

## ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ КАНТУВАЧА

Борисенко В.П., Сидоров В.А., Мельник А.А.  
 Донецький національний технічний університет  
 office@mail.ru

**Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами.** Протягом останніх п'яти – семи років, коли активно почали виробляти сортамент “коло 80”, з'явилися проблеми, пов'язані із різким збільшенням числа вмикань приводного двигуна кантувача лінії “900” ЗАТ „ММЗ „ІСТІЛ”” (рис.1). Число вмикань досягало 800–1000, що в кілька разів перевищувало допустиму норму для двигунів краново-металургійної серії МТКФ (МТКН).

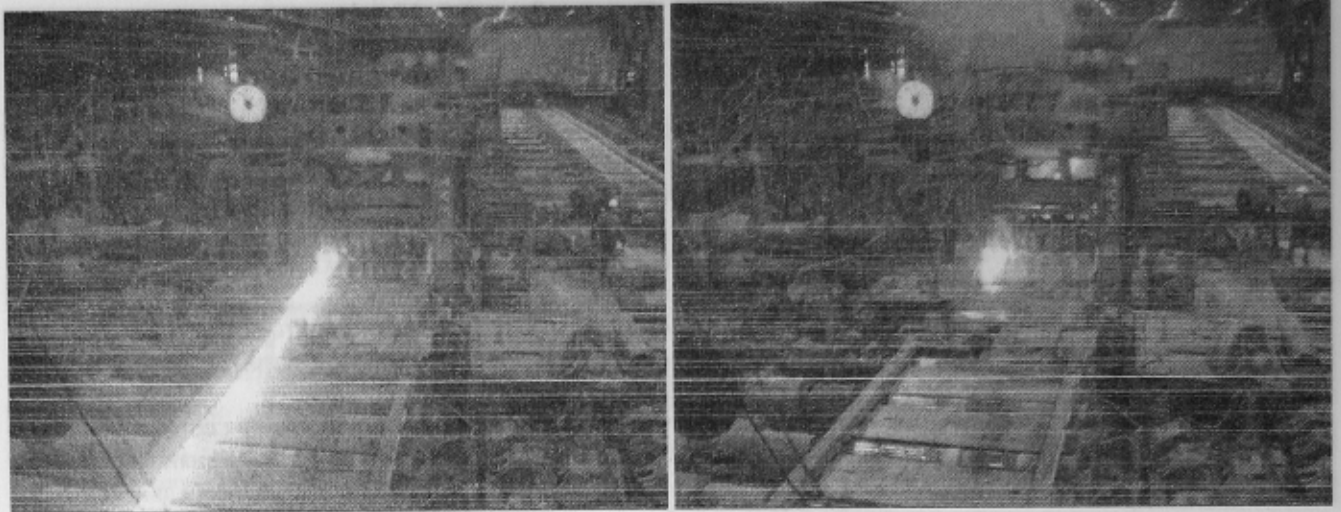


Рисунок 1 – Фрагменти відеозапису технологічного циклу – прийом та видача сортаменту з калібру

Термін експлуатації такого двигуна не перевищує 1,5 місяці. Причому вихід двигуна із ладу можливий під час технологічного процесу прокатки, а це веде до зупинки усіх ланок технологічного ланцюга. Час, який потрібен на заміну зіпсованого двигуна, може дорівнювати двом – двом з половиною годинам.

Очевидно, що виникає потреба дослідити реальне навантаження двигуна у різні періоди року, та мати можливість враховувати вплив температури навколишнього середовища. З другого боку, оцінці підлягає діюча система електроприводу та можливість її заміни на більш універсальну, яка б забезпечила нормальне функціонування електромеханічної системи кантувача при різних видах сортаменту.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Запис навантаження приводного двигуна кантувача дає можливість уточнити режим двигуна і характеризувати його як попитовхвий, коли включення необхідно, щоб направити прокат у калібр при великій довжині розкату; багаторазове включення двигуна призводить до його інтенсивного нагріву та перегріву.

**Постановка задачі.** З метою раціонального вибору часу заміни двигуна треба розробити методику розрахунку найбільш нагрітої частини машини та мати змогу перевірити його температуру одним із відомих засобів.

**Викладення матеріалу і результати.** Спрощена електромеханічна система приведена на рис. 2.

Момент опору кантувача є функцією вугла повороту виконавчого органу, включення кантувального пристрою можливе при різних початкових значеннях моменту опору  $M_c(\varphi_i)$  рис.3. Виходячи з цього, можливо констатувати, що темп розгону і час відпрацювання потрібного переміщення будуть різними. Характер навантаження двигуна при декількох послідовних включеннях зображено на вигляд, рис. 4.

Для оцінки теплового стану двигуна були використані наступні методики: а) розрахунок температури двигуна за допомогою теплових схем заміщення [1], б) вимір температури двигуна за допомогою пірометра та термоконтактних давачів.

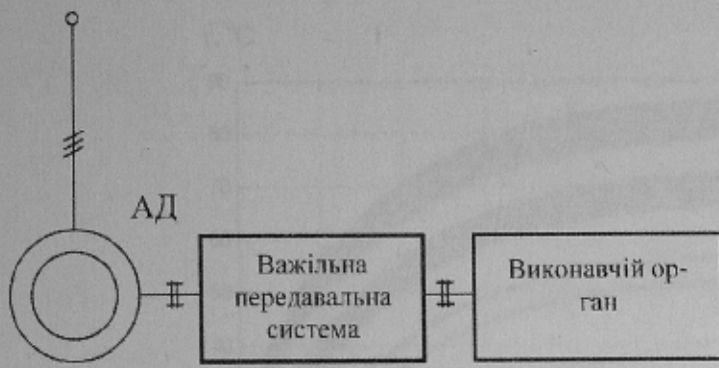


Рисунок 2 – Електромеханічна система кантувача

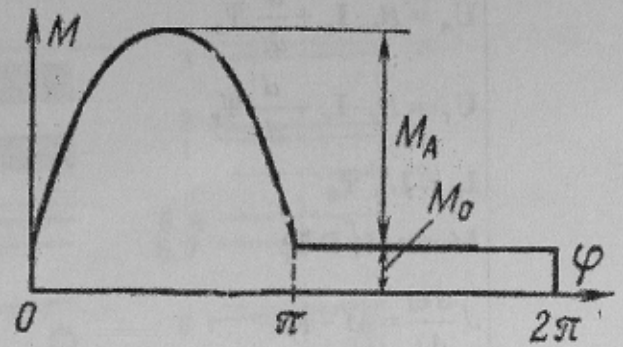


Рисунок 3 – Механічна характеристика кривошипного механізму

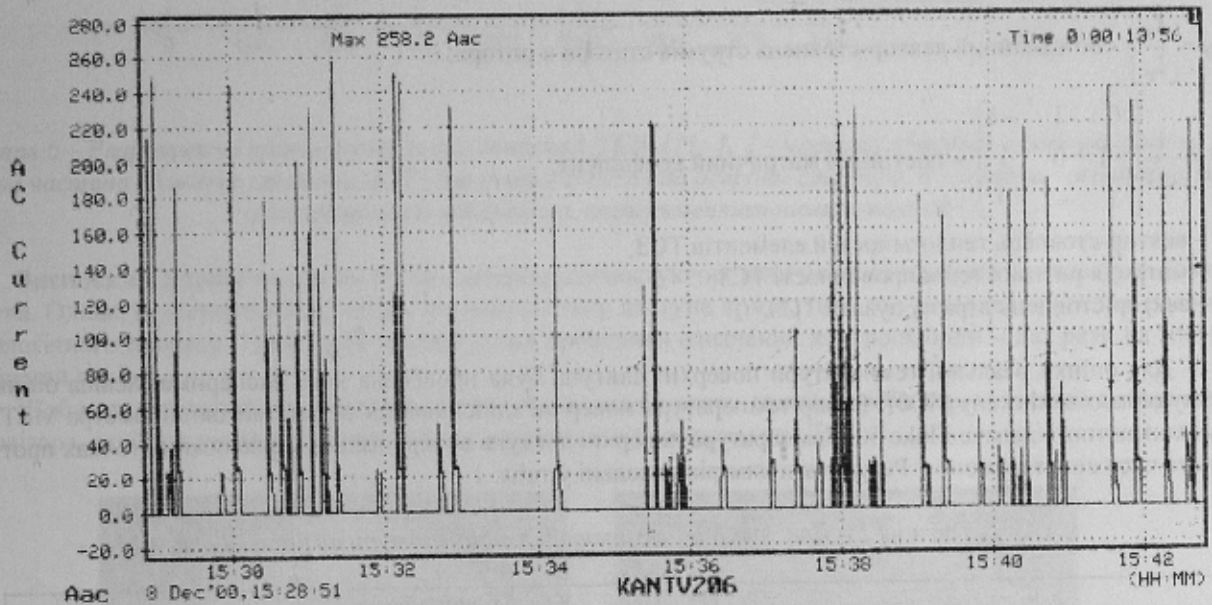


Рисунок 4 – Залежність струму статора  $I_1(t)$  двигуна кантувача (участок рекогнограми)

Теплова схема заміщення для прийнятого числа розрахункових тіл може бути представлена рис. 5.

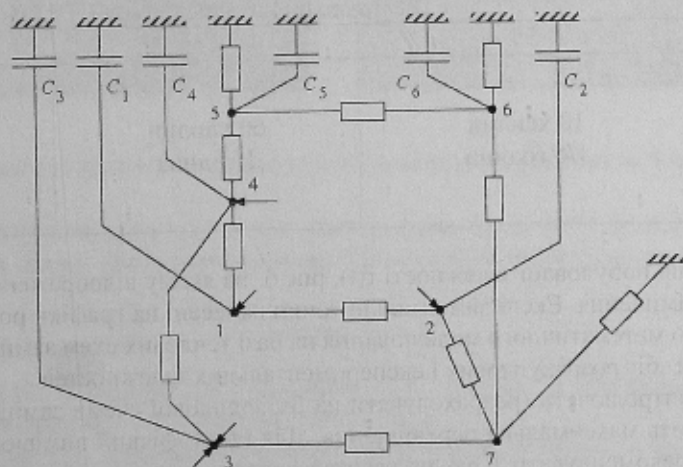


Рисунок 5 – Теплова схема заміщення приводного двигуна кантувача

Система рівнянь, яка дає змогу розрахувати температуру фіксованого тіла теплової схеми заміщення, опису поведінки асинхронного двигуна з урахуванням електромагнітних процесів [2,3] має вигляд:

$$\begin{cases} U_s = R_s \cdot I_s + \frac{d}{dt} \Psi_s \\ U_r = R_r \cdot I_r + \frac{d}{dt} \Psi_r \\ I_0 = L_0^{-1} \Psi_0 \\ M = z_p I_r^T D \Psi_r \\ J \frac{d\omega}{dt} = M - M_C \\ C \frac{d\Theta}{dt} = \Lambda \Theta - P \end{cases}$$

де  $\Psi_0 = \begin{bmatrix} \Psi_s \\ \Psi_r \end{bmatrix}$  - об'єднаний вектор-стовпець потокозчеплень статора і ротора;

$I_0 = \begin{bmatrix} I_s \\ I_r \end{bmatrix}$  - об'єднаний вектор-стовпець струмів статора и ротора;

$D = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix}$  - постійний матричний коефіцієнт;

$C$  - вектор-стовпець теплоємностей елементів ТСЗ;

$\Lambda$  - матриця питомої теплопровідності ТСЗ;

$P$  - вектор-стовпець втрат у вузлах ТСЗ.

Для оцінки реальної температури поверхні двигуна була проведена його експериментальна оцінка на діючому обладнанні стану "900". Вимір температури поверхні здійснювався за допомогою пірометра МЕТРАН і термоконтактного давача Fluke 50. Температура поверхні двигуна вимірювалась у фіксованих точках протягом обраного часу спостереження. Результати вимірів наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Дослідні дані вимірювання температури на корпусі двигуна

№ точки	Корпус двигуна		
	1	2	3
$t, ^\circ\text{C}$	Вимірювання термоконтактним давачем – термометр Fluke 50		
	50	70	75
	Вимірювання пірометром МЕТРАН		
	55	75	78
Час виміру в хвилинах, годинах	10 хвилин 1/6 години	60 хвилин 1 година	3600 хвилин 8 годин

За результатами вимірів побудовані залежності  $t(t)$ , рис.6, на якому відображено тепловий стан точок 1-8 згідно з тепловою схемою заміщення. Експериментальні точки нанесені на графіки розрахункових залежностей  $t(t)$ , отриманих за допомогою математичного моделювання на базі теплових схем заміщення.

Слід зазначити добрий збіг розрахункових і експериментальних залежностей.

Найбільш доцільно контролювати (розраховувати на базі теплової схеми заміщення) температуру лобових частин обмоток, що мають максимальне перевищення. Для ідентифікації вимірюваних величин і тих, що розраховуються, необхідно рекомендувати 1 раз на квартал проводити теплові виміри. Цей захід повинен підтвердити ідентичність величин, що розраховуються, і дозволити ввести у модель початкові умови, що змінилися.

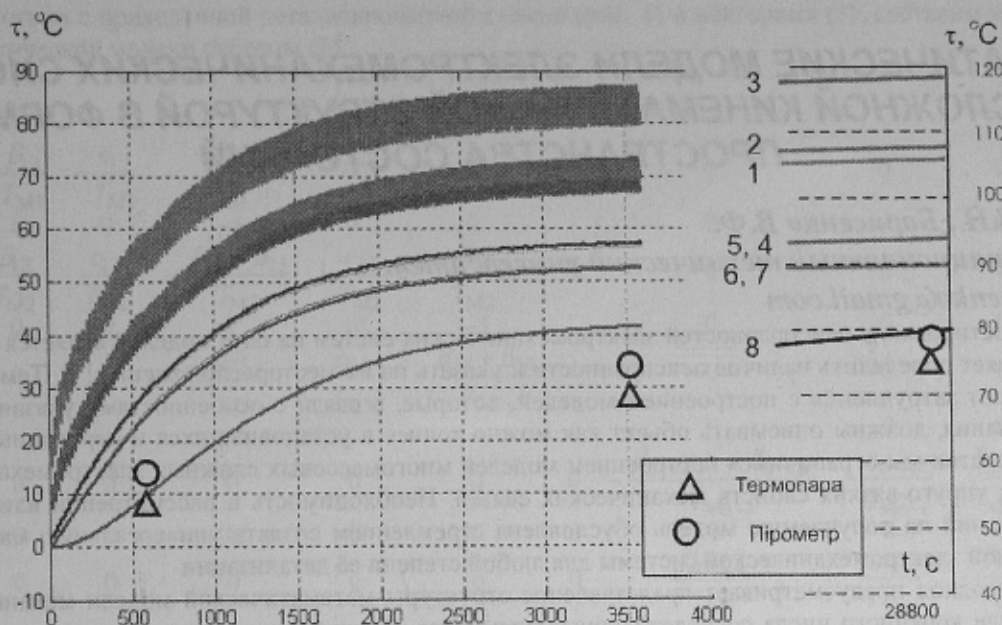


Рисунок 6 – Розрахункові криві нагріву вузлів двигуна МТКВ-411: 1, 2 – частини обмотки статора в пазах; 3 – лобова частина обмотки статора; 6, 7 – частини корпусу над осердям статора; 8 – кінцева частина корпусу (розрахункова із нанесеними експериментальними точками)

**Висновки.** Останнє вказує на те, що однією з діагностуючих величин повинна бути температура обмоток двигуна. Однак, безперервний контроль теплового стану двигуна призводить до ускладнення у плані реалізації технологічного процесу. Тому нами пропонується проводити означений контроль один – два рази на місяць у зазначений період.

Щоб мати оперативну можливість контролю теплового стану двигуна треба переходити до використання тепловізора, який дає реальну картину температурних полів двигуна (рис. 7).

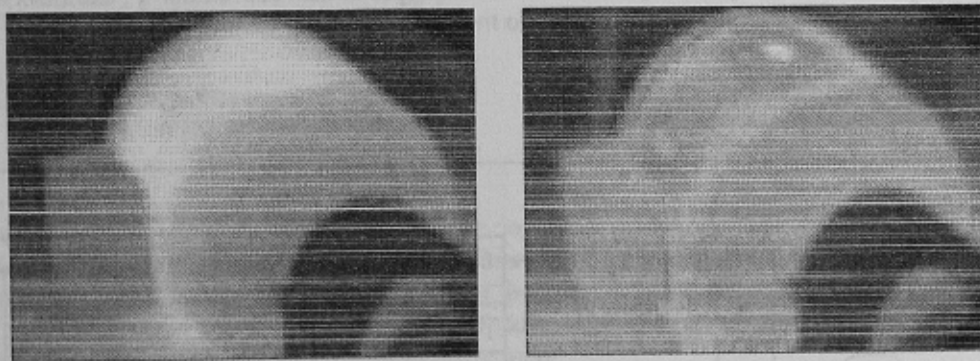


Рисунок 7 – Загальний вид картини теплового поля двигуна, одержаний за допомогою тепловізора

Маючі реальні розрахункові криві  $\tau(t)$  та дані тепловізорного контролю можливо реалізувати упереджену зупинку ЕМС каптувача та заміну приводного двигуна. Ця методика може бути розповсюджена на інші подібні виробничі механізми.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Бурковский А.Н., Ковалев Е.Б., Коробов В.К. Нагрев и охлаждение электродвигателей во взрывонеpronиаемом исполнении. – М.: Энергия, 1970. – 198 с.
2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 928 с., ил.
3. Шрейнер Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. – Екатеринбург: УРО РАН, 2000. – 654с.