

Алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на ветрогенератор

Иван Евстатиев

Operation algorithm and structure of an electronic system for control of a wind turbine generator: The specifics of a wind turbine generator have been investigated in the study. An operation algorithm and a structure of an electronic system for control of the wind turbine generator have been developed. The system controls the processes by collecting information about the current state of the object, simulation of the process and modification of the installation parameters depending on the wind speed, aiming at maximum energy output.

Key words: electronic system, wind turbine generator, operation algorithm.

Ветрогенераторите намират голямо приложение при използването на енергията на вятъра [3, 4, 5, 6]. Особено място заемат ветрогенераторите с малка мощност, които се използват за захранване с ел.енергия на отдалечени обекти, нямащи връзка с енергийната система. Такива са малки ферми, хижи, охранителни системи и др.

Обект на изследването

Ветрогенераторите с мощност до 1kW обикновено са снабдени с постояннотокови генератори. За по-големите мощности се използват променливотокови генератори. При ветрогенераторите с мощност до 50kW, когато скоростта на вятъра е малка, добиваната от перката мощност силно зависи от оборотите на въртене.

Важен момент при осигуряването на даден обект с енергия от ветрогенератор е акумулирането на енергия за периодите, когато енергията на вятъра не е достатъчна.

Цел на изследването е да се разработи алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на ветрогенератор, осигуряваща поддържане на параметрите и максимален добив на енергия.

Моделиране на процеса

Въртящият момент на вала се създава от аеродинамически сили. Моментът, създаван от елементарната перка е [1]

$$dM = 4\pi r^2 dr \rho \frac{e}{1+e} V^2 \frac{1-\mu z_H}{z_H + \mu}, \text{ N.m}, \quad (1)$$

където r е текущият радиус, m;

ρ – плътността на въздуха, kg.m^{-3} ;

e – коефициентът на съпротивление на въздушния поток;

V – скоростта на въздушния поток (вятъра), m.s^{-1} ;

$\mu = \frac{c_x}{c_y}$ – обратното качество на крилото;

z_H – съответстващата на радиуса бързоходност.

Моментът, добиван от цялата перка, се получава след интегриране (2) в границите на изменение на радиуса - от r_0 до R [1]

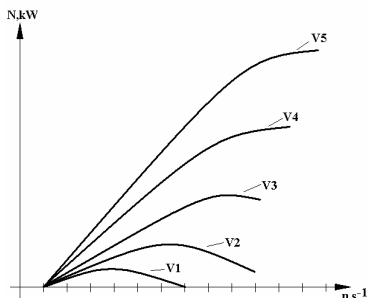
$$M = \int_{r_0}^R dM = \int_{r_0}^R 4\pi r^2 \rho \frac{e}{1+e} V^2 \frac{1-\mu z_H}{z_H + \mu} dr, \text{ N.m}, \quad (2)$$

където r_0 е разстоянието от оста до началото на лопатите, m;

R – разстоянието от оста до края на лопатите, m.

Полезната мощност се получава след отчитането на аеродинамичните загуби.

На фиг.1 е представена зависимост между параметрите на процеса и добива на енергия от ветрогенератор с хоризонтален ротор [2].



Фиг. 1. Зависимости между добиваната мощност, оборотите на перката и скоростта на вятъра. V1, V2, ... V5 – скорости на вятъра.

От анализа на влиянието на скоростта на вятъра върху добива на енергия, може да се направи извод, че има добре изразени максимуми при различните скорости на вятъра, особено при ниски скорости. Тази особеност поставя задача пред системата за управление да търси решение, позволяващо максимален добив на енергия.

Критерии за управление

За критерии за управление се приемат:

- максимален добив на енергия при различни скорости на вятъра;
- осигуряване на необходимите параметри на получената ел.енергия;
- акумулиране на неизползваната енергия, получена от перката.

Алгоритъм за работа

За да се осигури максимален добив на енергия от наличния вятър е необходимо да се реализират следните основни задачи:

- насочване на перките срещу вятъра, чрез завъртане на гондолата в зависимост от направлението на движението на вятъра;
- поддържане на постоянна честота на генерирания електрически ток, чрез баланс на мощностите на добив и потребление на енергия за сметка на акумулирането на енергия;

-в зависимост от скоростта на вятъра, поддържане на необходимите обороти на въртене на перката с цел добиване на максимална мощност от вятъра.

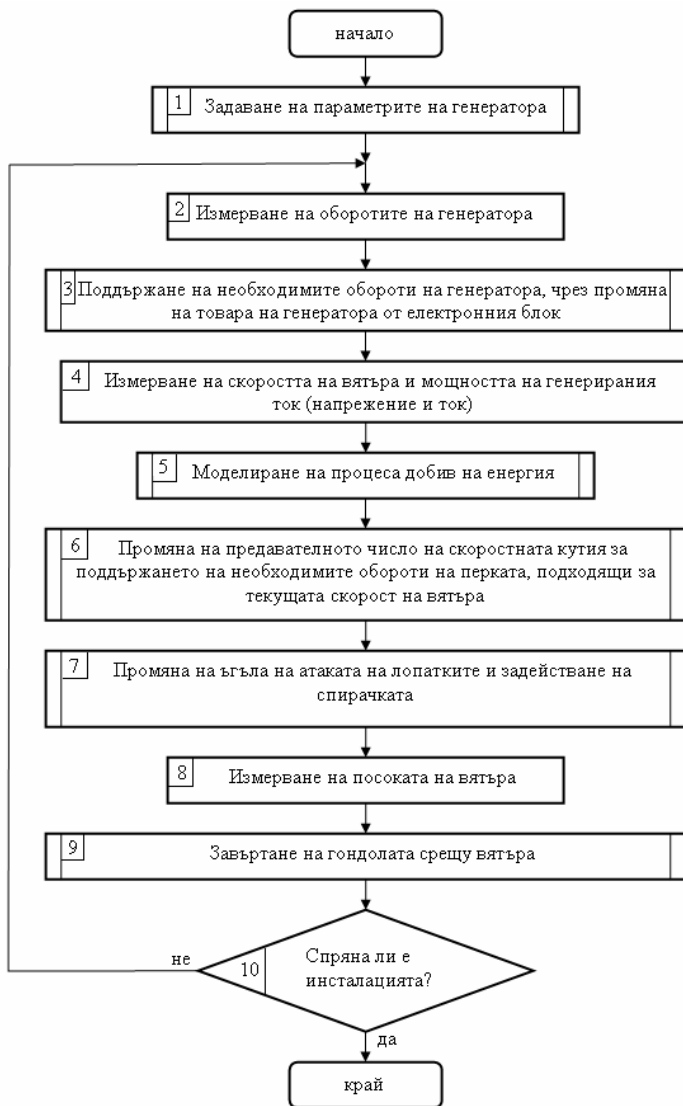
На фиг.2 е показан алгоритъмът за работа на електронната система за управление на малък ветрогенератор с хоризонтален ротор и акумулатор за акумулиране на енергия.

В блок 1 се задават параметрите на генератора.

Блокове 2 и 3 реализират контура за поддържане на постоянна честота на генерирания ток. За целта се измерват оборотите на генератора и натоварването на генератора при отклонение от заданието се променя в съответната посока. Когато мощността на консумираната енергия от директно захранените консуматори и от заряда на акумулатора стане по-голяма от получаваната от вятъра, оборотите на генератора намаляват, когато стане по-малка – се увеличават. По този начин непрекъснато се поддържа балансът на получена от вятъра енергия и на консумирана енергия.

В блокове 4, 5, 6 и 7 се управлява инсталацията, в зависимост от скоростта на вятъра. За целта в блок 4 се измерват скоростта на вятъра и мощността на генерирания ток. Мощността се изчислява на базата на измерени напрежение и ток. В блок 5 се моделира добивът на енергия и чрез симулация с модела се избира, какво да бъде предавателното число на редуктора, за да работи перката с необходимите обороти. По този начин се осигуряват обороти, при които добивът на енергия е най-голям, при текущата скорост на вятъра.

Когато скоростта на вятъра е над максимално допустимата, се включва спирачка и лопатките се завъртат на 90° .



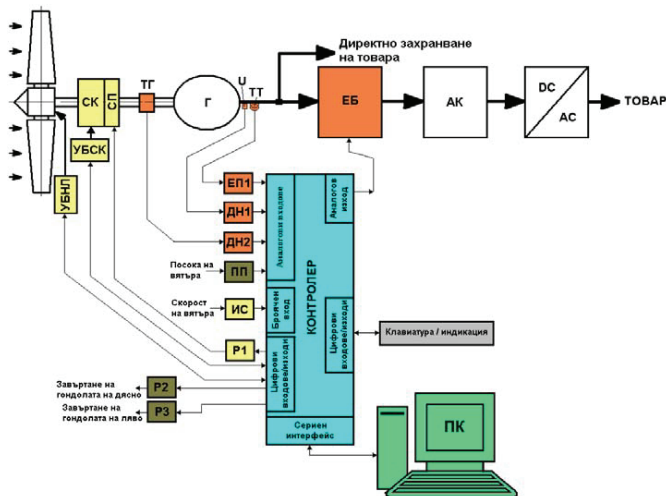
Фиг.2.Алгоритъм за работа на електронна система за управление на малък ветрогенератор с хоризонтален ротор и акумулиране на енергия

Блокове 8 и 9 насочват гондолата в съответната посока, така че перката да е винаги насочена перпендикулярно на вятъра. За целта се определя посоката на вятъра и се завърта гондолата.

След проверка за спряна инсталация, цикълът се затваря преди блок 2.

На фиг.3 е показана структура на електронна система за управление на ветрогенератор.

Насочването на перките срещу вятъра се осъществява чрез завъртане на gondolata, в зависимост от направлението на движение на вятъра. За целта от потенциометричния преобразовател ПП се взема сигнал, пропорционален на посоката на вятъра и чрез цифровите изходи се включват релетата P2 и P3, с които gondolata се завърта в необходимата посока.



На фиг.3. Структура на електронна система за управление на ветрогенератор
 СК – скоростна кутия; СП – спиралка; ТГ – тахогенератор; Г – генератор за променлив ток; U – напрежение след генератора; ТТ – токов трансформатор; ЕБ – електронен блок за управление на зареждането на акумулатора и осигуряване на необходимото натоварване на генератора; АК – акумулатор; DC/AC – инвертор; УБСК – управляващ блок на скоростната кутия; УБНЛ – управляващ блок на наклона на лопатките; ЕП1 – електронен преобразовател; ДН1, ДН2 – делители на напрежение; ПП – потенциометричен преобразовател; ИС – индуктивен сензор; P1, P2, P3 – релета; ПК – персонален компютър.

За поддържането на постоянна честота на генерирания електрически ток оборотите на генератора се контролират с тахогенератор (ТГ). Тахогенераторът произвежда постоянен ток с напрежение, пропорционално на оборотите. За съгласуването на по-високото напрежение на ТГ с това на аналоговия вход се използва делител на напрежение (ДН1). В зависимост от отклонението на оборотите от зададените се увеличава или намалява електрическият товар на генератора. По този начин се реализира непрекъснат баланс на получаваната от вятъра енергия и на консумираната. Ако получаваната енергия е повече от консумацията при директно включване, излишъкът се подава за акумулиране. Това се реализира с управлението на електронния блок (ЕБ), представляващ изправител с фазово управление. Този контур се явява най-бързият в системата и осигурява необходимото качество на получавания ел.ток.

Когато консумацията на ел.енергия е по-голяма от енергията, добивана от вятъра, част от консуматорите или всичките се захранват от инвертора, включен след акумулатора, а остатъкът на енергия или цялата енергия, получени от вятъра, се използват за зареждане на акумулатора. Трябва да се отбележи, че когато се използва директно включване към генератора, КПД на системата е по-голям, защото се избягва загубата на енергия от преобразуването и.

За да се добива максимална мощност от вятъра, се контролира скоростта на вятъра (ИС) и текущата мощност на генерирания ток. За определянето на моментната стойност на мощността се измерват токът (ТТ) и напрежението (U) на изхода на генератора. Чрез тях се изчислява мощността. Добиването на максимална мощност зависи от съотношението скорост на вятъра-оборот на перката (фиг.1). За неговото определяне се използва модел на процеса. След определянето от модела на необходимото съотношение, то се задава чрез управляващия блок (УБСК) на скоростната кутия.

На персоналния компютър е инсталиран програмен продукт, поддържащ мониторингова система на базата на получаваната от контролера информация. Втора негова функция е чрез получените данни да симулира с модел работата на системата и да изпраща на контролера необходимите параметри за управление.

Резултати и изводи

Изследвана е спецификата на работата на ветрогенераторите. Анализирани са възможностите за получаване на висок добив на енергия.

Обосновани са зависимости, използвани за моделиране на процеса добив на енергия.

Разработен е алгоритъм за работа и структура на електронна система за управление на ветрогенератор. Системата управлява процесите, като събира информация за текущото състояние на обекта, симулира процеса и в зависимост от скоростта на вятъра променя параметрите на инсталацията, с което повишава добива на енергия.

Структурата на електронната система осигурява работата на инсталацията при висок КПД, като поддържа енергийния баланс чрез акумулиране на неизползваната енергия, получена от перката.

Литература

[1]Беляков П., Д. Рябов, Математическая модель для исследования характеристик и режимов работы ветроэнергетической установки с крыльчатый ветроприемником. Журнал «Электротехнические комплексы и системы правления», 1 /2007, стр.55-58. (<http://www.v-itc.ru/electrotech/2007/01/pdf/2007-01-14.pdf> , Посетен на 29.08.2011г.)

[2]Беляков П., Особенности преобразования энергии и задачи управления в электроэнергетических установках на базе возобновляемых источников энергии. Журнал «Электротехнические комплексы и системы правления», 2 /2007, стр.24-29. (<http://www.v-itc.ru/electrotech/2007/02/pdf/2007-02-07.pdf> , Посетен на 29.08.2011г.)

[3]ВЯТЪРНАТА ЕНЕРГИЯ В БЪЛГАРИЯ. Владислава Георгиева – главен експерт в дирекция “Енергийна ефективност и опазване на околната среда”, Министерство на икономиката и енергетиката. http://www.mee.government.bg/geoterm/docs/eco_viatar.pdf, Посетен на 29.08.2011г.

[4]http://bg.guide-bulgaria.com/NE/Dobrich/Kavarna/Cape_Kaliakra , Посетен на 29.08.2011г.

[5]<http://greentech-bg.net/?tag=vindicatortm>, Посетен на 29.08.2011г.

[6]http://winnergy.eu/index.php?option=com_content&task=view&id=12&Itemid=37, Посетен на 29.08.2011г.

За контакти:

Доц. д-р Иван Евстатиев, Катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888-772, e-mail: ievstatiev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.