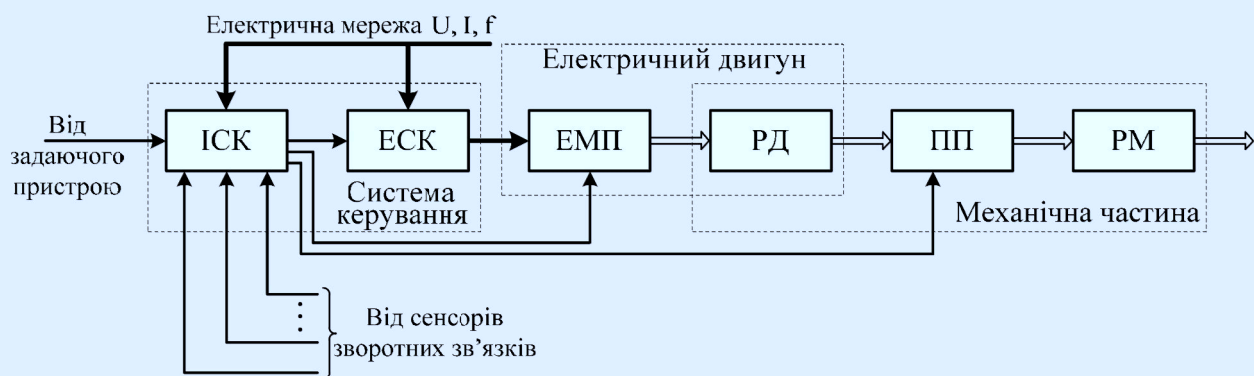


# ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

## КУРСОВЕ ТА ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

### САМОСТІЙНА ТА ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА СТУДЕНТІВ



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Вінницький національний технічний університет

**А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь**

**ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА**  
**КУРСОВЕ ТА ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ**  
**САМОСТІЙНА ТА ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА СТУДЕНТІВ**

**Навчальний посібник**

Вінниця  
ВНТУ  
2012

УДК 62-83(075)

ББК 31.291я73

В42

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 11 від 21 червня 2012 р.)

Рецензенти:

**М. Й. Бурбело**, доктор технічних наук, професор

**О. П. Чорний**, доктор технічних наук, професор

**О. В. Садовой**, доктор технічних наук, професор

**Видмиш, А. А.**

В42 Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навчальний посібник / А. А. Видмиш, С. М. Бабій, В. В. Петрусь. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 101 с.

В навчальному посібнику розглядаються теоретичні та практичні питання розрахунку електроприводів машин та механізмів, які працюють в повторно-короткочасному режимі роботи.

Навчальний посібник призначений для організації виконання курсового проекту з дисципліни «Теорія електропривода» і буде корисним студентам електротехнічних спеціальностей.

**УДК 62-83(075)**

**ББК 31.291я73**

© А. Видмиш, С. Бабій, В. Петрусь, 2012

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	5
ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ .....	6
1 ОРГАНІЗАЦІЯ РОБОТИ НАД КУРСОВИМ ПРОЕКТОМ .....	11
2 ЗМІСТ І ОБСЯГ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	12
2.1 Розрахунок та побудова тахограми та навантажувальної діаграми робочої машини .....	13
2.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна.....	15
2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода .....	17
2.4 Вибір електродвигуна за потужністю і швидкістю обертання .....	21
2.5 Розрахунок динамічних навантажень та побудова навантажувальної діаграми електропривода .....	22
2.6 Перевірка вибраного двигуна за нагрівом, перевантажувальною здатністю та умовами пуску .....	25
2.7 Розрахунок характеристик приводного двигуна .....	27
2.7.1 Розрахунок характеристик двигуна постійного струму незалежного збудження .....	27
2.7.2 Розрахунок характеристик асинхронного двигуна.....	28
2.7.3 Використання формул Клоса та Чекунова для побудови механічної характеристики асинхронного двигуна .....	29
2.8 Вибір перетворювального агрегату для живлення приводного двигуна.....	31
2.8.1 Вибір тиристорного перетворювача напруги для живлення двигуна постійного струму .....	32
2.8.2 Вибір тиристорного регулятора напруги для живлення двигуна змінного струму .....	35
2.8.3 Вибір перетворювача частоти для живлення двигуна змінного струму .....	36
2.9 Моделювання перехідних процесів електропривода.....	39
2.9.1 Моделювання системи електричного привода типу ТП- ДПС .....	39
2.9.2 Моделювання системи електричного привода типу ТРН- АД.....	41
2.9.3 Моделювання системи електричного привода типу ПЧ- АД.....	42
2.10 Розробка принципової схеми електропривода або модифікація типової до власних умов .....	43
2.10.1 Основні принципи побудови принципових електричних схем .....	43
2.10.2 Основні правила виконання принципових схем.....	44

---

3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ.....	49
3.1 Вимоги до оформлення розділів та підрозділів .....	49
3.2 Правила написання тексту .....	50
3.3 Оформлення формул .....	51
3.4 Оформлення ілюстрацій.....	52
3.5 Оформлення таблиць .....	53
3.6 Зміст .....	55
3.7 Перелік літературних джерел .....	56
3.8 Додатки .....	58
ЛІТЕРАТУРА .....	59
ГЛОСАРІЙ.....	61
Додаток А. Завдання на проектування .....	62
Додаток Б. Технічні характеристики приводних двигунів.....	66
Додаток В. Умовні графічні позначення елементів схем .....	73
Додаток Д. Буквені позначення елементів.....	85
Додаток Е. Зразки оформлення ключових сторінок .....	88

## ПЕРЕДМОВА

Виробничі машини та механізми складають основу більшості технологічних процесів, які використовуються в промисловості, сільському господарстві, на транспорті, в комунальному господарстві – у всіх сферах людської діяльності. Більшість виробничих механізмів оснащені електроприводом.

*Електроприводом* називається електромеханічна система, яка складається з електродвигунного, перетворювального, передавального і керувального пристроїв, що призначена для приведення в рух виконавчих органів робочої машини і керування цим рухом.

В навчальному посібнику розглянуто питання проектування електропривода виробничого механізму (робочої машини), який працює в повторно-короткочасному режимі роботи. Навчальний посібник призначений для організації самостійної роботи та допомоги студентам напряму підготовки «Електромеханіка» денної та заочної форм навчання при виконанні курсового проекту з дисципліни «Теорія електропривода» та буде корисним при виконанні основної частини бакалаврських робіт, дипломних проектів та кваліфікаційних магістерських робіт. Навчальний посібник може бути використаний студентами електротехнічних спеціальностей при вивченні дисциплін «Основи електропривода», «Основи типового електропривода», «Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів».

Метою курсового проекту є:

- систематизація і закріплення знань з дисципліни «Теорія електропривода»;
- обґрунтування техніко-економічної доцільності проектування;
- закріплення методів розрахунку потужності приводних двигунів виробничих механізмів;
- обґрунтований вибір силового обладнання та апаратури керування електропривода;
- ознайомлення з електрообладнанням, яке випускається серійно (електродвигунами, силовими перетворювачами);
- дослідження характеристик електропривода в статичних та динамічних режимах;
- перевірка проектних рішень методами комп'ютерного моделювання;
- побудова принципів схем електропривода.

Передбачені варіанти завдань дозволяють набути практичних навичок розрахунку електроприводів широкого класу машин та механізмів, які працюють в повторно-короткочасному режимі роботи.

## ОСНОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$\cos\varphi$	коефіцієнт потужності
$D$	діапазон регулювання швидкості
$D_{\text{во}}$	діаметр виконавчого органа
$f_{\text{max}}$	максимальна частота
$I_{\text{я.н}}$	номінальний струм якоря приводного двигуна
$J$	приведений момент інерції
$J_{\text{дв}}$	момент інерції приводного двигуна
$k$	коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти
$K_s$	розрахунковий коефіцієнт
$k_u$	коефіцієнт, який враховує зниження напруги мережі при пуску
$k_{\omega}$	коефіцієнт підсилення контуру зворотного зв'язку за швидкістю
$k_z$	коефіцієнту запасу
$k_{\text{зв}}$	коефіцієнт завантаження за потужністю
$k_{\text{пч}}$	коефіцієнт підсилення перетворювача частоти
$k_{\text{тп}}$	коефіцієнт підсилення тиристорного перетворювача
$k_{\text{трн}}$	коефіцієнт підсилення тиристорного регулятора напруги
$L_{\Sigma}$	сумарна індуктивність кола якоря
$m$	число робочих ділянок навантажувальної діаграми виконавчого органу робочої машини у циклі
$m_{\text{п}}$	маса елементів, які здійснюють поступальний рух
$n_0$	синхронна швидкість обертання приводного двигуна
$n_{\text{дв.н}}$	номінальна швидкість обертання приводного двигуна
$R'_2$	приведений активний опір обмотки ротора
$R_1$	активний опір обмотки статора
$R_{\Sigma}$	сумарний активний опір кола якоря
$R_{\text{я}}$	опір кола якоря
$s$	ковзання
$s_k$	критичне ковзання двигуна
$s_{\text{ном}}$	номінальне ковзання
$t_0$	тривалість паузи
$t_j$	тривалість роботи на $j$ -тій ділянці навантажувальної діаграми привода з відповідним навантаженням $M_j$
$t_r$	час гальмування

$t_{зг}$	час загальмовування привода при зміні швидкості руху
$t_{п}$	час пуску
$t_{р}$	тривалість роботи
$t_{рг}$	час розгону привода при зміні швидкості руху
$t_{рз}$	тривалість робочої зміни
$t_{уст}$	час руху з усталеною лінійною чи кутовою швидкістю
$U$	напруга, прикладена до якоря
$U_{дв.н}$	номінальна напруга приводного двигуна
$U_{з\ max}$	максимальна задавальна напруга
$U_{к\ max}$	максимальна напруга керування тиристорного регулятора напруги
$U_{л.н}$	номінальна лінійна напруга приводного двигуна
$U_{ном}$	номінальна напруга мережі
$U_{пуск}$	напруга в мережі при пуску
$U_{тп.н}$	номінальна напруга тиристорного перетворювача
$U_{ф}$	фазна напруга
$U_{ф.н}$	номінальна фазна напруга приводного двигуна
$V_{во}$	лінійна швидкість виконавчого органа робочої машини
$V_y$	усталена лінійна швидкість
$w$	число робочих ділянок навантажувальної діаграми привода в циклі
$z$	число пауз у циклі
$Z_{рд}$	кількість робочих днів за рік
$Z_{рз}$	кількість робочих змін
$\beta$	модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики АД
$\beta_0$	коефіцієнт погіршення тепловіддачі при нерухомому роторі (якорі)
$\beta_j$	коефіцієнт погіршення тепловіддачі приводного двигуна на $j$ -тій робочій ділянці навантажувальної діаграми привода
$\beta_y$	коефіцієнт погіршення тепловіддачі при усталеній швидкості
$\delta$	коефіцієнт, що враховує інерцію муфт
$\Delta V_y$	зміна усталеної лінійної швидкості руху
$\Delta W_{дв}$	сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи
$\Delta W_{ск}$	кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік
$\Delta \omega_y$	зміна усталеної кутової швидкості руху
$\Delta P_{дв.н}$	втрати потужності в двигуні у номінальному ре-



	жимі роботи
$\Delta P_{\text{дв.пр}}$	додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи
$\Delta P_{\text{ск}}$	втрати потужності в системі керування
$\varepsilon$	кутове прискорення
$\varepsilon_{\text{доп}}$	допустиме кутове прискорення
$\eta_{\text{дв.н}}$	номінальний коефіцієнт корисної дії приводного двигуна
$\eta_{\text{мп}}$	коефіцієнт корисної дії механічної передачі
$\eta_{\text{пп}}$	коефіцієнт корисної дії перетворювального пристрою
$\lambda_{\text{д}}$	перевантажувальна здатність двигуна постійного струму
$\lambda_{\text{к}}$	кратність критичного моменту приводного двигуна
$\lambda_{\text{п}}$	кратність пускового моменту приводного двигуна
$\lambda_{\text{ПЧ}}$	перевантажувальна здатність перетворювача частоти
$\lambda_{\text{ТП}}$	перевантажувальна здатність тиристорного перетворювача
$\rho$	радіус приведення
$\omega_0$	швидкість ідеального холостого ходу (синхронна кутова швидкість двигуна)
$\omega_{\text{max}}$	максимальна швидкість руху відповідно до тахограми
$\omega_{\text{min}}$	мінімальна швидкість руху відповідно до тахограми
$\omega_{\text{во}}$	кутова швидкість виконавчого органа робочої машини
$\omega_{\text{дв}}$	кутова швидкість приводного двигуна
$\omega_{\text{дв.н}}$	номінальна кутова швидкість приводного двигуна
$\omega_{\text{роз}}$	розрахункова кутова швидкість приводного двигуна
$\omega_{\text{у max}}$	усталене максимальне значення кутової швидкості виконавчого органу робочої машини, приведенне до вала двигуна
$\omega_{\text{у}}$	усталена кутова швидкість виконавчого органа робочої машини, приведена до вала двигуна
$a$	розрахунковий коефіцієнт
$a_{\text{доп}}$	допустиме лінійне прискорення
$D$	вартість приводного двигуна
$E_{\text{н}}$	нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень
$Z$	приведені витрати

