การศึกษาความเชื่อถือของระบบการทำงาน ของรีเลย์ที่ใช้ป้องกันระบบการจ่ายพลังไฟฟ้าของ การไฟฟ้านครหลวง

A STUDY OF THE RELIABILITY OF RELAY PROTECTION OF THE BANGKOK DISTRIBUTION SYSTEM

โดย
นายเกษม ไชยงย์ วศ.บ.

วิทยานิพนธ์นี้
เป็นส่วนประกอบการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต
ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
พ.ศ. 2511

000160

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนประกอบการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

แสง ศุขะวณิช
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

[illegible] ประธานกรรมการ
[illegible] กรรมการ
วิชัย ส่องจันทร์แสง กรรมการ
[illegible] กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมงานวิจัย อาจารย์วิชัย ส่องจันทร์แสง
วันที่ 15 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2517

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to study and analyze the reliability of the relays employed in the protective schemes of the power distribution system of the Metropolitan Electricity Authority.

Calculations of the reliability percentages of all substations and terminal substations of the distribution system were performed. The comparison between the suitabilities of the secondary network primary radial underground power distribution and secondary radial primary radial overhead line power distribution is also illustrated with various conditions considered.

The D.C. Calculating Board is used in finding faults at various locations in the system. Many data obtained from the M.E.A. are also used in the analysis.

In the analytical study of the reliability of the M.E.A. system, the reliability of the Y.E.A. generating system is assumed to be 100 per cent.

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เขียนขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการศึกษาและวิจัยถึงการทำงานอันถูกต้องและแน่นอนของรีเลย์ที่ใช้ป้องกันระบบการจ่ายพลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง และให้คำนวณหา Reliability percentage ของทุกสถานีย่อยและสถานีต้นทาง พร้อมทั้งแสดงการเปรียบเทียบการจ่ายพลังไฟฟ้าแบบ Secondary Network Primary Radial Underground กับแบบ Secondary Radial Primary Radial Overhead Line ว่าวิธีใดจะเหมาะสมกว่ากัน แต่ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงสภาวะต่าง ๆ ด้วยกันหลายประการ

เครื่องมือที่ช่วยในการวิจัย ใช้ D.C.,calculating board สำหรับหา Fault ตามจุดต่าง ๆ ใน system และได้ใช้data ต่าง ๆ จากการไฟฟ้านครหลวงช่วยในการวิจัยด้วย

ในการหา System Reliability ของการไฟฟ้านครหลวง โดยสมมุติให้ system ของการไฟฟ้ายันอี (Generating system) มี Reliability 100%

คำนำ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เขียนขึ้นโดยได้รับความร่วมมือและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน พร้อมทั้งได้อ้างอิงตำราและรายงานเกี่ยวกับสถิติต่าง ๆ ทางไฟฟ้ามาประกอบในการค้นคว้าหลายเล่ม

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้เขียนมีวัตถุประสงค์ เพื่อใช้ศึกษาเป็นแนวทางเท่านั้น มิได้หวังว่าจะต้องเป็นไปตามตัวเลขที่แสดงไว้นี้ตลอดไป เนื่องจากทางการไฟฟ้านครหลวงได้เปลี่ยนแปลงวงจรของการจ่ายพลังไฟฟ้าอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้เป็นไปตามสภาวะของ Load

อาจจะกล่าวได้ว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ เพราะได้รับคำแนะนำและช่วยเหลือจากอาจารย์วิชัย ตั้งชัยพรานนท์ อาจารย์แผนกไฟฟ้า วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเป็นอาจารย์ควบคุมงานวิจัย ซึ่งกรุณาอนุมัติสนุนให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นอย่างดียิ่ง ข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้ และขอขอบคุณ คุณโพธิ์ ลิ่มจิตต์ คุณเกษม กุหลาบแก้ว และคุณสุธี สุทธิประการ แห่งการไฟฟ้านครหลวงที่ได้กรุณาช่วยเหลืออนุมัติสนุน และให้คำแนะนำในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง ณ ที่นี้ด้วย.

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ค

คำนำ ..... ฉ

บทนำ 1

บทที่ 1 ทฤษฎีของ Reliability 3

1.1 Reliability ทั่ว ๆ ไป 3

1.2 ความเกี่ยวเนื่องของวิธีการคำนวณค่าระยะเวลาและค่าจริง ของ Probability 4

1.3 Exponential Case ของ Chance Failures 4

1.4 Useful life ของ Components 7

1.5 Wearout and Reliability 8

1.6 Combined effects of chance and wearout failure 17

1.7 Early failures and the life function of components. 19

บทที่ 2 ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง 24

2.1 ข้อความทั่ว ๆ ไป 24

2.2 สถานีต้นทางพระนครเหนือ 25

2.3 สถานีต้นทางบางกะปิ 27

2.4 สถานีต้นทางบางกอกน้อย 28

2.5 สถานีย่อยวัดเลียบ 29

2.6 สถานีย่อยสุขุมวิท 31

2.7 สถานีย่อยธนบุรี 33

2.8 สถานีย่อยสามเสน 35

2.9 สถานีย่อยหมอชิต 37

2.10 สถานีย่อยดอนเมือง 39

2.11 สถานีย่อยมักกะสัน 41

หน้า

2.12 สถานีย่อยบางซื่อ..... 41

2.13 สถานีย่อยพระโขนง..... 43

2.14 สถานีย่อยปากน้ำ..... 45

2.15 สถานีย่อยพระประแดง (ชนบุรีใต้)..... 49

2.16 สถานีย่อยของลูกค้า..... 51

บทที่ 3 การคำนวณหาค่าของ Fault ที่เกิดขึ้นที่จุดต่าง ๆ ภายใน System..... 54

3.1 การหาค่า Inductive reactance ของสายป้อนทางด้าน แรงดัน 12 กิโลโวลท์..... 54

3.2 การหาค่า Inductive reactance ของ Sub-transmission line 69 กิโลโวลท์ 795 MCM 37 strands..... 56

3.3 การหาค่า Inductive reactance ของ transmission line 230 กิโลโวลท์ 1272 MCM ACSR 54 strands..... 62

3.4 หา Impedance ของหม้อแปลง 3 windings (ของ Y.E.A.)..... 65

3.5 การหาค่า Fault ด้วย D.C. Calculating board..... 66

3.6 D.C. Calculating board..... 68

บทที่ 4 รีเลย์ที่ใช้ป้องกันในระบบการจ่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง..... 74

4.1 หน้าที่ของรีเลย์ทั่ว ๆ ไป..... 74

4.2 ชนิดของรีเลย์ที่ใช้ป้องกันระบบการจ่ายพลังไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง..... 77

บทที่ 5 วิธีการคำนวณการตั้งรีเลย์และหา Reliability ของ System.....101

5.1 การคำนวณการตั้งรีเลย์.....101

5.2 การคำนวณหา Reliability ของ System.....124

5.3 เปรียบเทียบ Load density ของเขตที่จ่ายไฟจากสถานีย่อยวัดเลียบและสถานีย่อยสุขุมวิท..... 144

5.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายและการสูญเสียรายได้ในระหว่างโหลดภายใน 1 ปีของสถานีย่อยธรรมดากับสถานีย่อยที่จ่ายแบบ network 146

หน้า

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ 149

ภาคผนวก 151

บรรณานุกรม 275

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1 The standardized reliability curve		6
1.2 Component failure rate as a function of age		7
1.3 The exponential and normal density functions		9
1.4 Probability of failure		11
1.5 Reliability curves		12
1.6 The a priori probability of failure		12
1.7 The Gaussian normal failure rate		14
1.8 Reliability curve for m > M		17
1.9 Reliability curve for M > m		18
1.10 Reliability of a component after it has in age T		18
1.11 Failure rate stabilization with perfect and imperfect repair		21
2.1 Block Diagram	ของสถานีต้นทางพระนครเหนือ	26
2.2 Block Diagram	ของสถานีต้นทางบางกะปิ	27
2.3 Block Diagram	ของสถานีต้นทางบางกอกน้อย	28
2.4 Block Diagram	ของสถานีบ่อยวัดเสือ	30
2.5 Block Diagram	ของสถานีบ่อยลุมพินี	32
2.6 Block Diagram	ของสถานีบ่อยธนบุรี	34
2.7 Block Diagram	ของสถานีบ่อยสามเสน	36
2.8 Block Diagram	ของสถานีบ่อยหมอชิต	38
2.9 Block Diagram	ของสถานีบ่อยดอนเมือง	40
2.10 Block Diagram	ของสถานีบ่อยมักกะสัน	42
2.11 Block Diagram	ของสถานีบ่อยบางซื่อ	44
2.12 Block Diagram	ของสถานีบ่อยพระโขนง	46
2.13 Block Diagram	ของสถานีบ่อยปากน้ำ	48

รูปที่	หน้า
2.14 Block Diagram ของสถานีย่อยพระประแดง	50
2.15 Single line diagram 69 KV system	52
2.16 Network Area	53
3.1 การวางสายบนแผงเสาคาน	54
3.2 การวาง Sub transmission line 69 กิโลโวลท์	57
3.3 การวาง transmission line 230 กิโลโวลท์	62
3.4 การวาง transmission line 230 กิโลโวลท์	64
3.5 การต่อหม้อแปลงเป็น 3 phase	66
3.6 การทำ Sequence Network	69
3.7 D.C. Calculating board	69
3.8 Impedance diagram	70
3.9 Fault ที่สถานีย่อยทางพระเครื่อง	70 A
3.10 Fault ที่สถานีย่อยทางบางกะปิ	70 B
3.11 Fault ที่สถานีย่อยทางบางกอกน้อย	70 C
3.12 Fault ที่สถานีย่อยวัดเลียบ	70 D
3.13 Fault ที่สถานีย่อยหุนหิน	70 E
3.14 Fault ที่สถานีย่อยธนบุรี	70 F
3.15A Fault ที่สถานีย่อยสามเสน (Bank I)	70 G
3.15B Fault ที่สถานีย่อยสามเสน (Bank II)	70 H
3.16 Fault ที่สถานีย่อยหมอชิต	70 J
3.17 Fault ที่สถานีย่อยดอนเมือง	70 K
3.18 Fault ที่สถานีย่อยมักกะสัน	70 L
3.19 Fault ที่สถานีย่อยบางซื่อ	70 M
3.20 Fault ที่สถานีย่อยพระโขนง	70 N
3.21 Fault ที่สถานีย่อยปากน้ำ	70 P
3.22 Fault ที่สถานีย่อยพระประแดง	70 Q

รูปที่ หน้า

3.23 Fault study curve in 69 KV 72

3.23 Fault study curve in 12 KV 73

4.1 แสดงวงจรบางส่วนของการไฟฟ้านครหลวงที่แบ่งออกเป็น protective sections 75

4.2 Over current relay 80

4.3 Auto reclose relay 82

4.4 Directional over current relay 83

4.5 Schematic Connections of the Percentage Differential Relay 85

4.6 การต่อ Differential Relay ป้องกันหม้อแปลง 86

4.7 Differential Relay Type DDT 87

4.8 Under frequency relay type CF-1 88

4.9 Neutral Displacement Relay 89

4.10 Auxiliary Relay Type VAA 91

4.11 69 KV control & indication schematic (S5500 S21142)..... 92

4.12 Time current Characteristic (Extremely inverse CDG 14 รุ่นเก่า)..... 93

4.13 Time current Characteristic (Inverse Time Relay CDG 11)..... 94

4.14 Time current Characteristic (Extremely Inverse CDG 14 รุ่นใหม่)..... 95

4.15 Time current Characteristic (Inverse Time Relay PBO)..... 96

4.16 Operating Characteristic 20, 30 and 40% bias..... 97

4.17 Time current Characteristic 30% bias tap TMS 1..... 98

4.18 Curve of typical setting of under frequency relay 99

รูปที่ หน้า

4.19 Characteristic curve of Neutral displacement relay..... 100

5.1A Time current Characteristic

(Extremely Inverse CDG 14 รุ่นเก่า)..... 125

5.1B Time current Characteristic

(Inverse Time Relay CDG 11)..... 126

5.2 Time current Characteristic

(Extremely Inverse CDG 14 รุ่นใหม่)..... 127

5.3 Time current Characteristic 30% bias tap TMS 1..... 128

5.4 Curve of typical setting of under frequency relay..... 129

5.5 Time current Characteristic

(Inverse Time Relay PBO)..... 130

5.6 12 KV Underground cable going out from W 11 (Network Area) 138

5.7 12 KV Underground cable going out from W 13 (Network Area) 139

5.8 12 KV Underground cable going out from W 15 (Network Area) 140

5.9 12 KV Underground cable going out from W 21 (Network Area) 141

5.10 12 KV Underground cable going out from W 22(Network Area) 142

5.11 12 KV Underground cable going out from W 24(Network Area) 143

5.12 Reliability study curve 145

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3.1	Fault Study	71
5.1	Tripping time ของสถานีย่อยสุขุมวิท	110
5.2	Tripping time ของสถานีต้นทางหัวหมากเหนือ	111
5.3	Tripping time ของสถานีต้นทางบางกะปิ	112
5.4	Tripping time ของสถานีต้นทางบางกอกน้อย	113
5.5	Tripping time ของสถานีย่อยวัดเสมม	114
5.6	Tripping time ของสถานีย่อยธนบุรี	115
5.7	Tripping time ของสถานีย่อยสามเสน	116
5.8	Tripping time ของสถานีย่อยพหลโยธิน	117
5.9	Tripping time ของสถานีย่อยดอนเมือง	118
5.10	Tripping time ของสถานีย่อยมักกะสัน	119
5.11	Tripping time ของสถานีย่อยบางซื่อ	120
5.12	Tripping time ของสถานีย่อยพระโขนง	121
5.13	Tripping time ของสถานีย่อยปากน้ำ	122
5.14	Tripping time ของสถานีย่อยธนบุรีใต้	123
5.15	Percentage System Reliability	144

บทนำ

ในปัจจุบันไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นมากสำหรับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ของวงการธุรกิจ และอุตสาหกรรมต่าง ๆ จำเป็นจะต้องมีการพัฒนาไฟฟ้า และมีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องและแน่นอน ทั้งด้านฝ่ายผลิต (Generation) และฝ่ายจำหน่าย (Distribution)

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ จะมุ่งวิจัยถึงการทำงานอันถูกต้องและแน่นอนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้าในเขต 4 จังหวัด คือ พระนคร ธนบุรี นนทบุรี และสมุทรปราการ หรือกล่าวสั้น ๆ ว่า เขตจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution) ของการไฟฟ้านครหลวง โดยสมมุติว่าไม่มี Early และ Wear out failure เกิดขึ้นใน System จะมีก็แต่ Chance failure เท่านั้น

ในขณะนี้แหล่งผลิตพลังไฟฟ้าที่ใหญ่ของการไฟฟ้านั้นมีอยู่ด้วยกัน 2 แห่ง แห่งที่หนึ่งอยู่ที่พระนครเหนือ (บางกรวย) เป็นโรงจักรไอน้ำ (Thermal Power Plant) มีอยู่ด้วยกัน 2 เครื่อง ๆ ละ 75 เมกกะวัตต์ แห่งที่ 2 อยู่ที่เขื่อนภูมิพล เป็นโรงจักรพลังน้ำ เขื่อนภูมิพล (Hydro Power Plant) มีอยู่ด้วยกัน 4 เครื่อง ผลิตพลังไฟฟ้าได้เครื่องละ 70 เมกกะวัตต์ ตามโครงการระยะยาวของการไฟฟ้านั้นที่เขื่อนภูมิพลจะติดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถึง 8 เครื่อง ส่วนแหล่งผลิตเล็ก ๆ มีอยู่ด้วยกันหลายแห่งไว้สำรอง (Stand by) และใช้เดินช่วยในคาบ Peak load ด้วย คือเวลา 19.00 น. ถึง 21.00 น.

โรงจักรของการไฟฟ้านั้นที่จ่ายพลังไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้

1. โรงจักรพระนครเหนือ	จ่ายได้	150.00	เมกกะวัตต์
2. โรงจักรเขื่อนภูมิพล	"	280.00	"
3. โรงจักรสุนพีี	จ่านได้เต็มที่	16.0	"
4. โรงจักรสามเสน	" "	14.0	"
5. โรงจักรธนบุรี	" "	7.0	"
6. โรงจักรท่าผา	" "	2.0	"
7. โรงจักรเชียงใหม่	" "	2.0	"

ขณะนี้ตอน Peak load การไฟฟ้ายันฮีจ่ายไฟประมาณ 370 เมกกะวัตต์ จ่ายให้การไฟฟ้านครหลวงถึง 307 เมกกะวัตต์ นอกนั้นจ่ายให้การไฟฟ้าภูมิภาค และโรงปูนตามต่างจังหวัด

การไฟฟ้านครหลวงรับซื้อพลังไฟฟ้าจากการไฟฟ้ายันฮีแห่งเดียวด้วยแรงดัน 69 กิโลโวลท์ และจำหน่ายตามลูกค้าด้วยแรงดัน 69, 12 และ 3.5 กิโลโวลท์ จนกระทั่งถึง 380/220 โวลท์

ระบบจำหน่ายพลังไฟฟ้า (Distribution system) เป็นเรื่องยุ่งยาก จึงจำเป็นจะต้องศึกษาถึงการทำงานอันถูกต้องและแน่นอนของเครื่องควบคุมต่าง ๆ เพื่อความผาสุก ความปลอดภัย และการประหยัด อันจะบังเกิดแก่ประชาชนและประเทศชาติ