МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Кваліфікаційна робота
перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему Розробка джерела живлення іонатора для відділення інтенсивної терапії

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1712-с
спеціальності 171 Електроніка
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Електроніка
(код і назва освітньої програми)
Д. Л. Падерін
(ініціали та прізвище)
Керівник к.т.н., доцент С. Л. Шмалій
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)
Рецензент зам. дир. „Екотех" Шершов С.А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. Потебні
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
Рівень вищої освіти _____перший (бакалавський)_____
Спеціальність ___171 Електроніка_____
(код та назва)

Освітня програма ___Електроніка
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри_____Т. В. Критська
"_01_" __березня_____2025_року

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

Падерін Даніїл Леонідович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи Розробка джерела живлення іонатора для відділення інтенсивної терапії
керівник роботи ___Шмалій Сергій Леонідович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від _____
2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи_____15.06.2025
3. Вихідні дані магістерської роботи
- комплект нормативних документів ;
- технічне завдання до роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
- огляд та збір літератури стосовно теми кваліфікаційної роботи;
- розробка джерела живлення для іонізатора повітря;
- моделювання електромагнітних процесів в схемі джерела живлення іонатора;
- конструкторсько-технологічна частина;
- економічне обгрунтування виробу, що розроблено.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Постановка завдання (А1), Схема електрична структурна джерела живлення (А1), Схема електрична принципова (А1), Математичне моделювання (А1), Охорона праці (А1).

6. Консультанти розділів бакалаврської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата Завдання прийняв
1	к.т.н. доц. Шмалій С.Л	
2	к.т.н. доц. Шмалій С.Л	
3	к.т.н. доц. Шмалій С.Л.	
4	к.т.н. доц. Шмалій С.Л.	
5	к.т.н. доц. Шмалій С.Л.	

7. Дата видачі завдання 01.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	Робота над 1 розділом	12.05.25	
2	Робота над 2 розділом	19.05.25	
3	Робота над 3 розділом	30.05.25	
4	Робота над 4 розділом	2.06.25	
5	Робота на 5 розділом	5.06.25	
6	Оформлення записки	11.06.25	
7	Оформлення графічної частини	13.06.25	
8			

Студент _____ Д.Л. Падерін
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ С.Л. Шмалій
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ Гуртова К.О
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект містить: 77 стор., 39 рис., 14 табл., 18 джерел літератури.

ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ, ІОНАТОР, ІНТЕНСИВНА ТЕРАПІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ДІОДНИЙ МІСТ, ФІЛЬТР, СТАБІЛІЗАТОР, ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ

У дипломному проєкті наведено огляд іонізаторів повітря та їх застосування, зокрема в інтенсивній терапії. Розглянуто сучасні моделі іонізаторів та визначено основні аспекти їх функціонування. Виконано аналіз різних джерел живлення для іонізаторів повітря, включаючи блоки джерел живлення та імпульсні джерела живлення, а також описано принципи їх роботи.

Розглянуто питання моделювання електромагнітних процесів у схемі джерела живлення іонізатора. Виконано розрахунки трансформатора, підбір діодів для діодного моста, конденсаторів для фільтра та вибір стабілізатора. Проведено моделювання окремих блоків джерела живлення: блок живлення, інвертор та помножувач напруги.

Описано технологію виготовлення функціонального вузла джерела живлення іонізатора, а також шкідливі фактори та заходи з охорони праці при виготовленні виробу. Виконано розрахунок пристрою заземлення.

В економічній частині виконано розрахунок собівартості розробленого виробу.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 ОГЛЯД ІОНІЗАТОРІВ ПОВІТРЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ІНТЕНСИВНІЙ ТЕРАПІЇ 8
1.1 Інтенсивна терапія і іонізація повітря 8
1.2 Сучасні іонізатори повітря 11
1.3 Постановка завдання проекту 21
2 ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ІОНІЗАТОРІВ ПОВІТРЯ 23
2.1 Блоки джерела живлення іонізатора повітря 23
2.2 Імпульсні джерела живлення 38
2.3 Розробка джерела живлення для іонізатора повітря 40
3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В СХЕМІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ІОНАТОРА 43
3.1 Розрахунок трансформатора 43
3.2 Вибір діодів для діодного моста 45
3.2 Підбір конденсаторів для фільтра 46
3.3 Вибір стабілізатора 47
3.4 Моделювання блоку Б1 (блок живлення) 48
3.5 Моделювання блоку Б2 джерела живлення (інвертора) 49
3.6 Моделювання блоку Б3 джерела живлення (помножувач напруги) 52
4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 55
4.1 Опис технології виготовлення функціонального вузла джерела живлення іонізатора 55
4.2 Опис шкідливих факторів і заходів з охорони праці при виготовленні виробу 57
4.3 Розрахунок пристрою заземлення 59
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО РОЗРОБЛЕНО 65
5.1 Підсумок витрат за статтям кошторису 65
ВИСНОВКИ 73

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... 75
Додаток А 77

ВСТУП

У відділеннях інтенсивної терапії дуже важливо підтримувати високі стандарти чистоти повітря, оскільки пацієнти перебувають у тяжкому стані та мають ослаблений імунітет. Повітряно-краплинний шлях передачі інфекцій становить серйозну загрозу для їхнього здоров'я, що потребує впровадження ефективних систем очищення повітря.

Пандемія COVID-19 показала, наскільки небезпечні повітряно-крапельні інфекції та як швидко вони можуть поширюватися у замкнених приміщеннях, особливо у лікарнях та відділеннях інтенсивної терапії. Коронавірусні інфекції, у тому числі SARS-CoV-2, передаються через аерозолі, які можуть тривалий час перебувати в повітрі, збільшуючи ризик інфікування пацієнтів та медичного персоналу.

Іонізатори є перспективним рішенням, оскільки вони не лише зменшують кількість шкідливих мікроорганізмів, а й сприяють осадженню дрібнодисперсних частинок, покращуючи якість повітря у приміщеннях. Однак для стабільної та ефективної роботи таких пристроїв необхідний надійний блок живлення, здатний забезпечувати необхідні параметри напруги.

Розробка спеціалізованого блоку живлення для іонізатора, призначеного для використання в відділеннях інтенсивної терапії , особливо актуальна в умовах зростання захворюваності на вірусні інфекції та необхідності підвищення рівня біологічної безпеки в медичних закладах.

1 ОГЛЯД ІОНІЗАТОРІВ ПОВІТРЯ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ІНТЕНСИВНІЙ ТЕРАПІЇ

1.1 Інтенсивна терапія і іонізація повітря

Інтенсивна терапія – це найінтенсивніший рівень догляду за пацієнтами та лікування, призначений для критично хворих пацієнтів з станами, що потенційно відновлюються, що загрожують життю.

Centers for Medicare & Medicaid Services визначають критичну хворобу або травму як «гостре ураження однієї або декількох життєво важливих систем органів, внаслідок чого існує висока ймовірність неминучого погіршення стану пацієнта, що загрожує його життю».

Інтенсивна терапія (реаніматологія) – це міждисциплінарна та міжпрофесійна галузь медицини, спеціально розроблена для ведення пацієнтів з ризиком розвитку або вже встановленою, загрозливою для життя органною недостатністю. Здатність тимчасово підтримувати і, за необхідності, замінювати функції багатьох систем органів, що відмовляють, зокрема легень, серцево-судинної системи та нирок – це те, що робить медицину реанімації та інтенсивної терапії особливо важливою.

Відділення інтенсивної терапії (ВІТ) – це окрема, автономна зона в медичному закладі, оснащена високотехнологічним спеціалізованим обладнанням, призначеним для ретельного моніторингу, швидкого втручання і часто тривалого лікування пацієнтів з гострою дисфункцією органів. Воно призначене для ведення та постійного моніторингу пацієнтів із загрозливими для життя станами. Інтенсивна терапія спрямована на підтримку життєво важливих функцій для запобігання подальшому фізіологічному погіршенню, для зниження смертності та профілактики захворюваності у критично хворих пацієнтів. Надання інтенсивної терапії знаходиться в межах континууму первинної, вторинної та третинної медичної допомоги, причому більшість цих послуг надається в умовах вторинної медичної допомоги [1].

Відділення інтенсивної терапії можуть бути організовані на основі патологій/станів, що лікуються (наприклад, неврологічні, травматологічні, опікові, медичні або хірургічні відділення інтенсивної терапії) або за віковою групою госпіталізованого пацієнта (дорослі або дитячі). Спеціалізовані відділення інтенсивної терапії охоплюють медичні, хірургічні, педіатричні та неонатальні відділення інтенсивної терапії.

Медичне відділення інтенсивної терапії призначене для догляду за дорослими пацієнтами з медичними станами, що потребують частого спостереження, спеціалізованого моніторингу та медикаментозного лікування. Це такі захворювання, як діабетичний кетоацидоз, шлунково-кишкова кровотеча, передозування ліків, дихальна недостатність, сепсис, інсульт та рак.

Хірургічне відділення інтенсивної терапії призначене для ведення післяопераційних пацієнтів, зокрема пацієнтів, які перенесли великі абдомінальні операції, краніотомії, торакотомії, нестабільних пацієнтів з множинними травмами та будь-яких хірургічних пацієнтів, які потребують постійного моніторингу або підтримки життєдіяльності.

У педіатричному відділенні інтенсивної терапії перебувають важкохворі діти. Діти, які щойно перенесли операцію і мають ризик погіршення стану, також перебувають у відділенні дитячої інтенсивної терапії.

Неонатальне відділення інтенсивної терапії відповідає за виходжування недоношених дітей, дітей з високим ризиком та важкохворих дітей. У неонатальному відділенні інтенсивної терапії також виходжують новонароджених з вродженими вадами та ускладненнями під час пологів [1].

Іонізація повітря

Іонізація – це фізичний процес відриву електрона від молекул або атомів газу, в результаті чого з однієї нейтральної молекули утворюються дві з різним зарядом: негативна, що отримала «бонусний» електрон, і позитивна, яка його втратила [2].

Іонізація на природі відбувається природним шляхом і особливо яскраво відчувається після грози, у горах, на морі. Рослини, вода та інші елементи природи сприяють насиченню повітря негативно зарядженими аероіонами.

Згідно з ВООЗ, для нормального функціонування організму людини, іонізація повітря повинна досягати 3.000 – 5.000 аероіонів на $см^3$ [3].

Згідно з відкритими джерелами, у аероіонів, а точніше, у насиченого ними повітря, є свої плюси. Перш за все, вони активізують роботу еритроцитів, збільшуючи газообмін у легенях на 10%. Саме цей фактор здебільшого обумовлює всі інші ефекти іонізації повітря:

- поліпшення якості сну. Сон глибший, здоровий і приносить повноцінний відпочинок;
- підвищення працездатності та здібностей до концентрації уваги;
- поліпшується самопочуття, повноцінний відпочинок і насичення киснем допомагає підняти імунітет;
- внаслідок повноцінного нічного відпочинку нормалізується психологічний стан, аероіони можуть допомогти в боротьбі з депресією або неврозом;
- прискорюється метаболізм, що допомагає краще виглядати, а також прискорити протікання захворювань і полегшити їх симптоми;
- негативно заряджені іони притягують до себе шкідливі частинки з повітря, допомагаючи очищати його від пилу, алергенів і молекул газів [2].

Якщо є іонізація повітря в приміщенні, корисно чи шкідливо вона впливає на людей, багато в чому залежить від них і їх стану здоров'я. Отже, шкідливі властивості аероіонів:

- якщо під час іонізації в приміщенні знаходиться людина з вірусним захворюванням або просто є молекули вірусу, що передається повітряно-крапельним шляхом, то ймовірність зараження виросте в геометричній прогресії, так як в іонізованому повітрі інфекція поширюється дуже швидко;
- іонізоване повітря протипоказаний хворим з високою температурою. Прискорення метаболізму тільки ще сильніше «підігріває» тіло;

• прискорення обміну речовин, яке стимулюють аероіони, шкідливо для ряду хронічних і уповільнених захворювань, так як здатне їх прискорити. Іонізація протипоказана при онкології;

• також повітря з аероіонами ускладнює перебіг бронхіальної астми, додатково навантажуючи дихальну систему;

• існують індивідуальна непереносимість та підвищена чутливість до аероіонів, тому перед покупкою іонізатора або кондиціонера з цією функцією обов'язково потрібно перевірити, наскільки Вам комфортно дихати таким повітрям;

• діти до року і хворі на відновлювальному періоді після операцій також потребують спокійного, чистого, не навантаженого аероіонами повітря;

• окремо варто сказати про хворих з можливими порушеннями кровообігу, особливо мозкового, в даному випадку іонізація може викликати крововилив;

• крім того, наелектризовані частинки притягуються до поверхонь, в тому числі – слизових людини – набагато сильніше, ніж нейтральні. Тому під час іонізації в кімнаті краще не перебувати;

• всі іонізатори створюють озон – природний окислювач, який шкідливий і для людини, і для техніки. Концентрація озону, як правило, не контролюється, і при відсутності провітрювання може перевищувати всі допустимі розміри і досягти загрозливих масштабів;

• всі позитивні ефекти від іонізації з'являються через місяці або навіть роки впливу, миттєвого ефекту від неї не буде [2].

1.2 Сучасні іонізатори повітря

Іонізація – це фізичний процес відриву електрона від молекул або атомів газу, в результаті чого з однієї нейтральної молекули утворюються дві з різним зарядом: негативна, що отримала «бонусний» електрон, і позитивна, яка його втратила.

Всі іонізатори можна розділити на уніполярні і біполярні. Перші виробляють тільки негативно заряджені аероіони і можуть виділяти велику кількість шкідливого для людини озону в процесі своєї роботи. Другі створюють аероіони обох зарядів, що дозволяє уникнути появи електростатичного поля і скоротити вироблення озону [2].

Щоб розібратися, як і що робить іонізатор повітря, потрібно уважніше розглянути його пристрій та принцип роботи. Незалежно від того, чим відрізняються іонізатори повітря різних типів, у їх конструкції обов'язково присутні такі елементи:

- дротові або голчасті електроди на єдиній рейці, між якими утворюється електричний розряд;
- перетворювач електричної енергії (випрямляч) призначений для отримання постійного струму;
- система управління, що регулює необхідну для роботи величину струму та напруги;
- влаштування автоматичного захисту від різких стрибків напруги в мережі.

У більшості сучасних моделей є також вентилятор, що сприяє більш інтенсивній циркуляції повітря і рівномірному поширенню аероіонів по всьому об'єму кімнати, і система механічної фільтрації, в яку можуть входити вугільні, фотокаталітичні та HEPA-фільтри. Також прилади можуть оснащуватися антибактеріальними ультрафіолетовими лампами та іншими елементами [4].

Розглянемо декілька типів іонізаторів.

Люстра Чижевського

Електроеффлювіальние іонізатор, який кріпиться до стелі і дійсно нагадує люстру (рис. 1.1). Вона іонізує повітря за допомогою електричного струму, конструкція приладу дозволяє контролювати напругу і кількість одержуваних аероіонів. При цьому люстра Чижевського – уніполярна, вона

створює більше озону, ніж допустимо, і тому рідко рекомендується для домашнього застосування і вважається застарілою.



Рисунок 1.1 – Люстра Чижевського

Звичайній іонізатор

Прилад, що виконує тільки функцію іонізації (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Звичайній іонізатор

Існують різні моделі і виробники, однак при виборі такого приладу, крім його типу, слід звернути увагу на радіус роботи, наявність вентилятора, який

прискорить процес поширення аероіонів по кімнаті, кількість вироблюваних іонів і співвідношення негативних і позитивних, оптимальним вважається перевищення на користь негативних приблизно на третину.

Зволожувач повітря з іонізацією

У більшості випадків зволожувач створює живильне середовище для всіх мікроорганізмів, а іонізатор, в свою чергу, сприяє їх поширенню (рис. 1.3). В такому випадку слід особливу увагу приділити знезараженню повітря [2].



Рисунок 1.3 – Зволожувач повітря з іонізацією

Очищувач повітря з іонізацією

Іонізація в даному випадку виступає окремою функцією (рис. 1.4). Особливо важливо, щоб вироблення аероіонів регулювалася окремо, так як очищувачу краще працювати в режимі нон-стоп. Зверніть увагу на систему фільтрації, враховуючи особливості аероіонів, найкраще, щоб очищувач мав високий клас очищення, здатний затримувати навіть найдрібніші частинки пилу, а також можливість знезараження. Все, що не зможе очистити такий прилад, і все, що збереться на його фільтрах, отримає заряд і рознесеться по всій кімнаті, а потім потрапить в легені.



Рисунок 1.4 – Очищувач повітря з іонізацією

Іонізатор - очищувач ALF AIT / 05

Іонізатор ALF AIT / 05 (рис. 1.5) складається з двох шарів: шар активованого вугілля і HEPA-фільтр. Шар з активованим вугіллям ефективний при уловлюванні і нейтралізації хімічних сполук, газів, запахів і сигаретного диму, які HEPA-фільтр вловити не може. HEPA-фільтр вловлює 99,97% часток (розміром 0,03 мікрона), великий об'єм зваженого пилу, і запобігає їх повторній циркуляції в повітрі. Підвищена ефективність HEPA-фільтра і фільтраційної системи з активованим вугіллям, досягається за рахунок того, що негативні іони притягують до себе частинки інших компонентів в повітрі, утворюючи більші частки, які легше вловити фільтром.

