

ระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ
An Antenna Position Control System

นิพนธ์	พงษ์สุพจน์*
อาจณรงค์	ฐานสันโทษ**
เรืองชัย	บรรตาศักดิ์ไพศาล*
สัมฤทธิ์	หังสะสุตร**

บทคัดย่อ

บทความนี้ กล่าวถึงวิธีการควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ เพื่อใช้ประโยชน์ในการวัดกระสวนการแผ่คลื่นอันเป็นคุณสมบัติสำคัญอย่างหนึ่งของสายอากาศ หลักการของวิธีควบคุมก็นำแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานปรับค่าได้ซึ่งติดตั้งไว้ที่เสาของสายอากาศมาเปรียบเทียบกับ แรงดันไฟฟ้าที่คร่อมตัวต้านทานปรับค่าได้ที่วงจรตั้งตำแหน่งการหมุน แล้วป้อนแรงดันผลต่างไปควบคุมการหมุนของมอเตอร์ซึ่งติดตั้งไว้ที่ฐานของเสา สายอากาศที่ติดตั้งไว้ปลายเสาสามารถหมุนกลับไปกลับมาได้ในช่วงมุม 180 องศา และหยุดที่เองตรงตำแหน่งของมุมที่ตั้งเอาไว้ ผลการทดสอบปรากฏว่าความผิดพลาดของการหมุนมีค่าไม่เกิน ± 1 องศา สำหรับทุกค่าของมุมที่เสาอากาศหมุนไป และความละเอียดของการหมุนมากที่สุดทำได้ครั้งละ 6 องศา.

Abstract

This article describes a method for remotely controlling angular positions of an antenna for use in radiation pattern measurements. The method is based on comparing the voltage across the potentiometer coupled to the antenna drive shaft to that of the position selector circuit. The error signals from the comparator circuit are then used to control motor rotation. The motor was installed in a metal box and was coupled to the drive shaft by a gear train. The antenna under test installed on the shaft can be rotated back and forth within the range of 180° around a vertical axis and can be stopped at any desired setting angle. Results from the test show that the error of rotation is within $\pm 1^\circ$ for all rotated angles. The minimum increment angle of rotation was found to be 6° .

* นักศึกษาปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

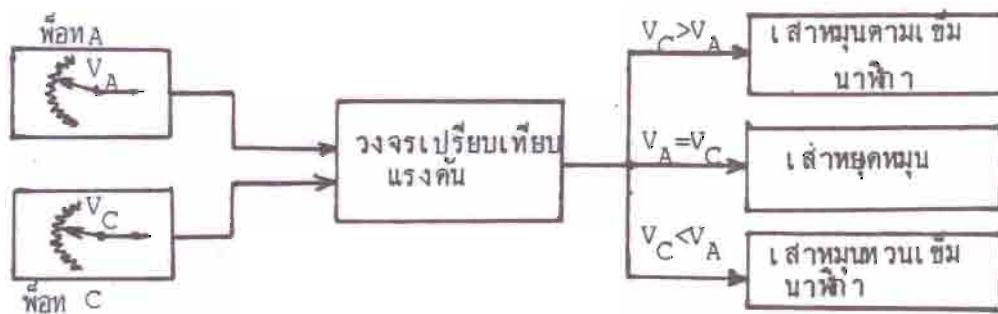
** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในการวิเคราะห์ส่วนการแผ่คลื่นของสายอากาศนั้น อุปกรณ์ที่สำคัญและอำนวยความสะดวกต่อการวัดอย่างหนึ่งก็คือ ระบบการหมุนสายอากาศตัวที่ทำการทดสอบ [1] โดยทั่วไประบบดังกล่าวประกอบด้วยอุปกรณ์หลักและบอกตำแหน่ง (มุม) ของสายอากาศ ตัวเปรียบเทียบแรงดัน จากอุปกรณ์ส่งและเครื่องกลไกสำหรับหมุนเสาที่รองรับสายอากาศ [2] เครื่องกลไกจะประกอบไปด้วยรีเลย์ มอเตอร์ และชุดเกียร์ บทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการออกแบบระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศที่ใช้กับอินดิคชันมอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทถาวร

หลักการทํางาน

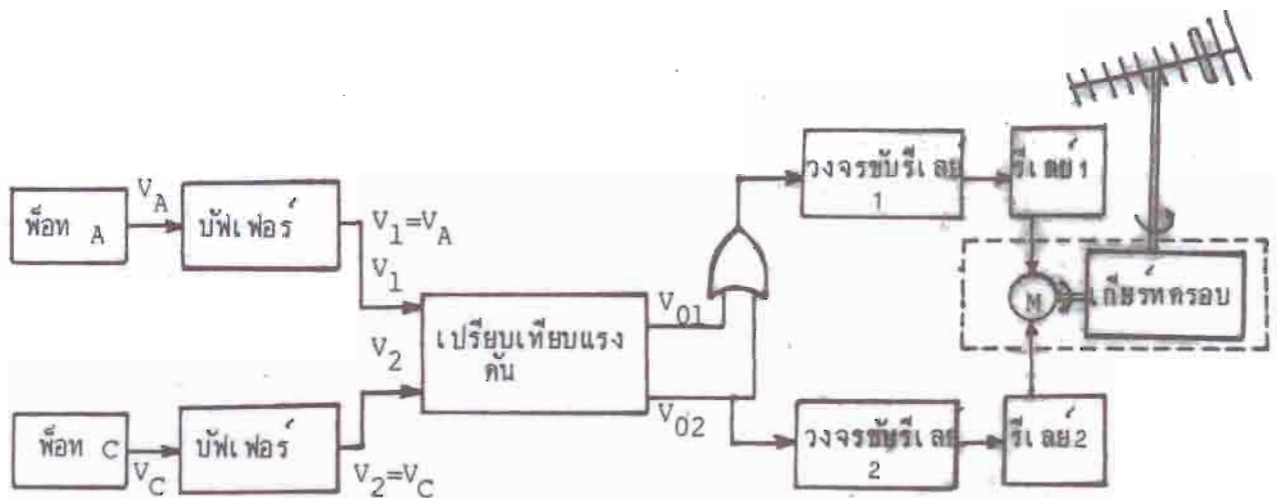
ระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นชุดกลไกขับเคลื่อนเสารองรับสายอากาศซึ่งใช้มอเตอร์ผ่านระบบทดเฟืองทดรอบเพื่อให้หมุนช้าลงเป็น $\frac{1}{3}$ รอบต่อวินาทีนี้ เพื่อให้สะดวกต่อการบันทึกผลการวัดกระแส ส่วนนี้จะอยู่ในสนามนอกห้องควบคุม ส่วนที่สองเป็นชุดควบคุมการหมุนซึ่งอยู่ในห้องควบคุมและจะส่งผลการควบคุมไปยังมอเตอร์เพื่อให้มอเตอร์หมุนเสาให้หยุดตรงตามตำแหน่งที่ได้ตั้งไว้ ในชุดควบคุมจะมีวงจรเปรียบเทียบแรงดันซึ่งจะเป็นตัวรับรู้ว่า เสาหมุนไปถึงตำแหน่งใดแล้ว วงจรเปรียบเทียบแรงดันจะเปรียบเทียบแรงดันที่ฟีด (ตัวต้านทานปรับค่าได้) A และ ฟีด C (รูปที่ 1) ฟีด A ที่ติดอยู่กับเสาจะหมุนไปด้วยกันกับเสา ส่วนฟีด C ซึ่งอยู่ที่วงจรควบคุมใช้สำหรับปรับตำแหน่งของสายอากาศ หน้าที่ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันก็คือจะต้องแยกกรณีที่แตกต่างกันออกเป็น 3 กรณี (แสดงไว้ในรูปที่ 1) เพื่อที่จะไปควบคุมให้เสาหมุนไปทางไหนหรือหยุดหมุน



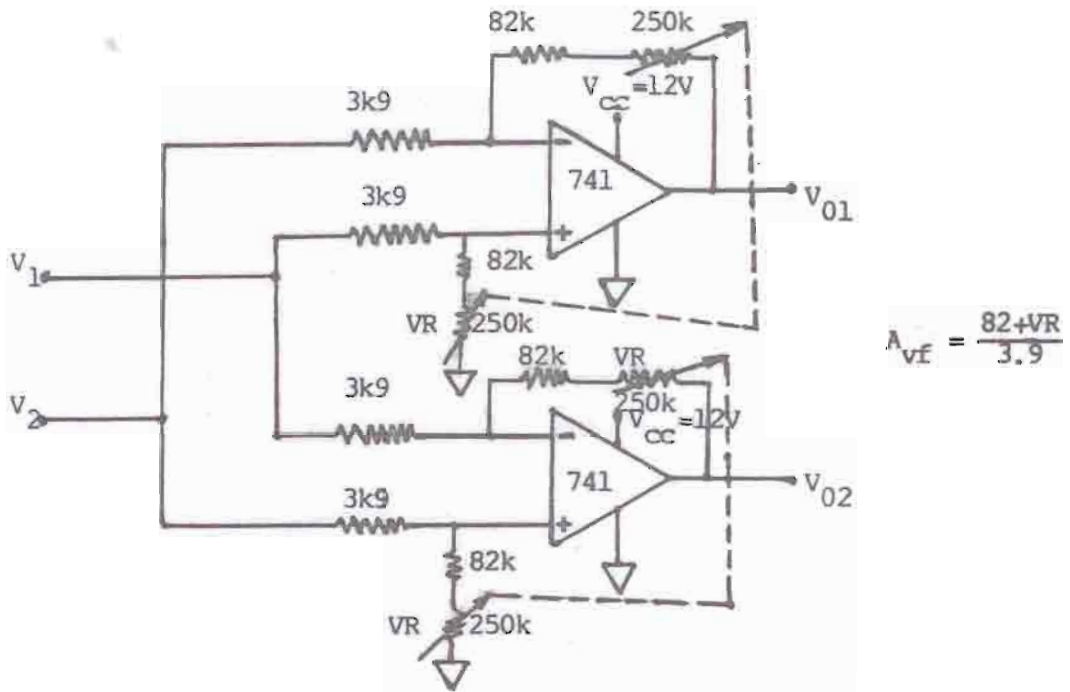
รูปที่ 1 การเปรียบเทียบแรงดันระหว่างฟีด C กับฟีด A เพื่อนำไปควบคุมทิศทางการหมุน

การออกแบบ

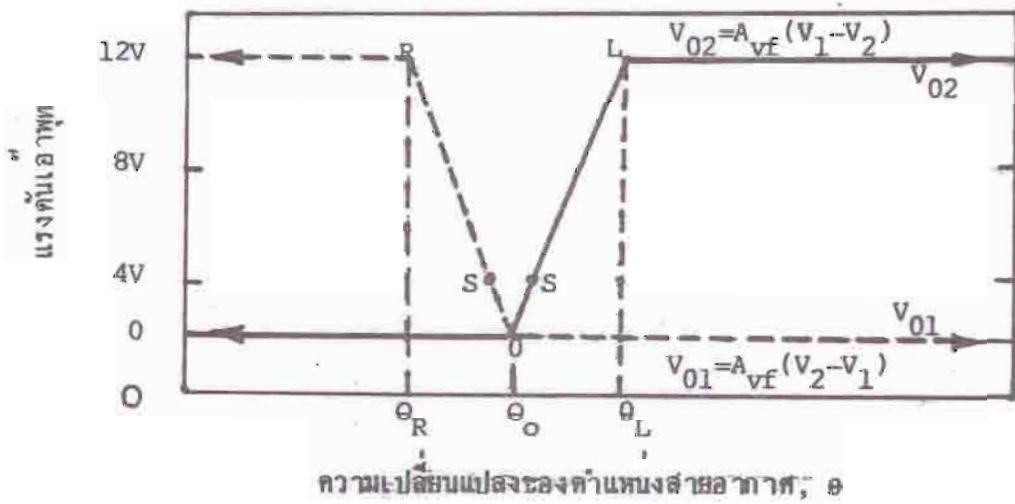
มอเตอร์ที่ใช้เป็นอินคักซ์มอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สคาร์ทอวาร การกลัษณ์ที่ทางการหมุนทำได้โดยสลับขั้วของขลวดสคาร์ท และถ้าต้องการให้หยุดหมุนก็ตัดไฟให้จ่ายให้มอเตอร์ ฉะนั้นการจะหาให้มอเตอร์หมุนวนเข็มนาฬิกา ตาม เข็มนาฬิกา หรือหยุดหมุนจะต้องใช้รีเลย์ชนิด 2 หน้าสัมผัส 2 ตัว เป็นตัวควบคุม ในรูปที่ 2 รีเลย์ตัวที่ 1 เป็นตัวควบคุมให้มอเตอร์หมุนหรือหยุดหมุน กล่าวคือ เมื่อรีเลย์ทำงานมอเตอร์จะหมุนและเมื่อรีเลย์หยุดทำงานมอเตอร์จะหยุดหมุนด้วย ส่วนรีเลย์ตัวที่ 2 ทำหน้าที่ควบคุมการหมุน กล่าวคือ เมื่อรีเลย์ทำงานกับไม่ทำงานทิศทางของการหมุนจะตรงข้ามกัน จากการเปรียบเทียบแรงดัน V_A และ V_C จะมีเอาพุทเกิดขึ้นแยกเป็นกรณีแตกต่างกัน 3 กรณีดังที่ได้กล่าวแล้วแรงดันเอาพุทนั้นจะถูกนำไปควบคุมการปิดเปิดของรีเลย์ทั้งสองตัว หลังฟัค A และฟัค C จะมีบัฟเฟอร์(Buffer)เป็นตัวผ่านแรงดันไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดัน เพื่อไม่ให้ความต้านทานของฟัคมีผลต่อวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



รูปที่ 2 การทำงานของระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ



รูปที่ 3 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ใช้ไอพแอมป์เบอร์ 741 2 ตัว



รูปที่ 4 แรงดันเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันขณะเสาทำลิ่งหมุน

แรงดัน V_{01} และ V_{02} ขณะที่เสารองรับสายอากาศหมุนจะเป็นดังในรูปที่ 4 เส้น V_{01} และ V_{02} จะเลื่อนกลับไปกลับมาที่ทั้งสองทิศทาง (ซ้ายขวา) นั่นคือถ้าเสาหมุนไปตาม เข็มนาฬิกา เส้น V_{01} และ V_{02} จะเลื่อนไปทางขวาและไปหยุดที่จุด 0 และถ้าเสาหมุนสวน เข็มนาฬิกา เส้น V_{01} และ V_{02} ก็จะเลื่อนไปทางซ้ายและไปหยุดที่จุด 0 เช่นกัน เมื่อถึงจุด 0 หมายความว่าเสาได้หมุนไปถึงตำแหน่งที่ตั้งไว้แล้ว สมมุติว่าก่อนที่เสาจะหมุน ตำแหน่งของสายอากาศอยู่ห่างไกลจาก Θ_R หรือ Θ_L มากๆ เมื่อเสาเริ่มหมุน V_{01} และ V_{02} จะเลื่อนไปในทิศทางที่ทำให้ $|V_1 - V_2|$ ลดลงคือเข้าหาจุด 0 และจะไปพบจุด R หรือ L ก่อน ดังนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุนของเสา เมื่อมาถึงจุด R หรือ L, $|V_1 - V_2|$ จะลดลงมากแล้ว สัญกรณ์แรงดันก็จะขึ้นลงเรื่อยๆ ความชันของ สัญกรณ์จะขึ้นอยู่กับอัตราขยาย A_{VF} ของวงจรขยายสัญญาณ

ในการออกแบบวงจรขั้วรีเลย์ 1 จะต้องออกแบบให้รีเลย์ 1 หยุดทำงานก่อนแรงดันลดลงถึงจุด 0 เพื่อให้แรงเจ็ดยของมอเตอร์หมุนเสาต่อไปจนไปหยุดที่จุด 0 พอดี กำหนดให้รีเลย์ 1 หยุดทำงานเมื่อระดับแรงดันเอาพุเป็น 4 โวลต์ (จะเป็นค่าอื่นก็ได้ที่อยู่ในช่วง 2 โวลต์ถึง 12 โวลต์) และให้รีเลย์ 2 หยุดทำงานเมื่อระดับแรงดันเป็น 3 โวลต์ จะต้องให้รีเลย์ 2 หยุดทำงานหลังรีเลย์ 1 เล็กน้อยเพื่อไม่ให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางก่อนที่รีเลย์ 1 จะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน ส่วนการที่จะให้มอเตอร์หยุดทำงานที่จุด S แล้วให้แรงเจ็ดยหมุนเสาไปหยุดที่จุด 0 นั้นทำได้โดยการปรับอัตราขยายของอ็อปแอมป์หลายครั้ง โดยมีหลักการว่า ถ้าเสาหมุนไปหยุดก่อนตำแหน่งที่ตั้งไว้ให้เพิ่มอัตราขยายขึ้น เพราะว่าจำนวนรอบของแรงเจ็ดยของมอเตอร์จะคงที่เสมอ เมื่อเพิ่มอัตราขยายแรงดันเอาพุที่จุด S จะลดลงได้มากยิ่งขึ้นเมื่อมอเตอร์หยุดหมุนสนิททำให้ตำแหน่งของเสาอากาศเข้าใกล้จุด 0 เร็วยิ่งขึ้น และในทางกลับกันถ้าเสาหมุนไปหยุดเลยตำแหน่งที่ตั้งไว้ก็ลดอัตราขยายลง อัตราขยายที่จะทำให้เสาหมุนไปหยุดที่จุด 0 หรือสามารถคำนวณหาได้ แต่ในทางปฏิบัติการตั้งอัตราขยายจากวิธีคำนวณจะยุ่งยากกว่าวิธีประมาณ

ภาคแสดงผล

ภาคแสดงผลที่ออกแบบสามารถแสดงตัวเลขของมุมไคในช่วง -199.9 ถึง $+199.9$ องศา และสามารถแสดงมุมไคทั้งมุมที่ตั้งไว้และมุมที่สายอากาศหมุนไป โดยใช้ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ขนาด 3 หลักครึ่ง [3] ไปวัดแรงดัน V_1 และ V_2 ใช้สวิชโยกสลับเปลี่ยนตำแหน่งการวัดระหว่าง V_1 กับ V_2 เพื่อ

ให้แสดง เป็นมุมของสายอากาศที่หมุนไปและมุมที่ตั้งไว้ การปรับให้โวลต์มิเตอร์แสดงค่า เป็นมุมนั้นทำได้โดยนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดัน V_1 แล้วปรับเสาจนโวลต์มิเตอร์แสดงค่า เป็นศูนย์ ที่ตำแหน่งนี้จะเป็น 0 องศาของสายอากาศ จากนั้นก็หมุนเสาไปยังมุมที่ทราบค่าแน่นอนโดยใช้จานกลซึ่งมีสเกลเป็นองศา (โปรแทรกเตอร์) วัดมุม แล้วปรับแรงดันเปรียบเทียบกับมาตรฐานของโวลต์มิเตอร์จนแสดงค่าเท่ากับมุมที่วัดได้ ครั้งต่อไป เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัด V_1 หรือ V_2 ตัวเลขที่แสดงออกมาก็จะเป็นค่าของมุมที่เป็นองศา

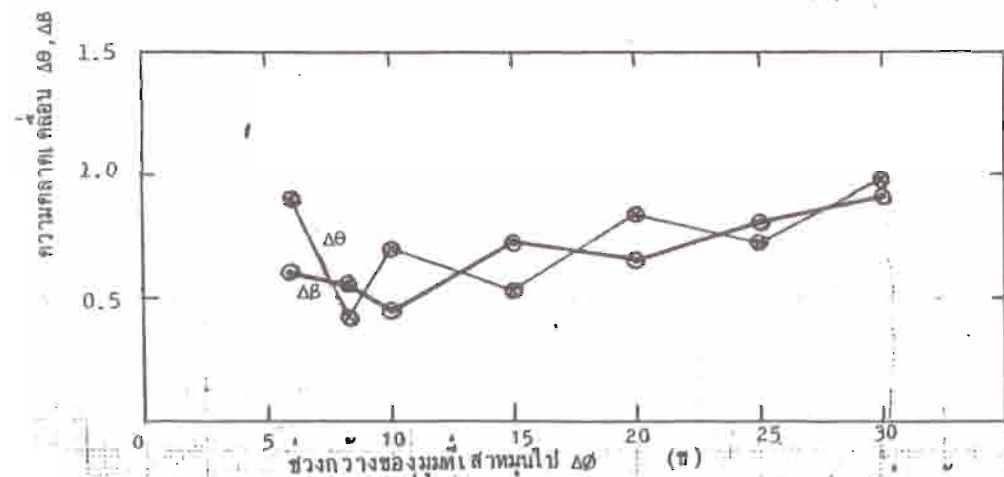
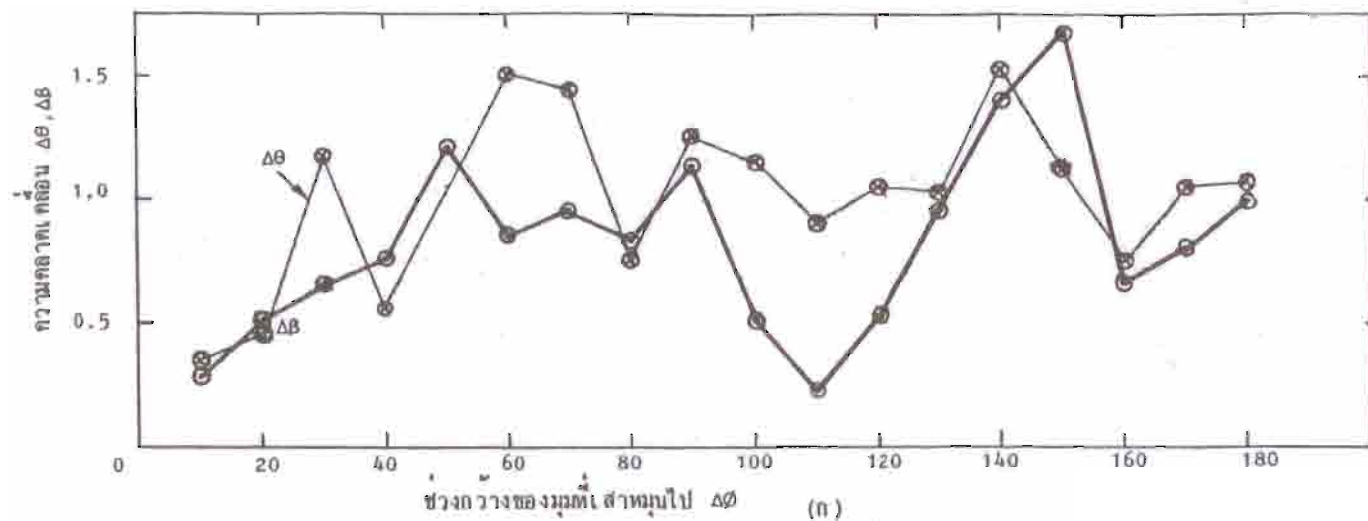
การทดสอบ

ผลการทดสอบระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศที่แสดงไว้ในรูปที่ 5 ค่า $\Delta\theta$ และ $\Delta\phi$ ของแต่ละค่า $\Delta\phi$ ได้จากการทดสอบหาค่าเฉลี่ย 10 ครั้ง ระหว่างเส้นกราฟทั้งสองในรูปที่ 5 (ก) คือค่าความแตกต่างระหว่างมุม CHECK กับมุมบนจานโปรแทรกเตอร์ ค่าความแตกต่างสูงสุดประมาณ -0.5 องศา ดังนั้นมุม CHECK ที่อ่านจากโวลต์มิเตอร์จึงเชื่อถือได้เสมอว่า เป็นมุมจริงของเสาที่รองรับสายอากาศ รูปที่ 5(ข) แสดงให้เห็นถึงความคลาดเคลื่อนในช่วงมุมที่ $\Delta\phi$ แคบๆ ความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยของ $\Delta\theta$ และ $\Delta\phi$ จากรูปที่ 5(ก) ประมาณ 1 องศา จากการทดสอบพบว่า เสาหมุนได้ละเอียดครั้งละ 6 องศา ซึ่งจะเท่ากับจำนวนรอบของการหมุนเนื่องจากแรงเฉื่อยของมอเตอร์ ดังนั้นถ้าสามารถลดแรงเฉื่อยลงได้ (เช่นโดยใช้เบรค) จะทำให้ความละเอียดของการหมุนแต่ละครั้งสูงขึ้น

ชุดกลไกขับเคลื่อนเสาที่รองรับสายอากาศ และชุดควบคุมการหมุนโดยบรรจุไว้ในกล่องโลหะทั้งนี้ เพื่อป้องกันมิให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากมอเตอร์ไปรบกวนกระสวนการแผ่คลื่นของสายอากาศ ชุดแรกของระบบได้คิดตั้งไว้บนรางเหล็กนอกห้องปฏิบัติการ โดยมีล้อเลื่อนรองรับกล่อง เพื่ออำนวยความสะดวกในการปรับระยะห่างระหว่างสายอากาศตัวส่งและตัวรับ ส่วนชุดควบคุมนั้นได้คิดตั้งไว้ในห้องปฏิบัติการ โดยมีสายไฟและสายเคเบิลต่อเชื่อมโยงกับชุดกลไกผ่านท่อเอสลอน ระบบควบคุมที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นมา ได้เริ่มนำมาใช้ประกอบการสอนปฏิบัติการทางด้านการเคลื่อนและการออกแบบสายอากาศตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2527 และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ

สรุป

บทความนี้ได้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบควบคุมการปรับตำแหน่งของสายอากาศโดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เพื่อให้เสาที่รองรับสายอากาศหมุนไปยังตำแหน่งมุมที่ต้องการ ผลการทดสอบปรากฏว่าความคลาดเคลื่อนของการหมุนโดยเฉลี่ย ± 1 องศา สำหรับทุกมุมที่เสาหมุนไป.



$\Delta\theta$: ช่วงกว้างของมุมที่ต้องการให้ใส่หมอนโป
 $\Delta\theta$: ความแตกต่างระหว่างค่า SET และ CHECK
 ΔB : ความแตกต่างระหว่างค่า SET กับที่อ่านบนจานองศาที่ติดอยู่กับเสา
 สัญลักษณ์ (x) แทน $\Delta\theta$
 สัญลักษณ์ (o) แทน ΔB
 SET : ช่วงกว้างของมุมที่ต้องการให้ใส่หมอนโป
 CHECK : มุมของเสาที่อ่านจากโวลต์มิเตอร์เมื่อใส่หมอนโป

รูปที่ 5 แสดงความคลาดเคลื่อนของการหมุนของเสารองรับสายอากาศเทียบกับช่วงกว้างของมุมที่ตั้ง (Set) ให้ใส่หมอนโปในช่วงมุมกว้าง (ก) และในช่วงมุมแคบ (ข)

หนังสืออ้างอิง

- [1] H. Jasik, Antenna Engineering Handbook. New York :
Mc.Graw-Hill, 1961.
- [2] D.J. Telter, "An arial rotator servo", Wireless World,
April 1975, pp. 177-181.
- [3] คู่มือแอลเอสไอ เล่ม 1 , กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2522.
- [4] เรืองชัย บรรดาศักดิ์ไพศาล และ นิพนธ์ พงศ์สุพิพัฒน์, ระบบควบคุมตำแหน่งของสายอากาศ
รายงานโครงการหมายเลข E-84-01 ของนักศึกษาปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม-
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พฤษภาคม 2527.
-

นิพนธ์ พงศ์สุพัฒน์ เกิดที่ เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อวันที่ 28 ตุลาคม 2502 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจากโรงเรียนเกาะสมุย และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนนนทรีวิทยา กรุงเทพมหานคร เข้าศึกษาในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อ พ.ศ. 2522 ขณะนี้เป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และไมโครคอมพิวเตอร์

อาจณรงค์ ฐานสันโทษ เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร เมื่อวันที่ 16 ธันวาคม 2493 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนบุญเอื้อยวิทยา และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนศรีราษฎร์ จังหวัดชุมพร ได้รับปริญญา วศ.บ. (เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อ พ.ศ. 2516 ปริญญา M.Sc. สาขาวิศวกรรมการเกษตร และ Ph.D. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก University of Manitoba และ Carleton University ประเทศแคนาดา เมื่อ พ.ศ. 2519 และ 2525 ตามลำดับ

เข้าทำงานเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเดือน มิถุนายน 2516 ในระหว่างลาศึกษาต่อที่ประเทศแคนาดา เคยทำงานเป็น Teaching และ Research Assistant ที่มหาวิทยาลัยทั้งสองแห่ง และเคยเป็น Post Doctoral Fellow ที่ University of Ottawa ระหว่าง 2524-2525 ด้วย มีประสบการณ์ทำงานวิจัยทางด้าน Measurements of Agricultural Parameters และ Biological Applications of Microwaves ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์และรองหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดร.อาจณรงค์ สอนวิชาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร มีความสนใจในสาขา Microwave Communications และ Applications of Radio-Frequency Waves in Agriculture

เรื่องชัย บรรดาศักดิ์ไพศาล เกิดที่อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา เมื่อวันที่ 24-
ธันวาคม 2504 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจาก โรงเรียนอมรศิลป์ อำเภอบัวใหญ่
และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน จังหวัดขอนแก่น เข้าศึกษาใน
มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อ พ.ศ. 2523 ขณะนี้เป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
มีความสนใจทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร

สมฤทธิ์ หงษ์สุตร เกิดที่อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2494
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจาก โรงเรียนสุทรังษี จังหวัดกาญจนบุรี
ได้รับปริญญา วศ.บ. (เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อ
พ.ศ. 2517

เข้าทำงานเป็นอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ในเดือนกรกฎาคม 2517 เคยไปฝึกอบรมทางสาขา Power Technology ที่ประเทศสหพันธ์
สาธารณรัฐเยอรมัน ระหว่าง พ.ศ. 2522-2523 เป็นเวลา 12 เดือน เคยออกแบบและ
ประกอบเครื่องส่งวิทยุเอฟเอ็มขนาด 10 วัตต์ (ทำงานร่วมกับ Mr. J.D. Hammonds อาสาสมัคร
ชาวนิวซีแลนด์) ซึ่งได้ใช้ในการเผยแพร่ข่าวสารของมหาวิทยาลัยขอนแก่นระหว่าง พ.ศ. 2518-
2526 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สอนวิชาทางด้าน Electronics ตั้งแต่เริ่มเข้าทำงาน มีความสนใจทางด้าน
Electronic Instrumentation ไมโครคอมพิวเตอร์ และ Power Electronics.