บทที่ 5

การออกแบบส่วนการวัดรูปแบบการกระจายคลื่น

ส่วนการวัดรูปแบบการกระจายคลื่นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของวงจรวัดแอมปลิจูดสัญญาณเสียง และส่วนของฐานสำหรับวัดรูปแบบการกระจายคลื่น โดยได้อธิบายส่วนประกอบของวงจรดังกล่าวไว้ในหัวข้อ 1 ส่วนของฐานสำหรับวัดรูปแบบการกระจายคลื่นอธิบายไว้ในหัวข้อ 2 ทั้งนี้ยังมีภาพแสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองทั้งหมดไว้ เพื่อให้เข้าใจภาพโดยรวมของการทดลองได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

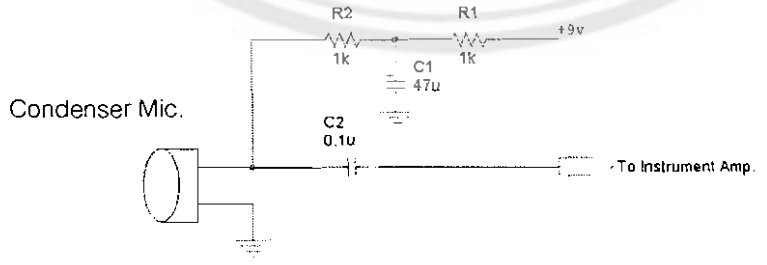
1. วงจรวัดแอมปลิจูดสัญญาณเสียง

ในส่วนของวงจรวัดแอมปลิจูดสัญญาณเสียงประกอบด้วยส่วนของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนและส่วนของวงจรขยายอินสตรูเมนท์ โดยคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนทำหน้าที่รับสัญญาณเสียงจากแหล่งกำเนิดอาร์เรย์แบบเส้นตรง จากนั้นจึงส่งสัญญาณต่อไปยังวงจรขยายอินสตรูเมนท์เพื่อลดสัญญาณรบกวนและขยายสัญญาณเสียง โดยมีรายระเอียดต่างๆ ดังนี้

1.1 คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

คอนเดนเซอร์ไมโครโฟน ทำหน้าที่ใช้วัดความดันเสียง ซึ่งหมายถึงว่าเอาท์พุตซึ่งเป็นไฟฟ้าจะได้สัดส่วนโดยตรงกับความดันของเสียงที่มากระทำต่อไดอะเฟรม ส่วนประกอบที่สำคัญของคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนคือ มีไดอะเฟรมที่ทำด้วยโลหะบางติดกับแผ่นโลหะหนาที่มีฉนวนกันไว้

การใช้งานคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนโดยทั่วๆ ไปจะมีการไบอัสด้วยไฟฟ้ากระแสตรงและมีตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุต่อร่วมกันอยู่ ดังแสดงในภาพ 24



ภาพ 24 การไบอัสคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน

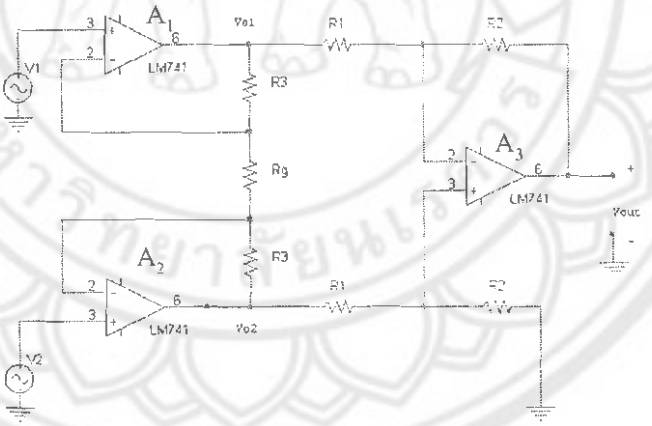
1.2 วงจรขยายอินสตรูเมนท์

วงจรขยายอินสตรูเมนท์ (Instrument amplifier) หรืออาจเรียกย่อๆว่าวงจร IA นั้นเป็นวงจรทำหน้าที่ขยายสัญญาณผลต่างของสัญญาณอินพุตทั้งสองของวงจร ซึ่งพัฒนามาจากหลักการของ วงจรขยายสัญญาณผลต่างพื้นฐาน (difference amplifier) เพื่อปรับปรุงให้สมรรถนะของวงจรให้ดีขึ้น โดยแรงดันเอาท์พุตของวงจรจะมีความสัมพันธ์เป็นไปดังสมการที่ 5.1 ดังนี้คือ

$$V_{out} = A(V_2 - V_1) \tag{5.1}$$

โดยที่ A คืออัตราขยายสัญญาณ (gain) ของวงจร วงจร IA ซึ่งถูกปรับปรุงขึ้นนี้มีข้อดีเมื่อเทียบกับวงจรขยายสัญญาณผลต่างพื้นฐานคือ มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ อัตราขยายสัญญาณของวงจรและความสามารถในการขจัดสัญญาณรบกวน (Common Mode Rejection Ration, CMRR) สูงมาก ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าคุณสมบัติของวงจร IA ให้ผลใกล้เคียงกับวงจรขยายสัญญาณผลต่างในทางอุดมคติมากที่สุดวงจรหนึ่ง

วงจรขยายอินสตรูเมนท์แบบใช้ออปแอมป์ 3 ตัว แสดงดังภาพ 25 โดยที่ออปแอมป์ A. และ A_2 ทำหน้าที่เป็นวงจรภาคอินพุตส่วนหน้า (first stag หรือ input stage) ขณะที่ออปแอมป์ A_3 จะเป็นวงจรภาคเอาท์พุตส่วนที่สอง (second stage หรือ output stage) ของวงจร ถ้าให้ V_{o1} และ V_{o2} เป็นแรงดันเอาท์พุตของ A_1 และ A_2 ตามลำดับ



ภาพ 25 วงจรขยายสัญญาณอินสตรูเมนท์แบบใช้ออปแอมป์ 3 ตัว

ดังนั้นจากสมการที่ 5.1 แรงดันเอาท์พุตของ A_3 หรือแรงดันเอาท์พุตของวงจร V_{out} มีค่าเท่ากับ

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1}(V_{o2} - V_{o1}) \tag{5.2}$$

และเนื่องจากคุณสมบัติของออปแอมป์ทำให้กระแสที่ไหลผ่าน R_3 และ R_G มีค่าเท่ากัน ($I_{R3} = I_{RG}$) ซึ่งจากกฎของโอห์มจะได้

$$V_{o1} - V_{o2} = (2R_3 + R_G)I_{RG} \tag{5.3}$$

เมื่อ $V_1 = 0$ แล้ว กระแสที่ไหลผ่าน R_G มีค่าเท่ากับ

$$I_{RG} = \frac{V_1 - V_2}{R_G} \tag{5.4}$$

ทำการแทนค่าสมการที่ 5.4 ลงในสมการที่ 5.3 และ 5.2 จะได้

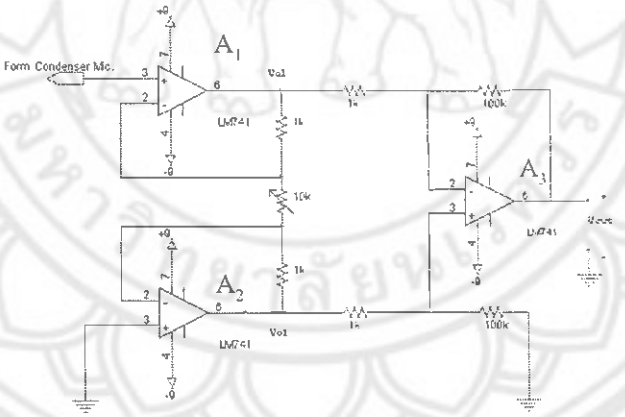
$$V_{out} = A(V_2 - V_1) \tag{5.5ก}$$

โดยที่

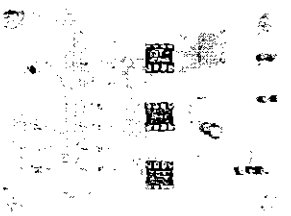
$$A = (1 + \frac{2R_3}{R_G})(\frac{R_2}{R_1}) \tag{5.5ข}$$

เนื่องจากแรงดันอินพุต V_1 และ V_2 ของวงจรนั้นถูกป้อนโดยตรงเข้าทางขาอินพุตไม่กลับเฟสของออปแอมป์จึงทำให้วงจร IA นี้มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจรสูงมาก (ประมาณเท่ากับอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์นั่นเอง) นอกจากนี้อัตราขยายสัญญาณ A ของวงจรสามารถปรับค่าได้อย่างสะดวกและอิสระด้วยการปรับค่าของ R_G

ในการวัดรูปแบบการกระจายของคลื่นเสียงผู้วิจัยได้เลือกใช้วงจรขยายอินสตรูเมนท์ที่มีกำลังขยาย 25 เท่า ดังภาพ 26 ส่วนวงจรที่นำมาใช้งานจริงแสดงไว้ในภาพ 27 และสัญญาณเอาท์พุตจากวงจร จะนำมาพล็อตกราฟเป็นผลการทดลองโดยจะกล่าวถึงในบทที่ 7



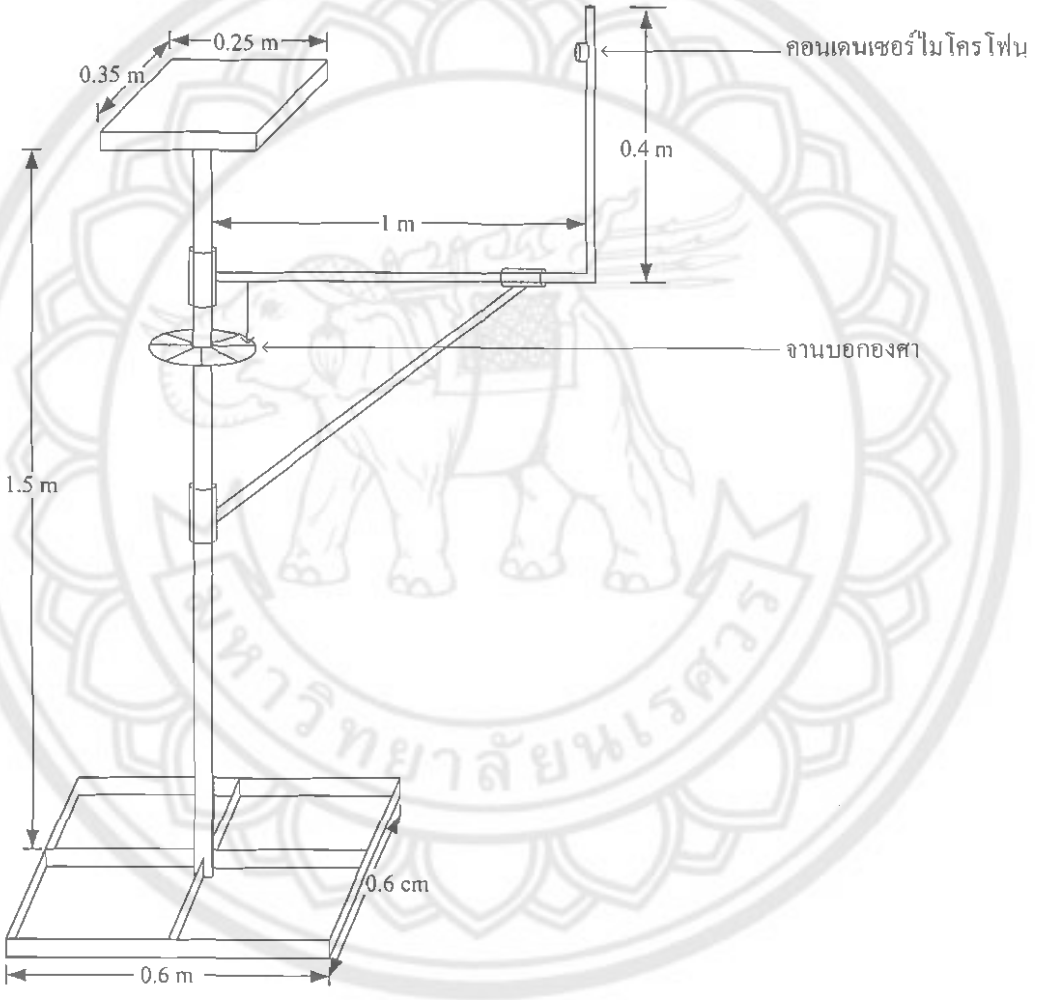
ภาพ 26 การเชื่อมต่อวงจรขยายอินสตรูเมนท์



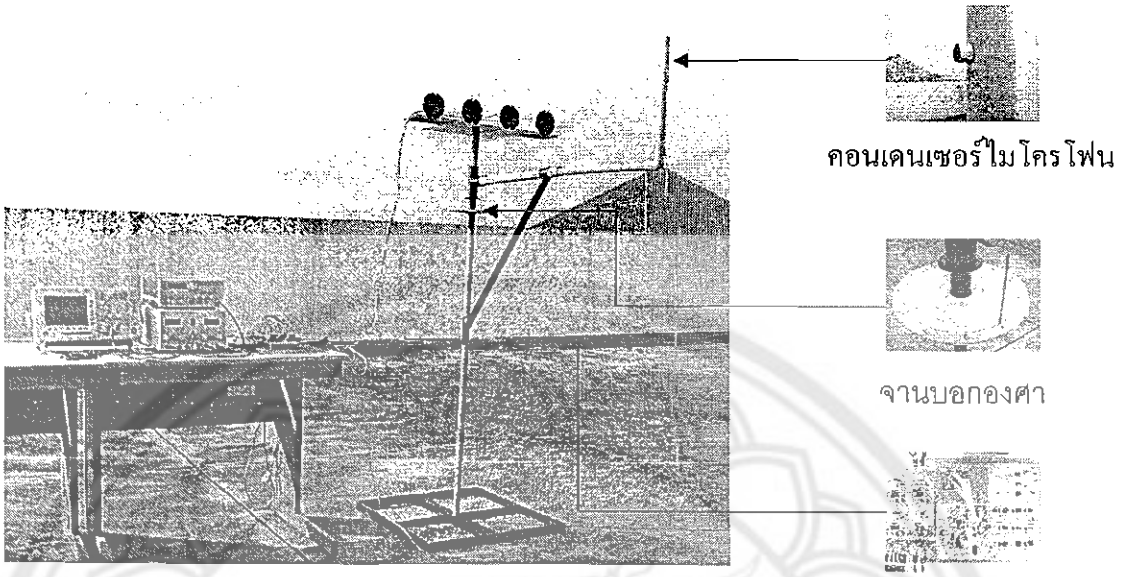
ภาพ 27 วงจรขยายอินสตรูเมนท์ที่ใช้งานจริง

2. ฐานสำหรับวัดรูปแบบการกระจายคลื่น

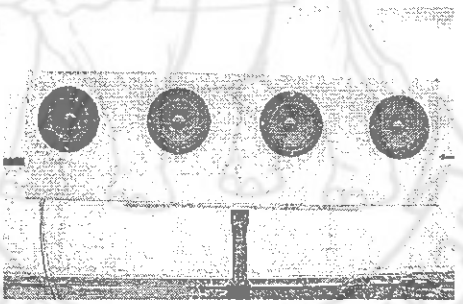
อุปกรณ์ชิ้นนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับวัดรูปแบบการกระจายคลื่นรอบๆ แหล่งกำเนิดอาร์เรย์แบบเส้นตรง (ดูภาพ 28) มีคอนเดนเซอร์ไมโครโฟนติดตั้งอยู่กับแขนความยาว 1 m. หมุนได้รอบ 360° เพื่อวัดรูปแบบการกระจายคลื่นรอบๆ แหล่งกำเนิด ภาพ 29 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดในการวัดรูปแบบการกระจายคลื่น ส่วนภาพ 30 และ 31 แสดงการติดตั้งตัวเรดิเอเตอร์ที่นำมาใช้งานจริง



ภาพ 28 ฐานสำหรับใช้วัดทิศทางลำคลื่นเสียง



ภาพ 29 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง



ภาพ 30 การติดตั้งตัวเรดิเอเตอร์ไว้กับกล่องกระดาษ

ภาพ 31 การติดตั้งตัวเรดิเอเตอร์ไว้กับแผ่นไม้