

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЕЛЕКТРОПРИВОД ВИРОБНИЧИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

**Методичні вказівки щодо виконання
самостійної роботи**

СУМИ - 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно – технологічний факультет
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

ЕЛЕКТРОПРИВОД ВИРОБНИЧИХ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

**Методичні вказівки щодо виконання
самостійної роботи**

**для студентів 1 м курсу спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка і електромеханіка»,
денної і заочної форм навчання
освітнього ступеня «Магістр»**

Суми - 2024

УДК 378.147
Н 34

Укладачі: **Рясна О.В.**, старший викладач кафедри енергетики та електротехнічних систем;
Василенко М.В., завідувач навчальної лабораторії.

Н 34 Науково-методичне забезпечення навчального процесу :
методичні рекомендації щодо виконання самостійної роботи. / укл.: О.В. Рясна,
М.В. Василенко. - Суми, 2024. – 34 с.

В методичних рекомендаціях є вимоги до виконання самостійної роботи здобувачів вищої освіти з дисципліни «Електропривод виробничих машин і механізмів». Основні питання дисципліни стосуються автоматизованого керування електроприводами виробничих машин і механізмів, вибору апаратури захисту і керування. Самостійна робота здобувачів включає виконання практичних (лабораторних) завдань (курсового проекту), пов'язаного з проектуванням електропривода конкретного механізму, що застосовується в сільськогосподарському виробництві.

Рецензенти:

Герасименко В.О., к. ф.-м. н., доцент кафедри вищої математики;
Барсукова Г.В., к.т.н., доцент кафедри енергетики та електротехнічних систем.

Відповідальний за випуск:

Чепіжний А.В., к.т.н., доцент; завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем СНАУ

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету. Протокол № 6 від « 22 » травня 2024 року

© Сумський національний
аграрний університет, 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	6
2. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗОБУВАЧІВ.....	7
3. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.....	8
4. ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....	8
4.1 Характеристики електропривода в агропромисловому Комплексі.....	8
4.2 Електропривод насосних і вентиляційних установок.....	11
4.3 Електропривод машин і агрегатів для подрібнення кормів	15
4.4 Електропривод машин для післязбиральної обробки зерна	17
4.5 Електропривод лебідкових пристроїв	23
4.6 Електропривод круглопильних та стругальних деревообробних верстатів	26
5. ТЕМАТИКА ПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31

ВСТУП

Метою дисципліни є надання студентам теоретичних і практичних знань про процеси електромеханічного перетворення енергії, конструкції та механічні характеристики електричних і робочих машин, а також про вплив параметрів машин на їх експлуатаційні якості в стаціонарних та перехідних режимах роботи.

Завдання - навчити студентів вибирати електропривод з урахуванням особливостей технологічного процесу та робочої машини, а також режимів роботи електропривода. Важливо забезпечити обґрунтований вибір засобів автоматизації і систем керування для їх раціонального використання у виробничому процесі.

Здобувач повинен знати будову та принцип роботи електричних машин і їх експлуатаційні характеристики; специфіку стаціонарних і перехідних процесів в електроприводі; приводні характеристики робочих машин та основні підходи до вибору електродвигунів.

Здобувач повинен уміти розраховувати необхідні параметри та вибирати електричну машину для конкретних умов її використання, аналізувати та описувати усталені та перехідні процеси в електродвигунах, розробляти систему автоматизованого керування електроприводами сільськогосподарських машин і механізмів.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Самостійна робота здобувачів виконується Положенням про самостійну роботу СНАУ.

1.2. Згідно з Положенням, самостійна робота здобувачів є основною формою засвоєння навчального матеріалу. Вона здійснюється з метою: відпрацювання та засвоєння навчального матеріалу, визначеного тематичним планом для самостійних занять; закріплення та поглиблення знань, умінь та навичок; виконання індивідуальних завдань з навчальної дисципліни (курскових робіт), практичних, підготовка до майбутніх аудиторних занять та контрольних заходів, наукових і атестаційних робіт.

1.3. Однією основних складових Болонського процесу є розробка педагогічних технологій, методик та прийомів, які підвищують ефективність здобувачів в самостійному вивченні програмного матеріалу. Це передбачає різні форми роботи: вивчення програмного матеріалу через класичні форми – бібліотеки, читальні зали, Інтернет; виконання різної форми самостійних індивідуальних робіт; практичну роботу в лабораторіях, на об'єктах навчальної та виробничої, переддипломної практик.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Зміст самостійної роботи здобувачів з дисципліни «Електропривод виробничих машин і механізмів» визначається навчальною програмою та робочою навчальною програмою дисципліни (силабус).

2.2. На самостійну роботу виноситься:

- частина теоретичного матеріалу, менш складного за змістом;
- підготовка до практичних (лабораторних) робіт;
- окремі практичні роботи, що не потребують безпосереднього керівництва зі сторони викладача;
- виконання індивідуальної (курсової роботи).

2.3. Самостійна робота здобувачів забезпечується системою навчально-методичних засобів, передбачених для вивчення даної дисципліни:

- основна література;
- додаткова література;
- методичні вказівки (щодо виконання практичних (лабораторних) робіт, самостійної роботи (курсівих робіт);

2.4. Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з даної дисципліни може виконуватися у бібліотеці, навчальних кабінетах, комп'ютерних класах та в домашніх умовах.

2.5. Види завдань до самостійної роботи з дисципліни:

- опрацювання інформації, отриманої на обов'язкових навчальних заняттях;
- робота з підручниками та особистим конспектом лекцій;
- самостійне вивчення окремих тем або питань з веденням конспекту;
- робота з довідковою літературою;
- написання рефератів, повідомлень;
- творчі завдання (доповіді, тези, статті, проекти).

Успішне виконання завдання самостійної роботи можливе за умови наявності у здобувачів певних навичок: уміння працювати з книгою (складати план, конспект, реферат); проводити аналіз навчального матеріалу. Використовувати матеріал іноземних джерел: наукові праці, статті.

Самостійні завдання можуть виконуватися у робочому зошиті або на окремих аркушах, а курсової роботи – відповідно до вимог її написання.

2. ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ І ПОДИПЛІНИ

Тема. Перелік питань, що будуть розглянуті в межах теми	Розподіл в межах загального бюджету часу								Рекомендована література
	Аудиторна робота						Самостійна робота		
	Лк		Лаб. з.		Практичні / семінарські				
	Денна	Заоч.	Денна	Заоч.	Денна	Заоч.	Денна	Заоч.	
Тема 1: Особливості роботи електроприводів в умовах сільськогосподарського виробництва. 1. Характерні особливості електропривода сільськогосподарських машин. 2. Приводні характеристики сільськогосподарських машин, їх класифікація і аналіз.	2	-	-		-		6	5	[4-5, 12]
Тема 2: Електропривод і автоматизація насосних установок. Ч. 1 1. Вибір типу і розрахунок потужності насосів. 2. Особливості конструкції заглибних електродвигунів.	2	-		2	4		6	5	[2-4,14]
Тема 3: Електропривод і автоматизація насосних установок. Ч. 2 1.Приводні характеристики насосних установок.	2	-			2		6	5	[1-4,7-9]
Тема 4: Електропривод і автоматизація вентиляційних установок. Ч. 1 1.Вентилятори та їх основні характеристики. 2.Приводні характеристики вентиляторів.	2	-		2	2		6	5	[3-4,10,14]
Тема 5: Електропривод і автоматизація вентиляційних установок. Ч. 2 1.Визначення потужності електродвигуна для приводу вентилятора.	2				2		6	6	[4-5,7,10]
Тема 6: Електропривод і автоматизація підйомно-транспортних машин і механізмів. 1.Загальні відомості про підйомно-транспортні машини. 2.Приводні характеристики стаціонарних транспортерів.	2		-	2	2		6	10	[1-4,7-9,10]
Тема 7: Електропривод та автоматизація установок і машин для первинної обробки молока. 1. Загальні відомості. 2. Електропривод вакуум-насосів, молочних насосів, сепараторів.	2			2	2		6	10	[4-5,7,12]

Тема 8. Електропривод і автоматизація кормоприготувальних машин та агрегатів. Ч. 1 1. Загальні відомості. 2. Електропривод подрібнювачів кормів.	2		-	2	4		6	10	[1-4,7,10-15]
Тема 9: Електропривод і автоматизація кормоприготувальних машин, агрегатів і потокових ліній. Ч. 2 1. Привідні характеристики подрібнювачів кормів.	2				2		6	10	[2-4,14]
Тема 10. Електропривод ручних електричних машин. Ч. 1 1. Вимоги до електропривода ручних електричних машин. 2. Характеристики двигунів і джерел живлення ручних електричних машин.	2			2	2		6	10	[4-5,7,12]
Тема 11: Електропривод ручних електричних машин. Ч. 2 1. Техніка безпеки під час роботи з ручними електричними машинами.	2				2		6	10	[4-5,7,12]
Тема 12. Електропривод верстатного устаткування та стендів. Ч. 1 1. Привідні характеристики металообробних верстатів, вимоги до електроприводів.	2			2	-		6	10	[2-4,14]
Тема 13: Електропривод верстатного устаткування та стендів. Ч. 2 1. Особливості керування верстатами, автоматизація.	2				-		6	10	[2-4,14]
Тема 14. Комплект машин для очищення та сушки зерна. Ч. 1 1. Електропривод зерноочисних агрегатів.	2			2	4		6	10	[4-5,7,12]
Тема 15: Електропривод машин для очищення та сушки зерна. Ч. 2 1. Система централізованого контролю і керування машинами та механізмами агрегату ЗАВ – 25	2				2		6	10	[4-5,7,12]
Всього	30	8	-	16	30	-	90	126	

4. ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

4.1 Характеристики електропривода в агропромисловому комплексі

4.1.1 Приводні характеристики машин

Приводні характеристики застосовують для раціонального проектування електропривода.

Технологічні характеристики зображують у вигляді технологічних схем. Вони визначають вимоги до електропривода зі сторони якості продукції (допустимі коливання швидкості, питомі витрати енергії, необхідність регулювання режимів роботи, можливість автоматизації) і умов роботи електропривода в залежності від характеру навколишнього середовища, виду приміщення (сухе, сухе неопалюване, сире, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне).

Кінематичні характеристики у вигляді схем дають уявлення про траєкторію і швидкість руху всіх елементів машин, а також про шляхи розподілу енергетичного потоку від двигуна.

Енергетичні характеристики показують загальні (кВт·год) і питомі (кВт·год/од. продукції) витрати електроенергії на виконання технологічного процесу, а також розподіл енергії між рештою вузлів машини.

Механічні характеристики визначають залежність усталеної швидкості машини від моменту сил опору. Вони можуть бути зображені графічно (рис. 4.1.1), або записані аналітично:

$$M_c = M_0 + (M_{c,n} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (4.1.1)$$

де M_c – момент опору виробничого механізму при швидкості ω ;

M_0 – момент опору тертя в рухомих частинах машини, приймається постійним;

$M_{c,n}$ – момент опору при номінальній швидкості ω_n ;

x – показник степені, що характеризує зміну моменту опору при зміні кутової швидкості; для типових машин він може приймати значення 0, 1, 2, –1.

При $x = 0$ момент опору не залежить від кутової швидкості і визначається в основному моментом тертя. Таку характеристику мають підйомні крани, лебідки, транспортери, поршневі насоси, вакуум-насоси, механізми подачі металорізальних станків і подібних сільськогосподарських машин.

При $x = 1$ момент опору в основному лінійно зростає зі збільшенням швидкості. Таку характеристику мають машини для розминання глини (цегельні заводи); розминання льону і бавовни (текстильна промисловість), що працюють під навантаженням; генератор з незалежним збудженням, що працює на постійне зовнішнє навантаження; зерноочисні машини; миючі машини в цукровій промисловості (при роботі на холостому ході); преси.

При $x = 2$ момент опору в основному пропорційний квадрату швидкості. Таку характеристику мають вентилятори (звідси і назва «вентиляторна характеристика»), відцентрові насоси, молотильні барабани, сепаратори.

При $x = -1$ момент навантаження зменшується обернено пропорційно кутовій швидкості. Таку характеристику мають деякі металообробні верстати, зернові норії під навантаженням.

Механічні характеристики використовуються при визначенні стійкості роботи електропривода, його можливостей пуску, режимів роботи.

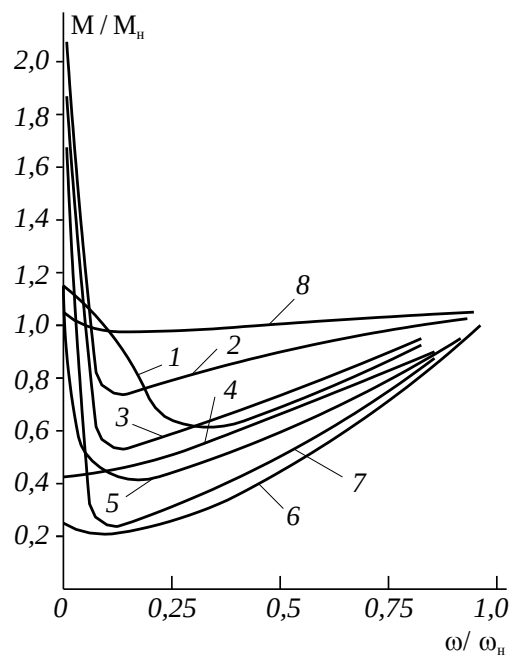


Рисунок 4.1.1 – Механічні характеристики машин АПК

(1 – двигун комбайна, 2 – глиномішалка, 3 – льономиминальна машина, 4 – відбійний бітер, 5 – комбайн в цілому, 6 – відцентрові насос та вентилятор, 7 – молоткова дробарка, 8 – ротаційний вакуум-насос)

Навантажувальні діаграми машин показують зміну моменту M_c , потужності P_c опорів і кутової швидкості ω_m робочої машини в часі і відображують характер роботи електропривода ($M_c(t)$, $P_c(t)$, $\omega_m(t)$).

Навантаження робочої машини може бути постійним і змінним. З постійним навантаженням працюють вентилятори і центробіжні насоси при постійних продуктивності і напорі, зернові елеватори при стабільній продуктивності, сепаратори. Зі змінним навантаженням працюють машини, в яких перероблюване середовище поступає нерівномірно (дробарки, молоткові та комбайнові барабани), а також в машин зі змінною швидкістю руху робочих органів (поршневі насоси, поршневі преси, лісопилільні рами).

В зв'язку з застосуванням маховикового електропривода прийнято розділяти навантажувальні діаграми робочих машин зі змінним навантаженням за характером наростання моменту на дві основні групи: ударне навантаження з миттєвим (рис. 4.1.2 а...г) і пульсуюче з плавним (рис. 4.1.2 д...л) наростанням моменту опору. За відношенням максимального моменту M_1 до середнього моменту M_{cp} розрізняють слабкозмінне ($M_1/M_{cp} < 1.4$), помірнозмінне ($M_1/M_{cp} = 1.4 \dots 2$) і різкозмінне ($M_1/M_{cp} > 2$)

навантаження. У випадку слабкозмінного навантаження питання про маховиковий (*flywheel*) електропривод може виникнути при підвищених вимогах до ступеня нерівномірності роботи. При різкозмінному навантаженні вибирають електропривод, оснащений маховиком.

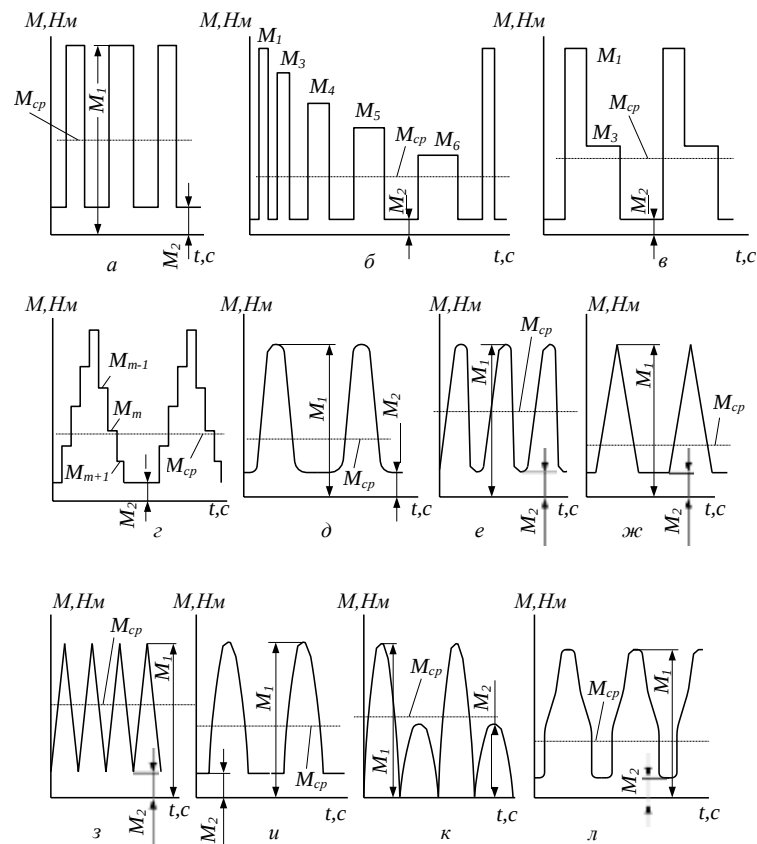


Рисунок 4.1.2 – Навантажувальні діаграми робочих машин зі змінним навантаженням

Інерційні характеристики визначають значення і характер зміни моменту інерції рухомих частин машини. У машин з обертальним рухом робочих органів момент інерції – величина постійна. У машин зі складним рухом окремих органів (зворотно-поступальним у лісопильних рам, компресорів, соломопресів) момент інерції – величина змінна. Значення і ступінь зміни моменту інерції використовують при визначенні тривалості пуску і оцінюванні рівномірності ходу машини при роботі.

Постійний момент інерції робочої машини $J_{м.пр}$, приведений до вала ротора двигуна з моментом інерції J_p , збільшує приведений момент інерції привода

$$J_{np} = J_p + J_{м.пр}, \quad (4.1.2)$$

який характеризується коефіцієнтом інерції привода

$$F_{np} = \frac{J_p + J_{м.пр}}{J_p}. \quad (4.1.3)$$

Коефіцієнт інерції змінюється в широких межах від величини, близької до одиниці для приводів машин з $J_{м.пр} \ll J_p$, до 25 у приводів кормодробарок і до $F_j > 100$ у приводів центрифуг. Пропорційно до F_j збільшується час пуску та зупинки привода.

4.1.2 Умови роботи електроприводів в агропромисловому комплексі

Крім приводних характеристик машин для раціонального вибору електропривода необхідно враховувати умови навколишнього середовища та електропостачання. Ряд сільськогосподарських приміщень відрізняється високим вмістом хімічно-активних речовин в сукупності з високою вологістю навколишнього середовища (тваринницькі приміщення), запиленістю (млини, зернотоки, деревообробні майстерні). Крім того, електродвигуни часто працюють на відкритому повітрі, під безпосереднім впливом атмосферних явищ.

Найбільш агресивні включення атмосфери приміщень – аміак, сірководень, вуглекислий газ (взаємодіючи з водою, утворює слабку нестійку кислоту, що прискорює корозію металу). При таких важких умовах навколишнього середовища і при невеликій тривалості роботи за добу, коли двигуни не встигають «самоосушитися», опір ізоляції електрообладнання швидко знижується і прискорюється його вихід з ладу.

4.2 Електропривод насосних і вентиляційних установок

4.2.1 Вибір типу і потужності установки водопостачання

Залежності основних характеристик насосів. Сучасні системи водопостачання на підприємствах АПК досить добре автоматизовані. Для того, щоб електропривод насосної установки працював надійно та економічно, необхідно правильно підібрати тип насоса до схеми водопостачання. В більшості випадків подача води здійснюється через водонапірний котел, водонапірний бак. Використовується також безпосередня подача води від насоса в водогін у відкритих зрошувальних системах.

Для прийнятої схеми водопостачання вибирають насос (в більшості випадків надійний і простий в експлуатації насос відцентрового типу). Подачу Q_n (м³/год) насоса визначають зі співвідношення:

$$Q_n = Q_{\max год} = \frac{k_z \cdot k_{доб} \cdot Q_{ср.доб}}{24 \cdot \eta \cdot 3600}, \quad (4.2.1)$$

де $Q_{\max год}$ – можливі максимальні погодинні витрати води, м³/с;

k_z – коефіцієнт нерівномірності годинних витрат (1,5...5);

$k_{доб}$ – коефіцієнт нерівномірності добових витрат (1,1...1,3);

η – ККД установки, з врахуванням втрат води (0,9);

$Q_{ср. доб} = \sum q_i n_i$ – середньодобові витрати води на одного i -го споживача, л/год; n_i – число споживачів.

При розрахунку окремо враховують пожежні витрати води (2.5...10 л/с) в залежності від розмірів господарства, тривалість пожежі враховують рівною 2-3 год.

Напір насоса вибирають таким, щоб він міг подавати воду з необхідним тиском в задану точку. Потрібний від насоса напір $H_{н.потр}$, визначається висотою всмоктування $H_{вс}$ і висотою нагнітання $H_{нг}$, сума яких визначається статичним напором H_c , втратами в трубопроводах H_n і різницею тисків на верхньому $P_{вр}$ та нижньому $P_{нр}$ рівнях. (враховуючи, що $P = \rho \cdot g \cdot h$):

$$H_n = H_c + H_n + \frac{P_{вр} - P_{нр}}{\rho \cdot g} . \quad (4.2.2)$$

Вибір потужності електроприводів насосних установок водопостачання. Потужність електродвигуна для привода насоса визначають за формулою:

$$P_{дв} = \frac{k_{зан} \cdot \rho \cdot g \cdot Q_n \cdot H_n}{\eta_n \cdot \eta_n} , \quad (4.2.3)$$

де $k_{зан}$ – коефіцієнт запасу, що залежить від потужності (при $P < 1$ кВт – $k_{зан} = 1,7...2$; при $P > 10$ кВт – $k_{зан} = 1,05...1,1$);

η_n – ККД передачі (для прямої передачі 1, клинопасової 0,98, зубчатої 0,97, плоскостасової 0,95);

η_n – ККД насоса (поршневих 0,7...0,9; відцентрових 0,4...0,8; вихрових 0,25...0,5).

Для насосів особливо важливий правильний вибір кутової швидкості насоса, оскільки його продуктивність пропорційна кутовій швидкості, напір і момент – квадрату кутової швидкості (за вентиляторною характеристикою), а потужність – її кубу: $Q \equiv \omega$; $H \equiv \omega^2$; $M \equiv \omega^2$; $P \equiv \omega^3$.

При збільшенні кутової швидкості насоса потужність (опір) його різко зростає, що може призвести до перегріву електродвигуна. При зниженій кутовій швидкості двигуна напір насоса може бути недостатнім для розрахункової подачі. Тип двигуна вибирають, виходячи з умов навколишнього середовища та особливостей монтажу (поширені електродвигуни зануреного типу ПЕДВ 0.7...65 кВт з подачею на висоту до 350 м, для привода насосів звичайного типу без занурення К і КМ застосовують звичайні асинхронні двигуни з к. з. та фазним ротором та вологостійкою ізоляцією 1.5...55 кВт).

Режими роботи електропривода та допустима частота вмикань. Режим роботи привода визначається подачею насоса Q_n , витратами води в системі водопостачання Q_p і робочим об'ємом бака V_p . Тоді тривалість роботи електропривода насоса (рис. 4.2.1) визначатиметься з виразу:

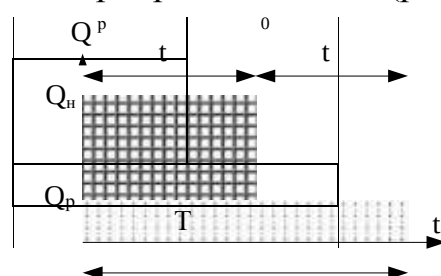
$$t_p = \frac{V_p}{Q_n - Q_p} . \quad (4.2.4)$$


Рисунок 4.2.1 – Графік роботи

Тривалість паузи в роботі агрегату відповідно:

$$t = \frac{V_p}{Q_p} \quad (4.2.5)$$

Тривалість одного циклу:

$$T = t_u + t_p + t_0 = \frac{V_p}{Q_n - Q_p} + \frac{V_p}{Q_p} = \frac{Q_n V_p}{Q_p (Q_n - Q_p)} \quad (4.2.6)$$

Частота вмикань двигуна:

$$z = \frac{1}{T_u} = \frac{Q_p (Q_n - Q_p)}{Q_n V_p} \quad (4.2.7)$$

Нормальне допустиме число вмикань на годину рівне 6. З метою збільшення строку служби електродвигуна бажано з зменшувати, а відношення Q_p/Q_n збільшувати.

Регулювання подачі насосних установок. Подачу насосних установок регулюють включенням і відключенням одного чи частини двигунів, дроселюванням засувки та зміною частоти обертання.

До найбільш раціонального способу належить регулювання подачі зміною частоти обертання механізмів з вентиляторною механічною характеристикою (рис. 4.2.2). В такому разі при зміні частоти обертання двигуна від половинної до номінальної, подача насоса змінюється від нуля до номінальної. Крім застосування перетворювачів частоти можливе регулювання шляхом перемикання кількості пар полюсів, регулюванням напруги, використанням електромагнітних муфт застосуванням асинхронних двигунів з фазним ротором, варіаторів (коробки передач).

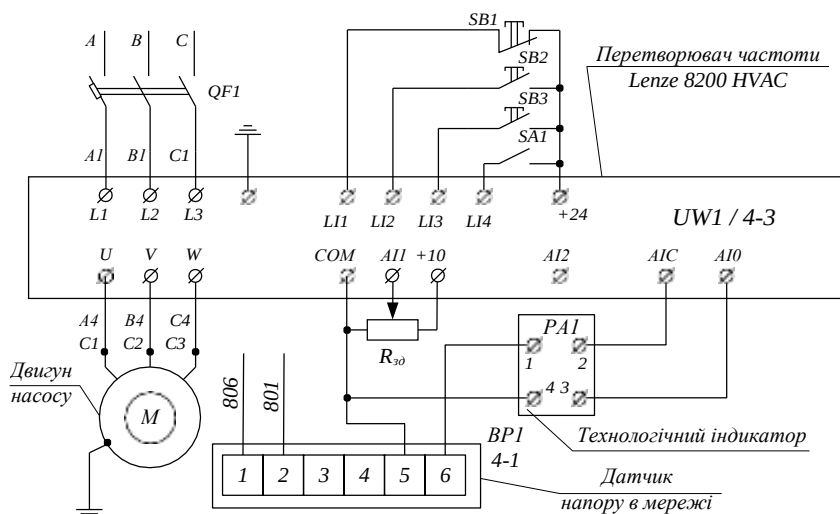


Рисунок 4.2.2 – Принципова електрична схема регулювання продуктивності насосної установки з використанням перетворювача частоти

4.2.2 Електропривод вентиляційних установок

Режими роботи і типи вентиляційних установок. Для підтримки якісного складу повітря в виробничих приміщеннях необхідна систематична вентиляція з обміном повітря у всіх шарах. В тваринницьких приміщеннях повітря забруднюється вуглекислим газом, сірководнем, водяними парами, надлишковою теплотою.

Момент зрушення вентилятора ненабагато перевищує момент тертя, тому додаткової перевірки за умовами пуску не проводять. Згідно з рівнянням механічної характеристики $M_{on} \equiv n^2$, а тому потужність на валу вентилятора $P \equiv n^3$, що обов'язково враховують при виборі електродвигуна. Номінальна частота обертання електродвигуна повинна збігатися з частотою обертання вентилятора, оскільки при виборі вентилятора з більшою продуктивністю необхідна потужність двигуна різко збільшується.

Вибір типу і потужності електропривода вентиляційних установок. Потужність електродвигуна (кВт) визначається подачею і тиском, що розвиває вентилятор:

$$P = k \frac{Lp}{\eta_v \eta_n}, \quad (4.2.8)$$

де L – подача вентилятора, м³/с;

p – тиск повітря (виходячи з тиску у найвіддаленішій точці повітропроводу), Па;

η_v, η_n – ККД вентилятора та передачі (для клинопасової передачі 0.9...0.95, для безпосереднього з'єднання 1);

k – коефіцієнт запасу залежить від потужності (для центробіжного 1.5 ($P < 0.5$ кВт) ... 1.1 ($P > 3$ кВт), для осьового 1.2 ($P < 0.5$ кВт) ... 1.05 ($P > 3$ кВт)).

Потрібну подачу вентилятора визначають за кількістю тварин та вентиляційною нормою (визначається для конкретних умов по кілька разів – за виділенням CO₂, за виділенням аміаку чи іншого специфічного компонента (бензин, пропан, кислота), за виділенням водяної пари, за виділенням теплоти в приміщення)

$$L = k_{oc} \frac{L_{шк}}{l_{доп} - l_{зовн}}, \quad (4.2.9)$$

де k_{oc} – кількість тварин чи птиці;

$L_{шк}$ – кількість шкідливих домішок, що виділяються в приміщенні;

$l_{доп}$ – допустима за нормами кількість шкідливих домішок (у в. о.);

$l_{зовн}$ – кількість шкідливих домішок у зовнішньому повітрі (у в. о.).

Швидкість повітря в приміщеннях рекомендується підтримувати в межах 0,05...0,15 м/с, щоб уникати надмірного переохолодження.

Для привода вентиляторів використовуються хімічновологістійкі електродвигуни, що розраховані на тривалий час експлуатації при температурі повітря від -20 до +40°C, відносній вологості повітря, близькій до 100%, і вмісті у повітрі до 3,5 г/м³ горючого пилу з діаметром частинок до 1 мкм. Охолодження двигунів зовнішнє, від робочого вентилятора.

4.3 Електропривод машин і агрегатів для подрібнення кормів

Машини для кормоприготування як правило мають кілька робочих органів: транспортуючих, подрібнювальних, ріжучих, пресувальних, змішуючих, трясучих та ін. Чим складнішою є кінематична схема машини і більша потужність припадає на транспортуючі пристрої, тим вищим є момент зрушення механізму. Момент інерції в таких механізмів високий, а навантаження носить випадково-змінний характер. Частота та розмах коливань навантаження залежать від багатьох факторів, але в першу чергу від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, частоти обертання робочих органів, продуктивності машини, способу завантаження.

Дробарки. Енергетичні показники залежать від швидкостей: окружної молотків (56, 66, 77 м/с) та поступальної стрічки живильного транспортера (10, 17, 20 м/с), а також від вологості, густини кормів і конструкції машини. Мінімальні питомі витрати енергії при задовільному модулі помолу спостерігаються в діапазоні від 66 до 77 м/с окружної швидкості молотків, що відповідає швидкості обертання 1700...2000 об/хв ротора дробарки.

Потужність (Вт) машин для подрібнення:

$$P = P_n + P_u + P_x, \quad (4.3.1)$$

де P_n – потужність, необхідна для подрібнення матеріалу;

P_u – потужність на циркуляцію матеріалу в дробильній камері;

P_x – потужність холостого ходу дробарки.

Потужність подрібнення:

$$P_n = A_n \cdot Q, \quad (4.3.2)$$

де A_n – питома енергія на 1 кг матеріалу, кДж/кг;

Q – продуктивність дробарок, кг/с.

Питома енергія подрібнення:

$$A_n = C_1 \cdot C_2 \cdot (C_3 \cdot \lg(\lambda^3) + C_4 \cdot (\lambda - 1)), \quad (4.3.3)$$

де C_1 – коефіцієнт, що враховує вплив вологості матеріалу відносно вихідної 14%-ї вологості ($C_1 = 1 + 0,06 \dots 0,075 \cdot (B - 14)$, де B – відносна вологість зерна, %);

C_2 – коефіцієнт, що враховує затрати енергії, обумовлені неоднорідністю матеріалу, а також принципом подрібнення робочими органами машин (див. табл. 4.3.1);

C_3 – коефіцієнт, що характеризує роботу на деформацію корму до початку текучості, кДж/кг;

λ – ступінь подрібнення матеріалу, рівна відношенню середнього розміру D частин вхідного матеріалу до середнього розміру d частин подрібненого продукту ($\lambda = D / d$);

C_4 – коефіцієнт, що характеризує роботу на подрібнення корму від межі текучості до повного подрібнення, кДж/кг.

Еквівалентний діаметр зерна до подрібнення D визначається по відношенню до його об'єму в еквіваленті кулі:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}, \quad (4.3.4)$$

де V – середній об'єм однієї зернини, знайдений шляхом занурення 100 зернин в розчин, що не впливає на вологість зерна та не змінює його об'єму (наприклад, бензин).

Таблиця 4.3.1 – Величини для розрахунку питомої енергії подрібнення

Культура	D , см	C_2	C_3 , кДж/кг	C_4 , кДж/кг
Ячмінь	4,2	$1,20 \pm 0,30$	8,50	7,50
Овес (очищений)	3,7	$5,00 \pm 1,50$	2,34	1,96
Жито	3,3	$1,45 \pm 0,35$	8,40	6,40

Потужність холостого ходу та циркуляції дробарок складає 15...20% від P_n . Тому:

$$P = (1,15 \dots 1,20) \cdot A_n \cdot Q. \quad (4.3.5)$$

Для вирівнювання навантажувальних діаграм і скорочення затрат енергії використовують регулятори подачі продукту на подрібнення. Завантаження дробарок регулюють за струмом головного двигуна, його ковзанням і моментом.

Машини для подрібнення різанням. Потужність на валу електропривода, кВт, визначається за виразом:

$$P_{зм} = \frac{k_{xx} \cdot A \cdot Q}{\eta_{пер}}, \quad (4.3.6)$$

де k_{xx} – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на холостому ході $k_{xx} = 1,15 \dots 1,2$;

A – питома енергія різання ($A = 0,65 \dots 1,0$ кВт·год/т);

Q – продуктивність різальної машини, т/год; $\eta_{пер}$ – ККД передачі.

Допоміжні машини для підготовки кормів являють собою різноманітні мийки, призначені в основному для коренебульбоплодів. Найбільш поширеними є кулачкові та відцентрові мийки. В кулачкових мийках у ванні знаходяться вали, на яких розташовуються дерев'яні або щіткові кулачки, що забезпечують очищення забрудненого шару коренеплодів. У відцентрових мийках коренеплоди очищаються внаслідок тертя із сусідніми плодами та зі стінками мийки.

Вибір потужності (кВт) для електропривода кулачкової мийки проводиться за виразом:

$$P_{\text{км}} = \frac{k \cdot Q \cdot l}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (4.3.7)$$

де k – питомі витрати енергії на одиницю довжини мийки, кДж/(кг·м), приймаються рівними 0,22 кДж/(кг·м) для мийок продуктивністю 1,4...1,7 кг/с та 0,15 кДж/(кг·м) для мийок з більшою продуктивністю;

Q – продуктивність мийки, кг/с;

l – загальна довжина ванни, м.

Вибір потужності (кВт) для електропривода відцентрової мийки проводиться за виразом:

$$P_{\text{цм}} = \frac{3,3 \cdot Q \cdot t \cdot f \cdot D \cdot \omega \cdot k_g \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (4.3.8)$$

де Q – продуктивність мийки, кг/с;

t – тривалість миття коренеплодів в мийному циліндрі, $t = 60 \dots 90$ с;

f – коефіцієнт тертя коренеплодів;

D – діаметр мийного циліндра, м;

ω – кутова швидкість мийного диска, рад/с;

$k_g = 0,3 \dots 0,4$ – коефіцієнт, що враховує обертання коренеплодів.

4.4 Електропривод машин для післязбиральної обробки зерна

Розрахунок потужності електропривода молотарки. Молотарка – машина або частина машини (комбайна) для обмолоту сільськогосподарських культур – виділення зерна з колосків, волотей, качанів, корзинок і ін., деякі молотарки очищують і сортують зерно.

Розрахунок потужності електропривода молотарки, кВт:

$$P_{\text{мол}} = \frac{l \cdot d \cdot z}{0,762 \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (4.4.1)$$

де l, d – відповідно довжина та діаметр барабану молотарки, м;

z – число бил;

$\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі (для пасової 0,85...0,9, клинопасової 0,97...0,98, зубчатої 0,98, безпосереднє з'єднання муфтою 1,0).

Розрахунок потужності електропривода решітних станів. Решітний стан (рис. 4.4.1) – машина для очистки та сортування зерна сільськогосподарських культур, базується на принципі розділення зерна на фракції за їх геометричними розмірами (довжиною, шириною, висотою).



Рисунок 4.4.1 – Решітний стан Petkus K 547 А з електроприводом

Розрахунок потужності електропривода решітного стану, кВт:

$$P_{pc} = \frac{k_z \cdot m \cdot j_0^2}{657,5 \cdot n \cdot \eta_{пер}}, \quad (4.4.2)$$

де $k_z = 1,2 \dots 1,5$ – коефіцієнт запасу;

m – маса решітного стану, кг (близько 100...300 кг);

j_0 – оптимальне прискорення решета, м/с^2 (приймається $j_0 = 15 \dots 30 \text{ м/с}^2$);

n – частота коливань решета, хв^{-1} ($n = 500 \text{ хв}^{-1}$);

$\eta_{пер}$ – ККД передатного механізму (0,6...0,7).

Якщо решта робочих органів (щітки, шнек) мають привод від того ж двигуна, що і решітний стан, то потрібно розрахункову потужність збільшувати в 1,25...1,75 рази.

Розрахунок потужності електропривода трієрів. Трієр або трієрний блок (рис. 4.4.2) – машина, яка призначена для виділення домішок з зерноматеріалів, які відрізняються аеродинамічними властивостями та геометричними розмірами. Являє собою рифлений зсередини циліндр, що обертається навколо осі, зерна при обертанні потрапляють між рифлини, а легкі домішки видаляються потоком повітря, важкі ж домішки, що не відповідають розмірам зерна, залишаються на поверхні шару і в результаті прокручування трієра першими виходять з нього, зерно залишається в рифленій частині.



Рисунок 4.4.2 – Трієрний блок Р1-ББТ-700-16 з електроприводом

Розрахунок потужності електропривода трієра, кВт:

$$P_{тр} = \frac{p_1 \cdot Q \cdot 10^{-3}}{\eta_{пер}}, \quad (4.4.3)$$

де p_1 – питома потужність, Вт/(кг·год) – приймають рівною 0,2...0,6 Вт/(кг·год);

Q – подача трієра (або трієрного блока), кг/год.;

$\eta_{пер}$ – ККД передачі (0,8...0,9).

Розрахунок потужності електропривода гвинтових (шнекових) транспортерів для зерна. Гвинтовий транспортер або шнек – машина, яка призначена для транспортування сипучих та пилоутворюючих матеріалів. Використовуються горизонтальні та похилі шнекові транспортери, закриті та відкриті.

Розрахунок потужності електропривода шнека, кВт:

$$P_{шн} = \frac{Q \cdot (p_1 \cdot l \pm H) \cdot k_3}{367 \cdot \eta_{пер}}, \quad (4.4.4)$$

де Q – подача транспортера, т/год;

p_1 – коефіцієнт опору переміщенню матеріалу, що визначається конструктивними параметрами транспортера, швидкості обертання спіралі та швидкості переміщення матеріалу ($p_1 = 10...30$);

l – довжина траси, м;

H – висота підйому (опускання) матеріалу, м;

$\eta_{пер}$ – ККД передачі від електродвигуна до спіралі;

k_3 – коефіцієнт запасу (1,3...1,5).

Розрахунок потужності електропривода пневмотранспортерів для зерна. У всмоктуючих пневмотранспортерах переміщують матеріал з кількох точок в одну, в нагнітальних транспортерах (рис. 4.4.3) навпаки – з однієї точки

в кілька. Матеріал переміщується по трубопроводах двома способами: через вентилятор та поза вентилятором.

Якщо транспортований матеріал не проходить через вентилятор, то потужність навантаження, кВт:

$$P_{nt} = \frac{q_n \cdot H_0 \cdot 10^{-3}}{\eta_v \cdot \eta_{пер}}, \quad (4.4.5)$$

де q_n – витрати повітря, м³/с;

H_0 – перепад тиску з врахуванням динамічного тиску для чистого повітря, втрат тиску на прямолінійних ділянках повітропроводу, місцевих опорах, циклоні, можливого підсмоктування повітря, втрати на підйом матеріалу, Па;

η_v – ККД вентилятора; $\eta_{пер}$ – ККД передачі.

Якщо матеріал проходить через робоче колесо вентилятора (пневмотранспортер типу ексгаустера), то завантаження електродвигуна змінюється в залежності від концентрації суміші повітря й матеріалу. В такому разі обчислення розрахункової потужності електропривода проводиться за виразом (4.4.6).

$$P_{nt} = \frac{(1 + \mu) \cdot q_n \cdot H_0 \cdot 10^{-3}}{\eta_v \cdot \eta_{пер}}, \quad (4.4.6)$$

де μ – коефіцієнт концентрації суміші повітря-матеріал, що визначається, виходячи із залежності $\mu = q_m \cdot \rho / q_n$;

q_m – масова подача транспортера за матеріалом, кг/с;

ρ – густина повітря, кг/м³.

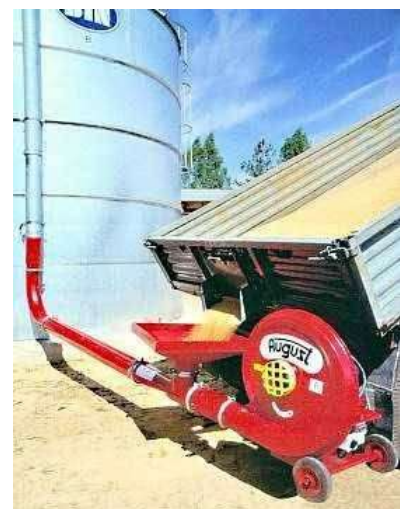


Рисунок 4.4.3 – Пневмотранспортер для зерна Т-378/2
(потужність двигуна 7,5 кВт, продуктивність 7,5 т/год, довжина транспортування 30 м, висота транспортування 12 м)

Розрахунок потужності електропривода металевих транспортерів для зерна. Металеві транспортери (рис. 4.4.4) не переміщують продукт, а закидають його зі швидкістю до 18 м/с на відстань 18...20 м. Потужність на валу електропривода обчислюється за виразом (4.4.7).



Рисунок 4.4.4 – Металевий транспортер для зерна 3М-60А

$$P_{\text{вт}} = \frac{Q \cdot k \cdot v^2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (4.4.7)$$

де Q – продуктивність транспортера, кг/с;
 k – коефіцієнт, що враховує опори в механізмах;
 v – початкова швидкість метання продукту, м/с (15...18 м/с);
 $\eta_{\text{пер}}$ – ККД передачі.

Розрахунок потужності електропривода пересувних скребкових транспортерів для зерна. Пересувний скребковий транспортер найчастіше застосовується в комплекті з додатковим вантажним обладнанням, наприклад, разом з металевим транспортером і призначений для переміщення зерна до приймальних частин робочих органів машин в горизонтальній площині. Розрахункова потужність на валу електропривода, кВт:

$$P_{\text{вт}} = 9,81 \cdot \frac{k_1 \cdot Q \cdot (L \cdot k_2 + H) \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (4.4.8)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення опору при пускові (1,2...1,5);
 Q – подача транспортера, кг/с;
 L – довжина горизонтальної проекції транспортера (довжина переміщення продукту), м;

k_2 – коефіцієнт опору руху, що залежить від виду кола та подачі (для втулочно-роликового кола $k_2 = 1,0 \dots 2,2$ при подачі $50 \dots 5$ т/год відповідно, для крючкового кола $k_2 = 1,2 \dots 4,2$ при тій же подачі);

H – висота транспортування матеріалу, м; $\eta_{пер}$ – ККД передачі.

Розрахунок потужності електропривода ковшових елеваторів. Ковшовий елеватор (норія) для зерна представлений на рис. 4.4.5. Такі механізми призначені для вертикального переміщення зерна на значну висоту.



Рисунок 4.4.5 – Ковшовий елеватор для зерна (норія)

Потужність на валу електропривода (кВт) обчислюється за виразом (4.4.9).

$$P_{нор} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3}}{\eta_{нор} \cdot \eta_{пер}}, \quad (4.4.9)$$

де Q – продуктивність норії, кг/с;

H – висота норії, м;

$\eta_{нор}$ – ККД норії (з врахуванням опорів в підшипниках норії, на згин стрічки, на зачерпування продукту ковшами і ін., приймається $0,5 \dots 0,8$);

$\eta_{пер}$ – ККД передачі.

Розрахунок потужності електропривода стрічкових транспортерів. Стрічкові транспортери використовуються для транспортування зерна та мінеральних добрив в горизонтальному та похилому напрямках. Для переміщення матеріалів в процесі післязбиральної обробки зерна найчастіше застосовуються похилі пересувні стрічкові транспортери.

Потужність на валу електропривода (кВт) таких транспортерів розраховується за виразом:

$$P_{тр} = \frac{(k_1 \cdot k_2 \cdot L_1 \cdot v + 15 \cdot 10^{-5} \cdot Q \cdot L_2 + 27 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot H) \cdot k_3}{\eta_{пер}}, \quad (4.4.10)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує конструкцію підшипників опор (ковзання $k_1 = 1,25$, кочення $k_1 = 1,0$);

k_2 – коефіцієнт, що враховує ширину стрічки, $k_2 = 0,03 \cdot B$ (B – ширина стрічки, м);

L_1 – довжина переміщення продукту, м;

v – швидкість стрічки, м/с;

Q – подача транспортера, т/год;

L_2 – довжина транспортера, м;

H – висота підйому матеріалу, м;

k_3 – коефіцієнт, що залежить від довжини стрічки транспортера ($k_3 = 1,2 \dots 1,4$ для довжин $5 \dots 40$ м, де більшому значенню відповідає більша довжина).

4.5 Електропривод лебідкових пристроїв

Розрахунок потужності та діаграма роботи орної електролебідки двосторонньої дії. В системі канатної тяги електролебідки, що встановлені на границях поля, тягнуть трос, до якого прикріплений робочий орган двосторонньої дії. Подібні системи викликають інтерес при виконанні особливо важких робіт з плантажу під виноградники, корчуванні пнів, при роботі на схилах, на заливних полях, де застосування трактора ускладнене.

Потужність двигуна орної лебідки визначають за його навантажувальною діаграмою (рис. 4.5.1). Потужність P_1 (кВт), яка споживається двигуном при пускові, обчислюють з врахуванням кратності пускового струму k_i та номінального ККД двигуна η_n :

$$P_1 = k_i \cdot P_n \cdot \eta_n^{-1}. \quad (4.5.1)$$

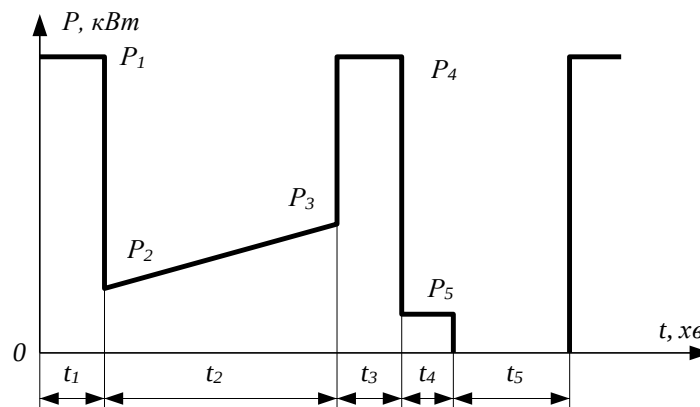


Рисунок 4.5.1 – Навантажувальна діаграма двигуна електропривода дволебідкового агрегату з одним плугом

(t_1 – тривалість пуску двигуна; t_2 – тривалість роботи двигуна, t_3 – тривалість реверса двигуна; t_4 – тривалість переміщення лебідки на новий гін, t_5 – тривалість паузи)

Номінальну потужність двигуна вибирають попередньо з умови: $P_n = (1,1 \dots 1,3) \cdot 0,5 \cdot (P_2 + P_3)$. В процесі роботи потужність збільшується від P_2

до P_3 за рахунок збільшення радіуса намотки троса на барабан. Аналогічно потужності P_1 обчислюють потужність P_4 при гальмуванні в режимі реверса.

За формулою В. П. Горячкіна тяговий опір плуга:

$$F_n = 9,81 \cdot f \cdot m + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2, \quad (4.5.2)$$

де f – коефіцієнт тертя плуга по ґрунту, $f = 0,2 \dots 0,4$;

m – маса плуга, кг;

k – питомий опір ґрунту ($4 \dots 8,5$ Н/см²);

a – глибина оранки, см;

b – ширина захвату плуга, см;

$\varepsilon = 0,1 \dots 0,3$ – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості;

v – швидкість руху плуга, м/с.

Значення F_n та v визначають двічі: на початку та в кінці процесу намотування троса на барабан.

Опір від волочіння троса по ґрунту:

$$F_m = 9,81 \cdot k_m \cdot f \cdot m_m \cdot l, \quad (4.5.3)$$

де k_m – коефіцієнт, що враховує умови роботи (для рівнинних полів $k_m = 1$, для гірської місцевості $k_m = 3$);

$f = 0,35$ – коефіцієнт тертя троса по ґрунту;

m_m – питома маса троса (в середньому $m_m = 0,3$ кг/м);

l – довжина тієї частини троса, яка рухається по землі (приймається рівною 80% відстані між лебідками).

Потужність (кВт) на початку:

$$P_2 = (F_{n.поч} + F_m) \cdot v_{поч} \cdot \eta_l^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (4.5.4)$$

та в кінці руху плуга

$$P_3 = (F_{n.кін} + F_m) \cdot v_{кін} \cdot \eta_l^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (4.5.5)$$

де η_l – ККД лебідки з передачею;

$v_{поч}$, $v_{кін}$ – лінійні швидкості переміщення плуга на початку та в кінці гону, відповідно, м/с (різниця обумовлена тим, що діаметр намотування троса на початку гону менший, ніж в кінці, тому швидкість переміщення при сталій швидкості обертання двигуна також є меншою порівняно з кінцевою).

Потужність P_5 на переміщення лебідки визначається її масою m_l (кг) та швидкістю її переміщення v_l (м/с):

$$P_5 = 9,81 \cdot f_l \cdot m_l \cdot v_l \cdot \eta_n^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (4.5.6)$$

де f_l – коефіцієнт перекочування лебідки по полю;

η_n – ККД передачі від двигуна до обода ведучих коліс.

Час роботи двигуна визначається середньою швидкістю руху плуга та довжиною гону l_g :

$$t_2 = \frac{2 \cdot l_g}{v_{поч} + v_{кін}}. \quad (4.5.7)$$

Відносна тривалість вмикання двигуна:

$$\varepsilon = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}. \quad (4.5.8)$$

Для дволебідкової системи, що працює з одним плугом:

$$t_5 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (4.5.9)$$

Еквівалентна потужність за час роботи:

$$P_{екв} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + (P_2^2 + P_2 P_3 + P_3^2) \cdot \frac{t_2}{3} + P_4^2 t_3 + P_5^2 t_4}{0,75 \cdot (t_1 + t_3) + t_2 + t_4}}. \quad (4.5.10)$$

Еквівалентна потужність, перерахована на стандартну тривалість роботи:

$$P_{екв.ст} = P_{екв} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{ст}} (\alpha + 1) - \alpha}, \quad (4.5.11)$$

де α – відношення постійних втрат в двигуні до змінних.

За каталогом вибирають двигун для стандартної тривалості вмикання $\varepsilon_{ст}$ з умови:

$$P_{дв} \geq P_{екв.ст}. \quad (4.5.12)$$

Вибраний двигун перевіряють за пусковим моментом (Н·м):

$$u^2 \cdot M_{пуск.дв} \geq M_{зр} = 1,3 \cdot M_3, \quad (4.5.13)$$

де $M_{пуск.дв}$ – пусковий момент двигуна за каталогом;

$M_{зр}$ – момент зрушення плуга в кінці гону;

M_3 – робочий момент двигуна в кінці гону;

u – напруга на двигуні при пускові у відносних одиницях.

4.6 Електропривод круглопильних та стругальних деревообробних верстатів

Столярні майстерні підприємств агропромислового комплексу, які виготовляють і ремонтують інвентар, транспортні засоби, тару, меблі, обладнані лісопильними рамами, циркульно-маятниковими пилами, круглопильними, фугувальними, стругальними, фрезерними, свердлувальними верстатами. Електродвигуни цих верстатів приводять в рух робочі органи, механізми подачі, допоміжні пристрої. Для регулювання швидкості обертання ставлять клинопасові передачі, редуктори і застосовують різні типи електродвигунів (багатошвидкісні, постійного струму, з фазним ротором).

Розрахунок потужності електропривода круглопильних верстатів. Для розрахунків сили різання, необхідної для подолання опорів, що виникають при русі різця, слід визначити питомий опір різанню. Сумарне зусилля опору різання, зведене до одиниці площі поперечного перерізу (1 мм^2) стружки, нормального до площини різання в кожній точці траєкторії леза різця, називають питомим опором різанню (Н/мм^2). Робота, затрачена на перетворення 1 мм^3 деревини в стружку, називається питомою роботою різання ($\text{Н}\cdot\text{м/мм}^3$) і чисельно рівна опору. Питома робота різання дає можливість визначити потужність різання $P_{\text{різ}}$ (Вт) за секундним шаром знятої деревини, помноженим на допустиму швидкість подачі деревини:

$$P_{\text{різ}} = k \cdot b \cdot h \cdot u, \quad (4.6.1)$$

а також визначити силу різання (Н):

$$F_{\text{різ}} = (k \cdot b \cdot h \cdot u) / v, \quad (4.6.2)$$

де k – питомий опір різанню, $k = 10 \dots 46 \text{ Н/мм}^2$ за експериментальними даними і залежить від подачі і породи деревини;

b – ширина стружки, мм;

h – товщина стружки, мм;

v – швидкість різання, м/с;

u – допустима швидкість подачі, м/с.

Швидкість різання в круглопильних верстатах складає $40 \dots 70 \text{ м/с}$, в окремих випадках досягає 100 м/с і відповідає окружній швидкості передніх ріжучих кромek пилки:

$$v = \omega \cdot R, \quad (4.6.3)$$

де R – радіус пилки, м;

ω – кутова швидкість пилки, рад/с.

Швидкість подачі (м/с) залежить від допустимої подачі деревини на один зуб пилки:

$$u = \frac{u_z \cdot Z \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot 1000}, \quad (4.6.4)$$

де u_z – подача деревини на один зуб пилки, мм (при подовжньому розпилюванні хвойних порід оптимальне значення $u_z = 0.8 \dots 1.0$ мм);

z – число зубів пилки.

Швидкості ручної та механічної подачі відповідно для поздовжнього розкрою $0.17 \dots 0.6$ та $0.8 \dots 1.7$ м/с, для поперечного $0.1 \dots 0.3$ та $0.1 \dots 0.4$ м/с.

Діаграма сил при розпилюванні бруса наведена на рис. 4.6.1.

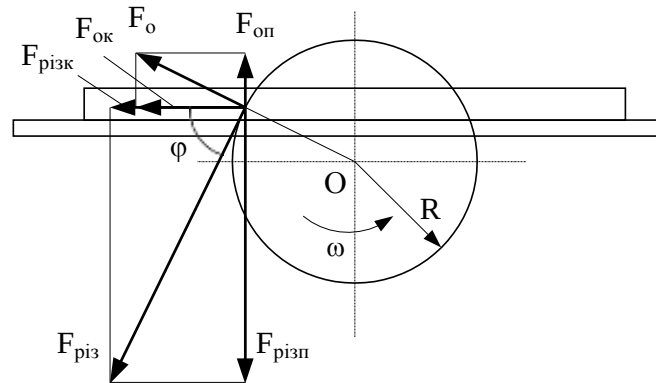


Рисунок 4.6.1 – Діаграма сил при розпилюванні бруса

Зусилля подачі (Н)

$$F_{\Pi} = F_{\text{різ}} \cdot \cos \varphi + F_o \cdot \sin \varphi + (G + F_{\text{різ}} \cdot \sin \varphi - F_o \cdot \cos \varphi) \cdot f, \quad (4.6.5)$$

де F_o – зусилля відтиску, що залежить від ступеня затуплення пилки, форми зуба, товщини стружки, Н, $F_o = (0.2 \dots 0.8) \cdot F_{\text{різ}}$;

G – вага матеріалу, що подається, Н;

f – коефіцієнт тертя деревини по столу ($0.35 \dots 0.4$ для сосни і дуба).

Потужність подачі (Вт):

$$P_n = F_n \cdot u. \quad (4.6.6)$$

Потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{дв}} = (P_{\text{різ}} + P_n) / \eta_n, \quad (4.6.7)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії передачі.

Вибір потужності електроприводів стругальних верстатів. На стругальних верстатах деревину обробляють ножовими обертовими головками-фрезами. Цей процес для подібних верстатів прийнято називати струганням.

Середнє дотичне зусилля різання (Н) на різці

$$F_{\text{різ}} = (k \cdot b \cdot h \cdot u) / v, \quad (4.6.8)$$

де k – питомий опір різанню, $k = 10 \dots 46$ Н/мм² за експериментальними даними і залежить від подачі і породи деревини;

b – ширина шару деревини, мм, що знімається;

h – висота шару, що знімається, мм;

u – швидкість подачі (0,3...3 мм на один ніж);
Потужність різання $P_{\text{різ}}$ (Вт)

$$P_{\text{різ}} = F_{\text{різ}} \cdot v. \quad (4.6.9)$$

де v – швидкість різання, м/с.

Потужність двигуна визначають за наведеними формулами з врахуванням втрат в передачах для роздільного привода.

Застосовуються одно- і двосторонні стругальні верстати. Ширина стругання верстатів складає 300...1200 мм. Швидкість подачі регулюють за допомогою східчастих шківів і редуктора. Потужність електродвигуна для привода ножового вала залежить від декількох параметрів (4.6.8), (4.6.9) і складає 4,5...14 кВт, потужність привода подачі 1...2,8 кВт. В приводах подачі використовують дво- і чотиришвидкісні асинхронні двигуни. Наприклад, для верстата СРЗ-4 шириною стругання 300 мм, ножовий вал приводиться в рух двигуном потужністю 4,5 кВт, механізм подачі — двигуном потужністю 1 кВт. Для верстата СР-12 потужність головного двигуна 14 кВт, допоміжного чотиришвидкісного 1,7 / 2,0 / 2,3 / 2,6 кВт.

Багатошвидкісним електроприводом оснащений стругальний верстат типу СР-12, який призначений для стругання деталей і виробів (дощок, брусків, столярних плит) на задану товщину. Окремими двигунами оснащені верхній і нижній ножові вали, реверсивний електропривод подачі, заточувальний привод верхнього і нижнього ножових валів, реверсивна подача заточування верхнього і нижнього ножових валів.

Більш детально розрахунок електроприводів різних машин і механізмів в АПК викладено в наведеній літературі.

5. ТЕМАТИКА ПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Розрахункові схеми механічної частини електропривода
2. Механічні характеристики робочих машин.
3. Механічні характеристики електродвигунів.
4. Вибір двигунів за потужністю для тривалого режиму роботи.
5. Вибір двигунів за потужністю для короткочасного режиму роботи.
6. Вибір двигунів за потужністю для повторно-короткочасного режиму роботи.
7. Загальна методика вибору електроприводу.
8. Типові схеми автоматизованого керування двигунами змінного струму.
9. Типові схеми автоматизованого керування двигунами постійного струму.
10. Визначення основних параметрів вентиляторів та їх вибір. Приводні характеристики вентиляторів.
11. Вибір електродвигунів для приводу вентиляторів та регулювання продуктивності вентиляційних установок.
12. Автоматизовані вентиляційні установки.
13. Основні характеристики та вибір насосів.
14. Приводні характеристики відцентрових насосів.
15. Вибір двигунів для відцентрових насосів.
16. Автоматизація насосних установок.
17. Електропривод подрібнювачів кормів.
18. Електропривод вальцових машин.
19. Електропривод змішувачів кормів.
20. Електропривод і автоматизація кормоцехів і комбікормових заводів.
21. Електропривод і автоматизація доїльних установок..
22. Електропривод і автоматизація пастеризаторів і машин для охолодження молока.
23. Електропривод і автоматизація відцентрових сепараторів та очищувачів молока.
24. Електропривод скребкових транспортерів.
25. Електропривод стрічкових транспортерів.
26. Електропривод шнекових транспортерів.
27. Електропривод норій.
28. Автоматизація стаціонарних транспортерів.
29. Електропривод і автоматизація зерноочисно-сушільних машин і агрегатів.
30. Електропривод і автоматизація вентиляційних установок овочесховищ.

31. Електропривод і автоматизація насосних станцій зрошувальних систем.
32. Електропривод і автоматизація кранових механізмів.
33. Електропривод ручних електричних машин.
34. Електропривод металообробних верстатів.
35. Електропривод деревообробних верстатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основна література

- 1) Електропривод: Навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, Ю. М. Хондола, І. П. Ільїчов; За ред.. О. Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.
- 2) Електропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синівський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко; За ред.. Ю.М. Лавріненка. Видавництво «Ліра- К». – К., 2009. – 504 с.
- 3) Грабко В.В. Електропривод підприємств АПК: навч. Посіб. / В.В. Грабко, С.М. Левицький. – Вінниця, ВНТУ, 2012. – 198 с.
- 4) Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній.: Підручник. За ред.. Є.Л. Жулая. К. – Вища освіта. 2001. – 288 с.
- 5) Марущак Я.Ю .Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним корегуванням: Навчальний посібник. – Львів, Видавництво НУ „Львівська політехніка”, 2004. – 312 с.
- 6) Практикум з електропривода / В.С.Олійник, О.С.Марченко, Є.Л.Жулай, Ю.М.Лавріненко.
- К.: Урожай, 1995. – 190 с.

Методична

- 7) Електропривод виробничих машин і механізмів / Рясна О.В., Лисенко В.В., Тимошенко Г.А. Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка», другого (магістерського) рівня вищої освіти (денної та заочної форми навчання). – Суми, СНАУ, 90 с.
- 8) Електропривод виробничих машин і механізмів Конспект лекцій для здобувачів денної і заочної форм навчання по спеціальності 141 - «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» ос «Магістр» /Суми, 2024 рік, 100 с.

Рясна Ольга Василівна
Василенко Микола Веніамінович

Електропривод виробничих машин і механізмів

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: травень 2024 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman Сур

Тираж: 50 примірників. Замовлення №_____ Ум. друк. арк. 1,5.
