

NEMZETGAZDASÁGI MINISZTERIUM

52 522 02 Gázturbina gépész

Komplex szakmai vizsga

Szóbeli vizsgatevékenysége

A vizsgafeladat megnevezése: Erőművi gázturbina üzemeltetése

A vizsgafeladat időtartama: 35 perc (felkészülési idő: 20 perc, válaszadási idő 15 perc)

A vizsgafeladat értékelési súlyaránya: 40 %

A 315/2013. (VIII. 28.) Kormányrendelet 3. § (2) bekezdésében foglaltak alapján a szakmai vizsga szóbeli tételait a 030199/2013-5522 számon kiadom.

EREDETIVEL MINDENBEN
MEGEGYEZŐ MÁSZOLAT

Jóváhagytá:



Dr. Odrobina László
főosztályvezető



2013

**NEMZETI MUNKAÜGYI HIVATAL
SZAK- ÉS FELNÖTTKÉPZÉSI IGAZGATÓSÁG**

Érvényes: 2013. 11. 25-től

A vizsgafeladat ismertetése:

A központilag összeállított tételsor a következő témaköröket tartalmazza:

A hőenergetika alapjai

Villamos energetikai alapismeretek

Égéselméleti ismeretek

A gázturbinák felépítése és működése, a kompresszorok, égőkamrák, turbinalapátok típusai

Gázturbina-üzemeltetés, -indítás fel/leterhelés, leállítás, üzemzavarok kezelése

Gázturbina-hatásfokok, veszteségek, üzemeltetési paraméterek, teendők a gép hatásfokának helyreállítására

A gázturbina-kezelők feladatai

Gázturbinás kogenerációs és kombinált ciklusú erőművek

Mérés-, szabályozás- és irányítástechnika

Vegyészeti ismeretek, a kenőolajok típusai

Erőműi biztonságtechnikai és környezetvédelmi ismeretek

A tételekhez segédeszköz nem használható!

A feladatsor első részében található, 1–20-ig számozott vizsgakérdéseket ki kell nyomtatni, majd pontosan kettévágni. Ezek lesznek a húzótételek.

A második részben található a tanári példány, mely az értékelést segíti.

A tételsor a (12/2013. (III.28) NGM rendelettel módosított) 27/2012. (VIII. 27.) NGM rendeletben foglalt szakképesítés szakmai és vizsgakövetelménye alapján készült.

1.A. Mutassa be az eszményi (veszteségmentes) gázturbina körfolyamat jellemzőit, elvi kapcsolási vázlatát! A gázok milyen állapotváltozásaiból épül fel az ideális körfolyamat?

Jellemezze a körfolyamatot alkotó állapotváltozásokat! Abszolút hőmérséklet (T)–entrópia (S) diagramon mutassa be a körfolyamatot!

1.B. Foglalja össze az indítóberendezés feladatát, felépítését és jellemzőit!

1.C. Milyen szempontokat kell figyelembe venni a gázturbina terhelésváltoztatása közben?

2.A. Mutassa be a valóságos gázturbinás folyamatot veszteséges Joule-körfolyamaton keresztül! T–S diagramban ábrázolja a folyamatot, hasonlítsa össze a valóságos expanzíóvonalat az izentropikus expanzíóvonalal!

2.B. Mutassa be a kenőolajrendszer felépítését, jellemzőit, kezelését üzem közben!

2.C. Fejtse ki a turbina-nagyjavítás után elvégzendő védelmi próbákat!

- 3.A. Mit jelent a turbinafokozat? Mutassa be a fokozat lapátprofiljait és erőhatásait! Ábrázolja $h-s$ diagramban a fokozaton történő expanziót!**
- 3.B. Beszéljen a légbeszívó rendszer felépítéséről, üzemeltetésének fő szempontjairól!**
- 3.C. Foglalja össze az erőműi gázturbinák karbantartásának szempontjait!**

- 4.A. Mutassa be a gázturbina fokozatban végbemenő energiaátalakítást! Entalpiaváltozás megoszlása az álló- és futólapátsoron. A turbinafokozat hatásfoka.**
- 4.B. Részletezze a gázturbinák tüzelőterének típusait, jellemzőit, működési tartományukat!**
- 4.C. Sorolja fel a gázturbina nagykarbantartása előtti teendőket!**

- 5.A. Fejtse ki a gázturbina fokozat veszteségeit! Hogyan függ össze a tengelyen levehető effektív teljesítmény és a belső teljesítmény?**
- 5.B. Mutassa be a turbinalapátok kialakítását, a lapátanyagok főbb típusait, a lapáthűtési módokat!**
- 5.C. Sorolja fel a kombinált ciklusú erőmű indításának főbb lépéseit!**

- 6.A. Mutassa be a turbinafokozaton áramló gáz sebességviszonyait sebességi háromszög segítségével!**
- 6.B. Foglalja össze a gázturbina-hűtő és -tömítő levegőrendszer feladatát, felépítését, működését!**
- 6.C. Sorolja fel a gázturbina gázérzékelő rendszere karbantartására vonatkozó előírásokat!**

- 7.A. Beszéljen a tisztán akciós fokozatú turbina jellemző tulajdonságáról! Mutassa be a lapátozást, sebességi viszonyokat a sebességi háromszög segítségével, valamint a lapátózáson végbemenő energiaátalakítást!**
- 7.B. Részletezze a telepített tűzjelző és oltórendszer felépítését, működését és ellenőrzését üzem közben!**
- 7.C. Fejtse ki a gázturbinák szerepét a magyar erőműi rendszerben!**

- 8.A. Sorolja fel a reakciós fokozatú turbina jellemző tulajdonságait! Mutassa be a lapátozást, sebességi viszonyokat sebességi háromszög segítségével, valamint a lapátózáson végbemenő átalakítást!**
- 8.B. Mutassa be a gáz tüzelőanyag-ellátó rendszer felépítését, működését és kezelését!**
- 8.C. Részletezze a kompresszormosási módokat, szükségességét, hatását a berendezés gazdaságos üzemére!**

- 9.A. A tüzelőanyag betáplálásától a turbina tengelyen leadott teljesítményéig mutassa be egy nyílt ciklusú gázturbinás erőmű energiafolyam ábráját Shankey- [senki] diagram segítségével!**
- 9.B. Sorolja fel a gázturbina üzem közbeni ellenőrzésének főbb szempontjait!**
- 9.C. Részletezze a tűzjelző és oltórendszer karbantartására vonatkozó előírásokat és a kezelői ellenőrzéseket!**

- 10.A. Mit jelent a gázturbinás körfolyamatoknál a nyomásviszony? Hogyan befolyásolja a nyomásviszony a termikus hatásfokot?**
- 10.B. Mutassa be a rezgés, tengelyelmozdulás mérési módokat, fontosságát, a rezgésértékek változásának okait, következményeit!**
- 10.C. Beszéljen a gáz tüzelőanyag szűrőcseréjénél alkalmazandó biztonságtechnikai előírásokról!**

11.A. Mutassa be a gázturbina kezdő hőmérséklet-növelő hatását a valós hatásfokra és a fajlagos villamos teljesítményre! Mi határozza meg a belépő hőmérséklet-maximumot?

11.B. Csoportosítsa az azonnali vészleállást eredményező védelmeket, és mondjon példákat!

11.C. Milyen hatással vannak a turbina teljesítményére a környezeti viszonyok? Magyarázza el! Mutassa be a levegő-előhűtés elvét, hatását!

12.A. Mutassa be a gázturbina hatásfoknövelés lehetőségeit! Indokolja, hogy a felsorolt módszerek miért eredményezik a hatásfok növekedését!

12.B. Részletezze az axiális kompresszor kialakítását, részeit, jellemzőit!

12.C. Beszéljen az alkalomszerű tűzveszélyes munkavégzés személyi és tárgyi feltételeiről!

13.A. Sorolja fel a gázturbina anyagokkal szemben támasztott legfőbb követelményeket! Mit jelentenek az egyes anyagjellemzők? Milyen megoldásokkal lehet a gázturbina lapátanyag tulajdonságait fokozni?

13.B. Mutassa be a gázturbinák csapágyazásának feladatát, kialakításukat és jellemzőiket!

13.C. Csoportosítsa a gázturbinákat felhasználás, rendszer, felépítés és üzemvitel szempontjából!

14.A. Mutassa be a kombinált ciklusú gáz-gőz erőművek alapfolyamatát vonalas kapcsolási rajzon! T-S diagramon ábrázolja a veszteségmentes kombinált ciklust! Beszéljen a kombinált erőművek hatásfokáról, a gáz és gőz körfolyamat hatásfokának összefüggéséről!

14.B. Mutassa be a generátorrendszer felépítését, működését, üzem közbeni ellenőrzését!

14.C. Sorolja fel a tartályban végzett munkavégzés biztonsági szabályait, feltételeit!

15.A. Mutassa be a legömbölyített fúvókán (konfúzor) történő expanziós áramlási viszonyokat! Mit nevezünk kritikus nyomás viszonyoknak? Értelmezze a Mach-számot!

15.B. Mutassa be a gázturbina tüzelőolaj-ellátó rendszere felépítését, működését!

15.C. Foglalja össze a nyomástartó rendszerek PED besorolásának elvét, a felülvizsgálatoknak a rendjét, szabályait!

16.A. Mutassa be és értelmezze a centrifugál szivattyúk jelleggörbáját, és a csővezeték jelleggörbe segítségével határozza meg a munkapontot!

16.B. Fejtse ki, hogy a gázturbina-terhelés változtatására kiadott parancs után mely szabályzók együttes működésének eredménye a megváltozott teljesítmény! Vázlat alapján mutassa be a szabályzás láncát, elemeit!

16.C. Mutassa be a villamos berendezések túláram-védelemének fontosságát, a védelmi módokat!

17.A. Milyen veszteségek lépnek fel a gázturbinánál? Mutassa be a legfontosabb veszteségeket!

17.B. Fejtse ki a gázturbina szellőztető rendszer feladatát, felépítését, üzem közbeni ellenőrzésének szempontjait!

17.C. Mutassa be a hőmérsékletmérési módokat! Vázlat alapján beszéljen egy mérőkör felépítéséről! Sorolja fel a részegységek ellenőrzésének elveit, szabályait!

18.A. Mutassa be és hasonlítsa össze az axiális és centrifugál kompresszorokat! Rajzolja fel mindkét típus sebességi háromszögeit!

18.B. Mutassa be a gázturbina indítási folyamatát a szellőztetés kezdetétől a startmotor lekapcsolásáig!

18.C. A turbina üzeme közben kenőolajnyomás alacsony előjelzés (L1) érkezik. Beszéljen a vezénylőben és a turbinahelyiségben végzendő ellenőrzésekről! Mely esetben állítja le azonnal a turbinát?

19.A. Mutassa be a korszerű erőműi gázturbinák részterhelés-szabályozásának lehetőségeit! Hogyan befolyásolják a hatásfokot a különböző szabályozási lehetőségek?

19.B. Mutassa be a gázturbina jégmentesítő rendszere részeit, feladatát, üzemi viszonyait, a turbina indítás előtti előkészítésének szempontjait!

19.C. Sorolja fel a villamos áram hatásait az emberi szervezetre! Részletezze áramütés esetén az elsősegélynyújtás lépéseit!

20.A. Mutassa be a kompresszoroknál a pulzálás és az áramlási leválás jelenségét! Hogyan kerülhető el ez az állapot?

20.B. Mutassa be a kéttengelyes gázturbina kialakítását, jellemzőit! Beszéljen a hajtóműrendszer feladatáról, működéséről!

20.C. A gázturbina működése közben üzemzavar-elhárítást végez a turbinahelyiségben. Sorolja fel a biztonságos munkavégzés feltételeit!

AZ ÉRTÉKELÉS SZEMPONTJAI

Tanári példány

1.A. Mutassa be az eszményi (veszteségmentes) gázturbina körfolyamat jellemzőit, elvi kapcsolási vázlatát! A gázok milyen állapotváltozásaiból épül fel az ideális körfolyamat?

Jellemezze a körfolyamatot alkotó állapotváltozásokat! Abszolút hőmérséklet (T)–entrópia (S) diagramon mutassa be a körfolyamatot!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Ideális gázzal működik, veszteségmentes, nincs áramlási ellenállás, nincs hőlépcső
- Izentropikus, kétadiabatás (joule) folyamat, adiabatikus kompresszió, állandó nyomású hőközlés, adiabatikus expanzió, állandó nyomású hőelvonás
- Hőszigetelt állapotváltozásnál az állapotjelzők közötti összefüggés

1.B. Foglalja össze az indítóberendezés feladatát, felépítését és jellemzőit!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Az indítóberendezés feladata: forgatás hűtés alatt, szellőztetési fordulaton, indulás közbeni gyorsítás
- Felépítése, részei: villanymotor, fordulatszám-szabályzó frekvenciaváltó, automatikus tengelykapcsoló
- Jellemző fordulatszámok, működési idők, reteszfeltételek

1.C. Milyen szempontokat kell figyelembe venni a gázturbina terhelésváltoztatása közben?

Kulcsszavak, fogalmak:

- A turbina terhelésváltoztatása: égőtér stabilitásának statikus és dinamikus határai
- A csatlakozó erőművi rendszer korlátai (HRSG, gőzturbina)
- A villamos rendszer korlátai

2.A. Mutassa be a valóságos gázturbinás folyamatot veszteséges Joule-körfolyamaton keresztül! T–S diagramban ábrázolja a folyamatot, hasonlítsa össze a valóságos expanzívonalat az izentropikus expanzívonallal!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Veszteségmentes kompressziónál és expanziónál entrópiaállandó
- Veszteséges kompressziónál és expanziónál entrópiánövekedés
- Hőközlés és hőelvonás állandó nyomású, hányadosuk a nyomásviszony
- Valóságos és adiabatikus hőesés hányadosa a belső vagy izentropikus hatásfok

2.B. Mutassa be a kenőolajrendszer felépítését, jellemzőit, kezelését üzem közben!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Tartály, szivattyúk, szűrő, hőcserélő
- Nyomásszabályzás, hőmérséklet-szabályzás
- Elosztó csővezetékek, vákuumtartás, üzemi paraméterek (p, T,)

2.C. Fejtse ki a turbina-nagyjavítás után elvégzendő védelmi próbákat!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A segédrendszerek saját védelmei külön-külön
- Karbantartó végzi kezelői felügyelet mellett
- Turbinavédelmek, túlfordulat-védelem
- Villamos védelmek

**3.A. Mit jelent a turbinafokozat? Mutassa be a fokozat lapátprofiljait és erőhatásait!
Ábrázolja $h-s$ diagramban a fokozaton történő expanziót!**

Kulcsszavak, fogalmak:

- Fokozat: a gőzt gyorsító és munkát végző legkisebb turbinaelem. Álló- és futólapát csatorna
- Akciós fokozat, nyomáscsökkentés és sebességnövelés az állólapáton, $r=0$
- Reakciós lapátoszt, mindkét fajta lapáton nyomáscsökkenés és sebességnövekedés. A tengelyen az axiális erőt ki kell egyenlíteni
- A reakciófok: a futólapáton feldolgozott hőesés viszonya az egész fokozaton feldolgozott hőeséshez

3.B. Beszéljen a légbeszívó rendszer felépítéséről, üzemeltetésének fő szempontjairól!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Többfokozatú szűrés (2-3)
- Szűrő ellenállások
- Jégmentesítő hőcserélő, vákuumajtó
- Időjárás függő dp ., terheléstől függő dp .

3.C. Foglalja össze az erőműi gázturbinák karbantartásának szempontjait!

Kulcsszavak, fogalmak:

- start-stop üzemű turbinák, EOC ciklus
- folyamatos üzemű turbinák, EOH ciklus
- teljes élettartamra előre meghatározott gyártói karbantartási terv
- alkatrészek meghatározott élettartama (üzemóra), kötelező cserék
- ellenőrzés (kis karbantartás) – szétszereléses karbantartás ciklusos váltakozása

**4.A. Mutassa be a gázturbina fokozatban végbemenő energiaátalakítást!
Entalpiaváltozás megoszlása az álló- és futólapátsoron. Turbinafokozat hatásfoka.**

Kulcsszavak, fogalmak:

- Entalpiacsökkenés, expanzió, gázsebesség-növekedés, munkavégzés a futólapátsoron
- Gázturbinánál a munkaközeg álló- és futólapátsoron is gyorsul
- Lapáthossz mentén is változik a reakciófok
- Fokozati hatásfok: a valós teljesítmény viszonya a fokozat izentropikus teljesítményéhez

4.B Részletezze a gázturbinák tüzelőterének típusait, jellemzőit, működési tartományukat!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Keresztmetszet szerint: csöves, gyűrűs
- Áramlási irány szerint: egyenáram, ellenáram
- Csöves: reakció és keveredési zóna
- Primer és szekunder levegőáram. A lángstabilizátor szerepe
- Ipari turbinák, több tüzelőtér egy gépen
- Gyűrűs: egyszerűbb felépítés, kisebb súly, repülőgép-turbinák
- Statikus és dinamikus stabilitás

4.C. Sorolja fel a gázturbina nagykarbantartása előtti teendőket!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Üzemi adatok rögzítése
- A biztonságos munkavégzés feltételeinek biztosítása
- Ürítések, szakaszolások meghatározása, elvégzése
- Munkaterület átadása

5.A. Fejtse ki a gázturbina fokozat veszteségeit! Hogyan függ össze a tengelyen levehető effektív teljesítmény és a belső teljesítmény?

Kulcsszavak, fogalmak:

- Résveszteségek:
 - állólapát és tengely között
 - futólapát és ház között
- Tárcsasúrlódási veszteség
- Ventilációs veszteség
- A belső teljesítmény veszteségekkel csökkentett értéke adja az effektív teljesítményt

5.B. Mutassa be a turbinalapátok kialakítását, a lapátanyagok főbb típusait, a lapáthűtési módokat!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Rögzítés a tárcsába, lapátő-kialakítás, fenyőfa, fecskefarok
- A hőmérséklet növelése hatásfok-növekedést eredményez
- Magas hőszilárdságú anyagok. Cr-, Ni-ötvözetek, kerámiaanyagok
- Konvektív-, film-, szivárogtató hűtés. Hűtőlevegő arány

5.C. Sorolja fel a kombinált ciklusú erőmű indításának főbb lépéseit!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Erőművi segédrendszerek indítása
- Fogadórendszerek üzembe helyezése
- HRSG, gőzturbina előkészítése
- Gázturbina saját rendszerek előkészítése

6.A. Mutassa be a turbinafokozaton áramló gáz sebességviszonyait sebességi háromszög segítségével!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Belépő sebességi háromszög, kilépő sebességi háromszög
- Állólapátra érkező gőz sebessége c_0
- Abszolút sebesség, c , relatív sebesség, w , kerületi sebesség, u
- Be- és kilépő irányok (szögek)

6.B. Foglalja össze a gázturbina-hűtő és -tömítő levegőrendszer feladatát, felépítését, működését!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A kompresszor különböző nyomású házaiból levegőelvétel
- Visszahűtés hőcserélőn. Elosztócsövek
- Álló és forgó turbinalapátok hűtése
- Csapágyház-tömszelence zárólevegő ellátás
- Füstgáz-kiáramlás megakadályozása

6.C. Sorolja fel a gázturbina gázérzékelő rendszere karbantartására vonatkozó előírásokat!

Kulcsszavak, fogalmak:

- 3 havonkénti kötelező ellenőrzés meghatározott gázkeverékkel
- ARH határok vizsgálata, működések ellenőrzése a határok elérésekor
- Dokumentálás, érzékelőhiba esetén üzemelni tilos

7.A. Beszéljen a tisztán akciós fokozatú turbina jellemző tulajdonságáról! Mutassa be a lapátózást, sebességi viszonyokat a sebességi háromszög segítségével, valamint a lapátózáson végbemenő energiaátalakítást!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A munkavégzést a gőzaram-irány eltereléséből adódó kerületi erő végzi, a futólapáton nincs vagy minimális a reakcióerő
- A hőenergia sebességi energiává alakulása az állólapáton történik, forgólapáton nincs vagy minimális a hőesés
- A gyakorlatban az akciós fokozatnál is a járókerék futólapátjain is alkalmaznak kismértékű expanziót
- Tisztán akciós sebességi háromszög tulajdonságai
 - a futólapát be- és kilépő relatív sebessége egyenlő, $w_1=w_2$
 - a be- és kilépő szög azonos, $\beta_1= \beta_2$
- a futólapát csatorna keresztmetszet állandó
- forgórészen a tengelyirányú erő $F_a \approx 0$

7.B. Részletezze a telepített tűzjelző és oltórendszer felépítését, működését és ellenőrzését üzem közben!

Kulcsszavak fogalmak:

- Gázturbina zárt kabinban
- Láng-, füst-, hőérzékelők, jelzők, kioldók. Önálló vezérlőegység, kapcsolatban az erőmű teljes jelzőrendszerével
- Oltóanyag CO₂, teljes elárasztáshoz szükséges mennyiség, palackok, működtető mechanizmus
- Elosztórendszer, fűvókák. Légzáró csappantyúk
- Működése turbinaleállást okoz

7.C. Fejtse ki a gázturbinák szerepét a magyar erőműi rendszerben!

Kulcsszavak fogalmak:

- Kombinált ciklusú erőmű
- Régi szenes erőművek előtét egységei tápvíz-előmelegítésre
- Gyorsindítású turbinák MAVIR szekunder tartalék alaperőműi blokk kiesése esetén
- Ipari erőművek
- Szabályozhatóság

8.A. Sorolja fel a reakciós fokozatú turbina jellemző tulajdonságait! Mutassa be a lapátózást, sebességi viszonyokat sebességi háromszög segítségével, valamint a lapátózáson végbemenő átalakítást!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A futólapáton a gáz irányt változtat, és sebessége is növekszik, vagyis reakcióerő is van
- Az álló- és futólapáton történő hőesés megoszlása általában fele-fele arányú
- $r=0,5$ reakció fokú fokozat sebességi háromszögének tulajdonságai:
 - a gáz álló- és futólapáton egyenlő mértékben gyorsul
 - a sebességi háromszög szimmetrikus
 - állólapáton kilépő abszolút sebesség azonos a futólapáton kilépő relatív sebességgel $w_1=c_2$
 - sebességábra szimmetriája miatt a ki- és belépési szögekre $\alpha_1=\beta_2$ és $\alpha_2=\beta_1$
 - a futólapáton bekövetkező expanzió miatt a kilépő relatív sebesség mindig nagyobb a belépő sebességnél, $w_2>w_1$ (reakcióerő), a futólapáton fellépő reakcióerő miatt a tengelyirányú erőt ellensúlyozni szükséges

8.B. Mutassa be a gáz tüzelőanyag-ellátó rendszer felépítését, működését és kezelését!

Kulcsszavak fogalmak:

- Szakaszoló gyorszáró
- Folyékony fázis leválasztása, többfokozatú szilárd szennyező kiszűrése
- Előmelegítési módok, szükségessége: kondenzáció elkerülése
- Égők előtti kettős elzárás, szivárgástereszt, mennyiség szabályzó(k)

8.C. Részletezze a kompresszormosási módokat, szükségességét, hatását a berendezés gazdaságos üzemére!

Kulcsszavak fogalmak:

- Üzem közben online mosás minimumterhelésen
- Üzemen kívül offline mosás
- Lapátózáson a szennyeződés kompresszor hatásfokromlást okoz, a turbina összhatósfoka romlik
- Mosási intervallum meghatározása: gyártói előírás (üzemóra)
- Online hatásfok számítással és jelzéssel
- Magasabb szűrési hatékonyságú légszűrők – optimális mosási ciklusok

9.A. A tüzelőanyag betáplálásától a turbina tengelyen leadott teljesítményéig mutassa be egy nyílt ciklusú gázturbinás erőmű energiafolyam ábráját Shankey- [senki] diagram segítségével!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Tüzelőanyaggal bevitt hő, tüzelési veszteség
- Kompresszormunka, gázturbina gépcsoporton belül marad, veszteségmentes esetben a GT. teljesítményt nem változtatja
- A kilépő gázzal távozó hőmennyiség
- A tengelyen levehető mechanikai munka
- A kiadott villamos energia

9.B. Sorolja fel a gázturbina üzem közbeni ellenőrzésének főbb szempontjait!

Kulcsszavak fogalmak:

- Vezénylőben a képernyő előtt: üzenetek értelmezése, üzemi paraméterek figyelése, változása a különböző terheléseken
- Helyszínen segédrendszerek és a turbina ellenőrzése, rendellenességek figyelése, mérők leolvasása
- Eltérések jelentése, dokumentálása

9.C. Részletezze a tűzjelző és oltórendszer karbantartására vonatkozó előírásokat és a kezelői ellenőrzéseket!

Kulcsszavak fogalmak:

- Félévenkénti kötelező felülvizsgálat szakkéggel
- Érzékelők tesztelése, évente teljes működési teszt
- Dokumentálás
- Műszakonkénti kezelői ellenőrzések, dokumentálás, naplózás

10.A. Mit jelent a gázturbinás körfolyamatoknál a nyomásviszony? Hogyan befolyásolja a nyomásviszony a termikus hatásfokot?

Kulcsszavak, fogalmak:

- A körfolyamatot adiabatikus kompresszió és expanzió, valamint állandó nyomású hőközlés és hőelvonás alkotja
- Nyomásviszony: hőközlés és hőelvonás nyomásának hányadosa
- Termikus hatásfok
- A nyomásviszony növelésével a hatásfok növekszik
T-S diagramban az izobár görbék távolodásával a bezárt terület, vagyis a hasznosuló hő növekszik az elvont hőhöz képest
- Valóságos körfolyamatoknál adott kilépő hőmérséklethez nyomásviszony optimum tartozik, optimumon túl a nyomásviszony növekedése csökkenti a hatásfokot

10.B. Mutassa be a rezgés, tengelyelmozdulás mérési módokat, fontosságát, a rezgésértékek változásának okait, következményeit!

Kulcsszavak fogalmak:

- Csapágyanként elhelyezett elmozdulás- (X, Y), sebesség-, gyorsulásérzékelők
- Axiális elmozdulás mérése mechanikus, induktív érzékelőkkel
- Központi felügyeleti egységhez kapcsolódnak
- A rendellenességek legfontosabb jelzői
- A hibaokok kiolvashatók az adatokból (rezgésspektrum-analízis)
- Vészleállás súlyos károsodás megelőzésére

10.C. Beszéljen a gáz tüzelőanyag szűrőcseréjénél alkalmazandó biztonságtechnikai előírásokról!

Kulcsszavak fogalmak:

- Szakképzett karbantartó (RB képesítés)
- Szikramentes szerszámok
- Kiszakaszolás, ürítés, öblítés inert gázzal
- MVE, gyártói utasítások
- Feltöltés, tömörség ellenőrzése

11.A. Mutassa be a gázturbina kezdő hőmérséklet-növelő hatását a valós hatásfokra és a fajlagos villamos teljesítményre! Mi határozza meg a belépő hőmérséklet-maximumot?

Kulcsszavak, fogalmak:

- A valós hatásfok adott belépő hőmérsékletnél optimummal rendelkezik, amihez meghatározott kompresszióviszony tartozik
- Az optimális hatásfok és a hozzá tartozó kompresszióviszony a belépő hőmérséklet növelésével emelkedik
- Jó hatásfokú gázturbina csak magas belépő hőmérséklettel és a hozzá tartozó optimális nyomásviszonnyal érhető el
- Gázturbina egységnyi közegre eső fajlagos villamos teljesítménye a belépő hőmérséklettel – a hatásfokhoz hasonlóan – nő
- A gáz maximális belépő hőmérséklet-értékét, a szükséges levegőmennyiséget, a légsűrűség tényezőt a lapátanyag alapvetően meghatározza

11.B. Csoportosítsa az azonnali vészleállást eredményező védelmeket, és mondjon példákat!

Kulcsszavak fogalmak:

- Erőművi segédrendszerek védelmei: gázveszély, váltóáramú táp megszűnése
- HRSG védelmei: gőzhőfok, nyomás, dobszint
- Turbina segédrendszer: olaj, szellőzés, gázérzékelés, tűzjelzés, tüzelőanyag-ellátás
- Turbinavédelmek: rezgés, égési aszimmetria, lánghiba, fordulat
- Villamos védelmek: visszawatt, zárlat, tekercs-hőfok, trafóvédelem

11.C. Milyen hatással vannak a turbina teljesítményére a környezeti viszonyok? Magyarázza el! Mutassa be a levegő-előhűtés elvét, hatását!

Kulcsszavak fogalmak:

- Kompresszor belépő hőmérséklet-növekedés – növekvő kompresszor hajtási teljesítmény – hasznos teljesítménycsökkenés
- Tengerszint feletti magasság – légnyomáscsökkenés – teljesítménycsökkenés
- Relatív páratartalom-változás – CO emisszió változása
- Levegő-előhűtés – nyáron turbinateljesítmény növelésre, ezáltal a szabályozhatósági tartomány növekszik
- Hűtés hőcserélővel, vagy nedvesítés

12.A. Mutassa be a gázturbina hatásfoknövelés lehetőségeit! Indokolja, hogy a felsorolt módszerek miért eredményezik a hatásfok növekedését!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Nyomásviszony növelése, a hőközlés átlagos hőmérséklete emelkedik
- A turbinából kilépő gáz hőmérsékletének hasznosítása (regeneratív előmelegítés). A turbinából kilépő hő hasznosításával a kompresszor kilépő közeg hevítése, kevesebb tüzelőhő felhasználása
- Gázturbina-fokozatok közötti újrahevítés, növelni lehet a teljesítményt adott nyomásviszony és adott kilépő gázhőmérséklet esetén. A hatásfok a hőközlés átlaghőmérséklete miatt nő
- Hűtés a kompresszor fokozatok között, csökken a kompressziós munka
- A gázturbinából kilépő forró gázok hőjének kombinált ciklusú erőműben vagy fűtőműben való hasznosítása. A gázturbina hatásfoka nem növekszik, de a tüzelőanyag hasznosulása javul

12.B. Részletezze az axiális kompresszor kialakítását, részeit, jellemzőit!

Kulcsszavak fogalmak:

- Több fokozat, futólapátok és állólapátok
- Tárcsás kialakítású forgórész. Állandó külső – közép – belső átmérő
- Lefúvató szelepek, szerepük a káros áramlások elkerülése (surge protection)
- 1.2. fokozat állólapát változtatható szögű (IGV/VGV)
- T_1 , p_1 , T_2 , p_2 , nyomásviszony

12.C. Beszéljen az alkalomszerű tűzveszélyes munkavégzés személyi és tárgyi feltételeiről!

Kulcsszavak fogalmak:

- Engedélyező, munkavégző tűzvédelmi szakvizsga
- Munkavégzési és tűzgyújtási engedély
- Tűzoltó készülék, felülvizsgált és megfelelő hegesztőberendezés, megfelelő szakképesítés

**13.A. Sorolja fel a gázturbina anyagokkal szemben támasztott legfőbb követelményeket!
Mit jelentenek az egyes anyagjellemzők? Milyen megoldásokkal lehet a gázturbina lapátanyag tulajdonságait fokozni?**

Kulcsszavak, fogalmak:

- Nagy tartamszilárdság, nagy kúszás-, ellenállás képesség, megfelelő rugalmasság, jó korróziós ellenállás
 - tartamszilárdság az a feszültség, amely adott idő alatt meghatározott alakváltozást hoz létre
 - kúszás (tartós folyás): állandó terhelés hatására növekszik az anyag alakváltozása (különösen magas hőmérsékleten)
- A kúszás okai:
 - szemcsehatáron történő csúszás
 - diffúzió okozta alakváltozás
 - ponthiba okozta alakváltozás
- A lapátanyag tulajdonságának javítása
 - nagymértékű ötvöztetés (szuperötvözetek)
 - diszlokáció akadályozása, szemcseméret növelése, irányított dermedés, egykristályok létrehozása
 - diffúziós tényező csökkentése
 - keramikus anyagok

13.B. Mutassa be a gázturbinák csapágyazásának feladatát, kialakításukat és jellemzőiket!

Kulcsszavak fogalmak:

- Tengely hordozása – radiális csapágy
- Axiális terhelések felvétele – támcsapágy
- Siklócsapágyak – acél csapágyházon vékony csapágyfém- (ón-ólom ötvözet) réteg
- Kör, citrom, háromékes, szegmenses kialakítás. Támcsapágy billenő szegmenses Michell-típ. tengelyenként 1 támcsapágy
- Meghatározott üzemi/max hőmérséklet (védelem), állandó olajellátás

13.C. Csoportosítsa a gázturbinákat felhasználás, rendszer, felépítés és üzemvitel szempontjából!

Kulcsszavak fogalmak:

- erőműi – közlekedési
- nyílt – zárt ciklusú
- axiális többfokozatú – centripetális
- egytengelyes – kéttengelyes
- gyorsindítású – állandó üzemű

14.A. Mutassa be a kombinált ciklusú gáz-gőz erőművek alapfolyamatát vonalas kapcsolási rajzon! T-S diagramon ábrázolja a veszteségmentes kombinált ciklust! Beszéljen az erőművek hatásfokáról, a gáz és gőz körfolyamat hatásfokának összefüggéséről!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Gáz körfolyamat és gőz körfolyamat
- A gázturbinából távozó hő adja a gőzerőmű belépő hőmennyiségét
- Gázturbinából kilépő középhőmérséklet azonos a gőzturbinába belépő középhőmérséklettel, a hőmérsékletváltozás ellentétes hatással van a gáz és gőz körfolyamat hatásfokára
- Eredő hatásfok optimum

14.B. Mutassa be a generátorrendszer felépítését, működését, üzem közbeni ellenőrzését!

Kulcsszavak fogalmak:

- Állórész, forgórész, tengelykapcsoló, hűtőrendszer, gerjesztő
- Póluspárok/fordulatszám
- Szinkronizálási feltételek, forgó mágneses mező, 3 fázisú váltóáram teljesítmény W , $\cos \varphi$, VAR, frekvenciaszabályzás
- Zárt házban elhelyezett, hűtés, csapágyolaj-ellátás ellenőrzése

14.C. Sorolja fel a tartályban végzett munkavégzés biztonsági szabályait, feltételeit!

Kulcsszavak fogalmak:

- Kizárás, szakaszolás, ürítés, nyomásmentesítés
- MVE, beszállási engedély
- Légtérelvezés, szellőzésbiztosítás – légzőkészülék
- Munkavégző személyenként 2 fő biztosító/mentő külső figyelő

15.A. Mutassa be a legömbölyített fúvókán (konfúzor) történő expanziós áramlási viszonyokat! Mit nevezünk kritikus nyomás viszonyoknak? Értelmezze a Mach-számot!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A be- és kilépő jellemzők egymáshoz való viszonya: keresztmetszet, nyomás, sebesség, fajtérfogat
- Kritikus nyomásviszony, hangsebesség
- Mach-szám

15.B. Mutassa be a gázturbina tüzelőolaj-ellátó rendszere felépítését, működését!

Kulcsszavak fogalmak:

- Tárolótartály, töltő-ürítő rendszer, hiteles mennyiségmérés
- Min.-max. üzemi hőmérséklet, előmelegítés
- Nyomásfokozó rendszer, szűrő, szivattyú, elosztó csővezeték
- Gyorszárók, szabályzók, porlasztórendszer
- Folyamatos ellátás – több napra elegendő tárolókapacitás
- Gyújtás gázzal

15.C. Foglalja össze a nyomástartó rendszerek PED besorolásának elvét, a felülvizsgálatoknak a rendjét, szabályait!

Kulcsszavak fogalmak:

- $p \times V$ szorzat alapján tárolt anyag veszélyessége
- Magas hőmérsékleten üzemelés (kazánok)
- Hatósági MKEH felülvizsgálatok
- 1 évente külső, 3 évente belső, 9 évente szilárdsági ellenőrzés
- Biztonsági berendezések kötelező ellenőrzése (biztonsági szelep, nyomáshatároló)
- Mindent az üzemeltető készít elő, engedélyek lejárta után tilos üzemeltetni!

16.A. Mutassa be és értelmezze a centrifugál szivattyúk jelleggörbáját, és a csővezeték jelleggörbe segítségével határozza meg a munkapontot!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Jelleggörbe: mennyiség–nyomás függvény grafikusán ábrázolva (Q–H görbe)
- A szállított mennyiség növekedésével a szállítómagasság csökken
- Szivattyú és csővezeték jelleggörbék metszéspontja a munkapont
- Stabil munkapont: ha a csővezeték ellenállás-növekedésével a szivattyú emelőmagassága csökken
- Labilis munkapont: ha a szivattyú és csővezeték jelleggörbe hasonló módon változik a mennyiség függvényében (csővezeték-ellenállás csökkenéssel a szivattyú emelőmagassága is csökken)

16.B. Fejtse ki, hogy a gázturbina-terhelés változtatására kiadott parancs után mely szabályzók együttes működésének eredménye a megváltozott teljesítmény! Vázlat alapján mutassa be a szabályzás láncát, elemeit!

Kulcsszavak fogalmak:

- Tüzelőanyag-szabályzók
- Levegőmennyiség szabályzó- IGV/VGV
- Generátorszabályzók - gerjesztés, W , $\cos \varphi$, VAR
- Turbinahatárolók - T4, fordulatszám, frekvencia
- Zárt lánc, szabályzó-, beavatkozó-, mérőegység

16.C. Mutassa be a villamos berendezések túláram-védelemének fontosságát, a védelmi módokat!

Kulcsszavak fogalmak:

- Névlegesnél nagyobb értékek
- Termikus és dinamikus hatások
- Túlterhelés (normál üzem), zárlat (zavar esetén)
- Biztosítók, teljes körű, részleges
- Készülékek védelme, különböző leoldási sebesség

17.A. Milyen veszteségek lépnek fel a gázturbinánál? Mutassa be a legfontosabb veszteségeket!

Kulcsszavak, fogalmak:

- A gázturbina és kompresszor energiaátalakítással kapcsolatos veszteségei (gépen belüli veszteségek)
- A hőtermelés veszteségei
- Külső veszteségek:
 - mechanikai veszteségek (csapágysúrlódás, szabadon forgó részek ventilációja, tengelyről hajtott berendezések)
 - sugárzás és lehülési veszteségek

17.B. Fejtse ki a gázturbina szellőztető rendszer feladatát, felépítését, üzem közbeni ellenőrzésének szempontjait!

Kulcsszavak fogalmak:

- Szellőzés biztosítása
- Gázszivárgás esetén veszélyes koncentráció elkerülése
- Turbina hűtése
- Tűzoltás esetén kabin lezárása
- Részai: fűtőegység, szűrők, ventilátorok, gázérzékelők, elosztócsatornák, csappantyúk
- Vezénylőben szűrőeltömődés dp, ventilátor légszállítás dp.
- Helyszínen rendellenes zajok, csatlakozások ellenőrzése

17.C. Mutassa be a hőmérsékletmérési módokat! Vázlat alapján beszéljen egy mérőkör felépítéséről! Sorolja fel a részegységek ellenőrzésének elveit, szabályait!

Kulcsszavak fogalmak:

- Ellenállás, Anyagok, Alkalmazhatósági Határok
- Hőelem, Anyagpárok, Kapcsolási Mód (Híd)
- Érzékelő/mérőegység, átviteli tag/távadó, 4–20 mA, kábelezés (árnyékolt) AI kártya, leválasztók, kijelző
- Mérőegység, távadó ellenőrzése külön-külön hiteles eszközzel, meghatározott intervallum szerint

18.A. Mutassa be és hasonlítsa össze az axiális és centrifugál kompresszorokat! Rajzolja fel mindkét típus sebességi háromszögeit!

Kulcsszavak, fogalmak:

- Centrifugál kompresszor:
 - axiális belépés, sugárirányú kilépés
 - egy fokozatban nagy nyomásviszonyt tesz lehetővé
 - nagyobb helyigény, nagy átmérő
 - jelentős centrifugális erő
- Axiális kompresszor:
 - axiális irányú áramlás
 - a kívánt nyomásviszonyt több fokozattal lehet elérni
 - lapátozás szárnyprofilos

18.B. Mutassa be a gázturbina indítási folyamatát a szellőztetés kezdetétől a startmotor lekapcsolásáig!

Kulcsszavak fogalmak:

- Szellőztetés meghatározott ideig (légcseré), fordulaton
- Gyújtóégő tűz.a. szelep tömörségi teszt
- Gyújtás gyújtóégővel, 1 db gyújtó főégő tűz.a. szelep nyitása, lángór OK
- Főégők tűz.a. szelep tömörségi teszt
- Főégők gyújtása, lángór OK
- Gyújtóégő-kikapcsolás, gyorsítás öntartó fordulatiig

18.C. A turbina üzeme közben kenőolajnyomás alacsony előjelzés (L1) érkezik. Beszéljen a vezénylőben és a turbinahelyiségben végzendő ellenőrzésekről! Mely esetben állítja le azonnal a turbinát?

Kulcsszavak fogalmak:

- Vezénylőben: rendszerparaméterek ellenőrzése; tartálszint, hőmérséklet, szűrő dp. szivattyúk üzeme
- Helyszínen: tömörtelenség keresése, olajszivattyúk ellenőrzése, hőcserélők állapota
- Nagymértékű tömörtelenség esetén STOP

19.A. Mutassa be a korszerű erőműi gázturbinák részterhelés szabályozásának lehetőségeit! Hogyan befolyásolják a hatásfokot a különböző szabályozási lehetőségek?

Kulcsszavak, fogalmak:

- Levegőmennyiség változtatása, a kompresszor első néhány lapátsora állítható, bizonyos részterhelésig a belépő hőmérséklet nem, vagy kismértékben csökken, csekély hatásfokcsökkenés
- Belépő hőmérséklet csökkentése, jelentős hatásfokromlás
- Gázturbinából kilépő füstgáz kompresszor elé történő változó mennyiségű visszavezetése, ritkán alkalmazott eljárás

19.B. Mutassa be a gázturbina jégmentesítő rendszer részeit, feladatát, üzemi viszonyait, a turbina indítás előtti előkészítésének szempontjait!

Kulcsszavak fogalmak:

- Meghatározott környezeti viszonyok (hőmérséklet és relatív páratartalom) között jégesedés elkerülése a légbeszívó r. szűrőin
- Kétkörös rendszer (külső fagyálló/belső fűtő), szivattyúk, hőcserélők, vezetérendszer
- Igény esetén zavara turbina-leállást okoz
- Nyáron nem szükséges, télen mindig üzemkészen kell lennie (feltöltve, szivattyúk üzemképesek, szerelvények megfelelő állapotban)

19.C. Sorolja fel a villamos áram hatásait az emberi szervezetre! Részletezze áramütés esetén az elsősegélynyújtás lépéseit!

Kulcsszavak fogalmak:

- Szívritmuszavar
- Határok: 50 mA, 50 V váltakozó feszültség, 120 V egyenfeszültség
- Hőhatás – égési sérülés
- Vegyi hatás, a vér elektrolízises bomlása, mérgezés, vérrögök, kötelező orvosi vizsgálat
- Közvetlen érintés – feszültség alatti tárgy érintése
- Közvetett érintés – hiba miatt feszültség alá kerülő berendezés érintése
- Áramkör megszakítása/személy áramkörből eltávolítása
- Orvosi segítség hívása
- Életfunkciók vizsgálata, lélegeztetés, szívmasszázs, stabil oldalfekvés

**20.A. Mutassa be a kompresszoroknál a pulzálás és az áramlási leválás jelenségét!
Hogyan kerülhető el ez az állapot?**

Kulcsszavak, fogalmak:

- Centrifugál kompresszorok:
 - pulzálás, egyenetlen járást, remegést okoz
 - kompresszor h-v jelleggörbe, munkapont-vándorlás, a szállított mennyiség kritikus érték alá csökkenése, visszaáramlás
 - változó fordulatszámú kompresszoroknál a különböző fordulatszámokhoz tartozó határpontok adják a határgörbét
- Axiális kompresszorok:
 - térfogatáram kritikus alá csökkenése a szárnylapát végén áramlási leválást okoz, a közeg torlódik, a szállított mennyiség tovább csökken
 - lapátto és lapátvég között a leválás eltérő, lapátrezgést gerjeszt
- Védekezés:
 - elegendő szállított mennyiség biztosítása, lefúvató szelep
 - axiális ventilátoroknál a mennyiségcsökkentéshez az első néhány sorban állítható lapátok

20.B. Mutassa be a kéttengelyes gázturbina kialakítását, jellemzőit! Beszéljen a hajtóműrendszer feladatáról, működéséről!

Kulcsszavak fogalmak:

- Gázgenerátor-kompresszor és kompresszor turbina, 1.2.-es csapágy
- Munkaturbina, 3.4.-es csapágy
- Gázgenerátor terhelésétől függő változó fordulatszám
- Munkaturbina állandó fordulatszám – hajtja a generátort
- Hajtómű r.: gázturbina/munkaturbina fordulatszámának redukálása a generátor szinkron fordulatra
- Hajtó/hajtott tengely, csapágyazás, rezgésmérés, zárt ház

**20.C. A gázturbina működése közben üzemzavar-elhárítást végez a turbinahelyiségben.
Sorolja fel a biztonságos munkavégzés feltételeit!**

Kulcsszavak fogalmak:

- Engedély a munkavégzésre
- Tűzoltórendszer blokkolása
- Egyéni védőeszközök használata
- Forró felületek, jelentős zaj
- Minimum 2 fő jelenléte, folyamatos kapcsolat a vezénylővel

ÉRTÉKELÉS

Sorszám	Név	Feladat sorszáma	Osztályzat

.....
dátum

.....
aláírás

