

บทที่ 3

การออกแบบและการพัฒนาสร้างวงจรของระบบ

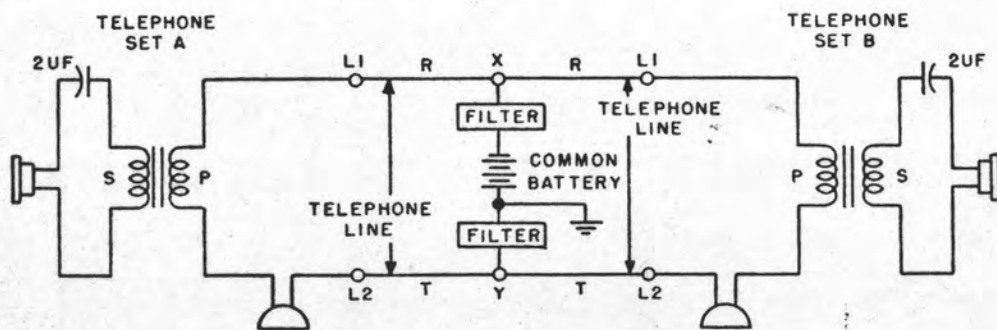
ในบทนี้จะเป็นการออกแบบและทำการพัฒนางจรของระบบตู้สลับสายโทรศัพท์สนาม เพื่อที่จะสร้างตู้สลับสายโทรศัพท์สนามแบบ SB-86/P ขึ้นมาใหม่ สำหรับใช้งานทางด้านสนามของกองทัพอากาศซึ่งของเดิมได้ใช้ติดต่อกันมาเป็นเวลาช้านาน ประสิทธิภาพและการทำงานของระบบต่ำลง ทำให้ติดต่อข่าวสารทางด้านโทรศัพท์ไม่ได้ผลเท่าที่ควร

ความต้องการดั้งเดิมมีดังนี้

- ใช้ได้กับโทรศัพท์ลูกข่ายได้ 20 เครื่อง
- สัญญาณกริ่ง 20 Cycles per second, 90-100 Volts
- Power Requirements Operator's Telephone 24 Volts DC
- Night Alarm 24 Volts DC
- มีวงจรประชุม (Conference) 3 วงจร

ในการออกแบบและทำการพัฒนาสร้างตู้สลับสายโทรศัพท์สนามแบบ SB-86/P จะต้องพยายามทำให้ได้ตามความต้องการข้างต้น โดยอาศัยทฤษฎีการออกแบบและสร้างที่จะได้อธิบายในลำดับต่อไป ทำการพัฒนาปรับแต่งจนสามารถใช้งานได้

3.1 ส่วนประกอบตู้สลับสายโทรศัพท์แบบแบตเตอรี่ร่วม (Common-Battery Switchboard)



รูปที่ 3.1 วงจรโทรศัพท์แบตเตอรี่ร่วมอย่างง่าย

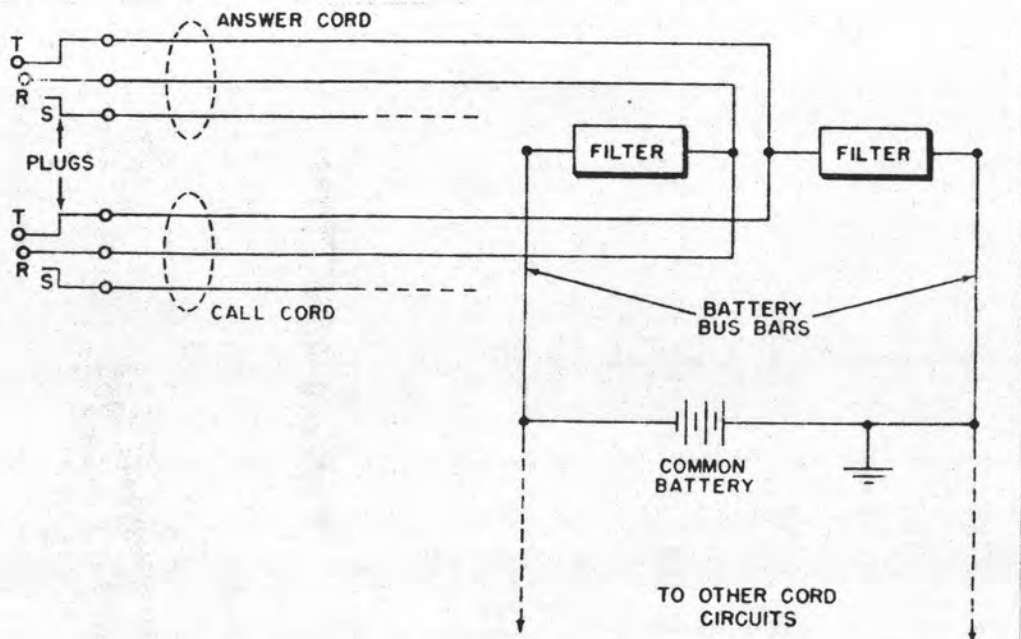
จากรูป 3.1 เป็นวงจรของตู้สลับสายโทรศัพท์สนามแบบใช้แบตเตอรี่ร่วม (Common Battery) โดยทั่วไปแล้วตู้สลับสายโทรศัพท์แบบใช้แบตเตอรี่ร่วมอาจจะแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ แบบ Nonmultiple และ Multiple⁶ จะได้อีกต่อไป

3.1.1 ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามชนิดแบดเตอร์ร่วมแบบ Nonmultiple เป็นตู้สลับสายโทรศัพท์สนามที่มีการต่อสายของเครื่องโทรศัพท์ไปยังตู้สลับสายโทรศัพท์สนามจะต่ออยู่ใน Line Jack เพียงอันเดียวเท่านั้น ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามแบบนี้จะจำกัดจำนวนของคู่สายโดยให้ใช้พนักงานโทรศัพท์กลางเพียงคนเดียว หรืออาจมีพนักงานโทรศัพท์มากกว่าหนึ่งก็ได้ และข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งคือในการต่อสายของเครื่องที่เรียกบน line jack ที่ปลายข้างหนึ่งของตู้สลับสายไปยังเครื่องที่ต้องการเรียกบน line jack ของปลายอีกข้างหนึ่งนั้นทำให้วงจรคร่อมยุ่งยากจึงเป็นเหตุผลที่การใช้ตู้สลับสายโทรศัพท์แบบ nonmultiple จำกัดจำนวนพนักงานโทรศัพท์กลางไม่เกินกว่า 3 คน

3.1.2 ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามชนิดแบดเตอร์ร่วมแบบ Multiple เป็นตู้สลับสายโทรศัพท์สนามที่มีการต่อสายของเครื่องโทรศัพท์ไปยังตู้สลับสายโทรศัพท์สนามจะต่ออยู่ในหลาย ๆ line jack การต่อเป็นแบบต่อขนานหรือร่วมกัน (multiple) ที่จุดต่าง ๆ บนตู้สลับสายโทรศัพท์นี้เป็นการทำให้พนักงานโทรศัพท์กลางแต่ละคนสามารถที่จะตอบรับ เครื่องที่เรียกเข้ามาหรือเรียกออกไปยังเครื่องที่ต้องการ เรียกได้เหมือนกันทุกตำแหน่ง จึงทำให้สามารถเพิ่มจำนวนคู่สายให้กับตู้สลับสายโทรศัพท์ได้

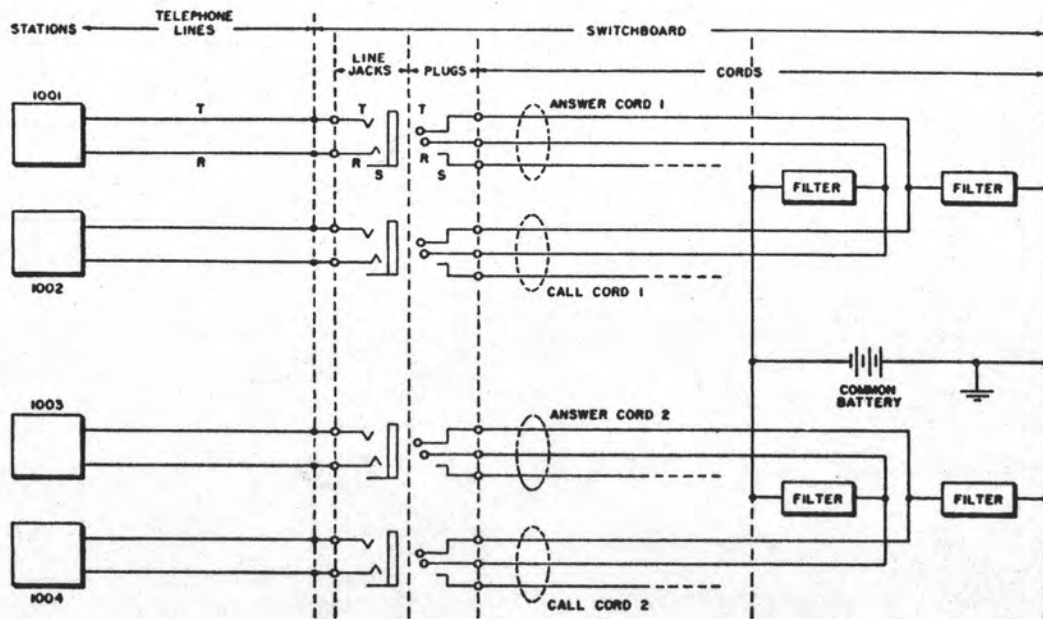
3.2 การทำงานของวงจรตู้สลับสายชนิดแบดเตอร์ร่วม

จะกล่าวถึงหน้าที่หลักสำคัญของตู้สลับสายโทรศัพท์แบบชนิดแบดเตอร์ร่วมเกี่ยวกับวงจรคอร์ด และการต่อเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายผ่านตู้สลับสายโทรศัพท์สนาม



