

DOI: 10.36910/6775-2524-0560-2019-37-14

УДК: 004.421.2

М. М. Поліщук, С. В. Гринюк, Д. Янчук

Луцький національний технічний університет

ТЕСЛА-СВІЧ 4-Х БАТАРЕЙ НА ОСНОВІ СИСТЕМНОЇ ПЛАТИ ARDUINO UNO

М. М. Поліщук, С. В. Гринюк, Д. І. Янчук. Тесла-свіч 4-х батарей на основі системної плати Arduino Uno. У статті було досліджено наявність ефекту «Тесла-свіч» на базі розробленого генератора, та була визначена структурна схема пристрою. Було проведено аналіз розробленого генератора Тесла для 4-х батарей та представлено код програми управління оптронами. У статті також представлено переваги, недоліки та перспективи вдосконалення пристрою.

Ключові слова: тесла-свіч, генератор, комутатор, батареї, оптопар, транзистор, системна плата, arduino, мікроконтролер.

Н. Н. Полищук, С. В. Гринюк Д. И. Янчук. Тесла-свеч 4-х батарей на основе системной платы Arduino Uno. В статье было исследовано наличие эффекта «Тесла-свеч» на базе разработанного генератора и была определена структурная схема устройства. Был проведен анализ разработанного генератора Тесла для четырех батарей и представлено код программы управления оптронами. В статье также представлены преимущества, недостатки и перспективы совершенствования устройства.

Ключевые слова: тесла-свечей, генератор, коммутатор, батареи, оптопары, транзистор, системная плата, arduino, микроконтроллер

M. M. Polishchuk, S. V. Hryniuk, D. Yanchuk. Tesla candle for four batteries based on Arduino Uno motherboard. The article investigated the presence of the Tesla-candle effect on the basis of the developed generator and determined the structural scheme of the device. An analysis of the developed Tesla generator for four batteries was carried out and the code of the optocoupler control program was presented. The article also presents the advantages, disadvantages and prospects of improving the device.

Keywords: Tesla candle, generator, switch, batteries, optocouplers, transistor, motherboard, arduino, microcontroller.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день досить актуальна тема енергозбереження та екологічності систем електропостачання на випадок природної катастрофи. Повінь на Далекому Сході вивела з ладу лінії електропередач. В Японії сталося лихо, під час якого постраждала атомна електростанція і виділилася назовні величезна доза радіації, яка завдала величезної шкоди навколишній природі і людині. Після аварії на Саяно-Шушенській ГЕС немає впевненості, що існуюча система електропостачання надійна і стабільна.

Сучасна людина безпосередньо залежить від енергопостачання, так як побутове обладнання вимагає постійного електроживлення. Але основні джерела електрики - атомні і річкові електростанції. Виникає питання, а чи є альтернатива вже наявних джерел електричної енергії? Чи не можна створити автономне джерело енергії?

Мета та завдання. Перевірка теорії генератора 4-х батарей Нікола Тесла, шляхом практичної реалізації та експериментальних досліджень.

Аналіз попередніх досліджень.

Генератор Тесла для 4-х батарей

Корпорація Electrodyne тестувала схему Тесла з 4-ма батареями протягом 3-х років. Вони виявили, що у кінці тестування батареї, не показали ознак будь-якого зносу, при цьому використовувалися звичайні кислотно-свинцеві батареї. Системи живила освітлення, обігрівачі, телевізори, невеликі двигуни, а також електродвигун потужністю 30 к.с. Якщо батареї розряджалися до найнижчого значення, а потім підключалися з навантаженням, то перезарядка батарей відбувалася менш ніж за 1 хв. Залишена без втручання, кожна з батарей приймала заряд до 36 В. При застосовуванні механічних комутаторів дійшли висновку, що при частоті комутації менше 100 Гц схема неефективна, а понад 800 Гц може бути небезпечно, схема Тесла з 4 батареями зображено на рис. 1.1.

