หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

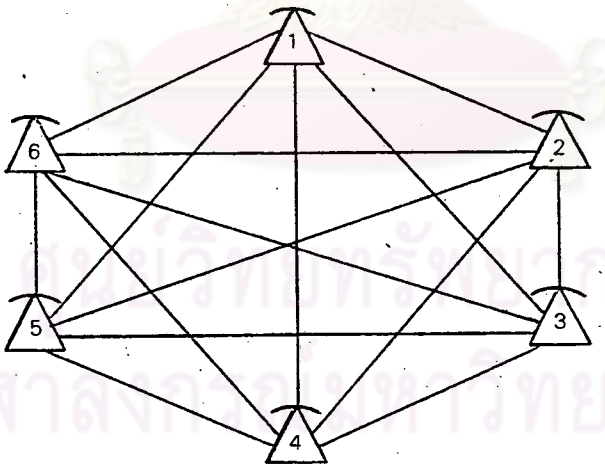
# บทที่ 2

## หลักการของตู้สลับสายโทรศัพท์สนาม

### 2.1 คำนำ

ในการส่งข่าวสาร (Information) นั้น จะต้องมีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือสัญญาณ (Signal) และตัวกลาง (Medium) สำหรับการติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ เราใช้สาย(Transmission Line) เป็นตัวกลางในการส่งสัญญาณ เครื่องโทรศัพท์เป็นเครื่องมือสื่อสารโดยใช้ไฟฟ้า โดยวิธีการเปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นคลื่นไฟฟ้าจากเครื่องส่งหรือปากพูด (Transmitter) ไปยังเครื่องรับหรือหูฟัง (Receiver) และจากเครื่องรับก็เปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าให้กลับเป็นคลื่นเสียงต่อไป ทั้งนี้โดยอาศัยสายเป็นสื่อนำคลื่นไฟฟ้า

ในช่วงแรกของวิชาการโทรศัพท์ ข่ายสาย (Network) ได้ถูกออกแบบให้แต่ละเลขหมายสามารถติดต่อไปยังเลขหมายอื่นๆทุกเลขหมายได้โดยผ่านทางสาย ดังแสดงในรูปที่ 2.1




รูปที่ 2.1 Mesh-shaped networks

จากรูปที่ 2.1 เมื่อผู้เรียกต้องการติดต่อไปยังเลขหมายใด ก็สามารถทำได้โดยการกดปุ่มสวิทช์เรียกไปยังเลขหมายนั้น เมื่อผู้ถูกเรียกยกหูตอบรับก็สามารถสนทนากันได้ กระแสไฟที่ใช้ได้มาจากแบตเตอรีภายในเครื่องโทรศัพท์ (Telephone set)ซึ่งเราเรียกโทรศัพท์แบบนี้ว่า

โทรศัพท์แบบแบตเตอรีประจำเครื่อง (Local Battery Telephone)

การต่อข่ายสายแบบ Mesh-shaped Network[6] จะเห็นว่า ถ้าจำนวนเลขหมายเพิ่มขึ้น จำนวนสายที่ต่อถึงกันก็ย่อมมากขึ้นด้วยเป็นหลายเท่าทวีคูณ ซึ่งสามารถคำนวนจำนวนสายโดยใช้สูตร

