

การศึกษาเชิงทดลองผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อการผลิตโอโซนโดยใช้
ไฟฟ้าแรงดันสูงและอิเล็กโตรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม
EXPERIMENTAL STUDY ON EFFECT OF ELECTRIC FREQUENCY
TO OZONE GENERATION USING HIGH VOLTAGE AND
COAXIAL CYLINDRICAL ELECTRODE

เมธาวี วาระสิทธิ์¹ และ ธนากร น้ำหอมจันทร์²

¹ บริษัท อีคาร์ เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด

² สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อการเกิดโอโซน โดยใช้ไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง และไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูงตามลำดับ อิเล็กโตรดผลิตโอโซน เป็นอิเล็กโตรดแบบทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม โดยดัดแปลงจากหลอดผลิตโอโซนสำเร็จรูป จากการทดสอบชุดผลิตโอโซนสามารถผลิตโอโซนเฉลี่ยดังนี้ ไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง 13.3 กิโลโวลต์ 0.802 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง 3.1 กิโลโวลต์ 3.88 มิลลิกรัมต่อ ชั่วโมง ไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูง 200 กิโลเฮิรตซ์ 2.2 กิโลโวลต์ 32.1 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

คำสำคัญ: โอโซน, ไฟฟ้าแรงดันสูง, อิเล็กโตรดทรงกระบอกซ้อนแกนร่วม

ABSTRACT

This paper presents a study of the effects of electric frequency to ozone generation. The experiments using high voltage direct current, high voltage AC power frequency and high voltage high frequency respectively. Ozone generation electrode is coaxial cylindrical electrode. The results of averaged ozone generation are; high voltage direct current 13.3 kV, 0.802 mg/h, high voltage AC power frequency 3.1 kV, 3.88 mg/h, high voltage high frequency 200 kHz, 2.2 kV, 32.1 mg/h.

KEYWORDS: ozone, high voltage, coaxial cylindrical electrode

1. บทนำ

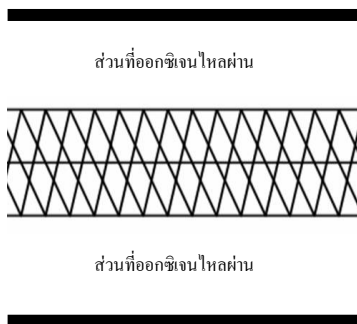
โอโซนเป็นสารออกซิไดซ์ที่รุนแรงกว่าสารออกซิไดซ์อื่นๆ คุณสมบัติที่เห็นชัด เช่น เป็นสารฆ่าเชื้อโรค กำจัดสารพิษ ดับกลิ่น ฟอกสี และเพิ่มออกซิเจน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวางคือ ใช้ทางด้านเกษตรกรรม การแพทย์ อุตสาหกรรม และอื่นๆ เป็นต้น [1, 2] โอโซนมีคุณสมบัติคือ ไวต่อการทำปฏิกิริยาเคมี สามารถฆ่าเชื้อโรคและแบคทีเรียได้ดี ใช้ในการสลายกลิ่น สีและสารเคมี สามารถออกซิไดซ์โลหะหนักในน้ำเสีย และยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและตะไคร่น้ำได้

ก๊าซโอโซนในปัจจุบันสามารถสร้างได้ โดยอาศัยเทคนิคทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง ซึ่งโอโซนเกิดจากการแตกตัวของโมเลกุลก๊าซออกซิเจน ดังความสัมพันธ์ $O_2 + O \Rightarrow O_3$ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีการออกแบบสร้างอิเล็กทรอนิกส์ไฟฟ้าแรงสูงรูปแบบต่างๆ เพื่อสร้างความเครียดสนามไฟฟ้าแตกตัวซึ่งจะส่งผลต่อการเกิดก๊าซโอโซนขึ้น รวมถึงการจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงในรูปแบบของรูปคลื่นที่แตกต่างกันไป ซึ่งยังไม่เกิดความเชื่อมโยงเกี่ยวกับผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อการผลิตก๊าซโอโซน จึงมีแนวคิดที่จะทำการศึกษาเชิงทดลองการผลิตโอโซนด้วยเทคนิคทางวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง โดยใช้อิเล็กทรอนิกส์ทรงกระบอกซ้อนกันเป็นอิเล็กทรอนิกส์อ่างอิง และไฟฟ้าแรงดันสูง 3 รูปแบบรูปคลื่นความถี่ ดังนี้ ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง ไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่กำลัง (50 Hz) และไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูง (200 kHz) เพื่อเปรียบเทียบผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อปริมาณการผลิตก๊าซโอโซน

