

УДК 621.316.9 : 629.4.02

В.Х.ДАЛЕКА, д-р техн. наук, В.І.КОВАЛЕНКО  
Харківська національна академія міського господарства

## ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МІСЬКОМУ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТІ

Розглядається питання оптимізації монтажу обладнання на рухомому складі з метою підвищення рівня електробезпеки та ресурсозбереження.

Забезпечення безпечних умов праці, безпеки перевезень пасажирів на транспорті при раціональному споживанні усіх видів ресурсів є основним напрямком державної політики України, який визначено на законодавчому рівні. Задачі цієї проблеми вирішуються на різних організаційних рівнях з розробкою організаційних, технічних, економічних та соціальних заходів. Оптимізація конструкції окремих елементів і систем рухомого складу та відповідне розміщення обладнання на тролейбусах також дає можливість забезпечити необхідний рівень безпеки пасажирських перевезень та економити матеріали, знизити втрати електроенергії. Це досягається зменшенням довжини провідників електричних з'єднань та підвищення надійності усіх систем рухомого складу, зокрема, ізоляційних елементів, трубопроводів пневмосистем та ін. [1-5]. При цьому на взаємне розташування накладається визначена система обмежень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що вирішенню задач розміщення геометричних об'єктів на площині й у тривимірному просторі присвячений ряд досліджень, зокрема [4, 5]. Показано, що вони є задачами нелінійного математичного програмування з особливостями, що не дозволяють застосовувати для їхнього рішення загальні (апробовані) методи, тому необхідно використовувати стратегію рішення, яка заснована на розбивці всієї задачі на дві складові:

- задачу визначення припустимих розміщень (локальної оптимізації);
- перебір отриманих рішень з метою визначення найбільш раціонального з них (глобальної оптимізації).

Для рішення локальної оптимізаційної задачі використовується метод послідовно-одиначного розміщення [4, 5] для функції мети, що описується виразом:

$$F(X, Y, Z) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sum_{\nu=1}^p \omega_{ij}^{\nu} L_{ij}^{\nu}(X_i^{\nu}, Y_i^{\nu}, X_j^{\nu}, Y_j^{\nu}, Z_i^{\nu}, Z_j^{\nu}), \quad (1)$$

де  $n$  – кількість розташовуваних об'єктів;  $\omega_{ij}^v$  – «вага» зв'язку  $V$ -го типу між  $i$ -м і  $j$ -м об'єктами;  $L_{ij}^v = |X_i^v - X_j^v| + |Y_i^v - Y_j^v| + |Z_i^v - Z_j^v|$  – «манхеттенова» відстань між парою точок у тривимірному евклідовому просторі;

$$\begin{aligned} X &= (X_1^1, X_1^2, \dots, X_1^p, X_2^1, X_2^2, \dots, X_2^p, \dots, X_n^1, X_n^2, \dots, X_n^p), \\ Y &= (Y_1^1, Y_1^2, \dots, Y_1^p, Y_2^1, Y_2^2, \dots, Y_2^p, \dots, Y_n^1, Y_n^2, \dots, Y_n^p), \\ Z &= (Z_1^1, Z_1^2, \dots, Z_1^p, Z_2^1, Z_2^2, \dots, Z_2^p, \dots, Z_n^1, Z_n^2, \dots, Z_n^p), \end{aligned}$$

де  $X, Y, Z$  – вектори координат входів (виходів) об'єктів у системі координат, зв'язаної з областю розміщення  $OXYZ$ ;  $p$  – кількість типів входів (виходів) кожного об'єкта.

Прийнятий метод має на увазі почергове розміщення об'єктів (апаратів, агрегатів, двигунів і т.п.) відповідно до деякої послідовності, тобто для  $k$ -го ( $k=1, 2, \dots, n$ ) кроку (розміщення  $k$ -го об'єкта з послідовності) має вигляд:

$$F_k(X_k^*, Y_k^*, Z_k^*) = \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{v=1}^p \omega_{ik}^v \left( |X_k^{*v} - X_i^{*v}| + |Y_k^{*v} - Y_i^{*v}| + |Z_k^{*v} - Z_i^{*v}| \right) \quad (2)$$

де  $X_k^{*v}, Y_k^{*v}, Z_k^{*v}$  – вектори координат входів  $k$ -го розташовуваного об'єкта.

Ці параметри знаходимо в процесі рішення оптимізаційної задачі  $\arg \min F_k(X_k^{*v}, Y_k^{*v}, Z_k^{*v})$  на системі обмежень  $G_k$ , обумовленої умовами:

- розміщення  $k$ -го об'єкта в області;
- його не перетинання з розміщеними раніше об'єктами і зонами заборони;
- іншими умовами, обумовленими специфікою рухомого складу.

Математичні співвідношення для обговорених обмежень описуються за допомогою апарата годографа функції щільного розміщення [4], що конструктивно використовується й у процесі рішення даної задачі.

Ці співвідношення дозволяють визначити координати точки постановки полюса чергового розташовуваного об'єкта. Шляхом послідовного звуження області пошуку вдається за кінцеве число кроків знайти оптимальну в змісті послідовно-одиначного розміщення точку

постановки полюса чергового розташованого об'єкта, тобто вирішити поставлену задачу.

Метою даної статті є обґрунтування методів та технічних рішень для вдосконалення конструкції рухомого складу, зокрема тролейбусів, що забезпечують електробезпеку і ресурсозбереження.

При використанні даної методики для оптимізації розміщення обладнання на рухомому складі міського електротранспорту розглянемо відповідну систему координат. Система координат (рисунок) прив'язана до передньої лівої стійки кузова, через яку проходить вісь Z.

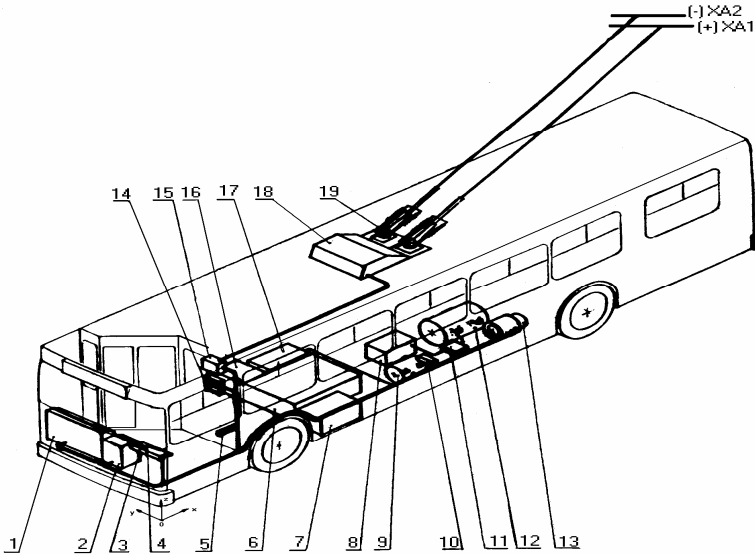


Схема розміщення високовольтного обладнання на тролейбусі ЗіУ-682Б:

1 – панель контакторна; 2 – опалювач кабіни; 3 – амперметр; 4 – індикатор напруги; 5 – блок вимикачів допоміжних кіл; 6 – пуско-гальмівні реостати; 7 – груповий реостатний контролер; 8 – індуктивний шунт; 9 – двигун вентилятора; 10 – резистор демпферний; 11 – коробка клемна; 12 – тяговий електродвигун; 13 – двигун компресора; 14 – блок запобіжників; 15 – автоматичний вимикач; 16 – піч опалення салону; 17 – шунтові резистори; 18 – радіореактори; 19 – струмоприймачі

Площина XY розташована в площині дорожнього покриття. Початком відліку координат є точка O, що знаходиться в перетинанні осей X, Y, Z. Для спрощення розрахунків радіуси закруглень кузова не враховуються, який представлений умовно на схемі у виді паралелепіпеда (див. рисунок). Координати по осях X і Y зазначені до передньої

площини обладнання, а по осі для двигунів до осі обертання якоря, для іншого – до нижньої площини, для струмоприймачів – до осей обертання по осях Y і Z.

