

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО“

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра „КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ І МАШИН“

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

з дисципліни „ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН“

„Дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна.“

для напряму підготовки "6.050503 "Машинобудування"
освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр"
(спеціальність "Металорізальні верстати та системи")
Форма навчання: денна (шифр за ОПП: 3/св)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
„КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО“

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра „КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ І МАШИН“

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

з дисципліни „Електрообладнання технологічних машин“

„ Дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна.“

для напряму підготовки "6.050503 "Машинобудування"
освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр"
(спеціальність "Металорізальні верстати та системи")
Форма навчання: денна (шифр за ОПП: 3/св)

Методичні вказівки рекомендовано кафедрою

„Конструювання верстатів та машин“

Протокол № 2 від 19.04.2017 р.

Завідувач кафедри

_____ В. Б. Струтинський

Методичні вказівки „Дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна“ до виконання лабораторної роботи з дисципліни „Електрообладнання технологічних машин“ для напряму підготовки 6.050503 "Машинобудування" освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" (спеціальність "Металорізальні верстати та системи") Форма навчання: денна (шифр за ОПП: 3/св). / Укл. І. І. Верба, О. В. Даниленко. – К.: ММІ НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського“, 2017. – 20 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

з дисципліни „Електрообладнання технологічних машин“

„ Дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна.“

для напряму підготовки "6.050503 "Машинобудування"

освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр"

(спеціальність "Металорізальні верстати та системи")

Форма навчання: денна

Методичні вказівки містять теоретичні відомості щодо вимог до виконавчих електродвигунів верстатів, номінальних режимів їхньої роботи та послідовності розрахунку асинхронного нерегульованого електродвигуна привода головного руху верстата за навантажувальними діаграмами потужності. Описано порядок виконання лабораторної роботи. Подані варіанти індивідуальних завдань для дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати.

Укладачі: Верба Ірина Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри „Конструювання верстатів та машин“ ММІ НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського “,

Даниленко Олександр Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедри „Конструювання верстатів та машин“ ММІ НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського “

Рецензент Чікін С.В., канд.техн.наук, доцент кафедри „Конструювання верстатів і машин“

Відповідальний редактор: Скуратовський А.К., канд. техн.. наук, доцент кафедри „Прикладної механіки“

© Верба І.І., 2017

© НТУУ „КПІ ім. Ігоря Сікорського“, 2017

„Дослідження впливу параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна.“

Мета роботи: Ознайомитись з вимогами до виконавчих електродвигунів верстатів, номінальними режимами їхньої роботи та послідовністю розрахунку за навантажувальними діаграмами потужності асинхронного електродвигуна привода головного руху верстата. Дослідити вплив параметрів циклу навантаження привода на еквівалентні втрати при визначенні потужності двигуна.

1. Основні теоретичні відомості.

Один з основних елементів електропривода (ЕП) – виконавчий електродвигун (ЕД). До ЕД, які використовують у верстатах, ставлять особливі вимоги.

Виконавчі електродвигуни повинні:

- забезпечити потрібні статичні та динамічні характеристики у всьому діапазоні R_n ;
- витримувати короточасні перенавантаження;
- забезпечувати високу швидкість привода;
- мати невеликі габарити та масу;
- зручно вбудовуватись у механізм верстатів;
- мінімально генерувати теплові та механічні збурення, які можуть передаватись на верстат;
- мати додаткове оснащення – допоміжні та керуючі пристрої, зокрема – датчик швидкості системи зворотного зв'язку (замкнений контур регулювання швидкості), наявність якої є умовою реалізації векторного управління, що передбачено практично у всіх сучасних приводах; датчики

кута повороту (також входить до системи зворотного зв'язку); гальмо; тепловий захист.

У приводах металорізальних верстатів використовують двигуни із постійною та змінною частотою обертання ротора.

У приводах із ступінчастим регулюванням швидкостей використовують асинхронні нерегульовані двигуни змінного струму: одношвидкісні та багатошвидкісні із забезпеченням необхідного діапазону регулювання засобами механічної редукції.

