

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ
Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота

Системи керування підймальними установками глибоких шахт

Студент гр. ЕІЗ3-71к

О. О. Кулик

Науковий керівник
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2021

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи керування підймальними установками глибоких шахт. Об'єктом розробки такої системи є привід скіпової установки для транспортування грузу на поверхність шахти.

Метою роботи є розробка системи керування підймальними установками глибоких на прикладі шахти «Скіпова» об'єднання «Укрзападвугілля».

У процесі виконання кваліфікаційної роботи був проведений розрахунок тахограми руху скіпа при розгоні, рівномірному русі та гальмуванні. Загальний час підйому. Був розрахований та підібраний по параметрам розрахунків двигун. Розроблений детальний алгоритм системи руху скіпа шахти. На основі алгоритму створена абстрактна та структурна математична модель роботи системи. По структурній математичній моделі на основі таблиць переходів і виходів отримані канонічні рівняння його роботи

Використовуючи отримані канонічні рівняння роботи системи був проведений аналіз існуючих контролерів і вибраний такий, що найбільше підходить для їх реалізації. Це контролер M90-TA2-CAN. На цьому контролері була розроблена програма реалізації канонічних рівнянь роботи системи на мові програмування U90 Ladder

Робота викладена на 38 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 5 таблиць, список цитованої літератури із 20 джерел та додаток А.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, СКІПОВА УСТАНОВКА, ШАХТА «СКІПОВА», ОБ'ЄДНАННЯ «КАЗЦИНК», ЕЛЕКТРОДВИГУН, ЕЛЕКТРОПРИВОД, ТАХОГРАМА, ДИНАМІЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ, АЛГОРИТМ, АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ ТА ВИХОДІВ, КОНТРОЛЕР, МОВА ПРОГРАМУВАННЯ «U90 Ladder».

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ НА ПІДНІМАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ ШАХТ	5
1.1. Основні вимоги до системи керування скіпом	5
1.2. Аналіз систем управління електроприводом постійного і змінного струму піднімальної установки глибоких шахт.....	6
1.3 Аналіз систем керування режимами гальмування на шахтних підіймальних установках глибоких шахт.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ І МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДІЙМАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ ГЛИБОКИХ ШАХТ	11
2.1. Розрахунок тахограми	11
2.2. Розрахунок силової частини підіймальної установки та знаходження потужності її двигуна.....	14
2.3. Розробка алгоритму приводу скіпа при керуванні піднімальною установкою шахти.....	17
2.4. Розробка абстрактної математичної моделі системи керування піднімальною установкою глибоких шахт	19
2.5. Розробка структурної математичної моделі і канонічних рівнянь роботи системи керування підімальною установкою глибоких шахт	23
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДІЙМАЛЬНОЮ СКІПОВОЮ УСТАНОВКОЮ ГЛИБОКИХ ШАХТ	29
3.1. Вибір контролера для системи керування.....	29
3.2. Вибір мови програмування для реалізації системи керування підіймальною установкою для глибоких шахт	31
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34
ДОДАТОК А	36

ВСТУП

Вертикальні піднімальні машини застосовуються у різних галузях промисловості. Найпоширенішими механізмами для вертикального транспортування необхідно віднести шахтні піднімальні машини. Вони призначаються для транспортування і застосовуються як для транспортування пасажирів, так і корисних копалин. Ці установки є установками з високим ступенем автоматизації. Вони відрізняються загальнодоступністю користування і безумовно - безпекою. Всі основні операції при пересуванні, уповільненні й точній зупинці здійснюються за допомогою електропривода. Тільки він може виконувати ті високі вимоги, яким повинні задовольняти сучасні піднімальні установки.

Незважаючи на різноманітність конструктивного виконання піднімальних машин, основним устаткуванням для них є скіп, двигун, електромеханічний гальмовий пристрій і система управління.

Основні завдання, які виникають при проектуванні й виконанні систем управління, зводяться до того, що ці системи повинні бути простими в монтажі й експлуатації, дешевими, надійними в роботі; вони повинні чітко відпрацьовувати всі сигнали й накази. Крім того, для нормальної роботи механізму дуже важливі питання техніки безпеки. У першу чергу це визначається тим, що скіп є машиною, що рухається з відносно складним електроустаткуванням і тому розробка системи управління електроприводом скіпа, для доставки корисних копалин на поверхність шахти, є дуже актуальною.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ НА ПІДНІМАЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ ШАХТ

1.1. Основні вимоги до системи керування скіпом

Системи керування для вантажних піднімальних установках повинні відповідати наступним вимогам: забезпечувати виконання тахограми підйому з необхідною точністю; бути економічними; забезпечувати надійність і безпеку роботи скіпа [1, 2].

Електропривод керування скіпом забезпечує [3, 4]:

- 1) незначну швидкість при знятті його з кулаків (до 0,7-1 м/сек.);
- 2) невелике прискорення при розгоні, яке повинно не перевищувати абсолютної величини граничних значень (до 0,8-1 м/сек², швидкість виходу скіпа з розвантажувальних кривих не повинна бути більшою за 1,5 м/сек ;
- 3) максимальну швидкість руху скіпа при рівномірному ході. Вона повинна незалежати від напрямку руху та навантаження на валу двигуна двигуна;
- 4) забезпечити зменшення швидкості скіпа при вповільненні від максимальної до $0,6 \pm 0,3$ м/сек. В цьому випадку необхідно забезпечити плавність зменшення швидкості при відтворенні точності діаграми підйому, незалежно від зміни навантаження в самому скіпу;
- 5) при дотяганні скіпа, забезпечити його рух зі швидкістю $0,6 \pm 0,3$ м/сек., для чого повинна бути урахована компенсаційна погрішність самої системи регулювання;
- 6) якщо нижній скіп сідає на кулаки, то система повинна забезпечувати короткочасне зниження швидкості нижче зазначеної межі;
- 7) відмикання електропривода й вмикання гальма машини при

Стопорінні, що повинно забезпечувати контроль положення скіпа як при завантаженні, так і розвантаженні.

При автоматичному виконанні циклу підйому система керування піднімальною установкою повинна забезпечувати [5, 6]:

- 1) контроль роботи завантажувача-розвантажувача;
- 2) регулювання ходу скіпа, що дає можливість забезпечувати програмне виконання тахограми його руху, незважаючи від зміни навантаження в заданих межах;

Усі скіпові підйоми повинні мати і ручне керування для здійснення ревізії самого стовбура і канатів.

1.2. Аналіз систем управління електроприводом постійного і змінного струму піднімальної установки глибоких шахт

Постійний струм. Регулювання руху скіпа при використанні постійного струму може бути здійснене в усі періоди піднімального процесу. На сьогодні є два види систем керування приводу постійного струму для піднімальної установки: з електромашинним агрегатом (система Г-Д) і з іонним агрегатом (система УРВ-Д).

Найбільше застосування для керування піднімальними установками шахт отримали системи з постійним струмом та електромашинним агрегатом (Г-Д). При використанні постійного струму, застосовують компенсацію з незалежним постійним збудженням. Якщо використовують без редукторний привід, то швидкість двигунів повинна бути 25-100 про/хв. При використанні редукторного приводу приміняють швидкохідні двигуни, (950-750 про/хв0. [7, 8, 9].

Основним недоліком приводу постійного струму (Г-Д) в системі керування піднімальними установками шахт у порівнянні із приводами змінного струму (УРВ-Д) є збільшення капітальних витрат на будівництво будинку й фундаментів, тому що додається електромашинний агрегат, який включає двигун і генератор, потужність якого порівняна з потужністю піднімального двигуна.

Змінний струм. Система керування піднімальними установками глибоких шахт з використанням змінного струму отримала більш значне розповсюдження завдяки простоті конструкції двигуна, значно меншій кількості електричних частин у порівнянні із приводом постійного струму, простішу систему керування, високий к. п. д. і коефіцієнту потужності. Регулювання швидкості обертання двигуна здійснюється зміною величини опору, включеного в ланцюг ротора, чим більший опір у ланцюзі ротора, тим менше швидкість обертання й, навпаки, чим менше опір у ланцюзі ротора, тим більше швидкість його.

Збільшення швидкості обертання двигуна здійснюється шляхом зменшення опору в роторі за допомогою включення контакторів прискорення (що своїми контактами замикають окремі щаблі роторного опору). Через обмежене число цих контакторів двигун буде мати й відповідне число механічних характеристик, на яких він працює, рис.1.3.1.

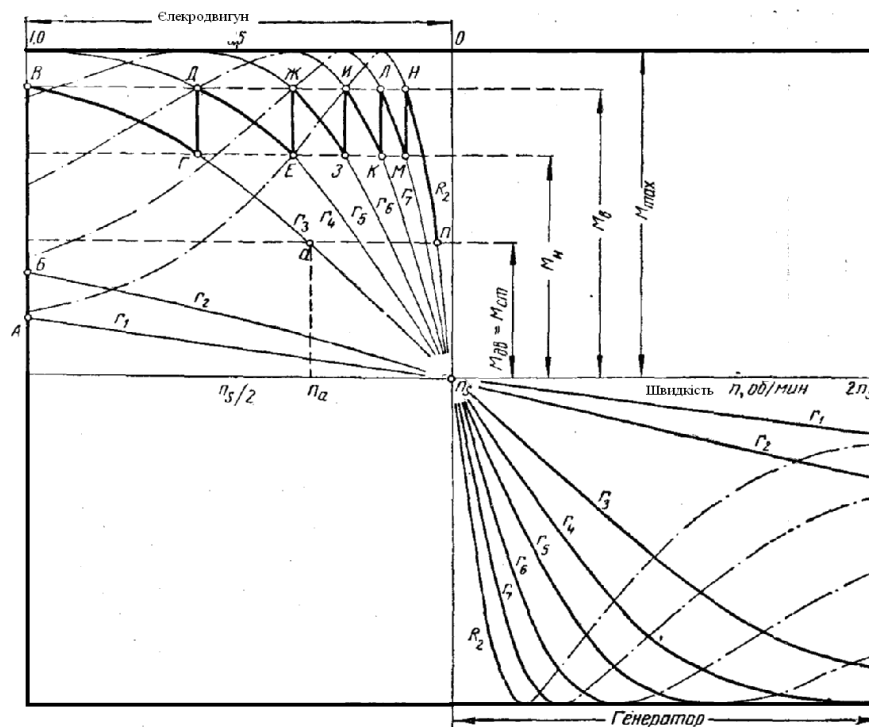


Рис.1.3.1 Діаграма керування електроприводом змінного струму

Перемикання контакторів виконується таким чином, щоб момент, який розвиває двигун, коливався біля середнього моменту, що визначає середнє задане прискорення системи керування.

На момент пуску машиніст установлює рукоятку в положення №1, що приводить до включення реверсного контактора. Це говорить за те, що двигун є включеним у мережу змінного струму при повністю уведеному в ротор опорі, величина якого може бути такою, щоб момент при нерухомому роторі двигуна дорівнював 30-40% статичного моменту системи. Тобто, при положенні рукоятки №1 піднімальна машина в рух не приводиться. Відбувається деякий натяг всіх вузлів системи. При установці рукоятки керування в положення №2 включається перший контактор прискорення, (виводиться перший щабель опору в ланцюзі ротора). У цьому положенні рукоятки величина ротора, що залишається в ланцюзі, опору така, що двигун розвиває момент, рівний 80-90% статичного моменту системи. Отже у положенні рукоятки №2 скіп в рух також не приводиться. Відбувається подальший натяг всіх вузлів системи. Ці положення називають попередніми.

Переставляючи рукоятку в положення №3, машиніст виводить ще деяку частину опору в ланцюзі ротора й двигун починає працювати на третій пусковій характеристиці, що відповідає величині опору r_3 . Третя пускова характеристика забезпечує початок руху скіпа в системі керування підймальною установкою глибоких шахт. Пусковий момент на цьому щаблі дорівнює верхньому перемикаючому моменту M_v (крапка В), що більше статичного моменту системи $M_{ст}$.

Але в процесі процесі руху швидкість обертання ротора збільшується й відповідно до цього зменшується крутячий момент і струм двигуна. Якщо двигун працював би на цій характеристиці тривалий час, то момент, що розвиває він, знижувався до статичного моменту системи.

При здійсненні необхідного режиму розгону скіпа, машиніст повинен вчасною дією рукоятки керування виводити опір з ланцюга ротора так, щоб момент двигуна не міг знижуватися нижче мінімальної величини моменту M_n . Із рис. 1.3.1 слідує, що момент двигуна при розгоні змінюється по східчастій кривій ВГДЕЖЗИКЛМН до виходу двигуна на природну характеристику в крапці Н, що відповідає повністю введеному опорі в роторі. Працюючи на природній характеристиці, двигун із крапки Н переходить на роботу в крапку Я, у якій момент, що розвиває двигуном

Мдв, стає рівним статичному Мст системи. Після переходу двигуна на роботу в крапці П починається рух з рівномірною швидкістю [10, 11, 12].

1.3. Аналіз систем керування режимами гальмування на шахтних піднімальних установках глибоких шахт.

Генераторне гальмування використовується тільки при спуску вантажу. При спуску вантажу швидкість обертання двигуна буде трохи вище синхронної за рахунок енергії вантажу, який спускається, і двигун буде працювати в режимі генератора, віддаючи струм у мережу. Якщо при руховому режимі обертаючий момент збігається з напрямком руху, то при генераторному режимі він спрямований проти, тобто є гальмовим моментом [13, 14].

Генераторне гальмування виробляється так: машиніст розгальмовує машину (переміщує рукоятку командо контролера) в положення, яке відповідає обертанню піднімального двигуна при спуску, і машина під дією вантажу, що спускається, приходить в обертання. При пересуванні рукоятки командоконтролера необхідно стежити, щоб струм статора не перевищував величини, що він має при звичайній роботі.

При генераторному гальмуванні двигун повинен працювати тільки із замкнутим накоротко ротором. Якщо при спуску вантажу в ланцюзі ротора буде уведений опір (рукоятка командоконтролера буде перебувати в проміжному положенні), то швидкість обертання збільшиться й значно перевищить синхронну швидкість. Такий режим неприпустимий, і приводить до аварії скіпа.

Генераторне гальмування при закороченому роторі забезпечує майже рівномірний спуск вантажу зі швидкістю, яка не відрізняється від максимальної. Таке гальмування є економічним, з віддачею енергії в мережу. При гальмуванні проти обертання магнітного поля статора протилежному обертанню ротора піднімального двигуна, що приводить до гальмівного моменту. При виконванні гальмування проти включенням необхідно рукоятку керування командоконтролера

перевести в положення, протилежне напрямку обертання піднімального двигуна[14, 15]..

Режим гальмування проти включенням має досить істотні недоліки й повинен застосовуватися тільки у виняткових випадках - при необхідності екстерного гальмування.

Регулювання гальмового моменту при динамічному гальмуванні виконується зміною величини постійного струму, що надходить у статор, і зміною опору в ланцюзі ротора. Чим менше опір у ланцюзі ротора, тим менше швидкість підйому [8, 10].

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ І МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙІМАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ ГЛИБОКИХ ШАХТ

2.1. Розрахунок тахограми

Щоб зробити розрахунок тахограми необхідно використати технічні дані з паспорта вантажної піднімальної установки шахти «Скіпова» об'єднання «Укрзападвугілля», розріз якої показаний на рис.2.1.1.

