

## การศึกษาผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโทรดเพื่อการผลิตโอโซน

เสนอห์ สาทลาลัย <sup>\* 1)</sup> และ วีระเชษฐ ชันเงิน <sup>2)</sup>

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแท่งอิเล็กโทรดต่อปริมาณการผลิตโอโซนแบบโคโรนาดิสชาร์จ แรงดันสูงความถี่สูง ที่ 15 kV 25 kHz แท่งอิเล็กโทรดมีลักษณะเป็นแบบทรงกระบอกซ้อนกันรวมจำนวน 2 ชั้น ยานการผลิตก๊าซโอโซนสูงสุด 50 g/hr ซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ด้านอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแท่งอิเล็กโทรดต่อปริมาณการผลิตโอโซนโดยพิจารณาอุณหภูมิ ตั้งแต่ 15 °C ถึงอุณหภูมิก่อนการเบรกดาวน์ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตโอโซนสูงสุด โดยทำการควบคุมองค์ประกอบอื่นให้คงที่ จากการทดสอบพบว่าช่วงอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโทรด 25 °C ได้อัตราการผลิตก๊าซโอโซนสูงสุดที่ 50 g/hr และได้นำหลักการทางคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์ระหว่างผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโทรดกับปริมาณการผลิตก๊าซโอโซน สามารถเขียนความสัมพันธ์ในรูปแบบการพหุนาม ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์หาแนวโน้มผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแท่งอิเล็กโทรดกับอัตราการผลิตก๊าซโอโซนและนำไปประยุกต์ใช้กับการประเมินประสิทธิภาพเครื่องผลิตโอโซนในอุตสาหกรรมได้

**คำสำคัญ:** ผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโทรด, โคโรนาดิสชาร์จ, โอโซน

---

<sup>\* 1)</sup> นักศึกษาปริญญาโท, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520, Corresponding Author, อีเมล: sanae\_psc@yahoo.com

<sup>2)</sup> รองศาสตราจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ 10520, อีเมล: kkveerac@yahoo.com

## The Study of Temperature Effect in Electrode Rods for Ozone Generation

Sanae Sathalalai<sup>\*1)</sup> and Werachet Khan-ngern<sup>2)</sup>

### Abstract

This research presents the study of temperature effect in electrode rods of the ozone generator which can affect the productivity of ozone in ozone generator that using high voltage high frequency corona discharge technique at 15 kV 25 kHz . The electrode rods are the common core cylinders and two insulator layers. These electrode rods can produce ozone with maximum rate of 50 g/hr. In order to determine the suitable temperature for production of maximum ozone amount, the study of temperature effects ranging from 15 °C until the break down temperature point occurs, by minimize other variable factors. The temperature on electrode at 25 °C can generate ozone at highest capacity at 50 g/hr. The relationship of temperature occurs in electrode rods and generating efficiency of ozone can be shown in mathematic polynomial equation. This equation can predict the effectiveness of the resulted on ozone generation amount due to the temperature occur in producing process of ozone generators in manufacturing.

**Keywords:** Temperature Effect in Electrode Rods, Corona Discharge, Ozone

---

<sup>\* 1)</sup> Post Graduated Students, Department of Electrical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, Corresponding Author, E-mail: sanae\_psc@yahoo.com

<sup>2)</sup> Associate Professor, Department of Electrical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520, E-mail: kkveerac@yahoo.com

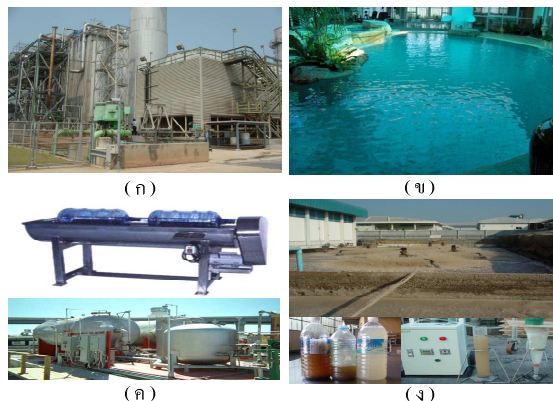
## 1. บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ตลอดจนปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสิ่งแวดล้อม ถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของโลก จึงได้รับความสนใจ และพยายามแก้ไขจากหลายๆ องค์การทั้งส่วนประชาชน จนถึงผู้นำประเทศ จึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ เพื่อนำมาทดแทนและแก้ปัญหา เทคโนโลยีที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องอย่างหนึ่ง คือระบบโอโซนและเกิดการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม (Mohandes, et al., 1992) เพื่อนำมาทดแทนเคมีและแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ซึ่งไม่ส่งผลเสียต่อระบบสิ่งแวดล้อมในอนาคต ยกตัวอย่าง เช่น ลดการใช้เคมีในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับระบบระบาย ความร้อนในหอผึ่งเย็น ดูแลกลิ่นและสีในระบบน้ำเสีย กำจัดกลิ่นเหม็นในอากาศ หม่าเชื้อในห้องปลอดเชื้อ ใช้แทนเคมีในสระว่ายน้ำ เป็นต้นตามรูปที่ 1. ซึ่งการผลิต โอโซนมีด้วยกันหลากหลายวิธี (พรพิมล, 2543), (Potivejkul, Kinnares and Rattanavichien, 1998), (Marcos Alonso, et al., 2004) เพื่อเป้าหมายในการประยุกต์เครื่องผลิตโอโซนโดยวิธีการต่างๆ ให้ได้ปริมาณ โอโซนสูงตลอดจนเป้าหมายเพื่อการลดพลังงาน และใช้ พลังงานอื่นทดแทน แต่ปัญหาอีกด้านหนึ่งเกี่ยวกับการ ใช้งานระบบโอโซนคือ ทำอย่างไรจึงจะใช้ระบบโอโซน ได้ผลและมีประสิทธิภาพตามต้องการต่อเนื่องตลอดอายุ การใช้งาน ซึ่งผลที่ทำให้ระบบโอโซนประสิทธิภาพลดลง อย่างเห็นได้ชัดเจน คือ ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้น อุณหภูมิ เป็นต้น

ดังนั้นงานวิจัยนี้นำเสนอวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในแท่งอิเล็กโตรดต่อแนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงการเกิดปริมาณก๊าซโอโซน เพื่อที่นำมา ตรวจสอบประสิทธิภาพระบบโอโซนในขณะที่ระบบโอโซน ทำงาน โดยที่งานวิจัยที่ผ่านมาได้กล่าวถึงผลของอุณหภูมิ ต่อพลังงานด้านเข้าและความถี่ (Boonseng, Kinnares and Apriratikul, 2000)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลงานวิจัยนี้ทำการ ควบคุมตัวแปรอื่นๆ ให้คงที่ โดยปรับเพียงแค่ตัวแปรเดียว คือ อุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรดโดยวิธีการต่างๆ นำผล

ที่ได้มาใช้หลักการทางคณิตศาสตร์หาความสัมพันธ์เพื่อ คาค่าปริมาณก๊าซโอโซนในช่วงที่ระบบโอโซนทำงานได้



รูปที่ 1 (ก) โอโซนสำหรับหอผึ่งเย็น (ข) โอโซนสำหรับสระ ว่ายน้ำ (ค) โอโซนสำหรับน้ำดื่ม (ง) โอโซนสำหรับน้ำเสีย

## 2. ทฤษฎี

### 2.1 กระบวนการแตกตัวของก๊าซและการผลิตโอโซน

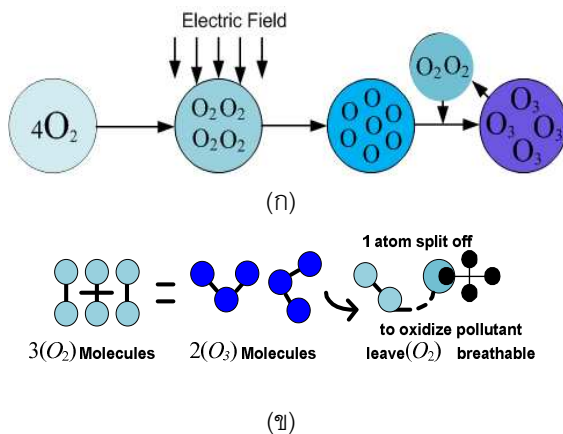
โอโซนเป็นก๊าซที่ประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอม จับตัวกันอยู่ในสถานะไม่เสถียร สลายตัวได้ง่าย ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขแวดล้อมและความหนาแน่นของปริมาณ ที่ผลิต ในส่วนของขั้นตอนการผลิตประกอบด้วย กระบวนการสร้างอะตอมอิสระของออกซิเจน (Free Radical) จากโมเลกุลก๊าซออกซิเจนในอากาศ หลังจากนั้นอะตอมอิสระเหล่านี้จะรวมตัวเข้ากับโมเลกุลก๊าซ ออกซิเจนเกิดเป็นโอโซน ( $O_3$ ) แต่ไม่เสถียรภาพ สลายตัว ได้ง่าย กระบวนการเกิดโอโซนเกิดได้จากปรากฏการณ์ 2 ชนิด คือ กระบวนการไอออไนเซชัน (Ionization) และ กระบวนการแยกตัว (Dissociation) (Kuffel and Abdulah, 1977), (Alston, 1968) ในกระบวนการแตกตัว ของก๊าซนั้น ไอออไนเซชัน คือ การเพิ่มของประจุแบบ ทวีคูณ (Electron Avalanche) นำไปสู่การเบรกดาวนใน อนุวันที่พิจารณา ทำให้กระแสไฟฟ้าวิ่งทะลุผ่านอนุว นสิ่งที่เกิดตามมา คือ ความร้อน เนื่องจากกระแสที่ไหล จากการเบรกดาวนที่เกิดขึ้น ทำให้โอโซนซึ่งมีพลังงาน พันธะต่ำเกิดการสลายตัว ดังนั้นในการผลิตโอโซน จึงไม่ควรเกิดการเบรกดาวนขึ้น สิ่งที่เกิดขึ้นควรเป็น สภาวะการเกิดโคโรนาดีสชาร์จ (Moom, et al., 1998), (Dorsey, et al., 1994) เนื่องจากพลังงานที่อิเล็กตรอนรับ จากสนามไฟฟ้าควรมีค่าน้อยกว่าพลังงานไอออไนเซชัน

