ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246558

วงจรเปิด / ปิดพัลส์และการโปรแกรมสำหรับตรวจจับผลตอบสนองเชิงเวลาของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วยพัลส์

COIL DRIVER AND PROGRAMMING FOR DETECTING TIME RESPONSE OF COIL CURRENT GENERATED FROM METAL BY USING PULSE INDUCTION

สุทัศน์ แซกระจ่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
พ.ศ. 2554

b00251225

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246558

วงจรเปิด/ปิดพัลส์และการโปรแกรมสำหรับตรวจจับผลตอบสนองเชิงเวลาของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วยพัลส์

สุทัศน์ แขกระจ่าง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์
พ.ศ. 2554

Coil Driver and Programming for Detecting Time Response of Coil Current Generated from Metal by Using Pulse Induction

Sutas Kaegrajang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Computer and Telecommunication Engineering

Graduate School, Dhurakij Pundit University

2011

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

หัวข้อวิทยานิพนธ์ วงจรเปิด/ปิดพัลส์และการโปรแกรมสำหรับตรวจจับผลตอบสนองเชิงเวลาของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วยพัลส์

เสนอโดย พันตรี สุทัศน์ แขกระจ่าง

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดยคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์แล้ว

.....ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์)

.....กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ธนัญ จารุวิทยโกวิท)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา จิตร์น้อมรัตน์)

วันที่ 19 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2554

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วงจรเปิด/ปิดพัลส์และการโปรแกรมสำหรับตรวจจับผลตอบสนองเชิงเวลาของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วยพัลส์
ชื่อผู้เขียน	พันตรีสุทัศน์ แขกระจ่าง
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

246558

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการศึกษาผลตอบสนองเชิงเวลาตัดศูนย์ของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำด้วยพัลส์ โดยมีเป้าหมายในการทำวิจัย คือ 1) สร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปิด/ปิดสัญญาณ PWM ให้แก่ขดลวดและส่งผ่านไปยังโลหะที่วางห่างออกไปไม่เกิน 15 ซม. ได้ 2) เขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ATmega168 ให้สามารถควบคุมการทำงานและสร้างสัญญาณ PWM ที่มีความกว้างขนาดต่างๆ ในการทดสอบหาคุณลักษณะของโลหะแต่ละชนิดได้ 3) หาวิธีในการอ่านค่า จัดเก็บค่า และวิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อที่จะสร้างกราฟที่ระบุถึงผลตอบสนองเชิงเวลาตัดศูนย์ของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่เกิดจากโลหะ 3 ชนิดที่ทดสอบได้ และ 4) เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องตรวจจับโลหะในอนาคตต่อไป จากการทดสอบ พบว่า วงจรเปิด/ปิดสัญญาณ PWM ให้แก่ขดลวดและโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานตามที่ต้องการได้เป็นอย่างดีและโลหะแต่ละชนิดให้เส้นกราฟผลตอบสนองเชิงเวลาตัดศูนย์ของกระแสไฟฟ้าในขดลวดที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง โดยผลตอบสนองของโลหะแต่ละชนิด ณ ระยะห่างแต่ละค่าจะถูกอ่านค่าได้แน่นอนโดยไมโครคอนโทรลเลอร์และถูกนำมาพล็อตกราฟ ซึ่งกราฟเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยชิ้นงานที่นำเสนอนี้สามารถตรวจจับโลหะที่ทดสอบทั้ง 3 ชนิดที่วางในอากาศและวางในพื้นทรายได้สำเร็จ รวมถึงสามารถระบุโลหะ อลูมิเนียม, ทองแดง และเหล็กได้อย่างถูกต้องผ่านทางหลอด LED ได้แก่ สีแดง, สีฟ้า และสีเขียว ตามลำดับ

Thesis Title	Coil Driver and Programming for Detecting Time Response of Coil Current Generated from Metal by Using Pulse Induction
Author	Maj.Sutas Kaegrajang
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Punyawi Jamjareekul
Department	Computer and Telecommunication Engineering
Academic Year	2010

ABSTRACT

246558

This thesis proposes a study of zero-crossing time response of coil current generated from each kind of metal by using pulse induction (PI). The goals of this research are as follows: 1) building an electronic circuit to on/off PWM (pulse width modulation) signal which passes a round coil and propagates toward a metal which are placed far away within 15 cm, 2) writing an AVR ATmega168 microcontroller program to control the operation and generate PWM signals whose widths are varied so as to test and finding out the characteristic of 3 tested metal, 3) finding out a technique for reading, storing, and analyzes the experimented results in order to construct many graphs which identify the falling edge time response of coil current generated from each metal, and 4) guideline a building metal detector in the future. The experimental results have been shown that both the coil driver and the microcontroller programming, proposed in this research, can be operated completely as desired and each metal has owned its zero-crossing time response of current on coil which is differentiated each other absolutely. A lot of response values of each metal at each distance are read successfully by microcontroller and are plotted many graphs. The tendencies of these graphs have the same direction. The maximum detectable ranges of three tested metal whose sizes are 4x4 square inches and 2x2 square inches and are placed in air, are equal to 11 cm and 7 cm, respectively. This proposed device can detect three tested metal which are placed in free space as well as in ground successfully, and can identify aluminium, copper, and iron exactly through LED's, i.e., red, blue, and green, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความเอาใจใส่และดูแลเป็นอย่างมากจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ปุณยวีร์ จามจรีกุล ซึ่งท่านคอยให้คำแนะนำและคำปรึกษาตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ นอกจากนี้ กระผมใคร่ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.ชัยพร เขมะภาตะพันธ์ ผู้อำนวยการหลักสูตรฯ และกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ให้ข้อคิดเห็นและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และเอาใจใส่นักศึกษาทุกๆ คนเสมอมา

ขอขอบคุณ อ.ดร.ประศาสน์ จันทราทิพย์ และ อ.ดร.ธนัญ จารุวิทยโกวิท กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่สละเวลามาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย และขอบคุณเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ช่วยดำเนินเรื่องต่างๆ ให้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ เพื่อนร่วมรุ่นปริญญาโท และ นายจตุรงค์ ปุริสาร นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ที่ให้การช่วยเหลือและคำแนะนำที่มีประโยชน์ จนทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ตลอดจนบุคคลในครอบครัวของผู้วิจัย ที่คอยให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆ ด้าน ตลอดระยะเวลาการศึกษาจวบจนสำเร็จการศึกษา

พันตรี สุทัศน์ แขกระจ่าง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ฆ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ง
กิตติกรรมประกาศ..... จ
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญรูป..... ฌ
บทที่

1. บทนำ..... 1
   1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
   1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
   1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 3
   1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 3
   1.5 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน..... 3
2. แนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
   2.1 เครื่องตรวจจับโลหะ (Metal Detector)..... 4
   2.2 ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน..... 8
      2.2.1 วิเคราะห์การทำงานในสภาวะปิดวงจร..... 8
      2.2.2 วิเคราะห์การทำงานในสภาวะเปิดวงจร..... 9
   2.3 การประยุกต์ใช้งานทรานซิสเตอร์ร่วมกับสัญญาณพัลส์ PWM..... 10
      2.3.1 หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะปิดวงจร..... 11
      2.3.2 หลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ในสภาวะเปิดวงจร..... 11
   2.4 ทฤษฎีการพันเส้นลวดเป็นรูปวงกลม..... 12
   2.5 การตรวจจับค่าแรงดันตกคร่อมไดโอดมีค่าเท่ากับศูนย์..... 14
   2.6 วงจรวงจรเปิด/ปิดพัลส์ให้แก่ขดลวด..... 16
   2.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 18
3. ระเบียบวิธีวิจัย..... 22
   3.1 การคำนวณหาค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ PWM 22
   3.2 ขั้นตอนวิธีในการใช้งานไทเมอร์ 0 และไทเมอร์ 1..... 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่

3.3 ขั้นตอนวิธีในการใช้งานเครื่องที่นำเสนอ..... 24
3.4 อัลกอริทึมที่ใช้ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์..... 26
3.5 อัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกโลหะที่ตรวจจับได้ผ่านทางหลอด LED 3 สี..... 28
4. ผลการศึกษา..... 32
4.1 ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นกับแผ่นอลูมิเนียมที่วางในอากาศ..... 33
4.2 ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นกับแผ่นทองแดงที่วางในอากาศ..... 36
4.3 ผลการทดสอบที่เกิดขึ้นกับแผ่นเหล็กที่วางในอากาศ..... 40
4.4 ผลการทดสอบการจำแนกโลหะที่วางในพื้นทราย..... 41
5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ..... 44
5.1 สรุปผลการทำงานตามขอบเขตงานวิจัย..... 44
5.2 สรุปผลการศึกษาตามวัตถุประสงค์งานวิจัย..... 45
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนางานวิจัย 45
5.4 องค์ความรู้ใหม่ที่ได้รับจากการทำวิจัย..... 46
บรรณานุกรม..... 47
ภาคผนวก..... 50
ประวัติผู้เขียน..... 85

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ความกว้างพัลส์ด้านบวกในหน่วยของไทเมอร์ 0 และหน่วยเวลา μs..... 26

4.1 ชนิดของแผ่นโลหะและสีของหลอด LED ที่ใช้แสดงผลการตรวจจับพบโลหะ..... 42

ข ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นอลูมิเนียมขนาดเล็ก 2x2 ตารางนิ้ว..... 57

ค ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นอลูมิเนียมขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว.... 60

ง ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นทองแดงขนาดเล็ก 2x2 ตารางนิ้ว..... 63

จ ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นทองแดงขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว..... 66

ฉ ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นเหล็กขนาดเล็ก 2x2 ตารางนิ้ว..... 69

ช ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 15 cm ของแผ่นเหล็กขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว..... 72

ซ ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 7 cm ของแผ่นอลูมิเนียมขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว..... 75

ฌ ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 7 cm ของแผ่นทองแดงขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว..... 77

ญ ค่า ΔT_discharge ในระยะ 1 – 7 cm ของแผ่นเหล็กขนาดใหญ่ 4x4 ตารางนิ้ว..... 79

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 รูปร่างของเครื่องตรวจจับโลหะแบบ VLF..... 6

2.2 วงจรแอนะลอกที่ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ RLC ในเครื่องตรวจจับโลหะแบบ VLF.... 6

2.3 ลักษณะการตอบสนองของสัญญาณไฟฟ้าที่มีต่อโลหะชนิดต่างๆ..... 6

2.4 เครื่องตรวจจับโลหะแบบ PI..... 7

2.5 วงจรไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นวงจรเปิด/ปิดพัลส์แบบใหม่ที่นำเสนอ..... 8

2.6 วงจรไฟฟ้ารูปที่ 2.5 ในสภาวะที่ Contact 1 กับ 3 เชื่อมต่อกัน (ปิดวงจร) 9

2.7 วงจรไฟฟ้ารูปที่ 2.5 ในสภาวะที่ Contact 2 กับ 3 เชื่อมต่อกัน (เปิดวงจร) 9

2.8 วงจรไฟฟ้าที่พัฒนาเพิ่มจากวงจรรูปที่ 2.5 โดยมีการต่อทรานซิสเตอร์และไดโอด..... 10

2.9 ทรานซิสเตอร์ทำงาน โดยอยู่ในสภาวะปิดวงจร..... 11

2.10 ทรานซิสเตอร์ไม่ทำงาน อยู่ในสภาวะเปิดวงจร..... 11

2.11 คุณสมบัติทางกายภาพในทางทฤษฎีของขดลวดที่มีรูปทรงและขนาดต่างๆ..... 13

2.12 วงจรไฟฟ้ารูปที่ 2.5 ในสภาวะที่ Contact 1 กับ 3 เชื่อมต่อกัน (ปิดวงจร) 14

2.13 วงจรที่ต่อเอาต์พุตของออปแอมป์เข้าขาอินเทอร์รัปต์ภายนอก 0 ของ ATmega168..... 15

2.14 วงจรเปิด/ปิดพัลส์ให้แก่ขดลวด (Coil Driver) 17

3.1 อัลกอริทึมหาค่า $T_discharge_{air}$..... 27

3.2 อัลกอริทึมหาค่า $T_discharge_{metal}$ และ $\Delta T_discharge$..... 28

3.3 อัลกอริทึมที่ใช้ในการจำแนกโลหะที่ตรวจจับได้ผ่านทางหลอด LED 3 สี..... 30

3.4 การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการทดลองและตรวจจับโลหะที่วางในอากาศ..... 31

3.5 การจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อทำการทดลองและตรวจจับโลหะที่วางในพื้นทราย..... 31

4.1 วงจรเปิด/ปิดพัลส์ที่นำเสนอกับบอร์ดคอนโทรลเลอร์ ET-EASY168 STAMP..... 32

4.2 เครื่องมือวัดและการเชื่อมต่อในการทดสอบ..... 32

4.3 ค่า $\Delta T_discharge$ จากการตรวจจับแผ่นอลูมิเนียม 2x2 ตารางนิ้วระยะ 1 – 15 ซม..... 34

4.4 ค่า $\Delta T_discharge$ ของแผ่นอลูมิเนียม 2x2 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 8 ซม..... 34

4.5 ค่า $\Delta T_discharge$ จากการตรวจจับแผ่นอลูมิเนียม 4x4 ตารางนิ้วระยะ 1 – 15 ซม..... 35

4.6 ค่า $\Delta T_discharge$ ของแผ่นอลูมิเนียม 4x4 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 11 ซม.... 35

4.7 ค่า $\Delta T_discharge$ จากการตรวจจับแผ่นทองแดง 2x2 ตารางนิ้วระยะ 1 – 15 ซม..... 37

4.8 ค่า $\Delta T_discharge$ ของแผ่นทองแดง 2x2 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 7 ซม..... 37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.9 ค่า ΔT_discharge จากการตรวจจับแผ่นทองแดง 4x4 ตารางนิ้วระยะ 1 – 15 ซม..... 38
4.10 ค่า ΔT_discharge ของแผ่นทองแดง 4x4 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 11 ซม..... 38
4.11 กราฟคุณลักษณะการตรวจจับแผ่นเหล็กขนาดเล็ก 2x2 ตารางนิ้ว ระยะ 1 – 15 ซม..... 39
4.12 ค่า ΔT_discharge ของแผ่นเหล็ก 2x2 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 7 ซม..... 39
4.13 กราฟคุณลักษณะการตรวจจับแผ่นเหล็กขนาดเล็ก 4x4 ตารางนิ้ว ระยะ 1 – 15 ซม.... 40
4.14 ค่า ΔT_discharge ของแผ่นเหล็ก 4x4 ตารางนิ้วที่ตรวจจับได้จริง ไม่เกิน 11 ซม..... 41
4.15 ผลการตรวจจับพบแผ่นอลูมิเนียมที่วางผ่านพื้นทราย โดยหลอด LED สีแดงสว่าง.... 42
4.16 ผลการตรวจจับพบแผ่นทองแดงที่วางผ่านพื้นทราย โดยหลอด LED สีฟ้าสว่าง..... 42
4.17 ผลการตรวจจับพบแผ่นเหล็กที่วางผ่านพื้นทราย โดยหลอด LED สีเขียวสว่าง..... 43