บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงที่มาและความสำคัญของปัญหาในการทำวิทยานิพนธ์เรื่อง การชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์ จากนั้นจะสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ วัตถุประสงค์ของการวิจัยขอบเขตของการวิจัย และประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

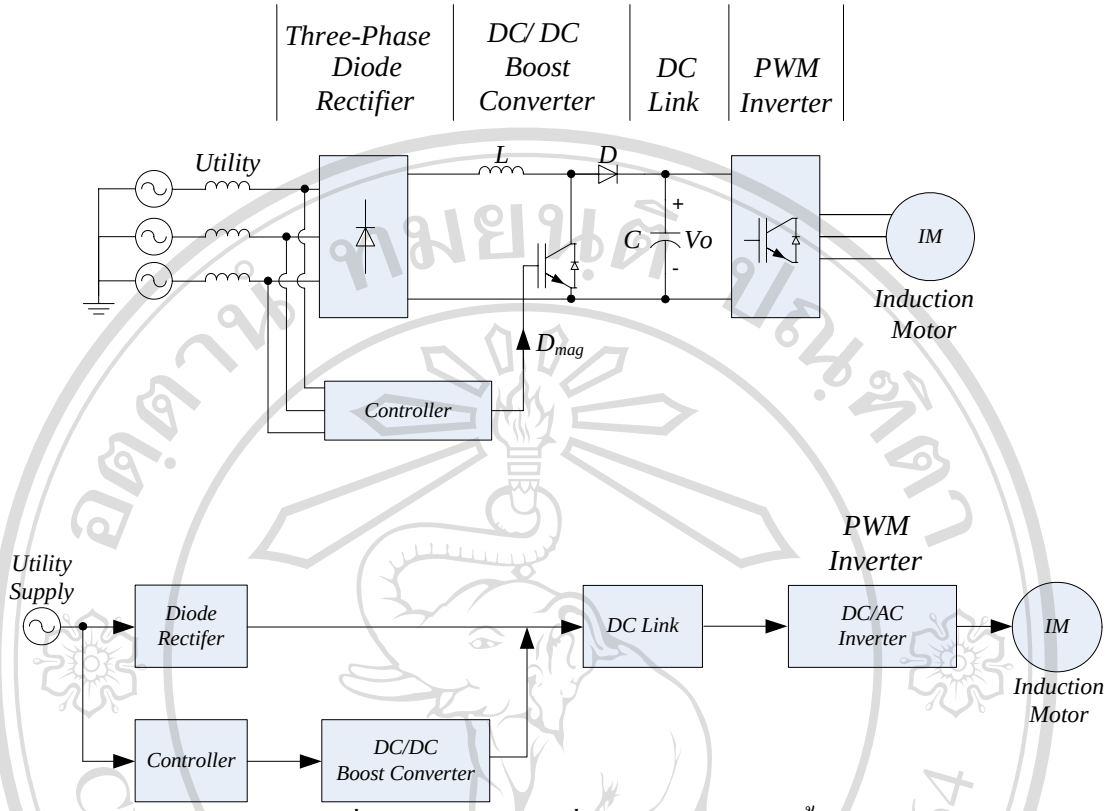
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การเกิดแรงดันตกชั่วขณะ (Voltage sags) ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังทำให้เกิดปัญหาทางคุณภาพไฟฟ้า [1] และในระบบขับมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้อินเวอร์เตอร์เป็นแหล่งจ่ายแรงดันและความถี่ให้กับมอเตอร์ เพื่อปรับความเร็วรอบ [2] , [3] เนื่องจากระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยอินเวอร์เตอร์จะอาศัยหลักการรักษาฟลักซ์สเตเตอร์ให้คงที่ โดยการปรับอัตราส่วนของแรงดันสเตเตอร์ต่อความถี่ที่ป้อน ดังนั้นเมื่อเกิดสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ [4] จะส่งผลทำให้ขนาดของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงที่ป้อนเข้าภาคอินเวอร์เตอร์ลดต่ำลงและ ระบบควบคุมการขับเคลื่อนจะไม่สามารถรักษาค่าฟลักซ์สเตเตอร์ให้คงที่ไว้ได้ โดยจะเกิดปัญหาในการจ่ายโหลดของมอเตอร์และทำให้มอเตอร์ได้รับความเสียหายซึ่งเป็นปัญหาหลักของระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยอินเวอร์เตอร์ที่เกิดจากสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ

1.2 แนวทางการแก้ปัญหา

จากปัญหาของอุปกรณ์ปรับความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้า ที่ได้รับผลกระทบจากแรงดันตกชั่วขณะในงานวิจัยจะนำเสนอการแก้ไขปัญหา เพื่อปรับปรุงสมรรถนะการทำงานของระบบปรับความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำด้วยอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดัน โดยประยุกต์ใช้วงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ต่อเพิ่มเติมเข้ากับวงจรเชื่อมโยงไฟตรงที่ทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์เพียงวงจรเดียว วัตถุประสงค์หลักเพื่อรักษาขนาดของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่ในขณะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งมีรายละเอียดของระบบควบคุมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ดังรูปที่ 1.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 1.1 รูปแบบวงจรที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้

การทำงานของวงจรที่ใช้ในการวิจัยนี้ดังแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญอยู่ 5 ส่วนคือ ส่วนของชุดวงจรไดโอดเรกติไฟเออร์ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงและส่งไปยังภาคเชื่อมโยงไฟกระแสตรง (DC Link) แรงดันเชื่อมโยงไฟตรงดังกล่าวจะถูกเก็บสะสมไว้ที่ตัวเก็บประจุ (Capacitor) ซึ่งจะต้องรักษาขนาดของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่เสมอ เพื่อรองรับการทำงานของชุดอินเวอร์เตอร์ (PWM Inverter) ที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับต่อไป ในกรณีที่เกิดสภาวะแรงดันตกชั่วขณะวงจรจะตรวจสอบปริมาณของแรงดันของแหล่งจ่ายจากการไฟฟ้าที่ตกลงไป ซึ่งจะตรวจสอบอยู่ตลอดเวลาโดยชุดควบคุม (Controller) ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบค่ากับค่ามาตรฐานเพื่อหาขนาดแรงดันชดเชยให้กับดีซีลิงค์แล้วส่งสัญญาณไปยังชุดดีซี-ดีซีบูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่ในการยกระดับของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงที่ลดลงไปให้กลับมาอยู่ในระดับที่ต้องการและ เพียงพอสำหรับป้อนสู่วงจรอินเวอร์เตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3. สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Reed, *et al.* [6] นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยการใช้ สวิตช์โอนถ่ายแหล่งจ่าย Static Transfer Switch (STS) วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ไม่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือต้องมีแหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด โดยหลักการทำงานของ Solid Static Transfer Switch (SSTS) คือการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายหลักซึ่งเป็นแหล่งจ่ายในสภาวะปกติ ไปยังอีกแหล่งจ่ายหนึ่งซึ่งเป็นแหล่งจ่ายสำรองในกรณีเกิดแรงดันตกชั่วขณะ โดยไม่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้องที่โหลด แม้โหลดจะมีความไวสูงต่อแรงดันตกชั่วขณะ โดยวิธีนี้ได้พัฒนา SSTS ทำให้กระแสไม่ไหลผ่านไทริสเตอร์ตลอดเวลา นั่นคือไม่เกิดความสูญเสียและไม่ต้องการระบบทำความเย็นเพื่อแก้ไขปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นในไทริสเตอร์เหมือนระบบเก่า

Zhan, *et al.* [7] นำเสนอวิธีการใช้หม้อแปลงต่ออนุกรมในระบบ เพื่อจ่ายแรงดันเพิ่มเข้าไปในระบบเพื่อทดแทนแรงดันที่หายไปในขณะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ ซึ่งออกแบบมาเพื่อป้องกันโหลดทั้งหมดที่ต่อกับวงจรนั้น วิธีการนี้ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังที่ควบคุมด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน (IGBT) เป็นสวิตช์ใน PWM อินเวอร์เตอร์ ซึ่งแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเอาต์พุตมีความสามารถในการจ่ายหรือรับค่ากำลังงานจริงและกำลังงานรีแอกทีฟ ในขณะที่ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงอินพุตถูกต่อกับแหล่งจ่ายหรืออุปกรณ์ที่มีความสามารถในการสะสมพลังงานที่เหมาะสม วิธีการนี้สามารถทำงานได้เมื่อเกิดแรงดันตกชั่วขณะ 50% แต่มีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากขดลวดหม้อแปลง

Schoenung and Burns [8] ใช้วิธีการนำแบตเตอรี่มาใช้ในการสะสมพลังงาน Battery-Based (Static) Uninterruptible Power Supply (UPS) แบตเตอรี่คืออุปกรณ์ที่มีการสะสมพลังงานไฟฟ้าในรูปของไฟฟ้าเคมี โดยเมื่อต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเคมีที่มีอยู่จะถูกเปลี่ยนให้เป็นกระแสไฟฟ้า ข้อดีของแบตเตอรี่คือติดตั้งง่าย ตอบสนองเร็ว สามารถทำงานได้แม้เกิดกระแสไฟฟ้าดับ แต่แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานสั้น ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก สารละลายภายในแบตเตอรี่เองอาจเป็นอันตรายกัดกร่อนอุปกรณ์อื่นได้ และต้องมีการบำรุงรักษาแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

Schoenung, *et al.* [9] งานวิจัยนี้ใช้วิธีการเก็บสะสมพลังงานไว้ในรูปสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Superconducting Magnetic Energy Storage, SMES) เป็นเทคโนโลยีที่ถูกออกแบบมาใช้งานกับระบบไฟฟ้าเพื่อปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า และการจัดการเพื่อจ่ายโหลด (Electric load management) สำหรับ SMES ขนาดเล็กคือน้อยกว่า 10 เมกะวัตต์ สามารถใช้งานเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าขัดข้องได้ทั้งฟีดเดอร์ SMES เป็นระบบที่ไม่มีความสูญเสียเนื่องจากความต้านทานในคอยล์แม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด (Superconducting magnetic coil) และความสูญเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากระบบการปรับปรุงไฟฟ้ามีค่าต่ำ (Power conditioning system) ข้อดีของวิธีการนี้คือมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเชื่อถือได้ แต่มีข้อเสียคือ ราคาสูง และต้องการระบบทำความเย็น SMES ประกอบด้วยคอยล์แม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด เพื่อทำความเย็นและคงสภาพความนำให้กับคอยล์แม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด และระบบการแปลงไฟฟ้า (Power conversion system) พลังงานซึ่งสะสมในรูปสนามแม่เหล็กถูกผลิตมาจากกระแสตรงที่ไหลวนในคอยล์แม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด

Windhorn [10] ใช้วิธีการนำมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Motor Generator set; MG set) มาต่อในวงจร Rotary Uninterruptible Power Supply (Rotary UPS) หมายถึง Uninterruptible Power Supply (UPS) ที่มีมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีส่วนที่หมุนเป็นส่วนประกอบ โดยปกติแล้ว MG set อย่างเดียวสามารถรองรับกระแสไฟฟ้าขัดข้องได้สองสามวินาที จึงได้มีการพัฒนา MG set ให้มีความสามารถในการรองรับกระแสไฟฟ้าขัดข้องให้มากขึ้น โดยเพิ่มมอเตอร์กระแสตรงและแบตเตอรี่สำหรับหมุนแกนของ MG set ในกรณีเกิดกระแสไฟฟ้าขัดข้อง ข้อดีของ Rotary UPS คือมีความเชื่อถือได้สูงกว่า UPS แบบทั่วไป แต่ต้องการพื้นที่มากในการติดตั้ง ขนาดใหญ่ การตอบสนองช้า และต้องการการบำรุงรักษาส่วนที่หมุนอย่างต่อเนื่อง

Samineni [11] นำเสนอวิธีการสะสมพลังงาน โดยการใช้ Flywheel Energy Storage System (FESS) วิธีนี้สามารถช่วยให้โหลดอยู่ได้ตลอดช่วงที่เกิดแรงดันตกเมื่อไฟฟ้าดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับวิธีการที่มีส่วนที่หมุนแล้ว วิธีนี้มีขนาดที่เล็กกว่า แต่ยังคงมีปัญหาในเรื่องการบำรุงรักษาและความปลอดภัย FESS จะเก็บสะสมพลังงานจลน์จากวัตถุที่มีการหมุน โดยวงจรพื้นฐานประกอบด้วยระบบการสะสมพลังงาน, การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง และหม้อแปลงเพื่อต่ออนุกรม

Jouanne, *et al.* [12] นำเสนอการใช้อุปกรณ์ผลิตกระแสไฟฟ้าต่อเนื่องกันโดยตรงจากการรวมตัวกับออกซิเจนของเชื้อเพลิง (Fuel Cell Based Inverter System) สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่องโดยการเผาผลาญพลังงานของเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ซึ่งปกติจะใช้ก๊าซธรรมชาติ ดังนั้นการทำงานย่อมง่ายเหมือนการใช้แบตเตอรี่ Fuel cell สามารถเชื่อมต่อกับสายไฟฟ้าของการไฟฟ้าและให้มันทำงานตลอดเวลาเนื่องจากการสตาร์ทใหม่จะทำได้ไม่เร็ว ข้อดีของวิธีนี้คือมีความเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพ โดยต้องการการบำรุงรักษาไม่มากนักและเครื่องกลส่วนที่ต้องเคลื่อนที่ก็มีไม่มาก แต่ปัญหาคือ มีราคาค่อนข้างสูง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 1.1 สรุปวิธีการแก้ปัญหาแรงดันตกชั่วขณะในแบบต่างๆ

ชนิด	ทำงานได้	ข้อดี ข้อเสีย
STS	ไม่จำกัด	ระบบง่าย ไม่ซับซ้อน ต้องมีแหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด
Transformer base DVR	5 sec	ทำงานได้เมื่อเกิดแรงดันตกชั่วขณะ 50% ประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากขดลวดหม้อแปลง
SMES	10 sec	มีความเชื่อถือได้ ราคาสูง และต้องการระบบทำความเย็น
Battery UPS	5 sec, 1 hr	ติดตั้งง่าย ตอบสนองเร็ว ทำงานได้แม้กระแสไฟฟ้าดับ อายุการใช้งานสั้น
Rotary UPS	15 sec,1 hr.	ข้อดีคือมีความเชื่อถือได้สูงกว่า Static UPS แต่ต้องการพื้นที่มากในการติดตั้ง ตอบสนองช้า และต้องการการบำรุงรักษา
FESS	15 sec,1 hr	ทำงานได้แม้กระแสไฟฟ้าดับ ต้องบำรุงรักษาส่วนที่หมุน
Fuel Cell Based	1 hr	มีความเชื่อถือได้และมีประสิทธิภาพ บำรุงรักษาไม่มากนัก ราคาค่อนข้างสูง และตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของโหลดได้ช้า

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.4.1 เพื่อศึกษาแนวทางในการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์

1.4.2 เพื่อสร้างสร้างชุดวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ เข้าไปในภาคเชื่อมโยงไฟตรงที่สามารถใช้ได้กับอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1 กิโลวัตต์ 380V ภายใต้เงื่อนไขการทำงานคือรักษาระดับของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่ 550V คลาดเคลื่อนได้ ±10% (495V – 605V) รองรับแรงดันตกชั่วขณะสูงสุดที่ 60% ในสภาวะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.5. ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1.5.1 ได้ชุดวงจรชุดวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ เข้าไปในภาคเชื่อมโยงไฟตรงที่สามารถใช้ได้กับอินเวอร์เตอร์

1.4.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ จากการศึกษาเทคนิคการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้ โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์และขั้นตอนการสร้างชุดวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์

1.6 แผนดำเนินการ ขอบเขต และวิธีการทำวิจัย

1.6.1 แผนดำเนินการวิจัย

1.6.1.1 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัย เกี่ยวกับการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์

1.6.1.2 ออกแบบพัฒนาและทดสอบ ด้วยโปรแกรมจำลองการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้ โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์ในสภาวะการเกิดแรงดันตกชั่วขณะต่างๆ และวิเคราะห์ผลการจำลองการทำงานของระบบ

1.6.1.3 สร้างชุดวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อใช้ในการชดเชยแรงดันตกชั่วขณะของระบบขับแบบปรับความเร็วได้ โดยใช้บูสต์คอนเวอร์เตอร์ในสภาวะการเกิดแรงดันตกชั่วขณะต่างๆ และวิเคราะห์ผลการจำลองการทำงานของระบบ

1.6.1.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์สมรรถนะ ของระบบที่ได้จากห้องปฏิบัติการกับสมรรถนะของระบบที่ได้จากโปรแกรมจำลอง

1.6.1.5 วิจารณ์ สรุปผลการวิจัย และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.6.2 ขอบเขตการทำวิจัย

สร้างชุดวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ เข้าไปในภาคเชื่อมโยงไฟตรงที่สามารถใช้ได้กับอินเวอร์เตอร์ ขนาด 1 กิโลวัตต์ 380V ภายใต้เงื่อนไขการทำงานคือรักษาระดับของแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงให้คงที่ 550V คลาดเคลื่อนได้ ±10% (495V – 605V) รองรับแรงดันตกชั่วขณะสูงสุดที่ 60% ในสภาวะเกิดแรงดันตกชั่วขณะ

1.6.3 วิธีการทำวิจัย

1.6.3.1 ศึกษา ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในเรื่องของแรงดันตกชั่วขณะที่มีผลกระทบกับระบบขับแบบปรับความเร็วรอบได้ของมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ระบบควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำ วงจร ดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์ การชดเชยแรงดันให้กับภาคเชื่อมโยงไฟตรงกระแสตรง (DC Link) เทคนิคการตรวจจับแรงดันตกชั่วขณะและวงจรอินเวอร์เตอร์

1.6.3.2 ออกแบบ พัฒนา และทดสอบโปรแกรมจำลองของระบบวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์เข้าไปในภาคเชื่อมโยงไฟตรงของอินเวอร์เตอร์โดยการ ใช้โปรแกรม PSIM เพื่อทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมในการรักษาระดับแรงดันเชื่อมโยงไฟตรงทางด้านเอาต์พุตของวงจรให้คงที่อยู่เสมอ แม้ในสภาวะแรงดันตกชั่วขณะ ออกแบบพัฒนา และทดสอบโปรแกรมจำลอง สังเกตพฤติกรรมและบันทึกผลจากการจำลองการทำงาน

1.6.3.3 ดำเนินการสร้างวงจรวงจรดีซี-ดีซี บูสต์คอนเวอร์เตอร์จากวงจรที่ได้ออกแบบทดสอบการทำงาน

1.6.3.4 เปรียบเทียบผลจากการทดลองหัวข้อ 1.6.3.2 และ 1.6.3.3 โดยพิจารณาจากความเสถียรภาพ ประสิทธิภาพในการทำงานและ ความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบ

1.6.3.5 วิจารณ์ สรุปผลการวิจัย และเสนอรายงานวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved