

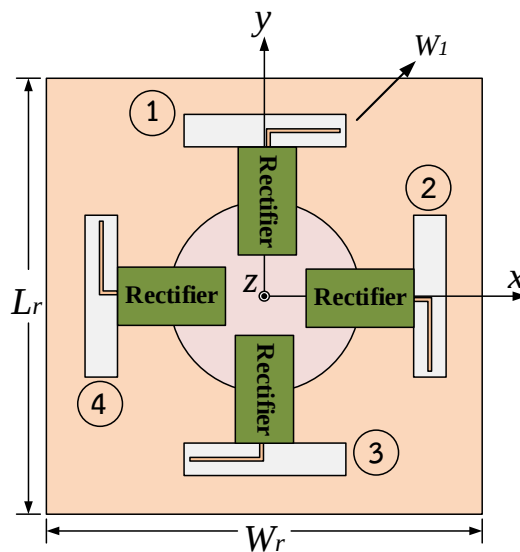
บทที่ 4

การออกแบบและจำลองวงจรเรียงกระแส (Rectifying circuit)

4.1 บทนำ

สายอากาศจัดเรียงกระแสไฟฟ้าประกอบด้วยสายอากาศรวมเข้ากับวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า (Antenna Integrated with Rectifying Circuit: Rectenna) ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยสายอากาศดังกล่าวรับความหนาแน่นของกำลังงาน (Power Density) เข้ามายังวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและได้ทำการจัดเรียงกระแสไฟฟ้าให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้าไฟตรง (DC Power) และนำกระแสไฟฟ้าตรงที่ได้นำไปขับเคลื่อนอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน

สำหรับสายอากาศจัดเรียงกระแสที่ได้นำเสนออยู่นี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้บนระบบโครงข่ายท้องถิ่นไร้สาย (Wireless Local Area Network : WLAN) ที่ทำงานในย่านความถี่ 2.4 GHz ซึ่งเป็นย่านที่ได้รับความนิยม เนื่องจากย่านความถี่ดังกล่าวมีการลดทอนของสัญญาณต่ำและอุปกรณ์ที่ใช้ในย่านความถี่นี้มีราคาถูกหาจัดซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดและปัจจุบันมีการใช้งานระบบโครงข่ายนี้เป็นจำนวนมาก อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ (Transceiver Devices) ในระบบโครงข่ายไร้สายเรียกว่า อุปกรณ์เข้าถึงจุดสัญญาณ (Access Point : AP) การใช้งานโดยทั่วไปของอุปกรณ์ดังกล่าวจะถูกเปิดใช้งานตลอดเวลาหรือมีสถานะพร้อมใช้งานตลอดเวลา การดักเอากำลังงานที่ถูกปล่อยจากอุปกรณ์ส่งสัญญาณจาก AP โดยจะนำกำลังงานที่ไม่ได้ถูกใช้งาน ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลังงานโดยไร้ประโยชน์ การนำกำลังงานที่ถูกส่งจากเครื่อง AP มาทำให้เกิดประโยชน์ได้หลายลักษณะ อาทิเช่น เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC supply) ให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก, เป็นแหล่งสำรองไฟฟ้า (Uninterruptible Power Supply : UPS) ขนาดเล็กหรือเป็นแบตเตอรี่ไร้สาย (Wireless Battery) เป็นต้น

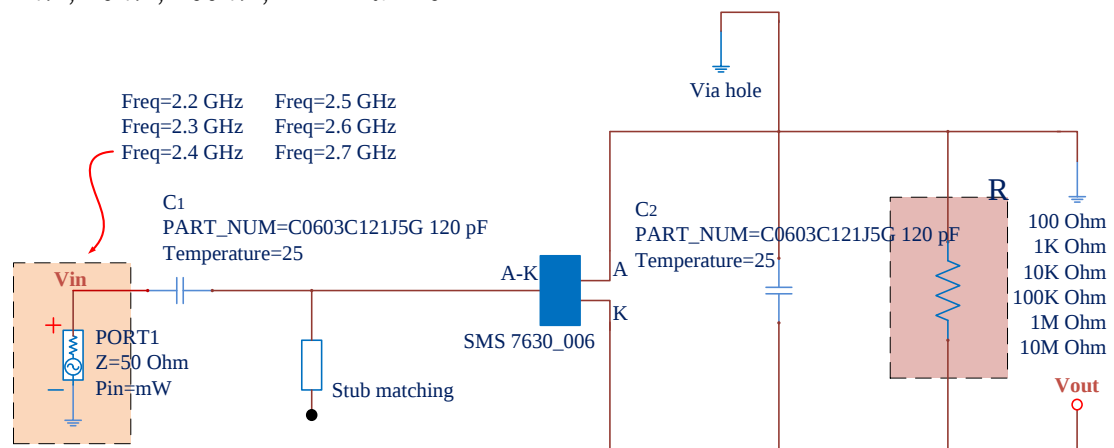


รูปที่ 4.1 โครงสร้างของสายอากาศจัดเรียงกระแสไฟฟ้า

วงจรเรียงกระแสมีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงหรือมีคุณสมบัติยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่งอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการแปลงสัญญาณคือ ไดโอด กล่าวคือโดยพื้นฐานทั่วไปวงจรเรียงกระแสจะประกอบด้วย ตัวเก็บประจุ(Coupling Capacitor) วงจรแมตซ์แบบสตับ (Stub Matching) ไดโอดช็อตกี้ (Schottky Diode) ตัวกรองสัญญาณเก็บประจุ (Capacitor Filter) และตัวต้านทาน (Resistor) ดังรูปที่ 4.2

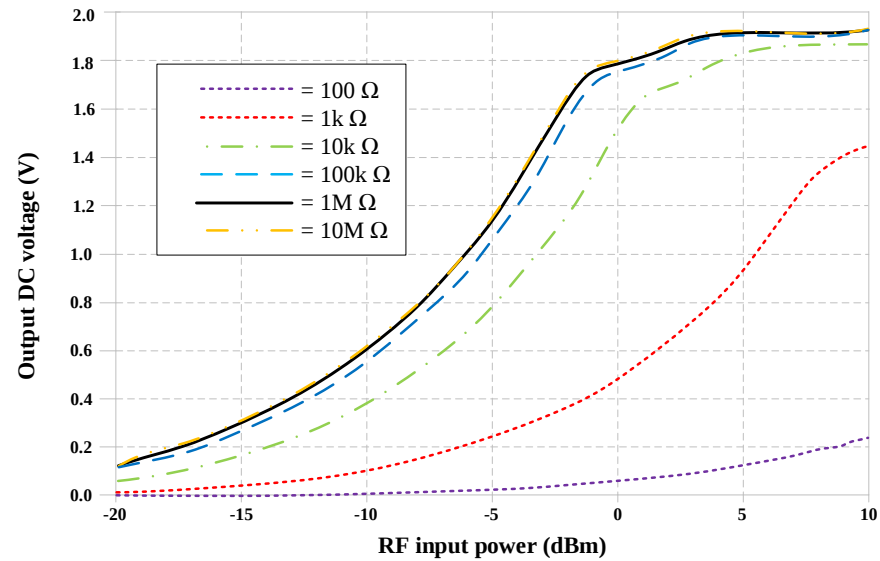
4.2 จำลองค่าความต้านทาน (Resistor) และการตอบสนองต่อความถี่

ทำการจำลองค่าความต้านทาน (Resistor) ของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าว่าค่าความต้านทานเท่าไรจึงจะเหมาะสมกับวงจรเรียงกระแสนี้ที่สุดได้ทำการปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานตั้งแต่ 100 Ω , 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω และ 10 M Ω



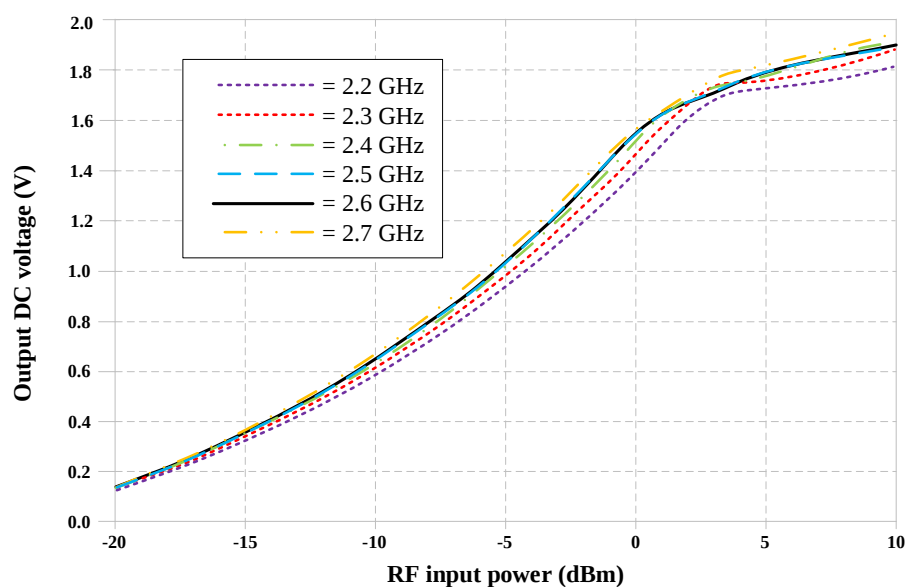
รูปที่ 4.2 วงจรที่ใช้ในการจำลองปรับค่าความต้านและความถี่

จากรูปที่ 4.2 เป็นวงจรเรียงกระแสที่ใช้ในการจำลองปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานและความถี่เพื่อดูผลกระทบที่มีต่อวงจรเรียงกระแสตามลำดับ



รูปที่ 4.3 ผลการจำลองค่าความต้านทานของวงจรเรียงกระแส

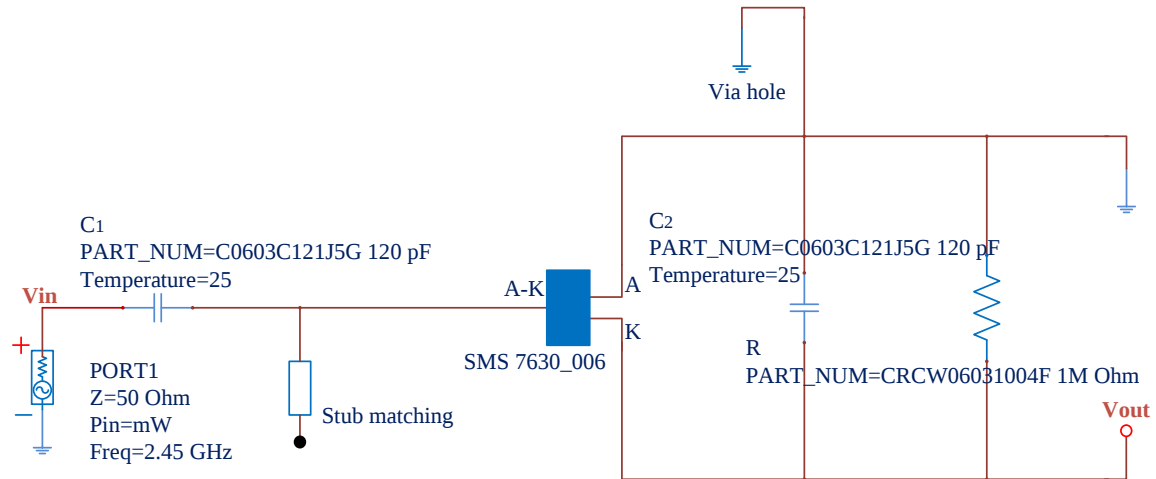
จากรูปที่ 4.3 คือผลจำลองค่าความต้านทานของวงจรเรียงกระแสโดยได้ทำการปรับค่าความต้านทานตั้งแต่ $100\ \Omega$ $1\ \text{k}\Omega$ $10\ \text{k}\Omega$ $100\ \text{k}\Omega$ $1\ \text{M}\Omega$ และ $10\ \text{M}\Omega$ พบว่าค่าความต้านทาน $1\ \text{M}\Omega$ และ $10\ \text{M}\Omega$ ให้กระแสไฟตรงมากที่สุด โดยได้ทำการป้อนกำลังงานด้านขาเข้าตั้งแต่ $-20\ \text{dBm}$ ถึง $10\ \text{dBm}$ แต่เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานมากกว่า $10\ \text{M}\Omega$ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าจะเกิดปรากฏการณ์ในสภาวะอิมิตัวเกิดขึ้น



รูปที่ 4.4 ผลการจำลองวงจรเรียงกระแสเมื่อปรับความถี่

รูปที่ 4.4 กำหนดให้ความต้านทานมีค่าเท่ากับ $1\text{ M}\Omega$ ปรับเปลี่ยนความถี่ตั้งแต่ 2.2 GHz ถึง 2.7 GHz และป้อนกำลังงานตั้งแต่ -20 dBm ถึง 10 dBm พบว่า ด้านออกของวงจรให้กระแสตรงมากที่สุดและครอบคลุมย่านความถี่ที่ใช้งานคือ 2.400 GHz ถึง 2.484 GHz

4.3 แบบวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น



รูปที่ 4.5 แบบวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น

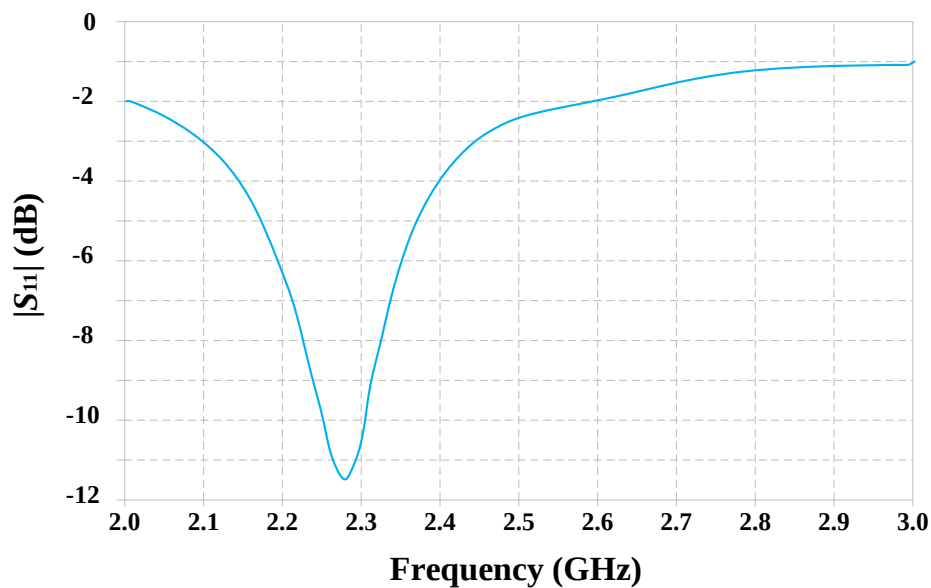
จากวงจรเริ่มต้นนี้ทำการจำลองโดยใช้โปรแกรม Advanced Design System (ADS) [27] ในการจำลองผล โดยให้ค่าสัญญาณทางขาเข้าของวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรเรียงกระแสเช่น ไดโอด ตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน

จากรูปที่ 3.12 แสดงวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น โดยกำหนดค่าของอุปกรณ์ต่างๆและพารามิเตอร์ไว้ในตารางที่ 3.5 ให้ความยาวของแมตชีงสแตบมีค่าเริ่มต้นเท่ากับ $\lambda/4$

ตารางที่ 4.1 พารามิเตอร์ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น

สัญลักษณ์	พารามิเตอร์
C_1	120 pF
C_2	120 pF
Diode	SMS7630-006
Resistor	1M Ω
Stub matching	30.6 mm

4.3.1 ผลการจำลอง $|S_{11}|$ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น



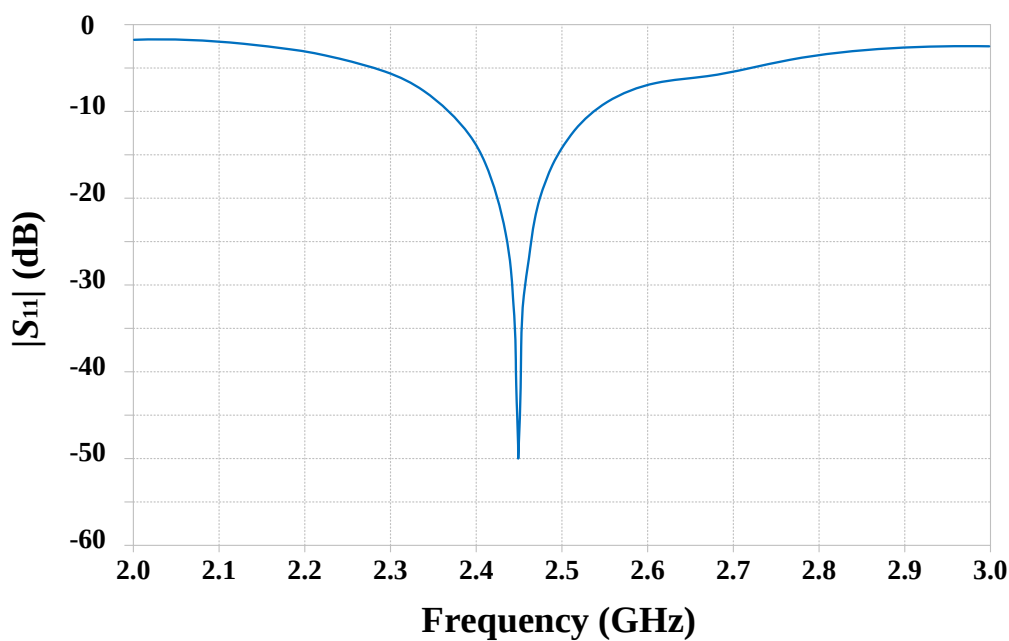
รูปที่ 4.6 $|S_{11}|$ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น

เมื่อจำลองวงจรเรียงกระแสเริ่มต้นดังรูปที่ 4.5 และมีขนาดของพารามิเตอร์เท่ากับในตารางที่ 4.1 ซึ่งจากผลการจำลอง $|S_{11}|$ ในรูปที่ 4.6 นั้นแสดงให้เห็นว่าความถี่เรโซแนนซ์ที่ความถี่ 2.28 GHz ซึ่งยังไม่ตรงกับค่าที่ต้องการ ดังนั้นจึงทำการปรับแก้ค่าของแมตชิ่งสแตบเพื่อให้มีค่าที่เหมาะสมเพื่อให้เรโซแนนซ์ในความถี่ที่ต้องการ

ตารางที่ 4.2 พารามิเตอร์ของวงจรเรียงกระแสให้มีค่าของแมตชิ่งสแตบที่เหมาะสม

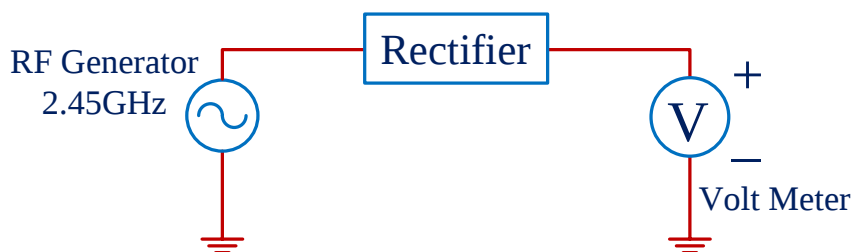
สัญลักษณ์	พารามิเตอร์
C_1	120 pF
C_2	120 pF
Diode	SMS7630-006
Resistor	1M Ω
Stub matching	10.86 mm

4.3.2 ผลการจำลอง $|S_{11}|$ ของวงจรเรียงกระแสเมื่อมีค่าแมตชิ่งสแตบที่เหมาะสม



รูปที่ 4.7 $|S_{11}|$ ของวงจรเรียงกระแสเริ่มต้น

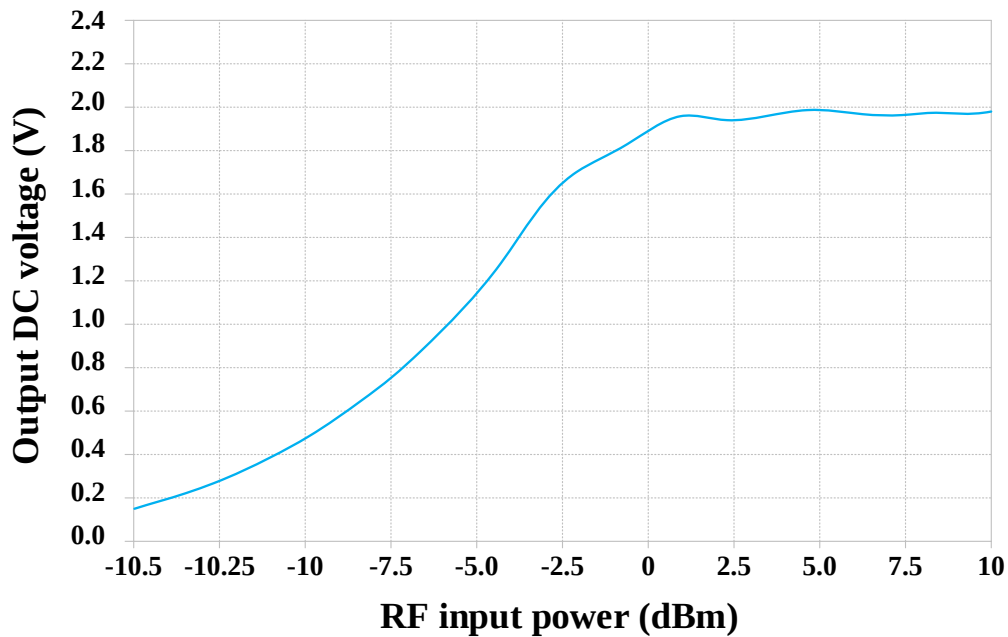
จากรูปที่ 4.7 วงจรเรียงกระแสมีย่านความถี่ที่ $|S_{11}|$ ต่ำกว่า -10 dB ตั้งแต่ 2.36 ถึง 2.53 GHz โดย $|S_{11}|$ ต่ำสุดเท่ากับ -50 dB อยู่ที่ความถี่ 2.45 GHz ซึ่งครอบคลุมความถี่ที่ต้องการ คือ ตั้งแต่ 2.4 GHz ถึง 2.5 GHz



รูปที่ 4.8 การต่อการจำลองเพื่อทดสอบวงจรเรียงกระแส

จากรูปที่ 4.8 เป็นผังการต่อการจำลองเพื่อทดสอบแรงดันทางด้านขาออกของวงจรเรียงกระแสโดยใช้โปรแกรม Advanced Design System (ADS) เพื่อเปรียบเทียบกับความถี่ที่ป้อนทางด้านขาเข้า

4.3.3 ผลการจำลองค่าแรงดันที่ขาออกของวงจรเรียงกระแส



รูปที่ 4.9 ผลการจำลองค่าแรงดันที่ขาออกของวงจรเรียงกระแส

4.4 สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการศึกษาการจำลองวงจรเรียงกระแสในความถี่ย่าน WLAN โดยใช้โปรแกรม Advanced Design System (ADS) ในการจำลองป้อนและรับสัญญาณเข้ามาในวงจร จากนั้นได้ทำการแปลงออกมาเป็นแรงดันทางด้านขาออกได้ โดยได้ศึกษาผลกระทบเกี่ยวกับค่าความต้านทาน (Resistor) ว่ามีผลกระทบอย่างไรกับแรงดันทางด้านขาออกบ้าง โดยได้ทำการเปลี่ยนค่าตัวต้านทานตั้งแต่ $100\ \Omega$ $1\ \text{k}\Omega$ $10\ \text{k}\Omega$ $100\ \text{k}\Omega$ $1\ \text{M}\Omega$ และ $10\ \text{M}\Omega$ พบว่าค่าความต้านทาน $1\ \text{M}\Omega$ และ $10\ \text{M}\Omega$ ให้กระแสไฟตรงมากที่สุด โดยได้ทำการป้อนกำลังงานด้านขาเข้าตั้งแต่ $-20\ \text{dBm}$ ถึง $10\ \text{dBm}$ แต่เมื่อเพิ่มค่าความต้านทานมากกว่า $10\ \text{M}\Omega$ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าจะเกิดปรากฏการณ์ในสภาวะอิ่มตัวเกิดขึ้นดังนั้นจึงได้เลือกค่าความต้านทานที่ $1\ \text{M}\Omega$ จากนั้นได้ศึกษาผลกระทบของวงจรในแต่ละความถี่ตั้งแต่ความถี่ $2.2\ \text{GHz}$ ถึง $2.7\ \text{GHz}$ และป้อนกำลังงานตั้งแต่ $-20\ \text{dBm}$ ถึง $10\ \text{dBm}$ พบว่า ด้านออกของวงจรให้กระแสตรงมากที่สุดและครอบคลุมย่านความถี่ที่ใช้งานคือ $2.400\ \text{GHz}$ ถึง $2.484\ \text{GHz}$ ซึ่งการศึกษาที่กล่าวมานี้สามารถดูได้ในผลข้างต้นได้