

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата

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

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
3 курсу групи ЕТс-21-2

  
Підпис


Волкотруб Р.О.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

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

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

  
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

17. 06 2024

З А В Д А Н Н Я  
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Волкотруб Роман Олександрович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата**  
керівник роботи **Поліщук О.С., д.т.н., проф.**

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

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

- Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_
- Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики зварювальних напівавтоматів-аналогів.**
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
- 1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи**
- 2 Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата**
- 3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції механізму подачі зварювального дроту**
- Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)  
Аркуш 1. Обладнання для зварювання. Док. оглядовий (A1). Аркуш 2. Механізм подачі. Схема структурна (A2) + Механізм подачі. Схема електрична принципова (A2). Аркуш 3. Механізм подачі. Вид загальний (A1). Аркуш 4. Зварювальний пальник. Вид загальний (A1). Аркуш 5. Механізм подачі. Деталювання (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

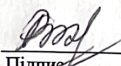
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

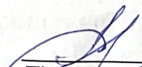
Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	20.05.24р.	
2 Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата	07.06.24р.	
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції механізму подачі зварювального дроту	17.06.24р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	20.06.24р.	

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 **Волкотруб Роман Олександрович**

---

2. Тема бакалаврської роботи  
**Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата**

---

---

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

---

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 68

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

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

2 Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата

3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції механізму подачі зварювального дроту

Висновки

Перелік джерел посилання

---

---

---

Підпис студента

" 17 " 06 20 24 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1/4 від " 28 " 06 20 24 р.

Оцінка проекту ЕК

Рекомендації ЕК

---

---

Особливі відмітки \_\_\_\_\_

Технічний секретар

" 28 " 06 20 24 р.

## ЗМІСТ

	стор.
Вступ	6
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	8
1.1 Технологічні процеси та обладнання для зварювання матеріалів	8
1.2 Конструкції механізмів подачі дроту зварювальних напівавтоматів	13
1.3 Електричні схеми механізмів подачі дроту	23
1.4 Висновки до першого розділу	29
2 Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата	30
2.1 Вихідні дані	30
2.2 Розробка структурної схеми механізму подачі дроту	31
2.3 Розробка кінематичної схеми механізму подачі дроту	31
2.4 Розробка конструкції механізму подачі дроту	32
2.5 Вибір елементів електричної схеми механізму подачі дроту	33
2.6 Розробка електричної принципової схеми механізму подачі зварювального дроту	37
2.7 Висновки до другого розділу	38
3 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції механізму подачі зварювального дроту	39
3.1 Розрахунок діаметра ведучого колеса механізму подачі зварювального дроту	39
3.2 Визначення робочої області механізму з врахуванням регулювання швидкості	41
3.3 Розрахунок статичного моменту і побудова характеристики	43

<b>БРМА24.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав	Волкотруб		<i>[Signature]</i>	
Перевір.	Поліщук		<i>[Signature]</i>	
Н.контр.			<i>[Signature]</i>	
Затвер.	Поліщук		<i>[Signature]</i>	
Розробка механізму подачі дроту побутового зварювального напівавтомата				
Літера		Аркуш		Аркушів
б		4		68
ХНУ гр.ЕТс-21-2				

3.4	Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми механізму подачі дроту	44
3.5	Вибір електричного двигуна	46
3.6	Розрахунок вузла силового трансформатора	48
3.7	Висновки до третього розділу	62
	Висновки	64
	Перелік джерел посилання	65
	Додатки	68

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

## ВСТУП

Зварювання є одним із найбільш розповсюджених методів з'єднання металів. Ще донедавна зварювальні роботи потребували специфічних знань, високої кваліфікації та досвіду. Однак, основною перешкодою для освоєння зварювальної справи завжди була висока вартість зварювального обладнання. Сучасні технології докорінно змінили ситуацію. Завдяки винаходу зварювальних інверторів та напівавтоматів, зварювальні роботи стали доступними в побуті. Інвертори, що працюють як випрямлячі, значно компактніші та легші за традиційні зварювальні апарати. До того ж, вони оснащені процесором, який постійно контролює процес зварювання, забезпечуючи високу якість робіт. Інвертори дозволяють отримувати якісні шви навіть непрофесіоналам.

Напівавтоматичне зварювання також має свої переваги. Проте, основна складність полягає в економічній недоцільності придбання балона з вуглекислою, яка використовується як захисний газ для зварювальної ванни. Крім того, необхідність регулярної заправки та атестації балонів потребує значних витрат часу, коштів на транспортування та обслуговування. В якості альтернативи використовується дріт з флюсовим сердечником, осердя якого складається з мінеральних порошків, що при згорянні виділяють захисні гази для дуги. Такий дріт завжди використовується без газу. Напівавтомати дозволяють зварювати будь-які сталі, включаючи леговані, нержавіючі, низьковуглецеві, а також алюмінієві сплави за допомогою електродного дроту. Процес напівавтоматичного зварювання зарекомендував себе як один із найкращих методів зварювання.

Механізм подачі дроту зварювального напівавтомата є ключовою складовою, що забезпечує стабільне та якісне зварювання. Основне завдання цього механізму полягає в безперервній подачі зварювального дроту до зони

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

зварювання з постійною швидкістю, що є критично важливим для отримання рівномірного зварювального шва.

Механізм подачі дроту зварювального напівавтомата є критично важливою частиною зварювальної установки, яка безпосередньо впливає на продуктивність та якість зварювальних робіт.

Тому розробка та вдосконалення конструкції механізму подачі дроту для зварювального напівавтомата є актуальною темою бакалаврської роботи. Механізм подачі дроту є одним з ключових компонентів побутового зварювального напівавтомата, оскільки він дозволяє керувати процесом зварювання, підтримувати задані режими та забезпечувати їх подальшу активацію.

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

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Технологічні процеси та обладнання для зварювання матеріалів

Сьогодні важко уявити будь-яку сферу діяльності людини без складних пристроїв та механізмів. Технічний прогрес приніс у наше життя численні засоби та інструменти, що полегшують повсякденні завдання і широко використовуються в промисловості. Зварювальні технології також не стоять на місці [6].

Зварювання – це технологічний процес створення нероз'ємних з'єднань матеріалів шляхом встановлення міжатомних зв'язків між частинами, що зварюються, при їхньому місцевому або пластичному деформуванні, або під спільною дією обох цих факторів. За допомогою зварювання з'єднують однорідні та різнорідні метали та їхні сплави, метали з деякими неметалевими матеріалами (керамікою, графітом, склом тощо), а також пластмаси.

Фізична сутність процесу зварювання полягає в утворенні міцних зв'язків між атомами та молекулами на з'єднувальних поверхнях заготовок. Для створення таких з'єднань необхідно виконати наступні умови: очищення зварювальних поверхонь від забруднень, оксидів та адсорбованих на них сторонніх атомів; енергетична активація поверхневих атомів, що полегшує їх взаємодію; зближення зварювальних поверхонь на відстані, порівнянні з міжатомними відстанями у заготовках, що зварюються.

Електричне зварювання плавленням за ступенем механізації поділяється на автоматичне, напівавтоматичне та ручне. При ручному дуговому зварюванні плавленням штучними електродами подача електрода і переміщення дуги вздовж зварювальних кромek здійснюється вручну [6]. Схема процесу зображена на рис. 1.1 та аркуші [БРМА24.00.00.000ДО].

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

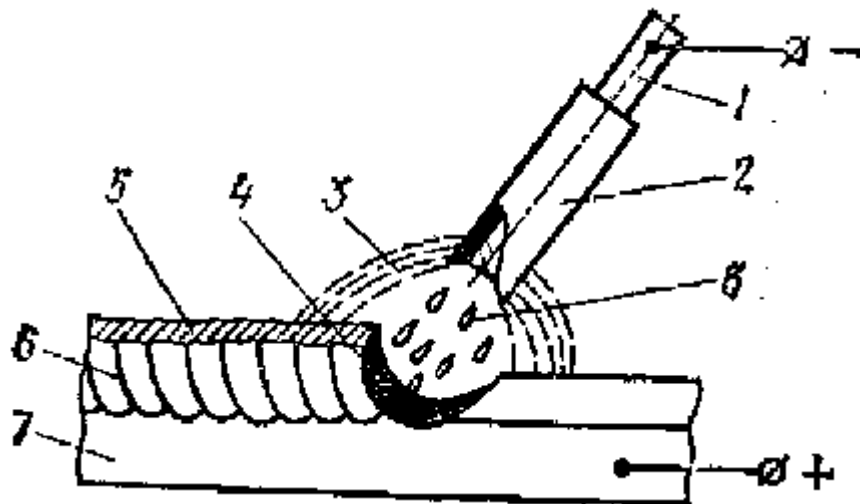


Рисунок 1.1 – Дугове ручне зварювання металевим електродом з покриттям

Дуга горить між стрижнем електрода і основним металом. Під дією тепла дуги електрод і основний метал плавляться, утворюючи зварювальну ванну з рідким металом. Краплі розплавленого металу з електрода переносяться в зварювальну ванну через дуговий проміжок. Разом зі стрижнем плавиться і покриття електрода, утворюючи газовий захист навколо дуги та рідку жужільну ванну на поверхні розплавленого металу. Металева і жужільна ванни разом утворюють зварювальну ванну. У процесі руху дуги метал зварювальної ванни твердіє, утворюючи зварний шов. Рідкий шлак поступово охолоджується і формує на поверхні шва тверду жужільну кірку, яка видаляється після охолодження шва.

Основним інструментом зварника при ручному зварюванні є електродотримачі, які служать для затиску електрода і проведення зварювального струму. Використовуються електродотримачі пружинного, пластинчастого і гвинтового типів (рис. 1.2). Відповідно до ГОСТ 14651-78, електродотримачі випускаються трьох типів залежно від сили зварювального струму: тип 1 для струму 125А, тип 2 для струму 125-315А, тип 3 для струму 315-500А.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
9

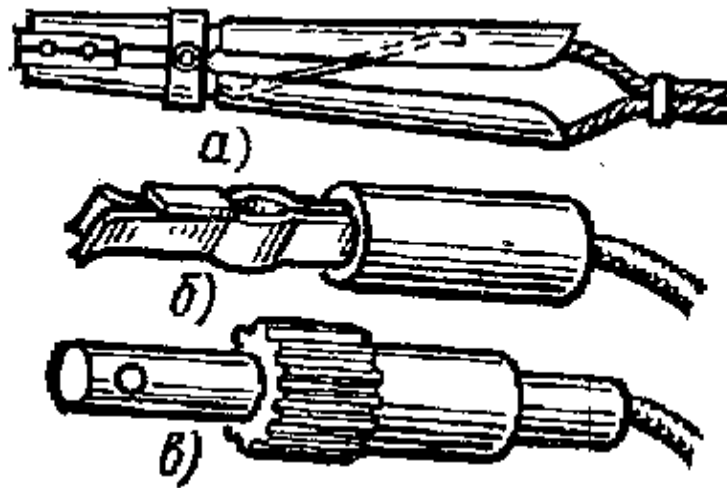


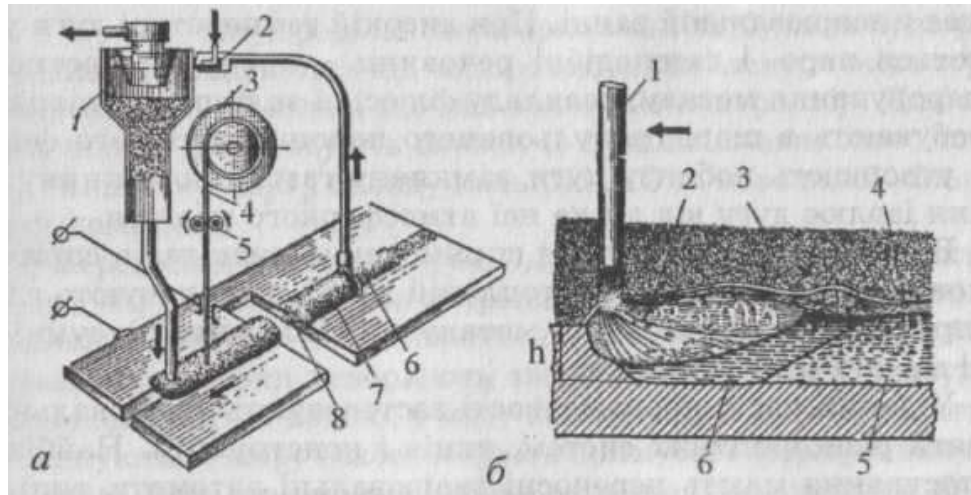
Рисунок 1.2 - Електродотримачі для ручного дугового зварювання

При автоматичному зварюванні всі основні зварювальні операції механізовані: збудження електричної дуги, підтримання її стабільного горіння, подача електродного дроту в зону дуги, переміщення дроту вздовж зварювальних кромки з необхідною швидкістю, захист розплавленого металу від впливу кисню та азоту повітря, заповнення кратера в кінці шва і завершення процесу зварювання.

Електродний дріт подається з касети спеціальним механізмом у зону зварювання (рис. 1.3) [17]. Перед електродом на кромки заготовок насипається флюс з бункера. Дуга горить між електродним дротом і зварюваним виробом під шаром флюсу без доступу повітря. Під впливом тепла дуги утворюється рідка зварювальна ванна, в яку переміщуються краплі плавкого електрода, а флюс плавиться, утворюючи рідкий шлак, що покриває зварювальну ванну. Під час руху дуги вздовж кромки метал кристалізується, утворюючи зварний шов, вкритий шлаковою кіркою. Флюс виконує ті ж функції, що й покриття електрода при ручному зварюванні.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Для механізованих способів зварювання важливою технологічною вимогою є підтримання стабільного формування шва. Необхідна стабілізація не лише нагріву, але й довжини дуги.



а - схема пристрою; 1 - бункер; 2 – флюсо відвідний пристрій; 3 - касета; 4 - електродна головка; 5 – подаючий механізм зварювальної головки; 6 - шлакова кїрка; 7 - флюс; 8 - зварний шов; б - процес зварювання: 1 - електрод; 2 - газова бульбашка; 3 - флюс; 4 - шар шлаку; 5 - метал шва; 6 - ванна рідкого металу; h - глибина проварювання

Рисунок 1.3 - Електродугове автоматичне зварювання під шаром флюсу:

У процесі автоматичного зварювання під флюсом (рис. 1.1) дуга горить між дротом і основним металом. Стовп дуги та металева ванна рідкого металу повністю покриті шаром флюсу товщиною 30-35 мм. Частина флюсу плавиться, створюючи газову порожнину навколо дуги та рідкий шлак на поверхні розплавленого металу. Зварювання під флюсом забезпечує глибоке проплавлення основного металу.

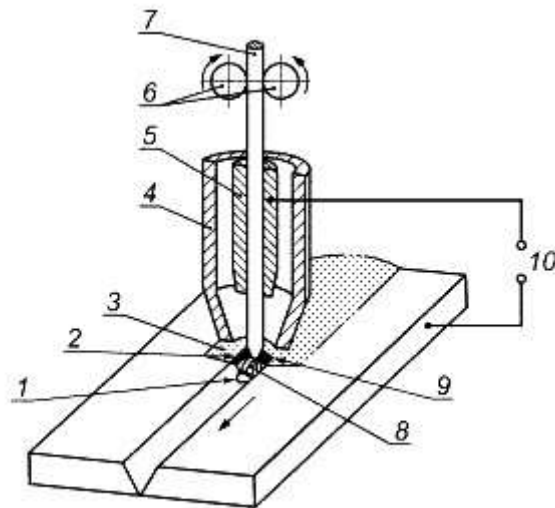
Потужна дуга і швидкий рух електрода вздовж заготовки спричиняють відтискування розплавленого металу в напрямку, протилежному до зварювання. У процесі поступального руху електрода метал та шлак у зварювальній ванні

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
11

затвердівають, утворюючи зварний шов, покритий твердою шлаковою кіркою (рис. 1.4). Дріт подається у дугу і переміщується вздовж шва за допомогою спеціальних механізмів. Струм до електрода подається через кабель.



- 1 – зварювальна ванна; 2 – шлак; 3 – флюс; 4 – трубка подачі флюсу;  
 5 – наконечник; 6 – подаючі ролики; 7 – електродна проволочка; 8 – дуга;  
 9 – зварювальний шов; 10 – джерело живлення;

Рисунок 1.4 – Принцип дугового зварювання під флюсом:

При напівавтоматичному зварюванні механізована лише частина операцій. Зазвичай переміщення електродного дроту залишається ручною операцією, яку зварювальник виконує вручну. Для автоматичного дугового зварювання під флюсом використовуються непокритий електродний дріт і флюс для захисту дуги та зварювальної ванни від повітря. Подача і переміщення електродного дроту здійснюються механізовано.

Технологічна схема зварювального напівавтомата базується на застосуванні спеціального механізму, який автоматично подає зварювальний дріт до зварювального пальника. Це дозволяє зварнику досягати високої продуктивності та швидкості зварювальних робіт, не використовуючи при цьому зварювальні електроди. Зварювальний напівавтомат є спеціалізованою

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
12

установкою, призначеною для механізованого зварювання плавким електродом (дротом) в захисному газі (рис. 1.5).

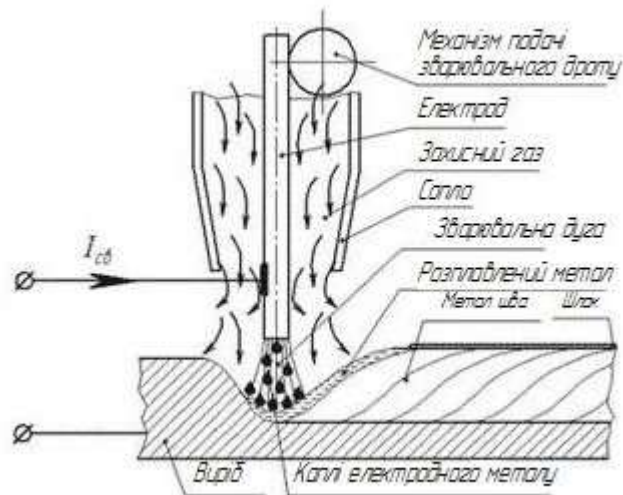


Рисунок 1.5 - Принцип електродугового зварювання в середовищі захисних газів

Зварювальний напівавтомат застосовує чистий вуглекислий газ або його суміші з аргоном як захисне газове середовище, яке подається з централізованих систем газопостачання або спеціальних балонів. За допомогою зварювального напівавтомата можна здійснювати високоякісне зварювання різних типів сталей - легованих, нержавіючих, низьковуглецевих, а також алюмінієвих сплавів. Деякі моделі зварювальних напівавтоматів також дозволяють паяти оцинковані сталі спеціальним дротом в середовищі аргону, що називається технологією MIG-пайки.

Будь-який зварювальний напівавтомат складається з джерела живлення, системи управління, блоку подачі зварювального дроту, спеціального зварювального пальника та комплекту з'єднувальних шлангів і кабелів (рис. 1.6). Джерелом живлення може бути зварювальний інвертор або звичайний зварювальний випрямляч. Інверторні джерела живлення, що використовуються

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

в зварювальних напівавтоматах, можуть значно підвищити якість зварювання і розширити спектр зварювальних матеріалів. Найвищу якість зварювання можна досягти, застосовуючи інверторне джерело живлення з імпульсним режимом.

Блок подачі дроту забезпечує розміщення, вирівнювання та подачу спеціального зварювального дроту до зварювального пальника. Для зварювання напівавтоматом як правило застосовують дріт діаметрами 1,6 мм, 1,2 мм, 1,0 мм і 0,8 мм. Зварювальний дріт повинен бути намотаним на стандартні пластикові катушки або дротяні каркаси.

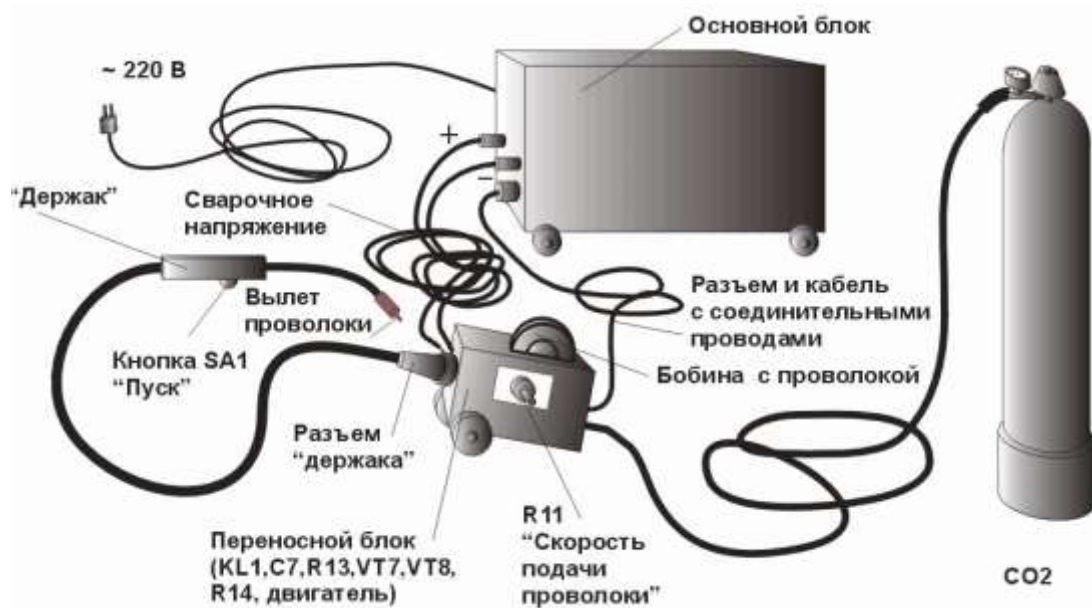


Рисунок 1.6 - Загальний вигляд зварювального напівавтомата

У сучасному зварювальному напівавтоматі система керування здатна налаштувати потрібний режим зварювання та підтримувати стабільність параметрів. Керування зварювальним напівавтоматом проходить через систему зворотних зв'язків. Синергетичні системи керування дозволяють автоматично встановлювати потрібний режим зварювання на основі обраних параметрів, таких як діаметр зварювального дроту, тип і товщина зварюваного матеріалу,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
14

склад захисного газу. Деякі системи керування також можуть запам'ятовувати обраний режим зварювання для подальшого застосування.

Зварювальні напівавтомати відрізняються своєю універсальністю. Основні вузли та компоненти можуть бути замінені на нові, більш підходящі для конкретної зварювальної задачі. Крім того, зварювальний напівавтомат може бути доповнений різними додатковими модулями, такими як система подачі захисного газу, система охолодження для відводу надлишкового тепла від зварювального пальника, а також різноманітні системи захисту, що підвищують безпеку самого зварювальника.

Компактність зварювальних напівавтоматів дозволяє проводити зварювання в складних умовах або важко доступних місцях, і для ефективного виконання робіт необхідний лише один оператор-зварювальник. Зварювальні напівавтомати можуть бути як стаціонарними, так і переносними, залежно від об'ємів зварювальних робіт.

## 1.2 Конструкції механізмів подачі дроту зварювальних напівавтоматів

Механізми подачі електродного дроту як правило складаються з електричного двигуна, редуктора і системи притискних роликів. Електричний двигун з редуктором забезпечують обертання ролика, який проштовхує електродний дріт через гнучкий порожнистий кабель у зону виконання операції зварювання. Вони також дозволяють регулювати швидкість подачі дроту і підтримувати її постійною під час роботи. У цих механізмах можуть застосовуватися електродвигуни як змінного, так і постійного струму. Швидкість подачі електродного дроту може регулюватися ступінчасто за допомогою змінних шестерень або роликів, а також плавним регулюванням обертів електричного двигуна постійного струму. Для подачі електродних дротів різних типів (порошкового, суцільного перетину) і діаметрів використовуються механізми подачі з однією або двома парами роликів.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

При напівавтоматичному зварюванні механізованою є лише операція подачі електродного дроту, тоді як переміщення дуги вздовж зварювального шва проходить вручну (рис. 1.7). Щоб напівавтоматичне зварювання могло успішно конкурувати з більш поширеним ручним зварюванням, воно повинно поєднувати переваги автоматичного зварювання з універсальністю, маневреністю і гнучкістю ручного зварювання [1].

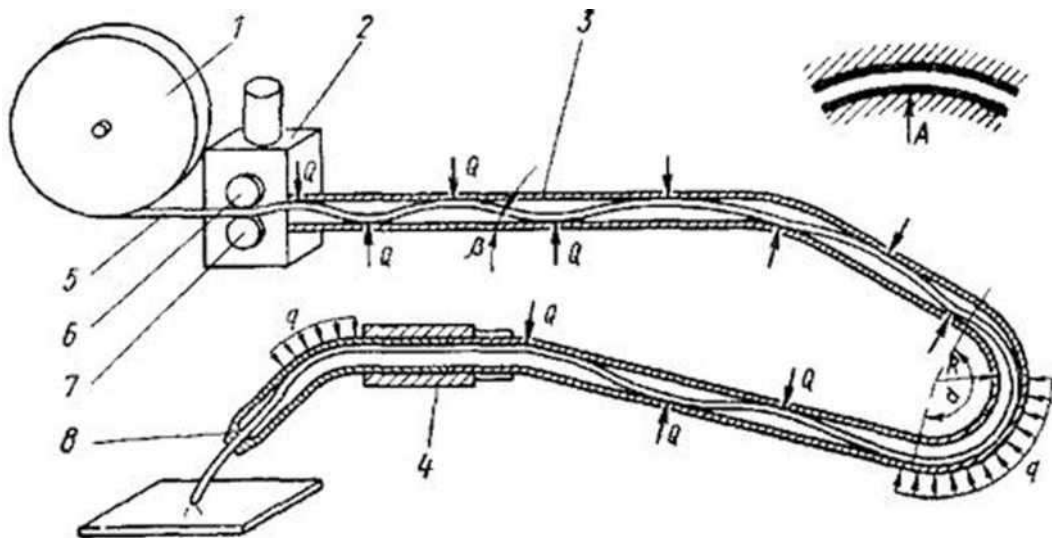


Рисунок 1.7 – Шланговий механізм штовхаючого типу

Високі експлуатаційні властивості сучасних зварювальних напівавтоматів досягаються завдяки використанню тонкого електродного дроту, який подається до електричної дуги через гнучкий направляючий канал. Це дозволяє розмістити відносно важкий механізм подачі дроту на значній відстані від зони зварювання, де знаходиться лише зварювальний пальник.

При зварюванні тонким дротом на великій щільності струму (до 200 А/мм<sup>2</sup>) процес само регулювання дуги відбувається надзвичайно інтенсивно. Це дозволяє під час ручного переміщення пальника застосовувати незалежну швидкість подачі. Випадкові коливання довжини дугового проміжку, пов'язані з неточністю ручного ведення електрода, зазвичай легко компенсуються саморегулюванням дуги.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Зварювальний напівавтомат (рис. 1.7) складається з котушки з дротом, подаючого пристрою, гнучкого направляючого каналу та ручного утримувача або пальника. Електродний дріт змотується з котушки і проштовхується притискними та провідними роликками через канал і пальник до дуги. У каналі дріт перебуває в стислому стані; зусилля стиснення зменшується від максимального при вході в канал до нуля в наконечнику пальника. Внаслідок стиснення дріт розташовується в каналі у вигляді хвилеподібної змійки зі змінним кроком хвиль. У місцях контакту дроту з каналом виникає сила тертя, величина якої зростає зі збільшенням кута контакту і кількості точок дотику дроту з каналом.

Опір проштовхування дроту залежить від кривизни гнучкого направляючого каналу з дротом, його довжини та матеріалу тертьових поверхонь. На закругленнях з відносно малим радіусом ( $R$ ) дріт розташовують вздовж внутрішньої поверхні жолоба шківів, що створює додаткове тертя  $q$ , величина якого залежить від кута обхвату  $\alpha$ . Таким чином, опір проштовхування дроту має змішаний характер. Для тонких дротів вирішальне значення має втрата поздовжньої стійкості, а для товстих – зусилля вигину.

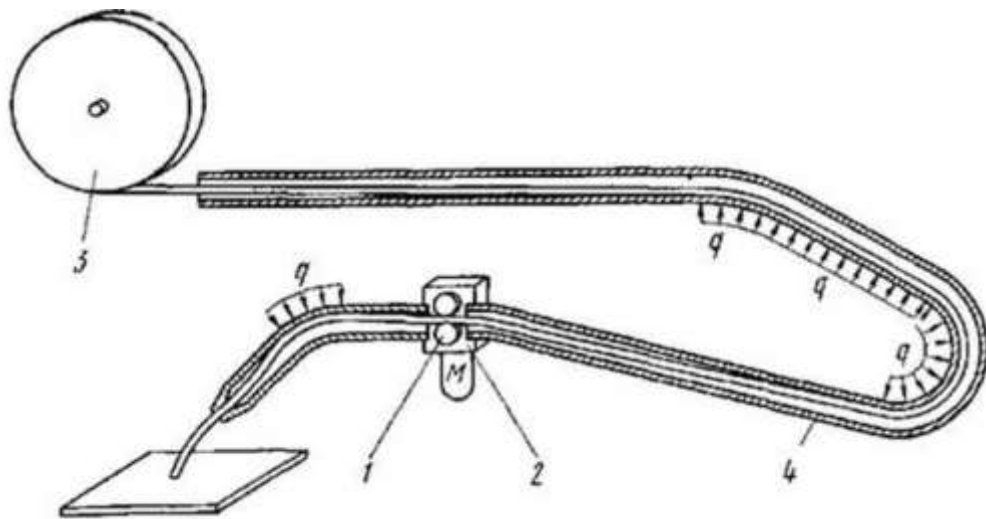
Із зростанням зовнішнього механічного опору (вигин, затримка в наконечнику тощо) зростає частота хвиль  $i$ , відповідно, опір руху. Оскільки величина зовнішнього опору не є сталою, то і дріт може подаватися зі змінною швидкістю. Це особливо помітно в тих випадках, коли оболонка каналу має низьку жорсткість у поздовжньому напрямку.

Для порошкових дротів, а також дротів з титану та алюмінію, опір проштовхування значно вищий, ніж для сталевих дротів суцільного перерізу, що вимагає значного збільшення сили проштовхування подаючого механізму. Це часто призводить до деформації дроту та його поломки біля входу в канал. Для зниження опору проштовхування застосовують канали, виготовлені з матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя, або звичайні канали, змащені нейтральною змазкою (наприклад, дисульфідом молібдену). Це знижує опір проштовхування

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

в 1,5-2 рази. Використання спіралей із бронзи знижує цей опір в 2-3 рази, а спіралей з фторопласту – в 6-10 разів. Однак канали з синтетичних матеріалів дорогі, тому їх застосування доцільне лише у виняткових випадках (зварювання алюмінію, титану тощо).

Для м'яких дротів або дротів з металу з високим коефіцієнтом тертя, а також для дротів малого діаметра (менше 0,8 мм) напівавтомати штовхаючого типу не використовуються. У цьому випадку застосовуються напівавтомати тягнучого типу, тобто з механізмом подачі, розташованим у рукоятці пальника (рис. 1.8). Однак при наявності двох-трьох вигинів, що неминуче при довгому шлангу і великій зоні обслуговування, опір руху дроту внаслідок сили тертя  $q$  різко зростає.



1 – подаючі ролики; 2 – ручний пальник; 3 – котушка із дротом;  
4 – гнучкий канал; М – електричний двигун механізму протягування

Рисунок 1.8 - Шланговий механізм тягнучого типу:

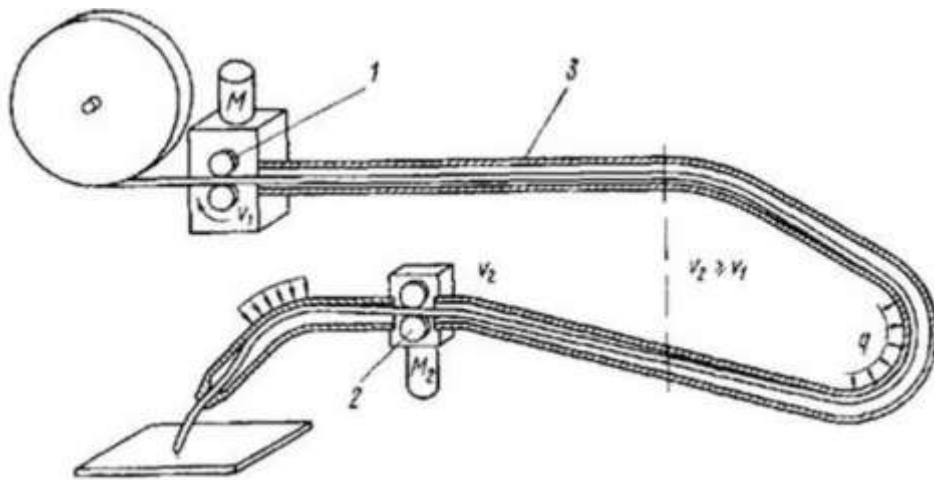
Тому слід збільшити потужність приводу механізму подачі, що призводить до обважнення пальника.

Зварювання з використанням шлангів великої довжини можна виконувати за допомогою систем тягни-штовхаючого типу (рис. 1.9). Вони включають

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

механізм подачі 1, який проштовхує дрiт через канал 3, i тягне механізм 2. При такiй схемi подачі усувається хвилеподiбне розташування дроту в каналi, зменшується кiлькiсть точок тертя мiж дротом i каналом.

Умовою працездатностi систем тягни-штовхаючого типу є рiвнiсть швидкостей подачі в тягнучому i штовхаючому механiзмах. Оскiльки це важко досягти звичайними засобами, один з приводiв (наприклад, тягнучий) повинен мати дуже м'яку характеристику, тобто частота його обертання повинна змiнюватися в широких межах в залежностi вiд навантаження, а швидкiсть подачі дроту в цьому механiзми має бути дещо бiльшою, нiж у штовхаючому. В результатi дрiт буде знаходитися в натягнутому станi. Швидкiсть його подачі штовхаючим механiзмом буде визначати кiлькiсть обертiв тягнучих роликiв, внаслiдок зниження частоти обертання привода з м'якою характеристикою (наприклад, пневматичного).



1 – механізм подачі; 2 – тягучий механізм; 3 – гнучкий канал;

Рисунок 1.9 - Патрубковий механізм тягни - штовхаючого типу

Розмiщення тягнучого механiзму в ручному пальнику надмiрно збiльшує його вагу, тому такі прилади використовуються лише у виняткових випадках.

Залежно вiд призначення, напiвавтомати подiляються на:

Зм.	Арк.	№докум.	Пiдпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
19

- стаціонарні (рис. 1.10, а), де в одному блоці зосереджені джерело живлення, апаратура управління, механізм подачі дроту, тримач зі шлангом, газова апаратура, автономна система охолодження, котушка з дротом тощо. Зона обслуговування такого напіваавтомата обмежується довжиною патрубкa;
- пересувні (рис. 1.10, б), що складаються з двох блоків: в одному розміщені джерело живлення, пускорегулювальна та інша громіздка апаратура, а в другому - візок з механізмом подачі, бухтою для дроту, тримачем зі шлангом. Візок пересувається на колесах або переноситься. Зона обслуговування обмежується довжиною проводів і патрубкa;
- легкі, переносні (рис. 1.10, в), оснащені легким подаючим механізмом і малою котушкою з дротом;
- сполучного типу (рис. 1.10, г), призначені для зварювання в захисному газовому середовищі, під флюсом або відкритою дугою без зовнішнього захисту.

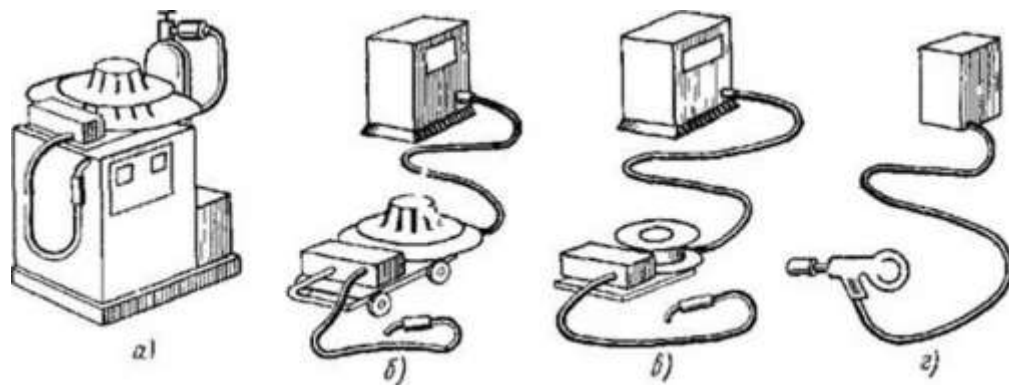


Рисунок 1.10 – Комбіновані схеми різних напів автоматів для дугового зварювання матеріалів

Механізм подачі електродного дроту відкритого типу [11] (рис. 1.11) включає електричний привод 9, касету 4 з електродним дротом, знімний пульт керування і блок рознімання для підключення сполучних проводів і патрубків. Електричний привод складається з циліндричного редуктора та електричного двигуна постійного струму. На вихідному валу редуктора встановлене зубчасте колесо з ведучим роликом. Друге зубчасте колесо з роликом притискним

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
20

знаходиться на важелі притискного пристрою 1; при повороті важеля воно може бути відведене для встановлення електродного дроту. Завдяки зубчастому зачепленню обидва ролики є ведучими. Зусилля притискного ролика регулюється гвинтом 8, що впливає на важіль 2 через плоску пружину 7. Касета з електродним дротом встановлюється на гальмовому пристрої 5, що запобігає само розкручуванню дроту під час роботи. Всі вузли механізму подачі змонтовані на основі 6, у нижній частині якої розташовані отвори для кріплення планки, що фіксує сполучні проводи і патрубки. До основи кріпляться чотири колеса. Для перенесення механізму подачі встановлена ручка 3. Електричний привод закривається кожухом (у механізмі подачі закритого типу для напівавтомата ПДГ-305 кожухом закриті як електричний привод, так і касета з електродним дротом).

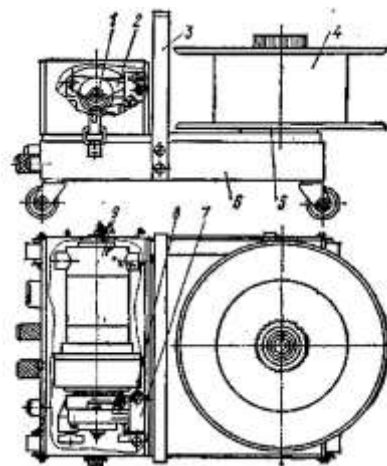


Рисунок 1.11 – Механізм подачі електродного дроту  
відкритого типу

Механізм подачі зварювального дроту напівавтомата ПДГО-601 (рис. 1.12) [3] включає наступні елементи:

1. Роз'єм для підключення пальника.
2. Потенціометр для регулювання швидкості подачі дроту.
3. Потенціометр для регулювання напруги джерела.
4. Гальмуючий пристрій.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
21

5. Кнопку "Встановлення дроту".
6. Кнопку "Тест газу".
7. Тумблер перемикання режимів "Довгі / Короткі шви".
8. Потенціометр для регулювання часу продування газу перед зварюванням.
9. Потенціометр для регулювання "м'якого" старту подачі дроту.
10. Потенціометр для регулювання вильоту дроту після зварювання.
11. Потенціометр для регулювання часу продування газу після зварювання.
12. Ручку для регулювання сили притиску роликів.
13. Притискні ролики.
14. Привод редукторний.
15. Штуцер газового клапана.
16. Роз'єм для підключення кабелю керування.
17. Струмний роз'єм "+".
18. Отвір для подачі зварювального дроту до редукторного приводу.

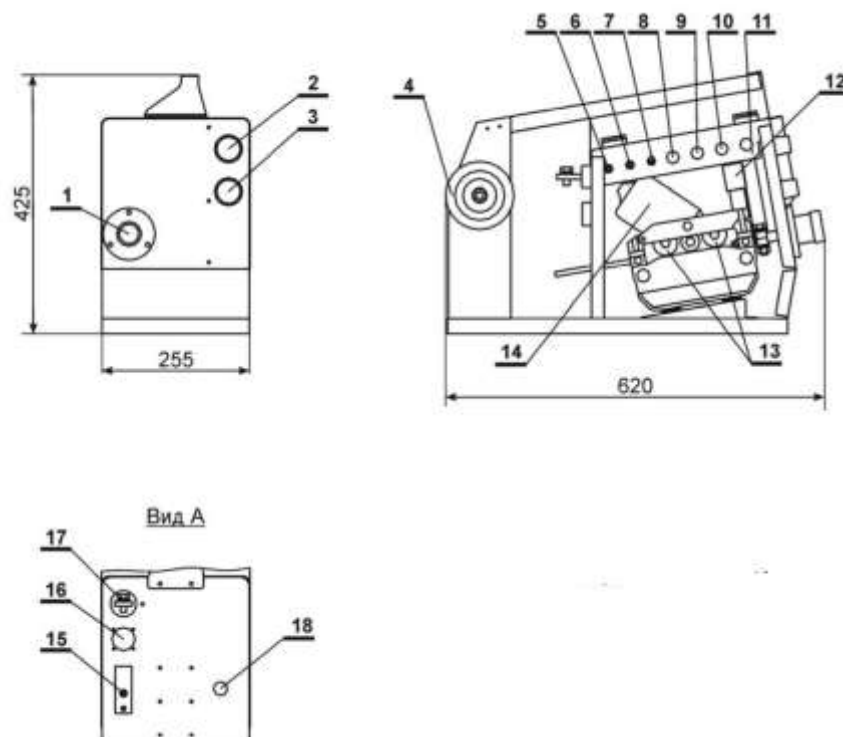


Рисунок 1.12 - Механізм подачі напів автомата ПДГО-601

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
22

### 1.3 Електричні схеми механізмів подачі дроту

Схема регулювання подачі дроту (рис. 1.13) [4].

Пристрій включає електродвигун постійного струму з механізмом зниження обертів, зазвичай використовують електродвигун з редуктором від автомобільного склоочисника. Сталевий дріт з мідним покриттям проходить через обертові ролики з подаючого барабана і потрапляє у шланг для подачі дроту. На виході дріт контактує із заземленим виробом, внаслідок чого виникає зварювальна дуга. Зварювання відбувається в середовищі інертного газу для ізоляції дроту від кисню. Для подачі газу встановлено електромагнітний клапан.

Характеристики пристрою:

- напруга живлення - від 12 до 16 вольт;
- час гальмування - 0,2 с;
- потужність електричного двигуна - до 100 Ват;
- регулювання оборотів - 80%;
- час пуску - 0,6 с;
- пусковий струм - до 20 ампер.

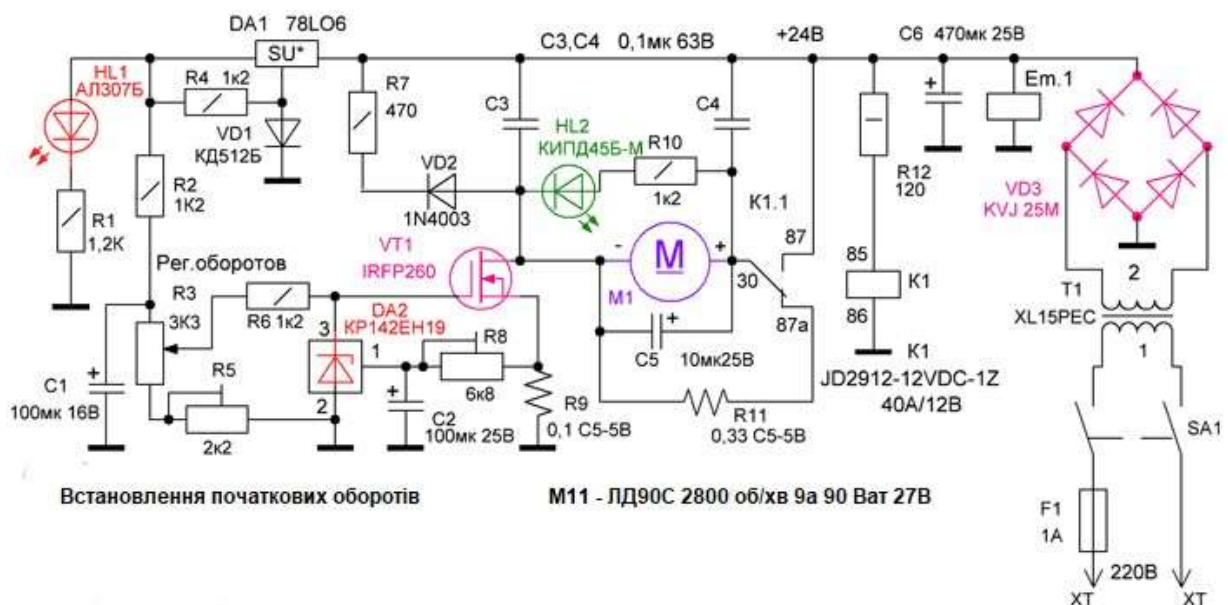


Рисунок 1.13 – Схема принципова електрична механізму регулювання подачі дроту

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

До складу принципової схеми регулятора подачі дроту входить підсилювач струму на потужному польовому транзисторі. Стабілізований ланцюг установки оборотів дозволяє підтримувати потужність в навантаженні незалежно від напруги живлення електромережі. Захист від перевантаження зменшує підгоряння щіток електродвигуна під час запуску або при заїданні в механізмі подачі дроту, а також запобігає виходу з ладу силового транзистора. Схема гальмування забезпечує майже миттєву зупинку обертання двигуна.

Живлення забезпечується від силового або окремого трансформатора з потужністю, не нижчою за максимальну потужність електродвигуна подачі дроту.

До схеми включені світлодіоди для індикації напруги живлення та роботи електродвигуна. Напряга з регулятора обертів електродвигуна R3 через обмежувальний резистор R6 подається на затвор потужного польового транзистора VT1. Живлення регулятора обертів здійснюється від аналогового стабілізатора DA1 через струмообмежувальний резистор R2. Для усунення перешкод, які можуть виникати від повороту повзунка резистора R3, у схему включено фільтрувальний конденсатор C1. Світлодіод HL1 вказує на увімкнений стан схеми регулятора подачі зварювального дроту. Резистором R3 встановлюється швидкість подачі дроту в зону дугового зварювання. Регулювальний резистор R5 дозволяє вибрати оптимальний варіант регулювання оборотів двигуна залежно від його потужності та напруги джерела живлення.

Діод VD1 у ланцюзі стабілізатора напруги DA1 захищає мікросхему від пошкодження при неправильній полярності живлення. Польовий транзистор VT1 оснащений захисними ланцюгами: у ланцюзі витоку встановлений резистор R9, падіння напруги на якому використовується для керування напругою на затворі транзистора через компаратор DA2. При критичному струмі в ланцюзі витоку напруга через регулювальний резистор R8 надходить на керуючий електрод 1 компаратора DA2, ланцюг анод-катод мікросхеми відкривається і

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

знижує напругу на затворі транзистора VT1, що автоматично знижує оберти електродвигуна M1.

Для запобігання спрацьовуванню захисту від імпульсних струмів, що виникають при іскрінні щіток електродвигуна, у схему додано конденсатор C2. До ланцюга транзистора VT1 підключений електродвигун подачі дроту з ланцюгами для зниження іскріння колектора (C3, C4, C5). Ланцюг складається з діода VD2 з навантажувальним резистором R7, який усуває імпульси зворотного струму електродвигуна. Двоколірний світлодіод HL2 дозволяє контролювати стан електродвигуна: зелений колір сигналізує про обертання, червоний - про гальмування.

Схема гальмування реалізована за допомогою електромагнітного реле K1. Ємність конденсатора фільтра C6 вибрана невеликою - тільки для зниження вібрацій якоря реле K1, велика ємність створювала б інерційність при гальмуванні електродвигуна. Резистор R9 обмежує струм через обмотку реле при підвищеній напрузі джерела живлення.

Принцип дії сил гальмування без застосування реверсу обертання полягає в навантаженні зворотного струму електродвигуна на постійний резистор R8 при обертанні по інерції після відключення живлення. Режим рекуперації, тобто передача енергії назад у мережу, дозволяє швидко зупинити мотор. При повній зупинці зворотний струм стає нульовим, що відбувається майже миттєво і залежить від значень резистора R11 і конденсатора C5. Додатково конденсатор C5 запобігає підгорянню контактів реле K1.1. Після подачі мережевої напруги на схему управління регулятора, реле K1 замкне ланцюг K1.1 живлення електродвигуна, відновлюючи подачу зварювального дроту.

Джерело живлення складається з мережевого трансформатора T1 з напругою 12-15 вольт і струмом 8-12 ампер. Діодний міст VD4 обраний на подвійний струм. При наявності відповідної вторинної обмотки на зварювальному трансформаторі напівавтомата, живлення може здійснюватися від неї.

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

Схема регулятора подачі дроту виконана на друкованій платі з однобічного склотекстоліту розміром 136 x 40 мм. Окрім трансформатора і мотора, всі деталі встановлені з урахуванням можливості їх заміни. Польовий транзистор встановлений на радіатор розміром 100 x 50 x 20 мм.

Польовий транзистор аналогічний IRFP250 зі струмом 20-30 А і напругою понад 200 В. Резистори типу МЛТ 0,125, а R9, R11, R12 - дротяні. Резистори R3 і R5 встановлені типу СП-3Б. Тип реле К1 вказаний на схемі або №711.3747-02 зі струмом 70 А і напругою 12 В; вони мають однакові габарити і використовуються в автомобілях Славута. Компаратор DA2, для зниження стабілізації обертів і захисту транзистора, можна вилучити зі схеми або замінити на стабілітрон КС156А. Діодний міст VD3 можна зібрати з російських діодів типу Д243-246 без радіаторів. Компаратор DA2 має повний аналог TL431 CLP іноземного виробництва.

Електромагнітний клапан подачі інертного газу Em.1 є стандартним і працює на напрузі 12 В.

Налаштування схеми регулятора подачі дроту зварювального напівавтомата починається з перевірки напруги живлення. Реле К1 при подачі напруги має спрацьовувати, видаючи характерний звук клацання якоря.

Підвищуючи напругу на затворі польового транзистора VT1 за допомогою регулятора обертів R3, потрібно перевірити, щоб оберти починали збільшуватися при мінімальному положенні повзунка резистора R3. Якщо цього не відбувається, мінімальні оберти можна відкоригувати резистором R5, попередньо встановивши повзунок резистора R3 у нижнє положення. При плавному збільшенні номіналу резистора R5, двигун повинен набирати мінімальні оберти.

Захист від перевантаження налаштовується за допомогою резистора R8 при примусовому гальмуванні електричного двигуна. При закритті польового транзистора компаратором DA2 у разі перевантаження світлодіод HL2 погасне.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		26

Резистор R12 можна вилучити зі схеми, якщо напруга джерела живлення становить 12-13 В.

Схема випробувана на різних типах електродвигунів з подібною потужністю, час гальмування здебільшого залежить від маси якоря через інерцію. Нагрівання транзистора і діодного моста не перевищує 60°C.

Друкована плата закріплюється всередині корпусу зварювального напівавтомата, а ручка регулятора обертів двигуна R3 виводиться на панель управління разом з індикаторами: увімкнення HL1 і двокольоровим індикатором роботи двигуна HL2. Живлення на діодний міст подається з окремої обмотки зварювального трансформатора з напругою 12-16 В. Клапан подачі інертного газу можна підключити до конденсатора С6, щоб він також вмикався після подачі мережевої напруги. Живлення силових ланцюгів і кіл електричного двигуна слід виконати багатожильним проводом у вініловій ізоляції з перерізом 2,5-4 мм<sup>2</sup>.

Схема управління механізмом подачі дроту (рис 1.14) [7].



Рисунок 1.14 – Схема електрична принципова керування механізмом подачі дроту

Схема працює таким чином. При натисканні кнопки управління спрацьовує реле K1. Контактими K1.1, K1.2, K1.3 воно одночасно вмикає двигун подачі дроту, подачу газу та зварювальний струм.

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

При відпусканні кнопки управління реле К1 відключається, внаслідок чого відключаються двигун подачі дроту та зварювальний струм. Завдяки наявності конденсатора С4 в схемі, відключення подачі газу затримується на час, залежний від ємності цього конденсатора.

Налаштування. Зазвичай схема працює одразу при правильному монтажі. Якщо необхідно, можна підібрати ємність конденсатора С2 (0,01..0,047 мкФ) для досягнення потрібного крутного моменту на малих обертах двигуна. У цьому випадку може знадобитися заміна змінного резистора R1 на інший (10к..47к). Якщо використовується газовий клапан на 12 В, потрібно підібрати опір резистора R2 для надійного спрацьовування клапана. Якщо використовується клапан на 24 В, резистор R2 слід вилучити зі схеми.

Замість польового транзистора можна застосовувати IRF3205.

Перемикачем SA1, комутуючи первинну обмотку, можна регулювати зварювальний струм. Якщо не потрібна затримка вимкнення газу після припинення зварювання, конденсатор С4 можна видалити зі схеми. Додаю ще схему з невеликими змінами, де комутація відбувається по первинній обмотці. Як комутуючий елемент використовується симістор ВТА41-600, ось його маркування.

Для підвищення безпеки в схему додано реле К2, яке відповідає за ввімкнення та вимкнення симістора. Вивільнена група контактів К1.3 реле К1 тепер використовується для комутації клапана газу.

Під час огляду та аналізу процесів та обладнання для зварювання металів були розглянуті механізми подачі зварювального дроту різних типів. Також було вивчено способи зварювання металів, визначено їхні переваги та недоліки. На основі цих даних виникла потреба у виготовленні механізму подачі зварювального дроту з покращеними технічними характеристиками та умовами експлуатації.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		28

#### 1.4 Висновки до першого розділу

В цьому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи. Описано технологічні процеси та обладнання для виконання операції зварювання матеріалів. Розглянуто конструкції механізмів подачі дроту зварювальних напівавтоматів. Наведено електричні схеми механізмів подачі дроту.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 РОЗРОБКА МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ДРОТУ ПОБУТОВОГО ЗВАРЮВАЛЬНОГО НАПІВАВТОМАТА

### 2.1 Вихідні дані

Вимоги до виконання.

Механізм подачі дроту повинен автоматично подавати дріт до зварювального пальника з можливістю ручного регулювання швидкості подачі. В конструкції механізму необхідно передбачити заміну притискних роликів для різних типів дроту.

Основні технічні характеристики:

- напруга мережі 220В однофазного змінного струму;
- швидкість подачі електродного дроту від 0,7 м/хв до 11 м/хв;
- діаметр зварювального дроту від 0,6 мм до 1 мм;
- тягові зусилля механізму подачі, не менше 190 Н;

Робочі умови експлуатації:

- вологість повітря до 80% при +20 °С;
- температура навколишнього середовища від -20 °С до +30 °С;
- можливість роботи на відкритому повітрі та захист від опадів.

У результаті огляду та аналізу існуючих конструкцій та електричних схем приводів подачі зварювального дроту побутових зварювальних напівавтоматів було поставлено завдання розробити конструкцію приводу подачі зварювального дроту для побутового зварювального напівавтомата, який забезпечував би подачу дроту діаметром 0,6-1,0 мм, а також розробити електричну схему з можливістю регулювання швидкості подачі зварювального дроту.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

## 2.2 Розробка структурної схеми механізму подачі дроту

Після розгляду та аналізу варіантів побудови механізмів подачі зварювального дроту та їх електричних схем керування, приступаємо до проектування структурної схеми. Проектування структурної схеми приводу подачі зварювального дроту для побутового зварювального напівавтомата (рис. 2.1, аркуш [БРМА24.00.00.000Е1]) слід почати з розробки вузла двигуна-редуктора, оскільки двигун приводить у рух привід, який подає зварювальний дріт до пальника. Для живлення двигуна використовуємо трансформатор, який на виході забезпечуватиме напругу 10-15 В. Оскільки напруга на виході трансформатора змінна, для її випрямлення застосовуємо діодний міст. Для стабілізації випрямленої напруги розробляємо параметричний стабілізатор. Для регулювання напруги, яка визначатиме швидкість подачі зварювального дроту, створюємо вузол регулятора напруги. Під час роботи механізму в мережу проникатимуть радіоперешкоди, тому для їх придушення розробляємо вузол фільтра напруги.

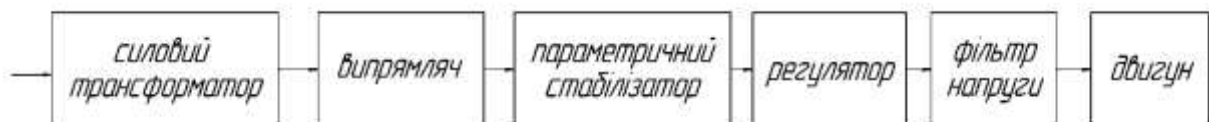
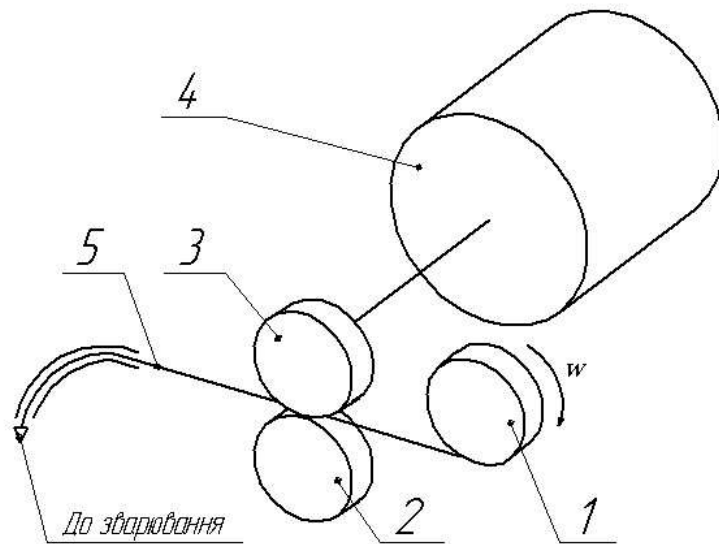


Рисунок 2.1 – Структурна схем механізму подачі дроту

## 2.3 Розробка кінематичної схеми механізму подачі дроту

Кінематична схема механізму подачі дроту представлена на рис. 2.2. Механізм включає двигун-редуктор 4, ведучу шестерню 3 та притискну шестерню 3. Крім того, при розрахунку моменту інерції механізму необхідно врахувати барабан з дротом 1.



1 – барабан із дротом; 2 – притискаюча шестерня; 3 – подаюча шестерня; 4 – електродвигун - редуктор; 5 – зварювальний дріт;  $w$  – напрям подачі дроту.

Рисунок 2.2 - Кінематична схема механізму подачі дроту:

Кінематична схема працює наступним чином: двигун-редуктор 4, що живиться від електричної схеми, передає крутний момент на шестерню 3. Ця шестерня, у свою чергу, обертає притиску шестерню 2, завдяки якій зварювальний дріт 5, притиснутий між двома шестернями, починає подаватися до місця зварювання. Завдяки тяговій силі, створеній шестернями, барабан 1 починає обертатися, подаючи зварювальний дріт.

#### 2.4 Розробка конструкції механізму подачі дроту

Було розроблено конструкцію зварювального пальника. Його загальний вигляд наведено на аркуші [БРМА24.01.00.000В3].

Основними деталями пальника є: боковина, втулка ізолятор, втулка фіксатор, корпус, контактна пластина, кожух, накладка, наконечник, наконечник кабелю, перехідник газовий, перехідник троса, перехідник кожуха, прокладка,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

стійка боковини, трубка газова, трубка, фіксатор, фіксатор малий, хомут приводу.

На основі структурної та кінематичної схем було розроблено конструкцію механізму подачі зварювального дроту. Його загальний вигляд представлено на аркуші [БРМА24.02.00.000В3].

Основними деталями механізму є: боковина, вісь, втулка, втулка мала, оболонка троса, оболонка троса мала, опора верхня, притискна боковина, пружина. Піддон, ролик ведучий, ролик ведений, розпорка, розпорка мала, стійка, стійка силова, тримач, щока.

Було розроблено деталювання основних деталей механізму подачі дроту (аркуш [БРМА24.00.00.000]).

## 2.5 Вибір елементів електричної схеми механізму подачі дроту

Вибираємо елементи електричної схеми на основі створеної структурної схеми (рис. 2.1).

Вибір елементів для вузла двигуна.

Вибираємо двигун марки VWF 0101, призначений для приводу склоочисника автомобіля. Двигун керується контактором K1.1 (реле PC527) [14].

Основні електричні характеристики реле:

- діапазон електроживлення - 8...16 В;
- струм керування - не більше 0,2 А;
- напруга відпускання - 1,5...5,0 В;
- номінальна напруга - 12 В;
- максимальний струм у силовому колі - 30 А;
- напруга спрацьовування - не менше 8,0 В;
- активний опір обмотки -  $80 \pm 10$  Ом.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

При подачі напруги на контакти управління реле спрацьовує і замикає або розмикає електричний ланцюг силовими контактами.

Вибір трансформатора. Цей вузол складається з трансформатора, який на виході забезпечує напругу в діапазоні 10-15 В, що забезпечує стабільну роботу обраного електродвигуна (рис. 2.3). Струм на вторинній обмотці трансформатора приблизно 0,01 А. Вибираємо трансформатор ОСО-0,25 220/15 В [13].

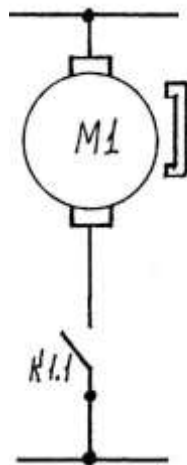


Рисунок 2.3 - Двигун

Вибір елементів для вузла випрямляча.

Розробка вузла здійснюється для випрямлення змінної напруги, що подається з вузла трансформатора (рис. 2.4), оскільки двигун працює на постійній напрузі. Знижена силовим трансформатором напруга випрямляється на діодному мосту VD5-VD8 (рис. 2.4).

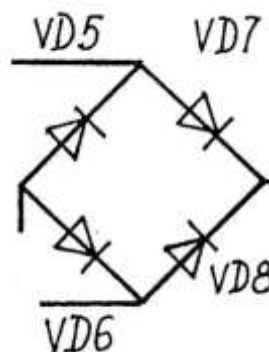


Рисунок 2.4 – Діодний міст

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
34

Вибираємо діоди КД2999В [14].

Технічні характеристики вибраних діодів:

- максимальна постійна зворотна напруга - 50 В;
- максимально допустимий прямий імпульсний струм - 100 А;
- максимальна імпульсна зворотна напруга - 100 В;
- максимальний прямий (випрямлений за напівперіод) струм - 20 А;
- максимальна пряма напруга - 1 В.

Вибір елементів вузла параметричного стабілізатора (рис. 2.5).

Вузол стабілізує імпульсну постійну напругу, що надходить з вузла випрямляча (рис. 2.4). Він складається з стабілітронів VD9, VD10 (КС191Ж) [14] та баластного резистора R1 (МЛТ-0,25 Вт-390 Ом) [14]. Особливість роботи такого стабілізатора полягає в тому, що напруга стабілітрона на зворотній ділянці його вольт-амперної характеристики змінюється незначно в широкому діапазоні зміни зворотного струму стабілітрона. Тобто коливання напруги на вході стабілізатора спричиняють значну зміну струму стабілітрона при незначних змінах напруги на ньому.

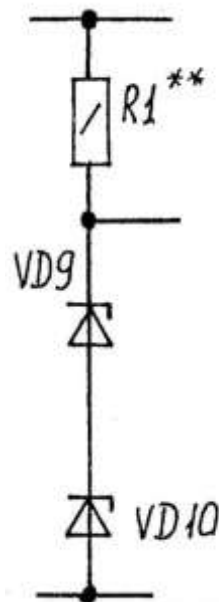


Рисунок 2.5 - Параметричний стабілізатор

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Розробка вузла регулятора.

Регулятор рис.2.6 використовується для регулювання напруги, що задаватиме швидкість подачі зварювального дроту. Побудований регулятор на транзисторах VT1(KT815A) [14], VT2 (MRF430) [15], та змінному резисторі R2(СП 3-446-0.5 - 10 к М) [14].

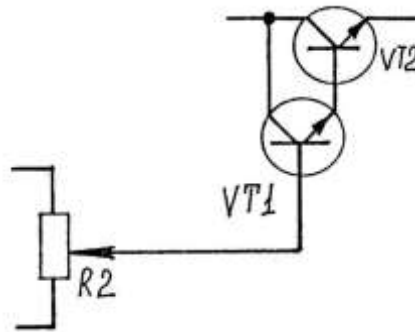


Рисунок 2.6 – Регулятор

Вибір елементів фільтра напруги.

Фільтр використовується для подавлення радіозавад та для зменшення пульсації струму після випрямлення. В цьому випадку було використано ємнісний фільтр – це конденсатор рис.2.7.

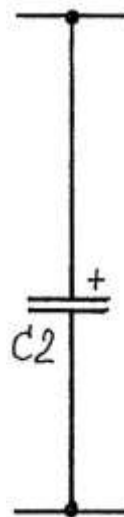


Рисунок 2.7 – Фільтр напруги

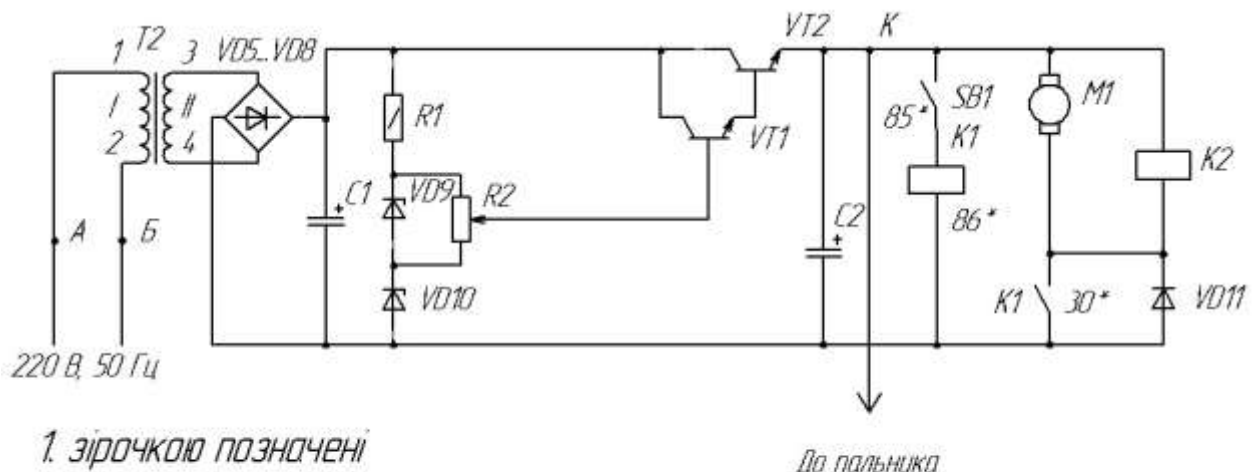
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Властивості фільтра кількісно визначаються відносною величиною загасання, яке він вносить у складові спектру електричних коливань: чим більша різниця загасань у смузі затримання і смузі пропускання, тим сильніше виражені його фільтруючі властивості. Як фільтр застосовується конденсатор С2 (К50-35 - 25 В-4700 мкФ) [14].

## 2.6 Розробка електричної принципової схеми механізму подачі зварювального дроту

Розробляємо електричну схему керування механізмом подачі дроту зварювального напівавтомата (рис. 2.8, аркуш [БРМА24.00.00.000Е3]) на основі розробленої структурної схеми (рис. 2.1).

Ця схема працює наступним чином: напруга з мережі 220В подається на первинну обмотку трансформатора Т2, який знижує мережеву напругу до 15 вольт. Після випрямлення діодним мостом VD5 – VD8 напруга вирівнюється на конденсаторі С1 і подається на транзистор VT2, який є регулювальним елементом стабілізатора.



