

Generatori

- Danas uglavnom sinkroni generatori. Budući da ih pokreću vodne turbine nazivaju se i hidrogeneratori.
- Za manja postrojenja izuzetno se koriste i asinkroni generatori.
- Glavni dijelovi su stator i rotor. Korisni namot nalazi se uglavnom na statoru. Na stezaljkama tog namota (obično iz bakra) električna se energija oduzima kod generatora, a privodi kod motora.
- Aktivni (korisni) namot se sastoji iz pojedinih zavoja koji su tako raspoređeni da se promjenom struje odnosno napona stvara tzv. okretno polje.

- Kod motora to ima za posljedicu vrtnju rotorskog namota u smjeru polja.
- Kod sinkronih strojeva se to polje stvara vrtnjom rotora i njegovog namota pa u statorskom namotu nastaju tzv trofazne (ili višefazne) struje koje se dobivaju na stezaljkama generatora.
- Prividna snaga $S = \sqrt{3} U J$ [VA]
 - U linijski napon (V); J linijska struja (A)
- Djelatna ili radna snaga $P = \sqrt{3} U J \cos\varphi$ [W]
 - $\cos\varphi$ – faktor snage (kosinus faznog pomaka između struje i napona iste faze)
- Zamašni moment $G D^2$
 - D (m) – unutarnji promjer statorskog namota; G (kg) – masa generatora

- Akceleracijska konstanta

$$T_a = 2 \times \text{kinetička energija (kWs)} / \text{nazivna snaga (kW)}$$

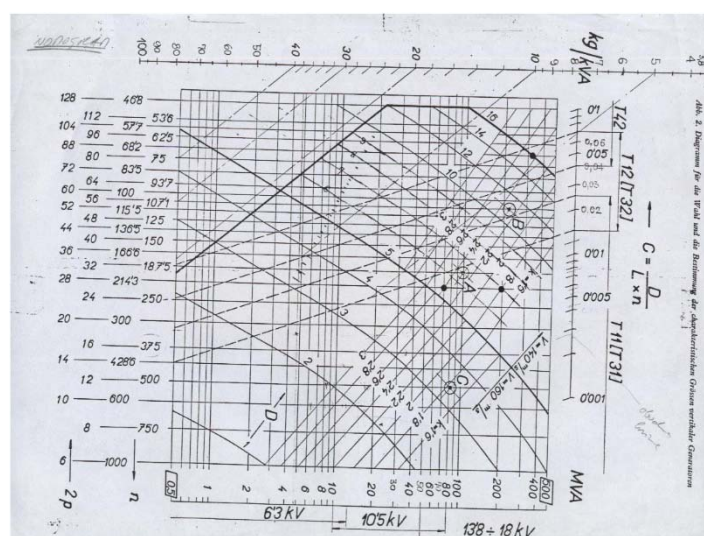
$$T_a = GD^2 n^2 / C S \text{ (s)}$$

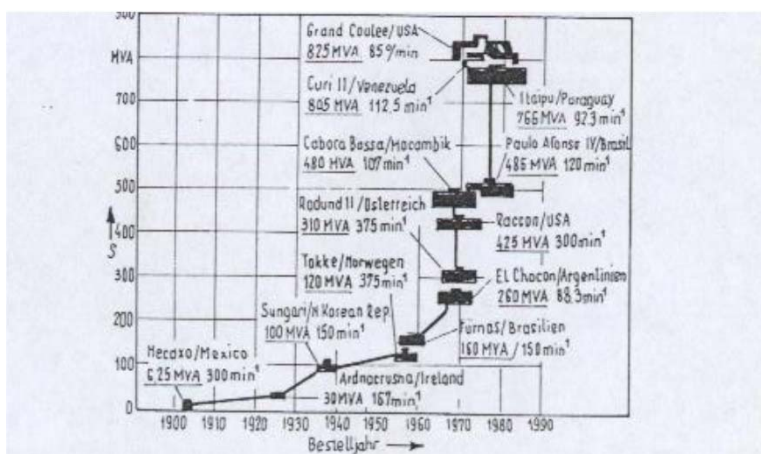
- n – nazivni broj okretaja (nazivna brzina vrtnje) (min^{-1})
- C – konstanta ($C = 730$)

	Vertikalni generator	Generator cijevne turbine
GD2 (tm^2)	10000	4100
n (min^{-1})	75	75
S (MVA)	31,5	31,5
Ta (s)	4,8	2,0

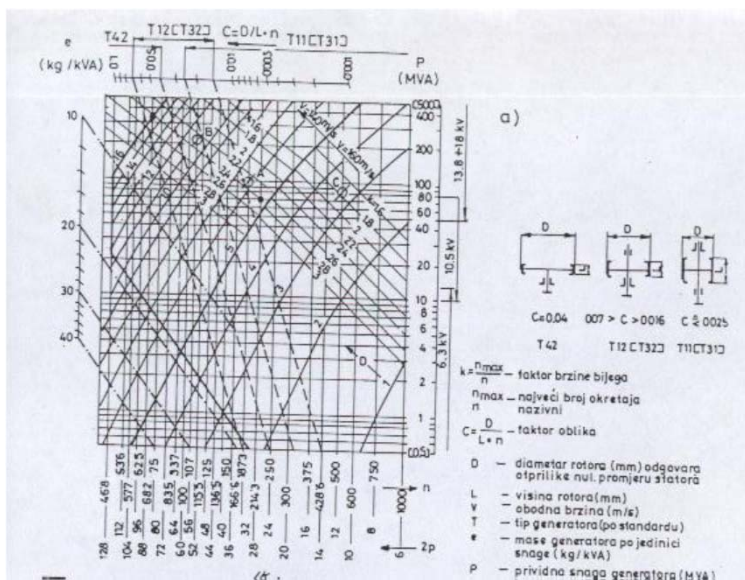
Za otočni rad poželjno je $T_a = (3-5)\text{s}$; a za paralelni pogon s mrežom $T_a = (1-2)\text{s}$

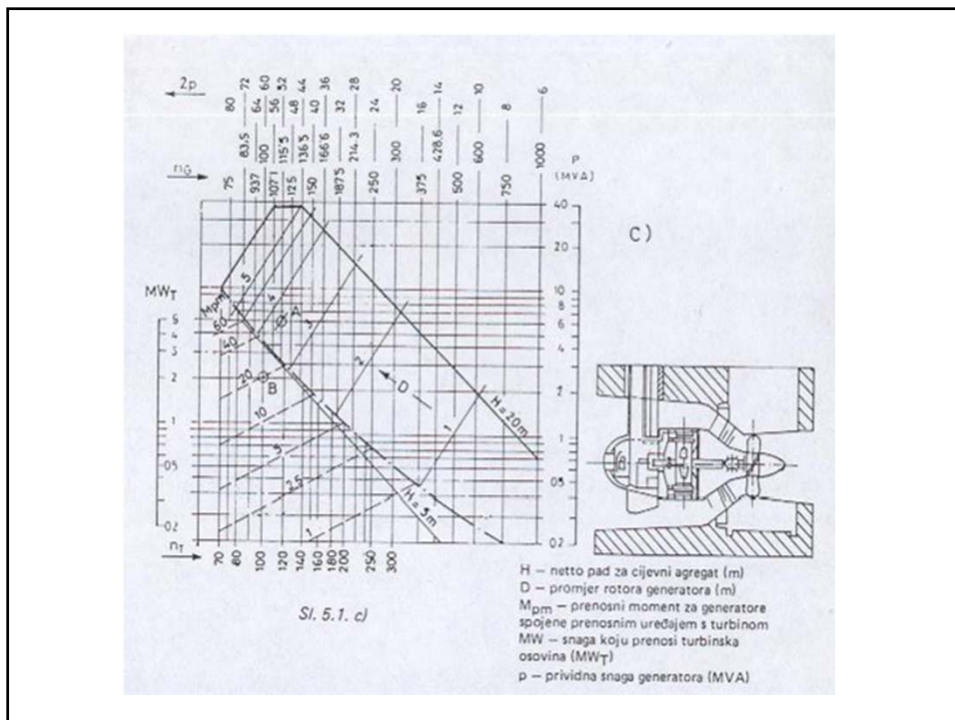
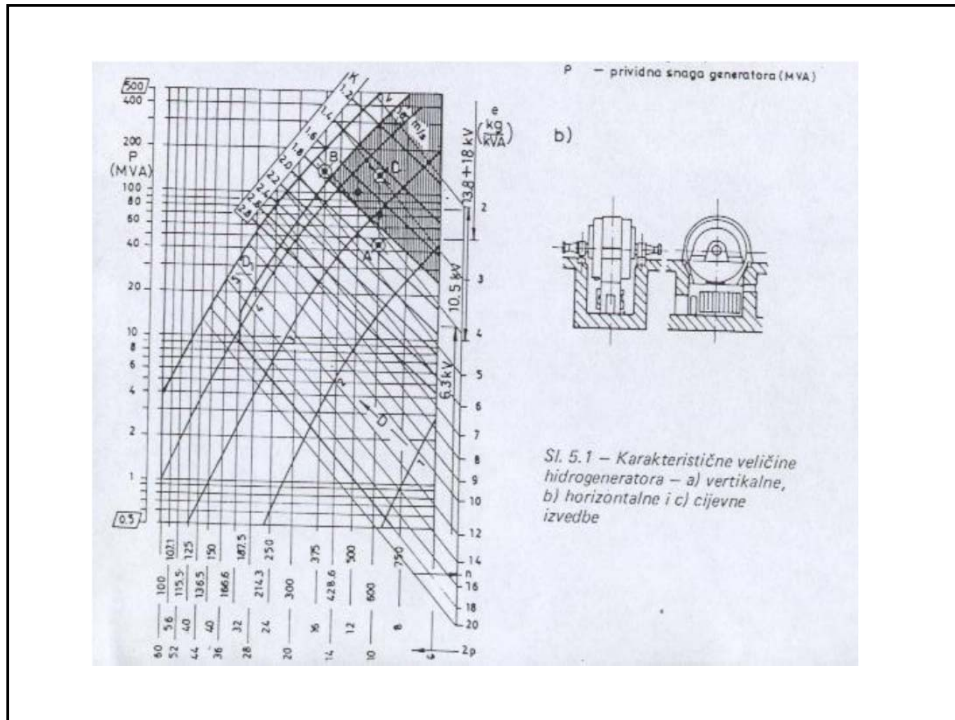
- Nazivni naponi su 6,3; 10,5; 13,8 – 18,2 (kV)



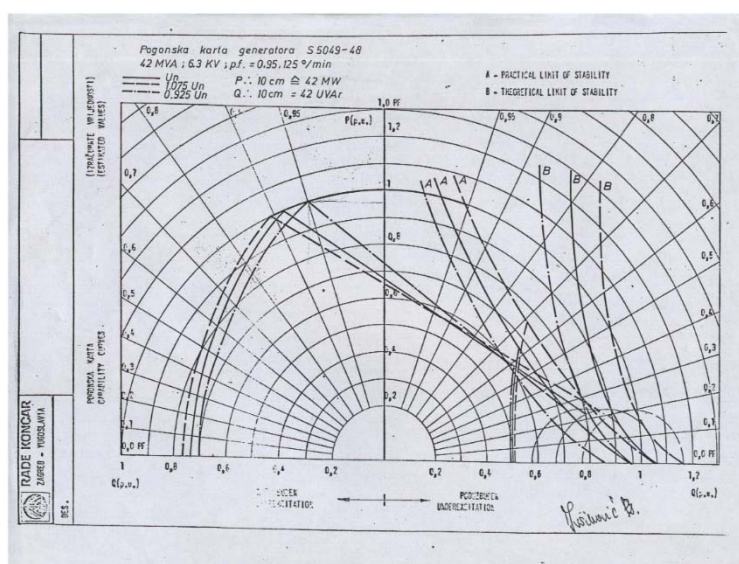


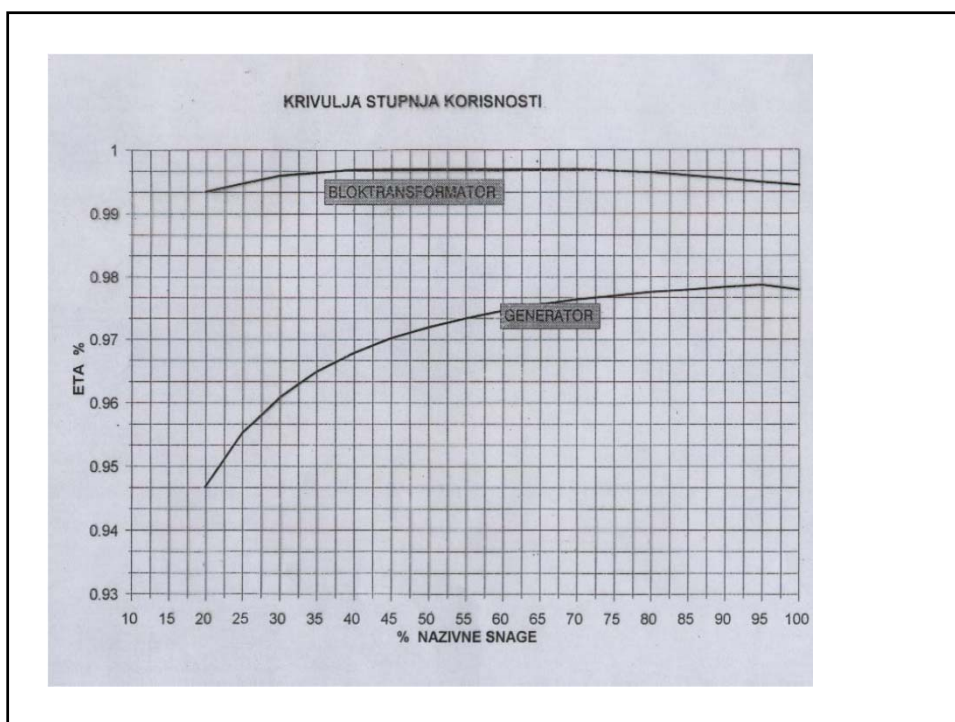
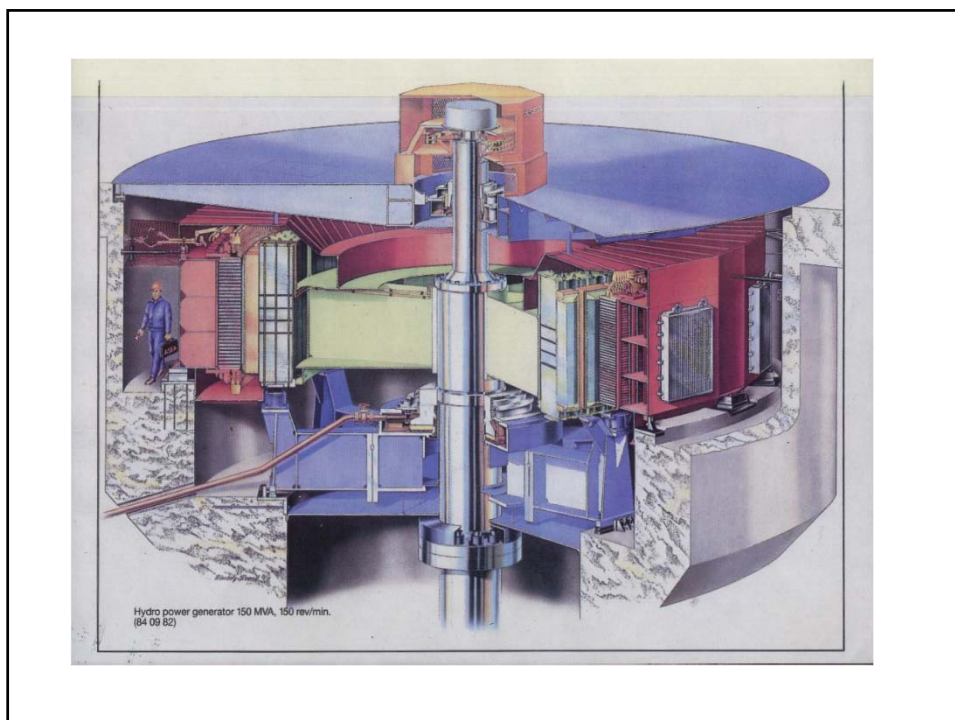
Sl. 5.2 – Razvoj porasta nazivne snage hidrogenatora od 1900–1980. godine

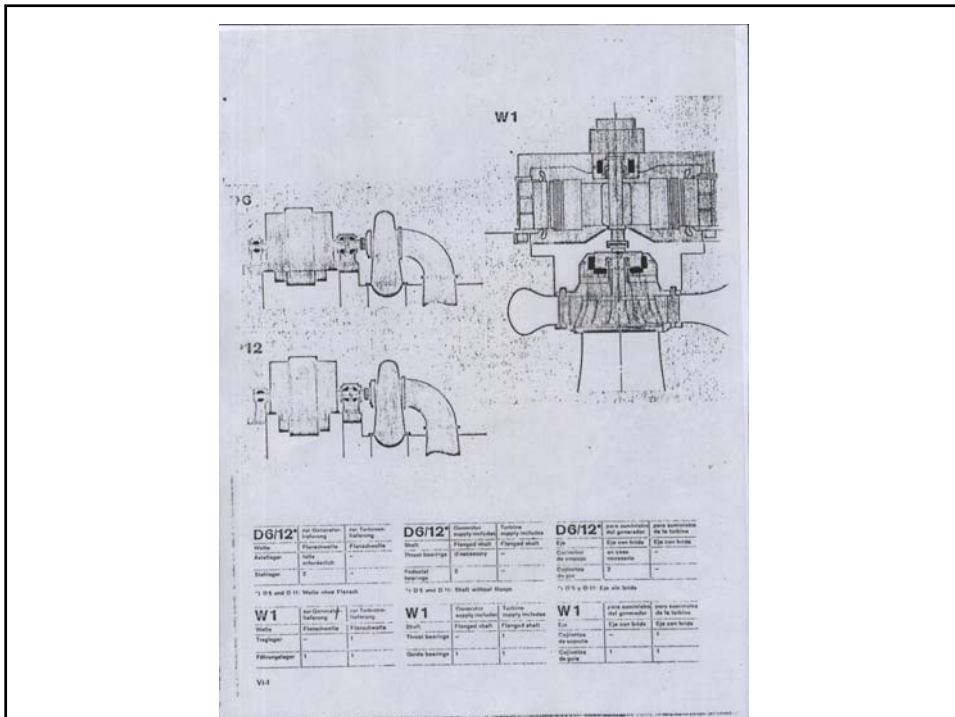
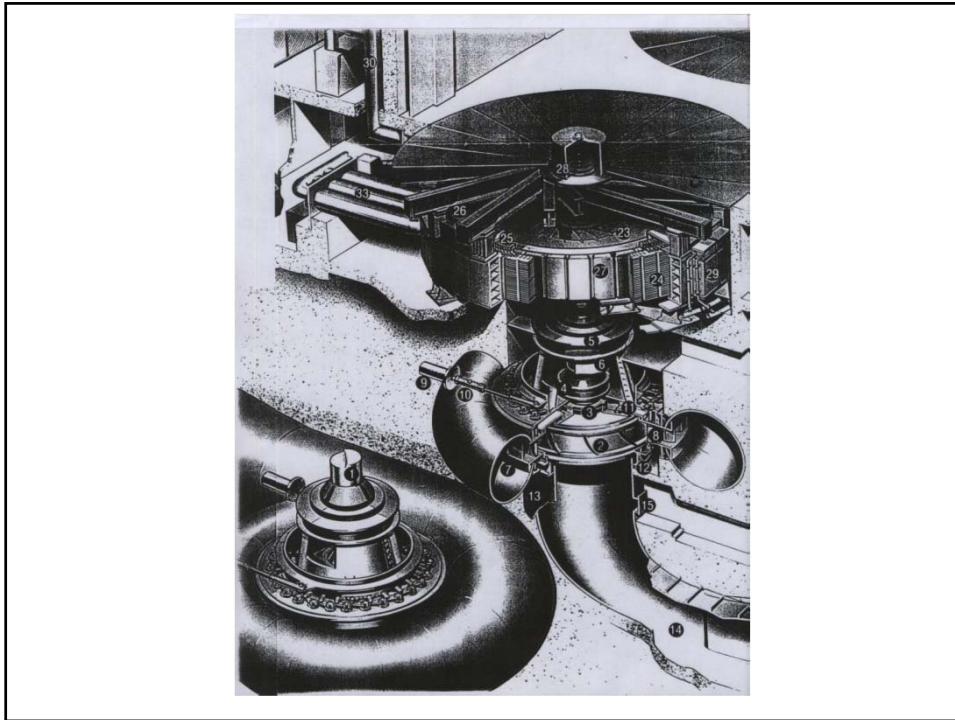




- Hlađenje generatora
 - Zračno
 - Otvoreni (<10 MVA)
 - Zatvoreni (hladnjaci)
 - Vodeno
 - Stator vodom vodom
 - Rotor zrakom vodom
- Kočenje
- Uzbuda







W2o

pour l'armature	pour l'armature	Dimensions	Turbine	pour l'armature	pour l'armature
W2o	W2o	Dimensions	Impulse	W2o	W2o
W2o	W2o	Dimensions	Impulse	W2o	W2o
W2o	W2o	Dimensions	Impulse	W2o	W2o

W3

pour l'armature	pour l'armature	Dimensions	Turbine	pour l'armature	pour l'armature
W3	W3	Dimensions	Impulse	W3	W3
W3	W3	Dimensions	Impulse	W3	W3
W3	W3	Dimensions	Impulse	W3	W3

VI-3

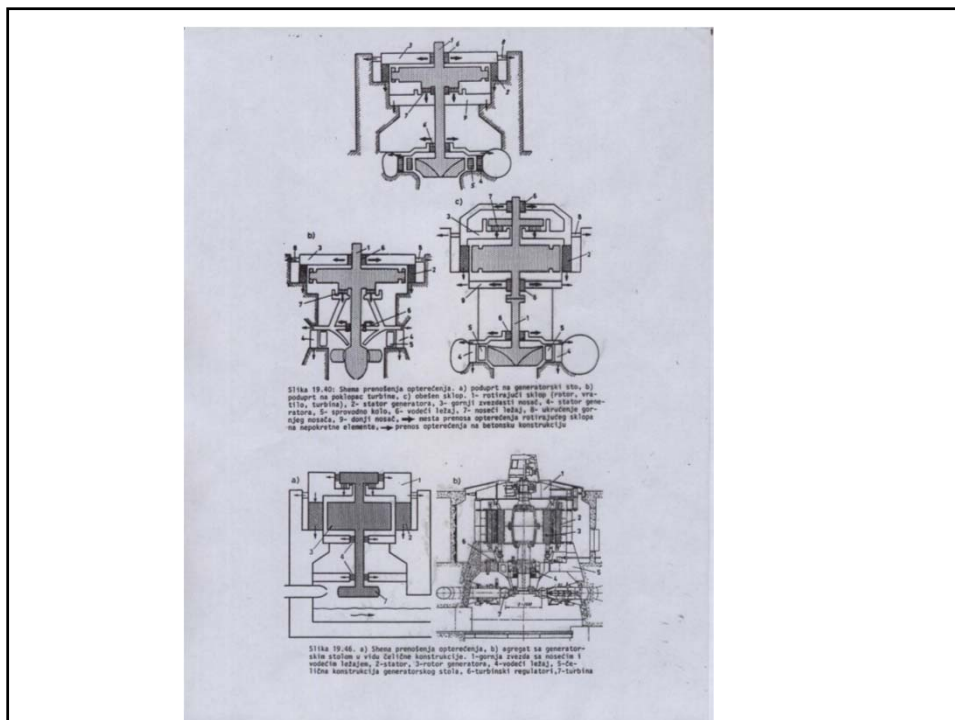
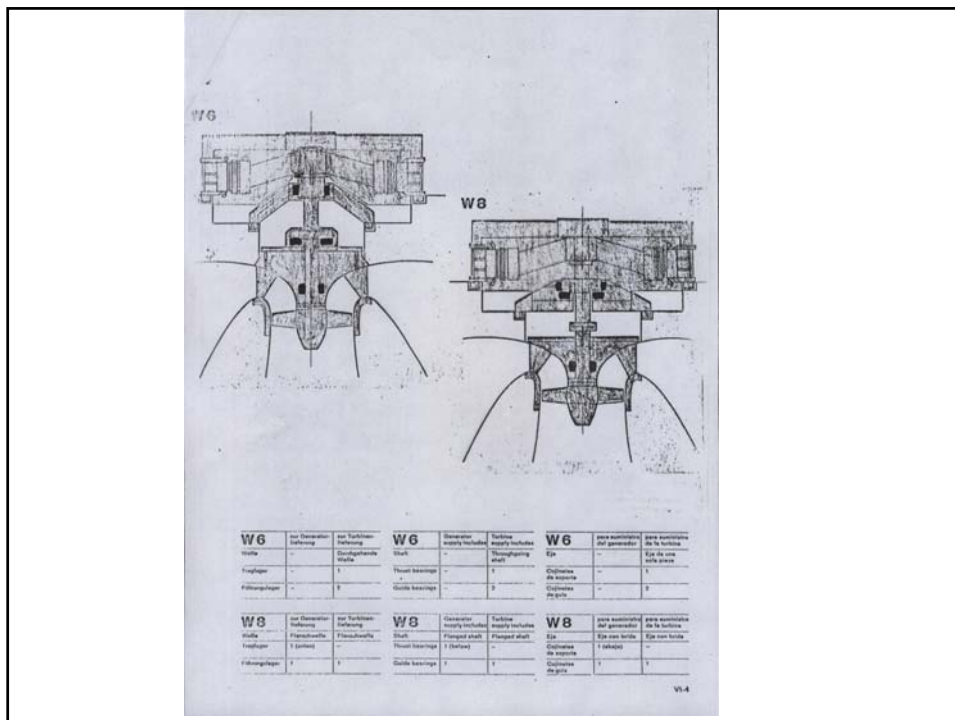
W4o

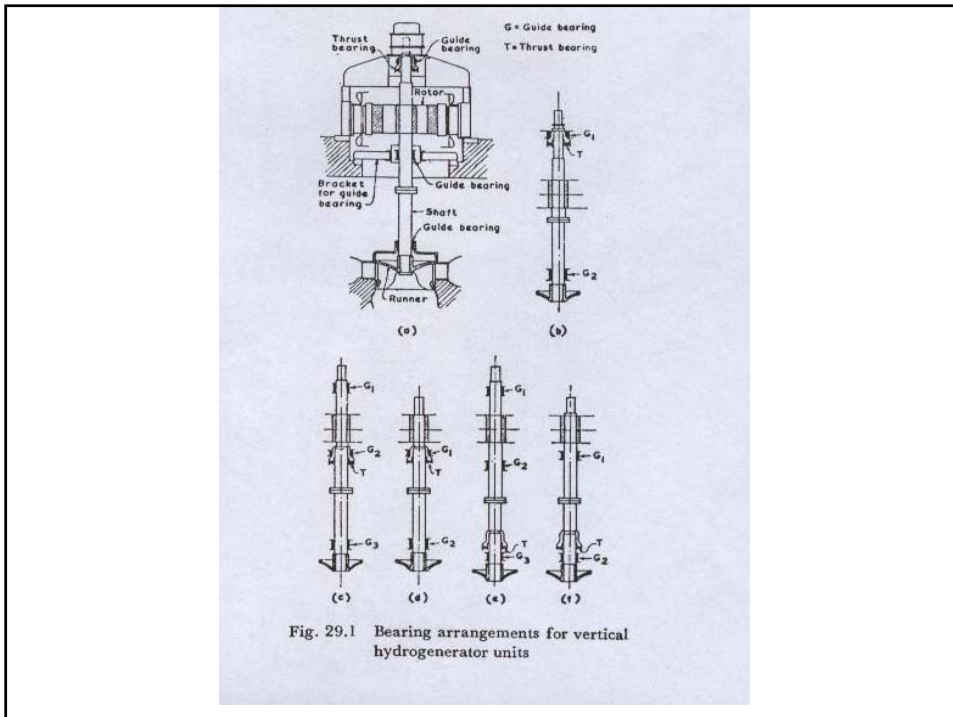
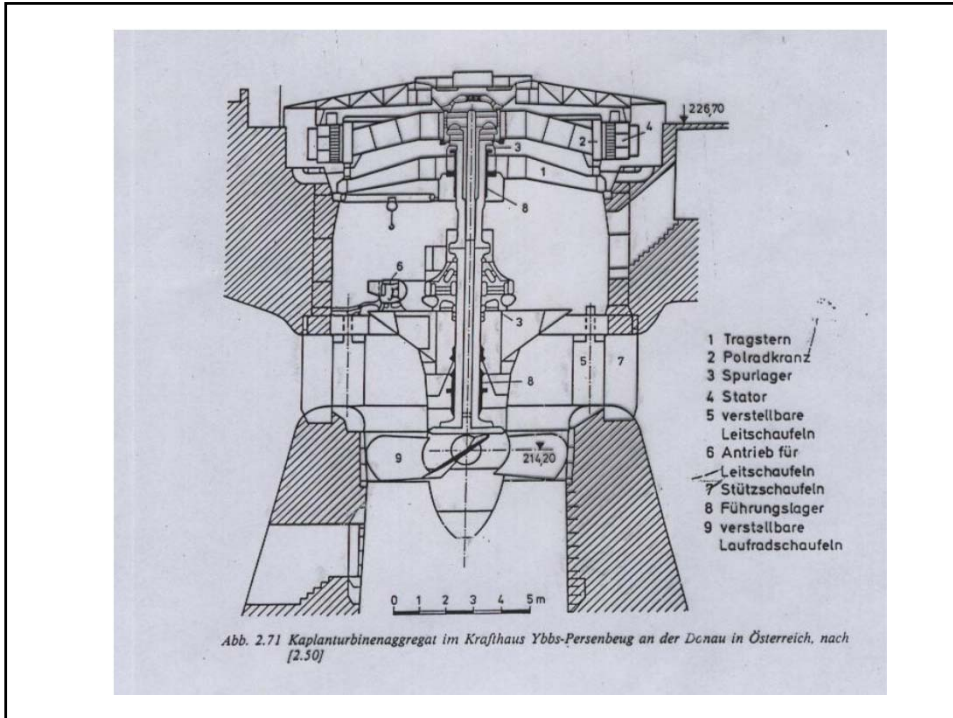
pour l'armature	pour l'armature	Dimensions	Turbine	pour l'armature	pour l'armature
W4o	W4o	Dimensions	Impulse	W4o	W4o
W4o	W4o	Dimensions	Impulse	W4o	W4o
W4o	W4o	Dimensions	Impulse	W4o	W4o

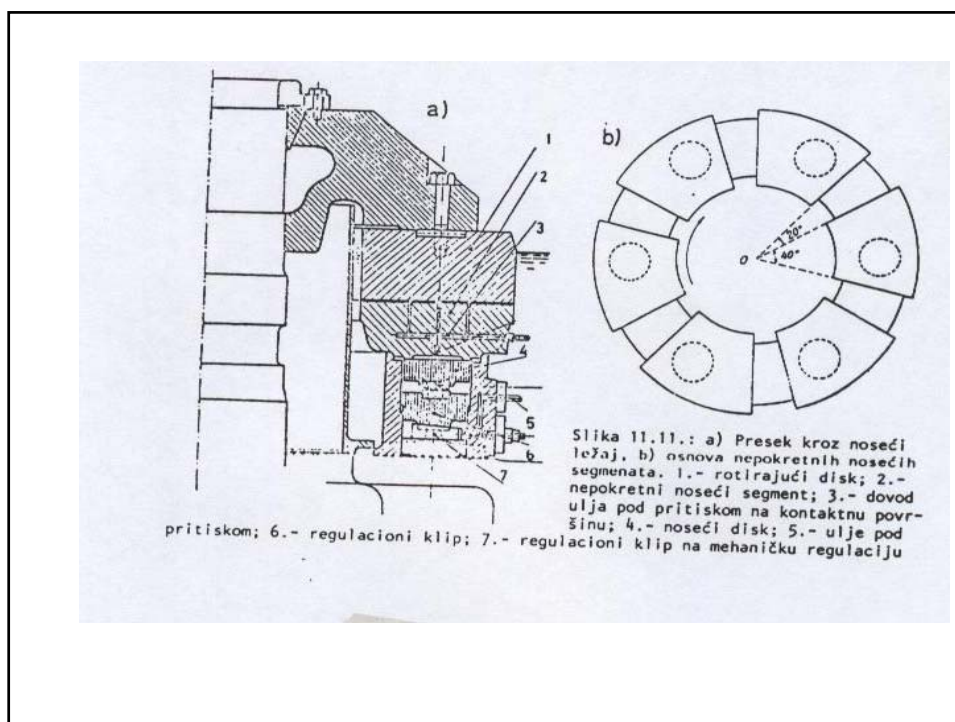
W4u

pour l'armature	pour l'armature	Dimensions	Turbine	pour l'armature	pour l'armature
W4u	W4u	Dimensions	Impulse	W4u	W4u
W4u	W4u	Dimensions	Impulse	W4u	W4u
W4u	W4u	Dimensions	Impulse	W4u	W4u

VI-3







Transformatori snage (energetski transformatori)

- Transformatori služe za pretvaranje (električne energije) stanovitog izmjeničnog napona, određene frekvencije, u drugi napon jednake frekvencije.
- Transformator se sastoji od jezgre složene iz tankih visokolegiranih limova međusobno izoliranih zbog smanjenja gubitaka. Na jezgru su navučeni namoti višeg i nižeg napona koji su međusobno izolirani.
- Ovisno o snazi transformatori se izvode u tzv suhoj izvedbi, a za veće snage i napone smješteni su u kotao iz čeličnog lima, koji je napunjen specijalnim mineralnim uljem. Kroz kotao prolaze provodni izolatori višeg i nižeg napona za priključak na dio instalacije u koju se transformator ugrađuje.

- Transformatori se prema namjeni dijele na:
 - energetske transformatore
 - blok transformator (transformacija energije proizvedene u generatoru s kojim je spojen direktno)
 - mrežni transformator (vrši transformaciju u mreži)
 - mjerne transformatore (mjerenje struje i napona)
 - specijalne transformatore (za posebne svrhe)

- Smješta se što bliže generatoru. (skice)

- Generator daje između 6 i 18 kV a u mrežu se upućuje:
 - 35 kV (transformator manje snage)
 - 110 kV (< 50 MVA)
 - 220 kV (< 200 MVA)
 - 380 kV (> 200 MVA)

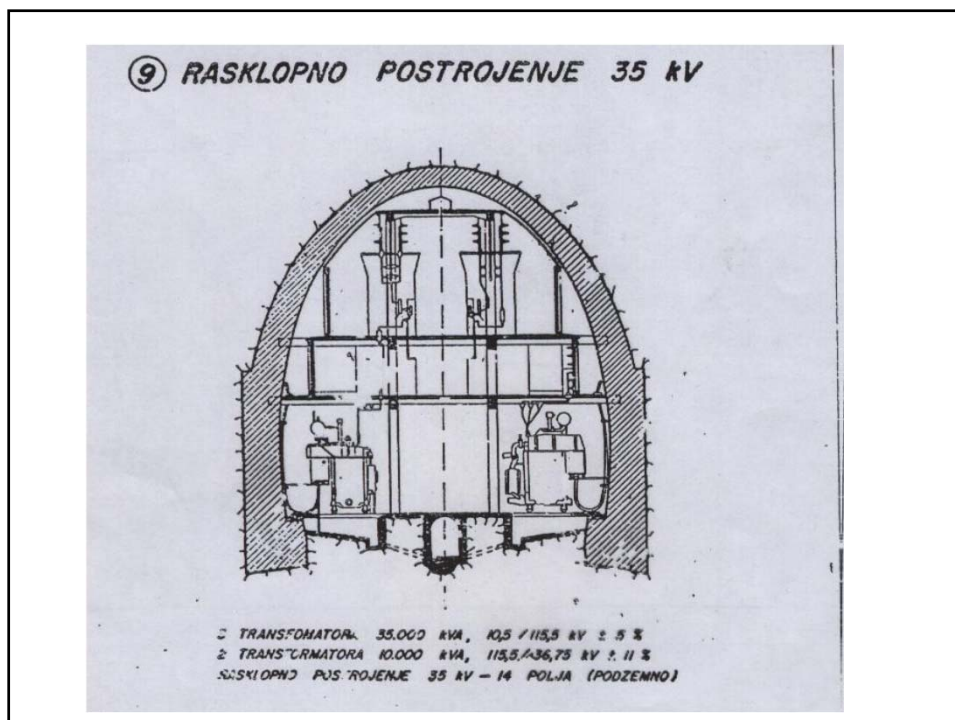
- Jedna proizvodna jedinica ima jedna blok transformator jednake prividne snage kao i generator.
- Hlađenje – ulje hlađeno vodom (ispod transformatora izvodi se sabirni kanal za ulje).
- Doprema – veliki su tereti i velikih gabarita te se treba posebno planirati doprema i unutarnji transport.
- Visina transformatora kreće se od 8 do 10 m,
- Dužina transformatora je 6 - 18 m.
- Širina se kreće od 4 – 10 m (manja nazivna snaga – manje dimenzije).
- Masa se kreće od 80 do 350 t po jedinici ovisno o prividnoj snazi.

Rasklopno postrojenje

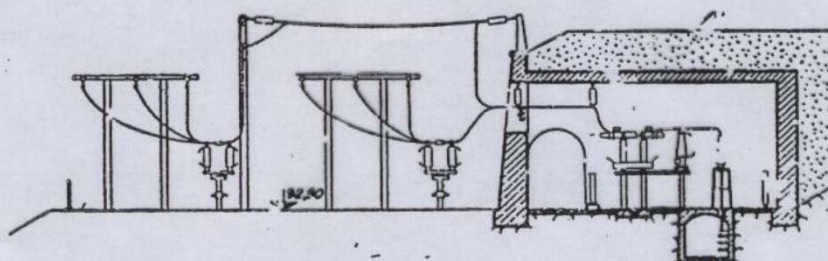
- Smješta se van strojarnice i van podzemnih prostorija.
- Orijentaciono su potrebne površine:
 - 35 kV postrojenje ~ 200 m²
 - 110 kV postrojenje ~ 450 m²
 - 220 kV postrojenje ~ 1300 m²
 - 380 kV postrojenje ~ 3000 m²
- Zadaća rasklopnog postrojenja je prijenos energije iz sustava u sustav. Povezuje izvor (ili izvore) energije s mrežom.
- Rasklopno postrojenje sadrži komponente koje omogućuju uklapanje i isklapanje pojedinih dijelova prijenosnih linija.

- Niskonaponska RP < 1000 V (380; 600 V);
- Visokonaponska RP > 1000 V (3; 6; 10; 20; 30; 110; 220; 380 kV)
- Unutarnja i vanjska RP
 - S konvencionalnom opremom (otvorena –vanjska)
 - Blindirana izvedba SF₆ (sumpor hexafluorid).
- Uređaji za uklapanje i isklapanje:
 - Rastavljači – vidljivo odvajanje (u neopterećenom stanju)
 - Učinski rastavljači – za mali teret
 - Dozemni rastavljač.
 - Prekidači snage – uklapanje i isklapanje u normalnim pogonski uvjetima, kod kratkog spoja i u najnepovoljniji uvjetima (zračni, malouljni i SF₆).

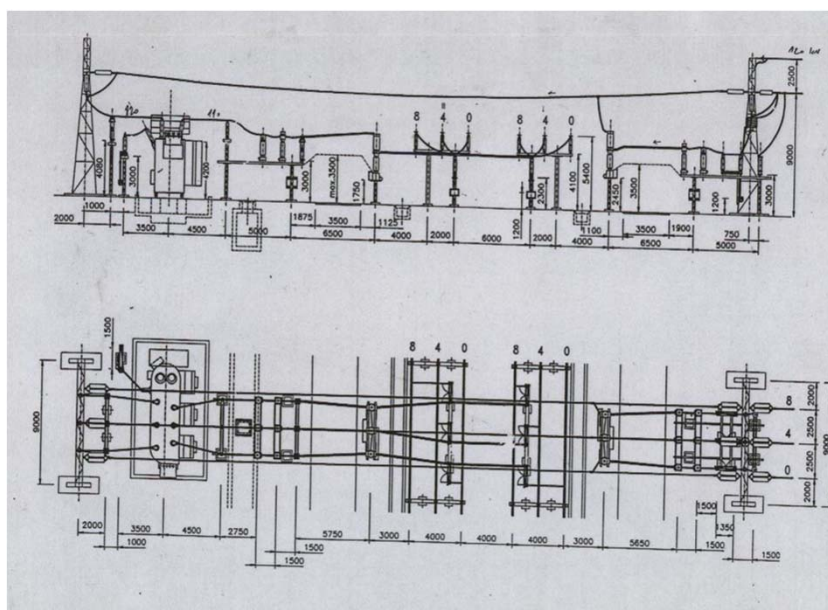
- Elementi RP:
 - Sabirnice
 - Rastavljači
 - Prekidači
 - Mjerni transformatori
 - Prigušnice (ograničenje struja kratkog poja)
 - Transformatori
 - Ostala oprema (spojni i ovjesni materijal; izolatori; upravljački, zaštitni i signalni uređaji; energetska i signalna kablovi; uređaji uzemljenja; kompresorski uređaji; itd)

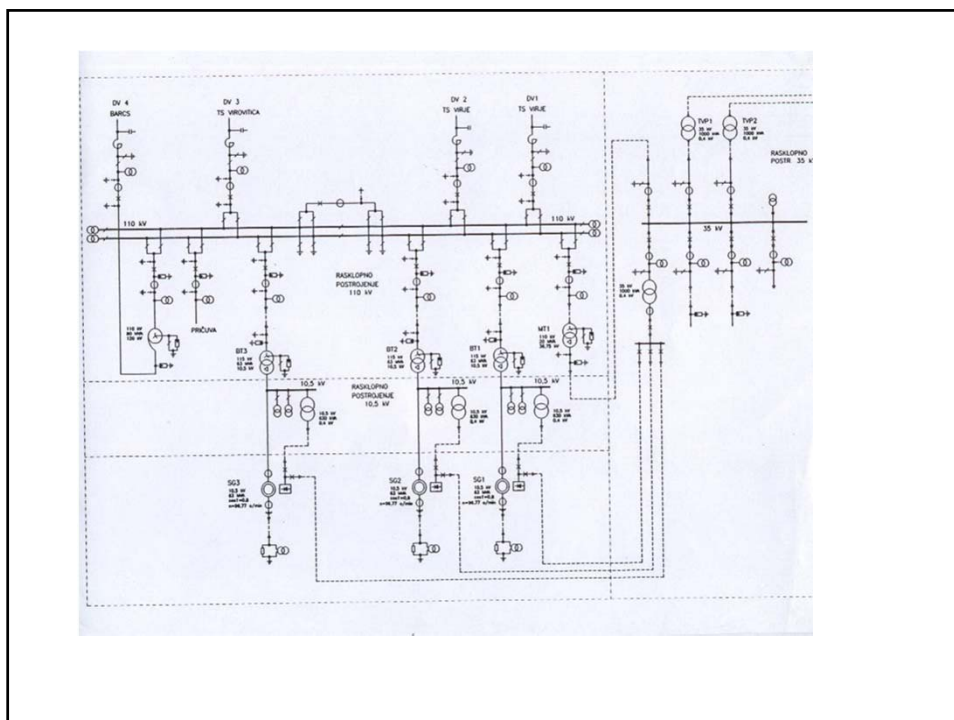


⑩ RASKLOPNO POSTROJENJE 110 KV



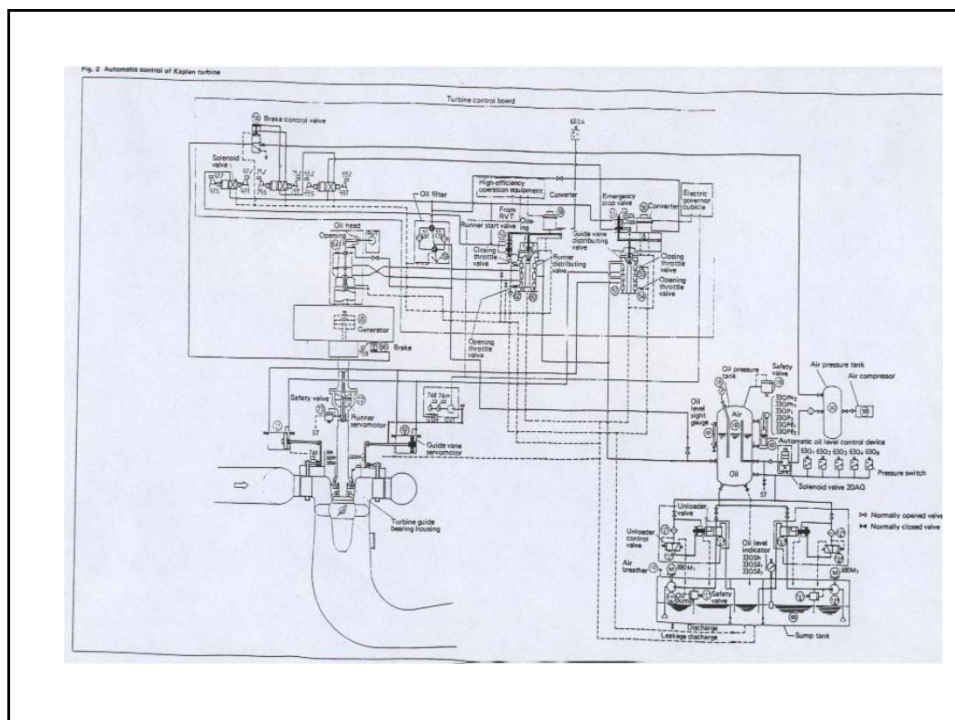
RASKLOPNO POSTROJENJE 110 KV - 1# POLJA (NADZEMNO)





Sustav regulacije vodnih turbina i električnih generatora

- Osnovni princip – traži se automatska regulacija izlazne veličine (regulirana veličina). Ta veličina treba biti čim bliža poredbenoj veličini usprkos poremećajima.
- Dobra regulacija:
 - Precizna i pouzdana u stalnom režimu
 - Stabilna i brzi odziv u prijelaznom režimu.
- Danas se koriste elektronički sklopovi (ranije–mehanički)
- Sustav regulacije sastoji se iz:
 - Regulatora (turbinski (regulacijski krug frekvencije – brzina vrtnje; regulacijski krug snage) (podaci iz EES, GV, DV)
 - Mjernih organa koji daju signale povratne veze
 - Organa koji izvršavaju naloge dane od regulatora (servomotori regulacije koji reguliraju uređaje za dovod vode turbini).

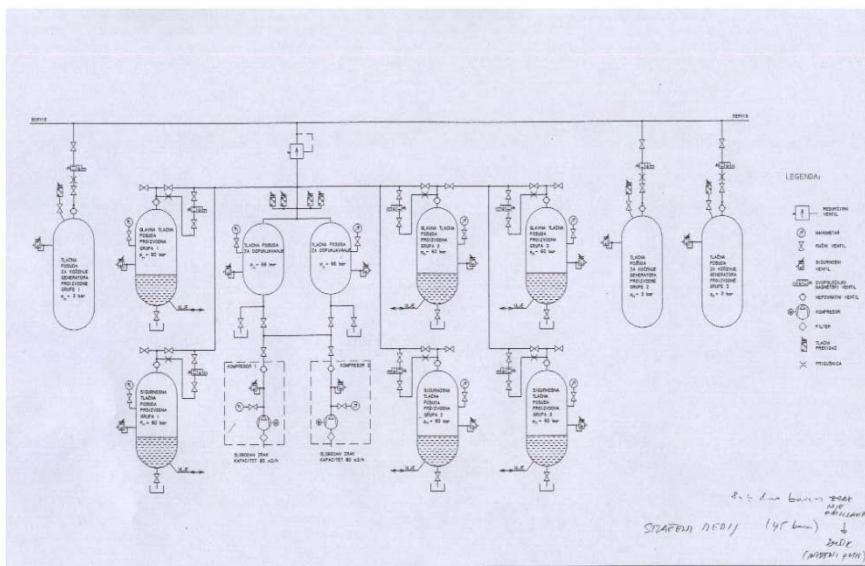


Odvodnja i rashladna voda

- Odvodnja (pražnjenje se treba obaviti za 6 – 8 sati)
 - Procjedne vode
 - Protočnog trakta
- Rashladna voda
 - Hlađenje generatora (oko 60% ukupne rashladne vode)
 - Hlađenje ulja generatora (10 – 20%)
 - Hlađenje ležajeva (noseći i vodeći) (~ 15%).
 - Podmazivanje brtve (labirinta brtve – osovina / kućište)
 - Potreba oko 1 l/s po 1 MW snage.
- Voda za piće

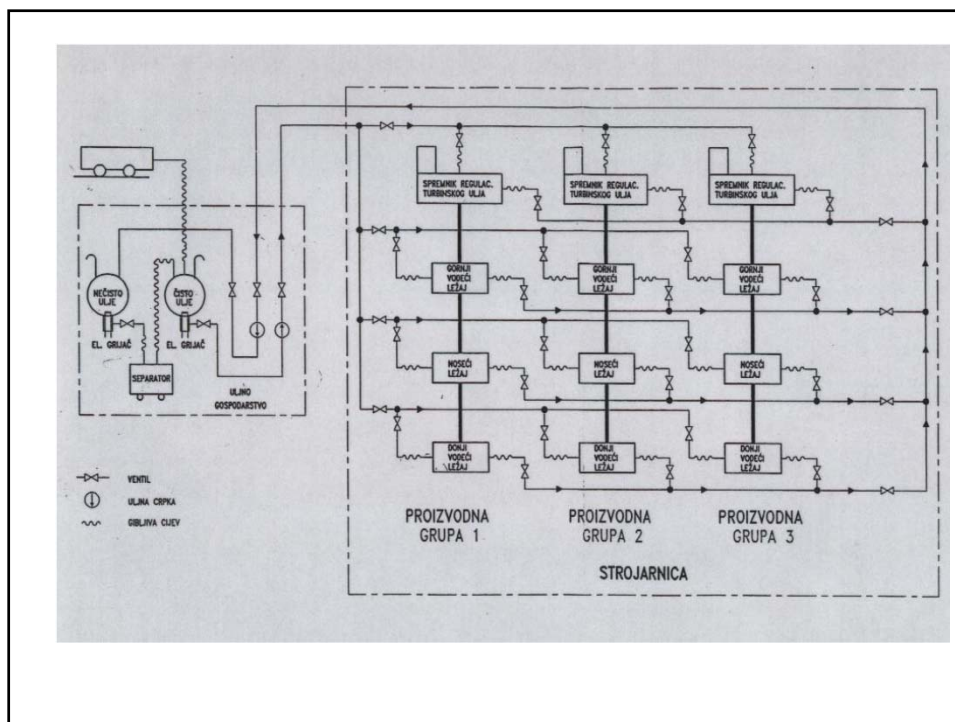
Tlačni zrak

- Izvode se dva sustava:
 - Visokotlačni (4 – 6 MPa)
 - Niskotlačni (0,7 MPa)
 - (brzine strujanja zraka su od 20 – 30 m/s)
- Koristi se za:
 - Stavljanje pod pritisak ulja u rezervoarima uljne regulacije (4-6 MPa)
 - kočenje generatora
 - Ispuhivanje vode iz protočnog trakta reverzibilnih proizvodnih grupa (0,7 MPa)
 - Pneumatske sklopke visokog napona (4-6 MPa)
 - Sustave zračnog hlađenja.



Uljno gospodarstvo

- **Turbinsko ulje** koristi se za:
 - Regulaciju ($W_{ulja} = k m P \sqrt{D \cdot H}$)
 - $k = 1$ (kod dvojne regulacije- Kaplan, cijevna)
 - $k = 0,5 - 0,6$ (Francis)
 - $k = 1,5$ (Pelton)
 - m – broj agregata
 - P – snaga (MW)
 - D – promjer turbine (m)
 - H – pad (m)
 - Servouređaje zatvarača
 - Podmazivanje ležajeva ($W_{podmazivanja} = 0,3 W_{ulja}$)
- **Izolacijsko ulje** – koristi se u transformatorima
- Rezervoari za neiskorišteno, korišteno i pročišćeno ulje.



Vlastita potrošnja

- Neprikosnoveni potrošači (bez prekida)
- **KRITIČNA POTROŠNJA**
 - DIESEL AGREGAT
 - Uzbuda generatora
 - Sustav uljne regulacije
 - Sustav za hlađenje (s pumpama)
 - Tlačni zrak
 - Sigurnosni uređaji (požar; signalizacija)
 - AKU baterije (istosmjerno napajanje)
 - Upravljačko – informacijski sustav

- **Kratkotrajno bez napajanja:**
 - Crpke drenažnog sustava
 - Zatvarači
 - Osvjetljenje hale
 - Uređaji za punjenje akumulatora
- **Dulje bez napajanja:**
 - Dizalice
 - Filtracija i obnavljanje ulja
 - Osvjetljenje kruga, skladišta, radionica,
 - Osvjetljenje ostalih manje značajnih operativnih prostora.

- Istosmjerna struja (rezerva AKU baterije)
 - Upravljanje
 - Signali
 - Zaštitni i kontrolni uređaji.
- Sigurnosni sustav traži dva nezavisna sustava napajanja:
 - Glavni sustav:
 - Ako ne radi HE – iz EES preko kućnog transformatora
 - Ako radi HE – generator – blok transformator – vlastito napajanje (0,5 – 0,8 % P_i)
 - Rezervni sustav:
 - Kod manjeg pada HE – diesel agregat
 - Kod većeg pada kućna HE (kod većih postrojenja 0,3 – 0,4 % P_i)
 - (HE Senj za potrošače I i II grupe MHE i diesel agregat)

