МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*
Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Декан факультету	Завідувач кафедри
_____ *Андрій ФОРСЮК*	_____ *Ярослав СМІТЮХ*
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
« *5* » *червень* 2025 р.	« *5* » *червень* 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*
на тему: *Розробка системи автоматизації процесу виробництва тіста на хлібозаводі*

Виконав: здобувач *4* курсу, групи *АК-4-1*

ЖЕРДЄВ Михайло Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник *КИШЕНЬКО Василь Дмитрович* _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент *Андрій МОШЕНСЬКИЙ* _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач_____
(підпис)

Київ – 2025 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

Спеціальність *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
зав. кафедри АКТСУ
ім. проф. А.П. Ладанюка
_____ *Ярослав СМІТЮХ*
«*28*» *квітня* 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ЖЕРДЄВУ Михайлу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації процесу виробництва тіста на хлібозаводі*

керівник роботи *к.т.н. проф. КИШЕНЬКО Василь Дмитрович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від *«28» квітня 2025 р. № 254-кс*

2. Строк подання здобувачем роботи *« 5» червня 2025 р.*

3. Вихідні дані до роботи
Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення.

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу
1. Схема автоматизації. 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.
3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання *квітня 2025 р.*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипломною практикою*	
2	*Розділ 1*	*Захист переддипломної практики*	
3	*Розділ 2*	*1 тиждень*	
4	*Розділ 3*	*2 тиждень*	
5	*Розділ 4 та 5*	*3 тиждень*	
6	*Розділ 6 та 7*	*4 тиждень*	
7	*Підготовка матеріалів до захисту*	*5 тиждень*	
8	*Захист кваліфікаційної роботи*	*6 тиждень*	

Здобувач *Михайло ЖЕРДЄВ* _____
(підпис)

Керівник роботи *Василь КИШЕНЬКО* _____
(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі проведено опис розробки системи автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі.

СА ВТ на хлібозаводі розроблена на базі промислового логічного контролера (ПЛК) Schneider Electric M340.

При розробці для оператора дисплейної мнемосхеми процесу виробництва тіста використано програмне забезпечення Citect SCADA 2015.

В роботі розглянуто монтаж технічного засобу автоматизації – ємнісного рівнеміра KOBOLD NMC-N.

Проведеним комп'ютерним моделюванням системи автоматичного регулювання (САР) моделі об'єкта регулювання температури в дозаторі води було знайдено методом (процес з мінімальним часом регулювання – 150 секунд) оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора.

Ключові слова: виробництво тіста, СА ВТ, автоматизація, ПЛК М340, KOBOLD NMC-N.

Annotation

The qualification work describes the development of the dough production process automation system (SA DT) at a bakery.

SA DT at the bakery was developed on the basis of the Schneider Electric M340 industrial logic controller (PLC).

When developing the display mnemonic diagram of the dough production process for the operator, Citect SCADA 2015 software was used.

The work considered the installation of the technical means of automation – the capacitive level gauge KOBOLD NMC-N.

The computer modeling of the automatic control system (ACS) of the model of the temperature control object in the water dispenser was carried out, and the optimal settings (OPN) of the PI controller were found using the method (process with the minimum control time of 150 seconds).

Keywords: dough production, SA DT, automation, KOBOLD NMC-N, PLC M340.

Зміст

Вступ……7

Розділ 1. Опис об’єкта автоматизації…….....8

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації…….....8

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації……14

Розділ 2. Система автоматизації……15

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)……15

2.2. Схема автоматизації…….42

2.3. Специфікація засобів автоматизації…….....43

Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення…….45

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)…...45

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК…….46

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру…….47

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів…….51

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)……54

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога……..59

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI……...59

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора…….61

Розділ 7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання...62

7.1. Постановка задачі дослідження……..62

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі……63

7.3. Моделювання САР……...64

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків…...66

Висновки..…..…….67

Список використаної літератури……...68

Вступ

Забезпечення оптимальних технологічних вимог під час процесу виробництва тіста дозволить в майбутньому отримати хліб високої якості.

Використання технічних засобів, що забезпечують точність вимірювання, дозволить вести більш точний процес вимірювання та дозування компонентів для тіста зменшити втрати компонентів під час обліку.

Метою даної кваліфікаційної роботи є задача розробки системи автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі з використанням сучасних та точних технічних засобів для забезпечення автоматизації процесу.

Використані в СА ВТ точних технічних засобів вимірювання ваги та її регулювання дозволить збільшити точність вимірювання та зменшити втрати продукції при її вимірюванні, що дозволить зменшити собівартість виробництва тіста та збільшить прибутковість виробництва.

Розділ 1. Опис об’єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації.

Для виробництва сортів пшеничного хліба тісто готують використовуючи наступні компоненти та їх пропорції на 100 кг борошна (рис. 1.1): цукор – 20 кг (рис. 1.2), дріжджі – 3 кг (рис. 1.3), сіль – 3 кг (рис. 1.4), вода – 70 л (рис. 1.5) [1].

Рис. 1.1. Борошно.

Рис. 1.2. Цукор.

Рис. 1.3. Дріжджі.

Рис. 1.4. Сіль.

Рис. 1.5. Вода.

Цукор розчиняють у теплій воді роблячи цукровий сироп (рис. 1.6). Для рівномірного розчинення цукру у воді відбувається перемішування в ємності, де відбувається приготування цукрового сиропу.

Рис. 1.6. Цукровий сироп.

На хлібозаводах тісто готують в тістомісильних машинах (рис. 1.7) [2] додаючи всі компоненти з дозаторів.

Рис. 1.7. Тістомісильна машина.

Виготовлене тісто в тістомісильній машині вивантажується на конвеєр (рис. 1.8) [2].

Рис. 1.8. Вивантаження тіста.

Конвеєром тісто переміщається в тістоподільну машину, де відбувається процес поділу тіста на шматки. Далі шматки тіста надходять в тістоокруглювальну машину в якій з тіста формуються заготовки, які потім подаються в шафу вистоювання.

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації.

Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
Дозатор води	Температура	50 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на ТЕН (поз. 1в)	
	Рівень	80%	Управління	Стан	Вплив на клапани (поз. 2б та 2в)	
Дозатор цукру	Вага	20 кг	Управління	Стан	Вплив на клапани (поз. 3б та 3в)	
Дозатор дріжджів	Вага	3 кг	Управління	Стан	Вплив на клапани (поз. 4б та 4в)	
Дозатор солі	Вага	3 кг	Управління	Стан	Вплив на клапани (поз. 5б та 5в)	
Дозатор борошна	Вага	100 кг	Управління	Стан	Вплив на клапани (поз. 6б та 6в)	
Змішувач	Двигун М1	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М1	
Тістомісильна машина	Двигун М2	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на стан роботи двигуна М2	

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

В системі автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі для визначення ваги компонентів в дозаторах цукру, дріжджів, солі та борошна задіяно тензометричні датчики Dini Argeo CPA150 [3] (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Dini Argeo CPA150.

Зазначені технічні характеристики датчика Dini Argeo CPA150:

MAIN FEATURES

- CAPACITIES from 150 to 10000 kg
- OIML C3 CLASS, from 2000 to 10000 kg
- LOW PROFILE
- GREAT RESISTANCE TO LATERAL FORCES
- STAINLESS STEEL CONSTRUCTION
- IP68 PROTECTION
- SHIELDED CONNECTION CABLE UP TO 90°C

TECHNICAL FEATURES

- Minimum load cell verification interval: Vmin = EMax / 10000
- Full Scale Output: 2mV/V +/- 0,1% (1,3mV/V for CPA150)
- Repeatability: 0,01% F.S.
- Combined Error 0.025% Emax (≤10t), 0.05% Emax (≥20t)
- Temperature effect on zero: 0,0014% /°C
- Temperature effect on full scale output: 0,0013% /°C
- Compensated Temperature Range: -10°C/+40°C
- Operating Temperature Range: -30°C/+60°C
  * Upon request up to 200°C
- Creep error after 4 hours: 0,03% F.S.
- Maximum tolerated excitation voltage: 15 Vdc
- Input Resistance: 1100 ± 50 Ohm
- Output Resistance: 1000 ± 10 Ohm
- Zero Balance: ± 2% F.S.
- Insulation Resistance: >5000 MOhm
- Safe Overload: 150% F.S.
- 6-wire shielded cable, 5 mm diameter:
  - 10 m long for the versions from 150 up to 10000kg
  - 10 m long for the versions from 20000 to 50000kg

Wiring Code	
Colour	*Function*
METAL	SHIELD
GREEN	OUTPUT +
VIOLET	SENSE +
RED	INPUT +
WHITE	OUTPUT -
GREY	SENSE -
BLACK	INPUT -

ATEX Version

- The CCATEX certificate makes the load cell suitable for use in hazardous areas with protection methods according to:
  ATEX II 1G Ex ia IIC T6 (Ta -20÷+40ºC) TX (Ta -20÷+65ºC)
  ATEX II 1D tD A20 TXºC (Ta -20÷+40ºC) TXºC (Ta -20÷+65ºC).
  The certificate includes the manual and the ATEX CE conformity declaration (available in EN, DE, FR, and IT).
- **The CCATEX certificate is issued after the checks done by qualified technicians, with the help of specific equipments, for each load cell.**
- IMPORTANT: the certificate refers to the single load cell. For systems with more load cells, it is necessary to order one certificate for each load cell.

VERSIONS

Available versions

Code	Max (kg)
CPA150	150
CPA300	300
CPA500	500
CPA1000	1000
CPA2000 OIML	2000
CPA3000 OIML	3000
CPA5000 OIML	5000
CPA7000 OIML	7000
CPA10000 OIML	10000
CPA20000	20000
CPA30000	30000
CPA50000	50000

NOTE: Capacities up to 1000t upon request.

Датчики Dini Argeo CPA150 підключаються до індикаторів Dini Argeo DGT1 [4] (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Dini Argeo DGT1.

Зазначені технічні характеристики індикатора Dini Argeo DGT1:

MAIN FEATURES

- Easy to use 5-key waterproof keyboard.
- Highly efficient red LED display with 6 8-mm digits and 6 LEDs for showing active functions.
- Standard dimensions for mounting on DIN bar.
- Calibration, Set-Up parameters, configurable from keyboard or from PC with DINI TOOLS.
- Up to 10.000e or multirange 2 x 3000e @ 0,3 µV/e in CE-M approved version for legal for trade use.
- Up to 800.000 displayable divisions with internal resolution up to 3.000.000 points.
- Up to **8 signal linearization points** with DINITOOLS (3 from keypad).
- 1 channel A/D 24-bit sigma-delta conversion, up to 400 conv./sec. autoselect.
- Connectable with up to 8 analogue load cells with 350 Ohm input resistance.
- From 12 Vdc to 24 Vdc power supply.
- Fitted with real time clock and Alibi memory.

MAIN CERTIFICATIONS

- CE-M EN 45501
- OIML R76
- OIML R61 - MID
- OIML R51
- Australian legal for trade certificate of approval (NMI S788)

TRANSMITTER / INDICATOR: FUNCTIONS

- **KEYBOARD:**
  Zeroing; Semi automatic and presettable tare, print and/or data transmission; ON/Stand-by.

- **SELECTABLE:**
  High Resolution Weighing x 10; Lb/kg conversion; Approved transmission of the weight to PC/PLC (with ALMEM Alibi memory option) e Peak.

  Available in 7.15 firmware version downloadable from the DOWNLOAD area:
  Net/Gross; Weighs totalisation; Formulation; Counting; In/Out Truck weighing and Hold.

- **SERIAL PORTS:**

  On all models: Reading of the net, gross, and tare weights; Clearing; Semi automatic and presettable tare; Scale switch; Setting of outputs activation thresholds; Reading/Writing of Alibi Memory.

  DGT1 and DGT1AN models: Reading of microvolts or ADC converter for all the channels; Message display; Printing; Setting of APW in counting mode; Simulation of key pressure; **MODBUS serial protocol**.

- **16 bit ANALOGUE OUTPUT on DGT1AN:**
  Analogue output proportional to the net or gross weight, either positive (in loading) or negative (in unloading).

MASTER/REPEATER OPTION (MSTSLV code)

- Specific programme for use of the indicator as a universal weight repeater or as a multi-scale repeater (MASTER) in combination with DFW/DGT/MCW.

FUNCTIONING MODES:

- **Multi-scale repeater (MASTER)**
  function which allows to repeat up to 32 independent scales, with the possibility of managing their functions, or displaying and printing the sum of the weighs of all the scales.
- **UNIVERSAL weight repeater**
  function which allows to repeat the weight of any scales, through the configuration of the input string.

- **Click** to learn more.

I/O SECTION

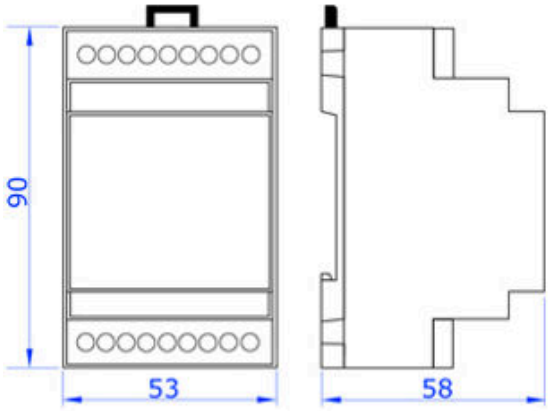
- RS232/C bidirectional port configurable for connection with external units.
- RS485 bidirectional port configurable for network connection.
- 16-bit analogue output (DGT1AN model) 4-20mA / 0-5Vdc / 0-10Vdc at choice. Maximum load applicable on the output current: 300Ohm. Minimum load applicable on the output voltage: 1kOhm.
- 2 photomosfet outputs: 150 mA 48 Vac / 150 mA 60 Vdc (NO), with configurable functions (DGT1IO model).
- 2 optoisolator photocoupler inputs: 12÷24 Vdc, 5 mA min - 20 mA max, with configurable functions (DGT1IO model).

UPON REQUEST

- UL certificated version

Зазначені габаритні розміти та способи монтажу індикатора Dini Argeo DGT1:

DETAIL 1



DGT1: dimensions in mm

DETAIL 2

DGT1 with DR1512 optional power supplier, for DIN bar

DETAIL 3

DGT1: installation example in BOX2121S wall box with PROFI232 profibus module and built-in power supplier.

В СА ВТ на хлібозаводі для управління двигунами змішувача та тістомісильної машини задіяно частотний перетворювач Danfoss VLT FC 302 [5] (рис. 2.3).

Рис. 2.3. Danfoss VLT FC 302.

Характеристики напруги живлення і вигляд Danfoss VLT FC 302:

Table 4: Enclosures A1–A5: Power Sizes, Voltage Ranges, and Protection Rating

Enclosure		A1	A2	A3	A4	A5
Power [kW]	200–240 V	0.25–1.5	0.25–2.2	3–3.7	0.25–2.2	0.25–3.7
	380–480/500 V	0.37–1.5	0.37–4	5.5–7.5	0.37–4	0.37–7.5
	525–600 V	–	–	0.75–7.5	–	0.75–7.5
	525–690 V	–	–	1.1–7.5	–	–
		e30ba870.11	e30ba809.11	e30ba810.11	e30bb458.11	e30ba811.11
IP		20	20/21	20/21	55/66	55/66
NEMA		Chassis	Chassis/Type 1	Chassis/Type 1	Type 12/4X	Type 12/4X

Table 5: Enclosures B1–B4: Power Sizes, Voltage Ranges, and Protection Rating

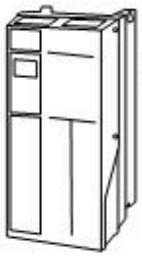
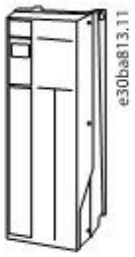
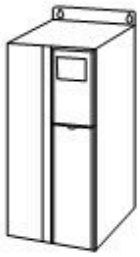
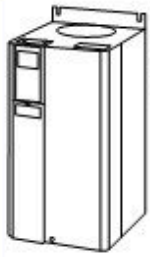
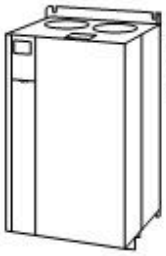
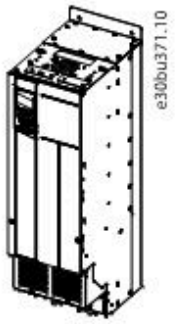
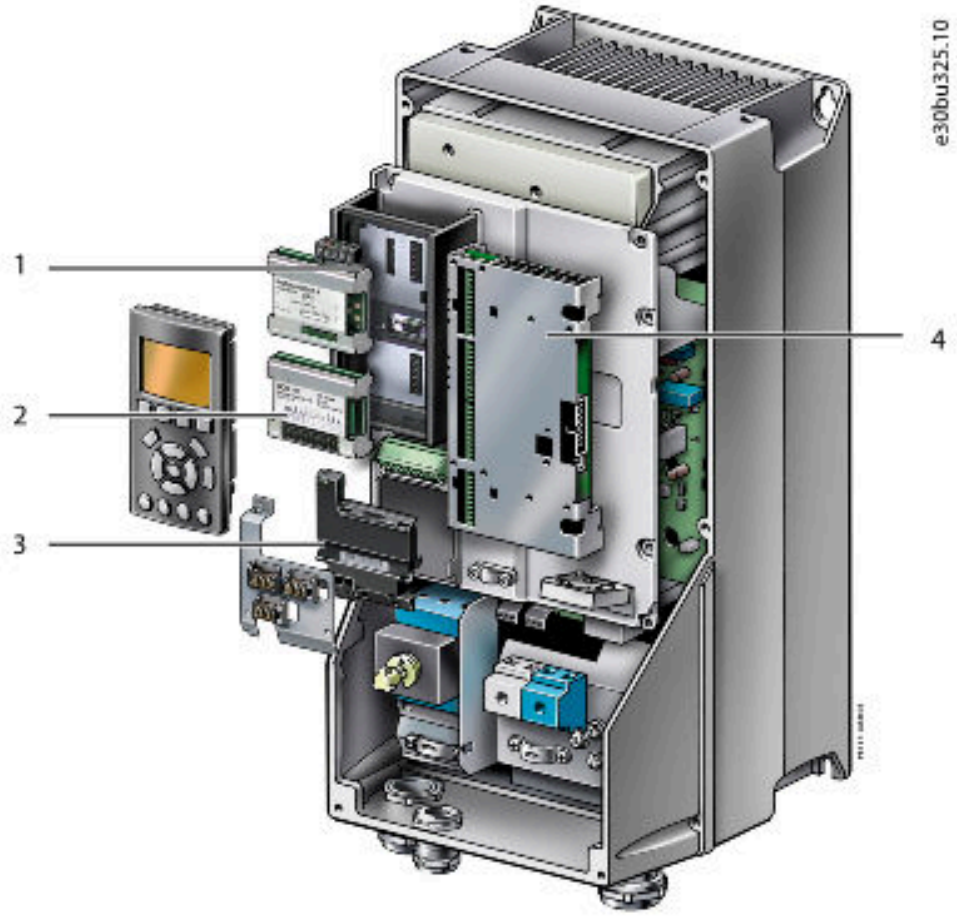
Enclosure		B1	B2	B3	B4
Power [kW]	200–240 V	5.5–7.5	11	5.5–7.5	11–15
	380–480/500 V	11–15	18.5–22	11–15	18.5–30
	525–600 V	11–15	18.5–22	11–15	18.5–30
	525–690 V	–	11–22	–	11–30
Enclosure		**B1**	**B2**	**B3**	**B4**
		 e30ba812.11	 e30ba813.11	 e30ba826.11	 e30ba827.11
IP		21/55/66	21/55/66	20	55
NEMA		Type 1/12/4X	Type 1/12/4X	Chassis	Chassis

Table 6: Enclosures C1–C4/D3h: Power Sizes, Voltage Ranges, and Protection Rating

Enclosure		C1	C2	C3	C4	D3h [1]
Power [kW]	200–240 V	5.5–7.5	11	5.5–7.5	11–15	–
	380–480/500 V	11–15	18.5–22	11–15	18.5–30	–
	525–600 V	11–15	18.5–22	11–15	18.5–30	–
	525–690 V	–	11–22	–	11–30	55–75
		e30ba814.11	e30ba815.11	e30ba828.11	 e30ba829.11	 e30bu371.10
IP		21/55/66	21/55/66	20	55	20
NEMA		Type 1/12/4X	Type 1/12/4X	Chassis	Chassis	Chassis

[1] *Details, see separate design guide VLT® AutomationDrive FC 302 90–710 kW*

Будова Danfoss VLT FC 302:



1	A option	**2**	B option
3	D option	**4**	C option

Illustration 43: Option Slots on a VLT® FC Series Drive (Example Compact Enclosure)

The A-slot options are typically communication options, for example, for adding fieldbus functionality.

Опції функціоналу Danfoss VLT FC 302:

Table 13: Fieldbus Options

Option name	Slot	FC 102	FC 103	FC 202	FC 301	FC 302
VLT® PROFIBUS DP MCA 101	A	x	x	x	x	x
VLT® DeviceNet MCA 104	A	x	–	x	x	x
VLT® CANopen MCA 105	A	–	–	–	x	x
VLT® AK-LonWorks MCA 107 for ADAP-Kool®	A	–	x	–	–	–
VLT® LonWorks MCA 108	A	x	–	–	–	–
VLT® BACNet MCA 109	A	x	x	–	–	–
VLT® PROFIBUS Converter MCA 113 (VLT® 3000 to VLT® FC 302)	A	–	–	–	–	x
VLT® PROFIBUS Converter MCA 114 (VLT® 5000 to VLT® FC 302)	A	–	–	–	–	x
VLT® PROFINET MCA 120	A	x	x	x	x	x
VLT® EtherNet/IP MCA 121	A	x	–	x	x	x
VLT® Modbus TCP MCA 122	A	x	–	x	x	x
VLT® POWERLINK MCA 123	A	–	–	–	x	x
VLT® EtherCAT MCA 124	A	–	–	–	x	x
VLT® BACNet/IP MCA 125	A	x	–	–	–	–
VLT® DeviceNet Converter MCA 194	A	–	–	–	–	x

Table 15: VLT® Programmable Controllers

Option name		FC 102	FC 103	FC 202	FC 301	FC 302
VLT® Extended Cascade Controller MCO 101	B	–	–	x	–	–
VLT®Advanced Cascade Controller MCO 102	C	–	–	x	–	–
VLT®Motion Control Option MCO 305	C	–	–	–	x	x
VLT®Synchronizing Controller MCO 350	C	–	–	–	–	x
VLT®Position Controller MCO 351	C	–	–	–	–	x

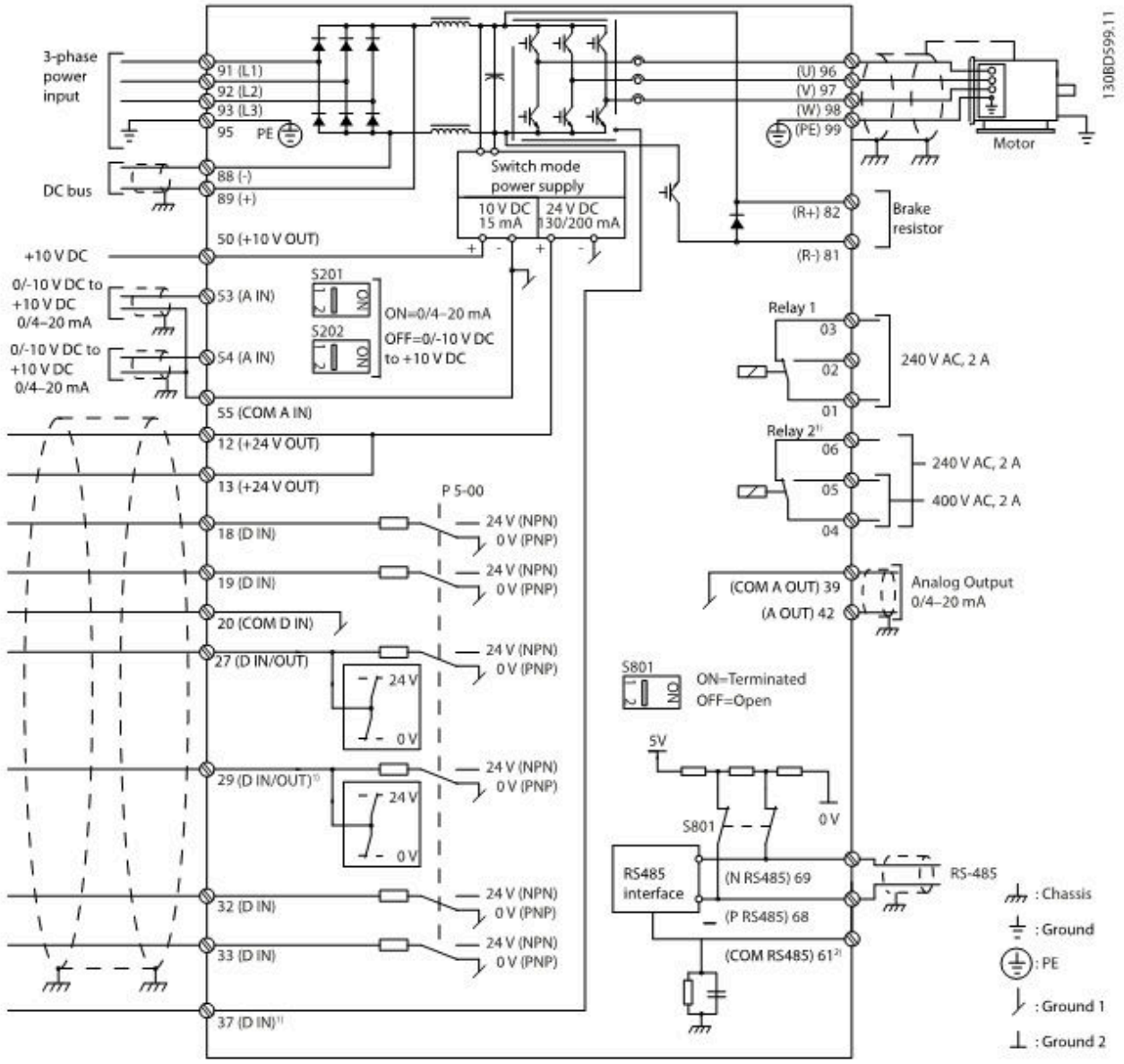
Table 14: Functional Extensions

Option name	Slot	FC 102	FC 103	FC 202	FC 301	FC 302
VLT® General Purpose I/O Option MCB 101	B	x	x	x	x	x
VLT® Encoder Option MCB 102	B	–	–	–	x	x
VLT® Resolver Input MCB 103	B	–	–	–	x	x
VLT® Relay Card MCB 105	B	x	x	x	x	x
VLT® 24 V DC Supply Option MCB 107	D	x	x	x	–	x
VLT® Safe PLC Interface Option MCB 108	B	–	–	–	–	x
VLT® Analog I/O MCB 109 (incl. RTC backup)	B	x	x	x	–	–
VLT® PTC Thermistor Card MCB 112	B	x	–	x	x	x
VLT® Extended Relay Card MCB 113	C	–	–	–	–	x
VLT® Sensor Input MCB 114	B	x	–	x	x	x
VLT® Programmable I/O MCB 115	B	–	–	–	x	x
VLT® Real-time Clock MCB 117	D	x	x	x	x	x
VLT® Safety Option MCB 150 (TTL)	B	–	–	–	–	x
VLT® Safety Option MCB 151 (HTL)	B	–	–	–	–	x
VLT® Safety Option MCB 152 (PROFIsafe)	B	–	–	–	–	x
VLT® Sensorless Safety MCB 159 [1]	–	–	–	–	–	x

[1] *MCB 159 is factory-mounted and must be ordered with VLT® Safety Option MCB 151.*

Схема електричного підключення Danfoss VLT FC 302:

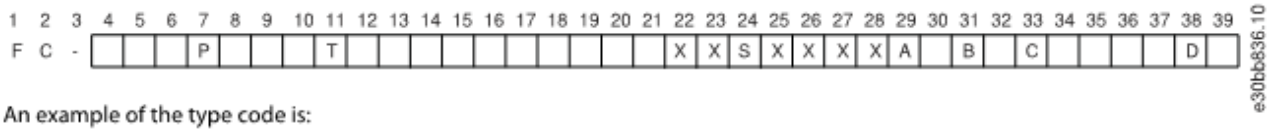
Wiring Schematic



A Analog	**D** Digital
1 Terminal 37 (optional) is used for Safe Torque Off (STO). For installation instructions, refer to the VLT® Safe Torque Off Operating Guide. For FC 301, terminal 37 is only included in enclosure size A1. Relay 2 and terminal 29 have no function in FC 301.	**2** Do not connect cable shield.

Вибір параметрів Danfoss VLT FC 302:

Order a Drive



An example of the type code is:

FC-302PK75T5E20H1BGCXXXSXXXXA0BXCXXXXD0

Table 125: Ordering Type Code, Enclosure Sizes A, B, and C

Description	Position	Possible options
Product group	1–3	FC 30x
Drive series	4–6	301: FC 301 302: FC 302
Power rating	8–10	0.25–75 kW (0.34–90 hp)
Phases	11	Three phases (T)
Mains voltage	11–12	T2: 200–240 V T4: 380–480 V T5: 380–500 V T6: 525–600 V T7: 525–690 V

Description	Position	Possible options
Enclosure	13–15	E20: IP20
		E55: IP55/NEMA Type 12
		P20: IP20 (with backplate)
		P21: IP21/NEMA Type 12 (with backplate)
		P55: IP55/NEMA Type 12 (with backplate)
		Z20: IP21 (1)
		E66: IP66
RFI filter	16–17	Hx: No EMC filters built into the drive (600 V units only)
		H1: Integrated EMC filter. Fulfill EN 55011 Class A1/B and EN/IEC 61800-3 Category 1/2
		H2: No extra EMC filter. Fulfil EN 55011 Class A2 and EN/IEC 61800-3 Category 3
		H3: Integrated EMC filter. Fulfill EN 55011 class A1/B and EN/IEC 61800-3 Category 1/2 (enclosure size A1 only) (1)
		H4: Integrated EMC filter. Fulfill EN 55011 Class A1 and EN/IEC 61800-3 Category 2
		H5: Marine versions. Fulfilll same emission levels as H2 versions.
Brake	18	B: Brake chopper included
		X: No brake chopper included
		T: Safe stop no brake (1)
		U: Safe stop brake chopper (1)
Display	19	G: Graphical local control panel (LCP 102) N: Numerical local control panel (LCP 101) Wireless control panel (LCP 103) X: No local control panel
Coating PCB	20	C: Coated PCB R: Ruggedized X. No coated PCB
Mains option	21	X. No mains option
		1: Mains disconnect
		3: Mains disconnect and fuse (2)
		5: Mains disconnect, fuse, and load sharing (2) (3)
		7: Fuse (2)
		8: Mains disconnect and load sharing (3)
		A: Fuse and load sharing (2) (3)
		D: Load sharing (3)

Description	Position	Possible options
Adaptation	22	X: Standard cable entries O: European metric thread in cable entries (A4, A5, B1, B2, C1, and C2 only) S. Imperial cable entries (A5, B1, B2, C1, and C2 only)
Adaptation	23	X: No adaptation
Software release	24–27	SXXX: Latest release, standard software S067: Integrated Motion Controller LX1X: Condition-based monitoring
Software language	28	X: Not used

[1] *FC 301/enclosure size A1 only.*

[2] *US market only.*

[3] *A and B3 enclosures have load sharing built in by default.*

Table 126: Ordering Type Code, Options

Description	Position	Possible options
A options	29–30	AX: No A option A0: VLT® PROFIBUS DP-V1 MCA 101 (standard) A4: VLT® DeviceNet MCA 104 (standard) A6: VLT® CANopen MCA 105 (standard) AN: VLT® EtherNet/IP MCA 121 AL: VLT® PROFINET MCA 120 AQ: VLT® Modbus TCP MCA 122 AT: VLT® PROFIBUS Converter VLT 300 MCA 113 AU: VLT® PROFIBUS Converter VLT 5000 MCA 114 AY: VLT® POWERLINK MCA 123 A8: VLT® EtherCAT MCA 124

Description	Position	Possible options
B options	31–32	BX: No option BK: VLT® General Purpose I/O Option MCB 101 BR: VLT® Encoder Option MCB 102 BU: VLT® Resolver Option MCB 103 BP: VLT® Relay Option MCB 105 BZ: VLT® Safety PLC Interface MCB 108 B2: VLT® PTC Thermistor Card MCB 112 B4: VLT® Sensor Input MCB 114 B6: VLT® Safe Option TTL MCB 150 B7: VLT® Safe Option HTL MCB 151 B8: VLT® PROFIsafe MCB 152
C0 options	33–34	CX: No option C4:VLT® Motion Control MCO 305
C1 options	35	X: No options R: VLT® Extended Relay Card MCB 113
C option software/E1 options	36–37	XX: Standard controller 7: MCB 159 Sensorless Safety (Factory mounted. Must be ordered with VLT® Safety Option MCB 151) 10: VLT® Synchronizing Controller MCO 350 11: VLT® Positioning Controller MCO 351
D options	38–39	DX: No option D0: VLT® Extended 24 V DC Back-up MCB 107 D1: VLT®Real-time Clock MCB 117

NOTICE

For power sizes over 75 kW, see the VLT® AutomationDrive FC 301/FC 302 90–1200 kW Design Guide.

В СА ВТ на хлібозаводі для визначення температури води в дозаторі води задіяно датчик температури KOBOLD MMA-0 [6] (рис. 2.4).

Рис. 2.4. KOBOLD MMA-0.

Зазначені технічні характеристики KOBOLD MMA-0:

Technical Details

Temperature probe

Bulb:	stainless steel 1.4404
Thread:	stainless steel 1.4404 G¼, G½, ½" NPT clamp DIN32676 VARIVENT® union nut DIN11851
Transmitter housing:	stainless steel
p_{max}:	36 bar
Sensor element:	Pt100 sensor class F0.15 (A), F0.1 (⅓ DIN), F0.03 (1/10 DIN) or cryogenic
Connector:	DIN43650 or M12
Protection:	IP 65 connector DIN 43650 / M12 connector IP67
Measuring range:	-198 ... +250 °C (MMA-H) -70 ... +150 °C (MMA-0)
Max. temperature:	400°C on request
Accuracy:	<0.5% of measuring span

Transmitter

Output:	4-20 mA 2-wire
Supply:	8 ... 35 V_{DC}
Min. measuring range:	25 °C
Ambient temperature:	-40 ... +85 °C

Plug-on display optional (not included in delivery)

Display:	4-digit, red LED height of digits 7.62 mm
Indicating range:	-1999 ... +9999
Voltage drop:	≤5 V_{DC}
Programming:	via 2 buttons, menu-assisted scaling of indicating range decimal point, damping, fault indication, switch point (optional)
Protection:	IP65
Ambient temperature:	0 ... +60 °C

Order Details Plug-on display

Model	Description
AUF-1000	Standard plug-on display, 4 -20 mA, 2-wire
AUF-1001	Plug-on display with Open Collector, 4 -20 mA, 2-wire

Вибір параметрів KOBOLD MMA-0:

Order Details Process Connection Fixed Thread (Example: **MMA-0 03 G15 C 2 D 0 0**)

Model	Insertion length »EL«/ probe Ø [mm]	Process connection	Sensor type/category	RTD wiring	Electrical connection	Head transmitter	Options
MMA-0[1]	**03** = 25 mm/Ø6 **05** = 50 mm/Ø6 **10** = 100 mm/Ø6 **16** = 160 mm/Ø6 **20** = 200 mm/Ø6 **25** = 250 mm/Ø6	**G08** = G ¼-M **G15** = G ½-M **N08** = ¼" NPT-M **N15** = ½" NPT-M **XXX** = special options	**C** = 1xPt100 class F0.15 (A) (-70 ... +150°C) **M** = 1xPt100 class F0.1 (⅓ DIN) (-70 ... +150°C) **N** = 1xPt100 class F0.03 (⅒ DIN) (-70 ... +150°C) **Q** = 1xPt100 class B cryogenic type (-198 ... +100°C) **X** = special options	**2** = 2-wire **3** = 3-wire **4** = 4-wire	**D** = DIN 43650 **M** = M12	**0** = without transmitter **A**[2] = with 4-20 mA transmitter standard configuration 0...100 °C **B**[2] = with 4-20 mA transmitter special configuration	**0** = without **Y** = according to specifications
MMA-H	**30** = 300 mm/Ø6 **40** = 400 mm/Ø6 **50** = 500 mm/Ø6 **60** = 600 mm/Ø6 **XX** = special length/ probe Ø						

[1] Maximum range -40...150 °C with transmitter [2] Only with RTD wiring option 3

Зазначені габаритні розміри KOBOLD MMA-0:

Dimensions [mm]

Model MMA-0 process connection fixed thread

with plug and socket connection according to DIN 43650 or M12 connection.
Without extension length 150°C max.

For NPT thread

LN = screw-in-length by hand
6 mm at ¼" NPT
8.1 mm at ½" NPT

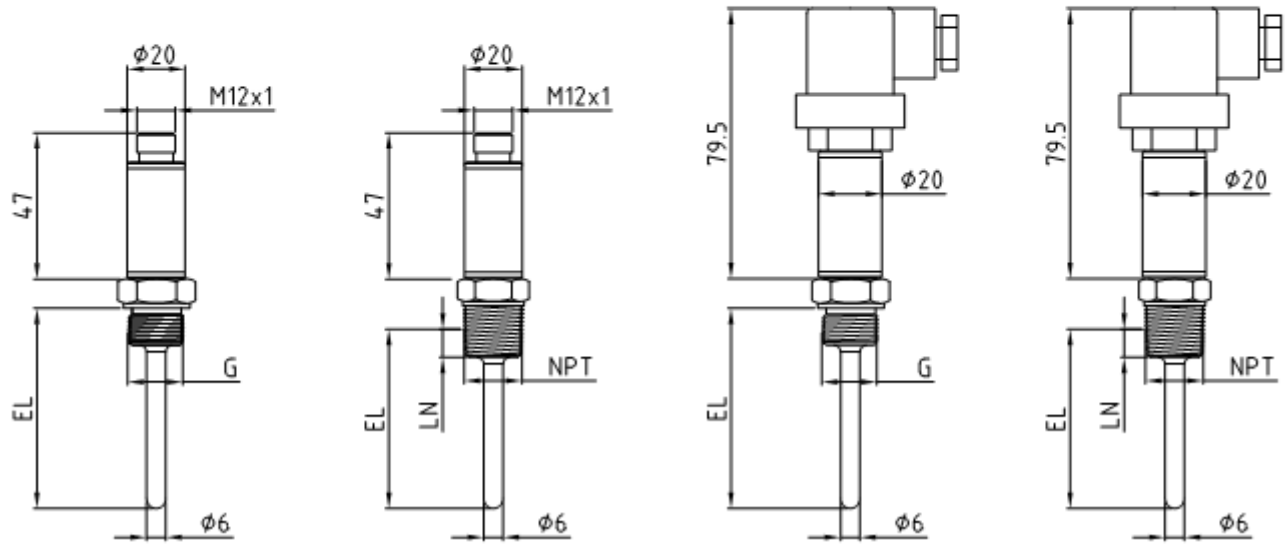
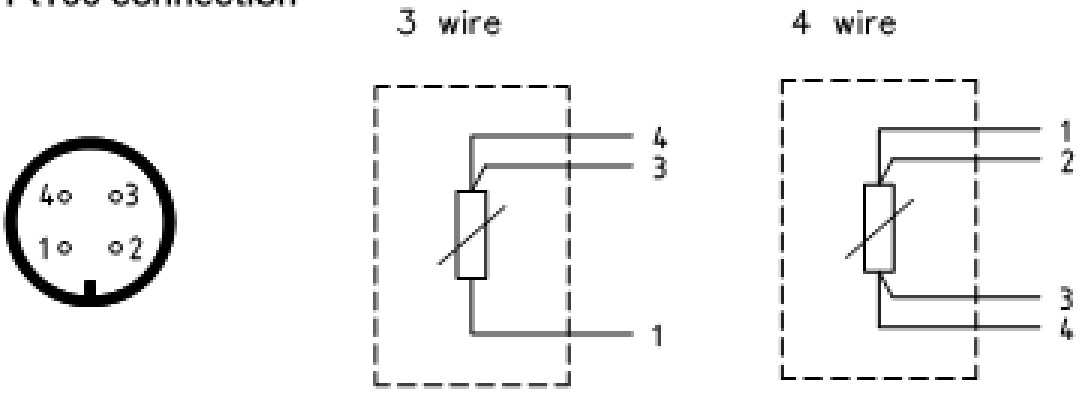


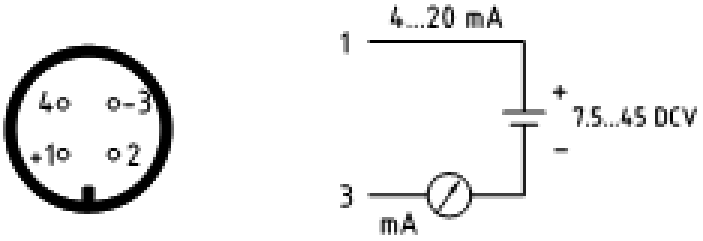
Схема електричного підключення KOBOLD MMA-0:

Electrical Connection

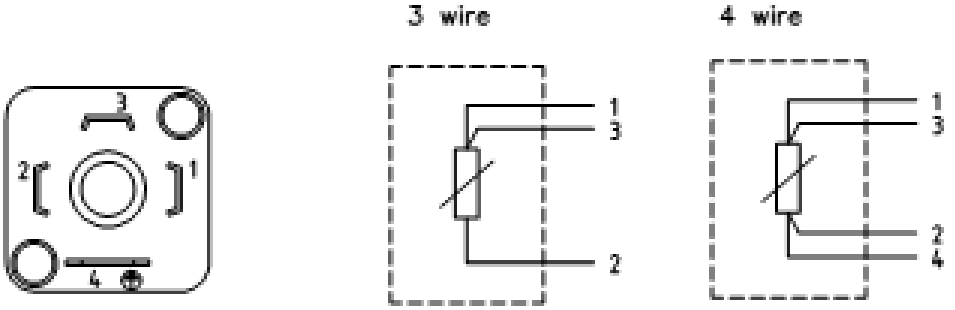
Pt100 connection



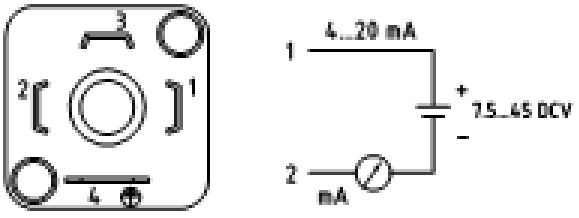
Transmitter connection



Pt100 connection DIN 43650



Transmitter connection DIN 43650



В СА ВТ на хлібозаводі для управління потоками компонентів задіяно електромагнітні клапани JAKSA B26 [7] (рис. 2.5).

Рис. 2.5. JAKSA B26.

Зазначені технічні характеристики JAKSA B26:

TECHNICAL DATA:

- **Internal parts:** stainless steel
- **Seals:** EPDM, PTFE
- **Ambient temperature:** max +55°C
- **Voltage:** 230, 115, 48, 24 V AC / 24, 12 V DC
- **Duty cycle:** continuous (ED100%)
- **Electrical protection:** IP65

(with plug to ISO 4400)
Long term use in humid environment requires the use of sealing sets.

Ports	Orifice size [mm]	Kv (water 1bar) [l/min]	Differential pressure [bar]		Fluid temperature max [°C]	Body	Seal	Mass [kg]	Coil type	Model	Order code	Fig.
			min	max								
2/2 direct acting, closed when de-energised (NC)												
G1/4	2	1.8	0	10	180	Brass	PTFE	0.35	TM30	D224	320365	-
	2.3	2	0	8	180	Brass	EPDM	0.25	TM30	D224	320511	1
	2.3	2	0	8	180	Brass	EPDM	0.49	TM35	DP24	320490	
	3	3.2	0	8	180	Brass	PTFE	0.35	TM30	D222	320312	-
	4.5	7.5	0	6	180	Brass	EPDM	0.49	TM35	DP25	320491	1
2/2 diaphragm - pilot operated, closed when de-energised (NC)												
G1/2	10	20	0.5	9	180	Brass	PTFE	0.49	TM30	M246	340610	3
G1	18.5	155	0.5	9	180	Brass	PTFE	1.32	TM30	M263	360514	2
G6/4	40	350	0.35	10	180	Brass	PTFE	3.25	TM35	B26	316714	
G2	50	630	0.5	10	180	Brass	PTFE	5.45	TM35	B26	316718	
2/2 diaphragm, low pressure steam, closed when de-energised (NC)												
G1/2	12	40	0	10	130	Brass	EPDM	0.43	TM30	M2451	301703	3
G3/4	18	65	0	10	130	Brass	EPDM	0.46	TM35	M2521	301706	
G1	25	180	0	10	130	Brass	EPDM	1.2	TM35	M2621	301710	
G6/4	40	330	0	1	130	Brass	EPDM	2.75	TM40	M275	370811	
3/2 direct acting, closed when de-energised (NC)												
G1/4	1.8	1.5	0	10	165	Brass	EPDM	0.31	TM30	D321	330519	5
FL32	1.5	1.4	0	10	165	Brass	EPDM	0.23	TM30	D382	330515	6
2/2 pressure operated piston valves, closed when de-pressurised (NC)												**4**

OPTIONS:

- EEx me II explosionproof coils
- Other versions on request.

В СА ВТ на хлібозаводі для регулювання температури трубчастим електричним нагрівачем (ТЕН) задіяно твердотіле реле FOTEK SSR [8] (рис. 2.6).

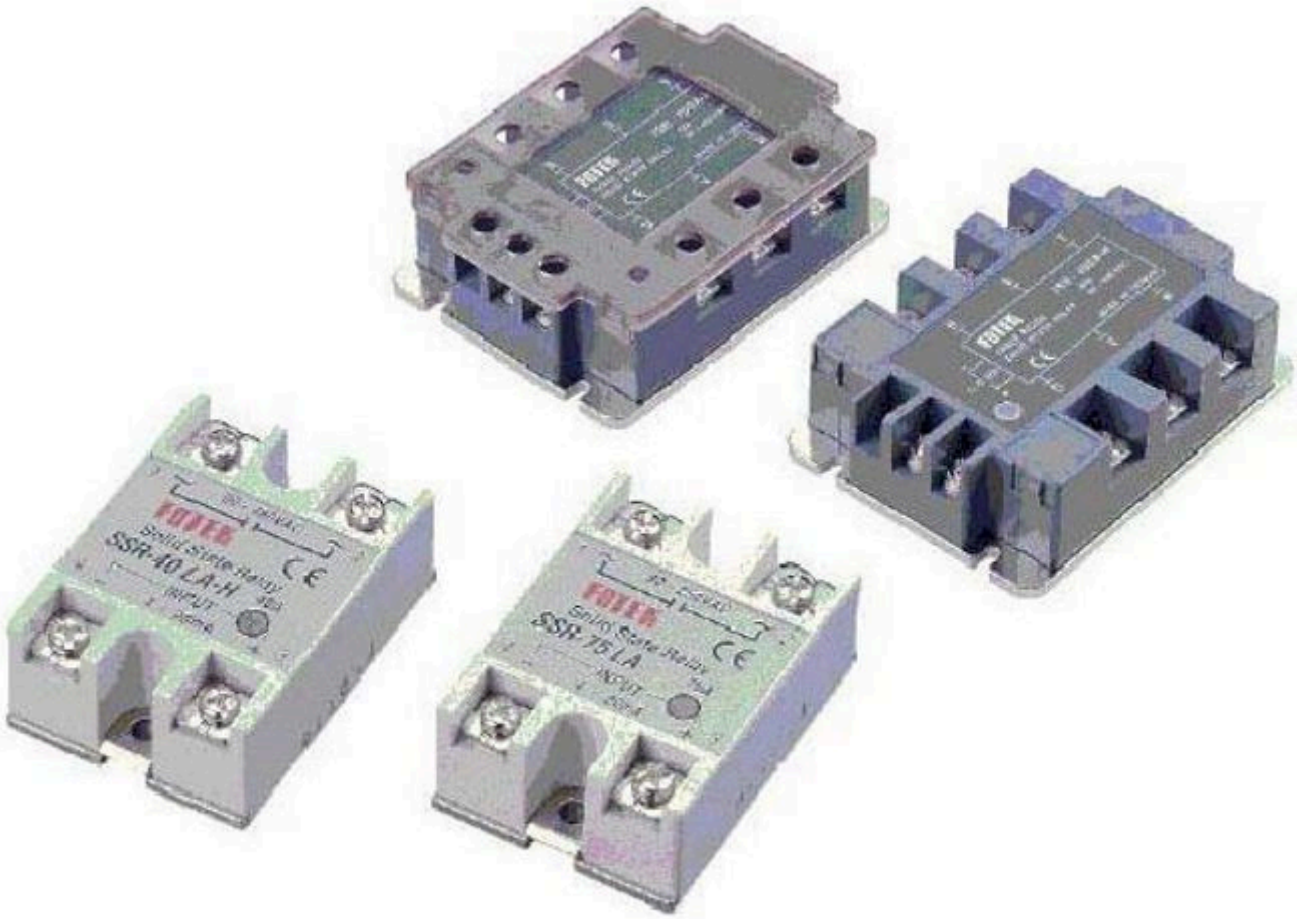
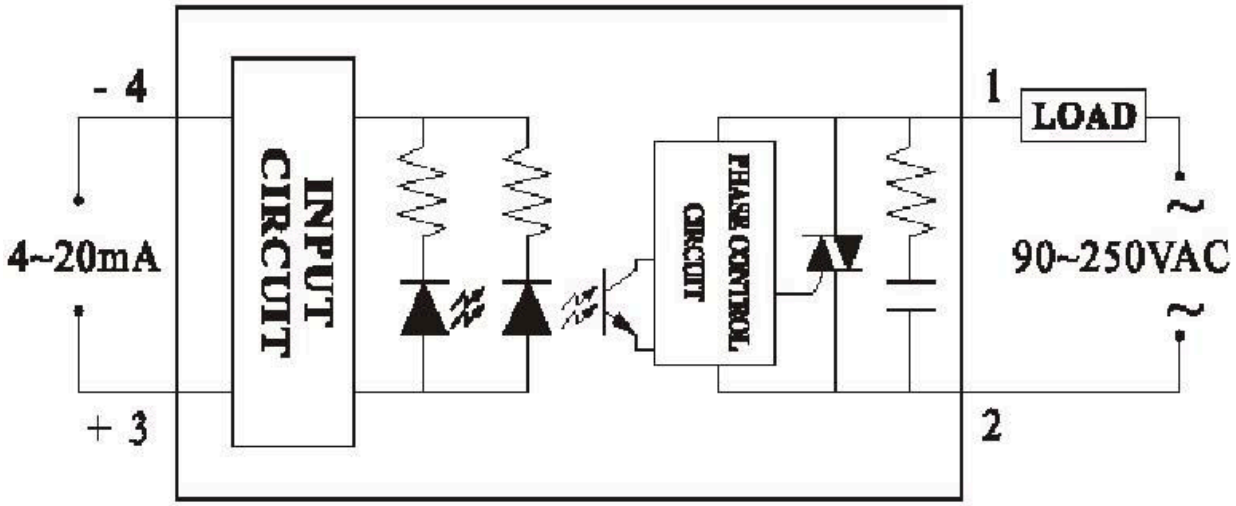


Рис. 2.6. FOTEK SSR.

Зазначені технічні характеристики FOTEK SSR:

Лінійні однофазні реле з регулюванням вихідної напруги струмом (SSR-LA серія)				
Модель	**SSR-25LA**	**SSR-40LA**	**SSR-50LA**	**SSR-75LA**
Управляючий сигнал	4 ... 20 мА			
Вхідний опір	1.2 кОм			
Метод управління	Фазове управління			
Номінальна напруга навантаження	90 ... 250 В AC 250 ... 480 В AC ("H" в позначенні)			
Пікова напруга	більше 1200 В			
Номінальний струм навантаження	25 А	40 А	50 А	75 А
Максимальний короткочасний струм	275 А	410 А	550 А	820 А
Струм витоку	< 0.5 % при повному навантаженні			
Діелектрична міцність	більше 2.5 кВ AC / 1 хв.			
Опір ізоляції	більше 50МОм / 500 В DC			
Діапазон робочих температур	-20 °C ... +80 °C			
Вага	105 г		110 г	

Схема електричного підключення FOTEK SSR:



Вибір параметрів FOTEK SSR:

SSR-40 D A-H
1 2 3 4 5

1 – серія:

SSR: однофазне твердотіле реле;

TSR: трифазне твердотіле реле.

2 – струм навантаження: 10 = 10A; 25 = 25A; 40 = 40A; 50 = 50A; 75 = 75A.

3 – вхідний сигнал:

D: DC 3–32 В (вкл / викл реле);

A: AC 80–250 В (вкл / викл реле);

L: 4–20 мА (лінійне реле);

V: змінний резистор

4 – вихідна напруга:

A: AC (змінна) напруга;

D: DC (постійна) напруга.

5 – діапазон вихідної напруги:

H: 90–480 В (AC);

Hi: 24–380 В (AC).

2.2. Схема автоматизації

В схемі автоматизації СА ВТ на хлібозаводі наведено регулювання та управління наступних технологічних параметрів:

- регулювання температури нагріву води в дозаторі води, що вимірюється термометром опору (поз. 1а), здійснюється ТЕН (поз. 1в), який управляється твердотілим реле (поз. 1б);
- регулювання рівня води в дозаторі води, що вимірюється ємнісним рівнеміром (поз. 2а), здійснюється електромагнітними клапанами (поз. 2б-2в);
- регулювання ваги в дозаторі цукру, що вимірюється тензометричним датчиком (поз. 3а) та відображається на індикаторі (поз. 3б), який передає покази ваги на ПЛК, здійснюється електромагнітними клапанами (поз. 3в-3г);
- регулювання ваги в дозаторі дріжджів, що вимірюється тензометричним датчиком (поз. 4а) та відображається на індикаторі (поз. 4б), який передає покази ваги на ПЛК, здійснюється електромагнітними клапанами (поз. 4в-4г);
- регулювання ваги в дозаторі солі, що вимірюється тензометричним датчиком (поз. 5а) та відображається на індикаторі (поз. 5б), який передає покази ваги на ПЛК, здійснюється електромагнітними клапанами (поз. 5в-5г);
- регулювання ваги в дозаторі борошна, що вимірюється тензометричним датчиком (поз. 6а) та відображається на індикаторі (поз. 6б), який передає покази ваги на ПЛК, здійснюється електромагнітними клапанами (поз. 6в-6г);
- управлінням двигунами змішувача та тістомісильної машини (поз. М1-М2) здійснюється частотними перетворювачами (поз. 7а-8а).

2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації.

№ п/п	№ поз. за схе-мою	Місце встанов-лення	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, Марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6	7
1	1а	по місцю	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 V DC, діапазон вимірювань -70…+250 ºС	MMA-0 03 G15 C 2 M A 0	1	KOBOLD, Німеччина
2	1б	на щиті	Твердотіле реле з управляючим уніфікованим сигналом постійного струму 4-20 мА для управління напругою 220 V AC трубчастих електричних нагрівачів (ТЕН)	FOTEK SSR-75LA-H	1	ООО “ПРОМ-САТ”, м. Київ
3	1в	по місцю	Трубчастий електричний нагрівач (ТЕН) потужність 1 кВт, напруга 220 V AC	GAM Код: 419168	1	"Techno delo.com", м. Київ
4	2а	по місцю	Ємнісний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0…1000 мм	NMC-N 1 2G6 0 3	1	KOBOLD, Німеччина
5	2б, 2в	по місцю	Електромагнітний клапан, Ду: 50 мм, напруга живлення 24 V DC.	B26 Код: 316718	2	JAKSA, Словенія

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5	6	7
6	3а, 4а, 5а, 6а	по місцю	Тензометричний датчик ваги	CPA150	4	Dini Argeo, Італія
7	3б, 4б, 5б, 6б	по місцю	Індикатор ваги, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 24 V DC	DGT1	4	Dini Argeo, Італія
8	3в, 3г, 4в, 4г, 5в, 5г, 6в, 6г	по місцю	Електромагнітний клапан, Ду: 50 мм, напруга живлення 24 V DC.	B26 Код: 316718	8	JAKSA, Словенія
9	7а, 8а	на щиті	Частотний перетворювач діапазон потужності 0,25-75 кВт, напруга живлення 380В.	VLT FC 302	2	Danfoss, Данія
10	М1, М2	по місцю	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 0,75 кВт, напруга живлення 380В	АИР71В4	2	ООО "Систе-макс" м. Київ

Розділ 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

В системі автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі задіяно ПЛК (промисловий логічний контролер) Schneider Electric M340.

Обрана для ПЛК M340 конфігурація використаних модулів для в СА ВТ зображено на рис. 3.1 та в табл. 3.1.

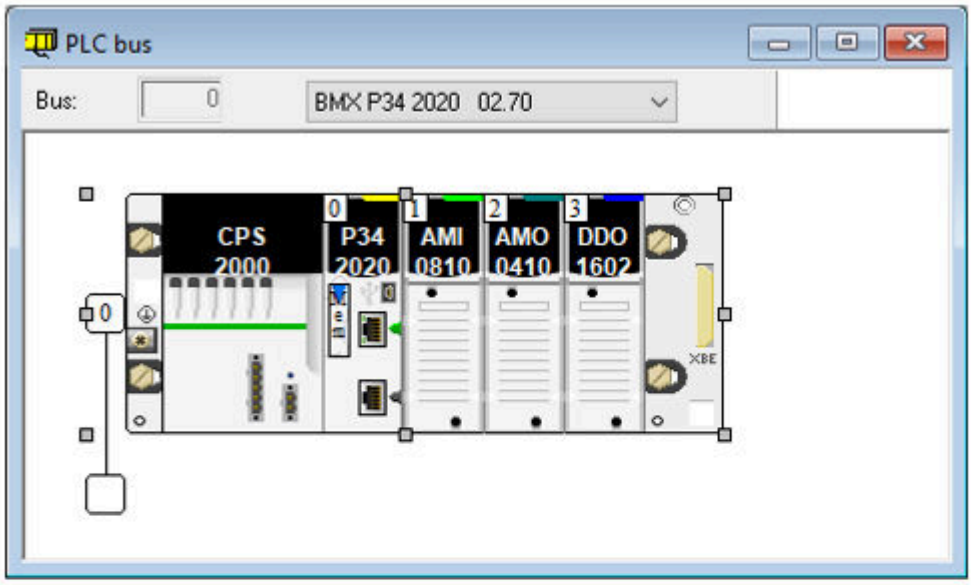


Рис. 3.1. Конфігурація використаних модулів ПЛК M340.

Таблиця 3.1. Використані модулі для ПЛК M340.

Модулі вводу/виводу		Примітка
Найменування	Кількість	
BMX P34 2020	1	Процесор
BMX CPS 2000	1	Блок живлення
BMX AMI 0810	1	8 аналогових входів
BMX AMO 0410	1	4 аналогових виходів
BMX DDO 1602	1	16 дискретних виходів

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Під час розробки схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів (ВМ) до ПЛК М340 в СА ВТ задіяні такі компоненти та нумерація провідників (табл. 3.2):

Таблиця. 3.2. Позначення в схемі.

Позначення	Опис
QF1, QF4-QF6	автоматичні 2-х фазні вимикачі з захистом від короткого замикання
QF2- QF3	автоматичні 3-х фазні вимикачі з захистом від короткого замикання
БЖ1-БЖ2	блоки живлення на 24 В постійного струму
800-824	нумерація провідників з змінним струмом
900-905	нумерація провідників з постійним струмом
100-109	нумерація провідників з сигналом вимірювання
200-215	нумерація провідників з сигналом управління

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання температури води в дозаторі

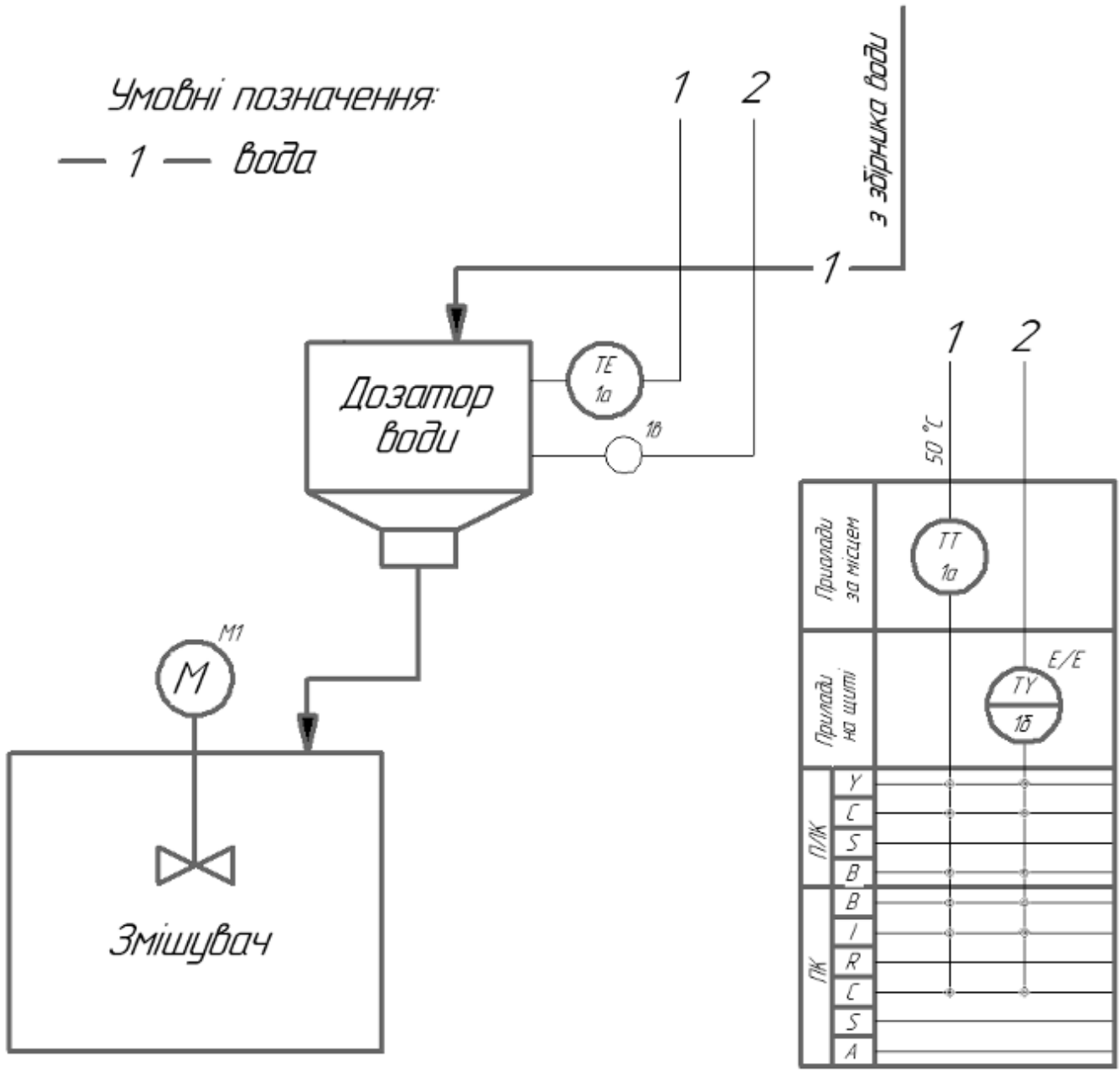


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру регулювання температури води в дозаторі.

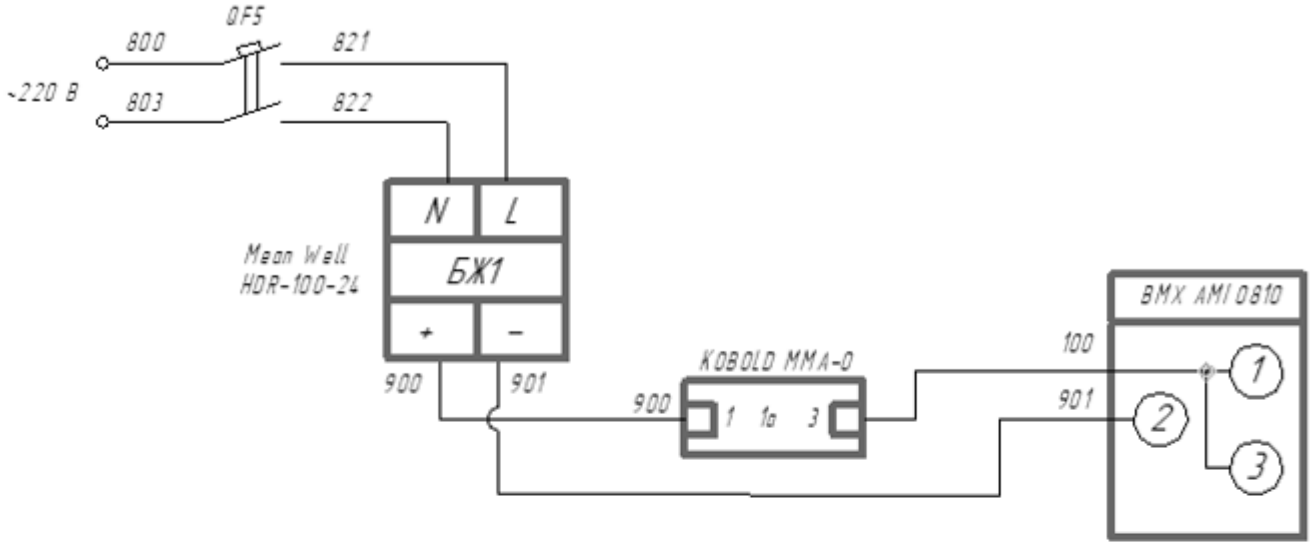


Рис. 3.3. Схема підключення KOBOLD MMA-0 до модуля BMX AMI 0810.

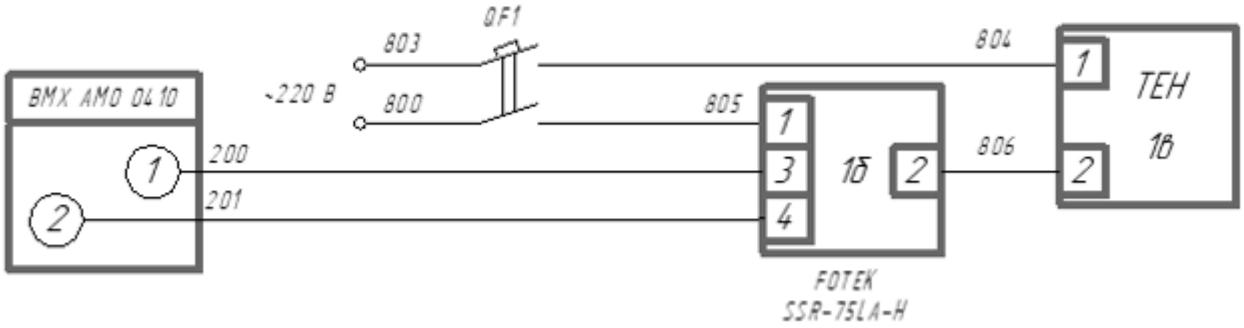


Рис. 3.4. Схема підключення FOTEK SSR-75LA-H до модуля BMX AMO 0410.

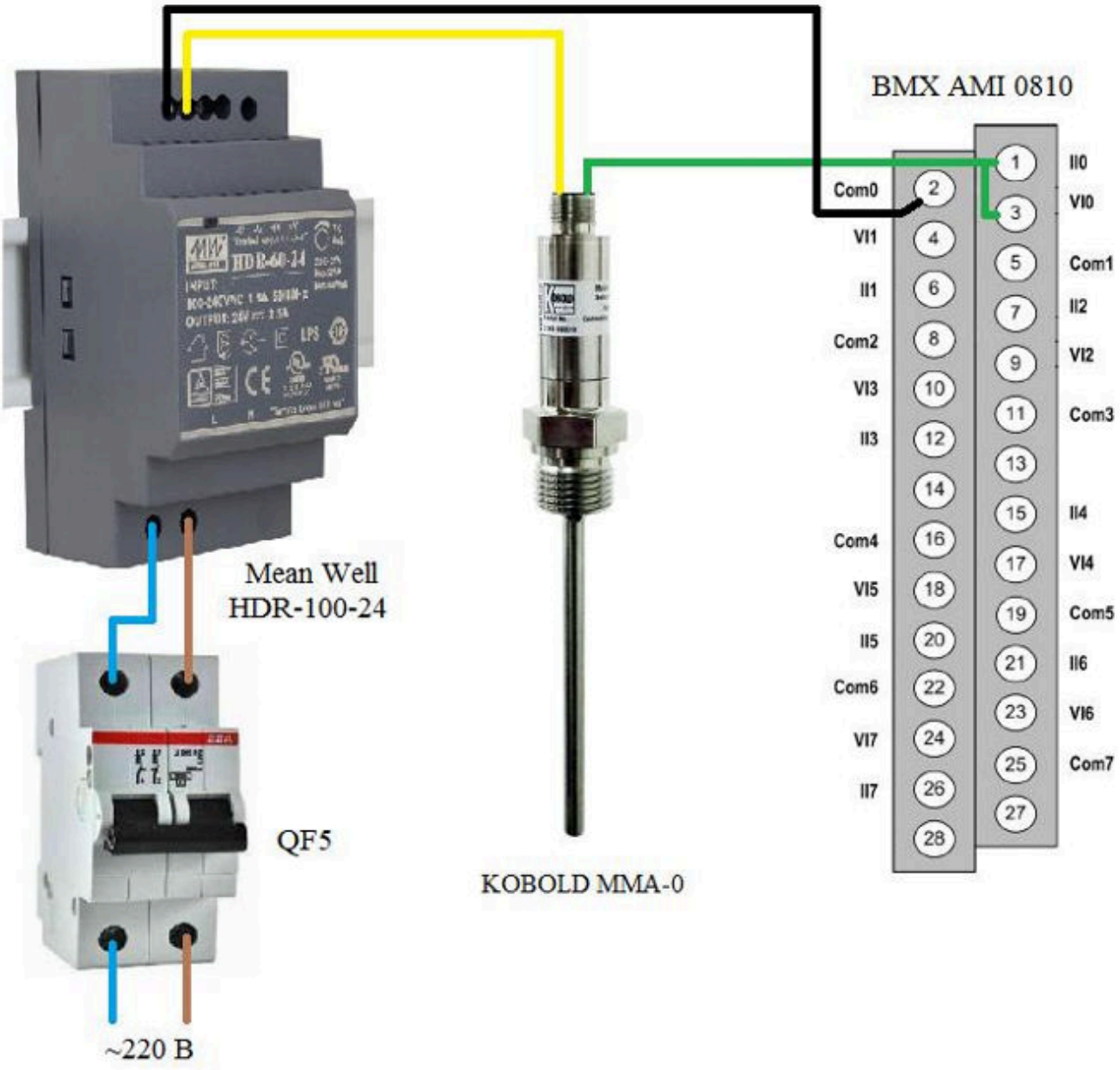


Рис. 3.5. Графічна схема підключення KOBOLD MMA-0 до модуля BMX AMI 0810.

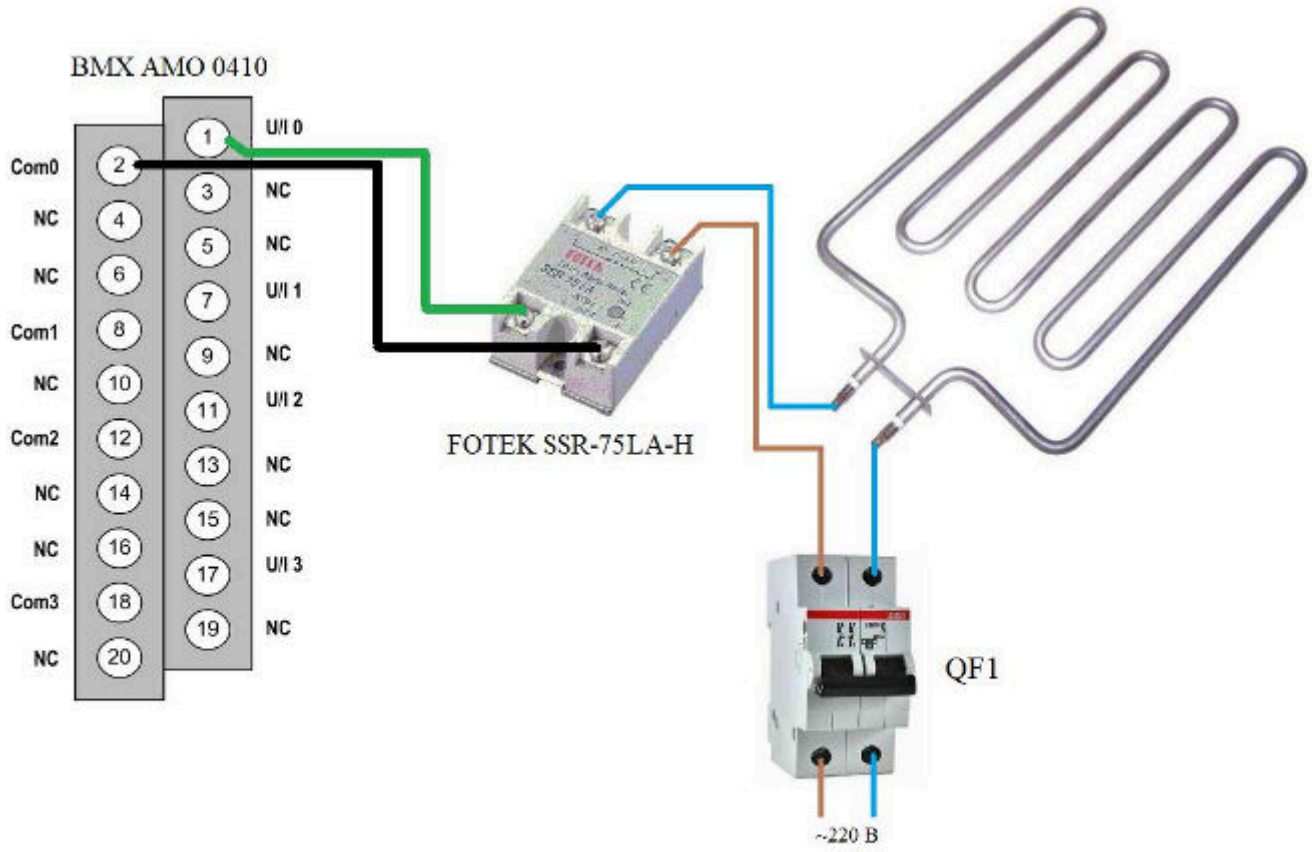


Рис. 3.6. Графічна схема підключення FOTEK SSR-75LA-H до модуля BMX AMO 0410.

Розділ 4. Креслення встановлення технічного засобу

В системі автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі для визначення рівня води в дозаторі води задіяно ємнісний рівнемір KOBOLD NMC-N [9] (рис. 4.1).

Рис. 4.1. KOBOLD NMC-N.

Зазначені технічні характеристики KOBOLD NMC-N:

Technical Data

Measuring principle:	capacitive (for liquids up to 1000 pF)
Probe length:	265...4000 mm (shorter versions on request)
Measuring error:	<1,5 % of probe length
Temperature of medium:	-20 ... +90 °C, -20 ... +200 °C for Model NMC-H
Ambient temperature:	-10 ... +60 °C
Max. pressure:	-1 ... +30 bar
Media DC-value:	εr = min. 1.5
Materials:	Housing: Polycarbonate
	Connection: stainless steel 1.4305 (model NMC-N, NMC-H, NMC-T
	PVDF (model NMC-S)
	Probe: stainless steel with PTFE coating for model NMC-N and NMC-H
	PVDF-coating for model NMC-S
	stainless steel probe 1.4305 with internal sensor (stainless steel for PTFE coating) for model NMC-T
Process connection:	G 1 male for model NMC-N, NMC-H, NMC-T
	G 2 male for model NMC-S
	Adapter for model NMC-N, NMC-H, NMC-T: thread G 1 ¼, G 1 ½
	welding-in sleeve (not for NMC-S) Ø external 40 mm
Display:	4-line LCD, alphanumeric, Display of % and mA (with one position after the decimal point)
Supply voltage:	10 ... 35 V_{DC} 12...30 V_{DC} for ATEX
Electrical connection:	1 x M20 x 150
Output:	4-20 mA, 2-wire
Protection:	IP 65
ATEX:	⟨Ex⟩ Ex II 2/1 GD Ex ia IIC T4 Gb/Ga Ex ia IIIC T85 °C Db/Da 20 °C<Ta<+60 °C

Вибір параметрів KOBOLD NMC-N:

Order Details (Example: **NMC-N 1 2G6 0 3**)

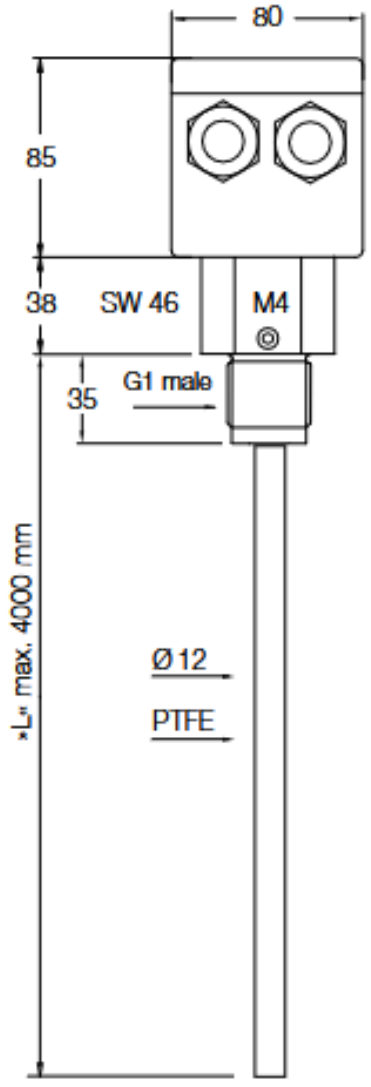
Version	Probe length*	Mechanical connection	ATEX	Supply
NMC-N (Standard) **NMC-H** (High temperature) **NMC-T** (with reference pipe)	**1** = up to 1 metre **2** = up to 2 metre **3** = up to 3 metre	**2G6** = G1, stainless steel	**0** = without **E** = ATEX	**3** = 10...35 V_{DC} (12...30 V_{DC} for ATEX)
NMC-S (two probe sensor with PVDF connection)	**4** = up to 4 metre	**9G9** = G2, PVDF		

* Please specify specific application length »L« in writing

Зазначені габаритні розміри KOBOLD NMC-N:

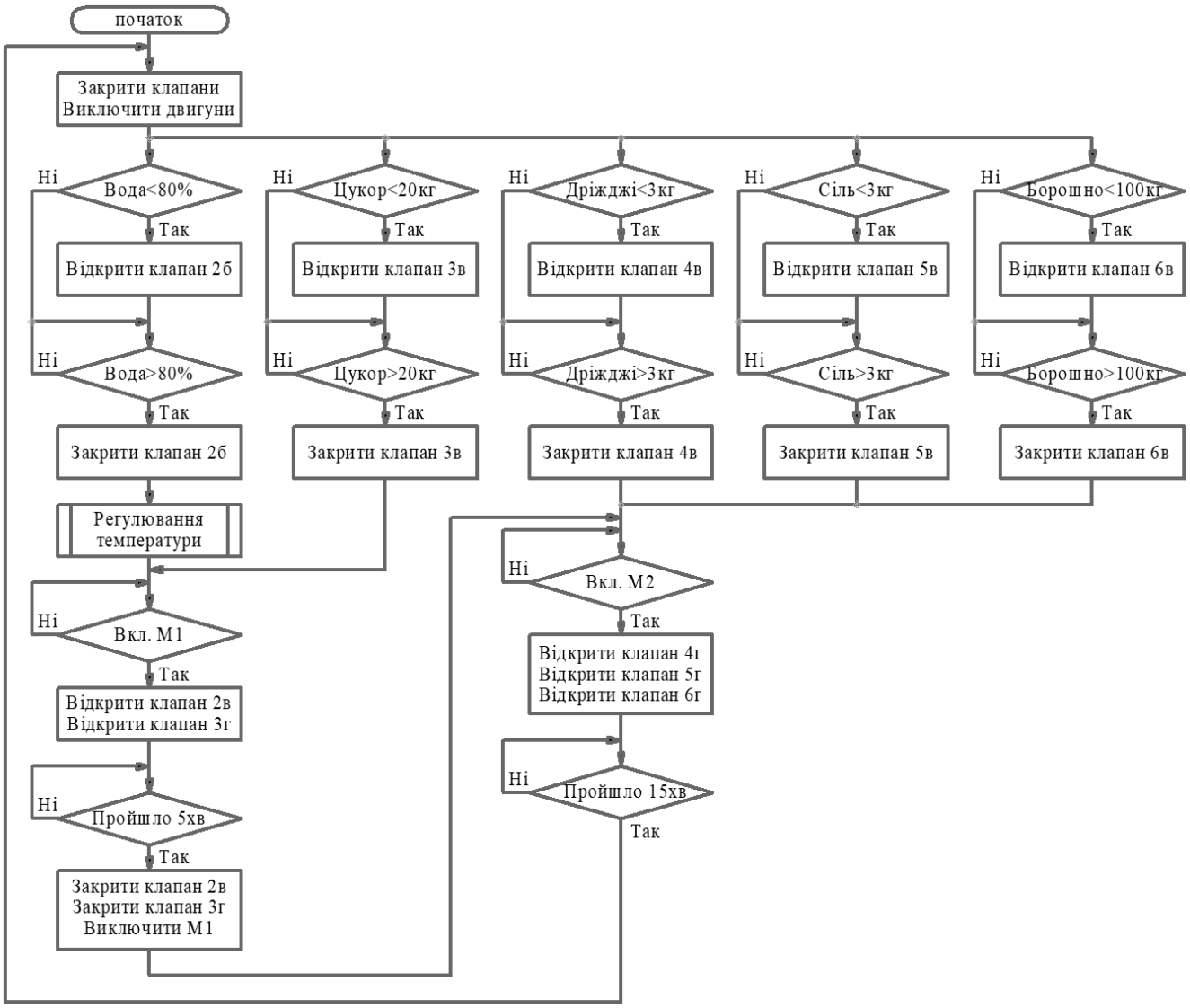
Dimensions [mm]

NMC-N



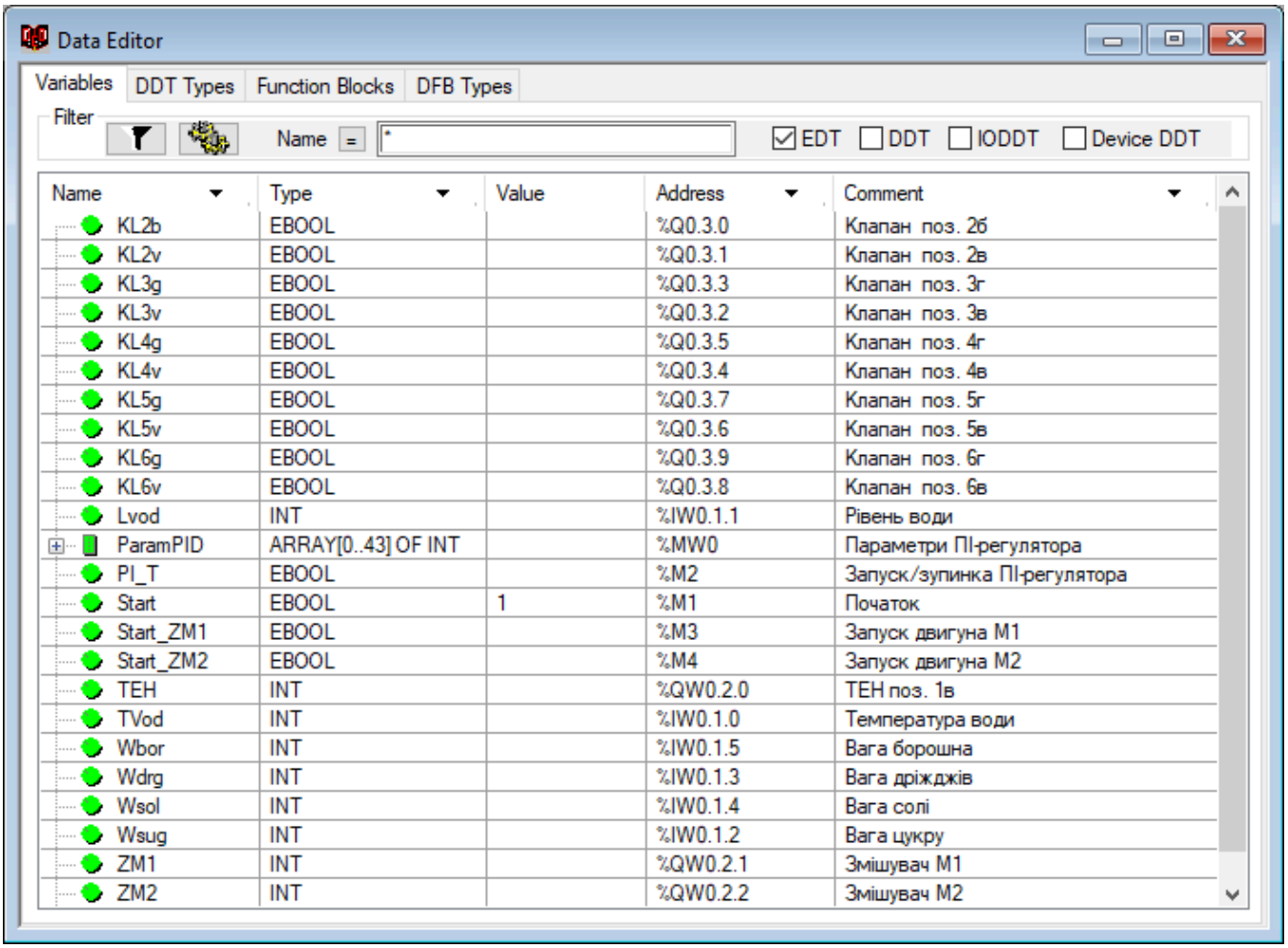
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Алгоритм роботи системи автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі:



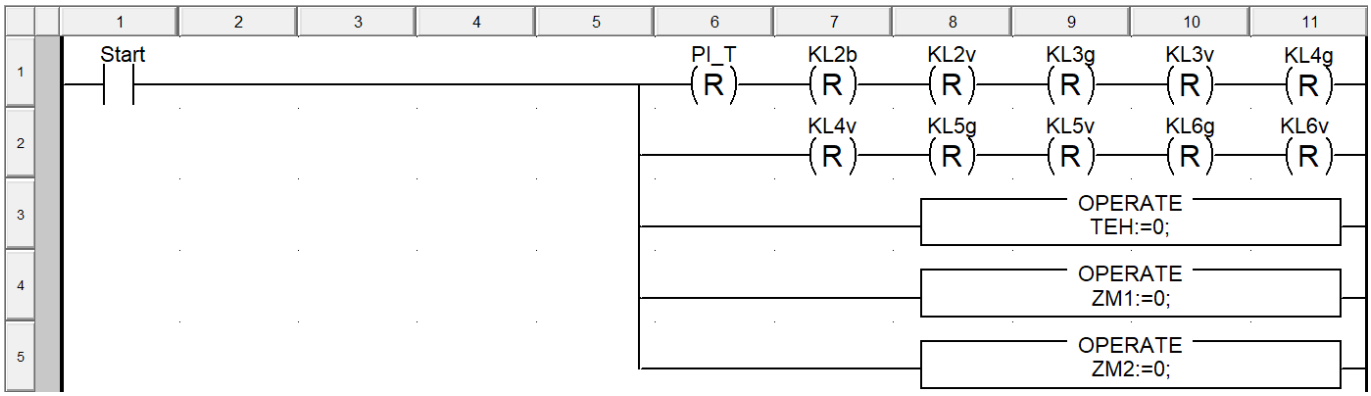
					Кваліфікаційна робота		
Змн.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Жердєв М.С.*			*Розробка системи автоматизації процесу виробництва тіста на хлібозаводі*	*Літ.*	*Арк.* 54 / *Аркушів* 5
Керівник		*Кишенько В.Д.*					
						НУХТ АК-4-1	
Зав. каф.		*Смітюх Я.В.*					
Секр. ЕК		*Проскурка Є.С.*					

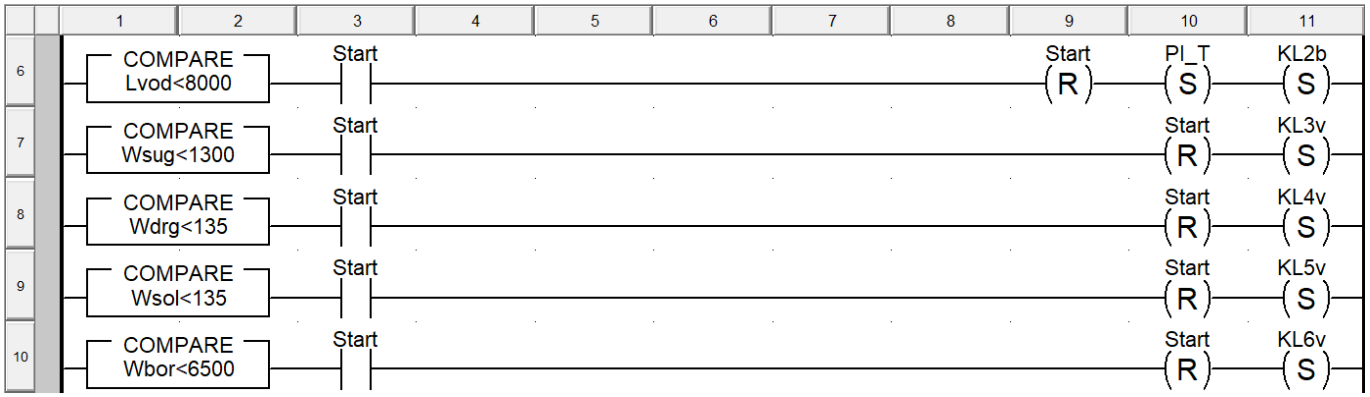
Використані змінні в програмі для ПЛК M340 та їх адреси та їх опис наведено нижче:

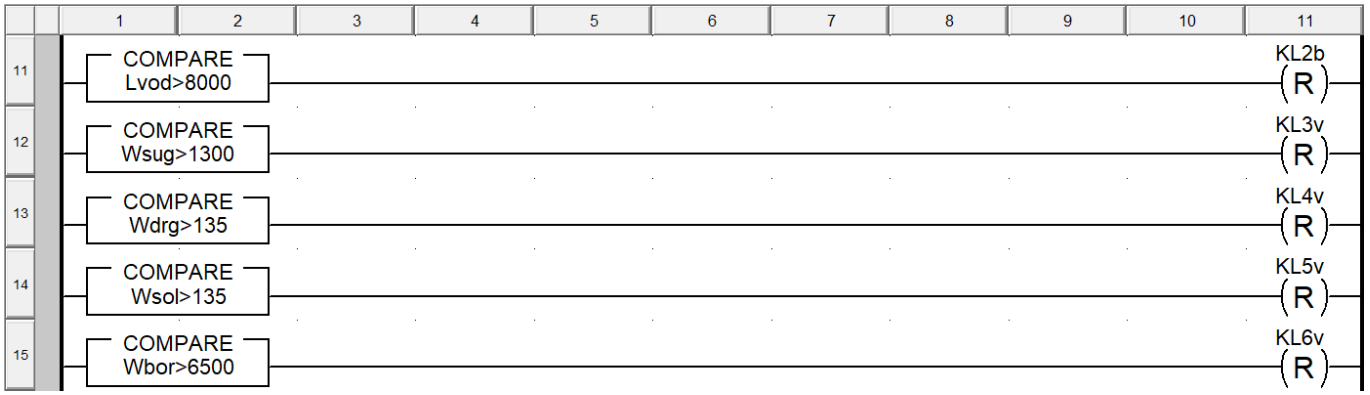


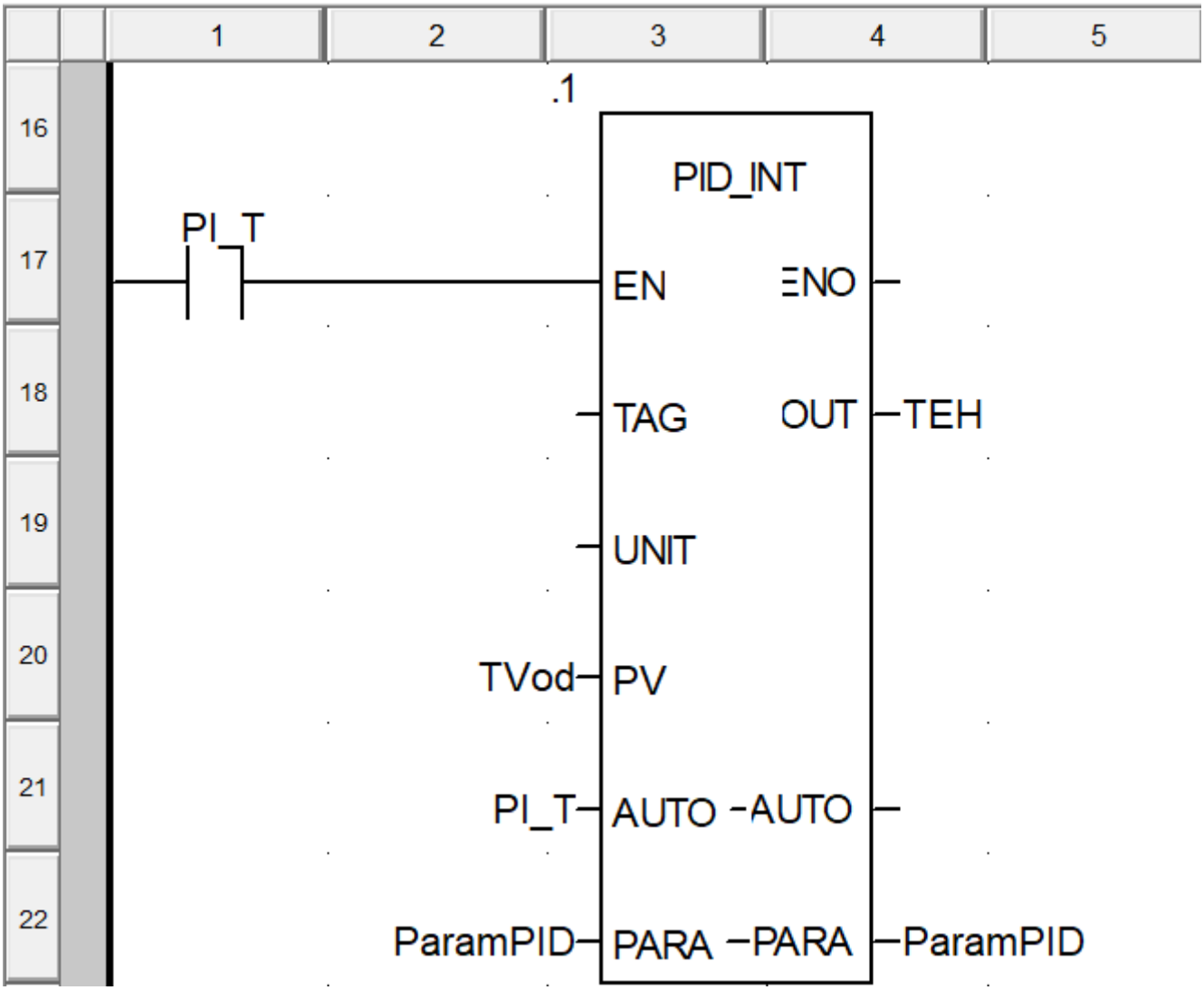
Name	Type	Value	Address	Comment
KL2b	EBOOL		%Q0.3.0	Клапан поз. 2б
KL2v	EBOOL		%Q0.3.1	Клапан поз. 2в
KL3g	EBOOL		%Q0.3.3	Клапан поз. 3г
KL3v	EBOOL		%Q0.3.2	Клапан поз. 3в
KL4g	EBOOL		%Q0.3.5	Клапан поз. 4г
KL4v	EBOOL		%Q0.3.4	Клапан поз. 4в
KL5g	EBOOL		%Q0.3.7	Клапан поз. 5г
KL5v	EBOOL		%Q0.3.6	Клапан поз. 5в
KL6g	EBOOL		%Q0.3.9	Клапан поз. 6г
KL6v	EBOOL		%Q0.3.8	Клапан поз. 6в
Lvod	INT		%IW0.1.1	Рівень води
ParamPID	ARRAY[0..43] OF INT		%MW0	Параметри ПІ-регулятора
PI_T	EBOOL		%M2	Запуск/зупинка ПІ-регулятора
Start	EBOOL	1	%M1	Початок
Start_ZM1	EBOOL		%M3	Запуск двигуна М1
Start_ZM2	EBOOL		%M4	Запуск двигуна М2
TEH	INT		%QW0.2.0	ТЕН поз. 1в
TVod	INT		%IW0.1.0	Температура води
Wbor	INT		%IW0.1.5	Вага борошна
Wdrg	INT		%IW0.1.3	Вага дріжджів
Wsol	INT		%IW0.1.4	Вага солі
Wsug	INT		%IW0.1.2	Вага цукру
ZM1	INT		%QW0.2.1	Змішувач М1
ZM2	INT		%QW0.2.2	Змішувач М2

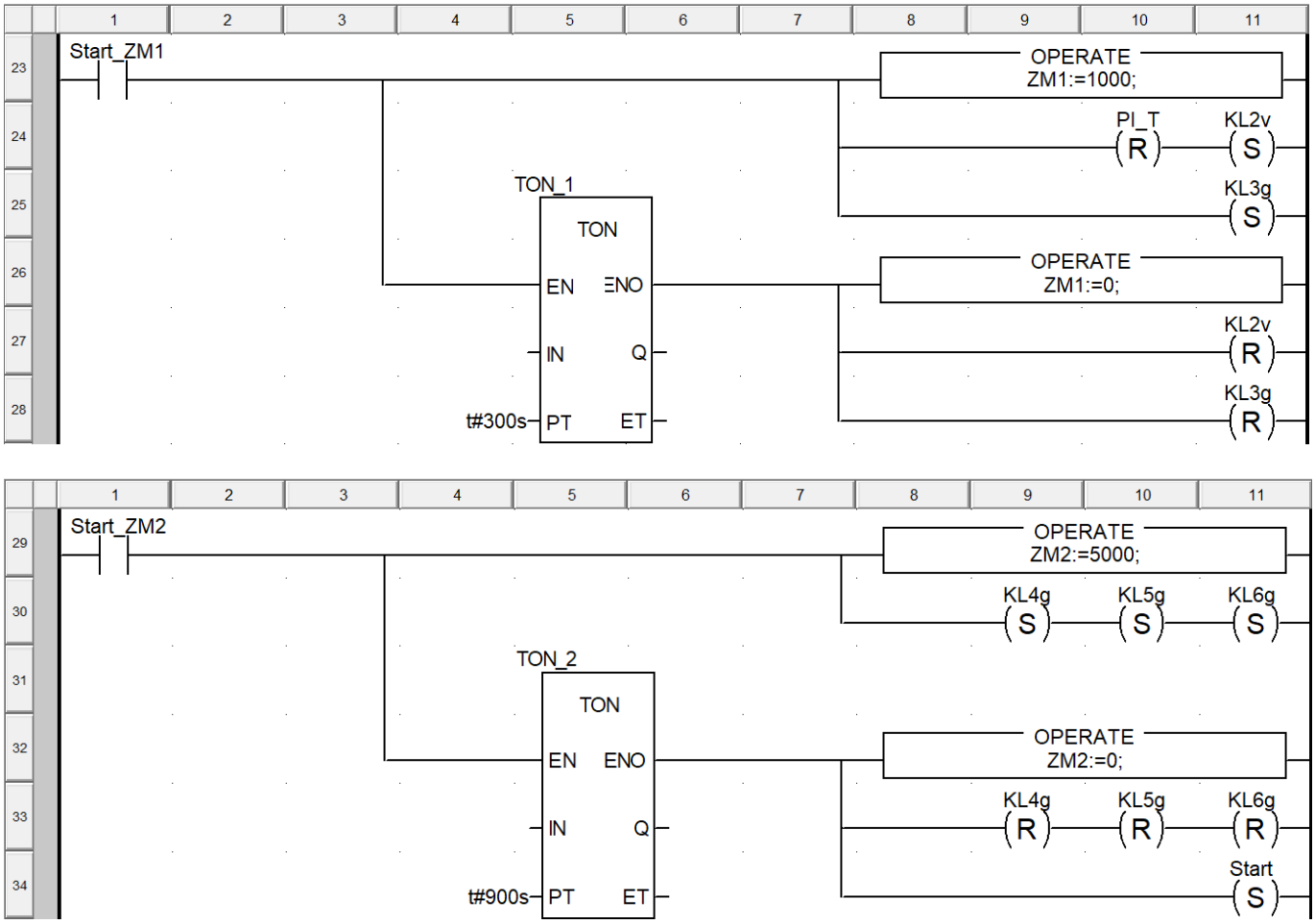
Програма для ПЛК M340 на мові Ladder Diagram (LD) написана за розробленим алгоритмом:








1
2
3
4
5
16
17
18
19
20
21
22
.1
PID_INT
PI_T
EN
ENO
TAG
OUT
TEH
UNIT
TVod
PV
PI_T
AUTO
AUTO
ParamPID
PARA
PARA
ParamPID


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
23 24 25 26 27 28
Start_ZM1
OPERATE
ZM1:=1000;
PI_T
KL2v
R
S
KL3g
S
TON_1
TON
EN
ENO
IN
Q
t#300s
PT
ET
OPERATE
ZM1:=0;
KL2v
R
KL3g
R

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
29 30 31 32 33 34
Start_ZM2
OPERATE
ZM2:=5000;
KL4g
KL5g
KL6g
S
S
S
TON_2
TON
EN
ENO
IN
Q
t#900s
PT
ET
OPERATE
ZM2:=0;
KL4g
KL5g
KL6g
R
R
R
Start
S

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Для системи автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі зроблена мнемосхема оператора в програмному середовищі Citect SCADA. Мнемосхема оператора забезпечує моніторинг процесу приготування тіста та дозволяє оператору вносити управляючі дії. Змінні, які використані в програмному середовищі Citect SCADA наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1. Опис змінних та параметрів.

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
Tvod	%IW0.1.0	0	10000	-70	250	INT
Lvod	%IW0.1.1	0	10000	0	100	INT
Wsug	%IW0.1.2	0	10000	0	150	INT
Wdrg	%IW0.1.3	0	10000	0	150	INT
Wsol	%IW0.1.4	0	10000	0	150	INT
Wbor	%IW0.1.5	0	10000	0	150	INT
TEH	%QW0.2.0	0	10000	0	100	INT
ZM1	%QW0.2.1	0	10000	0	1500	INT
ZM2	%QW0.2.2	0	10000	0	1500	INT

Продовження таблиці 6.1.

1	2	3	4	5	6	7
KL2b	%Q0.3.0	0	1	0	1	EBOOL
KL2v	%Q0.3.1	0	1	0	1	EBOOL
KL3v	%Q0.3.2	0	1	0	1	EBOOL
KL3g	%Q0.3.3	0	1	0	1	EBOOL
KL4v	%Q0.3.4	0	1	0	1	EBOOL
KL4g	%Q0.3.5	0	1	0	1	EBOOL
KL5v	%Q0.3.6	0	1	0	1	EBOOL
KL5g	%Q0.3.7	0	1	0	1	EBOOL
KL6v	%Q0.3.8	0	1	0	1	EBOOL
KL6g	%Q0.3.9	0	1	0	1	EBOOL

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Мнемосхема оператора, що зроблена в програмному забезпеченні Citect SCADA, для СА ВТ вказана на рис. 6.1.

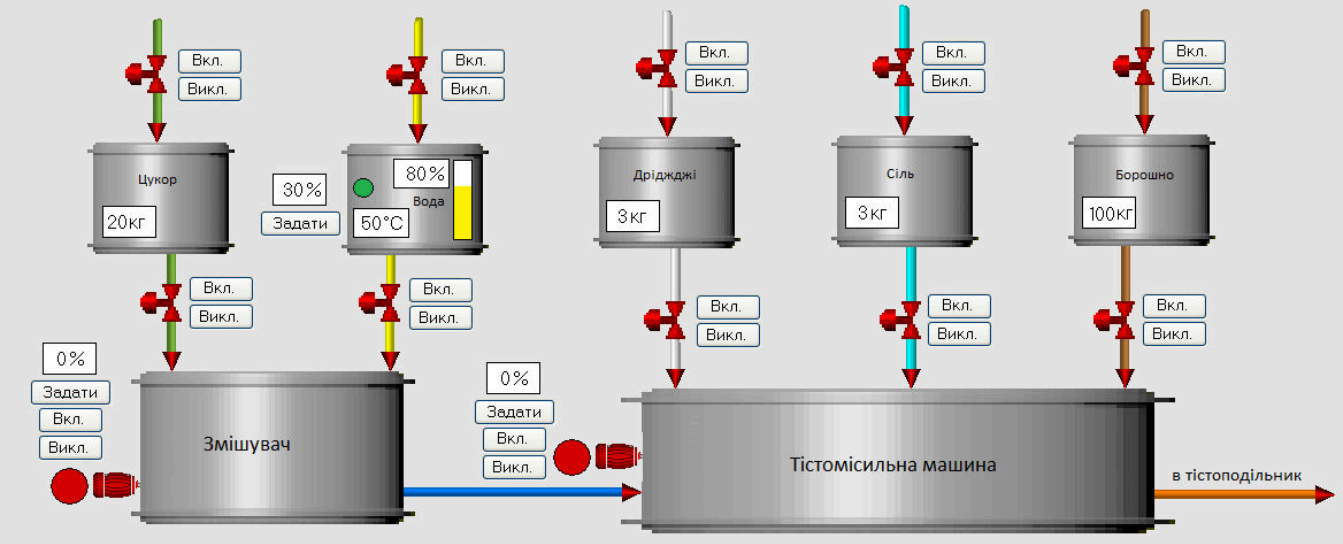


Рис. 6.1. Мнемосхема оператора СА ВТ.

Розділ 7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

В системі автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі необхідно в дозаторі води нагріти воду та підтримувати її на значенні 50 °С (рис. 7.1) використовуючи ПІ-регулятор.

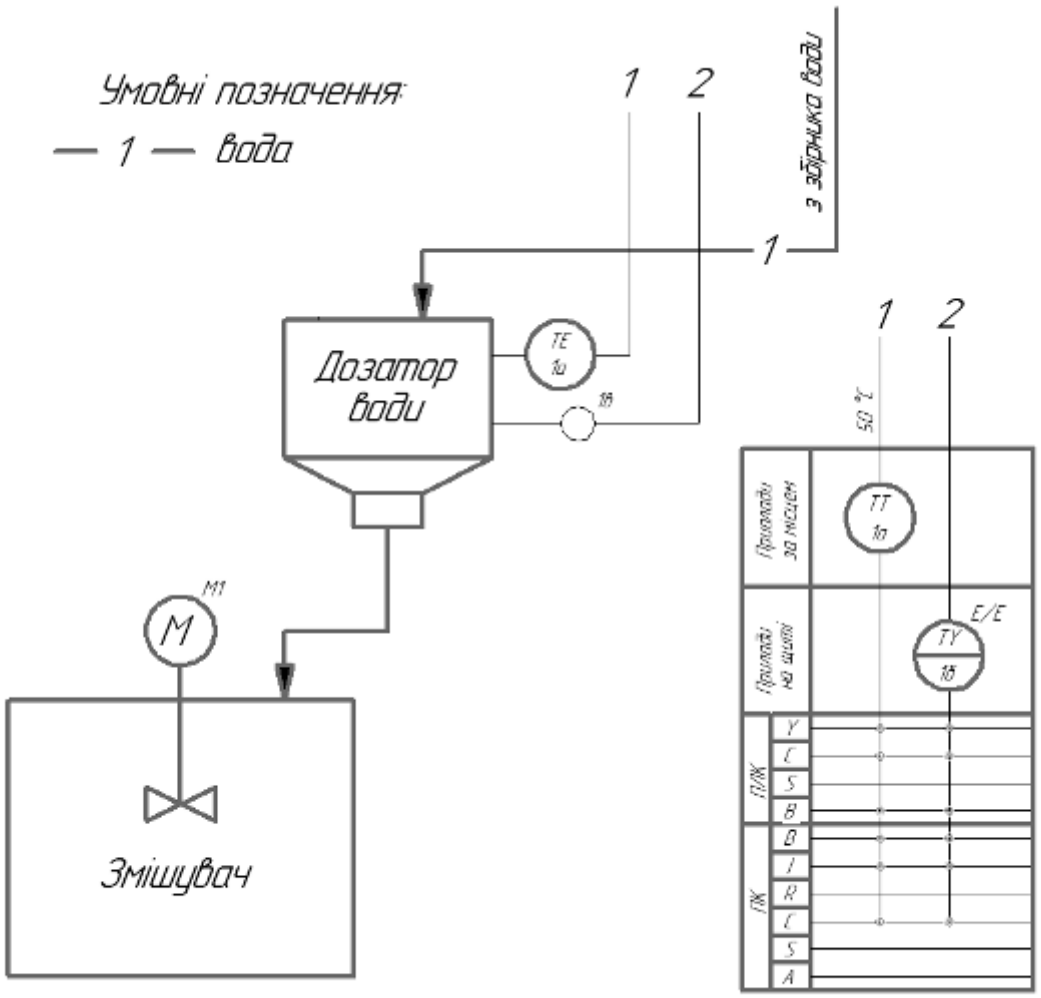


Рис. 7.1. Схема автоматизації контуру регулювання температури в дозаторі води.

Постановка задачі комп’ютерного моделювання: визначити оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора для регулювання температури в дозаторі води.

					Кваліфікаційна робота		
Змн.	*Арк.*	*№ докум.*	*Підпис*	*Дата*			
Розроб.		*Жердєв М.С.*			*Розробка системи автоматизації процесу виробництва тіста на хлібозаводі*	*Літ.*	*Арк.* 62 / *Аркушів* 5
Керівник		*Кишенько В.Д.*					
						НУХТ АК-4-1	
Зав. каф.		*Смітюх Я.В.*					
Секр. ЕК		*Проскурка Є.С.*					

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Рис. 7.2. Параметрична схема регулювання температури в дозаторі води.

З параметричної схеми регулювання температури в дозаторі води (рис. 7.2) визначимо:

- збурення z(t) — початкова температура води, °C, Tpv (рис. 7.3);
- управляюча дія u(t) — напруга нагрівача, В, Unv (рис. 7.3);
- регульована змінна y(t) — температура води в дозаторі, °C.

Модель об'єкта регулювання температури в дозаторі води має такі ланки (рис. 7.3):

- аперіодична ланка:

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1}$$

- ланка запізнювання:

$$W(s) = e^{\tau_{зп} s}$$

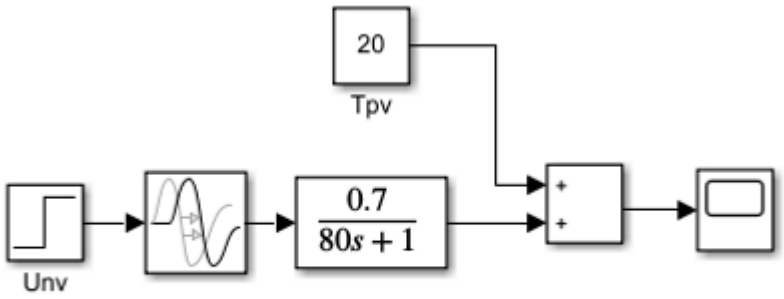


Рис. 7.3. Модель об'єкта регулювання температури в дозаторі води.

7.3. Моделювання САР

ОПН ПІ-регулятора знайдемо з таблиці методом – процес з мінімальним часом регулювання [10]:

Закон регулювання	Критерій		
	Процес з мінімальним часом регулювання	Процес з 20% пере регулюванням та мінімальним часом першого півперіоду коливань	Процес з мінімальною інтегрально-квадратичною оцінкою
І	$k_{p1} = \frac{1}{4.5 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$	$k_{p1} = \frac{1}{1.7 k_{об} T}$
П	$k_p = \frac{0.3T}{k_{об}\tau}$	$k_p = \frac{0.9T}{k_{об}\tau}$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об}\tau}$
ПІ	$k_p = \frac{0.6T}{k_{об}\tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{T}{k_{об}\tau}$ $T_i = T$	$k_p = \frac{0.7T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 0.7T$
ПІД	$k_p = \frac{0.95T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 2.4\tau$ $T_д = 0.4\tau$	$k_p = \frac{1.4T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 1.3\tau$ $T_д = 0.5\tau$	$k_p = \frac{1.2T}{k_{об}\tau}$ $T_i = 2\tau$ $T_д = 0.4\tau$

Знаходимо ОПН ПІ-регулятора:

$k_{об} = 0,7$; $T = 80$; $\tau_{зп} = 15$;

$k_р = (0,6 * 80) / (0,7 * 15) = 4,6$;

$T_і = T_{об} = 80$; $k_і = k_р / T_і = 4,6 / 80 = 0,06$.

Знайдені ОПН ПІ-регулятора вставляємо в модель (рис. 7.4).

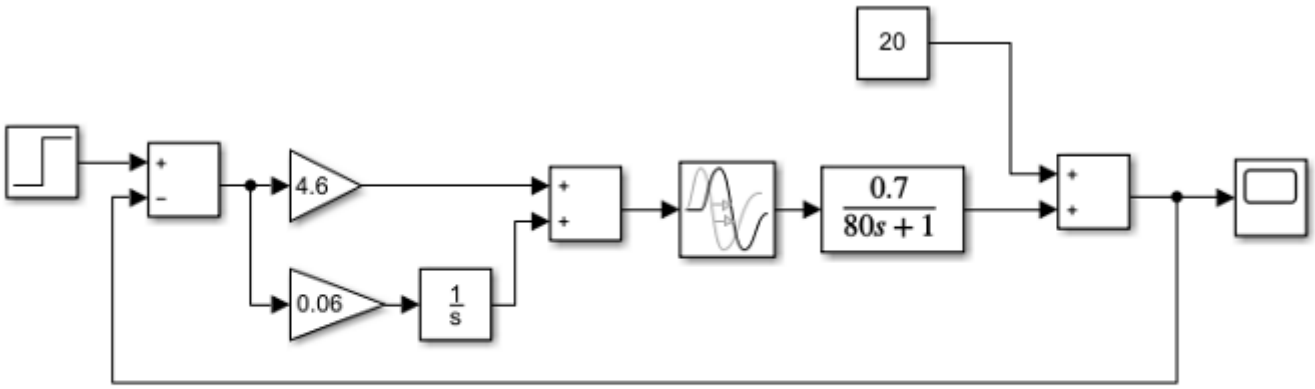


Рис. 7.4. Модель об'єкта регулювання температури в дозаторі води з ПІ-регулятором.

Отримано перехідний процес з визначеними ОПН ПІ-регулятора (рис. 7.5).

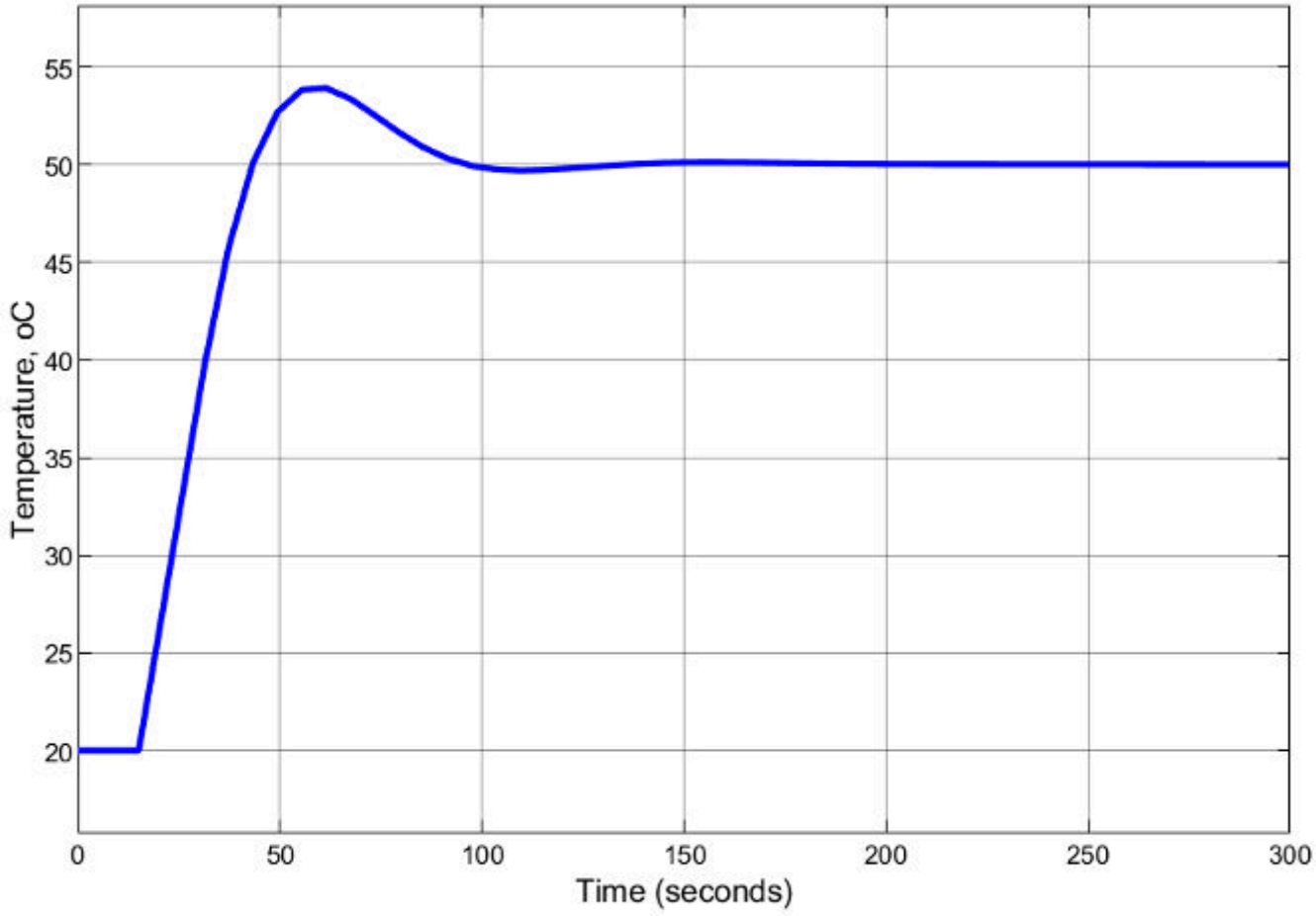


Рис. 7.5. Перехідний процес з ПІ-регулятором.

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Проведеним комп'ютерним моделюванням системи автоматичного регулювання (САР) моделі об'єкта регулювання температури в дозаторі води було знайдено методом (процес з мінімальним часом регулювання) наступні ОПН ПІ-регулятора:

- коефіцієнт підсилення (k_p): 4,6;
- час інтегрування (T_i): 80;
- коефіцієнта інтегрування (k_i): 0,06.

Знайдені методом (процес з мінімальним часом регулювання) ОПН ПІ-регулятора дозволило забезпечити перехідний процес з мінімальним часом регулювання, що складає 150 секунд.

Правильно підібрані ОПН ПІ-регулятора дозволило забезпечити швидкий нагрів води в дозаторі води, підтримку температури на заданому значенні та зменшення енергоресурсів на нагрів води, що зменшить собівартість виробництва тіста та збільшить прибутковість.

Висновки

В кваліфікаційній роботі проведено опис розробки системи автоматизації процесу виробництва тіста (СА ВТ) на хлібозаводі.

СА ВТ на хлібозаводі розроблена на базі промислового логічного контролера (ПЛК) Schneider Electric M340.

При розробці для оператора дисплейної мнемосхеми процесу виробництва тіста використано програмне забезпечення Citect SCADA 2015.

Проведеним комп'ютерним моделюванням системи автоматичного регулювання (САР) моделі об'єкта регулювання температури в дозаторі води було знайдено методом (процес з мінімальним часом регулювання – 150 секунд) оптимальні параметри настройки (ОПН) ПІ-регулятора.

Використані в СА ВТ точні технічні засоби вимірювання ваги та її регулювання дозволить збільшити точність вимірювання та зменшити втрати продукції при її вимірюванні. А правильно підібрані ОПН ПІ-регулятора дозволить забезпечити швидкий нагрів води в дозаторі води, підтримку температури на заданому значенні та зменшення енергоресурсів на нагрів води. Все це разом зменшить собівартість виробництва тіста та збільшить прибутковість виробництва.

Список використаної літератури

1. Технологія приготування хліба. URL: https://buklib.net/books/24469/
2. Автоматизація підготовки тіста для хліба від TOPOS. URL: https://harch.tech/2021/09/21/topos-4/
3. CPA SERIES LOW PROFILE COMPRESSION LOAD CELLS. URL: https://www.diniargeo.com/file/47830-3-2025+20-45-50-955.pdf
4. "DGT1": MULTIFUNCTION, DIGITAL WEIGHT TRANSMITTER/INDICATOR. URL: https://www.diniargeo.com/file/47830-3-2025+20-44-49-929.pdf
5. VLT® AutomationDrive FC 301/302 0.25–75 kW. URL: https://assets.danfoss.com/documents/272132/AJ286655760917en-002201.pdf
6. Insertion Resistance Thermometers with, or without transmitter. MMA. URL: https://www.kobold.com/uploads/files/mma-gb-temperature.pdf
7. 2/2 AND 3/2 SOLENOID VALVES. URL: https://www.jaksa.si/wp-content/uploads/2019/08/JAKSA_Steam_Solenoid_Valves.pdf
8. Твердотілі реле серії SSR та TSR. URL: http://www.fotek.com.ua/rele.html
9. Capacitive Level Meter for Liquids Model NMC. URL: https://www.kobold.com/uploads/files/nmc-gb-level.pdf
10. Автоматизація технологічних процесів та виробництв (Модуль 1) [Електронний ресурс]: лабораторний практикум для студентів освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання // уклад.: Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць. – К.: НУХТ, 2016. – 29 с.

11. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи на здобуття освітнього ступеня "Бакалавр" спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітньо-професійної програми "Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації" денної та заочної форм навчання [Електронний ресурс] / уклад.: І.В. Ельперін, Я.В. Смітюх, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка; Національний університет харчових технологій. – Київ: НУХТ, 2022. – 96 с. – каф. автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління. – Режим доступу: https://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDownloadForm?docid=410419
12. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
13. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
14. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
15. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
16. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об’єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
17. Трегуб В.Г. Основи комп’ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.– К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
18. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
19. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.

20. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
21. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
22. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
23. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології" напряму підготовки 0804 "Комп'ютерні науки" ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.
24. Луцька Н.М. Оптимальні та робасні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
25. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
26. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
27. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
28. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

29. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
30. Трегуб В.Г. Автоматизація об’єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. − Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. − 136 с.
31. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об’єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
32. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.
33. Сучасні методи автоматизації технологічних об’єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
34. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
35. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
36. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
37. Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)

38. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
39. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.
40. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
41. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
42. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
43. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об`єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп`ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
44. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.

45. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
46. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
47. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.