



Minden, amit tudni szeretnél volna a hidrogenerátorokról de féltél megkérdezni..., avagy tényleg úgy forog a rotor, mint a Terminátor-5 filmben?

Mi a manó az a „hidro” előtag a címben, talán egy hidrogenerátor nem egy közösleges szinkrongenerátor?

- Rövid válasz: de.
- Elvi működését tekintve nem különbözik bármely más szinkrongenerátortól (akár kiálló pólusú, akár hengeres forgórészű)
- Azonban a generátor mechanikai konstrukciója messzemenően alá van rendelve a klf. vízturbina-elrendezéseknek: pl. „ormányos” generátor; az épület vasbetonszerkezet a generátor elválaszthatatlan része, „lyukas tengely
- „Meggzaladás” miatt/ellen: (1) szándékosan nagy értékű forgási tehetetlenségi nyomaték, Θ [kgm²], akár kiegészítő lendkerék; (2) a forgórész konstrukció gyakran okoz „fejfájást” a tervezőnek
- A generátor túl nagy, csak darabokban szállítható → több darabra kell osztani, még akkor is, ha ez csak bonyolítja a konstrukciót



Hazai vízerőművek

Viszonyítási alap: Magyarország teljesítményigénye 4500...6800MW

- Kiskörei vízerőmű - 28 MW (Tisza)
- Tiszalöki vízerőmű - 12,9 MW (Tisza)
- Kesznyéteni vízerőmű - 4,4 MW (Hernád-Sajó)
- Ikervári vízerőmű - 2,28 MW (Rába)
- Békésszentandrás duzzasztó - 2 MW (Hármas-Körös)
- Kenyeri vízerőmű - 1,54 MW (Rába)
- Gibárti vízerőmű - 1 MW (Hernád)
- Felsődobozai vízerőmű - 940 kW (Hernád)
- Csörötneki vízerőmű - 485 kW (Rába)
- Körmendi vízerőmű[4] - 240 kW (Rába)
- Alsószölnöki vízerőmű - 200 kW (Rába)
- Pornóapáti vízerőmű - 113 kW (Pinka patak)
- Szentpéterfai vízerőmű - 50 kW (Pinka patak)
- Kvassay szivattyútelep és vízerőmű - csupán időszakosan termel áramot (Soroksári-Duna)
- Sió zsilip vízerőmű, Keselyűs (Sió-Csatorna)
- Szentgotthárd vízerőmű (Rába)



Kisköre (1973)

- 4db 7MW horizontális „bulb” Kaplan Ø4,3m
- 140m³/sec; 2-10,4m esés
- 56 pólus, azaz 107,14 ford/perc



Tiszalök (1959)

- 3db 4,3MW vertikális Kaplan Ø4,8m
- 300m³/sec; 1,5-7,5m esés
- 80 pólus, azaz 75 ford/perc



Gibárt (2020/1903)

- 2db horizontális Francis
- 18m³/sec; max.4m esés
- eredetileg vízkenésű facsapággal

A világ legnagyobb vízerőművei

Viszonyítási alap: Magyarország teljesítményigénye 4500...6800MW

- Három-szurdok-gát, 22500MW (Kína, Jangce)
 - Itaipu-gát, 14000MW (Paraguay/Brazília, Paran folyó)
 - Guri-gt, Simn Bolvar HPP, 10235MW (Venezuela, Caron folyó)
 - Tucuru, 7960MW (Brazília, Tocantins folyó)
 - Grand Coulee, 6809MW (USA, Columbia foly)
 - Szajano-Susenszki, 6721MW (Oroszorszg, Jenyiszej)
 - Krasznojarszki vzerm, 6000MW (Oroszorszg, Jenyiszej)
 - Robert-Bourassa, 5616MW (Kanada, La Grande foly)
- ...40db ≥ 2000 MW erm vilgszerte



Hrom-szurdok-gt (2012)

- 32db 700MW Francis $\varnothing 10,4$ m (+ 2db 50MW)
- $950\text{m}^3/\text{sec}$; 181m ess
- 80 plus, azaz 75 ford/perc

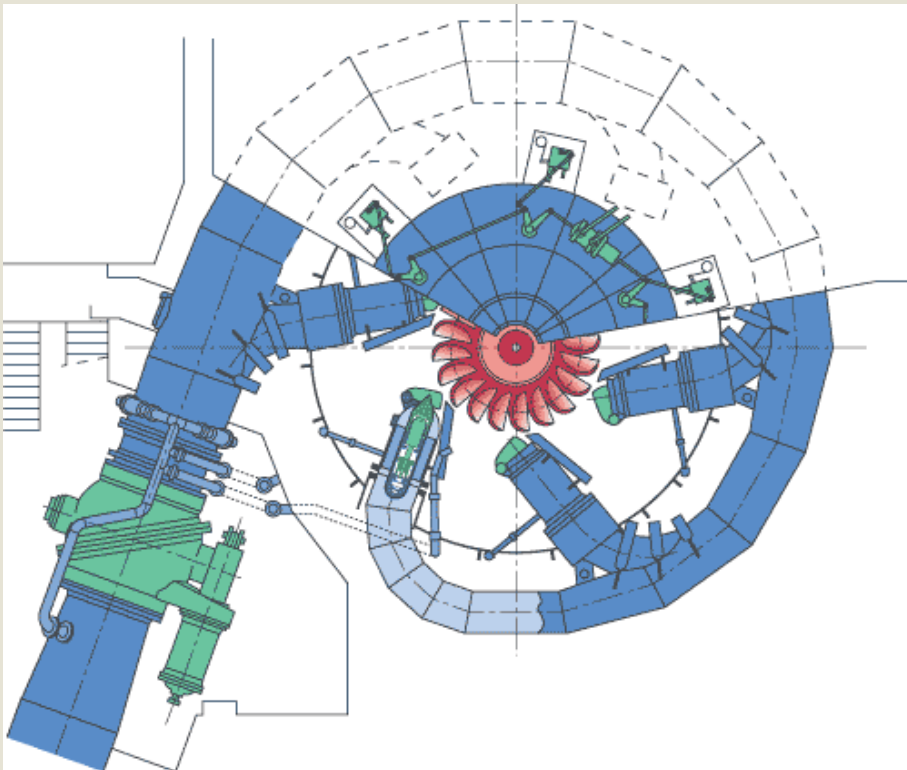
Itaipu (1984/1991/2003)

- 20db 700MW Francis
- $950\text{m}^3/\text{sec}$; 118m esés
- Paraguay (50Hz) 66 pólus, azaz 90,9 ford/perc
- Brazília (60Hz) 78 pólus, azaz 92,3 ford/perc

☺Vicces tény: Mindkét frekvenciát elalltjk, mi több, a paraguayi 50Hz-es felesleget Brazíliában 60Hz-re konvertálják

A három alapvető vízgép: Kaplan-, Francis- és Pelton-turbina, miért nem hatékony gyermekkorunk folyóvízbe mártott lapátkereke? (1)

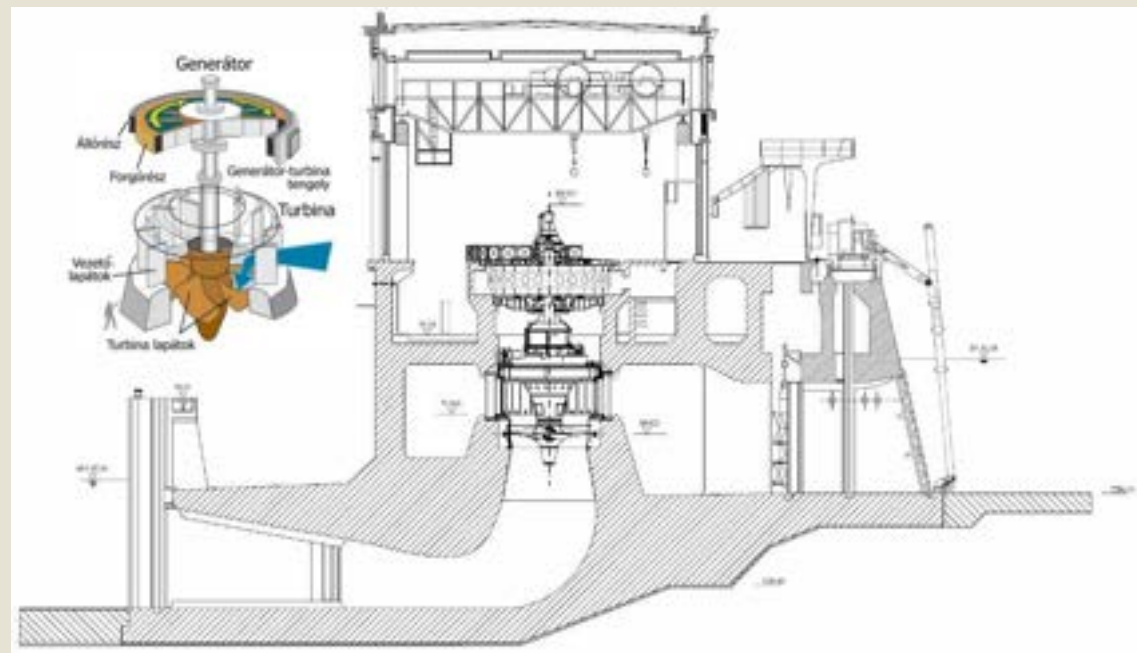
- Lester Allan **PELTON** ács és malomépítő, Kalifornia, 1880-ban szabadalmaztatta
- Tangenciális áramlású szabadsugar impulzus turbina
- Nagy esés 50-1800m, kis vízhozam $160\text{m}^3/\text{s}$, max.200MW
- A generátor perspektívájából: axiális húzásmentes, de radiális tengelyterhelés csökkentett teljesítményen (fúvókaszám) jelentkezik



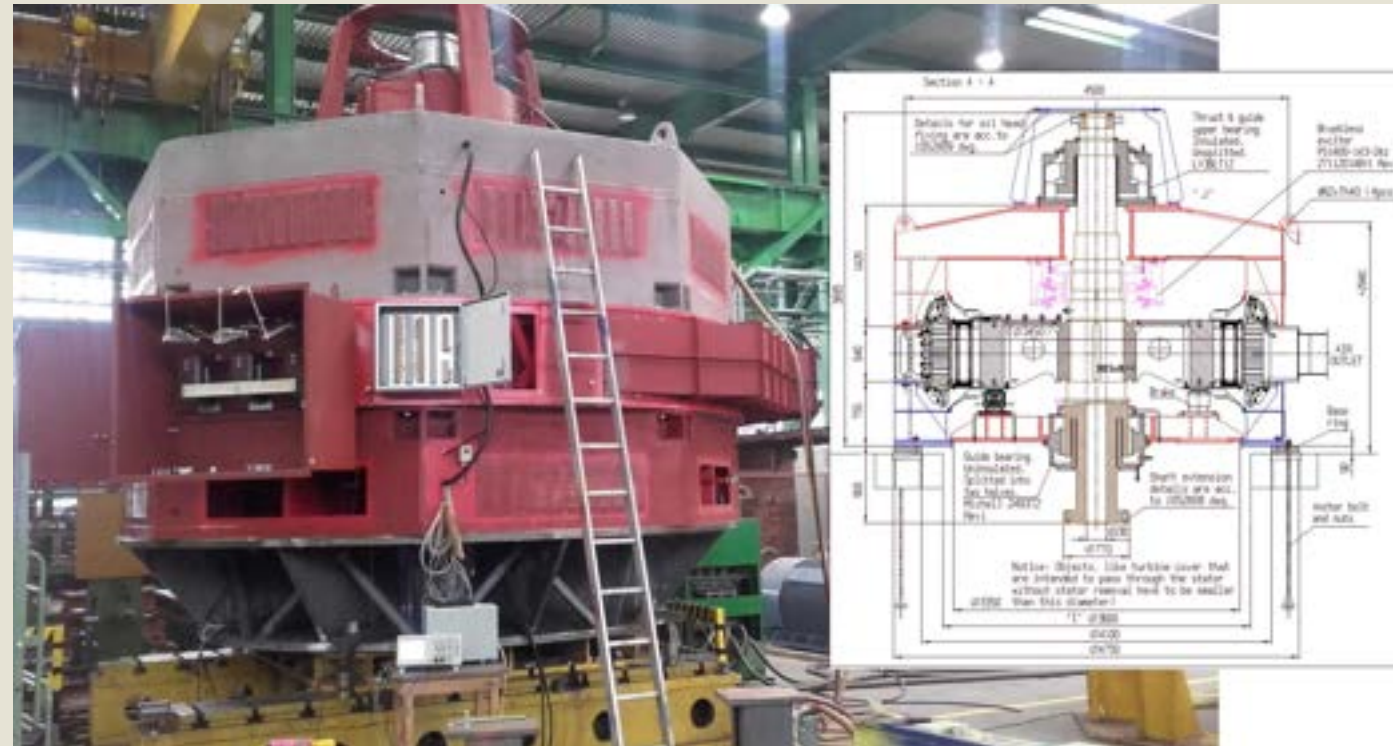
GANZ 2012
Temu,
Olaszország
Generátor:
SHgbv716Lu16
1,31MVA
375ford/perc
(16pólus)
6300V, 120A
13,7tonna

A három alapvető vízgép: Kaplan-, Francis- és Pelton-turbina, miért nem hatékony gyermekkorunk folyóvízbe mártott lapátkereke? (2)

- Viktor **KAPLAN** egyetemi tanár, Ausztria, 1912-ben szabadalmaztatta
- Axiális áramlású reakciós turbina
- Kis esés 1-80m, nagy vízhozam 1-900m³/s, max.100MW
- A generátor perspektívájából: radiális húzásmentes, azonban jelentős axiális tengelyhúzás; a generátor tengelye „lyukas” a turbina lapátszög-állító mechanizmus működtető rudazat- vagy hidraulikacső miatt

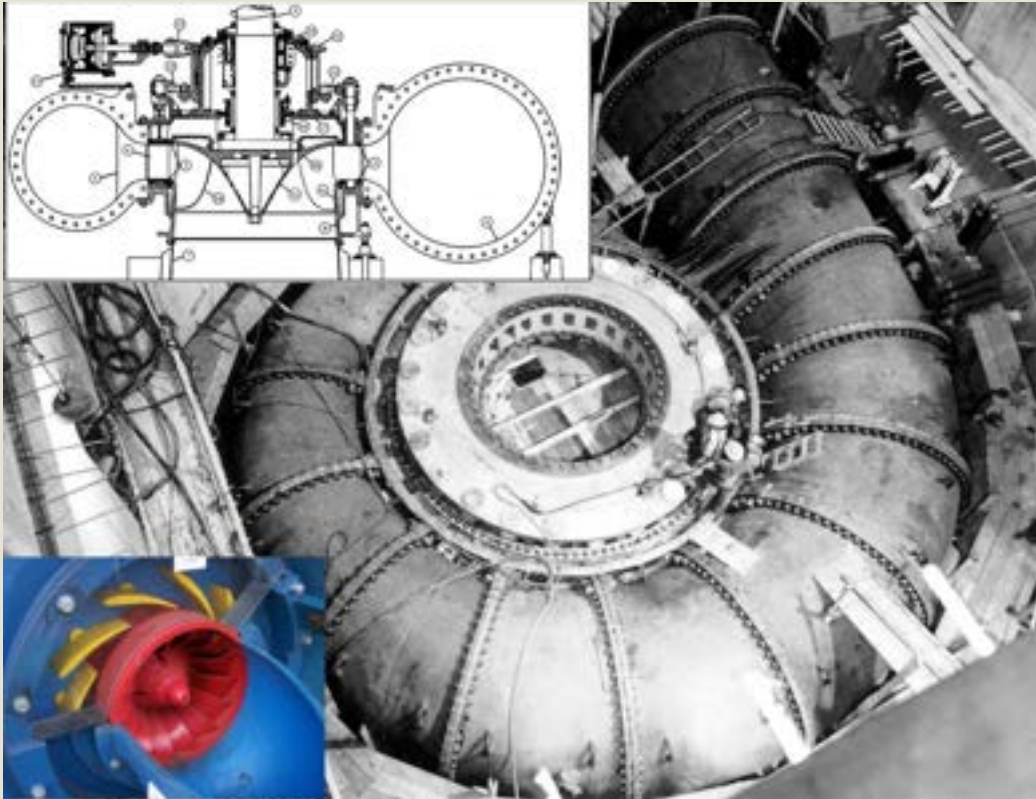


GANZ 2014 San Bartolo, Panama →
 Generátor: ONv3450x670/2411, 324MVA
 300ford/perc (24pólus) 6600V, 991A, 60Hz, 93,4tonna



A három alapvető vízgép: Kaplan-, Francis- és Pelton-turbina, miért nem hatékony gyermekkorunk folyóvízbe mártott lapátkereke? (3)

- James B. FRANCIS angol-amerikai építőmérnök, 1848-ban fejlesztette ki
- Reakciós radiál-axiális áramlású turbina, amelybe a víz kívülről befelé ömlik
- Közepes esés 10-700m, tág határok közötti vízhozam 1-900m³/s, max.800MW
- A generátor perspektívájából: radiális húzásmentes azonban jelentős axiális tengelyhúzás melyben a lapátszámtól függő lüktető komponens is megjelenik

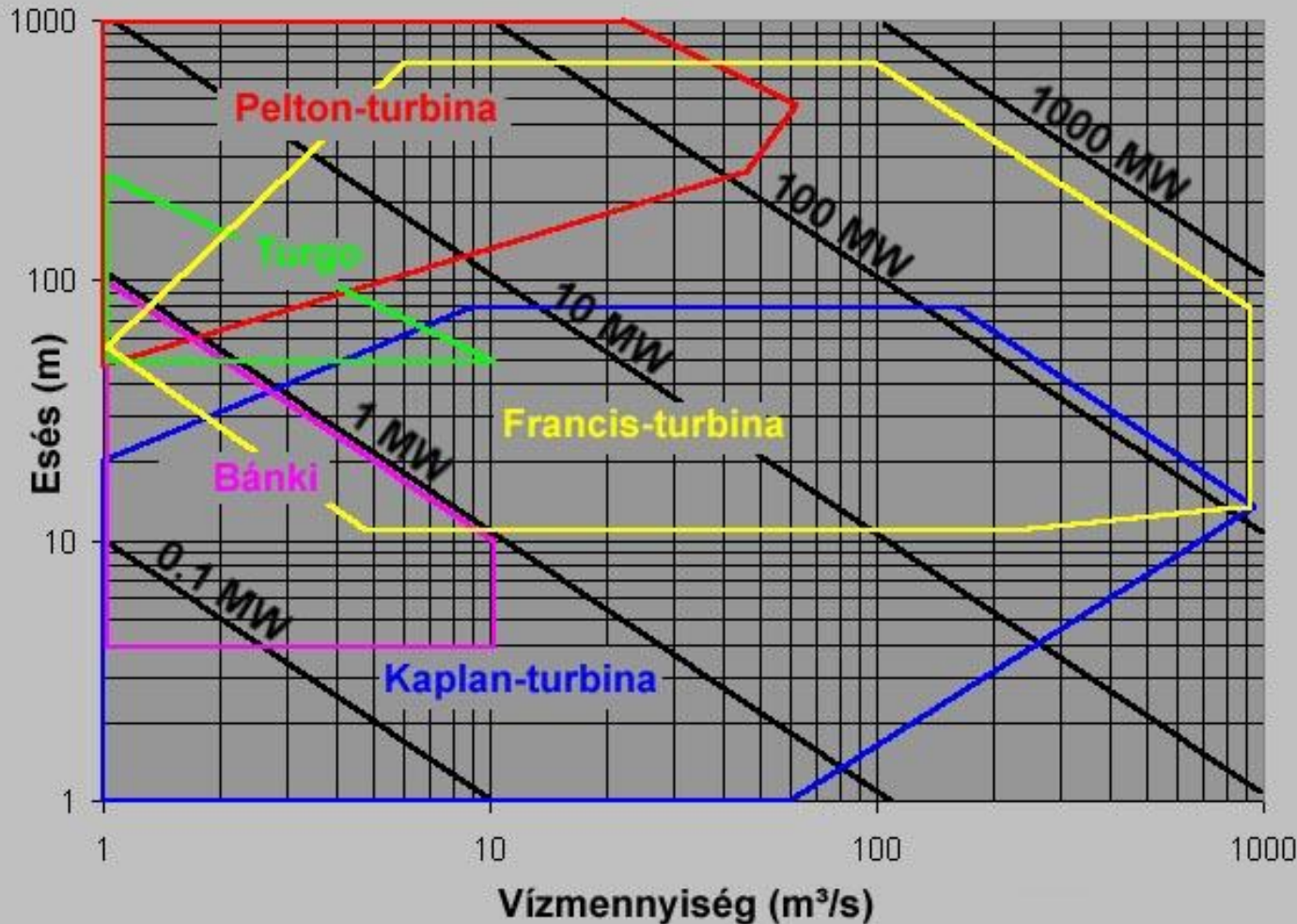


GANZ 2012 Temu
(Olaszország)
Generátor:
SHgb636Ht8
2,9MVA
750ford/perc
(8pólus)
6300V
266A
12,5tonna

A három alapvető vízgép: Kaplan-, Francis- és Pelton-turbina, miért nem hatékony gyermekkorunk folyóvízbe mártott lapátkereke? (4)

Turbina gyakorlati alkalmazási diagram

Vízturbinák alkalmazása



Turbinateljesítmény

$$P = \rho * g * H * Q * \eta$$

ρ : közeg (víz) sűrűség

g : nehézségi gyorsulás

H : esés / magasság

Q : térfogatáram

η : hatásfok

$H = \text{„Nyomásmagasság”} + \text{„Sebességmagasság”}$

$$\text{Sebességmagasság} = v^2/2g$$

(az áramlás kinetikus energiáját veszi figyelembe)

Miért nem lehet kapni egy vízerőműbe való hidrogenerátort a „generátor boltban”? Hát akkor mit lehet tenni?

Minden helyszín, folyó, víztározó, környezeti adottság, elérhető teljesítmény más és más, azaz a térfogatáram és az esés nagymértékben különbözik → Nincs királyi út! → Minden duzzasztóművet / vízerőművet / turbinát / generátort egyedileg kell megtervezni és megvalósítani

Akkor hát hajrá!

Hogyan indul a tervezés? A műszaki specifikáció. Alapvető villamos- és mechanikai paraméterek, követelmények. Teljesítmény, fordulatszám, hatásfok, megszaladás, forgási tehetetlenségi nyomaték, méret, tömeg (1)

- Épület-, vízgép- és generátorspecialista megtekintik a helyszínt és álmodnak egy nagyot. Folyamatosan tartják a kapcsolatot.
- 3...300 oldalas műszaki specifikáció készül a generátorra (a vízerőmű tulajdonos készített)



Generátor teljesítmény: Meglepő, de nem mindig világos! Nem mindenki érti a látszólagos S [MVA] és a hatásos P [MW] teljesítmény közti különbséget. A „dörzsölt” vevő a jövőre is gondol, előszeretettel használja a „folyamatos túlterhelés” ködös fogalmát.

Turbina teljesítmény \neq Generátor teljesítmény

Generátor teljesítmény = a csatlakozó kapcsokon leadott villamos teljesítmény
(Motor teljesítmény = a tengelyen leadott mechanikai teljesítmény)

Hatásfok: Késhegyre menő vitaalap mert: $\eta_{\text{vevőt érdeklő}} = \eta_{\text{vízgép}} * \eta_{\text{generátor}}$

Hogyan indul a tervezés? A műszaki specifikáció. Alapvető villamos- és mechanikai paraméterek, követelmények. Teljesítmény, fordulatszám, hatásfok, megszaladás, forgási tehetetlenségi nyomaték, méret, tömeg (2)

Fordulatszám: Vitán felül álló kérdés, csak szinkronfordulatszám jöhet szóba

$$n = f / p$$

n : fordulatszám [ford/sec]

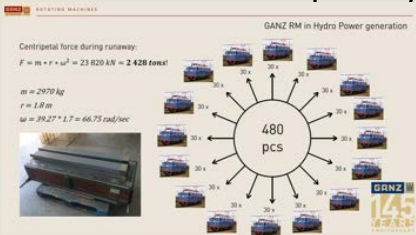
f : frekvencia [Hz]

p : pólus

árok

 száma [darab]

Megszaladási fordulatszám: Na ez feladja a leckét a generátor tervezőnek! Valamely hiba miatt a generátor „leszakad” a hálózatról és felpörög, a „csapot” elzárni bizony időbe telik, ha egyáltalán van ott valaki, aki elzárja...



Mitévők legyünk? A forgási tehetetlenségi nyomaték Θ [kgm²], csapágy- és légsúrlódás segít a fordulatszámot kordában tartani, ha a gép generátor inerciája nem elegendő, belső vagy külső lendkereket is be kell vetni! (A fék leégne.)

Hogyan indul a tervezés? A műszaki specifikáció. Alapvető villamos- és mechanikai paraméterek, követelmények. Teljesítmény, fordulatszám, hatásfok, megszaladás, forgási tehetetlenségi nyomaték, méret, tömeg (3)

Generátor méret: A generátor főfurat köbtartalma, azaz a karakterisztikus mérete NEM a teljesítményével arányos, hanem a nyomatékkal. (Főfurat = az állórész lemeztest belső furata).

A tömege, s így végsősoron az ára is...

Értelmetlen a „Hány euróba/forintba kerül egy megawattnyi generátor” kezdetű kérdés



Ganz 2011 SRGb636Hw6
Cogno (Olaszország), Pelton
13tonna / 2,4MVA = **5,41tonna/MVA**
1000ford/perc, azaz 6 pólus

$$M = P / \omega$$

M: nyomaték [Nm]
P: teljesítmény [W]
 ω : szögsebesség [rad/sec]



Ganz 2011 ONv2640x280/40
Crema (Olaszország), Kaplan
27,5tonna / 1,2MVA = **22,9tonna/MVA**
150ford/perc, azaz 40pólus

Általános felépítés

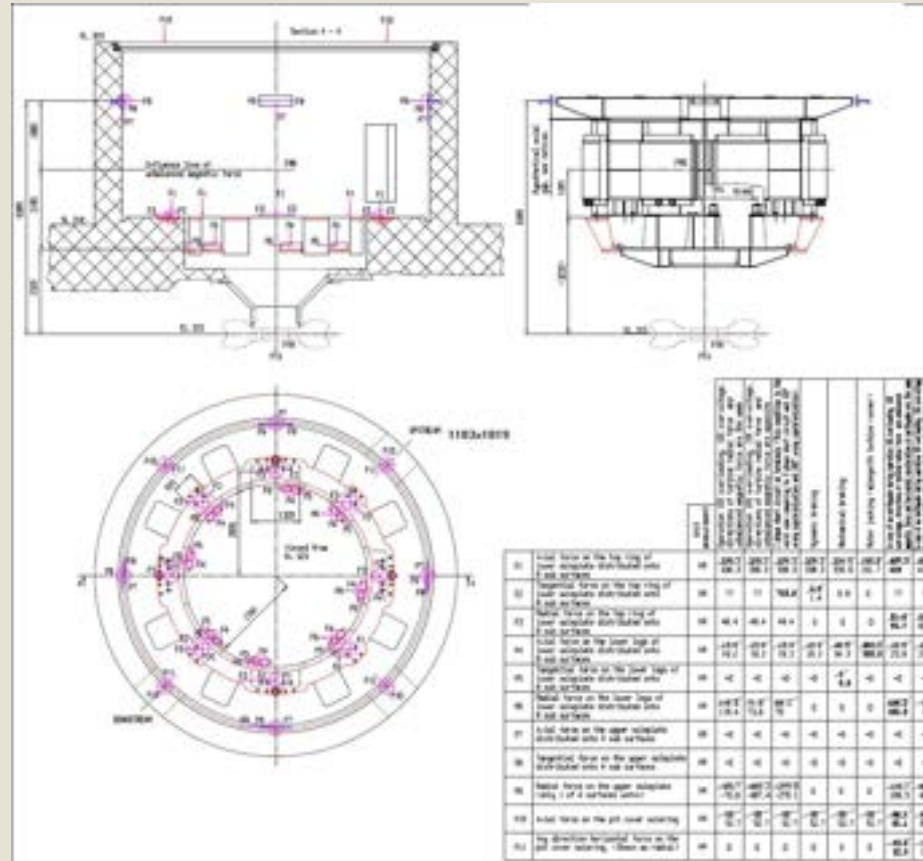
Hogy mi, a vízerőmű épülete a generátor szerves és elválaszthatatlan része!? „NAGY” GENERÁTORNÁL IGEN

Minden hidrogenerátor vertikális generátor?
NEM

Mit számít az, hogy egy villamos forgógép vízszintes vagy függőleges elrendezésű?
Számít egyáltalán?
NAGYON IS SOKAT! CSAPÁGY!

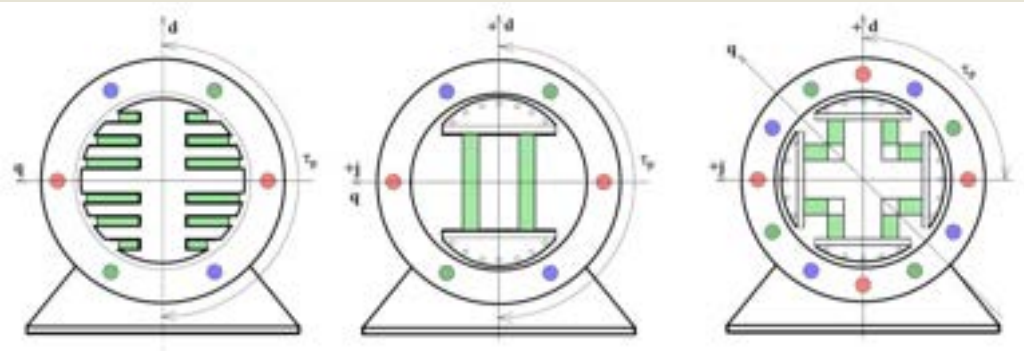
A földrengést is figyelembe kell venni? IGEN!

Az alapra ható erők és nyomatékok



Mark	Data for calculation	Notice	
FTR	Maximum possible turbine radial force (1 jet-act5) (2 or 3 jets act)	480 489 kN	Despite of these values belong to different conditions, those are so handled deliberately as those would act at a time.
FTA	Maximum possible turbine axial force (5 jets act)	34.8 15 kN	
	Mass of turbine runner	14880 12080 kg	
	Mass moment of inertia of turbine runner	3662 kgm ²	(Flywheel moment : 14648 kgm ²)
FMR FMS	Unbalanced magnetic pulling at 10% overvoltage	387.5 kN	
	Shaft torque at 10% overloading	1758 kNm	
	Maximum dynamic momentary airgap torque during sudden 2 phase short circuit at terminals	16420 kNm	
	Maximum dynamic momentary airgap torque during sudden 3 phase short circuit at terminals	11800 kNm	Unused, since 2 phase short circuit brings worse condition.
	Maximum dynamic momentary airgap torque during 120° wrong synchronization	6915 kNm	Unused, since 2 phase short circuit brings worse condition.
	Maximum dynamic momentary airgap torque during 180° wrong synchronization	5323 kNm	Unused, since 2 phase short circuit brings worse condition.
	Mass of generator rotor (Rotating components total)	142857 142447 kg	
	Total mass of those standing components that are supported by the top ring of lower soleplate (Stator, Upper bracket, Maintenance drum, Brush system, Upper bearing)	114989 119871 kg	
	Total mass of those standing components that are supported by the lower logs of lower soleplate (Lower bracket, Brake units, lower bearing)	10944 15628 kg	
	Total mass of those standing components that are supported by the pit cover solering	4209 3872 + 1500 kg	15 persons x 100kg/person are considered standing on the top of the platform at a time
	Mass moment of inertia of rotor	308837 301766 kgm ²	(Flywheel moment : 1203348 kgm ²) (Flywheel moment : 1207064 kgm ²)
	Horizontal and vertical acceleration in case of an earthquake	2.3544 m/s ²	Gangtok, seismic zone 4, zone factor 0.24, IS1893:2002
	Dynamic braking torque	17.73 31.966 kNm	Considered as a constant value Continuously changing from 1.5 to 31.966
	Mechanical braking torque	17.73 kNm	Considered as a constant value
FU	Axial upward force during mechanical braking	35.2 kN	

Az álló- és forgó **elektromágneses** aktív részek, ez az amiért a generátor „áramot” termel



$$P = 3 \frac{UU_p}{X_d} \sin \beta + 3 \frac{U^2}{2} \left(\frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\beta$$

$$U_i = N \cdot B \cdot l \cdot v.$$

Állórész aktív rész

1. Állórész tekercselés (ún. „gombolyítás”)

- Ebben keletkezik az indukált

(váltó) feszültség

- Kétréteges, azaz egyenlő szélességű,

lépésrövidítéses, hurkos, berakott tekercsek

2. Állórész lemeztest

- Megvezeti a mágneses erővonalakat, hogy „ne széledjenek szét”

- Mindenképpen lemezelni kell az örvényáram veszteség csökkentése miatt

Forgórész aktív rész

1. Forgórész tekercsek

- Ezek hozzák létre a mágneses mezőt az állórészben (és a forgórészben is), melyet mechanikailag **forogat** a vízturbina.

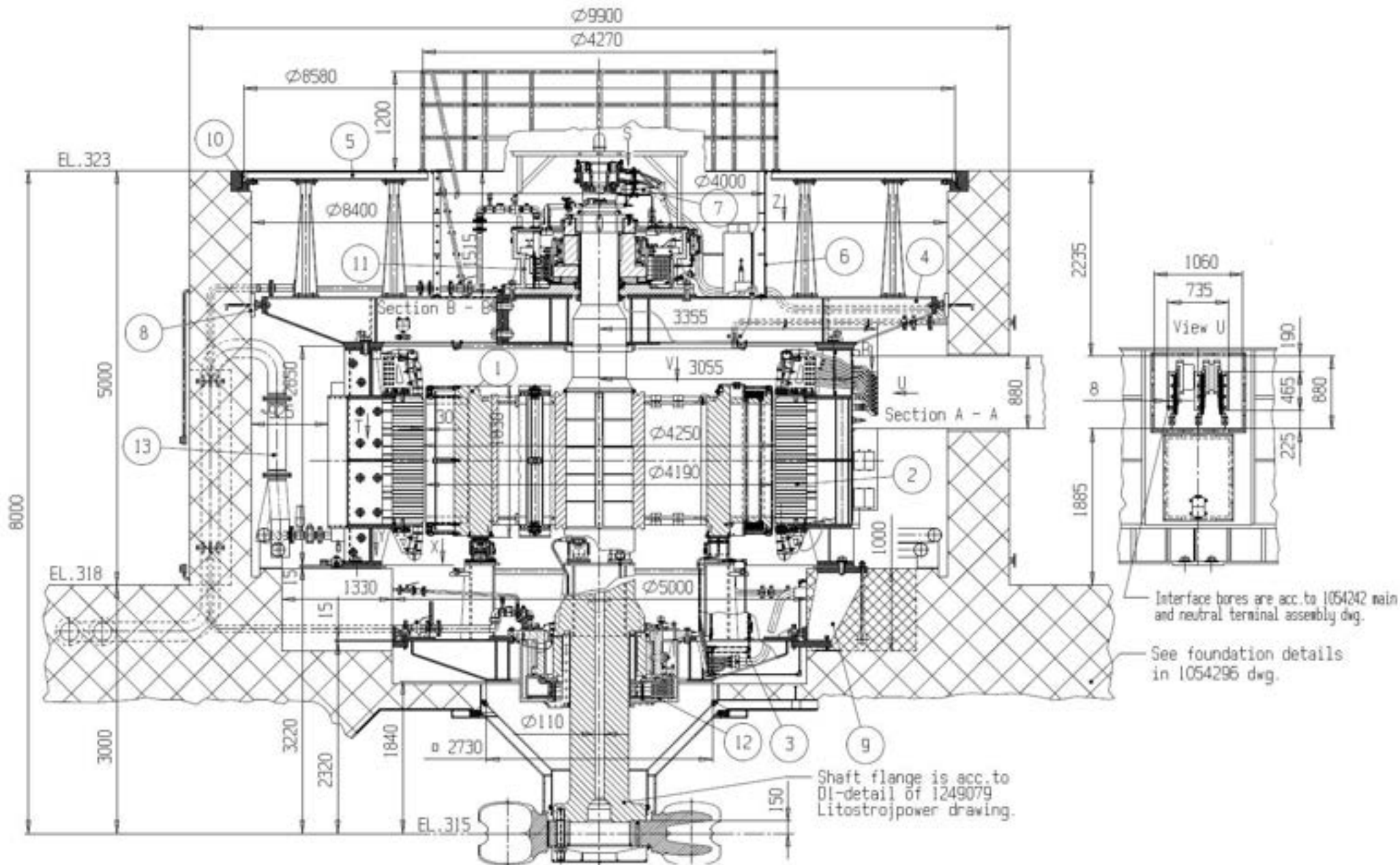
- Egyenárammal kell gerjeszteni

2. Forgórész pólus és koszorú (kiálló vagy hengeres)

- Megvezeti a mágneses erővonalakat, hogy „tudják merre kell menni”

- Egyenáramú gerjesztés → nincs örvényáramú veszteség de gyakorlati megfontolások miatt a pólusok túlnyomórészt lemezelték, a koszorú is lemezelt lehet

Az inaktív részek sokasága



A teljesség igénye nélkül

- 1-Forgórész
- 2-Állórész
- 3-HO (alsó) hídszerkezet
- 4-HEO (felső) hídszerkezet
- 5,10-Platform korláttal
- 6-Karbantartó „hordó”
- 7-Csúszógyűrű, kefeszerk.
- 8-Megtámasztó elemek
- 9-Alapozási segédgyűrű
- 11-HEO (felső) siklócsapágy
- 12-HO (alsó) siklócsapágy
- 13-Vízhűtő és csővezeték

Számos alkatrész kimaradt...

Tengely, agyszerkezet,
fék & hidraulikus emelő,
alapcsavar, villamos kapocs,
víz térfogatáram-mérő,
burkolatok, hidraulikus
tápegység, támasztékok, létra,
tűzérzékelő, áramváltó a
tengelyáram mérésére,
...

Akkor most egy hidrogenerátor-tervezés villamos- vagy gépészmérnöki feladat? Csak polihisztorok tudják?
Kiknek izgalmas, nem lehet csak úgy „összecsapni”?

Mindkettő. Vállvetve kell együtt munkálkodni. Divatos kifejezés: csapatmunka. Többszörös iteráció.

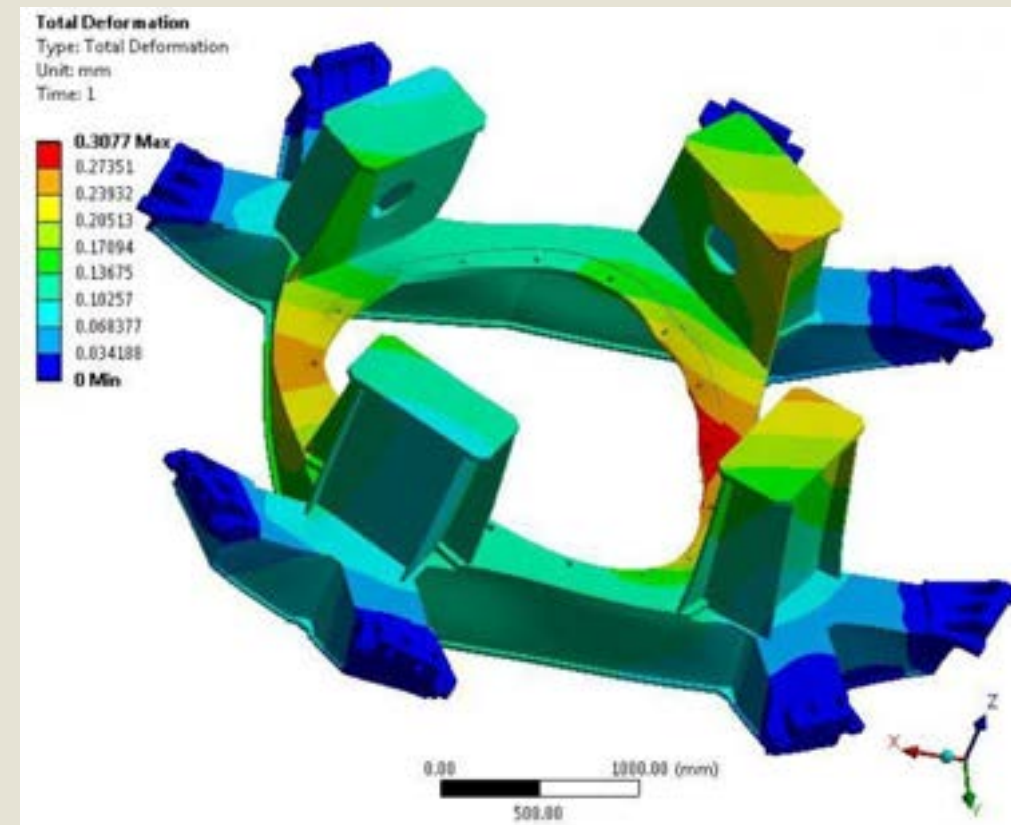
- Főként villamos alapadatok (kívánalmak) → Elektromágneses számító program ← Villamosmérnök
- Mechanikai alapadatok és kívánalmak → Mechanikai analitikus- és végelelemes számítások ← Tipikus gépészmérnök
- Termikus alapadatok és kívánalmak → Hőátviteli- és áramlástechnikai analitikus ellenőrzés, adott esetben végelelemes számítások ← „Aki tudja” (Villamos- vagy gépészmérnök)

Jó hír: Nem szükséges polihisztornak lenni a hidrogenerátorok tervezéséhez! A főiskolán/egyetemen megszerzett szakirányú tudás elegendő, ráadásul az egyes gyárakban (GANZ) rendelkezésre állnak a korábbi generátorok tervei →

- ~~vegyünk elő egy üres „papírt”~~
- vegyünk elő egy korábbi, hasonló tervet

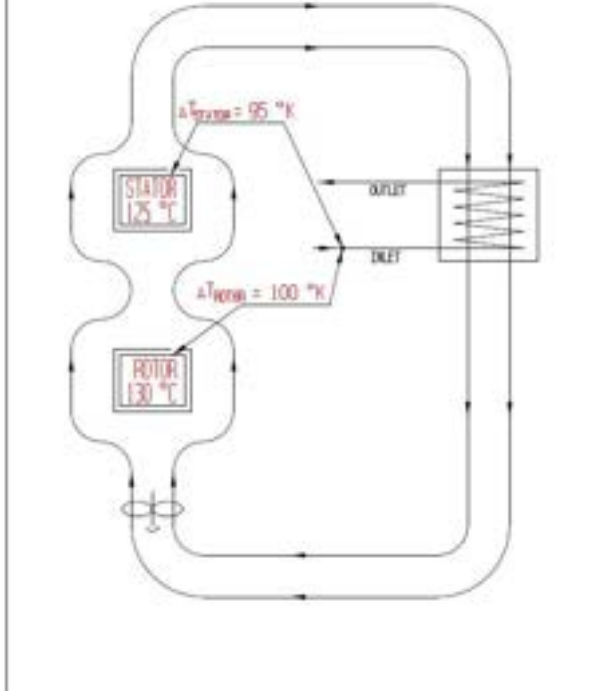
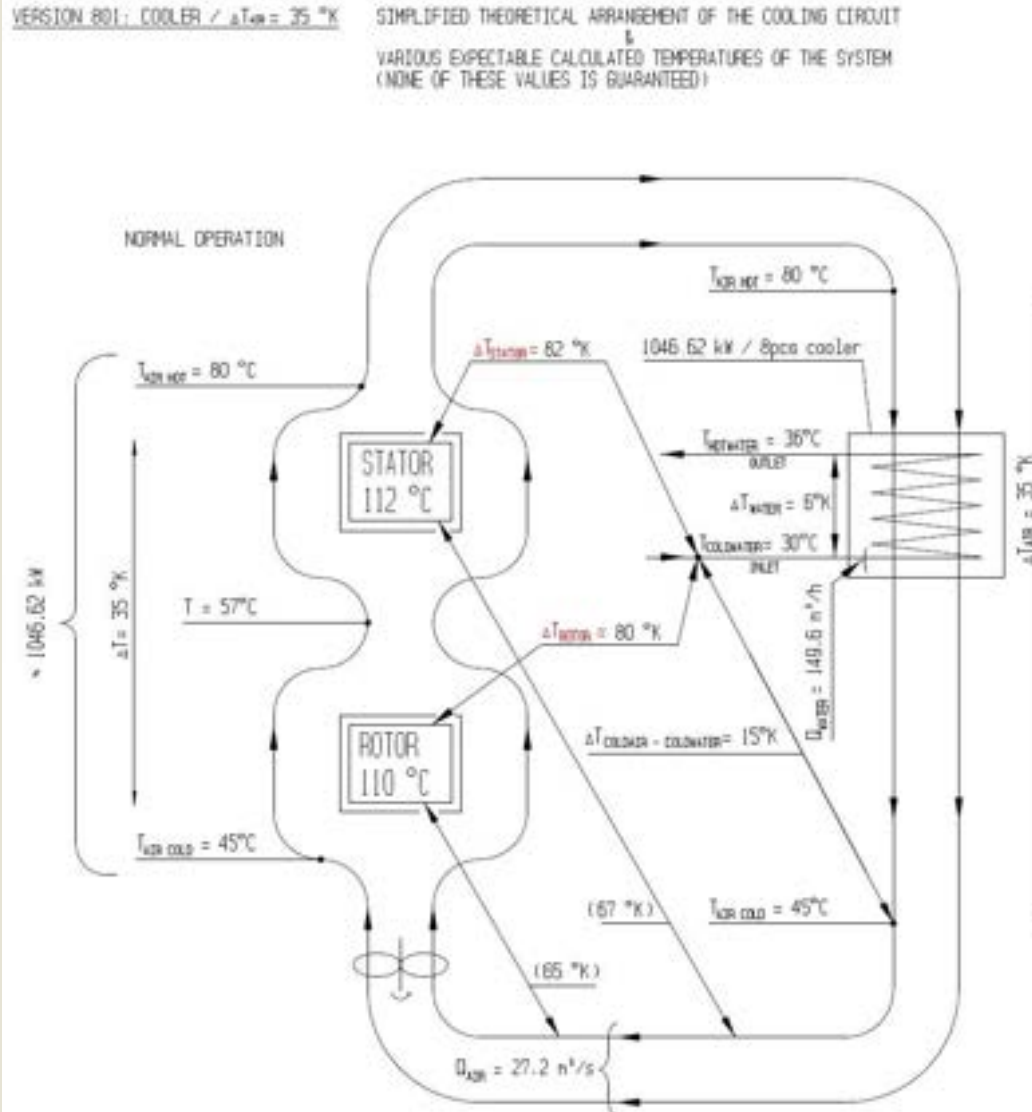
Nem lehet „összecsapni”, mert a vállalatnál minden kiderül!
Vallatás = Próbatermi és/vagy helyszíni mérés + maga a generátor üzeme

- Ajánlható annak, aki
- szereti az elmélyült precíz szellemi munkát
 - kihívásokat



Hűtés. Miért kell egyáltalán hűteni? Hogyan lehet 1MW veszteséget elszállítani és hová? Ah, még a csapágyak is hűteni kell?

Semmi sem tökéletes → Klf. Veszteséget tömkelege: Álló- és forgórész réz (joule) veszteség, állórész szkinvesztesség, állórész lemezttest örvényáramú és hiszterézis veszteség, forgórész pólus felületi örvényáramú veszteség, csapágy- és légsúrlódási veszteség, csúszógyűrű súrlódási veszteség / gerjesztési veszteség



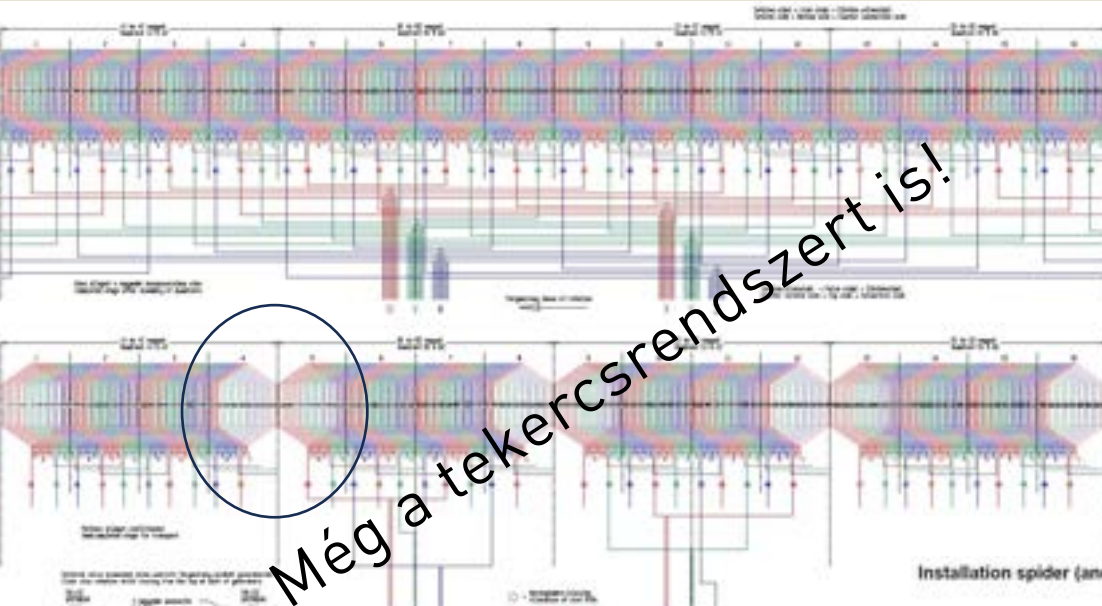
Veszteség → Generátor melegedés.
Na és, hadd melegedjen! Az acélnak és réznek meg sem kottyan a melegedés, legfeljebb nem dörgölődünk a generátorhoz...

A szigetelőanyag nem bírja, öregszik, porlik → villamos átütés (rövidzárlat, testzárlat, menetzárlat) → Hűteni kell!

- Levegővel
- Vízzel
- Hidrogénnel

IEC 60034
„B” : $120 \text{ }^\circ\text{C}$
„F” : $155 \text{ }^\circ\text{C}$
„H” : $180 \text{ }^\circ\text{C}$

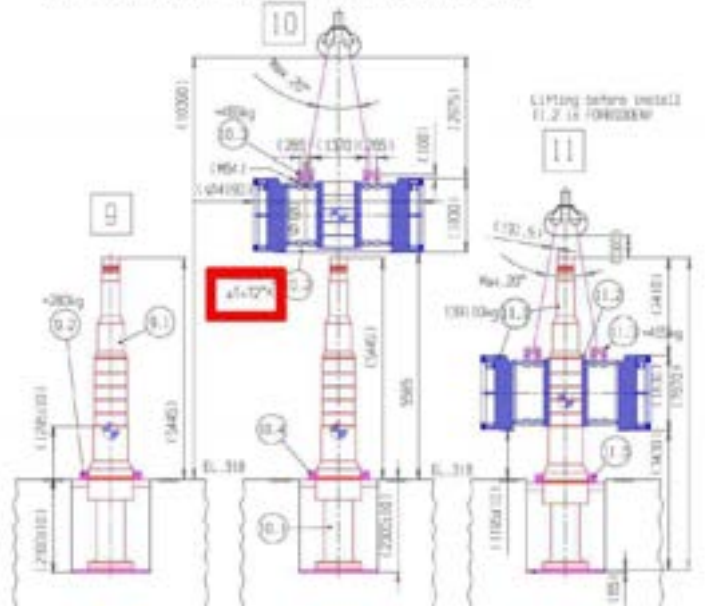
Minden olyan nagy, még az állórészt is „fel kell darabolni”... Mi lesz azzal, ami nem darabolható, a vízerőműben kell összerakni?
IGEN! (Nincs más mód.)



Villamos fűtésű melegítőpaplan Zsugorkötés-szereléshez a vízerőmű helyszínén

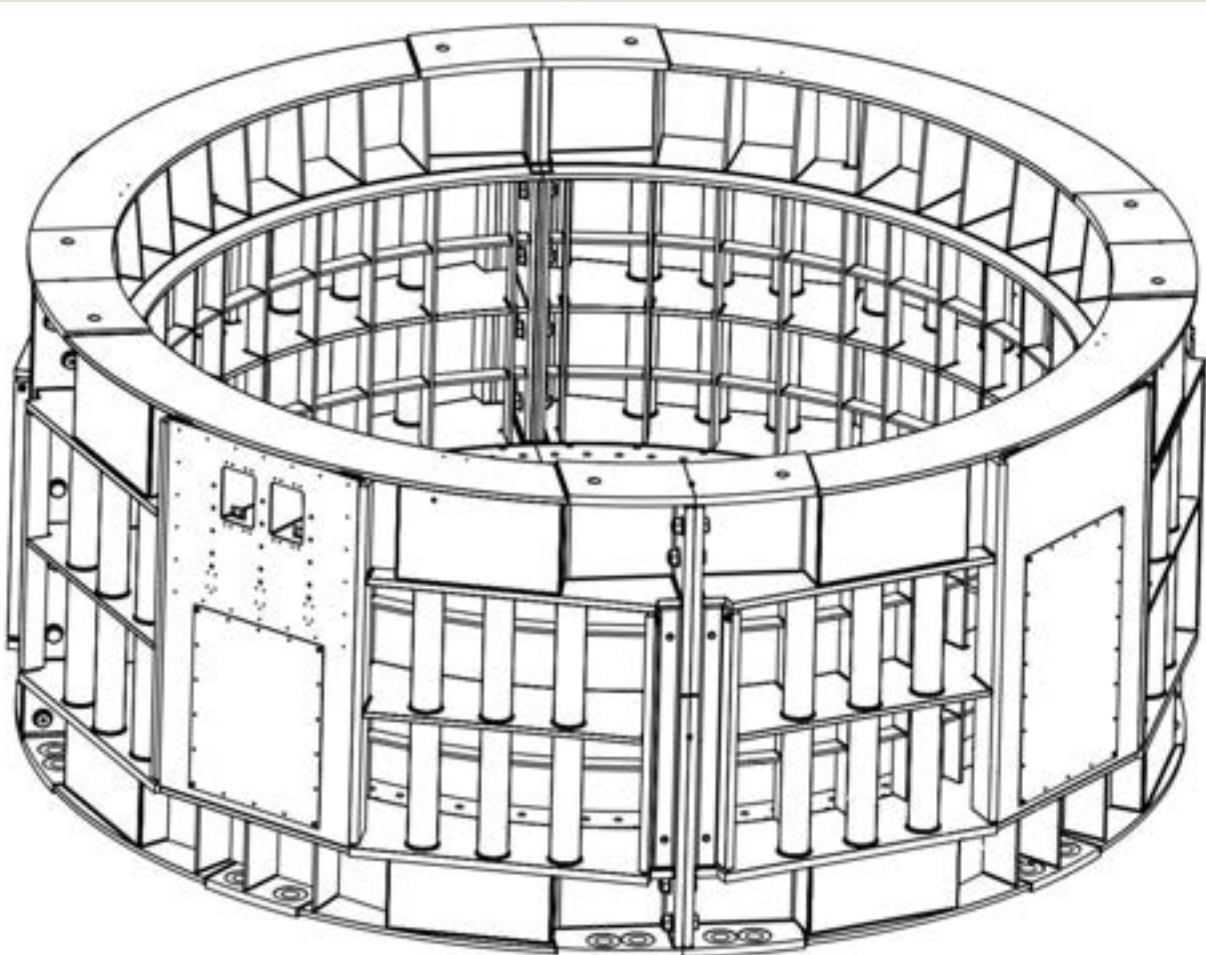


Installation spider (and yoke common unit) onto the shaft



Állórész házszerkezet

Precíziósan (0,1mm-en belül) megmunkált hegesztett acélszerkezet ötvözetlen szerkezeti acélból, tipikus anyagminőség EN10025: S235J2+N; S355J2+N, megmunkálás előtt feszültségmentesítő hőkezelésnek kell alávetni. Jellemző anyagvastagságok: 10...50mm



Az állórész házszerkezet –méreténél fogva nem feltétlenül elég merev nem-üzemi körülmények között → mozgatóskor ideiglenes megerősítést igényelhet



Állórész lemezttest

Nem kérdés, hogy lemezelni kell az örvényáramú- és hiszterézis veszteség csökkentése miatt. A lemez elemek szigeteltek 6μ vastag lakkal
 A gép hatásfoka központi kérdés \rightarrow hidrogenerátorokban csak a legkiválóbb (legkisebb vasveszteségű) mágneszhető lemez alkalmazható

Nem babra megy a játék!
 60000 darab, $40000\text{kg} \cdot 2,5\text{W/kg} = 100\text{ kW}$ veszteség csak úgy mellékesen...



Szellőzőrések az ún. paketták között

Ausztenites rozsdamentes orsók az axiális rögzítéshez



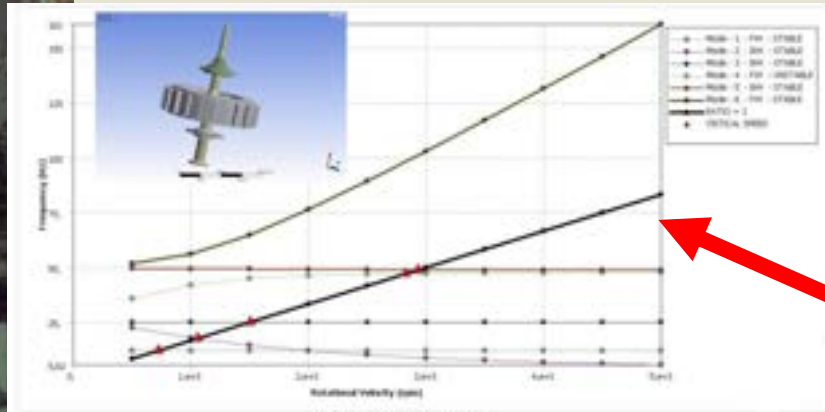
Seite 7
 EN 10106:1995

Tabelle 2 (abgeschlossen)

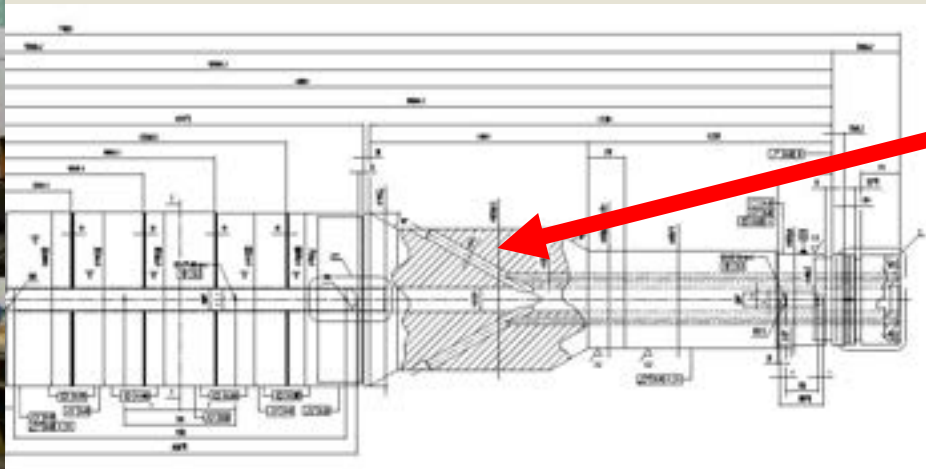
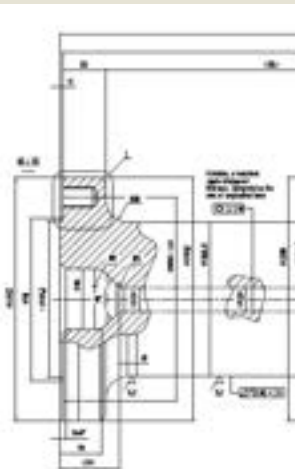
Bezeichnung nach		Nenn- dicke mm	Ummagnetisierungsverlust bei 50 Hz und 1,5 T W/kg	Magnetische Polarisation ¹⁾ T, min. im Wechselfeld bei einer magnetischen Feldstärke in A/m von			Anisotropie des Ummagnetisie- rungsverlustes %	Stapel- faktor	Biege- zahl	Verein- barte Werte der Dichte kg/dm ³
EN 10027-1	EN 10027-2			2 500	5 000	10 000				
M250-50A	1.0891	0,50	2,50	1,49	1,60	1,70	± 17	0,97	2	7,60
M270-50A	1.0806		2,70	1,49	1,60	1,70	± 17		2	7,60
M290-50A	1.0807		2,90	1,49	1,60	1,70	± 17		2	7,60
M310-50A	1.0808		3,10	1,49	1,60	1,70	± 14		3	7,65
M330-50A	1.0809		3,30	1,49	1,60	1,70	± 14		3	7,65
M350-50A	1.0810		3,50	1,50	1,60	1,70	± 12		5	7,65
M400-50A	1.0811		4,00	1,53	1,63	1,73	± 12		5	7,70
M470-50A	1.0812		4,70	1,54	1,64	1,74	± 10		10	7,70
M530-50A	1.0813		5,30	1,56	1,65	1,75	± 10		10	7,70

A „csupasz” tengely

Megmunkálási pontosság $\approx 0,04\text{mm}$



Campbell diagram
 A Campbell diagramból leolvashatók a tengelyre jellemző sajátfrekvencia értékek. A függőleges tengelyen (Y) a frekvencia, vízszintes tengelyen (X) a fordulatszám van feltüntetve. Ferde vonal a gépre jellemző frekvencia-fordulatszám görbe. Metszéspontja adja a tengelyre jellemző kritikus sebesség értéket.

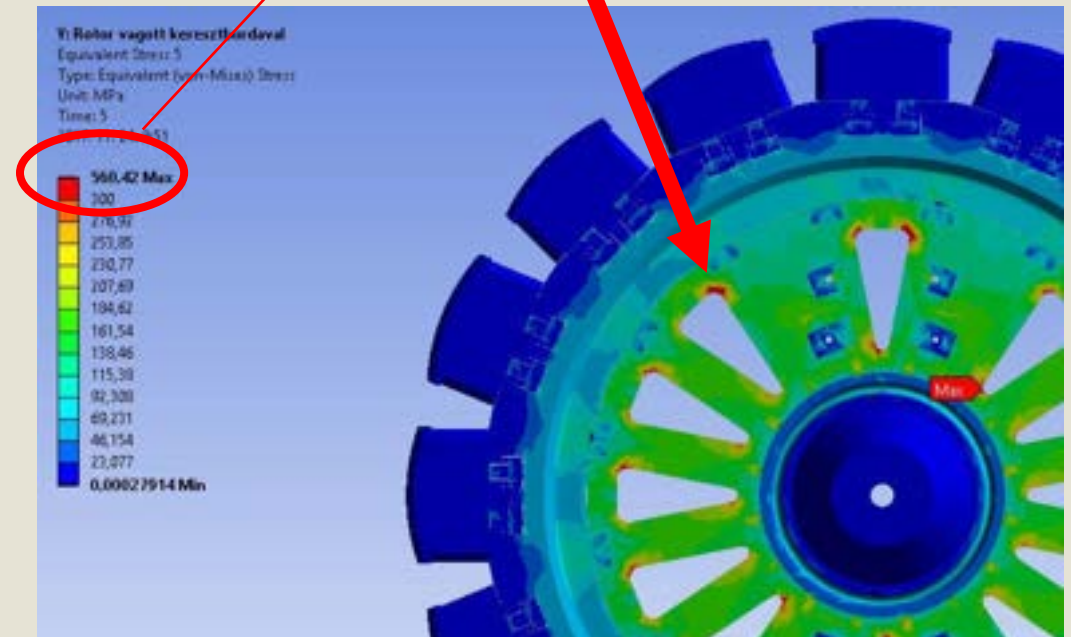
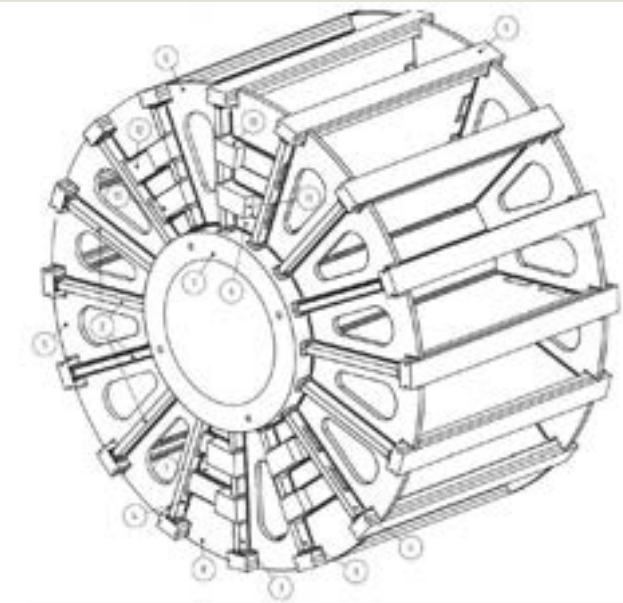


- A hajlítógénybevétel általában nem kritikus (még horizontális generátornál sem)
- Tipikus anyagminőség ötvöztelen szerkezeti acél EN10025 vagy EN10250: S355J2+N,
- olykor ötvözött acél EN10083: 30CrNiMo8;
- Legtöbbször kovácsolt
- Dinamikai viselkedést ellenőrizni kell (kritikus sajátfrekvencia elkerülendő)
- Kifáradás ellen védekezni kell → hirtelen átmérőváltozások, bemetszések
- Kaplan turbina esetén a tengely „lyukas”
- Esetleg amúgy is, ha a rotorköri gerjesztőáram hozzávezetés a tengelyben fut
- Ha a turbinának saját csapágya van → Clapeyron egyenlet (többtámaszú, statikailag határozatlan tartó)

A „pók” (forgórész küllős agyszerkezet)

Megmunkálási pontosság $\approx 0,04\text{mm}$

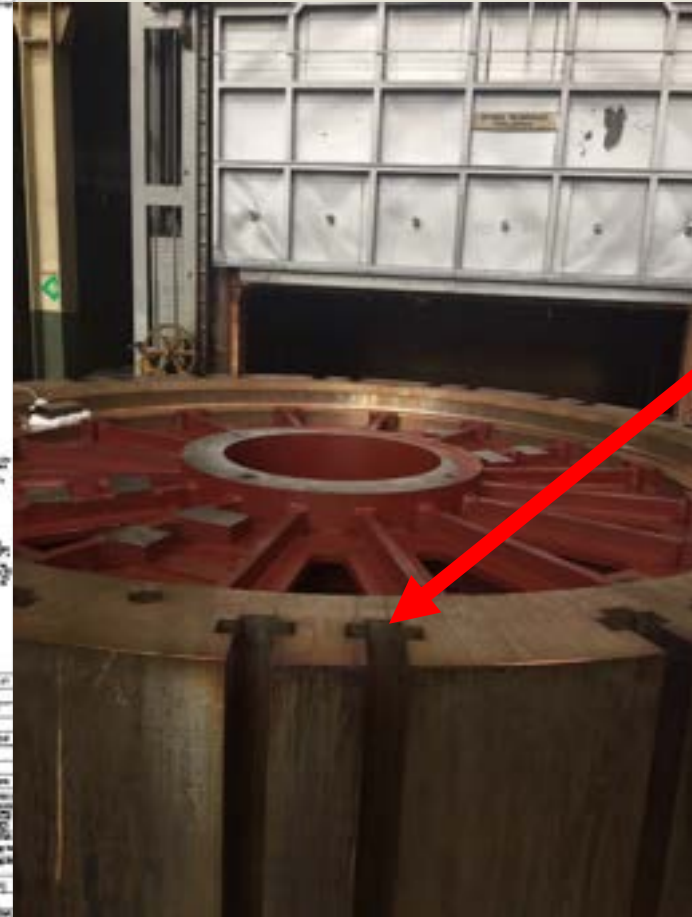
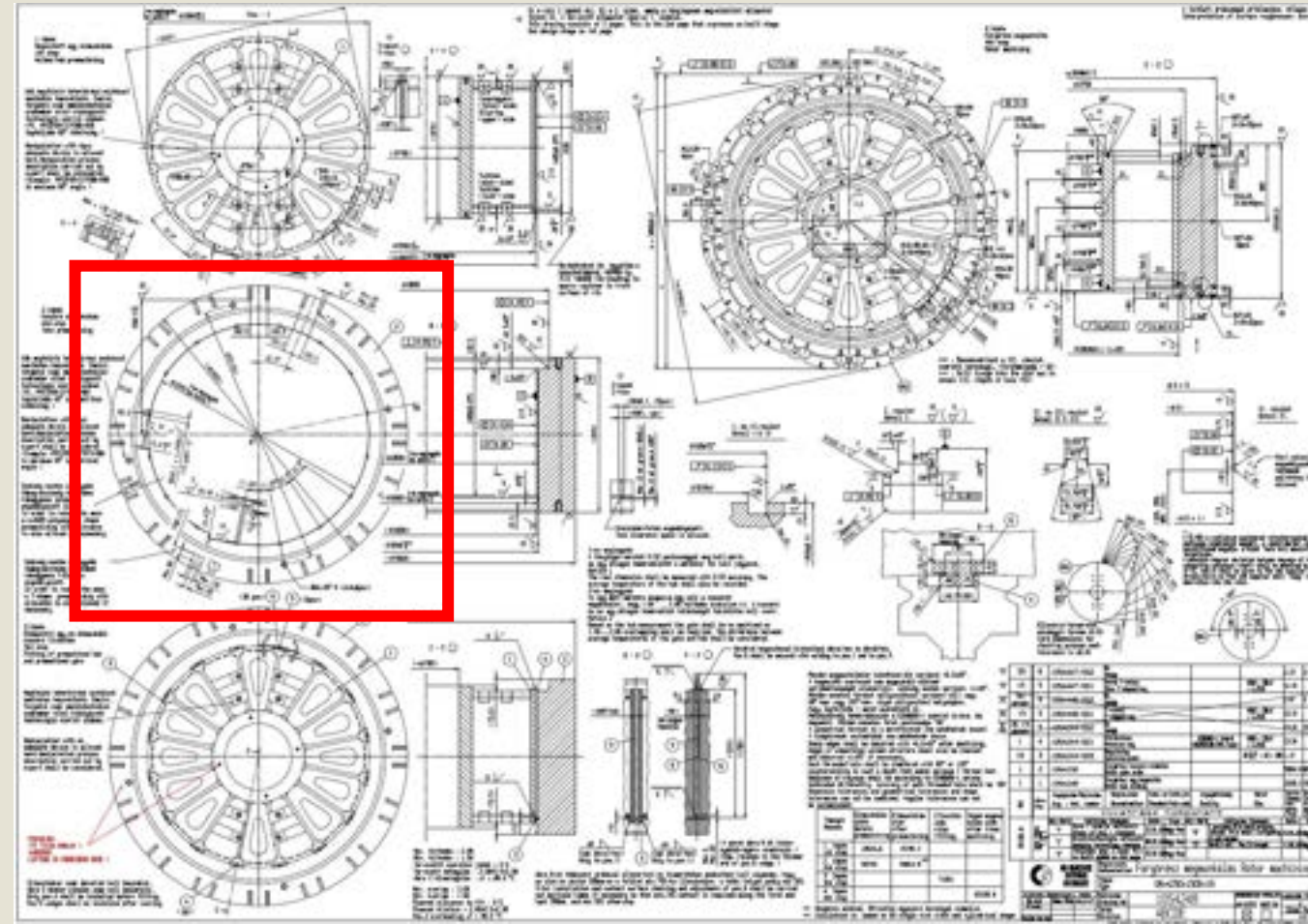
- Az agyszerkezet rögzíti a forgórész koszorút (és a pólusokat) a tengelyre
- Tipikus anyagminőség ötvözetlen szerkezeti acél EN10025: S355J2+N, kritikus helyen ötvözött acél EN10083: 2C35
- Megmunkálás előtt feszültségmentesítő hőkezelésnek kell alávetni
- A tengelyhez szoros, melegszerelést igénylő illesztéssel (H7/s6) és reteszekkel kapcsolódik
- A koszorút szoros, melegszerelést igénylő illesztéssel (H7/t6) és reteszekkel hordozza
- Röperőt közvetlenül nem hord, de esetleg érhetik meglepetések a tervezőt



A forgórész koszorú. Jó, jó, de honnan lesz akkora „vasdarab”?

- Fő célja a mágneses erővonalak vezetése a pólusok között → tömör acél (vagy technikai okok miatt lemezelt, Gall-lánc rögzítéssel)
- Szoros, melegszerelést igénylő illesztéssel (H7/t6) és reteszekkel kapcsolódik az agyszerkezethez
- Közvetlenül hordozza a pólusokat, s így azok röperejét, tervezése nagyon kritikus lehet, éppen ezért kiváló anyagminőségű ötvöztött acélból készül, pl. EN10083: 30CrNiMo8

Hát azt bizony egyedileg kell lekovácsoltatni

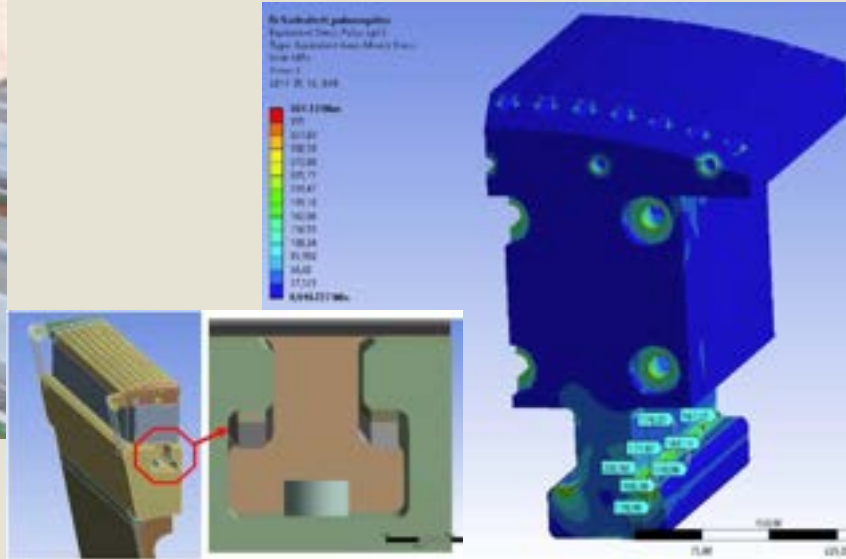


T-hornyok a kalapácsfejes pólusrögzítéshez

Megmunkálási pontosság $\approx 0,04\text{mm}$

A forgórész pólus, pólustest, pólustekercs, pólus rögzítés a koszorún. Hogy mi, 2500 „tonna” centrifugális erő akarja leszakítani a pólust!? Akkor most mi lesz? Még a tangenciális erő is „ellenünk dolgozik”?

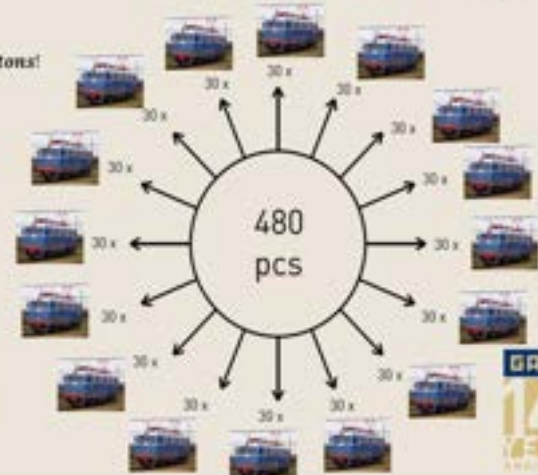


A tervező rémálma:



GANZ RM in Hydro Power generation

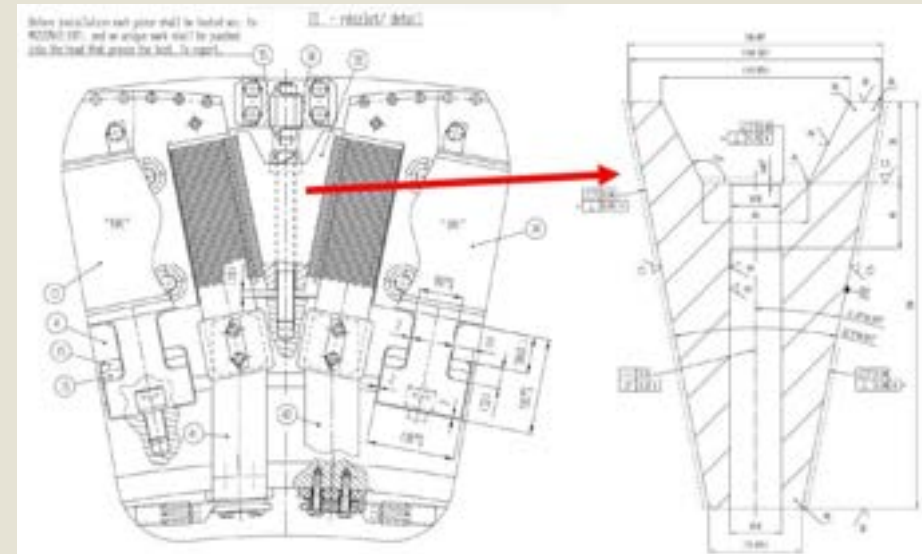
Centripetal force during runaway:
 $F = m \cdot r \cdot \omega^2 = 23\,820\text{ kN} = 2\,428\text{ tons!}$

$m = 2970\text{ kg}$
 $r = 1.8\text{ m}$
 $\omega = 39.27 \cdot 1.7 = 66.75\text{ rad/sec}$


- A pólustest lehetne tömör, de technikai okok miatt lemezelt (túl bonyolult alakú)
- Sokmenetű szigetelt tekercs
- Tipikusan „élére” hajlított
- Minden 3. menet kiáll → hűtés
- $\approx 1\Omega$ („ahány volt, annyi amper”)
- Lehetséges rögzítési módok:

- csavaros
- kalapácsfejes
- fecskefarkas
- horgonyos („engedem, hadd menjen”)
- koszorú és agy egy darabból



$\rho = 1 / (57 \dots 58)$
 $[\Omega \text{mm}^2 / \text{m}]$

A forgórész gerjesztése. Miért kell gerjeszteni. Milyen módokon lehet. Tényleg van egy „kis” szinkrongenerátor a hidrogenerátoron belül?
Statikus gerjesztő. Gyorsrágerjesztés (1)

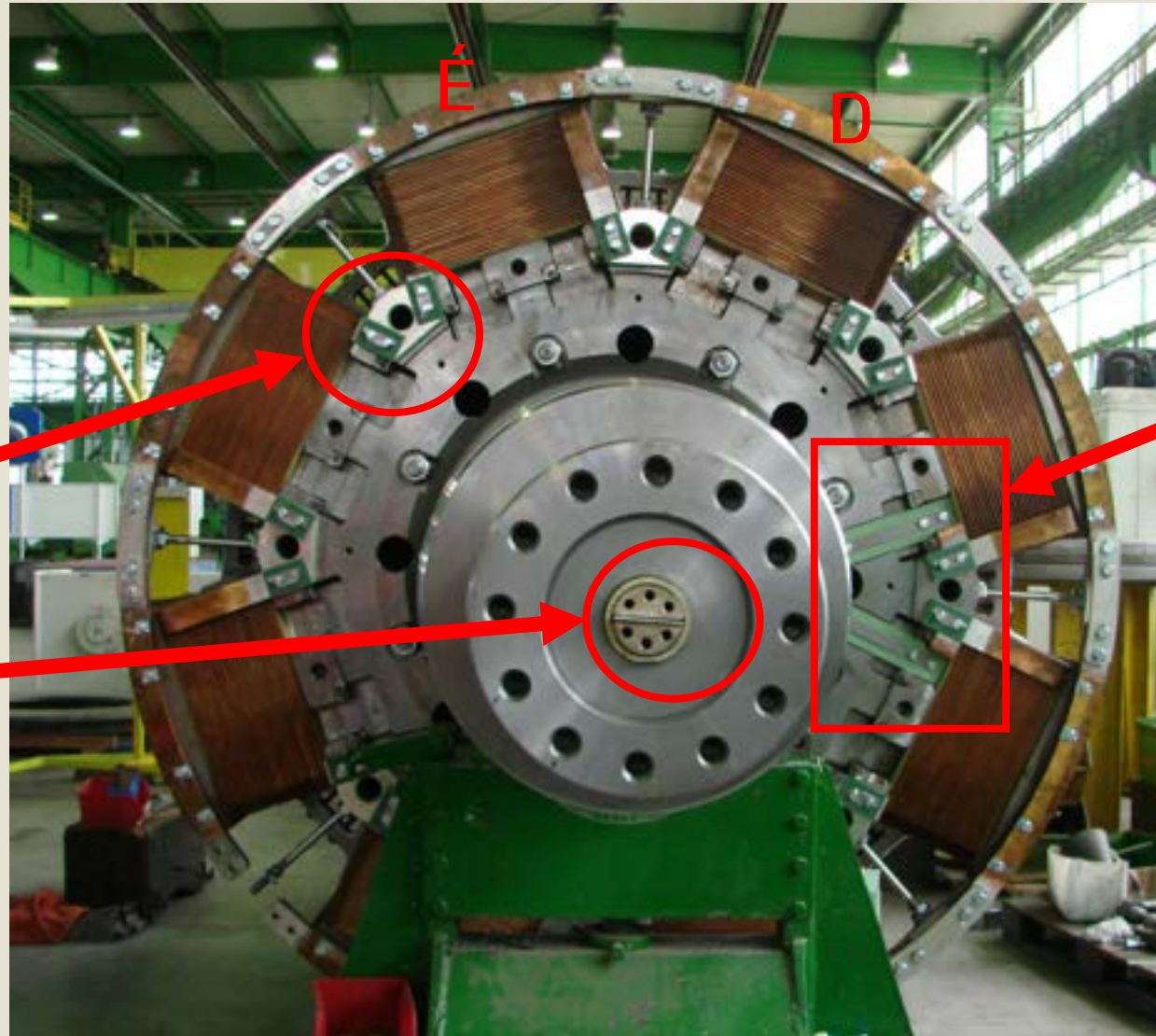
Ez nem lehet kérdés, az állórész tekercselésben a forgórész pólusok mágneses mezője indukálja a feszültséget → muszáj valamilyen módon gerjeszteni:

- állandó mágnessel (nem szabályozható)
- árammal átjárt tekercsekkel = pólustekercsek

A pólustekercsek tipikusan sorba vannak kötve, kb. 1Ω („ahány volt, annyi amper”), egyenárammal kell táplálni

Az egyenáramú táplálás

- 2db csúszógyűrűn és keféken keresztül külső áramforrásról = statikus gerjesztő → kopik, karbantartást igényel
- közvetlenül, magán a gépen belül (a tengelyen) elhelyezett, „kifordított” kis(ebb) forgódíódás szinkron generátorról → se kefe, se csúszógyűrű, hurrá!



Kezdet és vég

A forgórész gerjesztése. Miért kell gerjeszteni. Milyen módokon lehet. Tényleg van egy „kis” szinkrongenerátor a hidrogenerátoron belül?
Statikus gerjesztő. Gyorsrágerjesztés (2)

Forgódiódás gerjesztőgép (brushless gerjesztő)

„Kifordított” kis(ebb) szinkron generátor, amelynek az állórésze (armatúrája) egyenirányító híddal együtt forog és a pólustekercsei állnak.

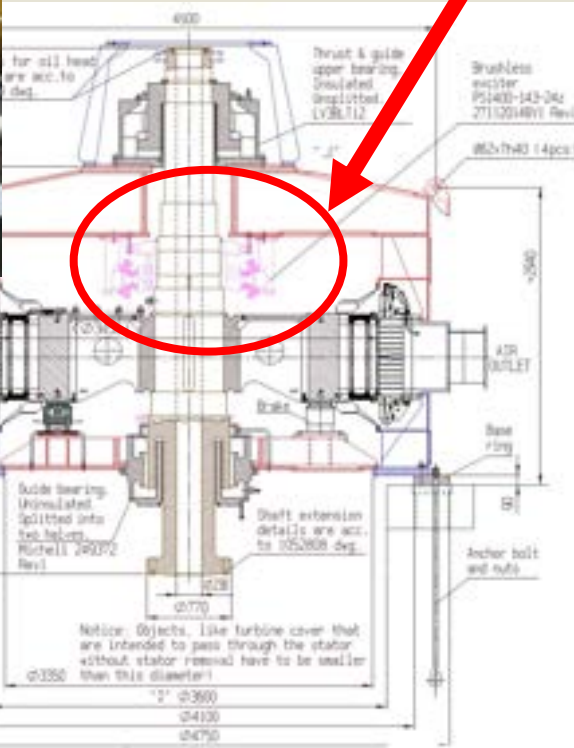
Kutyaharapást szőrével!

Statikus gerjesztő = egy közönséges hálózati teljesítményegyenirányító + némi flinc-flanc

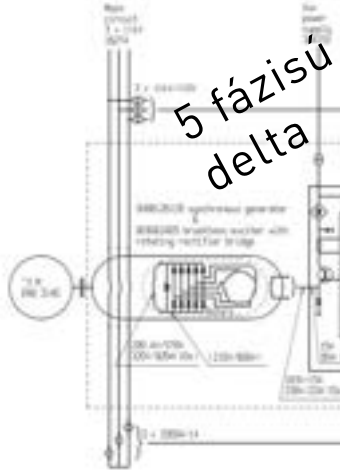
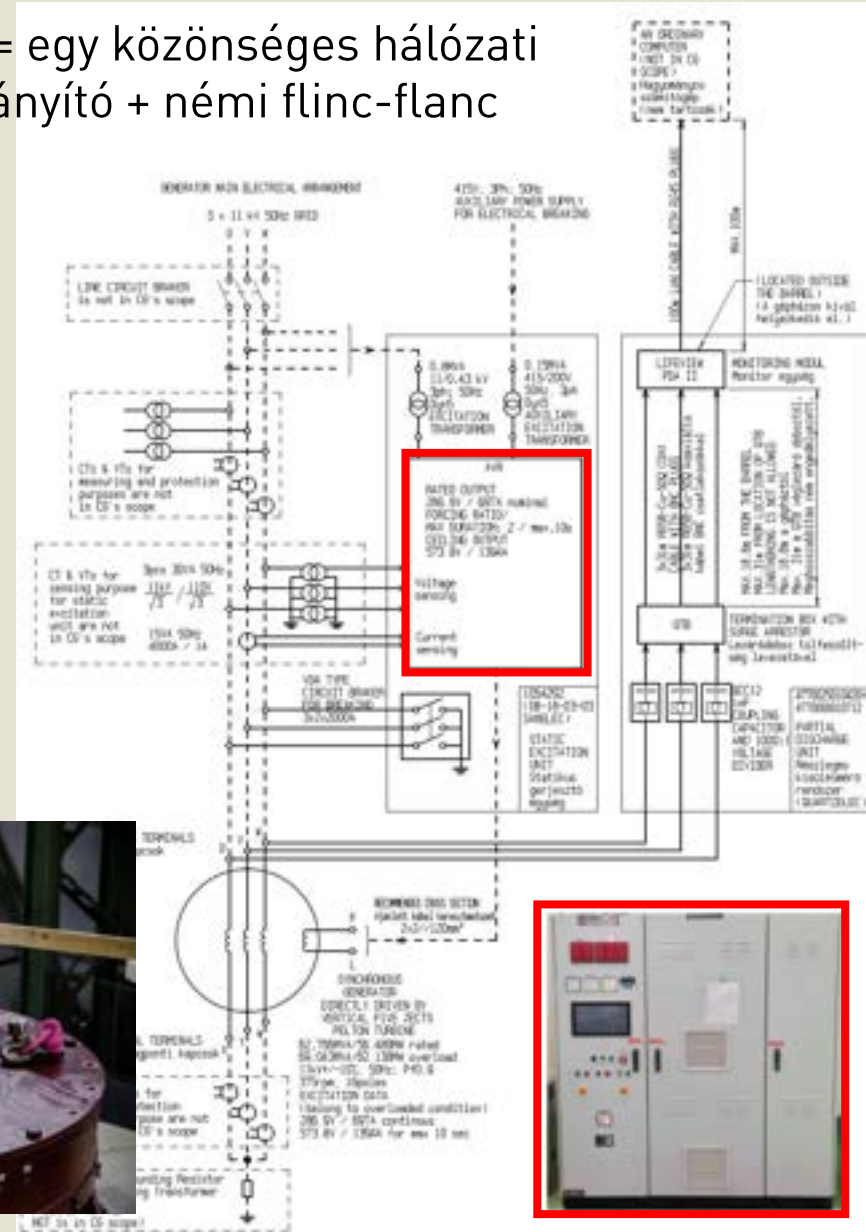
3 fázisú csillag



Itt a hidrogenerátoron belül helyezkedik el



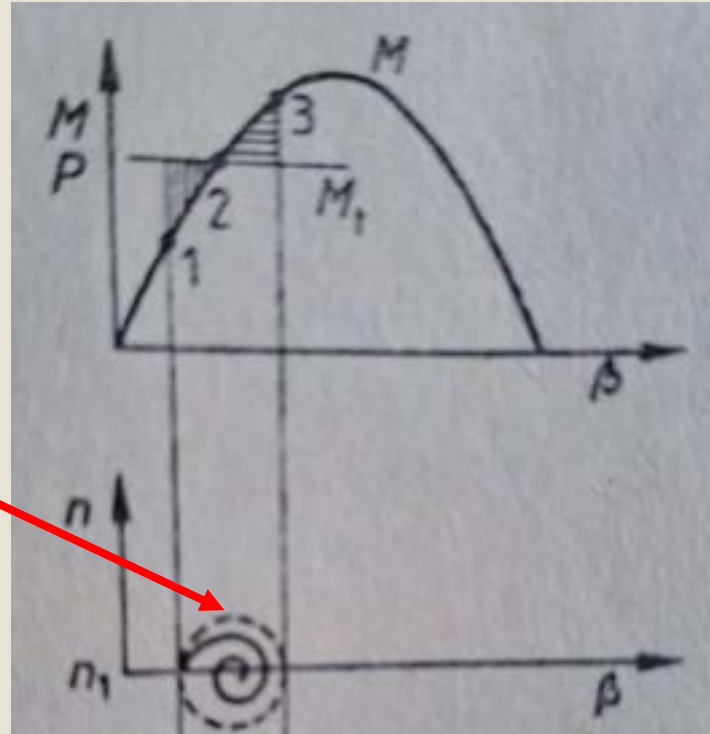
Klasszikus csúszógyűrű kefeszerkezettel



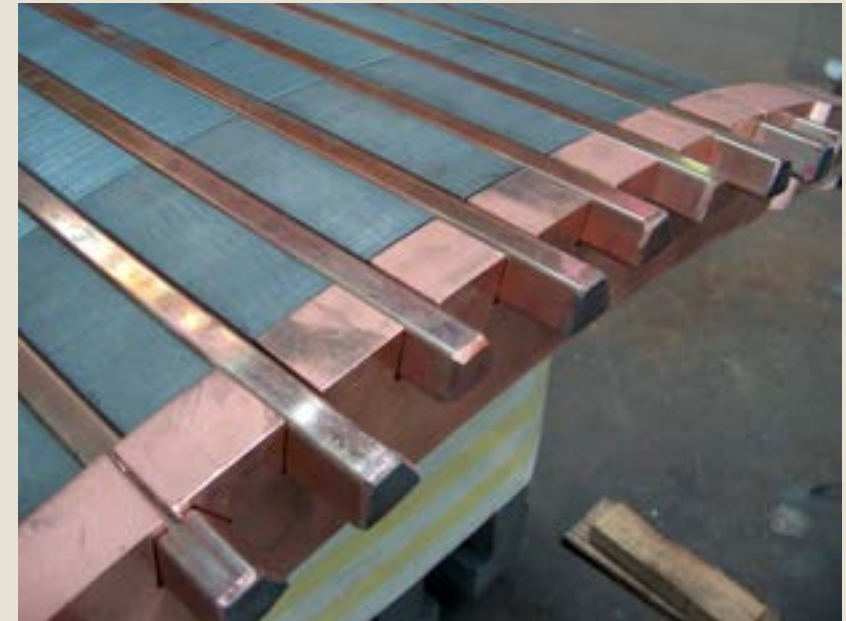
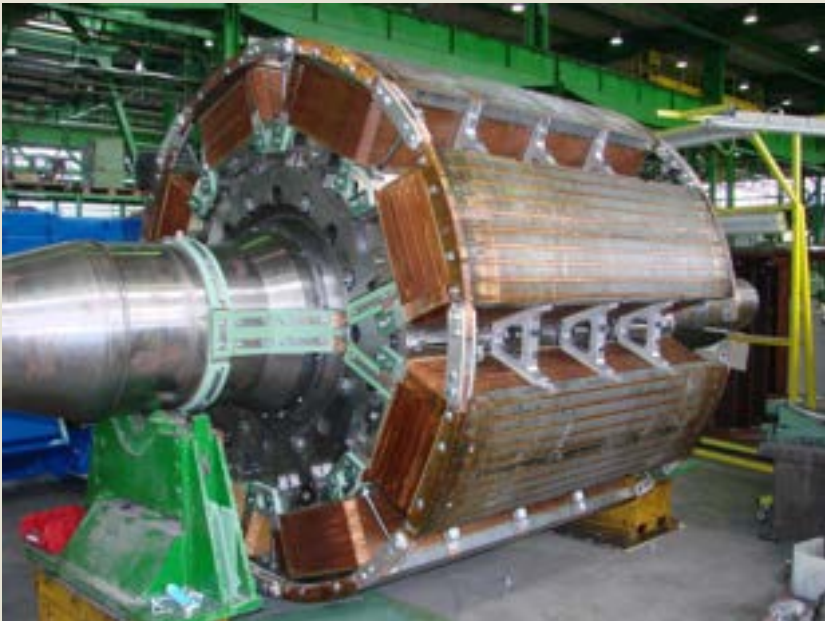
5 fázisú delta

Csillapító kalicka rendszer. Miért kell így túlbonyolítani, anélkül nem is jó? És egyáltalán mit csillapít, a lázat?

Hirtelen terhelésváltozáskor a forgórész lengéseket végez (miközben továbbra is szinkron forog),
A lengések elméletileg végtelen ideig fennmaradnának



Szerkezetileg megegyezik az aszinkron motorok kalickáival



Villamos forgógépek fékkapcsolásai: ellenáramú (fékmotoros), generátoros, aszimmetrikus, dinamikus. Mindez nem elég? Még mechanikai fék is kell, pedig nem is darumotorról van szó? Na ne már, elkopik a fékpálya és a „ferodo” ugyanúgy, mint az autóban? Mi lesz porral? Nem mérgező az?

