

зменшується ваго-габаритні показники, що, в свою чергу, веде до зменшення вартості як самого силового трансформатора, так і системи керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кононов Б.Т., Коврига А.И. Системы управления электроснабжением и электроприводом, - Харьков: ХВВКИУРВ, 1988.
2. Самойленко Б.Ф. и др. Системы управления электроснабжением и электроприводом. Учебник. МО СССР, 1990.
3. Рогожкин Г.М., Кононов Б.Т. и др. Автоматизация систем электроснабжения. Учебник. МО СССР. 1985.

Хавжу Данило Миколайович, студент групи АЕ 61-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, danilluba24@gmail.com,
Денисов Данило Павлович, студент групи АЕ 61-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ddp27071999@gmail.com,
Фомкін Євгеній Володимирович, студент групи АЕ 61-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, sidjev@gmail.com,
Кметь Микола Сергійович, студент групи АЕ 61-20, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kmet.kolya2312@gmail.com

РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ДЛЯ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Мета дослідження – підвищення екологічної безпеки транспортних засобів та зниження витрат енергоносіїв на їх рух за рахунок визначення та обґрунтування потужності електричного двигуна для гібридної силової установки, що встановлюється, наприклад, на ЗАЗ Ланос Пікап.

Проведемо розрахунок мінімально необхідної потужності електричного двигуна для руху та частоти обертання електричного двигуна. Для цього скористаємося формулою

$$V_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n \cdot 3,6}{u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{ен}}}, \quad (1)$$

де V_{\max} – максимальна швидкість автомобіля у режимі «тільки електрика», прийmemo 60 км/год;

3,6 - коефіцієнт переводу швидкості з м/с у км/год;

r - радіус ведучого колеса, для R14 прийmemo 0,27 м;

n - частота обертання валу двигуна, Гц;

$u_{\text{кп}}$ - передавальне число коробки передач електродвигуна, прийmemo, 1;

$u_{\text{гп}}$ - передавальне число головної передачі ЗАЗ Ланос 4,133.

З формули (1) знайдемо потрібну нам формулу обчислення частоти обертання валу тягового електричного двигуна, об/хв.

$$n = \frac{V_{\max} \cdot u_{\text{кп}} \cdot u_{\text{зп}} \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot 3,6}, \quad (2)$$

Оскільки електричні двигуни маркують частоту обертання валу не в Гц, а в об/хв, переводимо отриманий результат в Гц помножаємо на коефіцієнт 60 згідно формули (2). Отримаємо, що $n = 2\,437$ об/хв

Потрібну максимальну потужність двигуна будемо визначати за умови його руху з максимальною швидкістю, повним та номінальним навантаженням по асфальтовому шосе на ділянці з незначним підйомом

$$N_{\max} = \frac{P_{\kappa} \cdot V_{\max} \cdot k_N}{3,6 \cdot \eta_{\text{тп}}}, \quad (3)$$

де N_{\max} - потужність, яка необхідна для забезпечення руху автомобіля в заданих умовах з максимальною швидкістю, кВт;

P_{κ} - тягова сила на ведучих колесах автомобіля, що потрібна для подолання опору руху в розрахункових умовах (визначається з рівняння тягового балансу автомобіля), кН;

V_{\max} - задана максимальна швидкість руху автомобіля, км/год (приймаємо 60 км/год);

k_N - коефіцієнт, що враховує експлуатаційні втрати потужності (втрати на привід допоміжних механізмів двигуна (приймаємо $k_N=1,1$);

$\eta_{\text{тп}}$ - коефіцієнт корисної дії трансмісії (приймаємо $\eta_{\text{тп}}=0,9$).

Тягова сила, яка потрібна для забезпечення руху автомобіля з максимальною швидкістю, визначається з рівняння тягового балансу як сума сил опору коченню, підйому та опору повітря, кН

$$P_{\kappa} = g \cdot m \cdot (f + i_n) + \frac{C_x \cdot S \cdot V_{\max}^2}{3,6^2}, \quad (4)$$

де m – повна або споряджена маса автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап, яка дорівнює 1595 кг та 1067 кг відповідно;

V - швидкість автомобіля у режимі «тільки електрика», приймемо цю швидкість 60 км/год;

g - прискорення вільного падіння, дорівнює 9,81 м/с²;

f - коефіцієнт опору кочення по асфальту дорівнює 0,005;

i_n - підйом дороги, який повинен подолати автомобіль рухаючись з максимальною швидкістю (приймаємо $i_n=0,025$);

C_x - коефіцієнт обтічності, визначається експериментально для кожного кузова, приймемо, що $C_x = 0,34 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м} \cdot \text{кг}$;

S - лобова площа автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап, дорівнює $S = H \cdot W$, з урахуванням $W=1678$ мм, $H = 1908$ мм, $S=1,678 \cdot 1,908 = 3,201 \text{ м}^2$.

З формули (4) визначаємо тягову силу, яка потрібна для забезпечення руху автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап з максимальною швидкістю у режимі «тільки електрика» 60 км/год $P_{\kappa} = 771 \text{ Н}$.

З формули (3) визначаємо максимальну потужність електричного двигуна для гібридної силової установки автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап, яка потрібна для

підтримання швидкості 60 км/год на невеликому підйомі. Ця потужність дорівнює $N_{max} = 6621$ Вт. З урахуванням запасу потужності для достатньої розгінної динаміки автомобіля ЗАЗ Ланос Пікап та подолання більш крутих підйомів можна визначити, що достатня номінальна потужність електричного двигуна буде дорівнювати 20 кВт.

Література

4. Smirnov, O., Borysenko, A., Marchenko, A., Gritsuk, I. et al., “New Concept for Creating a Vehicle Hybrid Power Units,” SAE Technical Paper 2020-01-2248, 2020, doi:10.4271/2020-01-2248
5. Smyrnov, O., Borysenko, A., Trynova, I., Levchenko, I., & Marchenko, A. (2020). Determining the technical and economic parameters for designing hybrid power units for the budget segment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(8 (103)), 43–49. doi:[10.15587/1729-4061.2020.194642](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.194642)

Хворост Микола Васильович, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова.

met@kname.edu.ua

Далека Василь Хомич, д.т.н., професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, dalekavf@ukr.net,

Шавкун Вячеслав Михайлович, к.т.н., доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, vm.shavkun@mail.com

ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Забезпечення якісного транспортного обслуговування населення потребує високої надійності рухомого складу. На міському електротранспорті досить важливими є питання електробезпеки, що визначаються також рівнем надійності електрообладнання. Як свідчать статистичні дані підприємств електротранспорту, відмови елементів електрообладнання трамвайних вагонів та тролейбусних машин досягають до 50 % від загальної кількості відмов.

Відомо, що відмови електричного обладнання завдають значної матеріальної шкоди, тому підвищення надійності є найважливішою науково - технічною проблемою, що сприяє збільшенню життєвого циклу [1,2].

Вдосконалення методів оцінки надійності дозволяє виділити два основних етапи: дослідження статистичних даних параметрів і вивчення фізико-статистичних характеристик.

Зіставлення методів з точки зору точності отриманих параметрів і адекватності модельованих процесів дозволяє виділити їх особливості. Статистичні методи дають оцінку надійності за даними спостережень в експлуатації або стендових випробувань системи на підставі характеристик відмов.