เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชันที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ

นายพรชัย ปฏิภาณปรีชาวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

66 ล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-015-3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

15438
I17494989

TRANSIENT STABILITY OF COGENERATION SYSTEM CONNECTED TO A NATIONAL GRID

MR. PORNCHAI PATIPARNPRECHAVUDHI

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 974-576-015-3

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชันที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ

โดย นายพรชัย ปฏิภาณปรีชาวุฒิ

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล)

..... กรรมการ

(นาย กุมโชค ใบแย้ม)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พรชัย ปฏิภาณปรีชาวุฒิ : เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชั่นที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ (TRANSIENT STABILITY OF COGENERATION SYSTEM CONNECTED TO A NATIONAL GRID) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.จรวย บุญยุบล, 126 หน้า

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงถึงการศึกษาเสถียรภาพของระบบโคเยนเนอเรชั่น ที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ โดยอาศัยหลักการที่ระบบโคเยนเนอเรชั่นเป็นระบบที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่ใกล้โหลดมาก ดังนั้นจึงได้ใช้แบบจำลองที่ละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดสำหรับระบบโคเยนเนอเรชั่น ส่วนระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ จะใช้แบบจำลองอย่างง่ายสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลด จากหลักการดังกล่าวจะทำให้การวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่กระทำเป็น 3 กรณี คือ กรณีแรกเกิดความผิดพร่องขึ้นที่บัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของระบบโคเยนเนอเรชั่น ผลที่เกิดขึ้นคือ เสถียรภาพของระบบโคเยนเนอเรชั่น เป็นอย่างไรบ้าง กรณีที่ 2 ถ้าเกิดความผิดพร่องขึ้นที่บัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ เสถียรภาพของระบบโคเยนเนอเรชั่น จะเป็นอย่างไรบ้าง และกรณีที่ 3 ถ้าเกิดความผิดพร่องขึ้นในระบบโคเยน-เนอเรชั่น แล้วจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐอย่างไรบ้าง

การวิเคราะห์เสถียรภาพโดยอาศัยหลักการของระบบโคเยนเนอเรชั่นนี้ จึงมีประโยชน์ในการวิเคราะห์เสถียรภาพของระบบก่อนที่จะทำการติดตั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

PORNCHAI PATIPARNPRECHAVUDHI : TRANSIENT STABILITY OF COGENERATION SYSTEM CONNECTED TO A NATIONAL GRID. THESIS ADVISOR : PROF.CHARUAY BOONYUBOL, Ph.D. 126 PP.

This thesis presents the result of a study of a cogeneration system which is connected to a national grid. As the cogeneration system is a system in which the generators are close to the loads, detailed models of generator and load are used, whereas, simple ones are used for the national grid system. In such doing, the analysis of system stability will render more accurate result.

The transient stability study is carried out to investigate the effect on the stability of the cogeneration system in case of fault at its own generator bus, in case of fault in the grid system's generator bus and the effect on the stability of the grid system when a fault occurs in the cogeneration system.

The stability analysis from the concept of cogeneration system is useful for system analysis before installation.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2531 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างดียิ่งจากความช่วยเหลือของหลายท่าน ผู้เขียนขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีตลอดมา ขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ไพบูลย์ ไชยนิล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และ คุณกุมโชค ใบแย้ม หัวหน้ากองวิจัยและพัฒนาการไฟฟ้าผ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำรวมทั้งข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จครั้งนี้

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

List of principle symbols..... ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1

2. การศึกษาระบบไฟฟ้าทั่วไปและระบบโคเยนเนอเรชัน..... 5

2.1 ระบบไฟฟ้าทั่วไป..... 5

2.2 ระบบโคเยนเนอเรชัน..... 6

2.2.1 แบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 6

- แบบจำลองของเครื่องจักรแบบซิงโครนัส..... 7

- สมการแรงดันในแกนอ้างอิงในโรเตอร์..... 8

- แบบจำลองของเอ็กไซเตอร์..... 14

2.2.2 แบบจำลองของโหลด..... 15

- แบบจำลองของโหลดแบบพลวัต..... 15

- สมการแรงดันในแกนอ้างอิงใด ๆ ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส 15

- สมการแรงบิด..... 18

- แบบจำลองของโหลดแบบสถิตย์..... 18

3. การวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชัน..... 19

3.1 การวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบไฟฟ้าทั่วไป..... 19

- การคำนวณของสมการพีชคณิต..... 20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การคำนวณของสมการดิฟเฟอเรนเชียล..... 21

3.2 การวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชัน..... 24

- การวิเคราะห์ส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... 24

- การวิเคราะห์ส่วนของโหลด..... 26

- แบบจำลองของโหลดแบบพลวัต..... 30

- แบบจำลองของโหลดแบบสถิตย์..... 31

- การวิเคราะห์โหลดรวม..... 35

3.3 การวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบตัวอย่าง..... 35

3.3.1 ผลการวิเคราะห์ขณะที่เกิดความผิดพร่องขึ้นใน
ระบบโคเยนเนอเรชัน..... 41

- กรณีที่เกิดความผิดพร่องขึ้นที่บัสของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
หมายเลข 15 (CASE 1)..... 42

3.3.2 ผลการวิเคราะห์ขณะที่เกิดความผิดพร่องในระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ. 42

3.3.3 สรุปผลการวิเคราะห์เสถียรภาพชั่วครู่ของระบบโคเยนเนอเรชัน.. 49

4. ผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่ต่อเข้ากับระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ..... 52

4.1 ลักษณะโดยทั่วไป..... 52

4.1.1 กระแสลัดวงจร..... 52

4.1.2 ระบบป้องกัน..... 53

- ระบบ remote backup protection สำหรับ
ความผิดพร่องเฟส (phase fault)..... 55

- ระบบ remote backup protection
สำหรับความผิดพร่องลงดิน (ground fault)..... 56

4.1.3 การต่อลงดิน..... 58

4.1.4 การแยกออกจากกันของทั้ง 2 ระบบ (Islanding)..... 60

4.2 เสถียรภาพชั่วครู่และผลกระทบของระบบโคเยนเนอเรชัน
ที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ..... 60

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 69

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง..... 71
ภาคผนวก ก. ระบบไฟฟ้ามาตราฐาน 14 บัสของ IEEE..... 73
ภาคผนวก ข. ข้อมูลรายละเอียดของโหลดที่เป็นมอเตอร์..... 77
ภาคผนวก ค. โปรแกรมที่ใช้งาน..... 84
ประวัติผู้เขียน..... 126

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.3-1	Line Data.....	37
3.3-2	Shunt Capacitor Data.....	37
3.3-3	Transformer Data.....	38
3.3-4	Regulated Bus Data(P-V Buses).....	38
3.3-5	Composite Load Data.....	38
3.3-6	Generator Data.....	39
3.3-7	Bus Data and Load Flow Results.....	40
3.3.3-1	ตารางเปรียบเทียบระหว่างผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.3.1 และหัวข้อ 3.3.2.....	50
4.2-1	ตารางเปรียบเทียบผลของระบบโคเยนเนอเรชันที่มีต่อระบบจ่ายไฟฟ้าของรัฐ ในลักษณะของแบบจำลองของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและโหลดที่ต่างกัน.....	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1-1	Classical model.....	5
2.2.1-1	ขดลวด stator.....	7
2.2.1-2	ขดลวด rotor.....	8
2.2.1-3	วงจรสมมูลย์ของ synchronous machine.....	10
2.2.1-4	Type G-SCR excitation system.....	14
3.1-1	โฟลว์ชาร์ตการวิเคราะห์ระบบไฟฟ้าทั่วไป.....	23
3.2-1	โฟลว์ชาร์ตของแบบจำลองอย่างละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า...	27
3.2.2	โฟลว์ชาร์ตของระบบ excitation.....	29
3.2-3	โฟลว์ชาร์ตแบบจำลองอย่างละเอียดของโหลด.....	32
3.2-4	โฟลว์ชาร์ตของการวิเคราะห์เสถียรภาพในระบบโคเยนเนอเรชัน..	34
3.3-1	ระบบตัวอย่าง.....	36
3.3.1-1	CASE 1 : Internal voltage angle of generator for fault at bus 15.....	43
3.3.1-2	CASE 1 : Relative angle of generator for fault at bus 15.....	44
3.3.1-3	CASE 1 : Ratio of generator speed to synchronous speed for fault at bus 15.....	45
3.3.2-1	CASE 2 : Internal voltage angle of generator for fault at bus 1.....	46
3.3.2-2	CASE 2 : Relative angle of generator for fault at bus 1.....	47
3.3.2-3	CASE 2 : Ratio of generator speed to synchronous speed for fault at bus 1.....	48

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2-1 ระบบป้องกัน..... 54

4.1.2-2 Dedicated arrangement..... 55

4.1.2-3 Integrated arrangement..... 55

4.1.2-4 Under/Overvoltage relay..... 57

4.1.2-5 " Corner of Delta " voltage relay..... 58

4.1.3-1 Low-resistance grounded redundant auxiliary power system..... 59

4.2-1 CASE 3 : Internal voltage angle of generator for fault at bus 3..... 61

4.2-2 CASE 3 : Relative angle of generator for fault at bus 3..... 62

4.2-3 CASE 3 : Ratio of generator speed to synchronous speed for fault at bus 3..... 63

4.2-4 CASE 4 : Internal voltage angle of generator for fault at bus 3..... 64

4.2-5 CASE 4 : Relative angle of generator for fault at bus 3..... 65

4.2-6 CASE 4 : Ratio of generator speed to synchronous speed for fault at bus 3..... 66

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF PRINCIPLE SYMBOLS

P_L = กำลังจริงของโหลด

Q_L = กำลังรีแอกทีฟของโหลด

i_{as}, i_{bs}, i_{cs} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์ของเฟส a,b และ c

i_{qs}, i_{ds}, i_{Os} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0

i_{ar}, i_{br}, i_{cr} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ของเฟส a,b และ c ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

i_{qr}, i_{dr}, i_{Or} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0 ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

i_{kq1}, i_{kq2} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

i_{kd} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

i_{fd} = กระแสไฟฟ้าในขดลวดสนาม

V_{as}, V_{bs}, V_{cs} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์ของเฟส a,b และ c

V_{qs}, V_{ds}, V_{Os} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดสเตเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0

V_{ar}, V_{br}, V_{cr} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ของเฟส a,b และ c ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

V_{qr}, V_{dr}, V_{Or} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดโรเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0 ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

V_{kq1}, V_{kq2} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

V_{kd} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

V_{fd} = แรงดันไฟฟ้าในขดลวดสนาม

N_s = จำนวนรอบที่เทียบเท่าของขดลวดสเตเตอร์

N_{kq1}, N_{kq2} = จำนวนรอบที่เทียบเท่าของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

N_{kd} = จำนวนรอบที่เทียบเท่าของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

N_{fd} = จำนวนรอบที่เทียบเท่าของขดลวดสนาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

r_s = ความต้านทานของขดลวดสเตเตอร์

r_{kq1}, r_{kq2} = ความต้านทานของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

r_{kd} = ความต้านทานของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

r_{fd} = ความต้านทานของขดลวดสนาม

$\lambda_{as}, \lambda_{bs}, \lambda_{cs}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสเตเตอร์ของเฟส a,b และ c

$\lambda_{qs}, \lambda_{ds}, \lambda_{0s}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสเตเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0

$\lambda_{ar}, \lambda_{br}, \lambda_{cr}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดโรเตอร์ของเฟส a,b และ c ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

$\lambda_{qr}, \lambda_{dr}, \lambda_{0r}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดโรเตอร์ของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0 ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

$\lambda_{kq1}, \lambda_{kq2}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

λ_{kd} = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

λ_{fd} = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสนาม

$\Psi_{as}, \Psi_{bs}, \Psi_{cs}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสเตเตอร์ต่อวินาทีของเฟส a,b และ c

$\Psi_{qs}, \Psi_{ds}, \Psi_{0s}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสเตเตอร์ต่อวินาทีของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0

$\Psi_{ar}, \Psi_{br}, \Psi_{cr}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดโรเตอร์ต่อวินาทีของเฟส a,b และ c ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

$\Psi_{qr}, \Psi_{dr}, \Psi_{0r}$ = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดโรเตอร์ต่อวินาทีของแกนแม่เหล็ก d,q และ 0 ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ

Ψ_{kq1}, Ψ_{kq2} = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดแดมเปอร์ต่อวินาทีในแกนแม่เหล็ก q

Ψ_{kd} = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดแดมเปอร์ต่อวินาทีในแกนแม่เหล็ก d

Ψ_{fd} = ฟลักซ์แม่เหล็กคล้องขดลวดสนามต่อวินาที

L_{mq}, L_{md} = magnetizing inductance ในแกนแม่เหล็ก q และ d

L_{ls} = leakage inductance ของขดลวดสเตเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

L_{lr} = leakage inductance ในโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

L_{lkq1}, L_{lkq2} = leakage inductance ของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

L_{lkd} = leakage inductance ของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

L_{lfd} = leakage inductance ของขดลวดสนาม

X_{mq}, X_{md} = magnetizing reactance ในแกนแม่เหล็ก q และ d

X_{ls} = leakage reactance ของขดลวดสเตเตอร์

X_{lr} = leakage reactance ในโรเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

X_{lkq1}, X_{lkq2} = leakage reactance ของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก q

X_{lkd} = leakage reactance ของขดลวดแดมเปอร์ในแกนแม่เหล็ก d

X_{lfd} = leakage reactance ของขดลวดสนาม

SK_F = regulator stabilizing circuit gain

T_F = regulator stabilizing circuit time constant

K_A = regulator gain

T_{A1}, T_{A2} = regulator time constant

M = mutual inductance

X_M = mutual reactance

T_L = แรงบิดของโหลด

δ = มุมทางไฟฟ้าของแรงดันภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

θ_r = มุมทางกลของโรเตอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย