ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)

ปริญญา

วิศวกรรมไฟฟ้า | วิศวกรรมไฟฟ้า

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง ด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค

Power Distribution System Maintenance Scheduling Based on Reliability Centered Maintenance Principle Using Binary Integer Programming

นามผู้วิจัย นายพีรพัฒน์ ชาวไทย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์พิสุทธิ์ รพีศักดิ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วชิระจงบุรี,Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง ด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค

Power Distribution System Maintenance Scheduling Based on Reliability Centered Maintenance Principle Using Binary Integer Programming

โดย

นายพีรพัฒน์ ชาวไทย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า)
พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พีรพัฒน์ ชาวไทย 2558: การจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลางด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมไฟฟ้า) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์พิสุทธิ์ รพีศักดิ์, Ph.D. 77 หน้า

การวางแผนบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพเป็นปัจจัยสำคัญที่เพิ่มความเชื่อถือได้ให้ระบบไฟฟ้า ดังนั้น วิทยานิพนธ์นี้จึงขอนำเสนอวิธีการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่เหมาะสมตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง และการจัดตารางบำรุงรักษาด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาคซึ่งจะจัดสรรช่วงเวลาในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาที่สอดคล้องกับเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องในอดีตเพื่อป้องกันไฟฟ้าขัดข้องและลดความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าขัดข้องให้ได้มากที่สุด ดังนั้นดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับเมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาตามช่วงเวลาต่าง ๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นจากสถิติไฟฟ้าขัดข้อง และนำไปใช้ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของกระบวนการจัดตารางบำรุงรักษา ในวิทยานิพนธ์นี้ได้แสดงตัวอย่างการคัดเลือกและจัดตารางกิจกรรมบำรุงรักษาของการไฟฟ้าแห่งหนึ่งโดยพิจารณาจากสถิติไฟฟ้าขัดข้องปี 2556 เป็นกรณีศึกษาเพื่อสร้างแผนบำรุงรักษาในช่วงไตรมาสแรกของปี 2557 สำหรับ 3 สายป้อนที่มีสถิติไฟฟ้าดับสูงสุด โดยกำหนดเงื่อนไขบังคับ ได้แก่ กิจกรรมหนึ่งๆ จะต้องทำต่อเนื่องกัน วันเสาร์-อาทิตย์เป็นวันหยุด ทีมปฏิบัติงานมี 1 ทีม (ดังนั้นใน 1 วัน สามารถดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาได้ไม่เกิน 1 กิจกรรม) ผลการคัดเลือกได้ทั้งหมด 19 กิจกรรม ผลการจัดตารางกิจกรรมบำรุงรักษาแสดงค่าประเมินของมูลค่าความเสียหายที่ลดได้เนื่องจากการทำกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเท่ากับ 6,455,047 บาท เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้านี้

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Peerapat Chawthai 2015: Power Distribution System Maintenance Scheduling Based on Reliability Centered Maintenance Principle Using Binary Integer Programming. Master of Engineering (Electrical Engineering), Major Field: Electrical Engineering, Department of Electrical Engineering. Thesis Advisor: Mr. Pisut Raphisak, Ph.D. 77 pages.

An efficient power system maintenance planning is an importance factor to improve the power system reliability. This thesis presents a method to select proper preventive maintenance activities based on Reliability-Centered Maintenance (RCM) and schedule the selected maintenance activities using Binary Integer Programming (BIP). In scheduling, activities are assigned to time slots based on the electric outage statistics to optimize chance to prevent outage and maximize reduced outage cost. Therefore, an index which reflects the opportunity to reduce outage cost when performing maintenance activities at different periods of time is developed by deriving from electric outage statistics and employed in the activity scheduling objective function. This thesis illustrates the procedure of selecting and scheduling maintenance activities by using collected electric outage data in year 2013 from one district electric utility as the case study. A first quarter of year 2014 maintenance plan for three feeders with highest outage is created under the following constraints. Each activity must be assigned to only one continuing time slot. Saturday and Sunday are holidays. There is only one maintenance team. (Therefore, multiple activities must not be assigned to the same day.) The result shows that 19 preventive maintenance activities are selected and the estimated reduced outage cost due to performing preventive maintenance is 6,455,047 bahts comparing to the previous year.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พิสุทธิ์ รพีศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์ คุณอรอุไร หนูหอม และคุณวัชระ พบพร ซึ่งเป็นทั้งผู้ให้คำแนะนำและคำปรึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จมาได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา พี่ ๆ น้อง ๆ ที่เป็นกำลังใจและอยู่เคียงข้างกันมาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์เพื่อนำไปใช้ในอนาคต ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ในโครงการวิจัยและพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลังที่สนับสนุนรวมถึงให้คำแนะนำในการเรียนและการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณโครงการงานวิจัยและพัฒนาโปรแกรมวางแผนการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายมุ่งเน้นความเชื่อถือได้ ของการไฟฟ้านครหลวง ที่สนับสนุนข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จ

พีรพัฒน์ ชาวไทย

ธันวาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (5)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (10)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 2

การตรวจเอกสาร 3

อุปกรณ์และวิธีการ 9

อุปกรณ์ 9

วิธีการ 9

ผลและวิจารณ์ 18

ผล 18

วิจารณ์ 32

สรุปและข้อเสนอแนะ 33

สรุป 33

ข้อเสนอแนะ 33

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 34

ภาคผนวก 36

ภาคผนวก ก ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ ของแต่ละเซกชัน 37

ภาคผนวก ข การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับของแต่ละเซกชันโดยพิจารณาจากค่า *B/C* 44

ภาคผนวก ค กราฟผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ $\Psi_a^k(t,m)$ $\Gamma_a^k(t)$ และ $\Gamma_a(t)$ ของแต่ละเซกชัน 53

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1	อัตราค่าความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟดับ (*ICPE*) แบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	10
2	สรุปสาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในสายป้อน A B และ C	18
3	ผลการคำนวณอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับประจำเดือน ($\lambda^k(m)$) ตามสาเหตุไฟดับ	19
4	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a4	20
5	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c1	20
6	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c2	21
7	กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน a4	21
8	กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน c1	21
9	กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน c2	22
10	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน a4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	22
11	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	23
12	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	23
13	กิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับคัดเลือกสำหรับสายป้อน A B และ C	24

ตารางผนวกที่

ก1	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a1	38
ก2	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a2	38
ก3	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a3	38
ก4	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a4	39
ก5	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a5	39
ก6	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b1	39

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก7	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b2	40
ก8	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b3	40
ก9	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b4	40
ก10	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b5	41
ก11	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b6	41
ก12	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c1	41
ก13	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c2	42
ก14	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c3	42
ก15	ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c4	43
ข1	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	45
ข2	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	45
ข3	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	46
ข4	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	46
ข5	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a5 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	47
ข6	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	47
ข7	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	48
ข8	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	48
ข9	การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*	49

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ข10 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน b5 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 49

ข11 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน b6 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 50

ข12 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 50

ข13 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 51

ข14 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 51

ข15 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C* 52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ตัวอย่างการพิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ กรณีสาเหตุไฟดับเกิดจากกระรอก	15
2	กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	26
3	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	26
4	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	27
5	กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	27
6	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	28
7	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	28
8	กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	29
9	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	29
10	กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)	30
11	ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนมกราคม 2557	30
12	ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนกุมภาพันธ์ 2557	31
13	ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนมีนาคม 2557	31

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค1 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 54

ค2 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 54

ค3 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 55

ค4 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 55

ค5 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 56

ค6 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 56

ค7 ผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 57

ค8 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 57

ค9 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 58

ค10 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 58

ค11 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 59

ค12 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 59

ค13 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค14 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 60

ค15 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 61

ค16 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 61

ค17 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 62

ค18 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 62

ค19 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 63

ค20 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 63

ค21 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 64

ค22 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 64

ค23 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 65

ค24 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 65

ค25 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 66

ค26 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค27 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 67

ค28 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 67

ค29 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 68

ค30 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 68

ค31 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 69

ค32 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 69

ค33 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 70

ค34 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 70

ค35 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 71

ค36 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 71

ค37 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 72

ค38 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 72

ค39 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค40 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 73

ค41 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 74

ค42 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 74

ค43 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 75

ค44 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 75

ค45 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557) 76

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

B	คือ	ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับเมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา (บาท)
B/C	คือ	ค่าความคุ้มค่าในการลงทุน
C	คือ	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำกิจกรรมบำรุงรักษา (บาท)
C_a^j	คือ	ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำกิจกรรมบำรุงรักษา j ณ พื้นที่เซกชัน a (บาท)
D_a^j	คือ	ระยะเวลาดำเนินการของกิจกรรมบำรุงรักษา j ณ พื้นที่เซกชัน a (บาท)
D_a^k	คือ	ระยะเวลาที่เกิดไฟดับต่อครั้ง โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (นาทีต่อครั้ง)
$D(m)$	คือ	จำนวนวันรวมในช่วงเดือนที่ m (วัน)
$ICPE_c$	คือ	ดัชนีอัตราความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท c (บาทต่อครั้ง)
MEB_a	คือ	ค่าไฟรายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้า ณ พื้นที่เซกชัน a (บาทต่อเดือน)
$MTTF^k(m)$	คือ	ระยะเวลาเฉลี่ยที่ระบบจำหน่ายจ่ายไฟได้ ในช่วงเดือนที่ m โดยพิจารณาที่สาเหตุ k (เดือน)
$\Gamma_a^k(t)$	คือ	ดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ในช่วงวันที่ t ณ พื้นที่เซกชัน a (บาท)
$\Gamma_a(t)$	คือ	ดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาในช่วงวันที่ t ณ พื้นที่เซกชัน a (บาท)
$\Gamma_a^j(t)$	คือ	ดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา j ในช่วงวันที่ t ณ พื้นที่เซกชัน a (บาท)
$\%N_{c,a}^k$	คือ	เปอร์เซ็นต์จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท c ที่ได้รับผลกระทบเนื่องจากไฟดับ โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (เปอร์เซ็นต์)
α_a^k	คือ	ค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (บาทต่อครั้ง)
β_a^k	คือ	ค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของการไฟฟ้าโดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (บาทต่อครั้ง)
γ_a^k	คือ	ค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (บาทต่อครั้ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

$\Psi_a^k(t,m)$	คือ	มูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือนณช่วงเดือนที่ m โดยพิจารณาที่สาเหตุ k ณ พื้นที่เซกชัน a (บาทต่อเดือน)
$\lambda^k(m)$	คือ	อัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับในช่วงเดือนที่ m โดยพิจารณาที่สาเหตุ k (ครั้งต่อเดือน)
η_k	คือ	ค่าผลสัมฤทธิ์ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่สามารถแก้ไขสาเหตุ k (เปอร์เซ็นต์)
$X_a^j(t)$	คือ	ตัวแปรการตัดสินใจ (มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา j ในช่วงวันที่ t ณ พื้นที่เซกชัน a และมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเป็นอย่างอื่น)
A	คือ	จำนวนเซกชันทั้งหมดของสายป้อนที่เลือก (เซกชัน)
J	คือ	จำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งหมดที่ได้รับคัดเลือก (กิจกรรม)
T	คือ	จำนวนวันรวมที่สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้ (วัน)
a	คือ	ดัชนีบ่งบอกเซกชัน
c	คือ	ดัชนีบ่งบอกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า
j	คือ	ดัชนีบ่งบอกกิจกรรมบำรุงรักษา
k	คือ	ดัชนีบ่งบอกสาเหตุไฟดับ
m	คือ	ดัชนีบ่งบอกช่วงเดือน
t	คือ	ดัชนีบ่งบอกช่วงวันที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง ด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค

Power Distribution System Maintenance Scheduling Based on Reliability Centered Maintenance Principle Using Binary Integer Programming

คำนำ

การบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความเชื่อถือได้สูงนับว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการสร้างความพึงพอใจต่อคุณภาพการบริการ ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความมั่นใจในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อรักษาระดับความเชื่อถือได้ให้เป็นที่พึงพอใจของผู้ใช้ไฟฟ้า จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับปรุงระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้ความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ เพื่อให้การวางแผนบำรุงรักษามีประสิทธิภาพ จึงมีการนำข้อมูลสถิติไฟดับมาใช้พิจารณาสร้างแผนบำรุงรักษาที่เหมาะสม แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ แผนบำรุงรักษาที่สร้างขึ้น ควรเริ่มดำเนินการบริเวณใดก่อน หรือควรเลือกกิจกรรมใดเป็นกิจกรรมแรก หรือควรเริ่มดำเนินการเมื่อไร ปัญหาเหล่านี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่พนักงานการไฟฟ้าจะต้องทราบ เพื่อทำการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าให้มีความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

วิทยานิพนธ์นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง วิธีการที่นำเสนอประกอบด้วยขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษา และขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษา ในขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่า ควรเริ่มดำเนินการบำรุงรักษาบริเวณใด และทราบว่าควรดำเนินกิจกรรมใดบ้าง และในขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษาจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่า ควรเริ่มดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเมื่อใด ซึ่งหากมีการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาตามวิธีที่นำเสนอจะส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีความพร้อมใช้งาน และระบบมีความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้นโดยประเมินจากมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับที่ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาวิธีการในการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมตามหลักการความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance หรือ RCM)

2. เพื่อหาวิธีการในการจัดตารางบำรุงรักษาให้สามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟฟ้าขัดข้องได้มากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

Bertling (2002) ; Smith and Hinchcliffe (2004) การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง (Reliability Centered Maintenance : RCM) คือ กระบวนการที่ช่วยตัดสินใจเลือกรูปแบบการบำรุงรักษาที่เหมาะสม โดยเลือกดำเนินการเฉพาะอุปกรณ์หรือระบบที่มีความสำคัญ จึงทำให้มีค่าจ่ายใช้เท่าที่จำเป็น แต่ยังคงรักษาระดับความเชื่อถือได้ให้อยู่ตามต้องการ

การบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพิ่มความปลอดภัยของอุปกรณ์และระบบให้สูงขึ้น
2. ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้นานขึ้น
3. รักษาระดับความเชื่อถือได้ให้อยู่ในระดับสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้
4. ใช้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดขอบเขตของระบบ เพื่อให้ทราบขอบเขตของระบบที่ชัดเจน และสามารถวิเคราะห์ระบบได้อย่างครอบคลุม

2. รวบรวมข้อมูลความเสียหายของอุปกรณ์จากข้อมูลในอดีต ซึ่งสามารถรวบรวมจากแหล่งข้อมูล ได้แก่ รายงานความเสียหาย ใบสั่งงาน และการสัมภาษณ์ โดยข้อมูลเหล่านี้ทำให้ทราบความสำคัญของอุปกรณ์ที่มีต่อระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. กำหนดรูปแบบความเสียหายของอุปกรณ์และผลกระทบที่เกิดขึ้น โดยทั้ง 2 ส่วน ควรพิจารณาร่วมกัน ตัวอย่างเช่น เมื่ออุปกรณ์เสียหายทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบในระดับรุนแรง แต่ตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์นั้น มีโอกาสเสียหายน้อยมาก ดังนั้น อาจพิจารณาว่ารูปแบบความขัดข้องนั้นไม่ใช่รูปแบบความขัดข้องวิกฤติ

4. จัดเรียงลำดับความสำคัญของอุปกรณ์จากรูปแบบความเสียหายวิกฤติ

5. วิเคราะห์หาสาเหตุความเสียหายของอุปกรณ์ และพิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุนั้น หลังจากจัดเรียงลำดับความสำคัญของอุปกรณ์จากรูปแบบความเสียหายวิกฤติแล้ว ขั้นตอนนี้จะพิจารณาสาเหตุที่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย เพื่อพิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่สอดคล้องกับสาเหตุนั้น

6. เลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสม พิจารณาจากค่าความคุ้มค่าในการลงทุน (Benefit to Cost Ratio) เพื่อเลือกกิจกรรมบำรุงรักษา โดยทั่วไปการเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาจะต้องให้การคืนทุนที่เหมาะสมด้วย ค่าความคุ้มค่าในการลงทุน แสดงดังสมการที่ 2

$$\text{ค่าความคุ้มค่าในการลงทุน} = \frac{\text{ผลประโยชน์ที่ได้รับ}}{\text{เงินลงทุน}} \quad (2)$$

ผลที่ได้รับเมื่อดำเนินการบำรุงรักษาตามกระบวนการ RCM จะทำให้อุปกรณ์และระบบมีความปลอดภัยมากขึ้น ส่งผลให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงขึ้น รวมทั้งเป็นการใช้เงินลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับ

ชำนาญ (2549) ข้อมูลสถิติไฟดับเป็นข้อมูลพื้นฐานที่บอกถึงสมรรถนะของระบบจำหน่ายไฟฟ้าในอดีต แบ่งข้อมูลได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลสถิติไฟดับเนื่องจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าเกิดขัดข้อง (Forced Outage) และข้อมูลสถิติไฟดับเนื่องจากการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Scheduled Outage) ซึ่งข้อมูลที่นำมาพิจารณาเพื่อหาค่าอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับจะใช้เพียงข้อมูลสถิติไฟดับเนื่องจากระบบจำหน่ายเกิดขัดข้องเท่านั้น เพื่อนำค่าที่คำนวณได้ไปใช้ในการพยากรณ์สมรรถนะของระบบจำหน่ายในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิยาม อัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับ (Failure rate : λ) คือ จำนวนครั้งที่ไฟดับต่อช่วงเวลาที่พิจารณาทั้งหมด ซึ่งบ่งบอกสมรรถนะความเชื่อถือได้ของระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีหน่วยเป็นครั้งต่อช่วงเวลาที่พิจารณา แสดงเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3

$$\text{อัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับ } (\lambda) = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ไฟดับ}}{\text{เวลาที่พิจารณาทั้งหมด}} \quad (3)$$

ส่วนกลับของอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับ คือ ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ระบบจำหน่ายสามารถจ่ายไฟได้ ก่อนที่ระบบจะเกิดไฟดับ (Mean Time to Failure : *MTTF*) มีหน่วยเป็นช่วงเวลา แสดงเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ

มูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับ (Outage Cost) คือ ค่าใช้จ่ายสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากไฟดับ มีหน่วยเป็นบาท ประกอบด้วยมูลค่าความเสียหาย 2 ส่วน คือ มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลระทบเมื่อเกิดไฟดับ และมูลค่าการสูญเสียรายได้ของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้ มูลค่าความเสียหายทั้ง 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

มูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟที่ได้รับผลระทบเมื่อเกิดไฟดับ (Customer Outage Cost) คือ ค่าความเสียหายที่ผู้ใช้ไฟได้รับเนื่องจากไฟดับ โดยประเภทผู้ใช้ไฟจำแนกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ บ้านอยู่อาศัย ธุรกิจขนาดเล็ก ธุรกิจขนาดกลาง ธุรกิจขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง และส่วนราชการ เมื่อเกิดไฟดับ ผู้ใช้ไฟแต่ละประเภท อาจได้รับผลกระทบที่ต่างกัน เช่น ผู้ใช้ไฟประเภทบ้านอยู่อาศัยอาจไม่ได้รับความสะดวกสบาย หรือผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมจะเสียโอกาสในการผลิต รวมถึงเครื่องจักรในกระบวนการผลิตอาจเสียหายได้ เป็นต้น

มูลค่าการสูญเสียรายได้ของการไฟฟ้าเนื่องจากขายไฟไม่ได้ (Utility Outage Cost) คือ หน่วยไฟฟ้าที่ขายไฟไม่ได้เนื่องจากไฟฟ้าขัดข้อง (kWh) ซึ่งเมื่อคิดออกมาเป็นเงินค่าไฟฟ้า และเทียบกับมูลค่าความเสียหายของผู้ใช้ไฟแล้วถือว่าน้อยมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า

Kuntz *et al.* (2002) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาสาเหตุไฟดับเนื่องจากต้นไม้ กิจกรรมบำรุงรักษาที่พิจารณา ได้แก่ การตัดแต่งกิ่งไม้ การเคลื่อนย้ายต้นไม้ให้ออกห่างจากสายอากาศ (Overhead lines) เป็นต้น บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาตำแหน่งของสถานที่และช่วงเวลาที่เหมาะสมเพื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา โดยนำเทคนิคการค้นหาแบบฮิวริสติก (Heuristic Search) ทั้ง 6 เทคนิค มาเปรียบเทียบกัน ได้แก่ ได้แก่ GA GA-Hill TS TS-Hill SA และSA-Hill ผลการเปรียบเทียบพบว่า เทคนิค GA-Hill เป็นเทคนิคที่สร้างตารางบำรุงรักษาที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยประเมินจากค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำรุงรักษา และค่าดัชนีความเชื่อถือได้ (SAIFI และ SAIDI) ที่ลดลง

Janjic *et al.* (2007) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายแบบระยะยาว 5 ปี ตามวิธีการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) โดยสร้างแบบจำลอง Decouple risk ของอุปกรณ์ในระบบจำหน่ายที่วิเคราะห์การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ได้เหมือนจริง โดยใช้ค่าดังกล่าวในการเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance) การแก้ปัญหาใช้วิธี Dynamic Programming ผลที่ได้รับจะได้แผนบำรุงรักษาที่สามารถลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลงได้เมื่อเทียบกับการบำรุงรักษาแบบเดิม

Abiri-Jahromi *et al.* (2007) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบระยะยาว 5-10 ปีโดยใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) ซึ่งวิธีนี้ประหยัดเวลาในการคำนวณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Dynamic Programming บทความนี้ได้นำหลักการบริหารความเสี่ยง (Risk Management) เพื่อใช้สร้างแบบจำลอง Decouple risk สำหรับระบบจำหน่ายที่ใช้เป็นกรณีศึกษามี 2 ระบบ คือ Roy Billinton Test distribution system (RTDS) และระบบจำหน่ายไฟฟ้าจริง ที่นำข้อมูลสายป้อน 10 สายป้อน และ 110 สายป้อน ตามลำดับ มาพิจารณา ผลที่ได้รับจากวิธีที่นำเสนอจะได้รับแผนบำรุงรักษาระยะเวลา 5 ปี ที่ประหยัดค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการบำรุงรักษา และมีการประเมินค่าดัชนี SAIFI และ SAIDI เมื่อได้ทำกิจกรรมบำรุงรักษาตามแผนที่วางไว้

Yumbe and Hasegawa (2012) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการตรวจสภาพระบบจำหน่ายไฟฟ้าของประเทศญี่ปุ่น โดยนำข้อมูลการตรวจสอบสภาพในอดีตมาทำการวิเคราะห์เพื่อสร้างแบบจำลองสภาพ (Condition Model) ที่ช่วยในการทำนายช่วงเวลาการตรวจสอบสภาพระบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำหน่ายในครั้งถัดไป ผลที่ได้รับจากวิธีที่นำเสนอพบว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายในการตรวจสภาพได้ถึง 15% เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในวิธีการแบบเดิม

Arias *et al.* (2012) ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาเพื่อแก้ปัญหาสาเหตุไฟดับเนื่องจากต้นไม้ โดยสร้างแบบจำลอง 2 ประเภท คือแบบจำลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อลดค่า Non served energy level (NSEL) โดยวิเคราะห์จากอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับ (Failure rate) ที่มีสาเหตุจากต้นไม้ แบบจำลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อลดระยะห่างระหว่างต้นไม้และสายอากาศ (Overhead lines) โดยวิเคราะห์จากอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ บทความนี้มีการสร้างแผนบำรุงรักษาแบบแผนรายปี แบ่งเป็น 4 ช่วงเวลา การแก้ปัญหาใช้เทคนิคการค้นหาแบบฮิวริสติก (Heuristic Search) ประเภท Chu-Beasley GA ผลการวิเคราะห์จะได้รับแผนบำรุงรักษา 2 แผนที่เป็นตามวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง พร้อมทั้งประเมินค่าใช้จ่ายที่ใช้การบำรุงรักษาในแต่ละแผน

ในวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยประยุกต์ตามหลักการ RCM มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแผนบำรุงรักษาที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับได้มากที่สุด และมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาน้อยที่สุด โดยใช้หลักการความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลางในการคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการจัดตารางในเอกสารอ้างอิงไม่ได้กล่าวถึงวิธีการในการคัดเลือกกิจกรรมซึ่งเป็นขั้นตอนที่ต้องดำเนินการก่อนการจัดตาราง และได้ใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค (Binary Integer Programming) ในการจัดกิจกรรมบำรุงรักษาลงในตารางกิจกรรม วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาคเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Programming) หรือวิธีกำหนดการแบบพลวัต (Dynamic Programming) ที่ได้นำมาใช้ในงานวิจัยในเอกสารอ้างอิง คำตอบในวิธีที่นำเสนอวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาคเป็นค่า 0 หรือ 1 เท่านั้น ซึ่งมีความเหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางบำรุงรักษาแบบรายวัน หรือหากเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่นำเสนอกับการค้นหาแบบฮิวริสติก (Heuristic Search) แบบต่างๆ วิธีที่นำเสนอจะให้ผลลัพธ์ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเช่นกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้โปรแกรม Matlab เพื่อแก้ไขปัญหากำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค

ในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาคสำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางบำรุงรักษา เนื่องจากวิธีดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาที่มีคำตอบได้ 2 ค่า นั่นคือ หากคำตอบมีค่าเท่ากับ 1 หมายความว่า ต้องดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหากคำตอบมีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่า ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาในช่วงเวลานั้นได้

วิภาวรรณ (2532) ปัญหากำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค คือ ปัญหาที่ตัวแปรตัดสินใจมีค่าได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1 สรุปโครงสร้างได้ดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) : Min $Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$

เงื่อนไขข้อบังคับ (Constraints) : $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \geq b_i$, i = 1, 2, …, m

$x_j \in \{0,1\}$, j = 1, 2, …, n

ในการแก้ปัญหากำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาคสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ ได้ใช้โปรแกรม Matlab2010b ภายในโปรแกรมมีกล่องเครื่องมือที่ใช้ในการหาคำตอบเรียกว่า Optimization Toolbox โดยมีโครงสร้างทางไวยากรณ์ (Syntax) ดังนี้ [x, fval] = bintprog (f, A, b, Aeq, Beq) มีรายละเอียดดังนี้

Output argument	x	คือ	ค่าของตัวแปรตัดสินใจ มีค่าได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1
	fval	คือ	ค่าของฟังก์ชันวัตถุประสงค์
Input argument	f	คือ	เวกเตอร์สัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เชิงเส้น
	A	คือ	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของเงื่อนไขบังคับอสมการเชิงเส้น $Ax \leq b$
	b	คือ	เวกเตอร์ทางด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับอสมการเชิงเส้น
	Aeq	คือ	เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ของเงื่อนไขบังคับสมการเชิงเส้น $Ax = b$
	Beq	คือ	เวกเตอร์ทางด้านขวามือของเงื่อนไขบังคับอสมการเชิงเส้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย

1. ข้อมูลสถิติไฟดับของระบบจำหน่ายไฟฟ้า
2. ข้อมูลค่าไฟฟ้ารายเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภท
3. ข้อมูลจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า
4. ข้อมูลกิจกรรมบำรุงรักษาของระบบจำหน่ายไฟฟ้า
5. ข้อมูลอัตราค่าความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟดับ (Interruption Cost per Event หรือ *ICPE*) แบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

โปรแกรมในการดำเนินวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย

1. โปรแกรม Microsoft Office (Excel Word และ Access)
2. โปรแกรม MATLAB

วิธีการ

หลังจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์นี้ จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์มาพิจารณาเพื่อจัดตารางการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้า ในเบื้องต้นกล่าวถึงวิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งจะนำมาใช้ประกอบในการจัดตารางบำรุงรักษา ได้แก่ วิธีการคำนวณมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับประจำเดือน วิธีการคำนวณดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา จากนั้นกล่าวถึงวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง ซึ่งจะนำค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากวิธีการทั้ง 2 วิธี มาใช้ในการจัดตารางบำรุงรักษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการคำนวณมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน

วิทยานิพนธ์นี้ประเมินมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับเป็นค่าประจำเดือน เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟดับที่นำมาพิจารณามีการบันทึกสถิติเป็นรายเดือน การคำนวณค่าดังกล่าวได้พิจารณาอย่างเป็นขั้นตอน โดยเริ่มจากคำนวณค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับ มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้า และค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของการไฟฟ้า จากนั้นนำค่าอัตราความเสียหายทั้ง 2 ประเภทมารวมกัน เรียกว่า ค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ และขั้นตอนสุดท้าย จึงคำนวณเป็นมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน มีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้า

ค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้า (Customer Outage Cost per Event) มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง สามารถคำนวณได้จากดัชนีอัตราค่าความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟดับ (Interruption Cost per Event หรือ *ICPE*) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการสำรวจและเก็บข้อมูลความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้า โดยแบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็น 6 ประเภท คือ บ้านอยู่อาศัย กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ กิจการเฉพาะอย่าง และองค์กรไม่แสวงหากำไรแสดงตามตารางที่ 1 โดยจำแนกตามสาเหตุไฟดับ

ตารางที่ 1 อัตราค่าความเสียหายต่อครั้งเมื่อเกิดไฟดับ (*ICPE*) แบ่งตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า (*c*)		*ICPE* (บาทต่อครั้ง)
c = 1	บ้านอยู่อาศัย	3,033
c = 2	กิจการขนาดเล็ก	13,122
c = 3	กิจการขนาดกลาง	27,385
c = 4	กิจการขนาดใหญ่	40,210
c = 5	กิจการเฉพาะอย่าง	1,862
c = 6	องค์กรไม่แสวงหากำไร	239

ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน (2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าอัตราความเสียหายของผู้ใช้ไฟฟ้าในพื้นที่เซกชัน a ใด ๆ จำแนกตามสาเหตุไฟดับ สามารถประเมินจากค่า *ICPE* ตามสมการที่ 3

$$\alpha_a^k = \sum_{c=1}^{6} \left[ICPE_c \times \%N_{c,a}^k \right] \tag{3}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของการไฟฟ้า

ค่าอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับของการไฟฟ้า (Utility Outage Cost per Event) มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง ซึ่งหมายถึง เหตุการณ์ไฟดับที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งทำให้การไฟฟ้าสูญเสียโอกาสในการขายไฟ คิดเป็นปริมาณเงินเท่าไร โดยจำแนกตามสาเหตุไฟดับ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 4

$$\beta_a^k = \frac{MEB_a \times D_a^k}{43,200} \tag{4}$$

จากสมการที่ 4 ตัวเลข 43,200 เป็นตัวเลขที่มาจากการแปลงจากหน่วยเดือนให้เป็นหน่วยนาที

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ

ค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ (Total Outage Cost per Event) คือ ผลรวมของค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับของผู้ใช้ไฟฟ้าและค่าอัตราความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับของการไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบาทต่อครั้ง แสดงดังสมการที่ 5

$$\gamma_a^k = \alpha_a^k + \beta_a^k \tag{5}$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน

ก่อนคำนวณมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน (Monthly Total Outage Cost) จะต้องคำนวณอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับประจำเดือน เพื่อนำค่าดังกล่าวไปคำนวณเป็นมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การคำนวณอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับประจำเดือน คำนวณได้จากค่า *MTTF* ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ประเมินค่า *MTTF* เป็นค่ารายเดือน เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟดับที่นำมาวิเคราะห์มีการบันทึกสถิติเป็นรายเดือน เรียกว่า $MTTF^k(m)$ มีหน่วยเป็นเดือน จากนั้น นำค่า $MTTF^k(m)$ ไปคำนวณเป็นอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับรายวัน ตามสมการที่ 6

$$\lambda^k(m) = \frac{1}{MTTF^k(m)} \tag{6}$$

การคำนวณมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน มีหน่วยเป็นบาทต่อเดือน สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 7

$$\delta_a^k(m) = \gamma_a^k \times \lambda^k(m) \tag{7}$$

วิธีการคำนวณดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ

วิทยานิพนธ์นี้ได้พัฒนาดัชนีตัวหนึ่งซึ่งนำมาใช้ประกอบในการจัดตารางบำรุงรักษา เรียกว่า ดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษา มีหน่วยเป็นบาทต่อวัน ดัชนีดังกล่าวมีการคำนวณเป็นขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับประจำเดือน มีหน่วยเป็นบาทต่อวัน เรียกว่า $\Psi_a^k(t,m)$ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 8

$$\Psi_a^k(t,m) = \frac{\delta_a^k(m)}{D(m)} \tag{8}$$

จากสมการที่ 8 ค่า $\Psi_a^k(t,m)$ ในแต่ละวันของเดือนเดียวกันจะมีค่าเท่ากันตลอด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากการทำกิจกรรมป้องกันสาเหตุไฟดับในช่วงเวลาต่าง ๆ เรียกว่า $\Gamma_a^k(t)$ มีหน่วยเป็นบาท

การคำนวณนำค่าดังกล่าวจะค่า $\Psi_a^k(t,m)$ มาบวกกันแบบย้อนกลับ เรียกว่า การรวมแบบสะสมย้อนกลับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวอย่างการคำนวณดัชนีที่สะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากการทำกิจกรรมป้องกันสาเหตุ k ในวันที่ i ในพื้นที่เซกชัน a คำนวณค่าได้ดังสมการที่ 9 สมมติว่าระยะเวลารวมที่สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้จริงเท่ากับ T วัน

$$\Gamma_a^k(i) = \sum_{t=i}^{T} \Psi_a^k(t,m) \tag{9}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาในช่วงเวลาต่าง ๆ เรียกว่า $\Gamma_a(t)$ มีหน่วยเป็นบาท

ตัวอย่างการคำนวณดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับเมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาในวันที่ i ในพื้นที่เซกชัน a โดยสาเหตุไฟดับเกิดขึ้นในพื้นที่เซกชัน a มี K สาเหตุ สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 10 โดยค่าเปอร์เซ็นต์ผลสัมฤทธิ์ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่สามารถแก้ไขสาเหตุ k (η_k) ได้จากการประเมินของผู้วางแผนโดยอาศัยสถิติจากงานบำรุงรักษาในอดีต

$$\Gamma_a(i) = \sum_{k=1}^{K} \eta_k \times \Gamma_a^k(i) \tag{10}$$

วิธีการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง มีวัตถุประสงค์เพื่อเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่ให้ความคุ้มค่ามากที่สุด นั่นคือ เมื่อดำเนินกิจกรรมที่ได้รับการคัดเลือกแล้วจะส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีระดับความเชื่อถือได้สูงขึ้น และเป็นการใช้เงินลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพิจารณาเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาจะพิจารณาจากค่าความคุ้มค่าในการลงทุน (Benefit to cost ratio หรือ *B/C*) เพื่อให้การคัดเลือกกิจกรรมเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกสายป้อน จากนั้นแบ่งสายป้อนเป็นเซกชัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเลือกสายป้อนที่ต้องการวางแผนเป็นการกำหนดขอบเขตของแผนบำรุงรักษาให้ครอบคลุมเฉพาะสายป้อนที่พิจารณาเท่านั้น จากนั้น แบ่งสายป้อนที่เลือกเป็นเซกชันต่าง ๆ ตามตำแหน่งของสวิตช์ใบมีด

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเซกชัน

การเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาจะพิจารณาเลือกกิจกรรมเป็นรายเซกชัน เพื่อให้การบำรุงรักษาครอบคลุมเฉพาะบริเวณที่เกิดไฟดับ เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟดับพบว่า บริเวณที่เกิดไฟดับจะเกิดขึ้นเพียงบางส่วนของสายป้อนเท่านั้น หากทำการบำรุงรักษาตลอดทั้งสายป้อน จะส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายสูงโดยไม่จำเป็น

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ ในเซกชัน

การคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะคำนวณค่าโดยจำแนกตามสาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นของเซกชัน

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้จากสาเหตุไฟดับในเซกชัน

สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นอาจมีหลายกิจกรรมที่สามารถแก้ไขสาเหตุไฟดับได้ ซึ่งกิจกรรมเหล่านั้นอาจมีค่าผลสัมฤทธิ์ (η) ต่างกัน

ค่าผลสัมฤทธิ์ หมายถึง ค่าประสิทธิผลของกิจกรรมบำรุงรักษาที่สามารถลดเหตุการณ์ไฟฟ้าขัดข้องเนื่องจากสาเหตุไฟดับ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการประเมินของพนักงานการไฟฟ้าผู้มีประสบการณ์ในงานบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า

ตัวอย่างการพิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ กรณีสาเหตุไฟดับเกิดจากกระรอก แสดงดังภาพที่ 1 พบว่ากิจกรรมที่เป็นไปได้มี 3 กิจกรรม แต่ละกิจกรรมมีค่าผลสัมฤทธิ์ต่างกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการพิจารณากิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ กรณีสาเหตุไฟดับเกิดจากกระรอก

ขั้นตอนที่ 5 คัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน โดยพิจารณาจากค่าความคุ้มค่าในการลงทุน (Benefit to Cost Ratio หรือ *B/C*)

ขั้นตอนนี้เริ่มจากคำนวณค่า *B/C* ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ ดังสมการที่ (11) สมมติว่า แผนบำรุงรักษามีระยะเวลาทั้งสิ้น *M* เดือน และสาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน *a* มีทั้งสิ้น *K* สาเหตุ

$$B/C = \frac{\sum_{k=1}^{K}\left[\eta_k \times \left(\sum_{m=1}^{M}\delta_a^k(m)\right)\right]}{C} \qquad (11)$$

ทางขวามือของสมการที่ 11 ตัวเศษ หมายถึงผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Benefit หรือ *B*) เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาในช่วงเวลาตามแผน

หลังจากคำนวณค่า *B/C* ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้ว จากนั้น ทำการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษา โดยเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่มีค่า *B/C* มากที่สุดเป็นกิจกรรมแรกที่ได้รับการคัดเลือก และหากกิจกรรมบำรุงรักษาที่มีค่า *B/C* มากที่สุด ยังไม่สามารถแก้ไขสาเหตุไฟดับได้ครบทุกสาเหตุ ก็จะเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่มีค่า *B/C* ลำดับถัดมา จนกระทั่งกิจกรรมบำรุงรักษาที่คัดเลือกทั้งหมดสามารถแก้ไขสาเหตุไฟดับได้ครบทุกสาเหตุแล้วในเซกชันที่พิจารณา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า

นำกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมทั้งหมดของทุกเซกชันของสายป้อนจะถูกนำมาจัดตารางบำรุงรักษา

การจัดตารางบำรุงรักษาจะพิจารณาจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ ให้คัดเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา นั่นคือช่วงเวลาที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับได้มากที่สุด สำหรับปัจจัยที่นำมาพิจารณาเพื่อจัดตารางบำรุงรักษาได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่ใช้ ระยะเวลาดำเนินการ วันหยุดประจำปี และดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับการคัดเลือก

ก่อนกล่าวถึงฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ จะอธิบายถึงการกำหนดช่วงวันดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา และการกำหนดจำนวนตัวแปรการตัดสินใจ ($X_a^j(t)$) มีรายละเอียด ดังนี้

1. การกำหนดช่วงวันดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา มีเงื่อนไขดังนี้

- วันที่ดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาจะไม่ตรงกับวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ หรือวันหยุดประจำปี

- ช่วงวันดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาจะต้องทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง หรือทำกิจกรรมคร่อมวันหยุดได้ (การทำกิจกรรมคร่อมวันหยุด หมายถึง เริ่มทำกิจกรรมก่อนวันหยุด และทำต่ออีกครั้งหลังจากวันหยุด โดยในวันหยุดจะไม่มีทำกิจกรรมใด ๆ ทั้งสิ้น)

เพื่อให้การกำหนดช่วงวันดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาเป็นไปตามเงื่อนไขข้างต้น จะสร้างปฏิทินใหม่โดยตัดวันหยุดออกจากปฏิทิน และกำหนดให้วันดำเนินการก่อนและหลังวันหยุดเป็นวันที่อยู่ติดกัน ตัวอย่างเช่น ตัดวันเสาร์และวันอาทิตย์ออก และให้วันศุกร์อยู่ติดกับวันจันทร์ เป็นต้น โดยขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษาจะดำเนินการบนปฏิทินที่สร้างขึ้นใหม่นี้

2. การกำหนดจำนวนตัวแปรการตัดสินใจ

การแก้ปัญหาการจัดตารางบำรุงรักษาในวิทยานิพนธ์นี้ใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค (Binary Integer Programming) จึงต้องกำหนดจำนวนตัวแปรการตัดสินใจ $X_a^j(t)$ เพื่อสร้าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ ตัวอย่างเช่น จำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับคัดเลือกทั้งหมด มี J กิจกรรม โดยแผนบำรุงรักษามีระยะเวลา X วัน และมีวันหยุดประจำปีรวม Y วัน จำนวนวันรวมที่สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้ เท่ากับ X-Y = T วัน

ดังนั้น จำนวนตัวแปรการตัดสินใจ $X_a^j(t)$ มีจำนวนเท่ากับ $T \times J$ ตัวแปร

ตัวอย่างการสร้างฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ มีดังนี้ สมมติว่าจำนวนกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งหมดที่ได้รับคัดเลือกมี J กิจกรรม โดยจำนวนเซกชันทั้งหมดของสายป้อนที่เลือกเท่ากับ A เซกชัน และจำนวนวันรวมที่สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้ เท่ากับ T วัน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ เป็นดังนี้

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ :

$$\text{Min } f = \sum_{t=1}^{T}\sum_{a=1}^{A}\sum_{j=1}^{J}\frac{\left(C_a^j - \Gamma_a^j(t)\right)}{D_a^j}X_a^j(t) \tag{12}$$

เงื่อนไขบังคับที่ 1 : กำหนดระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา

$$\sum_{t=1}^{T} X_a^j(t) = D_a^j \qquad \forall j, \forall a \tag{13}$$

เงื่อนไขบังคับที่ 2 : ใน 1 วัน สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้ไม่เกิน 1 กิจกรรม

$$\sum_{a=1}^{A}\sum_{j=1}^{J} X_a^j(t) \le 1 \qquad \forall t \tag{14}$$

เงื่อนไขบังคับที่ 3 : Conejo *et al*. (2005) การทำกิจกรรมบำรุงรักษาจะต้องทำกิจกรรมต่อเนื่องกัน

$$X_a^j(t) - X_a^j(t\text{-}1) \le X_a^j(t + D_a^j - 1) \qquad \forall j, \forall a, \forall t \tag{15}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ผล

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำข้อมูลสถิติไฟดับของการไฟฟ้า ปี 2556 มาพิจารณาเพื่อสร้างแผนบำรุงรักษาในปี 2557 โดยแผนบำรุงรักษาอยู่ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2557 (แผนมีระยะเวลา 90 วัน) มีวันหยุดประจำปีรวมทั้งสิ้น 28 วัน ดังนั้น ระยะเวลาที่สามารถทำกิจกรรมบำรุงรักษาได้เท่ากับ 62 วัน

สายป้อนที่นำมาประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษามี 3 สายป้อน คือ สายป้อน A B และ C เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟดับพบว่า สายป้อนดังกล่าวเป็นสายป้อนที่มีจำนวนครั้งไฟดับมากที่สุด 3 อันดับแรก

สายป้อนทั้ง 3 สายป้อน มีสาเหตุไฟดับในแต่ละเซกชัน สรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปสาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในสายป้อน A B และ C

สายป้อน	เซกชัน	สาเหตุไฟดับ
A	a1	งู กระรอก
	a2	กระรอก ต้นไม้ นก
	a3	กระรอก ต้นไม้
	a4	กระรอก งู นก อุปกรณ์ชำรุด
	a5	กระรอก
B	b1	กระรอก ต้นไม้ นก อุปกรณ์ชำรุด
	b2	กระรอก งู ต้นไม้
	b3	ต้นไม้ นก
	b4	กระรอก นก
	b5	นก ต้นไม้
	b6	นก
C	c1	กระรอก ต้นไม้ นก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สายป้อน	เซกชัน	สาเหตุไฟดับ
C	c2	กระรอก งู นก อุปกรณ์ชำรุด
	c3	กระรอก งู นก ต้นไม้ อุปกรณ์ชำรุด
	c4	กระรอก ต้นไม้ นก

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้สร้างแผนบำรุงรักษาในช่วงวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2557 จึงแสดงผลการคำนวณค่า $\lambda^k(m)$ (มีหน่วยเป็นครั้งต่อเดือน) เพียงระยะช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการคำนวณอัตราความล้มเหลวเนื่องจากไฟดับประจำเดือน ($\lambda^k(m)$) ตามสาเหตุไฟดับ