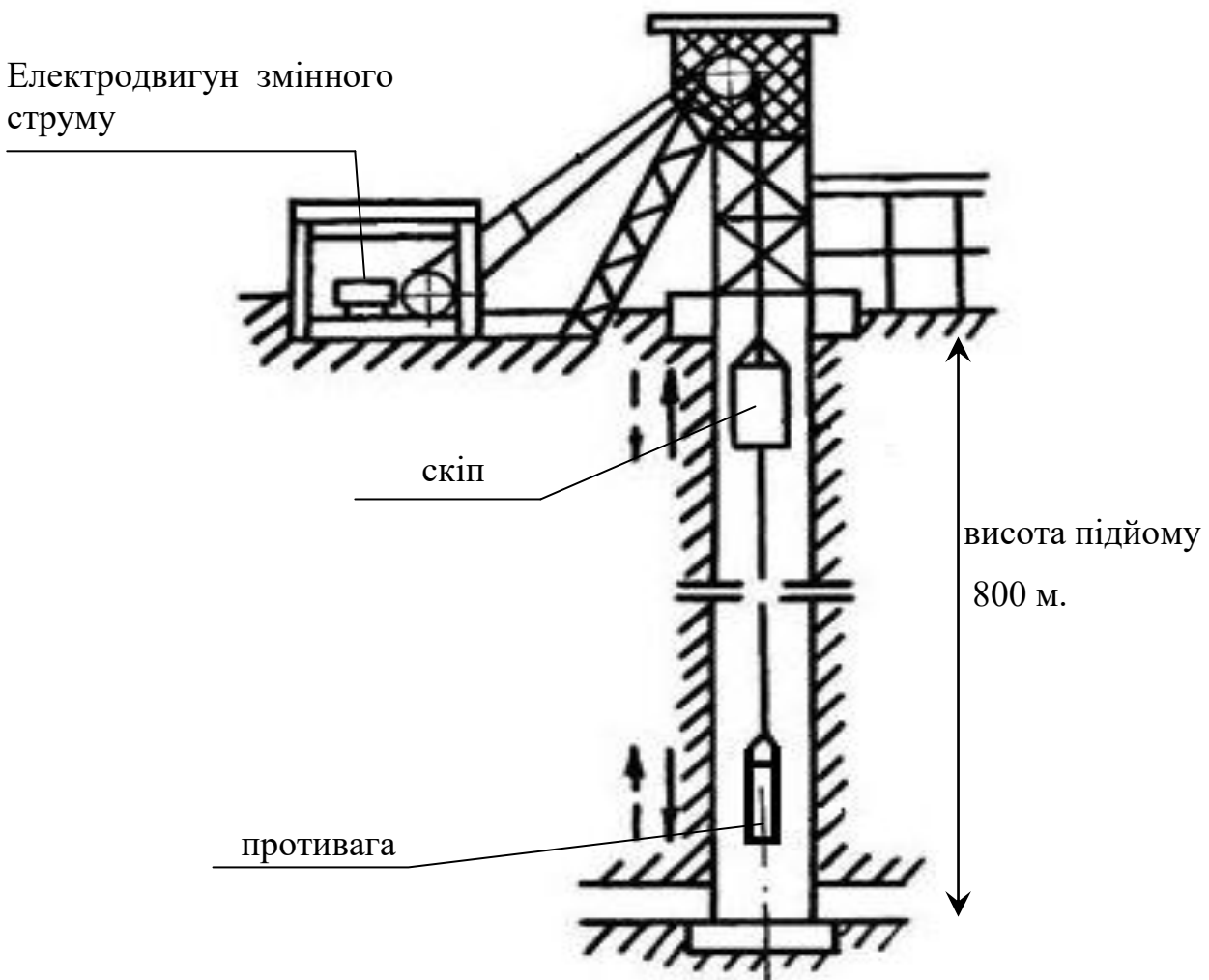


Рис. 2.1.1. Розріз підійомної скіпової установки шахти

- система підйому – одно скіпова ;
- висота підйому H - 800м;
- продуктивність за годину A - 87 т/ч;
- корисна вага вантажу Q - 7250кг.

Розрахунок тахограми виконується по [2, 5]

Розраховуємо необхідне число підйомів за годину, при необхідній годинній продуктивності піднімальної установки:

$$n = \frac{A \cdot 1000}{Q} = \frac{87 \cdot 1000}{7250} = 12 \text{ (підйомів у годину)} \quad (2.1.1)$$

тривалість одного циклу підйому:

$$T_1 = \frac{3600}{2 \cdot n} = \frac{3600}{2 \cdot 12} = 150 \text{ сек.} \quad (2.1.2)$$

середню й максимальну швидкість підйому:

$$v_{cp} = \frac{H}{T_1} = \frac{800}{150} = 5,4 \text{ м/с} \quad (2.1.3)$$

$$v_{max} = a \cdot v_{cp} = 1,11 \cdot 5,4 = 6,11 \text{ м/с} \quad (2.1.4)$$

де $a = 1,11-1,3$ - множник швидкості [2].

Прискорення при підйомі й спуску не повинно перевищувати $0,75 \text{ м/сек}^2$ [2, 5,]. Приймаємо прискорення й сповільнення руху скіпа поза розвантажувальними кривими, тоді

$$a_1 = a_3 = 0,75 \text{ м/сек}^2;$$

прискорення на початку й уповільнення наприкінці підйому приймаємо

$$a_0 = a_B = 0,3 \text{ м/сек}^2.$$

Розраховуємо швидкість сходу скіпа із кривих і швидкість входу скіпа в криві

$$v_0 = v_B = \sqrt{2a_0h_0} = \sqrt{2 \cdot 0,3 \cdot 3,5} = 1,449 \text{ м/сек.} \quad (2.1.5)$$

де $h_0 = 3,5 \text{ м}$ - шлях руху скіпа в розвантажувальних кривих [1].

Час руху скіпа із прискоренням на початку a_0 та уповільненням на кінці a_B

$$t_0 = \frac{v_0}{a_0} = t_B = \frac{v_B}{a_B} = \frac{1,449}{0,3} = 4,83 \text{ сек.} \quad (2.1.6)$$

Час і шлях при русі скіпа із прискоренням a_1 та уповільненням a_3 :

$$t_1 = \frac{v_{max} - v_0}{a_1} = t_3 = \frac{v_{max} - v_B}{a_3} = \frac{6,11 - 1,449}{0,75} = 6,21 \text{ сек. ;} \quad (2.1.7)$$

$$x_1 = x_3 = \frac{v_{\max} + v_0}{2} t_1 = \frac{6.11 + 1.449}{2} 6.21 = 23.5 \text{ м.} \quad (2.1.8)$$

Час і шлях рівномірного руху скіпа:

$$t_2 = \frac{x_2}{v_{\max}} = \frac{746}{6.11} = 122 \text{ сек.}, \quad (2.1.9)$$

$$x_2 = H - x_1 - x_3 - 2h_0 = 800 - 23.5 - 23.5 - 2 \cdot 3.5 = 746 \text{ м.} \quad (2.1.10)$$

Тривалість руху скіпа за один цикл підйому

$$T = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + t_B = 4.83 + 6.21 + 122 + 6.21 + 4.83 = 144.08 \text{ сек.} \quad (2.1.11)$$

Виходячи з виконаного розрахунку тахограма руху скіпової підйомної установи шахти «Скіпова» об'єднання «Укрзападвугілля» має наступний вид рис 2.1.2.

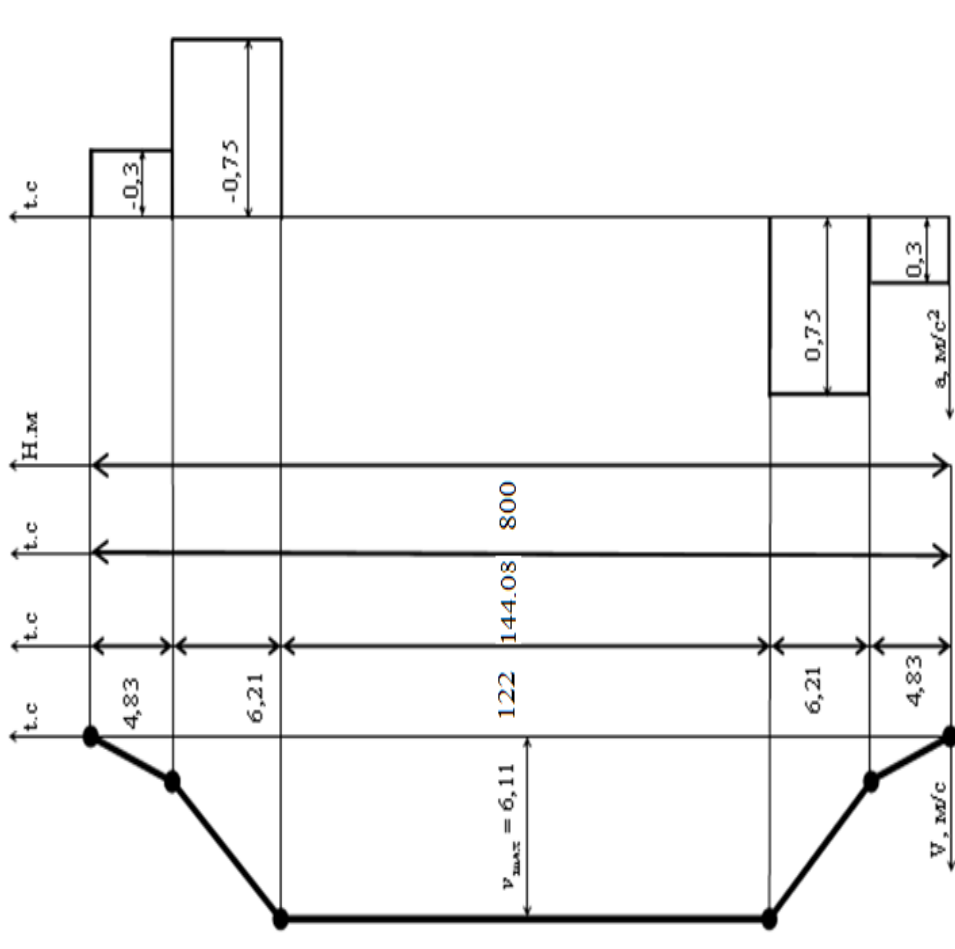


Рис.2.1.2. Тахограма швидкості скіпа

де - максимальна швидкість 6,11 м/с;