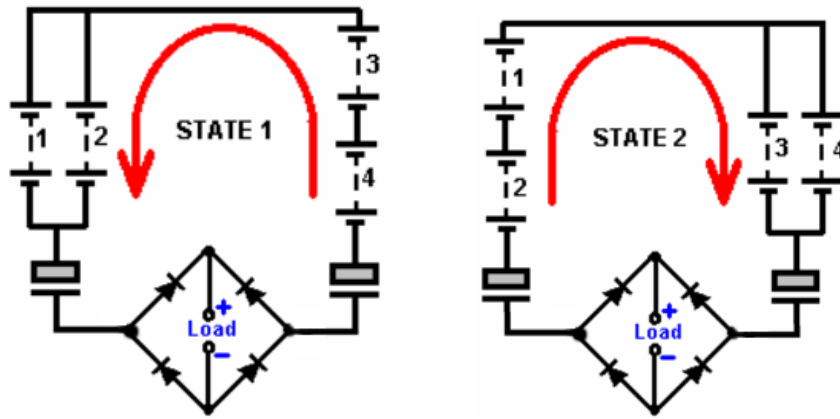


Рис. 1.1 – Схематичне зображення підключення батарей для двох тактів генератора Tesla

У першій фазі 3 і 4 батареї заряджають 1 і 2 батарею і живлять навантаження, а другій – навпаки (рис. 1.2).

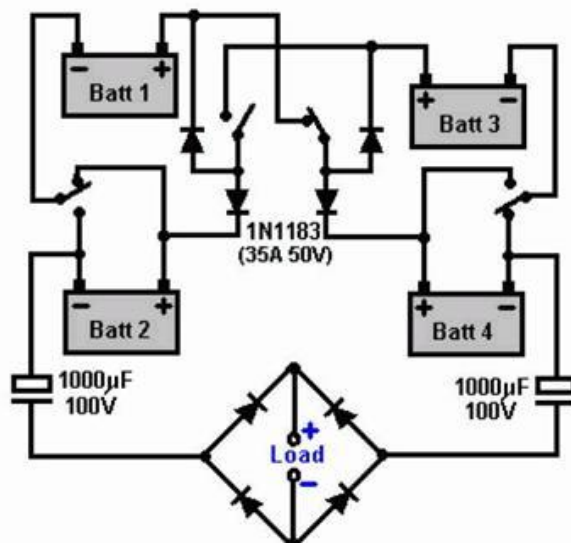


Рис. 1.2 – Схема генератора Tesla побудованого на механічних перемикачах

Тут Tesla використовував чотири діоди, щоб спростити перемикування і зменшити кількість перемикачів. Розглянемо роботу схеми. Крок перший (рис. 1.3):

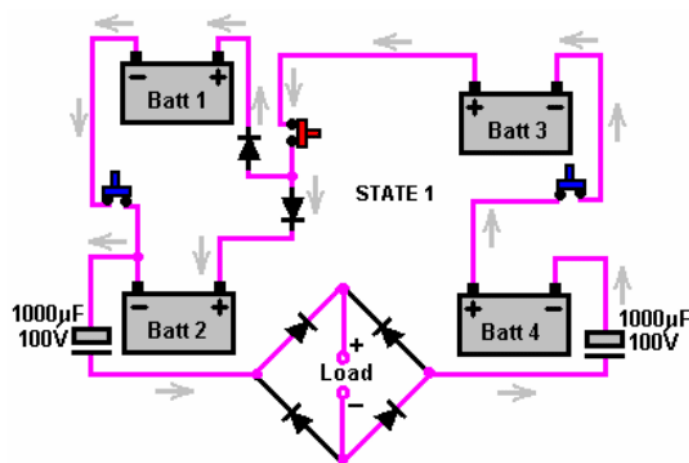


Рис. 1.3 – Рух струму в генераторі в першому такті роботи

Тут батареї 1 і 2 з'єднані паралельно, а батареї 3 і 4 послідовно. Крок другий (рис. 1.4):

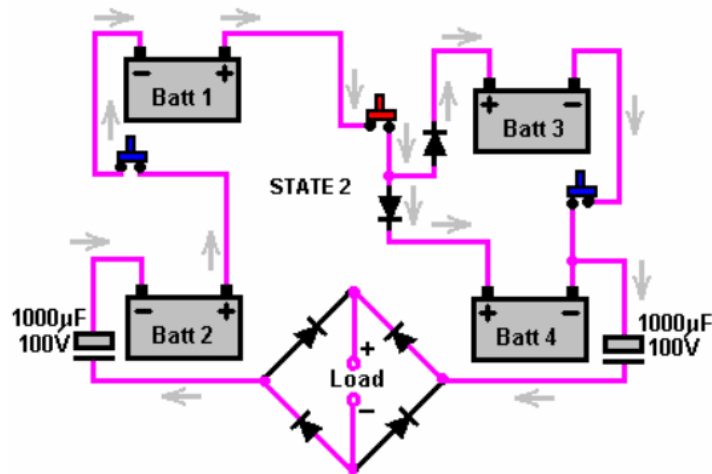


Рис. 1.4 – Рух струму в генераторі в другому такті роботи

Простий спосіб зробити шість швидкодіючих перемикачів на валу двигуна (рис. 1.5):

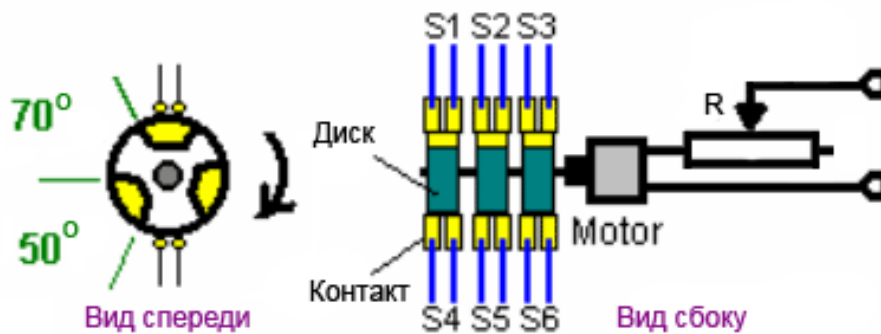


Рис. 1.5 – Реалізація високошвидкісних механічних перемикачів

Ці три ротора ізолювані один від одного з секторами до якими підключені щітки контактів. При роботі двигуна відбувається механічне перемикання таким чином: коли верхні щітки комутують ланцюг, нижні щітки - розмикають ланцюг. Дуже важливо, щоб ні в якому разі при обертанні на були скомутовані нижні і верхні щітки. Тобто спочатку розрив, а потім підключення контактів.

У замкнутому стані без навантаження схема заряджає акумулятори аж до 36 вольт без ознак "хвороби" банок. При навантаженні падає до 12 вольт і тримає це значення. Частоти в схемі приблизно від 300 до 800 Гц.

Відбувається розряд двох послідовно з'єднаних акумуляторів на два з'єднані паралельно. Потім ті акумулятори, які з'єднали паралельно з'єднуємо послідовно, а інші навпаки.

Робимо це з частотою приблизно 500-1000 Гц. Отримуємо змінний ємнісний струм. Як навантаження використовуємо індуктивність.

Уже при даній частоті за умови присутності проти-едс паралельно включених акумуляторів, струм провідності виникнути не може. Але "хвиля, що біжить" відбиваючись від кінця лінії і повертаючись назад викликає рух вільних електронів в провіднику. Акумулятори мають рівний вольтаж і ємність.

Акумулятор не розряджаються тому, що ми використовуємо їх саме як ємності, що не замикають ланцюга плюс мінус. Включення полярних конденсаторів в якості діодів називається електролітичним випрямлячем. Застосування даних схем обмежена частотою з якою можуть працювати той чи інший конкретний вид конденсаторів по документації для них.

Ставлячи замість лампочки два зустрічно підключених (мінус-мінус) полярних конденсатора та індуктивне навантаження між ними маємо наступну картину. Такт I - ЕРС лівої гілки більше ЕРС правої - заряджається конденсатор підключений до акумулятора зі зворотною полярністю, інший просто не перешкоджає цьому процесу. Такт II - ЕРС правої гілки більше ЕРС лівої - заряджається конденсатор підключений до акумулятора зі зворотною полярністю, інший не просто не

перешкоджає, а й віддає заряд (назвемо їх "буферною" ємністю), резонансний режим роботи дасть потужніший підйом напруги заряду.

Механічне перемикання можна замінити електронними ключами, з'єднаємо схеми разом та отримаємо (рис. 1.6):

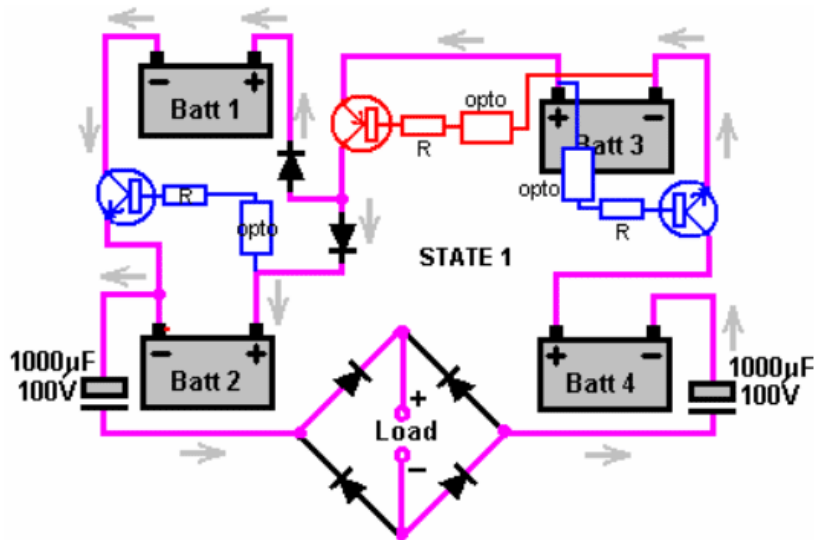


Рис. 1.6 – Рух струму в генераторі з напівпровідниковими транзисторними ключами в першому такті роботи

Кожен з трьох механічних вимикачів замінений транзистором - один тип P-N-P і два типи N-P-N-структури. Вони повинні бути розраховані на 30 ампер мінімально. Струм на базу транзистора надходить через обмежувальний резистор, що живиться від відповідної батареї 12В. Перемикання здійснюється з використанням опторозв'язки для гальванічного від'єднання генератора робочої частоти від основної схеми. Три оптопари вмикаються одночасно за сигналом керуючого генератора, а інші три оптопари при цьому відключені (рис. 1.7).

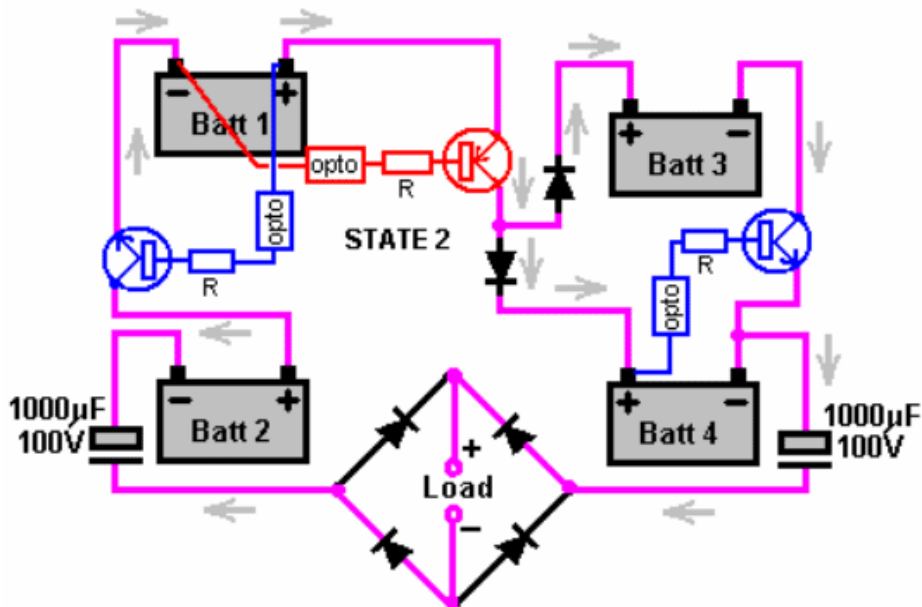


Рис. 1.7 – Другий такт роботи генератора з транзисторними ключами

Запропонована вище схема реалізована на найпростіших і доступних компонентах. Але необхідна ще схема контролю заряду акумуляторів, щоб не перезаряджати їх, щоб вони не вибухнули або не вийшли з ладу.

Схема для контролю напруги вмикає підзарядку, коли вона досягає 14 - 15 В і вмикає, коли вона опускається до 12.5 В або близько того.

З'єднувальні провідники і діоди повинні бути розраховані на 30-50 А. Акумулятори у Тесли свинцево-кислотні, але Джон Бедіні успішно використовував нікель-кадмієві.

Для підключення навантаження можна використовувати інвертор 12/220 В для живлення будь-яких пристроїв.

Виклад основного матеріалу.

Ідея генератора для 4-х батарей не нова та виникла задовго до появи напівпровідникових радіоелектронних компонентів. Для швидкісного перемикачання батарей в перших генераторах використовувались механічні реле та контактори. Однак вони не могли забезпечити стабільного контакту, частоти перемикачання та відсутності спотворень. Також важко було уникнути втрат на контактах.

З розвитком елементної бази стало легше виконувати завдання по створенню нових схемотехнічних рішень. Напівпровідникові транзистори стали відмінним заміником механічних перемикачів при побудові схем із швидкісною комутацією. Однак на високих частотах залишилась проблема стабілізації частоти перемикачання. Із складністю такого гатунку успішно справляються схеми керуючих генераторів із кварцовим резонатором.

Як правило із стабілізацією частоти роботи на основі кварців будуються схеми арифметико-логічних пристроїв. Мікроконтролер, як ніщо інше, згодиться для керуючого пристрою генератора Тесли. При побудові пристрою використання мікроконтролера дозволить:

- налаштувати параметри системи;
- отримати на виході стабільну частоту;
- підключити додаткові сенсори для контролю роботи системи;
- ввести в пристрій управляючі елементи, якими буде управляти мікроконтролер.

Через відносно високі напруги, які будуть працювати в системі, існує великий ризик пошкодити схему управління та мікроконтролер. З іншого боку сам мікроконтролер не призначений для управління силовими системами. В цій ситуації в нагоді стане пристрій опто-електричного перетворення – оптрон або опто-пара. Він дозволить стабільно, і з високою швидкістю мікроконтролеру керувати силовими ланцюгами генератора. Також буде здійснена гальванічна розв'язка схеми генератора та блока управління, що захистить мікроконтролер від пошкодження високою напругою.

З огляду на все вище сказане була обрана схема генератора Бедіні-Тесли із такими модифікаціями:

- біполярні транзистори були замінені на польові;
- для гальванічної розв'язки були використані оптрони;
- керуючим пристроєм було обрано програмований мікроконтролер.

Силова частина генератора має такий вигляд, який зображено на рисунку 1.8.

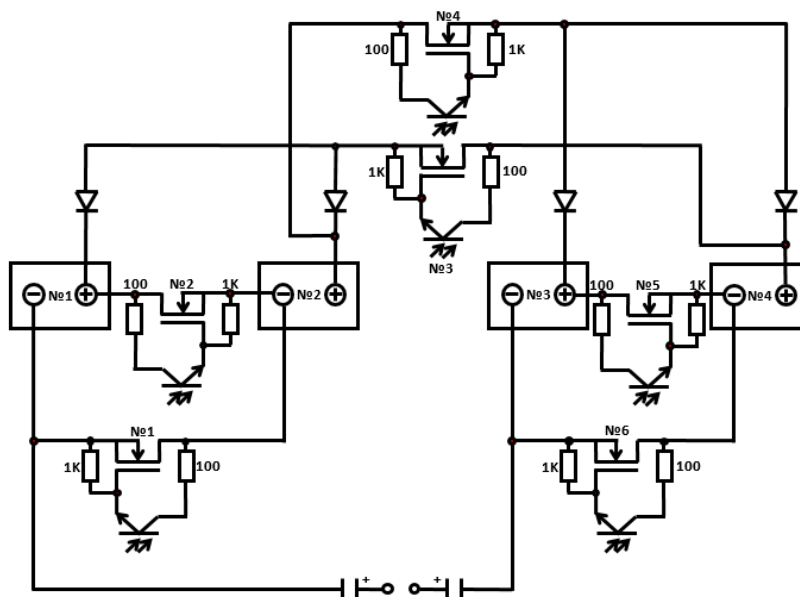


Рис. 1.8. Схема силовій частини генератора

На схемі (рис.1.8) схематично не показані управляючі частини оптронів, оскільки всі вони напряму підключені до мікроконтролера за однаковою схемою та не має значення як саме вони підключені фізично, оскільки виходи мікроконтролера (рис.1.9) програмуються довільно.

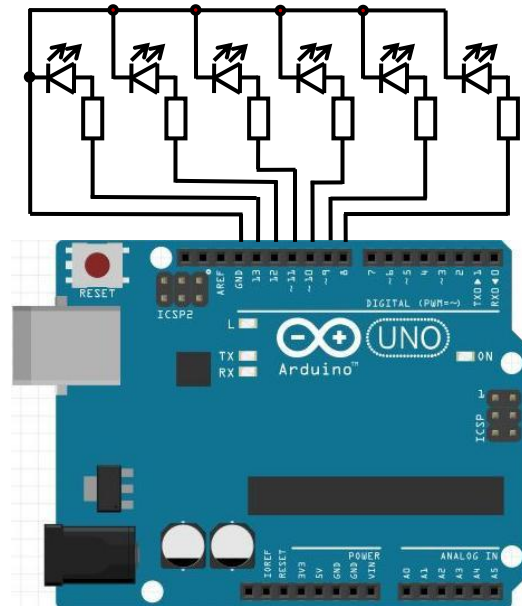


Рис. 1.9. Схема керуючої частини генератора

Код програми для перенесення в мікроконтролер

Для програмування системних плат Arduino використовується спрощений варіант мови програмування «С» орієнтований на роботу з арифметико-логічним ядром мікроконтролера та середовище розробки Arduino IDE 1.6.4 з відкритим вихідним кодом.

Для проведення досліджень нам потрібно по чергово перемикаєти 6 транзисторних ключів з використанням гальванічної (оптрон) розв'язки. Оскільки підключення в схемі та управління оптроном нічим не відрізняється від підключення та управління світло діодом, то і програмний код для мікроконтролера буде дуже схожий на код управління 6-ти світлодіодами. Трійки світлодіодів (оптронів) будуть по чергово вмикатись та вимикатись через однакові проміжки часу.

Тож програма управління оптронами буде мати такий вигляд:

```
// блок setup виконується один раз при включенні
// або перезавантаженні

void setup() {
  pinMode(8, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 8 як вихід
  pinMode(9, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 9 як вихід
  pinMode(10, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 10 як вихід
  pinMode(11, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 11 як вихід
  pinMode(12, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 12 як вихід
  pinMode(13, OUTPUT); // ініціюється цифровий пін 13 як вихід
}

// блок loop виконується по колу знову і знову

void loop() {
  digitalWrite(8, LOW); // на виході 8 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
  digitalWrite(9, LOW); // на виході 9 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
  digitalWrite(10, LOW); // на виході 10 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
  digitalWrite(11, HIGH); // на виході 11 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
  digitalWrite(12, HIGH); // на виході 12 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
  digitalWrite(13, HIGH); // на виході 13 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
```

```
delay(5);          // затримка в мілісекундах
digitalWrite(13, LOW); // на виході 13 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
digitalWrite(12, LOW); // на виході 12 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
digitalWrite(11, LOW); // на виході 11 встановлює потенціал НИЗЬКИЙ
digitalWrite(10, HIGH); // на виході 10 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
digitalWrite(9, HIGH); // на виході 9 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
digitalWrite(8, HIGH); // на виході 8 встановлює потенціал ВИСОКИЙ
delay(5);          // затримка в мілісекундах
}
```

На протязі проведення досліджень програма не змінювалась за виключенням рядка delay (5). Число в дужках – затримка в мілісекундах між переключеннями генератора. Змінюючи дане число в обох рядках можна змінювати частоту роботи генератора. На рис. 1.10 представлено блок-схему роботи генератора.