รูปที่ 3.2 วงจรคอร์ดของตู้สลับสายโทรศัพท์แบดเตอร์ร่วม

จากรูป 3.2 เป็นวงจรคอร์คอย่างง่ายของผู้สลับสายโทรศัพท์สนามชนิดแบคเตอร์ร่วม ประกอบด้วยคอร์ค 2 ชุด เป็นคอร์คตอบรับ (Answer cord) และคอร์คเรียก (Call cord) ในคอร์ค 2 ชุด จะมีสายตัวนำ คือ TIP (T), Ring (R) และ sleeve (S) ลวดตัวนำเส้น TIP ของคอร์คทั้ง 2 ชุด ต่อกันและจะต่อไปยังขั้วบวก (ground) ของแบคเตอร์โดยผ่าน Filter network ส่วนลวดตัวนำเส้น Ring ของคอร์คทั้ง 2 ชุด ปล่อยให้ขั้วลบของแบคเตอร์ โดยผ่าน Filter network เช่นกัน สำหรับลวดตัวนำเส้น Sleeve จะไม่ได้ต่อกับอะไร ซึ่งมันจะใช้ต่อกับวงจร Supervisory⁶ สังเกตดูที่คอร์คทั้ง 2 ชุด ที่ปลายจะเป็นอิสระไม่ต่อกับอะไร ปลายที่กล่าวนี้เรียกว่า plug contact ของ plug เรียกว่า tip, Ring, Sleeve เหมือนกัน, plug ที่อยู่ปลายของคอร์คตอบรับเรียกว่า answer plug และใช้สำหรับให้พนักงาน โทรศัพท์ตอบรับการเรียกเข้ามาของโทรศัพท์ลูกข่าย plug ที่ปลายคอร์คสำหรับเรียก เรียกว่า call plug ใช้สำหรับให้พนักงานโทรศัพท์กลางได้เรียกไปยังเครื่องที่ต้องการเรียก



รูปที่ 3.3 วงจรคอร์คและวงจรทางสายของผู้สลับสายโทรศัพท์ชนิดแบคเตอร์ร่วม

จากรูป 3.3 เป็นวงจรทางสาย⁶ (line circuit) ประกอบด้วย line jack ของโทรศัพท์ลูกข่ายแต่ละเครื่องต่อไปยังตู้สลับสายโทรศัพท์โดย plug ของวงจรคอร์คซึ่งพนักงานโทรศัพท์กลางเป็นผู้ต่อ ส่วนมากแล้ววงจรทางสาย (line circuit) ที่ใช้ในตู้สลับสายโทรศัพท์ชนิดแบคเตอร์จะรวมถึงวิธีการที่พนักงานโทรศัพท์กลางส่งสัญญาณเรียกไปยังเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการ เรียก

3.2.1 การเรียกผ่านตู้สลับสายโทรศัพท์

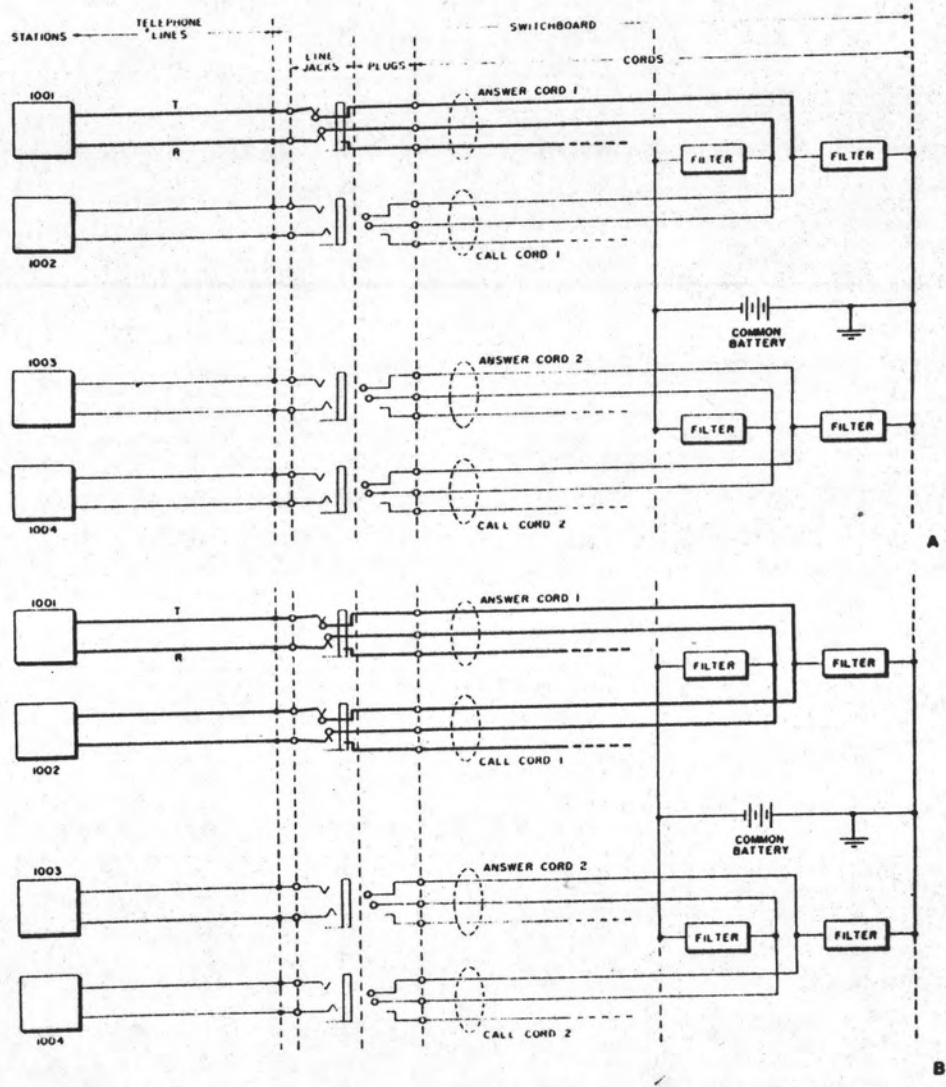
- ขั้นตอนการเรียกจากเครื่องโทรศัพท์ลูกข่ายเลขหมาย 1001 ไปยังเครื่องโทรศัพท์เลขหมาย 1002 ผ่านตู้สลับสายโทรศัพท์ดูจากรูป 3.4 เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางเห็นสัญญาณปรากฏบน line jack ของเลขหมาย 1001 พนักงานก็จะตอบรับโดยใช้คอร์คตอบรับวงจร 1 เสียบเข้าไปยัง line jack

- เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางทราบความต้องการของผู้เรียกให้ต่อ เลขหมาย 1002 ก็จะใช้คอร์ค เรียกของวงจรคอร์คชุดเดียวกันกับที่ใช้ตอบรับ เสียบเข้าไปยัง line jack ของเลขหมาย 1002 แล้วกด ring key สัญญาณเรียกก็จะไปยังเครื่องโทรศัพท์เลขหมาย 1002 เมื่อเครื่องโทรศัพท์เลขหมาย 1002 ตอบรับสัญญาณเรียกก็จะหยุด

- วงจรทางผ่านในการสนทนาของเครื่องโทรศัพท์เลขหมาย 1001 และเลขหมาย 1002 จะผ่านจากเลขหมาย 1001 ไปตามสายเส้น TIP ของสายโทรศัพท์ไปยังสายเส้น TIP ของ Contact ชุด line jack และไปตามคอร์คตอบรับ (Answer cord) และคอร์คเรียก (call cord) ของ call plug และ line jack ของโทรศัพท์เลขหมาย 1002 ไปตามสายเส้น TIP ของสายโทรศัพท์เครื่องเลขหมาย 1002 ไปยังเครื่องโทรศัพท์ตามสายเส้น Ring ของเลขหมาย 1002 ผ่านไปตาม Ring contact ของ line jack และ call plug ผ่านไปตามสายเส้น Ring ของ answer plug และ line jack ของเครื่องโทรศัพท์เลขหมาย 1001 และผ่านครบวงจรที่ด้าน Ring ของโทรศัพท์เลขหมาย 1002 เครื่องทั้งสองก็สามารถสนทนากันได้ตามต้องการ

3.3 การออกแบบตัดแปลงตู้สลับสายโทรศัพท์ SB-86/P ตามที่ต้องการ

โดยอาศัยหลักการทำงานและระบบวงจรต่าง ๆ ของตู้สลับสายโทรศัพท์ชนิดแบคเตอร์ร่วม (Common Battery) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้นบทนี้ จะได้ตัดแปลงและทำการออกแบบส่วนประกอบวงจรต่าง ๆ ของระบบใหม่ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.4 แสดงการเรียกของเครื่องโทรศัพท์ 2 เลขหมายผ่านตู้สลับสาย

จากรูปที่ 3.5 คือ Universal Cord Circuit⁷ เป็นชุด Cord ที่พัฒนามาใช้กับ
คู่สลับสายโทรศัพท์สนามแบบ SB-86/P ที่ได้พัฒนาขึ้นมาพนักงานโทรศัพท์กลางจะใช้คอร์คชุดนี้เป็น
ตัวเชื่อมต่อวงจร เครื่องโทรศัพท์ผ่านคู่สลับสายจะได้พิจารณาถึงการใช้งานของคอร์คดังต่อไปนี้

- เมื่อมีโทรศัพท์ถูกข้ายเรียกเข้ามาโดยยกปากพูดหูฟังขึ้นจากที่รองรับ พนักงานโทรศัพท์
กลางเห็นสัญญาณดวงไฟ line lamp ติด เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางเสียบคอร์คตอบรับจะทำให้
ดวงไฟสัญญาณดับ สายตัวนำเส้น sleeve ในวงจรคอร์คที่ติดตั้งใหม่นี้จะต่ออยู่กับกราวด์
(Ground) ดังนั้นในขณะที่พนักงานโทรศัพท์กลางเสียบ Plug เข้าไปยัง Line jack ของ
เลขหมายใด จะทำให้ครบวงจรรีเลย์ RS เมื่อ Relay RS ทำงาน Contacts จะทำหน้าที่
ดังนี้.-

- Contacts 1-2 . ทำให้ครบวงจร Answer Cord Supervisory Lamp
- Contacts 21-22 และ 24-25 ทำให้ครบวงจรรีเลย์ RB รีเลย์ RB ทำงาน
จะจ่ายแบตเตอรี่ไปยังคอร์ครับ (Answer Cord)
- Contacts 3-4 จะตัดวงจรดวงไฟตอบรับ

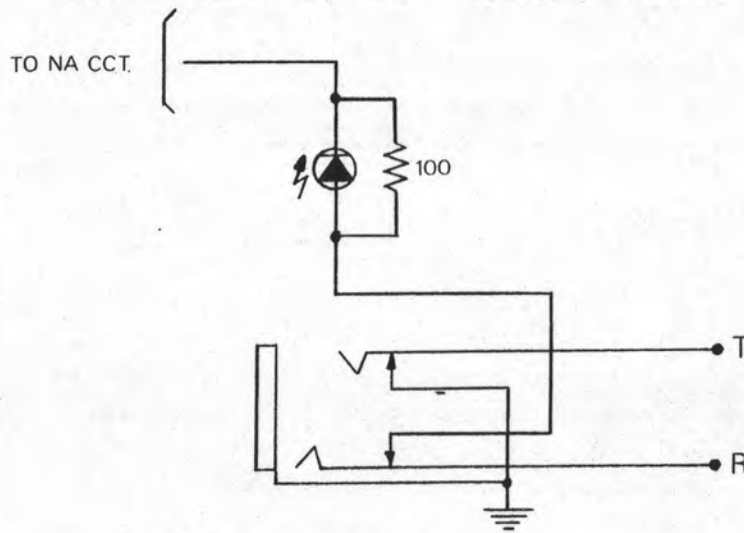
เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางต้องการ เรียกไปยังเครื่อง เลขหมายที่ต้องการก็จะใช้คอร์ค
เรียกเสียบไปยัง Line Jack ของเลขหมายที่ต้องการ สายตัวนำเส้น T และ R ของคอร์คเรียก
จะต่อจ่ายแบตเตอรี่ไปยังวงจร กราวด์ (Ground) บนเส้นตัวนำ Sleeve ของ Line Jack
เลขหมายจะทำให้ครบวงจรรีเลย์ FS Contacts ของรีเลย์ FS จะทำหน้าที่ดังนี้

- Contact 1-2 ปิดทำให้ครบวงจรดวงไฟสัญญาณเรียก
- Contact 21-22 และ 24-25 เต็มวงจรของรีเลย์ FB และจ่ายไฟไปยังเครื่อง
ที่ถูกเรียก

การเรียกพนักงานโทรศัพท์กลางจะผลึก Talk-Ring สวิตช์ไปยังตำแหน่ง Ring
พร้อมทั้งหมุนเครื่องกำเนิดกระแสกริ่ง (Hand generator) เมื่อเครื่อง เลขหมายที่ถูก เรียกตอบ
รับรีเลย์ FB จะทำงาน

- Contact 3-4 จะตัดวงจรดวงไฟสัญญาณเรียกดวงไฟจะดับ
เครื่องโทรศัพท์ทั้งสองก็สามารถสนทนากันได้โดยมีวงจรคอร์ค เป็นตัวเชื่อม

3.3.2 วงจรทางสายของตู้สลับสายโทรศัพท์แบบแบตเตอรี่ร่วม



รูปที่ 3.6 Switchboard Common Battery Line Circuit

จากรูป 3.6 เป็นวงจรทางสายของตู้สลับสายโทรศัพท์แบบแบตเตอรี่ร่วม ซึ่งได้ทำการ ออกแบบและติดตั้งวงจรใหม่ การทำงานในการเรียกเข้า เมื่อเครื่องโทรศัพท์ถูกขยับยกปากหู ดึงขึ้นจากรองรับทำให้สายเส้น T และ R ครบวงจร โดยจะส่ง Ground มาตามสายเส้น T ผ่านเครื่องโทรศัพท์ที่ยกหูผ่านมาตามสายเส้น R ผ่าน Line Lamp ไปได้แบตเตอรี่ที่ Night Alarm Circuit ดวงไฟก็จะติดเมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางเห็นสัญญาณไฟเรียกเข้าก็จะเสียบ คอร์ดรับดวงไฟสัญญาณก็จะถูกตัดวงจรออก พนักงานโทรศัพท์กลางก็สามารถสนทนากับ เครื่องโทรศัพท์ เลขหมายที่เรียกเข้ามาได้

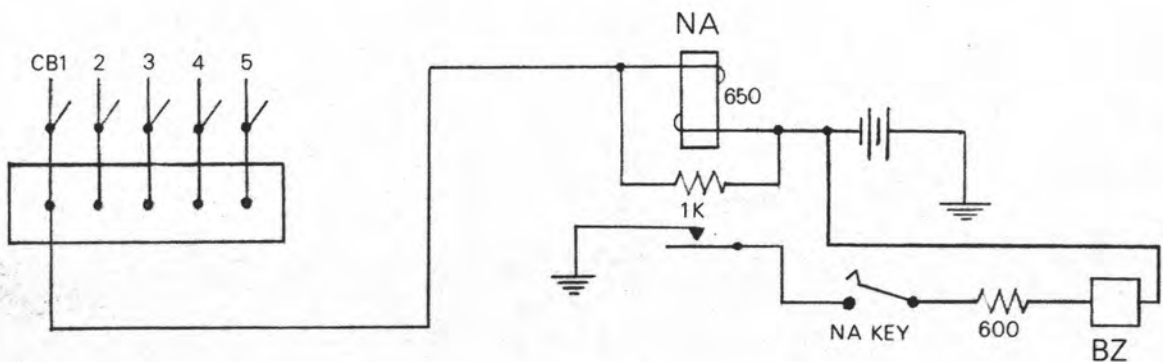
3.3.3 วงจรพนักงานตู้สลับสายโทรศัพท์

จากรูป 3.7 เป็นวงจรของพนักงานตู้สลับสายโทรศัพท์ มีการทำงานดังต่อไปนี้

- เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางเสียบชุด Head Set เข้าไปยัง Operator's Jack แบตเตอรี่ ผ่านขดลวด b-d ของ Retard Coil (RE)⁸ ไปตาม Jack และ Cord ผ่าน ชุดปากหูของ Head Set ไปตามสายเส้น Tip ของคอร์ดและแจ๊คผ่านขดลวด 1-2 ของ Induction-Coil และผ่านขด a-c ของ Retard Coil (RE) ไปได้ Ground
- หูฟังของชุด Head Set ต่อक्रमขดลวด 4-5 ของ Induction Coil และ Sleeve ของแจ๊ค (Jack) และคอร์ด (Cord)
- ขดลวด RE เตรียมจ่ายแบตเตอรี่ให้กับคอนเดนเซอร์ (Condenser) C1 และ C2

- เมื่อผู้ที่เรียกเข้ามาต่อผ่านวงจรคอร์คอร์ด (Cord Circuit) พูดกับพนักงานโทรศัพท์กลางจะเกิดเปลี่ยนแปลงของแรงเคลื่อนไฟฟ้าผ่านขดลวด 4-5 ของ Induction Coil ทำให้พนักงานโทรศัพท์กลางได้ยินเสียง เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงผ่านชุดหูฟัง (Receiver)
- เมื่อพนักงานโทรศัพท์กลางพูดเข้าไปที่ปากพูด (Transmitter) กระแสพูดไหลผ่านขด 1-2 ของ Induction Coil ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าของคอนเดนเซอร์ C_1 และ C_2 ทำให้กระแสของความถี่เสียงถูกพาท์ (Carrier) ไปตามสายเส้น T และ R ของคอร์คอร์ดไปยังเครื่องที่เรียกเข้ามา
- คอนเดนเซอร์ $C_4, 5$ และ 6 ต่อคร่อมกับแมตเตอร์ที่จ่ายให้กับขด a และ b ของ RE เพื่อเป็นการลดค่าความต่างศักย์ที่อาจมากเกินไปที่คร่อมขั้ว a และ b เนื่องจากศักย์ของสัญญาณความถี่เสียงที่จ่ายให้กับวงจรคร่อมสายเส้น T และ R ดังนั้นจึงเป็นการป้องกันการเกิดเสียงแว่ว (Crosstalk) ที่เกิดจากวงจร พนักงานโทรศัพท์กลางที่อยู่ติดกัน
- Varistor ที่ต่อคร่อมสายเส้น Ring และ Sleeve ของ Jack ใช้ป้องกันเกิดเสียงคลิก (Click) หรือเสียงรบกวนที่อาจจะเกิดขึ้นที่หูฟัง เป็นการรบกวนพนักงานโทรศัพท์

3.3.4 วงจร Switch board Night Alarm



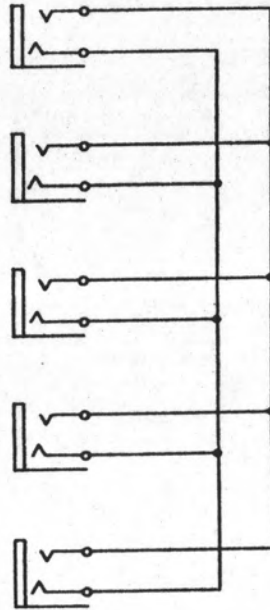
รูปที่ 3.8 Switchboard Night Alarm Circuit

จากรูป 3.8 เป็นวงจรสัญญาณแสดงให้พนักงานทราบในเวลากลางคืนว่ามีผู้เรียกเข้ามา มีหลักการทำงานดังนี้

- เมื่อมีผู้เรียกเข้ามาโดยการยกปากพูดหูฟังขึ้นจากที่รองรับกราวด์ (Ground) จะส่งผ่านไปที่ Line Pilot Bus ทำให้ครบวงจรของรีเลย์ NA

- รีเลย์ NA ทำงานทำให้ครบวงจรออด (Buzzer) เกิดสัญญาณเสียงขึ้น พนักงานโทรศัพท์กลางที่ปฏิบัติงานอยู่อาจจะลุกออกจากตู้สลับสายเพื่อกิจธุระที่จำเป็นก็จะได้ยินเสียงสัญญาณกลับมารับโทรศัพท์ได้ทันที

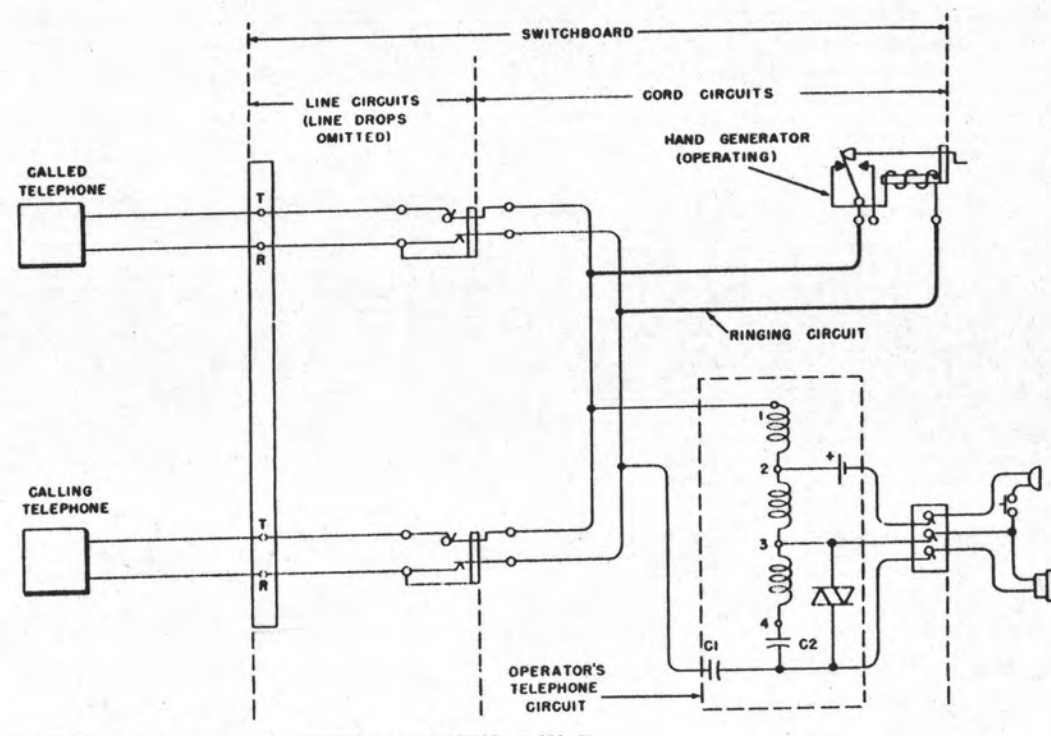
3.4 วงจรประชุม



รูปที่ 3.9 การต่อแจ้งคนนานในวงจรประชุม

จากรูปที่ 3.9 เป็นการต่อวงจรประชุมในตู้สลับสายโทรศัพท์ที่ได้ทำการดัดแปลงขึ้นมาใหม่ เครื่องโทรศัพท์เลขหมายหนึ่งสามารถที่จะสนทนากับโทรศัพท์เลขหมายใด ๆ ได้ 2 เครื่องหรือมากกว่าในเวลาเดียวกันจะเห็นว่าทุก ๆ สายจะต่อขนานถึงกันหมด ในการประชุมก็จะใช้วงจรคอร์ด (Cord Circuit) เป็นตัวเชื่อม

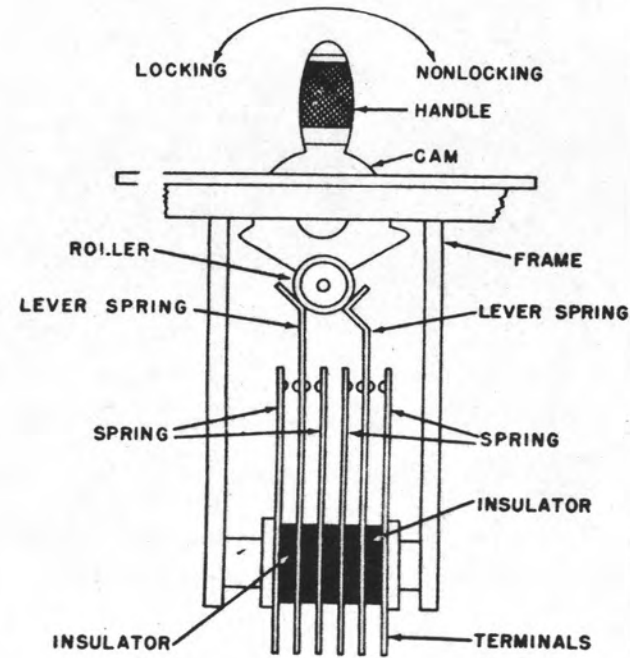
3.5 วงจรรีงเรียก



รูปที่ 3.10 วงจรรีงเรียก

จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรรีงเรียกที่พนักงานโทรศัพท์กลางใช้เรียกไปยังเครื่องเลขหมายที่ต้องการเรียก เส้นหนักที่แสดงในรูปเป็นวงจรรีง (Ringing Circuit) หรือวงจรสัญญาณ (Signaling Circuit) ในวงจรประกอบด้วยเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Hand Generator) สวิตช์ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Hand Generator Switch) ต่ออยู่กับวงจรคอร์ค คาปาซิเตอร์ C1 ในวงจรพนักงานโทรศัพท์มีไว้เพื่อจำกัดกระแสแฉกริ่ง 20 ไซเคิล (Cycle) ผ่านเข้าหูฟังของพนักงาน การเรียกเครื่องโทรศัพท์ที่ต้องการ พนักงานโทรศัพท์กลางหมุนคันหมุนของเครื่องกำเนิดสัญญาณ เครื่องกำเนิดสัญญาณผลิตกระแสแฉกริ่ง 20 Cycle ผ่าน Call Plug ของวงจรคอร์ค ผ่านวงจรทางสาย Line Circuit และเครื่องโทรศัพท์ไปยังกระดิ่งของเครื่องที่ถูกเรียก กระดิ่งดัง เครื่องที่ถูกเรียกยกหูรับก็สามารถสนทนากันได้ตามต้องการ

3.6 สวิตช์กระเดื่องคู่สลับสายโทรศัพท์



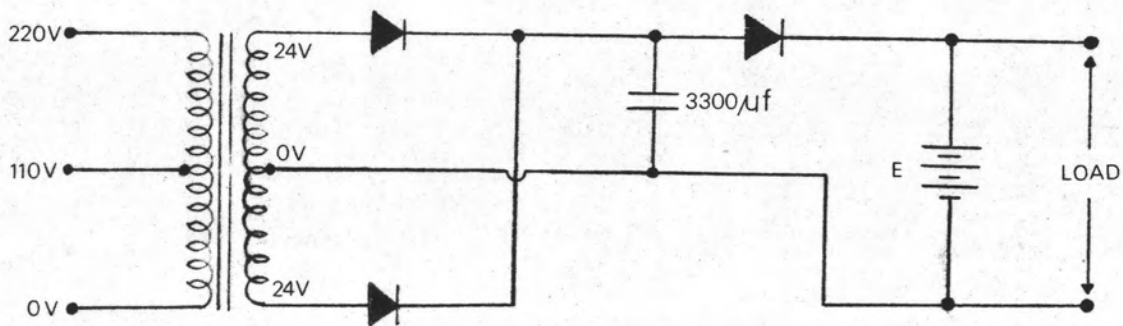
รูปที่ 3.11 สวิตช์กระเดื่องของคู่สลับสายโทรศัพท์

จากรูป 3.11 เป็นสวิตช์กระเดื่องหรือ Talk-Ring สวิตช์ที่อยู่ในคู่สลับสายโทรศัพท์นี้อาจจะแยกเป็น Locking และ Nonlocking หรือรวมทั้ง Locking และ Nonlocking อยู่ในอันเดียวกัน ตามข้อ 3.6 นี้เป็นแบบรวมกัน เมื่อหลักไปยังตำแหน่ง Locking (Talk) จะยังคงทำงานอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะพนักงานโทรศัพท์กลางจะหลักกลับสู่ตำแหน่งเดิม เมื่อหลักไปยังตำแหน่ง Nonlocking (Ring) แล้วปล่อยสวิตช์ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิมโดยอัตโนมัติ

3.7 ชุด Power Supply

ชุด Power Supply ที่จ่ายให้กับคู่สลับสายโทรศัพท์ปกติแล้วจะใช้ Storage Battery เป็น Auxilary Power Source มีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 24 Volt หรือ 48 Volt ขึ้นอยู่กับแบบของชุมสายโทรศัพท์ที่ใช้จำนวน Ampere-Hour ขึ้นอยู่กับการใช้งานของชุมสายโทรศัพท์

การจ่ายไฟให้กับระบบโทรศัพท์จำเป็นต้องรักษาแรงดันไฟฟ้าให้คงที่อยู่เสมอ โดยใช้อุปกรณ์เพิ่มประจุ (Charging Equipment) เพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขณะที่แรงดันต่ำกว่าปกติ ในการออกแบบชุด Power Supply ที่จะใช้กับตู้สลับสายโทรศัพท์ SB-86/P ที่ได้ทำการดัดแปลงขึ้นใหม่นี้เป็นชุดเครื่องดัดกระแส (Rectifier) ที่ใช้จ่ายไฟให้กับตู้สลับสายโทรศัพท์และเครื่องโทรศัพท์ลูกข่าย



รูปที่ 3.12 Full wave Rectifier