

รายการอ้างอิง

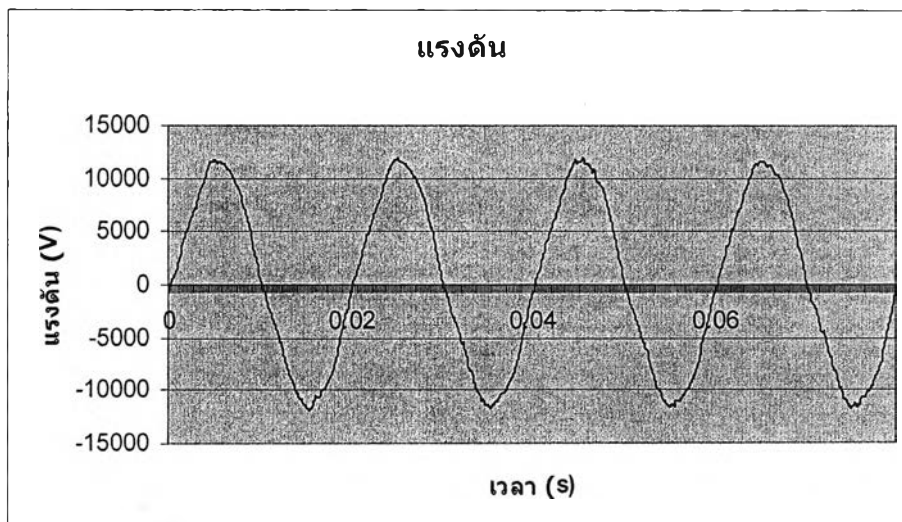
- 1 IEC 60099-5 : 1996 incorporating amendments 1:1999: Surge arresters, part5: selection and application recommendation. IEC standard, 1996
- 2 H.Zhu, M.R.Ragheveer. Influence of Representation Model and Voltage Harmonics on Metal Oxide Surge Arrester Diagnostics. IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 16,no. 4 , pp.599-603, Oct.2001.
- 3 C.Spellman, A.Haddad. A technique for on-line condition monitoring of ZnO surge arresters. , 10th international symposium on High voltage engineering, pp.151-154, 1997
- 4 R.Liao, H.Liu, Y.Song, C.Sun, Y.Mi. Analysis of the Performance of Two Digital Methods for Measuring MOA Resistance Current. , Chongqing University.
- 5 J.Lundquist, L.Stenstorm, A.Schei, B.Hansen. New Method for Measurement of the Resistive Leakage Current of metal-oxide Surge Arresters in Service. , IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 5, no. 4, pp. 1811-1822, Nov.1990.
- 6 C.Heinrich, V.Hinrichsen. Diagnostics and Monitoring of metal-oxide Surge Arresters in high-voltage Networks Comparison of Existing and Newly developed procedures. IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 16, no. 1, pp. 138-143, Jan.2001.

ภาคผนวก

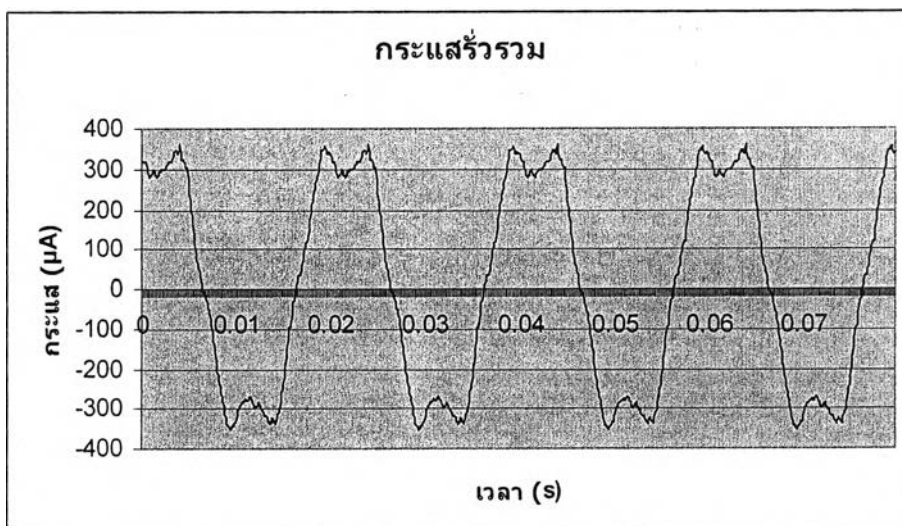
ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการหากระแสรั่วเชิงความต้านทานโดยวิธี COMPENSATION METHOD

จ่ายแรงดันเข้าสู่กับดักแรงดันเกินตัวที่ 1 (ดูตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1) วัดแรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกิน (V) และกระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน (I_t) ได้ดังรูปที่ ก.1 และ ก.2

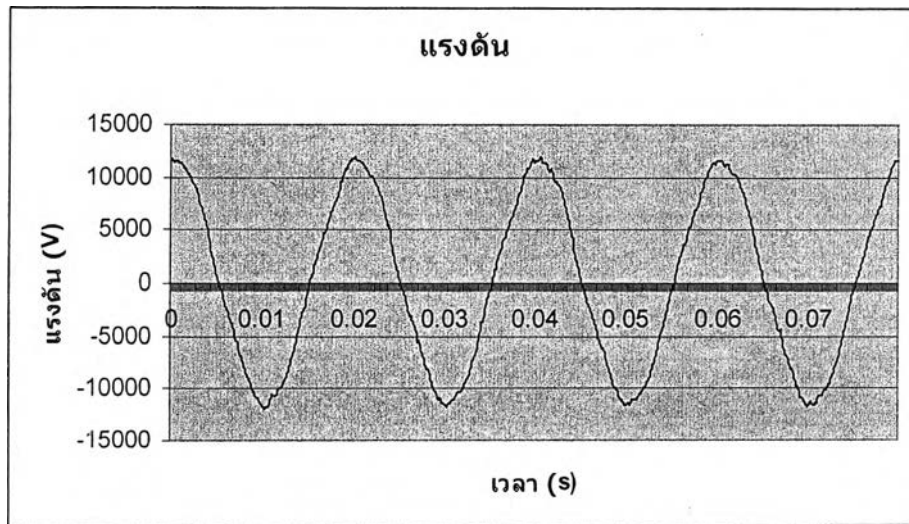


รูปที่ ก.1 แรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ ก.2 กระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน

นำแรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกินในรูปที่ ก.1 เลื่อนเฟสไปข้างหน้า 90 องศา ดังรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 แรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกินเลื่อนเฟสไปข้างหน้า 90 องศา

นำกระแสรั่วรวมในรูปที่ ก.2 และแรงดันในรูปที่ ก.3 คำนวณตามสมการ ก.1

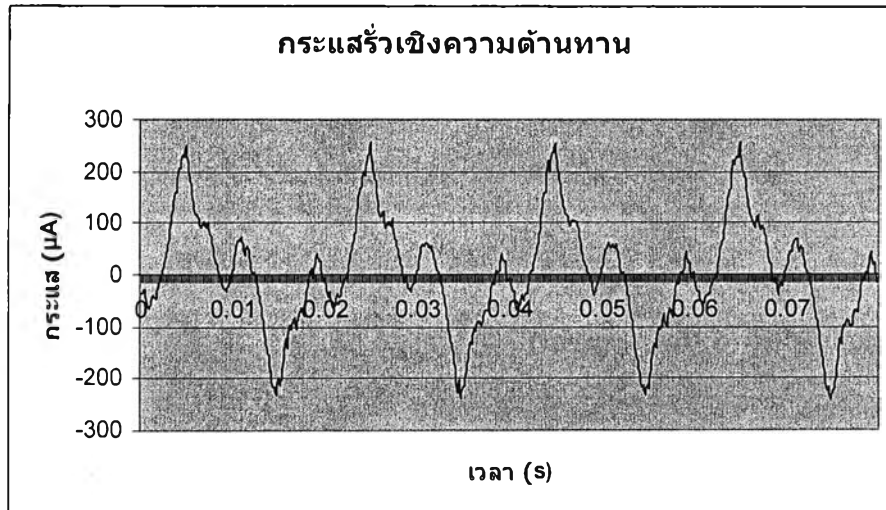
$$\int [V_{sf} * (I_t - (G * V_{sf}))] dt = 0 \quad (ก.1)$$

ผลของการอินทิเกรตโดยเปลี่ยนค่าคงที่ G แสดงดังตาราง ก.1

ตารางที่ ก.1 ผลของการอินทิเกรตเมื่อเปลี่ยนค่าคงที่ G

ค่า G (*10 ⁻¹²)	ค่าที่ได้จากการอินทิเกรต (*10 ⁴ W.)
2.5	-2.35
2.0	-0.35
1.5	1.65
1.5	3.65

จากตารางที่ ก.1 ค่า G ที่ทำให้ผลการอินทิเกรตในสมการ ก.1 เป็นศูนย์ จะอยู่ระหว่าง $1.5 \cdot 10^{-12}$ และ $2 \cdot 10^{-12}$ ใช้การประมาณเชิงเส้น จะได้ค่า $G = 1.825 \cdot 10^{-12}$ นำค่า G ไปใช้หา กระแสรั่วเชิงความต้านทานได้ดังรูปที่ ก.4



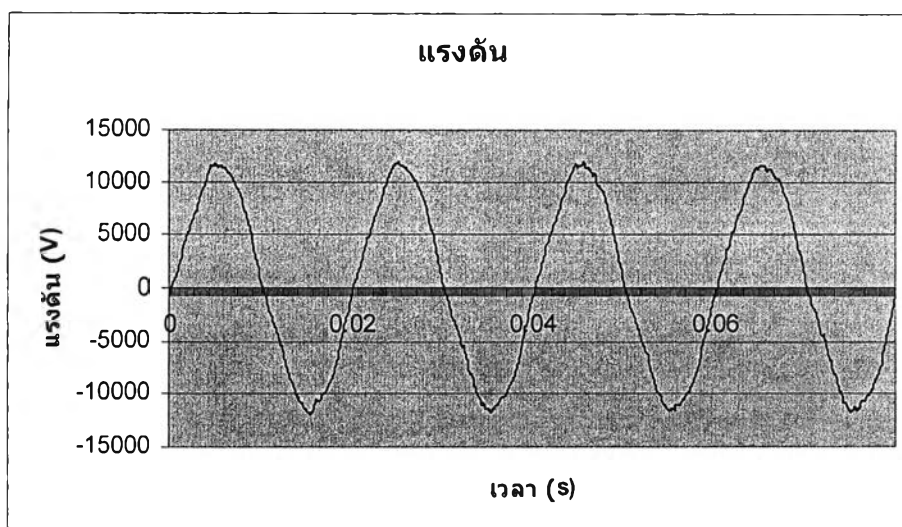
รูปที่ ก.4 กระแสรั่วเชิงความต้านทานที่ได้จากวิธี COMPENSATION METHOD

หาค่าประสิทธิผลของกระแสรั่วเชิงความต้านทานในรูปที่ ก.4 ได้ $108 \mu A$

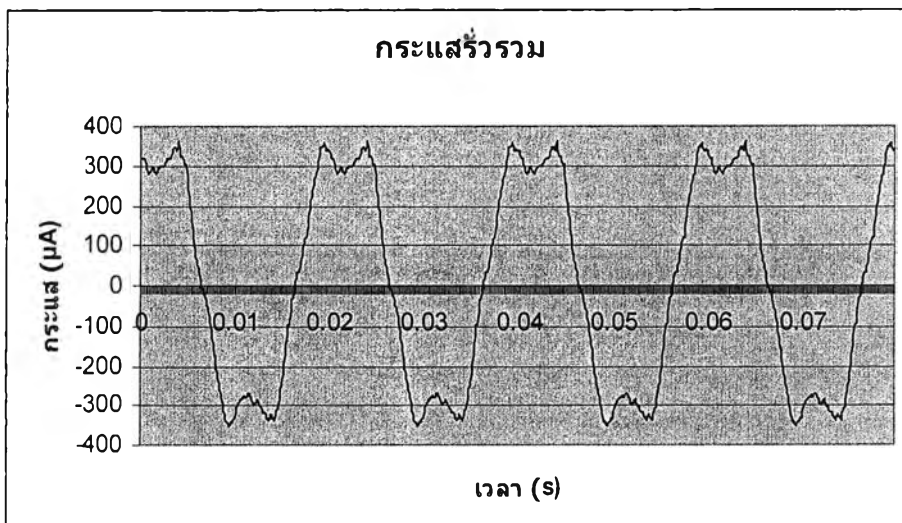
ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการหากระแสรั่วเชิงความต้านทานโดยวิธี HARMONIC ANALYSIS METHOD

จ่ายแรงดันเข้าสู่กับดักแรงดันเกินตัวที่ 1 (ดูตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2) วัดแรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกิน (V) และกระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน (I_t) ได้ดังรูปที่ ข.1 และ ข.2



รูปที่ ข.1 แรงดันที่ตกคร่อมกับดักแรงดันเกิน



รูปที่ ข.2 กระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน

นำกระแสรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกินไปแยกส่วนประกอบฮาร์มอนิก ส่วนประกอบฮาร์มอนิกที่ได้แสดงดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ค่าส่วนประกอบฮาร์มอนิกของกระแสรั่วเชิงความต้านทานในรูปที่ ข.2

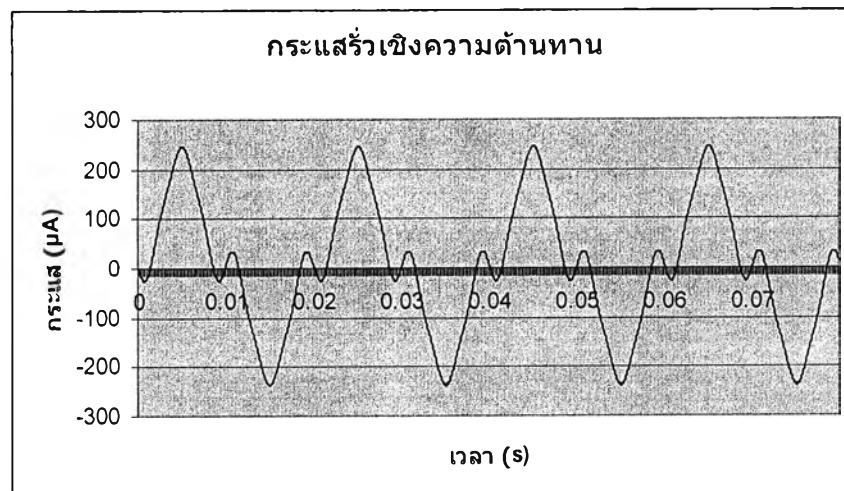
ลำดับฮาร์มอนิก (k)	ค่ายอดของกระแส (I_{km})	มุมเฟสของกระแส (β_k)
1	$7.27 \cdot 10^{-6}$	61.5
3	$1.37 \cdot 10^{-6}$	-171.0
5	$0.61 \cdot 10^{-6}$	117.5
7	$0.37 \cdot 10^{-6}$	-135.0

นำค่าในตารางที่ ข.1 คำนวณหกระแสรั่วเชิงความต้านทานในสมการที่ ข.1

$$I_r = I_0 + \sum [I_{km} \cdot \cos(\beta_k) \cdot \sin(k\omega t)] ; k = 1,3,5,7 \quad (\text{ข.1})$$

โดยที่ $I_0 = 0$

รูปคลื่นของกระแสรั่วเชิงความต้านทานที่ได้จากสมการ ข.1 แสดงดังรูปที่ ข.3



รูปที่ ข.3 กระแสรั่วเชิงความต้านทานที่ได้จากวิธี HARMONIC ANALYSIS METHOD

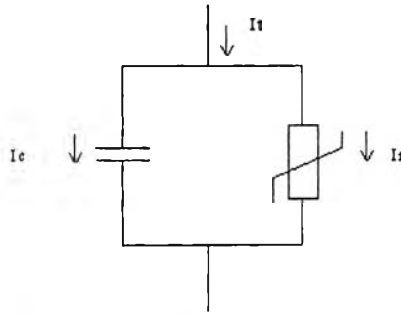
หาค่าประสิทธิผลของกระแสรั่วเชิงความต้านทานในรูปที่ ข.3 ได้ $133 \mu A$

ภาคผนวก ค.

การหากระแสรั่วเชิงความต้านทานโดยเครื่อง LCM. II
(LEAKAGE CURRENT MONITORING.)

เครื่อง LCM. II เป็นเครื่องมือเชิงพาณิชย์ ใช้สำหรับวัดกระแสรั่วเชิงความต้านทานที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน

พิจารณาวงจรสมมูลของกับดักแรงดันเกินรูปที่ ค.1 กระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน (I_t) ประกอบด้วยกระแส 2 ส่วนคือกระแสรั่วเชิงความต้านทาน (I_r) และกระแสรั่วเชิงความจุ (I_c)



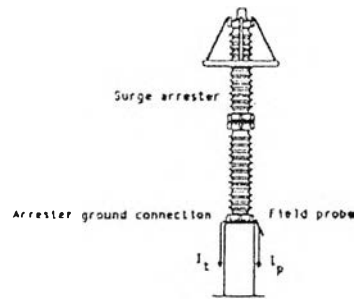
รูปที่ ค.1 วงจรสมมูลของกับดักแรงดันเกิน

เขียนสมการกระแสที่ฮาร์โมนิกลำดับที่ 3 ได้ดังสมการ ค.1

$$I_{r3} = I_{t3} - I_{c3} \quad (\text{ค.1})$$

ค่า I_{t3} สามารถหาได้โดยตรงจากการวัดกระแสรั่วรวมที่ไหลผ่านกับดักแรงดันเกิน และนำไปแยกหาส่วนประกอบฮาร์โมนิกที่ 3 แต่ค่า I_{c3} ไม่สามารถหาได้โดยตรง จึงต้องหาวิธีการหาค่า I_{c3}

วัดค่ากระแสโพรบ I_p ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามไฟฟ้าที่บริเวณฐานของกับดักแรงดันเกิน ในรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 บริเวณที่วัดกระแสรั่วรวมและกระแสโพรบ

สร้างตัวแปร k เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสรั่วรวมกับกระแสโพรบ

$$k1 = \frac{It1}{Ip1} \quad (\text{ค.2})$$

ค่ากระแสรั่วรวมมีค่าใกล้เคียงค่ากระแสรั่วเชิงความจุ จึงสามารถเขียนสมการหาค่า $k3$ ได้ดังสมการ ค.3

$$k3 = \frac{Ip3}{Ic3} \quad (\text{ค.3})$$

$$Ic3 = k3 * Ip3 \quad (\text{ค.4})$$

แทนค่าในสมการ ค.4 ลงในสมการ ค.1 จะได้สมการ ค.5

$$Ir3 = It3 - (k3 * Ip3) \quad (\text{ค.5})$$

นำค่า $k1$ หาค่า $k3$ และคูณด้วย $\frac{It1}{Ip1}$ จะได้สมการ ค.6

$$Ir3 = It3 - \left(\left(\frac{k3}{k1} \right) * \left(\frac{It1}{Ip1} \right) * Ip3 \right) \quad (\text{ค.6})$$

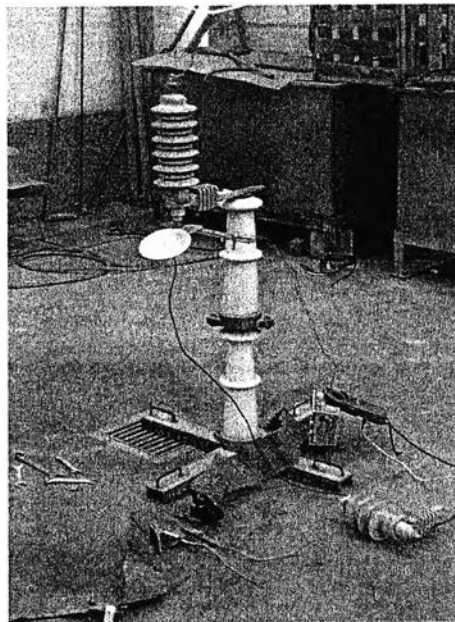
$\frac{k_3}{k_1}$ สามารถหาได้จาก การวัดสนามไฟฟ้าบริเวณฐานของกับดักแรงดันเกิน โดยทั่วไป จะใช้ค่า $\frac{k_3}{k_1} = 0.75$ ดังนั้นจะได้สมการในการหาค่ากระแสรั่วเชิงความต้านทานของเครื่อง LCM. II ในสมการ ค.7

$$I_{r3} = I_{t3} - \left(0.75 * \left(\frac{I_{t1}}{I_{p1}} \right) * I_{p3} \right) \quad (\text{ค.7})$$

จากนั้นเครื่อง LCM. II จะนำค่าฮาร์มอนิกที่ 3 ของกระแสรั่วเชิงความต้านทานที่ได้ในสมการ ค.7 ไปคำนวณหาค่ากระแสรั่วเชิงความต้านทานดังสมการ ค.8

$$I_r = 4 * I_{r3} \quad (\text{ค.8})$$

รูปที่ ค.3 แสดงการใช้งานเครื่อง LCM ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่ากระแสรั่วเชิงความต้านทาน



รูปที่ ค.3 แสดงการต่อเครื่อง LCM เพื่อวัดกระแสรั่วเชิงความต้านทาน

ในรูปที่ ค.3 จะสังเกตเห็นว่ามีการต่องานเพื่อวัดสนามไฟฟ้าและวัดค่ากระแสโพรบที่ฐานของกัปคิกแรงดันเกิน และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหากระแสรั่วเชิงความต้านทานตามสมการที่ ค.7 และ ค.8 ตามลำดับ



รูปที่ ค.4 จอแสดงค่ากระแสรั่วเชิงความต้านทาน

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภาณุกานต์ วัฒนประภาศักดิ์ เกิดเมื่อวันที่ 28 พฤศจิกายน พ.ศ. 2523 จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2545

