บทที่ 2

การส่งแบบ AM

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้ เราจะสามารถอธิบายวงจรการส่งและสัญญาณแบบ AM โดยใช้วงจรการส่งแบบ AM/SSB จากชุดทดลองการสื่อสารแบบอนาลอก

ข้อศึกษา

การมอดดูเลชั่นทางAmplitude ของสัญญาณเป็นขบวนการรวมสัญญาณข้อมูล (message) กับสัญญาณพาหะ(carrier) โดยสัญญาณข้อมูล (message) ทำให้ขนาด Amplitude ของสัญญาณพาหะ (carrier) เปลี่ยนแปลงดังรูป 2-1 โดยขอบของสัญญาณที่ได้จะมีรูปร่างเหมือนกันกับสัญญาณข้อมูล (message)

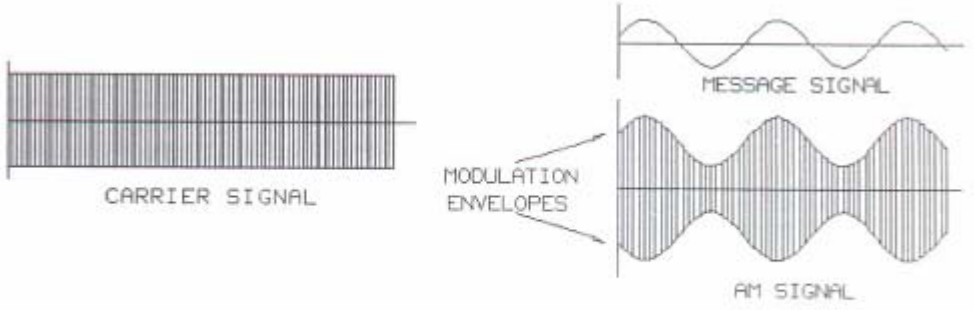


Figure 2-1.

เมื่อสัญญาณข้อมูล (f_m) เป็นรูปซายน์ ความถี่สเปคตรัมของสัญญาณพาหะ(carrier) ที่ถูกมอดดูเลท (สัญญาณแบบ AM) จะประกอบด้วยความถี่ 3 ความถี่คือ ความถี่พาหะ (f_c) , ความถี่ Upper Sideband (USB = $f_c + f_m$) และความถี่Lower Sideband (LSB = $f_c - f_m$) ดังรูป 2-2 แสดงส่วนประกอบเหล่านี้ตัวอย่างเช่น เมื่อความถี่พาหะ(carrier) (f_c) เป็น 2000 KHz และสัญญาณข้อมูล(message) (f_m) เป็น 4 KHz ดังนั้น LSB จะเป็น 1996 KHz ($f_c - f_m$ = 2000 - 4) และ USB จะเป็น 2004 KHz ($f_c + f_m$ = 2000 + 4)

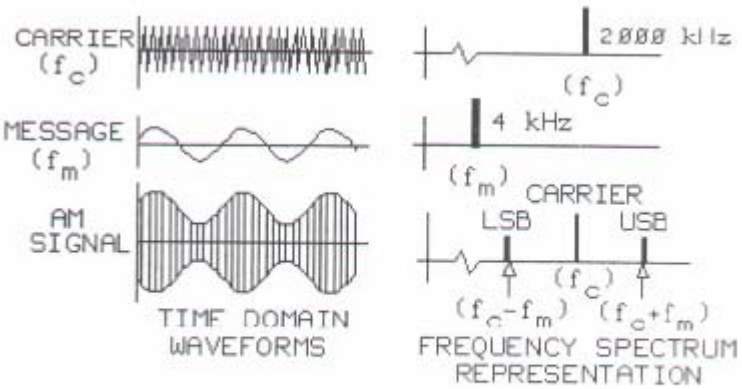


Figure 2-2.

ถ้า f_c เป็น 1000 kHz และ f_m เป็น 2 kHz ความถี่ที่จะได้จากสัญญาณแบบ AMจะเป็นดังนี้ f_c = 1000 kHz, LSB = 998 kHz และ USB = 1002 kHz

ถ้าสัญญาณข้อมูล (message) เป็นลูกคลื่นสี่เหลี่ยม ขอบของสัญญาณ AM ก็จะเป็นสี่เหลี่ยมเช่นกัน เมื่อสัญญาณ ข้อมูล(message) มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น สัญญาณเสียง สเปคตรัมของความถี่ก็จะมากขึ้น ดังนั้น จึงต้องการแบนด์วิดธ์ที่กว้างมากขึ้นเพื่อที่จะทำการส่งข้อมูล (message) ดังนั้นความถี่ของวิทยุแบบ AM มีย่านความถี่จาก 540 kHz ถึง 1600 kHz โดยมีแบนด์วิดธ์ 10 KHz ดังแสดงในรูป 2-3 ตัวอย่างเช่น สถานีมีความถี่ 710 KHz จะมีความถี่อยู่ระหว่าง 705 KHz และ 715 KHz

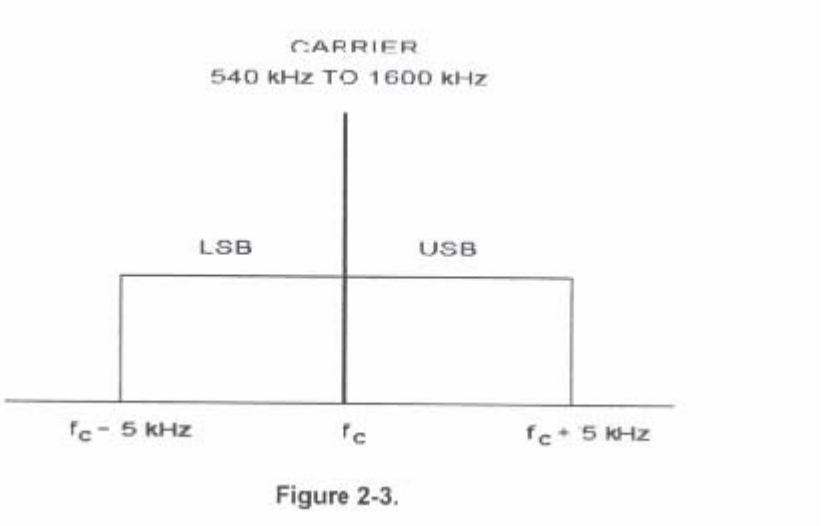


Figure 2-3.

สัญญาณเบสแบนด์ของวิทยุ AM ที่มีสัญญาณเสียงและดนตรีจาก 100 Hz ถึง 5 kHz เท่านั้น

<u>ศัพท์และความหมาย</u>

แบนด์วิดธ์ - ย่านความถี่, เป็นเฮิรซ์ (Hz) ระหว่างขีดจำกัดด้านบนและด้านล่าง

เบสแบนด์ – ย่านของความถี่ที่ถูกครอบครองโดยสัญญาณข้อมูล

ฟรีเควนซี่ทรานสเลท (frequency translate) ขบวนการเข้ามาแทนที่ภายในความถี่ของสัญญาณในส่วนอื่นของความถี่สเปคตรัม

มอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) อัตราส่วนระหว่างขนาดของสัญญาณข้อมูล(message) และสัญญาณพาหะ(carrier) ที่ยังไม่ได้มอดดูเลท

โอเวอร์มอดดูเลชั่น เกิดขึ้นเมื่อมอดดูเลชั่นอินเด็กมากกว่า 1 โดยจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณข้อมูล(message) มีขนาดของยอดของสัญญาณมากกว่ายอดของสัญญาณพาหะ (carrier) ที่ยังไม่ได้ทำการมอดดูเลท

เปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่น ((% MOD) ตัวชี้การมอดดูเลชั่นเป็นเปอร์เซนต์ (m x 100)]

สแปล็ทเตอร์ (splatter) การรบกวนจากช่องที่อยู่ใกล้กัน (fake sideband frequency) เกิดจากการเกิดการมอดดูเลชั่นมากเกินไปของสัญญาณพาหะ(carrier) กับสัญญาณข้อมูล(message)

ทรานสมิทชั่น เอฟฟิเชียนซี่ (transmission efficiency) [μ] เศษส่วนของกำลังที่ส่งออกไปแบบ AM ซึ่งมีอยู่ภายในไซด์แบนด์

อุปกรณ์ที่ต้องการ

- ชุดBase Unit
- ชุดทดลองการสื่อสารแบบอนาลอก
- ชุดจ่ายโวลท์เตจ 15 Vdc (ใช้ 2 ชุด)
- ออสซิลโลสโคปแบบ 2 เส้นภาพ
- ชุดกำเนิดสัญญาณรูปซายน์และสี่เหลี่ยม

แบบฝึกหัดที่ 2-1

การมอดดูเลชั่นทาง Amplitude ของสัญญาณ

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้เราสามารถอธิบายการสร้างสัญญาณที่มีการมอดดูเลชั่นแบบ AM และอธิบายว่าสัญญาณข้อมูล(message) มีผลต่อรูปร่างของสัญญาณ AM อย่างไร พร้อมทั้งคำนวณดัชนีและเปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่น อธิบายการมอดดูเลชั่นแบบ 100%, การมอดดูเลทเกิน 100% (over modulation), ประสิทธิภาพของการส่ง โดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ AM

ข้อศึกษา

มีหลายวิธีในการสร้างสัญญาณแบบ AM แต่ทั้งหมดจะต้องยอมให้ Amplitude ที่เปลี่ยนแปลงไปของสัญญาณข้อมูล (message) ปรากฏบนสัญญาณพาหะ (carrier) ดังรูป 2-4 โดยบาลานซ์มอดดูเลเตอร์ ทำการมอดดูเลชั่นแบบ AM โดยการป้อนสัญญาณข้อมูลและสัญญาณพาหะเข้าที่มอดดูเลเตอร์

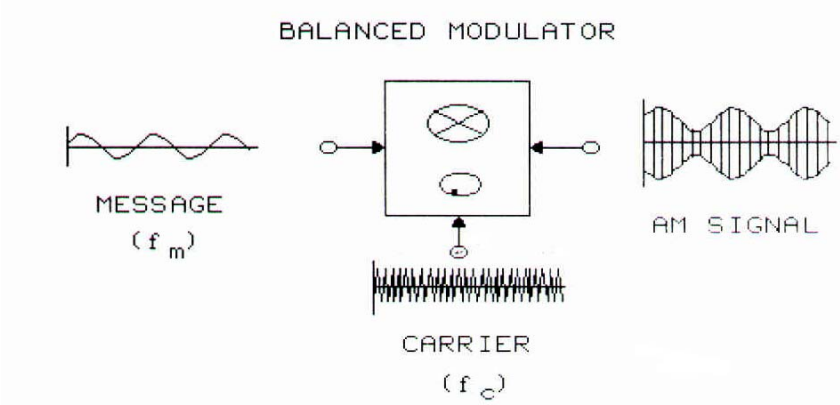


Figure 2-4.

มอดดูเลเตอร์ทำการผสมสัญญาณข้อมูลและสัญญาณพาหะเข้าด้วยกันเพื่อเลื่อนความถี่ของสัญญาณข้อมูลไปยังความถี่ของสัญญาณพาหะ ซึ่งขอบของสัญญาณ AM จะเหมือนกันกับสัญญาณข้อมูลและเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกันกับสัญญาณข้อมูล

ขั้นตอน A - สัญญาณ AM

ในขั้นตอนนี้ เราจะสังเกตผลของสัญญาณข้อมูลบนสัญญาณ AM

การเพิ่มหรือลด Amplitude ของสัญญาณข้อมูลทำให้ยอดด้านสูงและต่ำและช่วงคอดของขอบของสัญญาณ AM สูงและต่ำตามไปด้วยดังรูป 2-5 แสดงไว้

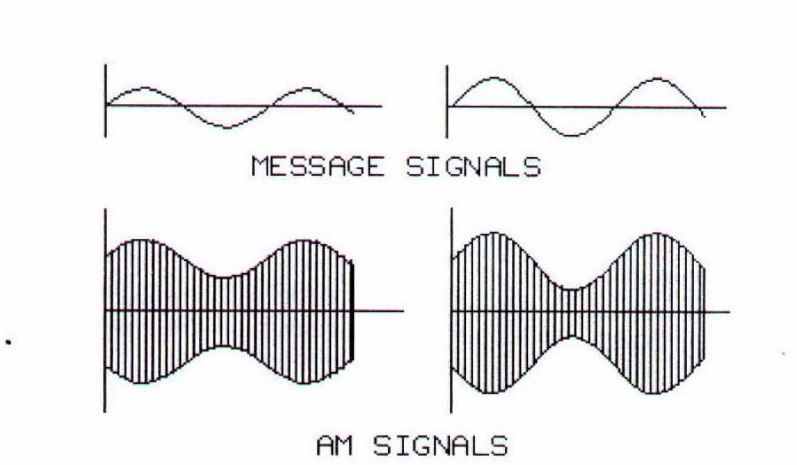


Figure 2-5.

1. ที่วงจร AM/SSB TRANSMITTER และ VCO-LO ต่อวงจรดังแสดงในรูป 2-6 ให้เสียบตัวต่อ 2 ขา ลงที่ตำแหน่ง 1000 KHz ที่วงจร VCO-LO ตั้งสวิทช์ S1, S2 และ S3 ไว้ที่ตำแหน่ง OFF

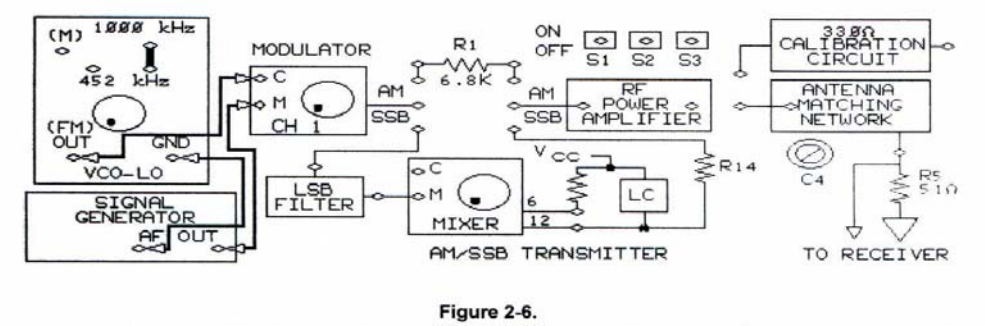


Figure 2-6.

2. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่ตำแหน่งสัญญาณข้อมูลเข้า (M) ของมอดดูเลเตอร์ขณะที่สังเกตสัญญาณที่ CH 1 พร้อมกับปรับสัญญาณจากชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator)เป็น 0.2 Vpk-pk, รูปสัญญาณซายน์ 2 KHz
3. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่ตำแหน่งสัญญาณพาหะเข้า (C) ของมอดดูเลเตอร์ ขณะที่สังเกตสัญญาณที่ CH 2 ปรับ VCO-LO เป็น 1000 KHz ขนาด 0.2 Vpk-pk ให้ปรับโวลท์เตจลบที่ชุด Base Unit ซึ่งเป็นการปรับความถี่ของสัญญาณพาหะ และปรับปุ่มที่บล็อกวงจร VCO-LO ซึ่งเป็นการปรับขนาดของสัญญาณพาหะ
4. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่เอาท์พุทของมอดดูเลเตอร์
5. ปรับปุ่มมอดดูเลเตอร์เพื่อให้ได้สัญญาณ AM ที่ CH 2 ของสโคป เป็น 2.0 โวลท์ระหว่างยอดสูงสุดและยอดต่ำสุด ดังรูป 2-7

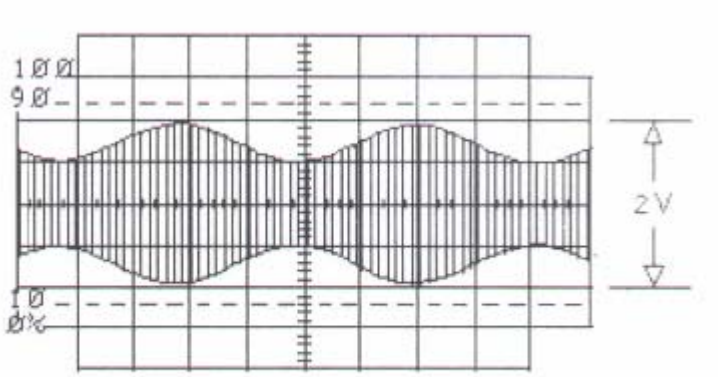


Figure 2-7.

6. ขอบของสัญญาณ AM (ที่CH 2) มีรูปร่างและความถี่เหมือนกันกับสัญญาณข้อมูล(message) (ที่CH 1) หรือไม่?

.....

....

.....

...

7. เราได้ตั้งความถี่พาหะ(carrier) (f_c) เป็น 1000 KHz และสัญญาณข้อมูล(message) ความถี่ (f_m) เป็น 2 KHz จะถามว่า สเปคตรัมของความถี่ของสัญญาณ AM คือเท่าไร ?

.....

.....

.....

8. เปลี่ยนชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator)จากรูปซายน์เป็นรูปสี่เหลี่ยมจะถามว่า Envelope สัญญาณ AM ได้เปลี่ยนจากรูปซายน์เป็นรูปสี่เหลี่ยมใช่ หรือไม่ ?

.....

.....

.....

9. เปลี่ยนสัญญาณจากรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเป็นซายดน์ ขณะที่สังเกตสัญญาณ AM ที่CH 2 โดยปรับความถี่ที่ Function Generator เพื่อเปลี่ยนความถี่ของ สัญญาณข้อมูล(message) จะถามว่าความถี่ของEnvelope สัญญาณ AM เปลี่ยนไปตามความถี่ของสัญญาณข้อมูล (message) หรือไม่ ?

.....

.....

.....

10. ปรับความถี่ของสัญญาณข้อมูล(message) เป็น 2 KHz ขณะที่สังเกตสัญญาณ AM ให้ปรับระดับแอมปลิจูดของสัญญาณที่ Function Generator เพื่อเปลี่ยนขนาด Amplitude ของสัญญาณข้อมูล จะถามว่าขนาดของ Envelope สัญญาณ AM เปลี่ยนไปตามขนาดของสัญญาณข้อมูลหรือไม่ ?

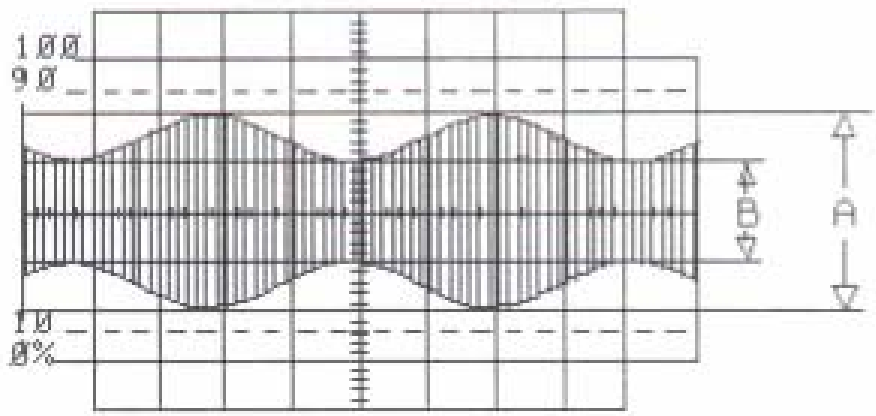
.....

.....

.....

ขั้นตอน B Modulation Index และ Percentage of Modulation

ทั้งมอดดูเลชั่น อินเด็ก และเปอร์เซนต์เตจของมอดดูเลชั่นเป็นตัวแปรที่ใช้กับยอดของสัญญาณและส่วนที่เป็นส่วนล่างของสัญญาณในสัญญาณแบบ AM โดย modulation index (ตัวชี้การมอดดูเลชั่น) คือ อัตราส่วนของ peak amplitude ของสัญญาณข้อมูล(message) กับ peak amplitude ของสัญญาณพาหะ(carrier) โดยการพิจารณาจากรูป 2-8 จะช่วยในการนำมา คำนวณ



รูปที่ 2-8

$$m = \frac{A - B}{A + B}$$

เปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่น คือ มอดดูเลชั่น อินเด็ก แสดงเป็นเปอร์เซนต์ (m x 100)
ตัวอย่างเช่น ถ้า A เท่ากับ 4 โวลท์ และ B เท่ากับ 1 โวลท์ มอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) เป็น 0.6 คือ 60 เปอร์เซนต์

$$m = \frac{(4-1)}{(4+1)} = \frac{3}{5} = 0.6 \cong 60\%$$

เมื่อสัญญาณข้อมูล (message) เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น เสียง หรือดนตรี ดังรูป 2-9 ความถี่ของขอบการมอดดูเลทและเปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่น ก็จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถหาค่าของมอดดูเลชั่นอินเด็กได้

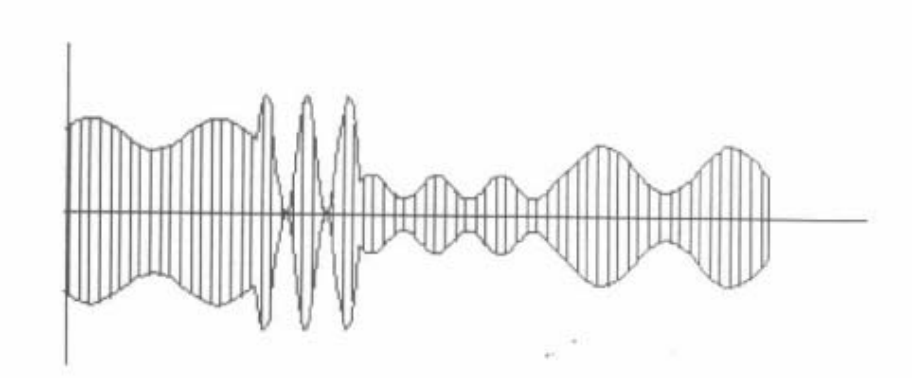


Figure 2-9.

เราจะใช้วิธี Trapezoidal ในการวัดสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณข้อมูล(message) ที่กำลังเปลี่ยนแปลงโดย เราจะใช้โหมด X-Y ที่ออสซิลโลสโคป เราจะใช้อินพุท X เป็นCH 1 (สัญญาณข้อมูล(message)) และอินพุท Y เป็นCH 2 (สัญญาณที่ถูกมอดดูเลทแล้ว) โดยเราจะสามารถคำนวณมอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) จากการวัด A และ B จากออสซิลโลสโคป ในรูป 2-10

11. เลื่อนสวิทช์ S1, S2 และ S3 ไปที่ OFF

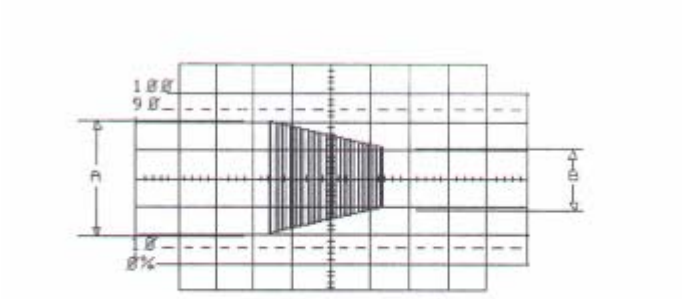


Figure 2-10.

12. ที่CH 1ของสโคปให้ปรับค่าของสัญญาณข้อมูล(message) เป็น 0.2 Vpk-pk หมายเหตุให้ปรับปุ่มมอดดูเลเตอร์เพื่อให้รูปคลื่น AM ที่ได้จาก CH 2 เป็น 2 โวลท์พีค-พีค (ดูรูป 2-7) โดยขนาดแอมปลิจูด 2.0 โวลท์เป็นใช้การวัดสัญญาณแบบ A ดังรูป 2-8
13. ที่ CH 2 ของสโคป ให้วัดค่าระหว่างช่วงสูงและต่ำ (วัดค่าสัญญาณแบบ B ในรูป 2-8) ของรูปคลื่นที่ถูกมอดดูเลท

.....

.....

14. คำนวณหาค่ามอดดูเลชั่น อินเด็ก (m)

.....

.....

15. คำนวณหาค่าของเปอร์เซนต์เตจของการมอดดูเลท (% Mod)

.....

.....

16. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณ AM ที่โพรบ CH 2 เพิ่มขนาดของสัญญาณข้อมูล(message) จนกระทั่งขอบของสัญญาณ AM แตะเส้นกึ่งกลางจอดังแสดงในรูป 2-11 โดยที่ระยะห่างของ B มีค่าเป็นศูนย์โวลท์

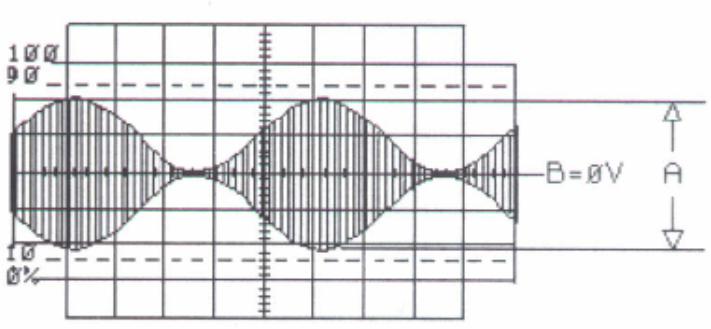


Figure 2-11.

17. ที่โพรบ CH 2 ให้วัดระยะในแนวตั้ง(Vertical)ระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของรูปคลื่นที่ถูกมอดดูเลท (เป็นการวัดค่า A ดังรูป 2-11)

.....

.....

18. ให้คำนวณหาค่าของมอดดูเลชั่น อินเด็ก

.....

.....

19. ให้คำนวณหาเปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่น (% Mod)

.....

.....

20. ปรับขนาด(Amplitude)ของสัญญาณข้อมูล (message) ให้ดูที่โพรบ CH 1 เป็น 0.2 Vpk-pk หมายเหตุให้ปรับปุ่มมอดดูเลทเตอร์เพื่อให้รูปคลื่นสัญญาณ AM ที่โพรบ CH 2 มีค่ามอดดูเลชั่นน้อยกว่า 100% โดยมีขนาดสัญญาณ 2 โวลท์วัดจากยอดด้านบนและด้านล่าง (ดูรูป 2-7)
21. ตั้งโหมดของออสซิลโลสโคปเป็น X-Y ปรับ attenuators เพื่อให้ได้รูปแบบของ Trapezoidal (ดูรูป 2-10) ที่จอสโคป, ทำการวัดค่า A (เป็นโวลท์)ในรูป Trapezoidal

.....

.....

22. ที่จอออสซิลโลสโคป ให้ทำการวัดค่า B (เป็นโวลท์) ในรูป Trapezoidal

.....

.....

23. คำนวณหาค่าของมอดดูเลชั่น อินเด็ก (m)

.....

.....

24. คำนวนหาค่าของเปอร์เซนต์เตจของการมอดดูมอดดูเลชั่น (%Mod)

.....

.....

25. ถามว่าค่าที่ได้จากการวัดแบบ Trapezoidal จากการวัดค่าของมอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) และเปอร์เซนต์เตจของการมอดดูเลชั่น (%Mod) คล้ายกันกับผลที่ได้ จากการใช้สัญญาณแบบ AM หรือไม่ ?

.....

.....

ขั้นตอน C – การ MODULATION แบบ 100 %, การ OVERMODULATION และ TRANSMISSION EFFICIENCY

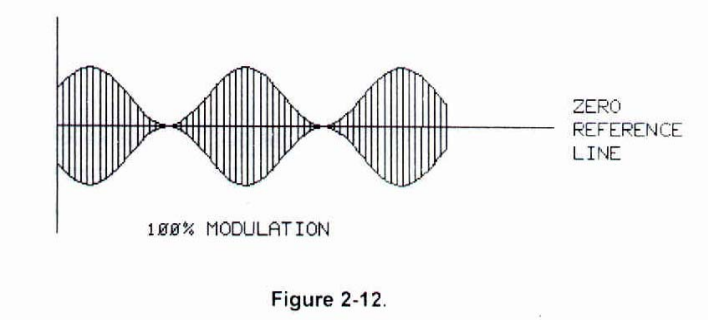


Figure 2-12.

รูปคลื่นสัญญาณ AM ดังรูป 2-12 แสดงการมอดดูเลชั่นแบบ 100% (มอดดูเลชั่น อินเด็ก เท่ากับ 1) ช่วงที่เป็นส่วนที่ต่ำที่สุดจะแตะที่จุดอ้างอิง ศูนย์ ทั้งกำลังและประสิทธิภาพของการสื่อสารแบบ AM เกี่ยวข้องโดยตรงกับมอดดูเลชั่น อินเด็ก ; 100% ของการมอดดูเลทซึ่งเป็นที่ต้องการในการสื่อสารแบบ AM เพื่อให้มีกำลังของไซด์แบนด์มีค่าสูงสุดเมื่อมีการมอดดูเลชั่นมากเกินไป (มีการมอดดูเลทเกิน 100%) จะเกิดสัญญาณที่ขอบทั้งสองข้างที่ทำการมอดดูเลทเกินเส้นอ้างอิง ดังรูป 2-13 ซึ่งทำให้เกิดความถี่เทียมที่ไซด์แบนด์ของความถี่ เรียกว่า Splatter ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความผิดเพี้ยนของการรับทำให้เกิดการรบกวนสถานีวิทยุอื่น

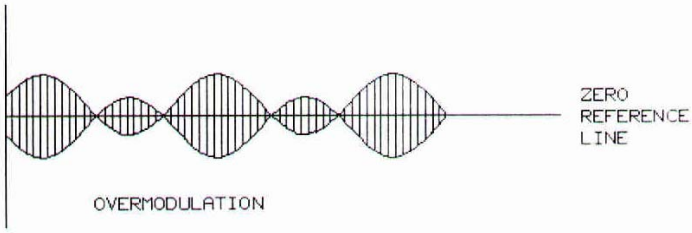


Figure 2-13.

เมื่อมอดดูเลชั่น อินเด็ก เพิ่มขึ้น, ระดับกำลังของไซด์แบนด์ P_{SB} ก็จะเพิ่มขึ้นขณะที่กำลังของคลื่นพาหะ (Carrier)คงที่ เนื่องจากข้อมูลที่เราต้องการอยู่ภายในสัญญาณความถี่วิทยุ (RF) ที่อยู่ภายในไซด์แบนด์ การเพิ่มมอดดูเลชั่น อินเด็ก เพื่อเพิ่มกำลังของไซด์แบนด์จึงเป็นที่ต้องการ แต่ไม่สามารถเพิ่มให้เกินค่า 1 ได้เนื่องจากจะเกิดการผิดเพี้ยนและการรบกวนได้

$$P_T = P_C + P_{SB}$$

เมื่อ P_T คือ กำลังทั้งหมดในสัญญาณแบบ AM

P_c คือ กำลังของสัญญาณพาหะ

P_{SB} คือ กำลังของไซด์แบนด์ทั้งด้านสูงและต่ำ

ตัวอย่างเช่น เมื่อ P_c = 40 KW, P_{SB} = 10 KW จะได้ P_T = 50 KW

Transmission efficiency (μ) เป็นสัดส่วนของกำลังทั้งหมดที่อยู่ในไซด์แบนด์

$$\mu = \frac{P_{SB}}{P_T}$$

ถ้ากำลังทั้งหมดเป็น 100 KW และ Transmission efficiency เป็น 0.242 , กำลังของไซด์แบนด์ คือ 24.2 KW (P_{SB} = μ x P_T) Transmission efficiency ก็เกี่ยวพันกับมอดดูเลชั่น อินเด็ก คือ

$$\mu = \frac{m^2}{2 + m^2}$$

ตัวอย่าง เมื่อมอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) เป็น 0.8 , Transmission efficiency (μ) คือ 0.242

$$\mu = \frac{m^2}{2 + m^2}$$

$$\mu = \frac{0.8^2}{2 + 0.8^2}$$

$$\mu = \frac{0.64}{2 + 0.64}$$

$$\mu = \frac{0.64}{2.64}$$

$$\mu = 0.242$$

26. เลื่อนสวิทช์ S1, S2 และ S3 ไปที่ ตำแหน่ง OFF ให้ set ออสซิลโลสโคปให้อยู่ในโหมดปกติ (ไม่อยู่ในโหมด x-y) ดัง รูป 2-14

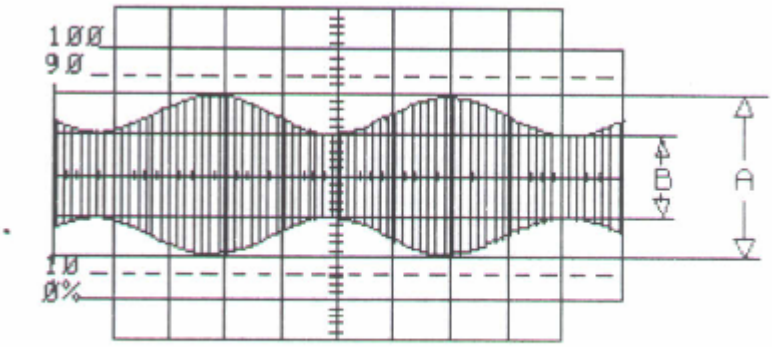


Figure 2-14.

27. ให้เพิ่มขนาด Amplitude ของสัญญาณข้อมูล (Message)โดยการปรับปุ่ม Amplitude ที่ชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) จนได้สัญญาณ AM ดังรูป 2-15 มอดดูเลทแบบ AM มีลักษณะที่ยังไม่ได้มอดดูเลทหรือเป็นการมอดดูเลทมากเกินไป ?

.....

.....

.....

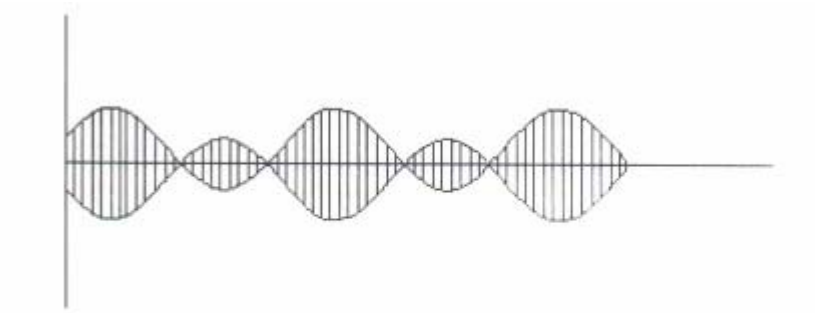


Figure 2-15.

28. ถามว่ามอดดูเลชั่น อินเด็ก ของสัญญาณ AM มากกว่าหรือน้อยกว่า 1 ?

.....

.....

29. ถามว่าสัญญาณที่มีการมอดดูเลทมากเกินไปเป็นที่ต้องการในระบบการสื่อสารแบบ AM ใช่หรือไม่ ?

.....

.....

30. ทำการลดสัญญาณข้อมูล (message) เพื่อให้ได้สัญญาณ AM ที่ CH 2 เป็นการมอดดูเลทแบบ 100% (ดังรูป 2-12)

31. ให้คำนวณหา Transmission efficiency $\mu = \frac{m^2}{2+m^2}$

.....

.....

32. ถ้ากำลังรวมของสัญญาณ (P_T) เป็น 50 KW, คำนวณหากำลังของไซด์แบนด์ P_{SB} โดยใช้สูตร $P_{SB} = \mu \times P_T$

.....

.....

<u>สรุป</u>

1. ขอบของสัญญาณที่ถูกมอดดูเลทแบบ AM มีรูปร่างและความถี่เดียวกันกับสัญญาณข้อมูล
2. มอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) และเปอร์เซนต์ของการมอดดูเลชั่นเป็นค่าตัวแปรที่ใช้หาค่าปลายยอดสุดและต่ำสุดในขอบของสัญญาณ AM
3. วิธีการวัดแบบ Trapezoidal โดยใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดจะช่วยให้เราหาค่าของมอดดูเลชั่น อินเด็กจากสัญญาณข้อมูลและสัญญาณ AM เมื่อข้อมูลเปลี่ยนแปลงทางด้านความถี่และขนาด(Amplitude)ของสัญญาณ
4. สัญญาณ AM ที่มีการมอดดูเลทเกิน 100% จะไม่เป็นที่ต้องการเพราะทำให้เกิดความผิดเพี้ยนในการรับและไปรบกวนสถานีอื่น
5. มอดดูเลชั่น อินเด็ก ใช้ในการหา Transmission efficiency (μ) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของกำลังของไซด์แบนด์ P_{SB} กับกำลังของสัญญาณทั้งหมด (P_T)

คำถามทบทวน

1. เมื่อขนาด(Amplitude)และความถี่ของสัญญาณข้อมูล(message)เปลี่ยนแปลง จะเกิดอะไรขึ้นกับขอบของสัญญาณ AM?
   a. เฉพาะขนาดของสัญญาณขอบของ AM เปลี่ยนแปลง
   b. เฉพาะความถี่ของสัญญาณขอบของ AM เปลี่ยนแปลง
   c. ทั้งขนาดและความถี่ของสัญญาณขอบของ AM เปลี่ยนแปลง
   d. ทั้งขนาดและความถี่ของสัญญาณพาหะเปลี่ยนแปลง
2. ถ้าสัญญาณพาหะ(cerrier)ที่ความถี่ 2000 KHz (f_C)ถูกมอดดูเลทแบบ AM ด้วยสัญญาณข้อมูล(message) ที่ความถี่ 3 KHz (f_m)ความถี่ที่อยู่ในความถี่สเปคตรัมของสัญญาณ AM คือ ?
   a. 3 KHz, 6 KHz และ 2000 KHz
   b. 1997 KHz, 2000 KHz และ 2003 KHz
   c. 2000 KHz และ 2003 KHz
   d. 1997 KHz และ 2003 KHz

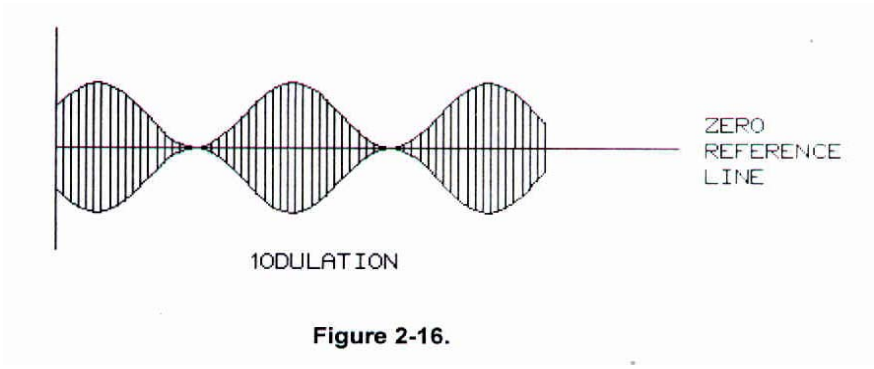


Figure 2-16.

3. มอดดูเลชั่น อินเด็ก ของสัญญาณ AM ที่แสดงในรูป 2-16 คือ ?
   a. 1.5
   b. 1.0
   c. 0.5
   d. 0.1

4. เปอร์เซนต์เตจของการมอดดูเลท (%Mod) ของสัญญาณ AM ที่แสดง Trapezoidal ดังแสดงในรูป 2-17 ถ้าแต่ละช่องในแนวตั้งเป็น 0.5 โวลท์ คือ?
   a.100%
   b.150%
   c. 20%
   d. 33%

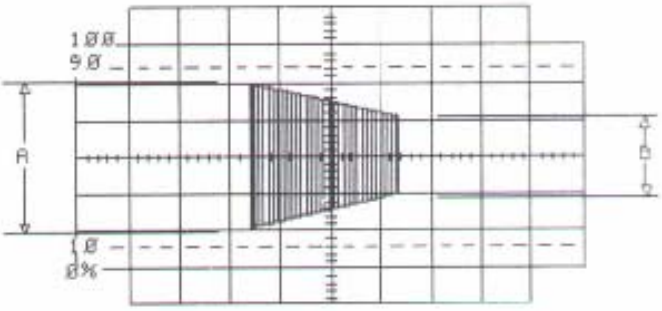


Figure 2-17.

5. ข้อใดแสดง Transmission efficiency (μ) ของสัญญาณ AM ?

   a. m x P_T

   b. P_T x P_{SB}

   c. P_{SB}/P_T

   d. P_T/P_{SB}

แบบฝึกหัดที่ 2-2

RF POWER AMPLIFIER

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้เราจะสามารถปรับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของ RF POWER AMPLIFIER กำลังที่ได้, วัดค่าตัวแปรเพื่อคำนวณหาอินพุทเพาเวอร์ของ RF POWER AMPLIFIER, อัตราขยายกำลัง, คำนวณจำนวนเปอร์เซนต์ของกำลังที่ออกไปที่เสาอากาศ และคำนวณกำลังทั้งหมด, กำลังของความถี่พาหะและกำลังของไซด์แบนด์ของสัญญาณ AM โดยใช้ออสซิลโลสโคป

ข้อศึกษา

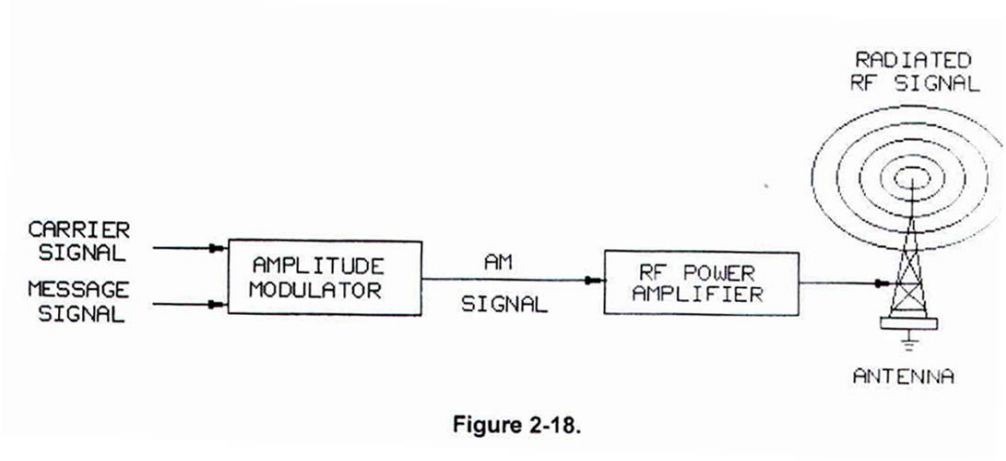


Figure 2-18.

จากรูป 2-18 ภาคขยาย RF คือ ภาคสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่เสาอากาศซึ่งจะทำหน้าที่ขยายกำลังเพื่อส่งให้เสาอากาศก่อนที่จะทำการแพร่กระจายสัญญาณ RF ออกไป

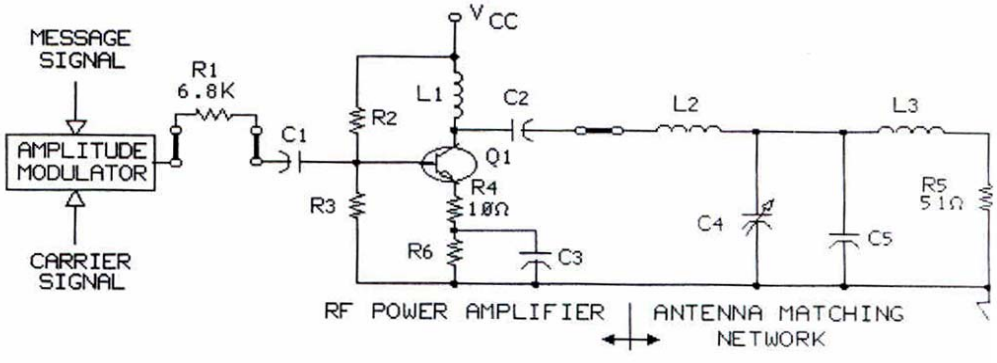


Figure 2-19.

รูป 2-19 แสดงวงจรของภาคขยายกำลังของวงจรภาคส่ง AM/SSB โดยประกอบด้วย Q1 ทำหน้าที่ขยายกำลังและกลุ่มที่ทำหน้าที่แมชชิ่งเสาอากาศเพื่อให้สัญญาณที่จะส่งออกไปได้สูงสุด โดย R5 ถูกใช้แทนเพื่อจำลองแทนเสาอากาศ ส่วน C1 ที่ขาเบสทำการกันโวลท์เตจ DC จาก R1 ส่วน R2 และ R3 ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งโวลท์เตจเพื่อให้โวลท์เตจที่ขาเบสเท่ากับ 4.8 VDC ตลอดเวลา Q1 เป็นภาคขยายแบบคอมมอนอีมิตเตอร์ โดยจะถูกให้ไบแอสตรงตลอดเวลาเพราะมีโวลท์เตจ DC ที่คงที่ให้ไบแอสตลอด โดยการทำงานของ Q1 เป็นการทำงานในการขยายแบบคลาส A

จากรูป 2-20 ในการขยายแบบคลาส A กระแสคอลเลคเตอร์ไหล 360 ° เมื่อเทียบกับสัญญาณเข้า สัญญาณที่ได้จะไม่มีการผิดเพี้ยน ในการขยายแบบคลาส B กระแสคอลเลคเตอร์ไหล 180° เมื่อเทียบกับสัญญาณเข้า และสัญญาณที่ได้จะเกิดการผิดเพี้ยน ในการขยายแบบคลาส C กระแสคอลเลคเตอร์น้อยกว่า 180° เมื่อเทียบกับสัญญาณเข้า และสัญญาณที่ได้
ก็จะถูกพิจารณาว่าผิดเพี้ยน ในการติดตั้งประสิทธิภาพของกำลังขยายเป็นสิ่งแรกที่เราพิจารณา เพราะการที่มีการสูญเสีย

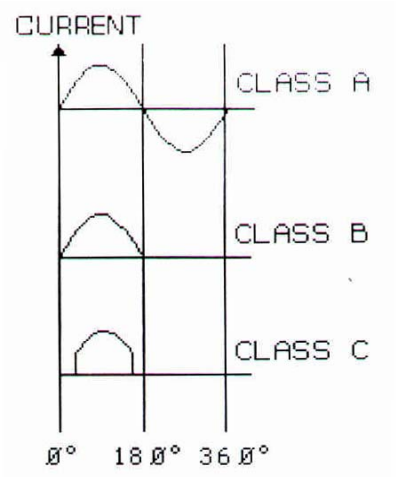


Figure 2-20.

ในภาคขยาย หมายถึงกำลังที่ส่งออกไปก็จะลดน้อยลงไปด้วย ดังนั้น การใช้ภาคขยายแบบคลาส C ให้ประสิทธิภาพดีกว่าแบบคลาส B และคลาส A ภาคขยายกำลัง RF ของวงจรส่งของ AM/SSB เป็นแบบคลาส A เพราะเป็นการมอดดูเลทโวลท์เตจระดับต่ำกับมอดดูเลเตอร์แบบ AM เมื่อใช้โวลท์เตจระดับสูงจะต้องใช้ภาคขยายแบบ C ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าคอลเลคเตอร์ของ Q1 มีคอยล์ L1 เนื่องจากโวลท์เตจที่ตกคร่อม L1 นี้น้อยมาก ค่าโวลท์เตจตกคร่อมคอลเลคเตอร์จึงพิจารณาให้เท่ากันกัน V_{cc} (15.0 VDC) R4 และ R6 ทำหน้าที่ให้ไบแอสคงที่ โดยมี C3 ต่อคร่อม R6 เพื่อเพิ่มอัตราขยายทางด้านสัญญาณให้แก่ Q1 กลุ่มแมชชิ่งเน็ทเวอร์คของเสาอากาศถูกต่อโดย C2 เพื่อเชื่อมเข้ากับ Q1

ขั้นตอน A – การปรับค่าอิมพีแดนซ์เอาท์พุท (ADJUST OUTPUT IMPEDANCE)

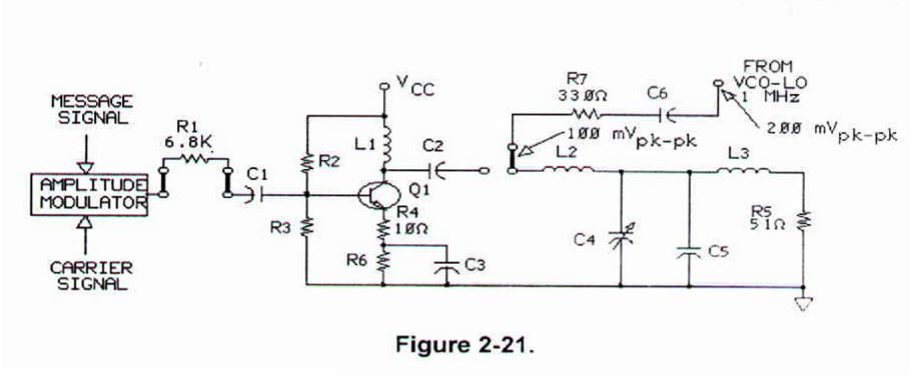


Figure 2-21.

ANTENNA MATCHING NETWORK สร้างขึ้นจากอุปกรณ์ประเภทรีแอคทีฟ (ดูรูป 2-21)อยู่ระหว่าง Q1 และ R5 ที่จำลองเป็นเสาอากาศ วัตถุประสงค์ของเน็ทเวอร์ค (L2, C4 C5 และ L3) เพื่อปรับค่าเอาท์พุท อิมพิแดนซ์ให้สูงเพียงพอสำหรับ Q1 เพื่อให้กำลังที่พอเพียงที่จะส่งไปให้เสาอากาศที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ(R5) ถ้าเสาอากาศ (R5) เป็นเพียงอุปกรณ์ตัวเดียวที่ใช้ต่อเข้าที่เอาท์พุทของ Q1 เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของภาคขยายจะต้องเป็น 51 โอห์ม

กลุ่มของชุดแมชชิ่งเสาอากาศถูกปรับให้มีอิมพีแดนซ์ 330 โอห์ม โดยใช้ค่า R 330 โอห์ม ต่ออนุกรมกับกลุ่มเน็ทเวอร์ค เมื่อค่า R ถูกต่อเข้าไป ชุดแมชชิ่งเสาอากาศและต่อ R 330 โอห์ม จะกระทำหน้าที่เสมือนตัวแบ่งโวลท์เตจ

ถ้าสัญญาณ 1 MHz ขนาด 200 mVpk-pk ถูกป้อนเข้าสู่วงจร และถ้าทำการปรับ C4 (รูป 2-21) จนกระทั่งได้สัญญาณที่อินพุทของเน็ทเวอร์คเป็น 100 mVpk-pk อิมพีแดนซ์ของ วงจรแมชชิ่งของเสาอากาศจะเป็น 330 โอห์ม

1. ณ ที่ บล็อกวงจร AM/SSB TRANSMITTER และ VCO-LO ของบอร์ด ANALOG COMMUNICATION ให้ต่อวงจรดังรูป 2-22 (a) วงจร VCO ต่อเข้าที่อินพุทของวงจรคาลิเบรท 330 โอห์ม และต่อตัวต่อ 2 ขาเพื่อต่อวงจรคาลิเบรท 330 โอห์ม เข้าที่แมชชิ่งของเสาอากาศ ดังแสดงรูป 2-22 (b) แสดงการต่อวงจร พร้อมกับตั้งสวิทช์ S1, S2 และ S3 ไว้ที่ OFF

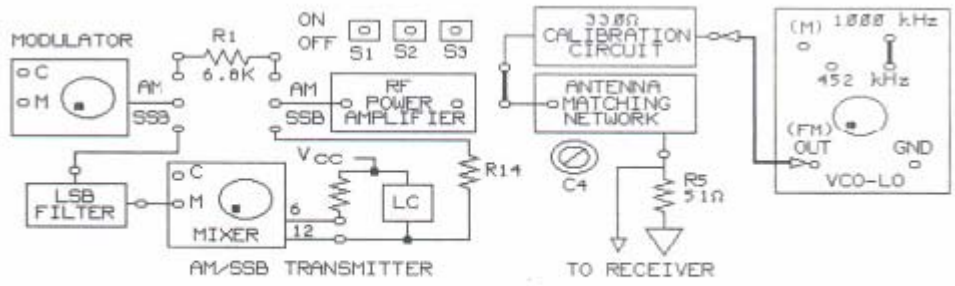


Figure 2-22(a).

2. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่อินพุทของวงจรคาลิเบรท 330 โอห์ม ขณะที่สังเกตสัญญาณที่ CH 1 ให้ทำการปรับ VCO-LO เป็น 200 mVpk-pk, ความถี่ 1 MHz ซึ่งเป็นอินพุทของวงจรคาลิเบรท 330 โอห์ม การปรับความถี่ของ VCO-LO ปรับโวลท์เตจลบ ที่ Base Unit และการปรับขนาดสัญญาณให้ปรับปุ่มบน VCO-LO เพื่อปรับขนาดของสัญญาณ
3. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่อินพุทของ ANTENNA MATCHING NETWORK

หมายเหตุ เมื่อใช้สโคปทำการวัดสัญญาณให้ต่อกราวด์ของโพรบเข้าที่กราวด์ของวงจรทุกครั้ง

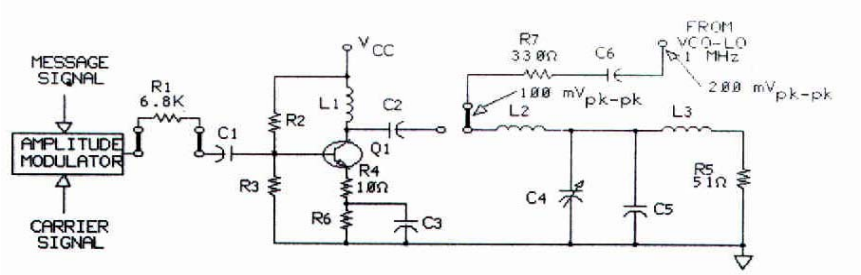


Figure 2-22(b).

4. ปรับ C4 จนกระทั่งได้สัญญาณที่ CH 2 เป็น 100 mVpk-pk (ครึ่งหนึ่งของสัญญาณ CH 1)
5. อิมพีแดนซ์ของวงจรคาลิเบรทชั่น 330 โอห์ม คือ 330 โอห์ม เมื่อสัญญาณแรงดันของเน็ทเวอร์คแมชชิ่งเสาอากาศ (โพรบ CH2) เป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณที่เข้ามาที่ เน็ทเวอร์ค (โพรบ CH1) ถามว่าอิมพีแดนซ์ของแมชชิ่งเน็ทเวอร์คของเสาอากาศ คือเท่าไร ?

.....

.....

ขั้นตอน B INPUT POWER, OUTPUT POWER และ POWER GAIN

ในส่วนนี้เราจะเรียนรู้เกี่ยวกับการวัดวงจรและการคำนวณกำลังของ RF Power Amplifier ที่อินพุท , เอาท์พุท และ Power Gain

อ้างถึงรูป 2-23 กำลังที่ป้อนเข้าที่ Q1 เป็นผลจากกระแสเข้า (I_i) และโวลท์เตจขาเข้า (V_i) เพื่อทำการคำนวณหาค่ากำลังและกระแส ในขั้นตอนนี้ เราจะต้องทำการเปลี่ยนค่าโวลท์เตจพีค-พีค เป็นแบบค่าเฉลี่ย RMS โดยการคูณค่า พีค-พีค ด้วยค่า 0.3535

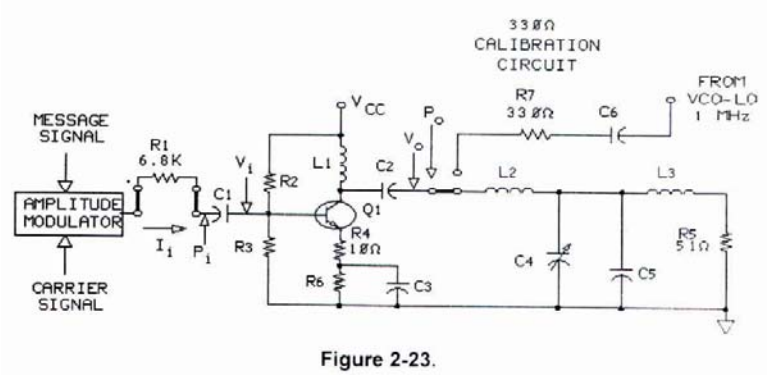


Figure 2-23.

เราคำนวณกระแสไหลเข้า (I_i) จากแรงดันที่ตกคร่อม R1 (6.8 กิโลโอห์ม) และทำการวัดค่าโวลท์เตจที่ตกคร่อมที่ขาเบสของ Q1 (I_i) เพื่อที่จะได้กำลัง(Power)ที่ป้อนเข้าทำการคูณกระแสเข้าโดยโวลท์เตจเข้า ($P_i = I_i \times V_i$)

เมื่ออิมพีแดนซ์ของแมชชิ่งเสาอากาศถูกปรับให้เท่ากันกับอิมพีแดนซ์ของวงจรคาลิเบรท 330 โอห์ม เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของภาคขยายกำลังของ RF เท่ากับ 330 โอห์ม

เอาท์พุทเพาเวอร์ (P_o) ของ Q1 คือ เอาท์พุทโวลท์เตจเป็น RMS ของคอลเลคเตอร์ (V_o) ของ Q1 ยกกำลังสอง หารด้วยเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ (330 โอห์ม)

$$P_o = \frac{V_o^{\,2}}{330}$$

อัตราขยาย (Power Gain) (A_p) เท่ากับเอาท์พุทเพาเวอร์ (P_o) หารด้วยอินพุทเพาเวอร์ (P_i)

$$A_p = \frac{P_o}{P_i}$$

เราจะทำการวัดกำลังเฉพาะสัญญาณพาหะ(carrier)เท่านั้น เนื่องจากสัญญาณ AM มีรูปร่างที่ซับซ้อนมีผลให้การใช้การคำนวณเป็นไปได้ยาก

6. ตั้ง S1 และ S2 เป็น OFF โดยตั้ง S3 เป็น ON เพื่อให้ได้อิมพีแดนซ์ของชุดแมชชิ่งของเสาอากาศเป็น 330 โอห์ม
7. ต่อวงจรดังรูป 2-24 (a) โดย Circuit schematic ถูกแสดงไว้ที่รูป 2-24 (b) ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่ (C) ของชุด MODULATOR

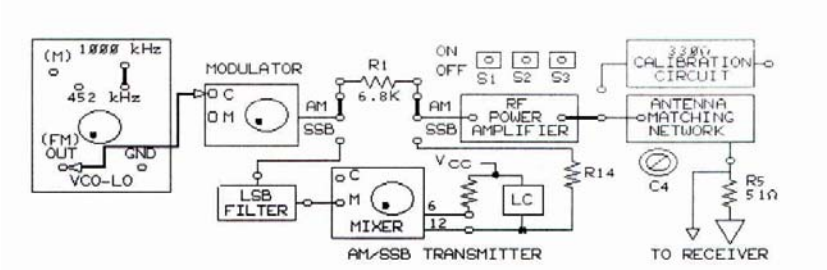


Figure 2-24(a).

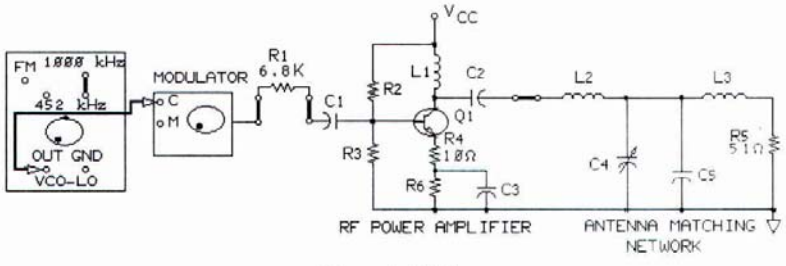


Figure 2-24(b).

8. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่ CH 1 ให้ปรับเอาท์พุทของ VCO-LO ให้ได้ขนาด Amplitude 0.1 Vpk-pk ความถี่เป็น 1 MHz เป็นสัญญาณ Carrier อินพุทของวงจร MODULATOR ให้ปรับความถี่พาหะโดยใช้ปุ่มปรับโวลท์เตจลบที่ชุดBase Unit และปรับขนาด Amplitude ของสัญญาณพาหะด้วยปุ่มบนวงจร VCO-LO

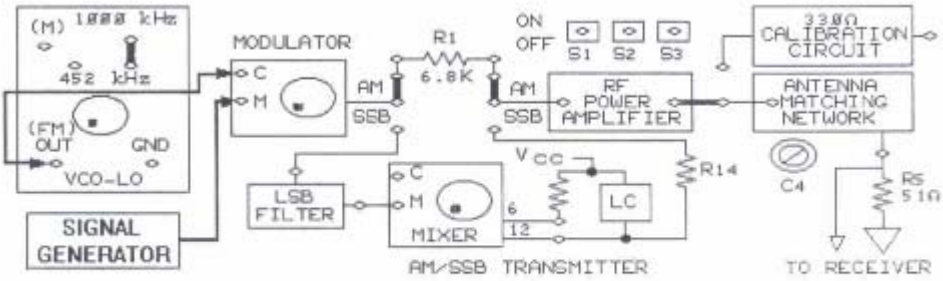


Figure 2-25.

9. ต่อชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) (รูป 2-25) และโพรบ CH 2 เข้าที่ (M) อินพุทซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูล (Message)ของ MODULATOR
10. ขณะที่ทำการสังเกตสัญญาณที่ CH 2 ให้ปรับชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) ให้ได้ความถี่ 2 KHz ขนาด 0.1 $V_{pk\text{-}pk}$ ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลของชุด MODULATOR
11. ต่อโพรบ CH 1 เข้าที่เอาท์พุทของ MODULATOR พร้อมกับปรับปุ่ม MODULATOR ให้ได้การมอดดูเลทเป็น 100% (ดูรูป 2-12 เราจะเห็นการมอดดูเลท 100% MOD)
12. เราจะทำการสังเกตและวัดกำลังขยายของ Q1 โดยใช้เพียงสัญญาณพาหะ(Carrier) ต่อไปให้ถอดชุดกำเนิดสัญญาณ(Signal Generator) ออกจากจุด (M) ของ ชุด MODULATOR
13. ให้ใช้ CH2 วัดแรงดันวัดโวลท์เตจตกคร่อม R1 โดยใช้วิธี ADD-INVERT ซึ่งเป็นการวัดสัญญาณที่ขาเบสของ RF POWER AMPLIFIER(Q1) โดยตั้งโหมดVertical ไว้ที่ ADD และขั้ว(Porarity)ของ CH 2 เป็นแบบ (INVERT) ถามว่าโวลท์เตจที่ R1 ($V_{R1(pk\text{-}pk)}$) เท่ากับเท่าใด ?

.....

.....

14. เปลี่ยนค่า($V_{R1(pk\text{-}pk)}$) ที่ได้จากข้อ 13 เป็นค่า RMS โดยใช้สูตร $(V_{R1(pk-pk)} \times 0.3535 = V_{R1(rms)})$ และใช้ค่าที่ได้มาคำนวณหากระแสที่ไหลผ่าน R_1 (6.8 กิโลโอห์ม) จากสูตร $I_{R1(rms)} = \frac{V_{R1(rms)}}{6.8k\Omega}$ ซึ่งเป็นกระแสที่ไหลเข้า RF Power Amplifier (Q1)

.....

.....

15. ตั้ง Vertical Mode ไปที่ CH 2 และขั้วของ CH 2 เป็นแบบ noninversion วัดค่าโวลท์เตจ พีค-พีค ($V_{Q1(pk\text{-}pk)}$) ที่ CH 2 ที่อินพุทของ RF POWER AMPLIFIER (Q1)

.....

.....

16. เปลี่ยน $V_{Q1(pk-pk)}$ ที่ได้จากข้อ 15 เป็นค่า RMS โดยใช้สูตร $V_{Q1(ipk-pk)}$ X 0.3535 = $V_{Q1(irms)}$ ใช้ค่าที่ได้และ $I_{R1(RMS)}$ จากข้อ 14 เพื่อคำนวนหาค่ากำลังที่เป็น RMS ($P_{Q1(irms)}$)ที่ป้อนเข้าที่ RF POWER AMPLIFIER RF (Q1)

$$P = V_{Q1(irms)} = V_{Q1(irms)} \times I_{R1(irms)}$$

.....

.....

17. ต่อโพรบ CH 2 เข้าที่อินพุทของแมชชิ่งของเสาอากาศ(คือเอาท์พุทของ RF POWER AMPLIFIER) ที่ CH 2 ให้วัดค่าโวลท์ พีค-พีค ที่เอาท์ พุทของ RF POWER AMPLIFIER ($V_{Q1(opk-pk)}$)

.....

.....

18. อิมพีแดนซ์ของแมชชิ่งของเสาอากาศซึ่งเท่ากับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของ RF POWER AMPLIFIER ที่ ถูกกำหนดค่าไว้ที่ 330โอห์ม ให้เปลี่ยนค่า ($V_{Q1(opk-pk)}$) ที่ทำการวัดที่ข้อ 17 เป็นค่า RMS โดยใช้ค่าที่ได้พร้อมทั้งค่าของอิมพีแดนซ์ 330 โอห์ม เพื่อหาค่าเอาท์พุทที่ได้จาก RF POWER AMPLIFIER ($P_{Q1(ORMS)}$)

$$P_{Q1(orms)} = \frac{V_{Q1(opk-pk)}^{2}}{330\Omega}$$

.....

.....

19. คำนวณหาค่าอัตราขยายกำลัง (A_p) ของภาค RF POWER AMPLIFIER (Q1)?

$$Ap = \frac{P_{Q1(orms)}}{P_{Q1(irms)}}$$

.....

.....

<u>ขั้นตอน C ANTENNA POWER</u>

ในส่วนนี้เราจะวัดวงจรและคำนวณหาค่า Power ของ Antenna (R5)

Antenna Power (P_a) คือค่าโวลท์เตจที่เป็น RMS ของเสาอากาศยกกำลังสองหารด้วยค่าอิมพีแดนซ์ของเสาอากาศ (51โอห์ม)

$$P_a = \frac{V_a^2}{51}$$

ตัวอย่าง ถ้าโวลท์เตจของเสาอากาศเป็น 190 mV_{rms} ค่ากำลังของเสาอากาศ คือ 707.8 μW

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{V_a^2}{51} \\ &= \frac{190^2}{51} \\ &= 707.8\mu W \end{aligned}$$

ในทางทฤษฎีกำลังส่งจากภาคส่งไปสู่เสาอากาศจะถูกส่งไปทั้งหมดแต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถทำเช่นนั้นได้เพราะจะเกิดการสูญเสียที่ชุดแมชชิ่งของเสาอากาศเปอร์เซนต์ของกำลังที่ถูกส่งออกไปสู่เสาอากาศ คือ กำลังที่เสาอากาศ (P_a) หารด้วยกำลังที่ได้จาก Q1 (P_o) คูณด้วย 100

เปอร์เซนต์ของกำลังที่ถูกส่ง = $(P_a/P_o) \times 100$

20. ตั้ง S1 และ S2 ไปที่ OFF S3 ไปที่ ON
21. ต่อโพรบ CH 2 คร่อมโหลดของเสาอากาศ (R5) และวัดค่าโวลท์เตจ (V_{r5})

.....

.....

22. ใช้ค่า(V_{r5})ที่ได้จากข้อ 21 คำนวณหาค่ากำลังที่เสาอากาศ (P_a)

$$P_a = \frac{V_{R5}^2}{51}$$

.....

.....

23. ใช้ค่า $P_{Q1(rms)}$ ที่ได้จากข้อ 18 ของขั้นตอน B และค่าที่ได้จากข้อ 22 หาค่าเปอร์เซนต์เตจของ RF POWER AMPLIFIER ที่ส่งไปที่เสาอากาศ (R5)

$$Percentage = \frac{P_a}{P_{Q1(Orms)}}$$

.....

.....

ขั้นตอน D TOTAL ,CARRIER,AND SIDEBANDPOWER

จากรูป 2-25 กำลังของสัญญาณ AM ทั้งหมด (P_T) คือผลรวมของกำลังของคลื่นพาหะ (P_c) และผลรวมของกำลังคลื่นพาหะ(P_{SB})ของไซด์แบนด์ทั้ง 2 ข้าง Upper sideband (USB) และ Lower sideband (LSB)

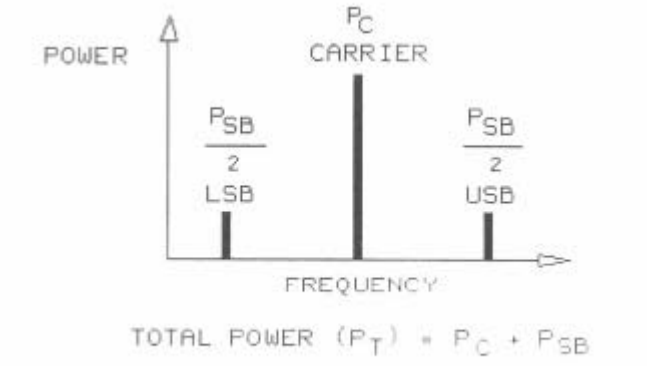


Figure 2-25.

ผลรวมของกำลังสัญญาณ AM เป็นความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของ Carrier โดย modulation Index(m) ในสมการนี้

$$P_T = P_C + \left[\frac{P_C \times m^2}{2} \right]$$

สมการนี้ได้จาการแทนค่า มอดดูเลชั่น อินเดก ลงในสมการของประสิทธิภาพของการส่ง $\left[\mu = \frac{m^2}{2+m^2} \right]$ ลงในสมการ

$$P_T = P_C + \left(P_T \times \mu \right)$$

เราสามารถวัดค่า P_c และ m ได้ ดังนั้นเราจึงสามารถคำนวณค่า P_T และกำลังของไซด์แบนด์ (P_{SB})

ตัวอย่าง ให้มอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) = 1.0 และ P_c เป็น 5.0 mW ,P_T เป็น 7.5 mW

$$\begin{aligned} P_T &= 5 + \left[\frac{5 \times 1^2}{2} \right] \\ &= 5 + \left[\frac{5 \times 1}{2} \right] \\ &= 5 + \frac{5}{2} \\ &= 5 + 2.5 \\ &= 7.5 \end{aligned}$$

21. ตั้ง S1 และ S2 ไปที่ OFF และตั้ง S3 เป็น ON
22. ต่อชุดกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) ไปที่จุด M ของชุด MODULATOR โดยตั้งค่าความถี่ไว้ที่ 2 KHz ขนาด 0.1 V_{pk-pk}
23. ต่อโพรบของ CH 2 เข้าที่อินพุทของแมชชิ่งของเสาอากาศ (เอาท์พุทของ RF POWER AMPLIFIER) ทำการปรับที่ สโคปเพื่อสังเกตสัญญาณ AM ซึ่งสัญญาณ AM ที่ได้เป็นการมอดดูเลทแบบ 100% ใช่หรือไม่ (เมื่อ m = 1) ?

…….

……

24. กำลังงานของผลรวมสัญญาณ AM (P_T) เกี่ยวข้องกับ กำลังงานของสัญญาณ Carrier (P_c) โดยมอดดูเลชั่น อินเด็ก จาก สมการนี้

$$P_T = P_C + \left[\frac{P_C \times m^2}{2} \right]$$

25. ใช้ผลค่า P_c จากข้อ 18 ในขั้นตอน B และการมอดดูเลชั่น อินเด็ก เป็น 1.0 ให้คำนวณหากำลังรวม (P_T)

.....

.....

26. ผลรวมของค่ากำลังสัญญาณ AM เท่ากับกำลังของสัญญาณ Carrier บวกกับกำลังของสัญญาณ Side Band ($P_T = P_c + P_{SB}$)ให้คำนวณหาค่า P_{SB} โดยใช้ค่า P_T ที่คำนวณได้จากข้อ 28 และค่า P_c ที่เราหาได้จากข้อ 18 ของขั้นตอน B

$$P_{SB} = P_T - P_C$$

.....

.....

27. ที่การมอดดูเลทแบบ 100% ถามว่าค่ากำลังของจำนวนเปอร์เซนต์ของกำลังของไซด์แบนด์ Upper และ Lower ในกำลังของสัญญาณ AM ทั้งหมดเท่ากับเท่าใด ?

% ของกำลังของไซด์แบนด์ = $P_{SB}/P_T) \times 100$

.....

.....

สรุป

1. เราสามารถคำนวณหากำลังที่ป้อนเข้าสู่ภาคขยาย RF ได้โดยใช้โวลท์เตจและกระแสเข้า
2. เราสามารถคำนวณหากำลังที่ได้จากภาคขยาย RF โดยใช้โวลท์เตจที่ได้จากเอาท์พุทยกกำลังสองหารด้วยเอาท์พุทอิมพีแดนซ์
3. อัตราขยายของ RF POWER AMPLIFIER ($A_p = P_o/P_i$) โดยปกติอยู่ประมาณ 1000
4. มอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) เกี่ยวข้องกับกำลังของคลื่นพาหะ (P_c) โดยมีผลต่อกำลังของสัญญาณรวม (P_T)
5. สัญญาณที่มีการมอดดูเลท 100%, 33.3% ของกำลังรวมของ AM อยู่ภายในไซด์แบนด์โดยกำลังของไซด์แบนด์เท่ากับ 50% ของกำลังพาหะ

คำถามทบทวน

1. หน้าที่ของภาคขยายกำลังแบบ RF คือ
    a. ขยายสัญญาณข้อมูลที่ไปสู่มอดดูเลเตอร์แบบ AM
    b. ขยายสัญญาณพาหะที่ไปสู่มอดดูเลเตอร์แบบ AM
    c. ให้กำลังขยายสำหรับเสาอากาศเพื่อที่จะได้ทำการส่งออกไป
    d. ตั้งระยะของความถี่สำหรับสัญญาณ RF ของเสาอากาศ

1. หน้าที่ของแมชชิ่งของเสาอากาศในภาคขยาย RF คือ
    a. ทำหน้าที่ปรับเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของภาคขยายที่ต่ำให้เข้ากับอิมพีแดนซ์ต่ำของเสาอากาศ
    b. ทำหน้าที่ปรับสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูลให้เข้ากัน
    c. ทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ของเสาอากาศให้เข้ากันกับความถี่ของสัญญาณพาหะ
    d. เพื่อตั้งเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ให้สูงพอสำหรับภาคขยาย RF เพื่อให้กำลังเพียงพอสำหรับเสาอากาศอิมพีแดนซ์
3. ถ้ากระแสเข้าที่ภาคขยาย RF คือ 25 mA_{RMS} และโวลท์เตจเจ้าเป็น 5 V_{RMS} กำลังป้อนเข้าคือ
    a. 125 Mw
    b. 2 mW
    c. 30 mW
    d. 1.25 mW
4. ถ้ากำลังที่ป้อนเข้าที่ภาคขยายเป็น 2 W และได้กำลังออกจากภาคขยายไปที่ชุดแมชชิ่งเป็น 5000 W อัตราขยาย คือ ?
    a. 10,000
    b. 2500
    c. 5002
    d. 1000
5. ถ้ากำลังของสัญญาณ AM ทั้งหมด (P_T) ที่ไปสู่เสาอากาศเป็น 5000 W และกำลังของคลื่นพาหะที่เสาอากาศ (P_c) เป็น 3400 W กำลังของไซด์แบนด์ที่เสาอากาศ (P_{SB}) คือ ?
    a. 8400 W
    b. 1600 W
    c. 800 W
    d. 3200 W

บททดสอบที่ 2

1. ถ้าสัญญาณข้อมูลที่เข้าสู่ชุดมอดดูเลเตอร์เป็นสัญญาณเสียงชนิดของลูกคลื่นของขอบของสัญญาณAM (envelope of the AM Signal) คือ ?
   a. รูปคลื่นแบบไซด์
   b. รูปคลื่นแบบสี่เหลี่ยม
   c. รูปคลื่นแบบสามเหลี่ยม
   d. รูปคลื่นแบบกำหนดรูปร่างไม่ได้
2. ถ้าสัญญาณข้อมูล 3 KHz มอดดูเลทกับสัญญาณ 800 KHz (พาหะ) ถามว่าความถี่ที่อยู่ในสัญญาณวิทยุแบบ AM คือ ?
   a. 797 KHz, 800 KHz และ 803 KHz
   b. 3 KHz 800 และ KHz
   c. 800 KHz และ 803 KHz
   d. 797 KHz และ 803 KHz

3. ถามว่ามอดดูเลชั่น อินเด็ก (m) ของสัญญาณ AM ที่แสดงในรูป 2-26 คือเท่าไร ?
   a. 1.00
   b. 0.66
   c. 0.25
   d. 0.50

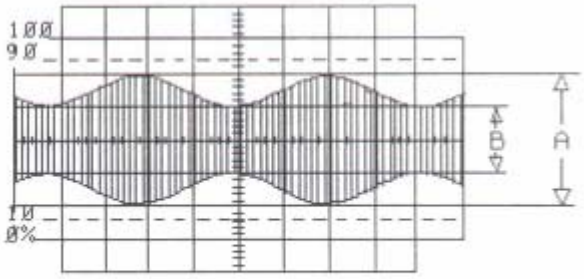


Figure 2-26.

4. ถ้ากำลังของไซด์แบนด์ (P_{SB}) ของสัญญาณ AM เป็น 3.3 W และกำลังรวม (P_T) เป็น 10 W ถามว่าประสิทธิภาพของการส่ง (μ) คือเท่าไร ?
   a. 3.03
   b. 0.67
   c. 0.33
   d. 0.49

5. ในการส่งแบบ AM จำนวนเปอร์เซนต์สูงสุดของการมอดดูเลทคือเท่าไร ?
   a. 33%
   b. 100%
   c. 66%
   d. 150%
6. ถ้าแมชชิ่งอิมพีแดนซ์ของภาคขยาย RF ถูกปรับให้มีอิมพีแดนซ์เป็น 650โอห์มและถ้าอิมพีแดนซ์ของ เสาอากาศเป็น 50 โอห์ม ถามว่าค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของภาคขยาย RF คือเท่าไร ?
   a. 700โอห์ม
   b. 600 โอห์ม
   c. 650 โอห์ม
   d. 50 โอห์ม
7. กำลังที่ป้อนเข้าที่ภาคขยายของ RF ที่มีอัตราขยาย 2000 คือ 3 W โดยกำลังที่ออกไปสู่เสาอากาศมีเพียง 90% ถามว่ากำลังที่ได้ที่เสาอากาศ คือเท่าไร ?
   a. 6000 W
   b. 5400 W
   c. 1800 W
   d. 6600 W

8. เสาอากาศที่มีอิมพีแดนซ์ 10 โอห์ม มีโวลท์เตจจากคร่อม 20 V_{rms} ถามว่ากำลังของเสาอากาศ คือเท่าไร ?
   a. 40 W
   b. 2 W
   c. 400 W
   d. 200 W
9. ประสิทธิภาพของการส่ง (μ) ของเครื่องส่ง AM คือ 0.25 และกำลังรวม (P_T) เป็น 600 W ถามว่ากำลังของสัญญาณภาค (P_c) คือเท่าไร ?

$$P_C = P_T - (P_T \times \mu)$$

   a. 250 W
   b. 625 W
   c. 150 W
   d. 450 W

10. จากสมการ $P_C = P_T - (P_T \times \mu)$ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสัญญาณ (P_T x μ) คือข้อใด ?
   a. อัตราขยายของภาคขยาย RF
   b. กำลังของเสาอากาศ
   c. กำลังของไซด์แบนด์
   d. กำลังที่ได้จากภาคขยาย RF