

การออกแบบและสร้างชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซ์ สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

Design and Construction of Switching Power Supply for a Carbon Dioxide Laser

ธวัชชัย นิมพญา* และ พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*Email : editson.of.thailand@gmail.com

บทคัดย่อ

ชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซ์ซึ่งมีต้นทุนต่ำถูกออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ โดยชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้านี้สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ในช่วงตั้งแต่ 20 ถึง 25 กิโลโวลต์ หลอดเลเซอร์ที่ใช้ทดสอบการทำงานของชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้านี้ มีขนาดกำลังไฟฟ้า 40 วัตต์ มีความยาว 1000 มิลลิเมตร และ มีรัศมีภายนอก 54 มิลลิเมตร จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แรงดันและกระแสไฟฟ้าในขณะที่ใช้งานมีค่าอยู่ในช่วง 13-15 กิโลโวลต์ และ 25 – 30 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์สามารถหาได้จากการวัดกำลังไฟฟ้าขาเข้าที่ป้อนให้กับหลอด และกำลังของแสงเลเซอร์ที่ปล่อยออกมาจากหลอดเลเซอร์ ค่าแรงดันไฟฟ้าขาเข้าวัดได้โดยใช้โพรบวัดแรงดันไฟสูงและกระแสไฟฟ้าขาเข้าวัดได้จากแอมป์มิเตอร์ ตามลำดับ พลังงานของลำแสงเลเซอร์จะถูกถ่ายเทให้กับแท่งโลหะทองเหลืองซึ่งติดเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เอาไว้ ค่าของอุณหภูมิขณะที่ทำการทดลองสามารถวัดและเก็บข้อมูลได้ผ่านทาง USB-DAQ card โปรแกรม Lab VIEW จะทำการเก็บค่าพลังงานของแสงเลเซอร์แบบอัตโนมัติ จากผลการทดลองพบว่าแรงดันที่เริ่มจุดหลอดมีค่าประมาณ 22 กิโลโวลต์ และประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์มีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 6-8 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าชุดแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตซ์ที่สร้างขึ้น เหมาะสำหรับการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

คำสำคัญ : สวิตซ์เพาเวอร์ซัพพลาย คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ พลังงานของเลเซอร์

Abstract

A low cost switching power supply for operating a carbon dioxide (CO₂) laser was designed and constructed. The DC-output voltage generated by this switching power supply could be varied from 20 to 25 kV. A 40 W CO₂ laser tube with a length of 1000 mm and outer diameter 54 mm was used for testing the constructed switching power supply. The results showed that the operating voltage and current were 13-15 kV and 25-30 mA respectively. The efficiency of the CO₂ laser was determined by measuring the input voltage, current, and output laser energy. The input voltage and current were measured by a high voltage probe and amp-meter respectively. The energy of the laser beam was transferred to a brass rod attached with a thermocouple type K. The real time temperatures of the heating brass rod were measured and data was collected by USB-DAQ card. The LabVIEW program was used for automatic measurement of energy. It was found that the triggering voltage for the CO₂ laser was about 22 kV and the laser efficiency was about 6-8 percent. The result confirmed that this switching power supply is suitable for operating a CO₂ laser.

Keywords: Switching power supply; Carbon dioxide (CO₂) laser; Laser energy

บทนำ

คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์เป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน โดยคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์จะปล่อยแสงในย่านอินฟราเรดที่มีความยาวคลื่นในช่วง 9.4 และ 10.6 ไมโครเมตร [1] ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลักที่สำคัญ 3 ส่วน คือ สารเลเซอร์ (laser medium) ออฟทิกัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator) และระบบจ่ายกำลัง (power supply) [2] งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิงเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์เพื่อลดต้นทุนการสร้างคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ นอกจากนี้ยังวัดค่าประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์ที่ใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้นเป็นตัวจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดด้วย

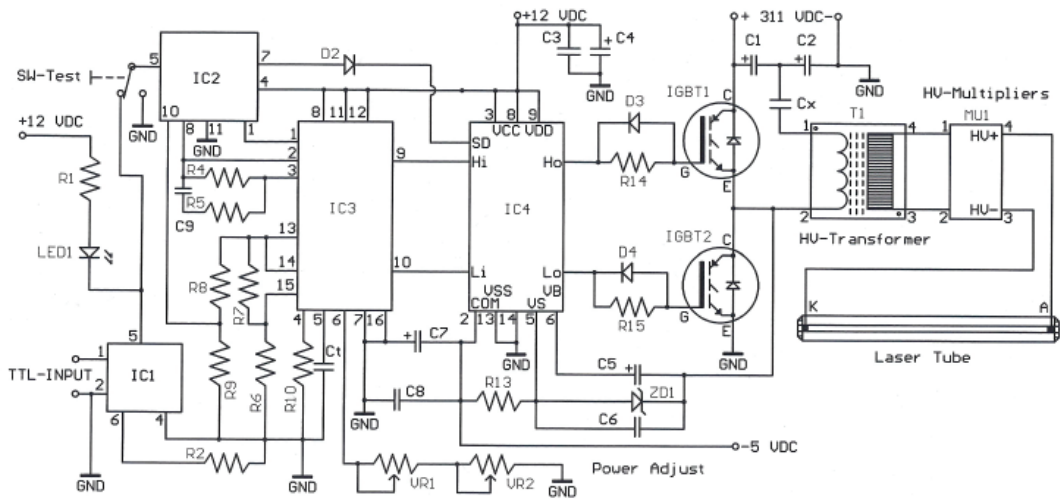
วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตชิง

วงจรของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิงที่ออกแบบแสดงดังรูปที่ 1 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เกิดจากแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิงนี้ สามารถปรับค่าได้ในช่วงตั้งแต่ 20 ถึง 25 กิโลโวลท์

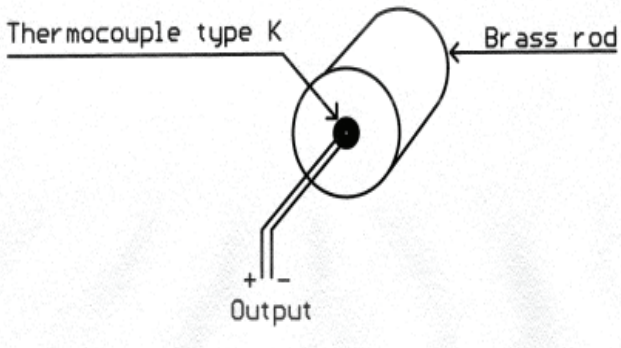


ภาพที่ 1 วงจรของแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตชิง

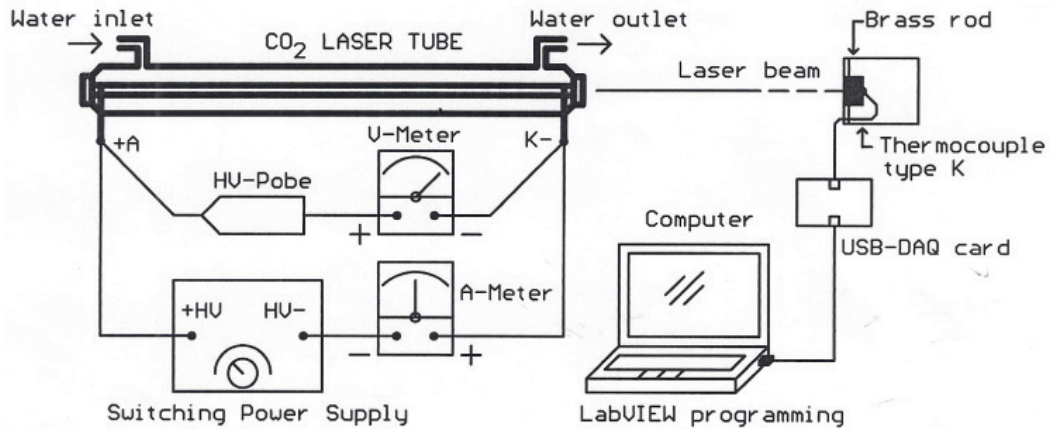
วิธีการหาค่าประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

การจัดวางอุปกรณ์สำหรับหาค่าประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ แสดงดังรูปที่ 2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ซึ่งถูกต่อเข้ากับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 40 วัตต์ มีความยาว 1000 มิลลิเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกเท่ากับ 54 มิลลิเมตร แท่งโลหะทองเหลืองที่มีน้ำหนัก 25 กรัม ถูกติดกับแผ่นฉนวนเบคกาไลต์ (beckalike) ซึ่งถูกรองรับด้วยกระป๋องอะลูมิเนียมตั้งแสดงในรูปที่ 3 ค่าประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์สามารถหาได้จากการวัดค่ากำลังไฟฟ้าขาเข้า แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกำลังงานขาออกของแสงเลเซอร์ที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดเลเซอร์ ค่าของกำลังไฟฟ้าทางด้านขาเข้าหาได้จากผลคูณระหว่างค่ากระแสและแรงดันไฟฟ้า

ที่วัดได้ทางด้านขาเข้า แรงดันไฟฟ้าด้านขาเข้าวัดได้โดยใช้หัวโพรบสำหรับวัดแรงดันไฟสูง (high volte probe) ส่วนค่ากระแสทางด้านขาเข้าวัดได้จากแอมป์มิเตอร์ ตามลำดับ เมื่อลำแสงเลเซอร์ตกกระทบกับแท่งโลหะทองเหลืองพลังงานของลำแสงเลเซอร์จะถูกส่งผ่านไปยังแท่งโลหะทองเหลืองอย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะถูกวัดและเก็บค่าแบบอัตโนมัติไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางการ์ด USB-QAQ ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณอะนาล็อก (analog) เป็นดิจิทัล (digital) โดยใช้โปรแกรม LabVIEW ที่พัฒนาขึ้นสำหรับควบคุมการเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ข้อมูลของอุณหภูมินี้จะถูกนำไปคำนวณค่ากำลังงานของแสงเลเซอร์ที่ปล่อยออกมาจากหลอดเลเซอร์ต่อไป สำหรับการวัดค่าประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์นั้น ระยะทางจากปลายของหลอดเลเซอร์จนถึงแท่งโลหะทองเหลืองจะถูกปรับเปลี่ยนให้มีค่าเป็น 10 50 100 และ 400 เซนติเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 2 ตำแหน่งการติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลกับแท่งโลหะทองเหลือง



ภาพที่ 3 การจัดอุปกรณ์สำหรับการทดลองเพื่อหาค่าประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์

สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$P_i = I_i V_i \quad (1)$$

- เมื่อ P_i คือ กำลังไฟฟ้าทางด้านขาเข้า (W)
 I_i คือ กระแสไฟฟ้าทางด้านขาเข้า (mA)
 V_i คือ แรงดันไฟฟ้าทางด้านขาเข้า (kV)

ส่วนค่ากำลังของแสงเลเซอร์ที่ปล่อยออกมาจากหลอดเลเซอร์สามารถหาได้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ขั้นตอนแรก หาค่าความร้อน (Q) จากการเพิ่มของอุณหภูมิของแท่งโลหะทองเหลือง โดยใช้สมการที่ 2

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

เมื่อ Q คือ ความร้อนที่ถ่ายเทเมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบบนแท่งโลหะทองเหลือง (J)

m คือ มวลของแท่งโลหะทองเหลืองมีค่าเท่ากับ 25×10^3 kg

c คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของแท่งโลหะทองเหลือง มีค่าเท่ากับ 0.38 J/kg·C

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิของแท่งโลหะทองเหลือง (C)

หลังจากนั้น คำนวณค่ากำลังไฟฟ้าของแสงเลเซอร์ (P_o) จากสมการที่ (3)

$$P_o = Q/t \quad (3)$$

- เมื่อ P_o คือ กำลังไฟฟ้าของแสงเลเซอร์ (W)
 Q คือ ความร้อน (J)
 t คือ เวลา (s)

ขั้นตอนสุดท้าย หาค่าประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ (ϵ) ได้จากสมการที่ 4

$$\epsilon = (P_o/P_i) \times 100 \quad (4)$$

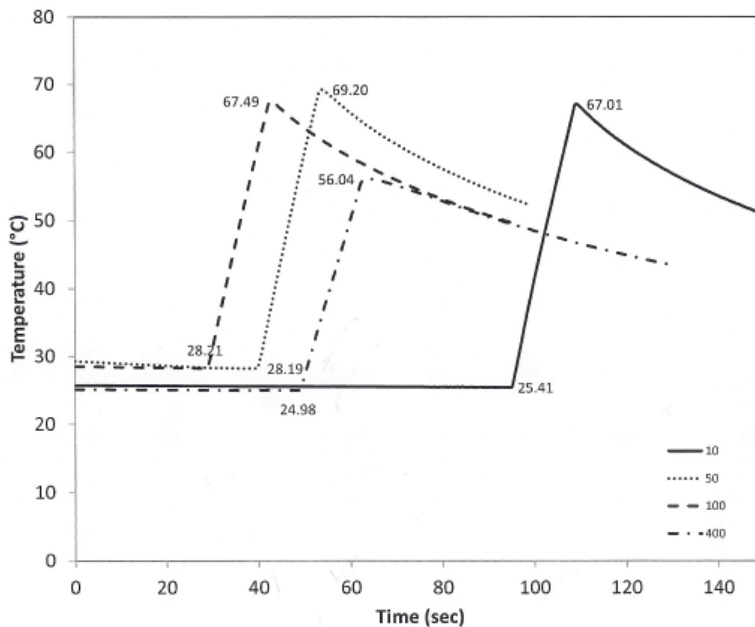
ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาพบว่าแรงดันเริ่มต้นที่ใช้จุดหลอดเลเซอร์ (triggering voltage) มีค่าเท่ากับ 22 กิโลโวลต์ ส่วนแรงดันและกระแสไฟฟ้าขณะที่หลอดเลเซอร์ทำงาน มีค่าประมาณ 14 กิโลโวลต์ และ 27 มิลลิแอมแปร์ ตามลำดับ ภาพที่ 4 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

อุณหภูมิกับเวลาของแท่งโลหะทองเหลืองเมื่อยิงแสงเลเซอร์ตกกระทบเป็นเวลานาน 13 วินาที แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงตามธรรมชาติ ส่วนตารางที่ 1 แสดงค่าประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์เมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบกับแท่งโลหะทองเหลืองที่ระยะทางต่างๆ กัน

ตารางที่ 1 ค่าประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์เมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบกับแท่งโลหะทองเหลืองที่ระยะทางต่างๆ กัน

ระยะทาง (เซนติเมตร)	อุณหภูมิ (°C)		Q (J)	P _o (W)	P _i (W)	ε (%)
	T _i	T _f				
10	25.41	67.01	395	30.4	378	8.04
50	28.19	69.20	390	30.0	378	7.93
100	28.21	67.49	373	28.7	378	7.59
400	24.98	56.04	295	22.7	378	6.00



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของแท่งโลหะทองเหลืองเมื่อยิงแสงเลเซอร์ตกกระทบเป็นเวลา 13 วินาที ที่ระยะทาง 10 50 100 และ 400 เซนติเมตร ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ออกแบบและสร้างแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ซึ่งเพื่อใช้กับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนในการสร้างได้เป็นอย่างมาก นอกจากนี้แล้วเมื่ออุปกรณ์หรือชิ้นส่วนต่างๆ เกิดการชำรุดเสียหายก็สามารถซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากเลือกใช้เฉพาะอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายภายในประเทศเท่านั้น

จากผลการทดสอบแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบสวิตช์ที่สร้างขึ้นและการศึกษาวิธีการหาประสิทธิภาพของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์พบว่า แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าที่สร้างขึ้นนี้ สามารถใช้กับหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ได้เป็นอย่างดี และเมื่อระยะห่างระหว่างหลอดเลเซอร์กับแท่งโลหะทองเหลืองเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์ที่วัดได้มีค่าลดลง เนื่องจากลำแสงเลเซอร์มีการบานออกเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นทำให้การถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับแท่งโลหะทองเหลืองไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะที่ระยะ 400 เซนติเมตร จะสังเกตเห็นว่า มีความแตกต่างของอุณหภูมิลดลงอย่างชัดเจน ประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์ที่คำนวณได้มีค่าอยู่ในช่วง 6-8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าทางทฤษฎี คือ ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าวิธีการหาประสิทธิภาพของหลอดเลเซอร์วิธีนี้สามารถใช้ได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] วุฑฒิ พันธุมนาวิณ, 2532, เลเซอร์ฟิสิกส์, ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเลเซอร์, ภาควิชาฟิสิกส์, กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] มานพ เลิศวิริยะพร และมานพ ก้องเรืองเกียรติ, 2536, การพัฒนา คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์กำลังสูง, โครงการนักศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์, กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เป็นวารสารที่พิมพ์เผยแพร่ผลงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์สุขภาพของนักวิจัย นักวิชาการและบุคคลทั่วไปที่สนใจ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

การเตรียมต้นฉบับ

พิมพ์ต้นฉบับด้วยโปรแกรม Microsoft Word ความยาวทั้งเรื่องไม่เกิน 15 หน้ากระดาษ 19 x 27 ซม. โดยกำหนดตัวอักษรภาษาไทยและตัวอักษรภาษาอังกฤษ Browallia New ขนาด ดังนี้

Item	Browallia New (size)	Front style
Title+	15	Bold
Author's name	12	Bold
Affiliation, address	12	Regular
Abstract, Body text, Reference	12	Regular
Section heading	12	Bold
Table data	11	Regular

ประเภทผลงานที่ตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research paper) เป็นผลงานที่เตรียมจากข้อมูลที่ผู้เขียนหรือกลุ่มผู้เขียนได้ค้นคว้าวิจัยด้วยตัวเอง
2. บทความวิชาการชนิดอื่นๆ (Articles) ซึ่งแยกเป็นบทความปริทรรศน์ (Review articles) บทความเทคนิค (Technical articles) ซึ่งเรียบเรียงจากการตรวจเอกสารในสาขานั้นๆ บทความวิชาการและบทความพิเศษ (Special articles) ซึ่งเสนอความรู้ทั่วไป ที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

บทความวิจัย

ให้เรียงตามลำดับดังนี้ (กองบรรณาธิการจะไม่รับพิจารณาบทความที่ไม่ตรงตามรูปแบบที่กำหนด)

1. ชื่อเรื่อง (Title) ควรกระชับรัดกุม สือเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัย ไม่ใช่คำย่อ ไม่ควรยาวเกิน 100 ตัวอักษร
2. ชื่อผู้เขียน (Authors) ระบุชื่อของผู้เขียนทุกคน และระบุหน่วยงานหรือสถาบันที่สังกัด
3. บทคัดย่อ (Abstract) จะปรากฏก่อนเนื้อเรื่อง (บทความภาษาไทยจะต้องมีบทคัดย่อ และ Abstract) ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือ 15 บรรทัด โดยเรียงลำดับความสำคัญของเนื้อหา เช่นวัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลงานและการวิจารณ์ อย่างต่อเนื่องกัน
4. คำสำคัญ (Keyword) ใส่ไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษา

5. เนื้อเรื่อง (Text)

5.1 สำหรับบทความวิจัย (Research papers) ใช้หัวข้อดังนี้

(1) บทนำ (Introduction) กล่าว ถึงความเป็นมา และเหตุผลที่นำไปสู่การศึกษาวิจัยให้ข้อมูลทางวิชาการ พร้อมวัตถุประสงค์อย่างคร่าว ๆ ของการวิจัย และการสำรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

(2) วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Methods) อธิบายเครื่องมือและวิธีการวิจัยให้ชัดเจน

(3) ผลการวิจัย (Results) เสนอผลการวิจัยอย่างชัดเจน ตรงประเด็น ควรมีรูปและ/หรือ ตารางประกอบ การอธิบายผลต้องไม่ซ้ำกับรายละเอียดในรูปและตาราง

5.2 สำหรับบทความชนิดอื่น ๆ (Articles) ไม่ต้องมีส่วนประกอบในข้อ 5.1

6. สรุปและเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion) สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะแนวทางในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง (References) รายชื่อเอกสารที่ใช้เป็นหลักในการค้นคว้าวิจัยที่ได้ตรวจสอบเพื่อนำมาเตรียมรายงานและมีการอ้างอิง จัดเรียงลำดับตามหมายเลขอ้างอิงในเนื้อเรื่อง

การเขียนเอกสารอ้างอิง (ภาษาไทย)

ให้ใช้แบบ เอกสารอ้างอิง คือทุกเรื่องที่ปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงต้องมีอ้างอิงในเนื้อเรื่องที่เขียน โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

- เขียนเรียงลำดับหมายเลขที่อ้างอิงในเนื้อเรื่อง
- เขียนชื่อผู้ร่วมเขียนเอกสาร ไม่เกิน 3 คน ภาษาไทยให้เขียนชื่อ-สกุล ทุกคนเรียงกันไปคั่นด้วยจุลภาค (,) คนสุดท้ายให้เชื่อมด้วย และ เช่น
วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชา และชูศักดิ์ ณรงค์เดช.
- กรณีผู้เขียนมีมากกว่า 3 คน ให้ใช้ชื่อผู้เขียนคนแรกตามด้วย และคณะ
- ชื่อเรื่องและชื่อบทความ ภาษาต่างประเทศให้ขึ้นต้นด้วยอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ ทุกคำ ยกเว้นคำบุพบทและสันธาน ส่วนชื่อวารสาร ให้เขียนย่อตามที่วารสารนั้น ๆ กำหนด

5. ลำดับการเขียนและเครื่องหมายวรรคตอนให้ใช้ดังนี้

5.1 วารสาร/จลสาร (Journal/Bulletin) ผู้เขียน. ปี. "ชื่อเรื่อง". ชื่อวารสาร ปีที่: หน้า เช่น
[1] วัลลภ สันติประชา, ขวัญจิตร สันติประชา และ ชูศักดิ์ ณรงค์เดช. 2535. "คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวที่ผลิตในภาคใต้". ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 26: 119-125.

5.2 หนังสือ/ตำรา ให้เขียน ดังนี้
ผู้เขียน. ปี. ชื่อหนังสือ. ชื่อเมือง: สำนักพิมพ์. เช่น
[2] สุรพล อุปติสสกุล. 2521. สถิติ: การวางแผนการทดลองเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : ภาควิชาพีชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

5.3 รายงานสัมมนา/ประชุมทางวิชาการ (Proceedings) ผู้เขียน. ปี. "ชื่อเรื่อง". ชื่อสัมมนา ชื่อบรรณาธิการ (ถ้ามี) สถานที่ วัน สัมมนา หน้าของเรื่อง. เช่น
[3] วรวิทย์ รุ่งรัตน์ และคณะ. 2527. "ศึกษาปริมาณเชื้อไรโซเบียมที่เหมาะสมในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9". รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัย ถั่วลิสง ครั้งที่ 3 ณ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 12-21 เมษายน 2527 หน้า 172-179.

5.4 วิทยานิพนธ์ ผู้เขียน. ปี. ชื่อเรื่อง. วิทยานิพนธ์ ชื่อปริญญา: ชื่อมหาวิทยาลัย หรือสถาบัน. เช่น
[4] สมศรี รักช่วงศ์. 2528. การศึกษาการใช้ยาชนิดต่าง ๆ ในการป้องกันโรคราสนิมของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

5.5 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ ผู้แต่ง. ปี. ชื่อเรื่อง. แหล่งที่มา. วัน/เดือน ที่สืบค้นข้อมูล. เช่น
[5] จันทรา แป้นคุ้ม. 2551. อาหารจากข้าวโพด. <http://www.ku.ac.th/agri/cornn/corn.html>. 24 มีนาคม.

การเขียนเอกสารอ้างอิง (ภาษาอังกฤษ)

For citations of Western-language works, please follow the conventions of the Chicago Manual of Style. Here are examples:

Book

- [6] Wyatt, D.K. 1984. **Thailand: a Short History**. New Haven: Yale University Press.

Journal Article

- [7] Johnson, C. and Timothy F. 2002. "In the Eyes of the State: Negotiating a "Rights-Based Approach" to Forest Conservation in Thailand". **World Development**. 30 (9): 1591-1605.

Edited Book Chapter

- [8] Wambugu, F. 2002. "Why Africa Needs Agricultural Biotech". In **Genetically Modified Foods: Debating Biotechnology**, edited by M. Ruse and D. Castle. Amherst, NY: Prometheus Books.

Book Chapter, in which the chapter author and book editor are the same person

- [9] Geertz, C. 1973. "Deep Play: Notes on the Balinese Cockfight". In **The Interpretation of Cultures**. New York: Basic Books.

Data/Working Paper

- [10] Diller, A.V.N. 1985. "High and Low Thai: Views from Within". In **Papers in Southeast Asian Linguistics no 9: Language policy, language planning and sociolinguistics in Southeast Asia**, edited by D. Bradley: Pacific Linguistics.

Conference Proceeding

- [11] Jagacinski, N. and Gongjin Z. 1990. **Agricultural Sacrifice and Village Culture of Dai People**. In Proceedings of the 4th International Conference on Thai Studies, 11-13 May. Kunming, China.

Thesis/Dissertation

- [12] Sidthilaw, S. 1996. **Impact Force and Kinematic Analysis of Roundhouse Kicks in Thai Boxing**. PhD Dissertation, Department of Biomechanics, Oregon State University.

Multiple Authors (3+): Cite all in bibliography; use first author and 'et al' for in-text citations

- [13] Martin, J. R. and et al. 1997. **Working with Functional Grammar**. London: Arnold.

Website

- [14] Michaud, J. 2004. **Missionary Ethnographers in Upper-Tonkin: The Early years, 1895 – 1920**. [Http://www.caac.umontreal.ca/globalmedia/docs/publications/Michaud_AE.pdf](http://www.caac.umontreal.ca/globalmedia/docs/publications/Michaud_AE.pdf). 2 December.

การอ้างอิงเอกสารในเนื้อเรื่อง

ให้ใช้หมายเลขอ้างอิงในวงเล็บ [] เรียงตามลำดับตั้งแต่เริ่มต้น โดยหากมีการอ้างอิงหลายคนเรียงกันให้ใช้ [], [], [] ดังนี้

...เมื่อนำแก้วที่ได้ไปผ่านกระบวนการควบคุมทางความร้อน แก้วจะมีการตกผลึกเฟสเซอร์รามิกออกมาโดยผ่านกระบวนการเกิดนิวเคลียสซึ่งมีลักษณะการเกิดได้สองลักษณะ [1], [2]....

Submission Information for Authors

Journal of Ubon Ratchathani University is a quarterly official publication of Ubon Ratchathani University aiming to provide a medium for the dissemination of advances in Science, Technology and Social Science. All contributions are welcomed provided that they make an original contribution to the subject and have not been published in other journals, reports, proceedings, or other types of publications. Contributors are advised to follow the following guidelines:

Types of Contributions

1. Research papers - original full-length research papers which have not been published previously.
2. Articles - can be divided into reviewed articles, technical articles, and special articles.

General: Manuscripts must be typed and single-spaced with wide margins on one side of white paper. Each page must be numbered. **Browallia New with a font size of 12 should be used.** The corresponding author should be identified (include a fax number and e-mail address). Full postal addresses must be given for all co-authors. Authors should consult a recent issue of the journal for style if possible. The Editors reserve the right to adjust style to meet standards of uniformity and quality.

Item	Browallia New (size)	Font style
Title	15	Bold
Author's name	12	Bold
Affiliation, address	12	Regular
Abstract, bodytext, references	12	Regular
Section headings	12	Bold
Table data	11	Regular

Title: The title should be concise and informative with capital letters for significant words and should be no longer than 15 words.

Authors: Give the full name of all authors and their complete addresses. Provide contact information for the corresponding author, including a complete mailing address.

Abstract: The abstract must not exceed 250 words. Clearly summarize the important findings of the paper. It should contain hard facts such as objectives, methods, and major results.

Keywords: Provide 4-6 keywords which can be used as an index to direct readers to articles.

Introduction: The introduction must provide the necessary background of the paper and a brief review of related literature. A clear statement of the objectives should also be included.

Materials and Methods: Describe the experimental procedures clearly enough for others to repeat the same experiment so that the same result could be obtained.

Results and Discussion: This section should contain "Results" and interpretation of the results in relation to existing knowledge.

Conclusions: State conclusion (do not summarize) briefly.

Tables: Number each table with Arabic numerals. Footnotes should be identified by lower-case letters appearing as superscripts in the body of the table and preceding below the table. The same data should not appear in both tables and figures.

Figures: (graphs, charts, line drawings, photographs). Figures with high-resolution images, preferably JPEGs.

Acknowledgments: List sources of financial or material support and the names of individuals whose contributions were significant but not deserving of authorship.

References: All references should be listed at the end of the paper using the following patterns:

Notes:

1. In the text, references should be indicated by superscript Arabic numerals running consecutively through the paper and appearing after any punctuation.

2. Figures should be original and neatly prepared in black ink. Only black and white pictures are accepted for publication unless pictures are for special purposes, such as colors of flowers or bacterial colonies.

Submit the manuscript together with CD by post to:

Division of Research Promotion and Academic Services

Ubon Ratchathani University

Warinchamrap, Ubon Ratchathani 34190

Thailand

E-mail: anatcha2010@gmail.com