

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**



**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електропривода**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ, ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Худолій С.С. та ін. Методичні рекомендації до практичних робіт з дисципліни «Енергоефективність та надійність електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 13 с.

Укладачі:

С.С.Худолій, канд. техн. наук, проф.;
М.М. Казачковський, канд. техн. наук, проф.;
О.С. Бешта, д-р техн. наук, професор;
О.О. Азюковський, канд. техн. наук, професор;
О.В. Балахонцев, канд. техн. наук, доцент;
Р.О. Боровик, асистент.

Погоджено рішенням методичної комісії спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол № 20\21-05 від 10.03.2021).

Методичні вказівки призначені для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Практичні роботи студентів 141 спеціальності є невід’ємною складовою у системі підготовки фахівців вищого навчального закладу. Практичні завдання спрямовані на закріплення теоретичних знань, отриманих студентами за час навчання, вдосконалення практичних навичок і умінь в роботі за обраною спеціальністю. До цього часу студенти завершують вивчення дисципліни «ТОЕ», «ЕМ», «ТЕП», «СУЕП».

Основний навчальний час приділяється практичним завданням та розрахункам, підготовки звіту.

Ці методичні вказівки мають полегшити студентам пошук вихідних даних для виконання завдань та допомогти їм цілеспрямовано та якісно виконати поставленні завдання.

2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

ЗМІСТ ЗВІТУ

Титульний лист (додаток 1) – один для всього звіту.

Номер завдання (наприклад, завдання 1)

(далі дається зміст пунктів звіту до завдання 1)

1.1. Умова завдання. (приводиться запис умови завдання)

1.2. Опис алгоритму рішення завдання (включає алгоритм і коментарі)

1.3. Результати

1.4. Аналіз результатів

Список літератури, що використовувалася

Зміст звіту (вказати посторінково).

Оформлення звіту здійснюється відповідно до ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Мова звіту – українська.

Текст записки виконують на аркушах білого паперу формату А4 (210 x 297 мм) за допомогою комп’ютера (розмір шрифту 14 пт.). Текст розміщується на одній стороні аркушу. Відстані від рамки аркуша до межі тексту: зверху та знизу 15 мм, з лівого та правого боків 5 мм. Абзацний відступ 15 мм.

Нумерація аркушів (включно з рисунками та таблицями) – незалежна в межах усієї записки. Титульний аркуш та завдання не нумеруються, але в підрахунках загальної кількості аркушів записки враховуються.

У тексті пояснювальної записки наводяться в разі потреби рисунки, схеми та таблиці. Нумерація рисунків та таблиць повинна бути двоступінчастою (подібно до нумерації підрозділів). Таблиці повинні мати заголовки, рисунки – підписи, які пояснюють зміст рисунку або таблиці.

Посилання на літературні джерела даються у прямокутних дужках, де позначається номер відповідного джерела у переліку посилань (наприклад, так: [4]).

Розрахунково-пояснювальна записка повинна бути написана з правильним використанням технічної термінології, визначень та загальновживаних умовних буквених позначень фізичних та математичних величин. Усі розрахунки виконуються в системі СІ.

2 ПРАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ

1. Призначення електролічильника та способи його використання. Типи, конструкція, можливості, схеми підключення.:

- ознайомитись з технічними характеристиками лічильників та меню користувача;
- вивчити способи підключення вхідних/вихідних сигналів, інтерфейсів, способів керування лічильниками;
- ознайомитись з можливостями групової роботи лічильників;
- ознайомитись з типовими схеми підключення лічильників;

Джерела інформації: інструкція з експлуатації лічильників (Додаток 1), безпосередні спостереження.

2. Розрахунок щомісячної і загальної економії електроенергії, виходячи з терміну експлуатації різних марок телевізора, холодильника. Оцінка добового споживання електроенергії побутовими електричними приладами, з урахуванням пори року:

- скласти перелік обладнання індивідуального житлового приміщення, з відомостями про номінальне енергоспоживання;
- розрахувати добове, місячне, квартальне, річне споживання електроенергії побутовими приладами з урахуванням пори року;
- побудувати графіки та діаграми електроспоживання за результатами розрахунків;
- провести аналіз результатів, визначити найбільших енергоспоживачів;
- представити рекомендації стосовно економії електроенергії.

Джерела інформації: Додаток 2, Додаток 3, безпосередні спостереження.

