

УДК 681.2:687.522(045)
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.1/07>

Монченко О.В.

Національний авіаційний університет

Мовчан Н.С.

Національний авіаційний університет

Чубко Л.С.

Національний авіаційний університет

Марченко Н.Б.

Національний авіаційний університет

Ковтонюк І.Ю.

Національний авіаційний університет

ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДУ ДЛЯ УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ ШКІРИ

Нездоровий вигляд шкіри завдає великий дискомфорт людині, це відчутно впливає на її фізіологічний та психологічний стан. На сьогодні існує безліч методів апаратної косметології, що можуть усунути наявні проблеми зі шкірою та покращити життя людини в цілому. Одним з рішень є використання приладу для дарсонвалізації. Апаратна косметологія станом на 2022 рік дуже сильно розвилася та має шалений попит у споживачів. Метод дарсонвалізації не потребує значних навичок під час виконання даної процедури. Однак, існує й протилежна сторона, яка полягає в тому що даний прилад працює однаково при різних типах шкіри. Тип шкіри грає важливу роль при застосуванні методу, адже цей аспект впливає на результат отриманий після дарсонвалізації, тому це потребує опису кожного із сигналів при певному типі шкіри. Метою є модифікація апарату для місцевої дарсонвалізації шляхом розробки нових конструкторських блоків та автоматизації процесу дарсонвалізації.

Методикою реалізації є створення моделі автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку»; вимірювального перетворювача «Опір шкіри – напруга»; ПІС-мікроконтроллер для збільшення ефективності приладу при різних типах шкіри з покращеними технічними характеристиками.

Результатом дослідження буде забезпечення автоматичного підбору необхідної напруги, високої ефективності використання, зменшення ризиків надмірної дії випромінювання, скорочення часу для проведення процедури. Так як система є автоматичною, то до її складу входить «Вихідний каскад високовольтного блоку» з використанням IGBT-транзистора, що регулює імпульсну характеристику, то застосування автоматизованої системи є розумним з точки зору ефективності, безпечності, легкості використання і ціни. Таким чином, створений удосконалений апарат «Дарсонваль» має збільшену ефективність та зменшений надлишковий вплив на ділянки шкіри.

Ключові слова: апарат «Дарсонваль», шкіра, автоматизована система, вихідний каскад високовольтного блоку, вимірювальний перетворювач, опір, напруга, IGBT-транзистор, ПІС-мікроконтроллер, ефективність.

Постановка проблеми. Актуальною проблемою є створення методу керування вихідного сигналу за допомогою автоматизованої системи та вимірювального перетворювача, адже на даний час в світі досить гостро стоїть питання ефективності, універсальності та зменшення часу на косметологічні послуги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота Яненка О.П., Куценка В.П., Перегудова С.М. присвячена теоретичним і практичним дослідженням конструкції апарату для дарсонва-

лізації та методиці її проведення [6]. У роботі [11] авторидосліджують проектування вимірювальних медичних пристроїв з мікропроцесорним управлінням, а саме розглядають методи керування системою вимірювання за допомогою мікроконтроллерів, але не розглядається робота контролерів в косметологічному обладнанні.

Постановка завдання. Завдання полягає в удосконаленні конструкції апарату для дарсонвалізації, шляхом введення в неї автоматизованої системи.

Автоматизовані системи є універсальним інструментом для практичної реалізації цього завдання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Структурна схема апарату для місцевої дарсонвалізації включає в себе блок живлення, генератор імпульсних сигналів G1 частотою 110 кГц, модулятор U1, помножувач напруги U2, вихідний підсилювач A2, електроди E1 та E2 (рис. 1) [6].

Генератор формує напругу частотою 100 кГц; двіноподібні імпульси кратністю 50 Гц пропускають на модулятор U1, а потім на помножувач напруги U2, де напруга підвищиться до рівня 30 кВ і через буферний підсилювач A1 приєднується до електродів E1 та E2 [6].



Рис. 1. Структурна схема апарату для дарсонвалізації

Характеристики вже існуючого приладу для дарсонвалізації мають такі показники: максимальна сила струму: 0.2 мА; струм: 200 мкА; частота: 50 Гц; частота заповнення імпульсів: 120 кГц; частота проходження пачок імпульсів: 100 Гц; вихідна напруга до 60 кВ; вихідний струм 200 мкА; форма вихідного сигналу – імпульсний з високочастотним заповненням [5]. Апарат генерує коронарний електричний заряд, який проникає в підшкірні шари, не порушуючи цілісності шкіри. У підшкірних тканинах виникають електромагнітні коливання, які сприятливо впливають на інтенсивність обміну речовин і кровообігу. Амплітуду напруги на виході можна змінювати за допомогою регулятора на корпусі трансформатора. Трансформатор і генератор з'єднані між собою шнуром. Для обробки різних поверхонь тіла прилад комплектується набором спеціальних електродів зі скла різної форми [5].

1. Моделювання автоматизованої системи

В програмному середовищі Electronics Workbench була створена модель автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку» з використанням IGBT-транзистора (рис. 2), за допомогою якої є можливість регулювати основні параметри імпульсної послідовності (шпаруватість та частоту) [9].

При тому, що 1кВ пробиває 1мм шкіри, для того аби пробити 1 см шкіри необхідна напруга імпульсу (напруга вторинної обмотки трансформатора) 10 кВ (рис. 3). Тоді напруга первинної обмотки трансформатора повинна становити приблизно 10 В, а кількість витків обмотки трансформатора – 1000 витків [9].

$$\frac{U_1}{W_1} = \frac{U_2}{W_2}$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{U_2}{U_1}$$

$$U_2 = U_1 \cdot \frac{W_2}{W_1}$$

$$U_2 = 10 \cdot 1000 = 10 \text{ (кВ)}$$

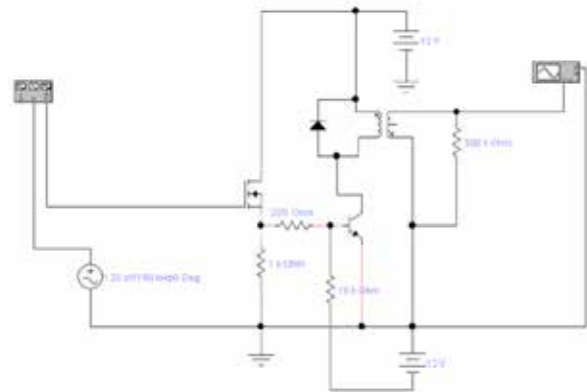


Рис. 2. Модель автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку»

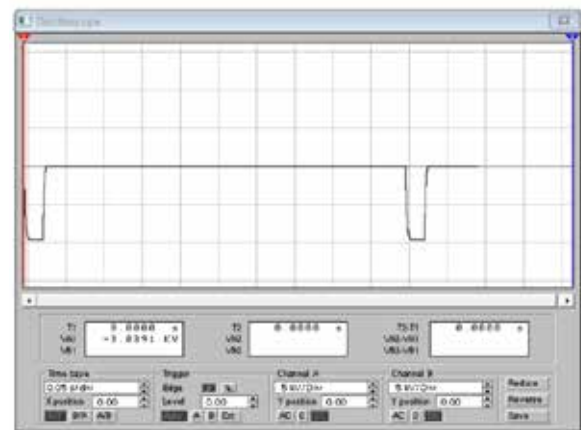


Рис. 3. Імпульси вихідної послідовності

2. Модернізований апарат «Дарсонваль»

Додавши до будови приладу автоматизовану систему «Вихідний каскад високовольтного блоку» з використанням IGBT-транзистора та вимірювальний перетворювач «Опір шкіри – напруга» модернізований апарат матиме структурну схему як на рис. 4 [9].

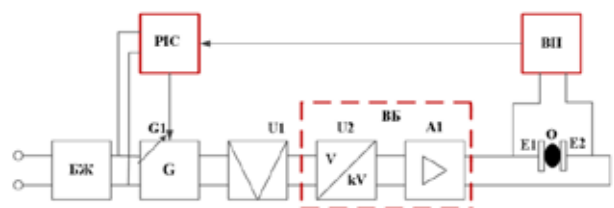


Рис. 4. Модернізована структурна схема апарату «Дарсонваль»

Модернізована структурна схема апарата для місцевої дарсонвалізації включає в себе:

1. Блок живлення (БЖ);
2. Вимірювальний перетворювач (ВП);
3. ПІС – мікроконтроллер (ПІС);
4. Генератор імпульсних сигналів (G1);
5. Модулятор (U1);
6. Високовольтний блок (ВБ), що включає в себе помножувач напруги (U2) та вихідний підсилювач (A1);
7. Електроди (E1) та (E2) [9-11].

3. *Моделювання вимірювального перетворювача*

Наступним етапом удосконалення апарату «Дарсонваль» є створення вимірювального перетворювача, за допомогою якого можливо вимірювати вологість шкіри шляхом вимірювання її опору. В програмному середовищі ElectronicsWorkbench була створена модель вимірювального перетворювача «Опір шкіри – напруга» (рис. 5) [9].

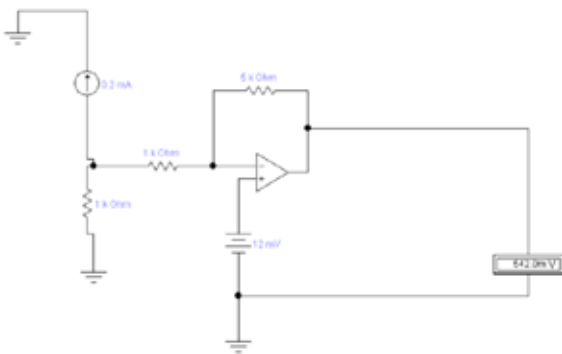


Рис. 5. Вимірювальний перетворювач «Опір шкіри – напруга»

В даному випадку опір шкіри становить $5 \cdot 10^3$ Ом. При цьому вихідна напруга становитиме 542 мВ, її можна розрахувати за формулою:

$$U_x = I_0 \cdot R_u \cdot \frac{R_x}{R_0}$$

Для перевірки моделі виконаємо обчислення вимірюваного опору (R_x), для цього в моделі задається опір шкіри $R_{xmin} = 10^3$ Ом та $R_{xmax} = 10^4$ Ом (рис.6 і 7) [9].

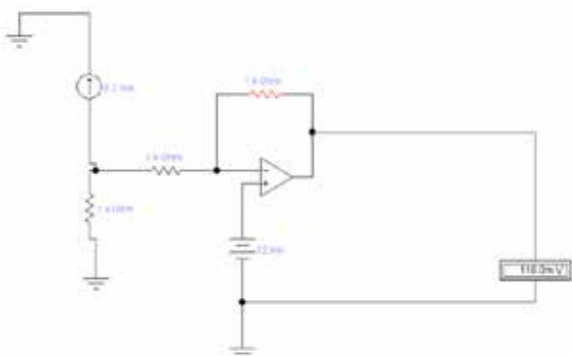


Рис. 6. Вимірювальний перетворювач «Опір шкіри – напруга» при опорі шкіри 10^3 Ом

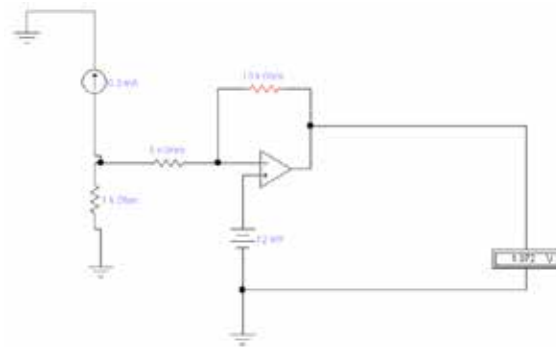


Рис. 7. Вимірювальний перетворювач «Опір шкіри – напруга» при опорі шкіри 10^4 Ом

Розрахункове значення опору шкіри:

$$R_x = \frac{U(R_x) - U(R_{xmin})}{U(R_{xmax}) - U(R_{xmin})} \cdot (R_{xmin} - R_{xmax}) + R_{xmin}$$

$$R_x = \frac{542 - 118}{1072 - 118} \cdot (1000 - 100) + 1000$$

$$R_x = 5 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Отже, вимірюване та розрахункове значення збігаються, тому створена модель є правильною і придатною до застосування [9].

Для управління апаратом до блоку вимірювального перетворювача додається ПІС мікроконтроллер, основна характеристика якого є висока швидкість виконання команд (рис. 8) [9].

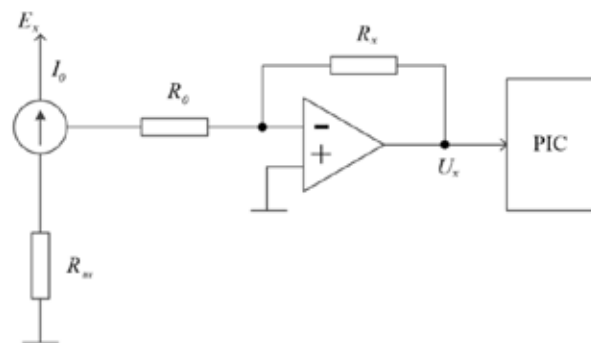


Рис. 8. Вимірювальний перетворювач з ПІС мікроконтроллером

4. *Створення алгоритму роботи ПІС*

Косметологічні процедури з застосуванням апарату для дарсонвалізації виконуються при напрузі 7 – 12 кВ, то за основу можна взяти три значення напруги на виході автоматизованої системи «Вихідний каскад високовольтного блоку» – 7, 10 і 12 кВ відповідно для жирної, нормальної та сухої шкіри, тобто напруга на первинній обмотці повинна становити 7, 10 і 12 В відповідно [8].

Для роботи автоматизованої системи побудовано алгоритм, за яким здійснюватиметься програмування ПІС мікроконтроллера [8].

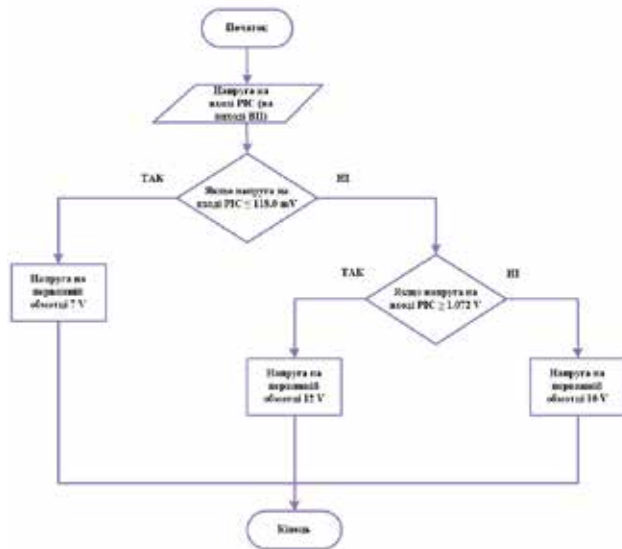


Рис. 9. Алгоритм програмування PIC

5. Вибір мікроконтролера архітектури PIC

Для керування апаратом «Дарсонваль» потрібен мікроконтролер який має [1]:

- 3 виходи для комутації блока високовольтного перетворювача на 7, 10 та 12 вольт,
- 1 вихід для комутації вимірювального перетворювача опору шкіри,
- 1 вхід для отримання аналогового сигналу від перетворювача опору шкіри [8].

Означену кількість портів мають багато контролерів у корпусі DIP-8 SO-8, до того ж вибирається відносно новий чіп. Таким критеріям відповідає PIC12F1501 [1].

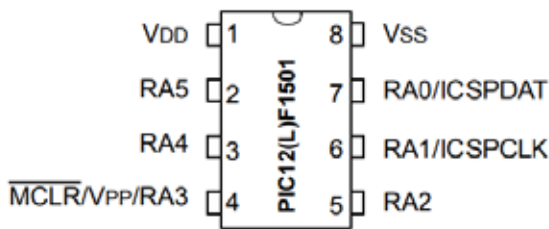


Рис. 10. Архітектура мікроконтролера PIC 12F1501

6. Створення схеми для симуляції

В даному випадку схема буде ілюстративною, щоб можна було побачити роботу алгоритму тобто, обирається модель контролера PIC12F1501, встановлюється анімовані моделі LED-індикаторів (які не симулюють характеристики світлодіода, тільки показують коли на піні контролера буде активний сигнал 1), також ставиться на схему елемент DC-генератор для імітації сигналу з перетворювача опору шкіри, та вольтметр для ілюстрації встановленої напруги [2, 3].

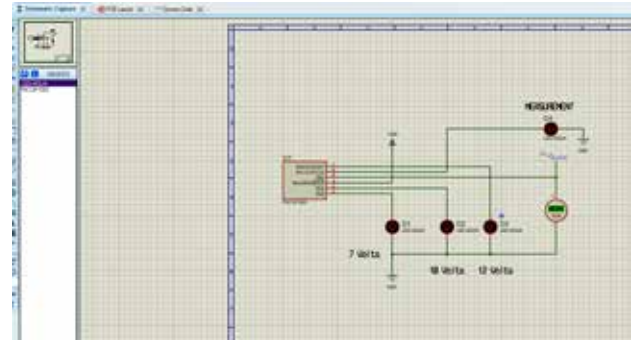


Рис. 11. Схема роботи алгоритму автоматизованої системи дарсонвалізації

Для симуляції роботи автоматизованої системи обираються три значення вхідної напруги на мікроконтролер, що відповідають значенням вологості шкіри при трьох типах – жирному, нормальному та сухому типу (табл. 1) [8]. Послідовно встановимо для тесту значення напруги, що приходить з вимірювального перетворювача.

Таблиця 1

Значення вхідної напруги при жирному, нормальному, сухому типі шкіри.

Напруга	Очікуваний результат	Коментар
112mB	RA5=1	Увімкнено 7В
500mB	RA4=1	Увімкнено 10В
1.1В	RA0=1	Увімкнено 12В

Відбувається вмикання комутації перетворювача RA1=1 на час вимірювання (160 мс). Схематично це відображено вмиканням діода D4 [8].

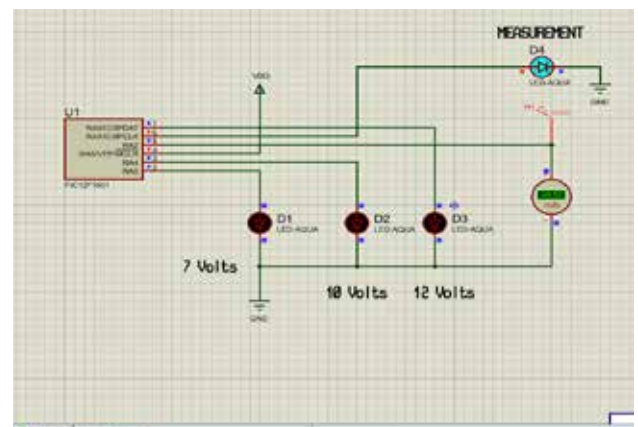


Рис. 12. Схема вмикання автоматизованої системи

Після вимірювань перетворювач вимкнено, на мікроконтролер подається напруга відповідна для жирного типу шкіри розміром 112 мВ, автоматично підбирається напруга на виході 7В [8].

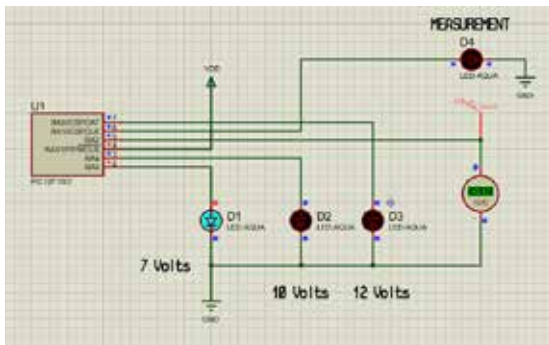


Рис. 13. Робота апарату при жирному типі шкіри

Далі, встановлюється 500 мВ, що характерна для нормального типу шкіри, на сигнал з перетворювача [8].

Під час проведення другого експерименту на виході відбувається комутація 10В [8].

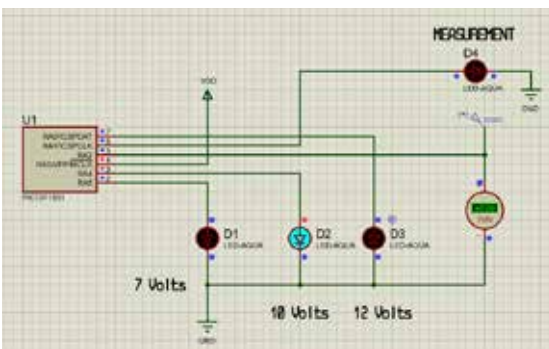


Рис. 14. Робота апарату при нормальному типі шкіри

Аналогічно, для сухого типу шкіри встановлюємо значення вхідної напруги на PIC – 1.1В – очікувана комутація 12В [8].

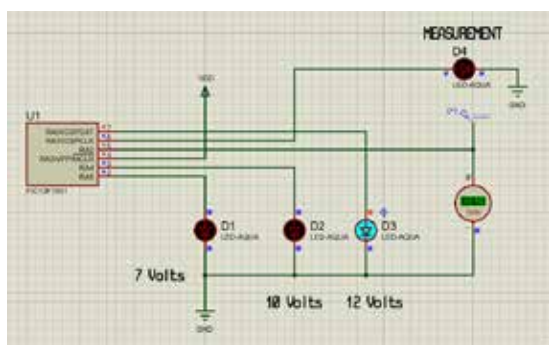


Рис. 15. Робота апарату при сухому типі шкіри

Для трьох випадків напруга первинної обмотки становитиме 7, 10 та 12 В, тоді напруга на вторинній обмотці трансформатора з 1000 витків становитиме 7, 10 та 12 кВ відповідно, що задовольняє

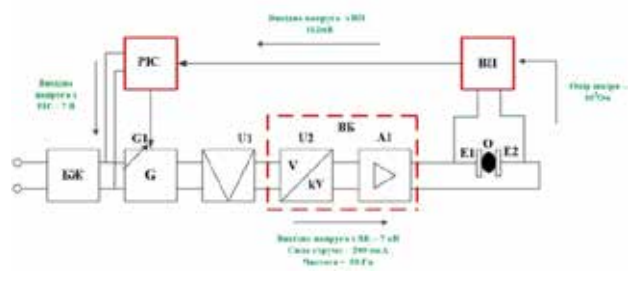


Рис. 16. Принцип роботи модернізованого апарату дарсонвалізації при жирному типі шкіри

значення напруги для ефективного виконання дарсонвалізації [8].

Принцип роботи модернізованого апарату для дарсонвалізації полягає у наступному:

1. Від скляної насадки на блок вимірювального перетворювача поступає опір, що вимірюється даним блоком;

2. У вимірювальному перетворювачі вхідний опір перетворюється на напругу і поступає до мікроконтролера.

3. Мікроконтролер отримує дані з вимірювального перетворювача, і задовольняє значення напруги, що задані алгоритмом роботи PIC.

4. Генератор формує напругу частотою 100кГц;

5. Дзвіноподібні імпульси кратністю 50 Гц пропускають на модулятор U1, а потім на помножувач напруги U2;

6. У помножувач напруги U2 напруга підвищиться до рівня 7кВ;

7. Напруга проходить через буферний підсилювач A1;

8. На електроди поступає струм силою 200мкА, частотою 50 Гц, напругою 7 кВ [8].

Висновки. Застосування методу дарсонвалізації у косметології дуже широке, а отже сам апарат потрібно підлаштовувати під кожен тип процедур та враховувати особливості шкіри пацієнтів. Тому було створено автоматизовану систему дарсонвалізації, аби підвищити ефективність методу. Завдяки введенню вимірювального перетворювача створена можливість вимірювати вологість шкіри, PIC – мікроконтролером управляти системою в залежності від типу шкіри, а високовольтним блоком з IGBT-транзистором регулювати основні параметри імпульсної послідовності.

Збільшення кількості блоків та регуляція параметрів імпульсів відносно типу шкіри дають можливість покращити технічні характеристики приладу для дарсонвалізації, а отже збільшить якість проведення процедури, зменшить час її проведення та мінімізувати надлишковий вплив на шкірні покриви.

Список літератури:

1. PIC12F1501. URL:<https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001615C.pdf> (дата звернення 15.04.2021).
2. MPLAB XC8 C Compiler: User's Guide. URL:<https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/50002053g.pdf> (дата звернення 20.04.2021).
3. Proteus Manual. URL:https://www.ele.uva.es/~jesman/BigSeti/ftp/Cajon_Desastre/Software-Manuales/EBook%20%20Proteus%20Manual.pdf (дата звернення 09.04.2021).
4. Дарсонваль: что это и его применение. URL: <https://ortop.ua/darsonval-chto-eto-i-ego-primenenie> (дата звернення 11.04.2021).
5. Еднак В.І. Лікування дарсонвалем: оптимізуйте роботу організму за допомогою сучасного апарату. URL: <https://med-magazin.ua/ua/articles/view/455/> (дата звернення 12.04.2021).
6. Яненко О.П., Куценко В.П., Перегудов С.М. Електронна апаратура лікувально-діагностичних технологій: навчальний посібник / за ред. О.П. Яненка. Донецьк: ППШ «Наука і освіта», 2011. 212 с.
7. Карабут М.М., Гладкова Н.Д., Фельдштейн Ф.И. Фракционный лазерный фототермолиз в лечении кожных дефектов: возможности и эффективность. *СТМ*. 2016. №2. С. 98–108.
8. Мовчан Н.С. Автоматизована система дарсонвалізації: кваліфікаційна робота: спец. 163 «Біомедична інженерія»; Національний авіаційний ун-т. Київ, 2022. URL: https://drive.google.com/file/d/1Gy-Aqh6h5DU5e5ZePGTuNYxBRhj_AYZj/view.
9. Мовчан Н.С. Покращення технічних характеристик приладу для відновлення дефектів шкіри: дипломний проект: спец. 172 «Телекомунікації та радіотехніка»; Національний авіаційний ун-т. Київ, 2021. URL: <https://docs.google.com/document/d/1vfaixaMbtDIHkXG4i5A6RDyh5liGs00Q/edit>.
10. Монченко О.В., Мовчан Н.С. Модифікація структури апарату для дарсонвалізації. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали XII міжнар. наук.-практ. конф. (Чернігів, 26–27 травня 2022 р.)*. Чернігів, 2022. Том 2. С. 195–196.
11. Строев В.М., Куликов А.Ю., Фролов С.В. Проектирование измерительных медицинских приборов с микропроцессорным управлением: уч. пособие. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. 96 с.

Monchenko O.V., Movchan N.S., Chubko L.S., Marchenko N.B., Kovtoniuk I.Yu.

IMPROVEMENT OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF THE DEVICE FOR ELIMINATION OF SKIN DEFECTS

Unhealthy skin appearance causes great discomfort to a person, and it significantly affects the irphysiological and psychological state. Today, there are many methods of hard ware cosmetology that canel iminate existing skin problems and improve a person's life in general. One of the solutions is to use a device for darsonvalization. As of 2022, hardware cosmetology has developed a lot and is in great demand among consumers. The darsonvalization method does not require significant skills during this procedure. However, there is also a downside, which is that this device works the same way for different skin types. The skin type plays an important role in the application of the method, because this aspect affects the result obtained after darsonvalization, so it requires a description of each of the signals for a particular skin type. The aim is to modify the apparatus for local darsonvalization by developing new design blocks and automating the darsonvalization process.

The implementation methodology is to create a model of the automated system "Output stage of the high-voltage unit"; measuring transducer "Skin resistance – voltage"; PIC microcontroller to increase the efficiency of the device for different skin types with improved technical characteristics.

There search will result in automatic selection of the required voltage, high efficiency of use, reduction of the risks of excessive exposure to radiation, and reduction of the time for the procedure. Since the system is automatic and includes the "Output stage of the high-voltage unit" using an IGBT transistor that regulates the impuls response, the use of an automated system is reasonable in terms of efficiency, safety, ease of use and price. Thus, the create dimproved Darsonval device has increased efficiency and reduced excessive exposure to skin areas.

Key words: device "Darsonval", leather, automated system, output stage of the high-voltage unit, measuring transducer, resistance, voltage, IGBT transistor, RIS microcontroller, efficiency.