บทที่ 2

เครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์แบบกล้องถ่ายโทรทัศน์

เครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ระบบจอภาพนั้น ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ กับระบบรับภาพเพื่อแสดงภาพทางจอโทรทัศน์ ซึ่งในงานภาคสนามมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แหล่งกำเนิดพลังงานจากแบตเตอรี ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีระบบอินเวอร์เตอร์เข้ามาอีกส่วนหนึ่ง

2.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray generator)

รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นสั้นมากอยู่ในช่วง 2 ถึง 0.0006 อังสตรอม (5) แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการกำเนิด คือ

1. รังสีเอกซ์เฉพาะตัว (Characteristic X-ray) เกิดจากการปล่อยพลังงานออกจากอิเล็กตรอนในชั้นโคจรถัดออกไปจากวงที่หรือวงอิเล็กตรอน ลดพลังงานและเข้ามาแทนที่

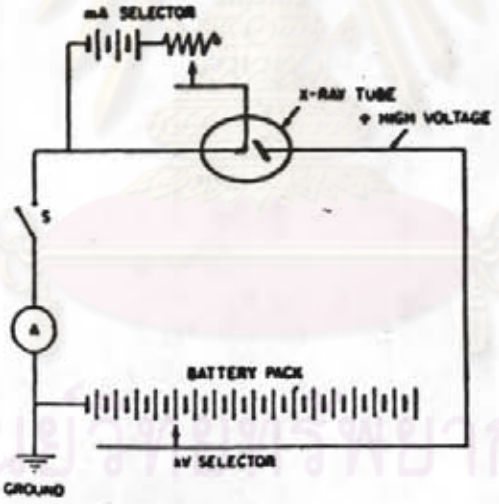
2. รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง (Bremsstrahlung or braking radiation) เกิดจากการที่อิเล็กตรอนถูกเร่งให้วิ่งเข้าใกล้นิวเคลียสของอะตอมและสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว

สำหรับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ใช้หลักการเกิดรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง (Bremsstrahlung) โดยการเร่งอนุภาคอิเล็กตรอนให้วิ่งไปชนเป้า (Target) ซึ่ง

ทำด้วยธาตุที่มีค่าอะตอมมิคนัมเบอร์สูงๆ เช่น ทังสเตน โมลิบดีนัม โรเดียม เป็นต้น เมื่ออิเล็กตรอนวิ่งชนเป้า จะเกิดอันตรกิริยากับอะตอมของธาตุที่ทำเป้า และสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็ว ทำให้ปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปรังสีเอกซ์ ทั้งนี้ขบวนการทั้งหมดเกิดขึ้นในหลอดสูญญากาศ ที่เรียกว่า หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วๆไปมีองค์ประกอบอยู่ 3 ส่วนคือ

1) หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์
2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูง
3) วงจรจุดไส้หลอดของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

2.1.1 ประเภทของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์มีหลายแบบ ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงได้ดังนี้

2.1.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่แบ่งออกตามลักษณะของการเรียงกระแส (4) มีดังนี้

ก) วงจรแบบเรียงกระแสด้วยตัวเอง (Self rectifier circuit)

ข) วงจรแบบเรียงกระแสครึ่งคลื่น (Half wave rectifier circuit)

ค) วงจรแบบเรียงกระแสเต็มคลื่น (Full wave rectifier circuit) แบ่งออกเป็นวงจรย่อยได้อีกสองแบบคือ

1. แบบหม้อแปลงแบ่งครึ่ง (Center tap transformer)

2. วงจรแบบบริดจ์ (Bridge rectifier circuit)

ง) วงจรแบบเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟส (Three phase 12 pulses full wave rectifier circuit)

จ) วงจรแบบคายประจุจากคอนเดนเซอร์ (Condenser discharge circuit)

2.1.1.2 นอกจากจะแบ่งเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ออกตามลักษณะของการเรียงกระแสแล้ว ยังสามารถแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ออกตามลักษณะของการป้อนกำลังได้อีกสองประเภทคือ

ก) แบบใช้แหล่งจ่ายกำลังจากไฟฟ้ากระแสสลับ

ข) แบบใช้แหล่งจ่ายกำลังจากไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งวิธีนี้จะใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำ มาแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงโดยใช้วงจรอินเวอร์เตอร์

2.1.2 การแสดงภาพถ่ายรังสีเอกซ์ แบ่งออกได้หลายวิธีดังนี้

2.1.2.1 การแสดงภาพถ่ายรังสีเอกซ์โดยใช้ฟิล์ม ซึ่งสามารถแบ่งย่อยออกเป็นสามประเภทตามวิธีการถ่ายภาพคือ

ก) การถ่ายภาพรังสีเอกซ์โดยตรง (Directed X-Ray) โดยการใช้ฟิล์มมารับปริมาณรังสีเอกซ์ที่ผ่านวัสดุโดยตรง

ข) การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยใช้ฉากเพิ่มความเข้มแสงจากการเรืองรังสีเอกซ์ (Intensifying screen) ช่วยลดปริมาณรังสีที่ใช้ในการถ่ายภาพ

ค) การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์โดยใช้ฉากเรืองรังสีเอกซ์ (Fluoroscopic screen) เป็นการดูภาพถ่ายจากแผ่นเรืองรังสีโดยตรง มีลักษณะเช่นเดียวกันกับฉากเพิ่มความเข้มแสงจากการเรืองรังสีเอกซ์ (Intensifying screen) ต่างกันที่ ฉากเรืองรังสีเอกซ์ ใช้สารเรืองรังสีที่ให้แสงในช่วงความยาวคลื่นสีเขียว-เหลือง (ความยาวคลื่นประมาณ 500 ถึง 600 นาโนเมตร) และมักจะมีความหนาของชั้นเรืองรังสีมากกว่า ทำให้ รีโซลวิง เพาเวอร์ (Resolving power) น้อยกว่า คืออยู่ในช่วง 2 ถึง 5 เส้นต่อมิลลิเมตร

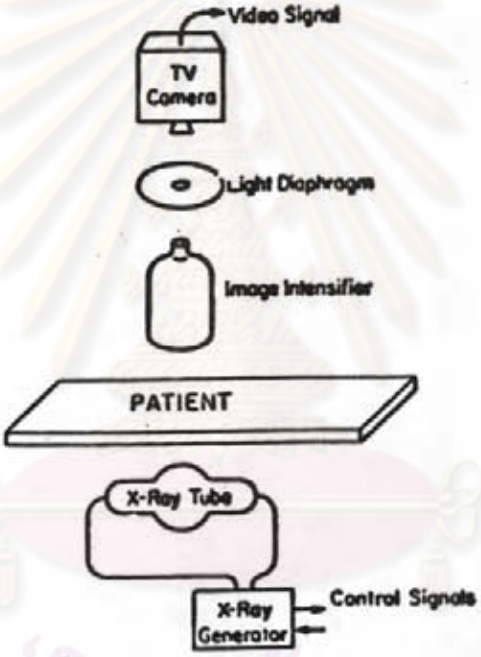
2.1.2.2 การถ่ายภาพรังสีด้วยเอกซ์แบบต่อเนื่อง โดยใช้หลอดเพิ่มความเข้มแสงจากการเรืองรังสีเอกซ์ (Image intensifying tube) การถ่ายภาพแบบนี้เป็นที่นิยมใช้กันในกรณีที่ต้องการดูภาพที่เคลื่อนไหว เช่นการถ่ายภาพหัวใจ และหลอดเลือด (Cardio vascular system) ซึ่งสามารถทำการแสดงภาพได้สองวิธี คือ

ก) การถ่ายภาพรังสีเอกซ์แบบภาพยนตร์ (Cinefluorography) สิ่งที่ควรจะคำนึงถึงในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ต่อเนื่องแบบภาพยนตร์ คือ การเข้าจังหวะกัน (Synchronization) ของรังสีเอกซ์ที่ออกมากับจังหวะการเปิด-ปิดของชัตเตอร์ (4) กล่าวคือรังสีเอกซ์ที่ออกมาจะมีลักษณะเป็นพัลส์ (Pulse) ซึ่งหากการเปิด-ปิดชัตเตอร์ไม่สัมพันธ์กันอาจจะทำให้ไม่ได้ภาพเลย หรือใช้ปริมาณรังสีเกินความจำเป็นโดยเหตุนี้ ในระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ต่อเนื่องแบบภาพยนตร์ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการเข้าจังหวะกันของรังสีเอกซ์ที่ออกมาเป็นพัลส์ ในช่วงจังหวะที่ชัตเตอร์เปิดพอดี

ในระบบที่ได้รับการออกแบบมาเป็นอย่างดี จะสามารถลดปริมาณรังสีที่เกินความจำเป็นลงไปได้อีก โดยอาศัยปรากฏการณ์เรืองแสงต่อเนื่อง (After growth) ของแผ่นเรืองรังสี ซึ่งปรากฏการณ์เรืองแสงต่อเนื่องหมายถึง การที่แผ่นเรืองรังสียังคงให้โฟตอนของแสงออกมาชั่วขณะหนึ่งหลังจากที่รังสีเอกซ์ได้หมดลงไปแล้ว คือ การให้

รังสีเอกซ์หมดลงไปก่อนที่ชัตเตอร์จะปิด แล้วอาศัยแสงที่เกิดจากปรากฏการณ์เรืองรังสีต่อเนื่อง ทำหน้าที่ทำปฏิกริยากับฟิล์มต่อไปอีกชั่วขณะหนึ่ง

ข) การถ่ายภาพรังสีเอกซ์ต่อเนื่องโดยกล้องโทรทัศน์ (Television X-ray fluorography) การถ่ายภาพรังสีเอกซ์แบบนี้ มีลักษณะคล้ายคลึงกับการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ต่อเนื่องแบบภาพยนตร์ แต่ต่างกันที่ใช้กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ (Video camera) มาเป็นอุปกรณ์เก็บภาพแทน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ระบบการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ต่อเนื่องโดยกล้องโทรทัศน์

ข้อดีของระบบถ่ายภาพแบบนี้คือ สามารถที่จะแสดงภาพออกบนจอภาพโทรทัศน์ได้ทันทีโดยไม่ต้องเสียเวลาล้างฟิล์มเหมือนในการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ต่อเนื่องแบบภาพยนตร์ แต่อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เราต้องการดูภาพที่เราสนใจเพียงภาพเดียวอย่างพินิจพิเคราะห์ เราจำเป็นที่จะต้องทำการอัดภาพนั้นลงในเทปบันทึกภาพโทรทัศน์ แล้วทำการเล่น (Play back) ซ้ำแล้วซ้ำอีก นั่นเป็นเหตุผลอีกข้อหนึ่งที่ว่า ทำไมจึงเกิดความต้องการเครื่องถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์แบบเก็บภาพขึ้นมา

การเข้าจังหวะกันของรังสีเอกซ์ที่ออกมากับจังหวะการรับภาพของหลอดรับภาพ (Pick up tube) ที่ใช้ในกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ เป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการถ่ายภาพแบบนี้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายๆกับกรณีของการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ต่อเนื่องแบบภาพยนตร์เช่นกัน แต่เนื่องจากจังหวะในการรับภาพของหลอดวิดีคอนเร็วกว่าการปิด-เปิดของชัตเตอร์ ดังนั้นผู้ออกแบบระบบเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบนี้ จึงนิยมใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบเรียงกระแส-เต็มคลื่นสามเฟส (3 Phases) มากกว่าที่จะใช้ระบบพัลส์เหมือนในกรณีที่ใช้ในระบบถ่ายภาพยนตร์

2.2 ระบบภาพโทรทัศน์

กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่แปลงภาพที่มองเห็นให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เรียกว่า สัญญาณภาพ (Video signal) ตามมาตรฐานการสร้างภาพโทรทัศน์ แล้วส่งไปแสดงยังจอภาพต่อไป

2.2.1 ลักษณะของภาพโทรทัศน์ (6)

ภาพโทรทัศน์ที่เห็นกันอยู่นั้น เกิดจากการที่ลำอิเล็กตรอนกวาดไปกระทบสารเรืองแสงที่ฉาบไว้ที่จอแสดงภาพ ทำให้สารเรืองแสงเปล่งแสงออกมาในช่วงที่ตามองเห็นได้ และเนื่องจากคุณสมบัติของสารเรืองแสงนี้จะมีปรากฏการณ์เรืองแสงต่อเนื่องอยู่ชั่วขณะหนึ่งแม้ว่าลำอิเล็กตรอนจะกวาดผ่านไปแล้วก็ตาม ดังนั้นการกวาดลำอิเล็กตรอนผ่านไปจากขอบบนซ้ายของจอภาพถึงขอบล่างขวาของภาพ ทำให้สายตามองเห็นเป็นภาพขึ้นมาได้ ซึ่งลักษณะการกวาดของลำอิเล็กตรอนนี้มีอยู่ 2 ระบบ คือ

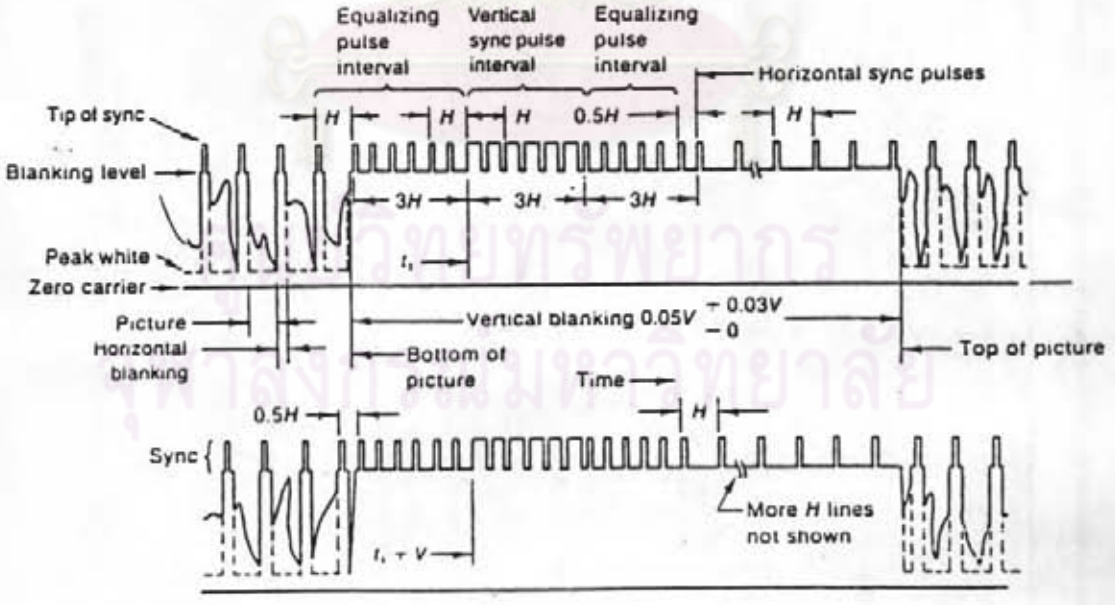
ก) ระบบธรรมดา (Non-interlace or horizontal linear scanning)

ข) ระบบอินเตอร์เลส (Interlace) เป็นระบบการกวาดลำอิเล็กตรอนบนหน้าจออีกแบบหนึ่ง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้เป็นมาตรฐานในระบบโทรทัศน์ในปัจจุบัน

การกวาดของลำอิเล็กตรอนบนหน้าจอจะประกอบไปด้วย 2 ฟิลด์ (Fields) ต่อหนึ่งภาพ (Frame) โดยเรียกแต่ละฟิลด์ว่า ฟิลด์คี่ (Odd field) และ ฟิลด์คู่ (Even field) ซึ่งมีความถี่ของฟิลด์ เท่ากับ 50 Hz หมายความว่าความถี่ของแต่ละภาพ เท่ากับ 25 Hz

2.2.2 สัญญาณภาพ (Composite video signal)

สัญญาณภาพ เป็นสัญญาณที่บ่งบอกให้จอแสดงภาพทำการแสดงภาพนั้นๆออกมาอย่างถูกต้องบนจอแสดงภาพ ลักษณะของสัญญาณภาพแบบสัญญาณกำหนดจังหวะบวก (Positive sync) แสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ลักษณะของสัญญาณภาพชนิดสัญญาณกำหนดจังหวะด้านบวก

2.2.2.1 ส่วนประกอบของสัญญาณภาพ

ก) สัญญาณความส่องสว่าง (Luminescent signal) เป็นส่วนที่แสดงความสว่าง-มืดของภาพ โดยจะสว่างมากขึ้นถ้าสัญญาณมีระดับสูง และจะมืดลงเมื่อสัญญาณมีระดับต่ำ สำหรับสัญญาณแบบกำหนดจังหวะลบ

ข) ฟรอนท์พอร์ช (Front porch) และแบคฟอร์ช (Back porch) เป็นส่วนที่มืดตรงบริเวณขอบของ สัญญาณความส่องสว่างทั้งสองด้าน มีหน้าที่จำกัดความสว่างของขอบภาพทางด้านขวา และซ้าย ตามลำดับ โดยทั่วๆไป ฟรอนท์พอร์ชจะมีช่วงเวลาสั้นกว่า แบคฟอร์ช อยู่สามเท่า ถ้ากำหนดให้ช่วงเวลาของเส้นภาพหนึ่งเส้นเท่ากับ H จะได้ช่วงเวลาของฟรอนท์พอร์ช เป็น 0.02H และแบคพอร์ช เป็น 0.06H

ค) สัญญาณกำหนดจังหวะ (Synchronization signal) เป็นสัญญาณที่กำหนดจังหวะการสบัดกลับของลำอิเล็กตรอน มีอยู่สองประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สัญญาณกำหนดจังหวะแนวนอน (Horizontal pulse) เป็นสัญญาณกำหนดจังหวะในการสบัดกลับของลำอิเล็กตรอน หลังจากที่ทำการกวาดลำอิเล็กตรอนจากขอบซ้ายมือของจอภาพไปสิ้นสุดที่ขอบขวาของจอภาพเรียบร้อยแล้ว มีลักษณะเป็นพัลส์ ที่ต่ำกว่าระดับมืดของฟรอนท์พอร์ช และ แบคพอร์ช โดยทั่วๆไป มีความกว้างของสัญญาณเท่ากับ 0.08H และมีความถี่เท่ากับ 15625 Hz

2. สัญญาณกำหนดจังหวะแนวตั้ง (Vertical synchronization pulse) เป็นสัญญาณที่กำหนดการสบัดกลับของลำอิเล็กตรอน หลังจากที่ทำการกวาดภาพจนครบหนึ่งฟิลด์แล้ว โดยทั่วๆไปช่วงเวลาของสัญญาณกำหนดจังหวะแนวตั้งจะเท่ากับ 3H และมีความถี่เท่ากับ 50 Hz.

3. อิควอไลซิงพัลส์ (Equalizing pulse) เป็นสัญญาณกำหนดจังหวะอีกแบบหนึ่งที่มีส่วนช่วยในการกำหนดจังหวะการสบัดกลับของลำอิเล็กตรอนให้เหมาะกับฟิลด์คู่และฟิลด์คี่ ทั้งนี้เนื่องจากใน ฟิลด์คี่ จะมีเส้นภาพเส้นสุดท้ายเพียงครึ่งเดียวเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้การสบัดกลับของลำอิเล็กตรอนไปเริ่มบริเวณจุดกึ่งกลางจอภาพตอนบนของฟิลด์คู่ เป็นไปอย่างถูกต้องจึงจำเป็นที่จะต้องมี อิควอไลซิงพัลส์ ลักษณะของสัญญาณอยู่ในในรูปที่ 2.3 โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ช่วงเวลาละ 3H อยู่ก่อนหน้า

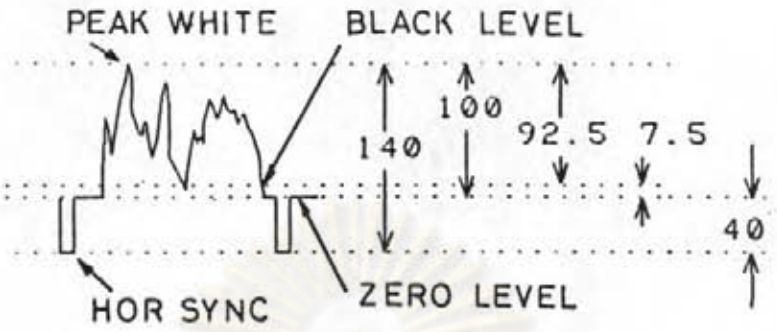
และหลัง ช่วงเวลากำหนดจังหวะแนวตั้ง (Vertical synchronization pulse interval)

ระยะห่างระหว่าง อิควอไลซิงพัลส์ แต่ละลูกมีค่าเท่ากับ 0.5H มีความถี่เป็นสองเท่าของ สัญญาณกำหนดจังหวะแนวนอน คือเท่ากับ 31,250 Hz. หลังจากช่วงเวลาอิควอไลซิงพัลส์ (Equalizing pulse interval) แล้วจะมีสัญญาณกำหนดจังหวะแนวนอน คิดตามมาอีก 12 พัลส์ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวจะไม่มีสัญญาณความส่องสว่าง นั่นคือเส้นภาพทั้ง 12 เส้นตอนบนของจอภาพจะมองไม่เห็น

ช่วงเวลานับตั้งแต่เริ่มมีอิควอไลซิงพัลส์ จนกระทั่งเริ่มปรากฏมีสัญญาณความส่องสว่าง รวมเรียกว่า ช่วงเวลาว่างแนวตั้ง (Vertical blanking time)

2.2.2.2 มาตรฐานของความสูง (Amplitude) ของสัญญาณภาพ มาตรฐานของความสูงของสัญญาณภาพ กำหนดขึ้นโดย Institute of Radio Engineers(IRE) ซึ่งต่อมาภายหลังได้เปลี่ยนชื่อมาเป็น Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE) ถึงกระนั้นก็ตามมาตรฐานความสูงของสัญญาณภาพก็ยังคงนิยมเรียกว่า IRE scale โดยแบ่งความสูง (Amplitude) ของสัญญาณภาพออกเป็น 140 หน่วย และให้สัญญาณกำหนดจังหวะมีค่าเป็น 40 หน่วยต่ำกว่าจุดศูนย์ (หรือ ประมาณ 29 % ของความสูงของสัญญาณภาพทั้งหมด) ส่วนระดับดำมืด (Black level) ของสัญญาณความส่องสว่าง (Luminescent signal) มีค่าเท่ากับ 7.5 หน่วย (หรือประมาณ 5 % ของความสูงของสัญญาณภาพทั้งหมด) ส่วนความสูงของสัญญาณความส่องสว่าง ทั้งหมดมีค่าเป็น 92.5 หน่วย (หรือเท่ากับ 66 % ของ ความสูงของสัญญาณภาพทั้งหมด) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

ในการรับส่งสัญญาณภาพ (Composite video signal) ระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ เช่น กล้องถ่ายภาพ จอแสดงภาพ และอุปกรณ์ด้านภาพโทรทัศน์ต่างๆ นิยมให้สัญญาณทั้งหมดมีความสูง (Amplitude) ทั้งหมดเป็น 1 โวลต์ยอดถึงยอด (Vp-p)



รูปที่ 2.4 มาตรฐานความสูงของสัญญาณภาพ

2.2.3 กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ (Video camera)

กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ ทำหน้าที่แปลงความเข้มของแสงจากบริเวณภาพที่ต้องการบันทึกให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า

2.2.3.1 กล้องถ่ายภาพโทรทัศน์มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน คือ

ก) หลอดรับภาพ (Pick up tube) ทำหน้าที่รับแสงที่ผ่านจากเลนซ์ มาแปลงเป็นสัญญาณความส่องสว่าง (Luminescent signal)

ข) วงจรขยายสัญญาณส่วนหน้าและวงจรจัดการสัญญาณ (Preamplifier and signal processor) ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณความส่องสว่างที่ได้รับจากหลอดรับภาพ ที่มีระดับต่ำเพียงไมโครโวลต์ ให้มีความแรงมากขึ้น แล้วทำการผสมสัญญาณเว้นว่าง (Blanking pulse) เข้าไป ซึ่งสัญญาณในช่วงนี้เรียกว่า "Non-composite video signal" จากนั้นก็จะผสมกับสัญญาณกำหนดจังหวะ (Sync pulse) ซึ่งมีทั้งสัญญาณกำหนดจังหวะแนวตั้ง และ แนวนอน เข้าไปด้วย

ค) วงจรควบคุม (Control circuit) เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ควบคุม การทำงานของหลอดรับภาพให้ถูกต้องตามจังหวะของสัญญาณกำหนดจังหวะซึ่งมีองค์ประกอบย่อยๆหลายส่วนเช่นควบคุมการเบี่ยงเบน (Deflection) ของลำอิเล็กตรอนของหลอดรับภาพให้เข้าจังหวะกับสัญญาณกำหนดจังหวะ ควบคุมการโฟกัส (Focus) ของลำอิเล็กตรอน รวมไปถึงวงจรกำเนิดสัญญาณกำหนดจังหวะ

2.2.3.2 อุปกรณ์รับภาพ ปัจจุบันมีทั้งประเภทที่เป็นหลอด และแผงกึ่งตัวนำอยู่หลายประเภท ซึ่งแบ่งออกตามประเภทของส่วนรับแสงส่วนหน้าได้ดังนี้ คือ

ก) หลอดวิดิคอน (Vidicon)

ข) หลอดพลัมบิคอน (Plumbicon)

ค) หลอดซาติคอน (Saticon)

ง) แผงรับภาพซีซีดี (Charge couple device)

2.2.4 วงจรเก็บภาพแบบเชิงเลข หน้าที่หลักของวงจรเก็บภาพแบบเชิงเลข คือ ทำการเก็บบันทึกภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพโทรทัศน์ ซึ่งวิธีการที่จะเก็บภาพไว้ได้นั้น จะต้องทำการแปลงสัญญาณภาพโทรทัศน์แบบเชิงเส้นให้เป็นสัญญาณเชิงเลขเสียก่อน แล้วจึงบันทึกลงสู่หน่วยความจำ จากนั้น จึงนำสัญญาณเชิงเลขที่เก็บไว้ มาแปลงกลับให้เป็นสัญญาณแบบเชิงเส้นอีกครั้งเพื่อป้อนไปแสดงยังจอภาพตลอดเวลา

2.2.4.1 พื้นฐานการแปลงสัญญาณภาพโทรทัศน์แบบเชิงเส้น ให้เป็นสัญญาณแบบเชิงเลข

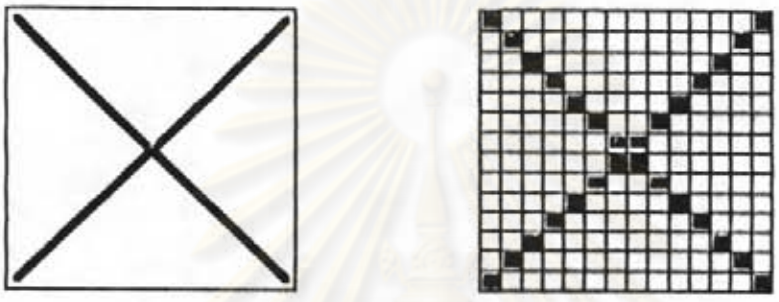
ดังได้กล่าวมาแล้วว่า สัญญาณภาพโทรทัศน์ประกอบไปด้วยส่วนใหญ่ๆ สองส่วนคือ สัญญาณกำหนดจังหวะกับ สัญญาณความส่องสว่าง แต่ในการแปลงสัญญาณภาพแบบเชิงเส้นให้เป็นสัญญาณแบบเชิงเลขนั้น เราจะทำการแปลงเฉพาะสัญญาณความส่องสว่างเท่านั้น ส่วนสัญญาณกำหนดจังหวะนั้นจะเป็นตัวกำหนดว่าเมื่อใดจึงจะเริ่มทำการแปลงสัญญาณ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณเป็นเชิงเลขนี้เรียกว่าหน่วยแปลงสัญญาณเชิงเส้นเป็นเชิงเลข (Analog to digital converter : ADC) ซึ่งจะต้องหยุดการทำงาน เมื่ออยู่ในช่วงเวลาที่มี สัญญาณกำหนดจังหวะแนวนอน และสัญญาณกำหนดจังหวะแนวตั้ง

ในการแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นสัญญาณเชิงเลขนั้น มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงอยู่สองประการ

ก) จุดภาพ (Pixel) การแปลงสัญญาณดังกล่าวให้เป็นสัญญาณเชิงเลขนั้น จะต้องทำการแบ่งเส้นภาพ (Horizontal line scan) ออกเป็น

ส่วนย่อยๆ ที่เรียกว่า จุดภาพ (Pixel) ซึ่งเมื่อนำจุดภาพนั้นมาเรียงต่อกันเป็นลำดับที่ถูกต้อง ก็จะได้ภาพตามต้องการ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.5

จากรูปจะเห็นได้ว่า ภาพที่ได้จะมีรายละเอียดดีเพียงใดขึ้นอยู่กับจำนวนจุดภาพ ยิ่งเราให้จำนวนจุดภาพมากเพียงใด ภาพที่ได้ก็จะยิ่งมีรายละเอียดมากขึ้นเท่านั้น



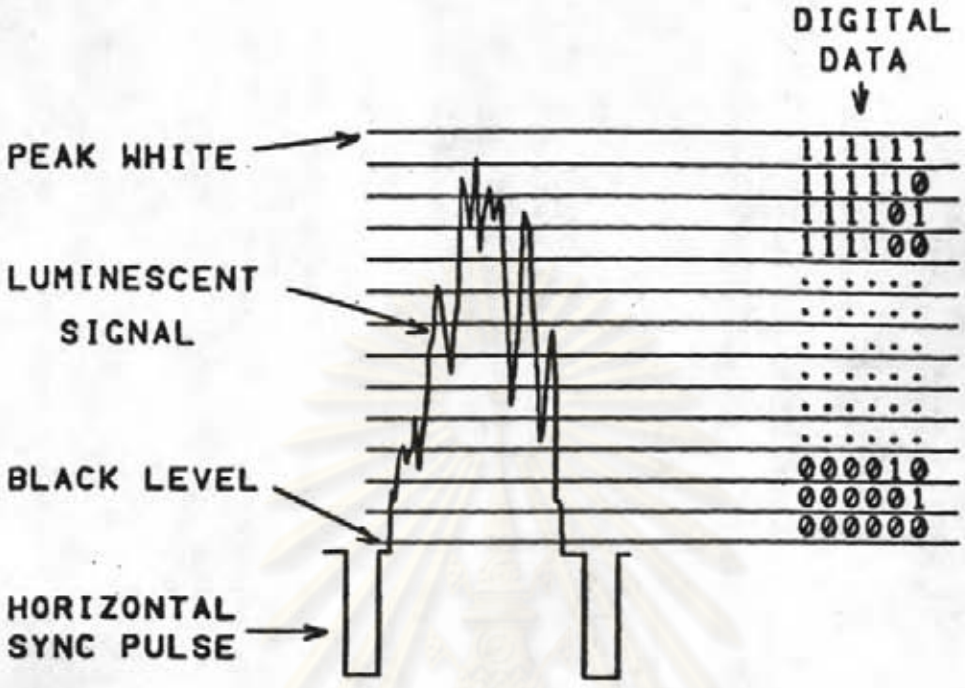
(ก)ภาพจากสัญญาณเชิงเส้น (ข)ภาพจากสัญญาณเชิงเลข

รูปที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างภาพจากสัญญาณเชิงเส้น (ก) และสัญญาณเชิงเลข(ข)

ข) ระดับความส่องสว่าง (Gray scale) คือระดับความมืด-สว่างของสัญญาณภาพ ระดับความ มืด-สว่างจะละเอียดมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับจำนวนบิต (Bits) ของสัญญาณเชิงเลข ในรูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงเลขกับสัญญาณความส่องสว่างขนาด 6 บิต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016535



รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงเลขขนาด 6 บิตกับสัญญาณความส่องสว่าง

2.3 อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

วงจรอินเวอร์เตอร์มีหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ตามลักษณะของอุปกรณ์ (Components) ที่ใช้ในการสวิตช์ คือ

2.3.1 อินเวอร์เตอร์ระบบจักรกลไฟฟ้า (Electro-mechanical inverters) ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ที่อาศัยหลักทางด้านเครื่องกลเข้ามาช่วยในการเปิด-ปิดกระแสไฟตรงให้เป็นกระแสสลับ ตัวอย่างของอินเวอร์เตอร์ระบบนี้ได้แก่ การใช้มอเตอร์หมุนลูกเบี้ยวที่ต่อเชื่อมไปยังหน้าสัมผัสให้ทำหน้าที่เปิด-ปิดเป็นจังหวะ

ข้อด้อยของอินเวอร์เตอร์ระบบนี้ก็คือ ประสิทธิภาพต่ำ และมีอายุการใช้งานสั้น เนื่องจากมีการอาร์ค (Arc) ที่หน้าผิวสัมผัสทำให้สึกกร่อนอย่างรวดเร็ว

2.3.2 อินเวอร์เตอร์สถิตย์ (Static inverter) เป็นระบบแปลงไฟที่ไม่จำเป็นต้องมีส่วนที่เคลื่อนไหว การควบคุมการไหลของกระแส กระทำโดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductors) เช่น ทรานซิสเตอร์ ไทริสเตอร์ (Thyristers) เป็นต้น

ข้อดีของอินเวอร์เตอร์สถิต คือไม่มีเสียงรบกวนจากอุปกรณ์กล และประสิทธิภาพสูงอินเวอร์เตอร์สถิต ยังแบ่งออกเป็นประเภทย่อยๆ ตามลักษณะของการเปิด-ปิดกระแส หรือแรงดัน ได้อีก 2 ประเภท คือ

2.3.2.1 อินเวอร์เตอร์ระบบเครื่องขยาย (Amplifier type inverters) เป็นระบบที่ทำงานโดยอาศัยการเปิด-ปิดกระแส หรือแรงดัน ในลักษณะของเครื่องขยาย (Amplifier) กล่าวคือ ทรานซิสเตอร์ จะทำงานในลักษณะเชิงเส้น (Linear mode)

ข้อดีของระบบนี้คือ สามารถควบคุมลักษณะของแรงดัน หรือกระแสให้มีรูปร่าง (Waveform) ได้ตามต้องการ

แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากทรานซิสเตอร์ทำงานในลักษณะเชิงเส้น จึงเกิดการสูญเสียกำลังงาน (Power dissipation) ในตัวทรานซิสเตอร์เป็นจำนวนมาก ประสิทธิภาพจึงค่อนข้างต่ำ จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ในเครื่องที่ต้องการกำลังสูง

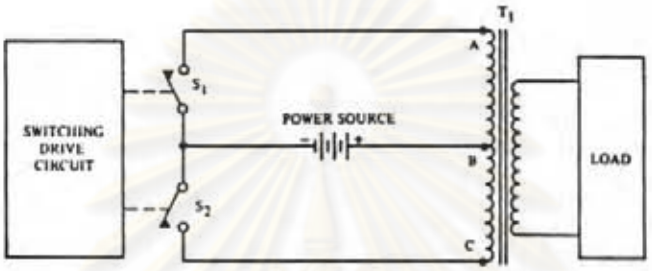
2.3.2.2 อินเวอร์เตอร์ระบบสวิตช์แบบอิ่มตัว (Saturated switch inverters) การทำงานของทรานซิสเตอร์ หรือไทริสเตอร์ ในระบบนี้จะอยู่ในลักษณะที่ปล่อยให้กระแสไหลผ่านได้อย่างเต็มที่ (Fully saturated conducting mode) และ ปิดกั้นกระแสอย่างสมบูรณ์ (Cut off blocking mode) สลับกันไปมาเป็นจังหวะ ทำให้การสูญเสียกำลังงาน (Power dissipation) ในตัวอุปกรณ์สวิตช์น้อยมาก ประสิทธิภาพจึงสูงกว่าแบบแรกมาก

2.3.2.2.1 การป้อนกำลังให้กับอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ระบบสวิตช์แบบอิ่มตัวนี้ ยังแบ่งย่อยออกตามลักษณะของการจัดรูปแบบวงจร (Configurations) ได้อีก 2 ประเภทใหญ่ๆ (7) คือ

ก) อินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดัน

(Voltage fed inverters) เป็นระบบที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน การจัดรูปแบบวงจรจะอยู่ในลักษณะที่อุปกรณ์สวิตช์ต่อคั่นระหว่างแหล่งจ่ายไฟตรงกับหม้อแปลง หรือ ภาระ (Load) โดยตรง ดังรูปที่ 2.7

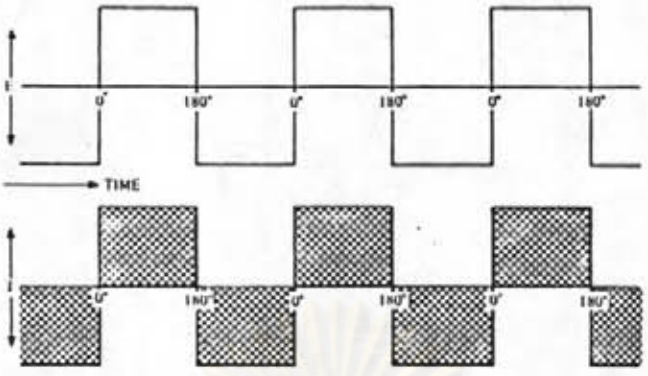


รูปที่ 2.7 อินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดัน

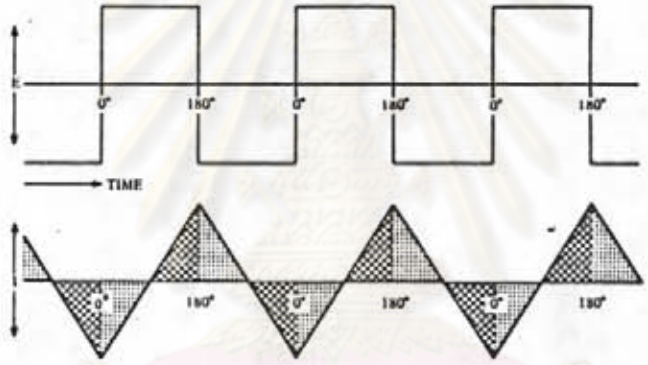
เมื่ออุปกรณ์สวิตช์อยู่ในภาวะปิด (On) จะมีผลให้แรงดันที่หม้อแปลงมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และเมื่ออุปกรณ์สวิตช์อยู่ในภาวะเปิด (Off) แรงดันจะตกเป็นศูนย์ทันที จึงทำให้แรงดันที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) แต่กระแสจะแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของภาระทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของภาระโดยตรง

กรณีที่ภาระเป็นความต้านทานเพียงอย่างเดียว กระแสจะมีเฟสตรงกันกับแรงดัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.8.ก จากรูปจะเห็นว่าบริเวณที่แลเงาลายตาข่ายนั้น เป็นส่วนที่กระแสวิ่งผ่านภาระโดยตรง แต่บริเวณที่แลเงาเป็นจุด คือบริเวณที่ภาระคืนพลังงานย้อนกลับให้กับอินเวอร์เตอร์ กรณีที่ภาระเป็นภาระเหนี่ยวนำ (Inductive load) กระแสที่ไหลผ่านภาระจะตามหลัง (Lagging) แรงดัน ดังรูปที่ 2.8.ข

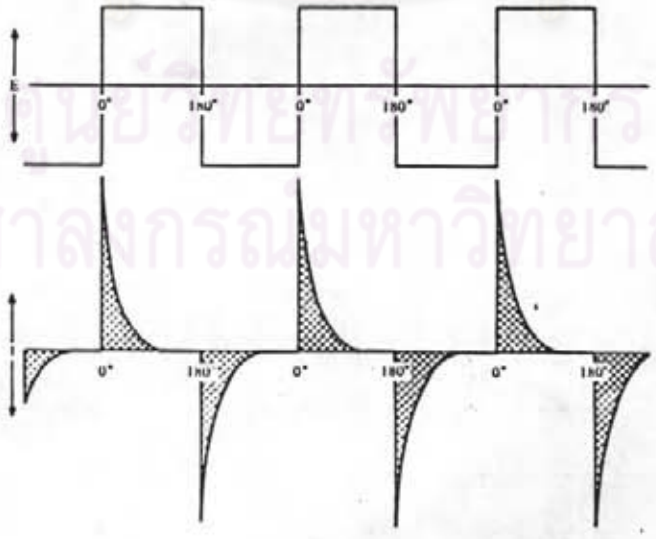
กรณีที่ภาระเป็นตัวเก็บประจุ (Capacitive load) โดยที่ธรรมชาติของตัวเก็บประจุจะยอมให้กระแสไหลผ่านสูงมากในทันทีที่มีแรงดัน และจะค่อยๆลดปริมาณกระแสลงเมื่อตัวเก็บประจุได้รับประจุสะสมมากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.8.ค นั่นคือกระแสจะไหลผ่านอุปกรณ์สวิตช์อย่างมากมายในทันทีที่อุปกรณ์สวิตช์นั้นนำกระแส (On)



รูปที่ 2.8.ก รูปแสดงแรงดันและกระแส เมื่อภาระเป็นความต้านทานบริสุทธิ์



รูปที่ 2.8.ข รูปแสดงแรงดันและกระแส เมื่อภาระเป็นตัวเหนี่ยวนำบริสุทธิ์



รูปที่ 2.8.ค รูปแสดงแรงดันและกระแส เมื่อภาระเป็นตัวเก็บประจุบริสุทธิ์

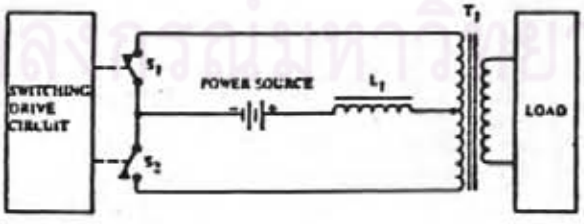
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่งผลให้อุปกรณ์สวิตช์นั้นๆเสียหายทันที วิธีที่จะช่วยลดปริมาณกระแสลงได้คือการแก้ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power factor) แต่นั่นย่อมหมายความว่า อินเวอร์เตอร์ตัวนั้นจะใช้งานได้จำกัดในช่วงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์หนึ่งๆเท่านั้น

ข) อินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส (8) (Current fed inverters) ข้อแตกต่างหลักของอินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส กับอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดันก็คืออินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแสนั้น จะใช้วิธีการป้อนกระแสคงที่ให้กับหม้อแปลง หรือภาระในจังหวะที่อุปกรณ์สวิตช์นำกระแสโดยไม่สนใจว่าแรงดันจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ซึ่งต่างกับอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดันที่ป้อนแรงดันคงที่

โดยเหตุที่อินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแสนั้นยอมให้กระแสผ่านไปอย่างคงที่ ดังนั้นไม่ว่าภาระจะมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์เป็นเท่าใดก็ตาม ก็จะไม่มีผลต่อกระแสที่วิ่งผ่านอุปกรณ์สวิตช์ จึงทำให้สามารถใช้อุปกรณ์สวิตช์ที่มีขนาดความทนทานต่อกระแส (Current rating) คงที่ แม้ว่าภาระนั้นจะเป็นคาปาซิทีฟ หรือภาระเหนี่ยวนำก็ตาม ซึ่งในอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดันนั้นจะต้องใช้ อุปกรณ์สวิตช์ที่มีค่าความทนทานต่อกระแสสูงกว่ามาก ในกรณีที่ภาระเป็นคาปาซิทีฟ

ลักษณะของวงจรประเภทนี้จะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ขดลวดป้อนกระแส (Feed chock :L1) ต่อคั่นอยู่ระหว่างทางเดินของกระแสจากแหล่งจ่ายไฟตรงผ่านไปยังหม้อแปลงและอุปกรณ์สวิตช์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.9



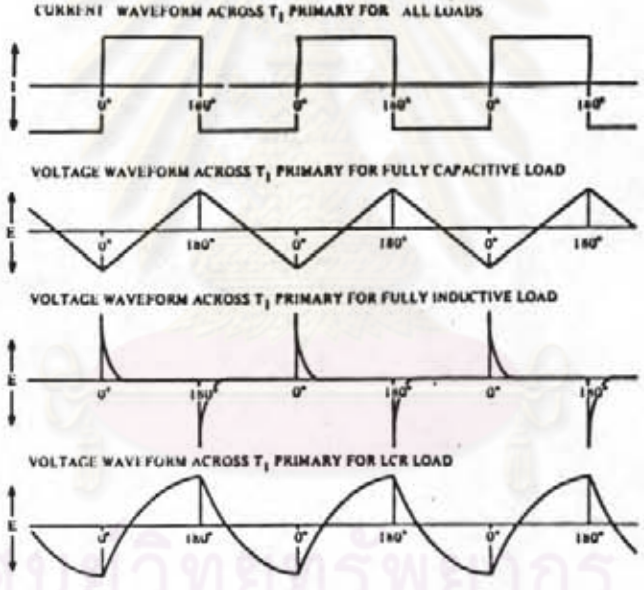
รูปที่ 2.9 อินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแส

โดยที่ธรรมชาติของขดลวดเหนี่ยวนำนั้น จะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแส ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์สวิตช์อยู่ในภาวะนำกระแส กระแสจะวิ่งผ่านขดลวดเหนี่ยวนำอย่าง

สม่ำเสมอ รูปสัญญาณของกระแสจึงเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเสมอไม่ว่าภาระจะมีค่าเพาว์เวอร์แฟกเตอร์เป็นเท่าใด หรือแม้แต่แรงดันของแหล่งจ่ายไฟตรงจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไป

ในทางทฤษฎีแล้ว คอล์ยป้อนกระแส ควรจะมีค่าอินดักแตนซ์ (Inductance) เป็นอนันต์ แต่ในทางปฏิบัติควรจะเลือกค่าความเหนี่ยวนำให้เพียงพอที่จะสามารถดำรงค์ค่ากระแสให้มีค่าคงที่ได้ในภาวะที่เลวร้ายที่สุด (Worst case) ของการทำงาน

รูปคลื่น (Waveform) ของแรงดันที่ปรากฏที่ขดปฐมภูมิของหม้อแปลงเทียบกับกระแสเมื่อรับภาระต่างๆ กัน แสดงไว้ในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 รูปแสดงกระแสและแรงดัน เมื่อรับภาระต่างๆกัน

ในกรณีที่ภาระเป็นความต้านทานบริสุทธิ์ รูปร่างของแรงดันจะเหมือนกับในอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดัน แต่สำหรับภาระแบบคาปาซิทีฟนั้น จะสังเกตุเห็นว่า ในช่วงเวลาที่อุปกรณ์สวิตช์นำกระแสนั้น กระแสจะถูกบังคับให้มีค่าคงที่ แต่แรงดันที่ปรากฏจะมีทั้งชีกบวกและชีกลบในช่วงเวลาดังกล่าว นั่นหมายความว่ามีทั้งการรับพลังงานย้อนกลับ และป้อนพลังงานให้กับภาระในแต่ละช่วงเวลาครึ่งรอบ (Half cycle) โดยที่ไม่จำเป็นต้องกลับทิศทางของกระแส เหมือนในอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงดันด้วยเหตุนี้จึงไม่มีกระแส

ย้อนกลับวิ่งผ่านอุปกรณ์สวิตช์และไม่จำเป็นต้องใช้เทคนิคปรีโลด (Preloading) แต่อย่างใด เป็นที่น่าสังเกตุว่า สำหรับภาระเหนี่ยวนำจะเกิดแรงดันสไปค์ (Spike) ที่มีค่าสูงมากพอที่จะทำลายอุปกรณ์สวิตช์ได้จึงไม่ควรใช้ อินเวอร์เตอร์แบบป้อนกระแสสี่เหลี่ยมกับภาระประเภทนี้ ข้อดี ข้อเสียระหว่างอินเวอร์เตอร์ทั้งสองแบบแสดงในตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก ข

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย