



การศึกษาสัญญาณอนาล็อกวิดีโอ

THE STUDY OF ANALOG VIDEO SIGNAL

โดย

นายคนุพต หุ่นโสภณ

นายเปาว์ ศรีประเสริฐสุข

วัน เดือน ปี..... 17. ค.ค. 2541
เลขทะเบียน..... 039052
เลขเรียกหนังสือ..... ร. 40293. ๑1211 ก.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039052

การศึกษาสัญญาณอนาล็อกวีดีโอ
THE STUDY OF ANALOG VIDEO SIGNAL



โดย
นายคณพล หุ่นโสภณ 37014118
นายเปาว์ ศรีประเสริฐสุข 37014266
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร. สุวิพล ลิทธิชีวกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาสัญญาณอนาล็อกวิดีโอ

THE STUDY OF ANALOG VIDEO SIGNAL

ผู้จัดทำ

1. นายคณุต หุ่นโสภณ 37014118

2. นายเปาว์ ศรีประเสริฐสุข 37014266



(รศ.ดร.สุวิทย์ สัทธีชีวะภาค)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสัญญาณอะนาล็อกวิดีโอ
THE STUDY OF ANALOG VIDEO SIGNAL

โดย นาย คณพล หุ่นโตภณ 37014118
นาย เปาว์ ศรีประเสริฐสุข 37014266

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุวิพล ติทธิชีวะภาค

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้ศึกษาสัญญาณอะนาล็อกวิดีโอ โดยได้ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณโดยใช้วงจรดีเทลเอนฮานซ์เซอร์ ซึ่งวงจรนี้จะทำการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณสีและระดับสัญญาณสว่าง และสามารถใช้อุปกรณ์ปรับปรุงสัญญาณที่มีคุณภาพต่ำซึ่งไม่สามารถรับชมภาพทางโทรทัศน์ได้ชัดเจนเป็นสัญญาณที่มีคุณภาพดีขึ้นจนสามารถรับชมได้

ABSTRACT

The project describes about analog video signal for improving the signal by using detail enhancer circuit. The circuit will improve level of chrominance signal and luminance signal. In addition the circuit can improve low quality signal that can't see obviously, to become a better signal at television.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 หลักการของการส่งโทรทัศนสี	2
2.2 การส่งและรับโทรทัศนสีทำได้อย่างไร	3
2.3 การสะท้อนและเรื่องที่เกี่ยวข้อง	8
2.4 สัญญาณโทรทัศนสีประกอบด้วยอะไรบ้าง	14
2.5 โทรทัศนสีระบบเอ็น.ที.ซี.	17
2.6 โทรทัศนสีระบบพี.เอ.แอล.	24
2.7 เทคนิคการสแตรมบลิง	35
2.8 ช่องโทรทัศนสีและเรื่องที่เกี่ยวข้อง	39
2.9 การส่งสัญญาณโทรทัศนสีด้านภาพ	40
2.10 การส่งสัญญาณโทรทัศนสีด้านเสียง	44
2.11 การส่งคลื่นโทรทัศนสีออกอากาศ	45
2.12 มาตรฐานโทรทัศนสีขาวดำ	48
2.13 มาตรฐานโทรทัศนสี	50
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	52
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	59
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป หนังสืออ้างอิง	71

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการลักลอบสัญญาที่ส่งไปให้ผู้ให้บริการที่จ่ายค่าลิขสิทธิ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นจะต้องหาวิธีการที่ทำให้ผู้ให้บริการสามารถรับสัญญาได้ โดยที่บุคคลอื่นไม่สามารถรับสัญญาเพื่อไม่ให้ธุรกิจเกิดการขาดทุนโดยการเปลี่ยนแปลงสัญญาซึ่งมีหลายวิธี และส่งสัญญาในชั้นความถี่สูงเพื่อไม่ให้รับกวนช่องสัญญาต่างๆไป ในปริณยานิพนธ์นี้จะกล่าวถึงเกี่ยวกับวิธีแปลงสัญญาโดยใช้วงจรถิเทเลนฮานเซอร์และวงจรที่แปลงสัญญาให้ชั้นความถี่สูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการของการส่งและการรับโทรทัศน์สี

โทรทัศน์สีกับโทรทัศน์ขาวดำ มีเรื่องราวและหลักการที่คล้ายคลึงกัน มาตรฐานของโทรทัศน์สีจะต้องเข้ากันได้กับมาตรฐานโทรทัศน์ขาวดำในระบบเดียวกันด้วย ประชาชนทั่วไปที่มีทั้งเครื่องรับโทรทัศน์ทั้งแบบโทรทัศน์ขาวดำและแบบโทรทัศน์สี จึงจะสามารถรับชมโทรทัศน์ได้ กล่าวคือ เมื่อสถานีโทรทัศน์ส่งสัญญาณโทรทัศน์สีออกอากาศ นอกจากเครื่องรับโทรทัศน์สีจะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นภาพสีบนจอหลอดคาทอดของเครื่องรับโทรทัศน์สีแล้ว ยังจะต้องทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในเขตบริการ สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นภาพขาวดำบนจอหลอดคาทอดของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในเขตบริการ สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ได้เป็นภาพขาวดำบนจอหลอดคาทอดของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำด้วย ความเข้ากันได้ หรือความสามารถของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในการรับสัญญาณโทรทัศน์สีนี้ มีชื่อพิเศษเรียกว่า compatibility หรือ correct reception of color TV transmission by B/W TV receivers นอกจากนั้นหากสถานีโทรทัศน์ขาวดำส่งสัญญาณโทรทัศน์ออกอากาศ นอกจากเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำในเขตบริการ จะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์นี้ให้ปรากฏเป็นภาพขาวดำได้บนจอหลอดคาทอดของเครื่องรับโทรทัศน์นี้ก็ได้ และมีภาพขาวดำบนจอหลอดคาทอดของเครื่องรับโทรทัศน์สีด้วย ความสามารถในเรื่องนี้ มีชื่อพิเศษเรียกว่า reverse compatibility หรือ correct reproduction of B/W TV transmission by color TV receivers เนื่องด้วยการเลือกใช้มาตรฐานของโทรทัศน์ จะต้องเข้ากันได้กับมาตรฐานของโทรทัศน์ขาวดำ ปัญหาต่าง ๆ ในการรับชมโทรทัศน์จึงไม่เกิดขึ้น สำหรับประเทศไทย ในระยะเวลาที่มีการส่งโทรทัศน์สีกันใหม่ ๆ คงจะยังพอจำกันได้ว่า เมื่อสถานีโทรทัศน์สีไทยทีวี ช่อง 3 กับสถานีโทรทัศน์สีระบบ PAL เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำแบบเก่าในระบบอเมริกันจะสามารถรับสัญญาณโทรทัศน์สีได้เป็นภาพขาวดำในช่อง 2 กับช่อง 9 ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกัน ก่อนที่สถานีโทรทัศน์กองทัพบก ช่อง 7 ระบบอเมริกัน 525 เส้น ต่อภาพ 30 ภาพต่อวินาที จะหยุดทำการส่งออกอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์สีในเขตบริการกรุงเทพมหานคร จะสามารถรับภาพได้เป็นภาพขาวดำที่ช่อง 5 เช่นเดียวกัน ความต้องการในเรื่องการให้บริการโทรทัศน์สีในเขตบริการที่มีเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำอยู่ด้วย เช่นนี้ มีอยู่ด้วยกันหลายประการ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังต่อไปนี้

ก. หากสถานีโทรทัศน์สีส่งภาพสีออกอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำจะต้องสามารถรับภาพสีนั้นได้เป็นภาพขาวดำ และเครื่องรับโทรทัศน์สีก็จะรับภาพนั้นได้เป็นภาพขาวดำ

ข. สัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งออกอากาศ จะประกอบด้วยสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ (ซึ่งให้ภาพขาวดำ) หรือสัญญาณสองสว่าง ที่เรียกว่า luminance signal กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งเรียกว่า chrominance signal รวมกันอยู่ วิธีการรวมสัญญาณโทรทัศน์ทั้งสองชนิดเข้าด้วยกันนี้ขึ้นอยู่กับโทรทัศน์สีแต่ละระบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) จะต้องมีของเขตของความถี่อยู่ในย่านความถี่ สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ (Luminance signal)

โทรทัศน์สีในโลกปัจจุบันนี้ มีอยู่หลายแบบระบบต่าง ๆ กัน สถานีโทรทัศน์ไทยทีวีสีช่อง 3 กับสถานีโทรทัศน์สีกองทัพบกช่อง 7 ซึ่งออกอากาศในกรุงเทพมหานคร เลือกส่งโทรทัศน์สีระบบ PAL ออกอากาศในมาตรฐานยุโรป 625 เส้น ต่อภาพ 25 ภาพ ต่อวินาที แต่สถานีโทรทัศน์สีในประเทศสหรัฐอเมริกา 525 เส้น ต่อภาพ 30 ภาพ ต่อวินาที โทรทัศน์สีระบบ NTSC นี้ เป็นโทรทัศน์สีระบบแรกของโลก ซึ่งเริ่มใช้ในประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ. 1955 แต่เนื่องจากสภาวะการณ์ในเรื่องของระบบไฟฟ้าตามบ้าน (domestic line frequency) ของแต่ละประเทศแตกต่างกันออกไป จึงทำให้จำเป็นต้องมีโทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ ได้เริ่มทำการศึกษาเรื่องโทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ ขึ้น ตั้งแต่ประมาณปี ค.ศ. 1955 เพื่อที่จะได้จัดทำคำแนะนำให้ประเทศอื่นๆ ที่ยังมีได้มีโทรทัศน์สี ได้ศึกษาความเหมาะสมของโทรทัศน์สีระบบต่างๆ ในปัจจุบันนี้ โทรทัศน์สีที่มีให้เลือกใช้กันแพร่หลายในโลกมีอยู่ด้วยกันสามระบบดังต่อไปนี้

- ก. โทรทัศน์สีระบบ NTSC (National Television System Committee)
- ข. โทรทัศน์สีระบบ PAL (Phase Alteration Line)
- ค. โทรทัศน์สีระบบ SECAM (Sequential a Memoire)

2.2 การส่งและการรับโทรทัศน์สีทำได้อย่างไร

โทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ มีหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์คล้ายคลึงกับหลักการส่งและหลักการรับโทรทัศน์ขาวดำ กล่าวคือ แทนที่เครื่องส่งโทรทัศน์จะส่งสัญญาณภาพขาวดำ ไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องส่งโทรทัศน์ ก็จะส่งสัญญาณภาพสีไปแทน ภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์ ประกอบด้วยภาพจากสัญญาณของแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เมื่อเครื่องรับโทรทัศน์ได้รับสัญญาณภาพสีนี้แล้ว ก็จะทำให้มีภาพสีปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขึ้น ภาพที่มองเห็นนี้จะละเอียดหรือหยาบไม่มากนัก ขึ้นอยู่กับสิ่งที่เกี่ยวข้องกับหลายอย่าง สิ่งที่สำคัญก็คือ จำนวนจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของภาพ ซึ่งมีชื่อเรียกว่า picture element ภาพเหล่านี้จะประกอบขึ้นด้วยจุดดำหรือจุดสีเล็ก ๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งมีทั้งส่วนที่ดำสนิทและส่วนที่ค้างาง หรือส่วนที่มีสีเข้มกับส่วนที่มีสีจาง ขนาดของจุดดำหรือจุดสีในภาพที่มีดสนิทหรือมีสีเข้ม จะมองเห็นใหญ่กว่าขนาดของจุดดำหรือจุดสีในส่วนของภาพสีจางจำนวนของจุดดำหรือจุดสีที่มีมากหรือน้อยนี้ จะมีผลทำให้ภาพมองดูภาพก็เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับอยู่ไม่น้อย ภาพที่หยาบ แต่ถ้ามองดูในระยะทางที่ไกลเกินกว่าระยะทางที่ใช้มองดูภาพละเอียดก็จะรู้สึกได้ว่า พอจะมองดูได้เหมือนกัน จุดเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของภาพนี้จะมีวิธีการทางไฟฟ้าทำให้เกิดเป็นสัญญาณภาพ ซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์จะนำออกอากาศ และทำให้เกิดภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ ตามที่แสดงในรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นหลักการเบื้องต้นของการส่งโทรทัศน์สีอย่างง่าย ๆ โยฮอแซ็ชเลนซ์และฟิลเตอร์ สีช่วยแยกแสงจากวัตถุหรือภาพสีในห้องส่งให้แบ่งออกเป็นแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน

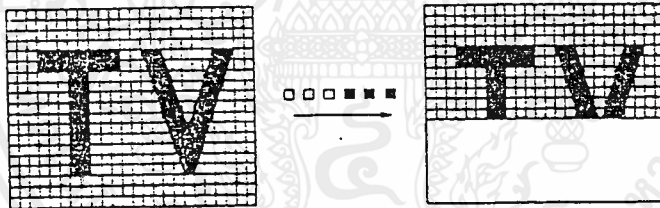
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก.หากมีจำนวนจุดค่ามาก ภาพจะมองดูละเอียด

ข.หากมีจำนวนจุดค่าน้อย ภาพจะมองดูหยาบ

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของภาพในรูปซึ่งมีพื้นที่เท่ากัน



ภาพทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์

ภาพบนจอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์

กล้องโทรทัศน์จะเปลี่ยนแปลง

ภาพในห้องส่ง หรือภาพอื่น

ใดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

ซึ่งเรียกว่าสัญญาณภาพและ

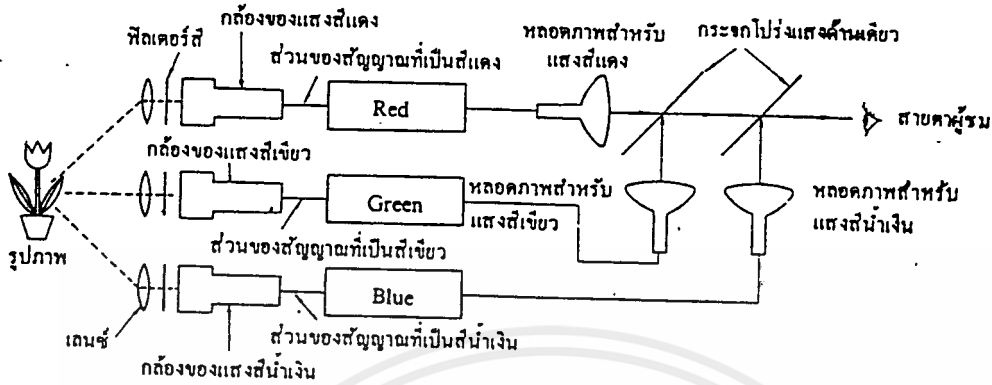
สัญญาณนี้จะทำให้เกิดภาพ

บนจอหลอดภาพในเครื่องรับ

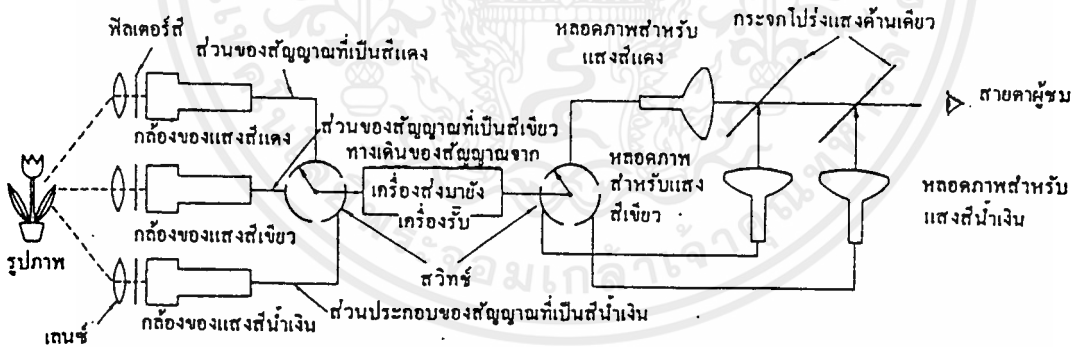
โทรทัศน์ขึ้น

รูปที่ 2.2 การส่งและการรับภาพทางโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยส่งทุกแสงสีพร้อมกัน จะสังเกตเห็นได้
 ว่า แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ต่างก็จะเกิดขึ้นและส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ของแสงสีนั้น ๆ โดย
 ตรง และเป็นอิสระแก่กัน อันเป็นวิธีที่ยุ่งยาก และไม่สามารถนำมาใช้ได้ ในทางปฏิบัติผ่านกล้องโทรทัศน์



รูปที่ 2.4 การส่งโทรทัศน์สีระบบแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยส่งสัญญาณภาพด้วยวิธีการสลับแสง
 สีซึ่งจะทำให้สามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์สี โดยอาศัยความกว้างของช่องโทรทัศน์ขาวดำที่ใช้อยู่แล้ว

กับอุปกรณ์ส่วนประกอบอื่นๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน ตามลำดับเท่านั้น เครื่องรับ
 โทรทัศน์สีก็ประกอบด้วยหลอดภาพและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่รับรู้แต่เฉพาะแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสง
 สีน้ำเงิน ตามลำดับ เมื่อสายตาคนเรามองดูภาพผ่านกระจกเงาครึ่ง โปร่งแสง ก็จะมองเห็นเป็นภาพสีขึ้น วิธีการนี้
 เป็นการส่ง โทรทัศน์สีระบบแม่สีทั้งสามคือ แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยอิสระซึ่งจำเป็นต้องใช้
 แบนด์วิดท์ (bandwidth) กว้างถึงประมาณสามเท่าของแบนด์วิดท์ปกติที่ใช้ในการส่ง โทรทัศน์ขาวดำ วิธีการเช่น

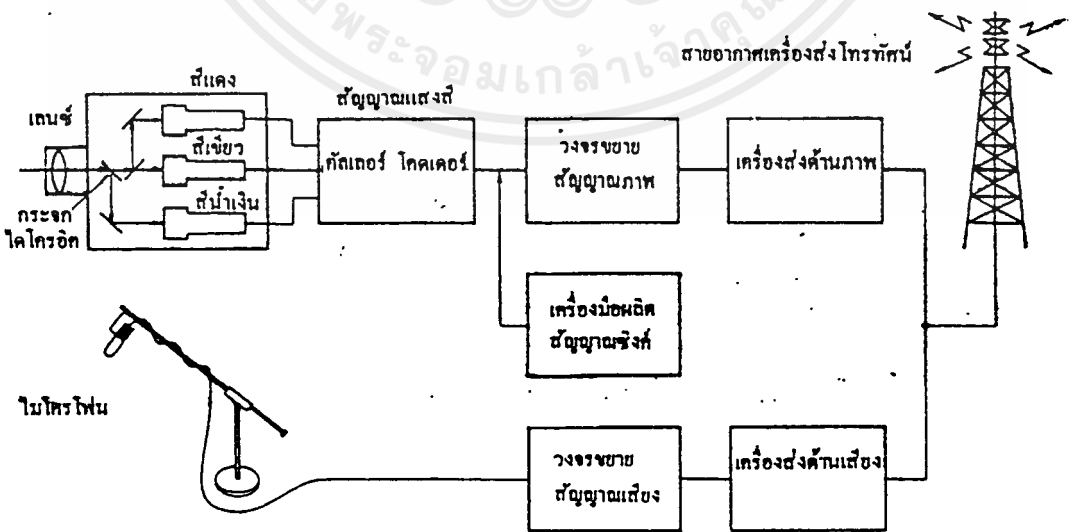
นี้ จึงไม่เป็นการเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีการทางไฟฟ้าให้แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แต่ละแสงสี ได้ปรากฏขึ้นทางเครื่องรับโทรทัศน์ โดยวิธีการส่งสัญญาณแสงสีเหล่านี้ ประปนกันไป โดยจะต้องกำหนดให้มีแบนด์วิดท์ของการส่งโทรทัศน์ที่ประมาณเท่ากับแบนด์วิดท์ ของการส่งโทรทัศน์ขาวดำ วิธีการทางไฟฟ้านี้ เรียกว่า sequential transmitting system ซึ่งมีอยู่สามวิธีด้วยกันคือ

ก. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปที่ละแสงสี ในขณะที่มีการสลับฟิล์มในแต่ละภาพ หรือเรียกว่า field sequential

ข. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปที่ละแสงสี ในขณะที่มีการสลับเส้นสะแกนในแต่ละภาพ หรือเรียกว่า line sequential transmitting system

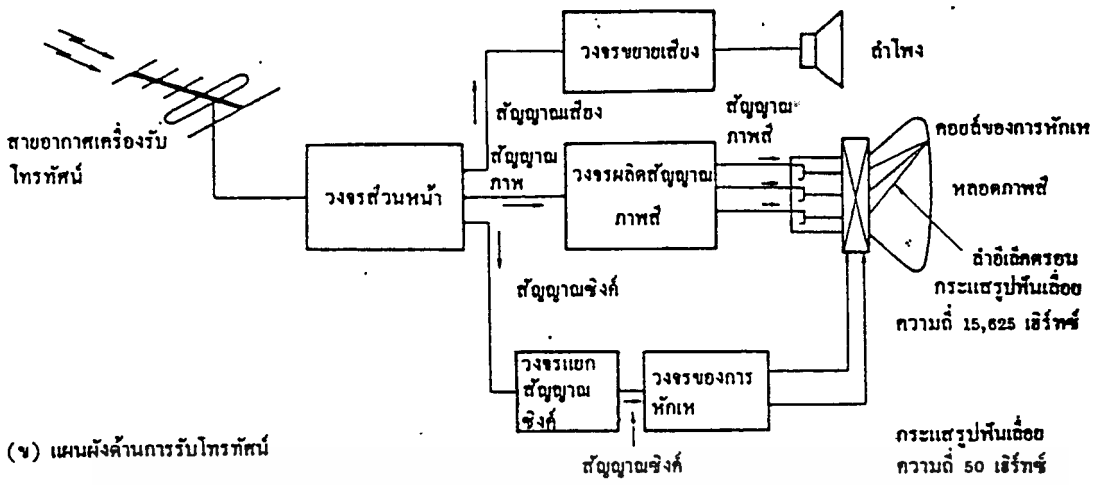
ค. โดยวิธีส่งสัญญาณสีให้ผ่านไปที่ละแสงสี ในขณะที่มีการสลับจุดเล็ก ๆ อันเป็นส่วนประกอบของภาพ หรือเรียกว่า dot sequential transmitting system

รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นหลักการของการส่งโทรทัศน์สี โดยวิธี sequential transmitting system ซึ่งเป็นวิธีการในทางทฤษฎี สำหรับการส่งและการรับโทรทัศน์สีในทางปฏิบัติ เครื่องส่งโทรทัศน์สีและเครื่องรับโทรทัศน์สี จะต้องมียางจรรยาพิเศษเพื่อทำการส่งสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) ประปนกันไปกับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.5 แผนผังที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.5 (ก) เป็นแผนผังในด้านของการส่งโทรทัศน์สี โดยกล่องโทรทัศน์สีที่ใช้ในห้องส่งโทรทัศน์ จะมีเลนซ์และกระจก dichroic ทำการแยกภาพสีให้ปรากฏออกมาในรูปของสัญญาณ แสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน แสงสีทั้งสามนี้ จะส่งผ่าน color coder ซึ่งจะช่วยให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ประปนกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance) เป็นสัญญาณภาพรวม ตามแตรระบบของโทรทัศน์สีที่ให้เมื่อได้เดิมสัญญาณซิงค์เพื่อส่งสัญญาณภาพรวม ถึงก็จะส่งผ่านวงจรรวมขยายกำลัง



(ก) แผนผังด้านการส่งโทรทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

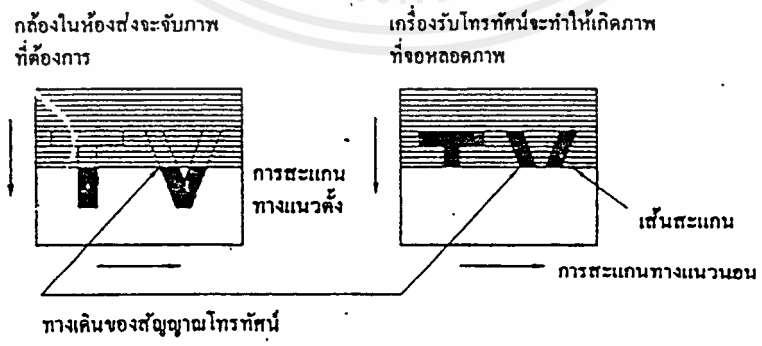


(ข) แผนผังด้านการรับโทรทัศน์

รูปที่ 2.5 ระบบการส่งและการรับโทรทัศน์

สัญญาณภาพ (video amplifier) และผ่านวงจรต่าง ๆ ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านภาพ ซึ่งเมื่อได้นำมารวมกับสัญญาณเสียงที่ผ่านเครื่องส่งโทรทัศน์ด้านเสียงแล้ว ก็จะกลายเป็นสัญญาณโทรทัศน์สีซึ่งพร้อมที่จะนำออกอากาศ สาขาอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์สีก็จะรับเอาสัญญาณโทรทัศน์สี ที่ส่งมานี้มาทำให้เกิดเสียงและภาพสีทางเครื่องรับโทรทัศน์สีต่อไป

แผนผังในรูปที่ 2.5 (ข) เป็นแผนผังในด้านของการรับโทรทัศน์สี สัญญาณโทรทัศน์สีที่สาขาอากาศโทรทัศน์สีรับได้ ก็จะผ่านวงจรส่วนหน้า (tuner or front end) ซึ่งจะแยกสัญญาณเสียงออกจากสัญญาณภาพรวม เพื่อทำให้เกิดเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์สีสำหรับสัญญาณภาพรวม ก็จะแยกออกเป็นส่วนของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) สัญญาณโทรทัศน์ส่วนที่ให้ภาพสี จะผ่านวงจรผลัดสัญญาณภาพสี (color regenerating circuit) เพื่อแยกออกเป็นสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เพื่อส่งต่อไปให้แคโทดของหลอดภาพโทรทัศน์สี ส่วนสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างนั้น ก็จะผ่านวงจรต่าง ๆ ตามที่เคยพบเห็นมาแล้วในเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจรเครื่องรับโทรทัศน์สีเหล่านี้ จะช่วยทำให้เกิดเป็นภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีตามต้องการ



รูปที่ 2.6 หลักการส่งและหลักการรับภาพทางโทรทัศน์

การส่งภาพสีนั้น ก็มีวิธีการเช่นเดียวกับการส่งภาพขาวดำ กล่าวคือ กล่องในห้องส่งโทรทัศน์จะต้องมีการสะแกนภาพที่ต้องการส่งไปที่ละเส้นทีละภาพ โดยจะต้องใช้สัญญาณเชิงสีเพื่อทำให้การสะแกนทางกล่องโทรทัศน์ไม่ถูกรบกวนใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

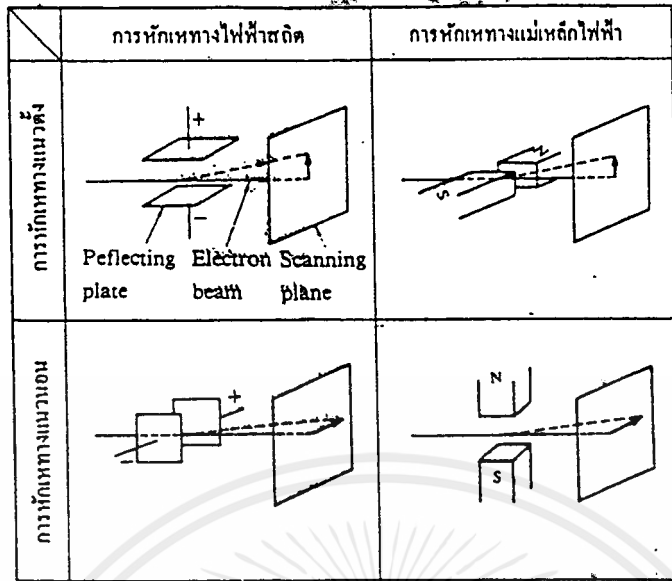
โทรทัศน์ในห้องส่งกับการสะแกนทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีเป็นไปในจังหวะเดียวกัน ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.6

เพื่อช่วยทำให้เกิดความเข้าใจในเรื่องของการส่งและเรื่องของการรับโทรทัศน์สียิ่งขึ้น ควรจะได้กล่าวถึงหลักการเบื้องต้นของการสะแกนกับการหักเห และเรื่องราวอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับบ้างพอสมควรในบทนี้

2.3 การสะแกนและเรื่องที่เกี่ยวข้อง

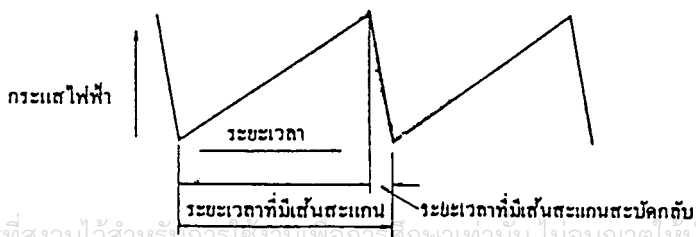
ภาพบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีโดยทั่วไป จะประกอบด้วยเส้นขวางเล็ก ๆ ในแนวนอนเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละเส้นเหล่านี้ มีทั้งส่วนที่ค้ำสนิทหรือมีสีเข้ม ส่วนที่ค้ำจาง หรือมีสีจางและส่วนที่สว่างมากปะปนกันอยู่ เส้นขวางเล็ก ๆ ในแนวนอนเหล่านี้ มีชื่อเรียกว่า เส้นสะแกน เส้นเหล่านี้ประกอบไปด้วยจุดเล็ก ๆ ซึ่งมีทั้งมืดและสว่างปะปนกันอยู่ ภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพจึงประกอบด้วยจุดเล็ก ๆ ที่มีระดับของความสว่างแตกต่างกันเป็นจำนวนมาก จุดเล็ก ๆ เหล่านี้ เรียกว่า ส่วนประกอบของภาพ หรือ picture element ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับความละเอียดของภาพเช่นเดียวกับจุดค่าหรือจุดสีเล็ก ๆ ในรูปภาพของสิ่งตีพิมพ์ ภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพ จะมองดูละเอียดกว่า หากมีจำนวนจุดสีเล็ก ๆ หรือจำนวนเส้นสะแกนในแนวนอนมากเพียงพอ ด้วยเหตุนี้โทรทัศน์ระบบยุโรปซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกน 625 เส้น ต่อภาพ จึงให้ภาพที่มองดูละเอียดกว่าโทรทัศน์ระบบอเมริกันซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกนเพียง 525 เส้น ต่อภาพ เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ภาพที่เห็นบนจอหลอดภาพจะมองดูละเอียดหรือหยาบ ไม่น่าดูอย่างไรนั้น ยังขึ้นอยู่กับส่วนประกอบอีกหลายอย่าง เช่น ความสว่างของภาพและระยะทางที่มองดูภาพ เป็นต้น สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกัน ซึ่งมีจำนวนเส้นสะแกนน้อยกว่าจำนวนเส้นสะแกนของโทรทัศน์ระบบยุโรป อันอาจทำให้มองเห็นภาพมีความละเอียดน้อยกว่า แต่ถ้าหากมองดูภาพในระยะทางห่างประมาณสี่ถึงแปดเท่าของความสูงของภาพแล้ว ก็จะมีรู้สึกว่า เป็นภาพที่พอใช้ได้เหมือนกัน

จุดที่เห็นสว่างในจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ เกิดขึ้นเพราะอิเล็กตรอนที่หลุดออกไปจากแคโทด และถูกดึงดูดให้วิ่งเป็นลำ ไปกระทบแอโนดหรือจอหลอดภาพ ซึ่งฉาบวัสดุเรืองแสงบางชนิดเอาไว้

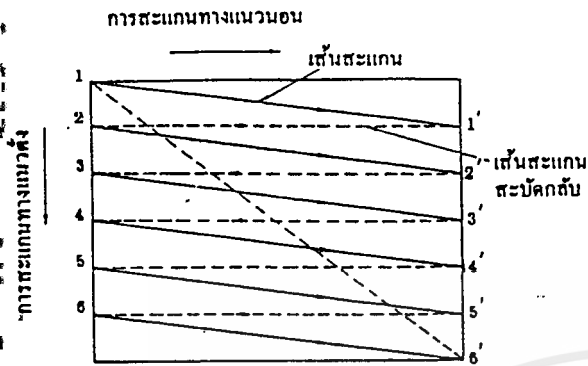


รูปที่ 2.7 ทฤษฎีของการหักเหทางไฟฟ้าสถิต และทางแม่เหล็กไฟฟ้า

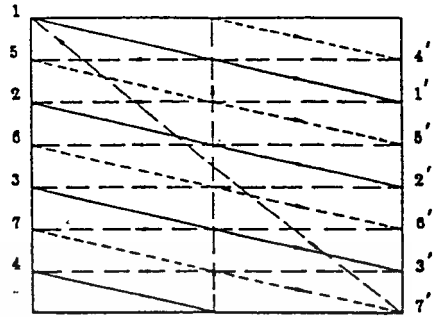
จุดที่มีการกระทบกัน ก็จะมองเห็นเป็นจุดสว่างขึ้นที่จอ การสะแกนก็คือ การทำให้จุดสว่างนี้เคลื่อนที่ไปในจังหวะที่ต้องการ ซึ่งในเรื่องของโทรทัศน์ก็ต้องการให้จุดสว่างนี้เคลื่อนที่ไปในแนวอนอนและแนวตั้ง โดยอาศัยความเข้มของสนามแม่เหล็กเข้าช่วยเหลือ ทำให้เกิดการคิงคูหรือการผลักรันกับอิเล็กตรอน ในหลักการ การทำให้เกิดการคิงคูหรือการผลักรันกับอิเล็กตรอนนี้ อาจทำได้โดยวิธีการหักเหของไฟฟ้าสถิต (electrostatic deflection) หรือวิธีการหักเหของแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic deflection) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7 ซึ่งวิธีการหลังนี้ เป็นที่นิยมกันมากในทางปฏิบัติ สนามแม่เหล็กนี้เกิด โดยการปล่อยกระแสไฟฟ้ารูปฟันเลื่อย ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ให้ไหลผ่านขดลวดของการหักเห (deflection coil) ที่พันอยู่รอบ ๆ จอหลอดภาพ ซึ่งมีอยู่สองชุดด้วยกันคือ ขดลวดที่พันอยู่รอบจอหลอดภาพในแนวตั้งอีกชุดหนึ่ง สำหรับโทรทัศน์ระบบยุโรป ความถี่ของกระแสรูปฟันเลื่อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวอนอนจะมีค่า 50 เฮิรตซ์ เท่านั้น โดยปกติ การสะแกนจะเริ่มต้นขึ้น โดยการทำให้จุดสว่างบนจอหลอดภาพเคลื่อนที่จากซ้ายมือด้านบนของจอไปทางขวามือในแนวอนอน ซึ่งเมื่อถึงตำแหน่งขวามือสุด ก็จะถูกเบนต่ำลงเล็กน้อย อันเป็นผลจากการที่มีกระแสรูปฟันเลื่อยไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวตั้ง แล้วก็จะกลับ ไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือเพื่อเคลื่อนที่มาทางขวามือในแนวอนอนอีก เป็นอยู่เช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งจุดสว่างนั้นไปถึงตำแหน่งขวามือข้างล่างของจอหลอดภาพ จึงเป็นอันเสร็จสิ้นการสะแกนภาพหนึ่งภาพหนึ่งหรือเรียกกันว่า เฟรมหนึ่ง ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.9 หลังจากนั้น



รูปที่ 2.8 รูปร่างของกระแสรูปฟันเลื่อย



รูปที่ 2.9 การสะแกนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง

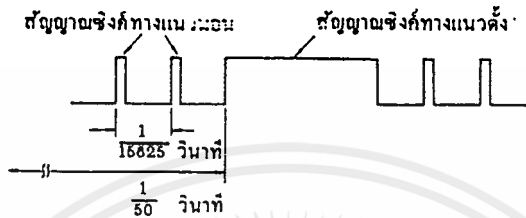


รูปที่ 2.10 การสะแกนไขว้กัน (interlace scanning)

ถ้าอิเล็กทรอนิกส์จะกลับไปตั้งต้นใหม่ทางซ้ายมือด้านบนสุดของจอหลอดภาพอีก เพื่อสะแกนภาพหนึ่งอันลับจัดไป อย่างไรก็ตาม เพื่อลดอาการกระพริบของภาพการสะแกนภาพนิ่งแต่ละภาพ มักนิยมจัดทำสองครั้งในแบบของการสะแกนไขว้กัน ซึ่งเรียกว่า interlace scanning ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.10 โดยกำหนดให้ภาพหนึ่งหนึ่งเฟรม (frame) ประกอบด้วยภาพนิ่งสองฟิลด์ (field) และเริ่มต้นด้วยการสะแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคู่ก่อน เมื่อเสร็จสิ้นถึงตำแหน่งขวามือด้านล่างสุดของจอหลอดภาพแล้ว จึงกลับไปตั้งต้นใหม่ทางด้านซ้ายมือบนสุดของจอ แล้วเริ่มต้นสะแกนภาพนิ่งฟิลด์เส้นคี่ต่อไป จนถึงตำแหน่งขวามือด้านล่างสุด หลังจากนั้น ก็จะเริ่มต้นสะแกนภาพนิ่งอันดับอื่นต่อไปใหม่ ฉะนั้น ภาพนิ่งหนึ่งภาพหรือภาพนิ่งหนึ่งเฟรม จึงประกอบด้วยฟิลด์เส้นสะแกนเส้นคี่ และฟิลด์เส้นสะแกนเส้นคู่ สำหรับโทรทัศน์ระบบยุโรป ซึ่งใช้เส้นสะแกน 625 เส้น ต่อภาพ และ 50 ภาพ ต่อวินาที นั้น ภาพนิ่งแต่ละภาพหรือแต่ละเฟรมจะประกอบด้วยเส้นสะแกนแนวนอน 625 เส้น ภาพนิ่งแต่ละฟิลด์ จะมีเส้นสะแกนแนวนอนครึ่งหนึ่งของ 625 เส้น หรือ 312 เส้น ภาพนิ่งแต่ละภาพนี้ จะเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1/25 วินาที ความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยที่ใช้ในการหักเหทางแนวนอน ซึ่งในระยะเวลา 1/25 วินาที จะเกิดเส้นสะแกน 625 เส้น จะมีค่า (625) (25) หรือ 15, 625 เฮิรท์ซ์ ส่วนความถี่ ของกระแสรูปพื้นเลื้อยที่ใช้ในการหักเหทางแนวตั้ง ซึ่งใช้เวลาในการสะแกนจากบนสุดมาล่างสำหรับฟิลด์หนึ่ง ๆ เพียง 1/50 วินาที จะมีค่า 50 เฮิรท์ซ์ การสะแกนภาพนิ่งตามที่กล่าวมาแล้วนี้ จะกระทำติดต่อกันไปเรื่อย ๆ โดยจะมีจำนวนภาพนิ่งหรือจำนวนเส้นสะแกนต่อภาพ กับจำนวนภาพต่อวินาทีแตกต่างกันไปตามเทคนิคของระบบโทรทัศน์ที่ใช้ ภาพที่ปรากฏบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ จึงมีผลคล้ายกับการฉายภาพนิ่ง ซึ่งแต่ละภาพมีความแตกต่างกันบ้างเพียงเล็กน้อยเป็นจำนวนหลาย ๆ ภาพต่อหนึ่งวินาที ด้วยเหตุที่สายตาของเรามีคุณลักษณะพิเศษในเรื่องของ persistence of vision จึงทำให้ผู้ชมโทรทัศน์สามารถมองเห็นภาพบนจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์เป็นภาพเคลื่อนไหวติดต่อกันไปตลอดเวลา

เรื่องที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของการส่งและการรับโทรทัศน์ก็คือ จะต้องสามารถหาวิธีการซึ่งทำให้การสะแกนของภาพที่เกิดขึ้นในกล้องโทรทัศน์นั้น เกิดขึ้นพร้อมกันกับการสะแกนของภาพที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ หรือทำให้ความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยของวงจรหักเหทางแนวนอนและแนวตั้งทางกล้อง

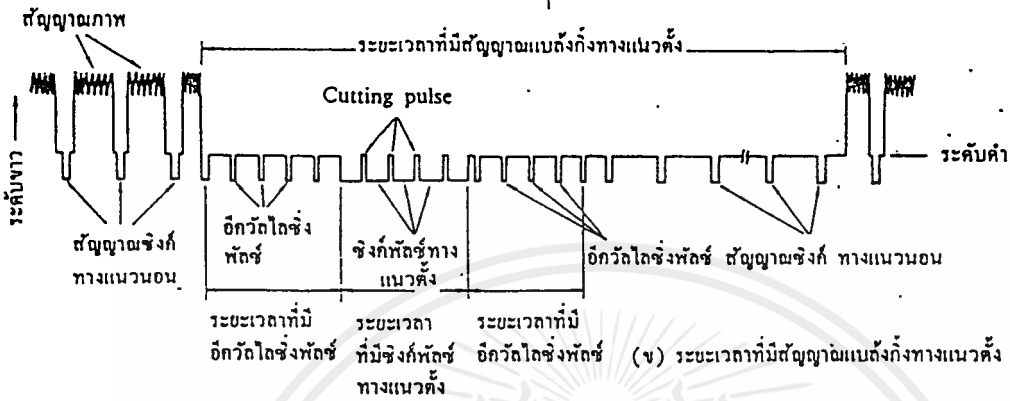
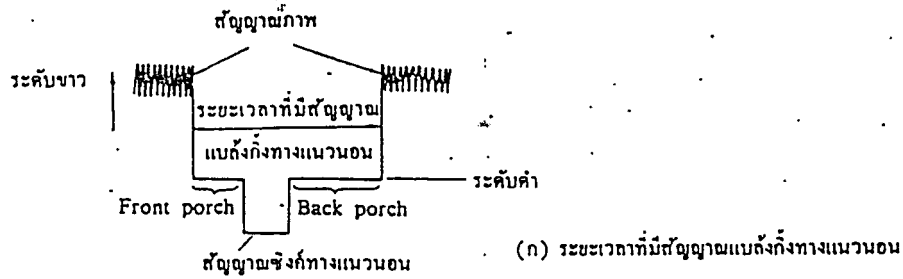
โทรทัศน์เท่ากันตลอดเวลากับความถี่ของวงจรหักเหทางแนวนอนและแนวตั้งทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ หากความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยในวงจรทางเครื่องส่งโทรทัศน์ไม่เท่ากันตลอดเวลากับความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยในวงจรทางเครื่องรับโทรทัศน์ก็จะพบว่าภาพจะล้มหรือไม่มีภาพทางเครื่องรับโทรทัศน์



รูปที่ 2.11 รูปร่างของสัญญาณซิงค์

การทำให้ความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์เท่ากันตลอดเวลา กับความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์นี้ เรียกว่า เกิดการเข้าจังหวะ (synchronization) ขึ้น ในทางปฏิบัติสถานีโทรทัศน์จะต้องส่งสัญญาณชนิดหนึ่งเรียกว่า สัญญาณซิงค์ (synchronizing signal) หรือ (sync pulse signal) ไปพร้อมกับสัญญาณภาพตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12 สัญญาณซิงค์นี้ จะประกอบด้วยสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (horizontal synchronizing signal) ซึ่งมีความถี่ 15,625 เฮิรท์ซ หรือจะมี sync pulse ครั้งหนึ่งในทุก ๆ ครั้งที่มีเส้นสะแกนในแนวนอนกับสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (vertical synchronizing signal)ซึ่งมีความถี่ 50 เฮิรท์ซ หรือจะมี sync pulse ครั้งหนึ่งในขณะที่มีการสะแกนฟิลด์เส้นคี่หรือฟิลด์เส้นคู่เสร็จสิ้นลง สัญญาณซิงค์เหล่านี้จะส่งไปพร้อม ๆ กับสัญญาณภาพ ในช่วงระยะเวลาของเส้นสะแกนสลับกลับ หรือช่วงระยะเวลาที่เส้นสะแกนกำลังหันกลับไปเริ่มต้นใหม่ (flyback period)

ในทางปฏิบัติ สถานีโทรทัศน์ขาวดำจะต้องส่งสัญญาณต่าง ๆ หลายอย่างออกอากาศไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อทำให้เกิดภาพขาวดำที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ในลักษณะเดียวกันและพร้อมกันกับการสะแกนภาพของกล้องโทรทัศน์ สัญญาณต่าง ๆ สำหรับทำให้เกิดภาพขาวดำเหล่านี้ แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.12 ซึ่งประกอบด้วย



รูปที่ 2.12 รูปร่างที่ใช้ในการส่งโทรทัศน์

- สัญญาณภาพ (video signal)
- สัญญาณแบล็งกิ้ง (blanking signal)
- สัญญาณซิงค์ (synchronizing signal)
- สัญญาณอิกวลไลซิง (equalizing signal)

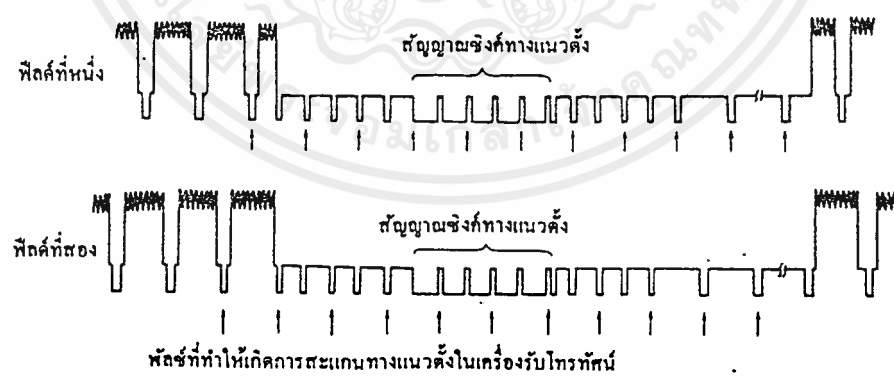
สัญญาณต่าง ๆ ตามรูปนี้ จะรวมอยู่เป็นรูปร่างเดียวกันซึ่งเรียกว่า สัญญาณภาพรวม (composite video signal) แล้วใช้คลื่นพาห้ของภาพเป็นตัวพลาออกอากาศ รวมกับคลื่นพาห้ของสัญญาณเสียง เหตุผลและความจำเป็นในการใช้สัญญาณต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ก. สัญญาณภาพ (video signal) และสัญญาณเสียง (sound signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อทำให้เกิดภาพขาวดำที่จอหลอดภาพ และมีเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์ตามต้องการ สัญญาณภาพ (video signal) นี้บางครั้งเรียกว่า สัญญาณส่องสว่าง (brightness signal หรือ luminance signal)

ข. สัญญาณแบล็งกิ้ง (blanking signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อลบเส้นสะแกนสะบักกลับทั้งในแนวนอนและในแนวตั้ง เพื่อมิให้เป็นที่ยึดติดเห็นได้ชัดทางจอหลอดภาพ รูปที่ 2.12 (ก) เป็นรูปขยายของระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล็งกิ้งทางแนวนอน (horizontal blanking period) และในช่วงระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล็งกิ้งทางแนวนอนนี้ ก็จะส่งสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (horizontal synchronizing signal) ไปด้วย แต่จะอยู่ในระดับดำสนิทมากกว่าสัญญาณแบล็งกิ้ง ส่วนที่เหลื่อมล้ำกันระหว่างแบล็งกิ้งพัลส์กับซิงค์พัลส์นี้ จะมีอยู่สองส่วนตามรูปที่แสดงไว้ ส่วนหน้าเรียกว่า front porch และส่วนหลักเรียกว่า back porch สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกัน ความถี่ของกระแสรูปพื้นเลื้อยที่ไหลผ่านขดลวดของการหักเหในแนวนอนมีค่า 15,750 เฮิรตซ์ ฉะนั้น ในระยะเวลา $1/15,750$ วินาที หรือ 63.5 ไมโครวินาที จะต้องเกิดเส้นสะแกนสะบักกลับครั้งหนึ่ง จึงจำเป็นต้องใช้แบล็งกิ้งพัลส์ทางแนวนอนครั้งหนึ่ง โดยมีขนาดประมาณ 10 ไมโครวินาที ส่วนรูปที่ 2.12 (ข) นั้น เป็นรูปขยายของระยะเวลาที่มีสัญญาณแบล็งกิ้งทางแนวตั้ง (vertical blanking signal) สำหรับโทรทัศน์ระบบอเมริกันทุกๆ

ระยะเวลา 1/60 วินาที หรือ 16.667 ไมโครวินาที จำเป็นต้องให้มีแบล็กกิ้งพัลส์ทางแนวตั้งครึ่งหนึ่ง โดยมีขนาดประมาณ 1,250 ไมโครวินาทีในระบะที่มีแบล็กกิ้งพัลส์ทางแนวตั้งนี้ ก็จะส่งสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งออกไปด้วย และเพื่อประโยชน์ในการช่วยทำให้สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง ยังคงมีรูปร่างเหมือนเดิม หลังจากแยกออกมาจากสัญญาณซิงค์ทางแนวอนทางเครื่องรับโทรทัศน์แล้วจะนิยมส่งอีควัลไลซิงพัลส์ (equalizing pulses) กับคัตติงพัลส์ (cutting pulses) ไปด้วย ตามรูปที่ 2.12 (ข) ความถี่ของอีควัลไลซิงพัลส์และคัตติงพัลส์นี้ จะมีค่าเป็นสองเท่าของความถี่สัญญาณซิงค์ทางแนวอน เพื่อช่วยให้การสะแกนแบบหนึ่งเฟรมแบ่งออกเป็นสองฟิลด์ทำค้ำนเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นไปอย่างถูกต้องเหมาะสม จุดตั้งต้นของสัญญาณซิงค์ทางแนวอนและสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งนี้ จะต้องมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม คือ เมื่อหมดการสะแกนฟิลด์หนึ่ง ๆ แล้ว จะต้องเกิดขึ้นพร้อมกันเพื่อทำการสะแกนฟิลด์ต่อ ๆ ไป ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.13 มิฉะนั้น การสะแกนไขว้กันทางเครื่องรับโทรทัศน์อาจไม่เป็นไปในจังหวะที่ถูกต้องได้

ก. สัญญาณซิงค์ (synchronizing signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยทำให้ความถี่ของกระแสรูปพื้นเลี้ยงที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวอนกับวงจรของการหักเหทางแนวตั้งของเครื่องส่งโทรทัศน์ตรงกันกับทางค้ำนเครื่องรับโทรทัศน์อันจะมีผลทำให้การสะแกนของภาพทางค้ำนเครื่องส่งโทรทัศน์ ตรงกันกับทางค้ำนเครื่องรับโทรทัศน์ตลอดเวลาสัญญาณซิงค์ทางแนวอนจะมีความเท่ากันกับความถี่ของกระแสรูปพื้นเลี้ยงที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวอนและสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งก็จะมีค่าเท่ากับความถี่ของกระแสรูปพื้นเลี้ยงที่ใช้ในวงจรของการหักเหทางแนวตั้งเนื่องจากความถี่ของสัญญาณซิงค์นี้เท่ากันกับความถี่ของสัญญาณ



รูปที่ 2.13 พัลส์ที่เกิดขึ้นในระบะเวลาที่มีสัญญาณแบล็กกิ้งทางแนวตั้ง ในฟิลด์ที่หนึ่งและฟิลด์ที่สอง

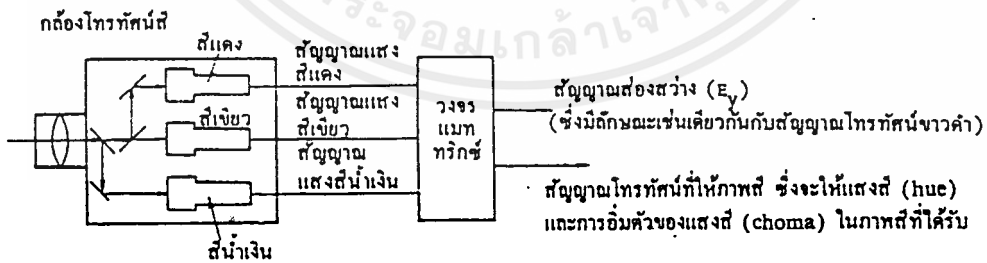
แบล็กกิ้งจึงจำเป็นต้องป้องกันการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นโดยจำเป็นต้องกำหนดขนาดของซิงค์พัลส์ให้น้อยกว่าขนาดของแบล็กกิ้งพัลส์ กล่าวคือ ทำให้ซิงค์พัลส์ทางแนวอนมีขนาดเพียง 5 ไมโครวินาที และซิงค์พัลส์ทางแนวตั้งมีขนาดเพียง 190 ไมโครวินาทีเท่านั้นนอกจากนี้ยังใช้วิธีส่งซิงค์พัลส์เหล่านี้ปะปนกับแบล็กกิ้งพัลส์ โดยทำให้ฐานของซิงค์พัลส์อยู่ทับขอบบนของแบล็กกิ้งพัลส์อีกชั้นหนึ่ง เมื่อได้กำหนดให้ระดับสูงสุดของแบล็กกิ้งพัลส์

ถึงคัททซ์เป็นระดับดำมืดจนมองไม่เห็นทางจอหลอดภาพแล้ว ระดับของซิงค์พัลส์ที่อยู่บนยอดสูงสุดของแบล็กคัททซ์ ก็จะเป็นระดับดำมืดสนิท และไม่ทำให้เกิดการรบกวนภาพที่จอหลอดภาพแต่ประการใด

ง. สัญญาณอีควัลไลซิง (equalizing signal) เป็นสัญญาณที่ใช้เพื่อช่วยทำให้สัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งมีความถี่เป็นสองเท่าของสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน ซึ่งจะช่วยให้การสะแกนไขว้เวลาที่มีสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งอีกด้วย ขนาดของอีควัลไลซิงพัลส์ ก็มีขนาดประมาณซิงค์พัลส์ทางแนวตั้ง คือประมาณ 190 ไมโครวินาที หรือประมาณสามเท่าของซิงค์พัลส์ทางแนวนอน นอกจากนี้ ยังนิยมแบ่งพัลส์นี้ออกเป็นพัลส์เล็ก ๆ ตามรูปที่ 2.12 เพื่อทำให้เกิดซิงค์พัลส์ทางแนวนอนครั้งหนึ่งในทุก ๆ สองครั้งที่มีพัลส์เล็ก ๆ เหล่านี้

2.4 สัญญาณโทรทัศน์สีประกอบด้วยอะไรบ้าง

ตามที่ได้อธิบายแล้ว ความต้องการในเรื่องการให้บริการ โทรทัศน์สีในเขตบริการที่มีเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำอยู่ด้วย มีอยู่ด้วยกันสามประการ ประการแรกคือ เรื่องของ compatibility กับ reverse compatibility ประการที่สอง คือ สัญญาณโทรทัศน์สีที่ส่งออกอากาศ จะต้องประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) กับส่วนที่เป็นสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ประการสุดท้าย ก็คือ ความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) จะต้องมีความถี่อยู่ในความถี่เดียวกับสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) ในทางปฏิบัติกล้องโทรทัศน์สีจะช่วยเหลือทำให้เกิดสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงินขึ้นซึ่งหากจะทำการส่งสัญญาณแสงสีเหล่านี้ไปยังเครื่องรับโทรทัศน์สีโดยตรง จะเป็นการยุ่งยากจึงใช้วิธีการนำสัญญาณแสงสีทั้งสามเหล่านี้ มาผสมกันในวงจรพิเศษซึ่งเรียกว่าวงจรแมททริกซ์



รูปที่ 2.14 สัญญาณที่ได้จากกล้องโทรทัศน์สี

(matrix) เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณใหม่สองสัญญาณ คือ สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.14 เมื่อสถานีโทรทัศน์ส่งสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ออกอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำก็จะรับแต่เฉพาะสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือส่วนที่เป็นสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) ส่วนเครื่องรับโทรทัศน์สี ก็จะรับสัญญาณโทรทัศน์ทั้งหมด แล้วทำให้เกิดเป็นภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพต่อไป

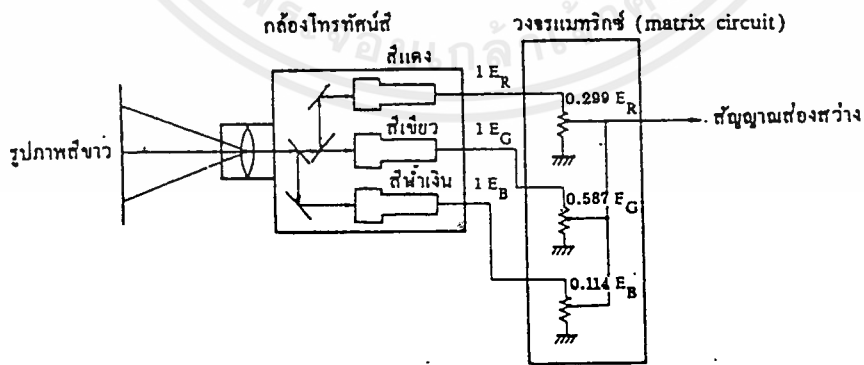
กล่าวโดยสรุป สถานีโทรทัศน์สีจะต้องส่งสัญญาณต่าง ๆ ออกอากาศไปให้เครื่องรับโทรทัศน์เพื่อทำให้เกิดภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สี และภาพขาวดำที่จอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำ ก็มีเสียงที่ลำโพงและเครื่องรับโทรทัศน์ ดังต่อไปนี้

- สัญญาณเสียง (sound signal)
- สัญญาณ โทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal)
- สัญญาณ โทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal)
- สัญญาณซิงค์, แบล็งค์กิ้ง และอีควัลไลซิง (synchronizing, blanking, and equalizing signals)
- สัญญาณซิงค์ของภาพสี (color sync signal)

เหตุผลและความจำเป็นในการที่ส่งสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ มีดังต่อไปนี้

ก. สัญญาณเสียง (sound signal) เพื่อทำให้เกิดเสียงที่ลำโพงเครื่องรับโทรทัศน์ตามต้องการ

ข. สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) สัญญาณนี้ คือสัญญาณภาพ (video signal or brightness signal) ในเรื่องของโทรทัศน์ขาวดำนั่นเอง กล้องโทรทัศน์สีในห้องส่งโทรทัศน์ จะช่วยทำให้เกิดสัญญาณแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน ขึ้น ซึ่งเราอาจใช้สัญลักษณ์ ER, EG, EB แทนค่าสัญญาณทางไฟฟ้าเป็น โวลต์ที่ได้จากหลอดสีแดง-หลอดสีเขียว-หลอดสีน้ำเงิน ตามลำดับ



รูปที่ 2.15 สัญญาณส่องสว่าง

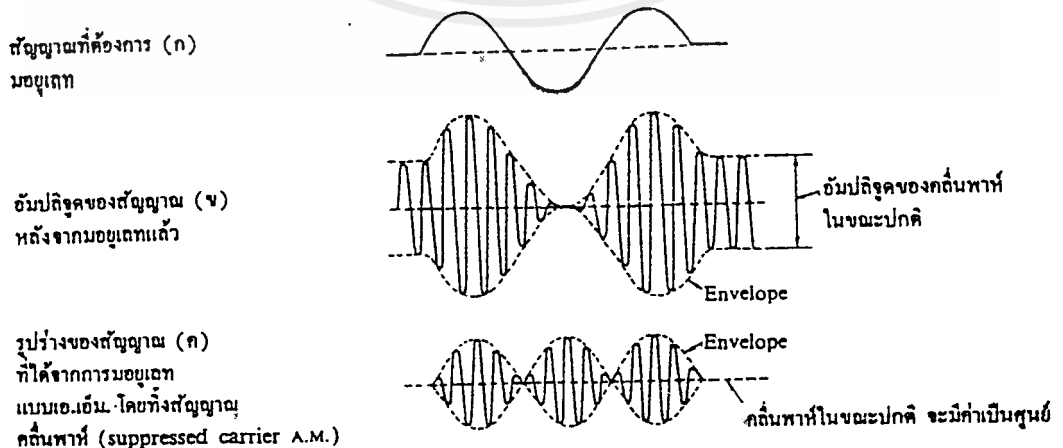
สัญญาณแสงสีทั้งสามนี้ จะผ่านวงจรพิเศษ เรียกว่า วงจรแมทริกซ์ (matrix) ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.15 เพื่อทำให้เกิดสัญญาณส่องสว่าง (brightness or video signal, or luminance signal) E_y โดยมีส่วนผสมของแสงสีทั้งสามในอัตราส่วนที่แน่นอน ดังต่อไปนี้ แปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_Y = 0.299 E_R + 0.587 E_G + 0.114 E_B$$

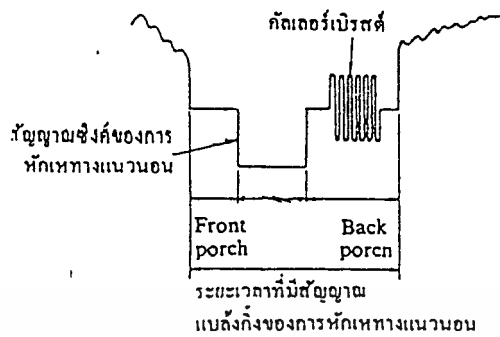
ค. สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) สัญญาณนี้ เป็นสัญญาณที่เครื่องส่งโทรทัศน์ได้ทำการส่งไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ เพื่อช่วยเหลือทำให้เกิดภาพสีขึ้นทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์ ลักษณะของสัญญาณนี้ จะขึ้นอยู่กับระบบของโทรทัศน์ ซึ่งมีอยู่ตามระบบคือ โทรทัศน์ระบบ NTSC โทรทัศน์ระบบ PAL และโทรทัศน์ระบบ SECAM สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีในโทรทัศน์ระบบ NTSC จะประกอบด้วยสัญญาณสีสองสัญญาณที่รวมกันอยู่ในรูปของ amplitude-modulated signal suppressed carrier โดยจะต้องทำให้มุมระหว่างคลื่นพาห์ทั้งสองต่างกันเก้าสิบองศา สัญญาณสีทั้งสองสัญญาณนี้ เครื่องรับโทรทัศน์จะมีวงจรพิเศษแยกออกมาเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมเรื่องแสงสี (hue) และการอิ่มตัวของแสงสี (saturation) ของภาพสีที่ปรากฏบนจอหลอดภาพ สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีนี้จะใช้คลื่นพาห์ของสัญญาณหรือคลื่นพาห์ซับแคริเออร์ (color subcarrier) ที่ความถี่ 3.58 เมกะเฮิรตซ์และจะต้องรวมกันกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) เพื่อใช้คลื่นพาห์ของเครื่องส่งโทรทัศน์นี้ นำเงินออกอากาศเพื่อส่งต่อไปให้ถึงเครื่องรับโทรทัศน์ วิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีรวมไปกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง โดยการใช้คลื่นพาห์ของสัญญาณสีนี้เป็นวิธีการพิเศษในทางไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า multiplex transmission

ง. สัญญาณซิงค์, แบล็งค์กิ้ง และอีควัลไลซิง (synchronization, blanking, and equalizing signals) สัญญาณดังกล่าวนี้ มีลักษณะเช่นเดียวกับสัญญาณซิงค์ สัญญาณแบล็งค์กิ้ง และสัญญาณอีควัลไลซิง ในเรื่องของโทรทัศน์ขาวดำทุกประการ

จ. สัญญาณซิงค์ของภาพสี (color sync signal) เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ตามข้อ (ค) อยู่ในรูปของ amplitude-modulated signal (suppressed carrier) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.16 ซึ่งเมื่อเครื่องรับ



รูปที่ 2.16 รูปร่างของสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตแบบ เอ.เอ็ม. โดยทิ้งสัญญาณคลื่นพาห์ (suppressed carrier, amplitude modulation)



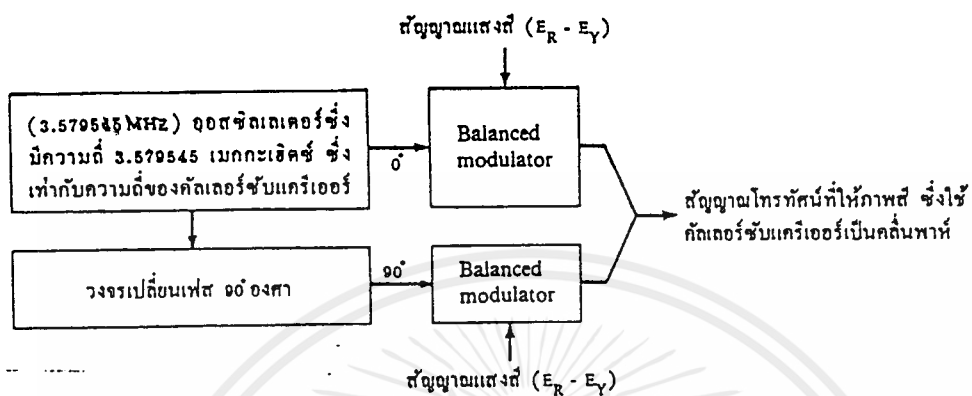
รูปที่ 2.17 กัลเลอริเบิร์ต

โทรทัศน์สีรับได้แล้ว ก็จำเป็นต้องใช้คลื่นพาห์ของภาพสี หรือกัลเลอริซับแคริเออร์ (color subcarrier) ที่เหมือนกันกับที่ใช้ในเครื่องส่งโทรทัศน์ด้วย ฉะนั้น เครื่องรับโทรทัศน์สีจึงจำเป็นต้องมีวงจรผลิตคลื่นพาห์ของภาพสี หรือกัลเลอริซับแคริเออร์ที่ต้องการขึ้น เพื่อทำให้คลื่นพาห์ของภาพสี หรือกัลเลอริซับแคริเออร์ที่ใช้ในค่านเครื่องส่งโทรทัศน์กับค่านเครื่องรับโทรทัศน์ มีความถี่และเฟส (phase angle) ที่ถูกต้องตรงกันเครื่องส่งโทรทัศน์กับค่านเครื่องรับโทรทัศน์ มีความถี่และเฟส (phase angle) ไปให้เครื่องรับโทรทัศน์โดยส่งไปในส่วน of back porch ของซิงค์พัลซ์ทางแนวนอน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.17 และรูปที่ 2.31 ซึ่งเรียกสัญญาณซิงค์ของภาพสีนี้ว่ากัลเลอริเบิร์ต

ความแตกต่างของโทรทัศน์สีระบบต่าง ๆ อยู่ที่วิธีการและวงจรในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีรวมไปกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่างเท่านั้น ซึ่งเป็นเรื่องที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

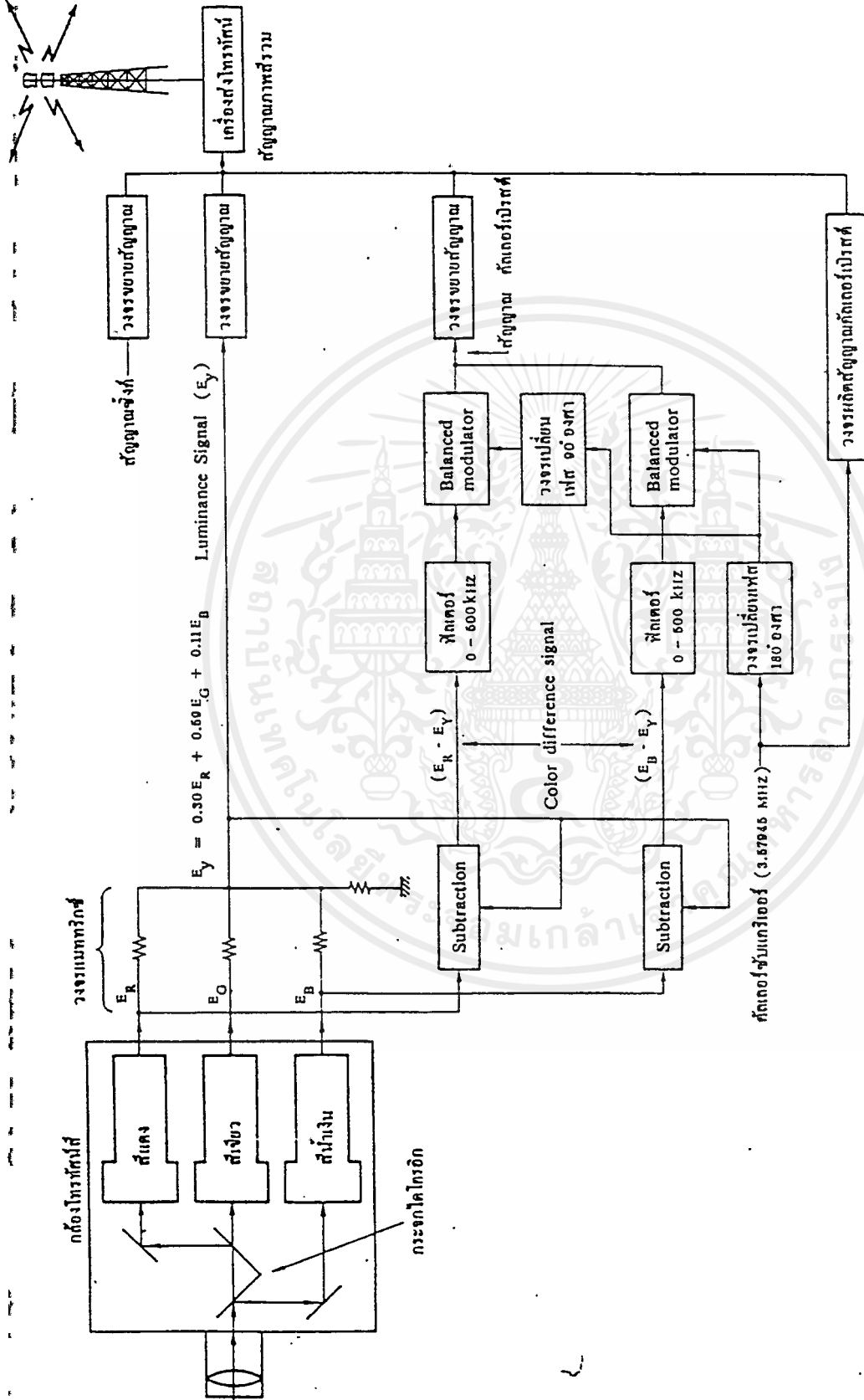
2.5 โทรทัศน์สีระบบเอ็น.ที.เอส.ซี (NTSC color TV system)

โทรทัศน์สีระบบแรกของโลก คือโทรทัศน์สีระบบอเมริกัน เอ็น.ที.เอส.ซี. ซึ่งเป็นโทรทัศน์สีของสหรัฐอเมริกา และต่อมาก็ได้แพร่หลายไปในอีกหลายประเทศที่ใช้โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 แ่นต่อภาพ 30 ภาพ ต่อวินาที หลักการของการส่งโทรทัศน์สีระบบนี้ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.5 รูปที่ 2.18 และรูปที่ 2.19 โดยกล้อ้งโทรทัศน์สีจะทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าจากแสงสีแดง-แสงสีเขียว- แสงสีน้ำเงิน มีขนาด E_R , E_G , E_B ตามลำดับ แสงสีทั้งสามนี้ จะผสมกันในวงจรพิเศษที่เรียกว่า วงจรเมทริกซ์ (matrix circuit) การบวกผสมสีทางไฟฟ้าของแสงสีแดง-แสงสีเขียว- แสงสีน้ำเงิน เหล่านี้จะทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) E_Y กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) สองสัญญาณ คือ



รูปที่ 2.18 การมอดูเลตสัญญาณแสงสีใน โทรทัศน์ระบบเอ็น.ที.เอส.ซี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แผนผังการส่งโทรทัศน์สีในระบบเอ็น.ที.เอส.ซี.

inphase color signal voltage E_I และ quadrature-phase color signal voltage E_Q โดยมีส่วนผสมของแสงสีทั้งสามดังต่อไปนี้

Luminance signal

$$E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$$

Inphase color signal voltage

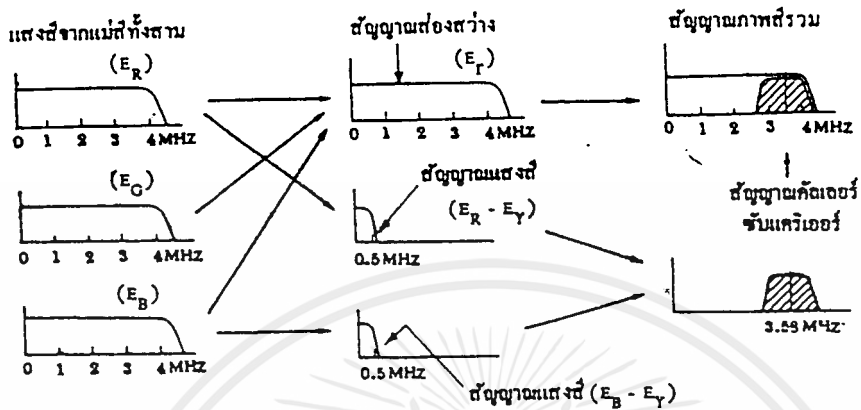
$$\begin{aligned} E_I &= 0.74(E_R - E_Y) - 0.27(E_B - E_Y) \\ &= 0.60E_R - 0.28E_G - 0.32E_B \end{aligned}$$

Quadrature-phase color signal voltage

$$\begin{aligned} E_Q &= 0.48(E_R - E_Y) + 0.41(E_B - E_Y) \\ &= 0.21E_R - 0.52E_G + 0.31E_B \end{aligned}$$

เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนที่อาจเกิดขึ้นในการส่งสัญญาณทางไฟฟ้าเหล่านี้ จากเครื่องส่งโทรทัศน์ไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ จึงใช้วิธีการ double modulation AM กล่าวคือ สัญญาณภาพสีทั้งสองสัญญาณจะมีคลื่นพาห้ของตัวเองโดยเฉพาะ เรียกว่า คลื่นเลอว์ซับแคริเออร์ (color subcarrier) สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี EI กับ EQ จะผ่านเข้าไปยัง encoder ซึ่งมี balanced modulator อยู่สองชุด แต่ละชุดจะมีคลื่นเลอว์ซับแคริเออร์ (color subcarrier) ซึ่งมีความถี่เดียวกัน แต่มีเฟส (phase angle) ต่างกันอยู่เก้าสิบองศา ผลลัพธ์ที่ได้จาก balanced modulator ทั้งสองนี้ ก็คือ สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีทางไฟฟ้าสองชุด ซึ่งแต่ละชุดจะอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated suppressed-carrier double-side bands ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.16 สัญญาณเหล่านี้ จะนำไปรวมกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างกับสัญญาณอื่น ๆ ก่อน แล้วจึงจะใช้คลื่นพาห้ในเครื่องส่งโทรทัศน์นำออกอากาศในวิธีการของ amplitude modulation ตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.16 สัญญาณที่เกิดขึ้นจะอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated double-sidebands ซึ่งกว้างประมาณข้างละ 4 เมกกะเฮิรตซ์ แต่การนำผ่านวงจร vestigial sideband filter จะช่วยลดไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband) ลงบ้าง และจะตั้งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) เต็มที่ ซึ่งจะทำให้มีแบนด์วิดท์ทั้งสิ้น (overall RF Bandwidth) ประมาณ 6 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเท่ากับแบนด์วิดท์ของช่องโทรทัศน์ขาวดำในระบบอเมริกันพอลิ สำหรับแบนด์วิดท์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี E_I กับ E_Q นั้น ผลของการทดลองได้พบว่า สายตาของคนเรา จะสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงในเรื่องรายละเอียดของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างได้ง่ายและดีกว่าการเปลี่ยนแปลงในเรื่องรายละเอียดของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่างได้ง่ายและดีกว่าการเปลี่ยนแปลงในเรื่องสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี โดยเฉพาะในส่วนประกอบเล็ก ๆ ของภาพบนจอโทรทัศน์ ไม่จำเป็นต้องทำให้รายละเอียดของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีมีมากเท่ากับรายละเอียดของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง ฉะนั้น โทรทัศน์ระบบ NTSC จึงกำหนดให้สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง มีรายละเอียดของสัญญาณภาพได้กว้างที่ประมาณ 4.2 เมกกะเฮิรตซ์ ส่วนสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี E_I ซึ่งแสดงลักษณะคุณสมบัติของแสงสีเขียวน้ำเงิน (cyan) หรือแสงสีส้ม (orange color) จะมีรายละเอียดได้กว้างประมาณ 1.5 เมกกะเฮิรตซ์ กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี EQ ซึ่งแสดงลักษณะคุณสมบัติของแสงสีม่วง (purple) หรือแสงสีเขียว (green) นั้น สามารถกำหนดให้มีรายละเอียดได้เพียงประมาณ 0.5 เมกกะเฮิรตซ์ ก็เป็นการเพียงพอแล้ว ตามที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.20

การส่งโทรทัศน์ระบบ NTSC จากเครื่องส่งโทรทัศน์มายังเครื่องรับโทรทัศน์ สัญญาณโทรทัศน์ที่
 ภาพสี จะใช้คลื่นพาห้ของภาพสี หรือคลื่นเลอร์ซันแควริเออร์ก็จำเป็นจะต้องพื้ถึถันและมีหลักเกณฑ์เหมือนกัน
 ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้คือ



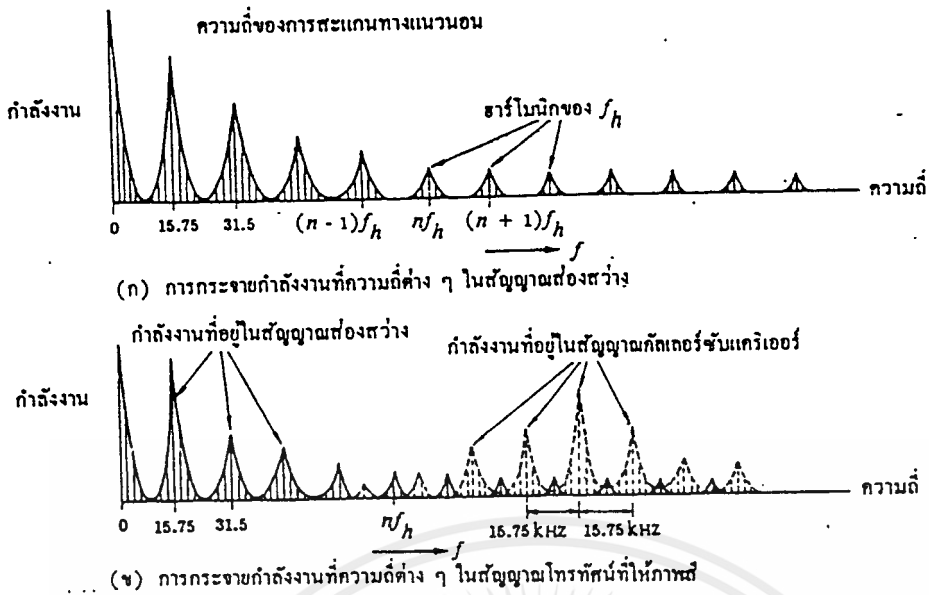
รูปที่ 2.20 สัญญาณส่งสว่าง และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีของโทรทัศน์ระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี.

เนื่องจากรายละเอียดของสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่งสว่าง จะมีความถี่ระหว่าง 0 ถึง 4 เมกกะ-
 เฮิรท์ซ์ ซึ่งมีกำลังงานรวมกลุ่มกันอยู่บริเวณความถี่ 15,750 เฮิรท์ซ์ อันเป็นค่าของความถี่ของการสะแกนทาง
 แนวนอน หากเลือกใช้คลื่นเลอร์ซันแควริเออร์ให้มีค่าเท่ากับฮาร์โมนิก (harmonic) ต่าง ๆ ของความถี่ตามที่กล่าว
 แล้วนี้ จะทำให้ลดอาการรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่างความถี่ของคลื่นเลอร์ซันแควริเออร์ กับความถี่ของความแตกต่าง
 ระหว่างคลื่นพาห้ของเสียงกับคลื่นพาห้ของภาพ ได้ ฉะนั้น ในหลักการจึงมีข้อกำหนดดังนี้

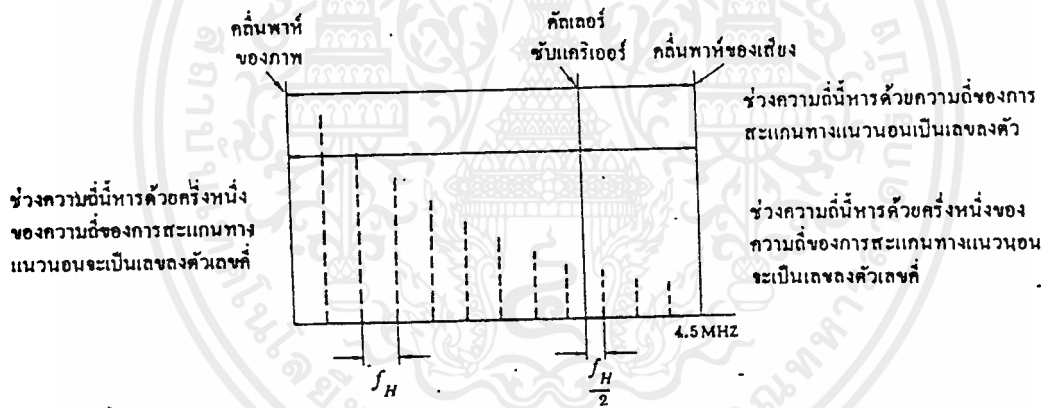
ก. กำหนดให้ความถี่ของความแตกต่างระหว่างคลื่นพาห้ของเสียงกับคลื่นพาห้ของภาพ (sound carrier
 spacing relative to video carrier) มีค่าเท่ากับ ฮาร์โมนิกที่ 286 ของความถี่ในการสะแกนทางแนวนอน

ข. กำหนดให้ความถี่ของคลื่นเลอร์ซันแควริเออร์ มีค่าเท่ากับ ฮาร์โมนิกที่ 455 ของครึ่งหนึ่งของความถี่ใน
 การสะแกนทางแนวนอน

หากกำหนดให้ความถี่ของการสะแกนทางแนวนอนมีค่า 15,750 เฮิรท์ซ์ เราจะพบว่าความถี่ของคลล-
 เลอร์ซันแควริเออร์นี้ จะมีค่า $(455) (15,750) / (2)$ เฮิรท์ซ์ หรือ 3.58 เมกกะเฮิรท์ซ์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.21
 และรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.21 การกระจายกำลังงานที่ความถี่ต่าง ๆ ในสัญญาณสองสว่าง และ ในสัญญาณ โทรทัศน์ที่ให้ภาพสี



รูปที่ 2.22 ความสัมพันธ์ของความถี่คลื่นพาห์ของภาพ ความถี่คลื่นพาห์ของเสียงและความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ในระบบโทรทัศน์สี

อย่างไรก็ตาม มาตรฐาน ของโทรทัศน์ระบบ NTSC นี้ จะมีส่วนที่แตกต่างกันบ้างเล็กน้อยกับมาตรฐานของโทรทัศน์ขาวดำ ในระบบอเมริกันเหมือนกัน เพราะสาเหตุที่คือ การลดการรบกวนในการเลือก ใช้ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์นี้ เมื่อความแตกต่างระหว่างคลื่นพาห์ของเสียงกับคลื่นพาห์ของภาพ ในโทรทัศน์ระบบอเมริกัน มีค่าความถี่ 4.5 เมกกะเฮิรตซ์ เราจะได้ตัวเลขที่แน่นอนของค่าความถี่ต่าง ๆ ดังนี้

ความถี่ของการสะแกนทางแนวนอนจะมีค่า $(4.5) / (286)$ เมกกะเฮิรตซ์หรือ 15,734.296 เฮิรตซ์ ความถี่ของคัลเลอร์ซับแคริเออร์ จะมีค่า $(455) (15,734.296) / (2)$ เฮิรตซ์ หรือ 3,579,545 เมกกะเฮิรตซ์

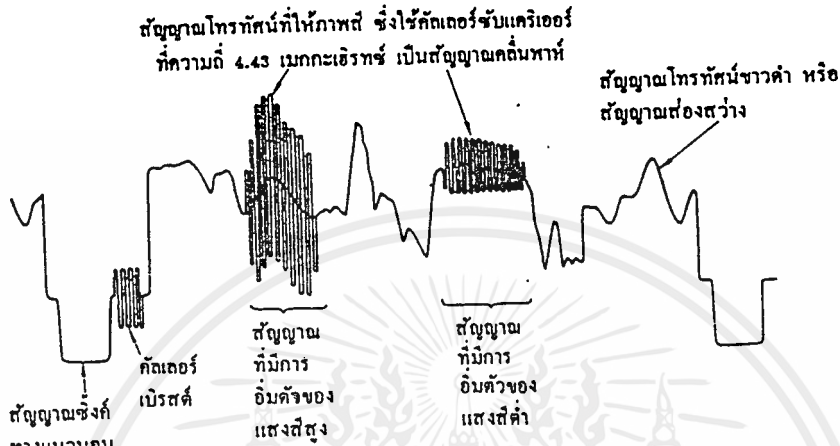
ความถี่ของพิกัด มีค่า $(15,734.296) / (262.5)$ เฮิรตซ์ หรือ 59.94 เฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

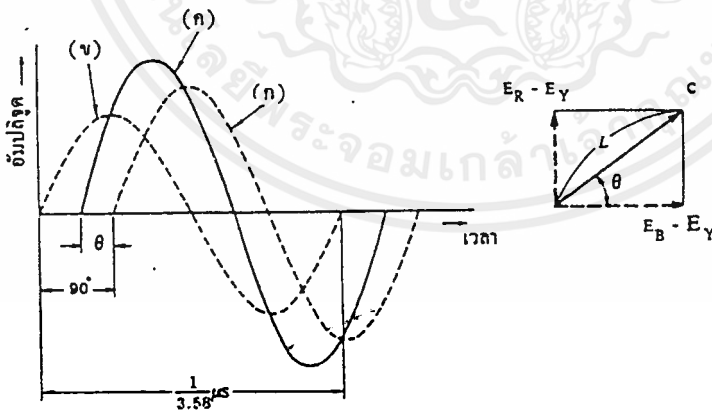
ตัวเลขที่แน่นอนในเรื่องความถี่ของการสะแกนทางแวนอน และในเรื่องความถี่ของฟิลค์สำหรับโทรทัศน์สี จะมีค่าใกล้เคียงกับ 15,750 เฮิรท์ซ และ 60 เฮิรท์ซ ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้ในมาตรฐานโทรทัศน์ขาวดำระบบอเมริกันมาก และไม่ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการชิงค้สัญญาณต่าง ๆ แต่ประการใดในทางปฏิบัติ

รูปที่ 2.23 เป็นสัญญาณภาพสีรวม (colorplexed composite video signal) ที่เครื่องส่งโทรทัศน์สี จะต้องส่งไปให้เครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance)



รูปที่ 2.23 สัญญาณส่องสว่าง กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งรวมกันอยู่ในสัญญาณภาพสีรวม (Color composite signal)

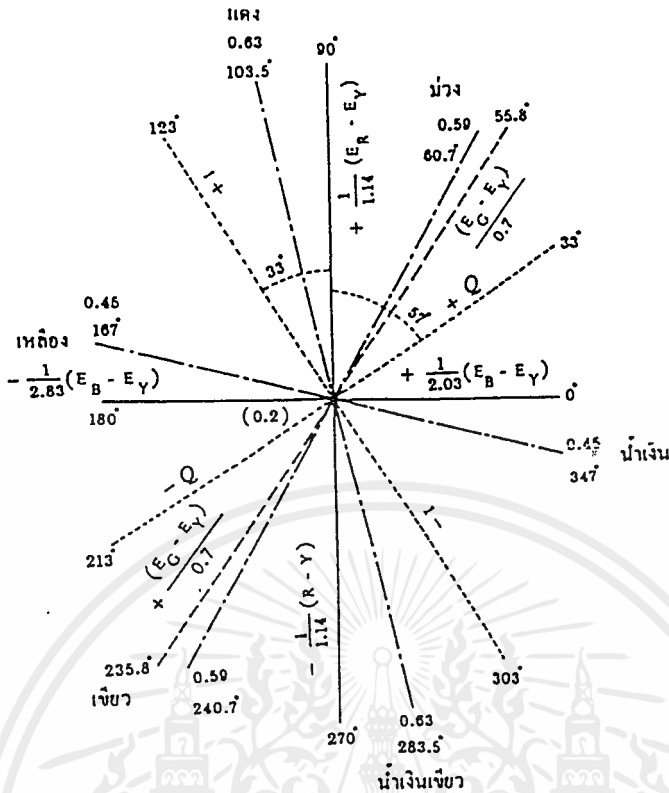
สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีของสัญญาณซึ่งอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated suppressed-carrier double sidebands สัญญาณชิงค้ สัญญาณแบล็งค้กิง สัญญาณอิควิวไลซิง และสัญญาณชิงค้ของภาพสี ที่เรียกว่า คัลเลอร์เบิร์สต์ (color burst) ทางค้ำนเครื่องรับโทรทัศน์ ก็มีการแยกสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำ หรือสัญญาณส่องสว่างออกจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี และจะมีวงจรคัลเลอร์คิมมอดูเลเตอร์



- ก. สัญญาณเข้าที่พู่ของ balanced modulator ซึ่งมี $(E_B - E_Y)$ เป็นสัญญาณอินพุท
- ข. สัญญาณเข้าที่พู่ของ balanced modulator ซึ่งมี $(E_B - E_Y)$ เป็นสัญญาณอินพุท
- ค. สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งเป็นผลรวมของสัญญาณ (ก) กับ (ข)

รูปที่ 2.24 รูปร่างของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งใช้คัลเลอร์ซบแคริเออร์เป็นคลื่นพาห้ (ขยายให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ชัดเจน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



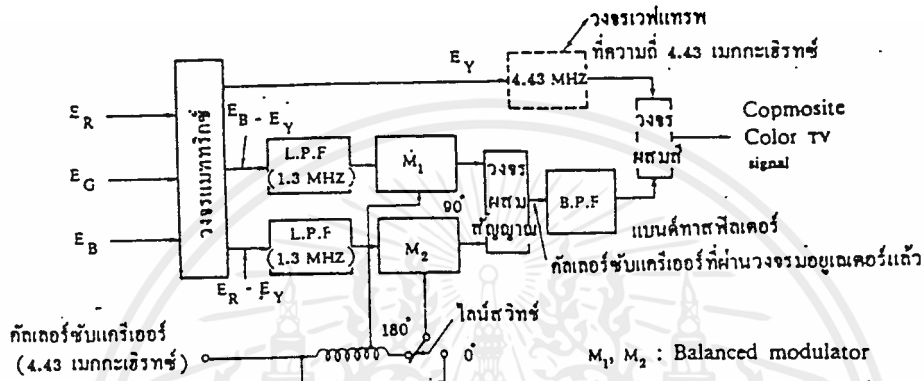
รูปที่ 2.25 เฟสและอัมพลิจูดของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ซึ่งมีการอิมิตัวของแสงสีประมาณ 100%

(color demodulator) สองชุด ซึ่งใช้แคลเลอร์ซับแคเรียอร์ที่มีความถี่เดียวกัน แต่มีเฟสต่างกันอยู่เก้าสิบองศา เพื่อทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี EI กับ EQ ความสัมพันธ์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีทั้งสองคือ $(E_R - E_Y)$ และ $(E_B - E_Y)$ กับสัญญาณแคลเลอร์ซับแคเรียอร์ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.24 เมื่อนำวงจรแมทริกซ์ (matrix circuit) ก็จะได้สัญญาณของแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน เพื่อป้อนให้แก่หลอดของหลอดภาพ และทำให้เกิดภาพสีขึ้นที่จอหลอดภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ต่อไป ตามแผนผังที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.24 ส่วนความสัมพันธ์ในเรื่องขนาด (amplitude) และเฟส (phase angle) ของแสงสีต่าง ๆ นั้น ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.25

2.6 โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. (PAL color TV system)

โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. เป็นโทรทัศน์สีที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับโทรทัศน์สีระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี. แต่ได้รับการเสริมแต่งแก้ไขให้มีความแตกต่างกันอยู่หลายอย่าง เรื่องที่สำคัญก็คือ ได้รับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความผิดเพี้ยนทางเฟสและอัมพลิจูด (phase and amplitude distortion) โดยปกติ การส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่มีความถี่และอัมพลิจูดแตกต่างกัน ผ่านวงจรขยายสัญญาณหรือวงจรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะทำให้ต้องใช้เวลานานมากน้อยและมีการขยายมากน้อยแตกต่างกันออกไปตามแต่ความถี่และอัมพลิจูดของสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี และสัญญาณแคลเลอร์ซับแคเรียอร์มาก ความผิดเพี้ยนเหล่านี้ จะทำให้ภาพสีของเครื่องรับโทรทัศน์มีสีผิดเพี้ยนไปจากภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สี ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องแก้ไข โทรทัศน์สีระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี. ได้แก้ไขเรื่องนี้โดยการพิจารณาออกแบบวงจรที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสม แต่โทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. มีวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในเรื่องนี้โดยวิธีการส่งสัญญาณ

โทรทัศน์ที่ให้ภาพสีให้มีเฟสแตกต่างกันหรือขบเปิดสีป้องกัน สลับกันไปในแต่ละช่วงเวลาที่มีการสะแกนทางแนวนอน หลักการของโทรทัศน์สีระบบ ที.เอ.แอล นี้ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.5 รูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.26 โดยกล้องโทรทัศน์สีจะทำให้เกิดสัญญาณทางไฟฟ้าจากแสงสีแดง-แสงสีเขียว-แสงสีน้ำเงิน โดยมีขนาด E_R , E_G , E_B ตามลำดับ สัญญาณแสงสีทั้งสามสี จะผสมกันในวงจรเมทริกซ์ (matrix circuit) ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง E_Y กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีสองสัญญาณ คือ E_U กับ



รูปที่ 2.26 คัลเลอร์โคคเคอร์ (color coder) ของโทรทัศน์สี ระบบที.เอ.แอล. (PAL)

E_Y ซึ่งเป็นผลต่างของสัญญาณแสงสีแดงกับสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณแสงสีน้ำเงินกับสัญญาณส่องสว่าง ดังต่อไปนี้

สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal)

$$E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$$

สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal)

$$E_U = 0.493 (E_B - E_Y)$$

$$E_V = 0.877 (E_R - E_Y)$$

สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี จะเกี่ยวข้องกับแค่เฉพาะสัญญาณจากแสงสีแดงและสัญญาณจากแสงสีน้ำเงิน ส่วนสัญญาณที่เกิดจากแสงสีเขียวจะหายไป ฉะนั้น เครื่องรับโทรทัศน์สีจะต้องมีวงจรพิเศษทำให้เกิดสัญญาณนี้เกิดขึ้นมาได้ เพื่อตรวจสอบว่า สัญญาณ $(E_G - E_Y)$ เกิดขึ้นอย่างไรหรือไม่ จากสัญญาณต่าง ๆ ที่มีอยู่ สามสัญญาณ คือ E_Y , E_U , E_V จำเป็นต้องมีการคำนวณบ้างเล็กน้อย ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยทางเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$0.299 E_R + 0.587 E_G + 0.114 E_B - E_Y = 0 \quad (1)$$

ในทำนองเดียวกัน $E_Y = (0.099 + 0.587 + 0.114) E_Y$, หรือ

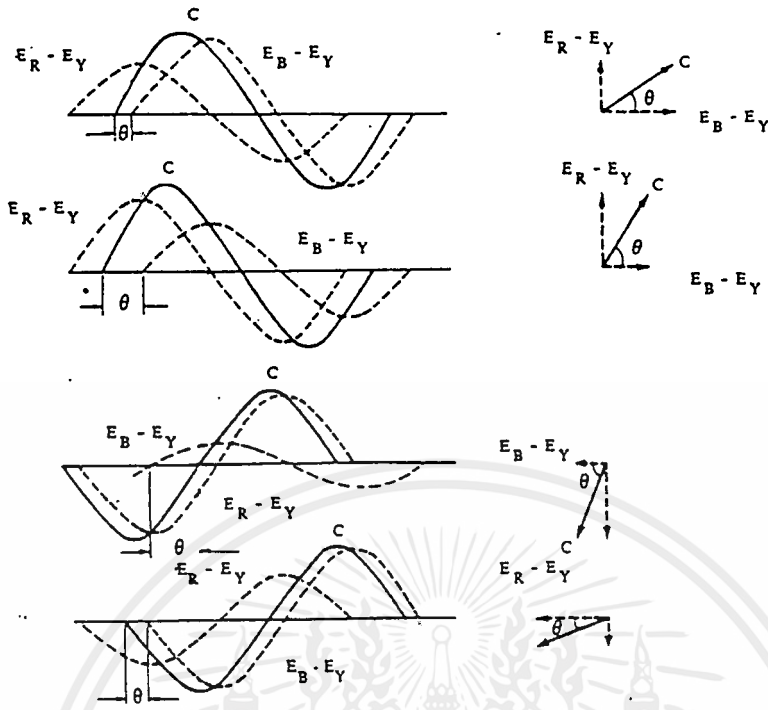
$$0.299 E_Y + 0.587 E_Y + 0.114 E_Y - E_Y = 0 \quad (2)$$

$$(1) - (2)$$

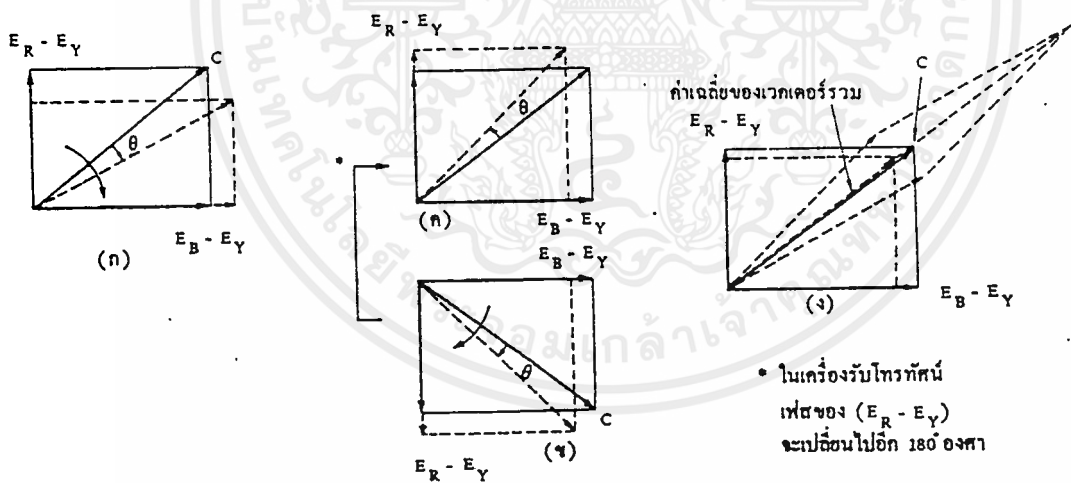
$$0.299 (E_R - E_Y) + 0.587 (E_G - E_Y) + 0.114 (E_B - E_Y) = 0 \quad \text{หรือ}$$

$$0.300 (E_G - E_Y) = -0.51 (E_R - E_Y) - 0.19 (E_B - E_Y)$$

ฉะนั้น เมื่อทราบค่าของสัญญาณ E_Y , $(E_R - E_Y)$, $(E_B - E_Y)$ เราก็สามารถหาค่าของสัญญาณ $(E_G - E_Y)$ ได้ และสามารถทำให้เกิดภาพสีทางจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สีได้ด้วยสัญญาณ $(E_R - E_Y)$ กับ $(E_B - E_Y)$ นี้ ต้องถูกลดความแรงลงมาให้เป็นสัญญาณ E_U กับ E_V เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด over modulation ขึ้นทางเอ็นโคเดอ (encoder) ของเครื่องส่งโทรทัศน์เกิด 133% โดยถือเอาระดับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง E_Y เป็นระดับอ้างอิง การส่งโทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. ก็มีหลักการคล้าย ๆ กันกับการส่งโทรทัศน์สีระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี. และได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.16 โดยวิธีการของ double modulation AM-AM สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี E_U กับ E_V จะผ่านเข้าไปยังเอ็นโคเดอ (encoder) ซึ่งมี balanced modulator อยู่สองชุด แต่ละชุดจะใช้คลื่นพาห้คลื่นย่อย (color subcarrier) ซึ่งมีความถี่เดียวกัน แต่มีเฟส (phase angle) ต่างกันอยู่เก้าสิบองศา รวมทั้งคลื่นพาห้คลื่นย่อยชุดหนึ่งจะต้องผ่าน $0^\circ/180^\circ$ พี.เอ.แอล.สวิตช์ (PAL switch) เพื่อทำหน้าที่ปิดเปิดสลับเฟสของคลื่นย่อยในทุก ๆ การสะแกนเส้นตีหรือการสะแกนเส้นคู่แล้วแต่กรณี ผลลัพธ์ที่ได้จากมอดูเลเตอร์เหล่านี้ ก็คือสัญญาณทางไฟฟ้าสองชุด ซึ่งแต่ละชุดจะอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated suppressed carrier double sidebands และสัญญาณทางไฟฟ้าทางมอดูเลเตอร์ตัวหนึ่ง จะมีค่าเฟสของคลื่นย่อยสลับกันไปมา ระหว่าง 0 องศา กับ 180 องศา ในแต่ละการสะแกนเส้นคู่หรือการสะแกนเส้นตีแล้วแต่กรณี สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีเหล่านี้จะนำไปรวมกับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณอื่น ๆ เสียก่อน แล้วจึงจะใช้คลื่นพาห้ในเครื่องส่งโทรทัศน์นำออกอากาศในวิธีการของ amplitude modulation สัญญาณที่เกิดขึ้นจึงอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated double sidebands ซึ่งมีขนาดกว้างประมาณ 5 เมกะเฮิรตซ์ หลังจากสัญญาณเหล่านี้ผ่านวงจร vestigial sideband filter แล้วก็จะช่วยลดไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband) ลงบ้าง และจะส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) เดิมที่



รูปที่ 2.27 ความสัมพันธ์ของแอมพลิจูดของเวกเตอร์ $(E_R - E_Y)$, $(E_B - E_Y)$ และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี C



รูปที่ 2.28 การแก้ไขความผิดเพี้ยนทางเฟส โดยการสลับเฟสของสัญญาณ $(E_R - E_Y)$ หรือสัญญาณวี.

ซึ่งจะทำให้มีค่าแบนด์วิดท์ทั้งสิ้น (overall RF bandwidth) ประมาณ 7 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเท่ากับกับแบนด์วิดท์ของช่องโทรทัศน์ขาวดำในระบบยุโรปพอดี สำหรับแบนด์วิดท์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีซึ่งเกิดจาก EU กับ EV นั้น สามารถกำหนดให้มีค่าประมาณ 1.3 เมกะเฮิรตซ์ ถึง 1.5 เมกะเฮิรตซ์ เท่ากันทั้งสองสัญญาณได้

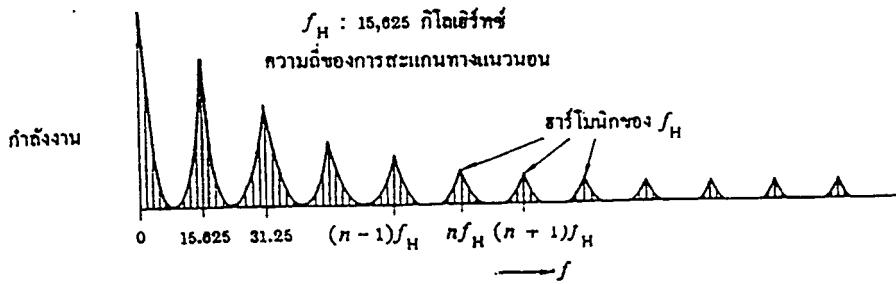
รูปที่ 2.27 เป็นรูปที่แสดงให้ทราบว่าคัลเลอร์ซับแคริเออร์ จะมีอัมพลิจูด (amplitude) และเฟส (phase angle) แยกต่างไปจากสัญญาณ $(E_R - E_Y)$ หรือสัญญาณ E_Y กับสัญญาณ $E_B - E_Y$ หรือสัญญาณ E_U ส่วนรูปที่ 2.28 ค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นรูปที่แสดงให้ทราบว่า การสลับค่าเฟสของคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ไปมาระหว่าง 0 องศา กับ 180 องศา นั้น จะสามารถช่วยปรับปรุงแก้ไขให้ลดการผิดเพี้ยนทางเฟส (phase distortion) ที่เกิดขึ้นในระหว่างการส่งสัญญาณโทรทัศน์ จากเครื่องส่งโทรทัศน์มายังเครื่องรับโทรทัศน์ได้ โดยสมมติว่า ในรูปที่ 2.28 (ก) สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพ $E_R - E_V$, $E_B - E_V$ และสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่เครื่องรับโทรทัศน์ ควรจะสามารถรับไว้ได้ แสดงไว้ในเส้นขีด (full line) แต่เนื่องจากสาเหตุบางอย่าง ทำให้เกิดการผิดเพี้ยนทางเฟสขึ้น ทำให้เฟส ของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่ควรจะได้รับจริง นำหน้าเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่ได้รับไว้จริงในเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นมุม e องศา สัญญาณที่เกิดการผิดเพี้ยนขึ้นนี้ ได้แสดงไว้ด้วยเส้นประ (dotter line) ระยะเวลาที่เกิดการผิดเพี้ยนเป็นมุม e นี้ สมมติว่า เกิดขึ้นในระยะเวลาที่มีเส้นสะแกนทางแนวอนเส้นที่หนึ่ง ต่อมาในระยะเวลาที่มีเส้นสะแกนทางแนวอนเส้นที่สอง วงจรต่าง ๆ ในเครื่องรับโทรทัศน์ จะช่วยเปลี่ยนเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ไปอีก 180 องศา จากเดิม สัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ และสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี ($E_R - E_V$) ($E_B - E_V$) จึงเปลี่ยนไปตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.28 (ข) อย่างไรก็ตาม วงจรคลื่นเลเซอร์ก็มอดูเลเตอร์ จะทำให้เฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ และสัญญาณ ($E_R - E_V$) เปลี่ยนไปอีก 180 องศา จากเดิม ฉะนั้น สัญญาณต่าง ๆ ที่กล่าวถึง จึงมีรูปร่างตามที่ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.28 (ค) โดยเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่ควรจะได้รับตามหลังเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่เครื่องรับโทรทัศน์ ได้รับไว้จริงเป็นมุม e องศา เมื่อนำผลที่ได้รับในรูปที่ 2.28 (ค) กับผลของรูปที่ 2.28 (ก) มาพิจารณาหาค่าเฉลี่ยแล้ว ก็พบว่า การสลับเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ไปมาระหว่าง 0 องศา กับ 180 องศา นั้น จะได้รูปร่างของสัญญาณอันเป็นผลเฉลี่ยตามรูปที่ 2.28 (ง) ซึ่งแสดงว่าการสลับเฟสของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ไปมาระหว่าง 0 องศา กับ 180 องศา ในทุก ๆ ช่วงเวลาที่มีเส้นสะแกนทางแนวอนนั้น จะเป็นการช่วยเหลือนำปรับปรุงแก้ไขให้การผิดเพี้ยนทางเฟสที่อาจเกิดขึ้นได้ในระหว่างการส่งโทรทัศน์ ให้ลดน้อยลงหรือลือได้ว่าหมดไปเลย

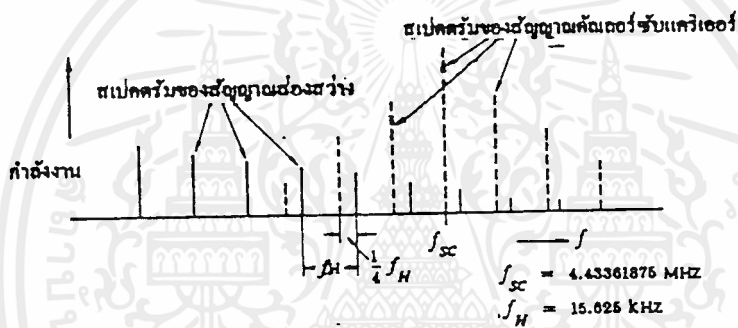
การเลือกใช้ความถี่ ของคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ของโทรทัศน์ระบบ พี.เอ.แอล มีปัญหายุ่งยากมาก เคยมีการทดลองเลือกใช้ความถี่ฮาร์โมนิกที่ 567 ของสัญญาณที่มีค่าความถี่ครึ่งหนึ่งของความถี่ที่ใช้ในการสะแกนทางแนวอนมาเป็นความถี่ ของคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.29 โดยหากใช้ความถี่ของการสะแกนทางแนวอนเป็น 15,625 เฮิรท์ซ ความถี่ของคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ก็จะมีค่า 4.4296875 เมกกะเฮิรท์ซ อย่างไรก็ตาม ภาที่รับได้ทางเครื่องรับโทรทัศน์ ยังคงมีปัญหาในเรื่องการรบกวนกับสัญญาณอื่น เพราะเฟสของสัญญาณแสงสี ($E_R - E_V$) ต้องเปลี่ยนเป็นค่าบวกลบสลับกันไปมาในทุก ๆ ช่วงเวลาที่มีการสะแกนเส้นสี หรือช่วงเวลาที่มีการสะแกนเส้นคู่ ผลของการทดลองเลือกใช้ความถี่ของคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ ได้พบว่า อาการรบกวนจะ ไม่มีเลย เมื่อใช้คลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์ที่มีความถี่ $(284 - 1) (f_{sc}) + (f_{sc}/625)$ เฮิรท์ซ หรือหากความถี่ของการสะแกนทางแนวอน (f_{sc}) มีค่า 15,625 เฮิรท์ซ จะพบว่าความถี่ของสัญญาณคลื่นเลเซอร์ขับแคเรียอร์จะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

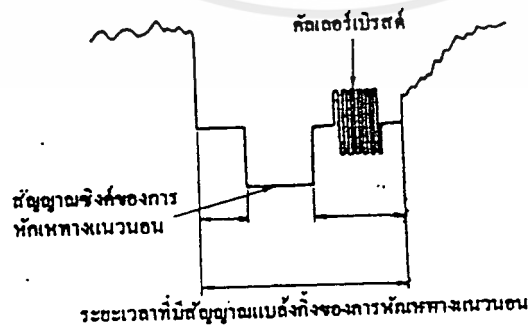
* ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นในสัญญาณส่องสว่าง



รูปที่ 2.30 ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นในสัญญาณส่องสว่าง และสัญญาณคลื่นต่อรับแคเรียอร์



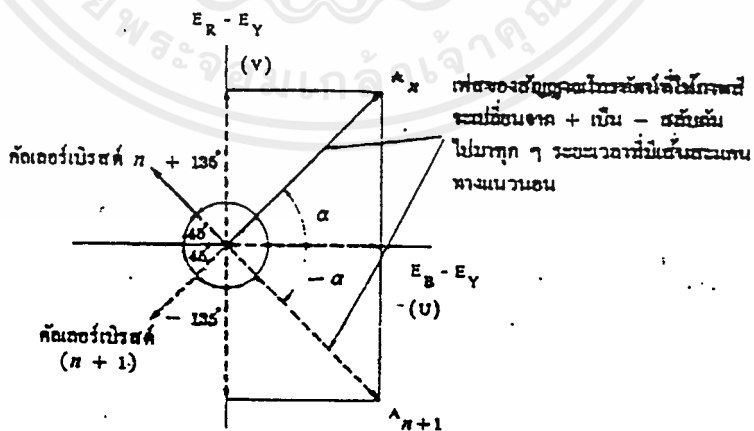
ระยะเวลาที่มีสัญญาณแบดถึงกิ่งของการหักเหทางแวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.43361875 เมกกะเฮิรตซ์ ฮาร์โมนิกต่าง ๆ ของความถี่ในการสะแกนทางแนวนอน (f_H) ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.20 ความถี่ของกัลเลอรซ์ซบแคเรียอร์ จะอยู่ห่างจากฮาร์โมนิกที่ 284 ของความถี่ในการสะแกนทางแนวนอน ประมาณ ($f_H/4$) ตามที่แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.30 ระบบการใช้กัลเลอรซ์ซบแคเรียอร์โคขวิวิธีการนี้ เรียกว่า quarter line offset system ค่าของ ($f_H/625$) หรือ 25 เฮิรตซ์ ที่นำมาเพิ่มให้ความถี่ของกัลเลอรซ์ซบแคเรียอร์เป็นการลดอาการรบกวนที่เกิดจากจุดเล็ก ๆ ของภาพสีในจอหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์สี

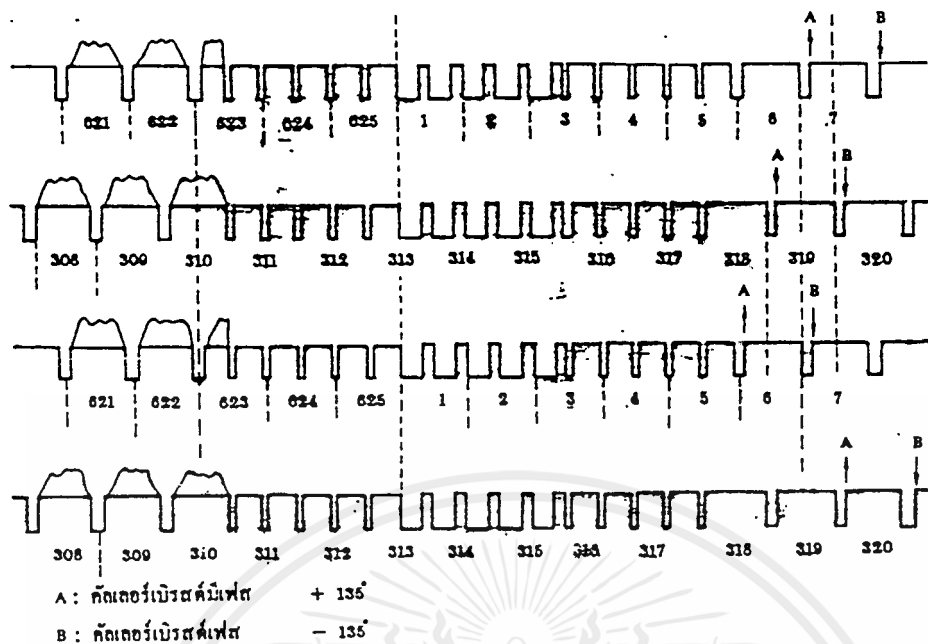
เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีปรากฏอยู่ในรูปร่างของ amplitude-modulated suppressed-carrier double-sidebands จึงจำเป็นต้องส่งสัญญาณซิงค์ของภาพสี หรือที่เรียกว่า กัลเลอรซ์เบิร์ต (color burst) ไปในช่วงเวลา back porch ของซิงค์พัลส์ทางแนวนอน ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.31 และรูปที่ 2.17 สัญญาณซิงค์ของภาพสีนี้ จะทำให้วงจรผลิตกัลเลอรซ์ซบแคเรียอร์ที่ความถี่ 4.43 เมกกะเฮิรตซ์ในเครื่องรับโทรทัศน์สีทำงานได้ถูกต้อง เฟสของสัญญาณของกัลเลอรซ์ซบแคเรียอร์จะอยู่ส้าหน้าสัญญาณแสงสี (EB - EY) อยู่ประมาณ + 135 องศา ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.32 ฉะนั้น ในการส่งสัญญาณซิงค์ของภาพสี จึงจำเป็นต้องเลือกทำให้เฟสของสัญญาณกัลเลอรซ์เบิร์ต มีค่า + 135 องศา และ -135 องศา เมื่อเทียบกับสัญญาณ (EB - EY) ในระยะเวลาของการสะแกนฟิลด์แรกและฟิลด์ต่อ ๆ ไป ตามที่แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.23

รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะของสัญญาณภาพสีรวม (colorplexed composite video signal) ที่ใช้ในโทรทัศน์สีระบบ พี.เอ.แอล. ซึ่งประกอบด้วยสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณส่องสว่าง (luminance signal) สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance signal) ซึ่งอยู่ในรูปร่างของ amplitude modulated suppressed carrier sidebands สัญญาณซิงค์ สัญญาณเบสซิงค์กึ่ง สัญญาณอิกวัลไลซิง และสัญญาณซิงค์ของภาพสี (color synch signal) ที่เรียกว่า กัลเลอรซ์เบิร์ต (color burst) ส่วนประกอบของสัญญาณต่าง ๆ ที่แสดงไว้



รูปที่ 2.32 แผนผังเวกเตอร์ของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 เฟสของคัลเลอร์เบิร์ตเฟส

หากกำหนดให้ขนาดของสัญญาณคัลเลอร์ซัพแคริเออร์ (color subcarrier amplitude) ในวงจรมอดูเลเตอร์มีค่าเป็น 1.0 แล้ว อาจกำหนดได้ ดังนี้

Colorplexed composite video signal

$$= E_Y + E_U \sin(\omega t) \pm E_V \cos(\omega t) + \text{sync, blanking and equalizing signals} + \text{color sync signal}$$

ในเมื่อ $E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$

$$E_U = 0.493 (E_B - E_Y)$$

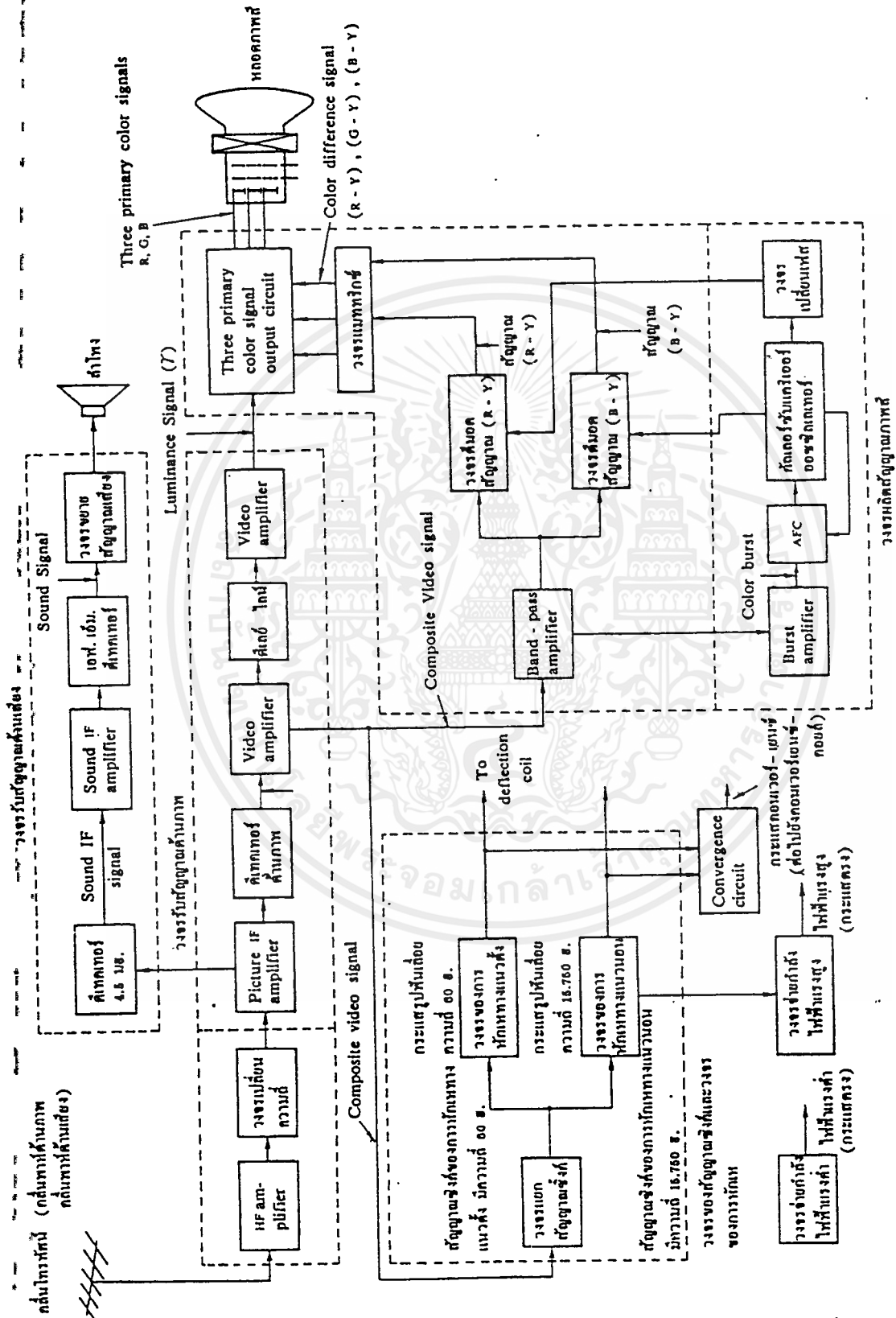
$$E_V = 0.877 (E_R - E_Y)$$

subcarrier for U-modulator = $\sin(\omega t)$

subcarrier for V-modulator = $\sin(\omega t + n + mn)$

$$2$$

$$= \cos(\omega t + mn)$$



รูปที่ 2.35 แผนผังการรับโทรทัศน์สีในระบบ พี.เอ.เอส.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{เส้นสะแกนทางเนวอนอนเส้นที่ } m \quad = 0, 2, 4, \dots$$

$$\cos(\omega t + mn) = + \cos(\omega t)$$

$$\text{เส้นสะแกนทางเนวอนอนเส้นที่ } m \quad = 1, 3, 5, \dots$$

$$\cos(\omega t + mn) = - \cos(\omega t)$$

สัญญาณโทรทัศนที่ให้ภาพสี (chrominance signal) จะประกอบด้วยสัญญาณ $\pm EV \cos(\omega t)$ ซึ่งสลับเครื่องหมายบวกลบในระยะเวลาที่มีการสะแกนทางเนวอนอนเส้นที่ หรือในชั่วเวลาที่มีการสะแกนทางเนวอนอนเส้นที่ตามลำดับ

$$\text{chrominance signal} = E_u \sin(\omega t) \pm EV \cos(\omega t)$$

$$= s \sin((\omega t) \pm e)$$

ในเมื่อ s^2

$$= E_u^2 + E_v^2$$

$$\tan(e) = E_v / E_u$$

การทำงานของ 00/1800 พี.เอ.แอล สวิตช์ (Pal switch) จะทำให้สัญญาณจากวี.มอดูเลเตอร์มีเครื่องหมายบวกลบสลับกันไปมาในแต่ละช่วงเวลาของการสะแกนทางเนวอนอนเส้นที่ หรือแต่ละช่วงเวลาของการสะแกนทางเนวอนอน ของเส้นที่ ซึ่งจะผลทำให้เฟสของสัญญาณโทรทัศนที่ให้ภาพสีที่ผ่านวงจรถิเลขไลนนี้ ได้รวมกันกับสัญญาณโทรทัศนที่ให้ภาพสีเดิมเพื่อทำให้เกิดสัญญาณ EU กับ EV ก่อนนำส่งไปยังวงจรถิเลขไลนวี.มอดูเลเตอร์ต่อไป การแยกสัญญาณ EU กับ EV จากสัญญาณโทรทัศนสี โดยการใช่วงจรถิเลขไลน ช่วยเหลือนี้ อาจเข้าใจได้ง่ายขึ้น หากใช้รูปร่างของสัญญาณเป็น complex form ($e^{j\omega t}$) แทนการเขียน trigonometry form ($\sin(\omega t)$) ดังต่อไปนี้

$$\text{chrominance signal } C = (S e^{j\omega t}) (e^{j\theta})$$

ในเมื่อ $j = \sqrt{-1}$ ซึ่งเป็นตัวเลขจินตภาพ (imaginary number) ค่าของเฟส (phase angle) e จะเป็นบวกหรือลบในระยะเวลาของการสะแกนทางเนวอนอน เส้นที่หรือเส้นที่แล้วแต่กรณี 1 คือ

ระยะเวลา และ ω หมายถึงความถี่ ความถี่เชิงมุม (angular frequency)

สมมติว่า θ เป็นบวก ที่เส้นสะแกนทางเนวอนอน $(2n - 1)$, $n=1, 2, 3, \dots$

θ เป็นบวก ที่เส้นสะแกนทางเนวอนอน $(2n)$, $n=1, 2, 3, \dots$

เราจึงมีข้อกำหนดว่า

$$C^{(2n-1)} = (S e^{j\omega t}) (e^{j\theta})$$

$$C^{(2n)} = (S e^{j\omega t}) (e^{j\theta})$$

สัญญาณโทรทัศนที่ให้ภาพสีเส้นสะแกนทางเนวอนอน $(2n)$ จะผ่านวงจรถิเลขไลน ซึ่งมีค่าโหม้ติเลซ์เท่าที่กับระยะเวลาที่ใช้ไปในการสะแกนทางเนวอนอนหนึ่งเส้น แล้วจึงนำสัญญาณนี้มารวมกันหรือหักออกจากค่าของสัญญาณโทรทัศนที่ให้ภาพสี ที่เส้นสะแกนทางเนวอนอน $(2n-1)$ และจะทำให้เกิดสัญญาณ EU กับ EV ขึ้นโดยเหตุการณ์กำหนด ดังนี้ ให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$EU = S \cos(\theta) = (s/2) (e^{j\theta} - e^{-j\theta})$$

$$EV = S \sin(\theta) = (s/2) (e^{j\theta} + e^{-j\theta})$$

ฉะนั้น

$$\begin{aligned} C(2n-1) - C(2n) &= (S) (e^{j\theta}) (e^{j\theta} - e^{-j\theta}) \\ &= (2eU) (e^{j\theta}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C(2n-1) + C(2n) &= (S) (e^{j\omega}) (e^{j\theta} - e^{-j\theta}) \\ &= (2e_v) (e^{j\omega}) \end{aligned}$$

สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณสองช่องว่าง EY กับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี EU และ EV จะนำมาผสมกันในวงจรเมทริกซ์ (matrix circuit)* เพื่อทำให้เกิดสัญญาณแม่สีทั้งสาม คือ สัญญาณแสงสีแดง สัญญาณแสงสีเขียว สัญญาณแสงสีน้ำเงิน ต่อไปตามต้องการ

2.7 เทคนิคการสแครมบลิ่ง

การสแครมบลิ่ง (Scrambling) มีค่าจำกัดความถี่กว้างมาก โดยหมายถึง การเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากแบบปกติให้อยู่ในรูปแบบพิเศษ ซึ่งไม่สามารถรับรู้ได้ด้วยระบบปกติและสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลจากรูปแบบพิเศษนั้นให้กลับมามีอยู่ในรูปแบบปกติได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าแม้แต่การเกิดสัญญาณรบกวนในการส่งก็อาจจะจัดได้ว่าเป็นการสแครมบลิ่งได้ ถ้าสัญญาณรบกวนนั้นทำให้เราไม่สามารถรับรู้ภาพจากสัญญาณภาพนั้นได้ และเราก็สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนนั้นออกไปได้หมดจนสามารถดูภาพได้ชัดเจนเหมือนเดิม ในการสแครมบลิ่งสัญญาณภาพนั้นทำได้หลายแบบดังนี้

การกลับสัญญาณภาพ (Video Inversion)

หลักการ วิธีการนี้จะทำการกลับสัญญาณภาพ, สัญญาณซิงค์, สัญญาณบริสต์, รวมทั้งสัญญาณแม่สีทั้ง 3 โดยจะกลับจากบวกเป็นลบและลบเป็นบวก

เทคนิคนี้ได้เริ่มต้นใช้ในระบบเคเบิลทีวี และจัดได้ว่าเป็นธรรมชาติมากที่สุดเพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสัญญาณที่มีอยู่ในสัญญาณภาพรวมเลย เพียงแต่กลับขั้วของสัญญาณเท่านั้น ดังนั้นเราจึงสามารถดิสแครมบลิ่ง กลับมารูปแบบเดิมได้ง่ายเพียงแต่ใส่สัญญาณสลับของสัญญาณเท่านั้น ทำให้เทคนิคนี้มีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลต่ำ

สำหรับระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม ไม่สามารถใช้เทคนิคแบบนี้ได้เพราะแรงดันไฟของระบบจะถูกแปลงลงทั้งสูงและต่ำซึ่งหมายความว่า ในเครื่องรับโทรทัศน์ผ่านดาวเทียมมีอุปกรณ์สลับขั้วสัญญาณอยู่แล้วจะทำให้สัญญาณที่ถูกสแครมบลิ่ง แบบนี้ไม่มีผลเพราะจะสามารถรับได้อย่างปกติ

การแทนซิงค์ (Sync Replacement)

หลักการ จะมีการแทนสัญญาณ ซิงค์พัลส์ ทางแนวนอน (Horizontal Synch) และทางแนวตั้ง (Vertical Synch) ด้วยสัญญาณรูปแบบอื่น

เทคนิคการสเตรมบลิงแบบนี้ มีการใช้ในอเมริกาเหนือและยุโรป และเป็นส่วนหนึ่งในหลายเทคนิคที่มีการใช้ในระบบ OAK Orion และ Video Cipher ทั้งสองระบบในระบบ Orion ช่วงของซิงค์ทางแนวนอนและรวมถึงสัญญาณซิงค์เบริสท์ ความถี่ 25 MHz ซึ่งตามด้วยสัญญาณคาต้าเบริสท์ส่วนระบบ Video Cipher นั้น จะมีการนำสัญญาณคาต้าเบริสท์มาแทนสัญญาณ ซิงค์โครไนซ์ นี้เข้าไปรวมอยู่ในส่วนของสัญญาณคาต้าเบริสท์

เทคนิคนี้จะ ไม่มีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลเลข เช่นเดียวกับเทคนิคการสเตรมบลิงแบบ Video Inversion (แบบที่ 1) ทำให้สามารถทำการคิสเตรมบลิง ได้ง่าย ซึ่งทำได้ 2 แบบคือ

1. แบบที่เสี้ยค่าใช้จ่ายต่ำจะใช้วิธีการ ดีเทก (detect) สัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณ ซิงค์โดยใช้ วงจร โมโนสเตเบิล
2. แบบที่เสี้ยค่าใช้จ่ายสูง จะใช้วงจร Synch Regeneration โดยใช้สัญญาณ กัลเลอรัเบริสท์หรือสัญญาณส่วนอื่นๆ ในการล็อก (Lock) เพื่อสร้างสัญญาณ ซิงค์ ขึ้นมาใหม่

แอกทีฟอินเวอร์ชัน (Active Inversion)

หลักการ จะทำการกลับขั้วของสัญญาณภาพแบบ แอกทีฟ (Active)

การสเตรมบลิง แบบแอกทีฟอินเวอร์ชันนี้ เป็นการกลับขั้วของข้อมูลของวีทีโอ ทีละเส้นต่อเส้น ซึ่งทำให้ผลในด้านการรักษาความปลอดภัยดีกว่าระบบที่ผ่านมา แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณวีทีโอจะกลับขั้วโดยใช้พื้นฐานของ Alternat Line ซึ่งมีการรักษาความปลอดภัยที่ต่ำอยู่และ ในบางระบบจะใช้ในลักษณะฟิลค์ต่อฟิลค์ นอกจากนี้ เทคนิคนี้ยังแบ่ง ได้ 2 แบบคือ

1. แบบที่มีคีย์ จะมีการรักษาความปลอดภัยในระดับต่ำ
2. แบบที่ไม่มีคีย์ จะมีลักษณะที่แตกต่างออกไปเพราะ ไม่มีสิ่งที่ใช้แสดงขั้วของสัญญาณภาพในส่วนประกอบของไลน์ (Line) เลย

ตัดและกลับขั้ว (Cut and Invert)

หลักการสัญญาณ ไลน์วีทีโอจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่า เซกเมนต์ จำนวนหลายๆ เซกเมนต์ ตามที่ต้องการและทำการสลับขั้วของสัญญาณ ไลน์วีทีโอในส่วนของเซกเมนต์ ไคเซกเมนต์หนึ่ง หรือจะทำพร้อมกันทีเดียวหลายๆ เซกเมนต์เลยก็ได้

ตัดและหมุน (Cut and Rotate)

หลักการ จะคล้ายกันกับวิธีตัดและกลับหัว ในส่วนที่มีการแบ่งสัญญาณออกเป็น เซกเมนต์ (Segment) หลายๆ เซกเมนต์ แต่เทคนิคนี้จะทำการเลื่อนเซกเมนต์แรกไปให้ที่เซกเมนต์ที่สองไปเรื่อยๆ ตามลำดับจนครบทั้งหมด ซึ่งจะมีการหมุนเซกเมนต์เป็นวงกลม

การสแตรมบลิ่งแบบนี้ที่มีใช้ในยุโรปจะมีประสิทธิภาพดีมาก จำนวนของจุดตัวอย่างหรือ เซกเมนต์ต่อเส้นที่เลือกใช้คือ 256 ซึ่งจำนวนจุดตัดที่ค่านี้ เราสามารถที่จะกำหนดให้อยู่ในรูปของข้อมูลขนาด 8 บิตได้ โดยจะอยู่ในรูปแบบของเวิร์คหรือ ไบท์ก็ได้

ไลน์ชัฟเฟิล (Line Shuffle)

หลักการ จะทำการสับเปลี่ยนอันดับของไลน์ (Line) ในฟิล์มหรือเฟรม เพื่อให้ส่งไลน์ในกำลังที่ไปจากปกติ เช่น เส้นที่ 10 อาจจะถูกส่งไปในอันดับของเส้นที่ 99 ก็จะถูกส่งไปในอันดับที่ 10 แทน เป็นต้น ทำให้การแสดงผลภาพบนหน้าจอเครื่องรับ แสดงภาพที่ผิดพลาด เพราะ ไลน์วิดีโอที่รับเข้ามาสลับอันดับกันอยู่

การสแตรมบลิ่ง วิธีนี้จะต้องใช้ฟิล์มหรือเฟรม เพื่อใช้เก็บข้อมูลในการสลับเส้น และวงจรจิจิตอลเป็นจำนวนมาก

การเลื่อน ซายน์เวฟซิงค์ (Sinewave Sync Shifting)

หลักการเพิ่มซายน์เวฟ เข้าไปในสัญญาณไลน์วิดีโอ โดยมีความถี่เท่ากับความถี่ไลน์ หรือเป็นจำนวนเท่าของความถี่ไลน์

เทคนิคการสแตรมบลิ่ง แบบนี้มี 2 รูปแบบคือ

1. ใช้ความถี่ซายน์เวฟ เท่ากับความถี่ไลน์
2. ใช้ความถี่ซายน์เวฟ เป็นจำนวนเท่าของความถี่ไลน์

ซึ่งทั้งสองแบบจะมีการทำงานที่เรียบง่าย กล่าวคือแรงดันซายน์เวฟ จะไปดันให้ส่วนของ ซิงค์พัลส์เลื่อนเข้าไปอยู่ในย่านของสัญญาณวิดีโอ ผลก็คือ จะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ไม่สามารถ ล็อก หรือ ซิงค์โครไนซ์ได้ ทำให้ภาพที่ได้มาจะมีม้วนหรือขาด

การเพิ่มซายน์เวฟเข้าไป จะมีผลทำให้ไปเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณวิดีโอ ถ้าสัญญาณวิดีโอ ไม่ถูกลดทอนก่อนที่จะทำการสแตรมบลิ่ง โดยยังคงเหลืออยู่ในระดับมาตรฐานแล้ว การเพิ่มซายน์เวฟเข้าไปจะทำให้เกิดการ โอเวอร์ดีวิเอชัน (Overdiviation) ดังนั้นจะทำให้ภาพเพี้ยนไป

การเลื่อนซายน์เวฟซิงค์นี้ จะทำให้สัญญาณซิงค์ทางแนวอนและแนวตั้ง ถูกเลื่อนเข้าไปในย่านของ แอคทีฟวิดีโอ ซึ่งซายน์เวฟจะมอดูเลตกับแอคทีฟวิดีโอด้วยหมายความว่า แอมพลิจูดของวิดีโอ จะต้องถูกลดทอนก่อนที่จะทำการสแตรมบลิ่งเพื่อให้สัญญาณที่จะสแตรมบลิ่งตกลงมาอยู่ภายในการจำกัดแรงดันในการส่งเครื่องแยกสัญญาณซิงค์ของเครื่องรับโทรทัศน์จะ ไม่สามารถที่จะแยกแอคทีฟวิดีโอออกจากข้อมูลของซิงค์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลื่อนพัลส์ซิงค์ (Pulse Synch Shifting)

หลักการ ใส่พัลส์ซิงค์เข้าไปในย่านของสัญญาณวิดีโอ ซึ่งใช้ได้ทั้งทางสัญญาณซิงค์ทางแนวนอนและแนวตั้ง

การเลื่อนพัลส์ซิงค์ สามารถป้องกันเครื่องรับโทรทัศน์จากการลือคภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้จะมีการทำงานที่ไม่เหมือนกับการเลื่อนซายน์เวฟซิงค์ เพราะวิธีนี้จะมีผลต่อช่วงสัญญาณซิงค์เท่านั้น เวฟฟอร์ม (Waveform) ของสแครมบลิ้ง และคิสแครมบลิ้งที่ถูกเพิ่มเข้าไปในสัญญาณวิดีโอ ก็คือขบวนของพัลส์ (Pulse Train)

เมื่อขบวนพัลส์ ซึ่งจำเป็นสำหรับการคิสแครมบลิ้ง สัญญาณที่ถูกส่งไปตามคู่สายที่แยกจากกันจะใช้การเลื่อนเกทพัลส์

ซายน์เวฟสแครมบลิ้ง (Sinewave Scrambling)

ซายน์เวฟสแครมบลิ้งใช้เทคนิคการเลื่อนซายน์เวฟ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากเพราะสามารถทำได้ง่าย เพียงแต่นำสัญญาณซายน์เวฟ ความถี่ต่างๆ นำมาทำการรวม (Summing) กับสัญญาณไลน์วิดีโอ ถ้าเป็นระบบ PAL จะใช้ความถี่ 15,625 KHz ส่วนระบบ NTSC จะใช้ความถี่ 15.75 KHz ทั้งนี้เพื่อให้เข้าใจง่าย เพราะที่ความถี่นี้จะเท่ากับความถี่ของไลน์วิดีโอของระบบนั้นๆ ในการรวมสัญญาณซายน์เวฟเข้าไปในนั้นเราจะต้องขกระดับสัญญาณซายน์เวฟก่อน โดยให้ค่าสูงสุดทางลบมีค่าเท่ากับ 0 จากนั้นก็จะจกเฟสให้ส่วนที่มีค่าเท่ากับ 0 นั้นไปตรงกับส่วนที่เป็นสัญญาณซิงค์พัลส์ และส่วนที่มีค่าบวกจะอยู่ตรงส่วนของไลน์วิดีโอ ซึ่งจะทำให้ระดับของสัญญาณของไลน์วิดีโอ เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น จนมีบางส่วนที่มีค่าเกินค่าของซิงค์พัลส์ ทำให้เครื่องรับทั่วๆ ไปไม่สามารถเช็คสัญญาณซิงค์พัลส์ได้อย่างถูกต้อง ทำให้ภาพที่ได้รับ ได้ผิดเพี้ยนไป

เกทพัลส์สแครมบลิ้ง (Gate Pulse Scrambling)

เกทพัลส์สแครมบลิ้ง ใช้วิธีการเลื่อนเกทพัลส์ ซึ่งจะคล้ายกับซายน์เวฟสแครมบลิ้ง จะต่างกันก็ตรงที่สัญญาณที่นำมารวมนั้น เป็นสัญญาณเกทพัลส์ แทนที่จะเป็นซายน์เวฟ ผลที่ได้จะคล้ายกัน คือสัญญาณไลน์วิดีโอ จะมีค่าเกินค่าของซิงค์พัลส์ ทำให้เครื่องรับภาพไม่ได้ แต่ลักษณะของภาพที่เพี้ยนไปจะต่างจากแบบซายน์เวฟ

เทลีสตแครมบลิ้ง (Telease Scrambling)

เทลีสตแครมบลิ้งใช้เทคนิคการเลื่อนซายน์เวฟ โดยระบบนี้จะทำการสแครมบลิ้งทั้งสัญญาณเสียงและภาพ

2.8 ช่องโทรทัศน์ และเรื่องที่เกี่ยวข้อง

สัญญาณโทรทัศน์ที่ส่งออกอากาศจะประกอบด้วยสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง สัญญาณภาพจะมีคลื่นพาห้ของภาพ (picture carrier) ในระบบ amplitude modulation และสัญญาณเสียงก็จะมีพาห้ของเสียง (sound carrier) ในระบบ frequency modulation การส่งสัญญาณภาพออกอากาศ อาจเลือกส่งแบบ amplitude-modulation double sidebands ก็ได้ แต่เนื่องจากขอบเขตของความถี่ในสัญญาณภาพมีมากหากส่งความถี่ที่เกี่ยวข้องไปทั้งหมดจะทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไป จึงนิยมใช้วิธีส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) เต็มที่ และส่งบางส่วนทางไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband) วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่า vestigial sideband transmission คลื่นพาห้ของภาพกับคลื่นพาห้ของเสียงที่เหมาะสม อาจเลือกใช้ให้มีความถี่อยู่ในย่านความถี่ วี.เอช.เอฟ. (very high frequency) หรือ ในย่านความถี่ ยู.เอช.เอฟ. (ultra high frequency) ก็ได้ ดังตารางที่ 2.1 แสดงให้ทราบว่า โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 เส้น และโทรทัศน์ระบบยุโรป 625 เส้น มีช่องอะไรบ้างในย่านความถี่ ซึ่งแบ่งออกเป็น วี.เอช.เอฟ. ย่านต่ำ (VHF low-band) กับวี.เอช.เอฟ. ด้านสูง (VHF high-band) มีข้อสังเกตว่า โทรทัศน์ระบบอเมริกันซึ่งมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ช่องละ 6 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะมีจำนวนช่องให้ใช้งานในย่านนี้ได้ถึง 12 ช่อง (ช่อง 2 ถึงช่อง 13) ส่วนโทรทัศน์ระบบยุโรป ซึ่งมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ช่องละ 7 เมกกะเฮิรตซ์ จะมีช่องให้ใช้งานจำนวน 10 ช่อง (ช่อง 2 ช่อง 11) เท่านั้น อีกประการหนึ่ง ข้อบังคับของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ ก็ห้ามนำความถี่ของโทรทัศน์ระบบยุโรป ช่อง 2 (ความถี่ 47-54 เมกกะเฮิรตซ์) กับช่อง 11 (ความถี่ 216-223 เมกกะเฮิรตซ์) มาใช้

ตารางที่ 2.1 ช่องโทรทัศน์ในความถี่ย่าน วี.เอช.เอฟ.

โทรทัศน์ช่องที่	โทรทัศน์ระบบยุโรป 625 เส้น			โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 เส้น			
	ความกว้างของช่อง (MHz)	คลื่นพาห้ของภาพ (MHz)	คลื่นพาห้ของเสียง (MHz)	ความกว้างของช่อง (MHz)	คลื่นพาห้ของภาพ (MHz)	คลื่นพาห้ของเสียง (MHz)	
Low band VHF TV	2	47 - 54	48.25	53.75	54 - 60	55.25	59.75
	3	54 - 61	55.25	60.75	60 - 66	61.25	65.75
	4	61 - 68	62.25	67.75	66 - 72	67.25	71.75
High band VHF TV	5	174 - 181	175.25	180.75	76 - 82	77.25	81.75
	6	181 - 188	182.25	187.75	82 - 88	83.25	87.75
	7	188 - 195	189.25	194.75	174 - 180	175.25	179.75
	8	195 - 202	196.25	201.75	180 - 186	181.25	185.75
	9	202 - 209	203.25	208.75	186 - 192	187.25	191.75
	10	209 - 216	210.25	215.75	192 - 198	193.25	197.75
	11	216 - 223	217.25	222.75	198 - 204	199.25	203.75
	12	—	—	—	204 - 210	205.25	209.75
	13	—	—	—	210 - 216	211.25	215.75

งานเพื่อกิจการโทรทัศน์ในประเทศไทยเพราะเป็นการใช้งานผิดบริการ ตารางที่ 2.2 แสดงถึงการใช้งานให้บริการต่างๆตามข้อบังคับของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ การที่ประเทศไทยไม่สามารถนำโทรทัศน์ช่องดังกล่าวแล้วมาใช้งานได้นี้ทำให้จำนวนช่องโทรทัศน์ที่จะใช้งานในย่านความถี่ วี.เอช.เอฟ. ลดน้อยลงไปมาก อย่างไรก็ตาม งานวิทยุประจำที่ (fixed radio) งานวิทยุเคลื่อนที่ (mobile radio) และงานวิทยุการบิน (aeronautical radionavigation) เหล่านี้ ยังมีทางแก้ไขขอให้ไปใช้ความถี่อื่นเสีย เพื่อสงวนความถี่ดังกล่าวไว้ใช้งานด้านโทรทัศน์ในประเทศไทย

2.9 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ด้านภาพ

สัญญาณโทรทัศน์ขาวดำหรือสัญญาณสองสว่างกับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีที่เครื่องส่งโทรทัศน์ส่งออกอากาศนิยมใช้ระบบ amplitude modulation (AM) สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ขาวดำและระบบ AM-AM สำหรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี โดยปกติการส่งโทรทัศน์ในระบบนี้ สัญญาณที่ออกอากาศอาจเลือกให้อยู่ในลักษณะของไซด์แบนด์เดี่ยว (single sideband) หรือไซด์แบนด์สองข้าง (double sideband) แต่เนื่องจากสัญญาณโทรทัศน์มีขอบเขตความถี่ของสัญญาณภาพกว้างขวางมากตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 การส่งในลักษณะของไซด์แบนด์เดี่ยวจึงไม่เหมาะ และการส่งในลักษณะของไซด์แบนด์สองข้างก็จะต้องใช้ความถี่มากและทำให้ความกว้างของช่องโทรทัศน์มีมากเกินไปในทางปฏิบัติ จึงนิยมส่งกันในระบบของ vestigial sideband transmission ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.37 ซึ่งได้อธิบายลักษณะวิธีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ไว้ในรูปที่เกี่ยวข้องด้วยแล้ว

ตารางที่ 2.2 ข้อบังคับทางวิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน

Allocation to services		
Region 1	Region 2	Region 3
41 – 47 MHz Broadcasting Fixed Mobile	41 – 50 MHz Fixed Mobile	41 – 44 MHz Fixed Mobile 44 – 50 MHz Fixed Mobile Broadcasting
47 – 68 MHz Broadcasting	50 – 54 MHz Amateur	
	54 – 68 MHz Fixed Mobile Broadcasting	
174 – 216 MHz Broadcasting	174 – 216 MHz Fixed Mobile Broadcasting	

จากตารางที่ 2.2 ข้อบังคับทางวิทยุของสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศที่ใช้ในปัจจุบัน กำหนด ให้แบ่ง โลกออกเป็น 3 เขต (region) ดังนี้

เขต 1 ยุโรป แอฟริกา และสหภาพโซเวียต

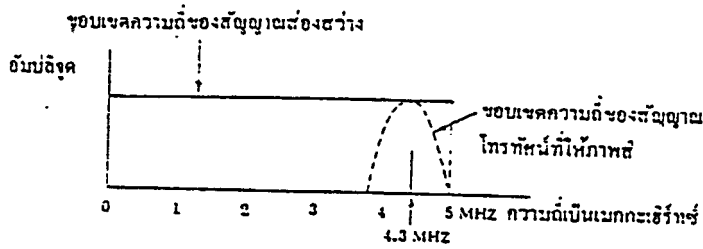
เขต 2 อเมริกาเหนือ อเมริกาใต้

เขต 3 เอเชีย ออสเตรเลีย และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก

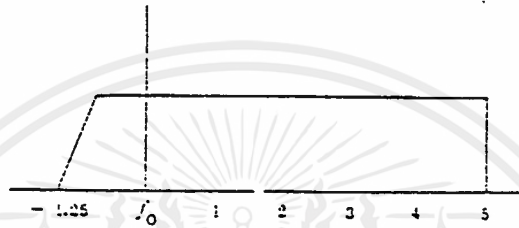
รูปที่ 2.37 เป็นรูปที่แสดงถึงลักษณะความสัมพันธ์กับความถี่ของสัญญาณ (frequency-amplitude characteristics) ในโทรทัศน์ระบบ ที.เอ.แอล. ซึ่งความถี่ของคลื่นพาด้านภาพจะอยู่ห่างจากความถี่ของคลื่นพาด้านเสียงกว่าขอบล่างสุดของช่องโทรทัศน์ประมาณ 5.5 เมกกะเฮิร์ตซ์ คลื่นพาด้านภาพจะอยู่สูงกว่าขอบล่างสุดของช่องโทรทัศน์ 0.25 เมกกะเฮิร์ตซ์ รวมความกว้างของช่องโทรทัศน์ในระบบนี้จะมีประมาณ 7 เมกกะเฮิร์ตซ์

สัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งเครื่องส่งโทรทัศน์สีนำออกอากาศจะอยู่ในลักษณะของ negative amplitude modulation กล่าวคือ ขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าสูงจะทำให้เกิดภาพสีเข้มหรือดำมืด ที่จอหลอดภาพและขนาดของสัญญาณที่ทำให้เกิดภาพซึ่งมีค่าน้อยจะทำให้เกิดภาพขาว ตามรูปที่ 2.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



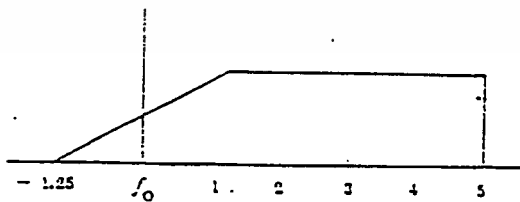
รูปที่ 2.36 ขอบเขตความถี่ของสัญญาณส่งสว่าง และของสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพดี



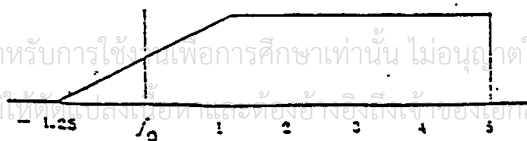
(ก) ลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์ จะเห็นได้ว่า เครื่องส่งจะส่งไซด์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) เต็มที่ แต่จะส่งไซด์แบนด์ด้านต่ำ (lower sideband) เพียงบางส่วน ไม่เกิน 1.25 เมกะเฮิรตซ์ เท่านั้น

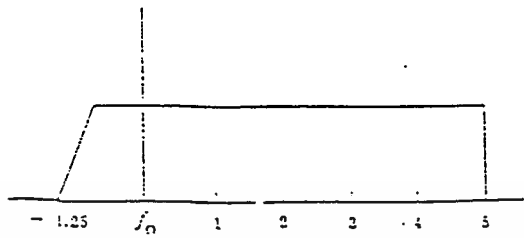


(ข) ลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ใช้ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์ จะเห็นว่า ระหว่าง 1.25 เมกะเฮิรตซ์ จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงเริ่มจากศูนย์ไปหาค่าสูงสุด และหลังจากนั้นก็จะมีค่าคงที่



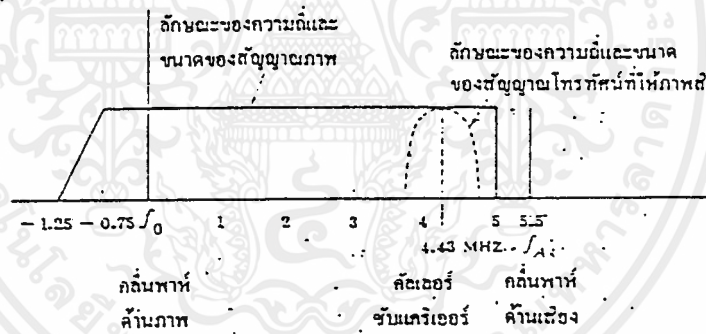
(ค) ลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพที่ต้องการ โดยเป็นผลจากการใช้ลักษณะของความถี่กับขนาดของสัญญาณภาพทางด้านเครื่องส่งและทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์



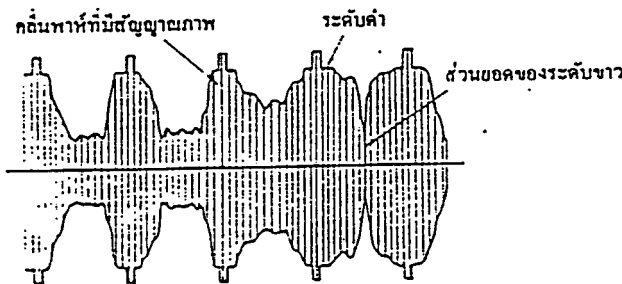


รูปที่ 2.37 หลักการที่ใช้ในเครื่องส่งและเครื่องรับโทรทัศน์ ในระบบ vestigial sideband transmission

f_0 : ล้นทาคันภาพ
 f_A : ล้นทาคันเสียง



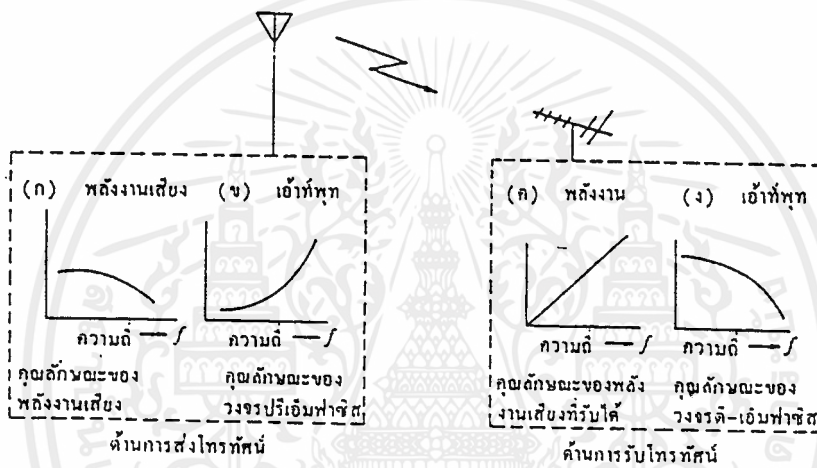
รูปที่ 2.38 ลักษณะของความถี่ของสัญญาณภาพ สำหรับโทรทัศน์ระบบ ที.เอ.แอล. ซึ่งมีความถี่คลื่นทาคันของสัญญาณคลื่นเรเซอร์ซันแคริเออร์ ประมาณ 4.3 เมกะเฮิรตซ์



รูปที่ 2.39 รูปร่างของสัญญาณภาพ ที่อยู่ในลักษณะของ negative amplitude modulated sidebands โดยเอาสัญญาณประกอบทั้งสองนี้ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับถาดหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ขนาดของสัญญาณที่มีค่าสูง จะทำให้เกิดภาพมืดและขนาดของสัญญาณที่มีค่าน้อย จะทำให้เกิดภาพสว่าง

2.10 การส่งสัญญาณโทรทัศนด้านเสียง

สัญญาณเสียงของโทรทัศนที่นำออกอากาศจะใช้ระบบ frequency modulation โดยกำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ได้สูงสุด (maximum frequency deviation) เพียง 50 กิโลเฮิรท์ซ และมีค่าคงตัวของเวลา (time constant) ในวงจรปริ-เอ็มฟาซิส (pre-emphasis) หรือวงจรดี-เอ็มฟาซิส ทางด้านการรับจะช่วยให้คุณลักษณะของเสียงที่เครื่องรับ โทรทัศน์รับ ได้รับฟัง ได้ดีขึ้นตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.40 โดยรูปที่ 2.40 (ก) เป็นคุณลักษณะของพลังงานเสียงที่ส่งไปให้ยังเครื่องรับกับความถี่ของเสียง รูปที่ 2.40 (ข) เป็นคุณลักษณะของวงจรปริ-เอ็มฟาซิส ทางด้านเครื่องส่งโทรทัศน์ ซึ่งจะช่วยยกระดับพลังงานเสียงที่ความถี่สูงๆ รูปที่ 2.40 (ค) เป็นพลังงานเสียงที่เครื่องรับ โทรทัศน์รับ ได้ ซึ่งมีการยกระดับพลังงาน



รูปที่ 2.40 การส่งสัญญาณโทรทัศนด้านเสียง ใช้วงจรปริ-เอ็มฟาซิส (pre-emphasis) ทางด้านการส่ง วงจรดี-เอ็มฟาซิส (de-emphasis) ทางด้านการรับโทรทัศน์ ซึ่งจะช่วยลดเสียงรบกวนและการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี

เสียงที่มีความถี่สูงขึ้นไปเรื่อยๆ อันไม่เป็นไปตามธรรมชาติจึงจำเป็นต้องใช้วงจรดี-เอ็มฟาซิสซึ่งมีคุณลักษณะตามรูป 2.40 (ง) ให้ช่วยยกระดับพลังงานเสียงที่มีความถี่สูงเพื่อให้เสียงที่เครื่องรับ โทรทัศน์รับ ได้มีลักษณะปกติ การใช้วงจรปริ-เอ็มฟาซิสและทางด้านเครื่องส่งและวงจรดี-เอ็มฟาซิส ทางด้านเครื่องรับโทรทัศน์นี้จะช่วยลดอาการรบกวนสัญญาณเสียงจากนอยส์ (noise) และสัญญาณอื่นๆ ได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

รูปที่ 2.39 เป็นรูปที่แสดงถึงลักษณะความถี่กับขนาดของสัญญาณในโทรทัศน์ระบบ ที.เอ.แอล. ซึ่งความถี่คลื่นพาห์ของภาพจะอยู่ห่างจากความถี่ของคลื่นพาห์ของเสียงประมาณ 5.5 เมกกะ-เฮิรท์ซ โดยมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ประมาณ 7 เมกกะเฮิรท์ซ สำหรับโทรทัศน์ระบบ เอ็น.ที.เอส.ซี. ความถี่ของคลื่นพาห์จะอยู่ห่างจากความถี่ของเสียงประมาณ 4.5 เมกกะเฮิรท์ซ และมีความกว้างของช่องโทรทัศน์เพียงประมาณ 6 เมกกะเฮิรท์ซ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 การส่งคลื่นโทรทัศน่ออกอากาศ

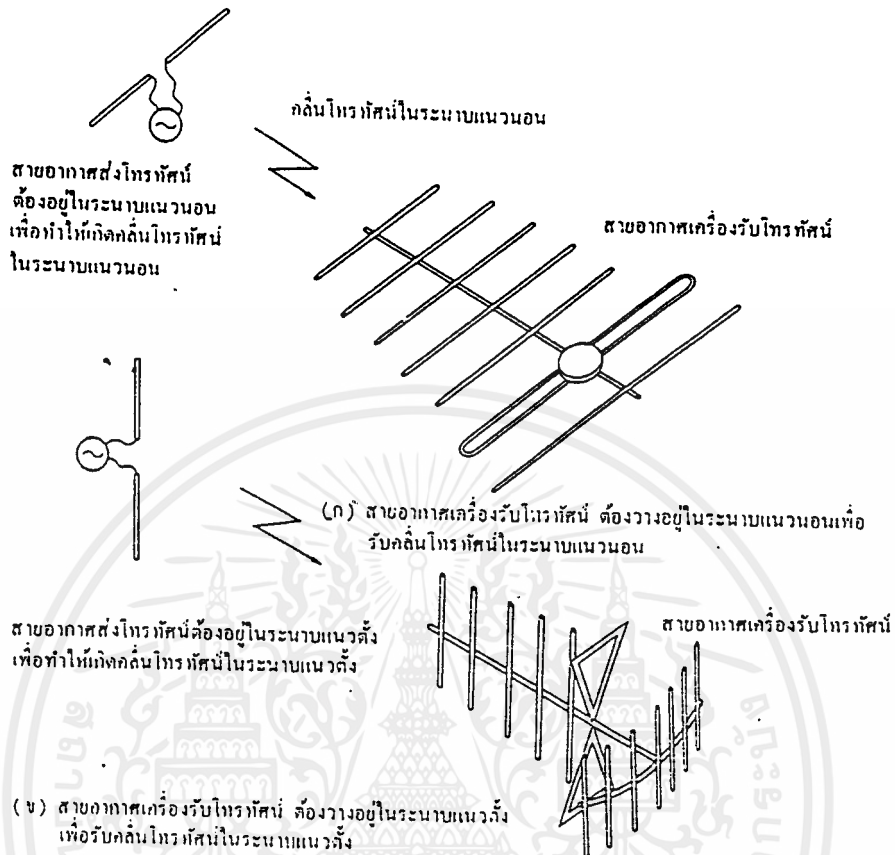
ในทางปฏิบัติ คลื่นโทรทัศนที่นิยมส่งออกอากาศโดยทั่วไปนั้น มีอยู่ 2 แบบ คือ

(ก) คลื่นโทรทัศนในระนาบแนวนอน (horizontally polarized plane wave) ซึ่งมีแนวคลื่นในระนาบที่ขนานกับพื้นดิน โดยจะต้องตั้งแผงสายอากาศทั้งด้านการส่งโทรทัศนและด้านการรับโทรทัศนให้อยู่ในระนาบแนวนอน (horizontal plane) รูปที่ 2.41 (ก) แสดงให้เห็นวิธีการวางแผงสายอากาศเครื่องรับโทรทัศนในระนาบแนวนอนเพื่อรับสัญญาณโทรทัศนที่ส่งออกอากาศในลักษณะของคลื่นในระนาบแนวนอน

(ข) คลื่นโทรทัศนในระนาบแนวตั้ง (vertically polarized plane wave) ซึ่งมีแนวคลื่นในระนาบที่ตั้งฉากกับพื้นดิน โดยจะต้องตั้งแผงสายอากาศทั้งในด้านการส่งโทรทัศนและด้านการรับโทรทัศนให้อยู่ในระนาบแนวตั้ง (vertical plane) รูปที่ 2.41 (ข) แสดงให้เห็นวิธีการวางแผงสายอากาศเครื่องรับโทรทัศนในระนาบแนวตั้งเพื่อรับสัญญาณโทรทัศนที่ส่งออกอากาศในลักษณะของคลื่นในระนาบแนวตั้ง

เป็นที่น่าสังเกตว่าหากสายอากาศทางด้านโทรทัศนได้ส่งคลื่นโทรทัศน่ออกอากาศเป็นคลื่นระนาบแนวนอน (horizontally polarized plane wave) แล้ว สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศนจะตั้งวางอยู่ในระนาบแนวนอน (horizontal plane) ด้วย จึงสามารถรับสัญญาณโทรทัศนได้ดี หากสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศนวางอยู่ในระนาบแนวตั้ง (vertical plane) แล้วสายอากาศเครื่องรับโทรทัศนจะไม่สามารถทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีเพียงพอและจะทำให้การรับสัญญาณโทรทัศนไม่ได้ผลดีเพียงพอ ในทำนองเดียวกัน หากสายอากาศทางด้านการส่งโทรทัศนได้ส่งคลื่นโทรทัศน่ออกอากาศเป็นคลื่นในระนาบแนวตั้ง (vertically polarized plane wave) แล้ว สายอากาศของเครื่องรับโทรทัศนก็จะต้องวางอยู่ในระนาบแนวตั้ง (vertical plane) ด้วย จึงสามารถรับสัญญาณโทรทัศนได้ดี หากสายอากาศของเครื่องรับโทรทัศนวางอยู่ในระนาบแนวนอนแล้ว สายอากาศเครื่องรับโทรทัศนจะไม่สามารถทำให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีเพียงพอและจะทำให้สัญญาณโทรทัศนไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร

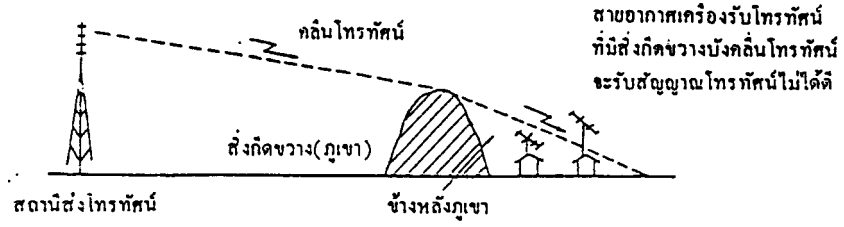
คลื่นโทรทัศนส่งออกอากาศจากสถานีส่งโทรทัศนจะเดินทางไปในลักษณะแนวทางของเส้นตรงที่อยู่ระหว่างสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศนกับสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน หากเส้นทางระหว่างจุดทั้งสองนี้ปลอดโปร่งก็จะทำให้สามารถรับสัญญาณโทรทัศนได้ดี แต่ถ้ามืดกึกขวาง เช่น มีตึกสูง หรือมีภูเขา มาบังเส้นทางระหว่างสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศนกับสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน ก็จะทำให้ สัญญาณโทรทัศนเดินทางผ่านไปได้ น้อยมากหรือไม่ได้เลยอันจะเป็นผลทำให้ไม่สามารถรับโทรทัศนได้หรือหากสามารถรับโทรทัศนได้ก็จะพบว่าสัญญาณโทรทัศนอ่อนกำลังมาก หรือมีภาพจางและมีการรบกวนจนภาพไม่น่าดู นอกจากนั้น คลื่นโทรทัศนยังสามารถสะท้อนได้จากสิ่งกีดขวาง เช่นตึกสูงๆ หรือภูเขา อีกด้วย ฉะนั้น การรับชมโทรทัศนบางแห่ง อาจพบว่าไม่มีทั้งคลื่นโทรทัศนที่เดินทางเป็นเส้นตรงจากสายอากาศเครื่องส่งโทรทัศนกับคลื่นโทรทัศน



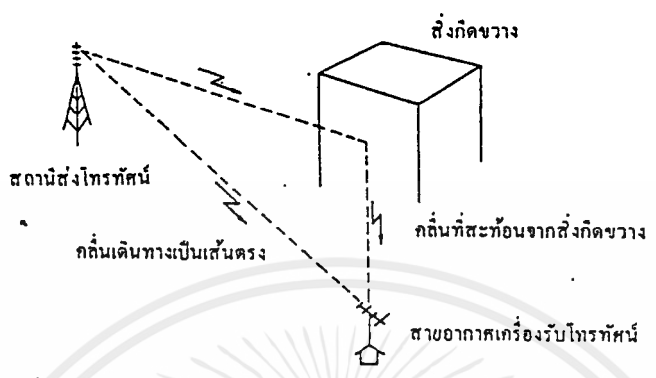
รูปที่ 2.41 คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวตั้ง กับ คลื่นโทรทัศน์ในระนาบแนวนอน

ที่สะท้อนมาจากสิ่งกีดขวางแห่งอื่นซึ่งจะต้องการระยะเวลาในการเดินทางจากสาขาอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์มายังสาขาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์แตกต่างกันทำให้มองเห็นเป็นภาพที่มีเงาในจอหลอดภาพของเครื่องโทรทัศน์ รูปที่ 2.42 แสดงให้เห็นลักษณะที่ได้อธิบายมานี้ โดยรูปที่ 2.42 (ก) คลื่นโทรทัศน์จะเดินทางเป็นเส้นตรงเมื่อมีสิ่งกีดขวางคลื่นโทรทัศน์ก็จะทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของสิ่งกีดขวางรับชมโทรทัศน์ไม่ค่อยได้ ส่วนรูปที่ 2.42 (ข) แสดงให้เห็นว่า เครื่องรับโทรทัศน์บางแห่งอาจสามารถรับคลื่นโทรทัศน์ได้หลายทาง เช่น สามารถรับคลื่นโทรทัศน์ที่เดินทางเป็นเส้นตรงจากสาขาอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์มายังสาขาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์และสามารถรับคลื่นโทรทัศน์ที่สะท้อนมาจากสิ่งกีดขวางอื่นๆซึ่งใช้เวลาในการเดินทางจากสาขาอากาศเครื่องส่งโทรทัศน์ มายังสาขาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์แตกต่างกัน ซึ่งก็ผลปรากฏว่าทำให้เกิดภาพที่มีเงาหรือมีสองภาพซ้อนกันอยู่ ซึ่งเป็นภาพที่ไม่น่าดู

คลื่นโทรทัศน์ที่ส่งอากาศเหล่านี้หากใช้คลื่นความถี่พาหุของภาพในย่าน วี.เอช.เอฟ. (very high frequency) ตามที่กล่าวแล้วในข้อ 3.1 ก็จะมีขอบเขตความถี่ระหว่าง 47 เมกะเฮิรตซ์ไปจนถึง 68 เมกะเฮิรตซ์ ไม่ว่าจะถี่ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

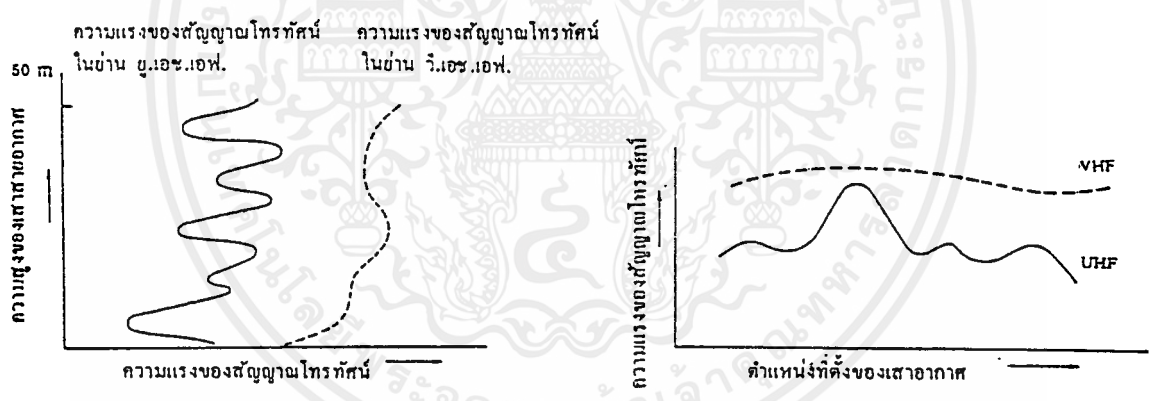


(ก) คลื่นโทรทัศน์เดินทางเป็นเส้นตรง สาขาอากาศของเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีสิ่งอันมาทกีดขวาง เช่น ภูเขาบังไว้ จึงรับสัญญาณโทรทัศน์ไม่ค่อยได้



(ข) สาขาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์บางแห่งอาจรับคลื่นโทรทัศน์ได้หลายทาง เช่น คลื่นที่เดินทางเป็นเส้นตรง และคลื่นที่สะท้อนจากสิ่งกีดขวางในกรณีเช่นนี้ จะทำให้เกิดภาพที่มีเงา หรือมีภาพซ้อนกันอยู่ซึ่งเป็นภาพที่ไม่น่าดู

รูปที่ 2.42 การเดินทางของคลื่นโทรทัศน์



(ก) สำหรับโทรทัศน์ในย่านยู.เอช.เอฟ. ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศ ส่วนโทรทัศน์ในย่านวี.เอช.เอฟ.ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเหมือนกัน แต่จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมาก

(ข) ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ในย่านยู.เอช.เอฟ. จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งที่ตั้งของเสาอากาศ ซึ่งเรื่องเช่นนี้ จะเกิดขึ้นน้อยมากสำหรับความถี่ในย่านวี.เอช.เอฟ.

รูปที่ 2.43 ความแตกต่างของคลื่นโทรทัศน์ในย่าน วี.เอช.เอฟ. กับคลื่นโทรทัศน์ในย่านยู.เอช.เอฟ.

ซึ่งเรียกว่า วี.เอช.เอฟ.ต่ำ (low-band V.H.F) กับความถี่ 174 เมกกะเฮิรตซ์ ไปจนถึง 230 เมกกะเฮิรตซ์ ซึ่งเรียกว่า วี.เอช.เอฟ ย่านสูง (high-band V.H.F) หากคลื่นพาห์ของภาพมีความถี่ในย่าน ยู.เอช.เอฟ. (ultrahigh frequency) ย่านการส่งโทรทัศน์ก็จะมีขอบเขตของความถี่ระหว่าง 590 เมกกะเฮิรตซ์ จนถึงประมาณ 800 เมกกะเฮิรตซ์ ความสูงของเสาอากาศและจุดที่ตั้งของเครื่องรับโทรทัศน์ที่ใช้รับคลื่นโทรทัศน์ ซึ่งมีคลื่นพาห์ของภาพอยู่ในย่าน ยู.เอช.เอฟ. จะมีความสำคัญมาก รูปที่ 2.43 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการรับสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้คลื่นพาห์ของภาพ ในความถี่ย่านยู.เอช.เอฟ. กับคลื่นพาห์ของภาพในความถี่ย่าน

เอกส... ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วี.เอช.เอฟ โดยรูปที่ 2.43 (ก) เป็นรูปที่แสดงให้เห็นว่าสัญญาณโทรทัศน์ที่เครื่องรับโทรทัศน์จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเครื่องรับ โดยตรง หากคลื่นโทรทัศน์นั้นมีคลื่นพาห์ของภาพอยู่ในย่านความถี่ ยู.เอช.เอฟ. หากคลื่นพาห์ของภาพมีความถี่อยู่ในย่าน วี.เอช.เอฟ. ความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ก็จะขึ้นอยู่กับความสูงของเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์เหมือนกันแต่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากเกินไป หากเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์มีความสูงเกินความสูงขนาดหนึ่งรูปที่ 2.43(ข) แสดงให้เห็นความแรงของสัญญาณโทรทัศน์ในย่านความถี่ยู.เอช.เอฟ. จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งที่ตั้งของเสาอากาศเครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งหากเป็นโทรทัศน์ที่คลื่นพาห์ของภาพอยู่ในความถี่ย่าน วี.เอช.เอฟ. แล้ว เรื่องเช่นนี้จะไม่เกิดขึ้น

2.12 มาตรฐานโทรทัศน์ขาวดำ

คณะกรรมการที่ปรึกษาทางวิทยุระหว่างประเทศ (CCIR) หรือ International consultative Radio Committee ได้จัดตั้งคณะทำงานขึ้นเพื่อศึกษาเรื่องราวด้านเทคนิคของโทรทัศน์ขาวดำที่มีใช้กันอยู่ในประเทศต่างๆ คณะทำงานชุดนี้ ได้เสนอรายงานรายละเอียดใน CCIR Report 308-1, Characteristics of Monochrome Television Systems ซึ่งเป็นเอกสารที่ใช้ในการประชุม CCIR Plenary Assembly ที่เมืองออสโล ในปีค.ศ.1966 เอกสารนี้ ได้รวบรวมมาตรฐานทางเทคนิคของโทรทัศน์ขาว-ดำที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆ ซึ่งมีอยู่หลายแบบหลายระบบ คือ แบบ 405 เส้น System A (ระบบของประเทศอังกฤษขณะนี้เลิกใช้แล้ว),แบบ 525 เส้น System M,แบบ 819 เส้น System F,แบบ 819 เส้น System E,แบบ 625 เส้น System N ,แบบ 625 เส้น System B ,แบบ 625 เส้น System C, แบบ 625 เส้น System G, แบบ 625 เส้น System H, Γ และ แบบ 625 เส้น System L สาเหตุที่โทรทัศน์ 625 เส้น มีอยู่หลายแบบหลายระบบ ก็เพราะความต้องการในเรื่องความกว้างของช่องโทรทัศน์(nominal RF bandwidth)แตกต่างกัน ซึ่งมีความต้องการตั้งแต่ 6 เมกกะเฮิรตซ์ขึ้นไปจนถึง 8.5 เมกกะเฮิรตซ์ โทรทัศน์ขาวดำ625 เส้น ที่ใช้ในประเทศปัจจุบันนี้ เป็นโทรทัศน์แบบ 625 เส้น System B ซึ่งมีความกว้างของช่องโทรทัศน์ 7 เมกกะเฮิรตซ์ เช่นเดียวกับโทรทัศน์ 625 เส้น ในประเทศส่วนใหญ่ของทวีปยุโรปเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับโทรทัศน์ในประเทศไทย ซึ่งครั้งหนึ่งเคยใช้โทรทัศน์ระบบอเมริกัน 525 เส้น System M และปัจจุบันนี้ ได้เปลี่ยนมาใช้โทรทัศน์ระบบยุโรป 625 เส้น System B ต่อไปนี้ จึงจะพูดถึงแต่เฉพาะ โทรทัศน์สองระบบดังกล่าวแล้วเท่านั้น

รายการด้านเทคนิค	มาตรฐานของโทรทัศน์ขาวดำ	
	525 เส้น	625 เส้น
	System	System B

1.จำนวนเส้นต่อภาพ (frame)	525	625
2.ความถี่ของฟิลด์ (field/second)	60	50
3.ความถี่ของเฟรม (pictures/second)	30	25
4. Interlace	2.1	2.1
5. Line frequency (lines/second)	15,750	1
6. Aspect ratio(width/height)	43	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ผลิตขึ้นเพื่อให้บริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 7. การสะแกนที่ใช้งาน (เส้นสะแกน) จากซ้ายไปขวา จากซ้ายไปขวา

(ฟิลด์)	จากบนลงล่าง	จากบนลงล่าง
8. ขอบเขตความถี่สัญญาณภาพ (เมกกะเฮิรตซ์)	4.2	5
9. ขอบเขตความกว้างของช่องโทรทัศน์ (เมกกะเฮิรตซ์)	6	7
10. ระยะห่างระหว่างคลื่นพาห์ของเสียงกับคลื่นพาห์ของภาพ (เมกกะเฮิรตซ์)	+4.5	+5.5
11. ระยะห่างระหว่างคลื่นพาห์ของเสียง กับขอบริมใกล้สุดของช่องโทรทัศน์ (เมกกะเฮิรตซ์)	-0.25	-0.25
12. ความกว้างของ upper sideband (เมกกะเฮิรตซ์)	4.2	5
13. ความกว้างของ vestigial sideband (เมกกะเฮิรตซ์)	0.75	0.75
14. Type of vision modulation	A5C	A5C
Polarity of vision modulation	negative	negative
15. ระดับสัญญาณซิงค์ เมื่อเกิดเป็นร้อยละของระดับยอดคลื่นพาห์ (peak carrier)	100	100
16. ระดับสัญญาณแบล็กกิ้ง เมื่อเกิดเป็นร้อยละของระดับยอดคลื่นพาห์	72.5-77.5	72.5-77.5
17. ความแตกต่างของระดับค่ามีดกับระดับแบล็กกิ้ง เมื่อเกิดเป็นร้อยละของระดับยอดคลื่นพาห์	2.875-6.75	0-7
18. ระดับขาวสุดเมื่อเป็นร้อยละของระดับยอดคลื่นพาห์	10-15	10-12.5
19. Type of sound modulation	F3 + 25 kHz	F3 + 50 kHz
	75 microsecond	50 microsecond
	pre-emphasis	pre-emphasis
20. อัตราส่วนของกำลังเครื่องส่งด้านภาพ กับกำลังเครื่องส่งด้านเสียง	10 : 1-5 : 1	5 : 1-10 : 1
	ในประเทศญี่ปุ่นใช้ 4:1	

เพื่อเป็นความรู้รอบตัว ประเทศที่ใช้โทรทัศน์ขาวดำระบบต่างๆ ตามรายงานของคณะกรรมการนี้ มีดังนี้

(1) โทรทัศน์ขาวดำ 405 เส้น system A

มีประเทศอังกฤษ และ ไอร์แลนด์ ซึ่งขณะนี้ได้เลิกใช้แล้ว โดยหันมาใช้ระบบ 625 เส้น system B แทน

(2) โทรทัศน์ขาวดำ 525 เส้น system M

มีประเทศสหรัฐอเมริกา saudi Arabia แคนาดา เกาหลี ฟิลิปปินส์ ไต้หวัน ญี่ปุ่น เม็กซิโก ปานามา เวเนซุเอลา และอิหร่าน (ซึ่งเดี๋ยวนี้เลิกใช้ไปแล้ว โดยหันมาใช้ระบบ 625 เส้น system B แทน)

(3) โทรทัศน์ขาวดำ 625 เส้น system N (bandwidth 6 MHz.)

มีประเทศอาเจนตินา อุรุกวัย

(4) โทรทัศน์ขาวดำ 625 เส้น system B (bandwidth 7 MHz.)

มีประเทศอังกฤษ ฟินแลนด์ กรีซ เดนมาร์ก สเปน ออสเตรีย เยอรมันตะวันตก สวีเดน สวิตเซอร์แลนด์ โปรตุเกส เนเธอร์แลนด์ ยูโกสลาเวีย British East Africa เอธิโอเปีย อินเดีย ไทย ฮองกง อินโดนีเซีย มาเลเซีย ออสเตรเลีย อิสราเอล อิตาลี กีนยา ไลบีเรีย ลิเบีย โมร็อกโก ไนจีเรีย นิวซีแลนด์ ยูกันดา ปากีสถาน อียิปต์ โรดเซีย

(5) โทรทัศน์ขาวดำ 625 เส้น system C (bandwidth 7 เมกกะเฮิรตซ์)

ประเทศเบลเยียม

(6) โทรทัศน์ขาวดำ 625 เส้น system G (bandwidth 8 เมกกะเฮิรตซ์)

มีประเทศเนเธอร์แลนด์และยูโกสลาเวีย ในระบบ ยู.เอส.เอฟ.

2.13 มาตรฐานโทรทัศน์สี

คณะกรรมการที่ปรึกษาทางวิทยุระหว่างประเทศ ได้จัดตั้งคณะกรรมการขึ้นเพื่อศึกษาเรื่องราว ด้านเทคนิคของโทรทัศน์สีที่ใช้กันอยู่ในประเทศต่างๆ คณะทำงานชุดนี้ได้จัดทำเอกสาร CCIR Report 407- Characteristics of Colour Television Systems ซึ่งเป็นเอกสารการประชุม CCIR Plenary Assembly ที่เมืองออสโล ในปี ค.ศ. 1966 เอกสารนี้ได้รวบรวมมาตรฐานทางเทคนิคของโทรทัศน์สี NTSC, PAL, SECAM III ที่ใช้อยู่ในประเทศต่างๆ ซึ่งมีอยู่ 3 มาตรฐานด้วยกันคือ standard I, standard G, standard L ตามความต้องการใช้ความกว้างของช่องโทรทัศน์ ประเทศไทยได้ใช้โทรทัศน์สีระบบ PAL standard G ฉะนั้นต่อไปนี้จึงขอกล่าวแต่เฉพาะเรื่องราวทางด้านเทคนิคของโทรทัศน์สีระบบต่างๆ ในมาตรฐานนี้ ตามเอกสารรายงานข้างต้นนี้เท่านั้น

รายการด้านเทคนิค

คุณลักษณะของโทรทัศน์สี ในมาตรฐาน G

1. ข้อกำหนดทั่วไป

สัญญาณส่องสว่าง (luminance component)

NTSC

PAL

Amplitude-modulation of picture carrier

SECAM III

สัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสี (chrominance component)

NTSC

Simultaneous pair of components transmitted as amplitude-

PAL

modulated sidebands of pair of suppressed sub - carrier in quadrature having a common frequency

SECAM III

A pair of components transmitted alternatively on successive lines as the frequency modulation of a sub-carrier

2. ความถี่ของคลื่นเออร์ซับเกริเออร์

NTSC

4.296875 MHz. + 10 Hz.

PAL

4.43361875 MHz. + 10 Hz.

SECAM III

4.4375 MHz. + 2 kHz.

3. ความถี่ของสัญญาณต่างๆ

ระยะห่างระหว่างความถี่คลื่นพาห้ด้านภาพ

กับความถี่คลื่นพาห้ด้านเสียง (เมกกะเฮิรตซ์)

NTSC

PAL 5.5

SECAM III

ความกว้างของ ไซค์แบนด์ด้านสูง (upper sideband) สำหรับช่องสัญญาณสองสว่าง (เมกกะเฮิรตซ์)

NTSC

PAL 5.0

SECAM III

ความกว้างของ vestigial sideband (เมกกะเฮิรตซ์)

NTSC

PAL 0.75

SECAM III

ความกว้างของ chrominance sideband (เมกกะเฮิรตซ์)

NTSC E_I signal +0.57, -1.30

E_Q signal +0.4

E_U signal +0.57, -1.30

PAL E_V signal +0.57, -1.30

D_R +0.57, -1.40

SECAM III D_B +0.57, -1.40

4. Color synchronization

NTSC Subcarrier burst Duration : 13+1 cycle

Start : 5.5+ 2 microsecond after the balding edge of line-synchpulses

Amplitude : 0.5+0.1 of line-synch amplitude

Omitted during equalizing and field-pulse periods.

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

หลักการการทำงานของซีเทเลอนฮานเซอร์

พื้นฐานของเอนฮานเซอร์นี้เป็นการใช้ประโยชน์ของ combline filter สำหรับคอมมอลายน์ฟิลเตอร์ที่ค่อนข้างแพร่หลายก็ได้แก่คอมมอลายน์ฟิวเตอร์แยก YC โดยที่จะใช้โครีเลชันและนอนโครีเลชันของสัญญาณสว่าง (Y) และสัญญาณสี (C) เพื่อประกอบเป็นโปรเซสแยก

สำหรับเอนฮานเซอร์โปรเซสที่ใช้ในที่นี้ จะใช้ความคล้ายคลึงของสัญญาณ 1H (1 ช่วงเวลาเนวระดับ) ก่อนหลังที่เป็นลักษณะพิเศษของสัญญาณความสว่าง โดยขั้นแรกจะสร้างสัญญาณที่ล่าช้า 1H ของสัญญาณวีดีโอป้อนเข้าแล้วทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณในปัจจุบัน ถ้าหากสัญญาณมีการเปลี่ยนแปลงมากก็ จะใช้สัญญาณนั้นเป็น border

การเน้นขอบเขต (border) ในทิศทางเนวระดับนั้น ถ้าหากลบสัญญาณ (รูป 3-1 B) ของสัญญาณที่ผ่านไป 1 H จากสัญญาณในปัจจุบัน (รูป 3-1 A) แล้วก็จะได้รับปริมาณการเปลี่ยนแปลงของความสว่าง (รูป 3-1 C) กล่าวคือสิ่งดังกล่าวนั้นก็คือ ส่วนขอบเขต (border) นั้นเอง สัญญาณนี้ถ้าหากนำไปบวกกับสัญญาณภาพดั้งเดิมแล้ว border ก็สามารถถูกปรับได้มากมาย (รูป 3-1 D) จากนั้นก็เป็นการเน้นขอบเขตในทิศทางแนวตั้ง สมมติสัญญาณที่ผ่านนั้นเหมือนกับสัญญาณปัจจุบันโดยสิ้นเชิง (รูป 3-2 A) และ LPC ที่เชื่อมหลัง CCD คือเลขีลายนั้นมีแถบความถี่แคบและสร้างสัญญาณลคทอนในผ่านความถี่สูง สิ่งดังกล่าวนี้ ถ้าหากลบออกจากสัญญาณภาพดั้งเดิมแล้ว ก็จะได้รับชิ้นส่วนแถบผ่านความถี่สูงของสัญญาณภาพ (รูป 3-2 C) และสัญญาณนี้ถ้าบวกกับสัญญาณภาพดั้งเดิมแล้วขอบ ก็จะถูกเน้น (รูป 3-2 D)

โดยพื้นฐานแล้วการทำงานของทั้งสองจะเหมือนกัน และจากการผสมผสานของทั้งสองก็สามารถเอนฮานส์ในทิศทางแนวตั้งและเนวนอน

จุดที่ความระมัดระวังในที่นี้คือ ในรูป 3-1D เมื่อทำการเน้นขอบแล้วแต่ละเกิดระดับที่ต่ำกว่าระดับสีดำ ถ้าหากปล่อยไว้ก็จะไปกวนกับสัญญาณซิงค์ ทำให้ไม่สามารถซิงค์กับภาพได้ ดังนั้น เอนฮานส์ในที่นี้ จะทำการตัดส่วนที่ต่ำกว่าระดับสีดำ (ซิงโครนิสไลส์) โดยผ่านกระบวนการต่างๆ แล้วไปผสมกับสัญญาณซิงโครนิส

นอกจากนี้ กระบวนการเอนฮานส์จะใช้ NJM2210 กล่าวได้ว่า ปริมาณบวกของชิ้นส่วน border จะคงที่ และเพื่อปรับปริมาณการบวกแบบลิเนียร์นี้จะเพิ่มเดิมนวจรคอสเฟเตอร์ ที่สามารถเปลี่ยนอัตราส่วนทั้งสองของสัญญาณภาพดั้งเดิมกับสัญญาณภายหลังจัดการให้เป็น ไปอย่างราบรื่น จากวงจรนี้ก็จะใช้ VR 1 ตัว ในการปรับเอนฮานส์ละเอียด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของวงจรทั้งหมด

จากนี้จะได้พิจารณาถึงการทำงานของชิ้นส่วน อย่างไรก็ตามก่อนที่จะลงมือปฏิบัติการควรทำความเข้าใจว่าทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไรด้วย

สัญญาณภาพที่ถูกป้อนเข้ามานั้นจะถูกซิงค์ชีพเคลมพ์ด้วยโคโอด การจัดการนี้จะทำการตรึงฐาน (ซีพ) ของสัญญาณซิงค์ ให้อยู่ในระดับที่ตายตัวด้วยคุณลักษณะสวิตซิงค์ของโคโอด ทำให้ความดันไฟฟ้าของสัญญาณภาพตายตัว จากการกระทำดังกล่าวทำให้การเปลี่ยนแปลงความดันไม่มีและการจัดการในสเตปหลังก็จะง่ายขึ้น Tr₁ จะทำการแยกชิ้นส่วนประกอบสัญญาณสี, ความสว่าง และการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ วงจรแยก YC นี้จะทำให้จำนวนช่องของแบนด์พาส, แบนด์เอลิมีเนชันเท่าๆ กัน โดยเฉพาะจะประกอบด้วยวงจรที่มีคุณลักษณะทางเฟสที่ต่อเนื่อง โดยจะไม่มีการเล่นของสีเหมือนกับที่ใช้เทรน, ฟิเตอร์ตามห้องตลาด เมื่อทำให้ Q ของแบนด์เอลิมีเนชันฟิเตอร์ (VR1 : ฟิค) เป็นแบบเปลี่ยนแปลงได้ ก็สามารถปฏิบัติการบุสท์กัตในส่วนแถบความถี่สูง 3 MHz ได้ถึงครึ่งล่างจะมีผลลัพธ์เช่นเดียวกับเอนฮานเซอร์ ชนิดขยายความถี่ผ่านสูง สัญญาณสีที่แยกออกมาแล้วนี้ จะผ่านไปยังวงจร YC มิกเซอร์ ส่วนสัญญาณความสว่างเมื่อผ่านบัฟเฟอร์แล้ว จะผ่านวงจรแยกซิงค์ วงจรครอสเฟเตอร์ และอัทเทคที่ระดับที่เหมาะสม แล้วแยกไปยังวงจรเอนฮานส์โปรเซส วงจรแยกซิงค์นั้น ชั้นแรกจะถูกเปลี่ยนเฟส โดย Tr_{3,4} แล้วใช้คุณลักษณะสวิตซิงค์ของ Tr₅ เพื่อรับเอาสัญญาณซิงค์

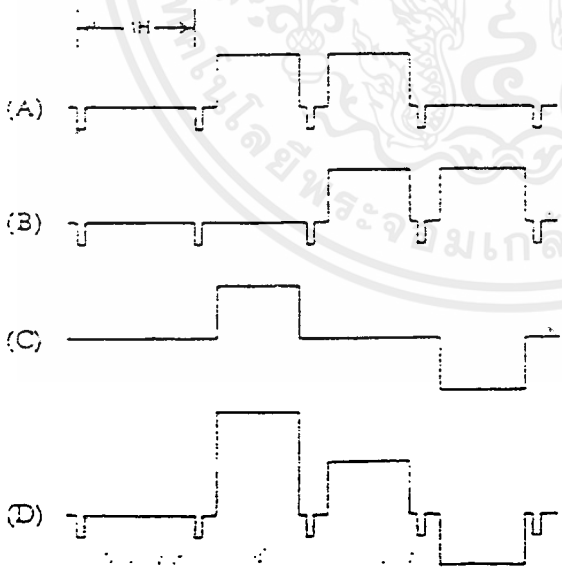
ขั้วลบ สัญญาณซิงค์นี้จะถูกส่งต่อไปยังวงจรซิงโครไนส์ไลเซอร์ และซิงโครไนส์มิกเซอร์ จากนั้นจะ ไปดูในส่วนของเอนฮานส์โปรเซส โดยที่สัญญาณความสว่างที่ถูกแอดเทค ในระดับที่เหมาะสมของ NJM 2210 ด้วย Tr₂ นั้นจะถูกคำนวณกับสัญญาณ 1 H คีเลย์ ภายใน NJM 2210 คีเลย์ของ I ช่วงเวลาเนวระดับนั้นจะถูกสร้างมาจาก $\mu\text{SM} 6964$ ของ CCD คีเลย์ลายน์โดยที่ $\mu\text{SM} 6964$ นี้จำเป็นต้องใช้คล็อก 7.15909 MHz (2fosc) ดังนั้นจะเอากลือจากวงจรเคลพอสซิวเลเตอร์ที่ประกอบจาก Tr₁₉ กับคริสตัล และเพื่อให้ได้รับคล็อกถ่ายเทที่แม่นยำและป้องกันน้อยสฮาโมนิกส์สูงต่อสัญญาณภาพจึงได้เพิ่มเติม LC ฟิเตอร์ เพื่อสร้างคลื่นซายน์ 1 V_{pp} ในส่วนป้อนออกของ $\mu\text{SM} 6964$ นั้นจะมีส่วนคล็อกรั่วออกมาด้วย ดังนั้นจะใช้โลพาสฟิเตอร์ (LPF) ป้องกันการรั่วสำหรับรายละเอียดของ $\mu\text{SM} 6469$ นั้น เวลาซ้ำ 63.44 μSU แถบผ่าน 2.4 MHz ดังนั้น LPT ที่จำเป็นต้องมีความล่าช้ากลุ่ม 116 nsu (ช่วง 1 H จะเป็น 63.556 μSU ดังนั้นคีเลย์ + LPF จะเป็นคีเลย์ของ 1 H)

ความถี่คัพออฟ 2.4 MHz และ Tr₁₈ นั้นจะมีเมซซิงค์อิมพีแดนซ์ 1 K Ω LC นั้นจะประกอบเป็นบัตเตอร์เวิร์คฟิเตอร์ลำดับที่ 5 ในความจริงนั้น ถ้าหากไม่มีคอนเดนเซอร์ 470 + 100 PF แล้วจะกลายเป็นรายละเอียดตามข้างต้น อย่างไรก็ตามคิงที่ได้อธิบายในหลักการของเอนฮานเซอร์แล้วเพื่อให้ได้รับเอนฮานเซอร์ในแนวคิงที่ดีจำเป็นต้องให้ช่วงผ่านของ LPF แคบ ความถี่คัพออฟประมาณ 1 MHz ดังนั้นคอนเดนเซอร์ 470 P + 100 PF นั้น จะใช้ในการปรับสมดุลย์ของเอนฮานส์ในทิศทางแนวคิงเนวระดับเพื่อให้ได้บาลานซ์ที่ดีด้วยปรับค่าประมาณ 0 ~100 OPF เอาท์พุทของ CPF นั้นจะถูกปรับให้อยู่ที่ค่าเหมาะสมแล้วกลับคืนไปยัง NJM 2210 สัญญาณความสว่างที่รับการจัดการเอนฮานซ์ด้วย NJM 2210 นั้นจะถูกขยายไปที่ลำดับคิงเดิม 1 V_{pp} ด้วย Tr_{8, 9} วงจรนี้ประกอบจากออป-แอมป์ง่ายๆ และสามารถเปลี่ยนแปลงด้วย VR₂ ที่เป็นความต้านทานฟีดแบค เพื่อปรับระดับ

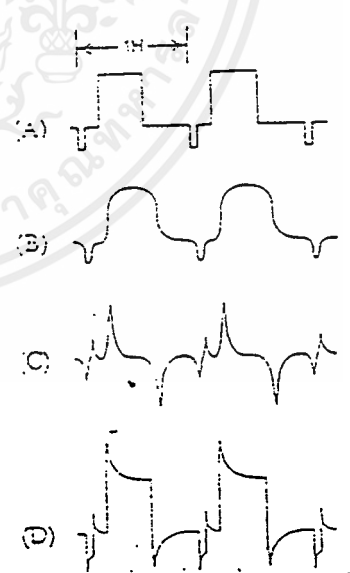
วงจรรอสเฟสเฟเตอร์ประกอบจาก Tr_{2, 10, 11} และ VR₃ (คีเทล) วงจรนี้สามารถปรับระดับเอนฮานส์โดยอาศัย

ไม่ว่าการเปลี่ยนอัตราส่วนของสัญญาณภาพที่ถูกเอนฮานส์กับสัญญาณภาพคิงเดิมเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถัดจากนี้วงจรป้อนเข้าจะเป็นซิงโครไนส์ ไสเซอร์ วงจรนี้จะทำการตัดสัญญาณความสว่างที่ต่ำกว่าสีดำ โดยขั้นแรกจะใช้ขอบของสัญญาณซิงโครไนส์ ที่ Tr 7 ทำการสร้างเคลมพ์พัลส์ด้วยเบคโพจ สำหรับ Tr12 นั้น จะถูกสวิทช์ด้วยเคลมพ์พัลส์นี้และจะรีจเบคโพลด้วยระดับ "E" ใดๆ (เพทิสทลเคลมพ์) โดยที่ สัญญาณความสว่างนี้ถึงแม้จะรับเอาการจัดการเอนฮานส์ใดๆก็ตาม ระดับเบคโพจ (เพทิสทล)จะไม่ เปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สัญญาณความสว่างจะอยู่สูงจากระดับนี้ ส่วนต่ำกว่าจะเป็นสัญญาณซิงโครไนส์ สัญญาณความสว่างที่ถูกตรึงความดันไฟฟ้านี้จะอาศัยคุณลักษณะ Push ของทรานซิสเตอร์โดย Tr13, Tr 14 เมื่อ สูงกว่าระดับ "E" นั้น Tr13 จะ ON และต่ำกว่า Tr14 จะ ON ทำให้สัญญาณต่ำกว่าระดับสีดำที่ไม่ต้องการนั้นจะ ไม่มีความสัมพันธ์กับการซิงค์ สัญญาณความสว่างที่ไม่มีซิงค์จะถูกผสมกับสัญญาณสีด้วย YC มิกเซอร์ของ Tr15 มิกเซอร์นี้เป็นแอมป์กระแสป้อนเข้าแบบเบสกราวด์ และระดับความสว่างจะถูกตัดสินโดย VR4 นอกจากนี้ เพื่อชดเชยการลดทอนแถบความถี่สูง ที่เกิดขึ้นเมื่อแยก YC นั้นจะถูกชดเชยพิกกิ้งค์ด้วย อิมพีแดนซ์ 4.7 μ H ที่เชื่อมต่อที่คอลเลกเตอร์ กับ Cob ทรานซิสเตอร์เฟลตเนสอยู่ที่ 50 MHz สัญญาณที่สร้างใหม่จะผ่านไปยังวงจร เฟเตอร์วงจรนี้เป็นวีริแอดเทนเตอร์ง่าย ๆ ด้วย VR5 (เฟเตอร์) อย่างไม่ก็ตาม เนื่องจากซิงค์ไม่ถูกรวมจึงทำให้เกิด เฟตค่าเรียบขึ้น สุดท้ายนั้นสัญญาณซิงค์ถูกมิกซ์ด้วยความต้านทานมิกเซอร์เป็นสัญญาณคอมโพสิต ผ่าน บัฟเฟอร์แล้วป้อนออกมา



รูป 3-1 สัญญาณในแนวระดับ



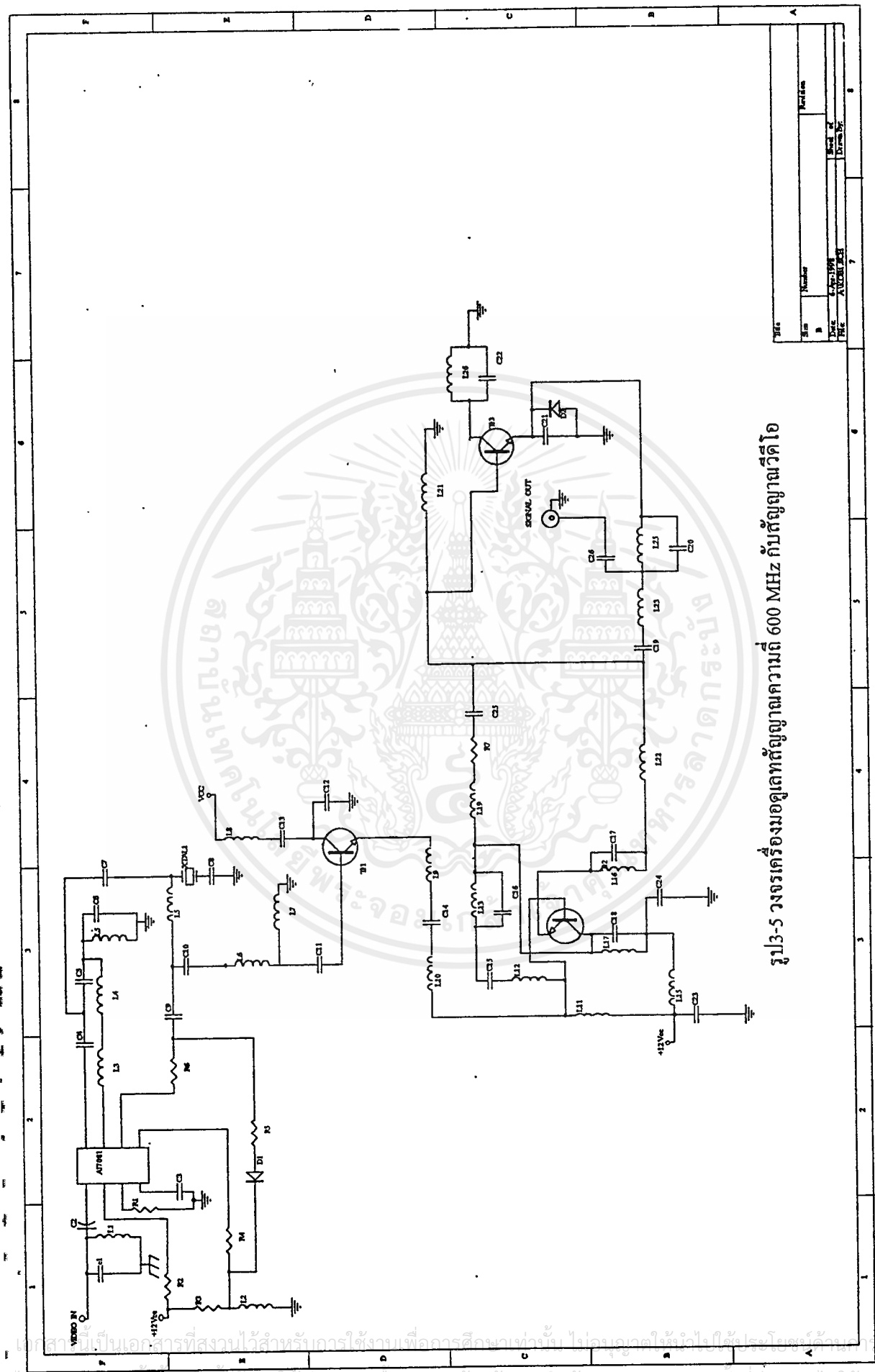
รูป 3-2 สัญญาณในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณ video เข้ามาแล้ว จะเข้ามายังขา 1 ของ AJ 7081 จะทำการมอดูเลทกับความถี่ 600MHz ที่ผลิตจาก คริสตัลจะได้สัญญาณที่ถูกมอดูเลทออกจากขา 6 เข้ามายังขาเบสของ Tr1 ซึ่งจะมี L6 และ C10 เป็นวงจรปรับเพื่อกำจัดความถี่ข้างเคียง ซึ่งในวงจรจะมีวงจรปรับอยู่หลายส่วนเพื่อกำจัดความถี่ข้างเคียง สัญญาณจะออกมาทางขาอิมิตเตอร์ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยังขาเบสของ Tr2 ซึ่งที่ขาอิมิตเตอร์ต่อ L17 และ C18 ทำให้เกิดการขยายสัญญาณมากขึ้น และสัญญาณจะถูกส่ง ไปยังแจ็กเพื่อให้ส่งสัญญาณไปยังภาคขยายต่อไป

ในส่วนขยายสัญญาณจะมี C1 คอยกลับปolarity สัญญาณ DC ออกไป และเข้าที่ขา1 ของ IC UPC1677 ซึ่งเป็นตัวขยายสัญญาณ และถูกส่ง ไปยังเสาอากาศ ซึ่งก่อนไปยังเสาอากาศจะมี C2 คอยกลับปolarity DC ออกไปก่อนส่งสัญญาณออกไป

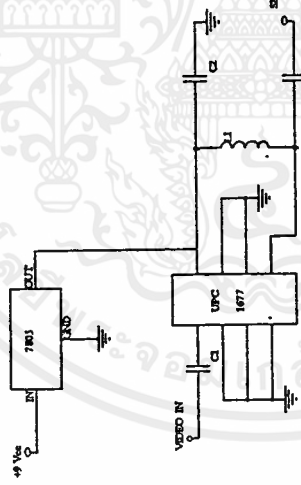




รูป 13-5 วงจรเครื่องมอดูเลทสัญญาณความถี่ 600 MHz กับสัญญาณวีดีโอ

File	Number	Revision
B	1	1
Date	Author	Drawn by
11/01/2003	AVOM/2003	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
 ไม่ควรแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3-6 วงจรขยายสัญญาณที่ถูกรวมอยู่แล้ว

Title		Material	
No.	Name	Rev.	Date
1	AMPLIFIER	1	1/1/2018

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

การตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟ

จัดเตรียมแหล่งจ่ายไฟ DC 12 V ขึ้นไป 150 mA ขึ้นไป โปรตเชื่อมแหล่งจ่ายไฟขณะที่ยังไม่เสียบ IC และตรวจสอบ เอาท์พุทจากเรกคิวเลเตอร์ 3 ขาว่าอยู่ที่ 5V, 9V หรือไม่ว กระแสไฟฟ้าประมาณ 100 mA

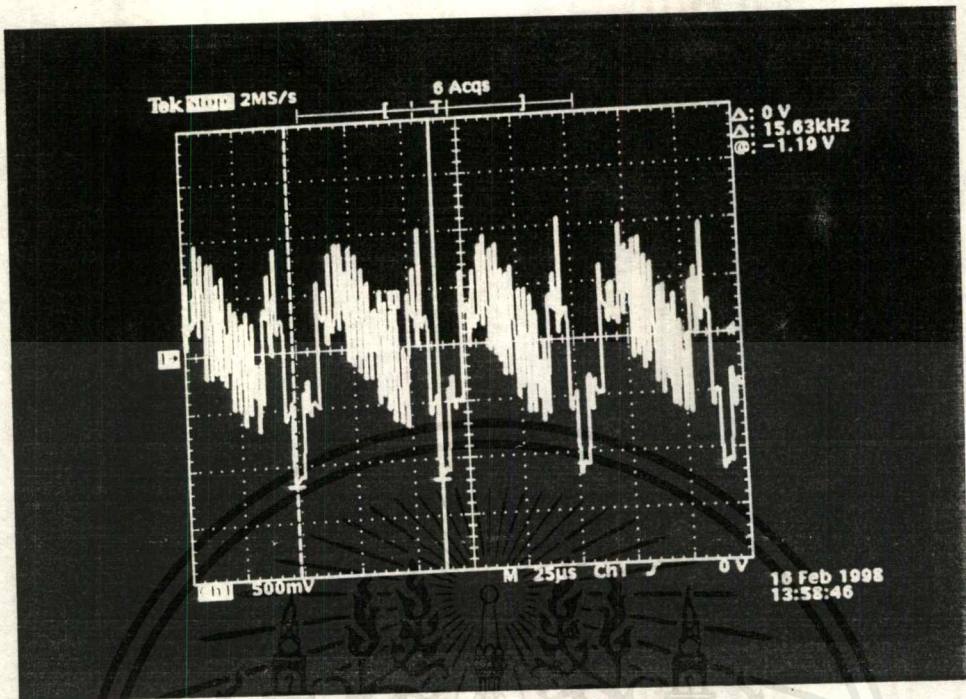
ฟังก์ชันของ VR

- VR1 (พีค) สูดขยายผ่านความถี่สูง
- VR 2 ระดับความสว่างแอนาไลต์
- VR 3 ปรับปริมาณแอนาไลต์
- VR 4 ปรับระดับความสว่างเอาท์พุททั้งหมด
- VR 5 (เฟเตอร์) ฟังก์ชันเฟสเอาท์
- VR 6 ระดับเอาท์พุท CCD

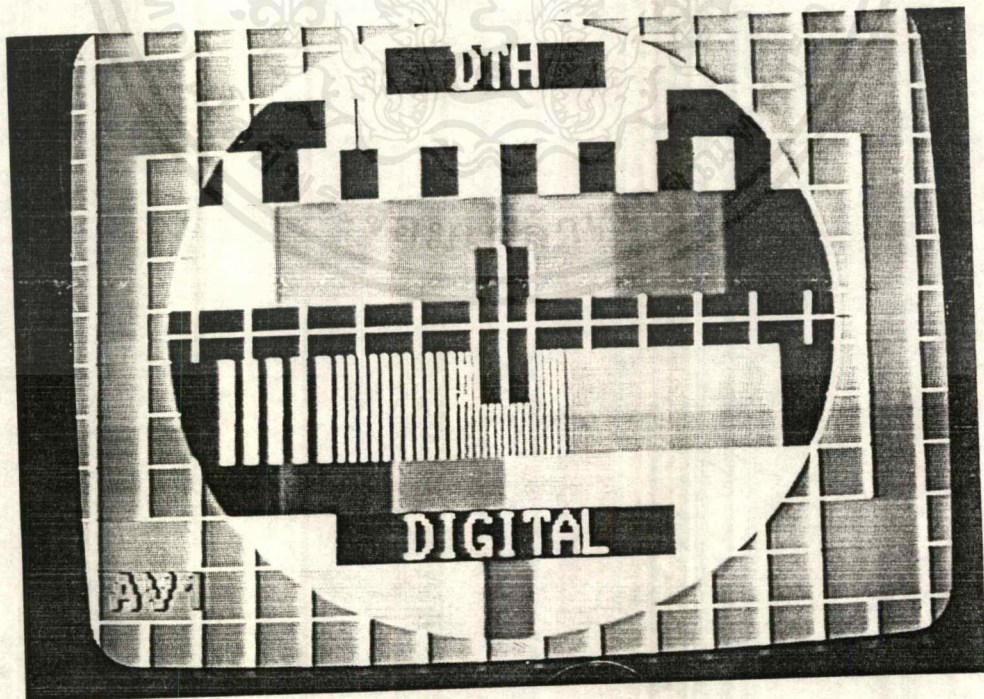
ตรวจการทำงาน

- ขึ้นแรกเซต VR ให้เป็นดังนี้ VR 11, 2, 4, 6 ไปที่กึ่งกลาง VR 3 ให้เป็นซ้ายสุด VR 5 ขวาสุด
- ป้อนสัญญาณภาพจากวีดีโอแล้วมอนิเตอร์ ควรใช้สายโคแอกเซียล 75 Ω
- ปรับ VR4 ดูความสว่าง
- หมุน VR5 ไปทางซ้ายจะดำขึ้น
- หมุน VR3 ไปทางขวาจะดำขึ้น
- หมุน VR3 ไปทางขวา และ VR6 ไปซ้ายขวา ภาพจะเปลี่ยนแปลง
- หมุน VR2 แล้วความสว่างจะเปลี่ยน

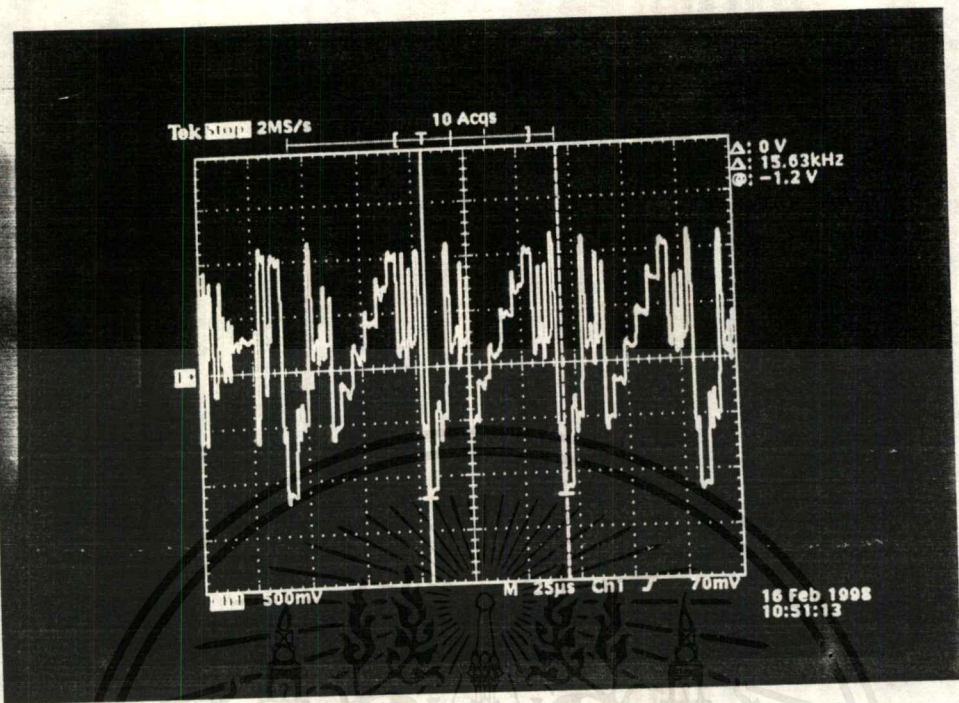
และเอาสัญญาณที่ได้จากวงจรดีเทลแอนาไลต์เคนเซอร์เข้าไปยังวงจรมอดูเลทจะได้สัญญาณในย่านความถี่ U.H.F. ความถี่ 600 MHz ส่งออกไป



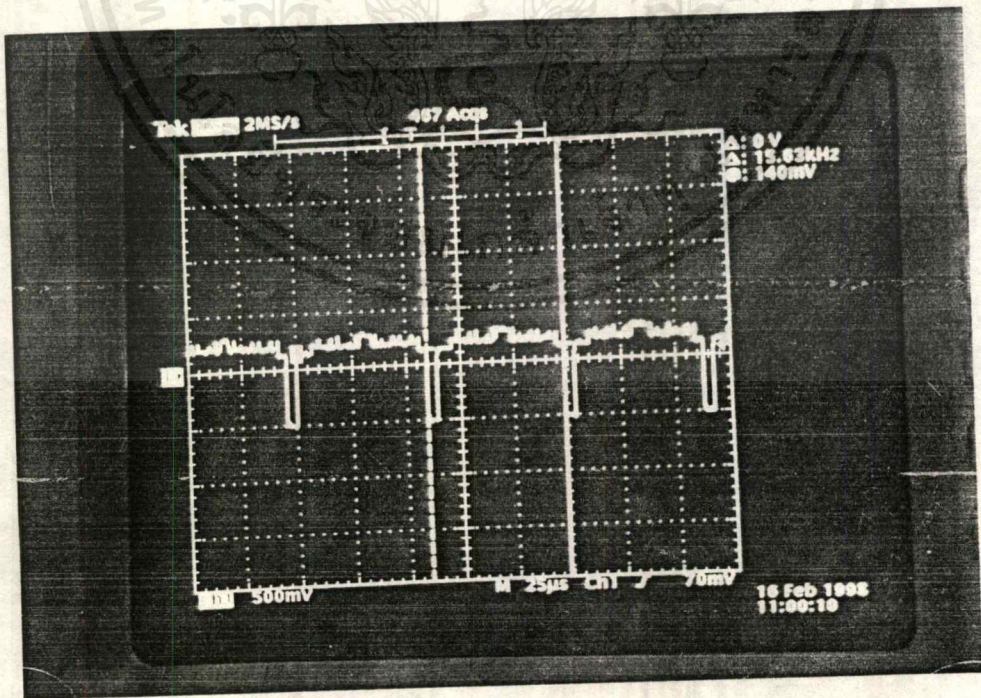
รูป 4-1 รูปสัญญาณวิดีโอที่ออกซิกโลกัลโปล



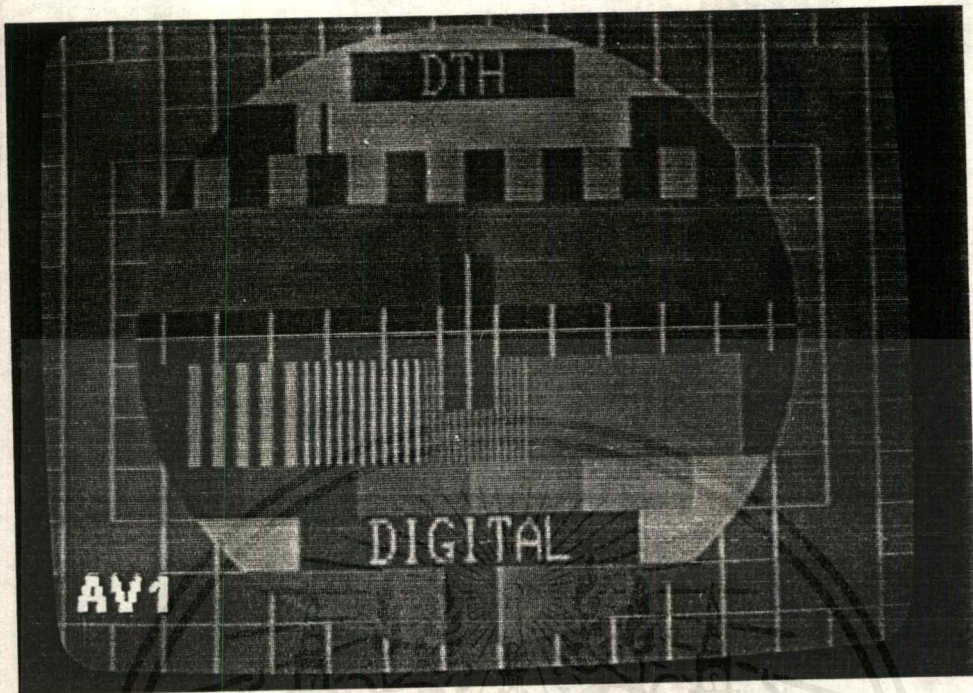
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูป 4-2 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



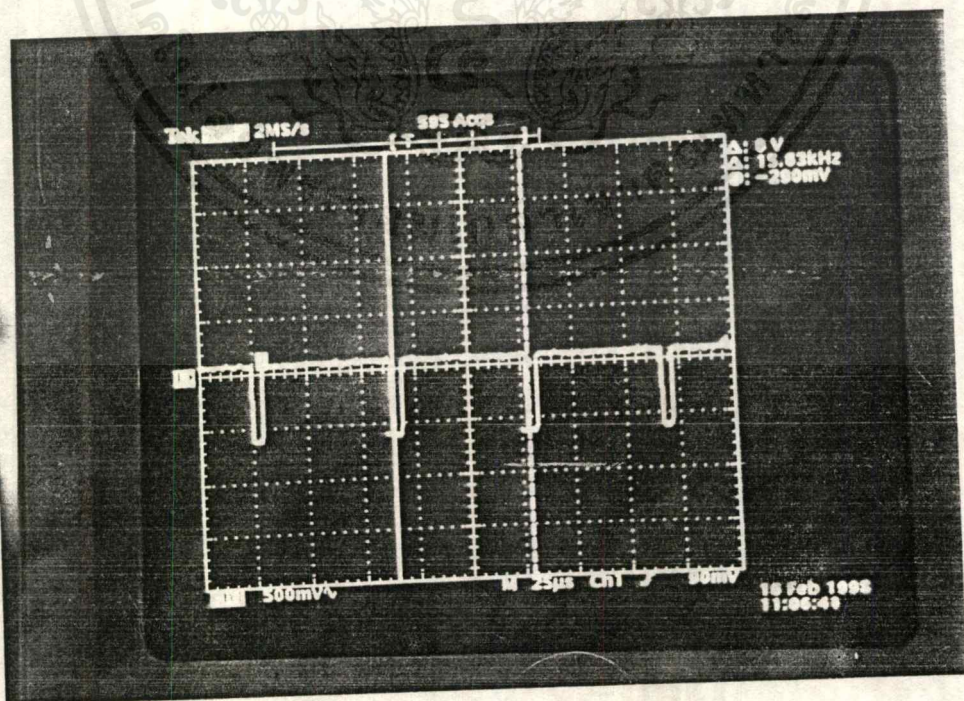
รูป 4-3 รูปสัญญาณวิดีโอที่ออกซิลโลสโคปเมื่อหมุน VR4 ทางขวา สัญญาณสว่างจะเพิ่มขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูป 4-4 รูปสัญญาณวิดีโอที่ออกซิลโลสโคปเมื่อหมุน VR4 ทางซ้าย สัญญาณสว่างจะลดลง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

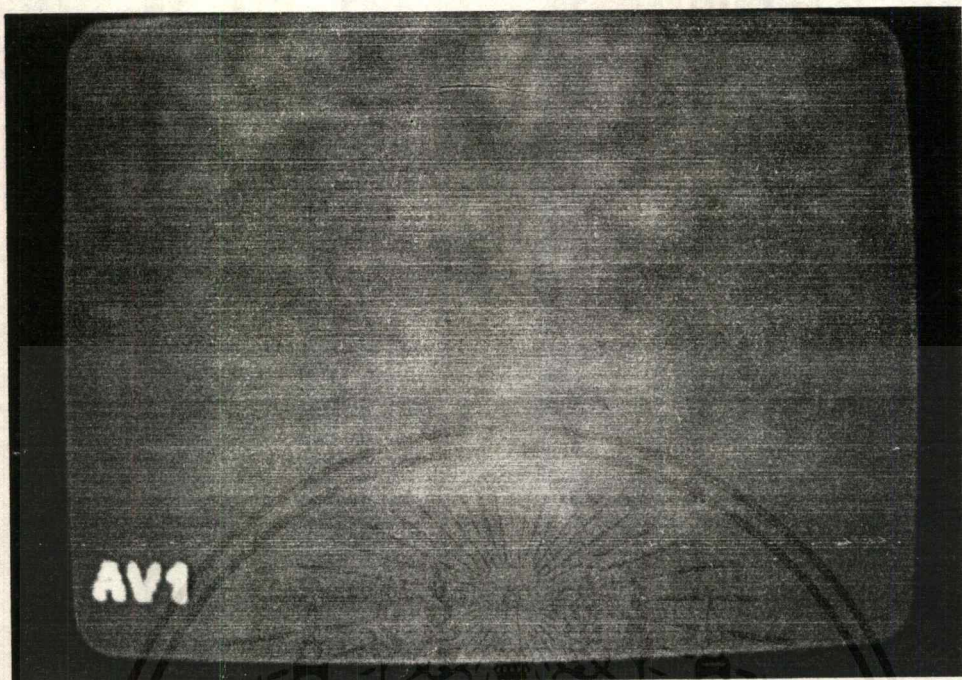


รูป 4-5 รูปสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์ เมื่อหมุน VR4

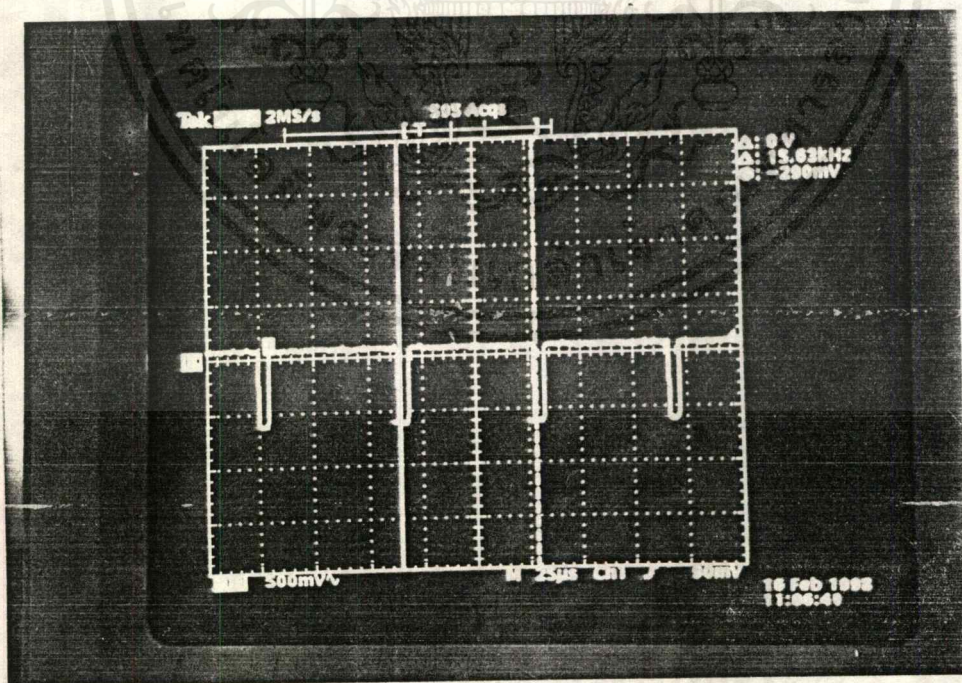


รูป 4-6 รูปสัญญาณวิดีโอที่ออกซซิลโลสโคปเมื่อหมุน VR3 ทางขวา สัญญาณจะหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

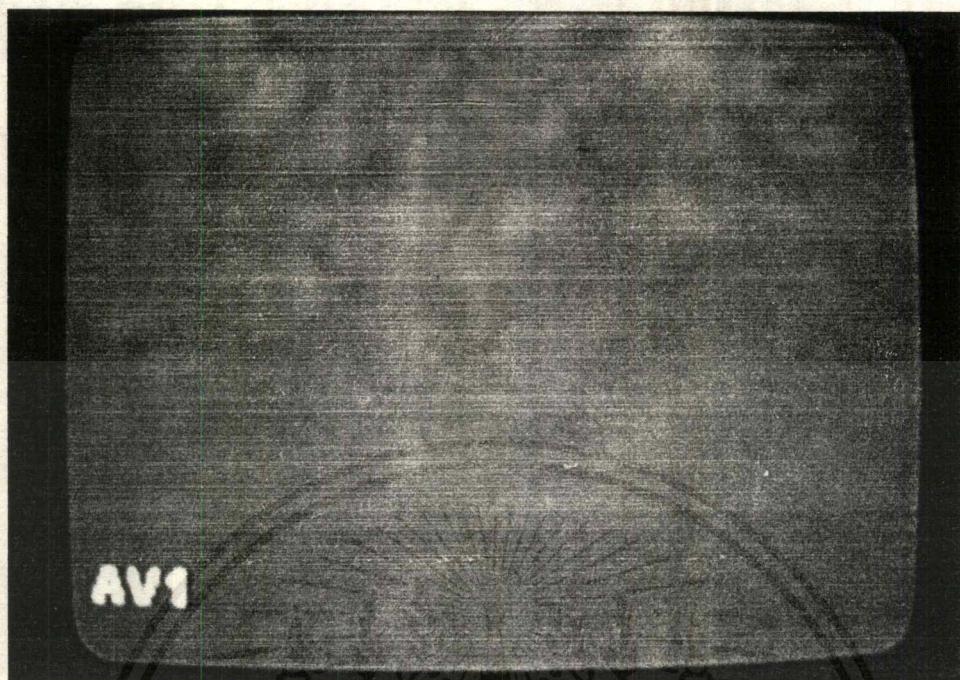


รูป 4-7 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อหมุน VR3

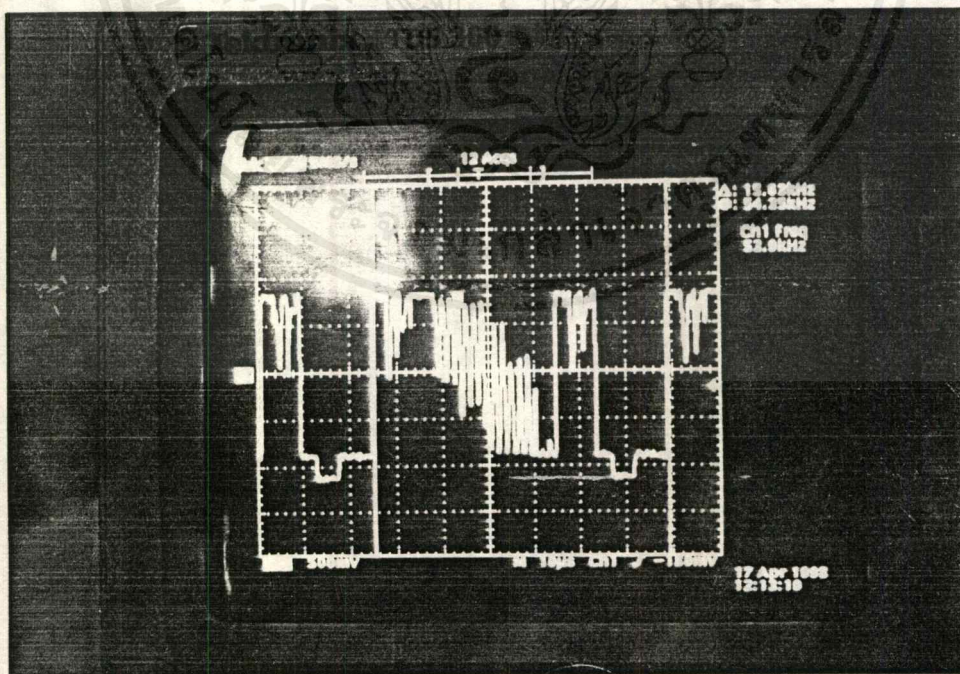


รูป 4-8 รูปสัญญาณวิดีโอที่ออกซิด โลส โคลป เมื่อหมุน VR5 ทางซ้าย สัญญาณสว่างจะหมดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

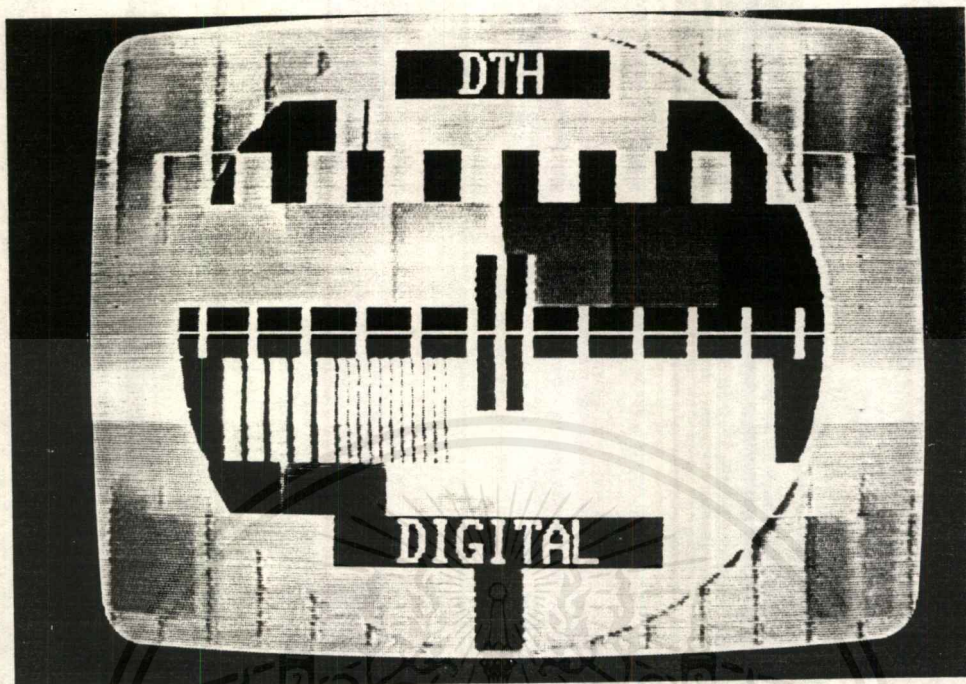


รูป 4-9 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์ เมื่อหมุน VR5

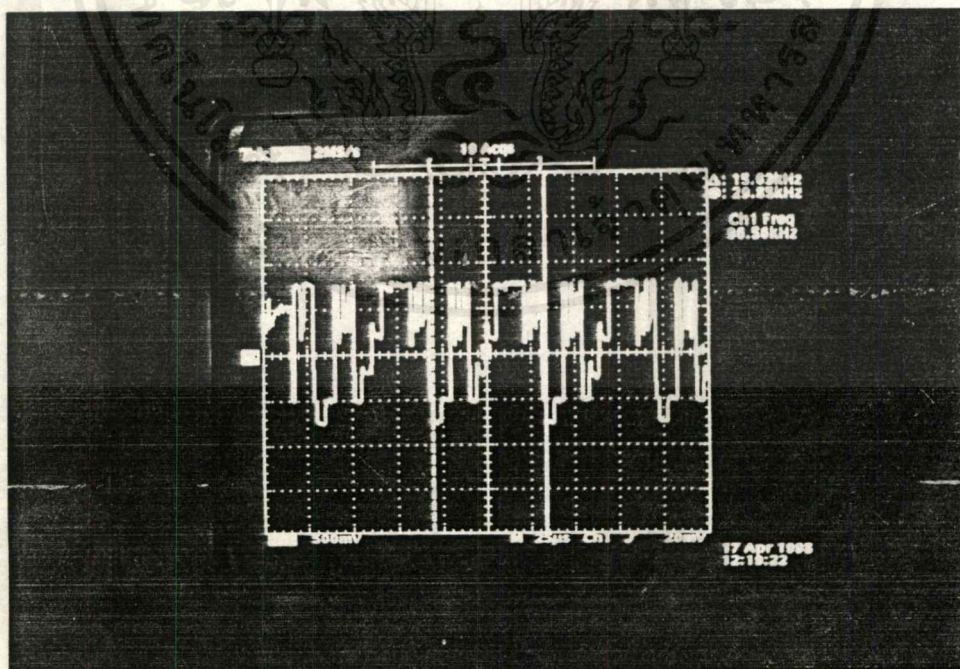


รูป 4-10 ภาพสัญญาณวิธีโอทีเออสซิลโลสโคปเมื่อหมุน VR2 ทางขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

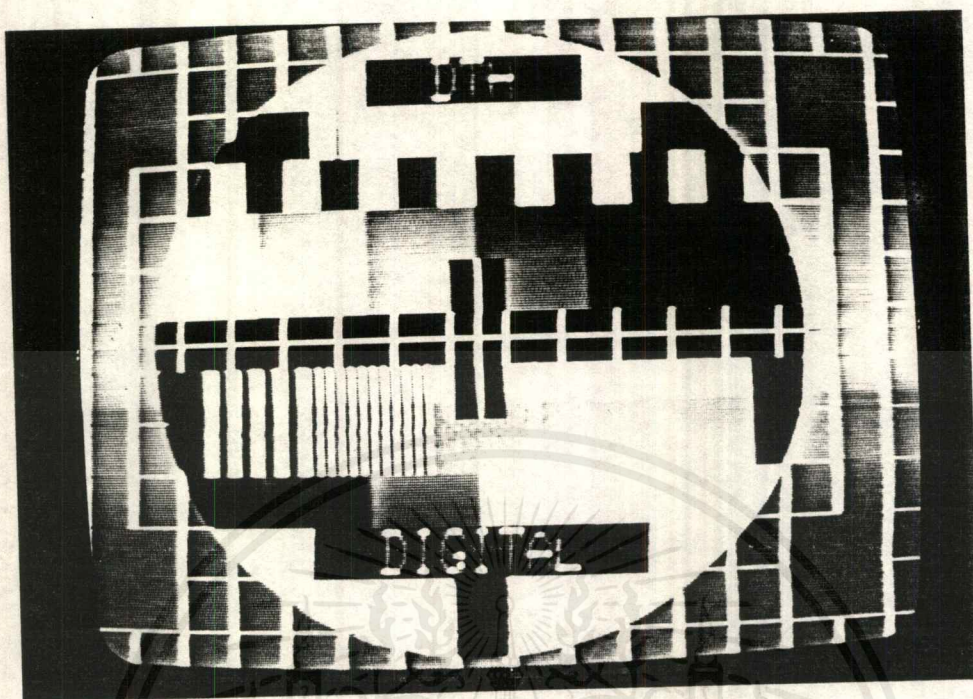


รูป 4-11 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์ เมื่อหมุน VR2 ทางขวา

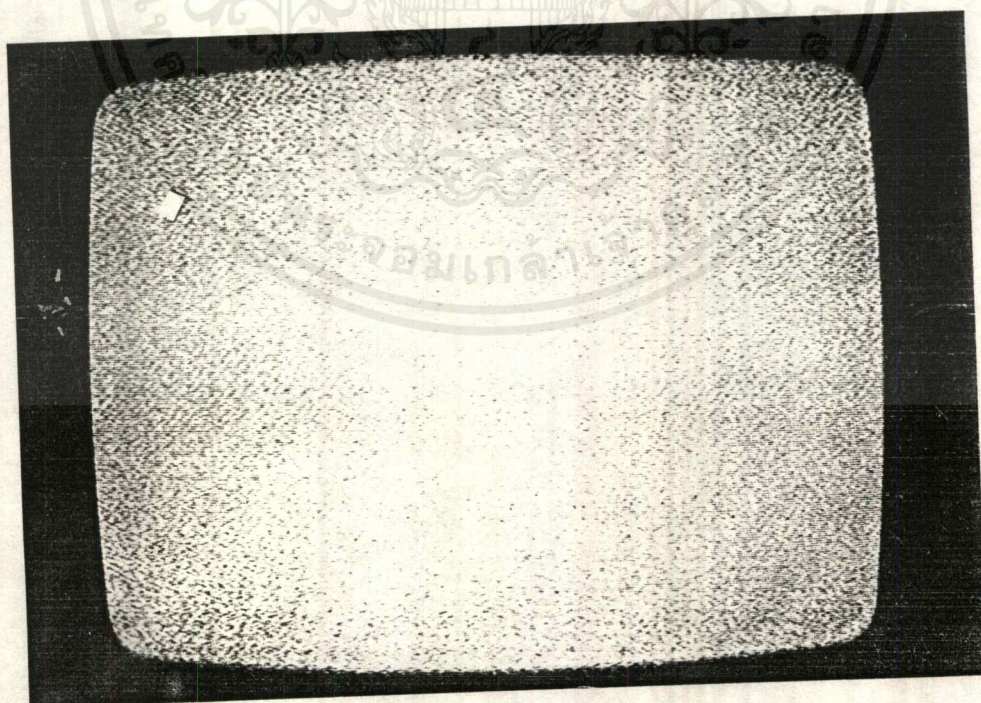


รูป 4-12 สัญญาณวิดีโอที่ออกซซิลโลสโคปเมื่อหมุน VR2 ทางขวาและ VR1 ทางซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

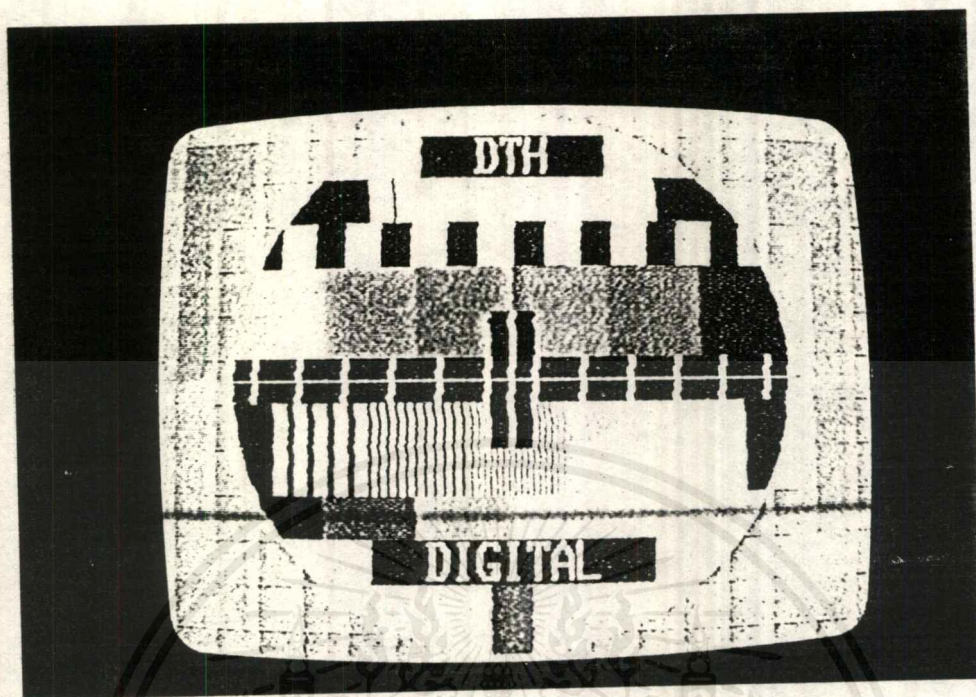


รูป 4-13 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อหมุน VR2 ทางขวาและ VR1 ทางซ้าย

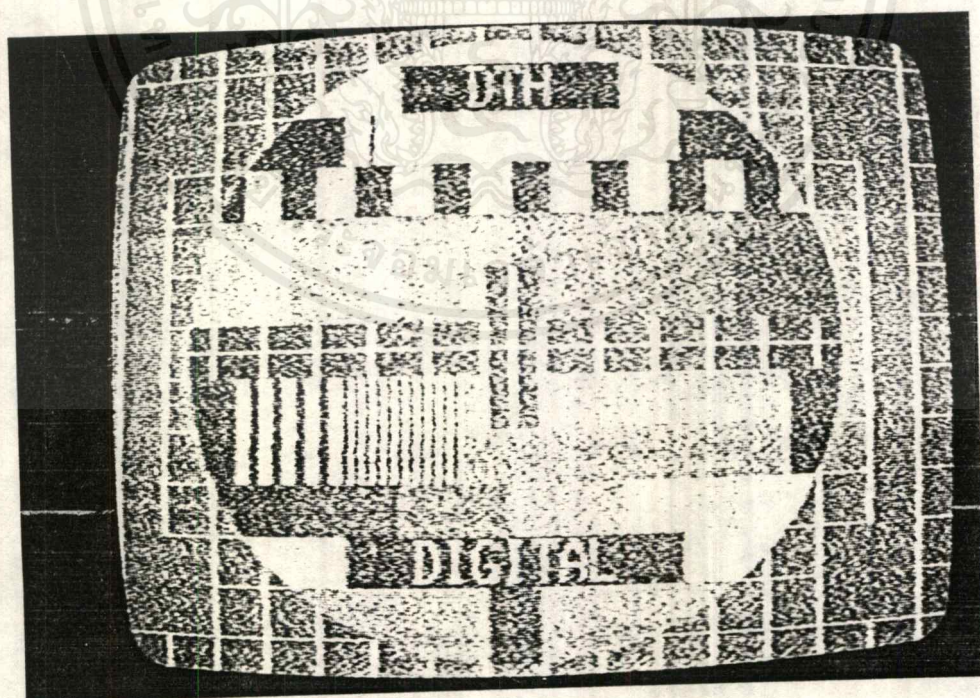


รูป 4-14 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อส่งออกไปและหมุน VR5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

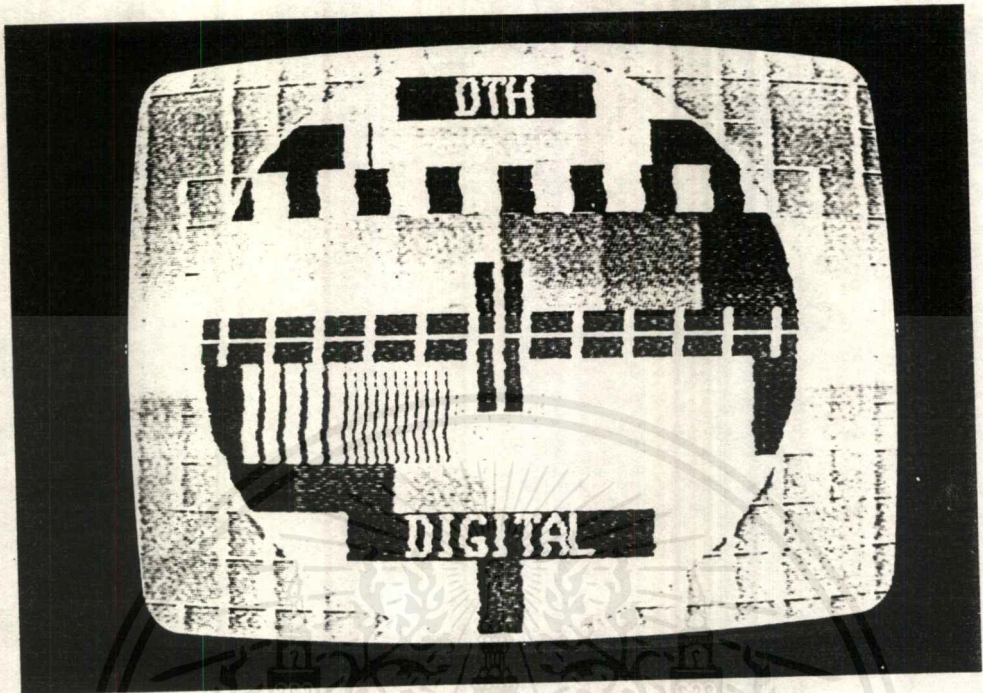


รูป 4-15 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อส่งออกไปและหมุน VR4 ทางขวา

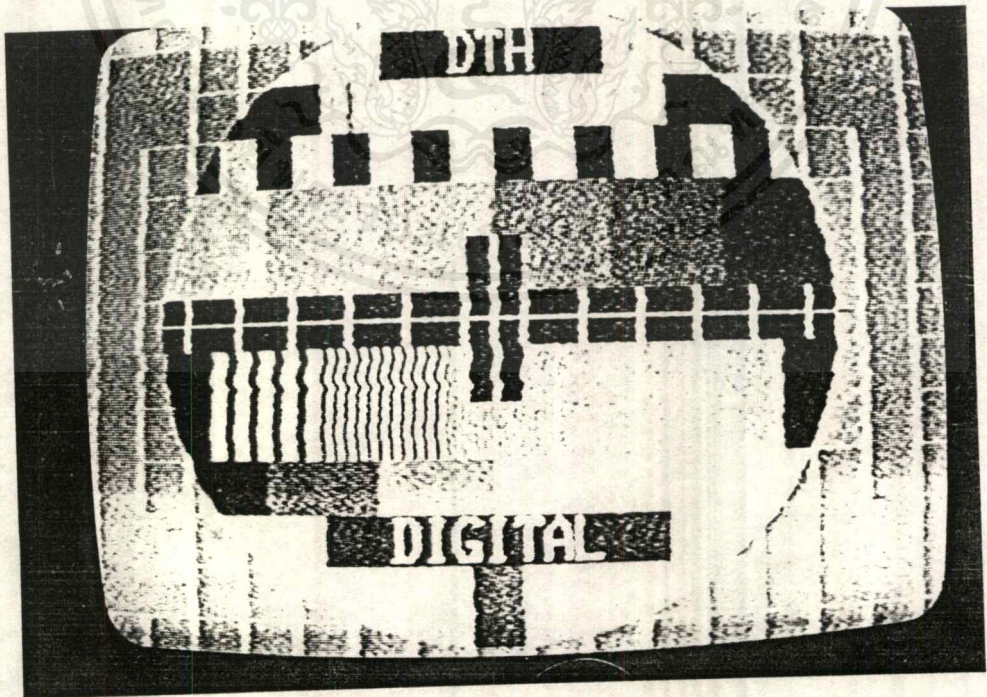


รูป 4-16 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อส่งออกไปและหมุน VR4 ทางซ้าย

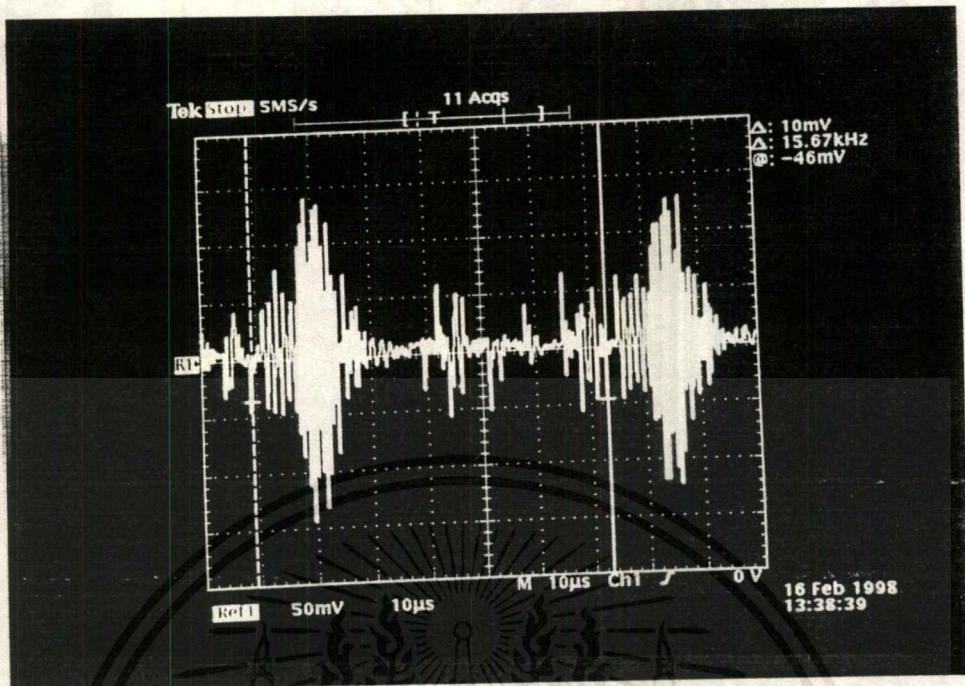
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



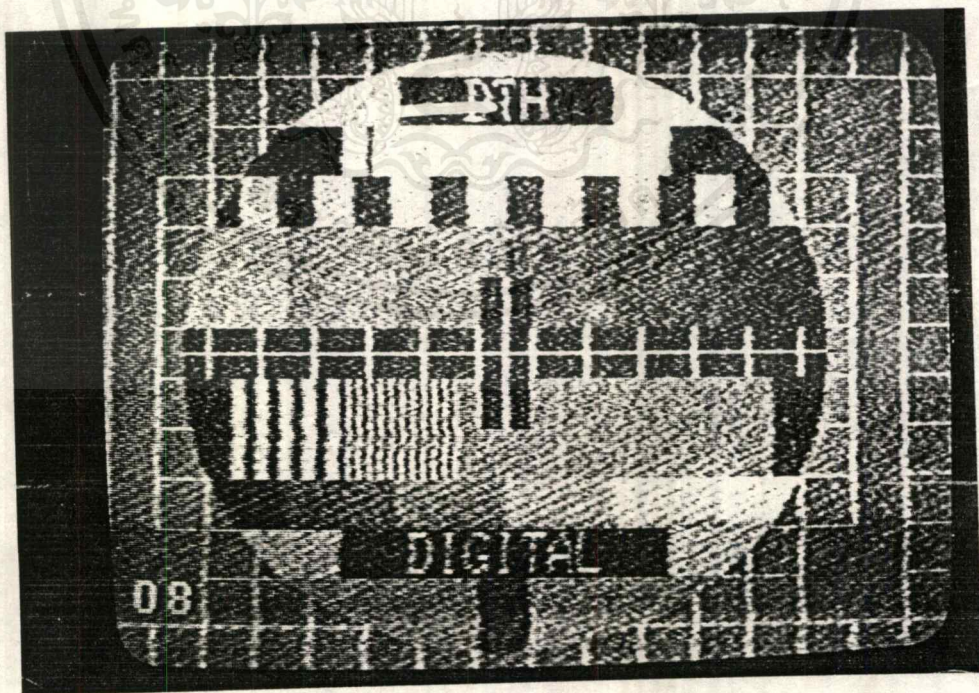
รูป 4-17 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อส่งออกไปและหมุน VR2 ทางขวา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ **รูป 4-18 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์เมื่อส่งออกไปและหมุน VR6 ทางซ้าย**
 ไม่สามารถแก้ไขได้ หากต้องการแก้ไขให้ติดต่อช่างเทคนิคที่ศูนย์บริการลูกค้า
 ไม่สามารถแก้ไขได้ หากต้องการแก้ไขให้ติดต่อช่างเทคนิคที่ศูนย์บริการลูกค้า

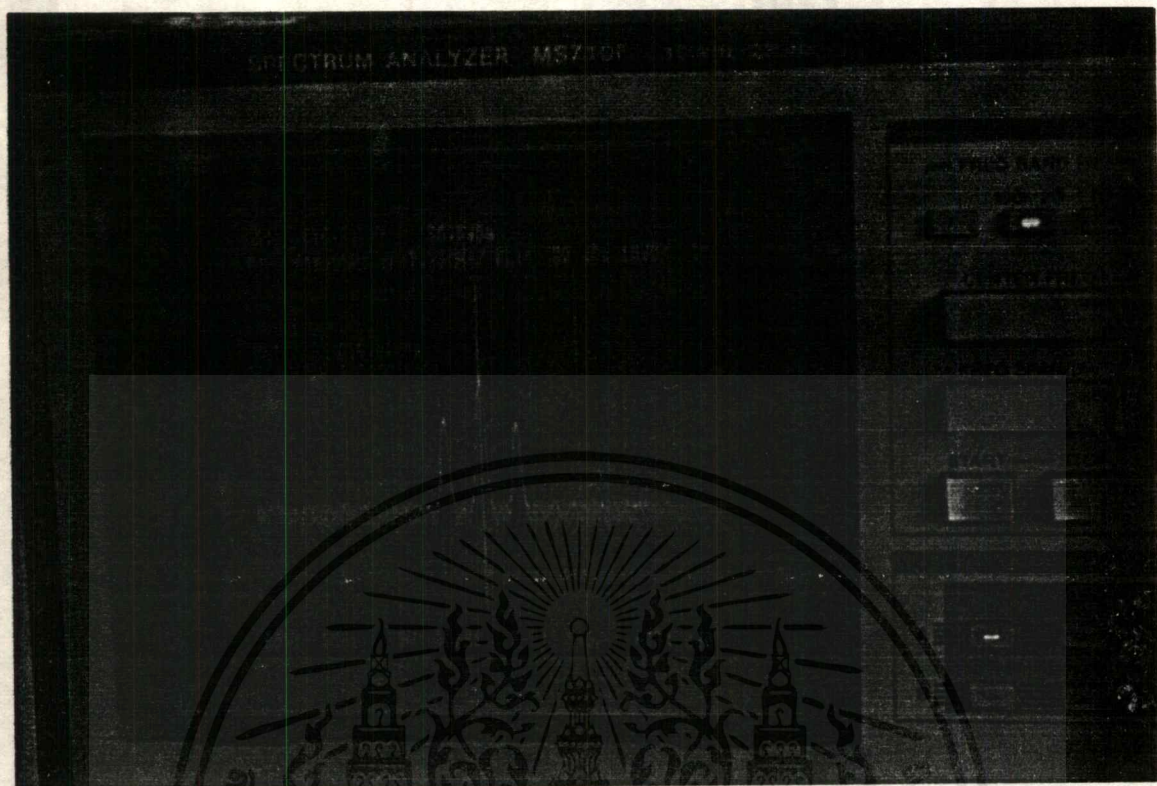


รูป 4-19 ภาพสัญญาณวิดีโอที่ออสซิลโลสโคปเมื่อสัญญาณวิดีโอมาคู่อยู่กับคลื่นพาห้



รูป 4-20 ภาพสัญญาณวิดีโอที่โทรทัศน์ที่ส่งออกไประยะ 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4-21 ภาพสัญญาณวิทยุไอทีที่ส่งออกไปแสดงที่ spectrum analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

บทสรุป

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเราปรับค่า VR3, VR4, VR5 เมื่อยังไม่ใส่ IC ในวงจร จะทำให้สัญญาณเปลี่ยนไป เมื่อปรับค่า VR3 และ VR5 จะทำให้สัญญาณภาพที่หน้าจอโทรทัศน์จะค่าสวิต ส่วนที่ ออสซิลโลสโคป จะเหลือแต่สัญญาณซิงค์ เมื่อปรับค่า VR4 สัญญาณภาพที่หน้าจอโทรทัศน์จะมีการเปลี่ยนแปลงของความสว่าง ส่วนที่ออสซิลโลสโคประดับของสัญญาณสว่างจะเปลี่ยนแปลง และเมื่อเสียบ IC ลงใน วงจรแล้ว เมื่อหมุน VR3 ไปทางขวา และ VR6 ไปทางซ้ายขวา สัญญาณภาพที่หน้าจอโทรทัศน์จะเปลี่ยนแปลง และหมุน VR2 สัญญาณภาพที่หน้าจอโทรทัศน์จะมีการเปลี่ยนแปลงความสว่าง และเมื่อผ่านสัญญาณยัง เครื่องแปลงสัญญาณแล้วทำให้สามารถส่งสัญญาณในย่านความถี่ U.H.F ความถี่ 600 Mhz ในรัศมี 1 เมตร ซึ่งถ้าส่ง ไกลกว่านี้ จะรับสัญญาณได้ไม่ชัดเจนถึงรับไม่ได้เลย

บทวิจารณ์

วงจรนี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้างคือ ไม่สามารถทำให้สัญญาณภาพทางหน้าจอขาวได้และสัญญาณภาพทาง โทรทัศน์จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเสียบ IC ในส่วนของเครื่องส่งควรจะส่งได้ไกลกว่านี้เพราะยังไม่สามารถใช้งานจริงๆได้



หนังสืออ้างอิง

- (1) RUDOLF F. GRAF AND WILLAM SHEETS, VIDEO SCRAMBLING AND DESCRAMBLING FOR SATTLELITE AND CABLE TV
- (2) ดร.รัชชัย เมฆสุวรรณค์ และนายโยชิกะชิ ซาวามูระ TEXTBOOK OF COLOR TELEVISION ENGINEERING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้