Ellenáramú: jobbra szeretne forogni, de balra kényszerítjük

Generátoros: nem szeretne már gyorsabban forogni, de kényszerítjük

Aszimmetrikus: össze van zavarodva, kényszerben fékez

Dinamikus: se jobbra, se balra nem szeretne mozdulni

Hidrogenerátor mechanikus fék:

- Túl hosszú idő alatt állna meg a forgórész
- A vízturbina „kúszik” (semmi sem tökéletes)
- Multifunkciós = pneumatikus fék + hidraulikus emelő + jancsi (mechanikus támaszék) egy személyben



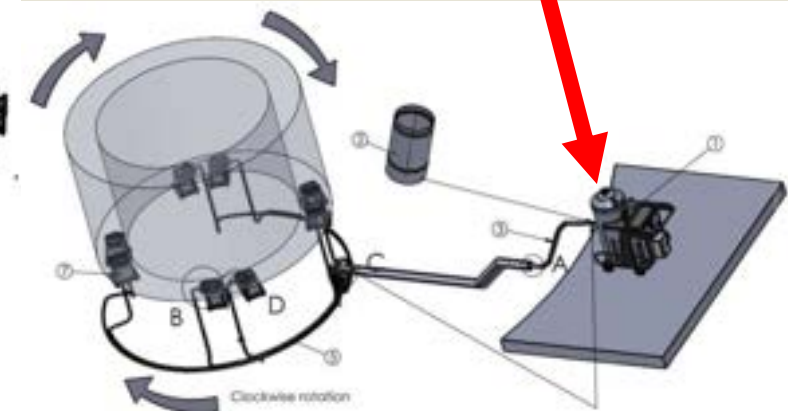
MECHANICAL LOCKING
COARSE MULTI-TREADED
OUTER CYLINDER

M10 GRUB SCREW TO
SECURE MECHANICAL LOCKING
OUTER CYLINDER AT ITS BASE
POSITION

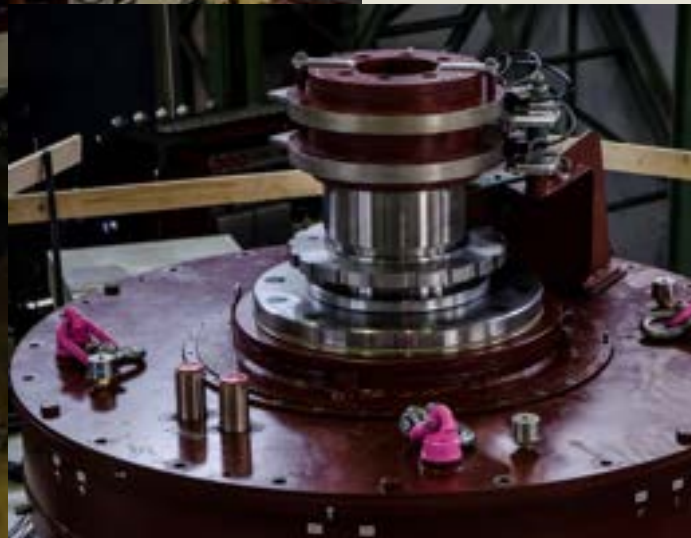
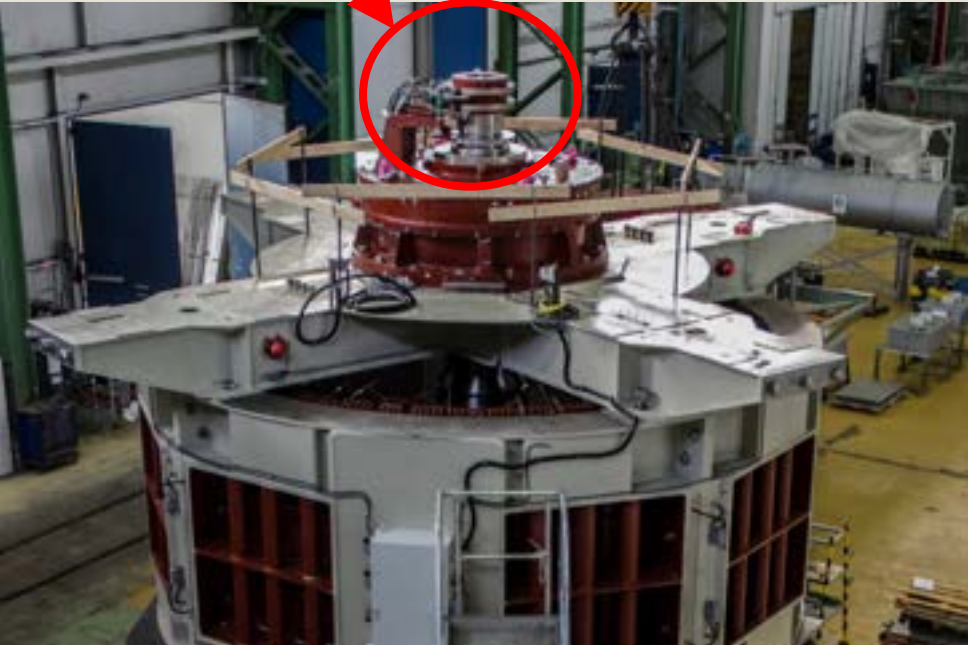
HANDLES FOR TURNING
MECHANICAL LOCKING
COARSE MULTI-TREADED
OUTER CYLINDER

4pcs M10 TREADED HOLES
AROUND PERIPHERY TO
INSTALL HANDLES

Ildomos a fékport elszívni
(ipari porszívó)



Csúszógyűrű és a „szénkefék”. Mi lesz a (kefe)porral, hagyjuk terjengeni a levegőben?

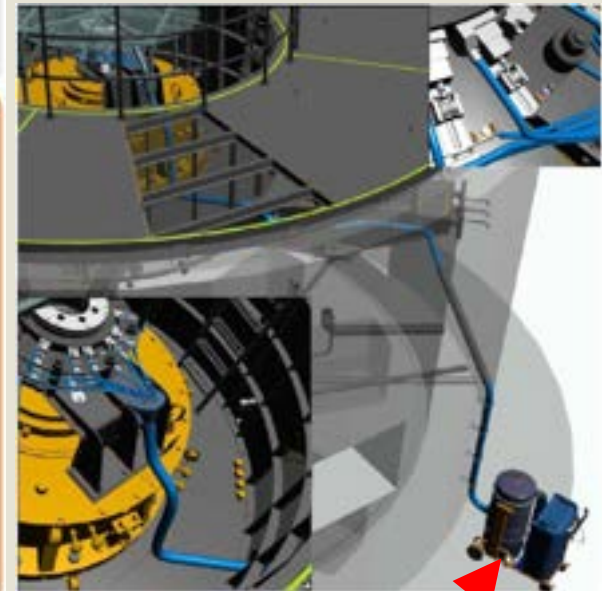
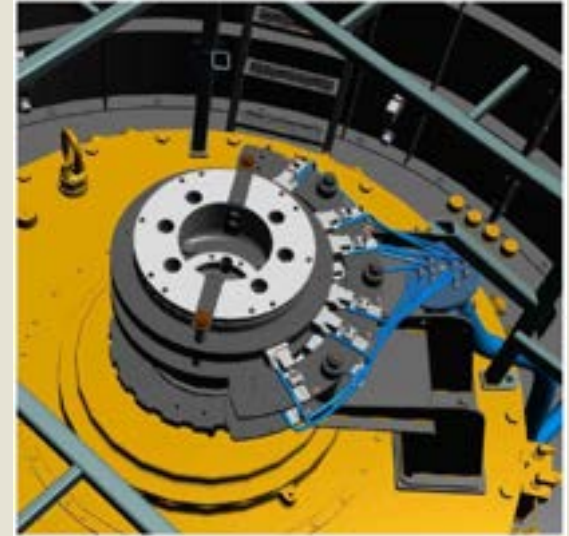
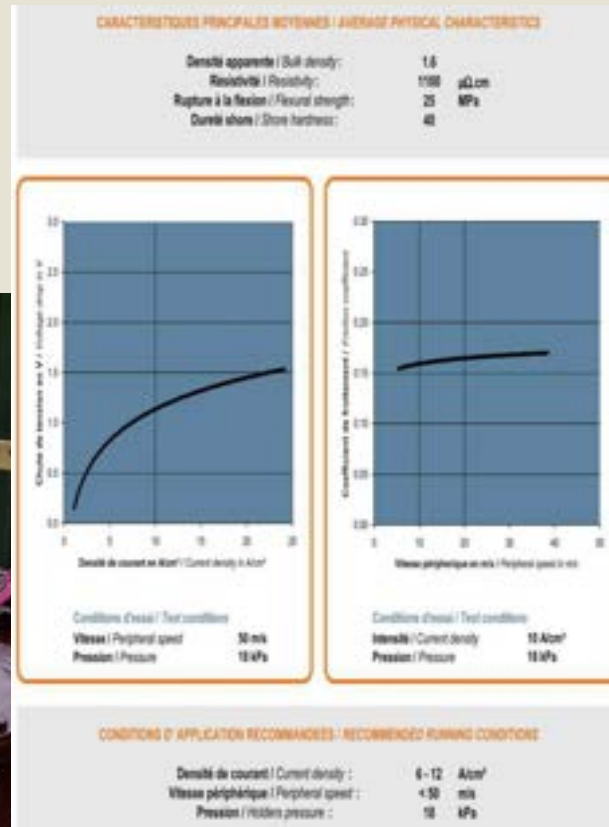


A forgórész pólustekercseit egyenáramról táplálni 2db csúszógyűrűn és keféken keresztül külső áramforrásról

Kefe

Maradék feszültségesés → melegszik

Súrlódás → melegszik + kopik



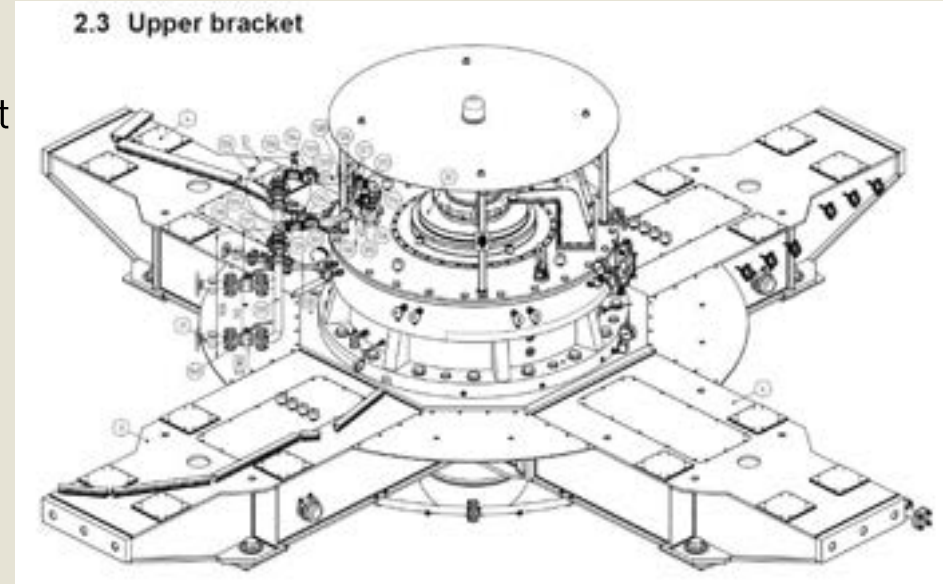
Ildomos a kefeport elszívni (ipari porszívó)

Min függve forog egy 160 tonnás forgórész? A felső hídszerkezet (és a csapágy). Na ne, tényleg meghajlik még egy ekkora darab „vas” is? Mennyit hajlik?



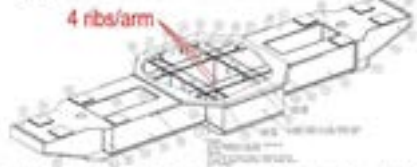
Precíziósan (0,1mm-en belül) megmunkált hegesztett acélszerkezet ötvözetlen szerkezeti acélból, tipikus anyagminőség EN10025: S355J2+N, megmunkálás előtt feszültségmentesítő hőkezelésnek kell alávetni. Jellemző anyagvastagságok: 20...70mm

1,65 mm-t úgy meghajlik, mint a pinty!
(155,9 tonna hatására)
 $c \approx 95 \text{ t/mm}$ rugóállandó + rotor tömeg →
kétennergiatárolás rendszer → axiális
dinamikai viselkedést is ellenőrizni kell!



Előzetes terhelés- és deformációpróba
550 tonnás hidraulikus présgéppel

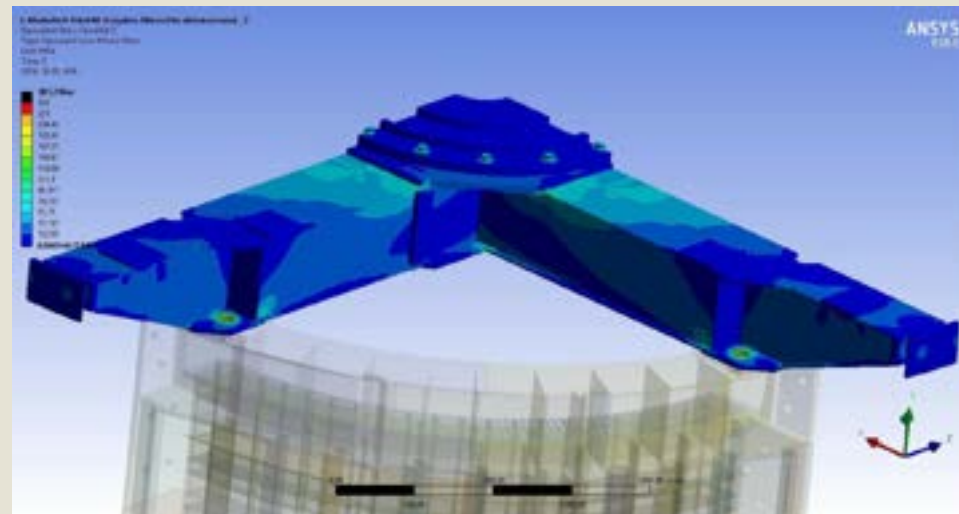
Upper bracket is twin-box-like welded steel structure



that is divided into three pieces due to its large size. Two short arms are bolted, welding onto one long beam.



Méret miatt osztani kell



Az alsó hídszerkezet (és a csapágy)

Precíziósan (0,1mm-en belül) megmunkált hegesztett acélszerkezet ötvözetlen szerkezeti acélból, tipikus anyagminőség EN10025: S235J2+N, megmunkálás előtt feszültségmentesítő hőkezelésnek kell alávetni. Jellemző anyagvastagságok: 20...70mm

#-alakú

Hordozza az

- alsó csapágyat

- fék+hidraulikus emelő kombinát egységet

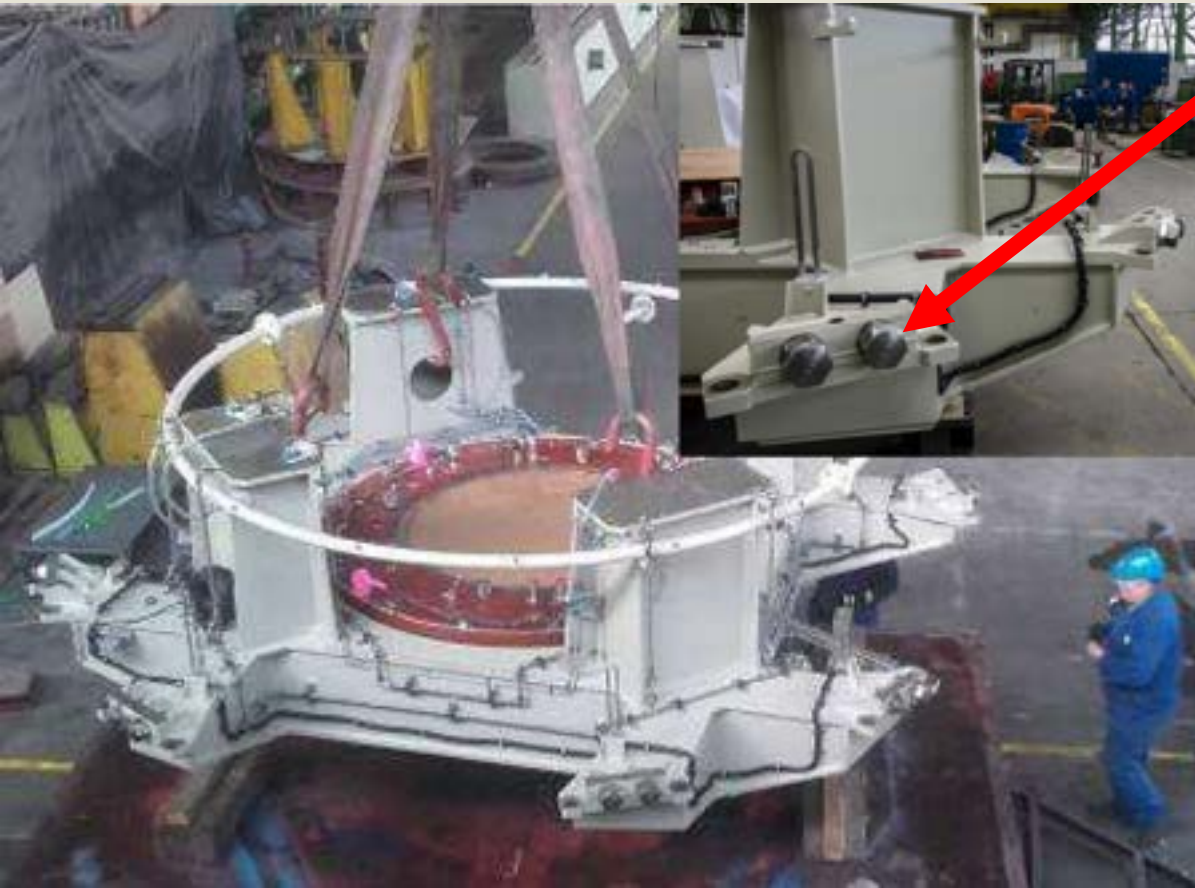
Megtartja a forgórész + turbina ösztömeget

karbantartáskor vagy a generátor összeszerelésekor

Kitámasztja a radiális terhelést a generátor

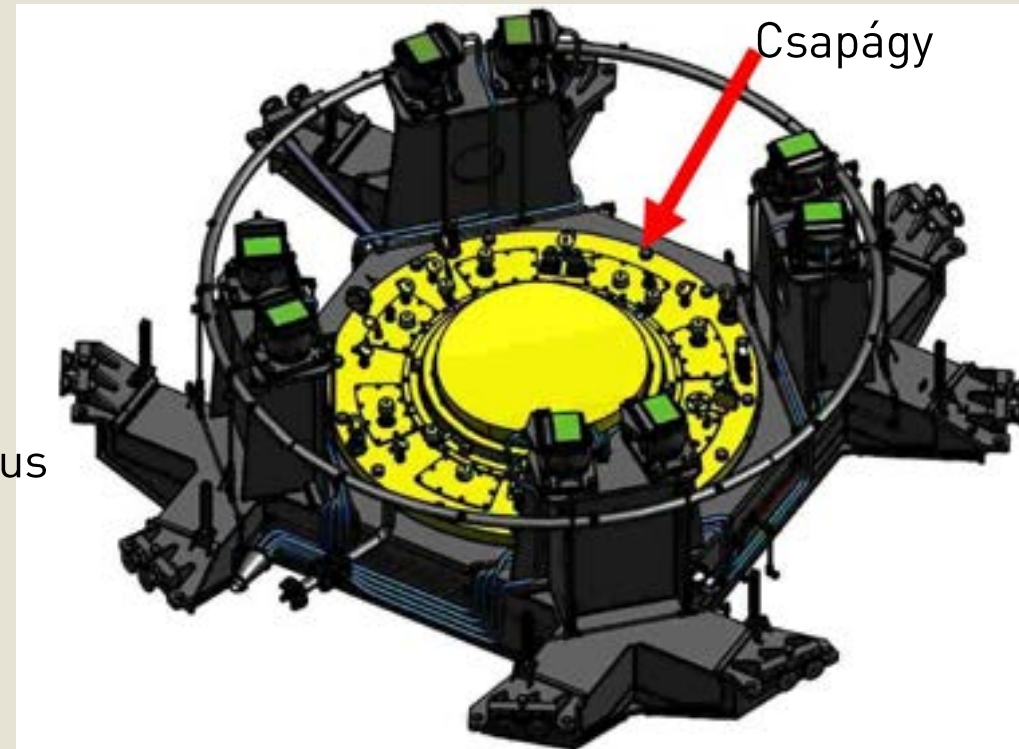
betonszerkezethez

(Miféle radiális terhelést?)



Mágneses
húzás

Turbina
Aszimmetrikus
üzem

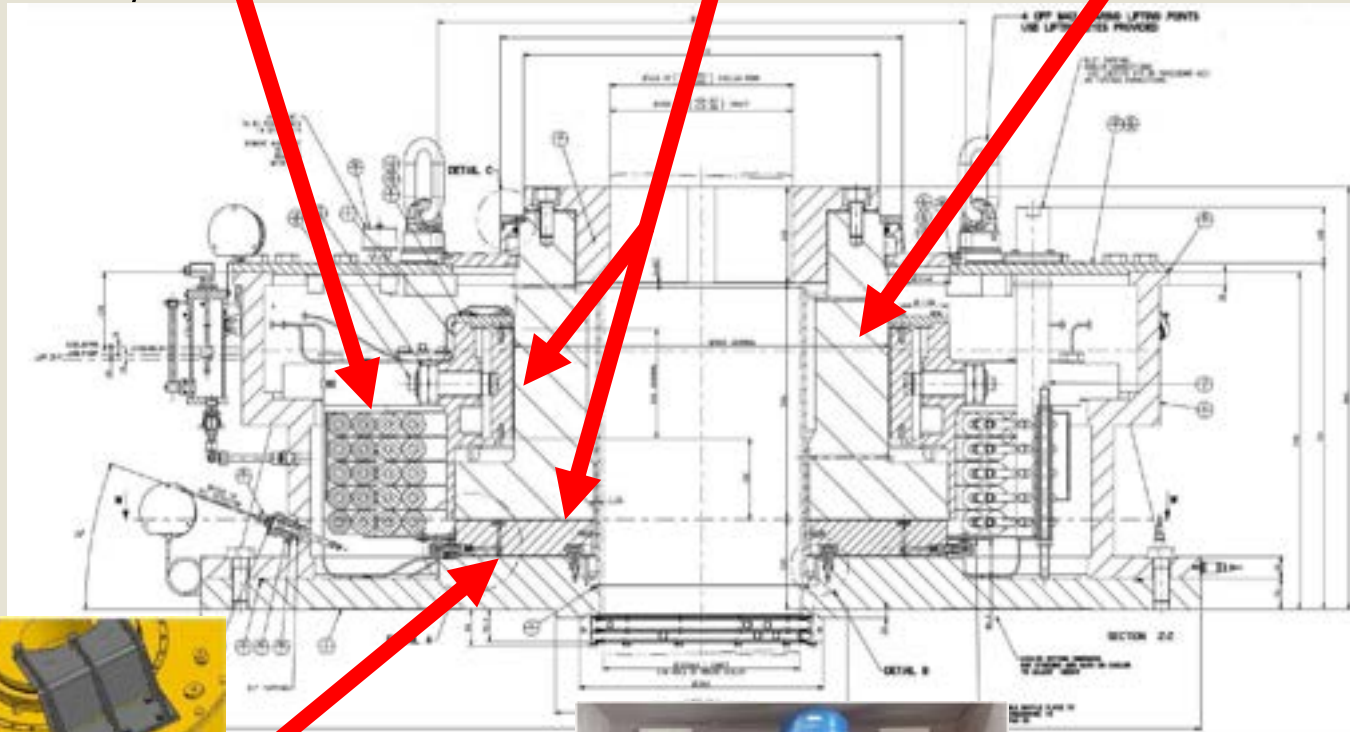


Siklócsapágyak, melyekben sem „golyó” sem egyéb gördülőelem nincs. Egy kékbálnát is felemelő „Hydrojacking” tényleg szükséges?

