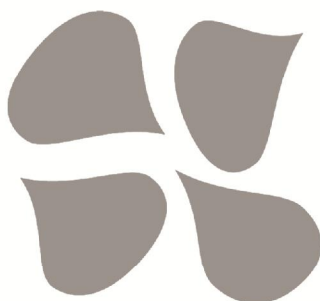


# **IX Национална Студентска Научно-техническа Конференция**



**СБОРНИК С ДОКЛАДИ**

**2013**

ISSN 1314-0442

**Организационен комитет:**

инж. Диляна Колева – Председател

Адриана Христова

инж. Боян Петров

Гергана Иванова

Джейн Матева

Петър Андреев

**Програмен комитет:**

Доц. д-р инж. И. Кралов – Председател

Проф. д-р инж. Л. Димитров

Доц. д-р инж. М. Лазарова

Доц. д-р Н. Николова

Гл. ас. д-р М. Драганов

Гл. ас. д-р Р. Станев

## СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МУЛТИДИСЦИПЛИНАРЕН СТЕНД “ВЯТЪРЕН ГЕНЕРАТОР”

И. Тиянов, Г. Ружеков

*Технически Университет - София, ФА, кат. Системи и Управление  
e-mail: tiyanov@yahoo.com, rouzhekov@hotmail.com*

**Абстракт:** Развитието на вятърната енергия продължава, независимо от проблемите, които произтичат от използването ѝ. Това поражда необходимостта от нови разработки в тази област. В статията е представен подход, използващ мултидисциплинарен лабораторен стенд, на който се провеждат изследвания. Стенда се намира в лаборатория: "Хидроенергетика и хидравлични турбо машина" в катедра „Хидроаеродинамика и хидравлични машини”, към Енергомашиностроителен факултет, Технически университет - София. За този лабораторен стенд се разработва система, която ще позволи автоматизацията на процесите и на провежданите експерименти.

**Ключови думи:** Моделиране, ПЛК, Системи за управление, „СКАДА” система

## MULTIDISCIPLINARY WIND STAND CONTROL SYSTEM “WIND POWER GENERATOR”

I. Tiyanov, G. Rouzhekov

*Technical University - Sofia, FA, Department of System and Control  
e-mail: tiyanov@yahoo.com, rouzhekov@hotmail.com*

**Abstract:** Development of wind energy continues, regardless of the problems that arise from its use. It is therefore imperative that research in this area to continue. One possible approach to such studies is the use of laboratory bench on which to conduct research. Use 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. For this laboratory bench is developed control system that will allow the automation of the processes of conducting experiments.

**Keywords:** Control system, Modeling, PLC, Power plant, SCADA, Wind generator

## УВОД

Представената в доклада система е част от проект за реализация на стенд, отговарящ на изискванията на научен проект 132IA0016-08 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 управлява:

1. Оборотите на основния вентилатор, който генерира въздушното течение;
2. Измерване на скоростта на въздушното течение с анемометър и скоростомерна тръба и диференциален трансмитер за налягане;
3. Измерване на въртящия момент на турбината на генератора със сензор за въртящ момент;
4. Измерване на оборотите на турбината;
5. Система за промяна на натоварването на генератора и измерване на генерираната мощност;
6. Възможност за управление на ъгъла на атака на лопатите на генератора (за втория етап на този проект);
7. Разработване на програмна система за управление на генератора при различни стратегии;
8. Разработва се SCADA система за визуализация, управление на стенда и запис и обработка на експериментални данни. Системата е базирана на програмируем логически контролер на фирма Сименс, разполагащ с аналогова и дискретна периферия, Ethernet комуникационен интерфейс. Добавянето на тази система дава възможност за изследване на работата на ветрогенератор и изследване на алгоритми за управление на мощността в зависимост от стратегията – получаване на максимална енергия от вятъра или работа на частична мощност в зависимост от заданието по мощност. Дава възможност за изследване на различни профили на лопатите на ветрогенератора. Стендът има мултидисциплинарно предназначение – за провеждане на

изследвания в областта на аеродинамиката и системите за управление [Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found., Error! Reference source not found.].

## ОПИСАНИЕ НА СТЕНДА

Функционалната схема на лабораторния стенд е показана на Фигура 1.

Състои се от:

1. 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, измерен с диференциалния трансмитер на налягане се изчислява по формулата (1.1):

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}, \quad (1.1)$$

където:

$V$  е скоростта на въздушния поток, m/s

$\Delta P$  е диференциалното налягане, Pa

$\rho$  - плътност на въздуха,

$$\rho = 1.225, \text{ kg} / \text{m}^3$$

Скоростта на въздушния поток, изчислена по данни от анемометъра е:

$$V = k \cdot f, \quad (1.2)$$

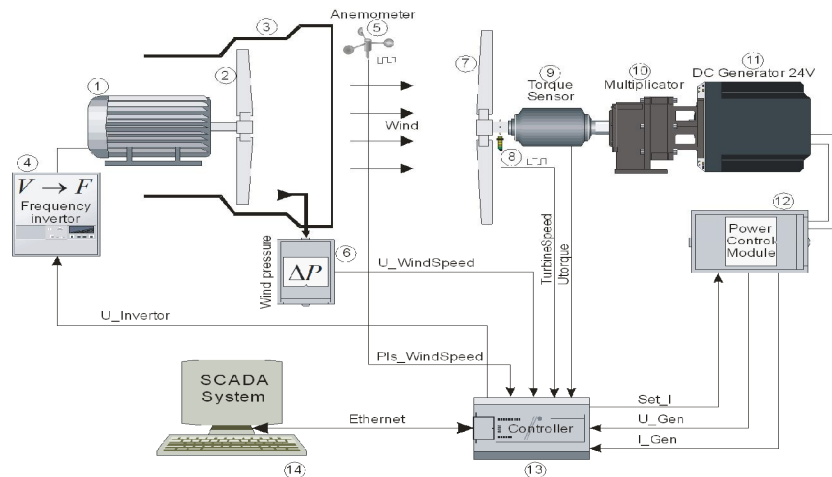
където:

$V$  е скоростта на въздушния поток, m/s.

$f$  е честотата на импулсната поредица от анемометъра.

$k$  - константа на анемометъра.

2. Ветрогенератор, който се състои от работно колело (7), индуктивен сензор за измерване на оборотите (8), сензор за измерване на въртящ момент (9), мултипликатор (10) и постоянен ток 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



Фигура 1. Функционална схема на лабораторния стенд

постъпват сигналите от анемометъра (импулсна поредица), диференциалния трансмитер за налягане – аналогов сигнал 0 – 10V, сигнал за скорост на въртене на турбината (импулсна поредица), сигнал от сензора за въртящ момент, генерираното напрежение и тока през товара. 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.

4. 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.

## КОНТРОЛЕР

Системата за управление се базира на промишлен контролер на фирма Siemens –

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.

3. Система за управление, базирана на промишлен контролер (13) на Siemens CPU 1215 и сигнални модули. Към него

CPU1215 и сигнални модули за аналогови входове и изходи.

Характеристики на контролера CPU1215C:

Дискретни входове – 14;

Дискретни изходи – 10;

Аналогови входове – 2 бр. 0 – 10V, 10 bits;

Аналогови изходи 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 mA., 13 bits.

Сигнален модул аналогови изходи – 2 изхода,  $\pm 10V$ , 0 – 20 mA., 13 bits.

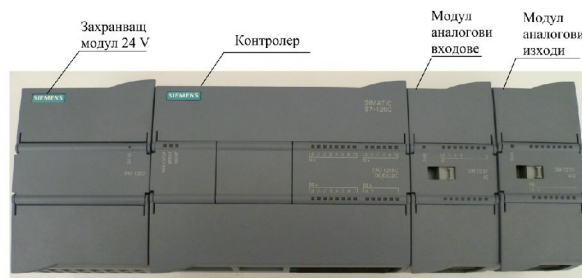
Контролерът е показан на Фигура 2.

## ПРОГРАМИРАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ

Разработването на програмното осигуряване на системата се осъществява в програмната среда TIA Portal – Totally Integrated Automation Portal [**Error! Reference source not found.**] – нова програмна система на Siemens, която е предназначена за програмиране на

съвременните контролери на фирмата, за разработване на системите за човеко-машинен интерфейс и конфигуриране на

задвижванията – инвертори и сервосистеми.



Фигура 2. Контролер

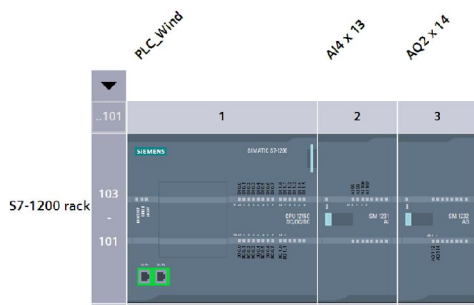
Първата стъпка е създаването и конфигурирането на хардуерната конфигурация на контролера – Фигура 3. Следва създаване и конфигуриране на системата за визуализация – стандартна компютърна конфигурация, на която се инсталира WinCC RT – Фигура 4.

Фигура 5. Комуникационни мрежи

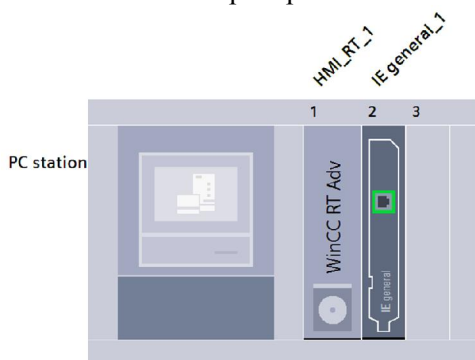
За разработване на програмното осигуряване на контролера средата (Step 7 Professional V12, която е част от пакета TIA Portal V12) предлага няколко езика за програмиране:

1. LAD и FBD – графични езици, наподобяващи релейно-контакторни схеми или логически схеми;
2. SCL – език за програмиране от високо ниво, подобен на езика Pascal.
3. STL – език за програмиране от ниско ниво – асемблероподобен език.

Средата поддържа много голям брой типове данни, което позволява разработване на много сложни програмни системи.



Фигура 3. Хардуерна конфигурация на контролера



Фигура 4. Хардуерна конфигурация на SCADA системата

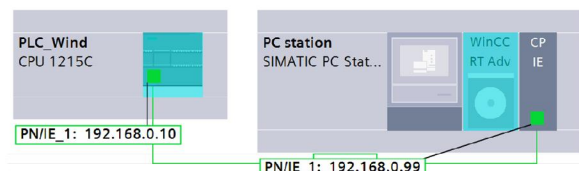
## СИСТЕМА ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

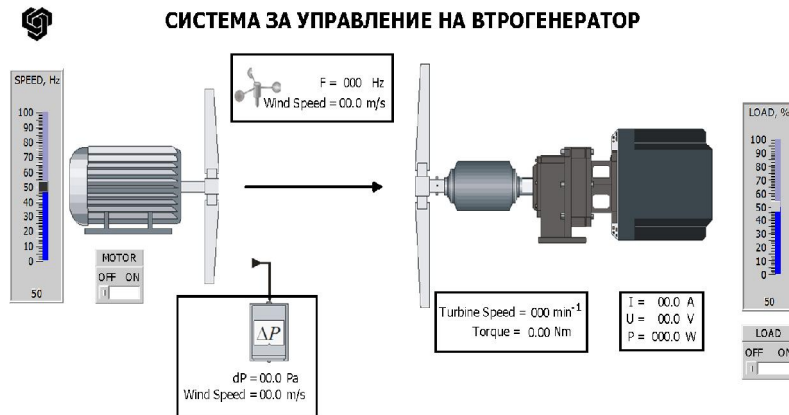
Системата за визуализация включва разработване на програмни системи за операторски панели и за компютърни системи. Използва се програмната среда на Siemens WinCC Flexible V12, която е част от пакета TIA Portal V12. На Фигура 6 е показан основния екран на системата за управление.

Показани са основните елементи:

- двигателя с вентилатор и системата за задаване на скоростта на двигателя – слайдер за задаване на скоростта

Конфигурират се комуникационните мрежи – Фигура 5.





Фигура 6. Основен екран на SCADA системата

(честотата на инвертора) и ключ за включване и изключване на двигателя.

- 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 и въртящия момент.

- генераторът и ток, напрежение и мощност, както и слайдер за задаване на натоварването на генератора.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията е описан етап от разработка на система за управление на лабораторен стенд, който позволява провеждане на многобройни експерименти, свързани с методите на управление, с подбор на аеродинамични елементи на системата – лопати на работното колело, ъгъл на атака и др. Могат да се симулират различни стратегии на работа на генератора – получаване на максимално възможна мощност или режим на работа по зададена мощност. На втория етап от изграждането на стенда се предвижда да се разработи система за автоматично управление на ъгъла на атака на лопатите на турбината, което много ще

доближи стенда до реалния ветрогенератор.

Този стенд ще бъде многофункционален и мултидисциплинарен – ще се извършват изследвания за управление на аеродинамичен и енергетичен обект и ще позволи работа на студенти и докторанти в тази област.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Munteanu I., Bratcu A., Optimal Control of Wind Energy Systems, Springer-Verlag London, Advances in Industrial Control series, 2008
2. 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
3. Siemens, TIA Portal, <http://www.automation.siemens.com/mcmts/topics/en/tia/Pages/default.aspx>
4. Hansen M., Aerodynamics of Wind Turbines, second edition, Earthscan, 2008  
Hansen L., Helle L., Conceptual survey of Generators and Power Electronics for Wind Turbines, Riso National Laboratory, 2001
5. Johnson K., Pao L, Balas M., Fingersh L., Control of Variable-Speed Wind Turbine, IEEE Control systems magazine, June 2006
6. World Wind Energy Association, <http://www.wwindea.org>