

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

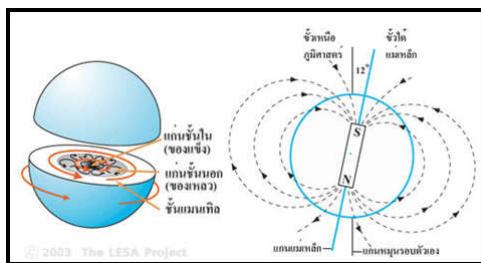
(AC Generator)

1

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แม่เหล็ก

แม่เหล็ก คือ ของแข็งชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติดึงดูดสารแม่เหล็กด้วยกันได้ สารแม่เหล็กยกตัวอย่างเช่น เหล็ก, นิกเกล, โคบล็อต เป็นต้น และเมื่อแขวนแม่เหล็กอย่างอิสระ ข้าวเหนียว (*N*) ของแม่เหล็ก จะชี้ข้าวโลกเหนียว ข้าวใต้ (*S*) ของแม่เหล็ก จะชี้ข้าวโลกใต้ ด้วยเหตุนี้ทำให้เชื่อว่าโลกมีอำนาจแม่เหล็ก โดยนักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าข้าวเหนียว (*N*) ของแม่เหล็กจะอยู่ทางข้าวโลกใต้ทางภูมิศาสตร์ และข้าวใต้ (*S*) ของแม่เหล็กจะอยู่ทางข้าวเหนียวทางภูมิศาสตร์ โดยมีการทำมุกกันเล็กน้อย



<https://sites.google.com/site/supod45/sc30113/22557/room16/magnetosphere>

ข้าวเหนียวของแม่เหล็กบนเข็มทิศ



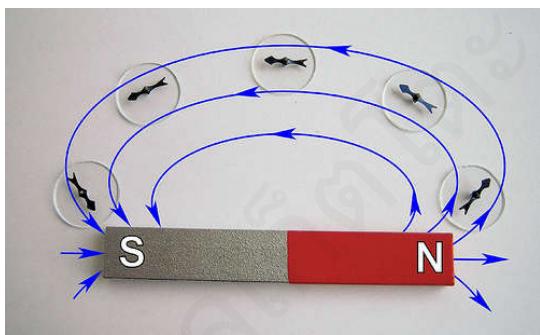
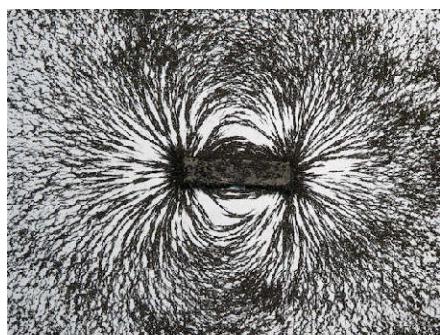
ข้าวใต้ของแม่เหล็กบนเข็มทิศ

2

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เส้นสนามแม่เหล็ก

เส้นสนามแม่เหล็ก คือเส้นที่แสดงพิศทางของสนามแม่เหล็กในบริเวณนั้น ซึ่งในความเป็นจริงจะมองไม่เห็นแต่สามารถใช้เข็มทิศหรือแม่เหล็กเพื่อคูณพิศทางได้ บริเวณขี้วจะมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสูง และดึงได้โดย เส้นแรง แม่เหล็กที่อยู่ติดกัน เส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่ภายนอกแท่งแม่เหล็กจะทิศพุ่งออกจากขี้ว N และเข้าหาขี้ว S ส่วนเส้นแรง ภายในแท่งแม่เหล็กเอง มีทิศพุ่งจากขี้ว S ไปยังขี้ว N



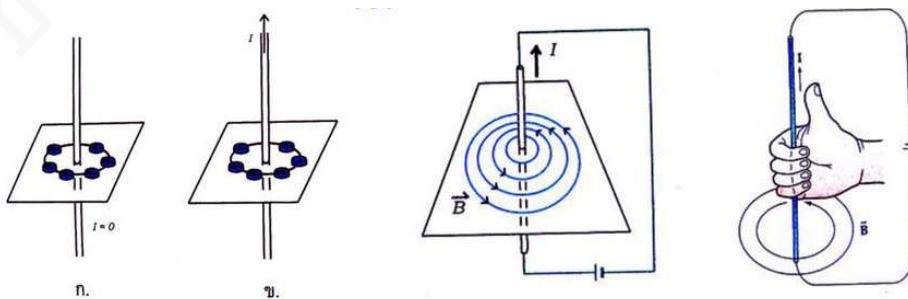
ที่มา <https://brilliant.org/wiki/magnetic-field-lines/>

3

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แม่เหล็กไฟฟ้า

ในปี พ.ศ. 2363 นักวิทยาศาสตร์ชาวเดนมาร์ก ชื่อ แอนส์ เครสเจน เออร์สเตด ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็ก โดยได้ทดลองและสังเกตุ เจ้มทิศที่ว่างอยู่รอบๆ เส้นลวดทัวร์นำ ก็ได้การเปลี่ยนแปลงเมื่อมีการ จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับลวดตัวนำ แสดงได้ว่า “กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็กได้” โดยพิศทางของสนามแม่เหล็กจะ เป็นไปตาม กฎมือขวา (นิ้วหัวแม่มือแทนทิศของกระแสไฟฟ้า ทิศของสนามแม่เหล็กจะแทนด้วยนิ้วที่เหลือทั้งสี่นิ้ว)



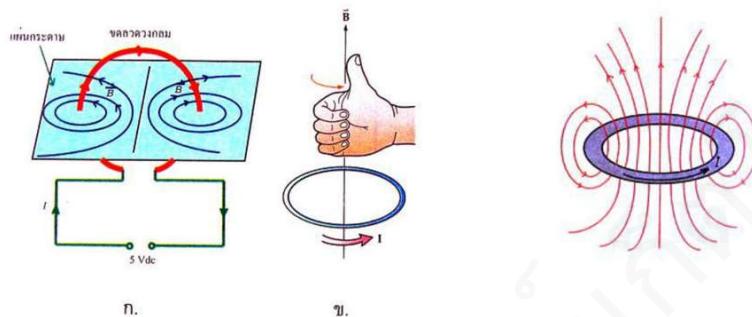
ที่มา <https://slideplayer.in.th/slide/14694813/>

4

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อนำเส้นลวดตัวนำมากดเป็นวงกลม แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านในขดลวด ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กได้ เช่นเดียวกันดังแสดงได้ตามภาพด้านล่าง ในกรณีนี้การใช้กฎมือขวาจะไม่เหมือนในลักษณะเส้นลวดเดียว ซึ่งในกรณีลวดตัวนำ วงกลม นี้วิธีจัดแพนด้วยทิศทางของกระแสไฟฟ้า และนิวตันแม่เมื่อจะแพนด้วยทิศของสนามแม่เหล็กรอบๆ ลวดตัวนำวงกลม



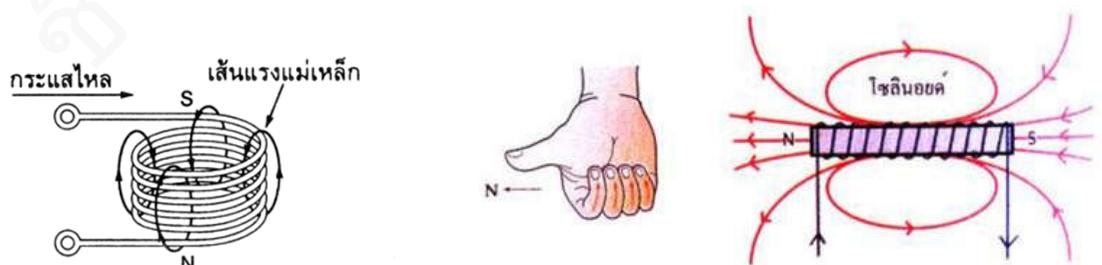
ที่มา <https://slideplayer.in.th/slide/14694813/>

5

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อนำเส้นลวดตัวนำมากดเป็นวงกลมหลายๆ วง ซ้อนกันเป็นรูปทรงระบบอก ซึ่งเรียกว่าขดลวดโซลีโนイด์ แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านในขดลวด ก็จะเกิดสนามแม่เหล็กได้เช่นกันตั้งภาพด้านล่าง เพียงแต่สนามแม่เหล็กจะที่มีความเข้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับขดลวดเดียว ปกติ เพียง 1 วง



ที่มา <https://slideplayer.in.th/slide/14694813/>

ที่มา http://electronics.se-ed.com/contents/046s061/046s061_p02.asp

6

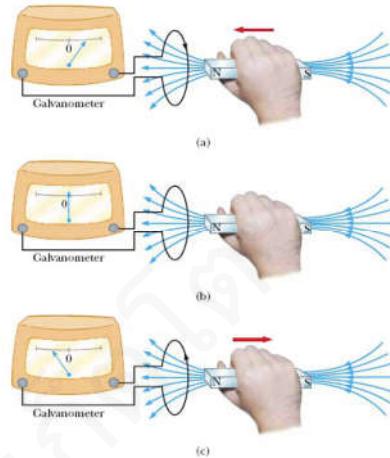
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) โดยทำการทดลองพบว่า

ถ้า เคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวดหรือออกจากขดลวดจะเกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำไหลใน ขดลวด

และ ถ้าเคลื่อนที่ขดลวดเข้าหาหรือออกห่างจากแท่งแม่เหล็กก็จะเกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นเช่นกัน



<http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/vichaipage>

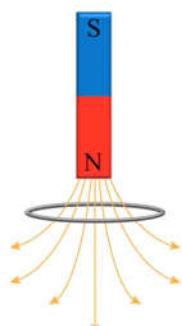
7

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์

ต่อมาณักวิทยาศาสตร์ชื่อ เยนริช อีมิล เลนซ์ (Heinrich Emil Lenz) ได้อธิบายเรื่องของทิศทางของ แรงเคลื่อนไฟฟ้า โดยมีใจความว่า “พลักซ์แม่เหล็กใหม่เป็นพลักซ์แม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากการกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวด โดย มีทิศต้านการเปลี่ยนแปลงของพลักซ์แม่เหล็กเดิม”

กำหนดให้พลักซ์แม่เหล็ก ที่ผ่านขดลวดขณะอยู่ใกล้ เป็น ϕ_i



กรณีที่ 1

ยกตัวอย่างดังภาพที่สภาวะเริ่มต้น แท่งแม่เหล็กอยู่ใกล้ขดลวด และเส้นแรงแม่เหล็ก มีทิศทางผุ่งลงออกจากขั้วเหนือตัดผ่านพื้นที่ของขดลวด

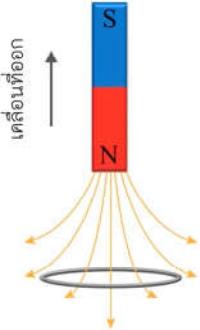
ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOck>

8

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์

กำหนดให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านด้วยอนุญาตให้เป็น ϕ_i



กำหนดให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านชด漉หัสจากแท่งแม่เหล็ก เกลื่อนที่ออกนี้เป็น ϕ_f

เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กออกจากชด漉หัส
(ทำให้ขั้วเหนืออยู่ห่างจากชด漉หัส)

เส้นแรงแม่เหล็กบังคงมีทิศลงเข้าหาชด漉หัส
แต่มีปริมาณเส้นแรงแม่เหล็กลดลง

ซึ่งปริมาณเส้นแรงที่ลดลงคือ

$$\phi_i - \phi_f = \Delta\phi$$

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOck>

9

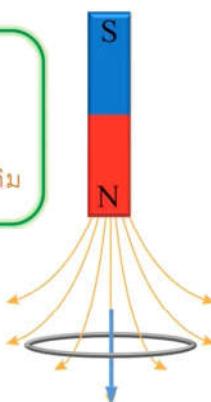
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์

จากกฎของเลนซ์ จะได้ว่า
สนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดขึ้นจาก
กระแสไฟฟ้าเหนือนำในชด漉หัส
จะต้านการ คงคลัง ของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม

ต้านการลดลงทีอื้อ

“ไม่ยอมให้สนามแม่เหล็กลดลง” ซึ่ง
จะต้องสร้างสนามแม่เหล็กมาเพิ่มเข้าไป
สนามแม่เหล็กใหม่จึงมีทิศเดิมคือผู้ลง



สนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่

$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

อีเม็มเอฟเหนือนำ ทำให้เกิด
กระแสไฟฟ้าเหนือนำ (I_{ind})

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOck>

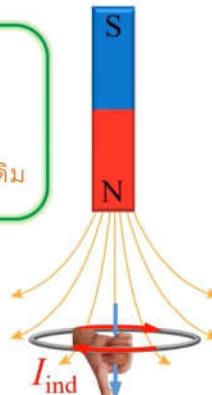
10

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ

กฎของเลนซ์

จากกฎของเลนซ์ จะได้ว่า
สนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดขึ้นจาก
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำในชด漉ด
จะต้านการลดลงของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม

ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำที่เกิดขึ้นใน
ชด漉ดจะหาได้จากการกฎมือขวา นิวตันแม่เมื่อแทน
ทิศของสนามแม่เหล็กใหม่ ทิศของนิวตันทั้งสี่แทน
ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

อีเม็มเอฟเนี้ยวนำ ทำให้เกิด
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำ (I_{ind})

สนามแม่เหล็กของฟลักซ์แม่เหล็กใหม่

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOCk>

11

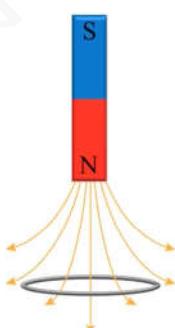
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ

กฎของเลนซ์

กำหนดให้ฟลักซ์แม่เหล็ก
ที่ผ่านชด漉ดขณะอยู่ในกล
เป็น ϕ_i

กรณีที่ 2

ยกตัวอย่างดังภาพที่สภาวะเริ่มต้น แท่งแม่เหล็กอยู่ห่างไกลจากชด漉ด
และเส้นแรงแม่เหล็กมีทิศทางพุ่งลงออกจากขั้วเหนือตัดผ่านพื้นที่ของ
ชด漉ด



ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOCk>

12

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์



ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOcK>

13

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์

ต้านการเพิ่มขึ้นคือ

“ไม่ยอมให้สนามแม่เหล็กเพิ่ม” ซึ่งจะต้องสร้าง
สนามแม่เหล็กมากับออกไป (หักล้าง)

สนามแม่เหล็กใหม่จึงมีทิศทางเปลี่ยนคือพุ่งขึ้น
เพื่อหักล้าง

จากกฎของเลนซ์ จะได้ว่า
สนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดขึ้นจาก
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำในขดลวดจะ
ต้านการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม



$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

อีเม็มเอฟเนี้ยวนำ ทำให้เกิด
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำ (I_{ind})

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOcK>

14

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กฎของเลนซ์

จากกฎของเลนซ์ จะได้ว่า
สนามแม่เหล็กใหม่ที่เกิดขึ้นจาก
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำในขดลวดจะ^{ด้านการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์แม่เหล็กเดิม}

$$\mathcal{E} = \left| \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right|$$

ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำที่เกิดขึ้นใน
ขดลวดจะหาได้จากการกฎมือขวา นิวตันแม่เหล็ก
ทิศของสนามแม่เหล็กใหม่ ทิศของนิวตันสีแทน
ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



อีเม็มเอฟเนี้ยวนำ ทำให้เกิด
กระแสไฟฟ้าเนี้ยวนำ (I_{ind})

ที่มา <https://www.youtube.com/watch?v=tQe1fjUSOCK>

15

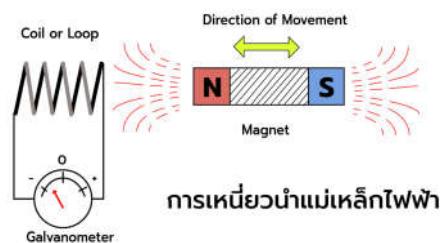
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าในขดลวดตัวนำ เกิดจากการที่มีการเปลี่ยนแปลง ฟลักซ์
แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำ เรียกการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลักษณะนี้
ว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า (electro magnetic induction) และเรียก
กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากวิธีนี้ว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (induced current)

ที่ปลายทั้งสองข่องเส้นลวดตัวนำมีความต่างศักย์ ดังนั้นถ้าต่อ
เส้นลวดตัวนำนี้ให้ครบวงจร ก็จะมีกระแสไฟฟ้าในวงจร และว่าปลายทั้งสอง
ของเส้นลวดตัวนำทำหน้าที่ เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้า

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ
(induced electromotive force) หรือ อีเม็มเอฟเนี้ยวนำ (induced emf)



การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา <https://sa-thai.com>

16

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ (Faraday's Law of Induction) มีสาระสำคัญคือ พลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงตัดขดลวดตัวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced electromotive force) ในขดลวดตัวนำนั้น

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของพลักซ์แม่เหล็กที่ตัดขดลวดตัวนำ ส่วนทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced current) จะเป็นไปตามกฎของเลนซ์

$$\text{เขียนเป็นสมการความสัมพันธ์ได้ว่า} \quad \varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

เมื่อ ε แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (Induced electromotive force)

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ อัตราการเปลี่ยนแปลงของพลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำ

เครื่องหมายลบ (-) แสดงถึงทิศทางของเรื่องเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตามกฎของเลนซ์

17

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

จากการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ สามารถนำไปสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานกล (Mechanical Energy) ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) ซึ่งสามารถสร้างไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current) หรือไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current) ก็ได้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิต

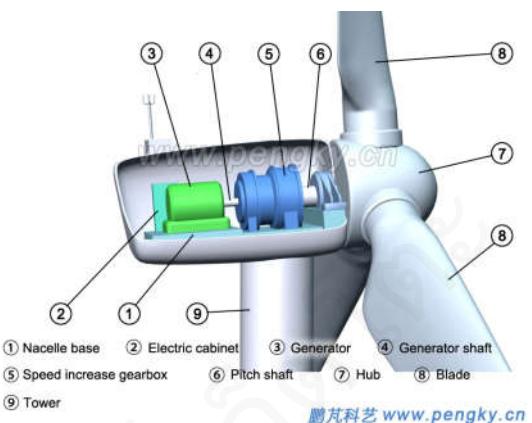
การสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำได้โดยให้สนามแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดตัวนำที่อยู่กับที่ (นิยมใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ) หรือทำให้ขดลวดตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็กที่อยู่กับที่ (นิยมใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า จำเป็นต้องมีต้นกำลัง (Prime mover) เพื่อทำให้เกิดการหมุนของสนามแม่เหล็กหมุนหรือขดลวดหมุน เช่น การหมุนของกังหันลม, การหมุนของใบพัดของกังหันน้ำของเขื่อน, การหมุนของใบพัดกังหันแก๊ส, การหมุนของใบพัดกังหันไอน้ำ หรือการหมุนของเพลาของเครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นต้น

18

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ต้นกำลังขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) : ลม

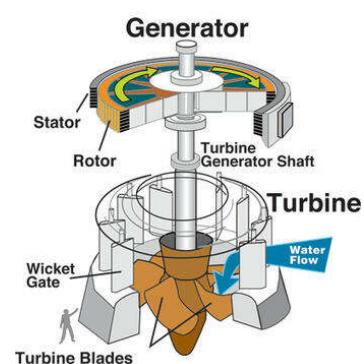
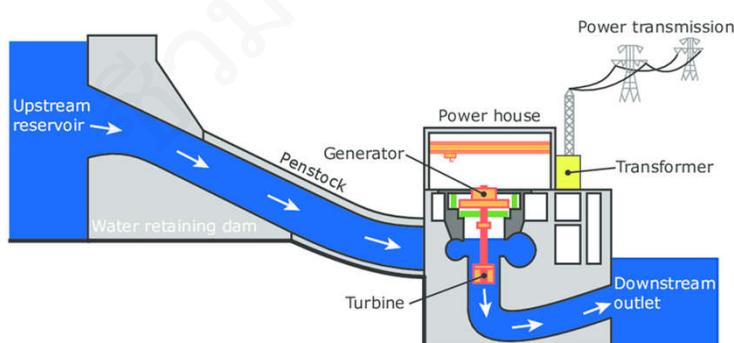


ที่มา <https://www.solarfeeds.com/mag/types-of-wind-turbine-generators-and-their-functions/>
<https://www.pengky.cn/zz-direct-drive-turbine/direct-drive-wind-turbine-overview/direct-drive-wind-turbine-overview.html>

19

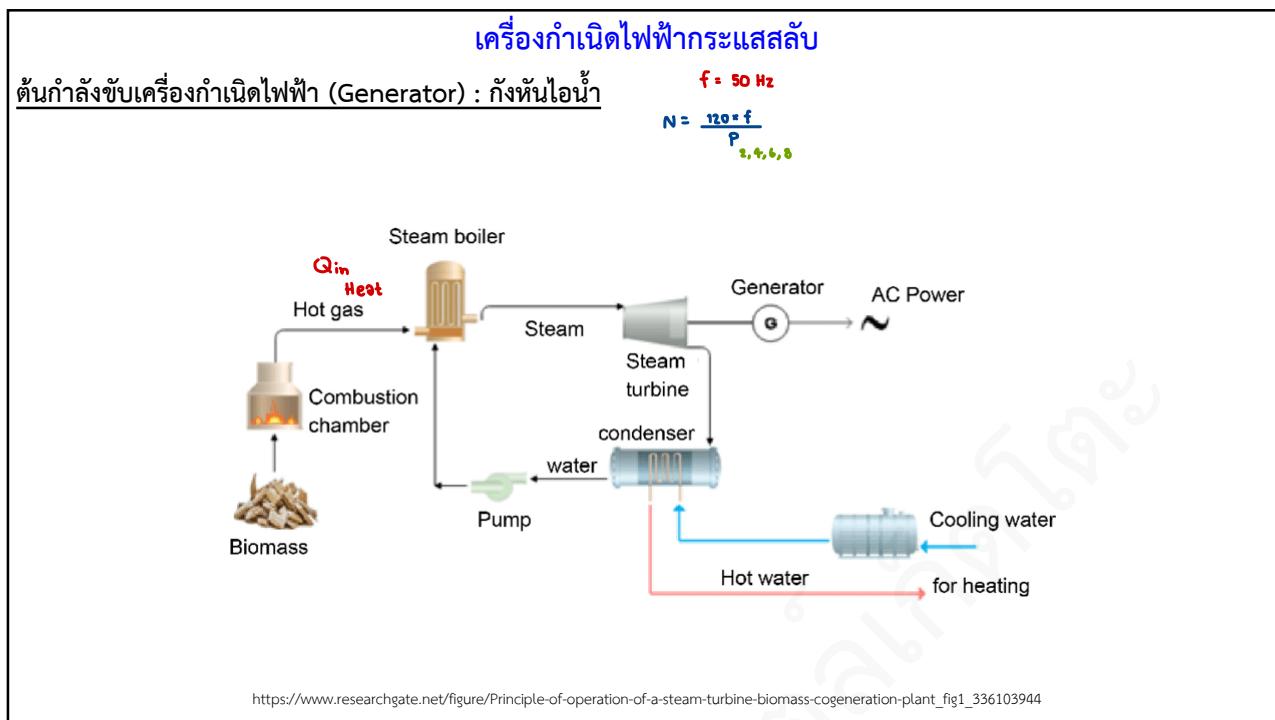
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ต้นกำลังขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) : น้ำ

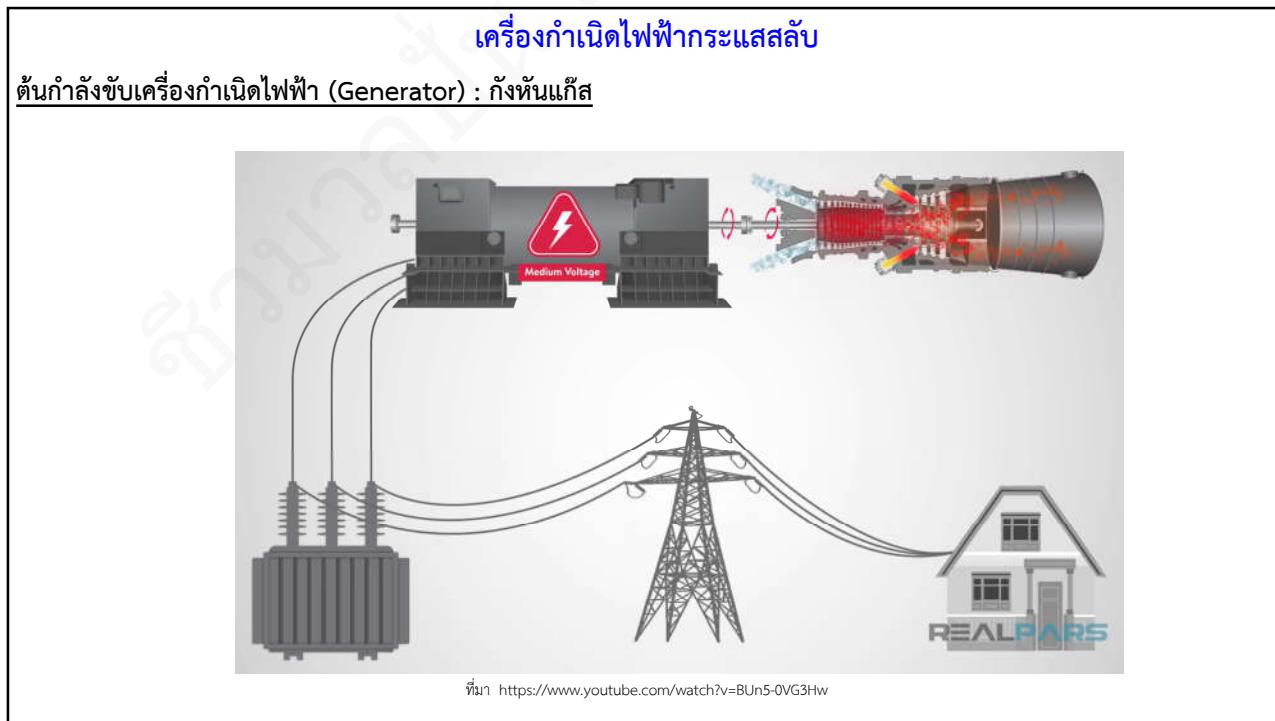


ที่มา https://www.researchgate.net/figure/Typical-cross-section-of-a-hydro-power-facility-from-Paper-I_fig1_303372110
<https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/hydroelectric-power-how-it-works>

20



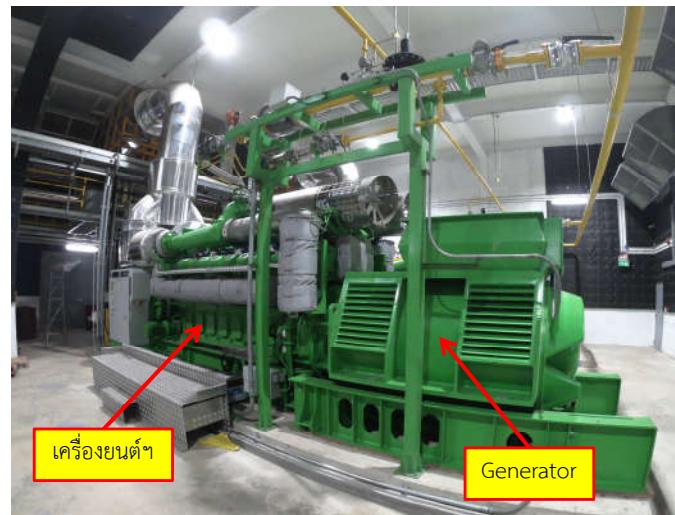
21



22

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

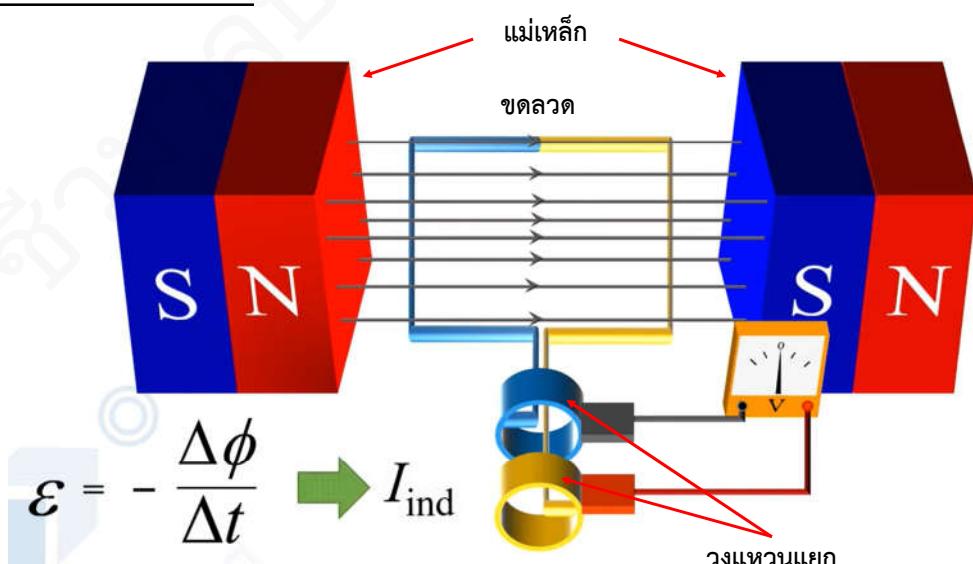
ต้นกำลังขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator) : เครื่องยนต์สันดาปภายใน



23

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

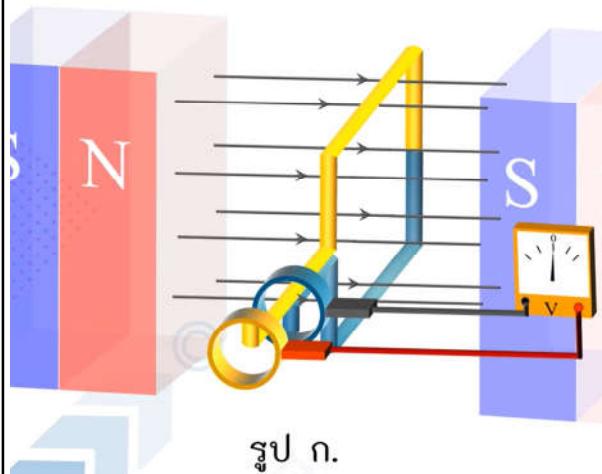
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



24

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



เริ่มต้นพิจารณาขดลวดอยู่ในตำแหน่งดังรูป ก.