$$\text{จำนวนสายทั้งหมด} = \frac{n(n-1)}{2} \qquad (n = \text{จำนวนเลขหมาย})$$

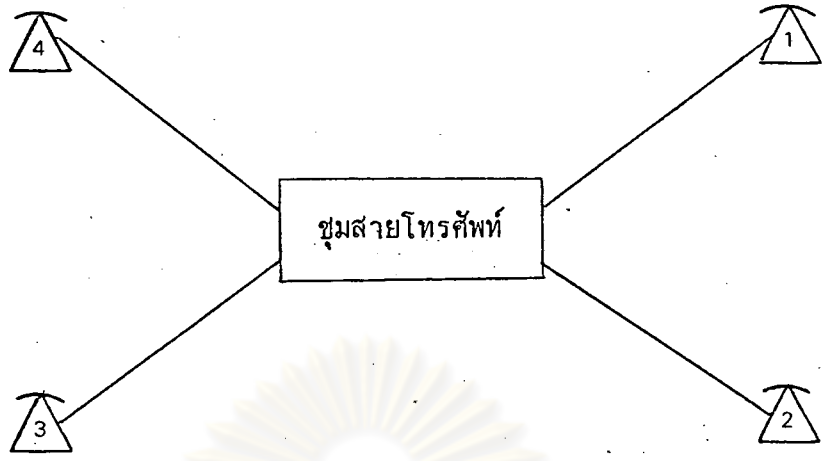
จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าเมื่อจำนวนเลขหมายเพิ่มขึ้น จำนวนสายก็เพิ่มขึ้นมากมาย แต่ว่าเปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของสายในเวลาพร้อมๆกันจะลดลง ตัวอย่างเช่น จำนวนเลขหมาย 1,000 เลขหมาย จะมีทางสาย 499,500 ทางสาย ในโอกาสที่จะใช้ทางสายพร้อมๆกัน 500/499,500 = 0.1 เปอร์เซ็นต์

| จำนวนเลขหมาย n | จำนวนทางสาย $\frac{n(n-1)}{2}$ | เปอร์เซ็นต์การใช้ประโยชน์ของทางสายในเวลาเดียวกัน (%) |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 100 |
| 6 | 15 | 20 |
| 10 | 45 | 11 |
| 100 | 4,950 | 1 |
| 1,000 | 499,500 | 0.1 |

ตารางที่ 2.1

ต่อมาจึงได้เกิดเครื่องชุมสายโทรศัพท์ขึ้น โดยผู้ใช้โทรศัพท์แต่ละเลขหมายจะถูกต่อทางสายเข้าไปยังเครื่องชุมสายโทรศัพท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 เราเรียกข่ายสายแบบนี้ว่า Star-shape network[6] การติดตั้งเครื่องชุมสายโทรศัพท์นั้นประหยัดกว่า

การออกแบบข่ายสายแบบ Star-shape network นั้น จะใช้สายโทรศัพท์ 1 คู่-สายต่อ 1 เลขหมาย และแต่ละเลขหมายจะถูกต่อเข้ามายังเครื่องชุมสายโทรศัพท์ หน้าที่ในการ




รูปที่ 2.2 Star-Shape Network

ต่อวงจร (Switching function) จะเป็นหน้าที่ของเครื่องชุมสายโทรศัพท์ โดยผู้เรียก (Calling subscriber) จะเป็นผู้กำหนดว่า ต้องการติดต่อกับผู้ถูกเรียก (Called Subscriber) เลขหมายใด ด้วยการบอกพนักงานสลับสาย (Operator) สำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์แบบใช้พนักงานต่อ (Manual switchboard) หรือด้วยการหมุนเลขหมายสำหรับเครื่องชุมสายโทรศัพท์แบบอัตโนมัติ (Automatic switching)

## 2.2 คุณลักษณะของตู้สลับสายโทรศัพท์สนาม

ตู้สลับสายโทรศัพท์สนาม แบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ

- ระบบแบตเตอรีประจำเครื่อง (Local battery system)
- ระบบแบตเตอรีร่วม (Common battery system)

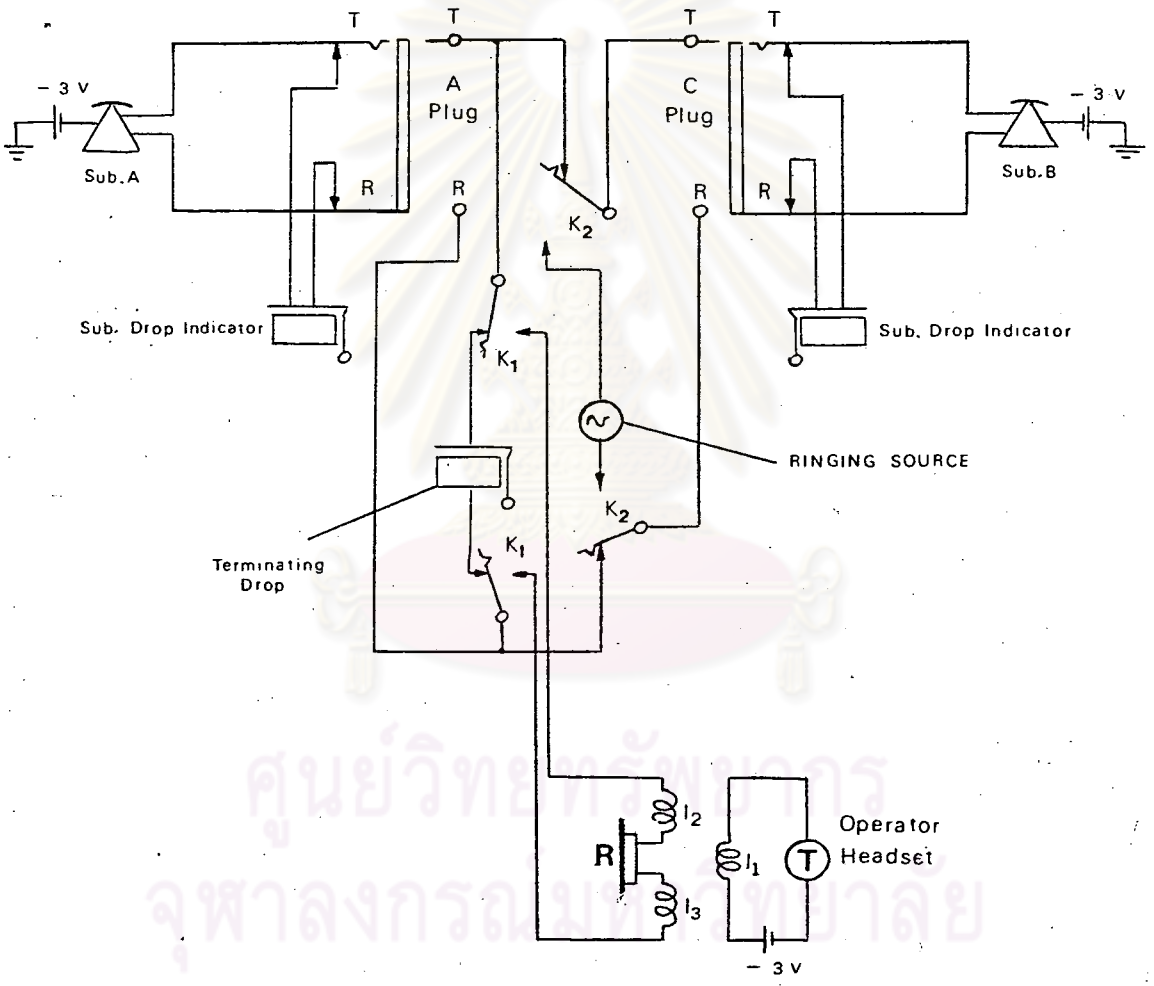
### 2.2.1 ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีประจำเครื่อง มีคุณลักษณะที่สำคัญคือ

- มีแบตเตอรีประจำที่เครื่องโทรศัพท์ทุกเครื่องและมีที่ตู้สลับสายด้วย
- มีแหล่งกำเนิดสัญญาณเรียก (Magneto generator) ที่โทรศัพท์ทุกเครื่อง และมีที่ตู้สลับสายด้วย
- การเรียกระหว่างโทรศัพท์สองเครื่อง จะเรียกเข้าหากันโดยตรง หรือเรียกผ่านตู้สลับสายก็ได้

2.2.2 ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีร่วม มีคุณลักษณะที่สำคัญคือ

- มีแบตเตอรีที่ตู้สลับสายเพียงแห่งเดียว
- มีแหล่งกำเนิดสัญญาณเรียกที่ตู้สลับสายเท่านั้น
- การเรียกระหว่างโทรศัพท์สองเครื่องต้องเรียกผ่านตู้สลับสาย จะเรียกเข้าหากันเองโดยตรงไม่ได้

2.3 หลักการทำงานของตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีประจำเครื่อง




รูปที่ 2.3 วงจรตู้สลับสายโทรศัพท์ระบบแบตเตอรีประจำเครื่อง

รูปที่ 2.3 เป็นวงจรตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีประจำเครื่อง หลักการทำงานของวงจรและวิธีต่อโทรศัพท์ อธิบายได้ดังนี้

เมื่อผู้เรียก (Calling subscriber) ต้องการติดต่อไปยังผู้ถูกเรียก (Called subscriber) โดยผ่านตู้สลับสายซึ่งจะมีพนักงานสลับสาย (Operator) เป็นผู้ต่อให้ ผู้เรียกจะต้องหมุน Magneto generator ที่มีอยู่ที่เครื่องโทรศัพท์ แล้วจึงยกปากพูดหูฟัง (Handset) การที่ผู้เรียกหมุน Magneto generator ก็เพื่อที่จะให้เกิดกระแสไฟสลับส่งออกจากเครื่องโทรศัพท์ไปยังตู้สลับสาย เพื่อที่จะทำให้ Subscriber drop indicator ทำงาน (สำหรับ Magneto generator นี้ ถ้าหมุนได้ 950 รอบต่อนาที จะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากกว่า 55 โวลท์)

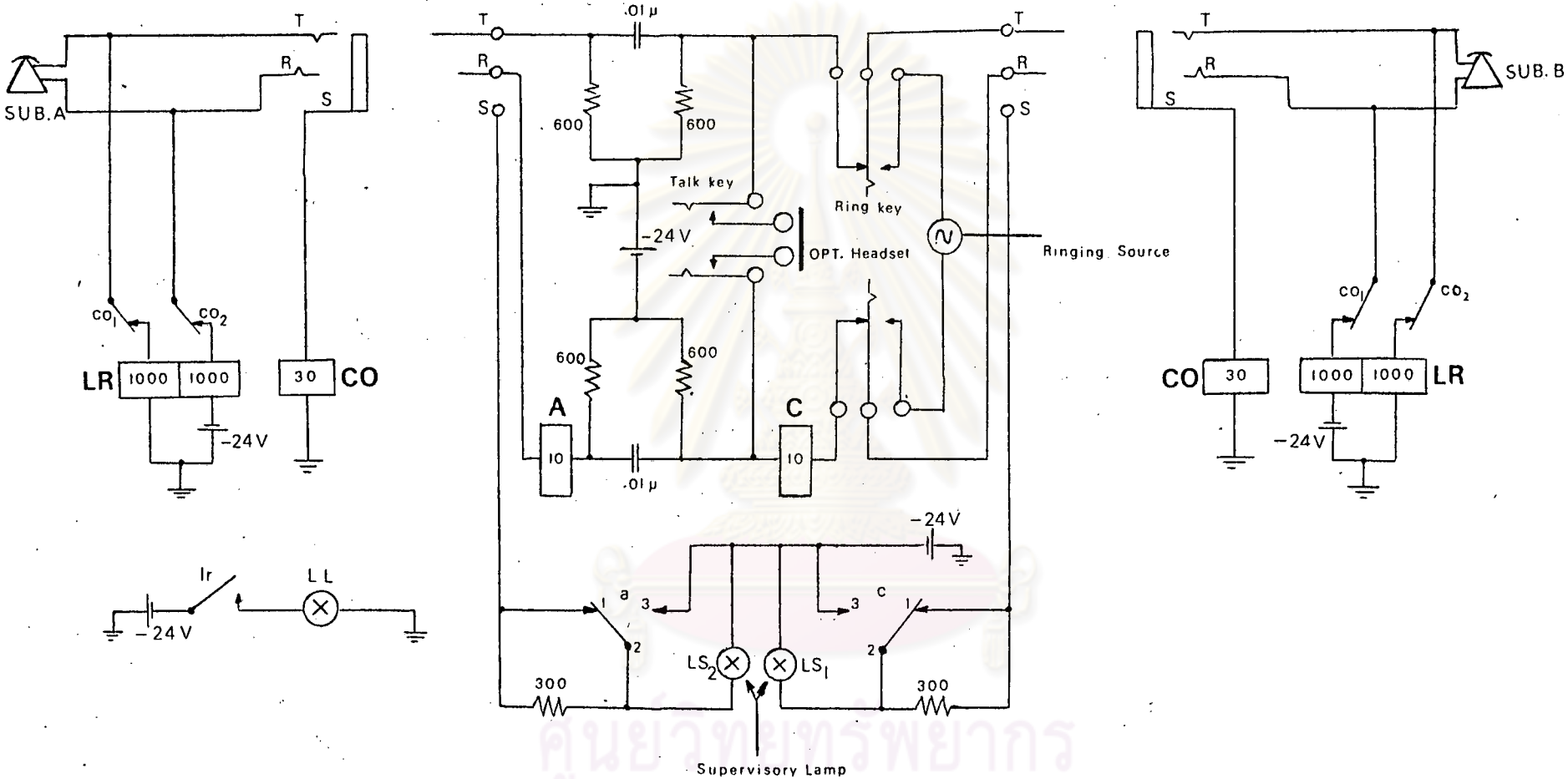
เมื่อ Subscriber drop indicator ทำงาน Drop indicator จะร่วงลงมา พนักงานสลับสายซึ่งนั่งอยู่หน้าตู้สลับสาย ก็จะทราบได้ทันทีว่าผู้เรียกเป็นหมายเลขที่เท่าไร พนักงานสลับสายก็จะใช้ A-Plug (Answering Plug) เสียบเข้าไปใน Jack ที่ตรงกับเลขหมายของผู้เรียก แล้วพนักงานสลับสายก็กด Talk key ก็ทำให้สามารถพูดกับผู้เรียกได้

เมื่อพนักงานสลับสายทราบความประสงค์ของผู้เรียกว่าต้องการติดต่อกับเลขหมายใดแล้ว พนักงานสลับสายก็ใช้ C-Plug (Calling Plug) เสียบเข้าไปใน Jack ให้ตรงกับเลขหมายของผู้ถูกเรียก แล้วพนักงานสลับสายก็กด Key ชุดเดียวกันนั้นในทิศทางตรงกันข้ามกับครั้งแรก เพื่อที่จะส่งสัญญาณเรียก (A.C.20 $H_z$ Interrupted) จนกว่าจะมีผู้มารับสาย ผู้เรียกและผู้ถูกเรียกก็สามารถสนทนากันได้โดยผ่านวงจรคอร์ด (Cord) ของตู้สลับสาย

เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ทั้งสองเลิกสนทนากันแล้วฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งจะต้องหมุน Magneto generator กลับเข้ามายังตู้สลับสายอีกครั้งหนึ่ง เพื่อบอกให้พนักงานสลับสายทราบว่าเลิกใช้โทรศัพท์แล้ว การที่ต้องหมุน Magneto generator อีกครั้งหนึ่งก็เพื่อที่จะทำให้ Terminating drop ทำงาน ซึ่งจะทำให้พนักงานสลับสายทราบทันทีว่าคู่สายนั้นเลิกใช้โทรศัพท์แล้ว พนักงานสลับสายก็จะดึง A-Plug และ C-Plug ออก เป็นอันเสร็จสิ้นการต่อโทรศัพท์ แต่ถ้าหากว่าผู้ใช้โทรศัพท์เลิกสนทนากันแล้วไม่ได้หมุน Magneto generator อีกครั้งหนึ่ง พนักงานสลับสายก็สามารถตรวจสอบการสนทนาโดยใช้ Monitor key ได้

## 2.4 หลักการทำงานของตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีร่วม

ตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีร่วมนี้จะใช้รีเลย์ (Relay ) เข้ามาประกอบเป็นวงจรเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์สวิทช์ในการตัดต่อ แหล่งจ่ายไฟที่ใช้ก็เป็นกระแสไฟตรง 24 โวลท์



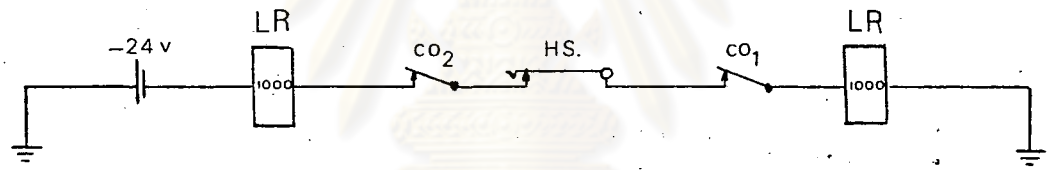

รูปที่ 2.4 วงจรตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีร่วม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ่ายออกจากตู้สลับสายโดยตรง ตัวแสดงการเรียกก็เปลี่ยนจาก Drop Indicator มาเป็นดวงไฟ (Lamp Indicator) แทน ระบบนี้จะมีความคล่องตัวในการใช้งานมากกว่าระบบที่กล่าวมาแล้วดังในข้อ 2.3

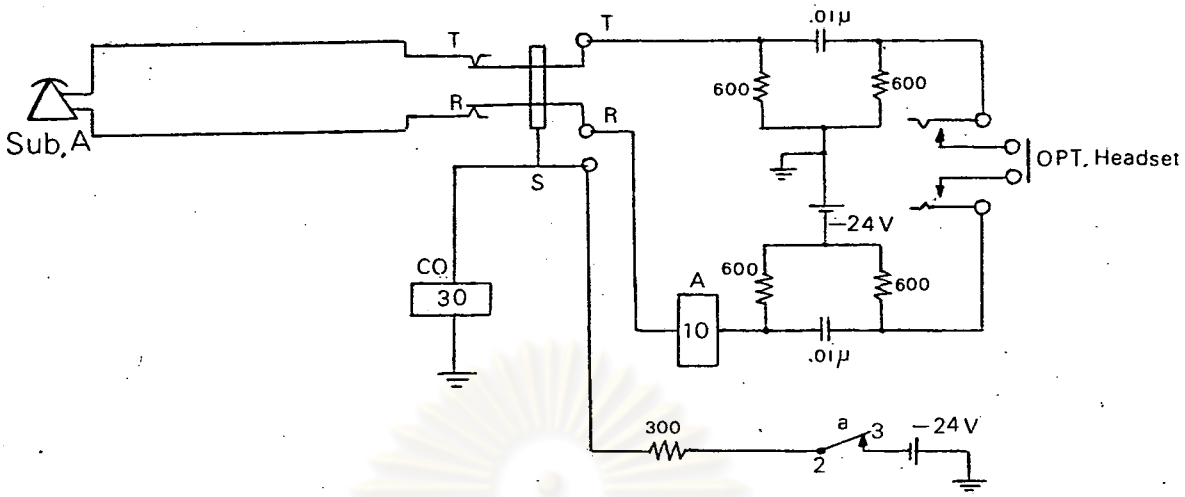
รูป 2.4 เป็นวงจรตู้สลับสายโทรศัพท์สนามระบบแบตเตอรีร่วม หลักการทำงานของวงจรและวิธีการต่อโทรศัพท์ อธิบายได้ดังนี้

เมื่อผู้เรียกยกปากพูดหูฟังขึ้นจากที่รองรับของเครื่องโทรศัพท์สนาม Hook switch จะทำให้ครบวงจรของ Line Relay (LR) กล่าวคือ กระแสไฟจากแบตเตอรี -24 โวลท์ ผ่าน Relay LR ทุ่นที่ 1 ผ่าน Contact $co_1$ ไปเข้าสายเส้น R (Ring line) ของเครื่องโทรศัพท์ ผ่าน Hook switch ออกมาทางสายเส้น T (Tip line) ผ่าน Contact $co_2$ และผ่าน Relay LR ทุ่นที่ 2 ลง Ground ครบวงจร



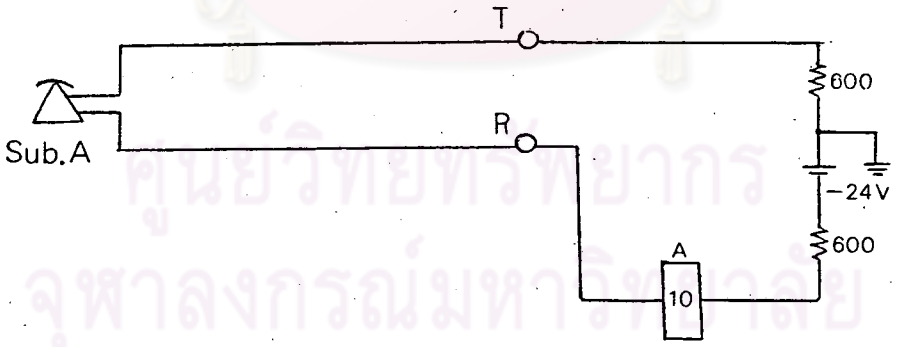

รูปที่ 2.5 วงจรการทำงานของ Relay LR

เมื่อ Relay LR ทำงาน Contact ของ Relay LR คือ lr ก็จะปิดวงจรทำให้ดวงไฟ Line lamp ติดสว่าง พนักงานสลับสายก็จะทราบได้ทันทีว่า ขณะนี้มีผู้ใช้โทรศัพท์เรียกเข้ามาแล้ว พนักงานสลับสายก็จะใช้ Cord circuit คู่ใดคู่หนึ่งที่ว่าง โดยเอา Answering Plug เสียบเข้าไปยัง Jack ตามเลขหมายของผู้เรียก และกด Talk key (Press to talk) เพื่อสนทนากับผู้เรียก และถามความประสงค์ของผู้เรียกว่าต้องการต่อไปที่เลขหมายใด วงจรการสนทนาระหว่างผู้เรียกกับพนักงานสลับสายเป็นดังนี้



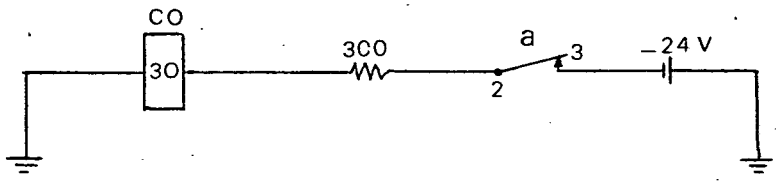

รูปที่ 2.6 วงจรการทำงานของผู้เรียกกับพนักงานสลับสาย

การที่พนักงานสลับสายเสียบ Plug เพื่อที่จะสนทนากับผู้เรียกนั้น ทำให้วงจรของ Supervisory relay คือ Relay A ทำงานได้โดยผ่านวงจรของผู้เรียก และ Contact ของ Relay A จะเปลี่ยนตำแหน่งจาก a 2-1 มาเป็น a 2-3 ซึ่งจะมีผลทำให้ Relay CO (Cut off Relay) ทำงาน เมื่อ Relay CO ทำงาน Contact ของ Relay CO คือ $co_1$ และ $co_2$ จะจากออก เพื่อทำให้ Relay LR หยุดทำงาน และจะมีผลทำให้ดวงไฟ Line-lamp ดับ



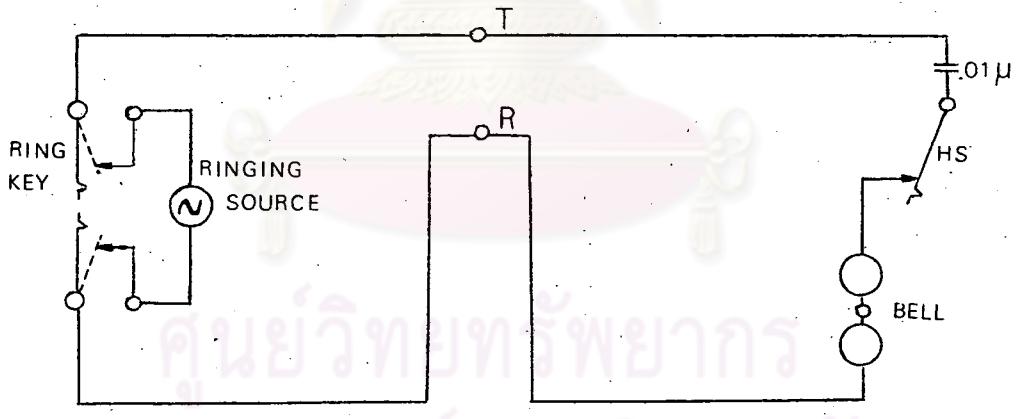

รูป 2.7 วงจรการทำงานของ Relay A

013193




รูปที่ 2.8 วงจรการทำงานของ Relay CO

เมื่อพนักงานสลับสายทราบความประสงค์ของผู้เรียกว่าต้องการติดต่อไปยังเลขหมายใด พนักงานสลับสายก็จะตรวจสอบเลขหมายของผู้ถูกเรียกว่าว่างหรือไม่ ถ้าไม่ว่างพนักงานสลับสายก็จะบอกผู้เรียกได้ทันทีว่า เลขหมายของผู้ถูกเรียกไม่ว่างแต่ถ้าเลขหมายของผู้ถูกเรียกว่าง พนักงานสลับสายก็จะดำเนินการต่อโทรศัพท์ให้ โดยการใช้ Calling Plug เสียบเข้าไปยัง Jack ตามเลขหมายของผู้ถูกเรียก และกด Ring key (Press to Ring) เพื่อทำการส่งสัญญาณเรียก (Ringing current) ไปยังเครื่องโทรศัพท์ของผู้ถูกเรียก



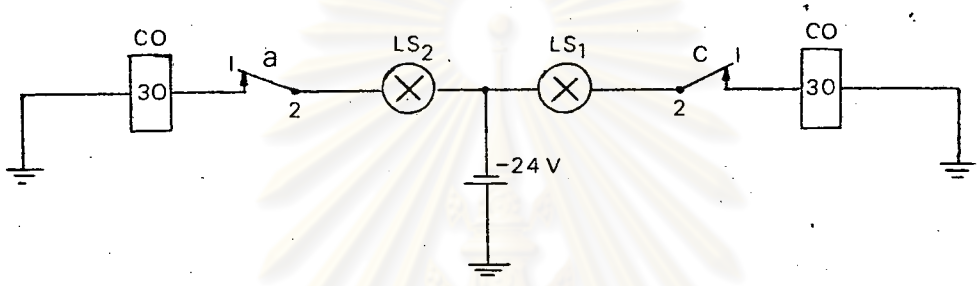

รูปที่ 2.9 แสดงพนักงานสลับสายกด Ring key

ในขณะที่พนักงานสลับสายส่งสัญญาณเรียกไปยังผู้ถูกเรียกนั้น Relay CO ทางด้านผู้ถูกเรียกจะเริ่มทำงาน และในเวลาเดียวกันนั้น ควงไฟ Supervisory lamp ($LS_1$) จะติดสว่างอยู่จนกว่าผู้ถูกเรียกจะตอบรับ ส่วน Relay C จะทำงานเมื่อผู้ถูกเรียกตอบรับการเรียก

การที่ Relay CO ทำงาน ก็เพื่อที่จะตัดไม่ให้ Relay LR ทำงาน สำหรับวงจรการทำงานของ Relay CO และ Relay C ก็จะทำงานเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อผู้ถูก

เรียกตอบรับ ทั้งผู้เรียกและผู้ถูกเรียกก็สนทนากันได้ เป็นอันเสร็จสิ้นการต่อโทรศัพท์

เมื่อผู้เรียกและผู้ถูกเรียกสนทนากันเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งคู่ก็วางปากพูดหูฟังลงบนเครื่องโทรศัพท์ Hook switch ของเครื่องโทรศัพท์ทั้งสองจะทำให้ Relay A และ Relay C หยุดการทำงาน (Release) Contact ของ Relay A และ Relay C ก็จะกลับสู่ตำแหน่งเดิม คือ a 1-2 และ c 1-2 ทำให้ดวงไฟ Supervisory Lamp คือ $LS_1$ และ $LS_2$ ติดสว่าง




รูปที่ 2.10 วงจรการทำงานของ Supervisory Lamp ($LS_1$ และ $LS_2$)

เมื่อดวงไฟ $LS_1$ และ $LS_2$ ติดสว่าง ก็จะทำให้พนักงานสลับสายทราบได้ทันทีว่าคู่สายนี้เลิกใช้งานแล้ว ก็จะดึง Cord circuit คือ A-Plug และ C-Plug ออกกลับสู่ตำแหน่งเดิม เพื่อบริการให้กับผู้เรียกรายอื่นๆต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย