บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำทั่วไป

ในยุคปัจจุบัน ไฟฟ้าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในชีวิตประจำวันของทุกคน รวมถึงโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การไฟฟ้าจึงมีหน้าที่จัดหาพลังงานไฟฟ้าให้เพียงพอต่อความต้องการและส่งจ่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าได้อย่างทั่วถึง อย่างไรก็ตามการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้ทั่วถึงเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า แต่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าที่ส่งจ่ายมาด้วย ดังนั้นการไฟฟ้าจึงต้องบำรุงรักษาระบบการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้สามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย จนทำให้ไม่สามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้

ระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานมากที่สุดอย่างหนึ่งคือ คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบต่าง ๆ เช่น เบลแคล้มป์ (Bail clamp), ฮอทไลน์แคล้มป์ (Hot line clamp), พีจีคอนเนคเตอร์ (PG connector), หางปลาเจาะรู (Cable lug), หลอดต่อสาย (Splice connector) ฯลฯ คุณภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย และการติดตั้งที่ได้มาตรฐานจึงมีความสำคัญต่อความเชื่อถือได้ของระบบการส่งจ่ายไฟฟ้า เพราะหากคุณภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายหรือการติดตั้งไม่มีคุณภาพแล้ว จะก่อให้เกิดปัญหาต่อระบบการส่งจ่ายไฟฟ้า และส่งผลเสียต่อการไฟฟ้าเป็นอย่างมาก เช่นสูญเสียพลังงาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา เป็นต้น

1.2 ที่มาของปัญหา

ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลายประเภท อุปกรณ์แต่ละประเภทมีความซับซ้อนและราคาที่แตกต่างกัน อุปกรณ์ที่มีราคาสูงมักจะได้รับการดูแลเอาใจใส่มากเป็นพิเศษตั้งแต่การออกแบบข้อกำหนด การทดสอบ การติดตั้งใช้งาน ฯลฯ ในขณะที่อุปกรณ์ที่ราคาต่ำ เช่น คอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย จึงมักจะถูกละเลยไม่ให้ความสำคัญ ทำให้คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายเป็นจุดอ่อน (weak link) ที่สำคัญจุดหนึ่งในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า หน้าที่หลักของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย คือ เชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าจากตัวนำหนึ่งไปยังอีกตัวนำหนึ่งผ่านตัวคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย บริเวณดังกล่าวจะมี

ความต้านทานที่หน้าสัมผัส (Contact resistance; R_c) ทำให้เกิดกำลังสูญเสีย และความร้อนขึ้นได้ และถ้าความต้านทานที่หน้าสัมผัสมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายดังกล่าวก็จะไม่สามารถนำไฟฟ้าได้อีกต่อไป ทำให้ไม่สามารถส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าไปยังผู้บริโภคได้ การใช้งานคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายจึงควรคำนึงถึงคุณสมบัติสามประการ คือ คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายมีลักษณะเหมาะสมกับงานที่ใช้ วิธีการเตรียมตัวนำสายไฟกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย และ การติดตั้งชุดคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายกับตัวนำสายไฟที่เหมาะสม

1.3 ผลการวิจัยในอดีต

การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายอาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ

1. ศึกษาปรากฏการณ์ และกลไกการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย
2. ศึกษาและพัฒนาวิธีการทดสอบคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย
3. ศึกษาและพัฒนาคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

รายละเอียดงานวิจัย และผลการวิจัย แบ่งตามกลุ่มต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.1-1.3 และจากผลการวิจัยทั้งหมดอาจสรุปได้ดังนี้

- การทดสอบคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายมีทั้งการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และในสภาวะการใช้งานจริง
- การทดสอบส่วนใหญ่จะอ้างอิงตามมาตรฐาน ANSI C119.4 ซึ่งจะพิจารณาผลของอุณหภูมิ และค่าความต้านทานเป็นเกณฑ์ตัดสินใจคุณภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย
- งานวิจัยส่วนใหญ่มีจุดประสงค์ที่จะหากลไกและปัจจัยที่มีผลต่อการเสื่อมสภาพคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย
- การทดสอบส่วนใหญ่จะเปรียบเทียบคุณสมบัติของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแต่ละแบบ และหาว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายควรมีลักษณะเช่นไรจึงจะผ่านตามมาตรฐาน

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกที่จะทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ โดยจะอ้างอิงแนวทางการทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C119.4 (รายละเอียดจะแสดงไว้ในบทที่ 3)

ตารางที่ 1.1 การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาปรากฏการณ์ และกลไกการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Braunovic	แคนาดา	1981	ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่กดระหว่างผิวสัมผัส ค่าความต้านทาน และอุณหภูมิ ของจุดเชื่อมต่อระหว่างตัวนำอะลูมิเนียมกับอะลูมิเนียม แบบสลักเกลียว โดยป้อนกระแสไฟตรงค่าสูง	√		- พบว่าแรงกดบนหน้าผิวสัมผัสยิ่งมาก ค่าความต้านทาน และอุณหภูมิจะยิ่งต่ำ - การใช้แหวนรองสลักเกลียวแบบ Belleville สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของจุดเชื่อมต่อระหว่างตัวนำอะลูมิเนียมกับอะลูมิเนียมได้
Braunovic	แคนาดา	1988	ศึกษาผลของปรากฏการณ์ Thermoelastic ratcheting ที่เกิดขึ้นกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้แหวนรองสลักเกลียวต่าง ๆ กัน คือ แบบ Spring-lock, Beleville, Thin Flat และ Transition โดยการป้อนกระแสไฟตรง	√		- พบว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายถูกสูญเสียแรงทางกลได้จากปรากฏการณ์ Thermoelastic ratcheting - คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้แหวนรองสลักเกลียวแบบ Belleville จะได้รับผลจากปรากฏการณ์ Thermoelastic ratcheting น้อยที่สุด โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงแรงกดหน้าผิวสัมผัสน้อยที่สุด
Braunovic	แคนาดา	1989	ศึกษาผลการเสื่อมสภาพจากปรากฏการณ์ Fretting ในคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบสลักเกลียวซึ่งเชื่อมต่อระหว่างตัวนำอะลูมิเนียมกับทองแดงผ่านแผ่นตัวนำดีบุก โดยการใช้ SEM, EDX, AES ฯลฯ คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้ทดสอบนำมาจากระบบซึ่งถูกติดตั้งใช้งาน 7-10 ปี และเกิดการเสื่อมสภาพแล้ว		√	- พบว่าการเสื่อมสภาพน่าจะเกิดจากกลไกหลายอย่างเช่น การอาร์ก การหลอมเหลว การสะสมของผงตะกอนจากการ fretting เป็นต้น - บริเวณหน้าสัมผัสที่มีแหวนรองสลักเกลียวอยู่จะได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมน้อยกว่าบริเวณอื่น - กระแสที่ไหลผ่านชุดเชื่อมต่อทำให้ความเครียดในเนื้อโลหะเพิ่ม จึงเกิดการเคลื่อนที่ของเนื้อโลหะ ส่งผลให้มีการสะสมของผงตะกอนจากการ fretting ในช่องว่างที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของเนื้อโลหะ รวมถึงฟิล์มออกไซด์ได้ - ปรากฏการณ์ Fretting เป็นกลไกสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายเกิดการเสื่อมสภาพ

ตารางที่ 1.1 **(ต่อ)** การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาปรากฏการณ์ และกลไกการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Braunovic	แคนาดา	1998	ศึกษาผลการเสื่อมสภาพจากปรากฏการณ์ Stress relaxation ของตัวนำอะลูมิเนียม EC-1350-H12 กับ NUAL-H12 ด้วยเงื่อนไขการทดสอบต่าง ๆ	√		- พบว่าอัตราการเกิด Stress relaxation ของตัวนำอะลูมิเนียม EC-1350 เร็วกว่า NUAL - ตัวนำอะลูมิเนียมภายใต้วัฏจักรกระแส ซึ่งมีแรงกดหน้าสัมผัสและอุณหภูมิต่ำกว่าตอนเริ่มต้น จะเกิด Stress relaxation เช่นเดียวกับ ตัวนำอะลูมิเนียมที่มีความเครียดและอุณหภูมิสูงกว่าตอนเริ่มต้น - การเสื่อมสภาพจากความต้านทานที่หน้าผิวสัมผัสของตัวนำอะลูมิเนียม EC-1350 เป็นปัจจัยที่ช่วยเร่งการเกิดออกซิเดชัน, Stress relaxation และการก่อตัวรวมกันระหว่างตัวนำ - การเกิด Stress relaxation ของ ตัวนำอะลูมิเนียมสัมพันธ์กับ electroplasticity
Guo-Ping Luo, Jian-Guo Lu and Ji-Gao Zhang	จีน	1999	นำคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบสลักเกลียวที่เสื่อมสภาพแล้วจากการใช้งานจริงในสภาวะปกติ มาทดสอบและวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยการวัดค่าความต้านทาน, การคลายตัวของสลักเกลียว, วิเคราะห์ผิว และสารประกอบต่าง ๆ ของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย		√	- พบว่าตัวอย่างที่ทำการตรวจวัดส่วนใหญ่มีค่าความต้านทานสูงมากกว่า 1 mΩ, แรงขันสลักเกลียวมีค่าต่ำกว่า 10 N-m, เกิดชั้นของสิ่งเปรอะเปื้อนและการกัดกร่อนในร่องจับสายตัวนำ, มีร่องรอยเกิดการหลอมหรือเชื่อมติดกันระหว่างตัวนำและคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย - ปัจจัยที่ทำให้คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายเสื่อมสภาพ ประกอบด้วย สภาพแวดล้อม, ลักษณะโครงสร้างของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย, คุณภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาปรากฏการณ์ และกลไกการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Callen, Johnson, King, Timsit and Abbott	อเมริกา	2000	ศึกษาผลการใช้งานคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบสลักเกลียว, แบบบีบ และแบบลิ่ม ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่างตัวนำอะลูมิเนียม และทองแดง ในสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง		√ ริมชายทะเล	- พบว่าปัจจัยหลักของการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายในสภาวะแวดล้อมที่รุนแรง คือ การกัดกร่อนแบบแกลวานิก - คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มจะเกิดการเสื่อมสภาพช้าที่สุด
Johnson and Braunovic	แคนาดา	2001	ศึกษาระยะเวลาที่คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่เชื่อมต่อระหว่างตัวนำอะลูมิเนียม และทองแดงจะเกิดการเสื่อมสภาพ ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีไอเกลือสูง		√ ริมชายทะเล	- พบว่าปัจจัยหลักของการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายในสภาวะที่มีไอเกลือสูง คือ การกัดกร่อนแบบแกลวานิก ทำให้สูญเสียแรงทางกล - คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มจะเกิดการเสื่อมสภาพช้าที่สุด เนื่องจากมีโครงสร้างเป็นแบบสปริง

ตารางที่ 1.2 การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาวิธีการทดสอบคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Oberg, Olsson and Bohlin	สวีเดน	1990	เปรียบเทียบผลกระทบจากวิธีการทดสอบคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่แตกต่างกัน ได้แก่ วัฏจักรกระแส, การลัดวงจร, ประเภทของกระแสไฟสลับ-ไฟตรง, ระดับกระแสและอุณหภูมิและแรงกดที่หน้าสัมผัส	√		- วัฏจักรกระแส, การลัดวงจร, ประเภทกระแสไฟสลับ มีผลกระทบต่อคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพเร็วขึ้น - ระดับกระแสและอุณหภูมิที่สูงกว่า ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพได้เร็วกว่า - แรงกดที่หน้าสัมผัสมากกว่าจะให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ดีกว่า
Braunovic and Dang	แคนาดา	1997	ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างวิธีการทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C119.4 กับ วิธีที่ IREQ พัฒนาขึ้น ซึ่งใช้เวลาทดสอบสั้นกว่า	√		- พบว่าการทดสอบตาม ANSI ไม่สามารถดูการเสื่อมสภาพที่หน้าผิวสัมผัสระหว่างตัวนำและคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายได้ - วิธีของ IREQ จะไวต่อการเสื่อมสภาพที่หน้าผิวสัมผัสมากกว่า
Dang and Braunovic	แคนาดา	1999	แสดงเทคนิคการวัดค่าความต้านทานตามมาตรฐาน ANSI โดยวัดค่าความต้านทานคร่อมตัวคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแทนการวัดคร่อมอิควอไลเซอร์	√		- พบว่าการวัดค่าความต้านทานคร่อมตัวคอนเนคเตอร์-ต่อแยกสายจะมีความไวต่อการเสื่อมสภาพมากกว่าการวัดคร่อมอิควอไลเซอร์ เนื่องจากไม่มีผลของความต้านทานจากตัวนำมารวมอยู่ด้วย

ตารางที่ 1.3 การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Jondahl, Rockfield and Cupp	อเมริกา	1991	ศึกษาคุณสมบัติของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายเมื่อใช้กับตัวนำใหม่กับ ตัวนำที่ใช้งานแล้ว ตามมาตรฐาน ANSI C119.4	√		- พบว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้กับตัวนำที่ใช้แล้วจะมีประสิทธิภาพน้อยกว่าชุดที่ต่อกับตัวนำใหม่ - การใส่ inhibitor เข้าไปจะช่วยให้คุณสมบัติของคอนเนคเตอร์-ต่อแยกสายดีขึ้น
Braunovic and Labrecque	แคนาดา	1996	ศึกษาผลการใช้แหวนรองสลักเกลียวที่มีสมบัติจำรูปร่าง (Shape-Memory Alloy) ร่วมกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบสลักเกลียว เปรียบเทียบกับแหวนรองสลักเกลียวแบบอื่น ๆ โดยการป้อนกระแสไฟตรง	√		- พบว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้แหวนรองสลักเกลียวที่มีสมบัติจำรูปร่างได้ ช่วยให้ประสิทธิภาพการใช้งานดีขึ้น แม้ค่าแรงขันสลักเกลียวเริ่มต้นจะต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็นจากการติดตั้งผิดวิธีก็ตาม
Sprecher	แคนาดา	1996	ศึกษาคุณสมบัติคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่ม เปรียบเทียบกับแบบอื่น โดยทดสอบตามมาตรฐาน ANSI, ทดสอบใน chamber ที่มีไอเกลือ รวมถึงศึกษาคุณสมบัติทางกลด้วยคอมพิวเตอร์	√		- พบว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มมีคุณสมบัติทั้งทางกลและทางไฟฟ้าดีกว่าแบบอื่น - ความเครียดเฉลี่ยที่เกิดบนคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มมีค่าต่ำ - โครงสร้างของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มมีความยืดหยุ่นสูง จึงสามารถรักษาแรงกดหน้าผิวสัมผัสได้ดี - วิธีการติดตั้งที่ทำให้เกิดการขัดเนื้อผิวตัวนำกับผิวคอนเนค-เตอร์ต่อแยกสายจึงสามารถช่วยขจัดฟิล์มออกไซด์ และสิ่งเปรอะเปื้อนที่ผิวออกได้

ตารางที่ 1.3 (ต่อ) การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Soares, Costa, Angelo, Roosdorp and Leme	บราซิล	1996	ทดสอบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่ม ตามมาตรฐาน ANSI C119.4, NEMA CC3, UL486-B, ASTM B-154 รวมถึงทดสอบการใช้งานในสภาวะรุนแรง เช่น การทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลัน การทดสอบด้วยไอเกลือ เป็นต้น	√		- คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มผ่านการทดสอบทุกประการ ทั้งการมองด้วยสายตา ทางกายภาพ และทางเคมี - การใช้งานคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่ม ที่ติดตั้งอย่างถูกวิธี สามารถทำให้ระบบส่งจำหน่ายไฟฟ้ามีประสิทธิภาพดีขึ้น ทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์
Lam and Morin	แคนาดา	1997	ศึกษาหาข้อกำหนดของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อยที่จะทำให้ผ่านเกณฑ์การทดสอบตามมาตรฐาน ANSI C119.4 โดยใช้การทดสอบประเภท Light-duty (125 วัฏจักร)		√	- คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ใช้ในสถานีไฟฟ้าย่อยควรมี มิติที่เหมาะสม, หน้าสัมผัสทางไฟฟ้าเรียบ, เตรียมหน้าผิวสัมผัสที่ดี, แรงขันสลักเกลียวมาก - พบว่าถ้าความต้านทานเริ่มต้นของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายมีค่าต่ำกว่าความต้านทานของตัวนำควบคุมมากกว่า 130 % แล้ว คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายนั้นมีแนวโน้มที่จะผ่านเกณฑ์ - การปรับปรุงความต้านทานที่หน้าผิวสัมผัสทำได้โดย ทำให้ผิวสัมผัสเรียบ, กระจายแรงกดหน้าสัมผัสให้ทั่ววัสดุ
Timsit and Sprecher	แคนาดา	1998	ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบสลักเกลียว, แบบบีบ และแบบลิ่ม โดยทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยฉับพลัน และ วัฏจักรกระแส นอกจากนี้ยังวิเคราะห์พลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่เสื่อมสภาพ	√	√	- พบว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มให้ผลที่ดีกว่าแบบอื่น - ถ้าใช้คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่ม ซึ่งมีเสถียรภาพและมีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบอื่น จะทำให้ประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้อย่างมาก

ตารางที่ 1.3 (ต่อ) การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Rocha, Soares, Leme, Costa and Salvia	บราซิล	1999	ศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ป้องกันคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย โดยทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการและทดลองนำไปใช้งานในระบบจำหน่าย	√	√	- วัสดุที่นำมาใช้ทำอุปกรณ์ป้องกันคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายจะต้องมีค่าไดอิเล็กทริกสูง, เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะป้องกัน, ทนต่อสภาวะแวดล้อม - การวิเคราะห์ทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์พบว่า การใช้คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบลิ่มร่วมกับอุปกรณ์ป้องกัน จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาได้มาก โดยคำนวณตลอดระยะเวลา 25 ปี รวมถึงใช้ระยะเวลาในการติดตั้งน้อยกว่าคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบอื่นด้วย - จากการทดลองใช้งานในระบบจำหน่ายพบว่า คอนเนคเตอร์-ต่อแยกสายที่ใช้ร่วมกับอุปกรณ์ป้องกัน ช่วยให้ระบบมีเสถียรภาพ
Braunovic	แคนาดา	2002	ศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่หน้าผิวสัมผัสของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบ Overlapping Bolted ที่มีการแบ่งส่วนของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่รับกระแสเป็นหลาย ๆ ส่วน	√		- พบว่าคุณสมบัติทางกลและไฟฟ้าของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบ Overlapping Bolted สามารถทำให้ดีขึ้นได้โดยการแบ่งส่วนของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่รับกระแสเป็นหลาย ๆ ส่วน - การขัดหน้าผิวสัมผัส และใส่สารยับยั้งสามารถเพิ่มพื้นที่นำกระแสได้ - การปรับปรุงประสิทธิภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายสัมพันธ์กับการกระจายแรงกดภายใต้สลักเกลียวอย่างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 1.3 (ต่อ) การวิจัยที่เกี่ยวกับการศึกษาและพัฒนาคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

ผู้วิจัย	ประเทศ	ปี คศ.	งานวิจัย	Lab	Site	ผลการวิจัย
Braunovic	แคนาดา	2002	ศึกษาเปรียบเทียบคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบ insulation piercing, แบบสลักเกลียว, แบบลิ่ม และแบบบีบ ซึ่งต่อเชื่อมระหว่างตัวนำอะลูมิเนียมกับทองแดง โดยการป้อนกระแสไฟตรง	√		- พบว่าการขาดคุณสมบัติการสะสมพลังงานความยืดหยุ่นในคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบบีบ และสลักเกลียว ทำให้ประสิทธิภาพการใช้งานไม่ดี - คอนเนคเตอร์ต่อแยกสายแบบ insulation piercing และแบบลิ่ม ให้ผลดีที่สุดที่จะปกป้องผิวสัมผัสระหว่างตัวนำอะลูมิเนียมกับทองแดง
Gagnon and Braunovic	แคนาดา	2002	ศึกษาเปรียบเทียบ Lubricant 5 ชนิด ซึ่งมีสมบัติหลักคือสามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงกว่า 200°C โดยทำการทดสอบด้วยวิธีต่าง ๆ คือ วัฏจักรกระแส, Fretting, ระยะเวลาการเสื่อมสภาพ	√		- ผลการทดลองที่ได้แสดงให้เห็นว่า Lubricant แต่ละตัวมีข้อดี-ข้อด้อยต่าง ๆ กัน

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1) ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายในระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อหาสาเหตุที่อาจเป็นไปได้

1.4.2) หาพารามิเตอร์ที่อาจจะกระทบต่อการทำงานของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย และออกแบบการทดลองที่อาจจะปรับปรุงให้การทำงานของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายดีขึ้น

1.4.3) ทดลองหาผลกระทบในข้อ 1.4.2) ที่มีต่อการทำงานของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

1.4.4) ประเมินผลการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลของพารามิเตอร์ที่วัดกับประสิทธิภาพในการใช้งานของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

1.4.5) เสนอวิธีที่อาจแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายในปัจจุบัน

1.5 เนื้อหาวิทยานิพนธ์

เนื้อหาในแต่ละบทของวิทยานิพนธ์แบ่งเป็นดังนี้

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย คุณสมบัติของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่ดี หลักการนำไฟฟ้าของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย และปัจจัยที่มีก่อให้เกิดการเสื่อมสภาพของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย

บทที่ 3 กล่าวถึงมาตรฐานการทดสอบที่ใช้เป็นแนวทางในการวิจัยนี้ คือ มาตรฐาน ANSI C119.4–2003 โดยจะอธิบายถึงขอบเขตและจุดประสงค์ของมาตรฐาน วิธีการทดสอบและการเตรียมอุปกรณ์ต่าง ๆ พารามิเตอร์ที่ใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณสมบัติของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสาย รวมถึง คุณสมบัติของคอนเนคเตอร์ต่อแยกสายที่จะผ่านการทดสอบ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ การเตรียมการทดสอบ อุปกรณ์ที่ใช้ ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่จะทำการทดลอง รวมถึงปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไขระหว่างทำการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง การวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองพารามิเตอร์ต่าง ๆ

บทที่ 6 กล่าวถึง ข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง และข้อเสนอแนะเพื่อที่จะทำการทดลองต่อไป