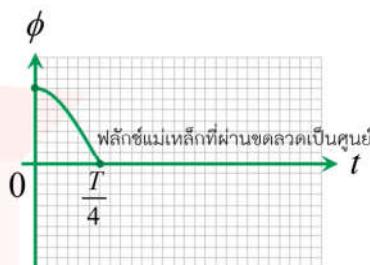
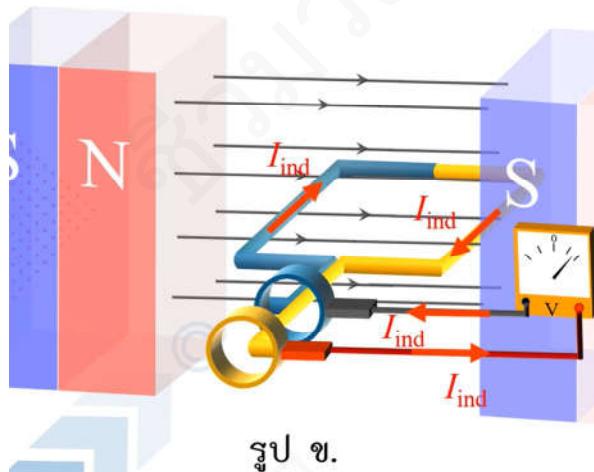
พลักช์แม่เหล็กจะตัดผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดในปริมาณที่สูงสุด

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=s9_CIWScUUo

25

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



เมื่อขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา ต่อไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ

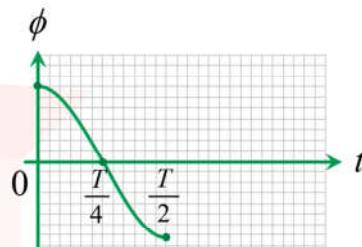
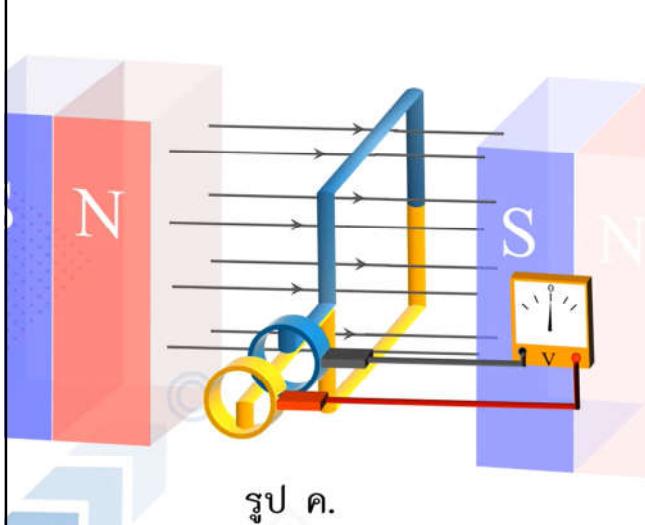
พลักช์แม่เหล็กที่ตัดผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดจะค่อยๆ ลดลง จนเป็นศูนย์

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=s9_CIWScUUo

26

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



เมื่อขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา ต่อไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ

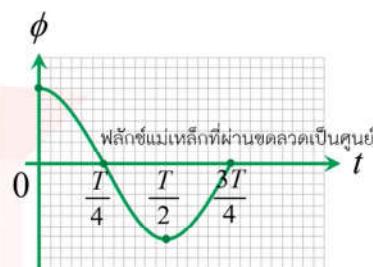
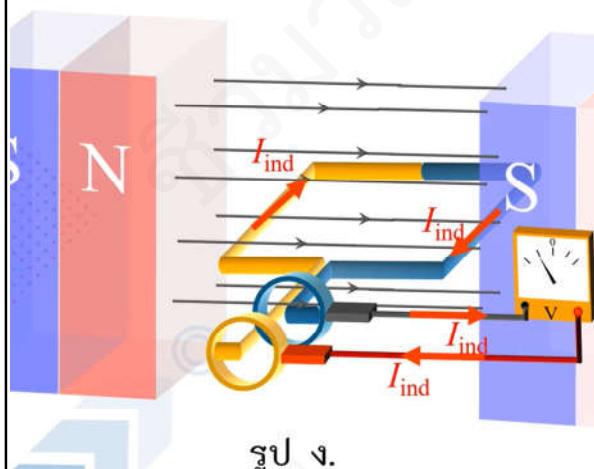
ผลักดันแม่เหล็กที่ตัดผ่านพื้นที่หน้าตัดของช่องคลอดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นมาจากศูนย์ จนมีค่าสูงสุดอีกครั้ง

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=sg_CIWScUUo

27

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



เมื่อขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา ต่อไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ

ผลักดันแม่เหล็กที่ตัดผ่านพื้นที่หน้าตัดของช่องคลอดจะค่อยๆ ลดลงจนเป็นศูนย์

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=sg_CIWScUUo

28

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย

รูป จ.

ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านชุดโลหะค่าสูงสุด

เมื่อขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกา ต่อไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ ก็จะครบ 1 รอบ (นับจากจุดเริ่มต้น)

ฟลักซ์แม่เหล็กที่ตัดผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวดจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นมาจากศูนย์ จนมีค่าสูงสุดอีกครั้ง

ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=sg_CIWScUUo

29

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย

จากกฎของฟาราเดีย

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ก็คือค่าลบของความชันของเส้นสัมผัสรaphระหว่าง Φ กับ t

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

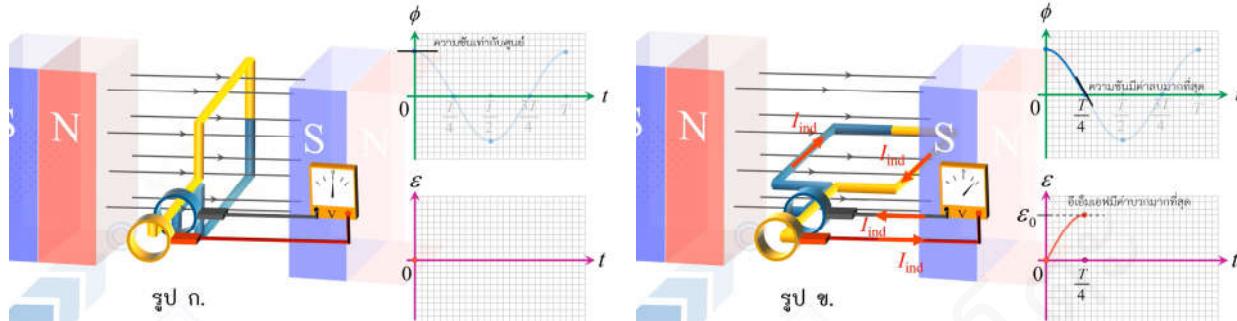
= ค่าลบของความชัน
เส้นสัมผัสรaphระหว่าง
 ϕ กับ t

ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=sg_CIWScUUo

30

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



รูป ก. คือจุดเริ่มต้นที่เวลา $t=0$ เป็นจุดที่มีฟลักซ์แม่เหล็กตัดผ่านสูงสุด แต่ความชันตรงจุดสูงสุดมีค่าเท่ากับศูนย์ จึงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์

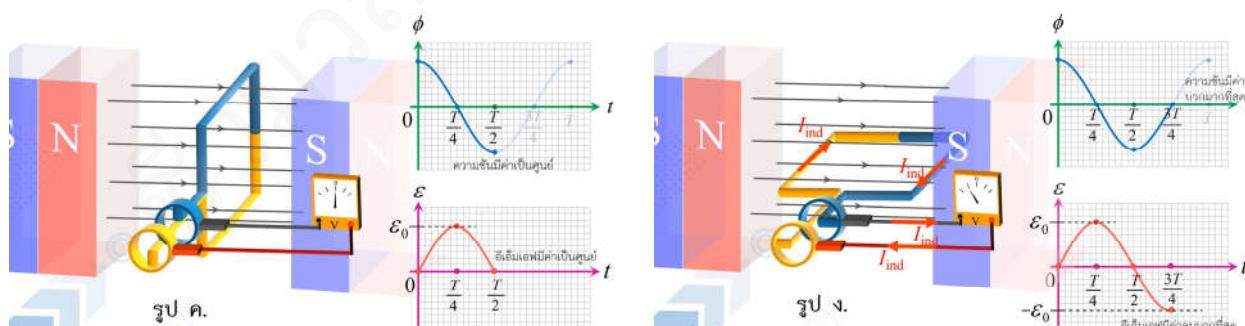
รูป ข. เมื่อขาด漉ดหมุนตามเข็มนาฬิกาไป $\frac{1}{4}$ รอบ ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กจะลดลง แต่ความชันของกราฟจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเพิ่มขึ้นจากศูนย์จนมีค่าสูงสุด

ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=sq_CIWSclUo

31

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



รูป ค. เมื่อขาด漉ดหมุนตามเข็มนาฬิกาไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กจะเพิ่มขึ้น ส่วนความชันของกราฟจะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ จึงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าลดลงจากสูงสุดจนเป็นศูนย์

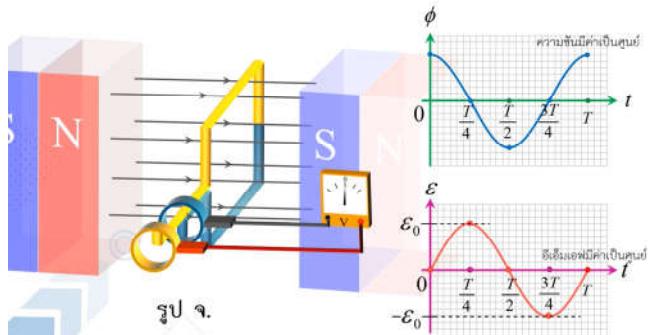
รูป ง. เมื่อขาด漉ดหมุนตามเข็มนาฬิกาไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กจะลดลง แต่ความชันของกราฟจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ไปทางบวก จึงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าลดลงจากศูนย์จนมีค่าลบสูงสุด

ที่มา https://www.youtube.com/watch?v=sq_CIWSclUo

32

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



รูป จ. เมื่อขดลวดหมุนตามเข็มนาฬิกาไปอีก $\frac{1}{4}$ รอบ จะกลับมาที่จุดเริ่มต้น บริมาณไฟลักษณะเดียวกันจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนมีค่ามากที่สุด ส่วนความชันของกราฟจะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเป็นศูนย์ จึงทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่ากลับมาเป็นศูนย์อีกครั้ง

ซึ่งถ้าขณะรูปคลื่นของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีรูปร่างคล้ายคลื่นรูปไซน์ (Sine wave)

ที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=sq_CIWScUJo

33

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีได้แก่

- ให้ขดลวดตัวนำเป็นตัวหมุน และให้สนามแม่เหล็กอยู่กับที่ ซึ่งในทางปฏิบัติจะเกิดปัญหาขึ้นกับวงแหวนแยก (Slip ring) เนื่องจากต้องส่งผ่านกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในปริมาณมากๆ จึงต้องอาศัยการออกแบบในส่วนของ การติดตั้งให้แน่นหนาและมีการติดตั้งฉนวนไฟฟ้าที่สามารถแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำปริมาณสูงๆ ได้ อีกทั้งการ ให้ขดลวดตัวนำเป็นตัวหมุนจะเกิดแรงเหวี่ยงหนึ่งหนึ่งกันมาก
- ให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวหมุน และให้ขดลวดตัวนำอยู่กับที่ ในลักษณะนี้กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น สามารถส่งผ่านออกมาง่ายกว่าวิธีที่ 1 เนื่องจากขดลวดตัวนำจะอยู่กับที่ และสำหรับการสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นส่วนที่หมุนนั้นจะใช้การป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดสนาม ที่พันอยู่กับส่วนที่หมุนแทน ซึ่งปริมาณ แรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ใช้ป้อนมีค่าไม่สูง จึงง่ายต่อการจัดการเรื่องฉนวน อีกทั้งส่วนที่หมุนนั้นมีน้ำหนักเบา กว่าวิธีที่ 1 จึงนิยมสร้างเครื่องกำเนิดฯ ด้วยรูปแบบนี้

34

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

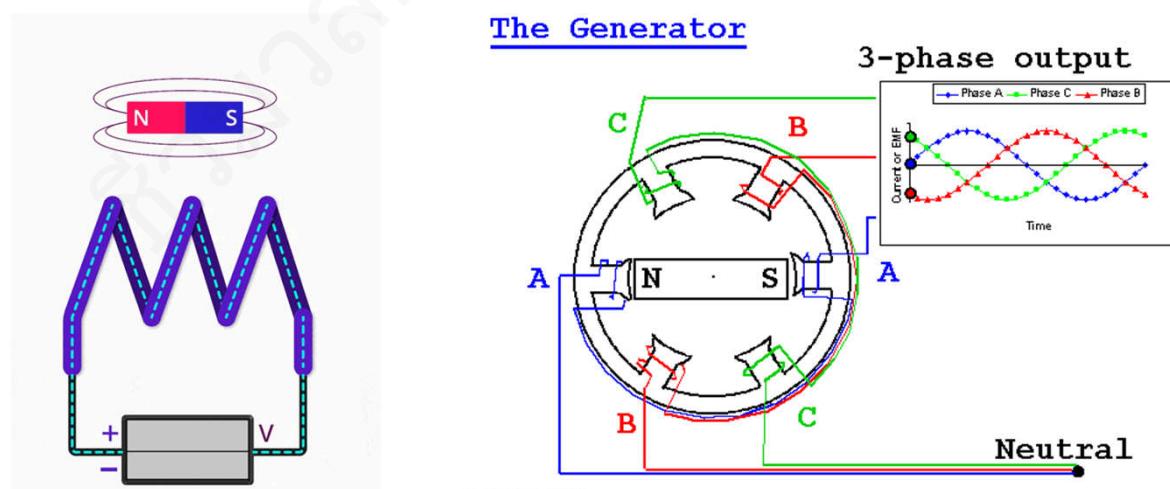
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ มีทั้งระบบ 1 เฟส, 2 เฟส, 3 เฟส หรือมากกว่านั้น จำนวนเฟสก็คือจำนวนของลวดตัวนำที่ใช้สร้างแรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่บรรจุอยู่ภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ในอดีตที่ผ่านมา มีการเพิ่มจำนวนของลวดให้มากกว่า 1 เฟส เพื่อทดลอง จนกระทั่งได้ข้อสรุปเป็นแบบของการสร้าง พลังงานที่ได้ การนำไปใช้งาน รวมไปถึงการลงทุนของระบบต่างๆ สรุปได้ว่า การผลิตไฟฟ้ากระแสสลับในระบบ 3 เฟส มีความคุ้มค่าและเหมาะสมมากกว่า

สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับในโรงไฟฟ้า (Power Plant) ส่วนใหญ่จะเป็นระบบ 3 เฟส (มีชุดลวด 3 ชุด) ซึ่งเชื่อมโยงกับโครงข่ายระบบไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส

35

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่าย



แหล่ง https://realpars.com/alternator/

แหล่ง https://electricalworld360.com/ac-generator-alternator-construction-and-working/

36

ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก)



37

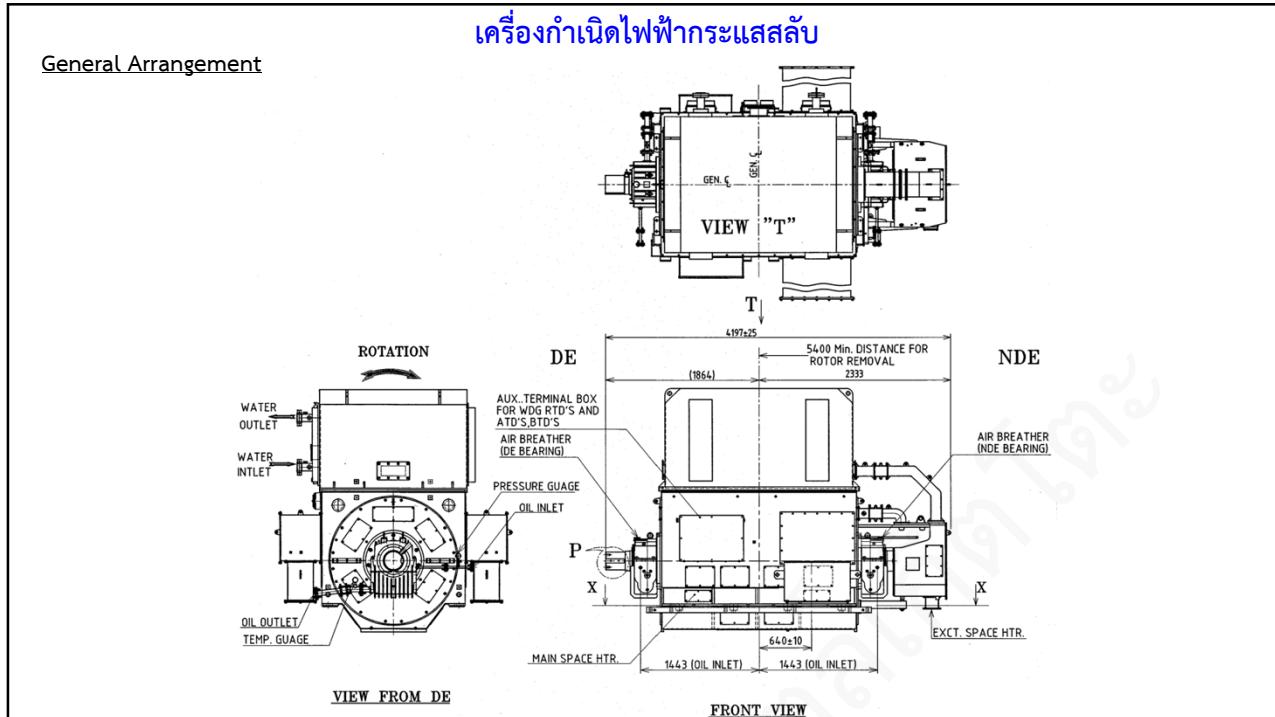
ตัวอย่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (ผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก)



38

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

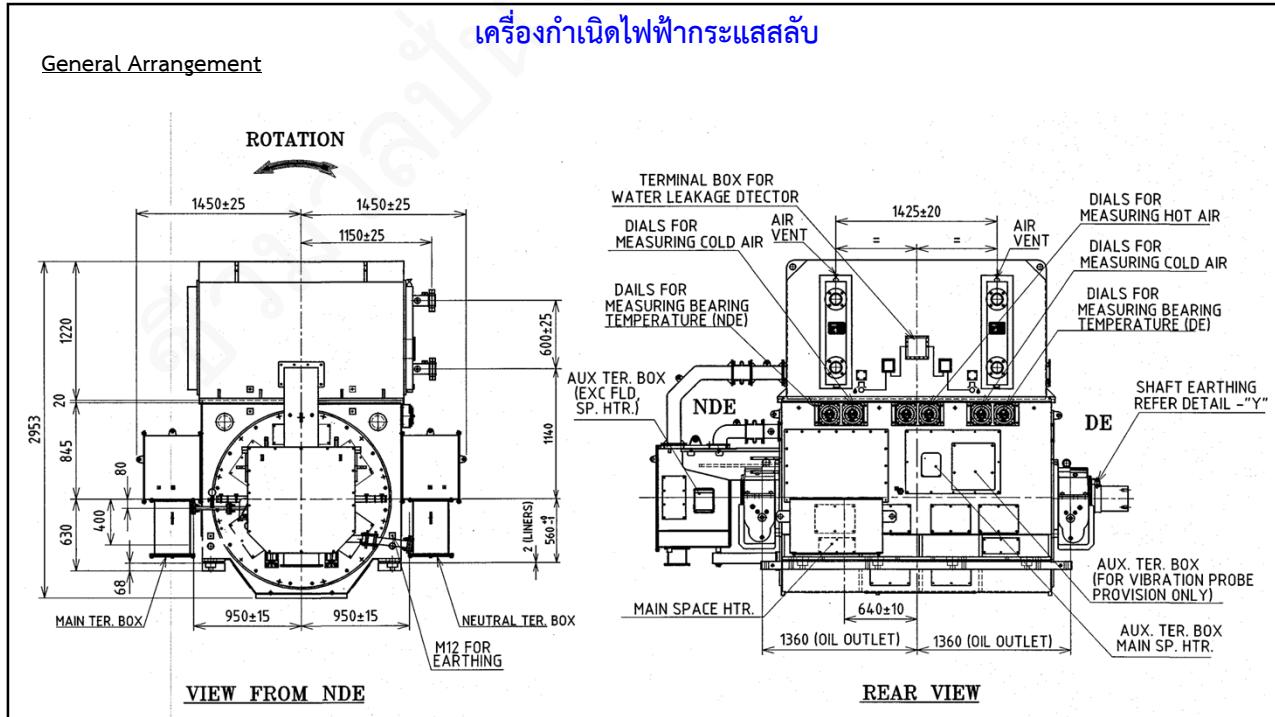
General Arrangement



39

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

General Arrangement



40

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

1. โครงเครื่อง (Stator frame, Yoke)
2. แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator core)
3. ชุดลวดตัวนำหรือชุดลวดอาเมเจอร์ (Armature winding)
4. ชุดลวดสนาม (Field winding)
5. โรเตอร์ (Main Rotor / Exciter Rotor)
6. ระบบกระตุ้นสร้างสนามแม่เหล็ก (Excitation system)
7. ระบบหล่อเย็นและอุปกรณ์รองลื่น (Bearing)
8. ระบบหล่อเย็น (Cooling system)

41

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

9. ชุดลวดให้ความร้อนเพื่อป้องกันความชื้นในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Space Heater)
10. จุดเชื่อมต่อระหว่างขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับสายตัวนำ (Terminal box)
11. ตู้ควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Control Panel : GCP)
12. อุปกรณ์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator Protection Relay : GPR)
13. เครื่องวัดในกระบวนการ
 - ✓ เครื่องวัดการสั่นสะเทือน (Vibration sensor, Proximity sensor)
 - ✓ เครื่องวัดอุณหภูมิชุดลวดอาเมเจอร์ (RTD for Armature Winding Temperature)
 - ✓ เครื่องวัดอุณหภูมิอุปกรณ์รองลื่น (Bearing temperature)

42

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

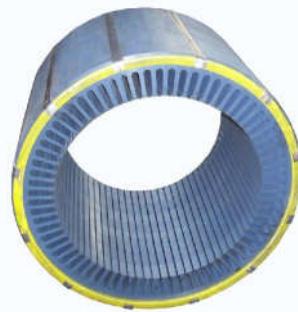
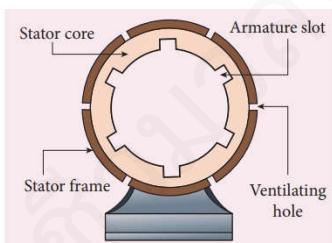
ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

1. **โครงเครื่อง (Stator frame, Yoke)** เป็นเปลือกหุ้มภายนอก เป็นชิ้นส่วนที่รองรับส่วนประกอบอื่นๆ เช่น แกนเหล็ก (Stator core) ที่ใช้ติดตั้งขดลวดตัวนำ (ขดลวดอาร์เมเจอร์) และตัวโครงจะมีการออกแบบให้มีช่องเพื่อช่วยในการระบายความร้อนให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยติดตั้งร่วมกับชุดแลกเปลี่ยนความร้อน
2. **แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator core)** จะติดตั้งอยู่ภายในโครงเครื่อง ตัวแกนเหล็กจะทำด้วยแผ่นโลหะบางๆ เคลือบด้วยฉนวน (Laminate sheet) ช้อนกันหลายแผ่นเพื่อลดการสูญเสียทางไฟฟ้า สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่จะมีการออกแบบให้มีอากาศไหลผ่านได้เพื่อช่วยระบายความร้อน แต่ละแผ่นที่รวมกันเป็น Stator core จะมีการทำร่อง (Slot) เพื่อใช้บรรจุขดลวดตัวนำ หรือขดลวดอาร์เมเจอร์ ลักษณะ Slot มี 3 แบบ ได้แก่ ร่องแบบเปิดกว้าง (Wide open type slot), ร่องแบบกึ่งปิด (Semi-Close type slot) และร่องแบบปิด (Wholly Close type slot) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กจะมีการออกแบบไว้สำหรับติดตั้งขดลวดสนาน

43

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Stator Core and Stator frame



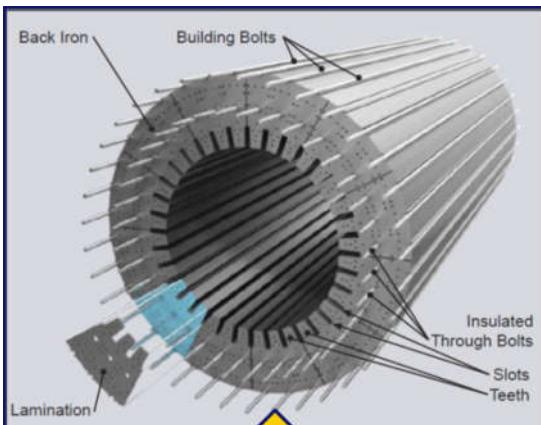
Stator frame

ที่มา: https://www.brainkart.com/article/AC-Generator_38506/ , <https://www.welding-sk.sk/>
<https://www.diytrade.com/>

44

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Stator Core



A Generator Stator Core, with the end compression assembly removed.

<https://www.linkedin.com/pulse/why-generator-stator-core-made-laminated-steel-michael-lake/>

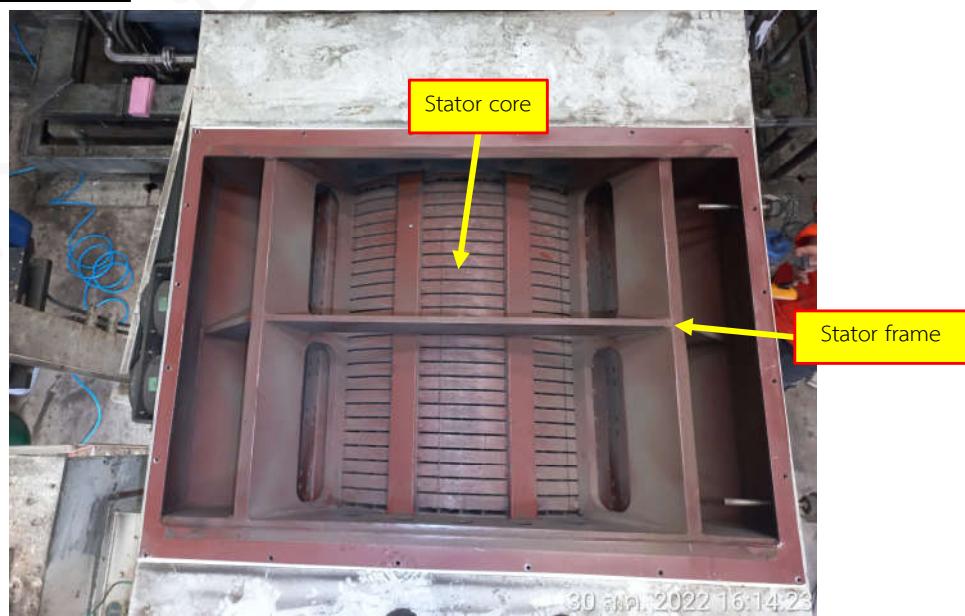


<https://www.ec21.com/product-details/Big-Wind-Turbine-Stator-Core--9235651.html>

45

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Stator Core and Stator frame



46

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

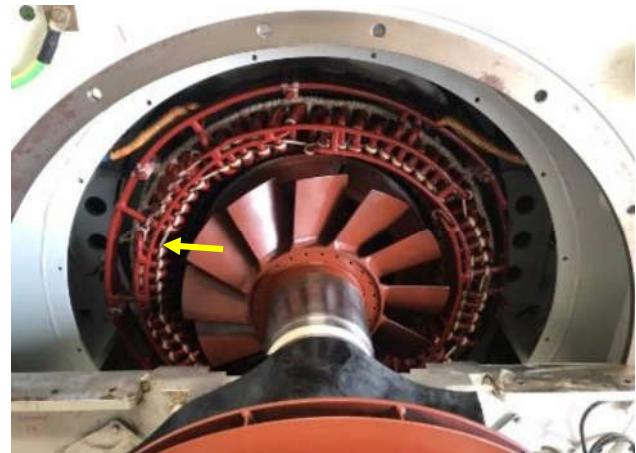
3. ขดลวดตัวนำหรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) เป็นขดลวดที่ผลิตแรงแม่เหล็กไฟฟ้าให้ยานมำเพื่อส่งกระแสไฟฟ้าให้ยานมำออกไปใช้งาน
 - ในเครื่องกำเนิดฯ **ขนาดเล็ก** จะพันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ไว้กับร่อง (Slot) บนโรเตอร์ (Rotor) ซึ่งเป็นส่วนที่หมุน
 - ในเครื่องกำเนิดฯ **ขนาดใหญ่** จะพันขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding) ไว้กับร่อง (Slot) บนแกนเหล็ก (Stator core) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่กับที่

4. ขดลวดสนาม (Field winding) คือชุดขดลวดที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าด้วยไฟฟ้ากระแสตรง
 - เครื่องกำเนิดฯ **ขนาดเล็ก** จะพันขดลวดสนาม (field winding) บน Stator
 - เครื่องกำเนิดฯ **ขนาดปานกลางและขนาดใหญ่** จะพันขดลวดสนาม (field winding) บน Rotor เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

47

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ขดลวดตัวนำหรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)



48

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

สายไฟฟ้ากำลัง (Power cable) ที่ต่อมาจากชุดลวดอาร์เมจเจอร์



49

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดลวดตัวนำหรือชุดลวดอาร์เมจเจอร์ (Armature Winding)



50

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

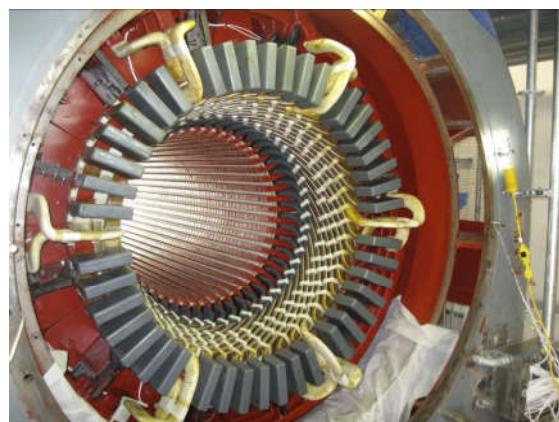
ขดลวดตัวนำหรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)



51

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ขดลวดตัวนำหรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)



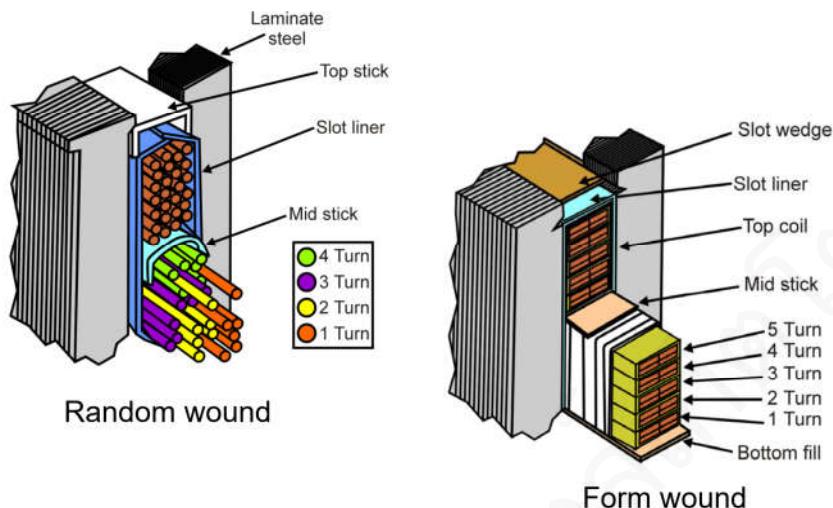
<https://m.made-in-china.com/product/Gas-Steam-Turbo-Generator-Parts-Stator-Winding-Coils-762772992.html>

<https://www.hvcoilusa.com/?lightbox=lightbox-item-iqj5vc2>

52

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดลวดตัวนำหรือชุดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)



53

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

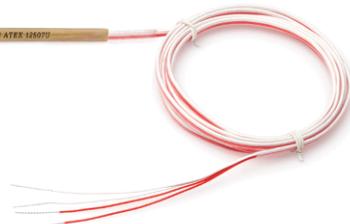
ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

5. เครื่องวัดอุณหภูมิชุดลวดอาร์เมเจอร์ ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ ชุดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกพันไว้บน Stator และเมื่อกระแสไฟฟ้าเหนี่ยววนที่ไหลในชุดลวดอาร์เมเจอร์ ก็จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น จึงจำเป็นต้องมีเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่าอุณหภูมิของชุดลวด (Winding Temperature) เพื่อส่งค่าไปประมวลผลเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบค่าและติดตามแนวโน้ม นิยมใช้เซ็นเซอร์ประเภท RTD ติดตั้งไว้กับชุดลวดอาร์เมเจอร์ทั้ง 3 ชุด



<https://temp-pro.com/2019/11/01/temp-pro-stator-slot-rtds-are-a-critical-component-in-hydro-generator-windings/>

TC TORC 2018-0001 ④ I 20 Ex nIIC Gb -50°C to 180°C Preseal IP ATEX 1250T



<https://www.technocontrols.com/>

54

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Winding Temperature sensor



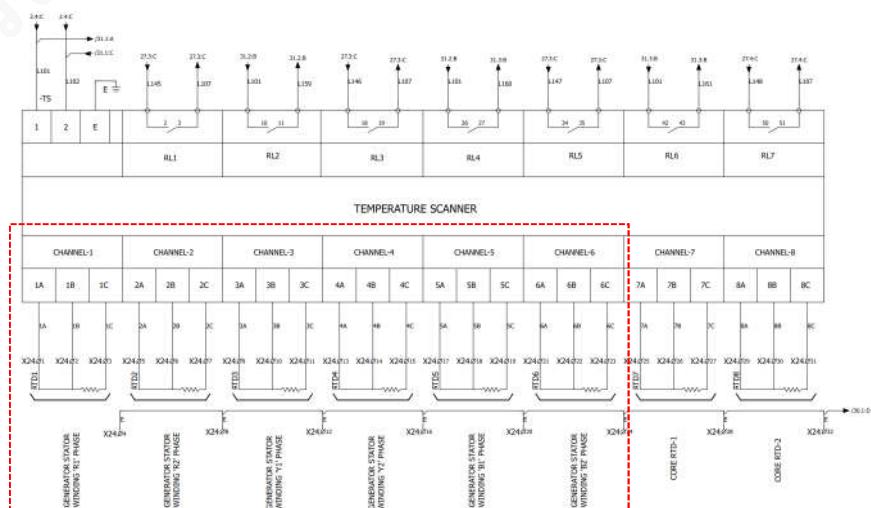
[https://nishi.com.br/en/sensors-and-winding-temperature/#iLightbox\[gallery768\]/0](https://nishi.com.br/en/sensors-and-winding-temperature/#iLightbox[gallery768]/0)

55

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบแสดงผลค่าอุณหภูมิของขดลวดอาเมเจอร์

ข้อมูลจาก RTD ที่วัดค่าอุณหภูมิของชุดลวด จะส่งไปยัง Temperature Scanner เพื่อรับค่าแล้วแปลงเป็นค่าอุณหภูมิ

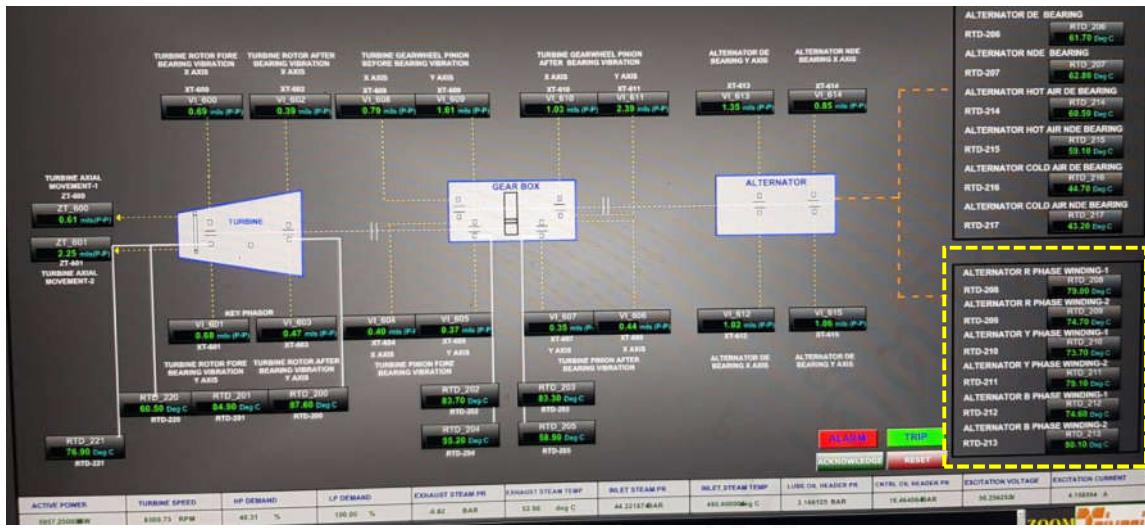


56

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ระบบแสดงผลค่าอุณหภูมิของขดลวดอาเมเจอร์

ค่าอุณหภูมิจาก Temperature Scanner สามารถส่งค่าไปยังหน้าจอ DCS เพื่อสะดวกในการติดตามแนวโน้ม



57

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

6. โรเตอร์ (Rotor) คือ อุปกรณ์ส่วนที่หมุนได้ ขึ้นรูปผลิตเป็นเพลาขนาดใหญ่ ซึ่งจะมีการพันขดลวดเอาไว้
 - เครื่องกำเนิดฯ ขนาดเล็ก จะพันขดลวดอาเมเจอร์ (Armature winding) อยู่บนตัวโรเตอร์ (Rotor)
 - เครื่องกำเนิดฯ ขนาดใหญ่ จะพันขดลวดสนาม (field winding) อยู่บนตัวโรเตอร์ (Rotor) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

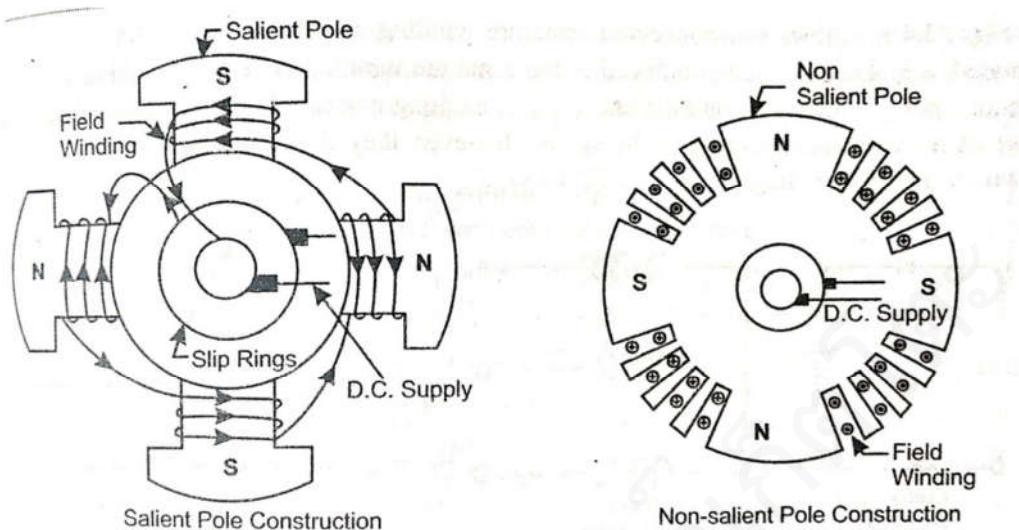
ชนิดของโรเตอร์แบ่งตามรูปร่าง ออกเป็น 2 ชนิด คือ

- ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient pole) โรเตอร์ประเภทนี้ขั้วแม่เหล็กที่ยื่นออกมาจะมีขนาดใหญ่ มีแรงเหนี่ยวแน่นมาก มีจำนวนขั้วตั้งแต่ 4, 6, 8, 10,...16,...24 ขั้ว นิยมใช้กับเครื่องกำเนิดฯ ที่มีความเร็วรอบต่ำและปานกลาง
- ชนิดขั้วแม่เหล็กทรงกระบอกผิวนเรียบ (Cylindrical pole) โรเตอร์ประเภทนี้ออกแบบให้เรียบเพื่อลดแรงหนืดศูนย์ ตัวโรเตอร์จะมีความยาวมากกว่า ส่วนใหญ่มี 2 หรือ 4 ขั้ว นิยมใช้กับเครื่องกำเนิดฯ ที่มีความเร็วรอบสูง

58

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Rotor

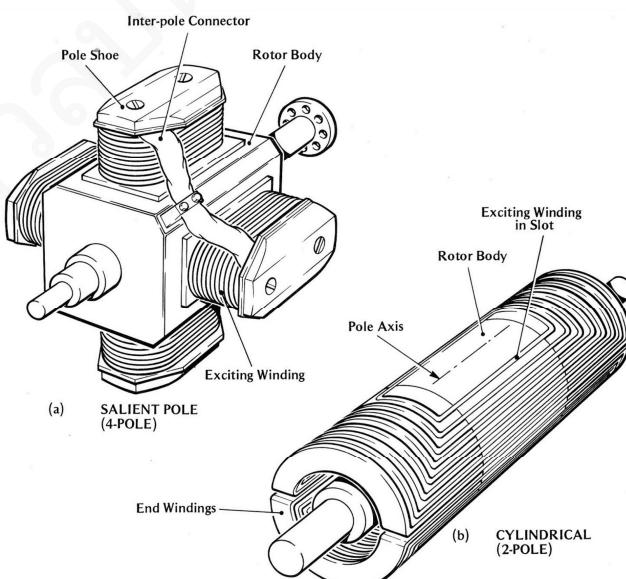


<https://www.linquip.com/blog/difference-between-salient-pole-and-cylindrical-pole/>

59

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Rotor



https://ocw.metu.edu.tr/pluginfile.php/136391/mod_resource/content/1/EE362_week4_synchronous_machines_annotated.pdf

60

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient pole Rotor)

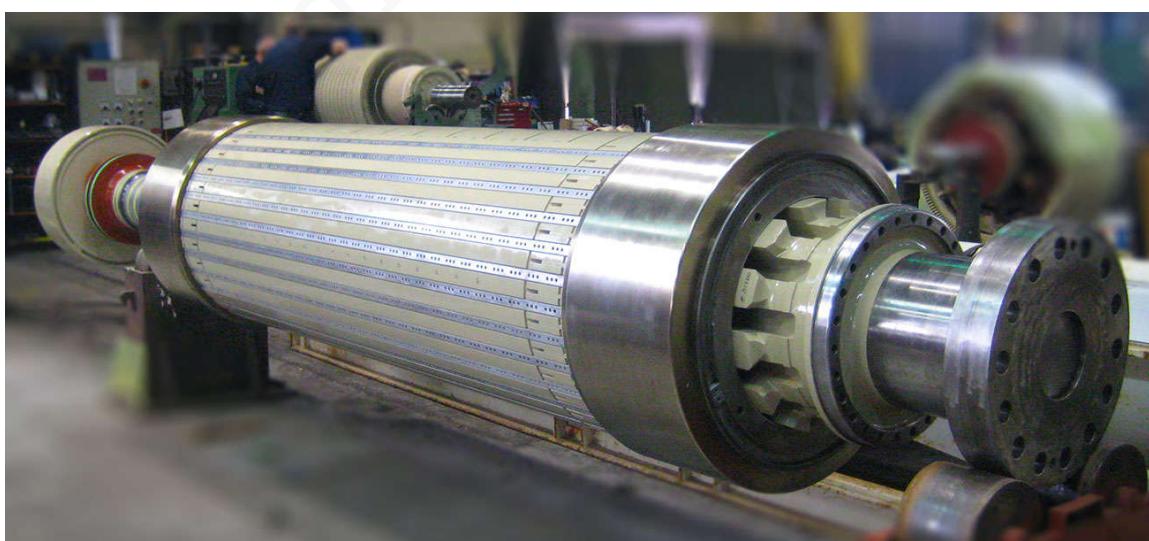


<https://www.flipo-richir.eu/entretien-dun-alternateur-turbine-vapeur-sucrier-de-19-mva/>

61

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชนิดขั้วแม่เหล็กทรงกระบอกผิวเรียบ (Smooth Cylindrical pole Rotor)

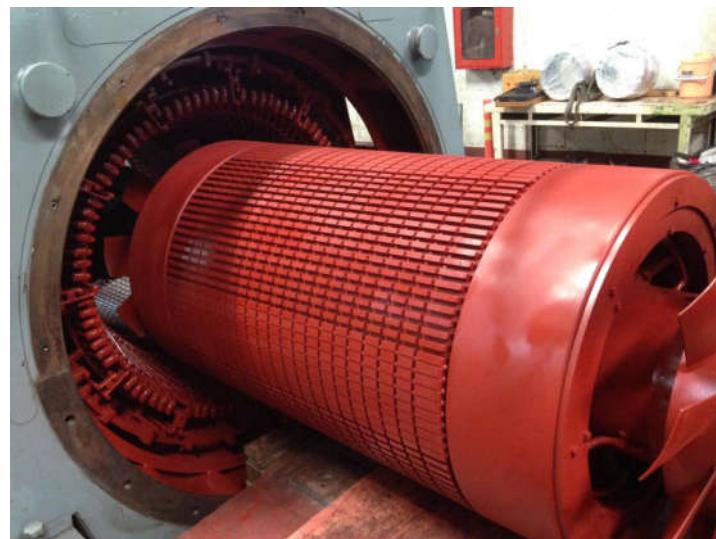


<https://motionelectric.com/ac-synchronous-machines/>

62

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชนิดขั้วแม่เหล็กทรงกระบอกผิวนิ่ม (Smooth Cylindrical pole Rotor)

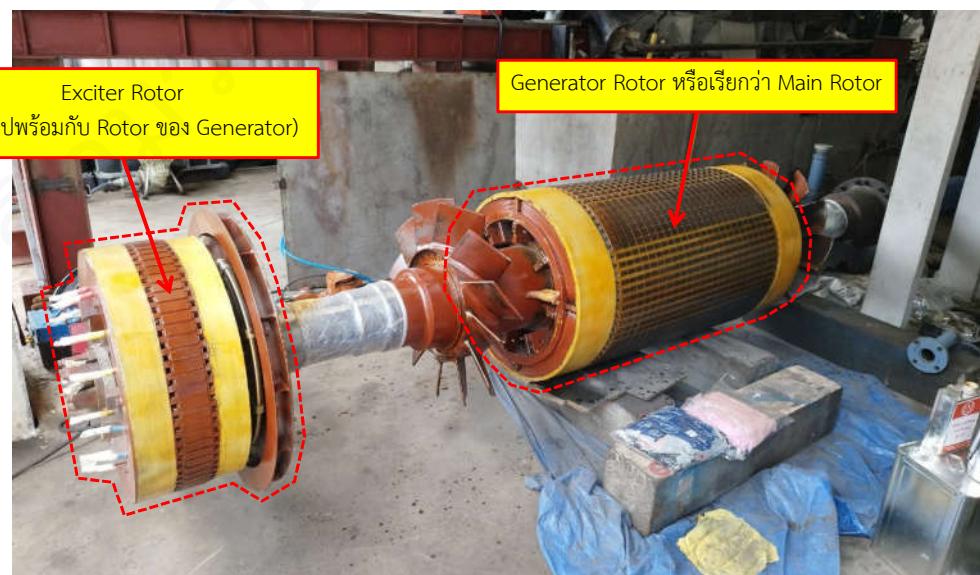


<https://www.facebook.com/photo/?fbid=1781887648717365&set=a.1781549508751179>

63

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชนิดขั้วแม่เหล็กทรงกระบอกผิวนิ่ม (Smooth Cylindrical pole Rotor)



64

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ชุดลวดสนามที่พันบน Smooth Cylindrical pole Rotor



<https://www.youtube.com/watch?v=hnne3Sm-5jU>

65

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

7. ระบบกระตุ้น (Excitation system) ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับชุดลวดสนาม (Field winding) เพื่อกระตุ้นให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าบน Rotor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ในส่วนของระบบกระตุ้นนั้นจะทำงานร่วมกับอุปกรณ์ที่ชื่อว่า AVR (Automatic Voltage Regulator) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขั้วของเครื่องกำเนิด (Terminal Voltage) โดยการปรับกระแสกระตุ้นให้กับชุดลวดสนามโดยเพิ่มหรือลดค่าของกระแสกระตุ้น (Field current) ระบบกระตุ้นคร่าวๆ มี 2 ลักษณะ

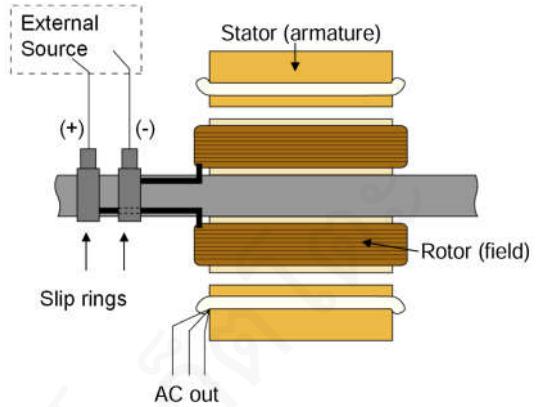
- แบบใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงจากภายนอก
- แบบใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงจากการกระตุ้นด้วยตัวเอง (Self Exciter)

66

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Excitation system

- แบบใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงจากภายนอกผ่านแปรงถ่าน
 - จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ขาดลวดสนาม (Field winding) ผ่านแปรงถ่าน (Brush) ที่สัมผัสถักบางหวาน Slip ring
 - ไฟฟ้ากระแสตรงที่เกิดขึ้นจะส่งจ่ายไปยังขาดลวดสนามที่อยู่บน Rotor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก



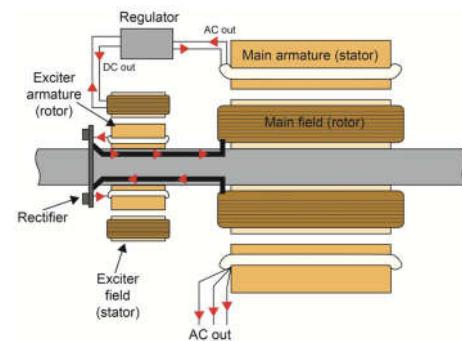
ที่มา chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://r5.ieee.org/houston/wp-content/uploads/sites/32/2016/10/2016-09-27-2-Generator-Basics-1.pdf

67

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Excitation system

- แบบใช้แหล่งจ่ายกระแสตรงจากการกระตุ้นด้วยตัวเองจากภายใน (ไม่ผ่านแปรงถ่าน : Brushless)
 - จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ขาดลวดสนามที่อยู่บน Stator ของ Exciter เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งคราวที่ขาดลวดบน Stator ของ Exciter
 - เกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส ขึ้นในขาดลวดสร้างไฟฟ้ากระแสสลับที่อยู่บน Rotor ของ Exciter
 - วงจร Bridge rectifier diode ที่อยู่บน Rotor ของ Exciter จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสที่เกิดขึ้นจากข้อ 2. ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง
 - ไฟฟ้ากระแสตรงที่เกิดขึ้นจากข้อ 3. จะส่งจ่ายไปยังขาดลวดสนามที่อยู่บน Rotor ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Main field winding) เพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก



ที่มา chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://r5.ieee.org/houston/wp-content/uploads/sites/32/2016/10/2016-09-27-2-Generator-Basics-1.pdf

68

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

Exciter



69

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

Exciter



70

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

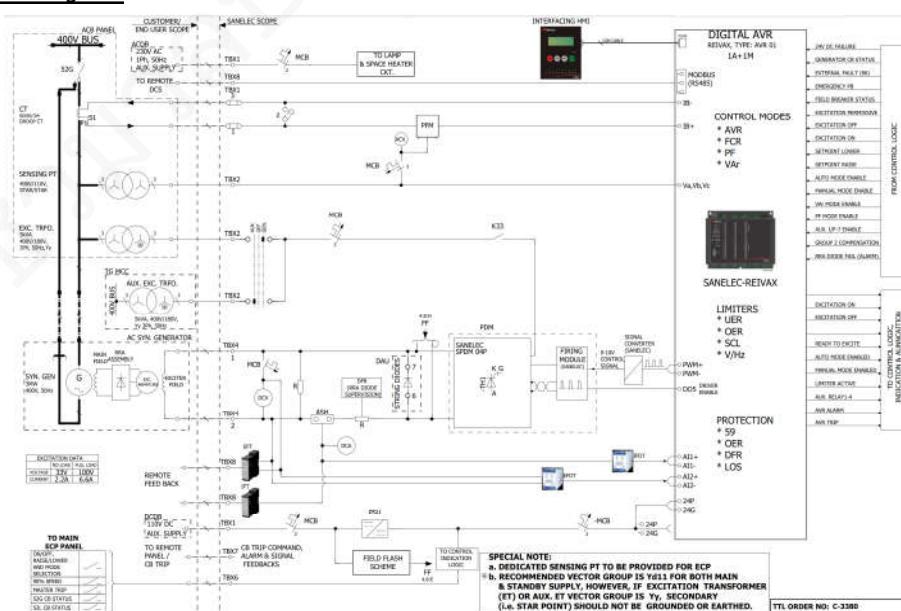
ตัวอย่าง Exciter



71

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

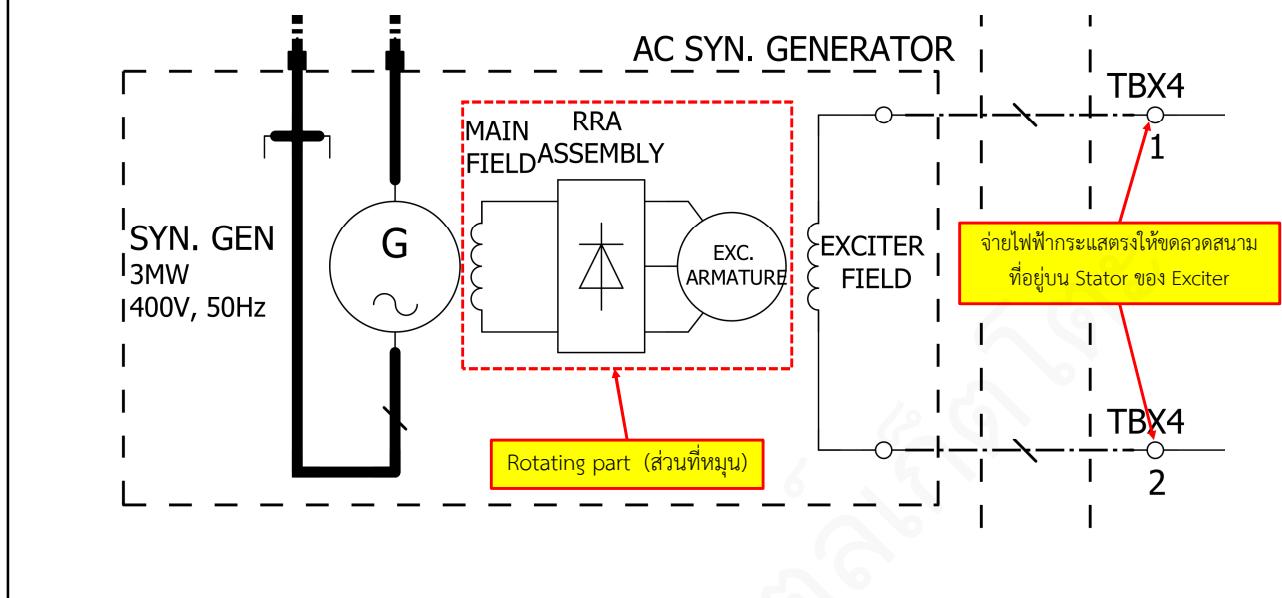
Generator block diagram



72

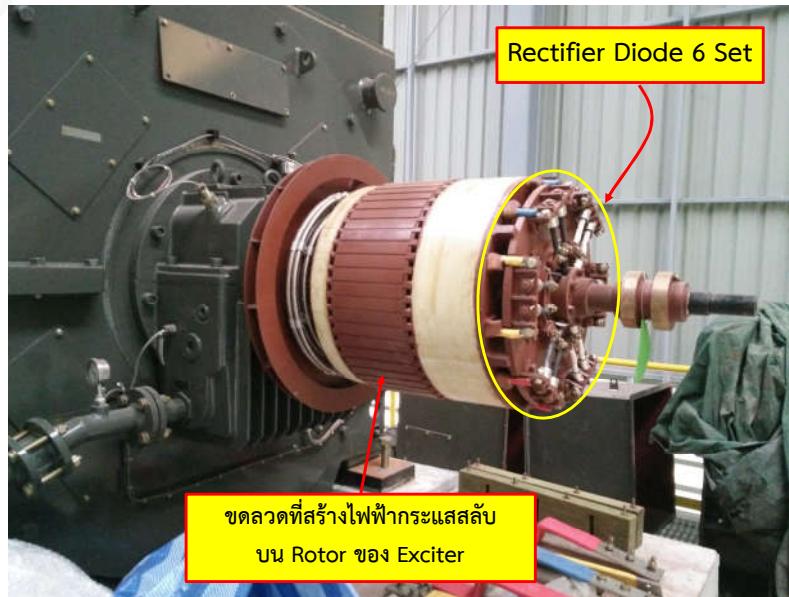
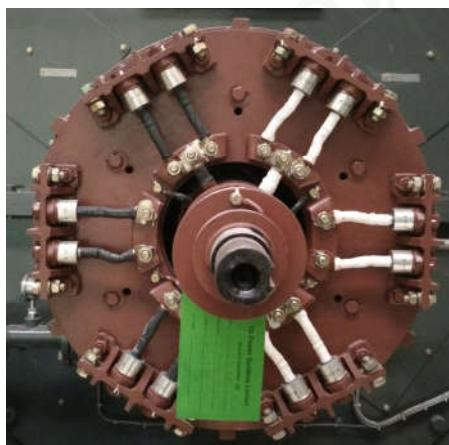
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator block diagram

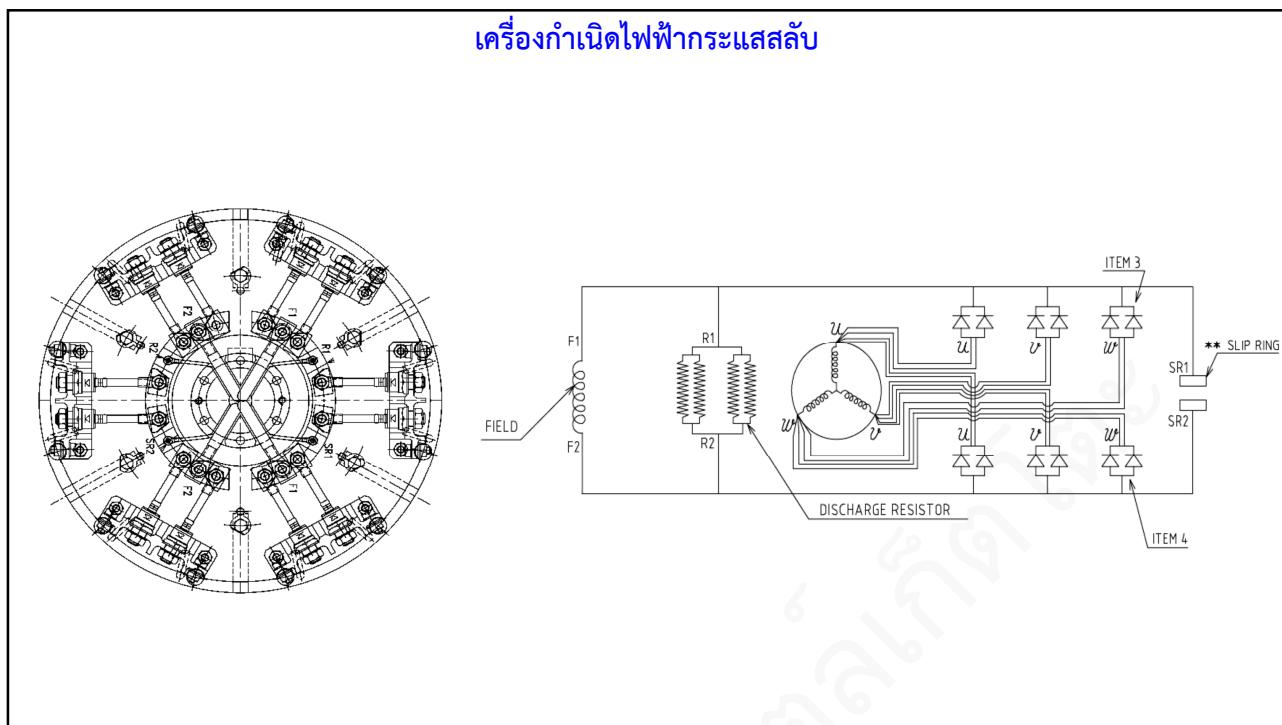


73

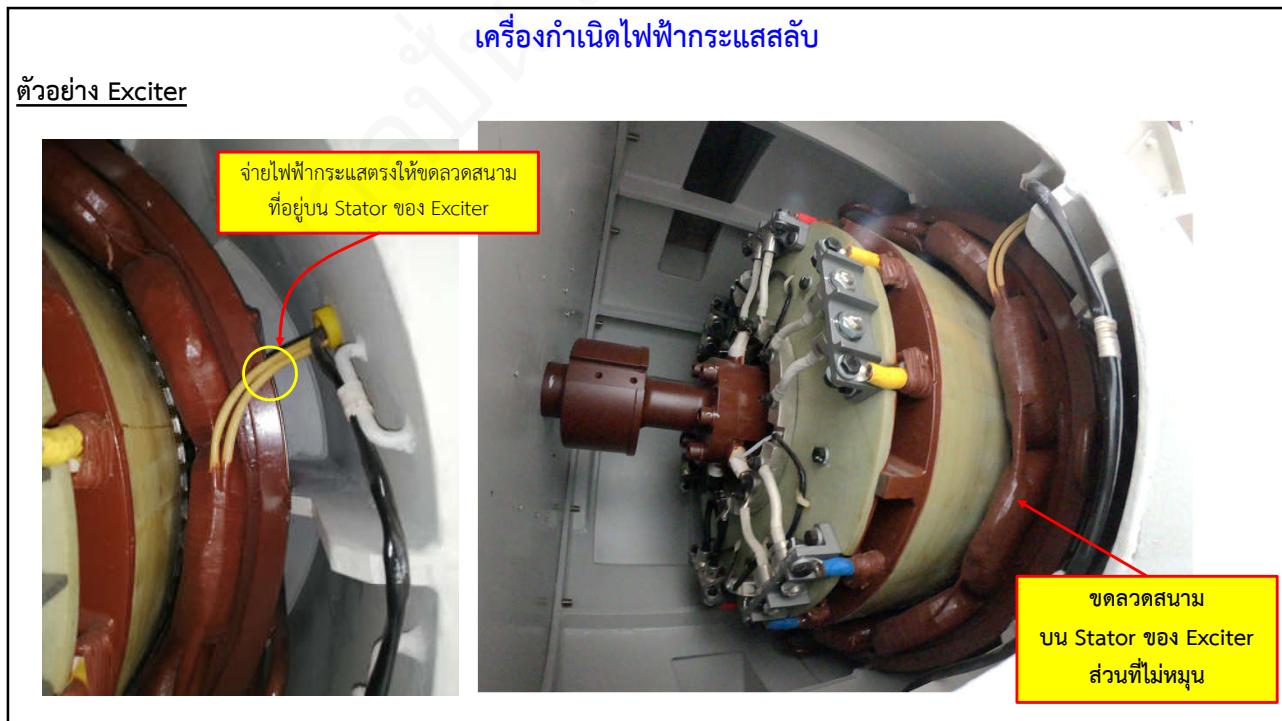
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



74



75



76

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

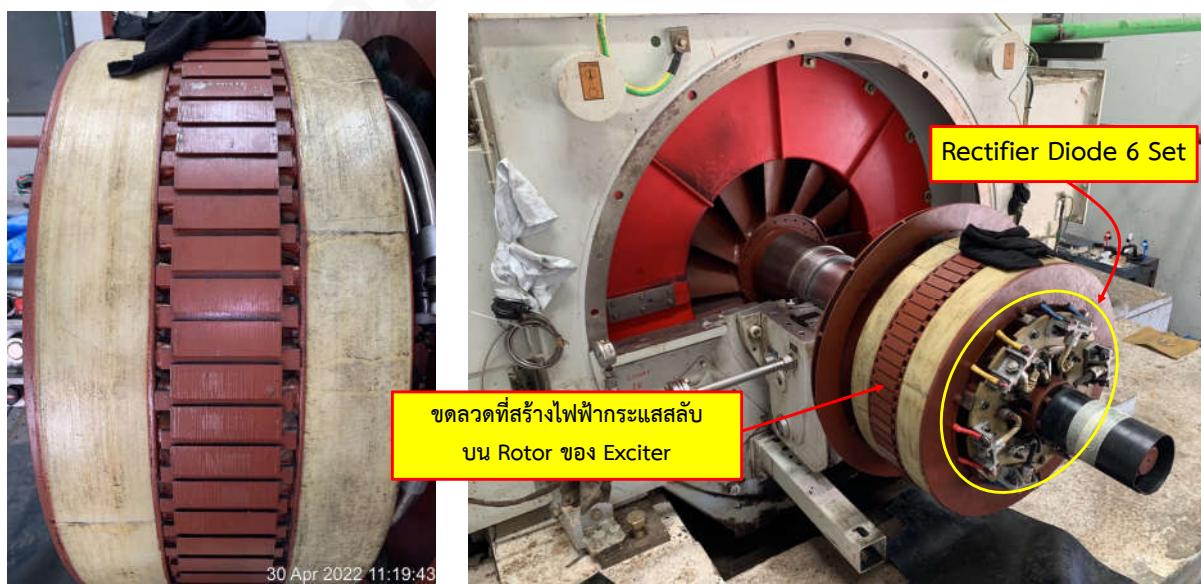
ตัวอย่าง Exciter



77

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

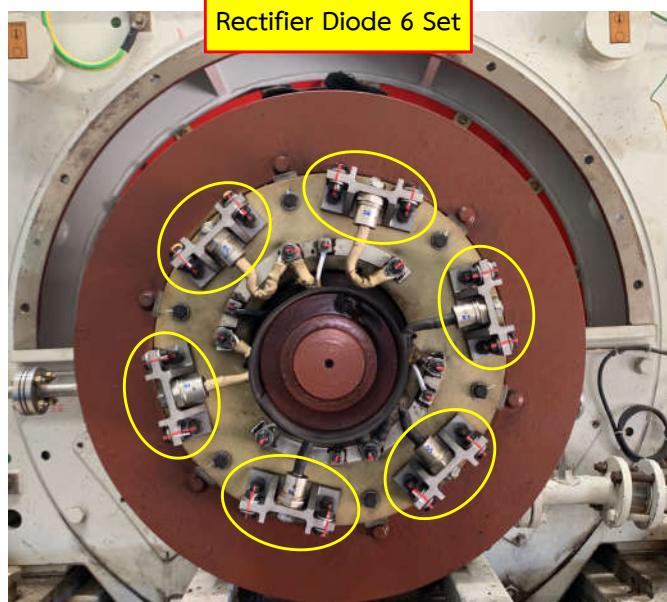


78

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

Rectifier Diode 6 Set



79

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

Exciter Rotor

ชุดลวดสนาม
บน Stator ของ Exciter

6 ก.ย. 2022 12:03:26

80

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter



81

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter



82

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter



Rectifier Diode 6 Set

83

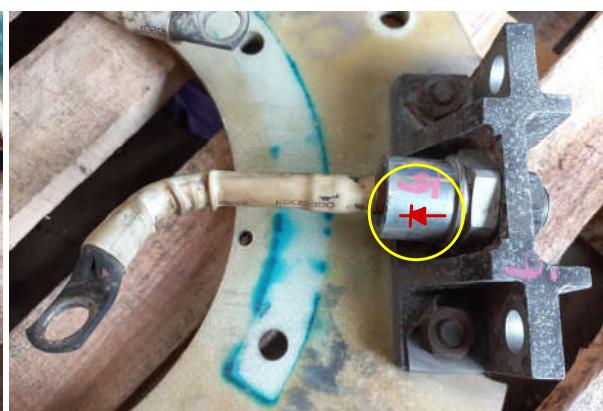
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Exciter

Rectifier Diode



Diode ฝั่งที่รับไฟฟ้ากระแสสลับ (ช่วงครึ่งคลื่นฝั่งลบ)



Diode ฝั่งที่รับไฟฟ้ากระแสสลับ (ช่วงครึ่งคลื่นฝั่งบวก)

84

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

8. ตลับลูกปืน (Bearing) ทำหน้าที่รองรับเพลา (Journal) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีติดตั้ง 2 จุด

- ด้านหน้า (Front) หรือฝั่ง Drive End (DE)
- ด้านหลัง (Rear) หรือฝั่ง Non-Drive End (NDE)

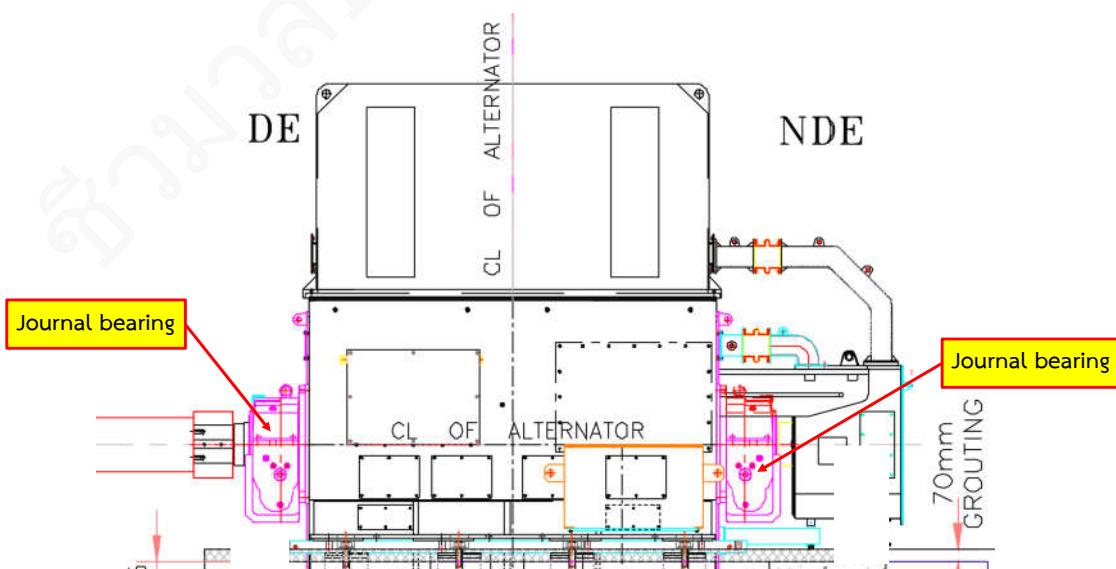
ตลับลูกปืนจะรับแรงที่กระทำกับเพลาแนวราบมี (Radial) ตลับลูกปืนจะติดตั้งกับตัวเรือน (Bearing housing) ซึ่งจะต่อ กับท่อน้ำมันหล่อลื่น เพื่อให้น้ำมันไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา

** น้ำมันหล่อลื่นจะใช้ชื่อน้ำมันชนิดเดียวกับที่ใช้กับกังหันไอน้ำ (ตามที่ระบุบน Name plate)

85

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

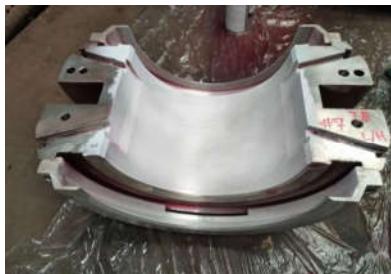
Journal bearing



86

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสัม�ลับ

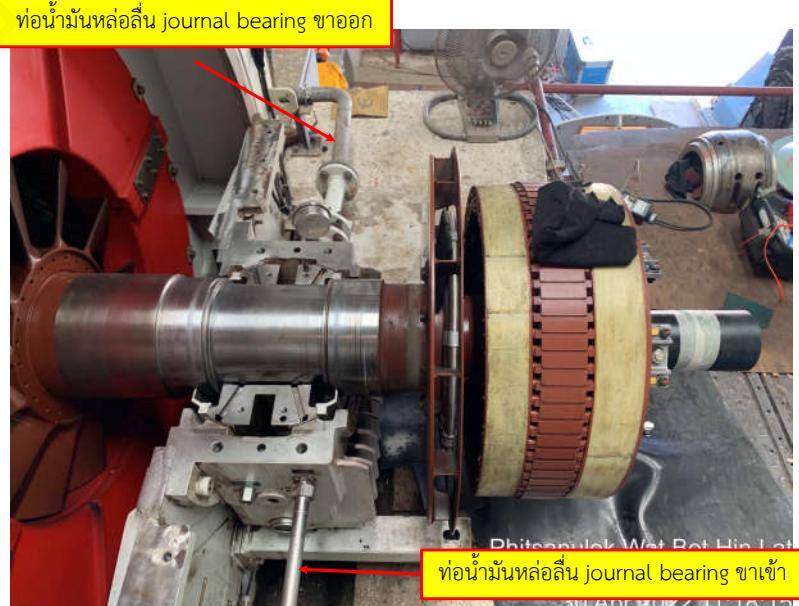
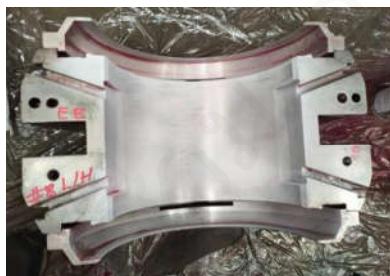
Journal bearing



87

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสัมพลับ

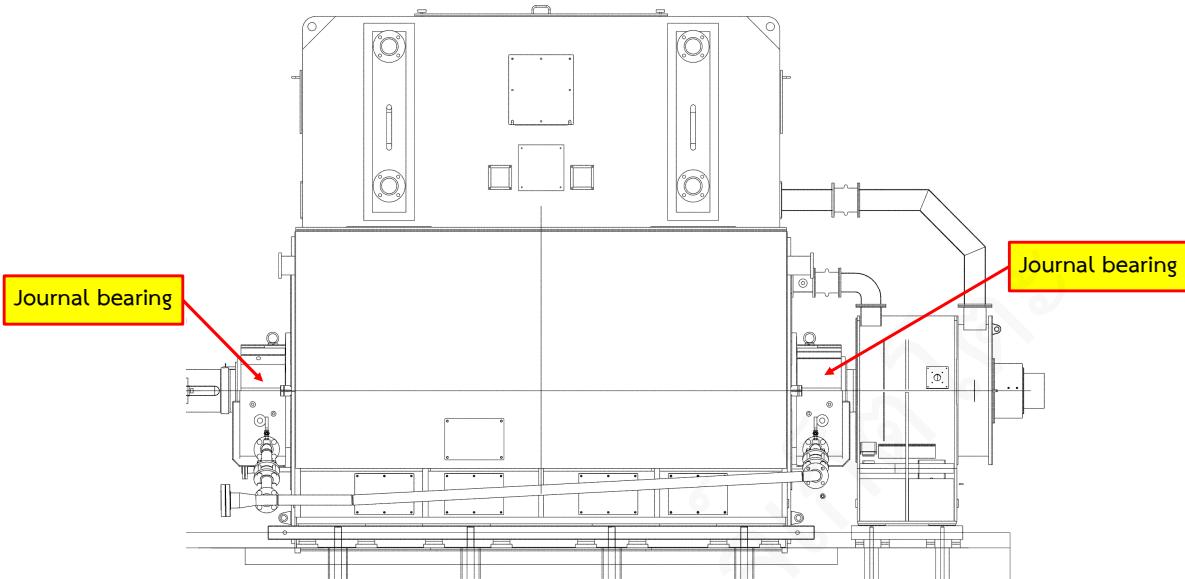
Journal bearing



88

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

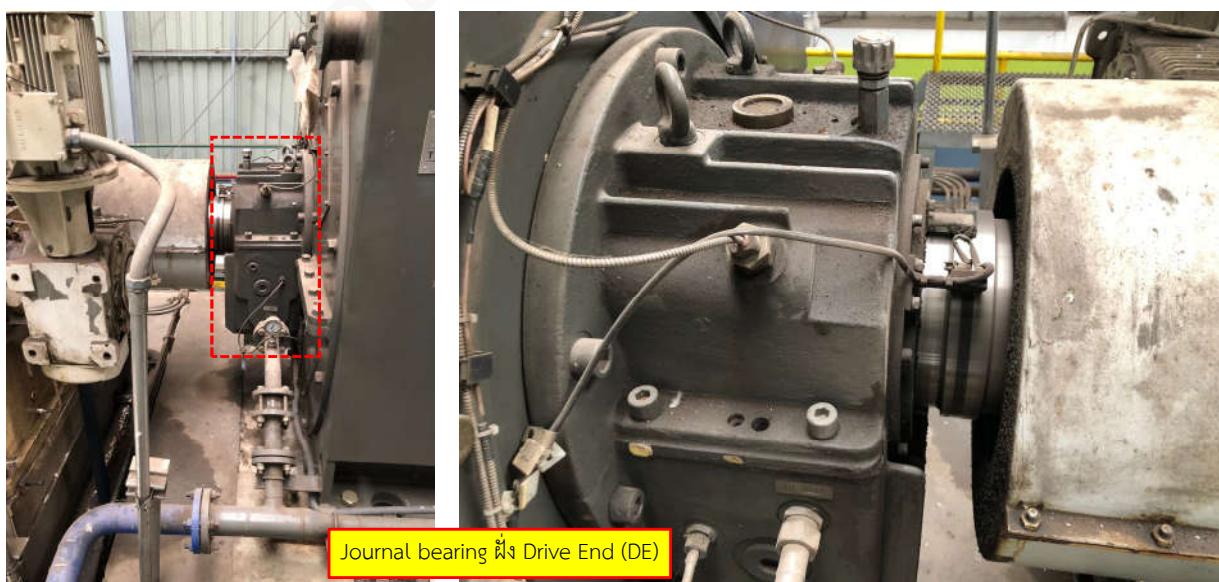
Journal bearing



89

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

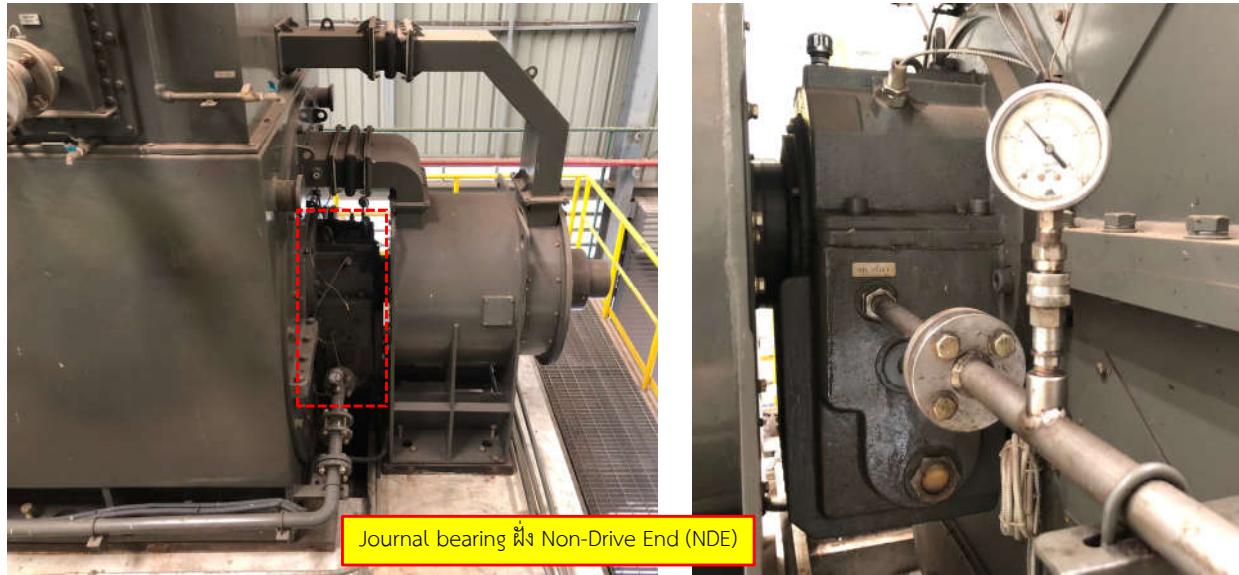
Journal bearing



90

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

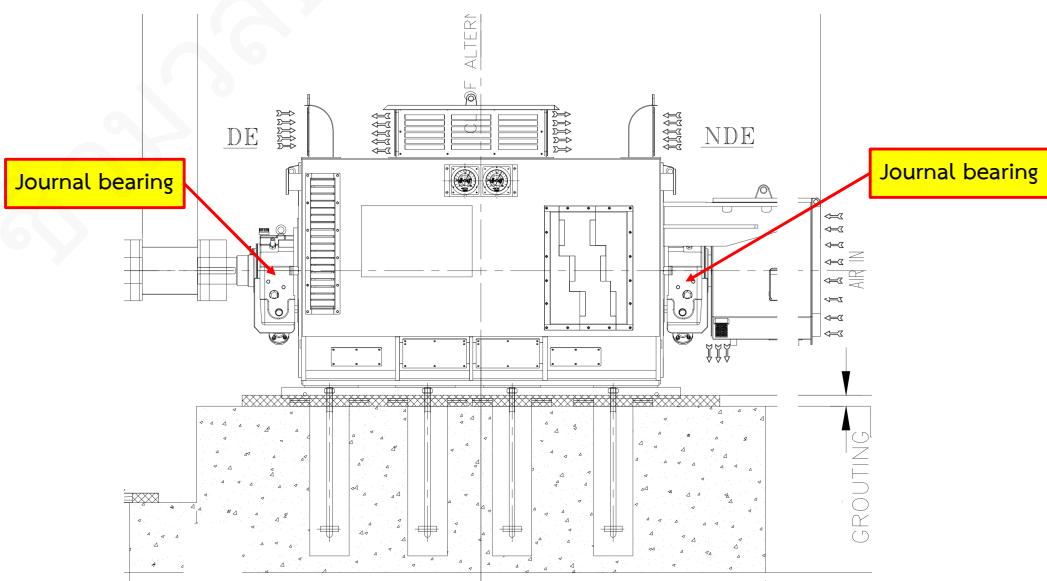
Journal bearing



91

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Journal bearing



92

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

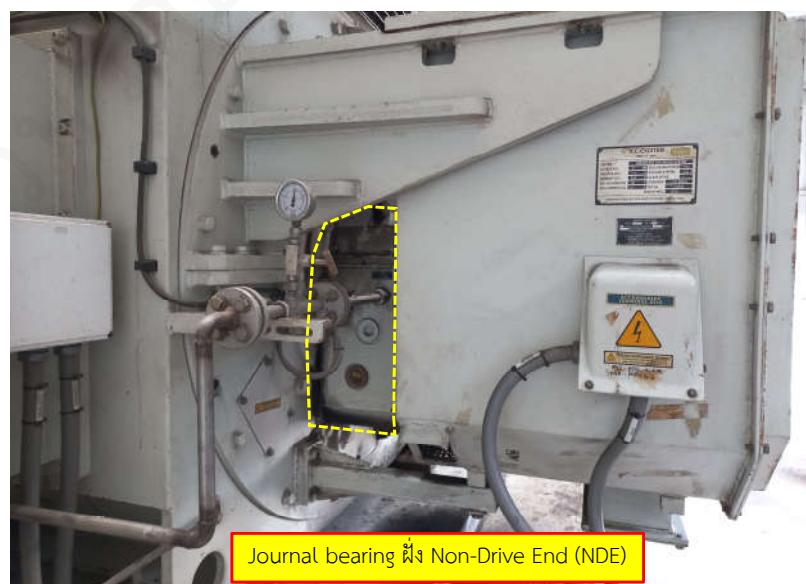
Journal bearing



93

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

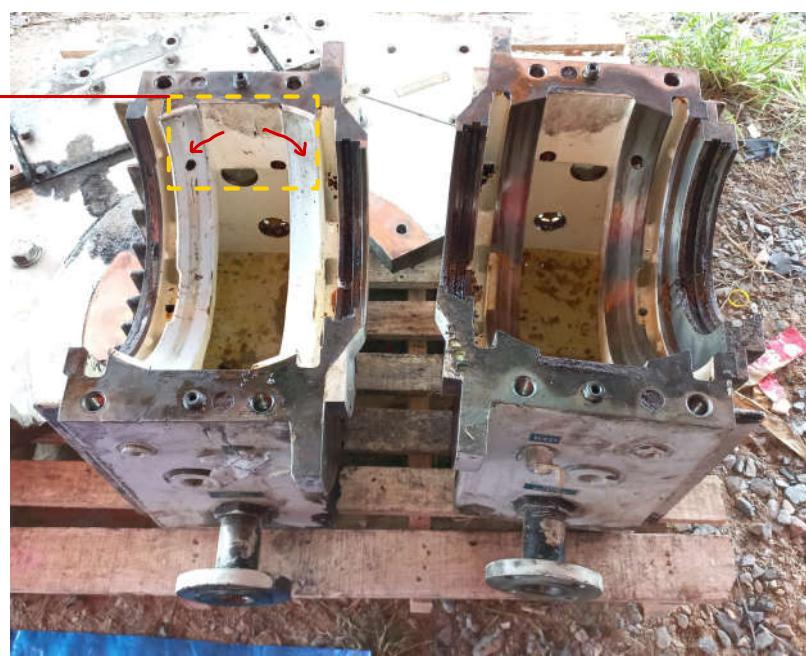
Journal bearing



94

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

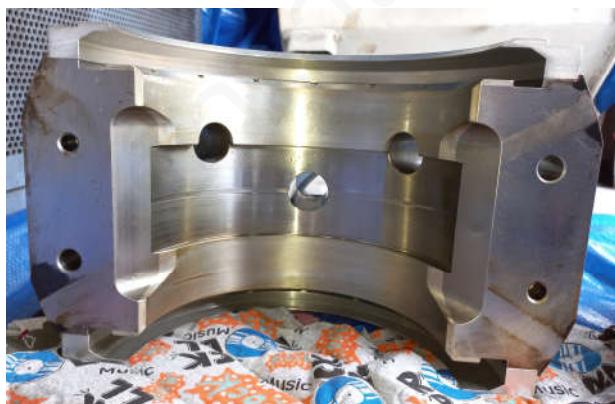
Journal bearing



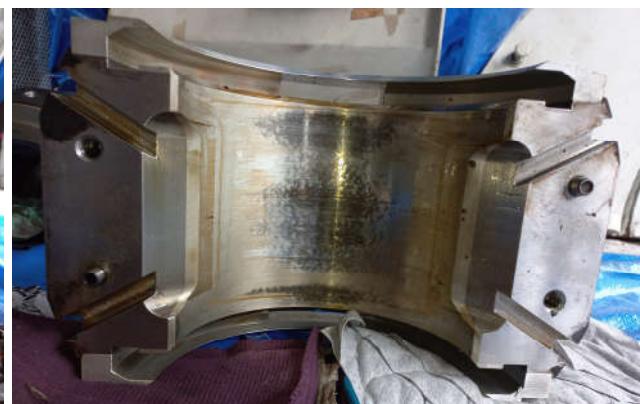
95

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Journal bearing



Journal Bearing (Upper Half)