Olaj-víz
Hőcserélő
75kW
72°C
7300 l/óra

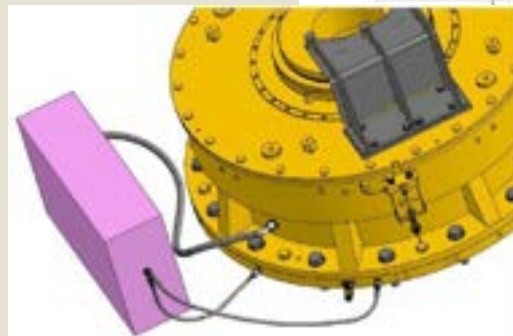
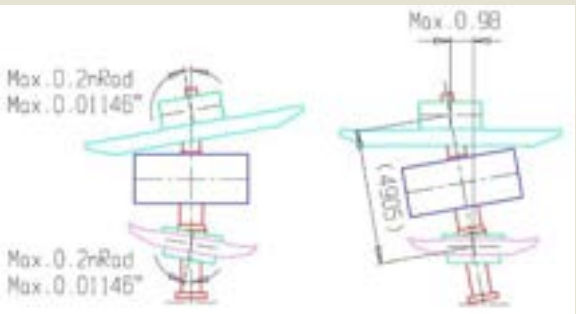
Axiális és radiális súrlódó felületek
- fehérém (ónötvözet) = babbitt
- politetrafluoretilén (PTFE) = teflon

Csapágyharang



Némi szöghibát is elvisel

Az olajfilmnek rugómerevsége is és csillapítása is van, amit a rotor dinamika viselkedésnek vizsgálatánál figyelembe kell venni!



Hydrojacking
betáplálási
pont



Hm, két emelő is van? TISZTÁZÓ LAP

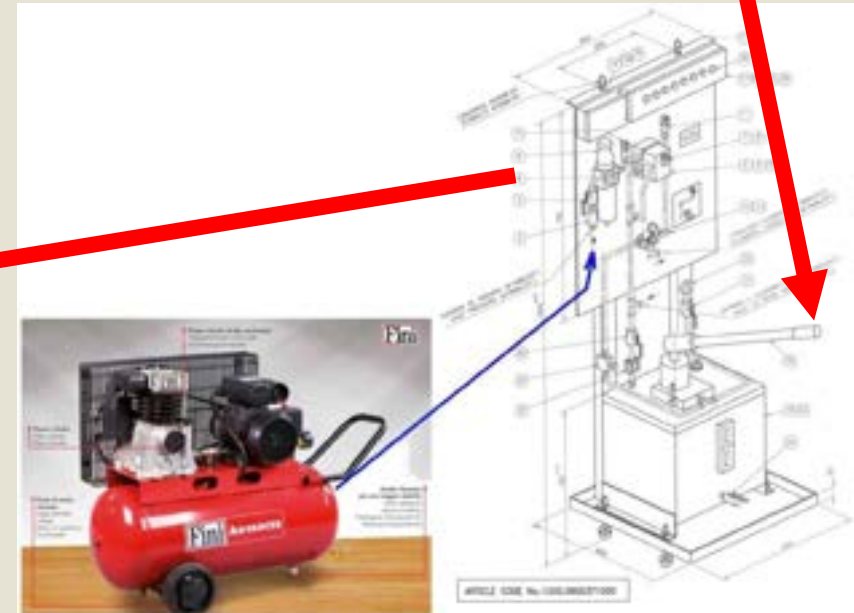
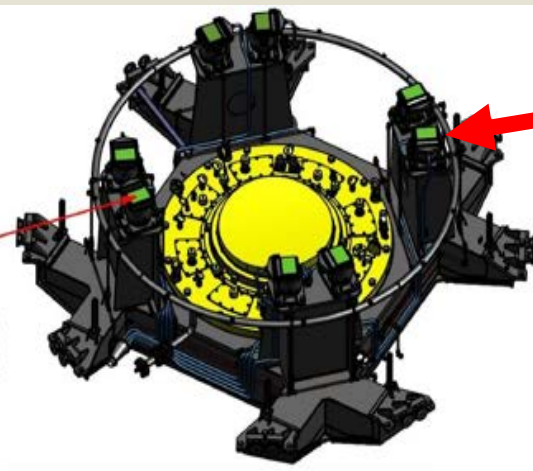
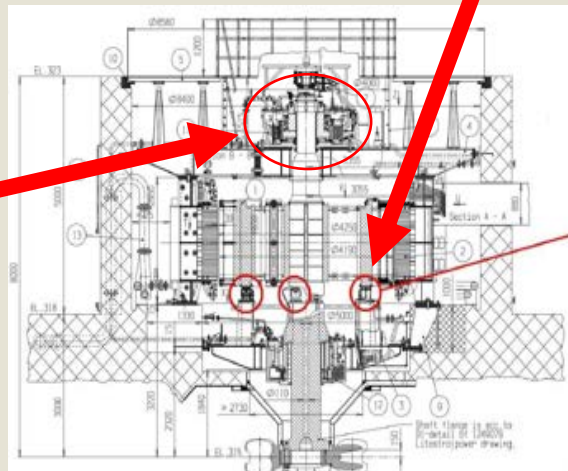
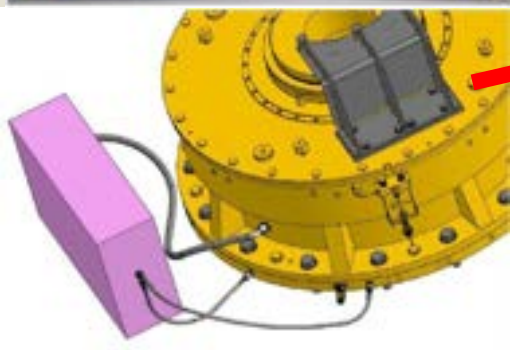
Miért és mikor kell a forgórészt felemelni?

Induláskor (és leálláskor)
ezzel

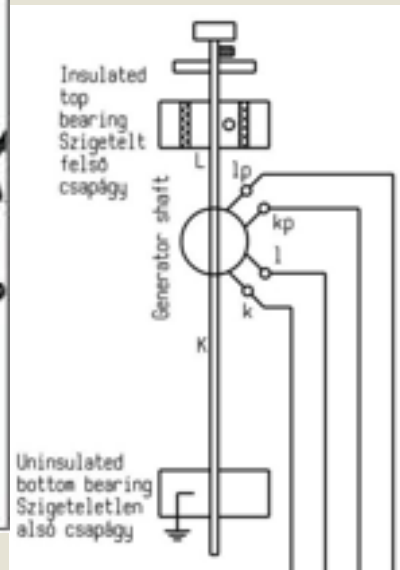
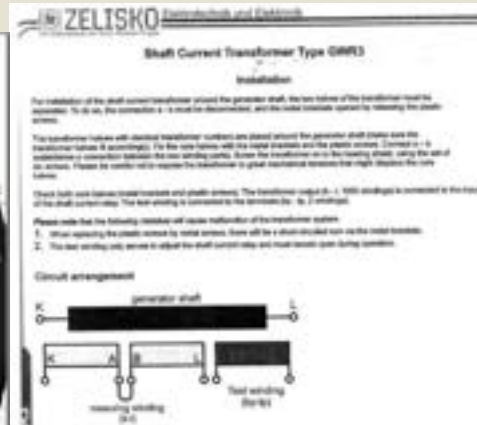
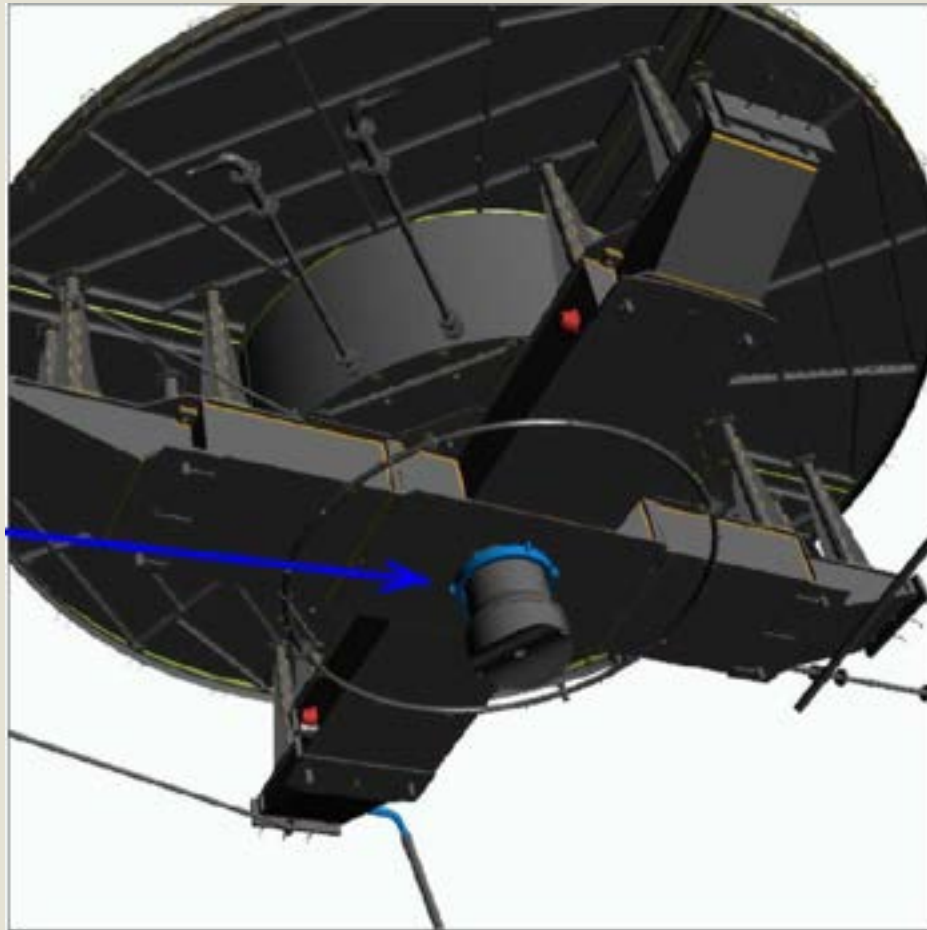
Karbantartáskor = felső csapágy ellenőrzésekor
ezzel

Tényleg egy
kis vacak
kézipumpával
emelik meg a
forgórészt?

IGEN

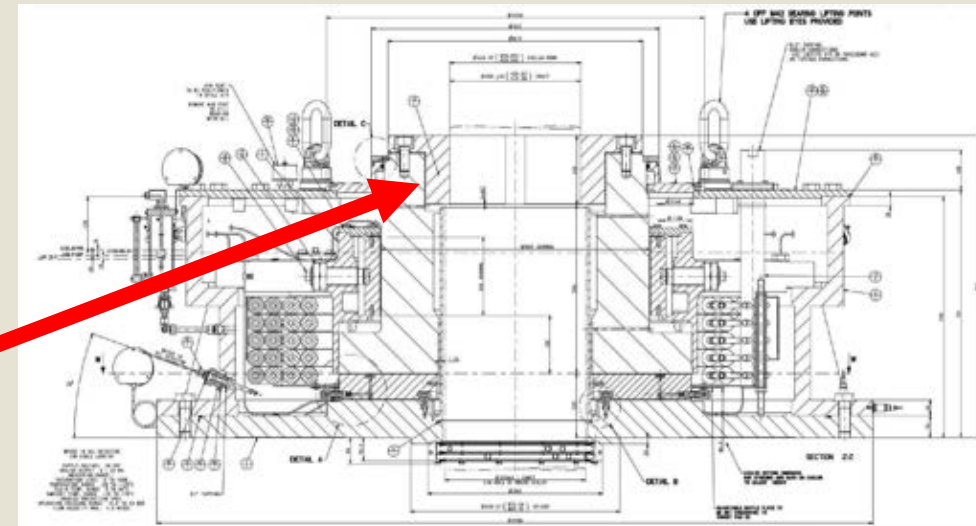


„Kóboráram” helyett tengelyáram (=csapágyáram). Tengelyfeszültség. Most akkor tengelyfeszültségről vagy tengelyáramról van szó, mi ez az egész? A gyűrűs áramváltó



- A hidrogenerátorban axiális fluxus elvileg nincs
- Gyakorlatilag lehet egy „kicsi”. Ugyan miért...?
- Ami a tengelyben feszültséget indukál 0,2...10V
- A tengelyfeszültség tengelyáramot hoz(na) létre 100...3000A (!)
- A tengelyáram nem kívánatos! Beég a csapágy!
- Legalább az egyik csapágyat szigetelni kell!

- Max.0,2V : szigeteletlen gördülőcsapágnál
- Max.0,5V : szigeteletlen síklócsapágnál
- ≈2V : kis generátor brushless gerjesztéssel
- ≈7V : közepes generátor brushless gerjesztéssel
- ≈10V : közepes generátor statikus gerjesztéssel

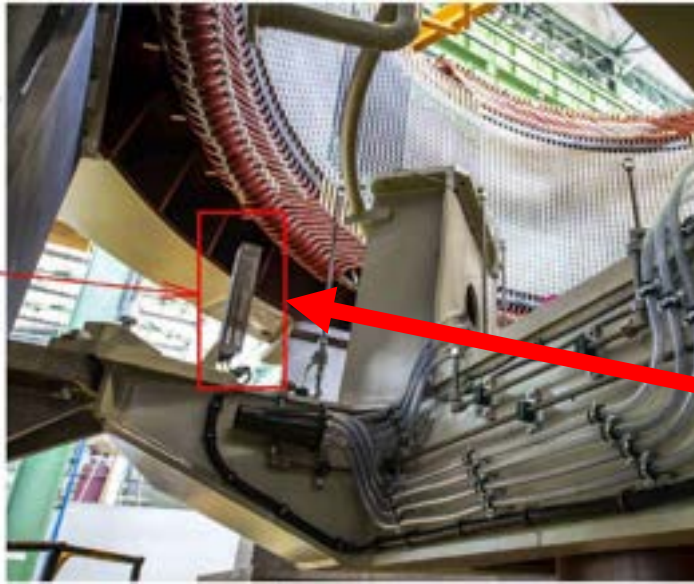
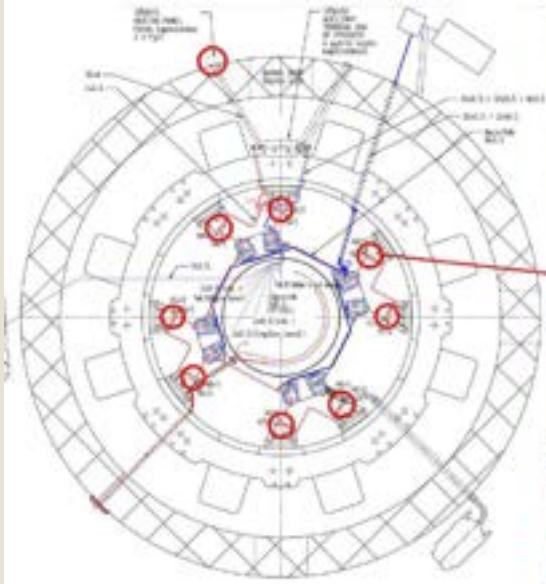


A tengelyáramváltó azonnal jelzi a csapágszigetelés meghibásodást

A tengelyfeszültség jószerivel elkerülhetetlen, de a tengelyáramot (csapágyáramot) nem engedjük folyni!

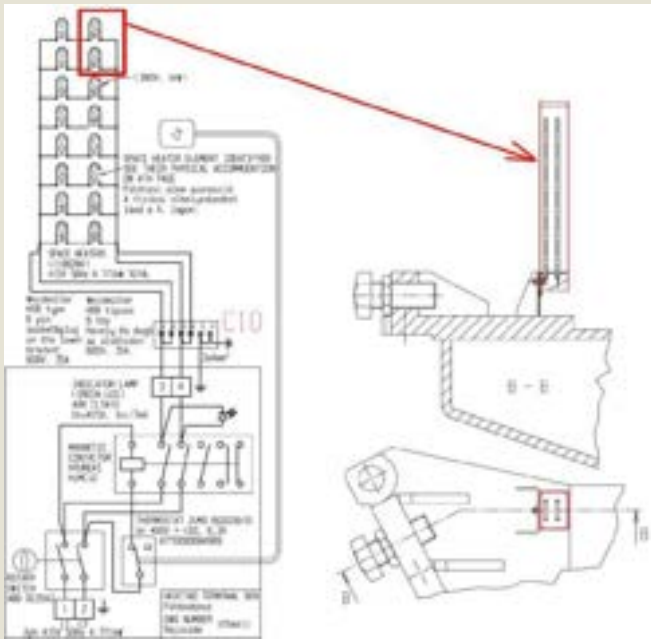
Csapágy(harang) szigetelés

Generátorfűtés. Miért kell/érdemes fűteni és mikor? Az erőmű-levegő harmatpontja



Üzemszünetben (ami egyébként nem jellemző) a hidrogenerátor ideiglenesen hidegebb lehet, mint az erőmű-levegő harmatpontja, mert nagy időállandóval követi a környezeti hőmérsékletváltozást → kondenzvízlecsapódás ← nem szerencsés

Na azt már nem! Inkább fűtsük!



Pár kW (pl. 4,8kW)
 $\Delta T = 40^\circ C$

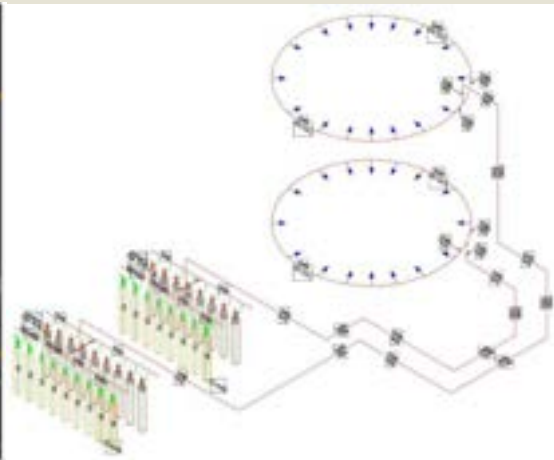
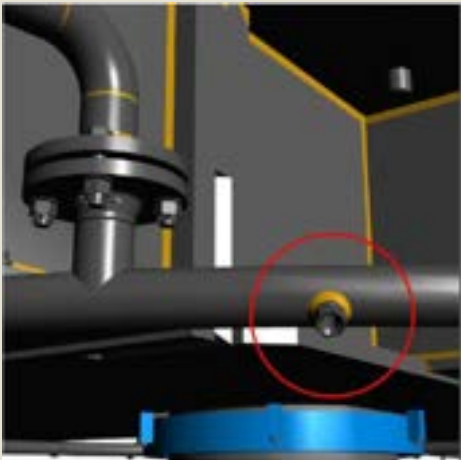
Relatív nedvességtartalom +
hőmérséklet → harmatpont
Harmatpont kalkulátor



Nem minden erőműtulajdonos bajmóldik ezzel, van ki csak úgy bekapcsolja, amikor leáll a generátor...

Beépített széndioxidos tűzoltóberendezés, kiürítő cső, tűz- és füstérzékelő

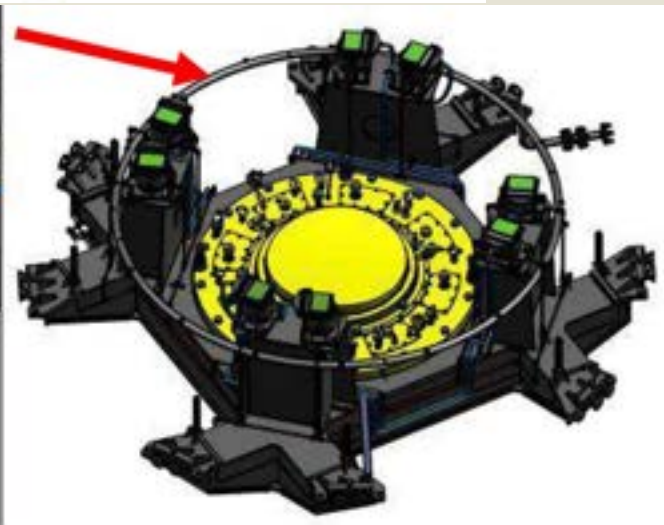
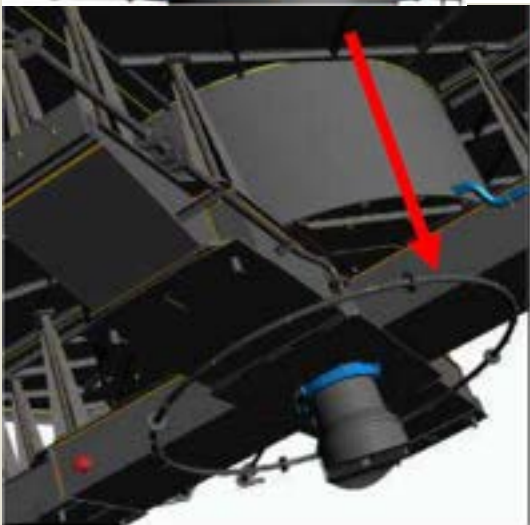
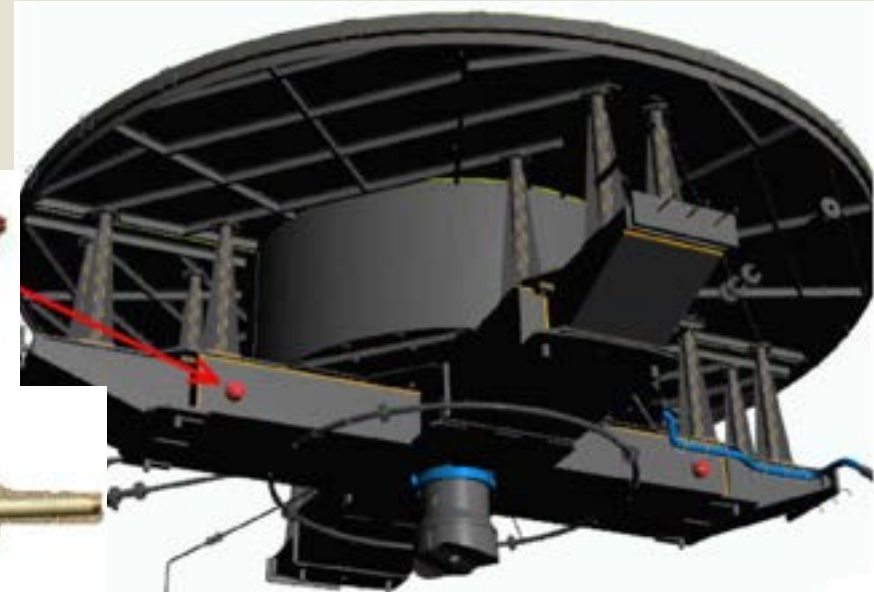
A hidrogenerátort minden eshetőségre fel kell készíteni, még arra is, hogy akár meg is hibásodhat, mondjuk felgyullad! (Ilyet még csak egyszer láttam) → Ne hagyjuk égni, árasszuk el mondjuk CO₂-vel!



Füstérzékelő szenzor



Tűzérzékelő szenzor



A 200-300m³ széndioxidot előbb-utóbb ki is kell üríteni, különben megfullad a személyzet!



Elektronikus fordulatszám mérés, jeladó tárcsa, mechanikus megszaladási fordulatszám kapcsoló (micsoda kőcsovi technika), kúszik. Mi vagy ki kúszik és hol, a fűben?

