ภาคผนวก ก
หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

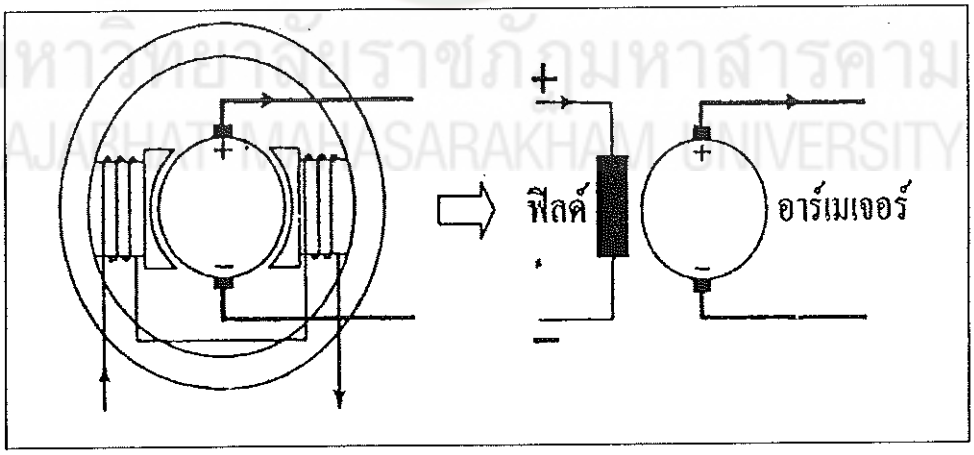
ภาคผนวก ก
หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งออกตามลักษณะการนำกระแสไฟฟ้าไปกระตุ้นขดลวดสนามแม่เหล็ก ได้ 2 แบบ คือ

1.1 เครื่องกำเนิดชนิดกระตุ้นแบบแยก (Separately excited generator) คือ เครื่องกำเนิดชนิดหรือประเภทที่ซึ่งขดลวดสนามแม่เหล็กของมันถูกกระตุ้นจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกที่แยกต่างหาก ซึ่งแหล่งจ่ายที่ใช้ในการกระตุ้นสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกที่แยกต่างหาก ซึ่งแหล่งจ่ายที่ใช้ในการกระตุ้นสำหรับเครื่องกำเนิดชนิดนี้อาจจะเป็นแบตเตอรี่ หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงตัวอื่น ๆ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวอื่น ๆ ถูกนำมาใช้ในการกระตุ้น มันก็จะถูกเรียกว่า ตัวกระตุ้นหรือเอ็กเซเตอร์ (Exciter) สัญลักษณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแบบแยกได้แสดงให้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงชนิดกระตุ้นแบบแยก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

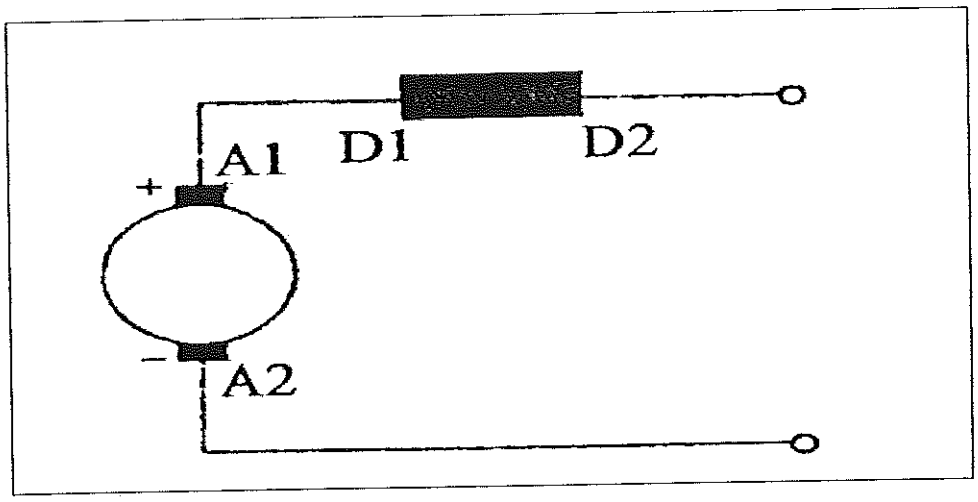
เนื่องจากการกระตุ้นแบบแยกต้องการแบตเตอรี่หรือเครื่องกำเนิดที่แยกต่างหาก ดังนั้น โดยทั่วไป มันจึงมีราคาแพงกว่าการกระตุ้นตัวเอง ตามผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นโดยปกติแล้วการกระตุ้นแบบแยกจะถูกนำมาใช้เมื่อการกระตุ้นตัวเองให้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจ ซึ่งสิ่งที่เกิดขึ้นในกรณีที่เครื่องกำเนิดต้องตอบสนองอย่างรวดเร็ว และถูกต้องแน่นอนต่อการควบคุมแหล่งจ่ายจากภายนอก หรือเมื่อแรงดันด้านออกของเครื่องกำเนิดต้องเปลี่ยนแปลงไปในย่านที่กว้างในระหว่างที่มันทำงานตามปกติ

1.2 เครื่องกำเนิดชนิดกระตุ้นตัวเอง (Self excited generator) คือ เครื่องกำเนิดชนิดหรือประเภทซึ่งชุดขดลวดสนามแม่เหล็กของมัน ถูกกระตุ้นด้วยกระแสที่เกิดจากตัวของมันเอง เนื่องจากแม่เหล็กตกค้าง จึงมีฟลักซ์แม่เหล็กบางส่วนหลงเหลืออยู่ภายในแท่งขั้วแม่เหล็กเสมอ เมื่ออาร์เมเจอร์หมุนจะมีแรงเคลื่อนจำนวนหนึ่งเกิดขึ้น และทำให้กระแสเหนี่ยวนำจำนวนหนึ่งเกิดขึ้นด้วยซึ่งเป็นบางส่วนหรือทั้งหมดที่มันเคลื่อนที่ผ่านชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก เพราะฉะนั้น ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตกค้างที่แท่งขั้วแม่เหล็กจึงถูกทำให้มีความเข้มมากขึ้น เครื่องกำเนิดชนิดกระตุ้นตัวเอง แบ่งออกตามลักษณะการต่อขดลวดสนามแม่เล็กกับวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์ได้เป็น 3 แบบ คือ

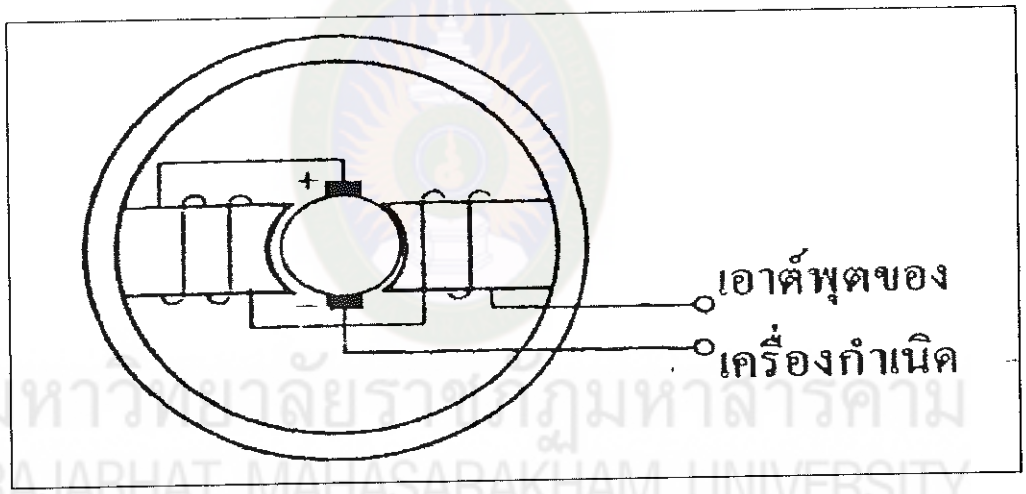
1.2.1 เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม (Series generator)

เครื่องกำเนิดชนิดนี้ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กจะต่ออนุกรมเข้ากับเอาต์พุดของเครื่องกำเนิด กระแสกระตุ้นที่ไหลผ่านชุดขดลวดสนามแม่เหล็กจะเป็นค่าเดียวกันกับกระแสที่เครื่องกำเนิดจ่ายให้โหลด ถ้าโหลดมีความต้านทานสูง มันก็จะดึงกระแสดจากเครื่องกำเนิดได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และกระแสกระตุ้นก็จะมีค่าเพียงเล็กน้อยตามไปด้วยทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กน้อย ซึ่งจะทำให้แรงเคลื่อนที่ขั้วของเครื่องกำเนิดมีค่าต่ำ ในลักษณะทำนองเดียวกัน ถ้าโหลดดึงกระแสมากกระแสกระตุ้นก็จะมีค่ามากด้วย ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กของชุดขดลวดสนามแม่เหล็กมีความเข้มมาก และแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดก็จะมีค่าสูง ดังนั้น จึงพิจารณาเห็นได้ว่า เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม การเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลดจะมีผลอย่างมากต่อแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิด เพราะฉะนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า เครื่องกำเนิดแบบอนุกรมจะมีความสม่ำเสมอของแรงดันที่แย่ (Poor voltage regulation) และจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรมจึงไม่มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับโหลดที่ไม่คงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



(ก) สัญลักษณ์



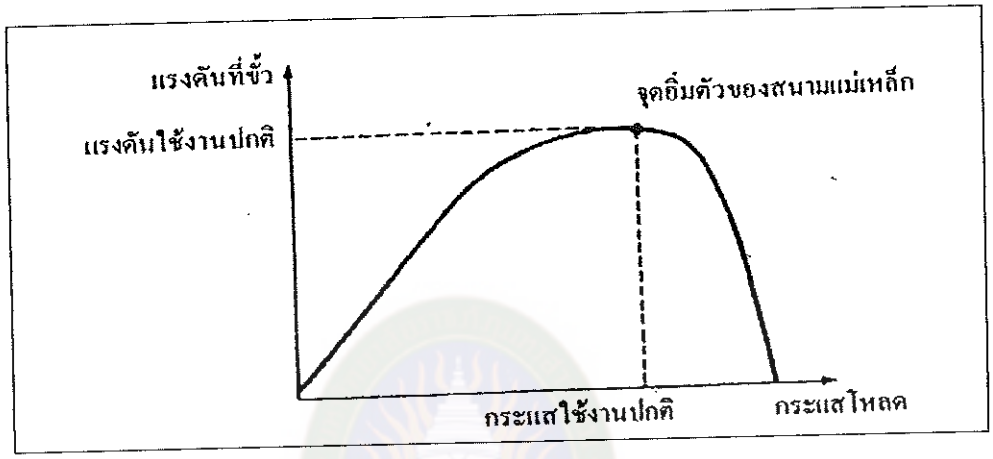
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ข) แผนภาพ

ภาพที่ 2 เครื่องกำเนิดแบบอนุกรม

ในภาพที่ 2(ก) แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์ของเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม และในรูปที่ 2(ข) แสดงให้เห็นถึงไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม ส่วนกราฟในภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่า แรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดแบบ อนุกรมเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรเมื่อกระแสโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น เราจะสังเกตได้ว่าในขณะที่กระแสโหลดมีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันที่ขั้วก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย และเพิ่มจนถึงจุดอิ่มตัวของสนามแม่เหล็ก หลังจากจุดนี้แล้วถ้ากระแสโหลดยังมีค่าเพิ่มขึ้นต่อไปอีก จะมีผลทำให้แรงดันที่ขั้วมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว

จุดที่แรงดันไม่เพิ่มขึ้น ก็คือ จุดที่เกิดการอิ่มตัวทางแม่เหล็กของชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก เมื่อแกนวัสดุ (ในกรณีนี้เป็นแท่งขั้วแม่เหล็ก) เกิดอำนาจแม่เหล็กอย่างเต็มที่แล้ว ฟลักซ์แม่เหล็กก็ไม่สามารถที่จะเกิดเพิ่มขึ้นได้อีก ถึงแม้ว่ากระแสที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเท่าใดก็ตาม สำหรับเหตุผลที่ว่าทำไมแรงดันที่ขั้วจึงมีค่าลดลงหลังจากจุดนี้แล้วแทนที่มันจะคงที่อยู่ที่ค่าสูงสุด



