

## ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ ПЕРВИННОГО ПАЛИВА МІНІЕЛЕКТРОСТАНЦІЮ ВІД ВИДУ ТА ПОТУЖНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ.

Гончар М. І., Дудніков С. М.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Запропоновано напрямки і проведені лабораторні дослідження щодо визначення витрат первинного палива місцевими мініелектростанціями в залежності від виду та потужності навантажень.

**Постанова проблеми.** В подальшому розвиток систем енергопостачання сільських споживачів доцільно вести з урахуванням рекомендацій щодо використання альтернативних джерел енергії (вітру, сонця, води малих за стоком річок, органічних відходів рослинництва і тваринництва), де перспективним є створення комбінованих систем [1]. Комбінована система енергопостачання (КСЕП) створюється на основі централізованої (ЦС) і місцевої з використанням альтернативних джерел (МСАДЕ) систем. Споживачі підключаються до МСАДЕ в разі наявності в достатньому обсязі енергії первинного альтернативного джерела. МСАДЕ здатна за допомогою пристроїв перетворювати альтернативну енергію в інші види, наприклад, в електричну, теплову, механічну і формується з однієї або декількох малих по потужності енергостанцій: вітрових, гідравлічних, або електростанцій з двигунами внутрішнього згорання (ДВЗ), які використовують біопаливо, наприклад (біогаз), вироблений біогазовими установками. Режим роботи КСЕП узагальнюється за: термінами роботи; взаємозв'язками між ЦС і МСАДЕ; процесами виробництва, перетворення, розподілення електричної та інших видів енергії. Постає питання раціонального використання первинних видів енергії, наприклад біогазу, запаси якого задовольняли б вимоги надійності та економічної ефективності енергопостачання споживачів.

Резерв потужності по навантаженню забезпечується вибором номінальної потужності генератора електричної енергії. Резерв первинних запасів енергії забезпечується за допомогою ємності газгольдера, балонів, газу - і рідинних сховищ, водоймищ та інше.

Електроприймачі перетворюють електричну енергію в інші види. Величина потужності навантаження змінюється за часом доби і в залежності від виду характеризується коефіцієнтом потужності  $\cos\phi$  в межах 0,4...1. Постає питання визначення залежності витрат палива (первинної енергії) від коефіцієнта потужності і потужності навантаження. Інформація про залежність надасть можливість щодо внесення поправок при визначенні об'ємів первинного палива, його акумуляції та добових, сезонних, річних термінів роботи місцевої електростанції, яка використовує альтернативні види палива у вигляді біогазу, біопалива та інше.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існують рішення [2] щодо визначення витрат палива з урахуванням тільки активного навантаження. Але в [3] відмічається, що передача реактивної потужності

приводить до додаткових витрат палива, вартісну оцінку одиниці обсягу якого можна виконати тільки після визначення питомого додаткового зросту палива для відповідного режиму роботи електроприймача, або їх груп. Рекомендується визначення вартості витрат палива за формулою [3]:

$$G = \beta \sigma \tau \frac{P^2}{U^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \phi) R \quad (1)$$

де  $\beta$  – питома вартість палива, *грн./кг*;  
 $\sigma$  – питомі додаткові витрати палива, *кг/кВт год*;  
 $\tau$  – час витрат палива у відповідному режимі, *год*;  
 $P$  – активне навантаження, *кВт*;  
 $U$  – напруга, *В*;  
 $\operatorname{tg}\phi$  – коефіцієнт реактивного навантаження, *у.о.*;  
 $R$  – еквівалентний активний опір, *Ом*.

**Мета статі.** Теоретичне обґрунтування та лабораторна перевірка витрат рідкого палива електростанцією з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) в залежності від виду та величини навантаження.

**Основні матеріали дослідження.** Енергетичний баланс електростанції на базі ДВЗ з підключеним до шин генератора навантаженням визначається з врахуванням фактору, що в кожний момент часу витрати первинного палива дорівнюють величині виробленої електричної енергії:

$$\xi \int_0^t \left( \frac{B}{\eta \Sigma} \right) dt = \int_0^t \left( \frac{P}{\cos \phi} \right) dt \quad (2)$$

де  $B$  – витрати первинного палива, *кг* або *м<sup>3</sup>*;  
 $\xi$  – коефіцієнт переведення енергії первинного палива (бензину, газу) до електричної, *кВт·год/кг*;  
 $\eta \Sigma$  – підсумкова величина коефіцієнта корисної дії (ККД) електростанції (ДВЗ, передача, генератор), *в.о.*;

$P$  – активне навантаження, *кВт*;

$\cos\phi$  – коефіцієнт потужності, *в.о.*

Величина коефіцієнта корисної дії (ККД), а також згідно ДСТУ 2420-94 коефіцієнт корисного використання енергії (КВЕ), є відношення виробленої електричної енергії ( $W$ ) до обсягів первинного палива ( $B$ ):

$$\eta = \frac{W}{B} \quad (3)$$

З урахуванням [2] і ДСТУ 2420-94 залежність ККД від вхідних і вихідних параметрів запишемо у вигляді:

$$\eta = \frac{t_p \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{q \cdot B} \quad (4)$$

де  $t_p$  – термін роботи електростанції, год;

$I$  – струм навантаження, А;

$q$  – коефіцієнт переведення теплотворної здатності первинного палива до еквіваленту електричної енергії,  $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{кг}$ .

З урахуванням (4) витрати обсягів палива на виробництво електричної енергії визначимо за формулою:

$$B = \frac{t_p \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{q \cdot \eta} = \frac{t_p \cdot S \cdot \cos \varphi}{q \cdot \eta} \quad (5)$$

де  $S$  – повне навантаження,  $\text{кВА}$ .

При роботі електростанції із змінним навантаженням та короткостроковим режимом роботи, що характерно для електростанцій з ДВЗ, витрати палива доцільно визначати за формулою:

$$B = \frac{\sum_1^m t_i \cdot U_i \cdot \cos \phi_i}{q \cdot \eta} \quad (6)$$

де  $m$  – кількість циклів роботи електростанції з відповідними змінними  $U, I, \cos \varphi$ ;

$t_i$  – тривалість циклу  $i$  з відповідним навантаженням, год.;

$U_i$  – величина напруги відповідного циклу  $i$ , В;

$I_i$  – величина струму відповідного циклу  $i$ , А.

Для практичної перевірки визначення витрат палива скористались бензоелектричною станцією типу BCG – 2200 з номінальною потужністю генератора 2  $\text{кВт}$ , автоматичним регулятором напруги і частоти. На рис.1 наведена електрична принципова схема з підключенням змішаного навантаження і зміною  $\cos \varphi$  в межах 0,4...0,99.

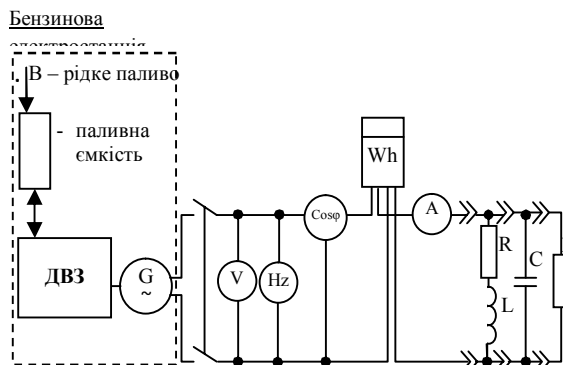


Рисунок 1 – Електрична принципова схема проведення дослідження витрат обсягу рідкого палива в залежності від коефіцієнта потужності електричного навантаження

При виконанні дослідів задалися постійною величиною обсягу використаного первинного палива (бензин А-95) -  $B = 0,36 \text{ кг}$ , енергетичний еквівалент якого дорівнює:  $W_e = B \cdot q = 0,36 \cdot 11,832 = 4,26 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ , де  $q = 10200 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} = 11,832 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{кг}$  за умови, що теплотворна здатність бензину дорівнює  $10200 \text{ ккал} / \text{кг}$  [4].

В табл. 1 наведені середні (із 10 дослідів) вимірні приладами (рис.1) величини: напруга, струм, коефіцієнт потужності, обсяг активної енергії, термін роботи та розрахункові потужність і ККД згідно (4).

Таблиця 1 – Данні досліджень та розрахунку ККД

U (кВ)	I (А)	P (кВт)	Cosφ (в.о.)	C (мкФ)	Wa (кВт·год)	t <sub>p</sub> (год)	η, (в.о.)
0,203	4,4	0,365	0,4	-	0,125	0,34	0,0284
0,222	3,0	0,44	0,64	50	0,13	0,33	0,033
0,216	2,8	0,578	0,99	-	0,151	0,265	0,037

Із аналізу даних таблиці 1 слідує, що при зміні величини  $\cos \varphi$  змінюються термін роботи і ККД. Перевіримо лабораторні дослідження розрахунком витрат палива за формулою (5):

$$- \cos \varphi = 0,4$$

$$B = \frac{t_p \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{q \cdot \eta} = \frac{0,34 \cdot 0,203 \cdot 4,4 \cdot 0,4}{11,832 \cdot 0,0284} = 0,36 \text{ кг}$$

$$- \cos \varphi = 0,64$$

$$B = \frac{t_p \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{q \cdot \eta} = \frac{0,33 \cdot 0,222 \cdot 3 \cdot 0,64}{11,832 \cdot 0,033} = 0,36 \text{ кг}$$

$$- \cos \varphi = 0,99$$

$$B = \frac{t_p \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{q \cdot \eta} = \frac{0,265 \cdot 0,216 \cdot 2,8 \cdot 0,99}{11,832 \cdot 0,037} = 0,362 \text{ кг}$$

Як слідує із наведених розрахунків і досліді маємо збіг витрат палива, розрахованих теоретичним і дослідним шляхами. Таким чином можна вважати, що розроблена математична модель (5) залежності витрат обсягів первинного палива на одиницю виробленою електростанцією електричної енергії.

В умовах експлуатації рідке або газоподібне первинне паливо заповнюється в ємність. Важливо визначити термін роботи електростанції з відповідним навантаженням. Термін роботи електростанції визначимо з формули (5):

$$t = \frac{B \cdot q \cdot \eta}{U \cdot I \cdot \cos \varphi} \quad (7)$$

Якщо в ємність заливати сталу кількість однорідного палива і припустити, що активне навантаження і коефіцієнт корисної дії мініелектростанції в дослід-

ний термін часу є сталою величиною, то при зміні коефіцієнта навантаження в сторону зменшення чи збільшення термін роботи мініелектростанції можна вважати сталою величиною.

Але із змінами активного навантаження і коефіцієнта потужності в сторону зменшення термін роботи електростанції зростає. Якщо прийняти постійними величини: напруги ( $U = 0,22$  кВ), витрат первинного палива ( $B = 10$  кг), - коефіцієнт переведення теплотворної здатності первинного палива до еквіваленту електричної енергії ( $q = 11,832$ кВт·год/кг), середнє значення ККД електростанції ( $\eta = 0,0326$ ), а змінювати в сторону зменшення активне навантаження і коефіцієнт потужності згідно даних таблиці 2, то за формулою (7) визначимо термін роботи електростанції. На рис. 2 наведена залежність терміну роботи від величини коефіцієнта потужності та активного навантаження за вище прийнятих умов.

Таблиця 2 – Данні розрахунку терміну роботи електростанції від змін навантаження та коефіцієнта потужності.