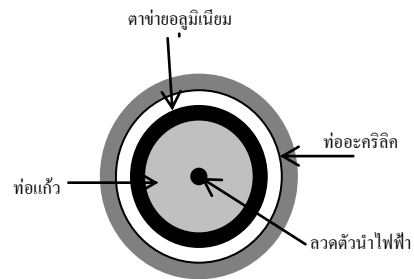
2. วิธีการวิจัย

2.1 การออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ผลิตโอโซน

อิเล็กทรอนิกส์ผลิตโอโซนที่ออกแบบสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีลักษณะเป็นอิเล็กทรอนิกส์ทรงกระบอกซ้อนกัน มีส่วนประกอบดังนี้ ชั้นในสุดเป็นลวดตัวนำไฟฟ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 มิลลิเมตร ยาว 190 มิลลิเมตร ชั้นที่สองเป็นหลอดแก้วขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 8.1 มิลลิเมตร หนา 0.675 มิลลิเมตร ยาว 190 มิลลิเมตร ชั้นที่สามเป็นตาข่ายอลูมิเนียมขนาด กว้าง 30 มิลลิเมตร ยาว 60.15 มิลลิเมตร ชั้นนอกสุดเป็นท่ออะคริลิกขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 15 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร ยาว 250 มิลลิเมตร [3] แสดงดังรูปที่ 1 และโครงสร้างของอิเล็กทรอนิกส์ผลิตโอโซนดังรูปที่ 2

