

บทที่ 1

บทนำ

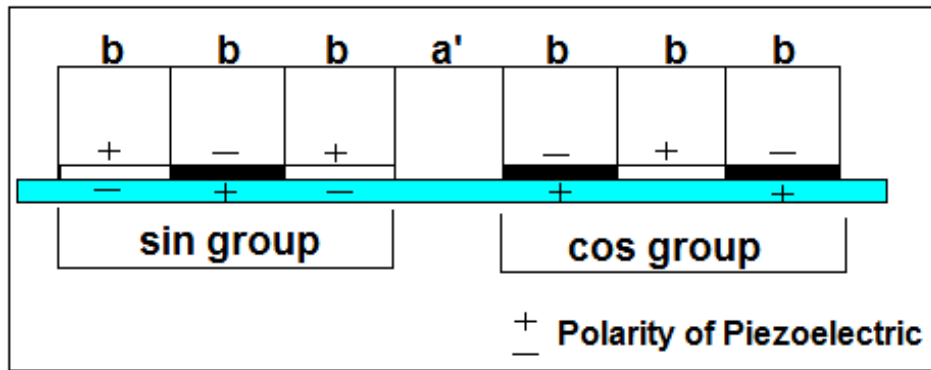
1.1 บทนำ

อัลตราโซนิคมอเตอร์แบ่งออกตามลักษณะการสรางการเคลื่อนที่ได้สองรูปแบบคือ การเคลื่อนที่ในลักษณะเส้นตรง (Hermann et al., 1996), (Hemsel et al., 2000) และแบบเคลื่อนที่ในลักษณะวงกลม (Sashida et al., 1993), (Duan et al., 2007) โดยปกติแล้วอัลตราโซนิคมอเตอร์มีส่วนประกอบหลักที่สำคัญสองส่วนด้วยกันคือ สเตเตอร์ (stator) และโรเตอร์ (rotor) อัลตราโซนิคมอเตอร์สามารถนำมาใช้เป็นตัวทำงานในอุปกรณ์สมัยใหม่ เช่น ควบคุมการเคลื่อนที่ของเลนส์ในกล้องถ่ายรูป (Bar-Cohen et al., 1999) ซึ่งส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้งานจากอัลตราโซนิคมอเตอร์ทั้งสองรูปแบบที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แต่ในปัจจุบันยังมีงานอีกเป็นจำนวนมากที่ต้องการการเคลื่อนที่ในแนวเชิงเส้นโค้ง (Smithmaitrie et al., 2004), (Smithmaitrie et al., 2005) เช่นการปรับองศาของกล้องจับภาพหรือข้อต่อของหุ่นยนต์ ลักษณะของคลื่นที่เกิดในอัลตราโซนิคมอเตอร์เชิงเส้นโค้งเป็นแบบเดียวกับคลื่นที่เกิดขึ้นกับวัสดุที่มีขอบเขตจำกัด (Suybangdum et al., 2006) แต่พบว่ยังไม่มีการศึกษาหรือระบุลักษณะการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกบนแกนโค้งว่าควรมีลักษณะการจัดวางในลักษณะใดมีระยะห่างที่เหมาะสมเท่าไรเพื่อให้ได้คลื่นเคลื่อนที่ Smithmaitrie et al., 2005 ศึกษาและออกแบบมอเตอร์อัลตราโซนิกเชิงเส้นโค้ง แต่พบว่ยังมีปัจจัยหลายอย่างที่ไม่ได้ศึกษา เช่น ค่าความแข็งตึงของระบบ รูปแบบการติดตั้งตัวทำงานบนสเตเตอร์ ผลจากวัสดุคูดซับแรงกระแทก เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงปัจจัยดังกล่าวเพื่อใช้ทำนายพฤติกรรมการเคลื่อนที่ของคลื่นเคลื่อนที่

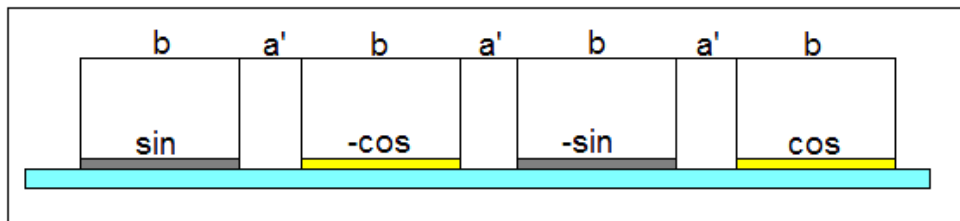
1.2 การตรวจเอกสาร

S. Ueha, Y. Tomikawa, M. Kurosawa และ N. Nakamura บอกถึงวิธีที่ทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่บนสเตเตอร์ของอัลตราโซนิคมอเตอร์นั้นว่า สามารถที่จะทำให้เกิดขึ้นได้โดยอาศัยรูปแบบการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกบนสเตเตอร์จากนั้นกระตุ้นด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น โดยรูปแบบการจัดวางตัวทำงานสามารถจัดวางได้สองรูปแบบคือ รูปแบบที่ 1 ติดตัวทำงานให้มีระยะห่างระหว่างซูดของซายน์ (sine wave) กับซูดของโคซายน์ (cosine wave) และให้มีเฟสต่างกัน 90 องศา ระยะห่างที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ $a = 3\lambda/4$ ส่วนรูปแบบที่ 2 แบ่งการติดตัวทำงานออกเป็นกลุ่มคือ กลุ่มของ cosine กับกลุ่มของ sine ซึ่งทั้งสองกลุ่มมีระยะห่างเท่ากับ a' ส่วนการ

กระตุ้นด้วยสัญญาณทางไฟฟ้าทั้งสองรูปแบบมีลักษณะเหมือนกันกล่าวคือ กระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้า $\cos(\omega t)$ ที่ตำแหน่งชุด cosine และกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้า $\sin(\omega t)$ ที่ตำแหน่งชุด sine ตามลำดับ ทำให้สามารถกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ขึ้นได้ตามภาพประกอบที่ 1.1 และ 1.2 ตามลำดับ

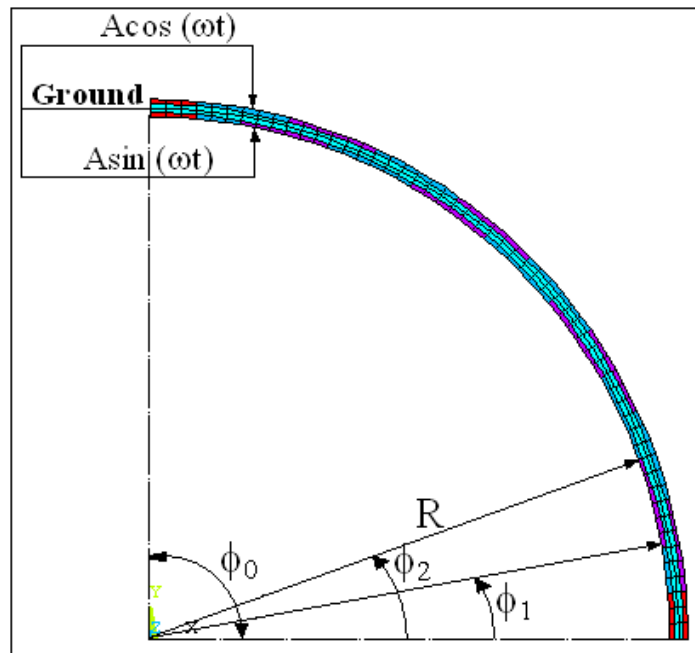


ภาพประกอบที่ 1.1 รูปแบบการจัดวางตัวทำงานลักษณะที่ 1 ของ Ueha et al., 1993



ภาพประกอบที่ 1.2 รูปแบบการจัดวางตัวทำงานลักษณะที่ 2 ของ Ueha et al., 1993

Pruittikorn et al., 2005 ศึกษาการเกิดคลื่นเคลื่อนที่บนคานโค้งโดยใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นตัวทำงาน โดยมีหลักการทำงานคือ ติดตัวทำงานที่ผิวของคานโค้งทั้งด้านบนและด้านล่าง และที่ปลายทั้งสองด้านของคานโค้งติดวัสดุอุดชักรันสะเทือนเพื่อป้องกันการสะท้อนกลับของคลื่นเคลื่อนที่ซึ่งทำให้คลื่นที่ตามมาเสียรูปทรงได้ การติดเพียโซอิเล็กทริกที่ผิวของคานโค้งนั้นจะสลับกันคือ โดเมนชี้ขึ้นสลับกับชี้ลง และจัดวางตัวทำงานให้มีเฟสที่ต่างกัน 90 องศา จากนั้นกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้า $A\cos(\omega t)$ ที่ผิวด้านบน และกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้า $A\sin(\omega t)$ ที่ผิวด้านล่าง ทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่บนสแตเตอร์ได้ตามภาพประกอบที่ 1.3

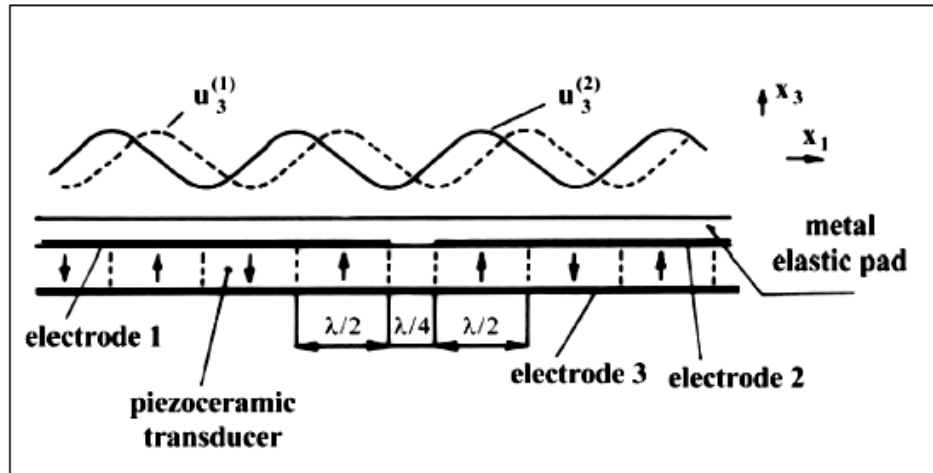


ภาพประกอบที่ 1.3 ลักษณะการจัดวางตัวทำงานของ Smithmaitrie et al., 2005

Yoseph Bar-Cohen, Xiaoqi Boa และ Willem Grandia ศึกษาการเกิดคลื่นเคลื่อนที่ในอัลตราโซนิกมอเตอร์แบบหมุน โดยใช้วัสดุเพียโซอิเล็กทริกเป็นตัวทำงาน ลักษณะสเตเตอร์ที่ใช้มีลักษณะเป็นวงแหวน และออกแบบให้สเตเตอร์มีลักษณะสมมาตร และติดตั้งฟันเพิ่มบนสเตเตอร์เคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นบนสเตเตอร์มีลักษณะวงรีซึ่งเกิดจากการตั้งฉากกันระหว่างคลื่นในแนวตั้งกับคลื่นตามแนวเส้นรอบวงที่ตำแหน่งสัมผัสทำให้สามารถขับโรเตอร์ให้เกิดการเคลื่อนที่ การทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ต้องอาศัยการตั้งฉากระหว่างการสั่นของสองโหมดซึ่งจะทำให้เกิดการขับเคลื่อน วัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ติดบนสเตเตอร์มีลักษณะโดเมนที่สลับกันคือ โดเมนชี้ขึ้นสลับกับชี้ลง จากนั้นกระตุ้นด้วยสัญญาณทางไฟฟ้า $\cos(\omega t)$ และ $\sin(\omega t)$ บนวัสดุเพียโซอิเล็กทริกที่ตำแหน่งซูด cosine และตำแหน่งซูด sine ตามลำดับ สามารถทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ได้

Ales Richter, Martin Pustka, Pavel Rydlo และ Milan Kolar ศึกษาหาค่าความเร็วของคลื่นเคลื่อนที่บนสเตเตอร์โดยใช้วิธี pulse width modulation (PWM) หลักการเกิดคลื่นเคลื่อนที่บนสเตเตอร์ ใช้สเตเตอร์ที่มีลักษณะเป็นวงแหวนติดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกแล้วกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟฟ้าทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น โดยสมมติให้วงแหวนสเตเตอร์ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง สเตเตอร์ประกอบไปด้วยวัสดุเพียโซอิเล็กทริกคิดตลอดความยาว ซึ่งติดวัสดุเพียโซอิเล็กทริกมีความยาวครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นที่เกิดขึ้น ทิศทางของโดเมนจะชี้ขึ้นและชี้ลงสลับกันตลอดความยาว

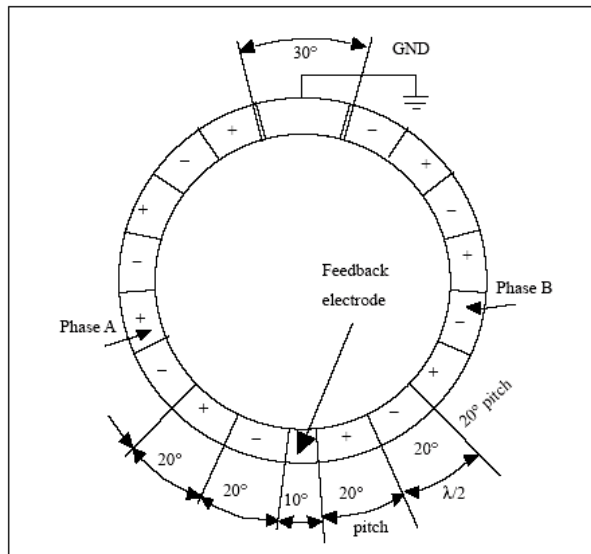
ของสเตเตอร์ จากนั้นกระตุ้นด้วยสัญญาณทางไฟฟ้ากรณีนี้ใช้ไฟฟ้า DC ซึ่งคลื่นที่เกิดขึ้นทั้งสองจะมีเฟสที่แตกต่างกัน 90 องศา ทำให้ได้คลื่นเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้น ตามภาพประกอบที่ 1.4



ภาพประกอบที่ 1.4 ลักษณะการจัดวางตัวทำงานของ Richter et al., 2004

Gungor Bal และ Erdal Bekiroglu ศึกษาการใช้เซอร์โวเป็นตัวควบคุมสำหรับทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่บนสเตเตอร์ของอัลตราโซนิคมอเตอร์ (TWUSM) การเกิดคลื่นเคลื่อนที่บนสเตเตอร์เกิดจากการสร้างเฟสที่แตกต่างกันระหว่างคลื่น sine และ cosine และกระตุ้นด้วยความถี่สูงบนตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกจะทำให้เกิดแรงทางกล การควบคุมความเร็วของอัลตราโซนิคมอเตอร์ใช้ความถี่ในการขับอยู่ในช่วง 41.3-43.3 kHz การทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ (traveling wave) บนสเตเตอร์นั้นจำเป็นที่จะต้องควบคุมแรงทางกลสองโหมคให้ตั้งฉากกัน โดยที่รูปแบบ A จะกระตุ้นด้วยสัญญาณไฟ $\cos(k\theta)$ และรูปแบบ B กระตุ้นด้วยสัญญาณไฟ $\sin(k\theta)$ ซึ่งทั้งสองโหมคจะมีเฟสที่แตกต่างกัน 90 องศา จะมีผลทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ขึ้นได้ ตามภาพประกอบที่ 1.5

การใช้งานของมอเตอร์อัลตราโซนิคสามารถประยุกต์ใช้จากมอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและการเคลื่อนที่แบบหมุน เช่น การขับเลนส์ในกล้องถ่ายรูปอัตโนมัติ ซึ่งประยุกต์ใช้จากมอเตอร์แบบหมุน ปัจจุบันมีงานอีกมากที่ต้องการการเคลื่อนที่เชิงเส้น โคงซึ่งมอเตอร์ทั้งสองแบบไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้จำเป็นต้องใช้มอเตอร์ที่มีการเคลื่อนที่เชิงเส้น โคงเท่านั้น Pruttikorn et al., 2005 ได้ทำการศึกษามอเตอร์อัลตราโซนิคเชิงเส้น โคงเพื่อประยุกต์ใช้กับงานที่มีลักษณะเคลื่อนที่เชิงเส้น โคง เช่น การปรับองศากล้องจับภาพ การเคลื่อนที่ในข้อต่อของหุ่นยนต์ เป็นต้น แต่ไม่ได้ศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น ค่าความแข็งตึงของสเตเตอร์ ตำแหน่งการติดตั้งตัวทำงาน ผลของการติดตั้งวัสดุดูดซับแรงกระแทก เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงปัจจัยดังกล่าวเพื่อทำนายพฤติกรรมของมอเตอร์อัลตราโซนิคเชิงเส้น โคง



ภาพประกอบที่ 1.5 ลักษณะการจัดวางตัวทำงานของ Bal and Bekiroglu, 2003

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกบนวัสดุที่มีขอบเขตจำกัด ที่ทำให้เกิดคลื่นเคลื่อนที่ที่เคลื่อนที่สม่ำเสมอและเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนของคานโค้ง

1.3.2 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของตัวแปร เช่น ค่าความแข็งดิ่งของสเตเตอร์ ตำแหน่งการจัดวางตัวทำงาน ตำแหน่งการติดวัสดุจุดจับแรงกระแทก ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่และการเคลื่อนที่ของคลื่นบนวัสดุที่มีขอบเขตจำกัด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถระบุรูปแบบการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกบนวัสดุที่มีขอบเขตจำกัดที่และสามารถกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับอัลตราโซนิกมอเตอร์เชิงเส้นโค้ง

1.4.2 สามารถบอกปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคลื่นเคลื่อนที่ ซึ่งได้แก่รูปแบบการจัดวางตัวทำงาน (actuator) ขนาด ตำแหน่งของวัสดุเพียโซอิเล็กทริก และความแข็งดิ่งของคานโค้ง โดยนำไประบุในรูปของ flexible rigidity

1.4.3 เพิ่มความชำนาญในการจำลองแบบของเตอร์ ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ วิเคราะห์การเกิดคลื่นเคลื่อนที่ของคานโค้ง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาทางทฤษฎีของรูปแบบการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกที่แตกต่างกันบนวัสดุที่มีขอบเขตจำกัดและสามารถกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ได้ ซึ่งใช้สมการของเลิฟ (Love's Equation) ในการหาสมการการเคลื่อนที่ของระบบโดยประยุกต์ใช้งานกับอัลตราโซนิคมอเตอร์เชิงเส้นโค้ง
2. ศึกษาทางทฤษฎีของคลื่นเคลื่อนที่บนคานโค้งที่มีขอบเขตจำกัด โดยกำหนดการติดตั้งตัวทำงานให้มีระยะห่างต่างกัน
3. ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ในการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของคลื่น ในแต่ละรูปแบบของการจัดวางตัวทำงานเพียโซอิเล็กทริกบนวัสดุที่มีขอบเขตจำกัด เปรียบเทียบกับทางทฤษฎี
4. ศึกษาและออกแบบการจัดวางตัวทำงานใน 3 ลักษณะคือ 1) จัดวางตัวทำงานที่ผิวของคานโค้งทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อศึกษาผลกระทบของตำแหน่งการจัดวางตัวทำงานและค่าความแข็งดิ่งของคานโค้งที่มีผลต่อคลื่นเคลื่อนที่ 2) จัดวางตัวทำงานที่ผิวของคานโค้งเฉพาะด้านล่างเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ขนาดของวัสดุคูดซับแรงกระแทกบนสเตเตอร์ และ 3) จัดวางตัวทำงานที่ผิวของคานโค้งเฉพาะด้านบนเพื่อหารูปแบบที่สามารถกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ได้