A BLOKK-DIAGRAM ÉS A HIBAFÁ ELEMZÉS KAPCSOLATA

THE RELATION OF BLOCK-DIAGRAM AND FAILURE TREE ANALYSIS

Farkas Levente¹, Pokorádi László²

¹Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8, leventefarkas@freemail.hu

²Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar,
Magyarország 1081 Budapest, Népszínház u. 8, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

One of the most important tasks of the technical safety science is the reliability investigation of used systems and technological processes. Lot of reliability and risk assessment methods, procedures is known. The two most commonly used are the Block Diagram, and the Failure Tree Analysis. Authors of this paper show these two procedures mentioned above, as well as demonstrate the relationship between them by a simply case study.

Keywords: *reliability, failure tree analysis, block-diagram.*

Összefoglalás

Az egyik legfontosabb műszaki biztonság tudományi feladat az üzemeltetett rendszerek, technológiai folyamatok megbízhatósági vizsgálatai. Több megbízhatósági és kockázatelemző módszer, eljárás ismert. Ezek közül a két leginkább használt a blokk-diagram, valamint a hibafa elemzés. A dolgozatban a Szerzők egy rövid példán bemutatják a fent említett két eljárást, valamint feltárják a köztük lévő kapcsolatot.

Kulcsszavak: *megbízhatóság, hibafa elemzés, blokk-diagram.*

1. Bevezetés

A műszaki gyakorlatban rendkívül jelentős szerepet játszanak a rendszerek megbízhatósági vizsgálatai [1]. Egy helyesen megalkotott elemző modell segítségével gyakran előre kiszűrhetők az üzemeltetés során fellépő műszaki hibák. A megbízhatósági elemzés célja, hogy ezeket a modelleket vizsgálva megállapítsuk egy rendszer vagy folyamat várható élettartamát, illetve meghibásodási valószínűségét.

A kanonikus rendszerek lényegi tulajdonsága az, hogy az egyes elemek vizsgálatakor „csak” két üzemállapotot különböztetünk meg: *üzemképes, vagy üzemképtelen.*

Dolgozatunkban nem vizsgáljuk külön a lehetséges meghibásodások módját. Nem elemezzük azt például, hogy egy hálózatba kapcsolt számítógép (amit így elemként kezelünk) a processzora vagy a tápegysége miatt hibásodott meg.

Tanulmányunk célja a blokk-diagram, illetve a hibafa elemzések bemutatása és a köztük lévő kapcsolatok feltárása, szemléltetése.

A Boole változókkal felírt kanonikus struktúrákat blokk-diagramnak nevezzük, amelyre a 2. fejezetben fogunk visszatérni. A 3. fejezetben a hibafa-elemzést mutatjuk be. A két módszert egy tanpéldával illusztráljuk. Végül összegezzük munkánk ered-

ményeit.

Az elemzésre kerülő rendszer megbízhatósági blokk-diagramját az **1. ábra** szemlélteti.

2. A blokk-diagram elemzés

A blokk-diagram egy olyan grafikus megbízhatósági elemző módszer, amely a rendszerben szereplő elemeket funkciójuk szerint ábrázolja. Az elemek kapcsolata tükrözi a működési kapcsolatot. A megbízhatósági blokk-diagram az elemeknek a rendszer működőképességére gyakorolt hatását mutatja be, és az egyes elemek megbízhatóságából határozható meg a rendszer megbízhatósága. A blokk-diagram elemei alapvetően kétféleképpen kapcsolódhatnak egymáshoz: sorosan, illetve párhuzamosan.

Soros kapcsolású rendszer esetén bármelyik elem meghibásodása a rendszer üzemképtelenségét okozza [3]. Ilyen kapcsolatra látunk példát a rendszer **Q** és **R** elemei esetén.

Párhuzamosnak nevezzük azt a rendszert, amelyik mindaddig üzemképes, amíg egyetlen eleme is még működőképes. Ez a kapcsolat biztonságosabb, hiszen elemei redundánsak. Ez a kapcsolat jelenik meg a rendszer **Y** és **Z** elemei között.

Fontos hangsúlyozni, hogy a megbízhatóság szempontjából vizsgált modellekben a soros és párhuzamos kapcsolat nem azonos az elemek valóságban elfoglalt helyzetével!

1. ábra A rendszer blokk-diagramja

Az 1. ábrán bemutatott rendszer elemzése során első lépésként a legalsó szintű elemcsoportokat vizsgáljuk (**2. ábra**). Az elemeket rétegenként csoportosítjuk, és sorszámozzuk. Így kapunk a **Q** és **R** ele-

mekből **11**-es blokkot, a **T** és **U** elemekből **12**-es blokkot. Ezt a logikát követjük a későbbiekben is.

2. ábra A 11. és 12. blokkok diagramja

Az úgy kapott új blokkok megbízhatóságát az egyes elemek megbízhatóságának szorzata adja soros kapcsolat esetén, azaz:

$$R_{11} = r_Q r_R \quad (1)$$

$$R_{12} = r_T r_U \quad (2)$$

A következőkben a rendszer további rétegeiben található részrendszereket vizsgáltam. Második lépésben a **3. ábrán** látható rendszer blokkjainak megbízhatóságát számoltuk. A párhuzamos kapcsolat miatt a képlet a következők szerint módosult:

$$R_1 = 1 - \{(1 - R_{11})(1 - r_S)(1 - R_{12})\} \quad (3)$$

$$R_2 = 1 - \{(1 - r_V)(1 - r_W)(1 - r_X)\} \quad (4)$$

$$R_3 = 1 - \{(1 - r_Y)(1 - r_Z)\} \quad (5)$$

3. ábra Az 1., 2. és 3. blokk diagramjai

4. ábra A teljes rendszer blokk-diagramja

A teljes rendszer megbízhatósága pedig a következő módon számítható:

$$R = R_1 R_2 R_3 \quad (6)$$

Ha mindegyik elem megbízhatósága $r_i = 0,9$, akkor a vizsgált rendszer megbízhatósága $R = 0,985439674$.

3. A Hibafa elemzés

A hibafa elemzés egy olyan rendszer-elemző módszer, amit a rendszer hibájának felderítésére alkalmazhatunk [2]. A hibafa-elemzés során az elemek és alrendszerek közötti kapcsolat módja legalább olyan fontos, mint maguk az elemek. Ez az egymáshoz való viszony határozza meg az elemzés során használandó műveletek sorrendjét.

A módszer során egy főeseményből indulunk ki, melyet gyakran az angol elnevezésével (*Top Event*-tel) jelölünk. Az elemzés során fokozatosan derítjük fel a főesemény meghibásodási lehetőségeit, amelyek részrendszereket alkotnak, és tovább bonthatók, egészen addig, amíg meg nem kapjuk az elemi eseményeket.

Az elemeket és blokkokat úgynevezett *logikai kapukkal* kapcsoljuk egymáshoz, és fajtánként eltérő jelöléssel különböztetjük meg őket vizuálisan. Két leggyakoribb logikai kapcsolat az *ÉS* kapu, illetve *VAGY* kapu.

5. ábra A teljes rendszer hibafája

ÉS kaput akkor alkalmazunk, ha a kimeneti esemény akkor és csak akkor következik be, hogyha az összes bemeneti esemény bekövetkezik.

VAGY kapuval mutatjuk azt a kapcsolatot, ha a kimeneti esemény azonnal bekövetkezik, amint a bemeneti események kö-

zül bármelyik előáll.

A teljes rendszer működésképtelenségének valószínűsége a következő egyenlettel számolható:

$$P = 1 - \{(1 - P_1)(1 - P_2)(1 - P_3)\} \quad (7)$$

A rendszer 3 további blokkra oszlik. Az *1.* blokk *ÉS* kaput tartalmaz, tehát akkor hibás, ha a *11.* blokk *ÉS* az *S* elem *ÉS* a *12.* blokk is hibás:

$$P_1 = P_{11}P_S P_{12} \quad (8)$$

Az *S* elemen kívül mindkettő blokk tovább bontható. A *11.* és *12.* blokkok két-két, egymással *ÉS* kapuval kapcsolt elemből állnak. Akkor nem működik a *11.* blokk, ha a *Q* elem *ÉS* az *R* elem is hibás, illetve a *12.* blokk, ha a *T* elem *ÉS* az *U* elem is hibás:

$$P_{11} = 1 - \{(1 - r_Q)(1 - r_R)\} \quad (9)$$

$$P_{12} = 1 - \{(1 - r_T)(1 - r_U)\} \quad (10)$$

A *2.* blokk *ÉS* kaput tartalmaz, tehát akkor hibás, ha a *V* elem *ÉS* az *W* elem *ÉS* a *X* elem is hibás:

$$P_2 = P_V P_W P_X \quad (11)$$

A *3.* blokk is *ÉS* kaput tartalmaz, azaz akkor hibás, ha az *Y* elem *ÉS* az *Z* elem hibás:

$$P_3 = P_Y P_Z \quad (12)$$

Minden elemnél a $p_i = 0,1$ meghibásodási valószínűséggel (ami megfelel az előző fejezetben példaként használt $r_i = 0,9$ esetnek) számolva a teljes rendszer működésképtelen állapotának valószínűsége: $P = 0,014560326$.

4. Következtetések

Jelen cikkben egy egyszerű példán keresztül bemutattuk a két legelterjedtebb megbízhatósági elemzési eljárást. Ezen módszerek a mérnöki gyakorlatban kiemelt fontossággal bírnak, hiszen segítségükkel

modellezhetők le a különböző rendszerek, gyártósorok, berendezések várható meghibásodása, élettartama, és így már azelőtt megtörténhet a beavatkozás, hogy a leállás bekövetkezne.

A fenti két megbízhatósági elemzés elsőre különbözőnek tűnhet, azonban gyakran átírhatók egymásba, és kölcsönösen kiegészítik egymást.

A **1. ábrán** bemutatott rendszer teljes egészében megfeleltethető az **5. ábrán** bemutatott hibafának. A főesemény, azaz a *Top Event* azt az állapotot mutatja, amikor a rendszer működésképtelen. A hibafa elemzésnél használt logikai kapuk a megfelelő párpai a blokk-diagram kapcsolatoknak: A hibafán a sorba kapcsolt **1**, **2**. és **3**. blokkok közti megbízhatósági kapcsolatot itt a *VAGY* kapu jelképezi. A párhuzamos kapcsolású **Y** és **Z** elemek között *ÉS* kaput kell használni.

1. táblázat. Az eredmények összehasonlítása különböző kiindulási értékek esetén

Megbízhatóság		Meghibásodás	
r_i	R	p_i	P
0,95	0,996901	0,05	0,003089
0,9	0,985440	0,1	0,014560
0,85	0,962948	0,15	0,037052
0,8	0,927636	0,2	0,072364
0,5	0,471680	0,5	0,528320

Végül egy összehasonlító táblázattal támasztjuk alá a fenti megállapítást, amely bizonyítja, hogy a megbízhatósági tényező és a meghibásodási valószínűség egymást remekül kiegészítik. Az **1. táblázatban** különböző tetszőlegesen választott értékeket adtunk meg a rendszer elemeinek, majd

ezekkel elvégeztük a számításokat a fent bemutatott egyenletek szerint. Az eredmények jól mutatják, hogy a kapott értékek egymást mindig úgy egészítik ki, hogy: $R + P = 1$. Ez gyakorlatilag a vizsgált rendszer kanonikus tulajdonságából adódik.

A cikkben felhasznált rendszer egy kiagadott részlete az [1] forrásban hivatkozott TDK dolgozatnak, melynek célja, hogy részletesen bemutassa a blokk-diagram módszer és hibafa elemzés kapcsolatát.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Farkas Levente: *Kanonikus struktúrák megbízhatósági elemzése*, Tudományos Diákköri Dolgozat, Budapest, 2015.
(konzulens: Pokorádi László)
- [2] Pokorádi László: *Hibafa érzékenységelemzése*, A XX. Fiaatal Műszaki Tudományos Ülészak Előadásai, Kolozsvár, 2015., pp. 263-266.
- [3] Pokorádi László: *Komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatóságának moduláris érzékenységelemzése*, Repüléstudományi Közlemények, XXVII.(1), 2015., pp. 81-89.

Köszönetnyilvánítás

Tanulmányunk az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Műszaki Biztonságtudományi Szakmühely – $\mu\beta\sigma$ – keretében készült el.