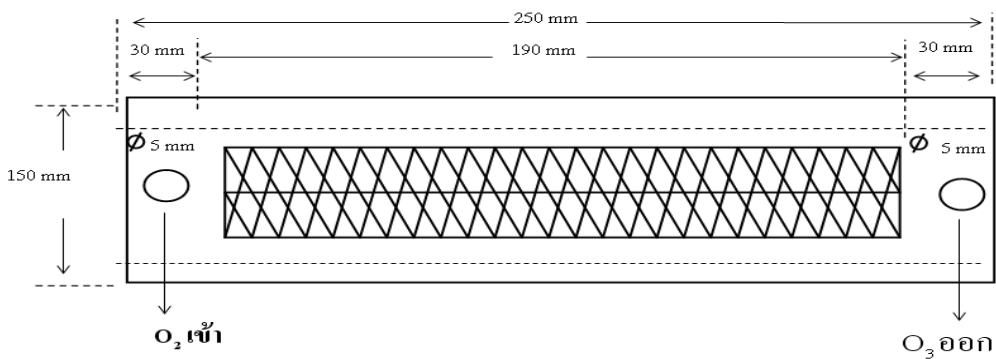


(a) ภาพตามยาว



(b) ภาพตามขวาง

รูปที่ 1 อิเล็กโตรดผลิตโอโซน



รูปที่ 2 โครงสร้างอิเล็กโตรดผลิตโอโซน

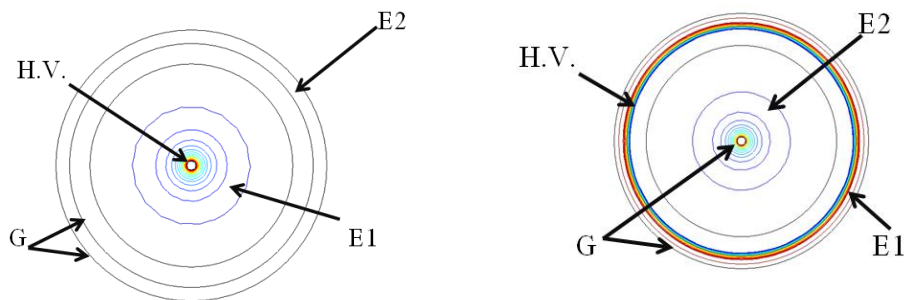


รูปที่ 3 อิเล็กโตรดผลิตโอโซนที่ออกแบบสร้างแล้วเสร็จ

2.2 การวิเคราะห์หาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าของอิเล็กโตรดผลิตโอโซน

ในงานวิจัยนี้จะใช้โปรแกรม COMSOL Multiphysics 3.5 เพื่อจำลองค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุด และทำการเปรียบเทียบค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดระหว่างการใช้ลวด

ตัวนำไฟฟ้า หรือ ตาข่ายอลูมิเนียม เป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูง เพื่อสร้างความเครียดสนามไฟฟ้าได้สูงสุด ผลการวิเคราะห์หาค่าความเครียดสนามไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4



(a) ใช้ลวดตัวนำไฟฟ้าเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูง (b) ใช้ตาข่ายอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูง

รูปที่ 4 ผลการวิเคราะห์หาค่าความเครียดสนามไฟฟ้า

จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณหาค่าความเครียดสนามไฟฟ้าสูงสุดที่ E_1 และ E_2 เมื่อใช้ลวดตัวนำไฟฟ้าเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูงดังรูป (a) โดยจ่ายแรงดันอินพุต 9 kV จะได้ค่า $E_1 = 0.085$ kV/mm และ $E_2 = 0$ kV/mm และ เมื่อใช้ตาข่ายอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูงดังรูป(b) จะได้ค่า $E_1 = 0.092$ kV/mm และ $E_2 = 2.045$ kV/mm ซึ่งงานวิจัยนี้จะพิจารณาสถานการณ์ไฟฟ้าที่ E_2 ซึ่งเป็นบริเวณที่ออกซิเจนไหลผ่านจะเห็นว่า เมื่อใช้ตาข่ายอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูง สนามไฟฟ้าที่ E_2 มีค่าสูงกว่าใช้ลวดตัวนำไฟฟ้าเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ตาข่ายอลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้าแรงสูงและ ใช้ลวดตัวนำเป็นขั้วกราวด์

2.3 การคำนวณหาปริมาณโอโซนวิธีไอโอโดเมทรี

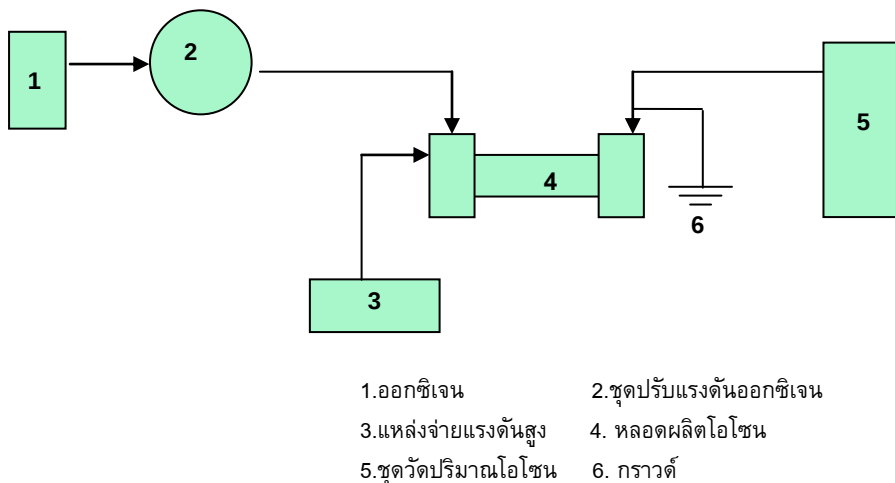
ในการหาปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้นนี้ ใช้วิธีการไทเทรตแบบทางอ้อม โดยทำการไทเทรตกับ สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$) ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาตรที่แน่นอน จากปริมาตรของสารละลายมาตรฐานที่ใช้โดยสามารถคำนวณปริมาณของโอโซนได้ตามสมการที่ 1 ดังนี้ [4, 5]

$$\text{O}_3 = 24 \times V \times M \quad (1)$$

- โดยที่ O_3 คือ มวลของโอโซน, mg
 V คือ ปริมาตรของโซเดียมไทโอซัลเฟต, ml
 M คือ โมลาริตีของโซเดียมไทโอซัลเฟต

3. การทดลองและผลการทดลอง

การศึกษาผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อการเกิดโอโซน เพื่อการเปรียบเทียบผลของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนที่ผลิตได้จะแสดงค่าของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซโอโซนต่อชั่วโมง (mg/h) โดยใช้แหล่งจ่ายแบบต่างๆ ดังนี้ แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง และแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูง ซึ่งมีรายละเอียดในการทดลองแสดงเป็นไดอะแกรมการทำงานของการผลิตโอโซนดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ไดอะแกรมการทำงานของอิเล็กทรอนิกส์ผลิตโอโซน

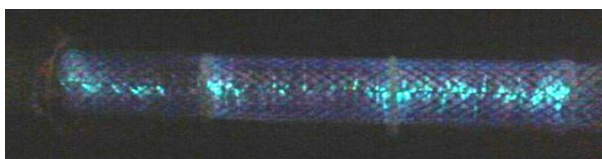
3.1 การทดสอบอัตราการไหลของออกซิเจนต่อการเกิดโอโซน

ทำการทดสอบเพื่อหาอัตราการไหลของออกซิเจนที่มีค่าเหมาะสมในการผลิตโอโซน สำหรับการทดสอบเปรียบเทียบผลของความถี่ทางไฟฟ้าต่อปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้น โดยจ่ายแรงดันที่ 3.2 กิโลโวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ เวลาในการทดสอบ 1 นาที ปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากอิเล็กทรอนิกส์ผลิตโอโซน และ ปริมาณโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการไหลของออกซิเจนต่อการเกิดโอโซน

อัตราการไหลของออกซิเจน (l/min)	โซเดียมไธโอซัลเฟต $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (ml)	โอโซน (mg/h)
5	2	0.048
10	3.2	0.100
15	8.4	0.201
20	7.2	0.173

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าอัตราการไหลของออกซิเจนที่ 15 l/min สามารถผลิตโอโซนได้ที่ 0.201 mg/h ซึ่งมีปริมาณสูงที่สุดงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อัตราการไหลของออกซิเจนที่ 15 l/min ซึ่งในการทดสอบอัตราการไหลของออกซิเจนต่อการเกิดโอโซน จะเกิดปรากฏการณ์ โคโรนา-ดิสชาร์จ [6] ซึ่งแสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การเกิดโคโรนาดิสชาร์จเมื่อเกิดโอโซน

ในการเกิดโอโซนสามารถสังเกตได้จากการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ซึ่งจะเห็นได้ว่าสีของโซเดียมไธโอซัลเฟต มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของปริมาณโอโซนที่เกิดขึ้นแสดงดังรูปที่ 7



(a) ก่อนเกิดโอโซน

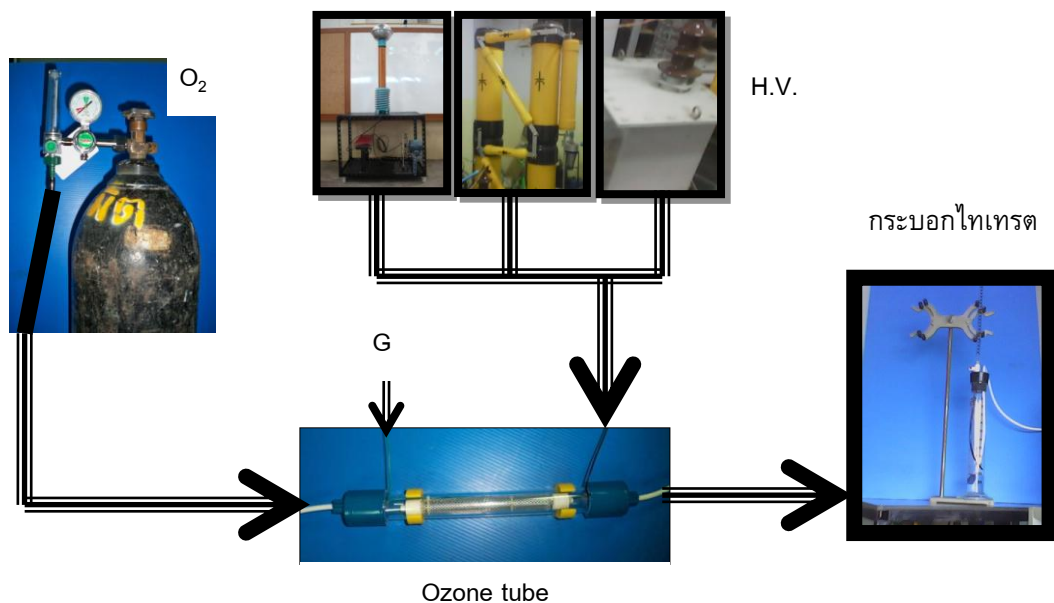


(b) หลังเกิดโอโซน

รูปที่ 7 การเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

3.2 การทดสอบเปรียบเทียบความถี่ทางไฟฟ้าต่อปริมาณโอโซนที่เกิด

การทดสอบเปรียบเทียบแรงดันอินพุตที่ความถี่แตกต่างกัน ต่อปริมาณการเกิดโอโซน โดยมีวงจรการทดสอบดังรูปที่ 8 ซึ่งมีการจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงที่ระดับแรงดันวิกฤติแตกตัวของไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง และไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูงตามลำดับ ซึ่งมีอัตราการไหลของออกซิเจนเท่ากับ 15 l/min ป้อนอินพุตไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงแรงดัน 13.3 kV เป็นเวลา 2 นาที ป้อนอินพุตไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง แรงดัน 3.1 kV เป็นเวลา 2 นาที และ ป้อนอินพุตไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูง 200 kHz แรงดัน 2.1 kV เป็นเวลา 5 วินาทีที่จะวัดปริมาณโอโซนที่ผลิตได้จากอิเล็กโตรดผลิตโอโซน แสดงดัง ตารางที่ 2



รูปที่ 8 วงจรทดสอบเปรียบเทียบความถี่ทางไฟฟ้าต่อปริมาณโอโซนที่เกิด

ตารางที่ 2 ทดสอบเปรียบเทียบแรงดันอินพุตต่อการเกิดปริมาณโอโซน

แรงดันอินพุต	โอโซน (mg/h)
ไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง	0.802
ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง	3.88
ไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูง	32.1

จากตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบเมื่อป้อนอินพุตไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูง แรงดัน 2.1 kV ใช้เวลา 5 วินาที อัตราการไหลของออกซิเจน 15 ลิตรต่อนาที สามารถผลิตโอโซนได้ปริมาณสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยที่ 32.1 mg/h

4. สรุปและอภิปรายผล

ผลการศึกษาปริมาณการเกิดโอโซนจากผลของความถี่ทางไฟฟ้า ในการทดลองจะใช้ไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลัง และไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูงตามลำดับ อิเล็กโตรดผลิตโอโซนเป็นอิเล็กโตรดแบบทรงกระบอกซ้อนกันรวม อัตราการไหลของออกซิเจน 15 ลิตรต่อนาที วิเคราะห์ปริมาณโอโซนด้วยเทคนิคไทเทรต โดยมีผลดังนี้ ไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงสามารถผลิตโอโซนเฉลี่ย 0.802 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ไฟฟ้าแรงสูงกระแสสลับความถี่กำลังสามารถผลิตโอโซนเฉลี่ย 3.88 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง ไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูงสามารถผลิตโอโซนได้ปริมาณสูงที่สุดเฉลี่ย 32.1 มิลลิกรัมต่อชั่วโมง

จากการทดลองสามารถวิเคราะห์ผลได้ คือ ความถี่ทางไฟฟ้ามีผลต่อการเกิดโอโซนเมื่อเพิ่มความถี่ทางไฟฟ้าผลการเกิดโอโซนจะมีปริมาณสูงขึ้นด้วย เนื่องจากเมื่อความถี่สูงจะทำให้เกิดความเครียดสนามไฟฟ้าสูงเป็นผลทำให้ออกซิเจนเกิดการแตกตัวได้มาก และสามารถรวมตัวเป็นโอโซนได้ปริมาณที่มากขึ้น

ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงความถี่สูงสามารถผลิตโอโซนได้ปริมาณสูงสุด และใช้เวลาในการผลิตสั้นที่สุด ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการผลิตโอโซน สามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ในการเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า รวมทั้งศึกษาการวัดปริมาณโอโซนด้วยวิธีเทคนิคไทเทรต และเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการสร้างแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้เหมาะสมกับเครื่องผลิตโอโซน

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] มาริสา คุณธนวงศ์. (2010). ประโยชน์ของโอโซน. Retrieved 12/07/2010 from: gotoknow.org/blog/sandtbymarisa/259577
- [2] ดร.กุลยา โอตาเกะ. (2547). “โอโซนให้คุณอนันต์และโทษมหันต์ต่อมนุษย์”. วารสารรามคำแหง. ปีที่ 23 (ฉบับพิเศษ): หน้า 123 - 131
- [3] ศิศิโรตม์ เกตุแก้ว. (2548). “การศึกษาเทคนิคการผลิตก๊าซโอโซนโดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงความถี่สูงแบบแรงดันกระเพื่อมสูง”. วิศวกรรมลาดกระบัง. ปีที่ 22 (ฉบับที่ 2): หน้า 1 - 6

- [4] อวิรุทธิ์ โพธิชัย. (2547). การหาปริมาณโอโซนโดยวิธีดูดกลืนคลีนความถี่เฉพาะ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- [5] ศิศิโรตม์ เกตุแก้ว. (2550). "การศึกษาการออกแบบวงจรฮาล์ฟบริดจ์อินเวอร์เตอร์แรงดันสูง ความถี่สูง 3 กิโลโวลท์ สำหรับแท่งอิเล็กโตรด" วารสารรวมคำแหง. ปีที่ 1 (ฉบับปฐมฤกษ์) เดือนพฤษภาคม. หน้า: 14 - 19
- [6] สุรพล บุญดวง. (2549). การผลิตโอโซนโดยวิธีโคโรนาดีสชาร์จ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาฟิสิกส์. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติผู้เขียนบทความ



น.ส. เมธาวี วาระสิทธิ์

วุฒิการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

สถานที่ทำงาน: บริษัท อีคาร์ เทคโนโลยี ประเทศไทย จำกัด 18 หมู่ 5 สวนอุตสาหกรรมโรจนะ ตำบลอุทัย อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13210.

โทรศัพท์ที่ทำงาน 035-227-355. โทรศัพท์มือถือ 084 - 8012856

E-mail. mora-jeef@hotmail.com



นายธนากร น้ำหอมจันทร์ ตำแหน่งอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย จบการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยมีความสนใจงานวิจัยทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง โทรศัพท์ 0-2577-1028 ต่อ 452 โทรสาร 0-2577-1028 ต่อ 451

E-mail: thanakorn@eau.ac.th