

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**Розробка побутового зварювального
напівавтомату**


Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

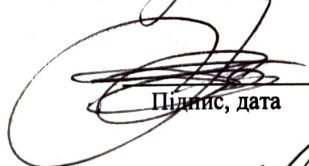
Виконав студент
4 курсу групи ЕТ-20-1


Підпис Тхоржевський Д.В.
Ініціали, прізвище


Керівник


Підпис, дата д.т.н., проф. Скиба М.Є.
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата к.т.н. доц. Тимошук О.Г.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

17 06 2024 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Освітній рівень бакалавр
Галузь знань 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

11.06.2024

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ Тхоржевський Дмитро Віталійович Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка побутового зварювального напівавтомату**
керівник роботи **Скиба М.Є., д.т.н., проф.**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру МАЕЕС

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики побутових зварювальних напівавтоматів-аналогів.**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 **Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи**

2 **Розробка побутового зварювального напівавтомату**

3 **Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції побутового зварювального напівавтомату**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. **Процес зварювання та його види. Док. оглядовий (A1). Аркуш**

2. **Побутовий зварювальний напівавтомат. Схема структурна (A1).**

Аркуш 3. **Побутовий зварювальний напівавтомат. Схема електрична**

принципова (A1). Аркуш 4. Зварювальний напівавтомат. Вид загальний

(A1). Аркуш 5. Побутовий зварювальний напівавтомат. Документ

ілюстраційний (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	01.06.24р.	
2 Розробка побутового зварювального напівавтомату	07.06.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції побутового зварювального напівавтомату	17.06.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	21.06.24р.	

Студент


Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Тхоржевський Дмитро Віталійович

2. Тема бакалаврської роботи
Розробка побутового зварювального напівавтомату

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 60

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

1 Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи

2 Розробка побутового зварювального напівавтомату

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції побутового зварювального напівавтомату

Висновки

Перелік джерел посилання

Підпис студента ✓ ТХ

" 11 " 06 20 24 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1/1 від " 25 " 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно 1А

Рекомендації ЕК _____




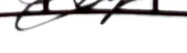
Особливі відмітки _____

Технічний секретар АБ

" 25 " 06 20 24 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	7
1.1 Процес зварювання та його види	7
1.2 Огляд та аналіз електричних схем зварювальних напівавтоматів	15
1.3 Задачі досліджень	24
1.4 Висновки до першого розділу	25
2 Розробка побутового зварювального напівавтомату	26
2.1 Розробка структурних схем побутового зварювального напівавтомата	26
2.2 Розробка електричної принципової схеми зварювального напівавтомату	29
2.3 Розробка конструкції зварювального напівавтомату	34
2.4 Висновки до другого розділу	34
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції побутового зварювального напівавтомату	35
3.1 Вихідні дані для розрахунку зварювального трансформатора	35
3.2 Розрахунок зварювального трансформатора	35
3.3 Висновки до третього розділу	55
Висновки	56
Перелік джерел посилання	57
Додатки	60

БРМА24.00.00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			
Виконав		Гхоржевський			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Скиба			б	4	60
Н контр.		Тимошук			ХНУ гр.ЕТ-20-1		
Затвер.		Поліщук					

Розробка побутового зварювального напівавтомату

ВСТУП

Процес зварювання є одним з найпоширеніших методів з'єднання металів і відіграє важливу роль у створенні матеріальної основи сучасної цивілізації. Зварюванню піддаються практично будь-які метали і неметали (кераміка, пластмаси, скло та інші) в різних умовах – від морських глибин до космосу. Товщина деталей, що зварюються, може варіюватися від мікрометрів до метрів, а маса зварних конструкцій – від часток грама до сотень і тисяч тон.

Основну частку ринку зварювального обладнання займає устаткування для дугового зварювання, попит на яке продовжує зростати. Одним із таких пристроїв є зварювальний напівавтомат, який дозволяє зварювати різні типи сталей: нержавіючі, леговані, низьковуглецеві, а також алюмінієві сплави електродним дротом у середовищі захисних газів. Зварювання з використанням напівавтомата зарекомендувало себе як один із найкращих методів зварювання.

Процес зварювання широко використовується в побуті, тому розробка побутового зварювального напівавтомата є актуальною проблемою. Забезпечення якості зварювальних процесів при зварюванні побутовим зварювальним напівавтоматом є також важливим завданням.

Незважаючи на велику кількість зварювальних напівавтоматів на ринку, існує проблема якості та продуктивності зварювальних процесів та їх автоматизації. Необхідно коригувати розрахунки та інженерні методи проектування, щоб забезпечити ефективну стабілізацію зварювальної дуги в середовищі захисних газів.

Зварювання має велике значення для відновлення та ремонту техніки та обладнання. Завдяки зварювальним технологіям можна ефективно ремонтувати пошкоджені деталі та конструкції, що значно подовжує термін їх експлуатації та знижує витрати на заміну.

Отже, процес зварювання є актуальним завдяки його незамінності у виробництві та будівництві, високій міцності з'єднань, різноманітності методів,

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

постійному розвитку технологій та важливості для ремонту та відновлення обладнання. Впровадження нових зварювальних технологій та покращення існуючих методів сприятиме підвищенню ефективності та якості продукції у різних галузях промисловості.

Метою роботи є розробка побутового зварювального напівавтоматичного апарату з гнучкою системою керування.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1 Процес зварювання та його види

Зварювання – це процес створення нероз'ємних з'єднань шляхом встановлення міжатомних зв'язків між зварюваними частинами при їх нагріванні чи пластичному деформуванні, або через комбінацію обох методів [1].

Сутність зварювання полягає у зближенні елементарних частинок зварюваних частин настільки, щоб між ними почали діяти міжатомні зв'язки, які забезпечують міцність з'єднання.

Залежно від виду енергії, що використовується при зварюванні, розрізняють три основні класи зварювання:

- механічне,
- термічне,
- термомеханічне.

До термічного класу належать види зварювання, що виконуються плавленням, тобто місцевим розплавленням з'єднуваних частин із застосуванням теплової енергії. Основними джерелами теплоти при зварюванні плавленням є:

- газове полум'я,
- зварювальна дуга,
- променеві джерела енергії,
- теплота, яка виділяється при електрошлаковому процесі.

Ці джерела теплоти характеризуються температурою і концентрацією, яка визначається найменшою площею нагрівання (плямою нагрівання) та найбільшою густиною теплової енергії в цій плямі. Ці показники визначають технологічні властивості джерел нагрівання при наплавленні, зварюванні та різанні.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Основні види зварювання термічного класу включають:

- дугове,
- плазмове,
- газове,
- електронно-променеве,
- електрошлакове,
- лазерне,
- термітне та інші.

Дугове зварювання полягає у місцевому розплавленні деталей і присадкового матеріалу теплом, що утворюється під час горіння електричної дуги між зварюваним металом та електродом.

За способом механізації зварювання може бути:

- механізоване,
- ручне,
- автоматичне.

Механізоване та автоматичне зварювання можуть здійснюватися під флюсом і в захисних газах.

Газове зварювання: Основний і присадковий метали розплавляються високотемпературним газокисневим полум'ям з температурою до 3200 °С.

Електрошлакове зварювання [1]: Плавлення основного металу і присадкового матеріалу відбувається за рахунок тепла, що виділяється під час проходження електричного струму через розплавлений шлак (у період стабільного процесу).

Електронно-променеве зварювання: Зварювання здійснюється в камерах із розрядженням до 10^{-4} – 10^{-6} мм рт. ст. Тепло виділяється за рахунок бомбардування зони зварювання електронним потоком, який досягає високої швидкості у високовольтній установці потужністю до 50 кВт. Анодом є сама зварювана деталь, а катодом – вольфрамова нитка або спіраль, нагріта до температури 2300 °С.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Плазмове зварювання: Плавлення металів здійснюється плазмодуговим струменем з температурою понад 10000 °С.

Лазерне зварювання: Зварювання здійснюється за допомогою фотоелектронної енергії. При великому посиленні світловий промінь здатний плавити метал. Для отримання такого променя використовуються спеціальні пристрої – лазери.

Термітне зварювання: Процес зварювання полягає в тому, що деталі, які зварюються, розміщуються у вогнетривкій формі, а в установленому зверху тиглі засипається терміт – порошок з алюмінію та оксиду заліза. Під час горіння терміту окис заліза відновлюється, а утворений при цьому рідкий метал, заповнюючи форму, оплавляє і з'єднує кромки виробів.

До термомеханічного класу належать види зварювання, при яких застосовується теплова енергія і тиск:

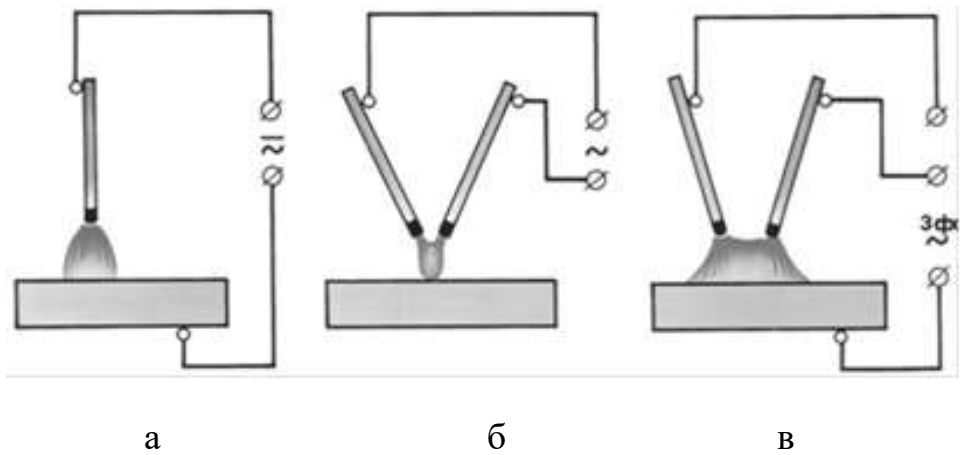
- дифузійне,
- контактне,
- газопресове та інші.

Електрична зварювальна дуга – це стійкий тривалий електричний розряд у газовому середовищі між твердими або плавкими електродами, який здійснюється при високій густині струму і супроводжується виділенням великої кількості тепла. Електричний розряд у газі – це електричний струм, що проходить через газове середовище завдяки наявності в ньому вільних електронів, а також негативних і позитивних іонів, які здатні переміщуватися між електродами під дією прикладеного електричного поля (різниці потенціалів між електродами) [2].

Основні групи зварювальних дуг за технічними ознаками включають:

- дуги прямої дії,
- дуги непрямої дії,
- дуги комбінованої дії (рис. 1.1, аркуш [БРМА24.00.00.000ДО]).

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а – прямої; б – непрямої; в – комбінованої дій (трифазна)

Рисунок 1.1 – Види зварювальних дуг:

- за типом струму: дуги змінного та постійного струму;
- за видом електроду: дуги з плавким та неплавким електродами (рис. 1.2);
- за наявністю просторових обмежень дугового розряду (рис. 1.3): стиснені та вільні дуги;

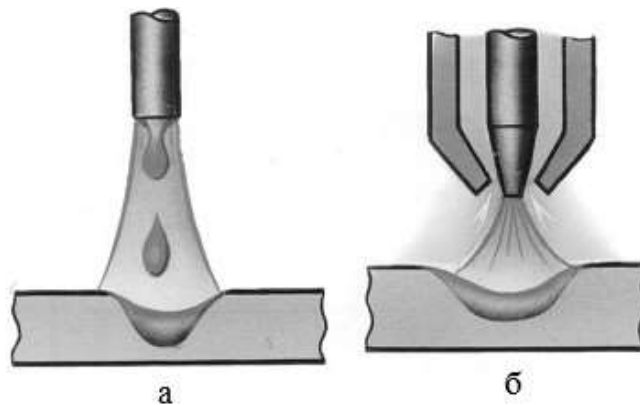


Рисунок 1.2 – Схема зварювання плавким (а) і зварювання неплавким (б) електродами

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
10

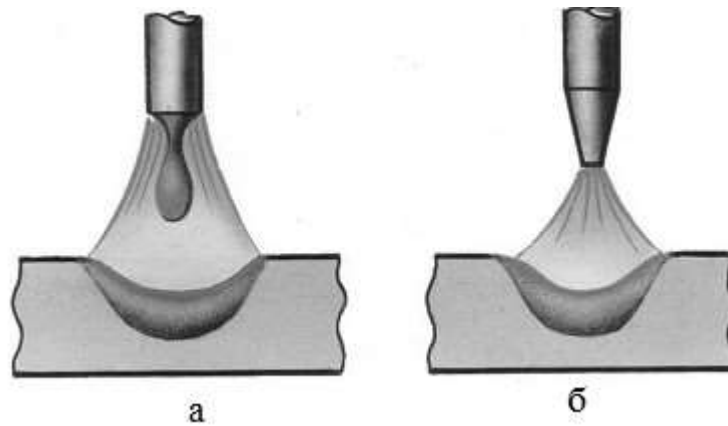


Рисунок 1.3 – Схема зварювання вільною (а) і стисненою (б) дугами

– за наявністю перешкод для циркуляції газу в просторі навколо дуги та можливістю спостереження за дуговим розрядом: відкриті та закриті дуги.

У дугах з плавкими електродами обидва електроди (або електрод і деталь) розплавляються, постачаючи метал до загальної зварювальної ванни. У дугах із неплавкими електродами, де електроди (або хоча б один з них) є тугоплавкими, рідкий метал не постачається до зварювальної ванни, хоча на торцях цих електродів може утворюватися тонка плівка рідкого металу.

Для дуги постійного струму характерні стабільний напрямок струму і, як правило, незначні коливання його сили. У дугах змінного струму відбуваються постійні зміни напряму та сили струму. Такі дуги згасають кожного разу, коли струм проходить через нуль, і знову збуджуються, коли між електродами досягається необхідна величина електрорушійної сили.

Дуга вважається вільною, якщо її розвиток у просторі обмежений лише природними властивостями. При наявності штучних обмежень дуга називається стиснутою.

Збудження дуги може здійснюватися такими способами:

– додатковим імпульсом струму високої напруги і високої частоти (зварювання неплавким електродом та ін.);

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

- розведенням електродів після короткого замикання між ними (ручне дугове зварювання та ін.);
- розплавленням (перегоранням) кінця електродного дроту в момент короткого замикання (механізоване зварювання зі сталою швидкістю подачі електродного дроту).

У всіх цих випадках у просторі між електродами з'являються електрично заряджені частинки (електрони та іони), які за наявності відповідної напруги (електрорушійної сили) між електродами починають впорядковано рухатися до електродів, здійснюючи збудження дуги. Час формування дугового розряду становить близько 10^{-6} секунди.

Електрична дуга постійного струму збуджується при зіткненні торця електрода з кромками деталі, що зварюється. На початку контакт відбувається між мікровиступами поверхонь електрода і деталі (рис. 1.4, а). Висока густина струму сприяє миттєвому розплавленню цих виступів і утворенню плівки рідкого металу (рис. 1.4, б), яка замикає зварювальний ланцюг на ділянці «електрод – деталь». При подальшому відведенні електрода від поверхні деталі на 2-4 мм (рис. 1.4, в) плівка рідкого металу розтягується, а її перетин зменшується, що призводить до зростання густини струму і підвищення температури металу.



Рисунок 1.4 – Розпалювання зварювальної дуги

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

Ці явища призводять до розриву плівки та випаровування металу, що кипить. Інтенсивна термоелектронна та автоелектронна емісії, які виникають при високій температурі, забезпечують іонізацію пари металу та газів у міжелектродному проміжку. В іонізованому середовищі, що утворилося, з'являється електрична зварювальна дуга (рис. 1.5). У встановленій зварювальній дузі розрізняють три зони:

- анодну,
- катодну,
- стовпа дуги.



Рисунок 1.5 – Схема горіння зварювальної дуги

Важливим аспектом є вольт-амперна характеристика дуги, яка відображає залежність напруги дуги від струму в зварювальному колі.

Вольт-амперна характеристика дуги (рис. 1.6) включає три області:

- падаючу,
- жорстку,
- зростаючу.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

У першій області (до 100 А) зі збільшенням струму напруга значно зменшується. Це пов'язано з тим, що при зростанні струму збільшується поперечний переріз дуги, а отже, і її провідність.

У другій області (100–1000 А) при збільшенні струму напруга залишається постійною, оскільки перетин стовпа дуги та площі катодної і анодної плям збільшується пропорційно струму. Ця область характеризується стабільністю густини струму.

У третій області (більше 1000 А) збільшення струму викликає зростання напруги, тому що підвищення густини струму вище певного значення не супроводжується збільшенням катодної плями через обмеженість перетину електрода.

Дуга в першій області горить нестійко, що обмежує її використання. Дуга в другій області горить стабільно і забезпечує нормальний технологічний процес зварювання.

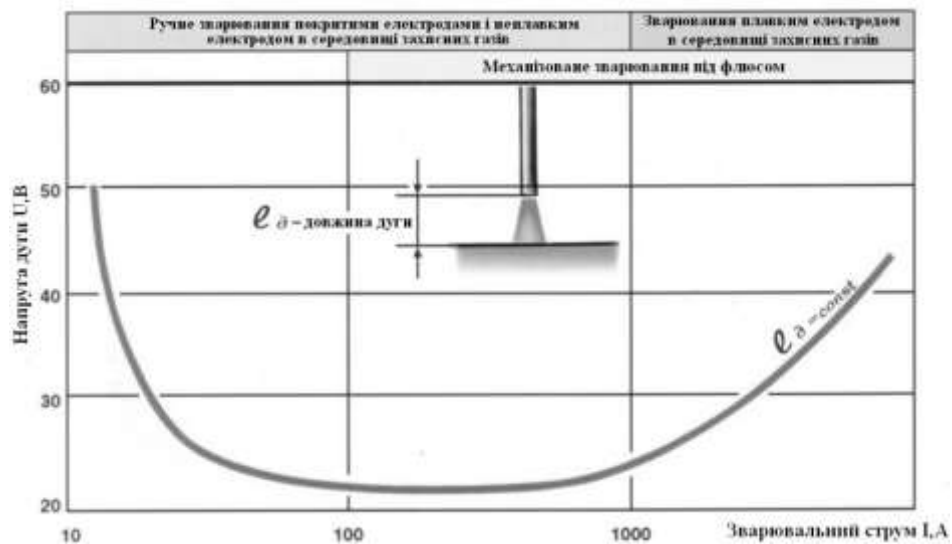


Рисунок 1.6 – Вольт-амперна характеристика дуги

Довжина дуги - це відстань між кінцем електрода та поверхнею зварювальної ванни. Дугу довжиною 2–4 міліметри називають короткою.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

допомогою окремого малопотужного трансформатора T2 і діодного моста VDS1.

Вузол керування джерелом побудований на реле K2. При натисканні кнопки S3, розташованої на тримачі, реле K2 спрацьовує і своїм контактом K2.2 активує газовий клапан K1, забезпечуючи подачу захисного газу. Через контакт K2.1 подається напруга на обмотку електромагнітного пускача KM1, який своїми контактами KM1.1 і KM1.2 підключає первинну обмотку трансформатора до мережі живлення.

Зварювальний струм залежить від швидкості подачі дроту. Кожній вихідній напрузі джерела відповідає певний струм, а відповідно і швидкість подачі дроту, яка забезпечує стійкий процес горіння дуги.

На рис. 1.9 [2] показана електрична принципова схема зварювального джерела з тиристорним регулятором для напівавтоматичного зварювання.

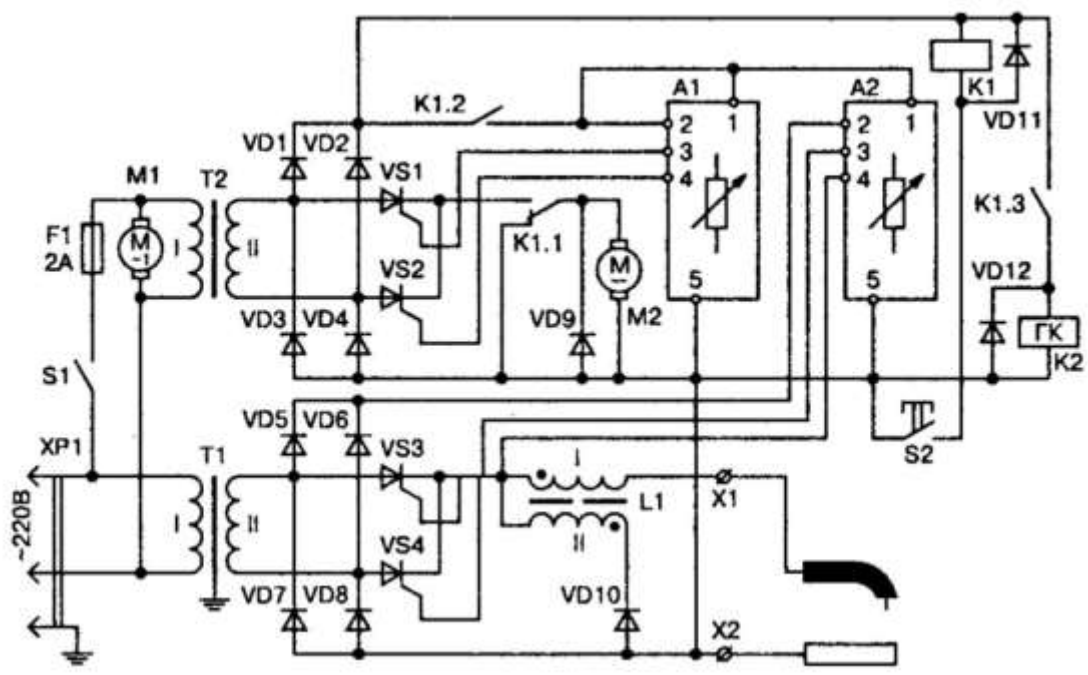


Рисунок 1.9 – Електрична принципова схема зварювального джерела

Змінна напруга з вторинної обмотки трансформатора Т1 подається на вхід двонапівперіодного керованого випрямляча VD1, VD8, VS3, VS4, який забезпечує регулювання зварювальної напруги. Для підтримання горіння дуги під час пауз випрямленої напруги використовується спеціальний двохобмотковий дросель L1.

Крім того, до складу джерела для напівавтоматичного зварювання входять спеціалізовані вузли керування подачею захисного газу і зварювального дроту, які живляться від постійної напруги 24 В. Ця постійна напруга генерується за допомогою окремого малопотужного трансформатора Т2 і двонапівперіодного випрямляча VD1-VD4.

Діоди VD3, VD4 разом із тиристорами VS1, VS2 формують керований випрямляч, який здійснює регулювання швидкості подачі дроту. Контроль включеного стану джерела здійснюється за допомогою світлодіода HL1.

Вузол керування джерелом побудований на реле К2. Вмикання джерела здійснюється натисканням кнопки S2, розташованої на тримачі. При цьому спрацьовує реле К1, яке своїм контактом К1.1 підключає двигун подачі М2 до виходу керованого випрямляча VD3, VD4, VS1, VS2. Контакт К1.3 активує газовий клапан К2, який забезпечує подачу захисного газу в зону зварювання. Через контакт К1.2 з виходу випрямляча VD1-VD4 пульсуюча випрямлена напруга подається на виводи живлення (1, 5) блоків керування А1 і А2.

Блок керування А1 відповідає за регулювання швидкості подачі дроту, а блок А2 - за встановлення зварювальної напруги.

Зварювальний напівавтомат в вуглекислотному газовому середовищі з автоматичною подачею зварювального дроту [1]. Основою схеми побутового зварювального напівавтомата (рис. 1.10) є зварювальний трансформатор Т1, який підключається до мережі живлення 220 В через комутатор на зустрічно-паралельних оптотиристорах VS1, VS2, керованих ключем VT1-VT2, і забезпечує:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- напругу живлення (з вихідної обмотки III) електродвигуна, що подає зварювальний дріт, який вмикається ключем VT8 через стабілізатор напруги С6-DA2-R11-R12-C7 і вихідний потужний транзистор VT7;
- зварювальну напругу з вихідної обмотки II, випрямлену мостом VD1-VD5, згладжену фільтром L1-C1 (R3 баластний резистор, який розряджає C1 на холостому ході);
- напругу живлення (з вихідної обмотки III, знижена до 12 В резистором R9) газового клапана KL1, який вмикається електронним ключем VT5-VT6.

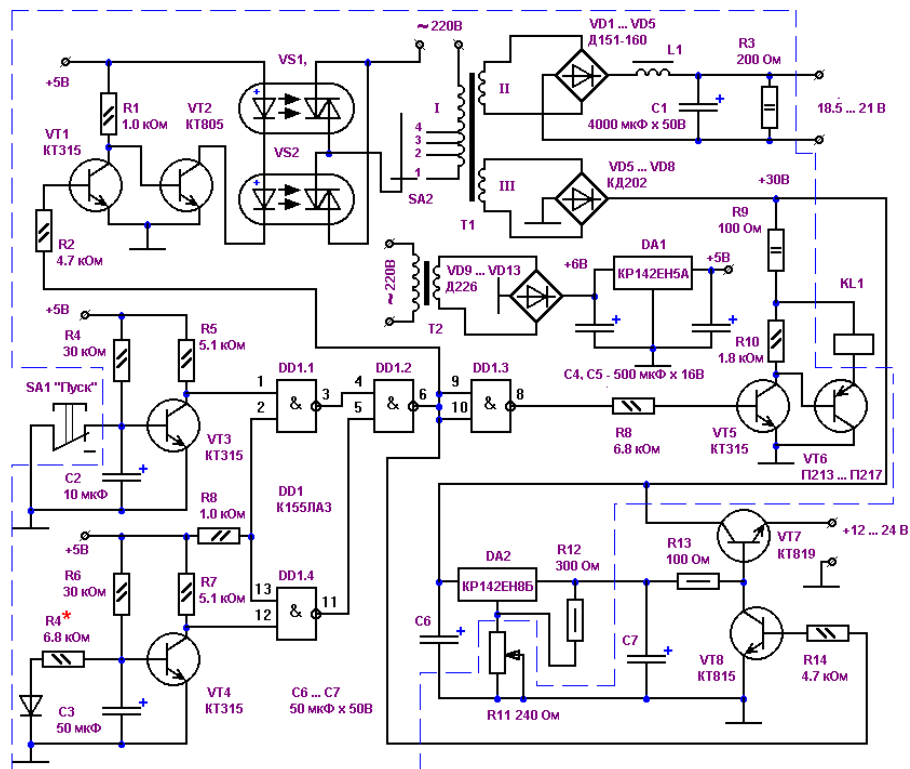


Рисунок 1.10 – Схема напівавтомата зварювального з автоматичною подачею зварювального дроту

Перемикач SA2 на первинній обмотці дозволяє змінювати вихідну напругу приблизно від 18 до 21 В.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

При натисканні кнопки керування логічна одиниця через діод VD4 відкриває клапан газу та запускає коло затримки, зібране на D1.1 і D1.2. Після часу, заданого ланцюгом R6, C4, на виході 4 елемента D1.2 з'являється логічна одиниця, яка через діод VD9 активує реле двигуна. Одночасно на виході 11 D1.4 з'являється логічна одиниця, яка через діод VD6 вмикає реле струму.

У цей момент починається процес зварювання.

При відпусканні кнопки керування на виході 4 елемента D1.2 з'являється логічний нуль, який відключає реле двигуна. Потім, через час, заданий колом R9, C9, на виході 11 D1.4 з'являється логічний нуль, який вимикає реле струму і клапан газу.

У цей момент зварювання закінчується.

В автоматичному режимі, коли схема знаходиться в початковому стані, кнопка керування SB1 віджата. Перемикач SA1 (Авт./Ручн.) знаходиться в нижньому положенні за схемою. Перемикач SA2 (Без затримок) також знаходиться в нижньому положенні за схемою, тобто затримки перед подачею газу і вимкненням газу увімкнуті.

Схема в цьому режимі працює за тим же алгоритмом, що і в ручному режимі, тільки час зварювання задається колом C2, R5. При даних номіналах час зварювання регулюється в межах від 0 до 15 секунд. У цьому режимі кнопку необхідно утримувати. Після закінчення заданого часу схема автоматично припиняє процес зварювання. Якщо в автоматичному режимі зварювання не потрібно, досить відпустити кнопку керування, і зварювання припиниться.

У режимі без затримок, коли схема знаходиться в початковому стані, кнопка керування SB1 віджата. Перемикач SA1 (Авт./Ручн.) знаходиться у верхньому положенні за схемою. Перемикач SA2 (Без затримок) також у верхньому положенні за схемою, тобто затримки перед подачею газу і вимкненням газу вимкнуті.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Схема підтримує три режими зварювання: тригерний, ручний і автоматичний. Також є можливість увімкнути або вимкнути затримки перед подачею газу і після вимкнення газу (перемикач SA2) (рис. 1.12).

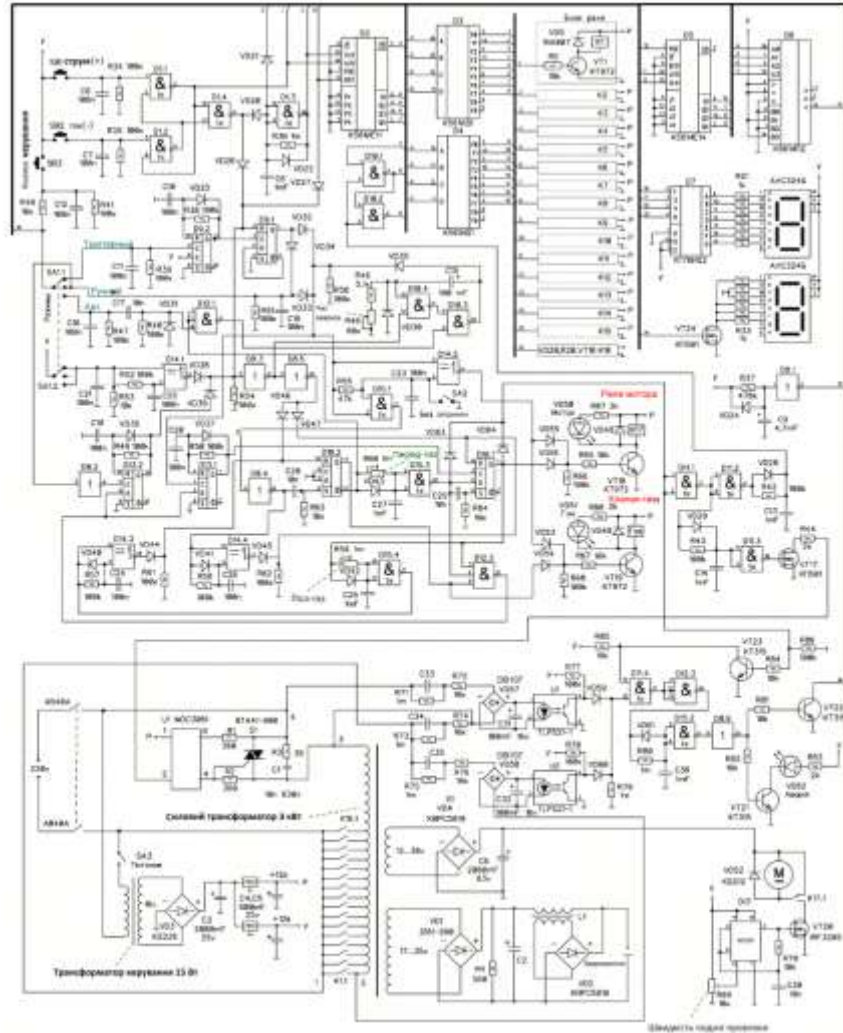


Рисунок 1.12 – Схема напівавтомата зварювального з регулюванням струму ступенями по первині обмотці трансформатора

Для комутації первинної обмотки трансформатора за допомогою реле існують певні правила. Щоб їх дотримуватися, у схемі реалізовано кілька рівнів захисту від неправильного вмикання:

- якщо під час зварювання хтось натисне кнопки SB1 або SB2, силовий трансформатор вимкнеться;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
22

- якщо під час зварювання хтось перемкне режим зварювання, силовий трансформатор вимкнеться;
- якщо одне з реле залипне, кнопка керування буде заблокована до усунення несправності, і зварювання буде неможливим;
- якщо симістор S1 закоротить, кнопка керування також буде заблокована, і зварювання буде неможливим. У такій ситуації світлодіод VD62 загориться, вказуючи на аварію.

Розглянемо схему зварювального напівавтомата з регулюванням струму ступенями по первинній обмотці трансформатора без системи індикації (рис. 1.13) [3].

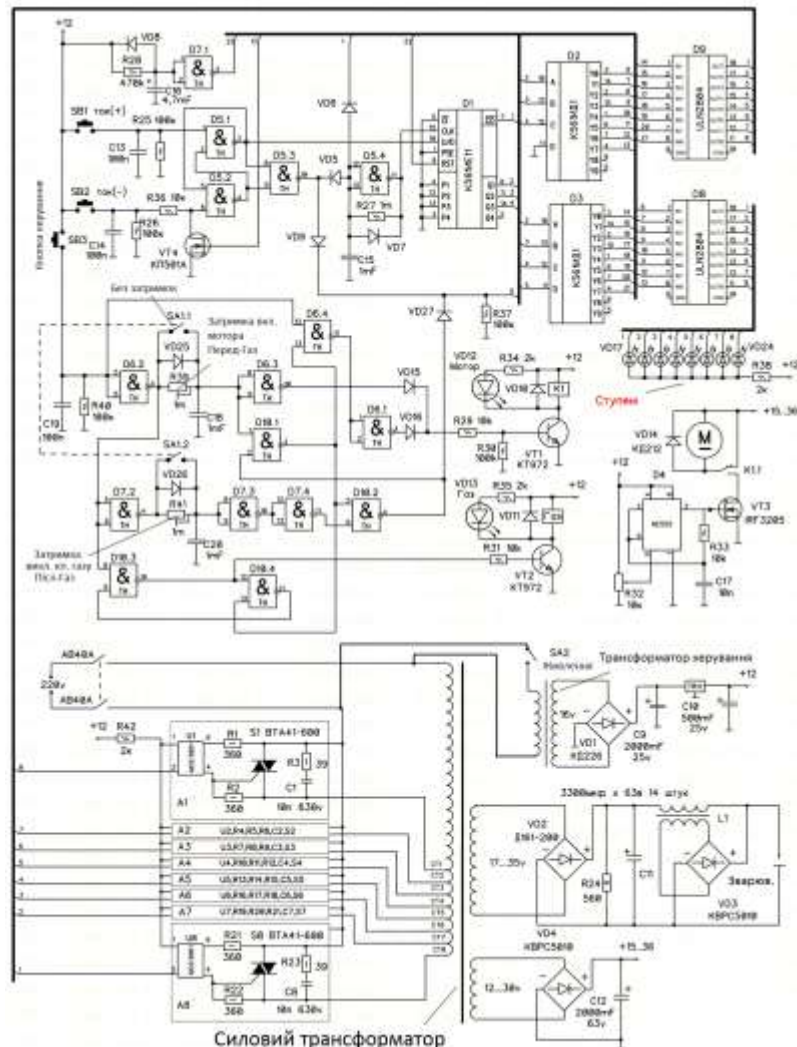


Рисунок 1.13 – Схема напівавтомата зварювального з регулюванням струму ступенями по первині обмотці трансформатора без системи індикації

Кнопками SB1 і SB2 вибирають необхідний ступінь для зварювання на силовому трансформаторі, при цьому загоряються світлодіоди VD17..VD24, показуючи, який ступінь обрано.

При розімкненому перемикачі SA1 схема працює в режимі із затримками.

Алгоритм роботи:

- При натисканні кнопки керування SB3, вмикається клапан газу – починається процес перед-газ.
- Після часу, заданого резистором R39, вмикається двигун подачі дроту (реле K1) і зварювальний струм (один із вибраних кнопками SB1 і SB2 блоків A1..A8, підключених до ступенів силового трансформатора ст1..ст8) – починається процес зварювання.
- Після відпускання кнопки керування SB3 відключається двигун подачі дроту – починається процес після-газ.
- Після часу, заданого резистором R41, вимикається клапан газу і зварювальний струм – процес зварювання завершено, схема повертається в початковий стан.

При замкненому перемикачі SA1 схема працює в режимі без затримок.

1.3 Задачі досліджень

В бакалаврській роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- здійснити огляд та аналіз роботи зварювальних побутових напівавтоматів;
- провести огляд та аналіз електричних схем зварювальних напівавтоматів;
- розробити конструкцію побутового зварювального напівавтомату;
- визначити технологічні та технічні вимоги до зварювального трансформатора;
- визначити технологічні вимоги до схем керування побутовим зварювальним напівавтоматом;

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції.

1.4 Висновки до першого розділу

У цьому розділі було проаналізовано робочі процеси зварювальних побутових напівавтоматів.

Суть зварювання полягає у зближенні елементарних частинок зварюваних частин настільки, щоб між ними почали діяти міжатомні зв'язки, які забезпечують міцність з'єднання.

Основні види зварювання включають газове, дугове, електрошлакове, плазмове, електронно-променеве, лазерне, термітне та інші.

Також у цьому розділі було проведено огляд конструкцій зварювальних побутових напівавтоматів та електричних схем зварювальних напівавтоматів.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА ПОБУТОВОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТУ

2.1 Розробка структурних схем побутового зварювального напівавтомата

Згідно з темою кваліфікаційної роботи потрібно розробити схему зварювального побутового напівавтомата.

Зварювальний побутовий напівавтомат повинен забезпечувати:

- мати жорстку зовнішню характеристику;
- мати плавне регулювання швидкості подачі зварювального дроту;
- випрямлений зварювальний струм в межах 60-160 А.

Розглянемо існуючі структурні схеми зварювальних побутових напівавтоматів (рис.2.1).

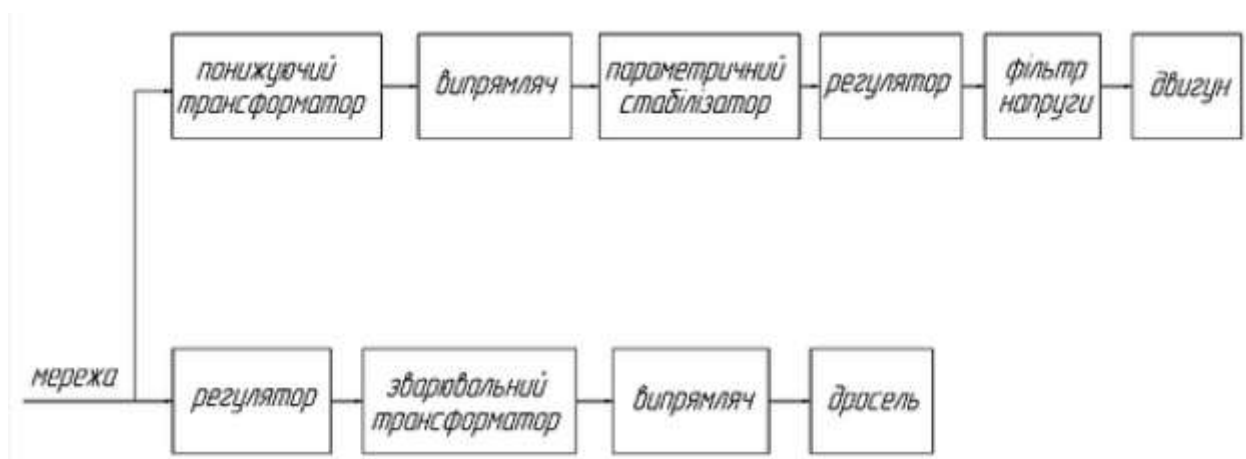


Рисунок 2.1 – Структурна схема побутового зварювального напівавтомата

Структурна схема (рис. 2.1) представляє собою просту схему зварювального напівавтомата, що дає змогу:

- регулювати швидкість подачі зварювального дроту,
- регулювати струм зварювання по первинній обмотці трансформатора.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.
26

Представлена схема складається з наступних компонентів:

- регулятора, який регулює напругу на первинній обмотці зварювального трансформатора;
- зварювального трансформатора, який забезпечує необхідний зварювальний струм;
- випрямляча, який перетворює змінний струм на постійний, оскільки апарат працює з постійним струмом;
- понижуючого трансформатора, який перетворює змінний струм однієї напруги на змінний струм іншої напруги для живлення інших компонентів;
- дроселя, який обмежує зварювальні струми шляхом збільшення реактивного опору;
- випрямляча, який перетворює змінний струм на постійний, оскільки апарат працює з постійним струмом;
- параметричного стабілізатора, який підтримує стабільну напругу з потрібною точністю в заданому діапазоні зміни напруги джерела або опору навантаження;
- фільтра напруги, який захищає компоненти від перепадів напруги;
- регулятора, який керує швидкістю подачі дроту;
- двигуна, який приводить в рух редуктор механізму подачі.

Структурна схема, наведена на рисунку 2.2 (аркуш [БРМА24.00.00.000Е1]), додатково забезпечує примусове охолодження зварювального трансформатора та має іншу систему управління зварювальним процесом. Ці функції реалізуються за допомогою наступних компонентів:

- вимикач/вмикач, призначений для ввімкнення та вимкнення апарату;
- понижуючий трансформатор, який перетворює змінний струм однієї напруги на змінний струм іншої напруги для живлення інших вузлів;
- кнопка пальника – спеціальна кнопка на пальнику, яка при натисканні комутує інші вузли схеми;

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- випрямляч, який перетворює змінний струм на постійний, оскільки схема працює з постійним струмом;
- реле К1, яке замикає первинну обмотку зварювального трансформатора при спрацюванні і одночасно забезпечує захист від ураження струмом, доки не натиснута кнопка пальника;
- реле К2, яке комутує вузол регулювання швидкості подачі зварювального дроту;
- двигун М2, який приводить у рух вентилятор, що здійснює примусове охолодження всіх елементів, розташованих у корпусі.

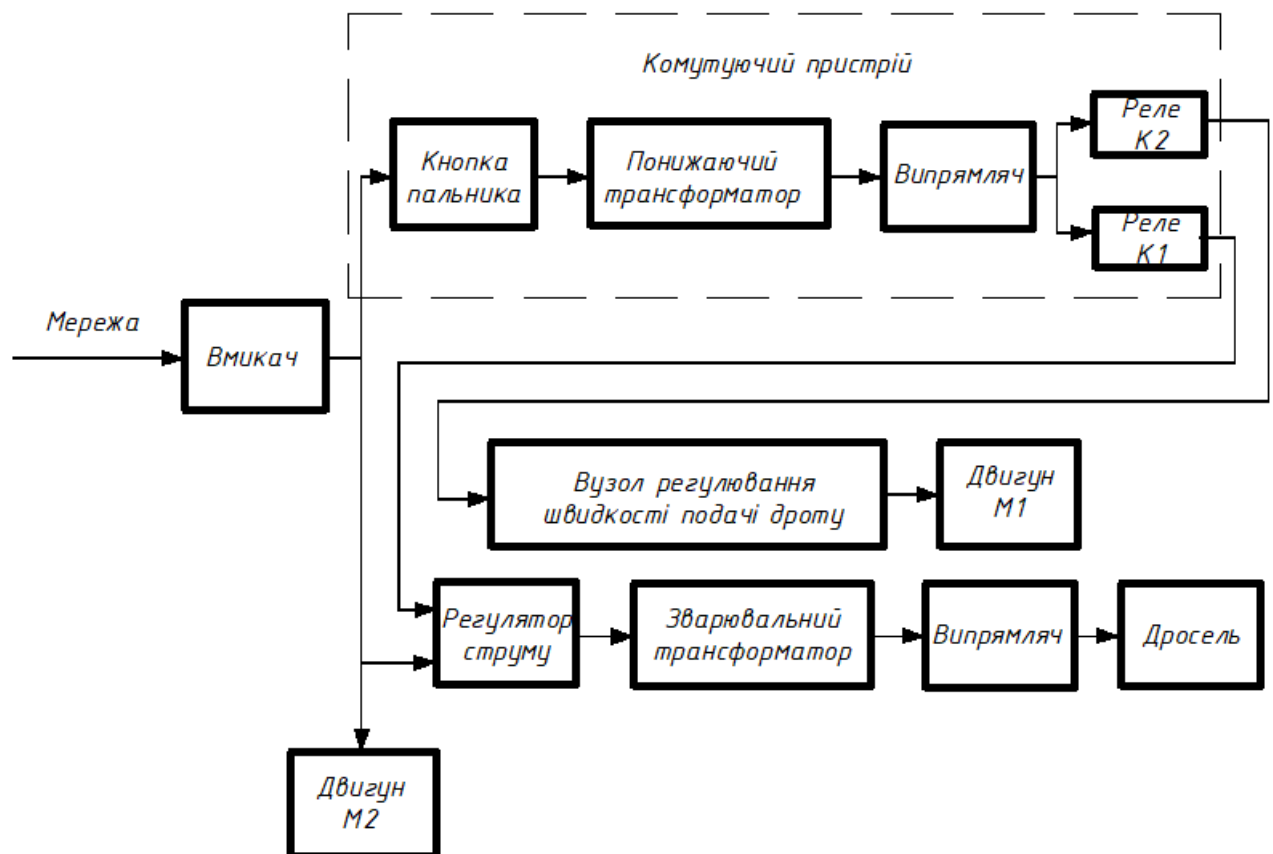


Рисунок 2.2 – Структурна схема побутового зварювального напівавтомата з захистом від ураження струмом

З вище приведених схем другий варіант має переваги над першим. Тому для розробки електричної схеми було вибрано другий варіант.

2.2 Розробка електричної принципової схеми зварювального напівавтомату

Розробка вузла вимикача:

Цей вузол складається з перемикача SA1, який призначений для підключення апарату до мережі живлення та відключення його від неї. Також в цьому вузлі передбачено занулення корпусу зварювального напівавтомата (рис. 2.3).

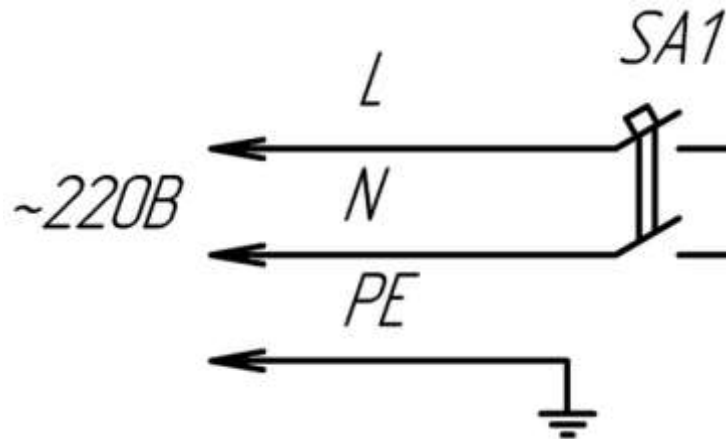


Рисунок 2.3 – Вузол вмикач

Розробка вузла комутуючого пристрою (рис.2.4).

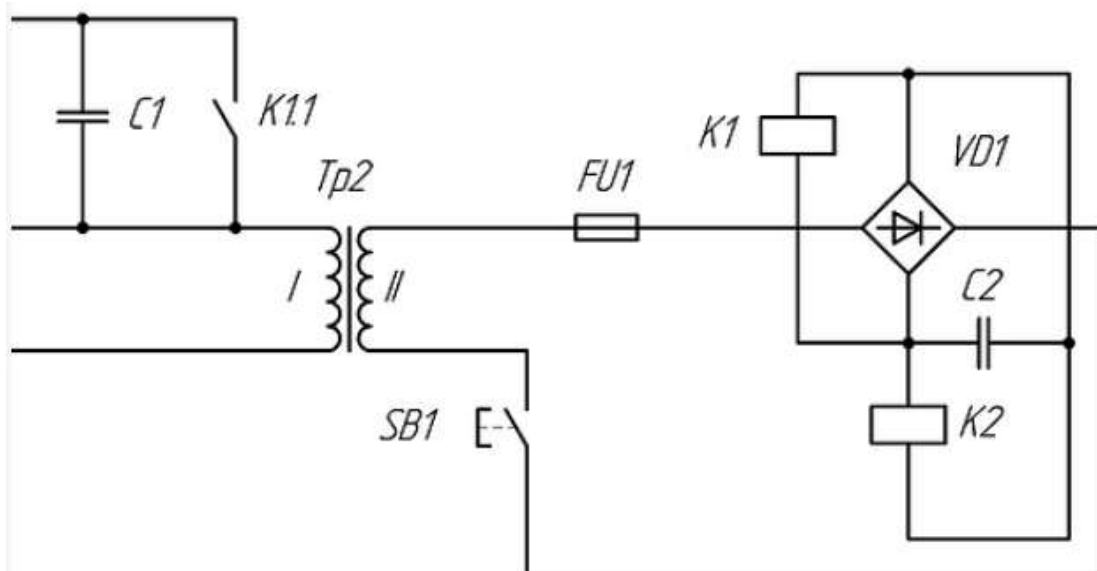


Рисунок 2.4 – Комутуючий пристрій

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

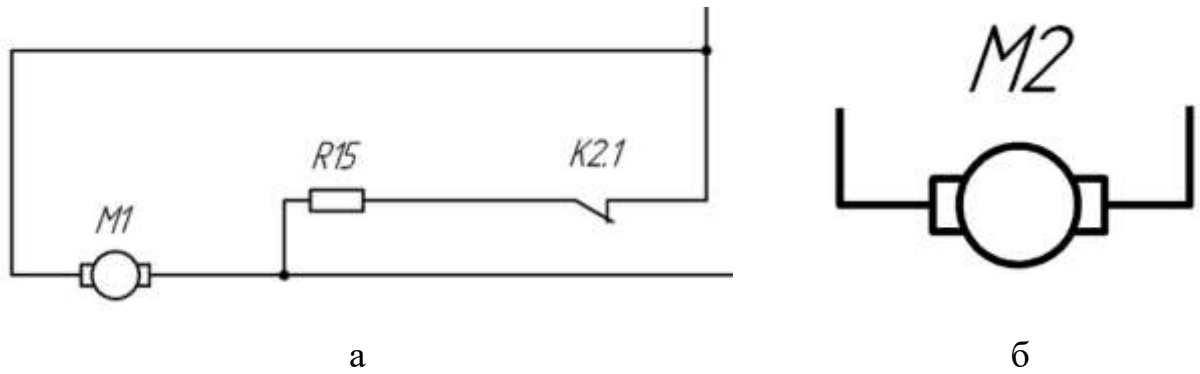


Рисунок 2.6 – Вузол М1 (а) та М2 (б)

Вузол складається з двигуна-редуктора М1 (рис. 2.6, а) та двигуна примусового охолодження М2 (рис. 2.6, б).

Розробка вузла регулятора струму:

Цей вузол складається з двох силових перемикачів SA2 та SA3. Він призначений для ступінчастого регулювання зварювального струму шляхом перемикання витків первинної обмотки зварювального трансформатора Т1. Вузол забезпечує чотири рівні регулювання за допомогою перемикачів MIN/MAX та 1/2 (рис. 2.7).

Розробка вузлів зварювального трансформатора, випрямляча та дроселя (рис. 2.8).

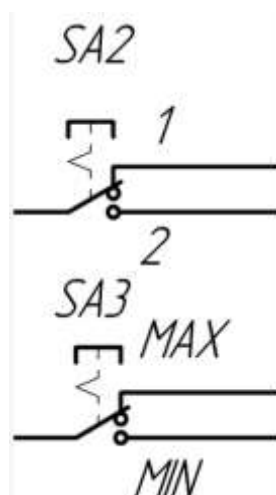


Рисунок 2.7 – Вузол регулятор струм

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

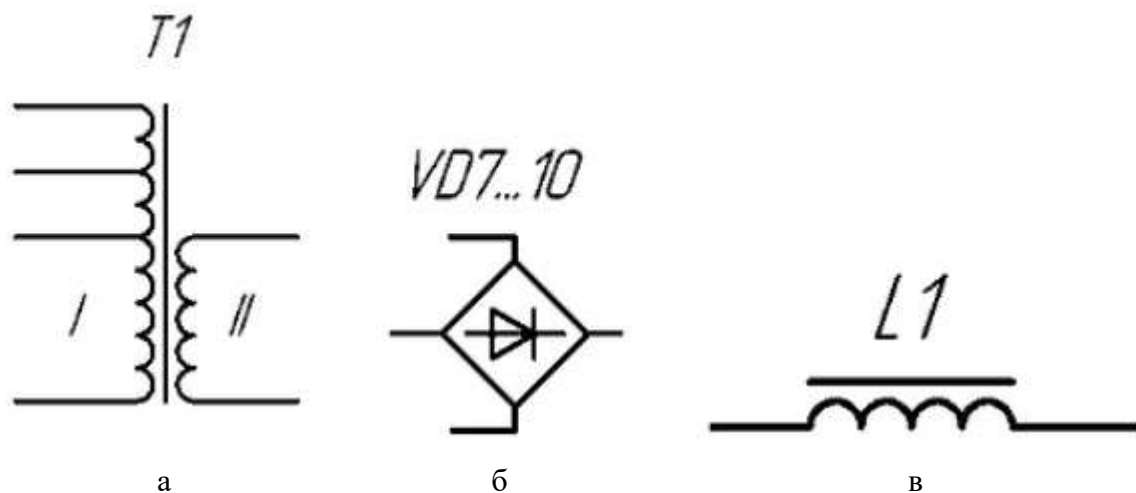


Рисунок 2.8 – Вузли: зварювальний трансформатор (а), випрямляч (б) та дросель (в)

Вузол зварювального трансформатора призначений для живлення зварювальної дуги та двигуна-редуктора механізму подачі зварювального дроту (рис. 2.8, а).

Вузол випрямляча призначений для перетворення змінного струму певної напруги в постійний струм тієї ж напруги (рис. 2.8, б).

Вузол дроселя призначений для зменшення пульсацій і підтримання струму на заданому рівні (рис. 2.8, в).

На основі наведених вузлів створюється електрична схема (рис. 2.9, аркуш [БРМА24.00.00.000ЕЗ]), а перелік елементної бази схеми представлений в додатках до пояснювальної записки.

Схема працює наступним чином. При перемиканні перемикача SA1 (рис. 2.3) струм надходить на обмотку двигуна M2, який здійснює охолодження зварювального трансформатора T1 і дроселя L1. Одночасно струм подається на первинну обмотку понижуючого трансформатора T2.

При натисканні кнопки SB1, розташованої на пальнику, замикається вторинна обмотка понижуючого трансформатора T2. Далі змінний струм проходить через діодний міст VD1, де випрямляється на постійний. Реле K1 і K2 отримують живлення від діодного моста VD1.

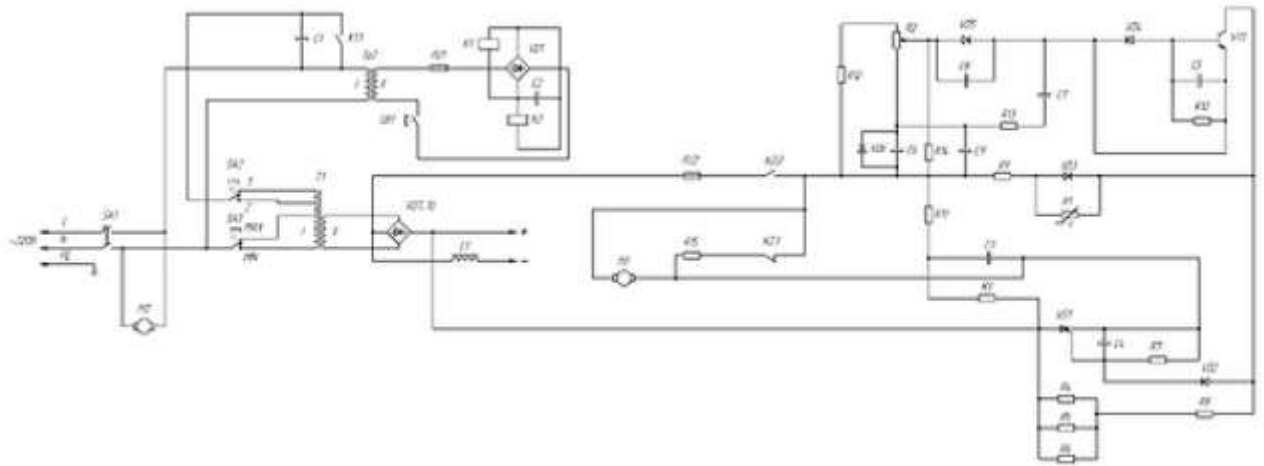


Рисунок 2.9 – Схема електрична принципова

При спрацьовуванні реле K1, його контакт K1.1 замикає електричне коло зварювального трансформатора T1, де знаходяться два перемикачі SA1 (MAX/MIN) і SA2 (1/2). За їх допомогою здійснюється регулювання зварювального струму в чотири ступені (від 60А до 160А). Із первинної обмотки трансформатора T1 за законом електромагнітної індукції струм індукується у вторинній обмотці трансформатора T1. З вторинної обмотки трансформатора T1 струм надходить до вузла випрямляча, в якому використовуються вісім діодів VD7...VD14, з'єднаних за мостовою двонапівперіодною схемою і включених паралельно. У цьому вузлі струм випрямляється з змінного на постійний. Далі випрямлений струм надходить до вузла дроселя L1, який призначений для обмеження зварювальних струмів шляхом зміни індуктивного опору.

Одночасно зі спрацьовуванням реле K1 активується і реле K2, яке має дві пари контактів: нормально розімкнений K2.2 і нормально замкнений K2.1. Контакт K2.1 розмикається (у початковому положенні він замикає обмотки електричного двигуна на баластний резистор. Цей резистор використовується для обмеження струму і запобігання інерційному обертанню електричного двигуна подачі зварювального дроту), а контакт K2.2 замикається, замикаючи коло вузла регулювання швидкості подачі дроту. Регулювання здійснюється за

допомогою тиристора VS1, керованого транзистором VT1 і змінним резистором R12.

Двигун M1 отримує живлення від діодного моста VD7...VD14.

2.3 Розробка конструкції зварювального напівавтомата

Загальний вигляд розробленого зварювального напівавтомата наведено на аркушах [БРМА24.00.00.000ВЗ] та [БРМА24.00.00.000ДІ]. Основними вузлами цього апарата є: регулятор швидкості, перемикачі, вентилятор, зварювальний трансформатор, випрямляючий міст, дросель, механізм подачі дроту та схема керування.

Основними деталями є: опорна ніжка, колесо, отвір для кабеля живлення, отвір для заземлення кабеля, отвір для рукава, вісь, пластина, ручка, передня кришка, пластина для змотування, вентиляційний отвір, права бокова кришка, верхня кришка, ліва бокова кришка, днище та силова клема.

2.4 Висновки до другого розділу

В даному розділі здійснюється розробка побутового зварювального напівавтомата. Проводиться розробка його структурної та електричної принципової схем.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ПОБУТОВОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТУ

3.1 Вихідні дані для розрахунку зварювального трансформатора

Для розрахунку зварювального трансформатора потрібно задатися такими параметрами:

- число фаз $m = 1$;
- номінальні напруги: $U_1 = 220 \text{ В}$, $U_2 = 24 \text{ В}$;
- номінальна потужність вторинної обмотки $P_2 = 3000 \text{ ВА}$;
- частота електричної мережі $f = 50 \text{ Гц}$;
- коефіцієнт потужності навантаження $\cos \varphi_2 = 1$;
- особливі умови: трансформатор для тривалої роботи при температурі навколишнього середовища 50° С ,
- охолодження – повітряне;
- виконання – відкрите.

3.2 Розрахунок зварювального трансформатора

Вибір типу і основних співвідношень трансформатора.

У відповідності із заданими умовами завдання найбільш підходить по конструкції броньовий тип трансформатора з осердям із штампованих Ш – подібних пластин і мідними обмотками.

Відношення маси сталі до маси міді приймається рівним $\alpha = \frac{G_c}{G_k} = 5,5$.

В якості матеріалу осердя вибрано електротехнічну сталь марки Е41 із товщиною листа $\delta_c = 0,5$.

Визначення струмів трансформатора.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Струм первинної обмотки визначається із наступних виразів:

$$I_1 = \frac{P}{U_1 \eta \cos \varphi_1}; \quad (3.1)$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2}; \quad (3.2)$$

$$I_1 = \frac{3000}{220 \cdot 0,86 \cdot 0,89} = 17,82 \text{ A.}$$

де I_1, I_2 – струми в первинній і вторинній обмотках трансформатора [A];

P – активна потужність вторинної обмотки трансформатора [Вт];

$$P = P_2 \cdot \cos \varphi_2; \quad (3.3)$$

$$P = 3000 \cdot 1 = 3000 \text{ Вт};$$

де U_1, U_2 – напруга первинної і вторинної обмоток [В];

P_2 – потужність вторинної обмотки трансформатора [ВА];

$\cos \varphi_1$ – коефіцієнт потужності первинної обмотки трансформатора;

$\cos \varphi_2$ – коефіцієнт потужності вторинної обмотки трансформатора;

η – коефіцієнт корисної дії (для малих трансформаторів знаходиться в межах 0,70-0,93).

Попередньо ККД визначається по кривій, представлений на рис. 3.1.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

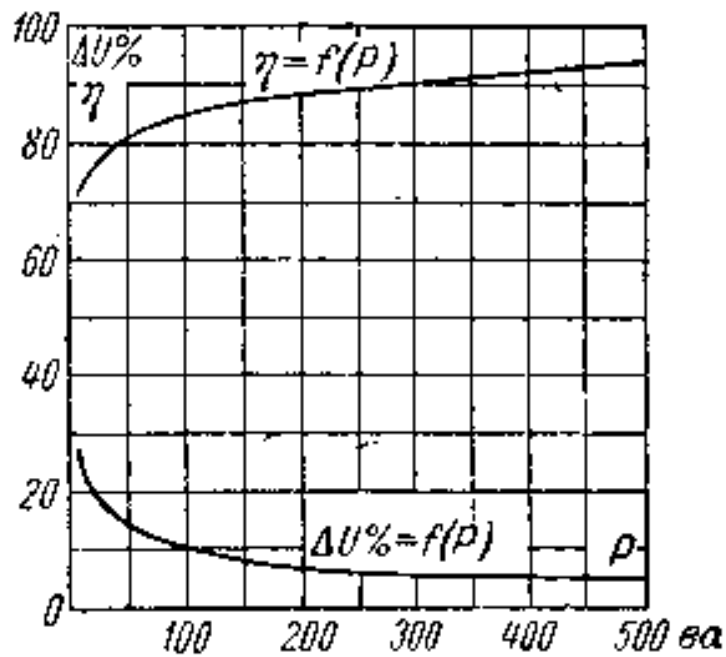


Рисунок 3.1 – Криві залежності коефіцієнту корисної дії і падіння напруги малих трансформаторів від потужності

Величина $\cos \varphi_1$ знаходиться із наступної формули:

$$\cos \varphi_1 = \frac{I_{1a}}{\sqrt{I_{1a}^2 + I_{1p}^2}}; \quad (3.4)$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5^2}} = 0,89.$$

де I_{μ} – намагнічуючий струм трансформатора;

I_{1a} – активна складова струму.

Приймаємо:

$$I_{1p} \approx I_{\mu} \% \approx 50\% \text{ від } I_{1a}, \text{ або } I_{\mu} = 0,50 I_{1a} \text{ при } \cos \varphi_2 = 1.$$

По кривій $\eta = f(P)$ (рис.3.1) для $P = 3000 \text{ Вт}$ було визначено $\eta \approx 86\%$.

Струм вторинної обмотки складає:

$$I_2 = \frac{3000}{24} = 125 \text{ А.}$$

Попереднє значення індукції в стержні визначається із виразу:

$$B_c = 1,3 \text{ Тл.}$$

Попереднє значення щільності струму в мідних проводах обмотки складає:

$$j = 3,8 \text{ А / мм}^2.$$

Поперечний переріз стержня осердя і ярма знаходиться із наступного виразу:

$$S'_o = C \sqrt{\frac{P_1 \alpha \cdot 10^2}{f_1 B_c j}}; \quad (3.5)$$

$$S'_o = 0,7 \sqrt{\frac{3920,4 \cdot 5,5 \cdot 10^2}{50 \cdot 1,3 \cdot 3,8}} = 65,4 \text{ см}^2.$$

де α – відношення маси сталі осердя до маси матеріалу обмоток;

C – постійний коефіцієнт для трансформаторів;

$P_1 = I_1 \cdot U_1$ – потужність, що споживається однофазним трансформатором;

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$S'_я = \frac{S'_o}{2}; \quad (3.6)$$

$$S'_я = \frac{65,4}{2} = 32,7 \text{ см}^2;$$

де $P_1 = I \cdot U = 220 \cdot 17,82 = 3920,4 \text{ ВА}$.

Повні поперечні перерізи визначаються із формул:

$$S_o = \frac{S'_o}{k_3}; \quad S_я = \frac{S'_я}{k_3}; \quad (3.7)$$

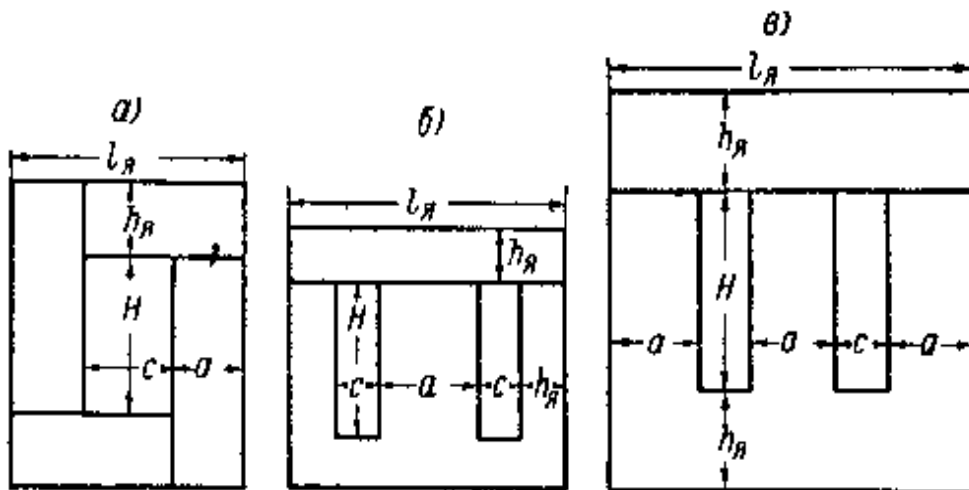
$$S_o = \frac{65,4}{0,92} = 71,1 \text{ см}^2;$$

$$S_я = \frac{32,7}{0,92} = 35,5 \text{ см}^2;$$

де k_3 - коефіцієнт заповнення перерізу осердя сталю (вибирається в залежності від прийнятої товщини листа δ_c).

Розміри сторін геометричного квадрату поперечного перерізу стержня (рис. 3.2) визначаються із виразу:

$$a = \sqrt{S_c} = 8,43 \text{ см}; \quad b = \frac{S_c}{a} = \frac{71,1}{8,43} = 8,46 \text{ см}; \quad h_я = \frac{S_я}{b} = \frac{35,5}{8,46} = 4,2 \text{ см}.$$



а і б – форма пластин однофазного трансформатора; в – Ш-подібні пластини трьохфазного трансформатора.

Рисунок 3.2 – Осердя трансформатора:

Визначення число витків обмоток трансформатора.

Попереднє число витків первинної обмотки трансформатора знаходиться із виразу:

$$W_1 = \frac{\left(U_1 - \frac{\Delta U \% \cdot U_1}{200} \right) \cdot 10^4}{4,44 \cdot f_1 \cdot B_c \cdot S_o}; \quad (3.8)$$

$$W_1 = \frac{\left(220 - \frac{5 \cdot 220}{200} \right) \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 65,4} = 114 \text{ витків};$$

де $\Delta U \% \approx 5B$ - величина падіння напруги в первинній обмотці трансформатора.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$\Delta U\% \approx 5B$ визначено по кривій $\Delta U\% = f(P)$ з технічної літератури для $P = 3000BA$.

Попередня величина падіння напруги в обмотках трансформатора при навантаженні знаходиться із формули:

$$e'_\omega = \frac{E_1}{W'_1} = \frac{U_1 - \frac{\Delta U\% \cdot U_2}{200}}{W'_1}; \quad (3.9)$$

$$e'_\omega = \frac{220 - \frac{5 \cdot 220}{200}}{114} = 1,88B / \text{виток}.$$

Попереднє число витків вторинної обмотки трансформатора знаходиться із виразу:

$$W'_2 = \frac{E_2}{e'_\omega} = \frac{U_2 + \frac{\Delta U\% \cdot U_2}{200}}{e'_\omega}; \quad (3.10)$$

де E_2 – електрорушійна сила, що виникає у вторинній обмотці;

$$W'_2 = \frac{24 + \frac{5 \cdot 24}{200}}{1,88} = 13 \text{ витків}.$$

Число витків обмотки склало ціле число. Остаточо було прийнято із виразів:

$$B_c = 1,3Tл; W_1 = W'_1 = 114; W_2 = W'_2 = 13; e_\omega = e'_\omega = 1,88B / \text{виток}.$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Визначення перерізів і діаметрів дротів обмоток.

Визначаємо попередні значення поперечних перерізів дротів обмоток із формул:

$$q_1' = \frac{I_1}{j_1'}; q_2' = \frac{I_2}{j_2'}; \quad (3.11)$$

$$q_1' = \frac{17,82}{3,8} = 4,689 \text{ мм}^2; q_2' = \frac{125}{3,8} = 32,89 \text{ мм}^2.$$

Найближчі перетини і діаметри склали:

$$q_1 = 4,65 \text{ мм}^2; q_2 = 35 \text{ мм}^2.$$

$$d_1 = 2,44 \text{ мм}; d_2 = 6,67 \text{ мм}.$$

$$d_{1is} = 2,52 \text{ мм}; d_{2is} = 6,82 \text{ мм}.$$

Остаточні значення густин струму в обраних дротах знаходяться із формул:

$$j_1 = \frac{I_1}{q_1}; j_2 = \frac{I_2}{q_2}; \quad (3.12)$$

$$j_1 = \frac{17,82}{4,65} = 3,83 \text{ А / мм}^2; j_2 = \frac{125}{35} = 3,57 \text{ А / мм}^2.$$

Вибір ізоляції проводів обмоток.

Із стандартів було вибрано дроти марки ПЕЛ.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Висота вікна осердя трансформатора знаходиться із виразу:

$$H = \sqrt{k \cdot \frac{q_1 W_1 + q_2 W_2}{100 \cdot k_{ок}}}; \quad (3.13)$$

де $k_{ок}$ – коефіцієнт заповнення вікна осердя обмоткою.

Для малих силових трансформаторів ця величина наближено може бути прийнята в межах $k = \frac{H}{c}$ –;

$k = \frac{H}{c}$ – відношення висоти вікна осердя до його ширини;

$$H \approx \sqrt{k \cdot \frac{q_1 W_1 + q_2 W_2}{100 \cdot k_{ок}}} = \sqrt{2,8 \cdot \frac{3,83 \cdot 114 \cdot 3,57 \cdot 13}{100 \cdot 0,24}} = 4,8 \text{ см.}$$

Число витків первинної обмотки в шарі знаходиться із формули:

$$n_1 = \frac{H - 2_{\varepsilon_1}}{d_{із}}; \quad (3.14)$$

$$n_1 = \frac{48 - 2 \cdot 3}{2,52} = 114,29 \text{ витків.}$$

Число шарів цієї обмотки знаходиться із виразу:

$$m_1 = \frac{W_1}{n_1}; \quad (3.15)$$

$$m_1 = \frac{114}{114,29} \approx 1.$$

Товщина первинної обмотки визначається:

$$\delta_1 = m_1 \cdot d_{1із}; \quad (3.16)$$

$$\delta_1 = 1 \cdot 2,52 = 2,52 \text{ мм.}$$

Число витків другої обмотки в шарі визначається із виразу:

$$n_2 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{2із}}; \quad (3.17)$$

$$n_2 = \frac{48 - 2 \cdot 3}{6,82} = 42,23 \text{ витків.}$$

Товщина другої обмотки визначається за формулою:

$$m_2 = \frac{W_2}{n_2}; \quad (3.18)$$

$$m_2 = \frac{13}{42,23} \approx 1.$$

Число шарів цієї обмотки визначається із виразу:

$$\delta_2 = m_2 \cdot d_{2із}; \quad (3.19)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_2 = 1 \cdot 6,82 = 6,82 \text{ мм.}$$

Ширина вікна осердя знаходиться із формули:

$$c = k_2 (\varepsilon_0 + \delta_2 + \delta_{12} + \delta_1) + \varepsilon_3; \quad (3.20)$$

де k_2 – коефіцієнт збільшення товщини котушки через нещільність прилягання шарів;

$$c = 1,2 \cdot (1 + 6,82 + 0,5 + 2,52) + 3 = 16 \text{ мм.}$$

При розрахунках прийнято:

$$\varepsilon_3 = 3 \text{ мм}, \varepsilon_0 = 1 \text{ мм}; \delta_{12} = 0,5 \text{ мм}; k_2 = 1,2.$$

Між обмотками ізоляцію виконано електричним картоном ЕВ.

Правильності вибраних величин H і c за їх співвідношенням перевірено із залежності:

$$k = \frac{H}{c}; \quad (3.21)$$

$$\frac{H}{c} = \frac{48}{16} = 3.$$

Осердя трансформатора може бути зібране з Ш- подібних пластин, отриманих штампування:

$$H = 4,8 \text{ см}; c = 1,6 \text{ см}; a = 8,3 \text{ см}; b = 8,3 \text{ см}; h_y = 4,2 \text{ см.}$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Визначення маси мідних обмоток трансформатора.

Маса мідних обмоток трансформатора в разі прямокутних котушок знаходиться із виразу:

$$l_{\omega_1} = 2[a + b + 4(\varepsilon_0 + \delta_{12} + \delta_2) + 2\delta_{12}]; \quad (3.22)$$

де l_{ω_1} – середня довжина витка первинної обмотки трансформатора.

Тоді:

$$l_{\omega_1} = 2 \cdot [8,3 + 8,3 + 4 \cdot (1 + 0,5 + 6,82) + 2 \cdot 0,5] = 36,664 \text{ см};$$

$$G_{\kappa_1} = 8,9 \cdot W_1 \cdot q_1 \cdot l_{\omega_1} \cdot 10^{-5}; \quad (3.23)$$

де G_{κ_1} – маса первинної обмотки трансформатора;

$$G_{\kappa_1} = 8,9 \cdot 114 \cdot 4,65 \cdot 36,664 \cdot 10^{-5} = 1,72 \text{ кг}.$$

$$l_{\omega_2} = 2(a + b + 4\varepsilon_0 + 2\delta_{12}); \quad (3.24)$$

де l_{ω_2} – середня довжина витка вторинної обмотки трансформатора.

Підставивши значення отримаємо:

$$l_{\omega_2} = 2 \cdot (8,3 + 8,3 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,682) = 36,73 \text{ см};$$

$$G_{\kappa_2} = 8,9 \cdot W_2 \cdot q_2 \cdot l_{\omega_2} \cdot 10^{-5}; \quad (3.25)$$

де G_{κ_2} – маса вторинної обмотки трансформатора.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\kappa_2} = 8,9 \cdot 13 \cdot 35 \cdot 36,734 \cdot 10^{-5} = 1,49 \text{ кг.}$$

Визначаємо загальну масу мідних обмоток із виразу:

$$G_{\kappa} = G_{\kappa_1} + G_{\kappa_2}; \quad (3.26)$$

$$G_{\kappa} = 1,72 + 1,49 = 3,21 \text{ кг.}$$

Втрати в обмотках трансформатора при температурі 75 °С визначаються із виразу:

$$P_{\kappa_1} = 2,41 j_1^2 G_{\kappa_1}; \quad (3.27)$$

$$P_{\kappa_2} = 2,41 j_2^2 G_{\kappa_2}; \quad (3.28)$$

$$P_{\kappa_1} = 2,4 \cdot 3,82^2 \cdot 1,72 = 60,5 \text{ Вт};$$

$$P_{\kappa_2} = 2,4 \cdot 3,57^2 \cdot 1,49 = 45,58 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати в обмотках складуть:

$$P_{\kappa} = P_{\kappa_1} + P_{\kappa_2}; \quad (3.29)$$

$$P_{\kappa} = 60,5 + 45,58 \approx 106,08 \text{ Вт.}$$

Маса сталі осердя трансформатора визначається за формулою:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$G_{cc} = 7,6 H S_0' \cdot 10^{-3}; \quad (3.30)$$

$$G_{cc} = 7,6 \cdot 4,8 \cdot 65,4 \cdot 10^{-3} = 2,39 \text{ кг.}$$

$$l_{я} = 2c + a + 2h_{я}; \quad (3.31)$$

де $l_{я}$ – довжина ярма осердя;

$$l_{я} = 2 \cdot 1,6 + 8,3 + 2 \cdot 4,2 = 19,9 \text{ см.}$$

$$G_{cя} = 2 \cdot 7,6 \cdot (H + l_{я}) \cdot S_{я}' \cdot 10^{-3}; \quad (3.32)$$

$$G_{cя} = 2 \cdot 7,6 \cdot (4,8 + 19,9) \cdot 32,7 \cdot 10^{-3} = 12,3 \text{ кг.}$$

Загальна маса осердя визначається із виразу:

$$G_c = G_{cc} + G_{cя}; \quad (3.33)$$

$$G_c = 2,39 + 12,3 = 14,69 \text{ кг.}$$

Магнітні втрати в осерді трансформатора знаходяться із виразу:

$$P_{cc} = k_o B_c^2 G_{cc}; \quad (3.34)$$

$$P_{cя} = k_o B_c^2 G_{cя}; \quad (3.35)$$

де P_{cc} – магнітні втрати в стержнях осердя трансформатора;

$P_{cя}$ – магнітні втрати в стержнях осердя трансформатора;

Відповідно:

$$P_{cc} = 1,6 \cdot 1,3^2 \cdot 2,39 = 6,46 \text{ Вт};$$

$$P_{cя} = 1,6 \cdot 1,3^2 \cdot 12,3 = 33,26 \text{ Вт}.$$

Повні магнітні втрати в осерді знаходяться за формулою:

$$P_c = P_{cc} + P_{cя}; \quad (3.36)$$

$$P_c = 6,46 + 33,26 = 39,7 \text{ Вт}.$$

Струм холостого ходу трансформатора знаходиться і з виразу:

$$I_0 \approx \sqrt{I_{0a}^2 + I_{\mu}^2} \approx I_{\mu}; \quad (3.37)$$

де I_{0a} – активна складова струму холостого ходу;

I_{μ} – активна складова струму холостого ходу.

Відповідно:

$$I_0 = I_{\mu} = \frac{\alpha \omega_c l'_c + \alpha \omega_{я} l'_{я} + 0,8 B_c n \delta_{я} \cdot 10^4}{\sqrt{2} \cdot W_1}; \quad (3.38)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

$$I_0 = \frac{7,4 \cdot 4,8 + 7,4 \cdot 24,7 + 0,8 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 0,004 \cdot 10^4}{\sqrt{2} \cdot 114} = 1,87 \text{ A}$$

де $l'_c = H = 4,8 \text{ см}$; $l'_я = H + l_я = 4,8 + 19,9 = 24,7 \text{ см}$; $\alpha\omega_c = \alpha\omega_я = 7,4$ - по кривій для сталі марки E41 при умові, що:

$$B_c = B_я = 1,3 \text{ Тл}; i_\mu \% = \frac{I_\mu}{I_{1a}} \cdot 100 = \frac{7,93}{15,86} \cdot 100 = 50\%;$$

$$I_{1a} = I_1 \cos \varphi_1. \quad (3.39)$$

$$I_{1a} = 17,82 \cdot 0,89 = 15,86 \text{ A}.$$

Коефіцієнт корисної дії трансформатора знаходиться за формулою:

$$\eta = \frac{P}{P + P_c + P_\kappa} \cdot 100\%; \quad (3.40)$$

$$\eta = \frac{3000}{3000 + 39,7 + 106,08} \cdot 100 = 0,95\%$$

Визначення активних падінь напруги і опору обмоток трансформатора.

Відносні активні падіння напруги в обмотках знаходяться із виразів:

$$e_{a1} \% = \frac{P_{\kappa_1}}{U_1 I_1} \cdot 100\%; \quad (3.41)$$

$$e_{a2} \% = \frac{P_{\kappa_2}}{U_1 I_1} \cdot 100\%. \quad (3.42)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$e_{a1} \% = \frac{60,5}{220 \cdot 17,82} \cdot 100 = 1,5\%;$$

$$e_{a2} \% = \frac{45,58}{220 \cdot 17,82} \cdot 100 = 1,16\%.$$

Активні опори обмоток знаходяться за формулою:

$$r_1 = \frac{P_{\kappa_1}}{I_1^2}; r_2 = \frac{P_{\kappa_2}}{I_2^2}. \quad (3.43)$$

де r_1 – опір первинної обмотки трансформатору;

r_2 – опір вторинної обмотки трансформатору;

$$r_1 = \frac{60,5}{17,82^2} = 0,19 \text{ Ом.}$$

$$r_2 = \frac{45,58}{17,82^2} = 0,14 \text{ Ом.}$$

Активні опори короткого замикання обмоток рівняються:

$$r_{\kappa_{12}} = r_1 + r_2' = r_1 + r_2 \left(\frac{W_1}{W_2} \right)^2; \quad (3.44)$$

$$r_{\kappa_{12}} = 0,19 + 0,14 \cdot \left(\frac{114}{13} \right)^2 = 10,96 \text{ Ом.}$$

Індуктивні падіння напруги і опору обмоток трансформатора знаходяться із залежності:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{S12} = \delta_{12} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3}; \quad (3.45)$$

$$\delta_{S12} = 0,05 + \frac{0,252 + 0,682}{3} = 0,361 \text{ см};$$

$$e_{S12} = \frac{4 f \delta_{S12} \left(I_1 W_1 l_{\omega_1} + I_2 W_2 l_{\omega_2} \cdot \frac{P_1}{P_2} \right) \cdot 10^{-6}}{e_{\omega} l_s}; \quad (3.46)$$

$$e_{S12} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 0,361 \cdot \left(17,82 \cdot 114 \cdot 36,664 + 125 \cdot 13 \cdot 36,73 \cdot \frac{3920,4}{3000} \right) \cdot 10^{-6}}{1,88 \cdot 4,8} = 1,22\%.$$

Індуктивне падіння напруги на кожній обмотці рівняється:

$$e_{S1} \% = \frac{4 f_1 \delta_{S12} I_1 W_1 l_{\omega_1} \cdot 10^{-6}}{e_{\omega} l_s}; \quad (3.47)$$

$$e_{S1} \% = \frac{4 \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 30 \cdot 130 \cdot 0,3 \cdot 10^{-6}}{20 \cdot 0,5} = 0,082\%;$$

$$e_{S2} \% = e_{S12} \% - e_{S1} \% ; \quad (3.48)$$

$$e_{S2} \% = e_{S12} \% - e_{S1} \% = 1,22 - 0,082 = 1,138\%$$

Індуктивний опір короткого замикання визначається із формули:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$x_{\kappa_{12}} = x_1 + x_2' = \frac{e_{s_{12}} \% \cdot U_1}{100 \cdot I_1}; \quad (3.49)$$

$$x_{\kappa_{12}} = \frac{1,22 \cdot 220}{100 \cdot 17,82} = 0,151 \text{ Ом}.$$

Повний опір короткого замикання складає:

$$z_{\kappa_{12}} = \sqrt{r_{\kappa_{12}}^2 + x_{\kappa_{12}}^2}; \quad (3.50)$$

$$z_{\kappa_{12}} = \sqrt{10,96^2 + 0,15^2} = 10,961 \text{ Ом}$$

Напруга короткого замикання знаходиться із:

$$e_{\kappa_{12}} \% = \frac{Z_{\kappa_{12}} \cdot I_1}{U_1} \cdot 100; \quad (3.51)$$

$$e_{\kappa_{12}} \% = \frac{10,961 \cdot 17,82}{220} = 0,888 \%.$$

Зміна напруги трансформатора при навантаженні рівняється:

$$\Delta U_{12} \% \approx e_{a_1} \cos \varphi_1 + e_{a_2} \cos \varphi_2 + e_{s_1} \sin \varphi_1 + e_{s_2} \sin \varphi_2; \quad (3.52)$$

$$\Delta U_{12} \% = 1,5 \cdot \cos 86 + 1,16 \cdot \cos 0 + 0,082 \cdot \sin 86 + 1,138 \cdot \sin 0 = 1,3458 \%.$$

Вплив індуктивного падіння напруги на величину зміни напруги є досить незначним.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Напруга на затискачах вторинної обмотки при навантаженні буде рівна:

$$U_2 = U_1 \frac{W_2}{W_1} \left(1 - \frac{\Delta U_{12} \%}{100} \right); \quad (3.53)$$

$$U_2 = 220 \cdot \frac{13}{114} \cdot \left(1 - \frac{1,3458}{100} \right) = 24,75 \text{ В}$$

Для отримання номінальної напруги при навантаженні на затискачах другої обмотки її число витків потрібно зменшити.

Остаточне значення числа витків є рівним $W_2 = 13$ витків.

Перевірка трансформатора на нагрівання проводиться наступним виразом:

$$\theta \approx \frac{P_k + P_c}{13 \cdot 10^{-4} \cdot (S_{обм} + S_{сер})} + \Delta\theta^0; \quad (3.54)$$

де

$$S_{обм} = 2 \left[a + b + 4(\varepsilon_0 + \delta_2 + \delta_{12} + \delta_1) \right] \cdot H; \quad (3.55)$$

$$S_{сер} = 2(b + 2h_y)l_y + 4(b + h_y) \cdot H + 4bh_y; \quad (3.56)$$

$$\theta = \frac{39,7 + 106,08}{13 \cdot 10^{-4} \cdot (145,3248 + 3444,168)} + 12 = 64,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$S_{обм} = 2 \cdot \left[8,3 + 8,3 + 4(0,1 + 0,05 + 0,682 + 2,52) \right] \cdot 4,8 = 145,3248 \text{ см}^2$$

$$S_{сер} = 2 \cdot (8,3 + 2 \cdot 4,2) \cdot 24,7 + 4 \cdot (8,3 + 4,2) \cdot 24,7 + 4 \cdot 8,3 \cdot 4,2 = 3444,168 \text{ см}^2$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

Температура нагріву трансформатора складатиме:

$$\theta_T = \theta + \theta_{o.сер}; \quad (3.57)$$

$$\theta_T = 64,43 + 30 = 94,43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.3 Висновки до третього розділу

В даному розділі здійснено розрахунок зварювального трансформатора, який задовольняє поставленим до нього вимогам. Розрахований трансформатор буде використано в якості живлення схеми управління та зварювальної дуги.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу технічної літератури, електронних ресурсів в мережі Інтернет, були проаналізовані процеси роботи зварювальних побутових напівавтоматів, сутність процесу зварювання та його основні види.

Також, у першому розділі було проведено огляд конструкції та систем управління побутовими зварювальними напівавтоматами.

В другому розділі здійснено розробку побутового зварювального напівавтомата. Проведено розробку його структурної та електричної принципової схем. Підібрано елементну базу схеми керування.

В третьому розділі здійснено розрахунок зварювального трансформатора. Здійснений розрахунок показав, що він задовольняє поставленим до нього вимогам. Розрахований трансформатор буде використано в якості живлення схеми управління та зварювальної дуги.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електродугове зварювання [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://nikoldm.blogspot.com/2017/03/blog-post_17.html.
2. Шебеко Л.П. Обладнання і технологія дугового автоматичного і механізованого зварювання. _К.: Вища школа, 1986. – 280с.
3. Посібник користувача зварювального інверторного апарату постійного струму [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://manuals.plus/uk/magmaweld/id-400e-dc-welding-inverter-machine-manual>
4. Бурлака В. В. Стабілізатор дуги змінного струму для зварювальних трансформаторів / В. В. Бурлака, С. В. Гулаков, С. К. Поднебенна // Автоматичне зварювання. – 2018. – № 3. – С. 48–51.
5. Технологія і обладнання дугового зварювання плавленням [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://surnina59li.blogspot.com/p/blog-page_23.html.
6. Зварювання під шаром флюсу [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%BF%D1%96%D0%B4_%D1%88%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%BC_%D1%84%D0%BB%D1%8E%D1%81%D1%83.
7. Fan H.G., Kovacevic R. Front line of modeling heat and mass transfer in arc welding processes // Journal of the Japan welding society. - 2007, Vol.76. - № 2.
8. Murugan N., Gunaraj V. Prediction and control of weld bead geometry and shape relationships in submerged arc welding of pipes // Journal of Materials Processing Technology. - 2005, Vol.168. - №3.
9. Електричні машини. Навчальний посібник / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець, В.П. Довгань. – Дніпропетровськ: Видавництво Національного гірничого університету, 2003, - 329с.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

10. Остапешський М.О. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник.

М.О. Остапешський, О.Ю. Юр'єва; за ред. В.І. Мілих. – Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.

11. Зміни вторинної напруги трансформатора [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.opticstoday.com/katalog-statej/stati-na-ukrainskom/elementi-ta-pristroi-sistem-upravlinnya-avtomatiki/transformatori/zmini-vmorinnoi-naprugi-transformatora.html>.

12. Вольт-амперна характеристика дуги (ВАХ) [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.shindaiwa.net/uk/vol-t-ampernaja-harakteristika-dugi-vah.html>.

13. Напівавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zvarka.info/napivavtomatichne-zvaryuvannya-v-seredovishhi-zaxisnix-gaziv/>.

14. Власенко А.М. Основи зварювання. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 106с.

15. І.В. Гуменюк, О.Ф. Іваськів, О.В. Гуменюк «Технологія електродугового зварювання»; - К.: Грамота, 2007. - 512 с.:

16. LabView [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://redpitaya.com/applications-measurement-tool/labview/>.

17. LabVIEW Core 3 Course [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.ni.com/en-us/shop/product/labview-core-3-course.html>

18. Електроприлади [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.gpp.in.ua/elektropriladi.html>.

19. Основні переваги застосування перетворювачів частоти для електродвигунів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rayon.in.ua/news/306141-osnovni-perevagi-zastosuvannya-peretvoryuvachiv-chastoti-dlya-elektrodivguniv>.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Использование частотного регулируемого электрического привода в насосных станциях // Ежемесячная газета «Новости приводной техники». - М.: 2002. - №2(10). - Код № 10 - 6.

20. Электропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, Ю.О. Синявський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко. – К.: Ліра-К, 2009. – 504с.

21. Морозенко О.П., Малишко Г.В. Правила виконання та оформлення креслень: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 49с.

22. Деталі машин. Розрахунок та конструювання / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов. – К.: Талком, 2014. - 684 с.

23. Карнаух С.Г. Деталі машин. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – 26с.

24. Маркель І.І. Деталі машин. Навчальний посібник - К: Алерта 2005.- 368с.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Додатки

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		