ЕП для верстатів обирають за результатами порівняльного аналізу техніко-економічних показників [1]:

- Номінальний обертальний момент $M_{\text{ном}}$ на валу ЕД – визначає припустиме навантаження за тривалістю режиму роботи;
- Номінальна механічна потужність на валу $N_{\text{ном}}$;
- Номінальна кутова швидкість привода $\Omega_{\text{ном}}$ (частота обертання $n_{\text{ном}}$);
- Максимальна кутова швидкість привода $\Omega_{\text{мах}}$ ($n_{\text{мах}}$);
- Діапазон регулювання, за якого зберігаються всі параметри стабільними в умовах змінювання навантаження, напруги у мережі, температури довкілля, нерівномірності обертання, при реверсі двигуна;
- Чутливість - мінімальний сигнал управління, який відпрацьовує ЕП;
- Перевантажувальна здатність привода за потужністю (моментом) в усталеному та перехідному режимах ($N_{\text{мах}}/N_{\text{ном}}$, $M_{\text{мах}}/M_{\text{ном}}$);
- Динамічні характеристики по керуючому впливу (час пуску $t_{\text{п}}$ та гальмування $t_{\text{г}}$ пере регулювання σ) та по навантаженню (час відновлення швидкості $t_{\text{в}}$, динамічне зниження швидкості $\Delta\Omega$);
- Енергетичні показники – ККД (η), коефіцієнт потужності $\cos\phi$;
- Питомі масогабаритні показники за масою (m) та об'ємом (V) електричної частини привода - питома потужність N/m та N/V та питомий момент M/m і M/V ;

- Надійність – напрацювання на відмову, імовірність безвідмовної роботи, строк експлуатації, ремонтпридатність;
- Вартість та економічність обслуговування.

Режими роботи електропривода зумовлюють типові навантажувальні діаграми двигунів $M(t)$ для:

- механізмів безперервної дії;
- механізмів циклічної дії;
- механізмів із випадковим навантаженням.

Режими навантаження приводів верстатів і, відповідно, номінальні режими роботи електродвигунів (ГОСТ 183-74, який вже не діє, ГОСТ ІЕС 60034-1-2014 [7], ДСТУ EN 60034-1:2016 [8]), рис. 1:

S1 – тривалий: відповідає постійному навантаженню на валу двигуна протягом часу достатнього для досягнення практично сталої температури усіма його частинами. Час роботи $t > (3...4) T_Q$, де T_Q – стала часу нагрівання (Наприклад, для двигуна 4A112M4У3 за $N_{ном}=5,5$ кВт та $n_0=1500$ хв⁻¹ становить $T_Q = 120$ хв).

S2 – короткочасний: двигун працює з постійним зовнішнім навантаженням короткий час, якого не досить для досягання усталеної температури, а часу відключення двигуна досить для охолодження двигуна до температури оточуючого середовища. Тривалість роботи становить 5-15 с, у дуже важких верстатів до 60-90 с.

Потребують спеціальних двигунів. Режим є характерним для приводів допоміжних рухів (наприклад, підведення робочого органа до зони різання, повороти маніпулятора або револьверної головки для заміни інструмента, тощо).

S3, S4, S5 – повторно-короткочасні режими тривалістю циклу $t_{ц} < 10$ хв.: послідовність однакових робочих циклів, кожний з яких містить час роботи за постійного навантаження та час зупинки. За час роботи усталена температура двигуна не досягається, а часу зупинок не достатньо для охолодження до температури довкілля. Режими характеризуються відносною тривалістю ввімкнення:

$$ПВ = \psi = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{\sum_{i=1}^n t_{pi} + \sum_{j=1}^m t_{zym_j}} * 100\%$$

де t_{pi} , t_{zym_j} – інтервали роботи та зупинки (і-те навантаження протягом циклу); n, m – кількість інтервалів роботи та зупинок.

Визначені розрахункові значення ПВ: 15,25,40,60% за тривалості циклу $t_{ц} = t_p + t_{zym} \leq 10 \text{ хв}$.

Режим S3 є періодичним, тобто температура в циклах не досягає усталеного значення [7], стосується електродвигунів, на підвищення температури яких не впливають пускові втрати (пускові струми). Додаткове підвищення температури двигунів може бути зумовлене частими (кількість вмикань 30, 60, 120 та 240 на годину) чи довгими пусками або частими пусками та електричним гальмуванням. У першому випадку двигуни відносять до режиму S4 (періодичний режим з пусками), а у другому – до режиму S5 (періодичний режим з електричним гальмуванням). У цих випадках враховують час пуску $t_{п}$:

$$ПВ_{S4} = \frac{t_n + t_p}{t_n + t_p + t_{zym}} * 100\%$$

або пуску та гальмування t_r :

$$ПВ_{S5} = [(t_{п} + t_p + t_r) / t_{ц}] * 100\%$$

Тривалість циклу становить $t_{ц} = 3600 / z$, де z – кількість ввімкнень (пусків) на годину. Визначені значення z : 30, 60, 90, 120, 180, 210, 360 ввімкнень на годину.

Характерними параметрами для режимів S4 та S5 є також коефіцієнт інерції $K_j = (I_{дв} + I_{мех}) / I_{дв}$, де $I_{дв}$, $I_{мех}$ – відповідно моменти інерції двигуна і зведений до двигуна момент інерції механізму, та постійна (стала) кінематичної енергії – відношення кінетичної енергії, що її накопичує ротор за $n_{ном}$, до номінальної повної потужності або добутку номінального струму та напруги у двигунах постійного струму. Рекомендовані значення $K_j = 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4$.

Умовне позначення режиму окрім літерного позначення містить коефіцієнт циклічної тривалості ввімкнення, наприклад, S3 40%. Для режимів S4 і S5

вказують ще момент інерції $I_{дв}$ двигуна та момент інерції $I_{мех}$ навантаження, що їх віднесено до валу двигуна: $S4$ 40%; $I_{дв.}=0,15к2 м^2$; $I_{мех} =0,65 к2 м^2$

S6, S7, S8 – переміжні режими з тривалістю циклу 10 хв. Тривалість періодів роботи недостатня для досягнення теплової рівноваги за цикл.

S6 – безперервний періодичний режим з короткочасним навантаженням: робота двигуна під навантаженням чергується з холостим ходом, температура у циклах не досягає усталеного значення. Час зупинки (спокою) відсутній.

Характеризується відносною тривалістю навантаження

$$ПН = \frac{\sum_{i=1}^n t_{pi}}{\sum_{i=1}^n t_{pi} + \sum_{j=1}^m t_{xx_j}} * 100\%$$

де t_{xx} – тривалість холостого ходу.

Розрахункові значення: 15, 25, 40, 60%.

Додаткове підвищення температури викликається частими реверсами при електричному гальмуванні(30, 60, 120, 240 реверсів на годину) або перехідними процесами при переході з однієї швидкості на іншу у багатошвидкісному двигуні (шляхом змінювання кількості полюсів у асинхронному двигуні). Перший випадок характеризується режимом S7, а другий – режимом S8. Режим S8 (безперервний періодичний режим із взаємозалежними змінюваннями навантаження й частоти обертання) має характеристику ПН1, ПН2 тощо – тривалість навантаження на окремих швидкостях обертання двигуна. Для режимів S7, S8 характерними параметрами є також кількість ввімкнень за годину ($z=30, 60, 120, 180, 240, 360$ ввімкнень/год), коефіцієнт інерції ($K_j= 1,2; 1,6; 2; 2,5; 4$) та стала кінетичної енергії.

Умовне позначення режиму утворюється аналогічно режимам S3, S4, S5.

Вказані режими є типовими, тобто мають одне чи кілька навантажень, що є незмінними протягом нормованого проміжку часу, або це неперіодичний режим, коли навантаження й частота обертання змінюються у припустимому діапазоні.

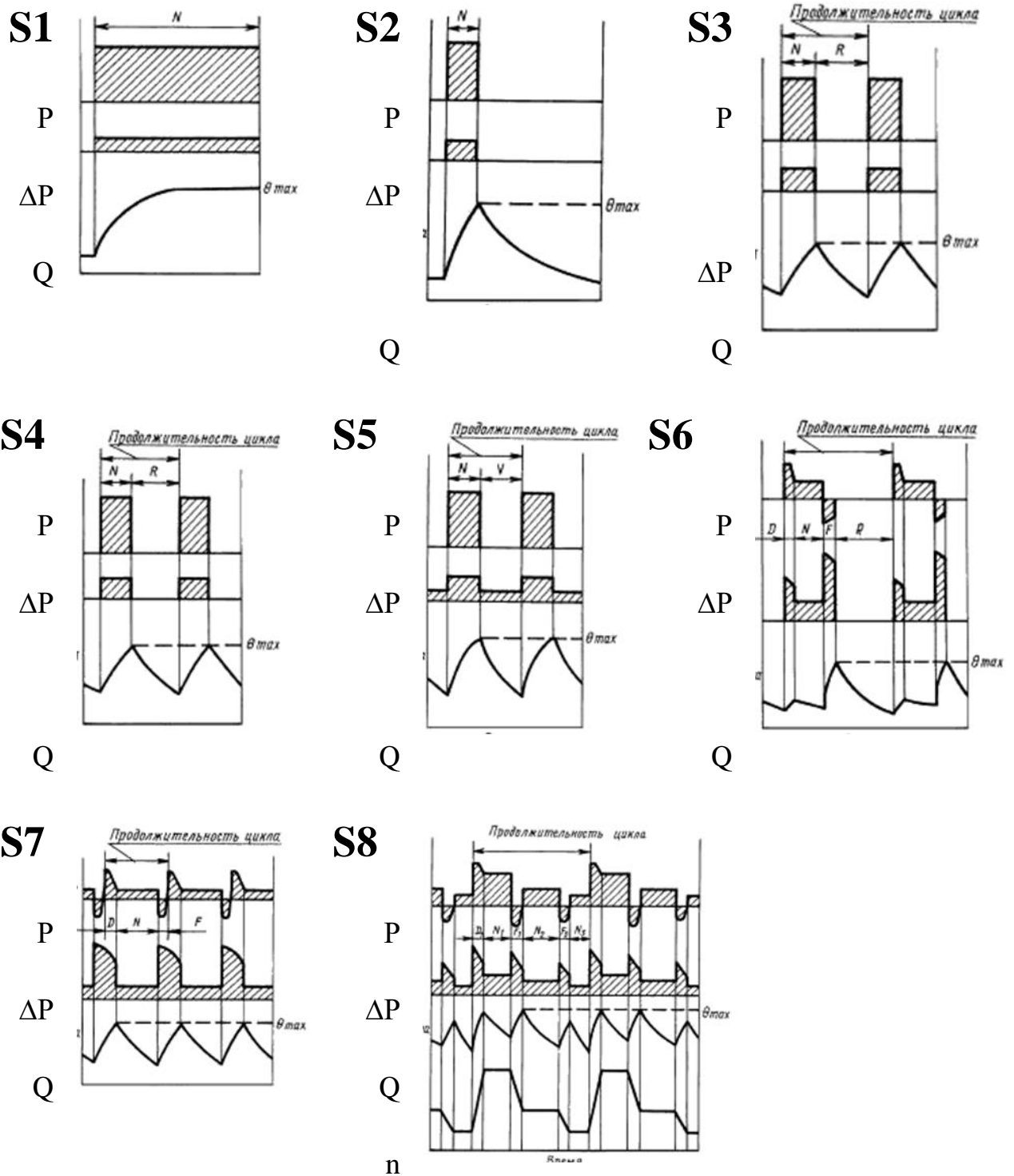


Рис.1 Діаграми навантаження ЕП та номінальних режимів роботи електродвигунів(ГОСТ 183-74). Позначено: Р – потужність, кВт;
 ΔP – теплові втрати потужності, Дж / с; Q – перегрівання (перевищення температури над температурою довкілля у 20°);

У каталогах електричних машин наводять дані для номінальних режимів S1, S2 та S3.

Двигун з номінальним режимом S1 може бути застосовано для режимів S3, S4, S5, але при цьому необхідно враховувати тривалість вмикання і, відповідно, зменшувати номінальну потужність ЕД з обов'язковою перевіркою термічного перевантаження:

$$P_{дв S1} = P_{дв S3} (ПВ \% / 100).$$

Введено додатково [7]:

S9 – режим з неперіодичними змінюваннями навантаження й частоти обертання у припустимому робочому діапазоні, часто містить перевантаження, які перевищують базове навантаження.

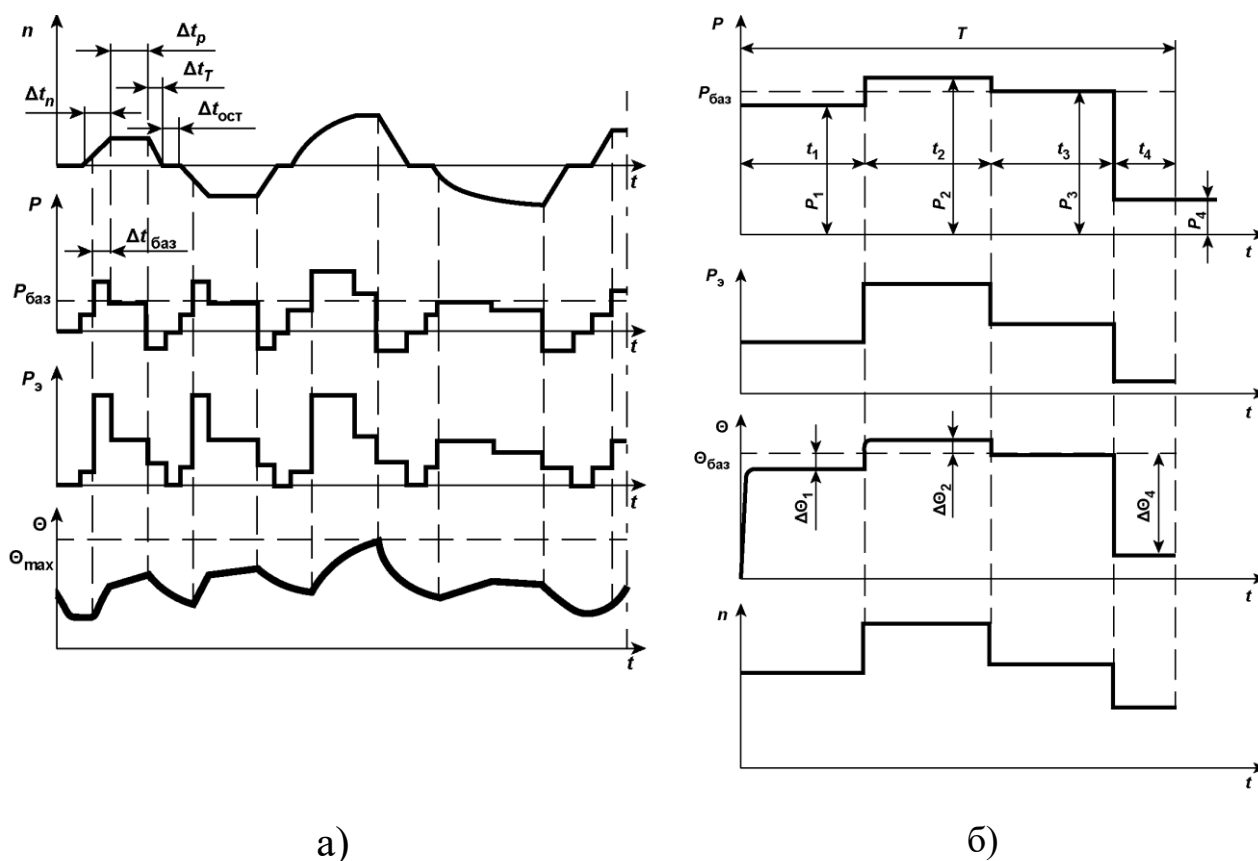


Рис. 2. Типові режими S9 (а) та S10 (б). Позначено: P – навантаження; $P_{баз}$ – базове навантаження; P_e – електричні втрати; Θ – температура; Θ_{max} – максимальна досягнута температура; t – час; Δt_p – час роботи з постійним навантаженням;

$\Delta t_{\text{п}}$ – час пуску; $\Delta t_{\text{т}}$ – час електричного гальмування; $\Delta t_{\text{ост}}$ – час зупинки; $\Delta t_{\text{баз}}$ – час роботи з базовим навантаженням; n – частота обертання [7].

S10 – режим з дискретними постійними навантаженнями й частотами обертання. Має обмежену кількість дискретних (або еквівалентних) навантажень і частот обертання, кожна з комбінацій діє досить довгий час, який є достатнім для досягнення практично усталеного теплового стану. Мінімальне навантаження протягом циклу може мати нульове значення (холостий хід, зупинка, обезструмлений стан)

Двигуни обирають за двома умовами:

- можливість роботи з максимальним або еквівалентним навантаженням згідно з діаграмою навантажень (балансом потужностей) – вибір за перевантаженням;
- відсутність перегріву при роботі згідно із заданою діаграмою навантажень.

З двох отриманих значень обирають більше.

Послідовність розрахунку потужності ЕД привода головного руху верстата у режимах S3 – S8 наступна.

1. Будуємо діаграму навантажень при роботі привода. Визначаємо фактичну тривалість вмикання ПВ (рис. 2).

2. Обираємо ЕД за еквівалентним навантаженням (для привода головного руху верстата це потужність P_e) або за $P_{\text{мах}}$, якщо це навантаження превалює.

$$P_e = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + P_3^2 \cdot t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_0}} \leq P_{\text{ном}},$$

де P_i – потужність у проміжку часу роботи t_i , t_0 – тривалість зупинки.

3. Обираємо найближчий більший двигун з номінальним режимом S3 та перераховуємо дані каталогу на фактичне ПВ: за графіком $P=f(PV_{станд})$, який будуємо за стандартними даними, чи аналітично за залежностями типу

$$M_{факт} = M_{станд} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{факт}}{ПВ_{станд}}}$$

У разі застосування двигуна з номінальним режимом S1 враховують $ПВ_{факт}$:

$$P_{ном.дв.} \geq \frac{P_{розр.} \cdot K}{\eta \cdot \lambda} \cdot \frac{ПВ}{100},$$

де $K=0,85$ – коефіцієнт, який враховує можливе зниження напруги у мережі; λ – коефіцієнт перевантаження, для розрахунків приймаємо $\lambda = 1,5$.

Для обраного двигуна перевіряємо запас за перевантаженням:

$$\lambda_{факт} = 0,85(M_{max} / M_{ном}) < \lambda$$

Орієнтовно можна вважати, що $P_{ном} = (1,1 \dots 1,3)P_{розр}$, де коефіцієнт враховує інерційність привода та навантаження від динамічного моменту

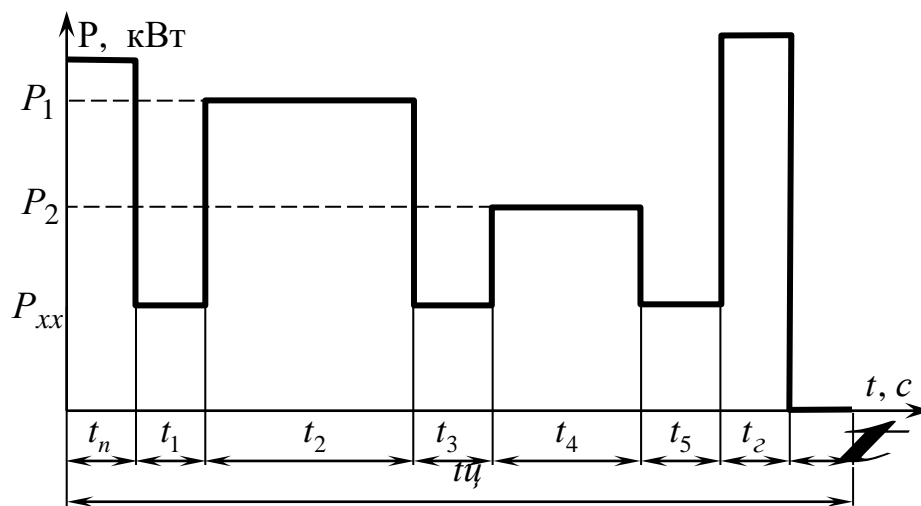


Рис.3 Приклад діаграми навантажень при роботі привода у режимі S6.

Позначено: $t_{п}$ – час пуску; $t_{г}$ – час гальмування; $t_{зуп}$ – час зупинки; t_1

4. Перевіряємо обраний двигун на нагрівання за методом середніх втрат: порівнюємо втрати, що відповідають діаграмі навантажень, з втратами, які характеризують двигун еквівалентної потужності у режимі S1: $Q_{ном} > Q_{сер}$.

Метод є приблизним, бо перевірка за середнім перевищенням температури не гарантує, що максимальне перевищення також буде менше за припустиме.

Втрати за цикл:

$$Q_{сер.} = \frac{\sum Q_i \cdot t_i}{\sum t_i + \beta \cdot t_{зуп}}$$

Де λ , β - експериментальні коефіцієнти, які враховують різні умови тепловідведення у перехідних режимах та при зупинках відповідно. Для двигунів серії 4А з $n_0=1500$ об/хв. - $\beta = 0,45..0,3$; серії 4АН - $\beta = 0,5...0,2$; для закритих двигунів - $\beta = 0,98...0,93$; $\lambda = 0,5 (1 + \beta)$.

Втрати за різних потужностей за діаграмою навантажень:

$$Q_1 = \frac{P_i}{\eta_i} - P_i = P_i \left(\frac{1}{\eta_i} - 1 \right)$$

За даними каталогу можна побудувати графік $\eta = f\left(\frac{P_i}{P_{ном}}\right)$ та визначити

η_i для фактичних навантажень $\frac{P_i}{P_{ном}}$ (рис. 3).

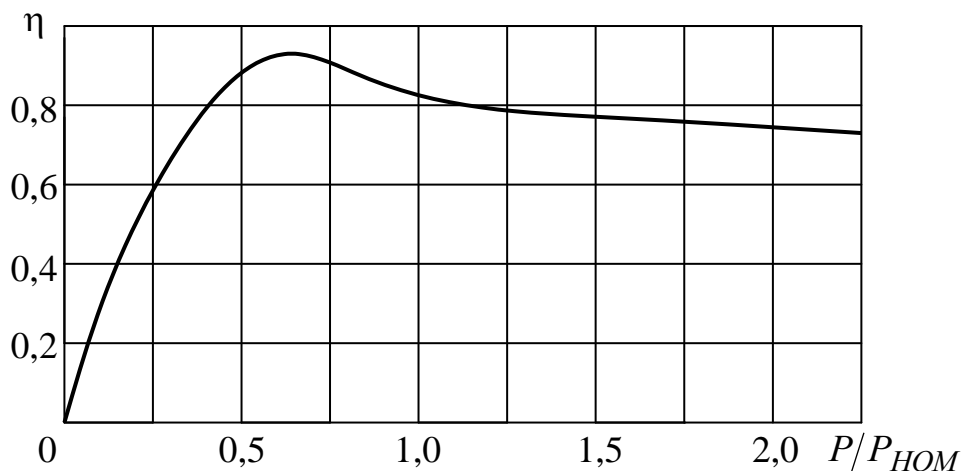


Рис.4. ККД двигуна залежно від потужності.

Визначаємо втрати за номінальної (еквівалентної) потужності:

$$Q_{ном} = \frac{P_{ном} (1 - \eta_{ном})}{\eta_{ном}} = \frac{P_{ном}}{\eta_{ном}} - P_{ном}$$

Втрати відповідають роботі двигуна з постійним навантаженням $P_{ном}$ (тобто режим S1).

Перевіряємо виконання умови $Q_{ном} > Q_{сер}$.

Додатково двигун перевіряють за умовами пуску:

$M_{пуск} > M_{оп}$, де $M_{оп}$ – навантаження на робочому органі

2 Порядок виконання роботи і рекомендації щодо обробки результатів

1. Зобразити діаграму навантаження згідно завдання. Зразок графіка наведено на рис. 2, він відповідає режиму навантаження S3, тобто пускові втрати не впливають на підвищення температури двигуна.

2. Визначити $(P_{дв})_{ном.}$ за перенавантаженням.

3. Попередньо обрати за каталогом двигун за припустимим навантаженням.

4. Визначити ККД за графіком, який зображено на рис.3, та розрахувати потужності за цикл роботи та еквівалентні втрати. Втрати енергії у перехідних процесах не враховувати. Умови тепловідведення, що є різними при роботі та при зупинках, врахувати.

5. Перевірити обраний двигун на нагрівання за методом середніх втрат.

6. Дослідити вплив параметрів циклу на еквівалентні втрати окремо при:

- збільшенні часу t_2 у 2, 4, 6 разів;
- збільшенні часу t_4 у 2, 4, 6 разів;
- збільшенні часу $(t_1+t_3+t_5)$ у 2, 4, 6 разів;
- збільшенні часу t_6 у 2, 4, 6 разів.

7. Проаналізувати отримані результати.

Результати розрахунків оформити таблицею та проілюструвати графіками. У висновках відобразити вплив часових складових циклу навантаження на еквівалентні втрати та нагрівання двигуна.

3 Оформлення звіту та порядок його подання.

У звіті відобразити наступне.

- Мета роботи.
- Вихідні дані.
- Діаграма навантаження згідно індивідуального завдання
- Розрахунок $(P_{дв})_{ном.}$ за перенавантаженням .Параметри попередньо обраного за каталогом двигуна.

- Визначення ККД та розрахунок еквівалентні і номінальних втрат.
Перевірка ЕД за нагріванням.
- Розрахунок еквівалентних втрат при змінюванні складових циклу навантаження. Результати розрахунків оформити таблицею та проілюструвати графіками
- Висновки за аналізом графіків.

Робота завершується захистом.

4.Контрольні запитання для підготовки до роботи.

1. Які показники порівнюють при виборі ЕП ?
2. Назвати та охарактеризувати номінальні режими навантаження ЕД.
3. Які параметри характеризують ЕД та містяться у каталозі ?
4. Чим відрізняється розрахунок потужності ЕД, призначеного для роботи у режимі S3, та ЕД з номінальним режимом навантаження S1?
5. Яка різниця між режимами S3, S4, S5, що відносяться до повторно-короткочасних ?
6. З яких умов обирають асинхронні нерегульовані ЕД?
7. Які чинники зумовлюють різні умови охолодження ЕД при роботі та під час зупинки ?

Список рекомендованої літератури.

1. Металлорежущие станки: учебник. В 2 т. / Т.М. Аврамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др.; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. - М.: Машиностроение, 2011. – 608 с.
2. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник. – М.: Машиностроение, 1990. – 304с
3. Москаленко В.В. Электрический привод: учебник для вузов. – М.: Изд. центр „Академия“, 2007. – 368 с.
4. Онищенко Г. Б. Электрический привод. – М.: РАСХН, 2003 – 320 с.
5. Сабинин Ю.А. Электромашинные устройства автоматики: Учебник.– Л.:Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние,1988.-488с.
6. ГОСТ ИЕС 60034-1-2014 Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики
7. ДСТУ EN 60034-1:2016 Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные и рабочие характеристики (EN 60034-1:2010, EN 60034-1:2010/AC:2010, IDT)

Індивідуальні завдання

Варіант	I мех. КГ*М ²	n ₀ об/хв.	P ₁ кВт	P ₂ кВт	P ₃ кВт	t ₁ с	t ₂ с	t ₃ с	t ₄ с	t ₅ с	t ₀ с
1	0.025	1000	2.8	3.6	1.2	1,0	2	1	2	5	1
2	0.045	1500	3.4	1.8	0.8	2,0	3	2	3	4	3
3	0.075	3000	4.2	1.7	1.1	3,0	4	3	4	3	3
4	0.11	1500	5.3	3.5	1.6	4,0	5	4	5	2	4
5	0.145	3000	3.2	4.3	1.5	5,0	4	5	4	1	5
6	0.13	1500	6.7	4.1	2.3	4,0	3	4	3	2	2
7	0.06	3000	4.0	5.2	1.3	3,0	2	3	2	3	4
8	0.08	1500	5.0	1.9	1.45	4,0	3	2	4	3	3
9	0.03	1000	6.5	3.7	1.25	3,0	2	4	1	3	4
10	0.16	1500	6.5	3.7	1.25	3,0	2	4	1	3	4
11	0.05	3000	2.5	5.1	0.75	1,0	3	3	5	2	2
12	0.07	3000	3.2	5.3	1.15	2,0	2	4	1	5	2
13	0.05	1500	2.7	4.2	1.0	5,0	1	1	3	2	3
14	0.12	100	4.3	1.75	0.7	3,0	6	3	1	2	2
15	0.085	3000	5.1	3.6	0.85	4,0	2	5	3	3	4
16	0.15	1500	3.5	2.5	1.05	2,0	3	4	5	4	2
17	0.02	3000	6.3	1.85	1.55	5,0	2	2	3	4	2
18	0.065	1000	4.9	4.4	1.2	3,0	4	1	2	5	4
19	0.09	1500	3.0	5.15	1.6	1,0	5	2	1	3	4
20	0.155	1500	7.0	4.15	1.5	2	3	3	5	2	3
21	0.035	3000	4.35	5.25	2.1	3	2	5	2	3	4
22	0.055	3000	3.1	2.3	0.8	4	1	3	5	2	3
23	0.10	3000	5.2	1.65	1.1	5	5	3	2	2	3
24	0.085	1500	6.8	5.3	2.0	2	3	4	3	4	3
25	0.04	1000	3.9	2.1	1.25	4	2	3	5	3	2

Варіант	I мех. КГ*М ²	n ₀ об/хв.	P ₁ кВт	P ₂ кВт	P ₃ кВт	t ₁ с	t ₂ с	t ₃ с	t ₄ с	t ₅ с	t ₀ с
26	0,065	1000	3,1	5,4	1,2	2,0	3,0	1	5,0	1,5	4,0
27	0,075	3000	3,7	5,8	1,35	1,0	4,0	0,8	3,5	1,2	5,0
28	0,125	1000	2,75	1,45	0,6	2,0	5,0	1,1	4,5	1,4	3,0
29	0,14	750	5,4	3,3	0,75	1,5	5,8	1,5	3,9	1,5	2,5
30	0,095	1500	5,6	2,8	0,8	1,3	1,8	0,9	2,5	1,1	3,5
31	0,03	3000	3,5	5,6	1,1	0,25	1,2	0,2	1,8	0,3	4,8
32	0,165	750	3,8	4,6	0,9	1,7	6,0	0,9	4,5	1,3	2,8
33	0,028	3000	6,1	3,4	1,35	2,1	4,0	1,8	3,8	2,0	3,2
34	0,043	1000	4,5	2,7	1,15	1,6	3,5	1,5	2,9	1,3	2,2
35	0,058	1000	4,7	5,75	1,38	0,8	4,8	0,7	4,3	1,0	3,1
36	0,048	3000	4,8	2,8	0,95	0,9	2,8	0,8	2,7	1,1	1,2
37	0,073	3000	5,8	1,9	1,2	1,1	3,5	1,0	3,0	1,35	4,1
38	0,087	1500	5,4	3,25	0,8	1,4	4,6	1,25	4,1	1,2	3,9
39	0,037	1500	3,3	4,9	0,9	1,8	4,2	1,6	3,75	1,55	2,9
40	0,064	1500	3,45	5,5	1,1	1,35	2,8	1,2	3,5	1,25	4,1