



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ**

**Автоматизація виробничих процесів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для виконання лабораторних робіт, самостійного вивчення

та виконання індивідуальних завдань

для студентів, що навчаються за напрямом підготовки

6.050502 «Інженерна механіка»

Харків

ХДУХТ

2014

Затверджено на засіданні кафедри процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, протокол № 6 від « 17 » грудня 2013р.

Завідувач кафедри  Черевко О.І.

Схвалено науково-методичною комісією факультету обладнання та технічного сервісу, протокол № 5 від « 10 » лютого 2014 р.

Голова  Семенюк Д.П.

Рецензент: к.т.н., проф. Постнов Г.М.

## ЗМІСТ

ЧАСТИНА I. Лабораторні роботи. . . . .	4
Лабораторна робота № 1. Дослідження електромагнітних реле . . . . .	4
Лабораторна робота № 2. Вивчення дії манометричних терморегуляторів. . . . .	11
Лабораторна робота № 3. Статичні і динамічні характеристики об'єктів керування . . . . .	16
Лабораторна робота № 4. Дослідження системи позиційного регулювання. . . . .	20
Лабораторна робота № 5. Дослідження роботи програмованого логічного контролера Dugus IC210DDR 112. . . . .	26
ЧАСТИНА II. Електричні схеми для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань. . . . .	32
1. Варильний котел КПЭСМ-60М. . . . .	32
2. Варильний котел КПЭ-60. . . . .	34
3. Варильний котел КПЭ-160 . . . . .	35
4. Варильний котел типу КЭ . . . . .	37
5. Фритюрниця ФЭСМ-20. . . . .	39
6. Сковорода СЭ-0,45. . . . .	40
7. Кондитерська електрична піч КЭП-400. . . . .	42
8. Обертюча жаровня ЖВЭ-720. . . . .	44
9. Кип'ятильники безперервної дії КНЭ . . . . .	46
10. Водонагрівач НЭ-1Б. . . . .	48
11. Посудомийна машина ММУ-500 . . . . .	49
12. Автомат АП-3М для приготування та жарки пончиків . . . . .	52

# ЧАСТИНА I

## Лабораторні роботи

### Лабораторна робота № 1

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ РЕЛЕ

#### 1. Мета роботи

- 1.1. Ознайомитися з типами, пристроєм, конструктивними особливостями різних типів реле.
- 1.2. Вивчити принцип дії контактних реле.
- 1.3. Ознайомитися з найпростішими схемами на основі реле.

#### 2. Короткі відомості про реле

*Реле* – це електричний пристрій, що використовують для переключення (замикання-розмикання) різних ділянок електричних ланцюгів з метою фіксування визначеного значення вихідного сигналу, а також для деякого посилення сигналу по потужності (за допомогою контактів реле можна керувати більш потужнішими ланцюгами, ніж потужність, що потрібна для спрацьовування реле). За допомогою одного реле можна керувати декількома десятками ланцюгів.

*Класифікація реле:*

1) за конструкцією розрізняють реле електромеханічні та статичні.

Електромеханічними є реле, робота яких заснована на використанні відносного переміщення його механічних елементів під впливом електричного струму, що протікає по котушці реле. До електромеханічних реле відносять:

- електромагнітне реле (обмотка електромагніту нерухома відносно сердечника);
- магнітоелектричне реле (обмотка електромагніту з контактами рухома відносно сердечника);
- термореле (біметалеве) – реле, що діє за принципом вигину однієї металевої пластинки відносно іншої при її нагріванні;
- індукційне – реле, робота якого заснована на взаємодії змінних магнітних полів нерухомих обмоток зі струмами, індукованими цими полями в рухомі елементи.

Статичними є реле, положення яких залишається незмінним після вимкнення живлення. Класичне статичне реле складається з моторчика та контактів. Моторчик зрушує контакти з положення «ВКЛ» у положення «ВИКЛ» та зворотно. Замість моторчика може використовуватись електромагніт, що переміщує штовхач, виготовлений з постійного магніту. До статичних реле відносять:

- феромагнітне – реле, робота якого заснована на використанні нелінійної характеристики феромагнітних матеріалів;
- іонне – реле, робота якого заснована на використанні іонних приладів;

– напівпровідникове реле – електронний пристрій, призначений для комутації електричних ланцюгів;

2) за потужністю управління:

– малої потужності,  $P_{уп.}$  (потужність ланцюгу, що підлягає управлінню, або комутуєма потужність)  $\leq 1$  Вт;

– середньої потужності,  $P_{уп.} = 1 \dots 10$  Вт;

– потужні,  $P_{уп.} \geq 10$  Вт;

3) за часом спрацювання:

– безінерційні,  $t_{спр.}$  (час від подачі управляючого сигналу до моменту переходу контактів реле в робоче положення)  $\leq 1$  с;

– швидкодіючі,  $t_{спр.} = 0,005 \dots 0,05$  с;

– нормальні,  $t_{спр.} = 0,05 \dots 0,15$  с;

– уповільнені,  $t_{спр.} = 0,15 \dots 1$  с;

– реле часу,  $t_{спр.} \geq 1$  с.

*Характеристика управління реле.* Для всіх типів реле характерна залежність вихідної величини від вхідної. При зміні вхідної величини  $x$  від 0 до  $x_2$  (рис. 1.1) вихідна величина не змінюється та дорівнює  $y_1$ .

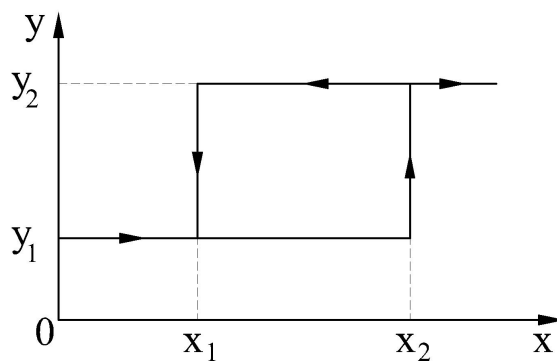


Рисунок 1.1 – Характеристика управління реле

По досягненні вхідною величиною значення  $x_2$  вихідна величина стрибкоподібно приймає значення  $y_2$ . Подальше наростання вхідної величини не спричиняє зміни вихідної величини. При зменшенні вхідної величини до значення  $x_1$  вихідна величина  $y$  стрибкоподібно приймає значення  $y_1$ . Таким чином, характеристика реле має різко нелінійний, дискретний вид з чітко вираженими позиціями:  $y_1$  – реле виключено,  $y_2$  – реле включено.

До основних характеристик реле також відноситься *часова характеристика* (характеристика перехідного процесу), що визначає залежність струму в обмотці від часу під час увімкнення, роботи та вимикання реле. Виділяють чотири етапи часової характеристики: I – спрацювання; II – роботи (увімкненого стану); III – відпускання; IV – спокою.

*Електромагнітним* називається реле, у якому стискальне зусилля створюється енергією магнітного поля, що виникає при протіканні електричного струму через котушку з залізним сердечником. Різновидами електромагнітних реле є нейтральне реле постійного струму, нейтральний реле перемінного струму та поляризоване.

Нейтральними реле постійного та змінного струмів називаються такі реле, у яких стискальне зусилля на якорі, що розвивається магнітним потоком котушки, не залежить від напрямку струму в ній. Електромагнітне нейтральне реле (рис. 1.2, а) має нерухомий сердечник 1 з обмоткою 2 та рухомий якорь 4, що при переміщенні замикає та розмикає контакти.

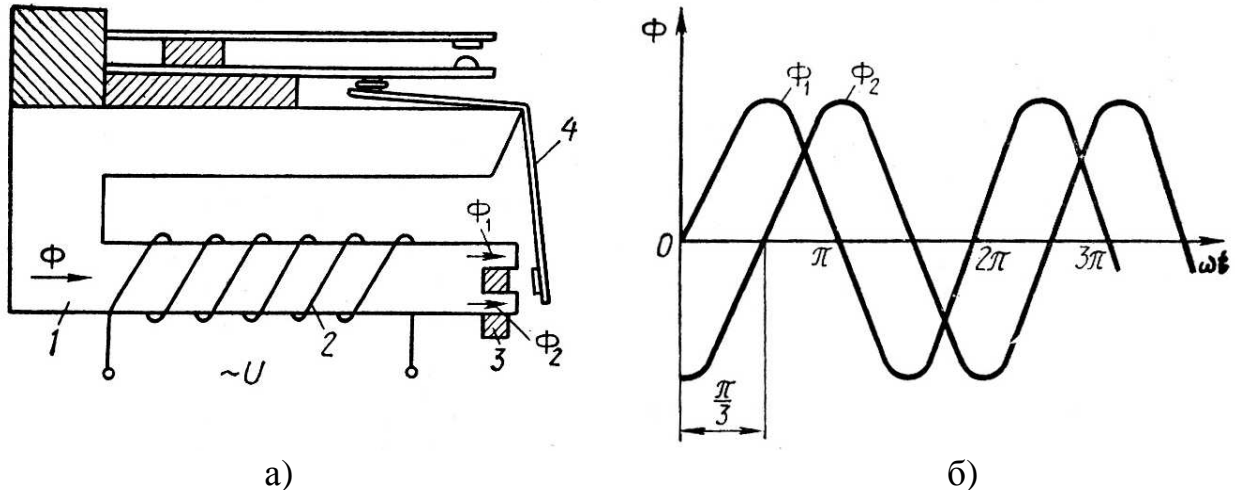


Рисунок 1.2 – Електромагнітне реле змінного струму:

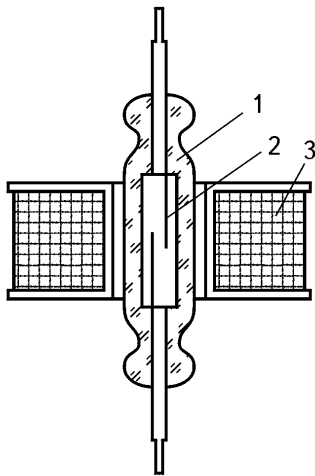
а) конструктивна схема реле; б) графік залежності магнітних потоків від часу;  $\Phi, \Phi_1, \Phi_2$  – магнітні потоки; 1 – сердечник; 2 – обмотка; 3 – екрануюча обмотка; 4 – якорь

Так як змінний електричний струм двічі за період має нульове значення, то для запобігання вібрації якоря в електромагнітних реле змінного струму передбачено екрануючу обмотку 2, що виконана у вигляді мідного короткозамкненого кільця. Це дозволяє розділити магнітний потік  $\Phi$  на два магнітних потоки  $\Phi_1$  та  $\Phi_2$ , які мають різницю по фазі на  $60^\circ$ . У наслідок цього результуючий магнітний потік не має нульового значення (рис. 1.2, б) та якорь 4 у процесі роботи реле притягнутий до сердечника 1.

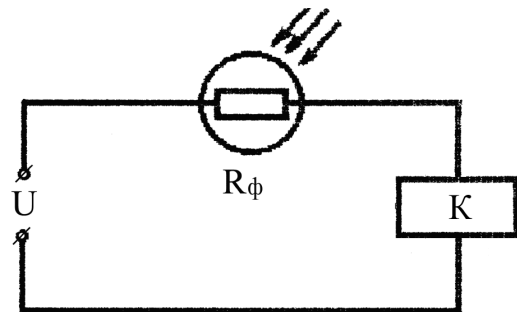
До реле постійного струму відносять без'якірні реле (магнітокеровані з герметичними контактами), контакти яких замикаються в результаті впливу на магнітного потоку, тобто *реле з герконами* (з герметичними контактами). Таке реле (рис. 1.3) складається з циліндричної обмотки 3, всередині якої у герметичній ампулі 1, що наповнена інертним газом, розміщується магнітокеровані контакти 2, виконані у вигляді тонких пружних пластинок з феромагнітного матеріалу. Принцип дії реле з герконами заснований на тому, що при розташуванні контактів у магнітному полі між феромагнітними пружинами виникають сили взаємодії в результаті яких вони або притягаються, або відштовхуються.

У різних пристроях автоматизації в ланцюгах регулювання, контролю і блокування застосовуються *фотоелектричні реле*. У таких реле сприймаючим органом є фотоелемент, а виконавчим – електромагнітне реле, а як випромінювач світлового потоку використовується будь яке джерело світла (рис. 1.4). У затемненому стані фоторезистор  $\Phi P$  має великий опір, тому струм  $I_\Phi$  у

ланцюзі обмотки електромагнітного реле К малий і недостатній для його спрацьовування. При освітленні  $R_{\phi}$  опір його різко падає і відповідно сила струму  $I_{\phi}$  зростає до значення, при якому реле К спрацьовує.

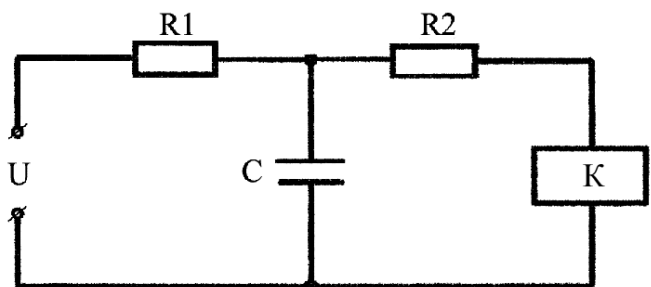


**Рисунок 1.3 – Реле з герконами:**  
1 – ампула; 2 – магнітокеровані контакти; 3 – обмотка



**Рисунок 1.4 – Схема включення фотоелектричного реле:**  
U – джерело живлення;  $R_{\phi}$  – фоторезистор; К – електромагнітне реле

У автоматичних пристроях різних типів часто виникає необхідність забезпечити витримку часу між окремими операціями. Пристрій, призначений для одержання заданої витримки часу при включенні електричних ланцюгів, називається *електричним реле часу* (рис. 1.5). Регулювання часом спрацьовування і відпускання якоря реле К здійснюється паралельним підключенням до обмотки реле ємності С. При подачі сигналу ємність С заряджається та після відключення сигналу заряд ємності С витрачається на підтримання струму в обмотці реле К. Час уповільнення визначається співвідношенням величин ємності С та опорів,  $R_1, R_2$ .



**Рисунок 1.5. – Схема уповільнення роботою електромагнітного реле часу:** U – джерело живлення;  $R_1, R_2$  – електричні опори; С – ємність; К – електромагнітне реле

*Основні параметри електромагнітних реле:*

1. Струм спрацьовування реле  $I_{сн}$ , (струм у котушці при вмиканні реле).
2. Робочий струм у котушці реле  $I_{роб}$ , при якому контакти реле виявляються надійно замкнутими. Цей струм можна визначити з виразу

$$k_{зан.} = \frac{I_{роб.}}{I_{сн.}} = 1,4 \dots 4,0, \quad (1.1)$$

де  $k_{зан.}$  – коефіцієнт запізнювання.

3. Струм відпускання  $I_{від}$  (струм у котушці в момент вимикання реле в ланцюзі нормально замкнутих контактів).

#### 4. Коефіцієнт підсилення за струмом

$$K_i = I_n / I_{роб} \quad (1.2)$$

де  $I_n$  – струм у ланцюзі навантаження, що включається послідовно з контактами реле (струм лампочки накаливання  $I_n = 0,16$  А).

### 3. Опис лабораторної установки

Схема лабораторної установки наведено на рис. 1.6. Дослідження реле здійснюється на стандартному лабораторному стенді та універсальній панелі (УЛП). Установка для дослідження реле виконана у вигляді змонтованої приставки, сполученої проводами з УЛП, вимірювальними приладами та джерелами живлення. Живлення базового і колекторного ланцюгів транзистора здійснюється від випрямляча  $B$  ( $U = 15$ В). Лампочка  $HL$  підключена до електричного ланцюга через контакти  $K1.1$  та  $K2.1$ , що належать відповідно до електромагнітних реле  $K1$  (РЭС-6) та  $K2$  (РЭС-55А). Перехід від дослідження одного типу реле до іншого і потім варіювання різними схемами електронних реле здійснюється за допомогою перемикача роботи  $S1$  на три положення. До установки підключаються ланцюг з опором та конденсатором (через клемма 2-3) для дослідження роботи реле часу і фоторезистор (через контакти 2 і 7 на фоторезисторі) для дослідження схеми роботи фотоелектричного реле.

### 4. Методика проведення лабораторної роботи

4.1. Дослідження звичайного електромагнітного реле типу РЭСб (положення 1 перемикача  $S1$ ) проводиться в такий спосіб:

а) збільшувати струм через обмотку збудження реле та визначити струми  $I_{cn}$  і  $I_{роб}$ . Перший струм визначається у момент запалювання лампочки  $HL$ , що є навантаженням у ланцюзі нормально розімкнутих контактів реле. Другий струм  $I_{роб}$  визначається з виразу (1.1).

б) зменшувати струм в обмотці і по згасанню лампочки  $HL$  визначати струм  $I_{від}$ ;

в) обчислили значення коефіцієнту підсилення по струму за формулою (1.2);

г) за допомогою співвідношення  $K_{повер.} = I_{від} / I_{cn}$  обчислити коефіцієнт повернення реле  $K_{повер.}$ .

д) за отриманим даними побудувати характеристику управління реле.

4.2. Дослідження та ознайомлення з особливостями герконового реле типу РЭС55А проводиться в такий спосіб:

а) установити перемикач  $S1$  у положення 2 та аналогічним чином визначити струми  $I_{cn}$ ,  $I_{роб}$ ,  $I_{від}$ , коефіцієнт підсилення по струму та коефіцієнт повернення реле;

б) при струмі в обмотці збудження  $I = 0$  переконатися в можливість включення і вимикання реле за допомогою постійного магніту;

4.3. Вивчення роботи електромагнітного реле часу проводиться наступним чином:

а) перемикач  $S1$  залишити в положенні 3. Подати на схему напругу 10 В та переконатися, що без базового струму необхідної величини  $I_б$  схема не



вмикається. При наявності в ланцюзі бази між клемми 4 і 2 опору  $R_6 = 10 \text{ кОм}$  та потрібної величині струму  $I_6$  реле спрацьовує. Якщо різко відключити один із проводів базового ланцюга, то реле миттєво відключається, а лампочка відразу гасне. При різкому підключенні цього проводу реле миттєво спрацьовує, лампочка запалюється;

б) між клемми 2 і 3 (базою і колектором транзистора) уставити ланцюжок  $RC$  так, щоб плюс потрапив на клему 3, і дати зарядитися їй від джерела живлення протягом декількох хвилин ( $R = 1,5 \text{ кОм}$  і  $C = 200 \text{ мкф}$  із постійної часу  $\tau = RC$ );

в) переконатися, що тепер при різкому відключенні і включенні одного з проводів бази миттєвого відключення і включення реле не спостерігаємо;

г) вимірити за допомогою секундоміра час  $\tau_{\text{вкл}}$  і  $\tau_{\text{викл}}$ .

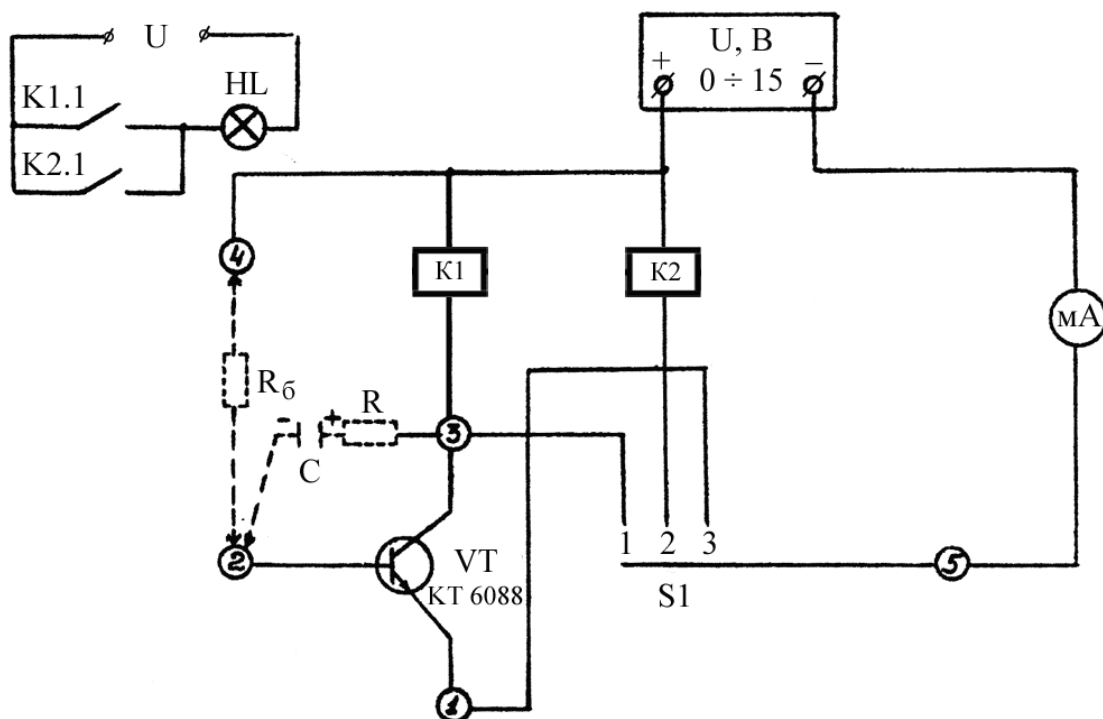


Рисунок 1.6 – Схема лабораторної установки

4.4. Для вивчення роботи транзисторного фотореле необхідно наступне:

а) перенести проводи від опору  $R_6$  на УЛП до фоторезистора (виводи 2 і 7 цоколя, куди упаяний  $\Phi SK1$ ) і вставити його в спеціальний циліндр над лампочкою накаливання  $HI$ ;

б) перевірити дію фотореле. Для цього подати напругу  $E = 10 \text{ В}$  на схему. При правильному виборі фоторезистора і достатньої освітленості фотореле  $\Phi$  повинне включитися, і з'явиться струм  $I_{\text{роб}}$ .

## 5. Зміст звіту

5.1. Електрична схема, що використовувалась під час досліджень.

5.2. Таблиця з результатами вимірювань:

Тип реле	$I_{сн}, mA$	$I_{від}, mA$	$I_{роб}, mA$	$K_i$	$K_{повер}$
<i>РЭС6</i>					
<i>РЭС55А</i>					

5.3. Побудова релейної характеристики для реле *РЭС6* і *РЭС55А*.

5.4. Основні особливості в роботі фотореле і реле часу,  $\tau_{вкл}$  і  $\tau_{викл}$ .

5.5. Короткі висновки.

### Контрольні запитання

1. Що таке реле та його застосування в схемах автоматизації.
2. Види класифікації реле, їх особливості та відмінності.
3. Основні характеристики електромагнітних реле.
4. Що таке електромагнітне реле?
5. Що таке нейтральне реле постійного та змінного струмів?
6. Принцип дії і конструктивна особливість:
  - електромагнітного нейтрального реле змінного струму;
  - герконове реле;
  - фотоелектричного реле;
  - реле часу.
7. Основні параметри електромагнітних реле.
8. Опис лабораторної установки.
9. Методика проведення дослідження.

## ВИВЧЕННЯ ДІЇ МАНОМЕТРИЧНИХ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРІВ

### 1. Мета роботи:

- 1.1. Вивчення конструкції манометричних терморегуляторів.
- 1.2. Перевірка різних манометричних терморегуляторів.
- 1.3. Дослідження перехідного процесу системи при 2-позиційному регулюванні.

### 2. Принцип дії і пристрій манометричних терморегуляторів

Дія манометричних терморегуляторів засновано на використанні залежності між температурою і тиском робочої (термометричним) речовини в замкнутої герметичної термосистемі. У залежності від робочої речовини термосистеми манометричні термометри підрозділяються на газові, рідинні і конденсаційні (парові). У залежності від робочої речовини термосистеми їх застосовують для виміру температури рідких і газоподібних середовищ від 150 до 600 °С.

Манометричні термометри можуть виготовлятися з додатковим пристроєм для сигналізації або регулювання температури.

Термосистема термометра складається з термобалону, що занурюється в середовище, температура якого вимірюється, капіляра та манометричної пружини. Один кінець пружини з'єднується через капіляр з термобалоном. Другий вільний кінець пружини герметизован та через передавальний механізм з'єднаний із вказівною стрілкою. При нагріванні термобалону збільшується тиск газу в замкнутої термосистемі, в результаті чого пружина деформується (розкручується) та її вільний кінець переміщається.

Капіляр термометрів виготовляють з латуні або стали зовнішнім діаметром 2,5 та внутрішнім 0,35 мм. Довжина капіляра термометра буває різною, але вона зазвичай знаходиться в межах наступного ряду: 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60 м.

#### *Термосигналізатор манометричний типу ТСМ*

ТСМ це манометричний термометр, постачений електроконтактним пристроєм. Крім вказівної (чорної) стрілки є дві пересувні стрілки – задатчики верхнього (червона) і нижнього (жовта) меж температури. На осі вказівної стрілки жорстко укріплена контактна щітка, що ковзає по двох секторах, один із яких зв'язаний з жовтою, а інший з червоною стрілками. При установці задатчиків на потрібні температури замикання контакту відбувається при збігу кінця вказівної стрілки з кінцем задатчика. Замикання відбувається спочатку з контактом, зв'язаним з жовтим задатчиком, а потім з червоним, причому перший контакт продовжує залишатися замкнутим. Межі виміру ТСМ-100 – від 0 до 100 °С, ТСМ-200 – від 0 до 200 °С, клас точності – 2,5.

Автоматичний регулятор температури, складовою частиною якого є термосигналізатор ТСМ, є регулятором непрямої дії тому що розривна потужність контактів ТСМ складає 25 Вт при напрузі 220 В.

### Манометричними терморегулятор TP-4K

TP-4K має межі вимірювань 100...350 °C. Клас точності 4,0. Розривна потужність трьох контактів TP-4K – 4500 Вт, що дозволяє включити ці контакти безпосередньо в силовий ланцюг, тобто це регулятор прямої дії. TP-4K не має вимірювальної шкали та вказівної стрілки. Верхня межа температури задається поворотом рукоятки, що знаходиться на лицьовій панелі приладу. Нормально контакти TP-4K замкнуті. При підвищенні температури контрольованого середовища тиск у манометричній системі TP-4K зростає та впливає на сильфон зі штовхальником. Штовхальник через перемикаючий пристрій забезпечує розрив контактів. Терморегулятор має ручне відключення.

Терморегулятори TP-4K та ТСМ використовуються для регулювання температури в релейних (позиційних) системах, що відрізняються фіксованим положенням регулюючого органа, який забезпечує максимальний або мінімальний приплив енергії до об'єкта. Якщо температура в об'єкті регулювання нижче заданої  $\theta < \theta_3$ , регулятор включає нагрівальні елементи, а коли температура досягає заданої межі  $\theta = \theta_3$ , виключає їх. Однак, внаслідок інерційних властивостей системи температура якийсь час після вимикання ТЕНів продовжує зростати, а потім починає знижуватися. Як тільки температура понизилася до  $\theta = \theta_3$ , включається нагрівання, але ще якийсь час температура буде знижуватися. Таким чином, у процесі роботи регулятора температура контрольованого середовища буде коливатися біля заданого значення. Амплітуда та період коливань залежать від інерційності об'єкта та регулятора, а також від зони нечутливості регулятора.

### 3. Опис лабораторної установки та принцип дії схеми регулювання

Лабораторна установка складається з теплового об'єкта, що заповнений водою. У кришці апарата мають три отвори, в які вставляються термобалони термосигналізатора ТСМ-100 та терморегулятора TP-4K, а також ртутний термометр розширення. Ртутний термометр розширення використовується в даній роботі як зразковий прилад. Схема установки дозволяє при відповідній зміні положення перемикача робити перевірку терморегуляторів ТСМ-100 та TP-4K, а також досліджувати перехідний процес двупозиційного регулювання температури.

Електрична схема установки наведена на рис. 2.1. Включення напруги мережі 220 В здійснюється тумблером  $Q$ . При цьому запалюється сигнальна лампа  $H1$ . При включенні тумблера  $S$  замикається ланцюг живлення котушки магнітного пускача  $K1$ , що спрацьовує і своїми замикаючими контактами  $K1.1$ ,  $K1.2$  підключає нагрівач до мережі. При цьому запалюється лампа  $H2$ , що сигналізує про включення нагрівання.

При досягненні нижньої заданої межі температури замикається контакт між вказівною стрілкою і жовтим задатчиком ТСМ  $B1$ . У результаті чого спрацьовує реле  $K2$  та його замикаючий контакт  $K2.1$  закривається, підготовляючи до спрацьовування реле  $K3$ .

При досягненні верхньої заданої межі контакт ТСМ *B2* замикається та до котушки реле *K3* подається струмом, реле спрацьовує й переключає контакти: *K3.1* замикає, забезпечуючи самоблокування реле *K3*; *K3.2* розмикає, виключаючи пускач *K1*, що своїми контактами відключає нагрівач. Лампа *H2* гасне.

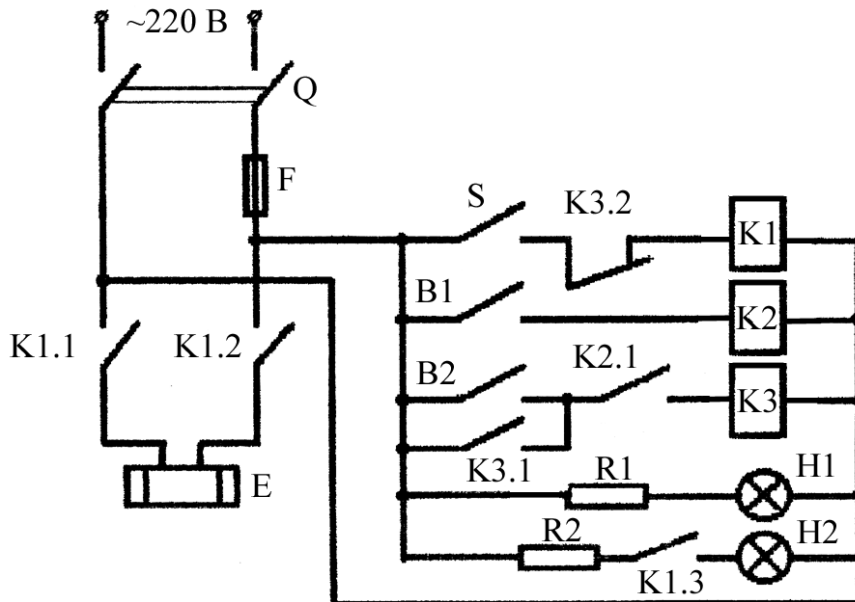


Рисунок 2.1 – Електрична схема лабораторної установки

Коли температура понизиться нижче верхнього заданої межі, контакт *B2* розімкнеться, але реле *K3* буде знаходитися під струмом через блокувальний контакт *K3.1*. При зниженні температури нижче нижньої заданої межі контакт *B1* розмикається, реле *K2* виключається, контакт *K2.1* відкривається, знеструмлюючи котушку реле *K3*. У результаті контакт, що замкнувся, *K3.2* підключить магнітний пускач *K1*, ТЕН *E* включиться.

#### 4. Методика проведення лабораторної роботи

4.1. Ознайомитися з пристроєм лабораторної установки і принципом дії схеми регулювання.

4.2. Ознайомитися з пристроєм термосигналізатора ТСМ-100 і терморегулятора ТР-4К.

4.3. Зробити перевірку термосигналізатора ТСМ-100.

Перевірку ТСМ-100 роблять шляхом зіставлення показань ТСМ і ртутного термометра розширення, показання якого приймаються за дійсні значення температури в об'єкті. Для цього необхідно установити червону і жовту стрілки ТСМ у крайнє праве положення, включити тумблери *Q*, *S* і, фіксуючи по шкалі ртутного термометра температуру, знімати відповідні їй показання вказівної стрілки ТСМ - 100. Перевірка виконується при температурі 40, 50, 60, 70, 80 °С. Отримані результати вимірів записують у табл.2.1 і по них

розраховують значення абсолютних і відносних погрішностей термосигналізатора.

Таблиця 2.1.

**Перевірка термосигналізатора ТСМ-100**

Показання приладів		Погрішності	
Ртутного термометра $\theta, ^\circ\text{C}$	ТСМ –100, $\theta, ^\circ\text{C}$	Абсолютні $\Delta, ^\circ\text{C}$	Відносні $\varepsilon, \%$

Абсолютна погрішність вимірювального приладу визначається різницею між показанням приладу і дійсним значенням вимірюваної величини:

$$\Delta = A - A_0 \quad (2.1)$$

де  $\Delta$  – абсолютна погрішність приладу;  $A$  – показання приладу;  $A_0$  – дійсне значення вимірюваної величини.

Відносна погрішність визначається відношенням абсолютної погрішності до дійсного значення вимірюваної величини:

$$\varepsilon = (\Delta / A_0) 100\% \quad (2.2)$$

4.4. Дослідити перехідний процес системи при двупозиційному регулюванні.

Дати охолонути воді в об'єкті до температури 60...65 °С, потім установити задатчик максимальної температури (червону стрілку) ТСМ-100 на 85 °С, а задатчик мінімальної температури (жовту стрілку) на 80 °С. Включити перемикачі  $Q, S$  та фіксувати по секундоміру час включення і вимикання нагрівача, одночасно відзначаючи, наскільки температура буде відхилятися від заданої (більше верхнього і нижче нижнього меж) після відповідних переключень магнітного пускача. Результати вимірювань занести в табл. 2.2. Зробити виміри протягом двох-трьох періодів коливань. По отриманим даним побудувати графік перехідного процесу системи та визначити амплітуду і період коливань.

Таблиця 2.2.

**Двупозиційне регулювання температури**

Час, $t, c$	Температура $\theta, ^\circ\text{C}$	Період коливань $T, c$	Амплітуда коливань $\Delta\theta_m, ^\circ\text{C}$

4.5. За даними таблиці побудувати графік двупозиційного регулювання температури ТСМ-100.

## 5. Зміст звіту

У звіті привести схему установки, табл. 2.1 і табл. 2.2, графік двупозиційного регулювання температури.

### Контрольні запитання

1. Перелічіть основні групи приладів для виміру температури. Назвіть достоїнства і недоліки кожної групи.

2. Розповісти про пристрій і принцип дії манометричних термометрів. Назвіть область застосування цих приладів.

3. Опишіть пристрій і принцип дії терморегулятора ТСМ. У чому особливість контактної групи ТСМ? У яких апаратах застосовуються ці терморегулятори?

4. Розгляньте пристрій і принцип дії терморегуляторів ТР-4К и Т-32. У чому складається відмінність контактної групи Т-32 від ТСМ? Наведіть функціональну блок-схему АСР із використанням Т-32.

5. У чому складається розходження між регуляторами прямої і непрямой дії?

6. Опишіть принцип дії електричної схеми лабораторної установки. Назвіть призначення блокувального контакту реле КЗ.

7. Від чого залежить амплітуда і період коливань регульованого параметра в позиційному регуляторі?

8. Як визначити відносну погрішність і клас точності вимірювального приладу?

Лабораторна робота № 3  
**СТАТИЧНІ І ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ**

**1. Мета роботи:**

- 1.1. Вивчити статичні і динамічні властивості об'єктів керування.
- 1.2. Визначити статичну і динамічну характеристики об'єкта керування.

**2. Загальні зведення про об'єкти керування**

Об'єкт автоматизації (керування) може являти собою апарат, машину, цех, завод і т.п., – усе, що підлягає автоматизації.

Регульований об'єкт є основною ланкою в контурі регулювання, що визначає, в основному, характер усієї системи автоматичного регулювання. При побудові раціональної схеми автоматичного керування і вибору найбільш підходящого типу регулятора виникає необхідність знання математичної моделі об'єкта.

Під математичною моделлю об'єкта розуміють сукупність формул, графіків, таблиць, що відбивають якісно фізичну сутність процесів, які протікають в об'єкті.

Математичний опис об'єктів можна здійснити за допомогою статичних та динамічних моделей. Статичною характеристикою називається залежність вихідної величини  $y$  від вхідної величини  $x$  у статичному режимі. Статичний режим визначається незмінністю параметрів процесу в часі.

Існують два методи визначення статичних характеристик об'єктів – аналітичний та експериментальний. При аналітичному методі складаються рівняння матеріального або енергетичного балансу об'єкта, що після перетворення має вигляд:

$$y^n = k_{об} x, \quad (3.1)$$

де  $k_{об}$  – коефіцієнт підсилення або передачі об'єкта;

$n$  – ціле число, при  $n = 1$  маємо лінійну залежність.

При експериментальному визначенні статичної характеристики необхідно об'єкт багаторазово привести до статичного режиму при різних значеннях вхідної величини.

Статичні характеристики об'єктів використовуються в наступних випадках: при розрахунку автоматичних систем регулювання (АСР); для вибору керуючого впливу; для визначення лінійності об'єкта; для визначення основних каналів впливу.

Динамічною характеристикою об'єкта називається залежність зміни вихідної величини  $x_{вих}$  у часі  $t$ , викликаного стрибкоподібними змінами вхідної величини  $x_{вих}(t)$ . Як динамічні характеристики об'єкта використовуються рівняння динаміки, передатні функції, перехідні і частотні характеристики.



Динамічні характеристики також, як і статичні, можуть бути отримані аналітично й експериментально.

Визначення динамічних властивостей об'єкта аналітичним методом зводиться до складання рівняння динаміки, що одержують після перетворень з рівняння матеріального або енергетичного балансу для динамічного режиму.

Загальний вигляд рівняння динаміки об'єкта:

$$a_1 d^n x_{вих} / dt + a_2 d^{n-1} x_{вих} / dt + \dots + a_n x_{вих} = k_{об} x_{вих} \quad (3.2)$$

де  $a_1, a_2, a_n$  – коефіцієнти, що залежать від конструктивних особливостей об'єкта.

Динамічні властивості багатомісних об'єктів, у яких  $n=1$ , описуються диференціальними рівняннями відповідного порядку, рішення яких трудомістка задача.

Експериментальне визначення динамічних характеристик об'єктів найчастіше здійснюється активними методами, до яких відноситься метод перехідних характеристик.

Перехідну характеристику одержують шляхом подачі на вхід об'єкта, що знаходиться в стані рівноваги одиничного східчастого збурювання, у вигляді стрибкоподібної зміни вхідної величини. Найчастіше перехідну характеристику (криву розгону) об'єкта одержують по каналу передачі регулюючого впливу, для чого перестановкою регулюючого органа на вхід об'єкта подається стрибкоподібне збурювання, і через визначені проміжки часу фіксують значення вихідної величини  $x_{вих}$  до приходу об'єкта в новий статичний режим.

### 3. Методика проведення дослідження

Схема лабораторної установки приведена на рис. 3.1. Об'єктом керування є електроплита. Вхідною величиною є потужність спіралей  $P$ , вихідною  $\theta$  – температура робочої поверхні плити. Потужність нагрівачів міняється східчасто. Температура в об'єкті виміряється термопарою в комплекті з цифровим мілівольтметром.

3.1. Перед подачею напруги на об'єкт необхідно вимірити початкову температуру повітря  $\theta_{возд}$ .

3.2. Для зняття перехідної характеристики (рис. 3.2) включають об'єкт. При цьому на плиті включається одна спіраль потужністю  $P_1=2000$  Вт. Це відповідає одиничному східчастому збурюванню. Значення температури реєструється з інтервалом тривалістю 5 хв до сталого значення  $\theta_{уст1}$ . Дані заносяться в табл.3.1.

Таблиця 3.1.

**Динамічна характеристика типу об'єкта**

$t, \text{хв}$	
$\theta, \text{°C}$	

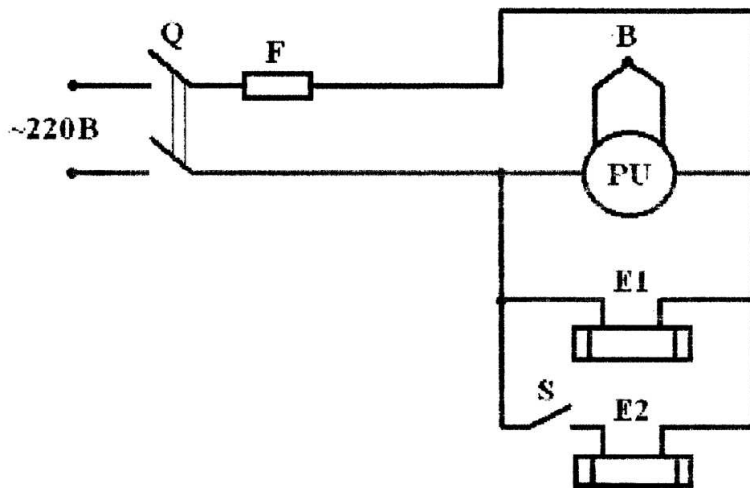


Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки

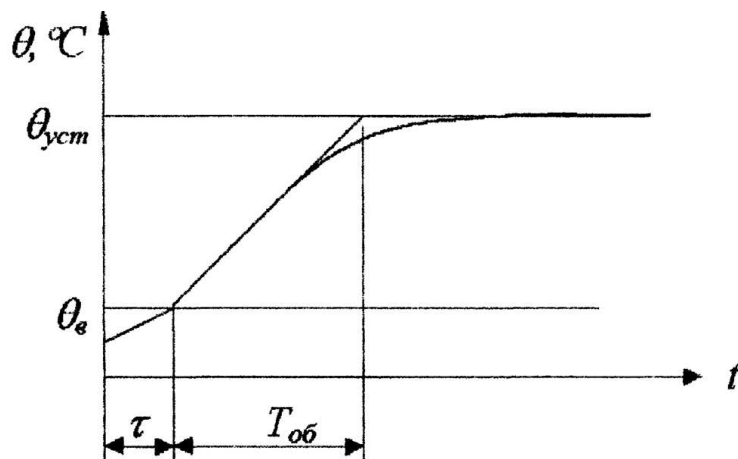


Рисунок 3.2 – Перехідна характеристика статичного об'єкта з запізнюванням

3.3. Статичну характеристику (рис. 3.3) знімають при сталому значенні температури, коли на мілівольтметрі підряд два рази з'являється те саме значення. Дані заносять у табл. 3.2. Далі на об'єкт подається друге східчасте збурювання: на плиті включається друга спіраль потужністю  $P_2=2000 \text{ Вт}$ . Після закінчення перехідного процесу знімають нове стає значення температури  $\theta_{уст2}$  та дані заносять у табл.3.2.

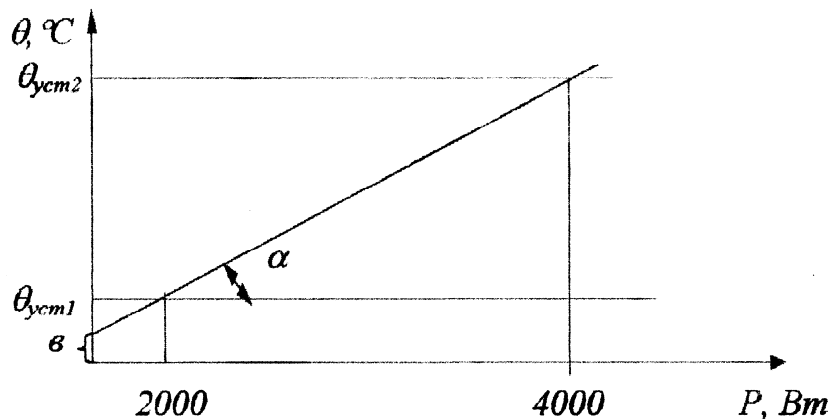


Рисунок 3.3 – Статична характеристика об'єкта

## Статична характеристика об'єкта

$P$ , кВт	$\theta_{\text{вуст}}$ , °С	$\Delta\theta = \theta_{\text{вуст}2} - \theta_{\text{вуст}}$	$\kappa_{\text{об}} = \Delta\theta/\Delta P$
2,0			
4,0			

## 4. Обробка експериментальних даних

4.1. За даними табл. 3.1 побудувати криву розгону об'єкта (перехідна характеристика). За графіком (рис. 3.2) визначити динамічні параметри об'єкта: постійну часу  $T_{\text{об}}$ , запізнювання  $\tau$  і коефіцієнт підсилення  $\kappa_{\text{об}}$ , (що дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до кривої розгону) у рівнянні:

$$T_{\text{об}} d\tau(t)/dt + \tau(t) = \kappa_{\text{об}} P(t - \tau) \quad (3.3)$$

4.2. За даними табл.3.2 побудувати статичну характеристику об'єкта (рис. 3.3). За графіком визначити значення коефіцієнтів у рівнянні:

$$\theta = a P + b, \quad (4)$$

де  $a = \text{tg } \alpha = \Delta\theta / \Delta P = \kappa_{\text{об}}$ ;

$b$  – довжина відрізка по осі ординат, щодо статичної характеристики.

## 5. Зміст звіту

У звіті привести схему установки, таблиці 3.1 і 3.2, графіки статичної і перехідної характеристик, а також записати рівняння (3) і (4) з чисельними значеннями коефіцієнтів.

## Контрольні запитання

1. Що таке об'єкт керування? Назвіть вхідні і вихідні сигнали об'єкта.
2. У яких режимах можуть працювати об'єкти і які ознаки характерні для кожного режиму?
3. Що таке математична модель об'єкта? З якою метою вона складається?
4. Назвіть методи визначення характеристик об'єктів.
5. Що являє собою статична характеристика об'єкта, з якою метою вона визначається?
6. Що таке одиничне східчасте збурювання?
7. Які динамічні параметри характеризують перехідний процес?
8. Приведіть рівняння динаміки одноємнісного об'єкта.
9. Що таке самовирівнювання об'єкта і як воно впливає на регулювання?
10. Приведіть рівняння кривої розгону статичного об'єкта.
11. Які об'єкти не можна експлуатувати без регуляторів?
12. Які параметри об'єкта характеризують його інерційність?

Лабораторна робота № 4  
Дослідження системи позиційного регулювання

**1. Мета роботи:**

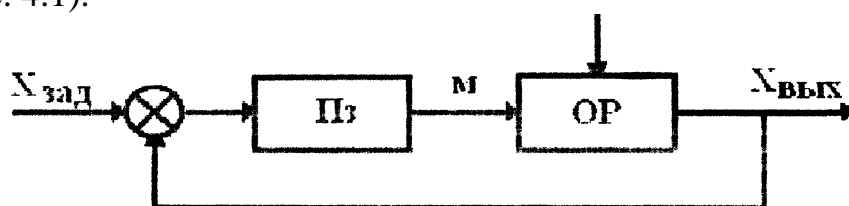
- 1.1. Ознайомитися з принципом дії позиційних регуляторів.
- 1.2. Досліджувати перехідний процес системи при двупозиційному регулюванні.
- 1.3. Вивчити вплив навантаження об'єкта на параметри автоколивань.

**2. Короткі теоретичні положення**

Автоматичні регулятори, у яких регулювальний орган може займати визначені положення в обмеженій кількості, називаються позиційними. Ці регулятори відносяться до групи регуляторів переривчастої дії. Найчастіше застосовуються двох- і трьохпозиційні регулятори. У двухпозиційних регуляторів, у залежності від знака відхилення керованої величини, регулювальний орган може практично миттєво займати тільки два положення, що відповідають максимальному і мінімальному припливам енергії в об'єкт. При трьохпозиційному регулюванні регулювальний орган займає ще й середнє фіксоване положення, що забезпечує подачу енергії в об'єкт відповідно до нормального його навантаження. Це сприяє більш плавній зміні керованої величини та скороченню числа спрацьовувань регулюючого органа.

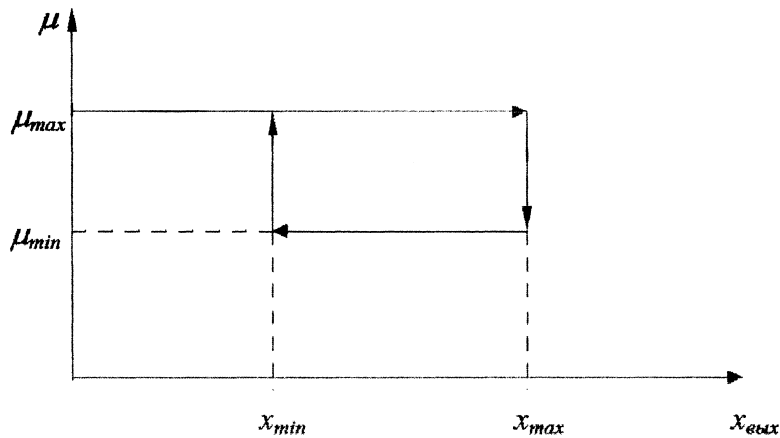
Позиційне регулювання в більшості випадків здійснюється електричними регуляторами, вбудованими у вторинні прилади: потенціометри, мости, мілівольтметри та ін.

У найпростішому випадку структурна схема системи двухпозиційного регулювання може бути представлена у виді послідовно з'єданого позиційного Пз-регулятора й об'єкта регулювання, охоплених негативним зворотним зв'язком (рис. 4.1).



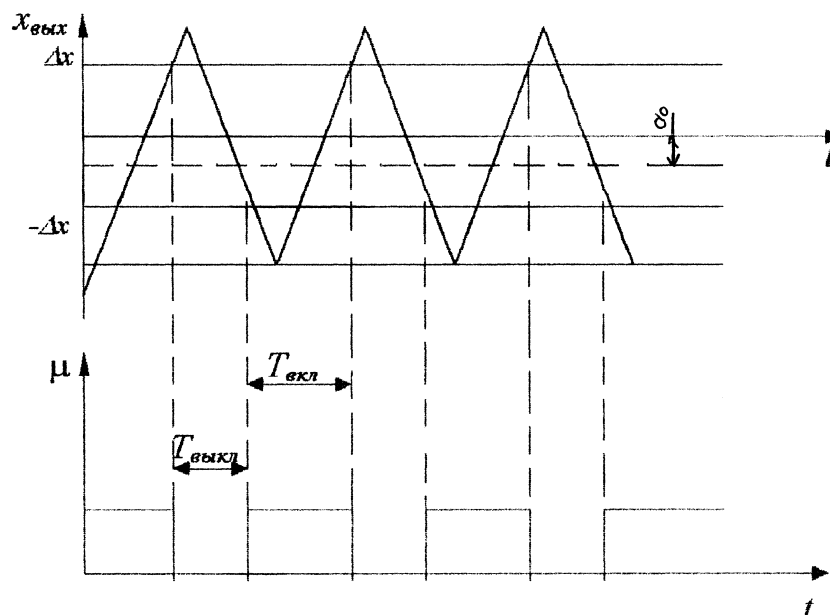
**Рисунок 4.1 – Структурна схема двухпозиційного регулятора**

Якщо відхилення значення регульованого параметра перевищує значення  $x_{max}$  (рис.4.2), що відповідає верхньому налаштуванню регулятора, то регулювальний орган переключається в положення  $\mu$ , при якому регулюючий вплив на об'єкт мінімальний. Однак, регулювальний орган залишиться в тому ж положенні, доки відхилення регульованого параметра не досягне нижнього значення налаштування регулятора  $x_{min}$ . При цьому регулюючий вплив на об'єкт збільшується до максимальної величини  $\mu_{max}$ .



**Рис. 4.2** Статична характеристика двухпозиційного регулятора

Графік перехідного процесу в релейній системі регулювання представлений на рис. 4.3. Пз-регулятор здійснює регулюючий вплив, що дорівнює  $\mu_{max}$ . Якщо поточне значення регульованої величини нижче її заданого значення  $x_{зад}$  регульована величина зростає. При досягненні поточним значенням заданого, регулюючий вплив  $\mu$  миттєво зменшується до  $\mu_{min}$ . Однак унаслідок наявності в об'єкта інерційних властивостей регульована величина ще продовжує зростати протягом деякого часу зі зменшуваною швидкістю і лише потім починає знижуватися. При наступному перетинанні регульованою величиною заданого значення регулятор знову зробить регулюючий вплив  $\mu_{max}$ , що через якийсь час приведе до чергового підвищення регульованого параметра і т.д.



**Рисунік 4.3** – Графік перехідного процесу в релейній системі

Таким чином, при використанні Пз-регуляторів, регульований параметр робить коливання щодо заданої величини. Ці коливання з амплітудою  $A$  та періодом  $T$  називають автоколиваннями. Період коливань:

$$T = T_{\text{вкл}} + T_{\text{викл}} \quad (4.1)$$

де  $T_{\text{вкл}}$  і  $T_{\text{викл}}$  – відповідно, періоди включення і відключення сигналу (при  $\mu_{\text{max}}$  та  $\mu_{\text{min}}$ ).

Моменти спрацьовування Пз-регулятора визначаються властивостями об'єкта і видом статичної характеристики регулятора.

Якість двухпозиційного регулювання характеризується параметрами автоколивань: амплітудою  $A$ , періодом  $T$  і зсувом середнього значення автоколивань щодо заданого значення регульованого параметра. Це параметр  $a_0$ . Ці параметри залежать від величини запізнювання та ємності об'єкта, значення його навантаження, величини зони нечутливості регулятора і меж зміни його вихідної величини. Амплітуда коливань збільшується зі збільшенням зони нечутливості регулятора та часу запізнювання об'єкта регулювання.

При нормальному навантаженні об'єкта в системі мають місце симетричні коливання, позитивна та негативна амплітуди яких рівні між собою. При цьому середнє значення регульованої величини збігається з заданим. Зміна навантаження об'єкта викликає зсув середнього значення параметра стосовно заданого на величину  $a_0$  у напрямку, зворотному зміні навантаження. При цьому в системі виникають несиметричні щодо заданого значення коливання. При  $T_{\text{вкл}} / T_{\text{викл}} = 1$ ,  $a_0 = 0$ ; якщо  $(T_{\text{вкл}} + T_{\text{викл}}) / T_{\text{вкл}} > 2$ ,  $a_0 > 0$ .

Збільшення ємності об'єкта та ступеня його навантаження спричиняє зменшення амплітуди коливань.

### 3. Опис лабораторної установки

Принципова схема установки наведена на рис. 4.4. Установка складається з термостата ЛСБ-6М, термометра опору  $R_t$ , автоматичного моста типу КСМ-2 та двухпозиційного регулятора. На передній панелі регулятора розташований тумблер для включення автоматичного керування та сигнальні лампочки.

Контроль температури води в термостаті здійснюється термометром опору  $R_t$ , включеним у плече автоматичного рівноважного моста.

Напряга в діагоналі моста  $bd$  надходить на вхід електронного підсилювача ЭУ. Вихід підсилювача з'єднаний з обмоткою керування двухфазного реверсивного двигуна РД. Вихідний вал двигуна через редуктор з'єднаний із движком реохорда  $R_p$  стрілкою приладу і пером самописця.

При зміні контрольованої температури змінюється опір термометра  $R_t$  у результаті чого порушується рівновага моста. На вхід ЗУ подається сигнал неузгодженості  $U_{bd}$ , що підсилюється по напрузі та потужності. Після посилення сигнал неузгодженості надходить на двигун РД, що починає обертатися та переміщати движок реохорда в ту або іншу сторону до рівноваги вимірювального моста. На шкалі моста є задатчик ЗД, що встановлюється на задану температуру. Контакт мікроперемикача В, встановленого на задатчику, керує роботою релейного регулятора.

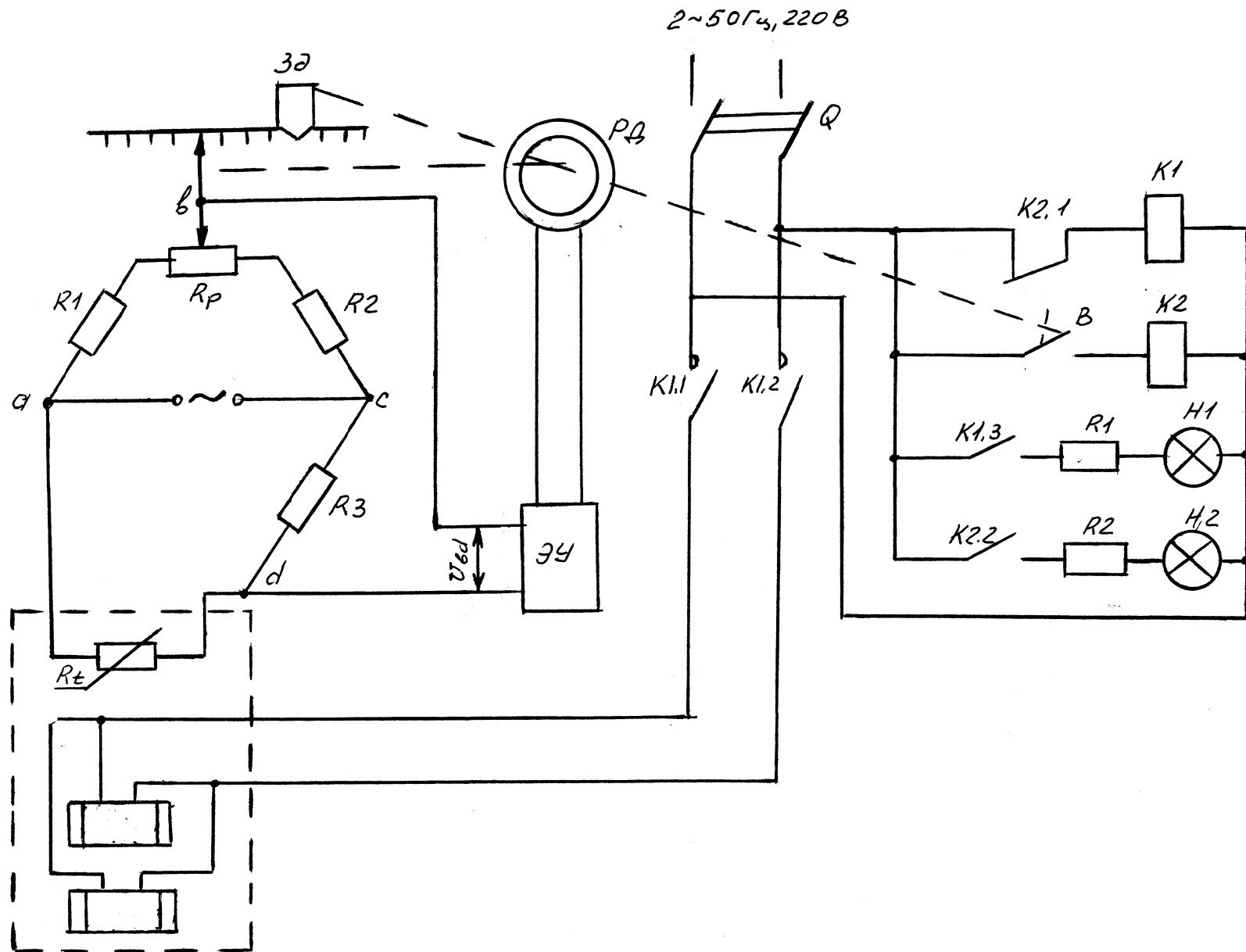


Рис 4.4 Принципова схема лабораторної установки

Регулювання температури виконується таким чином. При включенні тумблера  $S$  напруга подається на обмотку магнітного пускача  $K1$ , що включає нагрівач  $E$ . Так як в цей момент температура води низька, контакт мікроперемикача  $B$  розімкнеться. При підвищенні температури до заданої межі контакт  $B$  закривається і включає реле  $K2$ , що своїм контактом  $K2.1$  відключає магнітний пускач  $K1$  і, відповідно, нагрівач  $E$ .

#### 4. Методика проведення роботи

- 4.1. Залити в термостат 10 л води (навантаження 1).
- 4.2. Включити стенд за допомогою тумблера  $Q$ . При цьому повинна зайняти зелена сигнальна лампочка  $H1$ .
- 4.3. Включити автоматичний міст.
- 4.4. Зняти залежність зміни коливань температури в об'єкті від часу по цифровому вольтметру  $ЦР-7701$ . Результати занести у табл.4.1.

Таблиця 4.1.

##### Результати досліджень

Навантаження 1 ( $m=10$ л)		Навантаження 2 ( $m=20$ л)	
Час, $t$ , хв	Температура, $\theta$ , $^{\circ}C$	Час, $t$ , хв	Температура, $\theta$ , $^{\circ}C$

- 4.5. Виключити стенд і долити 10 л води (навантаження 2).
- 4.6. Включити стенд і зробити виміри, аналогічні тим, що викладені в п.4.4. Результати занести у табл.4.1.
- 4.7. За даними табл.1 побудувати графіки перехідного процесу позиційного регулювання (рис. 4.3).
- 4.8. За графіками перехідних процесів визначити амплітуду  $A$  та період  $T=T_{вкл}+T_{вискл}$  автоколивань для різного навантаження. Результати занести у табл.:

Навантаження об'єкта	Період включення впливу, $T_{вкл}$ хв	Період вимикання впливу, $T_{вискл}$ хв	Період коливань, $T$ хв	Амплітуда коливань, $A$ , $^{\circ}C$
Навантаження 1				
Навантаження 2				



## 5. Зміст звіту

- 5.1. Схеми лабораторної установки.
- 5.2. Графіки регулювання температури і роботи регулятора.
- 5.3. Таблиці 4.1 і 4.2.
- 5.4. Розрахунок характеристик регулятора та об'єкта регулювання.

### Контрольні запитання

1. Розгляньте конструкцію і принцип дії провідникових та полупровідникових термометрів опору. Розповісти їх достоїнства і недоліки.
2. Як вимірити температуру за допомогою провідникового терморезистора?
3. Зобразите функціональну блок-схему системи регулювання, що стежить.
4. Розгляньте принцип дії електричної схеми лабораторної установки і складіть функціональну блок-схему даної стабілізуючої АСР.
5. Яка АСР називається позиційною?
6. Приведіть статичну характеристику двухпозиційного регулятора з зоною нечутливості?
7. Якими параметрами характеризується автоколивальний режим регулювання?
8. Від чого залежить амплітуда і частота коливань?
9. Як впливає на параметри автоколивань зміна навантаження об'єкта?

Лабораторна робота № 5  
Дослідження роботи програмованого логічного контролера  
**Durus IC210DDR 112**

**1. Мета роботи:**

- 1.1. Ознайомитися з основними характеристиками і класифікацією програмованих логічних контролерів ПЛК.
- 1.2. Ознайомитися з органами управління і індикації ПЛК Durus IC210DDR 112.
- 1.3. Досліджувати перехідний процес системи при двопозиційному регулюванні.

**2. Загальні відомості про програмовані логічні контролери**

Програмовані логічні контролери (ПЛК) вже давно і міцно зайняли свою нішу на ринку засобів автоматизації. Розвиток напівпровідникової елементної бази, розробка нових засобів інформаційного обміну, розвиток алгоритмів управління сприяє тому, що лінійка ПЛК безперервно розширюється. Різноманіття ПЛК з різними функціональними і технічними, конструктивними характеристиками настільки велике, що розробники систем автоматизації часто постають перед нелегким вибором: який контролер найкращим чином підійде для вирішення того або іншого завдання.

Програмований логічний контролер Durus (рис. 5.1) – це новий економічний продукт, створений спеціально для систем управління з малою кількістю водних/вихідних сигналів. ПЛК Durus суміщає в собі промисловий контролер, операторський інтерфейс, комунікаційні опції, розширювальні модулі введення/виводу з механічною клямкою. ПЛК Durus відноситься до класу пристроїв, що до недавнього часу називалися "програмовані реле", проте можливості його виходять далеко за рамки цього поняття.



**Рисунок 5.1 – Зовнішній вигляд ПЛК Durus**

ПЛК Durus має ізольовані релейні вихідні канали, забезпечуючи 8А на канал для резистивного навантаження (2А для індуктивного навантаження). У умовах, де більшість інших контролерів можуть відмовити, ПЛК Durus продовжить роботу.

Програмне забезпечення, вбудоване в ПЛК Durus дозволяє легко і швидко створювати і редагувати прикладну програму, що дозволяє прискорити впровадження системи. Прикладна програма може бути збережена на комп'ютері і буде доступна у будь-який час. Також прикладну програму можна вивантажити з ПЛК і провести її редагування. Програмне забезпечення ПЛК Durus має вбудований режим симулятора. Даний режим дозволяє користувачеві

віртуально запуснути і протестувати прикладну програму, перед її завантаженням в контролер, усунувши помилки до того, як вони приведуть до збою на виробництві.

Контролер має вбудовану підтримку Modbus RTU і ряд комунікаційних модулів (Modbus, DeviceNet, Profibus).

Контролери можна програмувати на двох мовах: FBD і LD.

*Огляд моделі DURUS контролер.* Основні характеристики:

- програмовані реле, змінного або постійного струму входи;
- аналогові входи, релейні виходи або постійного струму;
- деякі моделі з можливістю розширення до 44 входів / виходів;
- 10-пойнт, з 12 пунктів, 20-Пойнт і 24-Точка моделей
- аналогові входи, 10-бітовий дозвіл, 0-10VDC
- розширення аналогового введення, 10 - бітовий дозвіл, 0 - 10В або 4 - 20 мА
- 265VAC / 30VDC релейних виходів, 8А
- при активному навантаженні (ізолювані)
- поставляється з або без клавіатури / дисплей
- 4-рядковий, 12-символьний ЖК-дисплей з підсвічуванням
- 17 призначених для користувача екранів користувачів
- 8 клавіш програмування
- флеш-пам'ять, що зберігається

Вхідна потужність діапазон напруги - DC моделі:

- 12 В постійного струму, або 20,4-28.8VDC або 85В - 265VDC;
- AC моделі: 24 В змінного струму або 85-265VAC

Загальні характеристики



**Рисунок 5.2 – Загальні характеристики DURUS контролера**

Durus контролери забезпечують призначений для користувача інтерфейс оператора через свій ЖК-дисплей і клавіатуру. До 15 унікальних екранів, екран може бути створений для кожної прикладної програми. Оператори

можуть контролювати таймери, лічильники і інші системні функції. У робочому режимі, оператори можуть змінити задане значення таймера, лічильника, або порівняти інструкції. Для запобігання несанкціонованому доступу, програма може бути захищені за допомогою пароля. Відображення може включати інформацію, таку як таймер і лічильник значення, оператор повідомлення.

Функції програмування:

Програми можуть бути створені з використанням програмування, або безпосередньо в контролері, використовуючи клавіатуру і ЖК-дисплей.

### 3. Опис лабораторної установки

Принципова схема лабораторної установки по вивченню роботи програмованих логічних контролерів приведена на рис. 5.3. Об'єктом управління є електрична піч з вентилятором. Вхідною величиною є потужність електронагрівача  $P$ , вихідною  $q$  - температура усередині робочої камери печі.

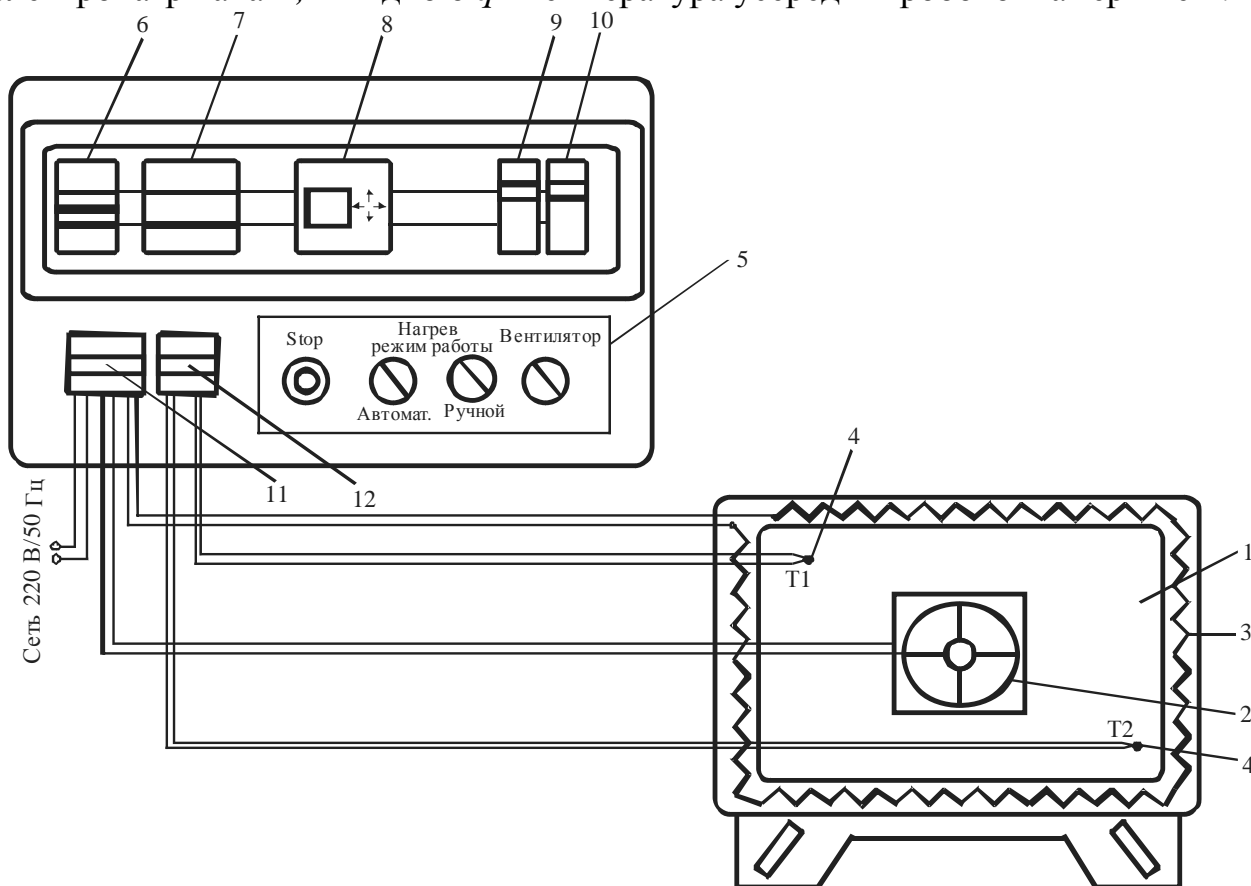


Рис. 5.3. Принципова схема лабораторної установки:

1 – піч електрична; 2 – вентилятор; 3 – електронагрівач; 4 – датчики температури марка AD592BN; 5 – панель управління; 6 – автоматичний вимикач 2-полюсній; 7 – блок живлення; 8 – ПЛК Dugus марка IC210DDR112; 9, 10 – електромагнітне реле марка RM85-2011-35-1012; 11, 12 – контактні колодки з гвинтовими затисками

Температура в об'єкті регулюється датчиком температури (з перетворенням вихідного аналогового сигналу в цифрову інформацію) в

комплекті з ПЛК Durus марка IC210DDR112. Включення установки (режим нагрівання) здійснюється з панелі управління. Для цього на панелі управління вибирається режим роботи електричної печі (ручний або автоматичний) поворотом відповідного перемикача. При досягненні завданої максимальної температури усередині камери печі, яка задається за допомогою спеціального програмного управління, в ПЛК виробляється управляючий сигнал, який перемикає контакти електромагнітного реле 9, тим самим вимикаючи електронагрів печі (режим охолодження). Включення вентилятора для забезпечення конвекції в печі, також проводиться на панелі управління (електромагнітного реле 10).

Принципова електрична схема лабораторної установки приведені на рис. 5.4.

#### 4. Методика проведення роботи

4.1. Перед подачею напруги на об'єкт необхідно зміряти початкову температуру повітря  $\theta_{\text{повітр}}$ .

4.2. Для зняття перехідного процесу системи включають нагрів печі. Для цього переводять режим роботи печі в автоматичне положення. Значення температури реєструється за допомогою датчиків температури T1 і T2 на дисплеї ПЛК з інтервалом тривалістю  $1\text{хв}$  до максимально заданого значення ( $50\text{ }^\circ\text{C}$ ).

4.3. Зняти залежність зміни коливань температури в об'єкті від часу. Отримані результати занести в табл.4.1.

Таблиця 4.1.

**Динамічна характеристика типу об'єкту**

$t, \text{хв}$	
$q1, \text{ }^\circ\text{C}$	
$q2, \text{ }^\circ\text{C}$	

4.5. Вимкнути нагріваючи печі і охолодити до початкової температури  $\theta_{\text{повітр}}$ .

4.6. Включити нагрів печі та вентилятор і зробити виміри, аналогічні тим, які викладені в п.4.3. Результати занести в табл.4.1.

4.7. За даними табл.4.1 побудувати графіки перехідного процесу рис. 5.5.

4.8. По графіках перехідних процесів визначити амплітуду  $A$  і період  $T=T_{\text{вкл}}+T_{\text{викл}}$  автоколивань для різного навантаження. Результати занести в табл.4.2.

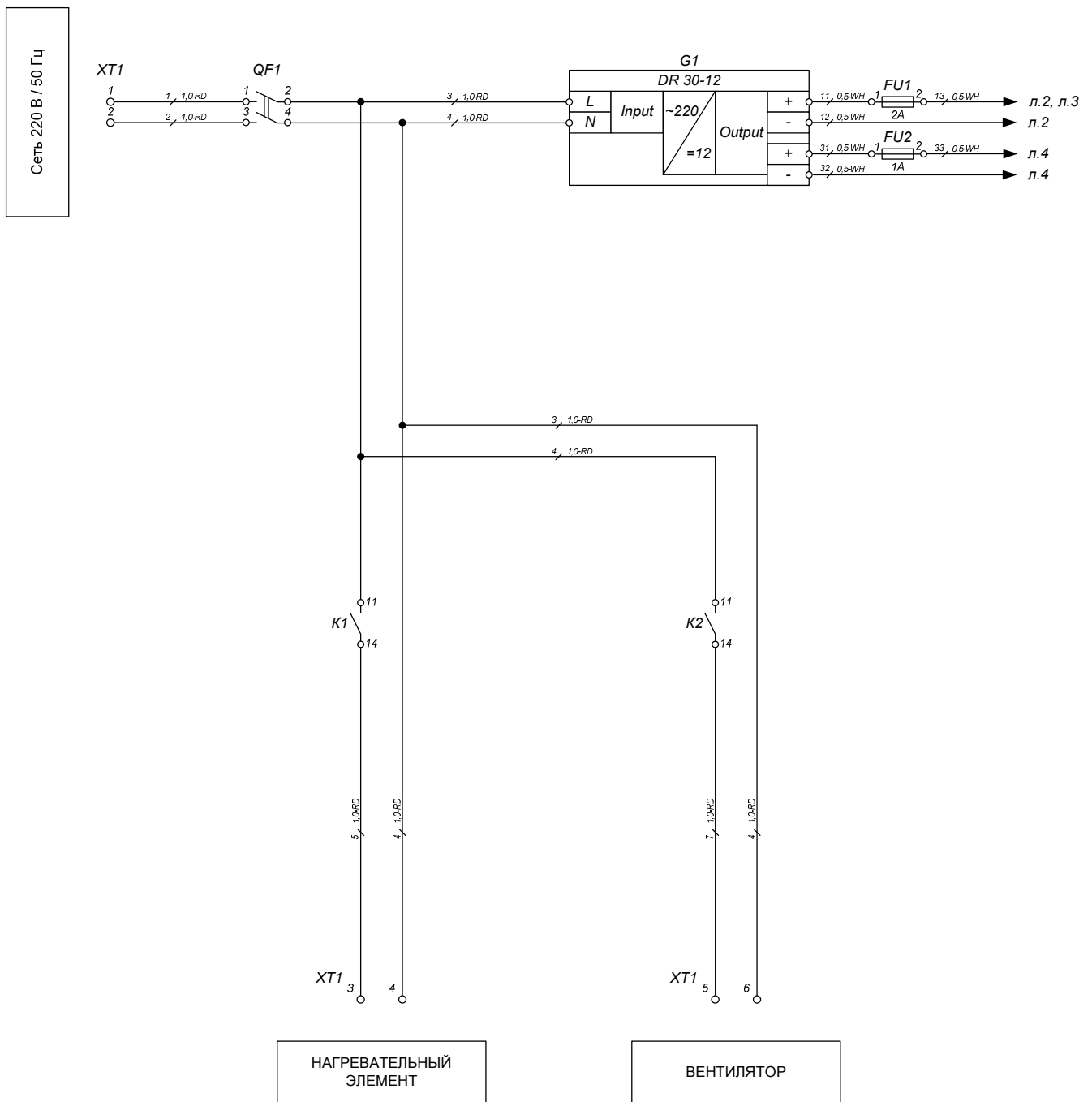


Рис. 5.4 Силовая электрична схема лабораторної установки

## 5. Зміст звіту

5.1. Схеми лабораторної установки.

5.2. Графіки регулювання температури і роботи ПЛК Durus IC210DDR

112.

5.3. Таблиці 4.1 і 4.2.

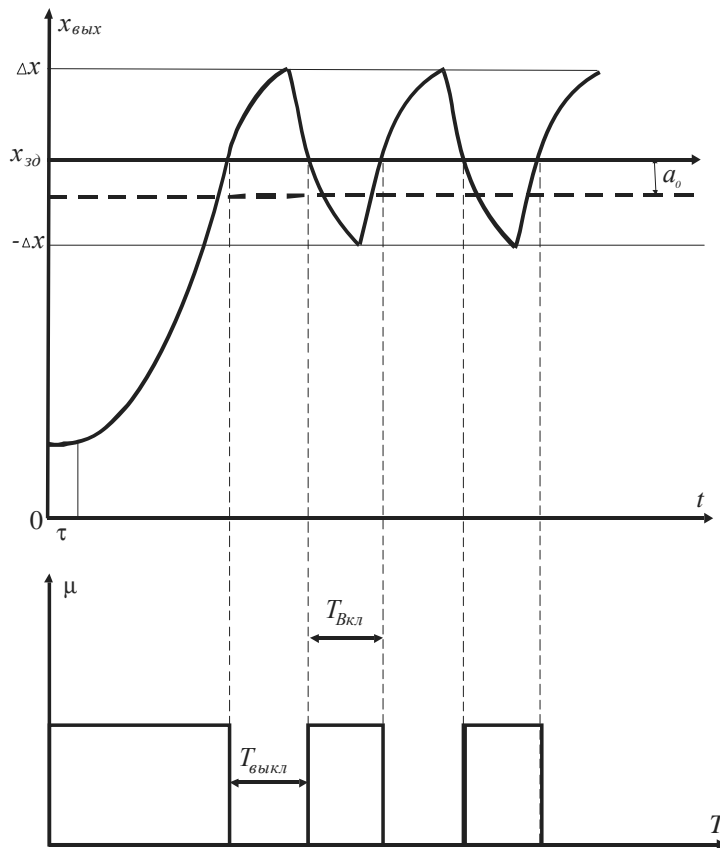


Рис. 5.5 Графік перехідного процесу позиційного регулювання

Таблиця. 4.2.

Вентилятор	Період включення дії $T_{вкл}$ , хв	Період виключення дії $T_{викл}$ , хв	Період коливань $T$ хв	Амплітуда коливань. $A$ , $^{\circ}C$
Викл				
Вкл				

### Контрольні запитання

1. Перерахуйте основні характеристики і класифікацію програмованих логічних контролерів?
2. Дайте визначення, що таке мікропроцесор, зобразите його структуру?
3. Які елементи входять в мікропроцесорну систему?
4. Яке призначення пристрою зв'язку з об'єктом?
5. Назвіть основні архітектурні елементи мікропроцесорної системи?
6. Поясніть принцип роботи лабораторної установки?
7. Які основні елементи входять до складу мікропроцесорного контролера, приведіть його структуру?
8. Вимоги до мікроконтролерів при виборі конкретної моделі при проектуванні.
9. Перерахуйте типові пристрої введення і види оброблюваної інформації.

## ЧАСТИНА II

### Електричні схеми для самостійного вивчення та виконання індивідуальних завдань

#### Завдання для самостійного вивчення:

1. Вивчити принципові електричні схеми автоматизації устаткування.
2. Визначити призначення системи (стабілізація регульованої змінної, програмне регулювання), принцип регулювання (по збуренню, по відхиленню), найменування та тип регулятора, межі регулювання змінної, закон регулювання (позиційний, безперервної дії), залежність регулятора від джерела живлення (прямої та непрямої дії).

**Завдання для індивідуальної роботи:** відповідно до електричної схеми, що задана викладачем, розкрити її зміст, принцип роботи та надати її характеристику за класифікацією автоматичних схем регулювання (АСР).

#### Електричні схеми:

### 1. Варильний котел КПЭСМ-60М

Варильний котел КПЭСМ-60М (варильний електричний секційний модульований), принципова електрична схема якого приведена на рис.1, має два режими роботи: слабкий нагрів після закипання (режим I) і повне вимикання після закипання (режим II).

Електричне живлення котла здійснюється від трифазної мережі з напругою 380/220 В. Силове коло складається з трьох ТЕНів загальною потужністю 9,5 кВт, які можуть з'єднуватися у зірку або трикутник. Живлення управління кола здійснюється напругою 220 В через плавкий запобіжник *F1*.

У режимі I роботи (перемикач *S3*) здійснюється варіння супів, борщів та інших блюд. При подачі напруги від вторинних обмоток трансформатора *T* отримує живлення котушка управління реле *K6* у колі електродного датчика рівня води *E4* та у колі сигнальних ламп *H1*, *H2* і *H3*. При достатньому рівні води котушка реле *K6* знаходиться під напругою, контакт *K6.1* замкнений і коло управління підготовлене до роботи.

При натисненні пускової кнопки *S2* вмикається котушка реле *K1* та замикається його контакт *K1.1*, що забезпечує блокування пускової кнопки і живлення інших мереж управління. Обмотка магнітного пускача *K2* при цьому включена та через контакти *K2.1*, *K2.2*, *K2.3* забезпечується електроживлення ТЕНів, а через допоміжний контакт *K2.4* – живлення лампи *H1*, що сигналізує про режим «сильний нагрів». При досягненні тиску верхнього значення перемикається контакт *B* електроконтактного манометра та вмикається в коло котушка реле *K5*, яка самоблокується своїм контактом *K5.3* і шунтується контакт «макс» манометра. Одночасно замикається контакт *K5.5* та готує до ввімкнення реле *K4*, потім замикається контакт *K5.2* і готує до ввімкнення котушку магнітного пускача *K2* і контакт *K5.4* також розмикається. У



результаті контакт  $K5.1$  розмикається і магнітний пускач  $K2$  вимикається, розмикаючи свої силові контакти  $K2.1$ ,  $K2.2$ ,  $K2.3$ . Крім того, замикається контакт  $K2.5$  у колі котушки магнітного пускача  $K3$ , який своїми трьома силовими контактами  $K3.1$ ,  $K3.2$  і  $K3.3$  та контактом  $K3.4$  забезпечує послідовне включення ТЕНів на фазну напругу. Контакт  $K3.5$  вмикає сигнальну лампу  $H2$  (слабкий нагрів).

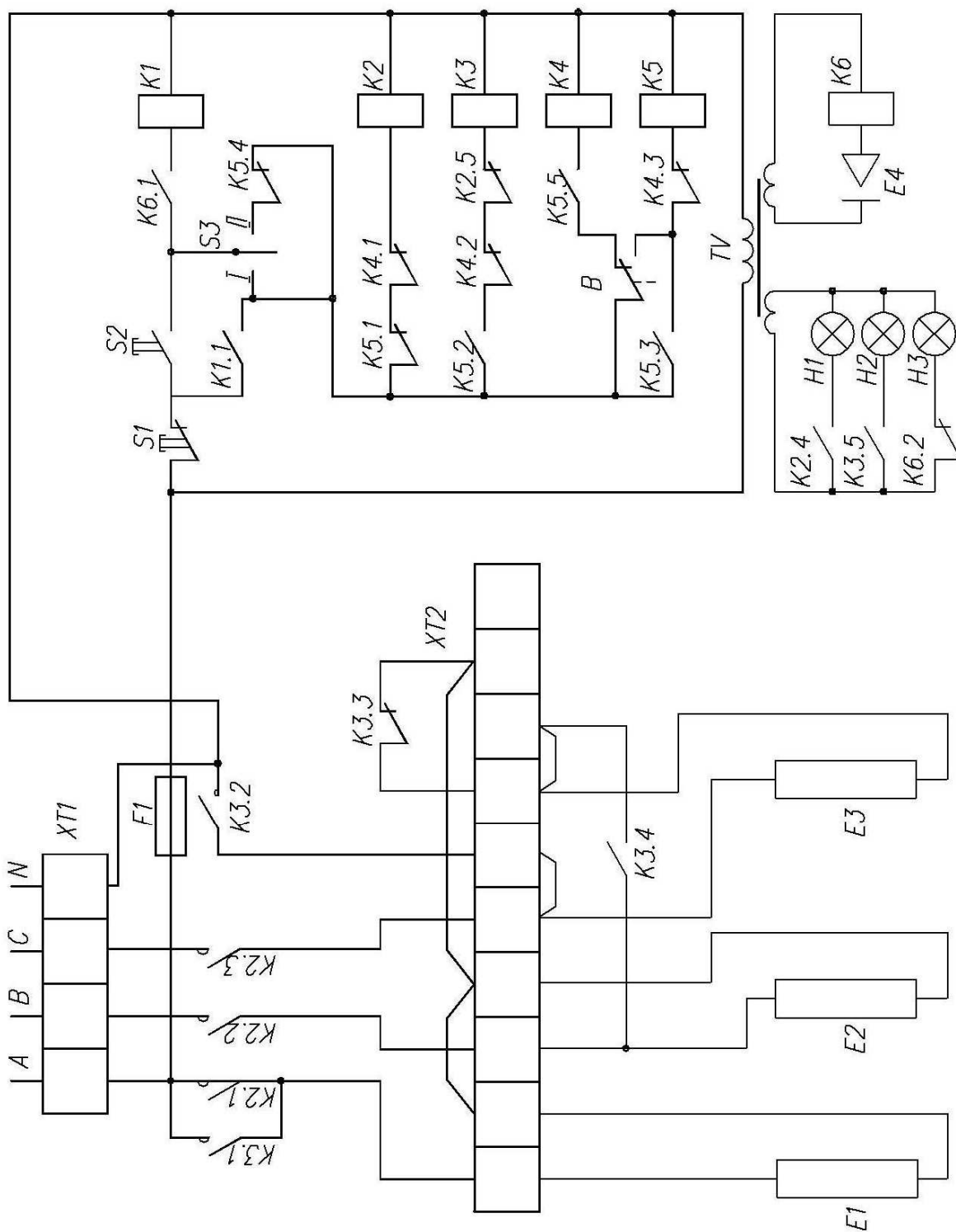


Рисунок 1 – Електрична схема варильного котла КПЭСМ-60М

При зниженні тиску до мінімального заданого значення замикається контакт «мін» манометра *B*, вмикається котушка реле *K4*, його контакти *K4.1*, *K4.2* і *K4.3* розмикаються. Водночас вимикаються котушки пускачів *K2* і *K3*, а також реле *K5*. Відбувається розмикання контактів *K5.3*, *K5.5*, *K5.2* і замикання контактів *K5.1* і *K5.4*. Реле *K4* вимикається і замикає свої контакти *K4.1*, *K4.2*, *K4.3*, що відповідає вхідному стану схеми. Захист від «сухого ходу» забезпечується вимкненням обмотки реле *K6*, розмиканням контакту *K6.1*, вимкненням котушки реле *K1*. При цьому контактом *K2.4* вмикається сигнальна лампа *H3*.

## 2. Варильний котел КПЭ-60

На рис.2 показана принципова електрична схема котла КПЭ-60 (КПЭ-40). Котел має два режими роботи: 1 – доведення його вмісту до кипіння на повній потужності та автоматичне перемикавання на 1/6 потужності. Цей режим рекомендується використати при приготуванні супів та інших страв.

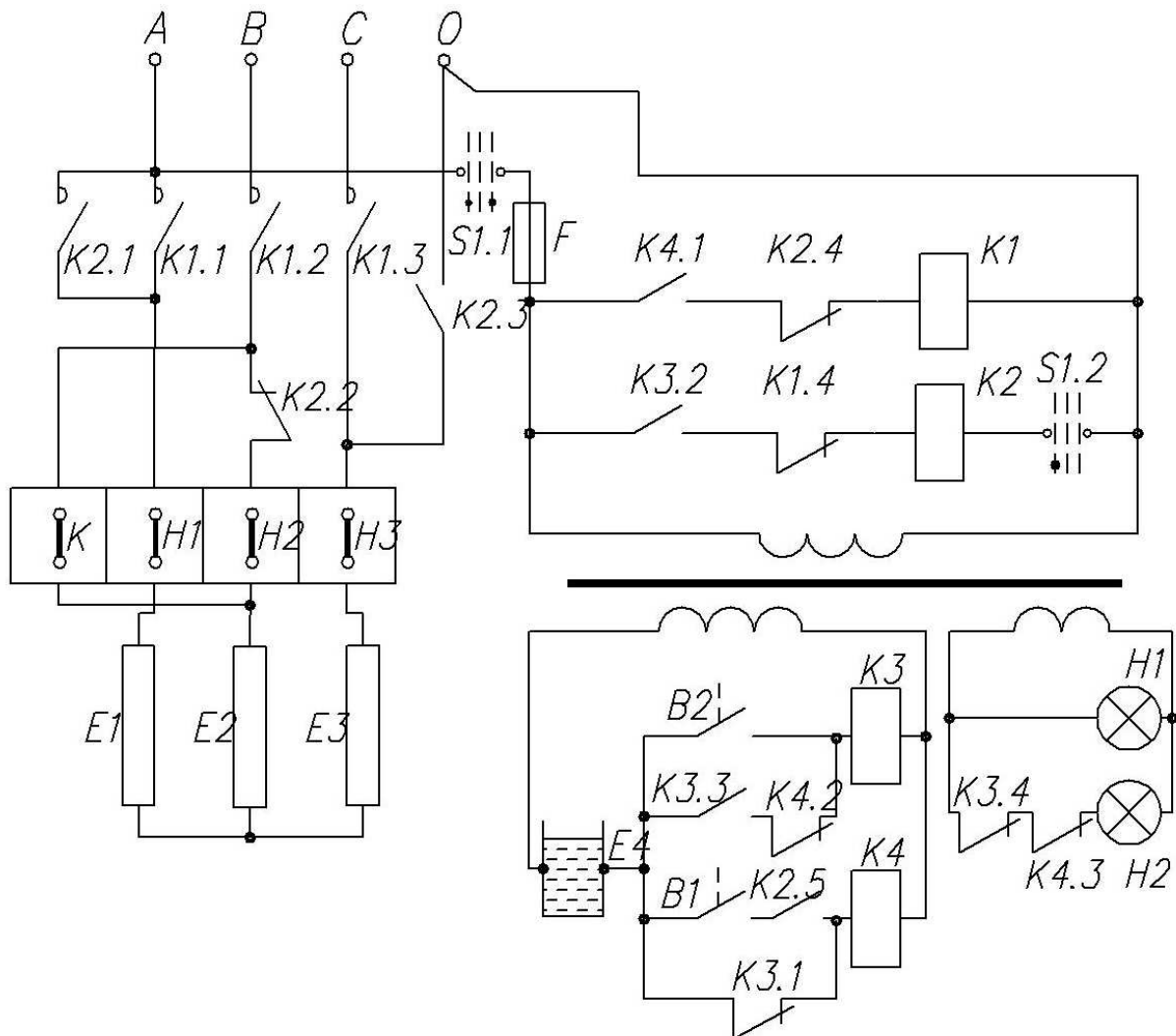


Рисунок 2 – Електрична схема котла КПЭ-60

Режим 2 – доведення вмісту котла до кипіння на повній потужності та автоматичне відключення всіх нагрівальних елементів. Цей режим рекомендується використовувати при приготуванні круп'яних виробів та овочів.

Встановлення того або іншого режиму роботи здійснюється перемикачем *S1*. Для увімкнення котла ручку перемикача *S1* встановлюють в положення «Увімкнено». При цьому контакт перемикача *S1.1* замкнений як в лівому положенні (перший режим роботи), так і в правому (другий режим роботи), а контакт перемикача *S1.2* замкнутий тільки в лівому положенні. На вертикальній лінії, відповідній лівому положенню, поставлена точка, яка вказує на замикання контакту.

При включенні схеми на лінійну напругу 380 В усі три нагрівальних елемента з'єднуються у «зірку», а при включенні на лінійну напругу 220 В – у «трикутник». Коло управління працює під напругою 220 В. Робота схеми полягає у наступному. При установленні перемикача *S1* на перший або другий режим роботи отримує живлення трансформатор та загорається сигнальна лампа *H1* зеленого (синього) кольору, яка показує, що коло управління включено.

При заповненні оболонки котла теплоносієм під струмом опиняється обмотка електромагнітного проміжного реле *K4*, яке, спрацювавши, змінить положення своїх контактів. Замикаючий контакт *K4.1* цього реле підключить пускач *K1*, який в свою чергу включить котел на повну потужність. Водночас розімкнуться контакти *K4.2* та *K4.3*.

При досягненні в оболонці котла верхньої межі заданого тиску замкнеться контакт *B2* електроконтактного манометра та увімкнеться проміжне реле *K3*. Розмикаючий контакт *K3.1* відключить реле *K4*, що викличе розрив кола обмотки магнітного пускача *K1*. Одночасно замикаючим контактом *K3.2* до мережі буде підключене силове електромагнітне реле *K2* (типу ЕП), яке своїми контактами *K2.1*, *K2.2* *K2.3* перемкне нагрівальні елементи на 1/6 потужності; реле *K3* замикаючим контактом *K3.3* самоблокується.

Якщо тиск в оболонці котла знизиться до мінімальної межі, то електроконтактний манометр контактом *B1* знову увімкне реле *K4* через контакт *K2.5*. При цьому реле *K4* вимикається та контактом *K4.2* розірве коло живлення обмотки реле *K3* й замкне контактом *K4.1* коло магнітного пускача *K1*. Магнітний пускач *K1* та реле *K2* своїми головними контактами зроблять перемикання електронагрівачів з 1/6 потужності на повну.

Живлення схеми захисту електронагрівачів від «сухого ходу» проводиться від вторинної обмотки трансформатора при напрузі 135 В. Якщо рівень теплоносіїв в оболонці котла знаходиться на лінії контрольного крана (електрод *E4* у воді), то коло обмотки реле *K4* замкнуте, якщо рівень теплоносія нижче за лінію контрольного крана (електрод знаходиться в середовищі пари або повітря), то коло обмотки реле *K4* розімкнене. При цьому реле *K4* розриває коло обмотки магнітного пускача *K1* і сигнальна лампа *H2* червоного кольору загоряється. У цьому випадку необхідно ручку перемикача *S1* поставити в

положення «Вимкнено» та долити в оболонку котла воду до рівня контрольного крану.

### 3. Варильний котел КПЭ-160

Стационарний варильний котел (рис. 3) з електролітичним реле рівня має дві ступені потужності. Забезпечення повної потужності відбувається при включенні шести нагрівальних елементів, мінімальної – при включенні одного нагрівального елемента.

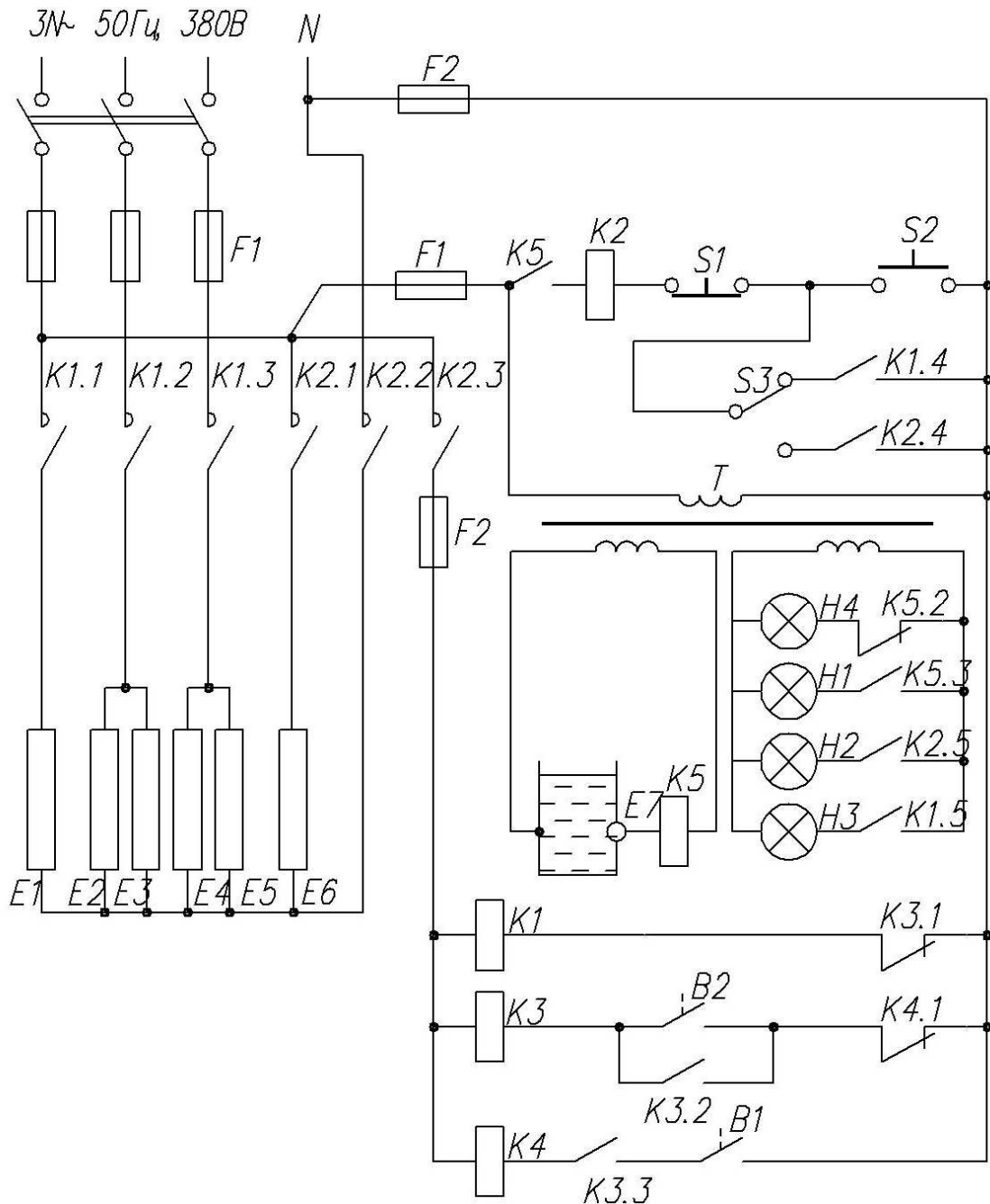


Рисунок 3 – Електрична схема КПЭ-160

Електрична схема котла включає наступні елементи: магнітні пускачі  $K1$ ,  $K2$ ; електромагнітні реле  $K3$ ,  $K4$ ; реле рівня  $K5$ , електроконтактний манометр ЕКМ; електрод  $E7$ ; понижувальний трансформатор; кнопковий пульт; сигнальні лампи  $H1$ ,  $H2$ ,  $H3$ ,  $H4$  – «сухий хід».

Коло електролітного реле рівня і захисту від «сухого ходу» живляться від вторинної обмотки трансформатора. Одна клема обмотки реле приєднується до вторинної обмотки трансформатора, інша – до електроду  $E1$ , встановленого в парогенераторі на висоті мінімально допустимого рівня води. Друга клема вторинної обмотки трансформатора підключається до корпусу котла.

Якщо рівень води в парогенераторі вище електроду  $E1$ , електричне коло обмотки  $K5$  замкнене. Реле  $K5$  спрацьовує і своїми контактами замикає коло обмотки магнітного пускача  $K2$  і лампи  $H1$ . При натиску кнопки пуску  $S2$  (перемикач  $S3$  в нижньому положенні) контакти магнітного пускача  $K2$  вмикають один ТЕН (правий), лампу  $H2$  і обмотку магнітного пускача  $K1$ . Магнітний пускач  $K1$  спрацьовує, контакти його замикаються і включають інші п'ять ТЕНів та лампу  $H3$ . Через деякий час тиск в пароводяній оболонці котла підвищується та рухомий контакт  $B2$  електроконтактного манометра ЕКМ замикається з непорушним контактом «Макс» верхньої заданої межі тиску. При цьому замикається коло обмотки реле  $K3$ , що спрацьовує та вимикає обмотку магнітного пускача  $K1$ .

При зниженні тиску до нижньої заданої межі контакт  $B1$  вмикає обмотку реле  $K4$ , яке своїм розмикаючим контактом  $K4.1$  вимикає обмотку реле  $K3$ . У результаті реле  $K3$  змінить положення своїх контактів.

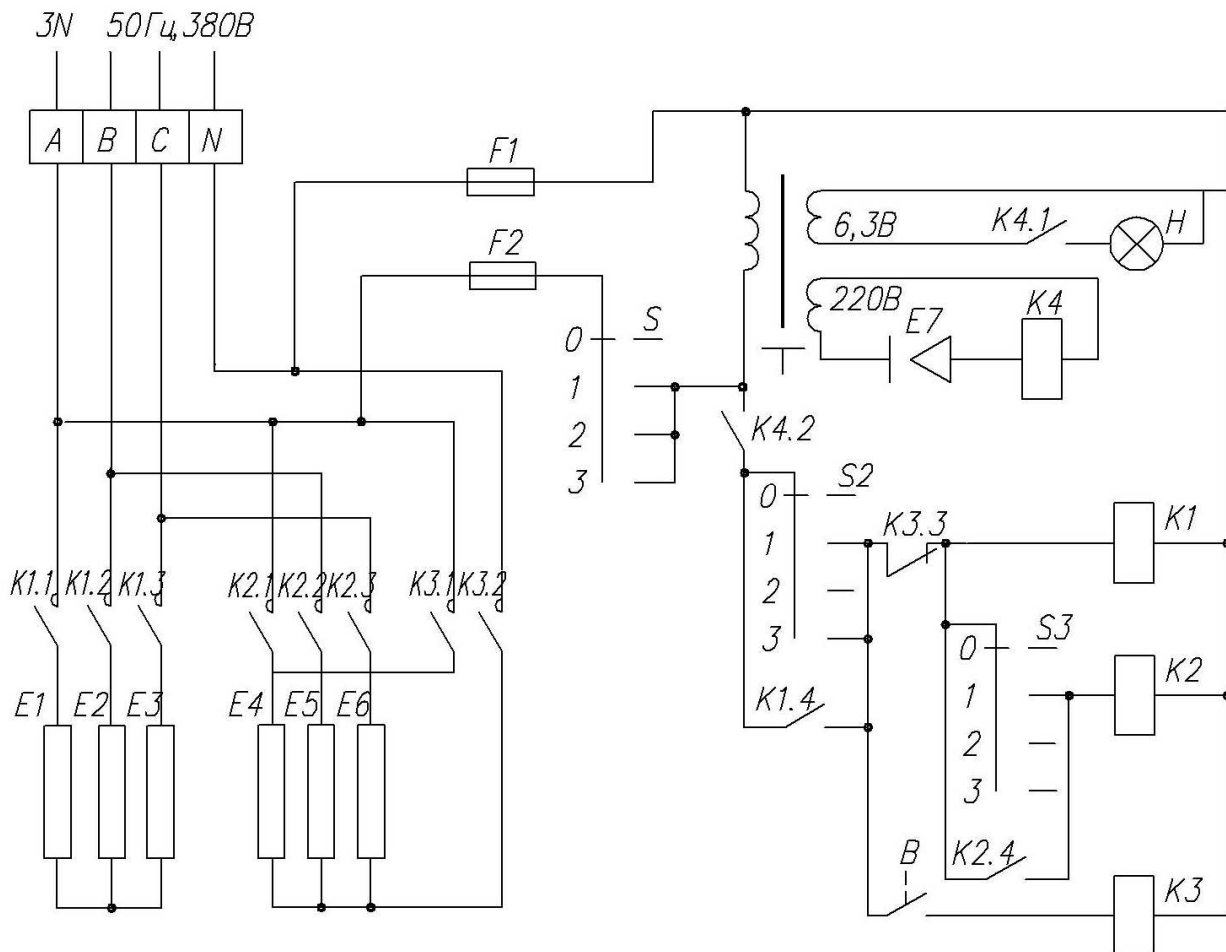
Контакт  $K3.3$  у колі обмотки реле  $K4$  розмикається і вимикає реле  $K4$ , що своїм контактом  $K4.1$  вимкне обмотку реле  $K3$ . У результаті реле  $K3$  змінить положення своїх контактів. Контакт  $K3.1$  знову замикається і включає обмотку магнітного пускача  $K1$  до кола.

Робота елементів схеми повторюється, якщо контакт перемикача  $B2$  буде заздалегідь встановлений в нижнє положення. Якщо ж контакт перемикача  $B2$  буде знаходитися в верхньому положенні, то після відключення обмотки магнітного пускача  $K1$  (при першому підвищенні тиску до верхньої заданої межі) вимкнеться і обмотка магнітного пускача  $K2$ . У результаті всі шість ТЕНів вимкнуться та не зможуть увімкнутися знову. Повторне увімкнення ТЕНів можна здійснити натиском на кнопку  $S2$ .

Як тільки рівень води у парогенераторі виявиться нижче електроду  $E7$ , струм по обмотці реле  $K5$  перестане проходити та контакт  $K5.2$  в колі обмотки магнітного пускача  $K2$  буде розімкнутий. У цьому випадку при натиску на кнопку  $S2$  обмотка магнітного пускача  $K2$ , а також і нагрівальні елементи не увімкнуться. Про недостатній рівень води просигналізує лампа  $H4$  («сухий хід»).

#### 4. Варильний котел типу КЭ

Варильний котел типу КЭ, принципова схема якого показана на рис. 4, призначений для приготування перших страв, бульйонів, овочів, кип'ятіння молока.



**Рисунок 4 – Електрична схема варильного котла типу КЭ**

Електроживлення шести ТЕНів котла проводиться через силові контакти магнітних пускачів  $K1$ ,  $K2$ , і  $K3$ . Живлення кола управління напругою 220 В здійснюється через плавкі запобіжники  $F1$ ,  $F2$  та контакти трьохпозиційного перемикача  $S$ . Живлення кола управління здійснюється при замиканні кола електродного датчика «сухого ходу»  $E7$ , який підключений послідовно з котушкою реле  $K4$  до вторинної обмотки трансформатора  $T$ .

При достатньому рівні води в пароводяній оболонці вмикається котушка реле  $K4$ , через контакти  $K4.1$  якого вмикається сигнальна лампа  $H$ , а через контакт  $K4.2$  – інші кола управління. Котушки магнітних пускачів  $K1$  і  $K2$  отримують при цьому електроживлення та, замикаючи свої силові контакти  $K1.1$ ,  $K1.2$ ,

$K1.3$ ,  $K2.1$ ,  $K2.2$  і  $K2.3$ , забезпечують подачу напруги 380 В на ТЕНи ( $E1-E6$ ), що відповідає режиму повного нагріву. Допоміжні контакти  $K1.4$  та  $K2.4$  блокують відповідно контакти  $S2$  і  $S3$  перемикача  $S$ .

При досягненні максимального значення тиску в пароводяній оболонці замикається контакт  $B$  реле тиску, вмикається котушка магнітного пускача  $K3$ , який своїми контактами проводить перемикання ТЕНів в залежності від режиму роботи котла (варення, розігрівання, варення на пару).

Режими I (варення) або III (варення на пару): контакт  $K3.3$  вимикає котушки магнітних пускачів  $K1$  і  $K2$ , а контакти  $K3.1$  і  $K3.2$  вмикають між

фазою *A* і нульовим проводом *N* один нагрівач *E4*. У режимі II (розігрівання) після відключення пускача *K1* його контакт *K1.4* вимикає пускач *K3* та всі ТЕНи.

Зниження тиску до заданого мінімального рівня спричиняє розмикання контакту *B* та відключення котушки пускача *K3*. У режимі III вмикається пускач *K1* й, відповідно, нагрівач *E1*, *E2* та *E3*, тобто котел виявляється включеним на 50 % потужності. При досягненні верхньої межі установки тиску (температури) знову виявляється включеним тільки нагрівач *E4* та цикл повторюється.

Захист від «сухого ходу» забезпечується електродним датчиком *E7*, включеним у коло живлення котушки реле *K4*, яке вимикається у разі оголення електрода *E7* та розмикає свої контакти в колах живлення схеми управління (контакт *K4.2*) і сигнальної лампи (контакт *K1.1*). Котел вимикається при установці перемикача *S* в нульове положення.

### 5. Фритюрниця ФЭСМ-20

Секційна модульована фритюрниця типу ФЭСМ-20, принципова електрична схема якої приведена на рис.6, призначена для приготування кулінарних та кондитерських виробів.

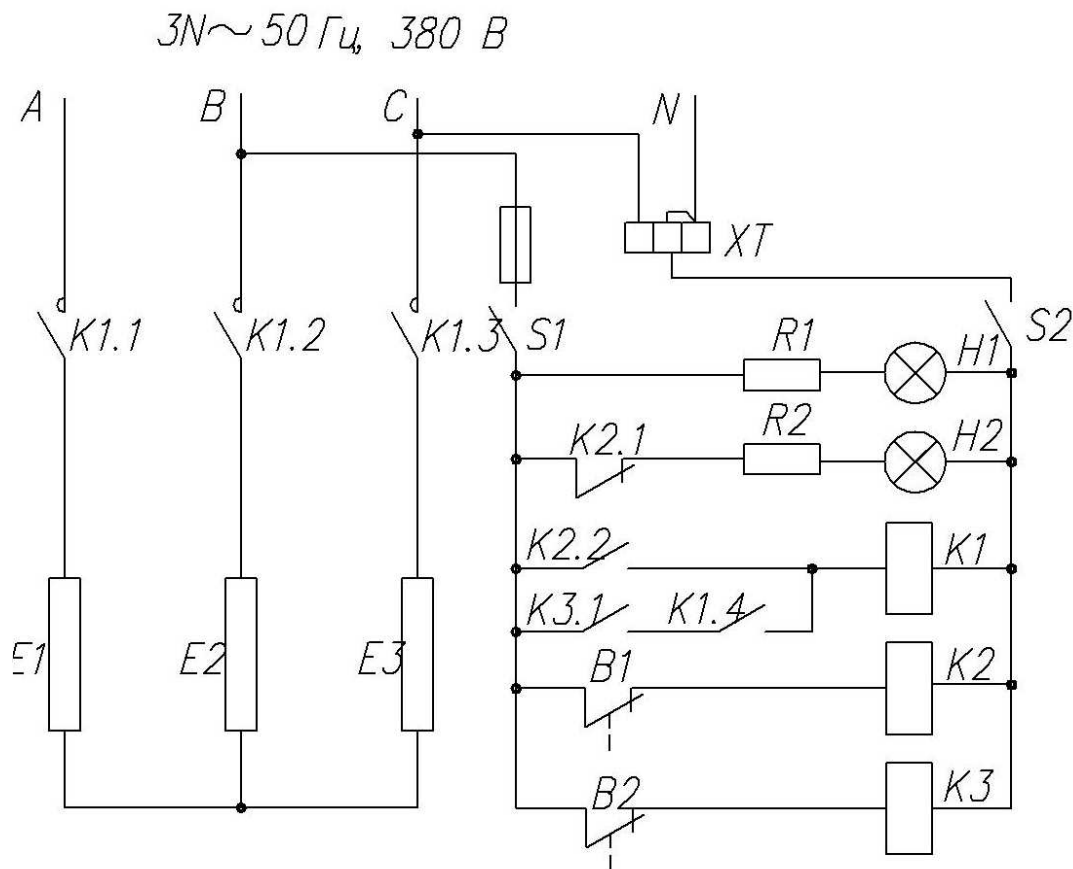


Рисунок 5 – Електрична схема фритюрниці ФЭСМ-20

Робота фритюрниці відбувається в наступній послідовності. При замиканні перемикача *S* вмикаються котушки реле *K2* і *K3*, та лампа *H1*, що сигналізує про включення апарату. Контакти *K2.2* та *K3.1* відповідних реле, коли замикаються, забезпечують увімкнення котушки магнітного пускача *K1*, який своїми силовими контактами *K1.1*, *K1.2*, і *K1.3* вмикає в роботу нагрівачі *E1*, *E2* і *E3*.

При досягненні нижнього рівня температури масла у ванні фритюрниці (170 °С) контакт *B1* одного з температурних реле розмикається, котушка реле *K2* вимикається та його контакти повертаються у початковий стан. Потім через контакт *K2.1* вмикається сигнальна лампа *H2*, що показує досягнення нижнього рівня температури масла. Котушка пускача *K1* залишається у включеному стані, тобто ТЕНи отримують електроживлення (контакти *K3.1* та *K1.4* замкнені). При досягненні верхнього рівня температури масла (180 °С) контакт *B2* іншого температурного реле розмикається, котушка реле *K3* вимикається та своїм контактом *K3.1* вмикає котушку пускача *K1*. У цей же час розмикаються його силові контакти, вимикаючи електроживлення ТЕНів. Подальше охолодження викликає замикання контакту *B2*, увімкнення котушки реле *K3* та замикання контакту *K3.1*. При досягненні мінімального рівня температури масла замикається контакт *B1*, включаючи котушку реле *K2*, яке через свій контакт *K2.2* вмикає котушку пускача *K1* та через його силові контакти *K1.1*, *K1.2* і *K1.3* підключає ТЕНи до електромережі.

Одночасно розмикається контакт *K2.1* і сигнальна лампа *H2* вимикається. Надалі система автоматики забезпечує повторення описаного вище циклу.

## 6. Сковорода СЭ-0,45

Особливістю схеми автоматизації сковороди СЭ-0,45 (рис.6) є наявність кінцевих вимикачів *S3*, *S4*, *S5*. Кінцеві вимикачі *S3* та *S4* фіксують положення чаші, а *S5* – положення кришки чаші. Для увімкнення нагрівання необхідно щоб сковорода знаходилась у горизонтальному положенні. При цьому замикаючий контакт *S4* закритий та для включення нагрівачів треба встановити термореле *B* (Т-32) на задану температуру, тобто замкнути контакт *B*. Магнітний пускач *K1* включається та своїми силовими контактами вмикає нагрівачі *E1...E9*. Коли температура робочої поверхні чаші досягає заданої, контакт термореле *B* вимикається й нагрів припиняється.

Для зливання вмісту чаші необхідно вимкнути нагрівачі (контакт термореле *B* розімкнутий), відкрити кришку (контакт вимикача *S5* закритий), натиснути на кнопку *S1*. При цьому вмикається пускач *K2* та своїми контактами підключає електродвигун перекидання чаші сковороди. При досягненні чашою вертикального положення пускач *K2* вимикається розмикаючим контактом кінцевого вимикача *S3* та електродвигун відключається. Для повернення чаші сковороди у горизонтальне положення натискають на кнопку *S2*, включається пускач *K3*, фази силового кола перемикаються та електродвигун почне обертатися у зворотному напрямку. Коли чаша опиниться у горизонтальному положенні, кінцевий вимикач *S4* розімкне коло пускача *K3* та двигун відключиться.



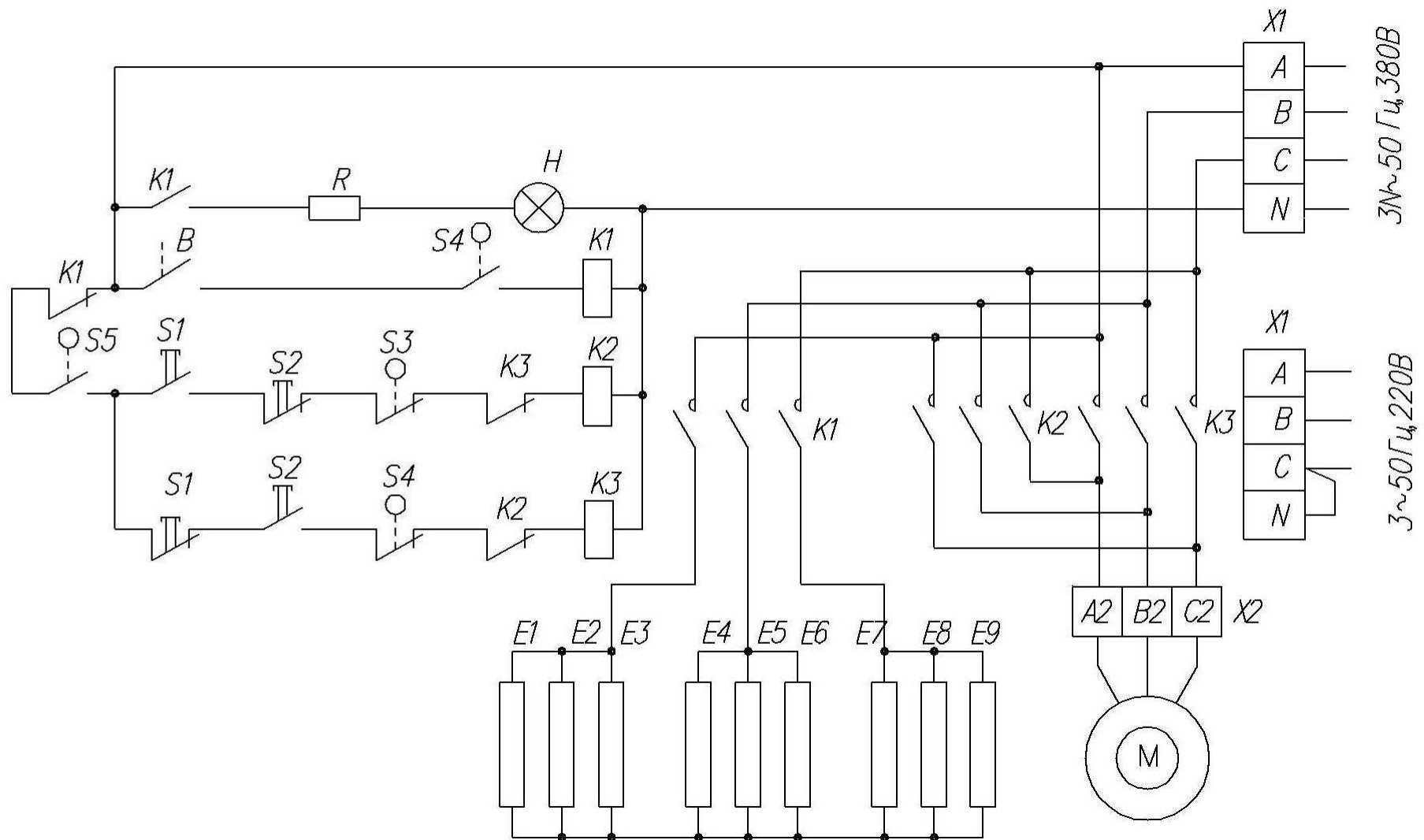


Рисунок 6 – Электрична схема сковороди СЭ-0,45

## 7. Кондитерська електрична піч КЭП-400

Піч призначена для випікання широкого асортименту дрібних хлібобулочних та кондитерських виробів.

Піч розділена на дві частини, в лівій половині розташовані трубчаті електронагрівачі, вентилятор, парогенератор і система управління й сигналізації, в правій частині – пекарська камера з дверима.

Ліва частина печі має три дверці. У верхні дверці вбудований терморегулятор, за нею знаходиться вентилятор з електродвигуном для примусової циркуляції повітря, що нагрівається.

У середні дверці вбудовані вимикачі, реле часу, головний вмикач, сигнальні лампи та кнопка управління подачі води в парогенератор. За дверцями знаходиться щит з електроустановкою управління та сигналізації, за яким знаходяться ТЕНи нагрівальної камери.

За нижніми дверцями знаходиться парогенератор з ТЕНами, а в нижньому лівому куті – патрубок для приєднання труби або шланга поживної води для парогенератора та патрубок для відведення конденсату.

Випікання хлібобулочних та кондитерських виробів проводиться на листах-подиках, встановлених на стелажний візок, який після розстойки укладених на листи тістових заготовок закручується в пекарську камеру печі.

Процес випікання в КЭП-400 автоматизований за допомогою системи управління та сигналізації.

Двері пекарської камери мають електричне блокування, а робота печі можлива тільки при закритих дверях. При відкриванні дверей встановлений над дверима кінцевий вимикач автоматично перериває електричне коло управління, внаслідок чого оберտальний механізм та вентилятор зупиняються, нагрівальні елементи вимикаються.

У нижній частині лівої половини печі розташований парогенератор, який складається з масивних чавунних плит, що нагріваються трубчастими електронагрівачами. Для захисту від перегріву парогенератор обладнаний терморегулятором, що вимикає нагрівальні елементи при досягненні граничної температури. Подача води в парогенератор здійснюється магнітним клапаном, управління яким відбувається натисненням на кнопку подачі води. Пара виводиться з пекарської камери через вентиляційну трубу.

Час випікання встановлюється на реле часу. Після закінчення встановленого часу випічки подаються звуковий та світловий сигнали.

Принципова електрична схема печі КЭП-400 приведена на рис. 7. Автоматичні вимикачі  $Q...Q5$  встановлені в окремому виносному розподільному щиті, розташованому в безпосередній близькості від печі,  $E1...E12$  і  $E13...E24$  відповідно I і II групи ТЕНів нагрівальної камери,  $E25...E36$  - ТЕНи парогенератора.  $M1$  - електродвигун механізму обертання возика, а  $M2$  - електродвигун вентилятора.

Для увімкнення печі необхідно включити на розподільному щиті автоматичні вимикачі  $Q ... Q5$  та забезпечити замикання кінцевого вимикача  $BK$ , для чого потрібно закрити двері пекарської камери; встановити термореле  $B2$  ( $T-32$ ) на

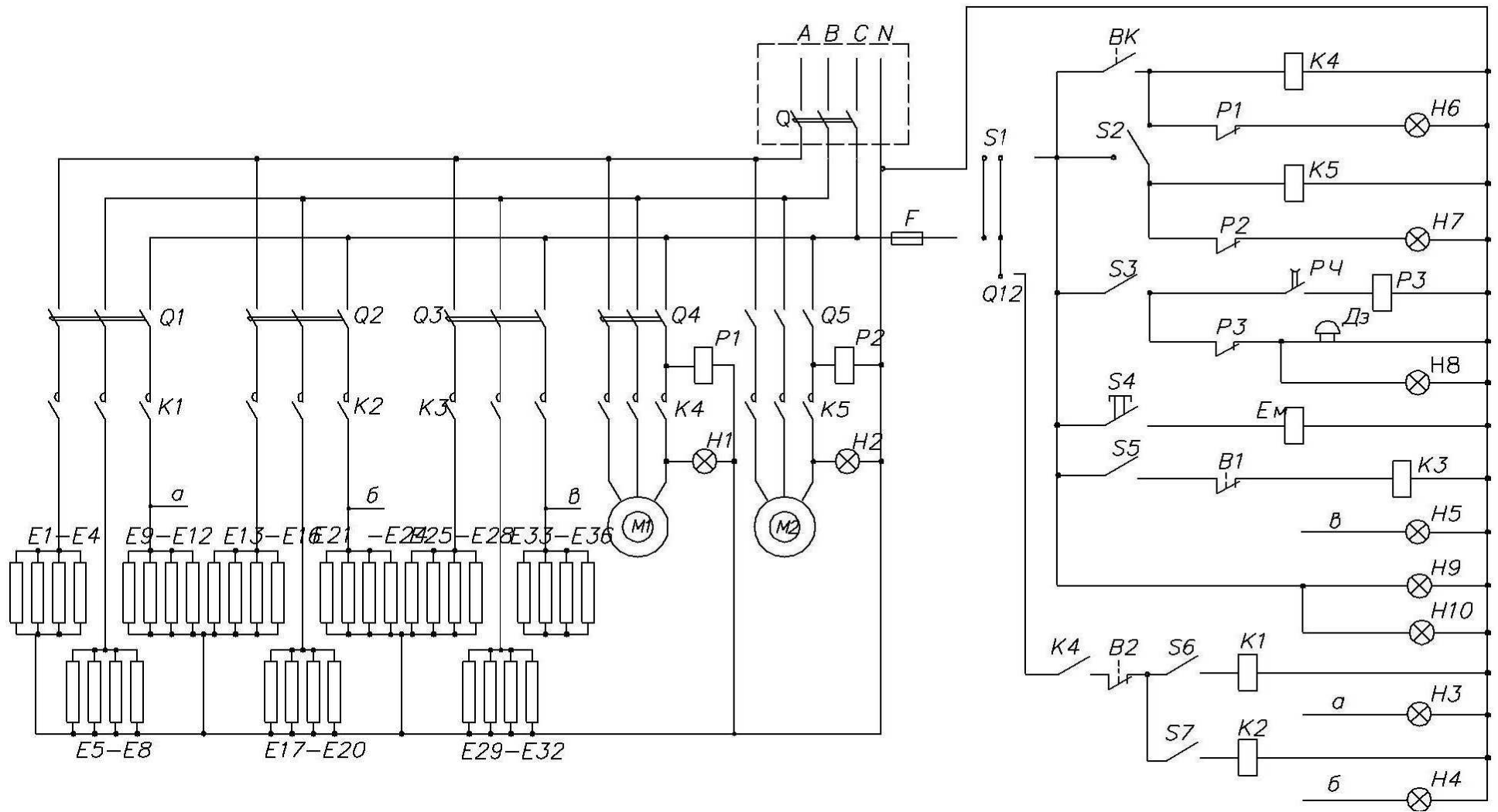


Рисунок 7 – Електрична схема кондитерської печі КЭП-400

необхідну температуру, включити перемикач *S1* на I рівень та тумблер *S5*. При цьому вмикаються двигуни механізму обертання возика *M1*, вентилятора *M2* і ТЕНи парогенератора *E25 ...E36*. Одночасно загоряються сигнальні лампи *H1, H2, H5* та освітлювальні лампи *H9, H10*.

Перевести перемикач *S1* на II рівень і включити тумблери *S6, S7*. При цьому вмикаються ТЕНи нагрівальної камери *E1...E24* та загоряються сигнальні лампи *H3, H4*.

Коли температура в печі досягає сталого заданого значення, контакт терморегулятора *B2* вимикає магнітні пускачі *K1, K2* і відповідно ТЕНи *E1...E24*. При цьому зелені сигнальні лампи *H3, H4* гаснуть, сповіщаючи про готовність печі до роботи.

Для захисту від перегріву парогенератор обладнаний термореле *B1*, що вимикає магнітний пускач *K3* і відповідно ТЕНи *E25...E36* і зелену сигнальну лампу *H5* при досягненні чавунними плитами граничної температури. При натисненні на кнопку *S4* відбувається відкривання магнітного клапана *Em* і вода поступає в парогенератор.

Клапан потрібно тримати відкритим короткий час, оскільки дуже велика кількість води приводить до переохолодження чавунних плит. Найкращий результат досягається переривистою подачею води.

Після установки стелажного візка з тістовими заготівками в камері печі задають час теплової обробки на реле часу *РЧ* і включають тумблер *S3*.

По закінченню заданого проміжку часу контакт *РЧ* розмикається. При цьому загоряється червона сигнальна лампа *H8* та вмикається дзвінок *Дз*. Для відключення світлового та звукового сигналів вмикають тумблер *S3*.

## 8. Обертаюча жаровня ЖВЭ-720

Електрична жаровня типу ЖВЭ-720 (рис.8) здійснює випічку млинців-напівфабрикатів. Підігрівання жарочного барабана здійснюється дев'ятьма інфрачервоними випромінювачами *E1-E9*.

Увімкнення жаровні провадиться пусковою кнопкою *S2*, яка замикає коло електроживлення котушки магнітного пускача *K1*. Пускач *K1* своїми силовими контактами *K1.1, K1.2* і *K1.3* подає напругу на нагрівальні спіралі *E1, E2* і *E3*, шунтує контактом *K1.4* кнопку *S2*, замикає контактом *K1.5* коло електроживлення котушки магнітного пускача *K2* і вмикає мілівольтметр *mV*. Силові контакти *K2.1, K2.2* і *K2.3* вмикають інші нагрівальні спіралі *E4-E9*.

Температура регулюється термоелектричним термометром в діапазоні від 160 до 190 °С, крайні межі якої фіксуються стрілкою мілівольтметра *mV* на відповідному діленні його вимірювальної шкали. При досягненні температури верхньої граничної межі розмикається контакт *B* мілівольтметра, вимикаються котушка магнітного пускача *K2* і спіралі *E4-E9*. При зниженні температури контакт мілівольтметра *B* знову замикається та магнітний пускач *K2* своїми силовими контактами підключить до електромережі спіралі *E4-E9*. Відключення жаровні від електромережі провадиться кнопкою *S1*.

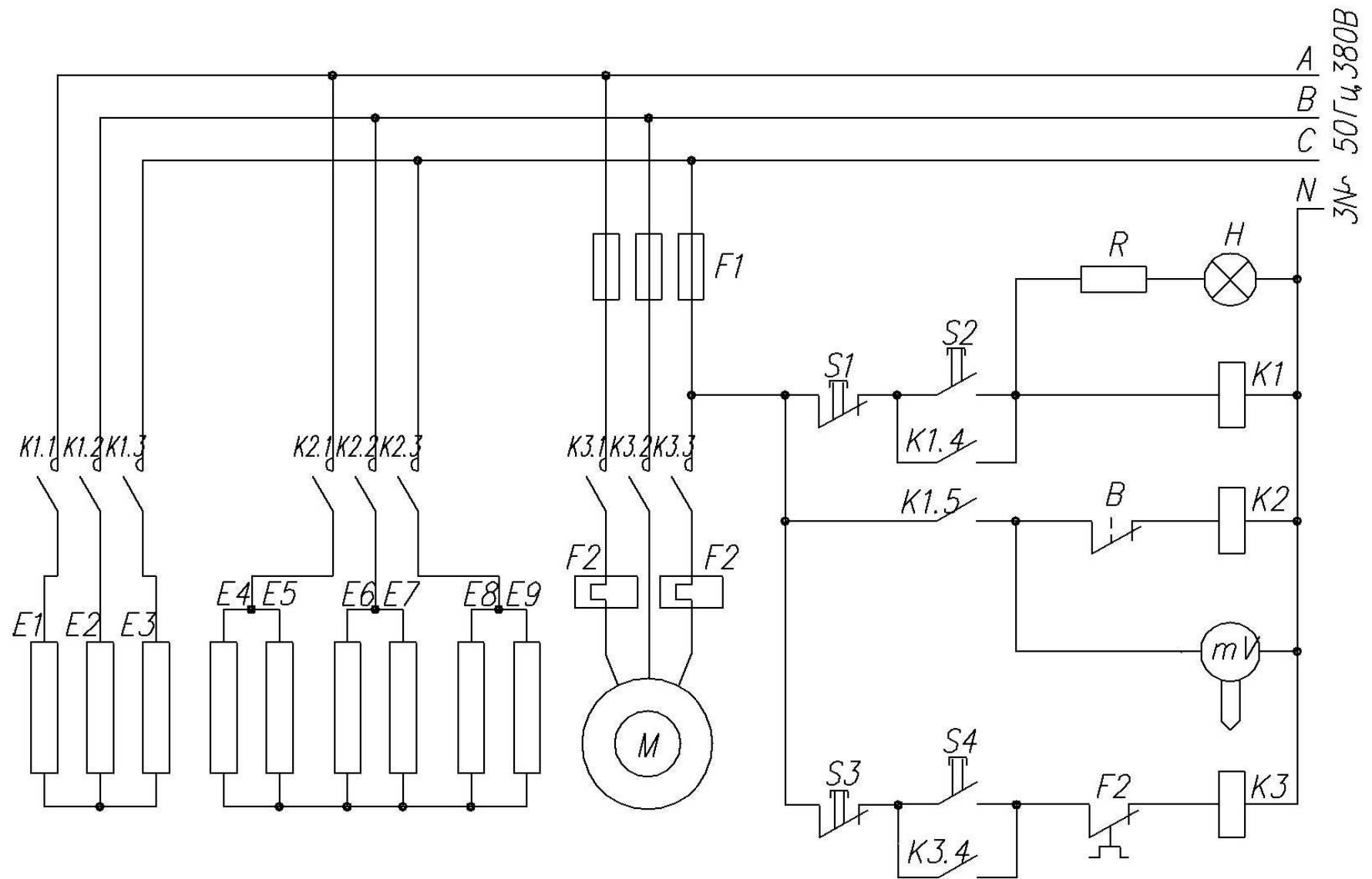


Рисунок 8 – Електрична схема жаровні типу ЖВЭ-720

Електроживлення двигуна жарочного барабана та його відключення від мережі здійснюється магнітним пускачем  $K3$ , що управляється кнопками  $S3$  і  $S4$ . У силовому колі живлення електродвигуна включені теплові реле  $F2$  і плавкі запобіжники  $F1$ .

## 9. Кип'ятильники безперервної дії КНЭ

Кип'ятильники типу КНЭ працюють від мережі трифазного змінного струму напругою 380/220 В.

Електрична схема кип'ятильника КНЭ-25 (50) показана на рис. 9. Схема має три електронагрівальних елементи, які в залежності від напруги мережі з'єднуються по схемі «зірка» або «трикутник» та вмикаються за допомогою пускача  $K1$ .

Схема управління кип'ятильником забезпечує: захист ТЕНів від «сухого ходу»; відключення їх при заповненні збірника кип'ятку; включення ТЕНів після розбору кип'ятку; сигналізацію про наявність напруги в схемі управління і включенні ТЕНів.

Робота схеми полягає в наступному. Після подачі води в кип'ятильник вмикається тумблер  $Q$ , внаслідок чого напруга поступає на первинну обмотку трансформатора  $Tr$ . При цьому загоряється лампа  $H1$ , що сигналізує про наявність напруги у схемі управління.

Вода, що поступила в поживну коробку, замкне на корпус кип'ятильника електрод  $E1$ , і на вхід випрямовувача, що складається з діодів  $V1-V4$ , буде подана напруга, внаслідок чого спрацює реле  $K2$ . По обмотці проміжного реле  $K2$  буде проходити випрямлений пульсуючий струм, величина якого залежить від опору резистора  $R$ , опору обмотки реле  $K2$ , опору кола електрод  $E1$  – вода – корпус кип'ятильника та від напруги вторинної обмотки трансформатора.

Реле  $K2$  контактами  $K2.1$  увімкне магнітний пускач  $K1$ , який в свою чергу своїми головними контактами підключить до мережі ТЕНи, а блоком-контактом увімкне лампу  $H2$ , що сигналізує про включення ТЕНів. Контакт  $K2.2$  в колі електрода  $E2$  розімкнеться.

У процесі приготування кип'ятку його рівень у збірнику досягне електрода  $E2$ , однак ніяких змін в роботі схеми не відбудеться, оскільки коло цього електрода розірвано контактом  $K2.2$ . Рівень кип'ятку в збірнику буде продовжувати підвищуватися та через деякий час досягне електрода  $E3$ . При залитому водою електроді  $E3$  вхід випрямовувача виявиться зашунтованим колом: електрод  $E3$  – вода – корпус – електрод  $E1$ . Напруга на вході випрямовувача різко зменшується, що приведе до вимикання реле  $K2$ , а також, пускача  $K1$ , електронагрівальних елементів і сигнальної лампи  $H2$ .

При відключенні реле  $K2$  замикається його контакт  $K2.2$  в колі електрода  $E2$ . Тому подальше вмикання реле  $K2$ , пускача  $K1$  та ТЕНів відбувається тільки тоді, коли кип'яток буде розібраний і виявиться оголеним електрод  $E2$ . Резистор  $R$  служить для обмеження струму у вторинній обмотці трансформатора, коли електроди  $E2$  і  $E3$  виявляються замкненими через воду на корпус.

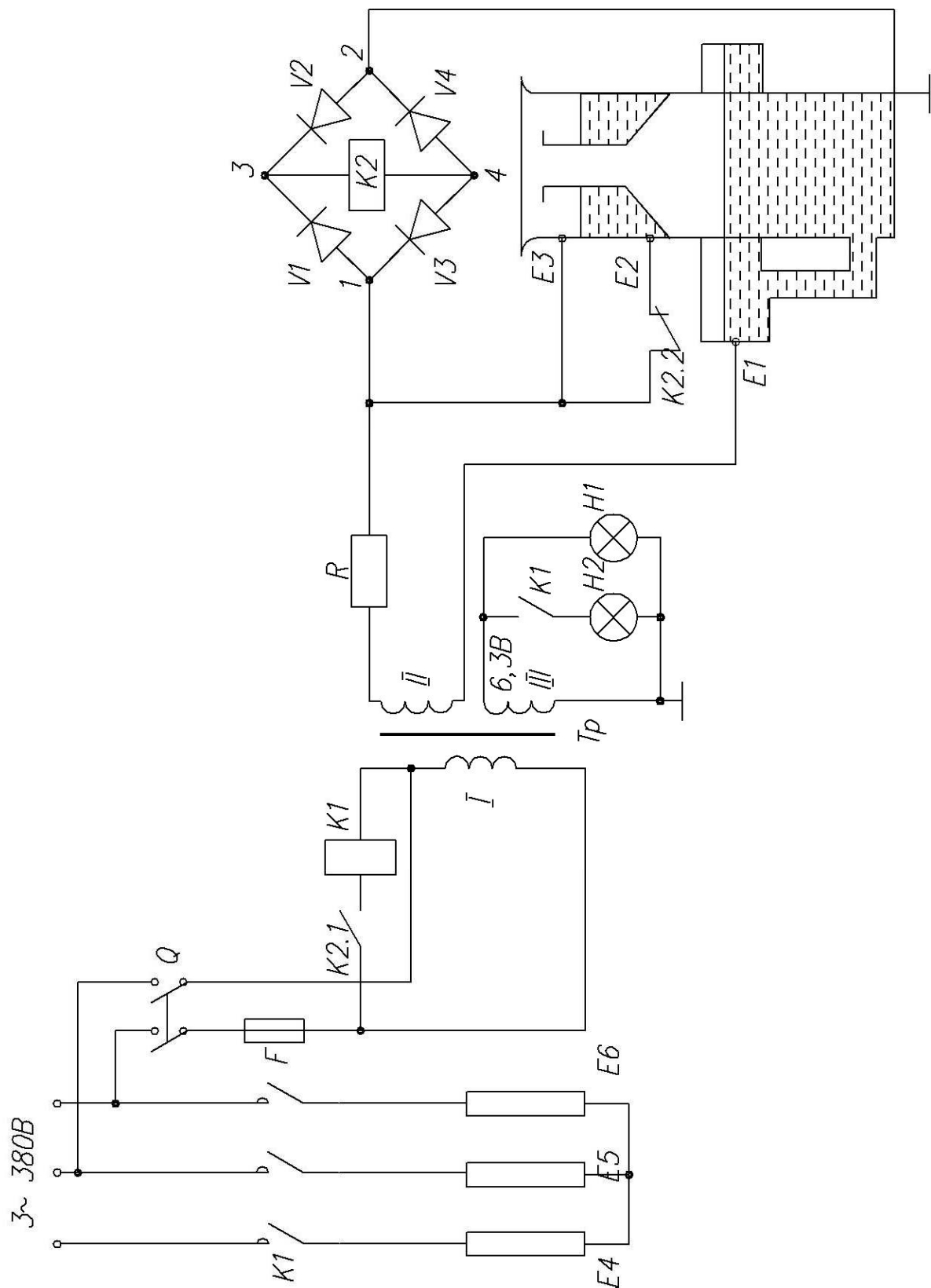


Рисунок 9 – Електрична схема кип'ятильників КНЭ-25, КНЭ-50, КНЭ-100

Зменшення величини струму в колі електрод – вода – корпус здійснюється за допомогою високочутливого проміжного реле постійного струму типу РКМ-1. Протікання в цьому колі змінного струму невеликої величини майже повністю виключає електроліз води і пов'язані з ним негативні явища.

## 10. Водонагрівач НЭ-1Б

Водонагрівач має автоматику регулювання теплового режиму. Автоматика регулювання температури води здійснюється термосигналізатором ТСМ-100 та магнітним пускачем.

Принципова електрична схема водонагрівача наведена на рис.10.

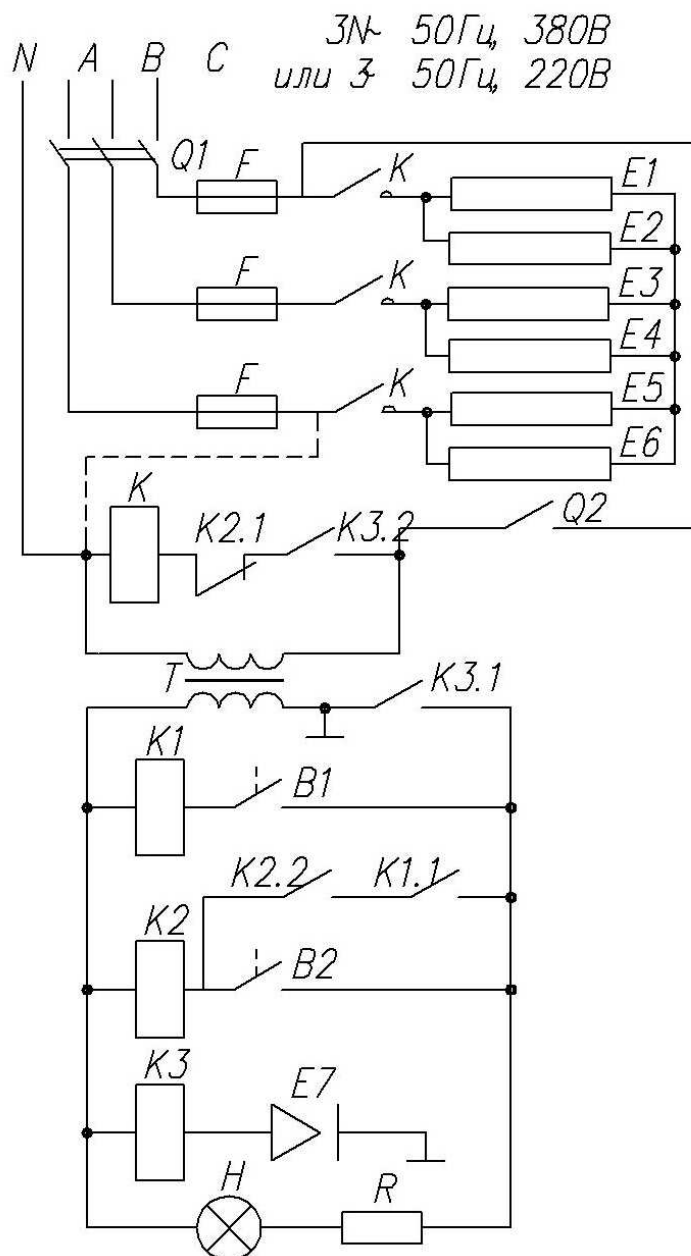


Рисунок 10 – Принципова електрична схема водонагрівача НЭ-1Б

Захист від «сухого ходу» – електродний, аналогічний захисту, що застосовується в електричних варильних котлах. При достатньому рівні води електрод  $E7$ , встановлений на кришці резервуара, знаходиться у воді, електричне коло реле  $K3$  замкнене, а його замикаючі контакти  $K3.1$  і  $K3.2$  закриті, тобто вимкнене живлення сигнальної лампи  $H$  та котушки магнітного пускача  $K$ ; останній при включенні тумблера  $Q2$  вмикає ТЕНи водонагрівача. У разі пониження рівня води в резервуарі, наприклад при тимчасовому



припиненні подачі води з водопроводу або включенні апарату при закритому вентилі на трубопроводі, електрод *E7* виявиться оголеним та живлення реле *K3* припиниться, а його замикаючі контакти *K3.1* і *K3.2* відповідно відключать сигнальну лампу і котушку магнітного пускача *K*; останній через контакти *K* знеструмлює ТЕНи.

Термометричний сигналізатор ТСМ-100 має три стрілки дві, що задають межі температури і одна, що вказує. Стрілки термосигналізатора встановлюють: жовту – на мінімальну, червону – на максимальну температуру води. На чорній стрілці жорстко закріплені контактні щітки, що ковзають по двом секторах з контактами, один з яких пов'язаний з жовтою, а інший – з червоною стрілками. При нагріванні води чорна стрілка пересувається по шкалі та по досягненні нижньої межі температури через контакт жовтої стрілки *B1* вмикає реле *K1*, а через замикаючий контакт *K1.1* підготовляє коло реле *K2*. При нагріванні води до верхньої заданої межі чорна стрілка через контакт червоної стрілки *B2* вмикає реле *K2*, контакт якого *K2.1* розмикає коло котушки магнітного пускача *K*; останній вимикає ТЕНи. Оскільки замикаючий контакт *K2.2* блокує живлення котушки *K2* при відході чорної стрілки від стрілки *B2*, яка задає верхню межу, вимкнення ТЕНів не відбудеться. Коли ж чорна стрілка понизиться до нижньої заданої межі *B1*, коло живлення котушки проміжного реле *K1* розімкнеться, а його розімкнений контакт *K1.1* вимкне котушку *K2*, контакт якої *K2.1* замкне коло живлення котушки магнітного пускача *K* і підключить ТЕНи до мережі.

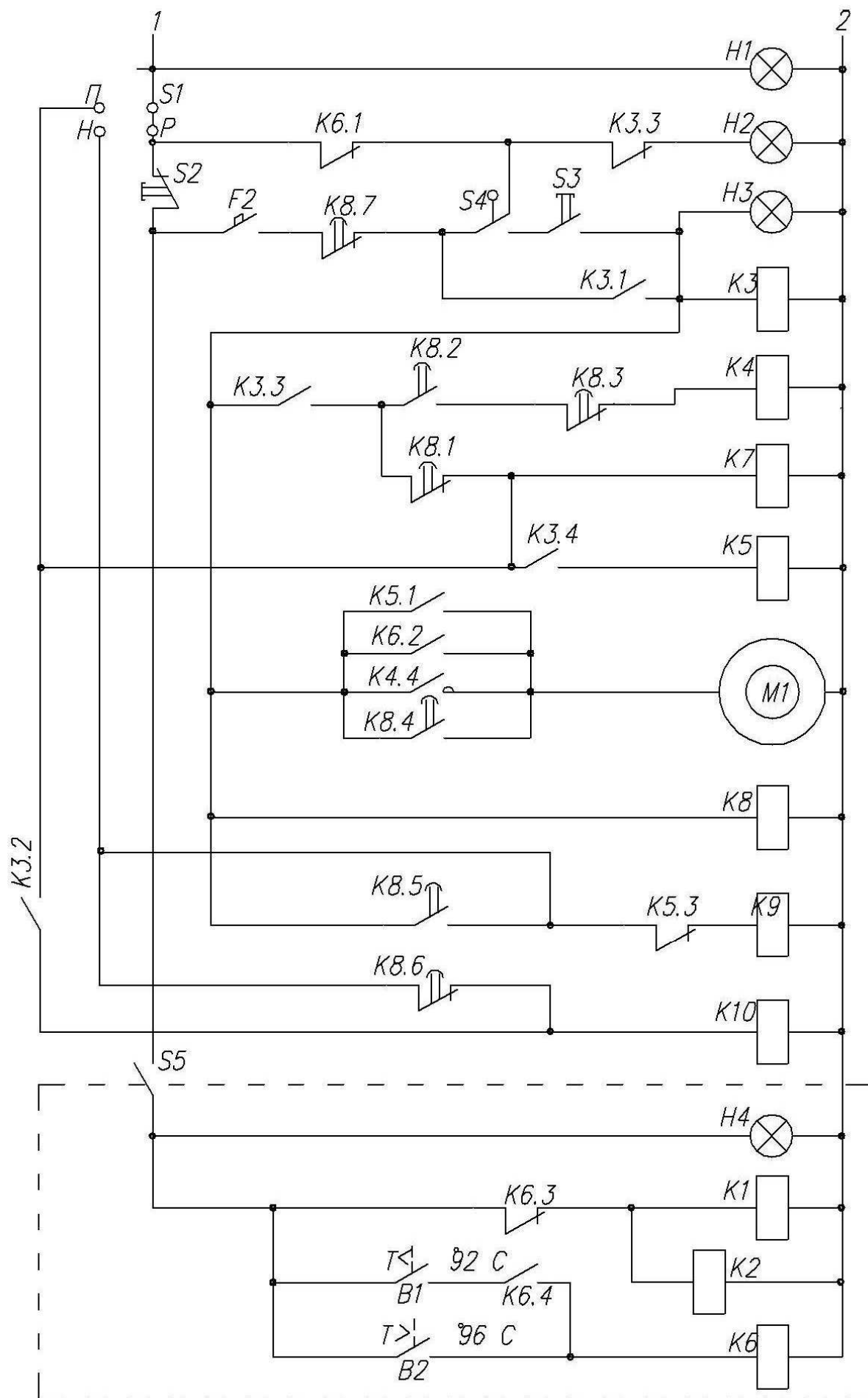
## 11. Посудомийна машина ММУ-500

Робота посудомийної машини періодичної дії ММУ-500 полягає у наступних операціях: струйне очищення, миття миючим розчином, первинне та остаточне ополіскування. Всі технологічні операції відбуваються послідовно в одній камері. Черговість і тривалість операцій задаються програмним реле часу.

Підключення машини до мережі проводиться за допомогою автоматичного вимикача *F1* (рис.11) та супроводжується запалюванням зеленої сигнальної лампи *H1*. При наявності води у водонагрівачі встановлюється тумблер *S5* в положення «Вкл», внаслідок чого вмикаються магнітні пускачі *K1*, *K2* та починається нагрівання води.

При нагріванні води до температури 96 °С контакт термосигналізатора *B1* замикається та вмикає реле *K6*, що своїм розмикаючим контактом *K6.3* вимикає котушки пускачів *K1* і *K2*; підогрів води припиняється.

Потім перемикач режимів роботи *S1* встановлюється в положення *H* «Наповнення», внаслідок чого вмикається соленоїдні клапани холодної *K10* і гарячої *K9* води. Після заповнення ванни гарячою та холодною водою перемикач *S1* встановлюють в положення *P* «Робота». Однак, у зв'язку з відбором з водонагрівача гарячої води, необхідний деякий час для того, щоб воду, яка знову поступила, нагріти до температури 96 °С. Поки температура води у водонагрівачі нижче за 96 °С, на панелі управління буде горіти червона сигнальна лампа *H2*. Як тільки температура води досягне 96 °С, спрацьовує реле *K6* і замикається контакт *K6.2* в колі електродвигуна програмного механізму *M1*. Одночасно контакт *K6.1* розімкнеться і червона лампа *H2* погасне.



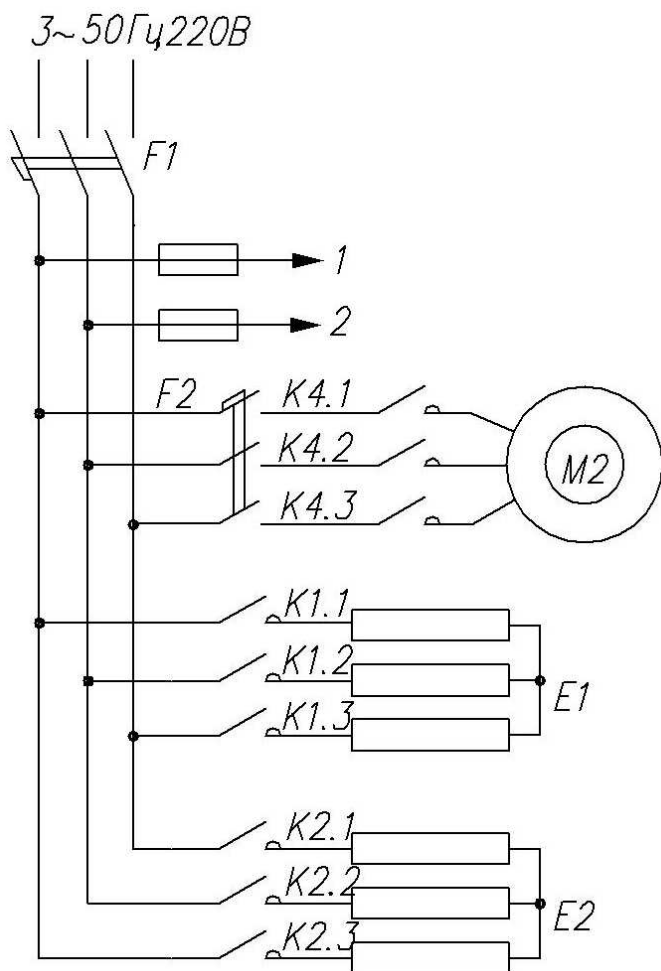


Рис.11. Електрична схема побутовий машини ММУ-500

При наявності в дозаторі миючого засобу мікроперемикач *S4* замкнутий і машина готова до роботи. Потім натискається кнопка *S3*, внаслідок чого вмикається магнітний пускач *K3* і загоряється жовта лампа робочого циклу *H3*. Пускач *K3* своїми замикаючими контактами *K3.2* і *K3.4* вмикає соленоїдний клапан подачі миючого засобу *K7* і реле *K5*. Реле *K5* своїми контактами *K5.1* і *K5.2* вмикає соленоїдний клапан холодної води *K10* і двигун програмного механізму *M1*. Починається операція вилучення дрібних залишків їжі холодною водою.

По закінченню 10 с нормально закритий контакт програмного механізму *K8.1* розмикається і вимикається соленоїдний клапан подачі миючого засобу *K7*, реле *K5*, а відповідно і соленоїдний клапан *K10*. Одночасно нормально відкритий контакт *K8.2* замикається і вмикає магнітний пускач управління роботою насоса *K4*. Магнітний пускач *K4* своїми контактами вмикає двигун приводу насоса *M2*. Одночасно замикається нормально відкритий контакт *K4.4* в колі електродвигуна приводу програмного механізму *M1*. Починається операція миття посуду миючим розчином, яка продовжується 70 с.

Після закінчення 85с з моменту початку циклу, включаючи паузу в 5 с для стоку води з миючих душів, замикаються нормально відкриті контакти *K8.4* і *K8.5* програмних механізмів. У результаті вмикаються соленоїдні клапани ополіскування *K9* і *K10* (процес ополіскування продовжується 10 с). Через 95 с після початку циклу нормально закритий контакт *K8.6* програмного механізму

розмикається і вимикає соленоїдний клапан холодної води *K10*, а соленоїдний клапан гарячої води *K9* залишається увімкненим.

### Циклограма роботи посудомийної машини ММУ-500

Операції	№ контактного елемента	Загальний час циклу - 105с				
		Час по операціях				
		0	10	80	85	105
Дозування миючого засобу і змив залишків їжі	K8.1					
<b>Миття миючим розчином</b>	K8.1, K8.3					
Подача гарячої води для ополіскування	K8.4, K8.5					
Подача холодної води для ополіскування	K8.6					
<b>Робота машини</b>	<b>K8.7</b>					

Через 105 с після початку циклу нормально закритий контакт *K8.7* програмного механізму розмикається і вимикає магнітний пускач робочого циклу *K3*. Контакт *K3.1* розмикається і двигун програмного механізму вимикається. Жовта лампа *H3*, що сигналізує про роботу машини, гасне. Для екстреного вимкнення машини передбачена кнопка *S2*.

### 12. Автомат АП-3М для приготування та жарки пончиків

Автомат АП-3М призначений для формування та жарки пончиків у фритюрі. Електрична схема автомата представлена на рис. 12. Робота апарату здійснюється у наступній послідовності. Спочатку заповнюють жарочний та доливочний баки фритюром й включають нагрівачі. Коли фритюр нагрівається до 140...150 °С, включають електродвигун М1, що обертає через редуктор диск з лопатками. Потім бак для тіста заповнюють на дві третини продуктом і включають компресор. Пончик потрапляє в гарячий фритюр, обжарюється з одного боку, а потім перевертається й обжарюється з іншого боку. Готовий пончик потрапляє в лоток. Пари фритюру, ті, що утворюються в процесі жарки, відсмоктуються з жарочного бака вентилятором.

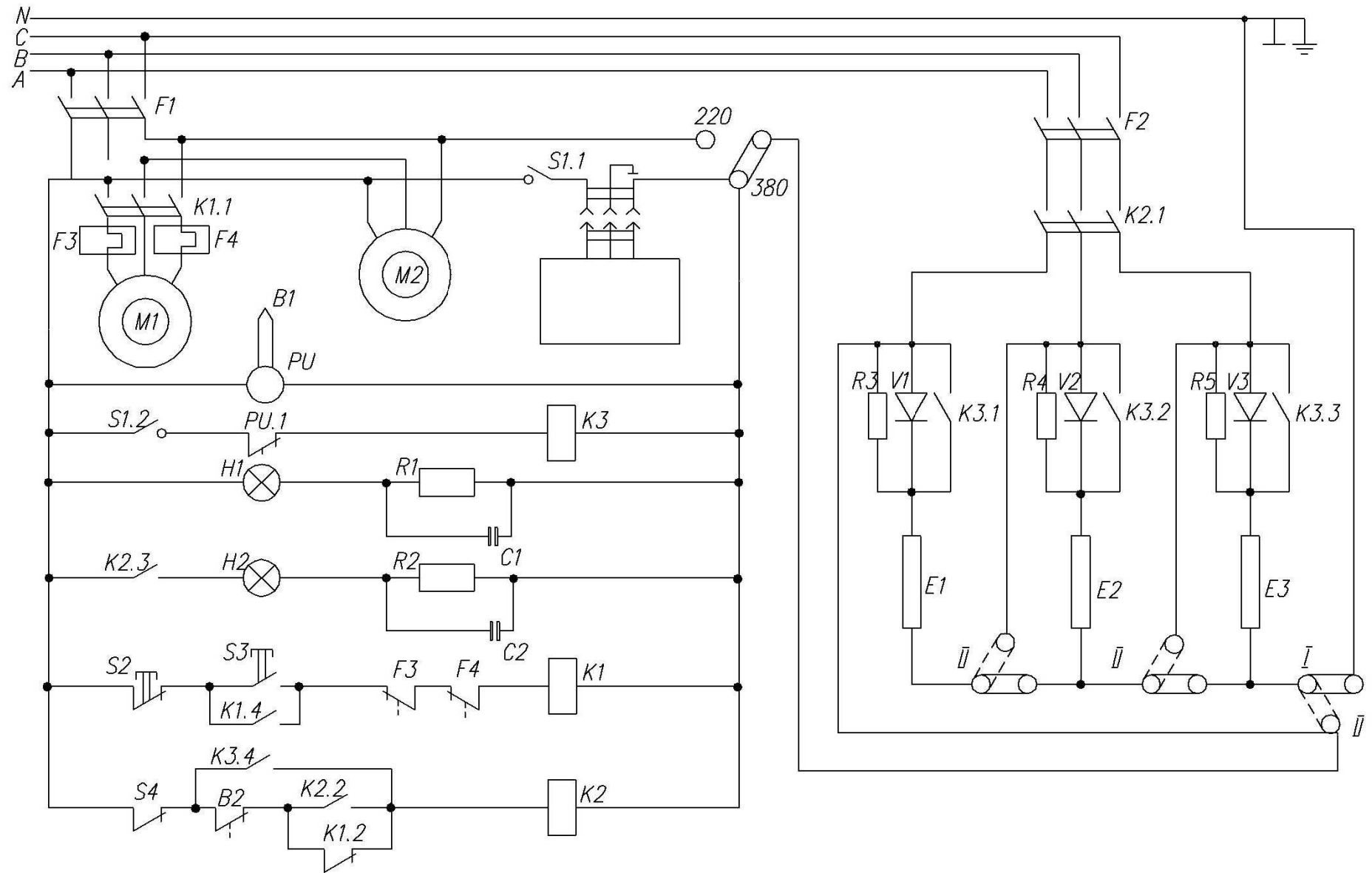


Рисунок 12 – Електрична схема автомата АП-3М для приготування і жарки пончиків

Для регулювання температури фритюру використовується пірометричний мілівольтметр *PU* в комплекті з термопарою *B1* і термореле *B2* (тип ТР-200).

Автомат вмикається за допомогою автоматичних вимикачів *F1* і *F2*. При цьому загоряється зелена лампа *H1*, що сигналізує про включення автомата. Потім на обмотку реле *K2* подається напруга через замкнутий контакт *B4*.

Контакти реле *K2* включають електронагрівачі, про роботу яких сигналізує лампа *H2*. Оскільки електронагрівачі включені через діоди *V1-V3*, що здійснюють однополуперіодне випрямлення, потужність нагріву обмежена.

Як тільки температура фритюру досягає 190 °С (верхня межа, встановлена на термореле *B2*), розмикається контакт *B2* та напруга на обмотку реле *K2* не подається. Реле *K2* вимикається, нагрівання фритюру припиняється і сигнальна лампа *H2* гасне. Апарат готовий до роботи.

Перед початком жарки необхідно тумблером *S1* включити компресор.

При зниженні температури фритюру нижче верхньої межі (190 °С) замикається контакт *B2* та вмикається реле *K2*, яке своїми контактами вмикає нагрівачі на частковий нагрів. При зниженні температури фритюру нижче за 175 °С (нижня межа, встановлена на мілівольтметрі *PU*) замикаються контакти мілівольтметра та вмикається реле *K3*, яке своїми замикаючими контактами шунтує вентилі *V1*, *V2*, *V3*, включаючи тим самим нагрівачі на повну потужність.

При підвищенні температури масла до верхньої межі (190 °С), встановленої на мілівольтметрі *PU*, контакти мілівольтметра *PU.1* розмикаються, реле *K3* знеструмлюється та нагрівачі перемикаються на однополуперіодне напруження.

При зливі олії з жарочного баку поворотом ручки зливного крана розмикається контакт вимикача *S4* та обривається коло живлення обмотки реле *K2*. Нагрів фритюру припиняється.

Для вмикання електродвигуна *M1*, що приводить в дію диск з лопатками, треба натиснути кнопку *S3*. При цьому обмотка магнітного пускача *K1* виявиться під напругою і пускач *K1* своїми контактами підключить двигун *M1* до мережі. Захист двигуна *M1* від перевантажень здійснюється тепловими реле *F3* і *F4*.

Навчальне видання

**Автоматизація виробничих процесів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для виконання лабораторних робіт, самостійного вивчення

та виконання індивідуальних завдань

для студентів, що навчаються за напрямом підготовки

6.050502 «Інженерна механіка»

Укладачі:

Кіптела Людмила Василівна

Загорулько Олексій Євгенович

Шевченко Андрій Олександрович

Загорулько Андрій Миколайович

---

Підписано до друку 27.02.2014 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк офс.  
Обл.-вид. арк. 3,4. Тираж 100 примірників. Замов. № 53

---

Видавець та виготовлювач

Харківський державний університет харчування та торгівлі

61051, Харків-51, вул. Клочківська, 333.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 4417 від 10.10.2012 р.