

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

Державний вищий навчальний заклад

«Національний гірничий університет»

Електротехнічний факультет
Кафедра електропривода

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ

“ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА”

для студентів напрямку 6.05.07.01 «Електротехніка та електротехнології» (ЕЕ)

Виконав: студент
групи _____

Керівник проекту:

Дніпропетровськ
2012 р.

Методичні матеріали для курсового проекту з дисципліни «Основи електроприводу» студентів напряму підготовки 6.05.07.01 «Електротехніка та електротехнології» (ЕЕ) / В.Е. Воскобойник – Дніпропетровськ: ДВНЗ Національний гірничий університет, 2012. – 30с.

Укладачі: В.Е. Воскобойник, канд. техн. наук, професор.

Відповідальний за випуск

завідувач кафедри електропривода

О.С. Бешта, доктор. техн. наук, професор

Вступ

Мета курсового проекту – практичне засвоєння методів аналізу та синтезу автоматизованого електропривода.

Для виконання проекту використовуються :

- метод попереднього вибору електричного двигуна за даними навантажувальної діаграми механізму;
- метод зведення параметрів системи до валу двигуна;
- метод вибору системи керування електроприводом;
- методи розрахунків характеристик та механічних перехідних процесів
- метод перевірки електродвигуна за умови нагрівання.
- методи вибору елементів системи електропривода;

Структура проекту

Проект складається з двох частин: пояснювальної записки та креслення.

Пояснювальна записка має містити:

- титульний аркуш;
- завдання з вихідними даними;
- графіки та параметри навантажувальної діаграми механізму;
- попередній вибір електричного двигуна;
- розрахунки характеристик двигуна та опорів додаткових резисторів, що їх забезпечують;
- вибір логічної (релейної) системи керування електродвигуном, яка забезпечує процеси привода з розрахованими характеристиками;
- розрахунки перехідних та сталих механічних процесів;
- розрахунки варіанта реалізації блока додаткових резисторів;
- перевірку електродвигуна за умови припустимого нагрівання;
- перелік літературних джерел.

У розрахунках слід віддавати перевагу методам з використанням ПЕОМ (пакети PASCAL, C++, MATHCAD, EXCELL, ..). До кожного прийнятого рішення необхідно наводити достатнє обґрунтування.

Загальний обсяг пояснювальної записки може складатися з 10..15 сторінок формату А4.

Креслення виконується на аркушах у форматі А1 або А4 та має відображати:

- навантажувальну діаграму заданого механізму;
- графіки характеристик електричного двигуна;
- електричну схему керування електроприводом;
- графіки перехідних процесів розгону та гальмування двигуна;
- схему реалізації пускових та гальмових додаткових резисторів.

Методичні рекомендації

1. Загальні характеристики об'єкту

До розрахунків пропонується два варіанти механізмів: **пересування** та **підйому** електричного крану з кінематичними схемами за рис.1.

Навантажувальний момент механізму пересування створюється силами тертя, які гальмують механічну систему незалежно від напрямку пересування (рис. 2а).

Навантажувальний момент підйомного механізму під час піднімання вантажів гальмує механічну систему, а під час опускання – розганяє (рис. 2б).

Приводи працюють циклічно у повторно – короткочасних режимах (**S2**). Жорстких вимог щодо параметрів режиму не висувається, що дозволяє обирати найпростіші електроприводи з електродвигунами змінного струму.

1.1. Вихідні дані (додаток 1) включають:

- тип механізму (пересування або підйому);
- параметри циклу (t_{M1} , t_{M2} – тривалість роботи механізму у різних режимах; $t_{\text{циклу}}$ – тривалість циклу, яка включає суму $t_{M1} + t_{M2}$ та дві довільні паузи; $\text{ПВ} = \frac{t_{M1} + t_{M2}}{t_{\text{циклу}}}$ – параметр навантажувальної діаграми (відносна тривалість роботи механізму);
- параметри навантаження (M_M – момент сил навантаження на валу механізму; J_M – момент інерції механізму; η – ККД механічної передачі від валу двигуна до механізму (для спрощення розрахунків приймається незмінним); ω_M – задана частота обертання валу механізму.

2. Попередній вибір електричного двигуна.

Електричний двигун вибирається так, щоб його каталожна номінальна потужність P_H була не менша за еквівалентну P_E :

$$P_H \geq P_E \quad (1)$$

Еквівалентна потужність розраховується за даним навантажувальної діаграми:

$$P_E \approx K_3 \cdot \frac{\omega_M \cdot M_M}{\eta} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{\text{ПВ}_H}}, \quad (2)$$

де: K_3 – коефіцієнт запасу ($\sim 1,5$); ПВ_H – номінальне значення відносної тривалості роботи двигуна за даними каталогу, (%). Вибирати слід двигуни типів **МТМ**, **МТН** або **МТФ** (додаток 2).

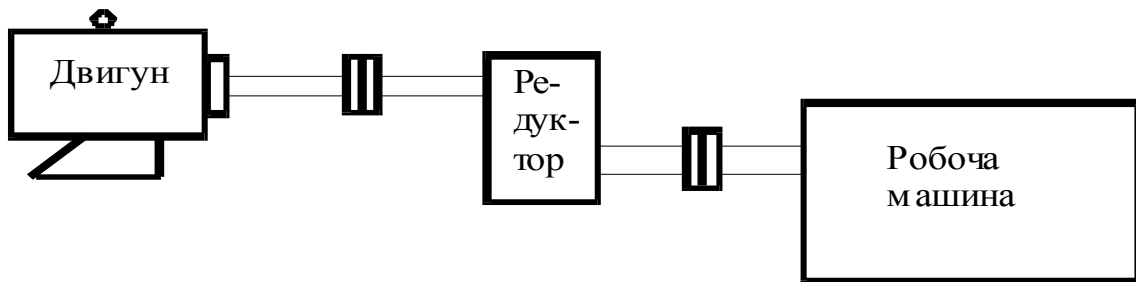


Рис.1. Кінематична схема електропривода

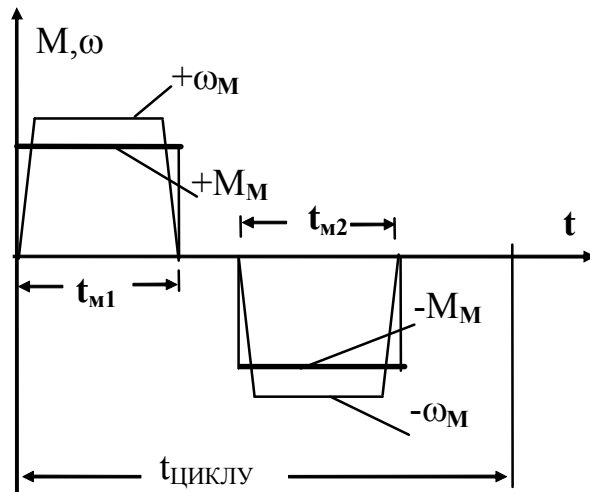


Рис.2а. Діаграма роботи механізму пересування

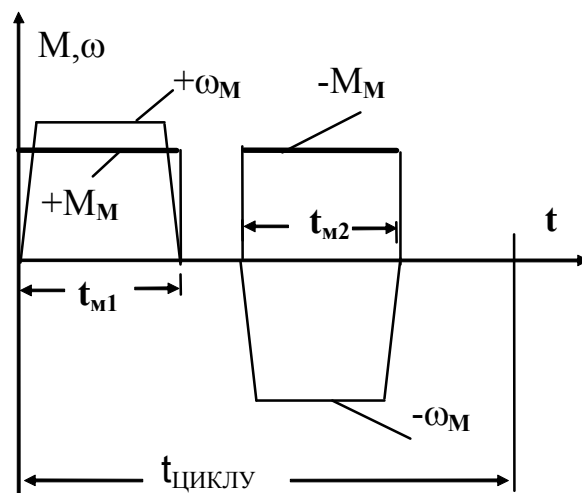


Рис.2б. Діаграма роботи підйомного механізму

2.1.Зведення параметрів механізму до валу двигуна

Для розрахунків необхідно використовувати рівняння руху

$$M - M_C = J \cdot \rho \omega, \quad (3)$$

яке включає еквівалентний (зведений) момент сил навантаження M_C та еквівалентний (зведений) момент інерції системи J .

Для режимів пересування та підйому:

$$M_C = \frac{M_M}{i \cdot \eta} \quad (4)$$

У режимах опускання :

$$M_C = \frac{M_M(2\eta - 1)}{i \cdot \eta} \quad (5)$$

Для кожного механізму незалежно від режиму:

$$J = J_{ДВ} + J_{МЕХ} = J_{ДВ} + 1,05 \cdot \frac{J_M}{i^2}, \quad (6)$$

де: $J_{ДВ}$ - момент інерції двигуна за каталогом;

$$i = \frac{\omega_H}{\omega_M} \text{ - передавальне число редуктора;} \quad (7)$$

ω_M – задана частота обертання валу механізму, рад/сек.; ω_H – номінальна частота обертання валу двигуна за каталогом, рад/сек. Якщо частота обертання задана як n_H , об/хв., то ω_H необхідно розрахувати:

$$\omega_H = n_H \cdot \frac{\pi}{30}; \quad (8)$$

1,05 – коефіцієнт, який враховує інерційність допоміжних механічних елементів (з'єднувальних муфт, редуктора, ..).

3. Вибір схеми та характеристик двигуна

Характеристики двигуна повинні забезпечувати стандартні режими роботи електропривода: розгін, пересування із заданою швидкістю у заданому напрямку та електричне гальмування.

Варіант електропривода з додатковими резисторами у роторних контурах (рис.3) називають резисторним. Він може включати групи резисторів у фазах ротора. У залежності від стану контактів s_1 , s_2 , та s_3 можна змінювати опори резисторів та одержувати штучні характеристики для розгону або гальмування. Раціональний вибір додаткових опорів та своєчасний перехід з однієї характеристики на іншу дозволяє утримувати електромагнітний момент двигуна під час пуску або гальмування в межах від максимального M_1 до мінімального M_2 значень.

Розрахунки та аналіз режимів та параметрів доцільно виконувати у відносних одиницях. На рис.4 показана пускова діаграма привода за схемою рис.3 у відносних одиницях моменту $\mu = \frac{M}{M_K}$ та частоти обертання $\nu = \frac{\omega}{\omega_0}$.

Параметри M_K та ω_0 розраховуються за даними каталогу:

$$M_K = M_H \cdot \left(\frac{M_K}{M_H} \right), \quad (9)$$

де: M_K – максимальний (критичний) момент двигуна; $\left(\frac{M_K}{M_H} \right)$ – перевантажувальна здатність двигуна за каталогом; M_H – номінальний момент, який розраховується через номінальну паспортну потужність двигуна P_H (кВт) та номінальну паспортну частоту обертання валу n_H (об/хв.):

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H}, \text{ Нм}. \quad (10)$$

Частота обертання ідеального холостого ходу

$$n_0 = \frac{3000}{p_Z} \text{ (об/хв.)}, \quad (11)$$

де: p_Z – кількість пар полюсів двигуна.

За даними каталогу остання група цифр у позначенні двигуна – це кількість полюсів. Наприклад, двигун типу МТН-111-6 має $2 \cdot p_Z = 6$ або $p_Z = 3$, що дозволяє визначити $n_0 = 1000$ (об/хв.).

Після визначення n_0 , нескладно розрахувати:

$$\omega_0 = n_0 \cdot \frac{\pi}{30} \text{ (рад/сек.)}. \quad (12)$$

Ділянки діаграми рис.4 є фрагментами штучних характеристик: „ab” – з максимальним опором у роторі (s_1 , s_2 та s_3 розімкнені), „cd” – (s_1 замкнені, s_2 та s_3 розімкнені), „ef” – s_1 замкнені, s_2 та s_3 розімкнені. Останній фрагмент, який починається з позначки g є природною характеристикою двигуна (s_1 , s_2 та s_3 замкнені). Ділянка „ab” з від’ємними значеннями частоти обертання може використовуватися для гальмування противмиканням.

Кількість та параметри характеристик у різних режимах залежать від конструкції станції та її елементів (кількості додаткових резисторів у контурах ротора, контактів для їх комутації та схеми командо апарату).

За основу доцільно обирати схему типової станції та переробляти її у залежності від режимів розгону та гальмування, кількості штучних характеристик у кожному режимі, кількості контактів командоапарату.

Для механізмів пересування, для яких момент навантаження має реактивний характер (гальмує систему незалежно від напрямку пересування) доцільно розробляти систему з однаковими характеристиками у різних напрямках пересування. Типова схема показана на рис. 5.

Схема включає контактори для комутації потужних контурів статора і ротора (Л, В, Н, Д, П, 1У, 2У), командоапарат КК з контактами КК0, КК1, КК2, КК3, КК4, реле часу для автоматичного перемикавання характеристик під час розгону або гальмування (1РУ, 2РУ, РД, РДТ) та інші елементи – для захисту або блокування.

Система дозволяє ручний (неавтоматичний) вибір характеристик.

Рис. 3. Схема підключення додатковими резисторів у роторні контури

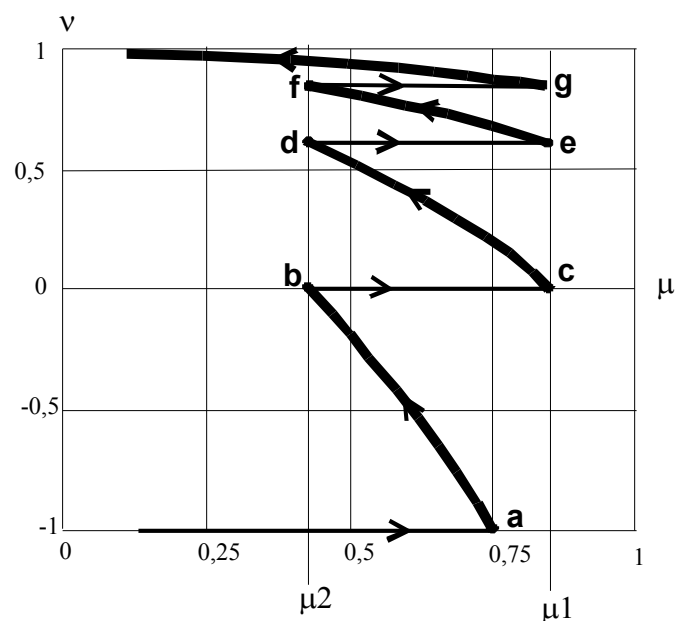


Рис. 4. Пускова діаграма резисторного електропривода

Двигун вмикається до мережі живлення змінного струму. Три додаткових опори у роторних контурах $R_{Д1}$, $R_{Д2}$ та $R_{Д3}$ дозволяють одержати три штучні характеристики. Характеристика з максимальним опором використовується тільки у режимі гальмування протидвиганням. Дві інші – у режимі розгону або динамічного гальмування.

Вмикання електродвигуна до мережі постійного струму дозволяє реалізувати характеристики динамічного гальмування.

3.1. Робота типової станції релейного керування ПУ 6520-03А2 .

Спочатку без затримки у часі вмикається контактор **П** і станція реалізує характеристику з двома додатковими опорами у роторі (**R_{Д2}** плюс **R_{Д3}**). Після вмикання **П** втрачає живлення котушка **1РУ**. З затримкою у часі замикаються контакти **1РУ** у контурі котушки контактора наступного ступеня (**1У**). Потужні контакти **1У** закорочують опір **R_{Д2}**. Інший контакт **1У** розриває живлення котушки **2РУ**. Після відповідної затримки у часі замикаються контакти **2РУ** у контурі котушки контактора наступного ступеня (**2У**). Додаткові опори виводяться з ротору і двигун працює на природній характеристиці. Таким чином реалізується автоматичний розгін двигуна у функції часу за допомогою реле **1РУ** та **2РУ** з поступовим виведенням із роторних контурів додаткових опорів **R_{Д2}** та **R_{Д3}**.

Переведення рукоятки командоапарату із одного крайового положення в інше створює режим гальмування противмиканням, який контролюється у функції частоти обертання (напруги у роторі) за допомогою реле **РП**.

Переведення рукоятки **КК** з робочого у нульове положення вмикає динамічне гальмування з контролем характеристик у функції часу за допомогою реле **1РУ**, **2РУ** та загальної тривалості за допомогою реле **РД**.

Станція забезпечує нульовий захист від мимовільного пуску (**РН**), захист від струмів короткого замикання (**РМ, 2П**), механічний захист від одночасного вмикання контакторів напрямку руху **В** та **Н**, примусове припинення динамічного гальмування при переведенні рукоятки **КК** в одне з робочих положень за допомогою **РБД**.

В приводі з механізмом пересування, доцільно змінити схему керування так, щоб реалізувати три характеристики розгону без гальмування противмиканням і використати той самий командоапарат. Для цього необхідно додати ще одно реле часу із запуском від контактора **Л** та вмиканням через контакти цього реле котушки **П**. У загальному випадку кількість штучних характеристик розгону та гальмування залежить від співвідношення моменту сил зовнішнього навантаження та мінімального моменту пускової діаграми (μ_2 на рис. 4):

$$M_2 = \mu_2 \cdot M_K \geq 1,2 \cdot M_C \quad (13)$$

Для підйомних механізмів момент зовнішнього навантаження має активний характер. Під час підйому механізм гальмує переміщення, а під час опускання – розганяє. З цієї причини характеристики розгону і гальмування для різних напрямків пересування повинні бути різними.

3.2. Керування підйомом вантажів

Схема типової станції керування підйомником показана на рис. 6. Схема включає контактори для комутації потужних контурів статора і ротора (**В**, **Н**, **1П**, **2П**, **1У**, **2У**, **3У**, **4У**), командоапарат з контактами **К1..К12**, захисні елементи (**РН**, **КВ**, **КН**, **ЭТ**). У режимах підйому спочатку вмикається

контактор напрямку **В**, електромагніт гальма **ЭТ** та контактор роторного ступеня **1П**. Потім, у залежності від положення командоапарату, вмикаються контактори **2П**, **1У**, **2У**, **3У**, **4У** і зменшуючи опір додаткових резисторів у роторі.

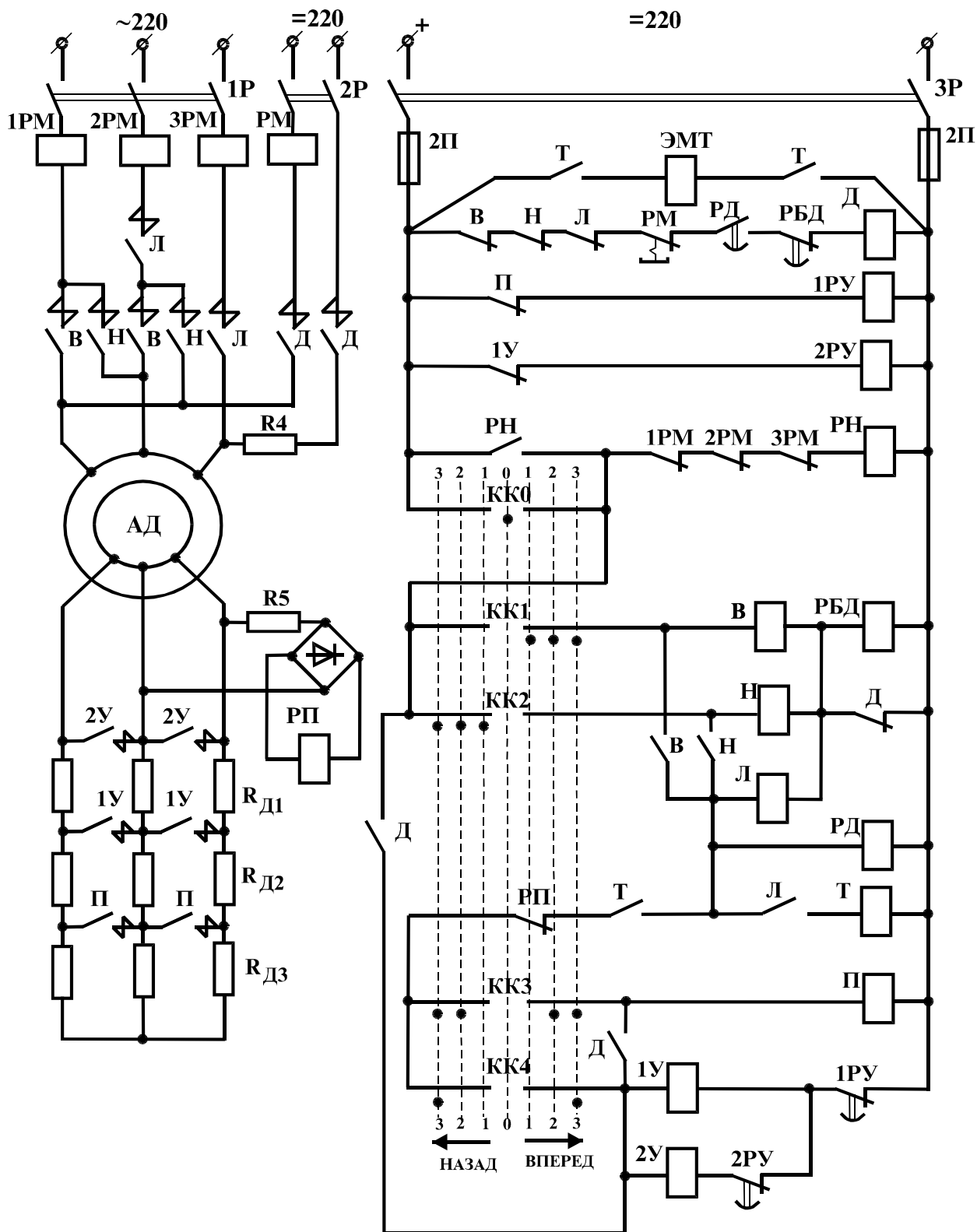


Рис.5. Схема станції ПУ 6520-03А2 релейного керування асинхронним двигуном

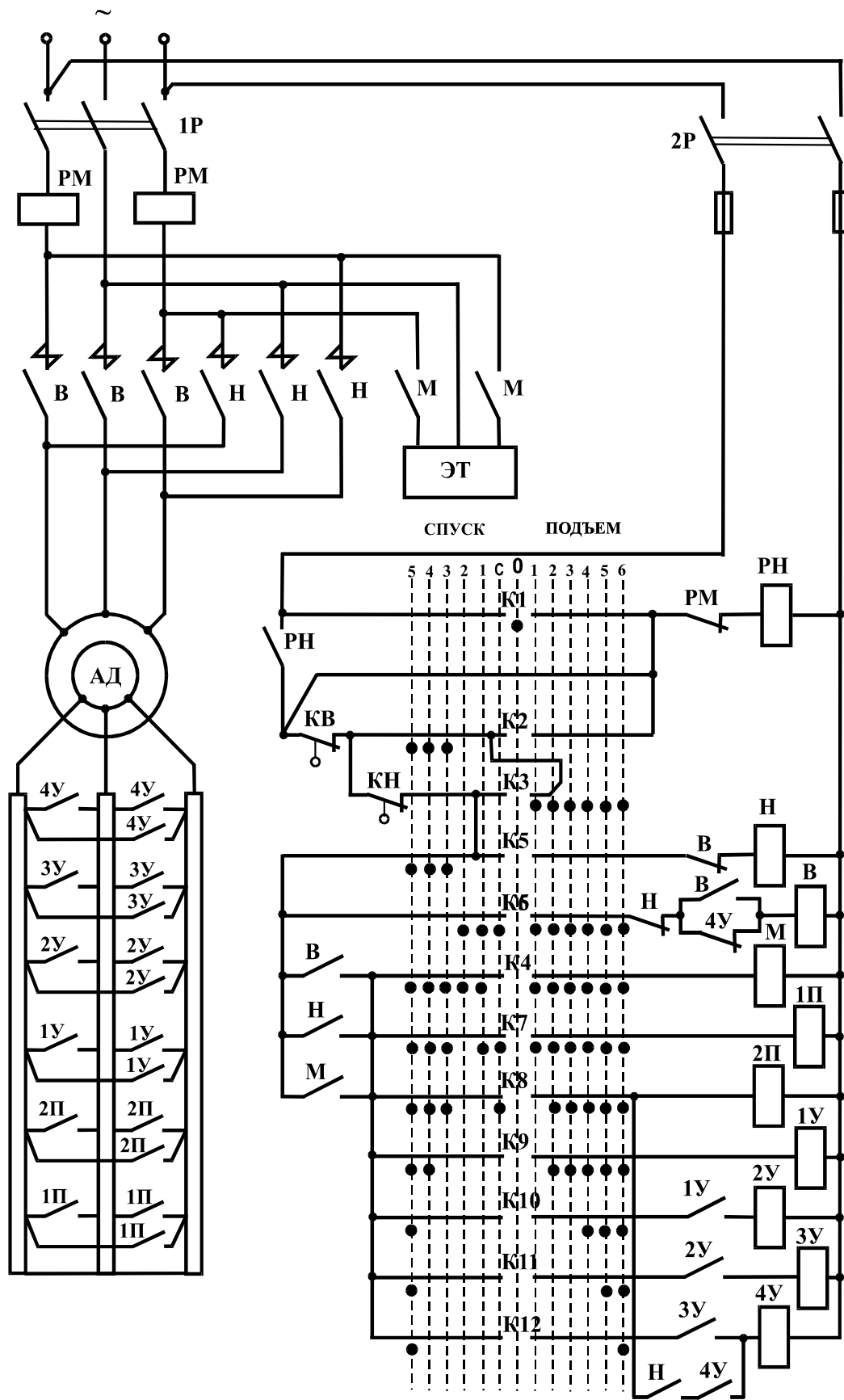


Рис.6. Схема релейного управления з контролером типу ТС

У режимі опускання вантажів встановлюється прискорений розгін з виходом у режим рекуперативного гальмування (положення 3, 4, 5) або гальмування противмиканням (положення С, 1, 2).

Гальмування противмиканням використовується для опускання досить важких вантажів (котрі можуть самі опускатись, без допомоги двигуна). Опір у роторних контурах збільшується при зростанні номера позиції командоапарату. У положенні С вимикається котушка М і одночасно діють два гальма: електричне та механічне.

На характеристиках, які створюються положеннями 3, 4, 5 вмикається контактор Н і двигун примусово розганяється униз. У положенні 5 встановлюється режим рекуперативного гальмування на природній характеристиці. Наступний перехід у положення 3 або 4 може збільшити швидкість опускання. Тому система забороняє такий перехід після вмикання 4У, створюючи контур живлення котушки 4У через контакти К8, Н, 4У.

