

## รายการอ้างอิง

- 1 Ph. Ferracci. Ferroresonance. Cahier technique, Group Schneider, 1998.
- 2 David A. N. Jacobson. Examples of Ferroresonance in a High Voltage Power System, IEEE.
- 3 Surya Santoso, Roger C. Dugan, Peter Nedwick. Modeling Ferroresonance Phenomena in an Underground Distribution System, IEEE.
- 4 Roger C. Dugan. Electrical Power Systems Quality. (n.p.) : McGraw-Hill, 2002.
- 5 Prof. D.V. Razevig. High Voltage Engineering. (n.p.) : Khanna Publishers, 1979.
- 6 Allan Greenwood. Electrical Transients in Power Systems. New York, 1991.
- 7 Slow Transients Task Force of the IEEE Working Group on Modeling and Analysis of Systems Transients Using Digital Programs. Modeling and Analysis Guidelines for Slow Transients – Part III : The Study of Ferroresonance, IEEE Transactions on Power Delivery, 15, 1 (January 2000).
- 8 B.A. Mork, D.L. Stuehm. Application of Nonlinear Dynamics and Chaos to Ferroresonance in Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, 9, 2 (April 1994).
- 9 Roger C. Dugan. Examples of Ferroresonance in Distribution Systems, IEEE.
- 10 Roger C. Dugan. Contribution for Ferroresonance Section. Electrotek Concepts, Inc.
- 11 Ferroresonance. High Technology Solutions for the Producers, Distributors and Users of Electric Power. (n.p.) : Cadick Corporation, 2002.
- 12 Prof. Dr.-Ing. Armin Schnettler. Technical Seminar on Insulation Coordination in High Voltage Power Systems. PES Chapter of IEEE Thailand Section, 2003.
- 13 Andrew R. Hileman. Insulation Coordination for Power Systems. (n.p.) : Marcel Dekker, 1999.
- 14 E. Kuffel. High Voltage Engineering. Newnes, 2000.
- 15 ตำรวย สัจจ์สะอาด. เทคโนโลยีการฉนวนในระบบส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าแรงสูง.
- 16 Ohio Brass. Zinc-Oxide Arrester Design and Characteristics. (n.p.) : Hubbell, Power System, 1999.
- 17 S S Kershaw, G L Gaibrois, K B Stump. Applying Metal-Oxide Surge Arresters on Distribution Systems, IEEE Transactions on Power Delivery, 4, 1 (January 1989).

- 18 IEEE std C62.22-1991. IEEE Guide for the Application of Metal-Oxide Surge Arresters for Alternating-Current Systems.
- 19 IEC 99-4. Surge arresters Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for ac systems, 1991.
- 20 T.A. Short, J. J. Burke and R. T. Mancao. Application of MOVs in the distribution environment, IEEE Transaction on Power Delivery, 9, 1 (January 1994).
- 21 R. A. Walling, R. K. Hartana, R. M. Reckard, M. P. Sampat and T. R. Balgie. Performance of metal-oxide arresters exposed to ferroresonance in padmount transformer, IEEE Transaction on Power Delivery, 9, 2 (April 1994).
- 22 สุรพล ดำรงกิตติกุล. หลักการสร้างแบบแทนระบบไฟฟ้าแรงสูง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แรงดันเกินสวิตชิง, Seminar on Electrical Power System, IEEE Thailand Section, ตุลาคม 2529.
- 23 Phelps Dodge Thailand Limited. High Voltage Power Cables and Their Applications.
- 24 William A.. Electrical Power Cable Engineering, Second Edition, Marcel Dekker, INC.
- 25 Dr. W. Scott Meyer, Dr. Tsu-huei Liu. Alternative Transients Program (ATP) Rule Book, Canadian/American EMTP User Group, 1992.
- 26 Hermann W. Dommel. EMTP Theory Book, Second Edition, Microtran Power System Analysis Corporation, April 1996.
- 27 Prof. Dr. Mustafa Kizilcay. Power System Transients and Their Computation, University of Applied Sciences of Osnabruck.
- 28 J. Vernieri, B. Barbieri, P. Arnera. Influence of The Representation of The Distribution Transformer Core Configuration on Voltages Developed During Unbalanced Operations, IEEE.
- 29 Hans K. Hoidalen, Bruce A. Mork, Laszlo Prikler and James L. Hall. Implementation of New Features in ATPDraw Version 3, International Conference on Power Systems Transients (IPST), 2003.
- 30 Dieter Kind. High-Voltage Experimental Technique. (n.p.) : 1978



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก.

## ข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง กรณีปัญหาแรงดันเกิน

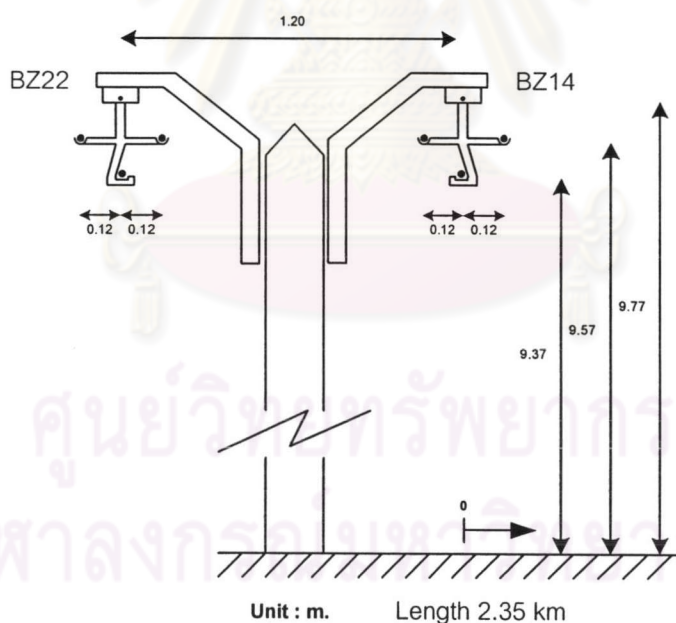
## จากการสับ-ปลดสวิตช์ในสายป้อน

## ก.1 ค่าอิมพีแดนซ์ลำดับวงจรของแหล่งจ่าย

BusName	Vbus (kV)	Positive sequence impedance		Zero sequence impedance	
		$R_1$ ( $\Omega$ )	$L_1$ (mH)	$R_0$ ( $\Omega$ )	$L_0$ (mH)
BZ	12	0.059616	1.655435	0.0072	1.53782

## ก.2 ข้อมูลสายป้อนเหนือศีรษะ

สายป้อนเหนือศีรษะชนิด Spaced Aerial Cable (ASC) ขนาด  $185 \text{ mm}^2$  จำนวน 2 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



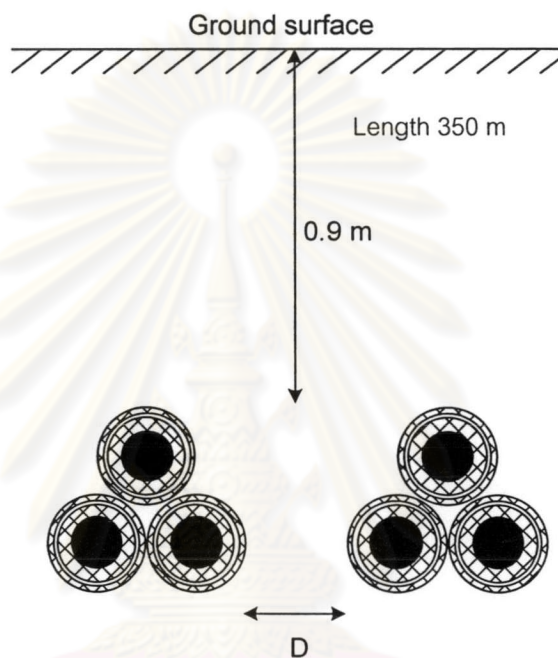
Conductor Radius (m)	0.007674
Conductor DC Resistance (ohms/km)	0.144
SAG for all Conductors (m)	0.5
Number of Sub-Conductors in a Bundle	1



Ground Wire Radius (m)	0.004763
Ground Wire DC Resistance (ohms/km)	1.19039
SAG for Ground Wire (m)	0.4

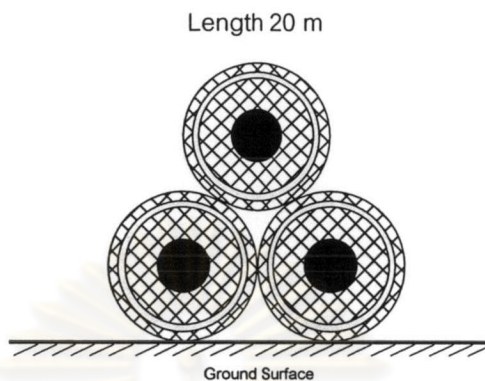
### ก.3 ข้อมูลสายเคเบิลใต้ดิน

- 1) 400 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 2 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Diameter of Conductor (mm)	23.39
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	39.10
Thickness of Sheath (mm)	2.79
Overall Diameter (mm)	49.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

- 2) 70 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 1 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Diameter of Conductor (mm)	9.73
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	24.40
Thickness of Sheath (mm)	2.03
Overall Diameter (mm)	31.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

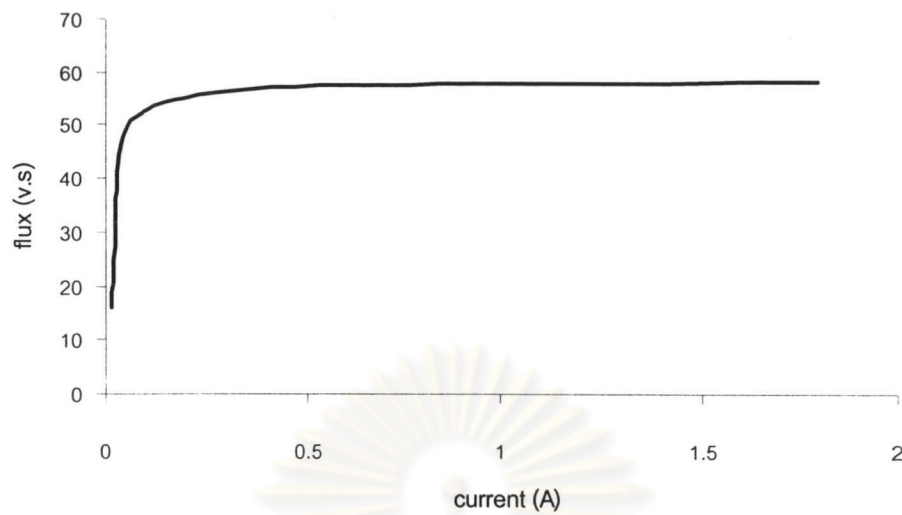
#### ก.4 ข้อมูลหม้อแปลง

หม้อแปลงจำหน่ายชนิด Oil type ขนาด 112.5 kVA, 12 kV/416 V ต่อขดลวดแบบ Dyn1 และมีข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### ข้อมูลการทดสอบหม้อแปลง

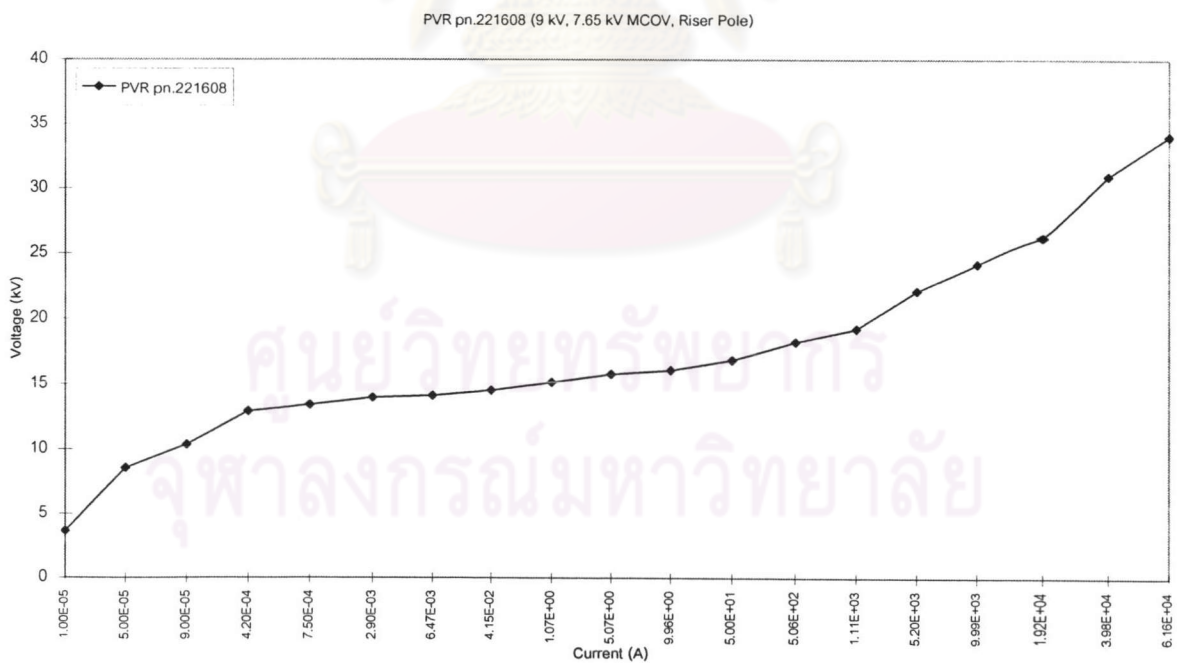
%Noload current	1.95
%Z	3.54
O/C losses (W)	753
S/C losses (W)	1,822.5
Z pri/Z sec	0.5

กราฟคุณลักษณะการอิ่มตัวของแกนเหล็ก (HV side)



### ก.5 ข้อมูลกับดักฟ้าผ่า

กับดักฟ้าผ่าชนิดออกไซด์โลหะ แบบติดตั้งที่เสาโรเซอร์ (Ohio Brass : PVR 221608) ขนาด 9 kV, 10 kA, MCOV 7.65 kV<sub>rms</sub> มีความสามารถในการรับพลังงานเท่ากับ 3.4 kJ/kV และมีคุณลักษณะ V-I curve ดังนี้



## ภาคผนวก ข.

## ข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง กรณีปัญหาแรงดันเกิน

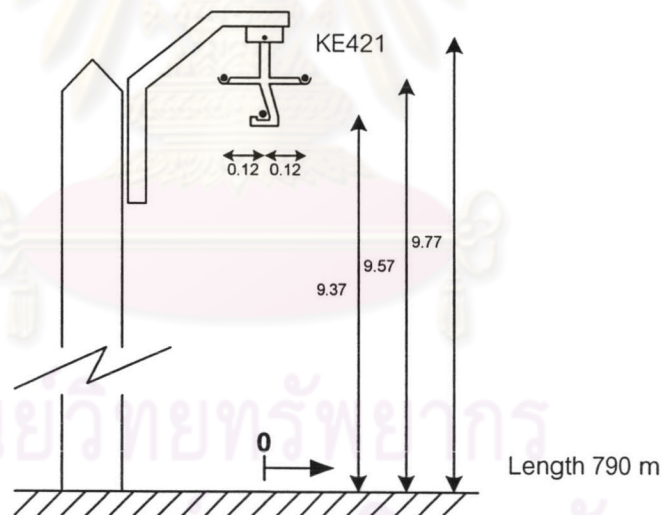
## จากการสับ-ปลดฟิวส์ชนิดขาดตก

## ข.1 ค่าอิมพีแดนซ์ลัดวงจรของแหล่งจ่าย

BusName	Vbus (kV)	Positive sequence impedance		Zero sequence impedance	
		$R_1$ ( $\Omega$ )	$L_1$ (mH)	$R_0$ ( $\Omega$ )	$L_0$ (mH)
KE	24	0.3598848	6.45563	0.029952	6.092604

## ข.2 ข้อมูลสายป้อนเหนือศีรษะ

สายป้อนเหนือศีรษะชนิด Spaced Aerial Cable (ASC) ขนาด  $185 \text{ mm}^2$  จำนวน 1 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

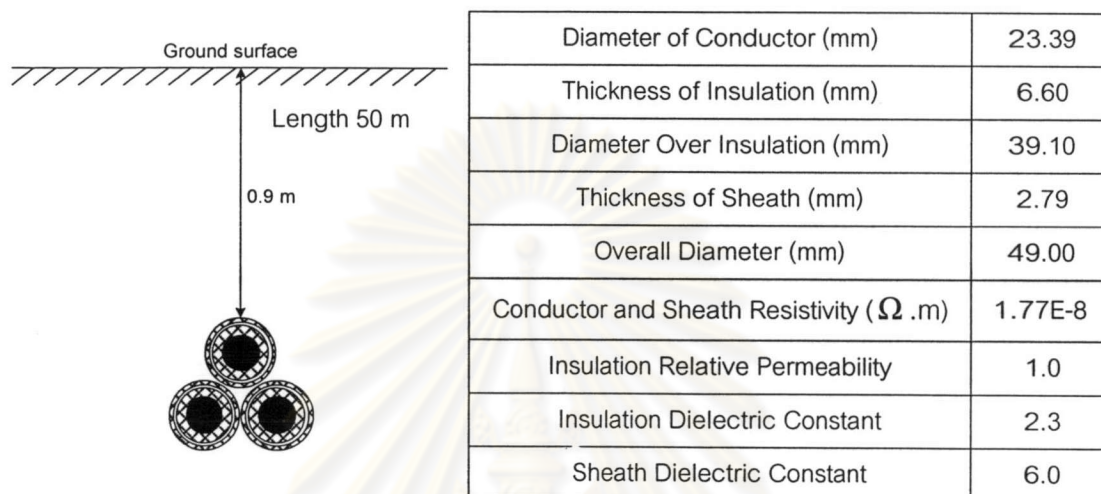


Conductor Radius (m)	0.007674
Conductor DC Resistance (ohms/km)	0.144
SAG for all Conductors (m)	0.5
Number of Sub-Conductors in a Bundle	1
Ground Wire Radius (m)	0.004763
Ground Wire DC Resistance (ohms/km)	1.19039
SAG for Ground Wire (m)	0.4

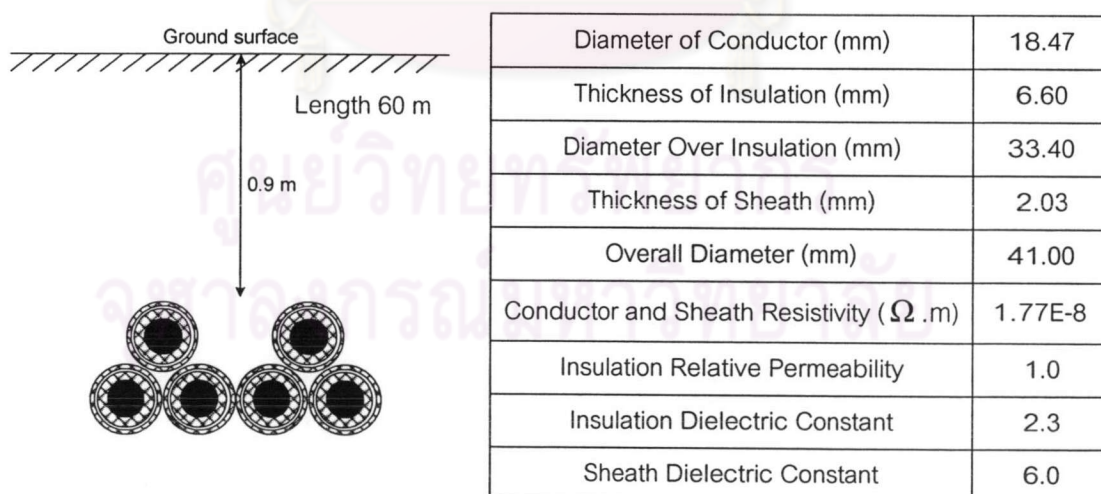


### ข.3 ข้อมูลสายเคเบิลใต้ดิน

- 1) 400 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 1 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

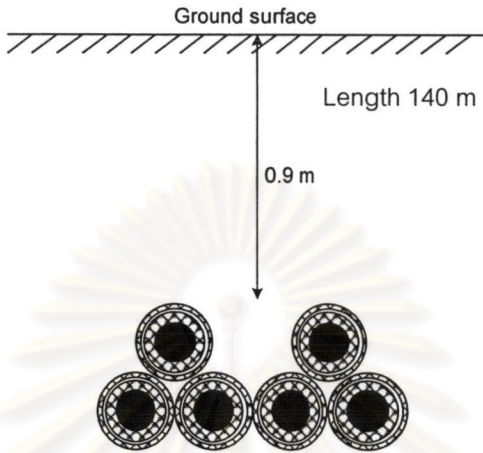


- 2) 240 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 2 วงจร ต่อไปยัง RMU1 มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

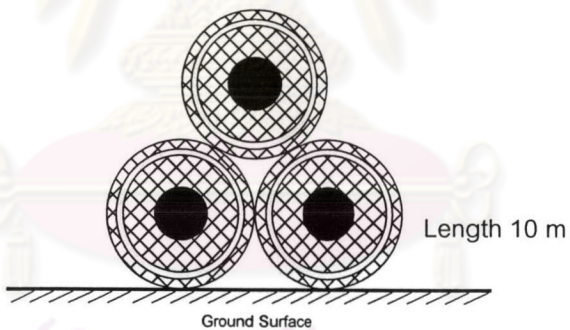


3) 95 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

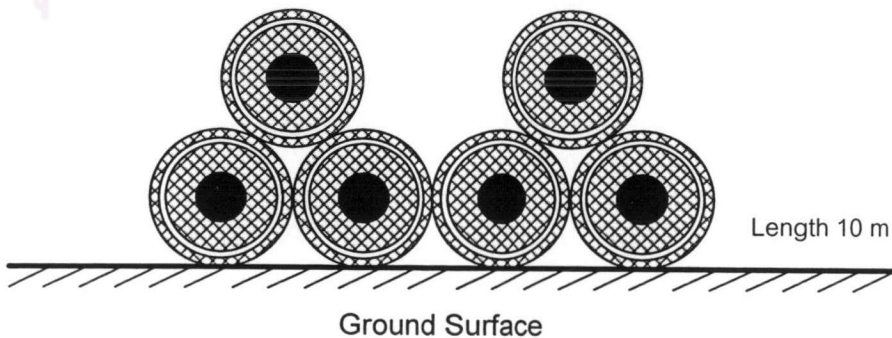
- สายเคเบิลใต้ดิน 2 วงจร ต่อไปยัง RMU2



- สายเคเบิล 1 วงจร ต่อไปยังหม้อแปลง 1,250 kVA



- สายเคเบิล 2 วงจร ต่อไปยังหม้อแปลง 2x1,600 kVA



Diameter of Conductor (mm)	11.45
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	26.10
Thickness of Sheath (mm)	2.03
Overall Diameter (mm)	34.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

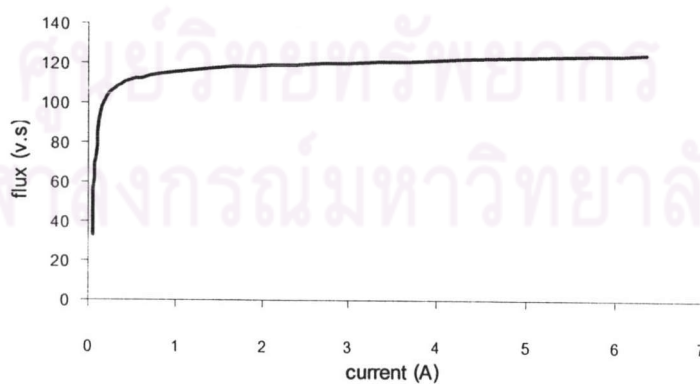
#### ข.4 ข้อมูลหม้อแปลง

- 1) หม้อแปลงขนาด 1,250 kVA, 24 kV/416 V ชนิด Cast Resin ต่อขดลวดแบบ Dyn11 และมีข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

##### ข้อมูลการทดสอบหม้อแปลง

%Noload current	0.894
%Z	6.2
O/C losses (W)	2804
S/C losses (W)	11,370
Z pri/Z sec	0.505

กราฟคุณลักษณะการอิ่มตัวของแกนเหล็ก (HV side)

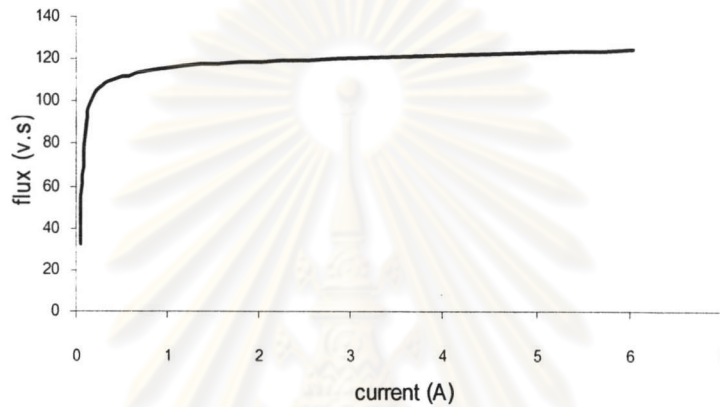


- 2) หม้อแปลงขนาด 1,600 kVA, 24 kV/416 V ชนิด Cast Resin ต่อขดลวดแบบ Dyn11 และมีข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

ข้อมูลการทดสอบหม้อแปลง

%Noload current	0.67
%Z	6
O/C losses (W)	3,100
S/C losses (W)	14,000
Z pri/Z sec	0.5

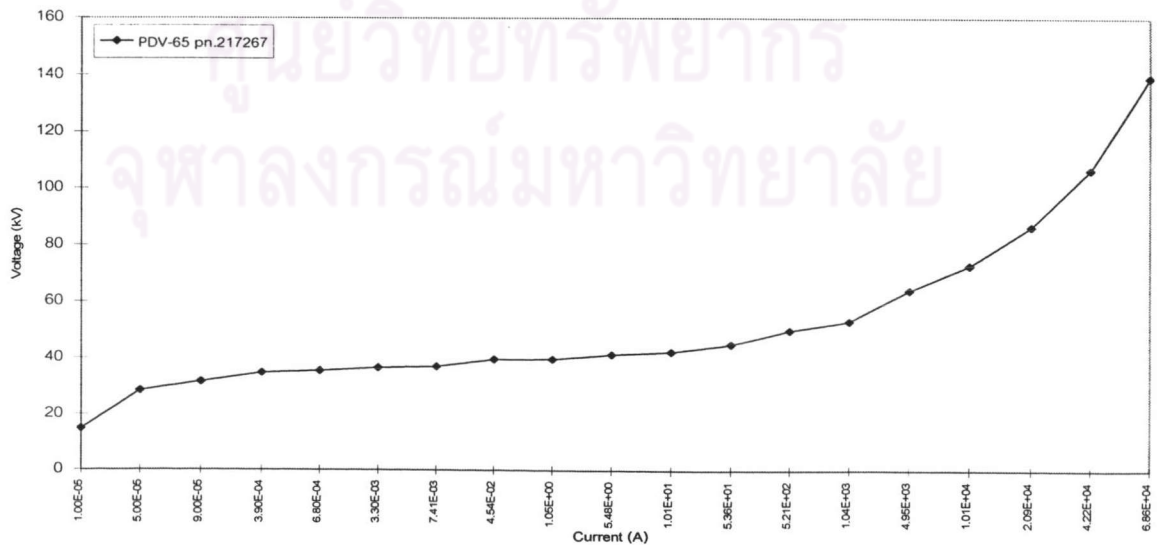
กราฟคุณลักษณะการอิ่มตัวของแกนเหล็ก (HV side)



ข.5 ข้อมูลกับดักฟ้าผ่า

กับดักฟ้าผ่าชนิดออกไซด์โลหะ แบบติดตั้งในระบบจำหน่าย (Ohio Brass : PDV65 217267) ขนาด 21 kV, 5 kA, MCOV 17 kV<sub>rms</sub> มีความสามารถในการรับพลังงานเท่ากับ 1.4 kJ/kV และมีคุณลักษณะ V-I curve ดังนี้

PDV-65 pn.217267 (21 kV, 17.0 kV MCOV)

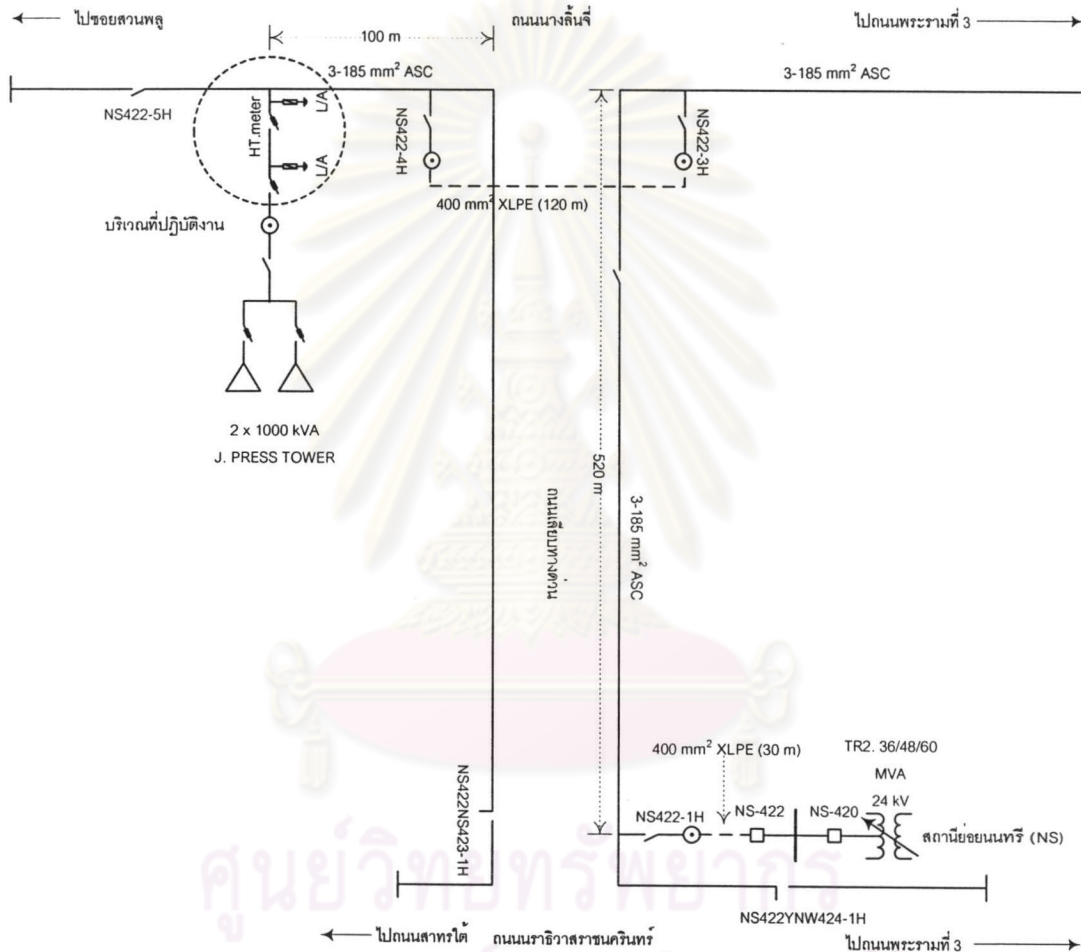


ภาคผนวก ค.

ข้อมูลที่ใช้ในการจำลอง กรณีปัญหาแรงดันเกิน

จากการทำงานของฟิวส์ชนิดขาดตก

ค.1 แผนภาพเส้นเดี่ยว



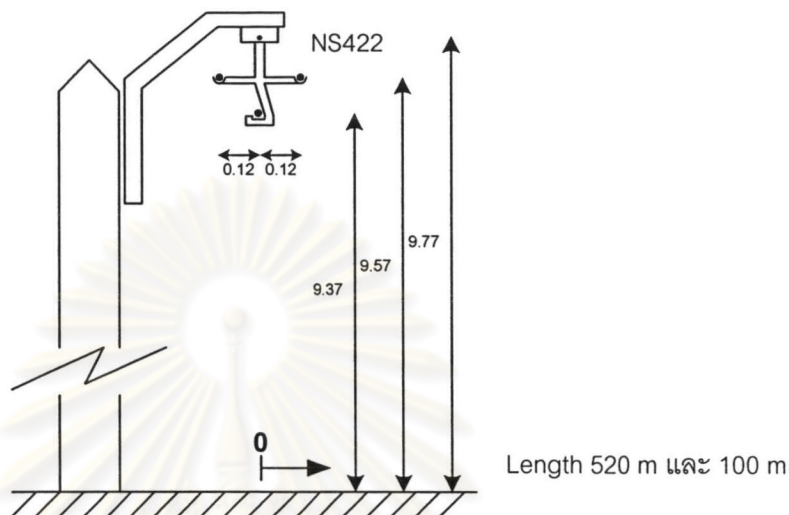
ค.2 ค่าอิมพีแดนซ์ลำดับวงจรของแหล่งจ่าย

BusName	Vbus (kV)	Positive sequence impedance		Zero sequence impedance	
		$R_1 (\Omega)$	$L_1 (mH)$	$R_0 (\Omega)$	$L_0 (mH)$
NS	24	0.294336	6.893	0.029376	6.0924



**ค.3 ข้อมูลสายป้อนเหนือศีรษะ**

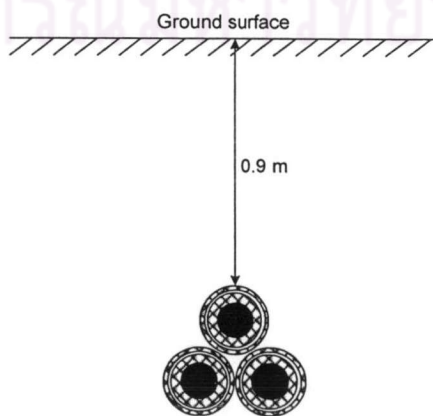
สายป้อนเหนือศีรษะชนิด Spaced Aerial Cable (ASC) ขนาด 185 mm<sup>2</sup> จำนวน 1 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Conductor Radius (m)	0.007674
Conductor DC Resistance (ohms/km)	0.144
SAG for all Conductors (m)	0.5
Number of Sub-Conductors in a Bundle	1
Ground Wire Radius (m)	0.004763
Ground Wire DC Resistance (ohms/km)	1.19039
SAG for Ground Wire (m)	0.4

**ค.4 ข้อมูลสายเคเบิลใต้ดิน**

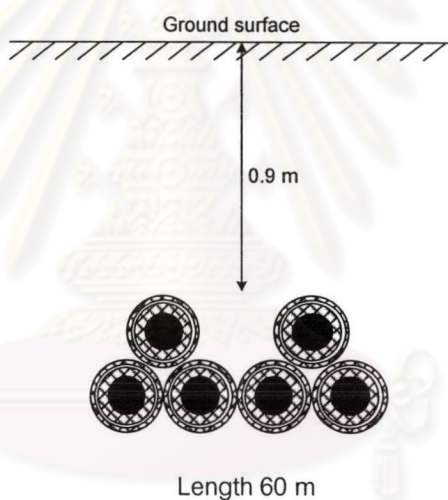
- 1) 400 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 1 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Length 30 และ 120 m

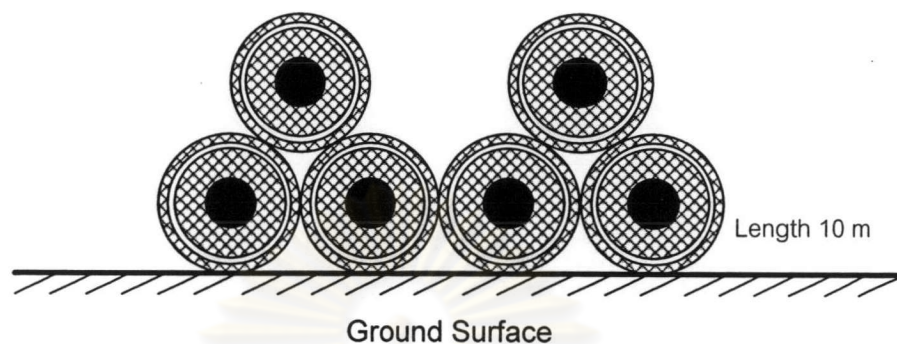
Diameter of Conductor (mm)	23.39
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	39.10
Thickness of Sheath (mm)	2.79
Overall Diameter (mm)	49.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

- 2) 95 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 2 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Diameter of Conductor (mm)	11.45
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	26.10
Thickness of Sheath (mm)	2.03
Overall Diameter (mm)	34.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

- 3) 70 mm<sup>2</sup> XLPE Cable, 25 kV จำนวน 2 วงจร มีโครงสร้างการจัดวางสาย และ พารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้



Diameter of Conductor (mm)	9.73
Thickness of Insulation (mm)	6.60
Diameter Over Insulation (mm)	24.40
Thickness of Sheath (mm)	2.03
Overall Diameter (mm)	31.00
Conductor and Sheath Resistivity ( $\Omega \cdot m$ )	1.77E-8
Insulation Relative Permeability	1.0
Insulation Dielectric Constant	2.3
Sheath Dielectric Constant	6.0

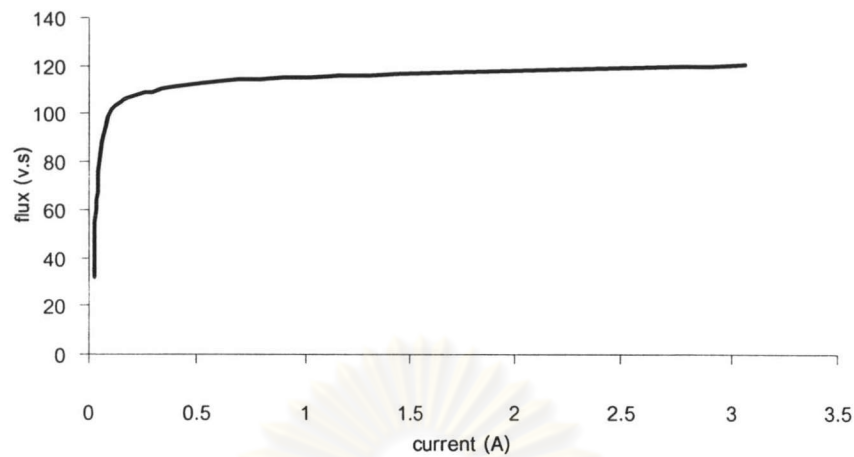
#### ค.5 ข้อมูลหม้อแปลง

หม้อแปลงขนาด 1,000 kVA, 24 kV/416 V ชนิด Cast Resin ต่อขดลวดแบบ Dyn11 และมีข้อมูลต่างๆ ดังต่อไปนี้

#### ข้อมูลการทดสอบหม้อแปลง

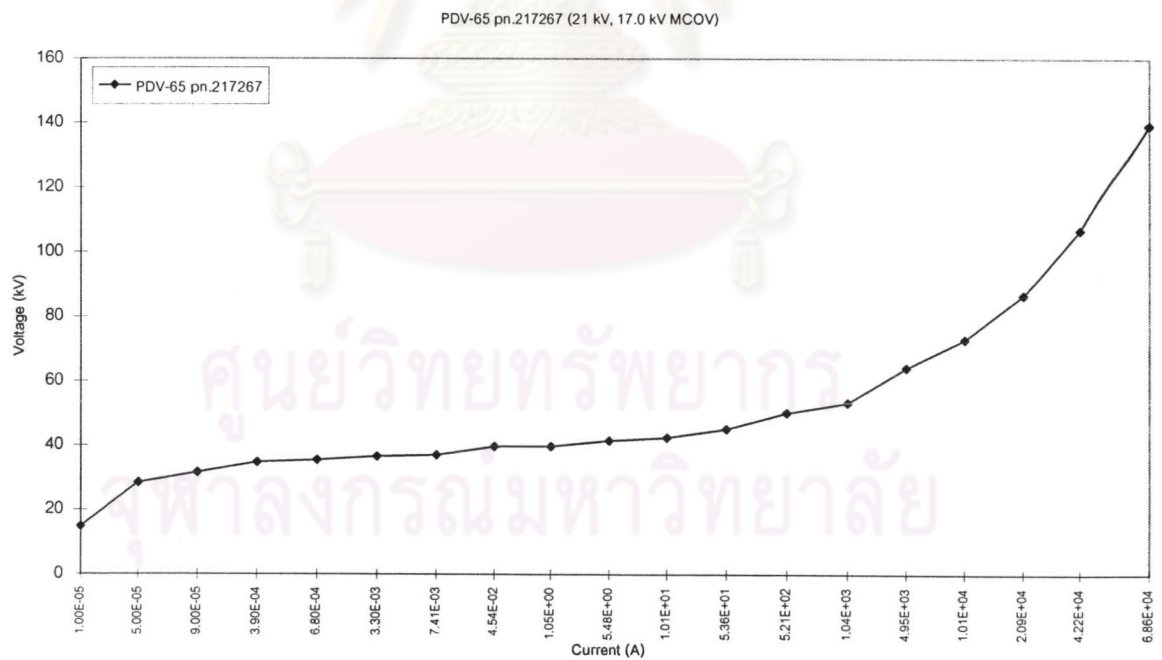
%Noload current	0.73711
%Z	5.49
O/C losses (W)	2,200
S/C losses (W)	8,547
Z pri/Z sec	0.659

กราฟคุณลักษณะการอิ่มตัวของแกนเหล็ก (HV side)



#### ค.6 ข้อมูลกับดักฟ้าผ่า

กับดักฟ้าผ่าชนิดออกไซด์โลหะ แบบติดตั้งในระบบจำหน่าย (Ohio Brass : PDV65 217267) ขนาด 21 kV, 5 kA, MCOV 17 kV<sub>rms</sub> มีความสามารถในการรับพลังงานเท่ากับ 1.4 kJ/kV และมีคุณลักษณะ V-I curve ดังนี้



## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเกรียงไกร พัฒนภักดี เกิดเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ.2523 จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2544 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย