

**ГЕНЕРАТОР ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІМПУЛЬСІВ  
ЕЛЕКТРООГОРОЖІ З СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ  
НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА**

**Є. О. Ренсевич**  
jek6566@gmail.com

Запорізький науково-дослідний центр з механізації  
тваринництва Національного наукового центру «Інститут ме-  
ханізації та електрифікації сільського господарства»  
вул. Ентузіастів 14, м. Запоріжжя, Хортицький р-н,  
69097, Україна

**В. С. Яковчук**  
ascitsr\_zavlabtehnolog@ukr.net

Інститут тваринництва степових районів імені М. Ф. Іванова  
«Асканія-Нова» - Національний науковий селекційно-генетичний  
центр з вівчарства  
вул. Соборна, 1, смт Асканія-Нова, Чаплинський р-н,  
Херсонська обл., 75230, Україна

*Розроблено генератор високовольтних імпульсів електро-  
огорожі зі системою керування на основі мікроконтролера, підви-  
щена економічність забезпечується очікувальним режимом та за-  
ряджанням накопичувального конденсатора стабілізованим  
струмом.*

**Ключові слова:** генератор, високовольтний імпульс, електро-  
огорожа, мікроконтролер, економічність, конденсатор, струм.

**THE HIGH-VOLTAGE IMPULSES GENERATOR for  
the ELECTRO-FENCE with MANAGEMENT SYSTEM  
BASED on MICROCONTROLLER**

**Ye. O. Rensevych**  
jek6566@gmail.com

Zaporizhzhia Research Center of Mechanization of Animal Breeding of the National Scientific Center – “Mechanization and Electrification of Agriculture Institute”

14, Entusiastiv Street, Chortytsia district, Zaporizhzhia, 69097, Ukraine

**V. S. Yakovchuk**

ascitsr\_zavlabtehnolog@ukr.net

Ascania Nova Institute of Animal Breeding in the Steppe Regions named after M. F. Ivanov – National Scientific Selection-Genetics Center for Sheep Breeding

1, Soborna Street, Askania Nova, Chaplynka district, Kherson region, 75230, Ukraine

*The high-voltage impulses generator for the electro-fence has been worked out based on microcontroller. Its increased economy is provided by the waiting mode and charging of the storage capacitor by a constant electricity current.*

**Keywords:** generator, high-voltage impulse, electro-fence, micro-controller, economy, capacitor, *electricity* current.

## **ГЕНЕРАТОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ЭЛЕКТРОИЗГОРОДИ С СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА**

**Е. А. Реневич**

jek6566@gmail.com

Запорожский научно-исследовательский центр механизации животноводства Национального научного центра «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» ул. Энтузиастов 14, Хортицкий р-н, г. Запорожье, Украина 69097

**В. С. Яковчук,**

ascitsr\_zavlabtehnolog@ukr.net

Институт животноводства степных районов имени М. Ф. Иванова «Аскания-Нова» - Национальный научный селекционно-генетический центр по овцеводству ул. Соборная 1, пгт. Аскания-Нова, Чаплинский р-н., Херсонская обл., 75230, Украина

*Разработан генератор высоковольтных импульсов электроизгороди на основе микроконтроллера, повышенная экономичность обеспечивается ждущим режимом и зарядкой накопительного конденсатора стабилизированным током.*

**Ключевые слова:** генератор, высоковольтный импульс, электроизгородь, микроконтроллер, экономичность, конденсатор, ток.

Розроблення і виробництво електроогорожі для пасовищного утримання худоби та генератора високовольтних імпульсів, який ефективно відлякує тварин від огороженого периметру загону, дозволяє раціонально використовувати травостій при загінному випасі, а також збільшити продуктивність тварин порівняно з вільним випасом без огороження в 2-3рази [1].

В ЗНДЦМТ при співробітництві з ІТСП “Асканія-Нова” було розроблено електроогорожу ЕО-1 для великої рогатої худоби та овець (рис.1), яка відрізняється введенням на кутах пружин, що дозволяють проводу значно розтягуватись при проривах тварин та знову його натягують.

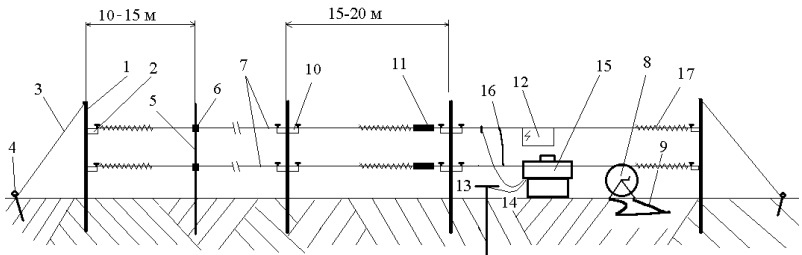


Рис.1. Схема загальної будови електроогорожі ЕО-1

1 - стояк кутовий; 2 - ізолятор кутовий; 3 - відтяжка; 4 - кілок; 5 - стояк;  
6 - ізолятор; 7 - проводи лінії; 8 - котушка; 9 - ремінь; 10 - ворітний ізолятор; 11 - ручка; 12 - табличка; 13 - заземлювач; 14 - заземлюючий провід; 15 - генератор імпульсів ГІ-1; 16 – перемичка; 17 - пружина

Виявилось, що для кількох рядів проводів розроблені у 1970-1980 рр в СРСР генератори ІЭ-200, ГИЭ-1 мають низьку напругу, а імпорнтний Magnit В1 не забезпечує необхідних показників для відлякування тварин [2].

Для ефективного відлякування тварин необхідно підвищити напругу імпульсу [3]. Для підвищення економічності генератора необхідно заряджати накопичувальний конденсатор стабілізованим

струмом. Для цього система керування повинна регулювати коефіцієнт заповнення імпульсу по ключу регулятора [4].

Для підвищення напруги імпульсу без зростання потужності генератор має очікувальний режим роботи – імпульс формується при дотику тварини до лінії [5]. Підвищення надійності, економічності та спрощення схеми генератора імпульсів досягається за рахунок розроблення системи керування на основі мікроконтролера та заряджанням накопичувального конденсатора стабілізованим струмом.

**Матеріал і методика досліджень.** Розроблення і симуляція електричної схеми проводилась у програмному середовищі Proteus 7.8, розроблення програми мікроконтролера – в AVR Studio 4.18 SP3, програмування – Pony Prog v2.07с.

**Результати досліджень.** Спрощена схема удосконаленого генератора імпульсів (рис. 2) містить мікроконтролер DD1, перетворювач напруги на транзисторах VT1, VT2, підвищувальному трансформаторі T1, випрямлячі – мосту VD3; накопичувальний конденсатор C1, тиристор VS1, високовольтний імпульсний трансформатор T2 та вихід, підключений до лінії електроогорожі та через розрядник FV1 до землі.

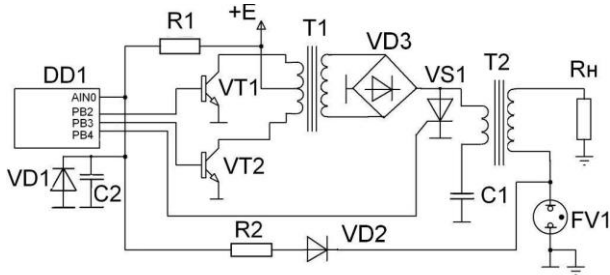


Рис. 2. Схема генератора імпульсів

Робота генератора здійснюється так. При вмиканні напруги живлення E проводиться ініціалізація мікроконтролера DD1, який вмикає перетворювач. Задається кількість періодів вмикань транзисторів за один період часу між розрядами. Один цикл включає по чергове вмикання та вимикання транзисторів VT1, VT2 з регульованою тривалістю ввімкненого стану – wait1 і паузою для усунення наскрізного струму – wait2. Для стабілізації зарядного струму коефіцієнт заповнення  $K_z$  регулюється по певному закону [4]:

$$K_z = U_{co}^* + (U_{cm}^* - U_{co}^*) t/T, \quad (1)$$

де  $t$  – час;  $T$  – період імпульсів;  $U_{co}^* = U_{co} / U_{cm}$  – приведена почат-

кова напруга заряджання;  $U_{co}$  – початкова напруга заряджання;

$U_{cm}$  – максимальна (кінцева) напруга заряджання ємності.

Після виконання  $N$  циклів роботи перетворювача відповідно повністю заряджається накопичувальний конденсатор  $C1$ , всі сигнали вимикаються і генератор переходить в очікувальний режим, не споживаючи електроенергії, чим збільшується ресурс роботи від акумулятора та автономність електроопорожі. Напруга джерела живлення  $E$  подається через ланцюг  $R1, R2, VD2$  і вторинну обмотку трансформатора  $T2$  на лінію електроопорожі, створюючи черговий потенціал на лінії:

$$U_L = E \cdot R_{i3} / (R_2 + R_1 + R_{i3}) \approx E, \quad (2)$$

де  $R_{i3} \gg R_1 + R_2$  – опір ізоляції лінії;  $U_{FV} \gg E$  – напруга вмикання розрядника  $FV1$ .

При дотику – контакті тварини опором  $R_T$  до електроопорожі напруга на лінії та вході компаратора спадає:

$$U_K = E \cdot R_T / (R_2 + R_1 + R_T) \approx E/2, \quad (3)$$

$$U_{Vx} = E \cdot (R_T + R_1) / (R_2 + R_1 + R_T) \approx E/2, \quad (4)$$

при  $R_T \approx R_2, R_2 \gg R_1$ .

Тому компаратор перемикається, мікроконтролер подає на керуючий електрод тиристора  $VS1$  вмикаючий сигнал з короткою тривалістю  $wait3$ , потім вимикає всі сигнали на час  $wait4$  розряду. Конденсатор  $C1$  розряджається через відкритий тиристор  $VS1$  на імпульсний трансформатор  $T2$ . З вторинної обмотки високовольтний імпульс подається через розрядник  $FV1$ , який вмикається на землю та лінію електроопорожі на тіло тварини  $R_T$ , відлякуючи її.

Оскільки розряд накопичувального конденсатора через індуктивність розсіювання трансформатора на опір тіла тварини має коливальний характер, тиристор після проходу зворотної напівхвилі струму вимикається до закінчення затримки  $wait4$ , яка вибрана більшою за максимальний час розряду. Далі повторюється цикл заряджання конденсатора  $C1$ , аналіз наявності дотику тварини до лінії в очікувальному режимі. У режим безперервної генерації схема переводиться при подачі низького потенціалу на вхід компаратора  $DD1$ .

Якщо опір ізоляції лінії менше, ніж опір  $R1$ , генератор в очікувальному режимі починає безперервну генерацію імпульсів, тому це

можна використовувати для діагностики стану опору ізоляції. За рахунок очікувального режиму потужність генератора зменшується пропорційно частоті імпульсів – в кілька разів, оскільки частота імпульсів тепер не 60імп/хв, а дорівнює частоті дотиків тварини до проводу лінії. Заряд стабілізованим струмом конденсатора С1, порівняно з зарядом через резистор, збільшує коефіцієнт корисної дії заряду від 50 до 65-85%.

Генератор ГІ-1(ЗНДЦМТ, 2017 р.) забезпечує найбільшу напругу з усіх генераторів при великій довжині лінії (рис. 3).

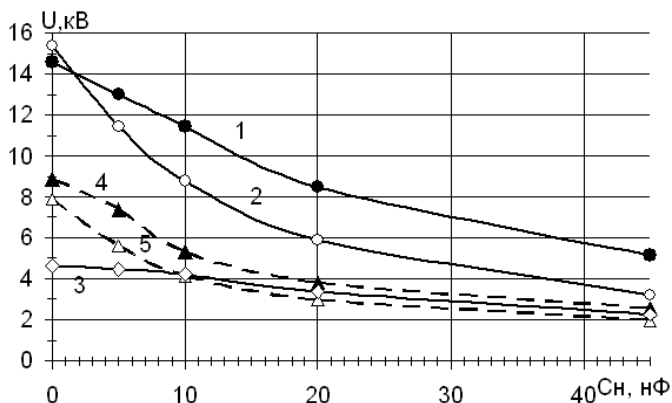


Рис. 3. Залежність амплітуди напруги імпульсу від ємності лінії навантаження в генераторах:

1,2 - ГІ-1(ЗНДЦМТ,2017р.) в режимі сила удару більше та менше;  
 3 - ГІЭ-1(СРСР, 1980р.); 4,5 - Magnum В-1(Німеччина, 2017 р.) в режимі сила удару більше та менше. Ємність лінії 10нФ/км для однопровідної лінії та 20нФ/км для двопровідної лінії

Отже, Імпортний генератор Magnum В-1 (Німеччина, 2017 р.), незважаючи на високу ціну, має перевагу над генератором ГІЭ-1 (СРСР 1980 р.) лише при довжині лінії до 1 км, хоча позиціонується за технічною характеристикою на номінальну довжину лінії до 4 км.

Генератор ГІ-1 на двопровідній лінії 1 км (6 га) або на однопровідній 2 км (25 га) забезпечує напругу імпульсу 6-8кВ, на двопровідній лінії 2 км (25 га) або на однопровідній 4 км (100 га) забезпечує напругу імпульсу 4-6 кВ, споживаючи від акумулятора 12В в автоматичному режимі потужність 0,6-0,9Вт. Для привчених тварин в очікуваному режимі потужність зменшується в 10-20 разів. Енергія імпульсу становить не більше 0,6 Дж.

**Висновки.** Розроблено генератор імпульсів ПІ-1 для електроогорожі ЕО-1 з системою керування на основі мікроконтролера, що забезпечує за рахунок очікуваного режиму та заряджання конденсатора стабілізованим струмом – підвищену напругу імпульсу і зменшення енергоспоживання, підвищення економічності заряду, дозволяє визначити стан опору ізоляції лінії. Вдосконалення алгоритму роботи генератора можна проводити програмним шляхом.

### Список використаної літератури

1. Куксин Н. В. Создание и рациональное использование культурных пастбищ. Київ : Урожай, 1973. 273 с.
2. Ренсевич Є. О., Король В. Ф. Порівняння характеристик генератора імпульсів електроогорожі з високовольтним трансформатором і котушкою запалювання. *Механізація і екологізація та конвертація біосировини у тваринництві*. Запоріжжя, 2011. Вип.1. С.101-106.
3. Ренсевич Є. О. Дослідження електричних характеристик вовняного покриву вівці. *Вівчарство*. Нова Каховка : ПИЕЛ, 2006, Вип. 33. С.51-55.
4. Кабелев Б. В. Регулируемые преобразователи постоянного напряжения для зарядки емкостных накопителей; под ред. Ю. И. Конева. Москва : Советское радио, 1986. Вып.17. С.101-106.
5. Генератор імпульсів : пат. № 33941А Україна; опубл. 15.02.2001, Бюл. № 1 /2001.
6. Генератор імпульсів для електроогорожі. Промислова власність : пат. UA124029U Україна, Бюл. № 5. 2018.