



บทวิจารณ์ และบทสรุป

5.1 บทวิจารณ์

จากการที่ได้ออกแบบและสร้าง เครื่องตรวจจับปรากฏการณ์คอปเปอเรอร์ของอัลตราซาวนด์ เพื่อวัดการไหลของโลหิต ตลอดจนการนำไปทดลองวัดและหาผลปรากฏว่า เครื่องต้นแบบที่สร้าง มีข้อวิจารณ์ดังต่อไปนี้

1) มีความยากในการใช้งาน

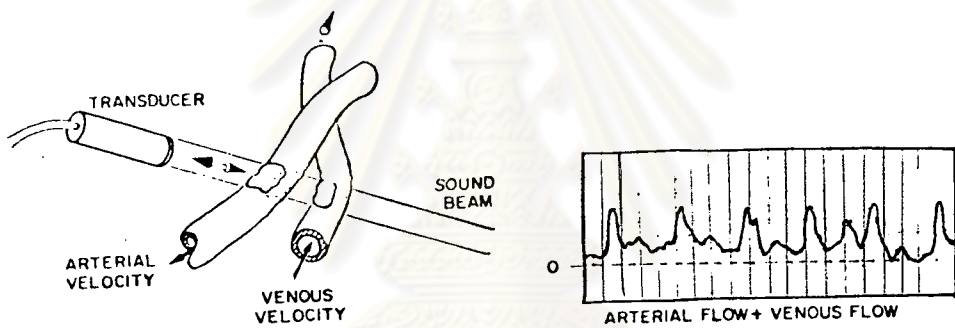
เครื่องที่สร้าง เป็นระบบพัลส์ซึ่งการส่งและรับคลื่นจะเกิดขึ้นเพียงชั่วขณะ สัญญาณคอปเปอเรอร์ที่รับได้จากการส่งจะเกิดขึ้นด้วยระยะเวลาหลังจากการส่งไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความลึกที่วัด ดังนั้นทำให้เกิดความยุ่งยากในการปรับสัญญาณอ้างอิง เพื่อไปเปรียบเทียบกับสัญญาณคอปเปอเรอร์ที่สะท้อนกลับมา ซึ่งจะต้องปรับให้ตรงกัน ถ้าคนใช้ เครื่องนี้ไม่ทราบถึงความลึกของหลอดเลือดที่วัด จะทำให้เป็นปัญหาในการปรับ และเกิดความล่าช้าในการวัด ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องคอปเปอเรอร์อัลตราซาวนด์ชนิดคลื่นต่อเนื่องแล้ว จะเห็นว่า เครื่องชนิดคลื่นต่อเนื่อง การส่งและรับคลื่น เกิดขึ้นตลอดเวลา สัญญาณคอปเปอเรอร์ที่รับได้โดยทรานซิวเซอร์ตัวรับที่ส่งไปยังภาคตีเทคเตอร์ไม่ต้องใช้สัญญาณเปรียบเทียบ ทำให้การวัดมีความง่ายมากกว่า เครื่องคอปเปอเรอร์ที่ออกแบบสร้าง

2) ในการประกอบทรานซิวเซอร์ เข้ากับตัวหุ้ม ตลอดจนการทำ เลนซ์ยังไม่ค่อยดีพอ ถึงแม้ว่าจะใช้งานได้ แต่การใช้ทรานซิวเซอร์ในการวัดก็เป็นปัญหาที่ยากเพราะ ปัญหาที่เกิดจากการไม่ทราบถึงการแผ่กระจายของลำคลื่นอัลตราซาวนด์ที่ส่งออกไปว่าการ เอียงทรานซิวเซอร์ที่ทำกับหลอดเลือดขนาดนี้จะทำให้เกิดมุมขึ้นจริง ๆ เท่าใด

3) เครื่องระบบพัลส์คอปเปอเรอร์ที่สร้างนี้ สามารถใช้ประโยชน์ได้มากกว่าชนิดคลื่นต่อเนื่อง คือในระบบพัลส์สัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ที่วัดได้เกิดจากการปรับสัญญาณอ้างอิงไปเปรียบเทียบกับสัญญาณคอปเปอเรอร์ที่รับกลับมาโดยทรานซิวเซอร์ตัวรับ ความถี่คอปเปอเรอร์ที่ได้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วของเลือดที่ไหล และจากการส่ง เกิดสัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ที่วัดได้

