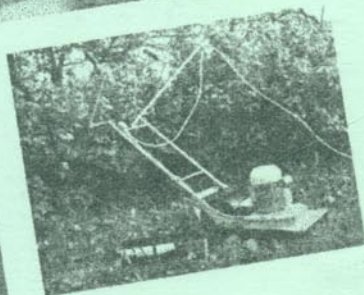
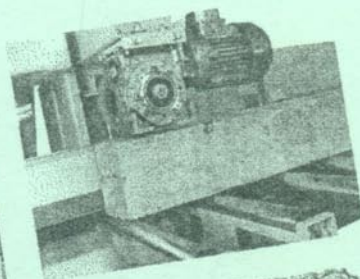
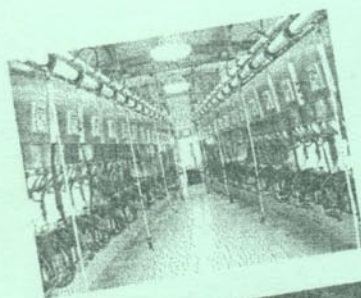


62-83(075)

Г 75

Грабко В. В., Левицький С. М.

ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ



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

В. В. Грабко, С. М. Левницький

ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2011

УДК 62-838:631.171(075)

ББК 40.76я73

Г 75

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол №4 від 25.11.2010 р.)

Рецензенти:

В. М. Кутін, доктор технічних наук, професор

О. В. Садовой, доктор технічних наук, професор

О. П. Чорний, доктор технічних наук, професор

Грабко, В. В.

Г75 Електропривод підприємств агропромислового комплексу : навчальний посібник / В. В. Грабко, С. М. Левицький. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 198 с.

В навчальному посібнику висвітлено роль автоматизованого електропривода в сучасному агропромисловому комплексі України. Розглянуто питання розрахунків потужності та вибору схем управління електроприводами основних технологічних агрегатів сільськогосподарського виробництва, в тому числі з використанням програмованих логічних контролерів.

Навчальний посібник доповнено лабораторним практикумом. Рекомендований для студентів, що навчаються за фахом „Електромеханічні системи автоматизації та електропривод”, також може бути корисним фахівцям, що спеціалізуються на вдосконаленні типових схем управління електроприводами.

УДК 62-838:631.171(075)
ББК 40.76я73

© В. Грабко, С. Левицький, 2011

Вступ.....	6
1. ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ.....	7
1.1 Характеристики електропривода в агропромисловому комплексі ..	7
1.1.1 Приводні характеристики машин	7
1.1.2 Умови роботи електроприводів в агропромисловому комплексі.....	10
1.1.3 Методи експериментального визначення приведеного моменту інерції робочої машини.....	11
1.2 Електропривод насосних і вентиляційних установок	13
1.2.1 Вибір типу і потужності установки водопостачання.....	13
1.2.2 Електропривод вентиляційних установок.....	17
1.3 Електропривод машин і агрегатів для приготування кормів.....	19
1.3.1 Електропривод машин і агрегатів для змільчування кормів	19
1.3.2 Електропривод безрешіткової дробарки ДБ-5.....	22
1.4 Електропривод машин і агрегатів для обробки молока	26
1.4.1 Електропривод ротаційних вакуум-насосів.....	26
1.4.2 Електропривод холодильних машин	28
1.4.3 Електропривод сепараторів молока.....	33
1.5 Електропривод машин для післязбиральної обробки зерна	39
1.6 Електропривод мобільних машин і агрегатів.....	47
1.6.1 Способи постачання електричною енергією мобільних машин та агрегатів.....	47
1.6.2 Електропривод лебідкових пристроїв	48
1.6.3 Електропривод польових машин	52
1.6.4 Електротрансмісії	55
1.7 Електропривод деревообробних верстатів	57
1.7.1 Електропривод круглопильних та стругальних деревообробних верстатів	57
1.7.2 Електропривод лісопильних рам.....	62
1.8 Електропривод стендів для обкатки автотракторних двигунів	69
1.8.1 Розрахунок потужності двигунів для стендів обкатки	69
1.8.2 Режими обкатки та робота електропривода в них	72

1.8.3 Управління електроприводом обкатного стенда.....	75
1.9 Електропривод автоматизованих поточкових ліній. сільськогосподарського виробництва.....	80
1.9.1 Вимоги до електропривода поточкових ліній	80
1.9.2 Автоматизований електропривод кормоцехів.....	85
1.9.3 Електропривод поточкових ліній на птахофермах	89
1.9.4 Електропривод поточкових ліній на зерноочисних пунктах ..	93
1.9.5 Електропривод автоматизованих топкових пристроїв зерносушильних пунктів	99
1.9.6 Електропривод поточкових ліній в овочівництві.....	101
1.10 Електропривод ручних електрифікованих машин.....	106
1.10.1 Електродвигуни ручного інструменту та джерела живлення	106
1.10.2 Електропривод свердильних машин, рубанків, електроножиць	109
Контрольні запитання	112
2. ПРОГРАМУВАННЯ ЛОГІЧНИХ МОДУЛІВ ZELIO	113
2.1 Короткий огляд програмного забезпечення	116
2.2 Створення та зміна конфігурації проекту	118
2.3 Програмування мовою LD	119
2.3.1 Структура сітки LD	119
2.3.2 Графічні елементи мови LD	121
2.3.3 Правила програмування мовою LD	123
2.3.4 Етапи підготовки програми	123
2.3.5 Режим введення програми «Free entry».....	124
2.3.6 Режим введення коментарів «Text entry».....	125
2.3.7 Елементи мови LD	126
2.4 Програмування мовою FBD	145
2.4.1 Структура програми мовою FBD	145
2.4.2 Бібліотека входів IN	146
2.4.3 Бібліотека виходів OUT	150
2.4.4 Бібліотека логічних функцій LOGIC	154
2.4.5 Біліотека базових функціональних блоків FBD	155
Контрольні запитання	161

3. ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ.....	162
3.1 Приклад розробки проекту з контролером Zelio Logic	162
3.2 Лабораторна робота № 1. Розробка системи управління пуском асинхронних двигунів з фазним ротором у функціях часу та струму	165
3.3 Лабораторна робота № 2. Розробка системи управління автоматизованою мішалкою.....	169
3.4 Лабораторна робота № 3. Розробка системи управління молотковою дробаркою	174
3.5 Лабораторна робота № 4. Розробка системи управління установкою первинного зберігання молока	179
3.6 Лабораторна робота № 5. Дослідження багатфункціонального інтелектуального пускача Tesys U за допомогою програмного середовища Power Suite	184
3.7 Лабораторна робота № 6. Дослідження та конфігурація перетворювача частоти Altivar 31.....	190
Література	196
СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ (GLOSSARY).....	197

Вступ

Як відомо, високопотужна, надійна комплексна автоматизація (*automation*) будь-якого виробництва – чи то в енергетичній промисловості, чи то в агропромисловому секторі харчової промисловості є запорукою надійності відповідного технологічного процесу, його максимальної продуктивності, можливості автоматичного налагодження агрегатів на оптимальну продуктивність (за критеріями максимальної продуктивності, мінімальних енергозатрат і ін.).

Говорити про автоматизацію того чи іншого виробництва без визначення ролі автоматизованого електропривода (*electric drive*) в ньому було б нелогічно, оскільки кожен з елементарних станків приводиться в рух електродвигуном (*electric motor*), а з сукупності таких елементарних машин, станків, механізмів складається технологічний процес, який є об'єктом комплексної автоматизації (наприклад – автозаправна станція, насосна станція водопостачання, котельня, карамельний цех, пекарня, млин і багато ін.). Тому введення автоматизованого електропривода (особливо в агропромисловому комплексі (*agroindustrial complex*), як найменш автоматизованій галузі народного господарства нашої країни) є центральним питанням при механізації та автоматизації технологічних процесів.

Сучасний стан підприємств агропромислового комплексу (АПК) не можна вважати задовільним, тому зараз гостро стоїть питання модернізації тієї частини діючого електрообладнання, яке приводить в рух складові технологічних процесів в АПК. Така модернізація пов'язана зі збільшенням ККД електропривода, зменшенням його енергоспоживання, вдосконаленням систем управління цим приводом (з використанням мікропроцесорних систем) для забезпечення можливості включення його до комплексної системи автоматизації.

Інтенсивне впровадження електропривода в підприємствах АПК почалося ще на початку 80-х років минулого століття, добре розроблені методики вибору силової частини приводів. На теперішній час у високопродуктивних потокових лініях АПК системи електроприводів не лише повинні відповідати вимогам машин, що працюють в різних режимах, але і уніфікації елементів, вимогам навколишнього середовища.

Надійна робота електропривода повинна забезпечувати роботоздатність систем водопостачання, вентиляції, транспорту (складського, на тваринницьких фермах, приготування і роздачі кормів, доїння корів, первинної обробки молока, обмолоту, очистки і осушування зерна, роботи станків, стендів для обкатки автотракторних двигунів і ін.).

Використання електропривода в АПК в цілому дозволяє підвищити продуктивність праці, покращити якість продукції, зменшити затрати на її виробництво.

1 ЕЛЕКТРОПРИВОД ПІДПРИЄМСТВ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

1.1 Характеристики електропривода в агропромисловому комплексі

1.1.1 Приводні характеристики машин

Приводні характеристики застосовують для раціонального проектування електропривода.

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

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

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

Механічні характеристики (*mechanical characteristics*) визначають залежність усталеної швидкості машини від моменту (*torque*) сил опору. Вони можуть бути зображені графічно (рис. 1.1.1), або записані аналітично:

$$M_c = M_0 + (M_{c,n} - M_0) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (1.1.1)$$

де M_c – момент опору виробничого механізму при швидкості ω ;

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

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

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

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

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

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

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

Механічні характеристики використовуються при визначенні стійкості роботи електропривода, його можливостей пуску (*start-up*), режимів роботи.

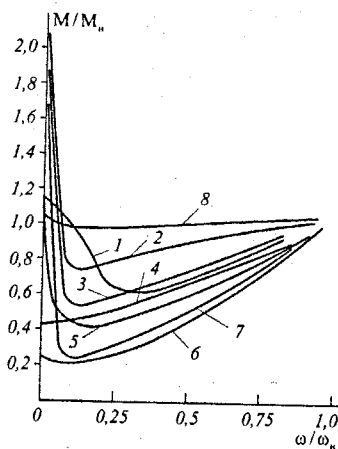


Рисунок 1.1.1 — Механічні характеристики машин АПК

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

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

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

В зв'язку з застосуванням маховикового електропривода прийнято розділяти навантажувальні діаграми робочих машин зі змінним навантаженням за характером наростання моменту на дві основні групи: ударне навантаження з миттєвим (рис. 1.1.2 а...г) і пульсуюче з плавним (рис. 1.1.2 д...л) наростанням моменту опору. За відношенням максимального моменту M_I до середнього моменту M_{cp} розрізняють слабкозмінне ($M_I/M_{cp} < 1.4$), помірнозмінне ($M_I/M_{cp} = 1.4 \dots 2$) і різкозмінне ($M_I/M_{cp} > 2$) навантаження. У випадку слабкозмінного навантаження питання про маховиковий (flywheel) електропривод може виникнути при підвищених вимогах до ступеня нерівномірності роботи. При різкозмінному навантаженні вибирають електропривод, оснащений маховиком [1].

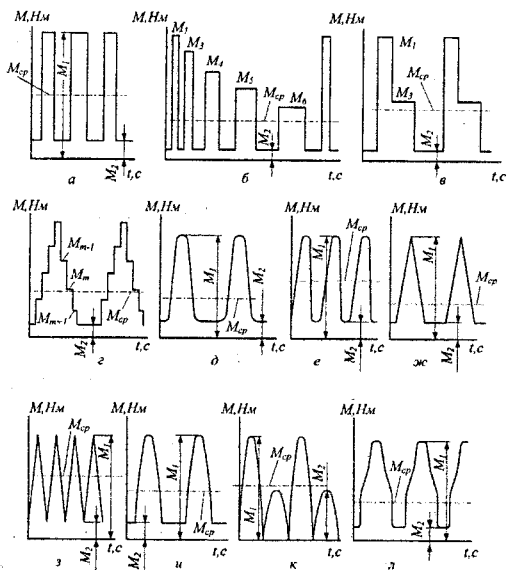


Рисунок 1.1.2 – Навантажувальні діаграми робочих машин зі змінним навантаженням.

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

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

$$J_{пр} = J_p + J_{м.пр}, \quad (1.1.2)$$

який характеризується коефіцієнтом інерції привода

$$F_{пр} = \frac{J_p + J_{м.пр}}{J_p}. \quad (1.1.3)$$

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

Привідні характеристики робочих машин взаємопов'язані і характеризують одну і ту ж машину з різних сторін.

1.1.2 Умови роботи електроприводів в агропромисловому комплексі

Крім приводних характеристик машин для раціонального вибору електропривода необхідно враховувати умови навколишнього середовища та електропостачання (*electrical supply*). Ряд сільськогосподарських приміщень відрізняється високим вмістом хімічно-активних речовин в сукупності з високою вологістю навколишнього середовища (тваринницькі приміщення), запиленістю (млини, зернотоки, деревообробні майстерні). Крім того, електродвигуни часто працюють на відкритому повітрі, під безпосереднім впливом атмосферних явищ [2].

Найбільш агресивні включення атмосфери приміщень – аміак, сірководень, вуглекислий газ (взаємодіючи з водою, утворює слабку нестійку кислоту, що прискорює корозію металу). При таких важких умовах навколишнього середовища і при невеликій тривалості роботи за

добу, коли двигуни не встигають «самоосушитися», опір ізоляції електрообладнання швидко знижується і прискорюється його вихід з ладу.

1.1.3 Методи експериментального визначення приведенного моменту інерції робочої машини

Приведений момент інерції більшості сільськогосподарських механізмів може бути визначений такими методами:

- методом затухаючого обертання маховиків;
- методом падаючих вантажів;
- методом самогальмування з використанням кривої вибігу (від ном. швидкості обертання до повної зупинки) і механічної характеристики машини.

Метод затухаючого обертання маховиків. Для визначення моменту інерції робочої машини слід виконати два досліди вибігу з двома додатковими маховиками з однаковими масами і формами, моменти інерції яких $J_{\partial\partial 1}$ та $J_{\partial\partial 2}$. Вказані умови необхідні для того, щоб закон зміни статичних опорів холостого ходу був однаковим в обох дослідах.

В досліді вибігу, коли електродвигун відключений від мережі ($M_d=0$), рівняння руху привода має вигляд:

$$-M_c = (J_M + J_\partial + J_{\partial\partial}) \cdot \frac{d\omega}{dt}, \quad (1.1.4)$$

де M_c – момент опору;

J_M – момент інерції робочої машини, приведений до вала двигуна;

J_∂ – момент інерції приводного двигуна;

$J_{\partial\partial}$ – момент інерції додаткового маховика;

ω – кутова швидкість двигуна;

t – час вибігу.

Час вибігу привода з першим додатковим маховиком від початкової швидкості $\omega_{\text{поч}}$ до повної зупинки:

$$t_1 = -(J_M + J_\partial + J_{\partial\partial 1}) \cdot \int_{\omega_{\text{поч}}}^0 \frac{d\omega}{M_c}. \quad (1.1.5)$$

Час вибігу привода з другим додатковим маховиком від тієї ж швидкості обертання до повної зупинки:

$$t_2 = -(J_M + J_\partial + J_{\partial\partial 2}) \cdot \int_{\omega_{\text{поч}}}^0 \frac{d\omega}{M_c}. \quad (1.1.6)$$

Прирівнявши рівняння (1.1.5) та (1.1.6), маємо:

$$-\int_{\omega_{\text{поч}}}^0 \frac{d\omega}{M_c} = \frac{t_1}{J_m + J_o + J_{\text{дод1}}} = \frac{t_2}{J_m + J_o + J_{\text{дод2}}}, \quad (1.1.7)$$

звідки:

$$J_m + J_o = \frac{J_{\text{дод2}} \cdot t_1 - J_{\text{дод1}} \cdot t_2}{t_2 - t_1} = J_n. \quad (1.1.8)$$

Момент інерції робочої машини:

$$J_m = J_n - J_o. \quad (1.1.9)$$

Метод падаючих вантажів. Для визначення моменту інерції машини проводять два досліди розгону. На приводний шків 1 радіусом R (рис. 1.1.3) намотують трос 2, до кінця якого поперемінно прикріплюють вантажі 3 з масами m_1 і m_2 , що створюють постійні моменти, які більші за момент опору машини. При опусканні вантажу привод приходить в рух з постійним прискоренням (*acceleration*) на ділянці h , що однакова для обох дослідів вибігу. В процесі дослідів записується час t_1 і t_2 опускання вантажів на відрізок h .

Прискорення вантажів:

$$a_1 = \frac{2 \cdot h}{t_1^2} \quad \text{і} \quad a_2 = \frac{2 \cdot h}{t_2^2}.$$

Рівняння руху привода в дво дослідях:

$$\begin{aligned} m_1 \cdot g - F_{c1} - m_1 \cdot a_1 - m_x \cdot a_1 &= 0 \\ m_2 \cdot g - F_{c2} - m_2 \cdot a_2 - m_x \cdot a_2 &= 0, \end{aligned}$$

де g – прискорення вільного падіння;

F_{c1}, F_{c2} – приведені до поступального руху сили опору машини (приймаються однаковими для двох дослідів).

Спільне розв'язання рівнянь (1.1.10) відносно m_x дає значення приведеної до поступального руху маси частин машини, що обертаються:

$$m_x = \frac{m_2(g - a_2) - m_1(g - a_1)}{a_2 - a_1}. \quad (1.1.11)$$

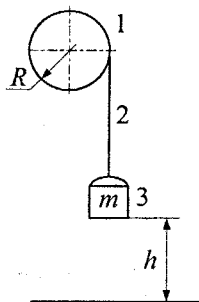


Рисунок 1.1.3 – Метод падаючих вантажів

Приведений до вала момент інерції машини:

$$J_x = m_x R^2. \quad (1.1.12)$$

Метод самогальмування з використанням кривої вибігу (від ном. швидкості обертання до повної зупинки) і механічної характеристики машини. Знімають за допомогою секундоміра і тахогенератора криву вибігу (рис. 1.1.4, а),

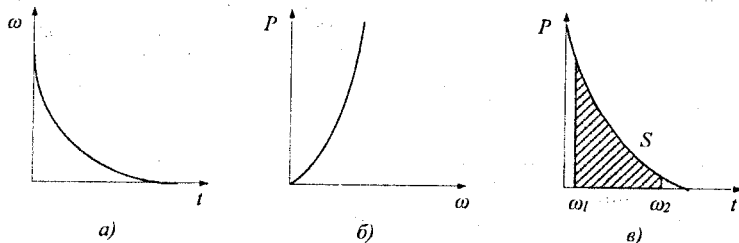


Рисунок 1.1.4 – Визначення моменту інерції з використанням кривої вибігу механізму

використовуючи графік втрат холостого ходу (рис. 1.1.4, б), будують графік втрат в досліді вибігу $P = f(t)$ (рис. 1.1.4, в).

При самогальмуванні від кутової швидкості ω_1 до ω_2 запас кінетичної енергії:

$$A = J_x \frac{\omega_1^2 - \omega_2^2}{2} \quad (1.1.13)$$

витрачається на подолання механічних втрат, що пропорційні площі S , обмеженої кривою втрат, віссю часу та вертикалями $\omega = \omega_1$ і $\omega = \omega_2$. Тому:

$$J_x = \frac{2A}{\omega_1^2 - \omega_2^2} = \frac{2}{\omega_1^2 - \omega_2^2} S \cdot m_p \cdot m_t, \quad (1.1.14)$$

де ω_1 – кутова швидкість на початку вибігу, рад/с;

ω_2 – кутова швидкість на кінці вибігу, рад/с;

S – площа, мм²;

m_p – масштаб потужності, Вт/мм;

m_t – масштаб часу, с/мм.

1.2 Електропривод насосних і вентиляційних установок

1.2.1 Вибір типу і потужності установки водопостачання

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

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

$$Q_n = Q_{\max \text{ год}} = \frac{k_z \cdot k_{\text{доб}} \cdot Q_{\text{ср. доб}}}{24 \cdot \eta \cdot 3600}, \quad (1.2.1)$$

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

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

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

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

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

При розрахунку окремо враховують пожежні витрати води (2,5...10 л/с) в залежності від розмірів господарства чи населеного пункту, тривалість пожежі враховують рівною 2-3 год.

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

$$H_n = H_c + H_n + \frac{P_{\text{вр}} - P_{\text{нр}}}{\rho \cdot g}. \quad (1.2.2)$$

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

$$P_{\text{дв}} = \frac{k_{\text{зпн}} \cdot \rho \cdot g \cdot Q_n \cdot H_n}{\eta_n \cdot \eta_n}, \quad (1.2.3)$$

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

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

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

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

З цих тотожностей видно, що при збільшенні кутової швидкості насоса потужність (опору) його різко зростає, що може призвести до перегріву електродвигуна. При зниженій кутовій швидкості двигуна напір насоса може бути недостатнім для розрахункової подачі. Тип двигуна вибирають, виходячи з умов навколишнього середовища та особливостей монтажу (поширені електродвигуни занурювального типу ПЕДВ 0,7...65 кВт з подачею на висоту до 350 м, для привода насосів звичайного типу без занурення К і КМ застосовують звичайні асинхронні двигуни з к. з. та фазним ротором та вологостійкою ізоляцією 1,5...55 кВт) [3].

Режими роботи електропривода та допустима частота включень. Режим роботи привода визначається подачею насоса Q_n , витратами води в системі водопостачання Q_p і робочим об'ємом бака V_p . Тоді тривалість роботи електропривода насоса (рис. 1.2.1) визначатиметься з виразу:

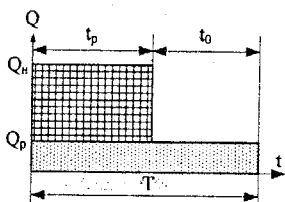


Рисунок 1.2.1 – Графік роботи насосного агрегату

$$t_p = \frac{V_p}{Q_n - Q_p} \quad (1.2.4)$$

Тривалість паузи в роботі агрегату відповідно:

$$t_0 = \frac{V_p}{Q_p} \quad (1.2.5)$$

Тривалість одного циклу:

$$T_q = t_p + t_0 = \frac{V_p}{Q_n - Q_p} + \frac{V_p}{Q_p} = \frac{Q_n V_p}{Q_n Q_p - Q_p^2} \quad (1.2.6)$$

Частота включень двигуна:

$$z = \frac{1}{T_q} = \frac{Q_p (Q_n - Q_p)}{Q_n V_p} \quad (1.2.7)$$

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

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

Двопозиційний релейний спосіб (описаний вище) застосовується в більшості автоматичних установок. В цьому випадку електропривод працює в області номінальних навантажень з достатньо високими техніко-економічними показниками. Недоліком такого способу є те, що двигун частину часу не працює, тобто коефіцієнт використання його встановленої потужності менше одиниці і пропорційний відносній тривалості включення. Крім того, при збільшеній частоті вмикання двигуна його нагрів може перевищити допустимий.

Регулювання дроселюванням засувкою змінює характеристики магістралі. Такий спосіб використовують на нагнітальній магістралі в установках з асинхронними електродвигунами (*asynchronous motor*) потужністю до декількох кіловат при невеликому діапазоні та плавності регулювання, коли застосування других методів коштує занадто дорого і не дає істотної економії за рахунок зниження втрат.

Регулювання подачі зміною частоти обертання механізмів з вентиляторною механічною характеристикою – найбільш раціональний спосіб. В такому разі при зміні частоти обертання двигуна від половинної до номінальної подача насоса змінюється від нуля до номінальної. Крім застосування перетворювачів частоти (*variable frequency converter – VFC*) можливе регулювання шляхом перемикання кількості пар полюсів, регулюванням напруги, використанням електромагнітних муфт (*electromagnetic muffs*), застосуванням асинхронних двигунів з фазним ротором, варіаторів (коробки передач).

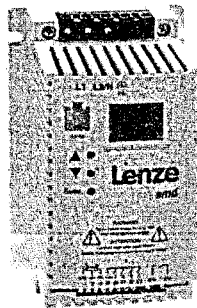
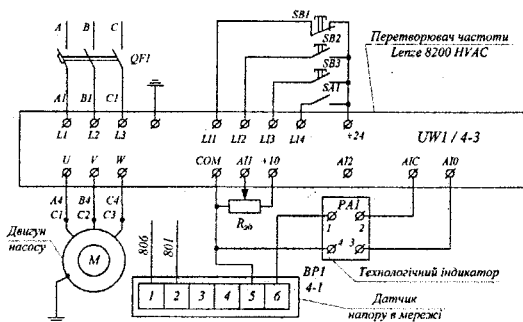


Рисунок 1.2.2 – Принципова електрична схема регулювання продуктивності насосної установки з використанням перетворювача частоти

1.2.2 Електропривод вентиляційних установок

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

Схема установки з механічною вентиляцією показана на рис. 1.2.3. Вона обладнана центробіжними вентиляторами, призначена для припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією теплоти за рахунок наявності спеціальних пластинчатих теплообмінників (чилерів). Чилери являють собою тонкі алюмінієві ребристі теплообмінники, за допомогою яких вхідне повітря підігрівается повітрям, що видаляється з приміщення. Установки монтують на даху споруд так, що вони не займають корисної площі. Робочі органи вентиляційних установок – вентиляторні колеса або власне вентилятори – розділяють на центробіжні (рис. 1.2.4, а) та осьові (рис. 1.2.4, б) Іноді використовуються осьові вентилятори двонаправленої дії, що забезпечують одночасну роботу вентиляційних установок на приплив та витяжку при обертанні двигуна в одному напрямку. Вентиляційні установки обладнуються зворотними клапанами для запобігання руху повітря в зворотному напрямку під дією поривів вітру. Зворотний клапан відкривається під дією потоку повітря, що створюється вентилятором, а закривається під дією сили тяжіння.

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

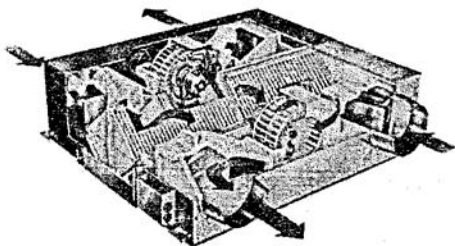
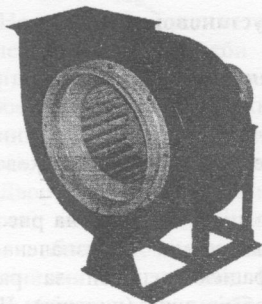
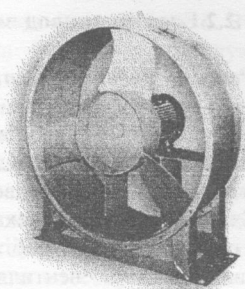


Рисунок 1.2.3 – Припливно-витяжна система вентиляційної конструкції Mitsubishi-Electric типу DGH-25RXXSE



а)



б)

Рисунок 1.2.4 – Вентилятори з відцентровим (а) та осьовим (б) колесами

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

$$P = k \frac{Lp}{\eta_v \eta_n}, \quad (1.2.8)$$

де L – подача вентилятора, $\text{м}^3/\text{с}$;

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

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

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

Потрібну подачу вентилятора визначають за кількістю осіб та вентиляційною нормою (визначається для конкретних умов по кілька разів – за виділенням CO_2 , за виділенням аміаку чи іншого специфічного компонента (бензин, пропан, кислота), за виділенням водяної пари, за виділенням теплоти в приміщення)

$$L = k_{oc} \frac{L_{шк}}{l_{доп} - l_{зовн}}, \quad (1.2.9)$$

де k_{oc} – кількість осіб чи тварин;

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

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

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

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

Для привода вентиляторів використовуються хімічновологістійкі електродвигуни, що розраховані на тривалий час експлуатації при температурі повітря від -20 до $+40^\circ\text{C}$, відносній вологості повітря,

близькій до 100%, і вмісті у повітрі до $3,5 \text{ г/м}^3$ горючого пилу з діаметром частинок до 1 мкм. Охолодження двигунів зовнішнє, від робочого вентилятора.

1.3 Електропривод машин і агрегатів для приготування кормів

1.3.1 Електропривод машин і агрегатів для змільчування кормів

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

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

Потужність (Вт) машин для подрібнення:

$$P = P_n + P_u + P_x, \quad (1.3.1)$$

де P_n – потужність, необхідна для подрібнення матеріалу;

P_u – потужність на циркуляцію матеріалу в дробильній камері;

P_x – потужність холостого ходу дробарки.

Потужність подрібнення:

$$P_n = A_n \cdot Q, \quad (1.3.2)$$

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

Q – продуктивність дробарок, кг/с.

Питома енергія змільчення:

$$A_n = C_1 \cdot C_2 \cdot (C_3 \cdot \lg(\lambda^3) + C_4 \cdot (\lambda - 1)), \quad (1.3.3)$$

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

C_2 – коефіцієнт, що враховує затрати енергії, обумовлені неоднорідністю матеріалу, а також принципом подрібнення робочими органами машин (див. табл. 1.3.1);

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

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

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

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

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}, \quad (1.3.4)$$

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

Таблиця 1.3.1 – Величини для розрахунку питомої енергії подрібнення

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

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

$$P = (1,15 \dots 1,20) \cdot A_n \cdot Q. \quad (1.3.5)$$

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

Машини для змільчування різанням (рис. 1.3.1). Потужність на валу електропривода, кВт, визначається за виразом:

$$P_{зм} = \frac{k_{xx} \cdot A \cdot Q}{\eta_{пер}}, \quad (1.3.6)$$

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

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

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

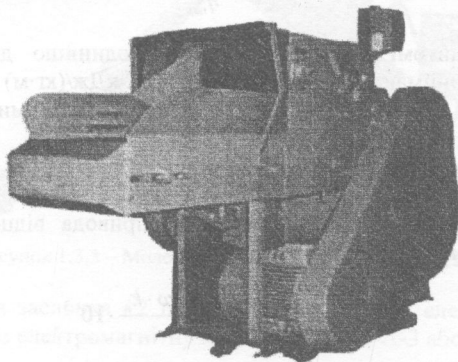


Рисунок 1.3.1 – Різальний змільчувач кормів ПК-2

Допоміжні машини для підготовки кормів являють собою різноманітні мийки, призначені в основному для коренебульбоплодів. Найбільш поширеними є кулачкові та відцентрові мийки (рис. 1.3.2). В кулачкових мийках у ванні знаходяться вали, на яких розташовуються дерев'яні або щіткові кулачки, що забезпечують зчищення забрудненого шару коренеплодів. У відцентрових мийках коренеплоди очищаються внаслідок тертя із сусідніми плодами та зі стінками мийки.

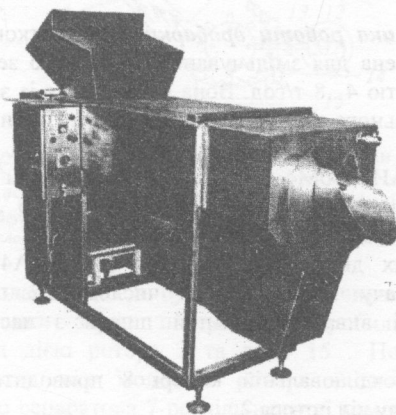


Рисунок 1.3.2 – Кулачкова мийка

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

$$P_{\text{км}} = \frac{k \cdot Q \cdot l}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (1.3.7)$$

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

Q – продуктивність мийки, кг/с;

l – загальна довжина ванни, м.

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

$$P_{\text{цм}} = \frac{3,3 \cdot Q \cdot t \cdot f \cdot D \cdot \omega \cdot k_a}{\eta_{\text{пер}}} \cdot 10^{-3}, \quad (1.3.8)$$

де Q – продуктивність мийки, кг/с;

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

f – коефіцієнт тертя коренеплодів;

D – діаметр мийного циліндра, м;

ω – кутова швидкість мийного диска, рад/с;

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

1.3.2 Електропривод безрешіткової дробарки ДБ-5

Характеристика роботи дробарки. Безрешіткова дробарка ДБ-5 (рис. 1.3.3) призначена для змільчування фуражного зерна вологістю до 17% з продуктивністю 4...8 т/год. Вона складається із завантажувального 10 та вивантажувального 4 шнеків, дробарки та шафи управління (рис. 1.3.4).

Двигун М2 (АИР180М4, 30 кВт, $J_{\text{рот}} = 0,085 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$) через втулково-пальцеву муфту приводить в дію молотковий ротор 2 (момент інерції $2,42 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$) з частотою обертання 2940 об/хв.

Два однакових двигуни М1 та М4 (5А80МА4, 1,1 кВт) через клинопасову передачу з передатним числом 2,2 приводять в рух завантажувальний і вивантажувальний шнеки з частотою обертання 415 об/хв.

Шнек 3 в розділювальній камері 8 приводиться в рух через клинопасову передачу від ротора 2.

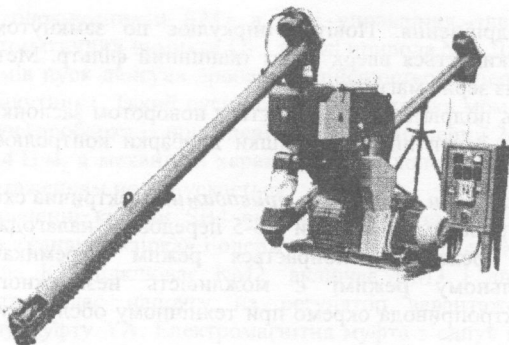


Рисунок 1.3.3 – Молоткова безрешіткова дробарка ДБ-5

Поворотна заслонка 12 приводиться в рух від електродвигуна МЗ типу РД-09 через електромагнітну муфту ЕТМО72-А-3 або вручну.

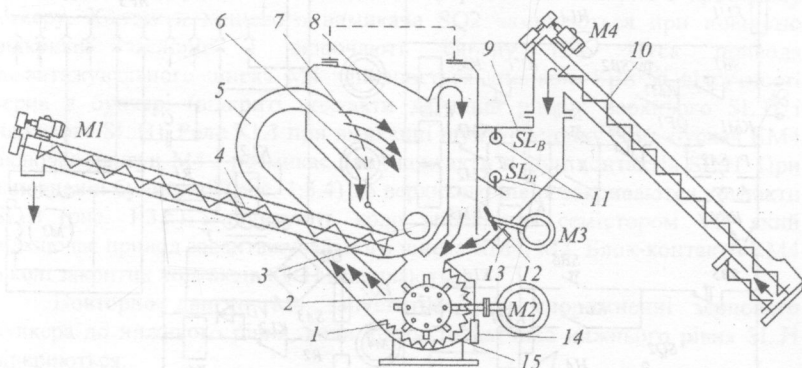


Рисунок 1.3.4 – Технологічна схема дробарки ДБ-5

(1 – дробильна камера; 2 – ротор; 3, 4, 10 – шнеки; 5 – кормопровід; 6, 12 – заслонки; 7 – сепаратор; 8 – розділювальна камера; 9 – бункер; 11 – датчики рівня; 13 – магніт; 14 – кінцевий вимикач SQ1 (рис. 1.3.5); 15 – дека; М1 – двигун привода вивантажувального шнека; М2 – головний привод дробарки; М3 – двигун заслонки в бункері зерна; М4 – двигун завантажувального шнека)

Шнек 10 подає зерно в бункер 9 з датчиками рівня 11. Після відкривання заслонки зерно поступає в дробильну камеру 1 та подрібнюється під дією ротора 2 та деки 15. Подрібнений продукт повітряним потоком від молотків ротора 2 по кормопроводу 5 транспортується до сепаратора 7 розділювальної камери 8. Мілка фракція шнеками 3 і 4 вивантажується з дробарки. Крупна фракція поступає на

повторне подрібнення. Повітря циркулює по замкнутому контуру, а надлишок викидається вгору через тканинний фільтр. Металеві домішки виділяються із зерна магнітом 13.

Ступінь подрібнення регулюється поворотом заслонки 6 та заміною сепаратора 7. Закритий стан кришки дробарки контролюється кінцевим вимикачем 14.

Робота схеми управління приводами. Електрична схема управління (рис. 1.3.5) приводами дробарки ДБ-5 передбачає налагоджувальний Р та робочий А режими. Вибирається режим перемикачем SA2. В налагоджувальному режимі є можливість незалежного увімкнення кожного електропривода окремо при технічному обслуговуванні, монтажі та обкатці.

В робочому режимі здійснюється задана послідовність увімкнення електроприводів: M1 – M2 – M4. Наявність напруги на схемі управління контролюють лампою HL1.

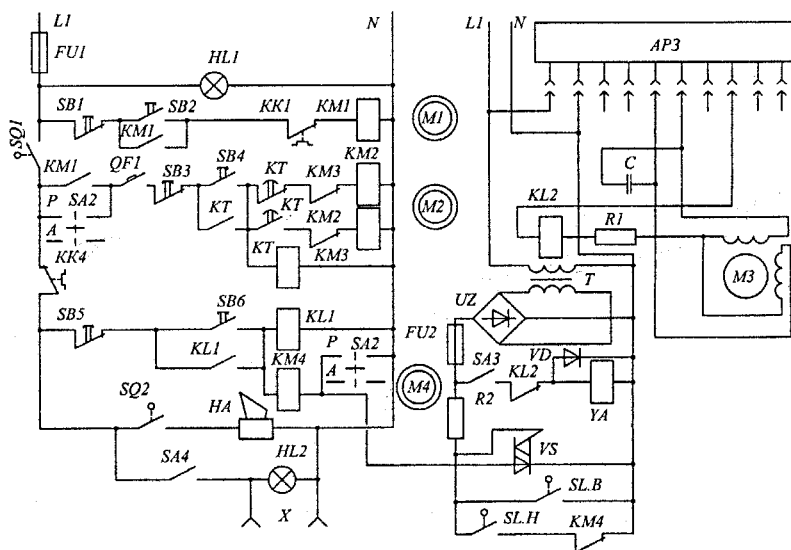


Рисунок 1.3.5 – Принципова електрична схема управління приводами безрешіткової дробарки

Приводом вивантажувального шнека керують за допомогою кнопок SB1 та SB2 вручну.

Пуск головного привода M2 можливий при закритій кришці дробарки, коли замкнуті контакти кінцевого вимикача SQ1, працює привод

М1 (замкнуті блок-контакти КМ1 в колі управління двигуном М2) і увімкнений автоматичний вимикач QF1 в колі привода М2. Для зменшення пускових струмів пуск двигуна дробарки здійснюється з перемиканням із «зірки» на «трикутник». Такий пуск можливий, оскільки момент зрушення агрегата (двигун+дробарка із приведеним моментом інерції $2,5 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$) ДБ-5 не перевищує $4 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а механічна характеристика холостого ходу лінійна. Пуск під навантаженням не допускається.

При натисненні кнопки SB4 включаються пускач (starter) КМ2 і двигун М2 при з'єднанні «зірка» і одержує живлення реле (relay) часу КТ. Через 10 с реле КТ відключає КМ2, включає КМ3 і двигун М2 на «трикутник» та подає напругу на регулятор завантаження АР3 і електромагнітну муфту YA. Електромагнітна муфта з'єднує привод М3 із заслінкою 12 (рис. 1.3.4). Регулятор АР3 забезпечує номінальне завантаження двигуна М2. Він управляє двигуном М3, який відкриває заслінку при малому завантаженні двигуна М2 і закриває її при перевищенні номінального завантаження двигуна М2. При стрибкоподібних перевантаженнях двигуна М2 регулятор АР3 через реле КЛ2 відключає муфту YA і заслінка перериває потік зерна в дробильну камеру. Контакти кінцевого вимикача SQ2 замикаються при повністю відкритій заслонці і включають сирену HA. Пуск привода завантажувального шнека М4 здійснюється кнопкою SB6 за відсутності зерна в бункері (відкриті контакти датчиків рівнів: верхнього SL.B і нижнього SL.H). Реле КЛ1 при вмиканні шунтує кнопку SB6, пускач КМ4 включає двигун М4 і розмикає блок-контакти в колі контактів SL.H. При заповненні бункера 9 (рис. 1.3.4) до верхнього рівня закриваються контакти SL.B (рис. 1.3.5) і шунтують коло управління семістором V2, який відключає привод завантажувального шнека КМ4, М4. Блок-контакти КМ4 в колі закритих контактів SL.H закриваються.

Повторно двигун М4 запуститься при спороженні зернового бункера до нижнього рівня, коли контакти датчика нижнього рівня SL.H відкриються.

Недоліком розглянутої схеми є значна кількість релейно-контакторних елементів, реле часу, які характеризуються інерційністю, значною імовірністю поломок. Доцільним шляхом модернізації розглянутої схеми управління електроприводом дробарки є переведення її на управління від блочного мікропроцесорного інтелектуального реле з комбінованими аналоговими входами та дискретними виходами. Це дозволить спростити не лише релейну схему управління, але і реалізувати на контролері регулятор завантаження АР3.

1.4 Електропривод машин і агрегатів для обробки молока

1.4.1 Електропривод ротаційних вакуум-насосів

Загальні відомості про використання та роботу вакуум-насосів.

Вакуумні установки на підприємствах АПК найчастіше застосовуються в тваринництві для забезпечення роботи доїльних установок. Для створення вакууму при машинному доїнні застосовуються уніфіковані вакуумні установки УВУ-60/45 (рис. 1.4.1) з приводом від електродвигуна через клинопасову передачу. Номінальна подача 60/45 м³/год при швидкостях обертання 1430/1220 об/хв і потужності 4 кВт на вищій швидкості та 3 кВт на нижчій. Робочим органом такої установки є ротаційний вакуум-насос УВД, принцип дії якого зображений на рис. 1.4.2.

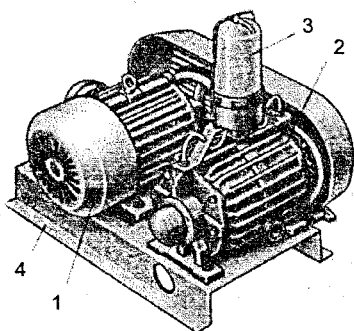


Рисунок 1.4.1 – Вакуумна установка УВУ60/45

(1 – двигун; 2 – вакуум-насос; 3 – маслянка; 4 – рама.)

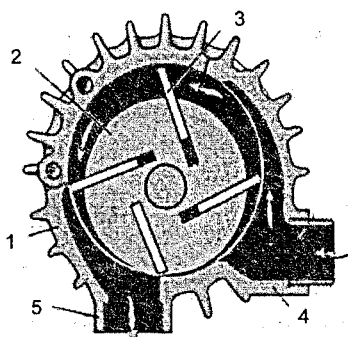


Рисунок 1.4.2 – Схема ротаційного вакуум-насоса УВД

(1 – корпус; 2 – ротор; 3 – лопатка; 4 – патрубок всмоктування; 5 – патрубок нагнітання)

Ротаційний вакуум-насос служить для створення у вакуум-проводі установки розрідження, необхідного для роботи доїльних установок. В чотирьох пазах ротора 2 насоса вільно рухаються в радіальному напрямку лопатки 3. Під час руху ротора лопатки під дією відцентрової сили притискаються до внутрішньої поверхні циліндра корпусу 1. Через ексцентричне розташування ротора в циліндрі лопатки поперемінно заходять в пази і виходять з них, змінюючи об'єм вільного простору, що обмежений циліндром, ротором і двома сусідніми лопатками, який в зоні всмоктуючої камери 4 збільшується, а в зоні вихлопної камери 5 зменшується. Завдяки цьому здійснюється відкачування повітря з вакуум-проводу [4].

Потрібна подача Q_n (м³/ч) вакуум-насоса

$$Q_n = k \cdot q \cdot n_a, \quad (1.4.1)$$

де $k = 2...3$ — коефіцієнт, який враховує неповну герметизацію системи;

q — витрати повітря одним доїльним апаратом, при 60 пульсаціях в хвилину $q = 1,8 \text{ м}^3/\text{год}$;

n_a — число доїльних апаратів в установці.

Подача ($\text{м}^3/\text{с}$) чотирилопатевого ротаційного вакуум-насоса

$$Q = 0,98 \cdot e \cdot D \cdot L \cdot \omega \cdot \varphi_n \cdot \eta_m, \quad (1.4.2)$$

де e — ексцентриситет, м;

D — діаметр циліндра корпусу, м;

L — довжина ротора, м;

ω — кутова швидкість обертання, рад/с;

φ_n — ступінь наповнення всмоктуючої камери;

η_m — манометричний коефіцієнт (0,32...0,52).

Потужність двигуна (Вт) привода ротаційного вакуум-насоса

$$P = Q \cdot H / (\eta_n \cdot \eta_m), \quad (1.4.3)$$

де Q — подача насоса, $\text{м}^3/\text{с}$;

H — вакуум, що розвивається насосом, Па;

η_n — коефіцієнт корисної дії передачі;

η_m — коефіцієнт корисної дії передачі вакуум-насоса (0,2...0,25).

Навантажувальна діаграма вакуум-насоса рівномірна, не залежить від температури вакуум-насоса, режим роботи тривалий. Механічна характеристика вакуум-насоса має слабо виражений вентиляторний вигляд. Момент зрушення знаходиться в межах (0,75...1,0 $M_{\text{ном}}$).

Тривалість роботи приводів вакуум-насосів доїльної установки за одне доїння:

$$t = \frac{k \cdot t_0 \cdot n_k}{n_a} + \Delta t, \quad (1.4.4)$$

де $k = 0,88$ — відносне число корів, що доються в стаді;

t_0 — тривалість доїння однієї корови (7...9 хв);

n_k — загальне число корів в стаді;

n_a — число доїльних апаратів в установці;

Δt — час промивки молокопроводів і апаратів (20...30 хв).

1.4.2 Електропривод холодильних машин

Загальні відомості про використання та роботу холодильних машин. Первинна обробка молока на тваринницьких фермах включає такі операції: очищення, охолодження, сепарацію і пастеризацію молока. Охолоджують молоко за допомогою холодильних машин: очищувача-охолоджувача молока ОМ-1, танка-охолоджувача молока ТОМУ-2А, резервуарів-охолоджувачів молока РПО-1,6 і РПО-2,5, холодильної установки МОХУ-8С, холодильної установки ВІД-30 і ін. Для пастеризації молока рекомендуються пастеризаційно-охолоджувальні установки ОПФ-1-300, ОПУ-3М і ін.

Танк-охолоджувач ТОМУ-2А (рис. 1.4.3) застосовують для очищення, охолодження і тривалого зберігання молока на молочних фермах з поголів'ям 400 корів. Молоко (1800 л) заливають в молочну ванну 1 через фільтр 18, де воно переміщується мішалкою 17 і охолоджується від 36 до 6°C за 2,5 год., стикаючись з холодними стінками і дном ванни. Зовнішня поверхня ванни зрошується водою із системи зрошування 2. Підігріта вода стікає у ванну і, омиваючи лід, наморозений на панелях випарника 12, охолоджується, а потім насосом 13 (тип 1,5 КМ-6) знову подається в систему зрошування через фільтр 14.

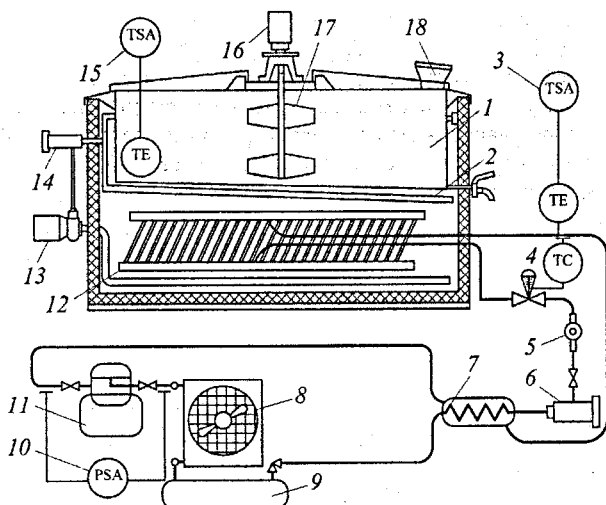


Рисунок 1.4.3 – Технологічна схема танка-охолоджувача молока

(1 – молочна ванна; 2 – трубчаста система зрошування; 3 – термореле; 4 – терморегулюючий вентиль; 5 – оглядове вікно; 6 – фреоновий фільтр-осушувач; 7 – теплообмінник; 8 – конденсатор; 9 – ресивер; 10 – реле тиску; 11 компресор; 12 – панельний випарник; 13 – водяний насос; 14 – водяний фільтр; 15 – контактний термометр; 16 – двигун мішалки; 17 – мішалка; 18 – молочний фільтр)

Розсіл подається насосом 13 із дна танка-охолоджувача та омиває стінки ванни 1, проходить через змійовик кожухотрубного випарника 12. Тут він нагріває аміак, який знаходиться навколо змійовика із холодоносієм в киплячому стані.

В результаті теплообміну розсіл охолоджується до температури близько 0°C. Нагріваючись від контакту з стінками, розсіл відбирає від них теплоту, яку потім знову віддає у випарнику аміаку. У випарнику аміак переходить з рідкого стану в пароподібний і відсмоктується звідти компресором 11 та нагнітається в конденсатор 8. В останньому під дією значного тиску та охолодження вентилятором пари аміаку починають конденсуватись і холодоагент переходить в рідкий стан.

З конденсатора вже рідкий аміак поступає в ресивер 9, а звідти – знову в кожухотрубний випарник 12, проходячи через теплообмінник 7. Далі кругообіг холодоагенту та холодоносія продовжується аналогічно. Ресивер служить для акумуляції невеликого запасу холодоагенту та створення гідравлічного затвору між областями високого (конденсатор) та низького (кожухотрубний випарник) тисків.

Технічні характеристики холодильної машини типу ХМ-ФВ-20

Компресорно-конденсаторний агрегат: АК-ФВ-20

Маса, кг.....	845
Габарити, мм.....	1370×620×1085

Компресор: ФВ-20

Тип.....	вертикальний
Число циліндрів.....	2
Діаметр циліндра, мм.....	101,6
Хід поршня, мм.....	70
Частота обертання, об/хв.....	1440
Часовий об'єм, що описується поршнем, м ³ /год.....	97,7
Холодопродуктивність, ккал/год, при:	

$t_a = -15; t_k = 30^{\circ}\text{C};$	20 000
--	--------

$t_a = +5; t_k = 35^{\circ}\text{C};$	42 500
---	--------

Діаметр всмоктуючого патрубку, мм.....	50
--	----

Діаметр нагнітального патрубку, мм.....	40
---	----

Електродвигун 5А160М6:

Потужність, кВт.....	15
----------------------	----

Конденсатор КТР-12 (поверхня 12м²)

Випарний агрегат АИР-50-32

Випарник марки ИТР-18-12

Поверхня охолодження, м ²	18
--	----

Зарядка аміаком, кг.....	100
--------------------------	-----

Зарядка маслом АФ-12, кг.....	10
-------------------------------	----

Витрати охолоджуючої води, м ³ /год.....	12
---	----

Витрати холодоносія, м ³ /год.....	15
---	----

Маса, кг.....	1160
---------------	------

Ресивер типу РЛФ-0.06 ємністю, дм ³	60.
--	-----

Ефективність роботи холодильної установки визначається її холодопродуктивністю і точністю підтримання температури охолоджуваного середовища. Ці параметри залежать від багатьох факторів, до яких відноситься опір трубопроводів подачі рідкого аміаку-в випарник, потужність компресора, витрата і температура води охолодження аміаку, теплове навантаження споживачів холоду. Якщо холодопродуктивність установки перевищує теплове навантаження, то температура охолоджуваного середовища знижується нижче допустимого значення і може виникнути замерзання проміжного холодоносія, а в деяких випадках – холодоагенту. При недостатній холодопродуктивності через підвищене теплове навантаження підвищується вище допустимого значення температура охолоджуваного середовища, можуть виникати гідравлічні удари в системі циркуляції холодоагенту.

Для забезпечення оптимальних умов роботи холодильної установки необхідно підтримувати відповідність між тепловим навантаженням споживачів і холодопродуктивністю холодильної машини.

При роботі холодильної установки в різних її елементах можуть виникати небезпечні явища, наприклад: витікання холодоагенту, гідравлічні удари, перевантаження компресора. Виникнення небезпечних режимів роботи може бути викликане як внутрішніми збуреннями, так і зовнішніми впливами.

При виборі способів та засобів контролю та управління об'єктом слід враховувати ряд особливостей. До них відносяться підвищені вимоги до безпеки (приміщення, в яких розміщуються холодильні машини, відносяться до вибухонебезпечних класу В-Іб), а також ускладнення плавного регулювання холодопродуктивності компресорної установки в широких межах. Різкі сезонні та добові коливання теплових навантажень приводять до необхідності позиційного регулювання холодопродуктивності шляхом включення та виключення компресора.

Терморегулюючий клапан налагоджують так, щоб перегрів в лінії всмоктування складав 10...15°.

Робота типової схеми управління танком-охолоджувачем. За 3,5 год. до заливки молока у ванну на панелях випарника наморозують лід. Автоматичним вимикачем QF (рис. 1.4.4) подають напругу на коло управління. Реле KL1 одержує живлення і міняє положення своїх контактів. Виборець режимів – пакетний перемикач ВП6-10 SA1 встановлюють в положення Л («Лід»). При замкнутих контактах термореле SK1 в коло струму вводиться котушка пускача KM1, включаються двигуни МК компресора (тип 5A112M4; 5,5 кВт), вентилятора MB (тип 5A80MA6; 0,8 кВт) і реле напруги KV, яка шунтує блок-контакти KM1 і дешунтує контакти KL1, спалахує біла сигнальна лампа HL1. При наморозуванні необхідної кількості льоду на панелях випарника контакти термореле SK1 виключаються, а також вимикаються з'єднані з ним пускач KM1 і двигуни

МК і МВ. Уставка термореле (тип ТР1-02) складає -5°C з мінімальним диференціалом.

Після заливання молока у ванну вибірник режимів ставлять в положення А «Автоматика». Двигуни МК і МВ включаються так само, як і в режимі Л. При замкнутих контактах термометра SK2 (типу ТК-52а) реле KL2 одержує живлення, його контакти замикаються і включають пускач KM2, двигуни МН водяного насоса (тип 5А80МВ4; 1,5 кВт) і ММ мішалки (типу 5А80МА8; 0,27 кВт). Коли температура молока знижується до 6°С, термометр SK2 вимикає двигуни МН і ММ і знов їх вклучас, якщо температура молока підвищується до 7°С. Холодильна машина продовжує працювати, наморозжуючи лід, поки її не відключить термореле SK1.

Молоко зливають з ванни, перемкнувши вибірник режимів в положення 0 («Відключено»). У разі потреби резервуаром управляють вручну, для чого виборець режимів встановлюють в положення Р («Ручне»).

При спрацюванні захисту розмикаються контакти реле тиску SP або теплових реле КК1, КК2 – тип ТРИ), втрачає живлення котушка реле КЛ1 відключаються пускачі КМ1, КМ2, зупиняються всі двигуни і спалахує червона сигнальна лампа НЛ2 («Несправно»).

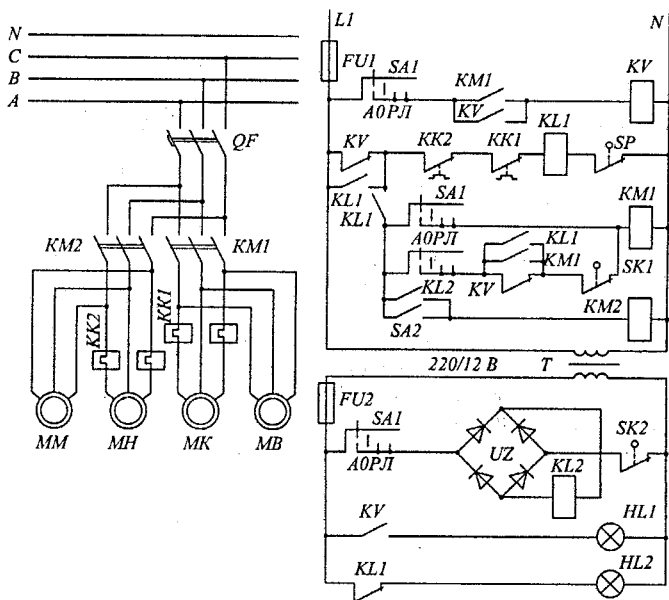


Рисунок 1.4.4 – Принципова електрична схема управління танком-охолоджувачем молока ТОМ-2А

Реле тиску типу РД-1 забезпечує захист від надмірно низького тиску в лінії всмоктування і від підвищеного тиску в лінії нагнітання. Блок низького тиску настраюють на розмикання контактів при надмірному тиску у випарнику $2,9 \cdot 10^{-4}$ Па, на замикання при $6,8 \cdot 10^{-4}$ Па, блок високого тиску - на розмикання контактів при надмірному тиску в конденсаторі $112 \cdot 10^{-4}$ Па, на замикання при $88 \cdot 10^{-4}$ Па. Електроустаткування резервуару розраховано на лінійну напругу в мережі 380 і 220 В. Холодопродуктивність агрегату 12 кВт. Пропускна спроможність 5400 кг молока на добу за три цикли.

Вибір потужності двигунів обладнання. У поршневих насосів одинарної дії подача здійснюється тільки при рухові поршня вперед. Механізм подвійної дії здійснює подачу при ході поршня в обидві сторони.

Середня потужність за графіком навантаження (рис. 1.4.5, б)

$$P_{cp} = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} P \cdot d\varphi = \frac{1}{\pi} \cdot \int_0^{\pi} P_{max} \cdot \sin \varphi \cdot d\varphi = \frac{2P_{max}}{\pi}. \quad (1.4.5)$$

Ступінь нерівномірності навантаження $\alpha = P_{max}/P_{cp}$ для графіка, зображеного на рис. 1.4.5 а, рівна $0,5\pi$, а для графіка на рис. 1.4.5 б, а складає π .

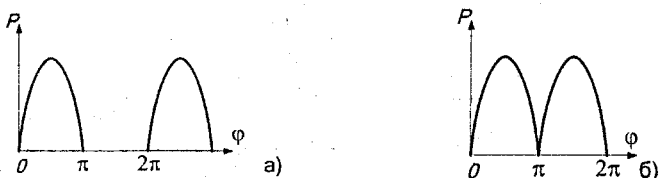


Рисунок 1.4.5 – Навантажувальні діаграми компресорів поршневого типу
а – одинарного циклу, б – подвійного циклу

При роботі поршневого компресора на магістраль з постійним тиском при кожному ході поршня долається постійне середнє зусилля незалежно від кутової швидкості, тому і двигун працює з постійним моментом, незалежним від кутової швидкості. Потужність (кВт) і подача (m^3/s) при цьому зростають пропорційно кутовій швидкості:

$$P = \frac{Q \cdot H}{\eta_k \cdot \eta_n} \cdot 10^{-3} = \frac{Q \cdot (P_2 - P_1)}{\eta_k \cdot \eta_n} \cdot 10^{-3}, \quad (1.4.6)$$

де Q – подача компресора;

H – тиск компресора, Па;

P_1 – початковий тиск газу, Па;

P_2 – кінцевий тиск стисненого газу, Па;
 η_k, η_n – ККД компресора та передачі від двигуна до компресора, відповідно.

Після підрахунків за каталогом вибирають електродвигун для тривалого режиму роботи.

Потужність електропривода лопатевої мішалки, кВт, обчислюють за формулою:

$$P = \frac{c \cdot \rho \cdot h \cdot z \cdot \omega^3 \cdot (R_z^4 - R_e^4)}{8 \cdot \eta_n} \cdot 10^{-3}, \quad (1.4.7)$$

де c – коефіцієнт, що враховує в'язкість рідини ($c = 1, 1 \dots 1,2$);

ρ – густина молока (1030 кг/м^3);

h – висота зануреної частини лопатей мішалки;

z – кількість лопатей мішалки;

ω – кутова швидкість обертання мішалки, рад/с;

R_z та R_e – зовнішній та внутрішній радіуси лопатей, відповідно, м;

η_n – ККД передачі.

1.4.3 Електропривод сепараторів молока

Потужність та навантажувальна діаграма електропривода сепараторів молока. Сепарація молока – це механічний процес відділення вершків від перегону, що проводиться за допомогою відцентрових сил, які діють на частинки молока при обертанні його в барабані сепаратора. Для молочних блоків корівників, прифермських сепараторних пунктів великих молочних ферм і молочних заводів рекомендуються до застосування сепаратори марок ОСБ-1000 і ОСП-3М (рис. 1.4.6).

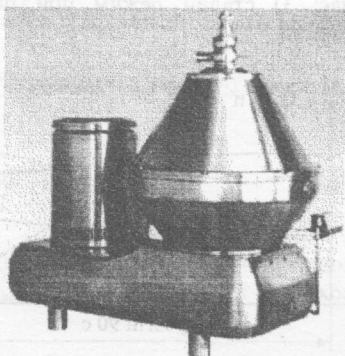
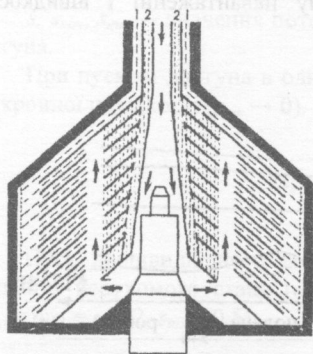


Рисунок 1.4.6 – Схема сепарації молока та сепаратор з бактофугом
 (1 – перегін, 2 – вершки)

Механічна характеристика сепаратора без урахування резонансних піків може бути виражена формулою

$$M_c = M_0 + b \cdot \omega^2, \quad (1.4.8)$$

де M_0 — початковий момент на валу привода, $M_0 \approx 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

b — коефіцієнт пропорційності, що залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми привода, маси барабана, шороховатості поверхні барабана сепаратора, для центрифуг продуктивністю 50...1000 л/год цей коефіцієнт рівний $18,24 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м}/(\text{рад}/\text{с})^2$;

ω — кутова швидкість барабана, рад/с.

Квадратична залежність моменту опору сепаратора зберігається при лінійній швидкості барабана до 70 м/с. Стосовно сепараторів сільськогосподарського призначення це відповідає частоті обертання барабана 10 000 об/хв.

Розрахункова потужність привода сепаратора

$$P_{\text{розр}} = h \cdot M_c \cdot \omega, \quad (1.4.9)$$

де $h = 1,2 \dots 2$ — дослідний коефіцієнт, що враховує потужність, яка потрібна для надання кінетичної енергії рідині, що поступає в барабан, для подолання гідродинамічних втрат і втрат тертя в підшипниках і передатному механізмі.

Для робочого процесу електропривода сепаратора характерні три режими, що відображені за допомогою навантажувальних діаграм на рис. 1.4.7: 1) пуск в хід, коли потужність двигуна зменшується від пускової потужності до потужності холостого ходу; 2) подачі рідини — навантаження, коли потужність короткочасно і трохи зростає, а потім спадає; 3) сталий режим при постійному навантаженні і швидкості обертання.

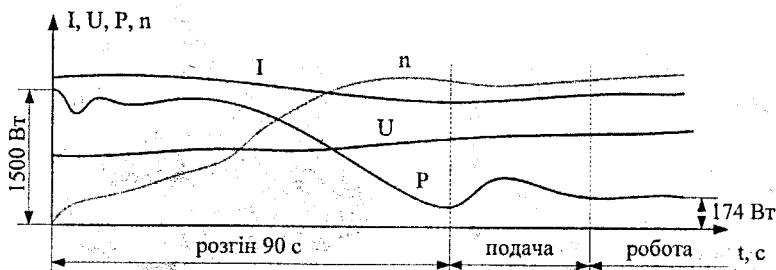


Рисунок 1.4.7 — Навантажувальні діаграми електропривода сепаратора

Під час роботи сепаратора необхідно підтримувати постійну частоту обертання барабана. Її зниження супроводжується погіршенням відділення вершків, а збільшення приводить до передчасного зносу черв'ячної пари. Тому для привода сепараторів слід застосовувати електродвигуни з жорсткою механічною характеристикою (трифазні і однофазні короткозамкнуті асинхронні двигуни). За умовами навколишнього середовища для молочних заводів найбільш підходять електродвигуни з обдувом закритого хімічно вологостійкого виконання.

Молочним сепараторам властивий великий приведений момент інерції, а отже, їм притаманний тривалий час розгону, що досягає 1,5...3 хв і навіть більше. При установці двигуна завищеної потужності виникають значні динамічні зусилля, які можуть призвести до поломки черв'ячної пари. Тому для полегшення умов пуску застосовують двошвидкісні двигуни, відцентрові або електромагнітні муфти. Використовування дво- і багатошвидкісних двигунів дозволяє знизити пускові втрати, а разом з ними і зменшити нагрів двигуна. Спочатку відбувається розгін до половинної частоти обертання при збільшеному пусковому моменті, а потім до номінальної частоти обертання при звичайному пусковому моменті.

Втрати в асинхронному двигуні при пуску:

$$\Delta A_n = \int_{s_{\text{кін}}}^{s_{\text{поч}}} J \cdot \omega_0^2 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \cdot s \cdot ds \quad (1.4.10)$$

де J — сумарний приведений момент інерції сепаратора та двигуна;

ω_0 — синхронна кутова швидкість двигуна;

R_1 — опір обмотки статора;

R_2' — приведений опір обмотки ротора;

s , $s_{\text{поч}}$, $s_{\text{кін}}$ — значення поточного, початкового та кінцевого ковзання двигуна.

При пускові двигуна в один ступінь з нерухомого стану ($s_{\text{поч}} = 1$) до синхронної швидкості ($s_{\text{кін}} \rightarrow 0$).

$$\Delta A_n = \frac{J \cdot \omega_0^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right). \quad (1.4.11)$$

Пуск двошвидкісного двигуна здійснюють спочатку на першому ступені з нерухомого стану ($\omega_{\text{поч}} = 0$, $s_{\text{поч}} = 1$) до половинної швидкості ($\omega_{\text{кін}} = \omega_{01} = \omega_{02}/2$, $s_{\text{кін}} = 0,5$):

$$\Delta A_{n1} = J \cdot \omega_{01}^2 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \cdot \int_0^1 s \cdot ds = \frac{J \cdot \omega_{01}^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) = \frac{J \cdot \omega_{02}^2}{8} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right), \quad (1.4.12)$$

де ω_{01} і ω_{02} – перша та друга синхронні швидкості обертання.

Потім двигун переключають на другу швидкість: проходить розбіг двигуна від половинної швидкості ($\omega_{01\text{поч}} = \omega_{02}/2$, $s_{\text{поч}}=0,5$) до повної ($\omega_{\text{кін}} \rightarrow \omega_{02}$, $s_{\text{кін}} \rightarrow 0$):

$$\Delta A_{n_2} = J \cdot \omega_{02}^2 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right) \cdot \int_0^{0,5} s \cdot ds = \frac{J \cdot \omega_{02}^2}{8} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right). \quad (1.4.13)$$

Загальні втрати в двигуні при двоступеневому пуску:

$$\Delta A_n = \Delta A_{n_1} + \Delta A_{n_2} = \frac{J \cdot \omega_{02}^2}{4} \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2'}\right), \quad (1.4.14)$$

в два рази менші, ніж при одноступеневому.

Варіанти електроприводів сепараторів. Переваги двоступеневого пуску видні з аналізу механічних характеристик двошвидкісного електропривода сепаратора СПМФ-2000 з високошвидкісним електродвигуном потужністю 1,5 кВт (рис. 1.4.8). При включенні на першу швидкість кнопкою SB двигун розвиває більший пусковий момент при меншому пусковому струмі. Досягши 4000 об/хв і більше ЕРС тахогенератора BR стає рівною напрузі спрацювання реле KL, яке відключає контактор KM1 і обмотку першої швидкості і включає контактор KM2, перемикаючи двигун на другу швидкість. Відбувається подальший розгін до номінальної частоти обертання при збільшеному надлишковому моменті і зниженому в порівнянні з початковим в цьому (другому) ступені пусковим струмом.

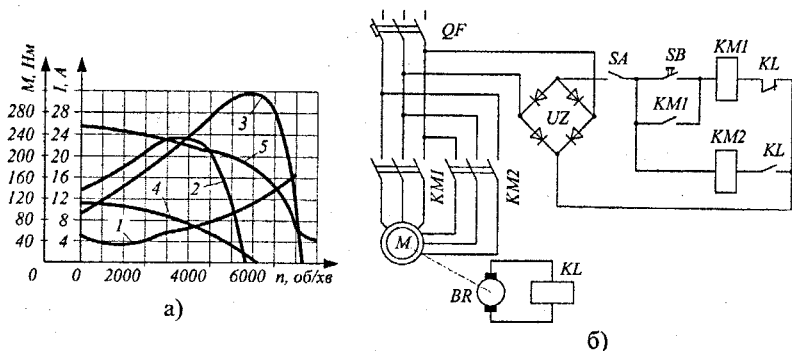


Рисунок 1.4.8 – Двошвидкісний електропривод сепаратора

а — механічні характеристики електропривода СПМФ-2000; б — схема управління;
(1 — момент статичного опору сепаратора; 2 і 4 — момент та струм двигуна на першій частоті обертання при $n_{a1} = 6000$ об/хв; 3 та 5 — момент та струм двигуна на другій швидкості обертання при $n_{a2} = 8000$ об/хв)

Переваги цього електропривода полягають в більш простому передатному пристрої (сполучна муфта), меншому пусковому струмі, більшому пусковому моменті, що приводить до скорочення часу пуску.

Відцентрова муфта дозволяє двигуну спочатку набрати швидкість майже вхолосту за невеликий час і при малих пускових струмах (за винятком першого кидка струму), а потім прийняти навантаження. Тому таку муфту застосовують за важких умов роботи:

а) для зменшення часу розгону двигуна в приводах з великими маховими масами робочої машини;

б) для подолання моменту зрушення робочої машини за рахунок використання критичного моменту двигуна;

в) для забезпечення пуску двигуна на холостому ході від малопотужної мережі.

Відцентрова муфта (рис. 1.4.9, а) складається з: ведучого диска 2 з пальцями 7, веденого барабана 1, колодок 3 з наклепаними на них накладками 5. Колодки підтримуються відтискними пружинами 6. Муфта насаджена на приводний вал 4 робочої машини, який у свою чергу закріплений в підшипниках 8. Ведучий барабан 2 може обертатися відносно цього вала. Диск 2 з'єднаний з двигуном клинопасовою передачею.

При вмиканні двигуна диск 2 починає обертатися, пальці 7 захоплюють колодки 3, які ковзають по внутрішній циліндричній поверхні барабана 1. Із збільшенням швидкості обертання диска 2 стає більшою відцентрова сила, яка притискає колодки до барабана. Тому збільшується сила тертя між колодками та барабаном, що приводить до посилення моменту, який передається муфтою.

Момент муфти

$$M_m = M_0 + b_m \cdot \omega^2, \quad (1.4.15)$$

де M_0 — момент, що створюється силою тертя при кутовій швидкості веденої частини $\omega = 0$;

$b_m = \frac{M_m - M_0}{\omega_m^2}$ — коефіцієнт пропорційності;

M_m та $\omega_{зч}$ — момент і кутова швидкість, які відповідають повному зчепленню муфти.

При поєднанні механічних характеристик двигуна, муфти та сепаратора, значному перевищенню приведеним моментом інерції сепаратора моменту інерції двигуна ($J_m \gg J_{\partial\partial}$), розгін привода буде проходити в кілька етапів:

1) під дією надлишкового моменту $M_{надл} = M_{\partial\partial} - M_m$ швидкість двигуна (рис. 1.4.9, б) стає близькою до номінальної, коли $M_{\partial\partial} = M_m = M_{зч}$ і $\omega_{\partial\partial} = \omega_{зч}$ за час:

$$t_1 = J_{\partial\delta} \int_0^{\omega_n} \frac{d\omega}{M_{\partial\delta} - M_m} \quad (1.4.16)$$

2) за цей час під дією надлишкового моменту $M_{nad2} = M_m - M_c$ швидкість сепаратора збільшується незначно до ω_{m2} оскільки $J_m \gg J_{\partial\delta}$ (рис. 1.4.9, в);

3) надлишковий момент $M_{nad3} = M_{зч} - M_c$ розганяє сепаратор за час

$$t_2 = J_m \int_{\omega_{m1}}^{\omega_{зч}} \frac{d\omega}{M_{зч} - M_c} \quad (1.4.17)$$

В періоди часу t_1 і t_2 муфта працює з ковзанням. Потужність ковзання:

$$P_{ковз} = M(\omega_{\partial\delta} - \omega_m), \quad (1.4.18)$$

витрачається на нагрів муфти.

Під дією надлишкового моменту $M_{nad} = M_{\partial\delta} - M_c$ агрегат розганяється до робочої швидкості за час:

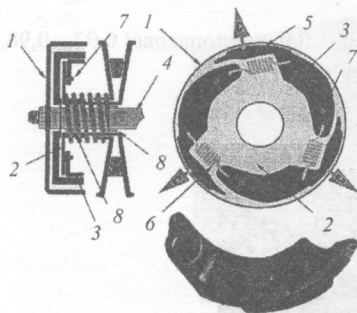
$$t_3 = (J_{\partial\delta} + J_m) \int_{\omega_{зч}}^{\omega_p} \frac{d\omega}{M_{\partial\delta} - M_c} \quad (1.4.19)$$

Загальний час розгону:

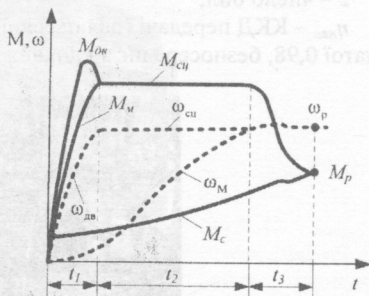
$$t_p = t_1 + t_2 + t_3. \quad (1.4.20)$$

Тривалість періодів t_1 та t_3 складає 10...15% загальної тривалості розгону. Тому тривалість розгону з відцентровою муфтою визначається в основному часом t_2 і значною мірою залежить від швидкості $\omega_{зч}$. Для скорочення загальної тривалості розгону системи і тривалості дії пониженої напруги при пускові необхідно вибирати механічну характеристику муфти такою, щоб точка перетину її з механічною характеристикою електродвигуна знаходилась за критичним ковзанням: $s_{зч} < s_k$.

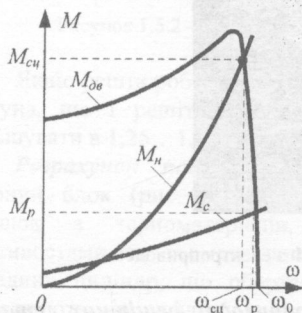
Переваги розгону привода сепаратора з відцентровою муфтою добре видно на рис. 1.4.9, г, де показано діаграми пускового струму двигуна без муфти 8 та з муфтою 9. При розгоні з муфтою пусковий струм швидко знижується. В результаті нагрівання двигуна за час пуску значно менше.



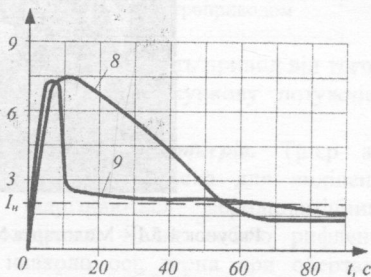
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.4.9 – Електропривод сепаратора з відцентровою муфтою

(а) – кінематична схема: 1 – ведений барабан муфти; 2 – ведучий вал з диском та клинопасосовою передачею; 3 – колодки; 4 – ведений вал; 5 – фрикційні накладки; 6 – відтискна пружина; 7 – пальці; 8 – підшипники; б) – навантажувальні діаграми в період розгону; в) – механічні характеристики привода; г) – діаграми пускового струму двигуна: 8 – пуск без муфти, 9 – пуск з муфтою $M_n = M_d$)

1.5 Електропривод машин для післязбиральної обробки зерна

Розрахунок потужності електропривода молотарки. Молотарка (рис. 1.5.1) – машина або частина машини (комбайна) для обмолоту сільськогосподарських культур – виділення зерна з колосків, волотей, качанів, корзинок і ін., деякі молотарки очищують і сортують зерно [5].

Розрахунок потужності електропривода молотарки, кВт:

$$P_{\text{мол}} = \frac{l \cdot d \cdot z}{0,762 \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (1.5.1)$$

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

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

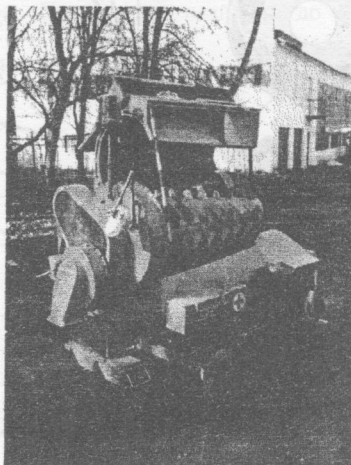


Рисунок 1.5.1 – Молотарка МСК-1Ф з електроприводом

Розрахунок потужності електропривода решітних станів.

Решітний стан (рис. 1.5.2) – машина для очистки та сортування зерна сільськогосподарських культур, базується на принципі розділення зерна на фракції за їх геометричними розмірами (довжиною, шириною, висотою).

Розрахунок потужності електропривода решітного стану, кВт:

$$P_{\text{pc}} = \frac{k_z \cdot m \cdot j_0^2}{657,5 \cdot n \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (1.5.2)$$

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

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

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

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

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

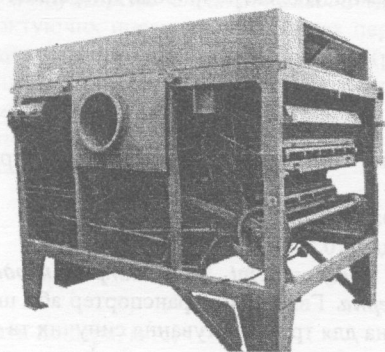


Рисунок 1.5.2 – Решітний стан Petkus K 547 A з електроприводом

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

Розрахунок потужності електропривода трієрів. Трієр або трієрний блок (рис. 1.5.3) – машина, яка призначена для виділення домішок з зерноматеріалів, які відрізняються аеродинамічними властивостями та геометричними розмірами. Являє собою рифлений зсередини циліндр, що обертається навколо осі, зерна при обертанні потрапляють між рифлини, а легкі домішки видаляються потоком повітря, важкі ж домішки, що не відповідають розмірам зерна, залишаються на поверхні шару і в результаті прокручування трієра першими виходять з нього, зерно залишається в рифлений частині.

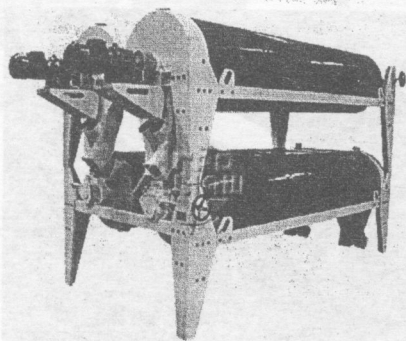


Рисунок 1.5.3 – Трієрний блок РІ-ББТ-700-16 з електроприводом

Розрахунок потужності електропривода трієра, кВт:

$$P_{тр} = \frac{p_1 \cdot Q \cdot 10^{-3}}{\eta_{пер}}, \quad (1.5.3)$$

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

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

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

Розрахунок потужності електропривода гвинтових транспортерів для зерна. Гвинтовий транспортер або шнек (рис. 1.5.4) – машина, яка призначена для транспортування сипучих та пилоутворюючих матеріалів. Використовуються горизонтальні та похилі шнекові транспортери, закриті та відкриті.

Розрахунок потужності електропривода шнека, кВт:

$$P_{шн} = \frac{Q \cdot (p_1 \cdot l \pm H) \cdot k_3}{367 \cdot \eta_{пер}}, \quad (1.5.4)$$

де Q – подача транспортера, т/год;

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

l – довжина траси, м;

H – висота підйому (опускання) матеріалу, м;

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

k_3 – коефіцієнт запасу (1,3...1,5).

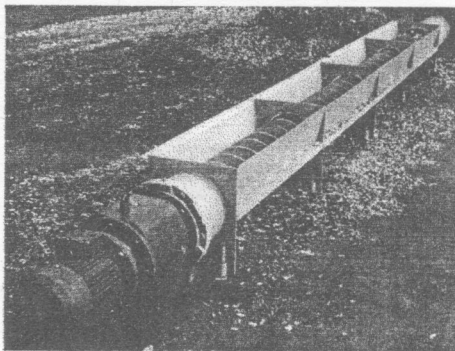


Рисунок 1.5.4 – Горизонтальний спіральний транспортер

Розрахунок потужності електропривода пневмотранспортерів для зерна. У всмоктуючих пневмотранспортерах переміщують матеріал з кількох точок в одну, в нагнітальних транспортерах (рис. 1.5.5) навпаки – з однієї точки в кілька. Матеріал переміщується по трубопроводах двома способами: через вентилятор та поза вентилятором.

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

$$P_{нт} = \frac{q_n \cdot H_0 \cdot 10^{-3}}{\eta_v \cdot \eta_{пер}}, \quad (1.5.5)$$

де q_n – витрати повітря, $\text{м}^3/\text{с}$;

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

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

Якщо матеріал проходить через робоче колесо вентилятора (пневмотранспортер типу ексгаустера), то завантаження електродвигуна змінюється в залежності від концентрації суміші повітря й матеріалу. В такому разі обчислення розрахункової потужності електропривода проводиться за виразом (1.5.6).

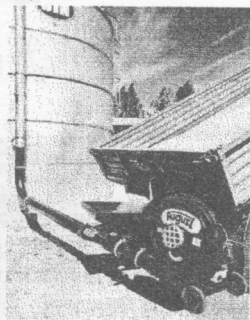
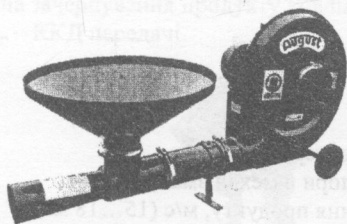


Рисунок 1.5.5 – Пневмотранспортер для зерна Т-378/2
(потужність двигуна 7,5 кВт, продуктивність 7,5 т/год, довжина транспортування 30 м, висота транспортування 12 м)

$$P_{нт} = \frac{(1 + \mu) \cdot q_n \cdot H_0 \cdot 10^{-3}}{\eta_v \cdot \eta_{пер}}, \quad (1.5.6)$$

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

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

ρ — густина повітря, кг/м³.

Розрахунок потужності електропривода металевих транспортерів для зерна. Металеві транспортери (рис. 1.5.6) не переміщують продукт, а закидають його зі швидкістю до 18 м/с на відстань 18...20 м. Потужність на валу електропривода обчислюється за виразом (1.5.7).

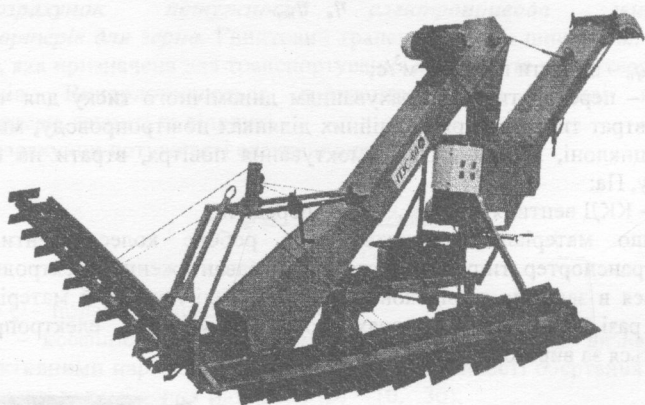


Рисунок 1.5.6 — Металевий транспортер для зерна ЗМ-60А

$$P_{\text{вт}} = \frac{Q \cdot k \cdot v^2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \eta_{\text{пер}}}, \quad (1.5.7)$$

де Q — продуктивність транспортера, кг/с;

k — коефіцієнт, що враховує опори в механізмах;

v — початкова швидкість метання продукту, м/с (15...18 м/с);

$\eta_{\text{пер}}$ — ККД передачі.

Розрахунок потужності електропривода пересувних скребкових транспортерів для зерна. Пересувний скребковий транспортер найчастіше застосовується в комплекті з додатковим вантажним обладнанням, наприклад, разом з металевим транспортером (рис. 1.5.6 — приймальна частина) і призначений для переміщення зерна до приймальних частин робочих органів машин в горизонтальній площині. Розрахункова потужність на валу електропривода, кВт:

$$P_{ст} = 9,81 \cdot \frac{k_1 \cdot Q \cdot (L \cdot k_2 + H) \cdot 10^{-3}}{\eta_{пер}}, \quad (1.5.8)$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення опору при пускові (1,2...1,5);

Q – подача транспортера, кг/с;

L – довжина горизонтальної проекції транспортера (довжина переміщення продукту), м;

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

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

Розрахунок потужності електропривода ковшових елеваторів.

Ковшовий елеватор (норія) для зерна представлений на рис. 1.5.7. Такі механізми призначені для вертикального переміщення зерна на значну висоту. Потужність на валу електропривода (кВт) обчислюється за виразом (1.5.9).

$$P_{нор} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3}}{\eta_{нор} \cdot \eta_{пер}}, \quad (1.5.9)$$

де Q – продуктивність норії, кг/с;

H – висота норії, м;

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

$\eta_{пер}$ – ККД передачі.

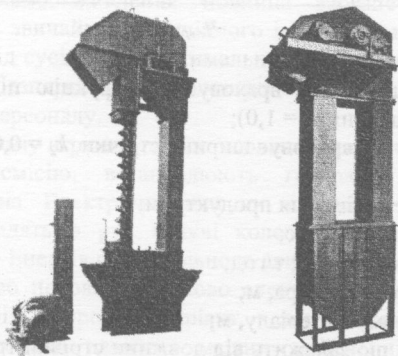


Рисунок 1.5.7 – Ковшовий елеватор для зерна (норія)

Розрахунок потужності електропривода стрічкових транспортерів. Стрічкові транспортери використовуються для транспортування зерна та мінеральних добрив в горизонтальному та похилому напрямках. Для переміщення матеріалів в процесі післязбиральної обробки зерна найчастіше застосовуються похилі пересувні стрічкові транспортери (рис. 1.5.8).

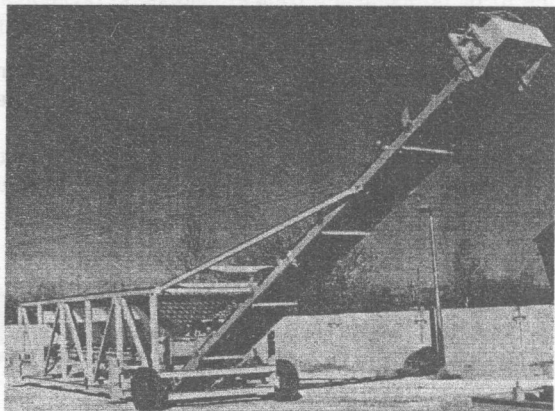


Рисунок 1.5.8 – Похилий пересувний стрічковий транспортер

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

$$P_{\text{тр}} = \frac{(k_1 \cdot k_2 \cdot L_1 \cdot v + 15 \cdot 10^{-5} \cdot Q \cdot L_2 + 27 \cdot 10^{-4} \cdot Q \cdot H) \cdot k_3}{\eta_{\text{пер}}}, \quad (1.5.10)$$

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

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

L_1 – довжина переміщення продукту, м;

v – швидкість стрічки, м/с;

Q – подача транспортера, т/год;

L_2 – довжина транспортера, м;

H – висота підйому матеріалу, м;

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

1.6 Електропривод мобільних машин і агрегатів

1.6.1 Способи постачання електричною енергією мобільних машин та агрегатів

Застосування електропривода в мобільній сільськогосподарській техніці значно спрощує кінематику агрегатів, збільшує їх надійність і продуктивність, підвищує культуру виробництва, дозволяє автоматично підтримувати задані режими.

Електричні двигуни мобільних сільськогосподарських машин можуть одержувати енергію від джерел різними способами: тролейним, кабельним, через електричну трансмісію, від акумуляторів, паливних елементів. При тролейному способі енергія до електродвигунів поступає від неізольованих проводів через рухомі контакти (щітки, ролики і дуги). Електрифікований агрегат, рухаючись паралельно тролейним проводам, виконує ті або інші польові роботи. Для більшості польових робіт цей спосіб нерациональний. Проте подібні агрегати можуть бути використані при обробці плантацій винограду і у внутрішньосадибному транспорті.

Кабельний спосіб живлення найбільш придатний для більшості здійснених конструкцій електрифікованих агрегатів. Електродвигун агрегату живиться від мережі або трансформатора по гнучкому кабелю, який послідовно розмотується з барабана і намотується на барабан, розташований на агрегаті, або піднятий над землею за допомогою вежі-щогли або троса, натягнутого між опорами. Оскільки площа оброблюваних ділянок при підвішених кабелях невелика, для потужних агрегатів переважною є схема живлення з наземним розстиланням кабелю. Практикою вироблені вимоги до схем кабельного живлення. Необхідно, щоб під час роботи кабель рівно лягав на землю без волочіння і закручування. Схема живлення повинна забезпечувати можливість використання звичайного причіпного інвентаря, незалежність роботи одного агрегату від сусіднього, оптимальну ширину і максимально велику довжину гону, безперебійність електропостачання і безпеку роботи обслуговуючого персоналу.

На самохідному агрегаті, де застосована схема передачі енергії через електричну трансмісію, встановлюють генератор з приводом від дизельного двигуна. Електричні двигуни, які одержують живлення від генератора, приводять в рух ведучі колеса трактора і робочі органи причіпних машин. Енергія від дизельного двигуна на провідні колеса може поступати і по дво потоках: частково електричним шляхом, а частково механічним. Найбільш простий варіант, в якому електропривод робочих органів причіпних або навісних машин здійснений від автономного агрегату, зв'язаного з валом відбору потужності трактора. Застосування

багатопотокових електромеханічних передач вельми перспективне, оскільки вони значно легші за однопотокові і їх ККД дещо вищий.

Випробування трактора ДЕТ-250 показали доцільність відбору потужності від електротрансмісії. Електромеханічні трансмісії можна використовувати і в агрегатах з так званими електродвигун-колесами, коли електричні двигуни вбудовані безпосередньо в колеса.

До теперішнього часу в рослинництві використовуються мобільні машини з електричною тягою чотирьох основних типів: 1) електролебідкові системи канатної тяги; 2) електротрактори різних призначень; 3) електрифіковані знаряддя; 4) агрегати з електричними трансмісіями [1].

1.6.2 Електропривод лебідкових пристроїв

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

Потужність двигуна орної лебідки визначають за його навантажувальною діаграмою (рис. 1.6.1). Потужність P_I (кВт), яка споживається двигуном при пускові, обчислюють з врахуванням кратності пускового струму k_I та номінального ККД двигуна η_n :

$$P_I = k_I P_n \eta_n^{-1}. \quad (1.6.1)$$

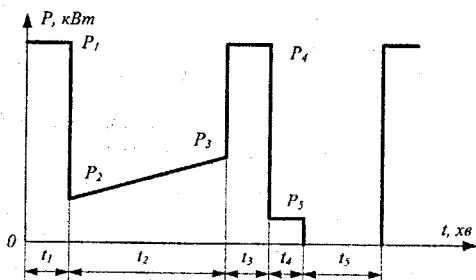


Рисунок 1.6.1 – Навантажувальна діаграма двигуна електропривода дволебідкового агрегату з одним плугом

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

Номинальну потужність двигуна вибирають попередньо з умови: $P_n = (1,1 \dots 1,3) \cdot 0,5 \cdot (P_2 + P_3)$. В процесі роботи потужність збільшується від P_2 до P_3 за рахунок збільшення радіуса намотки троса на барабан. Аналогічно потужності P_1 обчислюють потужність P_4 при гальмуванні (*braking*) в режимі реверса.

За формулою В. П. Горячкіна тяговий опір плуга:

$$F_n = 9,81 \cdot f \cdot m + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2, \quad (1.6.2)$$

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

m – маса плуга, кг;

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

a – глибина оранки, см;

b – ширина захвату плуга, см;

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

v – швидкість руху плуга, м/с.

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

Опір від волочіння троса по ґрунту:

$$F_m = 9,81 \cdot k_m \cdot f \cdot m_m \cdot l, \quad (1.6.3)$$

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

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

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

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

Потужність (кВт) на початку:

$$P_2 = (F_{n.pоч} + F_m) \cdot v_{поч} \cdot \eta_{л}^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (1.6.4)$$

та в кінці руху плуга

$$P_3 = (F_{n.кін} + F_m) \cdot v_{кін} \cdot \eta_{л}^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (1.6.5)$$

де $\eta_{л}$ – ККД лебідки з передачею;

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

Потужність P_3 на переміщення лебідки визначається її масою m_n (кг) та швидкістю її переміщення v_n (м/с):

$$P_3 = 9,81 \cdot f_n \cdot m_n \cdot v_n \cdot \eta_n^{-1} \cdot 10^{-3}, \quad (1.6.6)$$

де f_n – коефіцієнт перекочування лебідки по полю;
 η_n – ККД передачі від двигуна до обода ведучих коліс.

Час роботи двигуна визначається середньою швидкістю руху плуга та довжиною гону l_2 :

$$t_2 = \frac{2 \cdot l_p}{v_{\text{поч}} + v_{\text{кин}}}. \quad (1.6.7)$$

Відносна тривалість вмикання двигуна:

$$\varepsilon = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}. \quad (1.6.8)$$

Для дволебідкової системи, що працює з одним плугом:

$$t_5 = t_1 + t_2 + t_3 + t_4. \quad (1.6.9)$$

Еквівалентна потужність за час роботи:

$$P_{\text{екв}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + (P_2^2 + P_2 P_3 + P_3^2) \cdot \frac{t_2}{3} + P_4^2 t_3 + P_5^2 t_4}{0,75 \cdot (t_1 + t_3) + t_2 + t_4}}. \quad (1.6.10)$$

Еквівалентна потужність, перерахована на стандартну тривалість роботи:

$$P_{\text{екв.ст}} = P_{\text{екв}} \sqrt{\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{\text{ст}}} (\alpha + 1) - \alpha}, \quad (1.6.11)$$

де α – відношення постійних втрат в двигуні до змінних.

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

$$P_{\text{дв}} \geq P_{\text{екв.ст}}. \quad (1.6.12)$$

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

$$u^2 \cdot M_{\text{пуск.дв}} \geq M_{\text{зр}} = 1,3 \cdot M_3, \quad (1.6.13)$$

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

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

M_3 – робочий момент двигуна в кінці гону;

u – напруга на двигуні при пускові у відносних одиницях.

Управління електроприводом орної електролебідки. Типова схема управління електроприводом орної лебідки подана на рис. 1.6.2. Управління електроприводами може бути ручним (кнопкова станція) і автоматичним (кінцеві вимикачі).

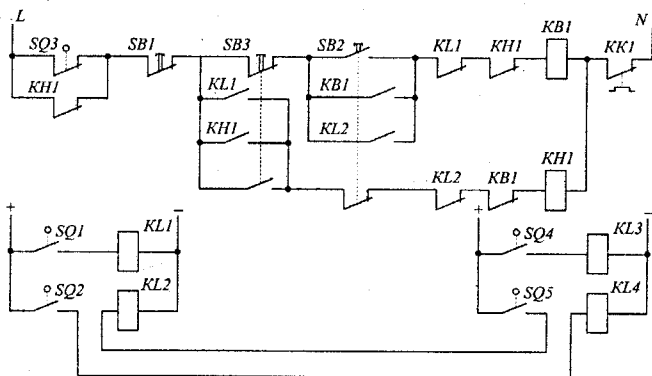


Рисунок 1.6.2 – Схема управління електроприводом орної лебідки

При натисненні кнопки SB2 в колі управління приводом першої лебідки котушка KB1 реверсивного магнітного пускача пускає перший двигун на хід вперед: прокладається упоперек поля перша борозна. Коли плуг підходить до першого візка, упор на тросі через вилку натискає на кінцевий вимикач SQ1, одержує живлення перше проміжне реле KL1, яке відключає котушку KB1 і включає котушку KH1. Перший двигун реверсується, плуг зупиняється. При реверсі перемикається храпова муфта, яка відокремлює двигун від тросового барабана і з'єднує з трансмісією, що передає момент на провідні колеса. Візок пересувається уздовж поля на ширину захоплення плуга. У цей момент упор на колі трансмісії натискає на кінцевий вимикач SQ3, пускач першої лебідки відключається.

На початку руху першого візка уздовж поля спеціальний упор в трансмісії натискає на кінцевий вимикач SQ2, проміжне реле KL4 включає другий магнітний пускач KB2 (схема управління другим магнітним пускачем аналогічна схемі управління першим пускачем) на хід вперед. Плуг йде назад, прокладаючи другу борозну. Далі схема працює аналогічним чином, але відносно другої лебідки.

1.6.3 Електропривод польових машин

Електропривод сінокосарок. Електропривод дозволяє агрегатувати декілька косарок з трактором. При механічному приводі передача енергії до ріжучих апаратів другої і третьої косарок ускладнена. Електротрансмісія, що складається з генератора, з'єднаного з двигуном трактора, і трьох електродвигунів, що приводять в дію ріжучі апарати, замінює механічну трансмісію косарки. При цьому кінематична схема істотно спрощується. Крім того, механічні трансмісії після роботи протягом 1000...1500 год потребують значного ремонту, а безремонтний термін роботи електропривода косарки рівний декільком десяткам тисяч годин. Різкозмінний характер навантаження ріжучого апарата несприятливий для механічної трансмісії косарки, в той час як електромагнітний зв'язок ножа з рамою машини через електродвигун забезпечує плавнішу роботу косарки і трактора.

Для отримання зворотно-поступального руху ножа в косарках використовують обертальний рух елементів привода (до 800 об/хв), що дозволяє застосовувати високошвидкісні, а отже, і легкі асинхронні двигуни. Дослідження аналогічних за конструкцією електрифікованої і звичайної напівнавісних косарок показують експлуатаційні переваги електрифікованої косарки. Деякі порівняльні дані наведені нижче [1].

Таблиця 1.6.1 – Порівняльна характеристика сінокосарок

Показники	Неелектрифікована косарка КН-14	Електрифікована косарка КЕ-14
Скошено трав на площі, га	506	558
Середня продуктивність, га/год	6,2	7,7
Витрата пального, кг/га	0,9	0,9
Загальна маса, кг	2208	1850
Маса по ширині захвату, кг/м	157	132
Коефіцієнт експлуатаційної надійності	0,6	0,94

Електрична схема електротрансмісійного привода косарок передбачає включення двигунів за допомогою магнітного пускача, подачу світлових сигналів, включення освітлювальних фар. Котушка електромагнітного пускача отримує живлення від генератора через потенціометр, який дозволяє збільшувати на ній напругу в період пуску.

Електропривод жаток. Для скошування зернових культур використовують агрегат, що складається з трактора ДТ-54 і дво жаток ЖЕА-2Р. Тут, як і у попередньому випадку, кінематична схема значно спрощується. Робочі органи кожної з жаток приводяться в дію електродвигунами потужністю 4,5 кВт, а механізм, що регулює висоту зрізу, окремим електродвигуном потужністю 0,6 кВт.

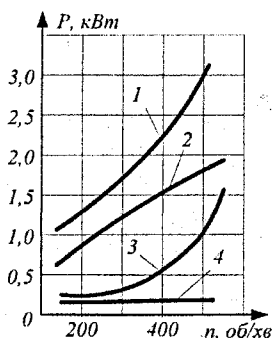


Рисунок 1.6.3 – Механічні характеристики холостого ходу жатки ЖР-4,9
(1 – жатки в цілому, 2 – транспортера, 3 – ріжучого апарата, 4 – мототила)

Електричне устаткування, кола управління і сигналізації отримують енергію по гнучкому кабелю від синхронного генератора потужністю 15 кВА, який встановлений на кронштейні позаду трактора і працює від вала відбору потужності трактора.

У кабіні трактора розташований щит з кнопками управління двигуном першої жатки та синхронного управління обома жатками. Підйом ріжучих апаратів обмежують кінцеві вимикачі. На другій жатці встановлюють електрощиток з кнопками управління приводом другої жатки і синхронного управління обома жатками.

Залежності потужностей холостого ходу вузлів жатки ЖР-4.9 від швидкості обертання наведені на рис. 1.6.3. Момент зрушення жатки складає 55 Н·м.

Потужність електродвигуна для привода жатки

$$P_{\text{дв}} = (P_x + P_{\text{різ}} + P_{\text{валк}}) \cdot \eta_n^{-1}, \quad (1.6.14)$$

де P_x – потужність холостого ходу жатки;

$P_{\text{валк}}$ – потужність, що затрачається на утворення валка, 0,25 кВт;

$P_{\text{різ}}$ – потужність, що витрачається на різання стеблин;

$P_{\text{різ}} = c \cdot b \cdot v \cdot P_I \cdot m$; c – коефіцієнт засміченості посівів; v – швидкість руху жатки, м/с; b – ширина захвату жатки, м; m – число стеблин на 1 м² поля;

P_I – робота, що затрачається на різання однієї стеблини (біля 0,3 Н·м).

Навантажувальна діаграма різання стеблин носить змінний характер (рис. 1.6.4).

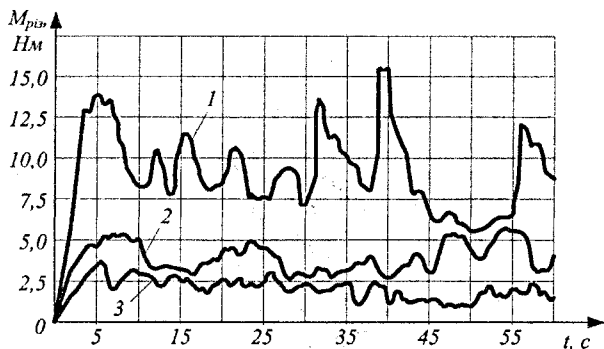


Рисунок 1.6.4 – Навантажувальні діаграми електродвигуна від різання стеблин:
(1 – люцерна другого року другого покосу, 2 – різнотрав'я, 3 – суданки першого покосу)

Автоматичне управління приводом культиватора. Точність водіння навісних культиваторів при міжрядній обробці буряка підвищується з введенням автоматичного управління положенням рухомої частини рами культиватора з робочими органами. Поперечний зсув рами до 250 мм здійснюється гідроциліндром із швидкістю 15 см/с. При першій міжрядній обробці культиватором управляють вручну. З другої культивації застосовують автоматичне управління.

При роботі з механічним щупом брус культиватора зміщується в потрібному напрямі в мить, коли рядок рослин відхиляє щуп убік і замикає контакти 11 або 12 (рис. 1.6.5). Це викликає спрацювання реле 5 або 6, контакти якого вмикають електромагніт 7 або 8 гідрозолотника.

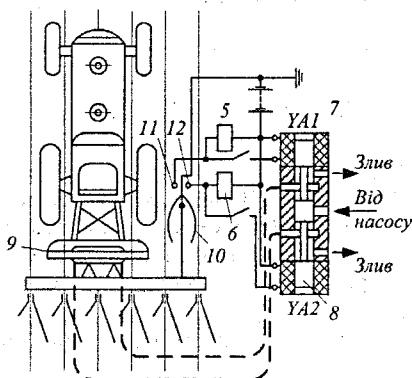


Рисунок 1.6.5 – Електрична схема управління культиватором з рухомою рамою з механічним щупом

Масло гідросистеми трактора направляється в циліндр 9 культиватора, що переміщує рухому частину культиватора вправо або вліво. Довжина щупа 160 мм, висота над землею регулюється в межах від 0 до 200 мм. Зсув штока відбувається до тих пір, поки вуса щупа не стануть в нейтральне положення в рядках. Для ручного управління користуються переносним дультом з кнопками SB1 і SB2 (рис. 1.6.6).

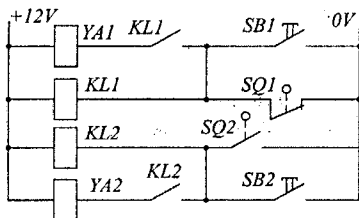


Рисунок 1.6.6 – Електрична схема управління електромагнітними золотниками навісного культиватора

Замість механічного щупа можуть використовуватись струмопровідні електроди з підсилювачами, в кола яких вмикаються виконавчі реле. Принцип дії таких систем управління культиваторами такий же з різницею в конструкції чутливих елементів. В останньому випадку їх принцип дії оснований на провідності стебел рослин, через які замикається електричний контакт щупа з підсилювачем. Остання система управління чутлива до вологості повітря, рослин, а тому знайшла дещо менше застосування.

1.6.4 Електротрансмісії

Мобільні машини з дизельним двигуном як автономне джерело енергії мають свободу пересування і найбільшою мірою задовольняють вимоги сільськогосподарських робіт. Однак механічна енергія від дизеля передається на приводні колеса (або гусениці) трактора через ступінчасту коробку переключення передач, яка не завжди дозволяє вибрати найоптимальніший режим роботи двигуна внутрішнього згорання з повним навантаженням і максимальним коефіцієнтом корисної дії. Тому були розроблені безступінчаті електричні і електромеханічні трансмісії для передачі енергії на приводні колеса, що дозволяють повністю (на 98...100%) завантажувати дизельний двигун на різних режимах роботи. Експлуатація дизель-електротрактора ДЕТ-250 на дорожньо-будівельних роботах показала його явні переваги перед тракторами з механічною трансмісією. Його продуктивність на 30% більша завдяки більш повному

використовуванню встановленої потужності двигуна внутрішнього згорання.

В перспективних електротрансмісіях використовуються високошвидкісні електричні машини з мінімально можливими масогабаритними показниками (рис. 1.6.7). Двигун внутрішнього згорання *Д* через підвищувальний редуктор *Р* приводить в дію високошвидкісний синхронний генератор *СГ*, електроенергія генератора передається через керований тиристорний випрямляч *КВ* регульованим тяговим електродвигуном. Швидкість тягових двигунів регулюється блоком управління *БУ* через керований випрямляч. Така електротрансмісія допускає і необмежений відбір потужності на змінному струмі для електроприводів робочих органів сільськогосподарських машин.

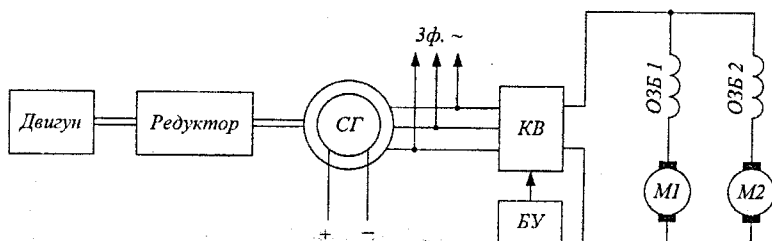


Рисунок 1.6.7 – Схема електротрансмісії з високошвидкісними електричними машинами

Для отримання задовільних масогабаритних показників разом з електричними використовуються і електромеханічні трансмісії (рис. 1.6.8).

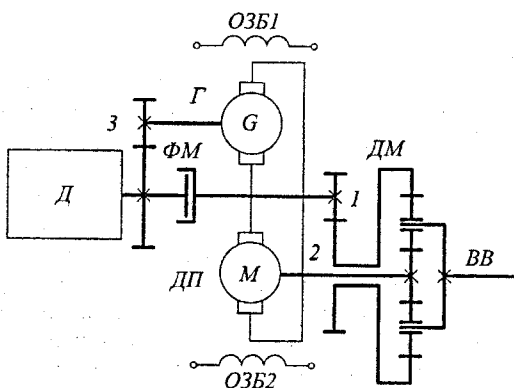


Рисунок 1.6.8 – Електромеханічна схема електротрансмісії

Механічним шляхом енергія від теплового двигуна Д передається через фрикційну муфту ФМ, вал 1 і диференціальний механізм ДМ на вихідний вал ВВ і далі на приводні колеса трактора. Електромеханічним шляхом другий потік енергії передається від двигуна внутрішнього згорання Д через зубчасту пару 3, генератор постійного струму Г, двигун постійного струму ДП, вал 2 і диференціальний механізм ДМ на вихідний вал ВВ. Змінюючи струми в обмотках збудження генератора ОЗБ1 і двигуна ОЗБ2, змінюють частоту обертання вала 2 за значенням і напрямом. Диференціальний механізм підсумовує кутові швидкості валів 1 і 2, що приводить до відповідної зміни частоти обертання вихідного вала.

1.7 Електропривод деревообробних верстатів

1.7.1 Електропривод круглопильних та стругальних деревообробних верстатів

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

Розрахунок потужності електропривода круглопильних верстатів. При виборі методів технічної обробки, типів станків і інструментів, при розрахунку потужностей і зусиль потрібно враховувати основні властивості деревини: пластичність, подільність і міцність. В процесі різання діють сили, що вдавляють різець в деревину і створюють зону деформації, забезпечують відділення і деформацію стружки, сили тертя стружки і різця. Для розрахунків сили різання, необхідної для подолання опорів, що виникають при русі різця, слід визначити питомий опір різанню. Сумарне зусилля опору різання, зведене до одиниці площі поперечного перерізу (1 м^2) стружки, нормального до площини різання в кожній точці траєкторії леза різця, називають питомим опором різанню (Н/мм^2). Робота, затрачена на перетворення 1 м^3 деревини в стружку, називається питомою роботою різання ($\text{Н}\cdot\text{м/мм}^3$) і чисельно рівна опору. Питома робота різання дає можливість визначити потужність різання $P_{\text{різ}}$ (Вт) за секундним шаром знятої деревини, помноженим на допустиму швидкість подачі деревини:

$$P_{різ} = k \cdot b \cdot h \cdot u, \quad (1.7.1)$$

а також визначити силу різання (H):

$$F_{різ} = (k \cdot b \cdot h \cdot u) / v, \quad (1.7.2)$$

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

b – ширина стружки, мм;

h – товщина стружки, мм;

v – швидкість різання, м/с;

u – допустима швидкість подачі, м/с.

Швидкість різання в круглопильних верстатах складає 40...70 м/с, в окремих випадках досягає 100 м/с і відповідає окружній швидкості передніх ріжучих кромek пилки:

$$v = \omega \cdot R, \quad (1.7.3)$$

де R – радіус пилки, м;

ω – кутова швидкість пилки, рад/с.

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

$$u = \frac{u_z \cdot z \cdot \omega}{2 \cdot \pi \cdot 1000}, \quad (1.7.4)$$

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

z – число зубів пилки.

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

Діаграма сил при розпилюванні бруса наведена на рис. 1.7.1.

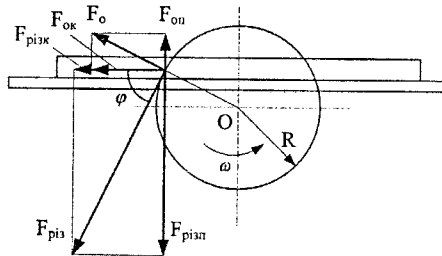


Рисунок 1.7.1 – Діаграма сил при розпилюванні бруса

Зусилля подачі (Н)

$$F_n = F_{\text{різ}} \cdot \cos \varphi + F_o \cdot \sin \varphi + (G + F_{\text{різ}} \cdot \sin \varphi - F_o \cdot \cos \varphi) \cdot f, \quad (1.7.5)$$

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

G – вага матеріалу, що подається, Н;

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

Потужність подачі (Вт):

$$P_n = F_n \cdot u. \quad (1.7.6)$$

Потужність приводного двигуна:

$$P_{\text{дв}} = (P_{\text{різ}} + P_n) / \eta_n, \quad (1.7.7)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії передачі.

Схема управління електроприводом круглопильного верстата.

Режим роботи двигуна залежить від організації подачі: якщо брус поступає за брусом без перерви, то режим роботи тривалий S1, в іншому разі – переміжний режим роботи S6. Схема верстата наведена на рис. 1.7.2.

Пильний вал 4 круглопильного верстата типу Ц-6 приводиться в рух (2850 об/хв.) двома клиновими пасами від електродвигуна 2. Електродвигун змонтований на плиті 1, шарнірно з'єднаний з плитою 3.

Напрягу на схему управління (рис. 1.7.2, б) подають автоматичним вимикачем QF. При пускові натискають кнопку SB2, замикаючи коло струму котушки магнітного пускача КМ1, вмикається двигун і проходить розгін агрегату. Замикаючи блок-контакти КМ1 шунтують кнопку SB2, а розмикаючи відкриваються в колі котушки КМ2. Коли кутова швидкість складає 0,1 номінальної, закриваються замикаючі контакти реле контролю швидкості KV, що отримує живлення від тахогенератора BR, замикаючи коло котушки пускача КМ2. При натисненні кнопки SB1 знеструмлюється котушка магнітного пускача КМ1, закриваються розмикаючі блок-контакти КМ1, двигун переходить в режим гальмування противмиканням, його кутова швидкість різко знижується. Найбільш ефективний варіант налаштування реле контролю швидкості KV при гальмуванні, коли воно розмикає свої контакти в момент, від якого до зупинки двигуна проходить час, рівний власному часу відключення гальмівного пускача КМ2 (приблизно 0,1 с). При такому налаштуванні двигун відключається від мережі у момент зупинки ротора.



(а – кінематична схема та зовнішній вигляд; б – електрична схема; 1 – підмоторна плита, 2 – електродвигун, 3 – плита пильного вала, 4 – пильний вал, 5 – електропривод, 6 – станина)

Середнє дотичне зусилля різання (H) на різці

$$F_{pi3} = (k \cdot b \cdot h \cdot u) / v, \quad (1.7.8)$$

u – швидкість подачі (0,3...3 мм на один ніж):

Потужність різання $P_{\text{різ}}$ (Вт)

$$P_{\text{різ}} = F_{\text{різ}} \cdot v. \quad (1.7.9)$$

де v — швидкість різання, м/с.

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

Застосовуються одно- і двосторонні стругальні верстати (рис. 1.7.3). Ширина стругання верстатів складає 300...1200 мм. Швидкість подачі регулюють за допомогою східчастих шківів і редуктора. Потужність електродвигуна для привода ножового вала залежить від декількох параметрів (1.7.8), (1.7.9) і складає 4,5...14 кВт, потужність привода подачі 1...2,8 кВт. В приводах подачі використовують дво- і чотиришвидкісні асинхронні двигуни. Наприклад, для верстата СР3-4 шириною стругання 300 мм, ножовий вал приводиться в рух двигуном потужністю 4,5 кВт, механізм подачі — двигуном потужністю 1 кВт. Для верстата СР-12 потужність головного двигуна 14 кВт, допоміжного чотиришвидкісного 1,7 / 2,0 / 2,3 / 2,6 кВт.

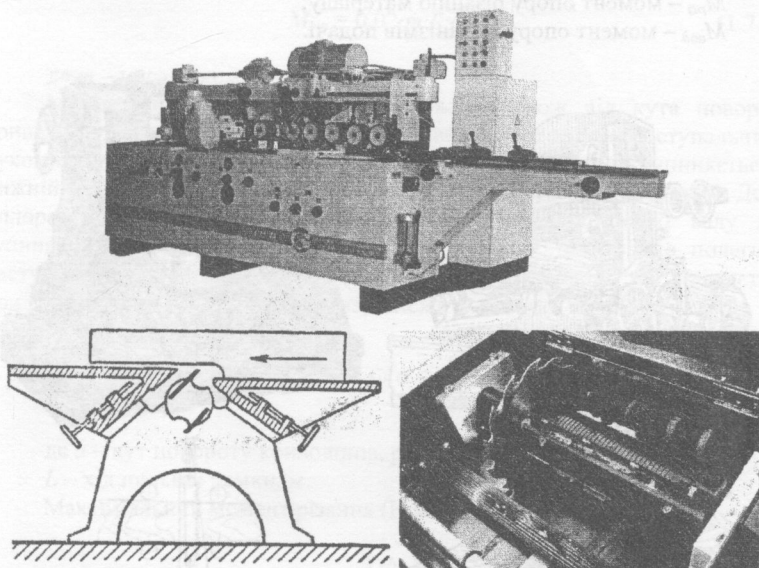


Рисунок 1.7.3 — Стругальний верстат СР-12, схема стругання та ножова частина

Багатшвидкісним електроприводом оснащений стругальний верстат типу СР-12 (рис. 1.7.3), який призначений для стругання деталей і виробів (дошок, брусків, столярних плит) на задану товщину. Окремими

двигунами оснащені верхній і нижній ножові вали, реверсивний електропривод подачі, заточувальний привод верхнього і нижнього ножових валів, реверсивна подача заточування верхнього і нижнього ножових валів [6].

1.7.2 Електропривод лісопильних рам

Розрахунок потужності електропривода лісопильних рам.

Лісопильні рами призначені для поздовжнього розпилювання колод діаметром до 0,45 м на дошки та бруси довжиною 2...8 м. Кінематична схема лісопильної рами містить вузли поздовжньо-поступального та коливального руху (рис. 1.7.4).

Момент (Н·м) статичних опорів пилорами:

$$M_c = M_{cx} + M_{piz} + M_{под}, \quad (1.7.10)$$

де M_{cx} – момент опору холостого ходу;

M_{piz} – момент опору різанню матеріалу;

$M_{под}$ – момент опору механізмів подачі.

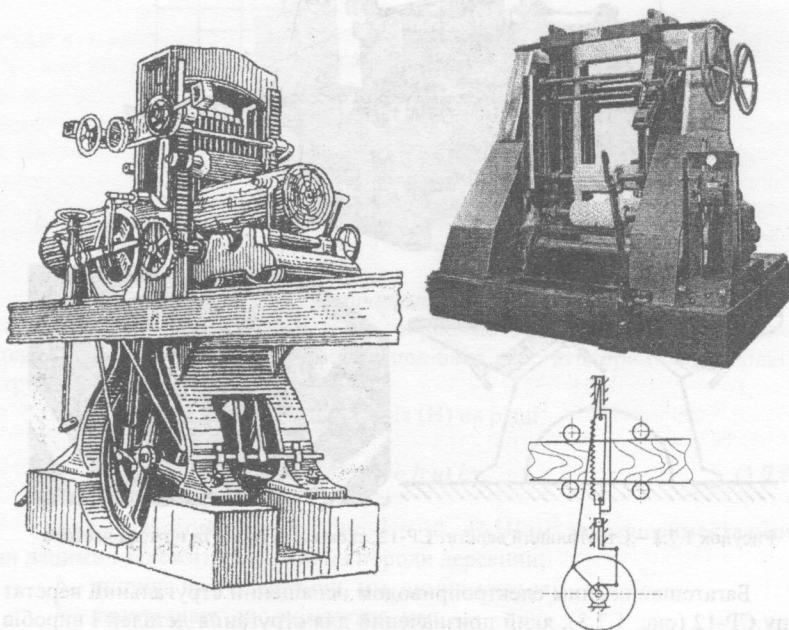


Рисунок 1.7.4 – Загальний вигляд та кінематична схема лісопильної рами

Момент опору холостого ходу пилами залежить від кута повороту α кривошипного вала:

$$M_{cx} = M_{mp} - M_{x\max} \cdot \sin \alpha, \quad (1.7.11)$$

де M_{mp} – середній момент опору від сил тертя в підшипниках і інших рухомих частинах машини, Н·м;

$M_{x\max} = 9,81 \cdot m_p \cdot R$ – максимальний момент опору від ваги пильної рамки, Н·м;

R – радіус кривошипа, м;

m_p – маса пильної рамки, кг;

α – кут, що відрховується від верхньої мертвої точки, $\alpha = \omega_{кр} \cdot t$;

$\omega_{кр}$ – кутова швидкість кривошипа, рад/с;

t – час, с.

Механічна характеристика холостого ходу пилами по середньому моменту має лінійно зростаючий вигляд. Для рам на кулькових підшипниках (Н·м):

$$M_{mp} = 0,02 \cdot m \cdot R \cdot \omega_{кр}, \quad (1.7.12)$$

де m – маса рухомих частин, кг.

Момент зрушення пилами залежить також від кута повороту кривошипу. У вертикальних рам з масивними зворотньо-поступальними рухомими частинами приводний вал в більшості випадків зупиняється в нижній мертвої точці, для якої момент зрушення достатньо великий. Деякі пилами випускаються з ручним гальмом кривошипного валу для зупинки пильної рамки у верхній мертвої точці, що значно полегшує наступний пуск. Момент опору (Н·м) різанню матеріалу, що з'являється при русі пильної рамки зверху вниз, залежить від кута повороту:

$$M_{piz} = M_{piz\max} \cdot \left(\sin \alpha + \frac{R}{2 \cdot L} \cdot \sin 2\alpha \right), \quad (1.7.13)$$

де α – кут повороту кривошипа, рад;

L – хід пильної рамки, м.

Максимальний момент різання (Н·м):

$$M_{piz\max} = \frac{k \cdot b \cdot \Sigma h \cdot d \cdot R}{H}, \quad (1.7.14)$$

де b – ширина пропилу, мм;

$\Sigma h = 0,75 \cdot D_{cp} \cdot z$ – сума висот пропилів посередині колоди, мм;

D_{cp} – діаметр середнього перерізу колоди, мм;

z – число пил в рамці;

$$\Delta = \frac{\theta H}{\sigma l} \cdot t_f - \text{подача, мм;}$$

θ – відношення площі впадини до квадрата кроку зубця;

σ – коефіцієнт розрихлення деревини (при розпилюванні хвойних порід 0,4...0,7, твердих порід 0,8...1,5);

H – хід пильної рамки, м;

$$t_f = \sqrt{\frac{\sigma}{\theta}} \cdot E \cdot s \cdot h - \text{крок зубців пили, м;}$$

E – коефіцієнт міцності зуба (для м'яких порід 0,3...0,4, для твердих порід – 0,2...0,3);

s – товщина пилки, мм;

h – висота пропилу, мм.

Питомий опір k різанню залежить від породи дерева, подачі, середньої висоти пропилу (наприклад для сосни $k = 52...97$ Н/мм²). Якщо за одиницю прийняти значення k для гострої пилки, то в залежності від тривалості її роботи вводять поправковий коефіцієнт:

Тривалість роботи пилки, год	1	2	3	4
Поправковий коефіцієнт	1,14	1,27	1,4	1,5

Для інших порід дерев значення k приймають з поправковим коефіцієнтом: для липи – 0,8, модрина – 1,07, берези – 1,3, дуба – 1,55, ясеня – 2,0.

Момент опору (Н·м) механізмів подачі

$$M_{\text{под}} = \frac{F \cdot u}{\omega_{\text{кр}} \cdot \eta_{\text{под}}}, \quad (1.7.15)$$

де F – зусилля подачі колоди (приймається рівним зусиллю різання),
 $F = (k \cdot b \cdot \Sigma h \cdot \Delta) / H$;

$\eta_{\text{под}}$ – коефіцієнт корисної дії механізму подачі;

u – швидкість подачі, м/с, $u = u_z \cdot v_{\text{ср}} / t_z$;

u_z – подача на зубець (0,0014...0,002 м);

$v_{\text{ср}}$ – середня швидкість різання, м/с, $v_{\text{ср}} = 2 \cdot H \cdot n / 60$;

H – хід пильної рамки, м;

n – частота обертання кривошипного вала, об/хв.

Сумарний середній момент статичних опорів

$$M_{\text{с.ср}} = M_{\text{тр}} + \frac{1}{\pi} \cdot M_{\text{різ.мах}} + M_{\text{под}}. \quad (1.7.16)$$

Середня потужність пилорами:

$$P_{cp} = \frac{M_{c,cp} \cdot \omega_{cp}}{1000 \cdot \eta_n}, \quad (1.7.17)$$

де η_n – коефіцієнт корисної дії передачі.

На навантажувальну діаграму двигуна, крім моменту M_c , впливає змінний приведенний момент інерції пилорами, що також залежить від кута повороту кривошипа:

$$J = J_m + m_p \cdot \frac{v^2}{\omega_{\partial\partial}^2} = J_m + m_p \cdot \frac{R^2}{i^2} \cdot \left(\sin \omega_{cp} t + \frac{R}{2L} \sin 2\omega_{cp} t \right)^2, \quad (1.7.18)$$

де J_m – приведений момент інерції маховика і інших частин пилорами з постійним моментом інерції, кг·м²;

m_p – вага пильної рамки, кг;

$\omega_{\partial\partial}$ – кутова швидкість обертання двигуна, рад/с;

$i = \omega_{\partial\partial} / \omega_{cp}$ – передатне число.

Момент на валу двигуна визначають з рівняння руху електропривода:

$$M_{\partial\partial} = M_c + M_{дин} = M_c + J \frac{d\omega_{\partial\partial}}{dt} + \frac{\omega_{\partial\partial}}{2} \frac{dJ}{dt}, \quad (1.7.19)$$

де $M_{дин}$ – динамічний момент, Н·м.

При постійній швидкості обертання і з врахуванням вищенаведених рівнянь момент основного привода лісопилної рами:

$$M = \frac{\left[M_{mp} - M_{x,max} \cdot \sin \omega_{cp} t + M_{piz,max} \cdot \left(\sin \omega_{cp} t + \frac{R}{2L} \sin 2\omega_{cp} t \right) + \frac{Fu}{\omega_{cp} \eta_{пкп}} \right]}{i \cdot \eta_n} + \frac{m \cdot R^2 \cdot \omega_{cp}^2}{2 \cdot i^2} - \left(2 \cdot \sin \omega_{cp} t + \frac{R}{L} \sin 2\omega_{cp} t \right) \cdot \left(\cos \omega_{cp} t + \frac{R}{L} \cos 2\omega_{cp} t \right) \quad (1.7.20)$$

На реальну навантажувальну діаграму двигуна додатково впливають змінна швидкість, пружність та ковзання пасової передачі, електромагнітні перехідні процеси в двигуні. Струмova навантажувальна діграма близька до косинусоїдально-прямокутної з коефіцієнтом форми $k_{\phi\phi} = 1,2$. Тому потужність двигуна можна вибрати, виходячи з залежності:

$$P_{\partial\partial} = 1,2 \cdot P_{cp}. \quad (1.7.21)$$

Пусковий момент двигуна повинен відповідати одній з умов: при пуску з верхньої мертвої точки:

$$u_1^2 \cdot M_n > 1,25 \cdot M_{c.c.p.} \quad (1.7.22)$$

а при пускові з нижньої мертвої точки:

$$u_1^2 \cdot M_n > 1,5 \cdot M_{c.c.p.} \quad (1.7.23)$$

де M_n – пусковий момент двигуна, Н·м;

$M_{c.c.p.}$ – сумарний момент статичних опорів, Н·м, (1.7.16);

u_1 – напруга на двигуні під час пуску в відносних одиницях.

За умовою перевантаження двигун перевіряється за формулою:

$$\lambda \cdot M_n \geq M_{\text{дв.мах}}, \quad (1.7.24)$$

де λ – коефіцієнт допустимого механічного перевантаження двигуна з врахуванням зниження напруги;

$M_{\text{дв.мах}}$ – максимальний момент за навантажувальною діаграмою двигуна (до 300 Н·м).

Управління автоматизованим електроприводом лісопильної рами. Сучасні вертикальні лісопильні рами великої продуктивності приводяться в дію від дво або трьох електродвигунів. Головний двигун зв'язаний ремінною передачею з кривошипним валом машини (200...500 об/хв), а допоміжні двигуни приводять механізм подачі і гідронасос.

Потужність основного двигуна (5AM280S8 / 750 об/хв) пилорами Р-63 складає 55 кВт, двигуна гідронасоса (5A80MB2) – 2,8 кВт. Пускозахисна апаратура розміщена в шафі управління, а соленоїди підйому і опускання валків, що подають колоди, розташовані на гідронасосу.

Спочатку за допомогою пускача КМ2 (рис. 1.7.6) вводять в роботу двигун гідронасоса. Замикаючий контакт КМ2 готує коло основного двигуна з котушкою пускача КМ1 до пуску. Контакт кінцевого вимикача SQ1 замикається при умові, якщо з маховика пилорами знято ручне гальмо. Ручним гальмом зупиняють пилораму у верхній мертвій точці для полегшення подальшого пуску. Після цього, натискуючи кнопку SB4, включають сирену та проміжне реле KV1; кнопкою SB6 в коло струму вводиться котушка магнітного пускача КМ1, яка включає основний двигун, сирена відключається.

Кнопкою SB7 через проміжне реле включають соленоїд, який відкриває доступ масла в циліндр підйому переднього валка. Якщо при цьому задні валки були у верхньому положенні, то в колі струму опиняється проміжне реле KV5, що включає соленоїд на їх опускання. Кнопкою SB9 подають команду на опускання передніх вальців, а кнопкою SB11 – на підйом задніх валків.

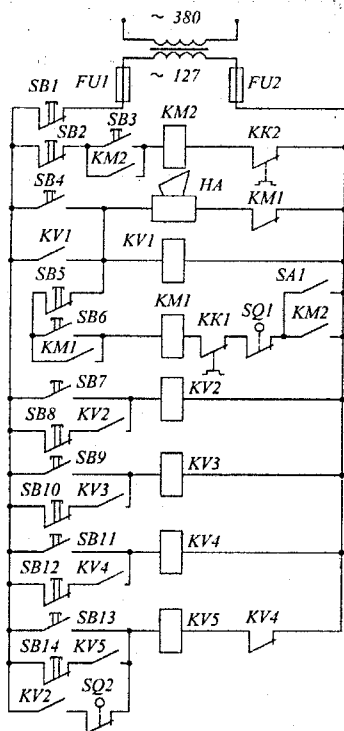


Рисунок 1.7.6 – Схема управління електроприводом лісопильної рами Р-63

Підвищенню продуктивності лісопильних рам сприяє автоматичне регулювання подачі лісоматеріалів до пильної рамки. Один з варіантів регульованих електроприводів подачі пилорами поданий на рис. 1.7.7. Електропривод механізму подачі автоматично змінює подачу при зміні потужності різання по довжині колоди, що розпилюється. Пилорама приводиться в дію асинхронним двигуном М1, механізм подачі — двигуном М2 постійного струму незалежного збудження. Двигун М3 пов'язаний з генератором постійного струму G, який забезпечує електроенергією двигун подачі.

Кутову швидкість двигуна М2 регулюють в широких межах, змінюючи напругу генератора і струм збудження двигуна. Початкова кутова швидкість електродвигуна подачі М2 задається напругою генератора, а подачу регулюють залежно від струму головного двигуна М1 шляхом зміни струму збудження двигуна М2. Швидкість подачі повинна

бути по-перше обернено пропорційною струму статора двигуна M1, а по-друге відповідати нормальній продуктивності пилогами. Для поєднання цих дво задач застосовують подвійне живлення обмотки збудження двигуна подачі LM: до основного струму збудження двигуна M2 (формується трансформатором TV2 та випрямлячем UZ2) додається струм, пропорційний струму статора приводного двигуна (формується трансформатором струму TA та випрямлячем UZ3). Величина опорного струму збудження встановлюється потенціометром RM.

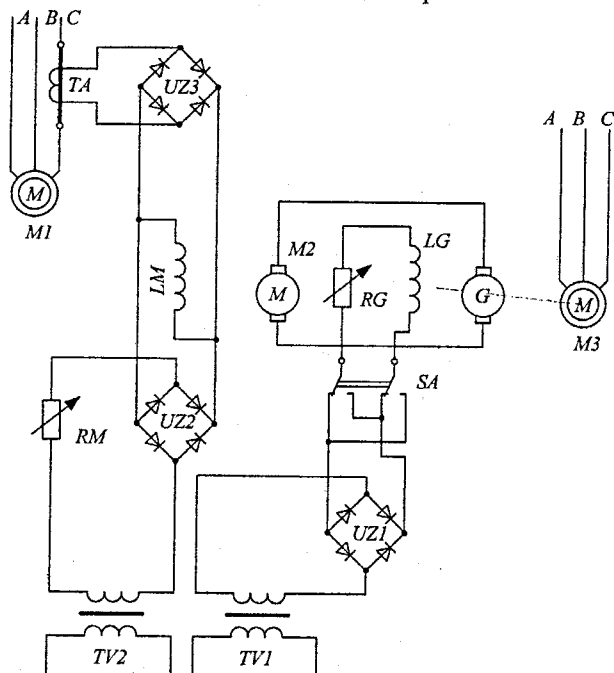


Рисунок 1.7.7 – Принципова електрична схема привода подачі рами Р-63

(M1, M2, M3 – двигуни привода лісорами, подачі, генератора; TA – компундуєчий трансформатор; VD1, VD2, VD3 – випрямлячі; RM, RG – реостати збудження двигуна та генератора; TV1, TV2 – узгоджувальні трансформатори; G – генератор; LM, LG – обмотки збудження двигуна подачі та генератора; SA – перемикач напрямлення).

Із збільшенням навантаження на головний електродвигун при підвищенні потужності різання потік збудження двигуна подачі стає більшим, а кутова швидкість двигуна подачі зменшується до тих пір, поки навантаження головного двигуна не досягне заданого рівня. Якщо потужність, необхідна для різання, знизиться, наприклад, в результаті зменшення суми висот пропилів, то кутова швидкість електродвигуна

подачі і подача збільшаться. Максимальна потужність двигуна подачі на високих значеннях подачі складає 3 кВт, а потужність холостого ходу 0,6 кВт, відповідно. При номінальному навантаженні головного електродвигуна автоматичне регулювання швидкості подачі здійснюється в межах від +30 до -20% основної швидкості. Автоматизований електропривод підвищує продуктивність лісопилної рами на 5...6% [1, 2].

1.8 Електропривод стендів для обкатки автотракторних двигунів

1.8.1 Розрахунок потужності двигунів для стендів обкатки

Вибір електродвигуна. Стендова обкатка і випробування автотракторних двигунів після збірки — найважливіші операції в технологічному процесі ремонту. За характером обкатки розрізняють два режими — холодний і гарячий. В першому випадку електродвигун приводить в рух двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), а в другому ДВЗ працює на гальмівний пристрій — той же електродвигун, що знаходиться в режимі генераторного гальмування. Тривалість і інтенсивність обкатки визначаються технічними умовами на ремонт ДВЗ [1].

Аналіз технічних вимог на ремонт ДВЗ показує, що для високоякісної обкатки всіх ремонтованих двигунів привод стенда повинен забезпечувати плавне регулювання частоти обертання в широких межах, мати достатній момент при зрушенні ДВЗ і відповідати умовам режиму гарячої обкатки, тобто завантажувати ДВЗ до номінальних потужності і частоти обертання. Ці вимоги задовольняє стенд, в якому використаний асинхронний двигун з фазним ротором (рис. 1.8.1).

Для вимірювання моменту двигуна застосовують балансну систему. Корпус електродвигуна вмонтовують на стояках з підшипниками, завдяки яким він може повертатися. Стояки спираються на чавунну плиту. Корпус з'єднаний важелем з ваговим механізмом маятникового типу. Цей механізм вимірює сумарний момент від електромагнітних і механічних сил, що виникають в електродвигуні. Стрілка циферблата вказує ступінь завантаження гальма F .

Потужність стенда:

$$P = \frac{F \cdot n}{1000}, \quad (1.8.1)$$

де P — потужність (кВт при довжині плеча вагового механізму 974 мм);

n — частота обертання електродвигуна, об/хв.

Електродвигун з'єднується з ДВЗ шарнірним валом. Для плавного регулювання частоти обертання і завантаження електродвигуна

застосований рідинний реостат в колі ротора, розчин якого переміщує вертикальний відцентровий насос.

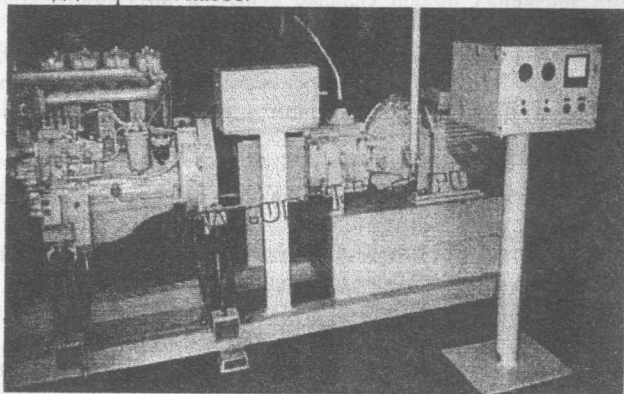


Рисунок 1.8.1 – Стенд для обкатки двигунів внутрішнього згорання

Електростенд в порівнянні з гідрогальмом має переваги: 1) здійснює м'який пуск, плавно регулює частоту обертання і навантаження без зупинки; 2) в режимі гарячої обкатки віддає енергію в мережу, частково компенсуючи витрату енергії на холодну обкатку; 3) має кращі масогабаритні показники, більшу надійність та зручніший в обслуговуванні. Електростенд з фазним ротором менш металоемний і простіший в обслуговуванні, ніж система Г — Д постійного струму.

Для обкатки автотракторних двигунів науково обґрунтовано та конструктивно відпрацьовано ряд стендів з асинхронними фазними двигунами балансного виконання на потужності від 4,5 до 250 кВт і синхронні частоти обертання 1500, 1000, 750 об/хв.

Номінальну частоту обертання електродвигуна стенда при $i_n = n_{об} / n_{обз}$ вибирають з умови:

$$n_{н.г.} \leq n_{обз} \leq n_{дон} \quad (1.8.2)$$

де $n_{н.г.}$ — номінальна частота обертання електродвигуна в генераторному режимі; об/хв., $n_{н.г.} = n_c \cdot (1 - s_n)$;

n_c — частота обертання електромагнітного поля, об/хв.;

s_n — номінальне ковзання електродвигуна в генераторному режимі (величина від'ємна);

$n_{дон}$ — допустима частота обертання електродвигуна ($n_{дон} = 2 \cdot n_c$, об/хв.);

$n_{\text{двз}}$ — номінальна частота обертання двигуна внутрішнього згорання, об/хв.

Номінальну потужність електродвигуна $P_{н.д.}$ визначають з умови, згідно з якою його гальмівна потужність $P_{т.з.}$ в генераторному режимі при $n_{\text{двз}}$ була б не меншою номінальної потужності $P_{н.двз}$ двигуна внутрішнього згорання:

$$P_{т.з.} = P_{м.н} \frac{n_{н.двз}}{n_{н.з}} = P_{н.д} \frac{n_{н.двз}}{n_{н.з} \eta_{н.д} \eta_{н.з}} \geq P_{н.двз}, \quad (1.8.3)$$

звідки

$$P_{н.д} \geq P_{н.двз} \frac{n_{н.з} \eta_{н.д} \eta_{н.з}}{n_{н.двз}}. \quad (1.8.4)$$

Номінальна гальмівна потужність двигуна при $n_{н.з}$:

$$P_{с.н} = P_{н.д} \frac{1}{\eta_{н.д} \eta_{н.з}} \quad (1.8.5)$$

визначається, виходячи з рівності активних потужностей: $P_{1н}$, яка споживається електродвигуном з мережі при номінальній потужності на валу, та $P_{н.з}$, що віддається ним в мережу в генераторному режимі при $n_{н.з}$,

$$\frac{P_{н.д}}{\eta_{н.д}} = P_{1н} = P_{н.з} = P_{т.н} \cdot \eta_{н.з}, \quad (1.8.6)$$

Номінальний ККД в генераторному режимі $\eta_{н.з}$ визначається за номінальним ККД в двигунному режимі $\eta_{н.д}$ за формулою:

$$\eta_{н.з} = \frac{1}{2 - \eta_{н.д}}. \quad (1.8.7)$$

Допустима гальмівна потужність $P_{т.н}$ електродвигуна стенда більша номінальної потужності $P_{н.двз}$ двигуна:

$$P_{т.н} = k \cdot P_{н.з} \quad (1.8.8)$$

де $k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$ — добуток коефіцієнтів запасу.

Коефіцієнт k_1 показує, що при одній і тій же електромагнітній потужності двигуна гальмівна потужність в генераторному режимі більша, ніж у двигунному:

$$k_1 = \frac{2 - \eta_{н.д.}}{\eta_{н.г.}} \cdot \frac{n_{н.огт.}}{n_{н.г.}} \quad (1.8.9)$$

Коефіцієнт k_2 відображує зміну умов охолодження при швидкості обертання $n > n_c$:

$$k_2 = \sqrt{\frac{1 + 0,5 \sqrt{\frac{n}{n_c}} \cdot v}{1 + 0,5 \sqrt{v}}} (\alpha + 1) - \alpha, \quad (1.8.10)$$

де v – швидкість вентиляючого повітря в машині (10...15 м/с);

α – відношення постійних втрат до змінних.

Коефіцієнт k_3 враховує короточасний режим роботи при максимальному завантаженні за умовами технології обкатки; його знаходять з рівняння нагріву двигуна:

$$k_3 = \sqrt{\frac{v_n - v_e \cdot e^{-\frac{t}{T}}}{v_n \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)}} (\alpha + 1) - \alpha, \quad (1.8.11)$$

де v_n – номінальне перевищення температури електродвигуна;

v_e – початкове перевищення температури електродвигуна;

t – тривалість роботи при максимальній потужності;

T – стала часу нагріву електродвигуна.

Підвищення частоти обертання електродвигуна обмежується механічною міцністю обмоток ротора і підвищенням напруги на його кільцях. Електродвигуни стендів забезпечені посиленням кріпленням обмоток ротора. Збільшення навантаження по струму і моменту електродвигуна регламентується допустимою температурою його нагріву.

1.8.2 Режим обкатки та робота електропривода в них

В неавтоматизованому режимі обкатки частота обертання і навантаження змінюються ступенями при загальній тривалості 3...4 год. При цьому оператор стежить за ходом обкатки на кожному ступеня і своєчасно переводить обкатку з одного режиму в інший.

Застосування електростендів дозволяє автоматизувати управління обкаткою ДВС, точніше дотримувати режим, що задається, і добитися доброго притирання деталей.

На рис. 1.8.2 наведений графік режимів обкатки дизельних двигунів на електростенді з автоматичним пристроєм з плавним наростанням частоти обертання n , навантаження M і тиску p в циліндрах. В точці 1 відбувається пуск стенда в режимі холодної обкатки, і до точки 2 він працює з наростаючою частотою обертання і зменшенням моменту M_0 опору ДВЗ. В точці 2 зупиняється пристрій, задаючий режим холодної обкатки, і пускається пристрій, задаючий режим гарячої обкатки. В точці 3 обкатуваний двигун автоматично запускається і до точки 4 працює на холостому ходу при частоті обертання, що збільшується. В точці 4 при синхронній частоті обертання електродвигун стенда переходить в генераторний режим і починається плавне завантаження ДВЗ. В точці 5 обкатка двигуна закінчується, навантаження знімається і двигун переходить в режим холостого ходу.

Застосування асинхронного двигуна з фазним ротором дозволяє здійснити описані вище режими. Частоти обертання електродвигуна в режимі холодної обкатки і завантаження двигуна внутрішнього згорання в режимі гарячої обкатки регулюють, змінюючи опір рідинного реостата.

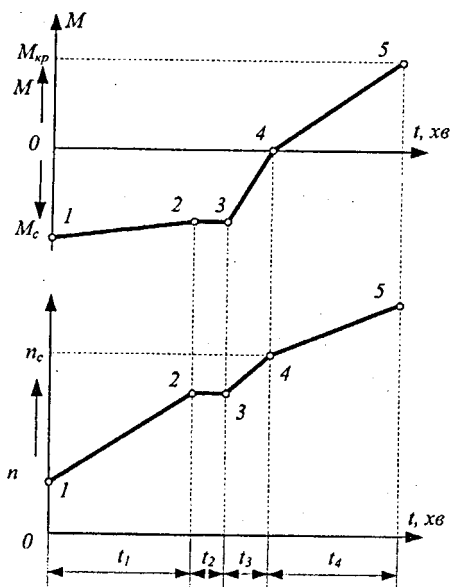


Рисунок 1.8.2 — Графік обкатки дизельних двигунів на електростендах з плавною зміною параметрів обкатки

Механічні характеристики обкатних стендів. На рис. 1.8.3 показані природна 1 і штучні 2 і 3 механічні характеристики асинхронного електродвигуна електростенда в двигунному та генераторному режимах при різних опорах реостата, механічна характеристика 4 обкатуваного двигуна в режимі холодної обкатки і її відображення 4', механічна характеристика обкатуваного двигуна в заведеному стані (режимі гарячої обкатки) 5.

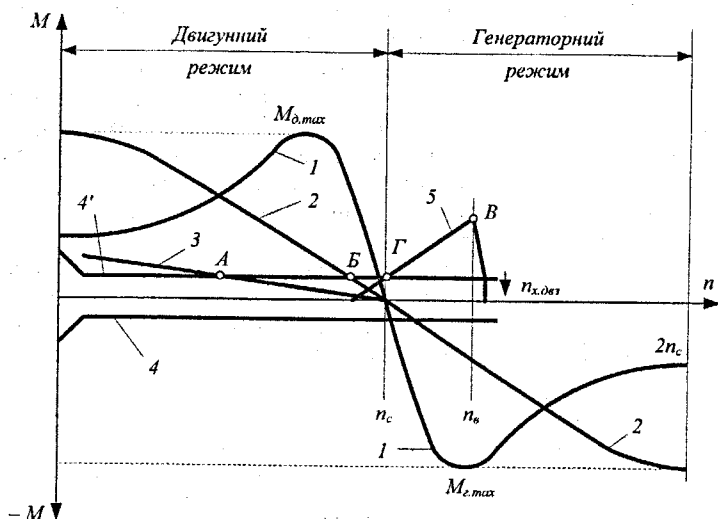


Рисунок 1.8.3 – Механічні характеристики електропривода стенда для обкатки ДВЗ

На початку пуску, коли опір реостата $R1$ достатньо великий, механічна характеристика 3 електродвигуна близька до прямої. При зменшенні опору реостата характеристика електродвигуна змінюється від вигляду 3 до вигляду 2. При зменшенні опору реостата пусковий момент електродвигуна збільшується, стає більше моменту зрушення ДВЗ і привод приходить в дію, частота його обертання підвищується до значення n_A , коли $M_d = M_c$ ДВЗ в точці А. Зміною опору добиваються, щоб $n_A = 500 \dots 700$ об/хв. Надалі опір зменшують за допомогою допоміжного привода реостата плавно протягом заданого часу обкатки t_f . В точці Б привод реостата зупиняють і пускають привод тяги регулятора паливного насоса. В двигун починає поступати паливо, він запускається і працює спочатку на холостому ходу. Із збільшенням палива, що поступає, рушійний момент (5) разом з частотою обертання ДВЗ стають більшими і, починаючи з синхронної частоти обертання, ДВЗ сприймає зростаюче

навантаження відповідно до характеристики 2 в генераторному режимі. Процес протягом заданого часу підходить до точки В, в якій кутова швидкість обертання рівна номінальній швидкості обертання ДВЗ, а момент навантаження складає 90...95% номінального ДВЗ. В точці В електростенд відключається, а ДВЗ продовжує працювати на холостому ходу, поки не буде відключений оператором.

Точка В визначається паспортними даними ДВЗ: $n_B = n_{\text{ДВЗ}}$, $M_B = (0,9...0,95) M_{\text{ДВЗ}}$; точка Б — графічною побудовою. На графіку проводять пряму лінію через точки В і n_c до перетину з характеристикою 4 в точці Б. Відрізок $n_c - n_B$ пропорційний опору R_B , який повинен залишатися постійним протягом всього часу гарячої обкатки.

Якщо обкатується серія однакових двигунів, то положення електродів реостата, відповідне точці Б, легко встановити практично по першому обкатаному двигуну. Для цього ДВЗ завантажують до $(0,9...0,95) M_n$ при $n_{\text{ДВЗ}}$ і помічають положення електродів, яке і буде шуканим. При обкатці наступної серії двигунів це положення електродів дещо коректують.

1.8.3 Управління електроприводом обкатного стенда

Автоматичне управління обкатно-гальмівним стендом при плавній зміні параметрів обкатки. Автоматизований стенд обладнаний електроприводом реостата, електроприводом тяги регулятора паливного насоса, шафою з електроапаратурою, електронасосом, який переміщує електроліт. Автоматизація обкатки двигунів виконана за принципом програмної розімкненої системи управління.

Електропривод реостата служить для плавного введення електродів в електроліт. При цьому частота обертання двигуна при холодній обкатці плавно збільшується. В електропривод реостата входять електродвигун, ремінна передача, редуктор, кулачкова муфта з тягою включення і фіксатором, черв'ячна пара і кінцеві вимикачі. За допомогою східчастих шківів на електродвигуні і редукторі змінюють передатне число, що визначає прискорення обертання колінчастого вала і тривалість холодної обкатки ДВЗ.

Електропривод тяги регулятора паливного насоса плавно збільшує подачу палива за заданою програмою. Електродвигун через шестеренну передачу і редуктор приводить в рух профільний кулачок. До кулачка пружиною притискається ролик коромисла, яке приспідане тягою до регулятора паливного насоса або до дросельної заслінки. Вал електродвигуна обертається з постійною частотою, тому час обкатки ДВЗ з навантаженням, що збільшується до максимального, залежить від

передатного числа пари шестерень, профілю кулачка і регульованого співвідношення плечей коромисла.

Кулачок посаджений вільно на вихідний вал редуктора і обертається силою тертя, яка виникає між торцем фланця диска і кулачка через елемент тертя. Тому його можна поставити в будь-яке початкове положення, а отже, і встановити будь-яку початкову подачу палива. До кулачка прикріплений стояк, на якому можна встановити в заданому положенні упор. При повороті кулачка упор своїм кінцем натискає на шток кінцевого вимикача, відключається електрогальмо і двигун починає працювати з максимальною частотою обертання холостого ходу. Мінімальну частоту обертання холостого ходу можна встановити, повернувши кулачок у зворотний бік.

Для обмеження моменту навантаження на шестерні вагового механізму встановлюють упори, а на стояку – кінцеві вимикачі, які спрацьовують при перевантаженнях в холодному і гарячому режимах.

Електрична схема управління обкатно-гальмівним стендом (рис. 1.8.4) розрахована на ручне і автоматичне управління.

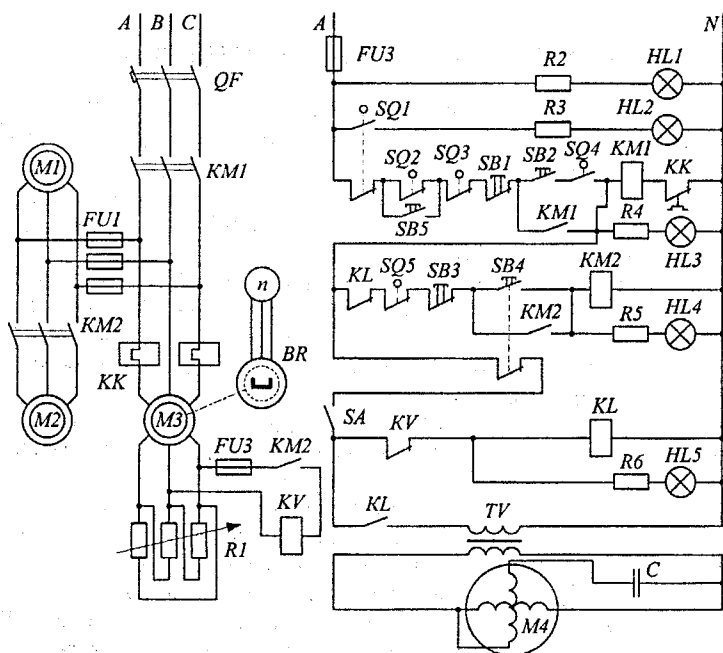


Рисунок 1.8.4 – Принципова електрична схема автоматичного управління обкатно-гальмівним стендом при плавній зміні параметрів обкатки

Вимикачем QF подають напругу на схему, спалахує лампа HL1. Кнопкою SB2 запускають головний двигун M3 і двигун відцентрового насоса M1. Кінцевий вимикач SQ4 замкнутий при верхньому положенні електродів. Спалахує сигнальна лампа HL3. Вручну опускають електроди і встановлюють початкову частоту обертання колінчастого вала 500...550 об/хв при централізованому змащуванні або 600...700 об/хв при змащуванні двигуна від власного масляного насоса. Включають муфту електропривода реостата, натискають кнопку SB4 і включають тумблер SA. Відбувається пуск двигуна M2, ножі реостата за заданою програмою опускаються в рідину, опір реостата R1 зменшується, частота обертання двигуна M3 збільшується, йде процес холодної обкатки, горить лампа HL4.

Для здійснення заданої програми заздалегідь вибирають відповідне передатне число електропривода реостата. Для цього за технологічними картами визначають тривалість режиму холодної обкатки. Графічним шляхом на механічних характеристиках (рис. 1.8.3) знаходять опори R_A і R_B реостата для точок А і Б. За відомими опорами R_A і R_B визначають положення ножів реостата і кут повороту α ножового вала, необхідний для зменшення опору від R_A до R_B .

Кутова швидкість ω руху ножового вала: $\omega = \alpha / t$. Якщо ω_n — номінальна кутова швидкість двигуна привода ножового вала, то передатне число редуктора: $i = \omega_n / \omega$.

При сирацьовуванні пускача KM2 замикаються блок-контакти KM2, одержує живлення реле напруги KV, розмикається коло проміжного реле KL. Із збільшенням частоти обертання двигуна M3 напруга на його кільцях зменшується до заданої, відповідної точці Б. Реле KV замикає свої контакти в колі реле KL, яке відключає пускач KM2, двигун M2, реле KV і включає трансформатор TV і двигун M4. Двигун M4 плавно переміщає рейку паливного насоса, збільшуючи подачу палива. Спочатку відбувається вибір зазорів в передачі, ДВЗ продовжує працювати з попередньою частотою обертання. Потім паливо починає поступати в циліндри, двигун запускається і працює на холостому ході, а із збільшенням кількості палива, що подається, підвищує частоту обертання і приймає на себе навантаження від асинхронного двигуна M3, який при частоті обертання, вищій синхронної, працює в гальмівному генераторному режимі. Відбувається процес гарячої обкатки із збільшеними частотою обертання і моментом, горить лампа HL5. Через заданий проміжок часу момент досягає заданого максимального значення. Кулачок діє на кінцевий вимикач SQ1 так, що відключає стенд від мережі та вмикає сигнальну лампу HL2 «Обкатка закінчена». ДВЗ залишається працювати на холостому ході до підходу оператора.

Кінцевий вимикач SQ2 зупиняє стенд при холодній обкатці у разі перевантаження. Для короткочасного подолання великого моменту зрушення SQ2 шунтується кнопкою SB5. Вимикач SQ3 відключає стенд

при перевантаженні в гарячому режимі обкатки. Вимикач SQ5 зупиняє привод реостата, коли електроди реостата займуть крайнє нижнє положення в режимі холодної обкатки при вимкненому тумблері SA. Привод стєнда продовжує працювати в точці, близькій до точки Г (рис. 1.8.3).

Електродвигуни, кінцеві вимикачі, сигнальні пристрої підключені до мережі через силову шафу, в якій встановлені реле напруги, магнітний пускач електродвигуна привода реостата, проміжне реле, плавкі запобіжники, тумблєри.

Автоматичне управління стєндом при ступеневій зміні параметрів холодної обкатки та плавній зміні параметрів гарячої обкатки. Східча частина змін частоти обертання при холодному режимі обкатки, лінійна зміна частоти обертання і моменту навантаження при гарячому режимі обкатки тракторних двигунів (рис. 1.8.5) здійснюються на стєндах з автоматичним управлінням.

Напругу на схему подають вимикачем QF. Запускають стєнд кнопкою SB1 в колі котушки КМ. Електроди реостата в цей час знаходяться у верхньому положенні, контакти кінцевого вимикача SQ2 в колі КМ закриті, а в колі КВ відкриті. Кінцевий вимикач SQ3 обмежує надмірне підвищення моменту опору при холодній обкатці. Положення вимикача SQ3 регулюється на спрацьовування при моменті, що перевищує на 10... 15% момент початкового періоду холодної обкатки даного двигуна (встановлюється через 20 секунд роботи на першому ступені).

Початковий ступінь частоти обертання n_0 встановлюють, опускаючи вручну електроди реостата R1. Кнопкою SB6 включають реле КТ, яке задає ступені холодної обкатки ДВ3. Реле KL1 підключає реле напруги KV1 і KV2 до тахогенератора BR. Реле КТ після закінчення заданого відрізка часу t_2 для першого ступеня замикає контакти КТ1. Пускач КН включає двигун М3 виконавчого механізму привода електродів реостата R1. Електроди заглиблюються до тих пір, поки не розімкнуться контакти реле KV1 в колі котушки КН. Реле KV1 заздалегідь регулюють на розмикання контактів при напрузі тахогенератора, відповідній частоті обертання другого ступеня холодної обкатки.

Після закінчення терміну t_2 другого ступеня замикаються контакти КТ2. Виконавчий механізм включається і заглиблює електроди. Крайнє нижнє положення електродів контролюється вимикачем SQ1. Частота обертання ДВ3 підвищується до рівня третього ступеня. При цьому в колі котушки КН розімкнуться контакти реле KV2, відрегульованого на напругу тахогенератора, яка відповідає третьому ступеню.

В кінці обкатки вимикач SQ4 виконавчого механізму подачі палива відключає пускач КМ і двигуни М1 і М2. Розмикаючи блок-контакти КМ подають напругу на пускач КВ. Виконавчий механізм виводить електроди

реостата у верхнє початкове положення, в якому його зупиняє вимикач SQ2. Обкатка закінчена.

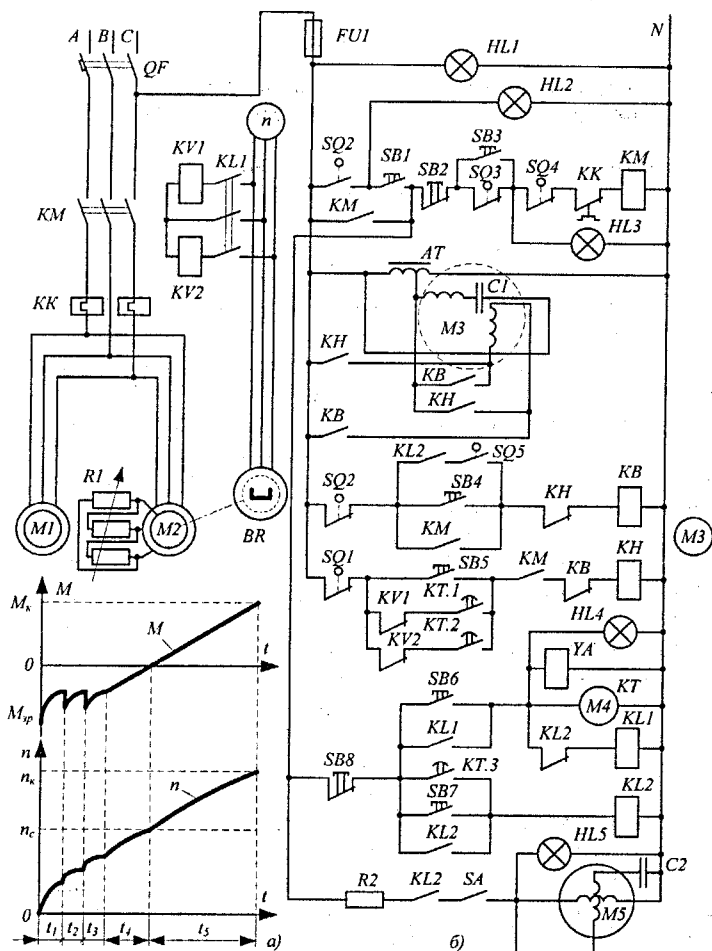


Рисунок 1.8.5 – Графік обкатки дизельних двигунів (а) та принципова електрична схема (б) автоматичного управління стендом при ступеневій зміні параметрів холодної обкатки та плавній зміні параметрів гарячої обкатки

При розімкненому вимикачі SA обкатка в автоматичному режимі припиняється після холодної. Переведення в гарячий режим здійснює

оператор. Відключають стенд кнопкою SB2. Затримують обкатку на будь-якому етапі кнопкою SB8. Лампи на табло сигналізують про наявність напруги HL1, кінець гарячої обкатки HL2, включення стенда в роботу HL3, про процеси холодної HL4 і гарячої HL5 обкатки.

1.9 Електропривод автоматизованих поточкових ліній сільськогосподарського виробництва

1.9.1 Вимоги до електропривода поточкових ліній

Потокова лінія (*product line*)— це система робочих машин, механізмів і апаратів, що виконує один закінчений технологічний або виробничий цикл, який характеризується потоковою безперервністю і ритмічністю робочого процесу і висуває певні вимоги до автоматизованого електропривода і техніки безпеки. Концентрація машин і устаткування, розміщення їх в різних місцях за площею і рівнем, тісний взаємозв'язок і регламентована послідовність їх роботи в поточкових лініях потребують здійснення дистанційного, централізованого і автоматичного управління. При цьому пульт управління встановлюється у виробничому цеху ближче до основних агрегатів в місці з найзручнішим оглядом робочих машин. Електричні зв'язки між окремими елементами поточкових ліній вельми складні (велике число зв'язків з контрольною і сигнальною апаратурою, датчиками і іншим електроустаткуванням). Тип і потужність електродвигунів і різних струмоприймачів, апаратуру управління, сигналізації і захисти вибирають індивідуально для кожного споживача відповідно до його роботи в технологічній схемі. Шафу з магнітними пускатками, реле і іншими апаратами розміщують окремо від цеху в більш сухому і чистому місці [7].

Схеми автоматичного управління поточковими лініями повинні відповідати таким основним вимогам .

1. Для безпеки обслуговуючого персоналу пуску автоматизованого електропривода поточної лінії повинен передувати попереджувальний звуковий або світловий сигнал.

2. Електродвигуни всіх машин і механізмів поточної лінії запускають в послідовності, направлених проти руху продукту (зерна, дерті, сіна, коренеплодів), а зупиняють в послідовності, яка збігається з напрямом руху продукту.

3. Для зупинки всієї поточної лінії необхідно спочатку зупинити головний механізм, що забезпечує припинення подачі продукту на поточкову лінію (закрити заслінку, шибєр, затвор), потім з витримкою часу — всі машини, щоб повністю звільнитися від продукту.

4. При аварійному відключенні однієї з машин повинні зупинитися без витримки часу всі машини, що працюють на її завантаження, а з витримкою часу, необхідною для повного звільнення від продукту, — всі машини, діючі на відвантаження.

5. Схеми повинні забезпечувати неможливість неправильного включення і відключення електричних колоїв.

6. Для стійкої роботи електропривода, а також щоб уникнути неприпустимих знижень напруги, схеми послідовного (каскадного) включення електроприводів повинні бути розраховані на гранично допустиму потужність електродвигунів, що одночасно включаються.

7. З метою захисту від перевантажень в схемах необхідно передбачити теплові реле, розмикаючі контакти яких потрібно встановлювати в коло кожної котушки магнітного пускача. При їх послідовному включенні в загальний коло живлення катушок не забезпечується належна послідовність зупинки електропривода при перевантаженнях і потрібно більше провідників для складання схеми.

8. Для захисту двигуна від холостого ходу при обриві передатного ремня необхідно на приводний вал робочої машини встановлювати реле контролю швидкості, яке у разі обриву ремня подає сигнал на зупинку потокової лінії.

9. Схеми управління повинні бути простими і надійними. В них рекомендується застосовувати однотипні засоби автоматизації з якнайменшим числом елементів, що входять в систему. Надійність установки підвищується, якщо виконані необхідні електричні і механічні блокування.

10. Схеми управління повинні забезпечувати достатню гнучкість і зручність управління. Система управління вважається гнучкою, якщо допускає прості і швидкі переходи до управління у всіх передбачених режимах. Управління більш зручне, якщо його можна здійснювати з декількох місць, а також якщо забезпечений контроль за допомогою світлової і звукової сигналізації.

11. В схемах повинні передбачатися кнопки аварійного відключення лінії в різних місцях протяжного приміщення, що дозволяють при необхідності швидко відключити лінію.

12. Електричні схеми управління і блокувань повинні бути складені так, щоб забезпечувався контроль справності системи і максимально спрощувався процес знаходження пошкоджень. Для цього складні електричні схеми розбивають на окремі секції і живлять через свої запобіжники і вимикачі. В схемах використовують світлову сигналізацію стану (увімкнено, вимкнено) машин і апаратів, появи або зникнення напруги на окремих ділянках схеми.

13. Для налагоджувальних і ремонтних робіт в схемах необхідно передбачити деблокувальні режими, що забезпечують можливість

включення окремих двигунів, які звичайно працюють в потоці. Ця вимога відноситься більшою мірою до схем автоматичного і дистанційного управління технологічними процесами, які при опробуванні не дозволяють включати всю потокову лінію.

В практиці сільськогосподарського виробництва потокові лінії, як правило, мають відносно мале число електроприводів. Тому в процесі наладки дозволяється включати весь ланцюжок електроприводів. Це дозволяє проектувати схеми з меншим числом апаратури, контактів і т.п.

14. При розміщенні устаткування слід враховувати можливість захисту його від впливу шкідливих дій. Як правило, магнітні станції розташовують в окремому приміщенні. Пульти управління встановлюють безпосередньо у виробничому цеху, а іноді поміщають в ізольовану кабінку, яка добре захищає його і дозволяє спостерігати за виробничим устаткуванням.

15. Монтаж електричних схем управління необхідно розділяти на ряд проміжних операцій. Скласти панелі магнітних станцій, пульти управління, мнемонічні щити і інші блоки із засобами автоматизації потрібно в спеціалізованих цехах електромеханічних заводів. На місці монтажу об'єкта (кормоцехи, ферми, зернотоки, зерносховища) встановлюють електричні машини, готові панелі і роблять зовнішні з'єднання. В цьому випадку значно поліпшується надійність, здешевлюється вартість і скорочуються терміни монтажу.

16. Елементи системи управління повинні мати по можливості однотипну апаратуру мінімальних габаритів.

17. Монтаж на панелях слід виконувати жорстким проводом типу ПР-500 або монтажним проводом з площею поперечного перерізу 1,5; 2,5 мм². Малопотужні пристрої допускають застосування проводів з меншою площею перерізу.

Узагальнена принципова електрична схема управління електроприводом потокової лінії. Схема управління потоковою лінією з чотирма електродвигунами показана на рис. 1.9.1. Напруга на схему поступає через автоматичний вимикач QF, забезпечений максимальним струмовим захистом. Для подачі попереднього сигналу перед пуском потокової лінії передбачений окремий коло, який складається із станції з кнопками «Пуск» SB10 і «Стоп» SB9, реле часу KT5, яке задає тривалість сигналу перед пуском, і сигнального пристрою HA.

Для управління потоковою лінією служать магнітні пускачі KM1, KM2, KM3, KM4, кнопкові станції SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7, SB8, кнопка автоматичного пуску SB10, реле автоматичного пуску KLA, реле часу пуску КТП1, КТП2, КТП3, реле зупинки KL0, реле часу зупинки KTC2, KTC3, KTC4, теплові реле захисту двигунів від перевантажень KK1, KK2, KK3, KK4, сигнальні лампи «Машина працює» HL1P, HL2P,

HL3P, HL4P, сигнальні лампи «Машина не працює» HL1H, HL2H, HL3H, HL4H, сигнальна лампа «Напруга» HL5.

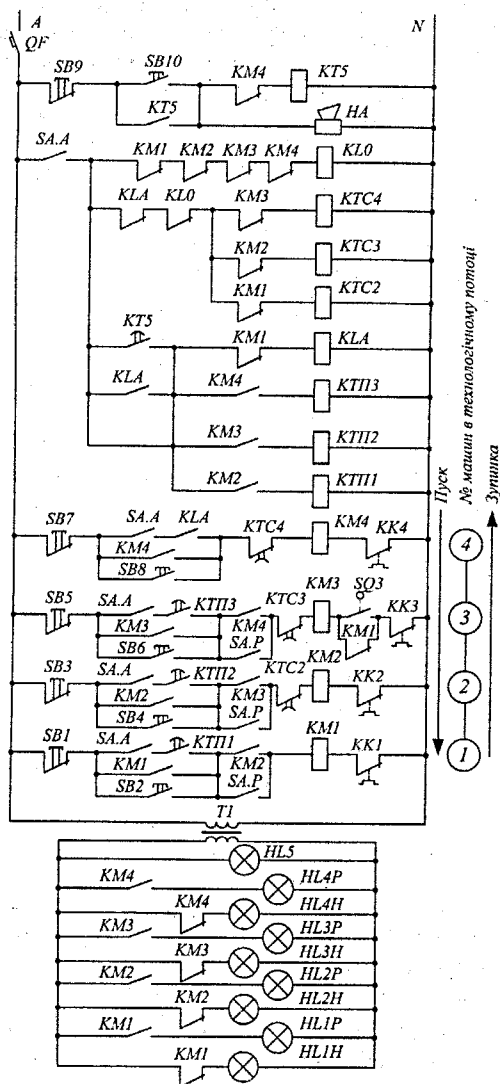


Рисунок 1.9.1 – Узагальнена схема управління електроприводами поточної лінії

Після подачі вимикачем QF напруги на схему спалахує сигнальна лампа HL5. Ключ управління SA встановлюють в положення «А» (автоматичний пуск), і контакти SA.A закриваються. Натискуючи пускову кнопку SB10, вводять в коло струму реле часу КТ5, який без витримки часу контактами КТ5 блокує кнопку SB10. Включається сигнал НА, який застережує про пуск потокової лінії. В колі автоматичного пуску КЛА з витримкою часу закриваються контакти реле часу КТ5. Реле КЛА блокує контакти КТ5 і подає напругу на котушку магнітного пускача КМ4, блок-контакти якого шунтують контакти КЛА, замикають коло струму реле часу пуску КТП3 і готують пускач КМ3 до роботи. Відбувається пуск двигуна останньої в технологічному потоці машини 4.

Після закінчення пуску і витримки часу закриваються контакти КТП3 і спрацьовує магнітний пускач КМ3, що супроводжується запуском передостанньої в технологічному потоці машини 3. Блок-контакти пускача КМ3 шунтують контакти КТП3, подають напругу на реле КТП2 та готують до роботи коло пускача КМ2. В процесі розгону електродвигуна машини 3 контакти датчика швидкості BR3 зашунтовують розмикаючі блок-контакти КМ1 в колі котушки КМ3, підготувавши коло для подальшої роботи.

Після пуску машини 3 (спрацювання пускача КМ3) і витримки часу закриваються контакти КТП2, спрацьовує магнітний пускач КМ2, його блок-контакти шунтують контакти КТП2, подають напругу на реле КТП1 і готують до дії пускач КМ1. Відбувається пуск другої в технологічному потоці машини 2.

Після закінчення заданого часу контакти КТП1 подають напругу на перший магнітний пускач КМ1, а його блок-контакти КМ1 блокують контакти КТП1. Починає працювати перша в технологічному потоці машина. Таким чином, машини всієї лінії виявляються пущеними послідовно одна за одною з витримкою часу, необхідною для пуску кожної з них, назустріч технологічному потоку.

При спрацюванні магнітних пускачів відкриваються їх блок-контакти в колах реле КТ5, реле зупинки КЛО, реле часу КТС2, КТС3, КТС4, автоматичного пуску КЛА, готуючи ці кола до подальшої дії. Роботу машин контролюють за сигнальними лампами HL1P, HL2P, HL3P, HL4P.

Зупиняють лінію по ходу потоку, починаючи з першої машини (варіант 1). Для цього натискають кнопку SB1. Втрачає живлення магнітний пускач КМ1, зупиняється перша машина. Потік продукту на технологічну лінію припиняється. Щоб машини звільнилися від продукту, потрібна витримка часу, яку створюють реле часу зупинки КТС2, КТС3, КТС4. Реле КТС2 вводиться в коло струму блок-контактами пускача КМ1 і через витримку часу, необхідну для звільнення другої машини, відключає пускач КМ2. Друга машина зупиняється. Блок-контакти КМ2 подають напругу на реле КТС3, яке забезпечує витримку перед відключенням

третьої машини. Після розвантаження третьої машини контакти КТС3, відключаючи КМ3, зупиняють її. Блок-контакти КМ3 подають сигнал на реле КТС4, яке з витримкою часу припиняє роботу останньої в технологічному потоці машини.

Таким чином, всі машини зупинені в режимі холостого ходу. Про зупинку машин сигналізують лампи НЛ1Н, НЛ2Н, НЛ3Н, НЛ4Н.

Швидку (аварійну) зупинку передбачає варіант 2. Натискуючи кнопку SB7, позбавляють живлення пускач КМ4, а його блок-контакти розмикають коло пускача КМ3. Аналогічно втрачають живлення пускачі КМ2 і КМ1. Всі машини зупиняються без витримки часу. Перед подальшим пуском їх необхідно розвантажити. При спрацюванні одного з теплових реле КК1, КК2, КК3, КК4 від перевантаження можливі такі варіанти зупинки потокової лінії. Якщо був переобтяжений перший або четвертий двигун і спрацювали реле КК1 і КК4, то процеси зупинки відбуватимуться, як у варіантах 1 і 2. Якщо спрацює реле КК2, то машини 2 і 1 зупиняться миттєво, а інші — з витримкою часу. Якщо ж спрацює реле КК3, то машини 3, 2, 1 зупиняться миттєво, а машина 4 — з витримкою часу.

Якщо обірветься ремінь третьої передачі, спрацює датчик швидкості третьої машини SQ3, миттєво зупиняться двигуни 3, 2, 1 і з витримкою часу двигун 4. Таким чином, послідовна зупинка машин проти потоку йде без витримки часу, а за потоком — з витримкою часу.

Пускові випробування електропривода виконують в деблокованому режимі. Для переведення схеми в цей режим ключ управління SA ставлять в положення ручного управління «Р». При цьому закриваються контакти SA.P і кожним окремо приводом управляють вручну своєю кнопковою станцією.

1.9.2 Автоматизований електропривод кормоцехів

Автоматизований електропривод кормоцеха КОРК-15-2 для приготування повнораціонних кормосумішей з лінією термохімічної обробки соломи в безперервному режимі. Кормоцех КОРК-15-2 (рис. 1.9.2) призначений для виготовлення повнораціонних кормових сумішей з термохімічної обробкою соломи в безперервному режимі. Комплект машин і устаткування його потокових ліній забезпечує комплексну механізацію всіх технологічних ліній приготування кормосумішей [7].

Подача початкових компонентів змінюється в широкому діапазоні. В кормоцеху є такі технологічні лінії: термохімічної обробки соломи, силосу і сінажу, коренеплодів, концкормів, хімічних домішок, змішування і видачі готової кормосуміші.

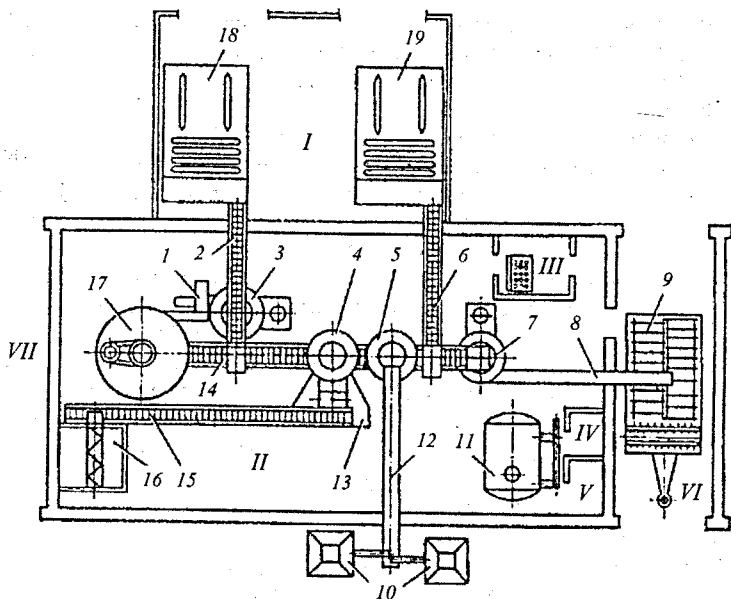


Рисунок 1.9.2 – План розташування обладнання кормоцеху КОРК-15-2 (I – приймальне відділення соломи та силосу; II – відділення коренебульбоплодів; III – пульт управління; IV, V – побутові кімнати; VI – відділення вивантаження; VII – склад компонентів корму; 1 – кидалка соломи; 2 – транспортер соломи; 3 – змішувач-змішувач ІСК-3 для соломи; 4 – бункер-дозатор коренебульбоплодів; 5 – бункер-дозатор концентратів; 6 – транспортер силосу та сінажу; 7 – змішувач-змішувач ІСК-3 для змішування кормосуміші; 8 – вивантажувальний транспортер; 9 – кормороздатчик для готової кормосуміші; 10 – бункер БСК-10 для концентратів; 11 – змішувач меляси СМ-1,7; 12 – транспортер концентратів; 13 – мийка-змішувач коренебульбоплодів ІКМ-5; 14 – збірний транспортер; 15 – транспортер коренебульбоплодів ТК-5Б; 16 – бункер коренебульбоплодів; 17 – камера термохімічної обробки соломи; 18 – живильник соломи ПЗМ-1,5М; 19 – живильник силосу та сінажу ПЗМ-1,5М).

Лінія термохімічної обробки соломи (рис. 1.9.3) складається з живильника 1, скребкового транспортера 6, подрібнювача-змішувача 14, кидалки 13, камери 8 для термохімічної обробки соломи з дозатором 11 видачі обробленої соломи. Лінія переробляє солому, заздалегідь подрібнену, розсипну і в пакунках, для чого живильник ПЗМ-1,5М забезпечений подрібнювальними барабанами 4. Солома поступає в живильник ПЗМ-1,5М з транспорту самозвалища. Транспортер 6 подає її в подрібнювач-змішувач ІСК-3, в який одночасно подається робочий розчин луку 16 із змішувача СМ-1,7. Оброблена лугом солома подається кидалкою 13 в камеру 8 для теплової обробки парою.

Силос і сінаж з візків самозвалиш поступає в другий живильник 19 (рис. 1.9.2). Зміною висоти установки бітера живильника регулюють частку силосу (сінажу) в кормосуміші. Коренеплоди з приймального бункера 16 транспортуються (15) через мийку-подрібнювач 13 в бункер-дозатор коренеплодів 4.

Концентровані корми з автозавантажувача сухих кормів ЗСК-10 поступають в бункер БСК 10 і по скребковому транспортеру в бункер-дозатор 5 концкормів.

Дозовані компоненти кормів з камери 17 для термохімічної обробки, з бункерів-дозаторів коренеплодів 4 і концкормів 5 і з транспортера-живильника силосу (сінажу) 6 збірним транспортером ТС-40 (14) доставляються в другий подрібнювач-змішувач ІСК-3 (7). Компоненти перемішуються, подрібнюються і вивантажуються (8) в кормороздавач 9.

Загальна продуктивність цеху 25 т/год.

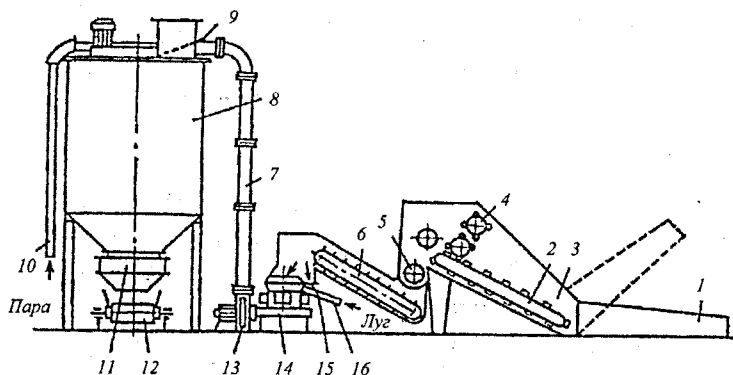


Рисунок 1.9.3 – Лінія термохімічної обробки соломи цеху КОРК-15-2

(1 – приймальна частина живильника соломи ПЗМ-1,5М; 2 – бункер живильника ПЗМ-1,5М, 3 – транспортер-дозатор живильника ПЗМ-1,5М; 4 – подрібнювальний барабан; 5 – подаючий шнек; 6 – скребковий транспортер; 7 – пневмопривод подачі соломи кидалки; 8 – камера для термохімічної обробки соломи; 9 – затвор подачі соломи; 10 – паропровід; 11 – дозуючий вивантажувальний пристрій камери; 12 – збірний транспортер ТС-40; 13 – кидалка соломи; 14 – подрібнювач-змішувач ІСК-3 для соломи; 15 – уловлювач сторонніх домішок; 16 – труборівід подачі розчину лузгу).

Обслуговують кормоцех дві людини: оператор і слюсар. Для нормальної роботи кормоцеху необхідне також загальногосподарське устаткування, що не входить до складу кормоцеху: грейферний навантажувач ПЕ-0,8 (для вантаження соломи, силосу або сінажу, коренеплодів в транспортні засоби), тракторний причіп 2ПТС-4, два трактори типу МТЗ і автомобільний завантажувач сухих кормів ЗСК-10.

За допомогою устаткування, яким оснащений кормоцех КОРК-15, можна готувати вологі кормосуміші (вогкість готового продукту до 75%), до складу яких входять солома (розсіпом, в рулонах, в пакунках), сінаж або силос, коренеплоди, концентрати, меляса і розчин карбаміду.

Комплект устаткування можна використовувати на молочнотоварних фермах на 800...2000 голів і відгодівельних фермах до 5000 голів великої рогатої худоби.

Загальна встановлена потужність силового електропривода 132 кВт. Комплект устаткування для кормоцеху КОРК-15 розроблений ЦНДІСТ Нечорноземної зони України.

Управління всім устаткуванням кормоцеху здійснюється дистанційно з пульта управління ІІІ. Для прикладу розглянемо управління лінією термохімічної обробки соломи (рис. 1.9.4). Напруга на схему управління подається автоматичним вимикачем QF. Перед пуском, натиснувши кнопку SB 14, подають попереджувальний звуковий сигнал. З витримкою часу реле KT включає в коло струму проміжне реле KL1, яке блокує контакти KT, подає напругу на другу частину схеми управління і відключає сигнал. Тепер оператор може кнопкою SB2 пустити привод M13 кидалки 13 (рис. 1.9.3).

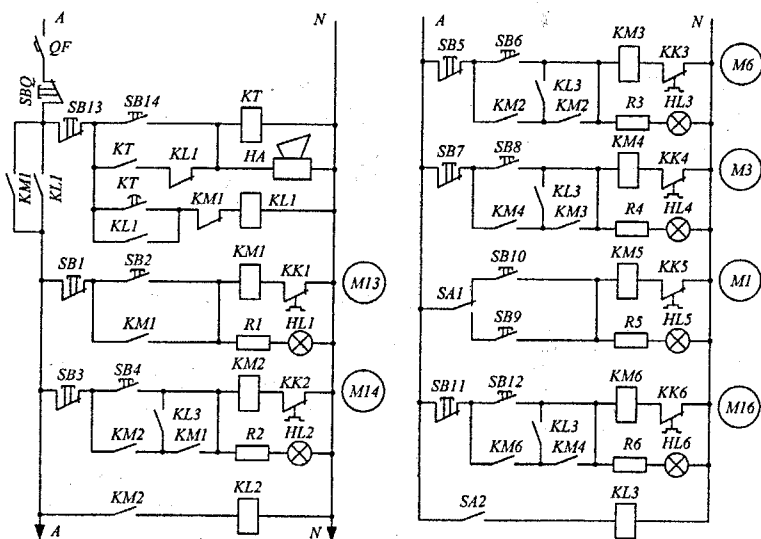


Рисунок 1.9.4 – Принципова електрична схема управління електроприводами кормоцеху КОРК-15-2

Пуск кожного привода контролюється за сигнальними лампами HL1...HL6 (рис. 1.9.4). Блок-контакти KM1 готують коло струму пускача KM2. Кнопкою SB4 пускають привод M14 подрібнення-змішувача 14 (рис. 1.9.3). Замикаючі блок-контакти KM2 (рис. 1.9.4) через реле KL2 готують блокувальне коло пускача KM3. Кнопкою SB6 пускається привод M6 скребкового транспортера 6 (рис. 1.9.3). Замикаючі блок-контакти KM3 (рис. 1.9.4) готують блокувальне коло для пускача KM4. Кнопкою SB8 пускають привод M3 живильника ПЗМ-1,5М. Кнопкою SB 12 пускають привод M16 насоса подачі розчину лугу. Пуск лінії здійснюється назустріч потоку соломи в технологічній лінії. Приводом M1 приймального відділення I (рис. 1.9.2) управляють за потоковою схемою кнопками SB9 або SB8 (рис. 1.9.4) з пульта управління або на місці розташування приймальної частини. Наладку ведуть перемикачем SA2. Для переведення схеми в режим налагодження включають вимикач SA2 і реле деблокування KL3.

1.9.3 Електропривод поточкових ліній на птахофермах

Електродвигуни на птахофермах використовуються для привода машин кормоприготувань і кормороздавачів, транспортних пристроїв прибирання посліду і збору яєць, насосів і вентиляторів, а також для автоматичного управління окремими вузлами і цілими установками [1].

В сучасному птахівництві застосовується напольне і кліткове утримання птахів з тенденцією до повного переходу на кліткове утримання.

В багатоярусних кліткових батареях типу КБН сухі, борошняні, гранульовані, вологі корми роздають птиці за допомогою бункерного навісного кормороздавача двосторонньої дії (рис. 1.9.5).

Візок з двома секціями по чотири бункери, пристроєм видалення гною та яйцезбірником для кожного з чотирьох ярусів переміщається на роliках по верхніх кутах каркаса уздовж кожної батареї. Кліткових батарей може бути 4 (А, Б і В, Г) і 6 (А...Е).

Візок кормороздавача приводиться в рух електродвигуном M1 потужністю 0,6 кВт через редуктор і тросо-блокову систему передачі. В початковому положенні кормороздавачів А...Г закриті контакти кінцевих вмикачів SQ2, SQ4, SQ6, SQ8 (рис. 1.9.6). Якщо немає корму в останньому бункері Г, то через закриті контакти фотореле BL, одержує живлення пускач KM3 і запускається привод M3, а потім привод M2. Йде почергове завантаження бункерів кормороздавача, починаючи з першої секції першого бункера А. При заповненні останньої секції останнього бункера Г фотореле BL зупиняє приводи M3 і M2 завантажувальної лінії.

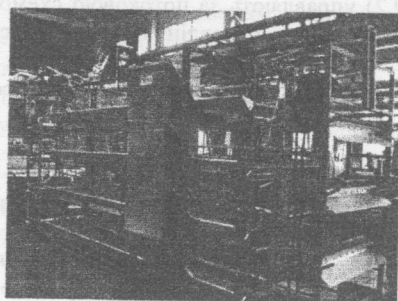
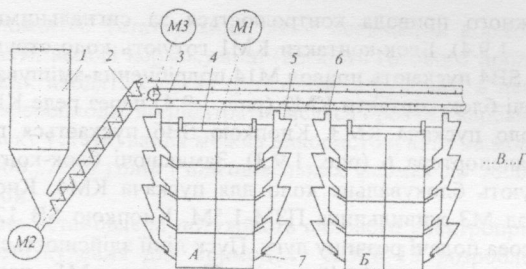


Рисунок 1.9.5 – Лінія роздачі кормів в багатоярусних кліткових батареях типу КБН
(1 – бункер концентрованих кормів, 2 – шнек, 3 – скребковий транспортер, 4 – чотириярусна кліткова батарея, 5 – секція чотирибункерного кормороздатчика, 6 – вивантажувальне вікно, 7 – кормушка)

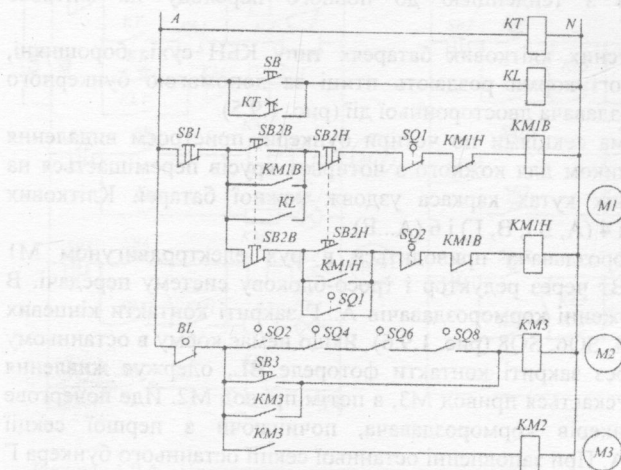


Рисунок 1.9.6 – Принципова електрична схема лінії роздачі кормів в багатоярусних кліткових батареях типу КБН

При автоматичному управлінні відповідно до графіка роздачі корму короткочасно закриваються контакти програмного реле часу КТ в колі проміжного реле КЛ. Реле КЛ замикає свої контакти в колах катушок магнітних пускачів КМ1В (КМ2В, КМ3В, КМ4В), які включають приводи М1А (М1Б, М1В, М1Г) роздавачів кормів, і всі роздавачі одночасно починають роздавати корм в чотири кліткові батареї. На рис. 1.9.6 показана схема включення одного приводу М1 батареї А. Для управління приводами кормороздавачів кліткових батарей Б, В, Г схеми управління аналогічні.

При русі кормороздавачів від початкового положення до кінцевого йде одночасно збір яєць і очищення батарей від посліду. Дійшовши до кінця, упори скребоків четвертих ярусів натискають на кінцеві вимикачі SQ1 (SQ3, SQ5, SQ7), які реверсують приводи кормороздавачів. Продовжується роздача корму при русі у зворотному напрямі. Досягши початкового положення, упори скребоків третього ярусу натискають на кінцеві вимикачі SQ2, SQ4, SQ6, SQ8. Кормороздавачі зупиняються в початковому положенні для завантаження. Управління приводами М1, М2, М3 в режимі ручного управління здійснюється кнопками SB2В та SB2Н. Апаратура управління приводами кормороздавачів і освітленням розміщується в спеціальних шафах БЦН.

Роздача кормів в одноярусних кліткових батареях ОБН здійснюється ланцюгово-стрічковими транспортерами, що огинають батареї ОБН (рис. 1.9.7), приведення в дію яких здійснюється від електродвигуна 1 потужністю 0,6 кВт через редуктор 2. Всього двигунів 4 (М1, М2, М3, М4), по одному на кожну лінію роздачі. Чотири приводи М5, М6, М7, М8 працюють в лінії завантаження бункерів 3. При роботі приводів М5, М6, М7 бункери 3 послідовно завантажуються сухим кормом. При роботі приводів М5, М6, М8 бункери 3 послідовно завантажуються вологими кормами.

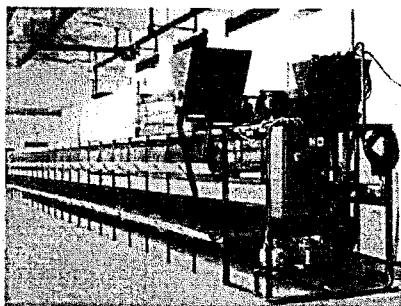
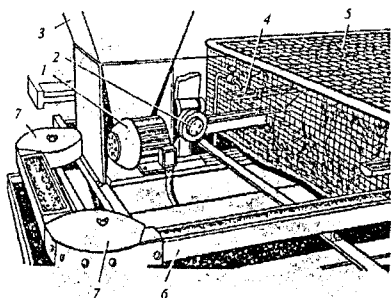


Рисунок 1.9.7 – Кормороздатчик кліткової батареї ОБН-1

Автоматичне управління (перемикачі SA1 – SA5 в положенні А) здійснюється від програмного реле часу КТ (рис. 1.9.8).

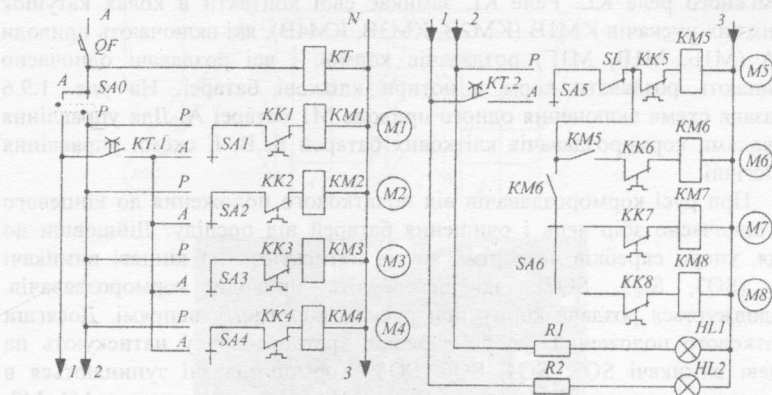


Рисунок 1.9.8 – Принципова схема електроприводів кормороздатчика батареї ОБН-1

За першою програмою КТ.1 включаються чотири лінії кормороздачі на задану тривалість роботи, за другою програмою КТ.2 включається лінія завантаження сухого корму (SA6 в положенні 1) або лінія завантаження вологого корму (SA6 в положенні 2). Відключення лінії завантаження здійснюється мембранним датчиком рівнів SL при заповненні останнього бункера доверху. Для захисту електродвигунів використовуються теплові реле КК1... КК8.

Для збору яєць застосовують різні системи стрічкових транспортерів. Схема роботи одного з них показано на рис. 1.9.9. Яйця періодично подаються на стіл 1 стрічковим транспортером 4, що приводиться в рух електродвигуном потужністю 0,6 кВт через клинопасову передачу і редуктор.

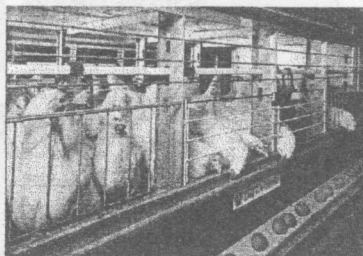
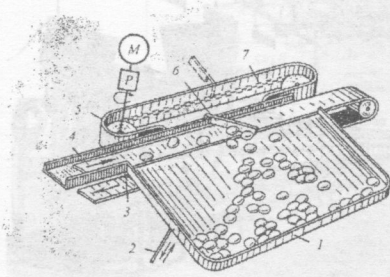


Рисунок 1.9.9 – Лінія збору яєць на птицефермах
(1 – стіл, 2 – телескопічний шатун, 3 – шарнір, 4 – транспортер, 5 – упор, 6 – скребок-скидач, 7 – коло)

Схема управління електроприводом лінії збору яєць подана на рис. 1.9.10. Двигун яйцезбірної лінії пускається кнопкою SB2 при ручному управлінні і контактами програмного реле часу КТ при автоматичному управлінні. Зупинка двигуна здійснюється кнопкою SB1 або датчиком завантаження яйцезбірного столу з кінцевим вимикачем SQ1, який спрацьовує під дією ваги повністю завантаженого яйцезбірного столу.

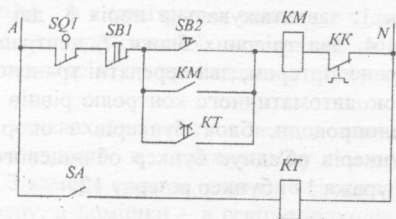


Рисунок 1.9.10 – Схема управління електроприводом лінії збору яєць на птахофермах

1.9.4 Електропривод поточкових ліній на зерноочисних пунктах

Для зерноочисних сушильних пунктів промисловість випускає багатодвигунні електроприводи з системою автоматизованого управління. До таких технологічних комплексів відносяться зерноочисні агрегати очисно-сушильних комплексів КЗС-5, КЗС-10, КЗС-20, зерносушильні агрегати очисно-сушильних комплексів КЗС-5 з двома сушарками СЗПБ-2, КЗС-10 з однією сушаркою СЗСБ-8, КЗС-20 з двома сушарками СЗСБ-8 і однією сушаркою СЗШ-16 [7].

Зерноочисні агрегати типу ЗАВ (рис. 1.9.11) призначені для тих зон країни, де вологість зерна в період збирання не перевищує 16% і немає необхідності в його штучному сушінні.

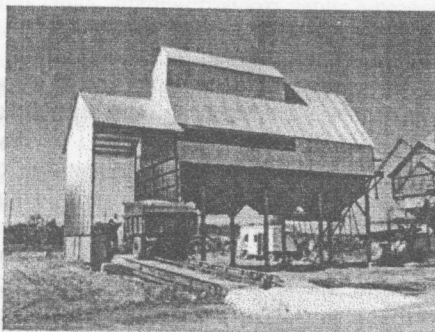


Рисунок 1.9.11 – Зерноочисний комплекс ЗАВ-20 в роботі

Технологічна схема зерноочисного пункту ЗАВ-20. Базова модель – зерноочисний агрегат ЗАВ-20 (рис. 1.9.12) продуктивністю 20 т/год продовольчого і 10 т/год насіннєвого зерна – складається з будівельної частини, що включає завальний бункер 2, прямок норії, фундаменти під опори металевої арматури агрегату, майданчик для встановлення автомобілепідйомника 1, пандус для в'їзду автомашин на автомобілепідйомник, і набору машин і устаткування, куди входять автомобілепідйомник 1, завантажувальна норія 3, дві повітряно-решітні зерноочисні машини 4, два трієрних блоки 7, централізована повітряна система 5 з пневмотранспортером, два передатні транспортери 6 і 8, пульт управління з системою автоматичного контролю рівнів фракцій в секціях блока бункерів, зернопроводи, блок бункерів з опорами і арматурою перекриття. Блок бункерів об'єднує бункер очищеного зерна 9, секцію відходів 10, секцію фуража 11 і бункер резерву 12.

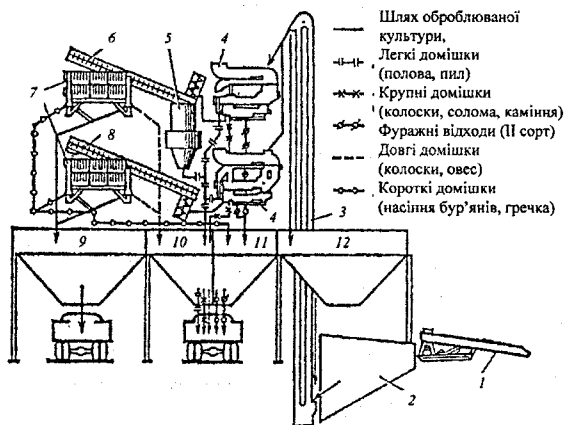


Рисунок 1.9.12 – Технологічна схема зерноочисного агрегату ЗАВ-20

Всі машини і устаткування пов'язані між собою за продуктивністю і змонтовані на блоці бункерів, до якого кріпиться перекриття. Розстановка технологічного устаткування агрегату ЗАВ-20 і блокування пульта управління дозволяють працювати за шістьма різними технологічними схемами. Основна схема (рис. 1.9.12) працює при очищенні на двох паралельних лініях: повітряно-решітне очищення → трієрне очищення → блок бункерів. З автомобіля зерно вивантажується автомобілепідйомником 1 з двигуном потужністю 4,5 кВт в завальний бункер 2. Через вікно бункера воно поступає в нижню головку завантажувальної норії 3. Кількість зерна, що поступає, регулюють заслінкою, якою управляє

механік з свого робочого місця. Норія піднімає зерно вгору, де розподільний клапан розділяє його на дві рівні частини, і по зернопроводах поступає в приймальні камери двох повітряно-решітних машин 4, які працюють паралельно.

Система розподільних клапанів і пристроїв направляє зерно на повітряно-решітні машини в бункер резерву. З приймальних камер машин зерновий матеріал за допомогою живильних валів з підпружиненими клапанами подається в повітряні канали, підключені системою повітряпроводів до централізованої повітряної системи 5 агрегату. Надлишок зернового матеріалу з приймальних камер скидається в бункер резерву 12.

В повітряних каналах виділяються легкі домішки, які за системою повітряпроводів поступають в осаджувальну камеру централізованої повітряної системи. З камери повітря, очищене від домішок вентилятором, потрапляє в атмосферу, а домішки – в секцію відходів 10. Очищений від легких домішок зерновий матеріал подається на решітне очищення і ділиться на три фракції: очищене, фуражне зерно і домішки. Очищене зерно поступає в шнекові бічні живильники передатних транспортерів 6 і 8, а з них по похилих жолобах в трієрні блоки 7. Фуражне зерно і домішки через воронки і систему зернопроводів прямують у відповідні бункери.

Очищення зернового матеріалу трієрними циліндрами може бути налаштовано на відділення довгих домішок, а при необхідності ще і коротких. Очищене зерно і довгі домішки по зернопроводах самопливом поступають відповідно в бункер чистого зерна 9 і секцію відходів 10. Фуражні відходи пневмотранспортер подає через відстійник домішок в секцію 11.

Інші схеми роботи агрегату складають частину основної схеми. Наприклад, при малому надходженні зерна або несправності однієї з машин може діяти тільки перша або друга лінія. Залежно від призначення зерна всі схеми можуть працювати без трієрів. Якщо спостерігаються перебої в підвезенні зерна, використовують зерно з резервного бункера.

Агрегати продуктивністю 5 і 10 т/год однопотокові і мають двосекційний блок бункерів. В агрегаті продуктивністю 40 т/год перед трієрними блоками, відповідно до технологічної схеми, встановлений відцентрово-пневматичний сепаратор, а в кінці — чотирисекційний блок бункерів.

Управління електрприводами ЗАВ-20. Машинами і механізмами агрегату управляють дистанційно з пульта. В схемі передбачені кола блокування і сигналізації. Блокувальні електричні зв'язки між окремими машинами дозволяють при аварії і випадковому виході з ладу однієї з машин автоматично вимкнути всі попередні машини і механізми технологічної лінії. Сигналізація полегшує спостереження за ходом процесу і роботою устаткування.

Перед пуском зернопункта вибирають відповідно до необхідної технології номер технологічної схеми і ставлять універсальний перемикач SA в певне положення (рис. 1.9.13).

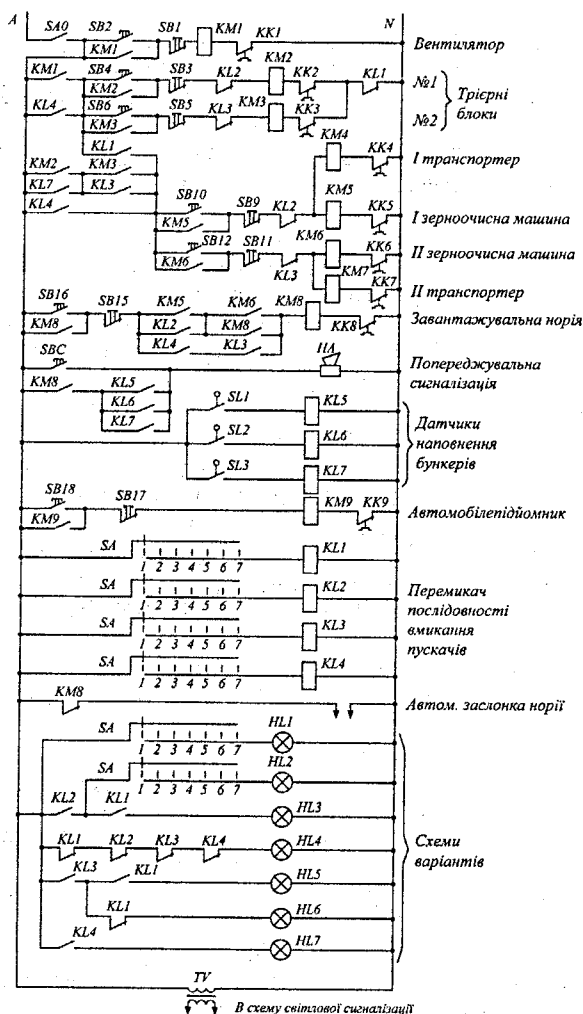


Рисунок 1.9.13 – Схема управління і сигналізації агрегату ЗАВ-20

(SA0 — кнопка аварійної зупинки; SB1...SB16 — кнопки управління; KL1...KL7 — проміжні реле; SL1...SL9 — датчики наповнення бункерів; SA — універсальний перемикач; HL1...HL7 — сигнальні лампи; KM1...KM9 — магнітні пускачі)

В перший момент після відключення двигуна норії від мережі його кутова швидкість близька до номінальної. Якщо до обмотки статора двигуна М8 підключити батарею конденсаторів, то він почне працювати в генераторному режимі, живлячи струмом двигун затвора М10. Залежно від ємності конденсаторів і кількості кінетичної енергії, запасеної в махових масах системи двигун – норія, можна отримати необхідну тривалість роботи двигуна в режимі генератора з достатньо стійкою напругою, близькою до номінальної.

В нормальному режимі кнопкою SB10 напругу подають на котушку пускача КМ10В, який включає двигун затвора М10 на відкриття. Для закриття затвора достатньо натиснути кнопку SB9. Хід затвора обмежують кінцеві вимикачі SQ1 і SQ2. Тривалість періодів відкриття і закриття затвора складає 3 с.

При зникненні напруги живлення агрегату всі пускачі приводів машин відключаються. Розмикаючі блок-контакти КМ8 підключають котушку КМ10Н до затисків двигуна М8, що працює в режимі генератора. Пускач КМ10Н з'єднає двигун М10 з двигуном М8. Утворюється самостійна система: двигун М8, що працює в режимі генератора, і двигун М10, який починає діяти і закриває затвор.

Котушка пускача КМ10Н розрахована на напругу 220 В. При нормальній експлуатації кола управління підключені до напруги 380 В, а тому до котушки КМ10Н приєднаний додатковий опір R. У разі втрати живлення цей опір шунтується контактами КМ8, що забезпечує тривале включення пускача КМ10Н, оскільки напруга на двигуні М10 і пускачі КМ10Н зменшується із зниженням кутової швидкості двигуна М8. Для стійкої роботи асинхронного двигуна в режимі генератора необхідна ємність

$$C = (3,4) \cdot C_n. \quad (1.9.1)$$

Номінальну ємність C_n (мкФ) знаходять за формулою

$$C_n = 3185 \cdot I_{\text{фн}} / U_n, \quad (1.9.2)$$

де $I_{\text{фн}}$ – номінальний фазний струм намагнічення двигуна (реактивна складова струму холостого ходу двигуна), А;

U_n – лінійна напруга, В.

Асинхронний генератор повинен працювати протягом часу, необхідного для повного закриття затвора, з напругою на затискачах не менше $0,7 U_n$.

Значення моменту інерції системи двигун – норія, необхідне для стійкої роботи двигуна М8 в генераторному режимі в період закриття електрогвинтового затвора, визначають за формулою

$$J_{\text{сист}} = \frac{I_2(M_m + M_c)}{\omega_{\text{зб}}}, \quad (1.9.3)$$

де I_2 — необхідний час роботи двигуна М8 в генераторному режимі, с;
 M_c — момент опору норії, Н·м;
 $\omega_{\text{зб}}$ — кутова швидкість, при якій припиняється збудження, рад/с,

$$\omega_{\text{зб}} = 0,9 \cdot \omega_i \cdot \sqrt{\frac{C_l}{C}}. \quad (1.9.4)$$

Гальмівний момент M_z (Н·м), що створюється підключеною ємністю, визначають за експериментальною формулою (1.9.5).

$$M_z = 10,9 \cdot C/C_n - 0,294 C^2/C_n^2 - 7,84. \quad (1.9.5)$$

Досвідом встановлено, що двигун затвора у разі живлення від асинхронного двигуна А2-31-4 норії завантаження НЗ-20, що знаходиться в режимі генератора, стійко працює при підключеній до кожної фази ємності конденсаторів 24...30 мкФ. Момент інерції системи електродвигун — норія складає 0,418 кг·м². Щоб надійно закрити затвор, коли живлення агрегату припинено, необхідно збільшити момент інерції приводного шківів двигуна М8 до 0,175 кг·м².

1.9.5 Електропривод автоматизованих топкових пристроїв зерносушильних пунктів

Топки зерносушарок є одним з основних агрегатів зерносушильних ліній. Для управління роботою топок на рідкому паливі розроблені автоматичні пристрої для розпалювання топки, контролю її роботи і регулювання температури теплоносія. В комплект апаратури управління входять: регулятор рівня палива 1 (рис. 1.9.15), що складається з датчиків верхнього і нижнього рівнів SL1 і SL2 і двигуна М2, електромагнітний паливний клапан 3, пристрій Ф для контролю наявності полум'я з датчиком 4, електричний запальник 5, повітряна заслонка з електромагнітним приводом 3МА, регулятор теплоносія, в який входять термореле SK і виконавчий механізм 4МА, вимикачі SA1, SA2, перемикач SA3 і сигнальні лампи HL1, HL2.

Заздалегідь пускається основний вентилятор сушарки. Блок-контакти магнітного пускача КМЗ, що включає електродвигун основного вентилятора, замикаються в колі пускача КМ1 привода вентилятора 8 топки. Вимикачем SA1 подають напругу на схему управління. Пускається

привод вентилятора 8 топки, а на пульті управління спалахує лампа HL1, що сигналізує про наявність напруги в схемі і про початок продування топки. Якщо в баку немає палива, то контакти датчиків рівнів SL1 і SL2 закриті і при замиканні вимикача SA1 одержує живлення пускач KM2 і включає паливний насос 1. Спалахує сигнальна лампа HL2, попереджаючи оператора про те, що топка до пуску не готова. При наповненні бака до верхнього рівня датчик SL1 відключає KM2.

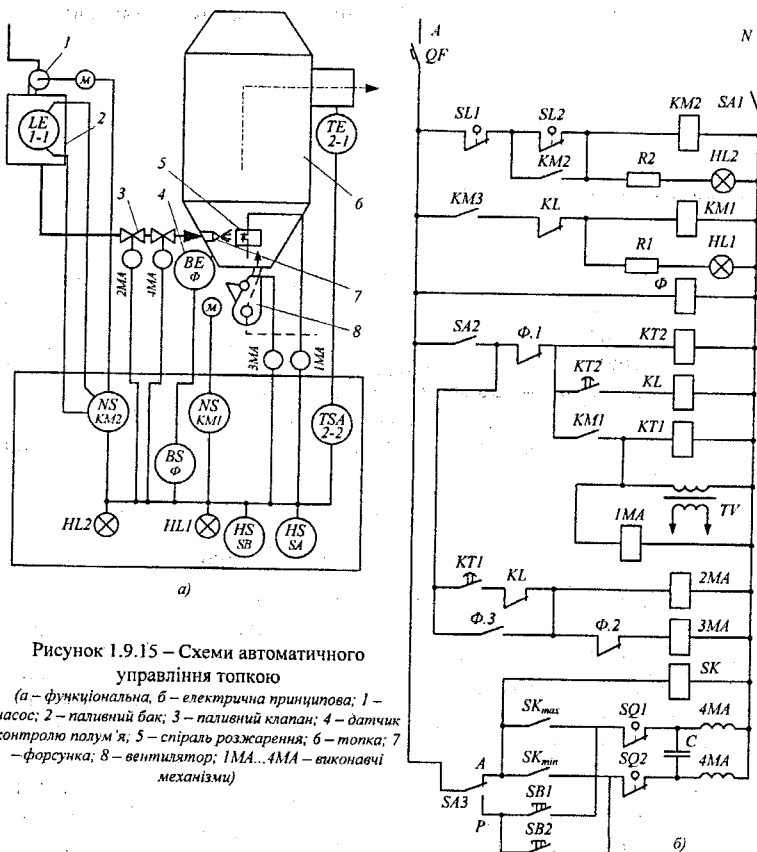


Рисунок 1.9.15 – Схеми автоматичного управління топкою

(а – функціональна, б – електрична принципова; 1 – насос; 2 – паливний бак; 3 – паливний клапан; 4 – датчик контролю палива; 5 – спіраль розжарення; 6 – топка; 7 – форсунка; 8 – вентилятор; 1МА...4МА – виконавчі механізми)

Топку включають в роботу вимикачем SA2. Подається напруга на реле часу KT1, KT2. Виконавчий механізм запальника 1МА висуває спіраль розжарювання із захисного чохла. Спіраль 5 приєднана до знижувального трансформатора TV. Протягом періоду, визначуваного витримкою реле часу KT1, відбувається продування топки при

включеному запальнику. Контакти КТ1 включають електромагнітний привод 2МА паливного клапана і 3МА привода заслінки вентилятора 8, переводячи її в положення «Закрито». Поступаюче паливо розпилюється форсункою 7, і суміш палива з повітрям спалахує від контакту зі спіраллю запальника.

При появі полум'я спрацьовує пристрій його контролю Ф, який контактами Ф1 відключає запалення і живлення реле часу КТ1 і КТ2, а контактами Ф2 — привод 3МА заслінки вентилятора. Під дією пружини заслінка відкривається, подача повітря, необхідного для повного згорання суміші, збільшується. Замиканням контактів Ф.1 забезпечується живлення електромагнітного паливного клапана 2МА.

Якщо запалювання палива не відбулося, спрацьовує реле КТ2 і включає реле КЛ, контакти якого відключають вентилятор топки, паливний клапан 2МА і електромагніт привода повітряної заслінки 3МА. Блок-контакти КМ1 відключають пристрій запалення і реле часу КТ1.

Щоб повторно розпалити топку, вимикачем SA2 виводять з кола струму реле КТ2 і знову включають живлення пускової системи.

Якщо полум'я гасне під час роботи, то контакти Ф.1 замикаються і відбувається автоматичний пуск з послідовністю першого варіанта.

Коли в топці встановився робочий режим, перемикачем SA3 включають систему регулювання температури теплоносія. У разі перевищення температури теплоносія відносно заданої замикаються контакти SK_{max} і виконавчий механізм з двигуном 4МА зменшує подачу палива. При замиканні контактів SK_{min} подача палива збільшується. Межі зміни подачі палива обмежуються кінцевими вимикачами SQ1 і SQ2. Пусковими кнопками SB1 і SB2 регулюють подачу палива під час наладки схеми. Рівень палива в проміжному баку контролюється датчиками SL1 і SL2 типу РУС-3, які впливають на магнітний пускач КМ2 паливного насоса. Розмикаючі контакти датчика нижнього рівня SL2 шунтуються блок-контактами магнітного пускача КМ2. Тому насос працює до того моменту, поки під дією палива не розімкнуться контакти датчика верхнього рівня SL1.

1.9.6 Електропривод потокових ліній в овочівництві

Електропривод в овочівництві використовується для привода вентиляторів, насосів, ручних електрифікованих машин, вузлів автоматики, транспортних пристроїв і при заготівці тепличних ґрунтів.

Технологічна схема лінії приготування тепличних ґрунтів показана на рис. 1.9.16. Комплекс технологічного устаткування забезпечує подачу і дозування компонентів, зважування, уловлювання металевих включень, дроблення, просівання і змішування.

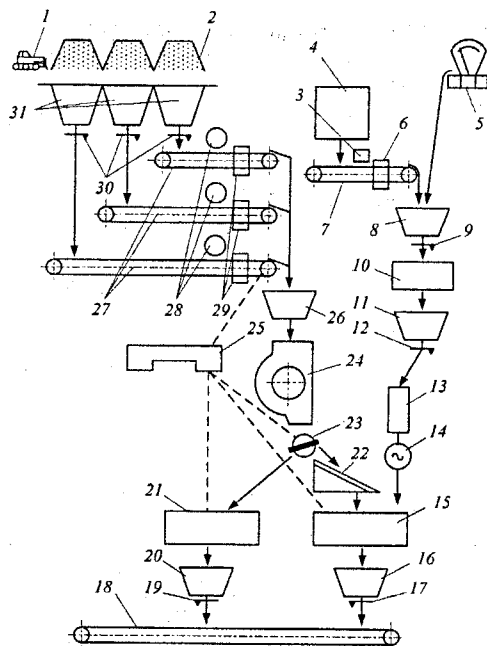


Рисунок 1.9.16 – Технологічна схема лінії приготування тепличних ґрунтів і живильних сумішей

(1 – бульдозер; 2 – бурти; 3, 28 – магнітні колонки; 4 – склад опилок; 5 – лабораторні ваги; 6 – ковшові ваги; 7, 18, 27 – стрічкові транспортери; 8, 11, 16, 20, 26, 31 – бункери; 9, 12, 17, 19, 30 – ковшові дозатори; 10, 15, 21 – змішувачі; 13 – завантажувальна шафа; 14, 23 – клапани; 22 – сито; 24 – пальцевий подрібнювач; 25 – пульт управління; 29 – автоматичні стрічкові ваги).

Торф, гній, деревна тирса і інші компоненти завозять самоскидами і укладають в бурти 2. Потім бульдозер 1 зсовує їх в приймальні бункери 31, звідки стрічкові транспортери 27 подають їх в накопичувальний бункер 26. Над кожним транспортером встановлені магнітні колонки 28, які видаляють з компонентів феромагнітні включення. Якщо торф, гній, деревна тирса сильно забруднена обрізаннями дощок і пнями, їх відбирають на ґратах, розташованих над приймальним пристроєм. Звільнена від домішок маса через автоматичні терези 29 поступає в барабанну пальцеву дробарку 24 і через регулюючий клапан 23 в змішувач 21 або 15. Готова суміш прямує в бункер-накопичувач 20 або 16. Транспортер 18 подає її у відвал або вантажить в транспортні засоби. Управляють лінією з пульта 25, контролюючи процес за сигнальними лампами.

Лінія приготування живильної суміші для вирощування розсади в горщиках — складова частина лінії приготування тепличних ґрунтів. Перша лінія має пристрій для попереднього змішування мікродошок з порцією тирси. З основною лінією вона зв'язана завантажувальною шафою 13 і клапаном 14 через змішувач компонентів 15. В змішувач 15 компоненти подаються через регулюючий клапан 23 і сито 22.

Для приготування і завантаження мікродошок їх зважують на лабораторних терезах 5 і через дозатор 9 подають в змішувач 10 для первинного змішування з порцією тирси. Отримана суміш поступає в розподільний бункер 11 і через завантажувальну шафу 13 в змішувач 15, де компоненти змішуються з мікродошками. Готова маса поступає в розподільний бункер 16 і стрічковим транспортером 18 завантажується в транспортні засоби.

Фрагмент електричної схеми управління потоковою лінією показаний на рис. 1.9.17. Номери магнітних пускачів відповідають позиціям машин в технологічній схемі. Налаштування на автоматичний (А) режим роботи здійснюється перемикачами SA. Кола ручного управління показані для пускача KM18, інші — аналогічні. Спрацювання кожного пускача супроводжується загорянням сигнальної лампи на пульті управління оператора.

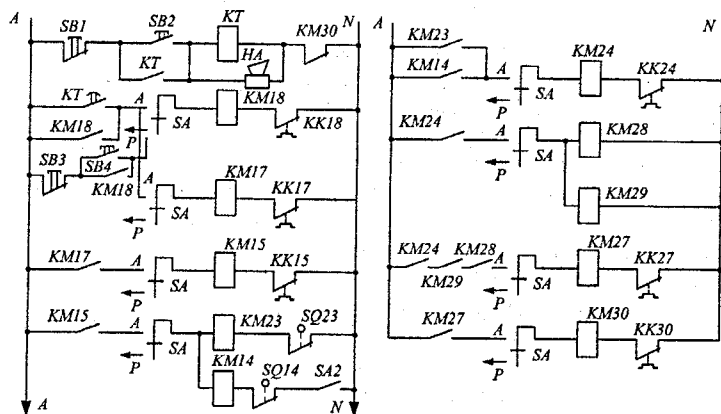


Рисунок 1.9.17 — Принципова схема управління електроприводами лінії приготування тепличних ґрунтів і живильних сумішей.

Для пуску лінії в роботу натискають кнопку SB2, включається попереджувальний сигнал НА, а через витримку часу — пускач KM18 з приводом вихідного транспортера 18 і пускач KM17 з приводом дозатора 17. Далі блок-контактами KM17 включаються пускач KM15 привода змішувача, блок-контактами KM15 — пускач KM23 привода клапана 23,

пускач KM14 (при включеному SA14) привода клапана 14, блок-контактами KM23 вводиться в коло струму котушка пускача KM24 привода дробарки. Блок-контакти KM24 вводять в коло струму котушки магнітних пускачів KM29 і KM28, включаються автоматичні терези і магнітні колонки. З витримкою часу, необхідною для розгону дробарки, та за умови спрацьовування KM29 і KM28 від заблокованого з пускачем KM24 механічного реле часу, вводиться в коло струму котушка пускача KM27, яка лавиноподібно включає котушку KM30. Включаються стрічкові транспортери 27 і дозатори 30. Таким чином пуск лінії здійснюється назустріч технологічному потоку.

Управління поливальним автоматом. Автоматизований електропривод системи поливу дощуванням краплями менше 100 мкм дозволяє не тільки поливати ґрунт, але і зволожувати повітря в теплицях, а також підживлювати рослини розчинами мінеральних добрив. Як приклад розглянемо принципову електричну схему (рис. 1.9.18) управління приводами автомата PA-48. Схема передбачає можливість задання часу початку поливу, кратності (1.1...5) повторень і тривалості поливу. Уручну автомат включають перемикачем SA2 і кнопкою SB при включеному вимикачі SA1, автоматично — за допомогою реле часу KT1. Для задання поливу вимикач реле KT1 ставлять в положення «Наперед», а покажчик рукоятки ставлять на розподіл (1.1...24), який вказує, через скільки годин повинно відбутися включення.

При включенні котушки магнітного пускача KM2 в коло струму відбувається блокування кнопки пуск SB і контактів KT1, підготовка кола двигуна M1 і котушки крокового шукача KML. Дисковий перемикач з двигуном M1 послідовно замикає свої контакти 1,2...50, і одночасно з кожним з них (окрім 50) розмикається контакт 51. В початковому положенні контакт 51 замкнутий, тому блок-контакти KM2 вводять в коло струму котушки пускача KM3, який включає двигун M1 привода дискового перемикача.

Перемикачі SA3.1...SA3.48 електромагнітних приводів YA1... YA48 ставлять в положення «Полив», якщо в даній секції необхідний полив, і в положення «Пропуск», якщо полив даної секції пропускається. При SA3.1 в положенні «Полив» у момент замикання контактів M1.1 і розмикання контактів M1.51 спрацьовує електромагнітний вентиль YA1, включаючи полив першої ділянки теплиці. Контакти M1.51 виводять з кола струму пускач KM3, який відключає привод M1 і включає реле часу KT2. Через період часу, необхідний для поливу ділянки, реле KT2 включає привод M1 дискового багатопозиційного перемикача, контакти M1.1 розмикаються, а M1.51 замикаються. Привод M1 працює до тих пір, поки контакти M1.2 не закриються, а M1.51 не відкриються. При SA3.2 в положенні ПЛ електромагнітний вентиль YA2 включає полив другої ділянки на час, визначуваний уставкою реле KT2.

MLL...MLSI



Рисунок 1.9.18 – Принципова електрична схема поливального автомата

Для пропуску поливу ділянки його перемикач, наприклад SA3.3, ставлять в положення Ін. В третій позиції перемикача з двигуном M1 пускач KM3 залишається включеним і двигун M1 продовжує працювати, а диск перемикача продовжує обхід своїх контактів.

Якщо перемикач числа поливів ПП стоїть в положенні 1 і контакти М1.50 закриті, в коло струму вводиться котушка крокового шукача КМ1, його контакти переходять в положення 1, котушка пускача КМ2 шунтується, схема відключається, цикл поливу закінчується. Котушка реле КМ1 одержує живлення через розмикаючий контакт пускача КМ2 і повертає оцифрований диск до самовідключення в положення 0.

Якщо перемикач числа поливів ПП заздалегідь поставлений в положення 2 (в загальному випадку $n = 1, 2, 3, 4, 5$), то при закритті контактів М1.50 і спрацьовуванні крокового шукача КМ1 шунтування котушки КМ2 не відбудеться, привод дискового перемикача повторно включатиме полив (в загальному випадку n раз), після чого зупиниться.

Якщо ж перемикач числа поливів ПП поставити в положення С, то цикли поливів слідуватимуть один за одним до відключення автомата оператором.

Разом з дощуванням захищеного ґрунту все більше розповсюдження одержує краплинне зрошування, застосування якого дозволяє економити до 40% води. Зрошувальна система з крапельницями-мікротрубками складається з бака-змішувача, тканинного фільтра, електронасоса, розподільного трубопроводу, автоматичного клапана, воміра і вентилів. До розподільного поліетиленового трубопроводу діаметром 32 мм приєднано зволожувачі діаметром 10 мм, від яких відходять мікротрубки діаметром 0,7 мм, завдовжки 0,5...0,7 м. Кінці крапельниць підвішують на дроті біля кожної рослини на висоті 2...3 см від поверхні ґрядки.

Випробування показали, що найбільша рівномірність подачі води крапельницями досягається при натиску 20...22 кПа, відхилення від середнього значення не перевищують 6%. Тривалість разового поливу доцільна не більше 20 хв Система краплинного поливу дозволяє подавати мінеральний розчин з економією до 20 % добрив, не знижуючи врожайності культур.

1.10 Електропривод ручних електрифікованих машин

1.10.1 Електродвигуни ручного інструменту та джерела живлення

Для привода ручного електроінструменту (*handling electric tool*) застосовують універсальні колекторні двигуни змінного однофазного струму (рис. 1.10.1), які можуть працювати і від мережі постійного струму, і асинхронні трифазні двигуни нормальної і підвищеної частот звичайного і оберненого виконання.

Перевага колекторних електродвигунів – їх висока частота обертання, що досягає 12...18 тис. об/хв. Недоліки – малонадійний контакт колектора – щітки, м'якість механічної характеристики, що веде до зниження частоти обертання при будь-якому перевантаженні.

Асинхронні електродвигуни, частота обертання яких близька до 3000 об/хв при 50 Гц і 12000 об/хв при 200 Гц, мають достатньо жорсткі механічні характеристики в робочій частині, відрізняються великою перевантажувальною здатністю, мають відносно малу масу, прості і

надійні в експлуатації. Проте необхідність в частотних перетворювачах струму створює деякі незручності.

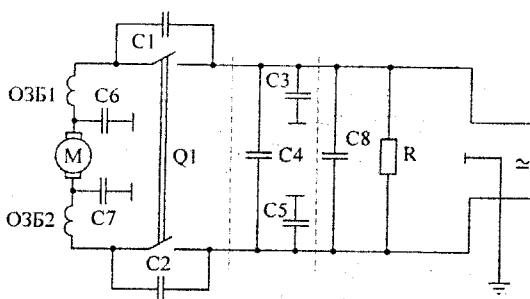


Рисунок 1.10.1 – Схема вмикання електропривода ручного інструменту з універсальним колекторним двигуном

Електроінструменти можуть одержувати живлення безпосередньо від мережі 220 В, через знижувальний трансформатор 380/220 В, від високочастотного перетворювача, від пересувних електростанцій. Трифазні асинхронні двигуни включають також в однофазну мережу 220 В за спеціальними схемами з'єднання обмоток. При однофазному живленні трифазну обмотку статора двигуна необхідно розділити на дві частини – робочу і пускову – і послідовно з пусковою обмоткою включити фазозсувний елемент – активний, індуктивний або ємнісний опір (рис. 1.10.2). Кращий ефект дає використання конденсаторів; подібні схеми характеризуються високим пусковим моментом і мінімальним пусковим струмом.

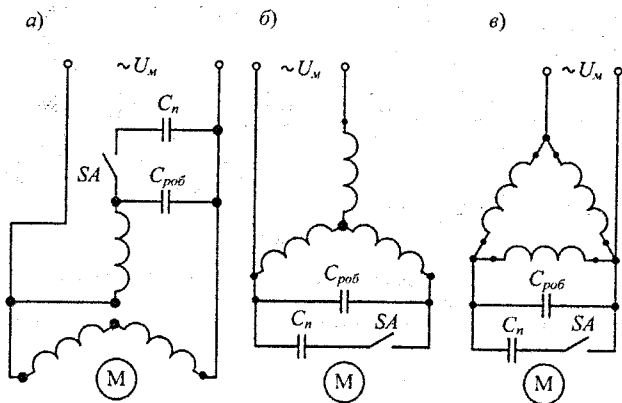


Рисунок 1.10.2 – Схеми вмикання трифазних двигунів в однофазну мережу

При напрузі 220 В для двигуна 380/220 В застосовується схема а), а для двигунів на напругу 220/127 В — схема б). Значення робочої ємності (мкФ):

$$C_p = \frac{1950 \cdot I_n}{U_n \cdot \cos \phi_n}, \quad (1.10.1)$$

де I_n — номінальний струм двигуна, А;

U_n — номінальна напруга двигуна, В;

ϕ_n — номінальний коефіцієнт потужності двигуна, в.од.

Значення пускової ємності, що включається короткочасно, приймають в 2...3 рази більшим значення робочої. При пуску двигуна на холостому ході пускова ємність не потрібна. Для робочої ємності використовують конденсатори типів КБГ, МН, БГТ, БГЧ.

Трифазні знижувальні трансформатори 380/36 В потужністю 0,5; 1,0; 1,5 кВА застосовують для живлення електродвигунів ручних машин, розрахованих на знижену напругу. Такі електроінструменти використовують в умовах, особливо небезпечних при ураженні людей електричним струмом.

Перетворювач частоти струму типу І-75-В (споживана потужність 4,85 кВА, 2800 об/хв), призначений для живлення струмом високої частоти електроприводів ручних інструментів, складається з двополюсного асинхронного двигуна з короткозамкнутим ротором і шестиполюсного асинхронного генератора з фазним ротором (рис. 1.10.3). Ротори обох електричних машин зв'язані загальним механічним валом, а статори поміщені в один корпус.

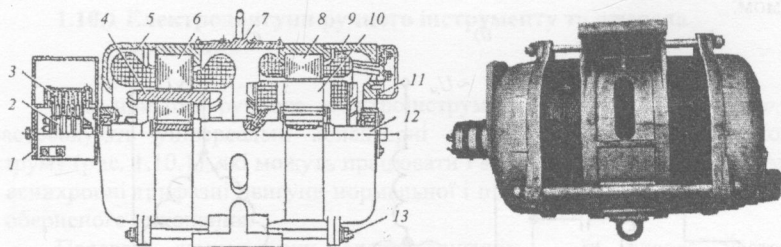


Рисунок 1.10.3 — Перетворювач частоти струму І-75В

(1 — кожух клемної колодки; 2 — кільця; 3 — циткотримач; 4 — ротор двигуна; 5 — пересувна кришка; 6 — статор двигуна; 7 — станина; 8 — ротор генератора; 9 — задня кришка; 10 — ротор генератора; 11 — клемна панель; 12 — вал; 13 — шпилька).

Обмотки статорів двигуна і генератора, в які поступає струм частотою 50 Гц при напрузі 380/220 В, з'єднані так, що їх магнітні поля обертаються в протилежні сторони. Двигун перетворювача приводить в

рух ротор з частотою обертання 2800 об/хв, а магнітне поле статора обертається в протилежному напрямі з частотою обертання 1000 об/хв. Таким чином, частота обертання n_2 ротора генератора відносно магнітного поля свого статора 3800 об/хв. В обмотці ротора виникає електрорушійна сила з вторинною частотою і напругою 36 В, яка подається на двигуни електроінструментів.

$$f_2 = \frac{p_2 \cdot n_2}{60} = \frac{3 \cdot 3800}{60} = 190 \text{ (Гц)}. \quad (1.10.2)$$

В іншій схемі включення перетворювача частоти, напруга мережі частотою 50 Гц подається на статор двигуна і ротор генератора. Напрями обертання магнітних полів статора двигуна і ротора збігаються, тому магнітне поле генератора обертається з сумарною частотою обертання $2800+1000=3800$ об/хв і в обмотці статора генератора наводиться ЕРС з вторинною частотою 190 Гц.

Реактивний перетворювач частоти типу С-572А служить для перетворення змінного трифазного струму промислової частоти 50 Гц, напругою 380/220 В в змінний трифазний струм підвищеної частоти 200 Гц, напругою 36 В. Перетворювач віддає потужність 1,2 кВА, споживає 2 кВА. Ротор перетворювача подібний ротору короткозамкнутого асинхронного двигуна, але виконаний складеним з магнітного і немагнітного матеріалів. В пази ротора закладена пускова короткозамкнута обмотка. В пазах статора розташовані первинна двополюсна і вторинна восьмиполюсна обмотка. Первинну обмотку включають в мережу 50 Гц, вторинна служить для отримання струму підвищеної частоти 200 Гц.

1.10.2 Електропривод свердлильних машин, рубанків, електроножниць

Перелік електрифікованих ручних машин, які використовуються в сільському господарстві, досить широкий і різноманітний. Розглянемо основні з них.

Електричні свердлильні машини застосовують для свердління отворів в різних матеріалах і виконання інших операцій. Шпиндель машини з'єднують з потрібним робочим інструментом, наприклад наждачним кругом, сталевую щіткою, шліфувальним кругом і др.

Кожна електрична свердлильна машина складається з електродвигуна, зубчатої передачі і шпинделя (рис. 1.10.4). Потужність електродвигунів знаходиться в межах від 0,1 до 0,8 кВт, частота обертання

якоря 2800...12 000 об/хв, напруга живлення 220 і 36 В частота струму 50 і 200 Гц, маса машини 1,4...9,1 кг.

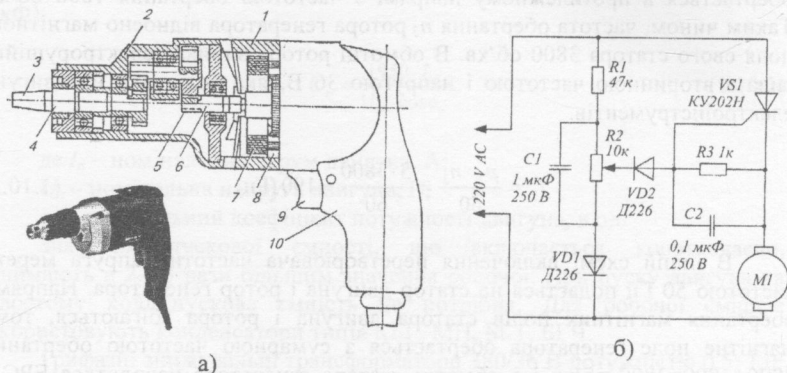


Рисунок 1.10.4 – Електросвердлильна машина для металу

(а – кінематична схема; б – схема регулятора швидкості; 1 – корпус, 2 – перший редуктор, 3 – конус, 4 – робочий вал, 5 – другий редуктор, 6 – ведучий вал, 7 – статор, 8 – ротор, 9 – вимикач, 10 – рукоятка).

Електроножиці С-424 (рис. 1.10.5, а), призначені для різання листової сталі, приводяться в дію універсальним колекторним електродвигуном (400 Вт, 220 В), вбудованим в корпус 18. Обертальний момент передається від зубчатого вінця 12, нарізаного на валу електродвигуна, через шестерні 9, 10, 11 кривошипному валу 6, кінець якого заходить в підшипник 7 вкладиша 8 в пазу повзуна 4. Вал 6 надає повзуну і ножу 3 зворотно-поступальний рух. Повзун рухається усередині корпусу 5 редуктора, ножі 2 і 3 розрізають метал. Нерухомий ніж кріпиться до тримача 1. Положення ножів регулюють гвинтами 16 і 17. В скобоподібну рукоятку 13 вмонтований двополюсний вимикач 15 з пусковим курком і конденсаторний фільтр 14 для зменшення радіозавад.

Дискова шліфувально-різальна машина (болгарка) (рис. 1.10.5, б) призначена для різання металевих листів і профільного матеріалу. Основні вузли: однофазний універсальний колекторний двигун 22 потужністю 270 Вт, редуктор 21, пильний диск 24 з кожухом 20, рукоятки 19 і 23. В рукоятку 23 вмонтований вимикач курка і захисна трубка шнура. До мережі електропилка приєднується двополюсним штепсельним з'єднанням із захисним контактом. Частота обертання електродвигуна 11600 об/хв, диска – 6800 об/хв. Режим роботи тривалий. Діаметр диска 200 мм Глибина пропилю 50 мм

Електрорубанок І-25 (рис. 1.10.5, в), призначений для стругання виробів, приводиться в дію оберненим трифазним асинхронним електродвигуном 28 (200 Вт, 2400 об/хв, ПВ-40%). Вузли, рубанка змонтовані на жорсткій рамі 33. На циліндровій частині ротора двигуна

укріплені ножі 27, ріжучі кромки яких виходять за кромку опорного виступу на 2,5...3 мм. Ротор закритий кожухом 29. Товщину стружки регулюють, змінюючи положення панелей 34 і 36. Глибину стругання регулюють гвинтами 26 і 30. Гальмо 35 прискорює зупинку двигуна після відключення. Управляють рубанком за допомогою рукояток 25, 32 і вимикача курка 31. Ширина і глибина стругання 60 і 1,5 мм, швидкість різання 19,5 м/с.

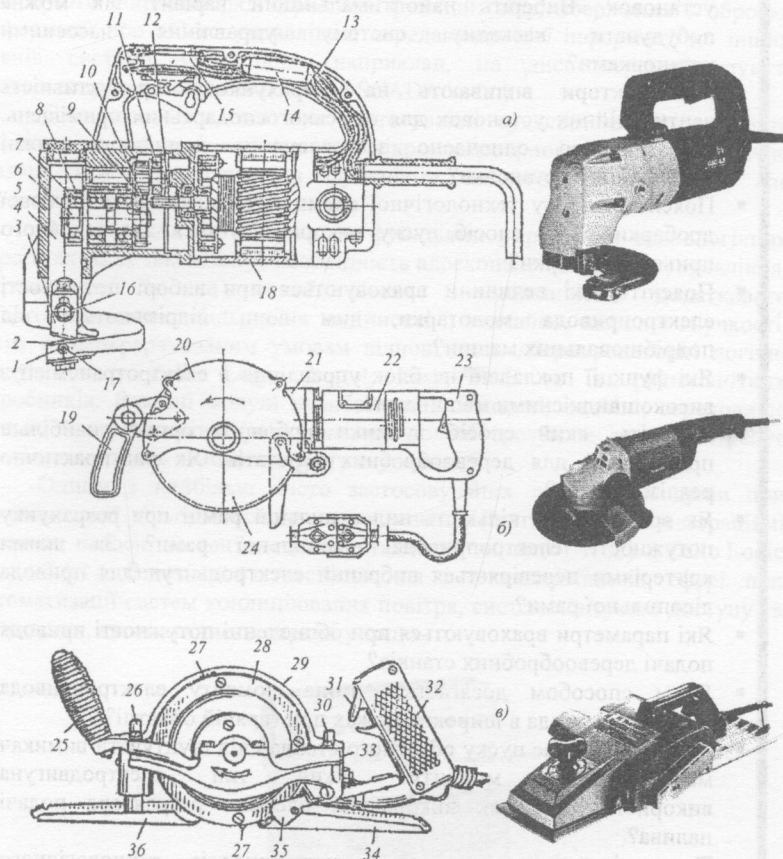


Рисунок 1.10.5 – Електропривод ручних інструментів

а – електроножиць, б – дискової електропилки, в – електрорубанка;

(1 – тримач; 2 – нерухомий ніж; 3 – рухомий ніж; 4 – повзун; 5 – корпус редуктора; 6 – кривошипний вал; 7 – підшипник; 8 – вкладиш; 9, 10, 11 – шестерні; 12 – зубчатий вінець; 13 – рукоятка; 14 – фільтр; 15 – вимикач; 16, 17 – гвинти; 18 – корпус; 19, 23 – рукоятки; 20 – кожух; 21 – редуктор; 22 – двигун; 24 – тильний диск; 25, 32 – рукоятки; 26, 30 – гвинти; 27 – ножі; 28 – електродвигун; 29 – кожух; 31 – вимикач; 33 – рама; 34, 36 – панелі; 35 – гальмо).

Контрольні запитання



- Що називається інерційними характеристиками, як залежить від них динаміка електропривода?
- Які умови експлуатації електроприводів в агропромисловому комплексі? Поясніть способи поліпшення умов експлуатації.
- Проаналізуйте способи регулювання продуктивності насосних установок. Виберіть найоптимальніший варіант. Як можна побудувати каскадну систему управління насосними установками?
- Які фактори впливають на розрахункову продуктивність вентиляційних установок для сільськогосподарських приміщень. Чи можливо одночасно застосовувати припливно-витяжні вентиляційні установки?
- Поясніть роботу технологічної схеми безрешіткової молоткової дробарки. Який спосіб пуску використовується для головного привода дробарки?
- Поясніть, які величини враховуються при виборі потужності електропривода молотарки, чим вони відрізняються від подрібнювальних машин?
- Які функції покладені на блок управління в електротрансмісії з високошвидкісними машинами?
- Поясніть, який спосіб зупинки робочого органу найбільш прийнятний для деревообробних верстатів. Як він практично реалізовується?
- Як враховується кількість пилу в пильній рамі при розрахунку потужності електропривода лісопильної рами? За якими критеріями перевіряється вибраний електродвигун для привода лісопильної рами?
- Які параметри враховуються при обчисленні потужності привода подачі деревообробних станків?
- Яким способом досягається зміна моменту електропривода обкатного стенда в широких межах при гарячій обкатці?
- Для чого під час пуску обкатного стенда слід шунтувати вимикач максимального моменту? Який тип електродвигуна використовується як виконавчий елемент регулятора подачі палива?
- Проаналізуйте вимоги до електроприводів технологічного обладнання, що входить до складу ліній роздачі кормів. Поясніть роботу схеми управління електроприводами ліній роздачі кормів в одноярусних кліткових батареях.
- Поясніть роботу схеми управління автоматизованим топковим пристроєм зерносушильного пункту.

2 ПРОГРАМУВАННЯ ЛОГІЧНИХ МОДУЛІВ ZELIO

Використання мікропроцесорної техніки в технологічних процесах зростає з кожним роком. Тепер головною частиною майже кожної системи автоматичного управління є обчислювальна машина: або мікроконтролер, або промисловий комп'ютер, або ПЕОМ. Такі системи крім основної задачі – управління установкою, агрегатом або ходом всього процесу – виконують широкий ряд сервісних функцій: збір, зберігання і обробка інформації про об'єкт управління, передавання цієї інформації до інших рівнів системи управління (наприклад, на диспетчерський пункт, інтегровану систему автоматизації SCADA та ін.).

Слід зазначити, що при застосуванні сучасної елементної бази вартість розробки і собівартість мікропроцесорного пристрою значно нижча, ніж однакового за функціями аналогового пристрою, але ефективність системи значно вища.

В невеликих за об'ємом та функціями управління технологічних агрегатах АПК також існує необхідність вдосконалення систем управління, переведення їх на новий рівень з можливістю додаткового енергозбереження, збільшення надійності і, звичайно, надання гнучкості. Усім вищеперерахованим умовам відповідають мікропроцесорні логічні модулі класу Zelio Logic, Logo!, Easy, FAB та ін. різноманітних виробників. Вказані модулі невибагливі в монтажі, надійні, середовище для їх програмування (*programming*) доволі зрозуміле та не потребує спеціальних знань та навиків програмування.

Одним з найбільш часто застосовуваних логічних модулів при автоматизації сільськогосподарських машин (іригаційні та меліораційні системи, насосні та вентиляційні установки, теплиці і т. д.) є Zelio Logic (рис. 2.1.1). Відомі його застосування і в невиробничій сфері при автоматизації систем кондиціонування повітря, систем контролю доступу та освітлення, автоматичного паркінгу тощо.

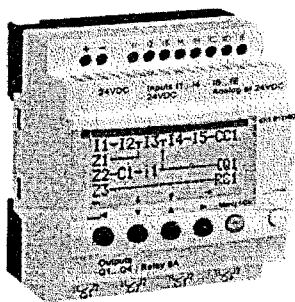


Рисунок 2.1.1 – Логічний модуль Zelio Logic

Розрізняють модульні та компактні контролери (*controllers*) Zelio Logic, які відрізняються можливістю нарощення структури шляхом додавання модулів розширення (входів/виходів, додаткових комунікацій, модему – в цілому до 40 модулів). В контролерах компактного виконання така можливість відсутня.

Кількість входів/виходів вказаних контролерів може становити 10, 12, 20 або 26 залежно від модифікації, а живлення забезпечується напругою 12 В або 24 В DC або 24 В, 127 В, 220 В AC. Напряга живлення, наявність дисплею на лицевій панелі контролера та функціональних кнопок, наявність аналогових входів, оснащення його годинником реального часу, картою пам'яті також визначається його модифікацією. Модифікацію контролера зручно вибрати/змінити під час розробки програми його функціонування.

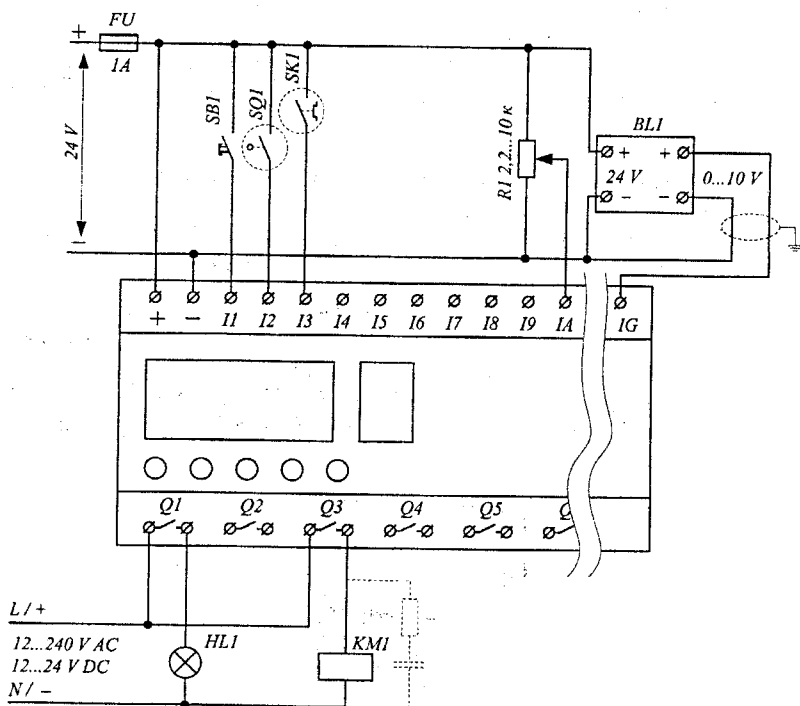


Рисунок 2.1.2 – Схеми підключення зовнішніх пристроїв до контролера

Таблиця 2.1.1 – Характеристики модулів Zelio Logic

	Параметр	Од. вимір.	Значення
Блоки живлення	Номинальна напруга	В	12, 24, 220
	Допустиме відхилення напруги	В	± 4
	Номинальний споживаний струм (з модулями розширення)	мА	280 (415)
	Потужність розсіювання	ВА	до 10
	Короткочасне відключення	мс	до 10
	Напруга випробування ізоляції	В	1780
Дискретні	Номинал входів: напруга струм,	В мА	24 4,4
	Граничний рівень комутації входів: в стані 1 в стані 0	В, А В, А	$>14, >2$ $<5, <0,5$
	Швидкість відклику	мс	50
	Захист від неправильного підключення	–	наявний
Аналогові входи IB...IG	Діапазон вхідних напруг	В	0...10 (0...24)
	Вхідний опір	кОм	12
	Максимальна напруга	В	до 30
	Значення молодшого біта	мВ	39
	Перетворення: дозвіл	біт	8
	швидкість	мс	6 (цикл)
	точність	%	± 5
	повторюваність	%	± 2
	Максимальна довжина кабелю (екранованого)	м	до 10
	Захист від неправильної полярності		наявний
Релейні виходи	Гранична робоча напруга	В	5...250
	Тепловий струм	А	до 8
	Електрична міцність для 500 000 комутац. циклів: (МЕК/EN 60947-5-1) категорія DC-13 напруга струм	В А	24 ($L/R > 10\text{мс}$)
	категорія AC-15 напруга струм	В А	0,6 ~230 0,9
	Мінімальний струм комутації (при напрузі 12 В)	мА	10
	Максимальна частота комутації без навантаження з робочим струмом	Гц	10 0,1
	Механічна міцність комутаційних циклів	млн	10
	Номинальна імпульсна напруга (МЕК/EN 60664-1)	кВ	4
	Швидкість відклику вмикання вимкнення	мс	10 5

Важливим етапом втілення контролерів в системи управління технологічними процесами АПК є розробка їх програми функціонування. Вона створюється за допомогою спеціального середовища розробки відповідно до особливостей технологічного процесу, вибраного типу

базового модуля та модулів розширення згідно з необхідною кількістю входів/виходів. Тому при проектуванні таких систем важливо оволодіти методикою розробки програм контролерів та основними інструментами середовища розробки (*development environment*).

2.1 Короткий огляд програмного забезпечення

Існує два шляхи для програмування модулів *Zelio Logic*:

- з передньої панелі модуля

(такий підхід розрахований на досвідчених фахівців для локальних змін в програмі управління контролером, програмування можливе тільки мовою LD);

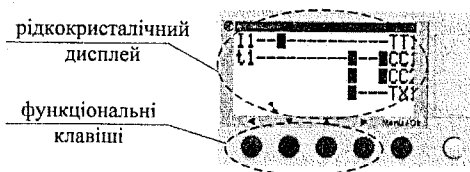


Рисунок 2.1.3 – Передня панель модуля *Zelio* з функціональними клавішами Z1 ... Z4

- за допомогою програмного забезпечення (*software*) *ZelioSoft*

(вказаний підхід розрахований на фахівців, що володіють програмним забезпеченням, яке зазвичай використовується в автоматизації, модулі, які не оснащені екраном, можуть програмуватися лише з допомогою програмного забезпечення).

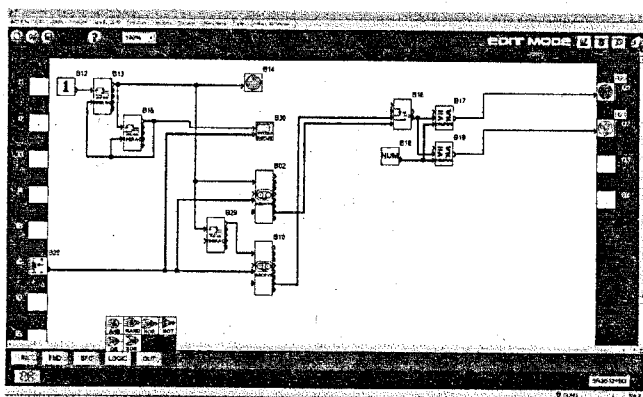


Рисунок 2.1.4 – Головне вікно програмного забезпечення *ZelioSoft*

Програмне забезпечення *ZelioSoft* пропонує до використання дві мови програмування, а саме: *FBD (Function Block Diagram)* та *LD (Ladder Diagram)*, які відносяться до таких, що затверджені стандартом Міжнародної електротехнічної комісії IEC 61131 частина 3.

Вказані мови програмування мають можливість керувати та конфігурувати найпростіші вбудовані функціональні блоки таймерів та лічильників та спеціальні блоки арифметичних обчислень, корекції часу та управління зовнішніми комунікаціями модулів.

Мова *LD* є графічною мовою. Вона може використовувати переписані у схемному вигляді діаграми роботи електромеханічних реле, які застосовуються для конкретного об'єкта управління (наприклад, пуск асинхронного двигуна з фазним ротором, управління автоматичними воротами, пропускною системою, світлофорами і ін.). Створення програми забезпечується основними графічними символами: контактами, котушками. Обчислення виконуються за допомогою спеціальних блоків операцій.

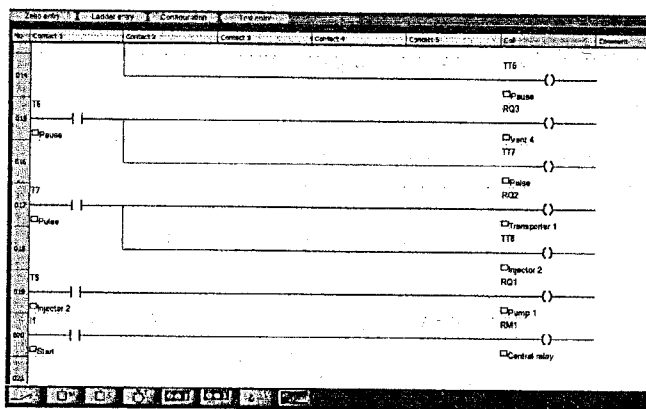


Рисунок 2.1.5 – Приклад програми, розробленої мовою LD

Мова *FBD* дозволяє графічне програмування, основане на використанні вбудованих функціональних блоків. В цій мові пропонується широкий ряд основних функцій: таймерів, лічильників, логічних елементів, компараторів та ін. Приклад програми, розробленої мовою *FBD*, показаний на рис. 2.1.4.

В роботі з програмним забезпеченням *ZelioSoft* є два можливі режими:

- **режим введення** – режим введення (*edit mode*) використовується для створення програм мовою *LD* або *FBD*, що відповідають відкритому проекту.

- режим налагодження – режим налагодження потрібен для завершення розробки проекту, що має передаватися в модуль. Режим налагодження поданий в *ZelioSoft* двома способами:
- спосіб моделювання (*simulation mode*) – розроблений проект запускається на виконання без передачі його в модуль. При цьому вікно симуляції роботи модуля оновлюється з виконанням кожної дії програми (зміни стану дискретних/аналогових входів, виходів і ін.);
- спосіб моніторингу (*monitoring mode*) – розроблений проект передається в модуль і виконується безпосередньо ним, програмне забезпечення *ZelioSoft* (ПЗ) підтримує зв'язок між ПК (персональним комп'ютером) та модулем.

В режимі налагодження можна шляхом доступу (*Edit / Supervision / Front Panel*) переглянути стани виходів, функціональних блоків відповідно до створеного проекту, змінивши стани входів модуля для перегляду коректності його виконання.

2.2 Створення та зміна конфігурації проекту

Етап створення конфігурації проекту (*project configuration*) є досить важливим, оскільки він визначає майбутнє робоче оточення модуля (тип модуля, наявність модулів розширення входів/виходів, модулів зовнішніх комунікацій і ін.). При створенні конфігурації, що не відповідає наявній, розроблений і переданий в базовий модуль проект не запускатиметься на виконання.

На вказаному етапі здійснюється:

- вибір типу базового модуля та модулів розширення;
- вибір мови програмування (*LD/FBD*).

Зміна конфігурації використовується, для того, щоб змінити тип базового модуля та/або тип модуля розширення, коли проект відкритий в режимі введення. Якщо користувач змінює також і мову програмування проекту, то відкритий режим введення повинен бути закритий і створено новий проект (призначена для користувача програма). Ця дія може також використовуватися для того, щоб створити новий проект, коли попередньо ніякий проект не був відкритий в режим введення (таким же чином як *File / New*).

Створення/зміна конфігурації здійснюється в три етапи:

- пропонується вікно вибору типу модуля з коротким його описом (кількість входів/виходів, напруга живлення, наявність годинника реального часу, дисплею, доступні мови програмування) – рис. 2.2.1;

- після вибору типу модуля та натиснення кнопки «Далі» відкривається вікно вибору/зміни модулів розширення – рис. 2.2.2;
- за вибраним(и) модулем розширення у новому вікні вибирається мова програмування.

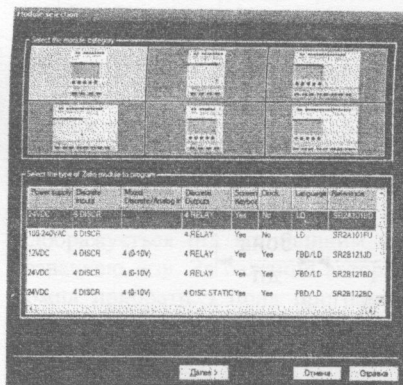


Рисунок 2.2.1 – Вікно вибору типу базового модуля

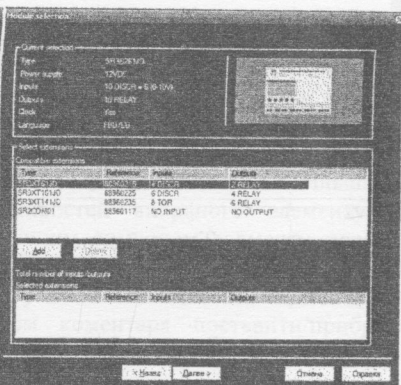


Рисунок 2.2.2 – Вікно вибору модуля розширення

Після закінчення етапу створення/зміни конфігурації в ПЗ відкривається вікно введення (створення проекту), яке є різним для мов програмування *LD* або *FBD*. Для розробки проекту мовою *FBD* вікно має специфічний фон для набору функціональних блоків та ліній зв'язку між їх входами/виходами з позначеними входами/виходами базового модуля та модулів розширення по правій та лівій стороні. Тип модуля та його розширення вказуються у нижній частині вікна введення. Якщо передбачено розробку проєкту мовою *LD*, то вікно введення є набором ланок, кожна з яких складається з 5 послідовних контактів та котушки. Функції *LD* подані в панелі під полем програми.

2.3 Програмування мовою *LD*

2.3.1 Структура сітки *LD*

Композиція сітки *LD* (рис. 2.3.1) побудована з використанням двох основних елементів: графічних елементів та коментарів. Графічні елементи у вигляді контактів та котушок розташовані в основному робочому полі програми, а коментарі (*Comments*) записуються справа від основного поля

навпроти кожної ланки (сходинок *LD – ladder*). Назва мови походить від англійського виразу «Сходиноква діаграма» – «*Ladder diagram*».

Кожна ланка сітки *LD* має структуру, яка подана на рис. 2.3.1.

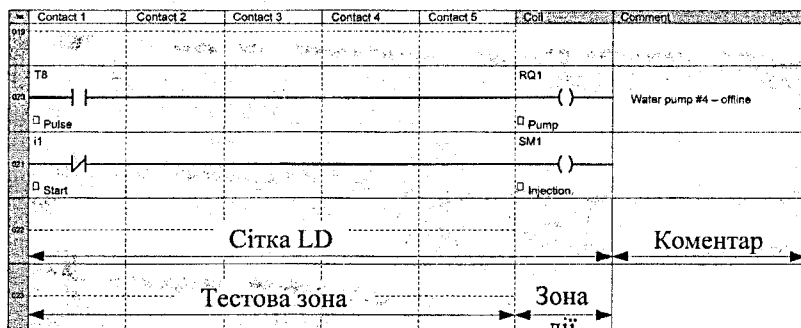


Рисунок 2.3.1 – Структура поля програми *LD*

В програмі можна використати максимум 120 ланок (сходинок).

В *тестовій зоні* вказуються умови (у вигляді стану контактів), які необхідні для спрацювання елемента, пов'язаного з котушкою. В *зоні дії* отримується результат логічної комбінації елементів тестової зони (у вигляді спрацювання котушки реле).

Під дією елемента програми, який розташований в зоні дії і виконує певну функцію автоматики, слід розуміти зміну статусу цього елемента (таймера, лічильника, проміжного реле або виходу модуля). Наприклад, дія *RQ1* (рис. 2.3.1) викликає скидання сигналу на виході базового модуля *Q1*, а дія *SM1* – встановлення проміжного реле *M1* у включений стан.

В структурі мови *LD* функції автоматики (таймери, лічильники, проміжні реле і ін.) визначаються з допомогою елементів: (вхідних даних або дій, вихідних даних або станів виходів, параметрів коректування). Структура функцій автоматики (*automatic function*) відображена діаграмою на рис. 2.3.2.

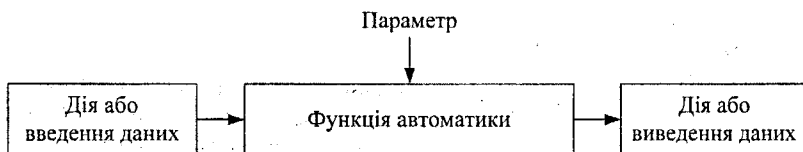


Рисунок 2.3.2 – Структура функціональних блоків *ZelioSoft*

Введеними даними можуть бути сигнали від датчика технологічного параметра, що з'єднаний з вказаним входом модуля, найпростішою типовою функцією автоматики є компаратор сигналу від датчика із заданим сигналом (константою), вихідною дією є формування імпульсу на переміщення виконавчого механізму регулювання того ж технологічного параметра або пов'язаного з ним формування світлового, звукового сигналу, текстового повідомлення тощо.

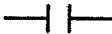
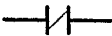
Коментарі у розробленому проекті не є необхідними до заповнення, але вони суттєво спрощують його відладку та представлення. Коментарі, які приєднані до ланок програми, вказуються в окремій колонці з правої сторони зони дії (рис. 2.3.1). Бажаний обсяг коментарів – не більше 192 символи. Крім того коментар може бути присвоєний також окремому елементу проекту, функції автоматики – такий коментар (не більше 25 символів) вказується в вікні властивостей вибраного елементу та відображується під відповідним графічним символом елементу поряд з позначкою «□». За бажання автора проекту коментарі окремих елементів можна прибрати з поля програми – у вікні властивостей відповідного елементу поряд з введеним текстом коментаря поставити/прибрати позначку «*Display the comment*».

2.3.2 Графічні елементи мови LD

Графічні елементи є інструкціями мови LD.

Графічний елемент «контакт» встановлюється в тестовій зоні і займає одну комірку (один ряд у висоту та одну колонку в ширину). Вид графічного елементу «контакт» може бути поданий електричним символом або символом мови LD (табл. 2.3.1).

Таблиця 2.3.1 – Графічні елементи «контакт»

Назва	Символ LD	Електричний символ	Функції
Нормально відкритий контакт			Замикає коло при активному управляючому вході (датчик, перемикач тощо)
Нормально закритий контакт			Замикає коло, якщо управляючий вплив неактивний

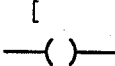
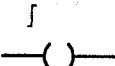
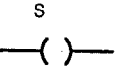
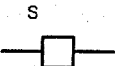
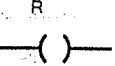
З'єднувальні графічні елементи у вигляді ліній зв'язку між елементами в тестовій зоні та зоні дії розділяються на вертикальні та горизонтальні. Горизонтальне з'єднання використовується для з'єднання елементів тестування та елементів дії. Виконання дії між двома

послідовними елементами являє собою логічну функцію І. Горизонтальне з'єднання пересилає стан контакту, розташованого безпосередньо зліва від нього до контакту, розташованого справа. Вертикальне з'єднання призначене для виконання дії між двома паралельними елементами. Вертикальне з'єднання являє собою логічне АБО активних станів горизонтальних дій, розташованих зліва від нього.

Графічні елементи «котушка» вставляються в зоні дії і займають одну комірку (один ряд у висоту і одну колонку в ширину).

Вид графічного елемента «котушка» також може бути поданий електричним символом або символом мови LD. Різновиди котушок та їх функції показані в табл. 2.3.2.

Таблиця 2.3.2 – Графічні елементи «котушка»

Назва	Символ LD	Електричний символ	Функції
Звичайна котушка			Переходить в активний стан при виконанні умови в тестовій зоні; переходить в пасивний стан при невиконанні умови тестової зони
Імпульсна котушка			Переходить в активний стан при першому виконанні умови в тестовій зоні і утримує його (по непарних імпульсах); переходить в пасивний стан при виконанні умови тестової зони в наступний раз (по парних імпульсах)
Тригерна котушка типу Set (S)			Встановлює відповідне проміжне реле або вихід модуля в активний стан при першому виконанні умови в тестовій зоні і утримує його незалежно від подальших змін у тестовій зоні
Тригерна котушка типу Reset (R)			Встановлює відповідне проміжне реле або вихід модуля в пасивний стан при першому виконанні умови в тестовій зоні і утримує його незалежно від подальших змін у тестовій зоні

2.3.3 Правила програмування мовою LD

Програма, написана мовою LD повинна підпорядковуватись таким правилам:

- окремий елемент у тестовій зоні, елемент в зоні дії повинні займати одну комірку всередині сітки LD;
- всі горизонтальні ланки сітки LD повинні закінчуватися щонайменше однією дією (котушкою) в останній колонці;
- дії завжди знаходяться в колонці, призначеній для котушок (зона дії)
- котушка, що відповідає виконанню певної дії, пов'язана з певною функцією автоматики (таймером, лічильником, проміжним реле, текстовим блоком, виходом модуля тощо);
- статус функції автоматики може бути використаний як умова або тест (контакт). В такому разі контакт приймає ім'я асоційованої функції (наприклад контакт «T1» являє собою статус (стан) таймера «T1»)
- зв'язки в полі програми читаються (інтерпретуються) зліва направо;
- якщо в проекті використовується дія «S» (Set – установа тригера) проміжного реле або дискретного виходу, то в межах цього ж проекту потрібно використати дію «R» (Reset – скидання) відповідного елементу;

Примітки:

1. Дія «S» може використовуватися без дії «R» для визначення неправильних операцій, що можуть бути скинуті лише при доступі з передньої панелі модуля «Menu → Run/Stop → With nonvolat ini».

2. Дія «R» (Reset – скидання) завжди має пріоритет над дією «S» (Set – установа), що використовується для одного елементу в один і той же момент.

3. Горизонтальні ланки поля програми можна розглядати як звичайну електричну схему, що з'єднує ліву колонку сітки (живлення + V) з правою колонкою (живлення 0 V).

2.3.4 Етапи підготовки програми

В процесі роботи в середовищі «ZelioSoft» слід користуватися базовими правилами для розробки, зрозумілими іншим фахівцям програм. Для цього потрібно:

- визначити входи/виходи модуля відповідно до керованого об'єкта та додати необхідні коментарі;

- визначити необхідну кількість функцій автоматики, яка відповідає потребам проекту (наприклад: 3 лічильники, 4 таймери, 2 аналогових компаратори);
- забезпечити кожну функцію необхідними параметрами (за прикладом на рис. 2.3.2):
 - вхідними даними
 - вихідними даними
 - регульованими параметрами
- прокоментувати кожну функцію (за прикладом на рис. 2.3.3)

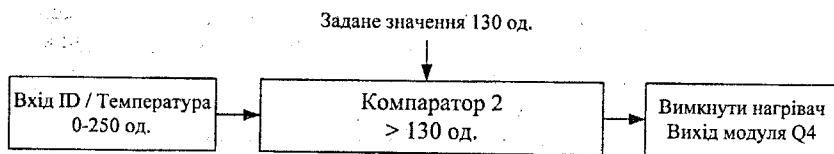


Рисунок 2.3.3 – Приклад визначення функції автоматики

- протестувати кожну функцію:
 - вихід в загальному випадку повинен знаходитися лише в одному місці програми,
 - дія «*Set*» повинна супроводжуватися дією «*Reset*»,
 - перевірити входи *Reset* таких функцій автоматики як *Timer*, *Counter* та *Text* (таймер, лічильник, дія виведення текстового повідомлення на екран модуля).

2.3.5 Режим введення програми «*Free entry*»

Створення проекту в основному режимі «*Free entry*» забезпечується шляхом перетягування потрібних функцій автоматики з функціональної панелі інструментів (у нижній частині головного вікна програмного середовища) на основне поле програми (тестову зону та зону дії). Для виконання програми у горизонтальному та вертикальному напрямках відносно сітки LD використовуються горизонтальні та вертикальні лінії зв'язку (див. рис. 2.3.1).

При виборі на панелі інструментів потрібної функції відображується список усіх доступних функцій такого виду (рис. 2.3.4 – список доступних функцій дискретних виходів «*Discrete outputs*»). З цього списку слід вибрати потрібний тип функції (котушка або контакт – тобто, вхід або вихід функції), потім перетягнути його на потрібну позицію розроблюваного проекту. Крім того, в цьому ж вікні можна вказати

коментар для вибраної функції. У списку доступних функцій відображаються такі елементи:

- список можливих контактів (входів, початкових умов даної функції);
- список можливих котушок (дій даної функції);
- коментар, асоційований з вибраною функцією.

Для функцій, що потребують введення додаткових параметрів (лічильники, таймери, компаратори тощо), доступ до вікна параметрів здійснюється подвійним кліком на вибраному елементі функції (контакту або котушці) або в режимі «Configuration» (рис. 2.3.4 – над полем програми).

Лінії з'єднання додаються кліком на горизонтальні та вертикальні штрихові лінії в області введення програми.

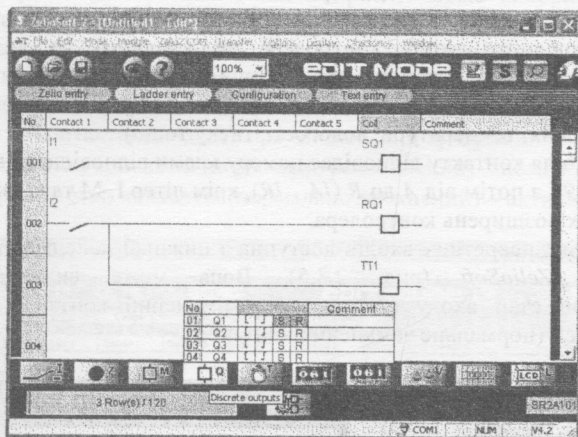


Рисунок 2.3.4 – Список доступних функцій на панелі інструментів вікна *ZelioSoft*

2.3.6 Режим введення коментарів «Text entry»

Текстовий режим «Text entry» дозволяє провести перегляд входів/виходів та інших функцій автоматики, що використані в проекті.

Важливо визначити кожен вхід вичерпним та зрозумілим коментарем для кращого розуміння проекту. Цей режим використовується для текстових позначень таких елементів:

- дискретних входів I_x ;
- функціональних клавіш Z_x ;
- дискретних виходів Q_x ;

- додаткових реле Mx ;
- таймерів, лічильників, компараторів;
- функціональних блоків годинника реального часу, виведення текстового повідомлення;
- підсвічування РК дисплею.

В режимі введення програми «Ladder entry» коментарі будуть відображені під графічним символом відповідного блока або функції автоматики.

2.3.7 Елементи мови LD

Дискретні входи. Дискретні входи можуть у проекті використовуватися виключно як контакти. Ці контакти являють собою статус відповідного входу контролера, під'єднаного до дискретного датчика, наприклад, кнопки, перемикача, кінцевого чи шляхового вимикача, датчика наявності об'єкта, датчика-реле технологічного параметра (рівня, температури, вологості, тиску тощо).

Число біля контакту відповідає номеру клеми відповідного входу: від 1 до 9 ($I1...I9$), а потім від A до R ($IA...IR$), крім літер I , M та O , відповідно до доступних розширень контролера.

Функція дискретних входів доступна з нижньої панелі інструментів середовища *ZelioSoft* (рис. 2.3.5). Вона може використовувати безпосередній стан входу (нормально розімкнений контакт) або його інверсний стан (нормально замкнений контакт).

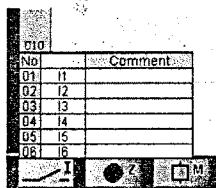


Рисунок 2.3.5 – Доступ до функції дискретних входів середовища *ZelioSoft*

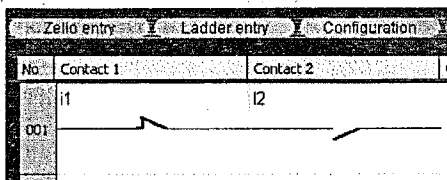


Рисунок 2.3.6 – Нормально замкнений ($I1$) та нормально розімкнений ($I2$) контакти дискретних входів

Символьне позначення нормально розімкненого контакту починається з великої літери, а нормально замкненого – з малої (рис. 2.3.6). Для зміни стану контакту в розробленому проекті слід на вибраному елементі зробити клік правою кнопкою, вибрати з доступних станів необхідний та підтвердити вибір лівим кліком.

При ініціалізації програми прямиий стан контактів (нормально розімкнений) – неактивний, інверсний стан контактів (нормально замкнений) – активний.

Дискретні виходи відповідають котушкам вихідних виконавчих елементів модуля. Ці виходи в програмному середовищі *ZelioSoft* пронумеровані від 1 до 9 (*Q1...Q9*), а потім від *A* до *G* (*QA...QG*) відповідно до розширення контролера.

Функція дискретних виходів доступна з нижньої панелі інструментів середовища *ZelioSoft* (рис. 2.3.7). При використанні функції дискретного виходу в зоні дії відповідно до табл. 2 можливі 4 режими (рис. 2.3.7) – режим звичайного реле (*Q4*), режим імпульсного реле (*Q3*), режими установалення та скидання реле (*SQ1* та *RQ1*).

Як контакт дискретний вихід в проєкті може використовуватись багаторазово. Такий контакт, як і контакт дискретного входу, може використовувати безпосередній стан виходу (нормально розімкнений контакт) або його інверсний стан (нормально замкнений контакт), наприклад, на рис. 2.3.7 – контакти виходів *Q1* та *q2*.

Статус контактів (виходів) при ініціалізації програми:

- прямиий стан контактів (нормально розімкнений) – неактивний;
- інверсний стан контактів (нормально замкнений) – активний.

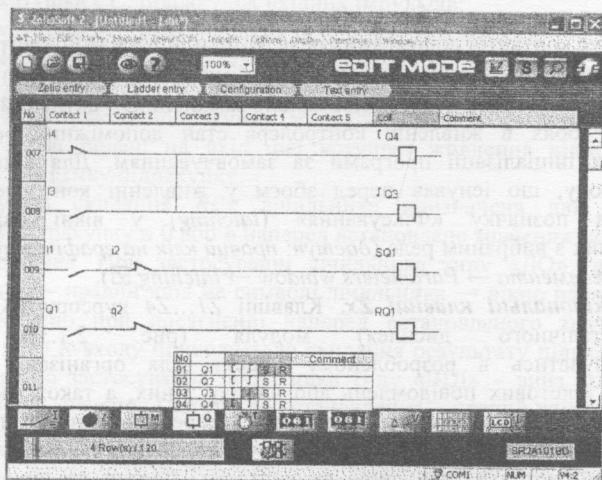


Рисунок 2.3.7 – Доступ до функції дискретних виходів та їх можливі режими

Допоміжні реле в цілому функціонують таким же чином, як і дискретні виходи модуля, але не мають електричного вихідного контакту. Їх можна використовувати як внутрішні дискретні змінні. Загальна

кількість цих елементів складає 31, в програмному середовищі *ZelioSoft* вони маркуються цифрами від 1 до 9 та літерами від А до У (за винятком І, М та О). Всі допоміжні реле можуть використовуватись в проекті як в режимі котушки, так і в режимі контакту (рис. 2.3.8). Основне їх призначення – збереження стану логічного кола, який потім використовується як контакт.

No						Comment	No						Comment
01	M1	L	J	S	R		15	MF	L	J	S	R	
02	M2	L	J	S	R		16	MG	L	J	S	R	
03	M3	L	J	S	R		17	MH	L	J	S	R	
04	M4	L	J	S	R		18	MJ	L	J	S	R	
05	M5	L	J	S	R		19	MK	L	J	S	R	
06	M6	L	J	S	R		20	ML	L	J	S	R	
07	M7	L	J	S	R		21	MN	L	J	S	R	
08	M8	L	J	S	R		22	MP	L	J	S	R	
09	M9	L	J	S	R		23	MQ	L	J	S	R	
10	MA	L	J	S	R		24	MR	L	J	S	R	
11	MB	L	J	S	R		25	MS	L	J	S	R	
12	MC	L	J	S	R		26	MT	L	J	S	R	
13	MD	L	J	S	R		27	MU	L	J	S	R	
14	ME	L	J	S	R		28	MV	L	J	S	R	

Рисунок 2.3.8 – Зразок доступу до функції допоміжних реле

Зміна стану контакту допоміжного реле, типу його котушки відбувається тим же способом, що і в дискретного виходу.

Статус контактів допоміжних реле *Mx* при ініціалізації програми:

- прямий стан контактів (нормально розімкнений) – неактивний;
- інверсний стан контактів (нормально замкнений) – активний.

При збоях в живленні контролера стан допоміжних реле буде відповідати ініціалізації програми за замовчуванням. Для відновлення стану виходу, що існував перед збоєм у живленні контролера, слід встановити позначку «Фіксування» (*latching*) у вікні параметрів, асоційованих з вибраним реле (*доступ: правий клік на графічному символі вибраного елемента* → *Parameters window* → *latching* ☒).

Функціональні клавіші Zx. Клавіші Z1...Z4 курсору РК-дисплея (рідкокристалічного дисплея) модуля (рис. 2.1.3) можуть використовуватись в розробленому проекті для організації доступу створених текстових повідомлень або виходу з них, а також як фізичні входи. Тому працюють вони так само, як і дискретні входи *Ix*. Винятком є те, що вони не мають необхідності підключення. Функціональні клавіші Zx можуть використовуватися лише як контакти. Доступ до використання клавіш у створюваному проекті з програмного середовища *ZelioSoft* відбувається через панель інструментів у нижній частині робочого поля програми (рис. 2.3.9).

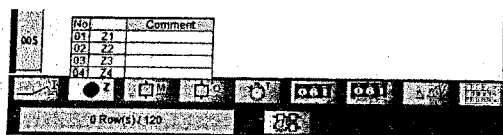


Рисунок 2.3.9 – Зразок доступу до функціональних Z-клавiш

В цілому процедура введення, зміни стану контактів Z-клавiш в проєкті тотожна до дій з дискретними входами. За замовчуванням Z-клавiші є активними і готові до використання в проєкті, якщо слід обмежити доступ до їх застосування, то потрібно змінити конфігурацію програми щодо застосування Z-клавiш (*Edit → Program Configuration → Configuration → Zx keys inactive* ☒).

Лічильник. Функціональний блок «лічильник» використовується для рахування числа імпульсів. Доступ до бібліотеки лічильників здійснюється з панелі інструментів (рис. 2.3.10). У контролера є 16 лічильників, пронумерованих від 1 до 9 та від A до G. Функція лічильника полягає в тому, що його контакт (статус) може бути змінений при досягненні деякою кількістю імпульсів попередньо встановленого значення (уставки).

Кожен лічильник має 3 асоційованих з ним котушки:

- котушка CC: підрахунок вхідних імпульсів;
- котушка RC: вхід скидання результату підрахунку;
- котушка DC: вхід визначення напрямку підрахунку.

Котушка CCx (x – номер лічильника в проєкті) відповідає входу лічильника, результат підрахунку збільшується або зменшується на 1 кожен раз при подачі на вхід цієї котушки живлення відповідно до вибраного напрямку підрахунку.

Котушка скидання RCx лічильника призначена для скидання результату підрахунку в 0 або в наперед встановлене значення залежно від типу лічильника. При застосуванні лічильника типу «ДО» (доступ до встановлення – правий клік на символі лічильника → вікно параметрів → вихід увімкнено при досягненні наперед встановленого значення ☒) активація його R-входу приводить до скидання результату підрахунку в 0. Якщо потрібно застосування лічильника типу «ВІД» – вниз від наперед встановленого значення (доступ до встановлення – правий клік на символі лічильника → вікно параметрів → вихід увімкнено при досягненні 0 ☒) , то активація R-входу лічильника веде до скидання результату підрахунку в наперед встановлене значення.

Якщо котушка DCx неактивна – підрахунок імпульсів здійснюється в сторону додавання, якщо вхід DCx активний (на котушку подано живлення), то підрахунок проводиться в сторону віднімання. Якщо в

проекті вхід DCx не задіяний, то, за замовчуванням підрахунок імпульсів здійснюється лише в додатному напрямку.

Підрахунок імпульсів у від'ємному напрямку можна проводити при одночасній подачі одного тестового сигналу на два входи лічильника CCx та DCx , з'єднавши ці котушки паралельно.

В тестовій зоні лічильник може використовуватися як контакт (нормально відкритий чи нормально закритий) для визначення:

- досягнення значення уставки (рахунок додатний – вверх);
- досягнення значення 0 (рахунок від'ємний – вниз).

При досягненні наперед встановленого значення лічильника його статус Cx (контакт) змінюється і потім зберігається програмою навіть при наступному збільшенні результату підрахунку. Змінити статус лічильника після досягнення наперед встановленого значення можна шляхом подачі сигналу на R -вхід (*Initialization*), або зменшення результату підрахунку шляхом подання на вхід декрементних імпульсів при активному вході Dx .

№					Comment
01	C1	C	D	R	
02	C2	C	D	R	
03	C3	C	D	R	
04	C4	C	D	R	
05	C5	C	D	R	
06	C6	C	D	R	
07	C7	C	D	R	
08	C8	C	D	R	
09	C9	C	D	R	
10	CA	C	D	R	
11	CB	C	D	R	
12	CC	C	D	R	
13	CD	C	D	R	
14	CE	C	D	R	
15	CF	C	D	R	
16	CG	C	D	R	

Рисунок 2.3.10 – Зразок доступу до бібліотеки лічильників

Максимальний результат підрахунку рівний 32767. За замовчуванням, при збої живлення модуля, значення лічильника виставляється в те, яке було при ініціалізації програми. Для відновлення значення лічильника, яке було до вимкнення живлення, слід встановити позначку «Фіксування» (*latching*) у вікні параметрів, асоційованих з вибраним лічильником.

Компаратор лічильника. Функція «Компаратор лічильника» Ix (x – номер вибраного компаратора в проекті) використовується для дво поточних значень лічильників або поточного значення лічильника з константою. Доступ до цієї функції можливий лише при використанні програмного забезпечення *ZelioSoft* і лише в мові програмування *LD*.

Доступ до бібліотеки компараторів лічильників здійснюється з панелі інструментів (рис. 2.3.11).



Рисунок 2.3.11 – Зразок доступу до бібліотеки компараторів лічильників

У проєкті можна використати до 8 компараторів лічильників, пронумерованих від 1 до 8. Функція лічильника полягає в тому, що його контакт (статус) може бути змінений при досягненні кількістю імпульсів попередньо встановленого значення (уставки).

Використання функції компаратора лічильника I_x можливе лише в тестовій зоні програми як контакта (нормально розімкненого або нормально замкненого), стан якого відповідає результату порівняння підрахунку вибраного лічильника S_x з уставкою (константою або іншим лічильником). Якщо в проєкті вибрано нормально розімкнений контакт, то він замикатиметься при виконанні умови порівняння, якщо нормально замкнений – то в такому ж разі він замикатиметься.

Введення умови порівняння компаратора лічильників відбувається у вікні його параметрів (доступ: правий клік на графічному елементі компаратора лічильника I_x в полі програми $\rightarrow$ *Parameters window* $\rightarrow$ *Parameters*). Вікно параметрів настроювання компаратора лічильника наведено на рис. 2.3.12.

Формула порівняння наведена у верхній частині вікна параметрів і виглядає таким чином:

$$S_x + x < \text{оператор порівняння} > S_y + y$$

Оператор порівняння встановлюється натисненням відповідної кнопки під формулою порівняння ($>$, $\geq$, $=$, $\neq$, $\leq$ або $<$). S_x та S_y відповідають лічильникам або константам, які порівнюються (номер вибирається з розгорнутого списку). Константи зміщення x та y (якщо вони необхідні) встановлюються у цьому ж вікні, але повинні знаходитись в діапазоні від -32768 до 32767 . Позначка блокування (*locking* ☒), що вибирається у цьому ж вікні, запобігає зміні параметрів компаратора лічильників при відкритому доступі до програмування модуля з його лицьової панелі.

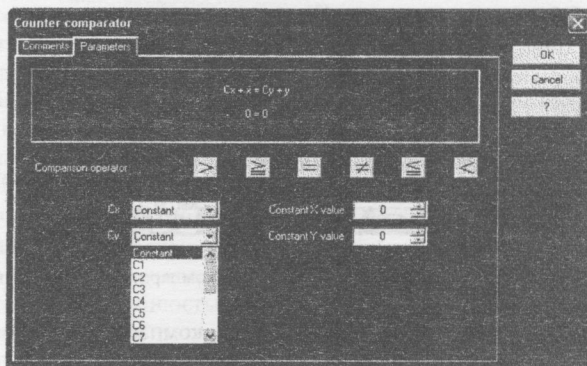


Рисунок 2.3.12 – Вікно параметрів налаштування компаратора лічильника Vx

Статус контактів компаратора при ініціалізації програми:

- прямий стан контактів (нормально розімкнений) – розімкнений;
- інверсний стан контактів (нормально замкнений) – замкнений.

Швидкий лічильник. Функція «Швидкий лічильник» (*Fast counter*) $K1$ використовується для підрахунку імпульсів до 1 кГц. Доступ до введення функції швидкого лічильника в розроблюваний проект наведений на рис. 2.3.14. Як і в звичайному лічильнику, функція швидкого лічильника $K1$ використовується як контакт, що змінює свій статус при:

- досягненні наперед встановленого значення (підрахунок вверх);
- досягненні значення 0 (підрахунок вниз).

Швидкий лічильник працює лише в тому випадку, якщо котушка активації $TK1$ активна (в прикладі на рис. 2.3.13 вона активується нормально розімкненим контактом компаратора лічильників $V1$). Скидання функції швидкого лічильника (*Fast counter*) відбувається шляхом подання тестового сигналу на котушку $RK1$.

Важливо:

- якщо поточне значення швидкого лічильника перевищує 32767, то воно стає рівним мінімальній межі –32768, а якщо поточне значення стає меншим –32768, то воно стає рівним 32767;
- функція швидкого лічильника неявно пов'язана з входами $I1$ та $I2$ контролера. Імпульс (передній фронт) на вході контролера $I1$ збільшує значення лічильника на 1, а імпульс на вході $I2$ зменшує результат підрахунку на 1. Ці входи не повинні використовуватись в програмі;
- функціональний блок швидкого лічильника не може бути протестований з допомогою емуляції програми.

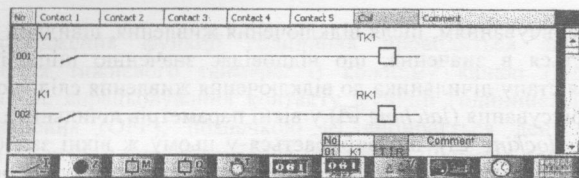


Рисунок 2.3.13 – Зразок доступу до функції швидкого лічильника та використання його в програмі

Статус контакту швидкого лічильника *K1* змінюється за тими ж правилами, що і в звичайному лічильнику.

Вікно параметрів настроювання швидкого лічильника (рис. 2.3.14) дозволяє встановити наперед встановлене значення спрацьовування контакту лічильника, вибрати тип підрахунку (у верхній області вікна). В нижній області цього вікна вибирається тип циклу підрахунку з двома доступними – одиничний цикл (*Cycle: Single*) або цикл з повторенням (*Cycle: Repetitive*).

В одиничному циклі значення лічильника змінюється на основі принципу неперервності. Вихід *K1* буде активований, якщо поточне значення лічильника буде перевищувати наперед задане значення (підрахунок вверх) або стає меншим цього значення (підрахунок вниз).

В циклі з повторенням поточне значення лічильника заново ініціалізується в момент досягнення лічильником наперед заданого значення (підрахунок вверх) або 0 (підрахунок вниз). Вихід *K1* буде встановлений на час цієї переініціалізації і буде активним протягом часу, що встановлюється в параметрах лічильника в полі *Duration of pulse* (рис. 2.3.14) в межах від 0,1 с до 3276,7 с ($1...32767 \times 100$ мс).

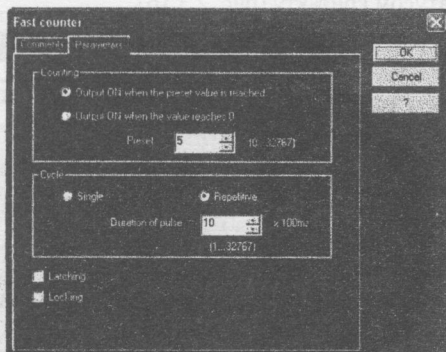


Рисунок 2.3.14 – Вікно параметрів настроювання функції швидкого лічильника

За замовчуванням, після відключення живлення, швидкий лічильник встановлюється в значення, що відповідає значенню ініціалізації. Для відновлення стану лічильника до відключення живлення слід скористатись функцією фіксування (*latching* ☒) у вікні параметрів лічильника. Позначка блокування (*locking* ☒) , що вибирається у цьому ж вікні запобігає зміні параметрів швидкого лічильника при відкритому доступі до програмування модуля з його лицьової панелі.

Годинник реального часу. Функціональний блок «Годинник» (Clock) використовується для установлення точного часу виконання ряду дій. Функція годинника реального часу можлива не для всіх контролерів – при конфігурації модуля слід на це звертати увагу (див. рис. 2.2.1 – функція Clock → Yes / No). Якщо вибрано контролер з годинником (наприклад SR2B121JD), то він має 8 функцій, пронумерованих від 1 до 8 (рис. 2.3.15)

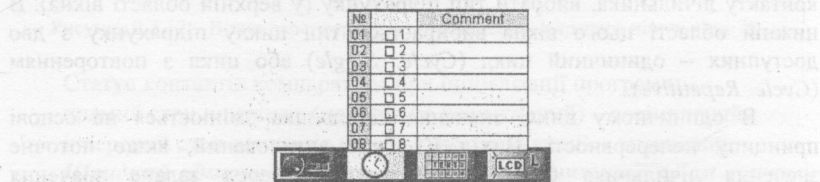


Рисунок 2.3.15 – Зразок доступу до функції годинника в середовищі ZelioSoft

Кожна з 8 функцій годинника асоціюється лише зі станом відповідного контакту в тестовій зоні програми. При налагоджуванні спрацьовування контакту функції годинника слід мати на увазі, що кожна функція має 4 операційних діапазони (A, B, C, D), що використовується для управління статусом контакту (рис. 2.3.16).

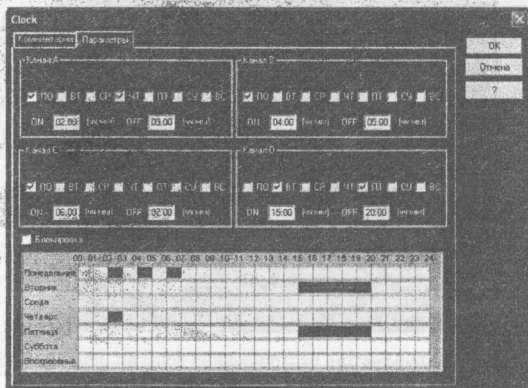


Рисунок 2.3.16 – Вікно параметрів функції годинника

Налагодження функції годинника проводиться за принципом налагодження тижневого таймера. В кожному каналі (від А до D) вводиться час спрацьовування контакту функції годинника (ON) та час його вимкнення (OFF), позначкою ☒ вибирається день тижня (від понеділка до неділі) спрацьовування контакту. Діаграма роботи контактів таймера відображується у нижній частині цього ж вікна. Наприклад, на рис. 2.3.16, вмикання контакту годинника в понеділок та четвер з 02:00 по 03:00 відбувається по каналу А, що відображено на діаграмі стану контактів відповідними затемненими прямокутниками, увімкнення контактів у понеділок з 04:00 по 05:00 здійснюється шляхом вибору цього часу спрацьовування у каналі В (див. діаграму контактів), спрацьовування цих же контактів у понеділок з 06:00 по 07:00 забезпечується налагодженням каналу С, а вмикання контактів у вівторок та п'ятницю з 15:00 по 20:00 забезпечується налагодженням каналу D.

Важливо:

- якщо годинник налагоджений на спрацьовування (ON) на понеділок на 23:00 та вимкнення (OFF) знову ж на понеділок, але на 01:00, то це означає, що годинник вимкнеться через тиждень у наступний понеділок о 01:00 (якщо не буде передбачено інших дій), а не у вівторок о 01:00.

В режимі емуляції та налагодження створеного проекту функція годинника перевіряється з допомогою акселератора (рис. 2.3.17), але при цьому режим симуляції не слід встановлювати в RUN, а попередньо перемістити курсор акселератора в потрібну дату та час, а потім запустити емуляцію на виконання, використовуючи у верхній правій частині вікна емуляції кнопки , , , та . Зміна параметрів функції годинника як контакту (нормально закритий / нормально відкритий) проводиться таким же чином, як і для функції дискретних входів.

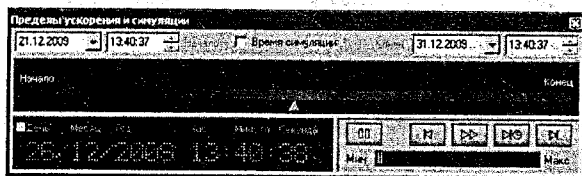


Рисунок 2.3.17 – Вікно акселератора при емуляції проекту з годинником

Функція зміни літнього/зимового часу доступна лише для модулів Zelio з годинником. Вихід цієї функції позначається W1 і асоціюється в програмі з контактом, статус якого: в літній час – активний, в зимовий час

– неактивний (для нормально розімкненого контакту взимку – розімкнено, влітку – замкнено).

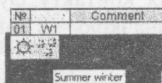


Рисунок 2.3.18 – Доступ до функції переходу з літнього на зимовий час

За замовчуванням, перехід з літнього на зимовий час не здійснюється. Для переходу слід вказану функцію активувати за такою схемою:

- викликати вікно конфігурації програми: (*Edit → Programm Configuration*).
- вибрати вкладку формату дати (*Date format*) – рис. 2.3.19;
- відмітити позначкою ☒ активацію переходу з літнього на зимовий час (*Activate the summer/winter time change*);
- встановити час переходу з літнього на зимовий час (вручну або для вибраної географічної зони).

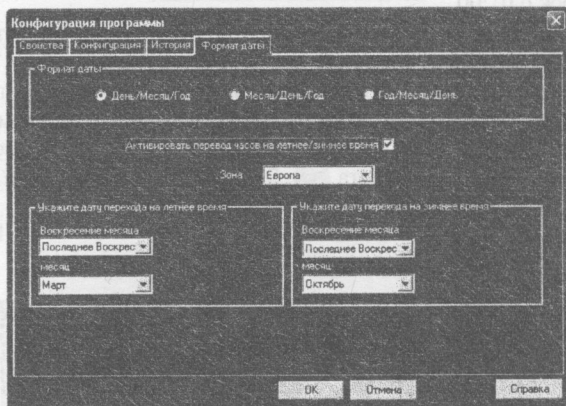


Рисунок 2.3.19 – Встановлення формату дати модуля та його переходу літній/зимовий час

Таймери. Функція «Таймери» (*Timers*) використовується для створення затримки, виконання дій заданої тривалості та протягом встановленого проміжку часу. Тривалість може бути встановленою одному або двом наперед заданим значенням відповідно до типу таймера. Значення затримок часу та тип таймера вибирається у вікні параметрів

таймера (рис. 2.3.20). Таймер в програмі асоціюється з котушкою (*TTx* та *RTx*) та контактом *Tx*. Таким чином входом таймера служить статус *TTx*, а виходом – контакт *Tx*, що відповідає стану спрацьовування таймера. Вхід *RTx* (*reset*) служить для скидання таймера в початковий стан (ініціалізації).

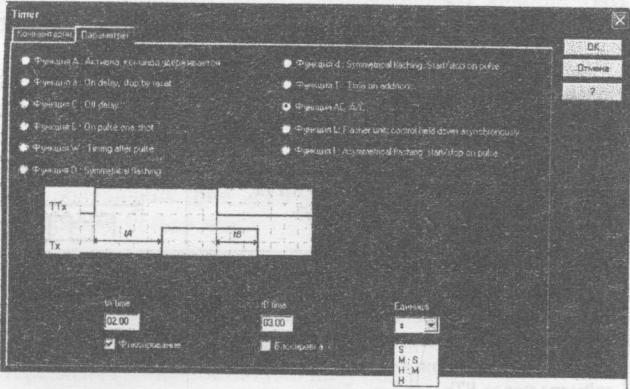


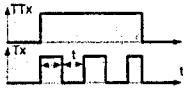
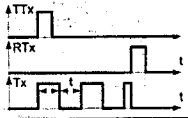
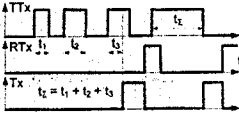
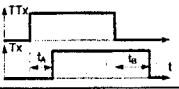
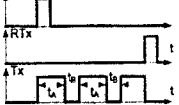
Рисунок 2.3.20 – Вікно параметрів функціонального блока таймера

Всього є 11 типів таймерів. Діаграми роботи таймерів різних типів наведено в табл. 2.3.3

Таблиця 2.3.3 – Часові діаграми таймерів

Тип таймера	Коментар	Діаграма роботи таймера
1	2	3
A	Затримка дії на значення <i>t</i> при включенні, вимикання без затримки	
a	Затримка дії на значення <i>t</i> за імпульсом на вході <i>TTx</i> , вимикання за імпульсом на вході <i>RTx</i>	
C	Вмикання таймера без затримки, затримка дії на значення <i>t</i> при виключенні	
B	Формування імпульсу тривалістю <i>t</i> за переднім фронтом імпульсу на вході <i>TTx</i>	

Продовження таблиці 2.3.3

1	2	3
W	Формування імпульсу тривалістю t за заднім фронтом імпульсу на вході TTx	
D	Формування симетричних імпульсів та пауз тривалістю t протягом активного входу TTx	
d	Формування симетричних імпульсів та пауз тривалістю t за імпульсом на вході TTx , зупинка за імпульсом на вході RTx	
T	Таймер додавання часу. Запускається після досягнення встановленої витримки часу на вході TTx незалежно від того, чи це була серія імпульсів сумарною тривалістю t_2 , чи один імпульс тривалістю t_2 , скидання таймера через RTx	
AC	Комбінація таймерів типу А та С. Затримка часу на спрацювання t_A , на вимкнення t_B	
L	Формування імпульсів тривалістю t_A та пауз тривалістю t_B протягом активного входу TTx	
I	Формування імпульсів тривалістю t_A та пауз тривалістю t_B за імпульсом на вході TTx , зупинка за імпульсом на вході RTx	

В одному проекті можна задіяти 16 таймерів, які в програмі матимуть символічні позначення від 1 до 9 та від А до G. Доступ до бібліотеки таймерів – з панелі інструментів ZelioSoft (рис. 2.3.21).

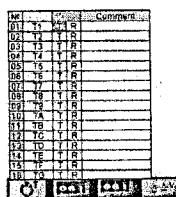


Рисунок 2.3.21 – Доступ до функціональної бібліотеки таймерів з панелі інструментів ZelioSoft

Як контакти таймери можуть використовуватися як нормально розімкнені, так і нормально замкнені. Для таймерів доступні функції «Блокування» та «Фіксування» (рис. 2.3.20). Якщо встановлена позначка «Блокування», то це запобігає зміні настроювання таймерів з передньої панелі модуля, вибрана функція «Фіксування» ☒ використовується для збереження параметрів таймера при збоях живлення.

Аналогові компаратори. Функція автоматики «Аналогові компаратори» (*Analog comparators*) Ах доступна не для всіх модулів, а лише для тих, що мають комбіновані входи (дискретні 0–24 В; аналогові 0–10 В), наявність таких входів в модулі відображується при виборі конфігурації обладнання (рис. 2.2.1 – *Mixed Discrete/Analog input*). Вказана функція використовується для:

- порівняння виміряного аналогового значення зі значенням внутрішньої константи;
- порівняння дво вимірних аналогових значень;
- порівняння дво вимірних аналогових значень з параметром гістерезиса (з вибраною зоною нечутливості).

Доступ до функції аналогових компараторів Ах здійснюється з нижньої панелі інструментів ZelioSoft (рис. 2.3.22). Всього в проєкті можна використати 16 функцій аналогових компараторів. В кожному з них за одне з порівнюваних значень може служити один з вибраних комбінованих входів контролера.

№	Адреса	Comment
01	A1	Рівень більше
02	A2	Рівень менше
03	A3	Температура >
04	A4	Температура <
05	A5	
06	A6	
07	A7	
08	A8	
09	A9	
10	AA	
11	AB	
12	AC	
13	AD	
14	AE	
15	AF	
16	AG	

Рисунок 2.3.22 – Доступ до функціональної бібліотеки аналогових компараторів

В проєкті аналоговий компаратор може використовуватись як контакт. Стан контакту вказує на позицію вимірної аналогової величини відносно іншої аналогової величини. Контакт вибраного компаратора може використовуватись в програмі неодноразово, може бути нормально розімкненим та нормально замкненим.

Настроювання аналогового компаратора здійснюється у вікні параметрів (рис. 2.3.23). У верхній частині вікна наводиться формула порівняння типу:

Значення 1 << оператор порівняння >> Значення 2

В цьому ж вікні вибирається один з доступних операторів порівняння. При натисненні на кнопку « $\pm N$ » (порівняння з гістерезисом) встановлюється бажана зона нечутливості при порівнянні дво величин. Тоді формула порівняння матиме вигляд:

Значення 1 – N < Значення 2 < Значення 1 + N

В наведених формулах змінні «Значення 1» (*Value 1*), «Значення 2» (*Value 2*) вибираються з доступних аналогових входів або із зазначеної нижче константи «Задане значення» (рис. 2.3.23).

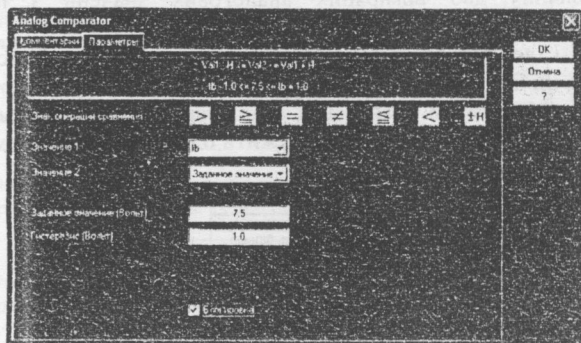


Рисунок 2.3.23 – Вікно параметрів аналогового компаратора

Введені в полях значення змінних «Задане значення» та «Гістерезис» повинні знаходитись в межах від 0.0 до 9.9, що відповідає фізичному діапазону зміни вхідного аналогового сигналу (безпосередньо в програмі вказані змінні мають інший діапазон – від 0 до 256, що відповідає зміні напруги на аналоговому вході 0.0 – 9.9 В з врахуванням її перетворення на АЦП модуля).

Наприклад, потрібно розробити програму, згідно з якою контролер через вихід Q1 повинен увімкнути насос водонапірної башти при пониженні рівня води до значення 1,5 м. Всьому діапазону зміни рівня 0 – 5 м відповідає діапазон зміни сигналу рівнеміра 0 – 10 В (підключений до входу IB модуля). Нижньому допустимому значенню рівня відповідає

значення аналогового сигналу 3 В. Слід створити таку програму (рис. 2.3.24):

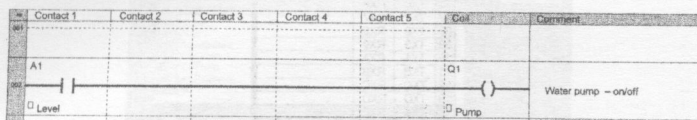


Рисунок 2.3.24 – Приклад програми з аналоговим компаратором

Та налагодити аналоговий компаратор таким чином: вибираємо задане значення рівне 3.0, встановлюємо «Значення 1 (Value 1)» як аналоговий вхід IB, а «Значення 2 (Value 2)» – задане значення (*reference value*), оператор порівняння $\leq$. Вікно параметрів такого компаратора наведено на рис. 2.3.25.

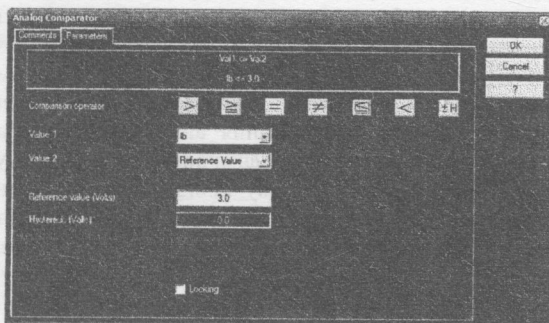


Рисунок 2.3.25 – Вікно параметрів аналогового компаратора до прикладу програми

Функція «Текст» TXx доступна лише для модулів, оснащених РК-екраном та використовується для виведення на екран модуля текстових повідомлень та/або цифрових значень (наприклад, поточне значення вимірюваної аналогової величини, результат лічильника, уставка спрацьовування компаратора або таймера і ін.). В межах одного проекту можна використати до 16 функцій «Текст», що пронумеровані від 1 до 9 та від A до G.

Доступ до функції «Текст» TXx здійснюється за допомогою панелі інструментів ZelioSoft, як показано на рис. 2.3.26. Функціональний блок тексту асоціюється в програмі лише з котушками TXx та RXx, відповідно (рис. 2.3.27).

No	Comment
01 TX1 RX1	Text Block #1
02 TX2 RX2	
03 TX3 RX3	
04 TX4 RX4	
05 TX5 RX5	
06 TX6 RX6	
07 TX7 RX7	
08 TX8 RX8	
09 TX9 RX9	
10 TXA RXA	
11 TXB RXB	
12 TXC RXC	
13 TXD RxD	
14 TXE RXE	
15 TxF RxF	
16 TXG RXG	
17 TXH RXH	
18 TXI RXI	
19 TXJ RXJ	
20 TXK RXK	
21 TXL RXL	
22 TXM RXM	
23 TXN RXN	
24 TXO RXO	
25 TXP RXP	
26 TXQ RXQ	
27 TXR RXR	
28 TXS RXS	
29 TXT RXT	
30 TXU RXU	
31 TXV RXV	
32 TXW RXW	
33 TXX RXX	
34 TXY RXY	
35 TXZ RXZ	
36 TXAA RXAA	
37 TXAB RXAB	
38 TXAC RXAC	
39 TXAD RXAD	
40 TXAE RXAE	
41 TXAF RXAF	
42 TXAG RXAG	
43 TXAH RXAH	
44 TXAI RXAI	
45 TXAJ RXAJ	
46 TXAK RXAK	
47 TXAL RXAL	
48 TXAM RXAM	
49 TXAN RXAN	
50 TXAO RXAO	
51 TXAP RXAP	
52 TXAQ RXAQ	
53 TXAR RXAR	
54 TXAS RXAS	
55 TXAT RXAT	
56 TXAU RXAU	
57 TXAV RXAV	
58 TXAW RXAW	
59 TXAX RXAX	
60 TXAY RXAY	
61 TXAZ RXAZ	
62 TXBA RXBA	
63 TXBB RXBB	
64 TXBC RXBC	
65 TXBD RXBD	
66 TXBE RXBE	
67 TXBF RXBF	
68 TXBG RXBG	
69 TXBH RXBH	
70 TXBI RXBI	
71 TXBJ RXBJ	
72 TXBK RXBK	
73 TXBL RXBL	
74 TXBM RXBM	
75 TXBN RXBN	
76 TXBO RXBO	
77 TXBP RXBP	
78 TXBQ RXBQ	
79 TXBR RXBR	
80 TXBS RXBS	
81 TXBT RXBT	
82 TXBU RXBU	
83 TXBV RXBV	
84 TXBW RXBW	
85 TXBX RXBX	
86 TXBY RXBY	
87 TXBZ RXBZ	
88 TXCA RXCA	
89 TXCB RXCB	
90 TXCC RXCC	
91 TXCD RXCD	
92 TXCE RXCE	
93 TXCF RXCF	
94 TXCG RXCG	
95 TXCH RXCH	
96 TXCI RXCI	
97 TXCJ RXCJ	
98 TXCK RXCK	
99 TXCL RXCL	
100 TXCM RXCM	
101 TXCN RXCN	
102 TXCO RXCO	
103 TXCP RXCP	
104 TXCQ RXCQ	
105 TXCR RXCR	
106 TXCS RXCS	
107 TXCT RXCT	
108 TXCU RXCU	
109 TXCV RXCV	
110 TXCW RXCW	
111 TXCX RXCX	
112 TXCY RXCY	
113 TXCZ RXCZ	
114 TXDA RXDA	
115 TXDB RXDB	
116 TXDC RXDC	
117 TXDD RXDD	
118 TXDE RXDE	
119 TXDF RXDF	
120 TXDG RXDG	
121 TXDH RXDH	
122 TXDI RXDI	
123 TXDJ RXDJ	
124 TXDK RXDK	
125 TXDL RXDL	
126 TXDM RXDM	
127 TXDN RXDN	
128 TXDO RXDO	
129 TXDP RXDP	
130 TXDQ RXDQ	
131 TXDR RXDR	
132 TXDS RXDS	
133 TXDT RXDT	
134 TXDU RXDU	
135 TXDV RXDV	
136 TXDW RXDW	
137 TXDX RXDX	
138 TXDY RXDY	
139 TXDZ RXDZ	
140 TXEA RXEA	
141 TXEB RXEB	
142 TXEC RXEC	
143 TXED RXED	
144 TXEF RXEF	
145 TXEG RXEG	
146 TXEH RXEH	
147 TXEI RXEI	
148 TXEJ RXEJ	
149 TXEK RXEK	
150 TXEL RXEL	
151 TXEM RXEM	
152 TXEN RXEN	
153 TXEO RXEO	
154 TXEP RXEP	
155 TXEQ RXEQ	
156 TXER RXER	
157 TXES RXES	
158 TXET RXET	
159 TXEU RXEU	
160 TXEV RXEV	
161 TXEW RXEW	
162 TXEX RXEX	
163 TXEY RXEY	
164 TXEZ RXEZ	
165 TXFA RXFA	
166 TXFB RXFB	
167 TXFC RXFC	
168 TXFD RXFD	
169 TXFE RXFE	
170 TXFF RXFF	
171 TXFG RXFG	
172 TXFH RXFH	
173 TXFI RXFI	
174 TXFJ RXFJ	
175 TXFK RXFK	
176 TXFL RXFL	
177 TXFM RXFM	
178 TXFN RXFN	
179 TXFO RXFO	
180 TXFP RXFP	
181 TXFQ RXFQ	
182 TXFR RXFR	
183 TXFS RXFS	
184 TXFT RXFT	
185 TXFU RXFU	
186 TXFV RXFV	
187 TXFW RXFW	
188 TXFX RXFX	
189 TXFY RXFY	
190 TXFZ RXFZ	
191 TXGA RXGA	
192 TXGB RXGB	
193 TXGC RXGC	
194 TXGD RXGD	
195 TXGE RXGE	
196 TXGF RXGF	
197 TXGG RXGG	
198 TXGH RXGH	
199 TXGI RXGI	
200 TXGJ RXGJ	
201 TXGK RXGK	
202 TXGL RXGL	
203 TXGM RXGM	
204 TXGN RXGN	
205 TXGO RXGO	
206 TXGP RXGP	
207 TXGQ RXGQ	
208 TXGR RXGR	
209 TXGS RXGS	
210 TXGT RXGT	
211 TXGU RXGU	
212 TXGV RXGV	
213 TXGW RXGW	
214 TXGX RXGX	
215 TXGY RXGY	
216 TXGZ RXGZ	
217 TXHA RXHA	
218 TXHB RXHB	
219 TXHC RXHC	
220 TXHD RXHD	
221 TXHE RXHE	
222 TXHF RXHF	
223 TXHG RXHG	
224 TXHH RXHH	
225 TXHI RXHI	
226 TXHJ RXHJ	
227 TXHK RXHK	
228 TXHL RXHL	
229 TXHM RXHM	
230 TXHN RXHN	
231 TXHO RXHO	
232 TXHP RXHP	
233 TXHQ RXHQ	
234 TXHR RXHR	
235 TXHS RXHS	
236 TXHT RXHT	
237 TXHU RXHU	
238 TXHV RXHV	
239 TXHW RXHW	
240 TXHX RXHX	
241 TXHY RXHY	
242 TXHZ RXHZ	
243 TXIA RXIA	
244 TXIB RXIB	
245 TXIC RXIC	
246 TXID RXID	
247 TXIE RXIE	
248 TXIF RXIF	
249 TXIG RXIG	
250 TXIH RXIH	
251 TXIJ RXIJ	
252 TXIK RXIK	
253 TXIL RXIL	
254 TXIM RXIM	
255 TXIN RXIN	
256 TXIO RXIO	
257 TXIP RXIP	
258 TXIQ RXIQ	
259 TXIR RXIR	
260 TXIS RXIS	
261 TXIT RXIT	
262 TXIU RXIU	
263 TXIV RXIV	
264 TXIW RXIW	
265 TXIX RXIX	
266 TXIY RXIY	
267 TXIZ RXIZ	
268 TXJA RXJA	
269 TXJB RXJB	
270 TXJC RXJC	
271 TXJD RXJD	
272 TXJE RXJE	
273 TXJF RXJF	
274 TXJG RXJG	
275 TXJH RXJH	
276 TXJI RXJI	
277 TXJJ RXJJ	
278 TXJK RXJK	
279 TXJL RXJL	
280 TXJM RXJM	
281 TXJN RXJN	
282 TXJO RXJO	
283 TXJP RXJP	
284 TXJQ RXJQ	
285 TXJR RXJR	
286 TXJS RXJS	
287 TXJT RXJT	
288 TXJU RXJU	
289 TXJV RXJV	
290 TXJW RXJW	
291 TXJX RXJX	
292 TXJY RXJY	
293 TXJZ RXJZ	
294 TXKA RXKA	
295 TXKB RXKB	
296 TXKC RXKC	
297 TXKD RXKD	
298 TXKE RXKE	
299 TXKF RXKF	
300 TXKG RXKG	
301 TXKH RXKH	
302 TXKI RXKI	
303 TXKJ RXKJ	
304 TXKK RXKK	
305 TXKL RXKL	
306 TXKM RXKM	
307 TXKN RXKN	
308 TXKO RXKO	
309 TXKP RXKP	
310 TXKQ RXKQ	
311 TXKR RXKR	
312 TXKS RXKS	
313 TXKT RXKT	
314 TXKU RXKU	
315 TXKV RXKV	
316 TXKW RXKW	
317 TXKX RXKX	
318 TXKY RXKY	
319 TXKZ RXKZ	
320 TXLA RXLA	
321 TXLB RXLB	
322 TXLC RXLC	
323 TXLD RXLD	
324 TXLE RXLE	
325 TXLF RXLF	
326 TXLG RXLG	
327 TXLH RXLH	
328 TXLI RXLI	
329 TXLJ RXLJ	
330 TXLK RXLK	
331 TXLL RXLL	
332 TXLM RXLM	
333 TXLN RXLN	
334 TXLO RXLO	
335 TXLP RXLP	
336 TXLQ RXLQ	
337 TXLR RXLR	
338 TXLS RXLS	
339 TXLT RXLT	
340 TXLU RXLU	
341 TXLV RXLV	
342 TXLW RXLW	
343 TXLX RXLX	
344 TXLY RXLY	
345 TXLZ RXLZ	
346 TXMA RXMA	
347 TXMB RXMB	
348 TXMC RXMC	
349 TXMD RXMD	
350 TXME RXME	
351 TXMF RXMF	
352 TXMG RXMG	
353 TXMH RXMH	
354 TXMI RXMI	
355 TXMJ RXMJ	
356 TXMK RXMK	
357 TXML RXML	
358 TXMN RXMN	
359 TXMO RXMO	
360 TXMP RXMP	
361 TXMQ RXMQ	
362 TXMR RXMR	
363 TXMS RXMS	
364 TXMT RXMT	
365 TXMU RXMU	
366 TXMV RXMV	
367 TXMW RXMW	
368 TXMX RXMX	
369 TXMY RXMY	
370 TXMZ RXMZ	
371 TXNA RXNA	
372 TXNB RXNB	
373 TXNC RXNC	
374 TXND RXND	
375 TXNE RXNE	
376 TXNF RXNF	
377 TXNG RXNG	
378 TXNH RXNH	
379 TXNI RXNI	
380 TXNJ RXNJ	
381 TXNK RXNK	
382 TXNL RXNL	
383 TXNM RXNM	
384 TXNN RXNN	
385 TXNO RXNO	
386 TXNP RXNP	
387 TXNQ RXNQ	
388 TXNR RXNR	
389 TXNS RXNS	
390 TXNT RXNT	
391 TXNU RXNU	
392 TXNV RXNV	
393 TXNW RXNW	
394 TXNX RXNX	
395 TXNY RXNY	
396 TXNZ RXNZ	
397 TXOA RXOA	
398 TXOB RXOB	
399 TXOC RXOC	
400 TXOD RXOD	
401 TXOE RXOE	
402 TXOF RXOF	
403 TXOG RXOG	
404 TXOH RXOH	
405 TXOI RXOI	
406 TXOJ RXOJ	
407 TXOK RXOK	
408 TXOL RXOL	
409 TXOM RXOM	
410 TXON RXON	
411 TXOO RXOO	
412 TXOP RXOP	
413 TXOQ RXOQ	
414 TXOR RXOR	
415 TXOS RXOS	
416 TXOT RXOT	
417 TXOU RXOU	
418 TXOV RXOV	
419 TXOW RXOW	
420 TXOX RXOX	
421 TXOY RXOY	
422 TXOZ RXOZ	
423 TXPA RXPA	
424 TXPB RXPB	
425 TXPC RXPC	
426 TXPD RXPD	
427 TXPE RXPE	
428 TXPF RXPF	
429 TXPG RXPG	
430 TXPH RXPH	
431 TXPI RXPI	
432 TXPJ RXPJ	
433 TXPK RXPK	
434 TXPL RXPL	
435 TXPM RXPM	
436 TXPN RXPN	
437 TXPO RXPO	
438 TXPP RXPP	
439 TXPQ RXPQ	
440 TXPR RXPR	
441 TXPS RXPS	
442 TXPT RXPT	
443 TXPU RXPU	
444 TXPV RXPV	
445 TXPW RXPW	
446 TXPX RXPX	
447 TXPY RXPY	
448 TXPZ RXPZ	
449 TXQA RXQA	
450 TXQB RXQB	
451 TXQC RXQC	
452 TXQD RXQD	
453 TXQE RXQE	
454 TXQF RXQF	
455 TXQG RXQG	
456 TXQH RXQH	
457 TXQI RXQI	
458 TXQJ RXQJ	
459 TXQK RXQK	
460 TXQL RXQL	
461 TXQM RXQM	
462 TXQN RXQN	
463 TXQO RXQO	
464 TXQP RXQP	
465 TXQQ RXQQ	
466 TXQR RXQR	
467 TXQS RXQS	
468 TXQT RXQT	
469 TXQU RXQU	
470 TXQV RXQV	
471 TXQW RXQW	
472 TXQX RXQX	
473 TXQY RXQY	
474 TXQZ RXQZ	
475 TXRA RXRA	
476 TXRB RXRB	
477 TXRC RXRC	
478 TXRD RXRD	
479 TXRE RXRE	
480 TXRF RXRF	
481 TXRG RXRG	
482 TXRH RXRH	
483 TXRI RXRI	
484 TXRJ RXRJ	
485 TXRK RXRK	
486 TXRL RXRL	
487 TXRM RXRM	
488 TXRN RXRN	
489 TXRO RXRO	
490 TXRP RXRP	
491 TXRQ RXRQ	
492 TXRR RXRR	
493 TXRS RXRS	
494 TXRT RXRT	
495 TXRU RXRU	
496 TXRV RXRV	
497 TXRW RXRW	
498 TXRX RXRX	
499 TXRY RXRY	
500 TXRZ RXRZ	
501 TXSA RXSA	
502 TXSB RXSB	
503 TXSC RXSC	
504 TXSD RXSD	
505 TXSE RXSE	
506 TXSF RXSF	
507 TXSG RXSG	
508 TXSH RXSH	
509 TXSI RXSI	
510 TXSJ RXSJ	
511 TXSK RXSK	
512 TXSL RXSL	
513 TXSM RXSM	
514 TXSN RXSN	
515 TXSO RXSO	
516 TXSP RXSP	
517 TXSQ RXSQ	
518 TXSR RXSR	
519 TXSS RXSS	
520 TXST RXST	
521 TXSU RXSU	
522 TXSV RXSV	
523 TXSW RXSW	
524 TXSX RXSX	
525 TXSY RXSY	
526 TXSZ RXSZ	
527 TXTA RXTA	
528 TXTB RXTB	
529 TXTC RXTC	
530 TXTD RXTD	
531 TXTE RXTE	
532 TXTF RXTF	
533 TXTG RXTG	
534 TXTH RXTH	
535 TXTI RXTI	
536 TXTJ RXTJ	
537 TXTK RXTK	
538 TXTL RXTL	
539 TXTM RXTM	
540 TXTN RXTN	
541 TXTO RXTO	
542 TXTP RXTp	
543 TXTQ RXTQ	
544 TXTR RXTR	
545 TXTS RXTS	
546 TXTT RXTT	
547 TXTU RXTU	
548 TXTV RXTV	
549 TXTW RXTW	
550 TXTX RXTX	
551 TXTY RXTY	
552 TXTZ RXTZ	
553 TXUA RXUA	
554 TXUB RXUB	
555 TXUC RXUC	
556 TXUD RXUD	
557 TXUE RXUE	
558 TXUF RXUF	
559 TXUG RXUG	

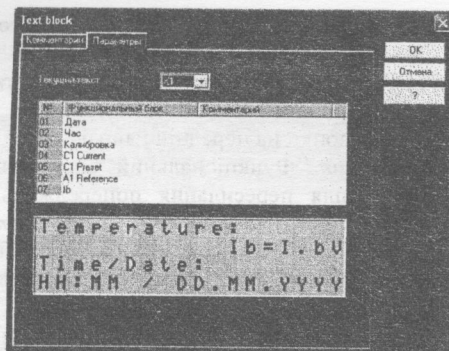


Рисунок 2.3.28 – Вікно параметрів текстового блока *TXx*

На рис. 2.3.29 наведено вигляд текстового повідомлення *TX1* на передній панелі модуля в процесі роботи, що має конфігурацію за прикладом на рис. 2.3.28.

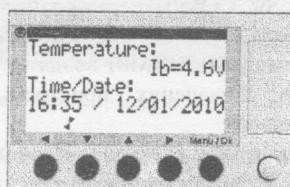


Рисунок 2.3.29 – Передня панель модуля *Zelio* з текстовим повідомленням

При введенні текстового повідомлення слід враховувати такі зауваження:

- рядок символів обмежена довжиною лінії, якщо продовжувати вводити символи, при переповненому рядку, то кожен новий символ буде замішувати попередній;

- можуть використовуватися символи стандарту ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* — американський стандартний код для обміну інформацією), разом із символами підкреслювання (наголосу і т.д.), якщо символи не відображаються на дисплеї, то вони не підтримуються.

Функція підсвічування РК-дисплея (LCD screen backlighting) використовується для управління підсвічуванням дисплея модуля згідно з програмою, функція доступна лише для модулів з дисплеєм.

Доступ до функції підсвічування відбувається натисненням кнопки  на панелі інструментів. Стан функції підсвічування встановлюється

відповідною котушкою TL1. Якщо котушка активована, то підсвітка буде увімкнена.

В режимах STOP (зупинки виконання програми) та RUN (роботи програми), підсвічування РК-дисплея активне протягом 30 секунд при натисненні користувачем кнопки на передній панелі.

Функція повідомлення. Функціональний блок повідомлення TSx може використовуватися для пересилання попереджень на мобільний телефон, засоби промислової сигналізації *Zelio Logic Alarm*, адреси *E-mail* через модем SR2COM01, а також для забезпечення віддаленого доступу до дискретних та цифрових змінних, зчитування або зчитування/запису цих величин.

В програмі можна використати до 28 функціональних блоків «Повідомлення», пронумерованих від S1 до S9 та від SA до SV в одній програмі.

Функція «Повідомлення»  доступна тільки для модулів з годинником реального часу та при наявності у них комунікаційного інтерфейсу SR2COM01 (додається з доступних модулів розширення). Перед використанням функції пересилання повідомлення TSx потрібно провести наладку модему SR2COM01 через вікно конфігурації програми: (*Edit* → *Program Configuration* → *Zelio2COM Extension*). У відкритому вікні налагодження інтерфейсу SR2COM01 вводять:

- максимальне число віддалених пристроїв, що слугуватимуть адресатом повідомлення;
- максимальне число адресатів електронної пошти *E-mail*;
- дані адресатів (меню *Program recipients directory*): ім'я, *E-mail* / моб. тел., кількість дозвонів, функція розпізнавання адресату (за номером чи адресою → ім'я), тривалість розпізнавання адресату; авторизація прав на розпізнавання адресату та переданого значення змінної з програми контролера;
- дані команд управління (меню *Control commands*): підтверджується авторизація прав адресатів пересилати команди на виконання модулем встановлених програмою дій;
- зміст та адресати повідомлення про помилки виконання програми, збій живлення і ін. *Zelio2 Alarm*;
- зміст та адресати повідомлення про обрив з'єднання та попередні збої *Zelio2COM Alarm*;

Після налагодження модему SR2COM01 функції повідомлення можна використовувати в програмі як котушку TSx (надсилання написаного повідомлення адресату), так і контакт Sx (виконання активної команди повідомлення, що надійшло від адресата, який включений в список в меню *Control commands*).

Подвійним кліком на графічному символі повідомлення (наприклад *SI*) викликається меню параметрів (рис. 2.3.30) вибраного повідомлення (для *SI* → повідомлення № 1).

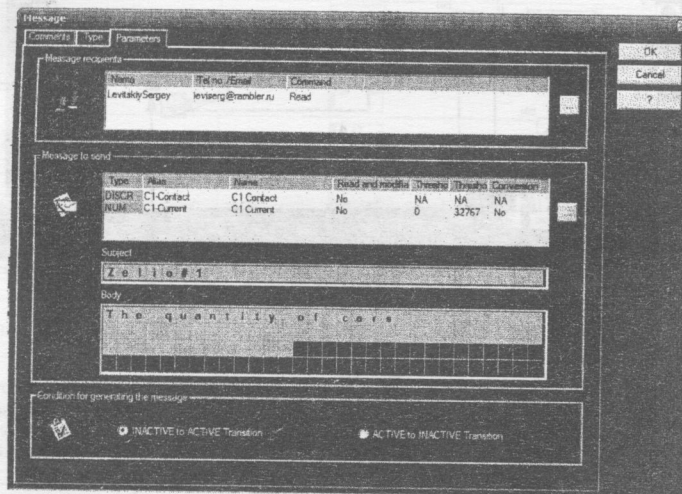


Рисунок 2.3.30 – Вікно параметрів функції віддаленого повідомлення *TSx*

У викликаному вікні (вкладка *Type*) вибирається тип повідомлення: надсилання текстового попередження (тип *Alarm*), надсилання інформації про значення змінних програми в даний момент часу (тип *Variable modification*), комбінація обох попередніх типів (*Alarm with Variable modification*). Безпосередній зміст повідомлення створюється у вкладці *Parameters*. В одному повідомленні можна надіслати створений текст, інформацію про одну дискретну (контакт входу, виходу, реле, таймера і ін.) та одну числову змінну (аналоговий вхід, наперед встановлене чи поточне значення лічильника, таймера, компаратора і ін.) програми. Для введення більшої кількості змінних слід використати ще одну функцію повідомлення та налагодити її відповідним чином.

2.4 Програмування мовою *FBD*

2.4.1 Структура програми мовою *FBD*

Приклад програми, написаної мовою *FBD*, наведений на рис. 2.4.1. В режимі програмування робоче поле має вигляд, поданий на рис. 2.4.1.

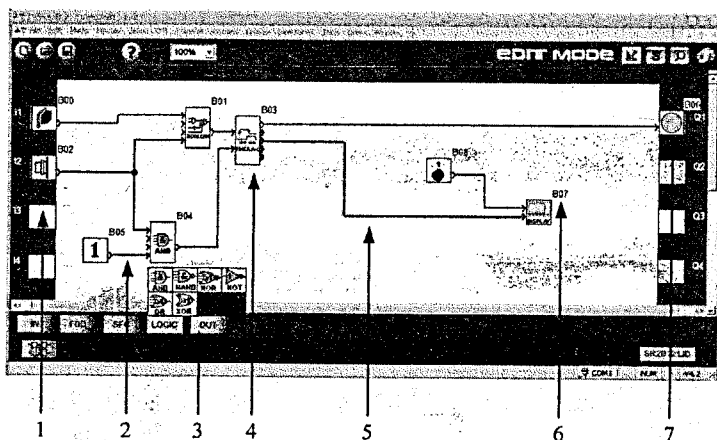


Рисунок 2.4.1 – Поле програми мовою *FBD*

(1 – функціональний блок в зоні входу; 2 – зв'язок між дискретними входами/виходами функціональних блоків; 3 – панель інструментів *FBD*; 4 – функціональний блок; 5 – зв'язок між числовими (аналоговими) входами/виходами функціональних блоків; 6 – номер функціонального блока; 7 – функціональний блок в зоні виходу)

Щоб створити програму мовою *FBD*, потрібно вставити різні функції у поле програми, які доступні через функціональну панель. Кожна з вкладок функціональної панелі містить функції схожого типу:

- *IN* – функції входів;
- *FBD* – стандартний набір функціональних блоків (лічильники, таймери, блоки арифметичних операцій, компаратори і ін.);
- *SFC* – бібліотека секвенційних функцій;
- *LOGIC* – бібліотека логічних мулевих функцій;
- *OUT* – функції виходів.

При наведенні миші на один з розділів, з'являється список функцій, що містяться в ньому. Далі перетягуванням вибраної функції у поле програми відбувається введення функціонального блока в проект, а його взаємозв'язки з сусідніми блоками забезпечуються з'єднанням входів/виходів відповідними лініями зв'язку.

2.4.2 Бібліотека входів *IN*

Функція «дискретний вхід». Детальний опис функції дискретного входу (*Discrete input*) наведений в п. 2.3.7. Функція відображається блоком



і доступна з функціональної панелі *IN*.

Таблиця 2.4.1 – Типи дискретних входів

Тип	Відображення в неактивному стані	Відображення в активному стані
Дискретний вхід		
Перемикач		
Обмежений перемикач		
Датчик близькості		
Датчик наявності		
Кнопка з підсвічуванням		
Круговий перемикач		
Кнопка		
Нормально розімкнене реле		

Тип дискретного входу може бути вибраний з вікна Параметри. Потім даний вибір відобразатиметься в областях редагування і контролю.

Фільтрований дискретний вхід відображується блоком . Він відрізняється від звичайного дискретного входу наявністю фільтра для зменшення рівня завад. Звичайний дискретний вхід (*Discrete input*) фільтрується на програмному рівні з використанням простого алгоритму детектування. Якщо сигнал з датчика стабільний протягом певного часу, фільтрований дискретний вхід приймає значення виміряного сигналу, інакше він залишається незмінним. Фільтровані дискретні входи можуть використовуватися на всіх типах входів (дискретні та комбіновані) модулів. Доступ до функції – з бібліотеки входів IN. Налаштування фільтра здійснюється у вікні параметрів блока завданням значення мінімального часу, протягом якого сигнал повинен бути стабільним (від 1 до 255 тривалості одниничного циклу роботи контролера, що за замовчуванням рівний 10 мс, але може бути змінений *Edit* → *Program Configuration* → *Configuration*).

Аналоговий вхід  доступний для всіх типів модулів, що живляться напругою постійного струму. Напруга аналогового входу переводиться в ціле число за допомогою 8 розрядного АЦП. Значення лежать усередині діапазону 0–255. Аналогові входи можуть бути вставлені у зони входу контролера, що помічені як IB – IG. Доступ до функції – з бібліотеки входів IN. Налаштування параметрів аналогового входу передбачає вибір його типу. За замовчуванням, діапазон зміни аналогового сигналу на фізичному рівні складає 0–10 В. При виборі типу входу «Потенціометр» передбачається, що вхід контролера з'єднаний з повзунком потенціометра, який живиться від напруги живлення самого контролера, тому можливий діапазон зміни сигналу при такому типі входу розширюється і складає 0–24 В.

Таблиця 2.4.2 – Типи аналогових входів

Тип	Відображення в режимі редагування
Вхід за замовчуванням	
Вхід 0–10 В	
Температура	
Потенціометр	

Фільтрований аналоговий вхід. Функція  фільтрованого аналогового входу доступна через групу IN функціональної панелі інструментів. Він відрізняється від звичайного аналогового входу наявністю фільтра нижніх частот. Вказаний вхід доступний на всіх типах модулів, що живляться постійним струмом. Сигнал на фільтрованому аналоговому вході перетворюється в цілочислові значення, що лежить в межах від 0 до 255 за допомогою 8 розрядного аналого-цифрового перетворення.

Зазначений фільтр нижніх частот відновлює характеристики вхідного сигналу (частоту, амплітуду і фазу), що значно нижчі виставленої частоти (частоти виключення – від 0,06 до 88,25 Гц). Якщо частота вхідного сигналу наближається до частоти виключення, вихідний сигнал (цієї частоти) робиться значно нижчим за початковий і зміщеним за фазою. Якщо частота вхідного сигналу рівна частоті виключення, то на вихід подається цей же сигнал, але зменшений на 30% і зміщений за фазою на 45°. Для частот, що є вищими за частоту виключення, сигнал ще послаблюється (аж до повного непропускання сигналу) і зсув за фазою досягає 90°.

Налаштування параметрів фільтрованого аналогового входу полягає у виборі типу входу (уніфікований 0–10 В або потенціометр 0–24 В) та встановленні значення частоти виключення фільтра нижніх частот.

Примітка. Якщо зроблена зміна часу циклу (див п. 2.5), то слід перевірити та змінити (за потреби) частоту виключення. **Невиконання** вказаної інструкції може призвести до небезпечної чи аварійної ситуації з ушкодженням обладнання!

Цілочисловий вхід. Функція «цілочисловий вхід»  доступна через групу входів IN функціональної панелі інструментів. Ця функція використовується для введення 16 розрядного (–32768, +32767) цілого числа з входів комунікаційних модулів мережі Modbus типу SR3MBU01 або мережі Ethernet типу SR3NET01, з'єднаних з контролером. Функціональні блоки «цілочисловий вхід» можуть бути розміщені у входах J1XT1–J4XT1 модулів розширення.

Спеціальні входи FBD. У бібліотеці входів FBD присутній ряд спеціальних входів:

- *Button* (кнопка) ... – кнопки лицьової панелі Zx;
- *Discrete constants* (дискретні константи)  та .
- *Numerical constants* (цілочислові константи від –32768 до 32767) .
- *Summer time*: літній час – вхід активний ; зимовий час – вхід неактивний . Детально про налагодження функції переходу модуля з літнього на зимовий час описано в п. 2.3.
- *1 second clock* (метроном – генератор імпульсів тривалістю 0,5 с та паузою 0,5 с – активізується на початку кожної секунди) .

Цілочисловий 10-розрядний вхід. Входи *10-bit integer input*  (10-розрядного цілочислового входу) доступні на контролерах Zelio, сумісних з аналоговими модулями розширеннями SR3XT43BD типу вхід-вихід. 10-розрядний цілочисловий вхід може бути присланий тільки до входів IN.XT2–IJ.XT2 модулів аналогового розширення SR3XT43BD. Напруга аналогового входу переводиться в 10-розрядне значення з допомогою аналого-цифрового перетворення, результат перетворення знаходиться всередині діапазону 0 і 1023. Попереднє налаштування діапазону вимірюваних сигналів модулем розширення здійснюється у вікні конфігурації програми (*Edit* → *Program Configuration* → *Analog extension*), де вказується вид вхідного сигналу:

- за струмом 0–20 мА;
- за напругою 0–10 В;

- за опором від термоперетворювача опору зі шкалою градуювання Pt100 2,5–390,5 Ом (–200°C...+850°C).

У випадку збоїв в живленні модуля аналогові вимірювання тимчасово призупиняються, тривалість затримки по входу 0–20 мА складатиме 0,15 с, а по входу від термоперетворювача опору Pt100 – до 4 с.

2.4.3 Бібліотека виходів OUT

Дискретний вихід. Функція  доступна з меню OUT внизу області редагування. Тип дискретного виходу може бути вибраний з вікна Параметрів (доступного по натисненню правої кнопки на об'єкті і виборі пункту Вікно параметрів. Цей тип відображатиметься в області редагування і контролю. Спочатку вихід вставляється в область редагування в неактивному стані.

Таблиця 2.4.3 – Типи дискретних виходів

Тип	Відображення в неактивному стані	Відображення в активному стані
Дискретний вихід (DO) Discrete Output		
Нормально розімкнене реле		
Лампа		
Реле твердого стану		
Кран		
Циліндр		
Двигун		
Опір		
Звуковий сигнал		

Цілочисловий вихід Функція «цілочисловий вихід»  (integer output) відображується блоком, яка доступна через бібліотеку виходів OUT. Ця функція використовується для створення та передачі на

віддалений пристрій цілочислового вихідного сигналу в межах зміни числа $-32768...+32767$ з допомогою 16 розрядного цифрового перетворення. Доступна функція для виходів O1.XT1–O4.XT1 комунікаційних модулів розширення мережі Modbus типу SR3MBU01 та мережі Ethernet типу SR3NET01, що можуть бути приєднані до інтелектуального реле. Цілочислові виходи вставляються в слоти комунікаційних модулів O1.XT1–O4.XT1. Якщо функція не з'єднана, то її вихід рівний 0.

Вихід підсвічування РК-дисплея. Функціональний блок підсвічування  не може бути вставлений в зону виходів. Підсвічування дисплея активне, поки активний блок LCD. Детально про призначення функції підсвічування дисплея висвітлено в п. 2.3.

Цілочисловий 10-розрядний вихід. Виходи 10-bit integer output  (10-розрядного цілочислового виходу) доступні на контролерах Zelio, сумісних з аналоговими модулями розширеннями SR3XT43BD типу вхід-вихід. 10-розрядний цілочисловий вихід може бути приєднаний тільки виходів QB.XT2–QC.XT2 модулів аналогового розширення SR3XT43BD. 10-розрядний цифро-аналоговий перетворювач конвертує цифрове цілочислове значення, що змінюється від 0 до 1023, за допомогою аналого-цифрового перетворення у вихідну напругу в діапазоні 0–10 В. Попереднє налагодження форсування перетворюваних значень модулем розширення здійснюється у вікні конфігурації програми (*Edit* → *Program Configuration* → *Analog extension*), де вказується час прискорення формування вихідного сигналу відповідно до динаміки системи управління.

Входи-виходи протоколу Modbus. Модуль розширення Modbus SR3 MBU01BD може бути доданий до базової конфігурації контролерів типу SR3 BXXXBD. При програмуванні мовою FBD модуль здійснює прийом-передачу команд та даних з пристрою Modbus Master за допомогою 4 вхідних слів (16 розрядів) (від J1XT1 до J4XT1) і 4 вихідних слів (від O1XT1 до O4XT1). Доступ до входів/виходів модуля розширення вільний – з поля програми.

Модуль розширення Modbus SR3 MBU01BD працює тільки в режимі Modbus Slave (ведений).

Параметри протоколу зв'язку Modbus можна встановити через меню середовища: (*Edit* → *Program Configuration* → *Modbus extension*). При перемиканні в режим RUN (ЗАПУСК) контролер ініціалізує розширення Modbus.

У модуля розширення Modbus є 4 параметри:

- кількість ліній UART і формат шаблону, використовуваний мережею Modbus (2 або 4 проводи, формати RTU або ASCII);
- швидкість передачі даних в бодах;
- паритет протоколу;

- мережева адреса Slave Modbus (веденого) розширення.

Входи Modbus

Розширення Modbus SR3 MBU01BD містить 4 входи:

- J1XT1 (16-ти розрядна адреса 0×0010);
- J2XT1 (0×0011);
- J3XT1(0×0012);
- J4XT1(0×0013).

Інформація на входи подається з пристрою Modbus Master (ведучого).

Виходи Modbus

Розширення Modbus SR3 MBU01BD містить 4 виходи:

- O1XT1 (16-ти розрядна адреса - 0×0014)
- O2XT1 (0×0015)
- O3XT1(0×0016)
- O4XT1(0×0017).

Інформація посиляється до пристрою Modbus Master (ведучому).

Слова, що посиляються через вказані виходи до пристрою Modbus Master, прописані автоматично, дублюючи дискретні входи/виходи базового модуля як вказано в табл. 2.4.4 (з I1 по IG – стани дискретних входів контролера, з IH по IR – стани дискретних входів доступних модулів розширення, з Q1 по QA – стани дискретних виходів контролера, з QB по QG – стани дискретних виходів модулів розширення).

Таблиця 2.4.4 – Адреси слів протоколу Modbus для моніторингу входів/виходів контролера

Вихід модуля	Адреса слова	Біти слова Modbus															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
O1XT1	0×0014	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG
O2XT1	0×0015	IH	IJ	IK	IL	IN	IP	IQ	IR	-	-	-	-	-	-	-	-
O3XT1	0×0016	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	QA	-	-	-	-	-	-
O4XT1	0×0017	QB	QC	QD	QE	QF	QG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

З допомогою протоколу Modbus від пристрою Master до модуля Zelio може бути передана інформація про реальний час, для цього відводиться 4 слова з адресами від 0020 до 0023, розподіл яких вказано в табл. 8. Крім цього слово з адресою 0030 виділено для пересилання попереджень про стан мережі Modbus (табл. 2.4.5).

Таблиця 2.4.5 – Адреси слів протоколу Modbus для встановлення реального часу

Адреса слова	Біти слова Modbus															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0×0020	день тижня								секунди							
0×0021	хвилини								години							
0×0022	день місяця								місяць							
0×0023	рік								століття							

Можливі значення слід переводити в 16-ковий формат:

- секунди від 0 до 59;
- хвилини від 0 до 59;
- години від 0 до 23;
- день тижня визначається автоматично;
- день місяця від 1 до 31;
- місяць від 1 до 12;
- рік від 0 до 255 (від 2000 до 2255);
- століття: 21 (не використовується)

Таблиця 2.4.6 – Адреси слова статусу протоколу Modbus

Адреса слова	Біти слова Modbus															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0×0030	T	-	-	-	E	A	M	R	-	-	-	-	-	-	-	-

Значення бітів слова статусу протоколу Modbus за адресою 0030:

- R – стан контролера: 0 – модуль в режимі STOP; 1 – модуль в режимі RUN;
- M – моніторинг: 0 – модуль не в режимі моніторингу; 1 – модуль в режимі моніторингу;
- A – статус попередження: 0 – посилка попередження неактивна; 1 – посилка попередження активна;
- E – помилка: 0 – помилка відсутня; 1 – помилка (блокування режиму RUN);
- T – час ініціалізації зв'язку (*Time Out*): 0 – ініціалізація проведена за період *Time Out*; 1 – період *Time Out* вийшов;

Входи-виходи протоколу Ethernet. Модуль розширення Modbus SR3 NET01BD може бути доданий до базової конфігурації контролерів типу SR3 BXXXBD. При програмуванні мовою FBD модуль здійснює прийом-передачу команд та даних з мережі Ethernet за допомогою 4 вхідних слів (16 розрядів) (від J1XT1 до J4XT1) і 4 вихідних слів (від O1XT1 до O4XT1). Доступ до входів/виходів модуля розширення вільний – з поля програми.

Модуль розширення Ethernet обмінюється такими ж повідомленнями, як і Modbus, як сервер за допомогою протоколів TCP/IP і технології Ethernet.

Параметри протоколу зв'язку Modbus можна встановити через меню середовища: (*Edit* → *Program Configuration* → *Ethernet extension*). При перемиканні в режим RUN (ЗАПУСК), контролер ініціалізує розширення Ethernet.

Адреси слів протоколу Ethernet в контролері подані в табл. 2.4.7.

Таблиця 2.4.7 – Адреси слів протоколу Ethernet

Вхідні слова		Вихідні слова	
Номер слова в ZelioSoft (Slave)	Адреса слова в Ethernet (Master)	Номер слова в ZelioSoft (Slave)	Адреса слова в Ethernet (Master)
J1	0×0016	O1	0×0020
J2	0×0017	O2	0×0021
J3	0×0018	O3	0×0022
J4	0×0019	O4	0×0023
Доступ до формування слів: читання / запис		читання	

2.4.4 Бібліотека логічних функцій LOGIC

Доступ до бібліотеки логічних функцій здійснюється з панелі інструментів ZelioSoft. Логічні функції, які подані в даній бібліотеці та їх характеристики наведені в табл. 2.4.8

Таблиця 2.4.8 – Параметри логічних функцій

Функція	Символ	Опис	К-сть входів	Тип входу
1	2	3	4	5
НЕ		Якщо вхід неактивний або не з'єднаний, то вихід активний. Якщо вхід активний, вихід неактивний.	1	цифровий
І		Якщо всі входи активні (або не підключені), то вихід активний. Якщо хоча б один вхід неактивний, то вихід неактивний	4	цифровий
АБО		Якщо хоч б один вхід активний, то вихід активний. Якщо всі входи неактивні або не з'єднані, то вихід неактивний	4	цифровий
І-НЕ		Якщо хоч би один вхід неактивний, то вихід активний. Якщо всі входи неактивні або не з'єднані, то вихід активний	4	цифровий

Продовження таблиці 2.4.8

1	2	3	4	5
АБО-НЕ		Якщо всі входи неактивні або не з'єднані, то вихід активний. Якщо хоч би один вхід активний, то вихід неактивний	4	цифровий
ВИКЛЮЧ-НЕ АБО.		Якщо один вхід неактивний, а другий активний або не з'єднаний, то вихід активний. Якщо обидва входи активні або неактивні, то вихід неактивний	2	цифровий

2.4.5 Бібліотека базових функціональних блоків FBD

Функція булевих обчислень (Boolean). Функція *Boolean* здійснює обчислення логічних функцій з дискретними сигналами відповідно до задані таблиці істинності.



У функції 4 входи і тому можливі 16 комбінацій. Всі ці комбінації можна знайти в таблиці істинності. Для кожної з комбінацій можна отримати результат, що обчислюється функцією. Кількість параметрів, що налагоджуються, залежить від кількості входів, приєднаних до функції.

Не з'єднані входи виставляються в 0.

Приклад частини таблиці істинності функції *Boolean* наведено в табл. 2.4.9.

Таблиця 2.4.9 – Таблиця істинності функції *Boolean*

Комбінація входів				Вихідні значення
Вхід 1	Вхід 2	Вхід 3	Вхід 4	Вихід
0	0	0	0	1
1	0	0	0	1
0	1	0	0	0
1	1	0	0	1

Приєднавши хоча б один вхід, можна налаштувати значення виходу блока через таблицю істинності на вкладці «Параметри», вікна параметрів функції. Вихідні значення можуть бути 0 для неактивного і 1 для активного.

Функція SET та RESET (RS-тригер). Функція RS-тригеру працює таким чином. Активування входу SET активує вихід, вихід залишиться активним навіть у випадку, якщо перестане подаватися сигнал на вхід SET. Активування входу RESET деактивує вихід.

Якщо обидва входи активні, то вихід залежить від конфігурації функції, що встановлюється у вікні параметрів функції:

- вихід буде активним, якщо вхід SET має пріоритет;
 - вихід неактивний, якщо вхід RESET має пріоритет.
- Не з'єднані входи встановлюються в неактивний стан.



Доступ до функції здійснюється через бібліотеку FBD панелі інструментів.



Функція лічильника Preset Count. Блок *Preset Up/Down counter* використовується для підрахунку імпульсів від 0 до значення уставки (*preset value*) або для відліку від значення уставки до 0.

Доступні декілька функцій:

- підрахунок вверх до значення уставки з примусовим встановленням лічильника в 0 при ініціалізації;
- підрахунок вверх до значення уставки з примусовим встановленням лічильника в 0 при ініціалізації та коли досягнуте значення уставки;
- підрахунок вниз від значення уставки з примусовим встановленням лічильника в значення уставки;
- підрахунок вниз від уставки з примусовим установом лічильника в значення уставки при ініціалізації та коли досягнутий 0.

Лічильник *Preset Count* використовує такі входи:

- дискретний вхід *Up-Count* (для підрахунку вверх)
- дискретний вхід *Down-Count* (для підрахунку вниз)
- дискретний вхід *Initialization* (ініціалізації).

Лічильник *Preset Count* має такі виходи:

- дискретний вихід (змінює статус після досягнення значення уставки);
- значення уставки лічильника;
- поточне значення лічильника;
- вихідне (*output*) значення таймера.

Ці значення відображаються в режимах емуляції і моніторингу.

З вікна параметрів лічильника *Preset Count* налаштовуються:

- напрямок підрахунку імпульсів (вверх до значення уставки або вниз від значення уставки до 0);
- значення уставки;
- вид циклу підрахунку імпульсів (одиничний або з повторенням).

Одиничний цикл використовується для ініціалізації лічильника тільки під час завантаження. Цикл з повторенням призначений для виконання власне ініціалізації (скиду лічильника в 0 або в значення

уставки) кожного разу, коли поточний результат лічильника досягає значення уставки. Під час такої переініціалізації дискретний вихід лічильника стає активним і формує імпульс тривалістю T_i (рис. 2.4.2).

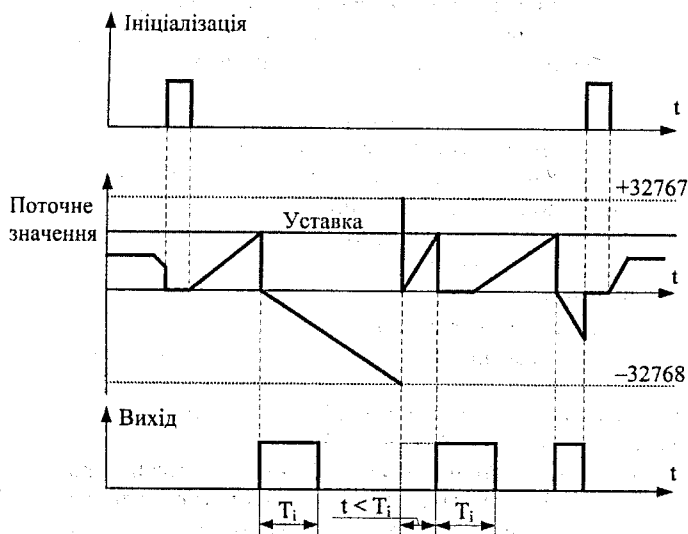


Рисунок 2.4.2 – Діаграма роботи лічильника *Preset Count* в циклі з повторенням

Внаслідок збою живлення, якщо встановлений параметр фіксації, то можливе відновлення поточного значення лічильника.

Функція швидкісного лічильника *H-speed count*. Функція  *H-speed count* є аналогом функції *Fast Counter* (п. 2.3) мовою *LD* та використовується для підрахунку імпульсів з частотою до 1 кГц. Дискретний вихід лічильника змінює статус у випадку досягнення поточним значенням лічильника уставки (напрямок підрахунку імпульсів додатний – *upcounting*) або досягнення лічильником значення 0 (напрямок підрахунку імпульсів від’ємний – *downcounting*).

Входи *H-speed count* (швидкого лічильника) неявно з’єднані з входами *I1* та *I2* контролера:

- імпульс (передній фронт) на вході *I1* збільшує значення лічильника
- імпульс (передній фронт) на вході *I2* зменшує значення лічильника.

Ці входи не повинні бути задіяні в основній програмі.

Функція *H-speed count* може бути скинута в 0 або в значення уставки (залежно від вибраних параметрів) в процесі ініціалізації входу. Функції лічильника доступні, тільки якщо вхід *Enable function* (активуючий вхід)

активний. Режим повторення може бути використаний тільки із значенням запізнювання.

Примітка. Якщо поточне значення лічильника перевищує верхню межу: +32767, він переходить до нижньої межі -32768. Якщо значення лічильника менше нижньої межі: -32767, він переходить до верхньої межі +32768.

Лічильник *H-speed count* використовує такі входи:

- дискретний вхід Enable function (початок відліку);
- дискретний вхід ініціалізації;

Лічильник *H-speed count* виводить:

- дискретний вихід;
- значення уставки;
- поточне значення лічильника;
- вихідне значення періоду ініціалізації (для циклу з повторенням).

Вікно параметрів лічильника *H-speed count* таке ж, як і для лічильника *Fast count* мовою LD (рис. 2.3.15).

Функціональні блоки таймерів. При розробці проектів для контролерів в бібліотеці *FBD* доступні таймери чотирьох типів: A/C, B/H, Li та B/W. Часові діаграми таймерів вказаних типів дублюють часові діаграми таймерів, розглянутих в табл. 2.3.3. Так, таймер типу A/C в бібліотеці *FBD* відповідає типу таймера AC в бібліотеці таймерів LD, а тип таймера B/H – типу B, таймер Li – таймеру L, таймер для формування імпульсів B/W – таймеру типу D.

Усі функціональні блоки таймерів мають вхід *Command* (запуск таймера – фактично його вхід). Деякі з таймерів мають додатковий вхід скидання (*Reset*), який дозволяє встановити його в вихідний стан незалежно від наявності імпульсу на вході запуску.

Таймери A/C, B/H, Li, позначені в бібліотеці інструментів зеленим кольором, відрізняються від вищевказаних додатковими цілочисловими входами, за якими задається уставка часу на спрацьовування або скидання виходу таймера. Значення уставки множиться на вибрану у вікні параметрів такого таймера одиницю часу (хв, сек або 0,1 сек).

Функція порівняння Comparison  використовується для порівняння одного числового значення з двома уставками – нижньою MIN та верхньою MAX. Зміна статусу дискретного сигналу на виході блока відбувається при відповідності значення вхідного сигналу зоні порівняння, обмеженою верхньою та нижньою уставками. Уставки задаються цілочисловими входами. Активація цієї функції здійснюється шляхом подачі дискретного сигналу на вхід *Enable*.

Важливо:

- вихід *Output* не змінює свого стану при зміні стану входу *Enable* з активного на неактивний.

Лічильник часу Preset H-meter  відповідає типовому таймеру зі встановленою затримкою часу, що відповідає уставці. Уставка часу задається у вікні параметрів вказаного блока. Лічильник вимірює час після активування входу *Command*; після того, як виміряний час буде більший уставки, активується дискретний вихід *Output*.

Уставка часу може бути встановлена в годинах (максимум: 32767 годин) та хвилинах.

Активування входу *Reset*, деактивує вихід.

Якщо вхід *Command* не з'єднаний, то він встановлюється в активний стан (а вхід *Reset* у неактивний, відповідно).

Виходами лічильника часу є:

- дискретний вихід *Output*;
- уставка лічильника за годинами;
- поточне значення лічильника за годинами;
- уставка лічильника за хвилинами;
- поточне значення лічильника за хвилинами;

Цілочислові величини відображаються в режимах емуляції і моніторингу.

Функція «Тригер Шмідта»  дозволяє стежити за аналоговою величиною відносно двох порогів. Дискретний вихід такої функції змінює статус, якщо:

- вхідне значення менше, ніж мінімальна величина;
- вхідне значення більше максимальної величини.

Якщо вхід лежить усередині діапазону дво величин, то вихід не змінює свого стану. Кожен з входів *From on to off* (відпускання) і *From off to on* (встановлення) може бути встановлений як в максимальне значення, так і в мінімальне. Це може привести до зворотного функціонування тригера.

Якщо вхід *Enable function* неактивний, то вихід також залишається неактивним. Вихід не змінює свого стану, якщо вхід *Enable function* змінює свій стан з активного в неактивний.

Функція використовує 4 входи:

- цілочисловий вхід *Value to compare* (значення для порівняння);
- цілочисловий вхід *On to off setpoint* (уставка для відпускання);
- цілочисловий вхід *Off to on setpoint* (уставка спрацьовування);
- дискретний вхід *Enable function* (дозв).

Програматор часу Time Prog.  днів, тижнів, років встановлює інтервали, коли повинні бути виконані певні дії. Ця функція дозволяє визначити максимум 51 подію, що використовуються для управління виходами.

При досягненні встановленого інтервалу вихід функції активується та залишається активним протягом всієї тривалості циклу, під час якого відбулася подія.

Функціональний блок мультиплексування Mix . Вказана функція виконує мультиплексування дво цілочислових вхідних каналів в один вихід. Дискретний вхід *Command* використовується для вибору вхідного каналу та передачі його на вихід. Якщо вхід *Command* не з'єднаний, то вважається, що він неактивний. Якщо стан дискретного входу *Command* неактивний, то вихід відповідає верхньому входу (каналу А), якщо вхід *Command* активний, то вихід відповідає нижньому входу (каналу В).

Функціональний блок програматора CAMblock . Функція програматора *Cam* управляє дискретними виходами, які можуть бути встановлені через вікно параметрів.

Як тільки всі кроки були пройдені, блок знову починає роботу з першого кроку.

Входи:

- *Forward*: цей вхід використовується для переміщення програматора *cam* до наступного кроку, якщо на нього був поданий передній фронт (зміна сигналу з неактивного в активний).
- *Reverse*: цей вхід використовується для переходу до попереднього кроку, якщо на нього був поданий передній фронт (живлення змінюється від неактивного до активного).
- *Reset* (Скидання): коли цей вхід активний, програматор переходить до початкового кроку: вихід *Position* встановлюється в 1.

Вхід *Forward* має пріоритет над входом *Reverse*. Якщо входи *Forward* і вхід *Reverse* не з'єднані, вони встановлюються неактивними. Вхід *Reset* має пріоритет над входами *Forward* і *Reverse*. Якщо вхід *Reset* не з'єднаний, він виставляється в неактивний.

Виходи:

- з 1 по 8: відповідають поточному кроку програматора *CAM*
- *Position*: поточний крок (від 1 до 50).

З програмного середовища з вікна параметрів можна налаштувати:

- о кількість кроків в програмі (значення лежить між 1 і 50)
- о статус виходу [1...8] для кожного кроку "колеса".

Приклад вікна параметрів блока *SAM* наведено на рис. 2.4.3.

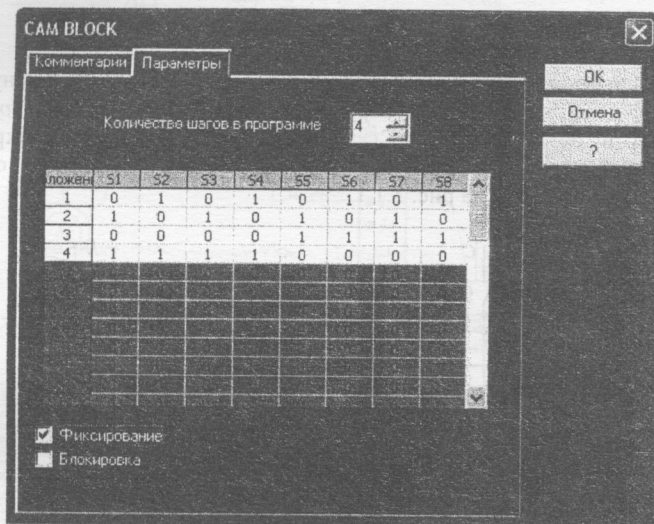


Рисунок 2.4.3 – Параметри налаштування блока *SAM*

Контрольні запитання



- Які типи вхідних сигналів обробляє контролер класу *Zelio*?
- Чи можливо розробити програму модуля в середовищі *FBD* через режим введення з лицьової панелі «*Zelio Entry*»?
- Назвіть правила розробки програми мовою *LD*.
- Назвіть види вихідних сигналів контролера *Zelio* з комунікаційним модулем розширення.
- Проаналізуйте роботу функції аналогового компаратора при створенні програм мовами *LD* та *FBD*. В чому полягає їх різниця?
- Поясніть роботу функції швидкісного лічильника.
- Наведіть приклад конфігурації блока текстового повідомлення.
- Назвіть типи таймерів, які можуть використовуватися в програмах контролерів *Zelio*.
- Як можна змінити тривалість циклу роботи програми контролера?
- Чи всі контролери *Zelio* можуть працювати з аналоговими уніфікованими струмовими сигналами 0 – 5 мА?

3 ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

3.1 Приклад розробки проекту з контролером Zelio Logic

Розглянемо один з прикладів розробки програми функціонування контролера за допомогою інструментів програмування *ZelioSoft*, що викладені в розділі 2. За об'єкт управління прийнемо асинхронний реверсивний електропривод з відомою релейно-контакторною схемою управління, що подана на рис. 3.1.1.

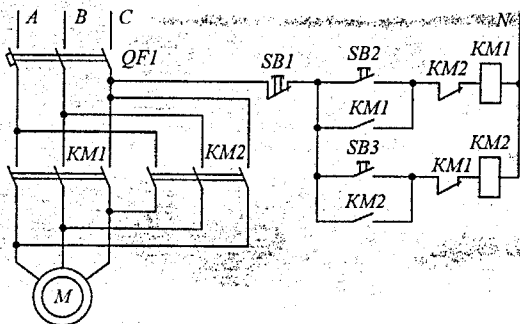


Рисунок 3.1.1 – Принципова електрична схема реверсивного електропривода з асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором

Згідно з умовою функціонування наведеної схеми кількість входів контролера повинна бути рівною 3:

- 1-й вхід – зупинка електропривода;
- 2-й вхід – пуск електропривода вперед;
- 3-й вхід – пуск електропривода назад.

Кількість виходів повинна бути рівною 2:

- 1-й вихід – управління контактором для роботи електропривода «Вперед»;
- 2-й вихід – управління контактором для роботи електропривода «Назад».

Принципова електрична схема управління електроприводом з використанням контролера Zelio Logic наведена на рис. 3.1.2.

В схемі на рис. 3.1.2: CPU – базовий модуль контролера (наприклад SR2B121BD – 24 V DC напруга живлення, 4 комбінованих входи, 4 релейних виходи), UZ1 – блок живлення контролера, 220 В/24 В (наприклад ABL7RM2401 – 24 В / 1,3 А).

Програма, що розроблена для вказаного прикладу в середовищі LD, матиме вигляд, поданий на рис 3.1.3.

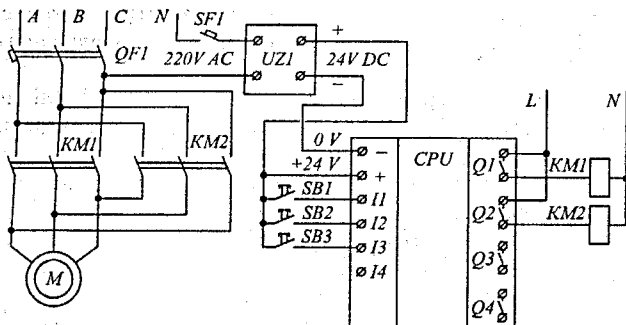


Рисунок 3.1.2 – Принципова електрична схема реверсивного електропривода з управлінням від контролера Zelio Logic

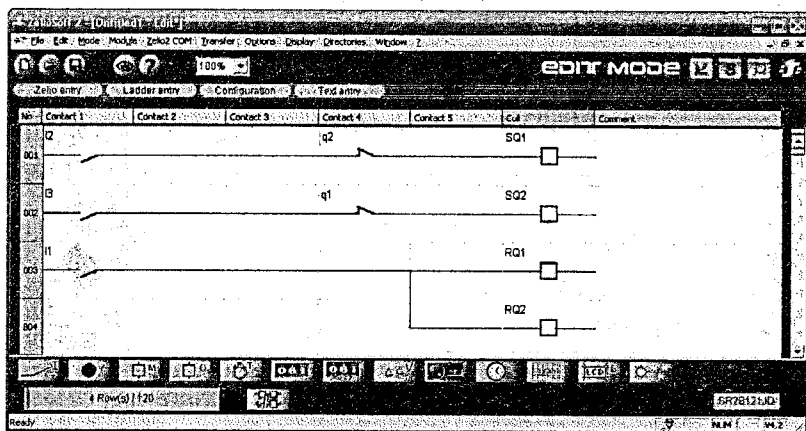


Рисунок 3.1.3 – Програма функціонування контролера в середовищі LD

При замиканні контакту входу I2 встановлюється в активний стан котушка виходу SQ1 (вихід Q1 замикається). Контакт q1 в колі котушки SQ2 при цьому розімкнений, що запобігає активації виходу Q2 поки вихід Q1 активний (одночасне увімкнення обох виходів призведе до одночасного спрацювання обох пускачів KM1 та KM2 і короткого замикання). Аналогічно працює ланка котушки SQ2, яка ініціюється замиканням контакту входу I3. Замикання входу I1 (рядок 003 програми) викликає скидання обох котушок RQ1 та RQ2 і перехід виходів Q1 та Q2 в неактивний стан. Таким чином проводиться зупинка електропривода незалежно від попереднього напрямку його руху «Вперед» чи «Назад».

Таку ж програму управління можна реалізувати з використанням середовища FBD. Приклад програми для розглянутого випадку поданий на рис. 3.1.4.

Запропонована програма працює таким чином. Після подання дискретного сигналу 24 В на вхід контролера I2 (натиснення кнопки) відбувається встановлення RS-тригера B04. Проходження сигналу відбувається через відкритий логічний елемент I B10, оскільки тригер увімкнення зворотного руху B03 неактивний, тому на його виході наявний сигнал, рівний лог. 0, а на виході елемента НЕ B09 відповідно рівний лог. 1, що і затримує елемент I B10-у відкритому стані. Встановлення тригера B04 приводить до активації виходу Q1 і до увімкнення пускача KM1 згідно із схемою на рис. 3.1.2. Скидання тригера B04 і деактивація виходу Q1 відбувається після подачі сигналу на вхід I1 контролера. Ланка управління виходом Q2, реалізована з допомогою тригера B03, логічних елементів I B08, НЕ B07 та входу I3 працює за таким же зразком.

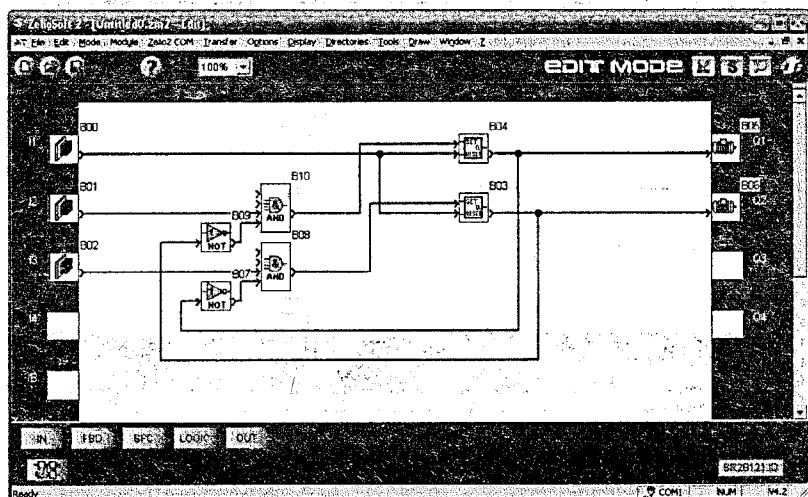


Рисунок 3.1.4 – Програма функціонування контролера в середовищі FBD

Після розробки програми та збереження файлу проекту під відповідним іменем його передача в логічний модуль Zelio Logic відбувається після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього слід у вікні Edit Mode вибрати вкладку Transfer, потім вибрати з розгорнутого списку Transfer Program та встановити напрямок передачі розробленої програми PC > Module (з ПК до логічного модуля). У вікні попередження

повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, то в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

3.2 Лабораторна робота № 1

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПУСКОМ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З ФАЗНИМ РОТОРОМ У ФУНКЦІЯХ ЧАСУ ТА СТРУМУ

 **Мета роботи** Навчитися формулювати завдання до систем управління пуском асинхронних електродвигунів у функціях часу та струму, складати програми управління контролерами пуску і зупинки мовами LD та FBD

1.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з принципами управління пуском асинхронних двигунів з фазним ротором у функціях часу та швидкості.
2. Побудувати функціональну схему системи управління пуском та зупинкою асинхронного двигуна з фазним ротором у функціях часу та струму, розробити перелік елементів системи управління.
3. У програмному середовищі ZelioSoft з панелі інструментів вибрати необхідні засоби, які забезпечать виконання поставлених до системи управління задач.
4. Використовуючи середовище LD, розробити програму автоматичного управління пуском та зупинкою асинхронного двигуна з фазним ротором.
5. Перевірити коректність розробленої в середовищі LD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.
6. Використовуючи середовище FBD, розробити програму автоматичного управління пуском та зупинкою асинхронного двигуна з фазним ротором.
7. Перевірити коректність розробленої в середовищі FBD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.
8. Передати програму з ПК в модуль, перевірити її виконання, використовуючи імітатор сигналів.

1.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Пуск асинхронних двигунів з фазним ротором з використанням додаткових опорів здійснюють для зменшення пускових струмів та

одночасного збільшення пускового моменту, що дозволяє знизити динамічні навантаження на двигун, скоротити тривалість пуску.

В процесі роботи електропривода з фазним ротором на пониженій швидкості часто виникає необхідність обмеження моменту або струму двигуна. Ця проблема також може бути вирішеною за рахунок форсованого введення додаткових опорів в коло ротора двигуна. При побудові систем управління пуском асинхронних двигунів з фазним ротором у функції часу передбачається, що виведення додаткових опорів буде здійснюватися через встановлені проміжки часу. Якщо потребується побудова системи управління у функції струму двигуна, то виведення (введення) опорів відбувається із зниженням (зростанням) струму двигуна.

Таким чином, як незалежні величини, які впливають на статус системи управління асинхронним двигуном, є або час, або струм двигуна. Тому в розроблюваних системах управління слід передбачати елементи, які відслідковують зміну незалежної величини та формують уставку для перемикання секцій додаткових опорів. Вказаними елементами в релейно-контакторних схемах управління є реле часу та реле струму, в програмованих модулях Zelio такими елементами можуть виступати таймери та компаратори.

2. При побудові функціональної схеми системи управління слід користуватися такими рекомендаціями:

- сформулювати задачі системи управління;
- визначити потрібний тип та кількість входів програмованого модуля;
- визначити потрібну кількість виходів програмованого модуля;
- обґрунтувати призначення кожного входу та виходу модуля згідно з його маркуванням та способом спраження його з об'єктом управління.

Зазначені міркування потрібно подати у вигляді функціональної схеми з переліком елементів та маркуванням входів/виходів програмованого модуля. При необхідності пояснення роботи об'єкта в часі слід навести діаграму стану об'єкта протягом відповідного періоду.

Для складання переліку елементів функціональної схеми слід скористатися наявними каталогами контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, обираючи необхідні елементи за двома принципами:

- видом і діапазоном зміни вимірюваного параметра;
- типом вихідного сигналу (він же є входним для програмованого модуля, а тому повинен відповідати діапазону 0...10 В постійного струму для аналогових величин (тиск, витрати, швидкість, концентрація, рівень і ін.), 24 В постійного струму для дискретних сигналів, градуюванні термоперетворювачів опору J або K для контролю температури.

3. Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи I_x , дискретні виходи Q_x , таймери T_x або аналогові компаратори A_x (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

4. Послідовність складання програми в середовищах LD та FBD описано вище. При складанні проекту для автоматичного управління пуском асинхронного двигуна з фазним ротором слід керуватися послідовністю спрацювання таймерів (компараторів), які забезпечуватимуть встановлення та скидання виходів.

Кількість виходів контролера має відповідати кількості ступенів опорів, які вмикатимуться в коло ротора (не менше 3) плюс два виходи для вмикання двигуна в напрямку вперед та назад. Слід передбачити три дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління двигуном для пуску в напрямку вперед, назад та зупинки, якщо розробляється програма для управління пуском двигуна у функції струму, то один з комбінованих входів модуля (починаючи з IB) повинен підключатися до вимірювального перетворювача струму двигуна.

Поставлена задача навіть з допомогою уже вказаних інструментів в програмному забезпеченні Zelio Soft може бути вирішеною по-різному. Один із найпростіших підходів: після натиснення кнопки «пуск» і подачі дискретного сигналу на відповідний вхід контролера від кнопки, встановлюється вихід подачі живлення на обмотку статора в напрямку обертання двигуна «вперед», вихід своїм контактом запускає таймер відключення першого ступеня опорів, після вичерпання часу затримки (або зниження пускового струму до значення, що задане першим компаратором) подається команда на встановлення другого виходу контролера, який відповідає за відключення першого ступеня опорів. Далі другий вихід своїм контактом запускає наступний таймер відключення другого ступеня опорів і далі логічні ланцюжки повторюються за тим же способом, але вже встановлюючи інші виходи контролера. Повернення програми у вихідний стан здійснюється відведенням на цей вхід від кнопки зупинки, при подачі сигналу на цей вхід усі активні елементи програми повинні перейти з активного стану в неактивний, для чого можна використати їх *Reset*-виходи.

5. Програмування мовою FBD пов'язане з рядом особливостей, які покращують наглядність програми, дозволяють застосувати більше інструментів для вирішення поставленої задачі. Тому студентам пропонується самостійно знайти підхід. Найпростіший приклад реалізації системи управління поданий нижче, на рис. 3.2.1.

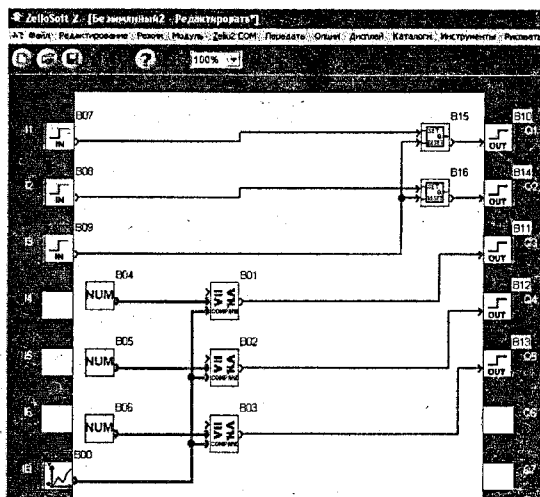


Рисунок 3.2.1 – Приклад програми управління пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції струму

На вхід *IB* (блок B00) поступає аналоговий сигнал, пропорційний струму двигуна, але в діапазоні зміни 0–10 В (від вимірювального перетворювача). Цей сигнал порівнюється в компараторах B01 – B03 з константами, що відповідають струму відключення ступенів пускових опорів та записані в блоках B04 – B06. Виходи контролера Q3 – Q5 з'єднано з одного боку з компараторами струму двигуна, а з іншого боку – з реле відключення відповідного ступеня опорів. Тригери B15 та B16 відповідають за стан виходів контролера «Вперед» або «Назад» Q1 та Q2, відповідно – встановлюються входами I1 та I2, а скидаються входом I3.

6. Перевірка та налагодження програми здійснюється у вікні «*Simulation editor*», для запуску емуляції натискаємо кнопку «*Run*», викликаємо відображення входів/виходів та аналогового входу контролера відповідними кнопками в нижній панелі інструментів вікна та перевіряємо створену програму.

7. Передача програми в модуль здійснюється після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього вибираємо вкладку *Transfer / Transfer Program / PC > Module*. У вікні попередження повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, та в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

Запитання до захисту



- Принципи автоматичного управління пуском асинхронних двигунів з фазним ротором.
- Поясніть роботу розробленої програми управління пуском асинхронного двигуна мовою LD.
- Поясніть роботу розробленої програми управління пуском асинхронного двигуна мовою FBD.
- Наведіть можливі варіанти побудови програми в середовищі Zelio Soft для автоматичного управління пуском асинхронного двигуна з фазним ротором.
- Поясніть критерії вибору елементів системи управління, які використовуються для спраження контролера із зовнішніми пристроями.

3.3 Лабораторна робота № 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ МІШАЛКОЮ



Мета роботи

Навчитися формулювати завдання та складати програми контролерів мовами LD та FBD для систем управління електроприводами автоматизованих технологічних агрегатів з циклічною роботою

2.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з роботою автоматизованої мішалки та її основними технологічними параметрами.
2. Побудувати функціональну схему системи управління автоматизованою мішалкою, розробити перелік елементів системи управління.
3. У програмному середовищі ZelioSoft з панелі інструментів вибрати необхідні засоби, які забезпечать виконання поставлених до системи управління задач.
4. Використовуючи середовище LD, розробити програму для управління автоматизованою мішалкою та суміщеного з нею технологічного обладнання.
5. Перевірити коректність розробленої в середовищі LD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.

6. Використовуючи середовище FBD, розробити програму для управління автоматизованою мішалкою та суміщеною з нею технологічним обладнанням.

7. Перевірити коректність розробленої в середовищі FBD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.

8. Передати програму з ПК в модуль, перевірити її виконання, використовуючи імітатор сигналів.

2.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Автоматизована мішалка працює в циклічному режимі згідно з технологічною схемою, яка подана на рис. 3.3.1. Послідовність її роботи.

Насос з електродвигуном М1 вмикається та нагнітає середовище до бункера мішалки, після досягнення верхнього рівня 1,5 м електропривод насоса повинен вимкнутися, а електропривод мішалки М2 увімкнутися. Електропривод М2 реверсивний і забезпечує рівномірне змішування технологічного середовища, перемішуючи його протягом 5 хв в напрямку вперед, паузою 3 хв та перемішування протягом 5 хв в напрямку назад. Робота мішалки складається з трьох таких циклів. Після першого циклу в період паузи відкривається електромагнітний клапан YA1, додаючи до середовища компонент 1, доза компонента визначається часом відкритого YA1, що обмежується 5 секундами. Така ж операція триває під час паузи другим та третім циклом, але до суміші додається компонент 2 шляхом відкривання клапану YA2, кількість дозованого компонента 2 у два рази більша від компонента 1, відповідно, час відкритого стану YA2 також у два рази більший від часу, що відведений для YA1.

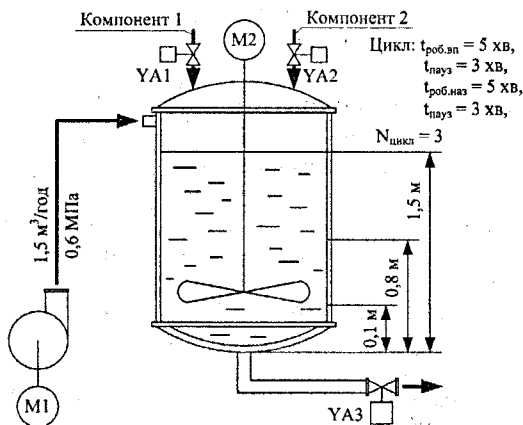


Рисунок 3.3.1 – Технологічна схема та технічні умови автоматизованої мішалки

Після закінчення повного циклу змішування відкривається соленоїдний клапан УАЗ, а готова суміш відводиться з мішалки. Після досягнення нижнього рівня в мішалці відбувається повторне вмикання насоса, після досягнення верхнього – вимкнення та наступний цикл змішування.

2. При побудові функціональної схеми системи управління слід користуватися такими рекомендаціями:

- сформулювати задачі системи управління;
- визначити потрібний тип та кількість входів програмованого модуля;
- визначити потрібну кількість виходів програмованого модуля;
- обґрунтувати призначення кожного входу та виходу модуля згідно з його маркуванням та способом спраження його з об'єктом управління.

Зазначені міркування потрібно подати у вигляді функціональної схеми з переліком елементів та маркуванням входів/виходів програмованого модуля. При необхідності пояснення роботи об'єкта в часі слід привести діаграму стану об'єкта протягом відповідного періоду.

Для складання переліку елементів функціональної схеми слід скористатися наявними каталогами контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації, обираючи необхідні елементи за двома принципами:

- видом і діапазоном зміни вимірюваного параметра;
- типом вихідного сигналу (він же є входним для програмованого модуля, а тому повинен відповідати діапазону 0...10 В постійного струму для аналогових величин (тиск, витрати, швидкість, концентрація, рівень і ін.), 24 В постійного струму для дискретних сигналів, градуюванні термоперетворювачів опору R або K для контролю температури).

3. Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи I_x , дискретні виходи Q_x , таймери T_x , аналогові компаратори A_x , лічильники C_x та компаратори лічильників I_x (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

Приклад розробленої програми мовою LD поданий на рис. 3.3.2. Програма працює таким чином. Аналоговий вхід контролера з'єднується з датчиком рівня в мішалці. Аналоговий компаратор A1 налаштований на спрацювання при досягненні сигналом від датчика рівня значення 8,0 В, що відповідає максимальному рівню в мішалці. Після цього відбувається скидання виходу Q1, що відповідає за стан насоса. Одночасно цим же компаратором запускається пульсуючий таймер T1 типу L, який ініціюється на час роботи мішалки заданою тривалістю (наприклад 5 хв) та час паузи (наприклад 3 хв). Імпульси таймера T1 обчислюються лічильником C2, який після досягнення результату обчислення, рівного 3,

автоматично скидається за рахунок ланцюжка (C2 – RC2). Компаратори лічильника C2 V3 та V4 налаштовані на спрацьовування, коли результат лічильника C2 буде відповідно 1 та 2. Якщо результат лічильника рівний 1, то з імпульсом T1 вмикається вихід контролера Q2, який відповідає за пуск мішалки вперед, якщо результат лічильника рівний 2, то з імпульсом T1 вмикається вихід контролера Q3, що відповідає за пуск мішалки назад.

Кількість імпульсів таймера T1 обчислюються також лічильником циклів змішування C1. Якщо проходить перші два імпульси від T1, то від компаратора лічильника C1 V1 запускається вихід Q4 (вентиля дозування компонента 1), тривалість відкритого стану якого визначається пульсуючим таймером T2 (наприклад 5 сек). Після проходження другого циклу змішування (T1 формує 4 імпульси) спрацьовує другий компаратор лічильника C1 V2 та запускає вихід Q5 (вентиля дозування компонента 2), тривалість відкритого стану якого визначається пульсуючим таймером T3 (наприклад 10 сек).

Після завершення циклу результат лічильника C1 складає 6, тому компаратор лічильника C1 V5 своїм контактом при такому результаті лічильника активує вихід Q6 контролера, який відкриває вентиль відведення суміші. Рівень продукту в мішалці продовжуватиме зменшуватися, коли він досягне мінімального значення (записане в аналоговому компараторі A2), відбудеться автоматичний пуск насоса (встановлення виходу Q1). Лічильник циклів змішування C1 скидається в нуль після виконання програми змішування та виходу на початок нового циклу за рахунок ланцюжка (A2 – RC1).

Для ручного управління насосом подачі середовища в мішалку передбачається два входи: I1 – пуск (встановлення Q1) та I2 – зупинка (скидання Q1).

4. Програмування мовою FBD пов'язане з покращеною наглядністю програми, бібліотека інструментів в FBD дозволяє застосувати більше елементів для вирішення поставленої задачі. При складанні проєкту мовою FBD для управління автоматизованою мішалкою слід керуватися послідовністю спрацьовування таймерів, лічильників та компараторів, які забезпечуватимуть встановлення та скидання виходів.

Кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів: насоса, електропривода мішалки (вперед/назад), два електромагнітних вентиля дозування компонентів суміші та один вентиль зливу суміші. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління двигуном насоса, та один з комбінованих входів модуля (починаючи з IB), який повинен підключатися до вимірювального перетворювача рівня в мішалці.

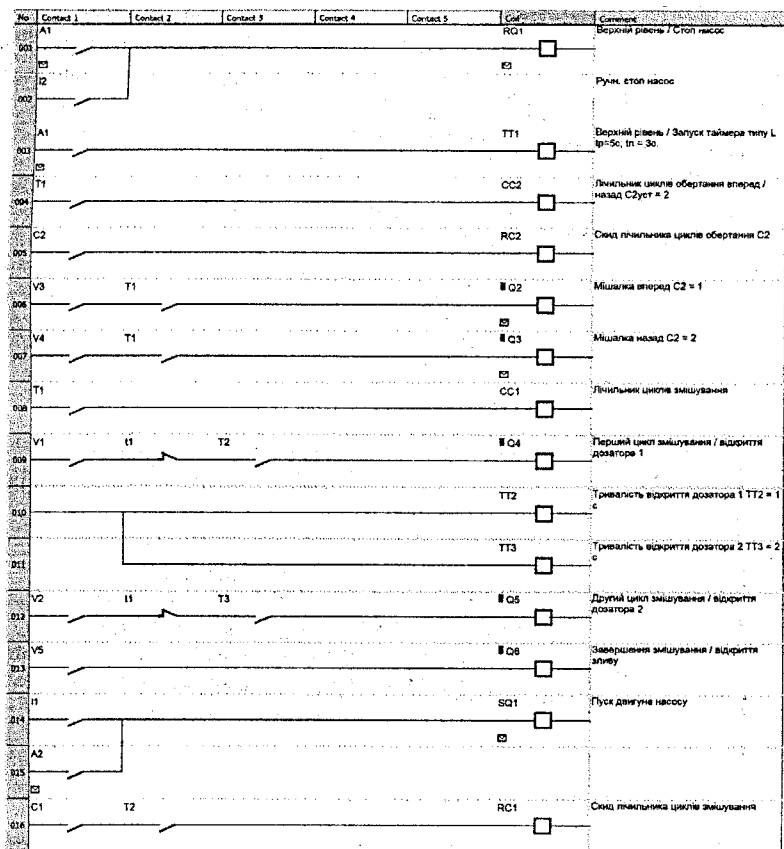


Рисунок 3.3.2 – Приклад програми управління автоматизованою мішалкою мовою LD

Поставлена задача навіть з допомогою уже вказаних інструментів в програмному забезпеченні Zelio Soft може бути вирішеною по різному. Студентам пропонується самостійно скласти програму. В програмі потрібно передбачити блок текстового повідомлення, який викликатиметься на екран контролера натисненням функціональної клавіші Z1, в повідомленні відобразити поточне значення рівня (входу ІВ, помноженому на ваговий коефіцієнт переведення в одиниці рівня: $k = 1,5 \text{ м} / 250 \text{ од.} = 0,006$.), а також порядковий номер циклу змішування (парні значення лічильника C1).

6. Перевірка та налагодження програми здійснюється у вікні «*Simulation editor*», для запуску емуляції натискаємо кнопку «*Run*», викликаємо відображення входів/виходів та аналогового входу контролера відповідними кнопками в нижній панелі інструментів вікна та перевіряємо створену програму.

7. Передача програми в модуль здійснюється після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього вибираємо вкладку Transfer / Transfer Program / PC > Module. У вікні попередження повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, та в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

Запитання до захисту



- Поясніть послідовність управління автоматизованою мішалкою.
- Поясніть роботу розробленої програми управління автоматизованою мішалкою мовою LD.
- Поясніть роботу розробленої програми управління автоматизованою мішалкою мовою FBD.
- Наведіть можливі варіанти побудови програми в середовищі Zelio Soft для автоматичного управління автоматизованою мішалкою.
- Поясніть послідовність створення, конфігурації та виклику текстових повідомлень на дисплей контролера під час виконання його програми.

3.4 Лабораторна робота № 3

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОЛОТКОВОЮ ДРОБАРКОЮ



Мета роботи

Навчитися формулювати завдання та складати програми контролерів мовами LD та FBD для систем управління електроприводами автоматизованих технологічних агрегатів з регуляторами параметрів

3.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з роботою молоткової дробарки типу ДБ-5 та її основними технологічними параметрами.

2. Побудувати функціональну схему системи управління автоматизованою молотковою дробаркою ДБ-5, розробити перелік елементів системи управління.

3. У програмному середовищі ZelioSoft з панелі інструментів вибрати необхідні засоби, які забезпечать виконання поставлених до системи управління задач.

4. Використовуючи середовище LD, розробити програму для управління автоматизованою молотковою дробаркою ДБ-5.

5. Перевірити коректність розробленої в середовищі LD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.

6. Використовуючи середовище FBD, розробити програму для управління автоматизованою молотковою дробаркою ДБ-5.

7. Перевірити коректність розробленої в середовищі FBD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.

8. Передати програму з ПК в модуль, перевірити її виконання, використовуючи імітатор сигналів.

3.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Автоматизована молоткова дробарка працює в неперервному режимі згідно з функціональною схемою, яка подана на рис. 3.4.1.

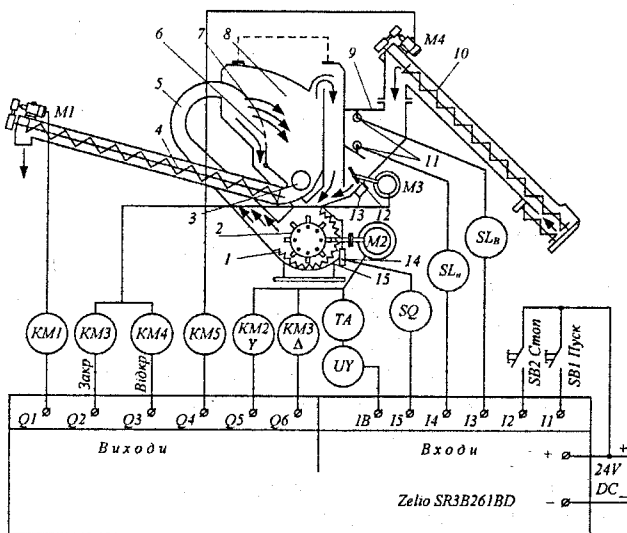


Рисунок 3.4.1 – Функціональна схема системи управління автоматизованої дробарки ДБ-5

Шнек 10 подає зерно в бункер 9 з датчиками рівня 11. Після відкриття заслонки зерно поступає в дробильну камеру 1 і під дією рухомого ротора 2 та деки 15 подрібнюється. Подрібнений продукт повітряним потоком від молотків ротора 2 по кормопроводу 5

транспортується до сепаратора 7 розділювальної камери 8. Дрібна фракція шнеками 3 і 4 вивантажується з дробарки. Крупна фракція поступає на повторне подрібнення. Повітря циркулює по замкнутому контуру, а надлишок викидається вгору через тканинний фільтр. Металеві домішки виділяються із зерна магнітом 13.

Ступінь подрібнення регулюється поворотом заслонки 6 і заміною сепаратора 7. Закритий стан кришки дробарки контролюється кінцевим вимикачем 14.

2. При побудові функціональної схеми системи управління слід користуватися такими рекомендаціями: сформулювати задачі системи управління; визначити потрібний тип та кількість входів програмованого модуля; визначити потрібну кількість виходів програмованого модуля; обґрунтувати призначення кожного входу та виходу модуля згідно з його маркуванням та способом спряження його з об'єктом управління. Зазначені міркування потрібно подати у вигляді функціональної схеми з переліком елементів та маркуванням входів/виходів програмованого модуля. При необхідності пояснення роботи об'єкта в часі слід навести діаграму стану об'єкта протягом відповідного періоду. Приклад функціональної схеми системи управління автоматизованою молотковою дробаркою поданий на рис. 3.4.1.

3. Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи I_x , дискретні виходи Q_x , таймери T_x , аналогові компаратори A_x , лічильники C_x та компаратори лічильників V_x (де x – номер елемент даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

4. При програмуванні мовою FBD кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів, як показано на рис. 3.4.1. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління дробаркою («Пуск» та «Стоп»), та один з комбінованих входів модуля (починаючи з IB), який повинен підключатися до вимірювального перетворювача струму головного двигуна. Три дискретних входи контролера повинні бути задіяні для підключення до них кінцевого вимикача кришки дробарки SQ та датчиків верхнього і нижнього рівнів відповідно SQ_v та SQ_n .

Приклад розробленої в середовищі FBD програми управління автоматизованою молотковою дробаркою подано на рис. 3.4.2. Запропонована програма працює таким чином. В таймерах $B23$, $B17$ та $B21$ задаються затримки на вмикання агрегатів. Першим вмикається вивантажувальний транспортер через тригер $B12$ та вихід $Q1$. Таймерами типу Li $B32$ та $B33$ встановлюється період вмикання реверсивного двигуна $M3$ привода регулювальної заслонки.

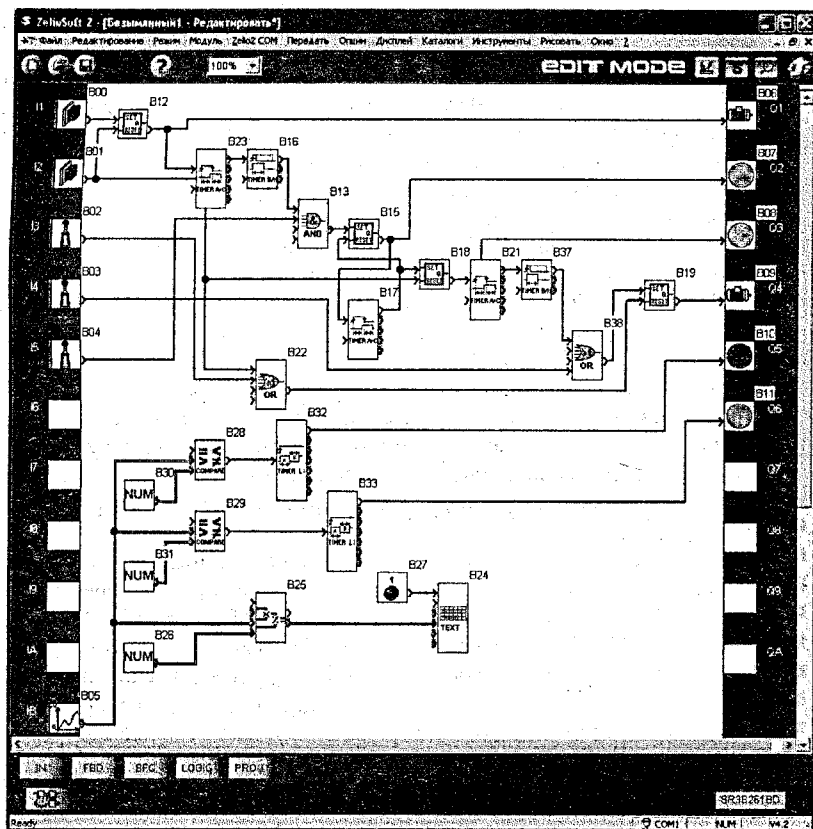


Рисунок 3.4.2 – Програма управління автоматизованою молотковою дробаркою ДБ-5 в середовищі FBD

Якщо струм головного двигуна $M2$ більший за $1,2 \cdot I_{ном}$ (це значення записується в блокові константи $B30$), то умова порівняння « $>$ » в компараторі $B28$ виконується і таймер $B32$ активує із заданим періодом імпульсів вихід $Q5$, що змушує заслонку подачі продукту на подрібнення закриватись. Струм двигуна починатиме зменшуватись, після повернення струму в зону нечутливості (різниця між значеннями констант $B30$ та $B31$) заслонка припинить переміщення, оскільки вихід $Q5$ більше активуватись не буде. При зниженні струму двигуна нижче $0,8 \cdot I_{ном}$ ланцюжок відкривання заслонки через компаратор $B29$, таймер $B33$ та вихід $Q6$ працює аналогічно.

Таймери В16 та В37 типу ВН (формування імпульсу заданої тривалості за переднім фронтом входу) призначені для запобігання повторному встановленню з'єднаних з ними тригерів В15 та В19. Одночасне скидання тригера В15 та встановлення тригера В18 від таймера В17 призначене для перемикання виходів з Q2 на Q3, які з'єднуються з магнітними пускатками головного двигуна дробарки, забезпечуючи перемикання обмоток двигуна з схеми «Y» на схему «Δ».

Поставлена задача навіть з допомогою уже вказаних інструментів в програмному забезпеченні Zelio Soft може бути вирішеною по різному. В програмі потрібно передбачити блок текстового повідомлення (на рис. 3.4.2 – блок В24), який викликатиметься на екран контролера натисненням функціональної клавіші Z1, в повідомленні відобразити поточне значення навантаження двигуна (входу IB, поділеному на ваговий коефіцієнт переведення в одиниці струму: $k = 250 \text{ од.} / 50 \text{ А} = 5$).

6. Перевірка та налагодження програми здійснюється у вікні «Simulation editor», для запуску емуляції натискаємо кнопку «Run», викликаємо відображення входів/виходів та аналогового входу контролера відповідними кнопками в нижній панелі інструментів вікна та перевіряємо створену програму.

7. Передача програми в модуль здійснюється після підключення модуля до ПК кабелем для програмування та моніторингу через порти COM або USB, після цього вибираємо вкладку Transfer / Transfer Program / PC > Module. У вікні попередження повідомляється, що попередня програма в модулі буде стерта, якщо вибрано підтвердження дії, та в наступному вікні слід налагодити дії модуля після закінчення прошивки програми (автоматичний запуск програми, необхідність моніторингу, час циклу і ін.)

Запитання до захисту



- Поясніть послідовність управління автоматизованою молотковою дробаркою.
- Поясніть роботу розробленої програми управління електроприводами дробарки мовою LD.
- Поясніть роботу розробленої програми управління електроприводами дробарки мовою FBD.
- Наведіть можливі варіанти побудови програми в середовищі Zelio Soft для автоматичного управління електроприводами дробарки.
- Поясніть послідовність створення, конфігурації та налагодження замкнених контурів регулювання технологічних параметрів з допомогою контролерів Zelio
- Розробіть альтернативні контури автоматичного регулювання в технологічній схемі молоткової дробарки.

3.5 Лабораторна робота № 4

РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ УСТАНОВКОЮ ПЕРВИННОГО ЗБЕРІГАННЯ МОЛОКА

 **Мета роботи** Навчитися формулювати завдання та складати програми контролерів мовою FBD для систем програмного управління електроприводами автоматизованих технологічних агрегатів з регуляторами параметрів та функціями Graf Set

4.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з роботою автоматизованої установки для первинного зберігання молока та її основними технологічними параметрами.

2. Побудувати функціональну схему системи управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока, розробити перелік елементів системи управління.

3. У програмному середовищі ZelioSoft з панелі інструментів вибрати необхідні засоби, які забезпечать виконання поставлених до системи управління задач (з використанням бібліотеки функціональних блоків SFC – *Sequential Function Chart*).

6. Використовуючи середовище FBD, розробити програму для управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока.

7. Перевірити коректність розробленої в середовищі FBD програми управління з допомогою вікна емуляції проекту.

8. Передати програму з ПК в модуль, перевірити її виконання, використовуючи імітатор сигналів.

4.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Автоматизована установка для первинного зберігання молока працює в циклічному режимі згідно з функціональною схемою, яка подана на рис. 3.5.1. Послідовність її роботи.

Розсіл подається насосом із збірників холодоносія і проходить через змійовик кожухотрубного випарника. Тут він нагріває аміак, який знаходиться навколо змійовика із холодоносієм, в киплячому стані.

В результаті теплообміну розсіл охолоджується до температури близько -10°C і поступає до холодильних камер споживачів холоду. Охолоджуючи середовище в холодильній камері, розсіл відбирає від нього теплоту, яку потім знову віддає у випарнику аміаку. У випарнику аміак переходить з рідкого стану в пароподібний і відсмоктується звідти компресором та нагнітається через масловіддільник в конденсатор. В

останньому під дією значного тиску та охолоджувальної води (близько 10°C) пари аміаку починають конденсуватись і холодоагент переходить в рідкий стан.

З конденсатора вже рідкий аміак поступає в ресивер, а звідти – знову в кожухотрубний випарник. Далі кругообіг холодоагенту та холодоносія продовжується аналогічно. Масловіддільник призначений для відділення крапель масла від парів аміаку, попадання яких в систему можливе при несправній системі змащування компресора. Ресивер служить для акумуляції невеликого запасу холодоагенту та створення гідравлічного затвору між областями високого (конденсатор) та низького (кожухотрубний випарник) тисків.

2. Приклад функціональної схеми системи управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока поданий на рис. 3.5.1.

3. Основними елементами, які використовуватимуться в процесі розробки проекту на модулях Zelio, є дискретні входи I_x , дискретні виходи Q_x , таймери T_x , аналогові компаратори A_x , лічильники C_x та компаратори лічильників V_x (де x – номер елемента даного виду в програмі). Доступ до них – з нижньої панелі інструментів Zelio Soft.

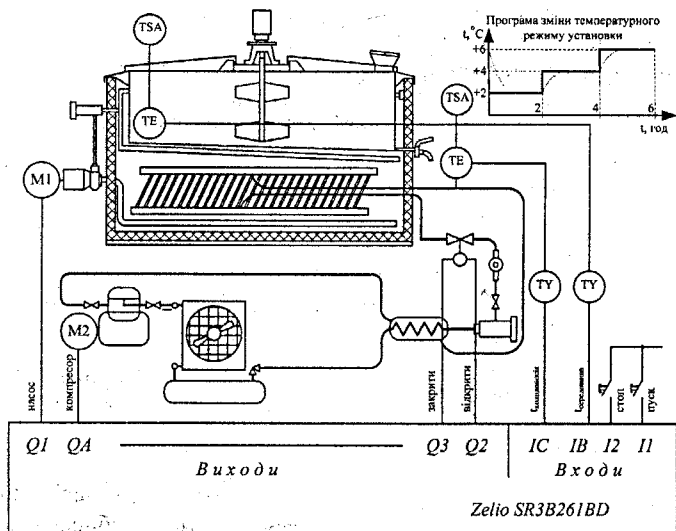


Рисунок 3.5.1 – Функціональна схема системи управління автоматизованою установкою первинного зберігання молока

4. При програмуванні мовою FBD кількість виходів контролера має відповідати кількості керованих елементів, як показано на рис. 3.5.1. Слід передбачити два дискретні входи, які підключатимуться до кнопок управління установкою («Пуск» та «Стоп»), та два комбінованих входи модуля (починаючи з IB), які повинні підключатися до вимірювального перетворювача температури відповідно молока та холодоносія.

Приклад розробленої в середовищі FBD програми управління автоматизованою молотковою дробаркою подано на рис. 3.5.2.

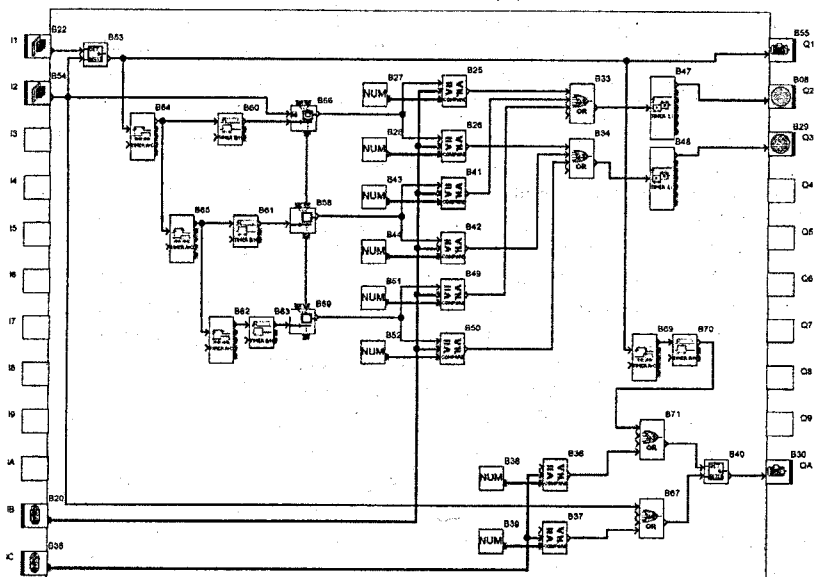


Рисунок 3.5.2 – Програма управління автоматизованою холодильною установкою первинного зберігання молока в середовищі FBD

Запропонована програма працює таким чином.

При натисненні кнопки «Пуск», яка з'єднана з входом I1 модуля відбувається запуск установки в автоматичному режимі. Встановлюється тригер B53, а також активується вихід Q1 і вмикається електропривод M1 циркуляційного насоса холодоносія. Одночасно запускається таймер B69, який встановлює час затримки на вмикання електропривода компресора M2 відносно електропривода циркуляційного насоса (цим забезпечується умова заблокованого пуску цих електроприводів). Після закінчення витримки часу вихід таймера B69 активується, а на виході імпульсного таймера B70 формується імпульс заданої тривалості, наприклад 1 сек. Тривалості цього імпульсу достатньо для встановлення тригера B40, що

з'єднаний своїм входом «Set» через елемент АБО В71 з вказаним імпульсним таймером В70. Після встановлення тригера В40 активується вихід QA модуля, що відповідає за вмикання електропривода компресора М2.

Автоматичне управління електроприводом компресора здійснюється у функції температури холодоносія. Вказаний параметр вимірюється датчиком температури, з'єднаним з входом IC модуля (рис. 3.5.2). Сигнал про температуру холодоносія поступає на перші входи компараторів В36 та В37. На другі входи цих компараторів подається від блоків констант В38 та В39 відповідно верхнє та нижнє допустимі значення температури холодоносія. При пониженні температури холодоносія нижче допустимої виконується умова порівняння сигналів у компараторі В37 «<» і через елемент АБО В67 відбувається скидання тригера В40 та деактивація виходу QA, що відповідає вимкненню компресора. Температура холодоносія при цьому почне підвищуватися. Після досягнення верхнього допустимого значення виконається умова компаратора В36 «>» і через елемент АБО В71 відбудеться повторне встановлення тригера В40, активація виходу QA та пуск електропривода компресора М2.

Відразу після запуску установки активним є логічний вихід блока SFC В66 типу *Resettable initial step*. При цьому активними є компаратори В25 та В26 верхнього та нижнього значень температури середовища на першій ступеня регулювання згідно із заданою програмою. На цьому ступені повинна підтримуватися температура $+2^{\circ}\text{C}$ (рис. 3.5.1), тому в блоках констант В27 та В28 записуються відповідно допустимі відхилення температури відносно вказаного заданого значення (наприклад верхнє $+3^{\circ}\text{C}$ та нижнє $+1^{\circ}\text{C}$). Якщо температура середовища, яка вимірюється датчиком, з'єднаним з входом IB модуля, вище верхнього допустимого значення, то на виході компаратора В25 формується сигнал лог. 1, який через елемент АБО В33 активує імпульсний таймер В47. Вказаний таймер формує імпульси відповідної тривалості та встановленої паузи між ними і з цією ж періодичністю відбувається активація виходу Q2 модуля. Електропривод регулюючого органу подачі холодоносія у бак-охолоджувач молока, з'єднаний з вказаним виходом (рис. 3.5.1) відкриватиме регулюючий орган, подача холодоносія збільшиться і температура молока почне знижуватися. Після повернення температури в зону допустимих значень вихід компаратора В25 деактивується і таймер В47 перестане формувати імпульси на відкривання регулюючого органу.

При пониженні температури нижче допустимого значення відбувається активація виходу компаратора В26, запуск імпульсного таймера В48 та періодична активація виходу Q3, що відповідає за вмикання електропривода регулюючого органу подачі холодоносія в напрямку закривання.

Після закінчення часу першого ступеня програмної зміни температури в бакові-охолоджувачі, встановленому в таймері B64, відбувається формування імпульсу таймером B60 на перехід до наступного ступеня блоків SFC B58 типу *Step*. При цьому компаратори B25 та B26, робота яких була описана вище, деактивуються, а замість них стає активною ланка формування сигналів на запуск імпульсних таймерів B47 та B48, що складається з блоків констант B43 та B44 і компараторів B41 та B42. Узгодження сигналів попередніх компараторів B25, B26 та активних B43, B44 з входами таймерів, відбувається через елементи АБО B33 та B34. Принцип формування сигналів той же, але задані значення температури в боках констант B43 та B44 відповідають другому ступеню регулювання температури (верхня $+5^{\circ}\text{C}$ та нижня $+3^{\circ}\text{C}$).

Після закінчення часу роботи системи на другому ступеня, тривалість якої встановлюється таймером B65, відбувається формування імпульсу таймером B61 на перехід до наступного ступеня блоків SFC B59 типу *Step*. Запускається третя ланка регулювання температури, що складається з блоків констант B51 та B52, а також з компараторів B49 та B50. В блоках констант записуються верхнє та нижнє допустимі значення температури на третьому ступені (наприклад $+7^{\circ}\text{C}$ та $+5^{\circ}\text{C}$).

Після вичерпання часу зберігання молока і програмної зміни температури в бакові-охолоджувачі активується вихід таймера B62, імпульсний таймер B63 припиняє роботу третього ступеня регулювання температури, що керується від блока SFC B59. Повторний запуск описаної програмної зміни температурного режиму бака-охолоджувача відбудеться після повторного пуску установки. Зупинка автоматичного управління електроприводами установки відбувається після подачі сигналу від кнопки управління на вхід I2 модуля. При цьому тригери B53 та B40 скидаються, електроприводи насоса та компресора вимикаються, а блоки SFC B66, B58 та B59 переходять в вихідний стан.

Студентам слід доповнити описану та наведену на рис.3.4.2 програму управління блоком текстового повідомлення, де повинна бути відображена інформація про температуру молока та холодоносія, а також один з виходів контролера призначити для сигналізації про закінчення циклу зберігання молока і програмної зміни температурного режиму бака-охолоджувача.

Запитання до захисту

- Поясніть послідовність управління автоматизованою установкою для первинного зберігання молока.
- Поясніть роботу розробленої програми управління електроприводами автоматизованої установки для первинного зберігання молока мовою FBD.

- Наведіть можливі варіанти побудови програми в середовищі Zelio Soft для автоматичного управління вказаної установки.
- Поясніть послідовність створення, конфігурації та налагодження ступенів SFC з допомогою контролерів Zelio
- Розробіть альтернативні ступені програмного регулювання технологічних параметрів для кількості ступенів, рівної 4.

3.6 Лабораторна робота № 5

ДОСЛІДЖЕННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО ПУСКАЧА TESYS U ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА POWER SUITE

 **Мета роботи** Вивчити будову і принцип роботи інтелектуального пускача TeSys U, опанувати методику його конфігурації та моніторингу з допомогою середовища Power Suite

5.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з будовою та принциповою схемою лабораторного стенда.
2. Перевести роботу пускача TeSys U в ручний режим управління.
3. Здійснити пробний пуск пускача в обох напрямках обертання.
4. З допомогою середовища Power Suite визначити струми у кожній із фаз IL1, IL2, IL3, середній струм IAV та струм замикання на землю IGR.
5. Провести тест захисту пускача від короткого замикання.
6. Задати конфігурацію пускача TeSys U з метою його захисту від режиму затягнутого пуску та стопоріння ротора.

5.2 Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи

1. Принципова схема частини лабораторного стенда, що призначений для дослідження багатофункціонального магнітного пускача TeSys U наведена на рис. 3.6.1.

При вибраному положенні «1» перемикача SA1 магнітний пускач працює в ручному режимі від кнопок управління SB1. Кнопковий пост має 3 кнопки – для пуску двигуна в напрямку «Вперед», «Назад», а також зупинки. Виводи пускача A1 та A3 відповідають виводам котушок управління вперед та назад, вивод A2 є спільним. Напруга управління складає 24 В постійного струму.

Пускач оснащений додатково багатофункціональним блоком управління LUCM05BL з цифровим дисплеєм, що дозволяє відображувати параметри пускача, а також встановлювати конфігурацію пускача в

локальному режимі (без ПК). Другим додатковим блоком пускача є блок комунікацій з цифровим виходом LULC032, що дозволяє підключати пускач до мереж з протоколом Modbus.

2. Для конфігурації та моніторингу роботи пускача з допомогою середовища Power Suite потрібно запустити його на ПК, налагодити з'єднання досліджуваного обладнання з персональним комп'ютером через порт COM.

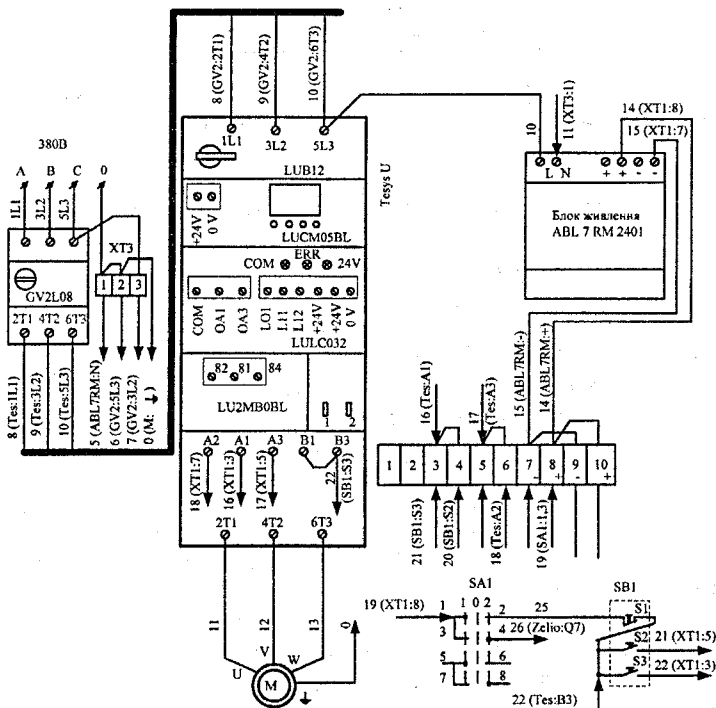


Рисунок 3.6.1 – Принципова електрична схема стенда для дослідження інтелектуального пускача TeSys U



Рисунок 3.6.2 – Вікно з функцією з'єднання TeSys U з ПК

Після закінчення з'єднання відбувається ідентифікація пускача до проектів у базі даних. На екрані монітора з'являється вікно попередження (рис. 3.6.3). У вікні попередження відображено три кнопки: «Select», «Ignore», «Cancel». Для роботи одного зі створених проектів натискаємо кнопку «Select». Для створення нового проекту натискаємо на «Ignore».

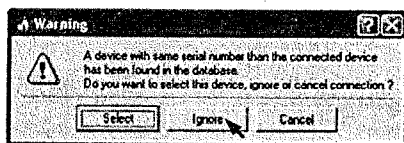


Рисунок 3.6.3 – Вікно попередження

Після вибору об'єкта дослідження виводиться вікно вибору функцій налаштування на роботу.

З переліку вказаних функцій вибрати необхідні.

- *TeSys U Configuration* – конфігурація TeSys U;
- *Thermal Overload Settings* – параметри налаштування теплового перевантаження;
- *Protection Functions* – функції захисту;
- *Control Unit Display Options* – опції дисплея блока управління;
- *Control Unit Communication Configuration* – конфігурація комунікаційних параметрів блока управління;
- *Module Configuration* – конфігурація модуля зв'язку Modbus.

TeSys U Configuration дає можливість вибрати однофазне або трифазне живлення (в даному випадку використано трифазне живлення), допоміжне живлення (*Auxiliary fan*), тип модуля зв'язку Modbus (*Model type*). Вікно *TeSys U Configuration* при з'єднанні інтелектуального пускача TeSys U з ПК наведено на рис. 3.6.4. Параметри налаштування теплового перевантаження наведено на рис. 3.6.5.

Пускач TeSys U містить такі функції захисту:

- *Ground Fault* – захист від пошкодження заземлення;
- *Jam* – захист від стопоріння ротора двигуна;
- *Long Start* – захист від затяжного пуску;
- *Phase Imbalance* – захист від несиметрії фаз;
- Додатково у вказаному вікні присутні вкладки:
- *Function Settings* – параметри настроювання функцій захисту (вибір дій при спрацюванні – відключення *Trip* або попередження *Warning*;
- *Magnetic Trip* – вкладка конфігурації електромагнітного захисту;
- *Thermal Overload Warning* – вкладка конфігурації теплового захисту.

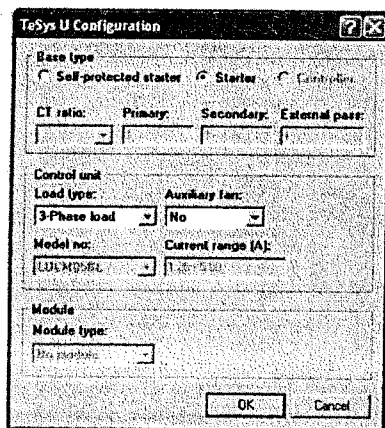


Рисунок 3.6.4 – Вікно *TeSys U Configuration*

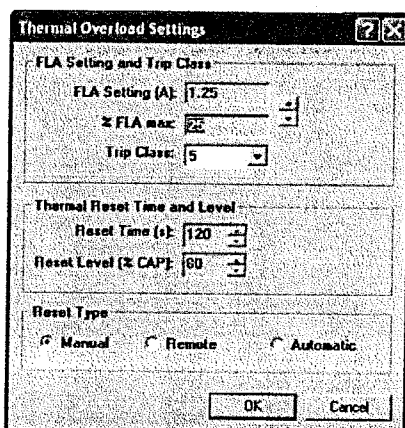


Рисунок 3.6.5 – Вікно *Thermal Overload Settings*

Межа спрацьовування електромагнітного захисту задається у відсотках до номінального струму пускача (%FLA), у цьому ж вікні виводиться фізична величина струму спрацьовування. Налаштування решти функцій захисту відбувається за номінальним струмом пускача і проілюстровано на рис. 3.6.6 – 3.6.11.

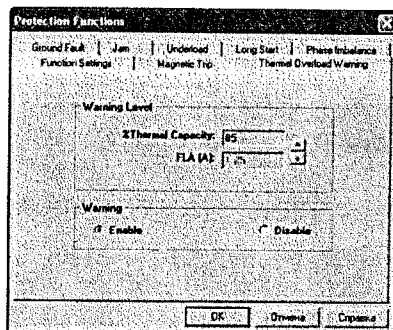


Рисунок 3.6.6 – Вікно *Thermal Overload Warning*

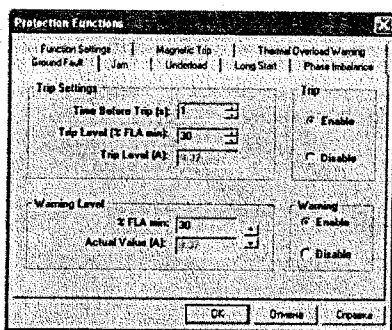


Рисунок 3.6.7 – Активація функції захисту від пошкодження заземлення

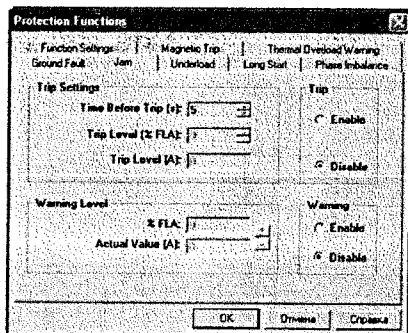


Рисунок 3.6.8 – Активація функції захисту від стопоріння *Jam*

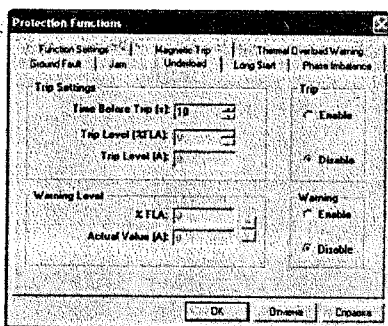


Рисунок 3.6.9 – Активація функції захисту від роботи на холостому ходу

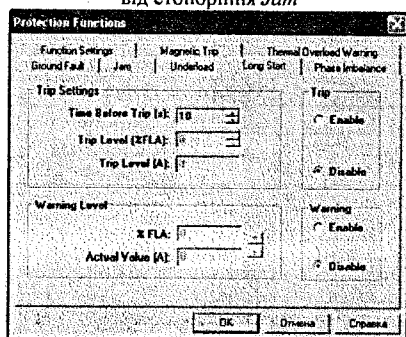


Рисунок 3.6.10 – Активація функції захисту від затяжного пуску *Long Start*

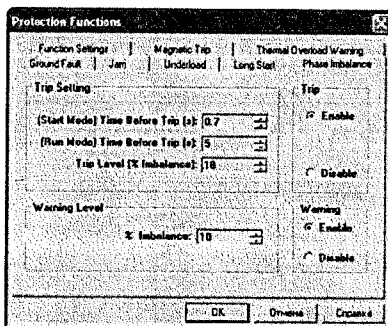


Рисунок 3.6.11 – Налаштування функції захисту від несиметрії фазних напруг

Конфігурація зв'язку ПК з пускачем через багатофункціональний блок управління вибирається у вікні *Communication Configuration*, де вказується:

- мережева адреса блока управління та швидкість обміну даних в бодах;
- паритет бітів слова обміну між ПК та модулем через протокол RS485;
- вибір способу оновлення параметрів налаштування в режимі «он-лайн» та дії пускача при пошкодженні зв'язку.

Приклад конфігурації зв'язку з ПК через блок управління наведений на рис. 3.6.12.

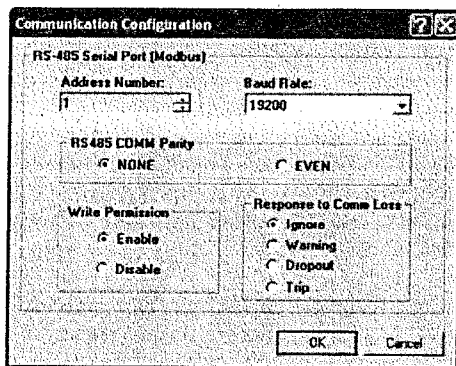


Рисунок 3.6.12 – Вікно конфігурації зв'язку блока управління

Багатофункціональний блок управління LUCM05BL оснащений дисплеєм, за допомогою якого можна відстежувати значення струмів у кожній із фаз IL1, IL2, IL3, середній струм IAV, струм замикання на землю IGR. Ці ж значення відображаються у вікні моніторингу *Power Suite* (рис. 3.5.14).

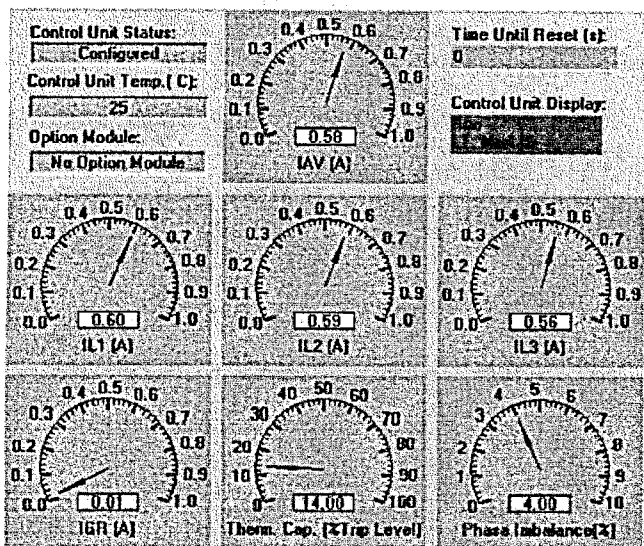


Рисунок 3.6.14 – Вікно моніторингу *Power Suite*
(фазні струми IL1, IL2, IL3, середній струм IAV, струм замикання на землю IGR, тепла смість та ступінь несиметрії фаз).

Запитання до захисту



- Поясніть роботу схеми управління асинхронним двигуном з допомогою реверсивного магнітного пускача з тепловим та електромагнітним захистом.
- Поясніть, як відбувається захист електродвигуна з допомогою магнітного пускача TeSys U від тривалого пуску та стопоріння.
- Поясніть, як відбувається захист електродвигуна з допомогою магнітного пускача TeSys U від несиметрії фаз та роботи на холостому ході.
- Поясніть як вибрати параметри для відображення на дисплеї блока управління при роботі пускача TeSys U.
- Розробіть схему управління електроприводом насоса, що працюватиме в автоматичному та ручному режимах управління з використанням пускача Tesys U.

3.7 Лабораторна робота № 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА КОНФІГУРАЦІЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ ALTIVAR 31



Мета роботи

Вивчити будову і принцип роботи перетворювача частоти Altivar 31, опанувати методику його конфігурації та моніторингу з допомогою середовища Power Suite

6.1 Програма виконання лабораторної роботи

1. Ознайомитись з будовою лабораторного стенда та принципом дії перетворювача частоти Altivar 31.
2. Скласти схему управління синхронним двигуном з перетворювачем частоти Altivar 31 в ручному режимі управління.
3. Здійснити пробний пуск синхронного двигуна за допомогою перетворювача частоти Altivar 31 в обох напрямках обертання, зміну напрямку обертання.
4. З допомогою середовища Power Suite провести моніторинг роботи перетворювача частоти, зняти динамічні характеристики моменту, частоти та струму двигуна при зміні швидкості обертання.
6. Задати конфігурацію перетворювача частоти Altivar 31 з можливістю управління від кнопок управління та від зовнішнього пристрою за протоколом Modbus.

6.2.2. Для конфігурації та моніторингу роботи перетворювача частоти з допомогою середовища Power Suite потрібно запустити його на ПК, налагодити з'єднання досліджуваного обладнання з персональним комп'ютером через порт COM.

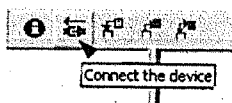


Рисунок 3.7.2 – Вікно з функцією з'єднання Altivar 31 з ПК

Після закінчення з'єднання відбувається ідентифікація пускача до проектів у базі даних. На екрані монітора з'являється вікно попередження (рис. 3.7.3). У вікні попередження відображено три кнопки: «Select», «Ignore», «Cancel». Для роботи одного зі створених проектів натискаємо кнопку «Select». Для створення нового проекту натискаємо на «Ignore». При виконанні лабораторної роботи слід ігнорувати попередження (після чого створити новий проект).

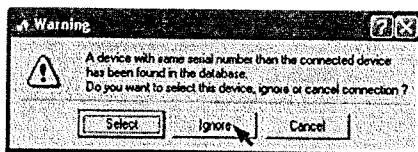


Рисунок 3.7.3 – Вікно попередження

Новостворений проект зберегти під вибраним іменем та перейти до конфігурації перетворювача частоти з допомогою панелі швидкого доступу (рис. 3.7.4).

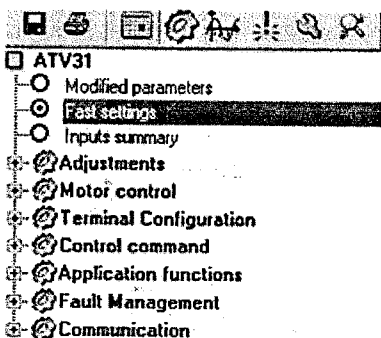


Рисунок 3.7.4 – Панель швидкого доступу до функцій перетворювача частоти

6.2.3. З панелі швидкого доступу викликаємо підкаталог «Fast settings». На екрані монітора відображаються настройки підкаталога (рис. 3.7.5), у якому задаються значення.

У рядку «Supply frequency» задаємо номінальну частоту напруги живлення двигуна (*BFR Std. motor frequency*) – 50 Hz.

У рядках «Acceleration / Deceleration» задаємо час розгону (*ACC Acceleration ramp time*) – 3.0 s, та час гальмування (*DEC Deceleration ramp time*) – 3.0 s.

У рядку «Frequency range» задаємо діапазон зміни частоти, що обмежений значеннями мінімальної частоти (*LSP Low Speed*) – 0.0 Hz та максимальної частоти (*HSP High Speed*) – 50.0 Hz;

У рядку «Thermal protection» задаємо номінальний струм двигуна (*ITH Motor Thermal Current*) 0.8 A, відносно якого налагоджується тепловий захист електропривода.

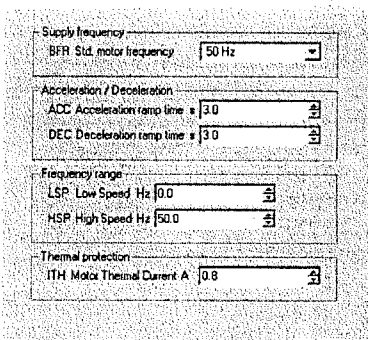


Рисунок 3.7.5 – Настройки підкаталогу «Fast settings»

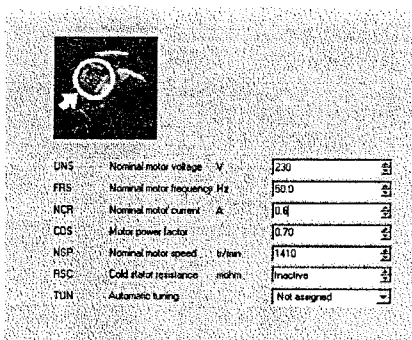


Рисунок 3.7.6 – Вікно вкладки «Motor control»

6.2.4. Після налаштування основних характеристик перетворювача вибираються параметри двигуна, що працюватиме з перетворювачем, для цього вибираємо підкаталог «Motor control» (рис. 3.7.6), в якому задаємо номінальні параметри двигуна:

- номінальна напруга двигуна (*UNS Nominal motor voltage*) – 220 V;
- номінальна частота двигуна (*FRS Nominal motor frequency*) – 50.0Hz;
- номінальний струм двигуна (*NCR Nominal motor current*) – 6.8 A;
- коефіцієнт потужності двигуна (*COS Motor power factor*) – 0.80.

6.2.5 Проводиться конфігурація входів/виходів перетворювача частоти, для цього вибирається підкаталог «Terminal configuration» (рис. 3.7.7), в якому вказуються:

- у вкладці вибору типу команди (*Type of command*) задається значеннями: три- або двопровідного контролю (*TCC 2 wire or 3 wire control*), вибираємо значення трипровідного контролю (*3-wire control*), на вхід LI3 присвоюємо функцію руху двигуна у зворотному напрямі (*RRS Reverse*);
- у вкладці налаштування гальванічної шкали аналогових входів/виходів (*I/O scaling*) вказується діапазон сигналів аналогового входу AI3 за струмом та аналогового виходу AO1 (за струмом чи напругою, межі зміни сигналів);
- у вкладці вихідних параметрів задається призначенням вихідних реле (R1 – реле несправності за замовчуванням *Drive fault*, та R2 – довільне).

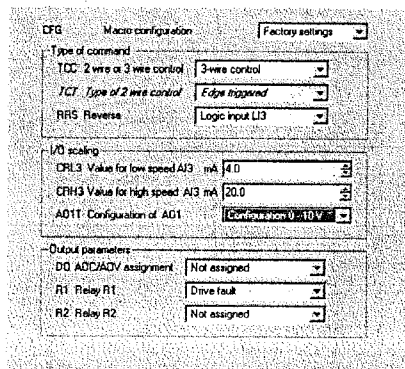


Рисунок 3.7.7 – Налаштування підкаталогу «Terminal configuration»

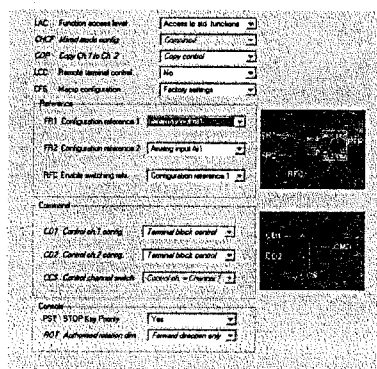


Рисунок 3.7.8 – Вікно вкладки команд «Control command»

6.2.6 В підкаталозі команд перетворювача «Control command» (рис. 3.6.8) вибираємо канал задання (*Reference*) частоти як аналоговий вхід AI1, якщо у верхній частині вікна функція типу управління *CHCF Mixed mode config* вибрана як комбінація (*Combined*), то управління пуском, зупинкою привода буде проводитись відповідно до станів дискретних входів *Llx*. Якщо вказана функція вибрана як роздільна (*Separate*), то канал задання частоти та управління приводом може бути різний (наприклад, задання – через вхід *AI1*, а управління через протокол *CANopen*), для перемикавання команд слід призначити один із входів на виконання цієї функції (*CCS Control channel switch*).

6.2.7 Запускаємо перетворювач частоти після конфігурації вибраних функцій із зовнішнього кнопочового поста. У вікні *Scope* (доступ до якого через панель задач *Power Suite*) під час роботи при зміні вихідної частоти,

струму та моменту отримуємо діаграми зміни цих величин, приклад яких наведено на рис. 3.7.9.

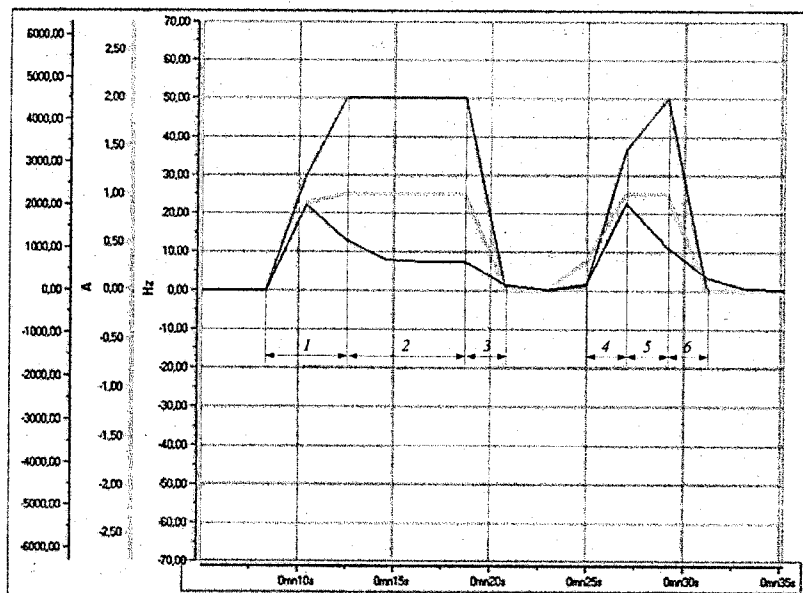


Рисунок 3.7.9 – Графіки моменту, струму та вихідної частоти
(1 – розгін двигуна; 2 – усталена робота електричного двигуна; 3 – гальмування електричного двигуна; 4 – розгін електричного двигуна; 5 – зміна швидкості обертання двигуна; 6 – гальмування двигуна).

Запитання до захисту



- Поясніть принцип дії перетворювача частоти Altivar 31 та наведіть його структурну схему.
- Складіть схему управління асинхронним двигуном з допомогою перетворювача частоти Altivar 31 у функції технологічного параметра (тиску, температури тощо).
- Поясніть, як відбувається захист перетворювача частоти від пошкоджень.
- Що являє собою комбіноване та роздільне управління перетворювачем частоти, які можливі варіанти каналів управління перетворювачем частоти Altivar 31?
- Поясніть як вибрати параметри перетворювача частоти для відображення їх у вигляді часової діаграми в середовищі Power Suite.

Література

1. Фоменков А. П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий / А. П. Фоменков. – М.: Колос, 1984. – 288 с.
2. Коломиец А. П. Электропривод и электрооборудование / А. П. Коломиец, Н. П. Кондратьева, И. Р. Владыкин, С. И. Юран. – М.: КолосС, 2006. – 328 с. – ISBN 978-5-9532-0596-2.
3. Белов М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. вузов / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. – М.: Изд. центр «Академия», 2007. – 576 с. – ISBN 978-5-7695-4497-2.
4. Твердохлеб Г. В. Технология молока и молочных продуктов: Учебник. 2-е изд., перераб. и доп. / Г. В. Твердохлеб, Г. Ю. Сажин, Р. И. Раманаускас. – СПб.: СПбГУИПТ, 2003. – 616 с. – ISBN 94343-104-7.
5. Тарасенко А. П. Современные машины для послеуборочной обработки зерна и семян / А. П. Тарасенко. – М.: КолосС, 2008. – 232 с. – ISBN 978-5-9532-0458-3.
6. Коротков В. И. Деревообрабатывающие станки / В. И. Коротков. – М.: Академия, 2006. – 304 с. – ISBN 5-7695-3247-5.
7. Смехунов Е. А. Поточные линии в производстве сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / Е. А. Смехунов. – Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2008. – 122 с. – ISBN 978-5-7890-0451-7.
8. Интеллектуальное реле Zelio Logic 2. Руководство пользователя. – Schneider Electric. – Telemecanique. – SR1MAN01RU 3500714300 – 01/2004. – 151 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа до каталогу та програмного забезпечення: [http://www.global-download.schneider-electric.com/852575620060F181/All/C125713F005265E2C12572BC00366A91/\\$File/zeliisoft2_v4_2.part1.exe](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575620060F181/All/C125713F005265E2C12572BC00366A91/$File/zeliisoft2_v4_2.part1.exe)
9. Многофункциональные устройства управления и защиты TeSys U и TeSys T. – Schneider Electric. – Telemecanique. – TESYSTUCATRU Ver. 1.1 – 04/2009. – 149 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа до каталогу: [http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/2AB89A4289611678852575E60053E626/\\$File/tesystucatru.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/2AB89A4289611678852575E60053E626/$File/tesystucatru.pdf)
10. Altivar 31 drives / Преобразователи частоты Altivar 31 Интуитивность и универсальность. – Schneider Electric. – Telemecanique. – ATV31CATRU Ver. 1.0 – 10/2006. – 57 с. – [Электронный ресурс] – Режим доступа до каталогу: [http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/EF11A323EAB96301852575CC00666FE6/\\$File/atv31catru.pdf](http://www.global-download.schneider-electric.com/852575770039EC5E/All/EF11A323EAB96301852575CC00666FE6/$File/atv31catru.pdf)

СЛОВНИК ОСНОВНИХ ТЕРМІНІВ (GLOSSARY)

Автоматизація.....	<i>automation</i>
Агропромисловий комплекс	<i>agroindustrial complex</i>
Асинхронний електродвигун	<i>asynchronous motor</i>
Вентилятор.....	<i>ventilator</i>
Гальмування.....	<i>braking</i>
Електродвигун	<i>electric motor</i>
Електромагнітна муфта	<i>electromagnetic muff</i>
Електропостачання.....	<i>electrical supply</i>
Електропривод.....	<i>electric drive</i>
Зворотньо-поступальний рух	<i>back-and-forth motion</i>
Зерноочисна машина.....	<i>grain cleaner</i>
Зупинка.....	<i>stop</i>
Компресор.....	<i>compressor</i>
Контролер.....	<i>controller</i>
Конфігурація проекту	<i>project configuration</i>
Маховик.....	<i>flywheel</i>
Механізм подачі	<i>infeed mechanism</i>
Механічні характеристики	<i>mechanical characteristics</i>
Момент (оберт.).....	<i>torque</i>
Момент інерції.....	<i>inertia moment</i>
Навантажувальна діаграма.....	<i>loading diagram</i>
Насос.....	<i>pump</i>
Обертовий рух	<i>rotary motion</i>
Навколишнє середовище	<i>environment</i>
Перетворювач частоти.....	<i>variable frequency converter – VFC</i>
Потокова лінія	<i>product line</i>
Потужність.....	<i>power</i>
Прискорення	<i>acceleration</i>
Програмне забезпечення	<i>software</i>
Програмування	<i>programming</i>
Пуск	<i>start-up</i>
Пускач.....	<i>starter</i>
Регулятор.....	<i>regulator</i>
Реле	<i>relay</i>
Ручний електроінструмент.....	<i>handling electric tool</i>
Сепаратор.....	<i>separator</i>
Середовище розробки	<i>development environment</i>
Сільськогосподарська машина	<i>agricultural machine</i>
Транспортер.....	<i>transporter</i>
Функція автоматики.....	<i>automatic function</i>
Швидкість	<i>speed</i>

Навчальне видання
Володимир Віталійович Грабко
Сергій Михайлович Левицький

Електропривод підприємств агропромислового комплексу

Навчальний посібник

Редактор В. Дружиніна

Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено С. Левицьким

Підписано до друку 24.03.2011 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 12.6.
Наклад 75 прим. Зам. № 2011-081

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-81-59.

Свідцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.