Відповідно до проведеної методики, розглянемо, як приклад, розміщення електрообладнання на тролейбусах, що знаходяться в експлуатації. Дані по розмірах координат розміщення високовольтного обладнання і його габаритні розміри для тролейбусів ЗіУ-682-Б приведені в таблиці.

Розміщення високовольтного обладнання тролейбусів в координатах X, Y, Z і його габаритні розміри

№ по- зиції	На- йменуван- ня	Координати, мм			Габарити, мм			Примітки
		X	Y	Z	X	Y	Z	
<b>ЗіУ-682-Б</b>								
1	ПК	200	1180	805	320	1235	720	
2	ОК	200	955	805	40	225	375	
3	БВ	400	100	1355	400	60	100	
4	БП	1150	100	2005	50	240	350	
		1100	300	2105	150	200	270	
5	ПТС	3100	580	205	1300	600	500	
6	ГРК	3100	150	305	790	450	400	
7	ПОС	3100	1480	205	300	350	500	
8	ШС	3500	1980	505	800	400	200	
9	ИШ	5500	930	305	420	250	500	
10	ДМВ	4800	480	575	500	-	-	Ø 360
11	ТЕД	6100	940	445	800	-	-	Ø 520
12	ДМК	6250	510	495	450	-	-	Ø 420
13	КК	6230	200	805	400	400	120	
14	СД	5415	200	805	160	900	150	
15	РР	4200	730	3000	1300	-	250	
16	ХА1	5600	880	3100	-	-	-	L= 6600
17	ХА2	5600	1480	3100	-	-	-	L= 6600

Оптимізація розміщення електрообладнання досягається при найменшому значенні суми проєкцій лінійних параметрів його елементів на осі X, Y, Z за наведеною вище методикою (формули (1)-(2)).

З метою підвищення надійності обладнання рухомого складу для забезпечення безпеки руху і ресурсозбереження пропонується також розглядати його розміщення з орієнтацією в просторі відносно напрямків дії сил, що виникають під час руху. Результати досліджень віброударних навантажень дозволяють провести комплексний аналіз надійності систем керування з урахуванням орієнтації електронних плат щодо корпусу і параметрів вібрації [1, 6, 7].

Насичення парку рухомого складу міського електричного транспорту новими типами трамвайних загонів і тролейбусних машин з електронним керуванням вимагає створення системи забезпечення надійності електронного устаткування, що раніше не застосовувалося. У зв'язку з цим виникає задача вивчення параметрів потоку відмовлень і їх причин. Попередній аналіз причин виходу з ладу виконавчих (силових) елементів, які забезпечують безпеку руху, показує, що в багатьох випадках першопричинами є короткочасні порушення провідності електричних кіл керування в механічних роз'ємах. У цьому також перекоонує характер функції інтенсивності відмов. Тому аналіз надійності електронного устаткування необхідно проводити з урахуванням віброударних навантажень на елементи апаратури, зокрема, на роз'єми.

Результати дослідження дозволяють провести комплексний аналіз надійності системи керування з урахуванням орієнтації плат щодо корпусу і параметрів вібрації.

Вдосконалення монтажу високовольтного і низьковольтного обладнання дає можливість вирішити ряд питань електробезпеки і ресурсозбереження. Тому необхідно забезпечити підвищення надійності електрообладнання й електробезпеки тролейбусів за рахунок гальванічної розв'язки низьковольтних кіл керування, сигналізації і живлення допоміжних споживачів між собою і високовольтним обладнанням. Традиційним для тролейбуса є наявність двохпровідної низьковольтної системи [8, 9], що забезпечує додаткову ізоляцію щодо кузова для випадків попадання високої напруги на низьковольтні кола. Крім того двохпровідна система при компонуванні схем керування дозволяє не враховувати можливі випадки помилкових спрацьовувань апаратів через замикання на корпус. При цьому вважається, що надійність електроустаткування тролейбусів при двохпровідній системі значно вище, ніж при однопровідній. У реальних конструкціях переваги двохпровідної системи не реалізуються [8, 9].

Практично 90% машин, що знаходяться в експлуатації, мають безпосередній зв'язок низьковольтних електричних кіл з корпусом. Мінусові проводи низьковольтних елементів у більшості випадків зв'язані з корпусом і при зміні полярності відбувається замикання на корпус (не працюють гучномовна установка, радіоінформатор і ін. пристрої).

Таким чином, з погляду підвищення надійності електроустаткування й електробезпеки тролейбусів необхідно вирішувати питання гальванічної розв'язки низьковольтних кіл між собою і про способи ізолювання їх від високовольтних кіл.

Аналіз можливих шляхів рішення питання відділення високовольтних електричних кіл від низьковольтної електропроводки, а також обґрунтування застосування одно- або двохпровідної системи однозначно вказує на необхідність вважати частину електропроводки низьковольтних кіл елементами високовольтного обладнання. При цьому вона повинна мати гальванічну розв'язку з іншою частиною й опір ізоляції проводів по нормах високовольтного устаткування.

Частина системи низьковольтних кіл може включати кола двох рівнів напруги: 12 В – для живлення автомобільного електроустаткування загального застосування і 24 В – для живлення приладів і апаратів освітлення, сигналізації, електродвигунів гідронасоса і привода дверних механізмів [9].

Дослідження конструктивних особливостей рухомого складу дають можливість вдосконалювати його конструкцію та вирішувати проблеми безпеки перевезень пасажирів та ресурсозбереження.

Оскільки конструкція рухомого складу є визначальною в забезпеченні безпеки перевезень пасажирів та ресурсозбереження, то необхідно продовжити дослідження і доопрацювати комплекс відповідних нормативів.

1. Далека В.Ф., Карпушин О.Э. Функция интенсивности отказов разъемов блоков управления подвижного состава электрического транспорта // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.2. – К.: Техніка, 1993. – С.77-78.

2. Далека В.Ф., Нетецкий А.В. Обоснование выбора оптимальных длин поперечных тяг рулевой трапеции троллейбуса ЗИУ-9 // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.2. – К.: Техніка, 1993. – С. 102-105.

3. Пат. №17131А Україна В60Т 17/00. F04B39/16. Система вологовідділення у пневматичних приводах / І.Г.Міренський, В.Х.Далека, Л.М.Крутий, С.Б.Лозовий. №96124732. Заявл. 19.12.96; Опубл. 18.03.97.

4. Стоян Ю.Г. Размещение геометрических объектов. – К.: Наук. думка, 1975. – 239 с.

5. Новобранов В.Н., Обухова Н.В. Математическая модель и метод оптимального размещения объектов с личными связями // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.47. – К.: Техніка, 2003. – С. 84-91.

6. Карпушин В.Б. Вибрации и удары в радиоаппаратуре. – М.: Советское радио, 1971. – 344 с.

7. Тихонов В.П. Выбросы случайных процессов. – М.: Наука, 1970. – 392 с.

8. Вишник Г.В. и др. Троллейбусы ЗиУ-682. – М.: Транспорт, 1977. – 208 с.

9. Далека В.Ф., Коваленко В.И. Гальваническая развязка цепей электрооборудования троллейбусов // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.18. – К.: Техніка, 1999. – С.187-191.

*Отримано 29.08.2005*