

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З РЕМОНТУ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТЕХНІКИ

Розглянуті шляхи підвищення коефіцієнту корисної дії електроприводів устаткування підприємств з ремонту залізничної техніки з урахуванням специфічних умов технологічних процесів.

Рассмотрены методы повышения коэффициента полезного действия электроприводов установок на предприятиях по ремонту железнодорожной техники с учетом специфических условий технологических процессов.

In this article the following problem has been considered: ways of efficiency increase for electric drives installed at the railway machinery repair enterprises taking into account the specific conditions of technological processes.

Енергозбереження як діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання енергії і природних енергетичних ресурсів – державна проблема.

Серед споживачів електричної енергії значну частку складають електродвигуни різного призначення, що споживають суттєву частку виробленої енергії. Загальна встановлена потужність асинхронних двигунів (АД) в Україні складає близько 40..50 млн кВт, у СНД – приблизно 550 млн кВт.

Значна кількість електроприводів встановлена на механізмах, які використовуються на підприємствах з ремонту залізничної техніки.

Більшість механізмів вказаних підприємств є типовими загальнопромисловими, а технологічні процеси в депо, на ремонтних заводах мають такий характер, при якому робота електроприводу відбувається у недовантаженому стані. Робота приводу у недовантаженому режимі призводить до величезних втрат.

Тому розробка рекомендацій з енергозбереження на підприємствах з ремонту залізничної техніки засобами електропривода є актуальною задачею.

Розглянемо енергетичні характеристики нерегульованого електроприводу токарних верстатів, в якому використовуються асинхронні двигуни.

Електромеханічні перетворювачі на базі нерегульованих асинхронних двигунів найбільш поширені у теперішній час на підприємствах з ремонту залізничної техніки.

Втрати потужності ΔP в електричній машині (ЕМ) поділяються на постійні K та змінні V :

$$\Delta P = K + V. \quad (1)$$

Постійні втрати в АД складаються з механічних – p_m , втрат у сталі статора p_{c1} і ротору p_{c2} , а також втрат у міді обмотки статора від протікання струму намагнічування I_μ :

$$K = p_m + p_{c1} + p_{c2} + 3 \cdot I_\mu^2 \cdot r_1, \quad (2)$$

де 3 – кількість фаз АД;

r_1 – активний опір однієї фази обмотки статора;

I_μ – реактивна складова струму статора (струм намагнічування).

Змінні втрати в АД складаються з втрат в обмотках статора $p_{ел1}$ і ротору $p_{ел2}$ за винятком втрат від струму намагнічування:

$$\begin{aligned} V &= p_{ел1} + p_{ел2} = 3 \cdot I_1^2 \cdot r_1 + 3 \cdot I_2^2 \cdot r_2' = \\ &= 3 \cdot I_2^2 \left(r_2' + \frac{r_1}{\sigma^2} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

де I_2' , r_2' – струм і опір ротору, приведені до обмотки статора;

$$\sigma = \frac{I_2'}{I_1}. \quad (4)$$

Тоді:

$$\begin{aligned} V &= 3 \cdot I_{2ном}^2 \left(r_2' + \frac{r_1}{\sigma_{ном}^2} \right) \left(\frac{I_2'}{I_{2ном}} \right)^2 = \\ &= V_{ном} \left(\frac{I_2'}{I_{2ном}} \right)^2, \end{aligned} \quad (5)$$

$$V_{ном} = 3 \cdot I_{2ном}^2 \left(r_2' + \frac{r_1}{\sigma_{ном}^2} \right), \quad (6)$$

де $V_{\text{НОМ}}$ – номінальні змінні втрати;

$$\sigma_{\text{НОМ}} = \frac{I'_{2\text{НОМ}}}{I_{1\text{НОМ}}} = 0.85 \dots 0.95.$$

Якщо позначити кратність струму (кратність навантаження) двигуна $\frac{I'_2}{I'_{2\text{НОМ}}}$ через X , то змінні втрати потужності можна записати:

$$V = V_{\text{НОМ}} \cdot X^2. \quad (7)$$

Повні втрати потужності в електромеханічному перетворювачі:

$$\Delta P = K + V_{\text{НОМ}} \cdot X^2 = V_{\text{НОМ}} (a + X^2), \quad (8)$$

де $a = \frac{K}{V_{\text{НОМ}}}$ – коефіцієнт втрат (для двигунів нормального виконання залежно від потужності і швидкості $a = 0.5 \dots 2$).

Втрати потужності і номінальному режимі ($X = 1$) визначаються за паспортними даними:

$$\Delta P_{\text{НОМ}} = P_{\text{НОМ}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{НОМ}}}{\eta_{\text{НОМ}}}. \quad (9)$$

Постійні страти потужності:

$$K = \Delta P_{\text{НОМ}} - V_{\text{НОМ}}. \quad (10)$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) електричного двигуна є відношенням повної механічної потужності на його валу до потужності, яка споживається двигуном із мережі. Приймаємо, що при роботі на природній характеристиці:

$$X = \left(\frac{I}{I_{\text{НОМ}}} \right) = \left(\frac{P}{P_{\text{НОМ}}} \right),$$

тоді ККД:

$$\eta = \frac{P}{P_{\text{НОМ}}} = \frac{P}{P + \Delta P} = \frac{X}{X + \left(\frac{V_{\text{НОМ}}}{P_{\text{НОМ}}} \right) (a + X^2)}, \quad (11)$$

Якщо при аналізі роботи АД, виявиться, що двигун, встановлений при виготовленні установок у конкретному технологічному процесі, є мало завантаженим, то доцільно зробити його заміну на двигун меншої потужності з метою забезпечення більш повного навантаження останнього.

Однією з причин недовантаження електроприводів металорізальних верстатів є велика різноманітність робіт, які виконуються в умовах дрібносерійного та індивідуального виробництва, характерного для підприємств з ремонту залізничної техніки, що приводить до значних витрат часу на допоміжні операції, коли двигуни відключені або працюють в режимі неробочого ходу. До таких допоміжних операцій відносяться вимірювання розмірів деталей, відвід, підвід та заміна інструменту і заготовки.

Таким чином, верстат у свої робочі періоди споживає певну середню потужність, яка менше номінальної. Завантаження електроприводів верстату враховують за допомогою коефіцієнту завантаження k_3 , який являє собою відношення середньої потужності до $P_{\text{НОМ}}$:

$$k_3 = \left(\frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{НОМ}}} \right).$$

Роботу електроприводу верстата у часі враховують коефіцієнтом включення k_B , який визначається як відношення сумарного часу роботи електроприводу верстата $\sum t_p$ за зміну до загального часу зміни, який визначається сумою робочого часу та сумарного часу простою електроприводу $\sum t_0$:

$$k_B = \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_0}.$$

Добуток коефіцієнту завантаження на коефіцієнт включення називають коефіцієнтом використання електродвигуна верстата $k_{\text{вик}}$:

$$k_{\text{вик}} = k_3 \cdot k_B = \frac{P_{\text{сп}}}{P_{\text{НОМ}}} \cdot \frac{\sum t_p}{\sum t_p + \sum t_0} = \frac{W_{\text{роб}}}{W_{\text{НОМ}}},$$

де $W_{\text{роб}}$ – механічна енергія, яка фактично віддається електродвигуном;

$W_{\text{НОМ}}$ – енергія, яка була б віддана у випадку безперервної роботи електродвигуна з номінальною потужністю.

Значення коефіцієнтів завантаження, включення та використання на машинобудівних підприємствах не перевищують наступних значень:

$$k_3 = 0.2 \dots 0.26;$$

$$k_B = 0.56 \dots 0.57;$$

$$k_{\text{вик}} = 0.12 \dots 0.17.$$

Для ремонтних підприємств, якими є підприємства з ремонту залізничної техніки, вказані коефіцієнти мають ще менші значення.

Такі низькі значення експлуатаційних коефіцієнтів говорять про низькі завантаження електроприводів верстатів і великі витрати часу на простої і допоміжні операції.

Велике недовантаження електродвигунів металорізальних верстатів погіршує енергетичні показники, знижує коефіцієнт корисної дії верстату, збільшуючи невиробничі витрати електроенергії та знижуючи коефіцієнт потужності $\cos\phi$ установки.

Якщо мати на увазі токарні верстати, які використовуються при виготовленні деталей (болти, валики і т.п.) для ремонту залізничної техніки, то пропонується виділити окремі верстати для виготовлення деталей певного діаметру.

Ідея запропонувати заміну малонавантаженого двигуна на двигун меншої потужності виходить з того, що на заводах-виготовлювачах найчастіше встановлюються двигуни, розраховані на виготовлення деталей із найбільшим діаметром, але при виготовленні деталі із меншим діаметром ці двигуни виявляються малонавантаженими.

Досвід вказує, що на вказаних підприємствах на токарних верстатах в основному виготовлюють деталі з діаметром 10...50 мм.

Проведені з вищевикладеного дослідження показують, що якщо для виготовлення деталей з діаметром 50...36 мм застосувати двигун АИР90L2 потужністю 3 кВт, з діаметром 35...25 мм – двигун АИР80А2 потужністю 2.2 кВт, з діаметром 24...10 мм – двигун АИР80А2 потужністю 1.5 кВт, то економія електроенергії складає до 5% в порівнянні з варіантом, коли для виготовлення деталей у всьому інтервалі значень діаметрів 50...10 мм використовується тільки двигун АИР90L2.

Висновок: проведені дослідження показують, що заміна недовантажених електродвигунів токарних верстатів на підприємствах з ремонту залізничної техніки на двигуни меншої потужності дає економію електроенергії до 5%.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Капунцов Ю. Д. и др. Электрооборудование и электропривод промышленных установок. – М.: Высш. школа, 1979. – 359 с.
2. Мамалыга В. М. Энергосбережение в системах электропривода. – К.: Энергетический центр ЕС в Киеве, 1995. – 86 с.
3. Маренич О. О. Шляхи електрозберігання на підприємствах залізничного транспорту засобами електроприводу: Магістерська дипл. робота. – Д.: ДНУЗТ, 2008.

Надійшла до редколегії 26.03.2008.