Науково доведено, що бактерицидну УФ (ультрафіолетове) випромінювання знищує безліч видів мікроорганізмів, таких як пиловий кліщ, віруси, мікроби, бактерії і грибки, цвіль. Ультрафіолетове випромінювання багато років використовується в медицині для санітарної очистки приміщень і обладнання, запобігання поширенню захворювань та інфекцій. У приладі ALF AIT / 05 УФ-лампа знаходиться всередині корпусу, її пряму дію направлено на бактерицидну обробку фільтра і проходить крізь нього повітря, тому її

використання повністю безпечно для людини, що знаходиться поблизу роботи приладу.



Рисунок 1.5 – Іонізатор - очищувач ALF AIT / 05

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики іонізатору ALF AIT / 05

Характеристика	значення
Потужність, Вт	25
Ефективність очищення, %	97
Розмір приміщення, м^2	25
Габаритні розміри (В×Ш×Г), см	38×25,4×10,5
Вага, кг	1,87
Ціна, грн	2249

УФ-лампа приладу знищує віруси і бактерії, що уловлюються HEPA-фільтром, які в звичайному фільтрі найчастіше розмножуються. Поєднання HEPA-фільтра, УФ-лампи і фотокаталізатора вважається найефективнішим способом з видалення алергенів, вірусів, запахів, дрібного пилу і інших твердих частинок. Таким чином, очисник повітря ALF AIT / 05 ефективно очищує повітря від таких мікрочастинок як алергени, включаючи цвіль, дрібного пилу, бактерій, вірусів, хімічних випарів та інших наддрібних частинок, що не вловлюються звичайним фільтром.

Іонізатор-очищувач UFO ACC-101

UFO ACC-101 (рис. 1.6) - це чудове рішення для забезпечення ефективного очищення повітря у приміщеннях площею 40 кв.м. Очищувач оснащений багаторівневими системами фільтрації, які дозволяють знищувати шкідливі бактерії, мікроорганізми та частинки пилу або тютюнового диму.



Рисунок 1.6 – Іонізатор - очищувач UFO ACC-101

Іонізатор має такі фільтри:

- Фільтр грубого очищення – затримує відносно великі частки – пилу, шерсть тварин та ін.
- Фільтр попереднього очищення – затримує пил.
- Фільтр «HEPA» – ефективністю 99,97% затримує дрібні частинки до 0,3 мікрона (1/300 діаметра людського волосся) ефективно відфільтровує алергени - квітковий пилок, дрібний пил,мікроорганізми, пилових кліщів.
- Вугільний фільтр – затримує молекули шкідливих газів, таких як формальдегіди, аміак.Нейтралізує неприємні запахи, тютюновий дим.
- Фільтр TIO2 – у комплексі з УФ-фільтром працює фільтр із оксиду титану. Під впливом УФ променів оксиді титану проходить фотокаталітична

оксидація - на поверхні фільтра формуються гідроксил-радикали, що знищують шкідливі органічні сполуки,бактерії, віруси та інші мікроорганізми.

- УФ-фільтр – стерилізація повітря за допомогою ультрафіолетових променів довжиною хвилі 253,7 нм. Ці промені руйнують структуру ДНК бактерій, вірусів, грибків які у повітрі. Одночасно УФ-фільтр перешкоджає розмноженню бактерій у сусідньому HEPA-фільтрі. Цей фільтр не потребує догляду, ресурс роботи 8000 годин.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики іонізатору UFO ACC-101

Характеристика	значення
Потужність, Вт	55
Ефективність очищення, %	97
Розмір приміщення, м^2	40
Габаритні розміри (В×Ш×Г), см	45,5×22,2×28,5
Вага, кг	4,7
Ціна, грн	4999

Іонізатор - очищувач Beurer LR

Очисник повітря Beurer LR 200 (рис. 1.7) очищає повітря в приміщеннях (площею до 15 кв. метрів), в результаті обробки повітря оптимально очищується та набуває властивостей, корисних для здоров'я, у тому числі для людей з різними алергіями.

У цьому очиснику повітря, завдяки трирівневій системі фільтрів, повітря очищається наступним чином:

Перший фільтр (грубе очищення), затримує великі частки, такі як пил, бруд та волоски. Другий фільтр (активоване вугілля), поглинає шкідливі гази та неприємні запахи. Активоване вугілля має пористу структуру, яка ефективно захоплює молекули газів та запахів. Третій фільтр (HEPA-фільтр класу E12), забезпечує захист повітря від шкідливих частинок, бактерій,

вірусів, кліщів та квіткового пилку. Він відфільтровує 99,5% частинок, включаючи бактерії, віруси, дрібний пил та пилок.



Рисунок 1.7 – Іонізатор - очищувач Beurer LR 200

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики іонізатору Beurer LR 200

Характеристика	значення
Потужність, Вт	60
Ефективність очищення, %	97
Розмір приміщення, м^2	15
Габаритні розміри (В×Ш×Г), см	17,5×27,3×30
Вага, кг	2,9
Ціна, грн	5819

Іонізатор - очищувач Супер Плюс Біо LCD

Робота приладу «Супер Плюс Біо» (рис. 1.8) заснована на принципі «іонного повітря», який виникає в результаті коронного розряду і забезпечує рух потоку повітря через касету приладу, при цьому частки аерозолю (пил,

дим, мікроорганізми), що забруднюють повітря, всмоктуються разом з повітрям в касету набуваючи електричний заряд і під дією електростатичного поля прилипають до осаджувальних пластин, розташованим всередині касети.



Рисунок 1.8 – Іонізатор - очищувач Супер Плюс Біо LCD

Повітря, що проходить через касету, додатково обробляється озоном, що утворюється в зоні коронного розряду, його кількість помітно менше гранично допустимої концентрації, але все ж досить для того, щоб в приміщенні, в якому працює прилад, знищувалися неприємні запахи, придушувалася життєдіяльність хвороботворних мікробів, суперечка грибків, цвілі.

Очисник повітря має п'ять режимів роботи, які відрізняються один від одного співвідношенням періодів «роботи» і «відпочинку» приладу, а також швидкістю повітряного потоку, це дозволяє найефективніше використовувати прилад в приміщеннях різного об'єму.

Також очисник повітря має електронну систему контролю стану касети, яка інформує про необхідність чищення воздухоочистителя або про відсутність або неправильне встановлення касети в приладі.

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики іонізатору Супер Плюс Біо LCD

Характеристика	значення
Потужність, Вт	9,5
Ефективність очищення, %	96
Розмір приміщення, м^2	40
Габаритні розміри (В×Ш×Г), см	287×191×102
Вага, кг	1,8
Ціна, грн	2544

1.3 Постановка завдання проекту

Мета – розробка джерела живлення іонатора для відділення інтенсивної терапії.

Технічне завдання розроблюваного виробу

Розроблюваний виріб повинен бути розрахований на напругу мережі живлення 220 В. Згідно з завданням даного дипломного проекту в якості схеми джерела живлення обрана однофазна мостова схема випрямлення з подальшою стабілізацією спеціалізованою мікросхемою.

Вихідні дані для розробки джерела живлення наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Вихідні дані для розробки джерела живлення

напруга мережі живлення, U1, В	220
відхилення напруги мережі живлення від номінального значення, ΔU1, %	+ 10 .. - 15
частота мережі живлення, fc, Гц	50
номінальне значення вихідної напруги на виході ланки постійного струму, Ud, В	12
відхилення вихідної напруги від номінального значення, ΔUd, %	1
коефіцієнт пульсацій вихідної напруги, kp	0,005

номінальне значення струму навантаження, Id, A	0,5
значення уставки спрацьовування захисту від перевантаження по струму, Ipol, A	1,1 × Id

На виході розроблюваного виробу повинні отримати номінальне значення вихідної напруги, що дорівнює 12 В з максимальним відхиленням від номінального значення в 1% та коефіцієнтом пульсацій вихідної напруги, що дорівнює 0,005. Номінальне значення струму навантаження дорівнює 0,5 А, захист від перенавантаження по струму повинен бути встановлений 110% від номіналу.

2 ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ІОНІЗАТОРІВ ПОВІТРЯ

2.1 Блоки джерела живлення іонізатора повітря

Електрична структурна схема іонізатора, що складається з генератора аероіонів та джерела живлення, є досить типовою для пристроїв, що виробляють іонізоване повітря. Розглянемо її компоненти та принцип дії.

Джерело живлення (БЖ) є першим і ключовим компонентом схеми. Його основне завдання – перетворити змінну напругу електричної мережі (наприклад, 220В) у постійну напругу, необхідну для роботи генератора аероіонів. Джерело живлення іонізатора повітря складається з трьох блоків: силовий блок (Б1), стабілізатор (Б2), множник напруги (Б3) (рис. 2.1).

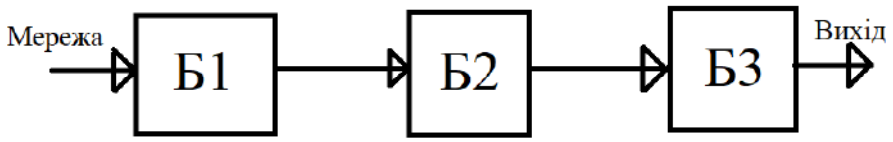


Рисунок 2.1 – Блочна схема джерела живлення іонізатора повітря

Блок Б1– перетворює напругу мережі (220В) у напругу живлення. Блок Б2 – забезпечує додаткову стабілізацію і гальванічну розв’язку. Блок Б3 – множник напруги, для подачі напруги на іонізуючий елемент.

Розглянемо все необхідне для побудови блоку Б1

Лінійні джерела живлення

Такі джерела живлення характерні тим, що струм зазнає поступового – лінійного перетворення. Спочатку напругу мережевого струму знижують до потрібного рівня, потім поступово випрямляють, фільтрують та стабілізують. Функціональну блок-схему лінійного джерела живлення можна зобразити наступним чином (рис. 2.2) [5].



Рисунок 2.2 – Блок-схема лінійного джерела живлення

Ланка зниження напруги

Для цього використовуються трансформатори. У биту найчастіше доведеться мати справу із трансформаторами малої потужності, максимально до 300 Вт. Трансформатори потужністю від 300 до 1000 Вт, вважаються уже трансформаторами середньої потужності.

Розмір трансформатора залежить від його потужності, чим вона більша, тим більший трансформатор. Скажімо вага трансформатора потужністю 50 Вт, разом із обмотками, доходить до 1 кілограма, 80 Вт – наближається до 2-х кілограмів.

Конструктивно трансформатори відрізняються типом осердя, на якому намотані обмотки. Воно буває панцирне (броньове, Ш-подібне) (рис. 2.3), стрижневе (П-подібне, О-подібне) або тороїдальне (кільцеве). Для виготовлення осердь може застосовуватися листова або стрічкова електротехнічна сталь.



Рисунок 2.3 – Трансформатор на панцирному осерді

Трансформатори на стрижневому осерді (рис. 2.4) (особливо стрічкового типу) – мають на 25% меншу масу (при однаковій потужності), на 30% меншу індуктивність розсіву, більший ККД, меншу чутливість до зовнішніх електромагнітних полів, більшу поверхню охолодження обмоток. З недоліків слід виділити потребу у намотці двох котушок, їхню механічну незахищеність, все ще досить суттєву індуктивність розсіву.



Рисунок 2.4 - Трансформатор на стрижневому осерді

Осердя тороїдальне (рис. 2.5)– зберігає якісні показники стрижневого стрічкового, до того ж має ще менші масо-габаритні показники та мінімальну індуктивність розсіву. Завдяки кільцевому магнітопроводу увесь магнітний потік «гуляє» по суцільному (без розривів) замкненому колу. Недолік – суттєва складність виготовлення обмоток.



Рисунок 2.5 – Трансформатор з тороїдальним осердям

Найліпшим за своїми масо-габаритними, електротехнічними показниками є тороїдальне осердя. Найзручніше для аматора – стрижневе стрічкове осердя, саме завдяки простішій технології роботи з обмотками. У той же час панцирне – найдоступніше.

Чому осердя не виготовляють із суцільного шматка сталі? Бо, по суті, осердя це той самий виток, і якщо він буде суцільним, тобто короткозамкненим, у ньому буде наводитися струм. Суцільний сталевий брусок має малий опір, тож і струм буде величезним. Таке осердя завдасть небажане навантаження, а наведений струм розігріє його до величезної температури. А от у пластинчастих осердях наведені струми у сусідніх пластинках створюють протилежні магнітні поля, які й компенсують одне одного і, як наслідок, загальна потужність наведених струмів серцевини суттєво зменшується.

Отже, первинна обмотка завжди розрахована на напругу мережі, у нашому випадку – 220 вольтів. Вторинна – одна чи декілька на потрібну знижену напругу. Кількість витків буде залежати від коефіцієнта трансформації, товщина дроту – від потрібної, чи то – запланованої потужності.

Існують ще ланки зниження напруги без трансформаторів. Такі ланки зниження напруги відрізняються малою потужністю, мають невеликі вихідні напруги та струми (використовувати конденсаторне зниження напруги для більш суттєвих потужностей не має сенсу). На практиці застосовуються у блоках живлення портативних радіоприймачів, ліхтариків – для заряджання малопотужних свинцевих акумуляторів, регуляторах напруги, комутаторах гірлянд. Відрізняються особливою небезпечністю, бо мають гальванічний контакт із діючою мережею [5].

Ланка випрямлення

Тут відбувається перетворення змінного струму на постійний. Варіантів декілька, вони мають як недоліки, так і переваги.

Для однофазних трансформаторів (трансформатор з двома виводами вторинної обмотки) є дві основні схеми побудови випрямлячів: однопівперіодна (рис. 2.6-а), двопівперіодна мостова (рис. 2.6-в). Схема показана на рис. 2.6-б теж двопівперіодна, але для її реалізації потрібна двофазна обмотка, тобто обмотка із середнім відводом.

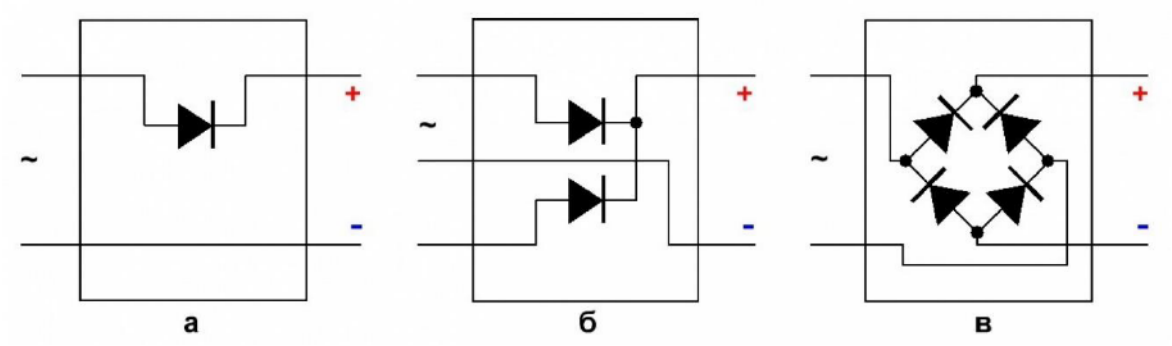


Рисунок 2.6 – Схеми випрямлення струму: а)однопівперіодна, б) двопівперіодна, в) мостова

Розглянемо однопівперіодний випрямляч. Сам термін однопівперіодний означає, що після процесу випрямлення лишаються тільки коливання одного знаку (половина періоду), тобто випрямлянню, як такому, піддано лише одну півхвилю коливань (рис. 2.7). Вихідна напруга трохи більша за половину вхідної, потужність вторинної обмотки трансформатора, при застосуванні однопівперіодного випрямляча, повинна у 3,5 рази перевищувати корисну потужність, яку віддає випрямляч. Саме цей факт і робить невигідним його практичне застосування. Такі випрямлячі зрідка можна зустріти у малопотужних пристроях, високовольтних випрямлячах розрахованих на невеличкий струм.

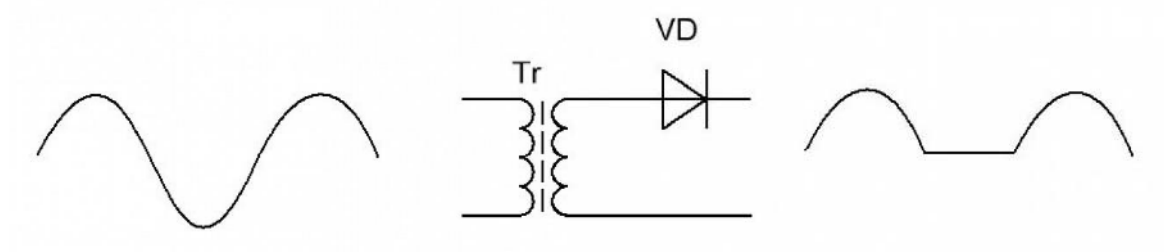


Рисунок 2.7 – Струм на вході і виході однопівперіодного випрямляча

Розглянемо мостову двопівперіодну схему випрямляча. Знову назва пояснює нам суть процесу випрямляння. Ця схема випрямляє обидва півперіоди змінного струму(рис. 2.8). Вона є найбільш вживаною, бо відрізняється саме здатністю випрямляти обидва півперіоди змінного струму, а це означає що частота не згладженої пульсації після такого випрямляча удвічі більша, що у свою чергу – полегшує подальше згладжування. Вихідна напруга дорівнює вхідній. Правда існує певний недолік – вона потребує використання чотирьох випрямних діодів.

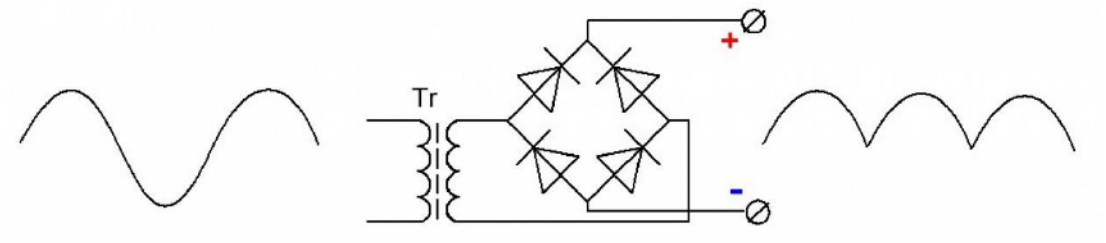


Рисунок 2.8 – Струм на вході і виході мостового випрямляча

Існує також схема двопівперіодного випрямляча (рис. 2.9), яка потребує лише два діоди, але для неї потрібен трансформатор із середнім відводом двох симетричних обмоток. Позаяк напруги на крайніх виводах двох обмоток однакові та протифазні, такий випрямляч називають іще – двофазним. Тут діодів лише два, але і дві обмотки трансформатора. Вони розраховані на однакову напругу, а сумарна випрямлена напруга буде дорівнювати лише напрузі однієї обмотки.

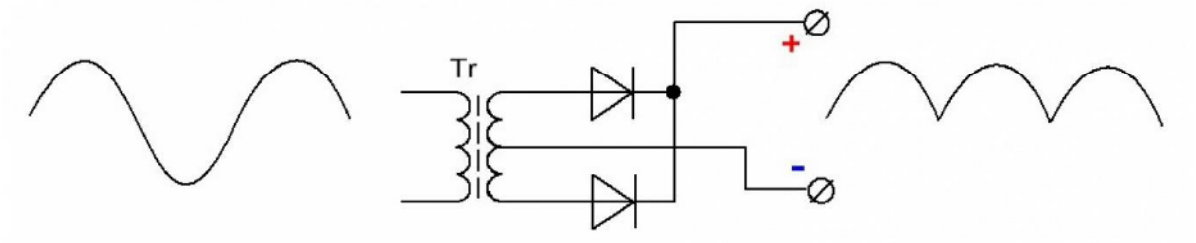


Рисунок 2.9 – Струм на вході і виході двопівперіодного випрямляча

Мостова схема випрямляча – найбільш вживана. Промисловість виробляє навіть готові модулі мостових випрямлячів.

Ланка фільтрації

Призначення ланки фільтрації полягає у сплощенні верхівок імпульсів (відфільтровуванні змінної складової), перетворенні пульсуючого струму на «чистий» постійний. Дроселі або конденсатори є найбільш вживаними елементами для створення ланок фільтрації, бо і той і той здатен накопичувати енергію та за потреби віддавати накопичений потенціал.

На рисунку 2.10 наведені схематичні зображення ланок схеми з елементами фільтрації. Конденсатор вмикається паралельно, а дросель – послідовно з колами виходу ланки випрямлення. Така особливість обмовлена зовсім різними способами впливу на пульсуючий струм елементів фільтрації.

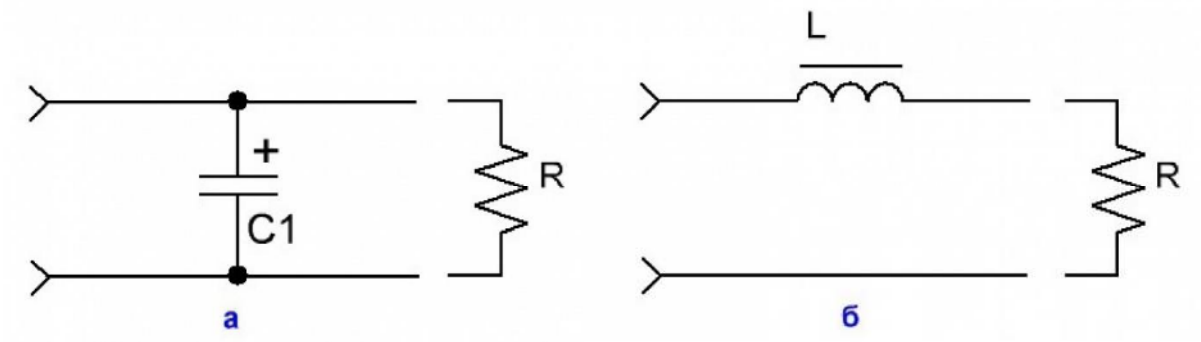


Рисунок 2.10 – Найпростіший фільтр на сонові: а) конденсатора, б) дроселя

Конденсатор згладжує пульсації на виході ланки випрямлення за рахунок взаємодії із постійною складовою вихідної напруги. Під час наростання амплітуди імпульсу відбувається накопичення конденсатором потенціалу. Під час спадання амплітуди вхідного імпульсу – конденсатор віддає накопичений потенціал споживачу (R). За рахунок цього відбувається компенсація провалів амплітуди на виході ланки фільтрації. Але, швидкість розряду конденсатора безпосередньо залежить від струму навантаження. Чим менший опір навантаження тим більший струм, тим швидше відбувається розряд конденсатора, а це призводить до погіршення фільтруючих властивостей такої ланки, просідання напруги на її виході.

Умовно графічне зображення такого процесу можете побачити на рис. 2.11. Для компенсації такого явища доводиться збільшувати ємність конденсатора. Втім, практично, існує певна залежність – на кожен 1.0 ампер навантаження слід брати конденсатор ємністю не менше 2000 мікрофрад.

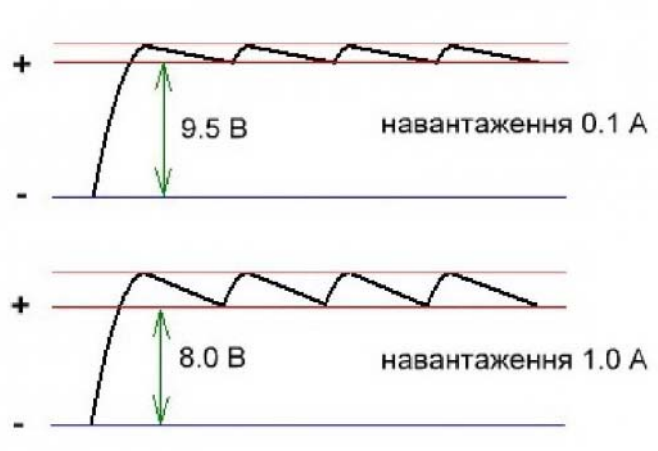


Рисунок 2.11 – Графік напруги після фільтрації конденсатором при струмі 0,1 і 1 А

При вмиканні БЖ розряджений конденсатор фільтра потягне на себе, для заряду, певний струм, інколи навіть більший ніж розрахунковий робочий струм блока живлення. Тому діоди ланки випрямляння слід брати із певним запасом, стосовно їхнього робочого струму, особливо у потужних БЖ – де є значна сумарна ємність конденсаторів фільтра.

Зовсім інакше працює фільтр, який базується на використанні елемента індуктивності. Фільтрація – згладжування, імпульсів відбувається за рахунок взаємодії такого елементу зі змінною складовою пульсацій вихідної напруги ланки випрямлення. А форма напруги на виході ланки фільтрації трохи інша.

З рисунку 2.12 видно, що такий процес характерний для індуктивності, адже при зміні напрямку струму запускається механізм протидії – відбувається вивільнення «накопиченої» енергії. Позитивною якістю індуктивного фільтра є те, що він практично не реагує на зміну струму навантаження, який, звісно, не повинно перевищувати потужності вхідного джерела струму.

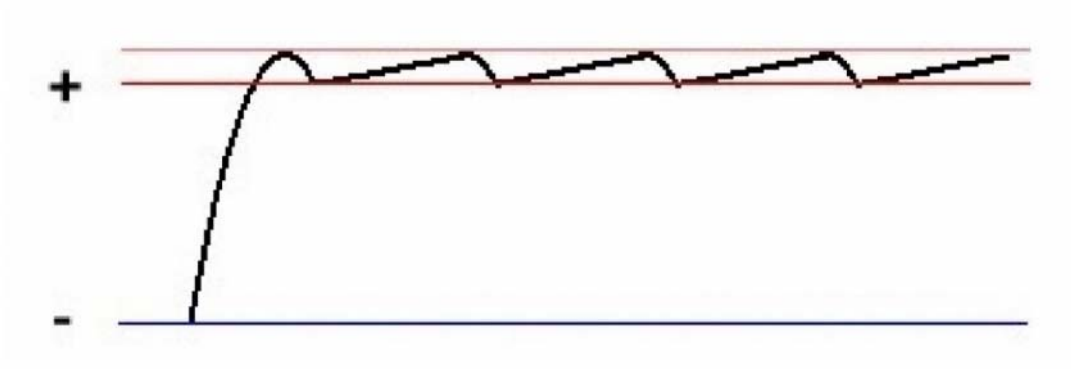


Рисунок 2.12 – Графік напруги після фільтрації дроселем

Недоліком індуктивної системи фільтрації вважаються її масо-габаритні характеристики та вартість. Адже дросель системи фільтрації БЖ повинен мати суттєву індуктивність при використанні дроту намотки здатному підтримувати потрібну щільність струму. Такі дроселі схожі на трансформатори з однією обмоткою. Втім, поєднання у ланках фільтрації індуктивності та ємності має досить непогані характеристики.

Для транзисторних фільтрів (активних фільтрів) характерний досить великий ККД та коефіцієнт згладжування. Принцип їхньої роботи полягає у тому, що колекторно-емітерний бар'єр біполярного транзистора для змінної складової має набагато більший опір ніж для постійної. Різновидів таких схем досить багатий (рис. 2.13), їхні варіації покладені в основу збільшення ККД, коефіцієнту згладжування, покращення термокомпенсації і т. ін.

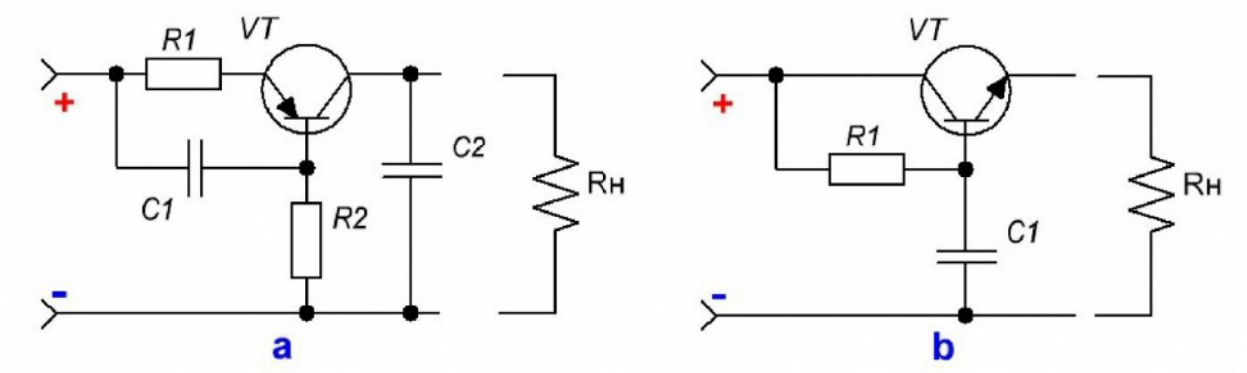


Рисунок 2.13 – Приклади транзисторних фільтрів

Фільтр із рисунка 2.13-а, як правило, застосовується для споживачів із не дуже великим струмом навантаження, бо частина випрямленої напруги падає на резисторі R1, що і змушує обмежувати максимальний струм цього кола. При збільшенні величини опору резистора R1 зростає коефіцієнт згладжування, але падає ККД і навпаки.

Фільтр із рис. 2.13-b, застосовується у колах із відносно великими струмами навантаження. Транзистор тут працює в режимі емітерного повторювача, задачу резистора R1 виконує навантаження, а тому ККД і коефіцієнт згладжування не зовсім постійні, тобто безпосередньо залежать від опору навантаження. Результат фільтруючої дії такого каскаду приблизно відповідає добутку ємності конденсатора C1 на коефіцієнт підсилення транзистора [6].

Ланка стабілізації

Тож остання ланка лінійних блоків живлення – ланка стабілізації, в основі своїй – стабілізації напруги. У деяких блоках живлення її доповнюють, або, навіть, замінюють ланкою стабілізації струму.

Основне призначення ланки стабілізації – це утримання вихідних параметрів БЖ на постійному рівні, не залежно від зовнішніх факторів які впливають на нього. У переважній більшості побутових БЖ присутня лише ланки стабілізації напруги. Для лабораторних блоків живлення характерна додаткова ланка ще й стабілізації струму. Для пристроїв заряджання акумуляторів, зокрема свинцево-кислотних, більш потрібна ланка стабілізації струму з фіксованою вихідною напругою.

Найпростішою ланкою стабілізації напруги може бути звичайний стабілітрон. Втім, такі ланки не відрізняються здатністю стабілізувати великі струми та й коефіцієнт стабілізації напруги стабілітроном залежить від стабільності струму через нього. Для того щоб збільшити струм ланки стабілізації її доповнюють транзисторним каскадом, а для покращення коефіцієнта стабілізації – стабілізують струм, який протікає через стабілітрон, за допомогою джерела стабільного струму.

Розглянемо найпростіший варіант покращення характеристики навантаження ланки стабілізації основаної на стабілітроні. Це додавання транзисторного каскаду. Зверніть увагу на рисунок 2.14. На ньому зображена найпростіша ланка транзисторного стабілізатора напруги. Ця схема має практично повну тотожність зі схемою активного фільтра з рисунку 2.13-b, за винятком лише того, що конденсатор замінено стабілітроном.

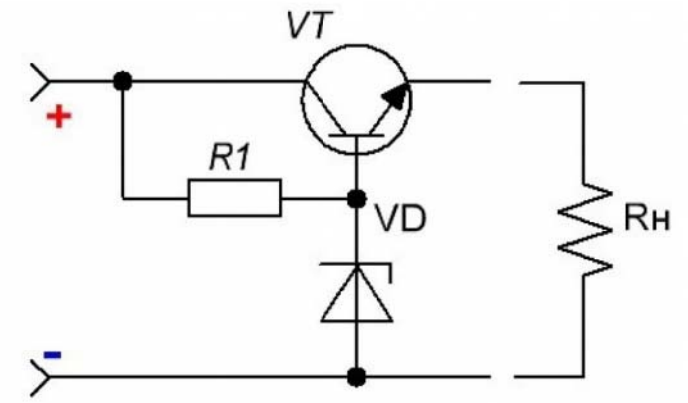


Рисунок 2.14 – Найпростіша ланка транзисторного стабілізатора

Резистор R1 обмежує струм через стабілітрон, але не робить його стабільним. Для того щоб стабілізувати струм, слід застосувати джерело стабільного струму.

На рисунку 2.15 зображено ланку стабілізації напруги БЖ із живленням стабілітрона від джерела постійного струму.

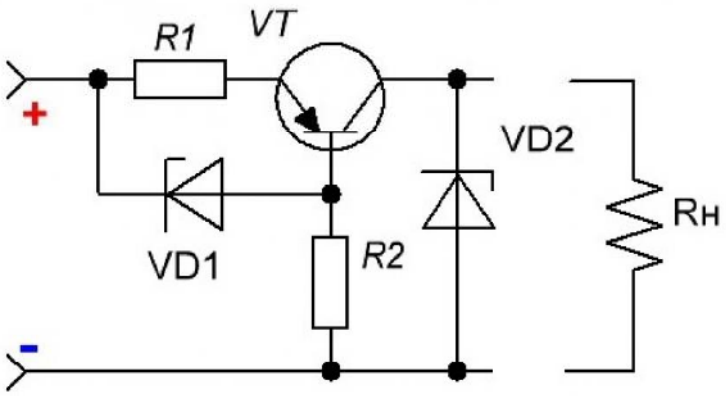


Рисунок 2.15 – Ланка стабілізації напруги із живленням від джерела постійного струму

На базі біполярного транзистора, стабілітрона VD1 та двох резисторів побудоване ДСС яке забезпечує стабілітрон VD2 відносно стабільним струмом. Навіть така проста схема підвищує коефіцієнт його стабілізації у 5-10 разів. Отже такі ланки стабілізаторів виконують не лише свою безпосередню задачу – стабілізацію напруги, а ще є і досить ефективними фільтрами.

Джерело стабільного струму можна побудувати і на польовому транзисторі. Приклад такого джерела наведено на рисунку 2.16. Резистор R, як і у попередньому випадку, відповідає за величину стабільного струму.

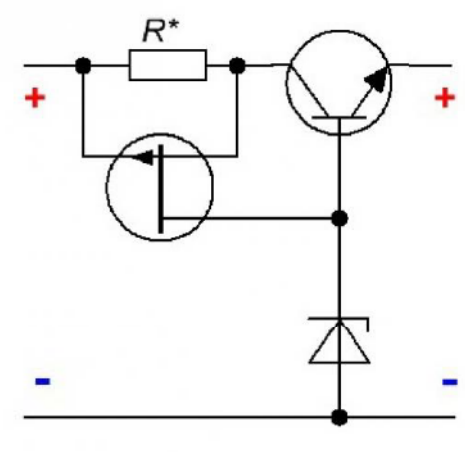


Рисунок 2.16 – Ланка стабілізації напруги з польовим транзистором

Схем стабілізаторів існує велика кількість. Різноманітні варіанти, комбінації, призначення яких забезпечити потрібний струм, високий коефіцієнт стабілізації, температурну стабільність. Але в основі своїй вони поділяються на послідовні, паралельні, параметричні та компенсаційні.

У послідовних стабілізаторів регулюючий елемент увімкнений послідовно із колом проходження струму (навантаженням), у паралельних – паралельно. Із цього можна зробити висновок, що майже усі наведені вище варіанти стабілізаторів – послідовні, окрім того, який зображений на рисунку 2.15, адже стабілітрон VD2 увімкнений паралельно навантаженню стабілізатора.

Існують і транзисторні схеми паралельних стабілізаторів, правда використовуються вони досить рідко. Основна причина їхньої непопулярності це малий ККД, а от до переваг можна віднести те, що вони практично не навантажують трансформатор та кола фільтрів, тож і такої реакції на зміну струму навантаження у них немає. Ще одна перевага – паралельні стабілізатори абсолютно не чутливі до режимів КЗ.

Простий варіант паралельного стабілізатора на біполярному транзисторі наведено на рисунку 2.17.

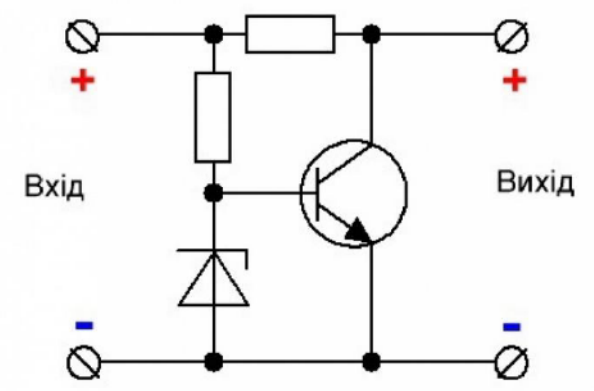


Рисунок 2.17 – Паралельний стабілізатор на біполярному транзисторі

Тепер розглянемо наступну пару параметричний та компенсаційний.

Параметричним стабілізатором називають такий, де рівень стабілізації напруги задається параметрами стабілізуючого елементу. Це, як правило – стабілітрон, але може бути і стабістор, діоди, чи то інтегральний стабілізатор TL431. Отже, усі наведені вище варіанти ланок стабілізаторів – параметричні, адже скрізь, як стабілізуючий елемент, застосовано різноманітні стабілітрони.

Стабілізація напруги у компенсаційних стабілізаторах досягається трохи іншим шляхом. Інша назва – послідовний стабілізатор зі зворотним зв'язком. Такі стабілізатори автоматично підтримують задані параметри напруги на виході БЖ з необхідною точністю і незалежно від вхідної напруги та струму навантаження. Вони відрізняються досить великим коефіцієнтом стабілізації,

здатністю працювати у колах із великим струмом навантаження. Приклад простої ланки компенсаційного стабілізатора із можливістю ручного коригування вихідної напруги у певних межах зображено на рисунку 2.18.

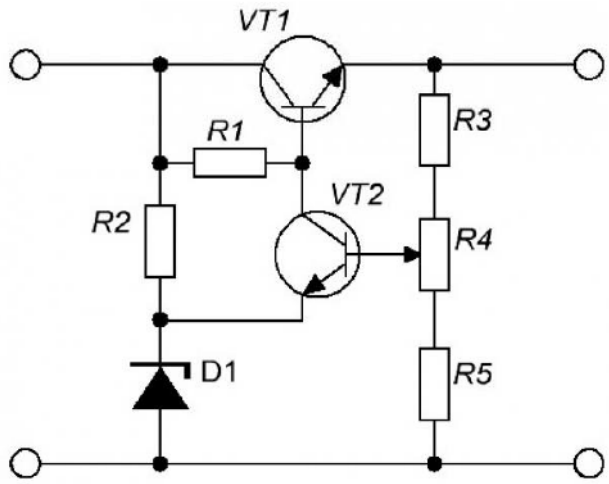


Рисунок 2.18 – Ланка компенсаційного стабілізатора

Розглянемо принцип її роботи. Резистор R2 обмежує струм стабілітрона D1, разом вони – ланка опорної напруги. Ця ланка задає базову напругу на яку буде орієнтуватися стабілізатор. Транзистор VT1 – каскад підсилення потужності стабілізатора напруги. Ланка резисторів R3, R4, R5 – подільник напруги увімкнений після кіл стабілізації. Він слугує датчиком напруги на виході стабілізатора. Найцікавіша та найвідповідальніша частина схеми – транзистор VT2 та резистор R1. Ця ланка відповідає за порівняння опорної напруги та напруги на виході, і в разі невідповідності – вироблення сигналу для їхнього узгодження.

На емітер транзистора VT2 подається опорна напруга. На базу транзистора, із подільника R3, R4, R5, подається напруга, яка є результатом роботи стабілізатора. Позитивний потенціал БЖ подано на колектор транзистора через резистор R1, який і є його елементом колекторного навантаження.

У ситуації, коли внаслідок впливу зміни зовнішніх факторів виникла певна неузгодженість, напруга на виході збільшилася, збільшиться і потенціал

на базі транзистора VT2, а це призведе до того, що він почне відкриватися. Тобто, у колі емітер-колектор-резистор R1 почне збільшуватися струм, а це, у свою чергу потягне за собою зменшення потенціалу у точці приєднання бази транзистора VT1. І, як наслідок, транзистор VT1 почне закриватися, зменшуючи напругу на виході стабілізатора. Зворотний процес відбуватиметься при зменшенні напруги на виході стабілізатора. Таким чином система тяжітиме до збалансування встановлених параметрів.

Це проста схема, вона має не дуже великий коефіцієнт стабілізації (близько 30), втім, показова для розуміння принципу дії компенсаційного стабілізатора. Її простота не погіршує практичних якостей, бо навіть такий стабілізатор суттєво кращий за параметричний.

Схем компенсаційних стабілізаторів існує неймовірна кількість. Кожна із них відрізняється характерними особливостями, покращеними властивостями стабілізації напруги, здатністю працювати при великих струмах навантаження. Скажімо додавання до попередньої схеми ДСС (джерела стабільно струму), може збільшити її коефіцієнт стабілізації у декілька десятків разів.

Розглянемо якісний компенсаційний стабілізатора із коефіцієнтом стабілізації більшим за 50000 (рис. 2.19). Він побудований на іншій елементній базі, але принцип роботи лишається тим самим.

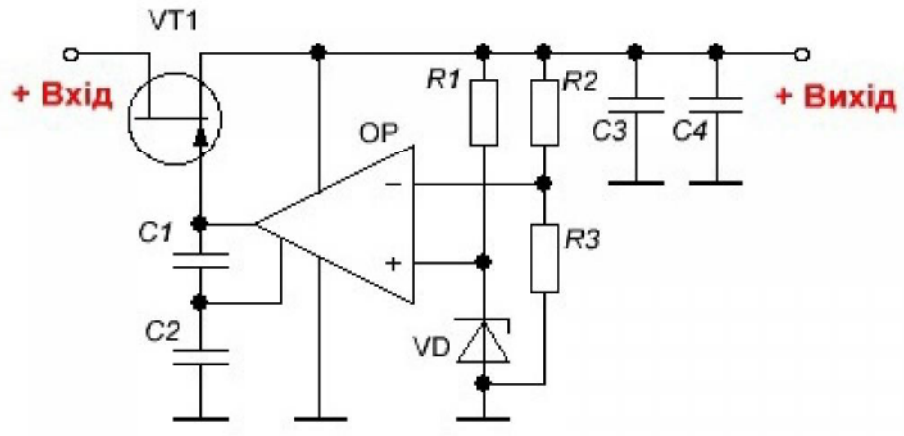


Рисунок 2.19 – Компенсаційний стабілізатора з високим коефіцієнтом стабілізації

Як регулюючий елемент використано польовий транзистор, контролює напругу та виробляє сигнал корекції ОП (операційний підсилювач). Такий стабілізатор напруги відносно стійкий до режиму КЗ, бо його опорна ланка увімкнена після регулюючого транзистора. Таке увімкнення ланки опорної напруги має як свої переваги, так і недоліки. Режими КЗ є для стабілізаторів найстрашнішим. Під час цього режиму напруга на виході стабілізатора падає, а кола автоматичного утримання напруги намагаються її збільшити. Тому процес, практично миттєво, доводить струм через регулюючий транзистор до безмежних значень, і він – виходить з ладу. Найліпшим удосконаленням стабілізатора напруги, є його захист від КЗ.

Існують також інтегральні стабілізатори для БЖ з можливістю регулювання вихідної напруги, наприклад LM317. [6]

2.2 Імпульсні джерела живлення

Імпульсні джерела живлення – це пристрої, що перетворюють електричну енергію з використанням широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) та високочастотної комутації. Вони є більш ефективними та компактними порівняно з лінійними джерелами живлення.

Розглянемо блок-схему простого імпульсного блоку живлення, що лежить в основі всіх імпульсних блоків живлення (рис. 2.20).

Перший блок здійснює перетворення змінної напруги мережі в постійну. Такий перетворювач складається з діодного мосту, що випрямляє змінну напругу, і конденсатора, що згладжує пульсації випрямленої напруги. У цьому боці також знаходяться додаткові елементи: фільтри мережної напруги від пульсацій генератора імпульсів і термістори для згладжування стрибка струму в момент включення. Однак цих елементів може не бути з метою заощадження на собівартості.

Наступний блок – генератор імпульсів, який генерує з певною частотою імпульси, що живлять первинну обмотку трансформатора. Частота генерації

імпульсів різних блоків живлення різна та знаходиться в межах 30 - 200 кГц. Трансформатор здійснює головні функції блоку живлення: гальванічну розв'язку з мережею і зниження напруги до необхідних значень.



Рисунок 2.20 – Блок схема імпульсного блоку живлення.

Змінну напругу, отриману від трансформатора, наступний блок перетворює у постійну напругу. Блок складається з діодів, що випрямляють напругу, та фільтра пульсацій. У цьому блоці фільтр пульсацій набагато складніше, ніж у першому блоці та складається з групи конденсаторів і дроселя. З метою заощадження виробники можуть встановлювати конденсатори малої ємності, а також дроселі з малою індуктивністю.

Переваги імпульсних джерел живлення:

- Високий ККД (80-95%)
- Компактність та легкість (на відміну від трансформаторних блоків)
- Широкий діапазон вхідної напруги (85–265 В)
- Менший нагрів
- Стабільність вихідної напруги

Недоліки імпульсних джерел живлення:

- Складність схеми
- Високочастотні перешкоди (потрібні фільтри)

- Чутливість до імпульсних навантажень [7]

2.3 Розробка джерела живлення для іонізатора повітря

Генератор аероіонів є «серцем» іонізатора, відповідальним за створення іонів. Він перетворює низьку постійну напругу від джерела живлення у дуже високу, але безпечну напругу, необхідну для іонізації повітря. Основні компоненти генератора аероіонів:

– Підвищуючий перетворювач (інвертор). Це найважливіша частина, яка перетворює низьку постійну напругу (наприклад, 12В або 24В) від джерела живлення у змінну напругу високої частоти. Зазвичай це реалізується за допомогою імпульсного перетворювача, який включає транзистори, індуктивності та конденсатори.

– Високовольтний трансформатор (або помножувач напруги). Отримана змінна напруга високої частоти подається на спеціальний високовольтний трансформатор. Він значно збільшує амплітуду цієї напруги до десятків тисяч вольт (наприклад, 5^{-10} кВ).

– Високовольтний випрямляч. Після високовольтного трансформатора часто встановлюється випрямляч (зазвичай складається з високовольтних діодів), який перетворює високу змінну напругу на дуже високу постійну напругу.

– Емітуючий електрод (коронатор). Це гострий металевий електрод (зазвичай голка або пучок голок), на який подається висока негативна (або позитивна, залежно від типу іонізатора) напруга. Завдяки ефекту коронного розряду (іонізація повітря навколо гострого електрода під дією сильного електричного поля) відбувається емісія електронів у повітря, які прикріплюються до молекул кисню, утворюючи негативні аероіони (O_2^-).

– Збірний електрод (заземлений). Це зазвичай металева пластина або сітка, розташована на деякій відстані від емітуючого електроду і підключена

до «землі» (нульового потенціалу). Він створює електричне поле, яке притягує іони від емітуючого електроду та сприяє їх розповсюдженню у просторі.

Робота іонізатора починається з подачі електричного струму з мережі до його джерела живлення. Це джерело відповідає за перетворення вхідної змінної напруги на стабільну постійну напругу низького рівня. Далі, ця стабілізована постійна напруга передається до генератора аероіонів. Саме тут відбувається ключовий етап: за допомогою підвищуючих перетворювачів і високовольтного трансформатора створюється надзвичайно висока постійна напруга, що досягає кількох тисяч вольт. Ця висока напруга подається на емітуючий електрод, який завдяки своїй конструкції формує сильне електричне поле. У межах цього поля відбувається коронний розряд, ініціюючи процес іонізації молекул повітря та утворення негативних аероіонів, які потім активно розповсюджуються у навколишньому середовищі.

Таким чином, джерело живлення забезпечує необхідні параметри струму, а генератор аероіонів, використовуючи цю енергію, створює високовольтне електричне поле для іонізації повітря.

Для блока Б1 буде доцільно використовувати лінійне джерело живлення, яке складається з трансформатора, діодного випрямляча мостового типу, і П-подібного LC-фільтра і стабілізатора. Таке джерело живлення є найбільш універсальним, компактнім і дешевим (рис. 2.21).

Блоки Б2 і Б3 представляють схеми інвертору на біполярному транзисторі і помножувач напруги.

За умовами роботи джерело живлення повинно мати такі параметри:

- напруга мережі живлення, U1, В 220;

- відхилення напруги мережі живлення від номінального значення, ΔU1, % +10…-15;

- частота мережі живлення, fc, Гц 50;

- номінальне значення вихідної напруги на виході ланки постійного струму, Ud, В 12;

- відхилення вихідної напруги від номінального значення, ΔUd, % 1;

- коефіцієнт пульсацій вихідної напруги, kp 0,005;

- номінальне значення струму навантаження, Id, A 0,5;

- значення уставки спрацьовування захисту від перевантаження по струму, Ipol, A 1,1 × Id.

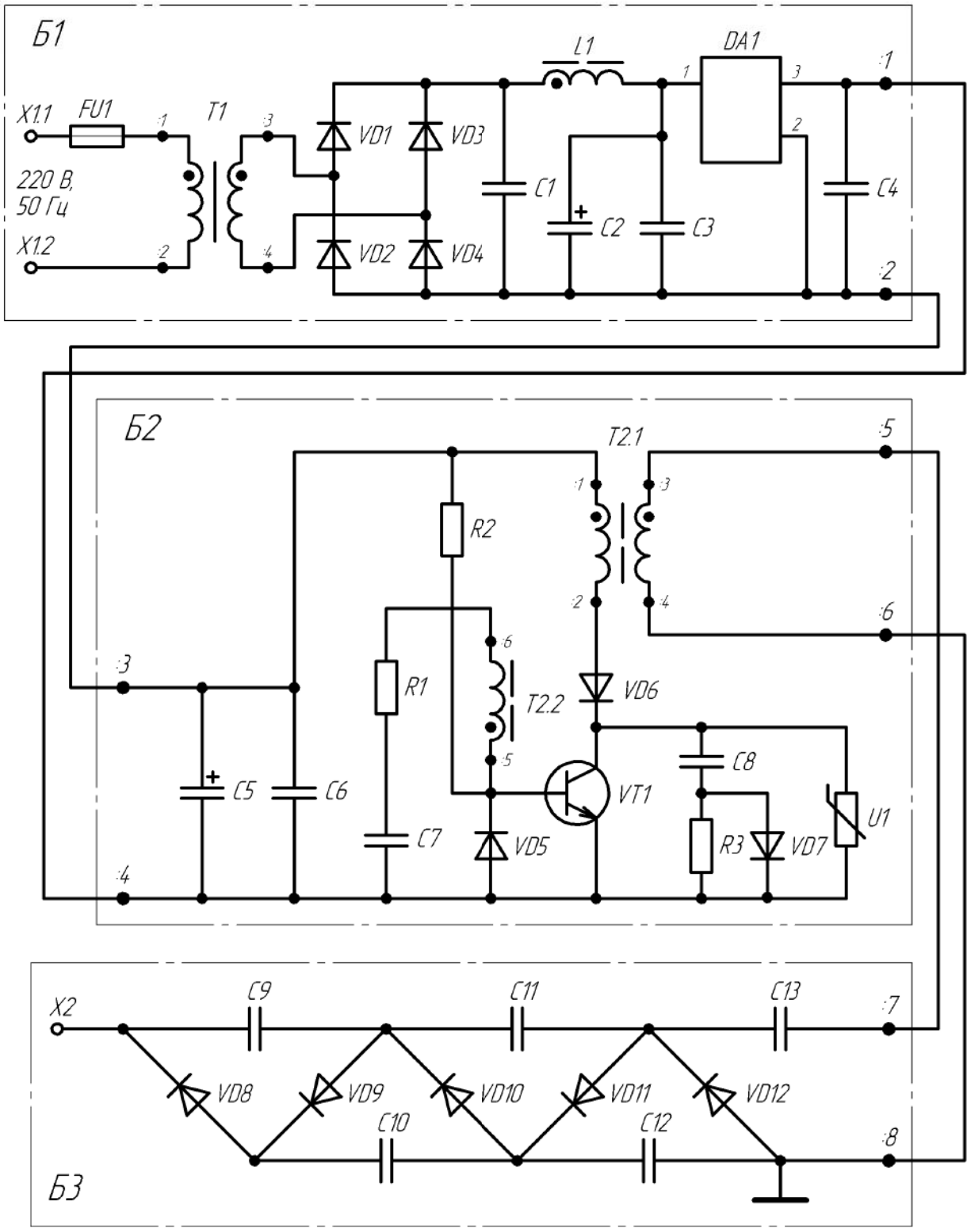


Рисунок 2.21 – Джерело живлення для іонізатора повітря

3 МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ В СХЕМІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ІОНАТОРА

3.1 Розрахунок трансформатора

ККД трансформатора невеликої потужності досягає 80%, розрахуємо потужність первинної обмотки, виходячи з цього:

$$P_1 = \frac{P_2}{0{,}8} = \frac{5}{0{,}8} = 6{,}25 \text{ Вт}$$

Потужність передається із первинної обмотки в вторинну через магнітний потік в осерді. Тому від величини потужності залежить площа поперечного перерізу осердя S. Для осердя із трансформаторної сталі площа в сантиметрах знаходиться по формулі:

$$S = \sqrt{P_1} = \sqrt{6{,}25} = 2{,}5 \text{ см}^2 = 0{,}025 \text{ м}^2$$

За величиною S знаходиться число витків на один вольт напруги, для трансформаторної сталі:

$$w' = \frac{50}{S} = \frac{50}{2{,}5} = 20$$

Тепер розрахуємо число витків обмоток:

$$w_1 = w' \cdot U_1 = 20 \cdot 220 = 4400$$
$$w_2 = w' \cdot U_2 = 20 \cdot 12 = 240$$

У режимі навантаження можлива втрата напруги на вторинній обмотці на 5-10%, розрахуємо кількість витків з урахуванням цієї втрати:

$$w_2 = 240 + 240 \cdot 0{,}05 = 252$$

Розрахуємо струм первинної обмотки:

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{6{,}25}{220} = 0{,}028 \text{ А} = 28 \text{ мА}$$

Діаметр проводу обмоток розраховується за величиною токів із допустимої густини струму, яка для трансформаторів зазвичай становить 2 а/мм^2. При такій густині струму діаметр мідного проводу в міліметрах:

$$d_1 = 0{,}8\sqrt{I_1} = 0{,}8\sqrt{0{,}028} = 0{,}133 \text{ мм}$$

$$d_2 = 0{,}8\sqrt{I_2} = 0{,}8\sqrt{0{,}4} = 0{,}505 \text{ мм}$$

В ізоляції проводи первинної і вторинної обмотки будуть мати такі діаметри 0,145 мм і 0,545 мм відповідно. Визначимо загальну площу поперечного перерізу витків кожної обмотки за формулою:

$$S_{\text{заг.1}} = 0{,}8 \cdot d_{\text{із1}}^2 \cdot w_1 = 0{,}8 \cdot 0{,}145^2 \cdot 4400 = 74 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{заг.2}} = 0{,}8 \cdot d_{\text{із2}}^2 \cdot w_2 = 0{,}8 \cdot 0{,}545^2 \cdot 240 = 57 \text{ мм}^2$$

Загальна площа поперечного перерізу обмоток доволі мала: 131 мм^2. Обмотки трансформатора можуть бути розміщенні на вікні серцевини з невеликою площею.

3.2 Вибір діодів для діодного моста

При виборі діода для діодного моста треба мати на увазі що його зворотна напруга повинна бути більше 12 В, максимальний прямий струм більше 400 мА. Для мінімізації втрат діод повинен мати низьке падіння напруги. Пропоную використовувати діоди серії 1N4001-14007 (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд діодів серії 1N4001-14007

Діоди 1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007 - це серія низькочастотних випрямляючих кремнієвих діодів в корпусі DO41 (DO-204AL). Маркування нанесено на діоді по колу корпусу.

Ці діоди призначені для перетворення змінної напруги в постійну в різних блоках живлення. Також використовуються для загального випрямлення джерел живлення, інверторів, перетворювачів і діодів для усунення зворотного ходу кіл з індуктивністю.

До особливості діодів відноситься: низьке пряме падіння напруги; низький зворотний струм; висока здатність до перенапруги; паяння діодів при температурі припою 275 °C максимальною тривалістю 10 с, відповідно до JESD 22-B106.

Серед характеристик слід відмітити: максимальний середній прямий випрямлений струм $I_{F(AV)}$ = 1 А; піковий прямий імпульсний струм (для напівсинусоїди тривалістю 8,3 мс) I_{FSM} = 30 А; максимальна миттєва пряма напруга V_F = 1,1 В; максимальний постійний зворотний струм I_R = 5 мкА; діапазон робочих температур і температур зберігання від -50 до +150 °C [8].

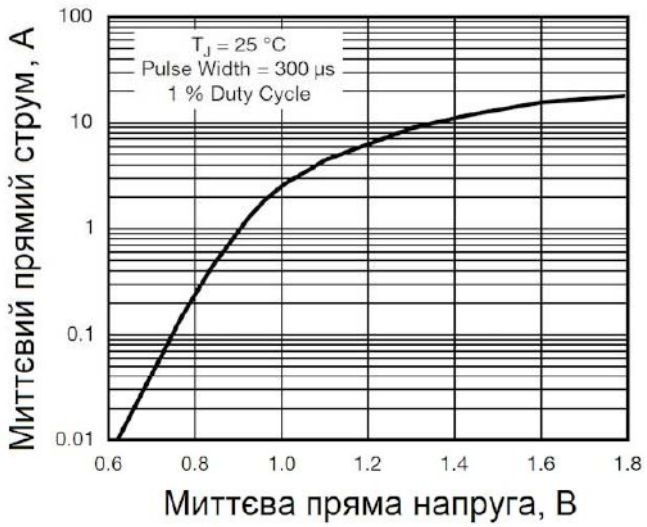


Рисунок 3.2 – Пряма вольт-амперна характеристика діодів 1N4001-14007

3.2 Підбір конденсаторів для фільтра

Тепер підберем параметри конденсаторів і дроселя фільтра. Для того щоб зорієнтуватися конденсатори якої ємності взяти, можна використати формулу:

$$C = \frac{I}{f \cdot \Delta U}$$

де ΔU – допустима амплітуда пульсацій на конденсаторі (приймемо 10 % від напруги)

$$C = \frac{0{,}4}{100 \cdot 1{,}2} = 3333 \text{ мкФ}$$

Виберемо ємність конденсаторів С1 і С2 в 1000 мкФ, так як окрім них пульсації згладжує ще й дросель. Робоча напруга конденсатора повинна бути на 20-30 % більше вихідної напруги випрямляча, тому напруга конденсатора повинна бути 25-35 В.

Для дроселя в П-подібному фільтрі зазвичай приймаються значення індуктивності від 1 мГн до 10 мГн щоб забезпечити гарну фільтрацію. Дросель повинен бути розрахован на струм не менше 400 мА.

3.3 Вибір стабілізатора

У якості стабілізатора використаємо стабілізатор LM7812 (рис 3.3).

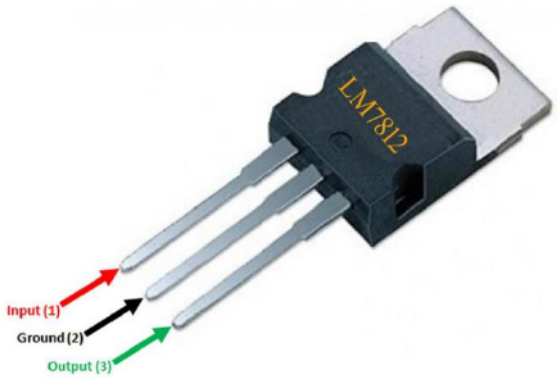


Рисунок 3.3 – Лінійний стабілізатор LM7812

Згідно з технічними характеристиками, мікросхема lm7812 є лінійним стабілізатором позитивної полярності з простою схемою включення. Належить до широко відомої в усьому світі серії інтегральних мікросхем 78xx. LM 7812 ще називають регулятором з фіксованою напругою 12 В. При цьому на вхід мікросхеми має подаватися живлення на 1-2 В більше, ніж на виході, інакше на ньому не буде заявлених 12 В. Напруга на виході з фільтру, через велику ємність конденсаторів, буде більше ніж розрахована, тому ця умова буде виконана. Максимальний вихідний струм може досягати 1,5 А із застосуванням гарного радіатора. Пристрій технологічно захищений: від теплового пробою, короткого замикання та перевищення режимів безпечної роботи (SOA). Бажано дотримуватися рекомендацій виробників, які наводять схему включення 7812 з використанням двох конденсаторів на 25 В і більше, вхідний на 0,22 мФ і вихідний на 0,1мФ. Їх необхідно паяти якомога ближче до контактів, для стійкішої роботи мікросхеми. Недотримання цього правила

призводить до нестабільності вихідної напруги при різкій зміні навантаження. Крім того, така ємнісна обв'язка виконує захисні функції від самозбудження [9].

3.4 Моделювання блоку Б1 (блок живлення)

Проведемо моделювання блоку живлення пристрою. Для наочності отриманих результатів використовуватимемо фрагменти схеми, показані на рисунку 3.4.

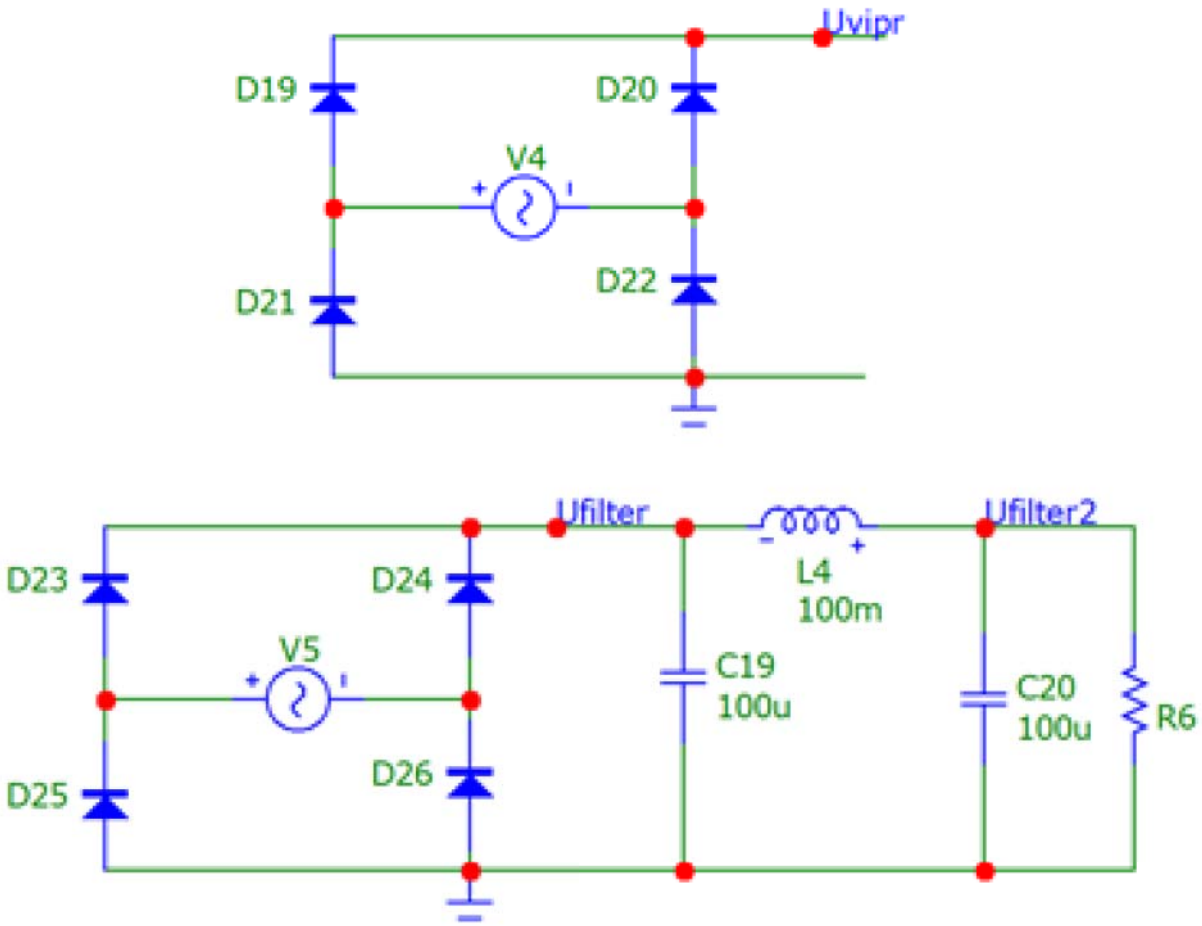


Рисунок 3.4 – Схеми для моделювання роботи блоку живлення без фільтра та з фільтром

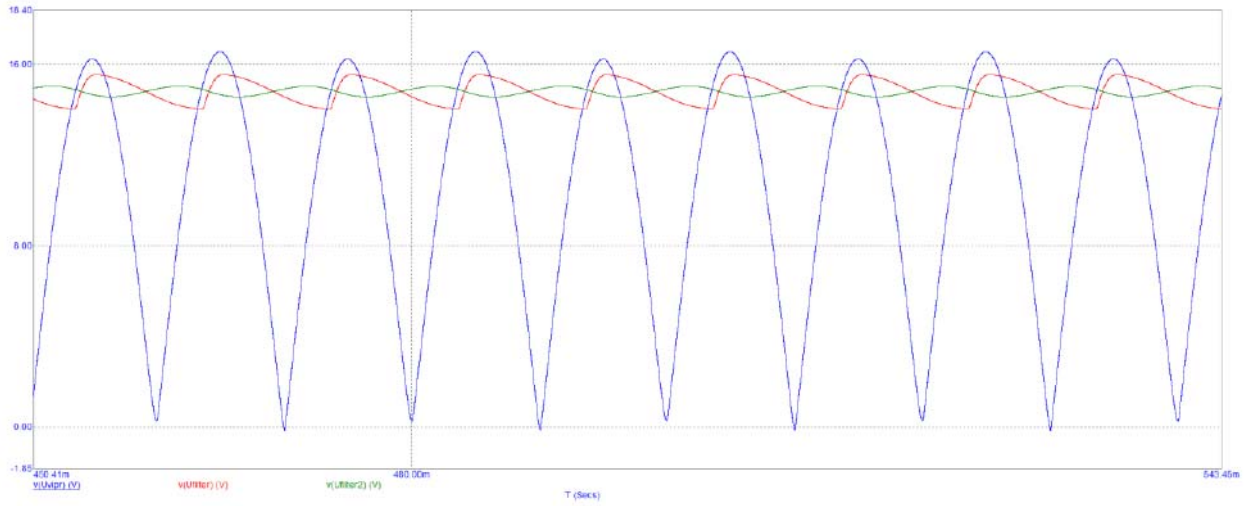


Рисунок 3.5 – Результати моделювання блоку живлення

За результатами моделювання можна побачити як змінюється рівень пульсацій на всіх етапах проходження випрямленої напруги, як їх рівень зменшується, це дає розуміння необхідності використання фільтрів у схемі перед мікросхемою стабілізатора яка маючи великий коефіцієнт посилення ще в кілька разів зменшує рівень пульсацій забезпечуючи стабільну роботу перетворювача і пристрою в цілому.

3.5 Моделювання блоку Б2 джерела живлення (інвертора)

Схема, яка представлена на рисунку 3.6 заснована на однотранзисторній схемі у зв'язку з малою потужністю перетворювача. Містить снабберні елементи, трансформатор що підвищує із обмоткою зворотного зв'язку.

Це електрична схема інвертора. Вона показує компоненти, такі як резистори (R), конденсатори (C), індуктори (L), діоди (D) та транзистор (Q1). З'єднання компонентів вказують на типову топологію інвертора, яка перетворює постійний струм на змінний. Зважаючи на наявність Q1 (транзистор), L1 (індуктор) та C7 (конденсатор), це імпульсний інвертор призначений для роботи на високій частоті.

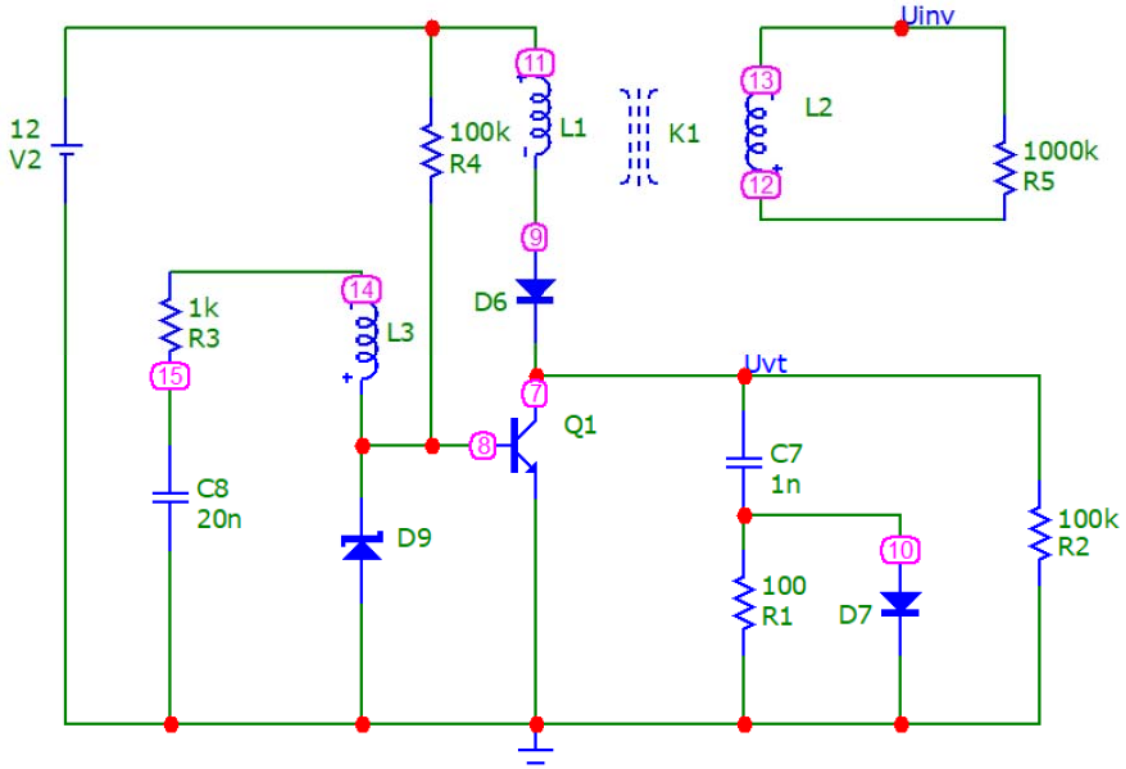


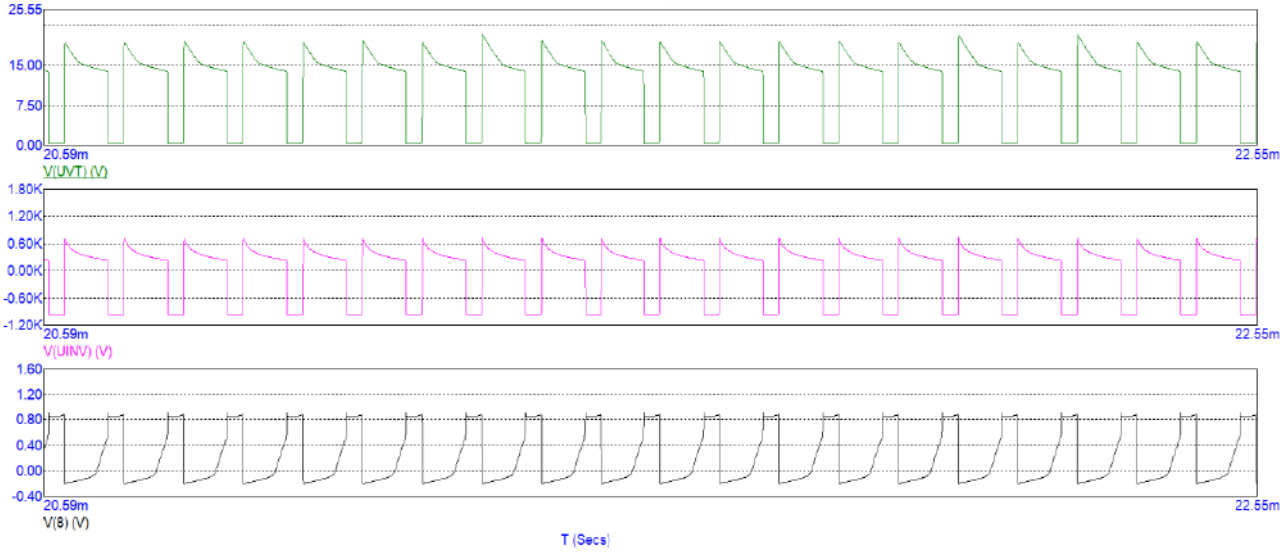
Рисунок 3.6 – Схема для моделювання інвертора

На рисунку 3.7 наведено результати моделювання за ключовими вузлами схеми. Графіки на рисунку 3.7 (а) є результатами моделювання роботи схеми інвертора. Кожен графік показує зміну певної електричної величини (напруги або струму) у часі. Верхній графік (зелений) показує періодичні імпульси напруги. Вісь Y (вертикальна) позначена V(OUT) і має діапазон від 0 до 20В. Середній графік (рожевий) показує також періодичні коливання, можливо, струму або іншої напруги. Вісь Y позначена I(L1) і має діапазон від -1.5А до 1.5А, що вказує на струм через індуктор L1. Нижній графік (чорний) показує псріодичні імпульси або коливання напруги. Вісь Y позначена V(D8) і має діапазон від 0 до 10В.

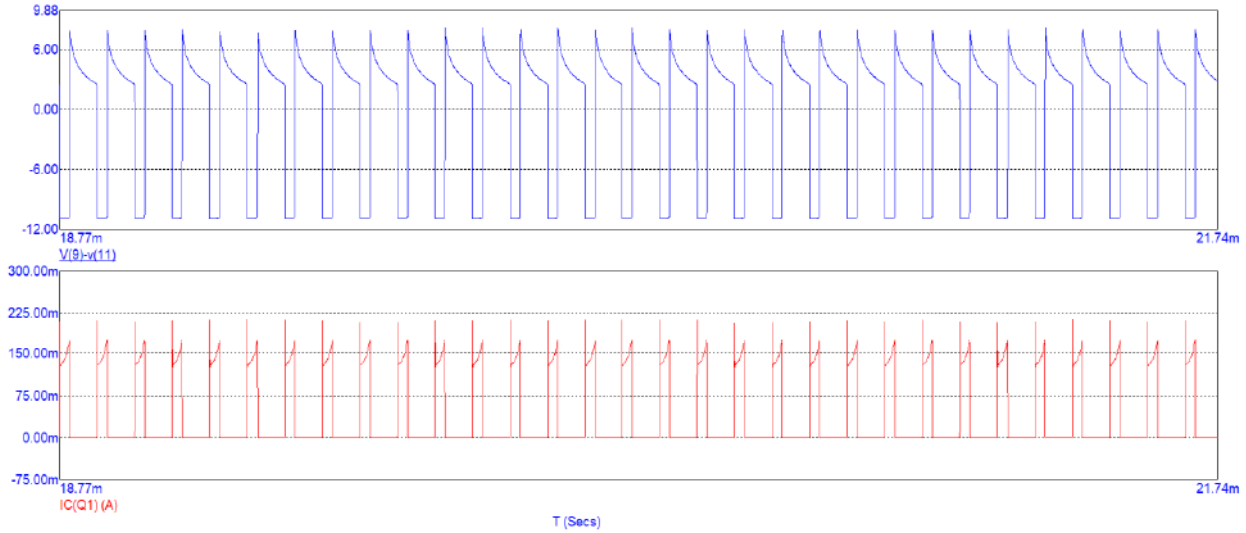
Графіки підтверджують, що схема генерує періодичні електричні сигнали, що є ключовою функцією інвертора для перетворення постійного струму на змінний.

На рисунку 3.7 (б) ми бачимо періодичний, імпульсний сигнал, що нагадує пилкоподібну або розрядну криву конденсатора. Напруга різко

зростає до максимуму (близько 9 В), а потім плавно спадає, іноді з невеликими коливаннями або «полицям» перед наступним різким зростанням. На нижньому (червоний) ми також бачимо періодичний імпульсний сигнал. Струм швидко зростає до пікових значень (близько 150 мА, з окремими піками до 200 мА), а потім дуже швидко спадає майже до нуля, залишаючись низьким до наступного імпульсу. Ця форма сигналу характерна для струму через комутуючий елемент (транзистор) в імпульсних перетворювачах.



а)



б)

Рисунок 3.7 Результати моделювання за ключовими вузлами схеми

Отже, ці графіки відображають динамічну поведінку електронної схеми, ймовірно, імпульсного перетворювача або інвертора. Верхній графік може показувати напругу на елементі, який заряджається/розряджається або є частиною керуючого сигналу. Нижній графік чітко ілюструє роботу транзистора Q1 у ключовому режимі, що є характерним для силової електроніки, де транзистор періодично вмикається і вимикається для передачі енергії. Пікові значення струму до 200 мА вказують на те, що струм комутації не приводить до перевантаження обраного транзистору.

3.6 Моделювання блоку Б3 джерела живлення (помножувач напруги)

Помножувач (рис. 3.8) потрібен у схемі для подальшого збільшення напруги та зібраний за класичною схемою.

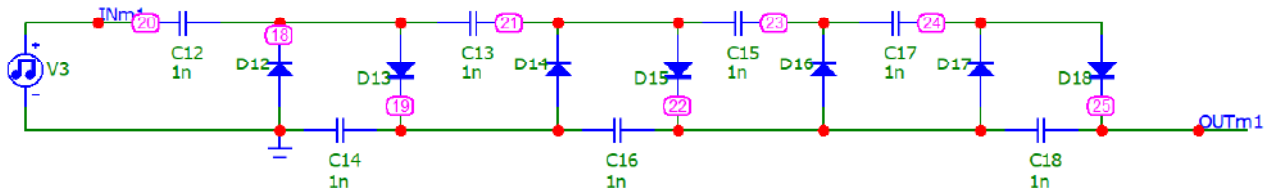


Рисунок 3.8 – Схема для моделювання

На схемі зображено багатоступінчастий діодно-конденсаторний помножувач напруги, також відомий як помножувач Кокрофта-Волтона (Cockcroft-Walton multiplier).

Ліворуч схема має джерело змінного струму (позначене як джерело напруги з синусоїдальним символом), що подає вхідну напругу. Діоди (D10, D11, D12, D13, D14, D15, D16, D17) та Конденсатори (C12, C13, C14, C15, C16, C17, C18): Це основні елементи помножувача. Вони з'єднані таким чином, що кожен каскад (діод + конденсатор) додає певну кратність вхідної напруги до загальної вихідної напруги. Діоди забезпечують односпрямований потік струму, дозволяючи конденсаторам заряджатися до певного потенціалу.

Конденсатори по черзі заряджаються і розряджаються, підсумовуючи напруги і «перекачуючи» заряд, що призводить до накопичення високої напруги на виході. Праворуч від схеми позначено вихідний потенціал (OUT), який буде значно вищим за вхідний. Кожен «каскад» помножувача заряджає свій конденсатор до пікового значення вхідної напруги. Завдяки послідовному з'єднанню цих заряджених конденсаторів на виході отримується напруга, яка є сумою напруг на конденсаторах. Чим більше каскадів, тим більша вихідна напруга (теоретично, в 2N разів більше пікового значення вхідної напруги, де N – кількість пар діод-конденсатор).

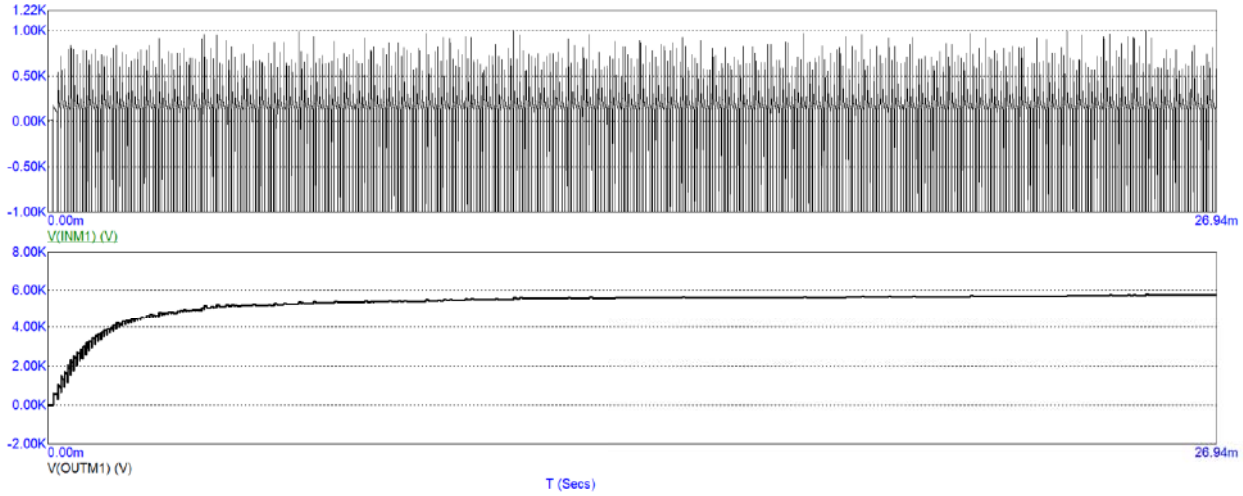


Рисунок 3.9 – Загальний вид початку роботи помножувача при часі моделювання 27мс

На рисунку 3.9 показано два графіки, що відображають результати моделювання помножувача. Верхній графік демонструє періодичні коливання, що нагадують змінну напругу, накладену на високий постійний рівень. Сигнал пульсує, що характерно для виходу перетворювача. Видно, що напруга на початку зростає, а потім стабілізується навколо певного високого значення (близько 0,5 кВ). Нижній графік показує процес наростання вихідної напруги від нуля до стабільного значення (близько 6 кВ) протягом приблизно 10 мс. Після цього напруга залишається відносно стабільною, що відображає

встановлення режиму роботи схеми. Графік на рисунку 3.10 відображає вихідну напругу розгорнуту на невеликому протязі часу, що дає змогу оцінити форму сигналу.

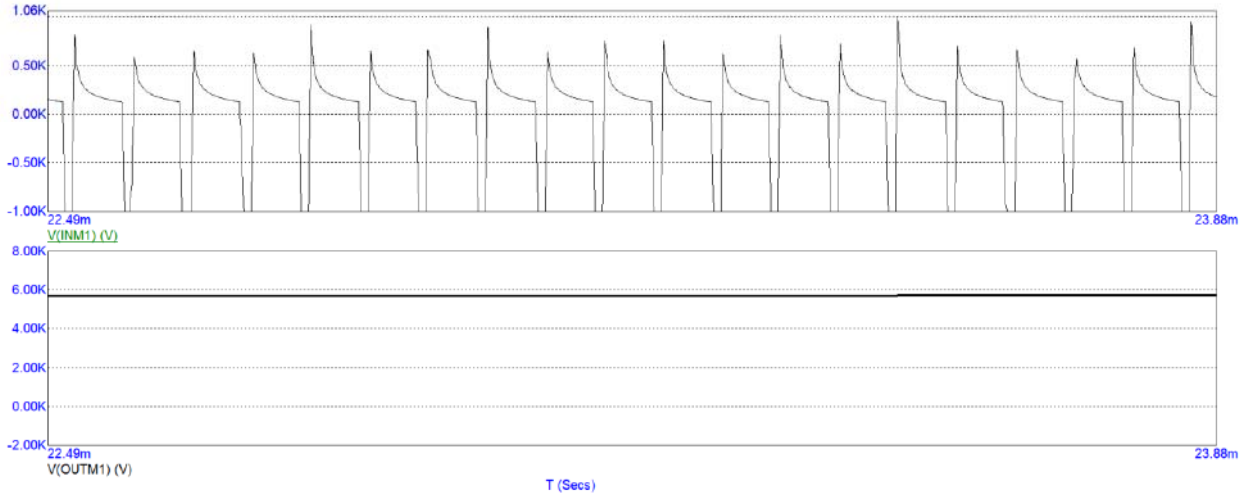


Рисунок 3.10 – Збільшений фрагмент роботи помножувача

Таким чином, ми показали за допомогою математичного моделювання, що запропонована схема працездатна та забезпечує вихідні параметри згідно завдання. Графіки на рис. 3.10 показують динаміку роботи схеми: процес заряду конденсаторів та встановлення високої вихідної напруги з заданим рівнем пульсацій. Ця схема також може бути використана як компонент для високовольтних джерел живлення, зокрема для генераторів аероіонів, де потрібні десятки кіловольт.

4 КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Опис технології виготовлення функціонального вузла джерела живлення іонізатора

Виготовлення ДЖ іонізатора включає кілька послідовних етапів:

1. Виготовлення друкованої плати (ДП)

На етапі ппроектування на основі електричної схеми створюється цифрова модель ДП, яка включає розташування компонентів, трасування доріжок та отворів. Здійснюється підготовка матеріалу, використовується лист склотекстоліту, покритого з однієї або обох сторін мідною фольгою. Формується малюнок, застосовується фотолітографічний метод або метод прямого нанесення. На мідну фольгу наноситься захисний шар (резист) з малюнком майбутніх доріжок.

На етапі травлення плата занурюється в хімічний розчин (наприклад, хлорид заліза), який роз'їдає незахищену мідь, залишаючи лише бажані доріжки. Видалення резисту та свердління, захисний шар видаляється, а потім просвердлюються отвори для виводів компонентів та кріплення. Нанесення маски та маркування: наноситься захисна паяльна маска (зазвичай зеленого кольору), яка запобігає короткому замиканню та окисленню. Потім наноситься маркування (шовкографія) для ідентифікації компонентів.

2. Монтаж елементів на друковану плату

Цей етап може виконуватися як вручну, так і автоматизовано і є найбільш відповідальним. Спочатку компоненти перевіряються та готуються до монтажу. Для поверхневого монтажу (SMT - Surface Mount Technology) на контактні площадки ДП наноситься паяльна паста – суміш припою та флюсу. Для SMT компоненти встановлюються на паяльну пасту за допомогою автоматичних установників («pick-and-place» машини) або вручну. Для THT (Through-Hole Technology): компоненти з виводами вставляються в просвердлені отвори.

Після встановлення компонентів на друковану плату відбувається етап пайки, який відрізняється залежно від типу монтажу. Для елементів поверхневого монтажу (SMT) плата проходить через спеціальну піч оплавлення (reflow oven). У цій печі паяльна паста, раніше нанесена на контактні площадки, плавиться під дією високої температури, забезпечуючи надійні електричні та механічні з'єднання між компонентами та платою. У випадку ж компонентів, що монтуються в отвори (THT), пайка може виконуватися вручну за допомогою паяльника, або ж, для великосерійного виробництва, застосовуються установки хвильової пайки. На цих установках нижня сторона плати проходить через «хвилю» розплавленого припою, що автоматично створює всі необхідні паяні з'єднання.

Після завершення процесу пайки обов'язковим етапом є очищення. На цьому етапі залишки флюсу, які могли залишитися на платі після пайки і потенційно спричинити корозію або електричні витоки, видаляються за допомогою спеціальних розчинів.

Завершальним кроком є контроль якості, що включає кілька методів. Проводиться візуальний огляд для виявлення очевидних дефектів монтажу. Також застосовується автоматичний оптичний контроль (AOI), який використовує камери та програмне забезпечення для швидкого та точного виявлення помилок. Крім того, здійснюється електричне тестування, наприклад, «in-circuit test» (внутрішньосхемний тест), щоб перевірити електричну цілісність з'єднань та функціонування окремих компонентів на платі, виявляючи таким чином дефекти монтажу та несправні компоненти.

3. Складання вузлів та блоків

Після успішного монтажу компонентів на друковану плату вона перетворюється на самостійний функціональний вузол. Подальший процес складання передбачає кілька ключових етапів. Спочатку відбувається встановлення друкованої плати в корпус: плата з усіма змонтованими компонентами надійно закріплюється всередині спеціального корпусу джерела живлення. Потім здійснюється підключення роз'ємів, що включає

приєднання вхідних та вихідних кабелів до відповідних роз'ємів, розташованих на платі. На цьому етапі також відбувається встановлення додаткових елементів, якщо такі передбачені конструкцією, зокрема монтуються радіатори для відведення тепла, вентилятори для охолодження, а також різноманітні елементи кріплення для забезпечення стабільності та довговічності конструкції. Завершальним кроком є фінальне складання корпусу, коли корпус джерела живлення повністю закривається, забезпечуючи не лише захист внутрішніх компонентів від зовнішніх впливів, а й естетичний вигляд виробу. Після повного складання обов'язковим є функціональне тестування: готовий блок джерела живлення підключається до випробувального стенду, де ретельно перевіряються всі його параметри, включаючи вихідну напругу, струм, коефіцієнт корисної дії (ККД), стабільність роботи та ефективність захисних функцій.

4.2 Опис шкідливих факторів і заходів з охорони праці при виготовленні виробу

Виготовлення електронних компонентів, зокрема джерел живлення, нерозривно пов'язане з низкою потенційно шкідливих факторів, тому дотримання заходів з охорони праці є обов'язковим. Серед цих факторів виділяються хімічні речовини, такі як паяльні флюси та пасти, що виділяють шкідливі випари, які подразнюють дихальні шляхи та очі. До них також належать розчини для травлення друкованих плат, що можуть містити кислоти, луги та солі важких металів, а також розчинники для очищення, які можуть бути легкозаймистими та токсичними.

Іншим значним ризиком є високі температури, що виникають при роботі з гарячим припоєм, паяльниками та в печах оплавлення, створюючи можливість отримання опіків. Окрім того, електричний струм від мережевої напруги та тестових установок несе ризик електротравм.

Виробничий процес також супроводжується механічними ризиками, пов'язаними з гострими краями друкованих плат та інструментів, а також рухомими частинами автоматизованого обладнання. У повітря можуть потрапляти пил та дрібні частинки, такі як пил від обробки матеріалів друкованих плат та дрібні уламки компонентів.

Крім того, працівники можуть піддаватися впливу шуму від роботи автоматизованого обладнання та вентиляційних систем. Нарешті, існують оптичні ризики, спричинені яскравим світлом від пайки та мікроскопів, що може створювати значне навантаження на зір.

Заходи з охорони праці включають комплекс дій, спрямованих на мінімізацію ризиків для працівників. Для захисту органів дихання необхідно використовувати витяжні вентиляційні системи, зокрема місцеві відсмоктувачі, розташовані безпосередньо над робочими місцями для ефективного видалення шкідливих випарів. При роботі з летючими речовинами обов'язковим є застосування респіраторів.

Захист шкіри та очей забезпечується носінням захисних окулярів або щитків під час пайки, роботи з хімікатами та свердління. Також важливе використання гумових рукавичок та спецодягу при контакті з агресивними хімічними розчинами.

У сфері електробезпеки критично важливим є використання заземлених інструментів та обладнання. Необхідно регулярно перевіряти цілісність ізоляції кабелів. Усі працівники повинні суворо дотримуватися правил роботи з електроустановками, а також проходити інструктаж з електробезпеки. Додатковим заходом безпеки є наявність діелектричних килимків. Перед проведенням будь-яких ремонтних робіт обов'язковим є відключення живлення.

Пожежна безпека передбачає наявність вогнегасників у легкодоступних місцях. Легкозаймисті речовини повинні зберігатися виключно у спеціально відведених місцях. Необхідно здійснювати постійний контроль за температурою паяльних станцій.

Для забезпечення ергономіки та належної організації робочого місця слід подбати про належне освітлення робочої зони, забезпечити комфортні робочі крісла та регульовані столи. Підтримання порядку на робочому місці та відсутність зайвих предметів також сприяють безпеці.

Навчання та інструктаж є безперервним процесом: регулярно проводяться інструктажі з охорони праці, пожежної безпеки та електробезпеки. Окрім того, працівників навчають правилам надання першої допомоги.

Нарешті, контроль за станом здоров'я включає регулярні медичні огляди працівників, які контактують зі шкідливими речовинами або працюють в умовах підвищеного ризику.

4.3 Розрахунок пристрою заземлення

Для розрахунку пристрою заземлення будемо використовувати стандартні формули та рекомендації, базуючись на наданих вихідних даних.

Вихідні дані для розрахунку пристрою заземлення:

- Опір заземлювального пристрою розтіканню струму (Rз) – не більше 4Ом.
- Вид ґрунту – лес (суглинок).
- Кліматична зона – 1.
- Розташування вертикальних заземлюючих електродів – в ряд.

1. Визначення питомого опору ґрунту (ρ).

Згідно з довідковими даними для лесу (суглинок) та 1 кліматичної зони (сухий клімат), питомий опір ґрунту приймається: ρ=100 Ом·м.

Цей показник може значно змінюватися залежно від вологості та температури ґрунту. Для цілей розрахунку приймаємо усереднене значення, використовуючи поправочні коефіцієнти.

2. Визначення поправочних коефіцієнтів.

Коефіцієнт сезонності (ψ): Для кліматичної зони 1 та глибини закладання верхнього кінця вертикальних електродів 0.5-0.7 м, приймаємо ψ=1.3 (для вертикальних електродів).

Коефіцієнт використання заземлювачів (η): Для розташування вертикальних електродів в ряд цей коефіцієнт залежить від кількості електродів та відстані між ними. Для попереднього розрахунку, візьмемо η=0.7 (це типове значення для невеликої кількості електродів у ряду з відстанню, що дорівнює їхній довжині). Остаточне значення буде уточнене після вибору кількості електродів.

3. Вибір розмірів вертикальних електродів.

Припустимо, що в якості вертикальних заземлювачів використовуються сталеві стрижні. Діаметр d = 16 мм (0.016 м). Довжина L = 3 м.

Глибина закладання верхнього кінця електрода t = 0.5 м.

Еквівалентна довжина електрода (частина, що знаходиться в ґрунті):

$L_{екв} = L - t = 3\ м - 0.5\ м = 2.5\ м$.

4. Розрахунок опору розтіканню струму одного вертикального електрода (R_0).

Формула для опору одного вертикального електрода:

$$R_0 = \frac{\rho\psi}{2\pi L_{екв}} \cdot Ln\left(\frac{2L_{екв}}{d}\right)$$

Підставляємо значення:

$$R_0 = \frac{100 \cdot 1.3}{2\pi \cdot 2.5} \cdot Ln\left(\frac{2 \cdot 2.5}{0.016}\right) = 8.276 \cdot 5.745 \approx 47.53 Ом$$

5. Визначення необхідної кількості вертикальних електродів (n).

Загальний опір групового заземлювача:

$$R_з = \frac{R_0}{n\eta}$$

Звідси необхідна кількість електродів:

$$n = \frac{R_0}{R_з\eta}$$

Підставляємо значення, використовуючи початкове η=0.7:

$$n = \frac{47.53}{4 \cdot 0.7} \approx 16.97$$

Округляємо до більшого цілого числа, отже, n=17 електродів.

6. Уточнення коефіцієнта використання (η) та відстані між електродами.

Для 17 електродів, розташованих в ряд, з відстанню між ними a=L=3 м (для оптимального використання), коефіцієнт η для такої кількості електродів у ряду зазвичай зменшується. За довідковими таблицями для великої кількості електродів у ряду (від 10 до 20) η може бути в діапазоні 0.6−0.5.

Приймемо більш точне значення η=0.55 для 17 електродів у ряду на відстані 3 м. Тоді перерахуємо необхідну кількість електродів n з уточненим η:

$$n = \frac{47.53}{4 \cdot 0.55} \approx 21.6$$

Округляємо до більшого цілого числа, отже, n=22 електроди.

Знову уточнимо η для 22 електродів. Нехай буде η=0.52.

$$n = \frac{47.53}{4 \cdot 0.52} \approx 22.85$$

Округляємо до більшого цілого числа, отже, n=23 електроди.

Для n=23 електродів у ряду, приймемо η≈0.51.

Перевіримо опір групи тільки вертикальних електродів:

$$R_{верт} = \frac{R_0}{n\eta} = \frac{47.53}{23 \cdot 0.51} \approx 4.05 Ом$$

Це вже дуже близько до цільового значення 4 Ом, навіть без урахування горизонтального з'єднувача.

7. Розрахунок опору горизонтального заземлювача (шини, що з'єднує електроди).

Припустимо, використовується сталева смуга розміром 40×4 мм (0.04 м×0.004 м). Довжина горизонтального заземлювача для 23 електродів з відстанню a=3 м між ними: $L_{гор}$ =(n−1)·a=(23−1)·3 м=22·3 м=66 м.

Глибина закладання t=0.5 м.

Опір горизонтального електрода:

$$R_0 = \frac{\rho \psi_{гор}}{2\pi L_{гор}} \cdot Ln\left(\frac{2L_{гор}^2}{bt}\right)$$

де b – ширина смуги (0.04 м);

$\psi_{гор}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального електрода, приймемо 1.5 для 1 кліматичної зони.

$$R_0 = \frac{100 \cdot 1.5}{\pi \cdot 66} \cdot Ln\left(\frac{2 \cdot 66^2}{0.04 \cdot 0.5}\right) = 0.723 \cdot 12.98 \approx 9.38 Ом$$

8. Розрахунок загального опору заземлювального пристрою.

Оскільки опір горизонтального з'єднувача ($R_{гор} \approx 9.38$ Ом) є значним порівняно з цільовим опором $R_з \leq 4$ Ом, і навіть порівняно з опором групи вертикальних електродів ($R_{верт} \approx 4.05$ Ом), його вплив потрібно враховувати. Точний розрахунок складної конфігурації заземлювача з вертикальними та горизонтальними елементами вимагає складніших формул або спеціалізованого програмного забезпечення, що враховує ефект взаємного екранування.

Однак, для практичних цілей, щоб забезпечити $R_з \leq 4$ Ом, необхідно, щоб сумарна провідність (обернена до опору) системи була достатньо високою.

Для досягнення Rз ≤ 4 Ом, необхідний добуток $n \cdot \eta$ повинен бути щонайменше $R_0/R_з = 47.53/4 = 11.88$. Якщо приймемо середнє $\eta \approx 0.5$ для великої кількості електродів у ряду, тоді $n \geq 11.88/0.5 = 23.76$. Отже, необхідно прийняти $n = 24$ вертикальні електроди. При $n = 24$, η буде трохи меншим, ніж для 23 електродів, але близьким до 0.5.

Тоді опір тільки вертикальних електродів становитиме:

$$R_{верт} = \frac{R_0}{n\eta} = \frac{47.53}{24 \cdot 0.5} \approx 3.96 Ом$$

При такому опорі вертикальної частини, вплив горизонтального електрода (що з'єднує електроди та забезпечує додатковий розтік) зробить загальний опір заземлення відповідним до вимоги.

Отже, для забезпечення опору заземлення не більше 4 Ом при використанні вертикальних заземлювачів (сталеві стрижні довжиною 3 м та діаметром 16 мм), розташованих в ряд, в ґрунті типу лес (1 кліматична зона), необхідно використовувати щонайменше 24 електроди. Відстань між електродами повинна бути не менше 3 м (що дорівнює їхній довжині). Горизонтальна сталева смуга (наприклад, 40×4 мм) довжиною $(24-1) \cdot 3 = 69$ м буде використовуватися для їхнього з'єднання та підключення до об'єкта.

Слід відмітити, що цей розрахунок є спрощеним. У реальних інженерних проєктах заземлювальних пристроїв обов'язково використовують більш точні методи, що враховують складніші взаємодії між електродами та різні конфігурації, часто з застосуванням спеціалізованого програмного забезпечення. Для отримання максимально точних даних, необхідно проводити вимірювання питомого опору ґрунту безпосередньо на місці встановлення заземлювального пристрою. Після монтажу заземлювального пристрою обов'язково проводяться вимірювання його фактичного опору для підтвердження відповідності нормативним вимогам.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИРОБУ, ЩО РОЗРОБЛЕНО

Одним з основних показників, за допомогою якого оцінюється економічна ефективність нової техніки, є величина капітальних вкладень.

До таких капітальних вкладень відносяться витрати на науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, включаючи випробування і доопрацювання дослідних зразків.

Для визначення вартості конструкторської підготовки виробництва складається кошторис витрат з моменту отримання завдання до виготовлення і заводських випробувань дослідного зразка включно і коректування документації за наслідками цих подій.

5.1 Підсумок витрат за статтям кошторису

Зарплата розробників по етапам

Зарплата розробників по етапам розраховується, виходячи з кількості технічної документації (схем, креслень, текстової документації), що розробляється, з використанням нормативів на розробку різних видів документації. Зарплата виконавців по кожному етапу є сумою добутків тривалості етапів в днях на денну ставку виконавця (по всім виконавцям).

Тривалість етапу визначається як добуток кількості листів розробленої документації на відповідну норму часу в нормо-годинах на розробку, поділене на число прийнятих розробників і середню тривалість робочого дня (7,2 годин). Денна ставка виконавця визначається відношенням місячного окладу до середнього числа робочих днів в місяці (22 дні).

В таблиці 5.1 приведений розрахунок зарплати розробників технічної документації на розробку джерела живлення іонатора для відділення інтенсивної терапії. Зарплата виконавців на коректування документації визначається з трудомісткості розробки відповідних документів: коректування складає 15-20% цієї трудомісткості.

Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка

Зарплата на виготовлення і випробування дослідного зразка по всім етапам визначається таким чином: дослідний зразок виготовляється і випробовується в лабораторії; тривалість цих робіт узяті з досвіду базового підприємства, а потім розраховані аналогічно розрахунку зарплати на розробку документації (див. Табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Розрахунок зарплати розробників технічної документації

№	Найменування етапів розробки	Формат	К-ть креслень	Норматив часу на одиницю, нормо - годин	Трудомісткість етапу, люд.-година	Число виконавців	Тривалість етапу, днів	Денна ставка виконавців	Зарплата на етап, грн.
1	Схема електрична принципова	ф.А1	1,00	18,00	18,00	1,00	2,50	140,00	350,00
2	Схема електрична структурна	ф.А1	1,00	16,50	16,50	1,00	2,29	120,00	275,00
3	Специфікація	ф.А4	3,00	0,40	1,20	1,00	0,17	90,00	15,00
4	Розрахунки	ф.А4	6,00	7,40	44,40	1,00	6,17	100,00	616,67
5	Записка пояснення	ф.А4	74,00	1,95	144,30	1,00	20,04	140,00	2805,83
	Разом								4062,50

При визначенні зарплати на виготовлення дослідного зразка трудомісткість по видам робіт збільшена на 100% проти трудомісткості серійного виробу і розряди роботи підвищені на один з урахуванням ручних робіт в дослідному виробництві.

Таблиця 5.2 – Зарплата за виготовлення дослідного зразка

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Монтажні	6	120,00	20,50	2460,00
2	Регулювальні	6	90,00	15,50	1395,00
	Разом				3855,00

Матеріальні витрати на зразок

Матеріальні витрати на зразок складаються з вартості матеріалів (див. Табл. 5.3) і комплектуючих виробів (див. Табл. 5.4) на проектований виріб. При цьому, виходячи з обліку втрат, вартість комплектуючих матеріалів збільшена на 30%.

Таблиця 5.3 – Вартість матеріалів

№	Найменування	Одиниця виміру	К-ть на виріб	Ціна за одиницю	Сума Зразок, грн+30%	Сума Серія, грн
1	Ізоляційні матеріали	кг	1,20	1,25	1,95	1,50
2	Дріт 16 мм2	м	8,00	45,00	468,00	360,00
3	Дріт 0.5 мм2	м	10,00	5,00	65,00	50,00
	Разом:				534,95	411,50

Таблиця 5.4 – Витрати на куповані комплектуючи вироби

№	Найменування	Кіль-кість	Ціна одиниці	Сума (Зразок), грн+30 %	Сума (серія), грн
1	Діод 10A10 1000V 10A низькочастотний R6	4	5,00	26,00	20,00
2	Діод високовольтний 1N4003	7	15,00	136,50	105,00
3	Конденсатор 0603 200pF 50V керамічний	3	6,00	23,40	18,00
4	Конденсатор КВИ-2 100пкФ 10кВ	7	37,00	336,70	259,00
5	Конденсатор электролитический 1000мкФ 50В	1	20,00	26,00	20,00
6	Радіатор	1	24,00	31,20	24,00
7	Резистор	4	0,50	2,60	2,00
8	Стабілізатор LM7812	1	32,00	41,60	32,00
14	Транзистор	1	25,00	32,50	25,00
15	Трансформатор тороїдальний 10 VA	1	325,00	422,50	325,00
16	Трансформатор імпульсний POL-15020	1	80,00	104,00	80,00
	Разом:			1183,00	910,00

Накладні витрати

Накладні витрати беруться у розмірі 120…140% сумарної зарплати розробників з урахуванням виготовлення і випробування дослідного зразка і коректування документації за наслідками випробувань.

Собівартість дослідного зразка

Собівартість дослідного зразка визначається за формою таблиці 5.5.

Інші витрати включають невраховані витрати, наприклад, витрати на відрядження, на виготовлення або придбання спеціальної апаратури, необхідної для випробування макетів або зразків та ін.

Таблиця 5.5 – Калькуляція собівартості дослідного зразка

№	Стаття витрат	Витрати на проектований виріб, грн.
1	Матеріали (табл. 3)	534,95
2	Куповані комплектуючи вироби (табл. 4)	1183,00
3	Транспортні витрати (5% п.1+п.2)	85,90
4	Заробітна плата виробничих робочих (табл.2)	3855,00
5	Нарахування на зарплату (36,9%)	1422,50
6	Накладні витрати(120% п.4)	1092,00
	Разом собівартість	8173,34

Інші витрати

Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва складається за формою таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Кошторис витрат на конструкторську підготовку виробництва

№	Стаття витрат	Сума, грн
1	Зарплата розробників по всім етапам розробки (табл.1)	4062,50
2	Зарплата на коректування технічної документації за наслідками випробувань дослідного зразка (20% п.1)	812,50
3	Разом ФЗП (п.1 +п.2)	7917,50
4	Нарахування на зарплату (36,9% п.3)	2921,56
5	Накладні витрати (120% п. 3)	9501,00
6	Собівартість дослідного зразка (табл. 5.5)	8173,34
7	Інші витрати	1000,00
	Всього вартість розробки	9173,34

Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції. Розрахунок вартості матеріалів.

Витрати на матеріали визначаються з норм витрати і їх вартості за прейскурантом цін (таблиця 5.3), зменшені на 30%.

Розрахунок витрат на куповані комплектуючі вироби.

Витрати на куповані комплектуючі вироби визначаються на основі відомості купованих комплектуючих виробів і їх вартості (таблиця 5.4), зменшені на 30%.

Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників.

Заробітна плата виробничих робітників визначається на підставі трудомісткості виготовлення виробу і відповідних тарифних ставок по видах робіт. При визначенні зарплати на виготовлення серійного виробу трудомісткість по видам робіт зменшується на 100% проти трудомісткості (табл. 2) і розряди роботи знижені на один.

Розрахунок приведений в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Зарплата робочих за виготовлення серійного виробу

№	Вид робіт	Середній розряд робіт	Трудомісткість нормо - год	Тарифна ставка, грн/год	Зарплата, грн
1	Складальні	4	0,50	40,00	20,00
2	Монтажні	5	2,00	100,00	200,00
3	Регулювальні	5	1,00	80,00	80,00
	Разом				300,00

Доплати і премії приймаються у розмірі 10–25% тарифної заробітної плати. Розрахунок планованої собівартості одиниці продукції проводиться на основі калькуляційних статей, зведених в таблицю 5.8.

Таблиця 5.8 – Калькуляція собівартості і ціни одиниці виробу

№	Стаття витрат	Витрати на виріб, грн.
1	Матеріали	411,50
2	Куповані комплектуючи вироби	910,00
3	Транспортні витрати (5% (п.1+п.2)	66,08
4	Основна заробітна плата виробничих робочих (табл. 7)	300,00

5	Додаткова заробітна платня виробничих робочих (20% п.4)	60,00
6	Разом ФЗП (п.4+п.5)	360,00
7	Нарахування на зарплату (36,9% п.6)	132,84
8	Накладні витрати (140% п.4)	420,00
9	Разом собівартість (п.1+п.2+п.3+п.6+п.7)	2300,42
10	Прибуток (30% собівартості)	690,12
11	Ціна виробника	2990,54

Розрахунок критичного обсягу виробництва

Критичний обсяг виробництва визначається по наступній формулі:

$$V_{кр} = \frac{П}{Ц - AVC} = \frac{50000}{2990{,}54 - 2300{,}42} = 73 \text{ шт/місяць}$$

де $V_{кр}$ – критичний обсяг виробництва, шт.;

$П$ – постійні витрати, $П$ =50000 грн.;

$Ц$ – ціна виробу, $Ц$ = 2990,54 грн.;

AVC – середньозмінні витрати.

$$AVC = \frac{Q}{VC} = \frac{2300{,}42 \cdot 8}{8} = 2300{,}42 \text{ грн}$$

де Q – Загальні змінні витрати, VC – Обсяг виробництва

Види витрат і ціна виробу визначаються з калькуляції собівартості (таблиця 5.8). До постійних витрат відносяться загальновиробничі витрати, загальногосподарські витрати і позавиробничі витрати. Останні статті відносяться до середньозмінних витрат.

Критичний обсяг виробництва виробу складає 73 шт/місяць.

Розрахунок планового прибутку.

Плановий прибуток — це сума прибутку, яку підприємство планує отримати за певний майбутній період (наприклад, місяць, квартал, рік). Це один з ключових показників у системі фінансового планування та бюджетування компанії.

Плановий прибуток=Планова виручка від реалізації−Планова повна собівартість реалізованої продукції,

де Планова виручка від реалізації — це плановий обсяг продажу продукції (послуг) у натуральному вираженні, помножений на планову ціну за одиницю.

Планова повна собівартість реалізованої продукції — це сума всіх витрат, які підприємство планує понести для виробництва та реалізації запланованого обсягу продукції. Вона включає:

Планові прямі матеріальні витрати: Вартість сировини, основних та допоміжних матеріалів.

Планові прямі витрати на оплату праці: Зарплата виробничих робітників.

Планові інші прямі витрати.

Планові загальновиробничі витрати.

Планові адміністративні витрати.

Планові витрати на збут.

$$П_{пл} = (2990{,}54 \cdot 1{,}07 - 2300{,}42) \cdot 2400 - 50000 \cdot 12 = 1558709{,}44 \ грн$$

Економічна ефективність

$$E = 1558709{,}44 / 6120996{,}00 = 0{,}2546 \ грн / грн$$

Термін окупності

$$T = 1/E = 1/0{,}2546 = 3{,}93 \ р$$

Таблиця 5.9 – Основні економічні показники

Найменування показника	Одиниці вим.	Величина показника
Вартість капітальних вкладень	грн.	6120996,00
Плановий прибуток	грн.	1558709,44
Економічна ефективність	грн./грн.	0,2546
Термін окупності	рік	3,93

Економічні розрахунки підтвердили доцільність виготовлення проектованого виробу.

ВИСНОВКИ

У рамках даної дипломної роботи було успішно вирішено комплексне завдання з розробки, аналізу та обґрунтування конструкції та технології виготовлення джерела живлення для іонізатора, а також розглянуто питання охорони праці та заземлення.

Проведені дослідження та розрахунки підтвердили актуальність створення ефективних та безпечних джерел живлення для пристроїв іонізації повітря, які знаходять широке застосування у медицині, побуті та промисловості для покращення якості повітря.

1. Було розроблено концепцію компактного електронного модуля, інтегрованого в корпус пристрою, з урахуванням вимог до стабільності та безпеки високовольтного генератора аероіонів. Описано основні елементи, такі як друкована плата, корпусні елементи, роз'єми, радіатори та елементи кріплення.

2. Детально розглянуто етапи виробництва, починаючи від виготовлення друкованих плат (включаючи проектування, травлення, свердління, нанесення маски та маркування) до монтажу елементів (SMT та THT пайка, очищення) та фінального складання блоків. Особлива увага приділена послідовності та контролю якості на кожному етапі, включаючи візуальний огляд, автоматичний оптичний контроль та електричне тестування.

3. На основі наданих схем моделювання (інвертор та помножувач напруги) було підтверджено принципи генерації високої напруги, необхідної для іонізації. Дослідження показали, як імпульсні перетворювачі та багатоступінчасті діодно-конденсаторні помножувачі забезпечують ефективне перетворення низької постійної напруги у високу імпульсну, а потім у стабільну високу постійну напругу.

4. Систематизовано потенційні небезпеки, що виникають під час виробництва джерел живлення, такі як вплив хімічних речовин, високих температур, електричного струму, механічні ризики, пил, шум та оптичні

ризики. Запропоновано комплексні заходи з охорони праці, що охоплюють захист органів дихання, шкіри та очей, електробезпеку, пожежну безпеку, ергономіку робочого місця, а також важливість навчання та інструктажів з охорони праці та регулярних медичних оглядів.

5. Виконано розрахунок пристрою заземлення для забезпечення необхідного опору розтіканню струму. З урахуванням виду ґрунту (лес) та кліматичної зони, розраховано оптимальну кількість вертикальних електродів (24 шт.) та їх конфігурацію, що є критично важливим для безпечної експлуатації іонізатора та електробезпеки в цілому.

6. Окреслено ключові статті витрат (прямі матеріальні витрати, прямі витрати на оплату праці, загальновиробничі витрати) та надано методологію для розрахунку повної собівартості силової частини виробу, що є важливою для економічного обґрунтування проекту.

Загалом, результати дипломної роботи підтверджують можливість створення функціонального, безпечного та технологічного джерела живлення для іонізатора. Виконані розрахунки та описи створюють міцну основу для подальшого практичного впровадження розробленого виробу та його оптимізації для серійного виробництва.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Відділення інтенсивної терапії. URL: https://langs.physio-pedia.com/uk/the-intensive-care-unit-uk/ (дата звернення 07.01.2025).

2. Міфи і факти: що таке іонізація? URL: https://klimat-center.cv.ua/ionizator/ (дата звернення 07.01.2025).

3. Іонізація повітря: що це та для чого потрібно? URL: http://surl.li/ccqrsl (дата звернення 07.01.2025).

4. Іонізатори повітря – функції, дія, правила використання. URL: http://surl.li/qitywe (дата звернення 07.01.2025).

5. Вторинні джерела живлення. URL: https://radiodetali.com.ua/ua/articles/shodinka-devyata-vtorinni-dzherela-zhivlennya-chastina-persha-pochatok (дата звернення 31.01.2025).

огляд лінійних джерел живлення.

6. Огляд лінійних джерел живлення. URL: https://radiodetali.com.ua/ua/articles/shodinka-devyata-vtorinni-dzherela-zhivlennya-chastina-druga-pochatok (дата звернення 31.01.2025).

7. Сучасні блоки живлення ATX та їх характеристики. URL: https://surl.li/oshmqu (дата звернення 31.01.2025).

8. Vishay General Semiconductor. 1N4001-1N4007 Standard Recovery Rectifiers Datasheet. Rev. 1.2. 2020. 6 p.

9. Texas Instruments. LM340, LM340A and LM78xx Wide VIN1.5-A Fixed Voltage Regulators Rev. SNOSBT0K, TX, 2020. 21 p.

10. Правила улаштування електроустановок: затв. Наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 20 червня 2014 р. №469. 793 с.

11. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М., Туряб Л. В., Лико Х. І. Практикум із охорони праці : навч. посіб. Львів : Афіша, 2000. 345 с.

12. Article, Shu-Ye Jiang, Ali Ma, Srinivasan Ramachandran: «Negative Air Ions and Their Effects on Human Health and Air Quality Improvement» published 2018 Sep. DOI: 10.1186/s12938-018-0499-z.

13. Іонізатори. URL:https://medmag.ua/ua/domashnyaya-medtehnika/ochistiteli-vozduha/ionizatory/ (дата звернення 03.04.2025).

14. Побєдаш К. К., Святненко В. А. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачі електричної енергії : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. 244 с.

15. Шмалій С. Л., Алєксєєв О. Г. Підсумкова атестація здобувачів вищої освіти першого рівня «бакалавр». Методичні рекомендації до виконання дипломних проектів з напрямку підготовки 171 «Електроніка» : Запоріжжя, 2017. 25 с.

16. Клименко В. В., Солдатенко В. П., Плєшков С. П., Скрипник О. В., Саченко А.І. Альтернативні джерела енергії та технології їх використання: підруч. : М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ПП Ексклюзив-Систем, 2023. 268 с.

17. .Болібрух, Б. В., Глива, В. А., Касаткіна, Н. В., Левченко, Л. О. Моніторинг та управління концентраціями іонів у повітрі приміщень промислового та громадського призначення. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(10(115), 2022. С. 24–30.

18. Рябенький В. М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2019. 736 с. ISBN 978-966- 418-067-9.

Додаток А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				Документація		
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Д1	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Постановка завдання	1	
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Е1	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Схема електрична структурна	1	
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Е3	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Схема електрична принципова	1	
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Д2	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Математичне моделювання	1	
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Д3	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Охорона праці	1	
А1			ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00.Д4	Джерело живлення іонатора		
				для відділення інтенсивної терапії		
				Економічні показники	1	

Перев. застосув. | Довід. № | Підп. і дата | Інв. № дубл. | Взам. інв. № | Підп. і дата | Інв. № подл.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Падерін		16.06
Перевір.		Шмалій		16.06
Н.контр.		Турішев		16.06
Затверд.		Критська		16.06

ЕІСПЗ ДП.22077.00.00.00.00

Джерело живлення іонатора для відділення інтенсивної терапії

Літ.	Аркуш	Аркушів
		1

ІНКІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ
6.1711

Копіював Формат А4