



СЪЮЗ ПО АВТОМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
„ДЖОН АТАНАСОВ“



ФЕДЕРАЦИЯ
НА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИТЕ СЪЮЗИ

XXI Международен симпозиум

**УПРАВЛЕНИЕ
НА ТОПЛОЕНЕРГИЙНИ
ОБЕКТИ И СИСТЕМИ**

7 – 8 ноември 2013 г.

Банкя

СБОРНИК ДОКЛАДИ

XXI Международен симпозиум

**УПРАВЛЕНИЕ
НА ТОПЛОЕНЕРГИЙНИ ОБЕКТИ
И СИСТЕМИ**

СЪОРГАНИЗАТОРИ И СПОНСОРИ

ХАНИУЕЛ ЕООД
РИТБУЛ ЕООД
РИТАЛ ЕООД
СПЕСИМА
ОСКАР-ЕЛ ЕООД
АМК ЕООД
ЕТ ТРАПЕН

ПРОГРАМЕН КОМИТЕТ

М. Хаджийски – председател
Е. Николов
Б. Бонев
И. Бачкова
К. Бошнаков
Д. Пенев
Т. Ненов
В. Петков
Т. Тотев
Тр. Пензов
Д. Стратиев
В. Ангелов
И. Симеонов

ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ

М. Николов – председател
Б. Ванев
В. Андреев
Н. Христова
Л. Дуковска
Ю. Божков
З. Георгиев
М. Божкова

©

САИ

ISSN 1313-2237

СЪДЪРЖАНИЕ

Развитие на функциите и структурата в съвременната индустриална автоматика <i>М. Хаджийски</i>	1
Нови подходи при идентификация и автоматизация на технологични процеси и агрегати <i>Д. Маринов, Т. Пензов, Д. Пенев</i>	9
Kiln Processes Modeling Based on Experimental Data <i>D. Yurikov</i>	13
Технология за управление на комплекса „непрекъснато разливане-прокатен стан” <i>Е. Михайлов</i>	17
Моделно предсказващо управление на система за поддържане на рН <i>А. Грънчарова, Л. Костов</i>	23
Ключови принципи, свързани с работата по подобряване качеството на продукцията в химическата и металургична промишленост <i>Д. Генчев, Г. Кондев</i>	27
Системи за телеметричен контрол и събиране на информация чрез GSM мрежи <i>И. Илиев, ХАНИУЕЛ</i>	33
Приложни методи за оптимизация на процеса на проектиране на системи за управление <i>Д. Паикуров, СТАРТ ИНЖЕНЕРИНГ</i>	39
Изследване на възможностите за диагностика на съставни дефекти в стената на стоманоразливна кофа <i>Е. Михайлов, М. Хаджийски, В. Петков, К. Бошнаков</i>	45
Reinforcement Learning Framework Aimed at Predictive Maintenance of Industrial Plants <i>P. Koprinkova-Hristova</i>	51
Интегриран подход за предсказващо поддържане в МСП <i>С. Койнов, Л. Дуковска</i>	55
Филтри с оператори от дробното смятане за управление на топлоенергийни обекти и системи - I част <i>Н. Николова, Е. Николов</i>	61
Филтри с оператори от дробното смятане за управление на топлоенергийни обекти и системи - II част <i>Н. Николова, Е. Николов</i>	65
Моделиране и верификация на аномалиите в месечната консумация на електричество в Западна България <i>А. Бъчваров, П. Русков, К. Харалампиев</i>	69

Лабораторен стенд „Вятърен генератор” – система за управление <i>Г. Ружиков, И. Тиянов</i>	73
Optimal Circulation of Mobile Robots <i>В. Сгурев, С. Дрангажов</i>	77
Приложение на ВІ интерактивните табла за целите на CBR <i>Ф. Томова, А. Атанасов, К. Бошнаков</i>	81
Следене на работата на scada система, като информационна услуга в Интернет <i>Е. Янев</i>	85
Гъвкава софтуерна архитектура на система за автоматично разпознаване на автомобилни номера <i>А. Атанасов</i>	89
Мониторингова система на пилотен биореактор за анаеробна биодegradация на органични отпадъци <i>Е. Чорукова, И. Симеонов</i>	93
An Application of Fuzzy Neural Network for Modeling of the Forest Fires <i>М. Petrov, Т. Ilkova</i>	97

ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД „ВЯТЪРЕН ГЕНЕРАТОР” – СИСТЕМА ЗА
УПРАВЛЕНИЕ

LABORATORY BENCH “WIND GENERATOR” – CONTROL SYSTEM

G. Ruzhekov, I. Tiyanov
Г. Ружеков, И. Тиянов*Технически Университет - София, Бул. Св. Климент Охридски 8, 1756 София
E-mail: ruzhekov@hotmail.com*

Abstract: The developed control system for laboratory bench – “Wind Generator” is presented in this paper. The system is based on Siemens S7-1200 programmable controller and Siemens WinCC Flexible SCADA system. Used an existing laboratory bench at the Laboratory “Hydropower and hydraulic turbo machine” at the department of Hydroaerodynamics and Hydraulic Machines, Faculty of Power Engineering and Power Machines, Technical University of Sofia.

Key words: PLC-based Control, Wind Generator, SCADA

ВЪВЕДЕНИЕ

Известни са многото проблеми, свързани с възобновяемите енергийни източници (ВЕИ). Те са политически, икономически, технически, научни и др., но развитието им продължава независимо от тези проблеми. Голяма част от тези проблеми могат да се решат с развитието на технологията в тази област. Тук е представен начален етап на разработване на лабораторен стенд „Вятърен генератор”. Използван е част от съществуващ стенд в лаборатория „Хидроенергетика и хидравлични турбомашини” с ръководител проф. д-р. Валентин Обретенов, към който се разработва система за управление. Финансирането на реализацията на системата за управление се осъществява по договор 132IA0016-08 за научен проект в помощ на докторанти към ТУ-София. Проектът включва проектиране на електрически схеми, монтаж на табло за управление, разработване на софтуер и SCADA система за управление на ветрогенератора. Тази система е предназначение за управление на следните елементи от стенда:

- Скоростта на въртене на осовия вентилатор, с който се генерира въздушен поток (имитация на вятър).
- Измерване на скоростта на въздушния поток.
- Измерване на оборотите на турбината.
- Измерване на генерирания въртящ момент и механична мощност.
- Система за промяна на натоварването на генератора и измерване на генерираното напрежение, ток и електрическа мощност.
- Предвидено е да се разработи система за управление на ъгъла на атака на лопатите на турбината (на втория етап от договора).
- Разработва се програмно осигуряване за системата за управление, което включва управление на изброените по-горе подсистеми.

Системата е базирана на програмируем логически контролер на Siemens S7-1200 CPU 1215 и допълнителни сигнални модули. По този начин системата разполага с аналогова и дискретна периферия, Ethernet комуникационен интерфейс за връзка със системата за

програмиране на контролера и SCADA системата. Програмното осигуряване се разработва в среда на TIA Portal V12 [1], новата програмна система на Siemens. Софтуерът за контролера се разработва на език SCL, който позволява разработването на сложни алгоритми и математически изчисления. За SCADA системата се използва WinCC Flexible V12, като допълнителната функционалност на системата се осигурява с макроси на VBS (Visual Basic Scripting).

ЛАБОРАТОРЕН СТЕНД

Функционалната схема на стенда е показана на фиг. 1 и се състои от:

Система за генериране на въздушен поток – осов вентилатор (2) с диаметър 1 м., който се задвижва от асинхронен двигател (1). Вентилаторът е монтиран в аеродинамична тръба (3). Скоростта на въртене на двигателя и вентилатора може да се изменя в широки граници, с което се променя и скоростта на въздушния поток. Максималната скорост на въздушния поток е 15 м/с. Скоростта му се измерва с анемометър (5) (изходен сигнал импулсна поредица) и диференциален трансмитер за налягане (6) (изходен сигнал 4-20 mA). Тези прибори са монтирани върху направляващи, с което се дава възможност за измерване на скоростта на вятъра в произволна точка.

