

УДК 621.181.7

Ю. В. КУРІС, канд. техн. наук, член-кореспондент Академії інженерних наук України
 Інститут вугільних енерготехнологій НАН України, м. Київ

А. В. РУБАН, магістр

Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ІМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО СПОСОБУ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

В статтє приведено обоснование параметров импульсного генератора используемого для анаэробного брожения водного органичного субстрату в метатенке с целью получения биогаза.

У статті приведено обґрунтування параметрів імпульсного генератора, який використовується для анаэробного зброджування водного органичного субстрату в метатенку з метою здобуття біогазу.

Вступ

Іскровий розряд як вибуховий процес слід розглядати з усіма витікаючими наслідками: освіта ударної хвилі, пульсація газового міхура, можливість здійснення серії наступних один за одним вибухів і т. д. Крім того іскровий розряд, створюючи в розрядному проміжку відповідне число імпульсних тисків і розрядження, вимагає вибору відповідного генератора імпульсів.

Для підведення електричної енергії до водного органичного субстрату, що знаходиться в метатенку можна використовувати різні способи. Як показує практика [1, 2] найбільш ефективним способом у даному випадку є імпульсні технології. Для їх реалізації доцільно застосовувати прості і надійні генератори імпульсів типу RC, побудовані за схемою, представленої на рис. 1.

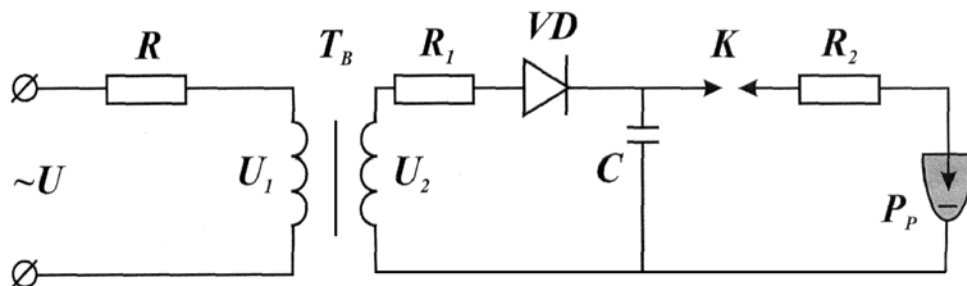


Рис. 1. Принципова електрична схема установки: Тв - трансформатор;

U1 – первинна напруга в мережі; U2 – висока напруга; VD – випрямляч; C – ємність конденсатора; К – формуючий розрядник; Pp – розрядник в камері; R1 і R2 – резистори

Генератор складається з джерела високої напруги, виконаного у вигляді підвищувального трансформатора Тв, який підключається первинною обмоткою до стандартної мережі змінного напруги U₁. Вторинна обмотка з підвищуючою напругою U₂ підключається через регулюючий резистор R₁ і випрямляч VD до накопичувального конденсатора С. Перераховані елементи утворюють ланцюг заряду.

Конденсатор підключений через формуючий розрядник (комутатор) К і запобіжний резистор R₂ до робочих електродів розрядного зазору, розташованого усередині метатенка. Ці елементи утворюють ланцюг розряду.

Робочий процес імпульсної установки визначається тим, що в ній застосовуються нелінійні елементи: діод, розрядник і т. п. Для дослідження таких схем застосовують метод пріпасовивання, коли робочий процес поділяється на стадії, в межах яких беруть участь елементи можна вважати лінійними. Відповідно до цього робочий процес має дві стадії:

1 стадія – заряд конденсатора C через випрямляч VD і резистор R_1 протягом часу T_2 до напруги початку розряду;

2 стадія – розряд конденсатора між електродами при напрузі U_2 протягом часу T_2 . На цій стадії здійснюється підведення необхідної енергії до біомаси.

Для отримання необхідних результатів доцільно виконати якісний аналіз, а потім – кількісні дослідження. На кожному етапі приймаються загальноприйняті допущення: напруга мережі має синусоїдальну форму, нелінійні елементи є ідеальними, а їх параметри не залежать від режиму роботи.

При виборі параметрів імпульсної установки необхідно дотримуватися умова $T_1 \gg T_2$. Це забезпечує виділення в робочому зазорі під час розряду, потужності, в десятки разів більші потужності джерела живлення [3, 4].

Якісна опис процесів заряду і розряду конденсатора

Стадія заряду протікає в такий спосіб. У кожний позитивний напівперіод з напруги конденсатор C заряджається до напруги U_2 . У цей момент відбувається розряд конденсатора C через комутатор K на робочі електроди. У зазорі виникає імпульсний струм i_p (рис. 2).

З рисунка видно, що тривалість заряду T_1 залежить від величини R_1 і напруги U_2 , а також ємності конденсатора C . Тривалість напівперіоду T_2 і струм розряду i_p залежить від параметрів розрядного проміжку і резистора. Ці процеси визначають енергію, що виділяється в зазорі.

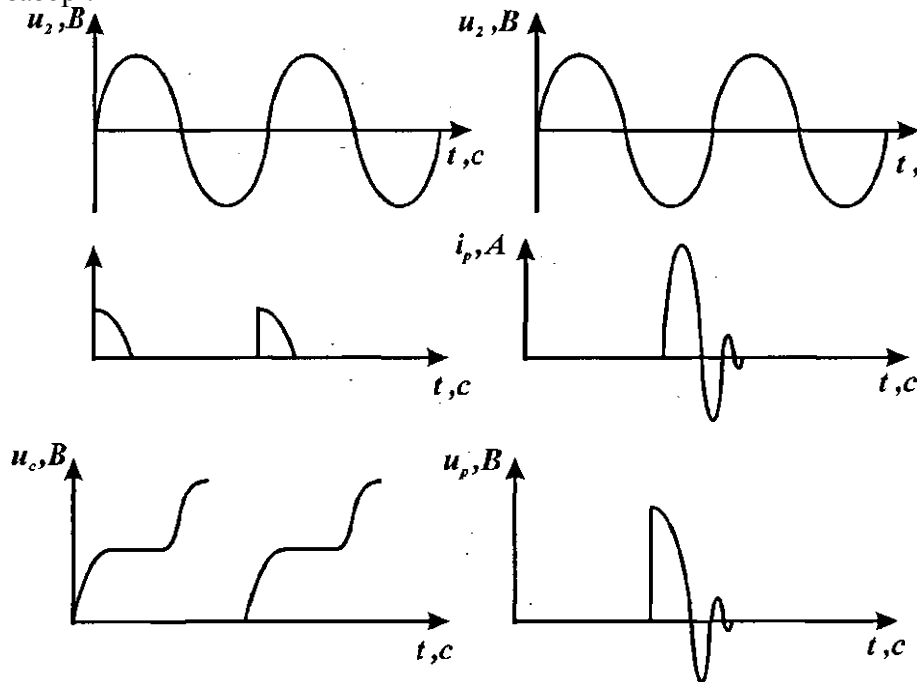


Рис. 2. Основні характеристики імпульсного пристрою:
а – стадія заряду, б – стадія розряду

Кількісний опис процесів, що відбуваються при розряді

У даному випадку вихідними даними служать необхідна енергія в зазорі W_2 та початкова напруга пробую U_0 . Тому визначення параметрів імпульсної установки зажадає нетрадиційного підходу.

Зазвичай в теорії імпульсних генераторів типу RC складають розрахункові схеми для стадії заряду і стадії розряду. Потім складають рівняння для заданих параметрів схем, і після дослідження визначають енергетичні характеристики [5, 6].

У нашій задачі відомі необхідна енергія в зазорі W , яка забезпечує необхідний градієнт концентрацій по висоті метантенка, а також максимальна енергія W_{max} , яка гарантує ефективне протікання біотехнологічного процесу. Перевищення рекомендованої енергії

може призвести до різкого зниження активності метанображуючих бактерій, а отже, до зменшення виходу біогазу.

Крім цього, дослідним шляхом встановлено, що тривалість імпульсів розряду повинна лежати в межах від 1 до 6 мс [7]. Тривалість заряду вибирається виходячи з умов ефективності енергетичних процесів імпульсного генератора [8].

З урахуванням вихідних даних і відомих положень теорії імпульсних генераторів типу РС, приймаємо наступну методику обґрунтування параметрів:

- розрахунок ємності конденсатора С;
 - визначення параметрів зарядного резистора R_1 ;
 - визначення параметрів комутатора розрядів;
 - визначення потужності та енергетичних характеристик всього імпульсного пристрою.
- Запишемо рівняння енергії, переданої з контуру заряду в контур розряду:

$$W = \frac{C(U_0^2 - U_n^2)}{2}, \quad (1)$$

де, U_0 – напруга початку розряду, В; U_n – кінцева напруга, при якому розряд припиняється, В;

C – ємність конденсатора, Ф.

Робочий процес імпульсного генератора має оптимальний режим при виконанні умов:

$$U_0 = 0,7 \cdot k_T \cdot U_1; U_n = 0,1 \cdot k_T \cdot U_1, \quad (2)$$

де, k_T – коефіцієнт трансформації Тв; $k_T = \frac{U_2}{U_1}$

З урахуванням (2) енергія, запасена в конденсаторі і передана в розрядний вузол дорівнює:

$$W = \frac{0,48CU_1^2 - k_T^2}{2}. \quad (3)$$

Однак, в зазорі виділяється не вся, а частина енергії, тоді з урахуванням ККД розрядного контуру η_2 енергія розряду буде дорівнює:

$$W_k = W \cdot \eta_2. \quad (4)$$

У свою чергу η_2 залежить від параметрів розрядного контуру: індуктивності L_2 опору R_2 і ємності конденсатора С, а також коефіцієнта зв'язку контурів заряду і розряду m . Враховуючи, що в нашій схемі індуктивність $L_2 \rightarrow 0$, а $m \rightarrow \infty$, то знаходимо, що $\eta_2 = 0,25$.

Підставляючи значення W_k і r_T , визначаємо ємність конденсатора:

$$C = \frac{4W_k}{\eta_2 \cdot k_T^2 \cdot U_1^2} \approx \frac{16W_k}{k_T^2 \cdot U_1^2}. \quad (5)$$

Пошукові дослідження та літературні дані свідчать, що тривалість розряду становить $t_u = (1 \dots 6) \cdot 10^{-3}$ с. При меншому значенні t_u – не досягається необхідна інтенсивність процесу, а при більшому – можлива загибель анаеробних бактерій, відповідальних за вихід біогазу.

Оскільки значення ємності C відомо, то необхідне співвідношення $T_1 \gg t_{и.з.}$, можна забезпечити за рахунок вибору опору зарядного резистора R_1 .

Шпаруватість імпульсів $q = \frac{T_1}{t_u}$ істотно впливає на характеристики імпульсного пристрою. Зі зростанням шпаруватості збільшується амплітуда і зменшується тривалість імпульсу. Це призводить до зниження ККД і різкого збільшення температури в каналі розряду і на електродах, досягаючи десятків тисяч градусів. Це ускладнює підбір матеріалів для електродів. Для імпульсної установки, необхідної для активації біотехнологічних процесів, вибираємо імпульс із середньою скважністю $10 > q > 2$. Тоді, період і постійна часу заряду конденсатора визначаються за формулою:

$$T_1 = q \cdot t_u, \quad (6)$$

$$T_n = R_1 \cdot C. \quad (7)$$

З спільного рішення системи рівнянь (6) і (7), враховуючи, що заряд закінчується через $(3 \dots 4)T_n$, знаходимо:

$$R_1 = \frac{q \cdot t_u}{C} \quad (8)$$

Комутатор напруги, як зазначалося, служить для створення розряду при необхідному напрузі. Для цих цілей можуть використовуватися різноманітні пристрої. Для розробки імпульсного пристрою обрано простий, надійний і стабільний в роботі розрядник у вигляді двох дисків, розташованих на відстані 1,8-2,0 мм. Для створення рівномірного поля діаметри дисків повинні бути 20 мм; диски розташовуються, паралельно один одному і мають округлені краю ($r = 2$ мм) [8]. Один з дисків повинен мати можливість подрегулювати відстані (наприклад, розташовуватися на стрижні з різьбленням).

Потужність імпульсної установки може бути визначена через енергію, накопичену в конденсаторі (5) і частоту проходження імпульсів, яка визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{R_1 \cdot C} \quad (9)$$

Підставляємо (8) в (5) і знаходимо потужність імпульсної установки:

$$P = f \cdot W = \frac{k_r^2 \cdot U_1^2}{16 \cdot R_1} \quad (10)$$

Крім того, знаючи форму і шпаруватість імпульсів [6], визначаємо наступні параметри:

– Коефіцієнт форми кривої: $k_\phi = \frac{U}{U_{cp}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{q}$;

– Амплітудний коефіцієнт: $k_a = \frac{U_m}{U} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{q}$;

– Співвідношення потужностей: $\frac{P_{cp}}{P_{макс}} = \frac{1}{k_a^2} = \frac{1}{3q}$; $\frac{P_{cp}}{U_{cp} \cdot I_{cp}} = k_\phi^2 = \frac{4}{3} q$.

Таким чином, визначили основні електричні параметри високо-вольтової установки.

Методика і приклад розрахунку основних параметрів імпульсної установки

Методика розрахунку основних параметрів включає в себе:

- розрахунок ємності конденсатора C ;
- визначення параметрів зарядного резистора R_1 ,
- визначення параметрів комутатора розрядів;
- визначення потужності та енергетичних характеристик всього імпульсного пристрою.

На підставі теоретичних положень, викладених вище, можна зробити висновок, що електрична енергія, що підводиться до субстрату на початковій стадії анаеробного зброджування, повинна в три рази перевищувати теплову. Знаючи теплову енергію, при традиційному способі, і приводячи її до електричної, отримали енергію, яку необхідно запасти в конденсаторі. Визначимо необхідну ємність конденсатора:

$$C = \frac{2W \cdot \eta}{U_0^2} = \frac{2 \cdot 98 \cdot 0,25}{7000^2} = 1 \cdot 10^{-6},$$

де, W_T – підводиться до субстрату теплова енергія при традиційному способі отримання біогазу, Вт;

η – ККД розрядного контуру.

Визначимо необхідний період заряду конденсатора: $T_1 = 5 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 0,03$;

Визначимо опір зарядного резистора R_1 : $R_1 = \frac{q \cdot t_u}{C} = \frac{5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-6}} = 30 \cdot 10^3$;

Частота проходження імпульсів дорівнює: $f = \frac{1}{R_1 \cdot C} = \frac{1}{30 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 33,3$;

Потужність імпульсної установки дорівнює: $P = f \cdot W = \frac{U_0^2}{16 \cdot R_1} = \frac{7000^2}{16 \cdot 30 \cdot 10^3} = 102$.

Знаючи форму і шпаруватість імпульсів, визначаємо наступні параметри: - коефіцієнт

форми кривої: $k_\phi = \frac{U}{U_{cp}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{q} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{5} = 2,581$;

- амплітудний коефіцієнт: $k_a = \frac{U_m}{U} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{q} = \sqrt{3} \cdot \sqrt{5} = 3,872$;

- співвідношення потужностей:

$$\frac{P_{cp}}{P_{max}} = \frac{1}{k_a^2} = \frac{1}{3q} = \frac{1}{3 \cdot 5} = 0,066; \frac{P_{cp}}{U_{cp} I_{cp}} = k_\phi^2 = \frac{4}{3} q = \frac{4}{3} \cdot 5 = 11,66.$$

Висновки

1. Вихід біогазу при зброджуванні органічних відходів залежить від ряду факторів, значення яких визначені теоретично і підтверджені на практиці. Однак навіть при підтримці основних параметрів (температури, рН середовища, гранулометричного складу) на оптимальному рівні, потенційні можливості біомаси не вичерпуються в повній мірі.

2. Для здійснення імпульсних процесів. Розроблено методику розрахунку параметрів РС генератора по заданій потужності та тривалості імпульсу.

Список літератури

1. Чесноков Б. П. Высокие технологии электровакуумного производства. Саратов: СГУ, 2000.
2. Клименко В. М. Применение электрофизического способа активации бетонных смесей при введении в них химической добавки на заводах ЖБИ и в полевых условиях. М.: Сб. трудов ПТИС. 2001. Вып. 10.
3. Егоров А. В., Летягин В. А. Нанесение пленок методом электрического взрыва материала. // Обзор по электронной технике. Сер. 7. Технология, организация производства и оборудование. 1976. Вып.12. С.12.

4. Чесноков Б. П., Коблов А. И. Напыление в вакууме аморфных материалов электрическим взрывом. // Функциональное покрытие на стеклах Сб. докладов межд. науч. практ. симп. Харьковской науч. ассамблеи. Харьков: «Вокруг света», 2003. С. 138–142.

5. Чесноков Б. П., Аблова О. В. Явление локализации электронов проводимости в металлах и их сплавах при радиационном облучении. Доклады РАН Естественных наук № 2, Саратов: «Надежда», 2000. С. 118–121.

6. Шарин Ю. Е., Короткое В. А., Панфилова Н. Е. Исследование процесса пастеризации молока импульсным разрядом // Новые физические методы обработки пищевых продуктов. Межвуз. сб. / Ин-т тепло- и массообмена АН БССР. М. 1967.

7. Schoenbach K. H., Peierkin F. K., Alden R. W. and Beeke «The Effect of Pulsed Electric Fields on Biological Cells: Experiments and Applications», IEEE Transactions on Plasma Science, vol. 25, № 2, p.p.284–292, 1997.

8. Куріс Ю. В. Використання біогазу для електрифікації сільськогосподарського виробництва / Ю. В. Куріс // Фаховий журнал “Енергетика і електрифікація”. м. Київ, – № 8. – 2010. – С. 60–65.

OBOSNOVNIIE OF PARAMETERS OF PULSER OF ELEKTRONN- TECHNOLOGICAL METHOD OF RECEIPT OF BIOGAS

Ju. V. KURIS, Cand. Tech. Scie., A. V. RUBAN, The master

In the article the ground of parameters of pulser is resulted in-use for anaerobe fermentation water organic substratu in metatenku with the purpose of receipt of biogas.

Поступила в редакцию 17.01 2011 г.