

ВІСНИК

ВІННИЦЬКОГО
ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

2 2003

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ
ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІСНИК ВІННИЦЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО
ІНСТИТУТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

Заснований у грудні 1993 року

Виходить 6 раз на рік

2 (47) — 2003

ЗМІСТ

АВТОМАТИКА ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА

- Роїк О. М., Табачник Ю. Я. Аналіз методичних похибок і методи роздільного перетворення параметрів комплексних двополюсників в замкнених колах 5
- Кулик А. Я. Підвищення швидкості передавання інформації 12

БУДІВНИЦТВО

- Дудар І. Н., Очеретний В. П., Швець В. В. Залежність міцності бетону від складу і величини тиску пресування 15
- Моргун А. С. Моделювання ущільнення ґрунту під час пластичного деформування системи «паля—основа» за МГЕ 18
- Попович М. М., Ваганов І. І., Ільїн В. І. Опір вертикальним навантаженням стрічкових фундаментів з паль неоднакової довжини 23
- Андрухов В. М., Гижко Н. А. Діагностика технічного стану великопанельних будівель з розробленням заходів з відновлення експлуатаційної придатності на основі математичного моделювання 27

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА ЕКОЛОГІЯ

- Куденко Н. В., Мельник Т. С. Формування маркетингових стратегій росту 32
- Лесько О. Й. Удосконалення системи професійної реабілітації інвалідів 36

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

- Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Бужинський В. В., Чорна І. Г. Енергетичні показники роботи теплофікаційних парогазових установок 46
- Лежнюк П. Д., Комар В. О. Квазіумови оптимальності задачі критеріального програмування 50
- Мокін Б. І., Розводюк М. П. Новий підхід до розрахунку запасних комплектів основних функціональних систем трамваїв 55
- Рогальський Б. С., Мельничук Л. М. Наближені оцінки часу максимальних втрат 59
- Кутін В. М., Заїка В. Т. Захисне вимикання двопровідних мереж постійного струму 64

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА

- Ротштейн О. П., Ракитянська Г. Б. Нечітка модель футбольного прогнозування з генетико-нейронною настройкою 68
- Мокін Б. І., Камінський А. В. Комп'ютерне моделювання процесу пошуку центру електричної мережі 78

Б. І. Мокін, д. т. н., проф.; М. П. Розводюк, асп.

НОВИЙ ПІДХІД ДО РОЗРАХУНКУ ЗАПАСНИХ КОМПЛЕКТІВ ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ТРАМВАЇВ

1. Постановка задачі

За відомою методикою розрахунку резервів запасних частин, описаною в роботі [1], необхідну кількість комплектів запасних частин визначають без урахування процесу відновлення, тобто припускають, що ремонтний орган встигає повністю відновити відмовлені системи за час експлуатації T тих, що працюють. За таких умов імовірність виконання i -ою системою своїх функцій протягом часу $T^{(i)}$ за наявності $z^{(i)}$ запасних частин дорівнюватиме [1]

$$R_{z^{(i)}}^{(i)} = e^{-\Lambda^{(i)} T^{(i)}} \cdot \sum_{n=0}^{z^{(i)}} \frac{\left(\Lambda^{(i)} T^{(i)}\right)^n}{n!}, \quad (1)$$

де $\Lambda^{(i)}$ – параметр потоку відмов i -ої системи

$$\Lambda^{(i)} = \lambda^{(i)} n, \quad (2)$$

$\lambda^{(i)}$ – інтенсивність відмов i -ої системи; n – кількість функціонуючих систем.

Згідно з цією методикою середнє значення кількості запасних частин i -ої системи та імовірність того, що за час $T^{(i)}$ буде більше відмов системи, ніж є в наявності запасних комплектів $z^{(i)}$, пропонується розраховувати відповідно, як [1]

$$Z_c^{(i)} = e^{-\Lambda^{(i)} T^{(i)}} \sum_{z^{(i)}=1}^{\infty} z^{(i)} \frac{\left(\Lambda^{(i)} T^{(i)}\right)^z}{z^{(i)}!}, \quad (3)$$

$$P_z^{(i)} = e^{-Z_c^{(i)}} \sum_{n=0}^{z^{(i)}} \frac{\left(Z_c^{(i)}\right)^n}{n!}. \quad (4)$$

Але з практики відомо, що відновлення ремонтним органом i -ої системи за час $T^{(i)}$ до виходу з ладу системи, яка експлуатується, не завжди має місце, тобто якась кількість відмовлених систем за цей проміжок часу не встигає відновлюватись. А це означає, що можлива ситуація, за якої деякі трамваї будуть простоювати через нестачу запасних частин, кількість яких розрахована за формулою (3). Тому доцільно орієнтуватися на якусь іншу величину, а не на $Z_c^{(i)}$, тобто необхідним є врахування в розрахунковій формулі такого параметра відновлення ремонтним органом відмовлених систем, який би задавав кількість запасних частин з пересторогою.

В роботі [1] запропоновано один з підходів розв'язання цієї задачі шляхом введення коефіцієнта запасу

$$k_z = \frac{Z_p}{Z_c}, \quad (5)$$

де Z_p – число запасних частин, які гарантують роботоздатність системи з імовірністю

$$P_{zp} = e^{-Z_c} \sum_{i=0}^{Z_p} \frac{Z_c^i}{i!}. \quad (6)$$

Саме на співвідношенні (6) в роботі [1] побудована методика знаходження значення Z_p в функції від P_{zp} , яке задає потрібний рівень коефіцієнта запасу k_3 , тобто дозволяє визначити середню кількість запасних частин з пересторогою.

Але, на наш погляд, і цей підхід не є адекватним задачі, оскільки ніяк не враховує імовірність $\Theta^{(i)}$ відновлення за час $T^{(i)}$ ремонтним органом відмовлених систем.

Тож нами пропонується саме такий підхід, який дозволяє врахувати імовірність $\Theta^{(i)}$.

2. Побудова розрахункових співвідношень

Придивимось уважно до формули (3). Вона є математичним очікуванням випадкової величини z і задає статистичну оцінку її середнього значення.

Очевидно, що якби в цій формулі ми замість $z^{(i)}$ взяли $\frac{1}{\Theta^{(i)}} z^{(i)}$, то за її допомогою вже обраховували б не строго середнє значення Z_c , а трохи більше ніж середнє, оскільки значення $\Theta^{(i)}$ завжди є хоч трошки, але меншим від одиниці.

Якщо ж у формулі (3) замість $z^{(i)}$ взяти $\left(\frac{1}{\Theta^{(i)}}\right)^{z^{(i)}} z^{(i)}$, то отримаємо потрібне середнє

число запасних частин $Z_{c \text{ пр}}^{(i)}$ ще з більшою пересторогою. Але, що важливо, ця пересторога є абсолютно об'єктивною, оскільки ми її вводимо в функції від імовірності відновлення $\Theta^{(i)}$ і кількості потрібних запасних частин.

Таким чином замість використання для обрахування середньої кількості потрібних запасних частин формули (3) з введенням коефіцієнта запасу, виходячи з формул (5), (6), ми пропонуємо $Z_{c \text{ пр}}^{(i)}$ знаходити із співвідношення

$$Z_{c \text{ пр}}^{(i)} = e^{-\Lambda^{(i)} T^{(i)}} \sum_{z^{(i)}=1}^{\infty} \left[\left(\frac{1}{\Theta^{(i)}}\right)^{z^{(i)}} z^{(i)} \frac{\left(\Lambda^{(i)} T^{(i)}\right)^z}{z^{(i)}!} \right]. \quad (7)$$

Формула (7) дозволяє розраховувати середнє значення з пересторогою $Z_{c \text{ пр}}^{(i)}$ запасних частин i -ої системи, тобто кожному значенню запасних частин $z^{(i)}$ відповідає деякий коефіцієнт запасу. Як бачимо, чим менша імовірність відновлення системи $\Theta^{(i)}$, тим більшу кількість запасних частин потрібно мати.

В цьому випадку імовірність того, що за час $T^{(i)}$ буде більше відмов системи, ніж є в наявності запасних комплектів $z^{(i)}$, будемо розраховувати не за формулою (4), а по її модифікації:

$$R_z^{(i)} = e^{-Z_{c \text{ пр}}^{(i)}} \sum_{n=0}^{z^{(i)}} \frac{\left(Z_{c \text{ пр}}^{(i)}\right)^n}{n!}. \quad (8)$$

Як і в роботі [1] ми вважаємо, що час відновлення систем трамваїв розподілений по експоненціальному закону, а тому імовірність $\Theta^{(i)}$ відновлення i -ої системи за час $\tau^{(i)}$ виражається запропонованим в роботі [1] співвідношенням

$$\Theta^{(i)}(\tau^{(i)}) = 1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{\tau^{(i)}}{\tau_c^{(i)}} \right) \cdot e^{-2 \cdot \frac{\tau^{(i)}}{\tau_c^{(i)}}}, \quad (9)$$

де $\tau_c^{(i)}$ – середній час відновлення i -ої системи.

А далі, задавшись величиною допустимої недостатності запасних частин $P_z^{(i)доп}$, як показано в роботі [2], та використовуючи співвідношення (7)+(9), можна визначити відповідну їй кількість запасних частин для кожної системи трамваїв. Покажемо це на прикладі.

3. Приклад розрахунку

Розрахунок запасних частин покажемо на релейно-контакторній системі трамваїв, використовуючи обидві методики.

Як величину середнього часу відновлення деякої системи $\tau_c^{(i)}$ будемо брати час середнього ремонту, а як величину часу відновлення $\tau^{(i)}$ – час капітального ремонту згідно нормативів Вінницького трамвайно-тролейбусного управління [3]. Для релейно-контакторної системи ці величини відповідно становлять: $\tau^{(PKC)} = 8,94$ год. та $\tau_c^{(PKC)} = 5,53$ год.

Підставивши параметри $\tau_c^{(PKC)}$ та $\tau^{(PKC)}$ у вираз (9), отримуємо імовірність відновлення релейно-контакторної системи за час 8,94 год. на рівні

$$\Theta^{(PKC)} = 1 - \left(1 + 2 \cdot \frac{8,94}{5,53} \right) e^{-2 \cdot \frac{8,94}{5,53}} = 0,833. \quad (10)$$

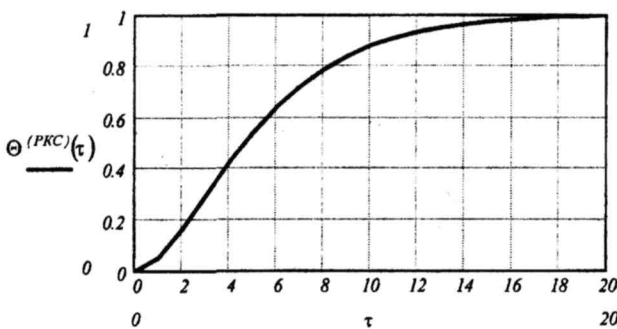


Рис. 1. Залежність імовірності відновлення релейно-контакторної системи від часу відновлення

Залежність імовірності відновлення релейно-контакторної системи від часу відновлення ($\tau^{(PKC)} = 0,20$ год.) показано графічно на рис. 1.

Інтенсивність відмов релейно-контакторної системи $\lambda^{(PKC)}$ візьмемо з роботи [4]: $\lambda^{(PKC)} = 0,3908$ місяць⁻¹. Якщо припустити, що з наявних в трамвайному депо 113 трамваїв на маршрути виходять максимум 100 трамваїв, тобто $n = 100$, то параметр потоку відмов

$$\Lambda^{(ГС)} = 0,3908 \cdot 100 = 39,08. \quad (11)$$

Необхідну кількість запасних комплектів для деякої системи будемо визначати для терміну відновлення ремонтним органом відмовлених систем даного типу. В такому випадку $T^{(i)} = \tau^{(i)}$. Однак час відновлення системи має розмірність $[\tau] = \text{год.}$, а інтенсивність відмов – $[\lambda] = \text{місяць}^{-1}$, тому час експлуатації $T^{(i)}$ приведемо до вигляду

$$T^{(i)} = \frac{\tau^{(i)}}{480}, \quad (12)$$

в якому враховано, що місяць має 30 днів, протягом яких трамваї працюють в дві зміни по 8 год. кожна.

Для релейно-контакторної системи $T^{(PKC)} = 0,019$ міс.

Середнє значення запасних частин $Z_c^{(PKC)}$ та середнє значення з пересторогою $Z_{c\text{ пр}}^{(PKC)}$ згідно (3) та (7) набувають значення:

$$Z_c^{(PKC)} = 0,7278 \text{ компл.} \quad Z_{c\text{ пр}}^{(PKC)} = 1,0108 \text{ компл.} \quad (13)$$

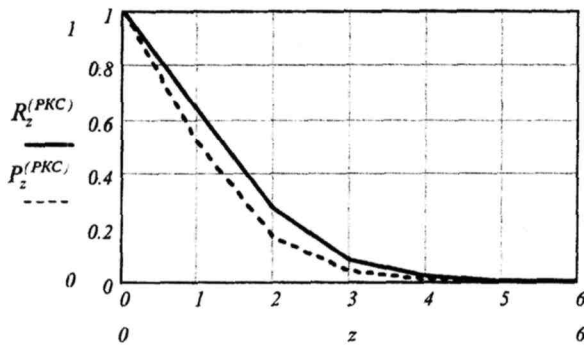


Рис. 2. Імовірність того, що за час $T^{(PKC)}$ буде більше відмов релейно-контакторної системи, ніж є в наявності запасних комплектів z

Хоча кількість комплектів і повинна бути тільки цілим додатнім числом, але для подальших розрахунків збережемо дробі.

Підставляючи у формули (4) та (8) відповідні чисельні значення $Z_c^{(PKC)}$ і $Z_{c\text{ пр}}^{(PKC)}$ (13), отримуємо ряд ймовірностей того, що за час $T^{(PKC)}$ буде більше відмов системи, ніж є в наявності запасних комплектів z (рис. 2), які для зручності зведемо до табл. 1.

Таблиця 1

Імовірність того, що за час $T^{(PKC)}$ буде більше відмов системи, ніж є в наявності запасних комплектів z

z	0	1	2	3	4	5	6
$R_z^{(PKC)}$	1	0,6361	0,2682	0,0823	0,0197	0,0038	0,0006
$P_z^{(PKC)}$	1	0,517	0,1655	0,0376	0,0066	0,0009	0,0001

Проаналізуємо результат (13). Навіть побіжний погляд показує, що вони відрізняються один від одного майже на 30 %.

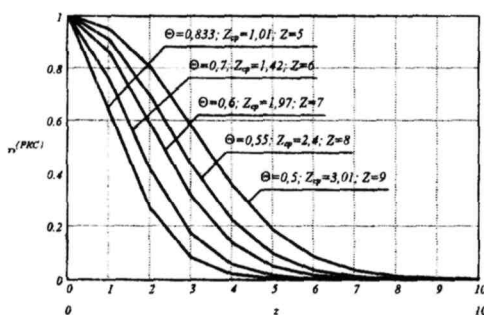


Рис. 3. Імовірність того, що за час $T^{(PKC)}$ буде більше відмов релейно-контакторної системи, ніж є в наявності запасних комплектів z з різними ймовірностями відновлення системи

Нагадаємо, що розрахунок був проведений по відношенню до часу $T^{(PKC)} = 0,019$ міс. Але ж запасні частини поповнюються на складі не рідше чим один раз на місяць. Тож отримані числа 0,7278 і 1,0108 потрібно, приводячи до місячної потреби, збільшити в 50 разів, тобто розглядати

$$Z_c^{(PKC)} \cong 36 \text{ компл.} \quad Z_{c\text{ пр}}^{(PKC)} \cong 51 \text{ компл.} \quad (14)$$

Із (14) добре проглядається різниця між наявним та запропонованим нами підходами.

Розглянемо випадки з різними ймовірностями відновлення системи. Результати розрахунків показані на рис. 3.

З даного рисунка видно, що необхідна кількість запасних комплектів суттєво залежить від ймовірності відновлення системи. Тому й визначення кількості запасних частин потрібно здійснювати з урахуванням функціональної здатності ремонтного органу.

Але слід зазначити, що за умови низької ймовірності відновлення відмовлених систем не потрібно мати на складі велику кількість запасних частин, а краще необхідно налагодити функціонування ремонтного органу.

Аналогічно до розрахунку запасних комплектів релейно-контакторної системи можна визначити необхідну кількість запасних комплектів і для інших систем трамваїв: гальмів-

ної системи (ГС) тягового двигуна (ТД), двигун-генератора (ДГ), прискорювача (П), системи дверей (Д), високовольтної системи (ВС) та низьковольтної системи (НС).

Вихідні та розрахункові дані зведено до табл. 2.

Таблиця 2

Розрахунок запасних комплектів систем трамваїв

Параметри	Системи							
	РКС	ГС	ТД	ДГ	П	Д	ВС	НС
$\lambda^{(i)}$, місяць ⁻¹	0,3908	0,105	0,0378	0,0536	0,4738	0,1309	0,1169	0,0837
$\tau_c^{(i)}$, год.	8,94	17,33	55	97,29	88,09	13,62	6,01	8,55
$\tau^{(i)}$, год.	5,53	51,6	14,58	29,16	38,52	4,5	3,6	5,13
$\Theta^{(i)}$	0,833	0,982	0,995	0,99	0,942	0,983	0,846	0,845
$Z_c^{(i)}$, компл.	1,0108	1,1736	0,4363	1,1086	15,6843	0,3801	0,1777	0,1813
$R_z^{(i)} < P^{\text{доп.}}$	0,0038	0,0013	0,0011	0,001	0,0027	0,0006	0,0008	0,0009
$z^{(i)}$, компл.	5	6	4	6	28	4	3	3

Висновки

1. Запропоновано новий підхід до здійснення розрахунків запасних комплектів шляхом введення в розрахункові формули залежності від імовірності відновлення відмовлених систем.

2. Розраховано необхідну кількість запасних комплектів основних функціональних систем трамваїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рипс А. Я., Савельев Б. А. Анализ и расчет надежности систем управления электроприводами. — М.: «Энергия», 1974. — 248 с.
2. Голинкевич Т. А. Прикладная теория надежности. — М.: «Высшая школа», 1977. — 160 с., ил.
3. Нормы времени и расценки на работы по ремонту трамваев вагонов Т4-СУ и КТ4-СУ в трамвайном депо Винницкого ТТУ. — Винница, Винницкое трамвайно-троллейбусное управление
4. Мокін Б. І., Розводюк М. П. Моделі оцінок роботоздатності функціональних систем трамваїв. Праці шостої міжнародної науково-технічної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2001)», м. Вінниця, 8—13 жовтня 2001 р. // Вісник ВПІ. — 2001. — № 6. — С. 92—98.

Рекомендована кафедрою електромеханічних систем автоматизації

Надійшла до редакції 19.11.02
Рекомендована до опублікування 12.12.02

Мокін Борис Іванович — завідувач кафедри, **Розводюк Михайло Петрович** — аспірант.
Кафедра електромеханічних систем автоматизації, Вінницький державний технічний університет

УДК 621.311.1.017

Б. С. Рогальський, д. т. н., проф.; Л. М. Мельничук

НАБЛИЖЕНІ ОЦІНКИ ЧАСУ МАКСИМАЛЬНИХ ВТРАТ

Одним з відомих методів визначення втрат електричної енергії в розподільних електричних мережах є метод часу втрат [1]. Існує ряд емпіричних формул для оцінки часу максимальних втрат через час використання максимальної потужності, наприклад, формула В. В. Кезевича та інші. Однак використання емпіричних залежностей не може бути