Journal Bearing (Lower half)

96

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

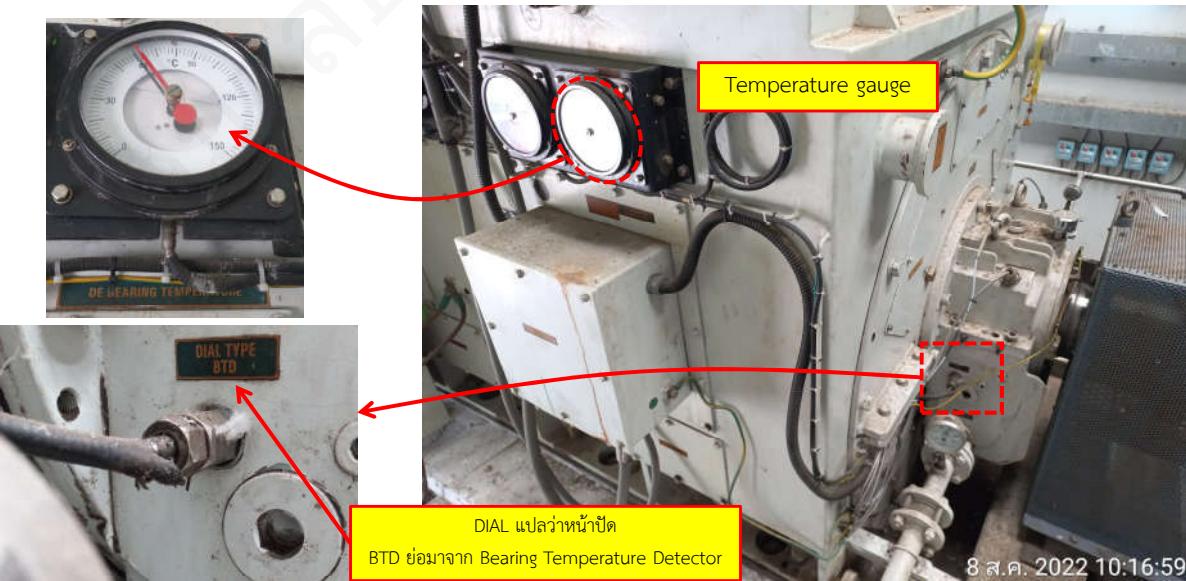
9. เครื่องวัดที่ตลับลูกปืน ทำหน้าที่วัดเพื่อแสดงผลของการวัดให้ผู้ปฏิบัติงานทราบค่าในปัจจุบันเพื่อติดตามแนวโน้มต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น

- เครื่องวัดอุณหภูมิของลูกปืน (Bearing Temperature) มีทั้งแบบเข็มที่อ่านค่าได้เลย หรือแบบที่ใช้เซ็นเซอร์วัดค่าอุณหภูมิประเภท RTD (Resistance Temperature Detector) เพื่อวัดแล้วส่งค่าที่ได้ไปประมวลผลและแสดงผลให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ
- เครื่องวัดการลั่นสะเทือนของลูกปืน (Bearing Vibration) * สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็กๆ อาจจะไม่มีติดตั้งอุปกรณ์นี้

97

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

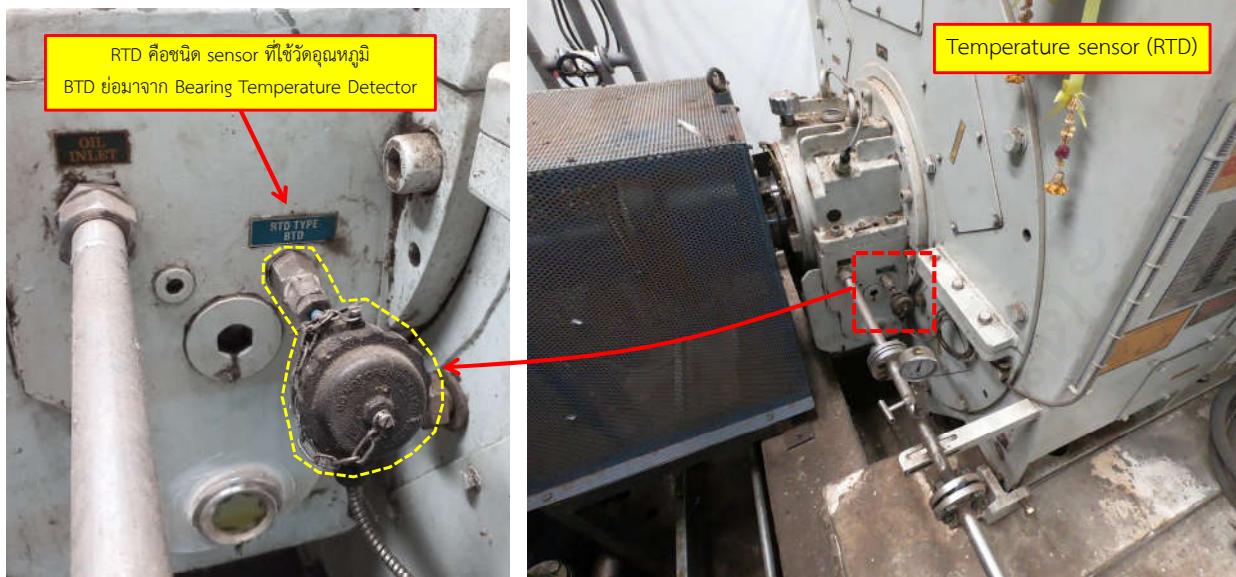
Bearing Temperature



98

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

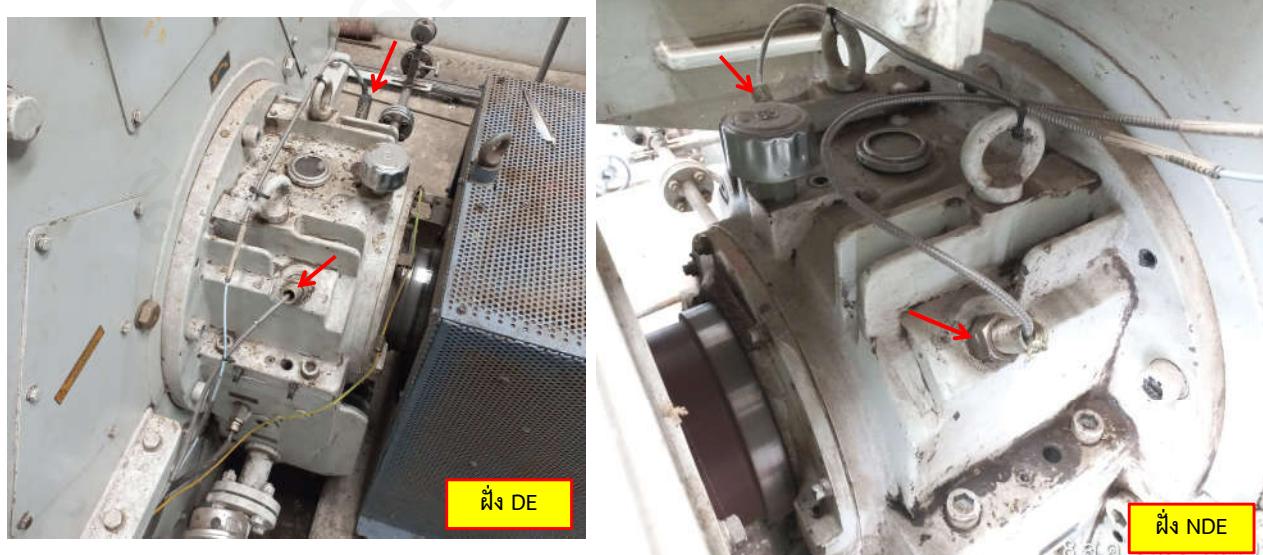
Bearing Temperature



99

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

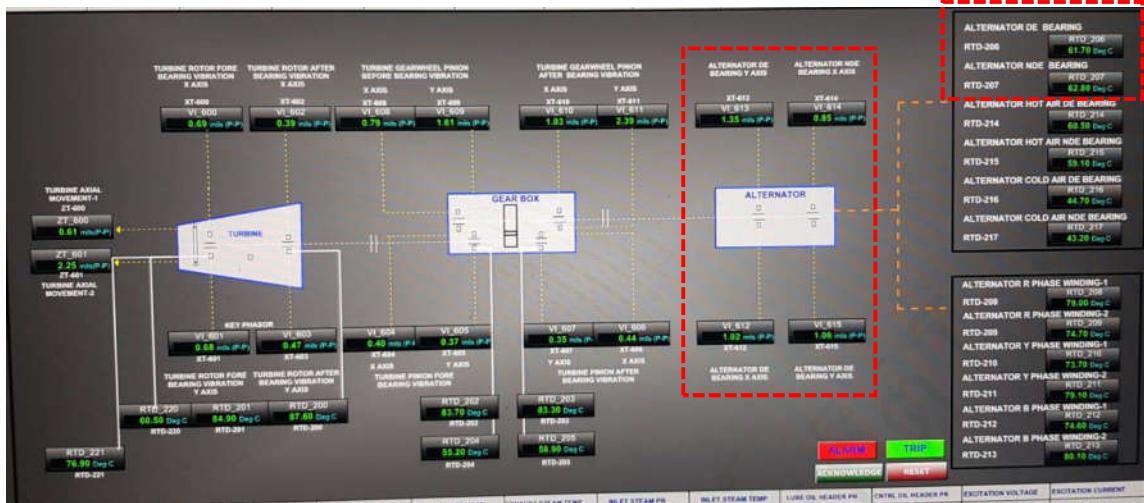
Bearing Vibration



100

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

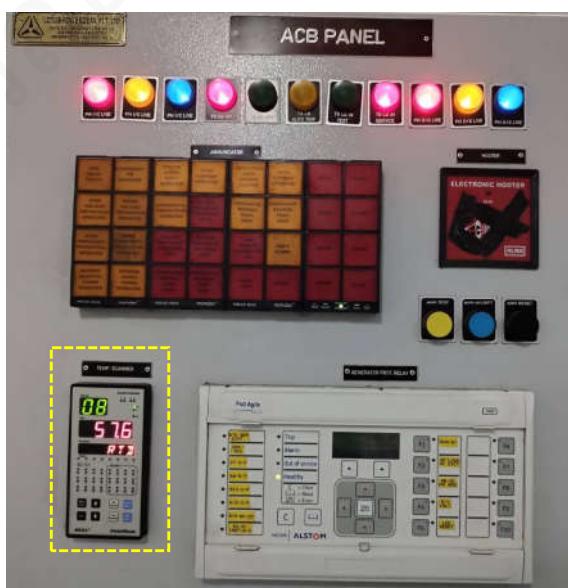
ระบบแสดงผลค่า Bearing Vibration & Bearing Temperature



101

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

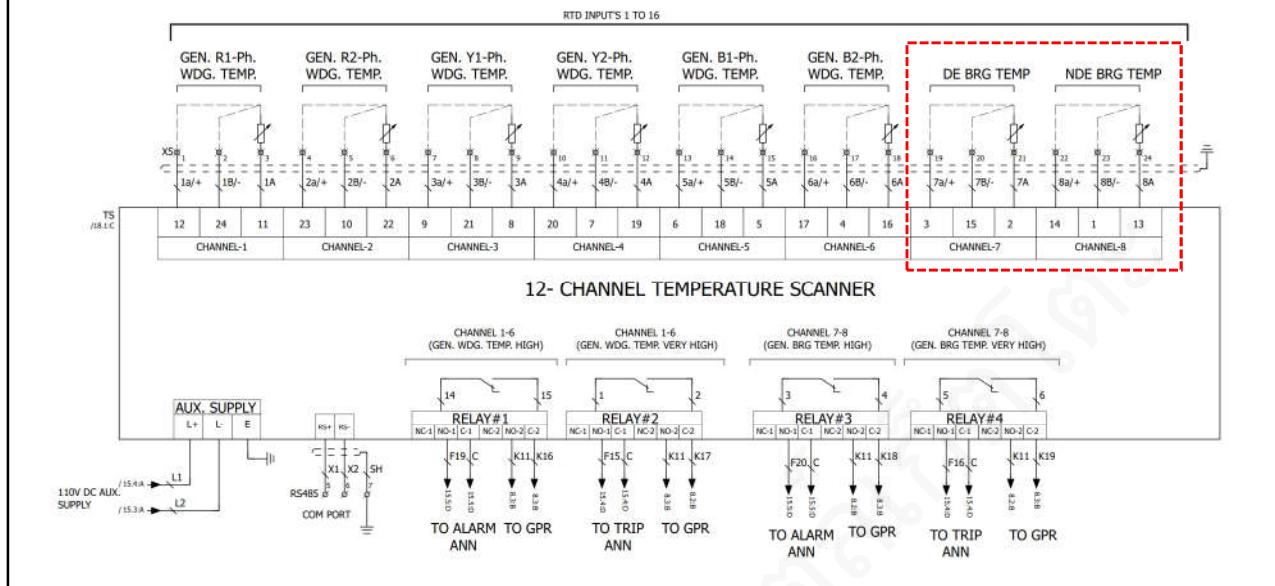
Temperature scanner



102

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

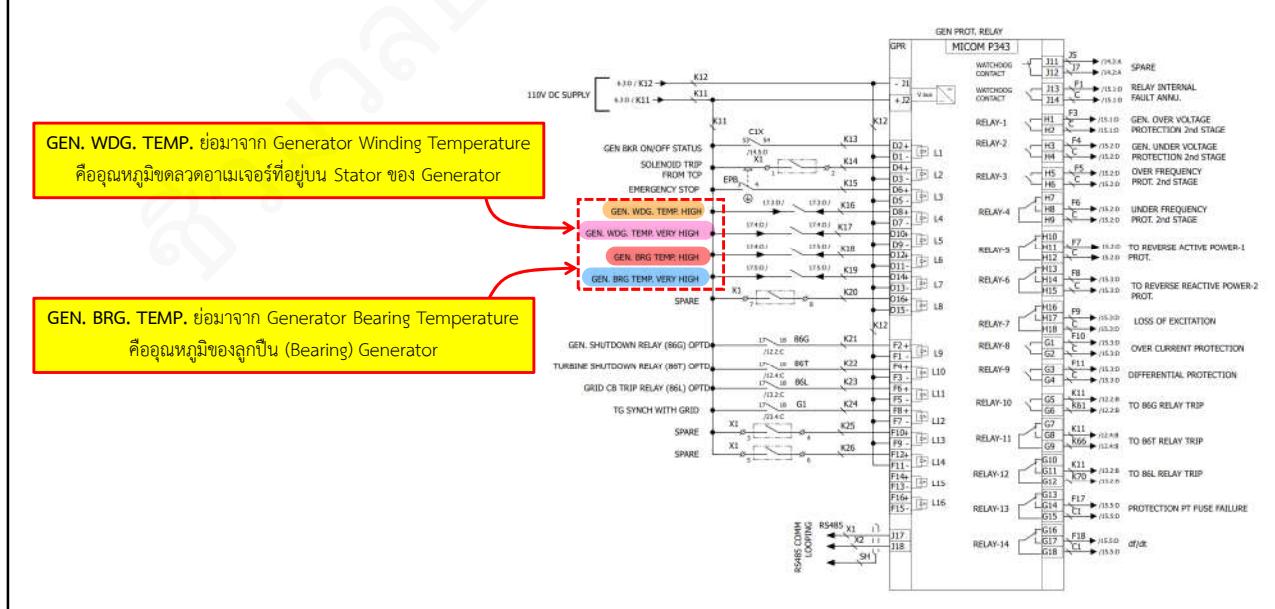
Temperature scanner ใช้รับข้อมูลจาก RTD ที่วัดตรง Bearing



103

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การส่งสัญญาณจาก Temperature Scanner ไปยังอุปกรณ์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



104

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

10. ระบบหล่อเย็น ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ตามหลักการของเครื่องกำเนิดฯ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้า ให้แก่ขดลวดสนามที่อยู่บนโรเตอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กบนโรเตอร์ เมื่อโรเตอร์หมุน (สนามแม่เหล็กจะหมุนตัดขดลวด) จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะไหลผ่านขดลวดตัวนำ (Armature winding) กระแสไฟฟ้าเหล่านั้นจะมีผลทำให้อุณหภูมิของขดลวดสูงขึ้นตามปริมาณกระแสที่ไหลและค่าความต้านทานในขดลวดนั้นซึ่งหากอุณหภูมิสูงเกินก็จะส่งผลเสียกับความเป็นจนวนของขดลวด จนอาจทำให้เกิดการลัดวงจรที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

การระบายความร้อนทำได้หลายลักษณะแตกต่างตามพิกัดของเครื่อง เช่น

- ระบายความร้อนด้วยอากาศ (กลุ่มโรงไฟฟ้า VSPP นิยมใช้)
- ระบายความร้อนด้วยน้ำ
- ระบายความร้อนด้วยแก๊สไฮโดรเจน

105

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การระบายความร้อนด้วยอากาศ

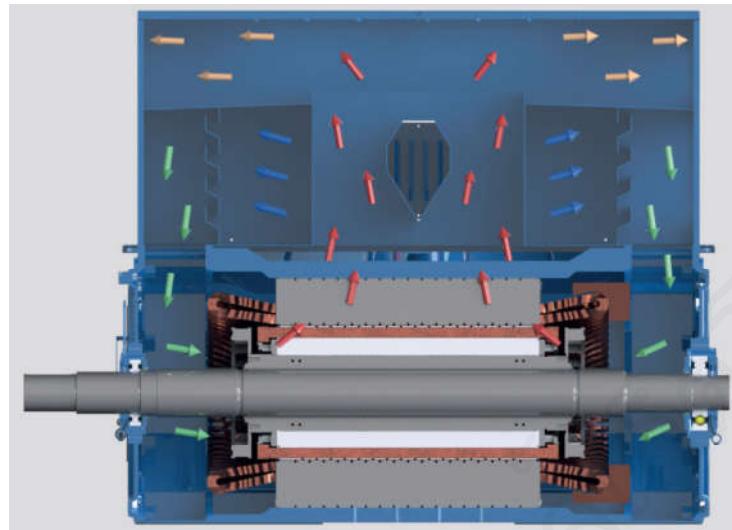
แบ่งเป็น 2 แบบ

1. Open ventilation Air Cool คือการระบายความร้อนอย่างง่ายโดยอาศัยใบพัด (Fan) ที่อยู่บน Rotor ของเครื่องกำเนิดฯ โดยใบพัดจะดูดอากาศจากบริเวณนอก (อากาศที่เย็นกว่า) แล้วเป่าอากาศให้ไหลเวียนผ่านช่องที่อยู่บน Rotor และ Stator ของเครื่องกำเนิดฯ อากาศที่รับความร้อนออกมากแล้วจะระบายออกบริเวณอากาศภายนอก
(ระบบนี้ใช้กับเครื่องกำเนิดฯ โรงไฟฟ้า)
2. Totally Enclosed Water to Air Cooled (TEWAC) คือการระบายความร้อนโดยใช้ใบพัด (Fan) ที่อยู่บน Rotor ของเครื่องกำเนิดฯ ผลักอากาศที่เย็นกว่า ให้ไหลผ่านช่องที่อยู่บน Rotor และ Stator เพื่อให้อากาศไปรับความร้อนออกมาก จากนั้นอากาศร้อนจะไหลผ่านแผงท่อน้ำหล่อเย็น (Water heat exchanger) ที่อยู่ภายในเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศ ระบบนี้อากาศที่ไหลผ่านจะมีลักษณะเป็นระบบปิด (หมุนเวียนอยู่ภายใน)
(ระบบนี้ใช้กับเครื่องกำเนิดฯ โรงไฟฟ้า ,)

106

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบ Open ventilation Air Cool

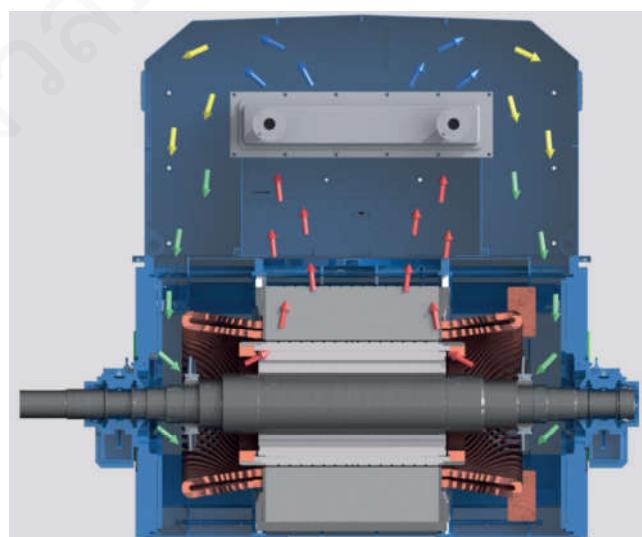


<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h31/h2b/WEG-three-phase-induction-motors-master-line-50019089-brochure-english-dc.pdf>

107

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบ Totally Enclosed Water to Air Cooled (TEWAC)



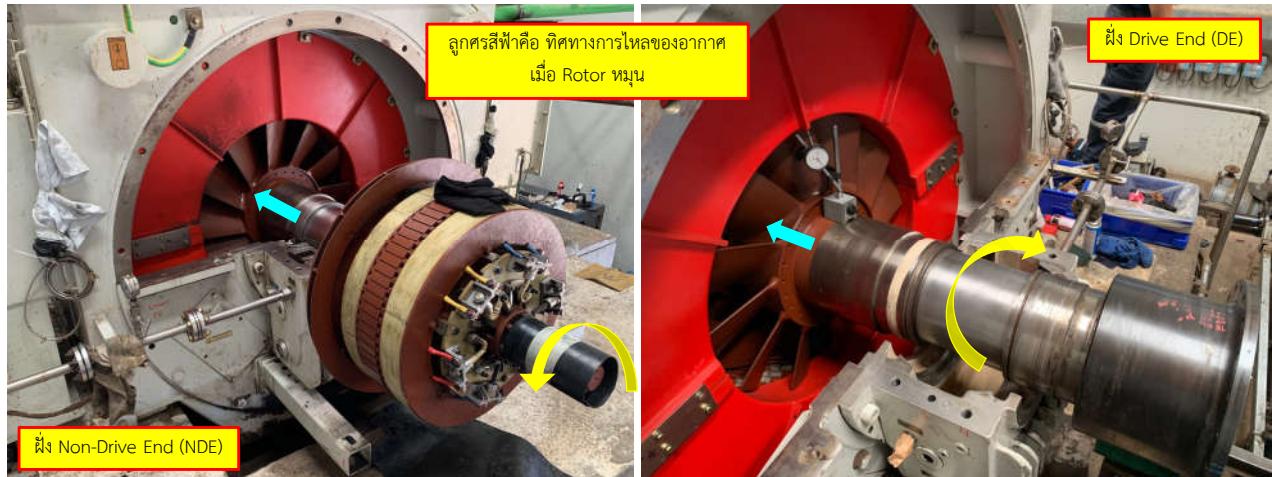
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h31/h2b/WEG-three-phase-induction-motors-master-line-50019089-brochure-english-dc.pdf>

108

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC

บริเวณหัวและท้ายของ Rotor จะมีใบพัดติดตั้งไว้ ชั่งใบพัดทั้ง 2 ฝั่ง จะมีมูของใบแตกต่างกัน



109

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

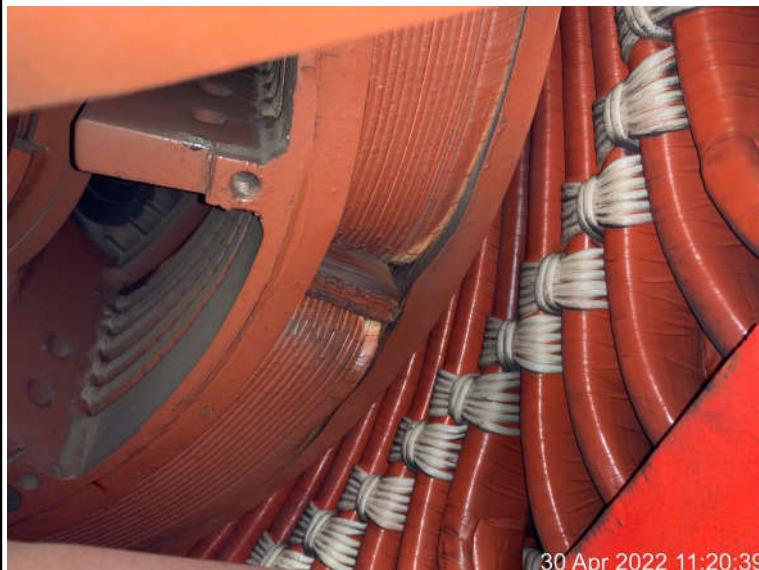
ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



110

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบระบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



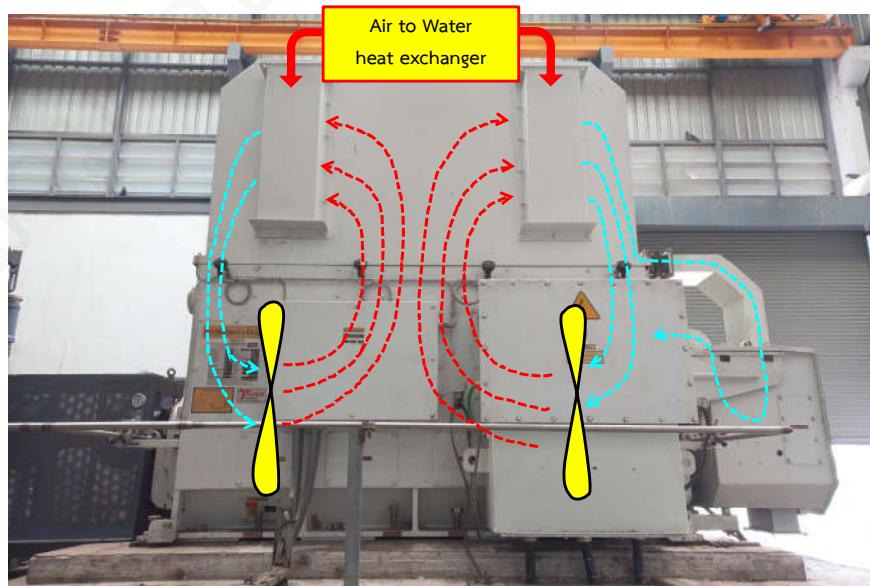
30 Apr 2022 11:20:39

ช่องให้อากาศไหลผ่านเพื่อระบายความร้อน

111

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบระบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



112

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



113

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



114

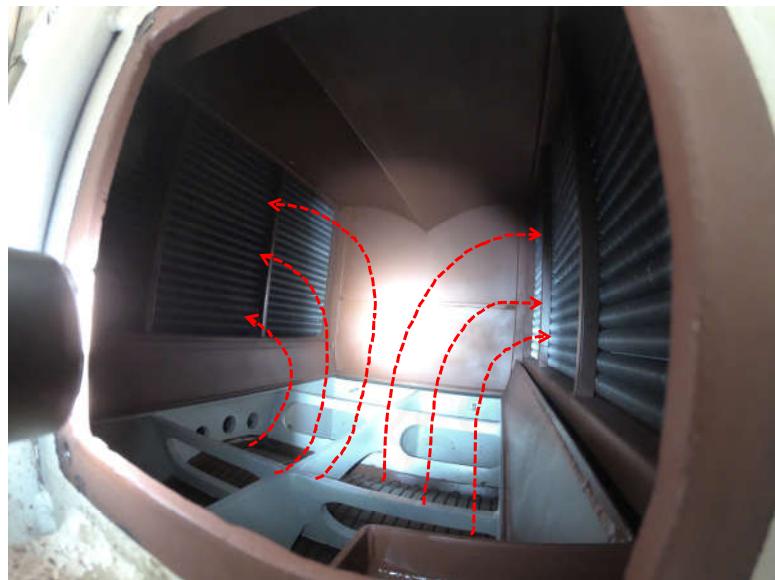
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบระบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC

อากาศเย็นจะรับความร้อนมาจากขดลวดที่อยู่บน Rotor และ Stator ทำให้อากาศร้อนขึ้นและเคลื่อนที่ออกมาร่วมกันตรงกลาง

อากาศร้อนจะถูกเบี่ยงทางบังคับให้เหล่าน้ำปะปัง Water Heat Exchanger เพื่อเอาความร้อนไปทิ้งให้กับน้ำหล่อเย็น

อากาศเย็นจะไหลวนตามการบังคับของพัดลมเพื่อไปเอาความร้อนจาก Rotor และ Stator ออกมานอกเปลี่ยนวนไปเรื่อยๆ



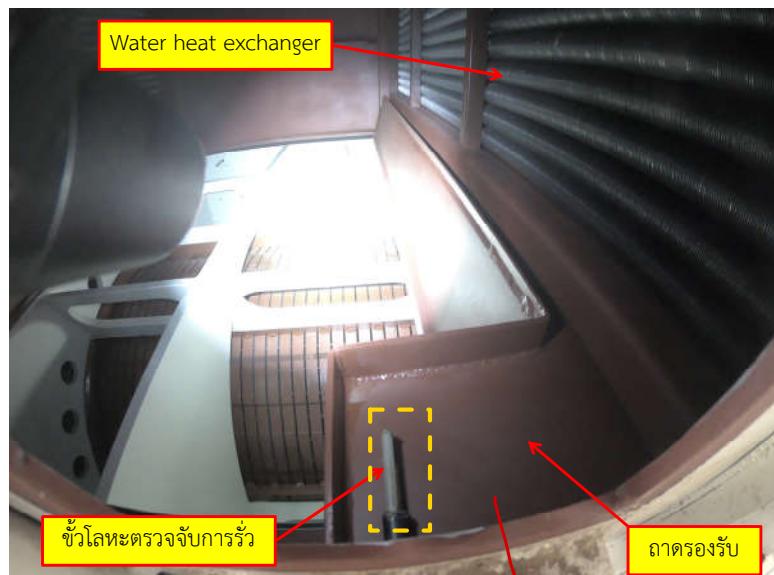
115

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบระบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC

ระบบระบายความร้อนแบบ TEWAC จำเป็นต้องใช้น้ำเพื่อเป็นตัวกลางเอาความร้อนไปทิ้งภายนอก
อาจเกิดกรณีท่อน้ำหล่อเย็นรั่วซึม ซึ่งหากปล่อยไว้จะไม่ปลอดภัยกับ Generator

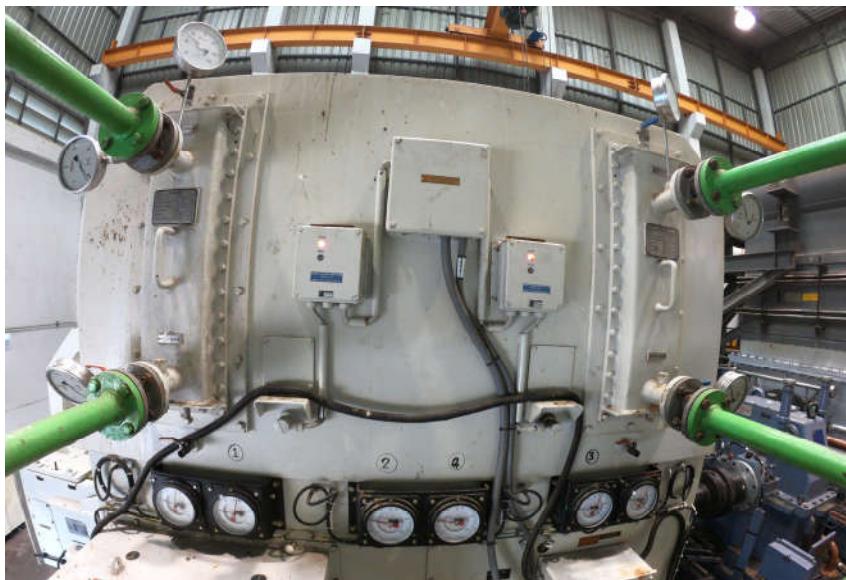
จึงต้องมีมาตรการรองรับกรณีเกิดรั่วทั้งสองฝั่ง และมีการติดตั้งช้อนโลหะเพื่อตรวจจับและต่อวงจรส่งสัญญาณออกไปแจ้งเตือน



116

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC



117

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ TEWAC

เพื่อติดตามค่าอุณหภูมิของอากาศขาเข้าและขาออก Water heat exchanger จะมีการติดเครื่องวัดอุณหภูมิ

ซึ่งมีทั้งแบบ Temperature gauge และใช้ RTD สำหรับวัดค่าเพื่อส่งสัญญาณไปประมวลผลและแสดงผลให้ผู้ปฏิบัติงานทราบ



118

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

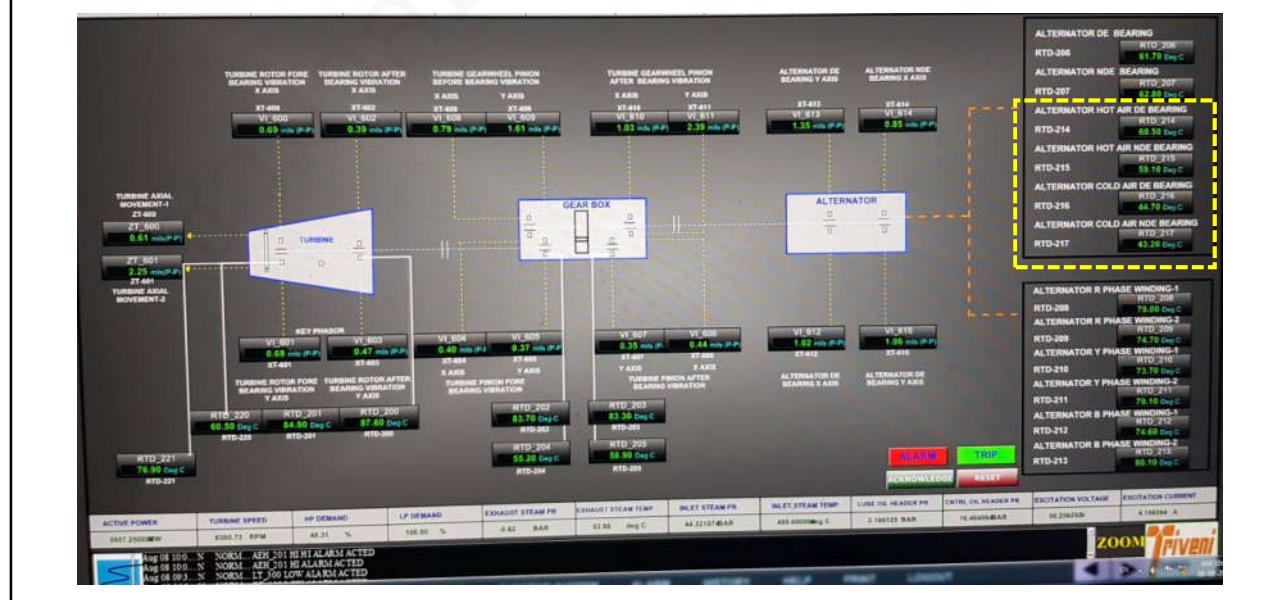
เครื่องวัดประเภท RTD ที่ใช้วัดค่า Air Temperature



119

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

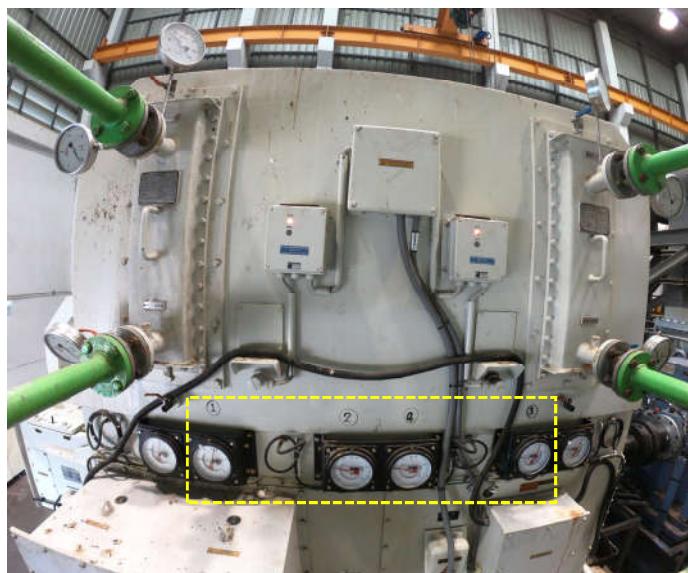
ระบบแสดงผลค่าอุณหภูมิอากาศขาเข้า (COLD Air) และขาออก (Hot Air)



120

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Temperature gauge ที่ใช้แสดงค่า Air Temperature



121

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดโรงไฟฟ้าซึ่งใช้รูปแบบ TEWAC



122

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

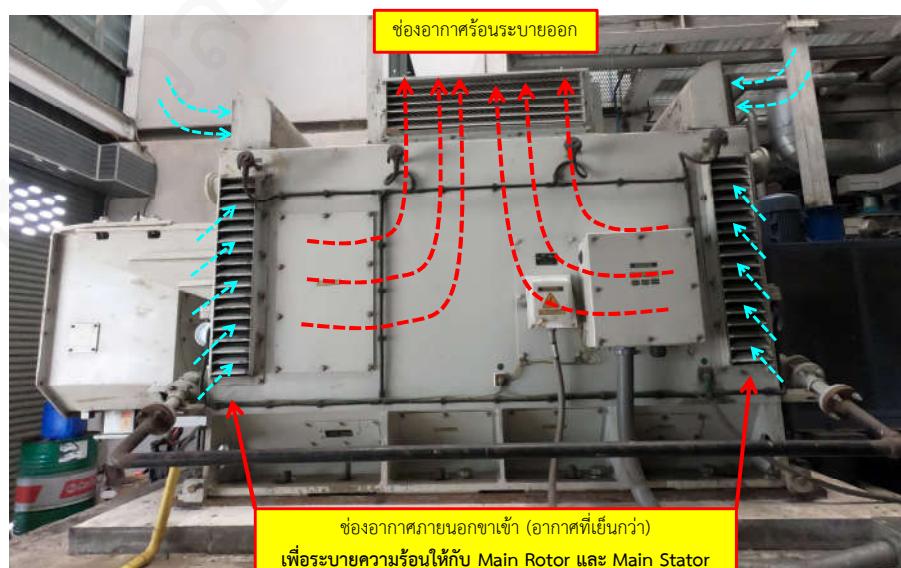
ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งใช้รูปแบบ TEWAC



123

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

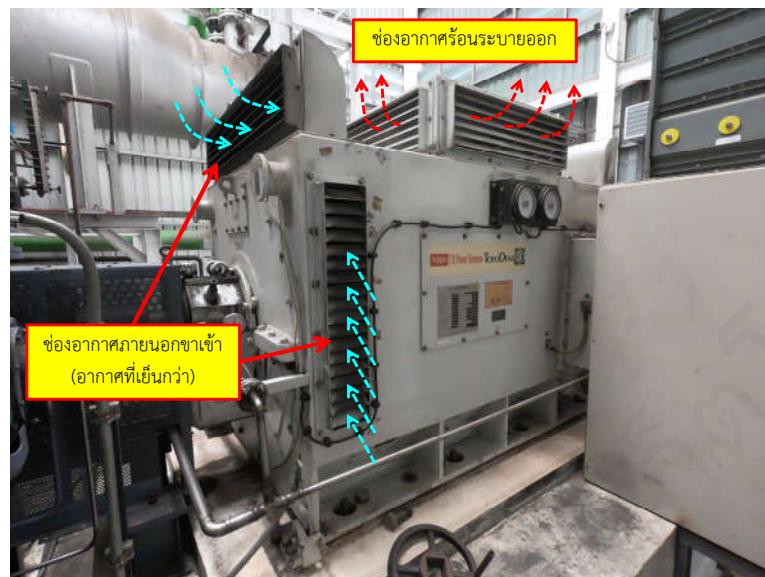
ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ (Open ventilation Air Cool)



124

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ (Open ventilation Air Cool)



125

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

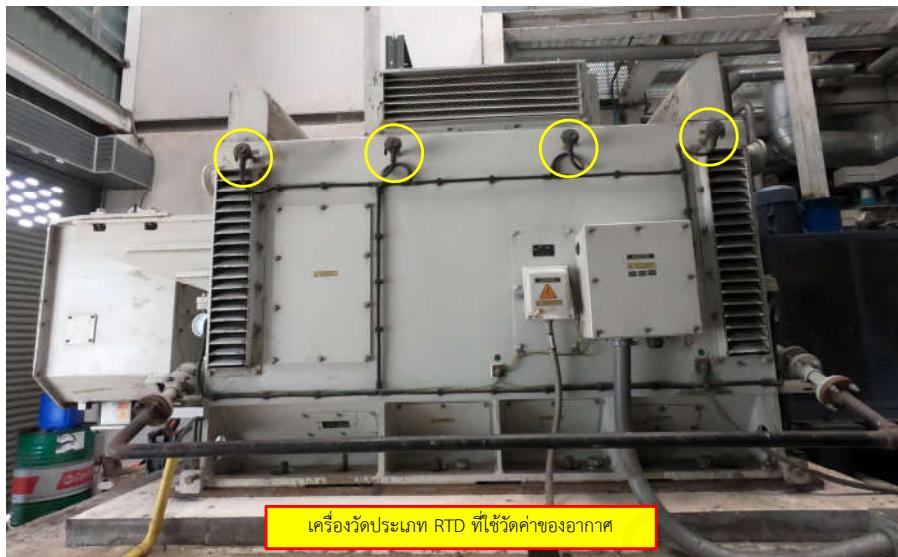
ตัวอย่างระบบบายความร้อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ (Open ventilation Air Cool)



126

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องวัดประเภท RTD ที่ใช้วัดค่า Air Temperature



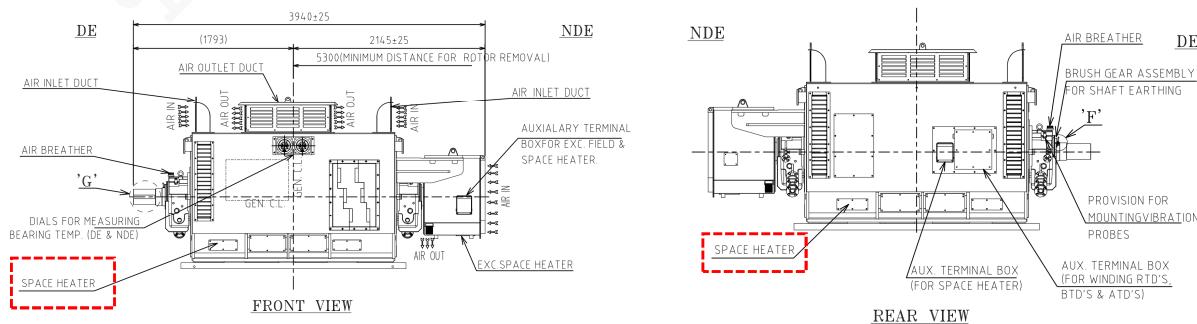
127

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

11. Space Heater คือ ชุดລວດให้ความร้อน ทำหน้าที่ลดความชื้นภายในเครื่องกำเนิดฯ จะมีติดตั้ง 2 ส่วน

- ส่วนที่ 1 ชุดລວດจะติดตั้งอยู่บริเวณฐานของ Stator Frame ฝั่งหัว (DE) และหาง (NDE) ของ Main Generator **ยกตัวอย่างการติดตั้งดังภาพด้านล่าง**



128

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Space Heater Main Generator โรงไฟฟ้า

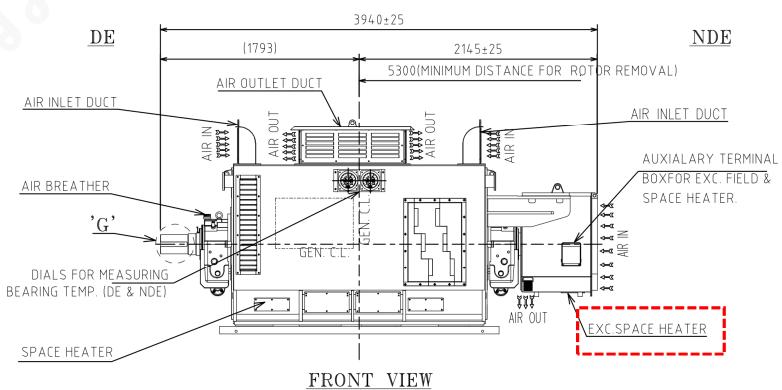


129

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Space Heater Exciter โรงไฟฟ้า

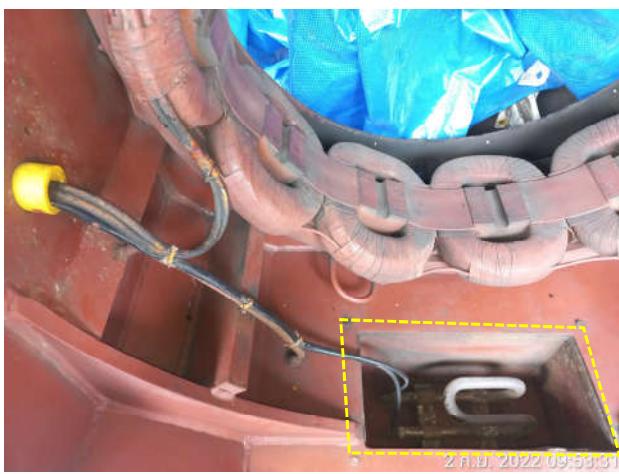
- ส่วนที่ 2 ตัวขดลวดจะติดตั้งอยู่บริเวณด้านใต้ของขดลวด Stator Exciter ยกตัวอย่างของโรงไฟฟ้า ดังภาพ ด้านล่าง



130

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Space Heater Exciter โรงไฟฟ้า



131

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

12. Terminal box คือ กล่องที่มีชั้นสำหรับต่อวงจรไฟฟ้ากำลัง เพื่อส่งต่อวงจรไปยังอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งอาจจะมี 1 หรือ 2 กล่อง ก็ได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบ ภายในกล่องจะมีชั้วทางไฟฟ้าซึ่งต่ออุกมาจากคลัวดแต่ละเฟสที่อยู่บน Stator (ขาดลวด 1 เฟส หรือ 1 ขด จะมี 2 ชั้ว) นิยมต่อขดลวดเข้าด้วยกันแบบ Star (Y) เพื่อสร้างจุดศูนย์ (Neutral point) เพื่ออ้างอิง

การต่อแบบ Star (Y) ยังทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ต่อกครองขดลวดแต่ละขดน้อยกว่าแบบ Delta ทำให้ประหยัดในส่วนของฉนวนทางไฟฟ้า และที่สำคัญเมื่อเกิดการลัดวงจรลงกราวด์จะสามารถตรวจจับความผิดปกติได้ง่ายกว่า



132

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

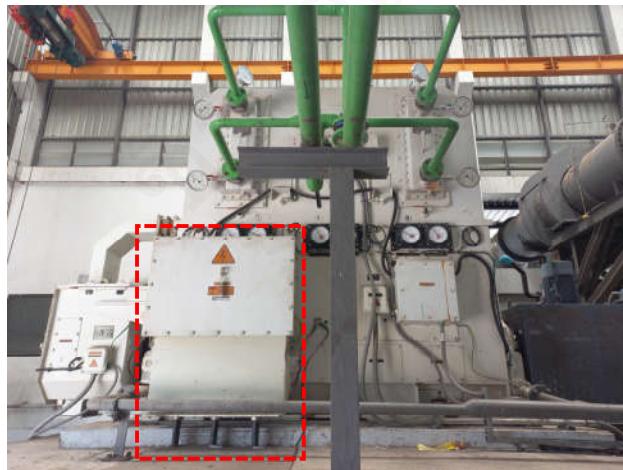
ตัวอย่าง Terminal box ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



133

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Terminal box ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



134

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

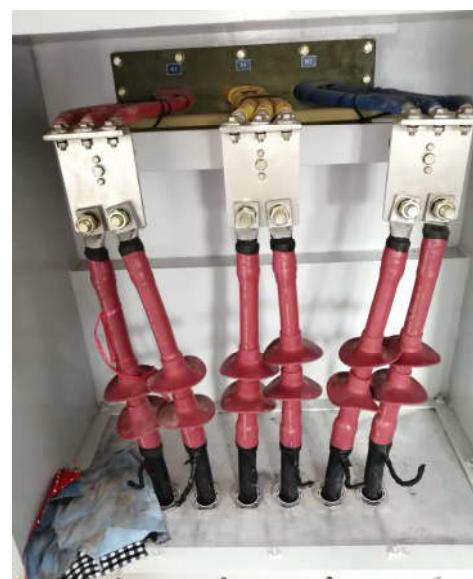
ตัวอย่าง Terminal box ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



135

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างสายไฟฟ้ากำลัง (Power cable) ที่ต่อมาจาก xtcl ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



136

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างสายไฟฟ้ากำลัง (Power cable) ที่ต่อมาจากخدดotaเมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



137

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Terminal box ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



138

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Terminal box ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

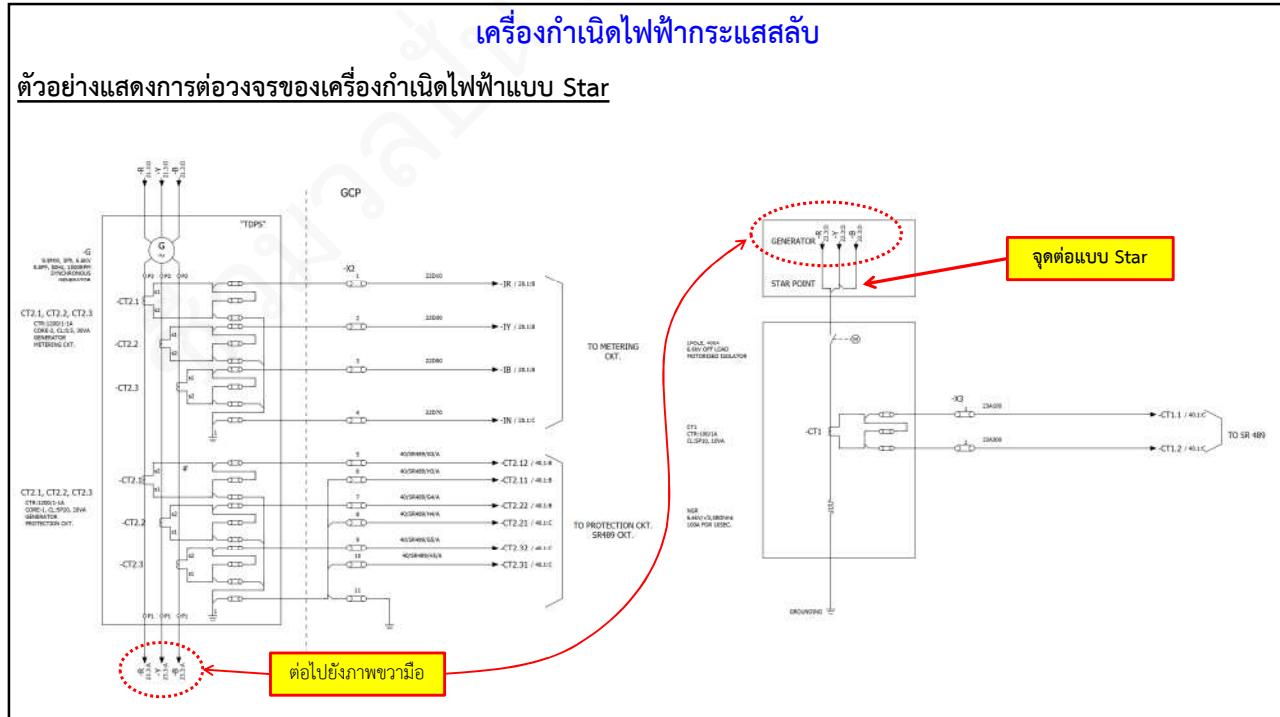
จุดต่อแบบ Y (STAR) หรือจุด (Line) Busbar ทابห้อง 3 เพส



139

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่างแสดงการต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Star



140

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ

ตัวอย่างแสดงการต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Star

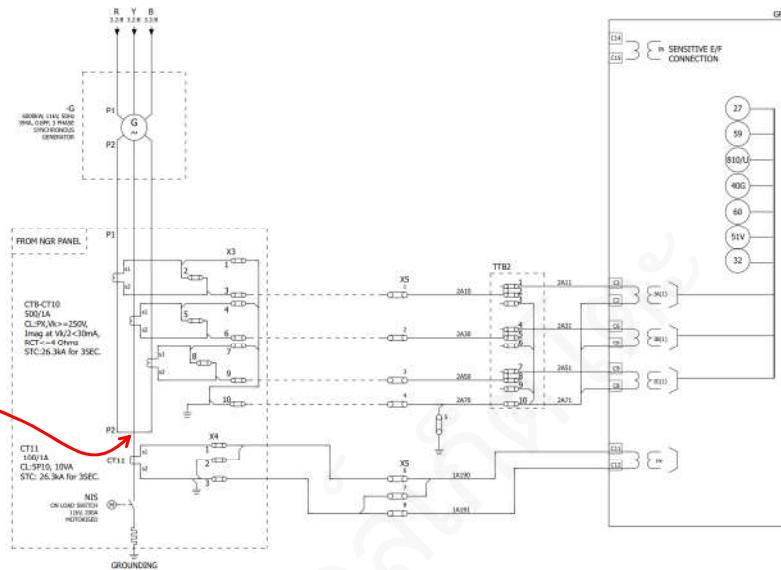
GPR : Generator Protection Relay
(รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

CT : Current Transformer (หม้อแปลงกระแส)

NGR : Neutral Grounding Resistor

NIS : Neutral Isolating Switch

จุดต่อแบบ Star



141

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ

ตัวอย่างแสดงการต่อวงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ Star

Terminal box ฝั่ง U1 , V1 , W1



Terminal box ฝั่ง Star

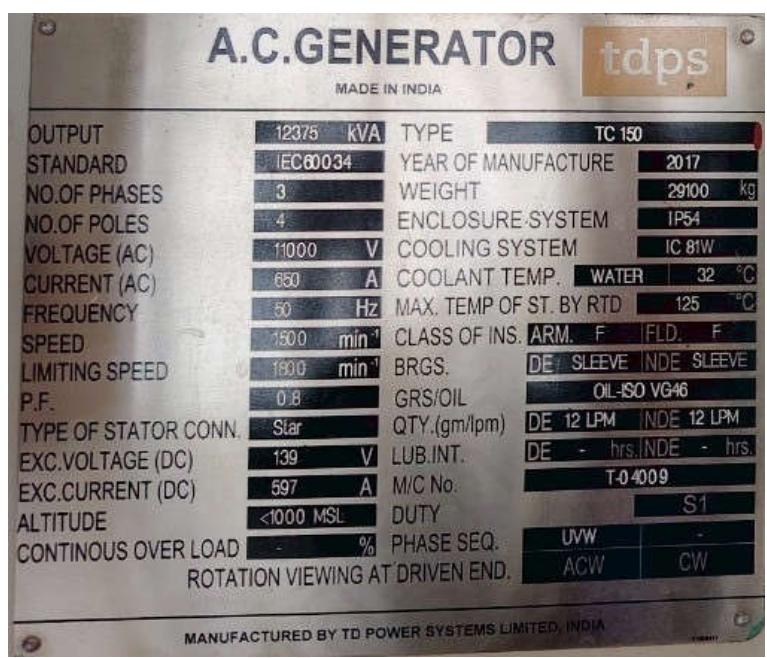


142

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Name plate Generator

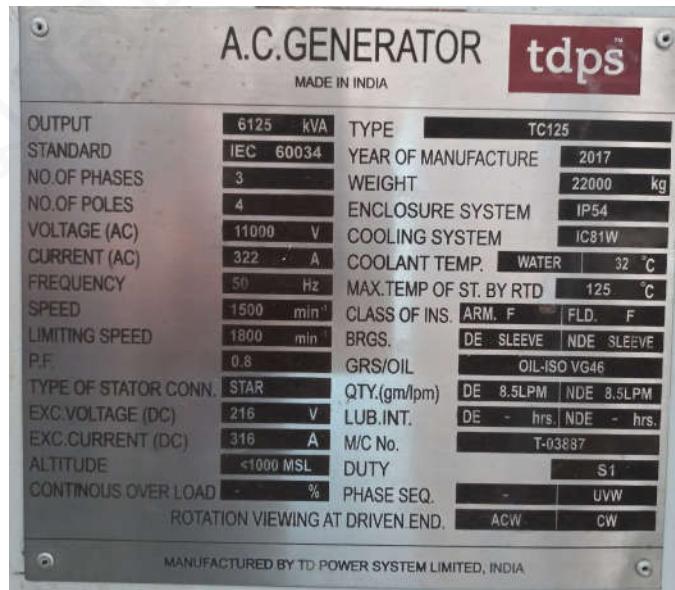
- ✓ กำลังไฟฟ้า最大 12,375 kVA
- ✓ จำนวนเฟสทางไฟฟ้า 3 เฟส
- ✓ จำนวนขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว
- ✓ แรงดันที่ขั้วเครื่องกำเนิดฯ 11,000 Volt
- ✓ กระแสพิกัด 650 Amp
- ✓ ความถี่ทางไฟฟ้า 50 Hz
- ✓ รอบเพลาตามพิกัดความถี่ 1,500 rpm
- ✓ ชีดจำกัดรอบเพลาสูงสุด 1,800 rpm
- ✓ ตัวประกอบกำลัง (ไฟฟ้า) 0.8
- ✓ การต่อขดลวดตามเมเจอร์ ต่อแบบ Y (ขดหลัก)
- ✓ แรงดันไฟฟ้า/กระแสไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กให้กับ main rotor ตามพิกัด 139 Volt / 597 Amp



143

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตัวอย่าง Name plate Generator



144

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Name plate Generator โรงไฟฟ้า (ที่สำคัญ)

1. OUTPUT คือกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ที่เกิดจากการใช้หรือจ่ายให้โหลดไฟฟ้ากระแสสลับ มีข้อหน่วยทางไฟฟ้าว่า VA (โวลต์-แอมป์) ซึ่งอาจจะมีการระบุค่าอุปสรรคนำหน้าหัวน่วยเพื่อลดTHONการเขียนตัวเลขของค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ เช่น kVA , MVA เป็นต้น จากภาพ 6,125 kVA (กิโลโวลต์-แอมป์)
2. STANDARD คือมาตรฐานสากลที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางไฟฟ้า จากภาพ ข้างอิง IEC 60034 ซึ่งเกี่ยวกับ Rotating electrical machines (อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานในลักษณะหมุนได้)
3. NO.OF PHASE คือจำนวนเฟสทางไฟฟ้า จากภาพ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าระบบ 3 เฟส
4. NO.OF POLE คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก จากภาพ มีขั้วแม่เหล็กจำนวน 4 ขั้ว
5. VOLTAGE (AC) คือค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดฯ ตามพิกัด จากภาพ 22,000 V (โวลต์)
6. CURRENT (AC) คือค่ากระแสไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดฯ ตามพิกัด จากภาพ 322 A (แอมป์)

145

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Name plate Generator โรงไฟฟ้า (ที่สำคัญ)

7. FREQUENCY คือความถี่ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเครื่องกำเนิดฯ ตามพิกัด จากภาพ 50 Hz (ไฮรัตซ์)
8. SPEED คือความเร็วของการหมุนของเครื่องเครื่องกำเนิดฯ ตามพิกัด จากภาพ $1,500 \text{ min}^{-1}$ (รอบต่อนาที) ซึ่งมีที่มาจากสูตรการหาความเร็วของของเครื่องกลซิงโครนัส (มอเตอร์ซิงโครนัสหรือเครื่องกำเนิดซิงโครนัส)

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

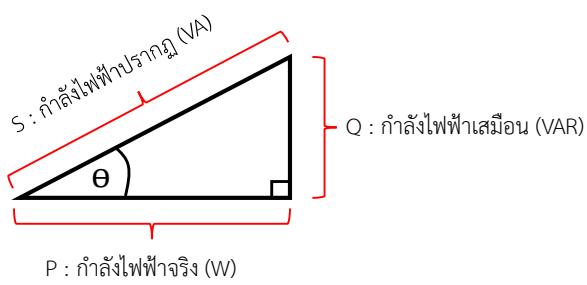
เมื่อ N_s คือความเร็วซิงโครนัส , f คือความถี่ซิงโครนัส , P คือจำนวนขั้วแม่เหล็กของเครื่องกลซิงโครนัส

9. LIMITING SPEED คือขีดจำกัดความเร็วของการหมุนของเครื่องเครื่องกำเนิดฯ จากภาพ $1,800 \text{ min}^{-1}$ (รอบต่อนาที) ซึ่งห้ามมิให้หมุนเกินค่าที่กำหนด
10. P.F. คือค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ($\cos \theta$) ซึ่งคืออัตราส่วนระหว่าง กำลังไฟฟ้าจริง (W, วัตต์) ต่อ กำลังไฟฟ้าเฉเมี้ยน (VA โวลต์-แอมป์) จากภาพ 0.8 (เมื่อย่นๆ) ทำความเข้าใจเพิ่มเติมในเรื่องกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ slide ถัดไป

146

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ



สูตรตรีโกณมิติทางคณิตศาสตร์

$$\sin \theta = \frac{Q}{S}$$

$$\cos \theta = \frac{P}{S}$$

$$\tan \theta = \frac{Q}{P}$$

จากข้อมูลบน Name plate จะสูตรตรีโกณมิติฯ สามารถหา กำลังไฟฟ้าจริงของเครื่องกำเนิดฯ ได้

$$\cos \theta = \text{Power Factor (PF)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าจริง (W)}}{\text{กำลังไฟฟ้าประภูมิ (VA)}}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าจริง (kW)} &= \cos \theta \times \text{กำลังไฟฟ้าประภูมิ (kVA)} \\ &= 0.8 \times 6,125 \text{ kVA} = 4,900 \text{ kW} \end{aligned}$$

147

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Name plate Generator โรงไฟฟ้า (ที่สำคัญ)

11. TYPE OF STATOR CONN. คือลักษณะการต่อขดลวดบน Stator (ขาดความเจอร์ของเครื่องกำเนิดฯ) **จากภาพ STAR (หรือแบบวาย Y)** ซึ่งขดลวดทั้ง 3 ชุด มีจุดอ้างอิงร่วมกันหรือจุดศูนย์ (Neutral) ของเครื่องกำเนิดฯ
12. EXC.VOLTAGE(DC) คือค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดสนามบน Rotor **จากภาพ 216 Vdc (โวลต์ ; กระแสตรง)**
13. EXC.CURRENT(DC) คือค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดสนามบน Rotor **จากภาพ 316 A (แอมป์ ; กระแสตรง)**
14. ENCLOSURE SYSTEM คือมาตรฐานที่บอกถึงระดับการป้องกันผุ่นและน้ำ หรือ Ingress Protection Rating (IP) **จากภาพ IP54 ซึ่งหมายถึง “ มีความสามารถที่จะป้องกันผุ่นได้ แต่อาจมีผุ่นเล็กน้อยเล็ดลอดเข้าไป โดยผุ่นที่เล็ดลอดเข้าไปนั้นต้องไม่มีผลใดๆต่อการทำงานของอุปกรณ์ และมีความสามารถที่จะป้องกันละอองน้ำที่ตกกระทบตัวอุปกรณ์ได้จากทุกทิศทาง ”**

148

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Ingress Protection Rating (IP)

1 st DIGIT - SOLID Degree of protection against solid objects		2 nd DIGIT - WATER Degree of protection against water	
0	No protection	0	No protection
1	Protected against a solid object greater than 50mm, such as a hand	1	Protected against water drops
2	Protected against a solid object greater than 12.5mm, such as a finger	2	Protected against water drops at a 15-degree angle
3	Protected against a solid object greater than 2.5mm, such as a small tool	3	Protected against water spray at a 60-degree angle
4	Protected against a solid object greater than 1.0mm, such as a wire	4	Protected against water splashing from any angle
5	Dust protected. Prevents ingress of dust sufficient to cause harm	5	Protected against water jets from any angle
6	Dust tight. No ingress of dust.	6	Protected against powerful jets from and temporary flooding
		7	Protected against the effects of temporary submersion in water (30 minutes at 0.15 to 1 meter)
		8	Protected against the effects of permanent submersion in water (up to 3 meters). Depth specified by manufacturer

<https://northcliffe.org/en/p/28-degrees-of-ip-protection>

149

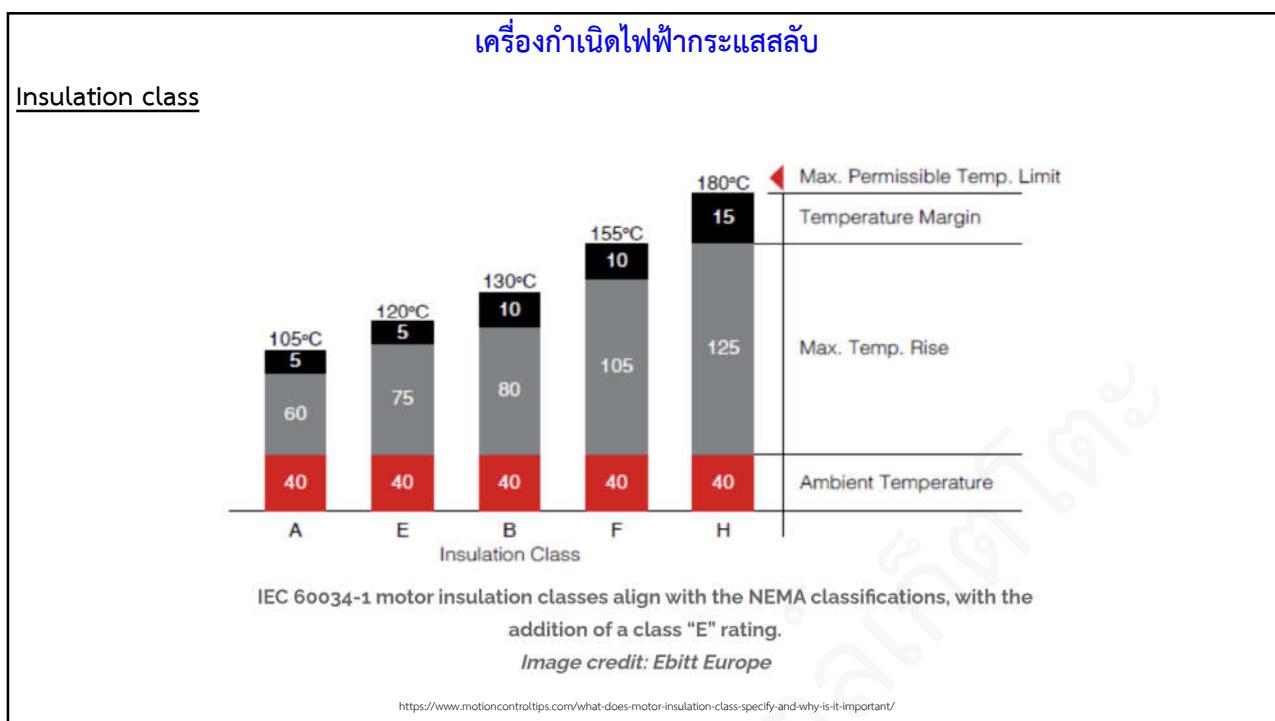
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Name plate Generator โรงไฟฟ้า (ที่สำคัญ)

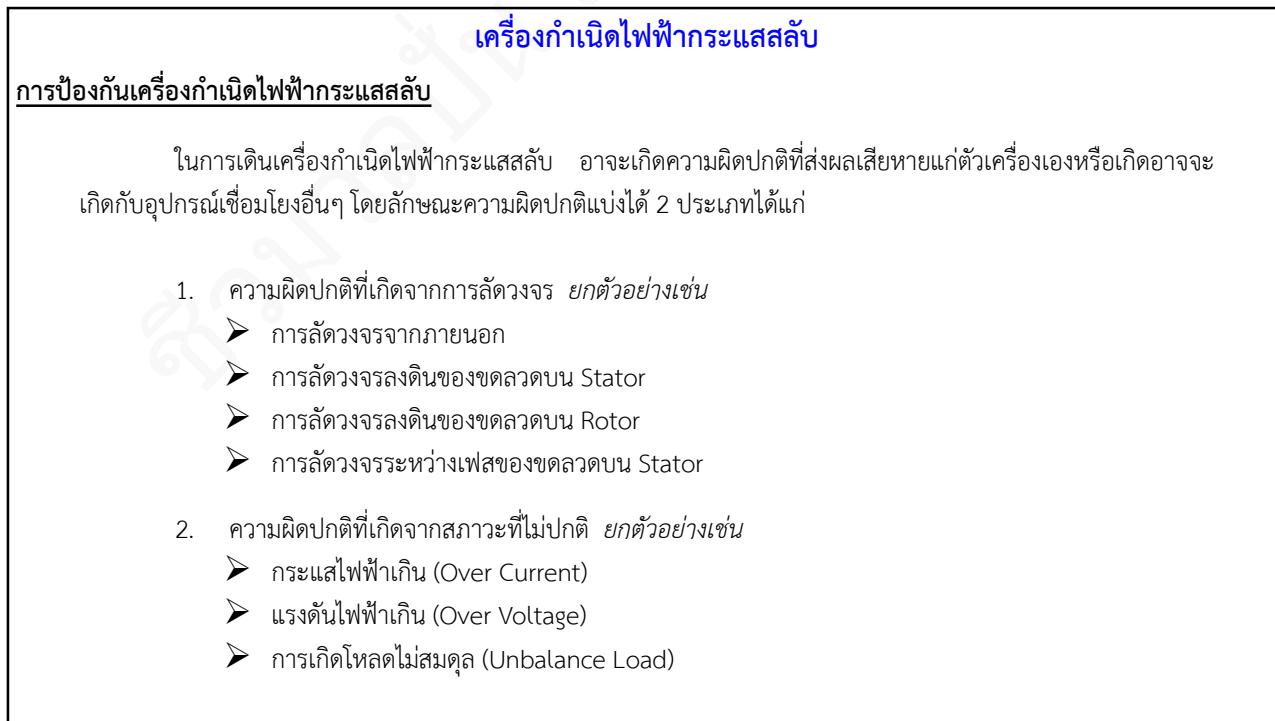
15. COOLING SYSTEM คือลักษณะการหล่อเย็นหรือระบายความร้อนของเครื่องกำเนิดฯ **จากภาพ IC81W** ซึ่งเป็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศที่เหลวแบบปิดตัวไปพัดที่อยู่บริเวณหัวและท้ายของ Rotor เครื่องกำเนิดฯ และในส่วนของอากาศร้อนจะแลกเปลี่ยนความร้อนกับท่อน้ำหล่อเย็น (Water Heat Exchanger) ซึ่งส่วนใหญ่จะติดตั้งอยู่ด้านบนของเครื่องกำเนิดฯ
16. CLASS OF INS. คือ ระดับของอวนกันความร้อน (Insulation class) ซึ่งแบ่งตามค่าของอุณหภูมิที่อวนทนได้ มีหลายระดับ เช่น A, E, B, F, H **จากภาพ ARM. F และ FLD. F **** ซึ่งเป็นอวนประเภทไม่การ ไขแก้ว ไขหิน ที่ใช้ร่วมกับวัสดุทางยืด เช่นวนิช ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิได้สูงสุด 155 °C โดยอวนไม่เสื่อมสภาพ (ส่วนใหญ่เครื่องกำเนิดไฟฟ้านิยมใช้ Class F)

**** ARM คือขดลวดอะเมเจอร์ ที่พันอยู่บน Stator , FLD คือขดลวดสร้างสรรค์แม่เหล็ก ที่พันอยู่บน Rotor**

150



151



152

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

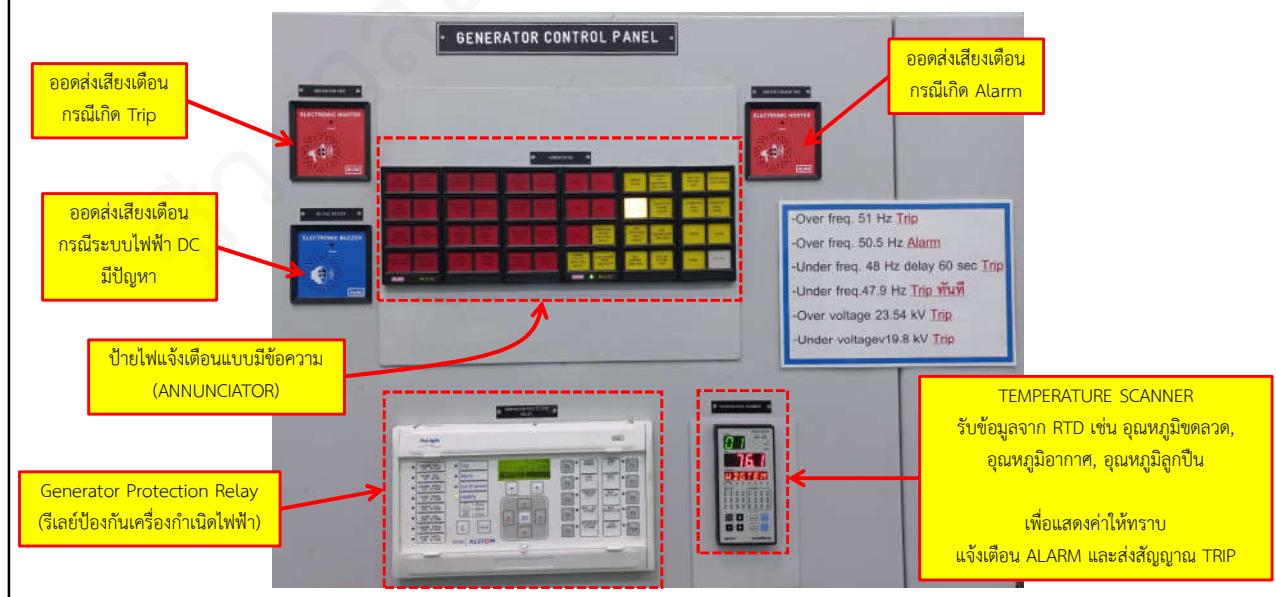
2. (ต่อ) ความผิดปกติที่เกิดจากสภาวะที่ไม่ปกติ ยกตัวอย่าง เช่น

- แรงดันไฟฟ้าต่ำ (Under Voltage)
- ความเร็วอบสูง (Over Speed) หรือความถี่ทางไฟฟ้าสูง (Over Frequency)
- ความเร็วอบต่ำ (Under speed) หรือความถี่ทางไฟฟ้าต่ำ (Under Frequency)
- การสูญเสียสนามแม่เหล็กที่เกิดจากระบบกระแสตู้น (Loss of Excitation)
- ระบบบรรยายความร้อนด้วยอากาศมีปัญหาทำให้อุณหภูมิอากาศสูงผิดปกติ
- การสั่นสะเทือนที่ลูกปืน (Bearing Vibration)
- การเกิดความร้อนที่ลูกปืน (Bearing Temperature)
- เครื่องกำเนิดไฟฟ้ารับไฟฟ้าเข้า ทำให้กลไกเป็นมอเตอร์ (Reverse Active Power)
- เครื่องตันกำลังมีปัญหา (Prime mover failure)

153

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ตู้ Generator Control Panel



154

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)

Generator Protection Relay
(รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



155

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



156

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

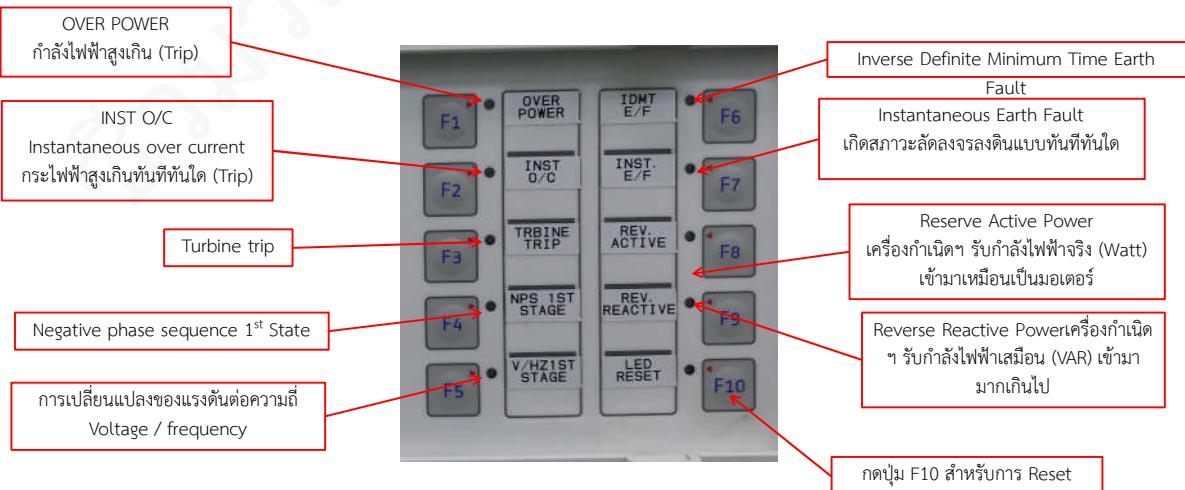
Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



157

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

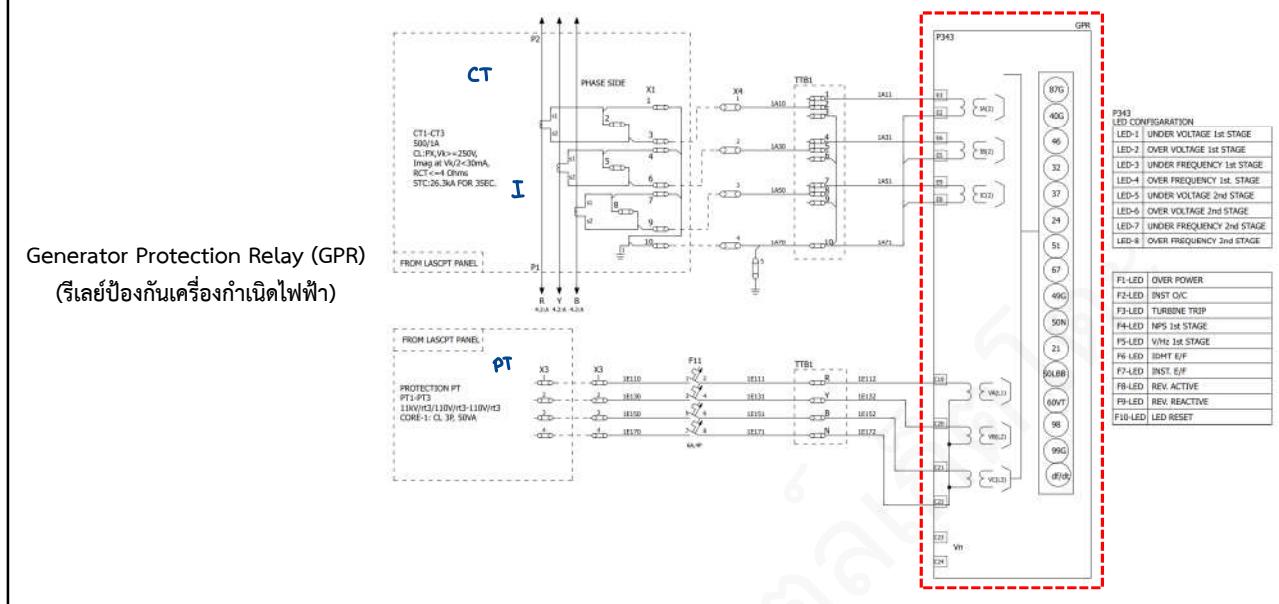
Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



158

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

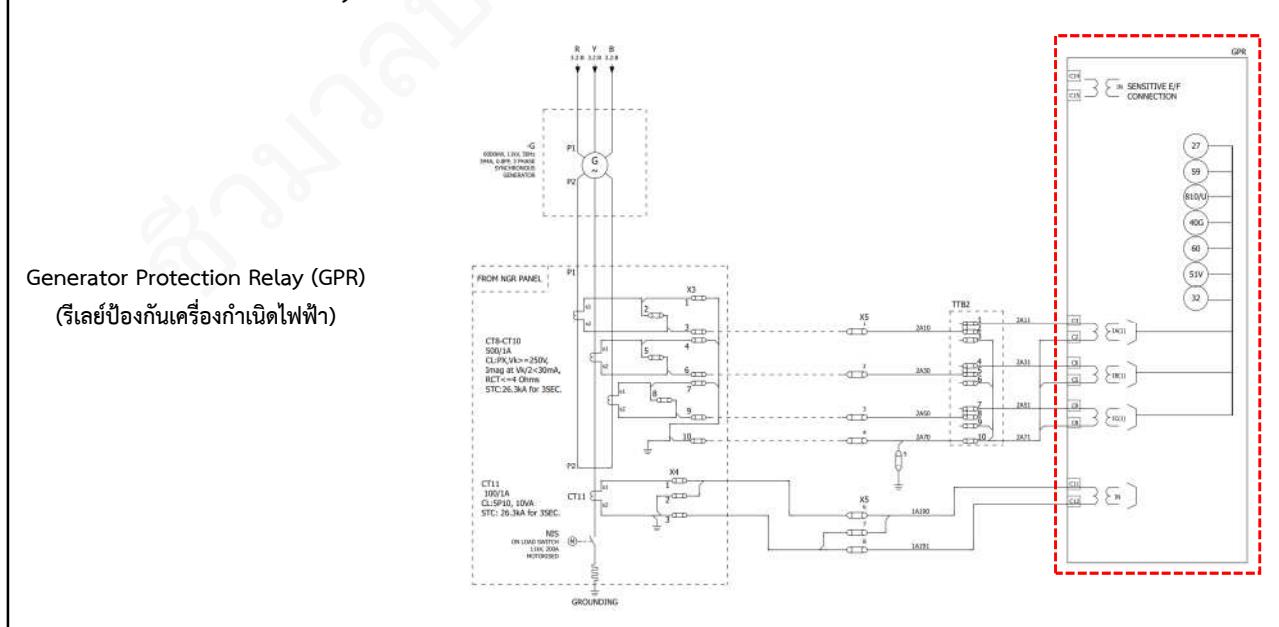
Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



159

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Protection Relay (รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า)



160

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ป้ายไฟแจ้งเตือนแบบมีข้อความ (ANNUNCIATOR)

พื้นหลังสีแดงแจ้งเหตุการณ์ TRIP
ตามชื่อที่ระบุในแต่ละช่อง

สภาวะปกติ แต่ละช่องจะไฟดับ
สภาวะผิดปกติ ไฟจะติดตามรายชื่อ

** ในภาพเป็นการกด lamp test
เพื่อใช้ถ่ายภาพให้มองเห็นชัด



161

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

ป้ายไฟแจ้งเตือนแบบมีข้อความ (ANNUNCIATOR)

พื้นหลังสีเหลืองแจ้งเหตุการณ์ ALARM
ตามชื่อที่ระบุในแต่ละช่อง

สภาวะปกติ แต่ละช่องจะไฟดับ
สภาวะผิดปกติ ไฟจะติดตามรายชื่อ

** ในภาพเป็นการกด lamp test
เพื่อใช้ถ่ายภาพให้มองเห็นชัด



162

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

TEMPERATURE SCANNER (อุปกรณ์แสดงค่าอุณหภูมิ)

ที่หน้างานจะมี sensor ประเภท RTD ส่งข้อมูลเข้ามาให้ Scanner จากนั้นก็แสดงผลอุณหภูมิออกมาเป็นตัวเลข

1 Channel = 1 จุดวัด



อุณหภูมิบดคลอด

อุณหภูมิ Bearing

อุณหภูมิอากาศร้อน
(ก่อนเข้า Water heat exchanger)

อุณหภูมิอากาศเย็น
(หลังออกจาก Water heat exchanger)

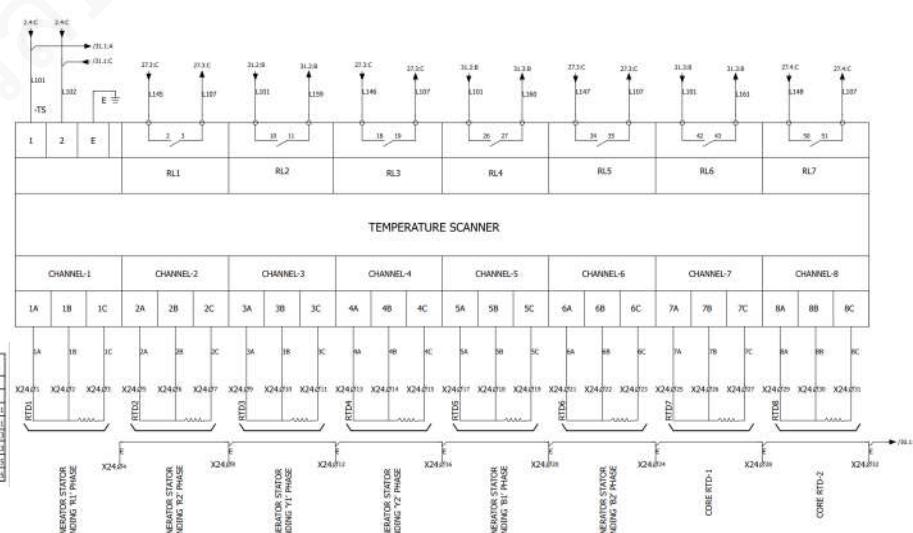
163

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

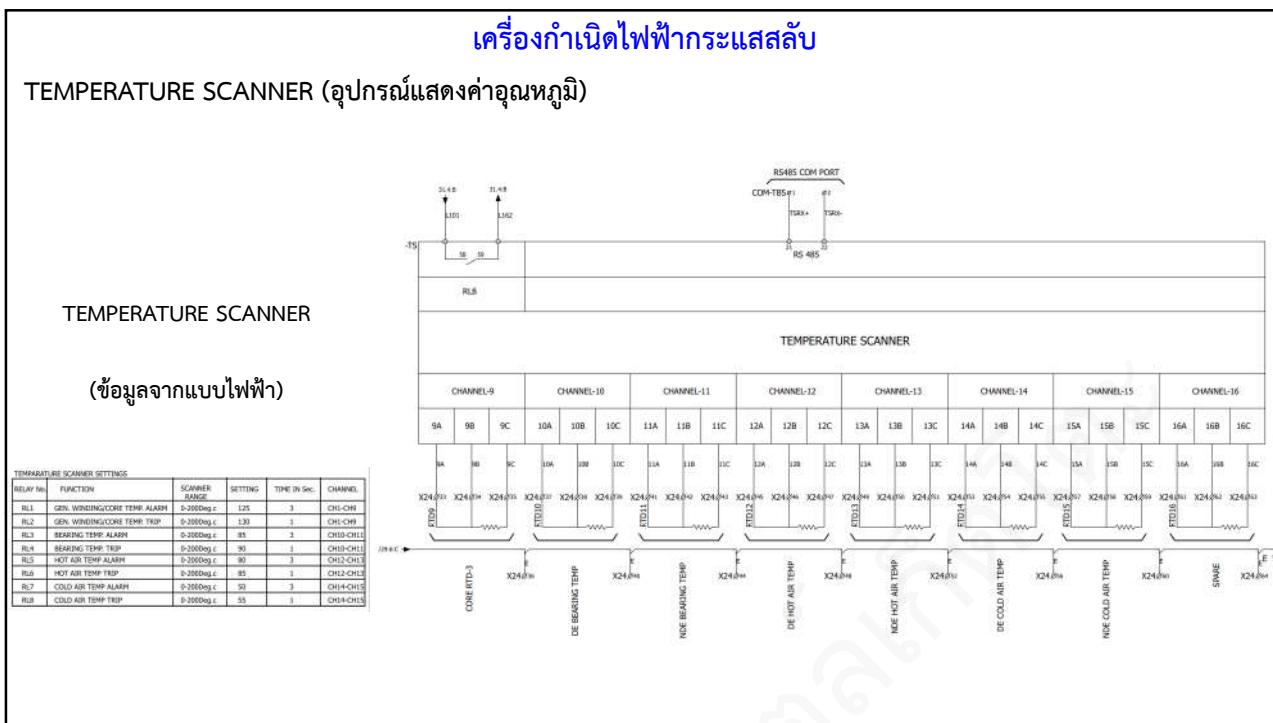
TEMPERATURE SCANNER (อุปกรณ์แสดงค่าอุณหภูมิ)

TEMPERATURE SCANNER

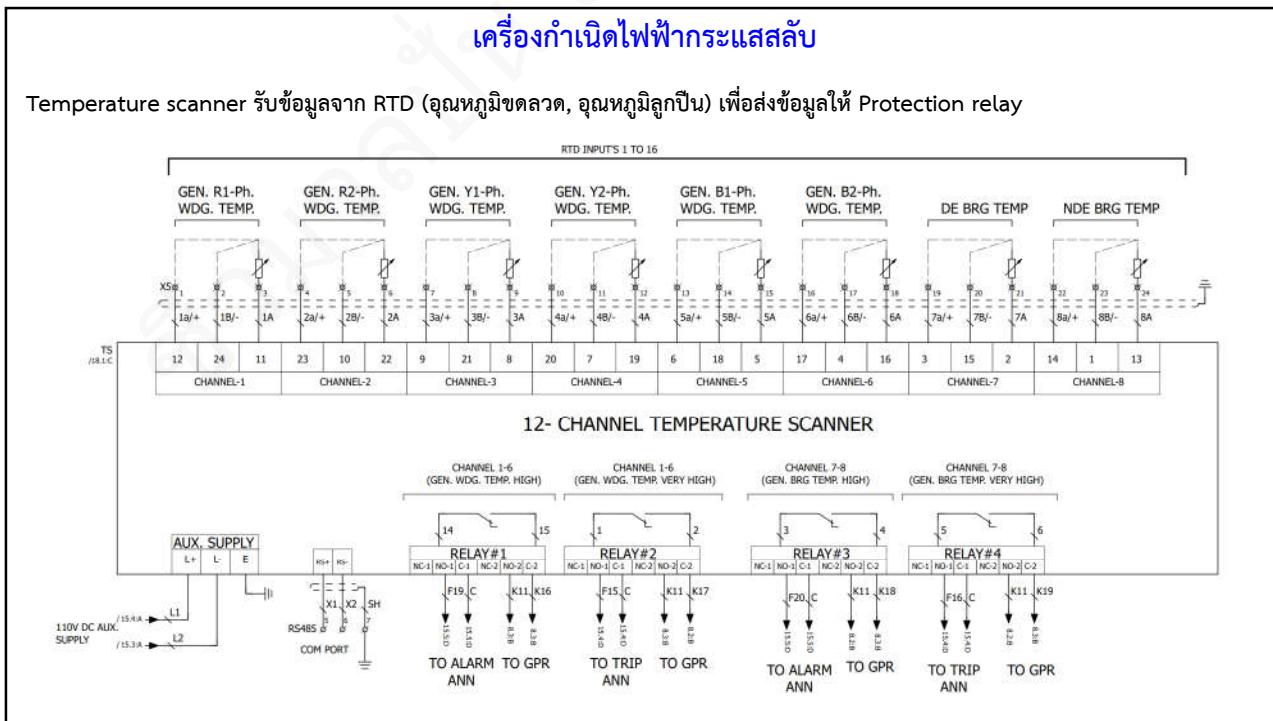
(ข้อมูลจากแบบไฟฟ้า)



164



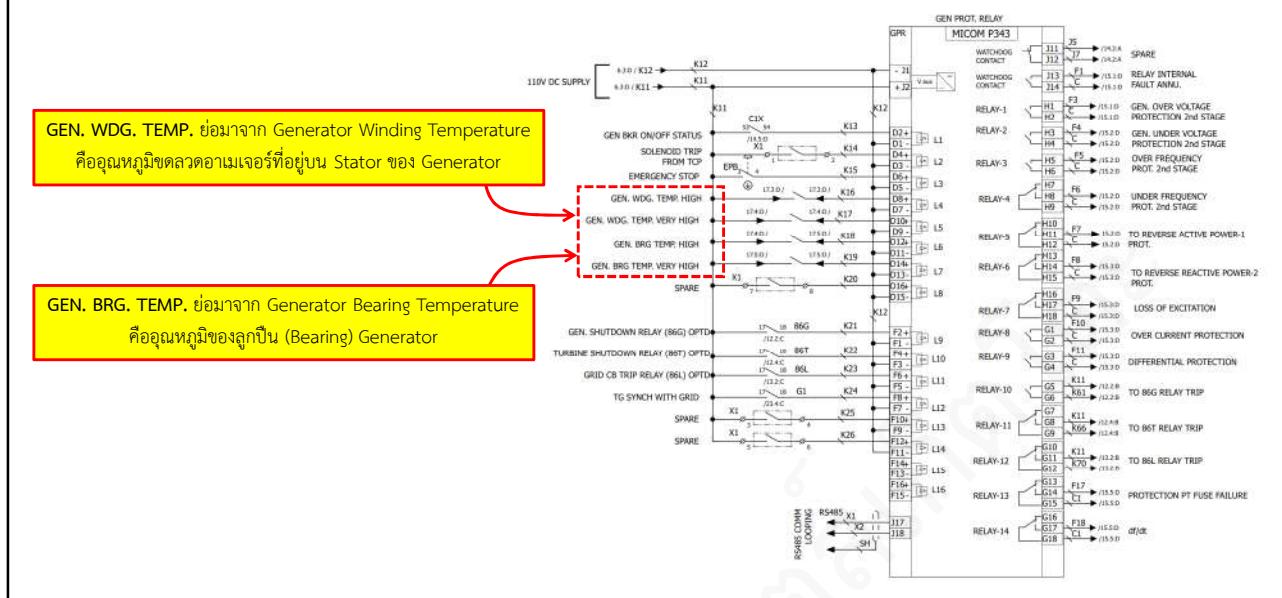
165



166

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Protection Relay



167

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Capability Curve

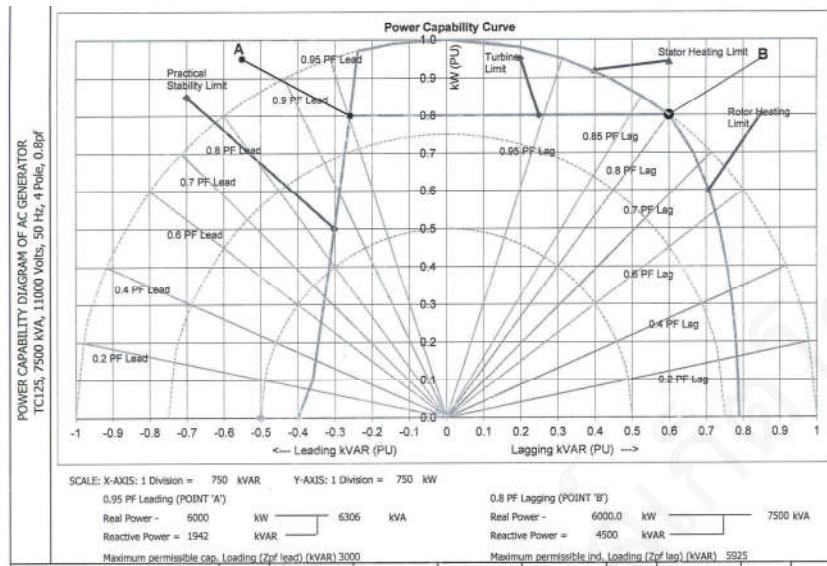
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องของโรงไฟฟ้า จะมีกราฟที่กำหนดขอบเขตการทำงาน ซึ่งแต่ละเครื่องจะแตกต่างกันในรายละเอียด ด้านล่าง

- ขีดความสามารถในการผลิตกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power ; กำลังไฟฟ้าที่มีหน่วย kW) เพื่อจ่ายออก (Export)
- ขีดความสามารถในการรับเข้า (Import) หรือจ่ายออก (Export) ของกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power ; กำลังไฟฟ้าที่มีหน่วย kVAR)
- ตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

168

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

Generator Capability Curve



169

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า

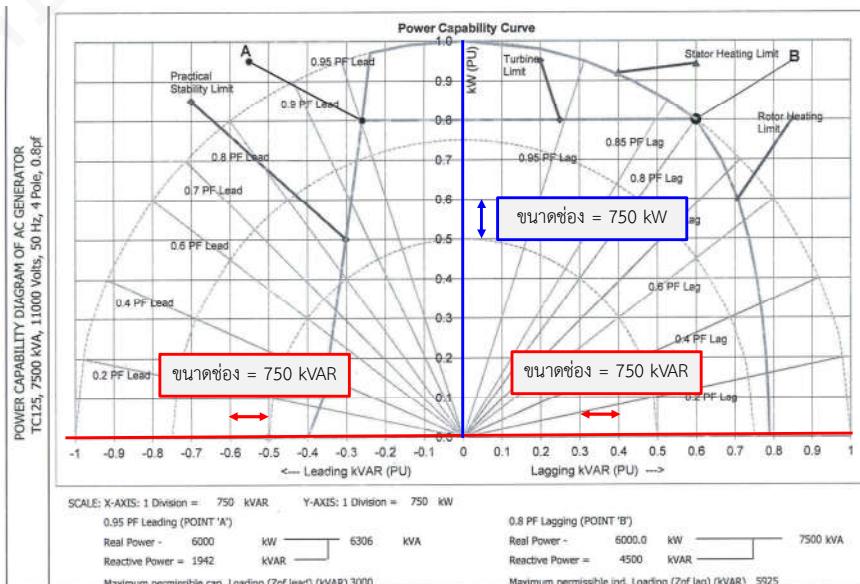
แกน Y สีเขียว คือแกนของกำลังไฟฟ้าจริง (Active Power) หน่วยเป็น kW
ขนาดของแต่ละช่อง = 750 kW

กำลังไฟฟ้าจริงของ Generator จะต้องจ่ายออกเท่านั้น โดยจะมีค่าเป็นบวกเสมอ

แกน X สีแดง คือแกนของกำลังไฟฟ้าเสมือน (Reactive Power) หน่วยเป็น kVAR
ขนาดของแต่ละช่อง = 750 kVAR

กำลังไฟฟ้าเสมือนสามารถรับเข้า (Import) (Leading Power factor) โดยจะมีค่าเป็นลบ

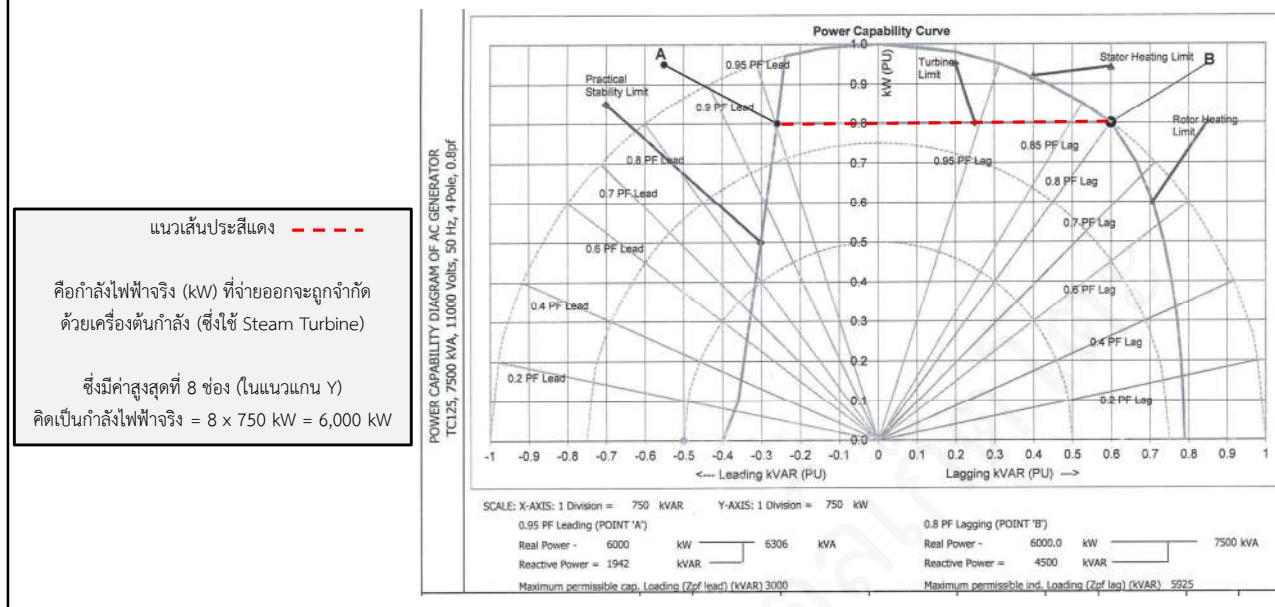
กำลังไฟฟ้าเสมือนสามารถจ่ายออก (Export) (Lagging Power factor) โดยกำลังฯ จะมีค่าเป็นบวก



170

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

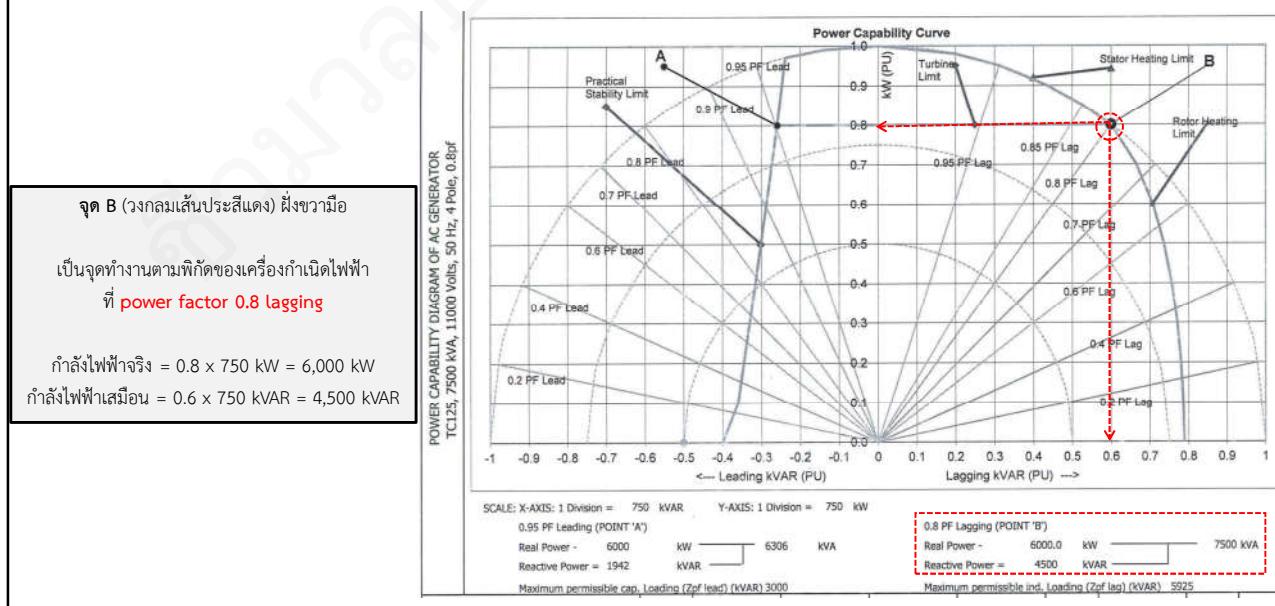
อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า



171

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

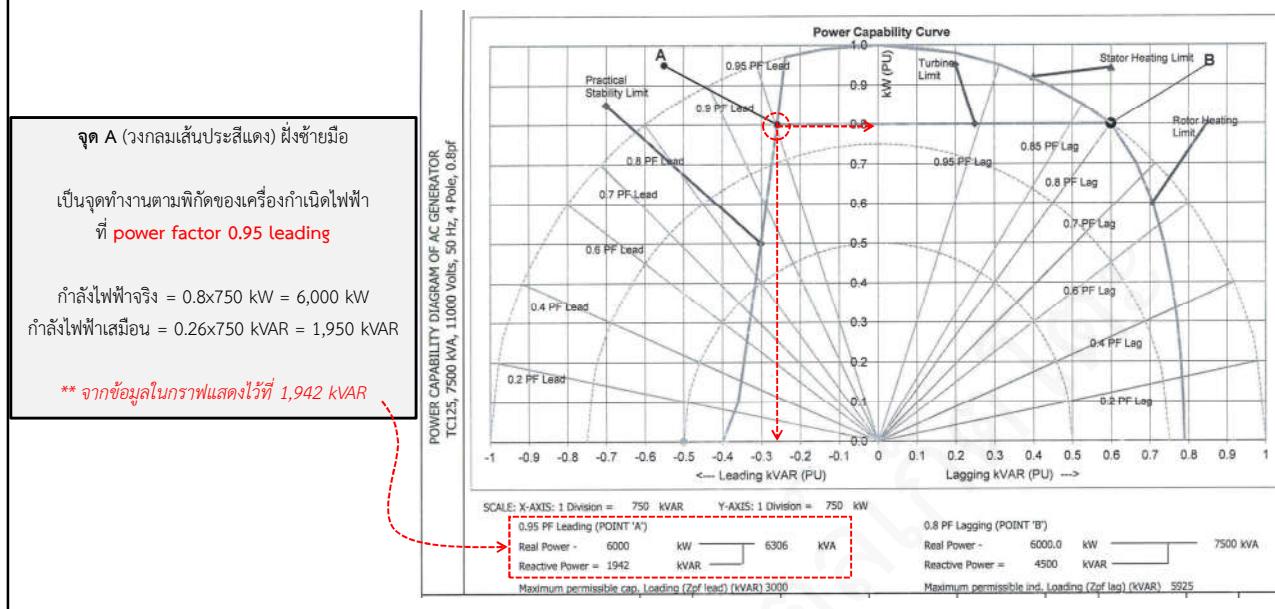
อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า



172

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า

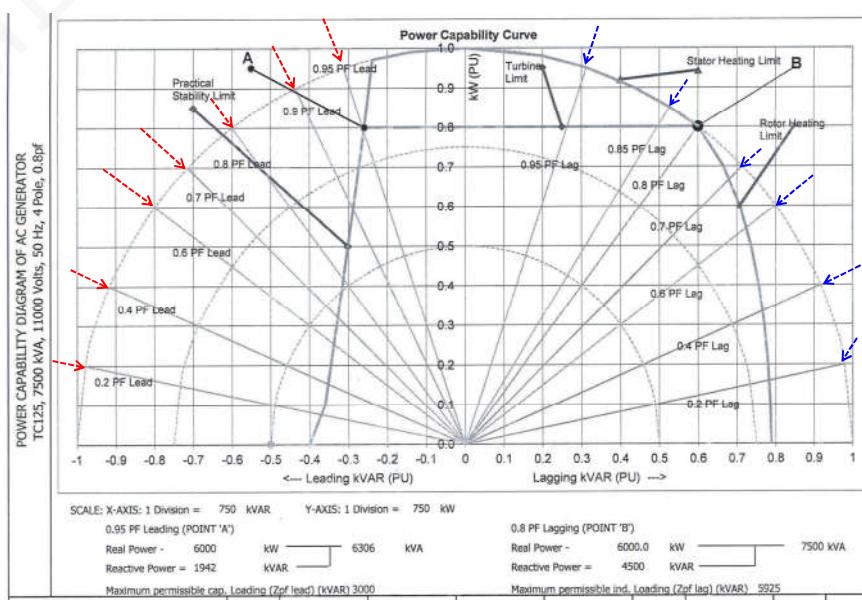


173

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า

เส้นแสดง Power factor แต่ละค่า
ซึ่กซ้าย คือย่าน power factor leading
ซึ่กขวา คือย่าน power factor lagging



174

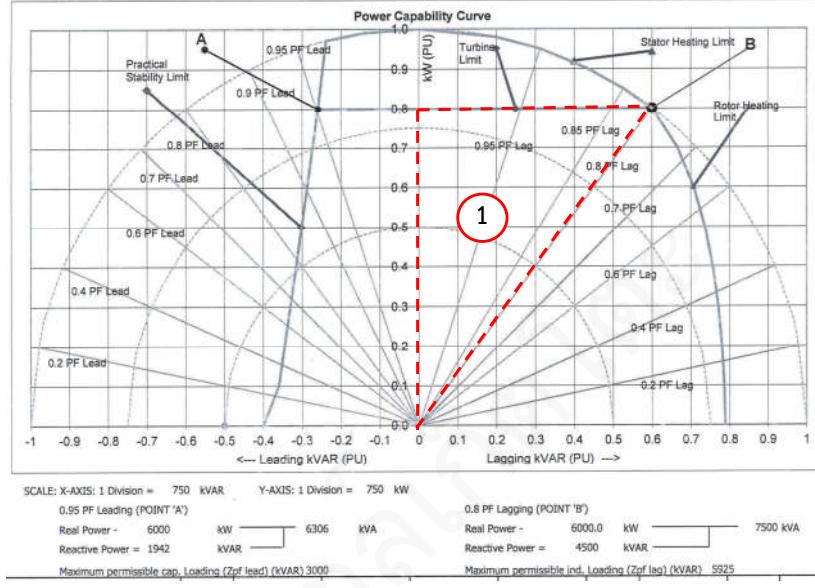
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า

ในกรณีที่จุดทำงานอยู่ในกรอบสามเหลี่ยมเส้นประ

คือจุดทำงานปกติที่ปลดภัย 1

กำลังไฟฟ้าจริง (kW) ไม่เกิน 6,000 kW
และสามารถถ่ายกำลังไฟฟ้าเมื่อเรือนอกได้
ตามย่านของเส้น power factor นั้นตั้งแต่
 $pf \geq 0.8$ จนถึง $pf = 1.0$



175

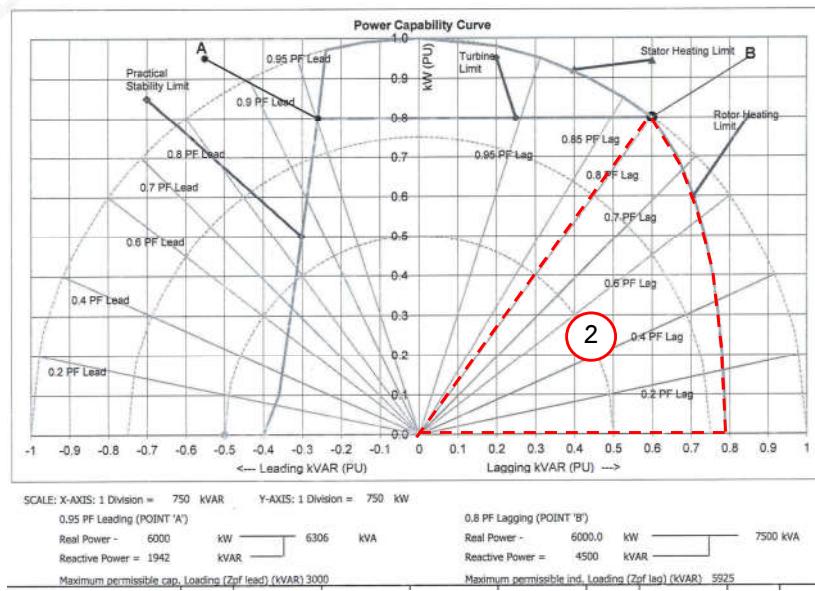
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า

ในกรณีที่จุดทำงานอยู่ส่วนของเส้นเส้นประ

คือจุดทำงานที่พึ่งระวัง 2

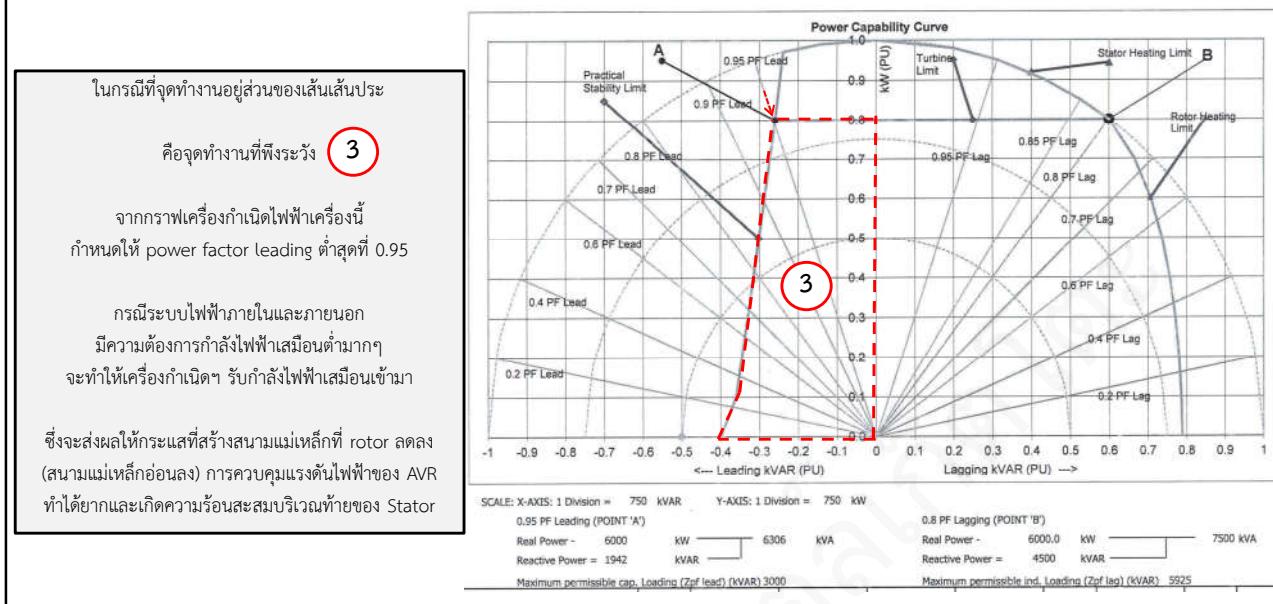
เป็นย่านที่ power factor lagging มากกว่า 0.8 ลงมา
กำลังไฟฟ้าจริง (kW) จะต้องลดลงต่ำกว่า 6,000 kW
และจะพบว่า กำลังไฟฟ้าเสมือนจะสูงขึ้น
ส่งผลทำให้ Rotor มีความร้อนมากขึ้น
เนื่องจาก การเพิ่มกระแสสลับตุ่นสร้างสนามแม่เหล็ก
ของชลอดบน Rotor



176

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

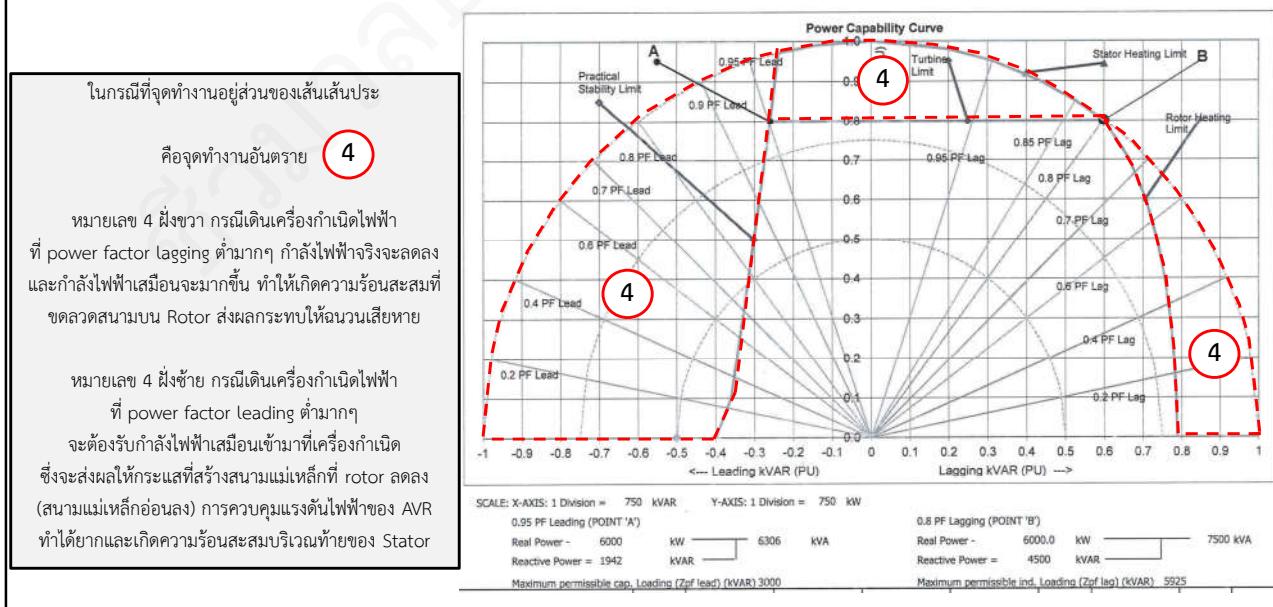
อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า



177

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

อธิบาย Generator Capability Curve โรงไฟฟ้า



178

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

1. การใช้งานแบบเดี่ยว (Single operation) เช่น ในระบบสำรองไฟฟ้าภายในโรงไฟฟ้า
2. การใช้งานแบบขนาน (Parallel operation) คือการใช้งานเครื่องกำเนิดฯ เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้แก่ระบบขนาดใหญ่ เช่น ระบบไฟฟ้าของ กฟผ. , กฟน. หรือ กฟน. ซึ่งจะมีเครื่องกำเนิดฯ เชื่อมโยงอยู่หลายๆ เครื่อง โดยเครื่องกำเนิดฯ ที่จะขนาดกันได้ต้องมีสภาวะดังนี้
 - แรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดฯ ต้องมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้า ที่จุดขนาด
 - ความถี่ไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดฯ ต้องมีค่าเท่ากับความถี่ไฟฟ้า ที่จุดขนาด
 - มุ่งเฟสและลำดับเฟสทางไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดฯ ต้องตรงกับมุ่งเฟสและกับลำดับเฟสทางไฟฟ้า ที่จุดขนาด

Q & A