ศึกษาและออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงนอกอาคารแบบฉนวนอากาศ สำหรับมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Study and Design of Outdoor AIS High-Voltage Substation for Nakhon Pathom Rajabhat University

บัญชา หิรัญสิงห์[1*] วิโรจน์ บัวงาม[1] วิรัตน์ ปิ่นแก้ว[2]
สิปาง ชัยสุรสีห์[3] และ อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ[4]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[2]สาขาวิชาศิลปกรรม คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[3]แผนกบริการวิศวกรรม ส่วนงานบริการวิศวกรรมระบบส่ง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
[4]ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
[*]hirunsing@yahoo.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาและออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ซึ่งบทความวิจัยนี้มาจากแนวความคิดที่ในแต่ละปีปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าจึงมีการสร้างสถานีไฟฟ้าขึ้นเพื่อที่จะซื้อไฟฟ้าในราคาที่ถูกลง และยังเป็นการเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับการส่งจ่ายระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงในการศึกษาและออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงในมหาวิทยาลัยคือขนาด ความปลอดภัย และจุดคุ้มทุนของการก่อสร้าง โดยสถานีไฟฟ้าที่เลือกคือ แบบฉนวนอากาศ (AIS) ซึ่งอุปกรณ์เกือบทั้งหมดของสถานีถูกบรรจุในท่อโลหะโดยใช้อากาศเป็นฉนวน ทำให้ขนาดของสถานีไฟฟ้ามีขนาดเล็กลง เหลือพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้น และตัวสถานีไม่ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอกจึงมีความน่าเชื่อถือ ความปลอดภัยสูง เหมาะแก่การติดตั้งภายในมหาวิทยาลัย นอกจากนั้นในบทความนี้ยังได้คิดคำนวณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูง การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย ตลอดจนคำนวณหาจุดคุ้มทุนของการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าซึ่งพบว่าจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 13.53 ปี

คำสำคัญ: สถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูง, สถานีไฟฟ้าแบบฉนวนอากาศ

Abstract

This article presents the study and design the high-voltage substation for Nakhon Pathom Rajabhat University (NPRU). The quantity of using electricity energy in NPRU is increased in each year. It can save cost and increase reliability electricity energy as well as high voltage substation for NPRU. However, the important considerations for constructing high-voltage substation urban areas are size, safety and break - even point computation. The Air Insulate Substation (AIS) was chosen so that all equipment was contained inside of the enclosure by the air. The AIS does not have any effects from the outside environment. Moreover, this article estimated construction cost of high-voltage substation and electrical power system maintenance within the NPRU including the substation's break–even point computation. It was found that the break–even point is at 13.53 years.

Keywords: high-voltage substation, ais substation

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีความต้องการในการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นอันเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าและการขยายตัวทางเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในประเทศไทยมีการขยายการลงทุนมากขึ้น ดังนั้นจึงมีผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่เกิดขึ้นมากมายทั้งทางด้านอุตสาหกรรม การศึกษา ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น เมื่อมีขีดความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นและต้องการคุณภาพของระบบไฟฟ้ามากขึ้น ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่หลายรายมีการปรับปรุงระบบการรับไฟฟ้า โดยปรับเปลี่ยนจากการรับระบบจำหน่ายไฟฟ้าปานกลาง (Medium Voltage System) เป็นระบบส่งจ่ายไฟฟ้าที่ระดับแรงดันสูง (High Voltage System) โดยมีสถานีไฟฟ้าเป็นของตัวเอง นอกจากนั้นสิ่งจำเป็นที่ผู้เกี่ยวข้องโดยเฉพาะบุคลากรด้านการบำรุงรักษาจะต้องมีความรู้ และความเข้าใจเกี่ยวกับอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงของตน เพื่อความปลอดภัยต่อบุคคล และสามารถบำรุงรักษาอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแรงสูงให้มีความสมบูรณ์พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา

การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมนี้เป็นการพัฒนาระบบการรับไฟฟ้า 115 kV จากเดิมที่รับอยู่ที่ 22 kV จากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ซึ่งจะเป็นการประหยัดพลังงานมากกว่า อัตราค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในปัจจุบันจะคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate: TOU) แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราค่าใช้ไฟฟ้าตามช่วงเวลาการใช้งาน (Time of Use Rate) [1]

