FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

IGAZSÁGTÁBLA ALKALMAZÁSA RENDSZER MEGBÍZHATÓSÁG ELEMZÉSÉRE

APPLICATION OF TRUTH TABLE TO INVESTIGATE SYSTEM RELIABILITY

SZILI Tamás⁽¹⁾, POKORÁDI László⁽²⁾

(1) Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Kar,
Magyarország 1081 Budapest Népszínház u. 8. +36 20 8065432,
frykt88@vipmail.hu

(2) Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtudományi Kar,
Magyarország 1081 Budapest Népszínház u. 8. +36 30 9194929,
pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

Nowadays the reliability of technical systems is a very important question. Real technical systems have frequently complex interconnections and feedbacks. In cases of systems with complex interconnection the Fault Tree Analysis cannot be applied on account of the problems mentioned above. One approach to computing the correct reliability parameters for the systems with complex interconnection is Boolean truth table method. The aim of this paper is showing Boolean truth table method and its possibility of use to analyze system reliability.

Keywords: reliability; system; truth table

Összefoglalás

Napjainkban a technikai rendszerek megbízhatósága, biztonsága fontos kérdés. Valós technikai rendszerekben gyakran találunk úgynevezett összetett kapcsolatokat, bonyolult visszacsatolásokat. A komplex kapcsolatú rendszerekben az elemek közt található összetett kapcsolatok következtében a hibafa elemzés nem megfelelő. Az ilyen rendszer vagy hálózat megbízhatóságának meghatározására a Boole-féle igazságtáblázatot célszerű alkalmaznunk. A tanulmány célja bemutatni a komplex rendszerek megbízhatóságának igazságtáblával történő meghatározását, és az arra épülő megbízhatósági elemzéseket.

Kulcsszavak: megbízhatóság; rendszer; igazságtábla

1. Bevezetés

Napjaink műszaki tudományában egyre nagyobb szerepet kapnak a bonyolult, integrált rendszerek, különféle hálózatok struktúrájával és a bennük lejátszódó folyamatok megbízhatóságával foglalkozó vizsgálatok [2].

Komplex rendszerről akkor beszélünk, amikor az alkotóelemek nagy száma és a közöttük lévő kölcsönhatás révén a rendszer viselkedése az egyes egységektől lényegesen eltérő sajátosságokat mutat. A komplex kapcsolatú rendszerek az elemek közt található összetett kapcsolatok következtében nem egyszerűsíthetők le az elemek, vagy elemcsoportok soros, vagy párhuzamos halmazaira. Ezért az általánosan alkalmazott hibafa elemzés nem

alkalmazható, mivel az úgynevezett közbülső események nem tekinthetők függetleneknek. A rendszerek megbízhatóságának egy másik, szélesebb körben alkalmazható, elemzési módja az igazságtábla alkalmazása [3].

A tanulmány célja a Boole-féle igazságtábla alkalmazási lehetőségének bemutatása független megbízhatóságú elemekből álló rendszerek üzemképessége, illetve üzemképtelensége valószínűségének meghatározására.

2. Az igazságtábla elemzés bemutatása

A rendszer megbízhatóság igazságtáblával történő elemzése során elsőként a rendszer lehetséges (minden elem üzemképes vagy meghibásodott) állapotát fel kell írunk binárisan, a Boole algebrai műveletek segítségével. Az igazságtáblában a rendszer egyes elemeinek működőképes állapotát „1”-el, míg üzemképtelenségét „0”-val jelöljük. A módszer előnye, hogy olyan rendszerek esetén is használható, amelyeket nem lehet csak soros és párhuzamos elemek blokkjaiként értelmezni. A táblázat utolsó oszlopában szereplő Q_i értékek az i -edik rendszerállapot bekövetkezésének valószínűségeinek meghatározását adják meg. Ez úgy számítható ki, hogy az elemek adott állapotának valószínűségeit összeszorozzuk. Ha az elem üzemképes, akkor a hozzá tartozó valószínűség az r_j , az elem megbízhatósága. Ha pedig üzemképtelen, akkor a p_j , az elem meghibásodási valószínűsége. Az adott rendszerállapot bekövetkezési valószínűsége a működőképes, illetve a működésképtelen állapotok valószínűségeinek összege [2].

1. ábra. A 2x2-es párhuzamos-soros (PS) rendszer szerkezete

2. ábra. A 2x2-es soros-párhuzamos (SP) rendszer szerkezete

1. táblázat. A PS rendszer igazság táblázata

i	A	B	C	D	Rsz. Áll.	Q_i
1	0	0	0	0	0	$p_A p_B p_C p_D$
2	1	0	0	0	0	$r_A p_B p_C p_D$
3	0	1	0	0	0	$p_A r_B p_C p_D$
4	1	1	0	0	0	$r_A r_B p_C p_D$
5	0	0	1	0	0	$p_A p_B r_C p_D$
6	1	0	1	0	1	$r_A p_B r_C p_D$
7	0	1	1	0	0	$p_A r_B r_C p_D$
8	1	1	1	0	1	$r_A r_B r_C p_D$
9	0	0	0	1	0	$p_A p_B p_C r_D$
10	1	0	0	1	0	$r_A p_B p_C r_D$
11	0	1	0	1	1	$p_A r_B p_C r_D$
12	1	1	0	1	1	$r_A r_B p_C r_D$
13	0	0	1	1	0	$p_A p_B r_C r_D$
14	1	0	1	1	1	$r_A p_B r_C r_D$
15	0	1	1	1	1	$p_A r_B r_C r_D$
16	1	1	1	1	1	$r_A r_B r_C r_D$

2. táblázat. Az SP rendszer igazság táblázata

i	A	B	C	D	Rsz. Áll.	Q_i
1	0	0	0	0	0	$p_A p_B p_C p_D$
2	1	0	0	0	0	$r_A p_B p_C p_D$
3	0	1	0	0	0	$p_A r_B p_C p_D$
4	1	1	0	0	0	$r_A r_B p_C p_D$
5	0	0	1	0	0	$p_A p_B r_C p_D$
6	1	0	1	0	1	$r_A p_B r_C p_D$
7	0	1	1	0	1	$p_A r_B r_C p_D$
8	1	1	1	0	1	$r_A r_B r_C p_D$
9	0	0	0	1	0	$p_A p_B p_C r_D$
10	1	0	0	1	1	$r_A p_B p_C r_D$
11	0	1	0	1	1	$p_A r_B p_C r_D$
12	1	1	0	1	1	$r_A r_B p_C r_D$
13	0	0	1	1	0	$p_A p_B r_C r_D$
14	1	0	1	1	1	$r_A p_B r_C r_D$
15	0	1	1	1	1	$p_A r_B r_C r_D$
16	1	1	1	1	1	$r_A r_B r_C r_D$

Terjedelmi okok miatt az alábbi két egyszerű példán keresztül mutatjuk be az igazságtábla alkalmazását. Vizsgálataink során feltételezzük, hogy a rendszerek független megbízhatóságú elemekből állnak. Ez azt jelenti, hogy bármely elem meghibásodása nem vonja maga után a többi elem egyikének sem a meghibásodását.

Azt a rendszert „párhuzamos-soros”-nak, azaz PS-nek neveztük el, amelyben két-két soros

kapcsolatban álló elemet párhuzamosan kapcsolunk össze (1. ábra). A „soros-párhuzamos”-nak, vagy röviden SP-nek azt a rendszert, amelyben két-két párhuzamos viszonyban álló elemet sorosan kapcsolunk össze (2. ábra). Fontos megjegyeznünk, hogy a megbízhatóság szempontjából soros vagy párhuzamos kapcsolat nem jelent feltétlenül fizikailag is soros, illetve párhuzamos kapcsolódást.

Az 1. táblázat a PS, a 2. táblázat pedig az SP rendszer igazságtáblázatait mutatja, ahol az első oszlopok szürke tagjai a rendszer üzemképes állapotait jelzik.

A PS rendszer a 6; 8; 11; 12; 14; 15 és 16 állapotok valamelyikének fennállása esetén működőképes, azaz a rendszer megbízhatósága:

$$R_{PS} = Q_6 + Q_8 + Q_{11} + Q_{12} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} \quad . \quad (1)$$

A PS rendszer az 1; 2; 3; 4; 5; 7; 9; 10 és 13 állapotok esetén működésképtelen, azaz a rendszer üzemképtelenségének valószínűsége:

$$P_{PS} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_7 + Q_9 + Q_{10} + Q_{13} \quad .. \quad (2)$$

Az SP rendszer a 6; 7; 8; 10; 11; 12; 14; 15 és 16 állapotok valamelyikének fennállása esetén működőképes, azaz a rendszer megbízhatósága:

$$R_{SP} = Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} \quad . \quad (3)$$

Az SP rendszer az 1; 2; 3; 4; 5; 9 és 13 állapotok esetén működésképtelen, azaz a rendszer üzemképtelenségének valószínűsége:

$$P_{SP} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_9 + Q_{13} \quad . \quad (4)$$

3. ábra. A rendszerek üzemképességi valószínűsége az elemek megbízhatóságai függvényében

4. ábra. A rendszerek üzemképtelenségének valószínűségei az elemek meghibásodási valószínűségei függvényében

Az igazságtáblázatokból megállapítható, hogy a PS rendszer 7 rendszerállapot esetén üzemképes és 9 rendszerállapotban pedig üzemképtelen; míg az SP rendszer 9 rendszerállapot esetén üzemképes és 7 rendszerállapotban pedig üzemképtelen. A (1) – (4) egyenletek felhasználásával meghatároztuk a rendszer üzemképességének, illetve üzemképtelenségének valószínűségeit az elemek különböző, de minden elemre azonos megbízhatóságok, illetve meghibásodási valószínűségeik esetén. A számítási eredményeket szemlélteti a 3. és 4. ábra.

3. Következtetések

Tanulmányunkban két egyszerű rendszerpéldán keresztül bemutattuk az igazságtábla alkalmazási lehetőségét rendszerek megbízhatóságának meghatározására, vizsgálatára. A példákon elvégzett elemzések alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- az igazságtábla könnyen használható, főleg komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatósági elemzése során, ahol nem lehet egyszerűen belátni a rendszer üzemképes állapotait;
- az igazságtábla alkalmazásának hátránya, hogy a lehetséges rendszerállapotok száma exponenciálisan nő a rendszerelemek számával;
- a rendszer üzemképtelenség valószínűség, illetve a rendszer megbízhatóság vizsgálatával kapott információk analóg módon írják le a rendszer érzékenységét;
- az előzőekben leírt két (rendszer üzemképtelenség vizsgálata az elemek meghibásodási valószínűségei függvényében, vagy a rendszer megbízhatóságának leírása az elemek megbízhatósága függvényében) módszer közül adott rendszer elemzése során azt célszerű választani, mely esetében a közbülső rendszerállapotok száma kisebb.
- a soros-párhuzamos, SP rendszer megbízhatósága mindig jobb, illetve a meghibásodási valószínűsége kisebb, mint a párhuzamos-soros rendszer megbízhatósága;
- a soros-párhuzamos, SP rendszer megbízhatósága kevésbé érzékenynek tekinthető, mint a párhuzamos-soros rendszer megbízhatósága mivel több lehetséges rendszerállapot esetén működőképes;
- az két rendszer megbízhatóságai és üzemképtelenség valószínűségei közötti különbségek csökken az elemek megbízhatóságának növekedésével (azaz az elemek meghibásodási valószínűségeinek csökkenésével);

Az elvégzett tanulmány jó alapot jelent nagy elemszámú, komplex kapcsolatú rendszerek megbízhatóságának igazságtáblával történő elemzéseinek elvégzéséhez. A Szerzők a továbbiakban az úgynevezett híd struktúrájú rendszerek megbízhatóságát tervezik elvégezni. Céljuk a szerzett tapasztalatok alapján egy általánosított módszer kidolgozása az úgynevezett létra struktúrájú, komplex kapcsolatú rendszer megbízhatóságának leírására.

Felhasznált irodalom

- [1] Myers A.: *Complex System Reliability*, Springer-Verlag, 2010, 235 oldal.
- [2] [Pokorádi L.: *Rendszerek és folyamatok modellezése*, Debrecen: Campus Kiadó, 2008, 242 oldal.
- [3] Uhsakov I.A.: *Handbook of Reliability Engineering*, John Wiley & Sons, 1994, 663 oldal