$I'_2$	приведений струм ротора
$I_{дв.мах}$	максимальний струм приводного двигуна
$I_{дв.н}$	номінальний струм приводного двигуна
$I_{кз}$	струм короткого замикання
$i_{мп}$	передаточне число механічної передачі
$I_{ПЧ}$	номінальний струм перетворювача частоти
$I_{ПЧ.пуск}$	пусковий струм перетворювача частоти
$I_{тп.мах}$	максимальний струм тиристорного перетворювача
$I_{тп.н}$	номінальний струм тиристорного перетворювача
$I_я$	струм в колі якоря
$K$	капітальні вкладення
$K_{річні}$	річні капітальні витрати
$M$	момент двигуна
$M_j$	момент, який повинен розвивати приводний двигун на $j$ -тій робочій ділянці навантажувальної діаграми привода
$M_{мах}$	максимальне значення моменту, який повинен розвивати приводний двигун за цикл роботи
$M_д$	динамічний момент
$M_{дв.н}$	номінальний момент приводного двигуна
$M_{дв.п}$	пусковий момент приводного двигуна
$M_{дг}$	динамічний момент на ділянці гальмування
$M_{др}$	динамічний момент на ділянці розгону
$M_{екв}$	еквівалентний момент згідно з навантажувальною діаграмою привода
$M_к$	критичний момент двигуна
$M_{кз}$	момент короткого замикання
$M_{мех}$	момент опору, який створює робоча машина (виробничий механізм)
$M_с$	момент статичного опору
$M_{с.екв}$	еквівалентний момент згідно з навантажувальною діаграмою робочої машини
$M_{с.п.}$	момент опору механізму при швидкості, рівній нулю
$P_{дв.н}$	номінальна потужність приводного двигуна
$P_{дв.пуск}$	пускова потужність приводного двигуна
$P_{дв.сп}$	споживана електродвигуном потужність в номінальному режимі
$P_{мех}$	механічні втрати потужності приводного двигуна
$P_{пп}$	номінальна потужність перетворювального пристрою
$P_{ПЧ}$	номінальна потужність перетворювача частоти
$P_{роз}$	розрахункова потужність приводного двигуна
$P_с$	статична потужність

$P_{с.екв}$	еквівалентна потужність згідно з навантажувальною діаграмою робочої машини
$c$	вартість електроенергії
$C$	загальні щорічні відрахування, які враховуються у собівартості продукції
$C_A$	амортизаційні відрахування
$C_D$	додаткові відрахування
$C_{Д1}$	додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні
$C_{Д2}$	додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування
$СК$	вартість системи керування
$C_{мФ}$	коефіцієнт потоку
$C_O$	відрахування на обслуговування
$C_P$	відрахування на ремонт
$C_{роз}$	розрахунковий коефіцієнт
$T_{\omega}$	стала часу сенсора швидкості
$TВ_{ст}$	стандартна тривалість ввімкнення
$TВ_{ф}$	фактична тривалість ввімкнення
$T_e$	електромагнітна стала часу приводного двигуна
$T_{зі}$	постійна часу задавача інтенсивності
$T_{пч}$	стала часу перетворювача частоти
$T_{тп}$	стала часу тиристорного перетворювача
$T_{трн}$	стала часу перетворювача частоти
$\Phi$	дійсний фонд часу роботи електропривода за рік
$X'_2$	приведений індуктивний опір розсіювання обмотки ротора
$X_1$	індуктивний опір розсіювання обмотки статора

*Навчальне видання*

**Видмиш Андрій Андрійович  
Бабій Сергій Миколайович  
Петрусь Віталій Володимирович**

**ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА  
КУРСОВЕ ТА ДИПЛОМНЕ ПРОЕКТУВАННЯ  
САМОСТІНА ТА ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА СТУДЕНТІВ**

Навчальний посібник

Редактор Т. Старічек

Оригінал-макет підготовлено С. Бабієм

Підписано до друку  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. др. арк.  
Наклад прим. Зам №

Вінницький національний технічний університет,  
навчально-методичний відділ ВНТУ.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, к. 2201.  
Тел. (0432) 59-87-36.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті  
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-87-38.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.