

# CIU<sup>2</sup>-VEL A HULLÁMOK HÁTÁN – A HOERBIGER ÚJGENERÁCIÓS DIAGNOSZTIKAI RENDSZERÉNEK ISMERTETÉSE

*Regős Gábor\**

## BEVEZETÉS

Napjainkban egy korszerű, a kor és a gazdasági verseny követelményeit kielégítő termelő üzemben a termelő gépek állapotfelügyelete elengedhetetlen eszköze a hatékony, versenyképes termelés megvalósításának. Sok üzemben a levegőt, földgázt vagy egyéb technológiai gázokat szállító dugattyús kompresszorok a termelő egység alapvető gépei, ezekre épül a technológia. Váratlan meghibásodásuk, termelésből való kiesésük üzemegységek, esetleg gyárak leállítását okozhatják. A jellemzően magas termelési érték, a nagy értékű következményes károk, valamint a hiba kijavításához szükséges alkatrészek magas ára és hosszú szállítási határideje miatt ezen váratlan meghibásodások által okozott gazdasági károk alapjaiban veszélyeztethetik egy üzem, legrosszabb esetben egy vállalat gazdaságosságát. Az üzemek gazdasági és karbantartási vezetői számára elengedhetetlen fontosságú tehát, hogy a váratlan leállások kiszűrésével megakadályozzák a jelentős károk keletkezését. Megfelelő állapotfelügyeleti rendszerek alkalmazásával ezen károk döntő hányada kiküszöbölhető.

A nagy értékű berendezések karbantartása, – értelem szerűen – magas tartalék alkatrész költséggel, magas ráfordított munkaidővel és túlóraköltséggel jár. Az állapotfelügyeleti rendszerek alkalmazása nagy segítséget jelent a karbantartási költségek optimalizálásában is. Üzemeltetési szempontból további előnyt jelent, hogy a diagnosztikai rendszerek egyes moduljai alkalmasak a kompresszor teljesítményének figyelemmel kísérésére is, így például a termelési program pontosabban tervezhető. Az alábbiakban bemutatásra kerül a HOERBIGER dugattyús kompresszorok állapotfelügyeletére vonatkozó elmélete, a forgó mozgást és alternáló mozgást végző gépek közötti különbségek, a felügyelet stratégiája és a felügyeleti rendszerek kialakításának koncepciója, valamint azok megvalósíthatósága. Egy gyakorlati példán keresztül szemléltetésre kerül fentiek megvalósíthatósága is.

## DUGATTYÚS KOMPRESSZOROK ÁLLAPOTFELÜGYELETÉNEK ELMÉLETE

Egy gépegység állapotát az egyes elemek, és azok beépítésének állapota határozza meg. Ezen tétel alapján

---

\* HOERBIGER gépvédelmi és diagnosztikai rendszer – Hoerbiger Service Hungaria Kft.

egyszerű kockázatelemzési módszerrel minden egyes alkatrész besorolható egy kockázati mátrixba. Dugattyús kompresszorok sajátossága, hogy a kompresszorok méretezési, tervezési sajátosságaiból, illetve a beépített alkatrészek működéséből és az alkalmazott anyagok jellemzőiből adódóan az egyes elemek helyei a kockázati mátrixban szélsőségesen távol eshetnek egymástól. A meghibásodási valószínűség a kompresszió térben működő alkatrészeknél nagyságrenddel nagyobb, mint például a hajtási mechanizmus elemeinél. Ugyanakkor a meghibásodások során keletkező károk, elsősorban a következményes károk a hajtás elemeinek esetében jellemzően nagyságrenddel nagyobbak.

A kompressziótér főbb elemei (viszonylag gyakori meghibásodási valószínűség, rövidebb élettartam):

- szelepek
- szelepvezérlés
- dugattyúgyűrű
- vezetőgyűrű
- tömszelence
- dugattyúrúd

A hajtás elemei (jellemzően ritka meghibásodás):

- keresztfej (keresztfej vezető, keresztfej csap, keresztfej persely)
  - hajtókar, hajtókar csapágó
  - forgattyús tengely, forgattyús tengely bakcsapágó
- Állapotfelügyeleti rendszer telepítése előtt érdemes átvizsgálni a kompresszor „előéletét”, számba venni a gyakori meghibásodásokat, feltárni annak okait és ezek alapján feltérképezni az üzemeltetés szempontjából kritikus alkatrészeket.

Feltétlenül meg kell még említeni, hogy a dugattyús kompresszorok üzemét a szállított közeg összetételének és állapotának változása érzékenyen befolyásolja, sokszor a határértékek átlépése meghibásodáshoz vezet. Így ezen paraméterek figyelemmel kísérése szintén elengedhetetlen feladat lehet.

Végül, de nem utolsó sorban, figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a dugattyús kompresszorok szerelése bonyolult feladat, a kitűnő szakemberek által elvégzett javításba vagy összeszerelésbe is kerülhet hiba, melynek diagnosztikai rendszerrel történő kiszűrése komoly előny mind a karbantartó, mind az üzemeltető számára.

Dugattyús kompresszorok állapotfelügyeleti rendszereinek kiépítésekor tehát – a fenti elméleti tételek figyelembe vételével – meg kell határozni azon alkatrészek csoportját, melyeket figyelemmel kívánunk kísérni.

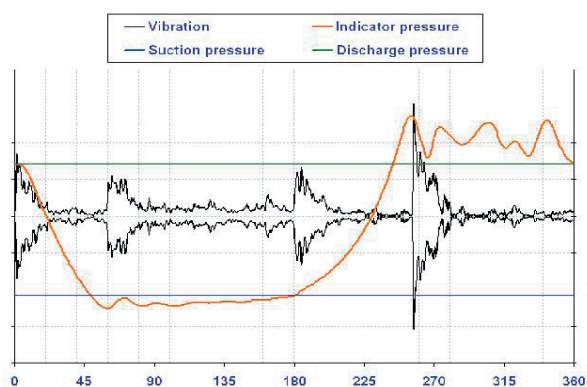
## FORGÓ MOZGÁST ÉS ALTERNÁLÓ MOZGÁST VÉGZŐ GÉPEK KÖZÖTTI KÜLÖNBSÉGEK

Dugattyús kompresszorok diagnosztikájáról tárgyalva, feltétlenül szót kell ejteni a forgó mozgást végző és az alternáló mozgást végző gépek közötti különbségekről. A dugattyús kompresszorok működésére az alternáló mozgás és annak sajátosságai jellemzőek. Alapvető különbség, hogy amíg egy forgó mozgást végző gép jellemzői hosszú ideig stabilak, tehát például több fordulat alatt azonos rezgésértéket mérhetünk és ezt a mérést esetleg órákkal később is reprodukálhatjuk, addig dugattyús kompresszorok esetében számos paraméter értéke egy fordulaton belül jelentősen változhat. Ugyanakkor szemben egy csapágyhibával, melynek kifejlődési ideje több hét is lehet, például egy szeleplep törés néhány perc alatt lezajlik. Dugattyús kompresszorok diagnosztikája esetén tehát az úgynevezett on-line rendszerekkel lehet megfelelő eredményt elérni.

Alternáló mozgást végző gépekre nem minden esetben igaz, de dugattyús kompresszorokra jellemző a viszonylag alacsony fordulatszám (általában 300-600 fordulat/perc, legfeljebb 1000 fordulat/perc).

Meg kell említeni, hogy amíg a forgó gépek üzemére a stabilitás jellemző, (általában állandó üzemi paraméterek, állandó vagy lassan változó fordulatszám) addig az alternáló gépek működési jellemzői ehhez képest drasztikusan változhatnak. Sok esetben ezt a változást a saját szabályzóegység hozza létre és ezek a változások jelentősen befolyásolhatják egy diagnosztikai rendszer által mért paramétereket.

Fentiek alapján dugattyús kompresszorok esetében tehát megkülönböztetünk **statikus** jeleket, amelyek hosszú időn keresztül állandóak (ilyen lehet például egy hőmérsékleti vagy nyomás érték), ezeket a továbbiakban üzemi paraméternek nevezzük. Emellett megkülönböztetünk **dinamikus** jeleket, amelyek egy fordulaton belüli változása jellemzi az alkatrész állapotát (1. ábra).



1. ábra: Dinamikus és statikus jelek a főtengeley fordulata mentén

Dugattyús kompresszorokra jellemző dinamikus jelek:

- rezgés
- indikátornyomás
- rúdfutás

## DUGATTYÚS KOMPRESSZOROK FELÜGYELETÉNEK STRATÉGIÁJA, FELÜGYELETI RENDSZEREK KIALAKÍTÁSÁNAK KONCEPCIÓJA

Amennyiben döntés születik arról, hogy az állapotfelügyeleti rendszer mely alkatrészek állapotának diagnosztikájára alapuljon, meg kell határozni, milyen eszközöket alkalmazunk a diagnosztizáláshoz.

Dinamikus jelek segítségével diagnosztizálható jellemzők: *Rezgés:*

- Keresztfej hiba • Keresztfej csap hiba • Keresztfej-dugattyúrúd csatolás hiba • Dugattyúrúd törés • Szelep/szelepkosár rögzítési hibák • Folyadékütés

*Indikátornyomás*

- Szelepek állapota • Dugattyú gyűrűk állapota • Tömszelence szivárgás • Vezérlőelemek működése • Szívószűrő eltömődés • pV-diagram és analízisa • Szívó- és nyomónyomás a hengerben • Indikált teljesítmény • Hatásfok • Szívó és nyomó oldali veszteségek • Gázáramlási rendellenességek • Pulzáció • Szelepek ferde zárása • Maximum hengernyomás • Maximális rúderő (nyomásra) • Maximális rúderő (húzásra) • Rúderőváltás • Olajletapadás miatti késői szelepszárás (túlzott hengerkenés)

*Rúdfutás*

- Vezetőgyűrű kopás

Továbbá a teljes fordulat alatt: • Dugattyúrúd kiállítás • Keresztfej/dugattyúrúd csatolás hiba • Dugattyúgyűrű törés • Henger-keresztfej ágy egytengelyűség probléma • Keresztfej hézag.

*Statikus jelekkel diagnosztizálható jellemzők:*

- Szelephibák (szelepfedél hőmérsékletmérés, nyomásmérés) • Tömszelence hibák (tömszelence öblítőgáz hőmérsékletmérés) • Egyéb.

Fenti felsorolásból kitűnik, hogy a kompresszor jellemzőinek széles skálája diagnosztizálható. A diagnosztikai módszerek kiválasztásakor, elsődleges szempontot kell élveznie a célszerűségnek. Olyan jelet kell kiválasztani, ami leginkább jellemzi az adott alkatrész hibáját, vagy ami legjobban lefedi a diagnosztizálni kívánt alkatrészcsoportot. Fontos szempontnak kell lennie a jelek értelmezhetőségének is. Ez azt jelenti, hogy ahol bármilyen oknál fogva nem áll rendelkezésre széleskörű tapasztalatokkal rendelkező szakember, vagy a cél az automatizáltság magas fokának elérése, ott törekedni kell olyan jelek diagnosztizálására, amelyek szemléletesen megjeleníthetők, és amelyekhez megbízható riasztási szintek illeszthetők.

## GYAKORLATI MEGVALÓSÍTÁS

*Rezgés jelek:* a gyorsulásérzékelőket egyedi kijelöléssel a forgattyús házra illetve a keresztfej ágyon kell elhelyezni. Egyes esetekben, ahol az állapotfelügyeleti rendszer gépvédelmi feladatokat is ellát, gyorsulásérzékelők kerülnek a hengerekre is.

**Indikátornyomás:** az indikátornyomás a hengertérben uralkodó pillanatnyi nyomás. Ez a nyomás a hengerben előzetesen elhelyezett furatokon (indikátor furat) kerül kivetésre és ott egy rövid reakcióidejű nyomásérzékelővel történik az érzékelés. Ahol ilyen furat nem áll rendelkezésre, ott a nyomószelep központi csavarján és a nyomószelep fedélen keresztül lehet az indikátornyomást kivetetni.

**Rúdfutás:** a tömszelence és az olajlevezető ház között, az úgynevezett köztérben kerül elhelyezésre egy indukzív érzékelő. A rögzített érzékelő folyamatosan méri a dugattyúrúd és az érzékelő közti távolságot.

A beérkező jeleket egy külön erre a célra beépített fázisjeladó (felső holtpont jeladó) segítségével szinkronizálni kell. Az így létrehozott **fázisolt** jelek alkalmasak további feldolgozásra. A feldolgozás történhet eszközvédelmi célból vagy diagnosztikai célból.

## GÉPVÉDELEM

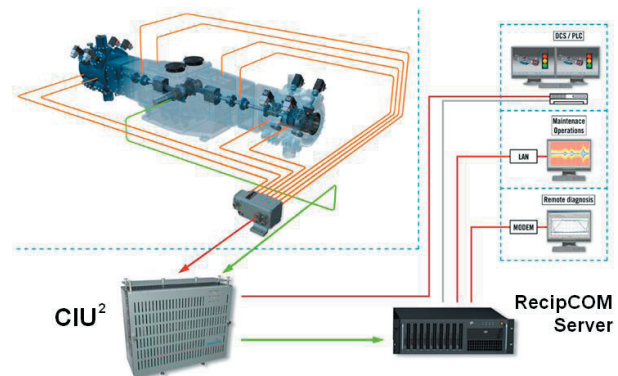
A súlyos, környezeti biztonságot vagy emberéletet veszélyeztető meghibásodások megakadályozására biztonsági reteszeket vagy biztonsági PLC-t alkalmaznak. Ezen rendszerek kulcsfontosságú eleme a döntéshozó szerv, az a berendezés, ami a bejövő jeleket kiértékeli és szükség esetén a riasztási jelet kiadja. Az úgynevezett **CIU<sup>2</sup>** egy ilyen, a Hoerbiger által speciálisan dugattyús kompresszorokra kifejlesztett berendezés, mely megfelel a nemzetközi biztonságtechnikai szabványokban és előírásokban (például az API 670 és az IEC 61508) foglaltaknak. A berendezés hardver-bázisú (szoftvermentes), a forgattyús ház, a keresztfej ágy és a hengerej rezgésjeleit a főtengely fordulata szerint értékeli ki. Illeszkedő többszintű riasztási jel kiadására alkalmas. Továbbá a rúdfutás érzékelők és az indikátor nyomás érzékelők jeleiből számított értékekre (rúdfutás érték, rúderő váltási érték, rúderő, stb.) szintén többszintű riasztási értékek állíthatók be. A berendezés képes a riasztási jeleket állapotfelügyeleti rendszer (biztonsági PLC) felé továbbítani, így abba integrálható.

## DIAGNOSZTIKA

A mért jelek rögzítés és kiértékelés végett adatgyűjtő PC-re is továbbíthatók. A PC lehetővé teszi a gyűjtött és tárolt adatok távoli kiértékelését. A HOERBIGER állapotfelügyeleti software, a **RecipCOM** alkalmas:

- a beérkező statikus és fázisolt dinamikus jelek hosszú távú tárolására (3 év egy időben kezelhető adatmennyiség)
- a dinamikus jelek megfelelő megjelenítésére, például indikátor nyomás időbeni lefutása és az ebből képzett pV-diagram is

- aktuális és jellemző (közel múlt beli) jelek megjelenítésére a figyelmeztető és riasztási határértékekkel együtt
- a különböző időpontban és helyen megjelenő jelek összehasonlítására, például a javítás utáni állapot összevethető az aktuálissal vagy két henger rúdfutás görbéje összehasonlítható
- Dinamikus jelekből időben trend képzésére és megjelenítésére
- számított értékek (indikált teljesítmény, rúderő váltási pont, stb.) kalkulációjára és megjelenítésére



2. ábra: A HOERBIGER RecipCOM kompresszor védelmi és diagnosztikai rendszer felépítése

## ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalásként az alábbiak, mint a dugattyús kompresszorok állapotfelügyeleti rendszereinek sajátosságai sorolhatók fel:

- diagnosztizálásra és gépvédelemre az on-line rendszerek alkalmazása indokolt
- diagnosztizálásra és gépvédelemre a dinamikus jelek (rezgés, indikátornyomás, rúdfutás) a legalkalmasabbak, néhány statikus jel jó kiegészítő lehet
- dinamikus jelek illeszkedő riasztási jeleinek beállítása gyors és pontos gépvédelmet biztosít
- diagnosztikát a dinamikus jelek megfelelő gyűjtésével, tárolásával, feldolgozásával és megjelenítésével lehet biztosítani.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] American Petroleum Institut API 670
- [2] International Standards IEC 61508
- [3] HOERBIGER RecipCOM User Manual
- [4] S. M. LEONARD: Increasing the Reliability of Reciprocating Compressors on Hydrogen Services. Presented at the NPRA Maintenance Conference, May 20-23, New Orleans, Louisiana (1997)