



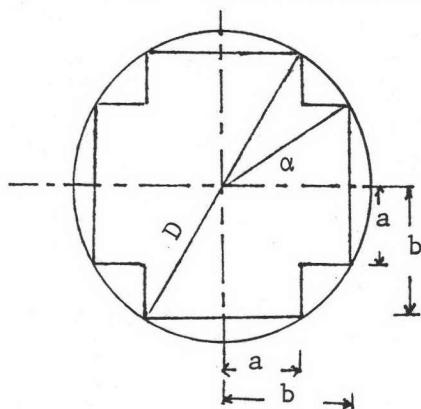
เอกสารอ้างอิง

1. Mitsubishi Electric, "SF₆-Gas-Insulated-Transformers," Technical Information, 1983.
2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, "ลวดทองแดงกลมตันเคลือบน้ำยาโพสิเอสเตอร์-อิมิด," 2522.
3. Meidensha Electric, "SF₆-Gas-Insulated Transformers," Technical Information, 1983.
4. สำรวย สังข์สะอาด, วิศวกรรมไฟฟ้าแรงสูง, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2527.
5. Richard Klinger, "Compressed Gasket Jointing," Technical Information, 1980.
6. Kuhlmann, John H., Design of Electrical Apparatus, Wiley & Sons Inc., New York, 3rd ed., 1950.
7. Fink, Donald G., and Beaty, H. Wayne, Standard Handbook for Electrical Engineers, McGraw Hill Book Company, Eleventh edition.
8. Nippon Steel Corporation, "Silicon Steel," Catalogue No. EXE 320, Tokyo, 1976.
9. E.I. Du Pont De Nemours & Co.(INC.), "Polyester Film, Mylar," Technical Information, 1978.
10. ICI Petrochemicals and Plastics Division, "Melinex 226 Polyester Film," Technical Data Sheet MX TD 302, Welwyn Garden City, 2nd ed., 1980.
11. IEC Publ No.76, "Power Transformer," 1976.
12. Sato, T., Ina, T., and Matsumoto, M., "Cooling Effect by Gas Density of SF₆ Gas Insulated Transformer," 81 TD 667-5, IEEE PAS 1981 1981, Minnesota, 1981.

13. Shirai, M., and Matsumoto, M., "SF₆ Gas Insulated Transformer,"
IEEE-Symposium November 84, Bangkok, 1984.
14. Banspach, H., Transformer Design, Lecture Notes, Thai German
Technical Teacher College, Bangkok, 1st ed., 1975.
15. Alston, L.L., High-Voltage Technology, Oxford University Press,
1968.
16. Mitsubishi Electric, "Instructions of SF₆ Gas Treatment," Tokyo,
1983.
17. Bean, Richard L., Chackan Jr., Nicholas; Moore, Harold R., and
Wentz; Edward C., Transformer for the electric Power
Industry, Westinghouse Electric Cooperation, 1959.
18. Stigant, S. Austen, and Lacey, H. Morgan, The J. & P. Transformer
Book, Johnson & Phillips Ltd., London, 8 th ed., 1941.
19. Pumphrey, Fred H., Essential Theory & Typical Applications, 2nd
ed., 1956.
20. Thaimana, M., "Design and Construction of A 100 kV, 10 kVA, SF₆
Gas Insulated Test Transformer," Master Thesis,
Chulalongkorn University, 1986.

ภาคผนวก ก.

