

## **Korszerű hibadiagnosztika**

### **Hibadetektálás, hibadiagnosztika definíciója, fontossága**

Definíció: Meghatározni, hogy a rendszer normális állapotú-e, és ha nem, milyen hiba következett be.

Fontossága az, hogy egy abnormális esemény esetén a megfelelő időben meghozott megfelelő döntést, illetve beavatkozást eszközöljünk annak érdekében, hogy a rendszer visszakerüljön egy normális, biztonságos működési módba.

### **Folyamat működésképességi elemzés (Process Hazard Analysis, PHA) definíciója**

A hibadetektálási és diagnosztikai feladatokhoz a szükséges információk különféle forrásokból való kinyerése és feldolgozása.

### **Folyamat működésképességi elemzés (PHA), módszerek**

- Működőképesség és veszélyelemzés (Hazard and Operability Analysis, HAZOP)
- Hibafa - elemzés (Fault - Tree Analysis, FTA)
- Meghibásodásmód és - hatáselemzés (Fault Mode Effect Analysis, FMEA) .

### **Működőképesség és veszélyelemzés (Hazard and Operability Analysis, HAZOP)**

Hosszantartó elemzés, mely során a működési tapasztalatok alapján táblázatos formában felsorolják a potenciális hiba okokat és a következményeket , valamint a hibákhoz rendelhető megelőző intézkedéseket. A technológiai folyamatot vizsgálja, nem a berendezést.

Vezérszó	Eltérés	Lehetséges okok	Következmények	Megelőző intézkedések

### **Hibafa - elemzés (Fault - Tree Analysis, FTA)**

Az elemzés során egy feltételezett rendszerhibából, fő-eseményből indulnak ki, és fokozatosan felderítik azokat az alkotóelem és részrendszer meghibásodási lehetőségeket, melyek az adott esemény bekövetkezéséhez vezetnek. Az áttekinthető munkát fastruktúra-szerű grafikus megjelenítés segíti.

### **Meghibásodásmód és - hatáselemzés (Fault Mode Effect Analysis, FMEA)**

Elsősorban mechanikai és villamos berendezések meghibásodásának vizsgálatára használják, ellentétben a HAZOP módszerrel, a mely a rendszerben zajló folyamatok egymásutániségét, ok-okozati kapcsolatait elemzi. Az FMEA feltérképezi maguknak a berendezéseknek és alrendszereinek a lehetséges meghibásodásait, és a meghibásodások helyi és rendszer szintű következményeit.

Berendezés	Meghibásodási mód	Lehetséges okok	Érzékelés módja	Kihatása más komponensekre	Kihatása a rendszerre

## A meghibásodás fogalma

A rendszer működésében olyan esemény következik be, amely a rendszer tényleges funkcionalitásának részleges vagy teljes módosulását vonja maga után, amelynek káros hatásai lehetnek a rendszerre, az emberekre és a környezetre is.

## Hibamodellezés fogalma

Matematikai eljárás, melynek során egy hiba definiálható úgy, mint egy változó legalább egy nem megengedett eltérése az elfogadható viselkedést leíró időfüggvénytől.

## Hibadiagnosztika

Az általános diagnosztikai feladat az alábbi formában fogalmazható meg:

### Adott:

- egy rendszer (eszköz, fizikai rendszer, fiziológiai rendszer...).
- a megfigyelések halmaza (mérések, tesztek, szimptómák, vizsgálatok...), amely az abnormális (nem várt, rendellenes...) viselkedésnek meg felel.

### Célok:

- meghatározni, hogy a rendszer normális állapotú-e (hibadetektálás), s ha nem, mi a rendszer hibamódja, milyen hiba következett be (hibaizoláció).
- beavatkozást keresni azzal a céllal, hogy a rendszer normális viselkedése visszaálljon (helyreállítás, újra konfigurálás...).

## A hibadetektáló és - diagnosztikai módszerek három fő csoportba sorolhatók

- **a modell nélküli módszerek,**  
Nem használnak matematikai rendszermodellt, viszont egyszerűek, gyorsak, megbízhatóak (pl.: határérték átlépés esetén riasztás)
- **a modell a lapú módszerek,**  
Lényege a sok mérésen és elemzésen alapuló matematikai rendszermodellek használata
- **tudás alapú módszerek.**  
Tapasztalatokra épülő, próbálkozásokkal való megoldások

## **Gyökér ok**

A tudás alapú hibadiagnosztikában minden meghibásodási módhoz rendelhető egy úgynevezett gyökér ok. Ezen gyökér okok bekövetkezésének egy variációja adja egy hiba okát.

## **Szimptómák**

Tünetek, melyek előre következtetni engednek egy várható hibára.

## **Szimptómák és célok**

Ha egy szimptómához kapcsolódó feltétel teljesül, akkor a kapcsolatban álló rendszerelem nem teljesíti a vele kapcsolatos célokat.

## **Veszteség megelőzés**

A detektált hibákhoz minden lehetséges megelőző beavatkozásra javaslatot tesz, amellyel a rendszert visszaviszi a normális működési tartományba.

## **Veszélyelemzés, veszélyazonosítás**

A diagnosztikai feladatokhoz szükséges információk különféle forrásokból nyerhetők ki. Ezek az információforrások tartalmazzák a tervezési tanulmányokat és a kockázatelemzést, ezen túlmenően a részrendszerek részletes dinamikus modelljeit, továbbá felhasználóktól származó működtetési tapasztalatokat.

## ***PLC-vel vezérelt berendezések felépítése, vizsgálata***

### **A bemenetek kiosztásának ellenőrzése működőképes berendezésen**

- Vizuális vizsgálat, szemrevételezés, a bemeneti összerendelési lista és a valóság összevetése, PLC visszajelző LED-ek (LCD panel) megfigyelése
- Szenzorok egyenkénti átvizsgálása (leragadás, nem elegendő kapcsolóerő, túl nagy érzékelési távolság, elszennyeződés)
- Folytonosság vizsgálata, a vezetékvezés szisztematikus átnézése, rossz kötések, csatlakozások keresése
- Feszültség- és áramfelvétel mérés minden használt PLC bemeneten

### **A kimenetek kiosztásának ellenőrzése működőképes berendezésen**

- Vizuális vizsgálat, szemrevételezés, a kimeneti összerendelési lista és a valóság összevetése, PLC visszajelző LED-ek (LCD panel) megfigyelése
- Folytonosság vizsgálata, a vezetékvezés szisztematikus átnézése, rossz kötések, csatlakozások keresése

- Feszültség- és áramfelvétel mérés minden használt PLC bemeneten

## **A használat során előfordulható hibák fajtái, csoportosításuk, a hibák hatásai**

### **Szenzorhibák:**

- leragadás, nem elegendő kapcsolóerő, túl nagy érzékelési távolság, elszennyeződés

### **Vezeték és kötési hibák:**

- kilazulás, eloxidálódás, szakadás, zárlat

### **Konstrukció-építési hibák:**

- be-, vagy kimenetek összecserélése

### **Programozási hibák:**

- hibás terv, vagy hibás címzések

## **Szisztematikus manuális hibakeresés PLC-vel vezérelt berendezéseken**

A kézi szisztematikus hibakeresés során fontos megfogalmazni a hibatünetet, tehát azt, hogy hol állt meg a munkafolyamat, milyen mozgásnak kellene következnie és annak indításához milyen feltételeknek kellene teljesülniük. Általában az előző mozgás befejezését jelző érzékelő jelére indul a következő mozgás. Ha leállt a munkafolyamat, akkor általában az előző lépés befejezését jelző érzékelő, vagy a következő lépést végző végrehajtó lehet érte a felelős. A szisztematikus hibakeresés fontos feltétele a gép alapos ismerete. A felelősnek nevezhető elemeket, azok jeleit valamilyen sorrendben leellenőrizzük, végigkövetjük.

Sokat segít a hibakeresésnél, ha olyan szenzorokat használunk, amelyeken van LED-es kijelzés. A mágnes-tekerceken is szokott lenni LED a feszültség meglétének ellenőrzéséhez. Ha nincs, célszerű LED-es kiegészítő alátétet beépíteni a hiba detektálásáig. Bistabil szelepeknél hasznos, ha valamelyik tekercs mindig feszültség alatt van, mert pontosabban meg tudjuk fogalmazni a hibatünetet (bár a folyamat működése szempontjából nem szerencsés, hogy a bistabil szelep tekercselése folyamatosan feszültség alatt van, terhelődik). Látjuk, hogy meddig jutott el a folyamat, rákapcsolta már a PLC a feszültséget a tekercsre, vagy még nem. A sorkapocslécen is hasznos a LED-es jelzés, be tudjuk határolni, hogy a jel a szenzor, vagy mágnes-tekercs és a sorkapocsléc, illetve a sorkapocsléc és a PLC be/kimenete között szakadt meg.

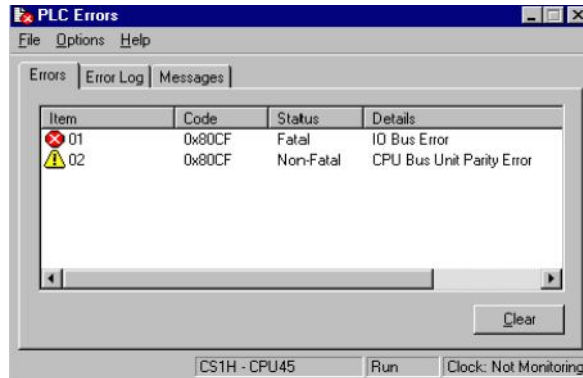
A kézi szisztematikus hibakeresését lassan higgadtan, körültekintően végezzük. Tartsuk be a biztonsági szabályokat.

## Hibanapló használata, hibakódok, hibaelemzés

A korszerű PLC-k programozó szoftverei tartalmaznak hibakód-olvasót, hibanaplót, egyéb üzenet-olvasót. Ez a szolgáltatás csak akkor érhető el, ha a PLC online módban van (monitor üzemmód, esetleg szimulációs üzemmód).

A feltüntetett hiba sorát kitörölhetjük, ha már megszüntettük a hiba okát. A fellépő hibák nem csak a hiba fülön jelennek meg, hanem bekerülnek a hibanaplóba is.

Ha több hiba lép fel a PLC-ben, a leg súlyosabb hiba általában automatikusan megjelenik.



Az ablak állapotsorában általában megjelenik a csatlakoztatott eszköz típusa, a PLC üzemmódja és a PLC óra.

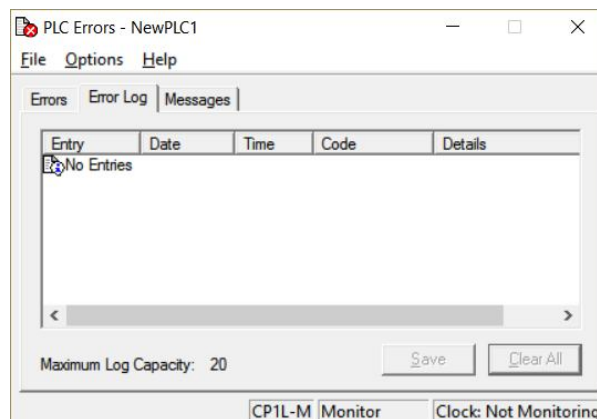
### Hibák

A hibák fülön a „PLC Error komponens” megjeleníti az aktuális hiba típusát, kódját, szintjét és a hiba részleteit.

Háromféle hiba lehet rögzíteni.

- ✖ Végzetes hiba: A program végrehajtása leáll, és a PLC hibajelző folyamatosan világít.
- ⚠ Figyelmeztetés hiba (nem végzetes): A PLC hiba kijelző villog.
- ℹ Nincs hiba: PLC normálisan működik.

### Hibanapló



A hibanapló annyival több, hogy időrendben jelzi a hiba dátumát, időpontját, kódját és a hiba részleteit. Látható a maximális naplósorok száma, továbbá törlés előtt a hibanapló CSV fájlba elmenthető.

## **A programozó készülék bevonása a hibakeresésbe (on-line lehetőségek, monitorozás)**

PLC-s vezérléseknél érdemes a PLC-t, illetve a programozó készüléket (számítógépen futó szoftvert) bevonni a hibakeresésbe. A programozó készüléken, ha a monitor üzemmód be van kapcsolva, kiolvashatunk a PLC-ből a hibakeresést segítő információkat. Megtekinthetjük a PLC változóinak aktuális értékeit (bemenetek, kimenetek, memóriaterületek, időzítők, stb.). Lehetőség van on-line módban megtekinteni a PLC-ben futó programot, és láthatjuk a változók mellett azok pillanatnyi értékeit is.

Kiolvashatjuk, hogy milyen bemeneti jelre vár a PLC és még azt is kiolvashatjuk nagy valószínűséggel, hogy melyik érzékelő, vagy végrehajtó hibájából nem kapja meg.

Létradiagramos program (LD) esetén a lépés-visszajelzésből megtudhatjuk, hogy melyik lépésnél állt meg a folyamat. Az így megtalált létrafoknál leolvashatjuk, hogy melyik jel hiánya miatt nem záródik az áramút.

Lépésszerkezetű program (SFC) esetén még könnyebb a dolgunk. Megjelöli a szoftver azt a lépést, ahol a folyamat megállt. Kiolvashatjuk, hogy a lépés feltétel részében melyik jel hiányzik ahhoz, hogy továbblépjen.

## **Hibakeresés a be-, kimenetek közötti ellentmondás megkeresésével**

Ha ismerjük a PLC bemeneti-, kimeneti kiosztását, akkor megtalálhatjuk úgy is a hibás elemet, hogy nem is látjuk a berendezést.

Csak a PLC bemeneti-, illetve kimeneti jeleit látjuk. Ha hiba miatt megállt a folyamat, akkor ellentmondás van a bemeneti és a kimeneti jelek között. A bemeneti jelek (érezékelők) nem azt az állapotot tükrözik vissza, mint amit a kimeneti jeleknek (végrehajtóknak) be kellett volna állítaniuk. A munkahengernek valamelyik véghelyzetben kellene lennie, de egyik végállás szenzor sem jelez. Az egyik szenzor, amelyiknek jeleznie kellene valószínűleg meghibásodott. Vagy nem az a véghelyzet szenzor jelez, amelyiknek kellene, hanem a párja. Ebben az esetben végrehajtó hibásodott meg. Nem hajtotta végre a berendezés a PLC által kiadott utasítást. A kimeneti jeleket és a hozzájuk tartozó bemeneti jeleket kell megvizsgálni mindegyik végrehajtónál.

Nagyszámú be/kimenet esetén ez a módszer nehézkes. Viszont a PLC nagy számú be/kimenet esetén is egy pillanat alatt megtalálja az ellentmondást, majd az ellentmondásnak megfelelő hibakódot flagekben, vagy regiszterben eltárolja. Riasztja a kezelőt, a kezelő a laptop segítségével kiolvassa a hibakódot, majd a hibakód táblázattal beazonosítja. Leellenőrzi, majd elhárítja a hibát.

## **Korszerű hibadiagnosztikai rendszerek, hibakereső programok (Watchdog)**

A be-, kimenetek közötti ellentmondás megkeresése automatizálható. Először is fel kell ismernie a PLC-nek, hogy hiba miatt leállt a munkafolyamat. Ha türelmi időn (WATCHDOG) belül nem kezdődik meg a következő lépés, akkor a PLC leereszteli a munkaprogram továbbfutását, majd lefuttatja a hibakereső programot. A talált ellentmondásnak megfelelő hibakódot eltárolja.

A hibakereső programot egyszer kell csak megírni és a PLC minden esetben megkeresi helyettünk a hibát. A PLC által talált hibát nekünk le kell ellenőriznünk. A PLC nem tudja teljes pontossággal behatározni a hibát, mert csak annyit lát a folyamatból, amennyit a szenzorok megmutatnak neki.

Írjunk programrészletet, amely felismeri, hogy leállt a munkafolyamat, és leereszteli a program futását. Szükségünk lesz ehhez egy időzítőre (watchdog idő). Ezt az időzítőt a munkaprogram mindegyik lépésében, amelyben valamilyen mozgást indítunk, el kell indítani. A beállított időt a mozgás befejezéséhez szükséges időnél nagyobbra, biztonsági okból a kezelő beavatkozásához szükséges reflexidőnél kisebbre kell állítani. Ha mozog a berendezés, akkor ez a türelmi idő soha nem jár le, mert a következő lépés mindig ráindít. A gép leállása esetén elmarad a ráindítás, az időzítés letelik, az időtag jelez. Azt jelzi, hogy hiba miatt leállt a munkafolyamat.

### **A hiba jelzése, a jelzett hiba leellenőrzése, a hiba elhárítása, próbaindítás**

A hibajellet felhasználva leereszteljük a program futását, a továbbindítást a hiba elhárítását követő nyugtázó jelhez rendeljük. A hiba miatti leállást lámpa villogtatásával jeleztetjük. A hiba elhárítását követően választhatunk továbbindítás, vagy újraindítás között.

### **A hiba kijelzésére alkalmas megjelenítő eszközök**

- Egyszerű lámpa villogtatása
- Hangjelzés
- HMI üzenet, ahol már a hiba kódja, illetve oka is kiírható

### **Failsafe rendszer hibáinak diagnosztizálása, hibakeresés a safety programban**

A failsafe (**hibatűró**) rendszerek az emelt biztonsági követelményeknek megfelelő PLC-eket jelölik. A módszerek mindegyike az irányítóberendezés valamilyen redundanciáján alapul.

A huzalozott logikájú vezérlések idején a többségi logikákat (pl. 3-ból 2) alkalmazták a megbízhatóság növelésére. A huzalozott logikához képest a PLC-knél új hibaforrás a szoftverhiba.

**A megbízhatóság** a terméknek az a képessége, hogy az előírt funkciót elvégezze adott működési és környezeti feltételek mellett, miközben meghatározott tényleges működés alatt előírási állapotban marad.

A PLC-s folyamatirányító rendszerek a megbízhatóság szempontjából **veszélybiztos** és **működésbiztos** rendszerekre oszthatók.

Ha a folyamat jellege olyan, hogy az irányítórendszerben bekövetkező egyedi hibák az élet- és vagyonbiztonság szempontjából veszélyes állapotot hozhatnak létre, a folyamat veszélybiztos irányítórendszert igényel. A veszélybiztos irányítórendszer a hiba fellépésekor a folyamat leállításával képes a veszélyhelyzet kialakítását megakadályozni.

Ha a folyamat jellege olyan, hogy az irányítórendszerben bekövetkező egyedi hibák veszélyes állapotot nem hoznak létre, az irányítás működésbiztos rendszerrel megvalósítható. A működésbiztos rendszer minden lehetséges hiba fellépésekor a folyamat csökkentett funkciójú működését biztosítja.

**A redundancia** valamely feladat elvégzéséhez feltétlenül szükséges eszközöket meghaladó számú, az eredetivel azonos funkciót ellátó eszközök (tartalékok) alkalmazása a megbízhatóság növelése céljából.

A redundancia egy rendszerben lehet gépi, információ- és program-redundancia:

- gépi redundancia esetén a berendezéseket többszörözik;
- információ-redundancia esetén az információhoz járulékos információt rendelnek (pl. paritásbit);
- program-redundancia használatkor a programegységek többszörözésével növelik a megbízhatóságot.

A redundáns egységek kapcsolata lehet:

- átkapcsolható,
- párhuzamos,
- többségi (szavazó).

**Átkapcsolható** redundáns egységek esetén az egyik modul meghibásodásakor a kapcsoló átkapcsolja a rendszer kimenetét a hibás egységről a tartalék (stand-by) egységre.

**Párhuzamos** redundancia esetén az egységek egy időben működnek. A megbízható működéshez elegendő egyetlen egység működése.



A **többségi** elven működő redundáns egységek egy időben működnek, de kimenőjeleik a szavazóegységbe kerülnek. A szavazóegység a bemenetére érkező információt kiértékelve a többségi elv alapján képezi a kimenő információt. E megoldás esetén a szavazóegység azt az információt adja ki a kimenetén, amely legalább két modulnál megegyezik.

**Hiba** esetén egy rendszer működése az üzemi feltételek betartása mellett a megkívánt működéstől eltér. **Meghibásodás** lép fel, ha egy elem vagy modul paraméterei üzemi feltételek mellett a specifikált határon kívül esnek. A meghibásodás és a hiba definíciójából következik, hogy nem minden meghibásodás okoz hibát a rendszerben.

A két fogalom ismerete alapján belátható, hogy az üzem közben végzett rendszeres teszteknek milyen nagy a jelentősége. A tesztekkel ugyanis a meghibásodások felfedhetők, mielőtt működési hibát okoznának. A megbízhatóság elméleti vizsgálatához valószínűség-számítási és matematikai statisztikai módszerek szükségesek.

A gyakorlatban az **átkapcsolható** PLC-s redundáns rendszerek a legelterjedtebbek. Ha a rendszerben nincs meghibásodás, akkor az ún. irányító PLC végzi a folyamatirányítási feladatokat. Meghibásodáskor a tartalék PLC veszi át a folyamatirányítási funkciókat. Átkapcsolható tartalék rendszer esetén a tartalék PLC nem működik, ha nincs meghibásodás vagy legfeljebb azok a programok futnak a gépben, amelyek az átkapcsoláshoz szükséges információk felújítását végzik.

A tartalék PLC ún. hideg- vagy melegtartalék lehet.

**Hidegtartalék** esetén az irányító PLC meghibásodásakor a tartalék PLC-re való átkapcsolással egyidejűleg a tartalék PLC-t indítási állapotba kell hozni: programokat kell betölteni, a folyamatokat kell frissíteni stb.

**Melegtartalék** esetén a tartalék PLC minden időpillanatban kész áttérni az alapműködésre.

**Párhuzamos** működésű tartalékrendszer esetén a tartalék PLC az irányító PLC-vel egyidejűleg működik.

Csoportosításuk:

- a párhuzamos működésű, azonos funkciójú tartalék rendszer (E kialakításban az irányító és a tartalék PLC-ben gyakorlatilag egyidejűleg ugyanazok a programok futnak. Szinkronizáció szükséges.);
- a párhuzamos működésű, eltérő funkciójú tartalék rendszer (Ennek lényege, hogy a tartalék rendszer az irányító PLC-vel egyidejűleg működik, de attól eltérő feladatokat old meg).

A párhuzamos működésű, eltérő funkciójú tartalék rendszer lehetséges kialakítása az ún. alárendelt (master-slave) két PLC-s rendszer. Az irányító PLC (slave) végzi a közvetlen folyamatirányítási feladatokat: folyamatfelügyeletet, alapjel-állító vagy közvetlen digitális szabályozást.

A felügyelő PLC (master) az irányító PLC számára optimális irányítási paramétereket számít ki, az irányítást befolyásoló parancsokat ad stb.

A két PLC-s redundáns rendszerekben, párhuzamos működésű azonos funkciójú üzemben, a programmal történő összehasonlítás elvét alkalmazzák. Egy hiba észlelése után, pl. ha a két PLC számításainak eredménye nem egyezik, meg kell állapítani, hogy melyik gép a hibás. Ezt két PLC esetén mindkét módszernél rendszerint csak külön tesztprogramok futtatásával lehet eldönteni.

**A gépi összehasonlítás** kedvezően alkalmazható akkor, ha többségi, pl. a háromból kettő, összehasonlításra van lehetőség. Ehhez három egyforma PLC szükséges. Az összehasonlító egység ilyen esetben azokat az eredményeket fogadja el helyesnek, amelyek háromból legalább két PLC-nél megegyeznek. A háromból kettő többségi elv így teszi lehetővé a hibás PLC azonnali meghatározását.

Egy többprocesszoros rendszer akkor redundáns kialakítású, ha az azonos típusú modulokból több van a rendszerben, mint amennyi a folyamatirányítási feladatok közvetlen ellátásához szükséges. Így a többletmodulok az alapmodulok tartalékai. A vezérlő processzor meghibásodása ellen úgy lehet védekezni, hogy két processzorra bizzuk a vezérlést, s ezek egymást kölcsönösen ellenőrzik.