

GENERATOR

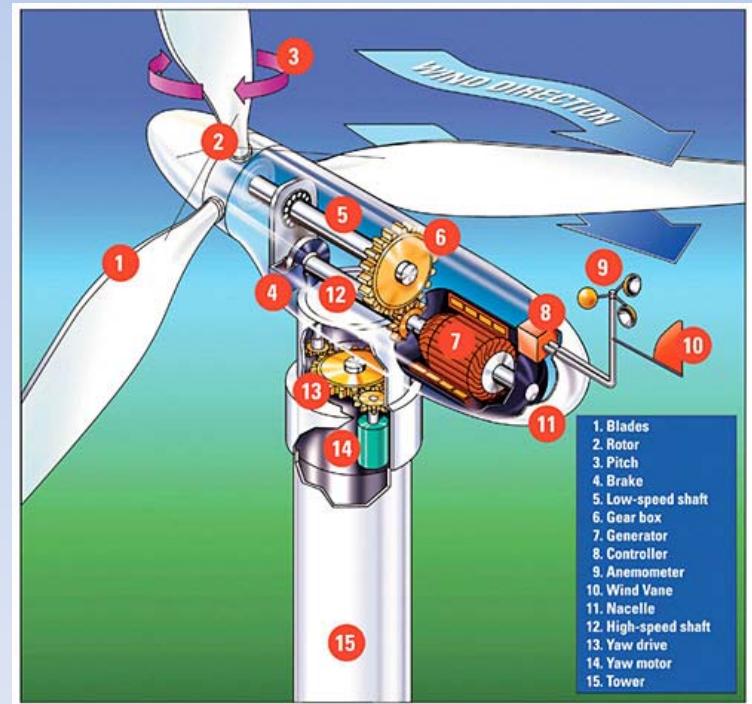
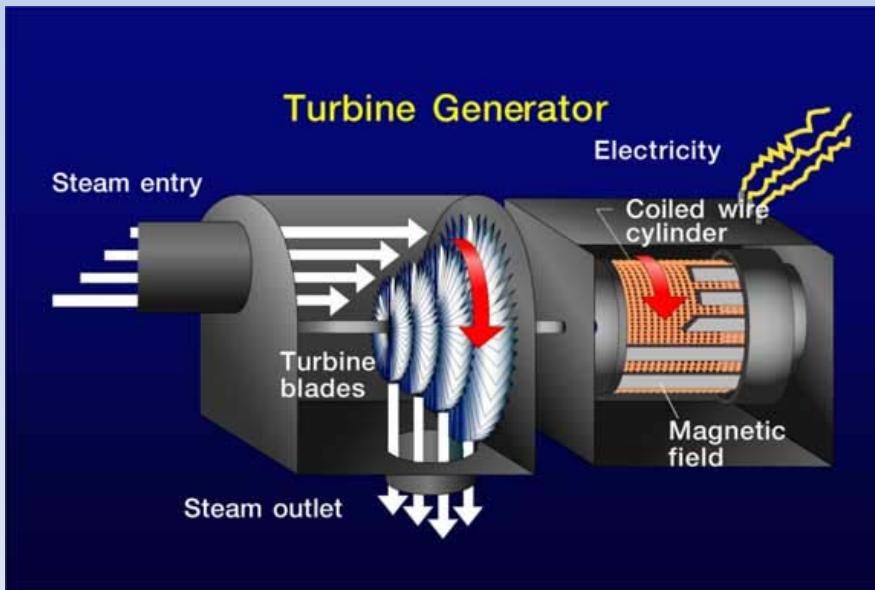
Seminar pri JTE (2010/2011)

Prof. Iztok Tiselj

Žiga Štancar
Ljubljana, 23.12.2010

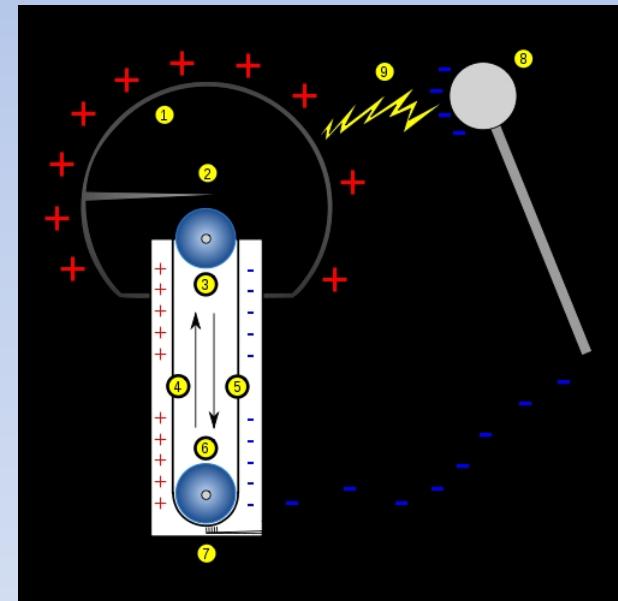
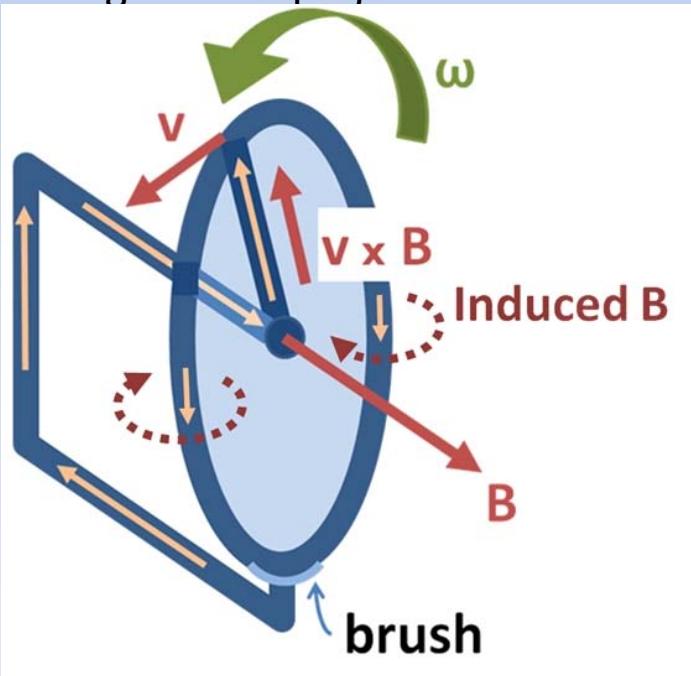
Kaj je generator?

- Stroj za pretvarjanje mehanske energije v električno. Mehansko energijo prejme preko gredi (osi) od različnih vrst turbin.
- Srečamo jih praktično povsod, kjer gre za pretvorbo mehanske energije v električno (termoelektrarne, hidroelektrarne, jedrske elektrarne, vetrne elektrarne,...)

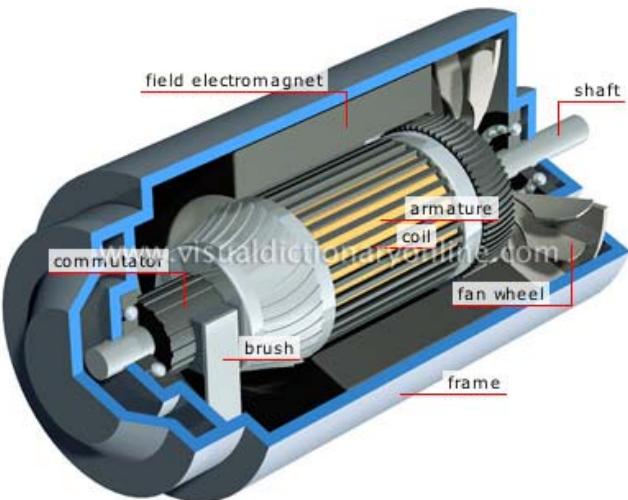


Od ideje do stvarjenja

- Pred odkritjem zvez med elektriko in magnetizmom so na principu mehansko delo – električna energija delovali elektrostatični generatorji: Van de Graaffov generator.
- Faradayjevo kolo: Faraday postavi temelje delovanja vseh nadaljnjih električnih generatorjev = premikanje vodnika v magnetnem polju.



- Dinamo: druga polovica 19. stoletja, uporabljali so ga v industriji! Enostaven koncept rotiranja zanke v konstantnem magnetnem polju (STATOR + ROTOR). Rezultat je izmenična napetost, žal takrat še niso poznali njenih prednosti. Izdelali komutator za pretvorbo v DC. Za velike obremenitve dinamo ni primeren zaradi kompleksnosti in velikosti komutatorja. Danes se uporablja npr. za pogonjanje luči na kolesu, prenosnih svetilkah ipd.
- Alternator
- Fizikalna naloga: izračunaj velikost inducirane napetost v pravokotni zanki, ki se vrati v konstantnem magnetnem polju.



$$\begin{aligned}
 U'_i &= LvB = L(\omega R)B = \omega BS/2 \\
 U_i &= 2U_i = \omega BS \\
 U_i &= \omega BS \cos(\omega t) \\
 U_{Ni} &= N\omega BS \cos(\omega t) \\
 U_i &= -\frac{d\phi_m}{dt}
 \end{aligned}$$

- Fradayev zakon o indukciji, Lorentzova sila, Lenzovo pravilo

$$\vec{E} = \vec{v} \times \vec{B}$$

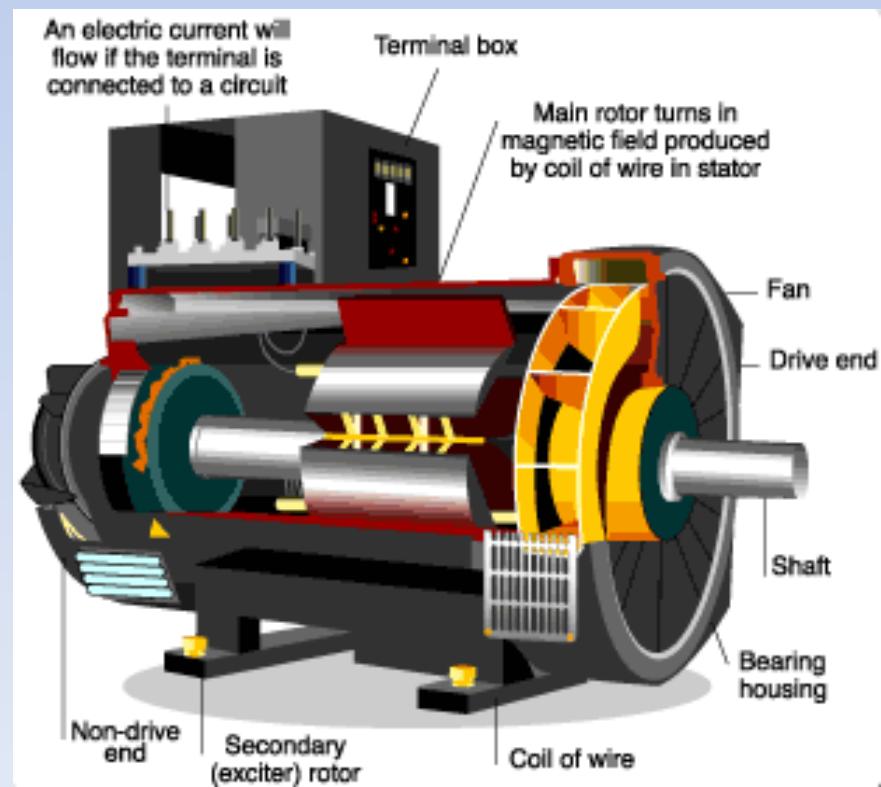
$$U_i = \vec{l}(\vec{v} \times \vec{B})$$

$$U_i = \oint \vec{E} \vec{ds} = -\frac{d\phi_m}{dt}$$

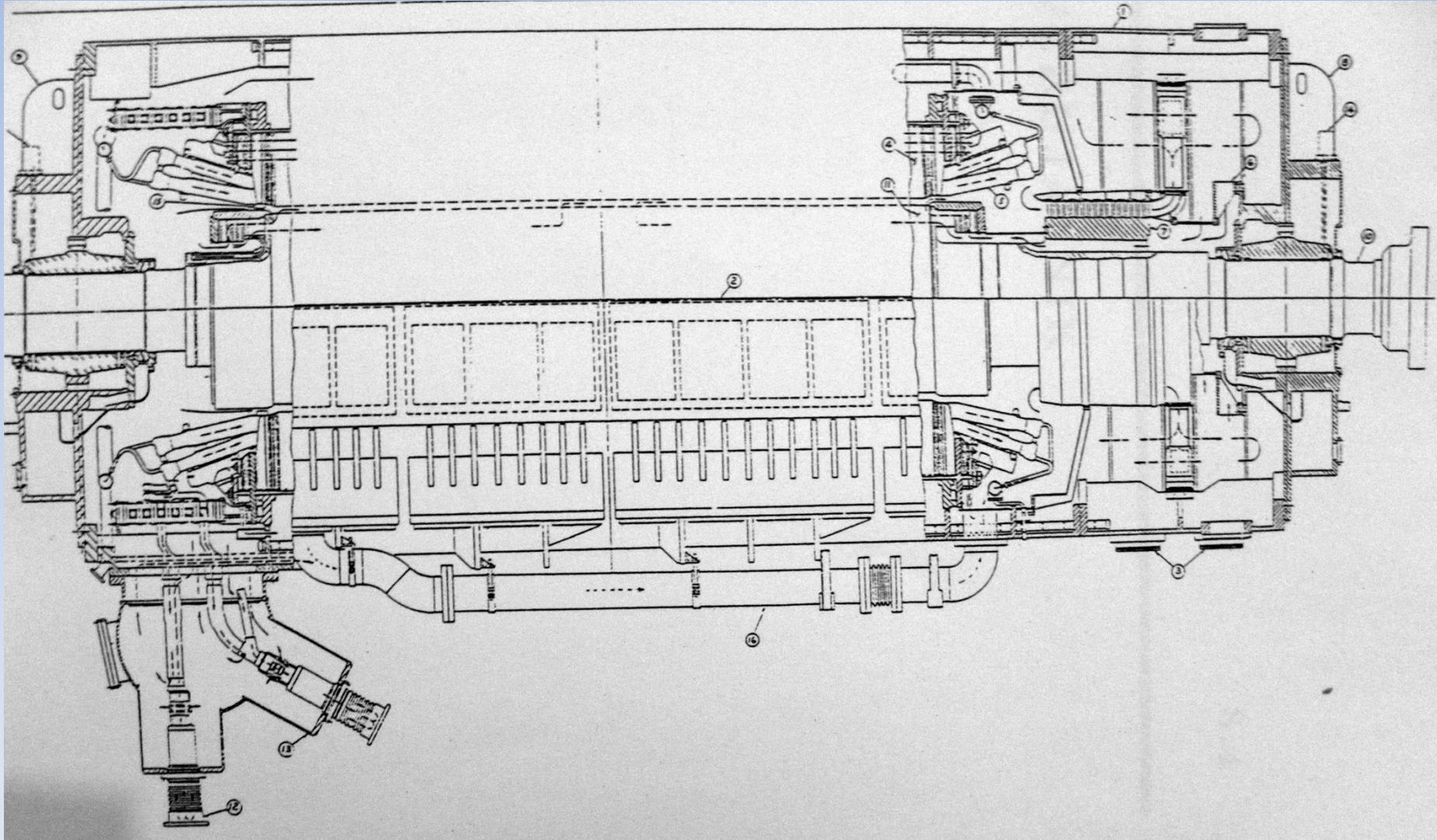
$$\vec{F}_L = e[\vec{E} + (\vec{v} \times \vec{B})]$$

Glavni deli generatorja

- Stator = statični del generatorja, ki je pripet na ohišje.
- Rotor = rotirajoči del generatorja, ki je pripet na prenašalec mehanske energije (turbinska gred)
- Statorsko navitje = navitje, ki se ne premika, večinoma služi kot navitje, kjer se inducira tok z določeno frekvenco
- Rotorsko navitje = navitje, ki se vrti v "objemu" statorja, večinoma vezje napeljejo na DC napetost in dobijo elektromagnet.
- Pomožni sistemi = ohišje, sistemi hlajenja (vodik, voda), ventilatorji, vibracijska tipala, vzbujevalnik, regulatorji izhodne napetosti, sklopi usmernikov.

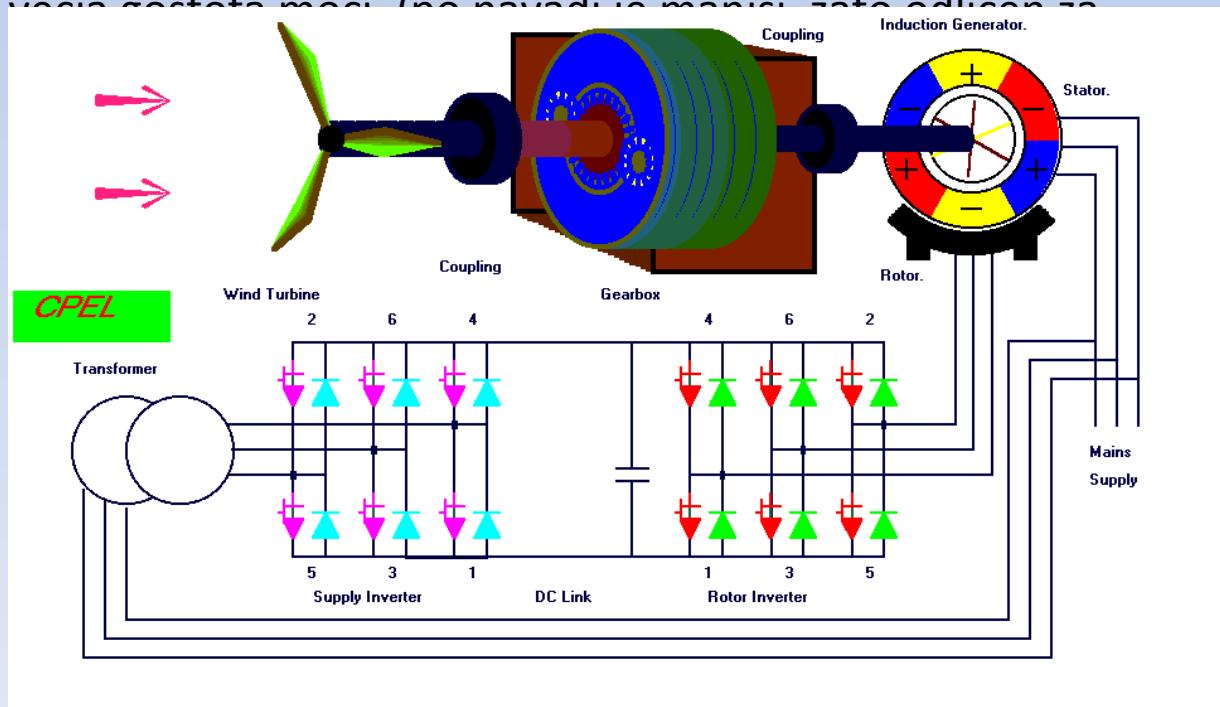


Glavni deli generatorja

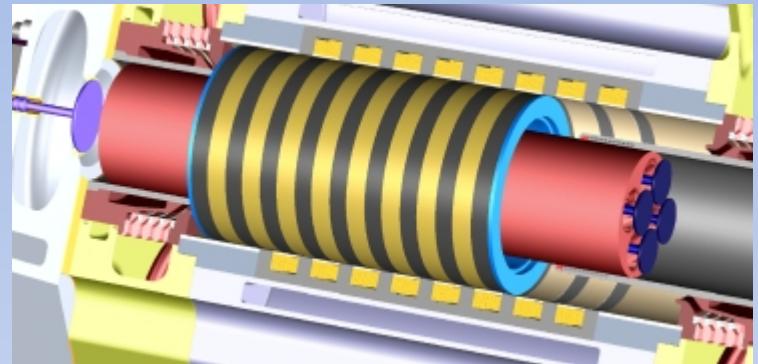
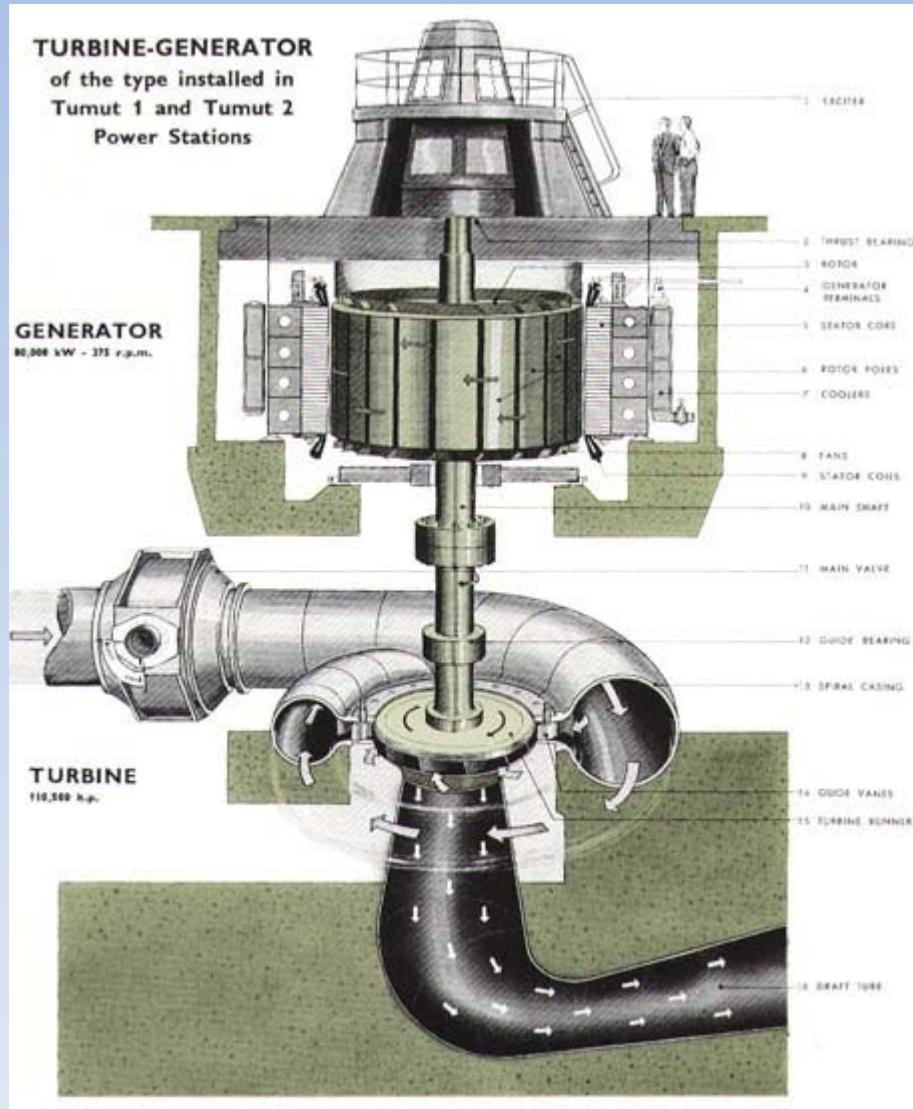


Vrste generatorjev

- Generator z enim vzbujalnikom: (*singly-fed*) zanj velja, da je en večfazni set navojev aktiven, torej da potrebuje svoje DC napajanje. Ločimo še naprej na sinhronne in asinhronne glede na omejitve hitrosti vrtenja gredi. Pri sinhronih je aktiven rotorski del (večina generatorjev). Pri asinhronih pa je aktiven statorski del.
- Generator z dvojnim vzbujalnikom: (*doubly-fed*) velja, da sta aktivna dva seta navojev, torej tako rotorski kot statorski del. Lahko nadzorujemo rotorske navoje pri manjših obratovalnih hitrostih. Prednost je dvakrat višja obratovalna hitrost, torej večji izkoristek, vendar sestavljajoči deli so bolj zahtevni (npr. navoje so manjši, motor oddiščen je v vetrne turbine).



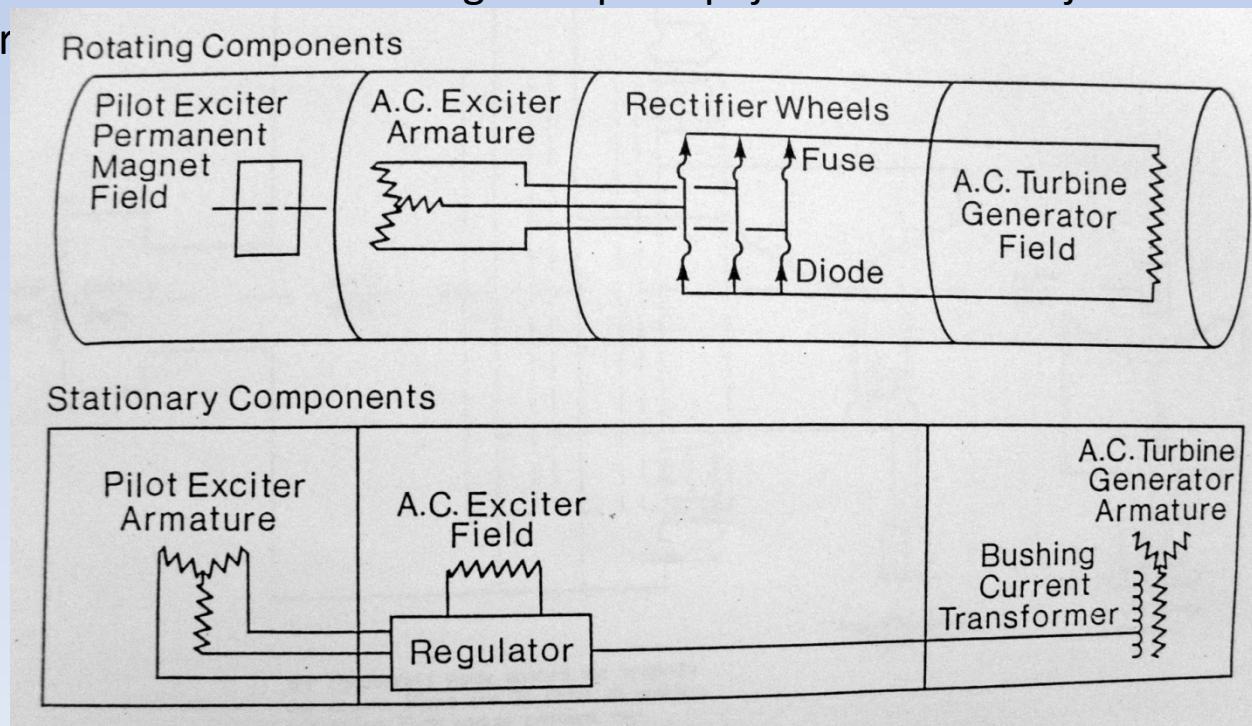
- Linearni električni generatorji: (*linear*) V najenostavnejši obliki predstavljajo trajen magnet ali elektromagnet, ki izmenično drsi v notranjost bakrenega navitja in tako inducira tok.



NEK generator

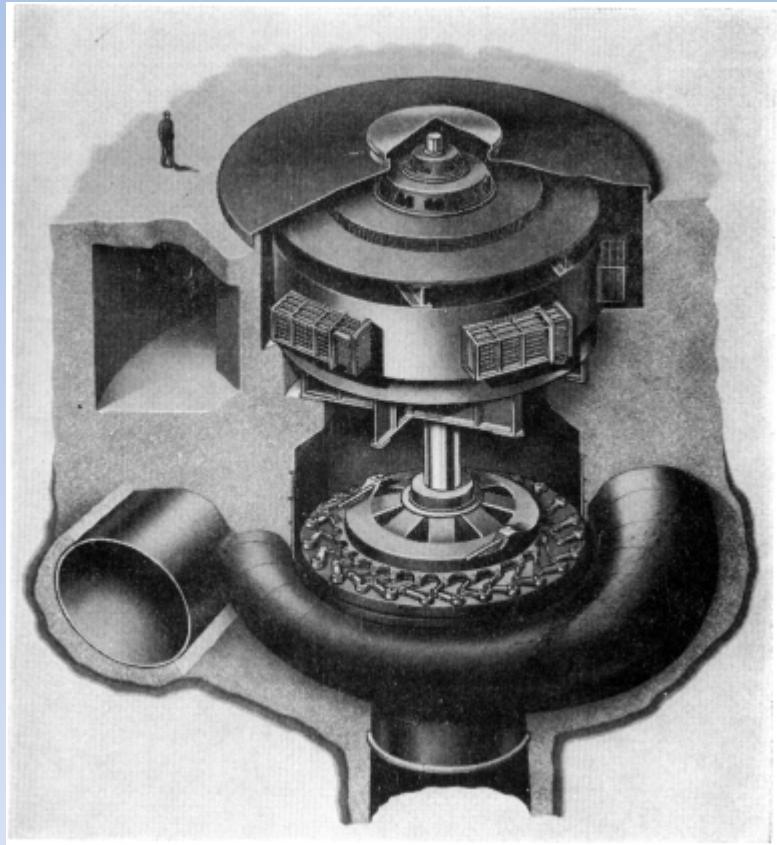
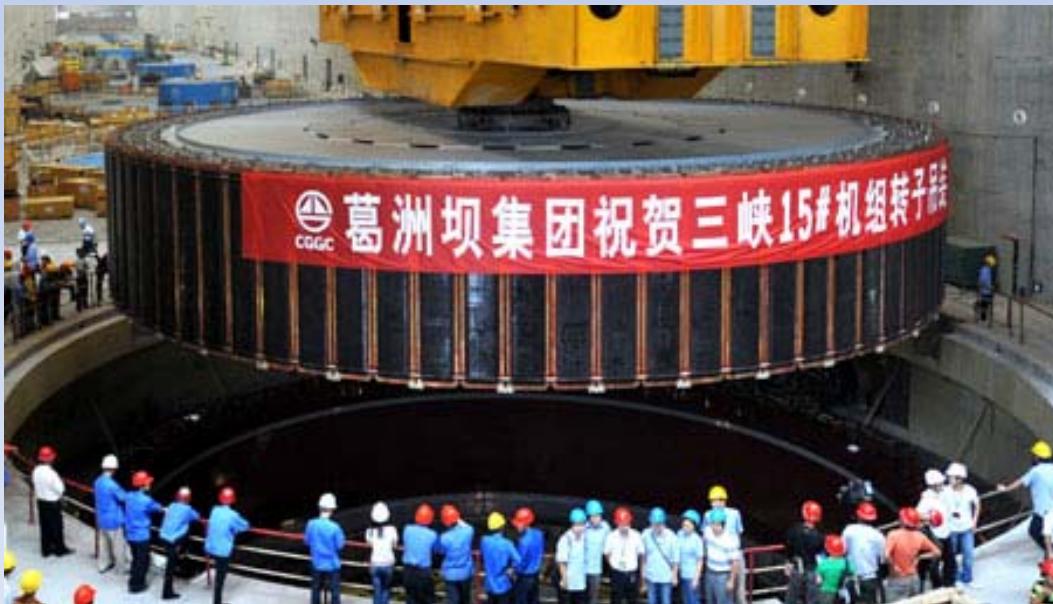
- Del sekundarnega kroga, ki je sestavljen iz uparjalnika, turbine, generatorja, kondenzatorja, napajalne črpalke in cevovodov.
- V NEK obratuje električni **generator z enim vzbujalnikom** - zunanji del predstavlja nosilna konstrukcija, kamor je pripet statorski paket sestavljen iz lamel silicijevega jekla. V utore statorja je nameščeno dvoplastno statorsko navitje, kar predstavlja skupek bakrenih palic sestavljenih iz votlih vodnikov. Statorsko navitje je hlajeno s cirkulacijo hladilne vode. Na rotorju so v aksialni smeri položeni utori, ki omogočajo povezavo med vzbujalnikom in glavnim rotorskim navitjem. Navitje je hlajeno s pretokom vodika pod tlakom 5,25 bar. Generator dosega 1500rpm, frekvenco 50 Hz, trofazno navitje z navidezno močjo 813 MVA in delovno močjo 690829 kW. Faktor moči je 0,85, maksimalni vzbujevalni tok 6882 A, nazivni tok statorja 22345 A, napetost statorja 21 kV. Generator oddaja energijo preko generatorskega bremenskega odklopnika BBC in oklopljenih 21 kV zbiralk obema transformatorjem (dvigneta na omrežnih 400 kV).
- **Hladilni sistem:** prvi sistem je *sistem vodika*, ki ohlaja rotor in zunanj eogrodje statorja. Vodik mora biti izjemno čist – tako ima pozitivne lastnosti kar se tiče obrabe materialov, drugače pa se korozija znatno poveča. Vodik po ceveh poganja ventilator, ki je namontiran na samo gred rotorja pri turbinski strani. Vodik hladita dva stranska hladilnika. Drugi sistem predstavlja *vodno hlajenje*, ki ohlaja statorsko navitje. Hladna voda vstopa po cevovodu skozi ohišje v krožni razdelilec na enem kraju generatorja. Pred vstopom hladna voda teče skozi fino sito, ki mora zadrževati morebitne nečistoče. Iz vstopnega krožnega razdelilca se voda razdeli skozi teflonske izolacijske cevi v votlih vodnikih in se na drugem kraju zbere v končnem obroču ter odteka v vodni tank.

- Vzbujalnik in regulator napetosti:** Naslednja pomembna komponenta je vzbujevalni sistem. Ta ima nalogo, da dobavi enosmerni tok za rotor glavnega generatorja. Sestavljen je iz pomožnega vzbujalnika s permanentnimi magneti, regulatorja napetosti, glavnega vzbujalnika in sklopa usmernikov. Rotirajoči permanentni magneti inducirajo v mirujočem statorju visikofrekvenčno napetost, ki se dovaja statičnemu regulatorju napetosti. Napetostni regulator tipa WTA vzdržuje izhodno napetost generatorja na zeleni višini pri vseh obremenitvah do 105 percentov nazivne moči generatorja. Izhod iz regulatorja napaja vzbujalne tuljave glavnega vzbujalnika. Armatura glavnega vzbujalnika rotira z nazivnim številom vrtljajev 1500, ima večfazno navitje, ki napaja sklop rotirajočih usmernikov. Nato enosmerni izhod usmerniškega sklopa napaja direktno vzbujalno navitje glavnega gener



Zanimivosti

- Hiwassee dam, North Carolina --- 1955, generator, ki je bil dvakrat večji od svojega predhodnika, 70 MW ocenjene delovne moči.
- Največji sedaj: generator na jezu Treh Dolin na Kitajskem. Projekt vključuje 34 generatorjev, od tega sta dva manjša 50MW in 32 večjih, 700MW. Skupna delovna moč je tako 22500MW. En generator tehta 7700 ton.



Viri

- 1. Setnikar, T., Sistemi in obratovanje NEK, Izobrazevalni center za jedrsko tehnologijo, 1990
- 2. Daresbury Laboratory: <http://www.daresburysic.co.uk/>
- 3. Nuklearna Elektrarna Krsko: <http://www.nek.si/sl/>
- 4. Boldea, I., Linear electric actuators and generators, Cambridge university press
- 5. <http://www.windsimulators.co.uk/DFIG.htm>
- 6. [http://en.wikipedia.org/wiki/...](http://en.wikipedia.org/wiki/)
- 7. <http://files.asme.org/ASMEORG/Communities/History/Landmarks/5567.pdf>

