

# АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ЕНЕРГЕТИКА В АПК

УДК 631.53.027.34

## ТИХОХІДНИЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ВІТРОУСТАНОВКИ

**Г. А. Тимошенко**, старший викладач  
**О. В. Рясна**, старший викладач  
**В. О. Стриж**, асистент  
**М. С. Приходько**, асистент  
Сумський національний аграрний університет

*На підставі проведення експериментальних даних і новітніх досліджень науки в лабораторних умовах кафедри був виготовлений генератор для тихохідних вітроустановок. В результаті теоретичного аналізу обґрунтовано можливість застосування вітросилової установки при достатньо низьких обертах вітроколеса, де вимоги до електрогенератора будуть значно нижчі, ніж в звичайних електричних генераторах з більш високою навантажкою.*

**Ключові слова:** *Номінальна трифазна напруга, номінальний струм, частота струму, вітросилова установка, асинхронний електродвигун.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Як правило вітроустановка середньої і великої потужності працюють при низьких обертах. Щоб виробити електроенергію такою вітроустановкою потрібно мати або низько обертовий генератор або мультиплікатор з великим передаточним числом. Застосовуються на вітроустановках синхронні або асинхронні генератори з великим числом пар полюсів. Враховуючи те, що вітрові потоки дуже нерівномірні генератор виробляє електроенергію нерівномірно за частотою і величиною напруги [1].

А значить основними вимогами, які стоять перед генераторами вітроустановок є:

- підтримувати постійну за величиною напругу в мережі за змінних швидкісних навантажувальних режимів роботи генератора;
- надійно працювати в широкому діапазоні частоти обертання вала вітроустановки;
- здатність витримувати перевантаження;
- мінімальна маса і вартість за достатньо тривалого терміну експлуатації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасні вітросилові агрегати комплектуються з індукторними генераторними установками змінного струму з електромагнітним збудженням. При цьому вони бувають: з рухомою і нерухомою обмоткою збудження, а відповідно з контактними щітками і кільцями і безконтактні; трифазні і однофазні; зі з'єднанням фазових обмоток статора за схемою «зірка» або «трикутник».

Генератори постійного струму застосовують нині досить рідко, особливо в вітроустановках середньої і великої потужності.

Для підтримання заданої величини напруга за різної частоти обертання вітроколеса і навантаження генератора широко використовуються різні види регуляторів напруги.

**Формування цілей статті та постановка задач досліджень.** Як відомо існують генератори з рухомою обмоткою збудження і безконтактні

індукторні генератори. Трифазна напруга в генераторі з рухомою обмоткою збудження індукується у фазових обмотках статора при перетинанні їх змінним магнітним полем, що створюється електромагнітом ротора.

Статор складається з пластин електротехнічної сталі і в його пари вкладають котушки фазових обмоток, які розподіляються на трифазні і з'єднуються між собою за схемою «зірка». У трифазних генераторів число пазів статора обов'язково повинно бути числом, яке ділиться на «3».

Ротором являється вал, на який напресовані два магнітопроводи з дзьобоподібними наконечниками та втулкою з обмоткою збудження, що утворюють багатополосний магніт. Число полюсів магніта ротора повинно бути в три рази менше, ніж пазів статора.

Обмотка збудження ротора підключена до незалежного джерела струму і намагнічує його. При цьому сусідні полюсні наконечники ротора намагнічуються різнойменними полюсами. Під час обертання ротора мимо кожного виступу статора почергово проходить північний і південний полюси електромагніта. Нерухомі фазові обмотки перетинаються змінним магнітним потоком як за величиною, так і за напрямом, і у витках обмоток індукується змінна електрорушійна сила.

Часто змінний струм генератора перетворюють на постійний. Для цього застосовують випрямляч. Як правило випрямляч складений за трифазною двопівперіодною схемою на шести силіциєвих (кремнієвих) діодах (вентиліях) прямої зворотної полярності.

Електрорушійна сила, що індукується у фазових обмотках генератора змінного струму, прямо пропорційна частоті обертання ротора і величини магнітного потоку збудження, що перетинає котушки статора [2,3].

При мінімальних обертах вітроколеса для самозбудження генератора він збуджується від незалежного (стороннього) джерела струму. Тоді

його напруга дорівнює ЕРС зовнішнього джерела збудження і становить

$$U = E = C_e \cdot \omega \cdot \Phi, \quad (1)$$

де  $C_e$  - сталий коефіцієнт для даного типу генератора;

$\omega$  - кутова швидкість обертання ротора;

$\Phi$  - магнітний потік збудження.

Зі збільшенням електрона навантаження напруга генератора зменшується на величину спаду напруги в статорі:

$$U = E - IR_{cm} = C_e \cdot \omega \cdot \Phi - IR_{cm} \quad (2)$$

Оскільки в процесі роботи генератора оберти ротора залежать від частоти обертання вітроколеса, підтримувати постійну напругу генератора на різних режимах його роботи можна, змінюючи магнітний потік в обмотці збудження ( $\Phi$ ) включенням у мережу живлення на короткий проміжок часу додаткових резисторів, а також збільшуючи частоту обертання чи зменшуючи навантаження.

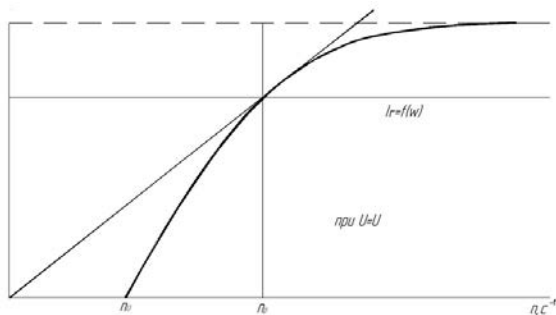


Рис. 1 Швидкісна характеристика генератора змінного струму

На рис. 1 наведено графік, що характеризує залежність величини струму від частоти обертання ротора генератора  $I_r = f(\omega)$  за сталої напруги. Зі швидкісної характеристики, зображеної на графіку видно, що за початкової частоти обертання  $n_0$  генератор починає виробляти номінальну напругу без навантаження ( $I_r = 0$ ) при живленні обмотки збудження від зовнішнього джерела з поступовим збільшенням частоти обертання і навантаження, але за незмінної напруги на клеммах генератора ( $U_{ном}$ ).

За такою швидкісною характеристикою визначають технічні дані конкретного генератора:

- початкова частота обертання на холостому ході, яка повинна відповідати заданій напрузі без навантаження,  $n_0$ ;

- максимальна сила струму самообмеження  $I_r \cdot макс$ ;

- номінальна потужність генератора ( $P_r = I_r \cdot макс \cdot U_H$ );

- частота обертання ротора  $n_{p.n.}$  і струм

$I_{p.n.}$  (у контрольному режимі).

З вище наведеної теорії видно, що для тихохідних вітроустановок такі генератори можна прилаштувати, але з великим передаточним числом мультиплікатори, а значить зменшувати ККД самої вітроустановки.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Поставлена задача досягається виготовленням дослідного екземпляра електрогенератора для вітросилової установки. Як відомо вітросилова установка працює при достатньо низьких обертах вітроколеса, а значить і вимоги до електрогенератора повинні бути особливі.

Як правило вітроустановка працює при дуже низьких обертах вітроколеса (до 100 об/хв).

Для самозбудження генератора, який встановлений на тракторах і автомобілях потрібно щонайменше 1500 об/хв. Значить, щоб електрогенератор працював на вітроустановку потрібно встановити мультиплікатор з передаточним числом щонайменше 1/20, а це додаткові енергозатрати і звичайно фінансові. Потрібно йти іншим шляхом. збільшувати число пар полюсів статора електрогенератора [4,5].

Статор складається з пластин електротехнічної сталі і в його пази вкладені 54 фазові обмотки, які розподілені на три фази і з'єднані між собою за схемою «зірка».

На кожен фазу припадає:  $N = \frac{54 \text{пази}}{3 \text{фази}} = 18 \text{катушок}$ .

Статорна обмотка розрахована на фазну напругу в 220 В, а значить пропорційно зменшується струм на виході.

Практика і досліди показали, що на одну фазу потрібно вкласти 18 катушок загальною кількістю 1440 витків, а значить кожна катушка буде мати:

$$W = \frac{W_{фази}}{n_{к1}}, \quad (3)$$

де  $W$  - кількість витків у катушці;

$W_{фази}$  - загальна кількість витків фазної обмотки;

$n_{к1}$  - кількість катушок у фазній обмотці.

$$W = \frac{1440 \text{вит.}}{18 \text{катушок}} = 80 \text{вит./катушок} \quad (4)$$

Статорні електротехнічні пластини (пакет) взяті із статора асинхронного електродвигуна серії 4А, висота пакета 40 мм.

Маючи 9 пар полюсів (18 катушок в одній фазній обмотці) знаходимо оберти генератора при умові, що він буде працювати з частотою струму в 50 Гц за формулою:

$$n = \frac{60 \cdot F}{P}; \quad (5)$$

де  $F$  - частота струму (50 Гц);

$P$  - число пар полюсів статора.

$$n = \frac{60 \cdot 50}{9} = 333,3 \text{ об/хв.} \quad (6)$$

Це означає, що ротор електрогенератора при  $333,3 \text{ об/хв.}$  виробляє напругу з частотою 50 Гц. Якщо вітроколесо працює стабільно при 60 об/хв., то за допомогою шків-пасової передачі легко досягти цих обертів на генераторі.

Маючи розміри пакета активної сталі статора з зовнішнім діаметром  $D_e = 290 \text{ мм}$ , внутрішнім діаметром  $d_e = 207 \text{ мм}$ , довжиною пакета сталі  $l = 40 \text{ мм}$  розраховуємо зовнішній діаметр ротора за формулою:

$$D_p = d_e - 2\delta, \quad (7)$$

де  $\delta$  - повітряний проміжок між залізного простору 0,35 ... 0,45 мм.

$$D_p = 207 - (2 \cdot 0,4) = 206,2 \text{ мм} \quad (8)$$

Досліди і розрахунки показують, що котушка ротора повинна мати приблизно 1200 витків проводу ПЭВ-2 діаметр якого 0,8 мм.

Щоб знайти площу вікна потрібно знайти площу, яку займає котушка (її поперечний переріз) за формулою:

$$S_{\text{кот.}} = W_{\text{кот.}} \cdot K_{\text{зан.}} \cdot d_{\text{пр.}} \quad (9)$$

де  $W_{\text{кот.}}$  - число витків в котушці збудження (з ізоляцією);

$K_{\text{зан.}}$  - коефіцієнт заповнення котушки;

$d_{\text{пр.}}$  - діаметр проводу в котушці збудження.

$$S_{\text{кот.}} = 1200 \text{ вит} \cdot 0,65 \text{ вит} \cdot 0,86 \text{ мм} = 670,8 \text{ мм}^2 \quad (10)$$

Якщо ширина каркаса котушки збудження дорівнює 25 мм, то його висота буде:

$$h_{\text{кар.}} = \frac{670,8 \text{ мм}^2}{25} = 26,8 \text{ мм} \quad (11)$$

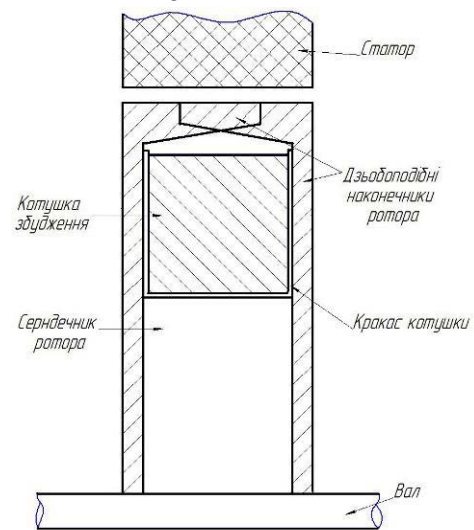


Рис. 2 Магнітний ланцюг генератора для вітросилової установки з дзьобоподібними наконечниками

**Висновок.** В результаті розрахунків і лабораторних досліджень був випробуваний тихоходний генератор, який добре зарекомендував себе в роботі вітросиловою установкою з такими показниками:

Номинальна трифазна напруга – «У» - 220 В.

Номинальний струм – 6,4 А.

Частота струму при  $333,3 \text{ об/хв.}$  - 50 Гц.

Наружний діаметр статора – 290 мм.

Внутрішній діаметр статора – 207 мм.

Наружний діаметр ротора – 206,2 мм.

Внутрішній діаметр розтки ротора – 190

мм.

Висота пакета сталі статора – 40 мм.

Діаметр сердечника ротора – 110 мм.

#### Список використаної літератури:

1. Ю.П. Чижков, С.В. Акимов «Электрооборудование автомобилей для ВУЗов» Изд. «За рулем», М. 1999 г.
2. В.А. Балагуров «Проектирование автомобильных генераторов переменного тока с клювообразными полюсами». М.1980 г.
3. А.А. Дружков, Г.И. Цопов, Р.А. Гайнуллин «Расчет автотракторных генераторов. Методические указания» Сам. ГТУ – С. 2004 г.
4. И.П. Копылова «Проектирование электрических машин» Изд. Энергия М. 1980 г.
5. М.Ф. Бойко «Тракторы та автомобілі» Частина 2 Електрообладнання. Київ «Вища школа», 2001 р.

#### Тимошенко Г.А., Рясная О.В., Стриж В.А., Приходько М.С. ТИХОХОДНЫЙ ГЕНЕРАТОР ДЛЯ ВЕТРОУСТАНОВКИ

На основании проведения экспериментальных данных и новейших исследований науки в лабораторных условиях кафедры был изготовленный генератор для тихоходных ветроустановок. В результате теоретического анализа обоснована возможность применения ветросилового устройства при достаточно низких оборотах ветроколеса, где требования к электрогенератору будут значительно ниже, чем в обычных электрических генераторах высшей нагрузкой.

**Ключевые слова:** номинальное трехфазное напряжение, номинальный ток, частота тока, ветросиловая установка, асинхронный электродвигатель.

**Tymoshenko G.A., Ryasna O.V., Swift V.A., Prikhodko M.S. Low-speed generators for wind turbines**

*On the basis of experimental data and the latest scientific research in the laboratory of the department was made for slow-moving wind turbine generator. As a result of theoretical analysis proved the possibility of using wind power installation at a sufficiently low speed propeller, where the requirements for the electric generator will be significantly lower than in the conventional electric generators of higher load.*

**Keywords:** nominal three-phase voltage, current rating, power frequency, wind power plant, asynchronous motor.

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.ф.-м.н., проф. Кузема О.С.

УДК 62-664.263

## **ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ОЧИСТКИ ТОВАРНОГО СОНЯШНИКА У ЯКОСТІ ПАЛИВА**

**Ю. І. Семірненко**, к.т.н., доцент;

**С. Л. Семірненко**, к.т.н., доцент

Сумський національний аграрний університет

*При виборі сировини для альтернативних видів палива із рослинної біомаси доцільним є та сировина, яка підлягає утилізації і не може бути використана для інших потреб сільськогосподарського виробника. Прикладом такої сировини є відходи очистки насіння товарного соняшника.*

*В статті наводяться дослідження по визначенню об'ємів відходів очистки товарного соняшника, їх фракційного складу, вологості та загальної теплотворності.*

**Ключові слова:** альтернативна енергетика, біопаливо, товарний соняшник, відходи, фракційний склад, вологість, прес, брикети.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Сучасний стан виробництва та використання альтернативних енергетичних ресурсів в Україні характеризується недостатнім рівнем розвитку переробки їх складових, малими обсягами реалізації виробленої продукції в самій країні. Все це пов'язано із недостатньою проінформованістю населення, не адаптованістю обладнання до спалювання даних ресурсів та ціновою політикою на ринку альтернативних енергоресурсів. Тому, на теперішній час основною альтернативою традиційним паливам залишається немодифікована деревина, як для сільськогосподарських виробників, жителів сільських територій, так і для малих промислових підприємств.

Пошук інших вагомих і технічно доступних джерел відновлювальних ресурсів серед залишків біомаси агропромислового комплексу та вивчення їх властивостей є однією з актуальних проблем сьогодення і сприятиме завданню збереження здоров'я людини, збереження й відновлення навколишнього середовища.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Порушена проблема досліджується як у світовій, так і у вітчизняній науковій літературі. Теоретичні засади та практичні механізми екологічно безпечної та економічно ефективної утилізації біомаси рослинного походження знайшли відображення в працях вітчизняних дослідників, серед яких: А. Долінський, М. Жовмір, Г. Гелетуха, Т. Железна, Е. Олейник, Г. Голуб, В. Мироненко, В.І. Гавриш,

Д. В. Зеркалов, В. Здановський та ін.

Основними проблемами зниження енергоємності сільськогосподарського виробництва України, що вимагають негайного вирішення, є впровадження енерго- та ресурсощадних технологій, зупинення спаду виробництва, укріплення та підвищення ефективності використання ресурсного потенціалу виробництва біопалив, удосконалення структури виробництва та споживання енергетичних ресурсів [1].

Однією із найважливіших умов ефективного впровадження альтернативних видів палива, особливо рослинного походження, є визначення з пріоритетною сировиною для виготовлення палива, удосконалення технологій та всебічне використання даного палива для власних потреб.

Щоб вирішити проблему зменшення забруднення довкілля в Україні, потрібна реалізація заходів з екологізації суспільного виробництва, тобто впровадження екологічно-безпечних техніко-екологічних процесів, способів і методів раціонального використання природних ресурсів, завдяки чому забезпечується охорона навколишнього середовища. Тому необхідно впроваджувати систему технологічних, управлінських та інших рішень, які дозволять підвищити ефективність використання природних ресурсів і збереження якості природного середовища на рівні підприємства, регіону, держави. Розвиток нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії є важливим фактором зниження негативного впливу енергетики