

การออกแบบวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์



นายพิสิฐ เศรษฐการพิทักษ์

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2526

ISBN 974-563-060-8

010991

๕ 167/1900

AN AUTOMATED DESIGN OF ELECTRIC CIRCUITS BY A MICROCOMPUTER.

Mr. Pisith Sethakarnpitak

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

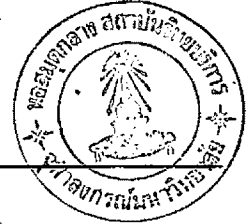
Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1983

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์
โทม นายพิสิฐ เหวษฐการศึกษ
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุชมวิทย์ ภูมิวิศิสาร



บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุณาค) คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.เทียนชัย ประดิษฐเกษม) ประธานกรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประดิษฐ์ผลการ) กรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์) กรรมการ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย สิลารัตน์) กรรมการ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุชมวิทย์ ภูมิวิศิสาร) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบวงจรไฟฟ้าแบบอัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์
ชื่อ นายพิสิฐ เศรษฐการพิทักษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวิศิสาร
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2526

บทคัดย่อ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีรายงานผลการศึกษาริธีขั้นตอนและสร้างโปรแกรมออกแบบวงจรไฟฟ้าเชิงเส้นและ/หรืออนาลิเบียร์อย่างอัตโนมัติคือสัญญาณไฟตรงและสัญญาณใดๆ การคำนวณค่าความไว(sensitivity)ของผลตอบของวงจรเทียบกับพารามิเตอร์ต่างๆ ใช้วิธีการทำ LU Decomposition และ back substitution สำหรับ Jacobian matrix ของระบบ และโดยการใช้เทคนิคการทำoptimizationที่เหมาะสม เช่นวิธี steepest descent เพื่อหาค่าต่ำสุดของ performance function ที่สามารถยอมรับได้ จะได้พารามิเตอร์ตามต้องการ โปรแกรมดังกล่าวใช้เนื้อที่หน่วยความจำประมาณ 34 Kbyte และเขียนเป็นภาษา BASIC ตัวอย่างการคำนวณและผลลัพธ์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้



กิจกรรมประกาศ.

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุขุมวิทย์ ภูมิวิศิสาร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้ควบคุมการทำค้นคว้าวิจัยที่กรุณาให้คำแนะนำทั้งด้านทฤษฎีและปฏิบัติ ตลอดจนได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อยเป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบคุณต่อภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ ที่ได้ให้การสนับสนุนการศึกษาค้นคว้าวิจัยเรื่องนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการศึกษาค้นคว้าวิจัย เรื่องนี้ทุกท่านที่ได้กล่าวนามไว้ ณ. ที่นี้ ท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอย่างยิ่งต่อ คุณจันทร์เพ็ญ เปรมปรงวิทย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนแล้วเสร็จสมบูรณ์



บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ฅ
รายการรูปประกอบ	ญ
รายการสัญลักษณ์ประกอบ	ฎ
บทที่	
1. บทนำทั่วไป	1
1.1 บทนำ	1
1.2 วิธีออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยย่อ	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
2. สมการระบบไฟฟ้าและ เมตริกซ์โครงสร้าง	3
2.1 การใช้สัญลักษณ์และการแทนค่าในวงจรไฟฟ้า	3
2.1.1 วงจรและกราฟ	3
2.1.2 แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าอิสระ	3
2.1.3 เอล เมนทซ์ชนิดต่างๆของวงจรไฟฟ้า	3
2.2 สมการระบบไฟฟ้า	4
2.2.1 ทฤษฎีหลักในการวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้า	5
2.3 เมตริกซ์โครงสร้าง	7
3. การวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้าต่อสัญญาณไฟตรง	10
3.1 ทฤษฎีหลักในการวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้าต่อสัญญาณไฟตรง	10
3.2 ขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้าต่อสัญญาณไฟตรง	11
4. การวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้าในโดเมนของเวลา	13
4.1 ทฤษฎีหลักและขั้นตอนการวิเคราะห์ทางจรไฟฟ้าในโดเมนของเวลา	13
4.2 การคำนวณเกี่ยวกับอินทิเกรตและอนุพันธ์ทางนิว เมอริกัล	14

สารบัญ (ต่อ)

(หน้า)

5.	การคำนวณ เมตริกซ์ความไว	16
5.1	ทฤษฎีหลักในการคำนวณ เมตริกซ์ความไว	16
5.2	เทคนิคการคำนวณเมตริกซ์ความไว	17
6.	การออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ	19
6.1	ทฤษฎีหลักในการออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ	19
6.1.1	การปรับค่าพารามิเตอร์โดยวิธี Steepest Descent	20
6.1.2	วิธีและขั้นตอน Quadratic Interpolation	20
7.	การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการคำนวณ	23
7.1	การจัดเตรียมข้อมูล	23
7.1.1	ข้อมูลเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าโดยทั่วไปและข้อมูลที่ ใช้ในการควบคุมโปรแกรม	23
7.1.2	ข้อมูลเกี่ยวกับ เอล เมนท์	24
7.1.3	ข้อมูลเกี่ยวกับพารามิเตอร์และ เวลา	24
7.1.4	ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งจ่ายแรงดันและกระแสอิสระ	25
7.2	สัญลักษณ์ที่ใช้เกี่ยวกับโปรแกรม	27
7.3	ตัวอย่างการใช้โปรแกรม	29
8.	สรุปและข้อ เสนอแนะ	47
	เอกสารอ้างอิง	50
	ภาคผนวก	
ก.	การหาอนุพันธ์ของ implicit function	52
ข.	การคำนวณค่าต่ำสุดสำหรับอนุพันธ์ของ Quadratic Interpolation	53
ค.	การแก้สมการ simultaneous โดยวิธี LU Decomposition	55
ง.	สัญลักษณ์ที่ใช้ในโปรแกรมและโฟลว์ชาร์ท	57
จ.	โปรแกรมการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าและการออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ	83

รายการตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
7.1 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับตัวอย่างที่ 1	29
7.2 ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าต่อสัญญาณไฟตรงจากตัวอย่างที่ 1 ..	30
7.3 ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับตัวอย่างที่ 2	31
7.4 แสดงไบอัสกระแสและแรงดันของเอลเมนต์ต่างๆ ดังรูป 7.3 ก. ...	32
7.5 ข้อมูลสมมติเริ่มต้นสำหรับตัวอย่างที่ 3	35
7.6 เอาท์พุทของเครื่องดิจิตอลคอมพิวเตอร์สำหรับตัวอย่างที่ 3	34
7.7 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ดังรูปที่ 7.4 ก.	35
7.8 ผลลัพธ์ของวงจรในรูปที่ 7.4 ก.	37
7.9 ข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการวิเคราะห์วงจรจากรูปที่ 7.5 ก.	38
7.10 ผลลัพธ์ของวงจรในรูปที่ 7.5 ก.	42
7.11 อินพุทของการออกแบบวงจรต่อสัญญาณใดๆ โดยอัตโนมัติ	44
7.12 ผลลัพธ์ของการออกแบบวงจรต่อสัญญาณใดๆ โดยอัตโนมัติ	46

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
7.1 ก. โมเดลของอีเบอร์มอลล์สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิด พี-เอ็น-พี	26
7.2 ก. วงจรไฟฟ้าแบบลิเนียร์	30
7.2 ข. วงจรกราฟจากรูป 7.2 ก.	30
7.3 ก. วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยทรานซิสเตอร์และความต้านทาน	32
7.3 ข. วงจรไฟฟ้าซึ่งเปลี่ยนทรานซิสเตอร์เป็นโมเดลของอีเบอร์มอลล์	32
7.3 ค. กราฟของวงจรไฟฟ้าตามรูป 7.3 ก.	32
7.4 ก. วงจรเรกติไฟร์ครึ่งคลื่น	36
7.4 ข. กราฟสำหรับรูปที่ 7.4 ก.	36
7.5 ก. วงจรขยายอิมิตเตอร์ร่วม	41
7.5 ข. โมเดลของอีเบอร์-มอลล์จากวงจรตามรูปที่ 7.5 ก.	41
7.5 ค. กราฟของวงจรตามรูปที่ 7.5 ข.	41
8.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการคำนวณกับ จำนวน เอลเมนต์ของวงจร	48



รายการสัญลักษณ์ประกอบ

A	อินซิดีเดนซ์ เมตริกซ์ (incidence matrix)
B	พหุคูณ เมตริกซ์ เซอร์กิต เมตริกซ์ (fundamental circuit matrix)
C	พหุคูณ เมตริกซ์ คัทเซต เมตริกซ์ (fundamental cutset matrix)
D	เมตริกซ์ โครงสร้าง D
E	แหล่งจ่ายแรงดันอิสระ (independent voltage source)
e_i	เวกเตอร์ เมตริกซ์
f	เมตริกซ์ของแหล่งจ่ายแรงดันอิสระและกระแสอิสระ
H	เมตริกซ์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดัน
h_k	คือ time step
I	แหล่งจ่ายกระแสอิสระ
i	เวกเตอร์ของกระแสในบรานช์
K_i	เมตริกซ์ของความไว
L	คือลิงค์ (link)
m	เมตริกซ์โครงสร้าง m
n	นอนลิเนียร์เอลเมนต์
q	เคาน์เตอร์นับจำนวนครั้งในการทำอิตีเรทีฟ (iterative)
S	เมตริกซ์โครงสร้าง S
T	เมตริกซ์โครงสร้าง T
t	transpose ของเมตริกซ์ใดๆ
t_k	เวลาที่ t_k
U	เมตริกซ์เอกลักษณ์ (unit matrix)
$U(t_i)$	ผลตอบสนองของวงจรที่เวลา t_i
v	เวกเตอร์ของแรงดันคร่อมบรานช์
v_i	$(A^t)^{-1}Se_i$

รายการสัญลักษณ์ประกอบ (ต่อ)

W	เมตริกซ์โครงสร้าง W
x	เมตริกซ์โครงสร้าง x
z_i	$(A^t)^{-1} T e_i$
$\ \cdot \ $	ค่าสัมบูรณ์ (absolute value)