1. зірочкою позначені  
номера контактів реле.  
2. А,Б – точки підключення  
електродвигуна М2.

Рисунок 2.8 – Схема електрична принципова

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

За допомогою резистора R2 і транзистора VT1 задається вихідна напруга, знята з VT2. Величина цієї напруги визначає швидкість обертання M1, що, відповідно, впливає на швидкість подачі зварювального дроту в пальник. Запуск двигуна здійснюється мікроперемикачем SB1; при його замиканні спрацьовує реле K1, замикаючи ланцюг живлення електродвигуна. Одночасно замикається ланцюг живлення газового клапана K2, забезпечуючи подачу газу одночасно з подачею зварювального дроту. Діод VD11 захищає контакти реле K1 від обгорання. Враховуючи великі струми, споживані електродвигуном M1 (до 20 А), транзистор VT2 і діоди VD5 – VD8 вибрані з урахуванням їх здатності пропускати великі струми.

Під час розробки конструкції приводу подачі зварювального дроту для побутового зварювального напівавтомата були розроблені вузли електричної схеми механізму подачі дроту, створена електрична схема, на основі якої була розроблена структурна схема. Електрична схема відповідає вимогам, поставленим до механізму подачі зварювального дроту в технічному завданні.

## 2.7 Висновки до другого розділу

В цьому розділі було здійснено розробку механізму подачі зварювального дроту . Проведено розробку структурної та кінематичної схем. На основі них розроблено конструкції механізму подачі дроту. Проведено вибір елементів електричної схеми. На основі них розроблено електричну схему.

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

### 3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ПОДАЧІ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ДРОТУ

#### 3.1 Розрахунок діаметра ведучого колеса механізму подачі зварювального дроту

Вихідні дані до розрахунку:

- діаметр зварювального дроту 0.8 мм;
- швидкість подачі зварювального 0,7...11 м\хв;
- кількість обертів двигуна 70 об/хв;

Так як передаточне відношення обраного редуктора і швидкість обертання якоря електричного двигуна нам не відома, необхідно розрахувати діаметр ведучого колеса механізму подачі зварювального дроту, що б він забезпечував потрібну швидкість подачі дроту.

Підставивши вихідні дані у формулу здійснимо розрахунок потрібного розміру (радіус) веденого колеса механізму подачі дроту:

$$R = \frac{L / n}{2 \cdot \pi}, \quad (3.1)$$

$$R = \frac{1100 / 70}{2 \cdot 3,14} = 1,8 \text{ см.}$$

де  $n$  - кількість обертів електричного двигуна, зроблених за 1 хв.;

$L$  – довжина.

Спрощена формула для швидкості 11 м/хв:

$$R = \frac{180}{n}. \quad (3.2)$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де  $n$  - число обертів електродвигуна, зроблених за 1 хв.

Таким чином радіус веденого колеса дорівнює 1,8 см або діаметр складає 3,6 см. При такому радіусі забезпечується необхідна максимальна швидкість подачі дроту 11 м/хв при напрузі 20 В.

Максимальна кутова швидкість роликів, що подають зварювальний дріт визначається за формулою:

$$\omega = \frac{2v_{\max}}{d}, \quad (3.3)$$

$$\omega = \frac{2 \cdot 0.183}{0.034} = 10.76 \text{ c}^{-1}.$$

де  $v_{\max}$  - максимальна швидкість подачі електродного дроту;

$d$  - діаметр каналу шестерні, що подає.

При розрахунку потрібного моменту інерції механізму, моментом інерції шестерень можна знехтувати, через те, що момент інерції шестерні набагато менше моменту інерції електричного двигуна, а швидкість обертання так само в декілька разів менше швидкості обертання електричного двигуна.

Моментом інерції барабана з дротом не можна нехтувати. Момент інерції повного барабана визначається із виразу:

$$J = \frac{1}{2}mr^2, \quad (3.4)$$

$$J = \frac{1}{2}25 \cdot 0.15^2 = 0.28 \text{ кгм}^2.$$

Кутова швидкість повного барабана визначається із формулою:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

$$\omega = \frac{v_{\max}}{r}, \quad (3.5)$$

$$\omega = \frac{0.333}{0.15} = 2.22 \text{ c}^{-1}.$$

Момент інерції порожнього барабана визначається із виразу:

$$J = \frac{1}{2}mr^2, \quad (3.6)$$

$$J = \frac{1}{2}0.8 \cdot 0.05^2 = 0.001 \text{ кгм}^2.$$

Кутова швидкість порожнього барабана знаходиться із формули:

$$\omega = \frac{v_{\max}}{r}, \quad (3.7)$$

$$\omega = \frac{0.333}{0.05} = 6.66 \text{ c}^{-1}.$$

3.2 Визначення робочої області механізму з врахуванням регулювання швидкості

Побудова механічної характеристики механізму здійснюється в залежності механічного навантаження від навантаження при певній швидкості подачі дроту. Відповідно:

$$F_{\text{мех}} = F(v), \quad (3.8)$$

де  $F$  - тягове зусилля, Н;

$V$  - швидкість подачі, м/с.

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

Математично розрахувати момент навантаження механізму подачі електродного дроту неможливо. Це обумовлено тим, що сила проштовхування дроту залежить від багатьох характеристик. Це просторове положення патрубку, степінь забруднення каналу, довжина патрубка і багато іншого. Тому сили проштовхування електродного дроту передбачені відповідним стандартом. Відповідно до вимог ГОСТ 18130-79 тягові зусилля механізмів подачі напівавтоматів дугового зварювання з штовхаючою системою подачі дроту повинні складати:

- 100 Н - для флюсових дротів діаметром до 1.2 мм;
- 200 Н - для алюмінієвих дротів діаметром 0.8 - 1 мм.

Мінімальна сила подачі дроту при чистому каналі і вирівняному патрубку складає приблизно 25 Н. Таким чином навантаження механізму лежить в широких межах у всьому діапазоні швидкостей. Механічна характеристика механізму представляє собою пряму, що паралельна осі абсцис. З врахуванням всього вищезазначеного на рис. 3.2 показана область можливої роботи механізму.

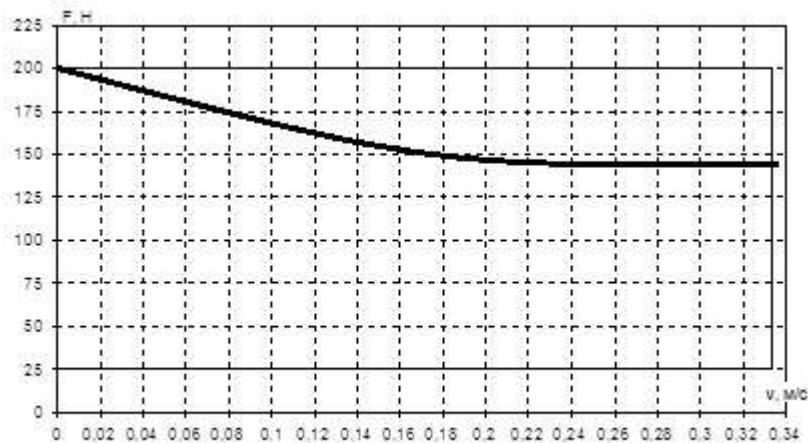


Рисунок 3.2 - Область роботи механізму подачі дроту

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
42

### 3.3 Розрахунок статичного моменту і побудова характеристики

Статичний момент розраховується в залежності навантаження від швидкості подачі дроту. Відповідно:

$$M_c = F (v). \quad (4.7)$$

де  $F$  - сила, Н;

$v$  - швидкість подачі дроту, м/с.

Статичний момент визначається моментом, що розвивається електричним двигуном при прошовуванні дроту з врахуванням втрат у кінематичному ланцюзі. Таким чином, максимальний статичний момент визначається за формулою:

$$M_c = \frac{F_{mex}}{\eta_p \eta_{ш}} = \frac{F_{mex} r}{\eta_p \eta_{ш}}, \quad (3.8)$$

$$M_c = \frac{200 \cdot 0.017}{0.7 \cdot 0.95} = 5.11 \text{ Н}.$$

Мінімальний статичний момент визначається із виразу:

$$M_c = \frac{F_{mex}}{\eta_p \eta_{ш}} = \frac{F_{mex} r}{\eta_p \eta_{ш}}, \quad (3.9)$$

$$M_c = \frac{25 \cdot 0.017}{0.7 \cdot 0.95} = 0.64 \text{ Н}.$$

Так як зусилля прошовування зварювального дроту не залежить від швидкості подачі, то статичний момент залишається практично незмінним у

всьому діапазоні швидкостей. В цьому розрахунку зміною ККД редуктора при неномінальних режимах було знехтувано.

Область роботи в статичному режимі представлено на рис. 3.3.

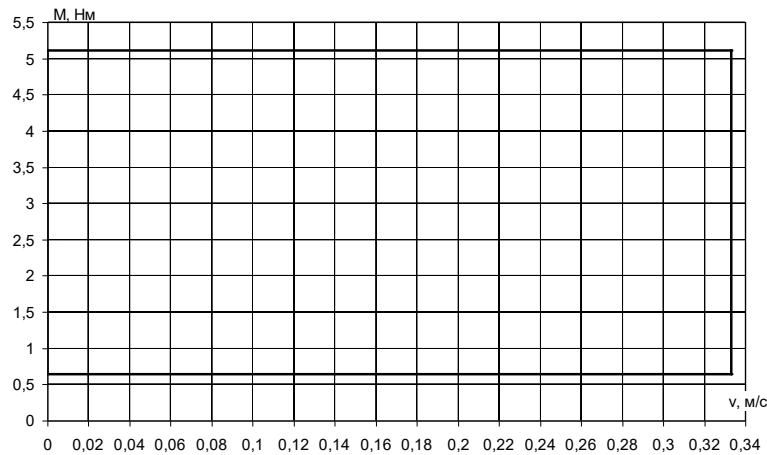


Рисунок 4.3 - Область роботи приводу механізму подачі дроту

### 3.4 Розрахунок та побудова навантажувальної діаграми механізму подачі дроту

Навантажувальна діаграма механізму подачі дроту будується в залежності моменту від навантаження в певний період часу:

$$M = F (T) \quad (3.10)$$

де  $F$  - сила, Н;

$T$  - час роботи механізму подачі дроту, с.

Для цього механізму побудувати однозначну навантажувальну діаграму складно. Це пов'язано з тим, що він може працювати в різних режимах. Залежно від режиму вид діаграми не змінюється, але змінюються час роботи, час паузи,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

час розгону та гальмування. Таким чином можна представити тільки зовнішній вигляд навантажувальної діаграми для максимального статичного моменту.

На цьому етапі роботи можна побудувати тільки спрощену навантажувальну діаграму, так як ще не відомий момент інерції електродвигуна. Припускаючи, що потужність електричного двигуна становить приблизно 10-20 Вт і синхронна частота обертання складає 70 об/хв, то можна наближено прийняти момент інерції електродвигуна рівним  $7,8 \cdot 10^{-4} \text{ кг м}^2$ .

Статичний момент, приведений до валу електричного двигуна визначається із формули:

$$M'_c = \frac{M_c}{\left(\frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{ш}}}\right)^2} = \frac{5.11}{\left(\frac{157}{19.59}\right)^2} = 0.08 \text{ Нм}. \quad (3.11)$$

Момент інерції механізму, що приведений до валу електродвигуна (при повному барабані) визначається із формули:

$$J = \delta J_{\text{дв}} + \frac{J_{\text{б}}}{\left(\frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{б}}}\right)^2} = 1.2 \cdot 7.8 \cdot 10^{-4} + \frac{0.001}{\left(\frac{157}{6.66}\right)^2} = 9.38 \cdot 10^{-4} \text{ кгм}^2 \quad (3.12)$$

Момент інерції механізму, що приведений до валу електродвигуна (при порожньому барабані) визначається із формули

$$J = \delta J_{\text{дв}} + \frac{J_{\text{б}}}{\left(\frac{\omega_{\text{дв}}}{\omega_{\text{б}}}\right)^2} = 1.2 \cdot 7.8 \cdot 10^{-4} + \frac{0.28}{\left(\frac{157}{2.22}\right)^2} = 9.91 \cdot 10^{-4} \text{ кгм}^2 \quad (3.13)$$

Для розрахунків прийнято середній момент інерції механізму. Відповідно:

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

$$J = \frac{J_{\min} + J_{\max}}{2} = \frac{9.38 + 9.91}{2} 10^{-4} = 9.65 \cdot 10^{-4} \text{ кгм}^2 \quad (3.14)$$

Динамічний момент визначається за кутовим прискоренням і визначається за формулою:

$$M_{\text{дин}} = J\varepsilon = J \frac{\omega_{\max}}{t_n} = 9.65 \cdot 10^{-4} \frac{157}{1} = 0.15 \text{ Нм} \quad (3.15)$$

Вид навантажувальної діаграми представлено на рис. 3.4.

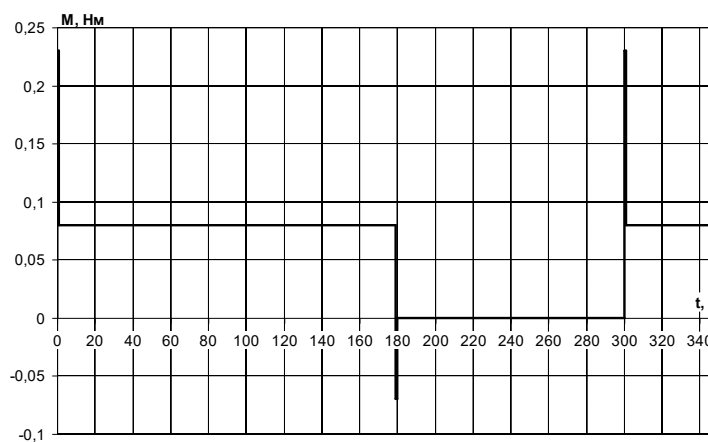


Рисунок 3.4 - Навантажувальна діаграма

### 3.5 Вибір електричного двигуна

Попередній вибір електричного двигуна по швидкості, моменту, потужності.

Для розглянутого механізму подачі було вибрано двигун. Вибір електричного двигуна в таких системах здійснюється по потужності.

Необхідна потужність електричного двигуна:

$$P_{\text{дв}} = P_{n.p.} + P_{n.m.} + P_{n.c.} + P_{n.n.} \quad (3.16)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

де  $P_{n.p.}$  - втрати потужності в редукторі;

$P_{n.c.}$  - втрати потужності на змотування дроту з бухти;

$P_{n.m.}$  - втрати на тертя в роликах, що подають;

$P_{n.n.}$  - втрати на прошовхування дроту по патрубку.

Значення  $P_{n.m.}$  і  $P_{n.c.}$  (при бухті масою 4 кг) за експериментальними даними складають по 5 Вт. Максимальна потужність, що витрачається при прошовхуванні дроту зі швидкістю 11 м/хв, визначається із формули та складає

$$P_{n.n.} = Fv = 200 \cdot 0.333 = 66.6 \text{ Вт} \quad (3.17)$$

де  $F$  - тягове зусилля, Н;

$v$  - швидкість подачі дроту, м / с.

Коефіцієнт корисної дії черв'ячного редуктора складає від 0,6 до 0,8. Було прийнято середнє значення ККД рівне 0,7.

Отже, потужність на валу електродвигуна складає:

$$P_{\text{ов}} = \frac{P_{n.m.} + P_{n.c.} + P_{n.n.}}{\eta_p} = \frac{5 + 5 + 66.6}{0.7} = 10,9 \text{ Вт} \quad (3.18)$$

Було вибрано моторредуктор склоочисника, що призначений для встановлення в привод склоочисника автомобіля з наступними характеристиками:

- частота обертання вала редуктора,  $\text{хв}^{-1}$  70;
- номінальна напруга, В 12;
- номінальна потужність на валу редуктора  $P_{\text{ном}}$ , Вт 10;
- робоча температура, С від  $-40^\circ \text{С}$  до  $+50$ ;
- споживаний струм не більше, А 20;
- маса не більше, кг 1,6;

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

### 3.6 Розрахунок вузла силового трансформатора

Вихідні дані:

- число фаз  $m = 1$ .
- номінальні потужності вторинних обмоток:  $P_2 = 30 \text{ ВА}$ ;
- частота електричної мережі  $f = 50 \text{ Гц}$ ;
- номінальні напруги:  $U_1 = 220 \text{ В}$ ,  $U_2 = 12 \text{ В}$ ;
- коефіцієнт потужності навантаження  $\cos \varphi_2 = 1$ .
- особливі умови: трансформатор мінімальної вартості для тривалої роботи при навколишній температурі  $50^\circ \text{C}$ ,
- охолодження – повітряне;
- виконання – відкрите.

Вибір типу і основних співвідношень трансформатора [8].

У відповідності з умовами завдання найбільше підходить по конструкції броньовий тип трансформатора із осердям з штампованих Ш – подібних пластин і мідними обмотками. Відношення маси сталі до маси міді було прийнято  $\alpha = \frac{G_c}{G_k} = 5,5$ . В якості матеріалу осердя використано електротехнічну сталь марки Е41 зі товщиною листа  $\delta_c = 0,5$  (ГОСТ 802-58).

Визначення струмів трансформатора.

Струм первинної обмотки визначається із виразу:

$$I_1 = \frac{P}{U_1 \eta \cos \varphi_1},$$
$$I_1 = \frac{30}{220 \cdot 0,86 \cdot 0,89} = 0,17 \text{ А}, \quad (3.21)$$

де сумарна активна потужність вторинних обмоток буде рівною:

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		48

$$P = P_2 \cdot \cos \varphi_2,$$

(3.22)

$$P = 30 \cdot 1 = 30 \text{ Вт.}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_\mu}{I_{1a}}\right)^2}},$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,5^2}} = 0,89. \quad (3.23)$$

Було прийнято:

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

По криві  $\eta = f(P)$  для  $P = 3000 \text{ Вт}$  було знайдено  $\eta \approx 86$ .

Струм вторинної обмотки складає:

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2},$$

$$I_2 = \frac{30}{12} = 4,14 \text{ А.} \quad (3.24)$$

Попереднє значення індукції в стержні складає:

$$B_c = 1,3 \text{ Тл}$$

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Попереднє значення щільності струму в мідних проводах обмотки  
рівняється:

$$j = 3,8 \text{ A} / \text{мм}^2$$

Поперечний переріз стержня осердя і ярма рівняється:

$$S'_c = C \sqrt{\frac{P_1 \alpha \cdot 10^2}{f_1 B_c j}},$$

$$S'_c = 0,7 \sqrt{\frac{130 \cdot 5,5 \cdot 10^2}{50 \cdot 1,3 \cdot 3,8}} = 12,4 \text{ см}^2, \quad (3.25)$$

$$S'_я = \frac{S'_c}{2},$$

$$S'_я = \frac{65,4}{2} = 32,7 \text{ см}^2, \quad (3.26)$$

де

$$P_1 = I \cdot U,$$

$$P_1 = 220 \cdot 1,03 = 130 \text{ ВА}. \quad (3.27)$$

Повні поперечні перерізи рівняються :

$$S_c = \frac{S'_c}{k_3},$$

$$S_c = \frac{12,4}{0,92} = 13,6 \text{ см}^2, \quad (3.28)$$

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

$$S_{я} = \frac{S'_{я}}{k_3},$$

$$S_{я} = \frac{6,2}{0,92} = 6,8 \text{ см}^2, \quad (3.29)$$

$k_3$  - коефіцієнт заповнення перерізу осердя сталю в залежності від прийнятої товщини листа  $\delta_c$ .

Прийнято:

$$a = \sqrt{S_c} = 3 \text{ см}; b = \frac{S_c}{a} = 4,5 \text{ см}; h_{я} = \frac{S_{я}}{b} = 1,5 \text{ см}.$$

Визначення числа витків обмоток трансформатора.

Попереднє число витків первинної обмотки трансформатора визначається із виразу:

$$W_1 = \frac{\left( U_1 - \frac{\Delta U \% \cdot U_1}{200} \right) \cdot 10^4}{4,44 \cdot f_1 \cdot B'_c \cdot S_c},$$

$$W_1 = \frac{\left( 220 - \frac{10 \cdot 220}{200} \right) \cdot 10^4}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 12,4} = 330, \quad (3.30)$$

де величина  $\Delta U \% \approx 10V$  визначена по кривій  $\Delta U \% = f(P)$  для  $P = 3000 \text{ ВА}$ .

Попередня величина падіння напруги в обмотках трансформатора при навантаженні складає:

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

$$e'_{\omega} = \frac{U_1 - \frac{\Delta U \% \cdot U_2}{200}}{W_1'}$$

(3.31)

$$e'_{\omega} = \frac{220 - \frac{10 \cdot 220}{200}}{330} = 0,365 \text{ В / виток.}$$

Попереднє число витків вторинної обмотки трансформатора визначається із виразу:

$$W_2' = \frac{U_2 + \frac{\Delta U \% \cdot U_2}{200}}{e'_{\omega}}$$

(3.32)

$$W_2' = \frac{12 + \frac{10 \cdot 12}{200}}{0,365} = 17.$$

Число витків обмотки є числом цілим; остаточно прийнято:  $B_c = 1,3 \text{ Тл}$ ;  $W_1 = W_1' = 330$ ;  $W_2 = W_2' = 17$ ;  $e_{\omega} = e'_{\omega} = 0,365 \text{ В / виток}$

Визначення перерізів і діаметрів дротів обмоток.

Попередні значення поперечних перерізів дротів обмоток визначаються із виразу:

$$q_1' = \frac{I_1}{j_1'} = \frac{1,03}{3,8} = 0,271 \text{ мм}^2; q_2' = \frac{I_2}{j_2'} = \frac{4,14}{3,8} = 1,09 \text{ мм}^2 \quad (3.33)$$

Найближчі перетини і діаметри проводів по ГОСТ 2773-78 рівняються:

$$q_1 = 0,273 \text{ мм}^2 \quad q_2 = 1,13 \text{ мм}^2$$

$$d_1 = 0,59 \text{ мм} \quad d_2 = 1,20 \text{ мм}$$

$$d_{1is} = 0,64 \text{ мм} \quad d_{2is} = 1,28 \text{ мм}$$

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

Остаточні значення густин струму у вибраних дротах складають:

$$j_1 = \frac{I_1}{q_1},$$

$$j_1 = \frac{1,03}{0,273} = 3,77 \text{ A / мм}^2, \quad (3.34)$$

$$j_2 = \frac{I_2}{q_2},$$

$$j_2 = \frac{4,14}{1,13} = 3,68 \text{ A / мм}^2. \quad (3.35)$$

Вибір ізоляції проводів обмоток.

За ГОСТ 2773-78 було вибрано дроти марки ПЕЛ.

Висота вікна осердя трансформатора визначається із формули:

$$H \approx \sqrt{k \cdot \frac{q_1 W_1 + q_2 W_2}{100 \cdot k_{ок}}},$$

$$H \approx \sqrt{2,8 \cdot \frac{0,273 \cdot 330 + 0,0572 \cdot 1150 + 1,13 \cdot 17}{100 \cdot 0,24}} = 4,5 \text{ см}. \quad (3.36)$$

Ширина вікна осердя трансформатора.

Число витків первинної обмотки в шарі визначається із:

$$n_1 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{1із}},$$

$$n_1 = \frac{45 - 2 \cdot 3}{0,64} = 61. \quad (3.37)$$

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

Число шарів первинної обмотки:

$$m_1 = \frac{W_1}{n_1},$$

$$m_1 = \frac{330}{61} \approx 5,5. \quad (3.38)$$

Товщина первинної обмотки визначається з формули:

$$\delta_1 = m_1 \cdot d_{1із},$$

$$\delta_1 = 6 \cdot 0,64 = 3,8 \text{ мм}. \quad (3.39)$$

Число витків вторинної обмотки в шарі визначається за виразом:

$$n_2 = \frac{H - 2 \cdot \varepsilon_1}{d_{2із}},$$

$$n_2 = \frac{45 - 2 \cdot 3}{1,28} = 30. \quad (3.40)$$

Товщина вторинної обмотки:

$$m_2 = \frac{W_2}{n_2} = \frac{17}{30} \approx 1.$$

(3.41)

Число шарів вторинної обмотки:

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

$$\delta_2 = m_2 \cdot d_{2из},$$

$$\delta_2 = 1 \cdot 1,28 = 1,3 \text{ мм.} \quad (3.42)$$

Ширина вікна осердя:

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

$$c = 1,2 \cdot (1 + 3,5 + 0,5 + 3,8 + 0,5 + 1,3) + 3 = 15 \text{ мм,} \quad (3.43)$$

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

Ізоляція між обмотками трансформатора виконана електрокартоном ЕВ (ГОСТ 2824-86).

Відношення:

$$\frac{H}{c} = \frac{4,5}{1,5} = 3 \quad (3.44)$$

Осердя зібране з Ш- подібних пластин безвідходного штампування:

$$H = 4,5 \text{ см; } c = 1,5 \text{ см; } a = 3 \text{ см; } b = 4,5 \text{ см; } h_{я} = 1,5 \text{ см.}$$

Визначення маси мідних обмоток трансформатора.

Маси мідних обмоток трансформатора в разі прямокутних котушок визначаються за виразом:

$$l_{\omega_1} = 2 \left[ a + b + 4(\varepsilon_0 + \delta_{12} + \delta_2) + 2\delta_{12} \right],$$

$$l_{\omega_1} = 2 \cdot \left[ 3 + 4,5 + 4 \cdot (1 + 0,35 + 0,005) + 2 \cdot 0,38 \right] = 20,3 \text{ см,} \quad (3.45)$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
55

$$G_{\kappa_1} = 8,9 \cdot W_1 \cdot q_1 \cdot l_{\omega_1} \cdot 10^{-5}, \quad (3.46)$$

$$G_{\kappa_1} = 8,9 \cdot 330 \cdot 0,273 \cdot 20,3 \cdot 10^{-5} = 0,163 \text{ кг},$$

$$l_{\omega_2} = 2(a + b + 4\varepsilon_0 + 2\delta_{12}), \quad (3.47)$$

$$l_{\omega_2} = 2 \cdot (3 + 4,5 + 4 \cdot 0,1 + 2 \cdot 0,13) = 22,7 \text{ см.}$$

$$G_{\kappa_2} = 8,9 \cdot W_2 \cdot q_2 \cdot l_{\omega_2} \cdot 10^{-5}, \quad (3.48)$$

$$G_{\kappa_2} = 0,63 + 0,100 + 0,039 = 0,302 \text{ кг.}$$

Загальна маса мідних обмоток рівняється:

$$G_{\kappa} = G_{\kappa_1} + G_{\kappa_2}, \quad (3.49)$$

$$G_{\kappa} = 0,44 + 1,32 = 1,32 \text{ кг.}$$

Втрати в обмотках трансформатора при 75 °С складають:

$$P_{\kappa_1} = 2,41 j_1^2 G_{\kappa_1},$$

$$P_{\kappa_1} = 2,4 \cdot 3,77^2 \cdot 0,163 = 5,50 \text{ Вт},$$

$$P_{\kappa_2} = 2,41 j_2^2 G_{\kappa_2}, \quad (3.50)$$

$$P_{\kappa_2} = 2,4 \cdot 3,68^2 \cdot 0,039 = 1,27 \text{ Вт.}$$

Сумарні втрати в обмотках рівняються:

$$P_{\kappa} = P_{\kappa_1} + P_{\kappa_2},$$

(3.51)

$$P_{\kappa} = 5,5 + 2,67 \approx 8,17 \text{ Вт.}$$

Маса стали осердя трансформатора:

$$G_{cc} = 7,6 H S_c' \cdot 10^{-3},$$

(3.52)

$$G_{cc} = 7,6 \cdot 4,5 \cdot 12,4 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ кг},$$

$$l_{\text{я}} = 2c + a + 2h_c,$$

(3.53)

$$l_{\text{я}} = 2 \cdot 1,5 + 3 + 2 \cdot 1,5 = 9 \text{ см},$$

$$G_{c\text{я}} = 2 \cdot 7,6 \cdot (H + l_{\text{я}}) \cdot S_{\text{я}}' \cdot 10^{-3},$$

(3.54)

$$G_{c\text{я}} = 2 \cdot 7,6 \cdot (4,5 + 9) \cdot 6,2 \cdot 10^{-3} = 1,32 \text{ кг}.$$

Загальна маса осердя:

$$G_c = G_{cc} + G_{c\text{я}},$$

(3.55)

$$G_c = 0,44 + 1,32 = 1,76 \text{ кг}.$$

Магнітні втрати в осерді трансформатора визначаються за виразом:

$$P_{cc} = k_c B_c^2 G_{cc},$$

(3.56)

$$P_{cc} = 1,6 \cdot 1,3^2 \cdot 0,44 = 1,2 \text{ Вт},$$

$$P_{c\text{я}} = k_c B_c^2 G_{c\text{я}},$$

(3.57)

$$P_{c\text{я}} = 1,6 \cdot 1,3^2 \cdot 1,32 = 3,67 \text{ Вт}.$$

Повні магнітні втрати в осердю:

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

$$P_c = P_{cc} + P_{c\alpha},$$

(3.58)

$$P_c = 1,2 + 3,67 = 4,87 \text{ Вт.}$$

Струм холостого ходу трансформатора визначається із виразу:

$$I_0 = I_\mu = \frac{\alpha \omega_c l'_c + \alpha \omega_\alpha l'_\alpha + 0,8 B_c n \delta_3 \cdot 10^4}{\sqrt{2} \cdot W_1},$$

$$I_0 = \frac{7,4 \cdot 4,5 + 7,4 \cdot 13,5 + 0,8 \cdot 1,3 \cdot 2 \cdot 0,004 \cdot 10^4}{\sqrt{2} \cdot 330} = 0,465 \text{ А,} \quad (3.59)$$

де  $l'_c = H = 4,5 \text{ см}$ ;  $l'_\alpha = H + l_\alpha = 4,5 + 9 = 13,5 \text{ см}$ ;  $\alpha \omega_c = \alpha \omega_\alpha = 7,4$  - по кривій для сталі марки Е41 при

$$B_c = B_\alpha = 1,3 \text{ Тл}; i_\mu \% = \frac{I_\mu}{I_{1a}} \cdot 100,$$

(3.60)

$$B_c = B_\alpha = \frac{0,465}{0,92} \cdot 100 = 50\%,$$

$$I_{1a} = I_1 \cos \varphi_1,$$

(3.61)

$$I_{1a} = 1,03 \cdot 0,89 = 0,92 \text{ А.}$$

Коефіцієнт корисної дії трансформатора:

$$\eta = \frac{P}{P + P_c + P_\kappa} \cdot 100,$$

(3.62)

$$\eta = \frac{30}{30 + 4,87 + 9,4} \cdot 100 = 88\%.$$

Визначення активних падінь напруги і опору обмоток трансформатора.

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

Відносні активні падіння напруги в обмотках складають:

$$e_{a1} \% = \frac{P_{\kappa_1}}{U_1 I_1} \cdot 100\%,$$

$$e_{a1} \% = \frac{5,50}{220 \cdot 1,03} \cdot 100 = 4,20\%,$$

$$e_{a2} \% = \frac{P_{\kappa_2}}{U_1 I_1} \cdot 100\%, \quad (3.63)$$

$$e_{a2} \% = \frac{1,27}{220 \cdot 4,14} \cdot 100 = 5,07\%.$$

Активні опори обмоток визначаються наступним чином:

$$r_1 = \frac{P_{\kappa_1}}{I_1^2} = \frac{5,50}{1,03^2} = 5,2 \text{ Ом},$$

$$r_2 = \frac{P_{\kappa_2}}{I_1^2} = \frac{1,27}{4,14^2} = 0,075 \text{ Ом}. \quad (3.64)$$

Активні опори короткого замикання обмоток складають:

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

$$r_{\kappa_{12}} = 5,2 + 0,075 \cdot \left( \frac{330}{17} \right)^2 = 8,0 \text{ Ом}. \quad (3.65)$$

Індуктивні падіння напруги і опору обмоток трансформатора визначаються:

$$\delta_{s12} = \delta_{12} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3},$$

$$\delta_{s12} = 0,05 + \frac{0,38 + 0,35}{3} = 0,293 \text{ см}, \quad (3.66)$$

$$e_{s12} = \frac{4 f \delta_{s12} \left( I_1 W_1 l_{\omega_1} + I_2 W_2 l_{\omega_2} \cdot \frac{P_1}{P_2} \right) \cdot 10^{-6}}{e_{\omega} l_s},$$

$$e_{s12} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 0,22 \cdot \left( 1,03 \cdot 330 \cdot 20,3 + 4,14 \cdot 17 \cdot 22,7 \cdot \frac{130}{25} \right) \cdot 10^{-6}}{0,365 \cdot 4,5} = 0,43\%. \quad (3.67)$$

Індуктивне падіння напруги на кожній обмотці:

$$e_{s1} \% = \frac{4 f_1 \delta_{s12} I_1 W_1 l_{\omega_1} \cdot 10^{-6}}{e_{\omega} l_s} = 0,25\%, \quad (3.68)$$

$$e_{s2} \% = e_{s12} \% - e_{s1} \% = 0,48 - 0,25 = 0,23\%. \quad (3.69)$$

Індуктивний опір короткого замикання визначається наступним чином:

$$x_{k12} = x_1 + x_2' = \frac{e_{s12} \% \cdot U_1}{100 \cdot I_1},$$

$$x_{k12} = x_1 + x_2' = \frac{0,43 \cdot 220}{100 \cdot 1,03} = 0,53 \text{ Ом}. \quad (3.70)$$

Повний опір короткого замикання скоалає:

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

$$z_{\kappa_{12}} = \sqrt{r_{\kappa_{12}}^2 \cdot x_{\kappa_{12}}^2},$$

(3.71)

$$z_{\kappa_{12}} = \sqrt{8,0^2 + 0,53^2} = 8,0 \text{ Ом.}$$

Напряга короткого замикання визначається наступним чином:

$$e_{\kappa_{12}} \% = \frac{Z_{\kappa_{12}} \cdot I_1}{U_1} \cdot 100,$$

(3.72)

$$e_{\kappa_{12}} \% = \frac{8,0 \cdot 1,03}{220} = 6,5 \%.$$

Зміна напруги трансформатора при навантаженні визначається наступним чином:

$$\Delta U_{12} \% \approx e_{a_1} \cos \varphi_1 + e_{a_2} \cos \varphi_2 + e_{s_1} \sin \varphi_1 + e_{s_2} \sin \varphi_2,$$

(3.73)

$$\Delta U_{12} \% \approx 4,20 \cdot \cos 86 + 5,07 \cdot \cos 0 + 0,19 \cdot \sin 86 + 0,16 \cdot \sin 0 = 8,84 \%.$$

Вплив індуктивного падіння напруги на величину зміни напруги є незначним.

Напряга на затискачах вторинної обмотки при навантаженні складає:

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

(3.74)

$$U_2 = 220 \cdot \frac{17}{330} \cdot \left( 1 - \frac{8,84}{100} \right) = 12 \text{ В.}$$

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
61

Для отримання номінальної напруги при навантаженні на затискачах вторинної обмотки число витків її слід зменшити.

Перевірка трансформатора на нагрівання здійснюється за наступними формулами:

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

$$\theta \approx \frac{9,4 + 4,87}{13 \cdot 10^{-4} \cdot (104 + 270)} + 12 = 42 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.75)$$

де

$$S_{обм} = 2[a + b + 4(\varepsilon_0 + \delta_2 + \delta_{12} + \delta_1)] \cdot H,$$

$$S_{обм} = 2 \cdot [3 + 4,5 + 4(0,1 + 0,35 + 0,005 + 0,08)] \cdot 4,5 = 104 \text{ см}^2, \quad (3.76)$$

$$S_{сер} = 2(b + 2h_{я})l_{я} + 4(b + h_{я}) \cdot H + 4bh_{я},$$

$$S_{сер} = 2 \cdot (4,5 + 2 \cdot 1,5) \cdot 9 + 4 \cdot (4,5 + 1,5) \cdot 4,5 + 4 \cdot 4,5 \cdot 1,5 = 270 \text{ см}^2. \quad (3.77)$$

Температура нагріву трансформатора складає:

$$\theta_T = \theta + \theta_{о.сер},$$

$$\theta_T = 42 + 50 = 92 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.78)$$

### 3.7 Висновки до третього розділу

В цьому розділі проведено розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції механізму подачі зварювального дроту: а саме: розрахунок діаметра

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ведучого колеса механізму подачі зварювального дроту; визначення робочої області механізму з врахуванням регулювання швидкості, розрахунок статичного моменту і побудова характеристики, розрахунок та побудова навантажувальної діаграми механізму подачі дроту. На основі них здійснено вибір електричного двигуна.

Також проведено розрахунок вузла силового трансформатора.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання бакалаврської роботи було проаналізовано різні процеси зварювання та обладнання для зварювання, а також розглянуто різні типи механізмів подачі дроту зварювальних напівавтоматів.

В другому розділі розроблено структурну та електричну схему механізму подачі дроту. Проведено аналіз кінематичної схеми, визначено параметри та складено розрахункову схему механічної частини електроприводу.

В третьому розділі розраховано навантаження механізму з урахуванням регулювання швидкості, статичний момент, побудовано характеристики та навантажувальні діаграми. Вибрано електродвигун та розраховано трансформатор.

Розроблений механізм подачі зварювального дроту забезпечує подачу дроту діаметром 0,6-1,0 мм з можливістю регулювання швидкості подачі. Механізм відзначається простотою в експлуатації та обслуговуванні.

Розроблений механізм подачі дроту зварювального напівавтомата можна застосовувати у виробництві та для удосконалення конструкції механізмів подачі зварювальних напівавтоматів.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Апаратура для напівавтоматичного зварювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rpl.ucoz.com/Navchannay/ZvarnicAparatura.pdf>
2. Механізми подачі зварювального дроту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lavka.biz.ua/uk/mekhanizm-podachi-privod-ssj-15-80vt-uk>.
3. ПДГО 510 механізм подачі дроту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://remsvar.dp.ua/magazin/podayushchie-mekhanizmu/mekhanizm-podachi-provoloki.html>.
4. Регулятор швидкості подачі дроту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bud-tehnika.com.ua/sites/default/files/downloads/%D0%98%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%20%D1%81%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%20Kaiser%20MIG-265%2C%20MIG-305.pdf>
5. Будова, технічна характеристика зварювального напівавтомата [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/library/budova-tekhnichna-kharakterystyka-zvariivalnoho-napivavtomata-fronius-transsteel-3500-678518.html>.
6. Як зробити зварювальні апарати своїми руками [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://balka-book.com/ua/elektrotehnika-188/kak\\_sdelat\\_svarochnyie\\_apparaty\\_svoimi\\_rukami-5569](https://balka-book.com/ua/elektrotehnika-188/kak_sdelat_svarochnyie_apparaty_svoimi_rukami-5569)
7. Схеми зварювальних апаратів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://remsvar.dp.ua/dokumentatsija/skhemi.html>.
8. Методика розрахунку трансформаторів малої потужності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lib.chmnu.edu.ua/pdf/posibnuku/211/7.pdf>.
9. Гуменюк І. В. Обладнання та технології зварювальних робіт : навч. посіб. / І. В. Гуменюк. К.: - Грамота, 2014. - 120 с.

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

10. Зварювання плавленням. Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів напряму підготовки 6.050504 - Зварювання/ Укл. В.В. Перемітько. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. - 23 с.

11. Техніка зварювання в захисних газах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/library/tekhnika-zvariuvannia-v-zakhysnykh-hazakh-784405.html>.

13. Трансформатор ОСО-0,25 220/12 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zyabkin.ua/shop/transformator-oso-025-220-12/>.

14. Запчастини для зварювальних апаратів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nlo.in.ua/ua/g26363218-zapchasti-dlya-svarochnyh>.

15. MRF430 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://datasheetspdf.com/datasheet-pdf/507156/MRF430.html>.

16. Зварювання, поняття, види і класи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://b2b.imperija.com/ua/svarka-vidy-klassy.html>.

17. Зварювальні технології - опис історії розвитку та основних типів зварювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mv-tools.com.ua/zvarjuvannja-stattja>.

18. Шебеко Л.П. Обладнання і технологія дугового автоматичного і механізованого зварювання. \_К.: Вища школа, 1986. – 280с.

19. Технологія і обладнання дугового зварювання плавленням [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://surnina59li.blogspot.com/p/blog-page\\_23.html](https://surnina59li.blogspot.com/p/blog-page_23.html).

20. Осташевський М.О. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник. М.О. Осташевський, О.Ю. Юр'єва; за ред. В.І. Мілих. – Харків : ФОП Панов А. М., 2017. – 452 с.

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

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

22. Навчальний посібник: Світ креслення [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.kpl.volyn.ua/download/metod/7.pdf>.

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

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

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

# ДОДАТКИ

					БРМА24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68