Варіант графіків характеристик системи з контролером ТС наведено на рис. 7.

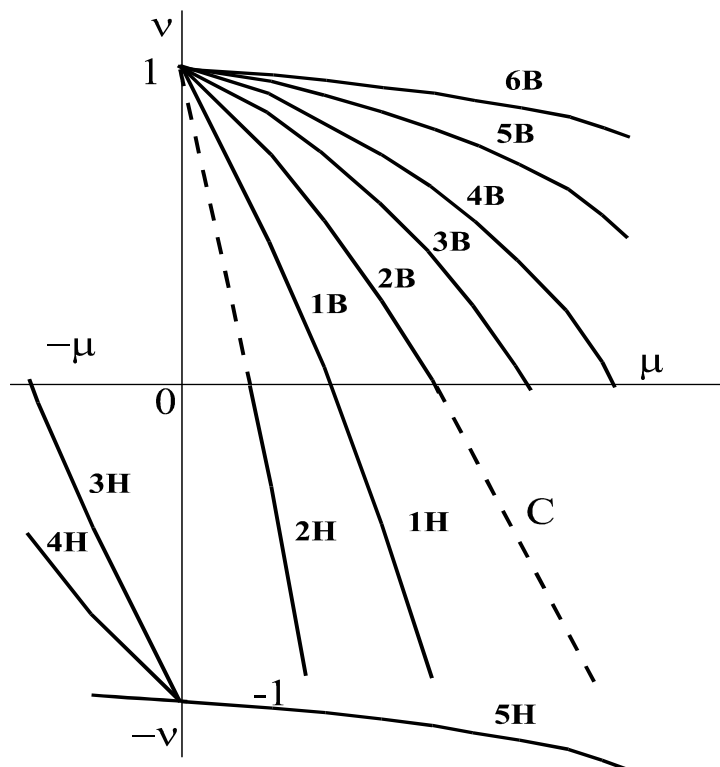


Рис. 7. Характеристики асинхронного електродвигуна з контролером ТС

4. Розрахунки додаткових опорів у роторі

Для реалізації розгону з коливаннями моменту двигуна у межах від M_1 до M_2 необхідно забезпечити умову: повний опір фази ротора (роторна

обмотка плюс додатковий резистор) для сусідніх характеристик має різницю у λ разів.

Коефіцієнт λ розраховується у такій послідовності:

1. Для прискореного розгону задається максимальний момент пускової діаграми M_1 або його відносне значення μ_1 :

$$|M_1| \leq 0,85M_K, \quad (14)$$

або
$$\mu_1 = \frac{M_1}{M_K} = 0,85, \quad (15)$$

Для повільного розгону задається мінімальний момент пускової діаграми M_2 , який не повинен занадто уповільнювати процес. Для цього достатньо забезпечити:

$$M_2 \geq 1,2 \cdot M_C. \quad (16)$$

або
$$\mu_2 = \frac{M_2}{M_K} \geq 1,2 \cdot \mu_C = 1,2 \cdot \frac{M_C}{M_K}, \quad (17)$$

де M_C – максимальне значення зведеного моменту сил опору.

2. Розраховується номінальне ковзання

$$s_H = \frac{(n_O - n_H)}{n_O}; \quad (18)$$

3. Розраховується критичне ковзання природної характеристики

$$s_{KE} = s_H \cdot \left[\left(\frac{M_K}{M_H} \right) + \sqrt{\left(\frac{M_K}{M_H} \right)^2 - 1} \right], \quad (19)$$

де: $\frac{M_K}{M_H}$ – кратність максимального значення моменту по відношенню до номінального за каталогом.

4. Визначається кількість штучних пускових характеристик m , яка залежить від конструкції командоапарату. Наприклад, $m = 2$ на рис.4.

5. Розраховується коефіцієнт λ

$$\lambda = \sqrt[m]{\frac{\mu_1}{s_{KE} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \mu_1^2}\right)}}, \quad (20)$$

якщо було задано μ_1 . Або

$$\lambda = \sqrt[m+1]{\frac{\mu_2}{s_{KE} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \mu_2^2}\right)}}, \quad (21)$$

якщо було задано μ_2 .

6. З формули механічної характеристики асинхронного двигуна (формула Клосса)

$$\mu = \frac{2 \cdot s \cdot s_K}{s^2 + s_K^2} \quad (22)$$

розраховується значення μ_2 якщо задавалося μ_1 :

$$\mu_2 = \frac{2 \cdot s_{KE} \cdot \lambda^{m+1}}{1 + (s_{KE} \cdot \lambda^{m+1})^2}, \quad (23)$$

або значення μ_1 якщо задавалося μ_2 :

$$\mu_1 = \frac{2 \cdot s_{KE} \cdot \lambda^m}{1 + (s_{KE} \cdot \lambda^m)^2}. \quad (24)$$

Після визначення λ виконуються розрахунки додаткових опорів.

Повні R_m та додаткові $R_{Дm}$ опори роторних резисторів однакові у кожній з трьох фаз. З цієї причини розрахунки виконуються для однієї фази:

$$\begin{aligned} R_E &= r_p; \\ R_1 &= r_p \lambda; & R_{Д1} &= R_1 - R_E = r_p (\lambda - 1); \\ R_2 &= r_p \lambda^2; & R_{Д2} &= R_2 - R_1 = R_{Д1} \lambda; \\ R_3 &= r_p \lambda^3; & R_{Д3} &= R_2 - R_1 = R_{Д2} \lambda \end{aligned}$$

Взагалі:

$$\begin{aligned} \dots\dots\dots & & \dots\dots\dots & \\ R_m &= r_p \lambda^m; & R_m &= R_2 - R_1 = R_{Д(m-1)} \lambda \end{aligned} \quad (25)$$

де: r_p – каталожне значення опору фазної обмотки ротора (Ом).

5. Розрахунки даних до графіків характеристик

В проекті необхідно розрахувати за намалювати графіки характеристик.

Це завдання доцільно виконувати у такій послідовності:

1. Задаються номери характеристик x від 0 (природна) до m .
1. Задається кількість розрахунків n для кожної характеристики
2. Задаються поточні номери u розрахунків від 0 до n
3. Розраховуються проміжні значення моментів для штучних характеристик:

$$\mu_u = \mu_1 - \frac{\mu_1 - \mu_2}{n} \cdot u. \quad (26)$$

Аналогічно для природної характеристики

$$\mu_u = \mu_1 - \frac{\mu_1 - \mu_C}{n} \cdot u. \quad (27)$$

Розрахунки за формулами (26) та (27) у пакеті MathCAD доцільно програмувати однією функцією, яка залежить від номеру характеристики x та номеру розрахунків u :

$$F_{\mu}(x, u) := \begin{cases} \mu_1 - \frac{\mu_1 - \mu_2}{n} \cdot u \\ \mu_1 - \frac{\mu_1 - \mu_C}{n} \cdot u \text{ if } x = 0 \end{cases} \quad (28)$$

4. Розраховуються проміжні ковзання:

$$s_u = F_s(x, u) = s_{KE} \cdot \lambda^x \cdot \frac{1 - \sqrt{1 - \mu_u^2}}{\mu_u}, \quad (29)$$

3. Розраховуються проміжні значення частоти обертання валу двигуна

$$v_u = \frac{\omega_u}{\omega_0} = 1 - s_u \quad (30)$$

або

$$F_{\omega}(x, u) := 1 - F_s(x, u) \quad (31)$$

Метод розрахунків з використанням пакету MathCAD може включати формування матриці формул та матриці початкових умов

$$F(x, u) := \begin{pmatrix} F_{\mu}(x, u) \\ F_s(x, u) \\ F_{\omega}(x, u) \end{pmatrix} \quad un := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (32)$$

Після цього розрахунки виконуються за допомогою програмної процедури

$$E(v) := \begin{array}{l} v \leftarrow un \\ k \leftarrow 0 \\ \text{for } x \in m..0 \\ \quad \text{for } u \in 0..n \\ \quad \quad \left| \begin{array}{l} v^{(k)} \leftarrow F(x, u) \\ k \leftarrow k + 1 \end{array} \right. \\ \quad \quad \quad v^T \end{array}, \quad (33)$$

де: x – номер характеристики; u – номер поточного розрахунку у межах характеристики; m – кількість характеристик; k – лічильник номеру стовпчика у межах матриці результатів; v – формальне ім'я матриці у програмному блоку.

Транспонування вихідної матриці пов'язано з тим, що оператори пакету можуть визначити тільки номер колонки у матриці, вказавши його у трикутних дужках. Тому розрахунки кожної змінної зручно виконувати у стрічках, а видачу результатів – у колонках.

Варіант одержання результатів з матриці \mathbf{R} може мати таку форму:

$\mathbf{R} := \mathbf{E}(\mathbf{u}, \mathbf{n})$ – активізація матриці з результатами розрахунків у колонках;

$\mu := \mathbf{R}^{\langle 0 \rangle}$ – вектор-колонка значень моменту; $\varepsilon := \mathbf{R}^{\langle 1 \rangle}$ – вектор-колонка значень ковзання; $\nu := \mathbf{R}^{\langle 2 \rangle}$ – вектор-колонка значень частоти обертання.

Варіант графіків характеристик для розгону з двома штучними характеристиками ($m = 2$), розрахованих запропонованим методом наведено на рис.4.

Зупинка електропривода із застосуванням електричного гальмування робить процес керованим та значно підвищує термін роботи механічних гальмуючих пристроїв.

В резисторних приводах використовуватися динамічне гальмування та/або гальмування противмиканням.

Динамічне гальмування – це сприятливий варіант гальмування механізмів пересування, який передбачає живлення статора двигуна від мережі постійного струму за схемою на рис.9 з характеристиками за рис.10.

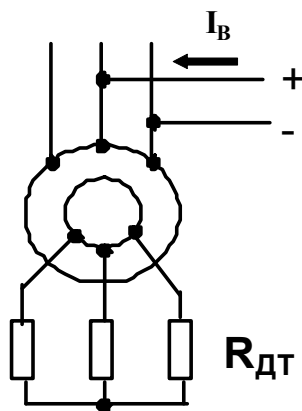


Рис.9. Загальна електрична схема динамічного гальмування

Формули для розрахунків характеристик одержуються за схемою заміщення фази двигуна у сталому режимі (рис. 11).

Всі величини та параметри ротора зведені до статора і повинні мати спеціальний символ (штрих):

$$\mathbf{R}'_P = \mathbf{R}_P \cdot k_E^2; \quad \mathbf{X}'_P = \mathbf{X}_P \cdot k_E^2; \quad \mathbf{I}'_P = \frac{\mathbf{I}_P}{k_E}. \quad (34)$$

Для спрощення записів цей символ у подальших записах не вживається.

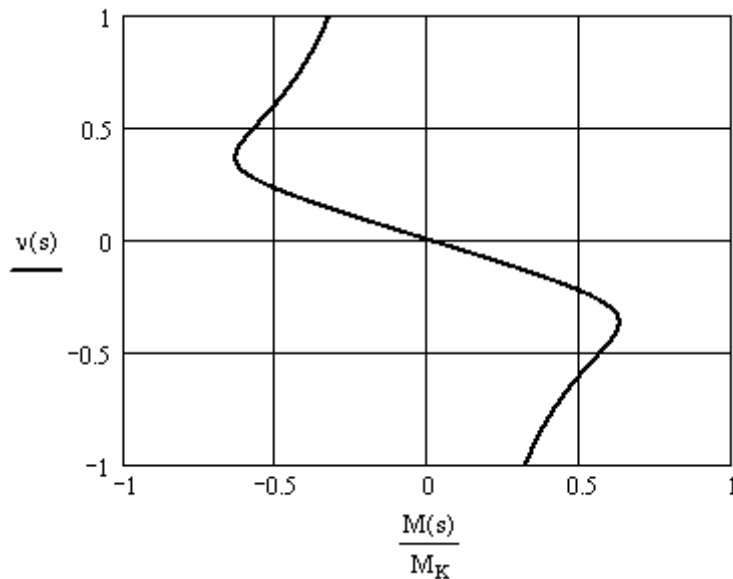


Рис. 10. Форма характеристики динамічного гальмування

У відповідності з рис.11 струм статора I_C є сумою струму намагнічування I_μ та зведеного до статорних параметрів струму ротора I_P :

$$I_C = I_\mu + I_P \quad (35)$$

Еквівалентний трифазний струм статора незалежно від схеми з'єднання обмоток двигуна за рекомендаціями [1] становить

$$I_C = K_{cx} \cdot I_B = 0,816 \cdot I_B = 0,816 \cdot 3 \cdot I_{CX} = 2,448 \cdot I_{CX} \quad (36)$$

де: I_B – постійний струм від джерела живлення; I_{CX} – паспортне значення статорного струму двигуна у режимі холостого ходу; K_{cx} – коефіцієнт схеми живлення.

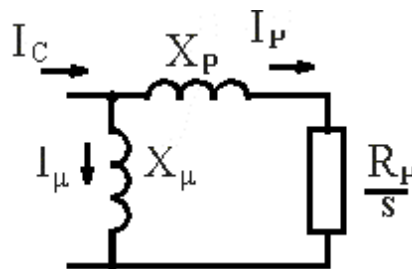


Рис.11. Схема заміщення фази двигуна у режимі динамічного гальмування

Характеристики двигуна у режимі динамічного гальмування можливо розраховувати різними методами. При цьому передбачається використання нелінійної залежності ЕРС від струму намагнічування [1] (рис.12).

За допомогою пакету Excel можна одержати апроксимацію залежності поліномом четвертого ступеню:

$$E(x) = E_H \cdot x \cdot (-0,02 \cdot x^3 + 0,224 \cdot x^2 - 0,92 \cdot x + 1,72), \quad (36)$$

де: E_H – номінальне значення ЕРС двигуна $E_H = \frac{E_{PH}}{\sqrt{3}} \cdot k_E$, (37)

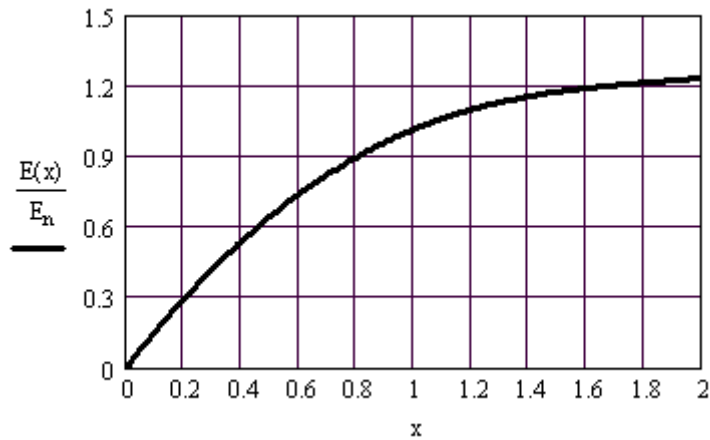


Рис.12. Залежність ЕРС від струму намагнічування асинхронного двигуна

де: E_{PH} – паспортне значення ЕРС ротора; k_E – паспортне значення коефіцієнта трансформації напруги у двигуні; x – відносне значення струму намагнічування

$$x = \frac{I_\mu}{I_{CX}}. \quad (38)$$

Електромагнітний момент двигуна у режимі динамічного гальмування доцільно розраховувати через втрати потужності у роторних контурах:

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta \omega} = \frac{3 \cdot I_P^2 \cdot R_P}{\omega_0 \cdot s}. \quad (39)$$

Значення роторного опору R_P та поточного ковзання s необхідно задавати, а струм фази ротора I_P розраховувати за допомогою схеми заміщення. За цією схемою (рис.11) з урахуванням кривої намагнічування (36) та рівняння (38)

$$I_\mu^2 = I_C^2 \frac{R_P^2 + X_P^2 \cdot s^2}{R_P^2 + (X_\mu + X_P)^2 \cdot s^2}, \quad (40)$$

де:
$$X_\mu = \frac{E(x)}{I_\mu}, \quad (41)$$

Нелінійний зв'язок між X_μ та I_μ не дозволяє розв'язання рівнянь у загальному вигляді. Тому задається ряд значень I_μ , за допомогою (36), (37), (38) та (41) розраховуються відповідні значення X_μ . Потім за допомогою (40) розраховуються ковзання s та значення струму ротора

$$I_P = \frac{I_\mu \cdot X_\mu \cdot s}{\sqrt{R_P^2 + X_P^2 \cdot s^2}}, \quad (42)$$

і за формулою (39) – значення M .

6.Перевірка попередньо вибраного двигуна

Перевірка включає розрахунки дійсних та еквівалентного значень моменту двигуна у функції часу за цикл роботи механізму. Еквівалентне значення моменту порівнюється із номінальним, перевіряються обмеження і після цього робиться висновок щодо доцільності вибору.

На першому етапі розраховуються перехідні механічні процеси. У загальному випадку механічні характеристики двигуна та механізму нелінійні. Тому загальний метод передбачає місцеву лінеаризацію з вибором локальних інтервалів частот обертання $\Delta\omega$, заміну реальних характеристик в кожному інтервалі приблизними постійними середніми значеннями M_{CP} та $M_{C,CP}$, розрахунки відповідних інтервалів часу

$$\Delta t = \Delta\omega \cdot \frac{J}{M_{CP} - M_{C,CP}}, \quad (43)$$

Збільшення кількості інтервалів зменшує похибки від заміни дійсних значень середніми.

Доцільне використання даних для розбудови характеристик. Результати розрахунків для кожної характеристики з номерами u та $u-1$ дозволяють визначити:

$$M_{CP,u} = \mu_{CP,u} \cdot M_K = \frac{\mu_u + \mu_{u-1}}{2} \cdot M_K; \quad (44)$$

$$M_{C,CP} = \mu_C \cdot M_K; \quad (45)$$

$$\Delta\omega_u = \omega_u - \omega_{u-1}; \quad (46)$$

$$\Delta t_u = \Delta\omega_u \cdot \frac{J}{M_{CP,u} - M_{C,CP}}; \quad (47)$$

$$t_u = t_{u-1} + \Delta t_u; \quad (48)$$

$$\omega_u = \omega_{u-1} + \Delta\omega_u; \quad (49)$$

$$M_u = M_{CP,u}. \quad (50)$$

Перехідний механічний процес – це залежності $\omega_u(t_u)$ та $M_u(t_u)$. Графіки такого процесу має вигляд подібний до рис.13.

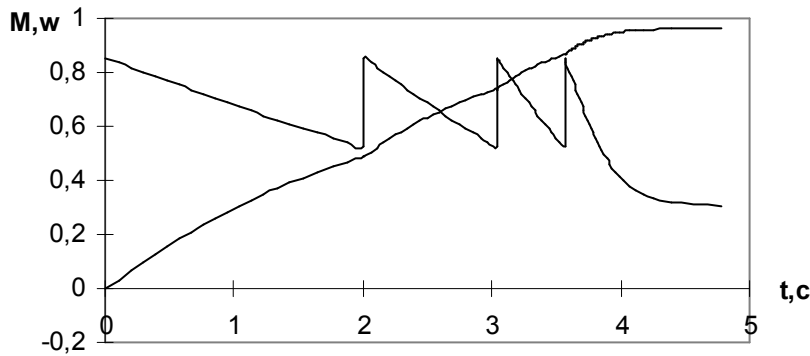


Рис. 13. Графіки переходних процесів пуску, розрахованих ЕОМ

Розрахунки переходних процесів необхідно використати для визначення тривалості режимів розгону t_{p1}, t_{p2} та гальмування $t_{Г1}, t_{Г2}$. На рис. 13, наприклад, $t_p \approx 4$ секунди. Крім того, для кожного переходного процесу необхідно визначити еквівалентний момент. Наприклад, для розгону

$$M_{E,p} = \sqrt{\frac{\sum (M_{CP,u}^2 \cdot \Delta t_u)}{t_p}}. \quad (51)$$

Після цього розраховується еквівалентний момент за цикл

$$M_e = \sqrt{\frac{M_{E,p1}^2 t_{p1} + M_{E,p2}^2 t_{p2} + M_{E,Г1}^2 t_{Г1} + M_{E,Г2}^2 t_{Г2} + M_C^2 t_y}{t_{p1} + t_{p2} + t_{Г1} + t_{Г2} + t_y}}, \quad (52)$$

де: t_y - тривалість пересування в усталеному режимі.

$$t_y = t_{m1} + t_{m2} - (t_{p1} + t_{p2} + t_{Г1} + t_{Г2}). \quad (53)$$

Електричний двигун не буде перегріватись, якщо

$$M_e \sqrt{\frac{ПВ}{ПВ_H}} \leq M_H. \quad (54)$$

7.Реалізація пуско-гальмових резисторів

Після визначення схем додаткових резисторів у роторних контурах необхідно вибрати конструкцію, яка дозволяє реалізувати конкретну схему з пуско-гальмовими резисторами, запропонувати схему їх внутрішніх та зовнішніх з'єднань.

Вибір резисторів з каталогу виконується з урахуванням їх опору та робочого струму, який розраховується з еквівалентного моменту

$$I_R \geq I_{PH} \cdot \sqrt{\frac{M_e}{M_H}} \quad (55)$$

Для комплектації додаткових резисторів привода кранових механізмів використовують стандартні конструкції (ящики) із чавунними, фехралевими, стрічковими або дрововими елементами.

Параметри ящиків із чавунними елементами наведено у додатку 3 (табл.2). Ящики мають стандартну конструкцію ЯС100 та ЯС101 або спеціальну кранову тип Н. Номер ящика ЯС дорівнює добутку опору елемента на 1000. Ящики мають від 3 до 6 проміжних виводів, показаних на схемі рис.14. Схему припустимо змінювати перестановкою виводів у межах ящика на цілу кількість елементів.

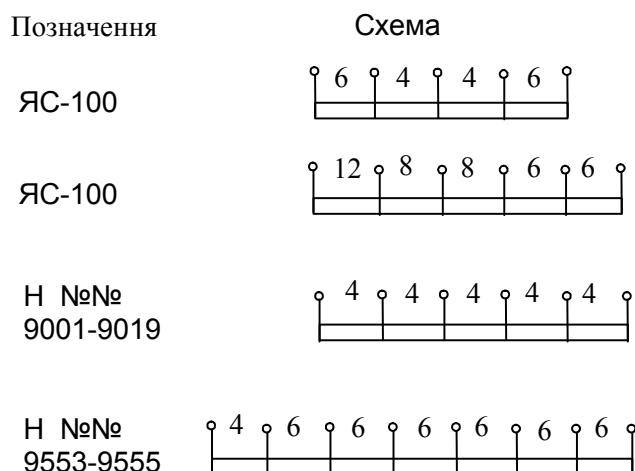


Рис.14. Схеми резисторних ящиків з чавунними елементами (цифри між виводами – кількість елементів)

Параметри ящиків з фехралевими елементами наведено у додатку 3 табл.3 для елементів типу КС, або табл.4 для елементів типу ЯС4. Фехралеві елементи мають високу механічну міцність, не бояться перегріву до 850 °С (чавунні припустимо нагрівати до 270 °С), мають невелику залежність опору від температури. Одна із особливостей – незмінність положення проміжних виводів монтажної схеми за рис.15.

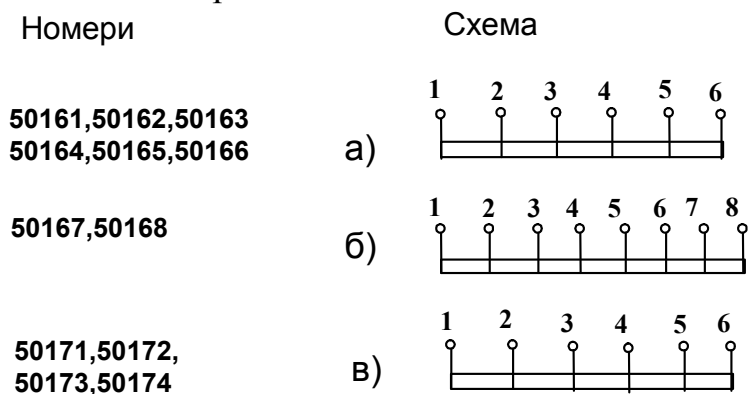


Рис.15. Схеми резисторних ящиків з фехралевими елементами

Для потужностей 1..10 кВт використовують ящики із стрічковими та дротовими елементами, які мають уніфіковану з іншими монтажну конструкцію та габаритну потужність. Технічні дані таких ящиків наведено у додатку 3 (табл.5 – із стрічковими елементами, табл.6 – з дротовими). Електрична схема ящиків має п'ять ізольованих одна від одної груп по два елементи (рис.16) , що дозволяє досить багатий вибір комбінацій з'єднання.

Скласти схему роторних опорів означає вибрати належні ящики та з'єднати їх елементи у відповідності з принциповою схемою. Наприклад, реалізується схема рис. 8 із параметрами $R_{д1} = 0,37 \text{ Ом}$, $R_{д2} = 0,721 \text{ Ом}$, $R_{д3} = 1,49 \text{ Ом}$, $I_R = 20 \text{ А}$. За викладені вище умови обираємо ящик з дротовими елементами типу **НС414 / 0,7**. Можлива схема з'єднання елементів показана на рис. 17.

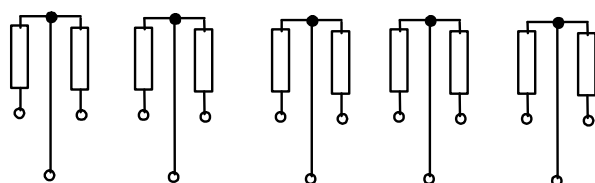


Рис.16. Електрична схема стрічкових та дротових ящиків

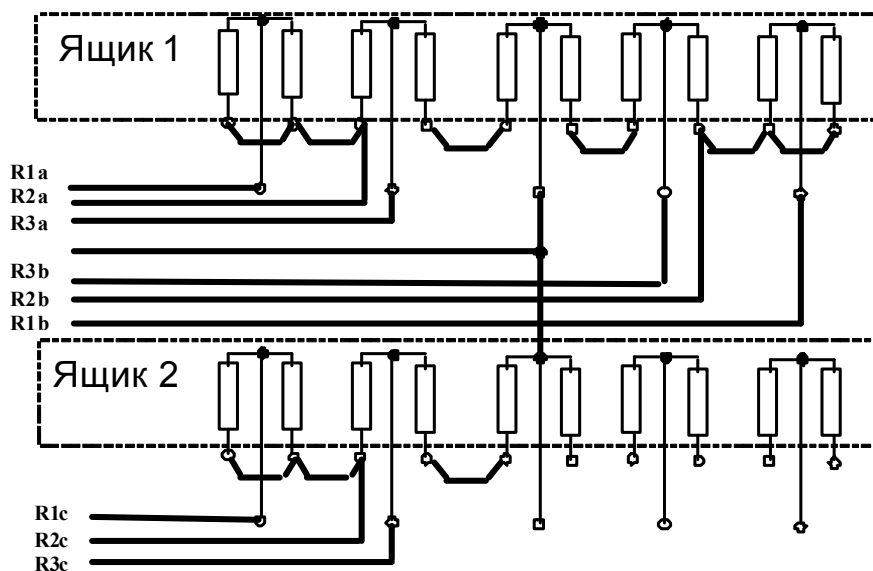


Рис.17. Приклад реалізації роторних опорів

Вихідні дані. Варіант 1.

№ п/п	M_M Нм	J_M Нмс ²	t_{M1} с	t_{M2} с	ПВ %	η	ω_M с ⁻¹
1	85	16	5	6	40	0,95	10
2	135	8	6	7	40	0,95	10
3	135	18	7	8	40	0,95	10
4	175	30	8	9	40	0,95	10
5	310	20	9	10	40	0,95	10
6	260	46	10	9	40	0,95	10
7	470	43	9	8	40	0,95	10
8	410	82	8	7	40	0,95	10
9	450	110	7	6	40	0,95	10
10	690	60	6	5	40	0,95	10
11	650	170	7	6	40	0,95	10
12	870	250	7	8	40	0,95	10
13	900	220	8	9	40	0,95	10
14	1300	330	9	10	40	0,95	10
15	1350	400	9	10	40	0,95	10
16	1700	210	9	8	40	0,95	10
17	1800	540	8	7	40	0,95	10
18	2200	600	9	10	40	0,95	10
19	3000	300	12	10	40	0,95	10
20	2500	1200	12	14	40	0,95	10
21	3800	460	16	14	40	0,95	10
22	3500	1440	14	12	40	0,95	10
23	5000	750	10	12	40	0,95	10
24	4500	1800	10	9	40	0,95	10
25	6200	3000	8	9	40	0,95	10
26	7700	3600	8	7	40	0,95	10
27	10000	4500	7	7	40	0,95	10

* Непарні номери - механізм підйому, парні - пересування.

Вихідні дані. Варіант 2.

№	M_M	J_M	t_{M1}	t_{M2}	ПВ	η	ω_M
п/п	Нм	Нмс ²	с	с	%		с ⁻¹
1	190	16	5	6	30	0,92	5
2	310	8	6	7	30	0,92	5
3	300	18	7	8	30	0,92	5
4	390	30	8	9	30	0,92	5
5	700	20	9	10	30	0,92	5
6	590	46	10	9	30	0,92	5
7	1000	43	9	8	30	0,92	5
8	915	82	8	7	30	0,92	5
9	1000	110	7	6	30	0,92	5
10	1560	60	6	5	30	0,92	5
11	1450	170	7	6	30	0,92	5
12	1950	250	7	8	30	0,92	5
13	2000	220	8	9	30	0,92	5
14	2900	330	9	10	30	0,92	5
15	3000	400	9	10	30	0,92	5
16	3800	210	9	8	30	0,92	5
17	4000	540	8	7	30	0,92	5
18	5000	600	9	10	30	0,92	5
19	7000	300	12	10	30	0,92	5
20	5900	1200	12	14	30	0,92	5
21	8900	460	16	14	30	0,92	5
22	7800	1440	14	12	30	0,92	5
23	11300	750	10	12	30	0,92	5
24	10000	1800	10	9	30	0,92	5
25	14000	3000	8	9	30	0,92	5
26	17300	3600	8	7	30	0,92	5
27	22300	4500	7	7	30	0,92	5

* Непарні номери - механізм підйому, парні - пересування.

Вихідні дані. Варіант 3.

№	M_M	J_M	t_{M1}	t_{M2}	ПВ	η	ω_M
п/п	Нм	Нмс ²	с	с	%		с ⁻¹
1	39	16	5	6	50	0,98	20
2	64	8	6	7	50	0,98	20
3	62	18	7	8	50	0,98	20
4	80	30	8	9	50	0,98	20
5	146	20	9	10	40	0,95	10
6	122	46	10	9	40	0,95	10
7	210	43	9	8	40	0,95	10
8	180	82	8	7	40	0,95	10
9	200	110	7	6	40	0,95	10
10	320	60	6	5	40	0,95	10
11	300	170	7	6	40	0,95	10
12	400	250	7	8	40	0,95	10
13	410	220	8	9	40	0,95	10
14	600	330	9	10	40	0,95	10
15	620	400	9	10	40	0,95	10
16	780	210	9	8	40	0,95	10
17	830	540	8	7	40	0,95	10
18	1040	600	9	10	40	0,95	10
19	1400	300	12	10	40	0,95	10
20	1200	1200	12	14	40	0,95	10
21	1800	460	16	14	40	0,95	10
22	1600	1440	14	12	40	0,95	10
23	2300	750	10	12	40	0,95	10
24	2080	1800	10	9	40	0,95	10
25	2800	3000	8	9	40	0,95	10
26	3500	3600	8	7	40	0,95	10
27	4600	4500	7	7	40	0,95	10

* Непарні номери - механізм підйому, парні - пересування.

Додаток 2

Краново-металургійні асинхронні двигуни з фазним ротором типу МТН, 380/220 В, 50 Гц, ПВ=25%.

Тип	Р _н	п _н	$\frac{M_K}{M_H}$	I _{сх}	Е _{рн}	I _{рн}	г _р	х _р	К _Е	J _{дв}
	кВт	об/хв	М _н	А	В	А	Ом	Ом		нмс ²
111-6	3,5	870	1,2	9,87	178	16,5	0,671	0,565	2,135	0,195
112-6	5,3	885	2,0	11,8	217	19	0,603	0,625	1,76	0,27
211-6	8,2	900	2,0	19	257	23	0,466	0,666	1,478	0,46
311-6	13	925	2,5	23,2	186	51	0,124	0,241	2,05	0,9
312-6	17,5	945	2,4	34,4	233	54	0,125	0,254	1,63	1,25
311-8	9	675	2,0	17,7	264	26	0,498	0,643	1,438	1,1
312-8	13	690	2,5	27,5	178	58	0,130	0,182	2,135	1,25
411-6	27	950	3,0	39,7	247	77	0,080	0,233	1,54	2
412-6	36	955	3,1	51,8	271	88	0,059	0,173	1,4	2,7
411-8	18	695	2,5	29,8	221	59	0,125	0,245	1,72	2,15
412-8	26	710	2,5	49,6	266	68	0,102	0,231	1,425	3
511-8	34	695	2,3	47,4	297	81	0,124	0,448	1,283	4,3
512-8	45	695	3,0	53,1	319	94	0,091	0,356	1,19	5,7
611-10	53	560	3,2	78,1	197	185	0,027	0,174	1,93	17
612-10	70	560	2,6	88,7	262	181	0,033	0,133	1,45	21
613-10	90	570	2,1	120	339	179	0,038	0,098	1,122	25
711-10	125	580	2,3	155	288	294	0,017	0,077	1,32	41
712-10	155	580	2,3	183	345	295	0,019	0,091	1,1	51
713-10	200	580	2,3	247	431	305	0,021	0,109	0,883	60

Краново-металургійні асинхронні двигуни із фазним ротором типу МТГ, 380 В, 50 Гц, ПВ= 25%.

Тип	Р _н	п _н	$\frac{M_K}{M_H}$	I _{сх}	Е _{рн}	I _{рн}	г _р	х _р	К _Е	J _{дв}
	кВт	об/хв	М _н	А	В	А	Ом	Ом		нмс ²
011-6	1,7	850	2,0	4,9	126	12	0,77	0,566	3,01	0,085
012-6	2,7	840	1,9	6,12	154	15	0,745	0,59	2,462	0,115
111-6	4,1	870	1,9	7,45	175	18,7	0,6	0,57	2,156	0,195
112-6	5,8	915	2,4	11,35	217	19	0,5	0,648	1,76	0,27
211-6	9	915	2,1	14,35	273	25	0,485	0,855	1,385	0,46
311-6	13	935	2,5	23,2	184	51	0,11	0,241	2,048	0,9
312-6	17,5	950	2,4	28,7	233	54	0,107	0,244	1,63	1,25
311-8	9	680	2,0	17,7	264	26	0,46	0,643	1,44	1,1
312-8	13	695	2,5	24,2	178	53	0,122	0,182	2,13	1,55
411-6	27	955	3,0	40	246	77	0,076	0,236	1,54	2,0
412-6	36	965	3,0	51,8	271	88	0,055	0,173	1,4	2,7
411-8	18	700	2,5	29,8	221	59	0,117	0,26	1,714	2,15
412-8	26	715	2,5	49,6	266	68	0,095	0,321	1,44	3,0

Продовження додатку 2

Металургійні асинхронні двигуни з фазним ротором типу МТМ, 380В, 50Гц, ПВ=40%.

Тип	P_H	n_H	$\frac{M_K}{M_H}$	I_{CX}	E_{PH}	I_{PH}	r_P	X_P	K_E	$J_{ДВ}$
	кВт	об/хв		А	В	А	Ом	Ом		нмс ²
111-6	2,2	885	2,3	6,6	144	11,1	0,72	0,595	2,50	0,05
112-6	3,5	895	2,3	9,5	177	13,5	0,725	0,595	2,02	0,067
211-6	5,0	920	2,5	13,6	215	16,2	0,58	0,660	1,76	0,115
311-6	7,5	945	2,5	20,0	240	19,7	0,35	0,511	1,51	0,225
311-8	5,0	685	2,5	14,7	215	17,0	0,517	0,664	1,67	0,275
312-6	11,0	950	2,8	27,3	166	43,0	0,097	0,181	2,20	0,312
312-8	7,5	695	2,5	20,6	254	20,0	0,0462	0,641	1,41	0,387
411-6	16	957	2,8	38,0	200	53,0	0,092	0,235	1,80	0,500
411-8	11	710	2,8	30,0	172	41,5	0,116	0,214	2,10	0,537
412-6	22	960	2,8	48,5	225	63,0	0,072	0,225	1,63	0,675
412-8	16	715	2,8	42,5	200	52,0	0,098	0,195	1,82	0,750
511-8	22	715	2,8	55,0	237	58,5	0,106	0,321	1,53	1,025
512-8	30	716	2,8	72,0	288	65,0	0,102	0,252	1,26	1,400
611-10	38	577	3,0	90,0	172	138	0,0255	0,0463	2,08	4,250
612-10	50	577	2,8	114	223	140	0,0313	0,0625	1,50	5,250
613-10	63	580	2,9	140	282	139	0,0366	0,078	1,28	6,250
711-10	80	585	2,7	188	246	200	0,0159	0,067	1,45	10,25
712-10	100	587	2,8	240	316	196	0,018	0,082	1,13	12,75
713-10	125	587	2,9	275	372	196	0,020	0,098	0,302	15,00

Параметри резистор них ящиків

Тип та № ящика		Опір елемента	Продовжений струм	Кількість елементів	Постійна часу T
Стандарт	Крановий	Ом	А		сек.
ЯС-100 №5	Н №9015	0,005	215	20	850
ЯС-100 №7	Н №9016	0,007	181	20	820
ЯС-100 №10	Н №9017	0,010	152	20	635
ЯС-100 №14	Н №9001	0,014	128	20	555
ЯС-100 №20	Н №9018	0,020	107	20	575
ЯС-100 №28	Н №9002	0,028	91	20	482
ЯС100 №40	Н №9003	0,040	76	20	547
ЯС-100 №55	Н №9004	0,055	64	20	408
ЯС-100 №80	Н №9005	0,080	54	20	550
ЯС-100 №110	Н №9019	0,110	46	20	428
ЯС-101 №38	-	0,038	55	40	600
ЯС-101 №54	-	0,054	46	40	600
ЯС-101 №75	Н №9553	0,075	39	40	532
ЯС-101 №105	Н №9554	0,105	33	40	400
ЯС-101 №140	Н №9555	0,140	29	40	530
ЯС-101 200	-	0,200	24	40	386
ЯС-101 №280	-	0,280	20	40	435

№ ящика	Схема	Струм, А	Опір	Пост. T,с
50171	в	215	5 x 0,0192	450
50172	в	181	5 x 0,0255	350
50173	в	152	5 x 0,0400	300
50174	в	128	5 x 0,0575	250
50161	а	107	5 x 0,0770	450
50162	а	91	5 x 0,1020	350
50163	а	76	5 x 0,16	300
50164	а	64	5 x 0,23	250
50165	а	54	5 x 0,32	300
50166	а	46	5 x 0,42	250
50167	б	39	6x0,45+1x0,3	300
50168	б	38	6x0,63+1x0,42	250

Продовження додатку 3

Таблиця 4

Позначення	Струм	Опори секцій, Ом							Пост.
	А	p1-p2	p2-p3	p3-p4	p4-p5	p5-p6	p6-p7	p7-p8	Т, с
ЯС4-0,098	215	0,0204	0,0186	0,0186	0,0204	0,0195	-	-	200
ЯС4-0,125	181	0,024	0,026	0,026	0,024	0,025	-	-	270
ЯС4-0,189	152	0,0364	0,0391	0,0391	0,0364	0,0377	-	-	150
ЯС4-0,294	124	0,0575	0,06	0,06	0,0575	0,0587	-	-	220
ЯС4-0,39	107	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078	-	-	200
ЯС4-0,5	91	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	-	-	270
ЯС4-0,755	76	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151	-	-	150
ЯС4-1,175	62	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235	-	-	220
ЯС4-1,56	54	0,312	0,312	0,312	0,312	0,312	-	-	210
ЯС4-2,05	46	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	-	-	230
ЯС4-3	38,5	0,445	0,46	0,44	0,544	0,455	0,44	0,305	150
ЯС4-4,075	33	0,604	0,626	0,596	0,619	0,619	0,596	0,415	110
ЯС4-5,4	28,5	0,773	0,859	0,81	0,798	0,798	0,81	0,552	50
ЯС4-6,85	24	1,02	1,05	1,0	1,04	1,04	1,0	0,7	70

Таблиця 5

Позначення	Струм	Опір	Кількість	Постійна
	А	елемента, Ом	елементів	часу Т, с
НС413 /0,2	42	0,2	10	180
НС413 /0,26	37	0,26	10	180
НС413 /0,32	38	0,32	10	148
НС413 /0,40	30	0,4	10	132
НС413 /0,48	27	0,48	10	110
НС413 /0,64	23	0,64	10	100
НС413 /0,95	19	0,95	10	86
НС413 /1,3	16	1,3	10	75
НС413 /1,95	14	1,95	10	52

Таблиця 6

Позначення	Струм	Опір елемента, Ом	Кількість елементів	Постійна часу Т, с
	А			
НС414 /0,7	22,3	0,7	10	286
НС414 /0,9	19,9	0,9	10	237
НС414 /1,1	17,7	1,1	10	203
НС414 /1,26	16,7	1,26	10	187
НС414 /1,45	15,4	1,45	10	169
НС414 /1,95	13,8	1,95	10	132
НС414 /2,8	11,2	2,8	10	282
НС414 /3,5	10,1	3,5	10	235
НС414 /4,4	8,9	4,4	10	203
НС414 /5	8,4	5	10	200
НС414 /5,8	7,7	5,8	10	168
НС414 /8	6,6	8	10	132
НС414 /12	5,4	12	10	175
НС414 /14	5	14	10	116
НС414 /18	4,4	18	10	132
НС414 /21,6	4	21,6	10	112
НС414 /27,6	3,5	27,6	10	104
НС414 /37	3,1	37	10	122
НС414 /48	2,7	48	10	104
НС414 /68	2,3	68	10	86,5
НС414 /96	1,9	86	10	75
НС414 /140	1,6	140	10	67
НС414 /188	1,4	188	10	62,8
НС414 /260	1,2	260	10	41,5

Література

1. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. Изд. 6-е, исправленное. – М.: Энергия, 1977. – 432с., ил.
2. Теорія електропривода: Підручник / М.Г. Попович, М.Г. Борисюк В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища шк., 1993. – 494с., іл.
3. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980. – 360с., ил.

Зміст

	стор.
Вступ. Структура проекту	3
1. Загальні характеристики об'єкту	4
1.1. Вихідні дані	4
2. Попередній вибір електричного двигуна	4
2.1. Зведення параметрів механізму до валу двигуна	5
3. Вибір схеми привода та характеристик двигуна	6
3.1. Керування пересуванням вантажів	9
3.2. Керування підйомом вантажів	10
4. Розрахунки додаткових опорів в роторі	12
5. Розрахунки даних до графіків характеристик	14
6. Перевірка попередньо вибраного двигуна	19
7.Реалізація пуско-гальмових резисторів	20
Додаток 1. Варіанти вихідних даних	23
Додаток 2. Паспортні параметри електродвигунів	26
Додаток 3. Паспортні параметри опорів	28
Література	30

Упорядник

Владислав Емануїлович Воскобойник

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ З ДИСЦИПЛІНИ

“ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА”

для студентів напрямку 6.05.07.01 Електротехніка та електротехнології (ЕЕ)

Редакційно-видавничий комплекс

Редактор

Підписано до друку 14.12.2005 . Формат 30 x 42/4 .

Папір офсетний. Ризографія. Умовн. друк. арк. 1.3 .

Обліково-видавн. арк. 1.3 . Тираж 50 прим. Зам. №

Безкоштовно

ДВНЗ України, НГУ

320600, ДСП, м. Дніпропетровськ-27, просп. К.Маркса, 19.