<b><math>P, \text{кВт}</math></b>	5	4	3	2	1
<b><math>\text{Cos}\phi, \text{в.о}</math></b>	1	0,8	0,7	0,6	0,4
<b><math>I, \text{А}</math></b>	22,7	22,7	19,4	15,1	11,3
<b><math>t, \text{год}</math></b>	0,77	0,96	1,29	1,9	3,86

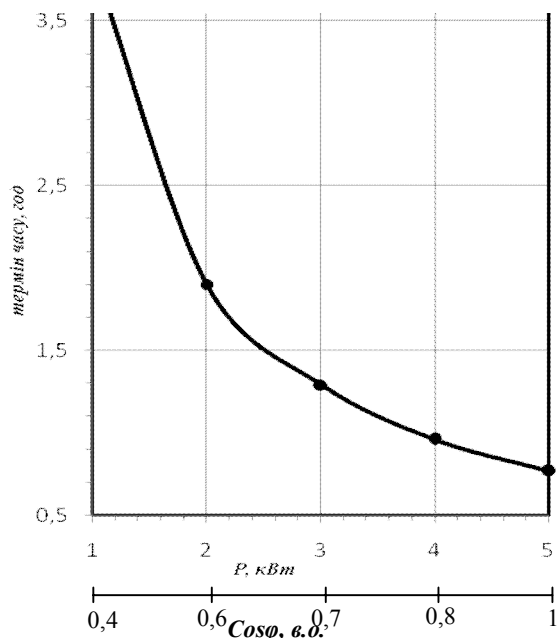


Рисунок 2 – Залежність терміну роботи міні електростанції від величини потужності і коефіцієнта навантаження

Таким чином при зменшенні величини активного навантаження і коефіцієнта потужності термін роботи електростанції змінюється в сторону зростання.

**Висновки.** Розроблена математична модель розрахунку витрат первинного палива міні електростанціями з двигунами внутрішнього згорання з урахуванням змін напруги, струму, коефіцієнта потужності, загального ККД і теплотворної здатності первинного палива.

1. Доцільним є визначати обсяги використання первинного палива для міні електростанцій з двигунами внутрішнього згорання в залежності від величини і виду електричного навантаження.

2. Обсяги витрат первинного палива міні електростанціями з двигунами внутрішнього згорання залежить від величини і характеру навантаження і чим менше величина навантаження і коефіцієнта потужності, тим термін роботи електростанції збільшується.

### Список використаних джерел

1. Гончар М. І. К вопросу о составлении общих принципов построения комбинированных систем электро(енерго)снабжения с.х. потребителей / Михайло Іванович Гончар, Сергій Миколайович Дудников // Електрифікація та автоматизація с. г. - 2003. - № 4 (5). - С. 14-23.

2. Будзко И. А. Электроснабжение сельскохозяйственных предприятий и населенных пунктов / И. А. Будзко, В. Ю. Гессен, М. С. Левин / - М.: Колос, 1975. - 287с.

3. Мельников Н. А. Реактивная мощность в электрических сетях / Н. А. Мельников - М.: Энергия, 1975. - 128 с.

4. Вісник Інформаційно-аналітичного центру Харківського регіонального науково-технічного товариства енергетиків та електротехніків. Інформенерго. № 6, Харків. 2004. - 9 с.

### Аннотация

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ПЕРВИЧНОГО ТОПЛИВА МИНИЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК.

Гончар М. И., Дудников С. Н.

Представлены направления и проведены лабораторные исследования относительно определения расхода топлива местными электростанциями в зависимости от вида и мощности нагрузок.

### Abstract

#### DEFINITION OF THE EXPENSE OF PRIMARY FUEL BY MINIPOWER STATION DEPENDING ON THE KIND OF ELECTRIC LOADINGS.

M. Gonchar, S. Dudnikov

Directions are presented and laboratory researches are conducted in relation to determination of expense of fuel by local power-stations depending on the type loading.