

АВТОНОМНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ВАЛІЗИ-ВІЗКА

Острове́рхов М.Я., доц.; Гаврилюк С.І., Максимов Д.В., студенти
кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. На сьогоднішній день, в еру високого розвитку транспорту (залізничного, авто, авіа), відстань для людини постійно зменшується разом із часом проведеним у дорозі... Але щоб дістатися до вокзалу чи аеропорту потрібно власноруч переносити особисті речі. Останнім часом широкого розповсюдження набули валізи-візки на колесах (рис. 1). Тим не менше для їх переміщення доводиться витратити не мало сил, зокрема, на підйомах.



Рис. 1 – Валіза-візок

Постановка завдання дослідження. Метою роботи є поліпшення комфорту в процесі експлуатації валізи-візка шляхом розробки до нього автономного електропривода. Для досягнення мети в роботі вирішено наступні задачі: розрахована потужність двигуна, розроблена функціональна схема, проведено дослідження якості керування.

Матеріали дослідження. Розрахунок потужності двигуна валізи виконується виходячи з наступних даних: $m_1 = 35$ кг – маса багажу, $m_2 = 5$ кг – маса валізи, $r_k = 0,05$ м – радіус колеса валізи, $f = 0,002$ – коефіцієнт тертя кочення, $V = 1,0$ м/с ≈ 4 км/год – швидкість пішого ходу людини, $\eta_{\Sigma} = 0,6$ – ККД системи, $t = 2$ год – час роботи електропривода.

Статична сила дорівнює

$$F_c = (m_1 + m_2)gf / (r_k \eta_{\Sigma}) = (35 + 5) \cdot 9,81 \cdot 0,002 / (0,05 \cdot 0,6) = 26 \text{ Н} . \quad (1)$$

Розрахункова потужність двигуна становить

$$P_c = F_c V = 26 \cdot 1,0 = 26 \text{ Вт} . \quad (2)$$

Частота обертання колеса валізи знаходиться за виразом

$$n_k = \frac{30V}{r_k \pi} = \frac{30 \cdot 1,0}{0,05 \cdot 3,14} = 191 \text{ об/хв} . \quad (3)$$

На основі (2) вибирається безколекторний двигун з датчиком положення ротора типу 42BLS65A-240-400Z (рис. 2) фірми "MotionKing" (Китай) з наступними параметрами [1]: номінальна потужність $P = 28$ Вт, номінальний струм $I = 1,56$ А, номінальна напруга $U = 24$ В, число пар полюсів $p = 8$, номінальна частота обертання $n = 3000$ об/хв, номінальний момент $M = 0,11$ Н·м, максимальний момент $M_{\max} = 0,31$ Н·м, довжина $L = 65$ мм, маса $m = 450$ г.

Необхідне передаточне число дорівнює

$$i = \frac{n}{n_k} = \frac{3000}{191} = 15,7 . \quad (4)$$

Сила тяги двигуна становить

$$F = \frac{M_i}{r_e} = \frac{0,1 \cdot 15,7}{0,05} = 31,4 \text{ Н} . \quad (5)$$

Здійснюється перевірка

$$(F > F_c) \Rightarrow (31,4 \text{ Н} > 26 \text{ Н}), \quad (6)$$

отже, двигун вибрано правильно.

Необхідна ємність акумуляторних батарей становить

$$Q = I_t t = 1,56 \cdot 2 = 3,12 \text{ А} \cdot \text{год} . \quad (7)$$

Згідно (7) обирається пара з'єднаних послідовно акумуляторів компанії "Varta", моделі YB3L-B: напруга $U = 12 \text{ В}$, ємність $Q = 3 \text{ А} \cdot \text{год}$ [2] (рис. 3).



Рис. 2 – Вентильний двигун



Рис. 3 – Акумулятор

У якості приводного двигуна вибрано вентильний двигун. Це пояснюється рядом конструктивних й техніко-експлуатаційних переваг цього двигуна у порівнянні з існуючими типами електричних машин [3], до числа яких можна віднести:

- безконтактність і відсутність вузлів, які вимагають обслуговування;
- велика перевантажувальна здатність по моменту;
- висока швидкодія;
- найвищі енергетичні показники (ККД і $\cos\phi$);
- у вентильних двигунів більш проста схема перетворювача в порівнянні з асинхронним частотно-регульовальним електроприводом;
- низький перегрів вентильного електродвигуна збільшує строк служби електропривода, оскільки збільшується ресурс ізоляційних матеріалів, працюючих при більш низьких температурах. Цей факт дозволяє електроприводу працювати в нестандартних режимах із значними перевантаженнями;
- мінімальні масогабаритні показники;
- значний строк служби (напрацювання до відмови складає 10000 годин і більше), надійність.

Вентильний двигун – це система, що складається з електронного комутатора, датчика положення ротора ДПР та безпосередньо безколекторного двигуна. Для вмикання трьох секцій обмотки якоря застосовується схема із шістьма ключами. Функціональна схема електропривода представлена на рис. 4. Замкнутий контур струму якоря реалізує у двигуні джерело моменту, яке допомагає людині рухати валізу-візок з найменшими витратами зусиль.

Величина моменту задається важелем потенціометра, що встановлюється на ручці валізи (рис. 5).

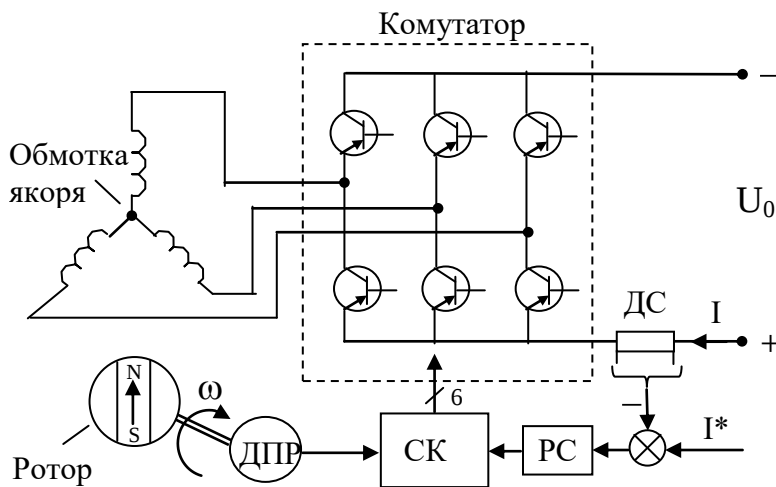


Рис. 4 – Функціональна схема електропривода



Рис. 5 – Ручка потенціометра

Структурна схема електропривода представлена на рис. 6, де: k_m – коефіцієнт моменту; R_1 – активний опір обмотки якоря; $\dot{\phi}_\delta$ – електромагнітна стала часу; J – момент інерції ротора; K_I – коефіцієнт передачі комутатора; $\dot{\phi}_\mu$ – найменша некомпенсована стала часу; k_1 , T_1 – коефіцієнт передачі та стала часу регулятора струму; k_N – коефіцієнт передачі датчика струму. Величина струму задається сигналом завдання U_1^* . Вихідний сигнал регулятора струму РС обмежується на рівні $\pm 10\text{А}$, що обмежує струм і відповідно момент двигуна на рівні трикратного номінального.

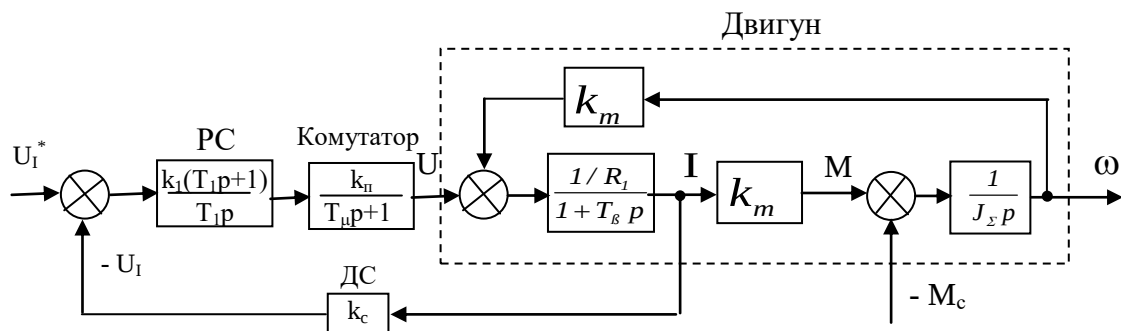


Рис. 6 – Структурна схема електропривода

Параметри структурної схеми обчислюються на основі паспортних даних двигуна та даних механічної частини: $J_\Sigma = 0,0051 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; $k_m = 0,057$; $R_1 = 3,9 \text{ Ом}$; $\dot{\phi}_\delta = 0,02 \text{ с}$; $\dot{\phi}_\mu = 0,005 \text{ с}$; $K_I = 3$; $k_N = 3$; $\dot{\phi}_N = 0,01 \text{ с}$; $U_1^* = 0..10\text{В}$

Параметри пропорційно-інтегрального регулятора (ПІ-регулятор) струму РС знаходяться за умови налаштування контуру струму на модульний оптимум.

Стала часу регулятора струму дорівнює

$$T_1 = T_R = 0,02 \text{ с.} \quad (8)$$

Коефіцієнт передачі регулятора струму становить

$$k_1 = \dot{\Omega}_R \cdot R_1 / (2 \cdot \dot{\Omega}_\mu \cdot k_I \cdot k_C) = 0,867. \quad (9)$$

Дослідження електропривода здійснено шляхом моделювання в середовищі "Simulink". На рис. 7 представлено графіки перехідних процесів моменту при різних сигналах завдання. Як видно з рисунка, перерегулювання відповідає умовам налаштування регулятора струму і складає біля 4,3 %. В усіх трьох випадках момент виходить на усталене значення за час близько 0,06 с.

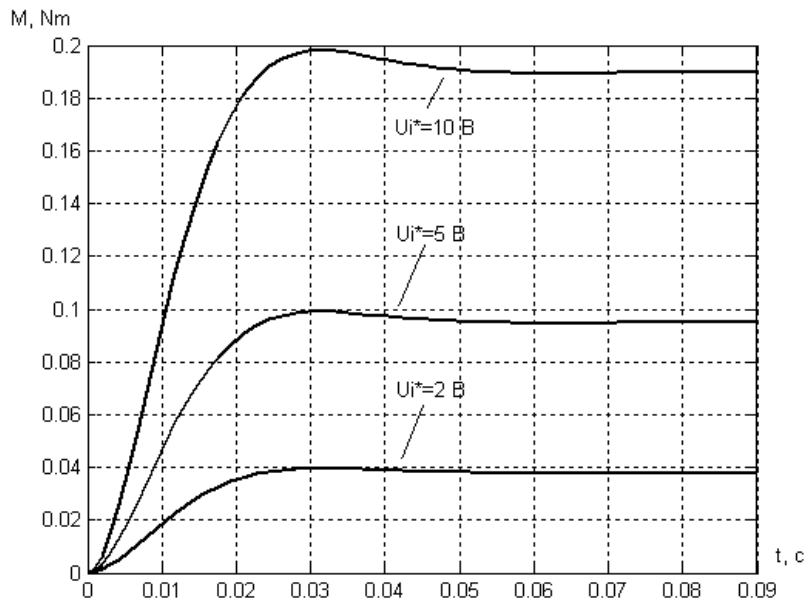


Рис. 7 – Графіки перехідних процесів моменту

Висновки. Розроблена концепція валізи-візка з автономним електроприводом, що значно полегшує подорожі пасажирів, і покликана змінити відношення до багажу, який нерідко створює незручності у дорозі. Електропривод на основі вентильного двигуна забезпечує створення додаткового регульованого тягового моменту при високій надійності та незначній додатковій вазі. З економічної точки зору, розробка є досить дешевою в порівнянні з аналогічною, запропонованою британською компанією "Live Luggage", і складає приблизно 200\$, в той час як валіза компанії "Live Luggage" коштує 800\$-1400\$. [4]

Перелік посилань

1. <http://motionking.com>
2. <http://12v.kiev.ua>
3. <http://market.elec.ru>
4. www.liveluggage.com