การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบสายไฟ ชนิดทดสอบการอ่อนตัวตามมาตรฐาน มอก.11-2549
Electrical Wire Testing Machine According to TIS 11-2549 Flexing Test

ปาษาณ กุลวานิช

บทคัดย่อ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ (วศ.) มีหน้าที่ให้การบริการทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าหลายประเภทเพื่อให้ความมั่นใจต่อผู้ใช้งานว่าอุปกรณ์ที่ผ่านการทดสอบนั้นมีความปลอดภัยและมีคุณภาพดีพอสำหรับการใช้งาน สายไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้กันแพร่หลายและเป็นอุปกรณ์สำคัญพื้นฐานของระบบไฟฟ้าภายในบ้าน วศ. จึงมีนโยบายที่จะเปิดบริการทดสอบสายไฟฟ้าหลากหลายชนิดโดยอิงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชนิดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ มอก.11-2549 เครื่องมือสำคัญสำหรับทดสอบสายไฟฟ้าคือเครื่องทดสอบสายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ เครื่องทดสอบฯที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาสูงและผู้ซื้อยังต้องมีภาระผูกพันในการที่จะต้องใช้บริการในงานซอฟต์แวร์ทั้งในด้านการปรึกษาการใช้งานและการอัพเกรดโปรแกรมซึ่งมีผลต่อความคล่องตัวและค่าใช้จ่ายในการให้บริการในระยะยาว ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นทำให้มั่นใจว่าการออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบสายไฟฟ้าแบบอัตโนมัติด้วยตัวของเราเองจะสามารถลดหรือแก้ปัญหาต่างๆ ได้รวมถึงยังสามารถคงศักยภาพในการทดสอบตามที่มอก.กำหนด เครื่องทดสอบประกอบด้วยส่วนประกอบหลักสามส่วนคือโครงสร้างทางกลรวมถึงมอเตอร์และอุปกรณ์ขับเคลื่อน ระบบควบคุมอีเล็กทรอนิกส์ โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อนและประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ ขณะนี้เครื่องต้นแบบกำลังถูกทดสอบเพื่อตรวจสอบพารามิเตอร์ที่เป็นตัวบ่งชี้สมรรถนะของเครื่องทดสอบฯ ผลจากการทดสอบอยู่ในระดับที่ดีและเป็นไปตามข้อกำหนดของการทดสอบการอ่อนตัวของสายไฟฟ้า

Abstract

The Department of Science Service is responsible for testing electrical appliances in order to make sure that the appliances under test are safe and ready for public usages. An electrical wire is one of the items under the list of electrical appliances. We have to test the electrical wire and make sure that the wire under test passes the requirements of the flexing test manifested in the TIS 11-2549 standard. The most important tool that is needed to test the flexingof the wire is the wire flexing testing machine. The commercialized version of the machine is available at a high price. Furthermore, the software that comes with the machine is constantly needed service or upgrade, which adds up to the maintenance cost in the long run. From the aforementioned reasons,we decide to design and build our own wire flexing testing machine that satisfies the TIS 11-2549 requirements. The machine is composed of three main parts the mechanical structure and motion hardware, the control system and electronics, and the control software for motion and detection. The prototype machine is now in the process of testing and parameters verifying. The test results so far are good and satisfy the aspects of electrical wire flexing test.

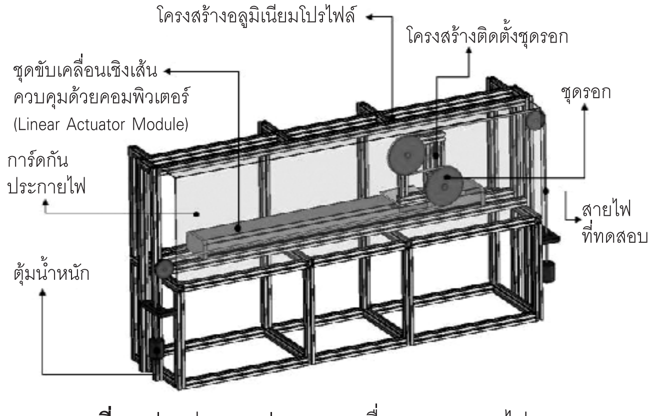
อ่านต่อหน้า 27

ต่อจากต่อหน้า 22

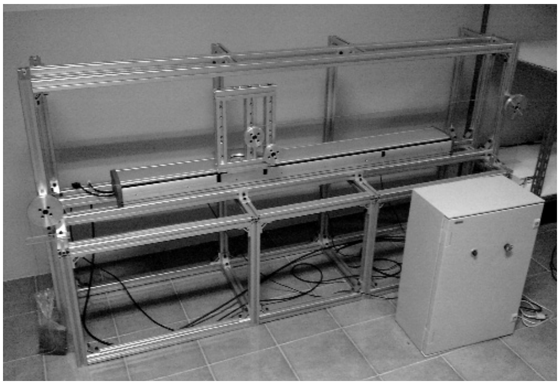
บทนำ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ มีหน้าที่ในการให้บริการทดสอบความแข็งแรงทางกลของสายไฟฟ้าที่ใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและใช้ในอาคารบ้านเรือน โดยขั้นตอนการทดสอบและอุปกรณ์จะอิงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชนิดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าหุ้มฉนวนพอลิไวนิลคลอไรด์ มอก.11-2549 ในมาตรฐานฯ จะกล่าวถึงการทดสอบสายไฟฟ้าสามแบบคือการทดสอบการอ่อนตัว (Flexing Test) การทดสอบความโค้งงอ (Bending Test) และการทดสอบความอ่อนตัวคงที่ บทความนี้จะเน้นไปที่การออกแบบและสร้างอุปกรณ์ทดสอบการอ่อนตัวของสายไฟฟ้าเท่านั้น เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบการอ่อนตัวของสายไฟฟ้าที่ผลิตในต่างประเทศมีราคาและมีค่าดูแลรักษาในระยะยาวสูง [MATTKE AG, 2007] โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรมจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างอุปกรณ์เองในรูปแบบของเครื่องทดสอบสายไฟชนิดทดสอบการอ่อนตัวตามมาตรฐาน มอก.11-2549

เครื่องทดสอบสายไฟชนิดทดสอบความอ่อนตัว (Flexing Test) ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2 ประกอบไปด้วยสามส่วนประกอบสำคัญ คือ ส่วนประกอบทางกล (Mechanic) ส่วนประกอบทางไฟฟ้า (Electrical System) และส่วนประกอบทางซอฟต์แวร์ (Software) ในส่วนของระบบทางกลนั้นจะประกอบไปด้วยชุดขับเคลื่อนเชิงเส้นควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ชุดอลูมิเนียมโปรไฟล์สำหรับการขึ้นรูปโครงสร้างของเครื่องจักร ชุดโครงสร้างสำหรับชุดรอกทดสอบ ในส่วนของระบบทางไฟฟ้านั้นจะประกอบไปด้วยการ์ดควบคุมการเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion Controller Card) คอมพิวเตอร์ควบคุมหลัก (PC) และระบบตรวจจับสถานะล้มเหลวของสายไฟ เราใช้โปรแกรม LabVIEW ในการเขียนโปรแกรมควบคุมระบบของเครื่องทดสอบฯ โปรแกรมควบคุมเครื่องทดสอบฯ มีหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ (Motion Control) นับจำนวนรอบการทดสอบ และตรวจจับสถานะล้มเหลว (Failure Condition) ของสายไฟที่ต้องการทดสอบ

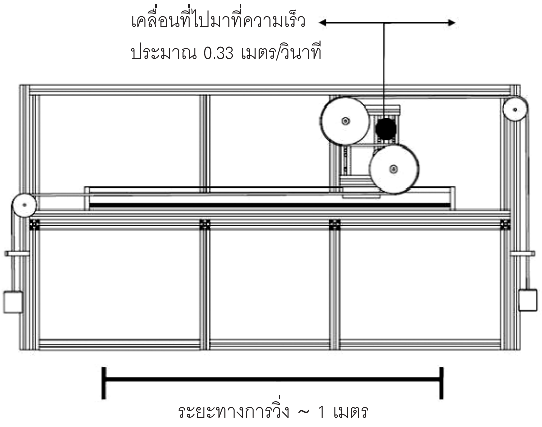


ภาพที่ 1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องทดสอบสายไฟฯ



ภาพที่ 2 เครื่องทดสอบสายไฟฯที่ประกอบเสร็จแล้วของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อกำหนดโดยย่อ (มอก.11 เล่ม 1 ข้อ 5.6.3.1)