- час руху скіпа із прискоренням на початку 4,83 м/с²;

- час руху скіпа із уповільненням 4,83 м/с²;

- час руху скіпа із прискоренням $6,21 \text{ м/с}^2$;
- час руху скіпа з уповільненням $6,21 \text{ м/с}^2$;
- час рівномірного руху 122 сек. ;
- час повного руху скіпа $144,08 \text{ сек.}$

2.2. Розрахунок силової частини підіймальної установки та знаходження потужності її двигуна

Двигун підіймальної установки повинен працювати не з перевантаженням, тобто при такому навантаженні, коли тривалий час нагрівання обмоток і всіх його деталей не перевищує допустимих норм.

Завдання вибору потужності двигуна зводиться до визначення такого його еквівалентного навантаження, при якому кількість випромінюемого тепла за час, що відповідає одному циклу підйому, дорівнювала кількості тепла, випромінюемого в умовах розглянутого режиму роботи. Таке еквівалентне навантаження є ефективним. Розрахунок згідно з [2, 10] наведений нижче.

Оприділяємо орієнтовну ефективну потужність двигуна

$$N_{\text{эф}} = \frac{kQv_{\text{max}}}{102\eta\rho} \beta = \frac{1,15 \cdot 7250 \cdot 6,11}{102 \cdot 0,96} 1,2 = 596,7 \text{ кгс.} \quad (2.2.1)$$

Орієнтовно приймаємо по каталогу даних електродвигун тип АК13-59-6 [1]; потужність $P = 800 \text{ кВт}$. Статор: напруга $= 6000 \text{ В}$, струм $= 91,0 \text{ А}$, ротор $= 940 \text{ В}$, струм $= 525 \text{ А}$, швидкість обертання $n = 990 \text{ про/хв}$. Роторна станція керування на 7 щаблів. Тривалість розгону $= 11,04 \text{ сек}$. Тривалість повного циклу підйому (включаючи паузу) $= 144,08 \text{ с}$.

Розрахунок роторних опорів

Номинальний опір ротора

$$R_H = \frac{U_p}{\sqrt{3} \cdot I_p} = \frac{940}{\sqrt{3} \cdot 746} = \frac{940}{909,3} = 1,04 \text{ Ом} \quad (2.2.2)$$

Відносна тривалість роботи опору

$$ПР\% = \frac{t_p}{T_u} 100\% = \frac{11,04}{144,08} 100 = 9,5\% \quad (2.2.3)$$

Відповідно до формуляра розрахунку роторних опорів для 7 ступенів визначаються величини опорів R по щаблях, середньо пускові струми I по щаблях і відносні тривалості роботи ПВ% відповідних щаблів.

Формуляри розрахунку роторних опорів для двигунів наведені в табл. 2.2.1.

Таблиця 2.2.1

Формуляр розрахунку роторних опорів

Кількість ступенів	Маркування ступенів	опір ступені, ом $R = kR_H$, ом	Середньо пусковий струм, а $I = kI_p$, а	Відносна тривалість роботи щаблів ПВ%=КПР%
Розрахунок для семи ступенів	$P_0 - P_1$	$1,5 * R_H$	$0,4 * I_p$	100%
	$P_1 - P_2$	$0,6 * R_H$	$0,9 * I_p$	0,9*
	$P_2 - P_3$	$0,3 * R_H$	$1,8 * I_p$	0,4*
	$P_3 - P_4$	$0,15 * R_H$	$1,8 * I_p$	0,7*
	$P_4 - P_5$	$0,08 * R_H$	$1,8 * I_p$	0,8*
	$P_5 - P_6$	$0,04 * R_H$	$1,8 * I_p$	0,85*
	$P_6 - P_7$	$0,02 * R_H$	$1,8 * I_p$	0,9*

У формулу розрахунку опорів підставляємо наші значення.

Номер ящика розраховується по технічних характеристиках ящиків опорів [2, 5].

Таблиця 2.2.2

Формуляр розрахунку роторних опорів

Ступень	опір ступені , Ом $R = kR_H$, Ом	Середньо пусковий струм $I = kI_P$, а	Відносна тривалість роботи щаблів ПВ%=кПР%		Номер ящика
			Розраху нкова	Прий нята	
$P_0 - P_1$	$1,5 * 1,04 = 1,56$	$0,4 * 746 = 210$	100%	100%	5
$P_1 - P_2$	$0,6 * 1,04 = 0,624$	$0,9 * 746 = 472$	$0,9 * 9,5 = 8,55$	12,5	7
$P_2 - P_3$	$0,3 * 1,04 = 0,312$	$1,8 * 746 = 945$	$0,4 * 9,5 = 3,8$	6	5
$P_3 - P_4$	$0,15 * 1,04 = 0,156$	$1,8 * 746 = 945$	$0,7 * 9,5 = 6,62$	6	5
$P_4 - P_5$	$0,08 * 1,04 = 0,083$	$1,8 * 746 = 945$	$0,8 * 9,5 = 7,6$	12,5	5
$P_5 - P_6$	$0,04 * 1,04 = 0,041$	$1,8 * 746 = 945$	$0,85 * 9,5 = 8,07$	12,5	5
$P_6 - P_7$	$0,02 * 1,04 = 0,021$	$1,8 * 746 = 945$	$0,9 * 9,5 = 8,55$	12,5	5

Розрахуємо технічні дані ящиків опору по величині середньо пускового струму I й відносної тривалості роботи щабля ПВ% [2, 5, 11, 12].

Формуляр розрахунку роторних опорів наведений в табл..2.2.3

Таблиця 2.2.3

P_1	0,75	0,75
P_2	0,9	0,9
P_3	$0,74 \cdot v_{\max}$	4,52
P_4	$0,37 \cdot v_{\max}$	2,26
P_5	$0,19 \cdot v_{\max}$	1,16
P_6	$0,10 \cdot v_{\max}$	0,61
P_7	$0,06 \cdot v_{\max}$	0,36

Розраховуємо витримку часу при виведенні роторних опорів табл. 2.2.4 [2,5,12]

2.3. Розробка алгоритму приводу скіпа при керуванні піднімальною установкою шахти

Алгоритм приводу скіпа виконується в такій послідовності:

1. У початковому стані напруга на двигун не подається;
2. Перед пуском скіпа вибирають напрямок його руху вниз (вгору) та розгальмовують двигун;
3. Перед пуском скіпа необхідно натиснути кнопку "Пуск", після чого масляний вимикач подає трифазна напруга 6000 В до статора двигуна й одночасно включається в роботу таймер t_1 , який відраховує час, через який необхідно виконати закорочення першого роторного опору R_1 ;
4. Через час t_1 по сигналу D_{t_1} або при наявності сигналу від датчика струму D_{t_1} , відбудеться виключення з ланцюга ротора двигуна опору R_1 . Тоді, струм у роторі збільшиться й зросте момент на валу двигуна, що приведе до зняття механічних люфтів у скіповій установці. З виключенням (закороченням) роторного опору R_1 увімкнеться таймер t_2 , який відраховує час, через який відбудеться виключення роторного опору R_2 ;
5. Під дією сигналів D_{t_2} або D_{I_2} відбудеться закорочення опору R_2 . Це веде до збільшення роторного струму і моменту на валу двигуна, що приведе до натягу канатів скіпа. При закороченні роторного опору R_2 включиться таймер t_3 , який відраховує час, через який необхідно виключити роторний опір R_3 .
6. Під дією сигналів D_{t_3} , D_{I_3} закорочується опір R_3 , який приводить до збільшення роторного струму і моменту на валу двигуна. Скіп починає рух у розгрузочних кривих тахограми. У цей час включається таймера t_4 , що відраховує час, через який необхідно вивести роторний ланцюг опору R_4 .
7. Під дією сигналів D_{t_4} або D_{I_4} з роторного ланцюга виводиться опір R_4 , що веде до збільшення роторного струму і моменту на валу двигуна. Двигун збільшує швидкість скіпа. При цьому включається таймер t_5 , що відраховує час виводу з роторного ланцюга опору R_5 .

8. При дії сигналів D_{t_5} або D_{1_5} , виводиться з роторного ланцюга пусковий опір R_5 , що приводить до ще більшого збільшення роторного струму й моменту на валу двигуна. Двигун збільшує швидкість скіпа. У цей час включається й таймер t_6 , що відраховує час виводу роторного опору R_6 .

9. Під дією сигналів D_{t_6} або D_{1_6} , з роторного ланцюга виключається опір R_6 , що приводить до збільшення роторного струму і моменту на валу двигуна. Двигун ще збільшує швидкість скіпа. У цей час включається таймер t_7 , що відраховує час виводу роторного опору R_7 .

10. Під дією сигналів D_{t_7} або D_{1_7} , з роторного ланцюга виключається опір R_7 , що приводить до збільшення роторного струму і моменту на валу двигуна. Двигун збільшує швидкість скіпа й на цій збільшеній швидкості йде рух скіпа вдоль стовбура. Це ділянка рівномірного ходу скіпа по тахограмі.

11. При впливу на скіп сигналу (датчика) уповільнення вимикається масляний вимикач, що відключає трифазну напругу 6000 В зі статора двигуна. По сигналу відключення масляного вимикача \bar{D}_{mv} на статор двигуна підключається постійна напруга, під дією якої виробляється динамічне гальмування. У статор двигуна подається постійна напруга, пропорційна швидкості руху скіпа. Чим більше швидкість, тим більшої величини надходить напруга в статор скіпа, тим більший момент опору буде мати ротор під дією магнітного поля. Швидкість скіпа зменшиться.

12. При спрацюванні датчика дотягнення D_{dm} , від статора двигуна відключається постійна напруга й через $\approx 2c$ включається, що подає трифазну напругу 6000 В в статор двигуна. У роторі двигуна залишаються закорочені тільки опори R_1 й R_2 . Двигун, увійшовши в розвантажувальні криві згідно тахограми, починає дотяжку скіпа до стопорних кулаків.

13. При спрацюванні датчиків стопоріння D_{cm} , відключається напруга 6000 В від статора двигуна й накладаються гальма.

14. При перевантаженні скіпа під час пуску або при короткому замиканні двигуна скіпова установка виконує аварійне гальмування із діагностуванням причини.

15. При перевищенні швидкості руху скіпа, під час рівномірного ходу й при уповільненні й дотягуванні, скіпова установка повинна вийти на аварійну зупинку із вказівкою її причини.

16. При відключенні високовольтної напруги під час рівномірного ходу, уповільнення й дотягування, скіпова установка виходить на аварію (накладається аварійні гальма).

17. Під час рівномірного ходу, динамічного гальмування й дотягування за допомогою спеціальної команди скіпова установка може вийти на аварію .

18. Зняття аварії виконується після усунення її причини.

2.4. Розробка абстрактної математичної моделі системи керування піднімальною установкою глибоких шахт

Для використання засобів обчислювальної техніки в системах керування має бути побудована його математична модель. Виходячи із цього і, використовуючи описаний вище алгоритм, його параметри, внутрішні і зовнішні зв'язки, абстрактна математична модель згідно [16, 17, 18] матиме вигляд, приведений на рис. 2.4.1.

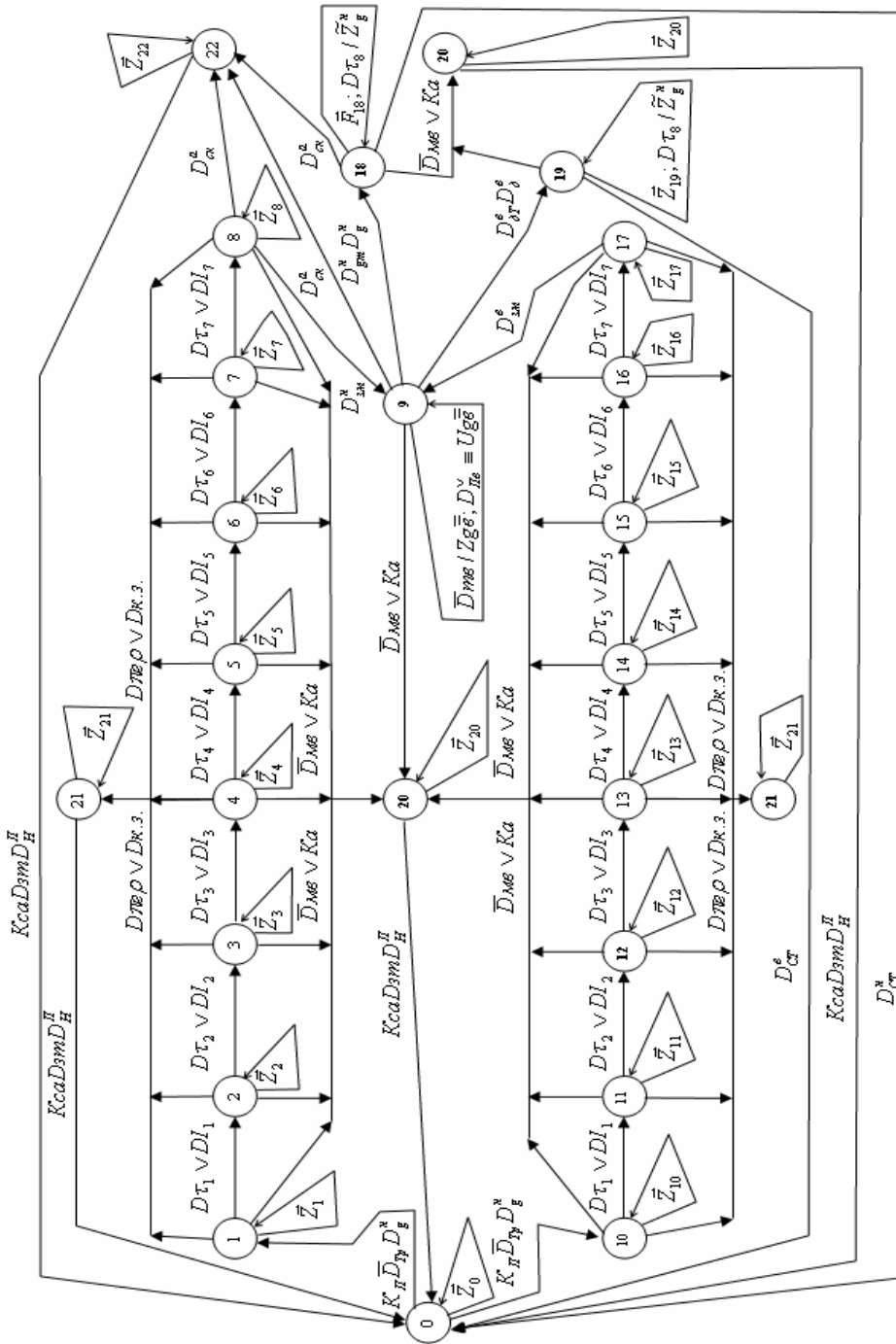


Рис.2.4.1 Абстрактна математична модель системи керування скіпом в глибоких шахтах

Для побудови абстрактної математичної моделі системи керування скіпом піднімальної установки в глибоких шахтах використані слідуєчі векторні вихідні сигнали :

0. $\vec{Z}_0 = Z_{Tp}$
1. $\vec{Z}_1 = \tilde{Z}_g^h Z \tau_1$
2. $\vec{Z}_2 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z \tau_2$
3. $\vec{Z}_3 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z \tau_3$
4. $\vec{Z}_4 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z \tau_4$
5. $\vec{Z}_5 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z \tau_5$
6. $\vec{Z}_6 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z \tau_6$
7. $\vec{Z}_7 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z_{R6} Z \tau_7$
8. $\vec{Z}_8 = \tilde{Z}_g^h Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z_{R6} Z_{R7} Z \tau_8$
9. $\vec{Z}_{10} = \tilde{Z}_g^e Z \tau_1$
10. $\vec{Z}_{11} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z \tau_2$
11. $\vec{Z}_{12} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z \tau_3$
12. $\vec{Z}_{13} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z \tau_4$
13. $\vec{Z}_{14} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z \tau_5$
14. $\vec{Z}_{15} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z \tau_6$
15. $\vec{Z}_{16} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z_{R6} Z \tau_7$
16. $\vec{Z}_{17} = \tilde{Z}_g^e Z_{R1} Z_{R2} Z_{R3} Z_{R4} Z_{R5} Z_{R6} Z_{R7}$
17. $\vec{Z}_{18} = Z \tau_8; Z_{R1} Z_{R2};$
18. $\vec{Z}_{19} = Z \tau_8; Z_{R1} Z_{R2};$
19. $\vec{Z}_{20} = Z_{Tp}^a \vee K_a$
20. $\vec{Z}_{21} = Z_{Tp}^a; Z_{np}$
21. $\vec{Z}_{22} = Z_{Tp}^a; Z_v^a$

Найменування датчиків і кнопок керування системою:

K_{II} – кнопка пуску скіпа;

K_a – кнопка аварійної зупинки скіпа;

Kca - кнопка зняття аварії ;
 D_{Tp} - датчик “загальмовано”;
 D_g^n - датчик (рукоятка командоконтролера при пуску скіпа вниз);
 D_g^e - датчик (рукоятка командоконтролера при пуску скіпа вверх)
 $D\tau_{1...} D\tau_7$ - сигнали з таймерів про витримку часу при виключенні
 (шунтуванні) роторних опорів $R_{1...}R_7$ відповідно;
 $DI_{1...}DI_7$ - сигнал датчиків струму при пуску двигуна;
 $D_{зм}^n$ - датчик (сигнал) гальмування підйомного скіпа при руху вниз;
 $D_{зм}^e$ - датчик (сигнал) гальмування підйомного скіпа при руху вверх;
 D_{gm}^n - датчик (сигнал) дотягування підйомного скіпа при його руху вниз;
 D_{gm}^e - датчик (сигнал) дотягування підйомного скіпа при його руху вверх;
 D_{cm}^n - датчик (сигнал) на зупинку підйомного скіпа при його руху вниз;
 D_{cm}^e - датчик (сигнал) на зупинку підйомного скіпа при його руху вверх;
 $D_{мв}$ - датчик (сигнал) включення масляного вимикача;
 $D\tau_8, D\tau_9$ - сигнали з таймерів на затримку подачі аварійної напруги на двигун скіпа
 при його руху вниз і вверх;
 $D_{пер}$ - датчик (сигнал) перегрузу скіпа;
 $D_{к.з}$ - датчик (сигнал) короткого замикання двигуна скіпа;
 $D_{зм}$ - датчик (сигнал) загальмованості двигуна скіпа;
 D_H^n - датчик (рукоятка командоконтролера у нульовому положенні);
 $D_{не}$ - датчик контролю за рівнем перевищення швидкості дійсної від заданої при
 динамічному гальмуванні;

Найменування вихідних сигналів системи керування

\tilde{Z}_g^n - сигнал на включення 3-х фазної напруги на двигун скіпа при руху вниз;
 \tilde{Z}_g^e - сигнал на включення 3-х фазної напруги на двигун скіпа при руху вверх;
 $Z\tau_{1...} Z\tau_7$ - сигнали на включення таймерів($_{1...i7}$) для одержання витримки часу
 виключенні роторних опорів $R_{1...}R_7$ відповідно;

$Z_{R1...R7}$ - сигнали на відключення (шунтування) роторних опорів $R_1...R_7$ відповідно;
 Z_{np} - сигнал індикації аварійної ситуації (включення застережного гальма);
 Z_{mp} - сигнал на накладання робочого гальма;
 $Z\tau_8$ - сигнал на включення таймера t_8 для одержання затримки часу між виключенням постійної напруги із статора двигуна і ввімкненням на нього 3-х фазної напруги при руху скіпа вниз;
 $Z\tau_9$ - сигнал на включення таймера t_9 для одержання затримки часу між виключенням постійної напруги із статора двигуна і ввімкненням на нього 3-х фазної напруги при руху скіпа вверх;
 Z_{me} - сигнал індикації спрацювання (відключення) масляного вимикача;
 Z_{ge} - сигнал на підключення до статора двигуна скіпа постійної напруги при динамічному гальмуванні;
 U_{ge} - сигнал подачі напруги на статор двигуна скіпа, який по величині повинен бути пропорціональний сигналу перевищенню швидкості дійсної від заданої скіпа при його динамічному гальмуванні;

2.5. Розробка структурної математичної моделі і канонічних рівнянь роботи системи керування підйимальною установкою глибоких шахт

Для розробки структурної математичної моделі системи необхідно згідно [17, 18] стани абстрактної математичної моделі закодувати слідуєчим двійковим нормальним кодом: 0→00000; 1→00001; 2→00010; 3→00011; 4→00100; 5→00101; 6→00110; 7→00111; 8→01000; 9→01000; 10→01001; 11→01010; 12→01011; 13→01100 14→01101; 15→01110; 16→01111; 17→10000; 18→10001; 19→10010; 20→10011; 21→10100; 22→10101; 23→10110. Таблиця переходів і виходів структурної математичної моделі системи керування скіпом підйимальної установки шахти «Скіпова» об'єднання «Укрзападвугілля», приведена в табл.2.5.1

Таблиця переходів і виходів структурної моделі системи управління

Табл.2.5.1

Вхідні Змінні	Стани структурної моделі	00000	00001	00010	00011	00100	00101	00110	00111	01000	01001	
$K_{II} \bar{D}_{II} D_{II}^*$		00001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01001
$D_{\tau_1} \vee DI_1$		-	00010	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau_2} \vee DI_2$		-	-	00011	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau_3} \vee DI_3$		-	-	-	00100	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau_4} \vee DI_4$		-	-	-	-	00101	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau_5} \vee DI_5$		-	-	-	-	-	00110	-	-	-	-	-
$D_{\tau_6} \vee DI_6$		-	-	-	-	-	-	00111	-	-	-	-
$D_{\tau_7} \vee DI_7$		-	-	-	-	-	-	-	01000	-	-	-
D_{Σ}^*		-	-	-	-	-	-	-	-	01001	-	-
$K_{II} \bar{D}_{II} D_{II}^*$		01010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{II}^* D_{II}^*$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10010
$D_{II}^* D_{II}^*$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10011
D_{II}^*		-	-	-	-	-	-	-	-	10110	10110	10110
$KcaD_{\Sigma} D_{II}^*$		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D_{II}^*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D_{II}^*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
\bar{D}_{me} / D_{II}^*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	01001
D_{τ_8}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D_{τ_9}		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{me\rho} \vee D_{\Sigma}^*$		-	10101	10101	10101	10101	10101	10101	10101	10101	10101	-
$\bar{D}_{me} \vee Ka$		-	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100

Продовження таблиці переходів і виходів структурної моделі системи управління

Стани структурної моделі	01010	01011	01100	01101	01110	01111	10000	10001	10010	10011	10100	10101	10110
Вхідні Змінні													
$K_{II} \bar{D}_{IV} D_{II}^N$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_1 \vee DI_1$	01011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_2 \vee DI_2$	-	01100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_3 \vee DI_3$	-	-	01101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_4 \vee DI_4$	-	-	-	01110	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_5 \vee DI_5$	-	-	-	-	01111	-	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_6 \vee DI_6$	-	-	-	-	-	10000	-	-	-	-	-	-	-
$D\tau_7 \vee DI_7$	-	-	-	-	-	-	10001	-	-	-	-	-	-
D_{JK}^N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_{II} \bar{D}_{IV} D_{II}^e$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D_{JK}^e	-	-	-	-	-	-	-	01001	-	-	-	-	-
D_{OK}^e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$KcaD_{III} D_{II}^H$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00000	00000	00000
D_{CT}^e	-	-	-	-	-	-	-	-	-	00000	-	-	-
D_{CT}^H	-	-	-	-	-	-	-	-	00000	-	-	-	-
$D\tau_8$	-	-	-	-	-	-	-	-	10010	-	-	-	-
$D\tau_9$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10011	-	-	-
$D_{\text{ЛР}} \rho \vee D_{\text{К.З.}}$	10101	10101	10101	10101	10101	10101	10101	10101	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{\text{ЛМВ}} \vee K_{\text{Ка}}$	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	10100	-	-	-

Виходячи, з таблиці переходів і виходів структурної математичної моделі системи, канонічні рівняння мають наступний вид:

$$\begin{aligned}
 y_1^0 &= (D\tau_1 \vee DI_1)\bar{y}_5\bar{y}_4\bar{y}_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee (D\tau_3 \vee DI_3)\bar{y}_5\bar{y}_4 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4 \vee (D\tau_5 \vee DI_5)\bar{y}_5\bar{y}_4y_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4y_3\bar{y}_2 \vee (D\tau_7 \vee DI_7)\bar{y}_5 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4y_3 \vee (D_{gT}^n D_g^n)\bar{y}_3 \vee (D_{ck}^a) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_2 \vee (D\tau_2 \vee DI_2)\bar{y}_5y_4 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.) \vee \\
 &\vee (D\tau_4 \vee DI_4)\bar{y}_5y_4y_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3\bar{y}_2 \vee (D\tau_6 \vee DI_6) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee (D_{CT}^e)\bar{y}_4\bar{y}_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4 \vee (KcaDзmD_H^n)\bar{y}_4\bar{y}_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_1^1 &= K_{II}\bar{D}_{Tp}D_g^n \cdot \bar{y}_5\bar{y}_4\bar{y}_3\bar{y}_2 \vee (D\tau_2 \vee DI_2)\bar{y}_5\bar{y}_4\bar{y}_3y_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4 \vee \\
 &\vee (D\tau_4 \vee DI_4)\bar{y}_5\bar{y}_4y_3\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_3\bar{y}_2 \vee (D\tau_6 \vee DI_6)\bar{y}_5\bar{y}_4y_3y_2 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_3 \vee D_{зm}^n\bar{y}_5y_4\bar{y}_3\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_2 \vee (D\tau_1 \vee DI_1)\bar{y}_5y_4\bar{y}_3y_2 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.) \vee (D\tau_3 \vee DI_3)\bar{y}_5y_4y_3\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3\bar{y}_2 \vee (D\tau_5 \vee DI_5)\bar{y}_5y_4y_3y_2 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3 \vee (D\tau_7 \vee DI_7)y_5\bar{y}_4\bar{y}_3\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2^0 &= (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4\bar{y}_1 \vee (D\tau_3 \vee DI_3)\bar{y}_5\bar{y}_4 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_1 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4y_3\bar{y}_1 \vee (D\tau_7 \vee DI_7)\bar{y}_5 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_3y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4y_3 \vee (Dпер \vee Dк.з.) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (D\tau_2 \vee DI_2)\bar{y}_5y_4 \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.) \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (D\tau_6 \vee DI_6) \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3\bar{y}_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3 \vee (D_{CT}^H)\bar{y}_4\bar{y}_3\bar{y}_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (D_{CT}^e)\bar{y}_4\bar{y}_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4 \vee (KcaDзmD_H^n)\bar{y}_4\bar{y}_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2^1 &= K_{II}\bar{D}_{Tp}D_g^e \cdot \bar{y}_5\bar{y}_3\bar{y}_1 \vee (D\tau_1 \vee DI_1)\bar{y}_5\bar{y}_4\bar{y}_3 \vee (D\tau_5 \vee DI_5)\bar{y}_5\bar{y}_4y_3 \vee (D_{ck}^a)\bar{y}_1 \vee (D_{gT}^n D_g^n)\bar{y}_3 \vee \\
 &\vee (D_{gT}^e D_g^e)\bar{y}_3y_1 \vee (D_{ck}^a) \vee (D\tau_4 \vee DI_4)\bar{y}_5y_4y_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3^0 &= (D\tau_7 \vee DI_7)\bar{y}_5 \vee (D\tau_6 \vee DI_6) \vee (KcaDзmD_H^n)\bar{y}_4\bar{y}_2\bar{y}_1 \vee (KcaDзmD_H^n)\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee \\
 &\vee (KcaDзmD_H^n)\bar{y}_4\bar{y}_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_3^1 &= (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4\bar{y}_2y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (D\tau_3 \vee DI_3)\bar{y}_5\bar{y}_4 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_4y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_4 \vee (D_{ck}^a)\bar{y}_1 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_2 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_2\bar{y}_1 \vee (D_{ck}^a) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (D\tau_2 \vee DI_2)\bar{y}_5y_4 \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.) \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_2\bar{y}_1 \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_2y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_2 \vee \\
 &\vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4\bar{y}_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_5\bar{y}_4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_4^0 &= (D_{ck}^a)\bar{y}_1 \vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_2 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_2\bar{y}_1 \vee (D_{gT}^H D_g^H)\bar{y}_3 \vee (D_{gT}^e D_g^e)\bar{y}_3y_1 \vee \\
 &(D_{ck}^a) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_2 \vee (Dпер \vee Dк.з.) \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)\bar{y}_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.) \vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3\bar{y}_2 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3\bar{y}_2\bar{y}_1 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3\bar{y}_2y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3\bar{y}_2 \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3\bar{y}_1 \vee (D\tau_6 \vee DI_6) \vee \\
 &\vee (Dпер \vee Dк.з.)y_3y_1 \vee (\bar{D}mv \vee Ka.)y_3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
y_4^1 &= (K_{II} \bar{D}_{Tp} D_g^e) \bar{y}_5 \bar{y}_3 \bar{y}_1 \vee (D\tau_7 \vee DI_7) \bar{y}_5 \vee (D_{3M}^e) \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \\
y_5^0 &= (D_{3M}^e) \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \vee (D_{CT}^H) \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_1 \vee (D_{CT}^e) \bar{y}_4 \bar{y}_3 \vee (KcaD3mD_H^II) \bar{y}_4 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \vee (KcaD3mD_H^II) \bar{y}_4 \bar{y}_2 \vee \\
&\vee (KcaD3mD_H^II) \bar{y}_4 \bar{y}_1 \\
y_5^1 &= (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 \bar{y}_2 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 \bar{y}_2 \vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 \bar{y}_1 \vee \\
&(D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 \vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 y_3 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_1 \vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_4 y_3 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_4 y_3 \vee \\
&(D_{ck}^a) \bar{y}_1 \vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \bar{y}_2 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_2 \bar{y}_1 \vee \\
&\vee (D_{gT}^H D_g^H) \bar{y}_3 \vee (D_{gT}^e D_g^e) \bar{y}_3 y_1 \vee (D_{ck}^a) \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_2 \vee \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \bar{y}_1 \vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) \vee \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) y_3 \bar{y}_2 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \vee \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) y_3 \bar{y}_2 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) y_3 \bar{y}_2 \vee \\
&\vee (D\pi\rho \vee D\kappa.3.) y_3 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) y_3 \bar{y}_1 \vee (D\tau_6 \vee DI_6) \\
&(D\pi\rho \vee D\kappa.3.) y_3 y_1 \vee (\bar{D}M\theta \vee Ka.) y_3 \\
\tilde{Z}_g^e &= D\tau_9 : y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 y_1 \\
\tilde{Z}_g^H &= D\tau_8 : y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 \bar{y}_1 \\
\bar{D}_{M\theta} &= Z_{g\bar{e}} : \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \\
D_{II_6}^\vee &\equiv U_{g\bar{e}} : \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \\
Z_{Tp} &= \bar{y}_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z\tau_2 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 \bar{y}_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z\tau_1 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z\tau_3 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 y_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z\tau_4 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z\tau_5 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 y_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z\tau_6 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 y_3 y_2 \bar{y}_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z_{R6} = Z_{R7} = Z\tau_8 = \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1 \\
\tilde{Z}_g^h &= Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z_{R6} = Z\tau_7 = \bar{y}_5 \bar{y}_4 y_3 y_2 y_1 \\
\bar{D}M\theta / Z_{g\bar{e}} &= D_{II_6}^\vee \equiv U_{g\bar{e}} = \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1 \\
\tilde{Z}_g^e &= Z\tau_1 = \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1
\end{aligned}$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z\tau_2 = \bar{y}_5 y_4 \bar{y}_3 y_2 y_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z\tau_3 = \bar{y}_5 y_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z\tau_4 = \bar{y}_5 y_4 y_3 \bar{y}_2 y_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z\tau_6 = \bar{y}_5 y_4 y_3 y_2 y_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z\tau_5 = \bar{y}_5 y_4 y_3 y_2 \bar{y}_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z_{R6} = Z\tau_7 = y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1$$

$$\tilde{Z}_g^6 = Z_{R1} = Z_{R2} = Z_{R3} = Z_{R4} = Z_{R5} = Z_{R6} = Z_{R7} = y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 \bar{y}_2 y_1$$

$$Z\tau_9 = Z_{R1} = Z_{R2} = y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 y_1$$

$$Z\tau_8 = Z_{R1} = Z_{R2} = y_5 \bar{y}_4 \bar{y}_3 y_2 \bar{y}_1$$

$$Z_{Tp}^a = K_a = y_5 \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 \bar{y}_1$$

$$Z_{Tp}^a = Z_{np} = y_5 \bar{y}_4 y_3 \bar{y}_2 y_1$$

$$Z_{Tp}^a = Z_v^a = y_5 \bar{y}_4 y_3 y_2 \bar{y}_1$$

де: $y_1^1, y_2^1, y_3^1, y_4^1, y_5^1$ - сигнали на включення елементів пам'яті із «0» в «1»

$y_1^0, y_2^0, y_3^0, y_4^0, y_5^0$ - сигнали на вимкнення елементів пам'

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДЙМАЛЬНОЮ СКІПОВОЮ УСТАНОВКОЮ ГЛИБОКИХ ШАХТ

3.1. Вибір контролера для системи керування

Логічні контролери фірми OMRON, рис.3.1.1, мають значне технічне виконання і забезпечують широке застосування в пакувальних машинах, конвеєрах, і т.д.



Рис.3.1.1 Контролер OMRON

Компанія Unitronics, рис.3.1.2, у новій серії малогабаритних логічних контролерів з інтегрованою панеллю оператора пропонує спектр контролерів для об'єктів різної складності [20].



Рис.3.1.2. Контролери Unitronics

ПЛК Unitronics відрізняються комунікаційними можливостями:

- Забезпечення зв'язку із пристроями з послідовним інтерфейсом (ваги, лічильники), підтримка протоколів послідовного зв'язку (Modbus й CANbus)
- Підтримка технологій Ethernet й Internet

Серія M90 має 7 модифікацій, що розрізняються по входам і виходам. Є цифрові входи і виходи.

Корпус M90 розрахований на панельний монтаж відповідно до норм DIN. Функція промислової шини забезпечує з'єднання до 64 контролерів M90 через CAN-шину.

Програмне забезпечення забезпечує програмування M90 і інтерфейсу "людина-машина" в програмному середовищі U90 Ladder.

Кожен контролер M90 (окрім M90 - B1A) оснащений портом розширення, до якого можна під'єднувати до 8 модулів розширення, рис 3.1.3. Вони забезпечують збільшення кількості входів та виходів контролера.



Рис. 3.1.3. Модуль розширення

Із наведених контролерів найбільше підходить для системи керування підйомальною установкою для глибоких шахт, що реалізують канонічні рівняння її роботи контролер M90-TA2-CAN, зовнішній вигляд якого наведений на рис. 3.1.4 [19, 20].



Рис.3.1.4. Контролер M90-TA2-CAN

3.2. Вибір мови програмування для реалізації системи керування підйомальною установкою для глибоких шахт

Програмне застосування контролера Unitronics M90 дає можливість реалізувати векторні канонічні рівняння, яка наведені в розділі 3.

Після підготовки всієї програми, вона завантажується в контролер Unitronics M90.

Редактор U90 Ladder використовується для створення мереж багатоланкової схеми, які формують основу додатку (програми).

Мережі багатоланкової схеми складені з різних типів елементів:

- контактів (стан або умова);
- котушок (результат або вираз логічної операції.);
- функціональних блоків(математичні функції, функції порівняння, логічні функції, функції часу).

System Bits - біти операційної системи. Біти системи зарезервовані операційною системою для певних функцій. Деякі System Bit пов'язані з клавішами M90 допоміжної клавіатури(SB40 - SB53).

Є 256 System Bits (адреси SB 0 - SB 255).

Приклад:

- SB 80: активізує лінеаризацію;
- SB 200 -SB 215: M90 мережевий операнд.

Memory Integers - цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми.

Є 256 Memory Integers (адреси MI0 - MI255).

Memory Bits –цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми.

Є 256 Memory Bits (адреси MB0 - MB255) .

Memory Bits можуть набувати значення 0 або 1.

Timers - цей тип операндів може використовуватися програмістом для написання програми без обмежень.

U90 Ladder підтримує до 64 таймерів затримки(T0 - T63).

Input - цей тип операндів використовуються для створення програми.

Число Input змінюється залежно від моделі M90.

Output - цей тип операндів використовуються для створення програми.

Лістинг програми системи приведено у додатку А

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити систему керування піднімальними установками глибоких шахт. У процесі розв'язання поставленої у кваліфікаційній роботі задачі було проаналізовано ряд систем керування з цього напрямку та способи гальмування, які використовують для шахтних підйомників.

Використовуючи даний аналіз було вибрано систему керування піднімальними установками для глибоких шахт, використовуючи для цього динамічний режим гальмування. Ця система є надійною в управлінні, окупною по капітальним витратам з простою конструкцією двигуна.

Проведений розрахунок тахограми руху скіпа для визначення швидкості розгону, рівномірного руху та гальмування, загальний час підйому. В процесі виконання кваліфікаційної роботи був розрахований і підібраний електродвигун для виконання тахограми руху. Був розроблений детальний алгоритм системи піднімальної установки скіпа шахти. На основі такого алгоритму розроблена абстрактна та структурна математична модель роботи наведеної системи. Із структурної математичної моделі отримані канонічні рівняння роботи системи керування піднімальної установки для глибоких шахт.

Користуючись отриманими в розділі 2 рівняннями роботи системи був виконаний аналіз контролерів і вибраний найбільш підходящий для їх реалізації. Таким контролером став контролер M90-TA2-CAN, на якому була розроблена програма реалізації канонічних рівнянь роботи системи управління піднімальною установкою шахти «Скіпова» об'єднання «Укрзападвугілля» на мові програмування U90 Ladder.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Браун И. В. Монтаж стационарных установок. Госгортехиздат, 1990, 154с.
2. Василевский М. Н. Привод подъемных машин. Госгортехиздат, 1990, 276с.
3. Вешеневский С. Н. Расчет характеристик и сопротивлений для
4. Гершиков И. Я., Димашко А. Д., Кривневич А. А. Шахтные электрические лебедки и подъемные машины. Справочник, Москва 1983, 302с.
5. Гемке Р. Г. Неисправности электрических машин. Госэнергоиздат, 1980, 230 с.
6. Калиш С.И., Чебаненко К.И. Справочник машиниста шахтной подъемной машины Москва 1992, 221с.
электродвигателей. Госэнергоиздат, 1984, 456с.
7. Временная инструкция по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок с асинхронным двигателем. Углетехиздат, 1986, 127с.
8. Давыдов Б. Л. неполадки шахтных подъемных установок, их предупреждение и устранение. Углетехиздат, 1988, 271с.
9. Киселев Н. Н., Кужель М. Г., Димашко А. Д., Ильин П. П. Шахтные подъемные машины. Атлас конструкций. Углетехиздат, 1985, 348с.
10. Гершиков И. Я., Глинский А. К., Димашко А. Д., Кривневич А. А. Электрические лебедки и подъемные машины. Справочник, Углетехиздат, 1988, 318 с.
11. Давыдов Б. Л. Расчет и конструирование шахтных подъемных машин. Углетехиздат, 1949, 428с.
12. Мальчев С. М. Машинист подъемной установки. Углетехиздат, 1996, 219с.
13. Объем и нормы испытаний электрооборудования. Госэнергоиздат, 1997, 215 с.
14. Найденов И. С. Ревизия, наладка и испытание тормозных устройств шахтных подъемных машин. Госгортехиздат, 1990, 341 с.
15. Полевой В. В., Оборудование шахтного подъема. Углетехиздат, 1999, 437 с.
16. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.
17. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 - 392с.

18. Матвієнко М.П. Промислова електроніка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2019 - 424с.
19. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 364с.
20. WWW. klinkmann. com

ДОДАТОК А

Реалізація програмування контролера на мові Ladder

