

**АНАЛІЗ ЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПАРАМЕТРАМИ ВТОРИННИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ З ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ ОЗБРОЄННЯ**

*У статті розглядається зв'язок параметрів вторинних джерел живлення з показниками перехідного процесу. Вдосконалення контролю технічного стану вторинних джерел живлення.*  
**Ключові слова:** контрольний параметр, перехідний процес.

*В статье рассматривается связь параметров вторичных источников питания и показателей переходного процесса. Совершенствование контроля технического состояния вторичных источников питания.*  
**Ключевые слова:** контрольный параметр, переходный процесс.

*In the article the communication of parameters of secondary power supplies and transient indicators is considered. Improvement of control of technical condition of secondary power supplies.*  
**Keywords:** control parameter, transient.

**Вступ:** Однією з найважливіших завдань, які стоять перед Збройними Силами України є підтримка високої боєздатності військ. У радіоелектронних зразках озброєння особливе місце займають сучасні вторинні джерела живлення із широтно-імпульсною модуляцією, які мають ряд переваг перед існуючими. Контроль технічного стану вторинних джерел живлення залишається малоефективним. Цим і визначається важливість і необхідність застосування нових підходів для контролю технічного стану вторинних джерел живлення зразків озброєння.

**Основна частина:** Технічний стан вторинних джерел живлення радіоелектронних засобів озброєння, характеризується основним параметром  $U_{\text{ном}}$  при динамічному навантаженні, яке змінюється від верхнього припустимого значення навантаження  $R_{\text{нв}}$  до нижнього припустимого значення навантаження  $R_{\text{нн}}$ . Для достовірної оцінки технічного стану вторинних джерел живлення (ВДЖ) використовуються показники якості перехідного процесу (ПП).

Велика кількість параметрів контролю ПП при визначенні працездатності ВДЖ і складність їх виміру дозволяють затверджувати, що для забезпечення виміру параметрів контролю перехідного процесу ВДЖ потрібне велика кількість вимірювальної апаратури з відповідними динамічними й частотними діапазонами й численний кваліфікований персонал. Ця обставина збільшує час і вартість контролю ВДЖ. Отже, для контролю технічного стану ВДЖ необхідне використання таких параметрів контролю ПП, які дозволили б скоротити вартість і час контролю за рахунок автоматизації контролю й скорочення числа параметрів контролю ПП без втрати вірогідності. До таких контрольованих параметрів контролю ПП ставляться  $U_{\text{ном}}$  при  $\tau_{i_{\text{ном}}}$  або  $\tau_i$  при  $U_{\text{ном}}=U_{\text{уст}}$ .

Між показниками якості ПП існує кореляційний зв'язок. Головною причиною цього зв'язку є те, що значення всіх показників якості ПП визначаються загальною для них передатною функцією еквівалентної САУ, яка залежить від динамічних властивостей складених елементів і від значення їх параметрів. Якщо виміряти значення необхідної кількості показників якості ПП, то можна вказати область, у якій будуть перебувати значення інших показників якості, тобто вид ПП. При цьому під загальними елементами слід розуміти як елементи прямого ланцюга, так і елементи ланцюга зворотному зв'язку (ЗЗ).

Вибір показників якості ПП у якості контрольного параметра (КП) проводиться з погляду найбільшої інформативності; максимального коефіцієнта кореляції з іншими

параметрами; простоти виміру при контролі; найменшого числа вимірюваних КП при заданій вірогідності.

Підхід до аналізу й вибору КП із показників якості ПП розглянемо на прикладі послідовного коливального контуру, передатна функція якого має вигляд:  $K(p) = \frac{1}{T^2 p^2 + 2\xi T p + 1}$ , де  $\xi = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}$  – відносний коефіцієнт загасання,

$T = \sqrt{LC} = 1/\omega$  – відповідна до постійна часу ланцюга,  $p = \sigma + j\omega$  – комплексна змінна зображення функції.

Аналітичне вираження для перехідної функції коливальної ланки має вигляд:

$$h(t) = K \left\{ 1 - e^{-\frac{\xi}{T}t} \left[ \cos\left(\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}t\right) + \frac{d}{\sqrt{1-\xi^2}} \sin\left(\frac{\sqrt{1-\xi^2}}{T}t\right) \right] \right\}. \quad (1)$$

При цьому півперіод коливань  $\Delta = \frac{\pi T}{\sqrt{1-\xi^2}}$ .

Комплексна передатна функція розглянутого коливального контуру в алгебраїчній формі запису має такий вигляд:  $K(j\omega) = P(\omega) + jQ(\omega)$ , де  $P(\omega) = \frac{K(1-T^2\omega^2)}{(1-T^2\omega^2)^2 + 4T^2\xi^2\omega^2}$ ;

$$Q(\omega) = \frac{-2TK\xi\omega}{(1-T^2\omega^2)^2 + 4T^2\omega^2\xi^2}.$$

У якості КП можуть бути використані наступні показники якості ПП:

- 1) час устанавлення  $t_y$ ;
- 2) час регулювання  $t_p$  при помилці  $\alpha = 0,05 \cdot Y_{уст}$ ;
- 3) пере регулювання  $\sigma = \Delta Y/Y_{уст}$ ;
- 4) відстань між двома точками перетинання вихідної величної рівня, рівного значенню,

що встановився, – півперіод коливань  $\Delta$ , або зворотна величина – частота коливань  $f = \frac{1}{2\Delta}$ .

Заданими параметрами для послідовного коливального контуру є значення елементів системи  $R$ ,  $C$ ,  $L$ . Відносний коефіцієнт загасання  $\xi$  і постійна часу ланцюга  $T$  будуть виступати як проміжні змінні. Для побудови залежності зміни кожного показника якості ПП від наведених параметрів проведемо дослідження при різних значеннях  $R$ ,  $C$  і  $L$ :

$$R=1; 1,5; 2; 2,5; 3[\text{Ом}],$$

$$C=1; 2; 3; 4;5 [\text{мкФ}], \quad (2)$$

$$L=10; 15; 20; 25; 30 [\text{мкГн}].$$

Обмеження на діапазон зміни параметрів коливального контуру обумовлені можливістю практичного виміру цих ПК. Графік ПП при зміні параметрів коливального контуру (2) зображений на мал. 1.

З рис. 1 видно, що зміна електричних параметрів системи впливає на відносний коефіцієнт загасання  $\xi$ , величину постійної часу ланцюга  $T$  та показників якості ПП. Символічно це можна записати наступним, образом:

$$\begin{aligned} R \uparrow &\Rightarrow \xi \uparrow \Rightarrow t_y \uparrow, t_p \downarrow, \sigma \downarrow, \Delta \uparrow, \\ C \uparrow &\Rightarrow \xi \uparrow, T \uparrow \Rightarrow t_y \uparrow, t_p \approx, \sigma \downarrow, \Delta \uparrow, \\ L \uparrow &\Rightarrow \xi \downarrow, T \uparrow \Rightarrow t_y \uparrow, t_p \uparrow, \sigma \uparrow, \Delta \uparrow. \end{aligned} \quad (3)$$

Вибір КП із числа показників якості ПП слід проводити відповідно наступним основним вимогам: інформативність, величина коефіцієнта кореляції з іншими параметрами й можливість практичного виміру. Розглянемо ці вимоги.

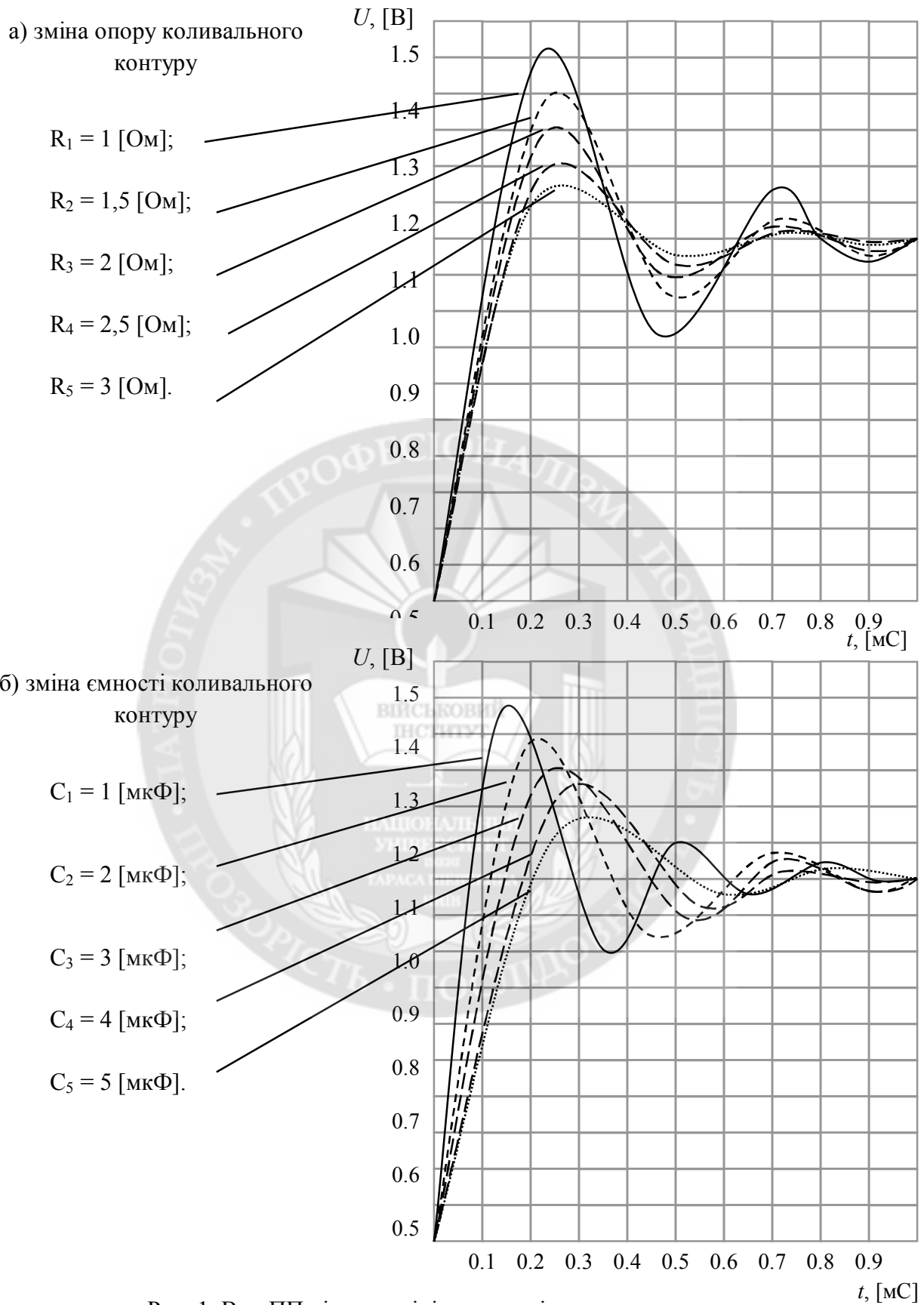


Рис. 1. Вид ПП під час зміни параметрів коливального контуру

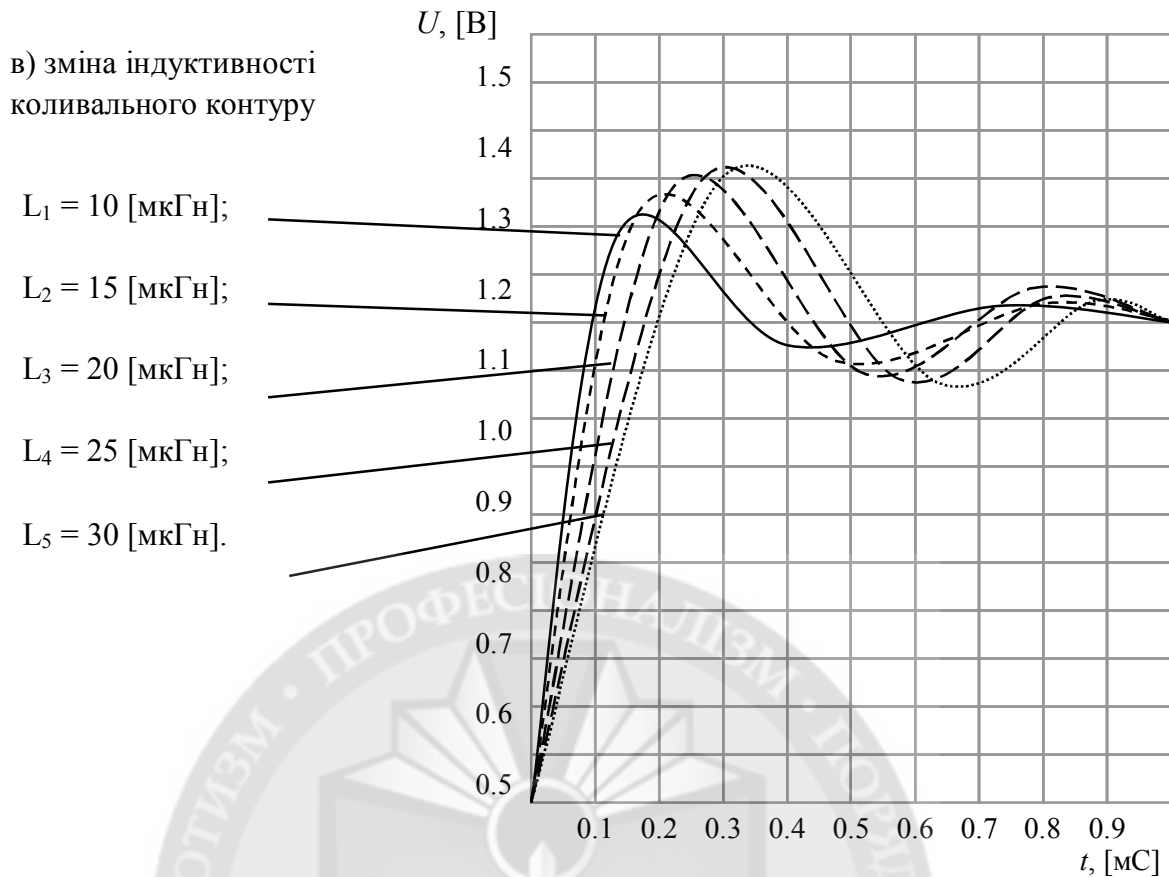


Рис. 1. Вид ПП під час зміни параметрів коливального контуру

Найбільшу інформативність має той КП, у якого сама більша швидкість зміни при зміні параметрів коливального контуру (2). Крім того, інформативний КП повинен характеризувати форму ПП. Для порівняння КП, що мають різну розмірність, їх слід привести до єдиної відносної системи вирахування (рис. 2). Із цього малюнка видно, що найбільшим трендом у цілому має пере регулювання  $\sigma$ .

Зміна опору коливального контуру

$$R_2 = 1,5 \text{ [Ом]}; R_3 = 2 \text{ [Ом]}; R_4 = 2,5 \text{ [Ом]}; R_5 = 3 \text{ [Ом]}.$$

Зміна ємності коливального контуру

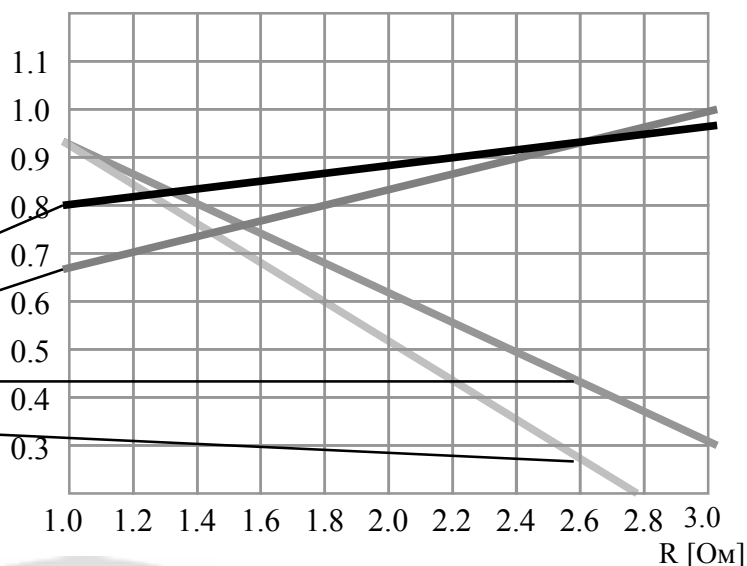
$$Z_1 = 1 \text{ [мкФ]}; Z_2 = 2 \text{ [мкФ]}; Z_3 = 3 \text{ [мкФ]}; Z_4 = 4 \text{ [мкФ]}; Z_5 = 5 \text{ [мкФ]}.$$

Зміна індуктивності коливального контуру

$$L_1 = 10 \text{ [мкГн]}; L_2 = 15 \text{ [мкГн]}; L_3 = 20 \text{ [мкГн]}; L_4 = 25 \text{ [мкГн]}; L_5 = 30 \text{ [мкГн]}.$$

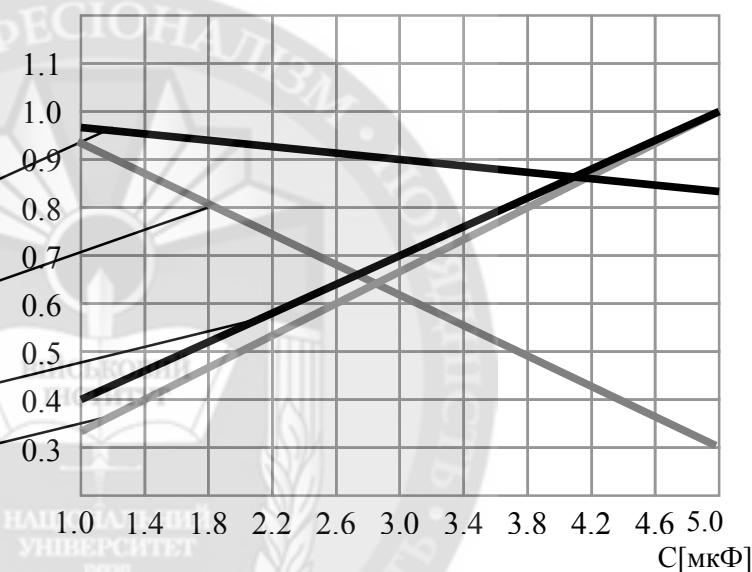
а) зміни опору  
коливального контуру  
 $R = 1; 1,5; 2; 2,5; 3$  [Ом]

напівперіод коливань  
час встановлення  
час регулювання  
перерегулювання



б) зміни ємності  
коливального контуру  
 $C = 1; 2; 3; 4; 5$  [мкФ]

час регулювання  
перерегулювання  
напівперіод коливань  
час встановлення



в) зміни індуктивності  
коливального контуру  
 $L = 10; 15; 20; 25; 30$  [мкГн]

час встановлення  
напівперіод коливань  
перерегулювання  
час регулювання  
30

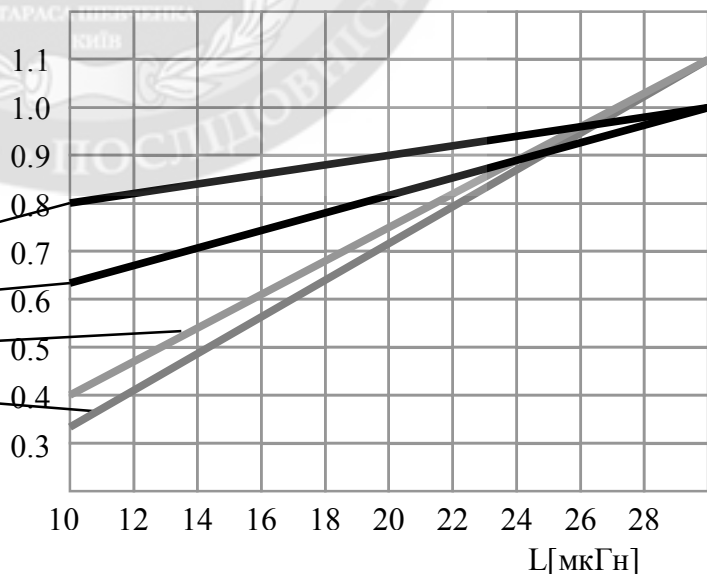


Рис. 2. Вид ПП у відносній системі вирахування під час змін параметрів коливального контуру

З виразу (3) і рис.2 видно, що по окремо взятому КП не можна однозначно судити про значення електричних параметрів схеми, тобто один ПК не характеризує весь ПП. Крім того,

з рис. 2 видно, що при фіксованому часі встановлення, регулювання, перерегулювання або іншому КП, перехідний процес може мати різний вигляд. Тому в якості КП необхідно використовувати більшу кількість КП, ніж один показник якості.

Ступінь лінійного зв'язку між показниками якості ПП під час зміни параметрів  $R$ ,  $C$  і  $L$  визначається коефіцієнтом кореляції. Чим ближче до одиниці модуль коефіцієнта кореляції, тем точніше представлення однієї випадкової величини через іншу.

З метою визначення ступені зв'язки між КП і вибору на підставі цього КП, розрахуємо коефіцієнт кореляції між часом установаження  $t_y$ , півперіодом коливань  $\Delta$  і перерегулюванням при зміні параметрів  $R$ ,  $C$  і  $L$  (2).

Для розв'язку цього завдання був поставлений машинний експеримент із метою моделювання ПП розглянутого коливального контуру. У результаті моделювання був отриманий первісний статистичний матеріал обсягом 1331 значень кожного показника якості ПП. На підставі двовимірної вибірки був розрахований вибірковий коефіцієнт кореляції  $r_b$  по формулі:

$$r_b = \frac{\sum_{ij} x_i y_j n_{ij} - n \bar{x} \bar{y}}{n S_x S_y},$$

де  $x_i$ ,  $y_j$  - обмірювані значення пари КП -  $t_y$  і  $\Delta$ ,  $\Delta$  і  $\sigma$ ,  $\sigma$  і  $t_y$ ;  $n_{ij}$  - частота пари  $(x_i, y_j)$ ;  $n$

- обсяг вибірки (рівний 1331);  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_i x_i n_{x_i}$ ,  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_j y_j n_{y_j}$  - вибіркові

середні;  $S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_i x_i^2 n_{x_i} - n \bar{x}^2 \right)}$ ,  $S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_j y_j^2 n_{y_j} - n \bar{y}^2 \right)}$  - вибіркові

среднеквадратические відхилення.

На основі обробки експериментальних даних були отримані наступні значення коефіцієнтів кореляції:

між часом установаження  $t_y$  і півперіодом коливань  $\Delta$ :  $r_{t_y, \Delta} = 0,75$ ;

між півперіодом коливань  $\Delta$  і перерегулюванням  $\sigma$ :  $r_{\Delta, \sigma} = -0,11$ ;

між перерегулюванням  $\sigma$  і часом установаження  $t_y$ :  $r_{t_y, \sigma} = -0,14$

**Висновки:** Особлива увага приділяється підвищенню завадостійкості систем контролю. Для цього, насамперед, застосовують надійне екранування сполучних ліній між вторинним джерелом живлення і вимірювальними елементами системи контролю. По можливості прагнуть підвищити рівень сигналів щодо шумів.

Розвиток системи контролю має стійкі тенденції, що й сформували напрямки, по яких здійснюється їхнє вдосконалювання. Основними напрямками слід вважати:

збільшення повноти контролю;

зменшення числа контрольованих параметрів при одержанні максимуму інформації про технічний стан вторинного джерела живлення;

скорочення габаритів і вартості системи контролю;

зниження вимог до обслуговуючого персоналу;

уніфікація всіх функціональних вузлів і блоків системи контролю;

широке використання мікропроцесорів.

Таким чином, основними напрямками вдосконалювання існуючих систем контролю вторинних джерел живлення є використання динамічного режиму й скорочення числа вимірюваних параметрів, що дає можливість системі контролю технічного стану визначати працездатність вторинних джерел живлення із заданою вірогідністю контролю при мінімальній вартості. З проведених іслєдувань видно, що для контролю технічного стану ВИП досить вимірювати один з показників якості ПП при іншому фіксованом, зокрема

$U_n$  при  $t_i$  ном або  $t_i$  при  $U_{ном} = U$  уст. Таким чином, для контролю технічного стану вторинних джерел живлення досить вимірювати один показник якості.

**ЛІТЕРАТУРА:**

1. Жердев М.К., Вишнівський В.В., Пампуха І.В., Скуйбіда О.Ю. Напрями розвитку систем контролю технічного стану і діагностування складних технічних систем // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2006. – № 3. – С.22 – 25.
2. Вишнівський В.В. Проблема забезпечення необхідного рівня ефективності існуючих вбудованих систем контролю об'єктів РЕЗО // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки. – К., 2007. – №18. – С.6 – 8.
3. Дискретні системи управління: Навчальний посібник / Жердев М.К., Тхоржевський В.І., Тхоржевський І.В. та ін.; За ред. М.К. Жердева: – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2006. – 170с.
4. Надежность технических систем: Справочник / Ю.Б. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотник и др.; Под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 608 с.
5. Ксёиз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.

**Рецензент: д.т.н., проф. Жердев М.К.**

