

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวงจรกรองหยุดแถบ (Bandstop Filter) ที่สร้างขึ้นจากเรโซเนเตอร์ (Resonator) ที่ทำจากสายนำสัญญาณ (Transmission Line) หรือสตับ (Stub) จึงถูกเรียกสั้นๆ รวมกันว่า “เรโซเนเตอร์หยุดแถบ” (Bandstop Resonator) สำหรับโครงข่ายสื่อสารไร้สายสองย่านความถี่ ดังนั้นทฤษฎีต่างๆ ที่จะกล่าวถึงในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึง เรโซเนเตอร์ที่ทำจากอุปกรณ์ RLC และวงจรกรองหยุดแถบที่สร้างจากเรโซเนเตอร์ยาว  $\lambda/4$  ตามลำดับ

#### 2.1 เรโซเนเตอร์ที่ทำจากอุปกรณ์ RLC<sup>1</sup>

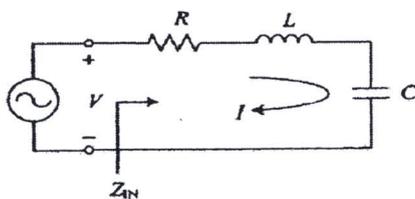
เรโซเนเตอร์หรือวงจรเรโซแนนซ์เป็นส่วนประกอบสำคัญของอุปกรณ์และวงจรไมโครเวฟต่างๆ เป็นจำนวนมาก ได้แก่ วงจรกรอง วงจรขยายแบบเลือกความถี่ วงจรออสซิลเลเตอร์ และมิเตอร์วัดความถี่ ฯลฯ โดยเรโซเนเตอร์ทำหน้าที่ในการทำให้เกิดผลตอบสนองในช่วงความถี่ตามที่ต้องการได้

เรโซเนเตอร์พื้นฐานประกอบด้วยอุปกรณ์ RLC ซึ่งผลตอบสนองของวงจร เช่น ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจรจะขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้งาน โดยที่ค่าความถี่เรโซแนนซ์ ค่าพลังงานเฉลี่ยที่สะสมในรูปของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กมีค่าเท่ากันพอดี ดังนั้นค่าอินพุตอิมพีแดนซ์จะมีสมบัติเป็นค่าความต้านทานเท่านั้น เรโซเนเตอร์มีประโยชน์มากเพื่อใช้ทำหน้าที่เป็นวงจรเลือกความถี่ที่ต้องการหรือไม่ต้องการ ได้แก่ วงจรกรอง วงจรขยายแบบเลือกความถี่ และวงจรออสซิลเลเตอร์ เป็นต้น ในที่นี้จะอธิบายพื้นฐานของเรโซเนเตอร์แบบอนุกรมและแบบขนานที่ประกอบด้วย RLC โดยจะกล่าวถึงการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ ที่สำคัญ ภาพที่ 2.1 แสดงวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม RLC ซึ่งค่าอินพุตอิมพีแดนซ์มีค่าเป็น

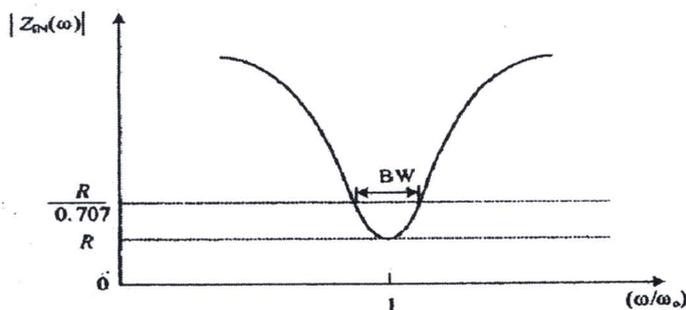
$$Z_{IN} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} \quad (2.1)$$

<sup>1</sup> ประยูทธ อัครเอกผดลีน. 2552. การออกแบบวงจรไมโครเวฟ (Microwave Circuit Design).

$$P_{IN} = P_{loss} + \underbrace{2j\omega(W_L - W_C)}$$



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.1 (ก) เรโซเนเตอร์แบบอนุกรม RLC (ข) กราฟแสดงขนาดของอินพุตอิมพีแดนซ์<sup>1</sup>

และค่ากำลังที่จ่ายให้กับเรโซเนเตอร์มีค่าดังนี้

$$\begin{aligned} P_{IN} &= \frac{1}{2}VI = \frac{1}{2}Z_{IN}|I|^2 = \frac{1}{2}Z_{IN}\left|\frac{V}{Z_{IN}}\right|^2 \\ &= \frac{1}{2}|I|^2 R \left( R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C} \right) \end{aligned} \quad (2.2)$$

โดยกำลังสูญเสียที่ตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ

$$P_{loss} = \frac{1}{2}|I|^2 R \quad (2.3)$$

และพลังงานแม่เหล็กในตัวเหนี่ยวนำและพลังงานไฟฟ้าในตัวเก็บประจุมีค่าดังนี้

$$W_L = \frac{1}{2}|I|^2 L \quad (2.4ก)$$

$$W_C = \frac{1}{4}|I|^2 \frac{1}{\omega^2 C} \quad (2.4ข)$$

<sup>1</sup> ประยูทธ อัครเอกผาติน. 2552. การออกแบบวงจรไมโครเวฟ (Microwave Circuit Design).

ดังนั้น ค่ากำลังที่จ่ายให้กับเรโซเนเตอร์ในสมการ (2.2) และค่าอิมพีแดนซ์ในสมการ (2.1) สามารถเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$W_L = \frac{1}{4}|I|^2 \frac{1}{\omega^2 C} \quad (2.5)$$

$$P_{IN} = P_{loss} + 2j\omega(W_L - W_C) \quad (2.6)$$

$$Z_{IN} = \frac{2P_{IN}}{|I|^2} = \frac{P_{loss} + 2j\omega(W_L - W_C)}{|I|^2 / 2} \quad (2.7)$$

ที่ความถี่เรโซแนนท์ ค่าพลังงานที่สะสมในตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุจะต้องมีค่าเท่ากัน  $W_L = W_C$  ดังนั้น จากสมการ (2.7) จะได้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของเรโซเนเตอร์มีค่าเป็น

$$Z_{IN} = \frac{P_{loss}}{|I|^2 / 2} = R \quad (2.8)$$

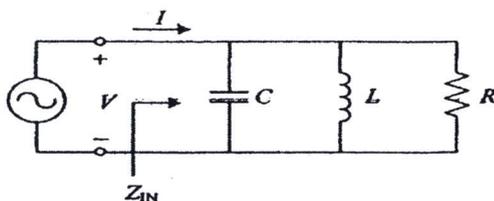
พบว่าที่ความถี่เรโซแนนท์นั้น ค่ากำลังของเรโซเนเตอร์ก็คือค่ากำลังสูญเสียในวงจร หรือที่ตัวต้านทานของวงจร ขณะที่พลังงานเฉลี่ยที่สะสมในเรโซเนเตอร์จะมีค่า  $2W_L$  หรือ  $2W_C$  และค่าความถี่เรโซแนนท์หาได้จากสมการ (2.4) และ (2.5) เมื่อ  $W_L = W_C$  ซึ่งจะพบว่าค่าความถี่เรโซแนนท์มีค่าดังนี้

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2.9)$$

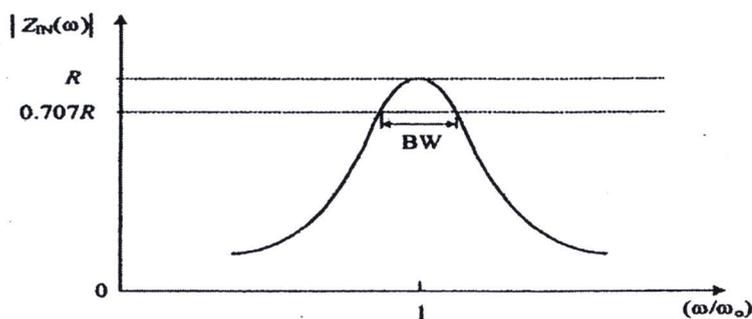
พิจารณาความถี่ที่อยู่ใกล้ๆ ความถี่เรโซแนนท์  $\omega = \omega_0 + \Delta\omega$  โดยที่  $\Delta\omega$  มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์ในสมการ (2.1) จะเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} Z_{IN} &= R + j\omega L \left(1 - \frac{1}{LC}\right) \\ &= R + j\omega L \left(\frac{\omega^2 - \omega_0^2}{\omega^2}\right) \\ &\approx R + j2L\Delta\omega \\ &\approx R + j\frac{2RQ\Delta\omega}{\omega_0} \end{aligned} \quad (2.10)$$

เมื่อ  $\omega_0^2 = 1/LC$ ,  $\omega^2 - \omega_0^2 = (\omega - \omega_0)(\omega + \omega_0) = \Delta\omega(2\omega - \Delta\omega) \approx 2\omega\Delta\omega$  สมการ (2.10) นี้ใช้ในการพิจารณาวงจรสมมูลของเรโซเนเตอร์ที่มีองค์ประกอบแบบกระจาย ภาพที่ 2.1 (ข) แสดงผลตอบสนองของอินพุตอิมพีแดนซ์ พบว่ามีค่าต่ำสุดเท่ากับ  $R$  ที่ความถี่เรโซแนนท์ สำหรับที่ความถี่รอบๆ ความถี่เรโซแนนท์นั้น ส่วนจินตภาพของ  $Z_{IN}$  มีค่าไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นอินพุตอิมพีแดนซ์จึงมีค่าเพิ่มขึ้นรอบๆ ความถี่เรโซแนนท์



(ก)



(ข)

ภาพที่ 2.2 (ก) เรโซเนเตอร์แบบขนาน RLC และ (ข) กราฟแสดงขนาดของอินพุตอิมพีแดนซ์<sup>1</sup>

ตารางที่ 2.1 สรุปค่าที่สำคัญของเรโซเนเตอร์แบบอนุกรมและแบบขนาน<sup>1</sup>

ค่าที่สำคัญ	วงจรเรโซแนนท์แบบอนุกรม	วงจรเรโซแนนท์แบบขนาน
อิมพีแดนซ์/แอดมิตแตนซ์ที่อินพุต	$Z_{IN} = R + j\omega L - j\frac{1}{\omega C}$ $\approx R + j\frac{2RQ\Delta\omega}{\omega_0}$	$Y_{IN} = \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L}$ $\approx \frac{1}{R} + j\frac{2Q\Delta\omega}{R\omega_0}$
กำลังสูงสุด	$P_{max} = \frac{1}{2} I ^2 R$	$P_{max} = \frac{1}{2}\frac{ V ^2}{R}$
พลังงานแม่เหล็กที่สะสม	$W_L = \frac{1}{4} I ^2 L$	$W_L = \frac{1}{4} V ^2 \frac{1}{\omega^2 L}$
พลังงานไฟฟ้าที่สะสม	$W_C = \frac{1}{4} I ^2 \frac{1}{\omega^2 C}$	$W_C = \frac{1}{4} V ^2 C$
ความถี่เรโซแนนท์	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

<sup>1</sup> ประยุทธ์ อัครเอกตวาลิน. 2552. การออกแบบวงจรไมโครเวฟ (Microwave Circuit Design).

สำหรับเรโซเนเตอร์แบบขนาน RLC ในภาพที่ 2.2 (ก) จะเป็นวงจรคู่กับเรโซเนเตอร์แบบอนุกรม โดยมีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์เป็นดังนี้

$$Z_{IN} = \frac{1}{Y_{IN}} = \left( \frac{1}{R} + j\omega C + \frac{1}{j\omega L} \right)^{-1} \quad (2.11)$$

ผลตอบสนองของขนาดของอินพุตอิมพีแดนซ์ในสมการ (2.11) แสดงในภาพที่ 2.2 (ข) ซึ่งพบว่าจะมีค่าสูงสุดเท่ากับ R ที่ความถี่เรโซแนนท์ สำหรับที่ความถี่รอบๆ ความถี่เรโซแนนท์นั้น ส่วนจินตภาพของ  $Z_{IN}$  จะมีค่าไม่เป็นศูนย์ ดังนั้นค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของเรโซเนเตอร์แบบขนานจึงมีค่าลดลงรอบๆ ความถี่เรโซแนนท์ และค่าพารามิเตอร์ของเรโซเนเตอร์แบบขนานได้สรุปในตารางที่ 2.1

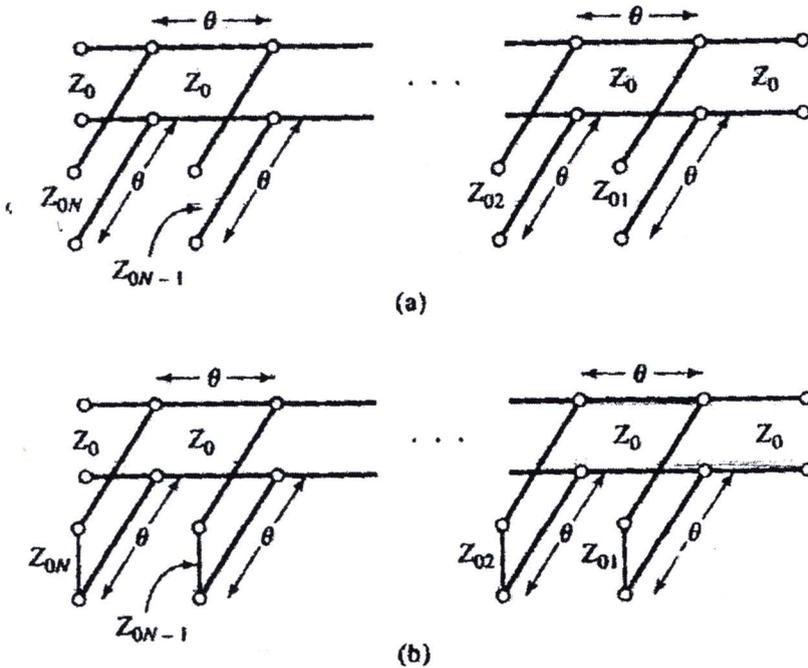
## 2.2 วงจรกรองหยุดแถบที่สร้างจากเรโซเนเตอร์ยาว $\lambda/4$ <sup>1</sup>

สตัปสายนำสัญญาณยาว  $\lambda/4$  ที่ถูกเปิดวงจรหรือที่ถูกลัดวงจรสามารถทำหน้าที่เป็นวงจรเรโซเนเตอร์แบบอนุกรมหรือแบบขนานได้ ตามลำดับ ดังนั้น เราสามารถนำสตัปเหล่านี้มาต่อขนานกันตามแนวยาวของสายนำสัญญาณเส้นหนึ่ง เพื่อที่จะใช้งานเป็นวงจรกรองผ่านแถบ (Band-pass Filter) หรือวงจรกรองหยุดแถบ ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ส่วนของสายนำสัญญาณที่ยาว  $\lambda/4$  ระหว่างสตัปจะทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ (Admittance Inverter) ซึ่งถูกนำมาใช้งานเพื่อที่จะเปลี่ยนวงจรเรโซเนเตอร์แบบอนุกรมอีกด้านหนึ่งไปเป็นวงจรเรโซเนเตอร์แบบขนานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในที่นี้ ความยาวของทั้งสตัปสายนำสัญญาณทั้ง 2 ด้านและส่วนของสายนำสัญญาณระหว่างสตัปมีค่าเท่ากับ  $\lambda/4$  ที่ค่าความถี่ศูนย์กลาง  $\omega_0$

สำหรับวงจรกรองที่มีค่าแบนด์วิดท์แคบตัวหนึ่งที่ถูกสร้างขึ้นจากการใช้สตัป  $N$  ตัวจะให้ผลตอบสนองในการทำงานที่เหมือนกับวงจรกรองที่ทำจากสายส่งคู่ขนาน (Coupled Line Filter) ที่มี  $N+1$  ส่วน อีกทั้งค่าอิมพีแดนซ์ภายในของวงจรกรองที่ทำจากสตัป (Stub Filter) มีค่าเท่ากับ  $Z_0$  จึงทำให้วงจรกรองที่ทำจากสตัปมีขนาดเล็กกะทัดรัดและง่ายกว่าในการออกแบบ เมื่อเปรียบเทียบกับวงจรกรองที่ทำจากสายส่งคู่ขนาน อย่างไรก็ตาม ข้อเสียของวงจรกรองที่ทำจากเรโซเนเตอร์แบบสตัปก็คือ จะต้องหาค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะ (Characteristic Impedance) ที่ต้องพิจารณาเพิ่มเติมในทางปฏิบัติ

<sup>1</sup> David M. Pozar. 1998. **Microwave Engineering**. 2nd Edition. New York: John Wiley & Son.

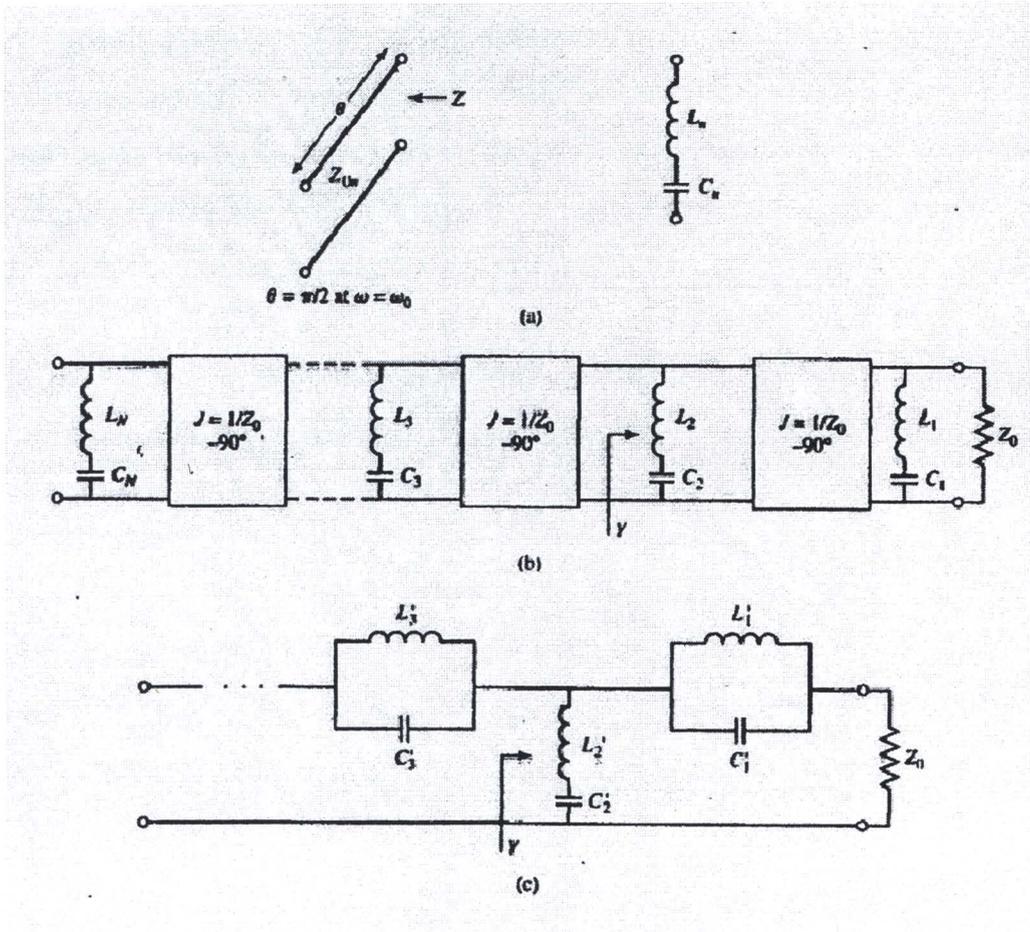
ขั้นแรก เราจะพิจารณาวงจรกรองหยุดแถบตัวหนึ่งที่ใช้สตัปแบบเปิดวงจรจำนวน  $N$  ตัว ดังแสดงในภาพที่ 2.3 (a) สมการการออกแบบสำหรับค่าอิมพีแดนซ์คุณลักษณะของสตัป ( $Z_{0n}$ ) ที่เกิดขึ้นจะหาค่าออกมาได้ในเทอมของอุปกรณ์ของต้นแบบวงจรกรองผ่านต่ำ (Lowpass Filter Prototype) โดยผ่านการใช้งานวงจรเทียบเท่า (Equivalent Circuit)



ภาพที่ 2.3 วงจรกรองหยุดแถบหรือวงจรกรองผ่านแถบ โดยใช้เรโซเนเตอร์ที่ทำจากสายนำสัญญาณ ที่ต่อขนานกันไปเรื่อยๆ (a) วงจรกรองหยุดแถบ (b) วงจรกรองผ่านแถบ<sup>1</sup>

จากภาพที่ 2.4 (a) สตัปที่ถูกเปิดวงจรตัวหนึ่งสามารถที่จะถูกประมาณได้ว่าเป็นวงจรเรโซเนเตอร์  $LC$  ที่อนุกรมกันได้ โดยมีความยาวทางไฟฟ้า  $\theta \approx 90^\circ$  ถ้าเราพิจารณาส่วนของสายนำสัญญาณที่ยาว  $\lambda/4$  ระหว่างสตัปเสมือนเป็นวงจรแปลงแอดมิตแดนซ์ วงจรกรองหยุดแถบในภาพที่ 2.3 (a) สามารถที่ถูกแทนได้ด้วยวงจรเทียบเท่าดังแสดงในภาพที่ 2.4 (b) แล้วค่าอุปกรณ์ต่างๆ ของวงจรเทียบเท่าในภาพที่ 2.4 (b) สามารถที่จะถูกหาค่าออกมาได้และสัมพันธ์กับวงจรเทียบเท่าที่สร้างจากอุปกรณ์แบบลัมพ์ (Lumped-Elements) ดังในภาพที่ 2.4 (c)

<sup>1</sup> David M. Pozar. 1998. **Microwave Engineering**. 2nd Edition. New York: John Wiley & Son.



ภาพที่ 2.4 วงจรเทียบเท่าสำหรับวงจรกรองหยุดแถบของภาพที่ 2.3 <sup>1</sup>

- (a) วงจรเทียบเท่าของสแตปแบบเปิดวงจรสำหรับค่าความยาวทางไฟฟ้า  $\theta \approx 90^\circ$
- (b) วงจรเทียบเท่าของวงจรกรองหยุดแถบที่สร้างจากเรโซเนเตอร์และวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์
- (c) วงจรเทียบเท่าของวงจรกรองหยุดแถบที่สร้างจากอุปกรณ์แบบลัมพ์ (Lumped Elements)

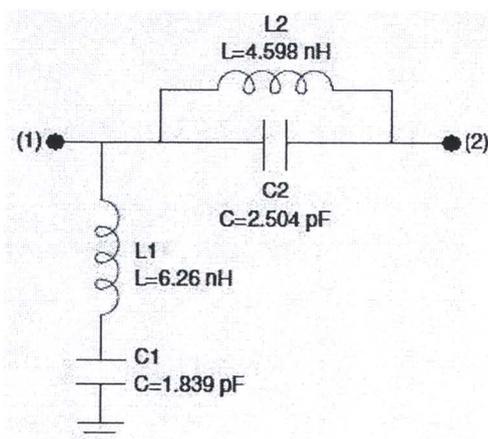
### 2.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วงจรกรองหยุดแถบเป็นวงจรที่ทำหน้าที่สกัดกั้นมิให้ค่าความถี่หรือย่านความถี่ที่เข้ามาทางอินพุตของวงจรถูกส่งออกไปสู่เอาต์พุตของวงจรได้ ยกตัวอย่างเช่น วงจรกรองหยุดแถบวงจรหนึ่งถูกกำหนดค่าความถี่ศูนย์กลางเท่ากับ 1.65 GHz ย่อมแสดงว่า “ย่านความถี่ที่ล้อมรอบค่าความถี่ศูนย์กลาง 1.65 GHz จะไม่สามารถถูกส่งออกไปที่เอาต์พุตของวงจรได้” ส่วนจะมีแถบกว้างของ

<sup>1</sup> David M. Pozar. 1998. *Microwave Engineering*. 2nd Edition. New York: John Wiley & Son.

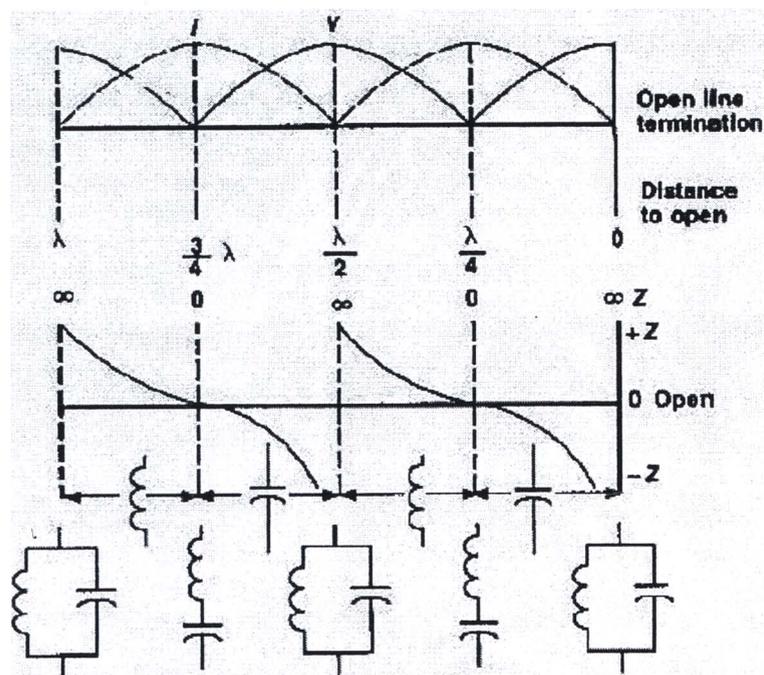
ความถี่หรือแบนด์วิดท์เท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าความถี่ทั้ง 2 ด้านที่ต้องการจะยอมให้ผ่านออกไปที่เอาต์พุตของวงจรได้ กล่าวคือ “วงจรกรองหยุดแถบทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรกรองผ่านแถบที่สามารถทำงานรองรับ 2 ย่านความถี่ที่แยกห่างจากกันได้ โดยวงจรกรองหยุดแถบนั้นสามารถสร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์และจากสายนำสัญญาณที่ประกอบขึ้นจากองค์ประกอบกระจาย (Distributed Elements) ในที่นี้ เราสามารถนำวงจรเรโซเนเตอร์แบบ  $RLC$  ซึ่งสร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์หรือสร้างขึ้นจากสายนำสัญญาณมาทำหน้าที่เป็นวงจรหยุดแถบตามที่เราต้องการได้

ในอดีตที่ผ่านมา วงจรกรองหยุดแถบนิยมถูกสร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์โดยอาศัยตารางการแปลงต้นแบบวงจรกรองผ่านต่ำไปเป็นวงจรกรองความถี่กรองหยุดแถบ ยกตัวอย่างเช่น เราจะออกแบบและสร้างวงจรกรองหยุดแถบให้ทำงานรับส่งสัญญาณที่ย่านความถี่ 800 MHz ร่วมกับ 2.4 GHz เราจะได้วงจรหยุดแถบที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์  $LC$  ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 วงจรกรองหยุดแถบที่ทำจากอุปกรณ์แบบลัมพ์

ในทางปฏิบัติจริงนั้น การสร้างวงจรกรองหยุดแถบจากอุปกรณ์แบบลัมพ์ไม่สามารถที่จะกระทำได้จริง เนื่องจากเราไม่สามารถหาค่าอุปกรณ์ดังกล่าวที่แม่นยำเพื่อใช้งานได้ตามที่ต้องการ อีกทั้ง เนื่องจากที่ย่านความถี่ไมโครเวฟนั้น การใช้เรโซเนเตอร์แบบ  $RLC$  ที่สร้างขึ้นจากอุปกรณ์แบบลัมพ์จะไม่เหมาะสมและมีความยุ่งยาก จึงมีการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยการนำส่วนหนึ่งของสายสัญญาณมาใช้งานเป็นเรโซเนเตอร์แทน เหตุผลก็คือ เนื่องจากสายนำสัญญาณประกอบไปด้วยองค์ประกอบกระจาย สายนำสัญญาณที่มีความยาวขนาดต่างๆ โดยที่ปลายด้านหนึ่งของสายนำสัญญาณต่อโหนดแบบวงจรลัดหรือวงจรเปิดจึงถูกใช้งานเป็นเรโซเนเตอร์ได้



ภาพที่ 2.6 วงจรเทียบเท่าที่ความยาวค่าต่างๆ ของสายนำสัญญาณแบบที่ปลายด้านหนึ่งเป็นวงจรเปิด

จากหลักการดังกล่าว เมื่อพิจารณาทฤษฎีของสายนำสัญญาณ พบว่า ที่ความยาวค่าต่างๆ ของสายนำสัญญาณที่เปิดปลายสาย จะมีวงจรเทียบเท่าเป็นไปตามภาพที่ 2.6 ซึ่งเมื่อพิจารณาสายนำสัญญาณยาว  $\lambda/4$  แบบที่ปลายด้านหนึ่งเป็นวงจรเปิดจะถูกใช้งานเป็นเรโซเนเตอร์ได้ โดยพบว่าจะเกิดการเรโซแนนซ์ที่มีคุณสมบัติเหมือนวงจรเรโซแนนซ์  $RLC$  แบบอนุกรม

ที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างวงจรกรองออกมามากมาย แต่โดยส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การนำเสนอและพัฒนาวงจรกรองผ่านแถบที่มีโครงสร้างใหม่และออกแบบยาก เพื่อให้มีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีขึ้นตามที่ต้องการ มีบทความวิจัยน้อยมากที่นำเสนอวงจรกรองหยุดแถบ ยกตัวอย่างเช่น

C.-Y. Hsu *et al.*<sup>1</sup> ได้ออกแบบและสร้างวงจรกรองผ่านแถบแบบสองความถี่บนแผ่นไมโครสตริปที่มีขนาดเล็กกะทัดรัดและแถบความถี่หยุดถูกปรับจูนได้ โดยสตับเปิด (Open Stub) ถูกนำมาใช้งานทำหน้าที่เป็นวงจรกรองหยุดแถบ (Bandstop Filter) เพื่อสร้างวงจรกรองผ่านแถบ 2 ย่านความถี่ โดยกำหนดแถบความถี่หยุด (Rejection Band) อยู่ในช่วง 5 – 6 GHz

<sup>1</sup> C.-Y. Hsu, H.-R. Chuang, and C.-Y. Chen. (2009). "Compact microstrip UWB dual-band bandpass filter with tunable rejection band." *J. of Electromagn. Waves and Appl.* pp. 617 – 626.

H.-Y. Anita Yim *et al.*<sup>1</sup> ได้นำเสนอหลักการในการสร้างวงจรกรองผ่านแถบที่ยอมให้ย่านความถี่ 900 MHz และ 2 GHz ผ่านไปได้ โดยใช้วงจรเรโซเนเตอร์และวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ แต่มีขนาดใหญ่

จากผลการศึกษาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงเกิดแนวความคิดที่จะออกแบบและสร้างวงจรกรองหยุดแถบที่ทำหน้าที่เสมือนเป็นวงจรกรองผ่านแถบที่มีโครงสร้างอย่างง่ายและสามารถรองรับการใช้งาน 2 ย่านความถี่ที่แยกห่างกันได้ โดยวงจรกรองหยุดแถบที่นำเสนอนี้ถูกสร้างขึ้นจากเรโซเนเตอร์ที่ทำจากสายนำสัญญาณยาว  $\lambda/4$  แบบวงจรเปิด (เรโซเนเตอร์หยุดแถบ) ร่วมกับวงจรแปลงแอดมิตแตนซ์ (อ้างถึงเนื้อหาในหัวข้อที่ 2.2) โดยมีเป้าหมายในการออกแบบคือ ต้องมีโครงสร้างใหม่ ขนาดเล็กกะทัดรัด และมีคุณสมบัติการใช้งานที่ดีใน 2 ย่านความถี่ที่กำหนด ได้แก่ ย่านความถี่ต่ำช่วง 800 – 900 MHz เพื่อที่จะสามารถทำงานรองรับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ CDMA ของ บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) และ ย่านความถี่สูงช่วง 2.3 – 2.7 GHz เพื่อที่จะสามารถทำงานรองรับระบบสื่อสารไร้สาย WiFi-2.45 GHz และ WiMAX-2.5 GHz ฯลฯ ได้ โดย 2 ย่านความถี่ใช้งานดังกล่าวนี้เป็นย่านความถี่ที่ใช้งานจริงในปัจจุบันและในอนาคตของประเทศไทย ที่ซึ่งยังไม่มีนักวิจัยท่านใดๆ นำเสนอและตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารและบทความเชิงวิชาการต่างๆ และยังไม่ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อขายและใช้งานจริงในประเทศไทย จึงไม่มีการเปรียบเทียบผลการทดสอบวงจรนี้กับวงจรอื่นๆ ที่ปรากฏในวารสารและบทความเชิงวิชาการต่างๆ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	
ห้องสมุดงานวิจัย	
วันที่.....	04 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน.....	249002
เลขเรียกหนังสือ.....	



<sup>1</sup> H.-Y. Anita Yim and K.-K. Michael Cheng. (2005, June). "Novel dual-band planar resonator and admittance inverter for filter design and applications." *IEEE MTT-S Int'* 2005. 4 pages.