เพียงพอที่จะทำให้เกิดการแยกตัวของอะตอมออกซิเจนออกจากกัน จากระดับพลังงานของออกซิเจน จะเห็นว่าออกซิเจนมีระดับพลังงานที่ต่างกันหลายระดับ ซึ่งออกซิเจนที่สามารถรวมตัวเป็นโอโซนได้มี 2 ระดับ คือ

- การแตกโครงสร้างโมเลกุลก๊าซออกซิเจนออกเป็นอะตอมอิสระ (Dissociation Reaction)

- การจับตัวของอะตอมอิสระ กับโมเลกุลก๊าซออกซิเจนเป็นโอโซน (Ozone Generation)

หน้าที่หลักที่สำคัญและเป็นลักษณะเด่นของโอโซน คือ ทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) (Bruno Langlias, et al., 1991) ดังแสดงในรูปที่ 2 (ก) และ (ข)



รูปที่ 2 (ก) กระบวนการแตกโครงสร้างโมเลกุลจากออกซิเจนเป็นโอโซน

(ข) กระบวนการทำงานของโอโซนในการออกซิไดซ์ (Oxidation)

## 2.2 พลังงานสะสมในสนามไฟฟ้า

สำหรับการคำนวณหาพลังงานสะสมในสนามไฟฟ้าที่ใช้ในการแตกตัวของก๊าซภายในแท่งอิเล็กโทรดจะหาได้ตามสมการ (1), (Bruno Langlias, et al., 1991)

$$w = \frac{1}{2} \int \epsilon_0 E^2 dv \quad (1)$$

$w$  คือ พลังงานที่ทำอากาศแตกตัว ( J )

$E$  คือ ค่าความเครียดสนามไฟฟ้า ( V/m )

$v$  คือ ปริมาตรของก๊าซภายในแท่ง (  $m^3$  )

$\epsilon_0$  คือ ค่าความคงทนสนามไฟฟ้า =  $8.845 \times 10^{-12}$  F/m

## 2.3 อิเล็กโทรดแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วมฉนวนสองชั้น

การหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดเกิดที่ผิวทรงกระบอกภายใน (สำรวย, 2538), (Samaranayake, Hackam and Akiyama, 2001) แต่งานวิจัยนี้การออกแบบอิเล็กโทรดรูปทรงกระบอกซ้อนกันร่วมเริ่มพิจารณาจากการออกแบบมิติที่เหมาะสม (Optimum Dimension) ของรัศมี  $r_2$  และ  $r_3$  แต่ในการออกแบบเครื่องผลิตโอโซนหลักการจะตรงข้าม คือ ต้องการใช้แรงดันต่ำ [ แรงดันเบรกดาวน์ (  $V_b$  ) = แรงดันที่ทำให้อากาศในแก๊สแตกตัว (  $V_i$  ) ] เพื่อสร้างความเครียดสูง (  $E_c$  ) จนเพียงพอที่จะทำให้อากาศแตกตัว สิ่งที่กำหนดให้เป็นเงื่อนไขคงตัวในการออกแบบ คือ รัศมีทรงกระบอกนอก เนื่องจากทรงกระบอกนอกที่เป็นกราวด์ทำจากสแตนเลส มีความจำกัดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ผลิตในทางอุตสาหกรรม และฉนวนแก้วทนความร้อนเป็นทรงกระบอกวงใน โดยให้ความกว้างของฉนวนแก้วและความกว้างของฉนวนอากาศที่เหมาะสมกัน ซึ่งการนำวิธีการออกแบบมิติที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้จึงถูกนำเสนอด้วยสมการ (2), (Bruno Langlias, et al., 1991)

$$E = \frac{\epsilon_1 V}{r_2 \left[ \epsilon_1 \ln \frac{r_3}{r_2} + \epsilon_2 \ln \frac{r_2}{r_1} \right]} \quad (2)$$

$E$  คือ ความเครียดสนามไฟฟ้า ( kV/cm )

$V$  คือ แรงดันที่ป้อน ( V )

$r_1$  คือ รัศมีวงในของฉนวนแข็ง ( m )

$r_2$  คือ รัศมีวงนอกของฉนวนแข็ง ( m )

$r_3$  คือ รัศมีวงในแท่งอิเล็กโทรดส่วนที่เป็นกราวด์ ( m )

$\epsilon_1$  คือ ค่าคงที่ฉนวนสัมพัทธ์ของแก้ว = 9

$\epsilon_2$  คือ ค่าคงที่ฉนวนสัมพัทธ์ของอากาศ = 1

## 2.4 การประมาณค่าในช่วงโดยสมการโพลินอมียัล

การคำนวณหาปริมาณโอโซนเพื่อเปรียบเทียบและประมาณค่าปริมาณโอโซนค่าจริงและค่าที่คำนวณในช่วงการทดลองได้จากสมการ (3), (อำพล, 1/2551)

$$y = a_i x^4 + b_i x^3 + c_i x^2 + d_i x + e_i \quad (3)$$

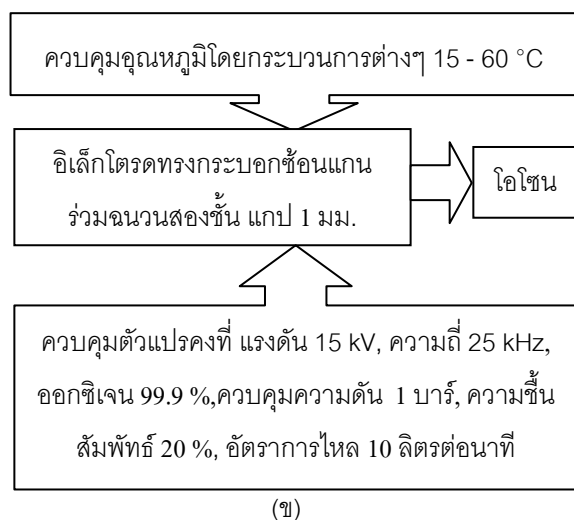
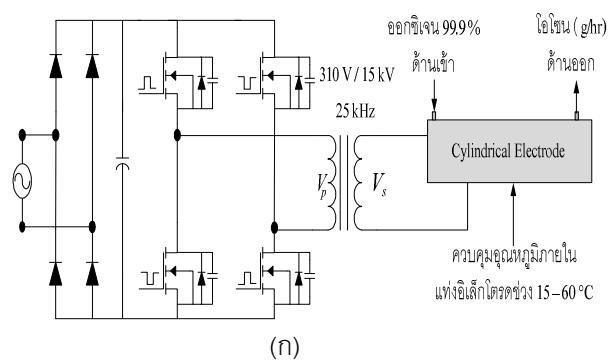
เมื่อ  $y$  = อัตราการผลิตก๊าซโอโซน (g/hr)

$x$  = อุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรด ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 3. เงื่อนไขและการออกแบบ

ปัจจัยสำคัญที่ต้องเรียนรู้เพื่อให้ได้ปริมาณโอโซนปริมาณสูงก็คือ องค์ประกอบต่าง ซึ่งองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโอโซนแบ่งออกเป็น 2 ตัวแปร (Samaranayake, Hackam and Akiyama, 2001) คือ ตัวแปรทางไฟฟ้า เช่น ประเภทของก๊าซสนามไฟฟ้า ผลของความถี่ไฟฟ้า และตัวแปรทางสิ่งแวดล้อม เช่น ความชื้นที่ผ่านสนามไฟฟ้า อุณหภูมิแท่งอิเล็กโตรด อัตราการไหลของอากาศผ่านแก๊ส เป็นต้น

เงื่อนไขของงานวิจัยนี้หลักๆ คือ เรื่องของการเลือกวัสดุที่ใช้ต้องมีการผลิตและจำหน่ายในอุตสาหกรรมภายในประเทศ และมีความคงทนที่สามารถนำไปใช้ได้จริง เพื่อการสร้างเครื่องผลิตโอโซนสำหรับใช้งานกับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการออกแบบงานวิจัยนี้ จะขึ้นกับเงื่อนไขและองค์ประกอบต่างๆ ตามรูปที่ 3 (ข) ซึ่งทำการควบคุมองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้ให้คงที่ โดยที่ ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า แรงดันสูงความถี่สูงพิกัด 600 VA แรงดันสูง 15 kV ความถี่ 25 kHz แท่งอิเล็กโตรดเป็นแบบทรงกระบอกซ้อนกันรวมจำนวนสองชั้น เป็นแบบทรงกระบอกซ้อนกันรวมจำนวนสองชั้น (Dararash, et al., 2005) กำหนดแก๊สกว้างที่ 1 มิลลิเมตร แสดงลักษณะการเชื่อมต่อวงจรทางไฟฟ้าและการทำงานโดยรวมของระบบตามรูปที่ 3 (ก) ทำการควบคุมองค์ประกอบทางสิ่งแวดล้อมให้คงที่ โดยควบคุมออกซิเจนที่ทำการผลิตโอโซนให้มีความบริสุทธิ์ 99.9 % ควบคุมความดันด้านเข้าแท่งอิเล็กโตรดไว้ที่ 1 บาร์ อัตราการไหล 10 ลิตรต่อนาที และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ออกซิเจนไว้ที่ 20 %



รูปที่ 3 (ก) แหล่งจ่ายแรงดันสูงความถี่สูง และอิเล็กโตรด

(ข) บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการศึกษา

### 4. กระบวนการทดลอง

งานวิจัยนี้เริ่มต้นจากการสร้างเครื่องผลิตโอโซน จากนั้นนำติดตั้งลงบนแผ่นอลูมิเนียมที่มีฐานสามารถปรับมุมมองได้ตามต้องการ ฐานที่ใช้ในการทดลองนี้ปรับไว้ที่ 45 องศา และติดตั้งเครื่องมือวัดอุณหภูมิไว้กับแกนแนวตั้งที่สามารถปรับมุมมองได้ โดยเครื่องมือวัดอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรดเป็นแบบเลเซอร์ยี่ห้อ Fluke 561 ความละเอียด  $0.1^{\circ}\text{C}$  ส่วนกระบวนการควบคุมอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรดตั้งแต่  $15 - 60^{\circ}\text{C}$  ทำได้โดยวิธีดังต่อไปนี้

- ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้น้ำอุณหภูมิตัววิ่งผ่านผิวแท่งอิเล็กโตรดด้านนอก

- ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้น้ำอุณหภูมิสูงวิ่งผ่านผิวแท่งอิเล็กโทรดด้านนอก

- ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ลมอุณหภูมิต่ำวิ่งผ่านหัวแท่งอิเล็กโทรดด้านใน

- ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ลมอุณหภูมิสูงวิ่งผ่านหัวแท่งอิเล็กโทรดด้านใน

- ที่เวลาเดียวกันทำการควบคุมอุณหภูมิโดยใช้น้ำอุณหภูมิสูงวิ่งผ่านผิวแท่งอิเล็กโทรดด้านนอกและควบคุมอุณหภูมิโดยใช้ลมอุณหภูมิสูงวิ่งผ่านหัวแท่งอิเล็กโทรดด้านใน

- ควบคุมอุณหภูมิโดยใช้เครื่องทำความเย็น

เมื่อทำการควบคุมอุณหภูมิได้แล้ว ก็เข้าสู่กระบวนการเก็บผลปริมาณไอโซนโดยวัดปริมาณไอโซนด้วยวิธีการโทรเตรด (Samaranayake, Hackam and Akiyama, 2001) ซึ่งสารเคมีที่ใช้มีด้วยกัน 4 ชนิด ดังนี้

- สารละลายโปแตสเซียมไอโอไดด์ ( 2% KI) ละลายสารโปแตสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2.5 กรัม (g) ในน้ำกลั่น 100 มิลลิตร (mL)

- สารละลายกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ละลายสารกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) ให้มีความเข้มข้น 1N  $H_2SO_4$

- สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ( $Na_2S_2O_3$ ) ละลาย ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) จำนวน 25 กรัม (g) ในน้ำ 1 ลิตร (L) ให้มีความเข้มข้น 0.1 N  $Na_2S_2O_3$

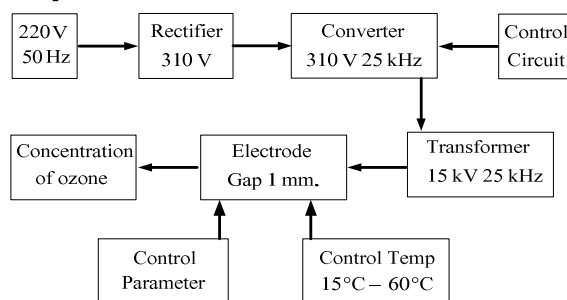
- น้ำแป้ง (1% Starch) ละลายน้ำแป้ง 1 กรัม (g) ทำให้มีปริมาตร 100 มิลลิตร (mL)

เก็บผลการทดลองปริมาณไอโซน 3 ครั้ง โดยทำการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ โดยทิ้งระยะเวลาผ่านไป 5 นาที ทำการวัดอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโทรด 3 จุด เพื่อพิจารณาการกระจายของอุณหภูมิที่สม่ำเสมอตามรูปที่ 4 โดยที่ตำแหน่งแต่ละจุดที่ทำการยิงเลเซอร์ได้ระบุไว้ชัดเจนด้วยวิธีการแต้มเป็นจุดสีดำ ซึ่งจะได้ประโยชน์

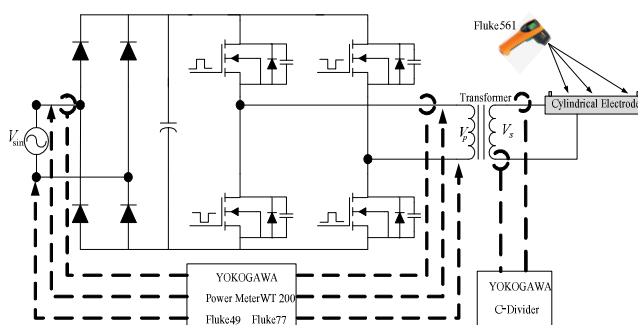
ในการลดความผิดพลาดในการวัดที่อาจเกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่างกัน และกระบวนการสุดท้ายนำผลที่ได้มาวิเคราะห์โดยสมการทางคณิตศาสตร์

## 5. ผลที่ได้จากการทดสอบ

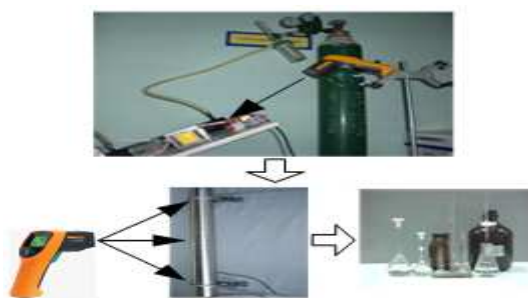
สำหรับงานวิจัยนี้กระบวนการทดลองตามรูปที่ 4. (ก), (ข) และ (ค) ได้ทดสอบปรับอุณหภูมิตั้งแต่ 15 - 60 °C ได้แบ่งการทดลองออกเป็นช่วงๆ คือ ช่วงที่ 1. อุณหภูมิตั้งแต่ 15 - 35 °C ช่วงที่ 2. อุณหภูมิตั้งแต่ 36 - 56 °C ซึ่งผลการทดลองพบว่าปริมาณไอโซนที่ผลิตได้สูงสุด 50 g/hr ที่อุณหภูมิวัดได้ 25 °C นำข้อมูลปริมาณไอโซนและผลของอุณหภูมิมาเขียนกราฟแสดงตามรูปที่ 5 (ก) และ (ข)



(ก)

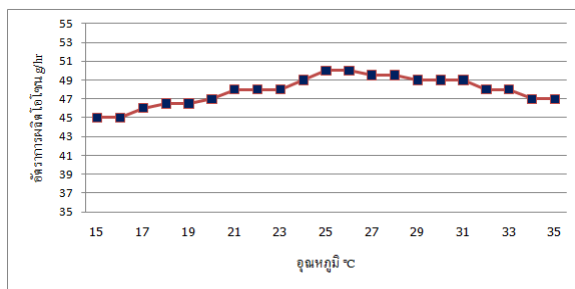


(ข)

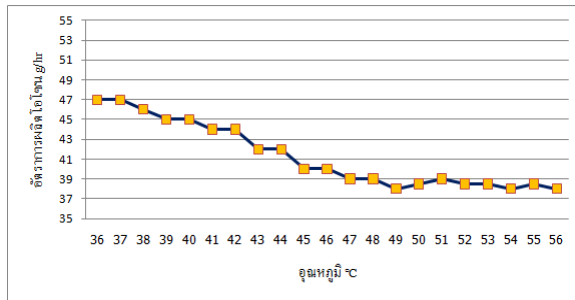


(ค)

รูปที่ 4 แสดงลักษณะของกระบวนการทดลองและลักษณะการวัดผลโดยอุปกรณ์ต่างๆ



(ก)



(ข)

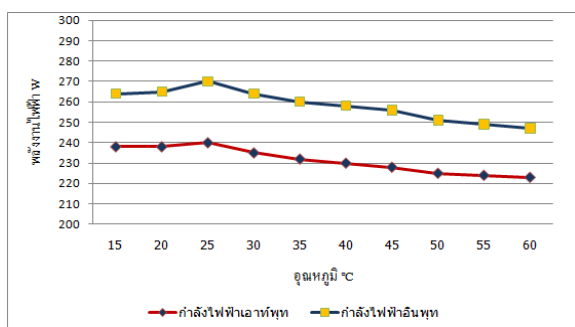
รูปที่ 5 (ก) แสดงผลอัตราการผลิตไฮโดรเจนกับผลของ

อุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์ในช่วง 15 - 35 °C

(ข) แสดงผลอัตราการผลิตไฮโดรเจนกับผลของอุณหภูมิ

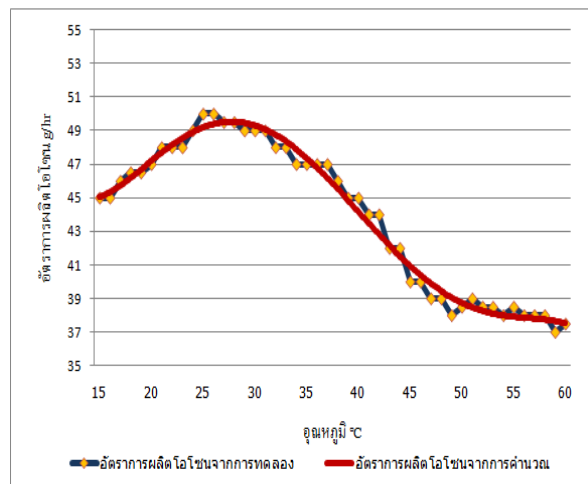
ภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์ในช่วง 36 - 56 °C

งานวิจัยนี้พบว่าเมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลง แต่ประสิทธิภาพทางกำลังไฟฟ้ามีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง และเมื่อที่อุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์สูงขึ้นพลังงานอินพุตและเอาต์พุตกลับมีแนวโน้มลดลงตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงเปรียบเทียบผลพลังงานอินพุตและเอาต์พุตกับผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์

ดังนั้นนำผลการทดลองช่วง 15 - 60 °C เปรียบเทียบผลปริมาณไฮโดรเจนค่าจากการวัดและผลปริมาณไฮโดรเจนจากการคำนวณเพื่อคาดเดาปริมาณไฮโดรเจนจากสมการที่ (3) ได้ตามรูปที่ 7 และสมการที่ (4)



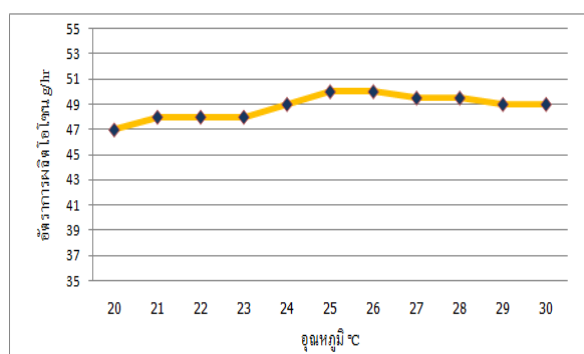
รูปที่ 7 กราฟแสดงปริมาณไฮโดรเจนค่าจริง และปริมาณไฮโดรเจนที่โดยสมการโพลิโนเมียลช่วง 15 - 60 °C

$$y = 0.0002x^4 - 0.0074x^3 + 0.0903x^2 + 0.0715x + 44.883 \quad (4)$$

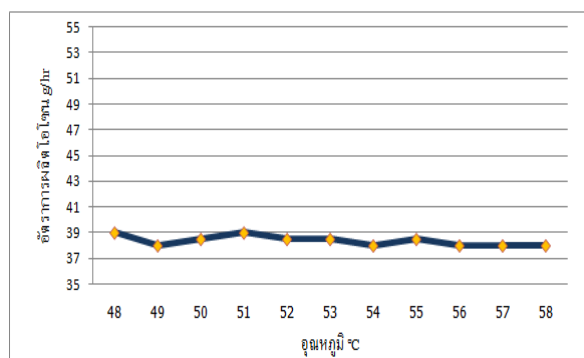
## 6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองทำการเก็บผลปริมาณไฮโดรเจนที่อุณหภูมิเดียวกันจำนวน 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ยและความผิดพลาดที่เกิดจากการวัด พบว่าในการวัดปริมาณไฮโดรเจนมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.00 - 0.271 ซึ่งถือว่าเกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดโดยการไตร่ตรองปริมาณก๊าซไฮโดรเจนน้อยมาก จึงได้นำผลการทดลองมาวิเคราะห์เบื้องต้นได้ว่า เมื่อทำการควบคุมค่าตัวแปรทางไฟฟ้าคงที่และตัวแปรทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆ คงที่ โดยยกเว้นเพียงผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์นั้น พบว่าอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กทรอนิกส์ทำให้อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนมีการเปลี่ยนแปลง และที่อัตราการผลิตก๊าซไฮโดรเจนสามารถผลิตได้สูงสุดที่อุณหภูมิช่วงหนึ่งเท่านั้นตามรูปที่ 8 (ก) แต่เมื่ออุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอัตราการผลิตไฮโดรเจนกลับมีแนวโน้มลดลง เหตุผลที่เป็นเช่นนี้คาดว่าเกิดจากก๊าซไฮโดรเจนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร เมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงการสลายตัวกลับสู่สถานะออกซิเจนก็เกิดขึ้นง่าย แต่ตรงจุดที่อุณหภูมิสูงมีข้อดีตรงจุดที่ทำให้ไม่ต้องใช้แรงดันในการสร้างโคโรนาสูงที่ทำให้อากาศแตกตัว (สำรวจ, 2538) เมื่อพิจารณาทางด้านอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิ 25 °C ปริมาณไฮโดรเจนที่ผลิตได้กลับมีแนวโน้มลดลง ซึ่งไม่สอดคล้องกับการอธิบายมาข้างต้น เหตุผลที่อุณหภูมิด้านต่ำได้ปริมาณ

ไอโซนลดลงนั้นเนื่องจาก เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงทำให้อากาศที่มีสถานะเป็นฉนวนเกิดการแตกตัวได้ยากมากขึ้นหรือเข้าใจได้ว่าที่อุณหภูมิต่ำอากาศทนต่อการเบรกดาวนได้มากกว่าที่อุณหภูมิสูง(สำรวจ, 2538) ซึ่งเมื่อต้องการให้อากาศแตกตัวได้มากขึ้นหรือต้องการได้ปริมาณก๊าซไอโซนมากขึ้นก็ต้องมีการปรับแรงดันที่ทำให้เกิดโคโรนาสูงขึ้นตามไปด้วย จากการทดลองยังพบว่าที่อุณหภูมิถึงช่วงๆหนึ่ง อัตราการผลิตไอโซนได้ปริมาณก๊าซไอโซนค่อนข้างคงที่ตามรูปที่ 8 (ก) และจากการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นสามารถประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์มาช่วยประมาณค่าปริมาณไอโซนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณไอโซนระหว่างค่าจริงและค่าที่คำนวณในสภาวะที่ไอโซนทำงานอยู่ได้ เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการตรวจสอบประสิทธิภาพของการผลิตไอโซน



(ก)



(ข)

รูปที่ 8 (ก) แสดงผลอัตราการผลิตไอโซนกับผลของ

อุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรดช่วง 20 - 30 °C

(ข) แสดงผลอัตราการผลิตไอโซนกับผลของอุณหภูมิ

ภายในแท่งอิเล็กโตรดช่วง 48 - 58 °C

## 7.สรุปผลการทดสอบ

จากการทดลอง สรุปได้ว่าผลของอุณหภูมิภายในแท่งอิเล็กโตรดมีผลกระทบต่อปริมาณไอโซนโดยตรง คือที่อุณหภูมิช่วง 15 - 25 °C ปริมาณไอโซนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นและอุณหภูมิช่วง 26 - 36 °C ปริมาณไอโซนมีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณก๊าซไอโซนที่ผลิตได้มีค่าสูงสุดที่ 50 g/hr ในช่วงอุณหภูมิ 20 - 30 °C ซึ่งช่วงอุณหภูมิช่วงที่สูงขึ้นมากกว่า 36 °C ขึ้นไป ปริมาณไอโซนมีแนวโน้มลดลงและคงที่ที่อุณหภูมิช่วง 48 - 58 °C ซึ่งข้อเสียของอุณหภูมิต่อการผลิตก๊าซไอโซนทำให้เมื่อต้องการได้ก๊าซไอโซนที่คงที่ ต้องเสียค่าใช้จ่ายและพลังงานในการสร้างระบบระบายความร้อน ข้อดีคือสามารถนำข้อดีตรงส่วนนี้ประยุกต์ใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพปริมาณไอโซนของเครื่องผลิตไอโซนได้ ซึ่งนำมาเทียบกับพิกัด ข้อมูลตามที่ถูกผลิตเครื่องระบุไว้ และจากการทดลองสามารถนำสมการทางคณิตศาสตร์ มาช่วยคาดเดาประสิทธิภาพของปริมาณไอโซนได้ ดังนั้นจะมีประโยชน์อย่างยิ่งในการตรวจสอบระบบไอโซนได้สะดวกและรวดเร็ว

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วีระเชษฐ์ ชันเงิน ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเคมีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครที่ให้ความช่วยเหลือในการวัดไอโซน

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัย EMC และภาควิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้ และขอบคุณพี่น้องห้องปฏิบัติการทุกคน

สำหรับคุณงามความดีที่ได้จากงานวิจัยฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดาซึ่งเป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่ง ตลอดจนครู อาจารย์ที่เคารพรักทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

## เอกสารอ้างอิง

- พรพิมล รัตนวิเชียร. “เครื่องผลิตก๊าซโอโซนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์”วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543
- สราวุธ คำนับไทย, “เครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบแรงดันสูง ความถี่สูงโดยใช้เทคนิคความหนาแน่นพัลส์” วิทยานิพนธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2551
- สำรวย สังข์สะอาด, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- อำพล ธรรมเจริญ, วิธีการคำนวณและการวิเคราะห์เชิงตัวเลข ตำรามาตรฐานชุดคณิตศาสตร์ประยุกต์ เล่มที่ 5, 1/2551
- Bruno Langlias, et. al. Ozone in Water Treatment. 2nd Ed. Lewis Publishers. 1991.
- C. Boonseng, V. Kinnarees, P. Apriratikul “Harmonic Analysis of Corona Discharge Ozone Generator Using Brush Electrode Configuration” IEEE 2000. pp. 404-408
- E. Kuffel, M. Abdulah. High - Voltage Engineering. Oxford : Pergamon Press. 1977.
- J. A. Dorsey. *Et al*, “Ozone Production in Electrostatic Air Cleaners with Contaminated Electrodes,” *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 30, no. 2, March/April 1994.
- J. A. Robinson, *et al*, “A New Type of Ozone Generator Using Taylor Cones on Water Surfaces,” *IEEE Trans. Id Applicat.* vol. 30 no. 2, July/August 1998 .
- J. Dararash , S. Sathalalai, N. Saengtarong, P.Kerdonfag and W.Khan-ngern, “The study of ozone generation using electric field with variation of air flow rate and electrode tube length” ICEMC July 2005. pp.1A-1
- J. Marcos Alonso, Jesus Cardesin, Emilio Lopez Corominas, Manuel Rico-Secedes and Jorge Garcia,“ Low -Power High-Voltage High – Frequency Power Supply for Ozone Generation,” IEEE Transection on Industry Application, March/April 2004. Vol.40, No,2,pp.414-421
- J. Moom, et al, “ Discharge and Ozone Generation Characteristics of a Ferroelectric-BalVMica-Sheet Barrier,” *IEEE Tram. Ind, Apphcot.*, vol.34 no. 6, 1998.
- L. L. Alston , High Voltage Technology, Oxford University Press,London, 1968.
- M. Th. El - Mohandes, et.al.“Ozone Production in Corona Discharge in Air in a Multi-Needle to Plane Configuration.” Conference Record of the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, vol.2. 1992. pp.1567-1569.
- S. Potivejkul,V. Kinnarees, P. Rattanavichien, Design of Ozone Generator using Solar Energy,” IEEE IAPCCAS, 24-27 Nov 1998, pp. 217-220
- W. J. M. Samaranayake, R. Hackam, H. Akiyama “Ozone synthesis in oxygen using a pulse discharge ” IEEE, pp. 449-452, 2001.