

6. Бертинов А.И. Авиационные электрические генераторы / А.И. Бертинов. – М.:Оборонгиз, 1959. - 187с.
7. Паластин Л.М. Электрические машины автономных источников питания / Л.М. Паластин. – М.: Энергия, 1972 – 211 с.
- 

### **ОБОСНОВАНИЕ ТИПОВ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ БЕЗРЕДУКТОРНЫХ ВЕТРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

*В статье обоснованы принципы выбора типа и схемы конструкции безредукторного электрогенератора с постоянными магнитами для сельскохозяйственных ветроустановок.*

**Ключевые слова:** безредукторный электрогенератор, магниты, ветроустановка.

### **DESCRIPTION OF ELECTRIC GENERATOR TYPES FOR DIRECT- DRIVE WIND-POWER TURBINES**

*This article explains the principles for the choice of a type and a scheme of construction of direct-drive electric generator with permanent magnets for agricultural wind turbines.*

**Key words:** direct-drive electric generator ,magnets, wind turbines.

УДК 621.3.013.8:662.7

### **ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ ВИСОКОЇ НАПРУЖЕНОСТІ ДЛЯ АКТИВАЦІЇ МОЛЕКУЛ- РЕАГЕНТІВ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ**

**Б.М.Ковалишин**, канд. техн. наук  
НУБіП України

---

*На основі аналізу обґрунтовано спосіб підвищення енергоефективності паливних установок на вуглеводневому паливі, оснований на активації молекул-реагентів реакції горіння в електричному полі високої напруженості. Проаналізовано результати експериментів з активації молекул-реагентів реакції горіння при дії на них високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем. Проведена оцінка ефективності електроактивації повітря, пропану і природного газу.*

**Ключові слова:** енергоефективність, горіння, окислювально-відновна реакція, активація, паливо, окислювач, відновник.

---

© Б.М.Ковалишин.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 96. 2012.

**Постановка проблеми.** Запаси викопних енергетичних ресурсів у світі упевнено наближаються до вичерпання протягом найближчих десятиліть [1]. Дефіцит цих ресурсів призводить до значного підвищення їх ціни та конкуренції за володіння цими ресурсами. Підвищення ефективності використання енергоресурсів без сумніву є першочерговим завданням сучасної науки і виробництва. В найбільшій мірі це відноситься до країн з енергозатратними економіками. До таких країн відноситься й Україна. У 2003 році на одиницю валового внутрішнього продукту наша країна витратила енергоносіїв на 1400 екю (умовних грошових одиниць), країни Євросоюзу і Північної Америки – 500-600 екю, а Японія – 400 екю на одиницю валового внутрішнього продукту [2]. Відповідно, конкурентоспроможність вітчизняних товарів на внутрішньому і зовнішньому ринках, ефективність промисловості і аграрного сектору, функціонування соціально-побутової сфери тісно пов'язані з вартістю енергоносіїв та енергозатратністю вказаних галузей.

Актуальність підвищення енергоефективності паливних установок та економне використання енергоносіїв є очевидною.

Для отримання теплової енергії традиційні (вугілля, природний газ, нафта, рослинна продукція) і нетрадиційні (біогаз, шахтний газ метан, коксовий газ, біодизель, етанол та інші) енергоносії спалюються в окислювальному газовому середовищі. Спалювання являє собою окислювально-відновні хімічні реакції. Тому, оптимізація окислювально-відновних хімічних реакцій важлива для підвищення ефективності використання енергоносіїв.

**Метою** даної роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування підвищення ефективності протікання екзотермічних окислювально-відновних реакцій горіння за рахунок активації молекул-реактивів в електричному полі високої напруженості.

#### **Виклад основного матеріалу.**

**Теоретичні дослідження.** Залежність реакційних властивостей хімічної системи від внутрішньої енергії, будови і атомно-молекулярного складу реагентів є основним питанням сучасної теорії хімічної кінетики.

За законом Ареніуса [3], відкритим у 1889 році, константа швидкості реакції пов'язана з енергією активації ( $E_a$ ), що характеризує енергетичний стан молекули:

$$k = k_0 \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}, \quad (1)$$

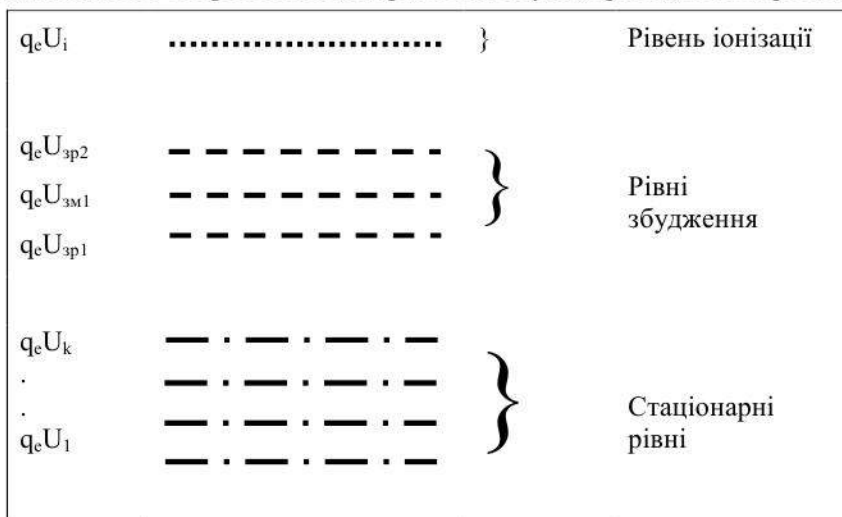
де -  $k_0$  - константа;  $R$  - газова стала, рівна 1,987 кал/град·моль;  $T$  - температура в градусах шкали Кельвіна;  $e$  - основа натуральних логарифмів.

Енергія активації молекул-реагентів визначаються за формулою

$$E_a = (\lg k_0 - \lg k) 4,575T, \quad (2)$$

З формули (2) видно, що енергія активації прямо пропорційно залежить від температури.

Атоми чи молекули називають активованими при переході одного або кількох валентних електронів із стаціонарних енергетичних рівнів на рівні збудження. Процес активації молекул можна проілюструвати за допомогою енергетичної діаграми молекули, приведеної на рис.1.



**Рис. 1.** Енергетична діаграма молекули

Стаціонарні енергетичні рівні  $q_e U_1 \dots q_e U_k$  на енергетичній діаграмі зображені штрих-пунктирними лініями. Енергетичний рівень іонізації молекули  $q_e U_i$ , зображений точковою пунктирною прямою. Рівні збудження молекули позначені штриховими лініями.

Крім термоактивації активація молекул-реагентів може бути здійснена з допомогою інших джерел енергії. При подачі зовнішньої енергії у вигляді імпульсів або пульсуючих сигналів із частотою, що співпадає з резонансною частотою молекул-реагентів, можна досягти ефекту їх переведення в активний стан із значно меншими енергетич-

ними затратами. Формула (2) запишеться у вигляді

$$E_a = \left[ (\lg k_0 - \lg k) 4,575T \right] - Wb, \quad (3)$$

де  $W$  – енергія активації від зовнішніх джерел,  $b$  – коефіцієнт використання зовнішньої енергії молекулами-реактантами.

Дослідження різних способів активації молекул-реактивів реакції горіння [4] призвели до висновку про доцільність застосування для цієї мети нерівномірного електричного поля високої напруженості. Енергетичні характеристики такого поля повинні забезпечувати переведення електронів молекул-реактивів з валентних станів на енергетичні рівні збудження.

Рівні збудження можуть бути як резонансними, так і метастабільними [5].

На резонансних рівнях збудження  $q_e U_{зр1}$  і  $q_e U_{зр2}$  атом чи молекула перебуває дуже короткий проміжок часу ( $\sim 10^{-8}$  с) [6]. Місце спалювання пального, як правило, знаходиться на деякій відстані від активаційних високовольтних пристроїв. При транспортуванні молекул окислювача і відновника цього часу буде недостатньо, щоб саме активовані молекули надійшли на спалювання. За вказаний проміжок часу переважна більшість молекул повертаються на стаціонарні енергетичні рівні і для вступу в хімічну реакцію потрібна їх повторна активація. Повторна активація молекул-реактивів реакції горіння проходить за рахунок підвищеної температури (термоактивація). Тому переведення молекул реактивів зі стаціонарних на резонансні рівні збудження є неефективною з точки зору підвищення коефіцієнта корисної дії паливної установки через заміщення частини теплової енергії, яка використовується для активації молекул, іншими видами енергії.

На метастабільних рівнях збудження  $q_e U_{зм1}$  час релаксації атомів і молекул як мінімум на кілька порядків більший ( $\sim 10^{-4} \div 10^{-2}$  с) [7]. В зв'язку з тим, що реакція горіння вуглеводневого палива пов'язана з транспортуванням активованих молекул окислювача і відновника на деяку відстань, час релаксації молекул повинен бути співмірним з часом транспортування молекул-реактивів від активаційних пристроїв до пальника. Тому, для протікання хімічних реакцій між молекулами-реактантами реакції горіння їх необхідно переводити на метастабільні енергетичні рівні з часом релаксації, співмірним і дещо більшим за час транспортування молекул від місця активації до місця вступу в реакцію.

Для отримання теплової енергії в сучасних енергетичних установ-



ках спалюються паливно-повітряні суміші із певним співвідношенням паливо: повітря. Відомі різні способи підвищення енергетичної ефективності паливних установок. Вони полягають у спеціальній підготовці палива перед подачею в паливну установку. Наприклад, вугілля подрібнюється до консистенції дрібнодисперсного порошку [8]. Ступінь подрібнення твердого палива, величина крапель при розпиленні рідкого палива, співвідношення паливо:повітря суттєво впливають на енергоефективність паливних установок. Для підвищення коефіцієнта корисної дії та енергетичної віддачі паливної установки використовують суміші різних видів палива [9,10], різні типи паливних установок.

Відомі способи підготовки окислювача до спалювання та пристрої для їх реалізації [11,12], які ґрунтуються на дії електричного поля високої напруженості на окислювач.

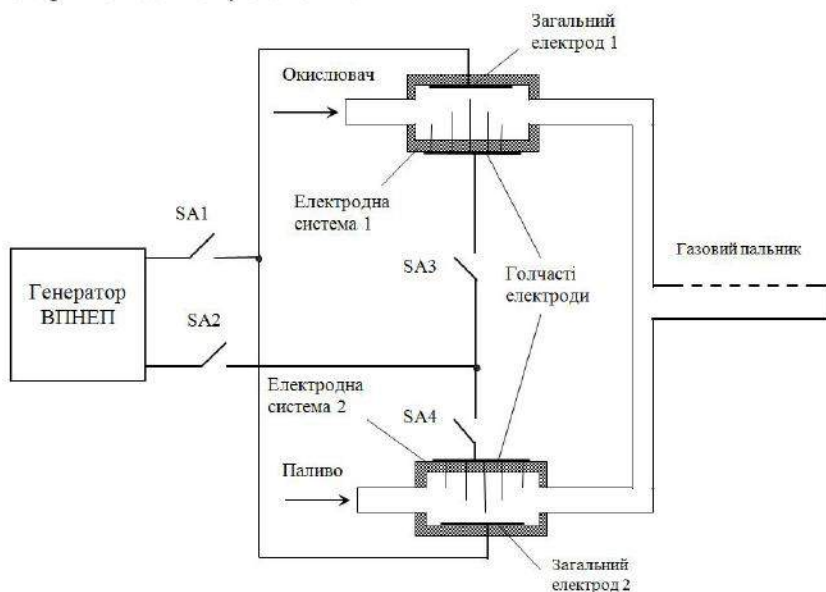
Запропонований нами спосіб підвищення енергетичної ефективності паливних установок на вуглеводневому паливі [13] полягає в активації компонентів реакції горіння перед спалюванням шляхом дії на них високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем високої напруги.

**Експериментальна установка.** Розроблена експериментальна установка призначена для проведення досліджень ефективності паливних установок через дію високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля (ВПНЕП) на молекули-реагенти реакції горіння вуглеводневого палива в повітрі. Функціональна схема експериментальної установки показана на рисунку 2.

Високовольтний пульсуючий сигнал виробляється генератором ВПНЕП. Основними складовими генератора ВПНЕП є генератор звукової частоти ГЗ-112 і котушка запалювання Б-117А-11. Генератор звукової частоти призначений для генерування синусоїдних і прямокутних сигналів в діапазоні 10 Гц - 10 МГц з амплітудою 5 В для синусоїдного сигналу і 10 В – для сигналу прямокутної форми. Котушка запалювання має коефіцієнт трансформації  $k=70$ . На виході ж генератора ВПНЕП за рахунок самоіндукції отримуємо пульсуючий сигнал з амплітудною напругою 8–10 кВ.

З виходу генератора ВПНЕП сигнал подається на електродні системи 1 і 2 відповідно в каналах окислювача і відновника. Газоподібні паливо і окислювач (повітря) надходять у газовий пальник по окремих каналах. В електродних системах окислювач і паливо піддаються активаційній дії високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля. Кожна електродна система складається з корпусу, виготовленого з

діелектричного матеріалу; вхідного і вихідного отворів; загального електрода, який виконаний у вигляді металевої пластини; і голчастих електродів, розміщених перпендикулярно до загального електрода. Частота імпульсів електричного поля змінювалась у діапазоні 20–140 Гц. Перемикачі SA1 – SA4 служать для вибору режимів роботи експериментальної установки.



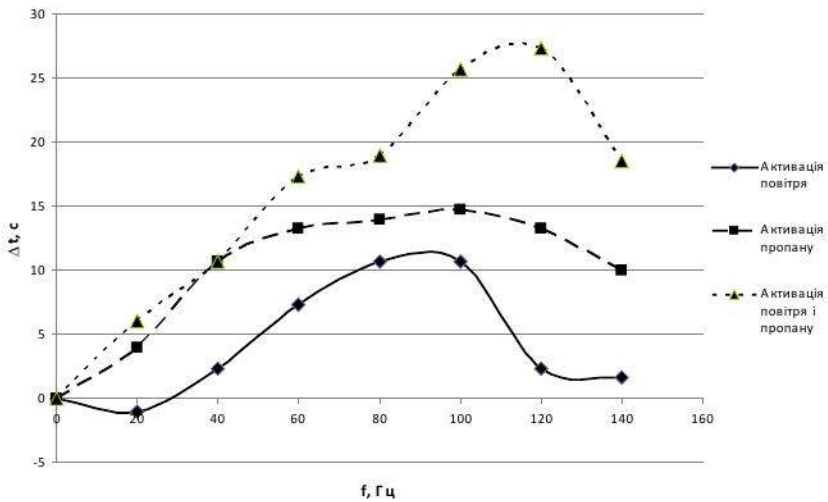
**Рис. 2.** Функціональна схема експериментальної установки

**Отримані експериментальні результати.** Проводились дослідження впливу активації високовольним пульсуючим електричним полем молекул-реагентів реакції горіння пропану і природного газу в повітрі.

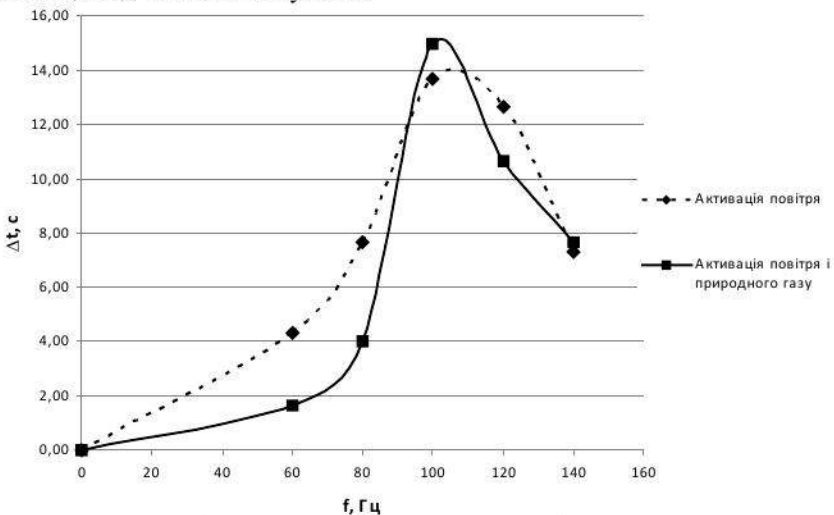
Варіанти першого експерименту з дослідження ефективності впливу електроактивації повітря і пропану вибрані наступними:

- без електроактивації (контроль) ;
- електроактивація повітря;
- електроактивація пропану;
- електроактивація повітря і пропану одночасно.

Ефективність електроактивації компонентів реакції горіння пропану в повітрі при застосуванні ВПНЕП оцінювалась за часом нагрівання 1,0 л води від 20 до 40 °С.



**Рис. 3.** Залежність перевищення часу нагрівання води при спалюванні пропану в повітрі при активації над часом нагрівання води без активації від частоти імпульсів.



**Рис. 4.** Залежність перевищення часу нагрівання води при спалюванні природного газу в повітрі при активації над часом нагрівання води без активації від частоти імпульсів

У другому експерименті за часом нагрівання 0,7 л води від 20 до 40 °С досліджувалась ефективність електроактивації молекул-реагентів реакції горіння природного газу в повітрі. У двох варіантах цього експерименту досліджувалась активація окремо повітря та одночасна активація повітря і природного газу. Повторність експерименту трикратна. Результати експерименту показані на графіку залежності перевищення часу  $\Delta t$  на нагрівання води при активації молекул-реагентів реакції горіння над часом нагрівання без впливу високої напруги від частоти імпульсів (рис.4).

Отримані результати показують суттєве скорочення часу нагрівання води для всіх варіантів обох експериментів при активації молекул-реагентів реакції горіння імпульсами високої напруги.

Найбільше зменшення часу нагрівання води відзначене при спалюванні пропану в повітрі при одночасній електроактивації молекул-реагентів імпульсами високої напруги з частотою 100–120 Гц. Величина  $\Delta t$  в цьому випадку майже у два рази вища за варіанти активації окремо кожного компонента реакції горіння, що у відносних одиницях складає 20–22 %.

Дослідження впливу електроактивації молекул-реагентів при спалюванні природного газу в повітрі також дає можливість констатувати найбільший вплив на ефективність горіння імпульсів високої напруги на частоті 100 Гц. Крім того, активація одночасно природного газу і повітря не призводить до суттєвого підвищення ефективності реакції горіння порівняно з електроактивацією лише повітря. Слід відзначити нижчу майже у два рази величину  $\Delta t$  при спалюванні в повітрі природного газу порівняно зі спалюванням пропану у варіантах з активацією обох компонентів реакції горіння. Це може пояснюватись тим, що використовувана напруженість електричного поля для активації метану, як основної компоненти природного газу, не відповідає вимозі переведення молекул метану на енергетичні метастабільні рівні збудження.

**Перспективи подальших робіт в даному напрямку** ґрунтовані на застосуванні отриманих результатів для удосконалення способу електроактивації молекул-реагентів реакції горіння та розробки і модернізації електрообладнання для реалізації даного способу з метою підвищення енергоефективності паливних установок.

### **Висновки**

1. Високовольтне нерівномірне електричне поле повинно переводити молекули-реагенти реакції горіння на метастабільні енергетичні рівня для подачі активованих молекул окислювача і



відновника в зону горіння палива.

2. Активація молекул–реагентів реакції горіння високовольтним пульсуючим нерівномірним електричним полем призводить до зменшення витрати газоподібного вуглеводневого палива.

3. Найбільший вплив на ефективність спалювання пропану в повітрі (до 22 %) виявлений при застосуванні електроактивації одночасно обох компонентів на частоті високовольтного пульсуючого нерівномірного електричного поля 100–120 Гц.

4. Найбільша ефективність спалювання природного газу в повітрі відзначена при активації як окремо повітря, так і одночасно повітря і природного газу на частоті 100 Гц.

### БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Гуков Я.С.* Використання відновлюваних джерел енергії в сільському господарстві (наукова доповідь).–ННЦ „ІМЕСГ”.–2005.–24 с.
2. *Праховник А.В., Розен В.П., Разумовський О.В. та ін.* Енергетичний менеджмент: Навчальний посібник.–К.:Київ. Нот.ф-ка, 1999.–184 с.
3. *Физическая химия.* / Под ред. К.С. Краснова. М.: Высшая школа, 2001.– Кн. 1.– 512 с; кн. 2, - 319 с.
4. *Ковалишин Б.М.* Способи активації молекул-реагентів реакції горіння для підвищення енергоефективності паливних установок/ Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. Випуск 116 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України.–Харків: ХНТУСГ, 2011.–С.89–91.
5. *Физическая энциклопедия.* В 5-ти томах. – М.: Советская энциклопедия. Главный редактор А. М. Прохоров. 1988.
6. *Каганов И.Л.* Ионные приборы. М.: «Энергия».-1972, 528с.
7. *Капцов Н.А.* «Электроника». М.: «Гостехиздат».-1954, 470 с.
8. *А.с.1652750.* Елсуков В.К. и др. Способ регулирования мощности котельного агрегата. – Приоритет 15.05.1989.
9. *А.с.1388660.* Балабанов В.С. и др. Способ сжигания жидкого и твердого мелкодисперсного топлива. – Приоритет 18.02.1986.
10. *А.с. 1366785.* Хидиятов А.М. Способ совместного сжигания угольной пыли и диспергированного топливного коагулята. – Приоритет 07.04.1986.
11. *Патент* України №52845. МПК F23C 99/00. Пристрій підготовки окислювача до спалення палива/ Мальцев В.О., Кушнір В.М., Педос В.А., Ніколаєв М.М.(Україна)/Заяв.30.05.2002; опубл.

- 15.01.2003. Бюл. №1.
12. Патент України №24193. МПК F23C 99/00. Спосіб підготування окислювача до спалювання та пристрій для його здійснення/ Шкляр В.С., Овсій О.В./ Заяв.27.06.1997; опубл. 30.10.1998. Бюл. №5.
13. Патент №37572 Україна, МПК F23C 99/00. Спосіб підвищення ефективності паливних установок на вуглеводневому паливі та пристрій для його реалізації / Ковалишин Б.М. (Україна) / Заяв.28.07.2006; опубл. 10.12.2008. Бюл. №23.

### ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВЫСОКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ДЛЯ АКТИВАЦИИ МОЛЕКУЛ-РЕАГЕНТОВ РЕАКЦИИ ГОРЕНИЯ

*На основании анализа предложен способ повышения энергоэффективности топливных установок на углеводородном топливе, основанный на активации молекул-реагентов реакции горения в электрическом поле высокой напряженности. Проанализированы результаты экспериментов по активации молекул-реагентов реакции горения при воздействии на них высоковольтным пульсирующим неравномерным электрическим полем. Проведена оценка эффективности электроактивации воздуха, пропана и природного газа.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, горение, окислительно-восстановительная реакция, активация, топливо, окислитель, восстановитель

### APPLICATION OF HIGH VOLTAGE ELECTRIC FIELD FOR ACTIVATING OF MOLECULES-REAGENTS OF BURNING REACTION

*The method of energy efficiency rising of the fuel equipments by hydrocarbon fuel, based on activating of molecules-reagents of burning reaction in the high voltage electric field was grounded on basis of analysis. The experimental results of activating of burning molecules-reagents of reaction of at action on them by the high-voltage pulsating uneven electric field are analysed. The estimation of efficiency of electro-activating of air, propanou and natural gas is conducted.*

**Key words:** energy efficiency, burning, oxidizing-reducing reaction, activating, fuel, oxidant, reductant