จากจุดที่เริ่มมีและสิ้นสุดของสัญญาณเมื่อปรับสัญญาณอ้างอิงไปตามเวลาต่าง ๆ สามารถนำค่าเวลาที่ปรับสัญญาณอ้างอิงต่าง ๆ นี้ มาคำนวณหาขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อหรือหลอดเลือดได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ของการเดินทางของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง จากขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางที่ได้ สามารถนำไปหาปริมาตรของเลือดที่ไหลได้ ส่วนอัลตราซาวด์ชนิดคลื่นต่อเนื่องการส่งและรับคลื่น จะเกิดขึ้นตลอดเวลา ทำให้ไม่สามารถนำค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้คำนวณหา เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อหรือหลอดเลือดได้ จึงนับได้ว่า เครื่องระบบพัลส์คอปเปอเรอร์อัลตราซาวด์ที่สร้างมีส่วนที่ดีกว่า ชนิดคลื่นต่อเนื่อง

4) การตรวจจับการไหลของ เลือดของ เครื่องชนิดคลื่นต่อเนื่องนี้สามารถตรวจจับการเคลื่อนที่ของของทุกสิ่งได้ ในการวัดบางครั้งลำคลื่นอัลตราซาวด์ที่ส่งออกไปอาจเดินทางผ่าน หลอดเลือด 2 หลอดพร้อมกัน ดังรูปที่ 5.1 ทำให้ผลของสัญญาณที่ได้จากการวัดเป็นสัญญาณรวม



รูปที่ 5.1 สัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ของ เครื่องคอปเปอเรอร์อัลตราซาวด์ชนิดคลื่นต่อเนื่องที่เกิดจากการวัดหลอดเลือด 2 หลอดพร้อมกัน

ของความเร็วของ เลือดในหลอดเลือดทั้งสองซึ่งเป็นค่าผิดพลาดมาก ส่วนสำหรับ เครื่องคอปเปอเรอร์อัลตราซาวด์ที่สร้างสัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ที่เกิดขึ้นได้จากการปรับสัญญาณอ้างอิงไปเปรียบเทียบซึ่งสามารถเลือกในช่วงขณะใดก็ได้ ดังนั้นจะเห็นว่าการวัดการไหลของ เลือดที่เป็น 2 หลอด ดังรูปที่ 5.1 นั้น สามารถที่จะเลือกเอาเฉพาะช่วงใดก็ได้ขึ้นอยู่กับ การปรับสัญญาณอ้างอิงให้ตรงจุดนั้น ๆ ซึ่งก็นับว่าเป็นข้อดีอีกประการหนึ่งของ เครื่องระบบพัลส์นี้



5.2 บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบสร้าง เครื่องตรวจจับปรากฏการณ์คอปเปอเรอร์ของอัลตราซาวด์ เพื่อวัดการไหลของโลหิต โดยขั้นแรกได้ทดลองวัดความเร็วของน้ำในท่อเพื่อดูปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของคอปเปอเรอร์เทียบกับทฤษฎีที่มีอยู่จนแน่ใจว่าผลที่ได้สอดคล้องกัน แล้วจึงนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการวัดการไหลของโลหิตในร่างกายมนุษย์ นอกจากนี้ยังได้นำเครื่องต้นแบบที่ออกแบบสร้างไปวัดเปรียบเทียบกับเครื่องของต่างประเทศ ผลที่ได้ปรากฏว่าเครื่องต้นแบบที่สร้างสามารถใช้งานได้ดี แต่ยังคงมีความผิดพลาดที่วัดได้อยู่บ้าง ซึ่งก็ต้องปรับปรุงแก้ไขในขั้นต่อไป

การออกแบบสร้าง เครื่องตรวจจับปรากฏการณ์คอปเปอเรอร์ของอัลตราซาวด์ เพื่อวัดการไหลของโลหิต เป็นระบบพัลส์คอปเปอเรอร์แบบโคฮีเรนท์ มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าคือ

แรงดันไฟฟ้าของคลื่นส่ง (PW)	:	55 Vpp	1 μ s
ความถี่ (fo)	:	4.2	MHz
คาบของการส่งคลื่น (T)	:	50, 100, 200, 400, 800	μ s
อัตราการขยายสัญญาณคอปเปอเรอร์ (AV)	:	90	dB
ความถี่คอปเปอเรอร์ที่วัดได้	:	10	kHz
ความเร็วของเลือดที่วัดได้ประมาณ	:	130	cm/s
ความลึกมากที่สุดที่ควรใช้ประมาณ	:	6	cm
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดเลือดที่วัดประมาณ	:	>3	mm
มุมที่ควรใช้วัด	:	60-80	องศา
ความแม่นยำของค่าที่วัดได้ประมาณ	:	80%	(ขึ้นอยู่กับ การปรับสัญญาณอ้างอิงและมุมที่ใช้วัด)
วงจรรองความถี่ (HPF)	:	50	Hz
ภาคแสดงผล (DISPLAY)	:	20 LED +	ลำโพง

หลังจากที่ได้ออกแบบและสร้าง เครื่องพบว่ามีปัญหาทางเทคนิคดังนี้

1) อุปกรณ์บางอย่าง เช่นทรานซิวเซอร์ไม่สามารถหาซื้อได้ภายในประเทศ ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ทำให้เสียเวลาในการวิจัย

2) เครื่องที่ออกแบบสร้าง เป็นระบบพัลส์ การส่งและรับคลื่น เป็นเพียงช่วงขณะด้วย เวลาสั้น ๆ ทำให้เกิดความยุ่งยากในการออกแบบวงจร

3) วงจรภาครับและขยายสัญญาณคอปเปอเรอร์ต้องใช้อัตราขยายสูงและใช้กับความถี่สูง ทำให้ไม่สามารถทดลองในแผงทดลองได้ การสร้างต้องลงในแผ่นปริ้นซ์และต้องมีการชิลด์อย่างดีเพื่อป้องกันการรบกวนและการเกิด Oscillate

4) สัญญาณที่นำไปป้อนให้กับทรานซิวเซอร์ตัวส่งในช่วงที่ไม่ต้องการให้ทรานซิวเซอร์ตัวรับทำงาน ถ้ามีมากเกินไปจะเกิดการรบกวนที่ภาครับและขยายสัญญาณคอปเปอเรอร์ ทำให้เกิดปัญหากับการทำงานของภาครับ ซึ่งเป็นเรื่องยุ่งยากในการแก้ไข

5) การทำงานของภาคกำเนิดความถี่ และภาคเกทสัญญาณต่าง ๆ จะต้องมีเสถียรภาพดี โดยเฉพาะต้องไม่มีการสั่นของสัญญาณ ซึ่งถ้ามีแล้วจะทำให้สัญญาณขาออกของภาคเฟสดีเทคเตอร์ที่ได้สั่นตาม ทำให้ค่าที่ได้ไม่แน่นอน

6) จากการทดลองวัดการไหลของน้ำในท่อที่อยู่ลึกต่าง ๆ ระดับกัน โดยให้มุมและความเร็วคงที่ ผลที่ได้จากการวัดก็ยังคงเหมือนเดิม แม้แต่จากบทความของเบเกอร์⁽¹⁶⁾ ก็ยังไม่กระจ่างชัด

7) จากกราฟสัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ที่วัดกับคนในข้อ 4.4 จะเห็นว่าเกิดขึ้นตามจังหวะการเต้นของหัวใจ แต่รูปคลื่นจะมีทั้งบวกและลบ เมื่อนำไปคิดเป็นความเร็วของเลือดที่ไหลเปรียบเทียบกับทั้งทางบวกและลบแล้วค่าที่ได้เท่ากันซึ่งคิดว่าถูกต้อง แต่ที่น่าสังเกตก็คือสัญญาณความถี่คอปเปอเรอร์ที่ได้จะมีลักษณะไม่เหมือนกับรูปคลื่นความถี่คอปเปอเรอร์ที่ได้จากเครื่องของต่างประเทศ

8) จากการนำเครื่องที่สร้างไปใช้วัดกับคนทั่วไปจะมีปัญหาเกิดขึ้นเกี่ยวกับหัวทรานซิวเซอร์เพราะมีขนาดใหญ่ ทำให้การเล็งจุดที่วัดยากและเกิดการขยับตัวบ่อยทำให้ค่าที่ได้ไม่คงที่แน่นอน การวัดจะต้องให้หัวทรานซิวเซอร์อยู่นิ่งซึ่งเป็นเรื่องยาก ถ้าปรับปรุงหัวทรานซิวเซอร์ให้ดีขึ้นแล้วคิดว่าให้นำไปวัดกับคนทั่ว ๆ ไปจะง่ายขึ้น

การวิจัยขั้นต่อไป

จากการวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ พอได้ข้อมูลซึ่งคิดว่า เป็นประโยชน์บ้างพอสมควรสำหรับการวิจัยขั้นต่อไป มีข้อเสนอแนะที่ควรกระทำดังต่อไปนี้คือ

- 1) ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับปรากฏการณ์ดอปเปลอร์อัลตราซาวด์เพื่อนำไปพัฒนาทางด้านระบบการทำงานของวงจรให้ดีขึ้น เพื่อให้ผลที่ได้จากการวัดแม่นยำขึ้น
- 2) ร่วมมือกับแพทย์ในการประยุกต์ใช้วัดกับผู้ป่วยหรือคนปกติ และเก็บข้อมูลที่ได้อีกมาแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่มีอยู่
- 3) ศึกษาเทคนิคต่าง ๆ ของคลื่นอัลตราซาวด์ เช่น เทคนิคการถ่ายภาพล้ำลึกของอัลตราซาวด์



คุรุวิทยุทฤษฎุภยกร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย