

УНІФІКАЦІЯ ВОЛЬТОДОДАТКОВИХ ПРИСТРОЇВ СТЕНДІВ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОВОЗІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

У статті запропоновано методику визначення оптимального уніфікованого ряду вольтододаткових пристроїв стендів для випробування тягових електродвигунів електровозів постійного струму.

В статті предложена методика определения оптимального параметрического ряда вольтдобавочных устройств стендов для испытания тяговых электродвигателей электровозов постоянного тока.

The methods of determination of the optimal parametric series of boosters for the test desks for traction electric motors of direct current electric locomotives are offered in the article.

Питанням уніфікації присвячені роботи А. І. Якушева, В. Р. Верченко, Л. А. Болдіна та інших вчених та інженерів [1, 2 та ін.], в яких показана роль уніфікації у підвищенні якості виробів, підвищенні економічності виробництва, розглянуті методи стандартизації та уніфікації. Аналіз літературних джерел та відповідної технічної документації показує відсутність теоретичних досліджень в галузі уніфікації електрообладнання для випробування тягових електричних машин. Тому розробка теоретичних основ уніфікації вольтододаткових пристроїв (ВДП) стендів для випробування тягових електричних машин і рекомендації по її здійсненню є актуальною задачею.

В даній роботі представлені рекомендації по уніфікації, розроблені відносно ВДП стендів по випробуванню тягових двигунів електровозів постійного струму. Розроблені теоретичні принципи можуть бути застосовані для раціональної уніфікації ВДП стендів взаємного навантаження будь-яких тягових електромашин локомотивів. Термін «уніфікація пристроїв ВДП» розуміємо як раціональне скорочення кількості типів ВДП з різними параметрами (напругою, струмом, потужністю), але однако-

вого функціонального призначення, що потрібно для забезпечення проведення приймально-здавальних випробувань (ПЗВ) вказаних електромашин.

В якості головного параметру уніфікованого ВДП пропонується прийняти потужність, оскільки цей показник є вирішальним при вирішенні питання щодо можливості виконання даним пристроєм своїх функцій у схемі даного стенду і не залежить від модернізації пристрою та технології його виготовлення. Якщо напругу на виході пристрою прийняти однаковою для всіх типів ВДП, то в якості головного параметра може бути і струм.

Розрахункові параметри ВДП для схеми випробування тягових двигунів електровозів постійного струму наведені у табл. 1

Маємо параметричний ряд: 150,5; 190; 196; 211,9; 215,8.

Оптимізація такого ряду полягає в надходженні сукупності пристроїв з такими потужностями, за яких так звана цільова функція досягає мінімального значення за умови задоволення обмежень. Обмеженням є максимальна потужність пристрою даного виду.

Таблиця 1

Значення головних параметрів ВДП для схем випробування тягових двигунів

Двигун	Параметр		
	Напруга, В	Потужність, кВт	Струм, А
НБ-406Б	$1,1 \cdot 2 \cdot 90 = 198$	$198 \cdot 760 = 150,6$	$2 \cdot 380 = 760$
ТЛ-2К1	198	$198 \cdot 960 = 190$	$2 \cdot 480 = 960$
НБ-407Б	198	$198 \cdot 1070 = 211,9$	$2 \cdot 535 = 1070$
4846eT3AL, 4846eT4AL	198	$198 \cdot 990 = 196$	$2 \cdot 495 = 990$
AL4846dt	198	$198 \cdot 1090 = 215,8$	$2 \cdot 545 = 1090$

Цільова функція є математичним описом залежності мети виробництва та використання даної продукції від значень параметрів, які оптимізуються, та від часових параметрів [2].

Математична модель оптимізації параметричного ряду складається із цільової функції та обмежень. Складемо цільову функцію для нашого випадку – знаходження оптимального параметричного ряду для пристроїв ВДП. У цьому випадку цільова функція являє собою залежність витрат на виробництво та експлуатацію пристроїв, які складають параметричний ряд, від головного параметру (потужності) і часу.

Цільова функція визначається в цілому за життєвий цикл заходу, який називається розрахунковим періодом. В якості початкового року розрахункового періоду приймаємо рік введення параметричного ряду в експлуатацію. Кінцевий рік розрахункового періоду визначається моментом завершення життєвого циклу заходу. Вираз для цільової функції запишемо наступним чином:

$$C(U^N) = \sum_{U \in U^N} Z^0(U) + \sum_{\lambda \in X} \varphi(\lambda) \min_{U \in U^N} Z(U, \lambda) (1 + E_H)^{t_p - t}, \quad (1)$$

де $Z^0(U)$ – постійні витрати на пристрій одного типу, які не залежать від їх кількості в експлуатації (витрати на розробку, підготовку виробництва). Тобто $Z^0(U)$ – вартість виробництва одного екземпляра пристрою даного типу (капітальні витрати);

$\sum_{U \in U^N} Z^0(U)$ – вартість виробництва усіх типів пристроїв даного виду;

$Z(U, \lambda)$ – витрати на задоволення потреб у пристрої з головним параметром λ за допомогою пристрою з головним параметром U , який відноситься до параметричного ряду пристроїв. Тобто, $Z(U, \lambda)$ – це поточні (експлуатаційні) витрати. Співмножник $\min_{U \in U^N} Z(U, \lambda)$ – це міні-

мальні витрати при задоволенні попиту на пристрій з параметром λ за допомогою інших пристроїв із параметричного ряду. Поточні витрати мають місце щорічно протягом усього розрахункового періоду. За вказаних умов для поточних витрат потрібно врахувати фактор часу, що здійснюється шляхом приведення до початку розрахункового періоду щорічних поточних витрат, для чого у формулі (1) вводиться коефіцієнт приведення, який визначається як:

$(1 + E_H)^{t_p - t}$, де E_H – норматив приведення різночасових витрат до розрахункового року, $E_H = 0,1$;

t_p – порядковий номер розрахункового періоду.

t – порядковий номер t -го року експлуатації параметричного ряду пристроїв, починаючи від початкового розрахункового періоду. У нашому випадку розрахунковий і початковий роки збігаються. Тому $t_p = 1$. Відомо, що приведення витрат до початку розрахункового року здійснюється діленням витрат на коефіцієнт приведення, що у нашому випадку забезпечується від'ємним значенням різниці $(t_p - t)$, оскільки $t \geq t_p = 1$.

t_c – термін служби пристрою у роках.

Виходячи із досвіду експлуатації подібних пристроїв, приймаємо термін служби ВДП – 10 років.

Задача оптимізації параметричного ряду пристроїв ВДП полягає у мінімізації цільової функції за час розрахункового періоду.

В якості одного з показників уніфікації пристроїв пропонуємо застосувати «частість K_N застосування пристрою даного типу»

$$K_N = \frac{N_j}{N}, \quad (2)$$

де N_j – кількість ПЗВ, проведених з використанням пристроїв ВДП даного типу за один рік: тип пристрою див. табл. 1 по типу двигунів;

N – загальна кількість ПЗВ тягових електричних двигунів за один рік.

Значення N_j та N знайдено шляхом аналізу статистичних даних про кількість ремонтів КР2, КР1, ТР3 типів тягових електричних машин, що розглядаються, по Укрзалізниці. Параметр N_j визначено як середнє значення кількості ремонтів двигунів даного типу за три роки (2006, 2007, 2008 рр.). Результати наведені у табл. 2.

Значення K_N у процентах:

$$K_N = \left(\frac{N_j}{N} \right) \cdot 100\%.$$

Для наочності інформація, наведена у табл. 2, демонструється на рис. 1.

З використанням даних табл. 2 емпіричну функцію попиту $\varphi(\lambda)$ для кожного виду пристрою можна представити у вигляді табл. 3.

Визначення чисельного значення коефіцієнту K_N для схем випробувань тягових електродвигунів

Тип тягового двигуна	НБ-406Б	ТЛ-2К1	НБ-407Б	4846eТ3AL, 4846eТ4AL	AL4846dt	$N = 1233$
N_j	677	36	107	259	154	
$K_N, \%$	55	2,9	8,6	21	12,5	

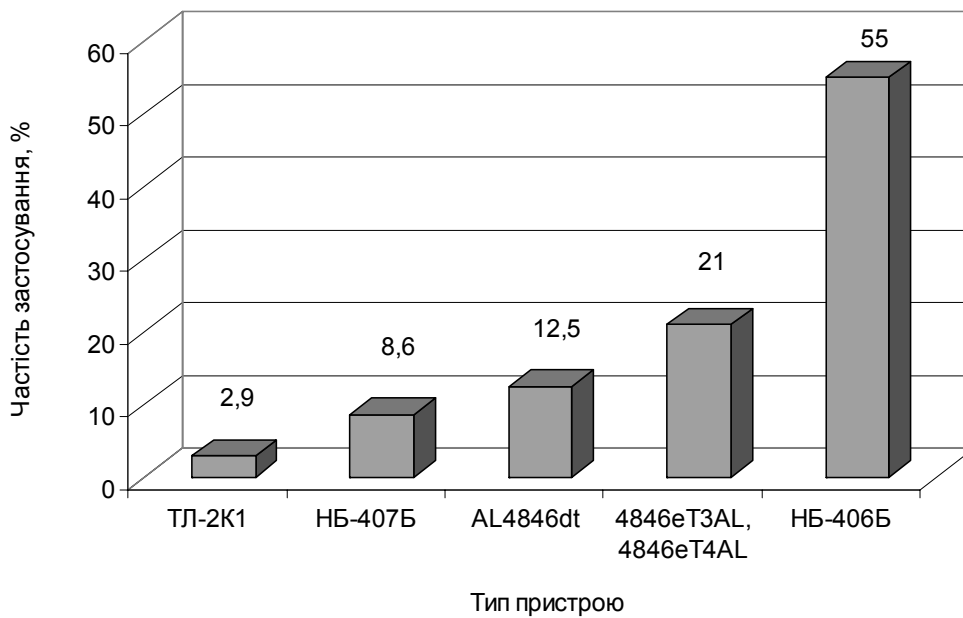


Рис. 1. Попит на різні типи пристроїв ВДП при ПЗВ тягових двигунів електровозів постійного струму

Емпірична функція попиту $\varphi(\lambda)$ на пристрої ВДП для схем випробувань тягових двигунів

Тип пристрою	НБ-406Б	ТЛ-2К1	4846eТ3AL, 4846eТ4AL	НБ-407Б	AL4846dt
λ	$\lambda_0 = 150,5$	$\lambda_1 = 190$	$\lambda_2 = 196$	$\lambda_3 = 211,9$	$\lambda_4 = 215,8$
$\varphi(\lambda)$	$\varphi(\lambda_0) = 0,55$	$\varphi(\lambda_1) = 0,029$	$\varphi(\lambda_2) = 0,21$	$\varphi(\lambda_3) = 0,086$	$\varphi(\lambda_4) = 0,125$

Відкоригована емпірична функція попиту $\varphi(\lambda)$ на пристрої ВДП для схем випробувань тягових двигунів

Тип пристрою	НБ-406Б	4846eТ3AL, 4846eТ4AL, ТЛ-2К1	AL4846dt, НБ-407Б
λ	$\lambda_0 = 150,5$	$\lambda_1 = 196$	$\lambda_2 = 215,8$
$\varphi(\lambda)$	$\varphi(\lambda_0) = 0,55$	$\varphi(\lambda_1) = 0,239$	$\varphi(\lambda_2) = 0,211$

Під терміном «вид пристрою» розуміємо, наприклад, «пристрій ВДП для схем випробувань тягових двигунів». «Тип пристрою» – це

пристрій для конкретного типу тягової електричної машини, наприклад, для випробування тягового двигуна типу НБ-406Б (табл. 1) і т.п.

Таким чином, маємо всі параметри для обчислення цільової функції.

Під оптимальним параметричним рядом для даного виду пристроїв розуміємо ряд, для якого цільова функція $C(U^N)$ має мінімальне значення.

Вартість виробництва одного екземпляру пристрою даного типу можна вважати однакою для пристроїв, потужність яких відрізняється одна від одної в межах 10...15 %. Тому $3^0(U)$ для цих пристроїв можна прийняти однакою і такою, що дорівнює більшому значенню цих пристроїв.

З урахуванням останнього відкоректовані значення табл. 3 представлені у табл. 4.

Параметричні ряди для вказаних пристроїв мають вигляд:

$$U_1^N = 150,5; 196; 215,8 \quad \varphi(\lambda) = 0,55; 0,239; 0,211$$

$$U_2^N = 150,5; 215,8 \quad \varphi(\lambda) = 0,55; 0,45$$

$$U_3^N = 196; 215,8 \quad \varphi(\lambda) = 0,789; 0,211$$

$$U_4^N = 215,8 \quad \varphi(\lambda) = 1$$

Для розрахунків значень цільових функцій різних параметричних рядів за допомогою ЕОМ розроблена програма у середовищі MathCad.

Вартість $3^0(U)$ має наступні значення (у відносних одиницях).

В нашому випадку: 1 (150,5 кВт);

$$\frac{196}{150,5} = 1,3; \quad \frac{215,8}{150,5} = 1,43.$$

Блок-схема програми наведена на рис. 2.

Аналіз результатів значень цільових функцій показує, що оптимальним параметричним рядом пристроїв ВДП для схем випробувань тягових двигунів є $U_4^N = 215,8$.

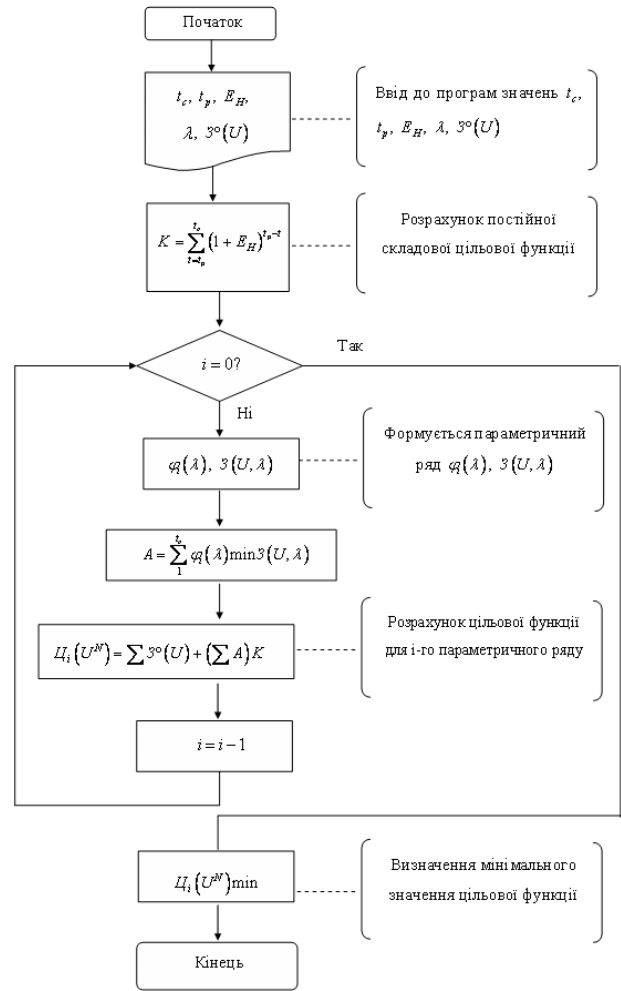


Рис. 2. Блок-схема програми для розрахунку значень цільової функції

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст] / А. И. Якушев. – М.: Издательство стандартов, 1972. – 312 с.
2. Болдин, Л. А. Основы взаимозаменяемости и стандартизации в машиностроении [Текст] / Л. А. Болдин. – М.: Издательство стандартов, 1976. – 111 с.

Надійшла до редколегії 24.09.2009.

Прийнята до друку 25.09.2009.