ปีการศึกษา 2532

Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier

โดย

นายฐิติ รัตนพงษ์

นายวงค์พัชร์ มพีน้อย

นายสมศักดิ์ นาคนาค

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2532

เรื่อง Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier

โดย นายฐิติ รัตนพงษ์ 303604

นายวงค์พัชร มณีน้อย 303621

นายสมศักดิ์ นาคนาค 303633

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์)

..... กรรมการ

(ผศ. วิชัย สุรพัฒน์)

..... กรรมการ

(อ. อุทัย ศรีธีระวิโรจน์)

..... กรรมการ

(อ. ดร. ไพศาล นาคพิพัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026885

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ

1. ศูนย์ซ่อมอุปกรณ์อิเลคโทรนิค องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

   เอื้อเฟื้อ ข้อมูลทางเทคนิค

2. ศูนย์ฝึก และอบรม องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

   เอื้อเฟื้อ ข้อมูลทางเทคนิค

3. บริษัท อินเตอร์เนชั่นเนิล เอนยิเนียริ่ง

   เอื้อเฟื้อ อุปกรณ์ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

คำนำ

บทที่ 1 หลักการทั่วไปเกี่ยวกับ Subscriber Carrier

1.1 Subscriber Carrier คืออะไร ?

1.2 การแบ่งชนิดของ Subscriber Carrier

1.3 ลักษณะการใช้งานของ Subscriber Carrier

1.4 Single Channel Subscriber Carrier

1.5 Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier

บทที่ 2 ทฤษฎี และการทำงานของวงจร

2.1 Filter

2.2 Carrier Oscillator

2.3 Amplitude Modulator

2.4 Linear Detector Demodulator

2.5 Amplifier

2.6 C.O. Terminal Circuit Diagram

2.7 Subscriber Terminal Circuit Diagram

บทที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์

3.1 การเรียกเข้า

3.2 การเรียกออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 4 การใช้งาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรม

4.1 การใช้งาน

4.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรม

4.3 ข้อจำกัดการใช้งาน

4.4 ข้อมูลทางเทคนิค

บทที่ 5 การติดตั้ง และการบำรุงรักษา

5.1 การติดตั้ง

5.2 การบำรุงรักษา

สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

เป็นเวลานานที่มีการวางแผนขยายข่ายสายของโทรศัพท์ทั่วไป ซึ่งในการดำเนินงานในแต่ละครั้งนั้น ต้องใช้เวลามาก และเสียค่าใช้จ่ายสูง แต่สิ่งที่เป็นปัญหาก็คือ ความต้องการของการใช้โทรศัพท์ได้เพิ่มมากขึ้น เกินกว่าการวางแผนข่ายสาย การขยายข่ายสายโทรศัพท์ในบริเวณนั้นก็ยิ่งทวีความยุ่งยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น การแก้ปัญหาคู่สายเต็มในบริเวณนั้น จำเป็นต้องมีวิธีการที่ยุ่งยากน้อยที่สุด และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย อีกกรณีหนึ่งในบริเวณที่มีความต้องการกลุ่มน้อย แต่ระยะทางไกล การที่จะวางเคเบิลข่ายสายเข้าไปยังบริเวณนั้น ต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก จำเป็นต้องมีวิธีการที่ประหยัดกว่า ดังนั้นการพัฒนานำเอา Subscriber Carrier มาใช้ในกิจการโทรศัพท์ จึงจำเป็น สิ่งที่ต้องพิจารณาคือศึกษาเปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของ Subscriber Carrier ตามความจำเป็นของการใช้โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

หลักการทั่วไปเกี่ยวกับ Subscriber Carrier

1.1 Subscriber Carrier คืออะไร ?

คำว่า Carrier ไม่ใช่คำใหม่สำหรับงานโทรคมนาคม ซึ่งใช้กันมานาน ถือได้ว่ามาพร้อม ๆ กับการบริการโทรศัพท์ทางไกล ความหมายของ Carrier คือการนำข่าวสาร ฯลฯ ถ้านำมาใช้ในกิจการโทรคมนาคม คำว่า Subscriber Carrier ก็คือการรวบรวมส่งข่าวสารเป็นเสียงพูด หรือข้อมูล (data) ส่งไปในวงจรโทรศัพท์ในรูปของความถี่ต่าง ๆ กัน เป็นลักษณะ Frequency Division Multiplex (FDM) หรือช่วงเวลาที่ต่างกัน ลักษณะ Pulse Code Modulation (PCM) ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานที่ตกลงกันไว้เป็นระบบสากล

Subscriber Carrier เป็นวิธีการขยายข่ายสายวิธีหนึ่ง โดยใช้ Carrier จากชุมสายโทรศัพท์ไปยังบ้านผู้เช่า ซึ่งแตกต่างจากการจัดวงจรโทรศัพท์ทางไกลบ้างเล็กน้อยแต่มีวิธีการทางทฤษฎีคล้ายกัน ขณะนี้องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ได้ใช้สำหรับการขยายข่ายสาย จากชุมสายโทรศัพท์ซึ่งขยายวงจร และระยะทางไปได้ไกล ๆ โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์ทางไกล ทำให้มีการพัฒนา Subscriber Carrier กันมาก โดยใช้ความถี่ต่างกัน ระดับสัญญาณต่างกัน จนไม่สามารถกำหนดได้แน่นอนว่าแบบไหนดีกว่ากัน เนื่องจากมีการนำเทคนิคใหม่ ๆ ในด้านส่วนประกอบของวงจรการขยายข่ายสาย โดยใช้ Subscriber Carrier จึงประหยัดกว่าทั้งด้านราคา และระยะเวลาในการติดตั้ง

1.2 การแบ่งชนิดของ Subscriber Carrier

Subscriber Carrier มีหลายแบบตามระบบของการรวมสัญญา (Modulation) Multiplexing ซึ่งแยกได้ 2 แบบคือ

1. Amplitude Modulation (AM)
   - Single Channel
   - Six Channel
   - Multi - Channel
2. Pulse Code Modulation (PCM) ใช้ 2 Wire

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันองค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ได้นำอุปกรณ์ Subscriber Carrier มาใช้ทั้ง 2 แบบ คือ AM และ PCM

1.3 ลักษณะการใช้งาน

Subscriber Carrier เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ช่วยในการขยายข่ายสายในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

- ข่ายสายโทรศัพท์ไม่สามารถขยายได้ทัน หรือไม่คุ้มค่าในการลงทุนขยายข่ายสาย
- ต้องการขยายระยะทาง ซึ่งต้องการจะให้ได้ระยะทางไกลกว่าส่งด้วยอุปกรณ์โทรศัพท์ธรรมดา
- ใช้ในรูป Multi-access ซึ่งจะเป็นประโยชน์มากสำหรับโทรศัพท์สาธารณะ (Puplic Telephone)
- เป็น Trunk line สำหรับตู้สาขา ซึ่งจะใช้ระบบ Centralize Subscriber Carrier

1.4 Single Channel Subscriber Carrier

เป็นการใช้สายร่วมกันกับคู่สายโทรศัพท์เดิม ที่มีหมายเลขอยู่แล้ว แต่ที่ชุมสายโทรศัพท์ยังมีเลขหมายเหลือสำหรับจะใช้ในเส้นทางนี้ โดยจะใช้เป็นคู่สาย (Secondary line service) สำหรับอีกเลขหมายได้โดยจะไม่มีการรบกวน ซึ่งสรุปแล้วการใช้ Single Channel Subscriber Carrier ร่วมกับคู่สายหลัก (Primary private line service) จะทำให้การใช้งานของ Cable มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องวางคู่สายใหม่

1.4.1 Single Channel Subscriber Carrier ใช้หลักการของ Amplitude Modulation Voice Frequency System (เป็น AM) ความถี่ที่ใช้ Modulate นั้นใช้ต่างกันคือ

1. REA Standard
   - จากชุมสายโทรศัพท์ (Central Office Terminal) ไปยังเครื่องปลายทาง (Subscriber Terminal) ใช้ความถี่ 76 KHz
   - จากเครื่องปลายทาง (ST) ไปยังชุมสายโทรศัพท์ (COT) ใช้ความถี่ 28 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. NTT&C Standard

- จากชุมสายโทรศัพท์ (C.O. Terminal : COT.) ไปยังเครื่องปลายทาง (ST) ใช้ความถี่ 65 KHz.
- จากเครื่องปลายทาง (ST) มายังชุมสายโทรศัพท์ (COT) ใช้ความถี่ 25 KHz.

3. Europe Standard

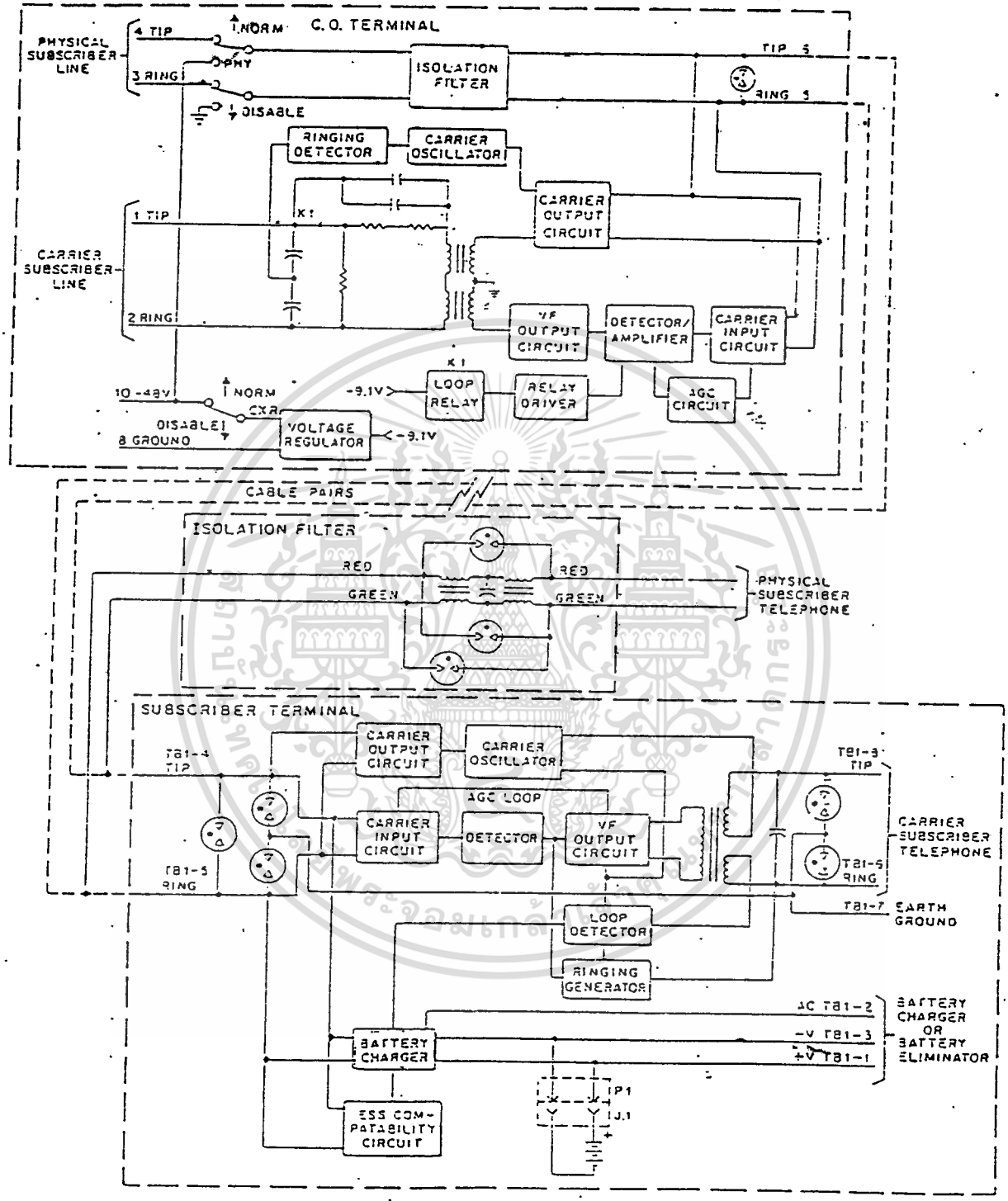
- จากชุมสายโทรศัพท์ (COT) ไปยังเครื่องปลายทาง (ST) ใช้ความถี่ 64 KHz.
- จากเครื่องปลายทาง (ST) ไปยังชุมสายโทรศัพท์ (COT) ใช้ความถี่ 40 KHz.

ทั้ง 3 ระบบมีลักษณะการส่งสัญญาณการจัดระบบส่งลักษณะเดียวกันโดยเป็นระบบ Amplitude Modulated Double Sideband แต่ยังไม่มีข้อเปรียบเทียบว่าความถี่ใช้งานของระบบไหนดีกว่ากัน

1.5 Pair-Saver Single Channel Subscriber Carrier

เป็น Single Channel Subscriber Carrier ชนิดหนึ่งใช้หลักการของ Amplitude Modulation Voice Frequency Carrier System เป็นแบบ Double Sideband Full Carrier (DSBFC) ความถี่ที่ใช้จากชุมสายโทรศัพท์ไปยังเครื่องปลายทาง ใช้ความถี่ 76 KHz. ส่วนจากเครื่องปลายทางมาทางด้านชุมสายโทรศัพท์ ใช้ความถี่ 28 KHz. โดยใช้คู่สายร่วมกับคู่สายโทรศัพท์ เหมือนกับ Carrier Subscriber ระบบอื่นๆ ตามรายละเอียด Functional Block Diagram (รูปที่ 1.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.1 Pair Saver Functional Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.1 ส่วนประกอบของวงจร และหน้าที่ของอุปกรณ์ด้าน C.O. Terminal ตามรายละเอียด Functional Block Diagram รูป 1.1 ประกอบด้วย

1. Isolation Filter ทำหน้าที่แยกวงจร Physical Subscriber line กับ Carrier Subscriber line
2. Ringing detector ทำหน้าที่ detect สัญญาณเรียก (Calling Signal) จากชุมสายโทรศัพท์
3. Carrier Oscillator ทำหน้าที่สร้างความถี่ Carrier 76 KHz.
4. Carrier Output circuit ทำหน้าที่ Modulating สัญญาณเสียง (Voice Signal) กับความถี่ Carrier 76 KHz. เพื่อส่งออกไป
5. Carrier Input circuit ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ Carrier 28 KHz. ที่รับมาจากด้านเครื่องปลายทาง
6. Detector/Amplifier ทำหน้าที่ detect สัญญาณเสียงและสัญญาณเรียก (Signalling) และทำการขยายสัญญาณที่ detect แล้ว
7. AGC circuit ทำหน้าที่คอยควบคุมอัตราการขยายของสัญญาณในวงจร Carrier input circuit และ Detector/Amplifier ให้คงที่
8. VF. Output circuit ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียง ที่ส่งกลับมาทางด้านชุมสายโทรศัพท์
9. Relay driver ทำหน้าที่ขยาย DC. signal เพื่อป้อนวงจร Loop relay ให้ทำงาน เมื่อได้รับสัญญาณเรียกจากทางด้านเครื่องปลายทาง
10. Loop relay ทำหน้าที่ Loop วงจรโทรศัพท์ทางด้านชุมสาย
11. Voltage regulator ทำหน้าที่ regulate ไฟ DC. 48 volts จากชุมสายโทรศัพท์ให้เป็น 9.1 volts เพื่อไปเลี้ยงอุปกรณ์ C.O. Terminal

1.5.2 ส่วนประกอบของวงจรและหน้าที่ของอุปกรณ์ด้าน Subscriber Terminal ตามรายละเอียด Functional Block Diagram รูป 1.1 ประกอบด้วย

1. Isolation filter ทำหน้าที่แยกวงจร Physical Subscriber line กับ Carrier Subscriber line
2. Carrier Output Circuit ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ Carrier 28 KHz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Carrier Oscillator ทำหน้าที่สร้างความถี่ Carrier 28 KHz. และ Modulace สัญญาณเสียงจากผู้พูดด้านปลายทางเข้าไป

4. Carrier Input Circuit ทำหน้าที่รับและขยายสัญญาณ Carrier ความถี่ 76 KHz. จากทางด้านชุมสายโทรศัพท์

5. Detector ทำหน้าที่ detect สัญญาณเสียง และสัญญาณเรียกที่รับมาจากด้านชุมสายโทรศัพท์

6. VF. Output Circuit ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงทางด้านรับมาจากทางด้านชุมสายโทรศัพท์

7. Loop detector ทำหน้าที่แจ้งทางด้านชุมสายโทรศัพท์เรื่องการยกหูการวางหูเครื่องโทรศัพท์ และการหมุน dial pulse ที่ส่งมาจากเครื่องโทรศัพท์ปลายทาง

8. Ringing Generator ทำหน้าที่สร้างสัญญาณเรียกความถี่ประมาณ 20 Hz เพื่อทำให้กระดิ่งทางทางด้านเครื่องปลายทางดัง เมื่อมีการเรียกเข้ามา

9. Battery charger ทำหน้าที่คอยนำไฟ DC. 48 Volts จาก line โทรศัพท์ด้านชุมสายเข้ามาเก็บไว้ใน Battery เพื่อใช้งานสำหรับอุปกรณ์ด้านปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการทำงาน

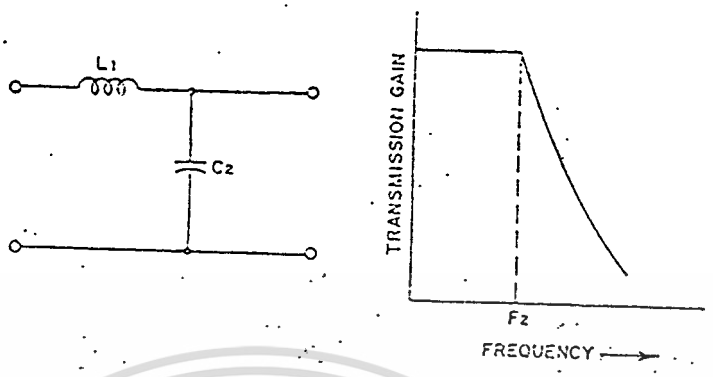
2.1 Filter

Filter หรือ Wave Filter เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้กรองความถี่หรือผ่านความถี่ของคลื่นตามต้องการ โดยทั่วไปจะจัดรูปเป็นแบบ Constant K และ m-derived filter ซึ่งสามารถแบ่งอย่างคร่าว ๆ ได้เป็น 4 ชนิด คือ

1. Low Pass Filter (LPF.) มีคุณสมบัติยอมให้ความถี่ด้านต่ำตั้งแต่ 0 จนถึง Cut-off Frequency ผ่านไปได้ และจะ Attenuate สัญญาณตั้งแต่ Cut-off Frequency จนถึง Infinity ไม่ยอมให้ผ่าน
2. High Pass Filter (HPF.) คุณสมบัติจะกลับกับ LPF. คือจะยอมให้ความถี่ด้านสูงตั้งแต่ Cut-off Frequency จนถึง Infinity ผ่านไปได้ แต่จะ Attenuate สัญญาณตั้งแต่ 0 จนถึง Cut-off Frequency ไม่ให้ผ่าน
3. Band Pass Filter (BPF.) จะมี Cut-off Frequency ที่ความถี่ต่ำและความถี่สูง และจะยอมให้ความถี่ Cut-off ตั้งแต่ความถี่ต่ำถึง Cut-off ที่ความถี่สูง ผ่านได้โดยจะ Attenuate สัญญาณที่นอกเหนือจากนั้นไม่ให้ผ่าน
4. Band Elimination Filter (BEF.) จะมี Cut-off Frequency ที่ความถี่ต่ำ และความถี่สูง แต่มีคุณสมบัติกลับกับ BPF. คือจะ Attenuate สัญญาณตั้งแต่ความถี่ Cut-off ด้านต่ำจนถึงความถี่ Cut-off ด้านสูงไว้ ไม่ให้ผ่าน แต่จะยอมให้ความถี่นอกเหนือจากนั้นผ่านไปได้โดยสดวก

2.1.1 Low Pass Constant-K Filter จะประกอบด้วยค่า Inductive ต่อแบบอนุกรม (L1) และค่า Capacitive ต่อแบบขนาน (C2) จะยอมให้สัญญาณผ่านได้ ตามรายละเอียด Transmission Curve และ Schematic diagram (รูป 2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.1 Schematic diagram and transmission curve of a low-pass constant - K filter.

ค่า Inductance Li และ Capacitance C2 สามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้

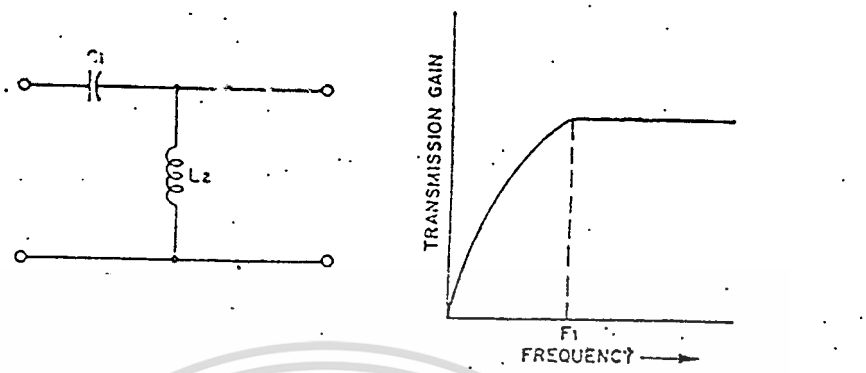
$$L1 = \frac{R}{\pi f2} \quad \ldots\ldots\ldots (2.1)$$

$$C2 = \frac{1}{\pi f2\ R} \quad \ldots\ldots\ldots (2.2)$$

f2 : Cut-off Frequency

2.1.2 High Pass Constant-K Filter จะประกอบด้วยค่า Capacitive ต่อแบบอนุกรม (C1) และค่า Inductive ต่อแบบขนาน (L2) ซึ่งจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ ตามรายละเอียด Transmission Curve และ Schematic diagram (รูป 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 Schematic diagram and transmission curve of a high-pass constant - K filter.

ค่า Capacitance C1 และ Inductance L2 สามารถหาได้จากสมการข้างล่างนี้.

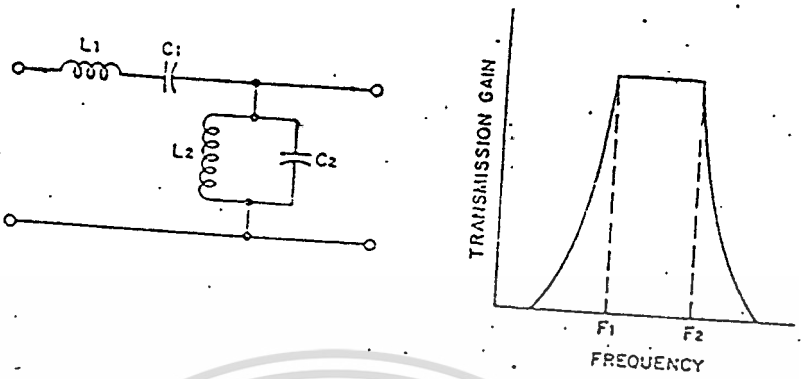
$$C1 = \frac{1}{4 \pi f1 R} \quad \text{..... (2.3)}$$

$$L2 = \frac{R}{4 \pi f1} \quad \text{..... (2.4)}$$

f1 : Cut-off Frequency

2.1.3 Band Pass Constant-K Filter จะประกอบด้วยค่า Capacitive และ Inductive ต่อทั้งแบบอนุกรม และขนานกัน ซึ่งจะทำให้เกิด Cut-off Frequency 2 จุด คือทางด้านความถี่ต่ำ f1 และทางด้านความถี่สูง f2 ตามรายละเอียด Transmission Curve และ Schematic diagram (รูป 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026885



รูป 2.3 Band pass filter of the constant - K type , showing an idealized transmission curve

การออกแบบ BPF. เมื่อกำหนดย่านความถี่ หรือ Cut-off Frequency ทางด้านต่ำ f1 และด้านสูง f2 แล้วสามารถคำนวนหาค่า Capacitive และ Inductive แต่ละตัวได้ตามสมการข้างล่าง

$$L1 = \frac{R}{\pi(f2-f1)} \quad \text{..... (2.5)}$$

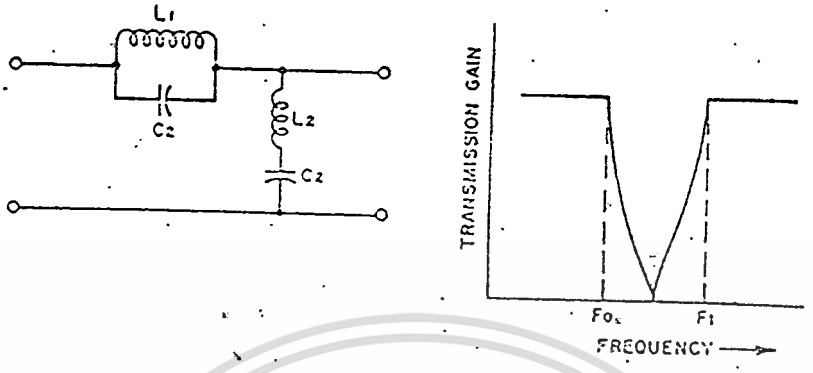
$$L2 = \frac{(f2-f1)\,R}{4\pi\, f2\, f1} \quad \text{..... (2.6)}$$

$$C1 = \frac{(f2-f1)}{4\pi\, f2\, f1\, R1} \quad \text{..... (2.7)}$$

$$C2 = \frac{1}{\pi(f2 - f1)\, R} \quad \text{..... (2.8)}$$

2.1.4 Band Elimination Constant-K Filter จะประกอบด้วยค่า Capacitive และ Inductive ต่อแบบทั้งอนุกรม และขนานกัน ซึ่งจะทำให้เกิด Cut-off Frequency 2 จุด คือทางด้านความถี่ต่ำ f0 และความถี่สูง f1 ตามรายละเอียด Transmission Curve และ Schematic diagram (รูป 2.4)

เอกสารนี้มีการสงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.4 Band - elimination filter of the constant - K type showing idealized transmission curve

การออกแบบ BEF. เมื่อกำหนดย่านความถี่ หรือ Cut-off Frequency ทางด้านต่ำ f0 และทางด้านสูง f1 แล้ว สามารถคำนวนค่า หาค่า Capacitive และ Inductive แต่ละตัวได้ตามสมการข้างล่าง

$$L1 = \frac{(f1 - f0)\ R}{\pi\ f0\ f1} \quad \ldots\ldots\ldots (2.9)$$

$$L2 = \frac{R}{4\ \pi\ (f0 - f1)} \quad \ldots\ldots\ldots (2.10)$$

$$C1 = \frac{1}{4\ \pi\ (f1 - f0)\ R} \quad \ldots\ldots\ldots (2.11)$$

$$C2 = \frac{(f1 - f0)}{\pi\ R\ fo\ f1} \quad \ldots\ldots\ldots (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Carrier Oscillator เป็นวงจรทาง Electronics ซึ่งผลิตสัญญาณ A.C. Voltage ความถี่ที่ต้องการได้ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญของวงจรอยู่ 3 ส่วนคือ

1. Frequency Determining Circuit เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการ Oscillate ซึ่งจะประกอบด้วย L-C network , Crystal หรือ R-C network อย่างหนึ่งอย่างใด
2. Bias Voltage เพื่อ Amplifier Circuit
3. Regenerative Feedback เป็นวงจรซึ่งจะนำ Output Power บางส่วนป้อนย้อนกลับมาเสริมกำลังทางด้าน Input

2.2.1 การเลือก Transistor Configuration มีหลักการดังนี้คือ

1. ความต้องการของ Oscillator เอง
2. ข้อดีของ Transistor Amplifier Configuration แบบนั้น ๆ และข้อความต่อไปนี้จะเป็นส่วนประกอบที่จะนำมาใช้พิจารณา

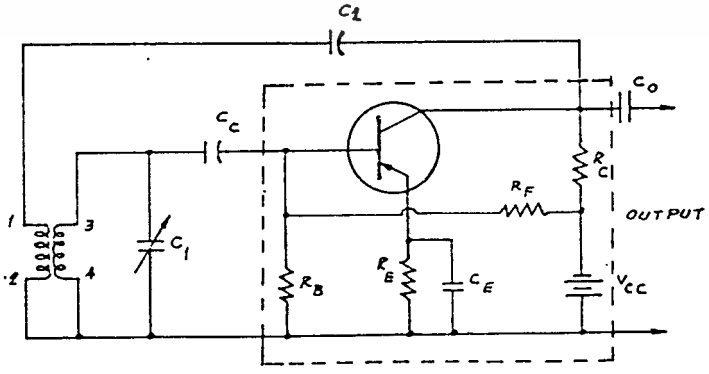
- Common Base Configuration มี Input Impedance ต่ำสุดแต่ Output Impedance สูงสุด ดังนั้นในวงจรของ Feed Back ต้องมีการขดเชย เนื่องจากการ Loss ของ Feedback Signal เพราะ Mismatch Current Gain น้อยกว่า 1 แต่ Voltage และ Power Gain มีค่ามากกว่า 1 ไม่มีการกลับ Phase ทางด้าน Input และ Output
- Common Emitter Configuration มีค่า Input และ Output Impedance ค่อนข้างปานกลาง ดังนั้นความต้องการเกี่ยวกับ Mismatch ก็ลดน้อยลง จะมีการเกิด Phase Reversal ระหว่าง Input และ Output ส่วน Current , Voltage และ Power Gain มีค่ามากกว่า 1 สิ่งสำคัญคือมีค่า Power Gain มากที่สุด
- Common Collector Configuration มีค่า Input Impedance มากที่สุด แต่ Output Impedance มีค่าปานกลาง ดังนั้นวงจร Matching จำเป็นต้องใช้ค่า Voltage Gain น้อยกว่า 1 ไม่มีการกลับ Phase ระหว่าง Input และ Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ความไม่คงที่ของความถี่ที่ได้จาก Oscillator จะขึ้นกับ Transistor Characteristic มากกว่าส่วนประกอบวงจรภายนอกเช่น

1. Operating Point โดยปกติจะเลือก D.C. Operating Point ณ ย่าน Linear ของ Transistor Characteristic มิฉะนั้นแล้วค่า Bias Voltage ที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ Transistor Parameter เปลี่ยนไปด้วย ผลตามมาความถี่จะเปลี่ยน ดังนั้นจุดสำคัญคือต้องรักษา Supply Voltage ให้คงที่เพื่อจะให้เกิด Frequency Stability
2. ค่า Collector to Emilter Capacitance Parameter ของ Transistor จะมีผลต่อ Frequency Stability ตัว Reactive Element นี้บางทีจะหมายถึง Barrier Capacitance ซึ่งจะเปลี่ยนค่าตาม Collector หรือ Emitter Voltage และอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปด้วยใน Oscillator ซึ่งนำความถี่สูง ๆ ค่า Collector to Emitter Capacitance จะมีบทบาทสำคัญ จึงจำเป็นต้องใส่ Swamping Capacitor ระหว่าง Collector และ Emitter
3. การใช้ Bias Source ร่วมกันระหว่าง Collector และ Emitter ทำให้ Voltage Ratio ทั้งสองคงที่

2.2 3 Tuned Base Oscillation



รูป 2.5 Basic shematic diagram of Tuned Base Oscillator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร Tuned Base Oscillation ให้ Bias โดยมี Battery ชุดเดียวสำหรับ C-E Configuration

ความต้านทาน R_B , R_C , R_F มีไว้เพื่อให้เกิด Bias ที่เหมาะสม R_E เป็น Swamping Resistor สำหรับ Component ที่จัดไว้ในกรอบเป็น Transistor Amplifier Oscillator แบบนี้จัดเป็น Collector Shunt-fed เพื่อป้องกัน D.C. Current ไม่ให้ไหลผ่าน Tickler Winding 1-2 ของ Transistor T1 การ Feed Back ทำได้โดย Mutual Inductance ระหว่าง Windings ของ Transformer Tank Circuit จะประกอบด้วย Transformer Windings 3-4 และ Variable Capacitance C1 ซึ่งเป็น Frequency Determining Components ของ Oscillator C1 จะทำหน้าที่จูนความถี่ แต่ C_C จะทำหน้าที่ Coupling Oscillatory Signal ไปสู่ Base และป้องกัน D-C ถ้าไม่มี C_C อยู่ค่า Base Bias Condition จะถูกกำหนดโดยค่า Low D.C. Resistance ของ Transformer Windings 3-4 Capacitor C_E จะ Bypass สัญญาณ A.C. และป้องกันการเกิด Degeneration

Oscillation ภายในวงจรจะเกิดขึ้นเมื่อสับ Switch ทำให้เกิด Surge Current ไหลผ่าน Transistor และวงจร Base ก็จะเริ่มการ Oscillate ภายใน Tank Circuit , Oscillation จะถูกขยายโดย Transistor Amplifier ไปปรากฏที่ตกคร่อม Transformer Winding 1-2 และถูก Couple มายัง Tranformer Winding 3-4 การ Feed Back จะเป็นลักษณะของ Regenerative เป็นผลทำให้เกิด Oscillation ดำเนินต่อไปได้ Output Signal นำจาก Collector ผ่าน Coupling Co

2.3 Amplitude Modulation (A.M.)

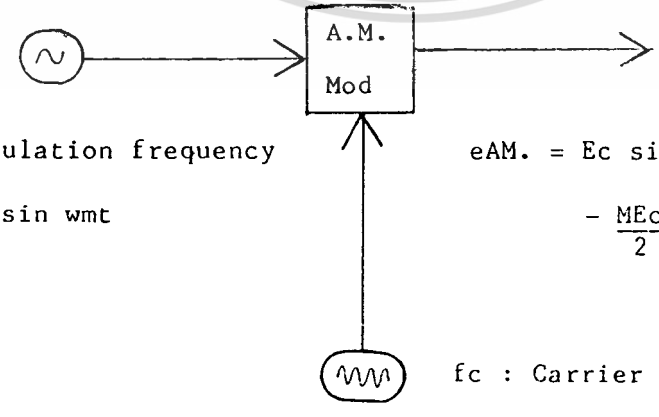
คลื่นเสียงจะเริ่มตั้งแต่ความถี่ 20 Hz-20 KHz แต่ย่านที่หูมนุษย์ได้ยินประมาณ 50 Hz.-10 KHz. เท่านั้น ดังนั้นในการสื่อสารจึงใช้ย่านความถี่เสียงจาก 300 Hz. -3.4 KHz. เท่านั้น และเลือกความถี่เสียงที่หูได้ยินได้ดีที่สุดคือ 1 KHz. มาเป็นความถี่อ้างอิงเวลายกตัวอย่างต่าง ๆ ในการอธิบาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ Modulation เป็นการผสมคลื่นความถี่เสียงกับคลื่น Carrier ความถี่สูงเพื่อให้สามารถเดินทางไปในตัวกลางที่เหมาะสมได้ดี แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. การผสมคลื่นแบบต่อเนื่อง (Continuous Modulation) แยกออกเป็น
   - Amplitude Modulation (A.M.)
   - Frequency Modulation (F.M.)
   - Phase Modulation (P.M.)
2. การผสมคลื่นแบบเป็นช่วง ๆ (Pulse Modulation) แยกออกเป็น
   - Pulse Amplitude Modulation (PAM.)
   - Pulse Time Modulation
   - Pulse Duration Modulation (PDM.) หรือ Pulse Width Modulation (PWM.)
   - Pulse Position Modulation

Amplitude Modulation เป็นการผสมคลื่นแบบต่อเนื่อง (Continuous Modulation) โดยขนาดของสัญญาณ Carrier fc. (Carrier Signal) จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของสัญญาณเสียง fs. (Modulating Signal) โดยความถี่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลง



fs : Modulation frequency

em : Em sin wmt

$eAM. = Ec \sin wct + MEc \cos (Wc - Wm) - \frac{MEc}{2} \cos (Wc + Wm) t$

fc : Carrier frequency

ec = Ec sin wct

รูป 2.6 Amplitude Modulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ Ec จะเปลี่ยนแปลงไปตาม em.

$$eAM = (Ec + em) \text{ Sin } Wct$$

$$= (Ec + Em \text{ Sin } Wmt) \text{ Sin } Wct$$

$$= Ec \text{ Sin } Wct + Em \text{ Sin } Wmt. \text{ Sin } Wct$$

$$= Ec \sin Wct + \frac{Em}{2} (\cos (Wc - Wm) - \cos (Wc + Wm) t)$$

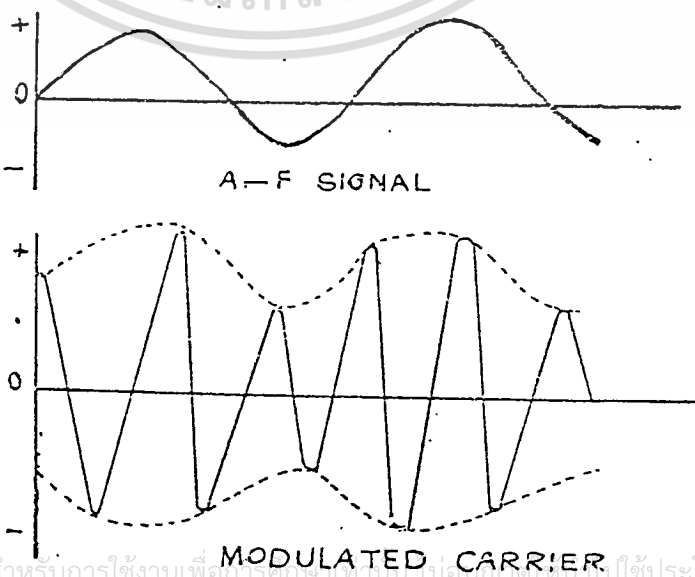
$$= Ec \text{ Sin } Wct + \frac{MEc}{2} \cos (Wc - Wm) t - \frac{MEc}{2} \cos (Wc + Wm) t$$

นั่นคือขนาดของสัญญาณ Carrier จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณเสียงที่เข้าไป Modulate โดยมี M เป็น Modulation Index

$$M = \frac{Em}{Ec}$$

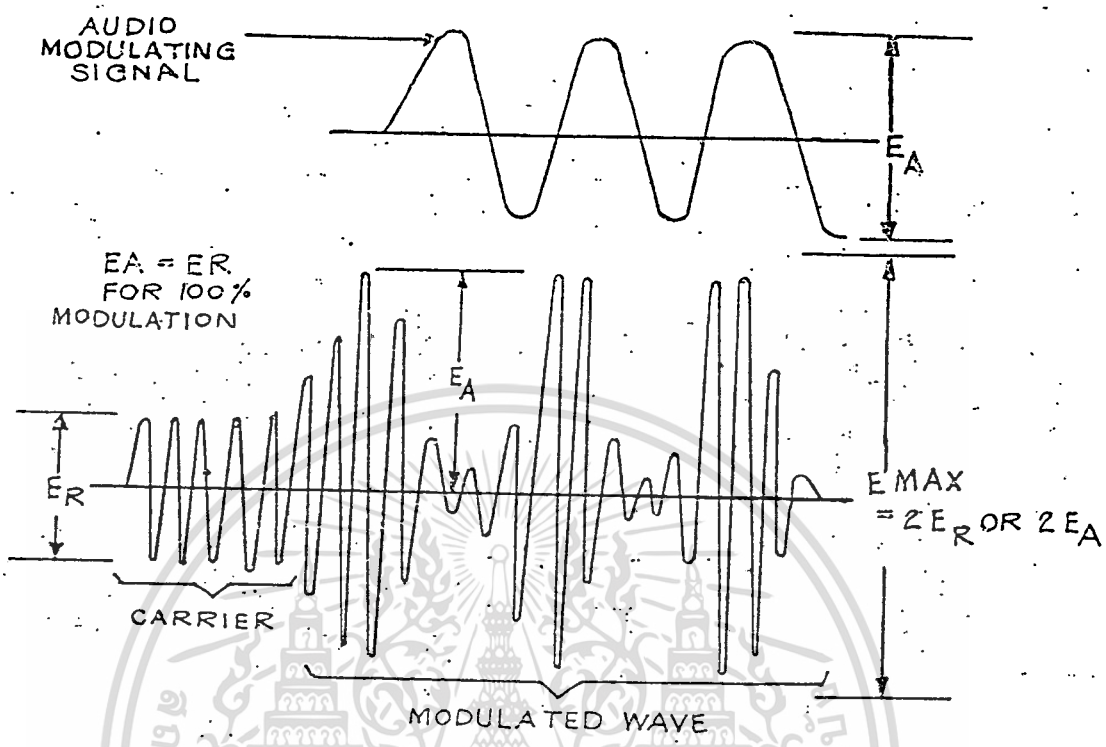
$$\leq 1$$

ถ้า M เท่ากับ 1 หมายถึงการ Modulate เป็น 100 เปอร์เซนต์ และถ้า M เท่ากับ 0.5 หมายถึง 50 เปอร์เซนต์ Modulation ตามรายละเอียดลักษณะสัญญาณในรูปข้างล่างนี้

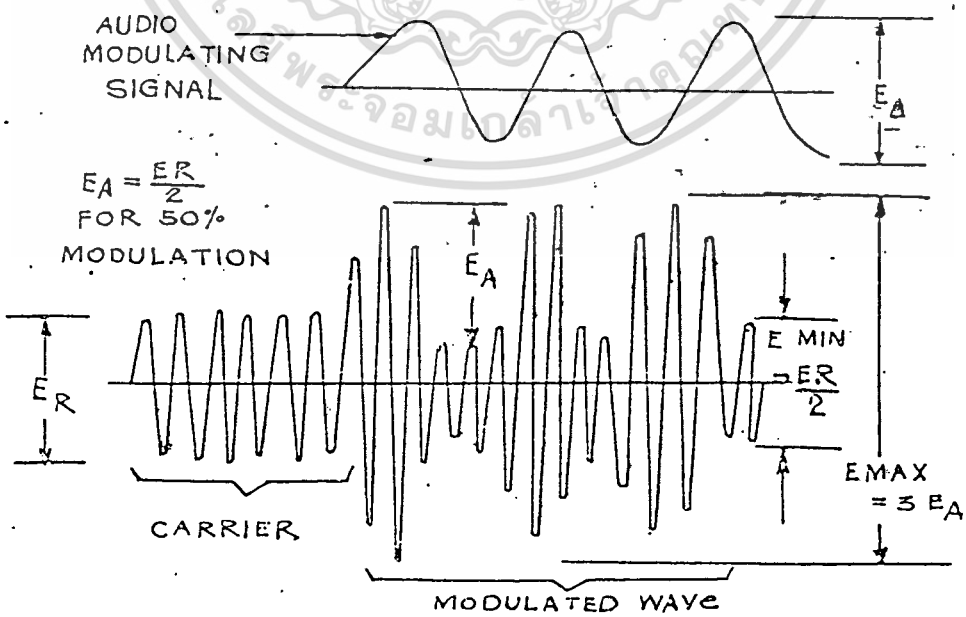


รูป 2.7 Effect of A.F. Signal on Carrier in

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.8 Carrier modulated 100 percent by a modulating signal



รูป 2.9 Carrier modulated 50 percent by a modulating signal

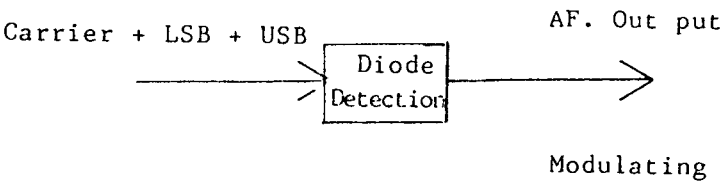
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Linear Detection Demodulator

Demodulator เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับแยกสัญญาณเสียงที่ผสมมากับคลื่น Carrier มา ให้ออกจากสัญญาณ Carrier โดยแบ่งออกคร่าว ๆ เป็น 2 ลักษณะ ตามชนิดการ Modulate คือ

1. การแยกสัญญาณคลื่นผสมแบบมี Carrier ติดมาด้วย กับสัญญาณคลื่นผสม (Carrier + Upper Side Band + Lower Side Band) สามารถทำได้โดยวิธีธรรมดาเช่น
   - Diode Detection
   - Square Law Detection
2. การแยกสัญญาณคลื่นผสมแบบไม่มี Carrier ติดมากับสัญญาณคลื่นผสม (Carrier Suppression) ซึ่งจะต้องใช้วิธีการที่ยุ่งยากในการแยก เช่น
   - Balance Modulator
   - Double Balance Modulator

สำหรับ Linear Detection เป็นการนำเอาอุปกรณ์ Semi-conductor ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น non-linear impedance device มาใช้สำหรับแยกสัญญาณ คือ Diode จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Diode detection คือเมื่อคลื่นสัญญาณผสม Carrier ซึ่งมีทั้งสัญญาณด้าน Upper Side Band และด้าน Lower Side Band เข้ามาทางด้านวงจรทางด้านรับ Diode ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น non-linear impedance device จะยอมให้สัญญาณผ่านเพียงซีกบวก หรือซีกลบ ด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ผ่านได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดวงจร



(Diode detection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Waveform

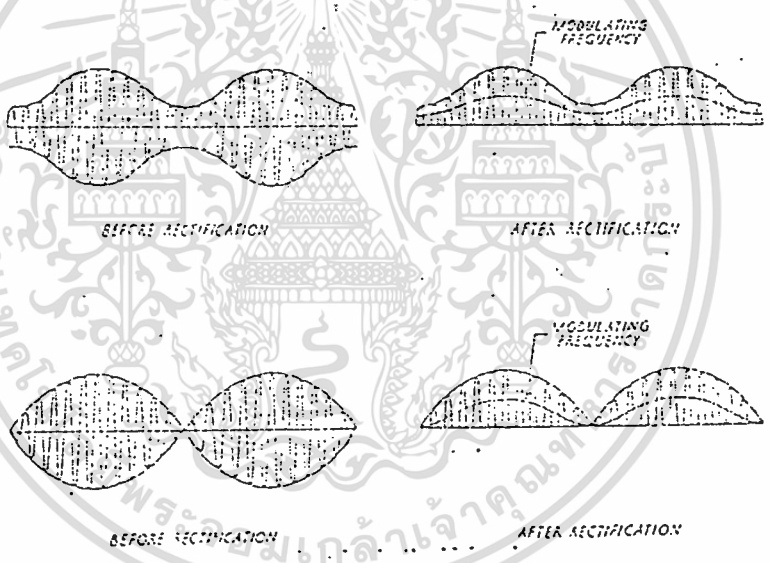
$$= A \sin pt \left(1 + \frac{a}{A} \sin wt\right) \left[\frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \left(\sin pt + \frac{1}{3} \sin 3pt + \ldots\right)\right]$$

$$= \ldots\ldots + \frac{2}{\pi} \sin pt . A \sin pt . \left(1 + \frac{a}{A} \sin wt\right) + \ldots\ldots$$

$$= \ldots\ldots + \frac{A}{\pi} (1 - \cos 2pt) \left(1 + \frac{a}{A} \sin wt\right) + \ldots\ldots$$

$$= \ldots\ldots + \frac{A}{\pi} - \frac{A}{\pi} \cos 2pt + \frac{a}{\pi} \sin wt - \frac{a}{\pi} \sin wt \cos 2pt .$$

DC Modulating Frequency

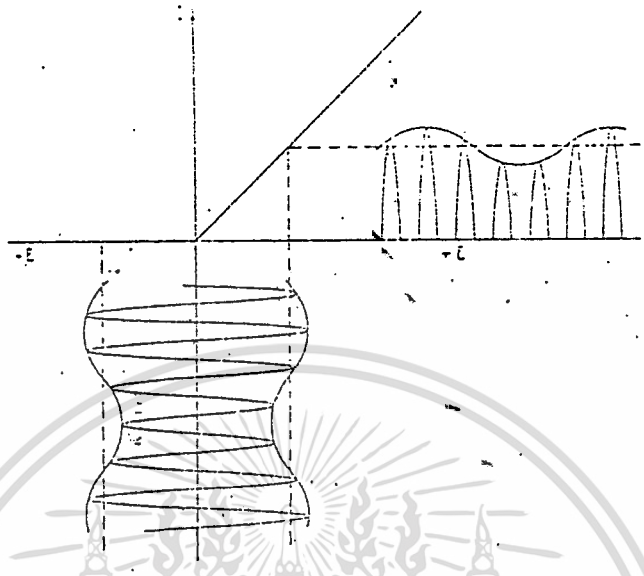


รูป 2.10 ด้านบน : Carrier plus both side bands

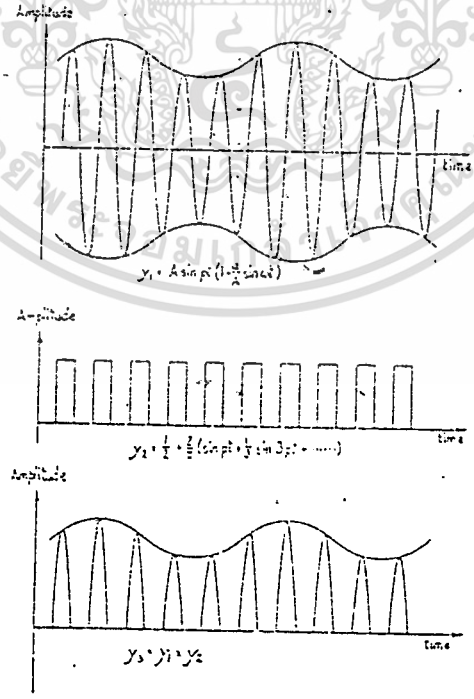
ด้านล่าง : Carrier plus one side bands

(either USB or LSB)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



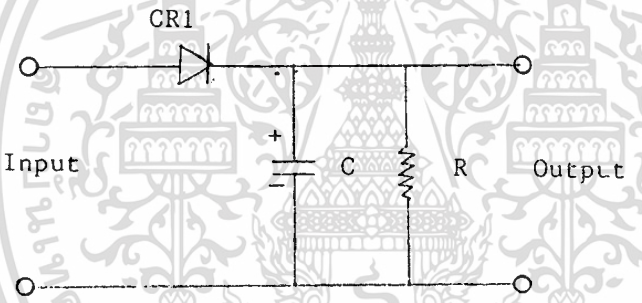
รูป 2.11 Rectification of amplitude - modulated wave form



รูป 2.12 Rectifier output considered as the product of the modulated carrier input , and a square wave of a carrier frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร diode detection ตามรูป 2.13 เมื่อมีสัญญาณเข้ามาทางด้านรับของวงจร ด้วยคุณสมบัติของ diode CR1 จะยอมให้สัญญาณเฉพาะซีกบวกผ่านไปได้ นั่นคือ CR1 จะ ON และ Off ตามช่วงของ Carrier signal ซึ่งเป็นบวกและลบ โดยเมื่อ CR1 ON จะทำให้ขั้วของ C1 เกิดความต่างศักดิ์ จะมีกระแสไหลเข้าไป Charge C1 ไว้ ทำให้เกิด Voltage ตกคร่อม R ซึ่งเป็น Load Resistance ค่าหนึ่ง และเมื่อ CR1 Off ไม่มีกระแสไหลผ่าน CR1 ทำให้ความต่างศักย์ที่ C1 ลดลง เป็นเหตุให้เกิดการคายประจุ ผ่าน R ซึ่งจะได้ Voltage ตกคร่อม R อีกค่าหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการแยกสัญญาณออกจากสัญญาณผสมดังกล่าว



รูป 2.13 Schematic Circuit of diode detector

2.5 Amplifier

2.5.1 DC.-Amplifier และการใช้งาน

- ทั่วไป

ตามปกติ Direct-coupled Transistor Amplifier จะใช้ขยายสัญญาณระบบ Direct Current หรือความถี่ต่ำมาก ๆ ซึ่งสัญญาณเหล่านี้จะใช้ในอุปกรณ์ Electronics เช่น เครื่องมือวัด , เครื่องนับ และเครื่องคำนวน ตลอดจนเครื่องมือวิทยาศาสตร์ทางแพทย์ทั่ว ๆ ไป สามารถใช้ขยายกับ DC. Amplifier โดยที่จะสามารถลดจำนวน Components ที่จะใช้และในบางกรณีเพื่อที่จะเพิ่ม Stability ของ Bias เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ปัญหาของการ Drift

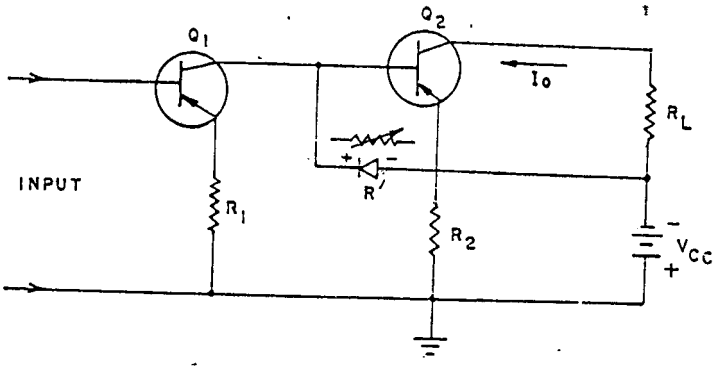
ในปัจจุบันนี้การใช้ Transistor ใน DC. Amplifier อยู่ในขีดจำกัดในเรื่องการเปลี่ยนแปลง (Drift) ของ Output Current ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้ แม้เมื่อไม่มีสัญญาณประยุกต์ เข้ากีดกันรับของวงจรขยาย ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้ จึงทำหน้าที่เสมือนกับ Input Signal Variation และไม่สามารถจะแยกสัญญาณจริง ๆ ได้ Drift Current ที่ Output ของภาค DC. Amplifier เกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

1. Transistor Parameter Variation เกิดจาก Current Amplification ของแต่ละภาคเป็น Function ของอุณหภูมิ
2. การเพิ่มขึ้นของ Collector Saturation กระแส Ico เป็นแบบ Exponential ดังนั้น Transistor ที่จะใช้ใน DC. Amplifier ควรจะมีคุณภาพดี โดยมีค่า Ico ต่ำ ๆ ประมาณ ต่ำกว่า 1 mA ณ Voltage 5 Volts และ Wise Figure ต่ำกว่า 8 dB ณ ความถี่ 1000 Hz. ที่อุณหภูมิสูง ๆ Drift Current จะมาก เพราะการเปลี่ยนแปลงของ Ico ส่วนที่อุณหภูมิต่ำ ๆ จะขึ้นกับค่า Transistor Parameter จะอย่างไรก็ตาม Drift Current ที่เกิดจาก Transistor Parameter Variation คงสามารถละทิ้งได้ในทางปฏิบัติ อนึ่งในการออกแบบวงจรขยาย DC. อย่างถูกต้อง ถ้า Operating Point ของแต่ละภาคถูกปรับให้อยู่ในย่าน Linear Operation ของ Transistor เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปส่วนสาเหตุจาก Ico นั้น กระทำได้ยากกว่ามี Non-linear Techniques บางประการ สำหรับแก้เรื่อง Ico ของภาคสุดท้าย

- Compensation Networks

1. การใช้ Temperature - Sensitive Resistors และ Diodes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

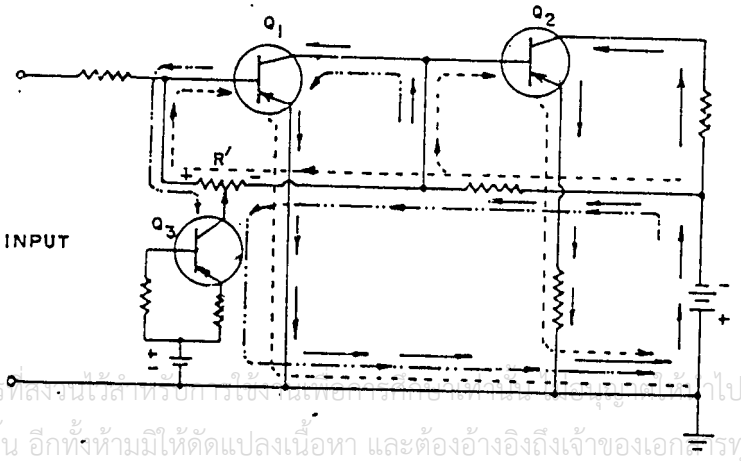


รูป 2.14 วงจร DC. Amplifier ใช้ Diode เป็น Negative Temperature Coefficient

ตามวงจรข้างบนนี้ เป็นวงจร DC. Amplifier โดยใช้ Diode เป็น Negative Temperature Coefficient (ประมาณ 7-8 % ต่อ 1 °C) ต่อแทนความต้านทานธรรมดา ระหว่าง Battery Vcc กับ Base ดังนั้นกำลังดันคร่อม Diode หรือ R คือ Forward Base ระหว่าง Emitter กับ Base ของ Q2 อุณหภูมิสูงขึ้นกระแส Ico จะเพิ่มขึ้น จะทำให้ กระแส Output Io สูงขึ้นด้วย ขณะเดียวกับความต้านทาน R ของ Diode จะลดลงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น Forward Bias จะลดลง ทำให้ Io ลดกลับลงมาคงที่ตามเดิม

ในวงจรนี้แทนที่จะใช้ Diode อาจจะใช้ Thermistor ก็ได้ ความต้องการของวงจรชดเชยด้วย Negative Coefficient Temperature (NTC) ของ Diode หรือ Thermistor ก็ตาม นอกจากจะมีคุณสมบัติเป็น NTC แล้วตามต้องการยังต้องมี Time Constant สำหรับ Thermal เหมือนกับ Transistor อีกด้วย การชดเชยจึงจะสมบูรณ์

2. โดยการใช้ Auxiliary Transistor



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⟶ แทนทิศทางกระแส DC. รวมของ Q1 และ Q2

---> แทนทิศทางกระแส Base

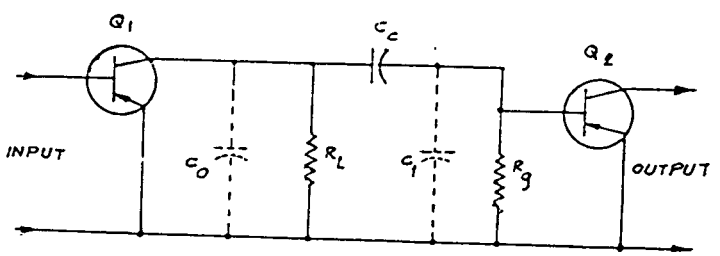
—·→ แทนทิศทางกระแส Collector ของ Q3

วิธีชดเชยแบบนี้โดยใช้ Transistor เหมือนกัน จึงเชื่อแน่ว่ามีค่า Thermal Time Constant เท่ากัน จากรูป Q3 เป็นตัว Compensate Network ทำการชดเชยได้โดยส่งกระแส Collector ของ Q3 ไปหักล้างกับกระแส Base ของ Q1 เพื่อเป็นการ Compensate Combine Affect ทั้ง Q1 และ Q2 แต่เนื่องจากกระแส Base ของ Q1 กับกระแส Collector ของ Q3 ต่างกันมาก จึงต้องใช้ค่า Variable Resistance ปรับค่าให้ ณ สภาพอุณหภูมิปกติ ให้มีกระแส Base ของ Q1 เพื่อให้ Q1 ทำงานปกติเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น กระแส Collector Q3 สูงขึ้น การหักล้างมากขึ้น กระแส Base ของ Q1 ต่ำลง ดังนั้นก็ทำให้ Io ของทั้ง Q1 และ Q2 ลดลงมาคงที่

2.5.2 Wide-band Amplifier

สิ่งสำคัญที่สุดของเครื่องขยายคือจะต้องมีความสามารถขยายสัญญาณที่ไม่ใช่ Sine Wave ได้ เช่น Sawtooth Signal ใน Oscilloscope จากวงจร Sweep Oscillator ซึ่งประกอบด้วย ความถี่พื้นฐาน และ Harmonics จำนวนมากมาย การที่จะให้ได้สัญญาณทางออกมีรูปร่างเหมือนกับสัญญาณที่รับเข้ามา อย่างแท้จริง เครื่องขยายจะต้องสามารถขยายให้ได้ Gain สม่ำเสมอต่อ Harmonics ต่าง ๆ ของ Sawtooth Signal เครื่องขยายชนิดนี้จึงเรียก Wide-band หรือ Vidio Amplifier ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการชดเชยทางด้านความถี่สูง ทำได้โดยวิธีการดังนี้คือ

1. Shunt Compensation

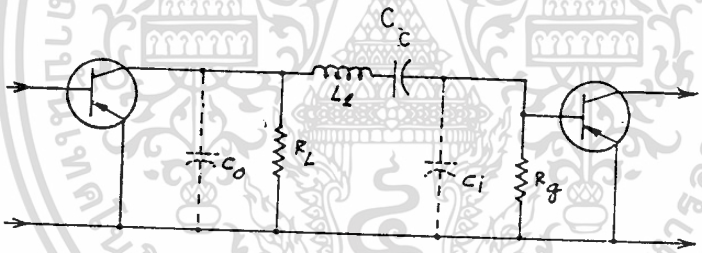


รูปที่ 2.16 แสดงการต่อวงจรโดยใช้ Shunt Compensation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นการใช้ Shunt Compensation Inductor L1 ต่ออนุกรมกับความต้านทาน R_L การชดเชยจะเกิดจาก Shunting Effect ของ Output Impedance Capacitance Co. และ Impedance Capacitance C1 ค่า Xco และ Xci จะต่อลักษณะขนานกับ Inductor L1 และ Load Resistor R_L C_c ซึ่งถือว่า Short Circuit สำหรับความถี่สูง เพราะฉนั้นจะเหลือ R_L C_o และ C_1 จะเป็นรูปแบบ Parallel Resonance Circuit ซึ่งมี Response กว้างมาก การชดเชยแบบนี้อาจเรียก Shunt Peaking ก็ได้ คือเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น Xco และ Xci จะลดลง แต่ XLi จะเพิ่มขึ้น ทำให้ Frequency Response เพิ่มขึ้น เป็นการยืด Curve ให้ยาวออกไปมากกว่าเดิมที่ยังไม่มีการชดเชย

2. Series Compensation

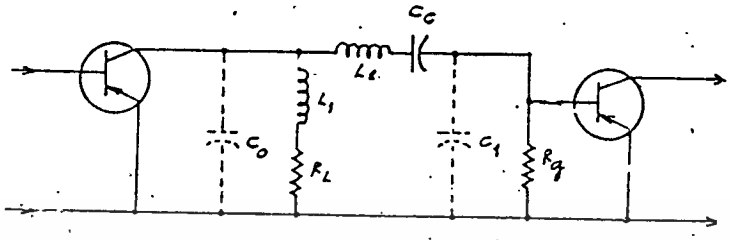


รูป 2.17 แสดงการต่อวงจรโดยใช้ Series Compensation

จากรูปเป็นการใช้ Inductor L2 ต่ออนุกรมกับ C_c ณ ความถี่สูงมาก C_c จะเสมือน Short Circuit แต่ L_2 และ C_1 จะมีรูปเป็น Service Resonance Circuit เมื่อความถี่สูงมาก วงจรที่ต่ออนุกรมนี้จะถึงจุด Resonance นั่นคือกระแสไหลผ่าน C_1 จะเพิ่มขึ้น เมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ค่า Capacitive Reactance ของ Capacitor Co จะลดลง Voltage ที่ตกคร่อม Resistor R_L ขณะที่ความถี่เพิ่มขึ้น แต่กระแสที่ไหลผ่าน C_1 จะเพิ่มตามความถี่ ดังนั้นจะเป็นการชดเชย ลด Voltage ที่ตกคร่อม R_L สำหรับ Series Compensation จะให้ Frequency Response เหมือนกับ Shunt Peaking Coupling Circuit แต่จะให้อัตราการขยายที่ความถี่สูงมากกว่า Shunt Peaking ประมาณ 50 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Series-Shunt Compensation



รูป 2.18 แสดงการต่อวงจรโดยใช้ Series - Shunt Compensation

ถ้านำ Series Compensation และ Shurt Compensation Coupling Circuits มาต่อรวมกันจะเรียก Combination Compensation หรือ Combination Peaking ซึ่งจะมี Frequency Response เหมือนกันทั้ง Series และ Shunt Compensation แต่จะให้ค่าการขยายด้านความถี่สูงมากกว่าของ Series Peaking Coupling Circuit ประมาณ 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

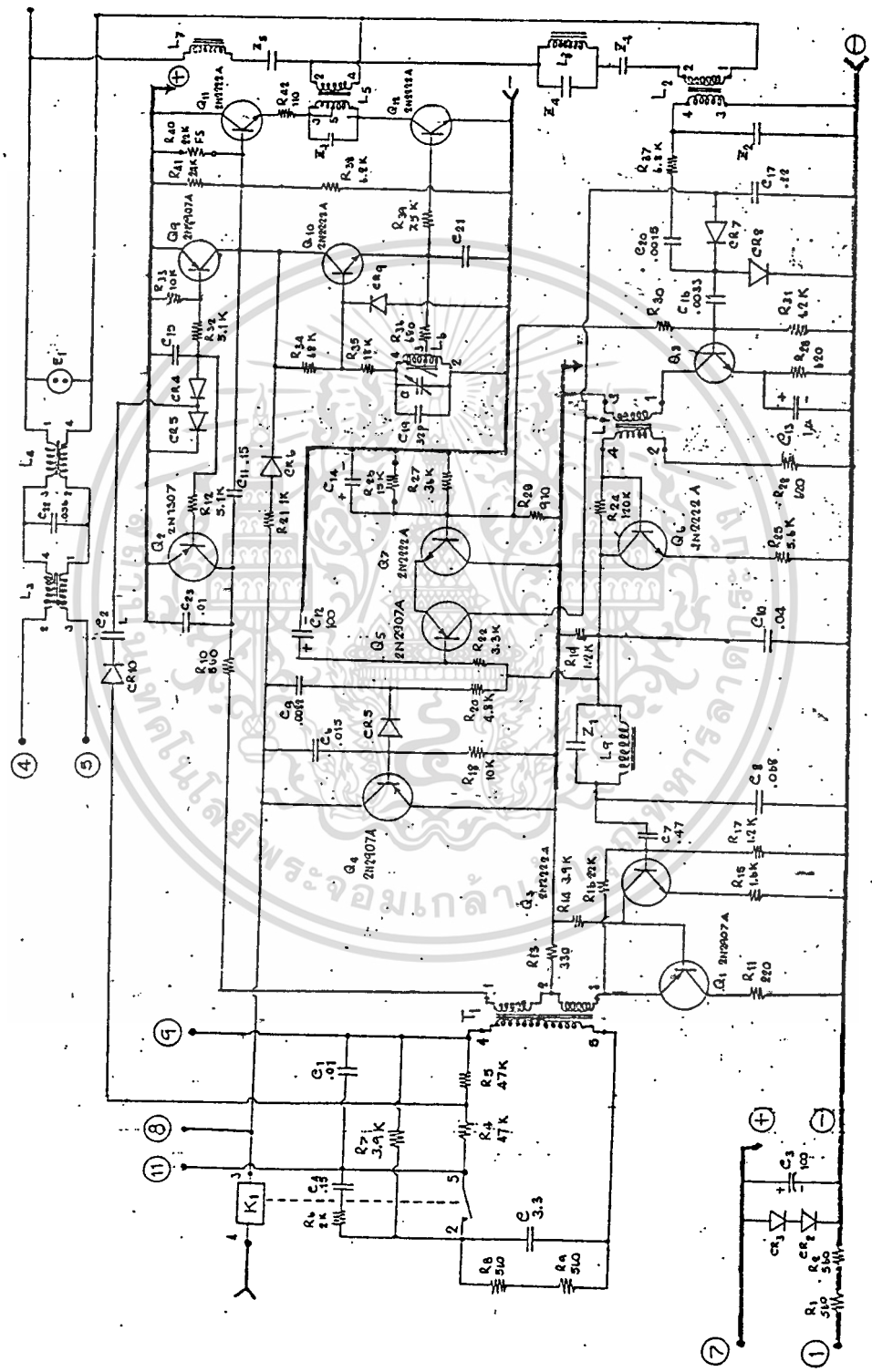
2.6 C.O. Terminal Circuit Diagram

วงจรทางด้านอุปกรณ์ชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งประกอบด้วย Filter, Ringing detector , Carrier Oscillator , Carrier Output circuit , Carrier Input circuit , Detector/Amplifier , AGC circuit , VF. Output circuit , Relay driver , Loop relay และ Voltage regulator ซึ่งการทำงานจะเริ่มขึ้นเมื่อเริ่มเปิดเครื่อง (Switch ON) แล้วดังนี้

2.6.1 ในกรณีการเรียกเข้า (Incoming Call) ตามรายละเอียดรูป 2.19 เมื่อเลขหมายของ Subscriber Terminal ถูกเรียกจากเครื่องภายนอก ซึ่งทางชุมสายจะส่ง Ringing Signal เป็น AC. Voltage เข้ามา Ringing Signal จะถูก Coupling ผ่าน Capacitor C_2 และผ่านวงจร Ringing detector CR10 โดยจะ Detect สัญญาณ Ringing ให้เป็นสัญญาณ DC. ไปกระตุ้น (Bias) ให้ Transistor Q_9 Conduct เป็นจังหวะตามการเรียกของ Ringing Signal จึงเป็นการจ่าย DC. Voltage ให้วงจร Oscillator Q_{10} ทำงานสร้าง Carrier ความถี่ 76 KHz. ป้อนให้ Transistor Q_{12} ซึ่งเป็น Carrier Output circuit ส่งสัญญาณออกไป ซึ่งสัญญาณนี้จะผ่าน LC filter ซึ่งประกอบด้วย L_7 และ Z_5 โดยจะ Super impose ไปกับสัญญาณ DC. ของ Physical Telephone line (ขา 3 และ 6)

เมื่อทาง Sibscriber Terminal ได้ยินสัญญาณเรียกและยกหูรับเครื่องจะส่ง Carrier 28 KHz. มาทางด้าน C.O. Terminal มาทาง line ของ Physical Telephone ขา 3 และ 6 ผ่าน LC filter ซึ่งประกอบด้วย L_4 และ Z_8 โดยจะ Coupling ผ่าน Transformer L_2 เข้ามาทางวงจร Detector/Amplifier CR_7 , CR_8 , Q_8 , L_1 , และ Q_6 โดยมี Q_7 และ Q_5 เป็น AGC circuit เมื่อ Q_6 ทำงานจะส่ง Bias signal ให้ Q_4 ซึ่งเป็น Relay driver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.19 C.O. Terminal Circuit Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานสั่ง Loop Relay K_1 ให้ทำงานต่อ Contact K Loop line AB โดย Positive Voltage จะไหลผ่านทุ่นของ Relay K_1 , R_{21} , CR_6 จ่าย DC. Voltage มาเลี้ยงวงจร Oscillator แทน Transistor Q_9 ที่ยกเลิกเนื่องจากชุมสายโทรศัพท์ได้หยุดส่ง Ringing Signal แล้ว สัญญาณเสียงจากผู้เรียกเลขหมายภายนอกจะ Coupling ผ่าน Transformer T_1 และ Transistor Q_{11} มา Modulate กับสัญญาณ Carrier 76 KHz. ส่งออกไปยัง Subscriber Terminal

2.6.2 ในกรณีการเรียกออก เมื่อทาง Subscriber Terminal ยกหู จะส่ง Carrier 28 KHz. เข้ามาการทำงานของวงจรจะทำงานเหมือนกับช่วงการเรียกเข้ากโดย Relay K_1 ทำงาน Loop line AB แจ้งให้ชุมสายโทรศัพท์ส่ง Dial Tone เข้ามาโดย Dial Tone จะ Coupling ผ่าน Transformer T_1 และ Transistor Q_{11} เพื่อไป Modulate กับสัญญาณ Carrier 76 KHz. ที่ส่งออกไปได้ และเมื่อผู้เช่าทางด้าน Subscriber Terminal รับ Dial Tone ได้ จะหมุนหมายเลขโทรศัพท์ตามเลขหมายที่ต้องการติดต่อ ซึ่งก็จะทำให้ Oscillator ทางด้าน Subscriber ทำงานเป็นช่วง ๆ ตามจังหวะการหมุนของ Dial เครื่องโทรศัพท์ ซึ่งก็จะมีผลทำให้ Loop Relay K_1 ในวงจร C.O. Terminal ทำงานตามเป็นจังหวะ เพื่อแจ้งให้ชุมสายทราบว่าทางผู้เช่าหมุนหมายเลขอะไรบ้าง เพื่อที่ทางชุมสายโทรศัพท์จะได้ต่อเลขหมายให้ตามต้องการ

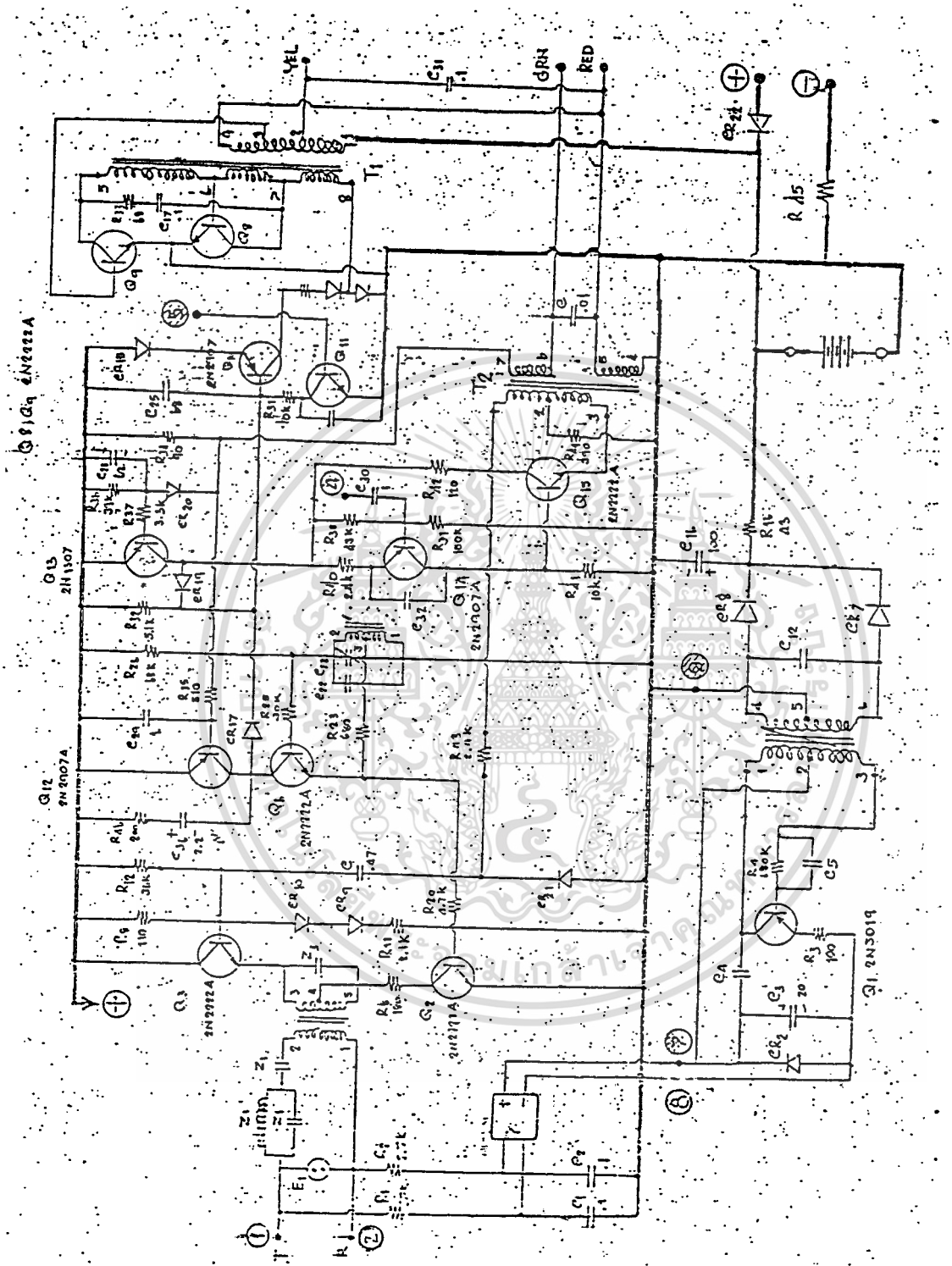
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

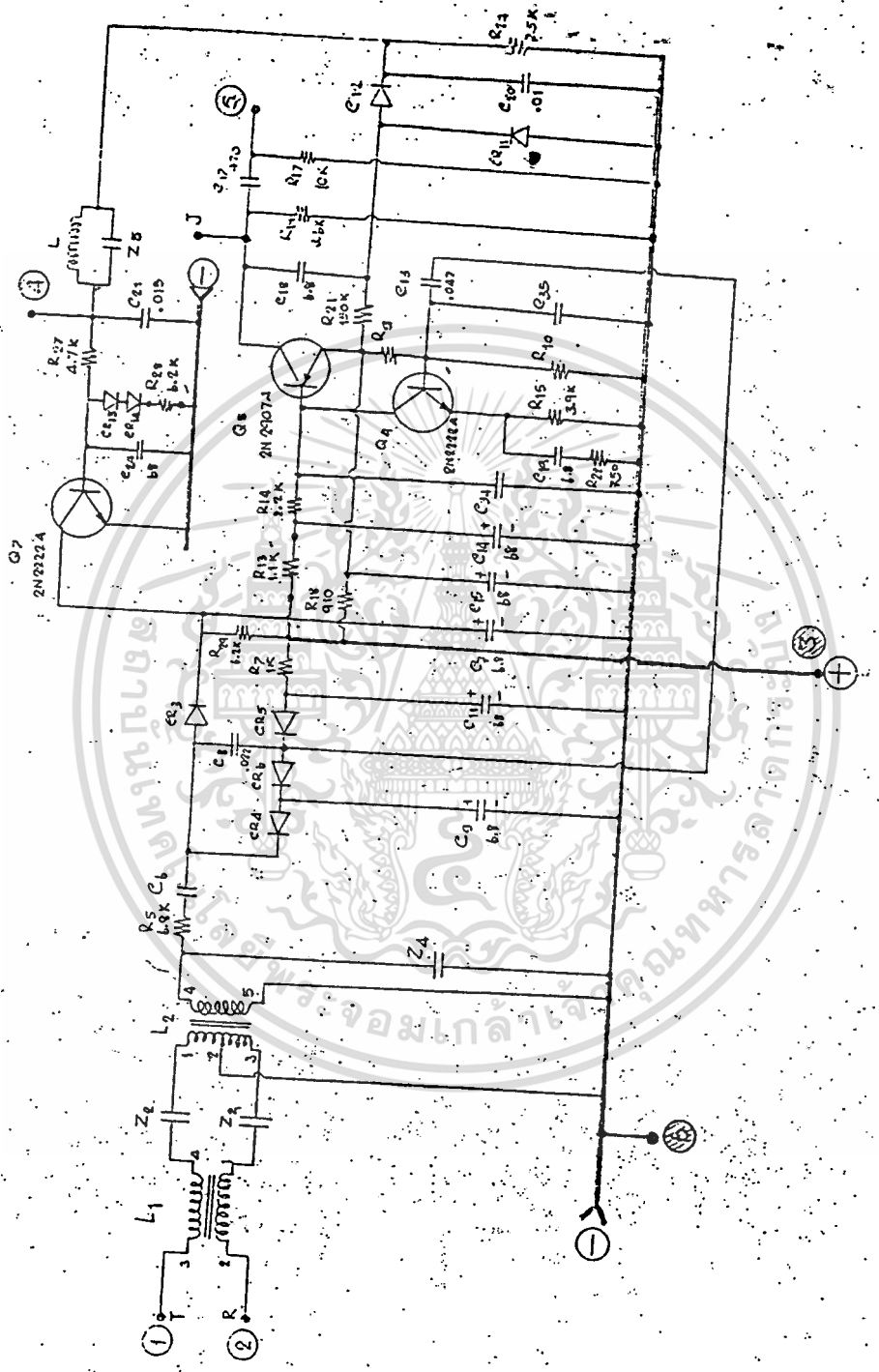
2.7 Subscirber Terminal Circuit Diagram

วงจรทางด้านผู้เช่า ซึ่งประกอบด้วย Filter, Carrier Output circuit , Carrier Oscillator , Carrier Input circuit , Detector , VF. Output circuit , Loop detector , Ringing Generator และ Battery Charger ซึ่งการทำงานจะเริ่มเมื่อเปิดเครื่อง (Switch ON) แล้วดังนี้

2.7.1 ในกรณีการเรียกเข้า (Incoming Call) ตามรายละเอียดรูป 2.20 และรูป 2.21 คือเมื่อเลขหมายของ Subscriber Terminal ถูกเรียกมาจากเครื่องภายนอก โดยชุมสายโทรศัพท์จะส่ง Ringing Signal เข้ามาที่ C.O. Terminal ตามจังหวะการเรียกของชุมสายโทรศัพท์ ซึ่ง C.O. Terminal จะเปลี่ยน Ringing Signal เป็น Carrier ความถี่ 76 KHz. ส่งมาให้ Subscriber Terminal ตามจังหวะการเรียกของ Ringing Signal จากชุมสายโทรศัพท์เช่นกันเมื่อ Subscriber Terminal รับสัญญาณ Carrier 76 KHz. ผ่านวงจร Filter ซึ่งประกอบด้วย L_1 , L_2 , Z_2 และ Z_4 มาทางวงจร Carrier detector CR_3 , CR_4 , CR_5 และ CR_6 เข้ามาขยายเพื่อส่งไป Bias ให้ Transistor Q_{10} และ Q_{11} Conduct ทำให้ Ringing Generator T_1 , Transistor Q_8 และ Q_9 ทำงานส่งสัญญาณกระดิ่งออกไปให้กระดิ่งดังตามจังหวะการเรียกของชุมสาย และเมื่อผู้เช่ายกหูโทรศัพท์ขึ้นรับ จะทำให้ค่า Impedance ของ Transformer T_2 เปลี่ยนไป มีกระแสไหลผ่าน T_2 เข้าเครื่องโทรศัพท์เป็นการให้ Bias แก่ Transistor Q_{12} ทำให้ Q_{12} Conduct ซึ่งมันจะจ่าย DC. Voltage ให้วงจร Oscillator Q_6 ทำงานจ่าย Carrier Signal 28 KHz ออกทาง Transistor Q_2 ซึ่งเป็นวงจร Carrier Output Circuit เพื่อส่งกลับไปยัง C.O. Terminal และเมื่อ C.O. Terminal รับสัญญาณ 28 KHz. ได้แล้ว จะแจ้งให้ทางชุมสายทราบว่าผู้เช่าได้ยกหูรับแล้ว เพื่อหยุดกระดิ่ง (Ringing Signal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


YEL
GRN
RED
T1
T2
Q1 2N3019
Q2 2N3117A
Q3 2N3117A
Q4 2N3117A
Q5 2N3117A
Q6 2N3117A
Q7 2N3117A
Q8 2N3117A
Q9 2N3117A
Q10 2N3117A
Q11 2N3117A
Q12 2N2907A
Q13 2N1307
Q14 2N2907A
Q15 2N3117A
Q16 2N2907A
Q17 2N2907A
CR1 thru CR22
R15 820
R16 10K
R17 3.3K
R18 10K
R19 2.4K
R20 43K
R21 100K
R22 11K
R23 680
R24 2.2K
R25 11K
R26 10K
R27 3.3K
R28 10K
R29 10K
R30 47K
R31 100K
R32 110
R33 680
R34 2.2K
R35 11K
R36 10K
R37 3.3K
R38 10K
R39 10K
R40 47K
R41 10K
R42 110
R43 680
R44 2.2K
R45 11K
R46 10K
R47 3.3K
R48 10K
R49 10K
R50 47K
R51 100K
R52 110
R53 680
R54 2.2K
R55 11K
R56 10K
R57 3.3K
R58 10K
R59 10K
R60 47K
R61 100K
R62 110
R63 680
R64 2.2K
R65 11K
R66 10K
R67 3.3K
R68 10K
R69 10K
R70 47K
R71 100K



รูป 2.21 Subscriber Terminal Circuit Diagram (2/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต่อ line จากผู้เรียกเข้ามาหาผู้เช่าเพื่อสนทนากัน นั่นคือทางด้านผู้เช่าสามารถพูดสนทนากับผู้เรียกเข้ามา โดยสัญญาณเสียงของผู้เช่าจะผ่านเข้าทาง Transistor Q_3 เพื่อไป Modulate กับสัญญาณ Carrier 28 KHz โดยจะผ่านออกทางวงจร filter Z_1 , Z_2 และ Z_3 ไปยัง C.O. Terminal

2.7 2 ในกรณีการเรียกออก (Outgoing Termination) ตามรายละเอียดใน รูป 2.20 และรูป 2.21 โดยการทำงานจะเริ่มเมื่อผู้เช่าทางด้าน Subscriber Terminal ยกหู Transformer T_2 จะเป็น Low impedance มีกระแสไหล และมี Voltage ตกคร่อมไป Bias Transistor Q_6 ซึ่งเป็นวงจร Oscillator สร้างความถี่ Carrier 28 KHz ให้ออกไปยัง C.O. Terminal เมื่อ C.O. Terminal รับ Carrier 28 KHz ได้ละแจ้งให้ทางชุมสายโทรศัพท์ทราบโดยการ loop line AB เพื่อให้ชุมสายส่ง dial tone เข้ามา และขณะเดียวกันก็จะ ON Carrier 76 KHz เพื่อส่งมายัง Subscriber Terminal นั่นคือ dial tone จะ Modulate มากับสัญญาณ 76 KHz มาที่ Subscriber Terminal เหมือนช่วงตอนเรียกเข้า ซึ่งผู้เช่าจะได้ยินเสียง dial tone ที่มาจากชุมสายโทรศัพท์ ดังนั้นผู้เช่าสามารถหมุน dial ได้ตามหมายเลขโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อซึ่งสัญญาณนี้จะทำให้ Carrier 28 KHz ออกเป็นช่วงตามจังหวะการหมุน dial ของผู้เช่า ซึ่ง C.O. Terminal จะสามารถรับรู้โดยการ detect สัญญาณดังกล่าว และแจ้งให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบ และเมื่อชุมสายต่อเลขหมายที่ต้องการติดต่อได้แล้ว ผู้เช่าก็จะสามารถสนทนากันโดยสัญญาณเสียงจะผ่านออกไปทาง Transistor Q_3 เพื่อไป Modulate กับ Carrier Signal 28 KHz ไปยัง C.O. Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนึ่งในเวลาปกติ เมื่อ Physical Telephone ไม่ใช้งาน Line AB จะมี DC. Voltage 48 Volts คล้องอยู่ ทำให้ Transistor Q_1 conduct มีกระแสไหลผ่าน Transformer มาผ่าน Rectifier diode CR_7 และ CR_8 เพื่อมา Charge แบตเตอรี่สำรองไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการทำงานของอุปกรณ์

อุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier แบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือการเรียกเข้า (Incoming Call) และการเรียกออก (Outgoing Termination)

3.1 การเรียกเข้า (Incoming Call)

3.1.1 เมื่อเลขหมายทางด้านปลายทาง (Sbuscriber Terminal) ถูกเรียกวงจร Ringing detector ทางด้านอุปกรณ์ชุมสาย (C.O. Terminal) จะทำการ detect สัญญาณเรียกซึ่งมาจากชุมสายโทรศัพท์ (Telephone Exchange) เพื่อไป ON วงจร Carrier Oscillator ความถี่ 76 KHz เพื่อส่งไปยังด้านอุปกรณ์ปลายทางตามจังหวะสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์ (Ringing Signal)

3.1.2 ขณะที่เครื่องโทรศัพท์ทางด้านอุปกรณ์ปลายทางยังวางหูโทรศัพท์อยู่บนเครื่องโทรศัพท์วงจร Carrier receiver จะรับสัญญาณ Carrier ความถี่ 76 KHz จากด้านอุปกรณ์ชุมสายมา detect เพื่อส่งไป ON วงจร Ringing generator ทำให้วงจรกระดิ่งเกิดเสียงดังตามจังหวะสัญญาณเรียก จากชุมสายโทรศัพท์

3.1.3 เมื่อทางด้านปลายทางได้ยินเสียงกระดิ่ง และยกหูโทรศัพท์รับสายวงจร Loop detector จะทำงานโดยหยุดการทำงานของวงจร Ringing generator และไป ON วงจร Carrier Oscillator ความถี่ 28 KHz เพื่อส่ง Carrier ไปยังอุปกรณ์ด้านชุมสาย

3.1.4 เมื่ออุปกรณ์ด้านชุมสายรับสัญญาณ Carrier ความถี่ 28 KHz ได้ จะนำสัญญาณมา detect เพื่อไป ON Loop relay K1 เพื่อแจ้งชุมสายโทรศัพท์ว่าเลขหมายทางด้านปลายทางยกหูรับสายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ด้านชุมสายโทรศัพท์ เมื่อรับสัญญาณ Loop line แล้วจะหยุดส่งสัญญาณเรียกออกมา ทำให้ผู้เรียก และผู้ถูกเรียกพร้อมที่จะสนทนากันได้ทั้งสองฝ่าย โดยสัญญาณพูดจากด้านผู้เรียกจะ Mod ไปกับสัญญาณ Carrier 76 KHz และสัญญาณพูดฝ่ายถูกเรียกจะ Mod กลับด้วย Carrier 28 KHz โดยที่สัญญาณทั้งสองจะถูก Demod กลับเป็นสัญญาณเสียงทำให้ทั้งสองฝ่ายสามารถสนทนากันได้เหมือนเครื่องโทรศัพท์ธรรมดา (Physical Subscriber Telephone) ทั่ว ๆ ไป

3.1.6 เมื่อทั้งสองฝ่ายจบการสนทนา และวางหูโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์แล้ว วงจร Loop detector ทางด้านอุปกรณ์ปลายทางจะส่งสัญญาณไป Off วงจร Carrier Oscillator 28 KHz ที่ส่งไปยังด้านอุปกรณ์ชุมสาย และเมื่อด้านอุปกรณ์ชุมสายไม่สามารถรับ Carrier 28 KHz ได้ก็จะหยุดส่ง Carrier 76 KHz ออกมาพร้อมแจ้งด้านชุมสายโทรศัพท์ว่า Open line ขอยกเลิกการติดต่อ

3.2 <u>การเรียกออก</u> (Outgoing Termination)

3.2.1 ด้านอุปกรณ์ปลายทาง (Subscriber Terminal) เมื่อผู้เช่ายกหูโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ทำให้ Loop detector ส่งสัญญาณไป ON วงจร Carrier Oscillator ให้ส่าย Carrier ความถี่ 28 KHz ออกไปยังด้านอุปกรณ์ชุมสาย (C.O. Terminal)

3.2.2 ทางด้านอุปกรณ์ชุมสายรับสัญญาณ Carrier 28 KHz ได้จะทำการ detect สัญญาณ Carrier นั้น เพื่อนำไป ON Loop relay K1 ให้ทำการ Loop line กับทางด้านชุมสายโทรศัพท์ เพื่อนำ dial tone เข้ามา พร้อมกันนี้ก็ไป ON Carrier Oscillator 76 KHz ซึ่งมี dial tone Mod เข้าไปแล้วเพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ด้านปลายทาง

3.2.3 อุปกรณ์ด้านปลายทางรับสัญญาณ Carrier 76 KHz ได้ก็จะ detect สัญญาณ Carrier นั้นได้ dial tone ออกมาให้ได้ยินเสียงทางหูโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 เมื่อผู้เช่าได้ยิน dial tone จะเริ่มหมุนเลขหมายโทรศัพท์ที่ต้องการติดต่อ ซึ่งการหมุน dial ดังกล่าวจะทำให้วงจร Loop detector ตัดต่อวงจร Carrier Oscillator 28 KHz ที่จะส่งไปยังด้านอุปกรณ์ชุมสายออกเป็นช่วง ๆ ตามเลขหมายที่หมุนซึ่งโดยปกติจะใช้ Speed ของ dial ประมาณ 8-12 pulse/sec. อนึ่งถ้าทางด้านปลายทางใช้เครื่องโทรศัพท์ระบบ DTMF หรือ Dial Tone Multi Frequency สัญญาณเรียกซึ่งอยู่ในย่านความถี่เสียงก็จะ Mod เข้ากับ Carrier 28 KHz ออกไปได้เลยเช่นกัน

3.2.5 ทางด้านอุปกรณ์ชุมสายเมื่อได้รับสัญญาณ dial ซึ่ง detect จาก Carrier 28 KHz เป็นช่วง ๆ แล้วจะส่งสัญญาณดังกล่าวผ่าน Loop relay K1 เมื่อแจ้งเลขหมายโทรศัพท์ที่ผู้เช่าด้านอุปกรณ์ปลายทางหมุนให้ชุมสายโทรศัพท์ทราบ

3.2.6 เมื่อชุมสายโทรศัพท์ทราบเลขหมายที่หมุนแล้วก็จะต่อเลขหมายดังกล่าวให้พร้อมกับส่งสัญญาณเรียกไปยังเลขหมายนั้นด้วย

3.2.7 เมื่อผู้เช่าด้านชุมสายโทรศัพท์ เลขหมายที่ต้องการติดต่อได้ยินเสียงกระดิ่งดัง จะยกหูโทรศัพท์จากเครื่องโทรศัพท์ ทำให้ชุมสายโทรศัพท์ทำการ Loop line หยุดสัญญาณเรียกจากชุมสายโทรศัพท์แล้ว ผู้เช่าโทรศัพท์ทั้งสองฝ่ายก็จะสามารถสนทนากันได้ตามปกติโดยสัญญาณพูดของทั้งสองฝ่ายจะถูก Mod กับ Carrier 76 KHz ทางด้านอุปกรณ์ชุมสาย และ Carrier 28 KHz ทางด้านอุปกรณ์ปลายทางซึ่งจะ Demod กลับเป็นสัญญาณเสียงก่อนเข้าหูฟัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 เมื่อทั้งสองฝ่ายจบการสนทนา และวางหูโทรศัพท์กับเครื่องโทรศัพท์แล้ว วงจร Loop detector ทางด้านอุปกรณ์ปลายทางจะส่งสัญญาณไป Off วงจร Carrier Oscillator 28 KHz ที่ส่งออกไปยังด้านอุปกรณ์ชุมสาย และเมื่อด้านอุปกรณ์ชุมสายไม่สามารถรับ Carrier 28 KHz ได้ก็จะหยุดส่ง Carrier 76 KHz ออกมาเช่นกัน พร้อมกันนั้นทางด้านอุปกรณ์ชุมสายก็จะแจ้งชุมสายโทรศัพท์ผ่านทาง relay K1 ขอยกเลิกการติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

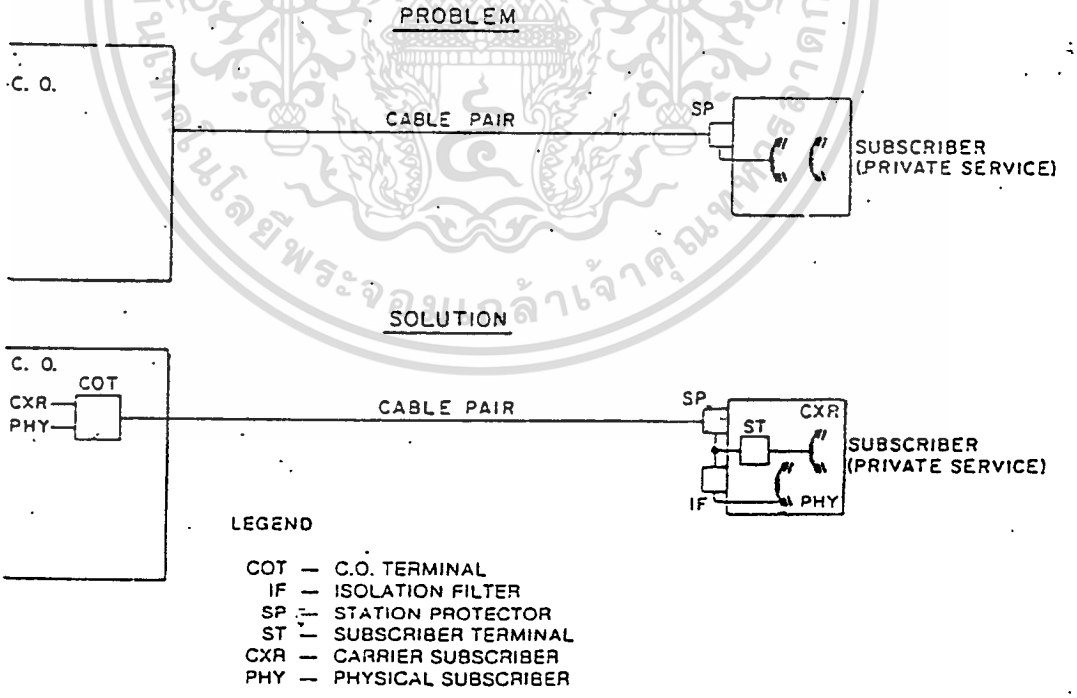
บทที่ 4

ลักษณะการใช้งาน และคุณสมบัติทางวิศวกรรม

4.1 ลักษณะการใช้งาน

Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier สามารถนำมาใช้ให้บริการโทรศัพท์ในกรณีที่คู่สายโทรศัพท์ขาดแคลน ขยายไม่ทัน แต่ยังมีเลขหมายเหลือ และมีผู้เช่าต้องการใช้บริการ แบ่งออกเป็น 4 ลักษณะคือ

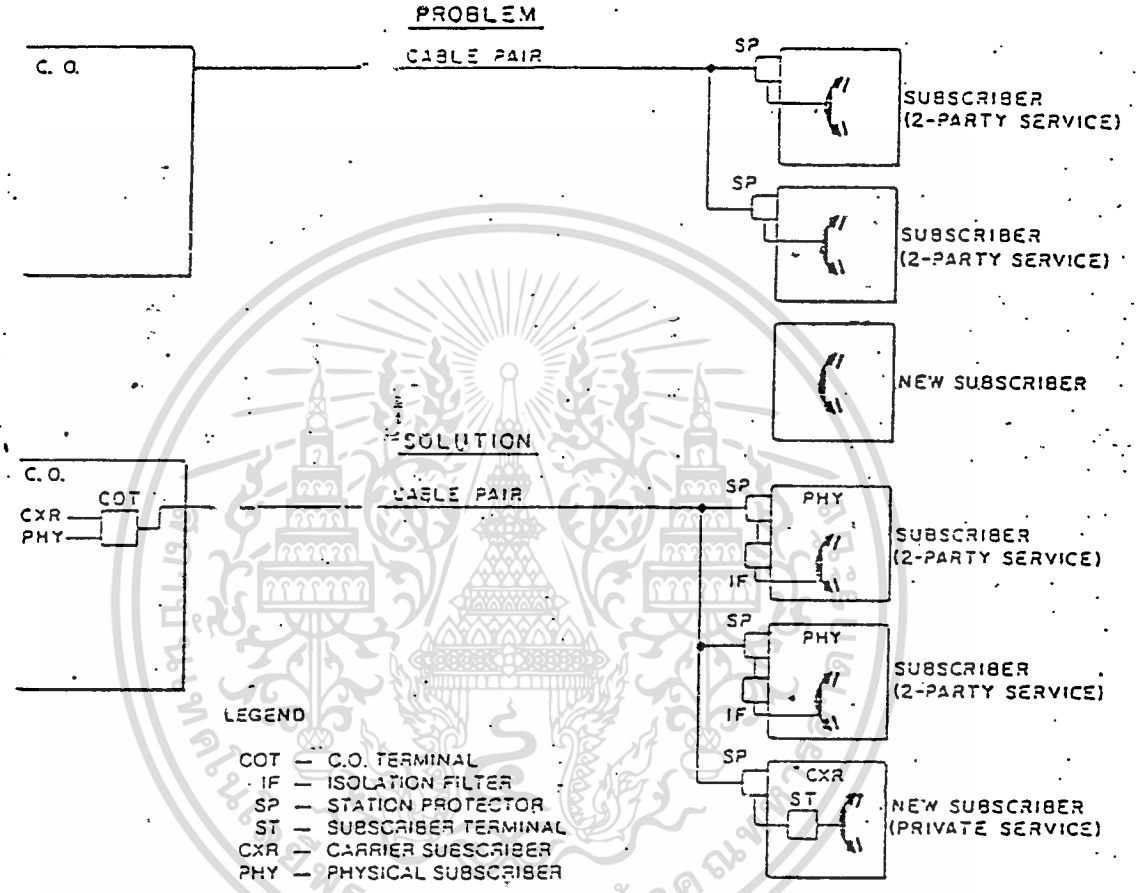
4.1.1 ลักษณะต้องการเลขหมายเพิ่ม ในสถานที่เดียวกัน (Second Line Required in Residence) แต่เลขหมายต่างกัน ตามรายละเอียดรูป 4.1



รูป 4.1 Second Line Required in Residence

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

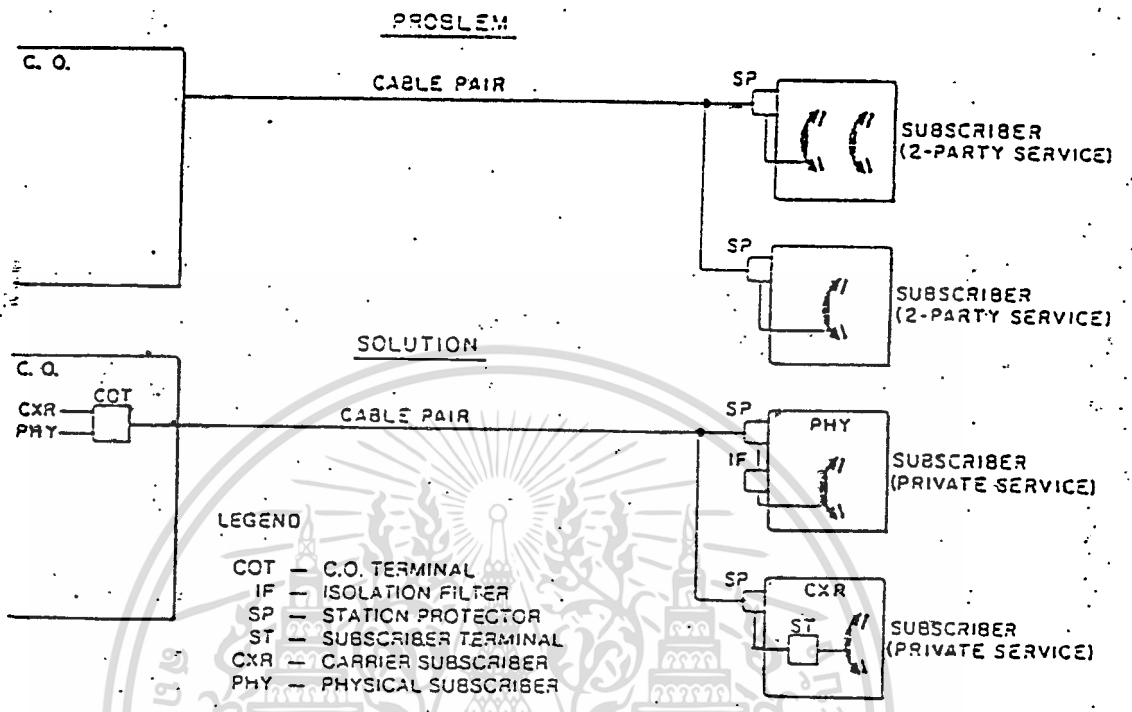
4.1.2 ลักษณะเดิมเป็น Two Party Line แต่ยังมีความต้องการเลขหมายเพิ่มอีก (New Subscriber Requires Service) ตามรายละเอียดรูปที่ 4.2



รูป 4.2 New Subscriber Requires Service

4.1.3 ลักษณะเดิมใช้งานเป็น Two Party Line แต่ต้องการคุณภาพที่ดีกว่า (Upgrading Party Service to Private Service) ตามรายละเอียดรูปที่ 4.3

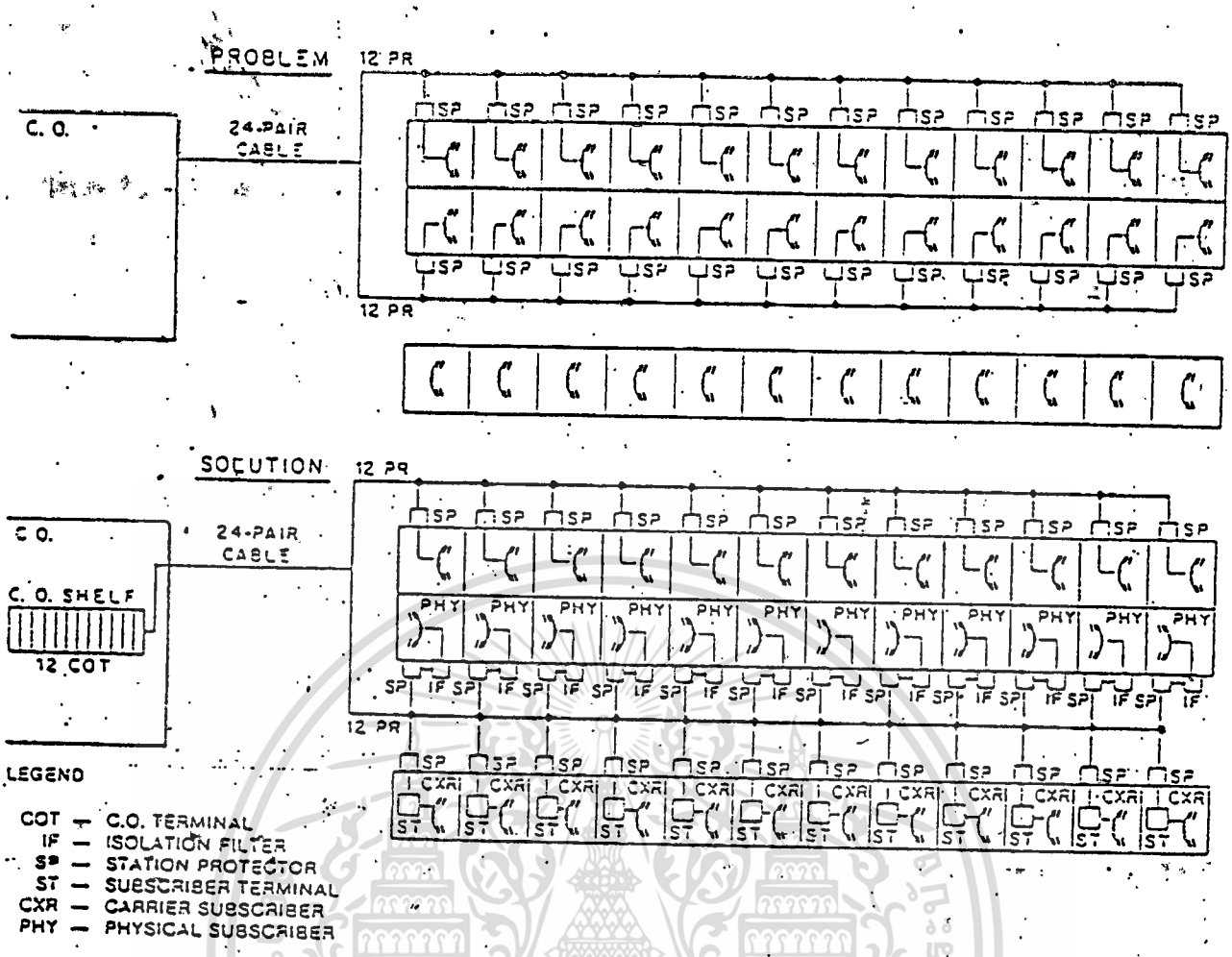
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 Upgrading Party Service to Private Service

4.1.4 ในลักษณะพื้นที่ที่มีความต้องการใช้โทรศัพท์เพิ่มอย่างฉับพลันจำนวนมาก แต่การขยายงานด้านเคเบิล ไม่สามารถบริการได้หมด (Sudden Growth in Low Growth Area) ตามรายละเอียด รูป 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4 Sudden Growth in Low - Growth Area

4.2 คุณสมบัติทางวิศวกรรม

การพิจารณาที่จะนำ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier มาใช้งานควรศึกษาคุณสมบัติทางวิศวกรรมของอุปกรณ์ก่อน เพื่อจะได้ไม่มีปัญหาเมื่อใช้งาน

4.2.1 ลักษณะการส่งเป็นแบบ Double Side-band and Amplitude Modulated (DSB - AM) สามารถส่งไปในคู่สายเคเบิลธรรมดาขนาดต่าง ๆ กัน

4.2.2 การจัด Carrier Frequency ของ C.O. Terminal กับ Subscriber Terminal จะต้องห่างอย่างน้อย 32 KHz และความถี่จาก Subscriber Terminal ไปยัง C.O. Terminal ต้องอยู่ช่วงความถี่ 10 KHz ถึง 65 KHz ส่วนช่วงความถี่จาก C.O. Terminal ไปยัง Subscriber Terminal จะเป็นช่วงความถี่ระหว่าง 75 KHz ถึง 140 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย เลือกใช้ความถี่ 28 KHz สำหรับ Subscriber Terminal ไปยัง C.O. Terminal และความถี่ 76 KHz สำหรับ C.O. Terminal ไปยัง Subscriber Terminal

4.2.3 Carrier ที่สูญหายมากที่สุด (Maximum carrier loss) ต้องไม่เกิน 43 dB ที่ความถี่ 76 KHz ซึ่งจะใช้ค่าความสูญหายนี้ไปกำหนดระยะทางของเคเบิลได้ ตามขนาดของเคเบิล ดังแสดงตัวอย่างตามตาราง 4.1 จะเห็นได้ว่าค่าการสูญหายขึ้นกับระยะทางและชนิดของเคเบิลในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าการสูญเสียของ Carrier หรือระยะทางได้ อาจใช้ค่าความต้านทานได้ แต่การใช้ค่าความต้านทานของเคเบิลในการติดตั้งจะให้ผลไม่ดีนัก

4.2.4 Subscriber Carrier จะต้องใช้กับ Non Loaded Cable เท่านั้นเพราะ Loading Coil ทั่วไปจะออกแบบให้มีช่วงความถี่ Pass Band ไว้เพียง 5.00 KHz เท่านั้น

4.2.5 ข้อกำหนดสัญญาณเสียงพูดโทรศัพท์ และสัญญาณเรียกจะเป็นไปตามข้อกำหนดของเครื่องโทรศัพท์

4.3 ข้อจำกัดการใช้งาน

ข้อจำกัดในการนำอุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier มาใช้งาน มีดังนี้

1. ไม่สามารถนำไปใช้งานกับเครื่องโทรศัพท์พิเศษ รวมถึง Data-Phone และ DTWX Sets.
2. ไม่สามารถนำไปใช้กับระบบ ground start PBx. Trunks
3. ไม่ติดตั้งอุปกรณ์ C.O. Terminal ของ Pair Saver ร่วมกับ PBx.
4. ไม่สามารถใช้ร่วมกับชุมสายอื่น
5. ไม่สามารถนำระบบ Pair Saver ไปร่วมกับ Trunk Carrier อื่น ๆ
6. วงจร Voice Frequency ไม่ได้ออกแบบไว้สำหรับเครื่องพ่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1 แสดงรายละเอียดคุณสมบัติของเคเบิล

เคเบิลขนาด 0.4 มม. (Polyetelene Insulated Cable)			เคเบิลขนาด 0.5 มม. (Polyetelene Insulated Cable)		
ค่าความสูญหาย (dB)	ระยะทาง (Km.)	ความต้านทาน (Ohms)	ค่าความสูญหาย (dB)	ระยะทาง (Km.)	ความต้านทาน (Ohms)
3.2	0.3	82	2.2	0.3	51
9.5	0.9	245	6.6	0.9	154
15.9	1.5	408	11.0	1.5	257
22.3	2.1	571	15.3	2.1	359
28.6	2.7	734	19.7	2.7	462
35.0	3.4	898	24.1	3.4	565
41.4	4.0	1061	28.5	4.0	667
47.7	4.6	1224	32.9	4.6	770
54.1	5.2	1387	37.3	5.2	873
57.3	5.5	1469	39.5	5.5	924
60.5	5.8	1550	41.7	5.8	976
			43.9	6.1	1028

* ค่าที่ได้มาจากการทดลองที่อุณหภูมิ 20° C ความถี่ 76 KHz.

4.4 ข้อมูลทางเทคนิค

1. Method of Transmission ..... Double Sideband Amplitude Modulated
2. Transmission Medium ..... One pair of non-loaded single or mixed 19,22 24 or 26 AWG cable
3. C.O. Carrier Frequency ..... 76 KHz $\pm$ 100. Hz
4. C.O. Carrier Transmitted Level .... 6 dBm $\pm$ 1 dB
5. Subscriber Carrier Frequency ..... 28 KHz $\pm$ 75 Hz
6. Subscriber Carrier Transmitted Level 0 dBm $\pm$ 1 dB
7. Isolation Filter Frequency cut off 4 KHz
8. High Frequency Line Impedance..... 135 ohms nominal
9. C.O. Voltage Required ..... 9.1 V.
10. Frequency Response (referenced to 1 KHz) 4 dB (300 to 3000 Hz)
11. Loop Resistance (Subscriber Terminal to Carrier Subscriber Telephone) 25 ohms max
12. Dial Pulse Rate ..... 8-12 Hz
13. Dial Pulse Distortion (send 60 % break) 50-70 %
14. Current to Subscriber Station with Average Telephone (180 ohm) and 6.25 V Battery ..... 20 mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การติดตั้ง และการบำรุงรักษา

5.1 การติดตั้ง

ก่อนมีการติดตั้งอุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาข้อกำหนดของอุปกรณ์ และขอบข่ายของระบบ
2. ควรเขียนแบบ Layout ให้มีข้อมูลครบ เช่นหมายเลขคู่สาย , จุดต่อ , ความต้านทาน และค่าความสูญเสียในสาย สำหรับเป็นข้อมูลในการบำรุงรักษา
3. ถ้ามีการต่อแยกโดยใช้ Bridge Tap จะต้องนำค่าต่าง ๆ มาใช้ในการคำนวนหาค่าความสูญเสีย และความต้านทาน
4. ถ้าใช้ระบบ Subscriber Carrier หลาย ๆ วงจร ในเคเบิลเส้นเดียวกัน จุดทวนสัญญาณ ควรให้อยู่ที่จุดเดียวกัน เพื่อป้องกันการเกิด Cross Talk
5. กรณีที่ใช้ Battery ควร Charge ให้เต็มก่อนการติดตั้ง
6. จุดที่จะติดตั้งอุปกรณ์ C.O. Terminal จำเป็นต้อง
   - หลีกเลี่ยงการตั้งใกล้อุปกรณ์การกำลังพวก Inverter หรือ A.C. Power Supply
   - สายที่ต่อเชื่อมระหว่าง C.O. Terminal ไปยัง MDF ควรเป็น Shielded wire
   - ควรตรวจสอบหรือติดตั้งระบบ Grounding ให้เรียบร้อยก่อนติดตั้งอุปกรณ์ C.O. Terminal

5.2 การบำรุงรักษา

ปัญหาสำคัญที่พบบ่อย ๆ ในการนำอุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier มาใช้งาน คือปัญหาของเสียง , ปัญหาสัญญาณเรียก และปัญหาจาก Battery ซึ่งพอสรุปสาเหตุ และวิธีแก้ไขได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปัญหาของเสียง	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
1.1 มีเสียง Beep ในวงจร Carrier	ติดตั้ง Subscriber Terminal ระยะทางไกลเกินค่าที่กำหนด	ตรวจสอบค่าความสูญหายและแก้ไขอาจต้องเลื่อน Subscriber Terminal ให้ใกล้เข้ามา
1.2 มีเสียง Tone ความถี่ประมาณ 2625 Hz. ทางด้าน VF ของ Subscriber Terminal	เป็นคลื่นรบกวนจาก TV ถ้าสาย TV ไม่ดีหรือจุดต่ออยู่ใกล้อุปกรณ์ Subscriber Terminal	ใช้ Television Interference filter ใส่ป้องกันไว้
1.3 มีเสียงวิทยุ AM หรือ FM. รบกวนทาง Subscriber Terminal	ตั้งอุปกรณ์ Subscriber Terminal อยู่ใกล้สถานีส่งนั้น ๆ	ควรให้จุดนั้นเปลี่ยนมาใช้ Physical Line ถ้าเลี่ยงไม่ได้ ควรใช้ Interference Suppressor
2. ปัญหา Battery	**สาเหตุ**	**วิธีแก้ไข**
2.1 Battery dead เมื่อติดตั้งใหม่	เนื่องจากเก็บไว้นานเกินไปหลังจาก Charge (Ni-Cd 60 วัน Gel-Cell 90 วัน)	ก่อนติดตั้งวัดก่อนทุกครั้งโดยใช้ V.O.M. หรือเครื่องวัด Battery
2.2 Battery dead เมื่อติดตั้งบริการแล้ว	ก. สาย Physical ใช้เรียก (Off hook) มากเกินกำหนดจึงไม่มีไฟ Charge เข้า Battery	ใช้ 220 VAC และมีเครื่องแปลงมา Charge Battery โดยตรง
	ข. Ringing Circuit ทำงานผิดปกติ ทำให้ใช้ไฟมาก เพราะมีการติดต่อที่ระบบ Subscriber Carrier มาก	" " "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปัญหา Battery	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
	ค. สาย Physical ถูกย้ายออกหรือปลดออกจากอุปกรณ์ชุมสายทำให้ไม่มีไฟมาเลี้ยงสาย	ใช้ 220 VAC และมีเครื่องแปลงมา Charge Battery โดยตรง
	ง. เกิดการลัดวงจรใน Physical line หรือ ground เนื่องจากเหตุเสียของเคเบิล , สายกระจาย หรือสายต่อเข้า	ตรวจซ่อมสายเร่งด่วน
	จ. สาย Physical ขาดหรือมีความต้านทานสูงระหว่าง C.O. Terminal ไปยัง Subscriber Terminal	ตรวจซ่อมเร่งด่วน
3. ปัญหาเสียงสัญญาณเรียก	**สาเหตุ**	**วิธีแก้ไข**
3.1 เสียงเรียกขาดหายหรือเสียงเรียกเบา	ก. ในทางปฏิบัติอาจเกิดจากความต้านทานสูง , เกิดลัดวงจร หรือ Ground ที่สาย drop หรือด้าน VF ของ Subscriber Terminal	หาจุดเสียโดยการซ่อมหรือเปลี่ยนสายคู่ใหม่
	ข. เกิดการต่อสายสลับกันระหว่าง Tip และ Ring	ตรวจสอบเครื่องโทรศัพท์แล้วแก้ไขให้ถูกต้อง
	ค. การเชื่อมจุดต่อไม่ดีทำให้เกิด Bad Contact	ตรวจซ่อมหาจุดเสียแล้วเชื่อมจุดต่อใหม่ให้เรียบร้อย
	ง. ไม่ได้ติดตั้ง Isolation filter ทางด้าน Physical line เมื่อผู้เช่าทางด้าน Physical	ติดตั้ง Isolation filter ที่ Physical line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาเสียงสัญญาณเรียก	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
	หมุนหมายเลขในขณะเดียวกับที่เครื่อง Subscriber Terminal ถูกเรียกจะทำให้เสียงกระดิ่งขาดหายไป กรณีนี้ถ้าผู้ใช้ไม่สังเกตุจะไม่ทราบ	
3.2 เสียงเรียกไม่ดี เบาหรือไม่มีเสียงเรียกใน Subscriber Terminal	ก.Battery อ่อน เป็นปัญหาแรกที่ต้องตรวจสอบ	ดูข้อ 2. ปัญหา
	ข.ใช้ Subscriber Terminal ระยะไกลเกินกำหนดมาตรฐานของเครื่อง	ตรวจสอบระดับสัญญาณสูญหายก่อนการติดตั้ง โดยใช้ Test Set หรือ Selective Voltmeter ควรตรวจสอบจุดแยกสัญญาณว่าผิดปกติหรือไม่
	ค.การต่อสายกับจุดของตัวให้สัญญาณไม่ถูกต้อง	ตรวจสอบจุดต่อให้ถูกต้อง
	ง.การติดตั้ง C.O Terminal ไม่ถูกต้องจุดต่อของสายสลับกัน	" " "
	จ.วงจรสัญญาณเสียงกระดิ่งเสีย รับสัญญาณจาก C.O. Terminal ไม่ได้	ตรวจสอบและแก้ไขก่อน จึงมาพิจารณาตรวจสอบ ที่ตัว Subscriber Terminal
	ฉ.ตัว Subscriber Terminal ไม่ดี	ตรวจซ่อม Subscriber Terminal
3.3 เสียงกระดิ่งผิดปกติและการเรียกผิดปกติ	ก.ใช้สายที่ไม่มีเปลือกหุ้มเช่น Open wire ทำให้การเรียกในขณะฝนฟ้าคะนองผิดปกติ	Sub. - Carrier ใช้ได้กับสายที่มีเปลือกหุ้มเท่านั้น
	ข.มีคลื่นวิทยุและอื่นๆ รบกวน	ใช้ Filter ป้องกันการรบกวนในลักษณะต่าง ๆ ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปัญหาเสียงสัญญาณเรียก	สาเหตุ	วิธีแก้ไข
	ค.การต่อคู่สายไม่ดีหรือไม่ถูกต้อง ทางด้าน C.O Terminal	ควรใช้สายคู่แบบ Twisted pair เพื่อป้องกันการต่อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

ความต้องการในการใช้โทรศัพท์เพื่อการติดต่อ-สื่อสาร ถึงกันและกันได้เพิ่มมากขึ้น โดยลำดับ แต่การขยายเลขหมาย และคู่สายโทรศัพท์ ขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ยังไม่พอกับความต้องการของผู้ใช้ บางครั้งไม่สัมพันธ์กัน คือมีแต่เลขหมายโทรศัพท์แต่ไม่มีคู่สาย วิธีแก้ปัญหาขององค์การโทรศัพท์ฯ ในปัจจุบันวิธีหนึ่ง คือการพัฒนานำระบบ Subscriber Carrier เข้ามาใช้ในกิจการโทรศัพท์ เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนคู่สายโทรศัพท์ และหนึ่งในระบบ Subscriber Carrier ก็คือระบบ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier ซึ่งสามารถให้บริการแก้ผู้ต้องการใช้โทรศัพท์ในท้องถิ่นซึ่งห่างไกล และมีคู่สายโทรศัพท์ไม่พอกับความต้องการของผู้ใช้ ให้มีโทรศัพท์ใช้ได้โดยไม่ต้องรอการขยายคู่สายโทรศัพท์เพิ่ม โดยใช้อุปกรณ์ดังกล่าวร่วมกับคู่สายของโทรศัพท์ธรรมดา เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของคู่สายโทรศัพท์ธรรมดา ในการใช้จากเดิม 1 เลขหมายต่อคู่สาย เป็น 2 เลขหมายต่อคู่สาย โดยแต่ละเลขหมายเป็นอิสระซึ่งกันและกัน

แม้ว่าเราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้คู่สายโทรศัพท์ให้เพิ่มมากขึ้นได้โดยการนำเอาระบบ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier มาใช้งาน แต่สิ่งที่เป็นปัญหาตามมาก็คือ การบำรุงรักษาอุปกรณ์ฯ เนื่องจากเดิมที่ใช้โทรศัพท์ธรรมดานั้น การบำรุงรักษาจะเป็นเพียงคอยดูแล และรักษาคู่สายโทรศัพท์ให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์เท่านั้น แต่เมื่อมีการนำอุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier มาใช้งาน สิ่งที่จำเป็นที่สุดก็คือต้องเพิ่มการดูแล และบำรุงรักษาอุปกรณ์ดังกล่าวมากขึ้น นั่นคือต้องเพิ่มจำนวนและขีดความสามารถของบุคลากร ตลอดจนเครื่องมือตรวจสอบอุปกรณ์ ในการบำรุงรักษาให้สัมพันธ์กันด้วย ดังนั้นในปัจจุบันจึงพบว่าองค์การโทรศัพท์ฯ ใช้อุปกรณ์ Subscriber Carrier ในจำนวนที่จำกัด คือจะพิจารณาเฉพาะผู้เช่าที่มีความต้องการใช้สูง และมีความจำเป็นที่จะต้องใช้มากเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

..... 2/ สำหรับอุปกรณ์ Pair Saver

สำหรับอุปกรณ์ Pair Saver Single Channel Subscriber Carrier ที่ดำเนินการประกอบขึ้นมานี้ ได้ทำการทดสอบทดลองใช้งานเป็นเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ พบว่า Reliability ของอุปกรณ์อยู่ในสภาพดี จะมีปัญหาบ้างก็คือ มีสัญญาณคล้ายเสียง tone แทรกมาบ้างแต่เบามาก เนื่องจากอุปกรณ์ชิ้นส่วนของ Filter บางชิ้นยังไม่ได้มาตรฐานทำให้ความถี่ Cut off คลาดเคลื่อนเป็นเหตุให้เกิดสัญญาณ tone แทรกมาดังกล่าว ส่วนอุปกรณ์อื่นสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. คู่มือช่างวิชาการทรานซิสเตอร์ เล่ม 2 ศูนย์ฝึกและอบรม ทศท.

2. Advanced Electronics for Toll Technicians Vol.2 ITU.

3. Application Note for BTMC. MUX

4. Technical Manual for ITT Single Channel Carrier System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้