

อุปกรณ์จำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับการ
ทดสอบเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับตามมาตรฐาน IEC61851-1 ภาคผนวก A

EV's on-board charger simulator for AC charger testing on IEC61851-1
annex A



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EV's on-board charger simulator for AC charger testing on IEC61851-1
annex A



THIS PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE BACHELOR DEGREE IN ELECTRICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2565

อุปกรณ์จำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับการทดสอบเครื่องชาร์จ
แบบกระแสสลับตามมาตรฐาน IEC61851-1 ภาคผนวก A



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. ธีรพล โพธิ์พงศวิวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2565

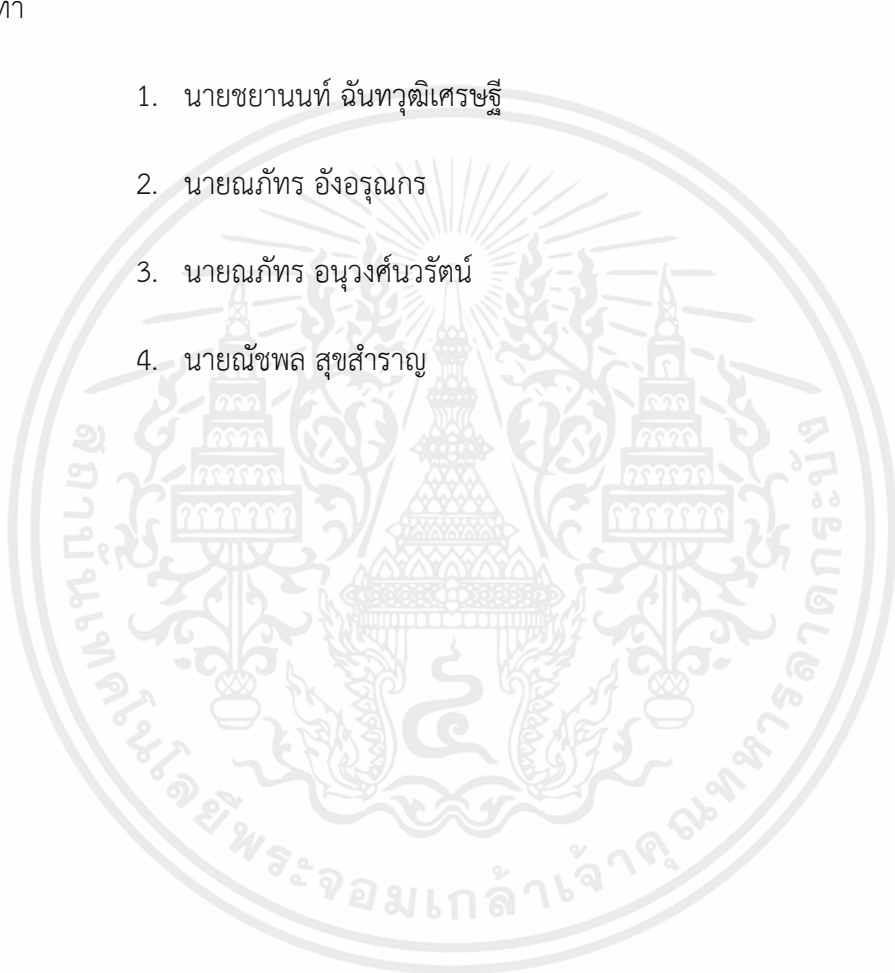
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง อุปกรณ์จำลองการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด

ผู้จัดทำ

1. นายชยานนท์ ฉันทวุฒิเศรษฐี
2. นายณภัทร อังอรุณกร
3. นายณภัทร อนนวงศ์นวิรัตน์
4. นายณัชพล สุขสำราญ



ธีรพล

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพล โปธิ์พงศวิวัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์จำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับการทดสอบเครื่อง
ชาร์จแบบกระแสสลับตามมาตรฐาน IEC61851-1 ภาคผนวก A

นายชยานนท์ ฉันทวุฒิเศรษฐี

นายณภัทร อังอรุณกร

นายณภัทร อนุวงศ์นวัฒน์

นายณัชพล สุขสำราญ

ผศ.ดร. ชีรพล โพธิ์พงษ์วิวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

โครงการนี้เสนอ อุปกรณ์จำลองการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด เป็นการจำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดที่อยู่ในรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อนำมาศึกษาและใช้ทดสอบว่า การทำงานของเครื่องชาร์จกระแสสลับ(AC) และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดทำงานได้ตรงตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A หรือไม่ในหัวข้อของการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จกระแสสลับและเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด โดยภาพรวมของโครงการนี้คือ การสร้างเครื่องทดสอบ โดยนำเอาอุปกรณ์และองค์ความรู้ต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับ ซึ่งการทำงานของเครื่องทดสอบนี้ จะทำงานโดยการเชื่อมต่อกับหัวชาร์จ AC ประเภทที่ 2 หลังจากนั้นเครื่องก็จะทำงานเพื่อทำการทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับ และจุดประสงค์ของโครงการคือการทำเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับโดยการจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดและศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดและเครื่องชาร์จกระแสสลับ

ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องนี้จะประกอบด้วย ส่วนของการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่, ส่วนของ Microcontrollers ที่ใช้ Arduino ในการสื่อสารแบบ CAN เพื่อควบคุมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด, ส่วนของ PLC เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆภายในตู้และการแสดงค่าที่สำคัญผ่านทางหน้าจอแสดงผล และส่วนของโหลดตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ รับพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เพื่อปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบความร้อน และผลที่ได้ก็คือเราสามารถทดสอบการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จกระแสสลับและเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดได้

EV's on-board charger simulator for AC charger testing on IEC61851-1 annex A

Mr.Chayanon Chantavuthisetthi

Mr.Napat Angarunkorn

Mr.Napat Anuwongnawarat

Mr.Nutchaphol Suksamran

Asst. Prof. Dr. Teeraphon Phophonviwat Advisor

Abstract

This project presents a simulation of the operation of an on-board charger in an electric vehicle in part of the communication and battery charging between AC charger type-2 and on-board charger according to the IEC 61851-1 ANNEX A in the topic of communication between AC charger and on-board charger. The overall of this project is to create the simulator by using equipment and knowledge combined together to test the AC charger. This simulator work by connecting to the AC plug and then the simulator will work. The purpose of this project is to simulate the on-board charger using CAN to control the DC power supply and study the communication between the on-board charger and the AC charger. Furthermore, for further studying in the development of a testing machine for DC chargers.

The important part of this simulator is the vehicle communication circuit which is used to communicate between the AC charger and the simulator. Then, the microcontroller and PLC command the DC power supply to energize the load resistors and can measure the duty cycle of the Control Pilot display on to the monitor. Finally, the resistors consume the energy as heat instead of using the battery. Then, the result of this project is our EV's onboard simulator can pass the communication test exactly the way its IEC 61851-1 ANNEX A has told.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ด้วยการให้ความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายท่านโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้องขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีรพล โปธิ์พงศ์วิวัฒน์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการด้วยดีเสมอมา และได้กรุณาตรวจแก้ไขปริญญาานิพนธ์จนสำเร็จเรียนร้อยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ นายณัฐธานินทร์ จูงาม นายณัฐพล สมบูรณ์ปัญญา และนายธนพล มุลแก่น นักศึกษาปริญญาโท ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทดสอบมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ห้องปฏิบัติการ Chassis Dynamometer ที่ช่วยแก้ไขปัญหามแนะนำ รวมไปถึงให้ความช่วยเหลือในการออกแบบ และทดสอบอุปกรณ์ มาโดยตลอด ขอกราบขอขอบคุณทุกคนจากใจจริง

ท้ายนี้คณะผู้จัดทำ ขอกราบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านซึ่งให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VI
สารบัญตาราง	X
คำย่อและสัญลักษณ์	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ	4
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	4
1.5 แผนการดำเนินโครงการ	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 มาตรฐาน IEC 61851	7
2.2 รูปแบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า	9
2.3 วงจรการสื่อสารระหว่างยานพาหนะและเครื่องชาร์จกระแสสลับ Mode3	10
2.4 CAN bus protocol	15
2.5 การควบคุม DC power supply ด้วยการสื่อสารผ่าน CAN bus	19
2.6 การควบคุมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดด้วยการสื่อสาร CAN bus	23
2.7 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด (On-board charger)	25
2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Programmable logic control (PLC)	27
2.9 หลักการของวงจร $\pm 15V$ DC Dual power supply	30
2.10 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ อ็อปแอมป์ (OP-Amp)	31
บทที่ 3 การออกแบบชิ้นงานและวิธีการทดลอง	34
3.1 การออกแบบ ladder diagram และใช้ PLC	34
3.2 การออกแบบและใช้ Simatic HMI	38

3.3 อธิบายตัวอย่างการส่งการข้อมูลผ่าน HMI screen	39
3.4 การแสดงผลข้อมูลค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ใช้	40
3.5 การออกแบบวงจรเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่าง PLC และ On-board charger	40
3.6 การออกแบบวงจรสัญญาณเพื่อใช้ในรับค่าและแสดงผลค่า Duty cycle	41
3.7 อธิบายคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของอาตูดุโนในการรับสัญญาณจาก Control pilot และส่งต่อไป PLC	42
3.8 การออกแบบวงจรสัญญาณเพื่อใช้ในรับค่าและแสดงผลค่า Duty cycle	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	57
4.1 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier	57
4.2 ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องชาร์จกระแสสลับ (Communication between Vehicle controller circuit and AC charger)	64
4.3 ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับกับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI	76
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	81
5.1 สรุปผลการทดลอง	81
5.2 ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารอ้างอิง	83
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. บทความทางวิชาการ	
ภาคผนวก ข. ข้อมูลอุปกรณ์การทดสอบ	
ภาคผนวก ค. รูปภาพระหว่างปฏิบัติโครงการ	
ประวัติผู้เขียน	

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 การสำรวจรถบนถนนในประเทศต่างๆ	1
รูปที่ 1.2 รถยนต์ไฟฟ้า	2
รูปที่ 1.3 รูปแบบของเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบต่างๆ	2
รูปที่ 2.1 รูปแบบการชาร์จทั้ง 4 โหมด	9
รูปที่ 2.2 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A	11
รูปที่ 2.3 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน SAE J1772	12
รูปที่ 2.4 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน SAE J3068	13
รูปที่ 2.5 รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าในสาย CAN high และ CAN low	16
รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Standard CAN frame	17
รูปที่ 2.7 ลักษณะการเชื่อมต่อของ CAN node	18
รูปที่ 2.8 วงจรแปลงสัญญาณ จาก SPI เป็น CAN bus	20
รูปที่ 2.9 ช่องรับสัญญาณต่างๆ ใน Huawei R100020G1	20
รูปที่ 2.10 ID address และข้อมูล byte ในการส่งเข้า Huawei	21
รูปที่ 2.11 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด TC charger ที่ อยู่ในตู้ EV's on-board simulator	25
รูปที่ 2.12 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด	25
รูปที่ 2.13 โครงสร้างทั่วไปของ PLC	28
รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง SIMATIC HMI ที่ใช้งาน	30
รูปที่ 2.15 วงจร $\pm 15V$ DC Dual power supply	31
รูปที่ 2.16 อุปกรณ์ Op-amp	31
รูปที่ 2.17 วงจร Inverting Amplifier	32
รูปที่ 3.1 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของรูปแบบ 10 A Duty cycle 16.67%	34
รูปที่ 3.2 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของโปรไฟล์ 16 A Duty cycle 26.67%	35
รูปที่ 3.3 แสดง Ladder diagram ปุ่มกดเพื่อทำการสั่งชาร์จ	35
รูปที่ 3.4 การวัดแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า	36
รูปที่ 3.5 การวงจรการเปิดพัลลัมและวงจร Bridge diode	36
รูปที่ 3.6 การต่อโหลดแต่ละโหลดขนานกัน	37
รูปที่ 3.7 หน้าจอการแสดงผลและสั่งการข้อมูลบน Simatic HMI	38

รูปที่ 3.8	รายการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน HMI screen	39
รูปที่ 3.9	การตั้งค่าคำสั่ง Reset bit	39
รูปที่ 3.10	การตั้งค่าส่วน Tag power ในฟังก์ชัน Animation	40
รูปที่ 3.11	คำสั่ง Send_PSP	41
รูปที่ 3.12	วงจรสัญญาณการรับค่า Duty cycle	41
รูปที่ 3.13	คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม Arduino	42
รูปที่ 3.14	วงจร J1772 signaling	44
รูปที่ 3.15	วงจรจำลอง vehicle controller ตามวงจร J1772 signaling	44
รูปที่ 3.16	วงจรลดทอนระดับแรงดัน	45
รูปที่ 3.17	วงจรรยกะดับแรงดัน	46
รูปที่ 3.18	Dual ± 15 DC power supply	46
รูปที่ 3.19	Arduino board ในวงจร Vehicle controller	47
รูปที่ 3.20	การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ DC power supply โดยใช้ Arduino UNO	48
รูปที่ 3.21	ไดอะแกรม Power ของ EV's onboard simulator for AC charger	53
รูปที่ 3.22	วงจรย่อยภายใน ของ EV's onboard simulator for AC charger	54
รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)	59
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)	59
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)	60
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)	62
รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)	62
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)	63
รูปที่ 4.7	กราฟแรงดันกระแสตรง 12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	64
รูปที่ 4.8	กราฟแรงดันกระแสตรง +9 V, -12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	65
รูปที่ 4.9	กราฟแรงดันกระแสตรง +6 V, -12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	65
รูปที่ 4.10	กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”	66
รูปที่ 4.11	กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”	66

รูปที่ 4.12 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”	67
รูปที่ 4.13 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”	67
รูปที่ 4.14 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”	68
รูปที่ 4.15 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”	68
รูปที่ 4.16 กราฟแรงดันกระแสตรง 12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	69
รูปที่ 4.17 กราฟแรงดันกระแสตรง +9V, -12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	69
รูปที่ 4.18 กราฟแรงดันกระแสตรง +6V, -12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ	70
รูปที่ 4.19 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”	70
รูปที่ 4.20 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”	71
รูปที่ 4.21 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”	71
รูปที่ 4.22 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”	72
รูปที่ 4.23 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”	72
รูปที่ 4.24 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”	73
รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”	74
รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Connected”	74
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”	75
รูปที่ 4.28 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %	76
รูปที่ 4.29 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %	77

รูปที่ 4.30 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging”	
โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %	77
รูปที่ 4.31 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect”	
โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %	78
รูปที่ 4.32 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected”	
โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %	79
รูปที่ 4.33 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging”	
โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %	79



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงตารางแผนการดำเนินงาน	4
ตารางที่ 2.1 ตารางระบุสถานการณ์เชื่อมต่อกับมาตรฐาน SAE j1772	12
ตารางที่ 2.2 ช่องรับสัญญาณต่างๆ ใน Huawei R100020G1	21
ตารางที่ 2.3 address ต่างๆในการคุม แรงดัน กระแส และกำลังต่างๆ	21
ตารางที่ 2.4 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องชาร์จแบบเตอเรียแบบออนบอร์ด	23
ตารางที่ 2.5 ข้อมูลสั่งการจาก BMS สู่อุปกรณ์ชาร์จ	23
ตารางที่ 2.6 ข้อมูลสั่งการจากระบบควบคุมการชาร์จที่อยู่อื่นๆ	23
ตารางที่ 2.7 ข้อมูลแต่ละ byte ของการสั่งแรงดันขาออกที่ 475.55 v	24
ตารางที่ 2.8 ข้อมูลแต่ละ byte ของการจำกัดกระแสที่ 10.5 A	24
ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier	57
ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier	61

คำย่อและสัญลักษณ์

อักษรย่อ	ความหมาย	หน้า
IEC	International Commission of Electrical Commission	6
CP	Control Pilot	6
PWM	Pulse width modulation	6
EVSE	Electric vehicle supply equipment	6
IC-CPD	In-cable control and protection device	7
PP	Proximity Pilot	8
CAN	Control area network	12
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance	13
NRZ	Non-return-to-zero	13
SOF	Start of frame	15
ID	Identifier	15
SID	Standard identifier	15
EID	Extended identifier	16
RTR	Remote transmission request	17
TEC	Transmit error encounter	17
REC	Receive error encounter	17
SPI	Serial Peripheral Interface	18
SOC	State of charge	24
OBC	On-board charger	24
BMS	Battery management system	24
PLC	Programmable Logic Control	25
HMI	Human Interface	27

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

เนื่องจากการขยายตัวทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมของโลก ก่อให้เกิดปัญหาหามลภาวะ และปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกวัน นอกจากนี้ ยังมีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็ก อย่าง PM 2.5 ที่บั่นทอนสุขภาพในระยะยาว โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดมลภาวะเหล่านี้ คือ ฝุ่นควันที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบสันดาปภายใน ที่จะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) จากการใช้งาน ซึ่งการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงน้ำมันของรถยนต์ นั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และการเดินทางในชีวิตปัจจุบันทำได้ยาก เนื่องจากระบบขนส่งทางสาธารณะยังไม่ครอบคลุมการใช้งานของประชาชน ทำให้ประชาชนต้องใช้นยานพาหนะส่วนตัวมากขึ้น ดังรูปที่ 1.1 และปัจจุบันยังมีปัญหาทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากปัญหาระหว่างรัสเซียกับยูเครน ที่อาจจะทำให้เกิดภาวะเศรษฐกิจถดถอย ทำให้เกิดค่าเงินเฟ้อมากขึ้น และเชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ในยานพาหนะก็มีราคาที่สูงขึ้นเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1.1 การสัญจรบนถนนในประเทศต่างๆ

ปัญหาหามลภาวะเป็นปัจจัยที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมรถยนต์แบบดั้งเดิม จึงได้เริ่มที่จะพัฒนาเทคโนโลยีของรถยนต์ไฟฟ้าและเริ่มใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้อัตราการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดโลกสูงขึ้นเร็วกว่าที่เคยคาดการณ์ มาก โดยจะมีส่วนแบ่งคิดเป็น 1 ใน 3 ของตลาดโลกในปี 2025 และขึ้นไปอยู่ที่มากกว่าครึ่งหนึ่ง หรือ 51% ในปี 2030 โดยในจำนวนนี้ คาดว่าจะเป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicles: BEV) และรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Vehicles: PHV) อย่างละประมาณ 25% ดังนั้น รถ EV (Electric vehicle)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือรถยนต์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.2 ถือเป็นนวัตกรรมยานยนต์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในหลายๆ ประเทศทั่วโลก แน่แน่นอนว่าข้อดีของรถ EV คือขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ไม่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและไร้ซึ่งเสียงรบกวน



รูปที่ 1.2 รถยนต์ไฟฟ้า

ซึ่งรถยนต์ไฟฟ้าอาจจะแก้ไขปัญหามลภาวะต่างๆและปัญหาภาวะโลกร้อนได้ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ด้วย แต่ก็ยังมีข้อจำกัดต่างๆในการใช้รถยนต์ไฟฟ้าอยู่ด้วย เช่น ต้องมีอุปกรณ์ที่มากู้กันก็คือ EV Charger (เครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า หรือ สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า) ดังรูปที่ 3 ที่ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ และระยะทางที่สามารถวิ่งได้ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ซึ่งอาจจะใช้เวลาค่อนข้างนานในการชาร์จด้วยหัวจ่ายไฟกระแสสลับ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการสร้างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็ว หรือแบบกระแสตรงเพื่อความรวดเร็ว สะดวกสบาย และความต่อเนื่องในการเดินทางไกล โดยสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบกระแสตรงจะใช้เวลาประมาณ 20 ถึง 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าในการจ่ายไฟของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วย



รูปที่ 1.3 รูปแบบของเครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบพื้นฐานการขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า คือ ระบบชาร์จไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อที่จำเป็นสำหรับยานยนต์ที่ใช้พลังงานรูปแบบใหม่ การที่ระบบขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้า จะได้รับการยอมรับให้ใช้งานอย่างแพร่หลายได้นั้น จำเป็นต้องมีระบบชาร์จไฟที่ปลอดภัย น่าเชื่อถือ และสะดวกสบายเตรียมไว้รองรับ ซึ่งเรื่องนี้เป็นปัจจัยสำคัญต่อการยอมรับของผู้บริโภคเลย แม้ว่าระบบพลังงานสมัยใหม่จะสามารถให้พลังงานไฟฟ้าได้แล้ว แต่ประเด็นคือต้องทำให้การจ่ายไฟในรูปแบบนี้มีความปลอดภัย สะดวกสบาย และใช้ร่วมกันได้

ผู้ผลิตระบบชาร์จไฟและอุปกรณ์เชื่อมต่อกำลังดำเนินการพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ ด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่จำเป็นต้องเข้ารับการทดสอบและรับรองหลากหลายรูปแบบจากหน่วยงานอิสระ ตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง อาทิ IEC 61851, IEC 62196 และอื่นๆ บริการด้านระบบพื้นฐานการขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้าของเราก่อให้เกิดผลดีหลายประการ ดังนี้

- ให้อุ่นใจได้ว่าผลิตภัณฑ์ตรงตามมาตรฐานสากล รวมถึงข้อกำหนดของตลาดและระเบียบข้อบังคับต่างๆ ว่าด้วยความปลอดภัยและคุณภาพ
- ปรับปรุงการออกแบบตามผลการทดสอบที่เกี่ยวข้องและหลีกเลี่ยงการเสียค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ไขสินค้าในขั้นสุดท้าย เพื่อให้มีความสอดคล้องกับข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องเพื่อการเข้าสู่ตลาดโลกสำหรับยานยนต์พลังงานไฟฟ้า
- มั่นใจได้ว่าเทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์มีความสอดคล้องกับระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าในท้องถิ่น

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันมีเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับต่างๆ อยู่แล้วแต่จะมีค่าทดสอบที่สูงและมีมาตรฐานเล่มต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น IEC 61851 หรือ IEC 62196 ที่ต้องทดสอบให้ผ่านจำนวนมากซึ่งมีความลำบากและสูญเสียมาก ดังนั้นกลุ่มโครงการนี้จึงได้คิดจะศึกษาการทดสอบเบื้องต้นด้านการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จกระแสสลับและเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดโดยอิงตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A ในบางส่วน ขึ้นมาเพื่อเป็นการทดสอบเครื่องชาร์จพื้นฐาน และสามารถเป็นแนวทางในการศึกษาต่อไปได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.) ศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ
- 2.) ศึกษาการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้า โดยการจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดมาทดสอบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ

1.3 ขอบเขตและข้อกำหนดของโครงการ

- 1.) ศึกษาลักษณะของสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างยานพาหนะและเครื่องชาร์จ
- 2.) ศึกษาภาษาที่ใช้สื่อสารและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องทดสอบการชาร์จ
- 3.) ศึกษาหลักการในการออกแบบและหลักการทำงานของเครื่องชาร์จ
- 4.) ศึกษาลักษณะการสื่อสารของการชาร์จของ EVSE ตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

- 1.) กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ
- 2.) ศึกษาภาษาที่ต้องใช้และหลักการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้
- 3.) ทำการศึกษางจรการทำงานของเครื่องทดสอบการชาร์จ
- 4.) ทำการประเมินหาปัญหาที่จะเกิดขึ้นรวมถึงการสำรองอุปกรณ์ที่มีโอกาสเสียหาย
- 5.) คณะผู้จัดทำเริ่มทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องชาร์จ
- 6.) ทำการออกแบบต่อวงจรย่อยเพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร
- 7.) สรุปผลการศึกษาและนำเสนอข้อมูลในภาคเรียนที่ 1
- 8.) ทำการต่อวงจรทั้งวงจรสัญญาณและวงจรไฟฟ้ากำลังสำหรับเครื่องชาร์จ
- 9.) ออกแบบวงจรควบคุมสำหรับการ online monitoring
- 10.) ทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- 11.) สรุปและเขียนรายงานโครงการ
- 12.) นำเสนอโครงการในภาคเรียนที่ 2

1.5 แผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 แสดงตารางแผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	ภาคเรียนที่ 1				ภาคเรียนที่ 2			
	ส.ค.	ก.ค.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1. วางแผนการดำเนินงาน	↔							
2. กำหนดวัตถุประสงค์ในการทำโครงการ	↔							
3. ศึกษาภาษาที่ต้องใช้และหลักการ ทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ		↔						
4. ทำการศึกษางจรการทำงานของ เครื่องทดสอบการอัดประจุ			↔					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการประเมินหาปัญหาที่จะเกิดขึ้นรวมไปถึงการสำรองอุปกรณ์				↔ ↔				
6. ทดสอบการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในเครื่องอัดประจุ				↔ ↔	→			
7. ทำการออกแบบต่อวงจรย่อยเพื่อเปลี่ยนแปลงรูปแบบสัญญาณที่ใช้ในการสื่อสาร				↔ ↔				
8. สรุปลผลการศึกษาและนำเสนอข้อมูลในภาคเรียนที่ 1				↔ ↔				
9. ทำการต่อวงจรทั้งวงจรสัญญาณและวงจรไฟฟ้ากำลังสำหรับเครื่องอัดประจุ					↔ ↔			
10. ออกแบบวงจรควบคุมสำหรับการ online monitoring						↔ ↔	→	
11. ทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้							↔ ↔	→
12. สรุปลและเขียนรายงานโครงการ								↔ ↔
13. นำเสนอโครงการในภาคเรียนที่ 2								↔ ↔

หมายเหตุ ↔ คือ การวางแผน ↔ คือ การปฏิบัติงานจริง

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการ

จากการทำโครงการวิจัยนี้ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ประโยชน์ในด้านการพัฒนาเทคโนโลยี และการเรียนรู้ระบบการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

- งานวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นศึกษาวิธีการติดต่อสื่อสารกันระหว่างอุปกรณ์ที่ใช้กันระหว่างรถยนต์ และ EV charger ซึ่งทางผู้จัดทำคาดว่าจะสามารถต่อยอดผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ ไปใช้ศึกษาหลักการทํางาน และขั้นตอนการสั่งงานระหว่างส่วน Human interface ไปยังส่วนของ Power supply ได้ รวมถึงสามารถประยุกต์ใช้ในการศึกษาพฤติกรรมและประสิทธิภาพของรถยนต์ต่างๆในระหว่างการขับขี่โดยดึงข้อมูลออกมาจากเซนเซอร์ที่ติดไว้ที่จุดต่างๆได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.) เนื่องจากการศึกษาเกี่ยวกับ CANbus protocol ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ติดต่อสื่อสารกันอย่างแพร่หลายในยานพาหนะ รวมถึงใช้ส่งสัญญาณข้อมูลออกมาที่ตัวสถานีชาร์จประจุ ดังนั้นในการศึกษางานวิจัยครั้งนี้จะช่วยทำให้เข้าใจโครงสร้างของภาษาและวิธีการส่งข้อมูลที่หลากหลาย และข้อดีข้อเสียในการเลือกใช้ช่องทางการสื่อสารต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน IEC 61851

IEC 61851 เป็นมาตรฐานสากลสำหรับระบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าผ่านสายตัวนำ [1] และเนื้อหาบางส่วนยังคงอยู่ระหว่างการพัฒนา (เขียนในปี 2560) IEC 61851 เป็นหนึ่งในกลุ่มมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าและรถบรรทุกอุตสาหกรรมไฟฟ้าของคณะกรรมการการไฟฟ้าระหว่างประเทศ (International Commission of Electrical Commission) ภายใต้ความรับผิดชอบของ IEC Technical Commission 69

ซึ่งในโครงการครั้งนี้เราจะนำ IEC 61851 – 1 มาตรฐานสำหรับระบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบนำไฟฟ้ามาใช้งานกับเรื่องนี้โดยเฉพาะเจาะจงไปที่ IEC 61851-1 ANNEX A [2] ซึ่งในภาษาไทยก็คือ ภาคผนวก A (มาตรฐาน) ครอบคลุมถึงฟังก์ชันการสื่อสารควบคุม(Control pilot) โดยใช้วงจรควบคุมของ PWM สัญญาณและสายสื่อสารการควบคุม (Control pilot) โดยในโครงการนี้ก็จะศึกษาในมาตรฐานนี้เป็นหลัก ในการศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จกระแสสลับและเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด [1]

มาตรฐาน IEC 61851-1 ที่โครงการเราสนใจนั้นอยู่ในภาคผนวก A (ANNEX A) โดยอ้างอิงตามมาตรฐานของปี 2017 ได้กล่าวไว้ว่าเป็นภาคผนวกที่เกี่ยวข้องกับ Control pilot function through a control pilot circuit using a PWM signal and a control pilot wire ซึ่งมีความหมายว่า รูปแบบการทำงานของ Control pilot ผ่านการใช้วงจร control pilot ที่ใช้สัญญาณ PWM และสาย control pilot โดยมีคำจำกัดความทั่วไปคือเป็นบทที่อธิบายฟังก์ชันของ control pilot สำหรับ Mode 2,3 และ 4 ของรูปแบบการชาร์จ โดยในโครงการนี้เราจะทำการทดสอบที่อ้างอิงตามมาตรฐานนี้ ซึ่งเราทำการศึกษาข้อมูลของมาตรฐานจากภาคผนวก A ไม่ว่าจะข้อมูลทางด้านวงจร และฟังก์ชันการทำงานต่างๆ การทำงานในสถานะต่างๆ รวมถึงระดับแรงดันและการอ่าน Duty cycle เพื่อดูกระแสที่ชาร์จตามมาตรฐาน ต่อมาเราได้ทำการศึกษาขั้นตอนการทดสอบจากมาตรฐาน เช่น การทดสอบค่าความต้านทานว่ามีค่าตรงตามวงจรที่ตั้งไว้หรือไม่ตาม state ต่างๆ โดยในที่นี้เราจะซื้อตัวต้านทานตามร้านอิเล็กทรอนิกส์มาใช้และตรวจสอบความถูกต้องด้วยโหมควัดความต้านทานของมัลติมิเตอร์ รวมถึงมีการวัดแรงดันทั้งแรงดันสูงสุดและต่ำสุด และดูค่าที่ได้ว่าตรงตามมาตรฐานหรือไม่ การตรวจวัดความถี่ของ PWM ที่จ่ายออกมาจาก EVSE (Electric vehicle supply equipment) มีค่า 1000 Hz หรือไม่สามารถคลาดเคลื่อนได้ที่ 0.5% และทำการตรวจสอบว่ามีค่า Duty cycle ตามที่ได้ตั้งค่าไว้หรือไม่รวมถึงดูลักษณะของสัญญาณว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ซึ่งจะอยู่ในหัวข้อที่ A.4 Test procedures โดยจะทดสอบในหัวข้อที่ A.4.1-A.4.7 ในเล่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐาน IEC 61851-1 ซึ่งข้อมูลอ้างอิงอยู่ในภาคผนวก ข.4 ที่จะกล่าวถึงหัวข้อ A.4 Test procedures เป็นหลัก โดยจะมีข้อมูลสัญญาณที่ต้องทดสอบให้เป็นไปตามมาตรฐานตามที่กล่าวไปตั้งย่อหน้าที 3

โดยข้อมูลในหัวข้อที่ A.4 ในมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A ได้กล่าวไว้ว่า ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงการทดสอบระบบป้องกันของอุปกรณ์จ่ายกำลังให้รถยนต์ไฟฟ้ากับการทนต่อค่าต่างๆของวงจร Control pilot และการมีอยู่ของข้อมูลความถี่สูงที่ส่งข้อมูลผ่านวงจร Control pilot อุปกรณ์จ่ายกำลังให้รถยนต์ไฟฟ้านั้นถูกออกแบบมาให้ความสอดคล้องกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ถูกกำหนดไว้ที่หัวข้อ A.2 และ A.3 (จากมาตรฐาน IEC 61851-1) อย่างไรก็ตาม เป็นสิ่งจำเป็นที่อุปกรณ์จ่ายกำลังให้รถยนต์ไฟฟ้านี้ต้องทนกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้เล็กน้อย ซึ่งอาจมาจากการเชื่อมต่อที่ไม่ค่อยเสถียรและการรบกวนของกระแสจากวงจร Control pilot ดังนั้นเพื่อทำให้มั่นใจถึงความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์จ่ายกำลังนี้จึงต้องถูกทดสอบในหลายๆกรณี

ในตารางที่ A.9 ในภาคผนวก ข.4 จะเห็นได้ว่า มีการบ่งบอกถึงค่าความต้านทานที่ต้องทดสอบให้ตรงกับค่าที่กำหนดไว้ในแต่ละสถานะของการชาร์จ ต่อมาในหัวข้อที่โครงงานนี้สนใจคือ หัวข้อ A.4.5 Duty cycle test หรือหัวข้อการทดสอบ Duty cycle โดยเราจะทำการทดสอบ Duty cycle ที่ 5%, 10% และกระแสสูงสุดที่เครื่องชาร์จสามารถชาร์จได้ แต่ในกรณีที่เครื่องชาร์จไม่สามารถเปลี่ยน PWM ก็สามารถอนุโลมให้ทำการทดสอบที่ Duty cycle ที่มีอยู่แต่แรก โดยที่ค่าพารามิเตอร์ของค่าต้านทาน R2 ที่สถานะ Cx, Dx และ R3 ควรที่จะมีค่าอยู่ที่ปกติสำหรับการทดสอบนี้ โดยการวัดค่าในการทดสอบนี้ควรวัดบริเวณหน้าสัมผัสของ CP, PE ของเต้าชาร์จหรือของอุปกรณ์เชื่อมต่อยานพาหนะ และ Duty cycle ควรจะมีค่าแรงดันตกคร่อมที่ 0V

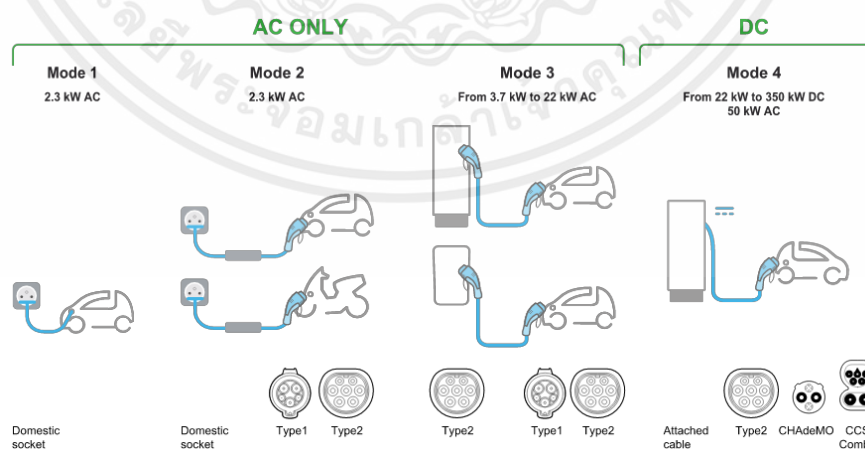
ต่อมาโครงงานนี้จะสนใจหัวข้อการทดสอบที่ A.4.7 Sequences test หรือการทดสอบลำดับการทำงาน โดยการทดสอบนี้จะตรวจสอบแหล่งจ่ายกระแสสลับและความเร็วในการที่จะทดสอบแรงดันสูงสุดและต่ำสุดจะสามารถทำงานได้ การทำการทดสอบนี้ได้ตรวจสอบการทำงานของ Control pilot ที่ทดสอบค่าความต้านทานในตารางที่ A.12 และในกรณีที่ PWM ไม่สามารถเปลี่ยนได้จะไม่จำเป็นต้องทดสอบในลำดับที่ 6 จะเห็นได้ว่าในหัวข้อที่ A.4.7.2 ตามภาคผนวก ข.4 นั้นจะเป็นการทดสอบแบบทั่วไปของ Control pilot ซึ่งมีการทดสอบที่สถานะต่างๆ นั่นคือ ตอนที่ยังไม่เชื่อมต่อ พบ 12V ที่เป็นแรงดันกระแสตรงและต่อมาได้ทำการเชื่อมต่อและทำการชาร์จ และชาร์จเสร็จ ต่อมาได้ทำการเปลี่ยนค่า Duty cycle แล้วทำการทดสอบอีกครั้ง ภาพที่ A.5 ต่อมาในหัวข้อที่ A.4.7.3 นั้นจะทำการทดสอบแบบง่าย โดยจะมีการทดสอบโดยการสั่งให้เครื่องชาร์จทำงานที่ลำดับ 12V DC ไปที่ 6V DC และเกิดสัญญาณ PWM เป็นสถานะการชาร์จทันทีและเปลี่ยน Duty cycle

ระหว่างการชาร์จ ต่อมาในหัวข้อ A.4.7.4 นั้นจะเป็นการทดสอบที่เป็นทางเลือกโดยจะทดสอบว่าเครื่องชาร์จเข้ากันได้กับระบบสายส่งหรือไม่ โดยในภาพที่ 4.7 ในภาคผนวก ข.4 จะแสดงให้เห็นว่าไม่ได้มีการเปลี่ยน Duty cycle

2.2 รูปแบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

มาตรฐาน IEC 61851-1 (Electric vehicle conductive charging system) ให้นิยามรูปแบบการชาร์จรถไฟฟ้าไว้ 4 ระดับ ดังนี้ [3]

- 1.) โหมด 1 การเชื่อมต่อเครื่องชาร์จไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเต้ารับมาตรฐาน โดยไม่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าใด ๆ และมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 16 A (หมายเหตุ ปัจจุบันห้ามการชาร์จไฟฟ้าโหมด 1 ตาม มอก. 61851 เล่ม 1-2560)
- 2.) โหมด 2 การติดตั้งเครื่องชาร์จไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเต้ารับมาตรฐาน โดยมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันในสาย (In-cable control and protection device: IC-CPD) และมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 32 A (ซึ่งส่วนใหญ่สายชาร์จที่ติดมากับรถไฟฟ้าจะเป็นการชาร์จในโหมด 2 นี้ทั้งสิ้น)
- 3.) โหมด 3 การเชื่อมต่อเครื่องชาร์จไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ ที่ใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะ
- 4.) โหมด 4 การติดตั้งเครื่องชาร์จไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้าชนิดกระแสตรง ที่ใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะ



รูปที่ 2.1 รูปแบบการชาร์จทั้ง 4 โหมด [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วงจรการสื่อสารระหว่างยานพาหนะและเครื่องชาร์จกระแสสลับ Mode3

SAE J1772 หรือที่รู้จักกันในชื่อปลั๊ก J ซึ่งมีทั้งแบบ type1 และ type2 ตามมาตรฐานสากล IEC 62196 เป็นมาตรฐานของอเมริกาเหนือสำหรับเชื่อมต่อหัวชาร์จและยานพาหนะไฟฟ้าที่กำกับดูแลโดย SAE International ภายใต้ชื่ออย่างเป็นทางการ “SAE Surface Vehicle Recommended Practice J1772, SAE Electric Vehicle Conductive Charge Coupler”.

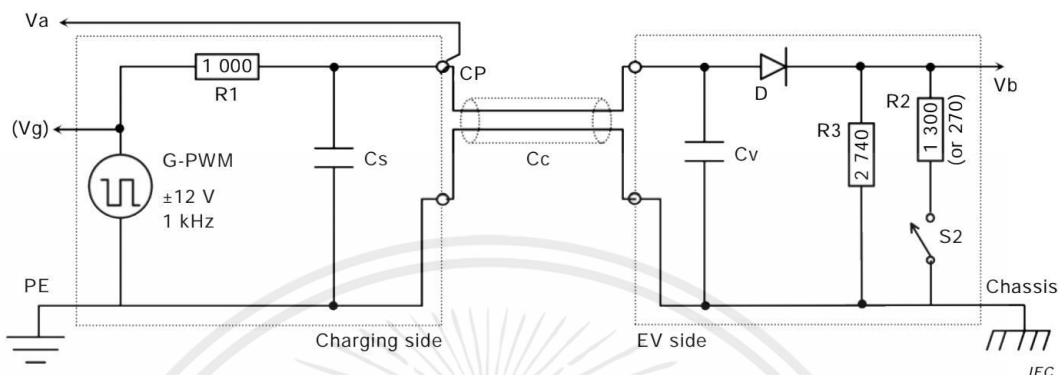
SAE เป็นพัฒนาและควบคุมรูปแบบทางกายภาพ การถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้า การสื่อสาร และข้อกำหนดด้านประสิทธิภาพสำหรับระบบอัดประจุและตัวเชื่อมต่อไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้า โดยมีความตั้งใจที่จะควบคุมคุณภาพของสถาปัตยกรรมระบบการชาร์จแบบนำไฟฟ้าของยานพาหนะไฟฟ้าทั่วไป รวมถึงข้อกำหนดด้านการปฏิบัติงานและด้านการทำงาน รวมไปถึงลักษณะของตัวเชื่อมต่อทั้งฝั่งยานพาหนะ และเครื่องอัดประจุ [4]

วงจรสัญญาณ J1772 คือ วงจรที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและชาร์จอุปกรณ์ โดยส่วนสำคัญของวงจรมีส่วนของสัญญาณควบคุม ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมกระบวนการชาร์จของอุปกรณ์ และสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ โดยวงจรมีได้อิงตามมาตรฐานของ IEC 61851-1 ANNEX A ซึ่งกล่าวถึงการสื่อสารของตัว Control pilot

วงจรสัญญาณ J1772 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน ได้แก่

- 1.) Pilot signal: เป็นส่วนที่สื่อสารข้อมูลระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ โดยมี 2 รูปแบบ ได้แก่ สัญญาณ PP (Pilot Proximity) และสัญญาณ CP (Control Pilot) ซึ่งเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลที่มีความถี่ต่างกัน สัญญาณ PP มีความถี่ 1 kHz และใช้สำหรับการตรวจจับว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้รถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอที่จะเริ่มกระบวนการชาร์จได้ ส่วนสัญญาณ CP จะมีความถี่ต่างๆ และจะใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จเพื่อควบคุมกระบวนการชาร์จของอุปกรณ์
- 2.) Proximity detection: เป็นส่วนที่ตรวจจับว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้รถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอที่จะเริ่มกระบวนการชาร์จได้ โดยจะใช้สัญญาณ PP ที่มีความถี่ 1 kHz เพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้รถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอหรือไม่ ถ้าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้เพียงพอ จะมีการส่งสัญญาณควบคุมกระบวนการชาร์จไปยังอุปกรณ์
- 3.) Ground detection: ส่วนที่ตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายกราวด์ระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ
- 4.) Control signal: ส่วนที่ส่งสัญญาณเพื่อควบคุมกระบวนการชาร์จ โดยจะมีการส่งสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) โดยความถี่ของสัญญาณจะระบุปริมาณพลังงานที่ต้องการชาร์จให้กับแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า

โดยทั่วไปแล้ว วงจรสัญญาณ J1772 จะมีการตรวจสอบความปลอดภัยในการชาร์จ และควบคุมการใช้พลังงานโดยใช้เซนเซอร์ต่างๆ โดยผ่านการรับข้อมูลจาก CP, PP อาทิ การวัดความชื้น การตรวจสอบความผิดพลาด และอื่นๆ



รูปที่ 2.2 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A [2]

ส่วนที่เรียกว่า Signaling Circuit ในมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A ถูกใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ โดยจะใช้สัญญาณ Control Pilot (CP) เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของการชาร์จและเพื่อให้การชาร์จเป็นไปได้อย่างปลอดภัยและเชื่อมต่อได้เร็วและเสถียร

Control Pilot (CP) นี้จะถูกนำมาใช้สำหรับการกำหนดกำลังการชาร์จสูงสุดที่รถยนต์สามารถรับได้ การเริ่มต้นและสิ้นสุดกระบวนการชาร์จ และการตรวจสอบและจำกัดกระแสไฟฟ้าขณะที่กำลังชาร์จ เพื่อให้การทำงานเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

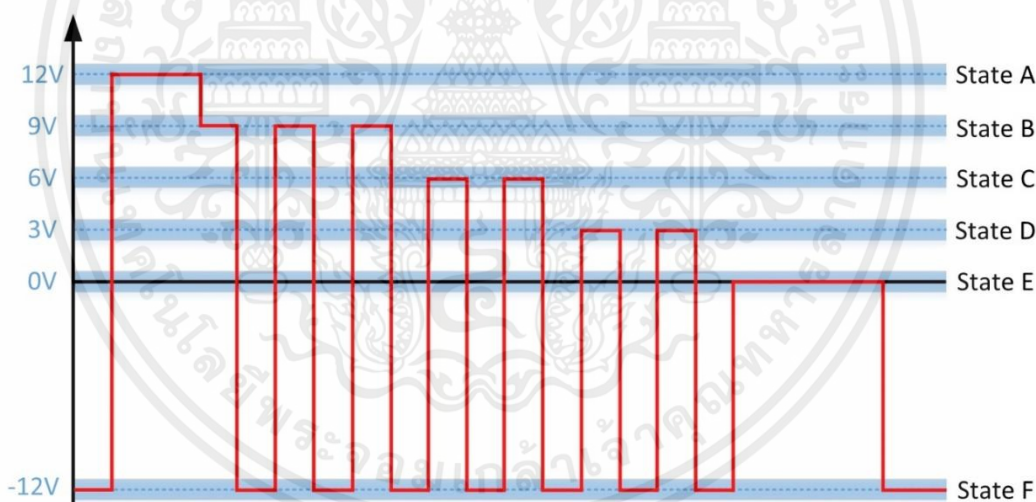
ส่วน Proximity Pilot (PP) ในมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A นั้นใช้ในการกำหนดสัญญาณไฟฟ้าและการเชื่อมต่อของขั้วปลั๊กชาร์จ (Charging Connector) กับรถยนต์ไฟฟ้า โดย PP จะเป็นย่อมาจากคำว่า Pilot Pin โดยจะถูกนำมาใช้สำหรับการตรวจสอบความพร้อมใช้งานของรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ และใช้สัญญาณไฟฟ้าแบบ Pulse Width Modulation (PWM) เพื่อส่งข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของการชาร์จ ตัวอย่างเช่น สัญญาณ PWM เมื่อตอนเสียบหัวชาร์จเข้าไปที่รถยนต์ จะทำให้เกิด PWM ที่อยู่ในสาย CP มีค่า peak ที่ 9V และมี min ที่ -12 V ด้วย Duty cycle ค่าๆหนึ่ง ดังนั้นขั้ว PP ใน SAE J1772 มีหน้าที่สำคัญในการเชื่อมต่อและสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จ ซึ่งจะช่วยให้การชาร์จเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพสูงสุด

- ลักษณะของสัญญาณ J1772 pilot signal

สัญญาณ Pilot ใน J1772 คือ สัญญาณที่ใช้ในการติดต่อกันระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จไฟฟ้า สัญญาณ Pilot มีหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้ากับสถานีชาร์จ โดยสัญญาณ Pilot จะส่งข้อมูลเกี่ยวกับสถานะและการควบคุมการชาร์จไปยังรถยนต์ไฟฟ้า และสถานีชาร์จจะใช้ข้อมูลนี้ในการควบคุมการชาร์จของรถยนต์ไฟฟ้า [5]

ตารางที่ 2.1 ตารางระบุสถานการณ์เชื่อมต่อตามมาตรฐาน SAE j1772 [6]

State	Pilot High	Pilot Low	Frequency	EV Resistance	Description
State A	+12V	N/A	DC	N/A	Not Connected
State B	+9V	-12V	1000hz	2.74k	EV Connected (Ready)
State C	+6V	-12V	1000hz	882	EV Charge
State D	+3V	-12V	1000hz	246	EV Charge Vent. Required
State E	0V	0V	N/A		Error
State F	N/A	-12V	N/A		Unknown/Error



รูปที่ 2.3 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน SAE J1772 [6]

โดยรวมแล้ววงจรสัญญาณเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้การชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าเป็นไปอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ และมาตรฐาน SAE J1772 ก็ระบุข้อกำหนดและกระบวนการอย่างละเอียดสำหรับการออกแบบและการปฏิบัติตามของวงจรสัญญาณนี้

โดยเราจะสังเกตเห็นได้ว่าในภาพที่ 2.3 จะพบว่าในสัญญาณของ CP (Control pilot) ในตอนแรกที่ตัวของรถยนต์ไฟฟ้ายังไม่ได้ถูกเสียบชาร์จ ที่ตัวของเครื่องชาร์จจะมีไฟ 12V รออยู่เป็นไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC โดยสามารถที่จะวัดได้ในกรณีที่เรายังไม่ทำการเสียบหัวชาร์จเข้าไปที่รถยนต์หรือเครื่องทดสอบ แต่เมื่อทำการเสียบหัวชาร์จเข้าไปที่ตัวของรถยนต์วงจรจะทำการสับหน้าคอนแทคเตอร์เปลี่ยนเป็นจ่ายไฟ 12V ที่เป็น PWM (Pulse width modulation) โดยเราสามารถวัดได้ที่ในเครื่องชาร์จกระแสสลับเพราะทันทีที่เราทำการเสียบหัวชาร์จ PWM จะทำการลด peak ลงไปที่ 9V ทันที ซึ่งจะมีค่า Duty cycle ที่มีค่าเฉพาะเจาะจงและมีความหมายตามมาตรฐาน ซึ่งค่าที่เฉพาะนี้จะสามารถปรับได้ตามแล้วแต่รุ่นของเครื่องชาร์จ ซึ่งค่านี้นั้นเป็นค่าที่จะต้องเปลี่ยนไปหรือต้องตั้งค่าไว้ตามที่ เซอกิตเบรกเกอร์ของที่พักอาศัยหรือที่โหลดใช้ รวมถึงขนาดของสายไฟที่ใช้ร่วมกับโหลดและอุปกรณ์ต่างๆ ควรจะสอดคล้องกัน เพื่อความปลอดภัย โดยในตามมาตรฐาน [2] ได้กล่าวไว้เป็นค่าเดียวกันว่า

ในกรณีที่ต้องการกระแสชาร์จ 6A – 51A

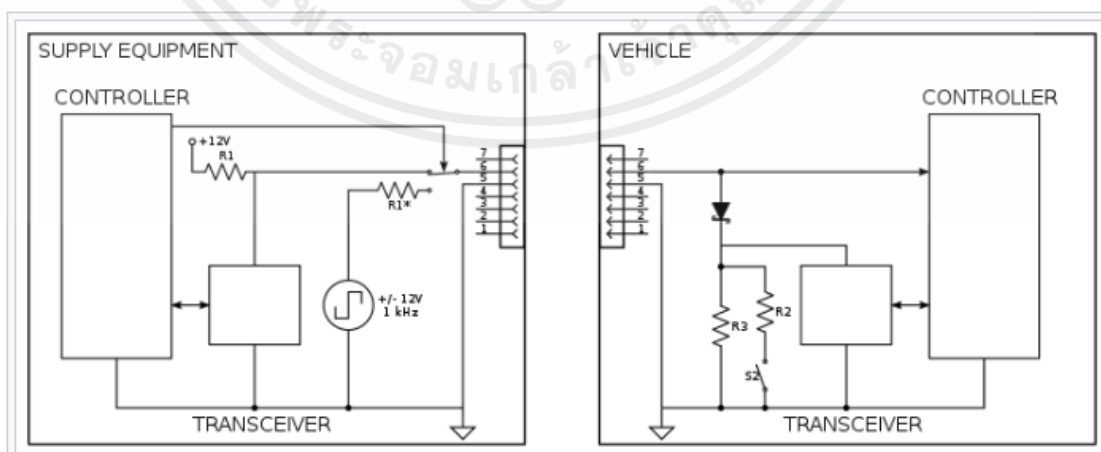
$$\text{Duty cycle} = \text{Amps}/0.6 \quad (2.1)$$

ในกรณีที่ต้องการกระแสชาร์จ 51A – 80 A

$$\text{Duty cycle} = \left(\frac{\text{Amps}}{2.5}\right) + 64 \quad (2.2)$$

ซึ่งในที่นี้ก็จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ป้องกันที่อยู่อาศัยและตู้บริภัณฑ์ด้วย ในการที่จะปรับและตั้งค่าเริ่มต้นของค่า Duty cycle ของตัวสายสื่อสาร (Control pilot)

โดยในโครงการนี้ยังได้มีการใช้งานหัวชาร์จตามมาตรฐาน SAE J3068 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับมาตรฐาน SAE J3068 อยู่พอสมควร โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมดังนี้



รูปที่ 2.4 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน SAE J3068 [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAE J3068 เป็นมาตรฐานการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบ DC ซึ่งใช้สัญญาณสื่อสารแบบดิจิทัลในการควบคุมกระแสไฟฟ้าและสถานะการชาร์จ สัญญาณสื่อสารนี้สามารถส่งผ่านสายชาร์จและจุดที่เชื่อมต่อรถยนต์ไฟฟ้ากับสถานีชาร์จได้ โดยมีองค์ประกอบหลักของสัญญาณสื่อสารดังนี้

- Pilot signal เป็นสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูลเกี่ยวกับสถานะของการชาร์จไปยังอุปกรณ์ชาร์จ โดยสัญญาณนี้จะมี 3 ระดับ คือ
 - Level 1: ไม่มีกระแสไฟฟ้าถูกส่ง
 - Level 2: กระแสไฟฟ้าถูกส่ง แต่ยังไม่ถึงขีดเปิดวงจร
 - Level 3: กระแสไฟฟ้าถึงขีดเปิดวงจร
- Proximity signal เป็นสัญญาณที่ใช้ตรวจจ็ระยะทางระหว่างหัวชาร์จและรถยนต์ไฟฟ้า โดยจะส่งสัญญาณเตือนเมื่อรถยนต์ไฟฟ้าอยู่ใกล้เคียงกับหัวชาร์จ
- Control signal เป็นสัญญาณที่ใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าขณะที่กำลังชาร์จ โดยจะควบคุมกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าให้เข้ากับรถยนต์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

ข้อแตกต่างระหว่างมาตรฐานการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า SAE J1772 และ SAE J3068

SAE J1772 และ SAE J3068 เป็นมาตรฐานที่ใช้สำหรับชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า แต่มีความแตกต่างกันเล็กน้อยตามด้านการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและสถานีชาร์จโดยส่วนที่ต่างกันสำหรับชาร์จไฟฟ้ากระแสสลับ ได้แก่

ระบบสัญญาณ SAE J1772 ใช้รูปแบบสัญญาณ AC โดยส่งข้อมูลเกี่ยวกับสถานะการชาร์จผ่านสัญญาณ PWM (Pulse-Width Modulation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนความกว้างของช่องว่างระหว่างจังหวะของสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิทัลที่สามารถอ่านได้โดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

SAE J3068 ใช้รูปแบบสัญญาณแบบดิจิทัล โดยใช้โครงสร้างของภาษาคอมพิวเตอร์ในการสื่อสาร การส่งข้อมูลสามารถเป็นแบบข้อความหรือภาพและวิดีโอได้ ซึ่งสามารถอ่านได้โดยใช้อุปกรณ์เครื่องรับสัญญาณแบบดิจิทัล เช่น คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามสถานการณ์ชาร์จได้ในเวลาจริง [6]

- ความเร็วในการชาร์จ
 - SAE J1772 มีความเร็วในการชาร์จสูงสุดที่ 19.2 kW (240 V, 80 A)
 - SAE J3068 มีความเร็วในการชาร์จสูงสุดที่ 240 kW (600 V, 200 A)

โดยหัวชาร์จแบบ SAE J1772 นั้นเรียกได้อีกชื่อว่าหัวชาร์จชนิดที่ 1 หรือ IEC 62196-1 โดยเป็นการอธิบายเกี่ยวกับลักษณะของหัวชาร์จในทางฮาร์ดแวร์ และลักษณะภายนอก โดยจะมีความสัมพันธ์กับมาตรฐาน IEC 61851-1 ตรงที่เป็นข้อกำหนดทั่วไปเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ชาร์จไฟและมาตรฐานของอุปกรณ์ซึ่งมีความสัมพันธ์กันโดยที่ในภาคผนวก A (ANNEX A) ของ

IEC 61851-1 จะมีการกล่าวถึงมาตรฐานของวงจรสื่อสารภายในหัวชาร์จแบบ SAE J1772 รวมถึงการทดสอบต่างๆเพื่อให้ตรงตามมาตรฐาน

2.4 CAN bus protocol

CAN bus (Controller Area Network) เป็นโพรโตคอลสื่อสารข้อมูลที่ถูกรวบรวมมาเพื่อใช้ในระบบการควบคุมและติดต่อสื่อสารของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมเครื่องยนต์และอุปกรณ์อื่นๆ บนรถยนต์ โพรโตคอลนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Bosch ในปี 1986 และได้รับการนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้โดยไม่ต้องมีการใช้สายต่อไฟฟ้าหลายเส้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็วและคุ้มค่าน่ามากขึ้น [9]

โพรโตคอล CAN bus มีลักษณะเป็นระบบสื่อสารข้อมูลแบบแฝง (Message-oriented protocol) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลจะถูกส่งและรับเป็นรูปแบบข้อความซึ่งแต่ละข้อความจะประกอบด้วยเนื้อหาที่มีความหมายและแท็ก (ID) เพื่อระบุตำแหน่งและประเภทของข้อมูลที่ถูกส่งและรับ

โพรโตคอล CAN bus ใช้เทคโนโลยี CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) เพื่อควบคุมการส่งข้อมูลในระบบสื่อสาร โดยระบบจะตรวจสอบสัญญาณของช่องสื่อสารก่อนที่จะส่งข้อมูล เพื่อป้องกันการชนกับสัญญาณของเครื่องอื่น ๆ ที่ใช้สื่อสารในช่องเดียวกัน [8]

- สัญญาณ CAN high และ CAN low

CAN High และ CAN Low เป็นสายสัญญาณสำหรับการสื่อสารในระบบ CAN bus ซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถส่งข้อมูลได้โดยไม่ต้องใช้สายสัญญาณหลายเส้น ซึ่ง CAN High เป็นสายสัญญาณที่ใช้ส่งข้อมูลในระบบ CAN bus โดยมีค่าไฟฟ้าสูงกว่า CAN Low ซึ่งจะมีค่าไฟฟ้าต่ำกว่า CAN High โดยปกติแล้ว CAN High จะมีค่าไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.5V ถึง 3.5V ในขณะที่ CAN Low จะมีค่าไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0V ถึง 1.5V

การส่งข้อมูลในระบบ CAN bus จะทำการสลับสัญญาณไปมาระหว่างสายสัญญาณ CAN High และ CAN Low เพื่อระบุข้อมูลด้วยเทคโนโลยี NRZ (Non-Return-to-Zero) ซึ่งหมายความว่าถ้าข้อมูลเป็น 1 สัญญาณจะเปลี่ยนจาก CAN High เป็น CAN Low และถ้าข้อมูลเป็น 0 สัญญาณจะเปลี่ยนกลับจาก CAN Low เป็น CAN High

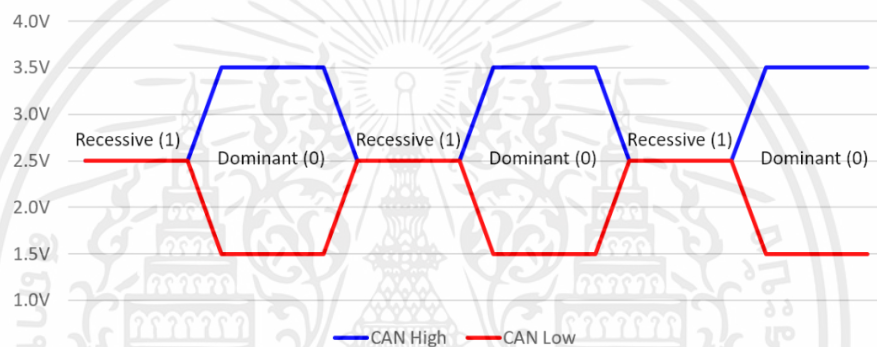
การส่งข้อมูลในระบบ CAN bus จะใช้แรงดันไฟฟ้าเพียงเล็กน้อยแต่สามารถส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและประหยัดพลังงาน นอกจากนี้การส่งข้อมูลผ่านสายสัญญาณ CAN High และ

CAN Low ยังมีการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลที่เกิดขึ้นเพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและน่าเชื่อถือต่อการใช้งานในระยะยาว

สาย CANH และ CANL ทำงานแบบ differential wire คือใช้ความแตกต่างของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสาย 2 เส้นในการรับ-ส่งข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดสัญญาณรบกวนสัญญาณภายในสายประกอบด้วย 2 สถานะ คือ

สถานะ Dominant เกิดขึ้นเมื่อแรงดันของสาย CANH มากกว่าสาย CANL ซึ่งแปลเป็นสถานะส่งลอจิก 0

สถานะ Recessive เกิดขึ้นเมื่อแรงดันของสายเส้น CANH น้อยกว่าหรือเท่ากับ CANL แปลเป็นสถานะส่งลอจิก 1



รูปที่ 2.5 รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าในสาย CAN high และ CAN low [8]

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่า ในสถานะ Dominant (ส่งลอจิก 0) แรงดันของสาย CANH มีค่าประมาณ 3.5V ส่วน CANL มีค่าประมาณ 1.5V ในสถานะ Recessive (ส่งลอจิก 1) แรงดันของสาย CANH และ CANL มีค่าเท่ากันคือ 2.5V สาย CANH และ CANL มีแรงดันแตกต่างกัน 0V

- การรับส่งข้อมูลผ่าน CAN

การรับส่งข้อมูลผ่าน CAN (Controller Area Network) คือการส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ที่ติดตั้งในรถยนต์หรืออุตสาหกรรมที่มีการใช้งานระบบ CAN bus เพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ สื่อสารกันได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน โดยจะทำผ่านสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งผ่านสายสัญญาณ CAN High และ CAN Low โดยข้อมูลจะถูกแยกออกเป็นแพ็คเกจขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 8 บิต และส่งผ่านสายสัญญาณในรูปแบบที่เรียกว่า bitstream

การรับส่งข้อมูลผ่าน CAN มีหลายขั้นตอน ดังนี้

1.) การสร้างแพ็คเกจของข้อมูล (Data packet generation) - ข้อมูลจะถูกแยกออกเป็นแพ็คเกจ

แพ็คเกจขนาดเล็กที่มีขนาดไม่เกิน 8 บิต และถูกเขียนลงในช่องข้อมูลของแพ็คเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

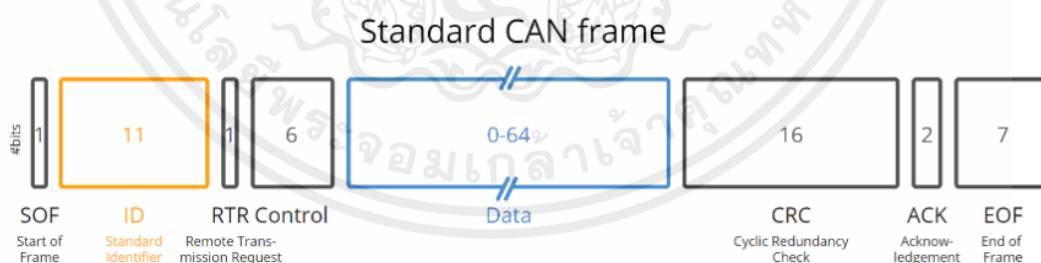
- 2.) การสร้างฟิลด์ของแพ็คเกจ (Packet field generation) - แต่ละแพ็คเกจจะมีฟิลด์ต่างๆ ที่อธิบายลักษณะของแพ็คเกจนั้นๆ เช่น ที่อยู่ปลายทาง ที่อยู่ผู้ส่ง จำนวนข้อมูล เป็นต้น
- 3.) การส่งแพ็คเกจของข้อมูล (Packet transmission) - แพ็คเกจของข้อมูลจะถูกส่งผ่านสายสัญญาณ CAN High และ CAN Low โดยอุปกรณ์ที่จะรับข้อมูลจะต้องเปิดใช้งานเครื่องมือสำหรับการรับข้อมูล (Receiver)
- 4.) การตรวจสอบแพ็คเกจของข้อมูล (Packet verification) - จะมีการตรวจสอบความถูกต้องของแพ็คเกจก่อนที่อุปกรณ์รับข้อมูลจะนำข้อมูลไปใช้งานต่อไป

การรับ-ส่งข้อมูลผ่าน CAN ใช้สิ่งที่เรียกว่า CAN frame และ 1 CAN frame หมายถึงการส่งข้อมูล 1 ครั้ง โดย CAN frame แบ่งเป็น 4 ชนิดดังนี้

- 1.) Data frame - ใช้ส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ CAN อื่น ๆ
- 2.) Remote frame - ใช้ร้องขอข้อมูลจากอุปกรณ์ CAN อื่น ๆ
- 3.) Error frame - ใช้แจ้งทุกอุปกรณ์ CAN ว่าพบความผิดพลาดขึ้นบนบัส
- 4.) Overload frame

การใช้งานจริงมีเพียง Data frame และ Remote frame เท่านั้นที่ผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมสั่งงานได้ ส่วน Error frame และ Overload frame ตัว CAN controller จะจัดการให้อัตโนมัติ

Data frame และ Remote frame มี 2 รูปแบบ คือ Standard Frame และ Extended Frame โดย Standard Frame มีโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของ Standard CAN frame [8]

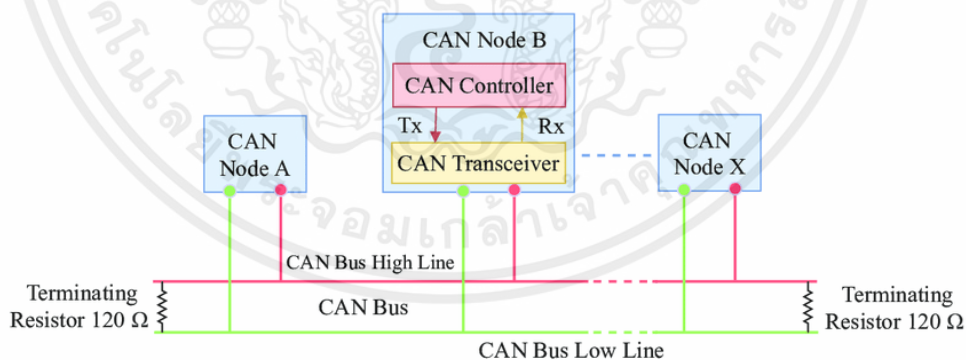
Standard CAN frame เป็นรูปแบบการส่งข้อมูลผ่านเครือข่าย Controller Area Network (CAN) ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้

- Start of Frame (SOF) bit - เป็นบิตแรกของแพ็คเกจที่กำหนดให้เป็น 1 และใช้ในการแจ้งเตือนอุปกรณ์ที่รับข้อมูลว่ามีแพ็คเกจเข้ามาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Identifier (ID) field - เป็นฟิลด์ที่ใช้ระบุแพ็คเกจว่าเป็นข้อมูลจากอุปกรณ์ใด โดยมีขนาด 11 บิต และแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ
- Standard Identifier (SID) - เป็นฟิลด์ 11 บิตที่ใช้ระบุ ID ของแพ็คเกจ
- Extended Identifier (EID) - เป็นฟิลด์ 18 บิตที่ใช้ระบุ ID ของแพ็คเกจ โดยใช้ฟิลด์ RTR (Remote Transmission Request) เพื่อแสดงถึงการร้องขอการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทางไปยังอุปกรณ์ปลายทาง
- Remote Transmission Request (RTR) bit - เป็นบิตที่ใช้สำหรับร้องขอการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทางไปยังอุปกรณ์ปลายทาง โดยเมื่อ RTR เป็น 1 จะแสดงถึงการร้องขอการส่งข้อมูลแบบ Remote Frame
- Data Length Code (DLC) field - เป็นฟิลด์ที่ใช้ระบุจำนวนบิตของข้อมูลในแพ็คเกจ ซึ่งสามารถระบุได้ตั้งแต่ 0 ถึง 8 บิต
- Data field - เป็นฟิลด์ที่ใช้เก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ต้นทาง โดยมีขนาดไม่เกิน 8 บิต ในกรณีที่ข้อมูลมีจำนวนน้อยกว่า 8 บิตจะต้องเติมข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ "0"
- Extended Frame แตกต่างจาก Standard Frame ตรงที่ฟิลด์ ID มีความยาว 29 บิต และมีโครงสร้างอื่น ๆ ที่แตกต่างกันเล็กน้อย

การใช้งานจริง ฟิลด์ที่กำหนดค่าได้คือ ID, RTR, DLC และ Data ส่วนฟิลด์อื่น ๆ ตัว CAN controller จะจัดการให้อัตโนมัติ



รูปที่ 2.7 ลักษณะการเชื่อมต่อของ CAN node [9]

- การเลือกรับข้อมูล (Acceptance Filter)

เนื่องจากการรับ-ส่งข้อมูลบน CAN เป็นแบบ Broadcast ดังนั้นจึงอาจมีข้อมูลที่ไม่ต้องการเข้ามาด้วย หากมีข้อมูลที่ไม่ต้องการเข้ามาเกินไปก็อาจจะทำให้แรม หรือพื้นที่เก็บข้อมูล

CAN ขาเข้าเต็มได้ ดังนั้น CAN จึงมีสิ่งที่เรียกว่า Acceptance Filter เพื่อใช้กรองให้รับเฉพาะบาง CAN frame ที่มี ID ที่กำหนดไว้เท่านั้น

- สถานะความผิดพลาดและตัวนับ (Error States and Counters)

CAN controller ของทุกโหนด (CAN Node) มีตัวนับที่ชื่อ Transmit Error Counter (TEC) และ Receive Error Counter (REC) ทำหน้าที่นับจำนวนความผิดพลาดที่เกิดจากการรับ-ส่งข้อมูลบนบัส โดยตัวนับแต่ละตัวใช้อ้างอิงสถานะความผิดพลาด (Error States) ดังนี้

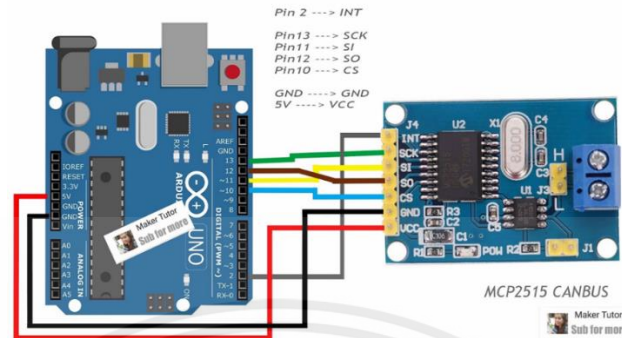
- Error Active คือ สถานะที่ตัวนับ TEC และ REC นับค่าได้น้อยกว่า 128 การรับ-ส่งข้อมูลยังเป็นไปตามปกติ แต่จะมีการส่ง Error frame ทุกครั้งที่พบความผิดพลาด
- Error Passive คือ สถานะที่ตัวนับ TEC หรือ REC นับค่าได้มากกว่าหรือเท่ากับ 128 การรับ-ส่งข้อมูลยังเป็นไปตามปกติ แต่จะมีการส่ง Error frame ทุกครั้งที่พบความผิดพลาด
- Bus-Off คือ สถานะที่ตัวนับ TEC นับค่าได้มากกว่าหรือเท่ากับ 256 ในสถานะนี้ CAN controller จะไม่รับ-ส่งข้อมูลบนบัสอีกต่อไป จนกว่าจะได้รับการกู้คืน
- ข้อได้เปรียบ CAN bus ต่อระบบการสื่อสารอื่นๆ

ปกติการสื่อสารผ่านสายที่เชื่อมต่ออุปกรณ์หลาย ๆ ตัวเข้าด้วยกันบนบัสเดียวกัน เช่น Modbus RTU, I2C, SPI จะต้องมีตัวแม่ (Master) เพียงตัวเดียว และตัวที่เหลือเป็นตัวลูก (Slave) โดยตัวลูกจะส่งข้อมูลได้ก็ต่อเมื่อตัวแม่ร้องขอเท่านั้น สำหรับ CAN bus อุปกรณ์ทุกตัวคือตัวแม่ เป็นตัวควบคุม บน CAN bus หากมีอุปกรณ์ใดเสียหาย อุปกรณ์นั้น ๆ จะเตะตัวเองออกทำให้ อุปกรณ์อื่น ๆ ยังสื่อสารกันได้ปกติ การส่งข้อมูลบน CAN bus คือการส่งที่ทุกอุปกรณ์ได้รับข้อมูลทั้งหมด (broadcast) ทั้งนี้หากอุปกรณ์ใดต้องการเลือกรับเฉพาะบางข้อมูล (Multi-cast) ก็สามารถทำได้เช่นกัน หากเกิดเหตุการณ์ที่มีอุปกรณ์ใด ๆ ส่งข้อมูลพร้อมกันขึ้น ข้อมูลที่มีความสำคัญมากกว่า จะได้รับสิทธิ์ในการส่งก่อน ส่วนข้อมูลที่มีความสำคัญน้อยกว่าจะได้โอกาสส่งใหม่ในภายหลัง ทุกอุปกรณ์บน CAN bus จะมีการตรวจสอบข้อมูลที่วิ่งอยู่ในบัสเสมอ หากมีอุปกรณ์ใดตรวจพบความผิดพลาดของการส่งข้อมูล อุปกรณ์นั้นจะส่งข้อมูลแจ้งเตือนทันที

2.5 การควบคุม DC power supply ด้วยการสื่อสารผ่าน CAN bus

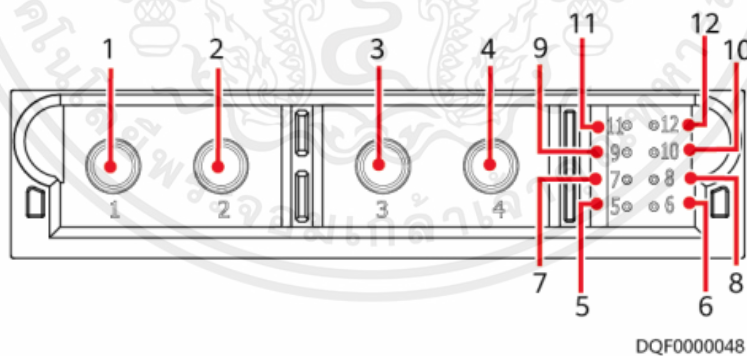
ในโครงการนี้เราต้องการที่จะจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องรู้วิธีการจ่ายโหลดหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวเรกติฟายเออร์หรือ DC power supply โดยในการศึกษานั้นเราจะใช้ตัว Huawei R100020G1 ขนาด 20 kW โดยการสื่อสาร protocol แบบ CAN bus

โดยในโครงการนี้ MCP 2515 ถูกนำมาใช้ที่ในการสร้างสัญญาณ CAN bus เพื่อสื่อสารกับ DC power supply



รูปที่ 2.8 วงจรแปลงสัญญาณ จาก SPI เป็น CAN bus [10]

โดยวงจรในรูปแบบนี้เป็นวงจรที่ทำการเปลี่ยนสัญญาณ SPI (Serial Peripheral Interface) จาก Arduino เป็น CAN bus เพื่อส่งไปสัญญาณไปยัง address ของ Huawei ผ่านทางสาย protocol CAN bus ของ Huawei ที่มี CAH high และ CAN low ทำให้ควบคุมมันได้ตาม manual ดังนั้นวิธีทำจะทำการเขียนโปรแกรมผ่านโปรแกรม Arduino แล้วส่งสัญญาณไปควบคุมตัว Huawei นั้นเอง



รูปที่ 2.9 ช่องรับสัญญาณต่างๆ ใน Huawei R10020G1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ช่องรับสัญญาณต่างๆ ใน Huawei R100020G1

Pin	Item	Function
1,2	1000 V DC -	Negative output (pins 1 and 2 must be connected in parallel)
3,4	1000 V DC +	Positive output (pins 3 and 4 must be connected in parallel)
5	CANBH	CAN high-level signal
6	CANBL	CAN low-level signal
7	CANBH	CAN high-level signal
8	CANBL	CAN low-level signal
9	CAN_GND	Signal ground
10	LINE_CHECK_OK	Insertion and removal control
11	URGENT_TURN_OFF+	Emergency shutdown+

1. Set the module power-on command.

ID: 06 81 80 FE Data: 01 32 00 00 00 00 00

2. Set the module power-off command.

ID: 06 81 80 FE Data: 01 32 00 01 00 00 00

รูปที่ 2.10 ID address และข้อมูล byte ในการส่งเข้า Huawei

- Data Domain of the Control/Configuration Command

ตารางที่ 2.3 address ต่างๆในการคุม แรงดัน กระแส และกำลังต่างๆ

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
Output voltage	0x0	0x100	0x00	0x00	Voltage (V) x1024 For example, the output voltage is 750 V (750 x 1024 = 0x000bb800).					The voltage ranges of different modules are as follows: R100030G1: (High-voltage mode) 200-1000 V (Low-voltage mode) 200-506 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

						(High-voltage mode) 150-1000 V (Low-voltage mode) 150-500 V If the setting exceeds the maximum value, the data is invalid. If the setting is less than the minimum value, the minimum value is used.
Output power limit value	0x0	0x105	0x00	0x00	Preset ratio x 1024	Value range: 0-1024 1024: full power
Output current	0x0	0x10F	0x00	Number of modules in the system. The value ranges from 0 to 64. If the current decrease rate is not calculated, the default value 0 is used.	Set current (A) x 1024	Current range: R100030G1: 0.8 A-100 A R100020G1: 0.5 A-66.7 A If the setting exceeds the maximum value, the data is invalid. If the setting is less than the minimum value, the minimum value is used.(A value greater than 0.) The number of modules is used to calculate the current decrease rate (the current decrease rate is equal to 150 A/s divided by the number of modules).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะศึกษาความรู้พวกนี้ในการนำมาควบคุมตัว DC power supply Huawei นี้ และคุมแรงดัน กระแส รวมถึงการจำกัดค่าของกำลังที่จ่ายออกไปด้วย ซึ่งสามารถควบคุมอัตราการเพิ่มแรงดันและเวลาในการจ่ายได้ทั้งหมด จากภาคผนวก ข.

2.6 การควบคุมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดด้วยการสื่อสาร CAN bus

ตารางที่ 2.4 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด [11]

CAN Protocol NO.	1430
CAN Baud Rate	250K
Charger Receiving CAN ID	0x1806E5F4
Charger Transmitting CAN ID	0x18FF50E5

ตารางที่ 2.5 ข้อมูลสั่งการจาก BMS สู่อุปกรณ์ชาร์จ

OUT	IN	CAN ID	Cycle (ms)
BMS	Charger	0x1806E5F4	1000
Data			
Position	Data Name		
BYTE1	Max Allowable Charging Terminal Voltage High Byte		0.1V/bit Offset: 0 e.g.: Vset = 3201 , its corresponding 320.1V
BYTE2	Max Allowable Charging Terminal Voltage Low Byte		
BYTE3	Max Allowable Charging Current High Byte		0.1A/bit Offset: 0 e.g.: Iset = 582 , its corresponding 58.2A
BYTE4	Max Allowable Charging Current Low Byte		
BYTE5	Control		0: Charger is starting up to charge.1 : Battery protection, charger close output.
BYTE6	Reserved		0: Charging Mode; 1: Heating Mode;
BYTE7	Reserved		
BYTE8	Reserved		

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลสั่งการจากระบบควบคุมการชาร์จตู้ที่อยู่อื่นๆ

OUT	IN	CAN ID	Cycle (ms)
CCS	BCA	0x18FF50E5	1000
Data			
Position	Data Name		
BYTE1	Output Voltage High Byte		0.1V/bit Offset: 0 e.g.: Vout = 3201 , its corresponding 320.1V
BYTE2	Output Voltage Low Byte		
BYTE3	Output Current High Byte		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BYTE4	Output Current Low Byte	0.1A/bit Offset: 0 e.g.: Iset = 582 , its corresponding 58.2A Highest Byte mark 0: Charging 1: Discharging
BYTE5	STATUS Flags	
BYTE6	Temp	
BYTE7	Reserved	

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลแต่ละ byte ของการสั่งแรงดันขาออกที่ 475.55 v

Start	Equipment type	485 Address	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	CRC	Termination address
0x7E	0x00	0x01	0x10	0x02	0x00	0x07	0x41	0x9E	0x98	0x0D

ตารางที่ 2.8 ข้อมูลแต่ละ byte ของการจำกัดกระแสที่ 10.5 A

Start	Equipment type	485 Address	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	CRC	Termination address
0x7E	0x00	0x01	0x10	0x03	0x00	0x00	0x29	0x04	0x00	0x0D
					0x2904					

โดยเรานำชุดข้อมูลสำหรับการสื่อสารจากตารางที่ 2.7 และ 2.8 มาใช้ในการศึกษา และนำมาควบคุมผ่าน PLC โดยอิงความรู้เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านทาง CAN bus ที่ผ่านมานำมาใช้เขียนโปรแกรม โดยในโครงงานนี้เลือกใช้ตัว Arduino UNO 2 ตัวในการทำงานหลัก 2 อย่าง คือ

1. การอ่านค่า Duty cycle จากสายสัญญาณ Control pilot ด้วยฟังก์ชันอ่านค่า PWM ที่มีอยู่แล้ว
2. การอ่านค่าเพื่อทำการแสดง State ของวงจรสื่อสาร และยังเป็นแหล่งจ่ายให้กับตัว relay และอื่นๆ



รูปที่ 2.11 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด TC charger
ที่อยู่ในตู้ EV's on-board simulator

2.7 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด (On-board charger)

ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญในระบบยานยนต์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนยานยนต์ เนื่องจากระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ดังกล่าวอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด [12]

ชาร์จเจอร์ที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามีสองแบบ คือ

1. เป็นเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จากสถานีชาร์จหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออฟบอร์ด (Off-board charger) ซึ่งมีข้อดี ที่สามารถออกแบบให้มีพิกัดการจ่ายกำลังงานสูงๆ ได้ เพราะไม่มีข้อจำกัดของขนาด น้ำหนัก และพื้นที่ติดตั้ง
2. เครื่องชาร์จที่ติดตั้งในตัวรถหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด (On-board charger) ซึ่งมีข้อดีคือ ตัวเครื่องมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งไว้ภายในยานยนต์โดยที่ไม่มีผลกระทบต่อด้านน้ำหนักรวม ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดทางด้านพิกัดกำลังงาน ทำให้ใช้เวลานานในการชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 2.12 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด จะมีหลายฟังก์ชันที่ทำงาน เครื่องชาร์จรถยนต์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในยานพาหนะไฟฟ้าเพื่อชาร์จแบตเตอรี่จากแหล่งจ่ายไฟภายนอก เช่น สถานีชาร์จหรือเต้าเสียบภายในบ้าน ต่อไปนี้เป็นคำอธิบายโดยละเอียดเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องชาร์จรถยนต์

โดยฟังก์ชันที่มีในเครื่องชาร์จประเภทนี้ ประกอบไปด้วย

- AC-DC conversion: เมื่อทำการชาร์จแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าโดยการเสียบปลั๊กจากเครื่องชาร์จรถยนต์เข้ากับรถยนต์ไฟฟ้า รถยนต์ไฟฟ้าจะมีอุปกรณ์แปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากสถานีชาร์จเป็นกระแสตรง (DC) โดยจะชาร์จเข้าแบตเตอรี่เพื่อจัดเก็บพลังงาน
- การควบคุมแรงดันไฟฟ้า: เครื่องชาร์จรถยนต์สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ DC เพื่อให้มีขนาดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ ซึ่งการควบคุมแรงดันไฟฟ้านี้เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากแบตเตอรี่ประเภทต่างๆจะใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปเพื่อการชาร์จที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ประเภทนั้นๆ
- การควบคุมกระบวนการชาร์จ: เครื่องชาร์จรถยนต์ยังรับผิดชอบในการควบคุมกระบวนการชาร์จ จะตรวจสอบสถานะการชาร์จแบตเตอรี่ (SOC) และปรับอัตราการชาร์จเพื่อให้แน่ใจว่าแบตเตอรี่จะชาร์จอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นเมื่อแบตเตอรี่ใกล้ชาร์จเต็ม เครื่องชาร์จจะลดอัตราการชาร์จเพื่อป้องกันการชาร์จเกิน
- การสื่อสาร: เครื่องชาร์จรถยนต์จำนวนมากยังมีฟังก์ชันการสื่อสารที่ช่วยให้สามารถสื่อสารกับระบบการจัดการแบตเตอรี่ (BMS) และส่วนประกอบอื่นๆของยานพาหนะได้ ช่วยให้เครื่องชาร์จได้รับข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิแรงดันไฟฟ้าและ SOC ของแบตเตอรี่ และปรับกระบวนการชาร์จให้เหมาะสม

เครื่องชาร์จไฟในรถ (OBC) จะมีคุณสมบัติด้านความปลอดภัยเพื่อให้แน่ใจว่าจะทำงานร่วมกับแบตเตอรี่เท่านั้นโดยไม่ทำงานกับชิ้นส่วนอื่น ๆ ของรถ ตัวอย่างเช่น OBC สามารถมีวงจรในตัวที่ป้องกันไม่ให้อายุไฟไปยังส่วนอื่น ๆ ซึ่งในส่วนนี้โครงงานเราได้ทำการจำลองพฤติกรรมของรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมาโดยเป็นการจำลองแรงดันของแบตเตอรี่ที่มีอยู่ในทุกตัวเป็น Nominal voltage ทำให้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ออนบอร์ดเข้าใจว่าเครื่องทดสอบเราเป็น แบตเตอรี่และทำให้สามารถชาร์จไฟเข้าไปได้ ในยานพาหนะเช่นมอเตอร์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ OBC มีเซ็นเซอร์ที่สามารถอ่านรอบการทำงานของสัญญาณการปรับความกว้างพัลส์ (PWM) จากเครื่องชาร์จรอบการทำงานแสดงเปอร์เซ็นต์ของเวลาของสัญญาณเปิดและปิดเพื่อควบคุมอัตราการชาร์จแบตเตอรี่ OBC สามารถใช้ข้อมูลนี้เพื่อปรับอัตราการชาร์จและตรวจสอบให้แน่ใจว่าแบตเตอรี่ได้รับ

การชาร์จอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามเซ็นเซอร์เฉพาะที่ใช้ใน OBC อาจแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับการออกแบบและผู้ผลิตและอาจไม่รวมเซ็นเซอร์รอบการทำงานเสมอไป ซึ่งในฟังก์ชันการใช้งานนี้ที่สามารถอ่าน Duty cycle ของสัญญาณ PWM ที่ปล่อยออกมาจากสายสัญญาณ Control pilot ได้นั้นเป็นการสื่อสารกันระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดกับเครื่องชาร์จกระแสสลับในเรื่องของการจ่ายกระแส ซึ่งมีการทำงานหลักนิยามว่า “จ่ายตามตัวน้อย” โดยมาจากวิธีการในการเลือก กระแสชาร์จ

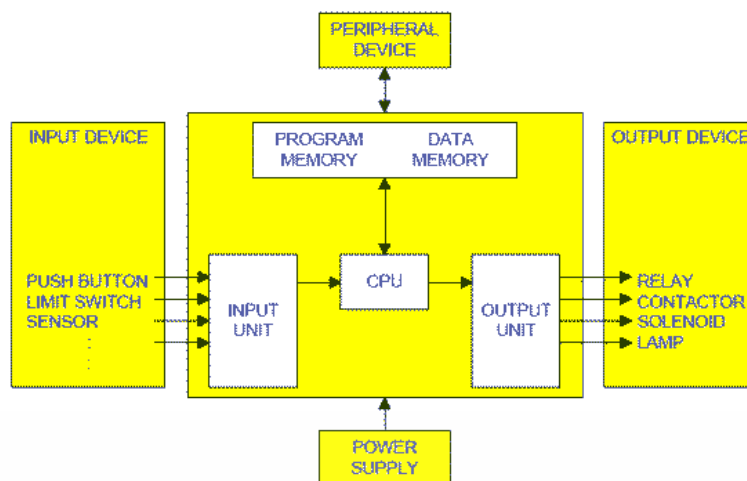
- วิธีการเลือกกระแสชาร์จ

โดยปกติแล้วเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับนั้นจะมีพิกัดกำลังที่จ่ายได้อยู่แล้วไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้า 1 เฟส หรือ 3 เฟสโดยเราจะสามารถเลือกขนาดกำลังที่จ่ายได้ เช่น 3.7 – 43 kW โดยหากกระแสได้ตามสูตรทั่วไป ระหว่างกำลังและแรงดันเพื่อหากระแส ซึ่งโดยทั่วไปแล้วค่านี้จะเป็นค่าที่บอกถึงค่าพิกัดสูงสุดของเครื่องชาร์จ แต่ในความเป็นจริงแล้วในบ้านเรือนและโรงงานทั่วไปนั้นจะไม่ได้ตั้งค่า Duty cycle ให้เครื่องชาร์จแบบกระแสแบบเต็มพิกัด จะมีค่า duty cycle ตั้งค่าไว้ตามกระแสตัดวงจรของอุปกรณ์ป้องกันภายในบ้าน อาทิ กระแส 16A จะใช้ Duty ประมาณ 27 % ตั้งค่าไว้ที่ตัวของเครื่องชาร์จกระแสสลับ ต่อมาการทำงานเวลาหัวชาร์จเสียบไปที่ตัว EV ซึ่งต่อตรงกับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด อุปกรณ์ OBC จะทำการอ่าน Duty cycle ที่ได้รับมาจากสายสัญญาณ และทำการเปรียบเทียบว่า คุณสมบัติของอุปกรณ์ OBC ที่รถยนต์มีอยู่สามารถรับกระแสที่ตรงตาม Duty cycle ได้ไหม ถ้าไม่ก็จะดึงกระแสตามที่ตัวอุปกรณ์ดึงได้มากที่สุด แต่ถ้า Duty cycle ที่อ่านได้เป็นกระแสที่ตัว OBC รับไหวก็จะดึงตามที่มาตรฐานนั้นบอกไว้นั่นเอง นั่นก็คือที่มาของ “จ่ายตามพิกัดของอุปกรณ์ที่น้อยที่สุด”

2.8 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Programmable logic control (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสิ่งสำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 โครงสร้างทั่วไปของ PLC [16]

- โครงสร้างและองค์ประกอบของ PLC

PLC (Programmable Logic Controller) เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมและจัดการกระบวนการผลิต และการควบคุมเครื่องจักรอัตโนมัติในอุตสาหกรรม โดยมีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักต่างๆ ดังนี้

1. แผงวงจรหลัก (Main Control Board) - เป็นส่วนที่ประกอบไปด้วยหน่วยประมวลผล (CPU) ที่ใช้ประมวลผลและควบคุมการทำงานของ PLC โดยมีหน่วยความจำ (Memory) เพื่อเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน และระบบ Input/Output (I/O) สำหรับเชื่อมต่อกับเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำได้เป็น 2 ประเภท
 - RAM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมของผู้ใช้และข้อมูลที่ใช้ในการปฏิบัติงานของ PLC หน่วยความจำประเภทนี้จะมีแบตเตอรี่เล็กๆ ต่อไว้เพื่อใช้เป็นไฟเลี้ยงข้อมูลเมื่อเกิดไฟดับ การอ่านและการเขียนข้อมูลลงใน RAM ทำได้ง่ายมาก เพราะฉะนั้นจึงเหมาะกับงานในระยยะทดลองเครื่องที่มีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโปรแกรมอยู่บ่อยๆ
 - ROM ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมสำหรับการปฏิบัติงานของ PLC ตามโปรแกรมของผู้ใช้ หน่วยความจำแบบ ROM ยังสามารถแบ่งได้เป็น EPROM ซึ่งจะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีแบบ EEPROM หน่วยความจำประเภทนี้ไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการเขียนและลบโปรแกรม สามารถใช้งานได้เหมือนกับ RAM แต่ไม่ต้องใช้แบตเตอรี่สำรอง แต่ราคาจะแพงกว่าเนื่องจากรวมคุณสมบัติของ ROM และ RAM ไว้ด้วยกัน

2. โมดูล I/O - เป็นส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับ Input/Output (I/O) ของอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์, วงจรสวิตช์, วงจรประเภททอนาล็อก และอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อรับค่า Input และส่งค่า Output กลับไปยังแผงวงจรหลัก (Main Control Board)
3. โปรแกรมควบคุม (Control Program) - เป็นโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของ PLC โดยเขียนเป็นโค้ดโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบค่า Input และส่งค่า Output ไปยังอุปกรณ์ต่างๆ โดยใช้ภาษาโปรแกรมพื้นฐาน เช่น Ladder Logic, Structured Text, Function Block Diagram หรือ Instruction List
4. อินเตอร์เฟซ (Interface) - เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อระหว่าง PLC กับคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์

- อุปกรณ์ย่อย HMI

HMI (Human Machine Interface) คือ อุปกรณ์หนึ่งที่จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเชื่อมต่อและควบคุม PLC (Programmable Logic Controller) ได้ง่ายขึ้น โดยปกติแล้ว HMI จะเป็นหน้าจอแสดงผลที่มีฟังก์ชันควบคุมและสั่งงาน PLC ได้

การเชื่อมต่อ HMI กับ PLC มักจะใช้สัญญาณการสื่อสารแบบ RS-232, RS-485, Ethernet หรือ Fieldbus เช่น Profibus และ Modbus เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง เมื่อเชื่อมต่อแล้ว HMI จะแสดงหน้าจอแสดงผลที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยทั่วไปแล้ว หน้าจอแสดงผล HMI จะมีเมนูหรือปุ่มควบคุมต่างๆ ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงสถานะของ PLC ได้ เช่น สั่งเปิด-ปิดเครื่องจักร หรือ แสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น แรงดัน และอื่นๆ ส่วน PLC จะทำหน้าที่รับสัญญาณจาก HMI แล้วนำข้อมูลที่ได้รับไปประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ที่ต้องการควบคุม โดยมีการเขียนโปรแกรมบน PLC ให้เข้าใจและทำงานตามที่ใช้ต้องการ

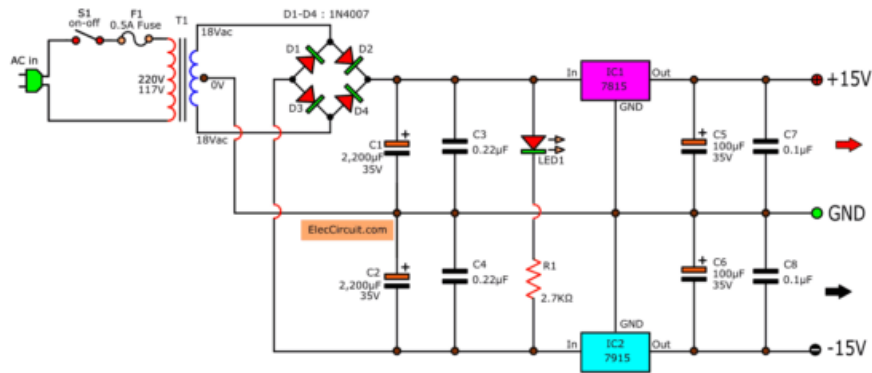


รูปที่ 2.14 ตัวอย่าง SIMATIC HMI ที่ใช้งาน [16]

2.9 หลักการของวงจร $\pm 15V$ DC Dual power supply

แหล่งจ่ายไฟคู่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปกติ สามารถให้แรงดันบวกและลบได้ ช่วยให้มั่นใจได้ว่าการจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์มีความเสถียรและช่วยป้องกันความเสียหายของระบบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากต้องการแหล่งพลังงาน DC แหล่งจ่ายไฟคู่ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟคู่ให้ศักย์ไฟฟ้าบวกและลบกับกราวด์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหลอดหรือทรานซิสเตอร์ ต้องใช้แหล่งพลังงาน DC

ตัวอย่างเช่น ในแอมพลิฟายเออร์หลอด จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับเพลด กริดหน้าจอ และกริดควบคุม ในทำนองเดียวกัน DC มีความจำเป็นใน emitter และตัวสะสมอคติในทรานซิสเตอร์ นอกจากนี้ Op-Amps ยังต้องการแหล่งพลังงานคู่ ในกรณีเช่นนี้ แบตเตอรี่จะไม่ค่อยได้ใช้งานเนื่องจากมีราคาแพงและต้องเปลี่ยนบ่อยๆ หรือความต้องการแหล่งจ่ายไฟคู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเราต้องการเรียกใช้วงจรไฟฟ้าที่แตกต่างกันสองวงจรบนแหล่งจ่ายไฟเดียวกันโดยไม่ต้องออฟไลน์ เราต้องการแหล่งจ่ายไฟคู่ ช่วยให้เราสามารถดำเนินการบำรุงรักษาและงานอื่นๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยไม่ต้องออฟไลน์อุปกรณ์ [17]

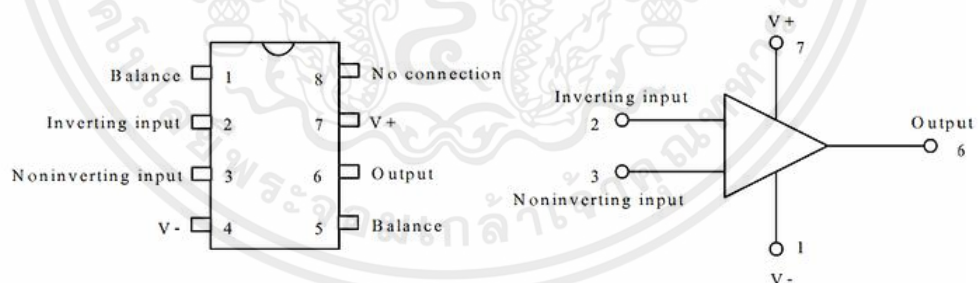


15V Dual power supply using 7815-7915

รูปที่ 2.15 วงจร $\pm 15V$ DC Dual power supply [18]

ซึ่งเมื่อบางทีที่เราต้องการกำลังเพิ่มสามารถต่อเพิ่มตัว Capacitor เพิ่มเข้าไปได้ที่ท้ายวงจร เพื่อเพิ่มกำลังและประจุได้ ซึ่งวงจรนี้เราจะนำมาจ่ายกำลังให้กับหลายๆโหลด อาทิ ไฟเลี้ยง Op-Amp 3 ตัว, ไฟเลี้ยง Arduino 2 ตัว พิกัดกำลัง 20 Watt

2.10 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ อ็อปแอมป์ (OP-Amp)



รูปที่ 2.16 อุปกรณ์ Op-amp [19]

- คุณสมบัติของ Op-amp

อ็อปแอมป์ (Op-Amp) เป็นชื่อย่อสำหรับเรียกวงจรขยายที่มาจาก Operating Amplifier เป็นวงจรขยายแบบต่อตรง (Direct coupled amplifier) ที่มีอัตราขยายสูงมากใช้การป้อนกลับแบบลบไปควบคุมลักษณะการทำงาน ทำให้ผลการทำงานของวงจรไม่ขึ้นกับพารามิเตอร์ภายในของอ็อปแอมป์ วงจรภายในประกอบด้วยวงจรขยายที่ต่ออนุกรมกัน ภาคคือ วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

