การพัฒนาแบบจำลองโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง



นาย สมนึก ชยพรกุล

วิทยานิพนธ์นั้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2532

> ISBN 974-569-871-7 ลิบสิทธ์ของบัณฑิดวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

> > 015855 I17019109

DEVELOPMENT OF LOAD MODELS IN ELECTRICAL POWER SYSTEM

Mr. Somnuk Chayapornkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1989

ISBN 974-569-871-7

	Thesis Title	Development of Load Models in
		Electrical Power System
	Ву	Mr. Somnuk Chayapornkul
	Department	Electrical Engineering
	Thesis Advisor	Professor Torsten Johansson
	Co-Advisor	Assistant Professor Prasit Pittayapat
		y the Graduate School, Chulalongkorn
		al Fulfillment of the Requirements for
	the Master's Degree	
	Thavon Voy	inallaysDean of Graduate School
	(Professor Dr. Thav	
	Thesis Committee	
	3 Plazinarvas	Lisarn
	(Associate Professo	r Dr. Sukhumvit Phoomvuthisarn)
•	Santin /	hamen. Thesis Advisor
	(Professor Torsten	Johansson)
	Pasit 8	Hayapat Co-Advisor
	(Assistant Profess	or Prasit Pittayapat)
	Chaiga Co	(humchae)
	(Mr. Chaiya Chamcho	oy)
	Ritagaterr !	Kanhhtm Member
	(Mr. Pittayakorn Ka	intabutra)

พิมพ์ตั้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมนึก ชยพรกุล : การพัฒนาแบบจำลองโหลดในระบบไฟฟ้ากำลัง (DEVELOPMENT OF LOAD MODELS IN ELECTRICAL POWER SYSTEM) อาจารย์ที่ปรึกษา : PROFESSOR TORSTEN JOHANSSON , อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ , 143 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แสดงถึงวิธีการสร้างแบบจำลองโหลดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้แบบจำลองโหลด ที่ตรงตามสภาพความเป็นจริงมากยิ่งขึ้นในการศึกษาเสถียรภาพของระบบ ชนิดของโหลดที่ศึกษาในที่นี้ ได้แก่ โหลดสถิต และมอเตอร์เหนี่ยวนำ แบบจำลองสำหรับโหลดอิสระได้ถูกพัฒนาขึ้นและรวมเข้าด้วยกัน เป็นแบบ จำลองของโหลดผสม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะสมบัติของโหลดทั้งในภาวะอยู่ตัว และพลวัต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดันและความถี่ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่เสนอได้นำไปเปรียบ เทียบกับแบบจำลองโหลดที่ใช้ทั่วไป เช่น อิมพีแดนซ์คงที่, กระแสคงที่ เป็นด้น

จากการเปรียบเทียบพบว่าผลลัพธ์แตกต่างกัน โดยเฉพาะเมื่อโหลดประกอบด้วยมอเตอร์เหนี่ยวนำ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแบบจำลองที่ใช้ทั่วไปละเลยลักษณะพลวัตของโหลดในขณะที่แบบจำลองที่เสนอคิดผลเหล่านี้ ด้วย ซึ่งจะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	

ลายมือชื่อนิสิต 500 k ใญญา การย์ที่ปรึกษา



พิมพ์ตั้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

MR. SOMNUK CHAYAPORNKUL: DEVELOPMENT OF LOAD MODELS IN ELECTRICAL POWER SYSTEM. THESIS ADVISOR: PROFESSOR TORSTEN JOHANSSON, CO-ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR PRASIT PITTAYAPAT, 143 PP.

In order to derive more realistic load models in stability studies, suitable methods for building load models are presented in this thesis. Load types studied here are static and induction motor loads. Models for individual loads are developed are then put them together to a composite load.

A computer programme is developed for representing steady state and dynamic characteristics of loads due to voltage and frequency variations. Results obtained from the proposed models are compared with the conventional models such as constant impedance, constant current etc.

Differences are found from the comparison results, especially when loads consist of induction motors. This is because the conventional models neglect the dynamic behavior of loads while the proposed models consider these effects, which should be more accurate.

ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
	วิศวกรรมไฟฟ้า
	2531

ลายมือชื่อนิสิต Sonn	ik Chauscho	enkerl	
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรีเ	IN Section	Shan	عدر_
ৰ ৰ বি	P	DIL	1



ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to express his sincere thank to Professor Torsten Johansson for his kind help and valuable discussions. Thank is also extended to Assistant Professor Prasit Pittayapat for his advice and encouragement. Thank also to Dr. Vuttichai Naphasub for permission in using the personal computer.

Finally, the author wish to thank Mr. Viriya Chareonsilpa for advice concerning the simulation studies.

CONTENTS

	rage
ABSTRACT (THAI)	ΙV
ABSTRACT (ENGLISH)	V
ACKNOWLEDGEMENTS	VI
LIST OF TABLES	IX
LIST OF FIGURES	Х
CHAPTER	
1. INTRODUCTION	1
2. SCOPE OF THE THESIS	4
2.1 Studied load types	4
2.2 Disturbances	5
3. LOAD MODEL DEVELOPMENT	11
3.1 Basic consideration	11
3.2 Assumptions	12
3.3 Modelling methods	12
4. EXPONENTIAL MODEL	14
4.1 Mathematical formulation	14
4.2 Load characteristic parameters	14
4.3 Grouping load at a load bus	16
4.4 Example	17
4.5 Conclusions	19
5. INDUCTION MOTOR MODEL	20
5.1 General	20
5.2 Steady state model	21
5.3 Dynamic model	22
5.4 Aggregate induction motor model	24
5.5 Motor parameter analysis	25
5.6 Conclusions	28
6. COMPOSITE LOAD MODEL	29
6 1 Model for composite load	20

7. SIMULATION STUDIES	31
7.1 Computer simulation method	31
7.2 Simulation of exponential model	33
7.3 Simulation of induction motor	
model	37
7.4 Simulation of composite load	40
8. DISCUSSION	42
9. CONCLUSIONS	44
LIST OF PRINCIPAL SYMBOLS	47
REFERENCES	49
APPENDIX 1 DERIVATION OF INDUCTION MOTOR	
STEADY STATE CHARACTERISTIC	53
APPENDIX 2 DERIVATION OF INDUCTION MOTOR	
DYNAMIC CHARACTERISTIC	55
APPENDIX 3 MOTOR PARAMETERS APPROXIMATION	58
APPENDIX 4 COMPUTER SIMULATION RESULTS	60
APPENDIX 5 EFFECT OF LOAD MODEL ON STABILITY STUDY	121
APPENDIX 6 LOAD MODEL SIMULATION RESULTS OF A	
91 BUSES SYSTEM	131
VITA	143

LIST OF TABLES

			Page
Table	4.1	Load parameter for exponential model	15
Table	4.2	Load characteristic parameters	18
Table	5.1	Average values of motor parameters	27
Table	7.1	Simulation results by exponential model	34
Table	7.2	Simulation results by induction motor	
		model	38
Table	7.3	Simulation results of composite load	40

LIST OF FIGURES

Page			
7	Voltage sudden change	2.1	Figure
7	Voltage gradual change	2.2	Figure
8	Voltage sudden rise	2.3	Figure
8	Voltage variation simulated by SIMPOW	2.4	Figure
9	Voltage oscillation	2.5	Figure
9	Frequency dip	2.6	Figure
10	Oscillating type of frequency	2.7	Figure
10	Frequency variation simulated by SIMPOW	2.8	Figure
17	Example system	4.1	Figure
21	Induction motor equivalent circuit	5.1	Figure
30	Composite load model	6.1	Figure
32	Flowchart	7.1	Figure
33	Exponential model studied system	7.2	Figure
37	Induction motor model studied system	7.3	Figure