

วงจรขับอิเล็กทรอนิกส์หลอดไมเนสเซนส์ชนิดเส้นโดยใช้การปรับค่าความถี่ไซเคิลแบบอัตโนมัติ สำหรับกระเป๋าเดินป่าในช่วงกลางคืน

Electroluminescent - Wire Equipped Backpack Driven by Adaptive Duty Cycle Circuit for Night - Time Hiking

พรจันท์ เพ็ชรล่อเลียน เดชาภาค พัชวโรตติกร และปัญญา มัชชะสร¹

Phonchan Petloalian¹, Dachapak Phacharahchotikorn¹ and Panya Makkasorn¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างวงจรขับอิเล็กทรอนิกส์หลอดไมเนสเซนส์ชนิดเส้น (EL Wire Type) สำหรับกระเป๋าเดินป่าในช่วงเวลากลางคืน โดยใช้แหล่งจ่ายพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประจุแรงดันไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ขนาดเท่ากับ 4.5 โวลต์ 300 มิลลิแอมแปร์ แรงดันเอาต์พุตของวงจรประมาณ เท่ากับ 80 – 312 โวลท์พีคทูพีค การควบคุมสัญญาณ EL Wire โดยใช้เทคนิคการปรับค่าความถี่ไซเคิลแบบอัตโนมัติของการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว EL Wire ณ ความถี่สวิตซ์เท่ากับ 3 กิโลเฮิรตซ์และค่าความถี่ไซเคิลเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ขนาดความยาวของ EL Wire ในช่วง 1.5 เมตร

ผลลัพธ์จากการทดลอง คือ วงจรสามารถปรับค่าความถี่ไซเคิลได้อย่างอัตโนมัติ เมื่อขนาดความยาวของ EL Wire เพิ่มขึ้น ค่าความถี่ไซเคิลสามารถปรับลดลงได้แต่แรงดันเอาต์พุตจะสูงขึ้น เมื่อขนาดความยาวของ EL Wire จะลดลง ค่าความถี่ไซเคิลจะปรับเพิ่มขึ้นและแรงดันเอาต์พุตจะลดลง นอกจากนี้ วงจรขับ EL Wire จะสูญเสียกำลังไฟฟ้าอินพุตเท่ากับ 0.85 วัตต์ ณ ค่ากระแสไฟฟ้าเท่ากับ 190 มิลลิแอมป์และประสิทธิภาพการทำงานของวงจรมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : EL Wire, การปรับค่าความถี่ไซเคิลแบบอัตโนมัติ

ABSTRACT

The objective of this research is to build a driver circuit for electroluminescent wire type (EL-Wire Type) attached inside a backpack which was designed to help travelers hiking in night time. The power supply for the driver circuit is Lithium batteries with capacity of 4.5 volts/300mA which are charged from the solar cell. The output of driver circuit is about 80-312 Vp-p that is adaptively constant based on the technique of automatic duty cycle control. The duty cycle directly relates to the length of EL wire used as a load of driver circuit. A 1.5-meter EL wire being used as a load in this experiment was tested at a 3-KHz switching frequency and 50% of duty cycle.

¹ โครงการร่วมบริหารหลักสูตรมีเดียอาร์ตส์และเทคโนโลยีมีเดีย

Executive Project of Media Arts and Media Technology Curriculum

Our experimental results indicated that the designed circuit can adjust the percentage of duty cycle adaptively. When the length of EL load continuously increases, the percent in duty cycle gradually decreases; consequently the voltage output is rising up. Otherwise, the opposite changes occur. Our EL-wire driver circuit consumes the input power for 0.85 watt from a rechargeable battery with 190-mA current maximum; providing the estimated efficiency more than 90 percent.

Keywords : EL Wire, Automatic adaptive duty cycle technique

E-mail : Panya.Mak@hotmail.com

คำนำ

การเตรียมของใช้เดินป่า

การเตรียมของใช้ที่จำเป็นสำหรับการเดินป่า ได้แก่ เสื้อผ้า รองเท้า หมวก เต็นท์ พักแรม เสบียง และส่วนที่สำคัญ และขาดมิได้ คือ เบ้หรือกระเป๋าสัมภาระ ซึ่งควรมีขนาดเหมาะสมกับลำตัวของผู้เดินทางและจำนวนสัมภาระ โดยปกติ เมื่อใส่สัมภาระไม่ควรมีน้ำหนักเกินร้อยละ 20 ของน้ำหนักตัว [1] หากเบ้มีน้ำหนักมาก ควรใช้สายคาดเอวเพื่อถ่ายเทน้ำหนักส่วนหนึ่งจากที่ป่าสู่ลำตัวและบริเวณส่วนเอวจะช่วยรับน้ำหนักด้วย ในงานวิจัยนี้จะออกแบบกระเป๋าเดินป่าอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับแก้ปัญหาของข้อพึงปฏิบัติในการเดินป่า โดยเฉพาะเวลา กลางคืน อาทิ เช่น

- การเดินป่าต้องเดินเรื่อยๆ ไม่ต้องเร่งความเร็วมากและเดินด้วยความเร็วสม่ำเสมอ
- ควรเดินเรียงเดี่ยว ให้มองเห็นคนที่เดินอยู่ข้างหน้าเสมอ หากเดินนำหน้าจนไม่สามารถมองเห็นผู้ที่เดินตามหลัง ควรหยุดรอให้คนข้างหลัง ตามมาจนอยู่ในระยะที่มองเห็นกันได้ จึงค่อยเดินทางต่อไป
- ไม่ควรเดินออกนอกเส้นทางและไม่ควรเดินป่าตามลำพัง ในระหว่างการเดินสู่จุดหมายเพราะอาจจะหลงป่าได้

จากปัญหาที่เกิดจากข้อพึงปฏิบัติในการเดินป่าข้างต้น ผู้เขียนจึงได้ออกแบบสร้างโครงงานกระเป๋าเดินป่าอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการเดินป่าในเวลากลางคืน งานวิจัยนี้ จะใช้หลอดอิเล็กทรอนิกส์ชนิดเส้น (Electroluminescent Wire Type) ซึ่งแสดงผลในโหมดการทำงานแบบต่อเนื่องและโหมดแบบไม่ต่อเนื่อง (โหมดกระพริบ) โดยติดตั้ง EL Wire กับกระเป๋าเดินป่า เพื่อใช้ระบุตำแหน่งของนักเดินป่า เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการเดินป่าในเวลากลางคืน

หลักการและทฤษฎี

Electroluminescent (คำย่อ คือ EL) คือ หลอดกำเนิดแสงสว่างที่ผลิตจากหลอดทองแดงที่ฉาบด้วยสารฟอสเฟอร์ ซึ่งเปล่งแสงเมื่อจ่ายกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ปัจจุบัน หลอด EL Wire นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย อาทิ เช่น ในพาหนะและการแสดงผลในภาวะฉุกเฉิน ของเล่นเด็ก เครื่องนุ่งห่ม การแสดงผลความสว่างของ EL Wire จะไม่มี

การแสดงผลเหมือนการนำหลอด LED มาต่ออนุกรมกัน เส้นผ่าศูนย์กลางที่มีขนาดบางสามารถดัดและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้สะดวก ซึ่งเหตุผลดังกล่าวนี้ EL Wire จะใช้สำหรับตกแต่งเพิ่มเติมชุดเสื้อผ้าได้อย่างสวยงาม ดังรูปที่ 1.



รูปที่ 1. แสดงการประยุกต์ใช้งาน EL Wire ในเครื่องประดับและตกแต่ง [2].

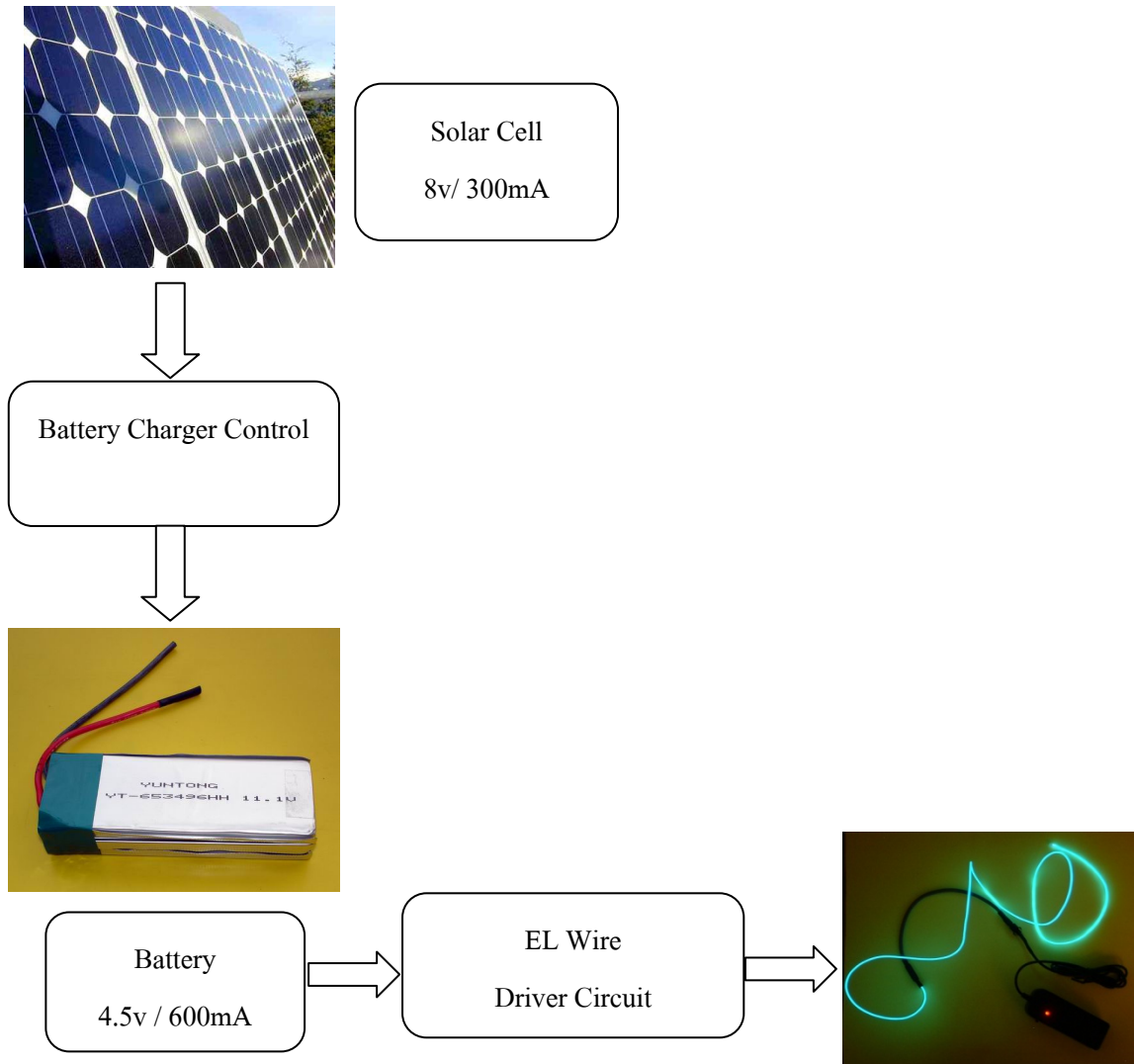
โครงสร้าง

โครงสร้างของ EL Wire ประกอบด้วยส่วนหลักๆ อย่างแรก แกนหลอดทองแดงถูกเคลือบด้วยสารที่เป็นสารฟอสฟอรัส (Phosphor) เพื่อให้เกิดการเรืองแสง เมื่อถูกกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าที่มีความถี่ที่เหมาะสม แกนหลอดทองแดงของ EL Wire ที่มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีจำนวนเส้นลวดเป็นจำนวนมาก เส้นลวดจะถูกแยกออกจากกันทางไฟฟ้าจากแกนเส้นลวดทองแดง แกนทองแดงที่เคลือบด้วยสารฟอสฟอรัสจะถูกหุ้มภายนอกด้วยวัสดุที่เป็นพีวีซี (PVC)

การใช้แหล่งจ่ายแรงดันในการใช้งาน EL Wire ประมาณ 90 - 120 โวลต์เอซี ความถี่ที่ใช้งานในช่วง 1,000 Hz (รอบต่อวินาที) ขึ้นไป เส้นลวดตัวนำสามารถจำลองในรูปโครงสร้างแบบตัวเก็บประจุขนาดประมาณเท่ากับ 1nF ต่อฟุตและความเร็วในการสะสมประจุและคายประจุ ผลลัพธ์ คือ สารฟอสฟอรัสจะเกิดการแตกตัวเป็นสารเรืองแสงตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ โดยทั่วไป สามารถนำไปใช้ขับแรงดันไฟฟ้าสูง เนื่องจากภาระที่เป็น EL Wire มีคุณสมบัติและโครงสร้างแบบตัวเก็บประจุ ประสิทธิภาพการทำงานของ EL Wire จึงมีค่าสูงมาก ดังเช่นขนาดความยาวของ EL Wire สามารถขับให้เกิดความสว่างด้วยแบตเตอรี่ขนาด AAA

อุปกรณ์และวิธีการ

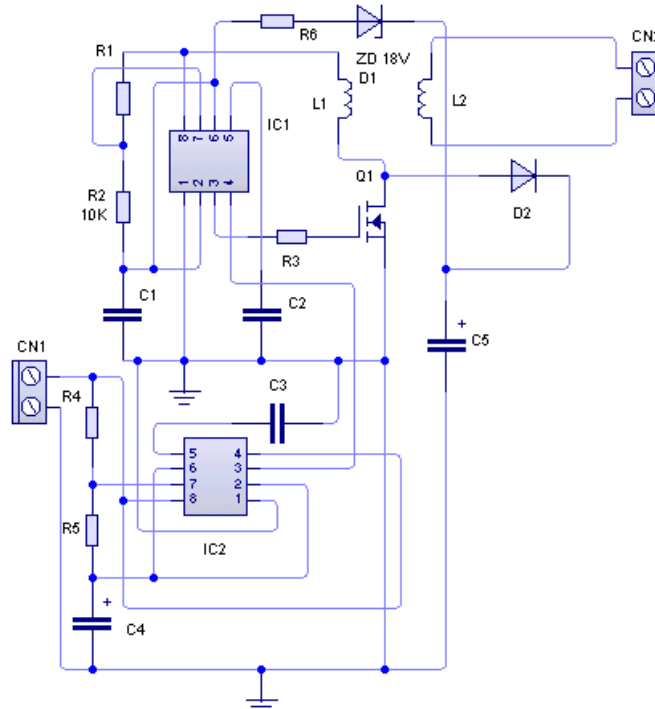
แสดงบล็อกไดอะแกรม



รูปที่ 2. แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ

บล็อกไดอะแกรมการใช้งานของระบบ ดังรูปที่ 2. จะประกอบไปด้วยวงจรควบคุมการประจุพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (PV) ขนาด 8 โวลต์/300 มิลลิแอมแปร์ ให้กับแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมขนาด 4.5 โวลต์/600 มิลลิแอมแปร์ เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง สำหรับจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจรขับสัญญาณ EL Wire ที่ระยะเวลาในการใช้งาน 3 ชั่วโมง

การออกแบบวงจรใช้งาน



รูปที่ 3. วงจรขับสัญญาณ EL Wire

การทำงานของวงจร ดังรูปที่3. จ่ายแรงดันไฟเลี้ยงวงจรขนาด 4.5 โวลต์ ที่เทอร์มินอล CN1 วงจรจะถูกออกแบบเป็นวงจรฟลายแบ็ค คอนเวอร์เตอร์ ที่มี IC1 เป็นวงจรถ่ายทอดความถี่ สำหรับการสวิตซ์ซึ่ง 3 KHz ซึ่งทำหน้าที่ในการกำหนดค่าความถี่ สัญญาณพัลส์จะส่งผ่านขา 3 ของ IC1 ผ่านความต้านทาน R3 ทำหน้าที่จัดไบแอสที่ขาเกตของ Q1 ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์หลัก โดยที่ขาเดรนของ Q1 จะต่ออยู่กับขดลวดความถี่สูงที่ด้านไพรมารี L1 สัญญาณจะเหนี่ยวนำผ่านขดเสดคั่นดารีที่เอาต์พุตของขดลวด L2 แรงดันเอาต์พุตจะนำไปจ่ายให้กับ EL Wire ทางเทอร์มินอล CN2 ส่วนการปรับค่าความถี่โดยอัตโนมัติจะใช้ D1,D2,C5 และ R6 จะทำหน้าที่คัปปลิงสัญญาณแรงดันจากขดไพรมารี ไปยังอินพุตของ IC1 เพื่อปรับค่าความถี่ให้สอดคล้องตามขนาดความยาวของภาวะ (EL Wire) ที่ต่อต้านเซดคั่นดารี ส่วน IC2 ทำหน้าที่เป็นวงจรถ่ายทอดความถี่ในการกะพริบของโหมดแสดงผลแบบต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่อง ซึ่งมีสวิตซ์ SW1 ทำหน้าที่ในการเลือกโหมดการทำงาน สัญญาณพัลส์เอาพุตที่ขา 3 ของ IC2 ไปต่อกับขา 4 ของ IC1 เพื่อควบคุมจังหวะการแสดงผล โดยสมการ[3].ที่ใช้ในการออกแบบวงจรมีดังต่อไปนี้คือ

$$P_{HV} = \frac{(DV_{IN})^2}{2f_c L}$$

สมการที่ 1.

เมื่อ P_{HV} คือ กำลังทางด้านเอาต์พุต (วัตต์)

D คือ ดิวตี้ไซเคิล

V_{IN} คือ แรงดันอินพุต (โวลต์)

f_c คือ ความถี่ของคอนเวอร์เตอร์ (เฮิรตซ์)

L คือ ค่าค่าอินดักแตนซ์ (เฮนรี่)

$$I_L(pk) = \sqrt{\frac{2P_{HV}}{f_c L}}$$

สมการที่ 2.

เมื่อ $I_L(pk)$ คือ ค่ากระแสสูงสุดที่ไหลในขดลวด(แอมแปร์)

$$D_{(max)} = \frac{1}{1 + \frac{1.443}{N_{CD} + 1} \ln \left[\frac{1 - 2N_{CD}}{2 - N_{CD}} \right]}$$

สมการที่ 3.

เมื่อ D (max) คือ ค่าดีวีดีไซเคิลสูงสุด

$$N_{CD} = R_C/R_D$$

และ

$$HV_{OUT} = V_Z + V_{BIAS}$$

สมการที่ 5.

เมื่อ HV_{OUT} คือ แรงดันเอาต์พุตสูงสุด (โวลต์)

V_Z คือ แรงดันซีเนอร์ (โวลต์)

V_{BIAS} คือ แรงดันที่ไบแอสอินพุ (โวลต์)

$$V_{BIAS(min)} = \frac{1}{3} V_{LN}$$

สมการที่ 6.

$$V_{BIAS(max)} = V_{LN} \left[\frac{1}{3} - \frac{1}{1 + N_{CD} + \frac{1}{N_{FBC}}} \right] [1 + N_{FBC}(N_{CD} + 1)]$$

สมการที่ 7.

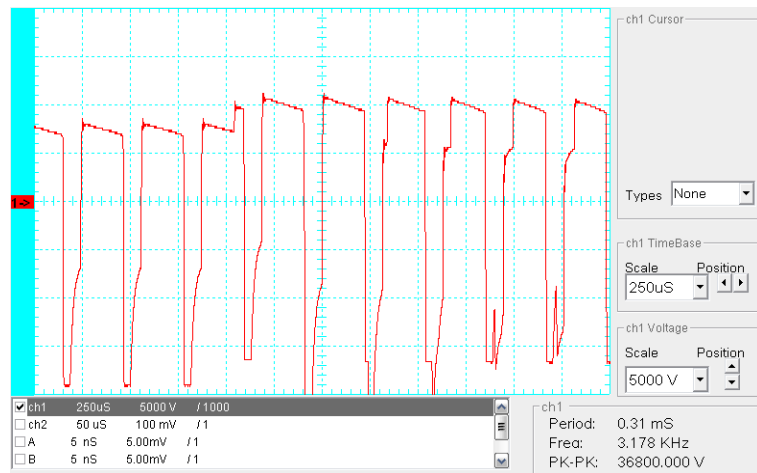
และ

$$N_{FBC} = R_{FB}/R_C$$

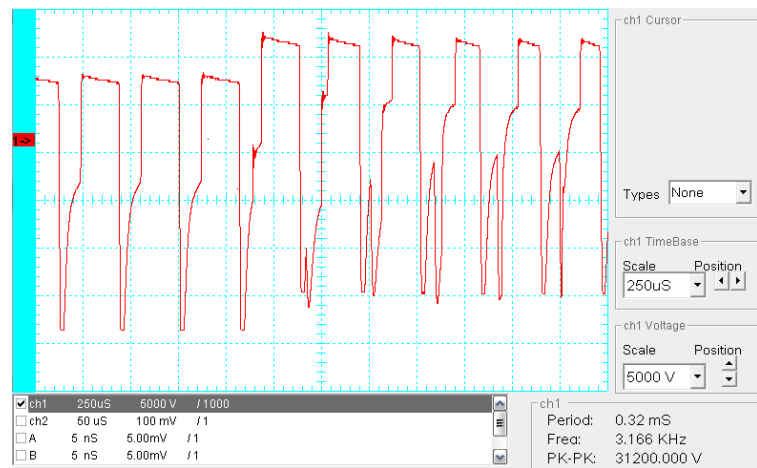
สมการที่ 8.

ผลการทดลองและวิจารณ์

การวัดสัญญาณความถี่พัลส์ของวงจรรอซซิงเลตอร์ที่ความถี่พัลส์ 3KHz ที่ใช้สำหรับการสวิตช์ของ Q1 จากนั้น ค่าดีวีดีที่ใช้งานเท่ากับ 50% รูปที่4.1 แสดงสัญญาณเอาต์พุตที่ใช้ในการขับสัญญาณของ EL Wire เมื่อไม่ใช้งานการปรับค่าดีวีดีไซเคิล เมื่อเปรียบเทียบสัญญาณที่ใช้ในการขับ EL Wire ทางด้านเอาต์พุตที่ใช้วงจรการปรับค่าดีวีดีไซเคิลแบบอัตโนมัติ ดังรูปที่4.2 จะสังเกตได้ว่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าแตกต่างกัน โดยแรงดันเอาต์พุตที่ไม่ใช้วงจรการปรับค่าดีวีดีไซเคิล จะมีค่าแรงดัน 36.8 โวลต์ มากกว่าวงจที่ใช้การปรับค่าดีวีดีไซเคิลแบบอัตโนมัติ แรงดัน 31.2 โวลต์ ตามขนาดความยาวของ EL Wire ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ขณะที่ค่าความถี่และคาบเวลาของสัญญาณมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งผลการทดลอง ค่าดีวีดีไซเคิลมีความแตกต่างกันไม่มากนัก โดยค่าดีวีดีไซเคิลในช่วงระหว่าง 0.50 – 0.55 ทั้งนี้ เนื่องจากผู้วิจัยได้ทดสอบกับความยาวของสาย EL Wire ที่ความยาว 1.5 เมตร และ 2 เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีขนาดความยาวของ EL Wire ที่ไม่แตกต่างกันมาก



รูปที่ 4.1 แรงดันเอาต์พุต เมื่อไม่มีการปรับค่าตัวรีซิสเคิลที่ขนาดความยาวของ EL Wire คงที่



รูปที่ 4.2 แรงดันเอาต์พุต เมื่อใช้การปรับค่าตัวรีซิสเคิลแบบอัตโนมัติที่ภาวะคงที่



รูปที่ 5. กระเป๋าเดินป่าอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบเสร็จสมบูรณ์

สรุปผลและเสนอแนะ

วงจรขับสัญญาณที่ออกแบบไว้สามารถขับสัญญาณให้กับ EL Wire ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจากการทดสอบการทำงานในโหมดที่ต่อเนื่องเท่านั้น ทั้งนี้ เนื่องจากการใช้งานในทางปฏิบัติส่วนใหญ่จะอยู่ในโหมดต่อเนื่อง งานวิจัยนี้ได้ออกแบบใช้งาน ณ ความถี่ในการสวิตช์เท่ากับ 3KHz ที่ค่าดีวีดีไอเคิลประมาณเท่ากับ 50% สำหรับการทดสอบ EL Wire ที่ขนาดความยาว 1.5 เมตร กระแสใช้งานด้านอินพุตที่ใช้งานเท่ากับ 190 มิลลิแอมแปร์ ขนาดแรงดันอินพุตเท่ากับ 4.5 โวลต์ คิดค่าการสูญเสียกำลังอินพุตเท่ากับ 0.85 วัตต์ ผลจากการทดสอบการทำงาน คือ ค่าดีวีดีไอเคิลปรับลดลงอย่างอัตโนมัติ ขณะแรงดันเอาต์พุตที่ใช้ขับ EL Wire จะมีค่าสูงขึ้น เมื่อขนาดความยาวของ EL Wire เพิ่มขึ้นและค่าดีวีดีไอเคิลจะปรับเพิ่มขึ้นอย่างอัตโนมัติ ในขณะที่แรงดันเอาต์พุตที่ใช้ขับ EL Wire ลดลง เมื่อขนาดความยาวของ EL Wire ลดลง [5]. ส่วนค่าประสิทธิภาพการทำงานของวงจรที่ค่าความสว่างแสงที่เหมาะสมมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรูปที่ 4.3 แสดงกระแสเปาเดินปาที่ใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ในการขับสัญญาณให้กับ EL Wire ที่ออกแบบไว้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ซึ่งกระแสเปาเดินปาที่เสร็จสมบูรณ์ เมื่อนำไปใช้งานในทางปฏิบัติสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนในระยะไม่เกิน 100 เมตร ส่วนข้อควรระวังในการนำ EL Wire สำหรับออกแบบใช้งาน คือ จะต้องไม่มีการตัดหรือโค้งมากจนเกินไป เพราะจะทำให้ EL Wire เกิดการแตกหักได้ ส่วนระยะเวลาในการใช้งานกระแสเปาเดินปาอิเล็กทรอนิกส์สูงสุด 1 - 2 ชั่วโมง ที่แบตเตอรี่ขนาด 4.5 โวลต์ กระแสใช้งาน 300 มิลลิแอมแปร์

เอกสารอ้างอิง

- [1]. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- [2]. Electroluminescent Lamp Lumiitex International, Inc., 9639 DR.Perry Road, Suit210, Ijamsville, Maryland 21754.
- [3]. Data Sheet HV809, <http://www.datasheetcatalog.org>.
- [4]. Mohan, N; Undeland, T.M. and Robbin, W.P; 1995, " Power Electronics: Converter Applications and Design ", New York, John Wiley & Sons, p802.
- [5]. Khanchai, T. and Panya, M., " Solar Powered EL Traffic Police Vest", International Conference on Control, Automation and Systems 2008.
- [6]. Data Sheet HV809, <http://www.datasheetcatalog.org>.
- [7]. Copyright 2007 Shanghai Keyan Phosphor Technology Co.,