zdroj se nepoužívá, ale vyskytuje se v elektrické trakci (např. tramvaje), kde při brzdění stejnosměrné motory pracují jako dynama se *sériovým* buzením a při jízdě ze svahu mění získanou energii na energii elektrickou, která se vrací do sítě.

U dynama se *smíšeným* buzením se kombinuje sériové buzení s paralelním nebo cizím buzením. Používá se jako samostatný zdroj stejnosměrného napětí, jako svařovací dynamo u svářeček pro obloukové svařování, nebo pro speciální účely.

Zvláštním druhem dynama je *tachodynamo*, které slouží k měření otáček. Je to malé dynamo s permanentními (stálými) magnety a řídčeji s cizím buzením. Hřídel tachodynamu se spojí s otáčející se součástí a jeho rotor se otáčí v magnetickém poli permanentních magnetů. V rotoru se indukuje napětí úměrné otáčkám, které měří připojený voltmetr kalibrovaný (nastavený) na měření otáček.