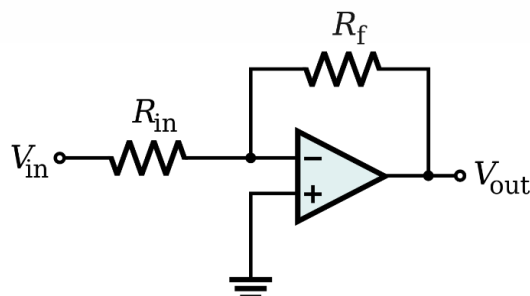
เฟอเรนเชียลด้านทางเข้า วงจรขยายดิฟเฟอเรนเชียลภาคที่สอง วงจรเลื่อนระดับและวงจรขยายกำลัง ด้านทางออก สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์จะเป็นรูปสามเหลี่ยม ไอซีออปแอมป์เป็นไอซีที่แตกต่างไปจากลิเนียร์ไอซีต่างๆ ไปคือไอซีออปแอมป์มีขาอินพุต 2 ขา เรียกว่าขาเข้าไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) หรือ ขา + และขาเข้ากลับเฟส (Inverting Input) หรือขา - ส่วนทางด้านออกมีเพียงขาเดียว เมื่อสัญญาณป้อนเข้าขาไม่กลับเฟสสัญญาณทางด้านออกจะมีเฟสตรงกับทางด้านเข้า แต่ถ้าป้อนสัญญาณเข้าที่ขาเข้ากลับเฟส สัญญาณทางออกจะมีเฟสต่างไป 180 องศา จากสัญญาณทางด้านเข้า [20]

คุณสมบัติของออปแอมป์ในทางอุดมคติ

1. อัตราขยายมีค่าสูงมากเป็นอนันต์หรือ อินฟินิตี้ ($AV = \infty$)
2. อินพุตอิมพีแดนซ์มีค่าสูงมากเป็นอนันต์ ($Z_i = \infty$)
3. เอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากเท่ากับศูนย์ ($Z_o = 0$)
4. ความกว้างของแบนด์วิธ (Bandwidth) ในการขยายสูงมาก ($BW = \infty$)
5. สามารถขยายสัญญาณได้ทั้งสัญญาณ AC และ DC
6. การทำงานไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ

เมื่อศึกษาคุณสมบัติของออปแอมป์ในอุดมคติแล้วพบว่า ออปแอมป์ได้รวมข้อดีของ วงจรขยายไว้ได้อย่างครบถ้วน เนื่องจากมีอัตราขยายเป็นอนันต์และสามารถขยายสัญญาณได้ทั้งไฟ กระแสสลับและไฟกระแสตรง การนำไปใช้งานในบางครั้งเมื่อต้องการลดอัตราขยายก็สามารถทำได้โดยการป้อนกลับ (Feed Back) เพื่อมาลดอัตราขยายลง และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ อิมพีแดนซ์ทางอินพุตมีอิมพีแดนซ์สูงมาก จึงทำให้เหมือนไม่มีกระแสไหลเลยลักษณะเช่นนี้จึง ทำให้วงจรทางอินพุตไม่ไหลดวงจรส่งกำลังในส่วนหน้า เช่นเดียวกันที่เอาต์พุตมีอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์ สามารถนำไปเชื่อมต่อกับวงจรอื่นได้ดี

- วงจรขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier)



รูปที่ 2.17 วงจร Inverting Amplifier [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรขยายออปแอมป์นั้นสามารถที่จะกำหนดอัตราการขยายของวงจรได้โดยใช้ วงจรเนกาทีฟฟีดแบ็ค (Negative Feedback) เมื่อเราป้อนสัญญาณเข้าทางขากลับเฟส (ขา -) แรงดันด้านทางออกจะมีมูเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม สัญญาณตรงกันข้ามนี้จะถูกป้อนกลับผ่าน R2 เข้ามายังขาอินเวอร์ตอีกครั้งหนึ่ง ตรงจุดนี้จะทำให้สัญญาณเกิดการหักล้างกันอัตราการขยายก็จะลดลง ถ้าตัวต้านทานที่เป็นตัวป้อนกลับมีค่ามาก จะทำให้สัญญาณป้อนกลับมีขนาดเล็กอัตราการขยายออกจึงสูง ถ้าตัวต้านทานที่ป้อนกลับมีค่าน้อยสัญญาณป้อนกลับไปได้มากอัตราการขยายก็จะลดลง ฉะนั้นอัตราส่วนของความต้านทาน R1 และ R2 จะเป็นตัวกำหนดอัตราการขยายของวงจรโดยไม่ขึ้นกับอัตราการขยายของออปแอมป์ ซึ่งสามารถหาอัตราการขยายแรงดันได้จากสมการ 2.3

$$AV = -R2/R1$$

(2.3)

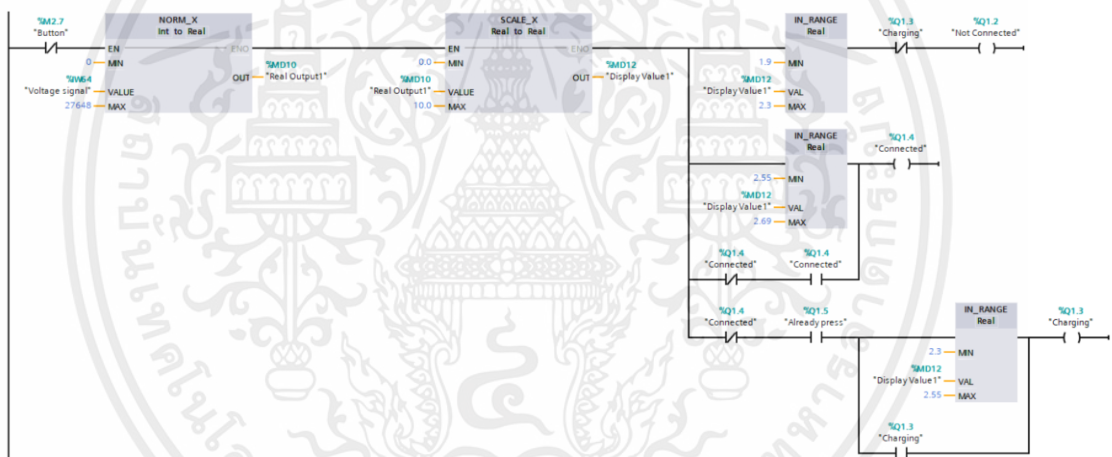
บทที่ 3

การออกแบบชิ้นงานและวิธีการทดลอง

3.1 การออกแบบ ladder diagram และใช้ PLC

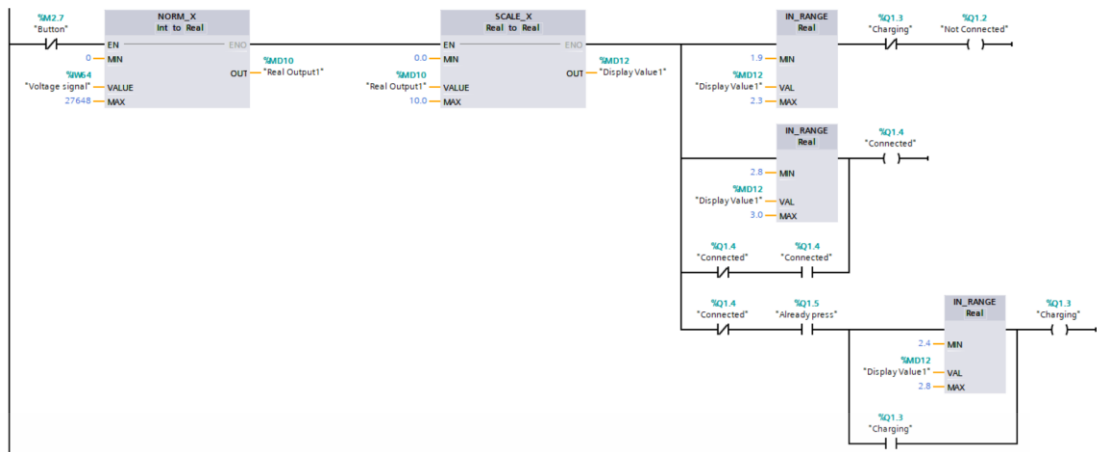
การออกแบบ ladder diagram เพื่อป้อนข้อมูลสั่งการให้กับ PLC โดยใช้โปรแกรม TIA Portal V15.1 ผ่านสาย LAN ที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ PLC เข้าหากัน โดย PLC จะทำการรับค่าและสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

ตัวอย่าง ladder diagram ได้แก่ การแสดงสถานะการชาร์จ การกดปุ่มบน HMI เพื่อทำการสั่งชาร์จหรือปล่อยกระแสไฟเข้าโหลด โดยกำหนดขนาดกระแสสูงสุดที่ตู้ชาร์จจ่ายให้ได้โดยมีขนาดกระแส 10A Duty Cycle 16.67% และ ขนาดกระแส 16A Duty Cycle 26.67% ข้อมูลดังกล่าวมีการเขียน ladder diagram จะแสดงดังรูปที่ 3.1 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของรูปแบบ 10 A Duty cycle 16.67%

เมื่อใช้โปรไฟล์ 10 A Duty cycle 16.67% PLC จะรับค่าที่เป็น PWM โดยเข้าช่อง Analog input จากวงจร divider ที่มีค่าอยู่ช่วง 0-5 V เมื่อ PWM ที่ส่งมาเป็น 0 V และ 5 V และ PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.2 V จะแสดงสถานะ “Not Connected” ถ้า PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 4.4-4.6 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.56 V จะแสดงสถานะ “Connected” จากนั้นจะต้องทำการสั่งชาร์จจากหน้าจอ HMI เมื่อทำการสั่งชาร์จจะแสดงสถานะ “Charging.” ทำให้ PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 3.8 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.46 V จะแสดงสถานะ “Charging”



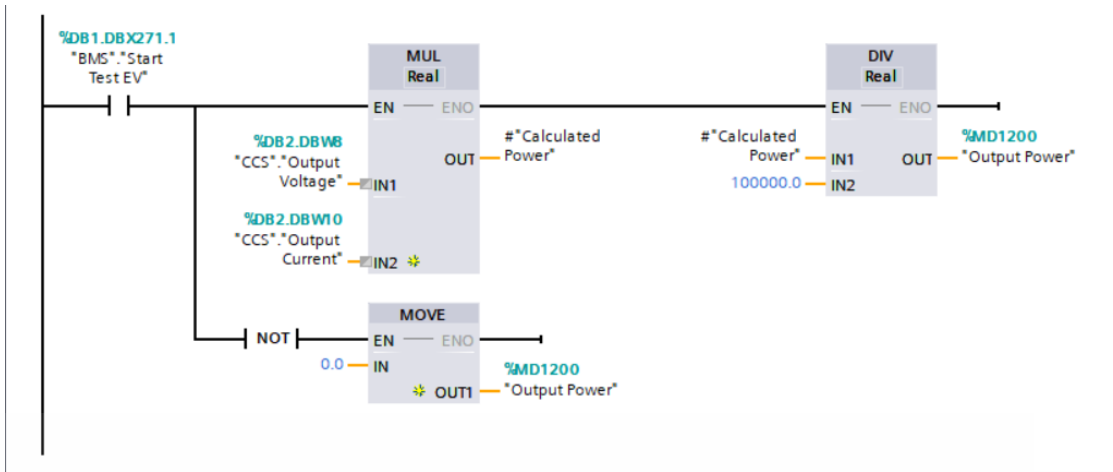
รูปที่ 3.2 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของโปรไฟล์ 16 A Duty cycle 26.67%

เมื่อใช้โปรไฟล์ 16 A Duty cycle 26.67% PLC จะรับค่าที่เป็น PWM โดยเข้าช่อง Analog input จากวงจร divider ที่มีค่าอยู่ช่วง 0-5 V เมื่อ PWM ที่ส่งมาเป็น 0 V และ 5 V และ PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.2 V จะแสดงสถานะ “Not Connected” ถ้า PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 4.4-4.6 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.84 V จะแสดงสถานะ “Connected” จากนั้นจะต้องทำการสั่งชาร์จจากหน้าจอ HMI เมื่อทำการสั่งชาร์จจะแสดงสถานะ “Charging.” ทำให้ PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 3.8 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.63 V จะแสดงสถานะ “Charging”



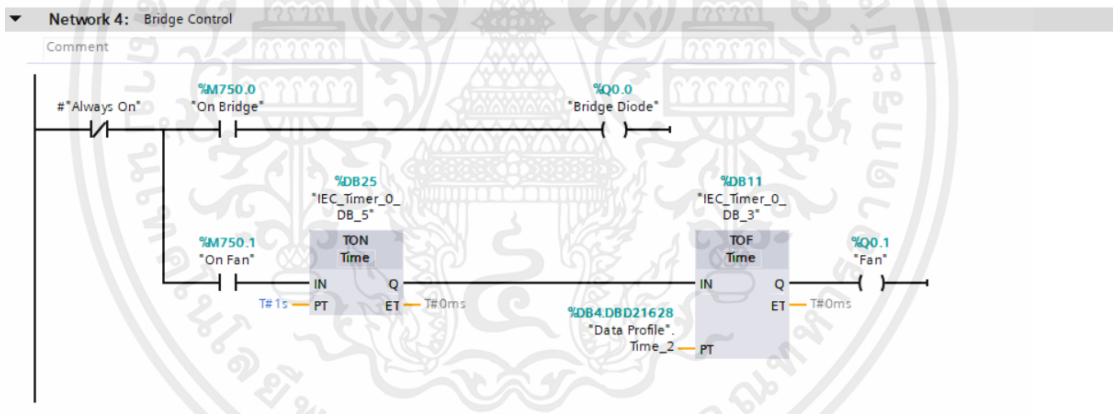
รูปที่ 3.3 แสดง Ladder diagram ปุ่มกดเพื่อทำการสั่งชาร์จ

แสดงสถานะ “Connected” จากนั้นจะต้องทำการสั่งชาร์จจากหน้าจอ HMI ซึ่งจะเชื่อมต่อกับ “Press Button” เมื่อกดจะทำให้ “Already press” ที่เป็น output ทำงานซึ่งจะเชื่อมกับ Relay ในวงจรทำให้ทำงานส่งผลให้ PWM ส่งมาเป็น 2.2 V และ 3.8 V จากนั้นแสดงสถานะ “Charging” ที่จอ HMI



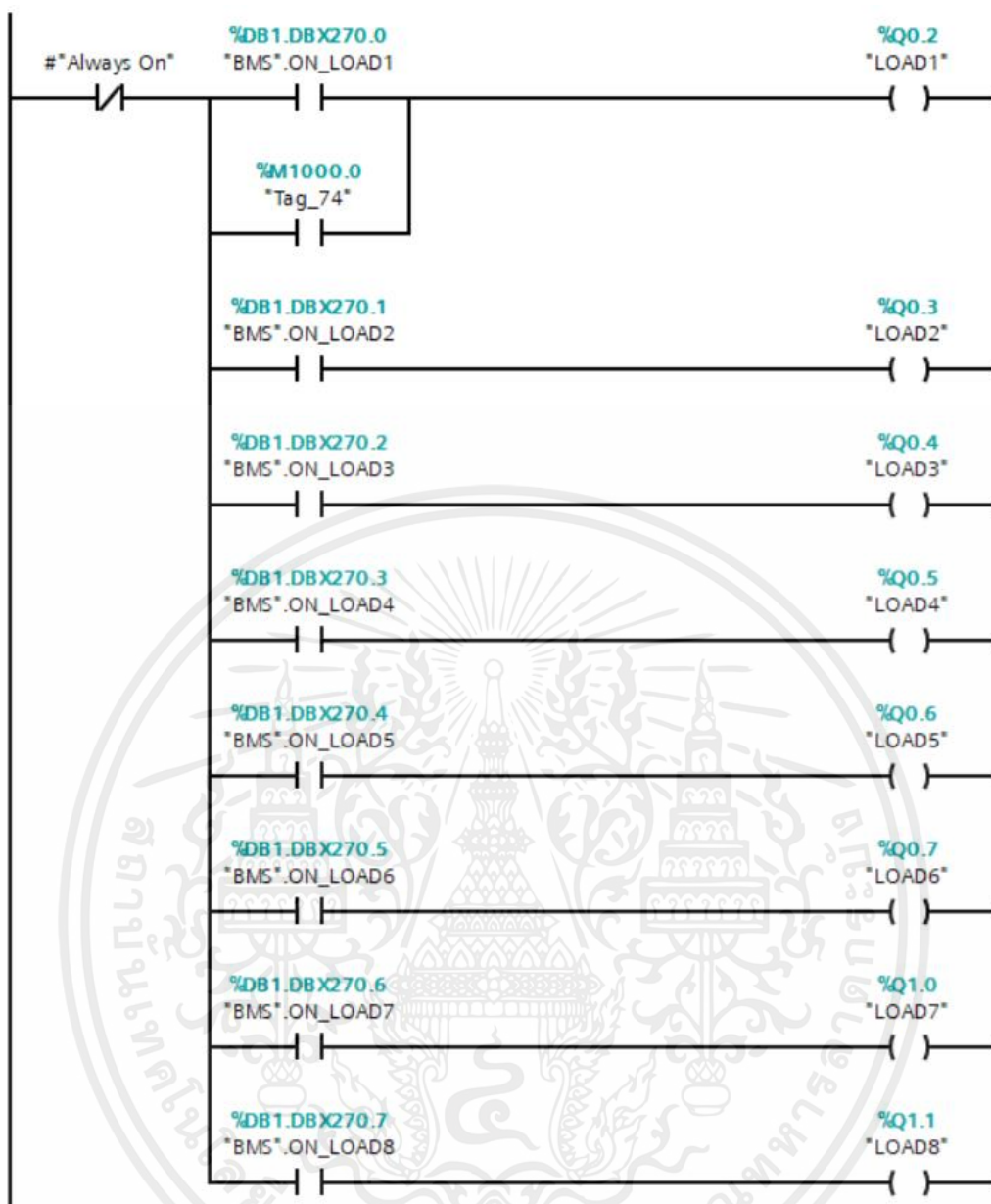
รูปที่ 3.4 การวัดแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า

คำนวณค่าแรงดันและกระแสซึ่งรับมาจากวงจรระหว่าง PLC และ on-board charger เพื่อนำไปหาค่ากำลังไฟฟ้า



รูปที่ 3.5 การวงจรการเปิดพัดลมและวงจร Bridge diode

ทำการ on relay ที่ “On Bridge” เพื่อให้วงจร Bridge diode ทำงานและ on relay ที่ “On Fan” เพื่อทำการเปิดพัดลมเพื่อระบายความร้อน



รูปที่ 3.6 การต่อโหลดแต่ละโหลดขนานกัน

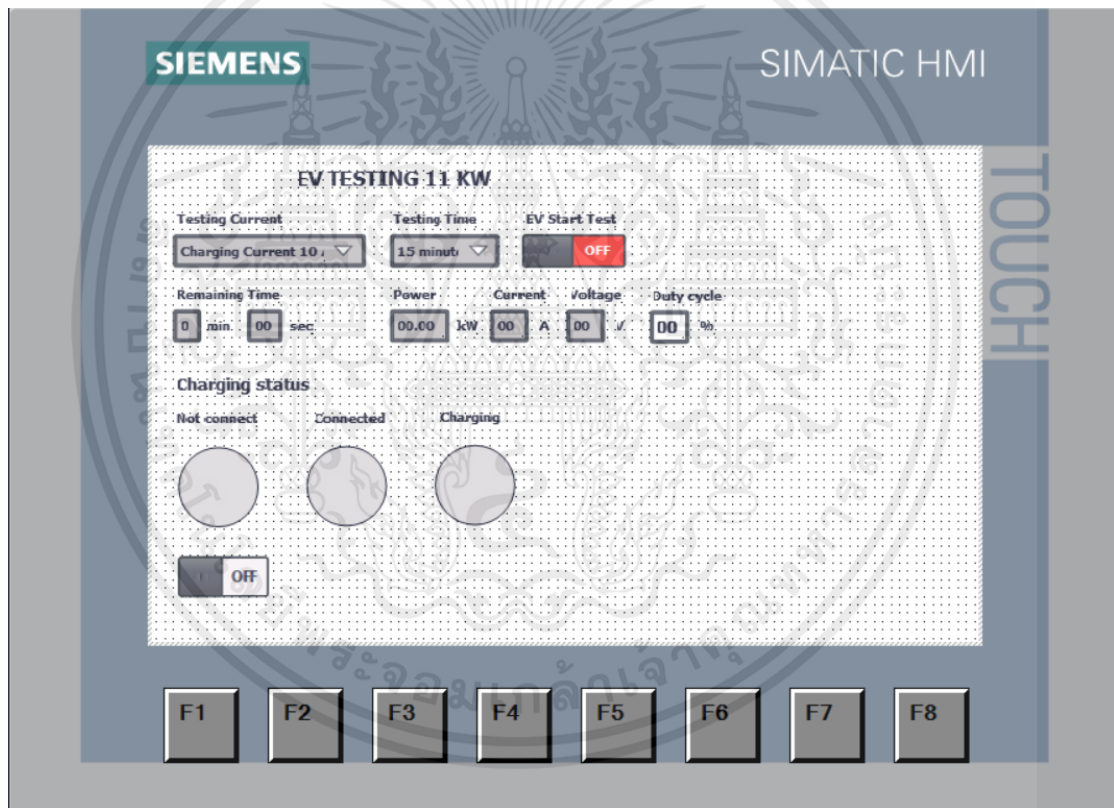
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบและใช้ Simatic HMI

ในการออกแบบชิ้นงานนี้จะใช้ Simatic HMI screen ของ siemens ในการแสดงผลข้อมูลและป้อนคำสั่งการทำงานเข้าไปที่ PLC ผ่านสาย LAN ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองเข้าหากัน

ข้อมูลที่แสดงผลได้แก่ แรงดัน กระแส กำลัง สถานการณ์เชื่อมต่อ ค่า Duty cycle และ ช่วงเวลาในการทดสอบหรือใช้งาน

ข้อมูลที่สามารถป้อนกลับไป PLC เพื่อระบุสถานการณ์ทำงานได้แก่ช่วงเวลาเวลาที่ต้องการใช้งาน ปริมาณกระแสของโหลดที่ต้องการที่จะตั้ง สถานะของที่ใช้ในการเปิดปิดสวิตซ์เป็นต้น โดยข้อมูลดังกล่าวจะแสดงดังรูปด้านล่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.7 หน้าจอการแสดงผลและสั่งการข้อมูลบน Simatic HMI

การแสดงผลของจอจะสามารถกำหนดปริมาณกระแสที่โหลดต้องตั้งได้จากตัวเลือก testing current หลังจากนั้น HMI จะส่งคำสั่งที่ PLC เพื่อเปิดโหลดตัวด้านทานที่อยู่ในเครื่องทดสอบ

ในการจัดการและแสดงข้อมูลผ่าน HMI จำเป็นต้องกำหนดแหล่งที่มาหรือปลายของข้อมูลอย่างถูกต้องและชัดเจนซึ่งรายการข้อมูลต่างๆจะแสดงดังรูปที่ 3.8

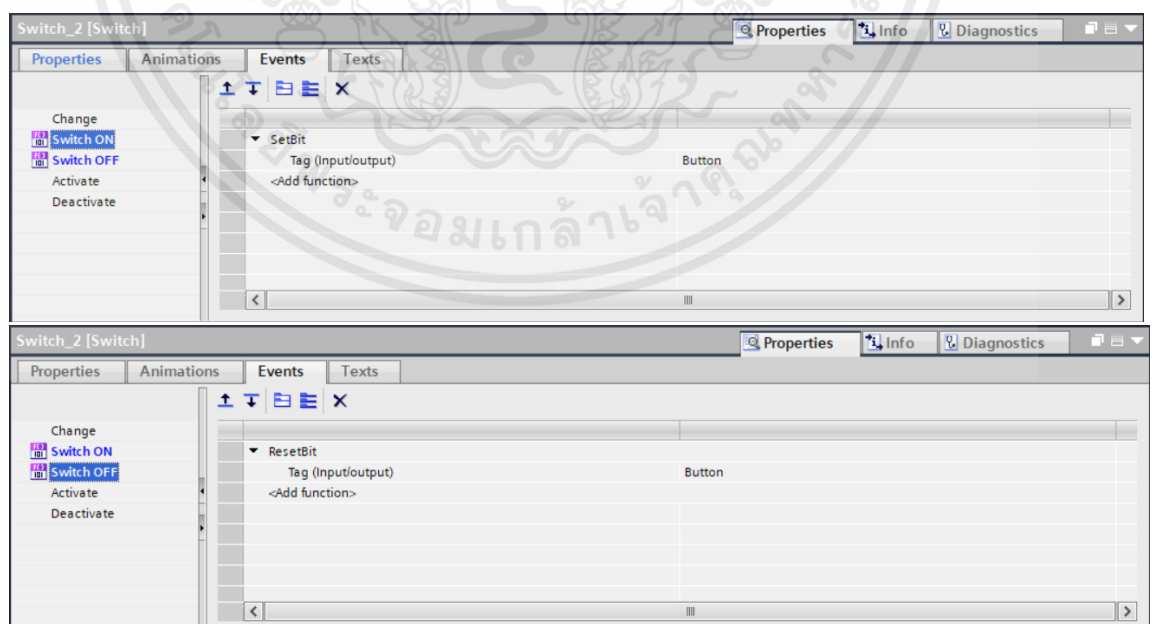
Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name	PLC tag	Address
BMG_Start TEST EV	Default tag table	Bool	HMI_Conne...	PLC_1	BMG_Start Test EV	%DB1.DBX271.1
Button	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Button	%M2.7
CCS_Output Current	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	CCS "Output Current"	%DB2.DBW10
CCS_Output Voltage	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	CCS "Output Voltage"	%DB2.DBW8
Charging	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Charging	
Connected	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	Connected	%Q1.4
Data_Profile_Select Profile	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Data Profile"."Select Profi...	%DB4.DBW21620
Data_Profile_Select TIME	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	"Data Profile"."Select TIME"	%DB4.DBW21622
DV2	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	DV2	
IEC_Counter_0_DB_CV	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1	IEC_Counter_0_DB_CV	
Not Connected	Default tag table	Bool	HMI_Connectio...	PLC_1	"Not Connected"	%Q1.2
power	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"Output Power"	%MD1200
Rate Cuarent	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"Rated Current"	%MD1100
Time Rem	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"Time Min"	%MD1504
Time Sec	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1	"Time Sec"	%MD1510

รูปที่ 3.8 รายการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน HMI screen

3.3 อธิบายตัวอย่างการสั่งการข้อมูลผ่าน HMI screen

- การ Set/Reset bit

ในตัวอย่างจะเป็นการตั้งค่าข้อมูลประเภทสวิตช์ ใช้งานในการจัดการเปิดและปิด bit ที่ต้องการผ่านฟังก์ชัน Event ในที่นี้จะป้อนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของ Tag “Button” ซึ่งมีหน้าที่สั่งเปิดสถานะการชาร์จรวม กับคำสั่ง charging โดยใช้คำสั่ง Set bit เป็นตัวเปิดการทำงานของ switch “Button” และใช้คำสั่ง Reset bit เป็นตัวปิดการทำงานของ

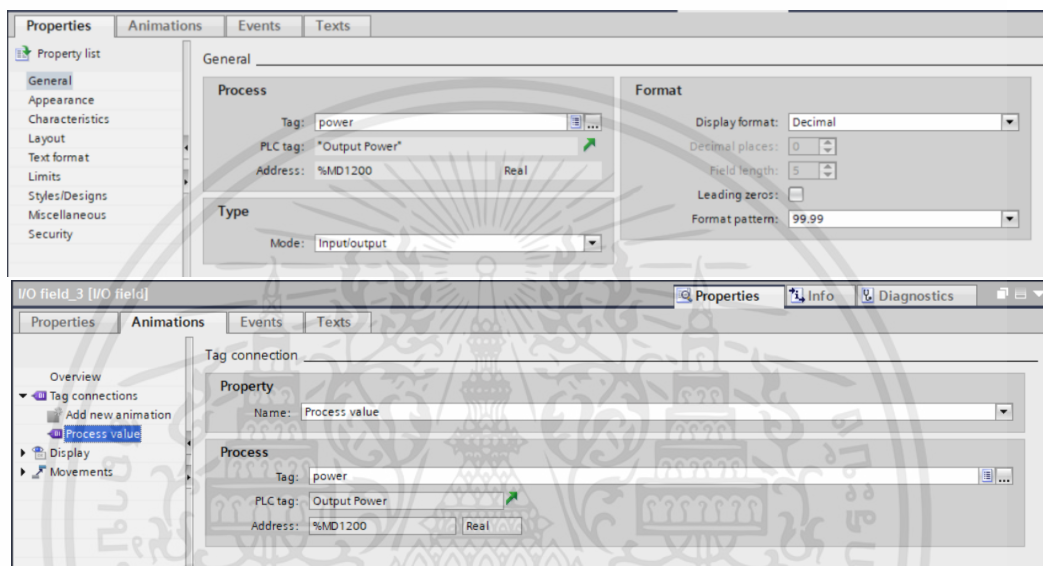


รูปที่ 3.9 การตั้งค่าคำสั่ง Reset bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การแสดงผลข้อมูลค่ากำลังทางไฟฟ้าที่ใช้

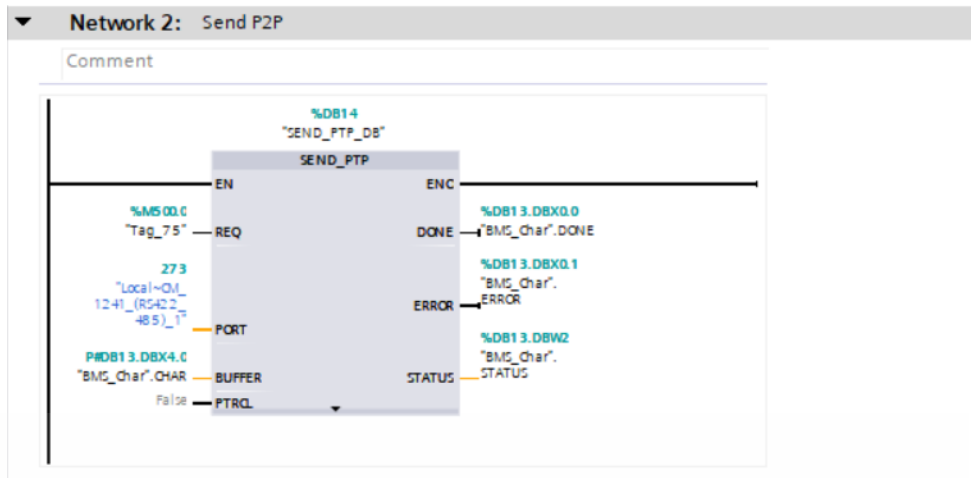
ในฟังก์ชัน properties จะทำการเลือกข้อมูลที่ต้องการเป็น Tag : “Output power” Address : “%MD1200” โดยเลือกประเภทของข้อมูลเป็นแบบจำนวนจริงทศนิยม 1 ตำแหน่ง และเลือกโหมด “Input/output” หลังจากใช้คำสั่ง Process value ในฟังก์ชัน Animation เพื่อแสดงผลข้อมูลกำลังไฟฟ้าในหน่วย W [watt] และเลือกประเภทและที่อยู่ของข้อมูลตามที่กล่าวเอาไว้



รูปที่ 3.10 การตั้งค่าส่วน Tag power ในฟังก์ชัน Animation

3.5 การออกแบบวงจรเพื่อใช้ในการสื่อสารระหว่าง PLC และ On-board charger

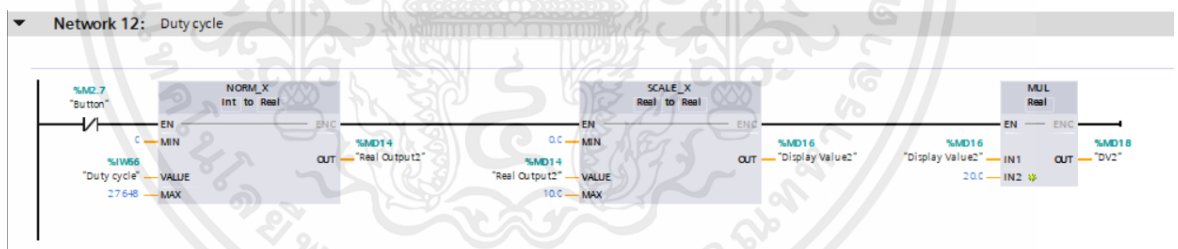
วงจรที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อส่งสัญญาณจาก PLC ผ่านอุปกรณ์เสริม CM 1241 โดยมีหน้าที่ส่งสัญญาณ RS422/485 ให้กับ On-board charger ภายใต้เครื่อง simulator โดยทำการส่งคำสั่งชนิด Query เพื่อทำการขอข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลบนจอ Simatic HMI ข้อมูลที่ทำการร้องขอ ได้แก่ แรงดัน (V) และ กระแส (A) ผ่านคำสั่ง Send PSP



รูปที่ 3.11 คำสั่ง Send_PSP

3.6 การออกแบบวงจรสัญญาณเพื่อใช้ในรับค่าและแสดงผลค่า Duty cycle

ในการระบุค่าสัญญาณ duty cycle ที่รับมาจากอาคารโน้จะรับสัญญาณผ่านขา Analog ที่ 2 ซึ่งมี address เป็น %IW66 โดยที่ตัว PLC จะทำการวัดค่าสัญญาณที่เข้ามาเพื่อทำการระบุขนาดส่งต่อข้อมูลผ่านฟังก์ชันการเทียบขนาดค่าสัญญาณและนำไปแสดงผลบนหน้าจอ HMI



รูปที่ 3.12 วงจรสัญญาณการรับค่า Duty cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 อธิบายคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของอาตูดิวโนในการรับสัญญาณจาก Control pilot และส่งต่อไป PLC

```

1  #include <TimerOne.h>
2  const int interruptFrequency = 1000; // Desired interrupt frequency in Hz
3  const unsigned long interruptPeriod = 100000 / interruptFrequency; // Interrupt period in microseconds
4
5  int V;
6  int DU;
7  const int pwmPin = 3;
8  const int du = 6;
9  const int v = 9; // กำหนดขาที่ใช้ส่งสัญญาณ PWM
10
11  int raw_value ;
12  float maxvol1 =0.0;
13  float maxvol2 =0.0;
14  float vol=0.0;
15  int pulsewidth=0;
16  int pulsewidth2=0;
17  float ducy=0.0;
18
19
20 void setup() {
21   Serial.begin(115200);
22   pinMode(2, INPUT);
23
24   Timer1.initialize(1000);
25   Timer1.attachInterrupt(triggerADC);
26 }
27
28
29 void loop()
30 {
31   analogWrite(pwmPin,80); //vary btw 0-255
32   raw_value = analogRead(A0);
33
34   vol = raw_value * (5.0 / 1023.0);
35   pulsewidth = pulseIn(11, HIGH);
36
37   ducy = (pulsewidth / 2047.0) * 100.0; // Convert pulse width to duty cycle percentage
38
39   DU = ducy*255/100;
40   Serial.print("Voltage: ");
41   if(vol >= maxvol1 )
42   {
43     maxvol1 = vol;
44     Serial.println(maxvol1);
45   }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

60 V = maxvol1*255/5;
61 Serial.print("Duty cycle: ");
62   Serial.print(ducy);
63   Serial.println("%");
64
65   Serial.println(DU*2);
66   Serial.println(V*2);
67 analogWrite(du,DU*2); //vary btw 0-255
68 analogWrite(v,V*2); //vary btw 0-255
69
70 delay(1000);
71 if((vol>0)&&(vol<5))
72 maxvol1 = 0;
73 }
74 void triggerADC()
75 {
76   ADCSRA |=bit(ADSC);
77 }
78 }

```

รูปที่ 3.13 คำสั่งที่ใช้ในการควบคุม Arduino

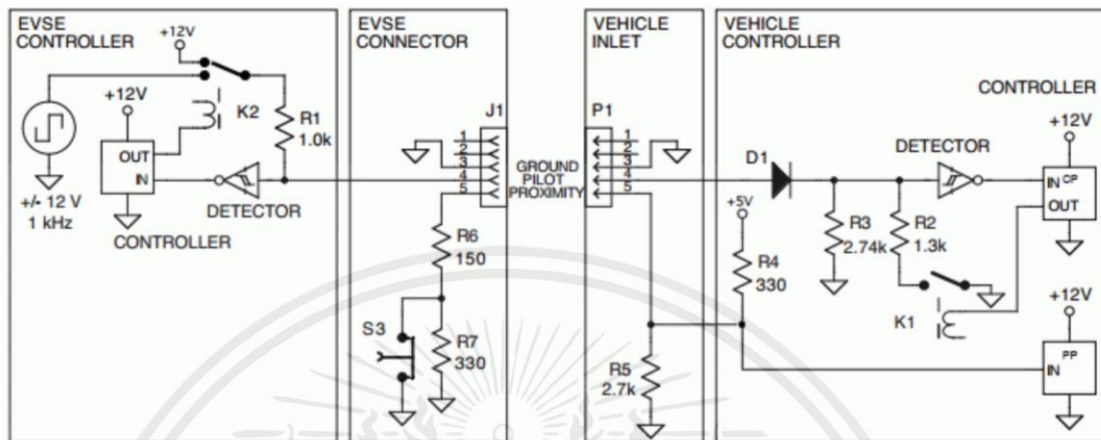
ในการออกคำสั่งเราจะออกแบบให้อาตุโนสามารถรับสัญญาณจากวงจรลดทอนแรงดันแบบ active ที่มาจากหัว control pilot โดยจะมีขา 6 ใช้ในการรับสัญญาณ Duty cycle และ ขา 9 จะเป็นตัววัดสัญญาณแรงดัน

หลังจากรับสัญญาณทั้ง 2 เข้ามาแล้วที่อาตุโนสามารถที่จะทำการคัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกโดยสามารถที่จะส่งค่าสัญญาณแรงดัน และ Duty cycle ผ่านคำสั่ง Analogwrite ที่ใช้ตัวแปร V และ DU เป็นตัวกำหนดรูปแบบสัญญาณออกไป ซึ่งที่ตัวอาตุโนจะส่งสัญญาณ 5V_{DC} ที่สามารถปรับขนาด duty cycle ไปยังขาของ Analogread ของ PLC

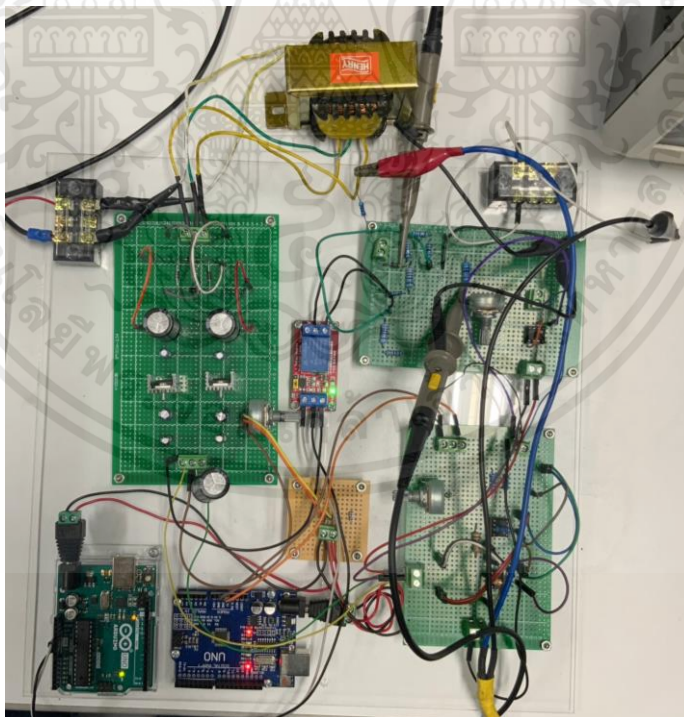
สุดท้ายที่ตัวอาตุโนจะทำการตรวจสอบสัญญาณโดยนำค่าที่ส่งออกไปมาแสดงที่ตัวหน้าจอเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการรับส่งข้อมูล

3.8 การออกแบบวงจรสัญญาณเพื่อใช้ในรับค่าและแสดงผลค่า Duty cycle

วงจร Vehicle control ตามวงจร J1772 signaling ตามรูปที่ 3.14 สามารถจำลองได้ตามรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 วงจร J1772 signaling



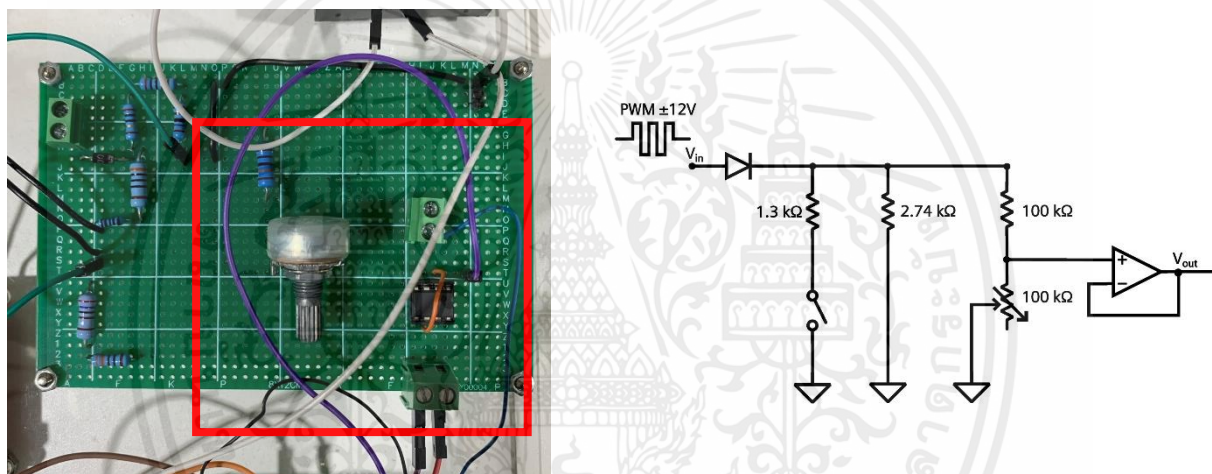
รูปที่ 3.15 วงจรจำลอง vehicle controller ตามวงจร J1772 signaling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการจำลองวงจร vehicle controller จะมีวงจรวัดระดับแรงดัน (Voltage measurement circuit) ที่ได้จาก Proximity pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับที่เป็น PWM 12 V ให้ลดลงเหลือไม่เกิน 5 V เนื่องจาก ค่าที่ได้จากวงจร vehicle controller จะส่งต่อไปที่บอร์ด Arduino เพื่อให้ทราบสถานะของการชาร์จของเครื่องชาร์จกระแสสลับ หลังจากนั้น จะเชื่อมต่อไปที่ PLC และแสดงสถานะต่อไปที่หน้าจอแสดงผล HMI ต่อไป

โดยวงจรวัดระดับแรงดัน (Voltage measurement circuit) ประกอบด้วยวงจรย่อย ได้แก่

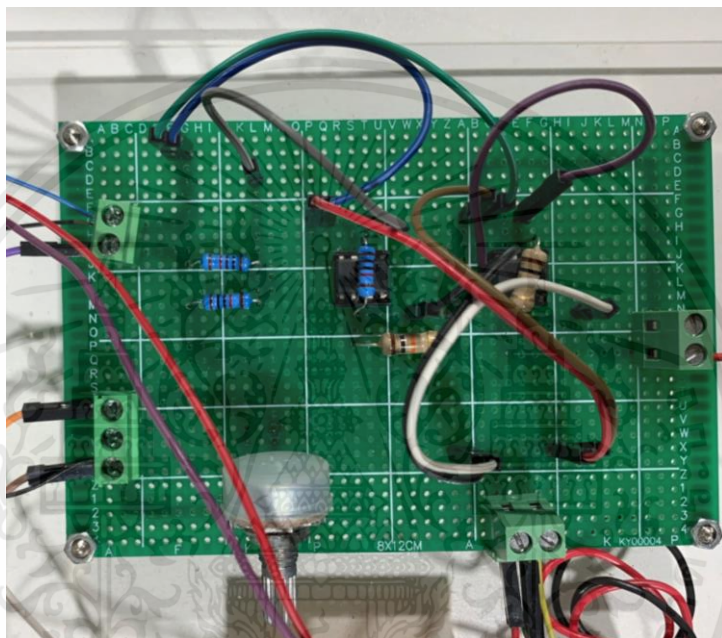
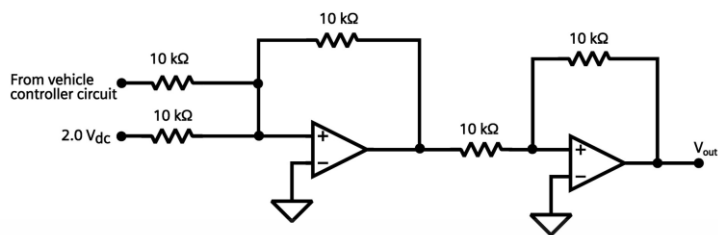
1. วงจรลดทอนระดับแรงดัน ตามรูปที่ 3.16 วงจรนี้จะลดทอนระดับแรงดันไม่เกิน 2.5 V ในทุกๆสถานการณ์ชาร์จ



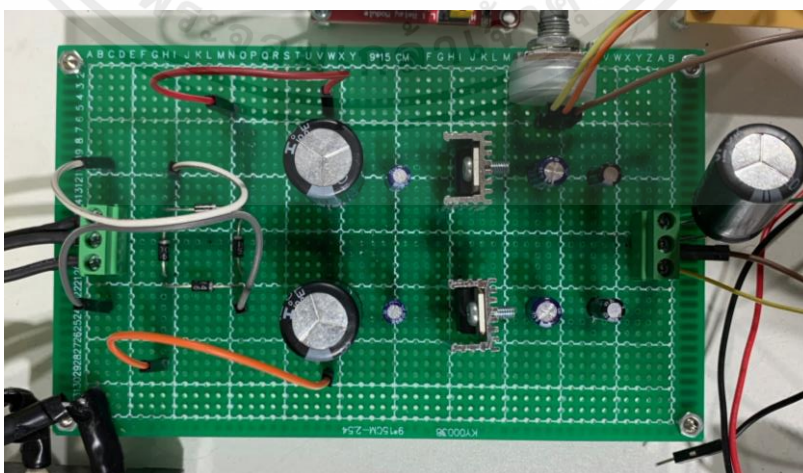
รูปที่ 3.16 วงจรลดทอนระดับแรงดัน

วงจรลดทอนระดับแรงดันนี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานมาจาก 2.74 k Ω เพื่อรับค่าแรงดันพัลส์จาก Proximity pilot จากวงจร Vehicle controller ซึ่งวงจรลดทอนจะประกอบด้วยตัวต้านทานขนาด 100 k Ω ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด 100 k Ω โดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้จะปรับให้ได้ประมาณ 26.31 k Ω และต่อกับ op-amp เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิด virtual ground ที่ทำให้เกิดการผิดพลาดในการวัดระดับแรงดัน และนำค่าที่ได้ไปต่อที่วงจรรายกระดับแรงดัน

2. วงจรยกแรงดัน จะประกอบด้วยวงย่อยตามรูปที่ 3.17 และ 3.18 เพื่อยกแรงดันกันให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 5 V



รูปที่ 3.17 วงจรยกแรงดัน

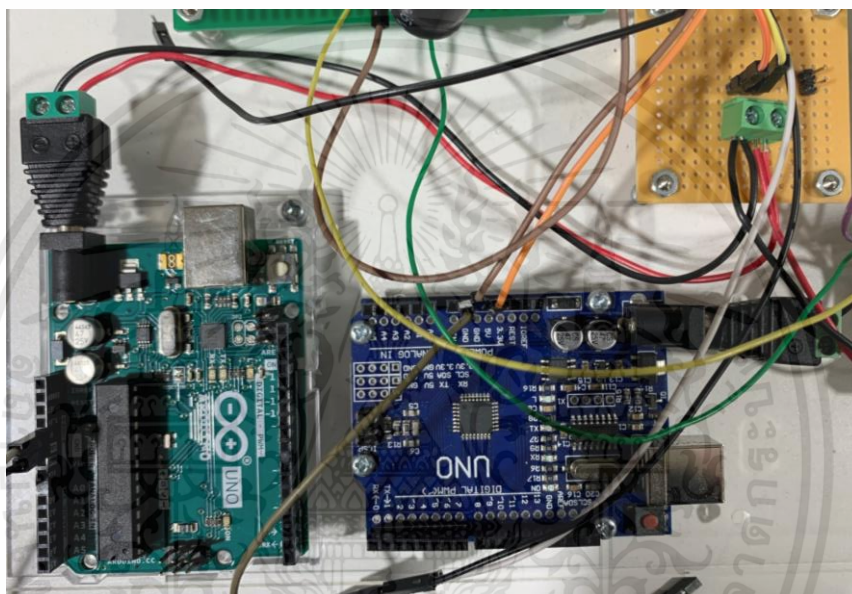


รูปที่ 3.18 Dual ± 15 DC power supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรยะดับแรงดัน จะนำค่าระดับแรงดันพัลส์ที่ได้จากวงจรถอดทอนระดับแรงดันมารวมกับแรงดันกระแสตรงจากบอร์ด Arduino ขนาด 2.0 V ซึ่งจะได้ขนาดแรงดันพัลส์ตั้งแต่ 0 ถึง 5 V เท่านั้น โดยวงจรมีจะประกอบด้วย op-amp 2 ตัว โดยตัวแรกเป็น inverting amplifier โดยมี Gain = -1 และ op-amp อีก 1 ตัวก็จะเป็น inverting amplifier โดยมี Gain = -1 เหมือนกัน เพื่อให้ได้ค่าระดับแรงดันที่ออกมาไม่เป็นค่าติดลบหรือค่า invert และในส่วนของวงจร Dual ± 15 DC power supply เป็นวงจรไฟเลี้ยง op-amp ทั้ง 2 ตัวให้ทำงานได้อย่างปกติ

3. Arduino 2 boards ตามรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 Arduino board ในวงจร Vehicle controller

Arduino 2 บอร์ดนี้ มีหน้าที่ ในค่ารับค่าจากระดับแรงดันพัลส์จากวงจรรยะดับแรงดัน เพื่อนำค่าที่ได้ไปเข้าโปรแกรมแล้วส่งสถานะการชาร์จของเครื่องชาร์จกระแสสลับ แล้วส่งค่าต่อไปที่ PLC และส่งจาก PLC ไปที่หน้าจอแสดงผลเพื่อแสดงสถานะออกทางหน้าจอแสดงผลต่อไป ส่วนอีก 1 บอร์ดจะเป็นบอร์ดสำหรับจ่ายแรงดันกระแสตรง 2.5 V ให้กับวงจรรยะดับแรงดัน

3.9 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ DC power supply

อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของ DC power supply จะใช้การเขียนโปรแกรมภาษาซีและใช้ microcontroller ของ Arduino UNO โดยโปรแกรมการทำงานเพื่อควบคุมการจ่ายแรงดันและกระแส ได้ดังรูปที่ 3.20 ดังต่อไปนี้

```

last_CC_CV.ino
1  #include <mcp_can.h>
2  #include <SPI.h>
3  unsigned long prevTX = 0; // Variable to store last execution time
4  const unsigned int invlTX = 1000; // One second interval constant
5  // CAN RX Variables
6  long unsigned int rxId;
7  unsigned char len;
8  unsigned char rxBuf[8];
9
10 // Serial Output String Buffer
11 char msgString[128];
12
13 // CAN0 INT and CS
14 #define CAN0_INT 2 // Set INT to pin 2
15 MCP_CAN CAN0(10); // Set CS to pin 10
16 byte TurnOn[8] = { 0x01, 0x32, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 }; // turn-on the power supply
17 byte PowerLimit[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc3 }; // Power limit (ratio power*1024)
18 //byte PresetVoltage[8] = {0x01, 0x4A, 0x00, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00};
19
20 void setup() {
21   Serial.begin(115200); // CAN is running at 500,000BPS; 115,200BPS is SLOW, not FAST, thus 9600 is crippling.
22
23   // Initialize MCP2515 running at 16MHz with a baudrate of 500kb/s and the masks and filters disabled.
24   if (CAN0.begin(MCP_NORMAL, CAN_250KBPS, MCP_16MHZ) == CAN_OK)
25     Serial.println("MCP2515 Initialized Successfully!");
26   else
27     Serial.println("Error Initializing MCP2515..");
28
29   CAN0.setMode(MCP_NORMAL); // Change to normal mode to allow messages to be transmitted
30
31   byte sndStat0 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, TurnOn); //sndStat0 = send TurnOn (turn-on the power supply)
32   if (sndStat0 == CAN_OK) {
33     Serial.println("initial message sent!");
34   } else {
35     Serial.println("Sending initial message failed!");
36   }
37   byte powerlimit = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit); //sndStat0 = send TurnOn (turn-on the power supply)
38   if (powerlimit == CAN_OK) {
39     Serial.println("initial message sent!");
40   } else {
41     Serial.println("Sending initial message failed!");
42   }
43
44   pinMode(CAN0_INT, INPUT); // Configuring pin for /INT input
45   Serial.println("MCP2515 Library Loopback Example...");
46
47   long x = 0; // x is time
48   unsigned long y;
49   long b;
50
51   delay(1000);
52 }
53 void loop() {
54   char hex[5];
55   char newhex[3][2] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
56   float m = 1.1765;
57   byte data1[8] = { 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 }; // voltage CC state
58   byte data2[8] = { 0x01, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x30, 0x00 }; // current CC state
59   byte data3[8] = { 0x01, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 }; // current CV state
60   byte data4[8] = { 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x70, 0x00 }; // voltage CV state
61   byte dataoff[8] = { 0x01, 0x32, 0x00, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00 }; // turn-off the power supply
62
63   for (long x = 80; x <= 214; x = x + 3) {
64     Serial.print("Step : ");
65     Serial.println(x, DEC);
66     long y = ((m * x) + 180) * 1024; //180
67     Serial.print("Voltage in decimal : ");
68     Serial.println(y);
69     Serial.print("Voltage in hexadecimal :");
70     Serial.println(y, HEX);
71     String hex = String(y, HEX);
72     hex.toUpperCase();
73     Serial.println(hex);
74
75     newhex[0][0] = ('0');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

last_CC_CV.ino

```

74
75 newhex[0][0] = ('0');
76 newhex[0][1] = hex[0];
77 newhex[1][0] = hex[1];
78 newhex[1][1] = hex[2];
79 newhex[2][0] = hex[3];
80 newhex[2][1] = hex[4];
81
82 for (int r = 0; r <= 2; r++) {
83   Serial.print(" newhex");
84   Serial.print(r);
85   Serial.print('-');
86   for (int c = 0; c <= 1; c++) {
87     Serial.print(newhex[r][c]);
88     newhex[r][c] = newhex[r][c] - 48;
89     if (newhex[r][c] >= 10)
90       newhex[r][c] = newhex[r][c] - 7;
91   }
92 }
93 data1[5] = 16 * (newhex[0][0]) + newhex[0][1];
94 data1[6] = 16 * (newhex[1][0]) + newhex[1][1];
95 data1[7] = 16 * (newhex[2][0]) + newhex[2][1];
96
97 Serial.println(" ");
98 Serial.print(data1[5], HEX);
99 Serial.print(data1[6], HEX);
100 Serial.println(data1[7], HEX);
101
102 Serial.print("data1 is ");
103 delay(1000);
104
105 for (int c = 0; c < 8; c++) {
106   Serial.print(data1[c], HEX);
107 }
108 Serial.println("");
109 if (!digitalRead(CAN0_INT)) // If CAN0_INT pin is low, read receive buffer
110 {
111   CAN0.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf); // Read data: len = data length, buf = data byte(s)

```

last_CC_CV.ino

```

110
111 CAN0.readMsgBuf(&rxId, &len, rxBuf); // Read data: len = data length, buf = data byte(s)
112
113 if ((rxId & 0x80000000) == 0x80000000) // Determine if ID is standard (11 bits) or extended (29 bits)
114   sprintf(msgString, "Extended ID: 0x%.8lX DLC: %ld Data:", (rxId & 0x1FFFFFFF), len);
115 else
116   sprintf(msgString, "Standard ID: 0x%.3lX DLC: %ld Data:", rxId, len);
117
118 Serial.print(msgString);
119
120 if ((rxId & 0x40000000) == 0x40000000) // Determine if message is a remote request frame.
121 {
122   sprintf(msgString, "REMOTE REQUEST FRAME");
123   Serial.print(msgString);
124 } else {
125   for (byte i = 0; i < len; i++) {
126     sprintf(msgString, " 0x%.2X", rxBuf[i]);
127     Serial.print(msgString);
128   }
129 }
130 }
131
132 byte sndStat1 = CAN0.sendMessage(0x068180FE, 1, 8, data1); //sndStat1 = send data1 (voltage CC state)
133 if (sndStat1 == CAN_OK) {
134   Serial.println("First message sent!");
135 } else {
136   Serial.println("Sending first message failed!");
137 }
138 delay(1000);
139
140 byte sndStat2 = CAN0.sendMessage(0x068180FE, 1, 8, data2); //sndStat2 = send data2 (current CC state)
141 if (sndStat2 == CAN_OK) {
142   Serial.println("Second message sent!");
143 } else {
144   Serial.println("Sending second message failed!");
145 }
146 if (x == 214) {
147   break;
148 }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