Скоростта на въздушния поток, изчислена по данни от анемометъра се изчислява на базата на честотата на постъпващите импулси и константата на анемометъра. Формулата, описваща зависимостта е:

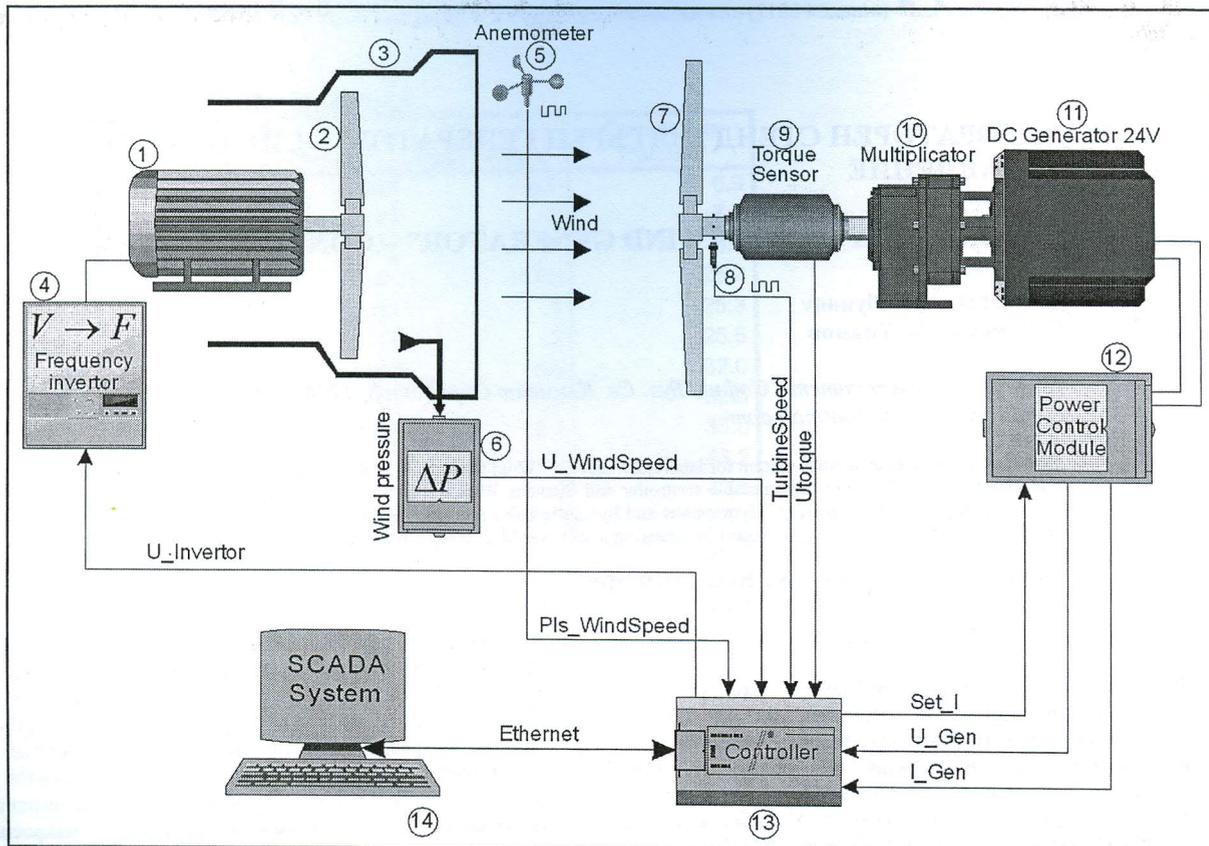
$$V = k \cdot f, \text{ където:}$$

V е скоростта на въздушния поток, m/s.

f е честотата на импулсната поредица от анемометъра.

k - константа на анемометъра.

Измерването на скоростта на въздушния поток се измерва със скоростомерна тръба, монтирана в аеродинамичната тръба на вентилатора. Използва се диференциален трансмитер за налягане, с който се измерва разликата в налягането между предната част на тръбата (пълното налягане) и статичното налягане.



Фигура 1 – функционална схема на лабораторния стенд

Изчисляването на скоростта се извършва съгласно формулата:

$$V = \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho}}, \text{ където:}$$

V е скоростта на въздушния поток, m/s

ΔP е диференциалното налягане, Pa

ρ - плътност на въздуха, $\rho = 1.225, \text{ kg/m}^3$

Ветрогенератор, който се състои от работно колело (7) с лопатите, индуктивен сензор за измерване на оборотите (8) – на всеки оборот на вала на турбината се генерират по 6 импулса, сензор за измерване на въртящ момент (9) (в интервала $\pm 2.5 \text{ Nm}$), мултипликатор (10), с който оборотите на вала на турбината трябва да се повишат до номиналните обороти на генератора и постоянноток генератор (11) – 24V, 800W. В модула за управление на товара на генератора се отдава генерираната мощност. Този модул позволява измерване на напрежението и тока на генератора. С помощта на изходен от контролера сигнал може да се управлява товара на генератора. На този етап от проекта не се предвижда система за управление на ъгъла на атака на лопатите на работното колело. Такава система ще се разработва и изпълнява на следващия етап от проекта.

Система за управление, базирана на промишлен контролер (13) на Siemens CPU 1215 и сигнални модули. Към него постъпват сигналите от анемометъра (импулсна поредица), диференциалния трансмитер за налягане – аналогов сигнал ток (4 – 20 mA), сигнал за скорост на въртене на турбината (импулсна поредица), сигнал от

сензора за въртящ момент – напрежение ($\pm 4.5V \pm \pm 2.5Nm$), генерираното напрежение и тока през товара (измерва се напрежение върху шунтов резистор). Изходните сигнали са за управление на скоростта на двигателя на вентилатора – задание към честотния инвертор (0 – 10V) и задание към модула за управление на натоварването на генератора.

SCADA система – осигурява графичен интерфейс, с който се визуализира работния процес, измерените величини, осигурява възможност за задаване на скорост на въздушния поток и натоварването на генератора. Системата записва данните от проведените експерименти, които могат да бъдат обработени на по-късен етап.

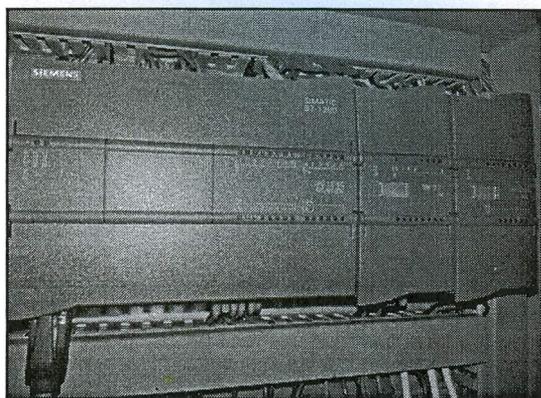
Системата за управление се базира на промишлен контролер на фирма Siemens – CPU1215 и сигнални модули за аналогови входове и изходи. Основни характеристики на контролера CPU1215C:

- Дискретни входове – 14;
- Дискретни изходи – 10;
- Аналогови входове – 2 бр. 0 – 10V, 10 bits;
- Аналогови изходи – 2 бр. 0 – 20 mA., 10 bits;
- Работна памет 100 kB;
- Комуникация – Ethernet.
- Сигнален модул аналогови входове – 4 входа, $\pm 10V, \pm 5V, \pm 2.5V, \pm 1.25V, 0/4 - 20 \text{ mA.}, 13 \text{ bits}$.
- Сигнален модул аналогови изходи – 2 изхода, $\pm 10V, 0 - 20 \text{ mA.}, 13 \text{ bits}$.

Контролерът е показан на фиг. 2.

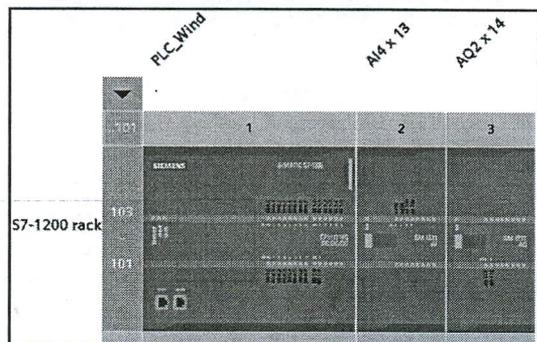
РАЗРАБОТВАНЕ НА БАЗОВО ПРОГРАМНОТО ОСИГУРЯВАНЕ

Програмното осигуряване се разработва в програмната среда TIA Portal – Totally Integrated Automation Portal на няколко етапа:



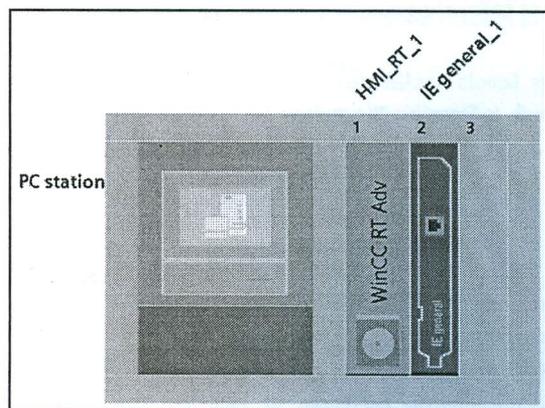
Фигура 2 – Контролер и сигнални модули

1. Първата стъпка е създаването и конфигурирането на хардуерната конфигурация на контролера – фиг. 3. На тази стъпка се подреждат използваните модули – процесор и сигнални модули и се задават техните параметри.



Фигура 3 – Хардуерна конфигурация

2. Конфигурират се комуникационните мрежи, с което се осигурява предаването на информация между контролера и SCADA системата. При използването на Ethernet комуникация е необходимо само да се зададат IP адресите на контролера и на компютъра.



3. Следва създаване и конфигуриране на системата за визуализация – стандартна компютърна

конфигурация, на която се инсталира WinCC Flexible RT – фиг. 4.

4. Базов софтуер за управление на аналоговите входове – получаване на данни от АЦП, скалиране във физически величини и проверка за грешки. По този начин се получава информация за напрежението и тока на генератора, за диференциалното налягане, от което се изчислява скоростта на генерирания въздушен поток (вятър) и реалната скорост на двигателя на осовия вентилатор (използва се аналогов изход от инвертора).
5. Измерване на честотата на импулсни поредици – определяне на скоростта на въртене на турбината на генератора и скорост на въртене на анемометъра, от които се изчислява скоростта на въздушния поток. За определяне на честотата на импулсните поредици се използва вграден в PLC брояч, от който на всяка секунда се изчитат получения брой импулси. Извършва се скалиране – превръщане в дименсия обороти за минута (min^{-1}) или за скорост на вятъра (m/s). При ниски обороти броят на получените импулси е твърде малък, което води до силно вариращи стойности на тези измерени величини. Поради тази причина е разработена функция за филтрация на данните с филтър от тип пълзяща средна стойност, като прозорецът, в който се осреднява е 10 s.
6. Базов софтуер за управление на аналоговите изходи – извеждане на сигнали за управление на честотата на инвертора и натоварването на генератора.
7. Осигуряване на синхронизация между изброените по-горе задачи, с което се осигурява базова функционалност и управление в ръчен режим на стенда.
8. Добавено е и включване на инвертора с ключ, както и задаване на скоростта на двигателя на вентилатора с потенциометър, което дава възможност за използване на генерирания въздушен поток и за други експерименти, които не са свързани с ветрогенератора.
9. Разработена е система за анализ на аварийни ситуации, като при постъпване на такъв сигнал, стенда се изключва.
10. Разработване на базова функционалност на системата за визуализация – на дисплея на компютъра са показани основните елементи на стенда:
 - двигателят с вентилатор и системата за задаване на скоростта на двигателя – слайдер за задаване на скоростта (честотата на инвертора), ключ за включване на захранването му и включване и изключване на двигателя. По този начин се осигурява ръчния режим на управление на вентилатора.
 - анемометър – визуализира се честотата на импулсите и изчислената скорост на въздушния поток.
 - диференциалният трансмитер за налягане и стойността на диференциалното налягане и изчислената скорост на въздушния поток.
 - турбината и сензора за въртящ момент и получените данни за скоростта на турбината, въртящия момент и получената механична мощност.
 - генератор: ток, напрежение и електрическа мощност, както и слайдер за задаване на натоварването на генератора.

С описаното програмно осигуряване се реализира началният етап от управлението на ветрогенератора – ръчният режим. Този режим се използва за тестване и настройка на всички елементи от системата – пускане и задаване на скорост на двигателя на вентилатора, измерване на скоростта на въздушния поток, измерване на скоростта на въртене на турбината на генератора, получения въртящ момент и механична мощност. Позволява управление на натоварването на генератора – измерване на напрежението, тока и изчисляване на генерираната електрическа мощност.

Във втория етап на разработване на задачата се предвижда да бъде разработен специализиран софтуер за реализация на следните изследвания:

- Изследване на динамиката на изменение на скоростта на генерирания въздушен поток (вятър) за определяне възможността за симулиране на вятър с променлива скорост и пориви на вятъра [2, 3, 5].
- Разработване на математически модел на ветрогенератора при различни режими на работа [4].
- Разработване и тестване на регулатори за:
 - ✓ Поддържане на скоростта на въртене на турбината при промяна на скоростта на въздушния поток.
 - ✓ Осигуряване на режим на работа по максимална мощност.

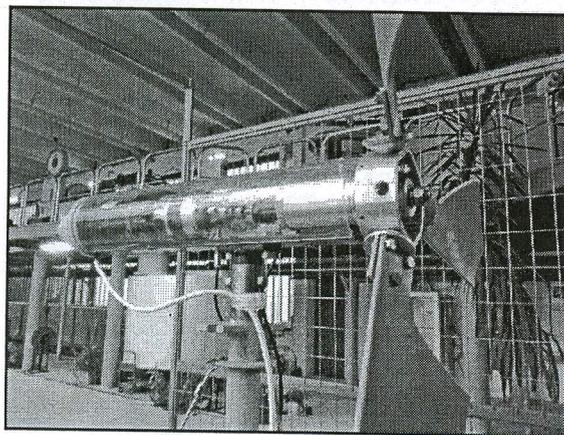
ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

В резултат от проведените експерименти са получени следните резултати:

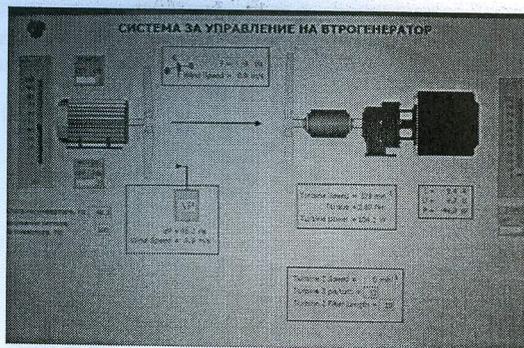
- Скорост на въздушния поток при промяна на честотата на инвертора от 0 до 60 Hz – 0 – 10 m/s.
- Скорост на въртене на турбината при 9 m/s – около 400 min⁻¹;
- Генерирана мощност от турбината при 9 m/s и 370 min⁻¹ – 104 W обща мощност, от които 44 W електрическа (9.4 A, 4.7V).

От този резултат се вижда, че механичните загуби в системата са много големи – около 60 W или в този случай около 60% от получената механична мощност. Основно загубите се генерират в мултипликатора, поради което получената електрическа мощност е много малка.

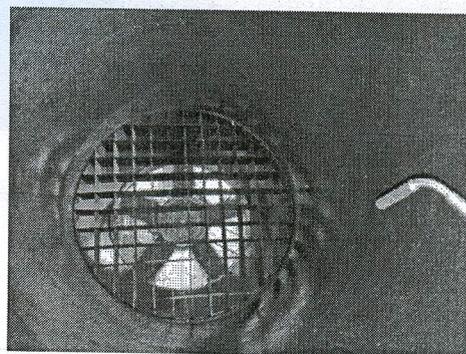
На фиг. 5 е показана снимка на генератора, а на фиг. 6, снимка от SCADA системата. На фиг. 7. е показан вентилатора, генериращ въздушен поток (вятър).



Фигура 5 - Ветрогенератор



Фигура 6 - снимка от SCADA системата



Фигура 7 - Вентилатор

ИЗВОДИ

В статията е разгледан първия етап от разработена система за управление на реален лабораторен модел на ветрогенератор. Използвана е базата на лабораторията по „Хидроенергетика и хидравлични турбомашини“ с ръководител проф. д-р. Валентин Обретенов при ТУ-София. Разработката е финансирана по договор 132IA0016-08 за научен проект в помощ на докторанти към ТУ-София.

Разработен е цялостен модел, включващ система за генериране и измерване на скоростта на въздушен поток, умален модел на ветрогенератор и PLC базирана система за управление.

Получените до този момент резултати са много добри и дават основание за продължаване на научните изследвания. Като основен проблем могат да се отбележат големите механични загуби в системата, където предстои да се работи за тяхното преодоляване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Siemens, TIA Portal, <http://www.automation.siemens.com/mcmts/topics/en/tia/Pages/default.aspx>
2. Johnson K., Pao L, Balas M., Fingersh L., Control of Variable-Speed Wind Turbine, IEEE Control systems magazine, June 2006
3. World Wind Energy Association, <http://www.wwindea.org>
4. Bianchi F., Battista H., Mantz R., Wind Turbine Control Systems, Principles, Modelling and Gain Scheduling Design, Springer-Verlag London Limited, Advances in Industrial Control series, 2007
5. Munteanu I., Bratcu A., Optimal Control of Wind Energy Systems, Springer-Verlag London, Advances in Industrial Control series, 2008