สาเหตุไฟดับ	มกราคม 2557	กุมภาพันธ์ 2557	มีนาคม 2557
กระรอก	20.74	22.80	14.53
งู	5.40	5.28	4.89
ต้นไม้	1.26	4.08	13.24
นก	17.95	18.32	27.31
อุปกรณ์ชำรุด	4.09	7.00	12.61

ผลการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง

ผลของขั้นตอนที่ 1 สายป้อนที่เลือกนำมาประยุกต์ใช้เป็นกรณีศึกษา มีจำนวน 3 สายป้อน คือ สายป้อน A B และ C แต่ละสายป้อนแบ่งเป็นเซกชันได้ดังนี้

สายป้อน A แบ่งเป็นเซกชัน ได้แก่ เซกชัน a1 a2 a3 a4 และ a5

สายป้อน B แบ่งเป็นเซกชัน ได้แก่ เซกชัน b1 b2 b3 b4 b5 และ b6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สายป้อน C แบ่งเป็นเซกชัน ได้แก่ เซกชัน c1 c2 c3 และ c4

ผลของขั้นตอนที่ 2 เลือกเซกชัน a4 c1 และ c2 เป็นเซกชันที่นำมาพิจารณาเป็นตัวอย่าง เนื่องจากข้อมูลสถิติไฟดับพบว่าเซกชันดังกล่าว เป็นเซกชันที่มีจำนวนเหตุการณ์ไฟดับมากที่สุด

ผลของขั้นตอนที่ 3 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a4 c1 และ c2 แสดงในตารางที่ 4 5 และ 6

ตารางที่ 4 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a4

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,632	12,517	17,149	355,635	390,917	249,099
งู	4,632	8,611	13,244	71,464	69,880	64,730
นก	4,632	2,850	7,483	134,327	137,064	204,342
อุปกรณ์ชำรุด	4,632	243	4,875	19,915	34,118	61,460

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c1

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,727	93	4,821	99,969	109,886	70,021
ต้นไม้	4,727	8,214	12,941	16,318	52,824	171,306
นก	4,727	93	4,821	86,538	88,302	131,645

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c2

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,638	19,045	23,683	491,148	539,873	344,016
งู	4,638	389	5,027	27,125	26,524	24,569
นก	4,638	9,587	14,226	255,377	260,582	388,488
อุปกรณ์ชำรุด	4,638	389	5,027	20,535	35,181	63,374

ผลของขั้นตอนที่ 4 กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับในเซกชัน a4 c1 และ c2 แสดงในตารางที่ 7 8 และ 9

ตารางที่ 7 กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน a4

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดปลือย	กระรอก งู นก
ตรวจสอบสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด
ติดตั้ง Bird Guard	นก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด
ติดตั้ง Snake Guard	งู
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู

ตารางที่ 8 กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน c1

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 (ต่อ)

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ
ติดตั้ง Bird Guard	นก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้

ตารางที่ 9 กิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ตามสาเหตุไฟดับสำหรับเซกชัน c2

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด
ติดตั้ง Bird Guard	นก
ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด
ติดตั้ง Snake Guard	งู
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู

ผลของขั้นตอนที่ 5 คัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ โดยพิจารณาจากค่า *B/C* สำหรับเซกชัน a4 c1 และ c2 แสดงในตารางที่ 10 11 และ 12

ตารางที่ 10 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน a4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก	1,029,022	15,100	68.145	เลือก
ตรวจสอบสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	80,845	30,120	2.684	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	333,013	135,912	2.450	ไม่เลือก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	69,296	30,000	2.310	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	164,859	71,520	2.305	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู	782,857	967,292	0.809	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a4 ได้แก่ กระรอก งู นก และอุปกรณ์ชำรุด

ตารางที่ 11 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้	535,999	26,716	20.06	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	216,402	19,800	10.93	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	214,540	58,248	3.68	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	360,284	967,292	0.37	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c1 ได้แก่ กระรอก นก และต้นไม้

ตารางที่ 12 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับ ในเซกชัน c2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก	1,540,629	34,847	44.21	เลือก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	71,454	12,000	5.95	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	633,112	139,148	4.55	ไม่เลือก
ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	83,363	30,120	2.77	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	62,575	23,244	2.69	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู	895,419	967,292	0.93	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c2 ได้แก่ กระรอก งู นก และอุปกรณ์ชำรุด

จากนั้นพิจารณาตามขั้นตอนที่ 2 ถึง 5 อีกครั้ง เพื่อคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาสำหรับเซกชันอื่นทั้งหมดของสายป้อน A B และ C

ผลการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมของเซกชันทั้งหมดของสายป้อน A B และ C มีจำนวนกิจกรรมทั้งสิ้น 19 กิจกรรม แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 กิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับคัดเลือกสำหรับสายป้อน A B และ C

ที่	**กิจกรรมบำรุงรักษา**	**เซกชัน**	**ค่าใช้จ่าย (บาท)**	**เวลาดำเนินการ (วัน)**
1	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	a1	19,747	3
2	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	a2	11,616	2
3	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	a3	17,424	2
4	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	a4	15,100	2
5	ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	a4	30,120	1
6	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	a5	30,201	4
7	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b1	31,362	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 13 (ต่อ)

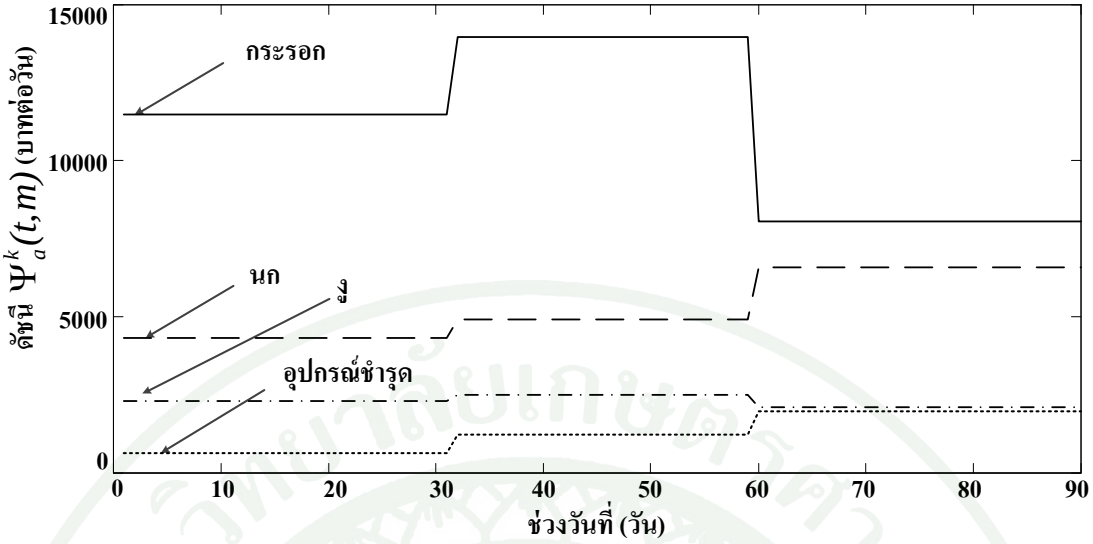
ที่	กิจกรรมบำรุงรักษา	เซกชัน	ค่าใช้จ่าย (บาท)	เวลาดำเนินการ (วัน)
8	ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	b1	30,120	1
9	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b2	11,616	2
10	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b3	37,170	4
11	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b4	13,939	2
12	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b5	36,009	4
13	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	b6	23,231	3
14	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	c1	26,716	3
15	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	c2	34,847	4
16	กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	c2	12,000	2
17	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	c3	29,039	4
18	กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	c3	20,000	3
19	ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	c4	20,908	3

ผลการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า

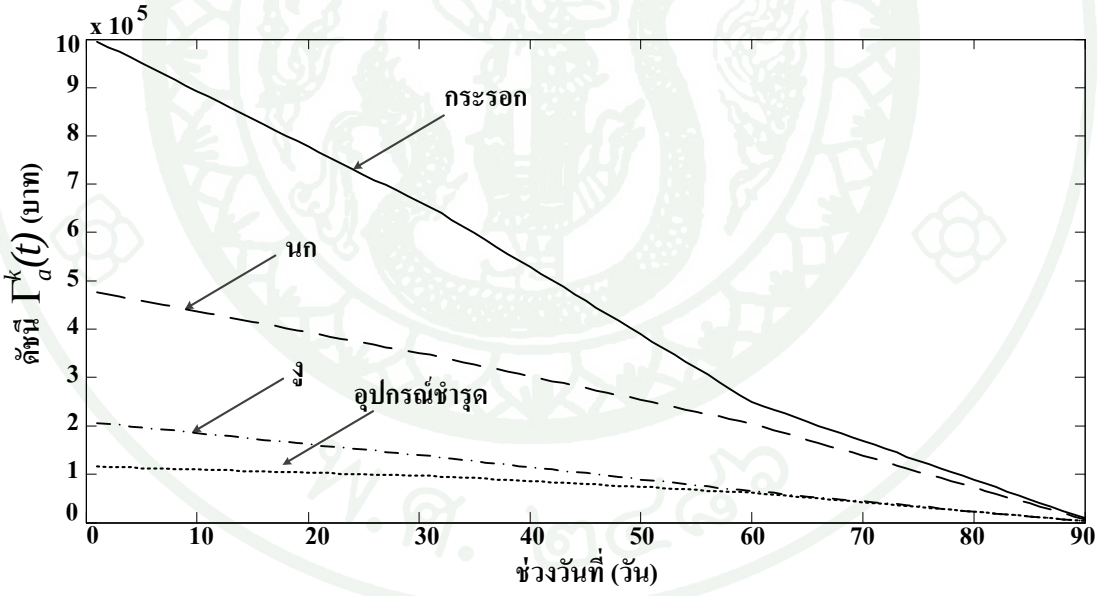
ขั้นการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า เริ่มจากคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ $\Psi_a^k(t,m)$ $\Gamma_a^k(t)$ และ $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับการคัดเลือกจากตารางที่ 3 จากนั้น นำกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับการคัดเลือกมาจัดตารางบำรุงรักษาตามฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับ

ตัวอย่างผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเซกชัน a4 c1 และ c2 แสดงเป็นกราฟดังภาพที่ 2 ถึง 10

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

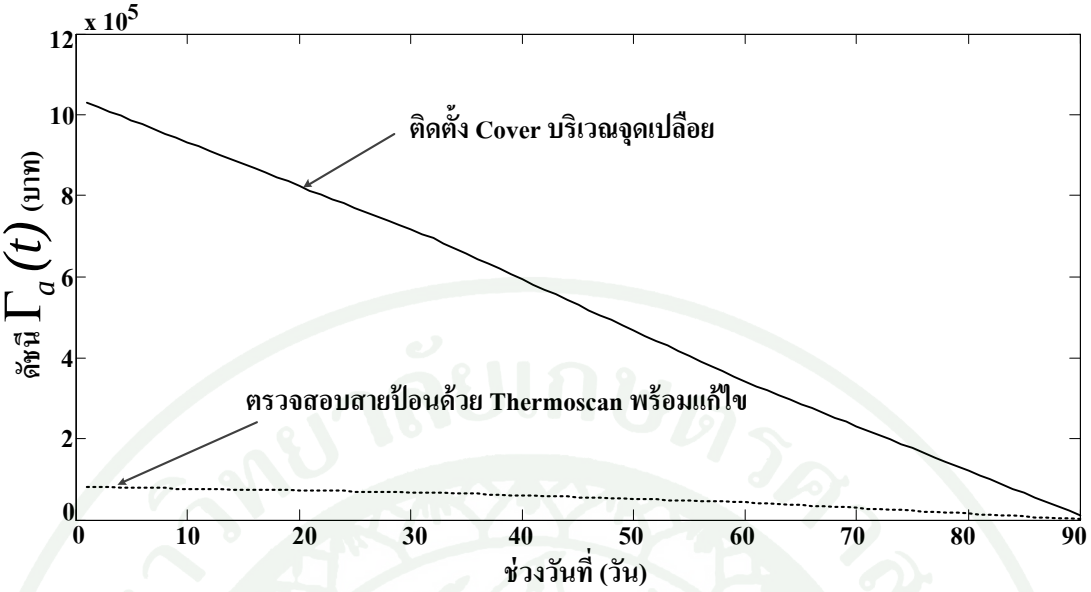


ภาพที่ 2 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

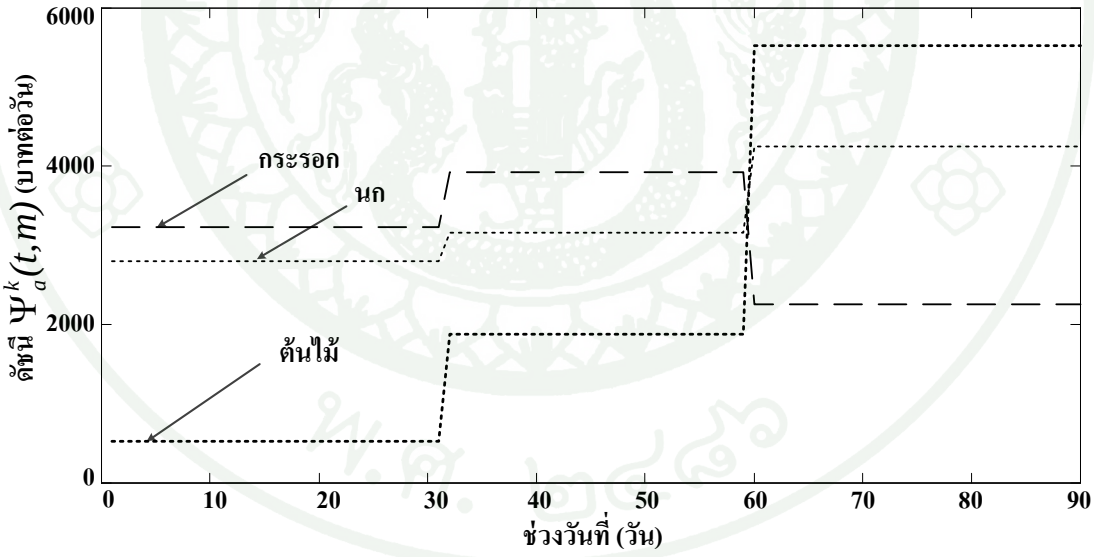


ภาพที่ 3 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

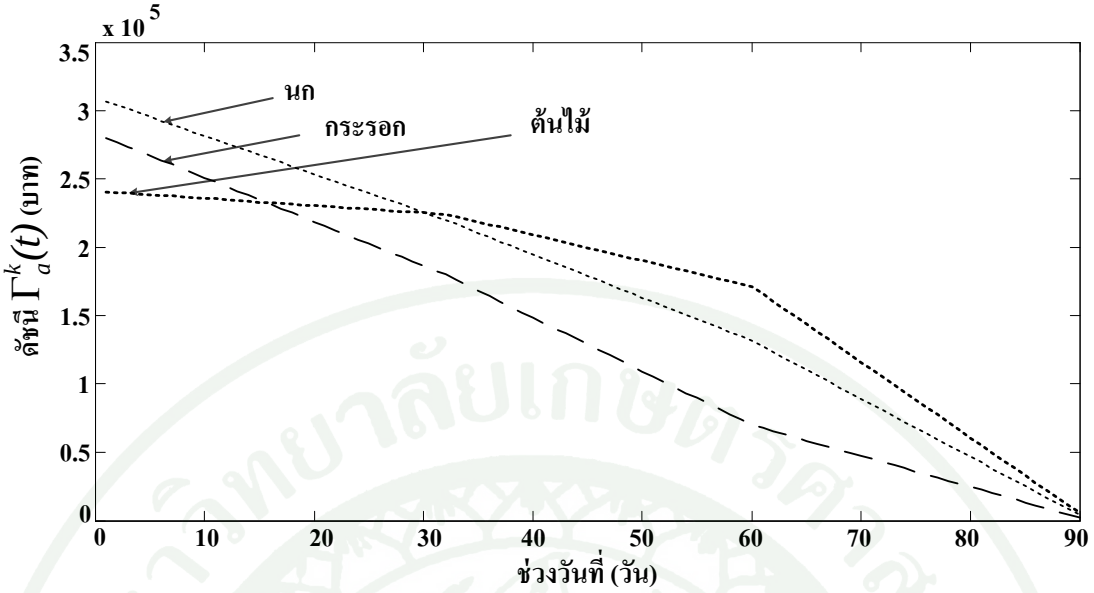


ภาพที่ 4 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

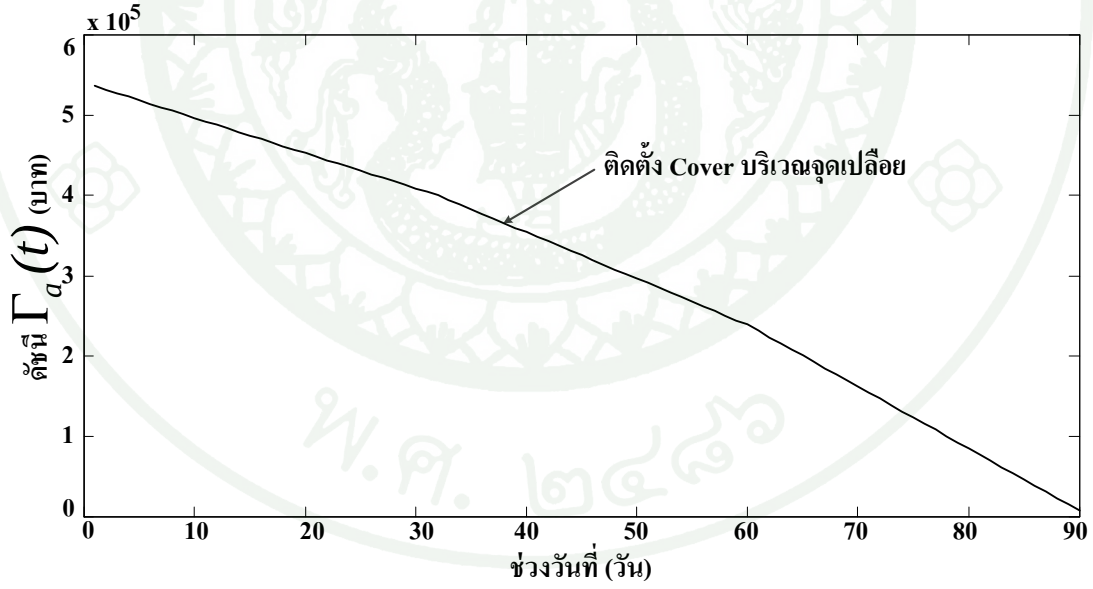


ภาพที่ 5 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

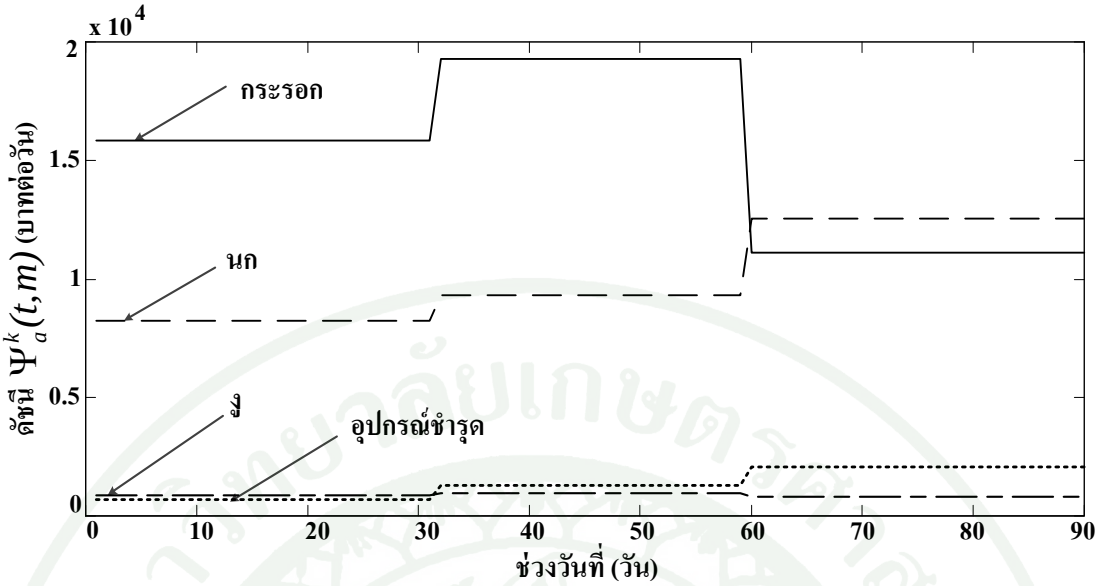


ภาพที่ 6 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

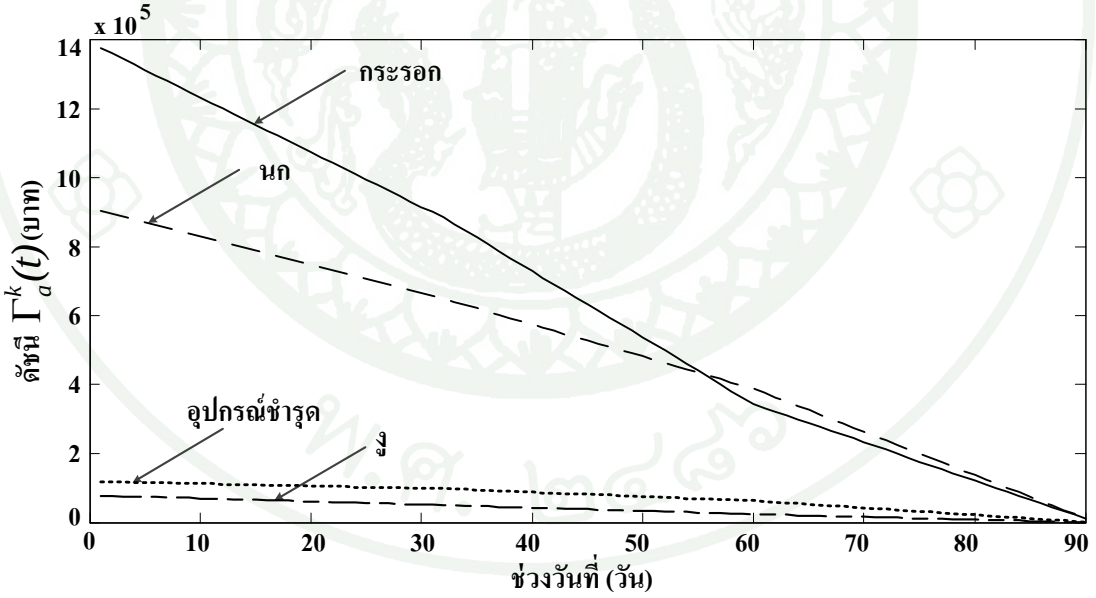


ภาพที่ 7 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

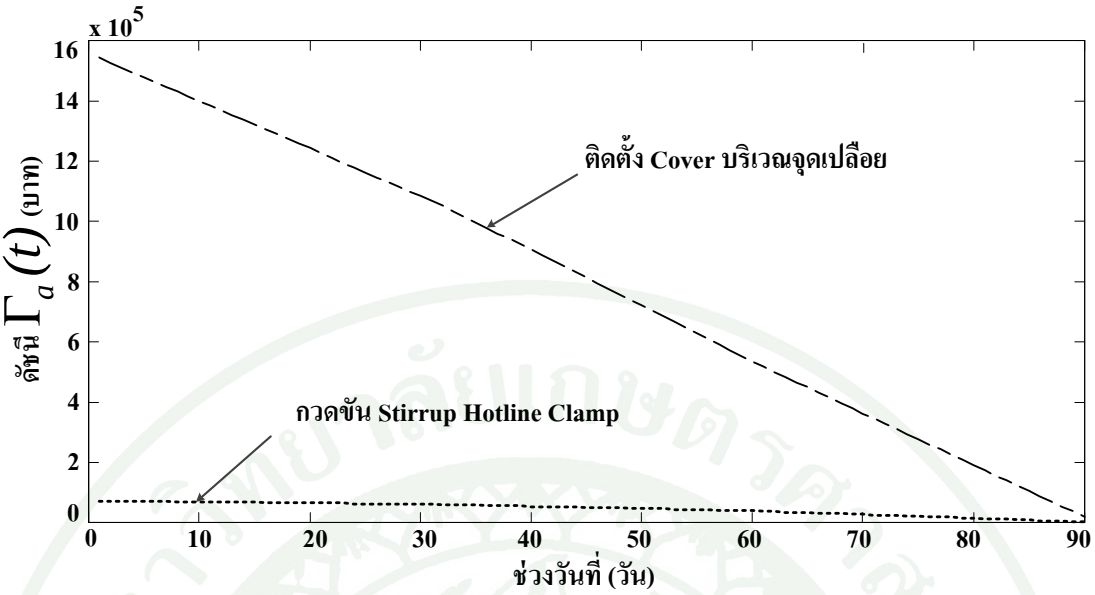


ภาพที่ 8 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)



ภาพที่ 9 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ผลการจัดตารางบำรุงรักษา แสดงในภาพที่ 11 ถึง 13 แสดงผลการจัดตารางบำรุงรักษาในรูปแผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แบบแผนรายวัน ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม ปี 2557



ภาพที่ 11 ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนมกราคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนกุมภาพันธ์ 2557



ภาพที่ 13 ผลการจัดตารางบำรุงรักษาในเดือนมีนาคม 2557

หมายเหตุ แสดงวันที่ดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษา

แสดงวันหยุดประจำปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

ผลของขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า จะได้รับกิจกรรมบำรุงรักษาจะได้รับกิจกรรมบำรุงรักษารวมทั้งสิ้น 19 กิจกรรม จากกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ทั้งหมด 62 กิจกรรม ใช้เงินค่าใช้จ่ายรวม 457,165 บาท มีระยะเวลาในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษารวมเท่ากับ 53 วัน

จากนั้นนำกิจกรรมบำรุงรักษาที่ได้รับการคัดเลือกทั้ง 19 กิจกรรมมาจัดตารางบำรุงรักษาเพื่อคัดเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมในการดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษานั่นคือ ช่วงเวลาที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายเนื่องจากไฟดับได้มากที่สุด ผลของขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าโดยใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค ระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 มีนาคม 2557 (แผนมีระยะเวลา 90 วัน) มีวันหยุดประจำปีรวมทั้งสิ้น 27 วัน จะได้รับฟังก์ชันวัตถุประสงค์ f เท่ากับ -6,081,329 บาท จากภาพที่ 13 ถึง 15 แสดงผลการจัดตารางกิจกรรมบำรุงรักษาโดยเรียงลำดับการดำเนินกิจกรรม นั่นคือ กิจกรรมที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุด (ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมและค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด) เป็นกิจกรรมที่ต้องดำเนินการก่อน ซึ่งหากมีการดำเนินกิจกรรมตามแผน จะส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีระดับความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น โดยประเมินจากค่าดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ ($\Gamma_a(t)$) มีค่าเท่ากับ 6,455,047 บาท

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิทยานิพนธ์นี้ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนปฏิบัติงานบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า สำหรับพนักงานการไฟฟ้า ผู้มีหน้าที่บำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า ทำให้ทราบสถานที่และเวลาที่เหมาะสมเพื่อออกไปปฏิบัติงานบำรุงรักษา รวมทั้งทราบค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทำแต่ละกิจกรรมที่ทำให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด การดำเนินกิจกรรมบำรุงรักษาจะเริ่มดำเนินตามกิจกรรมที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุด ที่ส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีระดับความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น เมื่อทำกิจกรรมบำรุงรักษาตามแผนที่วางไว้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลางด้วยวิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษา และขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษา ในขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาจะคัดเลือกกิจกรรมตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง โดยพิจารณาเลือกกิจกรรมจากค่าความคุ้มค่าในการลงทุน และขั้นตอนการจัดตารางบำรุงรักษา จะใช้วิธีกำหนดการจำนวนเต็มแบบทวิภาค โดยให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เลือกช่วงเวลาดำเนินการที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุด นั่นคือ ผลต่างระหว่างค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมและค่าดัชนีดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งหากมีการดำเนินกิจกรรมตามแผนที่วางไว้ จะส่งผลให้ระบบจำหน่ายไฟฟ้ามีระดับความเชื่อถือได้เพิ่มขึ้น โดยประเมินจากค่าดัชนีสะท้อนโอกาสที่สามารถลดมูลค่าความเสียหายรวมเนื่องจากไฟดับ

ข้อเสนอแนะ

การจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าตามหลักการบำรุงรักษาแบบใช้ความเชื่อถือได้เป็นศูนย์กลาง ตามที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ยังมีส่วนที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อีก โดยเริ่มจากขั้นตอนการคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาจากค่าความคุ้มค่าในการลงทุนนั้น สามารถพิจารณาถึงผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ โดยประเมินจากระยะเวลาที่ส่งผลเมื่อของการทำกิจกรรมบำรุงรักษา หรือในขั้นตอนของการกำหนดเงื่อนไขบังคับ ยังสามารถเพิ่มเงื่อนไขอื่นได้อีก ได้แก่ กิจกรรมบำรุงรักษาที่สามารถทำพร้อมกันได้ กิจกรรมบำรุงรักษาที่ต้องทำต่อเนื่องกันเท่านั้น เป็นต้น ซึ่งถ้าหากมีการพัฒนาตามข้อเสนอแนะ จะช่วยให้วิธีการจัดตารางบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้าสามารถตอบสนองต่อการนำไปปฏิบัติงานของพนักงานการไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2549. **ความเชื่อถือได้และการบำรุงรักษาระบบจำหน่ายไฟฟ้า.** บริษัท จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง. 2541. **การวิจัยดำเนินงานเล่ม 1**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2555. **การศึกษาอัตราความเสียหายเนื่องจากไฟดับ (Outage Cost).** แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/power/outage_cost.pdf, 27 สิงหาคม 2556.

Abiri-Jahromi, A., M. Fotuhi-Firuzabad and E. Abbasi. 2009. An Efficient Mixed-Integer Linear Formulation for Long-Term Overhead Lines Maintenance Scheduling in Distribution System, **IEEE TRANSACTION ON POWER DELIVERY** 24 (4): 2043-2053.

Arias, A., R.A. Hincapié, M. Granada and R. A. Gallego. 2012. Optimal Scheduling of vegetation maintenance underneath overhead power distribution line, pp. 1-6. *In* **Transmission and Distribution: Latin America Conference and Exposition (T&D-LA).**

Conejo, A.J., R. García-Bertrand, and M. Díaz-Salazar. 2005. Generation Maintenance Scheduling in Restructured Power Systems. **IEEE TRANSACTION ON POWER SYSTEM** 20 (4):984-992.

Janjic, A.D. and D.S. Popovic. 2007. Selective Maintenance Schedule of Distribution Networks Based on Risk Management Approach**. IEEE TRANSACTION ON POWER SYSTEM** 22 (2): 597-604.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kuntz, P.A., R.D. Christie and S.S. Venkata. 2002. Optimal Vegetation Maintenance Scheduling of Overhead Electric Power Distribution Systems. **IEEE TRANSACTION ON POWER DELIVERY** 17 (4): 1164-1169**.**

Pobporn, W., O. Noohawm, and D. Rerkpreedapong. 2013. Reliability Centered Maintenance (RCM) Implementation on PEA Power Distribution Systems: A Case Study of Bang-Pa-In Branch Office, pp. 1-5. *In* **The 8th GMSARN International Conference 2013 on Green Growth in GMS: Energy, Environment and Social Issues.** Mandalay, Myanmar.

Yumbe, Y. and T. Hasegawa. 2012. Inspection Schedule Optimization Technique for Power Distribution, pp. 1-7. *In* **Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D).**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ ของแต่ละเซกชัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก1 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a1

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
งู	4,745	48	4,793	25,861	25,288	23,425
กระรอก	4,745	48	4,793	99,389	109,249	69,615

ตารางผนวกที่ ก2 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a2

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,838	3,266	8,104	168,052	184,724	117,709
ต้นไม้	4,838	60	4,898	6,176	19,993	64,837
นก	4,838	60	4,898	87,928	89,720	133,759

ตารางผนวกที่ ก3 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a3

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	5,102.67	5.61	5,107.28	105,915	116,422	74,186
ต้นไม้	5,102.67	5.61	5,107.28	6,440	20,848	67,608

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก4 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a4

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,632	12,517	17,149	355,635	390,917	249,099
งู	4,632	8,611	13,244	71,464	69,880	64,730
นก	4,632	2,850	7,483	134,327	137,064	204,342
อุปกรณ์ชำรุด	4,632	243	4,875	19,915	34,118	61,460

ตารางผนวกที่ ก5 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน a5

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,799	85	4,884	101,282	111,329	70,941

ตารางผนวกที่ ก6 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b1

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,595.23	0.04	4,595.27	95,297	104,751	66,749
ต้นไม้	4,595.23	0.04	4,595.27	5,794	18,758	60,830
นก	4,595.23	0.04	4,595.27	82,494	84,176	125,493
อุปกรณ์ชำรุด	4,595.23	0.04	4,595.27	18,773	32,161	57,934

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก7 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b2

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,710	1,055	5,765	119,546	131,406	83,734
งู	4,710	5,939	10,648	57,460	56,187	52,046
ต้นไม้	4,710	5,090	9,800	12,357	40,003	129,729

ตารางผนวกที่ ก8 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b3

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
ต้นไม้	4,630	65	4,696	5,921	19,169	62,163
นก	4,630	65	4,696	84,302	86,020	128,242

ตารางผนวกที่ ก9 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b4

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,635	62	4,697	97,407	107,071	68,227
นก	4,635	62	4,697	84,321	86,040	128,272

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก10 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b5

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
นก	4,634	222	4,856	87,167	88,943	132,601
ต้นไม้	4,634	222	4,856	6,123	19,820	64,276

ตารางผนวกที่ ก11 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน b6

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
นก	4,595	2,530	7,125	127,904	130,511	194,572

ตารางผนวกที่ ก12 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c1

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,727	93	4,821	99,969	109,886	70,021
ต้นไม้	4,727	8,214	12,941	16,318	52,824	171,306
นก	4,727	93	4,821	86,538	88,302	131,645

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก13 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c2

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,638	19,045	23,683	491,148	539,873	344,016
งู	4,638	389	5,027	27,125	26,524	24,569
นก	4,638	9,587	14,226	255,377	260,582	388,488
อุปกรณ์ชำรุด	4,638	389	5,027	20,535	35,181	63,374

ตารางผนวกที่ ก14 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c3

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,620	391	5,011	103,921	114,231	72,790
งู	4,620	2,216	6,836	36,889	36,072	33,414
ต้นไม้	4,620	130	4,750	5,990	19,391	62,884
นก	4,620	130	4,750	85,279	87,017	129,729
อุปกรณ์ชำรุด	4,620	130	4,750	19,406	33,246	59,889

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ก15 ผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ α_a^k β_a^k γ_a^k และ $\delta_a^k(m)$ สำหรับเซกชัน c4

สาเหตุ	α_a^k (บาทต่อครั้ง)	β_a^k (บาทต่อครั้ง)	γ_a^k (บาทต่อครั้ง)	$\delta_a^k(m)$ (บาทต่อเดือน)		
				มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม
กระรอก	4,595.23	7.63	4,602.87	95,454	104,924	66,859
ต้นไม้	4,595.23	0.76	4,596	5,795	18,761	60,840
นก	4,595.23	0.76	4,596	82,507	84,189	125,512

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับของแต่ละเซกชัน โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	งู กระรอก	176,413	19,747	8.93	เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	59,659	26,820	2.22	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	งู กระรอก	234,068	967,292	0.24	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a1 ได้แก่ งู และกระรอก

ตารางผนวกที่ ข2 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้	561,012	11,616	48.30	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	81,906	2,530	32.37	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	217,985	25,888	8.42	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	355,096	967,292	0.37	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a2 ได้แก่ กระรอก นก และต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข3 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก ต้นไม้	195,709	17,424	11.23	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	85,406	14,300	5.97	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	253,830	967,292	0.26	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a3 ได้แก่ กระรอก และต้นไม้

ตารางผนวกที่ ข4 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก	1,029,022	15,100	68.145	เลือก
ตรวจสอบสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	80,845	30,120	2.684	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	333,013	135,912	2.450	ไม่เลือก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	69,296	30,000	2.310	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	164,859	71,520	2.305	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู	782,857	967,292	0.809	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a4 ได้แก่ กระรอก งู นก และอุปกรณ์ชำรุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข5 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน a5 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก	141,776	30,201	4.69	เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก	170,131	967,292	0.18	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน a5 ได้แก่ กระรอก

ตารางผนวกที่ ข6 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้	439,036	31,362	14.00	เลือก
ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	76,207	30,120	2.53	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	76,844	33,000	2.33	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	204,514	97,080	2.11	ไม่เลือก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	65,320	40,000	1.63	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	228,384	967,292	0.24	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b1 ได้แก่ กระรอก นก ต้นไม้ และอุปกรณ์ชำรุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข7 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู ต้นไม้	341,234	11,616	29.38	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	163,880	7,700	21.28	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	132,555	8,940	14.83	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู ต้นไม้	495,607	967,292	0.51	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b2 ได้แก่ กระรอก งู และต้นไม้

ตารางผนวกที่ ข8 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	ต้นไม้ นก	312,334	37,170	8.40	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	78,528	23,100	3.40	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	208,995	84,136	2.48	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	ต้นไม้	69,802	967,292	0.07	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b3 ได้แก่ ต้นไม้ และนก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข9 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก	405,122	13,939	29.06	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	209,043	48,540	4.31	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก	163,623	967,292	0.17	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b4 ได้แก่ กระรอก และนก

ตารางผนวกที่ ข10 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b5 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	นก ต้นไม้	322,949	36,009	8.97	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	81,196	20,900	3.88	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	216,098	80,900	2.67	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	ต้นไม้	72,175	967,292	0.07	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b5 ได้แก่ ต้นไม้ และนก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข11 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน b6 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	นก	407,688	23,231	17.55	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	317,091	58,248	5.44	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน b6 ได้แก่ นก

ตารางผนวกที่ ข12 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน c1 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้	535,999	26,716	20.06	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	216,402	19,800	10.93	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	214,540	58,248	3.68	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	360,284	967,292	0.37	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c1 ได้แก่ กระรอก นก และต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข13 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน c2 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก	1,540,629	34,847	44.21	เลือก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	71,454	12,000	5.95	เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	633,112	139,148	4.55	ไม่เลือก
ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	83,363	30,120	2.77	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	62,575	23,244	2.69	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู	895,419	967,292	0.93	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c2 ได้แก่ กระรอก งู นก และอุปกรณ์ชำรุด

ตารางผนวกที่ ข14 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน c3 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก งู นก ต้นไม้	514,613	29,039	17.72	เลือก
กวดขัน Stirrup Hotline Clamp	อุปกรณ์ชำรุด	67,525	20,000	3.38	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	79,438	27,500	2.89	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	211,418	74,428	2.84	ไม่เลือก
ตรวจสายป้อนด้วย Thermoscan พร้อมแก้ไข	อุปกรณ์ชำรุด	78,780	30,120	2.62	ไม่เลือก
ติดตั้ง Snake Guard	งู	85,100	35,760	2.38	ไม่เลือก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข14 (ต่อ)

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก งู ต้นไม้	340,914	967,292	0.35	ไม่เลือก

หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c3 ได้แก่ กระรอก งู นก ต้นไม้ และอุปกรณ์ชำรุด

ตารางผนวกที่ ข15 การคัดเลือกกิจกรรมบำรุงรักษาที่เหมาะสมให้ครอบคลุมสาเหตุไฟดับในเซกชัน c4 โดยพิจารณาจากค่า *B/C*

กิจกรรมบำรุงรักษา	แก้ไขสาเหตุ	*B*	*C*	*B/C*	สถานะ
ติดตั้ง Cover บริเวณจุดเปลือย	กระรอก นก ต้นไม้	439,304	20,908	21.01	เลือก
ตัดแต่งกิ่งไม้	ต้นไม้	76,856	16,500	4.66	ไม่เลือก
ติดตั้ง Bird Guard	นก	204,546	48,540	4.21	ไม่เลือก
เปลี่ยนสาย SAC	กระรอก ต้นไม้	228,659	967,292	0.24	ไม่เลือก

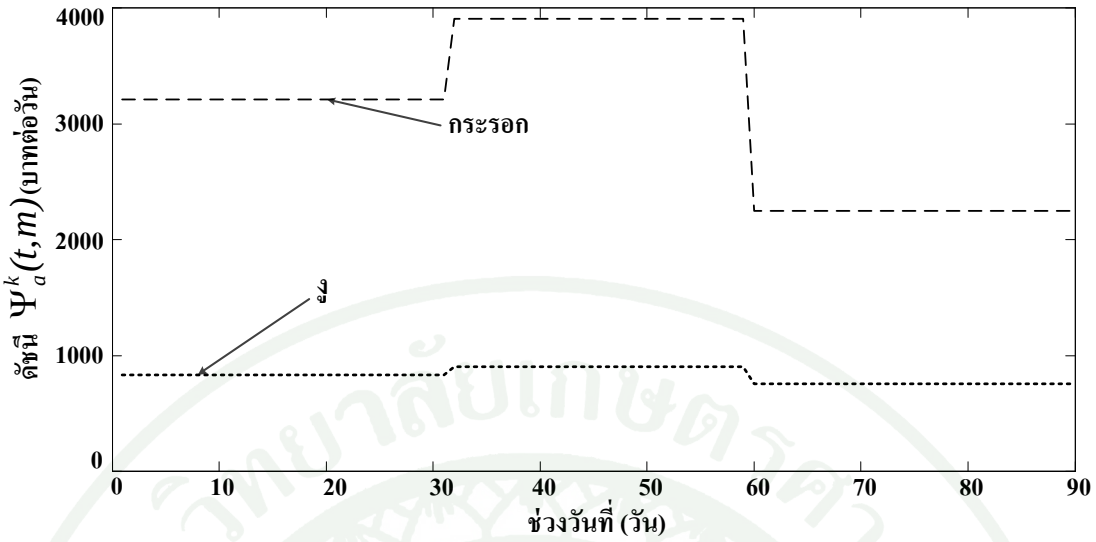
หมายเหตุ สาเหตุไฟดับที่เกิดขึ้นในเซกชัน c4 ได้แก่ กระรอก นก และต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

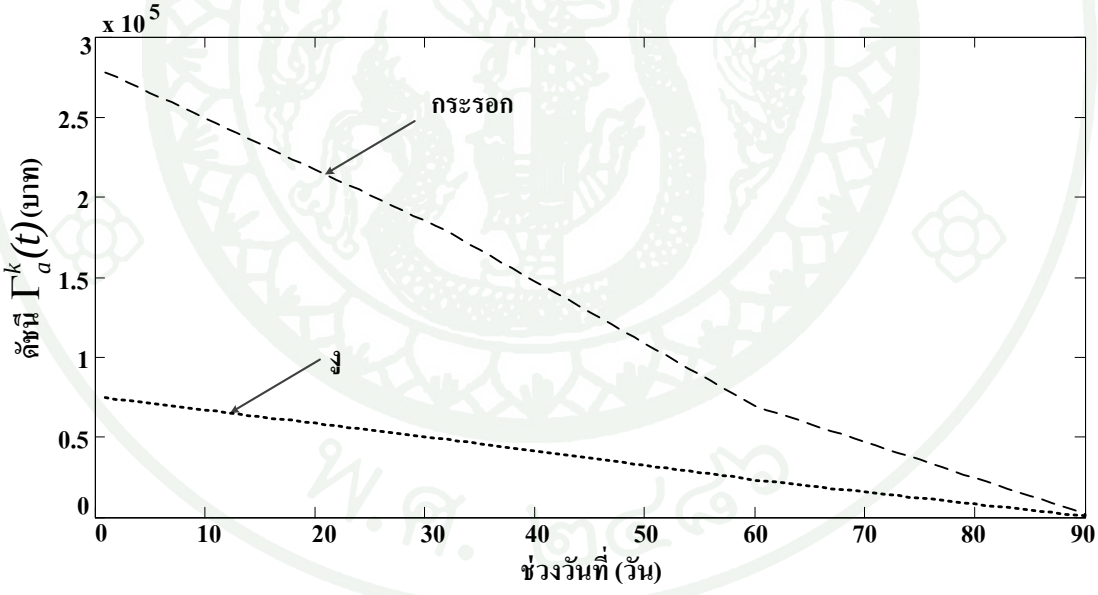
ภาคผนวก ค

กราฟผลการคำนวณค่าพารามิเตอร์ $\Psi_a^k(t,m)$ $\Gamma_a^k(t)$ และ $\Gamma_a(t)$ ของแต่ละเซกชัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

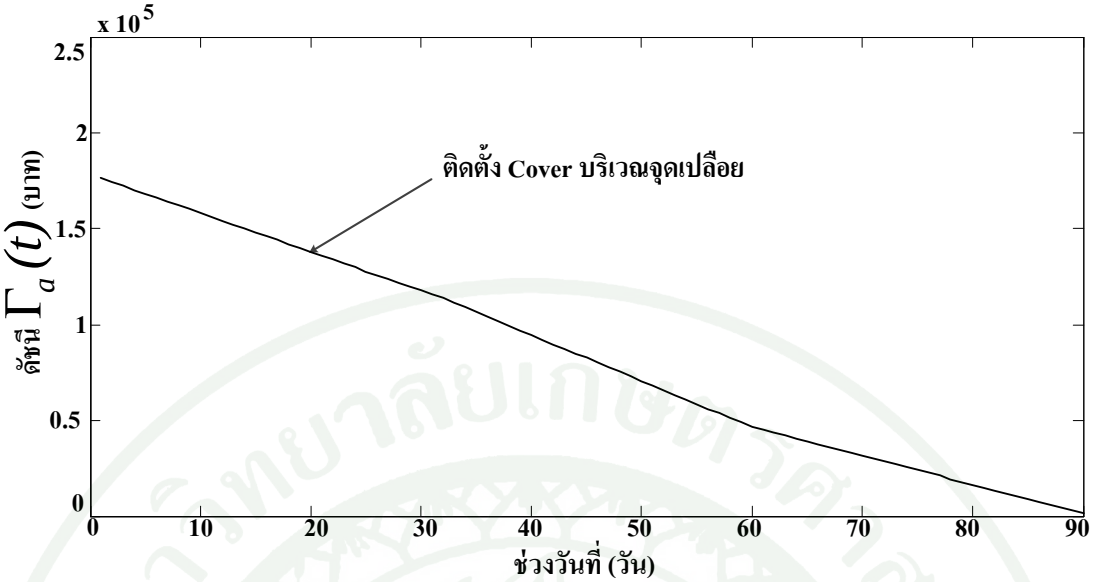


ภาพผนวกที่ ค1 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

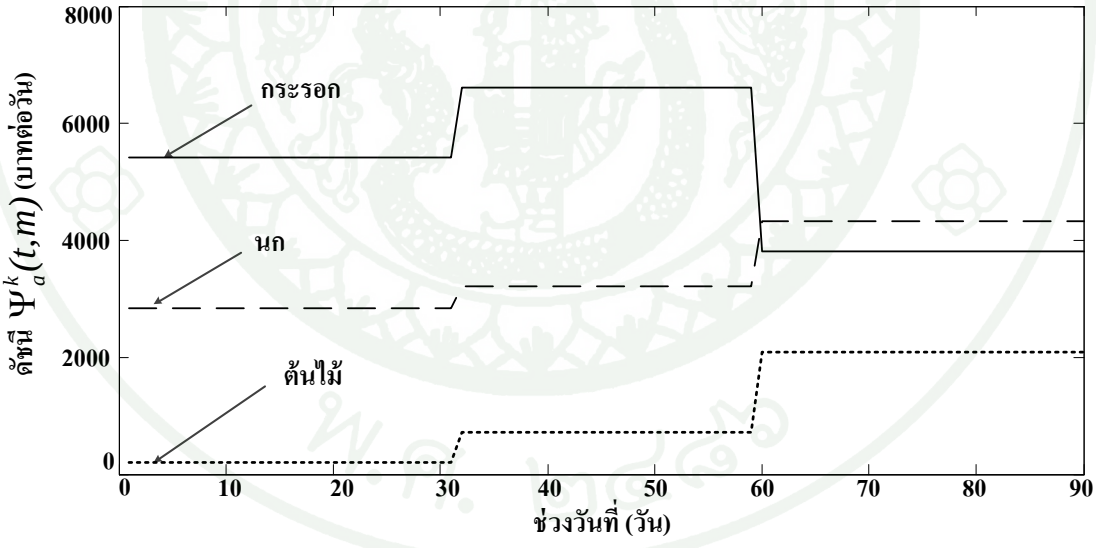


ภาพผนวกที่ ค2 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

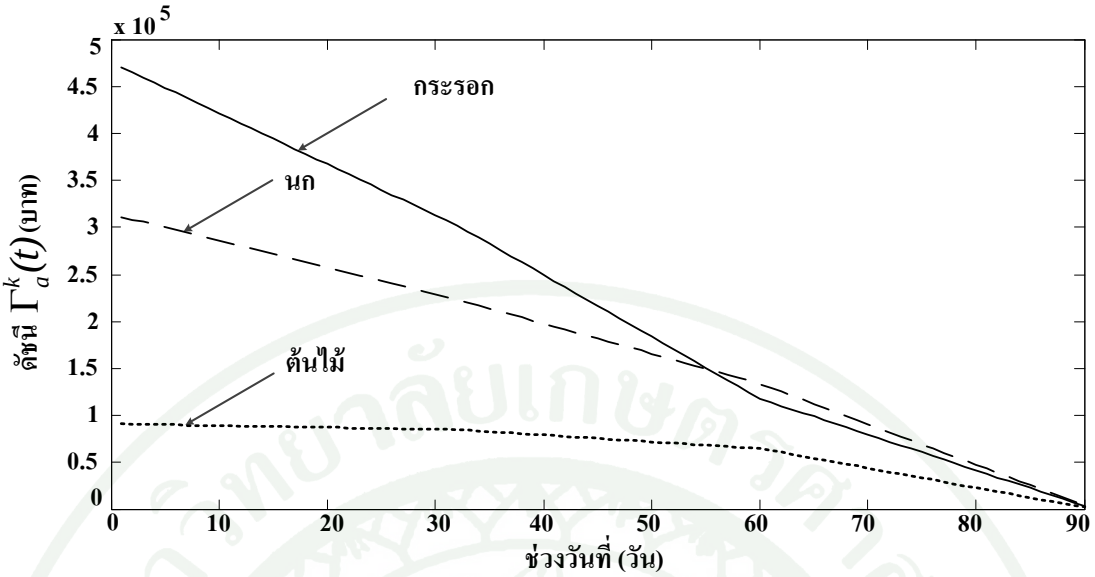


ภาพผนวกที่ ค3 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

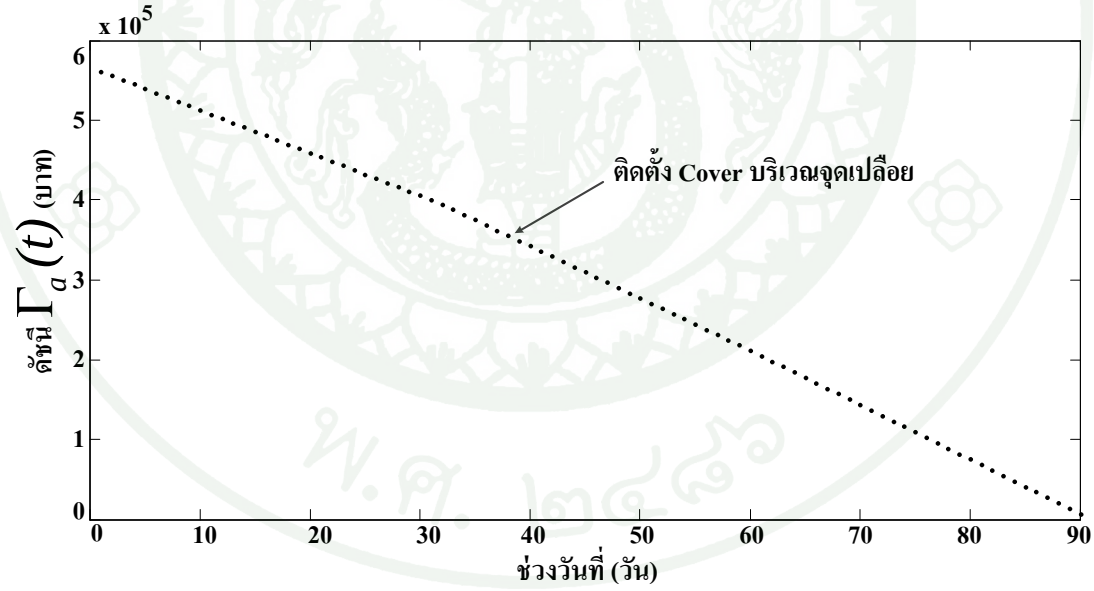


ภาพผนวกที่ ค4 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

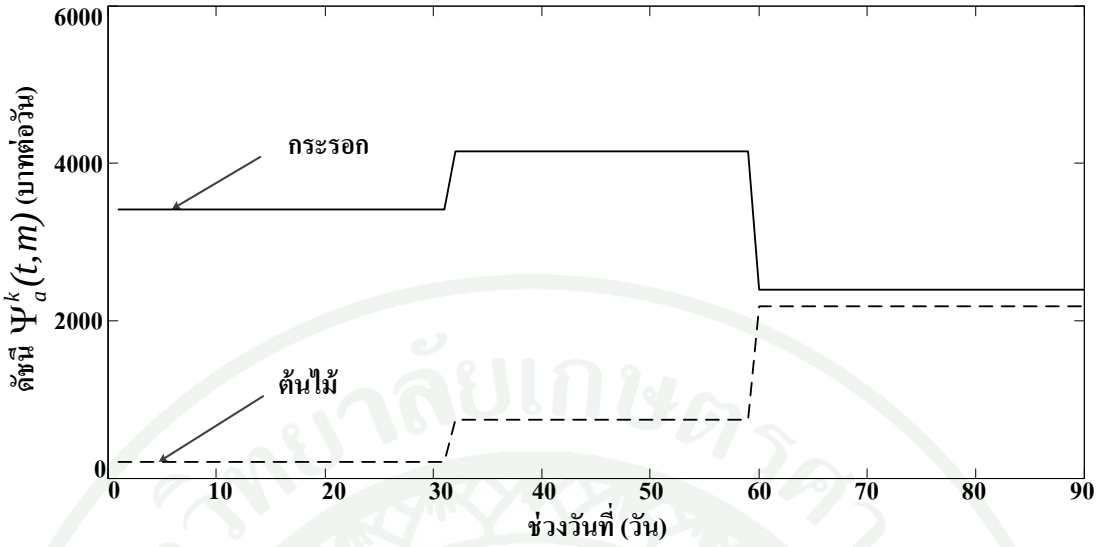


ภาพผนวกที่ ค5 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

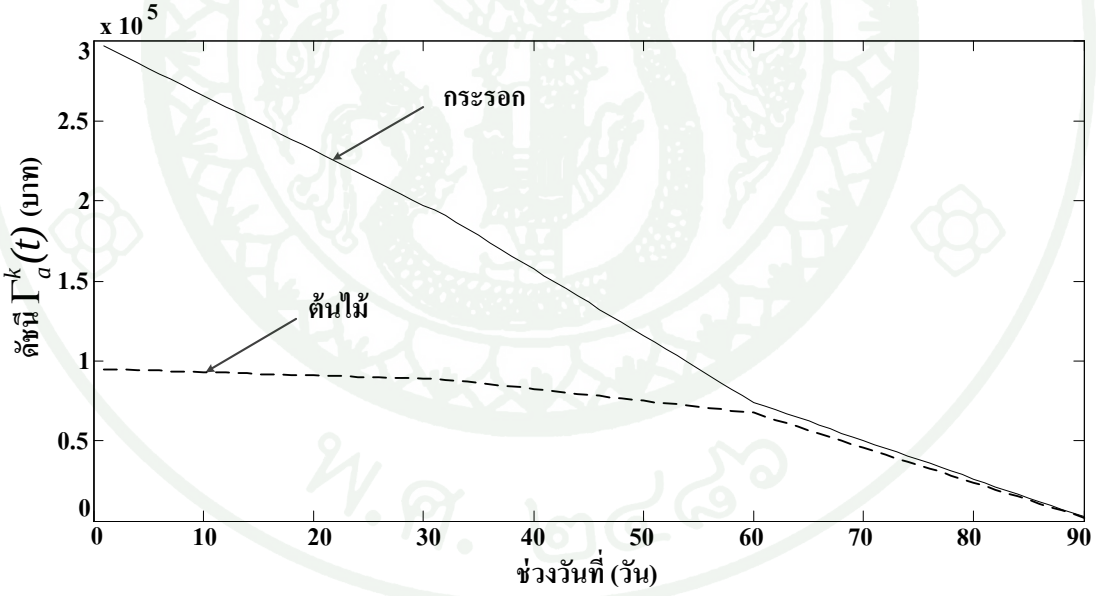


ภาพผนวกที่ ค6 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

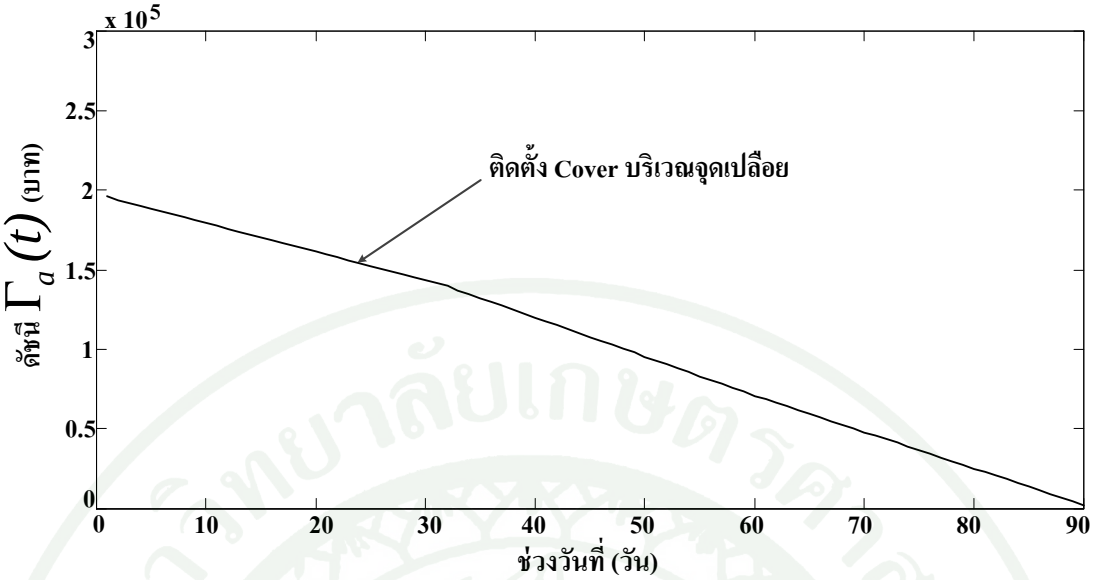


ภาพผนวกที่ ค7 ผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

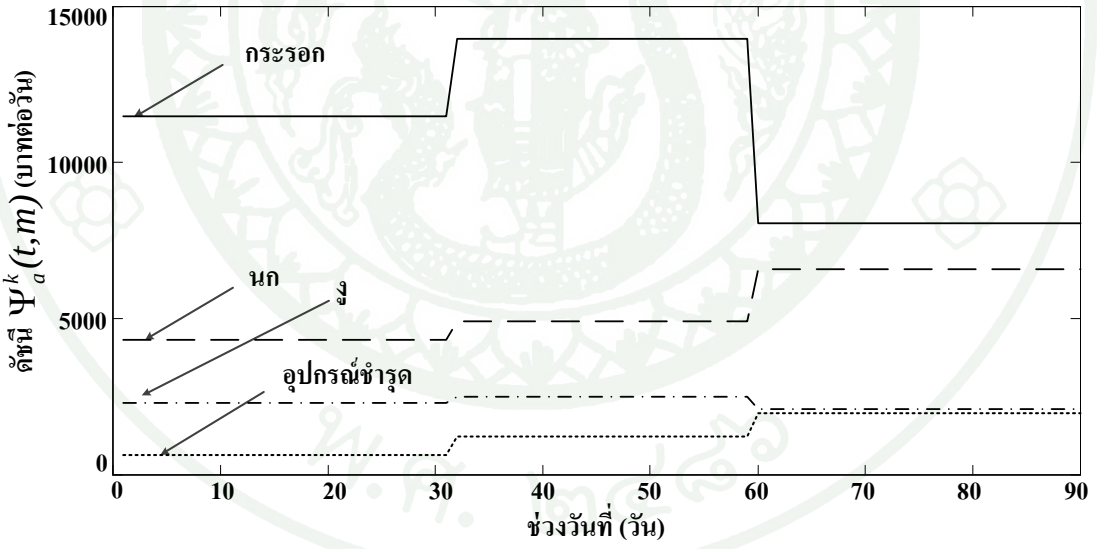


ภาพผนวกที่ ค8 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

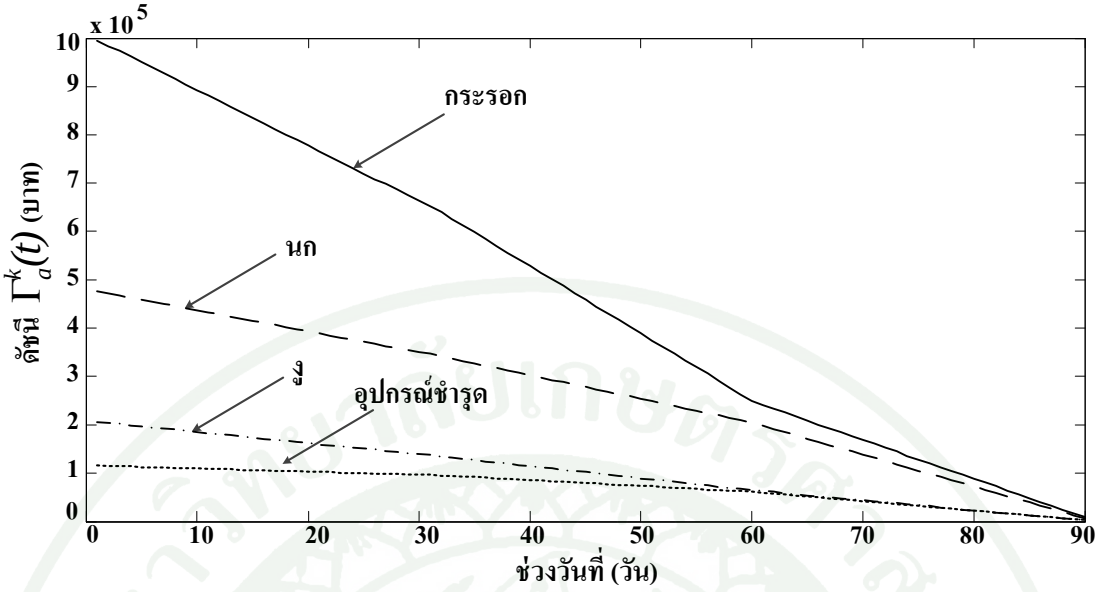


ภาพผนวกที่ ค9 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

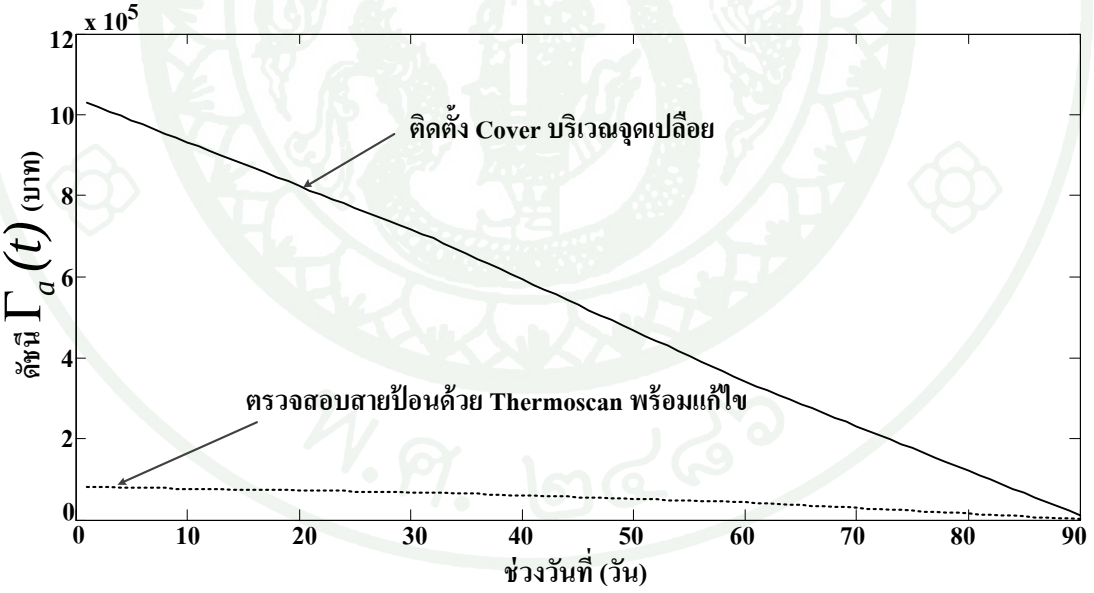


ภาพผนวกที่ ค10 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

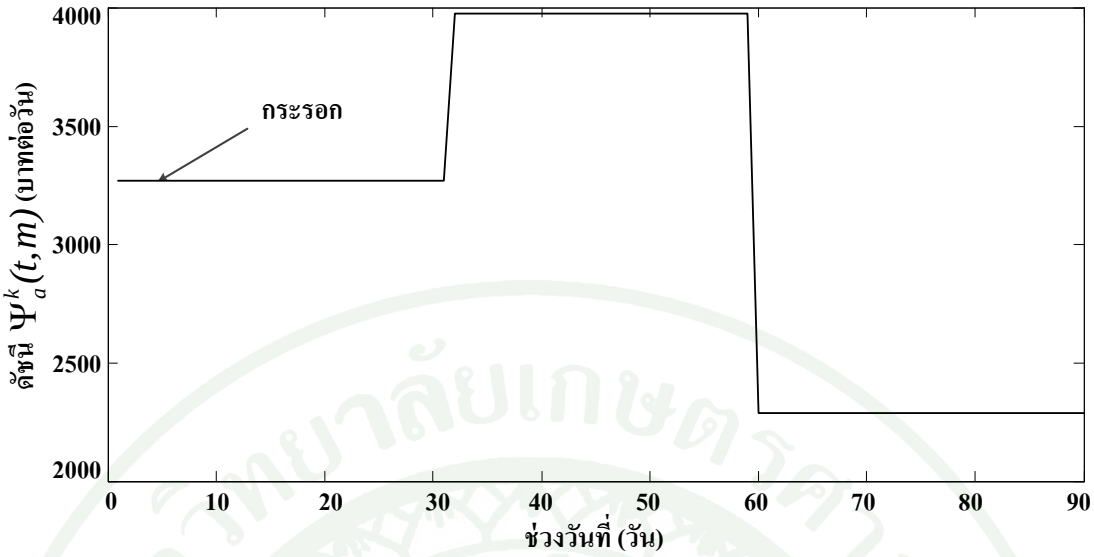


ภาพผนวกที่ ค11 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

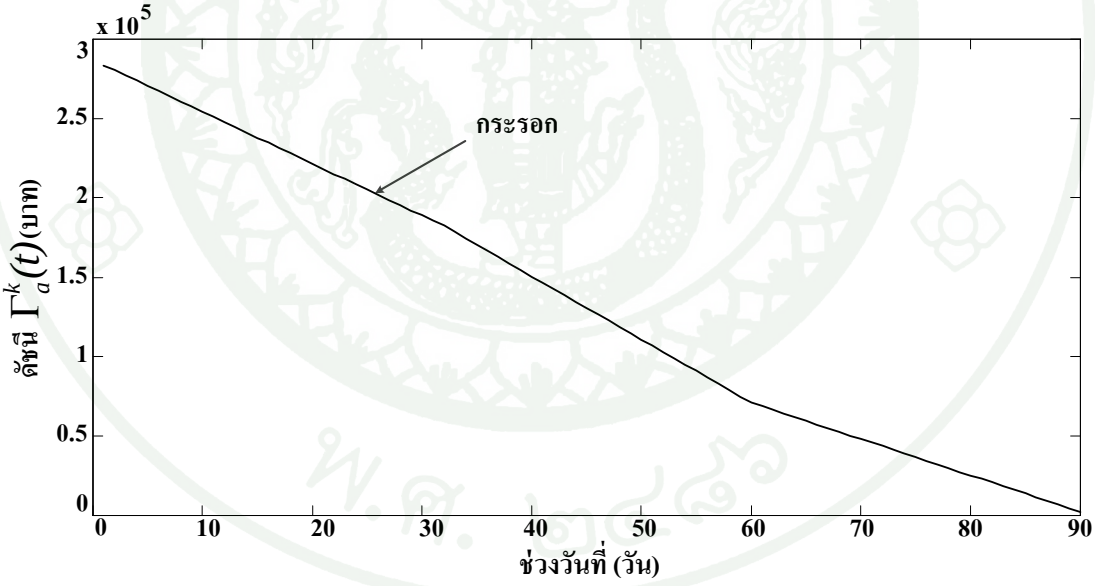


ภาพผนวกที่ ค12 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

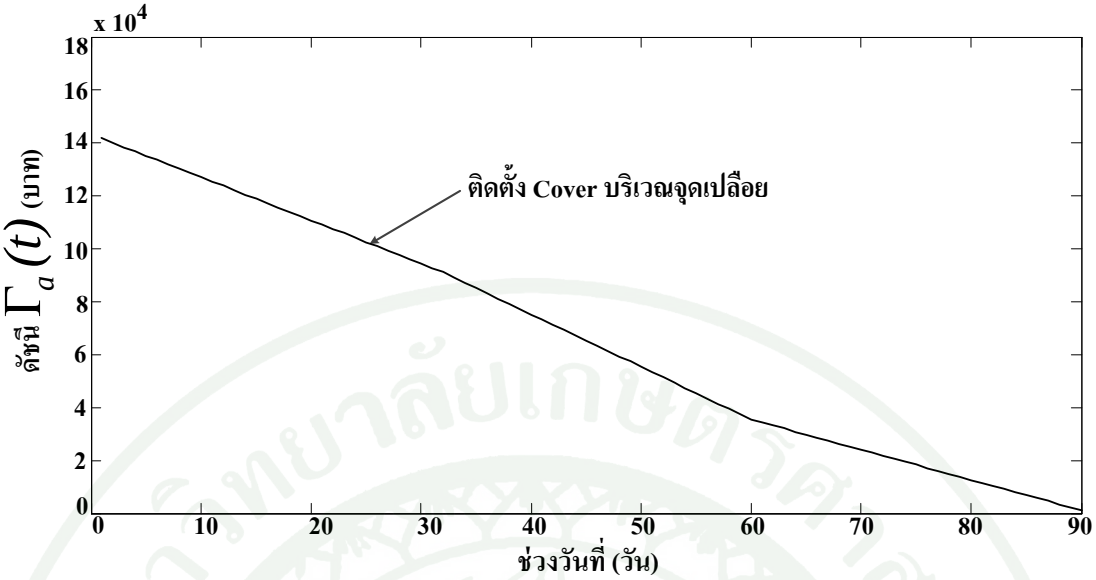


ภาพผนวกที่ ค13 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

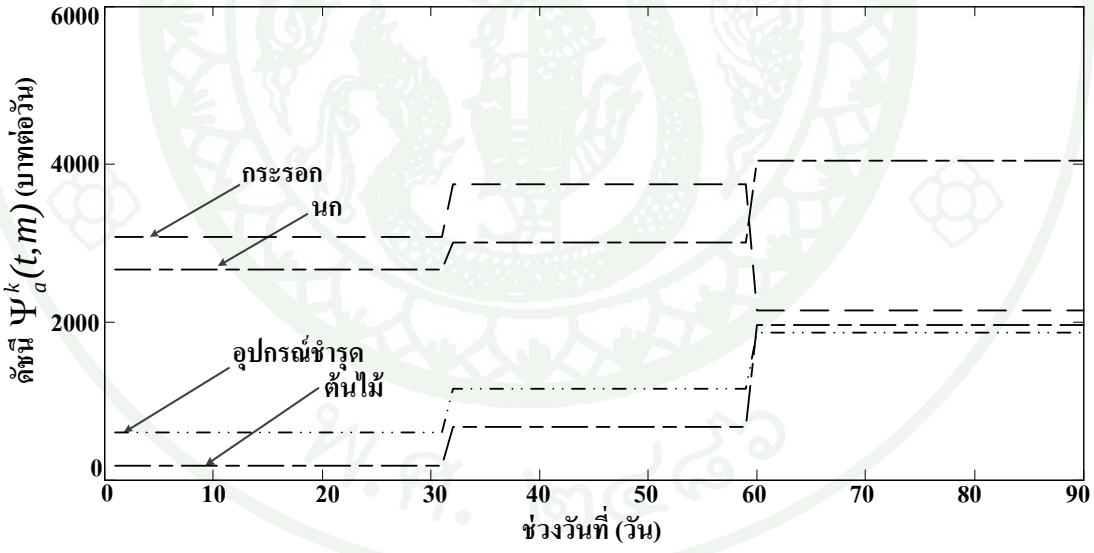


ภาพผนวกที่ ค14 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

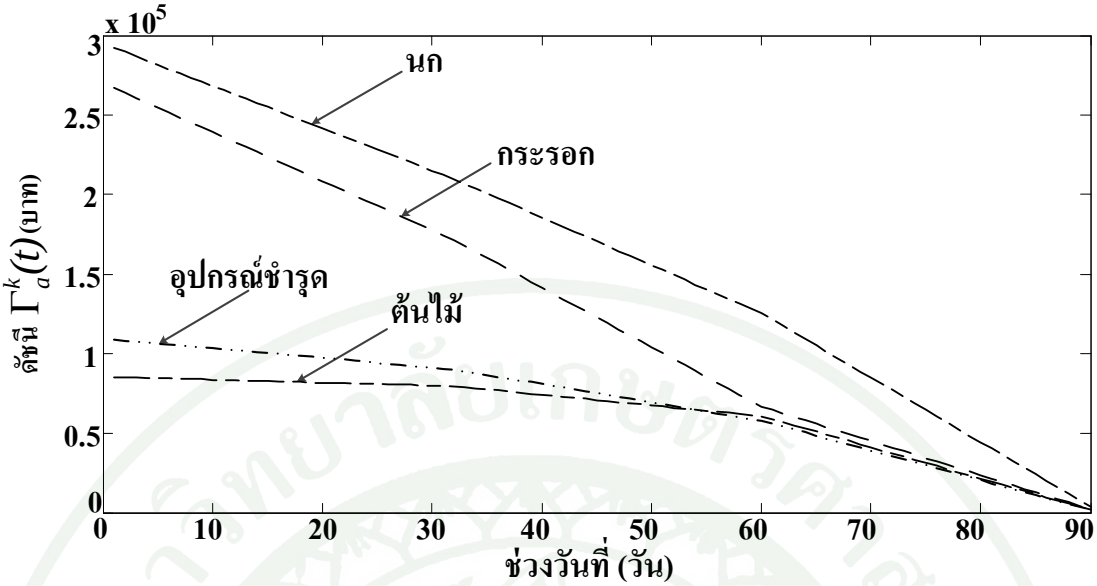


ภาพผนวกที่ ค15 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน a5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

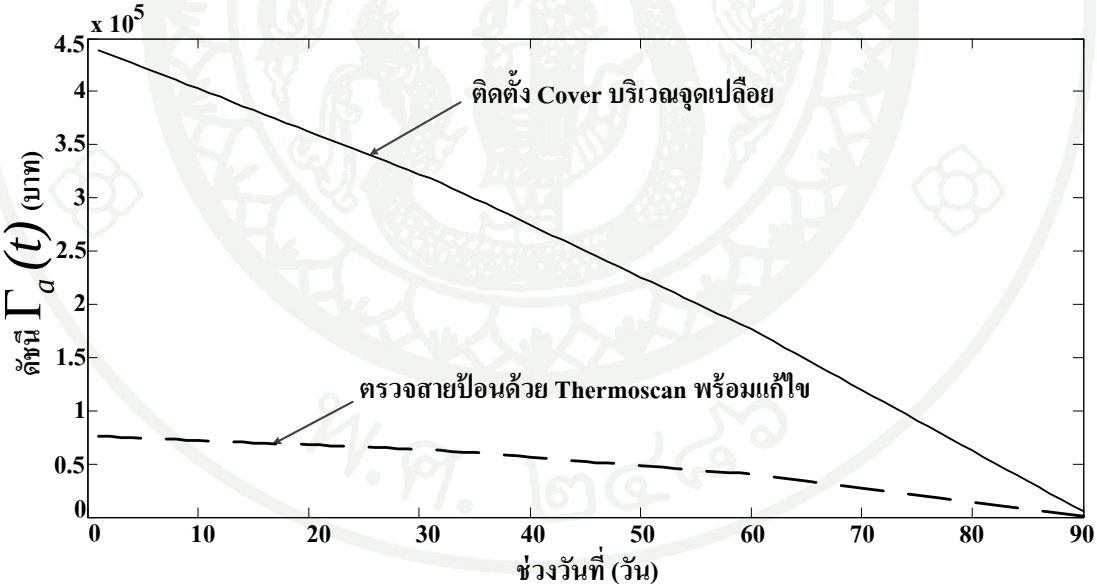


ภาพผนวกที่ ค16 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

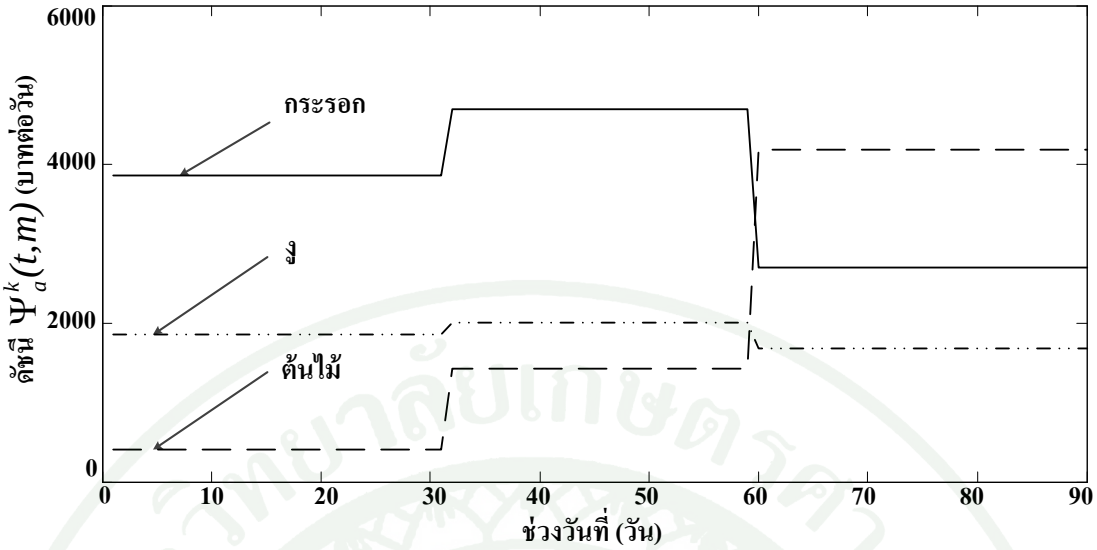


ภาพผนวกที่ ค17 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

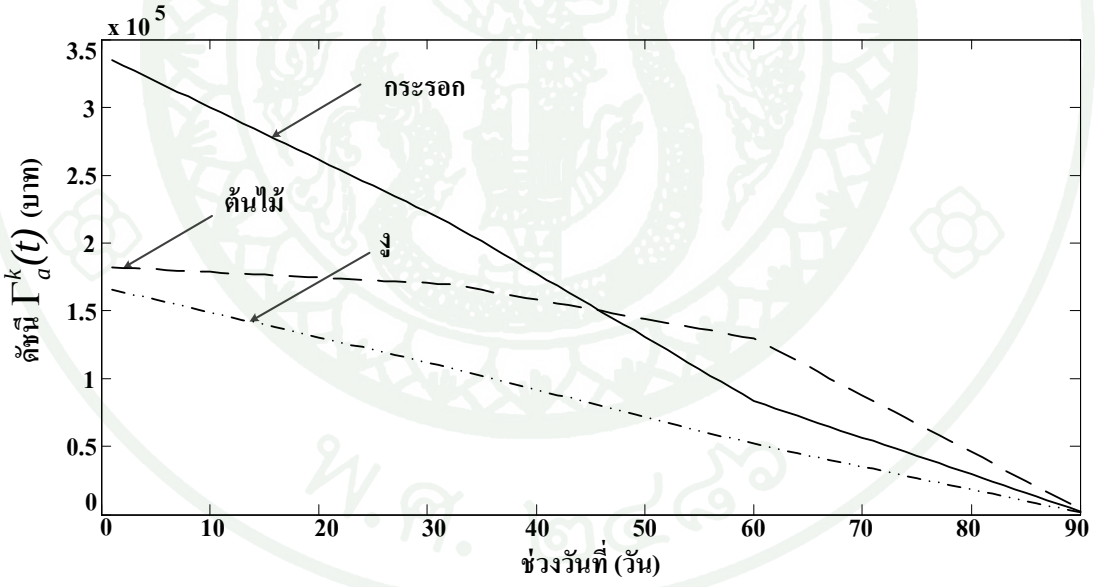


ภาพผนวกที่ ค18 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

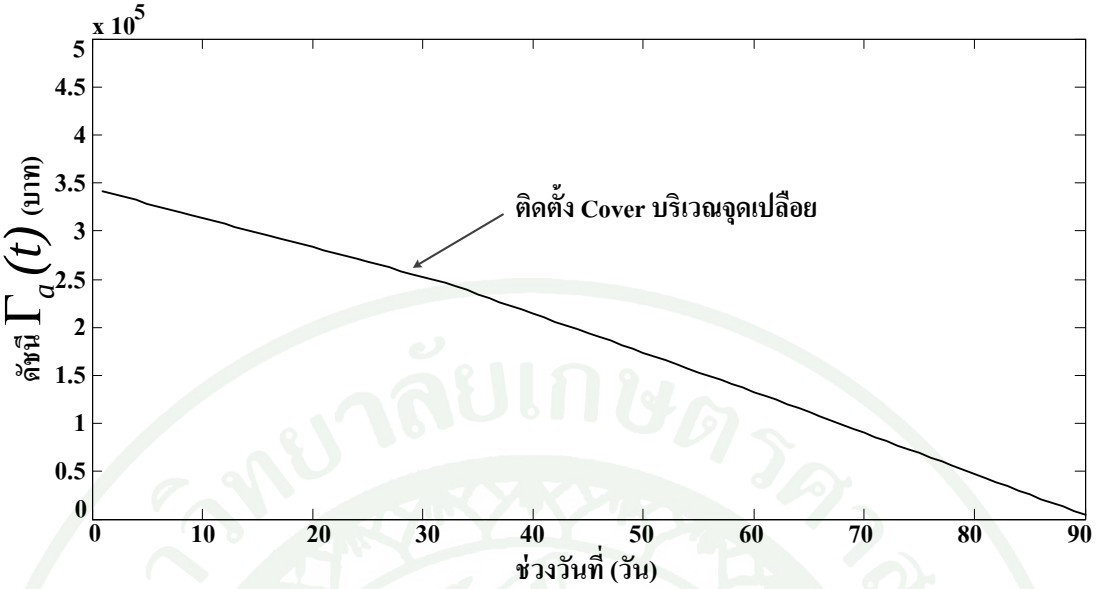


ภาพผนวกที่ ค19 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

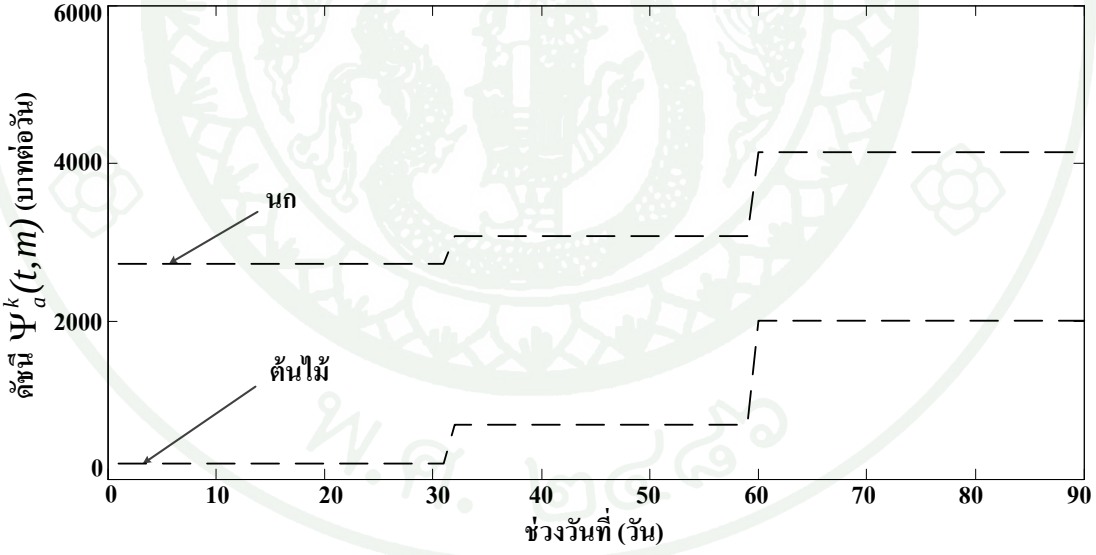


ภาพผนวกที่ ค20 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

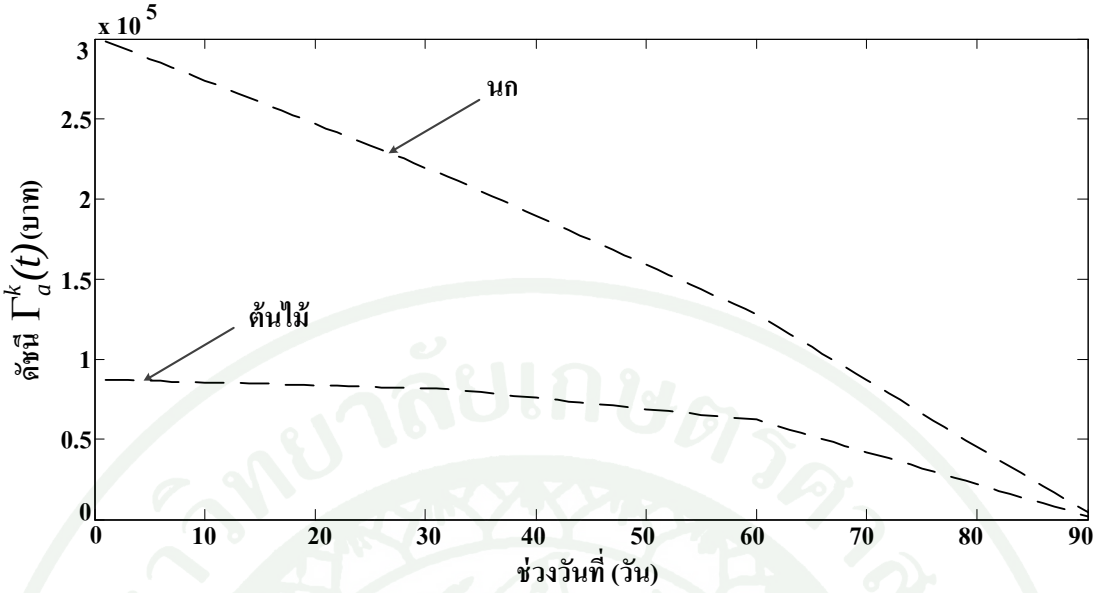


ภาพผนวกที่ ค21 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

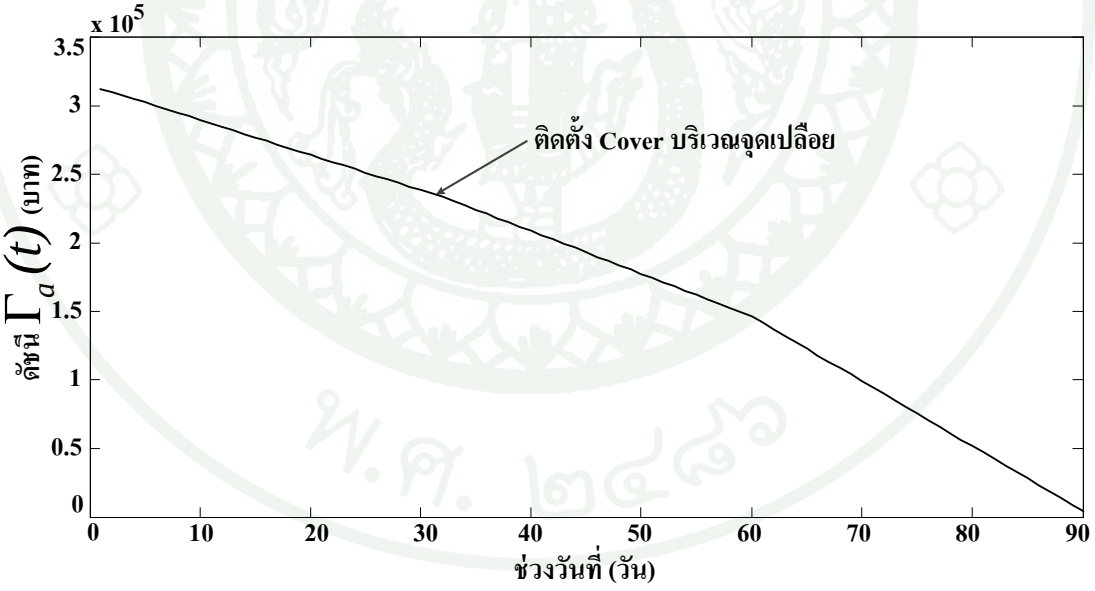


ภาพผนวกที่ ค22 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

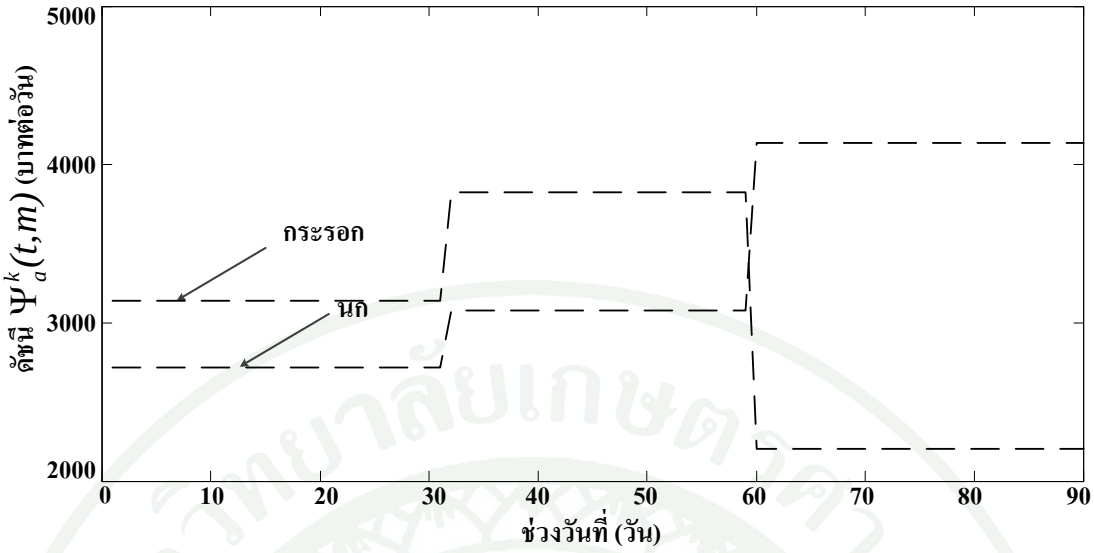


ภาพผนวกที่ ค23 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

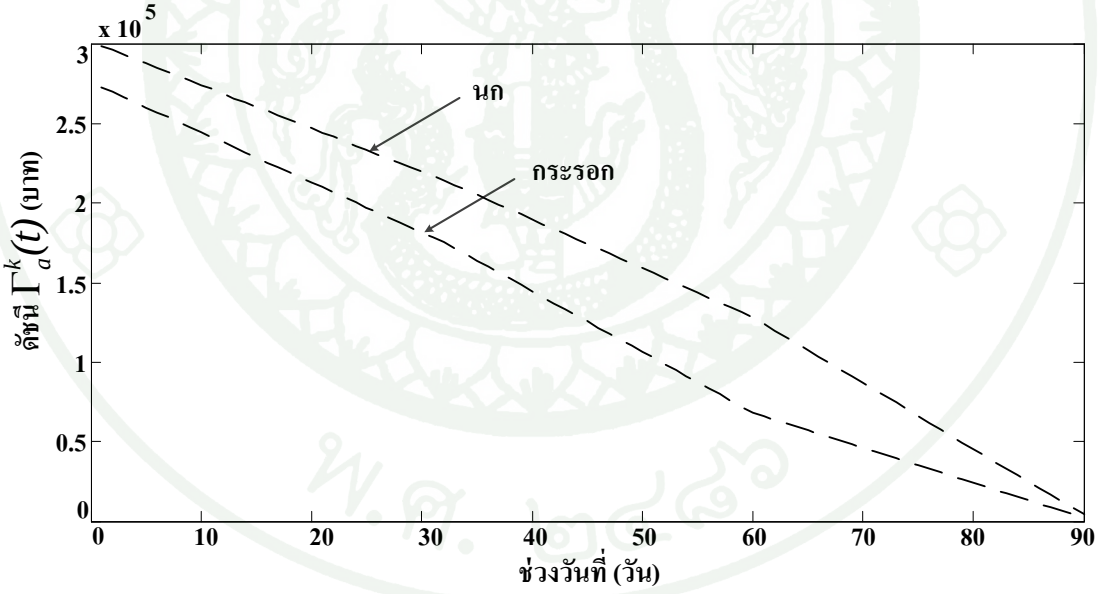


ภาพผนวกที่ ค24 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

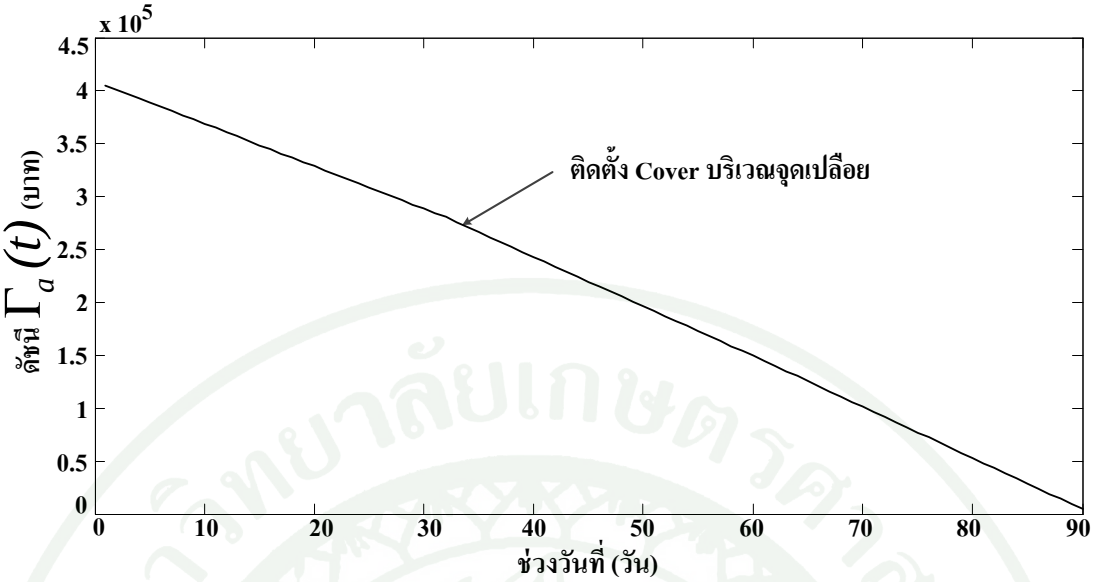


ภาพผนวกที่ ค25 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

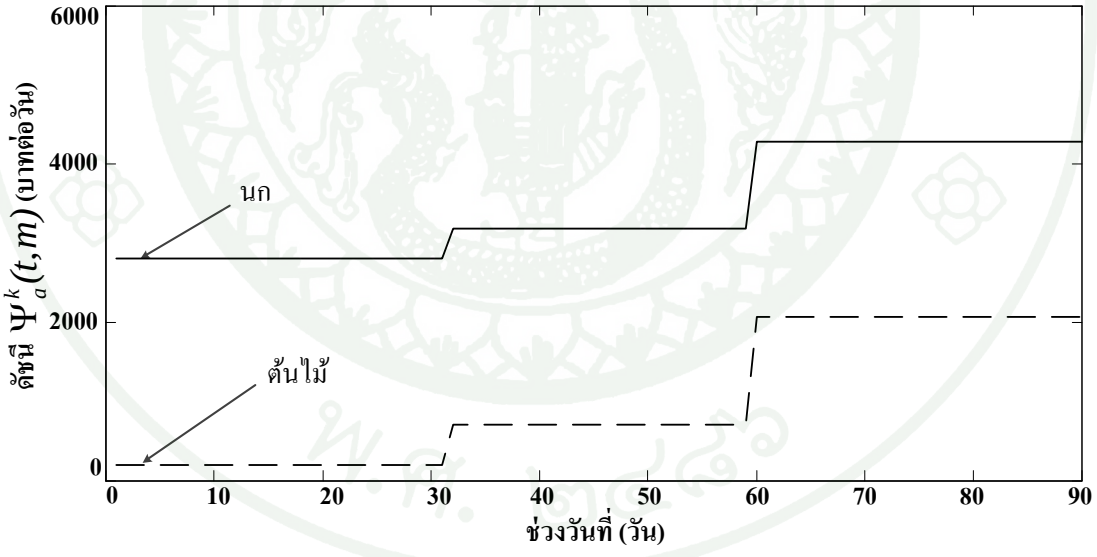


ภาพผนวกที่ ค26 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

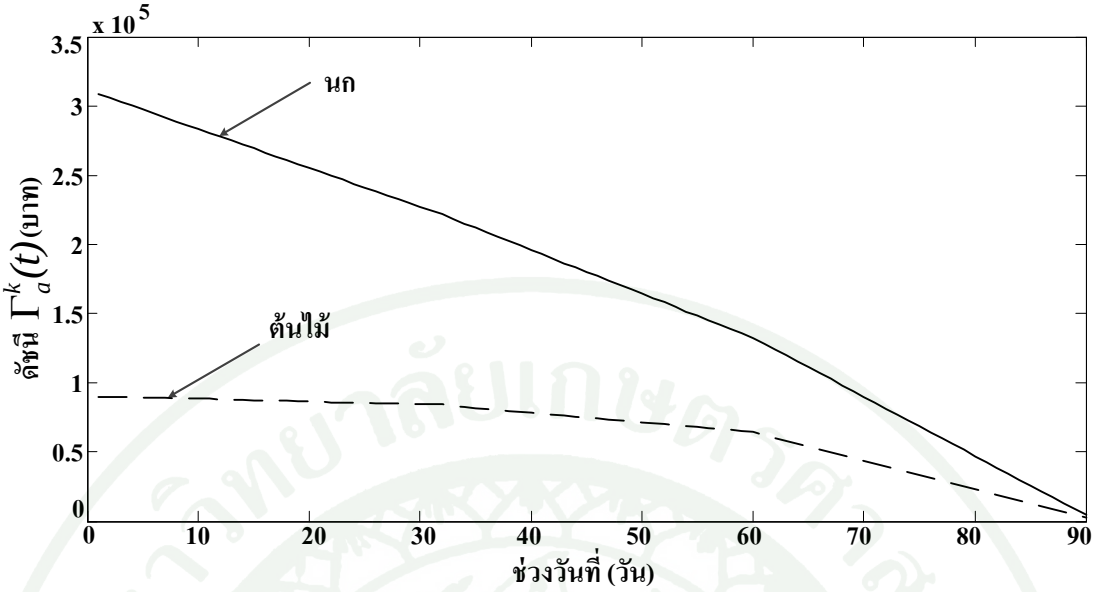


ภาพผนวกที่ ค27 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

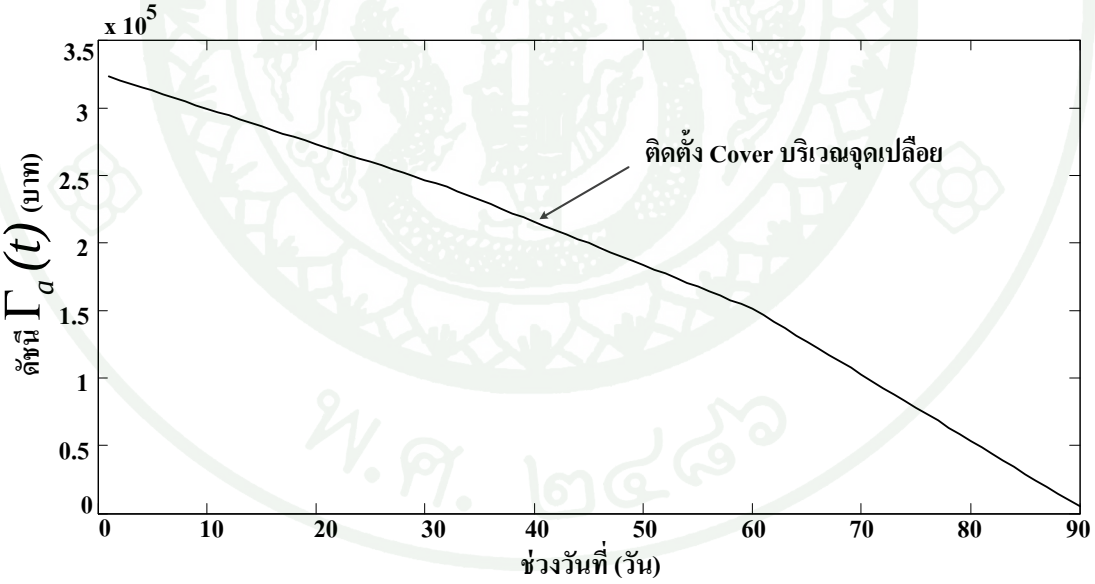


ภาพผนวกที่ ค28 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

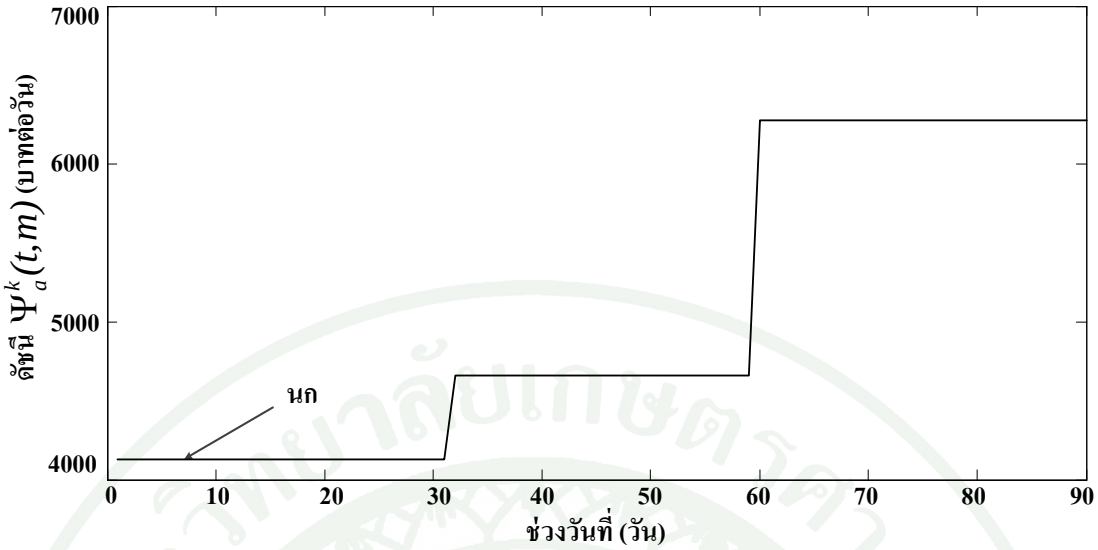


ภาพผนวกที่ ค29 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

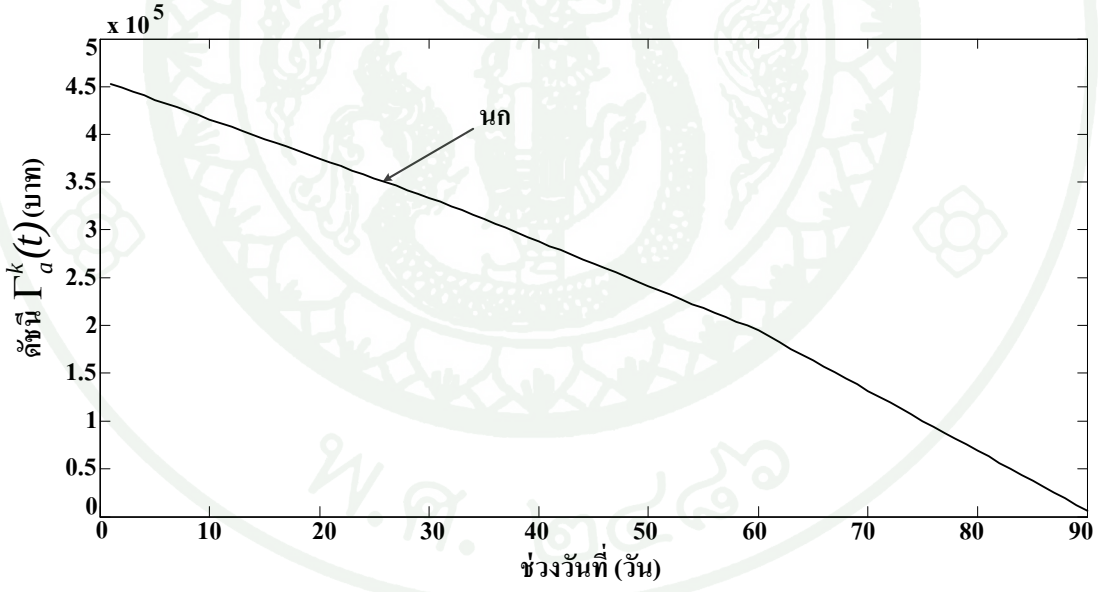


ภาพผนวกที่ ค30 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b5 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

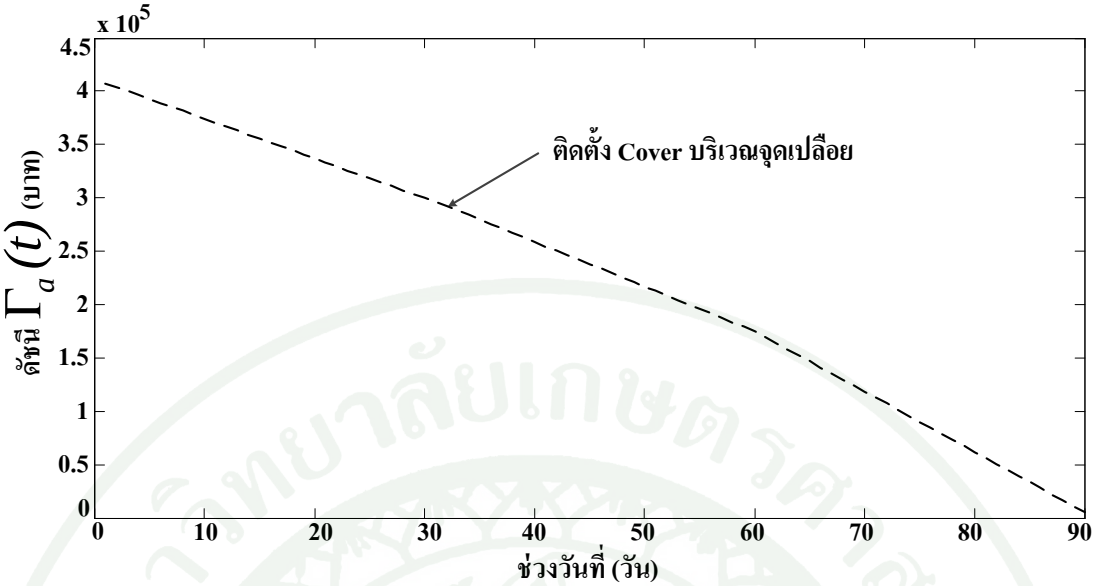


ภาพผนวกที่ ค31 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

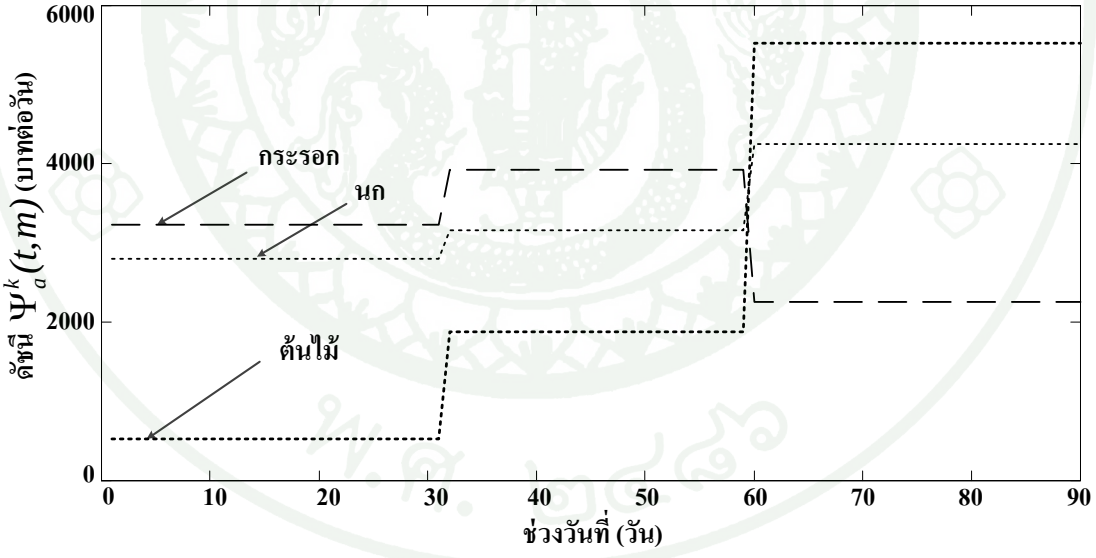


ภาพผนวกที่ ค32 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

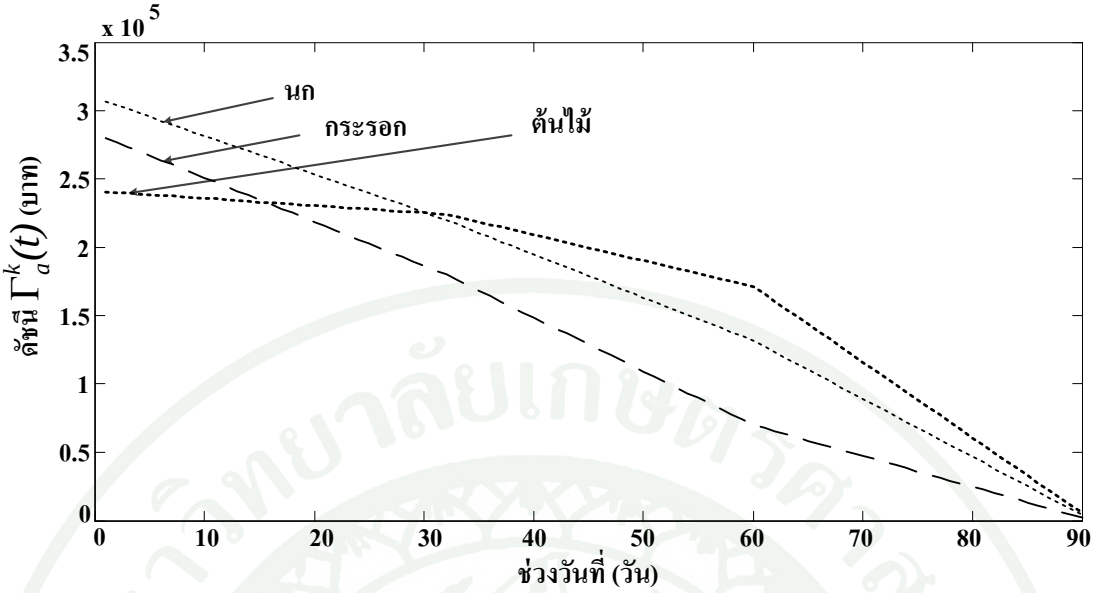


ภาพผนวกที่ ค33 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน b6 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

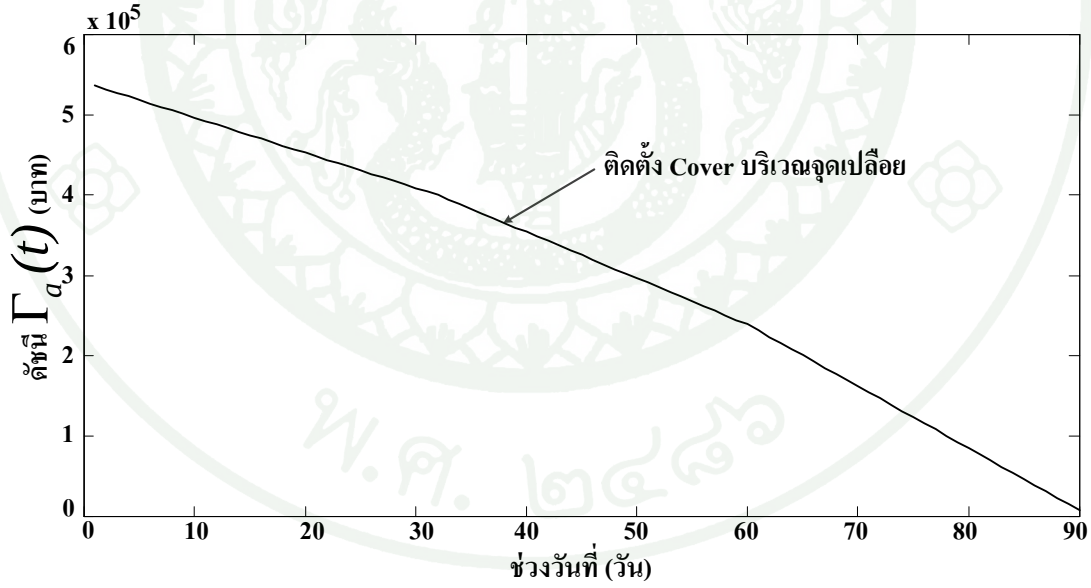


ภาพผนวกที่ ค34 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

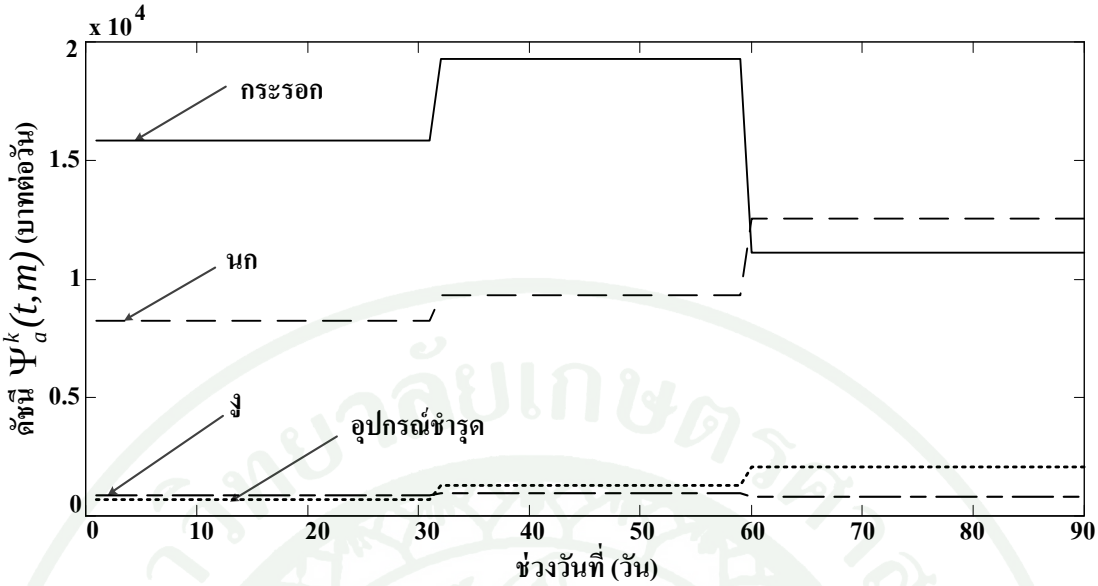


ภาพผนวกที่ ค35 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

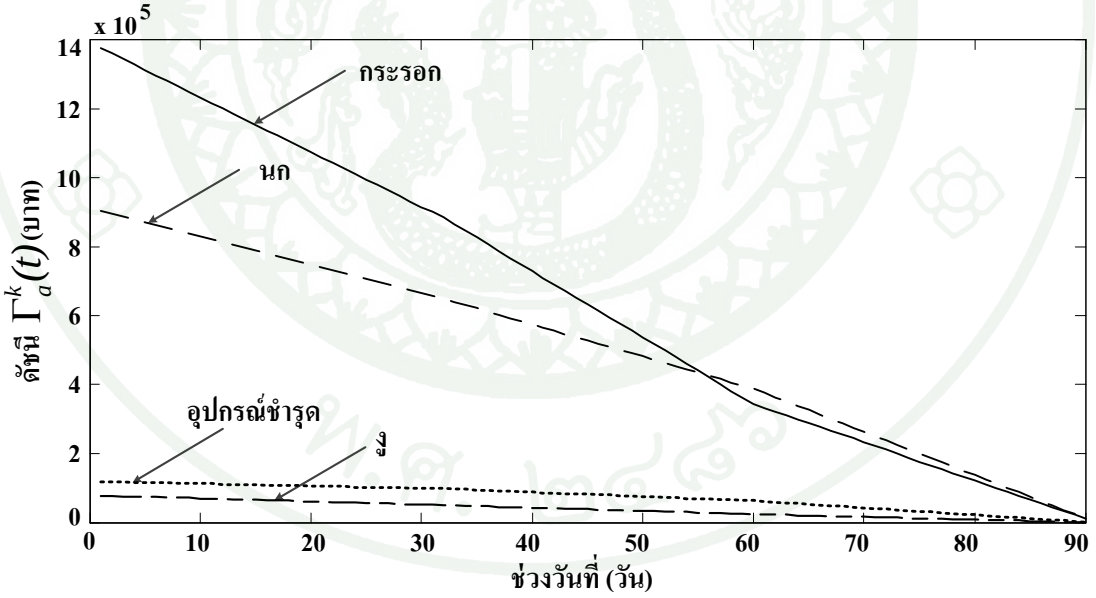


ภาพผนวกที่ ค36 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c1 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

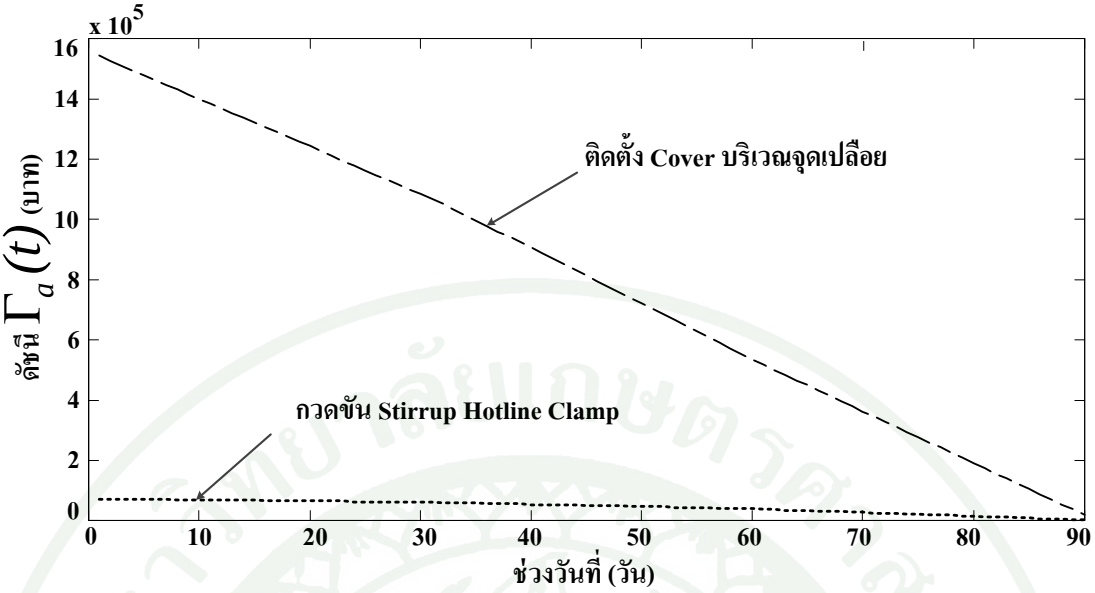


ภาพผนวกที่ ค37 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

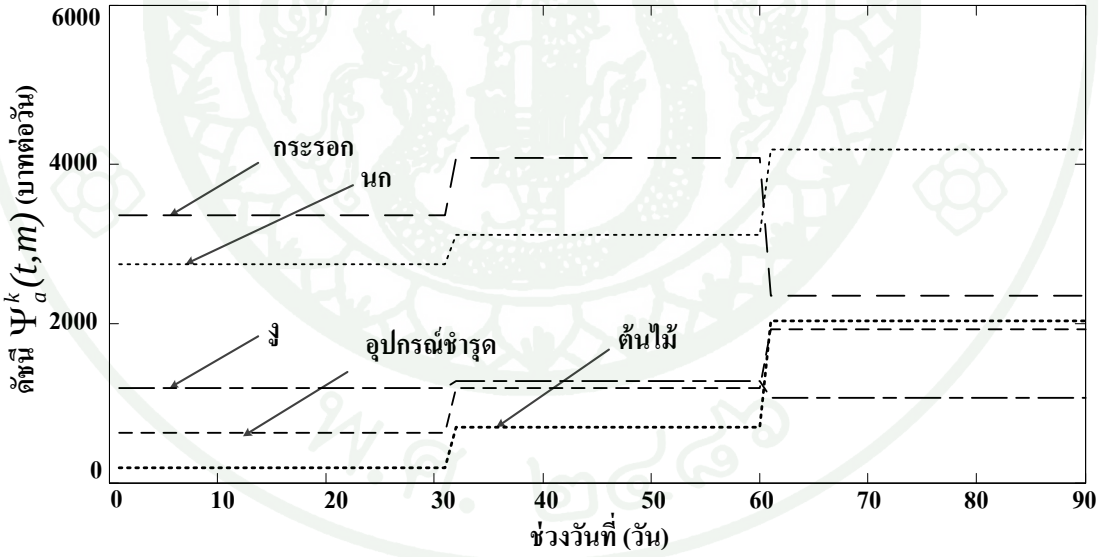


ภาพผนวกที่ ค38 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

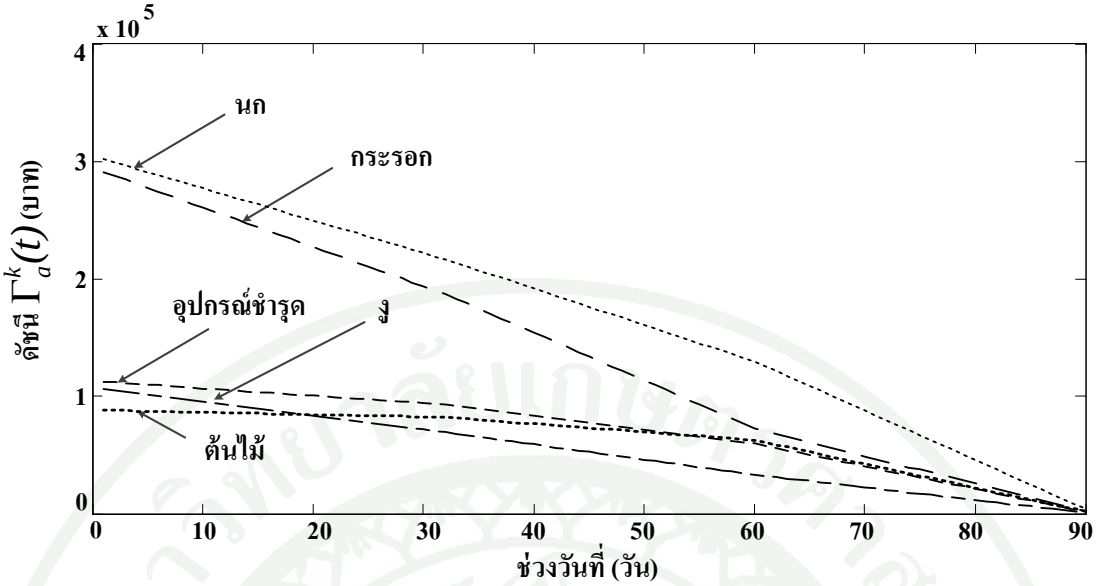


ภาพผนวกที่ ค39 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c2 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

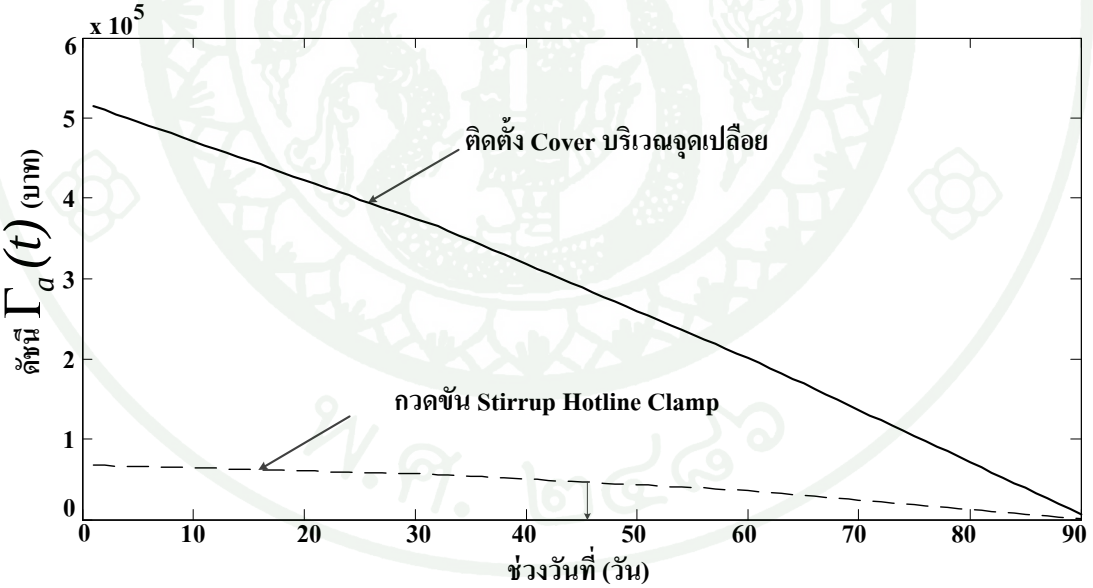


ภาพผนวกที่ ค40 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

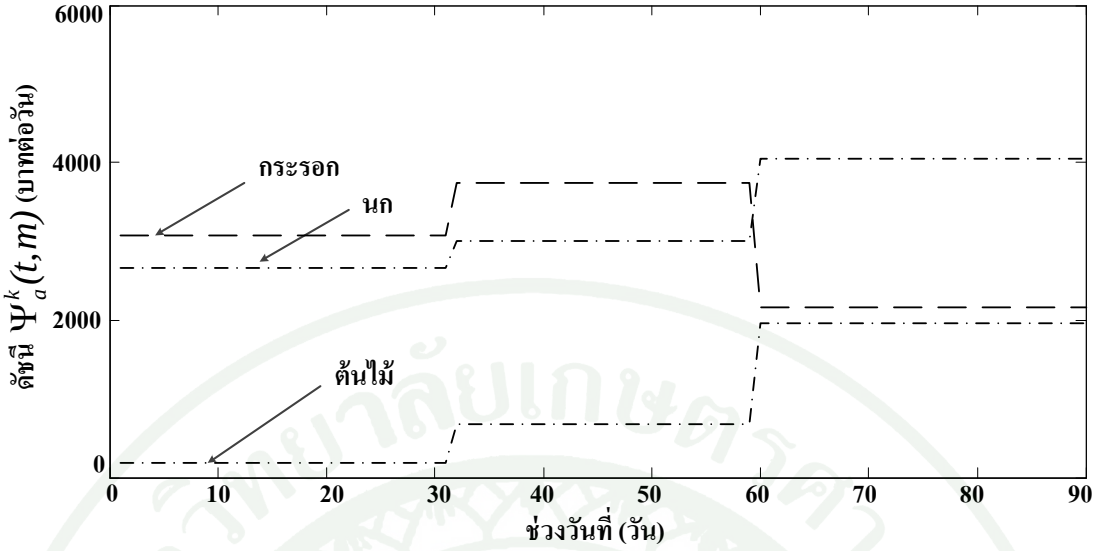


ภาพผนวกที่ ค41 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

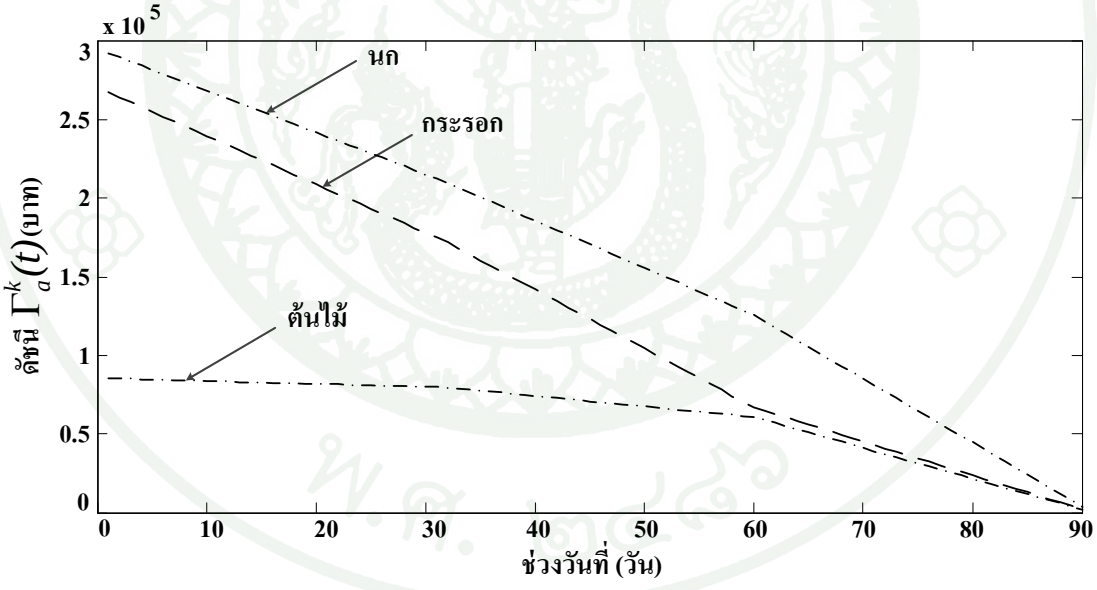


ภาพผนวกที่ ค42 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c3 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

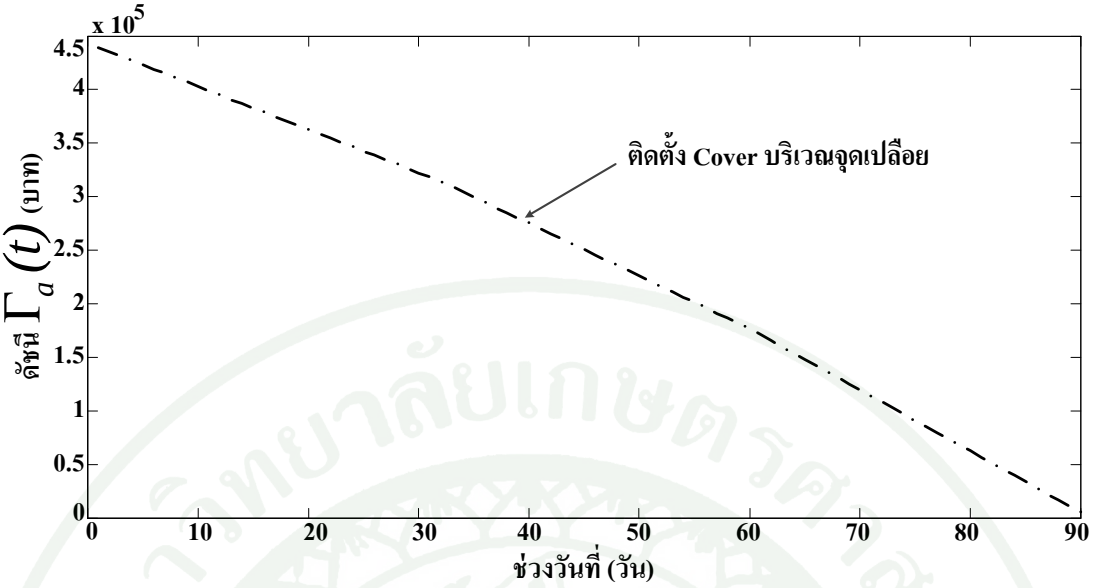


ภาพผนวกที่ ค43 กราฟผลการคำนวณค่า $\Psi_a^k(t,m)$ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)



ภาพผนวกที่ ค44 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a^k(t)$ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพผนวกที่ ค45 กราฟผลการคำนวณดัชนี $\Gamma_a(t)$ ของกิจกรรมบำรุงรักษาที่เป็นไปได้ สำหรับเซกชัน c4 ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 90 (1 มกราคม ถึง 31 มีนาคม 2557)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นายพีรพัฒน์ ชาวไทย
เกิดวันที่	6 ตุลาคม 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดนครปฐม
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า) เกียรตินิยมอันดับ 1 มหาวิทยาลัยสยาม
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โครงการพัฒนาความชำนาญด้านไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์