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขั้วกับกระแสโหลด

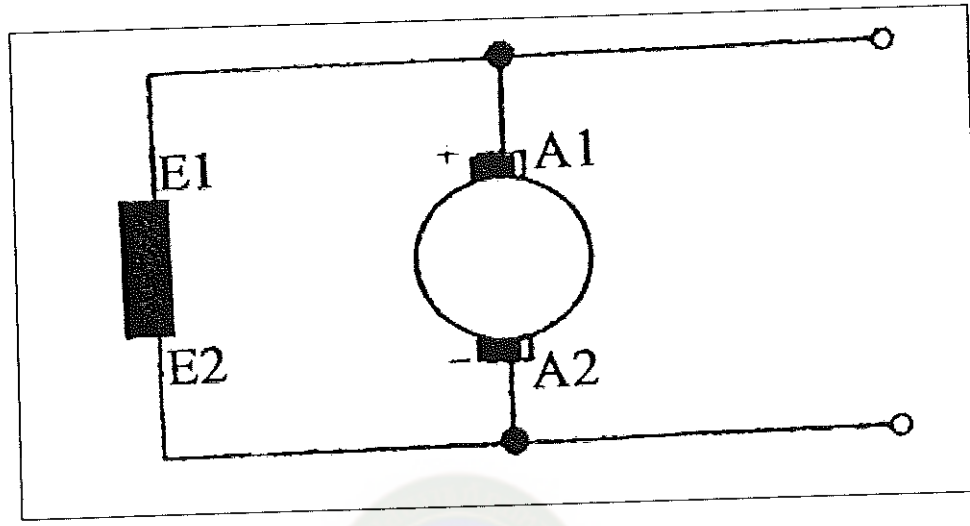
ก็เพราะว่าแรงดันตกคร่อมที่ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กและที่ขดลวดอาร์เมเจอร์มีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันตกคร่อมมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของกระแส แต่แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นยังคงมีค่าเท่าเดิม และเนื่องจากแรงเคลื่อนที่ขั้วมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นลบด้วยแรงดันตกคร่อมที่เกิดขึ้นภายในตัวเครื่องกำเนิด ดังนั้น แรงดันที่ขั้วจึงต้องมีค่าลดลง และเหตุผลอย่างอื่นสำหรับการลดลงในขนาดของแรงดันที่ขั้วก็คือ การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชั่น ซึ่งจะอธิบายในเรื่องต่อไป

ข้อเสียอย่างอื่นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบอนุกรม นอกจากความสม่ำเสมอของแรงดันที่แย่ของมันแล้วก็คือ ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กของมันต้องพันด้วยลวดตัวนำที่รองรับกระแสโหลดทั้งหมดได้อย่างปลอดภัยโดยที่ไม่ทำให้เกิดความร้อนมากเกินไป จึงจำเป็นต้องใช้ลวดตัวนำที่มีพื้นที่หน้าตัดค่อนข้างใหญ่หรือเส้นโต

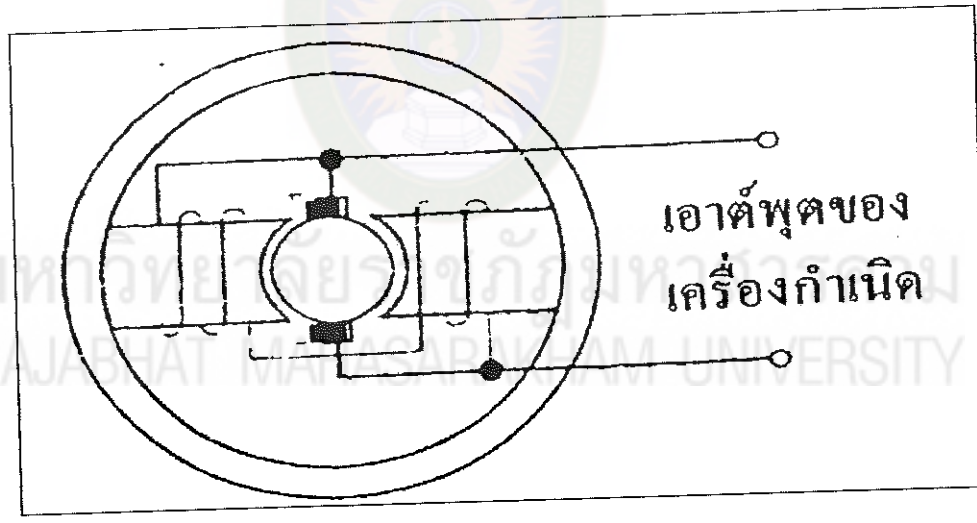
1.2.2 เครื่องกำเนิดแบบขนาน (Shunt generator)

เครื่องกำเนิดชนิดนี้ชุดขดลวดสนามแม่เหล็กจะพันด้วยขดลวดเส้นเล็กพันจำนวนมากรอบต่อขนานกับอาร์เมเจอร์และโหลด ค่าของกระแสกระตุ้นในเครื่องกำเนิดแบบขนานจะขึ้นอยู่กับ แรงดันที่ขั้วและความต้านทานของชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยปกติกระแสกระตุ้นจะถูกรักษาให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของกระแสทั้งหมดที่ไหลออกจากเครื่องกำเนิด

ในภาพที่ 4 (ก) และ (ข) แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์และไดอะแกรมเครื่องกำเนิดแบบขนาน



(ก) สัญลักษณ์



(ข) แผนภาพ

ภาพที่ 4 เครื่องกำเนิดแบบขนาน

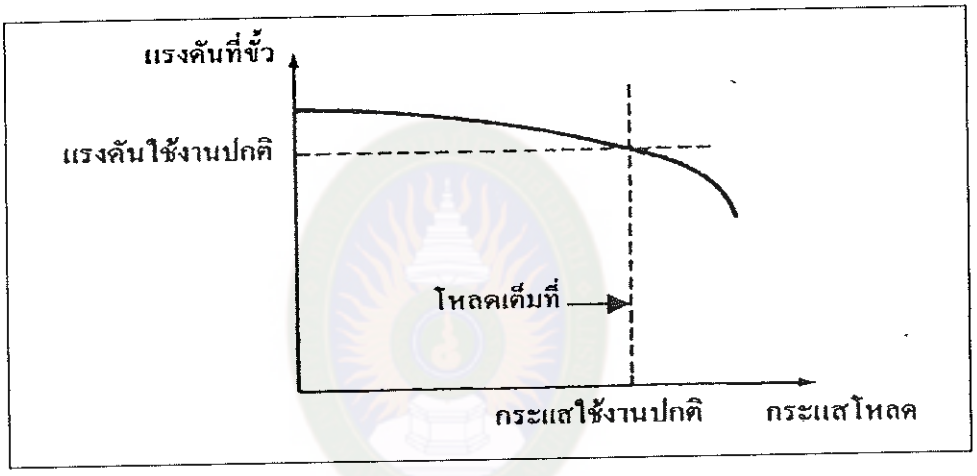
แรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนาน ที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ภายใต้สภาวะโหลดที่เปลี่ยนแปลงจะมีเสถียรภาพมากกว่าแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม แต่อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงในขนาดของแรงดันที่ขั้วของมันยังคงมีอยู่บ้าง อันเนื่องมาจากแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ถ้ากระแสที่ถูกดึงโดยโหลดมีค่ามากกว่าขนาดของกระแสที่ได้ถูกออกแบบไว้ แรงดันที่ขั้วจะลดลงอย่างมาก อย่างไรก็ตามสำหรับการเปลี่ยนแปลงของกระแสโหลด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภายในย่านหรือพิกัดที่ได้ออกแบบเอาไว้ การลดลงในขนาดของแรงดันที่ขั้วด้วยการเพิ่มขึ้นของกระแสโหลดจะมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ด้วยความจริงที่ว่า แรงดันที่ขั้นจะลดลงในขณะที่กระแสโหลดเพิ่มขึ้น จึงทำให้เครื่องกำเนิดแบบขนานมีคุณสมบัติในการป้องกันตัวเองซึ่งเป็นลักษณะเด่นของมัน กล่าวคือ ถ้าโหลดเกิดลัดวงจรขั้นในทันทีทันใด แรงดันที่ขั้วของมันจะลดลงเป็นศูนย์ เพราะฉะนั้นจึงไม่มีกระแสกระตุ้นไหลผ่านชุดขดลวดสนามแม่เหล็ก เครื่องกำเนิดจึงไม่สามารถผลิตแรงเคลื่อนได้

ในภาพที่ 5 แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดแบบขนานในขณะที่กระแสโหลดของมันเกิดการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 5 แรงดันที่ขั้วจะลดลงอย่างมากถ้ากระแสโหลดเพิ่มขึ้นเกินค่าพิกัดของกระแสที่โหลดเต็มที่

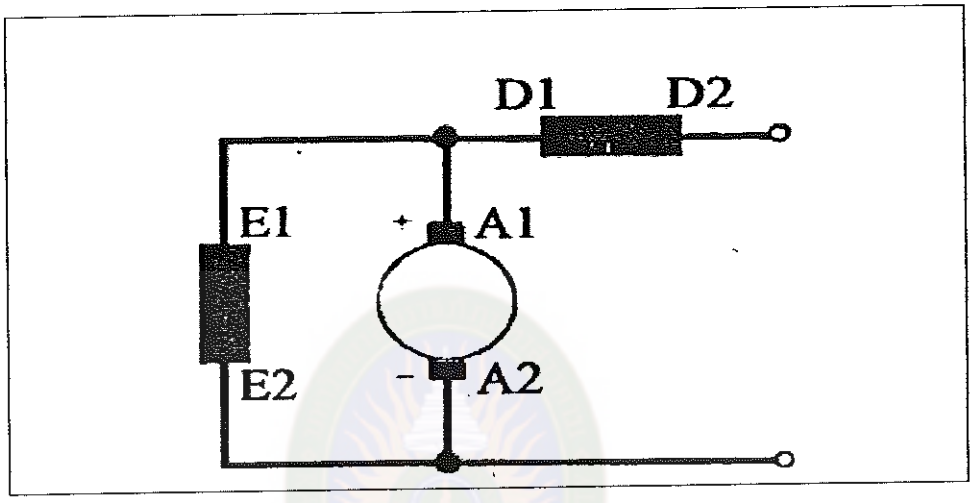
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การเปลี่ยนแปลงในขนาดของแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดแบบขนาน ด้วยการเปลี่ยนแปลงในกระแสโหลด เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในอาร์เมเจอร์รีแอคชั่นด้วย ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับในเครื่องกำเนิดแบบอนุกรม โดยที่อาร์เมเจอร์รีแอคชั่นจะกล่าวในเรื่องต่อไป เมื่อนำกระแสกระตุ้นในเครื่องกำเนิดแบบขนาด ไปเปรียบเทียบ กับกระแสกระตุ้นในเครื่องกำเนิดแบบอนุกรมแล้ว มันจะมีค่าน้อยกว่ามาก เพราะฉะนั้น จึงสามารถใช้เส้นลวดขนาดเล็กสำหรับชุดขดลวดสนามแม่เหล็กของมัน อย่างไรก็ตามในเครื่องกำเนิดแบบขนานที่ใช้งานในทางปฏิบัติที่แท้จริงแล้วที่ขดลวดสนามแม่เหล็กของมันจะประกอบด้วยเส้นลวดเส้นเล็ก ๆ หลาย ๆ รอบพันอยู่

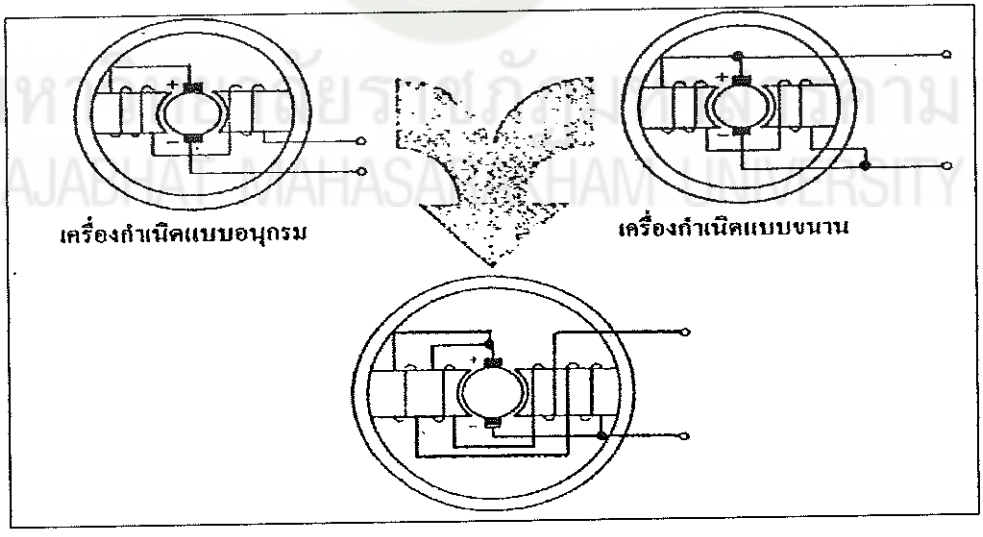
1.2.3 เครื่องกำเนิดแบบผสม (Compound generator)

ทั้งเครื่องกำเนิดแบบอนุกรมและแบบขนานต่างก็มีข้อเสียที่เหมือนกัน กล่าวคือ เมื่อกระแสโหลดของมันเกิดการเปลี่ยนแปลงจากค่าศูนย์จนถึงค่าใช้งานปกติ จะทำให้แรงดันที่ขั้วของมันเกิดการเปลี่ยนแปลง สำหรับในเครื่องกำเนิดแบบอนุกรมเมื่อกระแสไหลเพิ่มขึ้นเป็นเหตุ

ให้แรงดันที่ขั้วเพิ่มขึ้น ในขณะที่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนานเมื่อกระแสโหลดเพิ่มขึ้นเป็นเหตุให้แรงดันที่ขั้วลดลง ในการใช้งานหลายอย่างที่เครื่องกำเนิดต้องการให้ได้แรงดันที่ขั้วของมันมีเสถียรภาพมากกว่าเช่นที่มันจ่าย โดยเครื่องกำเนิดอนุกรมหรือแบบขนาน วิธีหนึ่งที่ใช้เพื่อที่จะให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วมีเสถียรภาพ คือ การใช้เครื่องกำเนิดแบบขนานในรูปแบบการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าให้ดีขึ้น และอีกวิธีหนึ่งของการจ่ายแรงดันที่ขั้วให้มีเสถียรภาพ คือ การใช้เครื่องกำเนิดแบบผสม



(ก) สัญลักษณ์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม



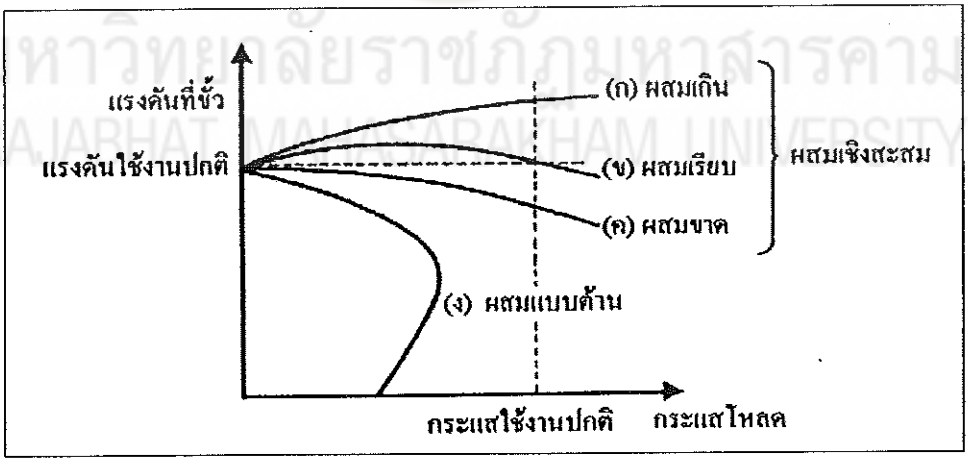
(ข) ไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบผสม

ภาพที่ 6 เครื่องกำเนิดแบบผสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในภาพที่ 6(ก) และ(ข) แสดงให้เห็นถึงสัญลักษณ์และไดอะแกรมของเครื่องกำเนิดแบบผสมตามลำดับ จากภาพจะเห็นได้ว่าเครื่องกำเนิดแบบผสมจะประกอบด้วยทั้งชุดขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรม และชุดขดลวดสนามแม่เหล็กขนาน ต่อปนกันอยู่ ขดลวดสนามแม่เหล็กสองชุดของเครื่องกำเนิดแบบผสม เมื่อถูกสร้างขึ้นให้สนามแม่เหล็กของมันเกิดมีทิศทางเดียวกัน (เสริมกัน) เครื่องกำเนิดที่ถูกสร้างขึ้นในลักษณะเช่นนี้เรียกว่าเครื่องกำเนิดแบบผสมเชิงสะสม (Cumulative compound) โดยที่เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ

เมื่อกระแสโหลดเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กขนานหรือชั้นต์ฟิลด์จะมีค่าลดลงและทำให้ความเข้มสนามแม่เหล็กของมันมีค่าลดลง แต่กระแสโหลดที่เพิ่มขึ้นค่าเดียวกันนี้จะไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมหรือซีรีส์ฟิลด์เพิ่มขึ้น และทำให้ความเข้มสนามแม่เล็กของมันเพิ่มขึ้น ด้วยจำนวนรอบในขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมที่เหมาะสม จะทำให้การเพิ่มในความเข้มของสนามแม่เหล็กของมัน ทำการชดเชยกับการลดในความเข้มของสนามแม่เหล็กของขดลวดสนามแม่เล็กขนาน เพราะฉะนั้น ความเข้มทั้งหมดของสนามแม่เหล็กที่รวมตัวเข้าด้วยกันจึงเกือบจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นแรงดันที่ขั้วจึงยังคงมีค่าค่อนข้างคงที่ แต่ในความเป็นจริงแล้วขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสองชุด ไม่สามารถที่จะสร้างสนามแม่เหล็กของมันให้ทำการชดเชยสำหรับขดลวดอีกชุดหนึ่งได้ถูกต้องอย่างแท้จริง และในขณะที่กระแสของเครื่องกำเนิดเปลี่ยนแปลงจากในขณะที่ไม่มีโหลดไปจนถึงในขณะที่มีโหลดอย่างเต็มที่ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงในขนาดของแรงดันที่ขั้วอยู่บ้าง



ภาพที่ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ขั้ว – กระแสโหลดของเครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

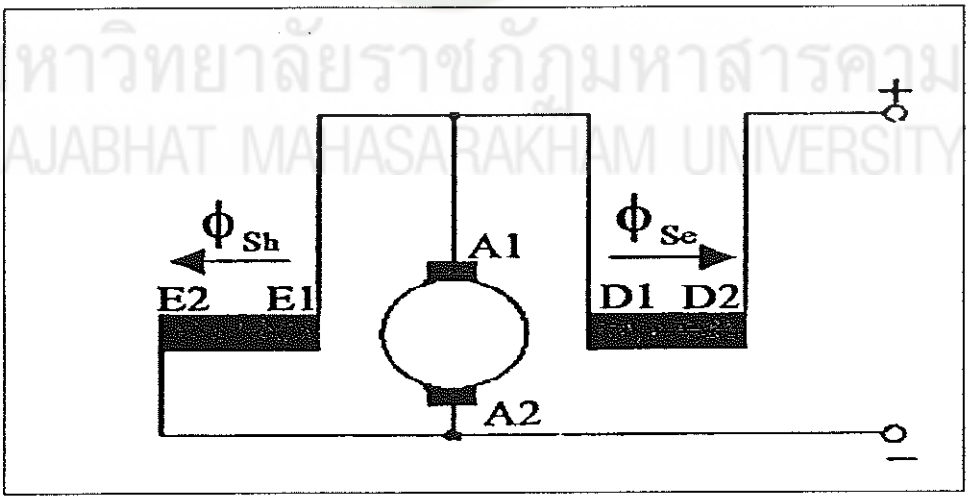
เครื่องกำเนิดแบบผสมเชิงสะสม แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

(ก) เครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดผสมเรียบ (Flat compound generator) เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีลักษณะสมบัติตามที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 1.7(ข) กล่าวคือ แรงดันที่ขั้วของมันในขณะที่ไม่มีโหลดกับในขณะที่มีโหลดอย่างเต็มที่จะมีค่าเท่ากัน โดยที่การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ขั้วที่เกิดขึ้นในระหว่างในขณะที่ไม่มีโหลดกับในขณะที่มีโหลดอย่างเต็มที่จะมีค่าไม่เกิน 5%

(ข) เครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดผสมเกิน (Over compound generator) เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีลักษณะสมบัติตามที่แสดงให้เห็นในภาพ 1.7(ก) กล่าวคือ แรงดันที่ขั้วของมันจะค่าย ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของกระแสโหลด โดยเริ่มตั้งแต่ในขณะที่ไม่มีโหลดไปจนถึงในขณะที่มีโหลดอย่างเต็มที่

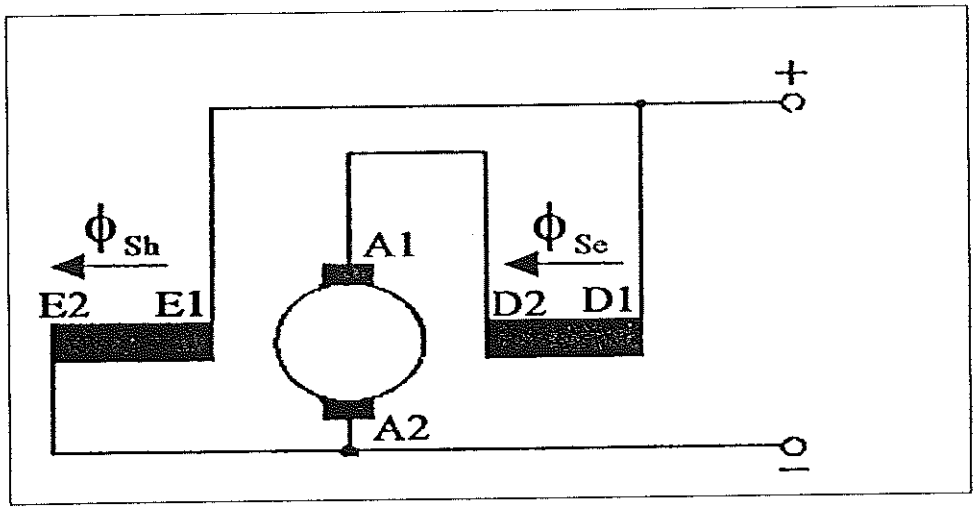
(ค) เครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดผสมขาด (Under compound generator) เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีลักษณะ สมบัติตามที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 1.7(ค) กล่าวคือ แรงดันที่ขั้วของมันจะค่อย ๆ ลดลงมาเรื่อย ๆ พร้อมกับการเพิ่มขึ้นของกระแสโหลด โดยเริ่มตั้งแต่ในขณะที่ไม่มีโหลดไปจนถึงในขณะที่มีโหลดอย่างเต็มที่

(ง) แต่ถ้าขดลวดสนามแม่เหล็กสองชุดของเครื่องกำเนิดแบบผสมถูกสร้างขึ้น โดยให้สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดแต่ละชุดมีทิศทางตรงข้ามกัน(หักล้างกัน) เครื่องกำเนิดที่ถูกสร้างขึ้นในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า เครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดผสมต้าน ซึ่งมีลักษณะสมบัติที่แสดงให้เห็นตามภาพที่ 7 (ง)



(ก) ผสมเชิงสะสม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



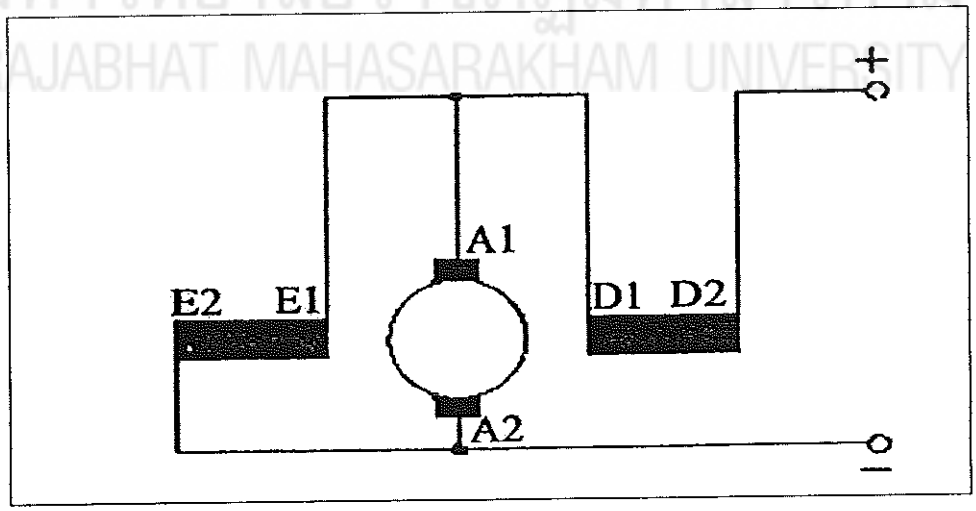
(ข) ผสมเชิงต้าน

ภาพที่ 8 เครื่องกำเนิดแบบผสม

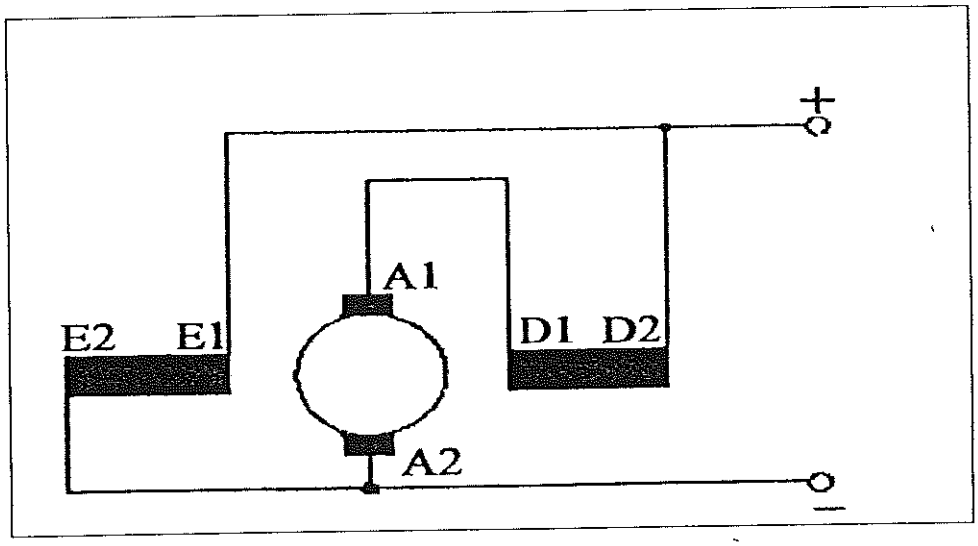
สัญลักษณ์ของเครื่องกำเนิดแบบผสมชนิดผสมเชิงสะสม (Cumulative) และชนิดผสมต้าน (Differential) ได้แสดงให้เห็นดังในภาพที่ 8(ก) และ(ข) ตามลำดับ

นอกจากนี้เครื่องกำเนิดแบบผสมยังสามารถแบ่งออกตามลักษณะการต่อวงจรได้อีกสองชนิด คือ ต่อแบบ Short-shunt และต่อแบบ Long-shunt ซึ่งสัญลักษณ์ของมันได้แสดงให้เห็นดังภาพ ที่ 9(ก) และ(ข) ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



(ก) ต่อแบบ Short – Shunt



(ข) ต่อแบบ Long - Shunt

ภาพที่ 9 การต่อระบบแบบ Shot – Shunt และ Long - Shunt

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

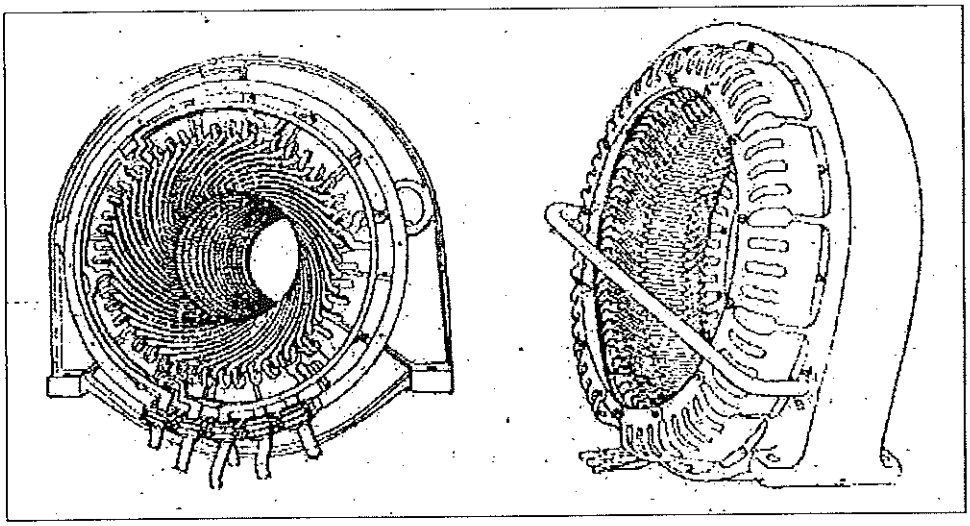
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่างทำหน้าที่เหมือนกันคือผลิตแรงดันไฟฟ้า แต่มีข้อแตกต่างกันคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ขดลวดอาร์เมเจอร์ เป็นส่วนหมุนและขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นส่วนที่อยู่กับที่ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ อาจจะใช้ขดลวดอาเมเจอร์เป็นส่วนหมุน หรือส่วนที่อยู่กับที่ก็ได้ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับส่วนใหญ่เป็นแบบขั้วแม่เหล็กหมุนเพราะว่ามีสาเหตุ ดังนี้

- กระแสที่นำไปใช้กับโหลด ไม่ต้องผ่านสลิปริง จึงลดปัญหาเรื่องฉนวนไฟฟ้า
- ผลิตแรงดันได้สูงถึง 30 kv
- ขนาดของส่วนหมุนลดลง ขนาดพื้นที่หน้าตัดขดลวดอาเมเจอร์น้อยกว่าขดลวดสนามแม่เหล็ก จึงใช้กระแสฟิลด์น้อยประมาณ 100 ถึง 250 โวลต์

2.1 ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วแม่เหล็กหมุน

2.1.1 โครงเครื่อง (Stator frame)

เป็นส่วนรองรับส่วนประกอบอื่น ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำด้วยเหล็กหล่อ ในเครื่องที่มีการหมุนต่ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตและมีช่องระบายความร้อน ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 โครงเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

2.1.2 แกนเหล็กอาเมเจอร์ (Stator core)

เป็นส่วนที่ใช้พันขดลวดอาเมเจอร์ทำด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ (Laminated sheet steel) ปั๊มเป็นร่อง (slot) สำหรับพันขดลวดเพื่อลดการสูญเสียจากกระแสไหลวน (Eddy Current) ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่แกนเหล็กอาเมเจอร์มีช่องสำหรับให้อากาศผ่าน เพื่อช่วยระบายความร้อนสำหรับลักษณะของร่องที่ใช้พันขดลวด

1) ร่องแบบเปิด (Wide-Open type slot) เป็นร่องที่นิยมใช้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมีข้อดีคือ ง่ายต่อการบรรจุขดลวด และง่ายต่อการซ่อม แต่ข้อเสียคือเส้นแรงแม่เหล็กที่ช่องว่าง (Air-gap flux) ทำให้รูปคลื่นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดการกระเพื่อม (Ripple)

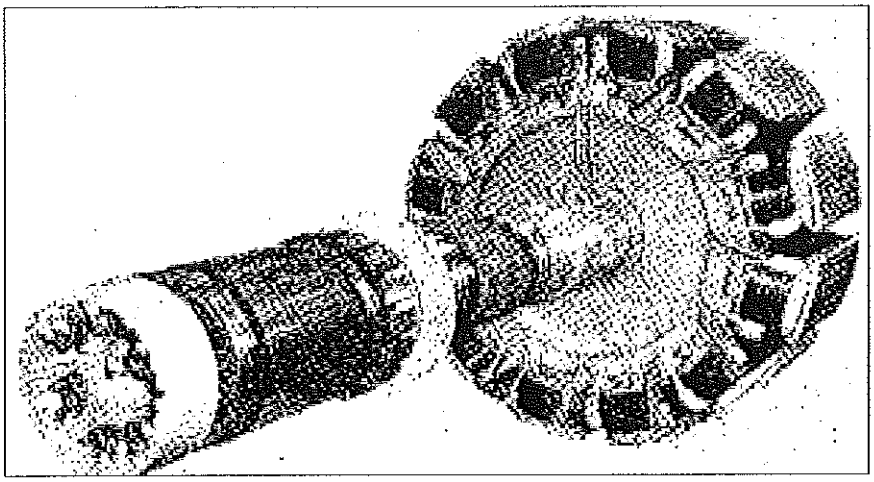
2) ร่องแบบกึ่งปิด (Semi-closed type slot) เป็นร่องที่ดีกว่าร่องแบบเปิด จะพันขดลวดจากแบบแล้วจึงบรรจุลงในร่อง

3) ร่องแบบปิด (Closed type slot) เป็นร่องที่เจาะเป็นอุโมงค์และทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ลดลง

2.1.3 ส่วนที่หมุนหรือขั้วแม่เหล็กหมุน (Rotating field)

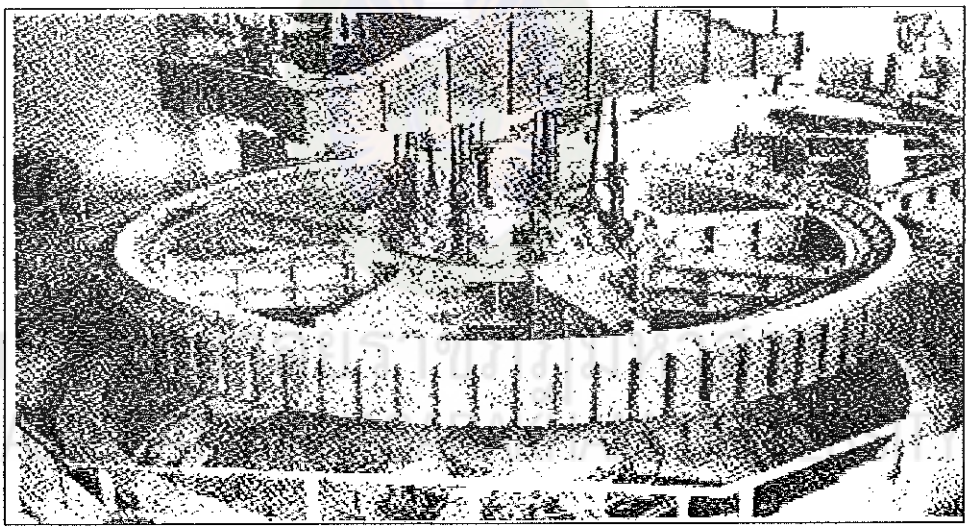
1) แบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient pole type)

เหมาะสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนด้วยความเร็วปานกลางถึงความเร็วโดยประกอบด้วยขั้วแม่เหล็กมากกว่า 4 ขั้วขึ้นไป โครงสร้างทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ (Laminated sheet steel) อัดเป็นแท่งยึดด้วยสลักเกลียวเพื่อลดความร้อนจากกระแสไหลวน ลักษณะของส่วนที่หมุน (Rotor) แบบนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโต ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ส่วนที่หมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Salient pole

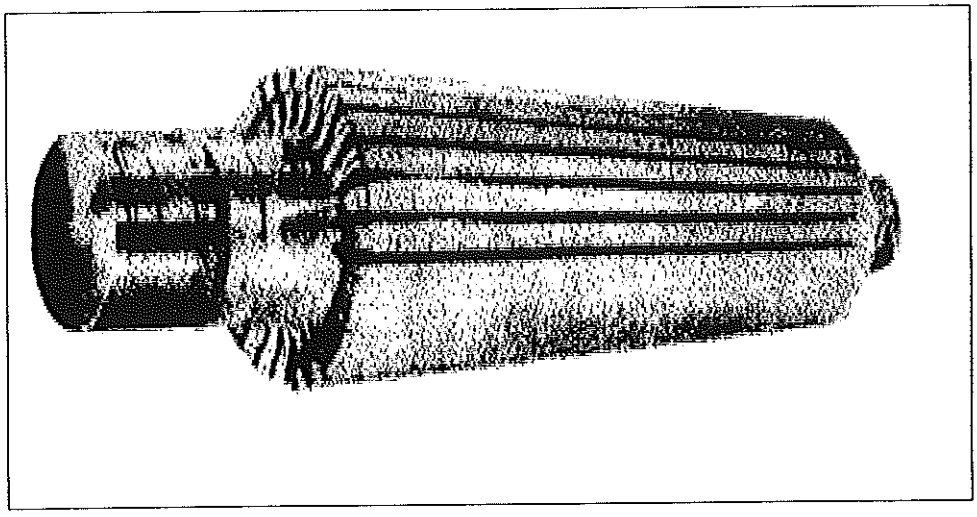
ในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำจะนิยมใช้ส่วนที่หมุนแบบขั้วแม่เหล็กยื่น ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ส่วนที่หมุนแบบขั้วแม่เหล็กยื่นในโรงไฟฟ้า

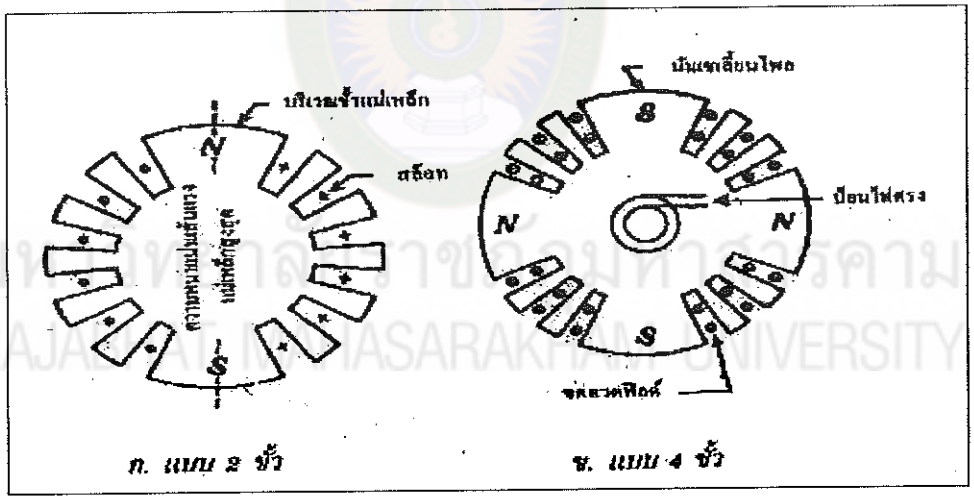
2) แบบขั้วแม่เหล็กเรียบรูปทรงกระบอก (Cylindrical rotor or non-salientpole)

เหมาะสมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงประมาณ 3000 รอบต่อนาที จะมีขั้วแม่เหล็ก 2-4 ขั้ว โครงสร้างเป็นรูปทรงกระบอกมีผิวเรียบ ขั้วแม่เหล็กอยู่ที่ร่องบนตัวหมุน เนื่องจากหมุนด้วยความเร็วสูงและลดแรงหนีศูนย์กลางได้ ดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัวหมุนแบบขั้วแม่เหล็กรูปทรงกระบอก

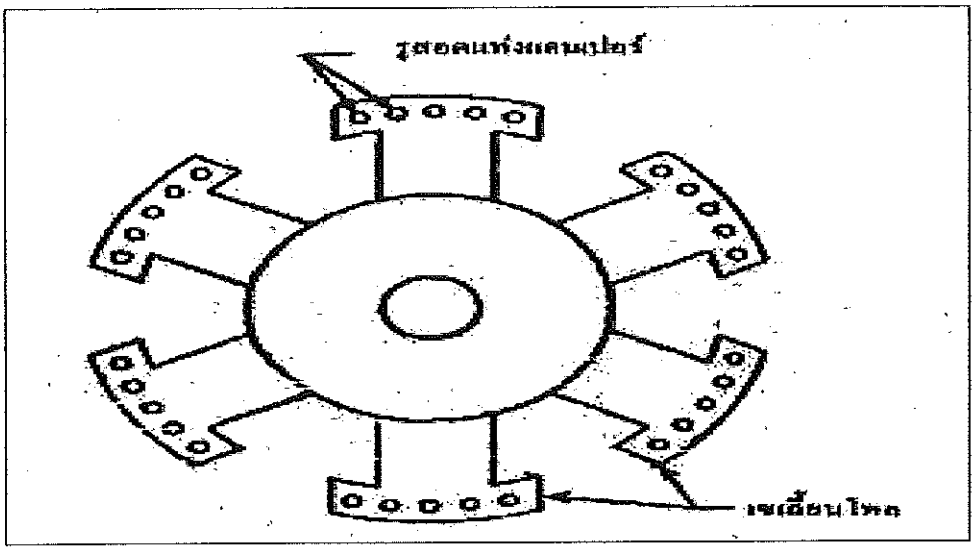
การเซาะร่องของตัวหมุนแบบนี้จะเว้นบริเวณขั้วแม่เหล็กไว้ 2-4 ขั้ว ดังภาพที่ 14



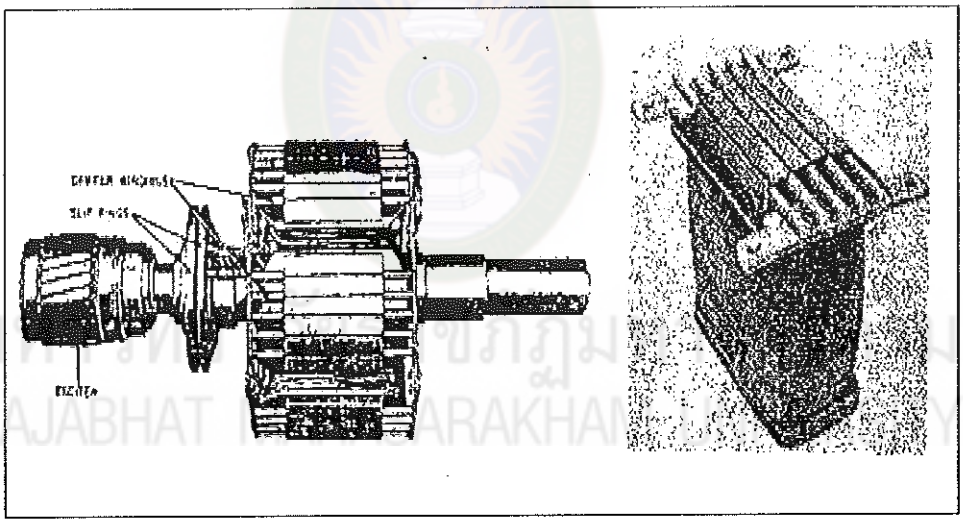
ภาพที่ 14 แผ่นเหล็กบาง ๆ ที่เซาะร่อง สำหรับประกอบเป็นโรเตอร์

3) ขดลวดแดมเปอร์ (Damper winding)

ที่ขั้วแม่เหล็กของส่วนที่หมุนจะมีร่องสำหรับฝังแท่งทองแดง และปลายแท่งจะทำการลัดวงจรด้วยท่องทองแดงมีลักษณะเหมือนกับโครงกระรอก (Squirrel-cage winding) ขดลวดแดมเปอร์นี้ช่วยในการลดการแกว่งหรือสั่นขณะมีการเริ่มทำงาน ด้วยความเร็วไม่สม่ำเสมอโดยขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กออกมาต้านกับสนามแม่เหล็กหมุนทำให้การสั่นหรือการแกว่งหยุดได้เร็วขึ้น ลักษณะการติดตั้งขดลวดแดมเปอร์ในส่วนหมุนดังภาพที่ 15 และ 16



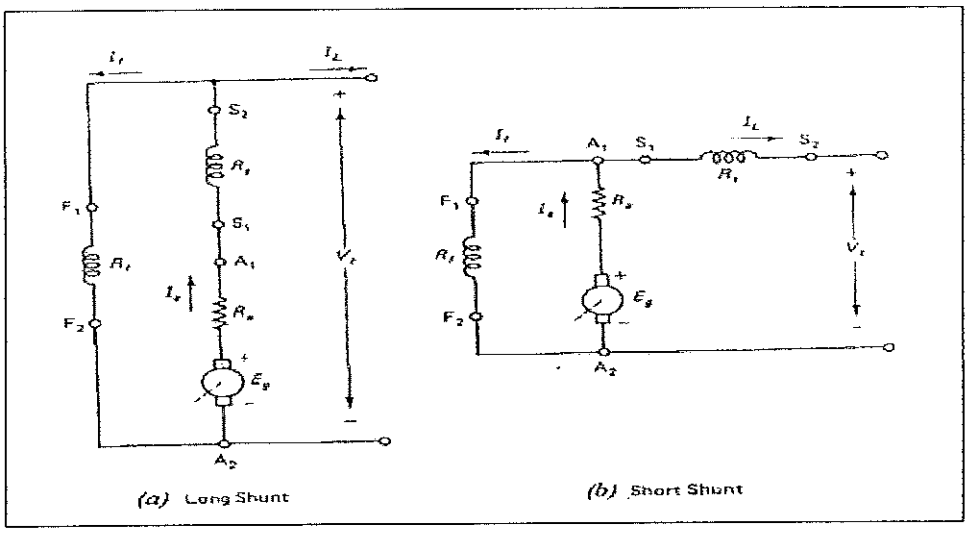
ภาพที่ 15 การติดตั้งขดลวดแดมเปอร์ในส่วนหมุน



ภาพที่ 16 ขดลวดแดมเปอร์ที่ฝังไว้ด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว

2.1.4 เอ็กไซเตอร์ (Exciter)

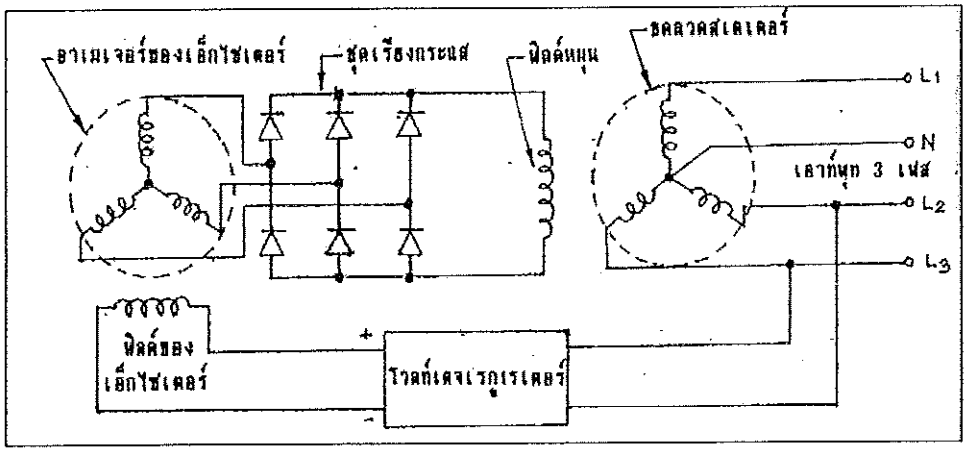
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับต้องการแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับป้อนกระแสให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก แหล่งกำเนิดไฟฟ้าตรงที่นิยมใช้กัน คือ แบบเฟลตคอมปาวด์-เวาด์ (Flat Compound-Wound D.C. Generator) ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ แรงดันที่ผลิตและความเร็วมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 เอ็กไซเตอร์แบบ Flat Compound-Wound DC.Generator

และเอ็กไซเตอร์อีกชนิดหนึ่ง เป็นแบบไม่ต้องมีแปรงถ่าน (Brushless Generator) หลักการทำงาน โดยอาศัยแรงดันที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดเล็ก แรงดันที่ได้จะผ่านชุดเรียงกระแสและชุดกรองความถี่ แรงดันที่ออกมาจะเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะป้อนเข้าไปยังชุดขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนโดยตรง เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่เริ่มทำงานผลิตแรงดันออกมา โดยแรงดันที่ได้เป็นระบบสามเฟส ซึ่งแรงดันส่วนหนึ่ง 1 เฟส จะป้อนกลับให้ขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กโดยผ่านวงจรโวลต์เตจเรกูเรเตอร์ ดังภาพที่ 18

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 18 เอ็กไซเตอร์แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless Generator)

2.1.5 ระบบต้นกำลัง

ในส่วนนี้ไม่ใช่ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แต่ในงานจริงมีความจำเป็นมาก เนื่องจากระบบผลิตไฟฟ้าใช้การเปลี่ยนรูปพลังงาน เช่น พลังงานน้ำ พลังงานไอน้ำ พลังงานก๊าซร้อน เป็นต้น มาเป็นพลังงานไฟฟ้า ในระบบต้นกำลังที่นิยมใช้กันจะอยู่ในโรงจักรไฟฟ้า เช่น

1) พลังงานน้ำ

โดยอาศัยการเก็บน้ำไว้ให้มีปริมาณมาก และปล่อยออกมาผ่านกังหัน ซึ่งต่อตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งความเร็วของกังหันอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง

2) พลังงานไอน้ำ

โดยอาศัยการต้มน้ำให้กลายเป็นไอยิ่งยวด แล้วปล่อยให้ไอน้ำนี้ผ่านเข้าไปยังกังหันไอน้ำซึ่งมีลักษณะคล้ายเครื่องยนต์ไอพ่นของเครื่องบินโดยสาร ซึ่งกังหันจะต่อตรงกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งความเร็วของกังหันจะหมุนด้วยความเร็วประมาณ 3000 รอบต่อนาที

3) พลังงานก๊าซร้อน

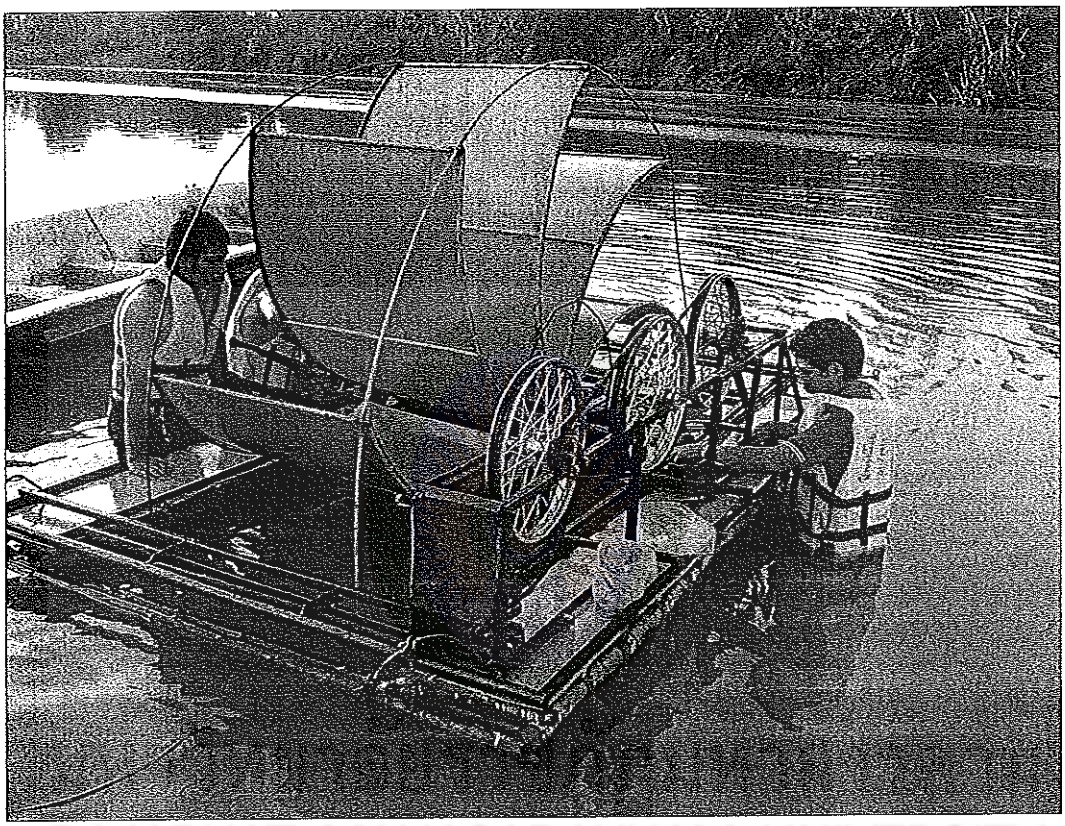
โดยอาศัยอากาศที่ผ่านการเพิ่มความดันให้สูงและรับความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงมาหมุนกังหัน ซึ่งลักษณะโครงสร้างบางส่วนคล้ายกับกังหันไอน้ำ โดยความเร็วของกังหันจะหมุนด้วยความเร็วมากกว่า 3000 รอบต่อนาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ภาพกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย

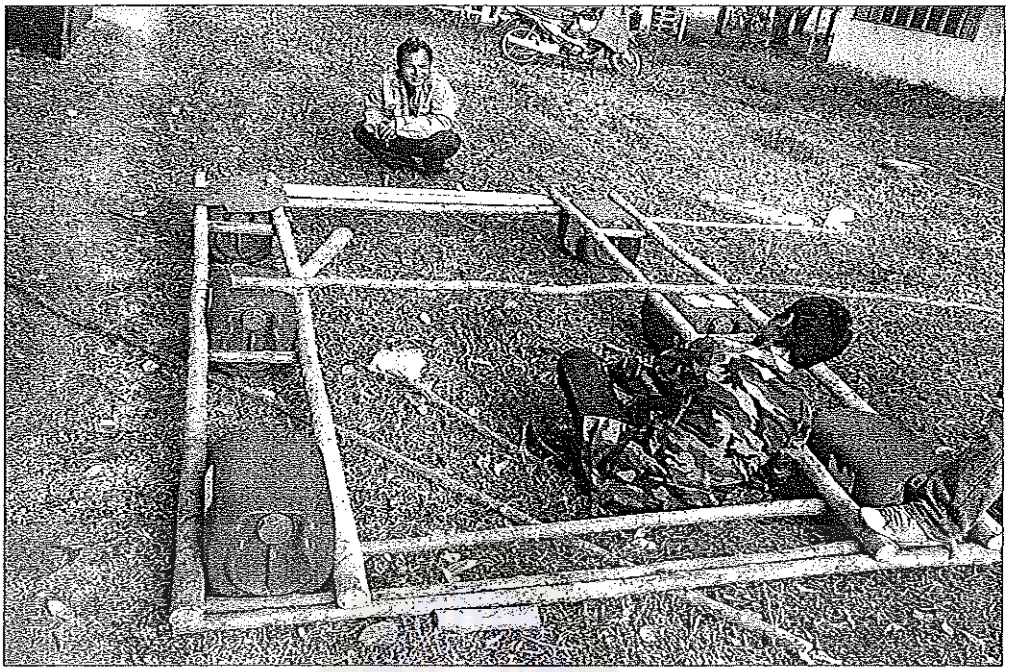
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก ข
ภาพกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย

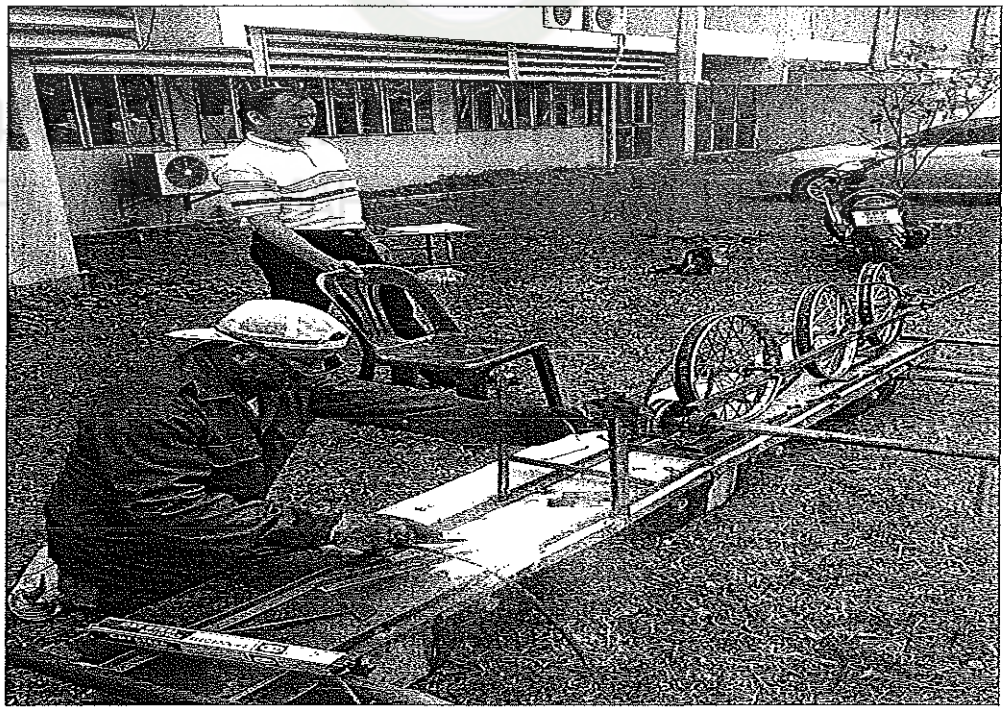


RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

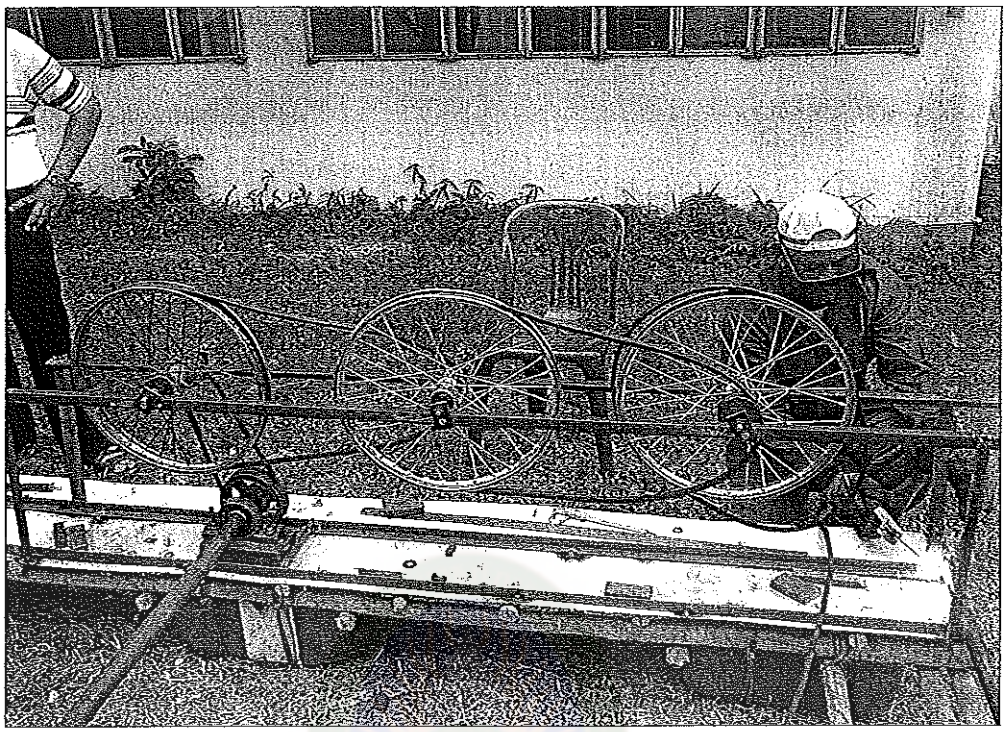
ภาพที่ 19 กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



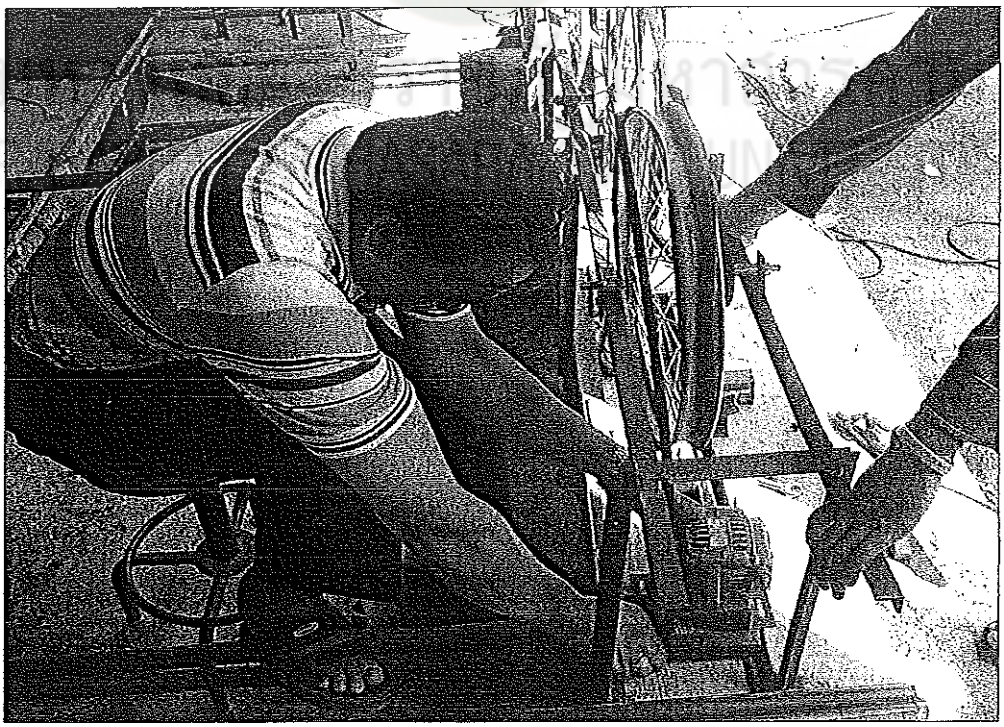
ภาพที่ 20 การสร้างของกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



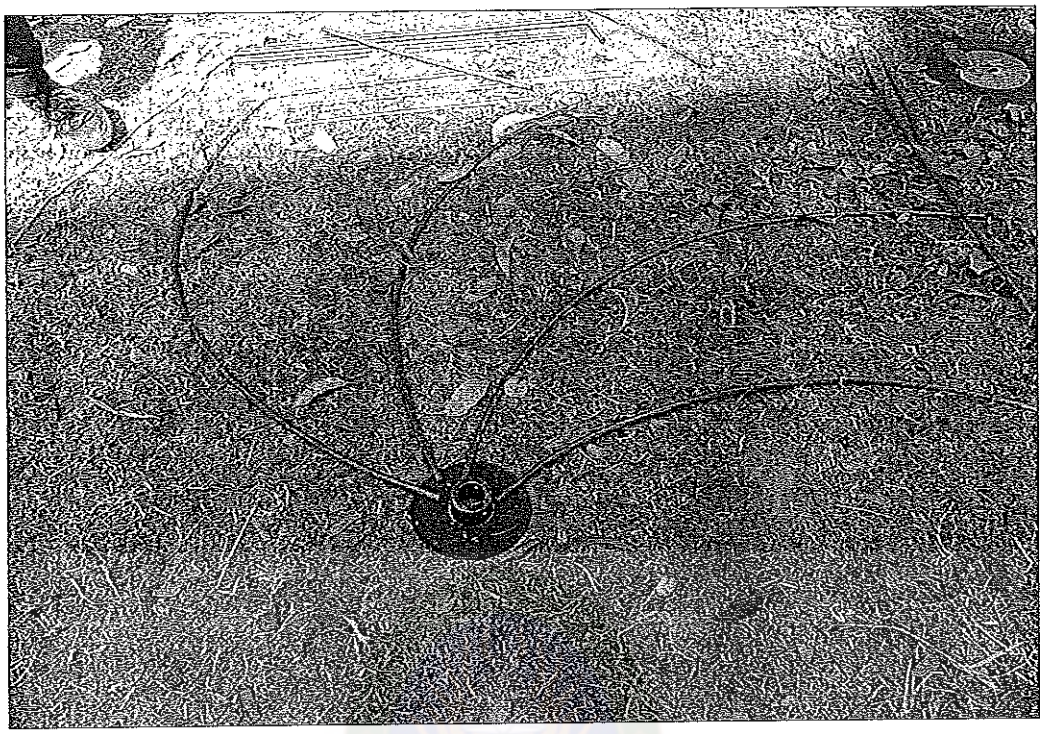
ภาพที่ 21 การเชื่อมฐานของเฟืองทดกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



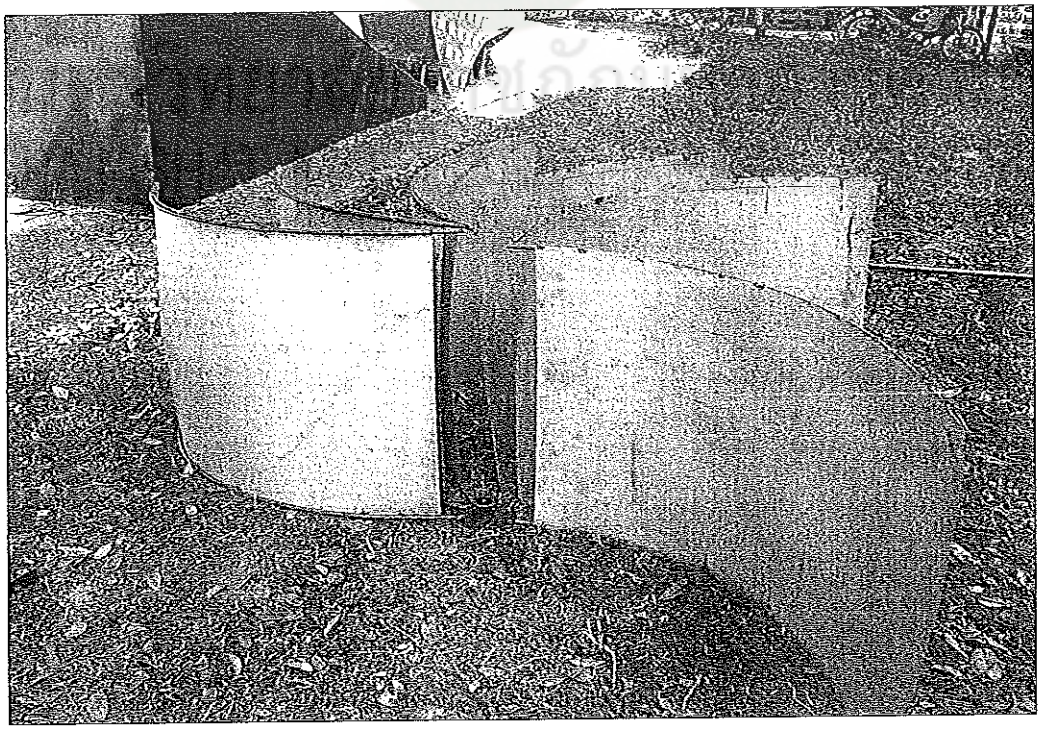
ภาพที่ 22 การประกอบเฟืองทดของกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



ภาพที่ 23 การประกอบเจนเนอเรเตอร์เข้ากับชุดเฟืองทด

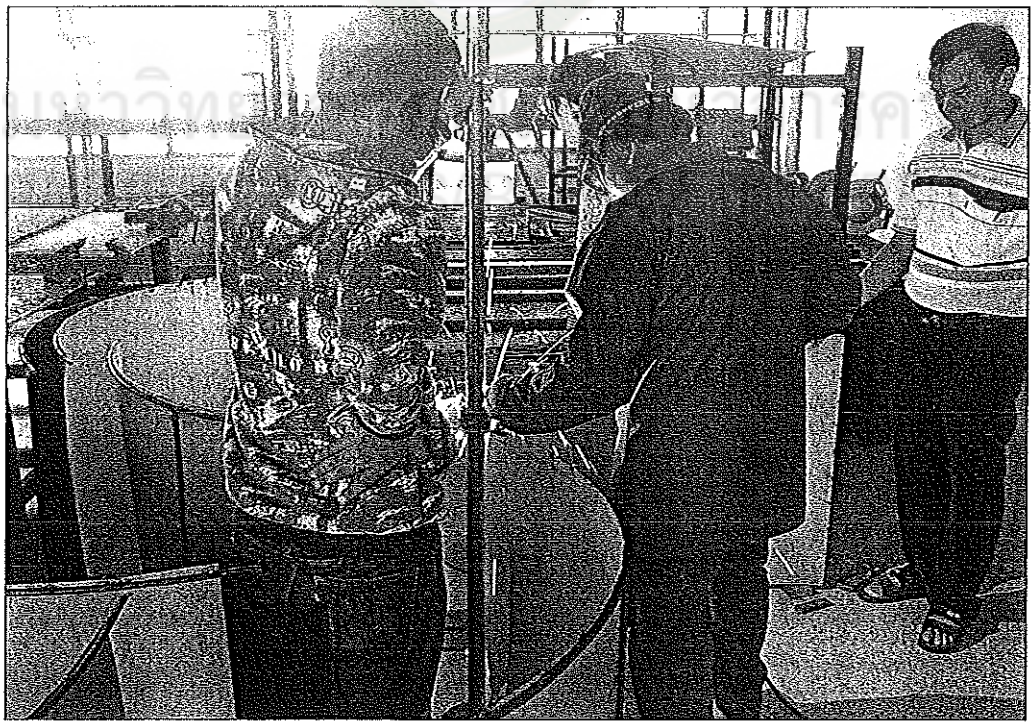


ภาพที่ 24 การตัดเหล็กเพื่อทำเป็นขอบของใบพัดกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย

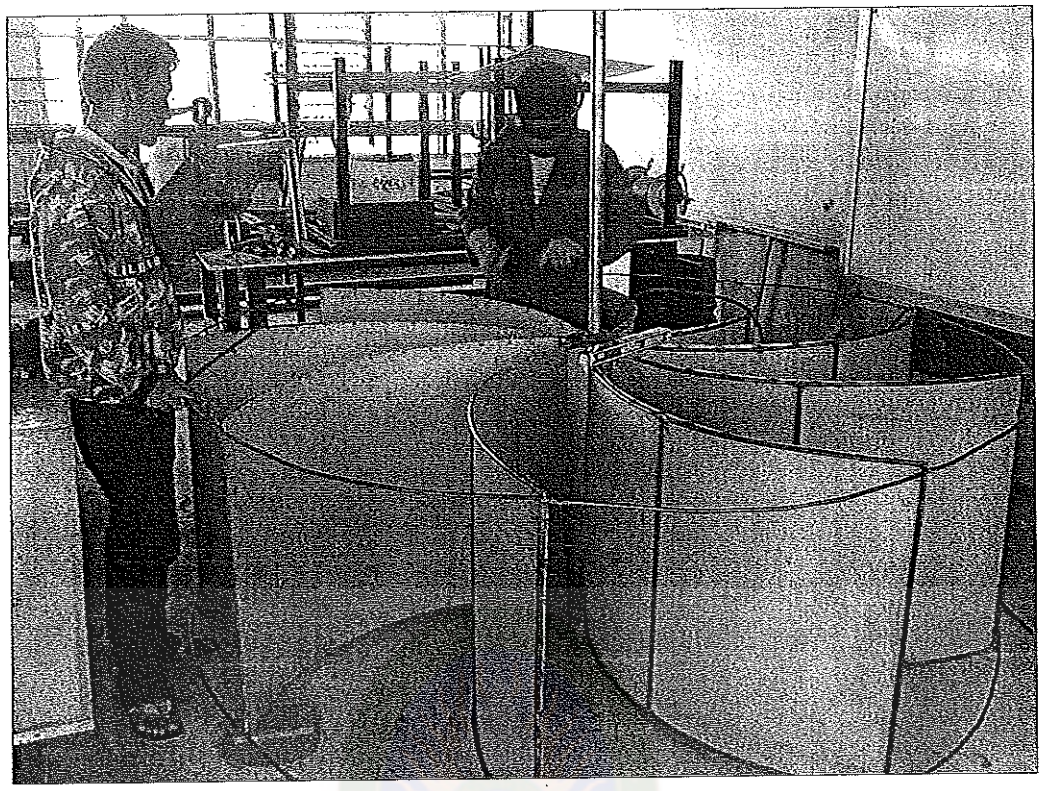


ภาพที่ 25 ใบพัดของกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย

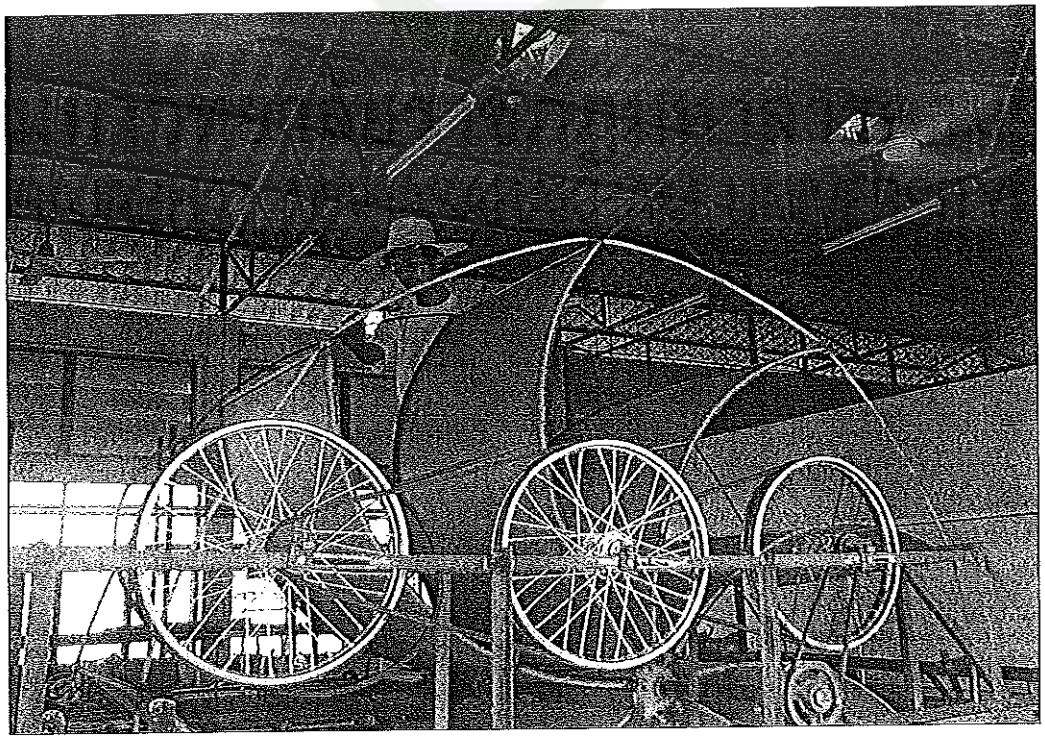
ภาพที่ 26 การกำหนดจุดที่จะทำการเชื่อมใบพัด



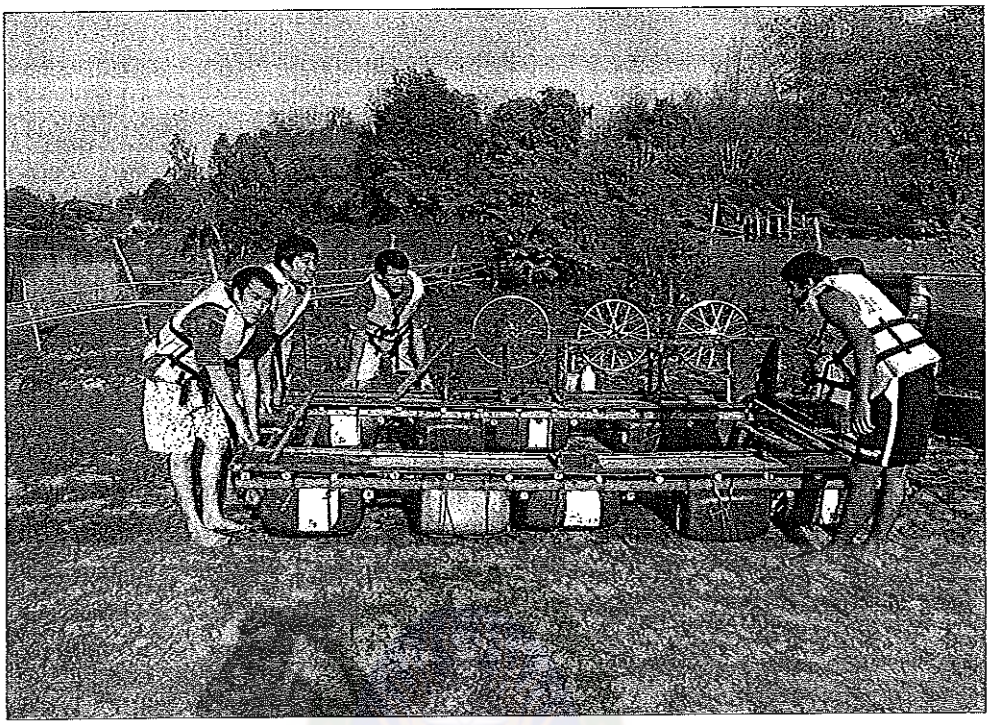
ภาพที่ 27 การเชื่อมใบพัดกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



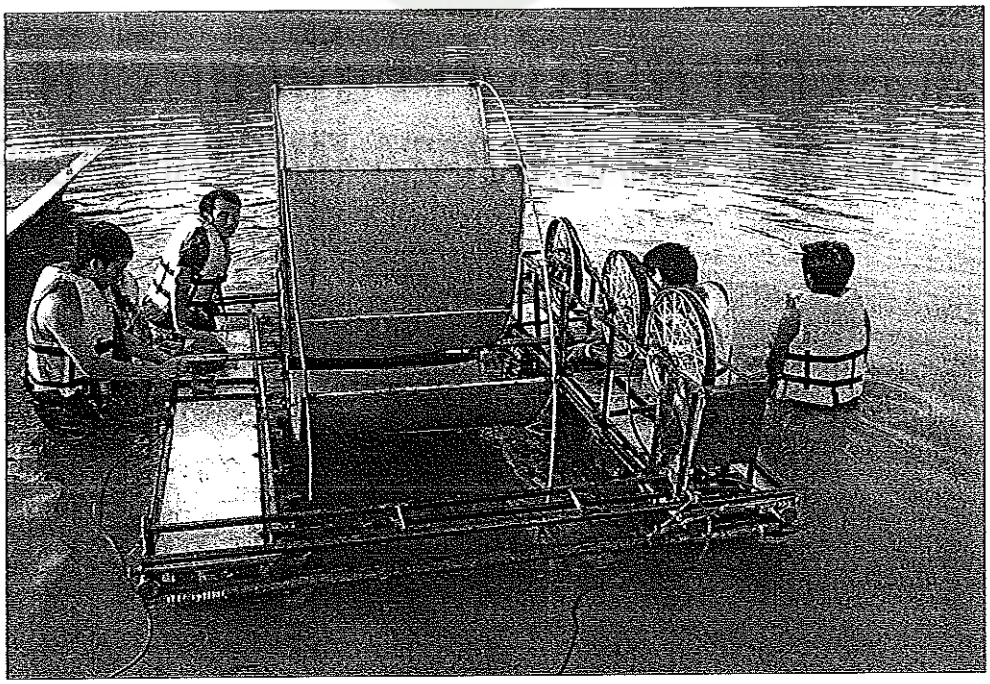
ภาพที่ 28 การเชื่อมขอบใบพัดกังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



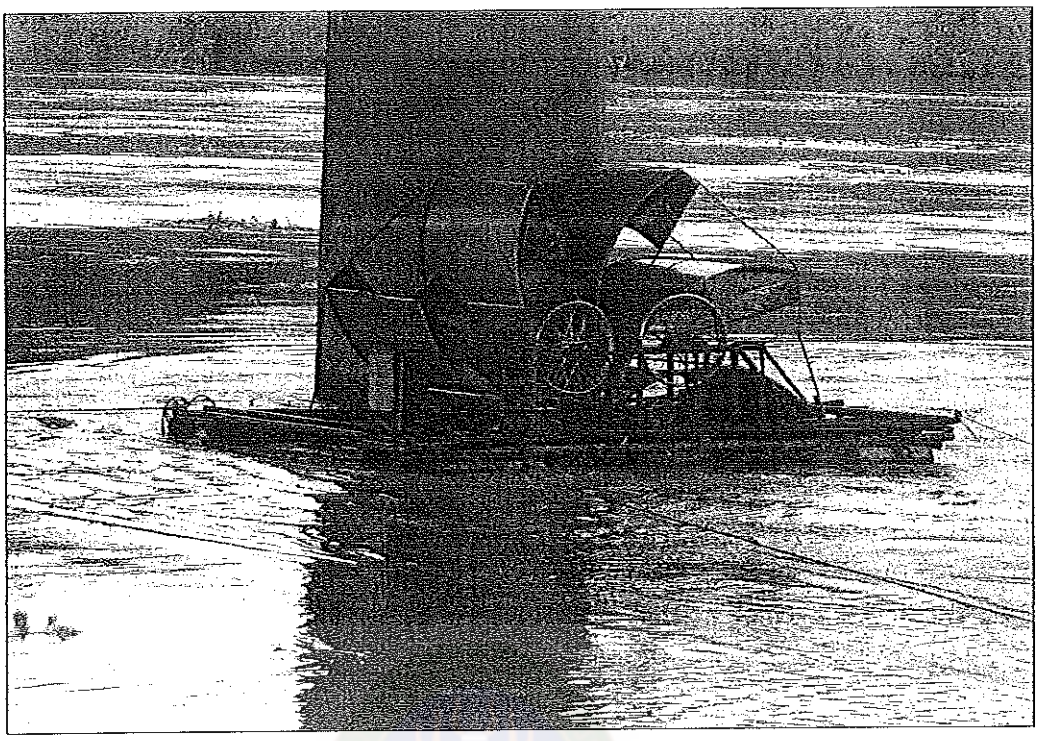
ภาพที่ 29 กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าแบบทุ่นลอย



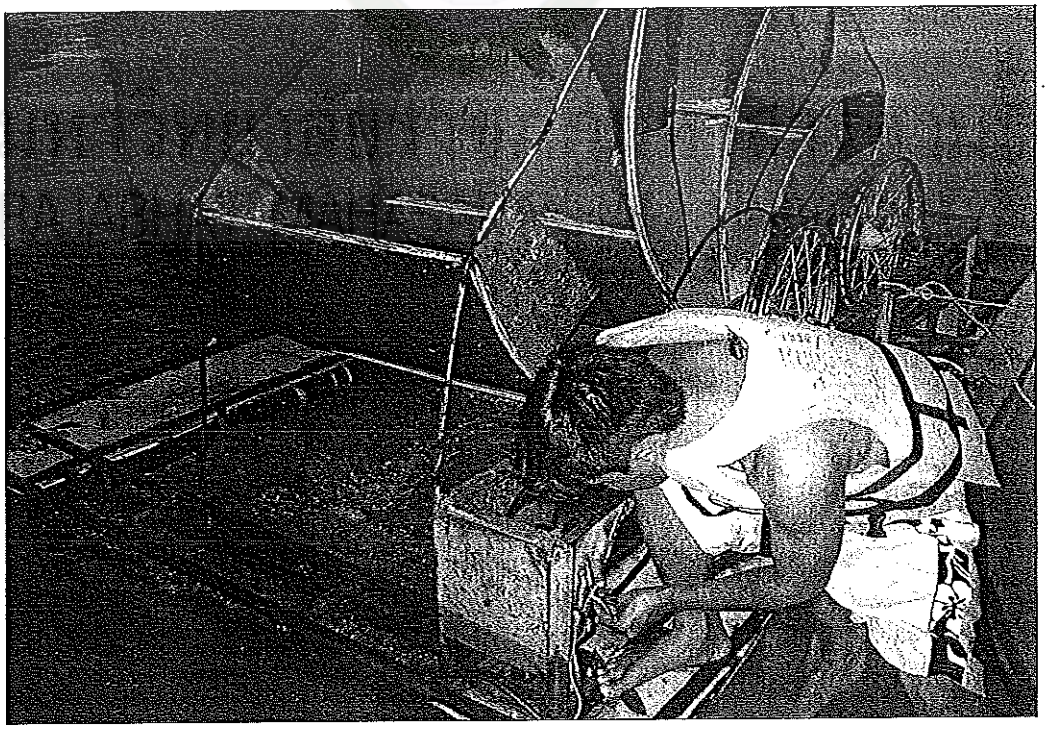
ภาพที่ 30 การนำกังหันน้ำไปติดตั้งในแม่น้ำชี บ้านท่าสองคอน ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม



ภาพที่ 31 การนำกังหันน้ำไปติดตั้งในแม่น้ำชี บ้านท่าสองคอน ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม



ภาพที่ 32 กังหันน้ำผลิตกระแสไฟฟ้าที่ติดตั้งในแม่น้ำชี บ้านท่าสองคอน ตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม



ภาพที่ 33 การเปลี่ยนแบตเตอรี่

ภาพที่ 34 การคายประจุในแบตเตอรี่ลูกที่ 1

ภาพที่ 35 การคายประจุในแบตเตอรี่ลูกที่ 2