

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceeding of The 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2014)

การตรวจจับความเร็วรอบต่ำ ด้วยวงจรมับแบบนิรภัยร่วมกับตัวเปรียบเทียบแบบวินโดว์

Low-speed Detection by a Fail-safe Counter with Window Comparator Circuits

เอกรินทร์ พิทธิแก้ว และแสนศักดิ์ คืออ่อน<sup>1</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

833 ถ.พระราม 1 แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ : 02-1049099 ต่อ 7001 E-mail: sansak@ptwit.ac.th

บทคัดย่อ

บทความได้นำเสนอวิธีการตรวจจับความเร็วรอบต่ำ ด้วยวงจรมับแบบนิรภัยร่วมกับตัวเปรียบเทียบแบบวินโดว์ โดยวิธีการที่นำเสนอประกอบด้วย เทคนิคการใช่วงจรมับแบบดิจิทัลที่มีการออกแบบให้อยู่ในโหมดผิดพลาดนิรภัยสำหรับตรวจจับความเร็วรอบต่ำและการใช้งานวงจรมับแบบความถี่ต่ำร่วมกับวงจรมับแรงดัน เพื่อให้เป็นฟังก์ชันการตรวจสอบตนเองของวงจรมับสำหรับตรวจสอบความผิดปกติของสัญญาณภายในของระบบเอง อันจะส่งผลให้วงจรมับทำงานแบบผิดพลาดนิรภัยดังกล่าว เงื่อนไขของสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านขาออกแบบปกติที่ได้จากวงจรมับจะปรากฏที่ต่อเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ ร่วมกับวงจรมับและอุปกรณ์ต่อส่วนทุกส่วนต้องทำงานเป็นปกติด้วย หากนอกเหนือจากกรณีดังกล่าวข้างต้นแล้วจะไม่มีสัญญาณปรากฏที่ด้านขาออกแต่อย่างใด ภาควงจรมับปรับปรุงสัญญาณแรงดันด้านขาออกของวงจรมับได้ทำการเพิ่มวงจรมับเปรียบเทียบแบบวินโดว์ สำหรับใช้ในการตรวจสอบช่วงค่าของระดับแรงดันที่ปรากฏ เพื่อเป็นการติดตามการทำงานและอินพุตสภาวะการทำงานของวงจรมับให้อยู่ในโหมดการทำงานที่ปลอดภัย อีกทั้งยังเป็นการป้องกันผลของความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นภายในของวงจรมับอันจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดอันตรายขึ้นกับวงจรมับในภาคถัดไปได้อีกด้วย ฟังก์ชันนิรภัยสำหรับการใช้งานระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าที่ถูกกำหนดไว้ตามมาตรฐาน IEC 61800-5-2 นั้น ได้ถูกนำมาใช้ในการทดสอบการทำงานของวงจรมับที่จัดสร้างขึ้นจากหลักการที่ได้นำเสนอมานี้ข้างต้น อันประกอบด้วย ฟังก์ชันการติดตามช่วงความเร็วที่ปลอดภัยและฟังก์ชันการจำกัดช่วงความเร็วที่ปลอดภัย เพื่อเป็นการตรวจสอบและอินพุตการทำงานของวงจรมับได้มีการออกแบบไว้ให้ทำงานในลักษณะผิดพลาดนิรภัย

คำสำคัญ: ระบบนิรภัย, ความผิดพลาดนิรภัย, มาตรฐาน IEC 61800-5-2, ตัวเปรียบเทียบแบบวินโดว์, การวิเคราะห์คุณลักษณะของความเสียหาย และผลกระทบ

Abstract

A low-speed detection method using a fail-safe counter with window comparator circuits is proposed. Specific features of this proposed method are, firstly, the adoption of digital counter circuits for detection of low-speed, and, secondly, the diagnosis of the digital

counter circuit and its result output as dynamic signals to a band-pass filter and a charge pump circuit. Only when the motor speed gets lower than the predetermined speed and no parts of the digital counter circuit malfunction, dynamic signals with the band-pass frequency are provided to the filter and a DC signal is eventually output as the low-speed detection results in a fail-safe manner. Safety analyses of this fail-safe counter have been carried out, and a fail-safe window comparator which checks the DC signal level from the fail-safe counter has been added to the charge pump circuit as a countermeasure against specific critical failure modes. The safe speed monitoring (SSM) and safely limited speed (SLS) functions are important designated safety functions which the IEC 61800-5-2 requires of electrical motor drive systems, and these functions are realized by the fail-safe counter in an inherently safe manner.

Keyword: Safety system, Fail-safe, IEC 61800-5-2 standard, Window comparator, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

1. บทนำ

เป็นเวลากว่าสี่สิบปีล่วงมาสำหรับประเทศในแถบยุโรปและอเมริกาที่ระบบนิรภัยได้ถูกกล่าวถึงและมีการนำมาใช้งานกับการออกแบบระบบที่ต้องการความน่าเชื่อถือสูงและมีความปลอดภัยไปพร้อมกัน สำหรับประเทศในแถบเอเชีย อันได้แก่ ญี่ปุ่น เป็นต้น ในช่วงสี่สิบปีที่ผ่านมามีความสำคัญเป็นอย่างมากกับระบบนิรภัย[1] พร้อมกับมีความคืบหน้าในการออกแบบและประยุกต์ใช้งานระบบต่างๆ ให้ออกคล่องกับแนวคิดของระบบนิรภัยดังกล่าวข้างต้น ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของระบบนิรภัยได้แก่ ระบบวาล์วนิรภัยต่างๆ ของโรงกลั่นน้ำมัน หรือการตรวจจับความผิดปกติของเตาปฏิกรณ์ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นต้น สำหรับการใช้งานที่เกี่ยวข้องและใกล้ชิดกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ที่สามารถพบเห็นได้โดยทั่วไป อันได้แก่ ระบบควบคุมการเปิด-ปิด ประตูลิฟต์ ระบบการหยุดในกรณีฉุกเฉินของบันไดเลื่อน ระบบเครื่องกั้นทางผ่านของรถไฟ ระบบควบคุมการหยุดขบวนรถของรถไฟฟ้ามหานครที่เป็นแบบความเร็วปกติและความเร็วสูง[2] ระบบนิรภัยในเครื่องบินหรืออากาศยานอื่นๆ และน่านน้ำแสงนิรภัยในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานร่วมกับหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรที่อาจเป็นอันตรายต่อคน[3] เป็นต้น และเมื่อมาตรฐาน IEC 61800-5-2 ได้เริ่มมี

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครื่องจักรวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

Proceeding of The 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2014)

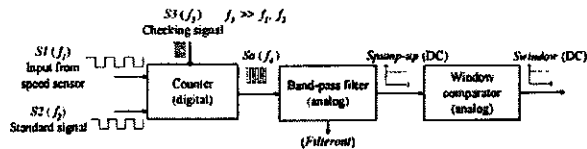
การประกาศใช้เกี่ยวกับฟังก์ชันนิรภัยสำหรับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ[4] ความจำเป็นและฟังก์ชันนิรภัยต่างๆ ที่ได้มีการกล่าวถึงตามมาตรฐานนี้ ได้ถูกนำมาใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบชุดขับเคลื่อนมอเตอร์และระบบป้องกัน ให้มีความสอดคล้องและเป็นไปตามที่ถูกระบุไว้ในมาตรฐานดังกล่าวด้วย

## 2. หลักคิดและการออกแบบระบบนิรภัย

### 2.1 วงจรนับแบบนิรภัย

บทความนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์หลักการออกแบบระบบนิรภัยกับวงจรนับความถี่แบบดิจิทัลเพื่อใช้สำหรับตรวจเช็คความเร็วรอบของมอเตอร์ในช่วงที่มีความเร็วรอบต่ำ การตรวจเช็คความเร็วรอบแบบพื้นฐานที่ได้มีการออกแบบระบบให้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ตรวจนับที่ใช้งานกันอยู่โดยทั่วไป เช่น อุปกรณ์ตรวจเช็คความเร็วรอบด้วยแสง เป็นต้น มีความเหมาะสมกับการใช้งานที่ความเร็วรอบต่างๆ ในย่านกว้างแต่ยังคงไม่เพียงพอถ้ามุ่งเน้นเฉพาะในช่วงที่มีความเร็วรอบต่ำซึ่งมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่มักมีค่าความถี่ที่ค่อนข้างสูงอยู่ในขณะเวลานั้น ประกอบกับการสร้างสัญญาณในการตรวจเช็คความเร็วรอบหรือตรวจสอบสถานะของตัวมอเตอร์เพื่อการควบคุมการเดินหรือหยุดระบบอย่างกะทันหันในกรณีฉุกเฉินเป็นการตัดสินใจที่ยากยิ่งสำหรับช่วงความเร็วรอบต่ำดังกล่าว สืบเนื่องจากมีช่วงคาบเวลาที่กว้างมากจากผลของค่าความถี่ที่ต่ำ (ช่วงที่ความเร็วรอบต่ำ) ส่งผลให้ระบบอาจจะไม่สามารถระบุหรือชี้ขาดได้ชัดเจนว่าช่วงเวลาที่ยาวนานดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่ยังมอเตอร์ได้หยุดการทำงานโดยสมบูรณ์แล้ว(หยุดนิ่ง) หรือเป็นช่วงเวลาในการรอสัญญาณพัลส์ของตัวตรวจเช็คความเร็วในรอบถัดไป อีกทั้งยังเป็นการยากในการกำเนิดหรือสร้างสัญญาณพัลส์ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ทดแทนการตรวจนับหรือควบคุมระบบในช่วงความเร็วรอบที่ต่ำนี้ เหตุเพราะสัญญาณพัลส์ดังกล่าวจะมีค่าน้อยลงตามค่าของความเร็วรอบที่ลดลงนั่นเอง และจะหมดไปในที่สุดเมื่อมอเตอร์หยุดนิ่งโดยสมบูรณ์ ตัวอย่างเหตุการณ์ที่เคยเกิดขึ้นและถูกนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาของภาควิชาดังกล่าวคือ เหตุการณ์ที่วงจรตรวจนับทำงานผิดปกติและหยุดทำงานในที่สุด เนื่องจากเกิดการชำรุดเสียหายของอุปกรณ์ทำให้ประจุห้องโดยสารของรถไฟฟ้ามุดขึ้นในขณะที่รถไฟยังคงเคลื่อนที่อยู่ และอีกกรณีศึกษาหนึ่งคือเหตุการณ์ห้องลิฟต์โดยสารได้เคลื่อนที่ลงในขณะที่ประตูของห้องลิฟต์ยังไม่ถูกปิดส่งผลให้มีผู้เสียชีวิตจากเหตุการณ์นี้ ระบบตรวจนับที่สถานะดังกล่าวข้างต้นนอกจากการออกแบบที่ถูกต้องเหมาะสมแล้ว ความน่าเชื่อถือได้ของระบบและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ยังคงเป็นสิ่งที่จะต้องมีการทบทวนและพิจารณาอย่างรอบคอบอีกด้วย จึงเป็นที่มาของงานวิจัยชิ้นนี้ ที่จะนำเสนอหลักการออกแบบใช้งานและทดสอบยืนยันการทำงานของวงจรที่ได้จัดสร้างขึ้น ตามหลักการและแนวคิดของการออกแบบระบบนิรภัย โดยออกแบบให้อยู่ในโหมดการทำงานแบบผิดพลาดนิรภัย(Fail-safe) กล่าวคือการทำงานของวงจรอาจเกิดความผิดพลาดได้ด้วยหลายเหตุปัจจัย บางปัจจัยสามารถควบคุมได้ แต่บางกรณีก็เป็นการยากที่จะควบคุม แต่เมื่อเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นแล้วระบบจะต้องนำไปสู่สถานการณ์ที่ปลอดภัย และจะต้องป้องกัน

ไม่ให้เกิดความผิดพลาดที่เป็นอันตราย(Fail-dangerous)เกิดขึ้นกับระบบได้อีกด้วย ตัวอย่างของเหตุปัจจัยที่อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่วงจรหรืออุปกรณ์ภายใน เช่น กรณีที่อุปกรณ์เสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน หรือการใช้งานภายใต้สภาพแวดล้อมที่วิกฤต อันได้แก่ อุณหภูมิสูง ความชื้นสูง การสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง เป็นต้น



รูปที่ 1 บล็อกไออะแกรมการทำงานของวงจรมับแบบนิรภัย

บล็อกไออะแกรมการทำงานของระบบ และวงจรของภาคนับสัญญาณแบบดิจิทัลซึ่งทำงานร่วมกับชุดเปรียบเทียบสัญญาณแบบ 4 บิต ได้ถูกแสดงไว้ดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ตามลำดับ วงจรมับแบบนิรภัยประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ภาคนับสัญญาณแบบดิจิทัล และ ภาคการตรวจสอบความคิดปกติของการทำงานที่ประกอบด้วยวงจรกรองแถบความถี่ผ่านที่นำมาต่อร่วมกับวงจรเพิ่มแรงดันด้านขาออกของระบบ ทั้งนี้สัญญาณที่เกี่ยวข้องกับวงจรมับดังกล่าวประกอบด้วย

- สัญญาณขาเข้าที่จุด S1 เป็นสัญญาณที่ได้จากชุดตรวจวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ กำหนดให้มีค่าความถี่เท่ากับ  $f_1$
- สัญญาณขาเข้าที่จุด S2 เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับวงจรมับ กำหนดให้มีค่าความถี่เท่ากับ  $f_2$
- สัญญาณขาเข้าที่จุด S3 เป็นสัญญาณสำหรับฟังก์ชันการตรวจสอบตัวเอง(Diagnosis function)ของวงจรมับ กำหนดให้มีค่าความถี่เท่ากับ  $f_3$  (3.2 MHz)
- สัญญาณขาออกที่จุด So เป็นสัญญาณความถี่สูงที่ออกจากวงจรมับและเปรียบเทียบสัญญาณ กำหนดให้มีค่าความถี่เท่ากับ  $f_1$  ที่สภาวะปกติสัญญาณด้านขาออกนี้จะมีค่าความถี่เท่ากับความถี่ของ  $f_3$  หากด้วย 32 ( $f_3/32$ ) ซึ่งในที่นี้จะมีค่าเท่ากับ 100 kHz (3.2 MHz / 32) ทั้งนี้หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับอุปกรณ์หรือมีความผิดพลาดจากการทำงานของระบบ จะสามารถตรวจสอบได้จากสัญญาณความถี่ของ  $f_1$  ดังกล่าวนี เพื่อจะได้นำไปใช้ในการแจ้งเตือนหรือสั่งหยุดการทำงานของระบบในลำดับต่อไป

เมื่อ  $f_2^*$  คือ ค่าความถี่ของสัญญาณ  $f_1$  ที่ถูกคูณด้วยจำนวนนับ(N) ซึ่งถูกปรับตั้งค่าไว้ภายในวงจรของชุดเปรียบเทียบค่าแบบ 4 บิต โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงไว้ในสมการที่ 1

$$f_2^* = \frac{N f_1}{D} \quad (1)$$

เมื่อ D คือ ค่าดิวิตีซีเกลิตของสัญญาณ S1 ทั้งนี้หากความถี่  $f_1$  มีค่ามากกว่า  $f_2^*$  ชุดนับสัญญาณแบบ 4 บิต จะทำการเปลี่ยนค่า และหยุดการส่งสัญญาณออกทางด้านขาออกของวงจร ซึ่งเป็นหลักการทำงานของวงจรมับสัญญาณดังกล่าวนี้

**บทความวิจัย**

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

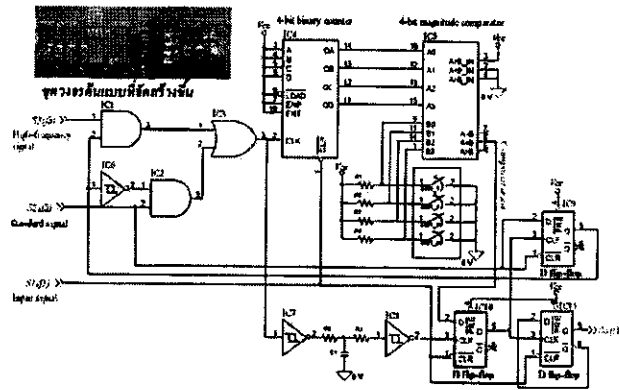
Proceeding of The 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2014)

**2.2 วงจรเปรียบเทียบแบบวินโดว**

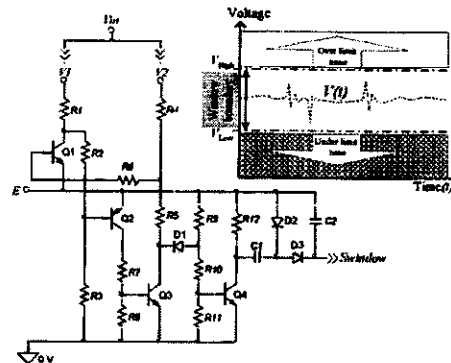
เพื่อป้องกันสถานะความผิดพลาดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับวงจรนับจากปัญหาอื่นไม่พึงประสงค์ต่างๆ จึงได้ทำการติดตั้งวงจรเปรียบเทียบแบบวินโดว ซึ่งจะทำการตรวจระดับแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรมับ โดยกำหนดค่าระดับแรงดันของการตรวจสอบเป็นแบบหน้าค่าและวงจรมับจะแสดงผลหรือออกมาหากตรวจพบความผิดปกติหรือค่าของแรงดันอยู่นอกของหน้าค่าที่ได้ออกแบบไว้

โดยมีหน้าค่าการทำงานและวงจรมับที่ต่อใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3 และผลการทดลองของระบบโดยรวมได้แสดงไว้ในรูปที่ 4 สำหรับความสัมพันธ์ที่ใช้ในการพิจารณาค่าระดับแรงดันด้านค่า (ขอบล่าง) และค่าระดับแรงดันด้านสูง (ขอบบน) ของวงจรเปรียบเทียบสามารถกำหนดได้ด้วยค่าความต้านทานที่ได้แสดงไว้ตามความสัมพันธ์ที่ปรากฏในสมการที่ 2

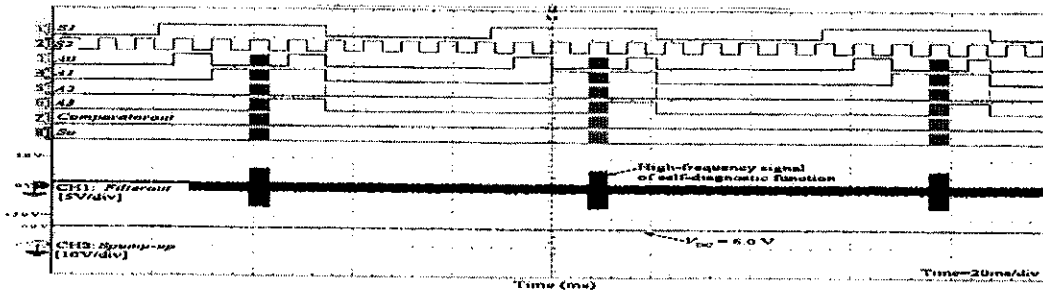
$$\frac{R_4 + R_5}{R_5} E > V_{in} > \frac{R_1 + R_2 + R_3}{R_3} E \quad (2)$$



รูปที่ 2 ชุดวงจรมับและเปรียบเทียบค่า และวงจรมับแบบที่จัดสร้างขึ้น



รูปที่ 3 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบวินโดว



รูปที่ 4 ผลการวัดสัญญาณจากวงจรมับแบบที่ได้ทำการจัดสร้างขึ้นในสภาวะการทำงานปกติ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของความเสี่ยงและผลกระทบที่ตามมา (FMEA)

รายการอุปกรณ์	ลักษณะของความเสียหาย	ผลกระทบต่อวงจรเปรียบเทียบ	ผลกระทบต่อสัญญาณเอาท์พุท	ผลกระทบต่อวงจรมับแบบนิรภัย
R1	เปิดวงจร	มีแรงดันออก 3.90 V	1	○
	ลัดวงจร	มีแรงดันออก 6.17 V	2	○
	การเพิ่มค่า (* 2 เท่า)	มีแรงดันออก 3.90 V	1	○
	การลดค่า (* 0.5 เท่า)	มีแรงดันออก 5.59 V	2	○
R2	เปิดวงจร	มีแรงดันออก 3.90 V	1	○
	ลัดวงจร	มีแรงดันออก 6.14 V	2	○
Q3	คงสถานะ ON	มีแรงดันออก 3.90 V	1	○
	คงสถานะ OFF	มีแรงดันออก 3.90 V	1	○

หมายเหตุ (\* 0.5 เท่า) และ (\* 2 เท่า) อ้างอิงตามมาตรฐาน IEC 61496-1

(1) คือ สัญญาณ Window ปกติ (2) คือ สัญญาณ Window มีความผิดปกติและตรวจจับได้ (3) คือ ไม่มีสัญญาณด้านขาออก

○ หมายถึง ไม่ส่งผลกระทบต่อวงจรมับ Δ หมายถึง ส่งผลกระทบต่อวงจรมับและเป็นสถานการณ์ที่อันตราย

## บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6

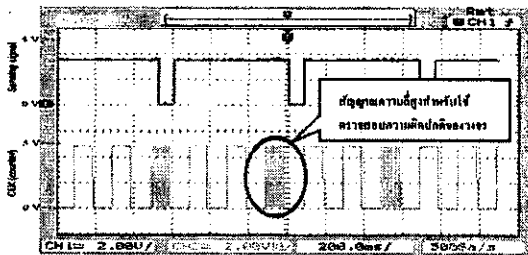
Proceeding of The 6<sup>th</sup> Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2014)

### 3. การวิเคราะห์วงจรด้านนิรภัย

ในขณะที่ทำการออกแบบวงจรที่เกี่ยวข้องกับงานด้านระบบนิรภัย มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการวิเคราะห์และประเมินผลของการออกแบบแต่ละส่วนย่อยด้วยเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้านระบบนิรภัย ซึ่งในที่นี้คือ การวิเคราะห์คุณสมบัติความเสี่ยงและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น(FMEA) โดยตัวอย่างผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 ทั้งนี้เงื่อนไขสำหรับการตรวจสอบคุณลักษณะความเสี่ยงอันอาจเกิดขึ้นได้ของแต่ละอุปกรณ์ได้ถูกกำหนดและมีการแสดงไว้ในมาตรฐาน IEC61496-1 และจากผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ดังกล่าวจะเป็นการยืนยันว่า หากเกิดความเสียหายขึ้นกับอุปกรณ์ใดๆ ภายในระบบ วงจรนั้นดังกล่าวจะต้องทำงานแบบนิรภัยและไม่ทำให้ระบบโดยรวมเกิดความผิดพลาดที่เป็นอันตรายขึ้นได้

### 4. การทดสอบใช้งาน

หลังจากผ่านขั้นตอนการออกแบบและประเมินผล พร้อมทั้งจัดสร้างวงจรต้นแบบออกมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในหัวข้อนี้ได้แสดงให้เห็นผลของการทดสอบใช้งานวงจรต้นแบบนิรภัยที่ได้จัดสร้างขึ้น โดยนำมาทดสอบร่วมกับชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 1 แรงม้า ที่มีตัวตรวจจับความเร็วรอบแบบใช้แสง และทำการปรับตั้งค่าความถี่ของสัญญาณตรวจสอบความเร็วรอบที่มีค่าต่ำกว่า 1.47 Hz ซึ่งให้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 5 จากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยสามารถพิจารณาได้จากการปรากฏสัญญาณความถี่สูงที่ใช้สำหรับตรวจสอบระบบ ในเส้นกราฟสัญญาณด้านล่างของรูปที่ 5



รูปที่ 5 ผลการตรวจวัดสัญญาณที่ความถี่รอบของมอเตอร์มีค่า

### 5. บทสรุปงานวิจัย

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจจับความเร็วรอบต่ำด้วยวงจรมอเตอร์ที่มีการออกแบบให้ทำงานเป็นแบบนิรภัย(Fail-safe) เพื่อการป้องกันผลกระทบจากความเสียหาย หรือความผิดพลาดอันตราย(Fail-dangerous)ต่างๆ อันอาจเกิดขึ้นได้จากความผิดปกติของระบบที่ทำการตรวจวัด หรือเกิดจากอุปกรณ์ภายในวงจรตรวจวัดเอง ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าหลักคิดดังกล่าวเป็นเงื่อนไขที่สำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบใช้งานระบบนิรภัย อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับการออกแบบระบบนิรภัยขั้นสูงที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนของระบบมากขึ้นได้ ในลำดับต่อไป

ในบทความนี้เริ่มต้นจากการสร้างแนวคิดในการออกแบบวงจรให้เป็นไปตามแนวทางของระบบนิรภัยในเบื้องต้น จากนั้นได้ดำเนินการจัดสร้างวงจรและเลือกใช้งานอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับหลักคิดดังกล่าว โดยทำงานควบคู่ไปกับการวิเคราะห์และประเมินผลของการออกแบบแต่ละส่วนย่อยด้วยเครื่องมือที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ด้านระบบนิรภัยซึ่งในบทความนี้ได้เลือกใช้ การวิเคราะห์ลักษณะความเสี่ยงและผลกระทบ(FMEA) ต่อจากนั้นได้ดำเนินการตรวจสอบประเมินค่าและยืนยันผลที่ได้จากการออกแบบและวิเคราะห์วงจรก่อนทำการผลิตมาใช้งานจริง ทั้งก่อนการจัดสร้างด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร(PSpice) และตรวจสอบความถูกต้องในขณะที่ทำการจัดสร้างจากวงจรต้นแบบที่ได้จัดสร้างขึ้นอีกด้วย ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากผลการทดลองวัดสัญญาณจากชุดวงจรที่ได้จัดสร้างขึ้น และการประเมินผลกระทบอันอาจเกิดขึ้นจากความเสียหายของอุปกรณ์ภายในวงจร ผลลัพธ์ที่ได้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ในเบื้องต้นและสอดคล้องกับหลักคิดของการจัดสร้างวงจรให้เป็นแบบระบบนิรภัยดังกล่าวข้างต้น

### 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Professor Dr. Yuji Hirao และ Professor Dr. Koichi Futsuhara ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบนิรภัยจากประเทศญี่ปุ่น สำหรับข้อเสนอแนะ และข้อมูลอ้างอิงที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

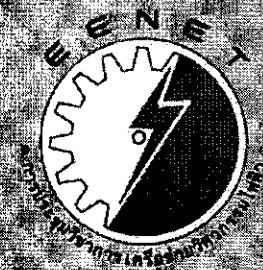
- [1] K. Futsuhara and M. Mukaidono, "A Method for Constructing Interlock System Using Fail-safe Logic Device with Window Characteristics", T. IEE Japan, Vol.109-C, No.9, pp.676-683, 1989.
- [2] IRSE, "Railway signalling", A&C Black, (Track Circuit Principles and Equipment), pp.182-225, 1980.
- [3] S. Deon, Y. Hirao, and K. Tanaka, "A Relay Drive Circuit for a Safe Operation Order and its Fail-safe Measures", Journal of Reliability Engineering, Vol.34, No.7, pp.489-500, 2012.
- [4] IEC 61800-5-2:2007, Adjustable speed electrical power drive systems – Part 5-2: Safety requirements – Functional, 2007.



#### ประวัติผู้เขียนบทความ

เอกวิทย์ พิธีแก้ว สำเร็จการศึกษา วศ.บ. จากสถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน สนใจงานวิจัยทางด้านระบบควบคุมอัตโนมัติ และระบบควบคุมนิรภัย  
แสนศักดิ์ ดีอ่อน สำเร็จการศึกษา D.Eng จาก Nagaoka University of Technology สนใจงานวิจัยทางด้าน การขับเคลื่อนเครื่องจักรกลไฟฟ้า ระบบควบคุมนิรภัย และระบบนิรภัยทางไฟฟ้า





# การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า

## มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล **ครั้งที่ ๖**

6<sup>th</sup> Electrical Engineering Network 2014  
of Rajamangala University of Technology Conference

นวัตกรรมวิจัยแห่งเทคโนโลยี ตอบสนองเออีซีด้านโครงข่ายพลังงาน

Technology Research Innovation for Responding  
to the Energy Network of AEC

### VOLUME II

- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (CP)
- ระบบควบคุมและการวัด (CT)
- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- งานวิจัยทางวิศวกรรมไฟฟ้า (CN)



๒๖ - ๒๘ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

ณ มารีไทม์ พาร์คแอนสปารีสอร์ท จังหวัดกระบี่



ดำเนินการโดย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทคัดย่อของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)		หน้า
<b>GN-A</b>		
GN06	การออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งย่างเอนกประสงค์ สันติสุข สว่างกล้า นัฐพล ป่านพรหมนิมิตร์ จุระ อำนวย มหาวิทยาลัยสยาม	933
GN07	การศึกษาผลการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชด้วยไฟฟ้ากระแสตรง 12 V พินิจ จิตจริง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	937
GN08	ระบบไฟระวังกึ่งอัตโนมัติแจ้งเตือนผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยข้อความสั้น มนตรี สมดุลยกนก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	941
<b>GN-B</b>		
GN09	การตรวจจับความเร็วรอบต่ำ ด้วยวงจรมับแบบนิรภัยร่วมกับตัวเปรียบเทียบแบบวินโดว เอกรินทร์ พิไลแก้ว สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	945
GN10	โรบอเทอเฉพาะที่คัดัดโนมิตใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบประหยัดพลังงาน นภัทร รื่นเทพินทร์ เอกชัย พุทธิรักษา ประมินทร์ ทองขวัญแก้ว ประกาศ นบเนียม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	949
GN11	เครื่องกำเนิดก๊าซไอโซน ด้วยกระบวนการโคโรนาความเข้มสูง สำหรับลดก๊าซแอมโมเนีย ในกระบวนการผลิตอาหารปลา ศิริโรจน์ เกตุแก้ว มหาวิทยาลัยรามคำแหง	953
GN12	การระบุเอกลักษณ์พารามิเตอร์ของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเขื่อนภูมิพลด้วยเทคนิคคิฟเฟอเรนเชียล อีไวลูชั่น ณัฐพงศ์ พรหมฉาย สุนทร ขนแก้ว อมร อันกรอง จักรกฤษณ์ เคลือบวัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	957
GN13	การออกแบบระบบส่องสว่างไดโอดเปล่งแสงสำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช มานิต บัวเขียว สมพงษ์ ธรรมสอน กริช แสนสุภา วีรวัดน์ กลายเทพ อนนท นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	961
GN14	การพัฒนาเครื่องบันทึกพลังงานไฟฟ้าของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ กัญญา จันทอน อนุพงศ์ ธนหงษ์พิชากุล อนนท นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	965
GN15	การควบคุมความเร็วดีซีมอเตอร์ด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ ทศพร พรหมสิทธิ์ ประสิทธิ์ นงทิน สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน	969

