

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня освіти

на тему:

**«ВИБІР ЕНЕРГООЩАДНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ
ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ»**

Виконав: студент VI курсу
групи Ен-62 спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Джуман В. Р.

Керівник: _____ Чабан А. В.

Рецензент: _____ Коробка С. В.

ДУБЛЯНИ 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти – *другий (магістерський) рівень*
Спеціальність 141 «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка*»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

д.т.н., професор Калахан О. С.
(вч. звання, прізвище, ініціали)

“ _____ ” _____ 2023_ року

З А В Д А Н Н Я
на кваліфікаційну роботу студенту
Джуману Віталію Романовичу

Тема роботи: «Вибір енергоощадного електроприводу механізму піднімання вантажу»

Керівник роботи професор, д.т.н Чабан А. В.
(наук.ступінь, вч. звання, прізвище, ініціали)

затверджені наказом по університету № 133 / к - с від 28.04.2023 р.

1. Строк подання студентом роботи 18.01.2024 р.

2. Вихідні дані до роботи

технічна документація, науково-технічна і довідкова література, законодавча та нормативна база України з питань охорони праці.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Характеристика об'єкту

2. Енергетика електроприводу

3. Електропривод механізму піднімання вантажу

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Ефективність прийнятих рішень

Висновки

Перелік джерел посилання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графічний матеріал подається у вигляді презентації

6. Консультанти з розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконан ня
		завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	<i>Дробот І. М., ст.викладач</i>			
4	<i>Городецький І. М. к.т.н., доцент</i>			

7 Дата видачі завдання 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Характеристика об'єкту</i>	<i>28.04.2023 – 19.05.2023</i>	
2	<i>Енергетика електроприводу</i>	<i>22.05.2023 – 8.09.2023</i>	
3	<i>Електропривод механізму піднімання вантажу</i>	<i>11.09.2023 – 24.11.2023</i>	
4	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>27.11.2023 – 8.12.2023</i>	
5	<i>Ефективність прийнятих рішень</i>	<i>11.12.2023 – 22.12.2023</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки та презентації</i>	<i>25.12.2023 – 5.01.2024</i>	
7	<i>Завершення роботи в цілому</i>	<i>8.01.2023 – 18.01.2024</i>	

Студент _____ Джуман В. Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Чабан А. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

УДК 631.313.3

Р Е Ф Е Р А Т

Джуман В. Р. «Вибір енергоощадного електроприводу механізму піднімання вантажу». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024 р. 58 с. текстової частини, 3 таблиці, 28 рисунків, 15 джерел посилання.

Об'єкт дослідження: електропривод механізму піднімання вантажу.

Мета роботи: обґрунтування доцільності використання енергоощадного дводвигунного групового електроприводу механізму піднімання вантажу.

Завдання дослідження: проаналізувати особливості будови і роботи механізму піднімання вантажу, проаналізувати теоретичні питання енергетики електроприводу, а саме режими роботи, втрати потужності, ККД, коефіцієнт потужності, розрахувати електропривод механізму піднімання, запропонувати схему автоматизованого енергоощадного електроприводу, проаналізувати енергетичні показники електроприводу, розглянути питання охорони праці, а також здійснити економічну оцінку.

У кваліфікаційній роботі: проаналізовано особливості будови і роботи механізму піднімання вантажу, проаналізовано теоретичні питання енергетики електроприводу, а саме режими роботи, втрати потужності, ККД, коефіцієнт потужності, розраховано електропривод механізму піднімання, запропоновано схему автоматизованого енергоощадного електроприводу, проаналізовано енергетичні показники електроприводу, розглянуто питання охорони праці, а також здійснено економічну оцінку.

Ключові слова: механізм піднімання, енергетика електроприводу, енергетичні показники, енергоощадний електропривод, коефіцієнт корисної дії, втрати потужності, графічні залежності.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ	8
1.1 Особливості будови та роботи піднімальних механізмів	8
1.2 Обґрунтування теми роботи	11
РОЗДІЛ 2 ЕНЕРГЕТИКА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	17
2.1 Класифікація режимів роботи електродвигуна	17
2.2 Енергетичні показники електропривода	21
РОЗДІЛ 3 ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ	28
3.1 Розрахунок та вибір двигуна	28
3.2 Схема електроприводу	34
3.3 Оцінка енергетичних показників електроприводу	36
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	43
4.1 Аналіз стану охорони праці	43
4.2 Планування заходів з покращення охорони праці	45
4.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій	48
РОЗДІЛ 5 ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	52
ВИСНОВКИ	56
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

На сьогоднішній день автоматизований індивідуальний електропривод набув широкого застосування у різних виробничих процесах та сферах діяльності та життя людини.

Сучасний електропривод є основою технічного прогресу, оскільки основним рушієм у різноманітних технологічних процесах є саме електропривод.

Широке використання електроприводу зумовлене широким діапазоном потужностей електроприводів, від тисячної вата аж до до десятків тисяч кіловат. Для прикладу, потужність електроприводу прокатних станів перевищує 10 000 кВт, а потужність електроприводу певних медичних зондів чи медичного інструменту складає лише 0,003 Вт.

Електроприводи працюють у різноманітних технологічних процесах із високою продуктивністю промислові установки, такі як: шахтні піднімальні машини, важкі металорізальні верстати, протяжні й високошвидкісні конвеєрні установки, екскаватори гірничо-добувної промисловості, металургійні прокатні стани, важкі монтажні та будівельні крани та ін.

Вони обладнуються надпотужними електроприводами де застосовуються унікальні електричні машини, перетворювачі і керуючі пристрої. За допомогою керуючих пристроїв значно розширюються можливості регулювання потоків електричної енергії, що надходять у електричний двигун, для регулювання координат, чи керуванням рухом електроприводу, а отже і параметрами технологічного процесу.

Керуючі пристрої електроприводу будуються на базі мікроелектроніки і електроніки. Сучасні керуючі пристрої виконані на базі ЕОМ або мікропроцесорів.

У широкому спектрі потужності електроприводу, застосовують системи сучасного програмного керування, засоби оптимізації роботи електроприводу

та виробничого процесу за певними критеріями, застосовують принципи автоматичного адаптивного керування.

Важливим питанням виробництва є енергозбереження. Електроприводи споживають більше 50% усієї виробленої електроенергії, тому питання енергозбереження та енергоефективної роботи електроприводу є одним із основних напрямків їх проектування та експлуатації.

Електропривод розвивається згідно наступних тенденцій:

- 1 тенденція: збільшення частки регульованого електроприводу, переважно змінного струму із мікропроцесорним керуванням;
- 2 тенденція: розроблення нових електродвигунів змінного струму та крокових електродвигунів із використанням особливих досягнень матеріалознавства та мікроелектроніки;
- 3 тенденція: розширення та ускладнення функцій електроприводу, підвищення вимог до динамічних показників технологічних електроприводів та їх точності, пов'язано із керуванням технологічним процесом;
- 4 тенденція: підвищення автоматизації, для створення маніпуляторів, роботів, гнучких автоматичних ліній і виробництв.
- 5 тенденція: використання уніфікованої елементної бази електроприводу, використання комплектних мікропроцесорних електроприводів на базі модульно-блочного принципу;
- 6 тенденція: зменшення металоємкості виробничих машин, за рахунок спрощення механічної частини електроприводу, а використання власне більше електричного керування.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ

1.1 Особливості будови та роботи піднімальних механізмів

Елементи механічної складової електроприводу механічно діють один на одного і пов'язані між собою. Будь-який механічний елемент електроприводу має власну характеристику: швидкість моментом інерції або масу, а також сукупність моментів або сил, які на нього діють.

Кінематична схема електроприводу піднімальної лебідки має вигляд поданий на рисунку 1.1.

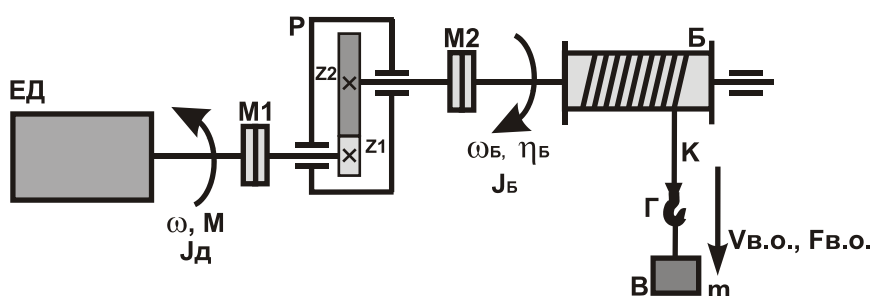


Рисунок 1.1 – Реальна кінематична схема піднімальної лебідки.

На рисунку 1.1 прийнято такі умовні позначення: К – канат, Г – гак, В – вантаж, Б – барабан, Р – редуктор, М1, М2 – з'єднувальні муфти, ЕД – електродвигун.

Двигуном ЕД обертає барабан Б на якому намотано канат К через з'єднувальну муфту М1 та редуктор Р, муфту М2. Вантаж В масою m підвішений на гак Г на кінці каната К. Значення навантаження електроприводу визначається дією сили ваги та тертям рухомих частин (втрати на тертя враховані у ККД редуктора η_p і барабана η_B).

На рисунку 1.2 зображено кінематичну схему електропривода шахтного підіймача зі зрівноваженим канатом. Підіймач складається із

урівноважувального канату, шківів тертя, двох клітей та двох напрямних шківів. Канат приєднаний своїми кінцями із клітьми й охоплює обидва напрямних і приводний шків.

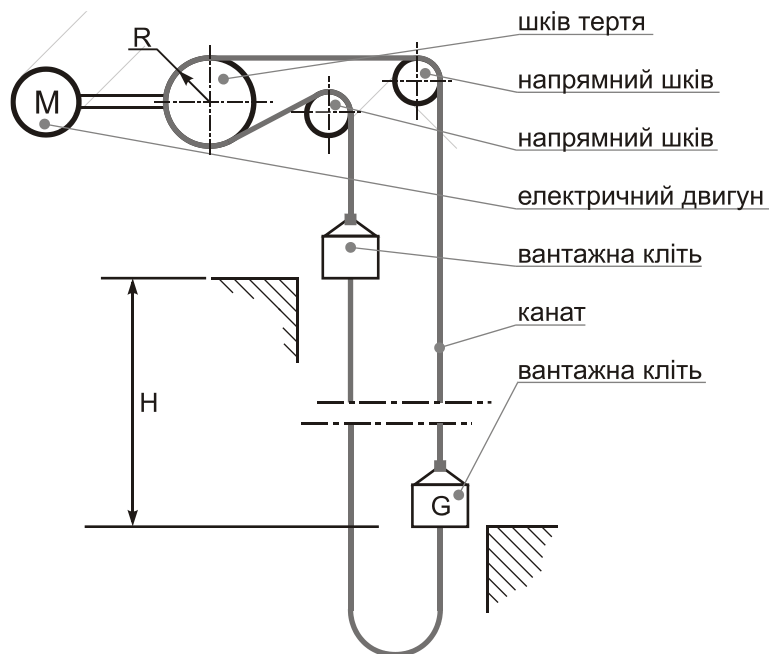


Рисунок 1.2 – Кінематична схема шахтного підіймача зі зрівноваженим канатом

На рисунку позначено: H – висота підймання, G – вантаж, R – радіус шківів тертя.

На рисунку 1.3 показано навантажувальну діаграму шахтного підіймача зі зрівноваженим канатом, яка описує технологічний процес її роботи. На рисунку представлено тахограму руху одного циклу роботи підіймача $V = f(t)$, V – лінійна швидкість кліті, $\frac{m}{c}$; наближена діаграма прискорення $\varepsilon = f(t)$, ε – кутове прискорення, $\frac{1}{c^2}$; t_1 час кутового прискорення, t_2 тривалість усталеного режиму з усталеною швидкістю V_y , t_3 час кутового сповільнення й t_4 час паузи між сусідніми підніманнями усі $t [c]$.

Динамічний момент

$$M_{\text{дин}} = J_{\Sigma} \cdot \frac{d\omega}{dt} \left[\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{м} = H \cdot \text{м} \right],$$

де J_{Σ} [$\text{кг} \cdot \text{м}^2$] – приведений до валу двигуна момент інерції рухомої частини електроприводу.

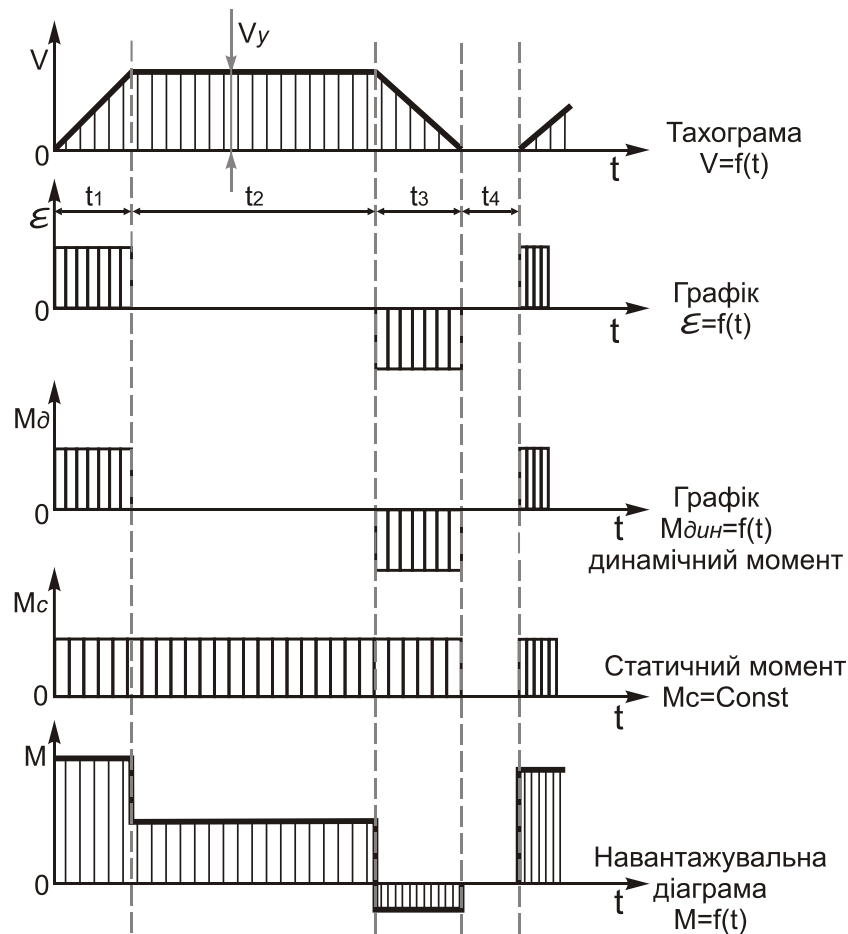


Рисунок 1.3 - Побудова навантажувальної діаграми.

Статичний момент навантаження приведений до валу електродвигуна:

$$M_c = F_c R \cdot \frac{1}{\eta} \text{ [H} \cdot \text{м]},$$

де η - к.к.д. передач;

R - радіус шківів тертя, м;

F_c - статичне зусилля на обводі шківів, Н.

Зусилля ваги клітей та каната зрівноважені, а тому не враховується.

Потужність двигуна:

$$P = \frac{\kappa_3 \cdot F_c \cdot V_y}{\eta} \cdot 10^{-3} \text{ [кВт]},$$

де $\kappa_3=1,2-1,3$ – значення коефіцієнта запасу (враховує вплив динамічних моментів);

V_y [$\frac{m}{c}$] – значення усталеної швидкості підіймача, визначається за рівнянням $V_y = \omega \cdot R$.

$M = f(t)$ є навантажувальна діаграма електроприводу, яку отримали додаючи статичний і динамічний моменти згідно рівняння руху

$$M = M_c + M_d.$$

Отже навантажувальна діаграма

$$M(t) = M_c + M_d(t).$$

На ділянці уповільнення електроприводу може бути, додатне або від'ємне значення, це залежить від співвідношення значень статичного й динамічного моментів.

1.2 Обґрунтування теми роботи

Інколи у системі електроприводу замість одного двигуна працюють два і більше двигунів на одне спільне навантаження.

Такі системи мають ряд переваг порівняно із однодвигунним приводом:

- підвищення надійності;
- краще конструктивне розташування електродвигунів;
- спрощення механічного обладнання;
- створення потужних виробничих машин із використанням серійних машин звичайної одиночної потужності;
- зниження сумарного моменту інерції системи;
- взаємне реверсування машин;
- широкі можливості регулювання швидкості і моменту.

Якщо використати замість одного два асинхронних двигуни із фазним ротором половинної потужності згідно вимоги виконавчого механізму, то при

цьому зменшиться момент інерції майже вдвічі, порівняно із одним двигуном номінальної потужності, оскільки момент інерції пропорційний масі у першій степені, а лінійному розміру – у другій. Завдяки цьому можна побудувати механічні характеристики з меншою крутістю, як у режимі двигуна, так і у гальмівному режимі.

Обидва ротори жорстко механічно з'єднані між собою, а обмотки статорів приєднано до мережі узгоджено, тому у режимі двигуна напрямок моментів двигунів співпадає, то момент системи на валі буде дорівнювати алгебраїчній сумі моментів двох двигунів.

Для формування механічних характеристик з малою крутістю та знижених швидкостей, необхідно одну із машин перевести у режим роботи двигуна, а другу - в режим гальмування противмиканням (рис. 1.4). Значення моментів, які розвивають двигуни, забезпечується підбором активного опору а колі ротора кожного двигуна ($R_{2\sigma 1}$ й $R_{2\sigma 2}$).

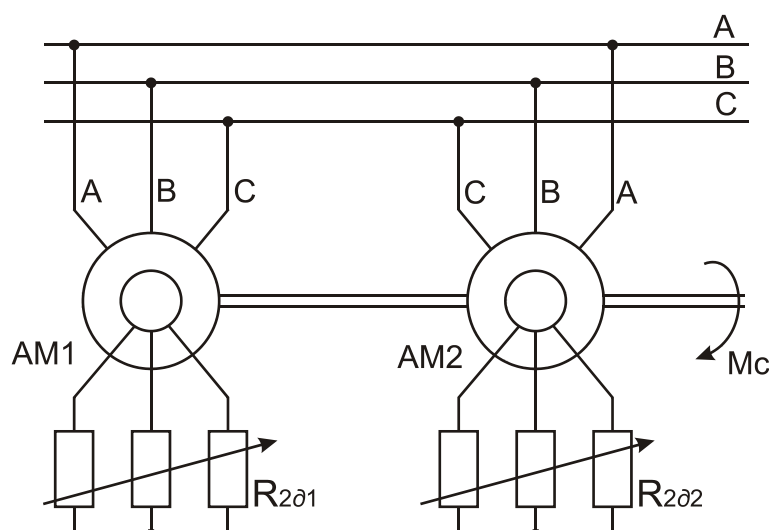


Рисунок 1.3 – Комбінований режим (двигуна і гальма) дводвигунного електроприводу на базі асинхронного двигуна з фазним ротором.

Двигун $AM1$ працює у режимі двигуна, то $AM2$ - у режимі гальмування противмиканням.

Сумарна механічна характеристика такого електроприводу (рис. 1.4) будується як сума моментів двох двигунів: двигуна $AM1$ та двигуна $AM2$, для біжучих значень швидкості у режимі двигуна та гальмівному режимах. На рисунку:

- 1 – механічна характеристика двигуна $AM1$ (режим двигуна);
- 2 – механічна характеристика двигуна $AM2$ (режим противмикання);
- 3 – сумарна (результуюча) механічна характеристика привода.

З рис.1.4 видно, що характеристика 3 має швидкість ідеального неробочого ходу ω_0 електроприводу нижча синхронних швидкостей першого і другого двигунів відповідно ω_{01} та ω_{02} (за модулем).

Крутість отриманої механічної характеристики електроприводу (лінія 3) менше крутості характеристики першого і другого двигунів, відповідно лінії 1 та 2, отже вища жорсткість характеристики.

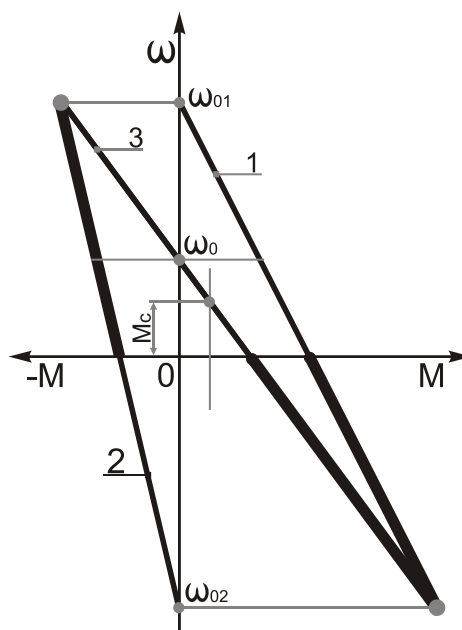


Рисунок 1.4 – Механічна характеристика дводвигунного електроприводу у комбінованому режимі роботи двигунів.

Пусковий або гальмівний момент привода крива 3 визначається як сума моментів в обох двигунів (криві 1 та 2)

$$M_{прив} = M_1 + M_2,$$

де M_2 - момент 2-го двигуна;

M_1 - момент 1-го двигуна;

$M_{прив}$ - момент привода.

Недоліком такої системи є сильне нагрівання машини у режимі противмикання. Для зменшення нагрівання двигуна, який працює у режимі гальмування противмикання, доцільніше вмикати у режимі динамічного гальмування із незалежним збудженням, а перша машина у режимі двигуна.

Інший випадок, обидва трифазні асинхронні двигуни ($AM1$ й $AM2$) працюють у режимі двигуна на спільне навантаження M_c (рис. 1.5). Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором із різною жорсткістю механічних характеристик показані на рисунку 1.6.

На рисунку прийнято наступні позначення:

1 – механічна характеристика двигуна $AM1$ – із механічною характеристикою із більшою жорсткістю;

2 – механічна характеристика двигуна $AM2$ – із механічною характеристикою меншою жорсткістю;

3 – сумарна механічна характеристика електроприводу;

4 – навантажувальна механічна характеристика вантажопідіймального механізму.

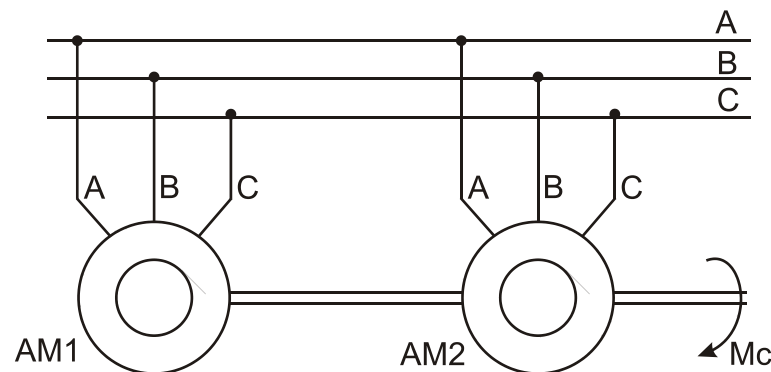


Рисунок 1.5 – Двохдвигунний електропривод для випадку роботи двох двигунів у режимі двигуна

Характеристику 3 отримуємо як суму двох характеристик 1 та 2 – механічних характеристик трифазних асинхронних двигунів $AM1$ й $AM2$, обидва двигуни працюють у режимі двигуна і обертаються у одному напрямі, вали двигунів жорстко закріплені і приєднані до навантаження M_c вантажопідіймального механізму. Сумарний момент M_{np} , характеристика 3 визначається $M_{np} = M_1 + M_2$.

На рисунку ми бачимо по механічних характеристиках, що двигуни завантажені не рівномірно, двигун $AM1$ завантажений більше, оскільки у нього з більш жорстка характеристика, у ніж двигун з більш м'якою механічною характеристикою. А тому, якщо два двигуни однакової потужності, то при повному завантаженні електроприводу, двигун $AM1$ буде суттєво перевантажений, а двигун $AM2$ - недовантажений. Якщо механічні характеристики будуть мати однакову жорсткість, то обидва двигуни будуть завантажені рівномірно.

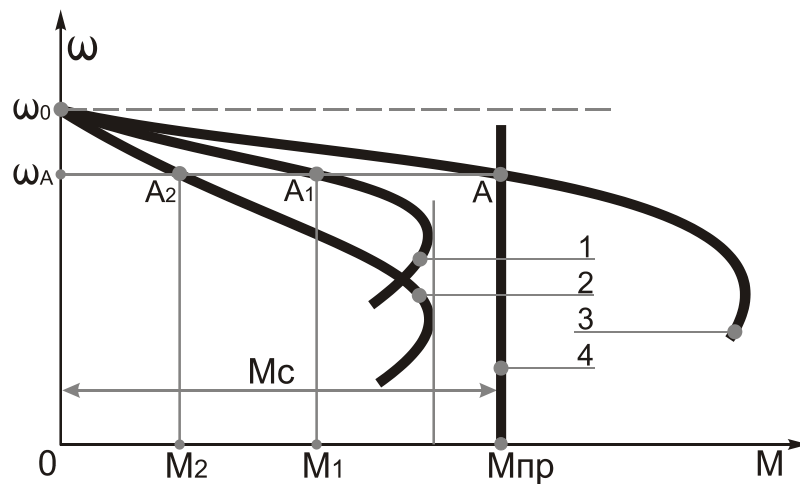


Рисунок 1.6 – Механічні характеристики дводвигунного електроприводу для роботи обох двигунів у режимі двигуна

Тому при роботі двох двигунів на спільне навантаження за описаною схемою доцільно брати однакові двигуни, з однаковими механічними характеристиками.

Такий електропривод на нашу думку доцільно використати для вантажопідіймальних механізмів. Оскільки електропривод механізму піднімання вантажу розраховується на максимальне навантаження, а при експлуатації він дуже часто працює з суттєвим недовантаженням, то енергетичні показники такі як коефіцієнт корисної дії та коефіцієнт потужності є суттєво нижчими. А тому доцільно спробувати розробити електропривод, який при недовантаженні буде вмикати лише один двигун, а при більшому навантаженні вмикати два двигуни.

РОЗДІЛ 2

ЕНЕРГЕТИКА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

2.1 Класифікація режимів роботи електродвигуна

Переважно потужність електродвигуна вибирають за нагріванням, а потім перевіряють за перевантажувальною здатністю.

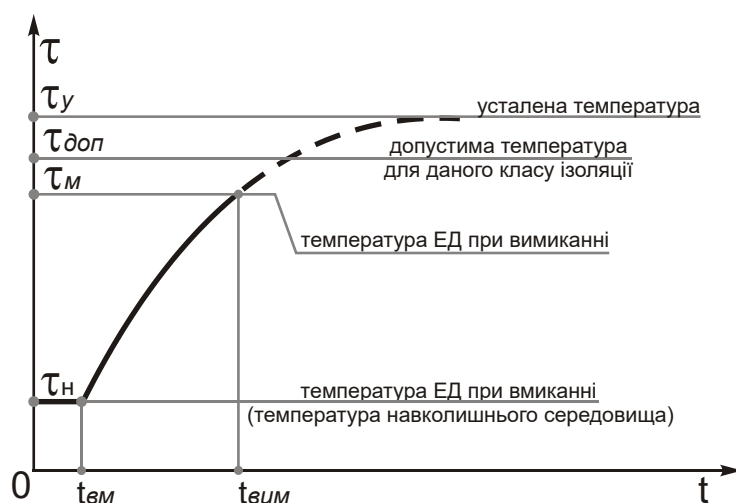


Рисунок 2.1 – До пояснення теплового режиму електродвигуна

Дуже часто усталена температура вища допустимої для класу ізоляції двигуна, проте двигун вимикають раніше, ніж його температура досягає усталеного значення (рис. 2.1). Час включення $t_{вм}$ і час виключення $t_{вим}$ залежить від характеру зміни навантаження на валі двигуна.

Вибирають або перевіряють електродвигун за умовою нагрівання шляхом порівняння параметрів режиму роботи, для якого двигун зпроектовано і виготовлено, такий режим називають номінальним, в якому електродвигун буде працювати у певній конкретній системі електроприводу.

Для електродвигунів передбачено вісім номінальних режимів, які класифікують відповідно до міжнародної класифікації та мають умовні позначення S1-S8.

Режим S1 – тривалий (довготривалий) номінальний – це режим роботи електричного двигуна при сталому навантаженні довго тривалий, при якому перевищення температури електродвигуна досягає усталеного значення (рис. 2.2).

На рисунку позначено: P - потужність на валу, ΔP - потужність втрат, $t_{вм}$ - час вмикання двигуна, τ_n - температура навколишнього середовища, τ_y - усталення температура, τ - температура.

У паспортних даних електродвигуна тривалого номінального режиму роботи представлено такі номінальні параметри: струм, $I_{ном}$ [А]; напруга, $U_{ном}$ [В]; частота обертання, $n_{ном}$ [об/хв]; потужність, $P_{ном}$ [кВт].

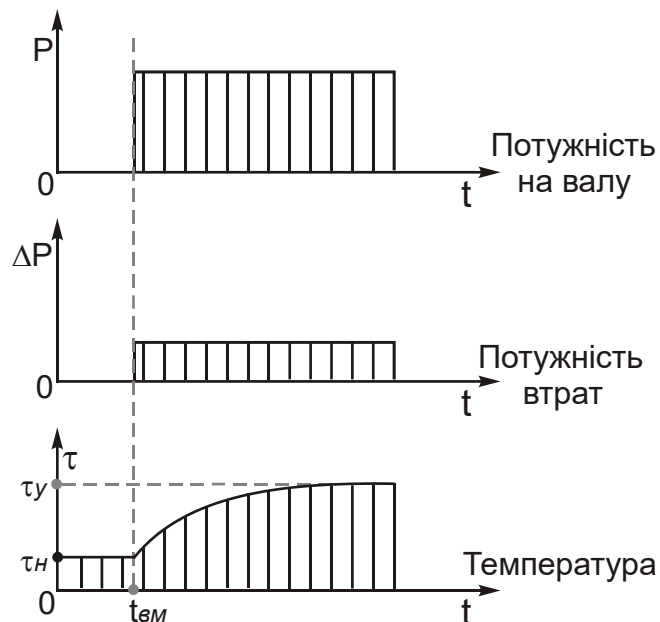


Рисунок 2.2 – Графіки тривалого режиму роботи.

Режим S2 – короткочасний номінальний - це режим роботи електричного двигуна у якому при незмінному навантаженні за робочий період машина не встигає нагрітися до усталеного значення температури τ_y , а час між вимкненим й увімкненим станом настільки тривалий, машина встигає охолонути до температури навколишнього середовища τ_n (рис. 2.3). У цьому випадку рекомендують наступні тривалості тривалості вмикання (робочого періода t_g): $t_g = 15; 30; 60; 90$ (хвилини).

Номінальні дані електричної машини: потужність, частота обертання, напруга, струм при певній тривалості ввімкнення.

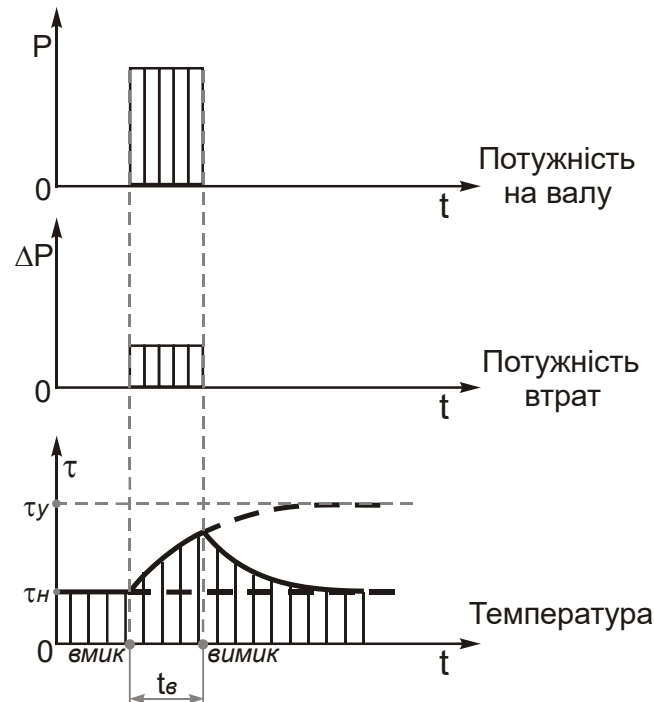


Рисунок 2.3 – Графічні залежності короткочасного режиму роботи.

Режим S3 повторно-короткочасний номінальний – короткочасні робочі періоди сталого номінального навантаження (періоди роботи) чергуються із періодами вимкненого стану двигуна (паузами), при цьому температура нагрівання електричної машини не досягає усталеної температури нагрівання τ_y ні на одному з робочих періодів t_ϵ , а під час паузи t_0 двигун не встигає охолонути до температури навколишнього середовища τ_n (рис. 2.4). Цей режим характеризується відносною тривалістю ввімкнення

$$TB = \frac{t_\epsilon}{t_\epsilon + t_0} \cdot 100\% = \frac{t_\epsilon}{t_y} \cdot 100\% ,$$

де t_0 - час паузи;

t_ϵ - час увімкненого стану (роботи);

$t_y = t_\epsilon + t_0$ - час циклу;

TB - тривалість ввімкнення.

Значення ТВ нормується: $E = \frac{t_e}{t_y} = 0,15; 0,25; 0,40, 0,60$, або $ТВ = 15; 25; 40; 60(\%)$.

У режимі S3 номінальні дані відповідають лише певним значенням ТВ і належать робочому періоду. При цьому накладається обмеження на допустимий час тривалості циклу $t_y \leq 10$ хвилин.

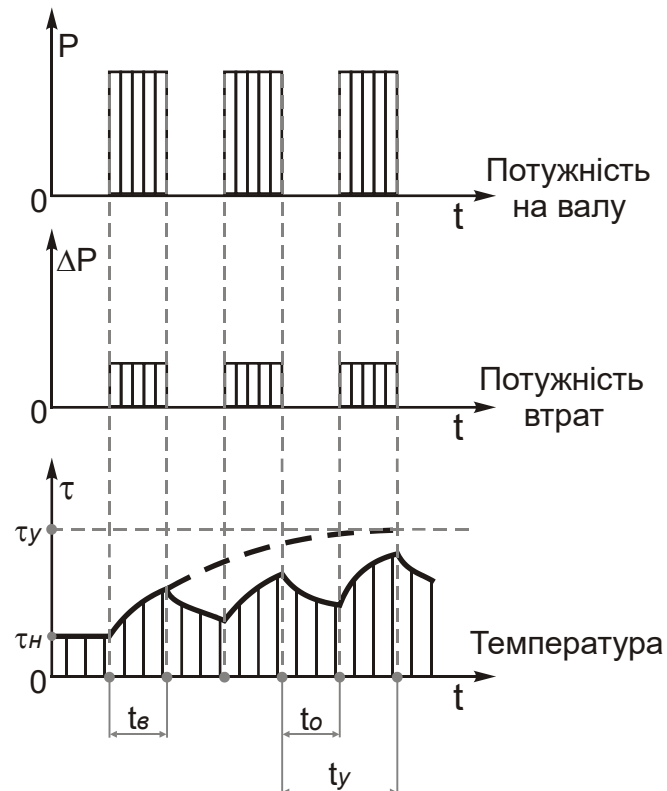


Рисунок 2.4 – Графіки повторно-короткочасного режиму роботи

Режими S1-S3 застосовують у таких виробничих механізмах (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація режимів роботи за видом механізмів

S1	S2	S3
Гребні гвинти Компресори Насоси Вентилятори й таке інше	Поворотні круги залізничні та трамвайні Шлюзи Розвідні мости Розсування завіс, фіранок, штор й таке інше	Металорізальні верстати (не усі) Ліфти Вантажопідіймальні крани та механізми. Транспортні машини й таке інше

S1-S3 режими є основними. Номінальні дані електродвигунів у цих режимах вносяться у паспорт електричного двигуна та у відповідні каталоги.

Номінальні режими S4 - S8. Є ще п'ять додаткових номінальних режимів S4 - S8. Їх коротка характеристика наступна:

- режим S4 електричної машини - повторно-короткочасний номінальний режим роботи із частими пусками (температура підвищується за рахунок втрат від частих пусків);

- режим S5 електричної машини – повторно-короткочасний номінальний режим з частими пусками й електричним гальмуванням (температури підвищується за рахунок втрат від частих пусків й гальмування);

- режим S6 електричної машини - повторно-короткочасний номінальний режим, аналогічний режиму S3, різниця у тому, що двигун не відмикається, а працює без навантаження на неробочому ході;

- режим S7 електричної машини – перемінний номінальний режим роботи з частими реверсами, які чергуються з короткими періодами сталого номінального навантаження);

- режим S8 електричної машини – перемінний номінальний режим роботи із двома, або більше швидкостями, робота з однією швидкістю й одним навантаженням чергується з роботою із другою швидкістю та іншим, відповідним новій швидкості, навантаженням).

2.2 Енергетичні показники електропривода

Основні енергетичні показники роботи електроприводу це коефіцієнт потужності $\cos\phi$, втрата потужності та енергії, коефіцієнт корисної дії ККД.

Режим роботи електроприводу суттєво впливає на енергетичні показники електроприводу, в залежності від способів регулювання координат та характеру зміни моменту навантаження. Зазвичай енергетичні показники регульованого і нерегульованого електроприводу визначають окремо при роботі їх в

перехідному і усталеному режимах. Потужність P_1 , що споживає електропривод із мережі живлення, витрачається на: реалізацію руху виконавчого органу робочої машини $P_M = M_M \omega_M$; зміну запасу кінетичної і потенціальної енергії у механічній частині електроприводу; зміну накопиченої електричної енергії в індуктивностях та ємностях електричної частини; розсіяння у вигляді тепла. В тепло перетворюються втрати: в обмотках електромеханічного та електричного перетворювача та керуючому пристрої; через перемагнічуванням сталі; на тертя у механічній частині; в ємностях.

Значення економічності роботи електроприводу характеризується відношенням виконаної механічної роботи до кількості електроенергії спожитої з мережі у будь-якому режимі:

$$\eta_u = \frac{A_{mex}}{A_{en}} = \frac{\int_0^{T_u} M_M(t) \omega_M(t) dt}{\int_0^{T_u} P dt},$$

де A_{mex} , A_{el} - корисні механічна робота і споживана з мережі електрична енергія; T_u – тривалість робочого циклу; η_u - цикловий ККД електроприводу; P_1 – потужність споживана ЕП з мережі.

На окремих відрізках часу приймаючи потужність сталою, одержимо:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}.$$

При відомих значеннях коефіцієнта корисної дії перетворювача електричної енергії $\eta_{n.el}$, двигуна η_{dv} і та механічних передач η_{mex}

$$\eta = \eta_{n.el} \cdot \eta_{dv} \cdot \eta_{mex}.$$

В електроприводі змінного струму присутня реактивна складова струму, вона не задіяна при створенні активної потужності, проте сприяє нагріванню електродвигуна. Тому, втрати під час передачі потужності постійним струмом позначаються як $\Delta P_{n.c}$, то при передаванні тієї самої потужності змінного струму, при врахуванні $\cos\phi$ електродвигуна, її втрати будуть:

$$\Delta P_{3.c} = \frac{\Delta P_{n.c}}{\cos^2 \varphi}$$

Економічність споживання активної потужності приводів із тиристорними перетворювачами характеризується коефіцієнтом потужності

$$K_n = K_c \cos \varphi_1,$$

де φ_1 – кут зсуву першої гармоніки струму.

Втрати потужності у нерегульованому електроприводі складається із потужності втрат у механічній частині і двигуні. Втрати потужності у механічній передачі $\Delta P_{мех}$ породжена тертям у рухомих частинах. Ці втрати визначаються значенням коефіцієнта корисної дії, для різних видів передач його значення при різних навантаженнях є в довідковій літературі.

Втрата потужності у двигуні сумуються постійні ΔP_c і змінні ΔP_v втрати:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_v$$

Постійні втрати потужності – це втрати потужності, що не залежать від струму навантаження двигуна, а саме: вентиляційні, втрати в сталі магнітопровода, в провідниках обмоток збудження на тертя в підшипниках.

Змінні втрати – це втрати які виникають у провідниках обмоток двигуна при протіканні по них струму навантаження.

Змінні втрати в трифазних асинхронних двигунах:

$$\Delta P_v = 3I_1^2 R_1 + 3I_2'^2 R_2' = 3I_{2ном}'^2 \left(R_2' + \frac{R_1}{\sigma_{2ном}^2} \right) \left(\frac{I_2'}{I_{2ном}'} \right) = \Delta P_{v.ном} K_3^2,$$

де $\sigma_{ном} = \frac{I_{2ном}'}{I_{1ном}}$ $\approx 0,85 \dots 0,95$, $\sigma = \frac{I_2'}{I_1}$ – відповідно номінальна і поточна кратності зведеного струму ротора і статора.

$$\Delta P_{v.ном} = 3I_{2ном}'^2 \left(R_2' + \frac{R_1}{\sigma^2} \right) \text{ – номінальні змінні втрати потужності;}$$

Орієнтовні значення σ залежно від ковзання визначають за кривими рис. 2.5.

Таким чином, змінні втрати потужності двигунів визначають за виразом:

$$\Delta P_v = \Delta P_{v.ном} K_3^2.$$

Значення повних втрат потужності в двигуні:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{v.ном} K_3^2 = \Delta P_{v.ном} \left(\frac{\Delta P_c}{\Delta P_{v.ном}} + K_3^2 \right) = \Delta P_{v.ном} (\alpha + K_3^2),$$

Де $\alpha = \frac{\Delta P_c}{\Delta P_{v.ном}}$ - коефіцієнт втрат. Величина α залежить від номінального значення потужності та кутової швидкості і для асинхронного двигуна із короткозамкненим ротором становить АД з КЗР $\alpha = 0,5 \dots 0,9$.

Значення втрат потужності під час роботи електродвигуна у номінальному режимі, при $K_3 = 1$, визначають за паспортними даними двигуна

$$\Delta P_{ном} = P_{ном} \frac{1 - \eta_{ном}}{\eta_{ном}}.$$

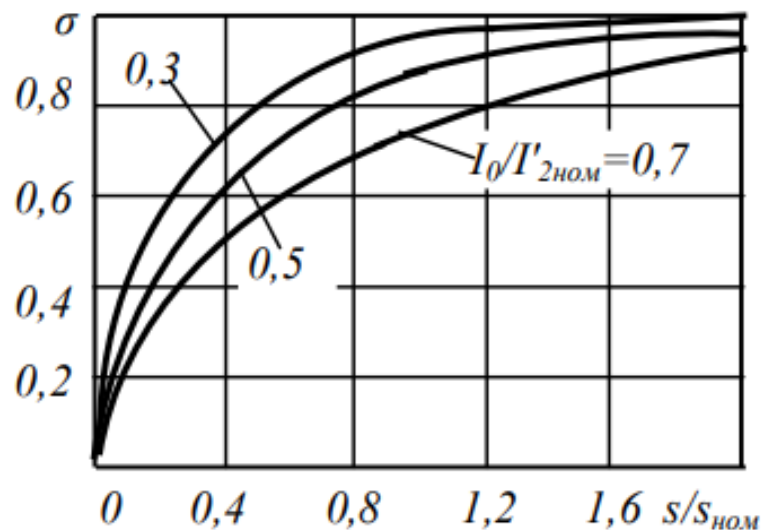


Рисунок 2.5 – Залежність відношення зведеного струму ротора і статора асинхронного двигуна від ковзання при різній кратності струму холостого ходу

Значення втрат потужності при холостому ході:

$$\Delta P_o = \Delta P_{ном} \frac{\alpha}{(\alpha + 1)} = \frac{P_{ном} \alpha (1 - \eta_{ном})}{\eta_{ном} (\alpha + 1)}.$$

Значення постійних втрат потужності:

$$\Delta P_c = \Delta P_{v.ном}.$$

Значення повних втрат потужності при і-тому навантаженні електродвигуна

$$\Delta P_i = P_i \cdot \frac{1 - \eta_i}{\eta_i},$$

де η_i – ККД електродвигуна при навантаженні P_i

При враховуванні, що при роботі на природній характеристиці

$$K_3 = \frac{I}{I_n} \approx \frac{P}{P_n}$$

То коефіцієнт корисної дії двигуна

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{P_2}{P_2 + \Delta P_{\text{дв}}} = \frac{K_3}{K_3 + \frac{\Delta P_{\text{в.ном}}}{P_{\text{ном}}} (\alpha + K_3^2)}.$$

Якщо виконати ряд перетворень, то отримаємо

$$\eta_i = \frac{I}{I + \frac{I - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}} \cdot \frac{\frac{\alpha}{K_3} + K_3}{\alpha + I}}.$$

Максимум ККД від завантаження

$$K_{3 \text{ опт}} = \sqrt{\alpha}.$$

Значення максимального ККД двигуна

$$\eta_{\text{max}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta P_{\text{в.ном}}}{\sqrt{\alpha} P_{\text{ном}}}}.$$

Для прикладу, візьмемо $\alpha = 1$ то ККД буде максимальним при $K_3 = 1$, що відповідає повному навантаженню. При $\alpha = 0,5$ то $K_3 = 0,71$, і відповідно крива ККД буде мати максимум при навантаженні двигуна 71% від номінального. Отже максимальне значення ККД відповідає навантаженню, при якому змінні і постійні втрати однакові.

У каталогах та довідниках асинхронних двигунів наводять залежності $\eta = f(K_3)$ і $\cos \varphi = \psi(K_3)$.

Коефіцієнт потужності для електродвигунів змінного струму є важливим енергетичним показником, він залежить від навантаження на валі двигуна і ілюструє, яка частина повної електричної потужності, що споживається із мережі, перетворюється на активну потужність.

Характерна зміна цієї залежності показано на рис. 2.6 б). При мінімальному навантаженні ($P_M = 0$) двигун споживає малу активну потужність, яка практично дорівнює постійним втратам, і велику реактивну потужність, яка йде на створення магнітного поля. При цьому значення коефіцієнта потужності мале.

При збільшенні навантаження реактивна складова мало змінюється, а активна росте, тоді коефіцієнт потужності зростає. Подальше зростання навантаження призведе до зростання споживання реактивної потужності через потоки розсіювання, що призводить до зменшення $\cos \varphi$.

Отже зрозуміло, що для кращого використання електричної енергії, зведення її втрат до мінімуму, досягнення максимального значення коефіцієнта корисної дії двигуна в усталених режимах електроприводу, при відсутності регулювання кутової швидкості, необхідно забезпечувати номінальне завантаження та обмежувати тривалість холостого ходу двигуна.

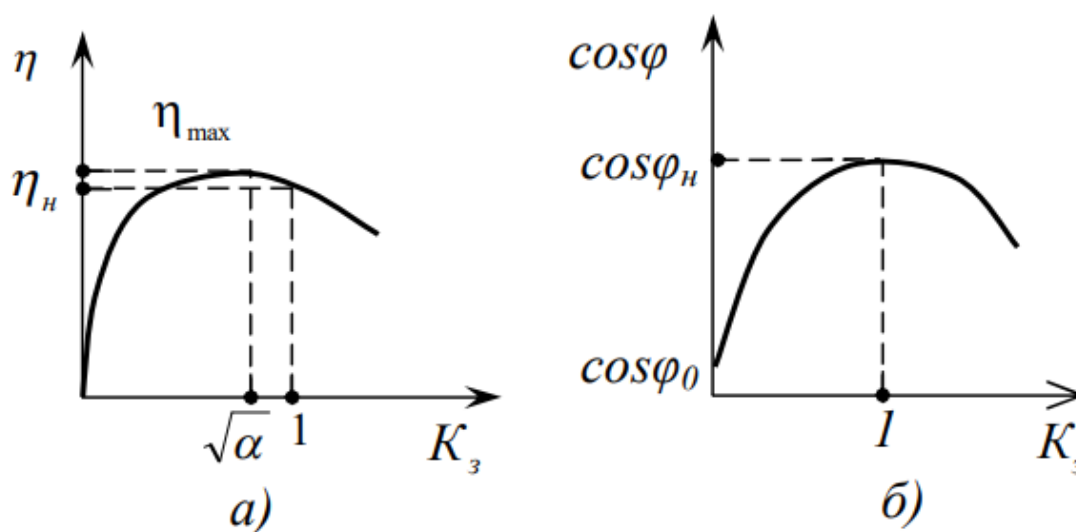


Рисунок 2.6 – Залежності ККД (а) і $\cos \varphi$ (б) від кратності навантаження двигуна

При систематичному великому недовантаженні двигунів доцільно провести їх заміну на двигуни менших габаритів, щоб їх потужність відповідала реальній потужності навантаження.

Розрахунок показує, доцільність двигуна менш потужним, якщо середнє навантаження двигуна складає менше 45% його номінальної потужності, то

заміна цього завжди доцільна. Якщо завантаження двигунів становить більше 70% номінальної потужності їх заміна взагалі недоцільна. При завантаженні двигуна у межах 45...70% доцільність їх заміни треба визначати додатковими розрахунками.

Для покращення енергетичних показників електроприводу змінного струму через підвищення їх коефіцієнта потужності доцільно: провести заміну малозавантажених електродвигунів двигунами меншої потужності; обмежити холостий хід асинхронного двигуна через автоматизацію процесу завантаження робочої машини; замінити асинхронний двигун синхронним, якщо коли це економічно вигідно; використати синхронний двигун або компенсуючі конденсатори.

РОЗДІЛ 3

ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМУ ПІДНІМАННЯ ВАНТАЖУ

3.1 Розрахунок та вибір двигуна

Режим роботи механізму переміщення ліфта повторно-короткочасний. Кран розганяється і зупиняється з постійним прискоренням, значення якого обмежується технологічними чинниками, умовою відсутності пробуксовування коліс та допустимим перевантаженням привідного двигуна.

Розрахунок і побудова спрощеної тахограми руху

Вихідні дані для розрахунку:

Маса вантажу, кг	$m_g = 5000$
Шлях переміщення, (один поверх) м	$S = 40$
Швидкість переміщення, м/с	$V = 0.71$
Граничне прискорення, м/с ²	$a = 1.5$
Діаметр барабана, м	$D = 0,5$
К.к.д. механізму	$\eta = 0,8$
Тривалість ввімкнення, %	$TB = 40$
Момент інерції кг*м ²	$J_b = 2$
Час розгону та гальмування	

$$tp = \frac{V}{a}, \quad (3.1)$$

$$t_p = \frac{0.71}{1.5} = 0.473 \text{ с},$$

$$t_z = t_p = 0.473 \text{ с}.$$

Шлях який кран проходить при розгоні та гальмуванні

$$S_p = \frac{a \cdot t_p^2}{2}, \quad (3.2)$$

$$S_p = \frac{1.5 \cdot 0.473^2}{2} = 0.168 \text{ м},$$

$$S_z = S_p = 0.168 \text{ м}.$$

Шлях переміщення з усталеною швидкістю

$$S_{yc} = S - S_p - S_z \text{ м}, \quad (3.3)$$

$$S_{yc} = 3.5 - 0.168 - 0.168 = 3.164 \text{ м}.$$

Час переміщення з усталеною швидкістю

$$t_{yc} = \frac{S_{yc}}{V} \text{ с}, \quad (3.4)$$

$$t_{yc} = \frac{3.164}{0.712} = 4.456 \text{ с}.$$

Загальний час переміщення

$$t_{\text{загал}} = t_p + t_{yc} + t_s \text{ с}, \quad (3.5)$$

$$t_{\text{загал}} = 0.473 + 4.456 + 0.473 = 5.403 \text{ с}$$

За результатами будемо тахограму руху.

Розрахунок та вибір двигуна

Прискорення вільного падіння $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Розрахунок двигуна на основі статичного навантаження

$$P_p = \frac{m_o \cdot g \cdot V}{\eta} \text{ Вт}, \quad (3.6)$$

$$P_p = \frac{400 \cdot 9.81 \cdot 0.71}{0.8} = 3483 \text{ Вт}.$$

Перерахуємо потужність двигуна до ТВ%=100%

$$P_{100} = P_p \cdot \sqrt{\frac{ТВ}{100}}, \quad (3.7)$$

$$P_{100} = 3483 \cdot \sqrt{\frac{40}{100}} = 2203 \text{ Вт}.$$

З каталогу вибираємо асинхронний двигун з ТВ=100% АИР90L2

Номінальна потужність, Вт	$P_n = 3000,$
напруга, В	$U_n = 380,$
швидкість, об/хв.	$n_n = 2850,$
струм статора, А	$I_{сн} = 6.13,$
ККД, %	$\eta_o = 0.85,$
$\cos \varphi$	$\cos \varphi = 0.88,$
λ_m	$\lambda_m = 2.2,$
ЕРС ротора, В	$E_{pn} = 155,$
Момент інерції, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$	$J_o = 0.0035.$

Номінальна кутова частота обертання двигуна

$$W_n = \frac{\pi \cdot n_n}{30} \text{ рад/с}, \quad (3.8)$$

$$W_n = \frac{3,14 \cdot 2850}{30} = 298.451 \text{ рад/с}.$$

Усталена частота обертання барабана

$$W_\sigma = \frac{2 \cdot V}{D} \text{ рад/с}, \quad (3.9)$$

$$W_\sigma = \frac{2 \cdot 0.71}{0,6} = 2.367 \text{ рад/с},$$

Передавальна число редуктора

$$i = \frac{W_n}{W_\sigma}, \quad (3.10)$$

$$i = \frac{298.451}{2.367} = 126.106.$$

Розрахунок навантажувальної діаграми

Сумарний приведенний до вала двигуна момент інерції

$$J = J_\sigma + \frac{J_b}{i^2} + m_a \cdot \left(\frac{V}{\omega_n} \right)^2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (3.11)$$

$$J = 0,0035 + \frac{2}{126.106^2} + 400 \cdot \left(\frac{0.71}{298.451} \right)^2 = 0.00589 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Кутове прискорення

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot a \cdot i}{D} \text{ рад/с}^2, \quad (3.17)$$

$$\varepsilon = \frac{2 \cdot 1.5 \cdot 126.106}{0,6} = 630.531 \text{ рад/с}^2.$$

Динамічний момент

$$M_{\partial 1} = J \cdot \varepsilon \quad \text{Нм} \quad (3.18)$$

$$M_{\partial 1} = 0.00589 \cdot 630.531 = 3.714 \quad \text{Нм},$$

$$M_{\partial 2} = 0 \quad \text{Нм},$$

$$M_{\partial 3} = -M_{\partial 1} \quad \text{Нм}.$$

$$M_{\partial 3} = -3.714 \quad \text{Нм}.$$

Статичний момент при підніманні вантажу

$$M_c = \frac{m_a \cdot g \cdot D}{2 \cdot i \cdot \eta} \quad \text{Нм}, \quad (3.19)$$

$$M_c = \frac{400 \cdot 9.81 \cdot 0.6}{2 \cdot 126.106 \cdot 0.8} = 11.669 \quad \text{Нм}.$$

Сумарний момент навантаження на кожній ділянці

$$M_1 = M_c + M_{\partial 1} \quad \text{Нм}, \quad (3.12)$$

$$M_1 = 11.669 + 3.714 = 15.382 \quad \text{Нм},$$

$$M_2 = M_c + M_{\partial 2} \quad \text{Нм},$$

$$M_2 = 11.669 + 0 = 11.669 \quad \text{Нм},$$

$$M_3 = M_c + M_{\partial 3} \quad \text{Нм},$$

$$M_3 = 11.669 + (-3.714) = 7.955 \quad \text{Нм}.$$

Будуємо навантажувальну діаграму за результатами розрахунку рис.3.1.

Перевірка двигуна

Еквівалентний момент

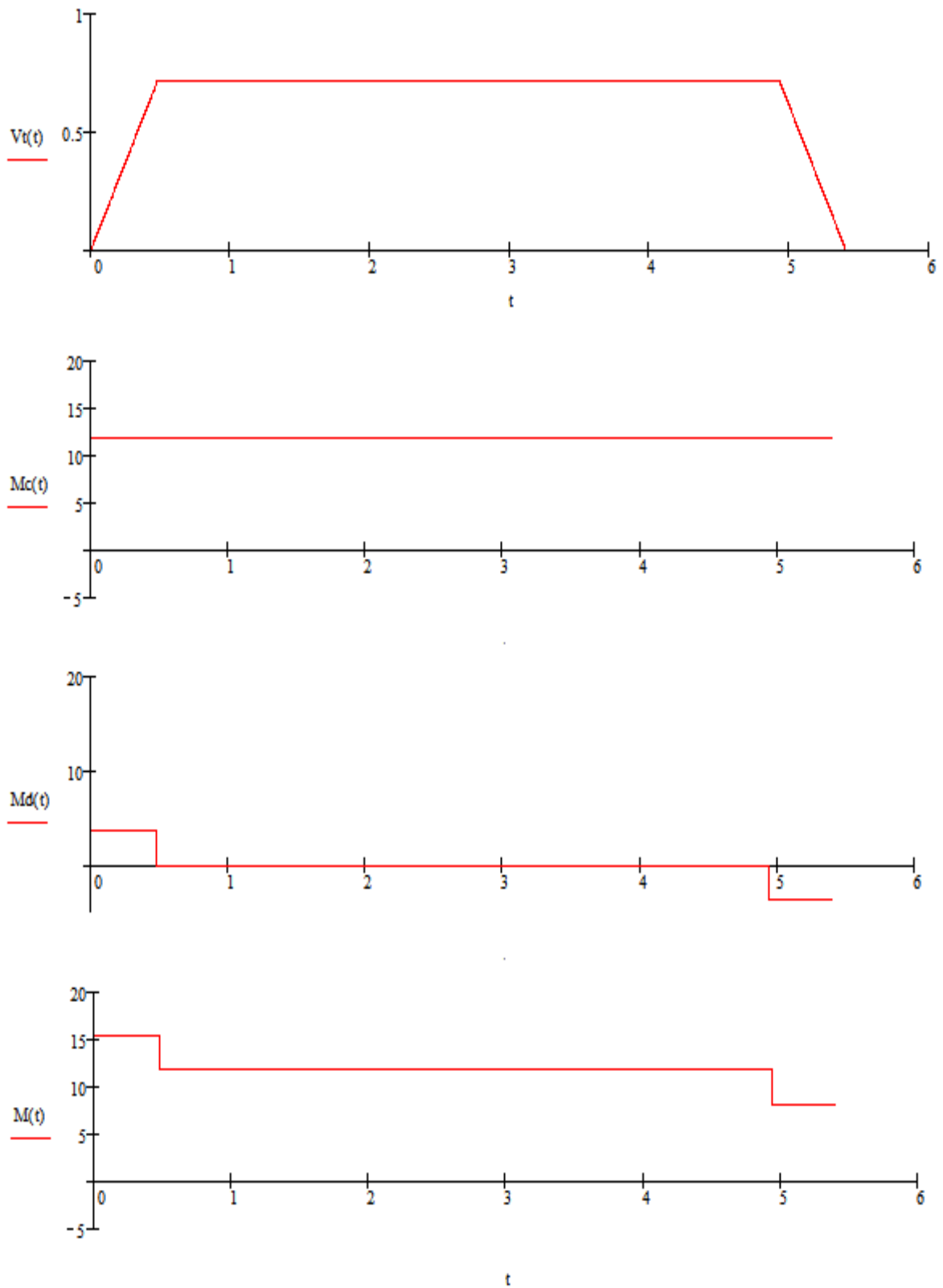


Рисунок 3.1 – Тахограма руху та діаграма навантаження двигуна

$$M_e = \sqrt{\frac{M_1^2 \cdot t_p + M_2^2 \cdot t_{yc} + M_3^2 \cdot t_z}{t_{заг}}} \quad \text{Нм}, \quad (3.13)$$

$$M_e = \sqrt{\frac{15.382^2 \cdot 0.473 + 11.669^2 \cdot 4.456 + 7.955^2 \cdot 0.473}{5.403}} = 6.292 \text{ Нм}.$$

Номінальний момент

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} \text{ Нм}, \quad (3.15)$$

$$M_n = \frac{3000}{298.451} = 10.052 \text{ Нм}.$$

Еквівалентний момент

$$M_e \leq M_n,$$

$$6.292 \leq 10.052.$$

Критичний момент

$$M_k = \lambda m \cdot M_n \text{ Нм},$$

$$M_k = 2,2 \cdot 10.052 = 22.114 \text{ Нм}.$$

Максимальний момент

$$M_1 \leq M_k,$$

$$15.382 \leq 22.114 \text{ Нм}.$$

Для реалізації ідеї стосовно використання двох двигунів половинної потужності, пропонуємо використати два двигуни АИР 80А2 потужністю 1,5 кВт із аналогічною швидкістю обертання.

3.2 Схема електроприводу

Для реалізації роботи двох двигунів, доцільно контролювати струм навантаження. Ми пропонуємо для регулювання вмикання двох двигунів

контролювати значення силового струму навантаження. Для цього треба скористатись струмовими реле. Нам необхідно контролювати два значення струму: 1 – пускового струму; 2 – робочого струму. Спочатку вмикається один двигун, проте якщо струм пусковий більший за певне порогове значення, то перше струмове реле вмикає другий двигун. Два двигуни піднімають вантаж.

Після того, як двигуни досягають робочої швидкості, струми зменшуються. І якщо робочий струм буде менший певного порогового значення струму, то друге струмове реле відмикає другий двигун (рис. 3.2).

Схема складається із двох частин: силової схеми та схеми керування.

У силовій схемі живлення подається автоматичним вимикачем QF. Живлення передбачене реверсивне, яке реалізується контакторами КМ1 і КМ2. Перший двигун АД1 у колі живлення має теплове реле КК1 для захисту від перевантаження. Струм навантаження контролюється двома струмовими реле КА1 і КА2. Струмове реле КА1 контролює пусковий струм, а струмове реле КА2 – робочий струм.

Другий двигун АД2 отримує живлення за допомогою контактора КМ3, через теплове реле захисту від перевантаження КК2. Порядок чергування фаз на двигуні АД2 аналогічний двигуну АД1, для узгодженої роботи ввєрх і вниєз.

Під час пуску потрібно більший пусковий момент, тому практично завжди пуск буде здійснюватися із двома двигунами, що забезпечить необхідну динаміку.

Окрім того у схемі передбачено кінцеві вимикачі SQ1 і SQ2, які забезпечують вимикання двигунів при досягненні крайніх положень під час переміщення.

3.3 Оцінка енергетичних показників електроприводу

Проведемо порівняльний розрахунок енергоефективності електроприводу у математичному пакеті MATHCAD.

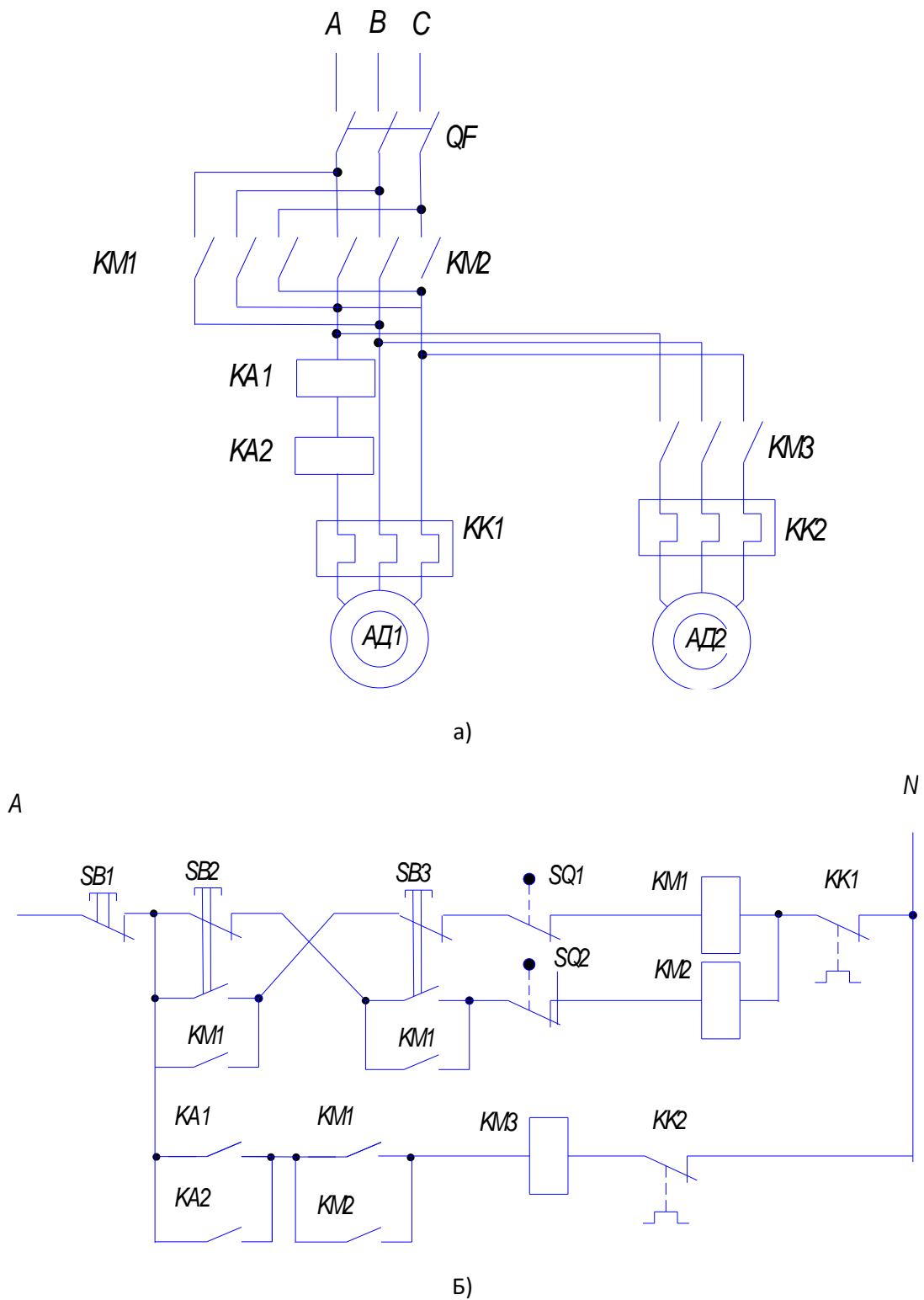


Рисунок 3.2 – Схема групового енергоощадного електроприводу механізму піднімання вантажу
а) силова схема; б) схема керування

Розрахуємо перший параметр коефіцієнт корисної дії при коефіцієнтах втрат двигуна $\alpha=0,5; 0,7; 0,9$. Коефіцієнт корисної дії $\eta=0,9$, коефіцієнт завантаження kz змінюється в межах від 0,1 до 1.

Проведений розрахунок, а також отримані графічні залежності коефіцієнта корисної дії від коефіцієнта навантаження представлені на рис. 3.3.

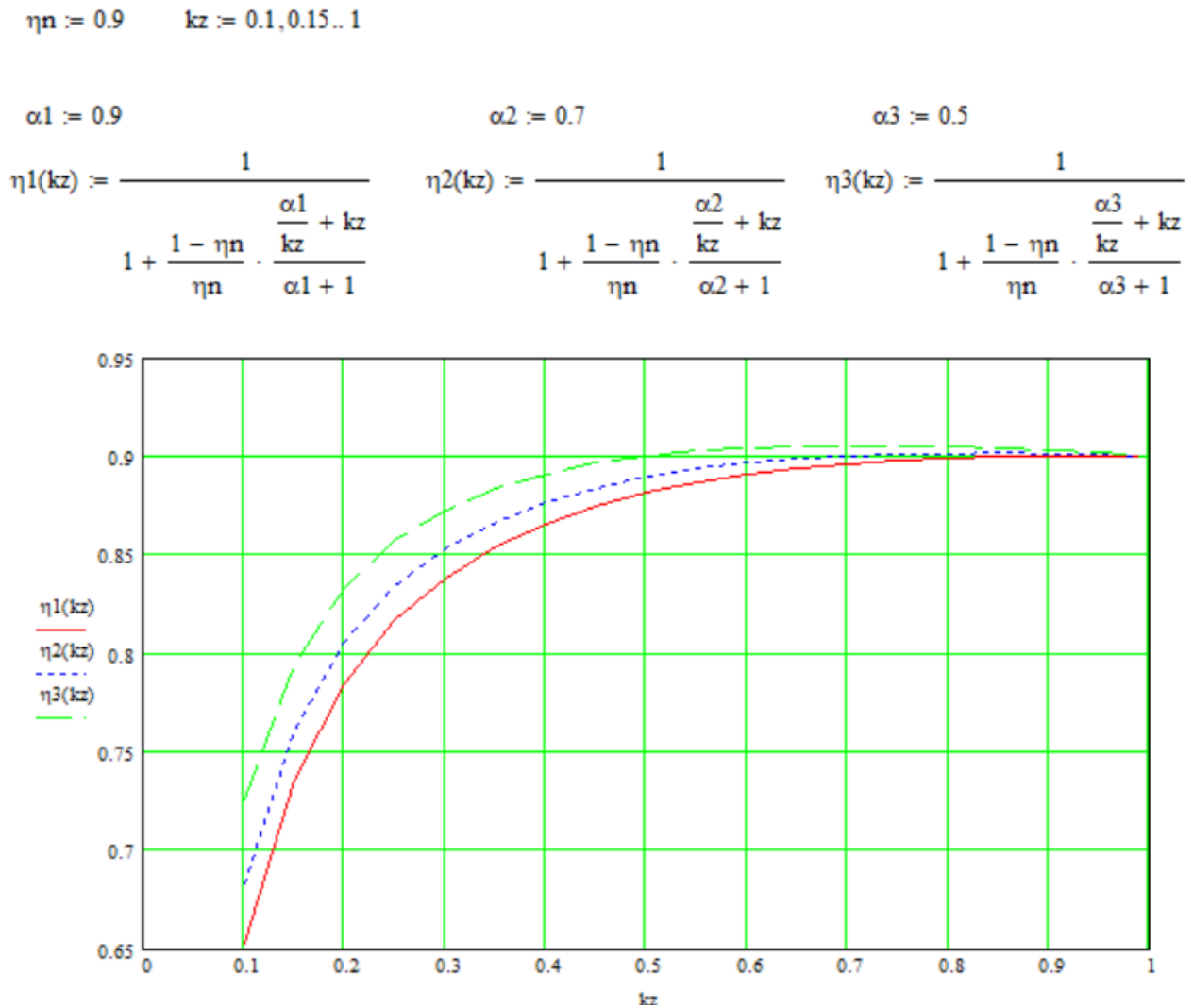


Рисунок 3.3 – Розрахунок та графічні залежності коефіцієнта корисної дії від коефіцієнта навантаження при трьох значеннях коефіцієнта втрат

Ми аналізуємо випадок, коли двигун потужністю 3 кВт завантажений на потужність не більше 50%. Для цього отримали чисельні значення ККД для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 при трьох

значеннях коефіцієнта втрат. Проведений розрахунок та отримані значення представлено на рис. 3.4.

Номінальна потужність двигуна становить 3 кВт. Визначаємо механічну потужність на валі двигуна P_m та споживану потужність із мережі в залежності від коефіцієнта навантаження. Розрахунок та чисельні значення представлені на рис. 3.5.

$$\eta_n := 0.9 \quad kz := 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$$

$$\alpha_1 := 0.9 \quad \alpha_2 := 0.7 \quad \alpha_3 := 0.5$$

$$\eta_1(kz) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_1}{kz} + kz}{\alpha_1 + 1}}$$

$$\eta_2(kz) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_2}{kz} + kz}{\alpha_2 + 1}}$$

$$\eta_3(kz) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_3}{kz} + kz}{\alpha_3 + 1}}$$

$\eta_1(kz) =$	$\eta_2(kz) =$	$\eta_3(kz) =$
0.784	0.805	0.833
0.838	0.853	0.873
0.866	0.877	0.891
0.881	0.89	0.9

Рисунок 3.4 – Розрахунок та чисельні значення ККД для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

Визначаємо втрати потужності у двигуні в залежності від коефіцієнта навантаження. Розрахунок та чисельні значення представлені на рис. 3.6.

Тепер проведемо аналогічний розрахунок для випадку використання двох двигунів половинної потужності. У такому випадку розрахунок повністю повторюється із певними змінами, а саме: номінальна потужність двигуна 1,5 кВт, коефіцієнт завантаження тепер відповідно становитиме 0,4; 0,6; 0,8; 1, що відповідає тій самій потужності, що і в попередньому випадку.

$$P_n := 3 \qquad P_m(kz) := P_n \cdot kz \qquad P_m(kz) =$$

0.6
0.9
1.2
1.5

$$P1(kz) := \frac{P_m(kz)}{\eta_1(kz)} \qquad P2(kz) := \frac{P_m(kz)}{\eta_2(kz)} \qquad P3(kz) := \frac{P_m(kz)}{\eta_3(kz)}$$

$P1(kz) =$	$P2(kz) =$	$P3(kz) =$
0.765	0.745	0.72
1.074	1.055	1.031
1.386	1.369	1.347
1.702	1.686	1.667

Рисунок 3.5 – Розрахунок та чисельні значення потужності на валі двигуна та споживаної потужності із мережі для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

$$\Delta P1(kz) := P1(kz) - P_m(kz) \qquad \Delta P2(kz) := P2(kz) - P_m(kz) \qquad \Delta P3(kz) := P3(kz) - P_m(kz)$$

$\Delta P1(kz) =$	$\Delta P2(kz) =$	$\Delta P3(kz) =$
0.165	0.145	0.12
0.174	0.155	0.131
0.186	0.169	0.147
0.202	0.186	0.167

Рисунок 3.6 – Розрахунок та чисельні значення втрати потужності для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

Перший показник – це коефіцієнт корисної дії, він матиме вищі значення оскільки, коефіцієнт навантаження у двічі більший, при трьох значеннях коефіцієнта втрат. Проведений розрахунок та отримані значення представлено на рис. 3.7. Із отриманих значень двигуна 1,5 кВт, ми бачимо вищі значення коефіцієнта корисної дії порівняно із двигуном 3 кВт.

Номінальна потужність двигуна становить 1,5 кВт. Визначаємо механічну потужність на валі двигуна P_m та споживану потужність із мережі в залежності від коефіцієнта навантаження. Розрахунок та чисельні значення представлені на рис. 3.8.

Визначаємо втрати потужності у двигуні в залежності від коефіцієнта навантаження. Розрахунок та чисельні значення представлені на рис. 3.9.

Зведемо основні отримані показники у одну узагальнену таблицю для двох випадків табл. 3.1.

$$\alpha_1 := 0.9 \quad \alpha_2 := 0.7 \quad \alpha_3 := 0.5$$

$$\eta_4(kz1) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_1}{kz1} + kz1}{\alpha_1 + 1}} \quad \eta_5(kz1) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_2}{kz1} + kz1}{\alpha_2 + 1}} \quad \eta_6(kz1) := \frac{1}{1 + \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} \cdot \frac{\frac{\alpha_3}{kz1} + kz1}{\alpha_3 + 1}}$$

$\eta_4(kz1) =$	$\eta_5(kz1) =$	$\eta_6(kz1) =$
0.866	0.877	0.891
0.891	0.896	0.904
0.899	0.901	0.905
0.9	0.9	0.9

Рисунок 3.7 – Розрахунок та чисельні значення ККД для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,4; 0,6; 0,8; 1 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

$P_{n1} := 1.5$	$P_{m1}(kz1) := P_{n1} \cdot kz1$	$P_{m1}(kz1)$												
		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.6</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.9</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.2</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.5</td></tr> </table>	0.6	0.9	1.2	1.5								
0.6														
0.9														
1.2														
1.5														
$P4(kz1) := \frac{P_{m1}(kz1)}{\eta4(kz1)}$	$P5(kz1) := \frac{P_{m1}(kz1)}{\eta5(kz1)}$	$P6(kz1) := \frac{P_{m1}(kz1)}{\eta6(kz1)}$												
$P4(kz1) =$	$P5(kz1) =$	$P6(kz1) =$												
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.693</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.011</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.335</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.667</td></tr> </table>	0.693	1.011	1.335	1.667	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.684</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.004</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.331</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.667</td></tr> </table>	0.684	1.004	1.331	1.667	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.673</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.996</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.327</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">1.667</td></tr> </table>	0.673	0.996	1.327	1.667
0.693														
1.011														
1.335														
1.667														
0.684														
1.004														
1.331														
1.667														
0.673														
0.996														
1.327														
1.667														

Рисунок 3.7 – Розрахунок та чисельні значення потужності на валі двигуна та споживаної потужності із мережі для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,4; 0,6; 0,8; 1 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

$\Delta P4(kz1) := P4(kz1) - P_{m1}(kz1)$	$\Delta P5(kz1) := P5(kz1) - P_{m1}(kz1)$	$\Delta P6(kz1) := P6(kz1) - P_{m1}(kz1)$												
$\Delta P4(kz1) =$	$\Delta P5(kz1) =$	$\Delta P6(kz1) =$												
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.093</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.111</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.135</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.167</td></tr> </table>	0.093	0.111	0.135	0.167	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.084</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.104</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.131</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.167</td></tr> </table>	0.084	0.104	0.131	0.167	<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.073</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.096</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.127</td></tr> <tr><td style="padding: 2px 5px;">0.167</td></tr> </table>	0.073	0.096	0.127	0.167
0.093														
0.111														
0.135														
0.167														
0.084														
0.104														
0.131														
0.167														
0.073														
0.096														
0.127														
0.167														

Рисунок 3.9 – Розрахунок та чисельні значення втрати потужності для фіксованих значень коефіцієнта завантаження 0,4; 0,6; 0,8; 1 при трьох значеннях коефіцієнта втрат

Таблиця 3.1 – Узагальнена порівняльна таблиця енергетичних показників двох електроприводів

α	P _m , кВт	3 кВт			1,5 кВт			$\eta_2 - \eta_1$ %	$\Delta P_1 - \Delta P_2$, кВт
		kz1	η_1	ΔP_1 , кВт	kz2	η_2	ΔP_2 , кВт		
0,9	0,6	0,2	0,784	0,165	0,4	0,866	0,093	8,2	0,072
	0,9	0,3	0,838	0,174	0,6	0,891	0,111	6,3	0,063
	1,2	0,4	0,866	0,186	0,8	0,899	0,135	5,1	0,051
	1,5	0,5	0,881	0,202	1,0	0,9	0,167	3,5	0,035
0,7	0,6	0,2	0,805	0,145	0,4	0,877	0,084	7,2	0,061
	0,9	0,3	0,853	0,155	0,6	0,896	0,104	4,3	0,051
	1,2	0,4	0,877	0,169	0,8	0,901	0,131	2,4	0,038
	1,5	0,5	0,890	0,186	1,0	0,900	0,167	1,0	0,019
0,5	0,6	0,2	0,833	0,120	0,4	0,891	0,073	5,8	0,047
	0,9	0,3	0,873	0,131	0,6	0,904	0,096	3,1	0,035
	1,2	0,4	0,891	0,147	0,8	0,905	0,127	1,4	0,020
	1,5	0,5	0,900	0,167	1,0	0,900	0,167	0	0

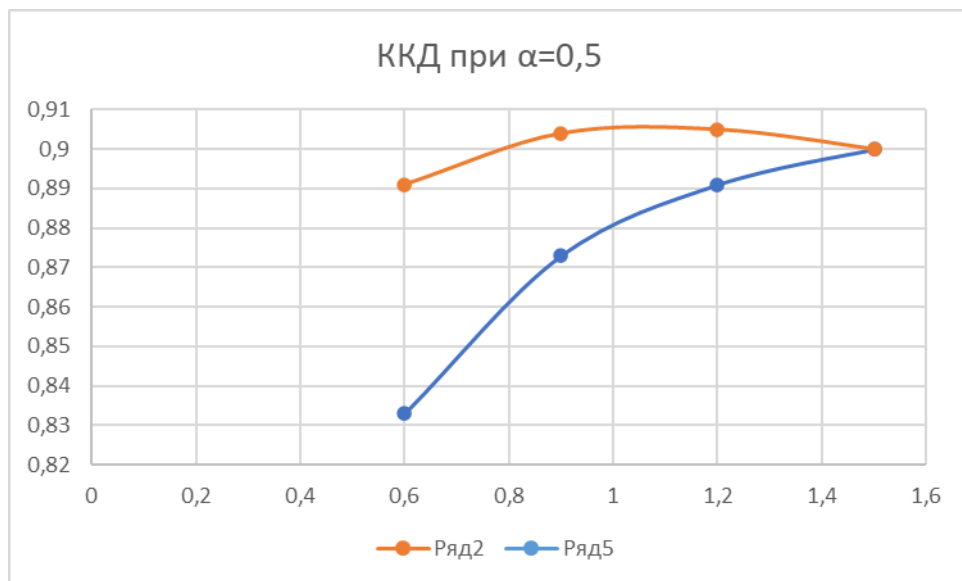
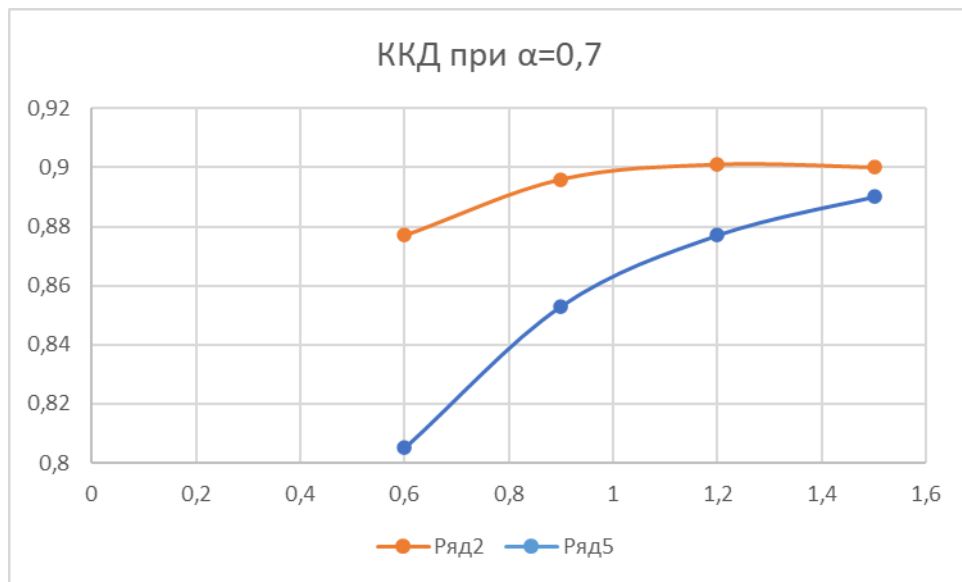
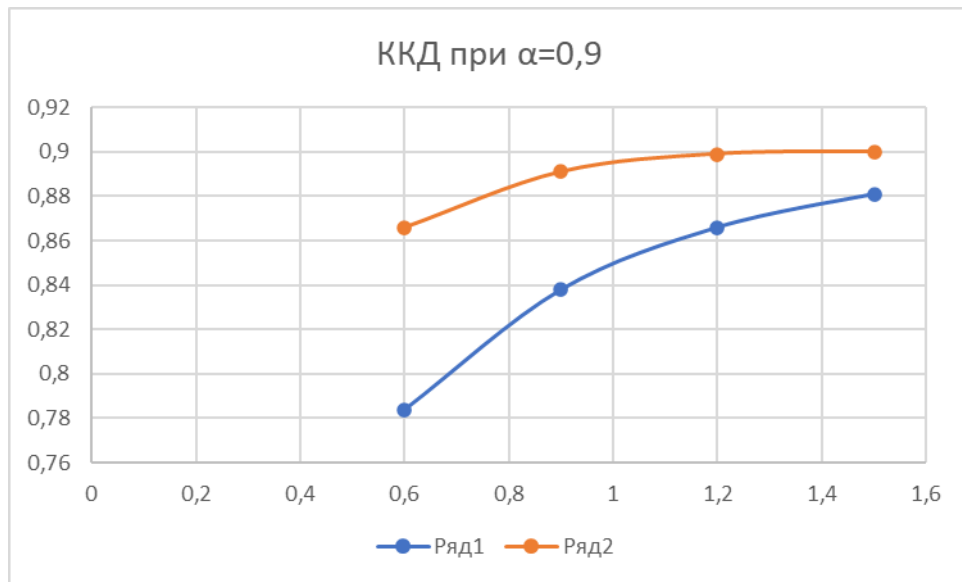


Рисунок 3.10 – Графічні залежності ККД у порівнюваних варіантах

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз стану охорони праці

Електричні машини застосовуються у багатьох галузях господарства: машинобудівній промисловості, вугільній, металургійній, сільсько-господарській та в багатьох інших галузях промисловості.

Безпечна, безаварійна експлуатація систем електропостачання ставить перед працівниками електрогосподарства складні задачі з охорони праці.

При роботі з електродвигунами дуже важливим є дотримання техніки безпеки. Не можна нехтувати навіть незначними несправностями обладнання, адже таке недбале ставлення, насамперед до себе, може призвести до травм різного ступеня важкості, або і до летального випадку.

В умовах виробництва велика кількість аварій і травм виникає внаслідок конструктивних недоліків машин, механізмів, обладнання, захисних та запобіжних пристроїв, а також часто через недосконалість технологічного процесу чи засобів захисту працівників.

Несправності двигунів найчастіше виникають у результаті зносу деталей, а також через порушення правил технічної експлуатації. За характером походження ушкодження електродвигунів поділяють на:

- електричні (пошкодження ізоляції або струмопровідних частин машини);
- механічні (ослаблення кріпильних сполучних різьблень, порушення форми і поверхні деталей, перекоси і поломки).

При експлуатації електродвигунів можливі випадки, коли:

- електродвигун не запускається;
- при пуску не набирає номінальних оборотів;
- при роботі гуде, вібрує, перегрівається;
- сильно іскрять щітки;
- чується ненормальний шум.

Обслуговуючий персонал має виявити несправність, визначити причини її виникнення і при можливості усунути її або відправити двигун у капітальний ремонт.

Правила безпеки під час обслуговування електродвигунів

Під час роботи, при якій можливе доторкання до струмоведучих частин двигуна або до його обертових частин і механізму, який вони приводять у рух, необхідно зупинити електродвигун і на ключі керування вивісити знак «Не вмикати! Працюють люди».

Коли робота на електродвигуні або механізмі, який він приводить в рух пов'язана з доторканням до струмоведучих або обертових частин, то з двигуна має бути знята напруга. Також у двигуна, що працює обмотка, яка не використовується і кабель, що її живить, слід розглядати як такі, що знаходяться під напругою.

Якщо на вимкненому двигуні роботи не проводять або їх перервано на деякий час, то від'єднана від нього кабельна лінія має бути заземлена збоку електродвигуна.

На однотипному або близькому за габаритами електродвигуні, встановленому поряд з тим, на якому проводяться роботи, необхідно вивісити плакати «Стій! Напруга» незалежно чи перебуває він в резерві чи в роботі.

При роботі забороняється знімати огороження частин електродвигуна, які обертаються, під час їх роботи.

Під час обслуговування електродвигунів необхідно дотримуватися таких заходів безпеки:

- працювати потрібно в головному уборі, спецодяг має бути застібнутим;
- остерігатись захвату одягу частинами машини, які обертаються;
- користуватись гумовими килимками або спеціальним діелектричним взуттям;
- не торкатися руками одночасно до струмоведучих частин різних полюсів або струмоведучих і заземлених частин.

Основні вимоги безпеки до працівників під час обслуговування електроустановок

1. Порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з ОП.
2. Первинний і періодичний медогляд працівників має проводитись згідно з Положенням про медичний огляд працівників, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України №45 від 31.03.94.
3. Працівники, які обслуговують електроустановки, зобов'язані чітко знати посадові інструкції відповідно до займаної посади чи роботи, яку виконують і мати відповідну групу з електробезпеки.
4. Не можна допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань з ОП.
5. Заборонено допускати до роботи працівників, які знаходяться в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння, або з явними ознаки захворювання.
6. В разі нещасних випадків з людьми необхідно негайно зняти напругу для звільнення потерпілого від дії електричного струму, без попереднього на то дозволу.

4.2 Планування заходів з покращання охорони праці

На жаль на підприємствах України умови праці за останні роки значно погіршилися. Кожен другий працівник працює в несприятливих умовах, що веде до негативних наслідків.

Вирішення проблем у сфері охорони праці може бути досягнуто за рахунок підвищення умов праці.

Повільні темпи вдосконалення умов праці на підприємстві потребують перебудови системи управління умовами праці.

Управління умовами праці – це процес здійснення технічно-організаційних, соціально-економічних та інших заходів, спрямованих на

збереження здоров'я працівника, зменшення впливу шкідливих факторів на організм працівника.

Таким чином, можна виділити наступні пропозиції щодо покращення умов праці та підвищення ефективності охорони праці.

1. Для покращення умов праці необхідно раціоналізувати режими праці і відпочинку персоналі.

2. Виготовлення та установка технічних засобів охорони праці, а саме огорожень, засобів сигналізації тощо.

3. Заміна застарілого устаткування та використання індивідуальних засобів захисту.

4. З метою виведення працівників із зони несприятливих умов, слід впроваджувати дистанційне керування виробничими процесами, а також механізувати та автоматизувати небезпечні процеси на виробництві.

5. Для зниження рівня виробничого травматизму і покращення охорони праці є піднесення економіки, тобто необхідно розходи підрозділів підприємства перевести на самостійний фінансовий баланс. Це розвиває ініціативу трудового колективу і одночасно вирішує проблеми охорони праці.

6. Необхідно чітко визначити для кожного структурного підрозділу підприємства перелік і зміст їхніх завдань і функцій.

7. Основними функціями управління є планування, організація, мотивація та контроль.

Саме функція планування забезпечує виконання правил з охорони праці і включає в себе прогнозування потрібних заходів охорони праці з метою попередження виробничого травматизму, профзахворювань і покращення умов праці. Для цього складаються певні цільові програми і здійснюється перспективне, оперативне і поточне планування роботи з охорони праці. Такі плани повинні містити спрямовані заходи на запобігання травматизму і профзахворюванням. Вони складаються з урахуванням ризиків за робочим місцем, виконання нормативних актів і політики підприємства з охорони праці.

Функція організації передбачає обов'язки, права та відповідальність кожної посадової особи з вирішення поставлених завдань, планів та політики управління охороною праці, організації служби ОП для зменшення ризиків.

Функція мотивації спрямована на створення комфортних умов праці для кожного працівника, а також на застосування методів матеріального стимулювання робочого персоналу за усунення ризиків.

Функція контролю виконання правил з охорони праці має бути комп'ютеризована для активізації діяльності щодо запобіжних дій для зменшення ризику.

8. За для виконання завдань з охорони праці потрібно створювати фонди охорони праці.

9. Порушення правил охорони праці повинні тягнути за собою штрафні санкції з боку підприємства і контролюватись державою.

10. Фонд страхування від нещасних випадків і профзахворювань має залежати від рівня ризиків певно виробництва.

11. Інструктаж та навчання персоналу з охорони праці слід проводити із застосуванням сучасних методів навчання, виховання у працівників психології і культури безпеки. Перед кожною потенційною небезпечною операцією необхідно скласти план виконання та проводити детальний інструктаж.

Впровадження заходів щодо покращення умов і охорони праці створює стимулюючий вплив на економічні та соціальні результати виробництва. Підвищується продуктивність праці за рахунок кращого використання робочого часу завдяки зниженню втрат через тимчасову непрацездатність та травматизму на виробництві. У свою чергу зростання продуктивності праці позитивно впливає на якість продукції та послуг. Слід зазначити, що комплекс заходів з покращення охорони праці може забезпечити приріст продуктивності праці на 15-20%. Також сприятливі умови праці сприяють зменшенню швидкоплинності

кадрів, що у свою чергу позитивно впливає на продуктивність та економіку самого підприємства.

4.3 Моделювання процесу виникнення травм та аварій

У наш час розвиток виробничих та технологічних процесів тісно пов'язаний з науково-технологічним прогресом і є неможливим без ефективного використання ресурсів, зменшення збитків від аварій і травматизму. Вирішення цієї проблеми потребує використання науково обґрунтованих підходів і аналізу виробничих процесів у системі «людина-машина».

Низька культура безпеки, відсутність технологічної дисципліни, а також конструктивна недосконалість та значне спрацювання устаткування супроводжуються збільшенням аварій і виробничого травматизму на підприємстві. Заходи щодо попередження небезпечних подій мають неабияку актуальність в усіх сферах виробництва, а нехтування небезпечними чинниками, які несуть небезпеку для працівника призводить до загибелі людей. Тому необхідно вміти оцінити характер виникнення небезпечних ситуацій. Для цього доцільно використовувати методи системного аналізу та моделювання процесу виникнення таких ситуацій. Тим самим підвищити безпеку життєдіяльності людини і зменшити збитки від аварійних і травмонезбезпечних ситуацій на виробництві.

Існує 4 можливих методичних підходи аналізу небезпечних подій: інженерний; модельний; експертний; соціологічний.

Розглянемо модельний підхід аналізу визначення появи небезпечних ситуацій та розрахуємо ймовірність виникнення таких ситуацій.

Такий підхід ґрунтується на побудові моделей впливу шкідливих чинників на людину. Усі чинники, які утворюють якусь конкретну аварійну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковим зв'язком.

Кожна логічна модель виникнення небезпечної ситуації складається із деякої кількості випадкових подій, які у свою чергу можна розглядати як статично залежні або незалежні між собою компоненти. Статистично залежними називаються такі події, коли поява наступної події є неможливою без виникнення попередньої. Статистично незалежні події – такі події, коли кожна з двох подій логічної моделі можуть виникати незалежно одна від одної.

Аналізуючи побудовану логічну модель певного технологічного процесу можна знайти подію, з якої починається виникнення аварійної чи травмобезпечної ситуації. А також такі моделі дозволяють вияви окремих осіб, які безпосередньо причетні до виникнення небезпечних ситуацій і визначити ступінь вини самого потерпілого.

Для аналізу небезпек, які були виявлені у процесі обстеження робочих споруд чи виробничих процесів цілком доцільно використання метод логічного моделювання процесів виникнення небезпечних подій. Проте для процесів, в яких аварія або травма виникає внаслідок впливу великої кількості статистично залежних чи статистично незалежних між собою подій, такий метод не використовується. У таких випадках доцільно застосувати так званий метод «дерева» несправностей і помилок оператора, що дозволяє визначити імовірність виникнення випадкових подій у системі «людина-машина».

Основні принципи для побудови такої моделі є такими. Вивчаємо виробництво, на якому можливі або вже мали місце раніше аварії чи виробничі травми. Після чого виділяємо якусь основну небезпечну подію і зв'язуємо цю подію з наступною, яка обумовлює її виникнення, шляхом логічного аналізу використовуючи при цьому логічні оператори

- «І» якщо одночасно відбуваються всі вхідні події;
- «АБО» якщо відбувається хоча б одна вхідна подія.

Для представлення математичного обчислення імовірності випадкових подій застосовують наступні формули.

1. Нехай у третю подію P_3 , за допомогою логічного оператора «І», входять дві попередні події. Тоді ймовірність виникнення події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2$$

2. Три події з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 утворюють четверту з ймовірністю P_4 за допомогою оператора «І». Тоді P_4 дорівнює:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3$$

3. Коли дві базові події з ймовірністю P_1 та P_2 входять до третьої за допомогою оператора «АБО». Тоді P_3 :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2$$

Нехай ймовірність події $P_1 = 0,02$, а $P_2 = 0,04$, тоді

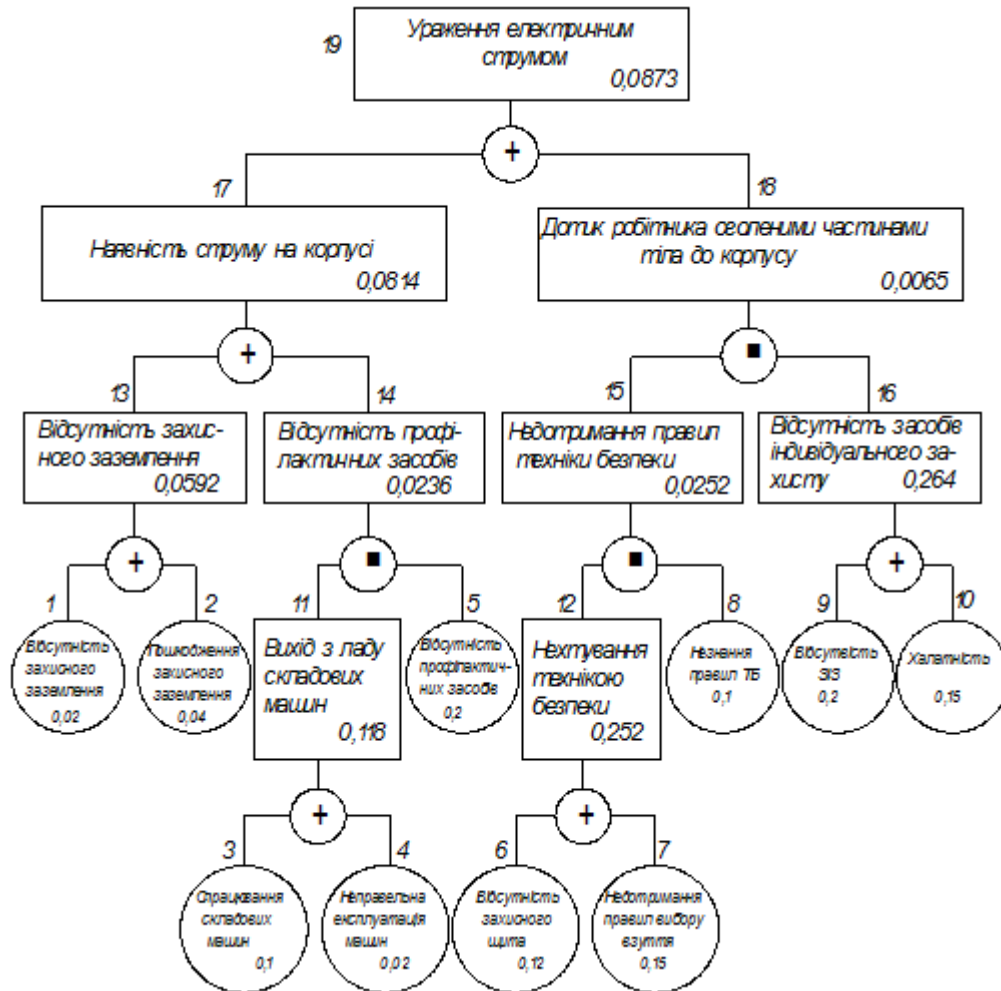


Рисунок 4.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми при технічному обслуговуванні асинхронного двигуна.

$$P_{13} = 0,3 + 0,4 - 0,3 \cdot 0,4$$

$$P_3 = 0,0592$$

$$P_{11} = 0,1 + 0,02 - 0,1 \cdot 0,02 = 0,118$$

Аналогічно обчислюємо імовірність всіх інших подій в залежності від їх номера на логіко-імітаційній моделі процесу виникнення травми при технічному обслуговуванні асинхронного двигуна (рис.3.1).

$$P_{14} = 0,118 \cdot 0,2 = 0,0236$$

$$P_{17} = 0,0592 + 0,0236 - 0,0592 \cdot 0,0236 = 0,0814$$

$$P_{12} = 0,12 + 0,15 - 0,12 \cdot 0,15 = 0,252$$

$$P_{15} = 0,252 \cdot 0,1 = 0,0252$$

$$P_{16} = 0,2 + 0,15 - 0,2 \cdot 0,15 = 0,264$$

$$P_{18} = 0,0252 \cdot 0,264 = 0,0065$$

$$P_{19} = 0,0814 + 0,0065 - 0,0814 \cdot 0,0065 = 0,0873$$

Отже, імовірність виникнення ураження електричним струмом, при наявності таких подій ($P_1 - P_{18}$) на кожну 100 одиниць аналогічного обладнання можна очікувати 8,73 аварій.

Такі моделі процесу виникнення аварій і травм допомагають зменшити імовірність виникнення небезпечних ситуацій.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

Проведемо економічну оцінку запропонованого удосконалення. За матеріалами таблиці 3.1 побудовано залежності ККД (рис. 3.10) порівнюваних варіантів. Аналіз проведено для випадку суттєвого недовантаження механізму (менше 50%). В усіх випадках ми бачимо вищий ККД у випадку використання двигуна меншої потужності.

У таблиці 3.1 також відображено економію потужності, графічна залежність представлена на рисунку 5.1. Приріст ККД показано на рисунку 5.2.

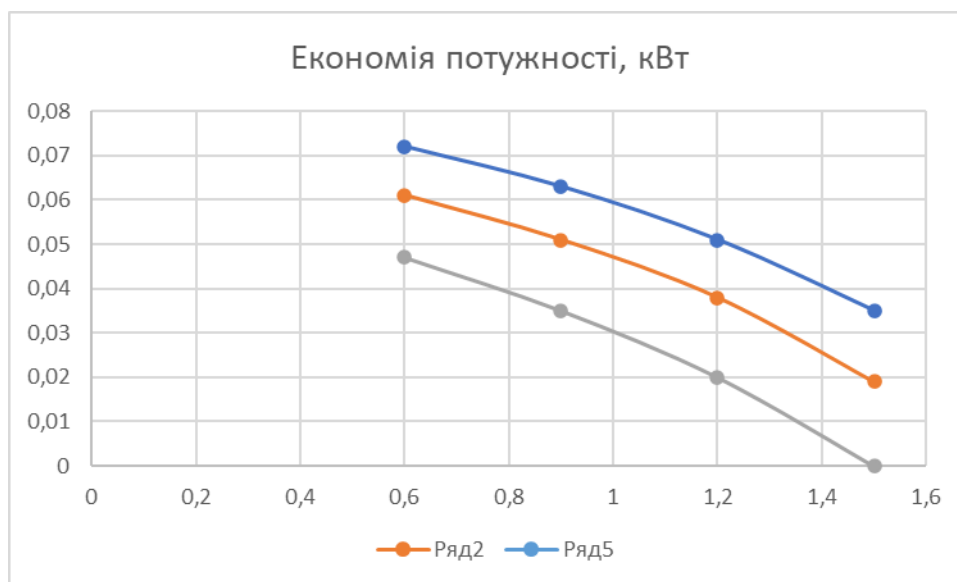


Рисунок 5.1 – Економія потужності при трьох різних коефіцієнтах втрат

В залежності від тривалості роботи механізму, а також значення коефіцієнта завантаження під час виробничої експлуатації механізму піднімання вантажу, економія електроенергії може набувати різних значень.

Розглянемо роботу механізму за умови трьохзмінної роботи. У такому випадку загальний час роботи механізму становить 6 000 годин. Суттєве недовантаження приймемо протягом 2 000 годин. Тоді зекономлена електроенергія визначається як добуток зекономленої потужності на час (2 000 год) табл. 5.1 (рис. 5.3).

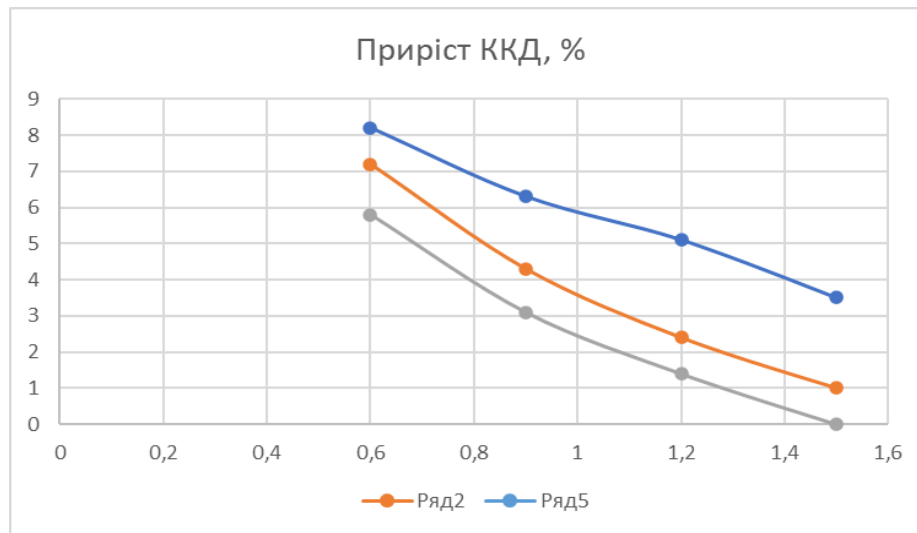


Рисунок 5.2 – Приріст ККД

Таблиця 5.1 – Узагальнена порівняльна таблиця енергетичних показників двох електроприводів

		3 кВт	1,5 кВт					
α	P_m , кВт	ΔP_1 , кВт	ΔP_2 , кВт	$\eta_2 - \eta_1$ %	$\Delta P_1 - \Delta P_2$, кВт	ΔW , кВт год	ΔE , грн	T , років
0,9	0,6	0,165	0,093	8,2	0,072	144	842,4	3,08641975
	0,9	0,174	0,111	6,3	0,063	126	737,1	3,52733686
	1,2	0,186	0,135	5,1	0,051	102	596,7	4,35729847
	1,5	0,202	0,167	3,5	0,035	70	409,5	6,34920635
0,7	0,6	0,145	0,084	7,2	0,061	122	713,7	3,64298725
	0,9	0,155	0,104	4,3	0,051	102	596,7	4,35729847
	1,2	0,169	0,131	2,4	0,038	76	444,6	5,84795322
	1,5	0,186	0,167	1,0	0,019	38	222,3	11,6959064
0,5	0,6	0,120	0,073	5,8	0,047	94	549,9	4,72813239
	0,9	0,131	0,096	3,1	0,035	70	409,5	6,34920635
	1,2	0,147	0,127	1,4	0,020	40	234	11,11111111
	1,5	0,167	0,167	0	0	0	0	

Вартість зекономленої електроенергії можна визначити як добуток зекономленої енергії на вартість одного кВт год (5,85 грн) (рис. 5.4).

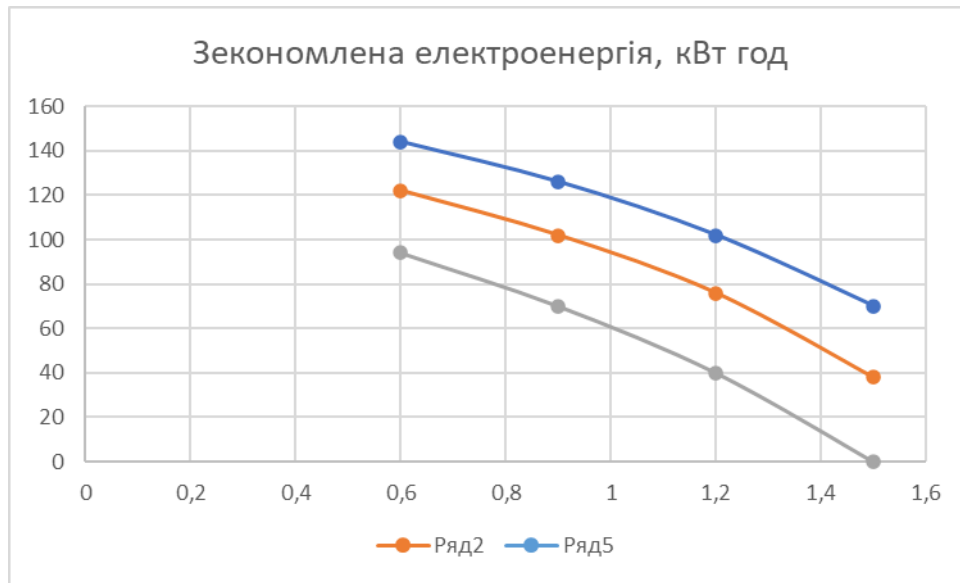


Рисунок 5.3 – Зекономлена електроенергія

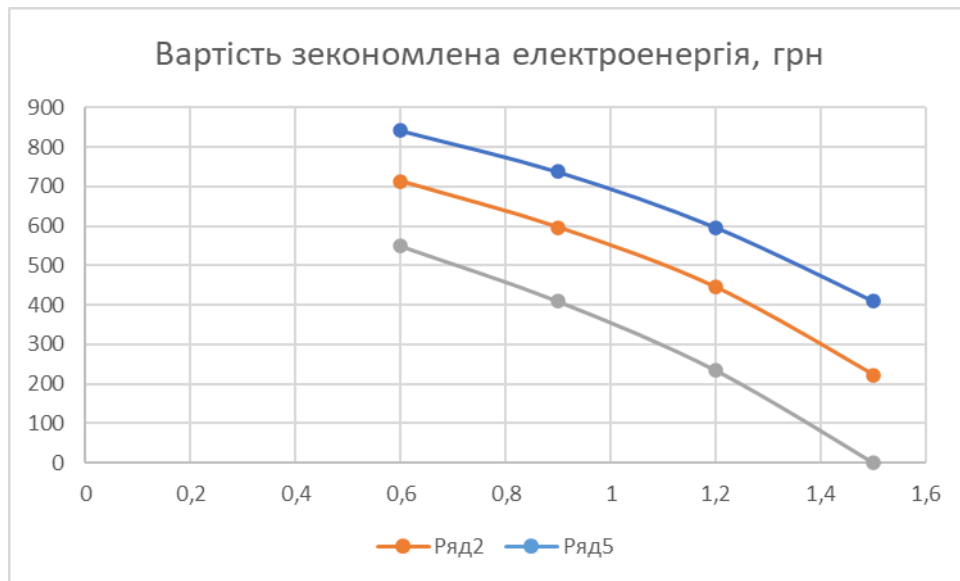


Рисунок 5.4 – Вартість зекономленої електроенергії

Вартість двигуна потужністю 1,5 кВт, орієнтовно 3 700 грн, а двигуна 3 кВт 4 800 грн. Двигунів 1,5 кВт є два, тому сумарна вартість 7 400 грн.

Різниця у капітальних вкладеннях становить $7\,400 - 4\,800 = 2\,600$ грн. Розрахунок проводимо укрупнений, не враховано комутаційно-захисне обладнання, а також експлуатаційні показники.

Термін окупності визначаємо, як різниця капітальних вкладень поділити на зекономлені кошти на електроенергії (рис. 5.5). Усі результати розрахунків представлені у таблиці 5.1.

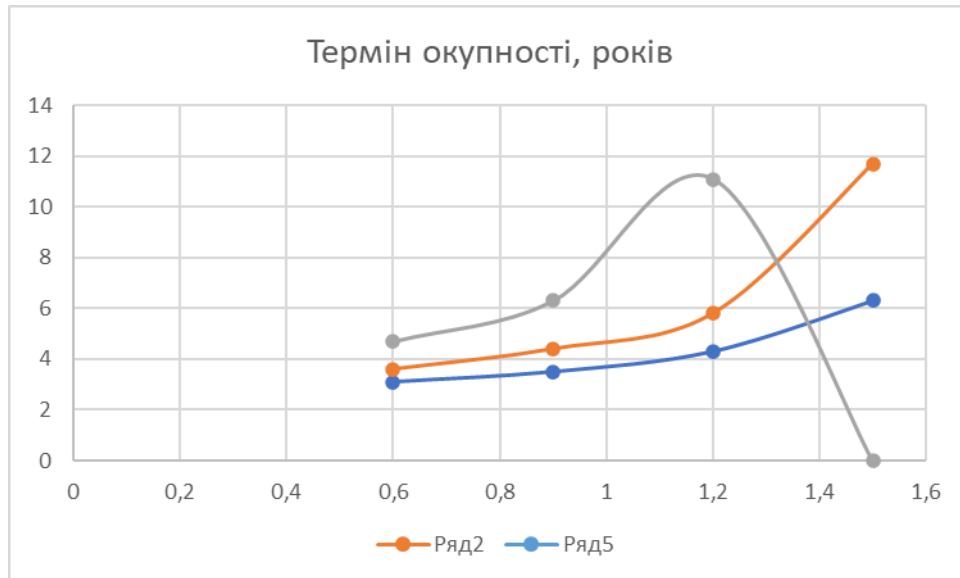


Рисунок 5.5 – Вартість зекономленої електроенергії

Аналізуючи отримані результати слід відмітити наступне:

- при суттєвому недовантаженні двигуна по потужності доцільно використовувати дводвигунний електропривод із двигунами половинної потужності;
- у випадку підтримання рівня завантаження близького до номінального – дводвигунний привід використовувати не доцільно;
- для навантаження у межах 50 – 75% від номінального можна розглянути використання двох двигунів із сумарною потужністю більше розрахункової, для використання лише одного двигуна;
- в загальному, як видно із рисунку 5.5, за суттєвого недовантаження доцільно використовувати дводвигунний електропривод, оскільки термін окупності становить від трьох років і при збільшенні навантаження термін окупності зростає, оскільки рівень економії енергії рис. 5.3, а відповідно і економія коштів зменшується.

ВИСНОВКИ

1. В роботі проаналізовано будову та роботу підймальних механізмів.
2. Обґрунтовано тему роботи, оскільки механізми піднімання вантажу часто недовантажуються, то доцільно розглянути груповий електропривод із двох двигунів половинної потужності для використання роботи лише із одним двигуном при суттєвому недовантаженні.
3. Проаналізовано теоретичні питання, основних номінальних режимів роботи, а також енергетику роботи електроприводу, втрати потужності, коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт потужності.
4. Розраховано механізм піднімання. Запропоновано схему автоматизованого електроприводу вмикання вимикання електродвигунів механізму піднімання вантажу, із автоматичним відмиканням другого двигуна.
5. Розраховано основні енергетичні показники двох випадків електроприводу при завантаженні на рівні менше 50% від номінального, а саме ККД, втрат потужності, економії потужності при використанні двигуна половинної потужності.
6. Проаналізовано питання охорони праці.
 - Проведено економічний розрахунок який показав, що при суттєвому недовантаженні двигуна по потужності доцільно використовувати дводвигунний електропривод із двигунами половинної потужності; у випадку підтримання рівня завантаження близького до номінального – дводвигунний привід використовувати не доцільно; для навантаження у межах 50 – 75% від номінального можна розглянути використання двох двигунів із сумарною потужністю більше розрахункової, для використання лише одного двигуна; в загальному, як видно із рисунку 5.5, за суттєвого недовантаження доцільно використовувати дводвигунний електропривод, оскільки термін окупності становить від трьох років і при збільшенні навантаження термін окупності зростає, оскільки рівень економії енергії рис. 5.3, а відповідно і економія коштів зменшується.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник. М.Г.Попов іч, О.Ю.Лозинський, В.Б.Клепиков та ін.; За ред. М.Г.Поповіча, О.Ю.Лозинського. Київ: Либідь, 2005 р. 680 с.
2. Видмиш А.А. 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 р. 96 с.
3. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній (за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
4. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум/ Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2003 р. 135 с.
5. Матвійчук В.А., Стаднік М.І., Рубаненко О.О. Електропривод виробничих машин і механізмів. Навчальний посібник з виконання курсової роботи. Вінниця: ВНАУ, 2016 р. 320 с.
6. Колб А. А. Теорія електроприводу. Навчальний посібник. Донецьк: Національний гірничий університет, 2006 р. 511 с.
7. Браславський І.Я., Ішматов З.Ш. Реалізація енергоощадних технорлогій на основі регульованих асинхронних електроприводів. Київ: Електроінформ. 2003 р. 15 с.
8. Ю. М. Лаврієнко Електропривод. Підручник. Київ: Ліра-К 2009 р. 504с.
9. Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Войтюк Д.Г. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній(за ред. Жулая Є.Л.). Київ: Вища освіта, 2001 р. 288 с.
10. Ярошенко Л.В. Лабораторний практикум з електропривода та електрообладнання: Навчальний посібник. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010 р. 192 с.
11. Основи охорони праці. Купник М.П. і ін. Київ: Основа, 2000 р. 41с.

12. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Офіц.вид. – К.: Держбуд України, 2001 р. 24 с.
13. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В. Основи охорони праці. Підручник для професійно-технічних закладів. Київ: Вікторія. 2001. 192 с.
14. В. Ц. Жилдецький Основи охорони праці. Підручник. Львів: Афіша. 2005.
15. Видмиш А.А., Трошин О.А. Теорія електропривода. Лабораторний практикум Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. 2003 р. 135 с.