



ความคานทานของขั้วคินแบบทอเหล็กชุบสังกะสี

นายไพรมุขย์ นุชนาฎนนท์

002200

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2521

I16811446

RESISTANCE OF HOT-DIP GALVANIZED STEEL TUBE GROUND ELECTRODE

Mr. Praiboon Nuchnartnond

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1978

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความค่านทานของข้าวคืนแบบทอเหล็กขุมสังกะสี
โดย นายไพโรบลย์ นุชนาฎนนท์
แผนกวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณหไวยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้มหาวิทยาลัยบัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....*Prasert Yimma*.....รักษาราชการแทน
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุประสิทธิ์ นุชนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....*ดร. จุฬาน*.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จรวาย บุญยกุล)

.....*ไพโรจน์*.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เฟื่องสุระ)

.....*ประจักษ์*.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อัญจนอม)

.....*ประโมทย์ อุณหไวยะ*.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณหไวยะ)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความต้านทานของข้าวคืนแบบทอเหล็กชุบสังกะสี
ชื่อนิติกร นายไพโรจน์ นุชนาถนันท
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณหไวทยะ
แผนกวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2521



บทคัดย่อ

การค้นคว้าวิจัยนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับความต้านทานของข้าวคืนแบบทอเหล็กชุบสังกะสี กล่าวถึงชั้นของดินโดยทั่ว ๆ ไป องค์ประกอบของการทดลองดินที่ดี และการแปรเปลี่ยนของความต้านทานจำเพาะของดิน ข้าวคืนมีหลายแบบ คือ ข้าวคืนแบบแห้งยาว, แฉ่น, เส้นยาว, และลวกวงแหวน ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ แบบแห้งยาว ในท้องตลาดมี 2 แบบ คือ แบบแห้งเหล็กกลมตันหุ้มทองแดง และแบบแห้งเหล็กกลมตันชุบทองแดง แต่ทั้งสองแบบมีราคาแพง จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับข้าวคืนแบบทอเหล็กชุบสังกะสี เพื่อให้ได้วัสดุราคาถูกลงในประเทศไทย และดูว่าจะมีคุณสมบัติทางเทคนิคเทียบเท่ากับแบบที่ใช้ช้อยหรือไม่ ผลการทดลองปรากฏว่า ความต้านทานของข้าวคืนแบบทอเหล็กชุบสังกะสีใกล้เคียงกับแบบแห้งเหล็กกลมตันหุ้มทองแดง

การทดลองอื่น ๆ มีดังนี้คือ วัดความต้านทานของข้าวคืนแบบทอเหล็กชุบสังกะสี ที่ความลึกต่าง ๆ กันในบริเวณเดียวกันและบริเวณใกล้เคียง แล้ววัดหาความต้านทานจำเพาะของดินนั้น ๆ เพื่อนำไปคำนวณความต้านทานของข้าวคืนตามสูตร แล้วเปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับค่าที่คำนวณ และการทดลองหาความต้านทานของข้าวคืนที่ลดลง เมื่อใช้ 2, 3 หรือ 4 ข้าวตอกชานกัน

9

Thesis Title Resistance of Hot-dip Galvanized Steel Tube
 Ground Electrode

Name Mr. Praiboon Nuchnartnond

Thesis Advisor Associate Professor Dr. Pramohit Unhavaithaya

Department Electrical Engineering

Academic Year 1978

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study the resistance of hot-dip galvanized steel tube ground electrode: the geological strata, factors required by good grounding and variation of earth resistivity. There are several types of ground electrodes: rod, plate, strip and ring, the most popular being the rod. There are two kinds of rods in local market, namely copper-sheathed steel rod and copper-plated steel rod. But both are costly. The study of hot-dip galvanized steel tube ground electrode is made in order to get the cheaper and locally made ground electrode and see whether the ground electrode made of this material is technically equivalent to the commonly used rod. The experiments turn out that the resistance of hot-dip galvanized steel tube ground electrode is close to that of copper-sheathed steel rod.

Other experiments are : the measurement of the resistance of hot-dip galvanized steel tube ground electrode at different depths in the same area and neighbourhood, then measuring the earth resistivity so as to calculate the ground resistance through the use of related formulae, and finally comparing the measured results with the calculated ones. Experiments are also carried out in paralleling 2, 3 or 4 ground electrodes so as to see how much the resistance is lowered.



กิติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุดมโททยะ
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและจัดหาอุปกรณ์ในการทดลอง
บางส่วนให้

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จลุล่วงได้ โดยได้รับการสนับสนุนและความช่วยเหลือ
จากบุคคลหลายท่าน ได้แก่ อาจารย์พินิตา บริบูรณ์หิรัญสาร แห่งโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา
คุณสุกานต์ อินทรครรชิต และคุณอาทร สิ้นสวัสดิ์ แห่งการไฟฟ้านครหลวง (คลองเตย)
ได้ให้ความช่วยเหลือทางด้านวิชาการ, เหล่าเพื่อน ๆ คุณสมเกียรติ โกสินทร์ระการ,
คุณประสงค์ ศักยภาพรัชย์, คุณสาชิต สุทธินิรันดรกุล, คุณนภทล ตั้งชะธารากุล,
คุณสุรพล โสภณคณาภรณ์, คุณรงค์ฤทธิ์ ถาวรวิศิษฐ์พร, คุณนเรศ อมรลักษณะนันท์
คุณธีรสิทธิ์ อุนนาภิรักษ์ และคุณเสาวนีย์ จึงพัฒนาพงษ์ ได้ให้ความช่วยเหลือในการทดลอง
เจ้าหน้าที่ห้องทดลองไฟฟ้าแรงสูง คณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้อำนวยความสะดวกในการยืม
เครื่องมือ และคุณสมศีล - วิภา ฉานวังสะ คุณภัลยา นุชนาฎนนท์ พี่สาวของผู้เขียน และ
คุณถวัลย์ นาคสุก ได้ช่วยจัดพิมพ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณและขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ
ทั้งหมดทั้งกล่าว และขอสรรเสริญในคุณความดีของท่านเหล่านั้นไว้ ณ ที่นี้ด้วย.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
รายการตารางประกอบ	ฅ
รายการภาพประกอบ	บ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้จากการวิจัยนี้	2
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	3
2. การทดลองดิน	4
2.1 ชั้นของดินตามธรณีวิทยา	4
2.2 การทดลองดิน	4
2.2.1 ขั้วดินที่ ๑	6

2.2.2	ชนิดของดิน	7
2.2.3	ระยะทาง	8
2.2.4	ความลึก	8
2.3	การแปรเปลี่ยนของความต้านทานจำเพาะของดิน	9
2.3.1	ปริมาณความชื้นในดิน	9
2.3.2	เกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ	11
2.3.3	อุณหภูมิ	12
2.3.4	ความดัน	13
3.	ขั้วดินแบบแท่งยาว	15
3.1	วิธีการตอก (driving method) ขั้วดินแบบแท่งยาว	15
3.2	วิธีการปรับปรุงความต้านทานของขั้วดิน	17
3.2.1	ตอกขั้วดินลงไปลึก ๆ (Deep-driven ground)	17
3.2.2	ขั้วดินหลายขั้วตอขนานกัน (Multiple electrode)	19
3.2.3	การใช้สารเคมีลงในดิน (Chemical treatment of ground)	20
4.	การวัดความต้านทานของขั้วดิน	23
4.1	การวัดความต้านทานของขั้วดิน	23
4.1.1	Two Electrode Method	23

4.1.2	Three-current Electrode Method	24
4.1.3	The Fall-of-Potential Method (หรือ Two-current and One-potential Electrode Method)	25
4.2	การวัดความต้านทานจำเพาะของดิน	26
5.	สูตรสำหรับคำนวณความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งยาว	28
5.1	Average Potential Method	28
5.2	วิธีของ Reinhold Rudenberg	29
5.2.1	ขั้วดินแบบทรงกลม	29
5.2.2	ขั้วดินแบบแท่งยาว	30
5.3	ขั้วดินแบบแท่งยาวหลายขั้วต่อขนานกัน	33
6.	ผลของการทดลอง	36
6.1	การวัดความต้านทานของขั้วดินบริเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ ค้านตึกเคมี 1	41
6.2	การหาความต้านทานจำเพาะของดินบริเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ ค้านตึกเคมี 1	43
6.3	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินที่คำนวณตามสูตรกับที่ได้จากการวัด บริเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ ค้านตึกเคมี 1	44
6.4	การวัดความต้านทานของขั้วดินบริเวณสนามหญ้า หอพักอักษรศาสตร์ ตึกถนนแจ้งวัฒนะ	46

6.5 การหาความค้ำทานจำเพาะของคินบรีเวณสนามหญ้า หลังตีก
อักษรศาสตร์ ติดถนนังรีกุนังค์ 47

6.6 การเปรียบเทียบความค้ำทานของขัวคินที่ค้ำนวนตามสูตรกับที่ได้จาก
การวัดบรีเวณสนามหญ้า หลังตีกอักษรศาสตร์ ติดถนนังรีกุนังค์ . . . 48

6.7 การวัดความค้ำทานของขัวคินบรีเวณสนามหญ้า ระหว่างสระค้ำนณะ
เภสัชศาสตร์ กับห่อประชุมใหญ่ จุฬาฯ 50

6.8 การหาความค้ำทานจำเพาะของคิน บรีเวณสนามหญ้าระหว่างสระ
ค้ำนณะเภสัชศาสตร์กับห่อประชุมใหญ่ จุฬาฯ 52

6.9 การเปรียบเทียบความค้ำทานของขัวคินที่ค้ำนวนตามสูตรกับที่ได้จาก
การวัดบรีเวณสนามหญ้าระหว่างสระค้ำนณะเภสัชศาสตร์ กับห่อประชุม
ใหญ่ จุฬาฯ 53

6.10 การวัดความค้ำทานของขัวคินบรีเวณสนามฟุตบอลสวนลุมพินีสถาน... 55

6.11 การหาความค้ำทานจำเพาะของคินบรีเวณสนามฟุตบอลสวนลุมพินีสถาน 56

6.12 การเปรียบเทียบความค้ำทานของขัวคินที่ค้ำนวนตามสูตรกับที่ได้จาก
การวัดบรีเวณสนามฟุตบอล สวนลุมพินีสถาน 57

6.13 การวัดความค้ำทานของขัวคินหลายขัวค้ชนานกันบรีเวณสนามใหญ่
จุฬาฯ ค้ำนตีกเคมี 1 59

6.14 การเปรียบเทียบความค้ำทานของขัวคินหลายขัวค้ชนานกันที่ค้ำนวน
ตามสูตร กับที่ได้จากการวัดบรีเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ ค้ำนตีกเคมี 1 64

	๘๓
	หน้า
7. สรุปการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
7.1 สรุปการวิจัย	68
7.2 ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	70
ภาคผนวก	71
ก. ตัวอย่างความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งเหล็กกลมตันหุ้มทองแดงตามสถานที่ ต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพฯ	71
ข. National Electrical Code 1978 : 250 - 84	73
ค. ราคาของขั้วดินแบบแท่งยาวชนิดต่าง ๆ	74
ง. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	75
จ. ขั้วดินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีที่ใช้ในการทดลอง	75
ฉ. ขั้วดินแบบแท่งยาวทั้งสามแบบ	76
ประวัติการศึกษา	77

10.	ความค้ำทานจำเพาะของกินบรีเวณสนามหญาระหว่างสระก้านคณะ เภสัชศาสตร์กับหอประชุมใหญ่ จุฬาฯ	52
11.	การเปรียบเทียบความค้ำทานของข้าวกินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีที่ค้ำวน ตามสูตรกับที่ได้จากการวัดบรีเวณสนามหญาระหว่างสระก้านคณะเภสัช- ศาสตร์กับหอประชุมใหญ่ จุฬาฯ	53
12.	ความค้ำทานของข้าวกินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีบรีเวณสนามฟุตบอล สวนลุมพินีสถาน	55
13.	ความค้ำทานจำเพาะของกินบรีเวณสนามฟุตบอล สวนลุมพินีสถาน . . .	56
14.	การเปรียบเทียบความค้ำทานของข้าวกินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีที่ค้ำวน ตามสูตรกับที่ได้จากการวัดบรีเวณสนามฟุตบอล สวนลุมพินีสถาน	57
15.	ความค้ำทานของข้าวกินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีหลายข้าวตอขนานกัน บรีเวณ สนามใหญ่ จุฬาฯ ก้านตึกเคมี 1	59-60
16.	การเปรียบเทียบความค้ำทานของข้าวกินแบบทอเหล็กชุบสังกะสีหลายข้าว ตอขนานกัน ที่ค้ำวนตามสูตรกับที่ได้จากการวัดบรีเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ ก้านตึกเคมี 1	64-66
A-1	การทดลองหาความค้ำทานของข้าวกินแบบแทงเหล็กกลมตันหุ้มทองแดง ตามสถานที่ต่าง ๆ ในเขตกรุงเทพฯ ของการไฟฟ้านครหลวง	71-73
A-2	การเปรียบเทียบราคาของข้าวกินแบบแทงยาวชนิดต่าง ๆ	74

รายการภาพประกอบ

๒

รูปที่

หน้า

1	ชั้นของดินตามแนวถนนพหลโยธิน	5
2	ผลของเส้นผ่านศูนย์กลางของขั้วดินที่มีต่อความต้านทานของขั้วดินแบบแท่งยาว	6
3	ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกกับความต้านทานของขั้วดิน	8
4	การแปรเปลี่ยนตามความชื้นของความต้านทานจำเพาะของดิน	10
5	การแปรเปลี่ยนตามเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำของความต้านทานจำเพาะของดิน	12
6	การแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิของความต้านทานจำเพาะของดิน	13
7	การตอกโดย weighted pipe ด้วยมือ	16
8	ความต้านทานของขั้วดินที่ลจกเมื่อตอกขั้วดินลงไปลึก ๆ	17
9	รูปร่างของ sectional rod	18
10	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินหลายขั้วกับของขั้วเดี่ยว	19
11	การใส่สารเคมีลงในดินโดยวิธีใส่ในคู	20
12	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินที่ใส่สารเคมีกับที่ไม่ใส่	22
13	การวัดความต้านทานของขั้วดินโดย Two Electrode Method	23
14	การวัดความต้านทานของขั้วดินโดย Three-current Electrode Method	24
15	การวัดความต้านทานของขั้วดินโดย The Fall-of-Potential Method	25
16	การวัดความต้านทานจำเพาะของดินโดย The Four-terminal Connection	26

17	ข้าวคินแบบแท่งยาว เบื่อถูกเบงเป็นรูปเกือบเป็นทรงกลมหลาย ๆ ลูก	30
18	ข้าวคินแบบแท่งยาว	33
19	ข้าวคินแบบแท่งยาวหลายข้าวคินขนาดกัน	33
20	การวัดความต้านทานของข้าวคิน	37
21	การวัดความต้านทานจำเพาะของคิน	38
22	ข้าวคินหลายข้าวคินขนาดกัน	39
23	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีบริเวณสนามใหญ่ จุฬาฯ คานตึกเคมี 1 ตามตารางที่ 3 ข้อมูลทดลองครั้งที่ 1, 2, 3 และ 4	42
24	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสี ที่คำนวณตาม สูตรที่ได้จากการวัดตามตารางที่ 5	45
25	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีที่คำนวณตามสูตร กับที่ได้จากการวัดตามตารางที่ 8	49
26	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีกับแบบแท่ง เหล็ก กลมตันหุ้มทองแดง ตามตารางที่ 9	51
27	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีที่คำนวณตามสูตร กับที่ได้จากการวัด ตามตารางที่ 11	54
28	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีที่คำนวณตามสูตร กับที่ได้จากการวัด ตามตารางที่ 14	58
29	การเปรียบเทียบความต้านทานของข้าวคินแบบทอ เหล็กชุบสังกะสีหลายข้าวคิน ขนาดกัน (ระยะห่าง 0.1 ม.) กับของข้าวเกี่ยวตามตารางที่ 15	61

30	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินแบบท่อเหล็กชุบสังกะสีหลายขั้ว คอดขนาดกัน (ระยะห่าง 0.4 ม.) กับของขั้วเดี่ยว ตามตารางที่ 15	62
31	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินแบบท่อเหล็กชุบสังกะสีหลายขั้ว คอดขนาดกัน (ระยะห่าง 1 ม.) กับของขั้วเดี่ยว ตามตารางที่ 15	63
32	การเปรียบเทียบความต้านทานของขั้วดินแบบท่อเหล็กชุบสังกะสีหลายขั้ว คอดขนาดกันกับของขั้วเดี่ยวที่ได้จากการวัดตามตารางที่ 16	67
A-1	เครื่องมือ Earth Tester ของ Metrawatt ที่ใช้ในการทดสอบ	75
A-2	รูปร่างของขั้วดินแบบท่อเหล็กชุบสังกะสีที่ใช้ในการทดสอบ	75
A-3	รูปร่างของขั้วดินแบบแท่งยาวทั้งสามแบบ	76