

ДЕЯКІ ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАХИСНИХ ПРИСТРОЇВ ЗА НАДІЙНІСТЮ

На однопожових паперорізальних машинах для попередження травматизму застосовують фотоелектричні захисні пристрої (ФЗП).

Висока надійність функціонування ФЗП — один з найважливіших його технічних параметрів. Отже, дослідження надійності роботи ФЗП досить актуальне.

ФЗП є логічним керуючим пристроєм, який подає на виконавчі органи сигнали 1 та 0 . При наявності дозволяючого сигналу 1 вмикається привід притискача та ножа і здійснюється цикл різання. При відсутності дозволяючого сигналу (сигнал 0) привід притискача та ножа вмикається.

Таким чином, ФЗП повинен виконувати дві функції: бути увімкненим при наявності команди на включення світлового бар'єра та вимкненим при перетинанні світлових променів.

Для збільшення ймовірності вимкнення привода притискача та ножа при перетинанні світлових променів, а також для створення необхідного світлового бар'єра [2] застосовують надлишкову кількість (резервування) ідентичних фотоелектричних каналів (ФЕК). При цьому для здійснення другої функції достатньо появи сигналу 0 хоча б на виході одного з ФЕК (паралельне з'єднання елементів по надійності), а для здійснення першої функції необхідна присутність сигналу 1 на виходах усіх ФЕК (послідовне з'єднання елементів по надійності). Те, що на виході ФЕК може помилково появиться 0 , пояснює, чому застосування надто великої кількості резервних каналів може бути небажаним з точки зору надійності [4]. При безмежній кількості ФЕК дозволяючого сигналу 1 на включення циклу різання взагалі ніколи не буде. Тому необхідно визначити оптимальну кількість ФЕК, при якій надійність функціонування ФЗП стає максимальною. Фактори, які обмежують надлишкову кількість ФЕК (вартість, маса, об'єм) та кількість ФЕК, що необхідні для створення достатнього у просторі світлового бар'єра, у цій задачі не враховуються. Не береться до уваги також те, що відмови різних типів ФЗП нерівноцінні.

Введемо такі позначення: p_1 — ймовірність підтримки на виході ФЕК сигналу 1 при подачі команди на включення світлового бар'єра; p_0 — ймовірність підтримки на виході ФЕК сигналу 0 при перетинанні світлового променя; $q_1 = (1 - p_1)$ — ймовірність появи на виході ФЕК сигналу 0 при подачі команди на включення світлового бар'єра; $q_0 = (1 - p_0)$ — ймовірність появи на виході ФЕК сигналу 1 при перетинанні світлового променя.

Процес функціонування кожного ФЕК можна розглядати як послідовність періодів, коли він увімкнений, та періодів, коли він вимкнений.

У таблиці показані чотири варіанти послідовностей функціонування ФЕК при подачі команди на включення світлового бар'єра та перетинанні світлового променя.

Послідовності функціонування ФЕК

Варіант послідовностей	Сигнал на виході ФЕК		Ймовірність функціонування ФЕК для варіанта послідовностей
	при наявності команди на включення світлового бар'єра	при перетинанні світлового променя	
<i>a</i>	1	0	$p_1 p_0$
<i>b</i>	1	1	$p_1 q_0$
<i>c</i>	0	0	$q_1 p_0$
<i>d</i>	0	1	$q_1 q_0$

Ймовірністю нормального функціонування одного ФЕК при розгляданні тільки прийнятих для ФЗП варіантів послідовностей є ймовірність, яка відповідає ймовірності варіанта послідовностей *a*,

$$P_{(1)} = p_1 p_0. \quad (1)$$

Ймовірність нормального функціонування двох і більше ідентичних ФЕК за умови перетинання всіх світлових променів визначаємо розкладанням складної події на елементарні.

При функціонуванні двох ФЕК маємо:

комбінації	1	2	3
послідовність для ФЕК I	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
послідовність для ФЕК II	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>

Присутність послідовності *b* в ФЕК I або ФЕК II допустима за умови, що перетинаються всі світлові промені.

Ймовірність успішного функціонування двох ФЕК

$$P_{(11)} = a \cdot a + a \cdot b + ba = a^2 + 2ab = (p_1 p_0)^2 + 2p_1^2 p_0 q_0 = \\ = p_1^2 - p_1 (1 - p_0)^2. \quad (2)$$

При функціонуванні трьох ідентичних ФЕК маємо:

комбінації	1	2	3	4	5	6	7
послідовність для ФЕК I	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>b</i>
послідовність для ФЕК II	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
послідовність для ФЕК III	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>

Логічне відношення для надійності функціонування трьох ФЕК має вигляд $a^3 + 3a^2b + 3ab^2$ і дорівнює

$$P_{(III)} = (p_1 p_0)^3 + 3(p_1 p_0) p_1 q_0 + 3p_1 p_0 (p_1 q_0)^2 = \\ (p_1 p_0)^3 + 3(p_1 p_0)^2 p_1 (1-p_0) + 3p_1 p_0 [p_1 (1-p_0)]^2 = \\ p_1^3 - p_1^3 (1-p_0)^3. \quad (3)$$

Очевидно, що кількість успішних комбінацій дорівнює $2^k - 1$ і ймовірність успішного функціонування ФЗП з k -кількістю ФЕК

$$P_{(k)} = p_1^k - p_1^k (1-p_0)^k = F(p_1, p_0, k). \quad (4)$$

Аналогічно можна довести, що при перетинанні n світлових променів ($n \leq k$) ймовірність успішного функціонування ФЗП

$$P_{(k,n)} = p_1^n - p_1^n (1-p_0)^n = F(p_1, p_0, k, n). \quad (5)$$

Оптимальну кількість світлових променів при даних значеннях p_1 та p_0 , тобто $k = f(p_1, p_0)$ для умови забезпечення найбільшого значення ймовірності функціонування ФЗП, одержимо, якщо знайдемо максимум функції, визначеної рівнянням (4).

Приймаючи, що $F_{k'}(p_1, p_0, k) = 0$, маємо

$$\ln p_1 - [\ln p_1 (1-p_0)^k + \\ + (1-p_0)^k \ln(1-p_0)] = 0$$

$$\text{або } \ln p_1 = (1-p_0)^k [\ln p_1 + \\ + \ln(1-p_0)],$$

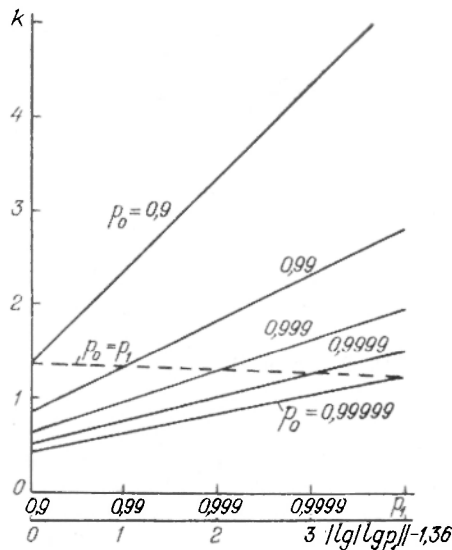


Рис. 1. Залежність оптимальної кількості ФЕК k від p_1 при різних значеннях p_0 .

звідки

$$(1-p_0)^k = \frac{\ln p_1}{\ln p_1 + \ln(1-p_0)}$$

Якщо прологарифмувати ліву та праву частини, то

$$k \ln(1-p_0) = \ln \frac{\ln p_1}{\ln p_1 + \ln(1-p_0)}$$

звідки

$$k = \frac{\ln \left[\frac{\ln p_1}{\ln p_1 + \ln(1-p_0)} \right]}{\ln(1-p_0)}. \quad (6)$$

На рис. 1 показана номограма для визначення оптимального значення k . Враховуючи, що значення $P_{(k)}$, p_1 , p_0 ФЗП відносно ве-

ликі, для зручності номограми показуємо в запропонованій системі координат. Починаючи зі значення 0,9, шкала з достатньою точністю рівномірна. Номограми розраховані на ЕЦВМ.

Максимальне значення $P_{(k)}$ при даних p_1 та p_0 можна визначити шляхом підстановки значення k , одержаного з формули (6),

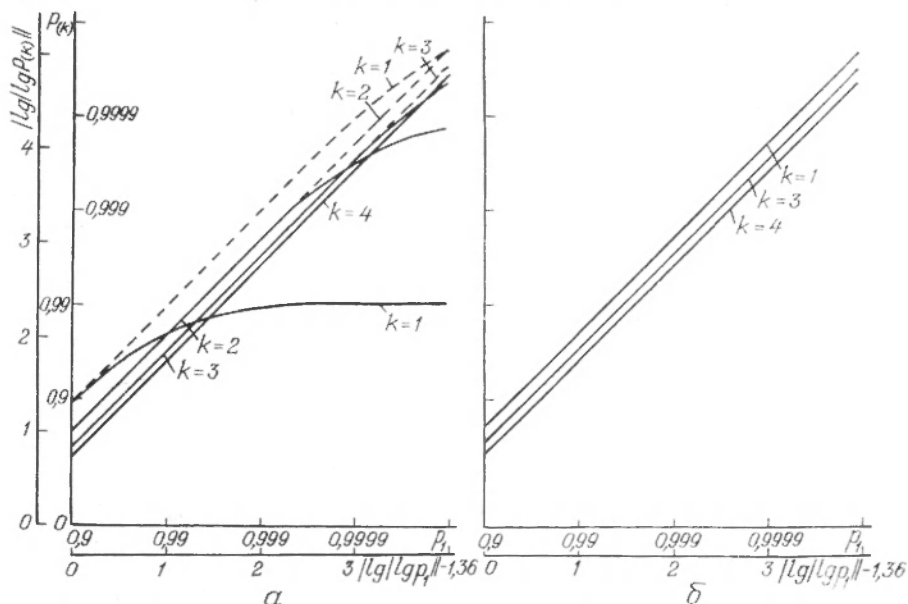


Рис. 2. Залежність $P_{(k)}$ ФЗП від p_1 при різних значеннях p_0 та k :
 a — (---) $p_0=0,99999$; (-.-.-) $p_0=0,99$; b — $p_0=p_1$.

у (4). Ймовірність функціонування ФЗП для цілих значень k при заданих p_1 та p_0 знаходимо з номограми (рис. 2), побудованої за формулою (4). Як видно з рис. 2, при $p_0=0,99999$ і зміні p_1 у межах $0,9 \dots 0,99999$ максимальне значення ймовірності успішного функціонування ФЗП досягається, коли кількість ФЕК дорівнює одиниці. При $p_0=0,99$ максимального значення P_p у межах зміни p_1 $0,9 \dots 0,99$ набуває при $k=1$, у межах зміни p_1 $0,99 \dots 0,9999$ при $k=2$ та в межах зміни p_1 $0,9999 \dots 0,99999$ при $k=3-4$.

На рис. 3 показані номограми для визначення ймовірності функціонування ФЗП з k -кількістю ФЕК за умови, що перетинається n -кількість світлових променів.

Ймовірність підтримки на виходах невідновлюваного ФЕК у момент часу t сигналів 0 та 1 можна визначити відповідно за формулами [1, 3]:

$$p_0(t) = \exp(-\lambda_0 t_0); \quad (7) \quad p_1(t) = \exp(-\lambda_1 t_1), \quad (8)$$

де λ_0, λ_1 — сумарна інтенсивність відказів деталей ФЕК в режимі підтримки на виходах відповідно сигналів 0 та 1; t_0, t_1 — сумарний час знаходження ФЗП у вказаних режимах.

У цьому випадку приймається, що ФЗП побудований на елементах, які не мають циклічного навантаження. При застосуванні елементів з циклічним навантаженням (реле, перемикачі тощо) надійність останніх залежить в основному не від часу використання [5], а від кількості перемикачів і тільки в середньому є функцією часу.

У значення інтенсивності відмов λ_1 входить також сумарна інтенсивність відмов освітлювальної частини ФЕК, звичайно $\lambda_1 > \lambda_0$. При постійному включенні ФЗП останній буде виходити з ладу в основному через те, що відмовлятимуть елементи схеми, які забезпечують на виході ФЕК сигнал 1. Очевидно, що максималь-

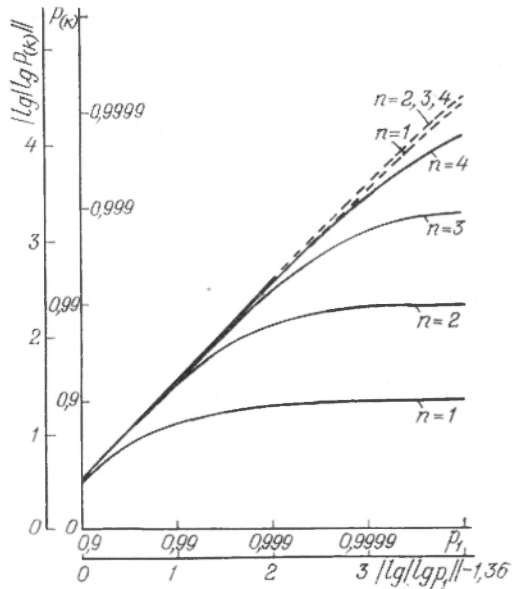


Рис. 3. Залежність $P_{(k)}$ ФЗП з k — кількістю ФЕК від p_1 при різних значеннях p_0 та n : $k=6$, (----) — $p_0=0,99999$, (—) — $p_0=0,9$.

на надійність функціонування ФЕК у кожний момент часу експлуатації буде за умови

$$p_0(t) = p_1(t), \quad (9) \quad \text{або} \quad \lambda_0 t_0 = \lambda_1 t_1. \quad (10)$$

Умову (10) можна забезпечити вибором оптимального режиму роботи ФЗП, тобто знаходженням оптимального відношення між значеннями t_0 та t_1 .

Приймаючи, що мінімальне та необхідне значення t_1 дорівнює добутковій часу проходження циклу різання $t_{\text{різ}}$, помноженому на сумарну кількість циклів різання m до моменту часу t , з рівняння (10) визначаємо відповідне значення величини t_0

$$t_0 = \frac{\lambda_1 t_1}{\lambda_0} = \frac{\lambda_1 t_{\text{різ}} m}{\lambda_0}. \quad (11)$$

Практично умова (10) деяких ФЗП наближено досягається їх вмиканням залежно від режиму роботи машини (ручний, напівавтоматичний, автоматичний) тільки на час проходження циклу різання, час автоматичного циклу розрізання стопи і т. д. Час нароблення до відмовлення при цьому буде досягати максимального значення. Штриховою лінією на рис. 1 показаний графік для визначення оптимального значення k за умови (9), а на рис. 2, б відповідно — графіки для визначення $P_{(k)}$. Як видно з цих графіків, максимального значення $P_{(k)}$ набуває при $k=1$.

Список літератури: 1. *Доманицкий С. М.* Построение надежных логических устройств. М., Энергия, 1971. 2. *Казмирович Р. В.* Фотоелектричний захисний пристрій одноножових паперорізальних машин і питання оптимального розміщення його світлового бар'єра. — Поліграфія і видавнича справа, 1977, № 13. 3. Проектирование бесконтактных управляющих устройств промышленной автоматики Г. Р. Грейнер, В. П. Ильяшенко, В. П. Май и др. / М., Энергия, 1977. 4. *Gordon R.* Optimum Component Redundancy for Maximum System Reliability. — Operations Res, 1957, v. 5, N 2. 5. *Farkas G. und andere.* Die Bestimmung der Zuverlässigkeitsparameter nichtredundanter elektronischer Einrichtungen. — Nachrichtentechnik Elektronik, 1976, N 3, s. 100—102.

R. V. KAZMIROVITCH

SOME QUESTIONS OF PHOTOELECTRICAL PROTECTIVE DEVICES OPTIMISATION PARAMETERS ACCORDING TO RELIABILITY

S u m m a r y

The given paper examines the tasks of photoelectrical protective device (PhPD) functioning probability determination with N - the quantity of photoelectrical canals (PhEC) at the intersection of N -light rays.

The paper also examines the choice of PhEC optimal quantity with the purpose of ensuring maximum reliability functioning PhPD, the choice of optimal work duty of not to be regenerated PhPD with the purpose of ensuring maximum time of working to the full.
