

Л. В. ДУБІНЕЦЬ, О. Л. МАРЕНИЧ, О. М. МАТКО (ДИИТ)

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛУ РОБОТИ ДВИГУНІВ ПРИСТРОЇВ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ РЕМОНТІ ЛОКОМОТИВІВ

Доведена доцільність визначення часових характеристик циклу роботи двигунів в залежності від особливостей технологічного процесу, який виконується за допомогою певного пристрою. Наводиться відповідна методика.

Ключові слова: двигун, локомотив, часові характеристики, температура двигуна, час перерви, гальмування противмиканням

При ремонті та експлуатації локомотивів використовується значна кількість різних пристроїв. Наприклад, пристрої для заправлення кожухів зубчатих передач, букс, акумуляторів; пристрої для вивішування колесо-моторних блоків, заміни моторно-осьових підшипників, транспортування важких деталей; візки для знімання та встановлення підкузовного обладнання та ін. В якості електричних двигунів у вказаних пристроях у більшості випадків використовуються асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором. При цьому потужність двигуна, як правило, визначають експериментально, не беручи до уваги особливості технологічних процесів.

У більшості випадків двигуни вказаних пристроїв працюють у повторно-короткочасному режимі. У ряді випадків доцільно використати гальмування противмиканням.

Відповідний цикл роботи двигуна показано на рис. 1.

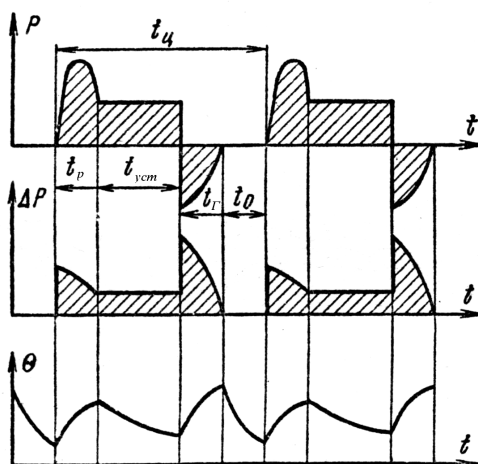


Рис. 1. Залежності потужності P , втрат потужності ΔP , та температури двигуна θ привода пристрою для ремонту локомотива

t_p – час розгону, с;

$t_{уст}$ – час роботи при усталеній швидкості, с;

$t_г$ – час гальмування двигуна противмиканням, с;

t_0 – час перерви, с.

Особливістю роботи двигунів пристроїв для ремонту локомотивів є те, що при виконанні однієї той самої технологічної операції характеристики циклу ($t_{уст}$, t_0) не є сталими раз від разу. Але значення $t_{уст}$ та t_0 суттєво впливають на втрати енергії в двигуні за цикл. Температура двигуна не перевищить допустимого значення, якщо:

$$\Delta A_{ц} \leq \Delta A_{доп.ц}, \quad (1)$$

де $\Delta A_{ц}$ – втрати енергії в двигуні за цикл;

$\Delta A_{доп.ц}$ – допустимі втрати енергії в двигуні за цикл.

Значення t_p та $t_г$ можна вважати постійними при різних $t_{уст}$ та t_0 .

Із вищевикладеного витікає, що для привода кожного пристрою доцільно визначати тенденцію впливу $t_{уст}$ та t_0 на виконання (1), щоб в експлуатації не допускати перегрівання двигуна цього привода.

Проведемо дослідження з метою вирішення поставленої задачі.

Дослідження проведемо на прикладі пристрою, який призначено для обертання колісних пар під локомотивом при обточці колекторів тягових електродвигунів, огляду та дефектоскопії деталей зубчатої передачі.

У першому наближенні нехтуємо електромагнітними процесами, так як вони протікають значно швидше електромеханічних процесів.

Тип двигуна привода вказаного пристрою приймаємо 4A160M6, параметри якого забезпечують потрібні технічні характеристики вказаного пристрою [1].

Параметри двигуна 4A160M6:

$$P_H = 15 \text{ кВт}; U_H = 380 \text{ В}; I_H = 30 \text{ А}; n_0 = 1000 \text{ об/хв}; S_H = 0,026; S_K = 0,14;$$

$$\lambda_{\Pi} = \left(\frac{M_{\Pi}}{M_H}\right) = 1,2; \lambda_K = \left(\frac{M_K}{M_H}\right) = 2,0; r_1 = 0,456 \text{ Ом};$$

$$x_1 = 0,736 \text{ Ом}; r_2' = 0,21 \text{ Ом}; x_2' = 1,18 \text{ Ом}; J_D = 0,18 \text{ кг}\cdot\text{м}^2; \eta_H = 0,875.$$

В якості базового приймаємо такий цикл роботи: розгін зі статичним моментом на валу двигуна $M_{C1} = 92 \text{ Н}\cdot\text{м}$ робота з усталеною швидкістю і статичним моментом $M_{C2} = 140 \text{ Н}\cdot\text{м}$ тривалістю $t_{\text{уст}} = 12 \text{ с}$; гальмування противмиканням зі статичним моментом M_{C1} ; перерва при нерухомому роторі. Приведений до валу двигуна момент інерції пристрою $J_{\text{м.пр}} = 0,22 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Коефіцієнт тепловіддачі двигуна при нерухомому роторі складає 45 %, а при розгоні 75 % від коефіцієнта тепловіддачі при номінальній швидкості обертання. Приймаємо що постійні й змінні втрати в двигуні при номінальному навантаженні однакові. Пропонується наступний алгоритм досліджень.

Синхронна кутова швидкість

$$\omega_0 = \frac{\pi n_0}{30}, \quad \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ рад/с.}$$

Номінальна кутова швидкість

$$\omega_H = \omega_0 (1 - S_H),$$

$$\omega_H = 104,7 \cdot (1 - 0,026) = 102 \text{ рад/с.}$$

Сумарний момент інерції привода

$$J_{\text{пр}} = J_D + J_{\text{м.пр}}, \quad J_{\text{пр}} = 0,18 + 0,22 = 0,4 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Номінальний момент на валу двигуна

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_H}, \quad M_H = \frac{15 \cdot 10^3}{102} = 147 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Критичний момент двигуна

$$M_K = \lambda_K M_H, \quad M_K = 2 \cdot 147 = 294 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Пусковий момент двигуна

$$M_{\Pi} = \lambda_{\Pi} M_H, \quad M_{\Pi} = 1,2 \cdot 147 = 176,4 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Середній момент за час розгону двигуна

$$M_{\text{п.сеп}} = \frac{M_{\Pi} + M_K}{2},$$

$$M_{\text{п.сеп}} = \frac{176,4 + 294}{2} = 235,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Втрати енергії в обмотках двигуна за час розгону [2]

$$\Delta A_1 = \frac{J_{\text{пр}} \omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{r_1}{r_2'}\right) \frac{M_{\text{п.сеп}}}{M_{\text{п.сеп}} - M_{C1}},$$

$$\Delta A_1 = \frac{0,4 \cdot 104,7^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{0,456}{0,21}\right) \cdot \frac{235,2}{235,2 - 92} = 11398 \text{ Вт}\cdot\text{с}.$$

Електротехнічна стала часу привода

$$T_M = \frac{J_{\text{пр}} \cdot \omega_0}{M_K}; \quad T_M = \frac{0,4 \cdot 104,7}{294} = 0,142 \text{ с}.$$

Час розгону двигуна

$$t_p = T_M \left(\frac{1}{4S_K} + \frac{3S_K}{2}\right) \frac{M_{\text{п.сеп}}}{M_{\text{п.сеп}} + M_{C1}},$$

$$t_p = 0,142 \left(\frac{1}{4 \cdot 0,14} + \frac{3 \cdot 0,14}{2}\right) \frac{235,2}{235,2 + 92} = 0,465 \text{ с}.$$

Відносна величина активного опору статора

$$\Sigma = \frac{r_1}{\sqrt{r_1^2 + x_K^2}}, \quad \Sigma = \frac{0,456}{\sqrt{0,456^2 + 1,916^2}} = 0,23,$$

де $x_K = x_1 + x_2'$, $x_K = 0,736 + 1,18 = 1,916 \text{ Ом}$.

Гальмівний момент при переході двигуна в режим противмикання

$$M_{\Gamma} = \frac{2M_K(1 + \Sigma)}{\left(\frac{S}{S_K}\right) + \left(\frac{S_K}{S}\right) + 2\Sigma},$$

$$M_{\Gamma} = \frac{2 \cdot 294 \cdot (1 + 0,23)}{\left(\frac{2}{0,14}\right) + \left(\frac{0,14}{2}\right) + 2 \cdot 0,23} = 48,8 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$S = 2$ – початкове ковзання при гальмуванні противмиканням

Середній момент двигуна за час гальмування противмиканням

$$M_{г.сеп} = \frac{(M_{п} + M_{г})}{2},$$

$$M_{г.сеп} = \frac{(176,4 + 48,8)}{2} = 112,6 \text{ Н·м.}$$

Втрати енергії в обмотках двигуна за час гальмування

$$\Delta A_{г} = 3 \frac{J_{мп} \omega_0^2}{2} \left(1 + \frac{r_1}{r_2} \right) \frac{M_{г.сеп}}{M_{г.сеп} - M_{с1}},$$

$$\Delta A_{г} = 3 \cdot \frac{0,4 \cdot 104,7^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{0,456}{0,21} \right) \cdot \frac{112,6}{112,6 - 92} =$$

$$= 11467 \text{ Вт·с.}$$

Час гальмування двигуна противмиканням

$$t_{г} = T_{м} \left(\frac{3}{4 \cdot S_{к}} + 0,345 \cdot S_{к} \right) \cdot \frac{M_{г.сеп}}{M_{г.сеп} + M_{с1}},$$

$$t_{п} = 0,142 \left(\frac{3}{4 \cdot 0,14} + 0,345 \cdot 0,14 \right) \cdot \frac{112,6}{112,6 + 92} =$$

$$= 0,422 \text{ с.}$$

Втрати потужності при номінальному навантаженні

$$\Delta P_{н} = \frac{P_{н}}{\eta_{н}} - P_{н}, \quad \Delta P_{н} = \frac{15}{0,875} - 15 = 2,143 \text{ кВт.}$$

Постійні й змінні втрати при номінальному навантаженні

$$k = V_{н} = 0,5 \cdot \Delta P_{н}, \quad k = V_{н} = 0,5 \cdot 2,143 = 1071 \text{ Вт·с.}$$

Втрати потужності в двигуні при усталеній швидкості

$$\Delta P_{уст} = k + V_{н} \left(\frac{M_{с2}}{M_{н}} \right),$$

$$\Delta P_{уст} = 1071 + 1071 \cdot \left(\frac{140}{147} \right) = 2091 \text{ Вт.}$$

Втрати енергії в двигуні за цикл

$$\Delta A_{ц} = \Delta A_1 + \Delta A_{г} + \Delta P_{уст} \cdot t_{уст},$$

$$\Delta A_{ц} = 11398 + 11467 + 2091 \cdot 12 = 47957 \text{ Вт.}$$

Допустимі втрати енергії в двигуні за цикл

$$\Delta A_{доп.ц} = \Delta P_{н} \cdot \left(0,75 \cdot (t_{п} + t_{г}) + t_{уст} + 0,45 \cdot t_0 \right),$$

$$\Delta A_{доп.ц} = 2143 \cdot \left(0,75 \cdot (t_{п} + t_{г}) + t_{уст} + 0,45 \cdot t_0 \right) =$$

$$= 2143 \cdot 12,67 + 0,45 \cdot 2143 \cdot t_0 = 27152 + 964,4 \cdot t_0.$$

Виходячи із умови (1), якщо прийняти, що допустимі втрати енергії в двигуні за цикл до рівнюють фактичним втратам ($\Delta A_{доп.ц} = \Delta A_{ц}$):

$$t_0 = \left(\frac{47957 - 27152}{964,4} \right) = 21,57 \text{ с.}$$

Тривалість одного циклу

$$T_{ц} = t_{п} + t_{уст} + t_{г} + t_0,$$

$$T_{ц} = 0,465 + 12 + 0,422 + 21,57 = 34,457 \text{ с.}$$

При виконанні технологічних процесів $t_{уст}$ може змінюватись. Результати розрахунків t_0 при різних значеннях $t_{уст}$ наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Розрахунок часу перерви у відносних одиницях до часу роботи при усталеній швидкості

№ пор.	$t_{уст}, \text{с}$	$\Delta A_{ц} = \Delta A_{доп.ц}, \text{Вт·с}$	$t_0, \text{с}$	$t_{0*}, \text{с}$
1	12	47 957	21,57	1,8
2	15	54 230	21,41	1,427
3	20	64 685	21,14	1,06
4	25	75 140	20,87	0,84
5	30	85 593	20,6	0,68

Із табл. 1 видно, що при збільшенні $t_{уст}$ (часу роботи двигуна при усталеній швидкості) значення t_0 (мінімально необхідного часу для забезпечення умови, що температура двигуна не перевищить допустимого значення) має тенденцію до зменшення.

Це пояснюється тим, що із збільшенням $t_{уст}$ температура двигуна θ в кінці $t_{уст}$ ($t=t_2$) зменшується (рис. 1).

По отриманим результатам побудована залежність $t_{0*} = f(t_{уст})$, де $t_{0*} = \frac{t_0}{t_{уст}}$, (рис. 2).

У розглядаємому прикладі для будь-яких значень $t_{уст}$ на практиці можна прийняти $t_0 = 21,57 \approx 22 \text{ с}$, оскільки зміна значення t_0 із збільшенням $t_{уст}$ незначна.

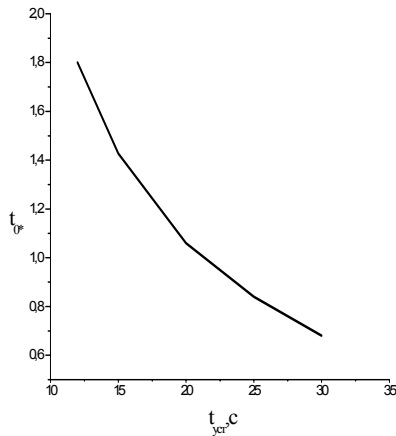


Рис. 2. Залежність $t_{0*} = f(t_{уст})$

Тобто, після кожного проходу різця по колектору час перерви повинен бути не менше 22 с, щоб не допустити перевищення допустимого значення температури двигуна.

ВИСНОВОК

Для визначення часу перерви у циклі роботи двигуна пристроїв, які використовуються при ремонті локомотивів, доцільно для кожного пристрою мати залежність $t_{0*} = f(t_{уст})$, розраховані з урахуванням особливостей технологічного процесу.

Рекомендується при визначенні технічних характеристик пристроїв вказувати мінімальний час перерви між циклами при певних технологічних операціях для забезпечення умови $\Delta A_{ц} \leq \Delta A_{доп.ц}$.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Поточные линии ремонта локомотивов в депо [Текст] / Н. И. Фильков, Е. Л. Дубинский, М. М. Майзель, И. Б. Стерлин. – М.: Транспорт, 1983. – 302 с.
2. Чиликин, М. Г. Общий курс электропривода [Текст] / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

Надійшла до редколегії 05.03.2012.

Прийнята до друку 07.03.2012.

Л. В. ДУБИНЕЦ, О. Л. МАРЕНИЧ, А. Н. МАТКО

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛА РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ, КОТОРЫЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПРИ РЕМОНТЕ ЛОКОМОТИВОВ

Доказана целесообразность определения часовых характеристик цикла работы двигателей в зависимости от особенностей технологического процесса, который выполняется с помощью определенного устройства. Приводится соответствующая методика.

Ключевые слова: двигатель, локомотив, временные характеристики, температура двигателя, время паузы, торможение противовключением

L. V. DUBINECH, A. L. MARENICH, A. N. MATKO

DETERMINATION OF TIME CYCLE ENGINES OF DEVICES USED IN LOCOMOTIVE REPAIR

Reasonability of determination the hour characteristics of engine cycle depending on peculiarities of technological process, which is executed with a help of certain equipment, is shown in the article. The corresponding methodology is given.

Keywords: engine, locomotive, temporal characteristics, engine temperature, time of pause, the inhibition of the opposition