ภาพที่ 3 ลักษณะการเคลื่อนที่ของชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดรอก

● การทดสอบนี้ไม่ใช้กับสายอ่อนทินเซล สายไฟฟ้าแกนเดียวชนิดตัวนำแบบอ่อนสำหรับการเดินสายที่ติดตั้งอยู่กับที่ สายอ่อนที่มีหลายแกนซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดระบุมากกว่า 2.5 ตารางมิลลิเมตร

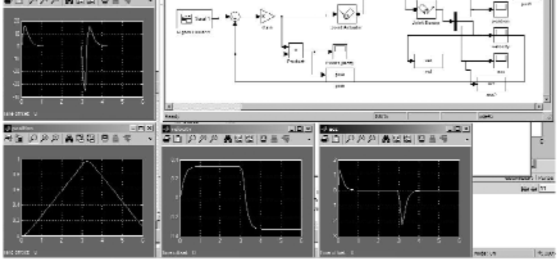
● การทดสอบนี้กระทำโดยใช้เครื่องมือดังแสดงในภาพที่ 1 โดยชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดรอกจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วประมาณ 0.33 เมตรต่อวินาที และจะต้องไม่กระตุกเมื่อถึงจุดที่จะต้องเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

● จะต้องมีชุดรอก 5 ชุด และชุดตุ้มน้ำหนัก 5 ชุด สำหรับสายไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบแต่ละชนิด รายละเอียดตามที่แสดงใน มอก.

● สามารถตรวจสอบการหยุดชะงักของกระแสไฟฟ้าการลัดวงจรระหว่างตัวนำการลัดวงจรระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับรอก (เครื่องมือทดสอบความอ่อนตัว)

ระบบทางกลและแบบจำลองการเคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบฯ

จากข้อกำหนดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ระบบทางกลจะต้องสามารถรองรับโครงสร้างของระบบการเคลื่อนที่รวมถึงสามารถกำหนดการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้นในความเร็วที่ต้องการ นอกจากนั้นระบบจะต้องสามารถกำหนดความเร่งและความหน่วงได้ในระยะเวลาที่ต้องการเพื่อไม่ให้เกิดการกระตุก ณ จุดที่จะต้องเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ในการกำหนดการเคลื่อนที่เชิงเส้นนั้นเราใช้ชุดขับเคลื่อนเชิงเส้นควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบของชุดขับเคลื่อนฯจะต้องมีกำลังขับเพียงพอในการกำหนดการเคลื่อนที่ ในการกำหนดขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสมนั้นเราใช้โปรแกรมคำนวณ MATLAB SIMULINK เพื่อจำลองแบบการเคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบฯ ซึ่งผลของแบบจำลองจะบ่งชี้ถึงขนาดของมอเตอร์ที่เหมาะกับการใช้งาน



ภาพที่ 4 กราฟแสดงผลของแบบจำลองการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ผลการจำลองแบบการเคลื่อนที่เชิงเส้นแบบใช้การควบคุมความเร็วแบบย้อนกลับ (Velocity Feedback Control) ขับเคลื่อนมวลขนาด 100 กิโลกรัมให้เคลื่อนที่บนพื้นราบในแนวเส้นตรงโดยไม่คิดค่าแรงเสียดทาน โดยกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ดังนี้ เริ่มต้นจากความเร็วเป็นศูนย์ ➔ เร่งความเร็วจนถึงประมาณ 0.33 เมตรต่อวินาที ➔ หน่วงความเร็วจนเป็นศูนย์ที่ระยะ 1 เมตร ➔ เร่งความเร็วกลับเป็น 0.33 เมตรต่อวินาทีในทิศตรงข้าม ผลที่ได้อ้างอิงจากภาพที่ 4 ดังนี้ [บรรยายกราฟทวนเข็มนาฬิกาจากด้านบน]

1) กราฟแสดงกำลัง (Power) ที่ใช้ในการขับเคลื่อนค่าสูงสุดประมาณ 40 วัตต์แต่เนื่องจากแบบจำลองยังไม่ได้คิดค่าแรงเสียดทานจากชุดขับเคลื่อน เช่น จากชุดเฟือง จากชุดบอลสกรู จากลูกปืนต่างๆ ค่ากำลังของมอเตอร์ที่คำนวณได้จึงเป็นค่าประมาณแบบต่ำสุดเท่านั้น (Minimum Requirement)

2) กราฟแสดงตำแหน่ง (Position) ของมวลที่ถูกขับเคลื่อน ใช้เวลาประมาณ 3 วินาทีในการขจัด 1 เมตร

3) กราฟแสดงความเร็ว (Speed) ณ เวลาใดๆ จะเห็นว่าความเร็วสูงสุดจะถูกควบคุมที่ค่าประมาณ 0.33 เมตรต่อวินาทีในทั้งสองทิศทาง

4) กราฟแสดงค่าความเร่ง (Acceleration) ของมวลที่ถูกขับเคลื่อนเพื่อให้ได้รูปแบบการเคลื่อนที่ตามที่กำหนด

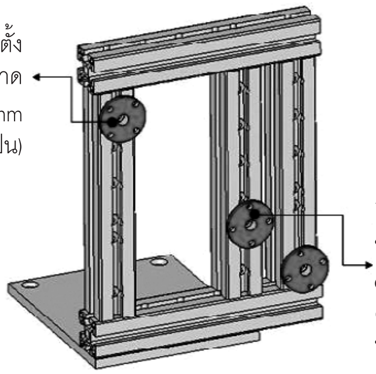
จากผลการจำลองโครงสร้างการเคลื่อนที่เราจึงออกแบบระบบทางกลดังนี้

● ใช้ระบบขับเคลื่อนแบบบอลสกรูเพื่อการเคลื่อนที่เชิงเส้นที่แม่นยำและสามารถรองรับความเร็วของการเคลื่อนที่ในระดับปานกลางได้ รวมทั้งบอลสกรูมีโครงสร้างที่แข็งแกร่งสามารถรับแรงได้ดี

● ใช้มอเตอร์ขนาดอัตรากำลังขับ 0.4 กิโลวัตต์ เพื่อความมั่นใจในการกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่ตามข้อกำหนดในมาตรฐาน

โครงสร้างของเครื่องทดสอบฯ ถูกประกอบขึ้นจากอลูมิเนียมโปรไฟล์สำเร็จรูปขนาด 40 X 40 มิลลิเมตร เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการขึ้นรูปโครงสร้างของเครื่องจักร ชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดรอกดังแสดงในภาพที่ 5 สามารถรองรับชุดรอก 5 ชุด คือ ชุดรอก

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ϕ200 ϕ160 ϕ100 ϕ80 ϕ60 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบสายไฟฟ้าในขนาดพื้นที่หน้าตัดที่แตกต่างกันตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานฯ



ภาพที่ 5 ชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดรอกสามารถรองรับชุดรอก 5 ชุด (ϕ200, ϕ160, ϕ100, ϕ80, ϕ60)

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบฯ

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องทดสอบฯ ประกอบไปด้วยชุดขับเคลื่อนมอเตอร์สำหรับขยายสัญญาณควบคุมโดยที่ในระดับการควบคุมในชั้นนี้จะมีรูปการควบคุมตำแหน่งของการเคลื่อนที่แบบย้อนกลับได้ (Feedback Control Loop) ผู้ใช้สามารถปรับค่าสมรรถนะของการควบคุมเช่น PID Gain ได้ ตัวกำหนดรูปแบบการเคลื่อนที่จะส่งชุดค่าเริ่มต้น (Set Points) มาสู่ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์โดยจะมีการ์ดควบคุมการเคลื่อนที่ทำหน้าที่ส่งผ่านชุดค่าเริ่มต้น การ์ดควบคุมการเคลื่อนที่จะถูกติดตั้งอยู่ที่ PCI Bus ของคอมพิวเตอร์ควบคุมหลัก PC เราสามารถโปรแกรมลักษณะและคาบการส่งของค่าเริ่มต้นได้โดยใช้โปรแกรม LabVIEW นอกจากนั้นโปรแกรมดังกล่าวยังเป็นตัวเชื่อมสำคัญระหว่างโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่และโปรแกรมนับจำนวนรอบของการทดสอบฯ และโปรแกรมตรวจสอบความล้มเหลว (Failure point) อีกด้วย

โปรแกรมนับจำนวนรอบของการทดสอบฯ และโปรแกรมตรวจสอบความล้มเหลว (Failure point)

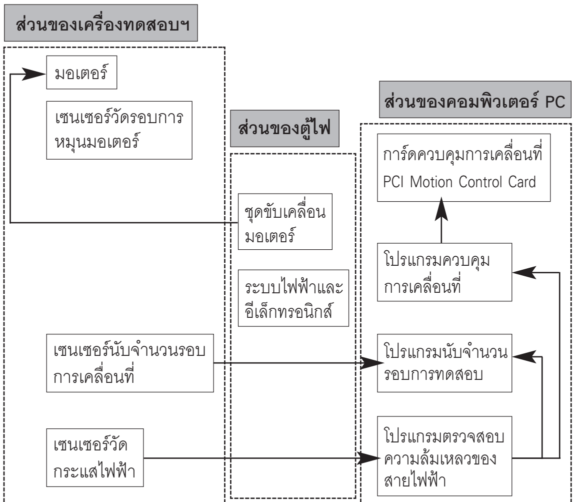
โปรแกรมทั้งสองมีความสำคัญต่อการทดสอบสายไฟโดยจะทำงานสอดคล้องกันและมีการเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันและกันซึ่งรวมไปถึงการเชื่อมโยงกับโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ด้วย โปรแกรมนับจำนวนรอบจะทำงานโดยการรับข้อมูลจากเซนเซอร์แบบ Proximity Switch เมื่อชุดโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดรอกวิ่งผ่านเซนเซอร์เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมาที่ตัวโปรแกรม โดยโปรแกรมก็จะนับจำนวนครั้งของการวิ่งผ่านของชุดโครงสร้างฯ จำนวนรอบจะถูกเก็บในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์ PC โปรแกรมตรวจสอบความล้มเหลวจะทำงานโดยการรับข้อมูลจากเซนเซอร์แบบวัดกระแสไฟฟ้า (Current Sensor) เมื่อขนาดของกระแสมีความเบี่ยงเบนไปจากค่าปกตินั่นแสดงว่ามีการรั่วไหลของกระแสไฟฟ้า โปรแกรมจะสามารถตรวจจับความเบี่ยงเบนของกระแสได้และจะสั่งการให้โปรแกรมอื่นๆ จบการทำงาน รวมทั้งสั่งหยุดการทำงานของเครื่องทดสอบฯ พร้อมทั้งสั่งงานให้มีการบันทึกข้อมูลของจำนวนรอบของการเคลื่อนที่เพื่อพร้อมสำหรับการรายงานผลการทดสอบ

การทำงานของเครื่องทดสอบสายไฟฟ้าชนิดทดสอบการอ่อนตัวฯ

ภาพที่ 6 แสดงแผนผังการทำงานของเครื่องทดสอบฯ เริ่มจากโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ส่งชุดคำสั่งการเคลื่อนที่ไปให้การ์ดควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อสั่งให้มอเตอร์หมุนขับเคลื่อนชุดรอกตามที่ชุดคำสั่งกำหนดรูปแบบของการเคลื่อนที่จะเป็นไปตามที่นำเสนอไปแล้วในข้างต้น การทดสอบจะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องซึ่งในขณะนี้โปรแกรมการนับจำนวนรอบก็จะมีหน้าที่รับสัญญาณจาก Proximity sensor เพื่อนับจำนวนครั้งการวิ่งผ่านของชุดรอก ณ จุดติดตั้งเซนเซอร์ซึ่งจะเป็นจุดกึ่งกลางของโครงสร้างเครื่องทดสอบ การทดสอบจะยุติลงก็ต่อเมื่อโปรแกรมตรวจสอบความล้มเหลวของสายไฟฟ้าตรวจพบค่าความเบี่ยงเบนของกระแสไฟฟ้าจากเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้าซึ่งอาจเกิดมาจากการหยุดชะงักของกระแสไฟฟ้า การลัดวงจรระหว่างตัวนำ การลัดวงจรระหว่างตัวอย่างที่ทดสอบกับรอก ณ จุดสิ้นสุดการทดสอบชุดรอกจะหยุดเคลื่อนที่จำนวนรอบการทดสอบจะถูกบันทึกเพื่อประโยชน์ในการอ้างอิงต่อไป

อภิปรายและสรุปผล

จากการทดสอบเครื่องทดสอบฯ ในชั้นต้นพบว่าเครื่องทดสอบฯ สามารถผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดการทดสอบสายไฟฟ้าแบบอ่อนตัวตามที่มอก.11-2549 ได้กำหนดไว้ การเคลื่อนที่สามารถทำได้อย่างราบรื่นไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ตามความเร็วที่กำหนดที่ 0.33 เมตรต่อวินาที หรือการเปลี่ยนความเร็วและทิศทางที่จุดย้อนกลับก็สามารถทำได้โดยไม่มีการกระตุก เซนเซอร์วัดรอบการหมุนมอเตอร์ เซนเซอร์นับจำนวนรอบการเคลื่อนที่ สามารถทำงานได้ตามที่คาดไว้ จุดที่เป็นข้อกังวลคือเรายังไม่เคยได้ลองทดสอบสายไฟจริงที่ต้องใช้รอบการทดสอบสูง เช่น จำนวนกรอบการทดสอบมากกว่า 100,000 รอบ โครงสร้างรองรับการเคลื่อนที่ที่เป็นบอลสกรูน่าจะรองรับการเสียดสีและความล้าทางกล (Mechanical Fatique) ชนิดต่างๆ ได้ แต่อายุการใช้งานของเครื่องอาจจะลดลง ทั้งนี้ สมรรถนะที่แท้จริงของเครื่องทดสอบฯ จะเป็นอย่างไรคงต้องมีการทดสอบการใช้งานและจะได้นำมานำเสนอในโอกาสต่อไป



ภาพที่ 6 แผนผังการทำงานของเครื่องทดสอบฯ

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อจำกัดของเวลาและสถานะของเครื่องทดสอบฯ ยังอยู่ในขั้นทดลองใช้งานมีพารามิเตอร์หลายๆตัวที่เกี่ยวกับการออกแบบและสมรรถนะของเครื่องที่เรามีความจำเป็นจะต้องตรวจเฝ้าระวัง (เราใช้โปรแกรม LabVIEW ควบคู่ไปกับ Data Acquisition Hardware เพื่อตรวจหาค่าพารามิเตอร์ที่เราสนใจได้หลายพารามิเตอร์ด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ) ดังนั้นต้นทุนการสร้างเครื่องทดสอบฯ ถึงแม้ว่าจะมีราคาต่ำกว่าเครื่องทดสอบฯ จากต่างประเทศแต่ก็ยังคงมีราคาที่สูงอยู่ เรามีความจำเป็นต้องซื้ออุปกรณ์ย่อยและโปรแกรมเพื่อความรวดเร็วและความสะดวกในการพัฒนา เช่น ชุดขับเคลื่อนเชิงเส้นควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งเราสามารถพัฒนาได้เอง หรือแทนที่เราจะใช้โปรแกรม LabVIEW เราก็สามารถใช้โปรแกรมภาษา C มาใช้ทดแทนได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย (Licence) ในแง่มุมของตัวระบบเองการใช้ระบบขับเคลื่อนทางกลแบบบอลสกรูก็อาจจะไม่มีความจำเป็นมากนักสำหรับเครื่องทดสอบฯ ที่จะสร้างขึ้นในรุ่นต่อไปเนื่องจากการทดสอบสายไฟฟ้าไม่ต้องการความละเอียดหรือความรวดเร็วในการเคลื่อนที่มากนัก อุปกรณ์ทางกล เช่น โซ่และเฟืองโซ่ก็สามารถให้การเคลื่อนที่เชิงเส้นได้ตรงตามความต้องการของการทดสอบฯในราคาที่ประหยัดกว่า นอกจากนั้นโครงสร้างแบบอะลูมิเนียมโปรไฟล์ถึงแม้ว่าจะเหมาะสมกับการขึ้นรูปโครงสร้างได้อย่างสะดวกรวดเร็วแต่ก็มีราคาสูงกว่าการใช้โครงสร้างแบบต่อเชื่อมด้วยวัสดุโครงสร้างที่มีราคาย่อมเยากว่าได้

เอกสารอ้างอิง

MATTKE AG ServoTechnik. **MATTKE AG Product Page.** 2007. **[Online]** [cited 7 September 2009] Available from internet : http://www.mattke.de.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มด้วยพอลิไวนิลคลอไรด์. **มอก. 11 -2531.** 90 หน้า.