

Grid Connected Based PWM Converter Applied a Synchronous Generator for a Variable Speed Wind Turbine Applications

Satean Tunyasritut¹ and Chakrapong Charumit²

^{1,2}Department of Instrumentation and Control Engineering, Faculty of Engineering, Pathumwan Institute of Technology, 833 Rama 1 Rd., Wangmai, Pathumwan, Bangkok, 10330, Thailand, E-mail: satean@ptwit.ac.th¹, c.charumit@gmail.com²

Abstract

This paper presents the electrical power conversion system which is developed for a synchronous generator in order to apply with a variable speed wind turbine system. In the wind energy conversion system, a synchronous generator is converted the mechanical energy into electrical energy. A B6 rectifier and a boost chopper circuit are utilized to maintain constant intermediate DC voltage. The average power is converted entirely by the PWM converter, consists of B6 voltage-source inverters. Output currents and active power of switch mode voltage source inverter are flowed into utility grid by current control and PQ theory technique. For the hardware implementation, the system consists of a 1 kW four poles synchronous generator and the voltage source inverter controlled output current by hysteresis controller (bang-bang) method. The algorithm is implemented in a DSPACSDs1104DSP together with Matlab/Simulink program. The validity of the proposed method is verified by both simulation and experimental results under power transferred into grid in term of power quality such as real power, reactive power, total harmonics distortion, and so on.

I. INTRODUCTION

Many types of generator concepts have been used and proposed to convert wind power into electricity. The size of the wind turbines has increased during the past ten years, and the cost of energy generated by wind turbine has decreased. The challenge is to build larger wind turbines and to produce cheaper electricity. Thus, there is a need to find a way to convert wind energy into electrical energy from wind turbines that can be scaled up in power without extremely high cost penalties. The use of synchronous generator in wind generation is widely accepted as a generator of choice for variable speed wind turbine system. The synchronous generator is a conventional generator, simple, reliable, cheap, lightweight, and requires little maintenance. Generally, the synchronous generator is connected to the utility bus at constant frequency. With a constant frequency operation, the synchronous generator operates at practically variable speed. The wind turbine operates in optimum efficiency only within a wide range of wind speed variation. The variable-speed operation allows an increase in energy captured and reduces both the torque

peaks in the drive train and the power fluctuations sent to the utility. In this paper, a combination of DC power supply is used to excite the field circuit of the synchronous generator while operating at variable speeds. The frequency, the induce voltage and the operating range of the system are affected by the characteristics of the synchronous generators and the choice field current for exciting. The system were tested has the following components: a three-phase four pole, 3 kW induction motor to represent the wind turbine, a three-phase four pole, 1 kW, synchronous generator driven by the induction motor, a B6 rectifier and a boost chopper circuit are utilized to maintain constant intermediate DC voltage. The average power is converted entirely by the PWM converter, consists of B6 voltage-source inverters, to convert the power from the dc bus to the utility grid [1]-[3].

II. PROPOSED PWM CONVERTER SCHEME

The block diagram of voltage control the current topology for wind turbine shows in Fig. 1. This block diagrams consist of a three-phase bridge rectifier, two-capacitors connected cross dc-bus and a voltage source converter. The active and reactive power can be controlled by controlling the magnetude current of voltage source inverter, and ac line grid side is connected with the 3-phase reactors.

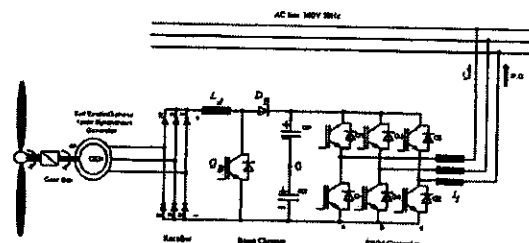


Fig. 1: Schematic of proposed PWM converter for wind turbine.

III. PWM VOLTAGE SOURCE CONVERTER

The PWM converter and current control technique as shown in Fig. 2, the simplified equivalent circuit of a grid-connected 2L-VSC ac supply is connected with three reactors (L_r) for inject current to cancel the harmonic component current. The dc-link voltage (V_{dc}) must be regulated and the capacitor voltage (E) must be balanced [4]-[6].

*Corresponding author. Tel.: +662-104-9099; fax: +662-104-9098. E-mail address: satean2000@gmail.com.

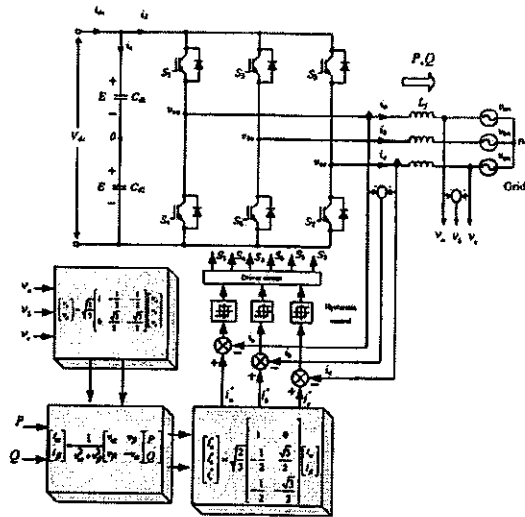


Fig. 2: Current Controlled Techniques for PWM Converter.

From fig. 2 the grid voltage can be written to equation 1

$$v_{grid} = v_{conv} + v_L \quad (1)$$

The active and reactive power flow between grid side and converter side can be written to equation 2 and 3

$$P = \frac{V_{grid}^2}{\omega L} \left(\frac{V_{conv}}{V_{grid}} \sin \delta \right) \quad (2)$$

$$Q = \frac{V_{grid}^2}{\omega L} \left(1 - \frac{V_{conv}}{V_{grid}} \cos \delta \right) \quad (3)$$

Where apparent power is

$$S = vi^* = P + jQ \quad (4)$$

The instantaneous real and imaginary power is part to the instantaneous complex power defined equation 5

$$S = (v_{\alpha} i_{\alpha} + v_{\beta} i_{\beta}) + j(v_{\beta} i_{\alpha} + v_{\alpha} i_{\beta}) \quad (5)$$

From the transformation matrixes, the Clark transformation and its inverse transformation become

$$\begin{bmatrix} v_{\alpha} \\ v_{\beta} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} \quad (6)$$

The instantaneous power of the $p-q$ theory

$$\begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{\alpha} & v_{\beta} \\ -v_{\beta} & v_{\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} \quad (7)$$

In the following explanation, the $\alpha\beta$ currents will be set as functions of voltage and the real and imaginary power P and Q . This is very suitable for better explaining the physical meaning of the powers defined in the $p-q$ theory, it is possible to write

$$\begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} = \frac{1}{v_{\alpha}^2 + v_{\beta}^2} \begin{bmatrix} v_{\alpha} & v_{\beta} \\ v_{\beta} & -v_{\alpha} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P \\ Q \end{bmatrix} \quad (8)$$

The inverse Clark transformation can be decomposed into the sum of two terms, as follows

$$\begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \\ i_c \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix} \quad (9)$$

IV. SIMULATION CURRENT CONTROLLED

Current controlled-technique for voltage-source PWM converter applied for a grid connected was simulated in the Matlab/Simulink software. The synchronous generator is rated at 1 kW, 4 poles with a 380 V, 50Hz as shown in figure 3.

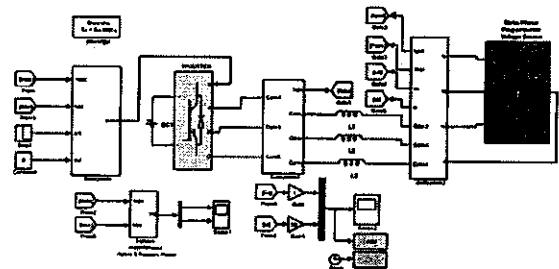


Fig. 3: Simulation of current controlled- technique for voltage-source PWM converter.

Fig.4 shows the simulated output of the supply phase voltage (v_{an}) and current (i_{an}) of the grid side converter operation at unity power factor, Q is set to zero, by the PWM converter for operation in the rectifying mode. Fig.5 also shows the voltage and the current waveforms of the PWM converter operating in the inverting mode. As can be seen from Fig.6, the dynamic response of the converter to a step changed in active power reference control with active power flowing from the supply in to the dc-link, rectifying mode. The setting of active power reference is stepped from -1000 watt to +1000 watt, it can be seen that the phase current of VSC can operate under the rectifying mode and inverting mode condition.

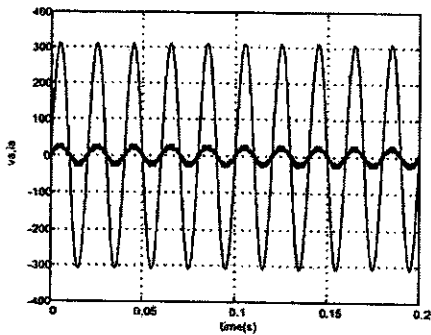


Fig. 4: Voltage and current waveforms, with the grid side converter working as a rectifying mode.

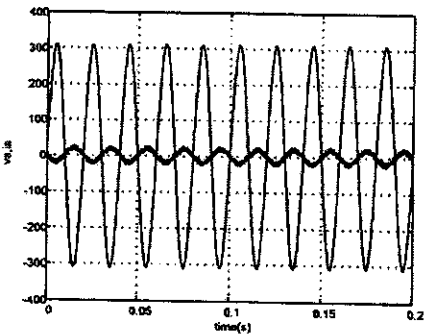


Fig. 5: Voltage and current waveforms, with the grid side converter working as an inverting mode.

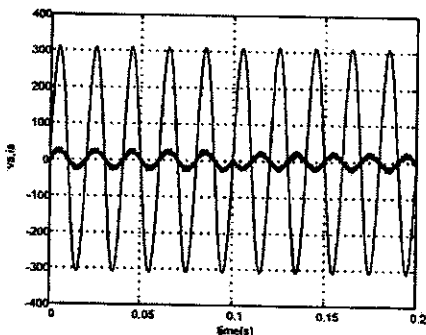


Fig. 6: Dynamic response of voltage and current operate under the rectifying mode and inverting mode condition.

V. EXPERIMENTAL SETUP

The experimental setup as shown in Fig. 7, mainly consists of a dSPACE DS1104 DSP controller board, a Pentium IV 1.5 GHz PC with Windows XP, a PWM converters, 3-phase reactors connected and a four-pole synchronous generator is given a three phase generator which has the detail as follows: 1 kW, 380 V, 3 A. A 3600 pulse/rev incremental encoder for rotor speed of generator measurement is used. The DS1104 board is installed in Pentium IV PC. The control program is written in Simulink environment combined with the real-time interface of the DS1104 board. The main ingredient of the software used in the laboratory experiment is based on Matlab/Simulink programs. The control law is designed in simulink and executed in real time using the dSPACE DS1104 DSP board. Once the controller has

been built in Simulink block-set, machine codes are achieved that runs on the DS1104 TMS320 F240 DSP processor. While the experimental is running, the dSPACE DS1104 provides a mechanism that allows the user to change parameter online. Thus, it is possible for the user to view the real process while the experiment is in progress. A dSPACE connector panel (CP1104) provides easy access to all input and output signals of the DS1104 board. The current control of the PWM voltage source converters is controlled by the hysteresis current which is suitable for the desired control range [7].

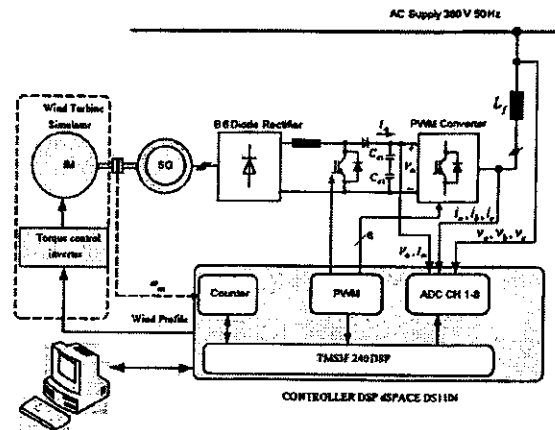


Fig. 7: Experimental Setup.

VI. OVERALL SYSTEM PERFORMANCE AND DISCUSSIONS

The experimental performance results of the proposed drive are illustrated in case of:

Voltage and current waveforms

Voltage, current and power waveforms at various points of the system for the proposed power output of inverter at V_{dc} 400 V and 600 V from boost chopper circuit respectively. These waveforms were recorded by the dSPACE ControlDesk software to save the data to work space of Matlab/Simulink program. Supply phase voltage and grid current waveforms of PWM converter is measured by LEM sensors where the ratio of a voltage sensor is 100V/DIV and a current sensor is 1A/DIV respectively.

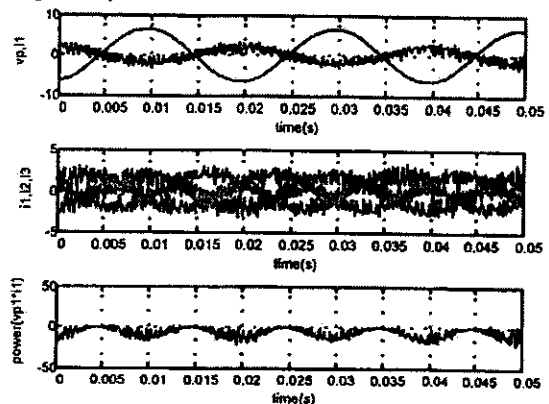


Fig. 8. Phase voltage, line current and instantaneous power waveforms at V_{dc} 400 V.

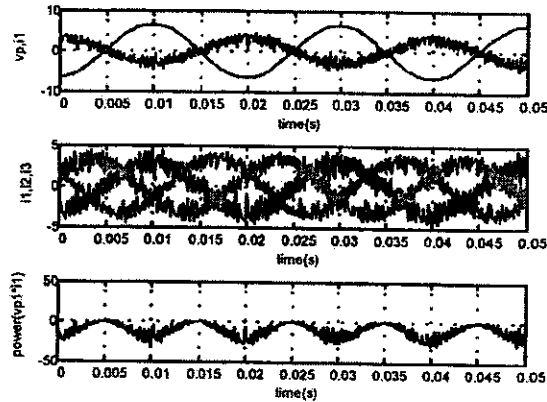


Fig. 9: Phase voltage, line current and instantaneous power waveforms at Vdc 600 V.

Power quality of output inverter to Grid

Such as total power, total harmonic distortion the current of inverter to grid (THDi) and power factor (PF); total power of inverter output where supply to grid were measured using digital power quality analyzer FLUKE 434 at power output of induction generator to grid at speed of the generator at the range 750 to 1500 rpm respectively via the DC voltage are boost up 400 to 700 V.

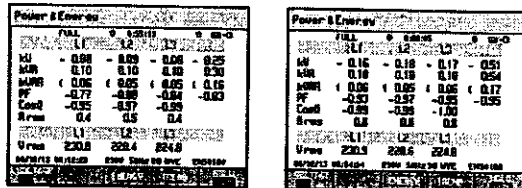


Fig. 10: Power output of PWM converter to grid at Vdc (a) 400 V, (b) 600 V.

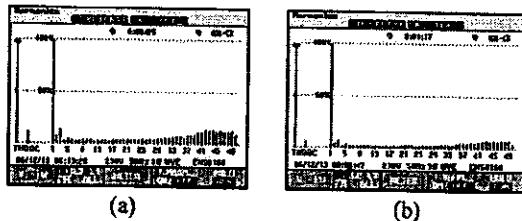


Fig. 11: Total harmonic line current of six-pulse converter to grid at Vdc (a) 400 V, (b) 600 V.

Table 1. Power output of PWM converter to grid.

| Vdc (V) | P (watt) | Q (VAR) | S (VA) | i _{grid} (A) | THDi (%) | PF |
|---------|----------|---------|--------|-----------------------|----------|------|
| 400 | 250 | 160 | 300 | 0.4 | 37.6 | 0.83 |
| 500 | 360 | 165 | 420 | 0.7 | 25.2 | 0.92 |
| 600 | 510 | 170 | 540 | 1.0 | 21.1 | 0.95 |
| 700 | 720 | 210 | 750 | 1.1 | 15.2 | 0.96 |

VII. CONCLUSIONS

In this paper, a synchronous generator for wind turbine applications can be applied with the grid connected PWM voltage source converter using current control technique. For the experimental results testing, 1 kW synchronous generator can be increase voltage by current of field excited and boost chopper in DC link. The wind simulator of system can be simulated the velocity of wind turbine by using change the speed of motor driver. The wind energy conversion system an synchronous generator converts the mechanical energy into electrical energy which is converted entirely by A B6 rectifier and a boost chopper circuit then it path through grid connected by PWM voltage source converter. As it has been discussed, the PWM voltage converters were the simplest control.

ACKNOWLEDGMENT

The work presented in this paper has been supported financially by the Thailand Research Fund, Office of the Higher Education Commission and Pathumwan Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

REFERENCES

- [1] George Mopherson and Robert D. Laramore. 1990. An Introduction to Electrical Machines and Transformers. Singapore: John Wiley & sons, Inc.
- [2] Eduard Muljadi, Jesus Sallan, Mariano Sanz and Charles P. Butterfield. (2000). Investigation of Self-Excited Induction generators for Wind Turbine Applications. National Renewable Energy laboratory, 1617 Cole Boulevard Golden, Colorado 80401-3393.
- [3] Seung-Ho Song, Shin-Il Kang and Nyeon-Kun Hahm, "Implementation and Control of Grid Connected AC-DC-AC Power Converter for Variable Speed Wind Energy Conversion System" 0-7803-7768-0/03/\$17.00(C)2003 IEEE pp.154-158.
- [4] C. Picardi and D. Sgro. "Grid-Connected Inverter Power Flow Control Based on a New Modeling Approach of Electrical Signal" IEEE International Conference. PP 585-590, 2009.
- [5] H.Akagi, E. H. Watanabe and M. Aredes, "Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning" IEEB Press, John Wiley & Sons, 2007.
- [6] M. P. Kazmierkowski and L. Malesani, "Current Control Techniques for Three-Phase Voltage-Source PWM Converters: A Survey" IEEE Transaction on Industrial Electronics, Vol. 45, No. 5, 1998.
- [7] University of Minnesota, Introduction getting started with dSPACE, DSP based laboratory of electric drives.

2nd Call for Papers

การประชุมวิชาการ งานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข

ECTI-CARD, Chiang Mai 2014, Thailand

วันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

Committee

General Chair

ศ.ดร.ประยุทธ์ อัครเอกฉាលิน (KMUTNB)

Steering Committee

ศ.ดร.ประภาส จงสดีวัฒนา (CU)

ศ.ดร.โกสินทร์ จ่านไทย (KMUTT)

รศ.ดร.วุฒิพงศ์ อารีกุล (KU)

Chairperson

รศ.ดร.นำยุทธ สงค์ธนาพิทักษ์ (RMUTL)

Vice Co-Chairpersons

ผศ.ประพัฒน์ เชื้อไทย (RMUTL)

ผศ.สมิท พิพิทสมบัติน (RMUTL)

ดร.ภาสวรรณ วัชรดีดำรงศักดิ์ (RMUTL)

ผศ.สุรศักดิ์ อยู่สวัสดิ์ (RMUTL)

Technical Program Committee

Chairperson

ผศ.ดร.อุเทน คำน่าน (RMUTL)

Vice Co-Chairpersons

ดร.จัดจตุฤทธิ์ ทองปรอน (RMUTL)

รศ.ดร.โกศล โอบารโพรจน์ (RMUTL)

ดร.บุญยสิริ บุญเป็ง (RMUTL)

ดร.ขวัญชัย เอื้อวิริยานุกูล (RMUTL)

Public Relations Committee

รศ.ดร.พรหทัย ตันจจิตานนท์ (RMUTL)

ธราตล ดวงสุภา (RMUTL)

ระพีพันธ์ ชัดปิก (RMUTL)

Local Arrangement

Committee

ผศ. อวยพร บัวใบ (RMUTL)

วิกรม จันทร์วีโรจน์ (RMUTL)

ประสิทธิ์ อินทร์จันทร์ (RMUTL)

ชาคริต ชูขุฒยากร (RMUTL)

General Administration

Committee

อนันท์ ทับเกิด (RMUTL)

มานัส สุพันธ์ (RMUTL)

Publication Committee

ดร.ยุพดี หัตถสิน (RMUTL)

ดร.ศุภกิต แก้วดวงตา (RMUTL)

ดร.พลกฤษณ์ ทุนคำ (RMUTL)

Finance Committee

ดร.ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล (MJU)

ผศ.พัชรนันท์ เกตุทิม (RMUTL)

รุจิพรรณ สัมปันณา (BU)

ไพริน แก้วกวย (ECTI)

Exhibition Committee


ผศ.ดร.ประชา ยืนยงกุล (RMUTL)

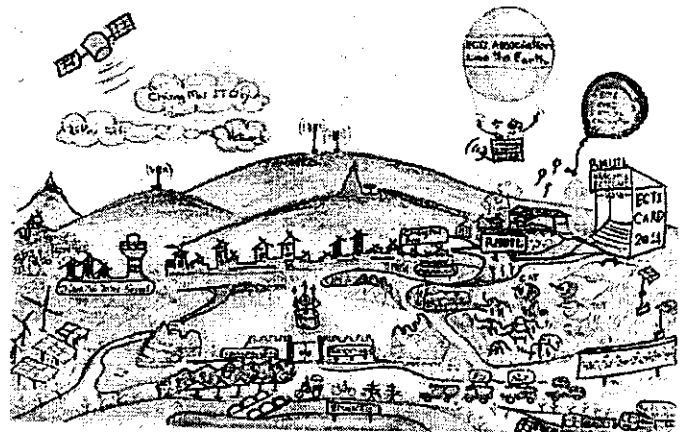
จิรศักดิ์ ปัญญา (RMUTL)

Secretaries

ผศ.ดร.กฤษดา ยิ่งขยัน (RMUTL)

มัทนา จุลเสวก (RMUTL)

จัดโดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา  ECTI Association
และสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ



ร่วมจัดการประชุมโดย



เลขาธิการสภาการศึกษา
สำนักงาน กศน. เชียงใหม่



สมาคม
วิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์
โทรคมนาคม และสารสนเทศ



คณะวิศวกรรมศาสตร์
เชียงใหม่



Information Technology
Resources Education
Center

กำหนดการที่สำคัญ

วันสุดท้ายของการส่งบทความฉบับสมบูรณ์

ประกาศผลการพิจารณาบทความ

ส่งบทความต้นฉบับเพื่อตีพิมพ์

วันจัดการประชุม

วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2557.

วันที่ 13 มีนาคม 2557

วันที่ 1 เมษายน 2557

วันที่ 21-23 พฤษภาคม 2557

รายละเอียดการจัดการประชุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และสมาคมวิชาการไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ โทรคมนาคม และสารสนเทศประเทศไทย มีความยินดีที่จะแจ้งให้ทราบว่า การประชุมวิชาการงานวิจัย และพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 6 “การพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อให้โลกมีสันติสุข” (ECTI-CARD 2014) จะได้ถูกจัดขึ้นในระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่ โดยจุดมุ่งหมายหลักของการจัดงานเพื่อรวบรวมผลงานวิจัยพัฒนาเชิงประยุกต์ งานนวัตกรรม และสิ่งประดิษฐ์รวมถึงเพื่อเปิดโอกาสให้นักวิจัย ผู้พัฒนาและผู้ใช้งานหรือหน่วยงานต่าง ๆ ได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และสามารถนำผลงานที่ตีพิมพ์ไปพัฒนาต่อยอดหรือพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งบทความที่ส่งมานั้นจะได้รับการพิจารณาโดยผู้ทรงคุณวุฒิจากคุณภาพและความสมบูรณ์ของงาน บทความที่ได้รับการคัดเลือกและได้ถูกนำเสนอในที่ประชุม ECTI-CARD 2014 จะถูกตีพิมพ์ใน ECTI-CARD Proceedings ซึ่งสามารถสืบค้นได้ที่ฐานข้อมูลของสมาคม ECTI

การประชุมวิชาการระดับชาติ สาขาวิชาชีพครู ครั้งที่ ๑ ภาคเรียนที่ ๑ ปีการศึกษา ๒๕๕๗

ECTI-CARD, CHIANG MAI 2014, THAILAND

วันที่ 21-23 พฤษภาคม พ.ศ. 2557 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ภาคพายัพ เชียงใหม่

REGISTRATION

อัตราค่าลงทะเบียน ECTI-CARD 2014

| อัตราค่าลงทะเบียน (บาท) | Early-Bird * ก่อนวันที่ ลงทะเบียน 2557 | On-site ** |
|--|--|------------|
| 1. Regular (ครอบคลุม 2 บทความ)(บุคคลทั่วไป อาจารย์ นักวิจัย) | 3500 | 4000 |
| 2. ECTI-Member (ครอบคลุม 2 บทความ) (บุคคลทั่วไป อาจารย์ นักวิจัย ที่เป็นสมาชิกสมาคม ECTI) | 3200 | 3700 |
| 3. Student (ครอบคลุม 1 บทความ) (นักศึกษา) | 2000 | 2500 |
| 4. ECTI-Student-Member (ครอบคลุม 1 บทความ)(นักศึกษา ที่เป็นสมาชิกสมาคม ECTI) | 1700 | 2200 |
| 5. Accompany(ผู้ติดตาม ผู้สนใจร่วมงานที่ ไม่ได้เป็นผู้ลงทะเบียน) | 1500 | 2000 |

* Early Bird: ลงทะเบียนและชำระเงิน ภายในวันที่ 1 เมษายน 2557

** On-Site: ลงทะเบียนและชำระเงิน ระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2557

สำหรับผู้สมัครที่ผ่านการคัดเลือก การชำระเงินค่าลงทะเบียนต้องดำเนินการอย่างช้าในวันที่ 1 เมษายน 2557

การโอนเงิน

ขั้นตอนที่ 1:

ทำการโอนเงินเข้าบัญชี ECTI ACCOUNT ตามรายละเอียดดังนี้

Bank name: Siam Commercial Bank

Account name: ECTI Association

Bank Branch: Bangkadi (Pathumthani)

Saving Account No. 329-564256-8

ธนาคารไทยพาณิชย์

ชื่อบัญชี ECTI Association

สาขา บางกะดี (ปทุมธานี)

บัญชี ออมทรัพย์ หมายเลข 329-564256-8

ขั้นตอนที่ 2:

ทำการสแกน Slip พร้อม Upload ผ่านลิงค์ข้างล่างนี้

<http://ecticard2014.ecticard.org/submission/payment/home0>

หรือส่งสแกน Slip ทาง email มาที่ secretary@ecticard2014.ecticard.org (กรุณา ระบุชื่อผู้ลงทะเบียน มหาวิทยาลัย และเบอร์โทรศัพท์ ใน email ด้วยค่ะ)
(สำหรับท่านที่ประสงค์จะลงทะเบียนหลังจากวันที่ 1 เม.ย. ขอเชิญลงทะเบียนและชำระเงินได้ที่หน้างาน ระหว่างวันที่ 21-23 พ.ค. 2557)

หมายเหตุ

1. Regular, ECTI-Member, Student, ECTI-Student-Member สามารถเข้าร่วมการนำเสนอผลงาน ชมการสาธิตผลงานและงานแสดงต่างๆ และจะได้รับ Proceeding, CD-ROM, Bag, Souvenir, Coffee-break, Lunch, Dinner banquet (21 พ.ค.57)
2. Accompany สามารถเข้าร่วมฟังการนำเสนอผลงาน ชมการสาธิตผลงานและงานแสดงต่างๆ และจะได้รับ CD-ROM, Coffee-break, Lunch, Dinner banquet (21 พ.ค.57) + คู่มือท่องเที่ยวของเชียงใหม่
3. บัตรเพิ่มเติมสำหรับ Dinner banquet สามารถติดต่อขอได้ที่โต๊ะลงทะเบียนในวันงาน (เด็กความสูงน้อยกว่า 120 ซม. ไม่ต้องใช้บัตร Dinner banquet)

- HOME
- WELCOME MESSAGE
- ECTI COMMITTEE
- CONFERENCE COMMITTEE
- KEYNOTE SPEAKER
- CONFERENCE INFORMATION
- CALL FOR PAPER


- [PAPER SUBMISSION](#)
- [REGISTRATION](#)
- [PROGRAM](#)
- [SPONSORSHIP](#)
- [EXHIBITION](#)
- [GENERAL INFORMATION](#)
- [VENUE/ACCESS](#)
- [ACCOMMODATION/TOURS](#)
- [ECTI-CARD2014 AWARD](#)
- [CONTACT](#)

-

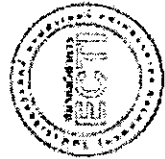
- **งานประชุมวิชาการที่เกี่ยวข้อง**

ECTI-CON 2014



-  **IEEE** IEEE Catalog Number: CFP1406E-ART
Xplore ISBN: 978-1-4799-2791-1
Hybrid Edition

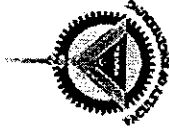
- **ร่วมจัดการประชุมโดย**



- **สมาคมวิศวกรรมศาสตร์แห่งประเทศไทย**
ไทยวิศวกรรมศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์
วิศวกรรมศาสตร์



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล
สำนักงาน กทม. เขตปทุมธานี




วิทยาลัยเทคโนโลยี
ราชมงคล



Information Technology
Resources Education
Center


• Facebook

Find us on Facebook



ECTI-CARD 2014
Like

290 people like ECTI-CARD 2014.



Facebook social plugin