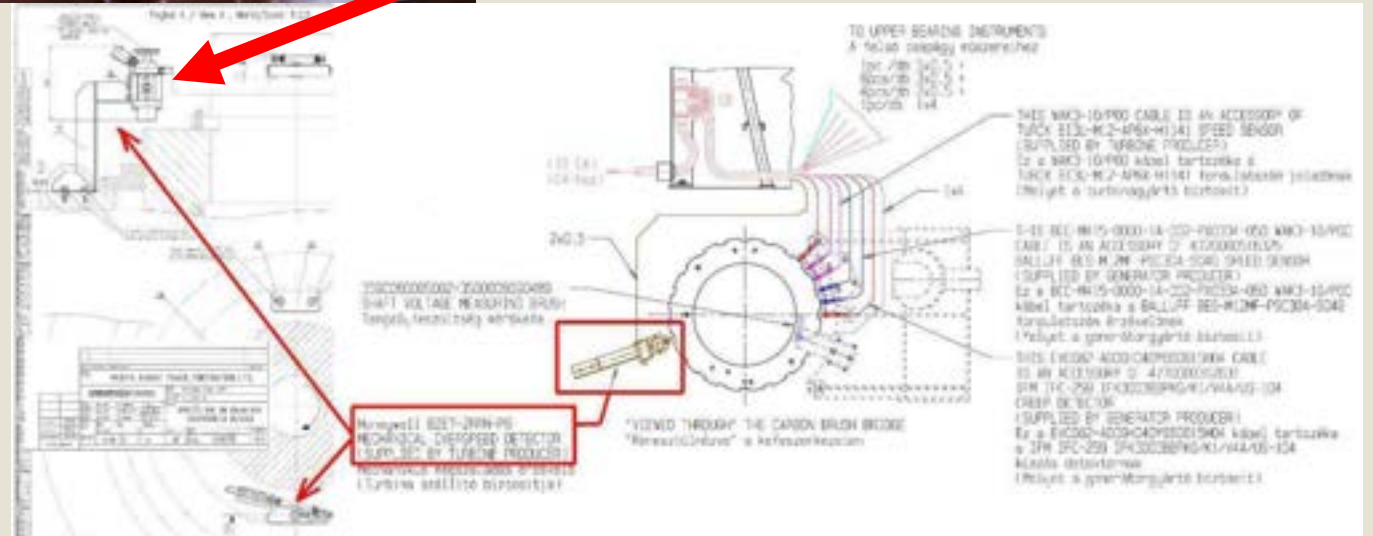
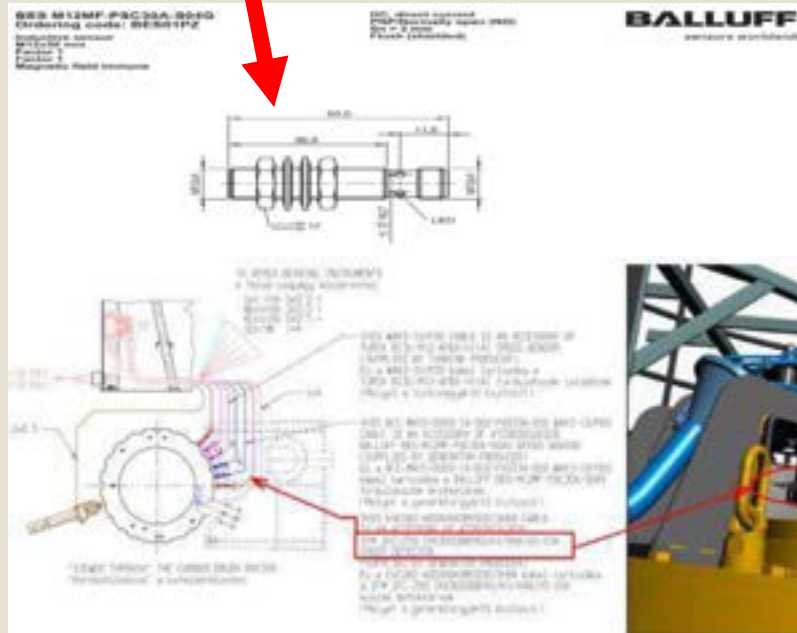
Különböző célú fordulatszám jeladó szenzorok és redundáns fordulatszám jeladó szenzor

Fogazott jeladó tárcsa



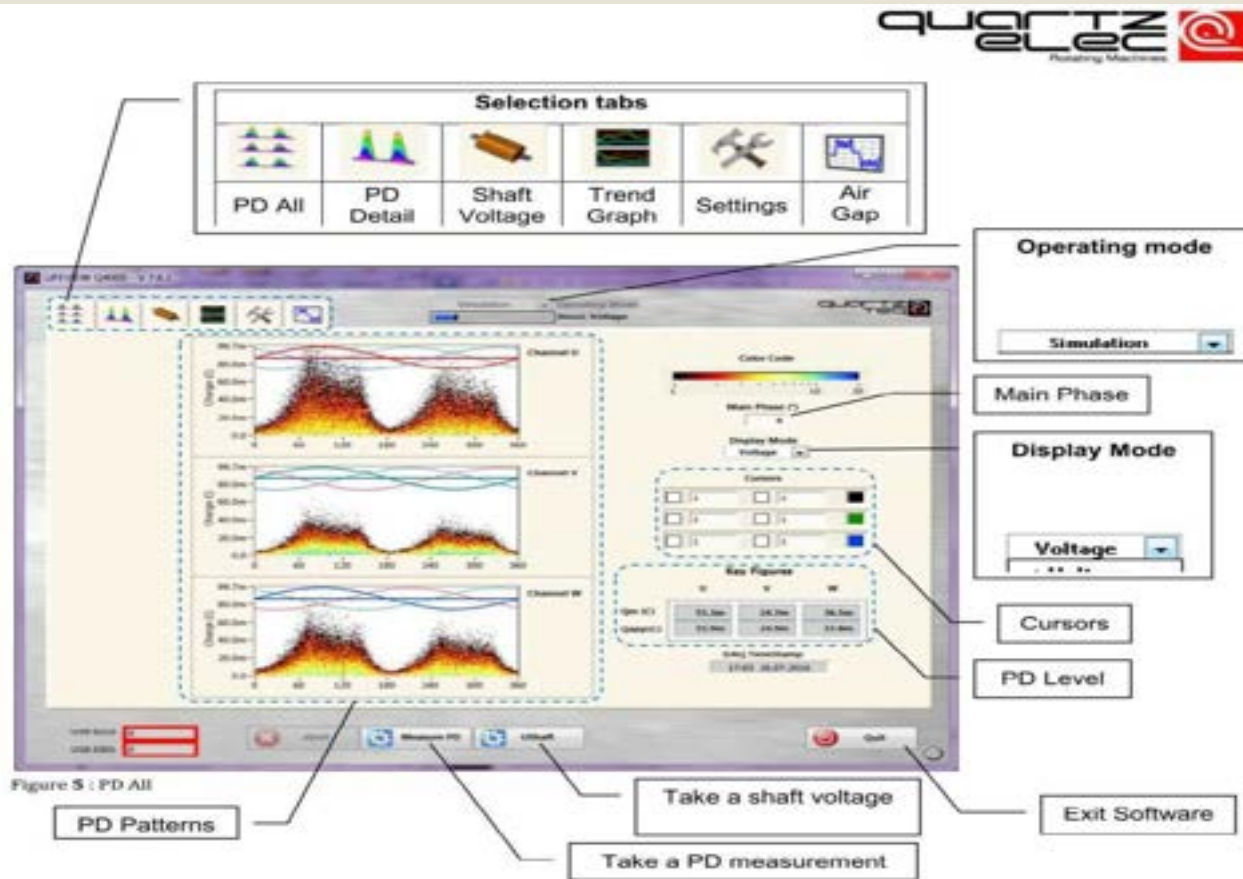
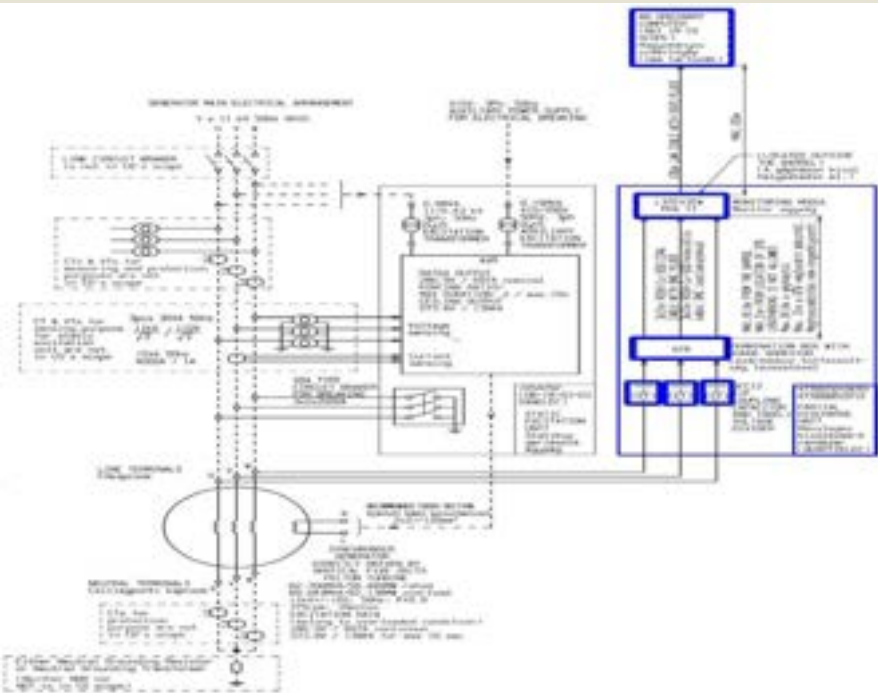
Üzemszünetben a vízturbinánál esetleg egy kicsit „szivárog” a víz → mégis csak van egy kis hajtónyomaték → a hidrogenerátor „kúszik” (mérhetetlenül lassan forog) → árt a csapágnak + életveszélyes lehet, ha éppen karbantartják

Biztos, ami biztos, ha minden elromlana...



Részleges kisülés (PD) és beépített részleges kisülésmérő

Részleges kisülés: Levegőt tartalmazó mikro-buborékok lehetnek a szigetelőanyagban vagy a szigetelőanyag és a réz között, melyekben a villamos térerősség $\epsilon_{szig}/\epsilon_0$ -szer nagyobb mint a szigetelőanyagban → belső kisülések keletkeznek, amelyek alamuszi módon szépen lassan szétforgácsolják magát a szigetelőanyagot és akkor fuccs!



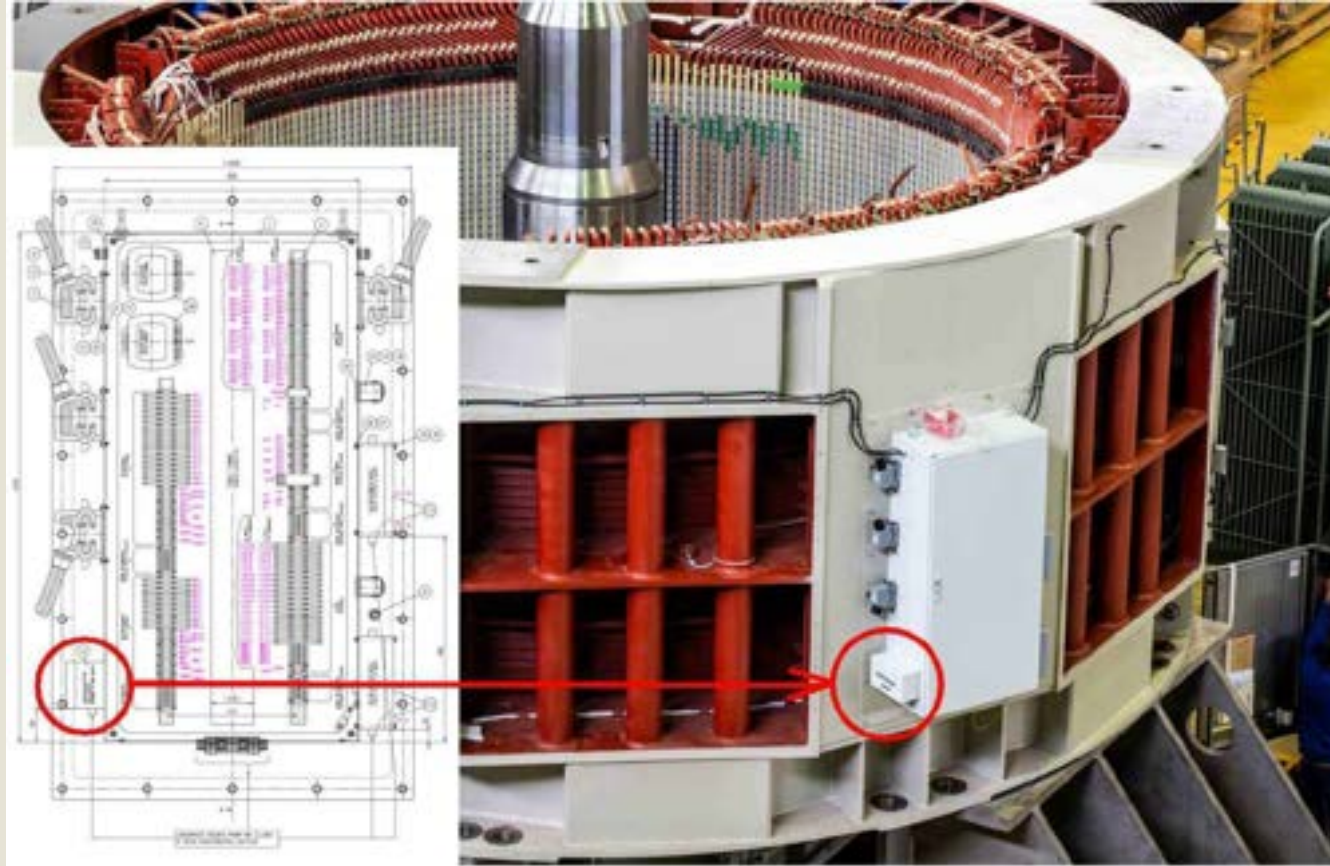
A belső kisülések **piko coulomb** nagyságrendű töltésmozgással járnak, melyek detektálhatók

Ionizáció, ózonkoncentráció. Miért keletkezik/keletkezhet ózon és miről árulkodik ez?

Ózonréteg = jó



Ózon a hidrogenerátorban = nem jelent jót!



AEROQUAL SERIES 940
 FM S940 Base unit
 AS R65 External filters
 SH OZL4 O3 sensor
 NEMA4, 0-0.5ppm sensor head
 (AS R17 USB to 485 cable)
 ZH477000000940
 Active sampling via diaphragm pump with
 long life brushless DC motor
 4-20mA
 24V DC, 500mA
 230 x 140 x 95
 ≈1.1kg

Felezési idő
 (24C, 0%RH):
 25 óra

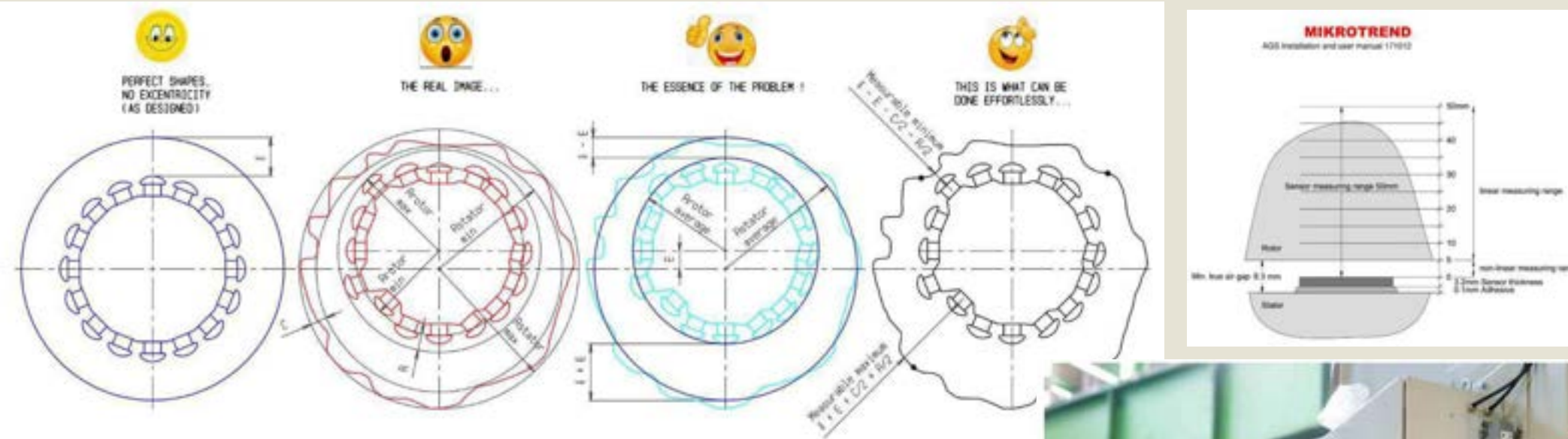
Szaglasküszöb:
 0,02-0,05 ppm

Megengedhető
 koncentráció
 (OSHA / ANSI /
 ASTM/ EüM) :
 0,1ppm 8órán
 keresztül

Rossz szigetelés → koronakisülés, szikra → energiateljesítmény → levegő ionizáció → O₃ képződés

A légrés, avagy semmi sem tökéletes. Beépített légrésmérő műszer

Hm, a kört mégiscsak négyzetesíteni lehet!?



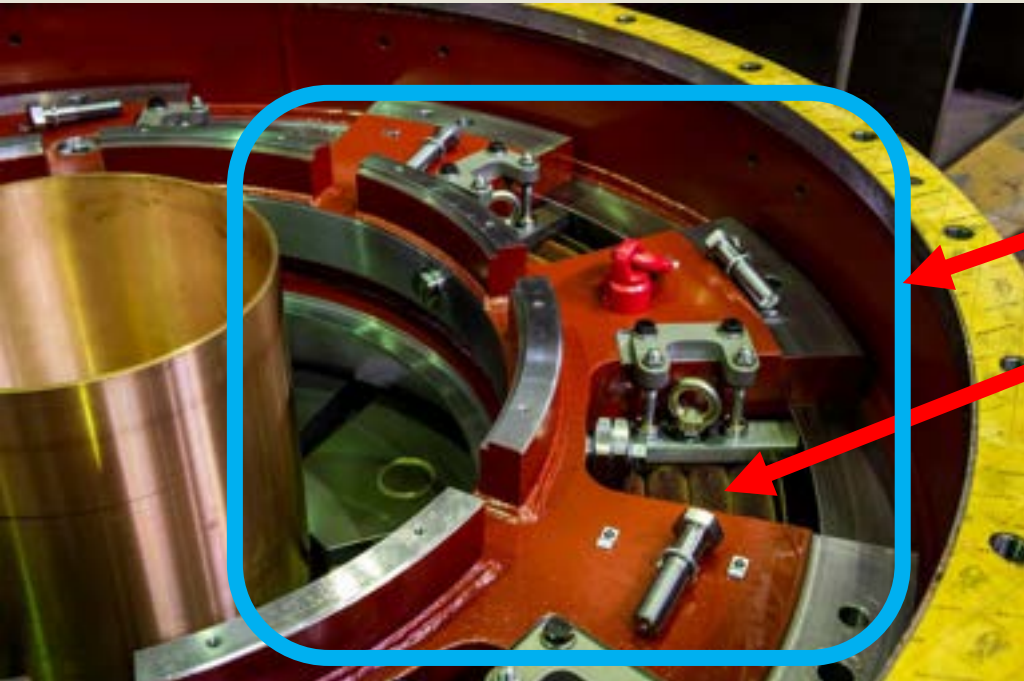
Excentricitás (max 5%) → mágneses húzás
 Hengerességi hiba (max.5%) → nem szinuszos feszültségalak

Fourier analízissel megállapítandó:
 Ellipszicitás, max.2%
 Háromszögesség, max.1,5%
 Négyzetesség, max.1,25%

(Minden %-kos adat a névleges légrésre vonatkozik)



Víz- vagy olajszennyezés? Mi szennyez mit? Beépített víztartartalmomérő



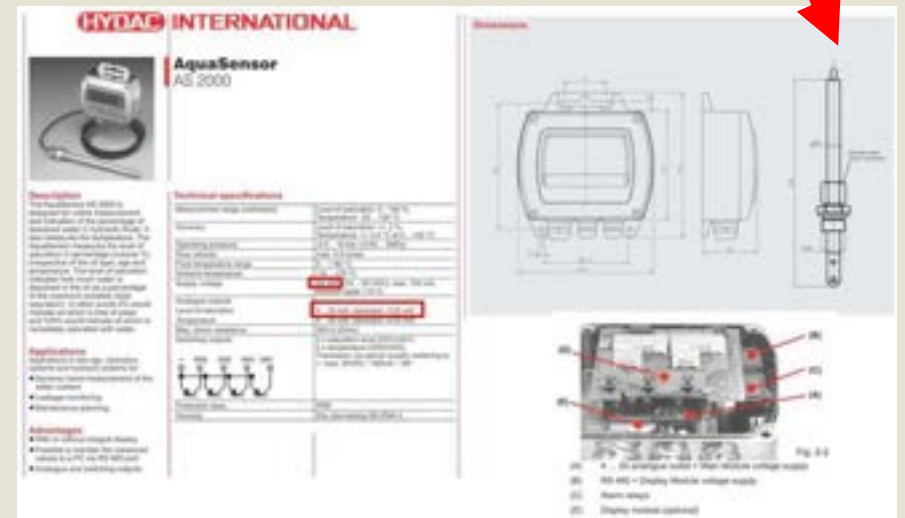
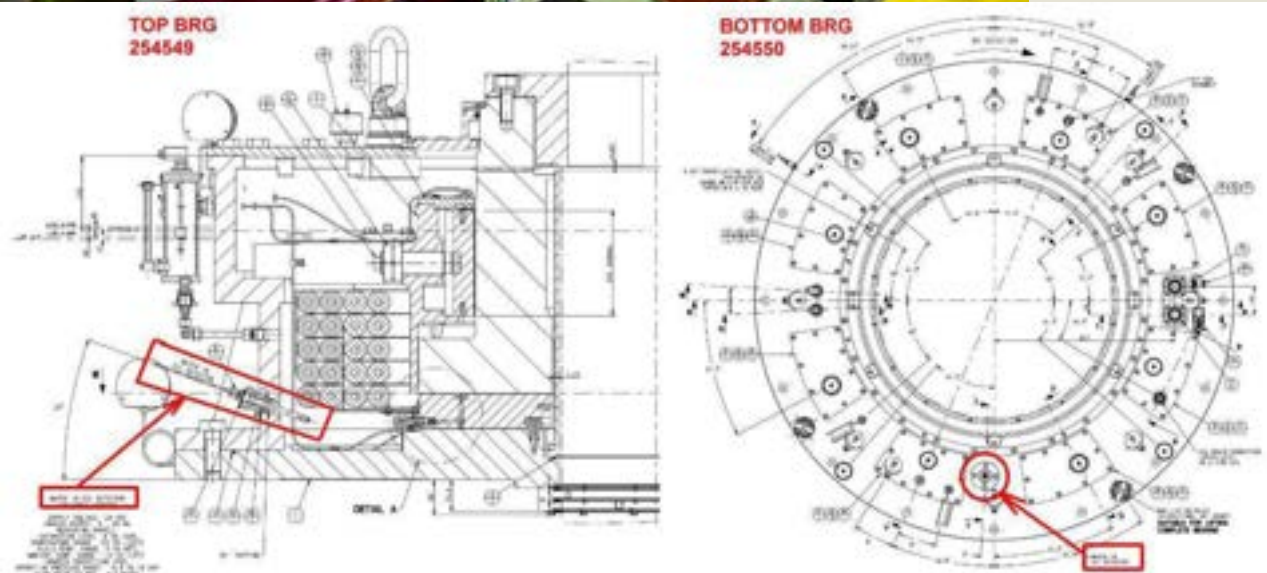
Olajtér

Olaj-víz hőcserélő
És hát ugyebár
ami elromolhat,
az el is romlik...

Az ásványi olaj 400ppm vizet képes feloldani
Megengedhető vízszennyezés: 200ppm
(2dl víz 1m³ olajban)

Amúgy mennyi
olaj van egy
csapágyban?
Kb. 1000 liter

Vízszennyezés érzékelő szenzor



Miért zajos, miért rezeg egy gép? Beépített rezgésmérők. Miért kell még az állórészrezgést is mérni?

Kiegyensúlyozatlanság (forgási-frekvenciás, pl. 6,25Hz-es egy 16pólusú, azaz 375 ford/perc hidrogenerátornál)

Laza forgó (vagy álló) alkatrészek (nehéz megjósolni a frekvenciát, sztochasztikus)

Mágneses zaj, $100 \cdot \text{Hz}$ -es, mert $\sin^2(\omega \cdot t) = (1 - \cos(2 \cdot \omega \cdot t))/2$

Magnetostríkción zaj (a mágneses domének „recsegve” átrendeződnek), 50Hz -es

Osztott állórész felek, negyedek, hatodok összeillesztési zaja, 100Hz -es

Légáramlási/súrlódási zaj

Ventilátor által keltett zaj (a lapátszám is megjelenik a frekvenciaspektrumban)

Csapágyzaj (a gördülőelemek száma is megjelenik a frekvenciaspektrumban)

Az osztott állórész-részek összefogatása kritikus! Óriási lüktető mágneses erő rázza a ház-részeket!

Rezgésmérők

Radiális csapágynál:

2db egymásra merőlegesen radiálisan

Axiális-radiális csapágynál:

2db egymásra merőlegesen radiálisan

1db axiálisan

VIBROTECTOR® - robust machine vibration transmitter

VIBROTECTOR® is the ideal vibration monitor for all machines which run under approximately constant operating conditions such as:

- Fans
- Ventilators
- Pumps
- Electric motors

VIBROTECTOR® records mechanical machine vibrations and transmits the resulting signals via a custom signal to the control system or a central system. This sensor is equipped with specified alarm thresholds and an alarm signal to the operating personnel if a value is exceeded.

10 great reasons to monitor your machine vibrations with VIBROTECTOR®

- Continuous vibration monitoring
- Direct alarm transmission to the control system
- Easy installation
- No additional hardware required
- No additional supply voltage required
- Robust compact design
- 2 channel output
- Conforms to ISO 10818-2 & ISO 10817
- Small size

Order information

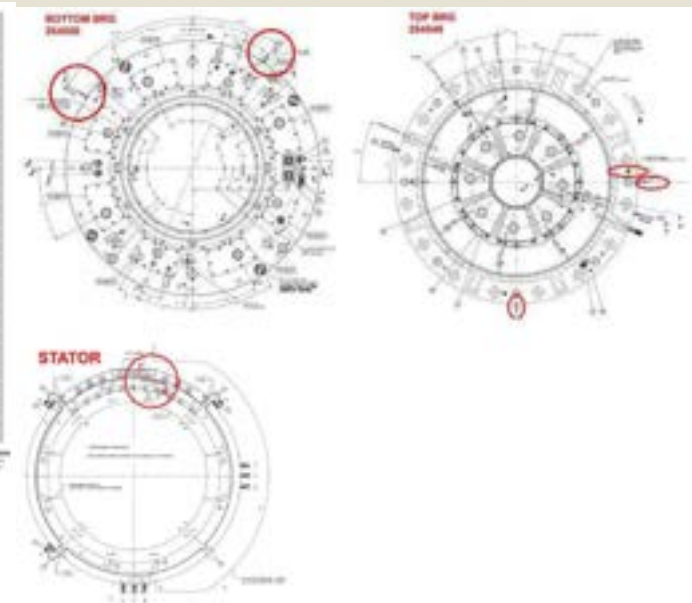
VIBROTECTOR® 10 pin cable	VIM S 231
Impedance with sensor	VIM S 231 EK
Vibration input, 0 to 1 kHz	VIM S 236
Inductively safe version	VIM S 240 EK
Operating device for hazardous areas	V 2008 0010

Technical data

Current level	14 000 mV
Resistance	1 kΩ
Frequency range	10 Hz to 20 kHz
Supply voltage	24 VDC ± 5%
Protection class	IP67
Dimensions	Ø 20 x 30 mm
Weight	0.02 kg

Class Protection in EX Zones

- Zone 0: Ex i IIC
- Zone 1: Ex t IIC
- Zone 2: Ex t IIC

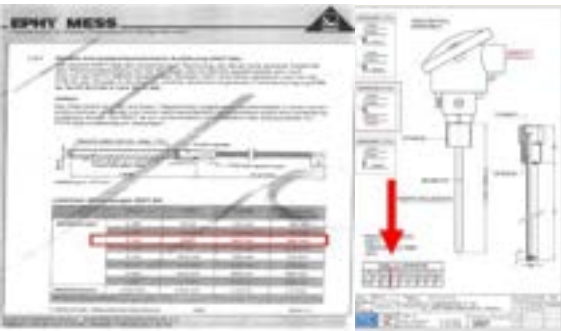
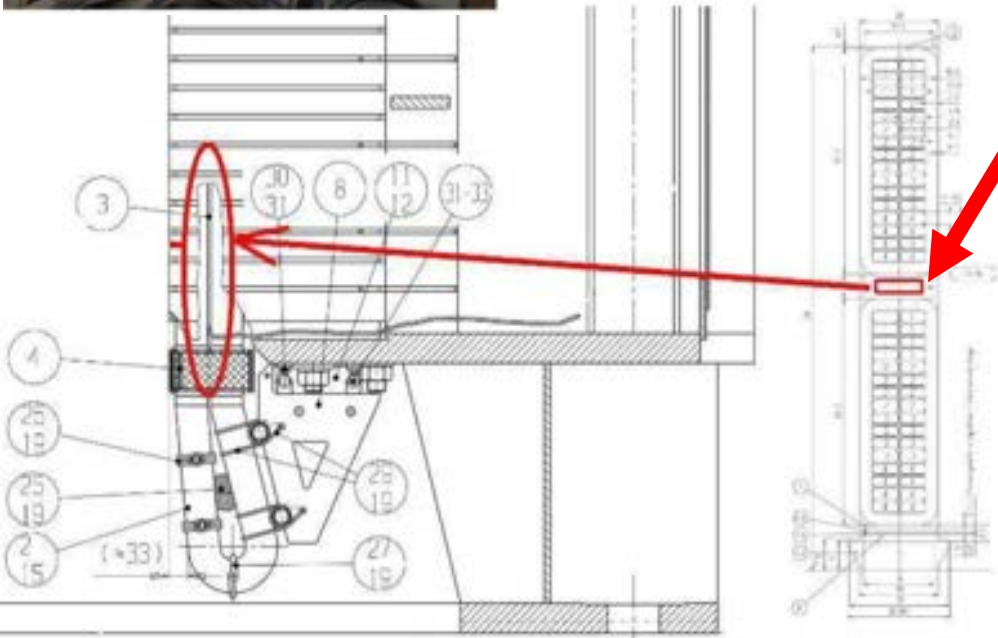


* : 100 vagy 120 függően az adott ország hálózati feszültség frekvenciájától

Hőmérőszenzorok és mutatók-kapcsolós hőmérők tömkelege, nem túlzás ez egy kicsit?



Mindent mérni kell, ami melegszik!



Kulcsszó a Platina
 $\alpha = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

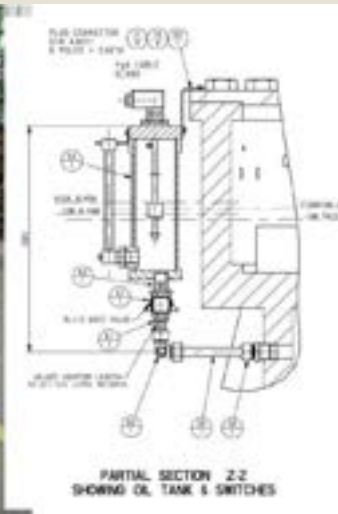
Temperature detection of various parts of the generator

It is essential to be aware operational temperatures of specific parts of the product in order to get feedback if all components work stable way in steady state condition. Having a large number of temperature measurements increases the machine reliability since an unusual momentary or sequential change in any of them might indicate a possible failure in early stage so that preventive action can be taken to avoid deterioration. Therefore the product is equipped with following temperature detectors.

- 12pcs PT100 are embedded in the stator slots (4pcs in each phase)
- 8pcs PT100 measure the stator laminated core temperature (2pcs at each stator quadrant)
- 8pcs PT100 detect the temperature of guide pads of the top bearing (1pc per babbitt pad)
- 8pcs PT100 detect the temperature of trust pads of the top bearing (1pc per babbitt pad)
- 2pcs PT100 are immersed into the oil sump of the top bearing
- 8pcs PT100 measure the temperature of guide pads of the bottom bearing (1pc per babbitt pad)
- 2pcs PT100 are immersed into the oil sump of the bottom bearing
- 8pcs PT100 are installed in cold air flow of stator coolers (1pc at each cooler)
- 8pcs PT100 are installed in hot air flow of stator coolers (1pc at each cooler)
- 8pcs PT100 measure outgoing hot cooling water of stator coolers (1pc at each cooler)
- 1pc PT100 measures incoming cold cooling water of stator coolers (located in the common pipe)
- 2pcs DDT are installed in guide pads of the top bearing (2 of 8 babbitt pads)
- 2pcs DDT are installed in trust pads of the top bearing (2 of 8 babbitt pads)
- 2pcs DDT are immersed into the oil sump of the top bearing
- 2pcs DDT are installed in guide pads of the bottom bearing (2 of 8 babbitt pads)
- 2pcs DDT are immersed into the oil sump of the bottom bearing
- 4pcs DTT are installed in cold air flow of stator coolers (1pc at each stator quadrant, i.e. 1pc at each 2nd cooler)
- 4pcs DTT are installed in hot air flow of stator coolers (1pc at each stator quadrant, i.e. 1pc at each 2nd cooler)

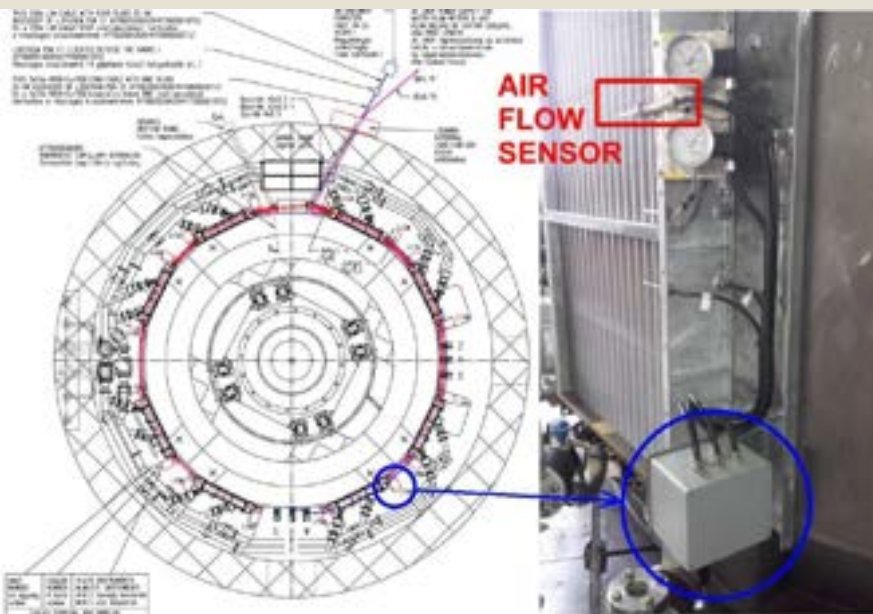
Altogether 73pcs PT100 detectors and 18pcs DTT/DDT 91pcs grand total.

Beépített hűtőlevegő légtérfogató- és hűtővíz víztérfogatóárammérés. Víznyomásmérés. Olajsztint kapcsolók.



Item No.	Description	Quantity	Remarks
1	Pressure Gauge	1	
2	Pressure Gauge	1	
3	Pressure Gauge	1	
4	Pressure Gauge	1	
5	Pressure Gauge	1	
6	Pressure Gauge	1	
7	Pressure Gauge	1	
8	Pressure Gauge	1	
9	Pressure Gauge	1	
10	Pressure Gauge	1	
11	Pressure Gauge	1	
12	Pressure Gauge	1	
13	Pressure Gauge	1	
14	Pressure Gauge	1	
15	Pressure Gauge	1	
16	Pressure Gauge	1	
17	Pressure Gauge	1	
18	Pressure Gauge	1	
19	Pressure Gauge	1	
20	Pressure Gauge	1	
21	Pressure Gauge	1	
22	Pressure Gauge	1	
23	Pressure Gauge	1	
24	Pressure Gauge	1	
25	Pressure Gauge	1	
26	Pressure Gauge	1	
27	Pressure Gauge	1	
28	Pressure Gauge	1	
29	Pressure Gauge	1	
30	Pressure Gauge	1	
31	Pressure Gauge	1	
32	Pressure Gauge	1	
33	Pressure Gauge	1	
34	Pressure Gauge	1	
35	Pressure Gauge	1	
36	Pressure Gauge	1	
37	Pressure Gauge	1	
38	Pressure Gauge	1	
39	Pressure Gauge	1	
40	Pressure Gauge	1	
41	Pressure Gauge	1	
42	Pressure Gauge	1	
43	Pressure Gauge	1	
44	Pressure Gauge	1	
45	Pressure Gauge	1	
46	Pressure Gauge	1	
47	Pressure Gauge	1	
48	Pressure Gauge	1	
49	Pressure Gauge	1	
50	Pressure Gauge	1	
51	Pressure Gauge	1	
52	Pressure Gauge	1	
53	Pressure Gauge	1	
54	Pressure Gauge	1	
55	Pressure Gauge	1	
56	Pressure Gauge	1	
57	Pressure Gauge	1	
58	Pressure Gauge	1	
59	Pressure Gauge	1	
60	Pressure Gauge	1	
61	Pressure Gauge	1	
62	Pressure Gauge	1	
63	Pressure Gauge	1	
64	Pressure Gauge	1	
65	Pressure Gauge	1	
66	Pressure Gauge	1	
67	Pressure Gauge	1	
68	Pressure Gauge	1	
69	Pressure Gauge	1	
70	Pressure Gauge	1	
71	Pressure Gauge	1	
72	Pressure Gauge	1	
73	Pressure Gauge	1	
74	Pressure Gauge	1	
75	Pressure Gauge	1	
76	Pressure Gauge	1	
77	Pressure Gauge	1	
78	Pressure Gauge	1	
79	Pressure Gauge	1	
80	Pressure Gauge	1	
81	Pressure Gauge	1	
82	Pressure Gauge	1	
83	Pressure Gauge	1	
84	Pressure Gauge	1	
85	Pressure Gauge	1	
86	Pressure Gauge	1	
87	Pressure Gauge	1	
88	Pressure Gauge	1	
89	Pressure Gauge	1	
90	Pressure Gauge	1	
91	Pressure Gauge	1	
92	Pressure Gauge	1	
93	Pressure Gauge	1	
94	Pressure Gauge	1	
95	Pressure Gauge	1	
96	Pressure Gauge	1	
97	Pressure Gauge	1	
98	Pressure Gauge	1	
99	Pressure Gauge	1	
100	Pressure Gauge	1	

Minden fizikai mennyiséget mérni kell! De nem öncélúan, az eredményeket fel is kell ám dolgozni és azok alapján beavatkozni a generátor üzemébe. De ki fogja a többszáz mérési eredményt áttekinteni?

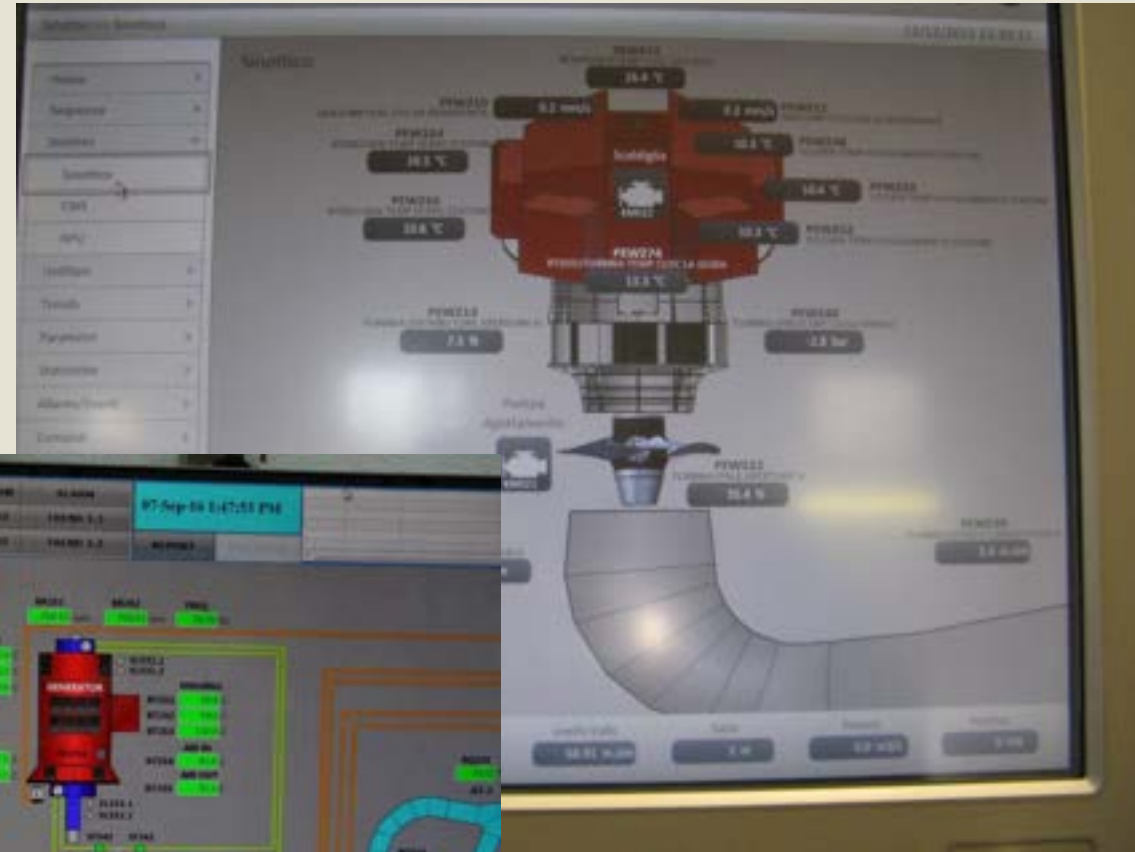


Mit kezdjük a töméntelen sok villamos műszer és berendezés jelével. Tényleg még mindig a kőkorszakai analóg jelfeldolgozás dívik? (Nem.) A SCADA. De akkor miért analóg jelet továbbítunk?

Nincs ember, ki mindent egyidőben át tudna tekinteni és döntést tudna hozna → muszáj digitális számítógépre bízni

Supervisory Control and Data Acquisition

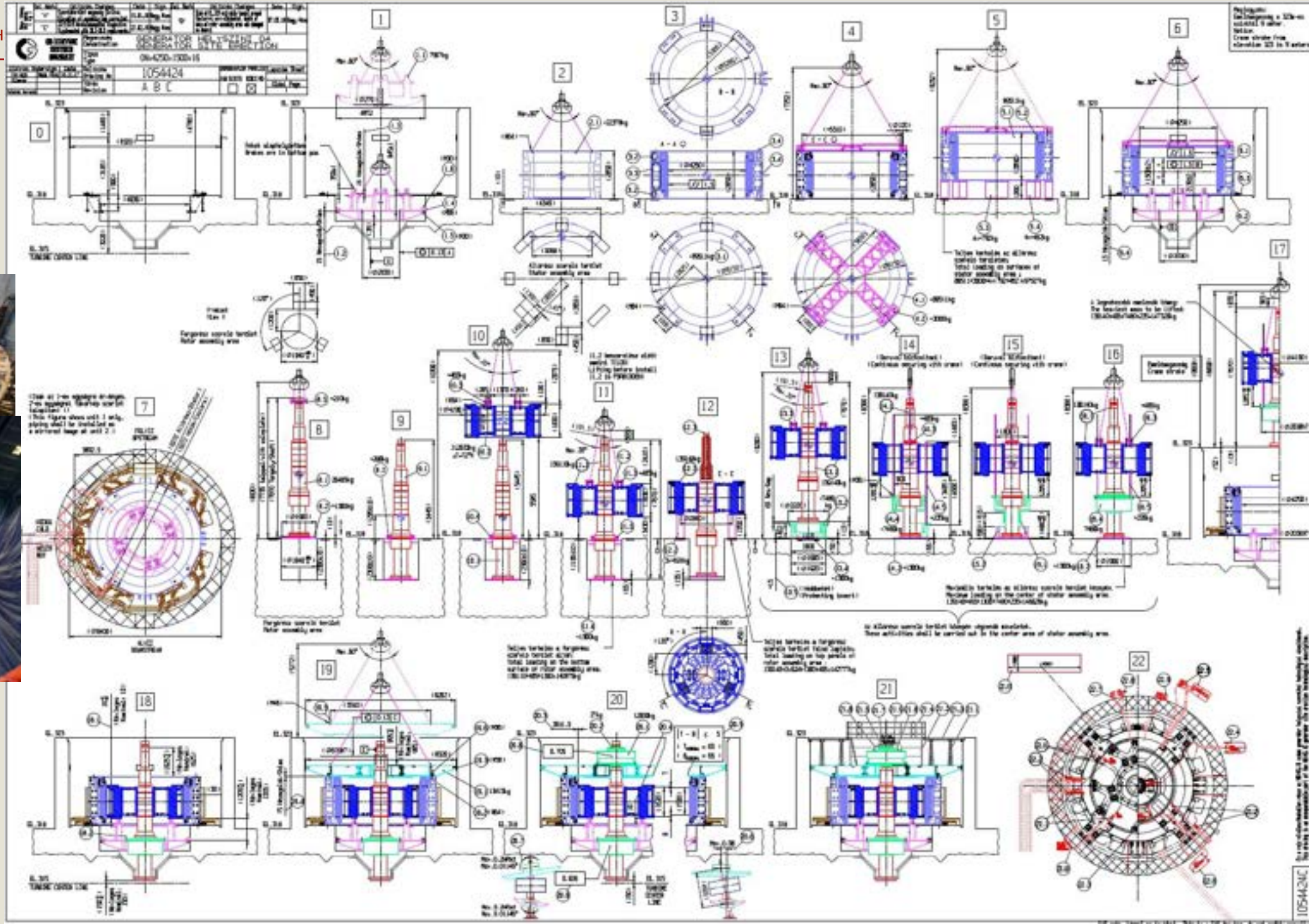
Azonban minden egyes jel analóg módon, 4-20mA-re konvertálva van a SCADA-ba továbbítva az elektromágneses- és kapcsolási tranziens zavarérzékenység miatt



Temperature	Resistance of PT100 thermometer			Error	Output current of a 4-20mA transmitter the jumped as $t_{min}=0^{\circ}C$ and $t_{max}=200^{\circ}C$
	Based on polynomial formula of Callendar-Van Dusen Equation	Based on $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ (for industrial daily practice)	R_t		
$^{\circ}C$	R_t	R_t	%	mA	
0		100.0	0.000	4.0	
10		102.9	0.001	4.8	
20		107.8	0.007	5.6	
30		111.7	0.010	6.4	
40		115.6	0.020	7.2	
50		119.4	0.021	8.0	
60		123.3	0.028	8.8	
70		127.2	0.036	9.6	
80		131.1	0.048	10.4	
90		135.0	0.060	11.2	
100		138.9	0.074	12.0	
110		142.8	0.090	12.8	
120		146.7	0.108	13.6	
130		150.6	0.128	14.4	
140		154.5	0.150	15.2	
150		158.4	0.174	16.0	
160		162.3	0.200	16.8	
170		166.2	0.228	17.6	
180		170.1	0.258	18.4	
190		174.0	0.290	19.2	
200		177.9	0.324	20.0	



Helyszíni munkák
lépésről- lépésre, a
generátortelepítés
(=összeszerelés,
idegen nyelven
„felállítás”)



Köszönöm a
figyelmet és
a türelmet!