

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ОТКАЗИТЕ ВЪРХУ ИНДИВИДУАЛНИЯ РИСК ПРИ F-K СТРУКТУРИ

Емил Иванов , Цветелина Симеонова

eivanov@vtu.bg, ts.b.simeonova@abv.bg

Доцент д-р инж., инженер, ВТУ „Т. Каблешков“, 1574 София, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: Съгласно изискванията в EN 50126 е проведено изследване влиянието на надеждностните и безопасностни параметри на F-K структура върху индивидуалния риск (ИР) за участниците в превозния процес.

Структурата на осигурителните системи и нейното функциониране трябва да е такава, че да осигурява непрекъснато активно противодействие срещу рисковите фактори вътрешни и външни чрез преструктуриране и адекватно управление, с цел достигане на едно приемливо ниво на резултативния индивидуален риск от системата във всеки момент от време.

Анализът на индивидуалния риск произтичащ от работата на една осигурителна система може да се извърши чрез моделиране, целящо определяне на връзките между основните характеристики (качествени и количествени) на системата, които да бъдат формализирани и описани по подходящ начин с помощта на математически и логически формули и правила.

Целта на изследването е да бъдат разширени съществуващите начини за изразяване на параметрите на ИР, произтичащ от осигурителните системи (ОС) и извършваните от тях дейности, в зависимост от профила на ползващите жп системата (ОС е част от жп системата).

Тъй като подходящо средство за реализация на ОС е F-K структура (и нейните параметри), то целта на изследването се свежда до определяне на влиянието на такава структура върху индивидуалния риск, като това се илюстрира чрез формално съотношение.

Моделът зависи от това как се разбират опасните откази. Общият подход се състои в това, че въпросът за безопасността се решава чрез използване на критерия за опасен отказ. По такъв начин се изследва връзката между коефициента на опасна работа и индивидуалния риск породен от F-K структурата (при направени допускания).

Изчисленията са направени за диапазон на параметрите, представляващ практически интерес.

С увеличаването на вероятността за защитен отказ, вероятността за индивидуален риск намалява. От това следва, че колкото повече са защитните откази толкова по-малка е вероятността за опасни откази, при приетите начални условия и стойности на параметрите. При приетите стойности например се получава, че плавният преход (в диапазона 0,8 ÷ 0,9) рязко се променя след границата 0,9, което директно илюстрира влиянието върху ИР на защитните и опасните откази и др.

Разработката е съобразена с цел изпълнение на изискванията посочени в европейските норми и е възможно калибриране на участващите параметри спрямо ИР при променящи се условия.

Ключови думи: риск, F-K структура, осигурителна система

1. УВОД

Структурата на осигурителните системи (ОС) трябва да е такава, че при нейното функциониране да се осигурява непрекъснато активно противодействие срещу рисковите фактори (вътрешни и външни) [1] [2]. Това се постига чрез реструктуриране и адекватно управление с цел достигане на едно приемливо ниво на резултативния индивидуален риск от системата във всеки момент от време.

Съгласно изискванията на европейските норми EN 50126 [3] приемливостта на ОС се оценява с риска за участниците в ж.п. превозен процес породен от тези системи. Този риск зависи, както от безопасностните параметри на системата, така и от параметрите на превозния процес.

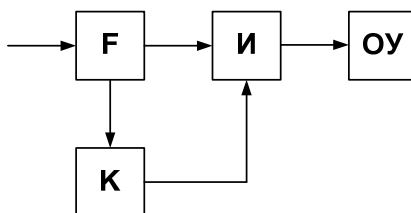
Анализът на индивидуалния риск (ИР), произтичащ от работата на една ОС може да се извърши чрез моделиране, целящо определяне на връзките между основните характеристики (качествени и количествени) на системата, които да бъдат формализирани и описани по подходящ начин с помощта на математически и логически формули и правила. Моделът зависи от това как се разбират опасните откази. Общият подход се състои в това, че въпросът за безопасността се решава чрез използването на критерия за опасен отказ.

В предложената работа е направено изследване на влиянието на съвкупността от надеждностни и безопасностни параметрите на една ОС върху ИР.

2. ИЗХОДНА ПОСТАНОВКА

Целта на изследването е да бъдат разширени съществуващите начини за аналитично определяне на ИР, като се свържат с функционирането и параметрите на конкретната ОС.

На фигура 1 е показана една ОС изградена като F-K структура.



Фиг. 1. Структурна схема на F-K система

Функционалното устройство F обработва постъпващия информационен поток и работи според зададен по спецификация алгоритъм без изисквания към неговото поведение след отказ, но в него има вградени средства за периодичен контрол на неизправностите и грешките (пример за това са: абсолютния тест, времеброятеля, самопроверяващите се програми и др.)

Средствата за контрол и превключване, означени като К (контролно устройство) и И (изключвател), осъществяват контрол на всички изходни сигнали към обекта на управление (ОУ). По приет критерий К установява с вероятност p появата на лъжлив сигнал и превключва системата в защитно състояние. Такъв критерий може да е кодovия алгоритъм (паритет, тегло на кода и др.), тактуване на изхода, контролен тест и др., откъдето следва, че контролера носи отговорност за безопасността.

С цел разбиране на същността на изходния и периодичния контрол е необходимо да се различат причините за отказите от тяхното въздействие на изходните сигнали. Една и съща причина за отказ може да доведе до различни лъжливи сигнали на изхода (това зависи от входната последователност). И обратното, различни причини могат да доведат до един и същ грешен изходен сигнал.

Приемаме, че F и K устройствата имат три състояния (работоспособно, защитно и опасно), като възможните преходи между състоянията са:

- 1) от работоспособно към защитно;
- 2) от работоспособно към опасно;
- 3) от опасно към защитно;
- 4) от защитно към работоспособно.

F-K структурата е реализация на квази fail- safe принципа. Използвани са подходи, описани в литературата [4].

Използваме едно от съотношенията за определяне на ИР (1) и съотношенията, описващи една F-K структура (2).

Формула (1) [5] се отнася за определяне на ИР в зависимост от броя преминавания на i -тия индивид през една опасност:

$$(1) \quad IRF_i^h = \sum_{\text{опасност } H_j} N_j \cdot \left(P_j \cdot \sum_{\text{инцидент } A_k} C_{jk} \cdot F_{ik} \right).$$

Значение на участващите величини:

IRF_i^h - вероятност за риск за индивид, намиращ се в обсега на действие на опасността, въздействаща за определено време;

h – период от време;

i – индивид;

H_j – опасност;

j – поредна опасност;

P_j - вероятност за настъпване на определена опасност;

N_j - брой пъти на преминаване през опасността (стрелка, бариера от даден тип и др.) на индивид за разглеждания период (например за една година и т.н.);

C_{jk} - вероятност за това, че опасността j води до инцидент k ;

F_{ik} - вероятност за това, че при инцидент k , индивидът i ще пострада;

k – вид инцидент.

За описване на вероятността (коефициента) за опасен отказ чрез параметрите на F-K структурата, използваме следващите съотношения [6]. В случая се използва коефициент на опасна работа, който е свързан с вероятността за опасна работа при граничен преход ($t \rightarrow \infty$) на тази вероятност.

Във връзка с изследването на влияещите фактори върху ИР (означен с IRF), в (1) може да се замести вероятността за опасност P_j с конкретизирана вероятност $D^{F-K}(t)$ [4], породена от F-K структура, т.е.:

$$P_j = K_D^{F-K} = K_D^F \cdot K_{AV}^K + K_S^F \cdot K_D^K + K_D^F \cdot K_D^K,$$

където:

K_D^{F-K} - коефициент за опасна работа на F-K структура;

K_D^F - коефициент за опасна работа на F устройство;

K_D^K - коефициент за опасна работа на K устройство;

K_{AV}^K - коефициент на готовност на K устройство;

K_S^F - коефициент за защитен престой на F устройство.

Пределните вероятности на състоянията се получават [4] [6] при $t \rightarrow \infty$:

$$K_{AV} = \frac{\mu_D \mu_S}{\mu_D \mu_S + \lambda[\mu_D + \mu_S(1-p)]}$$

$$(2) \quad K_D = \frac{\mu_S \lambda(1-p)}{\mu_D \mu_S + \lambda[\mu_D + \mu_S(1-p)]},$$

$$K_S = \frac{\mu_D \lambda}{\mu_D \mu_S + \lambda[\mu_D + \mu_S(1-p)]}$$

където:

λ - интензивност на отказ;

μ - интензивност на възстановяване.

Във връзка с изследването на влияещите фактори върху ИР, в съотношението (1) може да се замени вероятността за опасност P_j с конкретизирана вероятност $D^{F-K}(t)$, породена от F-K структура. В случая се използва коефициент на опасна работа, тъй като той е свързан с вероятността за опасна работа при граничен преход ($t \rightarrow \infty$) на тази вероятност.

3. ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА ПАРАМЕТРИТЕ НА F-K СТРУКТУРА ВЪРХУ ИР

При заместване в получените изрази за приетите стойности на параметрите (представляващ практически интерес), се извършват съответните изчисления, като последователността на изменение на параметрите е илюстрирана в табл. 1.

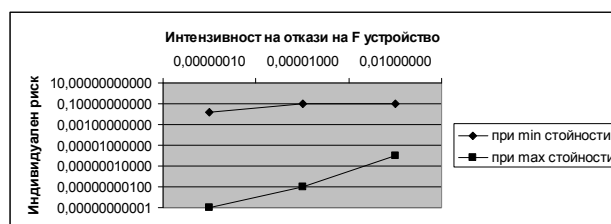
Табл. 1. Входни стойности, групи величини (минимални и максимални) и влияещи параметри на индивидуалния риск и на коефициента на опасна работа.

Величини:		Стойности:		Варианти:				
		min	max	1	2	3	4	5
λ^F	1/h	10^{-7}	10^{-2}					
λ^K	1/h	10^{-7}	10^{-2}					
μ_S^F	1/h	10^{-5}	1					
μ_S^K	1/h	10^{-5}	1					
μ_D^F	1/h	10^{-7}	10^{-1}					
μ_D^K	1/h	10^{-7}	10^{-1}					
p^F		0,8	0,9999					
p^K		0,8	0,9999					
N_i		10^4	10^4					
C_{ik}		10^{-4}	10^{-5}					
F_{ik}		10^{-1}	10^{-1}					

Обозначенията на интензивностите на отказ (λ^F и λ^K) включват указател за кое устройство се отнасят чрез горен индекс; същото се отнася и за другите параметри.

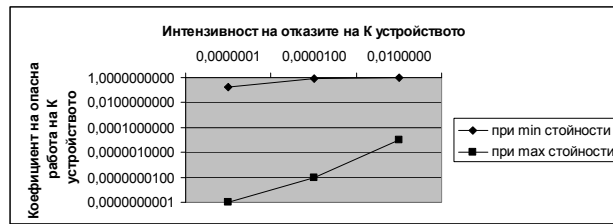
Получените съотношения са показани в графичен вид на фиг. №№ 2 ÷ 7, като за всяко от тях са разкрити характерните особености и са направени съответни изводи.

Нарастването на интензивността на отказите във функционалното устройство F предизвиква нарастване на ИР докато настъпи насищане (с увеличаването на λ^F расте ИР) – фиг.2. Обяснява се с факта, че при ниска надеждност на F, решаващо влияние върху коефициента на опасна работа оказва надеждността на устройството K.



Фиг. 2. Зависимост на индивидуалния риск от интензивността на отказите на F устройство.

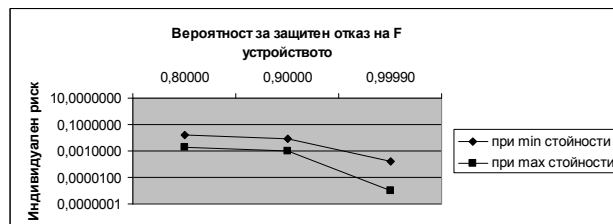
На фиг. 3 е представено влиянието на интензивността на отказите на K устройството върху коефициента на опасна работа (на K устройството). Характерът на зависимостта е подобен на показаната на фиг. 2. Това е така, тъй като интензивността на отказите е параметър във формулата за получаване на коефициента на опасна работа (съответно за F и за K устройство).



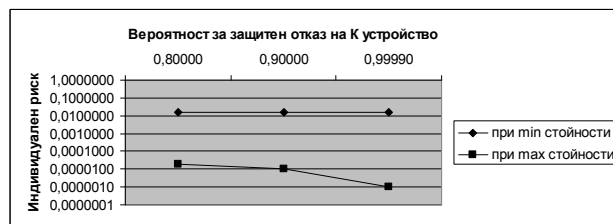
Фиг. 3. Зависимост на коефициента на опасна работа от интензивността на откази на К устройството.

На фиг. 4 е показано влиянието на вероятността за възникване на защитен отказ на F устройството на индивидуален риск.

Вероятността за защитен отказ на К устройството влияе по аналогичен начин (фиг. 5).

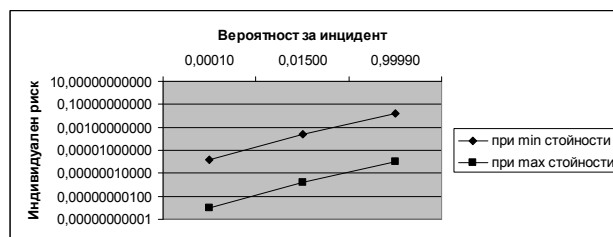


Фиг. 4. Зависимост на индивидуалния риск от вероятността за защитен отказ на F устройство.



Фиг. 5. Зависимост на индивидуалния риск от вероятността за защитен отказ на K устройство.

На фиг. 6 е показана зависимост на ИР от вероятността за инцидент; зависимостта е права и аналогично отразява влиянието и на стойностите на останалите параметри.

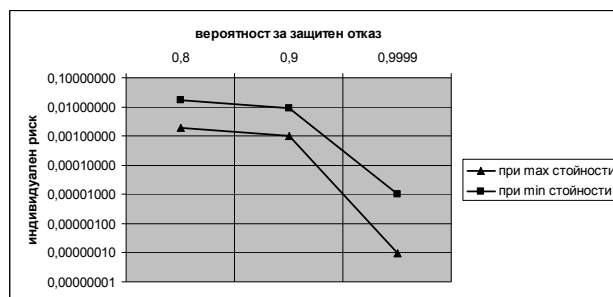


Фиг. 6. Зависимост на индивидуалния риск от вероятността за инцидент.

Характерни криви се получават, когато зависимостите са на базата на параметрите на F-K структурата; всички останали зависимости (брой пъти преминаване през опасност, вероятност за инцидент, вероятност при конкретен инцидент да пострада индивид) са типови.

Последното съотношение (фиг. 7) се отнася за специфичен случай (поради това не е отбелязано в табл. 1). Показана е характерната промяна на ИР при равни стойности на вероятността за защитен отказ (и на F и на K устройството) на една F-K структура.

С увеличаването на вероятността за защитен отказ, индивидуалният риск намалява. Това се обяснява с факта, че намалява вероятността за опасни откази.



Фиг. 7. Зависимост на индивидуалния риск от вероятността за защитен отказ при равни техни стойности за F и K устройствата.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изследването показва, че с увеличаване на $\lambda^F \lambda^k$ и вероятността за инцидент, коефициентът на опасна работа расте, което води до увеличаване на риска. Забелязва се също, че вероятността за защитен отказ при увеличаването си води до намаляване на ИР. При приетите стойности например се получава, че плавният преход (в диапазона 0,8 ÷ 0,9) рязко се променя след границата 0,9, което директно илюстрира влиянието върху ИР на защитните и опасните откази и др.

Получените резултати не са изненадващи. Тяхната стойност е в получените аналитични резултати и конкретни зависимости.

Разработката допринася за изпълнението на изискванията посочени в европейските норми чрез калибриране на параметри на F-K структура спрямо ИР при променящи се условия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ветошкин А. Г. Надежность технических систем и техногенный риск. Учебное пособие, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. Пенза, 2003.
- [2] Хенли Э. Дж., Х. Кумamoto Надежность технических систем и оценка риска. М., Машиностроение, 1984.
- [3] EN 50126. Railway Applications – The specification and demonstration of dependability – reliability, availability, maintainability and safety (RAMS). CENELEC. September 1999.
- [4] Христов Х. Основи на осигурителната техника, Техника, С., 1990.
- [5] Mokkapatil С. A practical risk and safety assessment methodology for safety critical systems. Ansaldo Signal Union Switch & Signal Inc., 1000 Technology Drive Pittsburgh, PA 15219.
- [6]. Стойчева Н.И. Аналитично и компютърно моделиране и изследване на безопасността на електронни схеми и микрокомпютърни осигурителни системи. Автореферат София-1999.

STUDY ON THE INFLUENCE OF FAILURES ON INDIVIDUAL RISK AT STRUCTURES F-K

Emil Ivanov, Tsvetelina Simeonova

*Assoc. prof. VTU „T. Kableshkov”„, PhD, 1574 Sofia, 158 Geo Milev Str.
BULGARIA*

Keywords: risk, F-K structure, ensure system

Abstract: According to the requirements of EN 50126 to show how the individual risk is varied depending on different values of the influencing parameters is done evaluating the impact of the parameters of F-K structure on individual risk.

The structure of the ensure system and its functionality shall be such as to provide continuous active reaction against internal and external risk factors, under restructuring and proper management in order to achieve an acceptable level of individual consequential risk of the system at any time.

Analysis of individual risk arising from the operation of an ensure system can be done by modeling, aimed at determining the relationships between the main characteristics (qualitative and quantitative) of the system to be formalized and described appropriately with mathematical and logical formulas and rules.

The aim of this study is to extend existing ways of expressing the parameters of the individual risk.

As a suitable means for realization of the ensure system is FK structure (and its parameters), the purpose of the study is to determine the effect of such a structure on individual risk, as illustrated by a formal relation.

Influence on individual risk:

- Individual profile using the railway system;
- The probability of realized hazard caused by ensure system (FK structure);
- Probability to cause hazard realized accident;
- The probability of an incident affecting a specific individual.

The model depends on how you understand the dangerous failures. The general approach is that the issue of safety is decided using the criteria of a dangerous failure. Thus, the relation between the coefficient of dangerous work and individual risk posed by F-K structure (in assumptions) is explored.

Calculations are made for a range of parameters representing practical interest.

By increasing probability of protective failure, the probability of individual risk is reduced.

It follows that the more protective failures the less is the probability of dangerous failures in the adopted initial conditions and parameter values. When default values is obtained that a smooth transition (ranging from 0.8 to 0.9) a sharp boundary changes after 0.9, which illustrates the direct impact of individual risk and protective or dangerous failures, etc..

The development is in line to meet the requirements specified in European standards and possible calibration of parameters involved to the individual risk under changing conditions.