วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 27 ฉบับที่ 3 ก.ค.–ก.ย. 2560
The Journal of KMUTNB., Vol. 27, No. 3, Jul.–Sep. 2017

บทความวิชาการ

ปัจจัยทางวิศวกรรมที่มีผลต่อการแบ่งประเภทการทำงานของเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะตามมาตรฐานสหพันธ์ขนถ่ายวัสดุแห่งสหภาพยุโรป

สุเมธ สถิตบุญอนันต์* และ วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0–2836–3000 ต่อ 4138 อีเมล: sumate.s@rmutp.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.06.005
รับเมื่อ 20 มิถุนายน 2559 ตอบรับเมื่อ 20 กันยายน 2559 เผยแพร่ออนไลน์ 26 มิถุนายน 2560
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะเป็นอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่มีบทบาทอย่างมากในงานอุตสาหกรรมใช้เคลื่อนย้ายวัตถุสิ่งของที่มีน้ำหนักในเวลาที่แตกต่างกันทั้งระยะเวลาในการทำงานภายในหนึ่งวันและช่วงเวลาของการเคลื่อนย้ายวัตถุสิ่งของอย่างต่อเนื่องในแต่ละครั้งของการทำงาน ด้วยการทำงานในเวลาที่มีความหลากหลายบนพื้นฐานของความต้องการที่แตกต่างกันไปในแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม ดังนั้นแล้วจึงมีการแบ่งเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะออกเป็นกลุ่มศักยภาพการทำงาน การแบ่งกลุ่มจะเน้นไปที่ศักยภาพการทำงานของรอกไฟฟ้าเป็นสำคัญเพราะเป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการยกวัตถุสิ่งของ โดยทั่วไปมาตรฐานสากลที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกในการแบ่งศักยภาพการใช้งานของงานรอกไฟฟ้านั้น มาตรฐานของสมาคมขนถ่ายวัสดุแห่งสหภาพยุโรป หรือที่เรารู้จักกันในนามของ FEM (European Federation of Materials Handling) เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศอุตสาหกรรมในกลุ่มสหภาพยุโรป มาตรฐานนี้ในเบื้องต้นแบ่งรอกออกเป็น 4 กลุ่มประเภทดังนี้ คือ รอกประเภทที่ใช้งานเบา รอกประเภทที่ใช้งานปานกลาง รอกประเภทที่ใช้งานหนัก และรอกประเภทที่ใช้งานหนักมาก ตามลำดับ การแบ่งประเภทของรอกจะแบ่งตามความถี่บ่อยของการใช้งานในช่วงเวลาการทำงานและความหนักเบาของภาระที่ยกซึ่งประเมินได้จากสัดส่วนของน้ำหนักที่ยกจริงต่อน้ำหนักของรอกที่สามารถยกได้ในช่วงเวลาการทำงานของแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรมที่แตกต่างกันไป

คำสำคัญ: เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะ, รอกไฟฟ้า, อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ, สมาคมขนถ่ายวัสดุแห่งสหภาพยุโรป

การอ้างอิงบทความ: สุเมธ สถิตบุญอนันต์ และ วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง, "ปัจจัยทางวิศวกรรมที่มีผลต่อการแบ่งประเภทการทำงานของเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะตามมาตรฐานสหพันธ์ขนถ่ายวัสดุแห่งสหภาพยุโรป," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 27, ฉบับที่ 3, หน้า 579–587, ก.ค.–ก.ย. 2560

Academic Article

The Engineering Factors Affecting for Classification of Electric Overhead Travelling Cranes by European Federation of Materials Handling

Sumate Sathibunanan* and Wirote Ritthong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0–2836–3000 Ext. 4138, E–mail: sumate.s@rmutp.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2017.06.005
Received 20 June 2016; Accepted 20 September 2016; Published online: 26 June 2017
© 2017 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Electric overhead travelling cranes play an important materials handling role in industry. They are used to move material of varying weights, with varying frequencies , and for varying the lengths of continuous operation. Each industry has different needs in each of these areas. Because of the critical role of overhead travelling cranes, they should not be classified only according to lift capacity. Consideration should be also be given to working potential (hours/times/day) and continuous working ability. In general, the standards that are used around the world to classify electric hoists follow those developed by the FEM (European Federation of Materials Handling). These are widely accepted, especially in the countries of the European Union. This standard is primarily divided into four categories: light duty hoists, medium duty hoists, heavy duty hoists, and very heavy duty hoists. The classification of the hoists within these categories is based on frequency of use (times per day), length of use (hours per time), and the amount of time during the work that the hoist operates at full load. These allow for proper consideration of the differing needs of each industry.

Keywords: Electric Overhead Cranes, Electric Hoist, Material Handing, Association of European Materials Handling

Please cite this article as: S. Sathibunanan and W. Ritthong, "The engineering factors affecting for classification of electric overhead travelling cranes by European federation of materials handling," *The Journal of KMUTNB.*, vol. 27, no. 3, pp. 579–587, Jul.–Sep. 2017 (in Thai).

1. บทนำ

อุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการพัฒนาการอย่างต่อเนื่องและยาวนานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะเวลา 30 ปีที่ผ่านมา อุตสาหกรรมไทยถูกวางรากฐานอย่างแข็งแกร่ง จากกลุ่มประเทศตะวันตก เช่น ประเทศเยอรมนี โดยผ่านระบบความช่วยเหลือทางด้านการศึกษาเชิงเทคนิคผ่านเข้ามาสู่ระบบการศึกษาในประเทศไทย และยังมีความช่วยเหลือที่สำคัญจากประเทศญี่ปุ่นโดยผ่านระบบความร่วมมือการฝึกอบรมเพื่อพัฒนาบุคลากรด้านเทคนิคของบริษัทชั้นนำในญี่ปุ่นที่เข้ามาลงทุนในภาคอุตสาหกรรมไทย ด้วยศักยภาพที่ดีของบุคลากรไทยที่ได้รับการฝึกฝนอบรมมาอย่างดี รวมทั้งนโยบายส่งเสริมการลงทุนในรูปแบบต่างๆ ของรัฐบาลที่ผ่านมา จึงทำให้ภาคอุตสาหกรรมไทยมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องในช่วงระยะเวลาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยทั่วไปภาคอุตสาหกรรมของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจะคำนึงถึงประสิทธิภาพของการผลิตทั้งในมิติของประสิทธิภาพเครื่องจักร ในมิติของเวลาที่ต้องใช้ในการผลิต และในมิติของต้นทุนที่ใช้ในการผลิต และสุดท้ายคือมิติด้านพลังงานที่ต้องตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (Energy Efficiency) รวมทั้งการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ต้องกระทำควบคู่กันไป ความเข้าใจในการเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาดและการเลือกใช้เครื่องจักรกลที่นำเข้าจากต่างประเทศอย่างมีประสิทธิภาพมีความสำคัญมากและเป็นดัชนีชี้วัดศักยภาพอีกด้านหนึ่งที่สำคัญของวิศวกรไทยในสายตาของนักอุตสาหกรรมชาวต่างชาติ อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุมีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทยและกำลังจะถูกพัฒนาไปสู่ระบบการทำงานในเชิงบูรณการแบบอัตโนมัติ เพื่อสนองตอบต่อความต้องการของอุตสาหกรรมมากขึ้นทุกวัน อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุต่างๆ อาทิเช่นเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะใช้สำหรับการเคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์ภายในสายงานการผลิต [1] ได้มีการผสมผสานอย่างลงตัวกันระหว่างเทคโนโลยีไฟฟ้าและเทคโนโลยีเครื่องกล (Mechatronic) และได้มีการแบ่งประเภทการทำงานของเครนตามมาตรฐานสากลต่างๆ อาทิเช่น CMAA, HMI, ISO [2] หรือ FEM ซึ่งมาตรฐานเหล่านี้อยู่บนพื้นฐานการคำนวณเดียวกัน [3] แต่มาตรฐานที่มีได้รับความนิยมมากที่สุดในประเทศไทยคือมาตรฐาน FEM (Fédération Européene de la Manutention) เนื่องด้วยอุตสาหกรรมไทยถูกวางรากฐานจากกลุ่มประเทศยุโรปที่ใช้มาตรฐาน FEM มาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะยังได้รับการพัฒนาให้พิเศษยิ่งขึ้นด้วยระบบการควบคุม ระบบการประมวลผลข้อมูลตามมาตรฐานของสมาคมขนถ่ายวัสดุแห่งยุโรป (FEM) [4], [5] บนระบบการการสื่อสารโทรคมนาคม [6] เพิ่มขึ้นอีกด้วย มาตรฐาน FEM คือมาตรฐานวิธีการ การเลือกใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุเชิงบูรณการตามหลักวิศวกรรมการออกแบบตามมาตรฐาน FEM มาตรฐาน FEM สามารถให้ภาพสะท้อนและมุมมองทางด้านวิศวกรรม ในบริบทของการออกแบบเครื่องจักรกลประเภทเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะที่มีความสัมพันธ์กับวัฒนธรรมการทำงานที่แตกต่างกันไปเช่นในประเทศยุโรปที่เป็นประเทศอุตสาหกรรมเก่าแก่ของโลกจะมีอุตสาหกรรมหลากหลายและจะมีการทำงานในหลากหลายอุตสาหกรรมเช่น อุตสาหกรรมเบา ปานกลาง หนัก จนไปถึงหนักมาก ทำให้ประเทศเหล่านี้ต้องออกแบบเครื่องจักรให้สอดคล้องกับวิถีการทำงานของอุตสาหกรรมภายในประเทศของตนเพื่อความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์การลงทุนในแต่ละภาคอุตสาหกรรม

2. เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะ (Electric Overhead Travelling Crane)

เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะ [7] ดังแสดงในรูปที่ 1 เป็นเครื่องจักรกลชนิดหนึ่งที่มีบทบาทอย่างมากและเพิ่มปริมาณการใช้เติบโตควบคู่มากับอุตสาหกรรมไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่มีความจำเป็นที่ต้องใช้อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ (Material Handing) ในการทำงานสำหรับการเคลื่อนย้ายวัสดุอุปกรณ์ภายในสายงานการผลิต เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะมีส่วนประกอบที่สำคัญหลักคือรอกไฟฟ้า (Electric Hoist) สำหรับไว้ยกน้ำหนัก

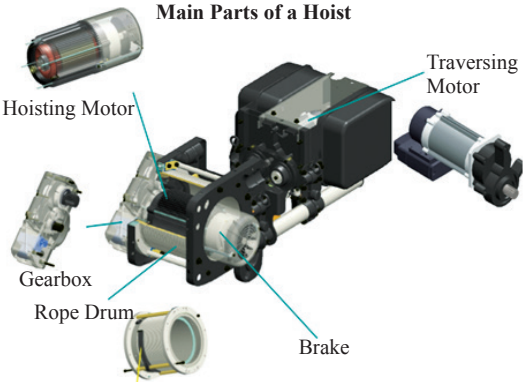
รูปที่ 1 เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะ (Electric Overhead Traveling Crane) [8]

รูปที่ 2 รอกไฟฟ้า (Electric Hoist)

และมีชุดคานล้อ (End Carriage) ไว้สำหรับขับเคลื่อนชุดเครนบนรางวิ่งตามแนวยาว (Runway Beam) ของโรงงาน การเคลื่อนที่ของเครนโดยทั่วไปจะแบ่งการเคลื่อนที่ได้เป็น 6 ทิศทาง คือการเคลื่อนที่ยกภาระในทิศทางขึ้น การวางภาระในทิศทางลง เคลื่อนย้ายภาระในแนวทิศทางซ้ายและขวา เคลื่อนย้ายภาระในแนวทิศทางหน้าและหลังของอาคารโรงงาน โดยการเคลื่อนที่ทุกทิศทางล้วนใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อน เครนไฟฟ้าเหนือศีรษะถูกควบคุมโดยชุดปุ่มกดที่มีสายไฟต่อกับชุดมอเตอร์เครน หรือโดยวิทยุควบคุม พนักงานที่มีประสบการณ์สามารถเคลื่อนย้ายเครนไปยังตำแหน่งต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ

3. รอกไฟฟ้า (Electric Hoist)

รอกไฟฟ้า [7] ดังแสดงในรูปที่ 2 เป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญของเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะใช้ในการยกวัตถุสิ่งของด้วยการทำงานของแรงบิดจากแกนมอเตอร์ไฟฟ้าส่งกำลังต่อไปยังชุดเกียร์เพื่อสร้างแรงบิดที่เหมาะสมต่อไปยังแกนม้วนสลิงและทดรอบสลิง เพื่อให้เกิดการได้เปรียบเชิงกลด้วยการเพิ่มกำลังการยกน้ำหนักให้มากขึ้น โดยอุปกรณ์ชุดเพลาซึ่งติดกับชุดตะขอเกี่ยวชิ้นงาน การควบคุมการทำงานของรอกไฟฟ้าในทิศทางต่างๆ จะควบคุมผ่านกระแสไฟฟ้าจากปุ่มกดควบคุมไปยังชุดอุปกรณ์แม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งติดตั้งภายในตู้ควบคุมการทำงาน โดยทั่วไปรอกสลิงไฟฟ้า (Electric Wire Rope Hoist) จะประกอบไปด้วย



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของรอกไฟฟ้า (Main Parts of Hoist)

ส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3 ที่สำคัญดังต่อไปนี้

3.1 มอเตอร์รอกไฟฟ้า (Hoisting Motor)

โดยทั่วไปจะต้องมีเปลือกหุ้มปิดมิดชิดป้องกันฝุ่นละออง (Totally Enclosed) ตามมาตรฐาน IP 55 ชุดขดลวดต้องหุ้มด้วยฉนวน Class F ทนอุณหภูมิสูงได้ถึง 155°C และจะต้องระบายความร้อนได้เป็นอย่างดีด้วยตัวเองโดยการออกแบบเป็นพิเศษ หรือด้วยพัดลมระบายอากาศเพื่อให้เกิดกระบวนการ การระบายความร้อนในขณะที่ใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปมีลักษณะความเร็วเป็นแบบสองความเร็ว (Two Speed Pole Changing Motor) โรเตอร์ (Rotor) แบบทรงกระรอก (Cylindrical Squirrel Cage) ใช้ระบบไฟฟ้ากระไฟฟ้าสลับ 380 Volt 3 Phase

50 Hz มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังหลักที่บ่งบอกถึงศักยภาพการทำงานของรอกทั้งในแง่ของความถี่ในการยกและความทนทานต่อภาระโหลดส่วนใหญ่ที่ต้องการยก ส่วนกรอบโครงสร้าง โดยทั่วไปใช้ป้องกันความชื้นและฝุ่นละออง กรอบโครงสร้างที่พบทั่วไปถูกออกแบบมาให้ใช้งานภายในอาคารโรงงานที่มีหลังคา (Indoor) สามารถป้องกันความชื้นและฝุ่นละอองได้ภายใต้สภาวะแวดล้อมในอาคารโรงงานเท่านั้น แต่มีกรอบโครงสร้างชนิดพิเศษที่สามารถใช้งานได้ในสภาวะแวดล้อมที่อยู่กลางแจ้ง (Outdoor) กรอบโครงสร้างถูกออกแบบมาให้กันน้ำเข้าไปในตัวรอก แต่อย่างไรก็ตามนั้นเราควรสร้างที่จอดเก็บรอก (Hoist Parking) เพื่อรักษารอกให้มีอายุการใช้งานที่ยืนยาวนานออกไป

3.2 ระบบเบรก (Brake System)

ระบบเบรกโดยทั่วไปเป็นแบบ DC Disc Brake ระบบเบรกในการยกจะเป็นไปโดยอัตโนมัติเมื่อกระแสไฟฟ้าในวงจรตัดหรือดับ ระบบเบรกที่ปลอดภัยจะสามารถจับยึดภาระที่ยกให้อยู่นิ่งโดยไม่มีการเคลื่อนที่ ระบบเบรกโดยทั่วไปสามารถจับยึดของที่ยกได้มากเท่าน้ำหนักที่ใช้ในการทดสอบรอกยก พร้อมทั้งมีชุดปลดเบรกแบบ (Manual Release Brake) ในกรณีต้องการปลดภาระสิ่งของลงเมื่อกระแสไฟฟ้าในวงจรตัดหรือดับ

3.3 ระบบเกียร์ (Gearing System)

ระบบเกียร์ของรอก จะเป็นแบบเกียร์วงพระจันทร์ (Planetary Gear) หรืออาจจะเป็นแบบเฟืองเฉียง (Helical Gear) และจะแช่อยู่ในอ่างน้ำมัน

3.4 ชุดอุปกรณ์ม้วนเก็บสลิง (Rope Drum)

ทำด้วยเหล็กม้วนทรงกระบอกเชื่อมและเจียรนัยรอยเชื่อมและขึ้นรูปปีก (Flange) ทั้ง 2 ด้าน ตัวดรัมเก็บลวดสลิงจะต้องมีตัวบังคับสลิง (Rope Guide) ให้เรียงเก็บลวดสลิงบนตัวเก็บม้วนเก็บสลิง (Drum) อย่างเป็นระเบียบและป้องกันการหย่อนตัวของลวดสลิง

3.5 มอเตอร์ชุดโครงชุดล้อเลื่อน (Traversing Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้าโดยทั่วไปที่นิยมใช้ มี 2 ลักษณะความเร็ว (Two Speed Pole Changing Motor) สามารถควบคุมให้ภาระน้ำหนักเคลื่อนที่ตามแนวขวาง (Cross Traveling) ขนาดของมอเตอร์ (Motor Rated Output) ที่ออกแบบใช้งานต้องไม่น้อยกว่า 115% ของกำลังที่ต้องการในขับเคลื่อนมอเตอร์

4. สมาคมขนถ่ายวัสดุแห่งสหภาพยุโรป FEM (European Federation of Materials Handling)

FEM [9] นอกจากจะมีความหมายในเชิงสัญลักษณ์ของมาตรฐานที่ดีแล้ว FEM ยังเป็นชื่อย่อของสมาคมขนถ่ายวัสดุแห่งยุโรป เป็นสมาคมตัวแทนของผู้ผลิตอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุและอุปกรณ์การจัดเก็บ ถูกก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2496 FEM เป็นสมาคมทางด้านอุตสาหกรรมที่ไม่แสวงหากำไรภายใต้กฎหมายของรัฐบาลประเทศเบลเยี่ยม ที่มีสำนักงานใหญ่ในกรุงบรัสเซลส์ สมาชิกของ FEM ปัจจุบันประกอบด้วย 13 ชาติสมาชิกจากสหภาพยุโรป มีจำนวนสมาชิกครอบคลุม 80% ของบริษัทที่เกี่ยวพันกับอุตสาหกรรมทั้งหมดในยุโรป สัดส่วนผลผลิตในภาคอุตสาหกรรมรวมกันของกลุ่มสมาชิกเครือข่ายมากกว่าครึ่งหนึ่งของผลผลิตทางด้านอุตสาหกรรมของทั้งโลกรวมกัน FEM จึงมีส่วนอย่างยิ่งที่จะเป็นแรงผลักดันในการส่งเสริมวิสัยทัศน์ทางด้านอุตสาหกรรมที่มีความเกี่ยวพันกับอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุและการจัดเก็บที่ทางสมาคมมีส่วนในการออกแบบมาตรฐานการใช้งานเชิงวิศวกรรม FEM มีข้อดีในแง่ที่เป็นองค์กรที่เชื่อมความสัมพันธ์ให้กับบริษัทต่าง ๆ ที่เป็นสมาชิกของสมาคมได้พูดคุยแลกเปลี่ยนมุมมองทางด้านบูรณการกับผู้เชี่ยวชาญจากประเทศอื่น ๆ ทั้งยังได้สร้างสรรค์ความสัมพันธ์ส่วนตัวที่ดีมีคุณประโยชน์ร่วมกันพร้อมทั้งยังกระตุ้นงานวิจัยใหม่ ๆ เชิงบูรณการ และสิ่งสำคัญที่สุดบริษัทต่าง ๆ จะได้รับความรู้ ข้อมูล ข่าวสารจากคู่แข่งที่มีประโยชน์เพื่อใช้ในการประเมินศักยภาพภาพขององค์กรพร้อมทั้งหารูปแบบความร่วมมือใหม่ ๆ ระหว่างกันในเชิงลดการแข่งขันที่รุนแรงและเพิ่มศักยภาพ

การพัฒนาอย่างยั่งยืนเพื่อเสถียรภาพการดำรงอยู่ของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องกับการขนถ่ายวัสดุสืบต่อไป

5. การคำนวณหาค่าศักยภาพการทำงานของรอกไฟฟ้าตามมาตรฐานสมาคมขนถ่ายวัสดุแห่สหภาพยุโรป

มาตรฐานที่บ่งบอกถึงระดับศักยภาพการทำงานของรอกไฟฟ้า (FEM GROUP) [4], [5] ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มๆ ของการทำงานได้ดังนี้ 1Bm 1Am 2m และ 3m ดังแสดงในตารางที่ 1 ตามลำดับจากศักยภาพของการทำงานจากน้อยไปสู่มากซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพการทำงานของมอเตอร์ในเชิงของความเร็ว ระยะยก และช่วงเวลาการทำงาน รวมไปถึงความถี่บ่อยของการใช้งานเชิงน้ำหนัก (Load Spectrum) ของรอกไฟฟ้าซึ่งการใช้งานเชิงน้ำหนักได้จากความสัมพันธ์ของความหนักเบาของภาระที่ยก (Load %) ประเมินได้จากอัตราส่วนของน้ำหนักที่ยกจริงต่อน้ำหนักที่รอกสามารถยกได้กับในช่วงเวลาที่ใช้งานที่ถูกกำหนดขึ้น (Operating Time %) ตามมาตรฐาน FEM ความสัมพันธ์ทางวิศวกรรมระหว่างความถี่บ่อยของการใช้งานในแต่ละช่วงเวลาหนึ่ง (Average Daily Operating Time Per Day) และ ความถี่บ่อยของการใช้งานเชิงน้ำหนัก (Load Spectrum) ของรอกไฟฟ้าสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกประเภทการทำงานของรอก (FEM Hoist Duty Service Classification) [4], [5]

Load Spectrum	Average Daily Operating Time Per day (hours per day)					
	≤0.5	≤ 1	≤ 2	≤ 4	≤ 8	≤ 16
Light			1Bm	1Am	2m	3m
Medium		1Bm	1Am	2m	3m	
Heavy	1Bm	1Am	2m	3m		
Very Heavy	1Am	2m		3m		

5.1 ความถี่บ่อยของการใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง

ความถี่บ่อยของการใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง [4], [5] จะสะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพการทำงานของมอเตอร์จากสมการที่ (1) ด้านล่างจะพบว่าความถี่บ่อยของการทำงานในช่วงเวลาหนึ่ง มีความสัมพันธ์เชิงวิศวกรรมกับค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้ ระยะยกเพื่อการใช้งานโดยเฉลี่ย (Average Lifting Height) รอบการทำงานที่ยกของไปและกลับของรอกไฟฟ้า (Cycles) ช่วงเวลาการทำงานต่อวัน (Working Time Per Day) และ ความเร็วส่วนใหญ่ของรอกที่ใช้ในการยกน้ำหนักขึ้น (Hoisting Speed)

Average Operating Timeper Day

$$\frac{2\times Average\,lifting\,height\times Cycles\times Working\,time\,per\,day}{60\times hoisting\,speed} \quad (1)$$

Average Lifting Height = ระยะยกเพื่อการใช้งานโดยเฉลี่ย (เมตร)

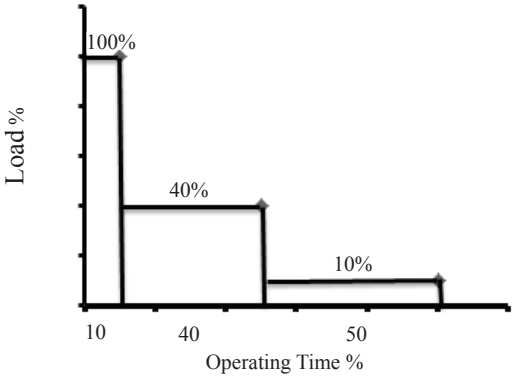
Cycles = รอบการทำงานที่ยกน้ำหนักไปและกลับของรอกไฟฟ้า (จำนวนครั้ง/ชม.)

Working time per day = ช่วงเวลาการทำงานต่อวัน (ชม./วัน)

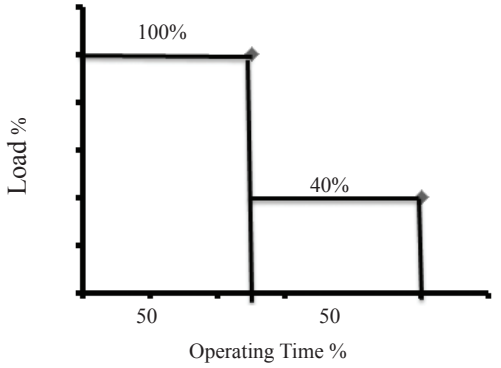
Hoisting speed = ความเร็วส่วนใหญ่ของรอกที่ใช้ในการยกน้ำหนักขึ้น (เมตร/นาที)

5.2 ความถี่บ่อยของการทำงานของรอกไฟฟ้าเชิงน้ำหนัก

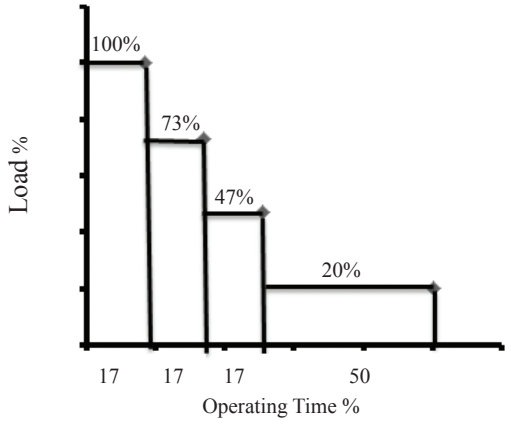
ความถี่บ่อยของการทำงานของรอกไฟฟ้าเชิงน้ำหนักแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ รอกประเภทแรกคือประเภทที่การใช้งานเบา ดังแสดงในรูปที่ 4 เช่นรอกยกน้ำหนักไม่มากยกแค่ครึ่งเดียว เฉพาะในเวลาพิเศษ (10%) เท่านั้นที่จะยกเต็มน้ำหนักตัวอย่างโรงงานที่ใช้งานประเภทนี้ เช่นโรงซ่อมบำรุงเครื่องจักรเบา รอกประเภทที่สองคือประเภทการใช้งานปานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 5 มักจะอยู่ภายใต้การยกที่กระจายน้ำหนักน้อยบ้างมากบ้าง เฉพาะในบางเวลา (17%) รอกจะยกน้ำหนักเต็มพิกัดตัวอย่างโรงงานที่ใช้งานประเภทนี้เช่นประกอบชิ้นส่วนเครื่องจักร รอกประเภทที่สามคือประเภทการใช้งานหนัก ดังแสดงในรูปที่ 6 เช่นรอกที่ยกเต็มพิกัดน้ำหนักในช่วงของ 50% การทำงานทั้งหมด ตัวอย่างโรงงานที่ใช้งานประเภทนี้เช่นโรงหล่อขึ้นรูปและโรงซ่อมบำรุงเครื่องจักรหนัก รอก



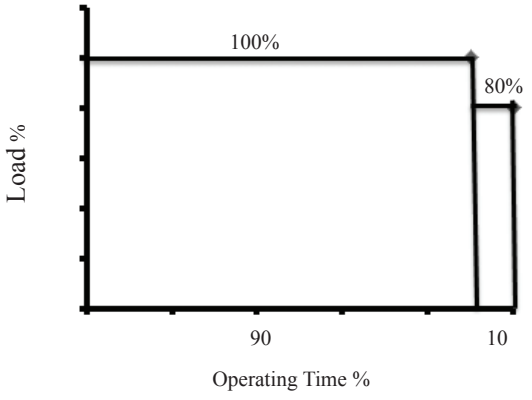
รูปที่ 4 กราฟของรอกประเภทใช้งานเบา (Light) [4], [5]



รูปที่ 6 กราฟของรอกประเภทใช้ใช้งานหนัก (Heavy) [4], [5]



รูปที่ 5 กราฟของรอกประเภทใช้งานปานกลาง (Medium) [4], [5]



รูปที่ 7 กราฟของรอกประเภทใช้งานหนักมาก (Very Heavy) [4], [5]

ประเภทที่สามคือประเภทการใช้งานที่หนักมาก ดังแสดงในรูปที่ 7 เช่นรอกที่ยกน้ำหนักเต็มพิกัดเกือบจะตลอดเวลา (90%) ตัวอย่างโรงงานที่ใช้งานของรอกประเภทนี้ คือ โรงงานที่มีการทำงานที่ต้องใช้อุปกรณ์ช่วยยกติดกับตัวรอกตลอดเวลา ความถี่บ่อยของการใช้งานเชิงน้ำหนักแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำหนักที่ยกจริงต่อน้ำหนักที่ของรอกสามารถยกได้กับช่วงเวลาการทำงานจริงที่ถูกกำหนดขึ้น เราสามารถพิจารณาการแบ่งประเภทการทำงานของรอกไฟฟ้าเชิงน้ำหนัก ประเภทต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นตามลำดับจากรูปภาพกราฟที่ 4 ถึงรูปที่ 7 ที่แสดงการทำงานของรอกประเภทต่าง ๆ ได้ดังต่อนี้

6. สรุป

การออกแบบเครนไฟฟ้าเหนือศีรษะในภาคอุตสาหกรรมจะใช้หลักการการผสมผสานกันอย่างลงตัวระหว่างภาคเครื่องกลกับภาคไฟฟ้า (Mechatronic) เพื่อให้เกิดการทำงานที่มีประสิทธิภาพอย่างลงตัวจะเห็นว่าการประเมินศักยภาพของรอกไฟฟ้าด้วยคำนวณหาค่า FEM GROUP นั้นจะแบ่งได้เป็น 2 ส่วนดังต่อไปนี้ ส่วนแรก คือ

การหาศักยภาพทางเครื่องกลด้วยการหาศักยภาพการทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ ในรูปแบบของความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งานที่แตกต่างกันไปในแต่ละความถี่บ่อยของการทำงานเชิงน้ำหนักที่เกิดขึ้น ซึ่งถ้าค่าที่หาได้มีค่าที่สูงรอกไฟฟ้าที่อยู่ในกลุ่มนั้นจะต้องสามารถใช้งานในสภาวะงานที่หนักมากซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงชิ้นส่วนเครื่องกลต่างๆ ที่รับน้ำหนักต้องถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพการใช้งานที่หนักหน่วง ส่วนที่สอง คือการคำนวณหาศักยภาพทางไฟฟ้าด้วยการหาศักยภาพการทำงานของมอเตอร์รอกไฟฟ้าในรูปแบบของคำนวณหาค่าความถี่บ่อยของการใช้งานในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งถ้าค่าที่คำนวณได้มีค่าที่สูงจะสะท้อนถึงระยะยกเพื่อการใช้งานโดยเฉลี่ย รอบการทำงานที่ยกวัตถุสิ่งของไปและกลับของรอกไฟฟ้า รวมไปถึงช่วงเวลาการทำงานต่อวัน ซึ่งค่าต่างๆ เหล่านี้ต้องเป็นค่าที่มากในขณะที่ความเร็วของรอกที่ใช้งานในอุตสาหกรรมรมโดยทั่วไปมักจะไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ดังนั้นแล้วมอเตอร์ของรอกไฟฟ้า จะต้องถูกออกแบบให้มีความเหมาะสมกับค่าที่คำนวณได้ของแต่ละความถี่บ่อยของการทำงานในช่วงเวลาหนึ่ง เราจะเห็นได้ว่า FEM GROUP เป็นค่าการเลือกใช้รอกไฟฟ้าให้มีความเหมาะสมกับการทำงาน ในหลายๆ ครั้งวิศวกรไทยมักเลือก รอกไฟฟ้าที่มีค่า FEM GROUP ที่สูงไว้ก่อนเช่นการใช้งานที่แท้จริงของรอกไฟฟ้าอยู่ในกลุ่ม 1Am แต่เลือกใช้รอกไฟฟ้าอยู่ในกลุ่ม 2m ในหลักความแข็งแรงการเผื่อค่า FEM GROUP ให้มากไว้ก่อนไม่ได้เป็นสิ่งที่ผิดแต่ควรคำนึงถึงในแง่เศรษฐศาสตร์เช่น ราคารอกไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาในระยะยาวของรอกไฟฟ้า รอกไฟฟ้าที่มีค่า FEM GROUP ที่สูงกว่าจะมีค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสูงตามไปด้วย วิศวกรต่างชาติโดยเฉพาะวิศวกรชาวตะวันตกส่วนใหญ่จะเลือก FEM GROUP ของรอกไฟฟ้า ที่มีค่าเหมาะสมกับการทำงานที่แท้จริงของรอกไฟฟ้านั้นๆ เนื่องด้วยบริษัทจากชาติตะวันตกส่วนใหญ่มักจะมีสาขาในต่างประเทศเป็นจำนวนมากดังนั้นจึงมีการใช้รอกและเครนรวมกันเป็นจำนวนมากเมื่อรวมรอกและเครนทุกสาขาทั่วโลก ดังนั้นแล้วการจะเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ทางด้านวิศวกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งบริษัทจากชาติตะวันตกเหล่านั้นจะต้องคำนึงถึงมิติการบูรณการระหว่างศักยภาพทางวิศวกรรมและความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ทั้งในระยะสั้นและในระยะยาวควบคู่กันไปด้วยทุกครั้ง

7. กิตติกรรมประกาศ

ผู้นิพนธ์ขอขอบคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนการตีพิมพ์บทความทางวิชาการในครั้งนี้ด้วยดีมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

[1] Q. Xiaogang, X. Gening, F. Xiaoning, and B. Xiaoheng, "Intelligent optimization methods for the design of an overhead travelling crane," *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 28, pp. 187–196, September 2015.

[2] Gary J. Davis, *Guidelines for Inspecting Overhead Crane Structures*, Texas Registered Engineering Firm, Texas, 2011, pp. 17–42.

[3] *Electric Overhead Traveling (EOT) Cranes and Hoists*., PDH Center., New York, 2012, pp. 2–6.

[4] European Federation of Materials Handling. (1997, July). Rules for the Design of Storage and Retrieval Machines Mechanisms [Online]. Available: http://vdmashop.de/refs/FEM9.512%20Engl.pdf (in Thai).

[5] J. D. NUEHAUS. (2015, November). Instructions "Actual operating time". J.D. NEUHAUS GmbH & Co. KG. Witten, Germany. [Online]. Available: http://www.jdngroup.com/no_cache/en/service/assistance-tips/operating-time-calculator.html

[6] Konecranes (2014, June). Konecranes announces TRUCONNECT Remote Monitoring and Reporting service to enhance safety optimize

maintenance [Online]. Available: http://www.automation.com/library/resources/konecranes-announces-truconnect-crane-monitoring-service

[7] A. Bhatia.(2015, December). Electric Overhead Traveling (EOT) Cranes and Hoists. Fairfax, USA. [Online]. Available: http://www.pdhcenter.com/

[8] YUANTAI CRANE. (2015, December). Overhead Crane. Zhengzhou, China. [Online]. Available: http://www.ytcrane.com/products/

[9] FEM- European Materials Handling Federation. (2015, December). Consultation on Smart Regulation in The EU FEM Contribution. European Materials Handling Federation. Brussels, Belgium. [Online]. Available: http://ec.europa.eu/smart-regulation/consultation_2012/docs/registered_organisations/fem_en.pdf (in Thai).