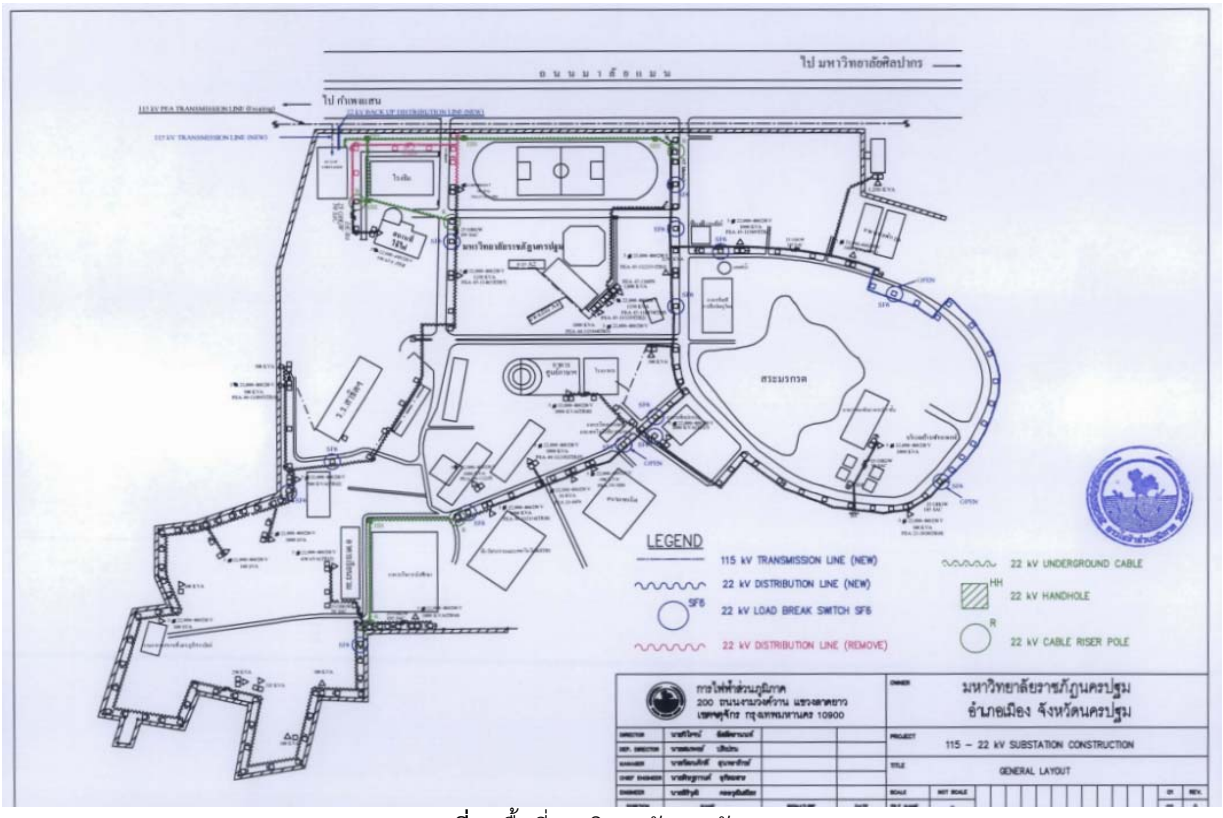
ระดับแรงดันไฟฟ้า	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า บาท/กิโลโวลต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย		ค่าบริการ บาท/เดือน
	On Peak	On Peak	Off Peak	
มากกว่า 69 kV	74.14	2.6136	1.1726	228.17
ในช่วง 12 – 33 kV	132.93	2.6950	1.1914	228.17
น้อยกว่า 12 Kv	210	2.8408	1.2246	228.17

ช่วง On Peak เวลา 09.00 – 22.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์
ช่วง Off Peak เวลา 22.00 – 09.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์
เวลา 00.00 – 22.00 น. วันเสาร์ – วันอาทิตย์
และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

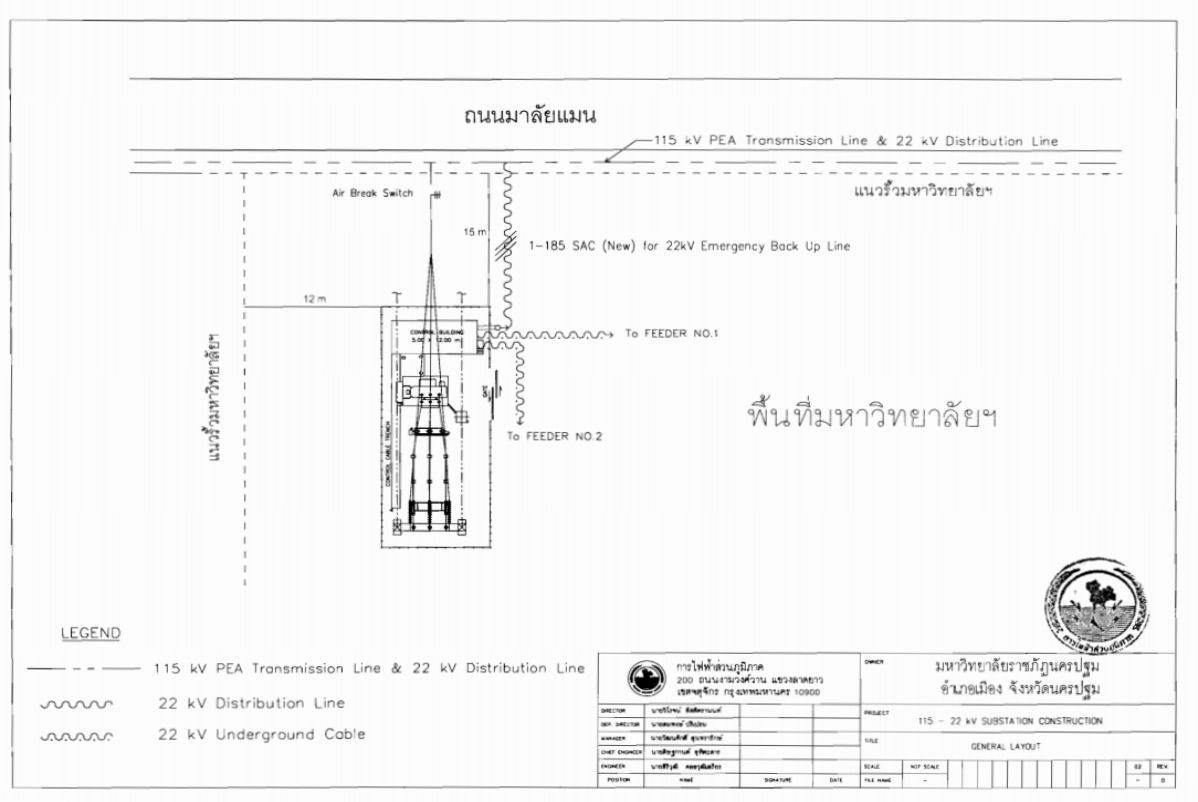
จากตารางการคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สะท้อนถึงต้นทุนผลิตและการคิดค่าไฟฟ้ากล่าวคือ ในช่วงเวลาที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง (On peak) ค่าไฟฟ้าจะสูง อันเนื่องจากการไฟฟ้าฯ ต้องลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า ระบบสายส่งและสายจำหน่ายไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าในช่วงนี้และต้องระดมใช้เชื้อเพลิงทุกชนิดที่มีอยู่ ทั้งเชื้อเพลิงราคาถูกและแพงในการผลิตไฟฟ้า แต่ในช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าต่ำ (Off peak) ค่าไฟฟ้าจะต่ำ เนื่องจากการไฟฟ้าฯ ไม่ต้องลงทุนผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า ระบบสายส่งและสายจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งผลิตไว้แล้วในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง จึงไม่มีต้นทุนค่าไฟฟ้าในส่วนนี้หรือการไฟฟ้าฯ สามารถเลือกเชื้อเพลิงที่มีราคาถูกมาผลิตไฟฟ้าในส่วนนี้ได้ ดังนั้นจึงทำให้ต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าต่ำ ซึ่งต่ำกว่าช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงมากกว่าครึ่งหนึ่ง ซึ่งการใช้ไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาทำการของทางมหาวิทยาลัย เพราะฉะนั้นมหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องจ่ายค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยในอัตราที่สูง ถึงแม้มหาวิทยาลัยจะมีการรณรงค์ให้บุคลากรและนักศึกษาช่วยกันลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นแล้วก็ตาม แต่ค่าไฟฟ้ายังคงเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปีตามความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย อีกทั้งทางมหาวิทยาลัย ได้มีการก่อสร้างอาคารสถานที่เพิ่มขึ้นมากมาย เพื่อรองรับการขยายตัวของทางมหาวิทยาลัยในอนาคต ทำให้ค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย ดังรูปภาพที่ 1

รูปภาพที่ 1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2554-2557 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดแนวความคิดที่จะลดค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยให้ถูกลง โดยการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยเป็นของมหาวิทยาลัย เพื่อให้สามารถซื้อพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันไฟฟ้าที่มากกว่า 69 kV ทำให้ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยถูกลงตามตารางที่ 1 ดังนั้นค่าไฟฟ้าต่อปีจึงลดลงมาก ด้วยแนวคิดในการศึกษาและออกแบบสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยในมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จึงเริ่มต้นจากการศึกษาหาพื้นที่ว่างเป็นบริเวณกว้างที่อยู่ใกล้แนวสายที่มีระดับแรงดันไฟฟ้า 115 kV ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครปฐม จึงมีความเหมาะสมในการออกแบบสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยแบบฉนวนอากาศ (Air Insulated Substation : AIS) ซึ่งมีการลงทุนที่ต่ำและมีความคุ้มค่าในการใช้งาน พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมและตำแหน่งการติดตั้งสถานีไฟฟ้าย่อยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม แสดงดังรูปภาพที่ 2 และ 3



รูปภาพที่ 2 พื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม



รูปภาพที่ 3 ตำแหน่งการติดตั้งสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

สถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงสามารถแบ่งออกตามชนิดการฉนวนได้เป็น 2 แบบ คือสถานีไฟฟ้าแรงสูงแบบใช้ฉนวนอากาศ (Air Insulated Substation : AIS) และสถานีไฟฟ้าแรงสูงแบบใช้ฉนวนก๊าซ (Gas Insulated Substation : GIS) ในหัวข้อนี้จะอธิบายเกี่ยวกับอุปกรณ์และทฤษฎีของสถานีไฟฟ้าทั้งแบบสถานีไฟฟ้า AIS และ GIS เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาดังนี้

2.1 สถานีไฟฟ้าแรงสูงแบบใช้ฉนวนอากาศ [2]

เป็นสถานีที่นิยมใช้มากเนื่องจากอุปกรณ์มีราคาถูก แต่จะต้องมีพื้นที่กว้างมากพอ ราคาที่ดินไม่แพง สภาพแวดล้อมเหมาะสม บางครั้งอาจเรียกว่า Conventional Substation หรือ Open Air Substation โดยออกแบบให้อุปกรณ์หลักต้องประกอบติดตั้งอยู่บนโครงเหล็ก ใช้อากาศเป็นฉนวนภายนอกระหว่างตัวนำแต่ละเฟส และระหว่างตัวนำกับดิน ซึ่งการออกแบบฉนวนขึ้นอยู่กับสภาวะบรรยากาศคือ ความดัน อุณหภูมิ ความชื้น ความเปรอะเปื้อน ฝุ่นละออง ดังนั้นวิศวกรผู้ออกแบบสถานี AIS จะต้องกำหนดการจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ให้ระยะห่างมีความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Clearance) โดยทั่วไปมักเป็นชนิดอยู่กลางแจ้ง (Outdoor Substation) ซึ่งต้องคำนึงถึงมาตรการป้องกันฟ้าผ่าโดยตรงหรือผลสืบเนื่องอื่นๆ ที่เกิดจากปรากฏการณ์ฟ้าผ่าอีกด้วย ส่วนข้อดีข้อเสียของสถานีไฟฟ้าแบบ AIS สามารถเปรียบได้ดังนี้

ข้อดีของสถานีไฟฟ้าแบบ AIS คือ

- ออกแบบได้หลากหลายตามความต้องการของระบบ
- อุปกรณ์มีราคาถูก
- กรณีอุปกรณ์ใดเกิดเสียหายเช่น เซอร์กิตเบรคเกอร์ (Circuit Breaker) ,ใบมีดตัดตอน(Disconnecting Switch), หม้อแปลงวัดกระแส (Current Transformer), หม้อแปลงวัดแรงดัน (Voltage Transformer), กับดักฟ้าผ่า (Surge Arrester), บัสบาร์ (Bus bar) สามารถจัดหามาทดแทนได้ง่าย
- การขยายระบบหรือเปลี่ยนพิกัดอุปกรณ์ทำได้ง่าย
- การบำรุงรักษาง่าย สามารถทำได้เฉพาะตัวไม่กระทบกับอุปกรณ์ข้างเคียง
- ใช้ปริมาณก๊าซ SF6 น้อยกว่า (ก๊าซ SF6 มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม)

ข้อเสียของสถานีไฟฟ้าแรงสูงแบบ AIS คือ
- ต้องระมัดระวังเมื่อทำงานในพื้นที่สถานีไฟฟ้า
- ต้องเลือกฉนวนให้ถูกต้องตามสภาพแวดล้อม
- ต้องมีมาตรการป้องกันผลกระทบจากสัตว์
- ต้องออกแบบทั้งด้าน ไฟฟ้า และโยธา ทั้งหมด
- สูญเสียพื้นที่เพื่อใช้ในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้า

2.2 อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS

อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS ประกอบด้วย

1. Disconnecting switch เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปิดหรือเปิดวงจรเพื่อแยกหรือต่ออุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้า

2. Lightning arrester เป็นอุปกรณ์ที่หน้าที่ในการป้องกันแรงดันเกินที่เกิดจากฟ้าผ่าหรือการสวิตชิ่งของวงจร โดยจะทำการลดระดับแรงดันไฟฟ้าที่เกินให้ดิสชาร์จลงสู่ดิน

3. PASS MO ภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง ซึ่งบรรจุอยู่ในท่อโลหะโดยใช้อากาศเป็นฉนวน

4. Power transformer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสูงไปต่ำเพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายหรือจากต่ำไปสูงเพื่อส่งเข้าระบบส่งจ่ายได้

5. Switch gear 22 kV ใช้ควบคุมระบบจำหน่ายที่ระดับแรงดัน 22 kV ภายในตู้ประกอบด้วยอุปกรณ์ตัดตอนระบบ อุปกรณ์ตรวจจับแรงดันและกระแส ฉนวนและตัวนำ และระบบควบคุม

6. Battery ใช้เป็นแหล่งจ่ายและเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เพียงพอสำหรับอุปกรณ์ภายในสถานีทั้งที่เป็นโหลดต่อเนื่องและโหลดชั่วขณะได้ในช่วงเวลาและระดับแรงดันที่กำหนด

7. Service transformer ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 22 kV ลงมาเหลือ 400/230 เพื่อนำกระแสไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้า โดยรับกระแสมาจาก Switch gear 22 kV และจ่ายกระแสต่อไปยังตู้ A/C Board

8. A/C Board และ D/C Board เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการรับและการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีไฟฟ้า

9. ตู้คอนโทรล 115 kV เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง

2.3 การจัดเรียงอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS

การเลือกวิธีการจัดวางอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าเพื่อคุณภาพของการรับและส่งพลังงานไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความน่าเชื่อถือ (Reliability) ความมั่นคงของการจ่ายไฟฟ้า (Security) ความคล่องตัวและความยืดหยุ่น (Flexibility) เงินลงทุนรวมทั้งความสะดวกในการบำรุงรักษา ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงขนาดของสถานีไฟฟ้าและจำนวนวงจรทั้งในปัจจุบันและอนาคต โดยการจัดเรียงอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS มีการจัดวางตามรูปแบบต่างๆ ดังนี้

1. Single Bus Arrangement
2. Duplicate Bus Arrangement
3. Main and Transfer Bus Arrangement
4. Double Bus with Transfer Bus Arrangement
5. Ring Bus Arrangement
6. Breaker and a Half Arrangement
7. Double Bus Double Breaker Arrangement

โดยวิธีการจัดวางอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS ตามที่ได้กล่าวมานั้น มีข้อดีข้อเสียแตกต่างต่างกันออกไป ในการออกแบบสถานีไฟฟ้าต้องพิจารณาตามความเหมาะสม

2.4 อุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้าแบบ GIS [3]

อุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้าแบบ GIS ประกอบด้วย

1. Disconnecting switch เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปิดหรือเปิดวงจรเพื่อแยกหรือต่ออุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้ากับระบบไฟฟ้า

2. Lightning arrester เป็นอุปกรณ์ที่หน้าที่ในการป้องกันแรงดันเกินที่เกิดจากฟ้าผ่าหรือการสวิตชิ่งของวงจร โดยจะทำการลดระดับแรงดันไฟฟ้าที่เกินให้ดิสชาร์จลงสู่ดิน

3. PASS MO ภายในประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง ซึ่งบรรจุอยู่ในท่อโลหะโดยใช้ก๊าซ SF6 เป็นฉนวน

4. Power transformer เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับแปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากสูงไปต่ำเพื่อส่งเข้าระบบจำหน่ายหรือจากต่ำไปสูงเพื่อส่งเข้าระบบส่งจ่ายได้

5. Switch gear 22 kV ใช้ควบคุมระบบจำหน่ายที่ระดับแรงดัน 22 kV ภายในตู้ประกอบด้วยอุปกรณ์ตัดตอนระบบอุปกรณ์ตรวจจับแรงดันและกระแส ฉนวนและตัวนำ และระบบควบคุม

6. Battery ใช้เป็นแหล่งจ่ายและเก็บพลังงานไฟฟ้าสำรองที่เพียงพอสำหรับอุปกรณ์ภายในสถานีทั้งที่เป็นโหลดต่อเนื่องและโหลดชั่วขณะได้ในช่วงเวลาและระดับแรงดันที่กำหนด

7. Service transformer ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 22 kV ลงมาเหลือ 400/230 เพื่อนำกระแสไปจ่ายให้กับอุปกรณ์ภายในสถานีไฟฟ้า โดยรับกระแสมาจาก Switch gear 22 kV และจ่ายกระแสต่อไปยังตู้ A/C Board

8. A/C Board และ D/C Board เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการรับและการจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีไฟฟ้า

9. ตู้คอนโทรล 115 kV เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมและแสดงสถานะของอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูง

2.5 การจัดเรียงอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ GIS

การจัดเรียงอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ GIS คล้ายๆ กับการจัดเรียงอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าแบบ AIS ซึ่งมีการจัดวางดังนี้

1. Single Bus Scheme
2. Pie – Bus Scheme
3. Ring – Bus Scheme
4. Main and Transfer Bus Scheme
5. Breaker and a half Scheme
6. Double Bus Single Breaker Scheme
7. Double Main and Transfer Bus Scheme
8. Double Bus Double Breaker Scheme

2.6 มาตรฐานในการออกแบบ

การออกแบบสถานีไฟฟ้า มีมาตรฐานในการออกแบบหลายมาตรฐานทั้งมาตรฐานจากอเมริกาและยุโรป ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบจะเลือกใช้ตามความเหมาะสม ดังนี้

1. ANS: American National Standards Institute
2. EIA: Electronic Industries Association
3. IEC: International Electrotechnical Commission
4. IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers
5. NEMA: National Electrical Manufacturers Association
6. NFPA: National Fire Protection Association
7. TISI: Thailand Industrial Standards Institute

แต่ที่นิยมใช้กันมากคือมาตรฐาน IEC และ NEMA ซึ่งเป็นมาตรฐานยุโรปและอเมริกา ตามลำดับ โดยทั่วไปมาตรฐาน

NEMA จะมีการกำหนดระยะห่างการจัดวางอุปกรณ์ที่ยาวกว่ามาตรฐาน IEC ทำให้ปลอดภัยมากกว่า แต่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่า ส่วนมาตรฐาน IEC เหมาะสำหรับการติดตั้งในพื้นที่ที่จำกัดเช่น ในเมืองใหญ่ เป็นต้น

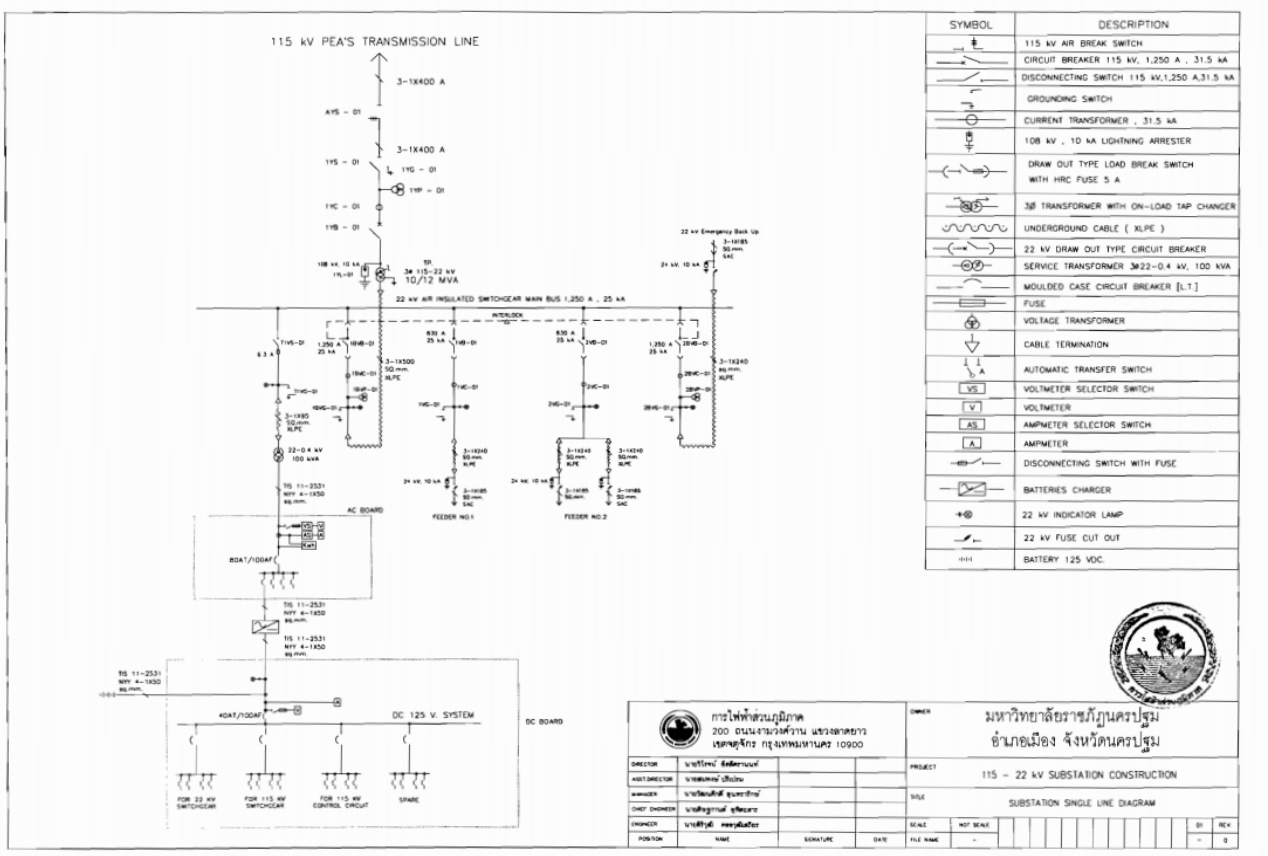
3. การออกแบบสถานีไฟฟ้า

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติและหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการเลือกค่าพิกัดและชนิดของอุปกรณ์แล้ว จึงทำการการออกแบบสถานีไฟฟ้า โดยเริ่มต้นจากการออกแบบไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram) ซึ่งสามารถดำเนินในขั้นตอนต่างๆ ต่อไปเช่น ใช้ถอดแบบเพื่อจัดซื้ออุปกรณ์ ใช้ในการออกแบบขั้นตอนต่อไป การเลือกสเป็คอุปกรณ์เพื่อใช้ในสถานีไฟฟ้า และการติดตั้งระยะห่างระหว่างของอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า ตลอดจนงานก่อสร้างโยธาและงานก่อสร้างไฟฟ้า รายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ไดอะแกรมเส้นเดียว (Single Line Diagram)

ไดอะแกรมเส้นเดียวเป็นไดอะแกรมเชิงเส้นที่แสดงการจัดวางอุปกรณ์ตัดตอนในสถานีไฟฟ้าหรือบางครั้งเรียกว่า One Line Diagram โดยจะแสดงการจัดวางอุปกรณ์ตัดตอน จำนวนวงจรที่มีอยู่ทั้งในปัจจุบันและอนาคต อุปกรณ์ที่จัดวางเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญและเป็นอุปกรณ์หลัก (Major Equipment) ที่เกี่ยวข้องเช่น สวิตช์ใบมีด สวิตช์ใบมีดกราวด์ หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบเครื่องมือวัด (Instrument Transformer) ทั้งหม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformer) และหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) กับดักฟ้าผ่า ข้อมูลที่แสดงในไดอะแกรมเส้นเดียวเช่น ค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าความถี่ ค่าพิกัดของอุปกรณ์ ชื่อเฉพาะของอุปกรณ์ โดยอุปกรณ์ทุกตัวจะมีชื่อกำกับไว้ไม่ซ้ำกันเพื่อป้องกันความผิดพลาด ในกรณีที่มีการปลด – สับวงจรเพื่อการทำงาน

หลังจากที่ได้จัดวางอุปกรณ์ตัดตอนแล้วจึงมีการนำข้อมูลต่างๆ มาเขียนให้อยู่ในรูปของ Single Line Diagram โดยมีรายละเอียดดังนี้คือ รับไฟมาจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ระดับแรงดัน 115 kV เข้ามาในสถานีไฟฟ้าโดยผ่านอุปกรณ์ป้องกัน คือ สวิตช์ตัดตอน และกับดักฟ้าผ่า แล้วจึงส่งไปยังอุปกรณ์ PASS MO ซึ่งภายในมีอุปกรณ์ตัดตอนและเครื่องมือวัดทางด้านแรงสูงอยู่ หลังจากอกจาก PASS MO กระแสจะไหลต่อไปยังหม้อแปลงเพื่อลดระดับแรงดันจาก 115 kV ให้ลดลงเหลือ 22 kV ออกจากหม้อแปลงแล้วส่งต่อไปยัง Switch gear 22 kV เพื่อจำหน่ายให้กับระบบ โดยการจ่ายไฟให้ระบบออกที่ระดับแรงดัน 22 kV จำนวน 2 Feeder และทำการรับไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ระดับแรงดัน 22 kV เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉินที่ไม่สามารถใช้ไฟจากไลน์ 115 kV ได้ และยังมีอีก 1 Feeder ที่จ่ายให้กับ Service transformer เพื่อแปลงแรงดันจาก 22 kV ให้เหลือ 400/230 V เพื่อนำไปใช้ควบคุมสถานีต่อไป Single Line Diagram แสดงดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 ไดอะแกรมเส้นเดียว

3.2 การเลือกสเป็คอุปกรณ์เพื่อใช้ในสถานีไฟฟ้า

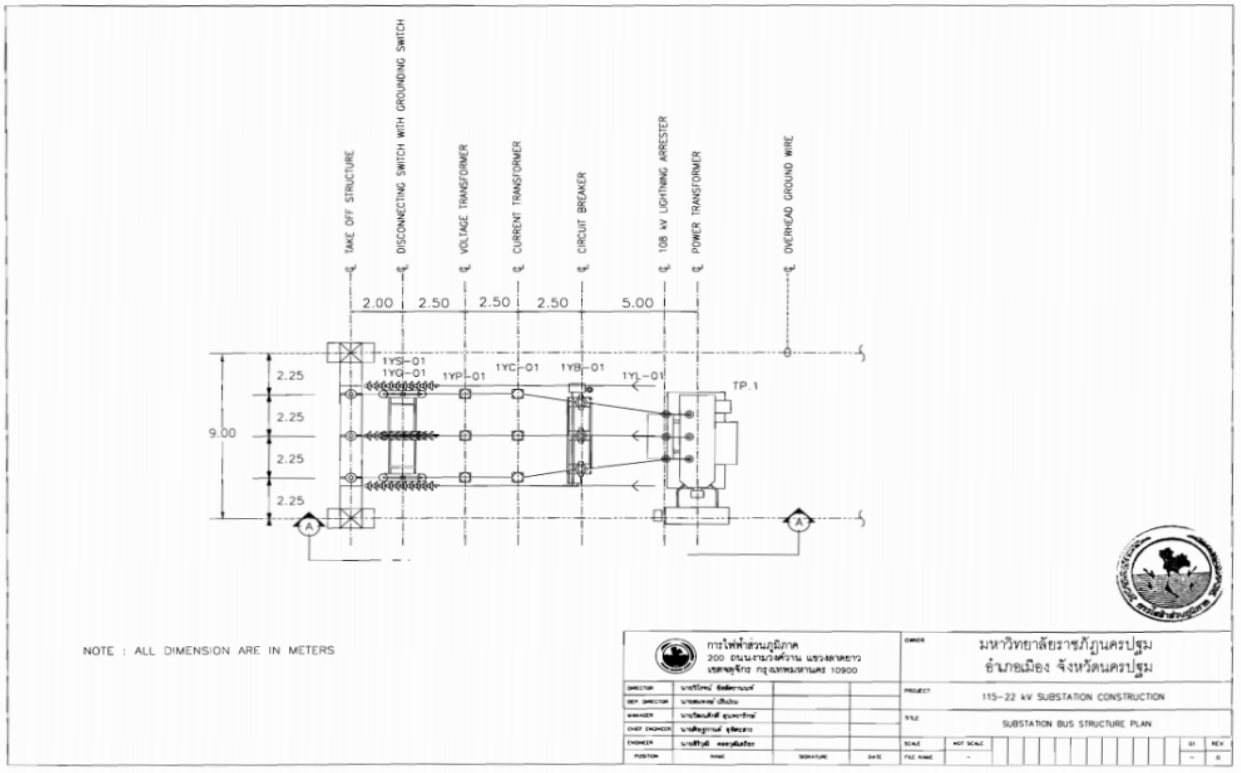
หลังจากที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติและหน้าที่ของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในสถานีไฟฟ้าแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการเลือกค่าพิกัดและชนิดของอุปกรณ์แล้วจึงนำมาออกแบบสถานีไฟฟ้าต่อไป รายละเอียดอุปกรณ์ของสถานีไฟฟ้าแสดงได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดสถานีไฟฟ้า

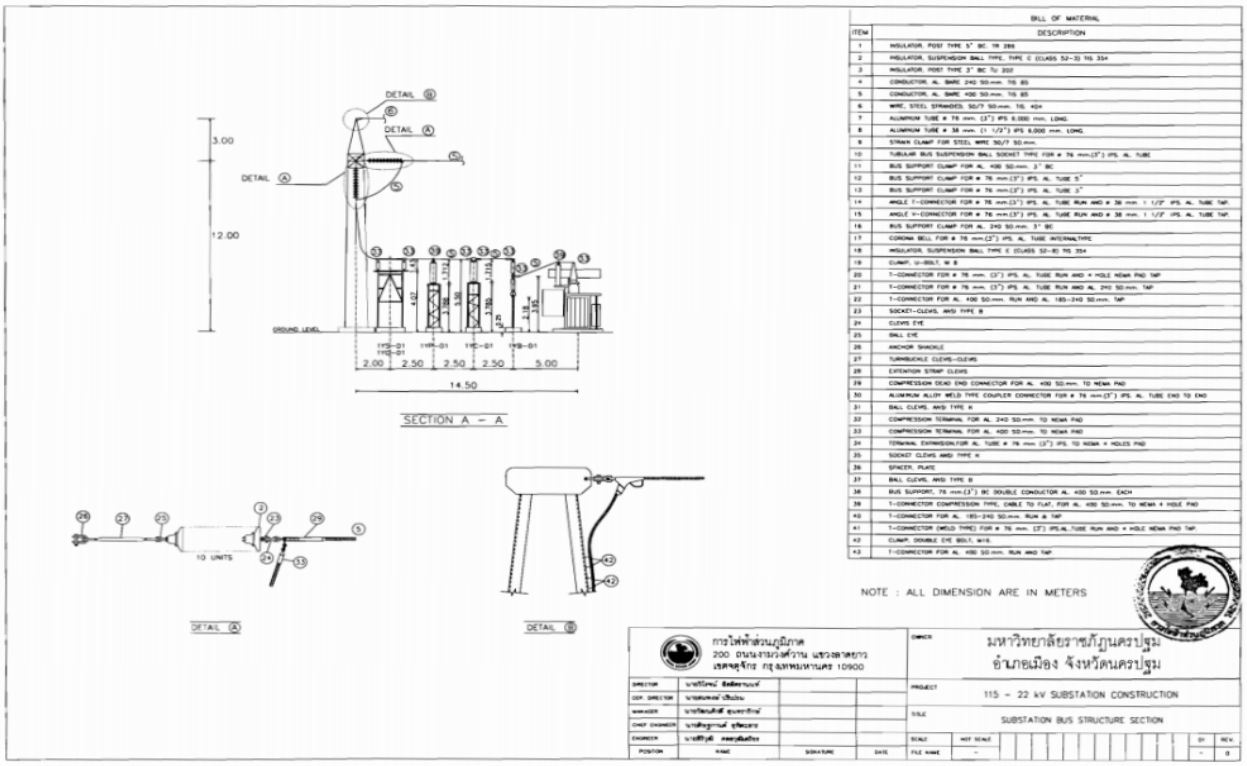
รายการ	**รายละเอียด**
Power transformer	10/12 MVA, 115/22 kV
Rated voltage	115 kV
Rated Maximum voltage	123 kV
Rated frequency	50 Hz
Rated continuous current	2,000 A
Rated short time current (1 sec)	31.5 kA
Rated short time power frequency with stand voltage (1 min)	230 kV
Rate lightning impulse with stand voltage, BIL	550 kV
Breaking time	≤ 47 ms
Closing time	≤ 42 ms
CT ratio	150 : 5 A
PT ratio	115 kV : 115 V

3.3 การติดตั้งระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า

การออกแบบสถานีไฟฟ้าในที่นี้ได้ดำเนินการออกแบบโดยใช้มาตรฐาน NEMA เป็นมาตรฐานอ้างอิง โดยนำข้อมูลอุปกรณ์และไดอะแกรมเส้นเดียว มาจัดวางระยะห่างอุปกรณ์ได้ดังรูปภาพที่ 2, 3



รูปภาพที่ 5 การจัดวางอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า



รูปภาพที่ 6 ระยะห่างการจัดวางอุปกรณ์ในสถานีไฟฟ้า

4. ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและจุดคุ้มทุน

หลังจากได้ทำการออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแล้ว ต่อไปจะเป็นการประมาณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง บำรุงรักษาระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย แล้วทำการคำนวณหาจุดคุ้มทุน ดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1. การประมานราคา

ขอบเขตของค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้านี้เริ่มตั้งแต่การรับแรงดันไฟฟ้า 115 kV เข้าสถานีไฟฟ้าและจ่ายออกแรงดันไฟฟ้า 22 kV รวมถึงเสาไฟฟ้าของระบบจำหน่ายที่หน้าสถานีไฟฟ้า งานก่อสร้างและปรับปรุงระบบจำหน่าย 22 kV ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยฯ ด้วย โดยมีรายการต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 3 รายละเอียดค่าใช้จ่าย

ลำดับที่	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	งานก่อสร้างสายส่งระบบ 115 kV พื้นที่มหาวิทยาลัย และงานสถานีไฟฟ้าชนิด 115 – 22 kV Outdoor Conventional AIS	39,547,000
2	งานก่อสร้างและปรับปรุงระบบจำหน่าย 22 kV ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัย	25,372,000
3	รวม	64,919,000
4	ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%	4,544,330
5	รวมทั้งสิ้น	69,463,330

4.2. จุดคุ้มทุน

ในการคิดจุดคุ้มทุนจะคิดค่าไฟฟ้าที่ลดลงหลังจากสร้างสถานีไฟฟ้าและจะได้ช่วงเวลาที่มหาวิทยาลัย จะคืนทุนในการลงทุนสร้างสถานีไฟฟ้า โดยคิดที่พลังงานไฟฟ้าสูงสุดของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม (โดยประมาณ) เท่ากับ 6,800 kW

ตารางที่ 4 อัตราค่ากระแสไฟฟ้าประเภท 4.2 (Demand charge)

ประเภทระบบไฟฟ้า	กิโลวัตต์ บาท/กิโลวัตต์	หน่วยที่ใช้ (บาท/หน่วย)	
		Peak	Off peak
ปัจจุบันใช้ระบบไฟฟ้า 22 kV	132.93	3.6796	2.1760
หากเปลี่ยนมาใช้ไฟระบบไฟฟ้า 115 kV	74.14	3.5982	2.1572
ส่วนต่าง	58.79	0.0814	0.0188

ตารางที่ 5 คำนวณหาจุดคุ้มทุน

ลำดับที่	รายการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
การเปลี่ยนแปลงการใช้ระบบไฟฟ้าจาก 22 kV มาเป็น 115 kV จะต้องมีการลงทุนดังนี้		
1	ค่าสถานีไฟฟ้าและสายส่งไฟฟ้ากำลัง	39,547,000
2	ค่าปรับปรุงระบบจำหน่าย 22 kV ภายในมหาวิทยาลัยฯ	25,372,000
3	ราคา (ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%)	64,919,000
หากเปลี่ยนมาใช้ไฟระบบไฟฟ้า 115 kV		
4	จะประหยัดได้ต่อเดือน	399,772
ระยะเวลาคืนทุนหากคิดค่าไฟอย่างเดียว		
5	ระยะเวลาคืนทุน	162.39 เดือนหรือ 13.53 ปี หรือประมาณ 13 ปี 6 เดือน

5. สรุป

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย อีกทั้งทางมหาวิทยาลัย ได้มีการก่อสร้างอาคารสถานที่เพิ่มขึ้นมากมาย เพื่อรองรับการขยายตัวของทางมหาวิทยาลัยในอนาคต ทำให้ค่าไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้นด้วย ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงมีแนวคิดในการสร้างสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงแบบฉนวนอากาศ เป็นของตัวเองขึ้น เพื่อซื้อพลังงานไฟฟ้าที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่สูงขึ้น ทำให้สามารถซื้อพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยในอัตราที่ถูกลง เมื่อเปรียบเทียบกับการซื้อพลังงานไฟฟ้าในระดับแรงดันต่ำ ซึ่งนับว่าเป็นการลดค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย ได้เป็นอย่างมาก แต่มีการลงทุนที่ต่ำและมีความคุ้มค่าในการใช้งานและใช้พื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย น้อยเหมาะกับการติดตั้ง นอกจากนั้นในบทความนี้ยังได้คิดคำนวณค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีไฟฟ้าย่อย การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งจุดคุ้มทุนอยู่ที่ประมาณ 13 ปี 6 เดือน

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจังหวัดนครปฐมและฝ่ายอาคารสถานที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐมที่เอื้อเฟื้อข้อมูลการเขียนบทความวิจัยนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] ไชยะ แช่มช้อย, “คู่มือการลดค่าไฟฟ้า”, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
[2] บวร เหมมะลา และคณะ, “ศึกษาและออกแบบสถานีไฟฟ้าย่อยแรงสูงชนิด AIS”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552.
[3] คัมภีร์ ขอเจริญ และคณะ, “ศึกษาและออกแบบสถานีไฟฟ้าแรงสูงชนิด GIS”, ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2552.