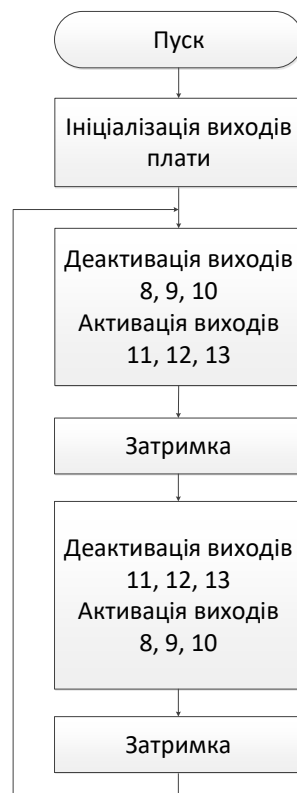


Рис. 1.10. Блок-схема алгоритму роботи генератора

Висновки. У ході виконання роботи було досліджено наявність ефекту «Тесла-свіч» на базі розробленого генератора.

Провівши аналіз існуючих варіантів побудови подібних систем була визначена структурна схема. Даний пристрій має структуру побудови, що дозволяє повністю визначити вимоги до розв'язуваних пристроєм проблем, а також визначені технічні вимоги. Також в процесі виконання роботи були досягнуті відповідні технічні показники, які задовольняють вимоги технічного завдання. А також забезпечено рівень якості виробу, який, завдяки простоті та гнучкості, дозволяє подальшу розробку, зміну схемо-технічного виконання та проведення досліджень в майбутньому.

Переваги:

- простота схеми
- простота програмування мікроконтролера
- можливість змінювати частоту
- можливість вдосконалювати (підключення сенсорів та додаткових виконуючих пристроїв)

- можливість підключення пристроїв відображення внутрішніх параметрів системи
- захист керуючої системи завдяки гальванічній розв'язці між генератором та польовими транзисторами
- більший термін роботи батарей в межах одного циклу заряду та розряду

Недоліки:

- габаритні розміри та маса
- нагрівання польових транзисторів
- менший вихід потужності порівняно з прямим підключенням навантаження до батареї
- висока ціна управляючого системної пристрою
- маса приладу

У перспективі передбачається удосконалити цей пристрій а саме змінювати частоту шляхом зміни програмного коду мікроконтролера. Також можна додатково підключати різні сенсори, виконуючі пристрої та пристрої відображення інформації. Також є можливість переконфігурувати силову частину генератора для зменшення температури транзисторних ключів та, як наслідок, збільшення ККД пристрою. Код програмного забезпечення даного пристрою відкритий для вдосконалення та адаптації в залежності від змін в електронній схемі пристрою.

Список бібліографічного опису.

1. Кудрявцев И.А. Фалкин В.Д. Электронные ключи: учеб. пособие. – Самара : Самар. гос.аэрокосм. ун-т., 2002. – 24 с.
2. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. – 768 с.
3. Вимірювання в електроніці: Довідник / В.А. Кузнецов, В.А.Долгов, В.М. Коневскім та ін; Під. ред. В.А. Кузнецова, - М.: Вища школа, 1987.-512 с.
4. Иванов В.І. Напівпровідникові оптоелектронні прилади: Довідник / В.І. Иванов, А.І. Аксьонов, А.М. Юшин - 2-е изд., Перераб. і доп. - М.: Вища школа, 1988. - 448с.
5. Ирвинг М., Готтлиб. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. – 2-е изд. – М.: Постмаркет, 2002. – 544 с.
6. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Том 1. / Пер. с англ. под ред.И. И. Шагурина и С.Б. Лужанского - М.: Постмаркет, 2001. - 416 с.
7. Вуд А. Микропроцессоры в вопросах и ответах. / Пер. с англ. под ред. Д.А. Поспелова. - М.: Энергоатомиздат. 1985. - 184 с.
8. Довідник «Импортные биполярные и полевые транзисторы. Параметры»: .<http://www.orgtechnica.ru/integraltr.htm>
9. Аверченков О.Е. Схемотехника: аппаратура и программы. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 588 с.
10. Кашкаров А.П. Популярный справочник радиолюбителя. – М.: ИП «РадиоСофт», 2008. – 416 с.
11. Монк Саймон, Мейкерство: Arduino и Raspberry Pi. Управление движением, светом и звуком: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.
12. Титце У., Шенк Л., Полупроводниковая схемотехника. 12-е узд. Том II: Пер. с нем. – ДМК Пресс. – 942 с.
13. Момот М.В., Мобильные роботы на базе Arduino. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 288 с.
14. Петин В.А., Проекты с использованием контроллера Arduino. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.
15. Соммер Улли, Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino: Пер. с нем. – 2-е изд. перараб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 256 с.
16. Малахов В.П., Мікроконтролери: Навчальний посібник для студентів бакалаврської підготовки за напрямком 6.050102 – комп'ютерна інженерія / В.П.Малахов, Д.П.Яковлев. – О.: Наука і техніка, 2008. – 224 с.
17. Орнатський П.П. Автоматичні вимірювання та прилади: Підручник для вузів. - 4-е изд., Перераб. і доп. - Київ: Вища школа., 1980. – 560 с

References.

1. Kudryavtsev IA Falkin VD Electronic keys: textbook. allowance. - Samara: Samar. state aerospace. Univ., 2002. - 24 p.
2. Yu.F. Obadchy, OP Gludkin, AI Gurov. Analog and digital electronics - M.: Hotline - Telecom, 2000. - 768 p.
3. Measurement in electronics: Handbook / VA. Kuznetsov, V.A.Dolgov, V.M. Konevsky et al; Under. ed. V.A. Kuznetsova, Moscow: High School, 1987.-512 p.
4. Ivanov VI Semiconductor Optoelectronic Devices: Handbook / VI Ivanov, A.I. Aksyonov, A.M. Yushin - 2nd ed., Remaking. and ext. - M.: Higher School, 1988. - 448s.
5. Irving M., Gottlieb. Power Supplies. Inverters, converters, linear and pulse stabilizers. - 2nd ed. - M.: Postmarket, 2002. - 544 p.
6. Predko M. Guide to Microcontrollers. Volume 1. / Trans. with English. ed. I. Shagurin and S.B. Luzhansky - M.: Postmarket, 2001. - 416 p.
7. Wood A. Microprocessors in Q&A. / Trans. with English. ed. D.A. Pospelova. - M.: Energoatomizdat. 1985. - 184 p.
8. Directory "Import bipolar and field effect transistors. Options": .<http://www.orgtechnica.ru/integraltr.htm>
9. Averchenkov OE Circuitry: hardware and software. - M.: DМК Press, 2012. - 588 p.
10. Kashkarov AP Popular radio amateur guide. - M.: RadioSoft, 2008. - 416 p.
11. Monk Simon. Makeup: Arduino and Raspberry Pi. Motion, light and sound control: Trans. with English. - St. Petersburg: BHC- Petersburg, 2017. - 336 p.
12. Titze U., Schenck L., Semiconductor Circuitry. 12th b. Volume II: Trans. with him. - DМК Press. - 942 sec.

13. Momot MV, Mobile robots based on Arduino. - St. Petersburg: BHC-Petersburg, 2017. - 288 p.
14. Petin VA, Projects Using the Arduino Controller. - 2nd ed., Remaking. and ext. - St. Petersburg: BHC-Petersburg, 2015. - 464 p.
15. Sommer Ulli, Programming Arduino / Freeduino Microcontroller Boards: Trans. with him. - 2nd ed. alteration. and ext. - St. Petersburg: BHC-Petersburg, 2016. - 256 p.
16. VP Malakhov, Microcontrollers: Textbook for undergraduate students in the field of 6.050102 - computer engineering / VP Malakhov, DP Yakovlev. - O .: Science and Technology, 2008. - 224 p.
17. Ornatsky PP Automatic Measurements and Instruments: Textbook for Universities. - 4th ed., Remaking. and ext. - Kiev: High School., 1980. - 560 p