การคำนวณด้านแต่ละด้านของรูปเหลี่ยมอัดในวงกลม เมื่อทราบเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการแล้ว สามารถคำนวณได้ดังนี้ คือ



- A_c คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของแกนเนื้อเหล็กซึ่งได้
จากค่ากำหนดของความหนาแน่นฟลักซ์
- K_1 คือ ค่าแฟกเตอร์เนื้อเหล็กแผ่น
- D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลม

จากรูปจะได้

$$\frac{A_c}{K_1} = 2a2b + (2b-2a) 2a = 4(2ab - a^2)$$

$$a = \frac{D}{2} \sin \alpha \quad ; \quad b = \frac{D}{2} \cos \alpha$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \frac{A_c}{K_1} &= 4 \left(2 \frac{D}{2} \sin \alpha \frac{D}{2} \cos \alpha - \frac{D^2}{4} \sin^2 \alpha \right) \\ &= D^2 (2 \sin \alpha \cos \alpha - \sin^2 \alpha) \end{aligned}$$

ค่าของมุม α ที่ทำให้พื้นที่ภาคตัดขวางมีค่ามากที่สุดสามารถหาได้โดยการดิฟเฟอเรนเชียลสมการข้างบนเทียบกับ α แล้วให้เท่ากับศูนย์

$$\frac{d}{d\alpha} \frac{A_c/K_1}{d\alpha} = D^2 (2 \cos 2\alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha) = 0$$

$$\tan 2\alpha = 2 \quad ; \quad \alpha = 31.75^\circ$$

เพราะฉะนั้น

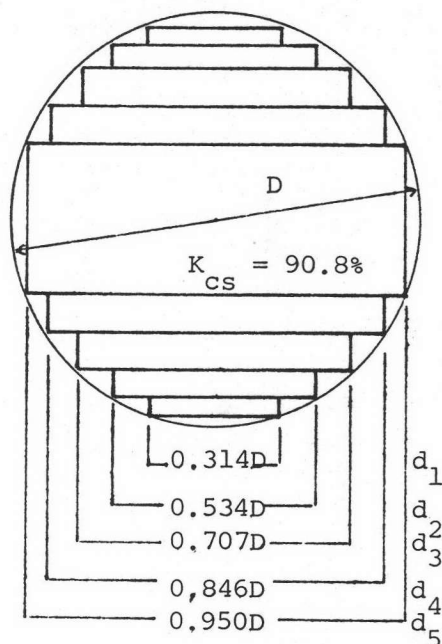
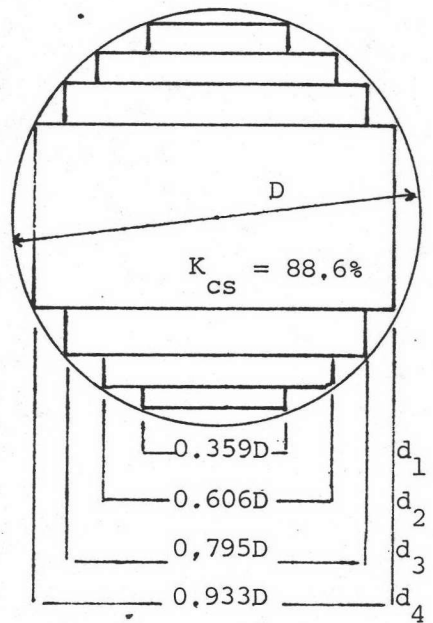
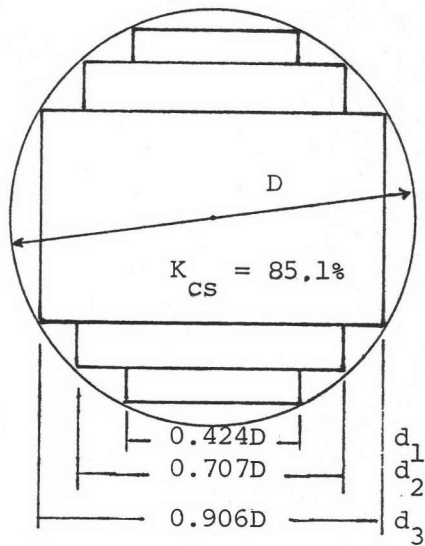
$$a = 0.263 D \quad ; \quad b = 0.425 D$$

$$\frac{A_c}{K_1} = 2a2b = (2b-2a) 2a = 0.618 D^2$$

วิธีการดังกล่าว เป็นการหาด้านแต่ละด้านของรูปเหลี่ยมอัดในวงกลมโดยวิธีตรง ในทางปฏิบัติรูปเหลี่ยมอัดในวงกลมอาจมีหลาย ๆ ชั้น ไม่ใช่เพียงแค่ 2 ชั้นดังตัวอย่างข้างต้นอาจทำให้ยุ่งยากในการคำนวณ รูปข้างล่างแสดงด้านต่าง ๆ ของรูปเหลี่ยมอัดในวงกลมที่คำนวณค่าแฟกเตอร์พื้นที่แกนเหล็ก, K_{CS} ให้แล้ว

โดยที่ $K_{CS} = \frac{A_c/K_1}{\frac{\pi}{4} D^2}$

ดังนั้น $D = \sqrt{\frac{A_c/K_1}{\frac{\pi}{4} K_{CS}}}$



ภาคผนวก ข .

การระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติ

ความร้อนที่ระบายมาจากพื้นผิวของขดลวดจะระบายออกไปโดยก๊าซ SF₆ แสดงในรูปสมการได้ดังนี้ [12]

$$P_t = \gamma_m \cdot C_p \cdot (\theta_2 - \theta_1) w \quad (\text{ข.1})$$

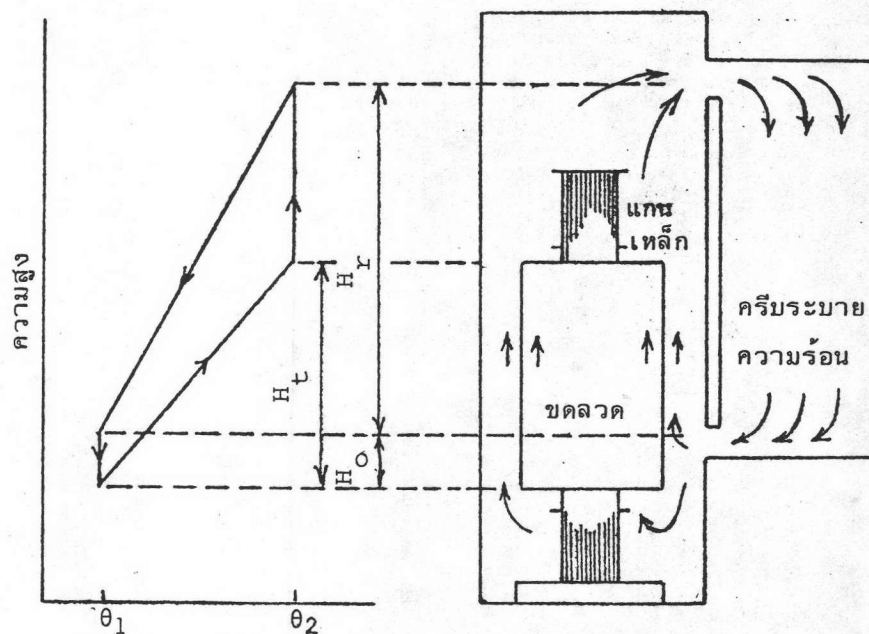
โดยที่ P_t คือ ค่ากำลังไฟฟ้าสูญเสียของขดลวด

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซ

γ_m คือ ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของก๊าซที่อุณหภูมิ θ_m ; $\theta_m = (\theta_1 + \theta_2) / 2$

w คือ ปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียน

อุณหภูมิ θ_1 , θ_2 เป็นอุณหภูมิตั้งกลางและส่วนบนของขดลวด ดังแสดงในรูป ข.1



ข.1 การระบายความร้อนโดยวิธีธรรมชาติและการกระจายอุณหภูมิภายในหม้อแปลง

ลักษณะการกระจายของอุณหภูมิของก๊าซ SF₆ แสดงดังในรูป ข.1 โดยสมมติว่า ความร้อนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นมาจากบริเวณขดลวด ก๊าซส่วนล่างมีอุณหภูมิเท่ากับ θ_1 ก๊าซส่วนนี้จะลอยขึ้นไปตามขดลวดพาเอาความร้อนจากพื้นผิวขดลวด เมื่อถึงส่วนบนของขดลวดก๊าซจะมีอุณหภูมิเท่ากับ θ_2 ก๊าซที่ลอยสูงขึ้นนี้จะผ่านเข้าไปยังท่อของครีบริบายความร้อน ตรงจุดนี้ยังคงมีอุณหภูมิเท่ากับ θ_2 อยู่ในท่อระบายความร้อนนี้ก๊าซจะเย็นลงเนื่องจากการพาความร้อนของอากาศรอบ ๆ ครีบริบาย จากนั้นก๊าซจะไหลผ่านลงข้างล่างและมีอุณหภูมิลดลงถึงค่า θ_1 อีกครั้ง ก๊าซที่มีอุณหภูมิ θ_1 นี้ ก็ยังคงหมุนเวียนผ่านขดลวดและท่อระบายความร้อนอีก ความหนาแน่นของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตามกฎของ บอยล์ชาร์ลส์ (Boyle Charles Law) น้ำหนักของก๊าซต่อพื้นที่หนึ่งตารางหน่วยในตัวถังจะเบากว่าในท่อของครีบริบายความร้อน เนื่องจากอุณหภูมิต่างกันดังในรูป ข.1 ก๊าซ SF₆ หมุนเวียนได้โดยแรงของกฎธรรมชาติผ่านขดลวดและครีบริบายความร้อนสมดุลย์กับค่าความต้านทานการไหลของเส้นทางที่ไหลผ่าน การไหลของก๊าซโดยวิธีหมุนเวียนตามธรรมชาติเขียนเป็นทฤษฎีในรูปสมการได้ดังนี้ [12]

$$\left[\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} H_r + \gamma_1 H_o \right] - \left[\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} H_t + \gamma_2 (H_r + H_o - H_t) \right] = \left(\frac{\gamma_m}{2g} \frac{f_i}{A_i} \right) w^2 \quad (\text{ข.2})$$

โดยที่ γ_1 คือ ความหนาแน่นของก๊าซส่วนล่างที่มีอุณหภูมิ θ_1

γ_2 คือ ความหนาแน่นของก๊าซส่วนบนที่มีอุณหภูมิ θ_2

γ_m คือ ความหนาแน่นของก๊าซที่อุณหภูมิ θ_m , $\theta_m = (\theta_1 + \theta_2) / 2$

H_t คือ ความสูงของขดลวด

H_r คือ ความสูงของครีบริบายความร้อน

H_o คือ ความแตกต่างของความสูงระหว่างส่วนล่างของครีบริบายกับส่วนล่างของขดลวด

f_i คือ สัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหลของก๊าซในแต่ละท่อ i

A_i คือ พื้นที่ภาคตัดขวางของแต่ละท่อ i

w คือ ปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียน

g คือ ค่าแรงโน้มถ่วง (9.8 m/s^2)

ระยะ H_t , H_r และ H_o แสดงในรูป ข.1 ทางซ้ายของสมการ (ข.2) คือ การลอยตัวของความร้อนซึ่งเกิดจากผลต่างของความหนาแน่น ส่วนทางขวาของสมการ คือ ความต้านทานการไหลทั้งหมดของการหมุนเวียนก๊าซโดยธรรมชาติ

ความหนาแน่นของก๊าซแปรโดยตรงกับส่วนกลับของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (องศาเคลวิน)

แสดงดังสมการ (ข.2) และ (ข.3)

$$\gamma_1 = \frac{\gamma_m}{\beta (273 + \theta_1)} \quad (\text{ข.3})$$

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_m}{\beta (273 + \theta_2)} \quad (\text{ข.4})$$

โดยที่ γ_1 คือ ความหนาแน่นของก๊าซส่วนล่างที่มีอุณหภูมิ θ_1

γ_2 คือ ความหนาแน่นของก๊าซส่วนบนที่มีอุณหภูมิ θ_2

β คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวของความร้อน

$$\beta = 1/(273 + \theta_m)$$

จากสมการ (ข.1), (ข.2), (ข.3) และ (ข.4) แสดงปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียนกับผลต่างของอุณหภูมิ $(\theta_2 - \theta_1)$ ในรูปของปริมาณกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียในขดลวดได้ดังนี้

$$w = \left(k \times \frac{P_t}{\gamma_m C_p} \right)^{1/3} \quad (\text{ข.5})$$

$$\theta_2 - \theta_1 = \left(\frac{1}{k} \right)^{1/3} \left(\frac{P_t}{\gamma_m C_p} \right)^{2/3} \quad (\text{ข.6})$$

$$\text{โดยที่ } k = g\beta (H_r - H_t + 2H_o) / \Sigma \frac{f_i}{A_i Z_i} \quad (\text{ข.7})$$

สัมประสิทธิ์ k ขึ้นกับการออกแบบขนาดของตัวหม้อแปลง ตัวถัง และการติดตั้งครีบริบายความร้อน รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการไหลของก๊าซในแต่ละท่อ, f_i และสัมประสิทธิ์การขยายตัวของความร้อน β

ความดันของก๊าซเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิเฉลี่ยของก๊าซ แต่น้ำหนักรวมทั้งหมดของก๊าซในถังปิดและความหนาแน่นยังมีค่าคงที่และไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ เนื่องจากความหนาแน่นของก๊าซขึ้นกับความดันของก๊าซในการบรรจุ แต่ความร้อนจำเพาะของก๊าซไม่เปลี่ยนแปลงตามความดัน ดังนั้นปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียน w และอุณหภูมิแตกต่างของก๊าซส่วนบนและส่วนล่างสามารถเขียนได้ในฟอร์มของความดันก๊าซในการบรรจุดังนี้

$$w = \left(\frac{k}{\gamma_0 C_p} \times \frac{P}{p} \right)^{1/3} \quad (\text{ข.8})$$

$$\theta_2 - \theta_1 = \left(\frac{1}{k} \right)^{1/3} \times \left(\frac{1}{\gamma_0 C_p} \times \frac{P}{p} \right)^{2/3} \quad (\text{ข.9})$$

โดยที่ γ_0 คือ ความหนาแน่นของก๊าซ SF₆ ที่ความดัน 2.0 kg/cm².abs

P คือ ความดันก๊าซในการบรรจุ (ความดันสัมบูรณ์)

สมการ ข.8 และ ข.9 แสดงให้เห็นว่าปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียน w และอุณหภูมิแตกต่างของก๊าซส่วนบนและส่วนล่าง ($\theta_2 - \theta_1$) มีค่าน้อยลง เมื่อความดันในการบรรจุก๊าซมีค่าเพิ่มขึ้น ปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียนนี้เป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญในการพิจารณาอุณหภูมิเพิ่มของขดลวดในหม้อแปลง

อุณหภูมิเพิ่มของขดลวดเป็นผลรวมจาก อุณหภูมิแตกต่างระหว่างขดลวดกับก๊าซระหว่างก๊าซกับครีบบระบายความร้อน และอุณหภูมิเพิ่มของครีบบระบายความร้อนจากอุณหภูมิมบรรยากาศ หรือ เขียน ในรูปสมการ

$$\Delta\theta_c = \Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + \Delta\theta_3 \quad (\text{ข.10})$$

โดยที่ $\Delta\theta_c$ คือ อุณหภูมิเพิ่มของขดลวดจากอุณหภูมิมบรรยากาศ

$\Delta\theta_1$ คือ อุณหภูมิแตกต่างระหว่างขดลวดกับก๊าซ

$\Delta\theta_2$ คือ อุณหภูมิแตกต่างระหว่างก๊าซกับครีบบระบายความร้อน

$\Delta\theta_3$ คือ อุณหภูมิเพิ่มของครีบบระบายความร้อนจากอุณหภูมิมบรรยากาศ

ในสมการ (ข.10) นั้น ไม่คิดค่าอุณหภูมิที่ลดลงเนื่องจากความต้านทานความร้อนของวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนของขดลวดและของเหล็กที่ใช้ทำครีบบระบายความร้อน เพราะถือว่ามีค่าน้อยประมาณกว่า 2 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับค่าอื่น ๆ

อุณหภูมิแตกต่างระหว่างพื้นผิวที่ใช้ในการระบายความร้อนกับอุณหภูมิของก๊าซโดยเฉลี่ย คือ $\Delta\theta_1$ หรือ $\Delta\theta_2$ นั้น สามารถเขียนในรูปสมการดังนี้

$$\Delta\theta = \frac{d}{\lambda Nu} \times q \quad (\text{ข.11})$$

โดยที่ $\Delta\theta$ คือ อุณหภูมิที่แตกต่าง ($\Delta\theta_1$ หรือ $\Delta\theta_2$)

λ คือ การนำความร้อนของก๊าซ SF₆

Nu คือ นัสเซลต์นัมเบอร์ (Nusselt number)

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อของครีกระบายความร้อน
หรือค่าที่เทียบเท่า

q คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านพื้นที่ 1 ตารางหน่วยของ
พื้นที่ผิวที่ใช้ในการระบายความร้อน

นัสเซลต์นัมเบอร์ของก๊าซที่หมุนเวียน คือ

$$Nu = 1.86 \left(Re \times Pr \times \frac{d}{l} \right)^{1/3} \quad (\text{ข.12})$$

โดยที่ Re คือ เรย์โนลด์ส นัมเบอร์ (Reynolds number) = Vd/v

V คือ ความเร็วของก๊าซในท่อของครีระบายความร้อน

v คือ Kinematic viscosity ของก๊าซ SF₆

Pr คือ แพรนด์เทิลนัมเบอร์ (Prandtl number)

l คือ ความยาวของท่อระบายความร้อน

ความเร็วของก๊าซ SF₆ ได้จากการหารปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียนสมการ (ข.8)

ด้วยพื้นที่หน้าตัดของแต่ละท่อของครีระบายความร้อน

ส่วนอุณหภูมิเพิ่ม $\Delta\theta_3$ ของพื้นที่ผิวของครีระบายความร้อนจากอุณหภูมิบรรยากาศคือ

$$\Delta\theta_3 = 0.51 \times q^{0.8} \quad (\text{ข.13})$$

โดยที่ q คือ ความร้อนที่ระบายจากพื้นที่ผิว 1 ตารางหน่วยของครีระบายความร้อน
(kcal/m²,hr)

อุณหภูมิเพิ่มของ $\Delta\theta_c$ ของขดลวดสามารถคำนวณได้จากสมการ (ข.10), (ข.11), (ข.12) และ (ข.13)

ในการที่จะลดอุณหภูมิเพิ่มของขดลวดนอกจากจะลดความร้อนที่เกิดเนื่องจากการกำลังไฟฟ้าสูญเสียภายในขดลวดแล้ว การเพิ่มปริมาณของก๊าซที่หมุนเวียนจะมีส่วนช่วยให้ลดอุณหภูมิเพิ่มของขดลวดลงได้ พิจารณาจากสมการ (ข.5) และ (ข.7) จะเห็นว่าการเพิ่มระยะ H_r และ H_o มีส่วนช่วยให้ปริมาณก๊าซที่หมุนเวียนมีค่ามากขึ้น

การคำนวณอุณหภูมิเพิ่มขึ้นของขดลวด

จากสมการ (ข.10) อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของขดลวด $\Delta\theta_c$ ได้จากการคำนวณค่า $\Delta\theta_1$ $\Delta\theta_2$ และ $\Delta\theta_3$

$\Delta\theta_1$ คำนวณได้จากสมการ (ข.11)

$$\Delta\theta_1 = \frac{d_1}{\lambda Nu} \times q \quad (\text{ข.11})$$

โดยที่ λ คือ การนำความร้อนของก๊าซ SF₆ .

$$= 0.0117 \text{ kcal/mhr. } ^\circ\text{C ที่ } 2.35 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$$

$$Nu = 1.86 \left(\frac{v_1 d_1}{v} \times Pr \times \frac{d_1}{l_1} \right)^{1/3}$$

$$Pr = 0.669 \text{ แพรนด์เทิลนัมเบอร์ของก๊าซ SF}_6$$

$$d_1 = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางสมมูลย์ของร่องระบายความร้อน} \approx 0.015 \text{ m}$$

$$l_1 = \text{ความสูงของขดลวด} = 0.55 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{w}{A_1}$$

$$w \text{ คือปริมาณก๊าซที่หมุนเวียน} = 340 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$= 0.094 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 \text{ คือพื้นที่ภาคตัดขวางของร่องระบายความร้อน}$$

$$\approx 1.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{ดังนั้น } v_1 = \frac{0.094}{1.77 \times 10^{-4}} = 532 \text{ m/s}$$

$$v \text{ ของก๊าซ SF}_6 \text{ ที่ } 2.35 \text{ kg/cm}^2.\text{abs} \approx 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{จะได้ } Nu = 1.86 \left(\frac{532 \times 0.015}{1 \times 10^{-6}} \times 0.669 \times \frac{0.015}{0.55} \right)^{1/3}$$

$$= 98$$

$$q = 450 \text{ w/m}^2$$

$$\text{จะได้ } \Delta\theta_1 = \frac{0.015}{0.0117 \times 98} \times 450$$

$$= 6^\circ\text{C}$$

คำนวณค่า $\Delta\theta_2$ จากสมการ (ข.11) เช่นกัน

$$\text{โดยที่ } d_2 = \text{เส้นผ่านศูนย์กลางของครีบริบายความร้อน} = 0.032 \text{ m}$$

$$l_2 = \text{ความยาวของครีบริบายความร้อน} = 0.965 \text{ m}$$

$$V_2 = \frac{w}{A_2}$$

$$A_2 = 8 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{จะได้ } V_2 = \frac{0.094}{8 \times 10^{-4}} = 118 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } Nu &= 1.86 \left(\frac{V_2 d_2}{\nu} \times Pr \times \frac{d_2}{l_2} \right)^{1/3} \\ &= 1.86 \left(\frac{118 \times 0.032}{1 \times 10^{-6}} \times 0.669 \times \frac{0.032}{0.965} \right)^{1/3} \\ &= 81.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น } \Delta\theta_2 &= \frac{0.032}{0.0117 \times 81.4} \times 450 \\ &= 15 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

และคำนวณค่า $\Delta\theta_3$ จากสมการ (ข.13)

$$\Delta\theta_3 = 0.51 \times q^{0.8} \quad (\text{ข.13})$$

$$\text{โดยที่ } q = 250 \text{ W/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } \Delta\theta_3 &= 0.51 \times (250)^{0.8} \\ &= 42 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้นอุณหภูมิเพิ่มของขดลวดคือ

$$\Delta\theta_1 + \Delta\theta_2 + \Delta\theta_3 = 6 + 15 + 42 = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

ภาคผนวก ค.

คุณสมบัติทั่วไปของโพลีเอสเตอร์ฟิล์ม

1) คุณสมบัติทางกล

ความหนาแน่น	1.4	g/cm ³
ความทนต่อแรงดึง	23	kg/mm ²
การยืดตัว	110	%

2) คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ความทนต่อแรงดันไฟฟ้า

50 μm^*	7	kV
75 μm	10	kV
350 μm	26	kV

เพอร์มิตติวิตี ϵ_r

23°C, 50 Hz	3.26
50°C, 50 Hz	3.27
100°C, 50 Hz	3.35
150°C, 50 Hz	3.65

แฟกเตอร์สูญเสียกำลังไฟฟ้า $\tan \delta$

23°C, 50 Hz	0.002
50°C, 50 Hz	0.0015
100°C, 50 Hz	0.007
150°C, 50 Hz	0.006

ความต้านทานจำเพาะเชิงผิว	10^{14}	ohms
--------------------------	-----------	------

ความต้านทานจำเพาะเชิงปริมาตร	5×10^{12}	ohms · cm
------------------------------	--------------------	-----------

* 1 μm = 1 micron = 0.001 mm. \approx 4 guage

3) คุณสมบัติทางความร้อน

จุดหลอมตัว	260	°C
ย่านอุณหภูมิใช้งาน	-70 to 150	°C
ความร้อนจำเพาะ ที่ 25°C	1.3	kJ/kg K
	0.32	cal/g degC
สภาพนำความร้อน	150	mW/mK**

คุณสมบัติทางเคมี

ทนต่อน้ำมันพวกไฮดรอลิกได้ดี

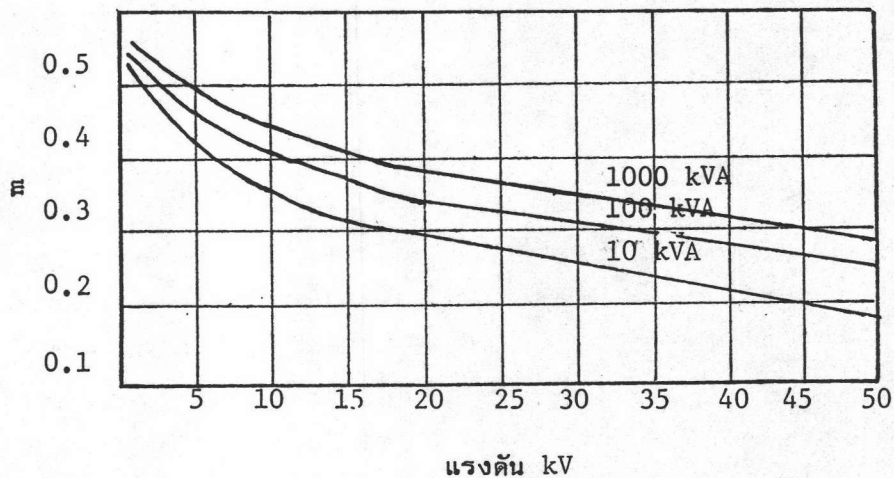
ทนต่อตัวละลายพวกแอลกอฮอล์และไฮโดรคาร์บอนได้ดี

ไม่ทนต่อกรดเข้มข้น เช่น กรดซัลฟูริก

** mW = milli Watts , mK = meter Kelvin

ภาคผนวก ง.

ในการออกแบบพื้นที่หน้าตัดของแกนเหล็กที่เหมาะสม เมื่อทราบขนาดของลวดตีวน้ำ และจำนวนรอบของขดลวดแล้ว ขั้นตอนจะต้องทราบค่าอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ภาคตัดขวางของขดลวดทั้งหมดต่อหน้าตัดของแกนเหล็ก, m ค่า m นี้จะขึ้นอยู่กับค่าแรงดันและกำลังไฟฟ้าของหม้อแปลง ดังแสดงในกราฟข้างล่างนี้ โดยเป็นค่าประมาณของหม้อแปลงแบบน้ำมัน ซึ่งได้มาจากผลงานที่ผลิตมาแล้ว [6] การใช้ประโยชน์จากค่า m นี้ช่วยในการหาขนาดหน้าตัดของแกนเหล็กที่เหมาะสมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

รูป ง.1 กราฟประมาณค่า m

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาว วิชา ทังไพศาล

ประวัติการศึกษา จบปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2526

สถานที่ทำงาน ตำแหน่งวิศวกรอันดับหนึ่ง แผนกฝึกอบรมสื่อสารและวิเคราะห์ระบบ
กองฝึกอบรมอุปกรณ์ ฝ่ายฝึกอบรม การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

