

Gázüzemű berendezések állapotorientált karbantartása

Tárgyszavak: karbantartási stratégia; állapotfigyelés; karbantartási intervallumok; gázberendezések.

A gázüzemű rendszerek gazdaságossága és környezetkímélő tulajdonságuk következtében egyre jobban terjedő alkalmazása teszi aktuálissá az egyes gépegységek karbantartási problémáinak tüzetesebb elemzését. Bár elvileg minden gépi berendezésre és rendszerre érvényesek az általános karbantartási irányelvek, a gázberendezések sajátosságai és biztonsági követelményei több szempontból is különleges figyelmet igényelnek.

A gázszakmában igen fontos az üzembiztoság és az ellátás biztonsága. Az utóbbi évtizedekben mind a gázellátó, mind a berendezéseket gyártó vállalatok kiemelten foglalkoztak ezen mutatók optimalásának kérdéseivel.

Az üzemviszonyokat az alábbiak jelentősen befolyásolják:

- Gázberendezések tervezése, pl. meghibásodástűrő konstrukciók kialakítása.
- A készülékek tökéletesítése, pl. a gyártóvállalat konstruktív intézkedései a biztonság növelésére.
- A karbantartás továbbfejlesztése az ellenőrzés és a gondozás lehetőségeinek jobb kihasználásával.

A gázellátásban köztudottan rendkívül hatékony költségtakarékossági intézkedéseket kell érvényesíteni. Az eddigi üzemi gyakorlatot ennek megfelelően kell továbbfejleszteni, változatlanul magas szinten tartva az üzemeltetési és az ellátási biztonságot. Megoldásként az állapotfüggő karbantartás kínálkozik.

Állapotorientált karbantartás

Bonyolult, automatizált gépek és berendezések karbantartási stratégiája általában vagy a megelőző, vagy a kiesés által kiváltott karbantartási elv gyakorlatát követi. Az üzemképesség és -biztonság iránti követelménnyel egyidejűleg a költségtakarékosság is fontos szempont. A látszólagosan ellentmondó igények kielégítésére csak jól megalapozott, a tényleges állapotot figyelembe vevő karbantartás képes.

Az állapotorientált karbantartás feladatait a VDI 2888 irányelv rögzíti. Ennek lényege a termelőberendezések (ez esetben a gáznyomás-szabályozó és -mérő készülékek) állapotának lehetőleg korszerű eszközökkel való meghatározása és az eredményekből levezetett karbantartási intézkedések kezdeményezése.

Az optimális állapotorientált karbantartás révén nyílik lehetőség az elméleti élettartam csaknem teljes kihasználására és az alapvető meghibásodások elkerülésére, vagy legalábbis azok kezdeti szakaszban való felismerésére és elhárítására. Más szavakkal kifejezve, az alkatrészeket nemcsak a jelentős elhasználódás elkerülése érdekében fogják kicserélni, hanem már akkor, amikor működésük egy megengedhető tűrészhatáron belül már nem biztosított.

Az állapotorientált karbantartás tulajdonképpen megkísérli az előírt és a tényleges állapot állandó kiegyenlítését. Erre ismert példa a mostani legtöbb közép- és felső kategóriába sorolható személygépkocsi. Állandóan vagy legalábbis a gépjármű indításakor érzékelhető a legközelebbi ellenőrzésig megengedhető idő. Mindenesetre pontos mérési értékek hiányában egy előzetesen meghatározott ellenőrzési időköz képezheti a tapasztalat szerint megállapítható alapállapot kiindulási pontját. Ettől a tapasztalati értéktől való eltérés mérésel meghatározható kopás segítségével számítható ki.

Ennek a példának az alapján lehet érzékeltetni, mi okoz problémát az állapotorientált karbantartás gyakorlati alkalmazásakor. Az optimális felhasználás érdekében definiálni kell az egyes szerkezeti elemek vagy szerelvények előírt állapotát, amit mérésel kell később felülvizsgálni. Viszonylag egyszerű példa egy szűrő eltömődése. A szűrő eltömődésének mértékét az idő és az igénybevétel függvényében regisztrálva viszonylag egyszerűen lehet előre jelezni a következő karbantartási időpontot.

A karbantartás helyzetének változása a gázgazdálkodásban

A G495 (DV GW) munkaokmány alakulása alapján lehet következtetni a karbantartás helyzetének változásaira a gázgazdálkodásban.

A G 495 1980. júliusi megfogalmazásában (Gáznyomás-szabályozó berendezések és nagy teljesítményű gázmérő készülékek ellenőrzése, valamint karbantartása) szerepelt először utalás a gázberendezések ellenőrzésére és karbantartására vonatkozó határidőre és az ezekkel kapcsolatos végrehajtandó munkálatokra. A kategorizálás alapja a normált térfogatáramlás, az üzemi nyomás csupán a nagyobb berendezések esetében szerepelt. Már akkoriban említés történt arra, hogy a megadott határidők csupán ajánlás jellegűek és ezeket az üzemi követelményekkel kell összehangolni. Ez a munkaokmány lényegében a megelőző karbantartást rögzítette.

A következő években kiderült, hogy a térfogatáramlás előtérbe helyezése már nem felel meg a készülék- és berendezéstechnika aktuális helyzetének. A szerkezeti elemek és szerelvények szakszerű kivitelezése esetében ez a paraméter alig játszik lényegesebb szerepet. Ez elvileg az üzemi nyomásra is érvényes.

A G 495 munkaokmány 1994. novemberi újrafogalmazásakor mindezek a megfontolások az alábbi meghatározás formájában érvényesültek: „A gázberendezések vagy szerkezeti elemeik és szerelvényeik ellenőrzési és karbantartási időpontjait elsősorban az üzemi körülményektől, az üzemi követelményektől és tapasztalatoktól függően (statisztikai minőség-ellenőrzés) kell meghatározni. A G 495 *1. táblázata* szolgálhat támpontként az említett időközök meghatározásához.”

Mivel akkoriban még nem állt rendelkezésre elegendő, a statisztikai minőség-ellenőrzés elvei alapján kiértékelhető üzemi eredmény, ez a rendkívül jelentős megállapítás csak eléggé korlátozottan volt érvényesíthető a biztonsági készülékek esetében.

Ezekkel a megállapításokkal megteremtették annak előfeltételeit, hogy az eddigi időorientált karbantartást az állapotorientált karbantartás irányába fejlesszék, és ezzel a gázágazat is egy másutt már régen bevezetett eljárás felé tartson. Ennek előfeltétele a gázberendezés állapotának a statisztikai minőség-ellenőrzés elvei alapján végzett leírása és a meghatározott határalapot elérési idejének előrejelzése.

Ezzel a gázágazatban olyan szabályozási mechanizmus áll rendelkezésre, amelyik a korszerű karbantartás valamennyi szempontjára kiterjed. Figyelembe veszi az alkalmazott készülékek és berendezések megbízhatóságát, ugyanakkor lehetővé teszi a szükséges költségcsökkentést is.

Az értékelési dokumentum bevezetése

Sok gázellátó vállalat nincs abban a helyzetben, hogy középtávon az állapotorientált karbantartásra álljon át, ezért az illetékes szervek olyan könnyen kezelhető eljárást dolgoztak ki, amelyik lehetővé teszi a gázberendezés üzemi leterhelésének meghatározását több értékelési kritérium alapján. Az ebből kiinduló pontozó értékelés segítségével lehet a vizsgált berendezést osztályozni. Ennek alapján meghatározható, hogy az 1. táblázatban szereplő megállapításokat milyen mértékben lehet csökkenteni vagy kiterjeszteni a G 495 változtatása nélkül. Az így összeállított értékelés a gáznyomás-szabályozó és -mérő berendezések karbantartásának műszaki színvonalát jellemzi.

Az ily módon meghatározott határidők a szemrevételezésre, az ellenőrzésre és a rendelkezésre állás vizsgálatára vonatkoznak. A karbantartási határidőket a működési tulajdonságok vizsgálati eredményeit figyelembe véve, ugyanezen értékelési eljárás alapján lehet meghosszabbítani (eredményorientált karbantartás).

1. táblázat

Gázberendezések ellenőrzési és karbantartási intervallumainak értékelése

Ismérv	Tulajdonságok	Pontok			A berendezés értékelése
A berendezés kora	10 évig 15 évig 20 évig 20 évnél öregebb			0 6 8 10	
A berendezés terhelése, átáramló mennyiség normálüzemben, %	>30%, ill. <70% 10–30%, ill. 70–90% <10%, ill. >90%			0 5 10	
A terhelésváltás jellege normál üzemben	statikus lüktető lökésszerű			0 5 10	
A p_a/p_e nyomásviszony	>0,54 (kritikus alatti) <0,54 (kritikus fölötti)			10 20	
Üzemvitel ellenőrzése	távellenőrzés távjelzés helyi regisztrálás (diagramíró) helyi mutatós (manométer)			0 10 20 30	
A gázt kísérő anyagok	nincs szilárd folyékony szilárd és folyékony	szűrő nélkül 0 15 15 20	szűrővel 0 10 10	szűrővel és leválasztóval 0 0 0 0	
A szükséges ellátási biztonság, egyvezetékes, tartalék nélkül	alacsony közepes nagy			0 10 20	
Biztonsági zárószелеp	szakadómembrános biztosítással szakadómembrános biztosítás nélkül			0 20	
Eddigi üzemeltetési tapasztalatok	eltérés az előírt értéktől tűrésen belül eltérés az előírt értéktől tűrésen kívül kiesések	gyakori 5 15 40	ritkán 2 8 20	soha 0 0 0	
		a pontok összege			
Megjegyzések:					
Berendezéssztyályok	A	B	C	D	
A pontok összege	50-ig	51–100	101–150	151 fölött	
Ellenőrzési időszakok a G 495 alapján	x2	x1,5	x1	x0,5	
Szemrevételezéskor, felülvizsgálatnál és működés-ellenőrzésnél van lehetőség az intervallumok meghosszabbítására. Karbantartásra ellenőrzés során csak a figyelmet felkeltő alkatrészeknél, eseményorientáltan kerül sor. A biztonsági készülékek működési vizsgálatát a DVGW munkalap G 495, 1. táblázata szerint, az ott leírt időközönként kell továbbra is elvégezni. A karbantartás a meghatározott időszakos időpontjaihoz kötött (megelőző karbantartás).					

A biztonsági berendezés esetén a működés ellenőrzését továbbra is a G 495 (DVGW munkaokmány) 1. táblázata szerint, az ott megadott határidőnek megfelelően kell végrehajtani. A biztonsági berendezések karbantartását legfeljebb az újonnan meghatározott értékelési kritériumok szerinti határidőkre kell elvégezni.

A gáznyomás-szabályozók és a mérőkészülékek valamennyi üzemeltetője ezáltal olyan segédeszközhöz jutott, amelynek alapján az ellenőrzési határidőket állapotorientáltan, a karbantartási műveleteket eseményorientáltan lehet megválasztani, anélkül, hogy figyelmen kívül hagynák a biztonsági szempontokat. A cél a gáznyomás-szabályozók és mérőkészülékek egységes kezelése.

A helyes besorolásért a felelősség, minden korlátozás nélkül, a berendezés üzemeltetőjére hárul, amihez szakszerű ismeretekkel rendelkező dolgozókra van szüksége, mivel az értékelést csakis megnevezett szakember végezheti el. Az alapul vett kritériumokat (1. táblázat) ellenőrizhetően, írásban kell dokumentálni.

Az alábbiakban az 1. táblázat egyes pontjainak és a berendezésállapot értékelésére való felhasználásának részletesebb magyarázatára kerül sor. Egyetlen kritérium sem szerepel önállóan az értékelésben, hanem globális összefüggésben vagy összességében kell ezeket figyelembe venni. A kritériumjegyzék összeállításakor elsősorban arra törekedtek, hogy könnyen ellenőrizhető értékelési kritériumokat találjanak. Általános irányelv: amennyiben a pontszám kicsi (valamennyi önálló kritérium összege ≤ 50), akkor az 1. táblázat felülvizsgálati időintervallumai 2-szeresre növekszenek. Ha a pontszám összege 50 és 100 közötti, a felülvizsgálati intervallum 1,5-szeresre növekszik, 100 és 150 közötti pontszám esetén változatlan marad és 150 fölötti pontszám esetében felére csökken.

Az értékelési modell befolyásoló tényezői

A berendezés kora

Újonnan üzembe helyezett berendezés esetében abból kell kiindulni, hogy valamennyi alkatrész és szerelvény a követelményeknek megfelelő. Mint minden gépalkatrész esetében, az öregedés függvényében növekszik a karbantartásigény. Ennél az oknál fogva a legfeljebb 10 éves berendezéseket a táblázat 0 ponttal értékeli. 10 év után a pontszám ötvenként növekszik, míg 20 év után eléri a maximális pontszámot. A berendezés alapvető átalakítása vagy lényeges megváltoztatása esetében az osztályozási érték ismét nulla lesz.

A berendezés terhelése

A gáznyomás-szabályozó készülék akkor van minimális igénybevételnek kitéve, amikor terhelése 30 és 70% közötti maximális áteresztést valósít meg. Ennek a terhelési tartománynak a határain túl az igénybevétel növekszik.

Ezért 10 és 30%, illetőleg 70 és 90% között 5–5 pontot, 10% alatt és 90% fölött 10 pontot kap a készülék. Az értékelést mindig a normál üzemben fellépő áteresztésre kell elvégezni. Egy berendezés értékelése teljes élettartama alatt változatlan maradhat.

Terhelésváltás típusa normál üzemben

A terhelésváltás típusa nagymértékben attól függ, milyen a fogyasztók összetétele a berendezés mögött. Ha a terhelés túlnyomórészt statikus, akkor kicsi a gáznyomás-szabályozó készülék terhelése és ezért a pontszám nulla. A túlnyomórészt hullámzó igénybevétel lényegesen jobban terheli a szabályozókészüléket. A lökésszerű terhelések befolyásolják leginkább a szabályozókészülék hosszú távú stabilitását. A 10 pontot elért értékelés a többi értékelési kritériummal együtt lerövidíti az ellenőrzési ciklus időtartamát.

A p_a/p_e nyomásviszony

Tudatosan nem a megengedett üzemi nyomást választották kritériumként, hanem a kimenő és a bemeneti nyomás viszonyát. Kritikus alatti terhelés ($p_a/p_e > 0,54$) esetében 10 ponttal, kritikus feletti nyomásviszony esetében pedig ($p_a/p_e < 54$) 20 ponttal jellemzik a készülék állapotát.

Üzemi ellenőrzés

Ennek során azt veszik figyelembe, hogy azok a berendezések, amelyeket egy távellenőrző rendszerbe integráltak, nem igényelnek gyakori ellenőrzést. A távellenőrzést általában azért végzik, hogy a berendezés állapotát néhány mérési adat alapján bármikor ellenőrizni lehessen. Némileg másként kell értékelni a távjelzést. Ebben az esetben a figyelőrendszer csupán meghatározott határértékeket jelez, amivel általában egy ellenőrzési folyamatot vált ki, és gyakran karbantartási tevékenységet is kezdeményez. Helyi regisztrálókészülék használata lehetővé teszi az utóbbi időben bekövetkezett események utólagos megállapítását. Ezzel még mindig megbízhatóbb értékelésre nyújt lehetőséget, mint amikor csupán a pillanatnyi helyzetet jelző műszer alapján végzik a megfigyelést. Egy ilyen távellenőrző vagy -jelző rendszer beállításával csökkenteni lehet az ellenőrzési ráfordításokat.

A gázt kísérő anyagok

A nagyobb beruházási hajlandóság, pl. szűrőberendezés beépítése, csökkenti az ellenőrzési igényt. Már a rendszer tervezési szakaszában általában ismert, hogy számítani kell-e gázkísérő anyagokra. Ott, ahol ez kizárt, a táblázat szerint nem romlik le az értékelési szint. Szilárd, illetőleg folyékony kísérőanyagok esetében szűrő, illetőleg szűrő és leválasztó beépítése után

nem kell csökkenteni a berendezés értékét. Minden egyéb esetben különböző pontszámokat kell adni. Ezzel figyelembe lehet venni, hogy a gáz kísérőanyagai mindenekelőtt a gáznyomás-szabályozót terhelik (koptatják) és szélsőséges esetben akár károsíthatják.

A megkövetelt ellátási biztonság

Kétvezetékes berendezés esetében az ellátási biztonság gyakorlatilag mindig adott. Szélsőséges esetben az üzemeltető mindaddig várhat a karbantartással, amíg nincs biztosítva mindkét vezeték kifogástalan működése. A kétvezetékes rendszereket ezért teljesen kihagyják a pontértékelésből. Költségtakarékos, egyvezetékes berendezéseket általában csak abban az esetben létesítenek, amikor az ellátási biztonságot nem kell feltétlenül fenntartani.

Biztonsági zárószelepek

A membránnal biztosított zárószelepek növelik a rendszer üzembiztonságát. Viszont amennyiben membránbiztosítás nélküli biztonsági zárószelepeket alkalmaznak, gyakrabban van szükség ellenőrzésre.

Eddigi üzemeltetési tapasztalatok

Az üzemeltető személyzet minősíti végső soron a berendezés üzembiztonságát. A pontok száma nullától negyvenig terjedhet. Ha például a csúcsterhelés feltételei között a szűrő rövid üzemidő után eltömődik, a berendezés kieshet az üzemelésből.

Ezzel az értékelési rendszerrel a gázberendezés minősítése sokkal átfogóbb lehet, mint eddig. A berendezés értékelése azonban az üzemeltetőtől sokkal intenzívebb üzemi eredményértékelést és több gondosságot igényel.

Az ellenőrzési határidők meghatározása

Az értékelési kritériumok egy része a berendezés koncepciója révén adott (üzemeltetés ellenőrzése, biztonsági zárószelep), másik részét a megváltozott keretfeltételekhez kell igazítani (a berendezés leterhelése, terhelésváltozás jellege, nyomásviszonyok, a gázt kísérő anyagok, a szükséges ellátási biztonság), egyes kritériumok pedig idővel automatikusan, ill. üzemtől függően változnak (kor, üzemeltetési tapasztalatok).

Az állapottól függő karbantartásra áttérve, amikor is a berendezés állapotától függően határozzák meg az ellenőrzési intervallumokat, minden ellenőrzési tevékenység esetén elvileg meg kell ismételni a berendezés értékelési

besorolását. Ez azonban a gyakorlatban az üzemeltetéstől függő kritériumokra redukálódik. A keretfeltételek általában az ellátási struktúra függvényében változnak. Ennek megfelelően az értékelési struktúra központi helyére más pontértékelési kritériumokat lehet beiktatni.

A G 495 továbbfejlesztése

Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy ez a modell az állapotorientált karbantartás egyik közbenső fázisa. Segítségével a gázellátó vállalatok anélkül, hogy időzavarba kerülnének, előkészülhetnek a korszerű karbantartás követelményeinek kielégítésére.

A cél továbbra is az állapotorientált működés-ellenőrzés és az eredményorientált karbantartás, a statisztikai minőség-ellenőrzés alapján.

Hosszabb távon az automatizált karbantartásra kell törekedni. Ehhez mindenesetre intelligens funkciókkal rendelkező készülékekre, ill. olyan szerkezeti elemekre van szükség, amelyek állapotukat önállóan ellenőrzik és jelzik a határállapotot. Ehhez ki kell fejleszteni az új készülékgenerációt.

Gázberendezések üzemeltetőinek olyan üzemi szervezetet kell kialakítani, amelyik alkalmas a DVGW munkadokumentum (G 495) alapján végzett karbantartás tervezésére, előkészítésére, végrehajtására és dokumentálására, továbbá az üzemzavar-elhárításra. Ezeket a feladatokat vagy az üzemeltetőnek, vagy megbízás alapján tevékenykedő külső cégnek kell elvégeznie. Erre a gázellátás zavartalansága érdekében van szükség.

Példa

Németországban az ellátás biztonságát – csúcsigények felléptekor – több, mint 40 föld alatti földgáztároló tudja fedezni. Ezek üzemeltetésére jó hatásfokú dugattyús kompresszorokat használnak fel.

Az egyik újonnan beállított dugattyús földgázkompresszor üzemeltetésekor a csővezetéken a nyomásoldali lüktetés-csillapítók nem megengedhető nagy rezgések léptek fel. A mérés-technikai vizsgálat szerint a rezgéseket a hengertérben és az azt követő csőcsonkban kialakuló erős nyomáslüktetések okozták.

A nyomásingadozások és a mechanikai rezgések között közvetlen kapcsolatot lehetett kimutatni. A csatlakozó csőlíra önrezgésszáma következtében a rezgési amplitúdók jelentősen megnövekedtek.

Szükségessé vált a megfelelő karbantartási–javítási intézkedések bevezetése. Egyrészt a gázkilépési oldalon a henger csőkarimájára lüktetés-csillapító lemezeket szereltek, amelyekkel csökkentették a nyomásingadozásokat. A hengertérben végbemenő sűrítési folyamatot és a kiegyenlítő tartályhoz csatlakozó csőcsonkban kialakuló nem állandósult áramlást, elméleti eszköz

zökkel modellezték. Ennek alapján számítással meghatározták a lüktetés-csilapító lemez hatását.

Másrészt a csővezeték mechanikai önrezgésszámát a kritikus frekvencia-tartományból felfelé eltolták. A véges elemek módszere segítségével és a kísérleti eredmények alapján a merevítést célzó konstrukciós javaslatot ellenőrizték és egyeztették. Végül olyan kiegészítő csőcsonkot alkalmaztak, amelyet elasztomer elem segítségével csatoltak a csővezetékhez.

Az intézkedések hatékonyságát mérés-technikai ellenőrzés alapján igazolták és biztosították a berendezés zavartalan működését.

A gázszolgáltatás biztonsága iránti igények annál is inkább fokozottak, miután egyre több energiaszolgáltató vállalat tér át a rendkívül kedvező hatásfokkal működő és viszonylag kisebb beruházást igénylő gázturbinás energiatermelésre. A kedvező hatásfok biztosítása érdekében lényegesen növelik a gázturbina bemeneti hőmérsékletét (130 °C fölé), amit a turbinalapátózás hűtése, új szerkezeti anyagok felhasználása, védőbevonatok alkalmazása és korszerű konstrukciós megoldások tettek lehetővé.

A magas hőmérsékletű gázturbinák karbantartási problémái

Több energiatermelő vállalat gyakorlati tapasztalatai, az elvégzett ellenőrző vizsgálatok azt mutatták, hogy a magas hőmérsékletű szerkezeti elemek, különösen az igen drága első fokozatú lapátózás nem elégíti ki élettartam szempontjából az elvárásokat.

A méretezési előírások szerint az élettartam 24 000 üzemóra, azonban a karbantartási ellenőrzés során azt tapasztalták, hogy a védőbevonat 20 000 óra után már teljesen elhasználódott és az alapfém oxidálódott. Egyes esetekben 12 000 óra után a lapátélen repedéseket észleltek és termikus fáradás jelei is mutatkoztak. A meghibásodások mértéke esetenként kizárta a hibák javíthatóságát és sűrűbben volt szükség karbantartási műveletekre.

Amikor a lapátózás már nem javítható mértékig meghibásodott, akkor egy lapátsor cseréje 2–13 millió USD. Amennyiben egy lapát működés közben letörik, egyedül a melegoldali rész alkatrészeinek cseréje az új berendezés beszerzési árának 25%-a.

Élettartam-értékelés – melegoldali vizsgálatok

Tekintettel a nagy igénybevételre és a viszonylag kevés gyakorlati tapasztalatra, az üzemeltetőknek megfelelő élettartam-értékelési módszerre van szükségük. Ennek alapján kell megtervezni a karbantartási műveleteket.

Az EPRI intézet szoftvert (rövidítve HSLMP) dolgozott ki a melegoldali alkatrészek megbízhatóságának, üzemképes állapotának és karbantarthatóságának javítására. A szoftver lehetővé teszi az üzemeltetők számára, hogy optimalizálják a karbantartási időközöket, megnöveljék a turbinalapátok élettartamát

és a teljes élettartamra vonatkozó költségeket csökkentésük. A modellt először az első fokozat lapátmozgására alkalmazták, mivel ezeknek az élettartama a leg-rövidebb, igen költséges a cseréjük, fokozott az igénybevételük és magas hőmérsékleten működnek.

A szoftver alkalmazásakor a legfontosabb alkatrész geometriai jellemzői, a berendezés eddigi üzemi viszonyai, az ellenőrzési, valamint a folyamatos mérési eredmények képezik az inputot. A tranziens folyamatok, mint amilyenek az indítás, a részleges terhelésváltozás, a leállítás stb. jellemzéséhez másodpercenként kell rögzíteni a tüzelési hőmérséklet, a terhelés, a kilépési hőmérséklet adatait. Az élettartambecslést ezeknek az adatoknak az indításnál, ill. leállításkor fellépő értékei alapján végzik.

Aerothermikus és strukturális elemzési módszereket dolgoztak ki, amelyeket beépítettek a szoftverbe. Ez lehetővé tette, hogy a hőmérséklet és a feszültségeloszlás, bármilyen üzemeltetési elképzelések érvényesítésekor, akár állandósult, akár tranziens viszonyok között, teljes mértékben meghatározható legyen. Az üzemeltetési feltételek vonatkoznak az indításra, a hirtelen leállításra és a normális üzem mellett helyezésre. Ezeket az információkat a szerkezeti elemek anyagainak tulajdonságaival kombinálják és a meghibásodási jelenségeket is szerepeltetik. A szoftver a hőmérsékleti igénybevétel és a feszültségek következményeit a kúszás, a bevonatoxidáció és a termikus fáradás formájában megjelenő károsítóhatásokká alakítja át, mivel a magas hőmérsékletű oldalon ezek váltják ki elsősorban a ciklikus igénybevétel által előidézett melegrepedéseket. Ezt követően a szoftver az operátor számára grafikusán ábrázolja minden egyes indítási–leállítási ciklus után a legutóbbi működtetési feltételeknek megfelelő, kumulált meghibásodásokat.

A szoftver a turbina üzemeltetője számára az alábbi információkat szolgáltatja:

- az első lapátsor háromdimenziós hőmérséklet- és feszültségeloszlását a megadott üzemi feltételek között, az operátor ennek alapján előre-jelezheti, hol kerül sor meghibásodásra;
- bármilyen működési ciklus vagy terhelésselosztás feltételei között a termikus mechanikai fáradás okozta várható meghibásodást;
- adott üzemeltetési rendszer alatti kúszás és bevonatfelhasználás becslését; a bevonat oxidációja a legérzékenyebb a hőmérséklettel szemben, a kúszást a hőmérséklet és a feszültség befolyásolja.

Ezek alapján lehetőség van egyes konstrukciós változtatási javaslatok követelményeinek értékelésére (belső hűtési stratégia, a falvastagságra és a furatméretekre vonatkozó tűrések hatása, anyagváltás, a bevonattípus fejlesztése).

A modell ellenőrzése

A szoftver által meghatározott hőmérsékleti és feszültségadatokat gondosan ellenőrizték. Meg kellett állapítani, hogy a gázturbina tulajdonosa ké

pes-e a számított adatok alapján megbízható következtetésekre jutni az élet-tartamot meghatározó üzemvitel kijelöléséhez. Az ellenőrző futtatás eredményeit felhasználva korrigálták és kalibrálták a szoftver algoritmusát.

Így például a meghatározott külső felületi hőmérséklet adatokat összehasonlították és korrelációba hozták az optikai pirométer mérési adataival. A lapátózás hőmérsékletét alapterhelésen és átmeneti feltételek között egyaránt mérték. A számított és a mért adatok elég pontosan megegyeztek.

Ellenőrizték továbbá, alkalmas-e a modell, a metallurgiai tulajdonságok figyelembevételével a lapáthőmérséklet pontos számítására. A helyi lapáthőmérsékletet a teljes hossz 60%-ának megfelelő magasságban határozzák meg, figyelembe véve a százalékos béta-fázis mennyiséget az alumíniummal dúsított bevonaton. Az alumíniumrétegben a béta-fázis mennyisége jellemzi az anyag szövetszerkezetét, amikor a ciklikus termikus igénybevétel következtében átalakul. Az egyezés itt is kielégítő volt.

A hőmérsékleteloszlás alapján következtettek a modell szerint várható meghibásodásra. Ezt összehasonlították az üzemeltetés folyamán meghibásodott alkatrészek adataival. Az 1000 °C hőmérsékleten várható réteges bevonatleválás és az 1100 °C hőmérsékleten bekövetkező erőteljes oxidáció igazolódott.

A megfigyelési–mérési és a számított adatok közötti szoros korreláció igazolja a szoftver megbízhatóságát. Ezáltal lehetővé válik az üzemeltető számára, hogy maximálisan kihasználja az elemek élettartamát, minimumra csökkentve ugyanakkor a költségeket és az állásidőket. Az adatok a konstrukciós tökéletesítést is lehetővé teszik. Értékelni lehet a karbantartással kapcsolatos javítási technológiák, például a lézersugaras hegesztés használhatóságát.

(Dr. Barna Györgyné)

Beck, F.; Kloke, B.: Zustandsorientierte Instandhaltung von Gasanlagen. = GWF-Gas Erdgas, 143. k. 6. sz. 2002. p. 324–328.

Lenz, J.; Brümmer, A.: Trouble-shooting an einer Erdgas-Verdichteranlage. = GWF-Gas Erdgas, 143. k. 6. sz. 2002. p. 342.

Schneibel, J.; Viswanathan, R.: Taking a closer at gas turbines. = Power Engineering, 106. k. 5. sz. 2002. máj. p. 26–30.

EGYÉB IRODALOM

Zustandsbezogene Instandhaltung für energetische Gasturbinenanlagen. (Energetikai gázturbina-berendezések állapotorientált karbantartása.) = VGB Power Tech, 81. k. 3. sz. 2001. p. 58–65.