3. Джерела освітлення і їх порівняльні характеристики. Ціна, термін використання, переваги та недоліки:

- скласти перелік джерел освітлення індивідуального житлового приміщення, з відомостями про номінальне енергоспоживання;
- розрахувати добове, місячне, квартальне, річне споживання електроенергії джерелами освітлення з урахуванням пори року;
- побудувати графіки та діаграми електроспоживання за результатами розрахунків;
- провести аналіз результатів, визначити найбільших енергоспоживачів;
- ознайомитись з сучасними джерелами освітлення;
- представити рекомендації стосовно економії електроенергії за рахунок впровадження сучасних джерел освітлення.

Джерела інформації: Додаток 4, Додаток 5, безпосередні спостереження.

4. Маркування електрообладнання за енергоефективними показниками. Побутове приладдя, електродвигуни, перетворювачі частоти:

- ознайомитись з показниками енергоефективності для побутового приладдя, електродвигунів, перетворювачів частоти;
- скласти перелік побутового приладдя та джерел освітлення індивідуального житлового приміщення, з відомостями про показники енергоефективності;
- визначити показники енергоефективності електричних двигунів та перетворювачів частоти в аудиторіях 5/35, 5/34;
- розробити паспорт енергоефективності лабораторій 5/35, 5/34.

Джерела інформації: Додаток 6, Додаток 7, Додаток 8, Додаток 9, Додаток 10, безпосередні спостереження.

5. Оцінка енергоспоживання джерелами освітлення в холах та коридорах НТУ «Дніпровська політехніка» (корп. 1,2,3,4,5,7,10) . Рекомендації до зменшення енергоспоживання, та впровадженню сучасних систем освітлення:

- скласти перелік джерел освітлення в холах та коридорах НТУ «Дніпровська політехніка» (корп. 1,2,3,4,5,7,10), з відомостями про номінальне енергоспоживання;
- розрахувати добове, місячне, квартальне, річне споживання електроенергії джерелами освітлення з урахуванням пори року;
- побудувати графіки та діаграми електроспоживання за результатами розрахунків;
- провести аналіз результатів, визначити найбільших енергоспоживачів;
- представити рекомендації стосовно економії електроенергії за рахунок впровадження сучасних джерел освітлення.

Джерела інформації: Додаток 11, Додаток 12, безпосередні спостереження.

6. Розрахунок потужності електричного двигуна при тривалому режимі роботи.

Є багато механізмів, які працюють тривалий час з незмінним чи мало змінним навантаженням без регулювання швидкості, наприклад насоси, компресори, вентилятори і т. п. Під час вибору електродвигуна для цього режиму, потрібно знати потужність, що споживається механізмом.

Розрахункова потужність на валу електродвигуна: $P = P_m / \eta_{\text{п}}$, де P_m - потужність, яка споживається механізмом; $\eta_{\text{п}}$ - ККД механічної передачі. Номіналь-

на потужність електродвигуна, прийнятого по каталогу, повинна бути рівна чи трохи більше, ніж розрахункова.

Потужність (кВт) електродвигуна для **насоса** визначається за формулою:

$$P = k_3 \frac{gQH\gamma}{\eta_{\text{нас}}\eta_{\text{п}}} 10^{-3} = k_3 \frac{Qp}{\eta_{\text{нас}}\eta_{\text{п}}} 10^{-3}$$

де k_3 - коефіцієнт запасу (1,1 - 1,3); g - прискорення вільного падіння, м/с²; Q - подача (продуктивність) насоса, м³/с; H — розрахункова висота підйому, м; γ - щільність рідини, що перекачують, кг/м³; $\eta_{\text{нас}}$ - ККД насоса (для поршневого 0,7—0,9; для центробіжного з тиском більше $0,4 \cdot 10^5$ Па 0,6 - 0,75, з тиском до $0,4 \cdot 10^5$ Па 0,45—0,6); $\eta_{\text{п}}$ - ККД передачі, рівний 0,9—0,95; $p = \gamma Hg$ - тиск, що розвивається насосом, Па.

Із цих співвідношень слідує, що при завищеній кутовій швидкості електродвигуна споживана ним напруга різко зростає, що призводить до його перегріву та виходу з ладу. При заниженій швидкості створюваний насосом тиск може бути недостатній, і насос не буде перекачувати рідину.

Потужність електродвигуна (кВт) для **поршневого компресора**:

$$P = k_3 \frac{QA}{\eta_{\text{к}}\eta_{\text{п}}} 10^{-3}$$

де Q - подача (продуктивність) компресора, м³/с; $A = (A_{\text{н}} + A_{\text{а}})/2$ - робота ізотермічного і адіабатичного стиснення 1 м³ атмосферного повітря тиск $p_1 = 1,1 \cdot 10^5$ Па до необхідного тиску p_2 , Дж/м³; для тисків до $10 \cdot 10^5$ Па значення A :

$p_2, 10^5$ Па	3	4	5	6	7	8	9	10
$A, 10^{-3}$ Дж/м ³	132	164	190	213	230	245	260	272

$\eta_{\text{к}}$ - індикаторний ККД компресора, рівний 0,6—0,8; $\eta_{\text{п}}$ - ККД передачі, рівний 0,9—0,95; k_3 - коефіцієнт запасу, рівний 1,05—1,15.

Потужність (кВт) електродвигуна для вентилятора:

$$P = k_3 \frac{QH}{\eta_v \eta_n} 10^{-3}$$

де Q - продуктивність вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$; H - тиск на вихід вентилятора, Па; η_v - ККД вентилятора, рівний 0,5 - 0,85 для осьових, 0,4 - 0,7 - для центробіжних вентиляторів; η_n - ККД передачі; k_3 - коефіцієнт запасу, рівний 1,1 - 1,2 при потужності більш ніж 5 кВт, 1,5 - при потужності до 2 кВт і 2,0 - при потужності до 1 кВт.

Завдання 1. Вибрати асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором для привода центробіжного насоса, що забезпечує при кутові швидкості $\omega \approx 200$ рад/с & 2900 об/хв) продуктивність ($Q = 100 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($0,028 \text{ м}^3/\text{с}$)) и розрахункову подачу $H = 98$ м. Щільність рідини $\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Насос безпосередньо з'єднаний з електродвигуном ($\eta_n=1$). ККД насоса $\eta_n = 0,62$. Пуск електричного двигуна в холостому режимі. Регулювання швидкості не потрібне. Умови зовнішнього середовища відповідають ІР44.

Завдання 2. Розрахувати потужність і вибрати з каталогу електричний двигун для привода поршневого компресора продуктивністю $Q = 20 \text{ м}^3/\text{мин}$. Початковий тиск повітря $p_1 = 1,1 * 10^5$ Па, кінцевий на виході $p_2 = 10 * 10^5$ Па; індикаторний ККД - 0,78. Кутова швидкість обертання $\omega = 100$ рад/с.

7. Розрахунок потужності електродвигуна під час переміжного режиму роботи S6.

Якщо вибрати електродвигун більшої потужності, то вона буде завищена, і навпаки. Також буде неправильно обчислювати потужність, яка відповідає середньому значенню навантаження, оскільки середня потужність на діаграмі навантаження не враховує квадратичну залежність втрат електродвигуна від струму, який протікає в обмотці. При великих коливаннях навантаження потужність електродвигуна, вибрана по середньому значенню, буде заниженою. Як правило, рекомендуються методи еквівалентних значень, (втрати потужності, струму, моменту і потужності) на валу електродвигуна. При розра-

хунку потужності цих методів фактичний графік тривалого режиму змінного навантаження, замінюється довгостроковим графіком сталого навантаження при умові, що нагрів електродвигуна в той же час циклу буде однаковим в обох випадках. Попередньо обирають електродвигун за даними статичного навантаження та будують діаграму навантаження, по якій, використовуючи один із методів еквівалентних величин, визначають необхідну потужність електродвигуна. Якщо отримане значення потужності не відрізняється від попередньо вибраного значення, це означає, що розрахунок правильний і обраний електродвигун буде відповідати вимогам. При необхідності електродвигун перевіряється на здатність до перевантаження і за пусковими умовами.

Середні втрати повинні дорівнювати, або, трохи менше втрат при роботі ЕД з номінальною потужністю, тобто:

$$\Delta p_{\text{cp}} \leq \Delta p_{\text{н}}.$$

Середні втрати в ЕД за цикл визначаються формулою:

$$\Delta p_{\text{cp}} = \frac{\Delta p_1 t_1 + \Delta p_2 t_2 + \dots + \Delta p_n t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

$$\Delta p_1 = P_1(1 - \eta_1)/\eta_1; \quad \Delta p_2 = P_2(1 - \eta_2)/\eta_2 \dots \Delta p_n = P_n(1 - \eta_n)/\eta_n.$$

Завдання 1. Розрахувати середні втрати за добу для побутового холодильника.

8. Методи еквівалентного струму, моменту, потужності.

Сумарні втрати потужності електродвигуна можуть бути виражені через суму постійних і змінних збитків. Змінні втрати пропорційні поточному квадрату основного контуру електродвигуна. Таким чином, можливо визначити:

$$\Delta p = \Delta p_x + I_{\text{э}}^2 R.$$

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

При $I_{\text{э}} \leq I_{\text{н}}$ електродвигун відповідає умовам повноцінного використання при нагріванні. Метод еквівалентного струму широко використовується на практиці при визначенні потужності електродвигуна. Він передбачає незалежність постійних втрат від навантаження і постійного опору основного контуру електродвигуна на всіх частинах навантажувальної карти. Часто для перевірки електродвигуна при нагріванні і особливо під час попереднього вибору використовують графіки моментів та струму:

$M(t), P(t)$.

$$M_{\text{э}} = \sqrt{\frac{M_1^2 t_1 + M_2^2 t_2 + \dots + M_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

$$P_{\text{э}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + \dots + P_n^2 t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}.$$

Завдання 1. Провести перевірку електродвигунів потужністю 7,5 кВт для режимів S4, S5.

9. Розрахунок постійних та змінних втрат, ККД для двигуна постійного струму.

Двигун постійного струму з незалежним збудженням має наступні параметри: ($P_{\text{н}} = 45, \text{кВт}$, $U_{\text{н}} = 220, \text{В}$, $I_{\text{н}} = 238, \text{А}$, $\eta_{\text{н}} = 0,86$, $\omega_{\text{н}} = 79, \text{рад/с}$, $r_{\text{я}} = 0,049, \text{Ом}$ при $t = 15^\circ \text{C}$, температурний коефіцієнт $k_T = 1,4$, $M_{\text{с}} = 270, \text{Н} \cdot \text{м}$) розрахувати:

- 1) постійні та змінні втрати;
- 2) ККД при заданому навантаженні.

Конструктивний коефіцієнт двигуна:

$$K\Phi = \frac{U_{\text{н}} - I_{\text{н}} \cdot r_{\text{я}}}{\omega_{\text{н}}} = \frac{220 - 238 \cdot 0,049}{79} = 2,65, \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$$

Номінальний момент на валу двигуна:

$$M_{H_B} = \frac{P_H \cdot 10^3}{\omega_H} = \frac{45 \cdot 10^3}{79} = 573, H \cdot m$$

При $M_c = 270, H \cdot m$ статичний струм $I_c = \frac{M_c}{K\Phi} = \frac{270}{2,65} = 102, A$, корегуємо

$$I_c = I_H \cdot \frac{M_c}{M_{H_B}} = 238 \cdot \frac{270}{573} = 112, A.$$

Кутова швидкість при моменті навантаження M_c :

$$\omega_c = \frac{U_H - I_{H_{н\gamma}}}{K\Phi} = \frac{220 - 112 \cdot 0,049}{2,65} = 81, \frac{рад}{с}.$$

Номінальні втрати:

$$\Delta P_{ном} = U_H \cdot I_H - P_H \cdot 10^3 = 220 \cdot 238 - 45 \cdot 10^3 = 7316, Вт$$

$$\text{або } \Delta P_{ном} = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot (1 - \eta_H) = \frac{45 \cdot 10^3}{0,86} \cdot (1 - 0,86) = 7325, Вт$$

Змінні втрати при номінальному навантаженні:

$$\Delta P_{н_пер} = I_H^2 \cdot k_T \cdot r_{\gamma} = 238^2 \cdot 1,4 \cdot 0,049 = 3880, Вт$$

Постійні втрати:

$$\Delta P_{пос} = \Delta P_{ном} - \Delta P_{н_пер} = 7325 - 3880 = 3445, Вт$$

Змінні втрати при навантаженні M_c :

$$\Delta P_{пер} = I_c^2 \cdot k_T \cdot r_{\gamma} = 112^2 \cdot 1,4 \cdot 0,049 = 861, Вт$$

Повні втрати при навантаженні M_c :

$$\Delta P = \Delta P_{пос} + \Delta P_{пер} = 3445 + 861 = 4306, Вт$$

Потужність на валу при M_c і ω_c :

$$P_c = M_c \cdot \omega_c = 270 \cdot 81 = 21870, Вт$$

ККД двигуна при навантаженні M_c :

$$\eta_c = \frac{P_c}{P_c + \Delta P} = \frac{21870}{21870 + 4306} = 0,835$$

$$\eta_H = 0,86$$

10. Визначення пускового моменту за критерієм мінімуму втрат.

Двигун постійного струму з незалежним збудженням має наступні параметри: ($P_H = 71, кВт$, $U_H = 440, В$, $I_H = 182,4, А$,

$n_{ном} = 1500, \frac{об}{мин}$, $r_{\gamma} = 0,096, Ом$, $I_{доп} = 3 \cdot I_H$, $J_{дд} = 1,2, кг \cdot м^2$) працює у складі систе-

ми ТП-Д з постійним пусковим моментом та моментом навантаження $M_c = 320, Н \cdot м$ зі швидкістю ω_c . ЕРС перетворювача $E_{np} = 460, В$. Загальний опір якірного кола $R_{\text{я}} = 0,21, Ом$. Загальний приведений момент інерції $J = 4,1, кг \cdot м^2$. Необхідно визначити величину пускового моменту, при якому втрати будуть мінімальними.

Номінальна кутова швидкість:

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{30} = 157, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Конструктивний коефіцієнт двигуна:

$$K\Phi = \frac{U_n - I_n \cdot R_{\text{я}}}{\omega_n} = \frac{440 - 182,4 \cdot 0,096}{157} = 2,69$$

Кутова швидкість при статичному навантаженні M_c :

$$\omega_c = \frac{E_{np}}{K\Phi} - \frac{U_c \cdot R_{\text{я}}}{(K\Phi)^2} = \frac{460}{2,69} - \frac{320 \cdot 0,21}{2,69^2} = 162, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Електромеханічна стала часу:

$$T_M = \frac{J \cdot R_{\text{я}}}{(K\Phi)^2} = \frac{4,1 \cdot 0,21}{2,69^2} = 0,119, \text{с}$$

Втрати енергії під час пуску з постійним моментом (струмом):

$$\Delta A = I_{\text{п}}^2 \cdot R_{\text{я}} \cdot t_{\text{ПЕР}} \quad (\text{а})$$

$$\text{де } I_{\text{п}} = \frac{M_n}{K\Phi}; \quad t_{\text{ПЕР}} = \frac{J \cdot \omega_c}{M_n - M_c}$$

$$\Delta A = \frac{M^2 \cdot R_{\text{я}} \cdot J \cdot \omega_c}{(K\Phi)^2 \cdot (M - M_c)} = \frac{M^2 \cdot T_M \cdot \omega_c}{(M - M_c)} \quad (\text{б})$$

Втрати енергії будуть мінімальними коли $\frac{dA}{dM} = 0$.

$$\text{тоді } \frac{dA}{dM} = T_M \cdot \omega_c \cdot \frac{2 \cdot M \cdot (M - M_c) - M^2}{(M - M_c)^2} = 0$$

звідки отримаємо:

$$2 \cdot M \cdot (M - M_c) - M^2 = 0, \text{ т.е. } M = 2 \cdot M_c.$$

відповідно, втрати енергії складають:

$$\Delta A = \frac{0,119 \cdot 4 \cdot M_c^2 \omega_c}{M_c} = 0,119 \cdot 4 \cdot 320 \cdot 162 = 24,68, \text{кВт} \cdot \text{с}$$

4 ОЦІНЮВАННЯ ЗВІТУ

Здійснюється експертним методом з використанням критеріїв, регламентованих Положенням про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти НТУ «ДП» [2].

ЛІТЕРАТУРА

1. Салов В.О. Макет методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційних робіт : мет. посіб. для наук.-пед. пр-ів. / В.О. Салов ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2019. – 37 с.
2. Положення про організацію атестації здобувачів вищої освіти НТУ «Дніпровська політехніка» / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. – Д. : НТУ «ДП», 2018. – 44 с.
3. Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» (із змінами та доповненнями від 18.09.2018 та 11.12.2018, затвердженими Вченою радою університету)
4. Положення про навчально-методичне забезпечення освітнього процесу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т. – Д.: НТУ «ДП», 2019. – 23 с.
5. Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» (зі змінами та доповненнями, затвердженими Вченою радою НТУ «Дніпровська політехніка» від 26.03.2019)

Навчально-методичне видання

С.С. Худолій
М.М. Казачковський
О.С. Бешта
О.О. Азюковський
О.В. Балахонцев
Р.О. Боровик

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ**

**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ,
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ»**
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19