last_CC_CV.ino
147     break;
148   }
149 }
150 delay(5000);
151
152 byte PowerLimit2[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x99 };
153 byte powerlimit2 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit2);
154 if (powerlimit2 == CAN_OK) {
155   Serial.println("powerlimit2 message sent!");
156 } else {
157   Serial.println("Sending initial message failed!");
158 }
159 delay(5000);
160 byte PowerLimit3[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80 };
161 byte powerlimit3 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit3);
162 if (powerlimit3 == CAN_OK) {
163   Serial.println("powerlimit3 message sent!");
164 } else {
165   Serial.println("Sending initial message failed!");
166 }
167 delay(5000);
168 byte PowerLimit4[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x66 }; //66
169 byte powerlimit4 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit4);
170 if (powerlimit4 == CAN_OK) {
171   Serial.println("powerlimit4 message sent!");
172 } else {
173   Serial.println("Sending initial message failed!");
174 }
175 delay(6000);
176 byte PowerLimit5[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x59 };
177 byte powerlimit5 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit5);
178 if (powerlimit5 == CAN_OK) {
179   Serial.println("powerlimit5 message sent!");
180 } else {
181   Serial.println("Sending initial message failed!");
182 }
183 delay(3000);
184 byte PowerLimit6[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x4C };
185
last_CC_CV.ino
171   Serial.println("powerlimit4 message sent!");
172 } else {
173   Serial.println("Sending initial message failed!");
174 }
175 delay(6000);
176 byte PowerLimit5[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x59 };
177 byte powerlimit5 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit5);
178 if (powerlimit5 == CAN_OK) {
179   Serial.println("powerlimit5 message sent!");
180 } else {
181   Serial.println("Sending initial message failed!");
182 }
183 delay(3000);
184 byte PowerLimit6[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x4C };
185 byte powerlimit6 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit6);
186 if (powerlimit6 == CAN_OK) {
187   Serial.println("powerlimit6 message sent!");
188 } else {
189   Serial.println("Sending initial message failed!");
190 }
191 delay(3000);
192 byte PowerLimit7[8] = { 0x01, 0x05, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40 };
193 byte powerlimit7 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, PowerLimit7);
194 if (powerlimit7 == CAN_OK) {
195   Serial.println("powerlimit7 message sent!");
196 } else {
197   Serial.println("Sending initial message failed!");
198 }
199 delay(3000);
200
201 byte sndStat5 = CAN0.sendMsgBuf(0x068180FE, 1, 8, dataoff); //sndStat5 = send dataoff (turn-off the power supply)
202 if (sndStat5 == CAN_OK) {
203   Serial.println("last message sent!");
204 } else {
205   Serial.println("Sending initial message failed!");
206 }
207 //)
208 }

```

รูปที่ 3.20 การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ DC power supply โดยใช้ Arduino UNO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หลักการโปรแกรม Arduino ที่ไว้ใช้ควบคุม DC Power Supply Huawei

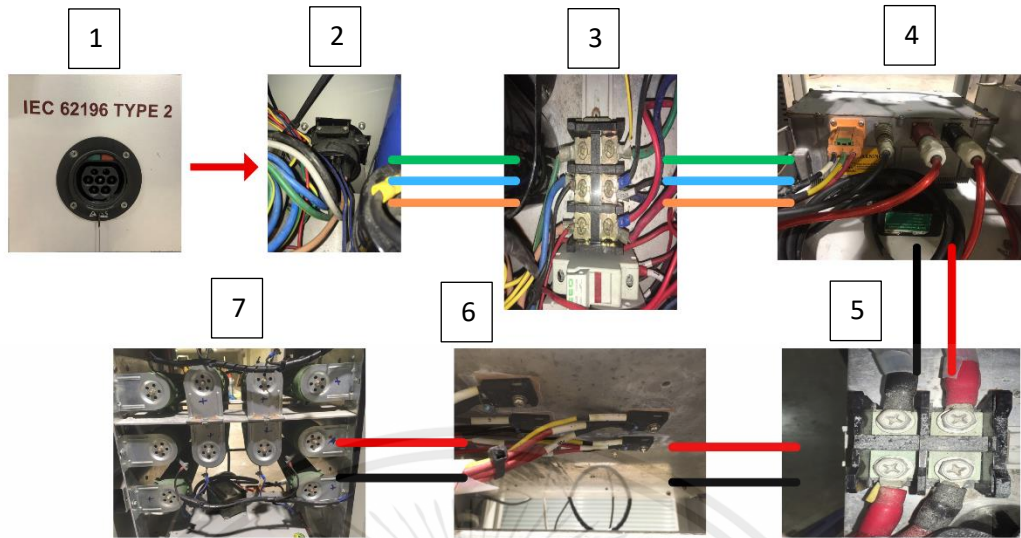
จุดประสงค์หลักๆของการสร้างโปรแกรม Arduino นี้ขึ้นมาคือการส่งข้อมูลเป็นแบบ CAN bus โดยจากตัว Arduino จะส่งสัญญาณสื่อสารผ่านวิธี SPI (Serial Peripheral Interface) และทำการแปลงเปลี่ยนเป็นสัญญาณ ข้อมูลแบบ CAN bus ที่มี 2 สาย CAN H,L เพื่อเข้าไปที่ช่องสัญญาณ CAN ของตัว Huawei DC power supply ซึ่งการที่จะสื่อสารผ่านตัวโปรแกรม จำเป็นต้องใช้ภาษาคอมพิวเตอร์เรื่อง ข้อมูล digital, analog และ ไบต์ ต่างๆในการคุย โดยเราจะใช้ library ใน Arduino คือ <mcpcan.h> และ <SPI.h> ซึ่งตัวโปรแกรมในการรับและส่งข้อมูลเป็น byte นั้นมีไว้เรียบร้อยแล้ว ไม่ว่าจะเป็นจาก CAN0.begin, byte sndstat0, CAN0.sendMsgBuf ซึ่งในส่วนนี้สิ่งที่เราต้องรู้จักคือ ID address ของตัวเครื่องจ่ายไฟ, DC power supply ที่ใช้งานมี address การส่งงานที่เลขอะไร ในที่นี้คือ 0x068180FE นั่นเอง ที่นี้ข้อมูลที่เรารสร้างขึ้นจากโปรแกรม Arduino ก็จะออกไปที่ ที่อยู่ (address) นี้แน่นอน ต่อมาในโปรแกรมนี้อจะมี จำนวนชุดข้อมูลจำเป็นจะต้องทราบ นั่นคือ

- 1.) ชุดข้อมูลสั่ง start เครื่องเพื่อให้ Huawei เข้าใจว่าเราอยากควบคุมมันด้วยวิธี CAN bus protocol โดยจะมีข้อมูลที่ต้องส่งคือ 01 32 00 00 00 00 00 00 ซึ่งจะเห็นได้ว่า มี 8 หลัก ซึ่งหมายถึง 8 bytes และ เลข 2 ตำแหน่งนี้คือเลข ฐาน 16 จึงมีค่า 1 bytes = 8 bits ซึ่งคิดได้ถึง 256 ที่ของข้อมูล digital
- 2.) ชุดข้อมูลสั่ง off เพื่อให้เครื่องหยุดการรับข้อมูลผ่าน CAN bus protocol ซึ่งมีชุดข้อมูลคือ 01 32 00 01 00 00 00 00
- 3.) ชุดข้อมูลสั่งควบคุมแรงดัน ซึ่งมีชุดข้อมูลคือ 01 00 00 00 00 00 00 00 โดยที่ 4 bytes ข้างหลังนั้นจะเป็นตัวแสดงถึงค่าต่างๆของ แรงดันที่เราต้องการ โดยมีวิธีคิดตามตัว manual ของ Huawei นั่นคือนำค่าแรงดันที่เราต้องการนำคูณ 1024 แล้วนำค่านี้ไปหาเลขฐาน 16 แล้วนำมาใส่ในช่อง byte ข้างหลัง 4 bytes
- 4.) ชุดข้อมูลสั่งควบคุมกระแส ซึ่งมีชุดข้อมูลคือ 01 0F 00 00 00 00 00 00 โดยที่ 4 bytes หลักหลังก็มีความหมายคล้ายของการควบคุมแรงดันและมีวิธีคิดคล้ายๆกัน
- 5.) ชุดข้อมูลจำกัดกำลัง โดยมีชุดข้อมูล 01 05 00 00 00 00 00 00 โดยชุดข้อมูลนี้ก็มีค่าจำกัดกำลังที่ 4 bytes หลังเช่นกันแต่จะมีการคิดเป็นสัดส่วนกับกำลังทั้งหมดที่ตัวของ DC power supply จ่ายได้เช่นใน Huawei นี้มีกำลัง 20 kW จะวัดเป็นค่า 1024 และนำไปหาเลขฐาน 16 แต่ถ้าเราต้องการให้เครื่อง Dc power supply นี้จ่ายแค่ 10kW ก็ให้นำ $1024 * 50\%$ และนำค่าที่ได้ไปหาฐาน 16 นั่นเอง

โดยเราจะนำค่าต่างๆของข้อมูลชุดพวกนี้ไปเข้ารูปต่างๆ ตามที่เราต้องการควบคุมตัว DC power supply โดยในโปรแกรม จะมีฟังก์ชันในการเปลี่ยนเลขฐาน 10 เป็นเลขฐาน 16 ตามสมการคำนวณคิดค่าชุดข้อมูลตาม manual ของ Huawei และนำค่าที่ได้ไปใส่ช่อง bytes 4 ช่องหลังนั่นเอง

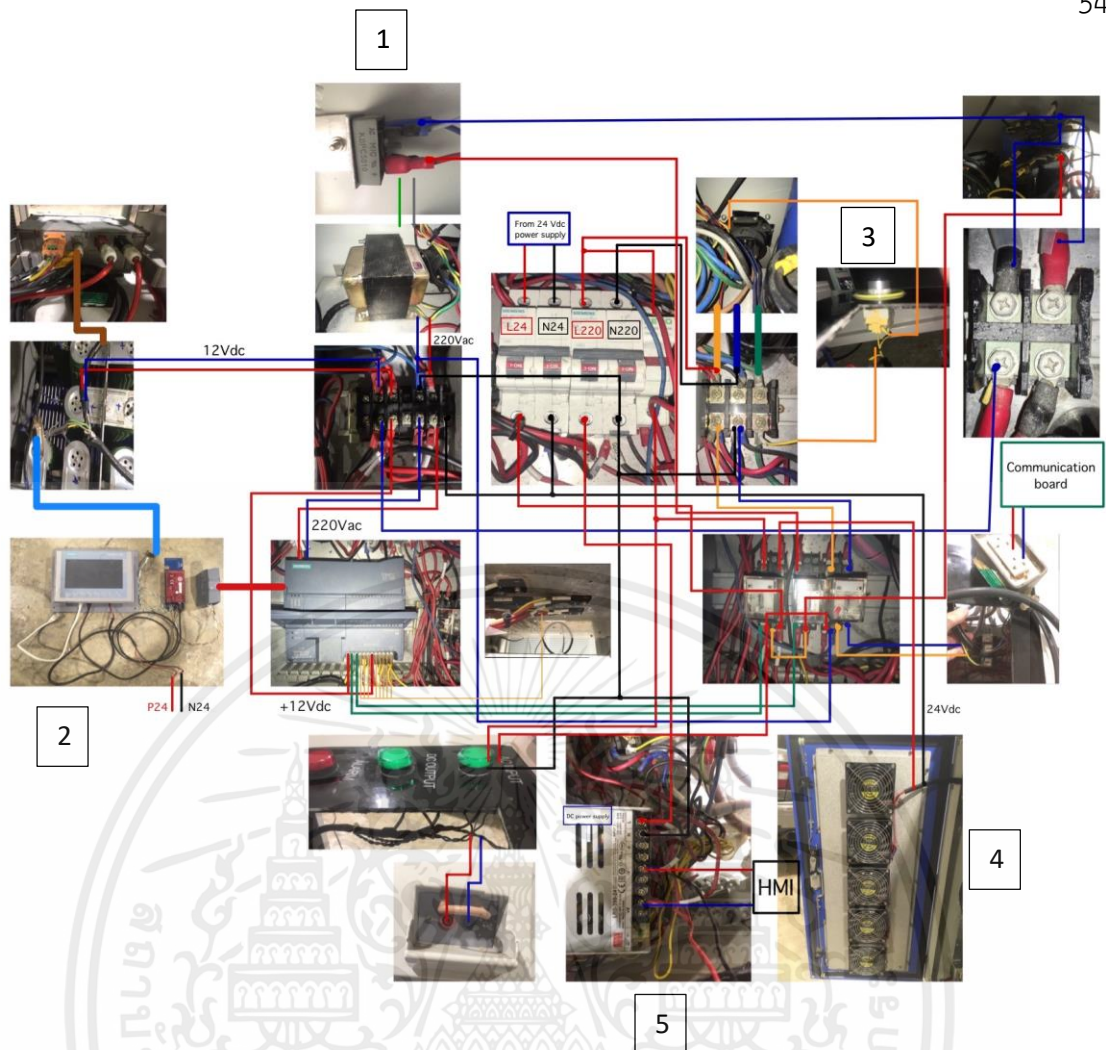
และต่อมา ในการทดลองควบคุม power supply เราได้ทำการควบคุมให้มีการไต่แรงดันตอนแรกขึ้นไปเรื่อย โดยเราจะคุมอัตราของแรงดันตามใจเราที่ละ 1-5 โวลต์ แล้วแต่ต้องการและขึ้นทีละวิ ต่อมาเราจะทำการจำกัดกำลังที่สูงสุดของตัว DC Power Supply แล้วตรึงให้มีการจำกัดกำลังนั้น ที่แรงดันเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่ง โดยเป็นการจำลองการทำงานของ CV แต่เราไม่สามารถตรึงค่า I ได้ เนื่องจากโหลดเราเป็นตัว Resistor หรือตัวต้านทานซึ่งมีความเป็น linear ทำให้กราฟไม่เป็นตามที่ต้องการแบบ CV profile แต่เราสามารถที่จะคุมพารามิเตอร์ได้ 2 ค่า นั่นคือ power กำลัง และ แรงดัน Voltage ต่อมาในการชาร์จแบตเตอรี่จะมีสถานะของการชาร์จแบบ CC profile ซึ่งเราไม่สามารถจะทำได้แต่เราทำการ จำกัดกำลังให้ลดลง ตามช่วงเวลาต่างๆทำให้มีค่าแรงดันลดลงอัตโนมัติ และกระแสด้วยเช่นกันเนื่องจากโหลดเป็นเพราะตัวต้านทานเช่นเดียวกันครับ ถ้าเราทดลองทำการควบคุม DC power supply นี้กับตัวแบตเตอรี่ค่าที่ได้ก็จะต่างกัน

3.10 วงจรภายในอุปกรณ์จำลอง EV's onboard simulator for AC charger



รูปที่ 3.21 ไดอะแกรม Power ของ EV's onboard simulator for AC charger

ในไดอะแกรมภาคกำลังนี้ในภาพหมายเลข 1 นั้นเป็นส่วนที่รับไฟฟ้าจากหัวชาร์จ IEC 62196 type2 โดยในภาพหมายเลขที่ 2 จะเห็นได้ว่าเรานำสายไฟมาแค่เฟสเดียวและที่เหลือพันเทปสายไฟเอาไว้ต่อมาในภาพหมายเลขที่ 3 เรานำสายที่มีไฟ 220V เข้าไปที่เทอร์มินอล รวมถึงสายดินและสายนิวทรัล แล้วจะนำสายที่มีไฟนี้เข้าไปเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับตัว OBC เพื่อแปลงออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรงในภาพที่ 4 แล้วนำไฟฟ้ากระแสตรงนี้เข้าไปที่อีกเทอร์มินอลและนำไปจ่ายไฟไว้ที่ภาพหมายเลข 7 ซึ่งเป็นตัวต้านทานประพัตติตัวเป็นโหลด และในส่วนของภาพหมายเลข 6 เราจะนำตัว IGBT มาใช้งานร่วมกับ PLC จึงต้องต่ออุปกรณ์นี้เข้าที่ทุกตัวของตัวต้านทาน



รูปที่ 3.22 วงจรย่อยภายใน ของ EV's onboard simulator for AC charger

ในวงจรย่อยภายในของ EV's onboard simulator นี้ในหมายเลข 1 คืออุปกรณ์ที่ชื่อว่า บริดจ์ ไดโอดซึ่งทำหน้าที่เรียงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรง ซึ่งต่อจะนำไฟที่เรียงกระแสเข้าไปเข้าที่ตัวเก็บประจุเพื่อทำการชาร์จและห้ลวงเครื่อง OBC เพื่อจำลองตัวต้านทานให้คล้ายกับแบตเตอรี่ ต่อมาในภาพหมายเลขที่ 2 เป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวกับการแสดงผล โดยทำงานร่วมกับ PLC หรือเรียกว่า HMI (Human-machine interface) ต่อมาในภาพหมายเลขที่ 3 เป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มความปลอดภัยให้กับตัวเครื่องทดสอบเมื่อเกิดความผิดพลาด เป็นปุ่มกดฉุกเฉินที่ทำการตัดตอนการสื่อสารทันที ในภาพหมายเลขที่ 4 จะเป็นพัดลมระบายความร้อนให้กับตัวต้านทานและในหมายเลขที่ 5 จะเป็นส่วนของ DC power supply 24V เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์ต่างๆในเครื่องทดสอบทำงานที่ระดับ 24V อาทิ HMI

ไดอะแกรมภาคกำลัง ของ EV's onboard simulator for AC charger ในขั้นตอนแรกจะเริ่มทำงานโดยรับไฟฟ้าผ่านทางหัวชาร์จ Ac type2 ตามมาตรฐาน IEC 62196-2 ซึ่งจริงๆแล้ว

เป็นไฟฟ้า 3 เฟส แต่ในเครื่องทดสอบนี้จะใช้การทดสอบที่ไฟฟ้า เฟสเดียวเท่านั้นโดยมีกำลังสูงสุดที่รับและทดสอบได้ที่ 11kW ดังนั้นในตอนมีจะสายไฟสามเส้น L, N, PE ต่อมานำไปเข้าที่เทอร์มินอลแล้วเทอร์มินอลนี้จะนำไปสู่ ไฟเข้า 3 เส้นที่ เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดซึ่งก็คือไฟเลี้ยงของมันแล้วต่อมานำไฟที่ ออกเป็นแรงดันกระแสตรง DC output จากตัวเรกติฟายเออร์ ออกมาเข้าอีกเทอร์มินอลหนึ่งแล้วนำไฟนี้ไปต่อเข้าโหลดตัวต้านทาน 10 ตัว ที่มีการควบคุมตัวต้านทานออกเป็น อนุกรม 2 ชุดแล้วที่เหลือนำมาขนานกันทั้งหมด ทำให้ต้องใช้ตัว IGBT ในการสั่งงานถึง 8 ตัว

ต่อมาที่วงจรย่อยภายใน ของ EV's onboard simulator for AC charger จะขออธิบาย โดยหลักๆแล้วเมื่อแรงดันไฟฟ้าเข้ามาที่เทอร์มินอลจำนวน 220 V จะทำการจัมพ์มันไปที่อุปกรณ์ป้องกันหรือ Circuit breaker ต่างๆ โดยหลักๆแล้วในตู้นี้จะแบ่งการทำงานออกเป็นหลายๆส่วน ซึ่งจะขออธิบายเป็นแบบนี้

- 1.) PLC และ HMI โดยในส่วนของอุปกรณ์นี้นั้นจะเป็นส่วนของการทำงานหลักๆของเครื่องทดสอบนี้ซึ่งมาที่ตัวของ PLC ก่อนโดยที่ จะมีการต่อสายต่างๆหลัก นั้นก็คือ 220 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงของ PLC ซึ่งได้มาจากหัวชาร์จโดยตรงผ่านเทอร์มินอลและอุปกรณ์ป้องกันมา และต่อมาเป็นส่วนของไฟเลี้ยง 12 V digital output ซึ่งจะใช้ทั้งหมด 2 เส้นและมีการใช้สาย digital output 8 เส้นสำหรับการควบคุม IGBT เพื่อไปสั่งงานการเปิดตัวต้านทานให้ทำงานแล้วอีก 2 เส้นเป็นตัวส่งงานรีเลย์ให้ทำงาน 3 ตัว ซึ่งในส่วนของ relay นั้นจะมีทั้งหมด 3 ตัวด้วยกัน ตัวแรกทางซ้ายมือสุดนั้นจะทำหน้าที่ในการใช้ Fuse protection ในกรณีเกิดอันตรายขึ้นและรวมถึงการเปิดปิดของพัดลมระบายความร้อน ต่อมาตัวรีเลย์ตัวกลางนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมการสับเปลี่ยนการจ่ายไฟจาก Diode ที่ชาร์จไฟประจุเข้าตัวคาปาซิเตอร์ที่เอาไว้หลอกเครื่องออนบอร์ดให้คิดว่าเป็นแบตเตอรี่เปลี่ยนเป็นชาร์จเข้าตัวต้านทานโดยตรง เพราะเครื่องออนบอร์ดจะไม่สามารถทำงานได้ทันที เพราะไม่มีประจุไฟฟ้าที่ตัวต้านทานเมื่อเริ่มต้น และต่อมาตัวที่ 3 ตัวสุดท้ายนั้นมีหน้าที่เพียงแค่อุปไฟเพิ่มได้ ให้นำไฟ 220 โวลต์ไปใช้ต่อได้ ซึ่งในโครงการนี้เราจะนำไฟนี้ไปเข้าที่วงจรสื่อสารที่เราได้สร้างขึ้นมาแล้ว ไปเข้าวงจร Dual power 15 โวลต์ แล้วทำให่วงจรสื่อสารนี้ทำงานได้ ต่อมาเป็นส่วนของ HMI โดยตัว HMI จะได้รับไฟจากตัว DC power supply ย่อยที่แปลงไฟจาก 220 V ออกมาเป็น 24 V ซึ่งจะนำไปใช้งานที่ส่วนของพัดลมและส่วนของ HMI และในอีกส่วนหนึ่งก็คือ PLC จะทำการเป็นคนคุยการสื่อสาร CAN bus เองโดยผ่านตัวโปรแกรม โดยจะได้สัญญาณออกมาเป็นข้อมูลชนิด Rs 232 หรือ 485 แล้วนำไปแปลงข้อมูลเป็น CAN bus ด้วย microcontroller Digilent

chipKIT Max32 และยังสามารถที่จะรับค่า V,I ที่ OBC จ่ายออกมาด้วยสายสื่อสาร Rs485, 232 แล้วนำมาโชว์ไปที่ HMI ได้อีกด้วย

- 2.) ในส่วนของ ตัวหม้อแปลงที่จะนำไฟที่ได้จาก เทอมินอล 220 v นำไปเข้า Bridge diode และเรียงกระแสเข้าไปชาร์จที่ตัว คาปาซิเตอร์ที่ต่ออนุกรมกันและรวมประจุ หลอกไปที่ตัว OBC ทำให้มันยอมทำงานและจ่ายโหลดไปที่ตัวด้านทาน
- 3.) ในส่วนสุดท้ายจะเป็นส่วนของสัญญาณไฟต่างๆ จะแสดงให้เห็นเมื่อมีไฟเข้าและผ่าน และยังมีสวิทช์ฉุกเฉินในกรณีที่เกิด Fault เมื่อกดจะทำการตัดขากการสื่อสารทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier

การทดลองแรกนี้เป็นการทดลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier โดยเราจะทำการนำสายไฟกำลัง 3 เฟสขนาด 220V จ่ายให้กับตัว Huawei แล้วทำการต่อโหลดทางด้านแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ออกจาก Huawei แล้วต่อกับโหลดหลอดไฟ 30 ดวง มีกำลังหลอดละ 100 W จึงมีกำลังรวม 3000 W และทำการสั่งให้ Huawei ทำงานผ่าน protocol ของ CAN bus ผ่านอุปกรณ์ Arduino และ MCP2515 และส่งชุดข้อมูลจากตัว Arduino เข้าที่ Huawei และสั่งให้เครื่อง Huawei จ่ายแรงดันและกำลังตามที่ต้องการดังตารางที่ 4.1

โดยเราจะทำการวัดแรงดันและกระแสจากเครื่องวัด Hioki ที่สามารถวัดแรงดันและกระแสได้และดึงข้อมูลผ่านแอปโดยใช้บลูทูธเป็นตัวเชื่อมต่อโดยจะสามารถเก็บข้อมูลได้ที่ละ 5 วินาที และจะทำการวัดค่าแรงดันและกระแสที่ตำแหน่งฝั่งขาออกของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากตัว Huawei

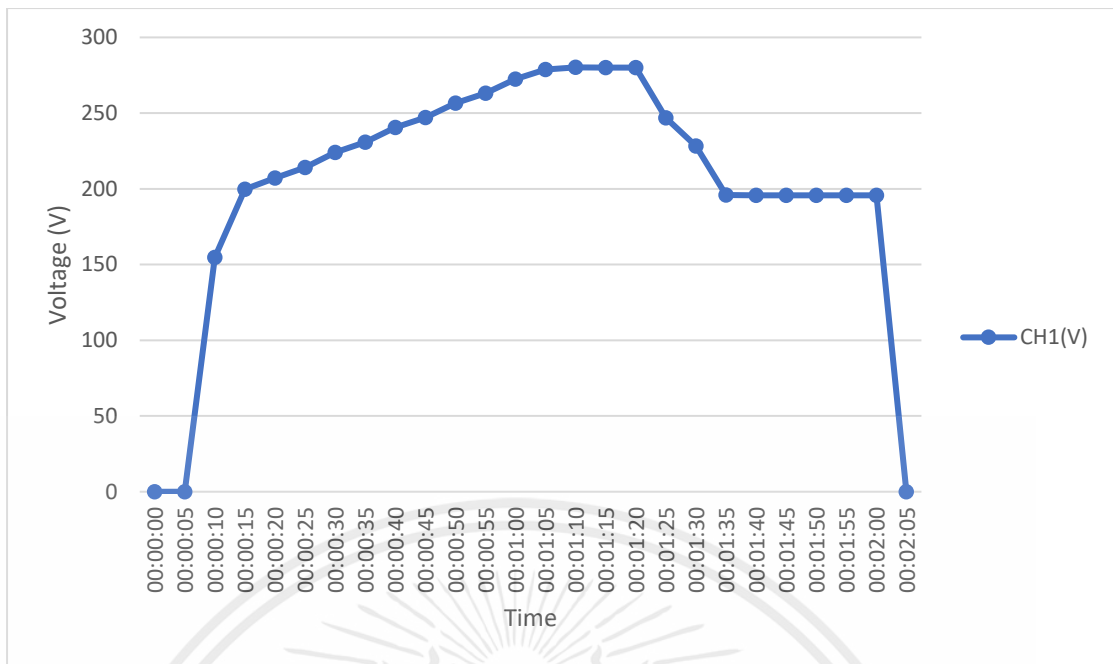
1. ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier โดยการจ่ายพลังงานให้กับหลอดไฟ 30 ดวง 3000 watt ผลการควบคุมแสดงได้ตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier

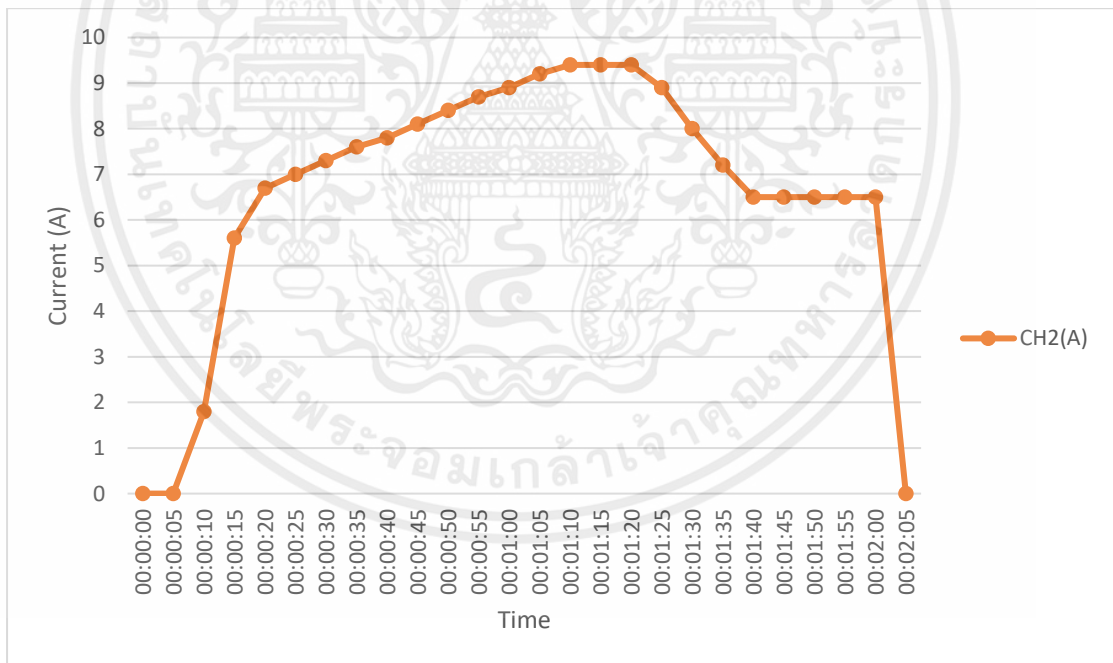
No.	Time (s)	Voltage (V)	Current (A)	Power (Watt)
1	0	0.00	0.00	0
2	5	0.00	0.00	0
3	10	154.60	1.80	278.28
4	15	199.80	5.60	1118.88
5	20	207.10	6.70	1387.57
6	25	214.00	7.00	1498
7	30	224.00	7.30	1635.2
8	35	230.80	7.60	1754.08
9	40	240.60	7.80	1876.68
10	45	247.00	8.10	2000.7

11	50	256.70	8.40	2156.28
12	55	263.10	8.70	2288.97
13	60	272.50	8.90	2425.25
14	65	278.70	9.20	2564.04
15	70	280.20	9.40	2633.88
16	75	280.10	9.40	2632.94
17	80	280.00	9.40	2632
18	85	246.90	8.90	2197.41
19	90	228.30	8.00	1826.4
20	95	195.90	7.20	1410.48
21	100	195.80	6.50	1272.7
22	105	195.70	6.50	1272.05
23	110	195.70	6.50	1272.05
24	120	195.70	6.50	1272.05
25	125	195.70	6.50	1272.05
26	130	0.00	0.00	0

จากตารางที่ 4.1 สามารถพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t) ,กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

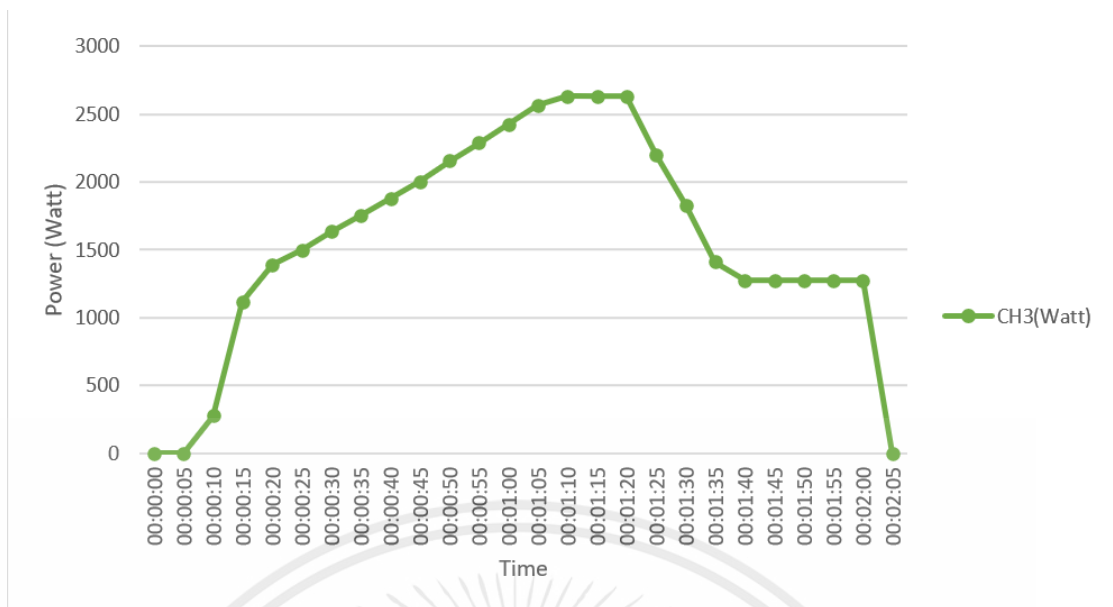


รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

สรุปผลที่ได้จากการทดลองนี้ได้ว่าโปรแกรมจาก Arduino สามารถทำงานได้ตามชุดข้อมูลที่สั่งไม่ว่าจะเป็นการควบคุมแรงดันเริ่มต้นจนถึงการจำกัดเขตของกำลังในระยะเวลาต่างๆ และยังสามารถสั่งงานปีระบบของ Protocol รวมถึงเปิดใช้งาน Protocol Can bus ได้อีกด้วย และท้ายที่สุดก็ทำการวัดค่าแรงดันกับกระแสโดยใช้มัลติมิเตอร์ และนำมาหาค่ากำลังซึ่งก็ตรงกับในโปรแกรม Arduino

2. ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับ Heater กับโหลดไฟ 30 ดวง กำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมด 4000 watt ผลการควบคุมแสดงได้ตามตารางที่ 4.2 ดังนี้

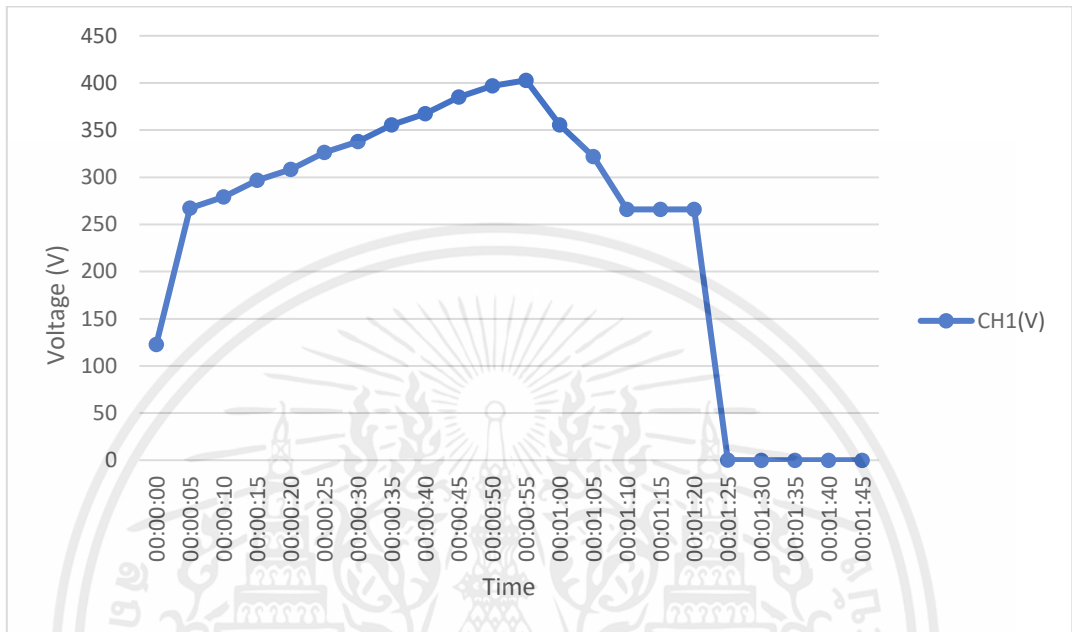
โดยในการทดลองที่ 2 นี้จะเป็นการจัดตั้งทำการทดลองคล้ายกับการทดลองที่ 1 จะต่างกันแค่เราจะทำการเพิ่ม Heater ให้กับโหลด 1 ตัวทำให้มีกำลังเพิ่มขึ้นอีก 1000 W สามารถรับแรงดันและกระแสได้มากขึ้นรวมถึงกำลังไฟฟ้าด้วย โดยจะทำการวัดและบันทึกค่าแบบเดียวกันกับการทดลองที่ 1

ตารางที่ 4.2 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier

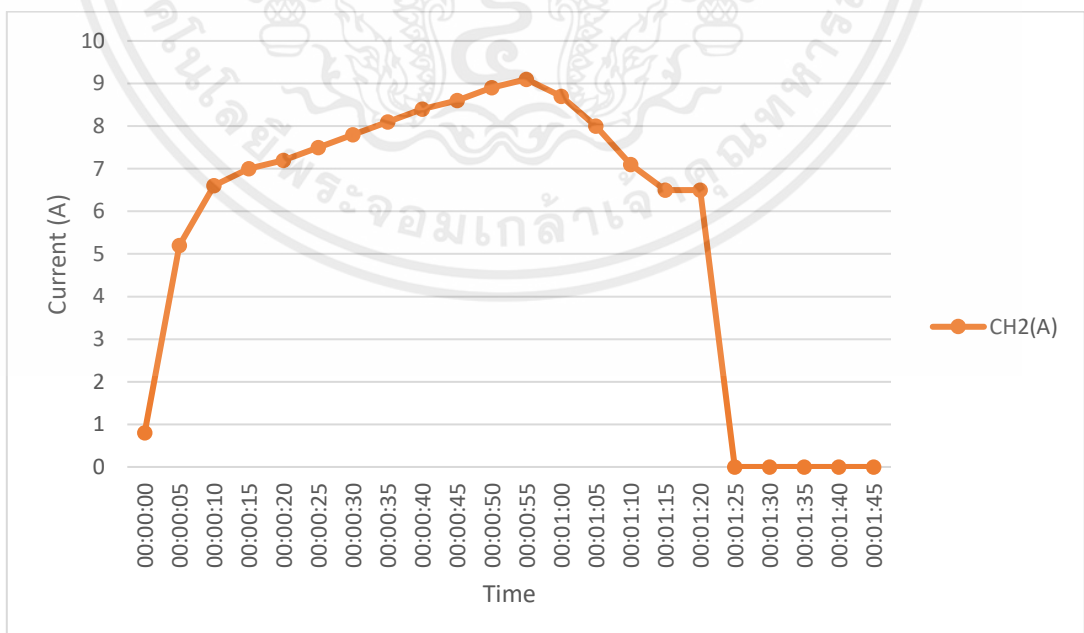
No.	Time(s)	Voltage (V)	Current (A)	Power (Watt)
1	0	122.70	0.80	98.16
2	5	267.40	5.20	1390.48
3	10	279.20	6.60	1842.72
4	15	296.80	7.00	2077.60
5	20	308.50	7.20	2221.20
6	25	326.20	7.50	2446.50
7	30	337.90	7.80	2635.62
8	35	355.60	8.10	2880.36
9	40	367.40	8.40	3086.16
10	45	385.00	8.60	3311.00
11	50	396.80	8.90	3531.52
12	55	402.80	9.10	3665.48
13	60	355.40	8.70	3091.98
14	65	321.80	8.00	2574.40
15	70	265.90	7.10	1887.89
16	75	265.90	6.50	1728.35
17	80	265.90	6.50	1728.35
18	85	0.01	0.00	0.00
19	90	0.00	0.00	0.00
20	95	0.00	0.00	0.00
21	100	0.00	0.00	0.00
22	105	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 สามารถพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t) ,กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

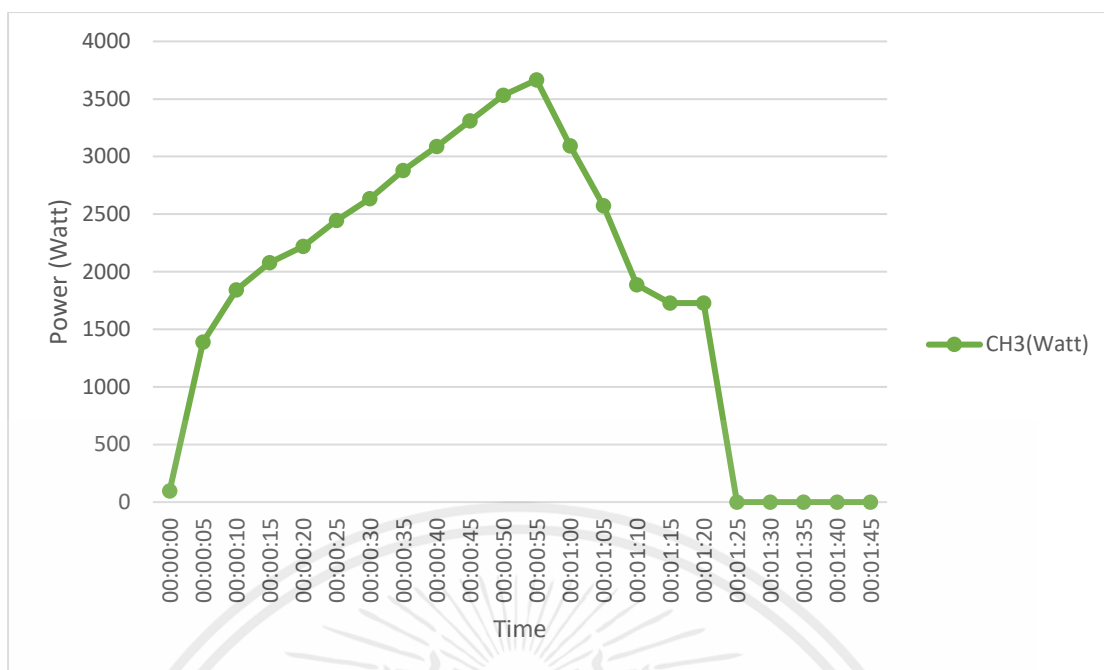


รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

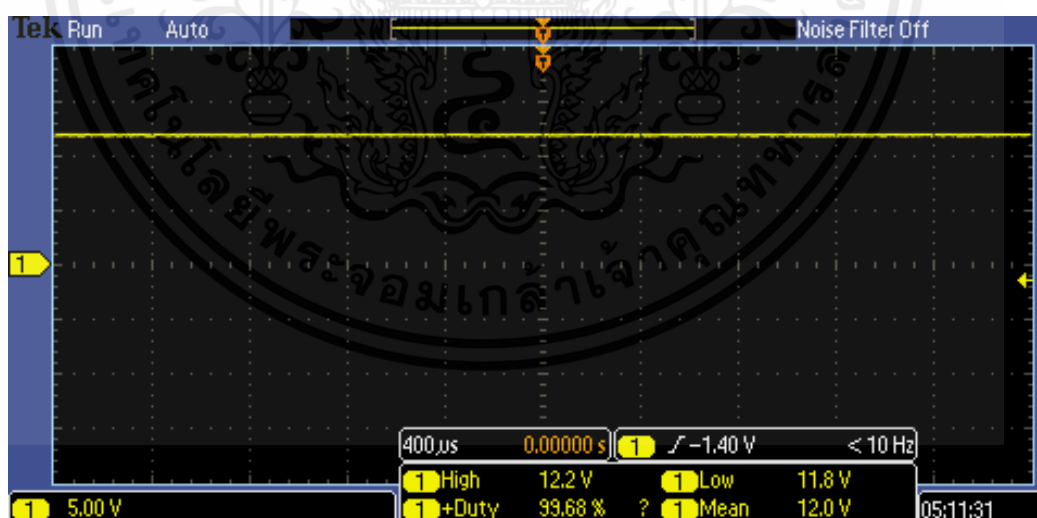
สรุปผลที่ได้จากการทดลองนี้ได้ว่าโปรแกรมจาก Arduino สามารถทำงานได้ตามชุดข้อมูลที่สั่งไม่ว่าจะเป็นการควบคุมแรงดันเริ่มต้นจนถึงการจำกัดเขตของกำลังในระยะเวลาต่างๆ และยังสามารส่งงานปิดระบบของ Protocol รวมถึงเปิดใช้งาน Protocol Can bus ได้อีกด้วย และท้ายที่สุดก็ทำการวัดค่าแรงดันกับกระแส และนำมาหาค่ากำลังซึ่งก็ตรงกับในโปรแกรม Arduino

4.2 ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องชาร์จกระแสสลับ (Communication between Vehicle controller circuit and AC charger)

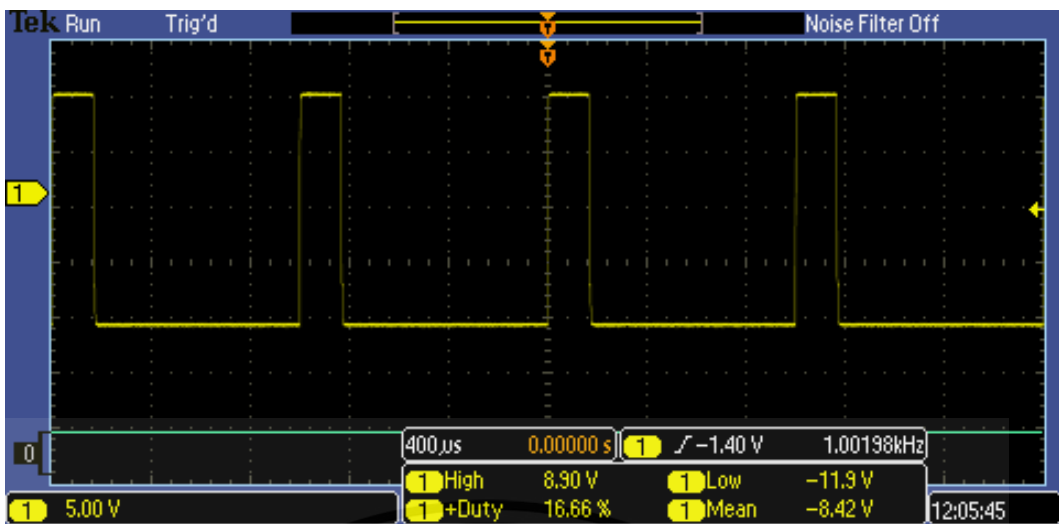
การทดลองในหัวข้อนี้ จะเป็นการทดสอบเกี่ยวกับการสื่อสารของตัววงจรสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องชาร์จกระแสสลับ โดยเราจะนำวงจรสื่อสารที่จำลองขึ้นมาขึ้นนำมาต่อสาย CP ซึ่งเป็นสายสัญญาณและต่อสาย PE จากเครื่องชาร์จกระแสสลับเข้าระบบรวมทั้งในวงจรสื่อสาร ซึ่งเราจะทำการทดลองเพื่อทดสอบค่าแรงดัน และรูปแบบ PWM ของคลื่นแรงดันว่าตรงกับมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A ตามที่ได้กล่าวไว้หรือไม่ โดยจะทำการวัดสถานะต่างๆ ที่เกิดขึ้น โดยแบ่งการวัดออกเป็น 3 อย่าง อย่างละ 3 สถานะ นั่นคือ ยังไม่เสียบหัวชาร์จ , เสียบหัวชาร์จ และทำการชาร์จ ซึ่งอย่างแรกคือวัดแรงดันโดยจาก Control pilot อย่างที่ 2 วัดแรงดันที่ตกคร่อมหลังไดโอดที่อยู่ในวงจรสื่อสาร ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน และอย่างสุดท้ายวัดที่หลังวงจรปรับแรงดันเพื่อนำเข้าสัญญาณไปสู่ PLC โดยจะทำการใช้เครื่อง Oscilloscope ในการวัดแรงดันเฉลี่ย แรงดัน High แรงดัน Low และวัด Duty cycle

1. ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องชาร์จกระแสสลับ โดยมี Duty cycle=16.67% หรือ 10 A

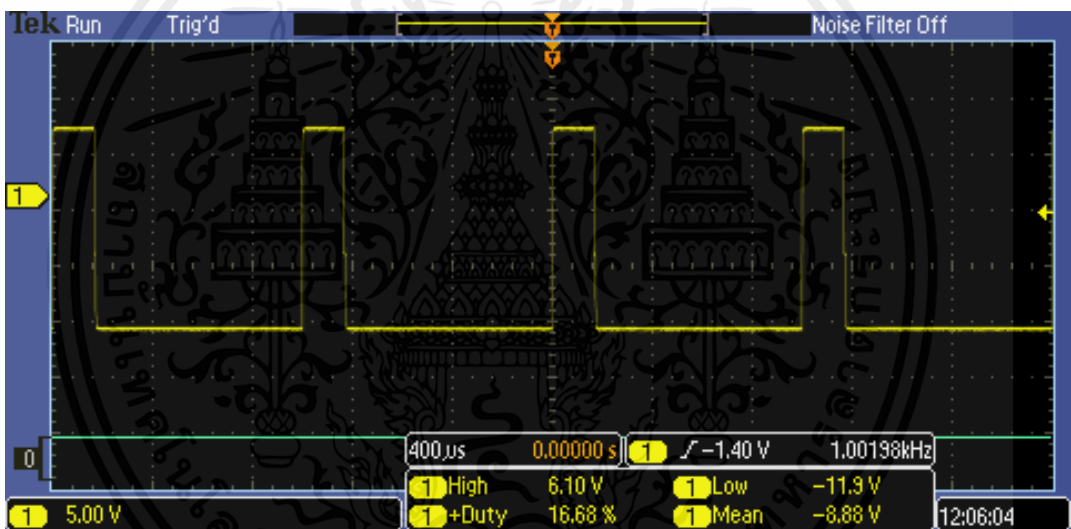
- ผลการวัดแรงดันพัลส์จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ



รูปที่ 4.7 กราฟแรงดันกระแสตรง 12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ



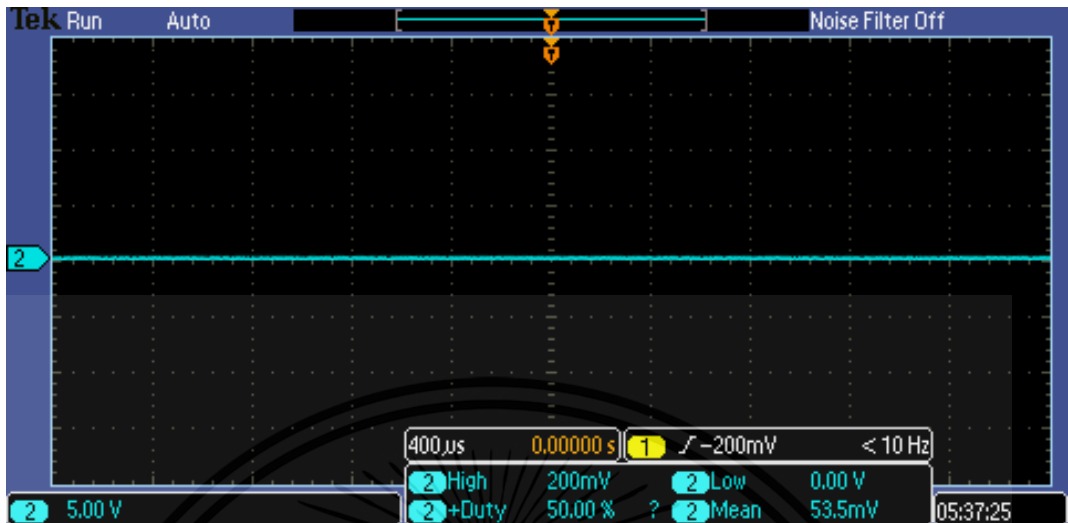
รูปที่ 4.8 กราฟแรงดันกระแสตรง +9 V, -12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ



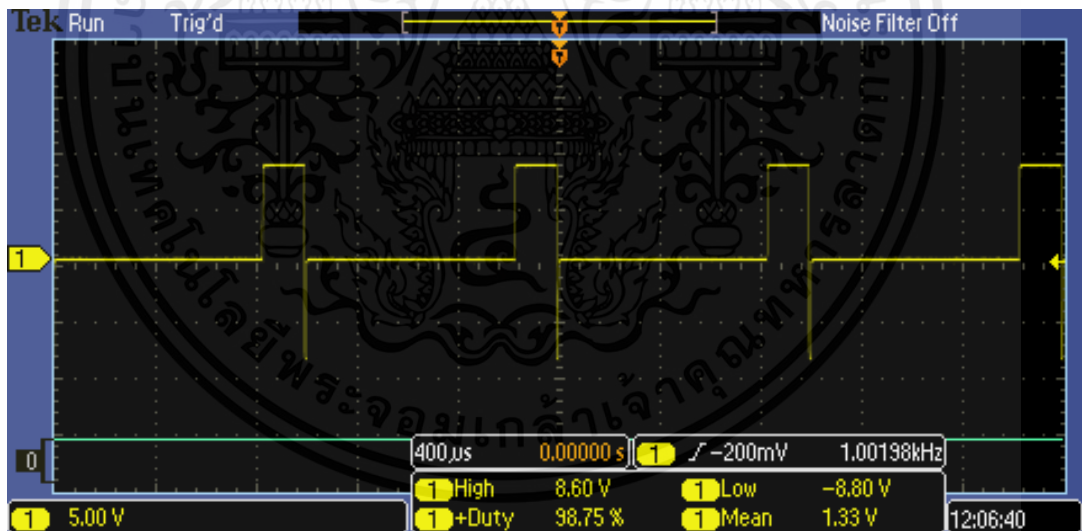
รูปที่ 4.9 กราฟแรงดันกระแสตรง +6 V, -12 V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการวัดแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ที่ตกรวมตัวต้านทาน $2.74 \text{ k}\Omega$

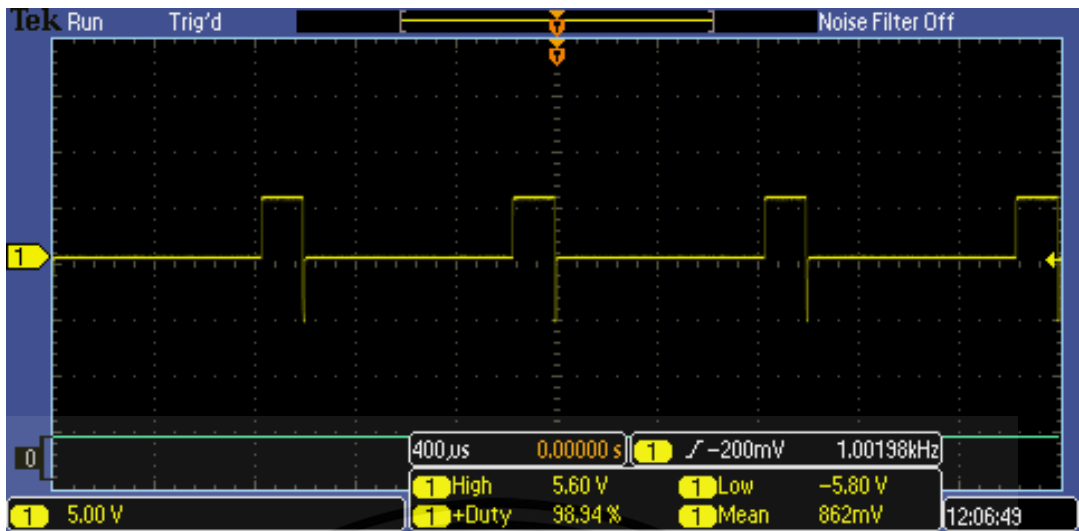


รูปที่ 4.10 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”



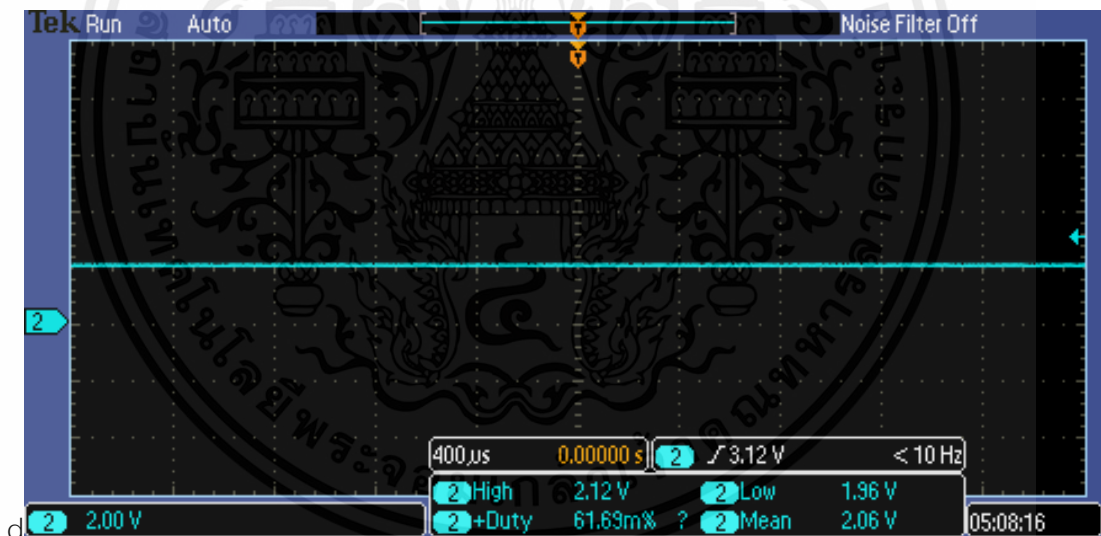
รูปที่ 4.11 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



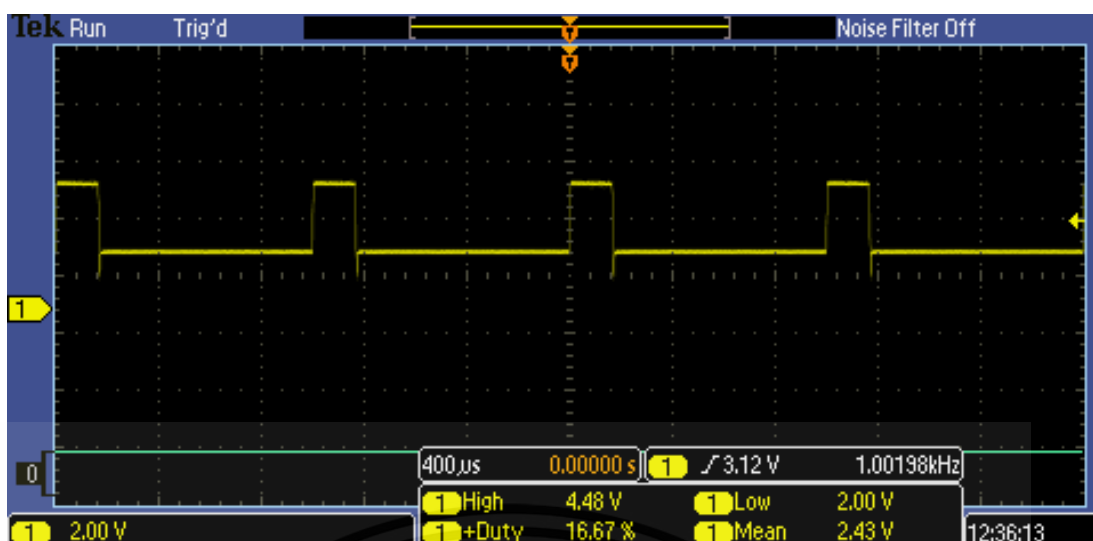
รูปที่ 4.12 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”

- ผลการวัดแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรวัดค่าแรงดัน (Voltage measurement circuit)

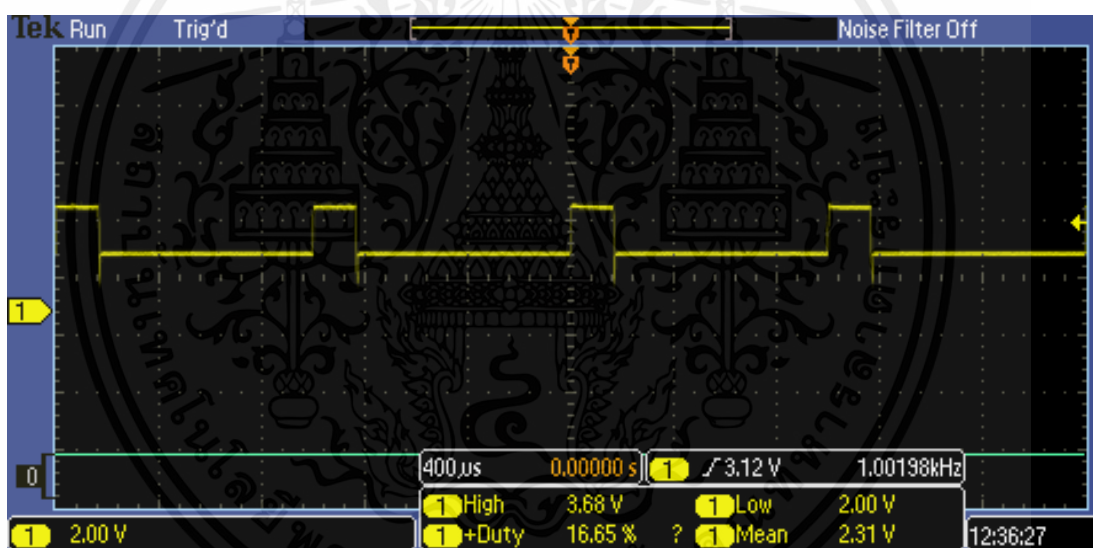


รูปที่ 4.13 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”



รูปที่ 4.15 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

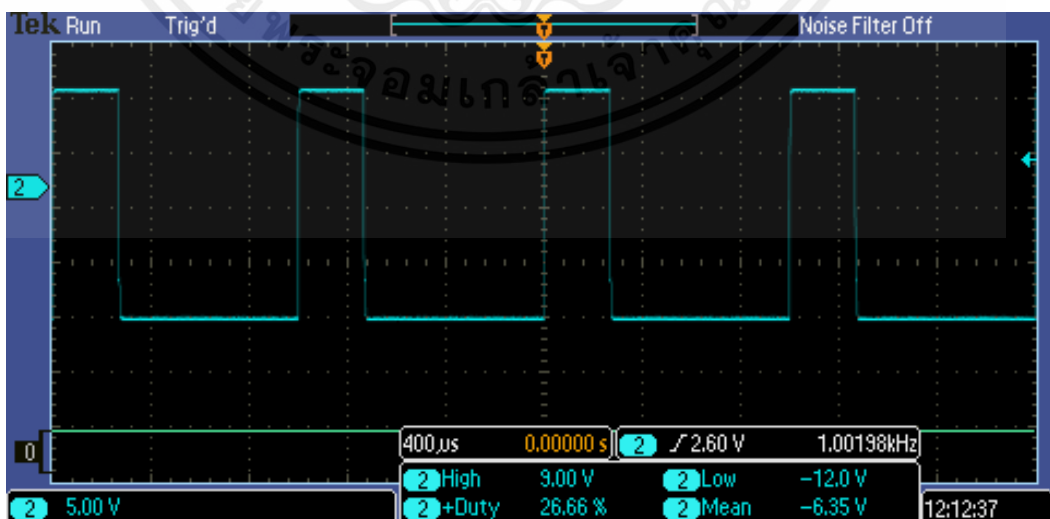
2. ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องชาร์จกระแสสลับ โดยมี Duty cycle=26.67% หรือ 16A

ต่อมาในการทดลองนี้เราจะทำการปรับค่า Duty cycle จากเครื่องชาร์จกระแสสลับ โดยเปลี่ยนจาก IP Address ของมันด้วยวิธีผ่านทางเว็บไซต์ที่แสดงในภาคผนวก ข. โดยเปลี่ยนจาก Duty cycle 16.67% หรือ 10A ไปเป็น 26.67% หรือ 16A แล้วทำการวัดผลการทดลองค่าต่างๆ ตามเดิมที่ทำในหัวข้อที่ 1. ของการทดลอง 4.2

- ผลการวัดแรงดันพัลส์จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ

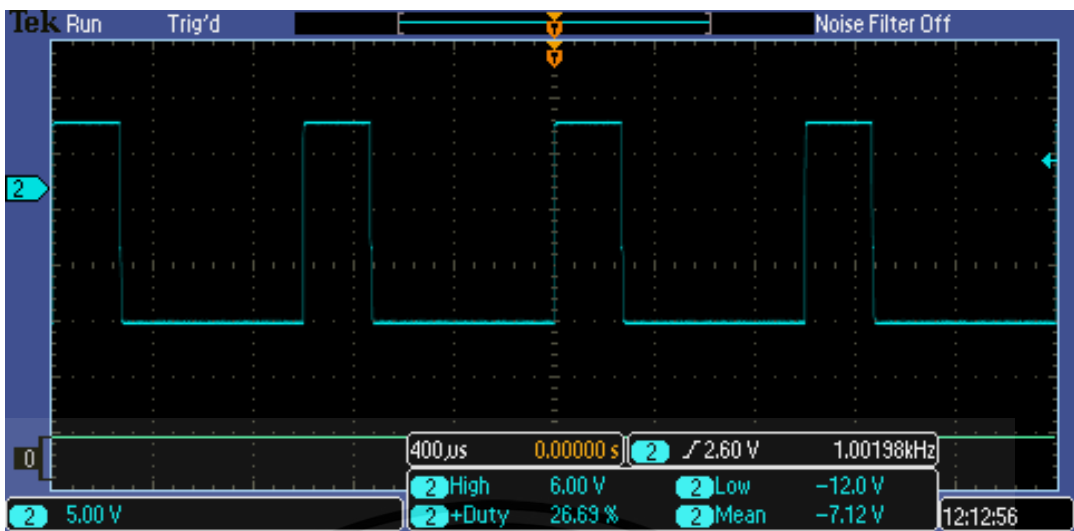


รูปที่ 4.16 กราฟแรงดันกระแสดตรง 12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ



รูปที่ 4.17 กราฟแรงดันกระแสดตรง +9V, -12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



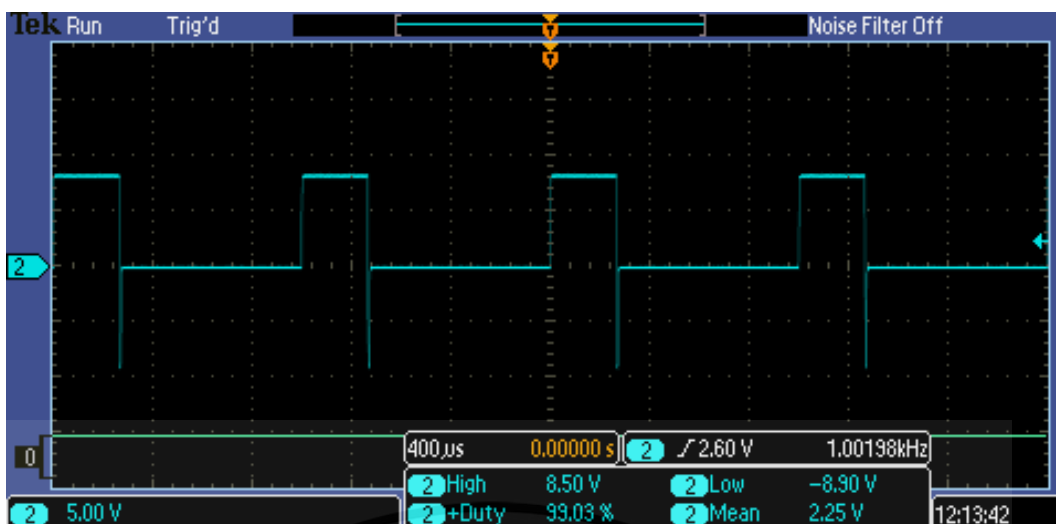
รูปที่ 4.18 กราฟแรงดันกระแสตรง +6V, -12V จาก Control Pilot ของเครื่องชาร์จกระแสสลับ

- ผลการวัดแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ที่ตกรวมตัวต้านทาน 2.74 k Ω

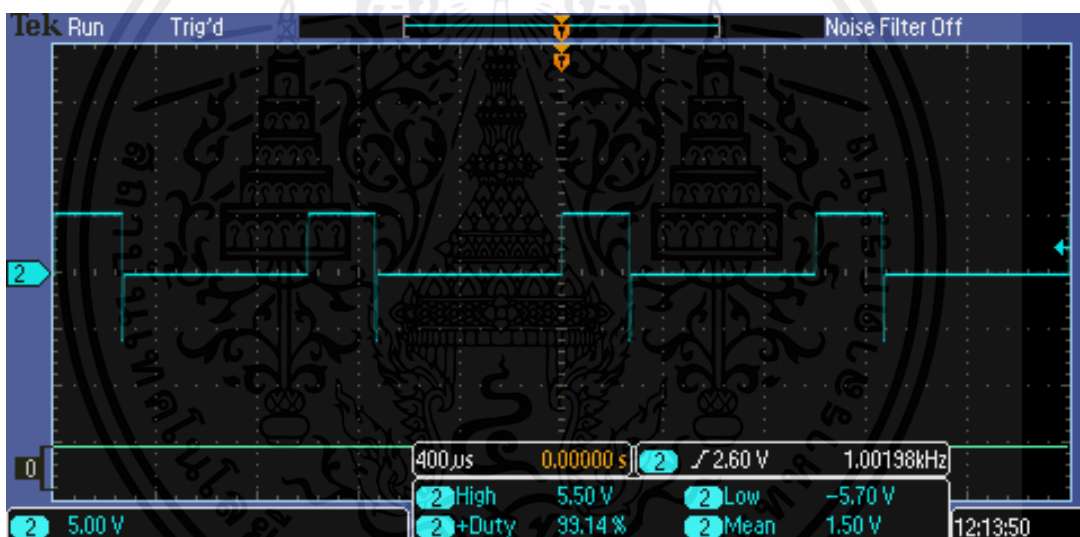


รูปที่ 4.19 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรจำลอง Vehicle Controller
ในสถานะ “Not Connected”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”



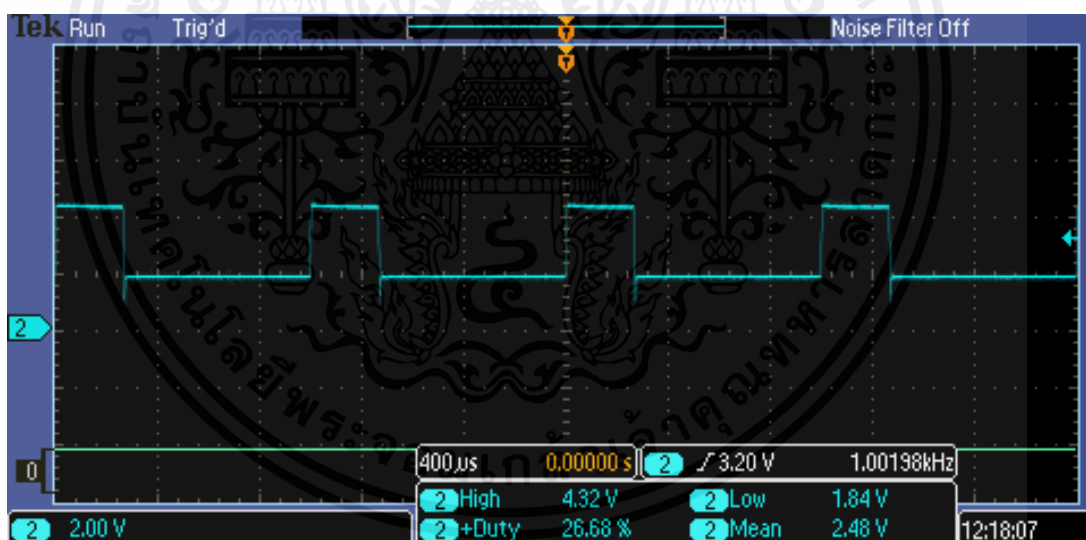
รูปที่ 4.21 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการวัดแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรวัดค่าแรงดัน (Voltage measurement circuit)

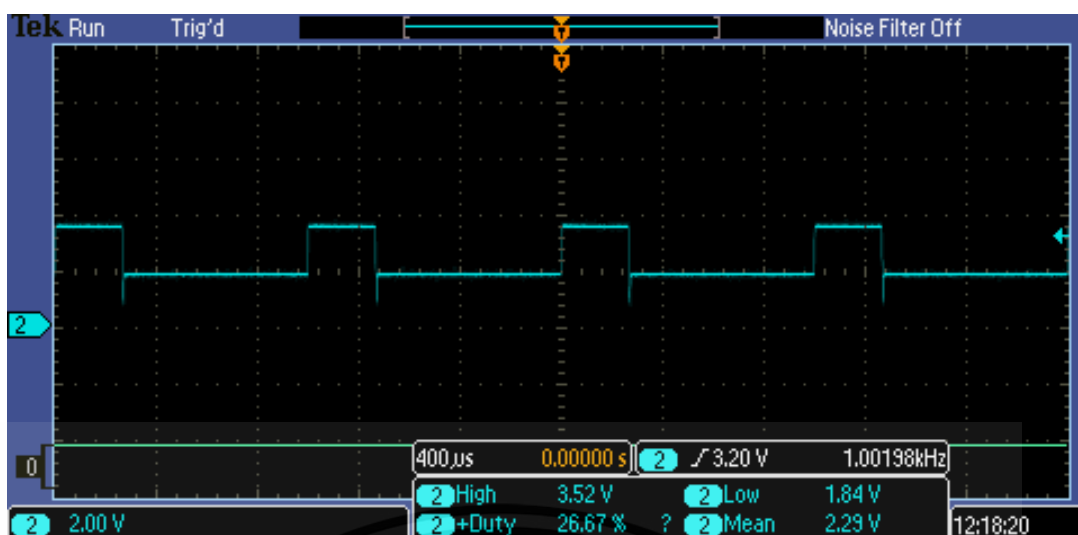


รูปที่ 4.22 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”



รูปที่ 4.23 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

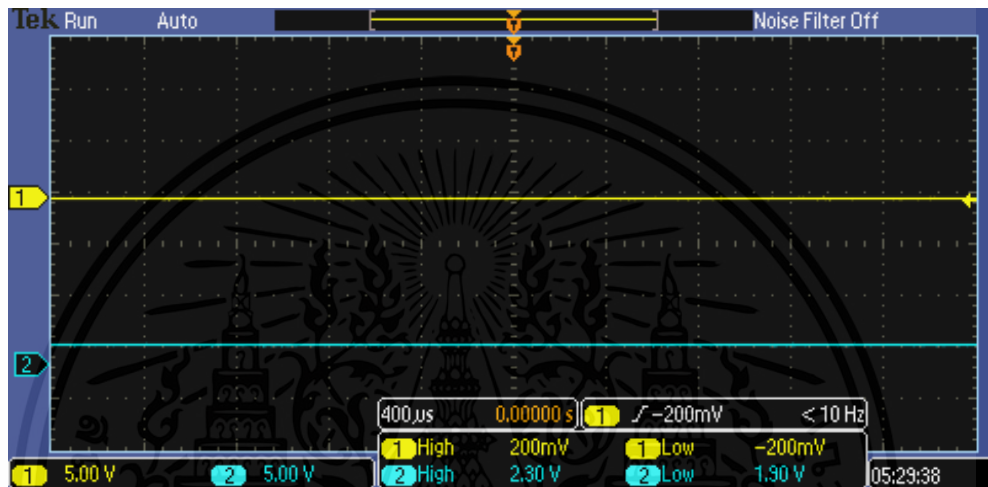


รูปที่ 4.24 กราฟแรงดันพัลส์จากจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”

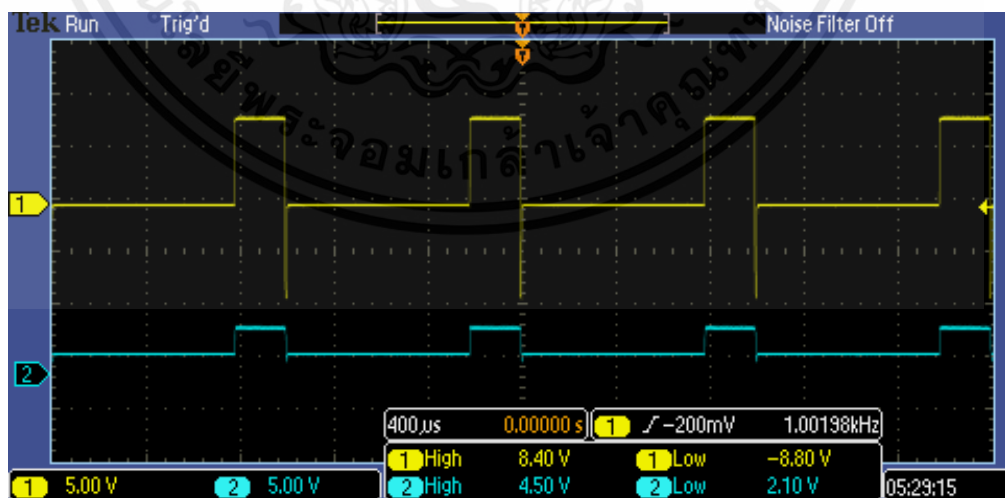
สรุปผลการทดลองในการทดลอง 4.2 นี้เราได้ทำการวัดค่าต่างๆตามวิธีการทดลองแล้วบันทึกผล แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ Test procedure ที่แสดงใน IEC 61851-1 ANNEX A ในหัวข้อ A.4 และเจาะจงไปที่ Sequence test ในหัวข้อ A.4.7.2 และการวัด Duty cycle ตามการทดสอบหัวข้อ A.4.5 ซึ่งผลของค่าต่างๆที่วัดได้ตรงกับตัวมาตรฐานทั้งหมด โดยจะมี 3 สถานะซึ่งจะถูกแสดงด้วยสัญญาณคลื่น PWM ที่มี peak อยู่ที่ 12,9,6 V ตามลำดับสถานะและมี Duty cycle ตามค่าที่ตั้งไว้จากเครื่องชาร์จกระแสสลับ สรุปว่าวงจรสื่อสารที่จำลองข้อมูลขึ้นมาสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ รวมถึงเครื่องชาร์จกระแสสลับไม่มีข้อผิดพลาดและบกพร่องใดๆในการทดสอบการสื่อสารระหว่างตัว Control pilot circuit และที่เครื่องชาร์จกระแสสลับ

3. ผลการเปรียบเทียบกราฟแรงดันระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน (Voltage measurement circuit) กับ แรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ที่ตกรวมตัวต้านทาน $2.74 \text{ k}\Omega$

ในหัวข้อนี้เพียงแค่ต้องการเปรียบเทียบค่าที่เกิดขึ้นจริงและค่าที่ได้จากวงจรวัดค่าแรงดันที่จะนำค่าแรงดันนี้ไปใช้ต่อในด้านของ PLC ซึ่งเราเพียงแสดงให้เห็นถึงแรงดันที่ลดลงจากการแบ่งแรงดันและผ่านอุปกรณ์อย่าง Op-Amp ออกมาเท่านั้น

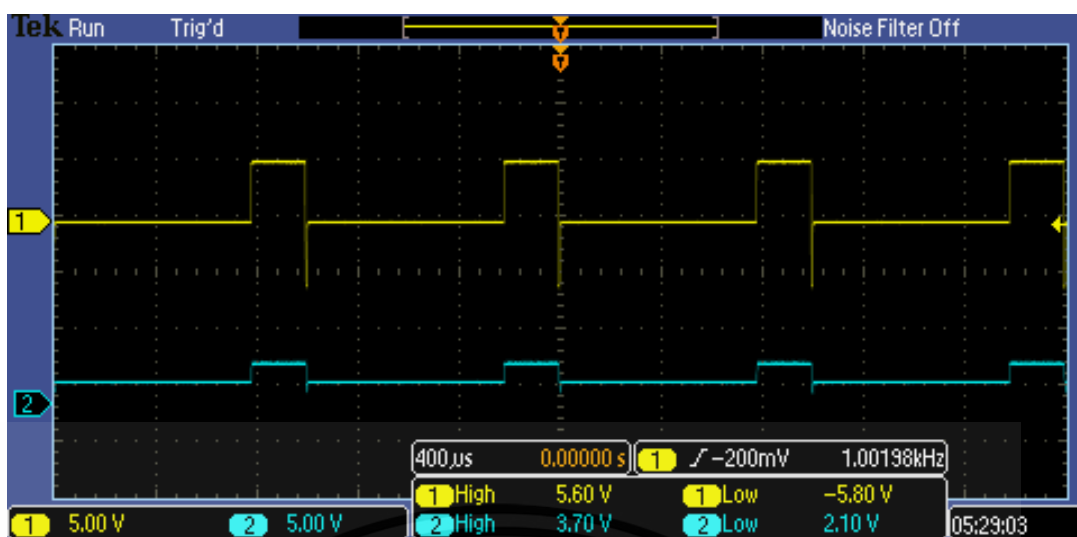


รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Connected”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



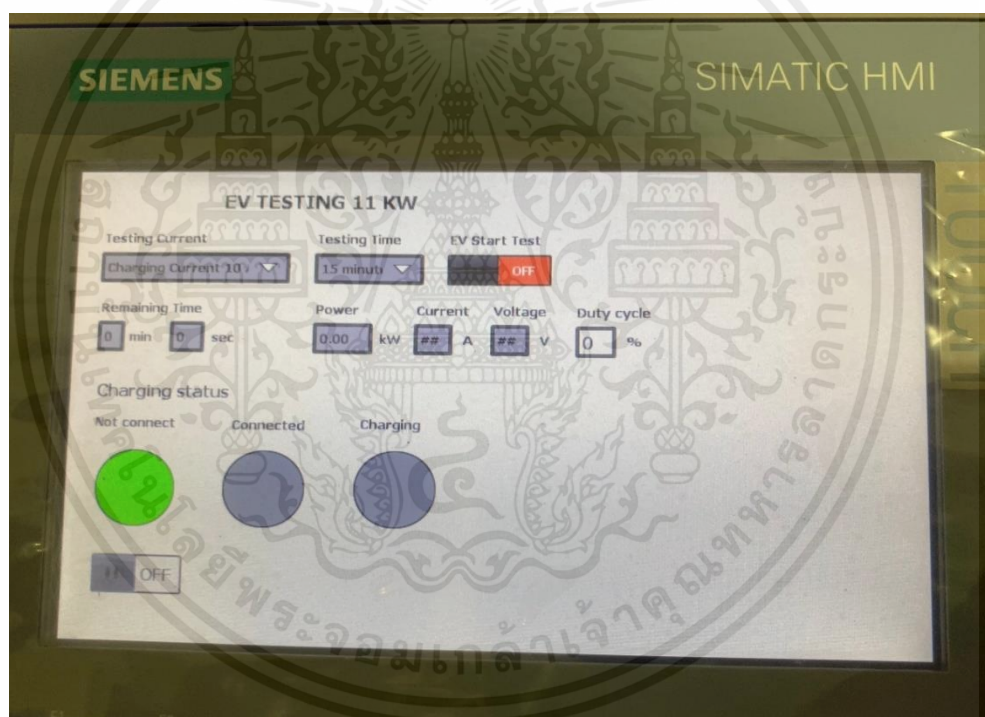
รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบระหว่างแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรการวัดค่าแรงดัน กับแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

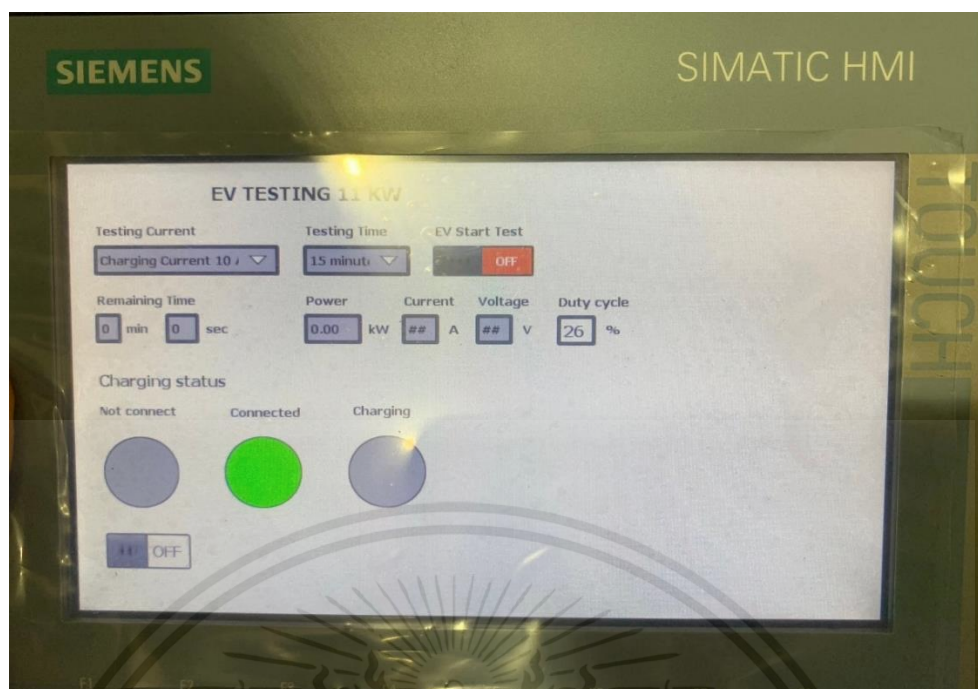
4.3 ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับกับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI

1. ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับที่มี Duty cycle เท่ากับ 26.67 % กับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI

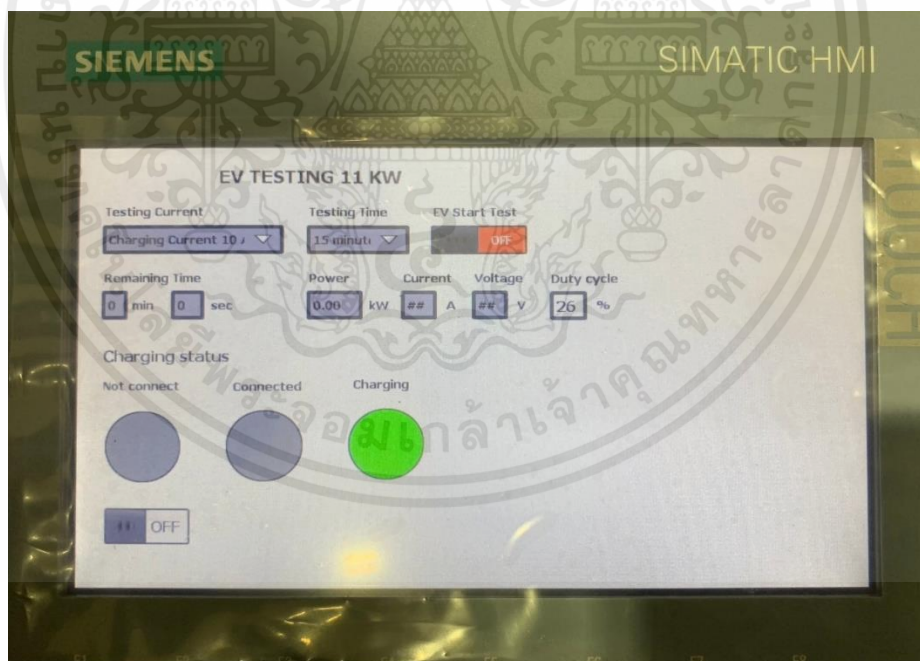
ในการทดลองหัวข้อนี้ เป็นการทดสอบการทำงานของ PLC ร่วมกับ HMI กับ วงจรสื่อสารและเครื่องชาร์จกระแสสลับว่า PLC สามารถรับค่าจาก แรงดันขาออกของวงจรวัดแรงดันในวงจรสื่อสารได้หรือไม่ เข้าที่ช่องอนาล็อก อินพุตและแสดงผลพร้อมออกมาทางหน้าจอ HMI ของ SIEMENS โดยจะทำการสังเกตค่าที่ช่องของ Duty cycle ของตัว HMI และที่ หน้าจะว่ามีไฟสีเขียวกระพริบตามสถานะของเครื่องชาร์จกระแสสลับหรือไม่ โดยในการทดลองหัวข้อนี้จะวัดที่ Duty cycle ที่ตั้งไว้คือ 26.67 %



รูปที่ 4.28 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %



รูปที่ 4.29 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %

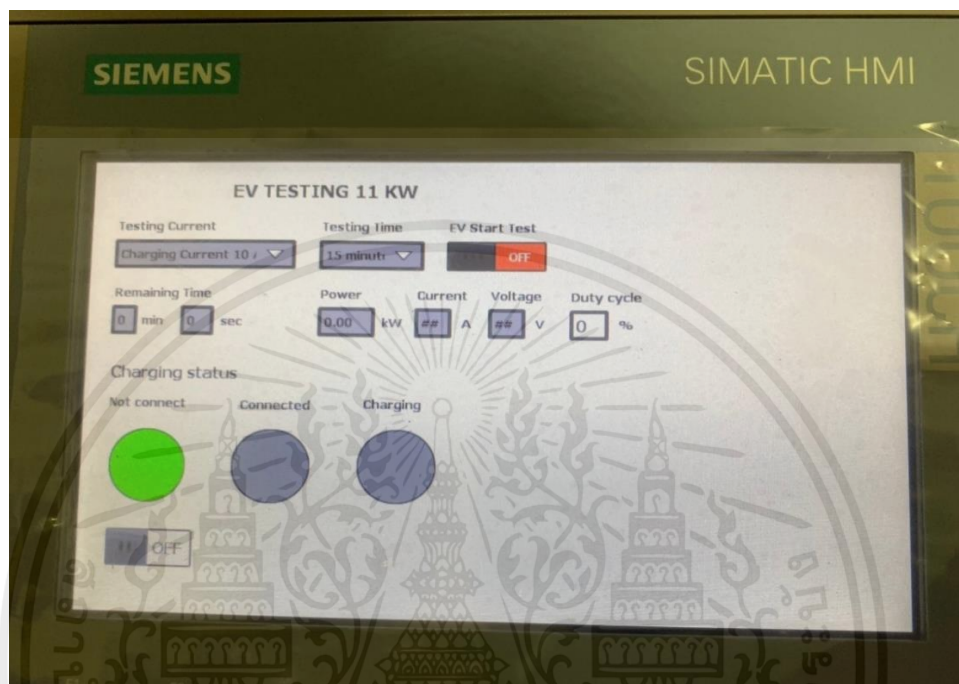


รูปที่ 4.30 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

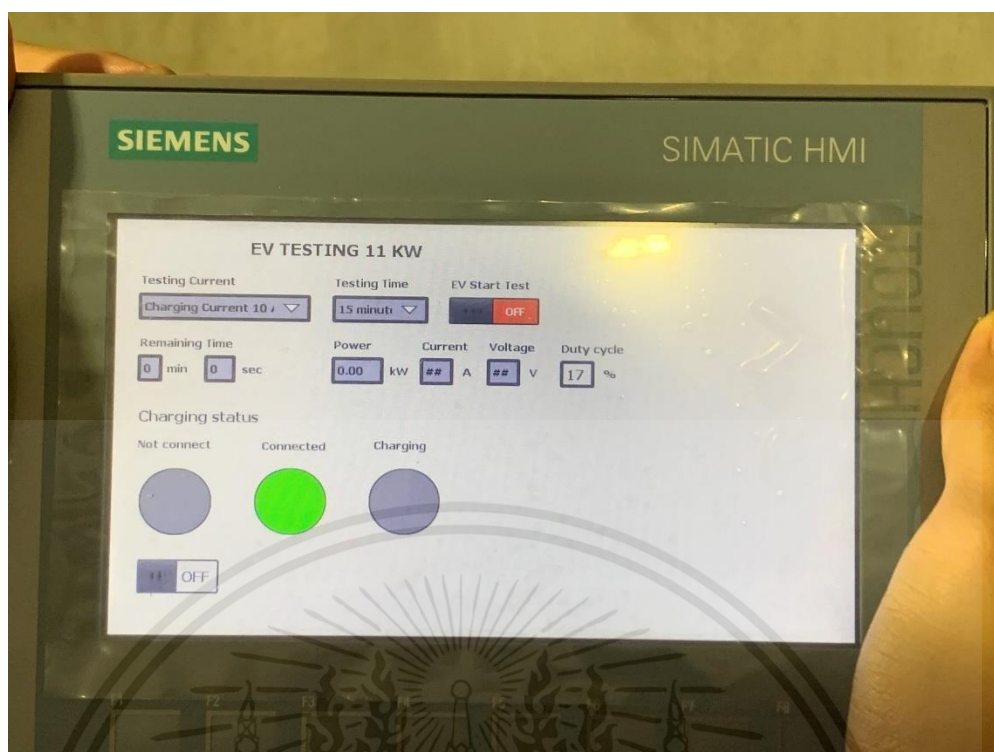
2. ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับที่มี Duty cycle เท่ากับ 16.67 % กับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI

ต่อมาในการทดลองนี้ได้ทำการลองปรับค่า Duty cycle ให้มีค่า 16.67% ที่เครื่องชาร์จกระแสสลับและสังเกตค่าดั้งเดิม ตามหัวข้อที่ 1.

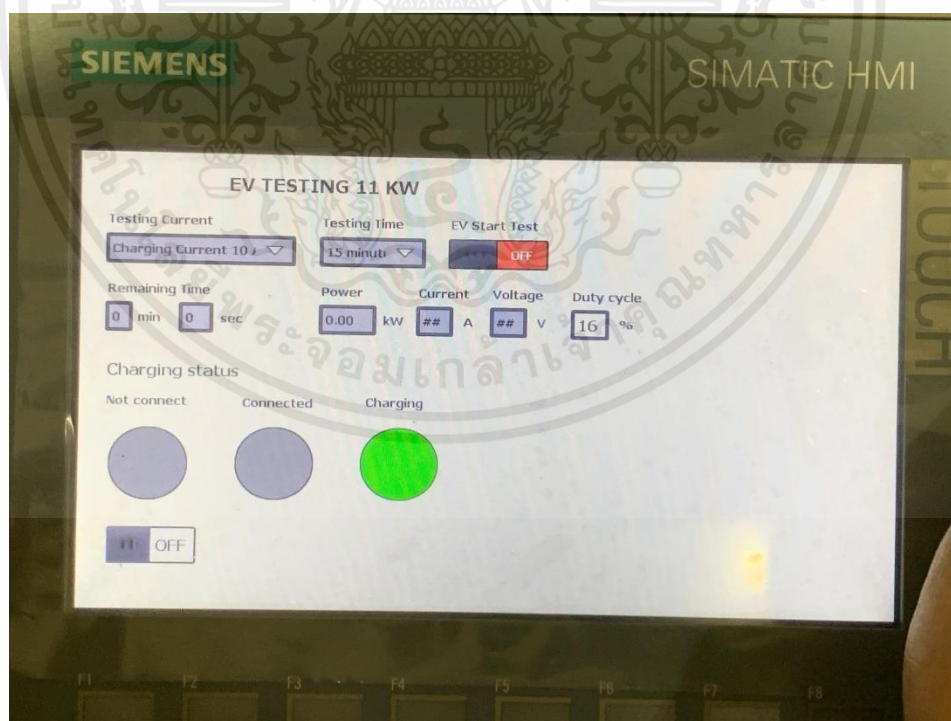


รูปที่ 4.31 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %



รูปที่ 4.33 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองของการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรม PLC และ HMI ที่เขียนสามารถทำงานสัมพันธ์กันได้อย่างดีและวงจรปรับแรงดันในวงจรสื่อสารสามารถปรับแรงดันออกมาตรงตามที่เราคำนวณและสามารถส่งข้อมูลเข้า อนุล็อกอินพุตของ PLC ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะสังเกตได้จากผลการทดลองว่าผลที่ได้แสดงถึงค่า Duty cycle ที่ถูกต้องและแสดงสถานะการชาร์จได้ถูกต้องตามที่เครื่องชาร์จกระแสสลับเป็น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

การสรุปผลการทดลองของโครงการในครั้งนี้ จะเป็นการสรุปสิ่งที่ได้ศึกษามาและได้ทำการทดลองบางส่วนโดยจะสรุปผ่าน วัตถุประสงค์หลักของโครงการนี้

- 1.) ศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ

ในข้อนี้เราได้ทำการศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับอย่างเข้าใจตามมาตรฐาน IEC 61851-1 annex A ผ่านทางการเรียนและศึกษาหาความรู้ แล้วได้จำลองบอร์ดการทำงานที่คล้ายคลึงในรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมา แล้วทำหน้าที่สื่อสารร่วมกับเครื่องชาร์จกระแสสลับได้ดีสามารถสั่งให้เปิดเครื่องจาก prepare ไปเป็น charging ได้นั่นเอง โดยเราได้ทำการทดลองวัดค่า pulse ที่ออก ว่าตรงตามมาตรฐานหรือไม่ ทั้ง 3 state นี้แล้วได้ทำการวัดค่า Duty cycle ว่าถูกต้องหรือไม่ตามมาตรฐานการกำหนดกระแส โดยลองเปลี่ยน Duty cycle ของตู้ชาร์จด้วยเช่นกัน $16.67\% = 10A$ และ $26.67\% = 16A$

- 2.) ศึกษาการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้า โดยการจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดมาทดสอบเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับ

ในตอนแรกโครงการนี้ได้มีต้นแบบของเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับที่จำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดอยู่แล้วซึ่งเป็นชิ้นงานของรุ่นพี่ซึ่งทำไว้นานแล้วโดยในตอนที่ได้รับมานั้นชิ้นงานไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นในส่วนนี้เราได้ทำการศึกษา, ทดลองขึ้นมาในหลายๆส่วน และยังทำการซ่อมแซมและประกอบเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับขึ้นมา โดยในส่วนแรกได้ทำการทดลองควบคุม Huawei Dc power supply ควบคุมกำลังและแรงดันของมันแล้วคุมให้ทำงานตามที่ต้องการจ่ายโหลดตามเวลาที่เรากำลังต้องการแต่ไม่สามารถจำลอง CC, CV profile ได้เหมือนแบตเตอรี่เนื่องจากโหลดที่เราใช้ไม่ใช่แบตเตอรี่ซึ่งส่งผลให้เราไม่สามารถที่จะควบคุมพารามิเตอร์ทั้ง 3 นั่นคือกระแส, แรงดัน และกำลังไฟฟ้าได้พร้อมกัน จะสามารถควบคุมได้ที่ละ 2 พารามิเตอร์เท่านั้นซึ่งส่งผลทำให้เกิดข้อจำกัดในการควบคุมรูปแบบการจ่ายโหลดในระยะเวลต่างๆ ทำให้ไม่มีอิสระในการควบคุมแรงดันและกระแส ต่อมาเมื่อเราได้ทำการศึกษาการสื่อสารและควบคุมด้วย Protocol CAN bus แล้วเราจึงเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดที่ทำงานบนรถยนต์ไฟฟ้า ต่อมาในส่วนของการประกอบเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบเราทำการซื้อของมาปรับปรุงส่วนที่ชำรุดแล้วนำมาต่อสายไฟและวงจรตามแบบที่เคยมี และเพิ่มเติมบอร์ดวงจรสื่อสารที่เราสร้างขึ้นมาเข้าไป ในท้ายที่สุดเราทำการทดสอบเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับเพื่อดูผลว่าสามารถทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ ซึ่งตัว PLC และบอร์ดวงจรสื่อสารสามารถทำงานร่วมกันได้ดี และสามารถแสดงค่า duty cycle รวมถึง บ่งบอก State ของการชาร์จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้เป็นโครงการปริญญาโทระดับปริญญาตรี จากวิชา Project และทางกลุ่มของเราได้มีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับด้าน EV โดยศึกษาไปทางเครื่องชาร์จไม่ว่าจะทั้งกระแสสลับและกระแสตรงแต่เนื่องจากจากระยะเวลาในการดำเนินการ ข้อมูลและความรู้ต่างๆมีให้ศึกษามากมายพวกเราจึงได้ทำโครงการนี้เป็นเพียงโครงการเริ่มต้นที่จะสามารถต่อยอดโครงการนี้ในรุ่นๆต่อไปได้ เพราะว่าโครงการได้ศึกษาการสื่อสารขั้นพื้นฐาน การควบคุม Dc power supply ด้วยภาษา CAN bus ไว้แล้วดังนั้น ในการต่อยอดโครงการนี้สามารถที่จะทำในส่วนของ การปรับโพรไฟล์การชาร์จจาก เครื่องชาร์จออนบอร์ด ให้หลากหลายและมีการทดสอบที่ทุกๆขั้นของกระแส และในท้ายสุดพวกเราหวังว่าจะทำการศึกษาเกี่ยวกับเครื่องชาร์จกระแสตรง โดยมีพื้นฐานจากโครงการนี้ และทำเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสตรงที่มีการสื่อสารที่ซับซ้อนและยากต่อการทดสอบให้มากขึ้นโดยในโครงการนี้ขอชี้แนะให้ระมัดระวังในการใช้งานเครื่องทดสอบนี้อย่างระมัดระวังและควรจะไม่ชดที่ปลอดภัยระหว่างทำการทดสอบรวมถึงตรวจสอบสิ่งอันตรายต่างๆที่จะเกิดขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากเป็นการทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ 220V และกำลังไฟฟ้าที่สูงจึงสามารถเกิดอันตรายได้

สิ่งที่ควรจะศึกษาเพิ่มเติมเพื่อทำให้โครงการรวมถึงชิ้นงานนี้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น นั่นคือศึกษาการทำของงานของ PLC จากโปรแกรมที่มีอยู่ให้ละเอียดมากขึ้นจนสามารถปรับใช้กับการเปลี่ยนโพลไฟลท์การชาร์จได้ตาม Duty cycle ที่เปลี่ยนไป รวมถึงศึกษาวิธีการเปลี่ยน Protocol จาก RS232 หรือ RS485 ให้เป็น Protocol CAN bus ได้ และการศึกษาเกี่ยวกับ Protocol ที่ใช้ในเครื่องชาร์จกระแสตรงก็จะมีประโยชน์ในภายภาคหน้าสำหรับการสร้างเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสตรงในอนาคต และสุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำได้เตรียมรายละเอียดและอ้างอิงถึงเนื้อหาต่างๆไว้ครบถ้วนทุกประการเพียงพอต่อการนำไปศึกษาต่อยอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] IEC 61851 [ออนไลน์] , มาตรฐาน IEC 61851 [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 29 เมษายน 2566]
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J3068
- [2] INTERNATIONAL STANDARD IEC 61851-1 , Edition 3.0, Geneva, Switzerland,
2017-02
- [3] การติดตั้ง EV charger ให้เป็นไปตามมาตรฐานของประเทศไทยเป็นอย่างไร [ออนไลน์] 2022
[วันที่อ้างอิงถึง 25 เมษายน 2566]
ที่มา : <https://www.nexte.co.th/2022/08/28/ev-charger/>
- [4] SAE J1772 [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 25 เมษายน 2566]
ที่มา : https://hmong.in.th/wiki/SAE_J1772
- [5] ผศ.ดร.ธีรพล โพธิ์พงษ์ศรีวิวัฒน์, EV Charging and Charging Standards เอกสาร
ประกอบการสอนวิชา KMITL Reinvent University [Modern Vehicle Course],
กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [6] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค สวทช.) [ออนไลน์] ,
มาตรฐานหัวชาร์จแบบกระแสสลับในประเทศไทย 2022 : [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน 2566]
ที่มา : <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/evcharger-standard.html>
- [7] SAE J3068 [ออนไลน์] , มาตรฐาน SAE J3068 [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 22 เมษายน 2566]
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J3068
- [8] สนธยา นงนุช, CAN bus ตอนที่ 1 ทฤษฎี CAN, [ออนไลน์] 2563 [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน
2566]
ที่มา : <https://www.artronshop.co.th/b/101>
- [9] ResearchGate, [ออนไลน์] 2563 [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน 2566]
ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/The-standard-CAN-bus-node-architecture_fig1_353166963
- [10] Arduino CAN Tutorial [ออนไลน์] , MCP2515 CAN BUS Module with Arduino
[ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 30 เมษายน 2566]
ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=IGK9km1jvtU>

- [11] TC Charger 1.8kW CAN 72V (25-99)-25A [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 30 เมษายน 2566]
ที่มา : https://evshop.eu/en/chargers/215-8529-tc-charger-18kw-can-72v-25-99v-25a.html#/176-can_protocol_speed-can1430_250_kbs
- [12] งานวิจัย Onboard Charger [ออนไลน์] 2016 [วันที่อ้างอิงถึง 1 พฤษภาคม 2566]
ที่มา : <https://www.nectec.or.th/research/research-success-case/onboardcharger.html>
- [13] Calculating on-board chargers' efficiency [ออนไลน์] 2016 [วันที่อ้างอิงถึง 1 พฤษภาคม 2566]
ที่มา : <https://pushevs.com/2020/10/22/calculating-on-board-chargers-efficiency/>
- [14] ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ PLC [ออนไลน์] 2560 [วันที่อ้างอิงถึง 26 เมษายน 2566]
ที่มา : <http://www.advance-electronic.com/blog/detail/113/th/>
- [15] หจก. สตาร์เซอร์กิต, โครงสร้างโดยทั่วไปของ PLC, [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน 2566]
ที่มา : <https://www.star-circuit.com/article/PLC.html>
- [16] Simatic HMI Panels-machine-oriented operation made easy [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 28 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels.html>
- [17] แหล่งจ่ายไฟ DC แบบเอาต์พุตคู่ (Dual Output DC Power Supply) [ออนไลน์] 2022 สืบค้นจาก [วันที่อ้างอิงถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <http://www.technotestsystem.com/15150274/แบบเอาต์พุตคู่-dual-output>
- [18] Dual 15V power Supply circuits with PCB, +15V -15V 1A [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <https://www.eleccircuit.com/power-supply-regulator-15v-15v-1a-by-ic-7815-7915/>
- [19] ออปแอมป์ [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : https://www.rmuti.ac.th/user/kittiwut/company_files/measure_pdf/unit_7.pdf

- [20] OPAMP [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <http://www.chakchaelectronics.com/articles/42310209/index.php?mo=4>
- [21] Op-Amp Inverting Amplifier [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/File:Op-Amp_Inverting_Amplifier.svg



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์จำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดบนรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับการทดสอบเครื่องชาร์จแบบกระแสสลับ

ตามมาตรฐาน IEC61851-1 ภาคผนวก A

EV's on-board charger simulator for AC charger testing on IEC61851-1 annex A

ชยานนท์ ฉันทวุฒิเศรษฐี ฌภัทร อังอรุณกร ฌภัทร อนุวงศ์นวัฒน์ ฌัชพล สุขสำราญ

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email: teeraphon.ph@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการ อุปกรณ์จำลองการทดสอบรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด เป็นการจำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดที่อยู่ในรถยนต์ไฟฟ้า เพื่อนำมาศึกษาและใช้ทดสอบว่าการทำงานของเครื่องชาร์จกระแสสลับ (AC) และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดทำงานได้ตรงตามมาตรฐานหรือไม่ โดยภาพรวมของโครงการนี้คือ การสร้างเครื่องทดสอบ โดยนำเอาอุปกรณ์และองค์ความรู้ต่างๆมาประกอบเข้าด้วยกัน เพื่อทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับ ซึ่งการทำงานของเครื่องทดสอบนี้ จะทำงานโดยการเชื่อมต่อกับหัวชาร์จ AC ประเภทที่ 2 หลังจากนั้นเครื่องก็จะทำงานเพื่อทำการทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับ และจุดประสงค์ของโครงการคือการทำเครื่องทดสอบเครื่องชาร์จกระแสสลับโดยการจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดและศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จกระแสสลับ

ส่วนประกอบสำคัญของเครื่องนี้จะประกอบด้วย ส่วนของการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบตเตอรี่, ส่วนของ Microcontrollers ที่ใช้ Arduino ในการสื่อสารแบบ CAN เพื่อควบคุมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด, ส่วนของ PLC เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆในตู้และการแสดงค่าที่สำคัญผ่านทางหน้าจอแสดงผล และส่วนของโหลดตัวต้านทานที่ทำหน้าที่รับพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องชาร์จแบตเตอรี่เพื่อปลดปล่อยพลังงานในรูปแบบความร้อน

คำสำคัญ: เครื่องชาร์จกระแสสลับ, เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด, เครื่องทดสอบเครื่องชาร์จ

Abstract

This project presents a simulation of the operation of an on-board charger in an electric vehicle in part of the communication and battery charging between AC charger type-2 and on-board charger according to the standard. The purpose of this project is to simulate the on-board charger using CAN to control the DC power supply and study the communication between the on-board charger and the AC charger.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Furthermore, for further studying in the development of a testing machine for DC chargers.

The vehicle communication circuit is used to communicate between the AC charger and the simulator. Then, the microcontroller and PLC command the DC power supply to energize the load resistors and can measure the duty cycle of the Control Pilot. Finally, the resistors consume the energy as heat instead of using the battery.

Keywords: an on-board charger, AC charger, testing machine

1. บทนำ

เนื่องจากการขยายตัวทั้งทางเศรษฐกิจและสังคมของโลก ก่อให้เกิดปัญหาภาวะโลกร้อน ซึ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นทุกวัน นอกจากนี้ ยังมีปัญหาฝุ่นละอองขนาดเล็กอย่าง PM 2.5 ที่บั่นทอนสุขภาพในระยะยาว โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดภาวะเหล่านี้ คือ ฝุ่นควันที่เกิดจากท่อไอเสียรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบสันดาปภายใน ที่จะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้งาน ซึ่งการเผาไหม้จากเชื้อเพลิงน้ำมันของรถยนต์ นั้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ และยังเป็นปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดภาวะโลกร้อน และการเดินทางในชีวิตปัจจุบันทำได้ยาก เนื่องจากระบบขนส่งทางสาธารณะยังไม่ครอบคลุมการใช้งานของประชาชน ทำให้ประชาชนต้องใช้ยานพาหนะส่วนตัวมากขึ้น ดังรูปที่ 1 และปัจจุบันยังมีปัญหาทางด้านเศรษฐกิจที่เกิดจากปัญหา ระหว่างรัสเซียกับยูเครน ที่อาจจะทำให้เกิดภาวะเศรษฐกิจถดถอย ทำให้เกิดค่าเงินเฟ้อมากขึ้น และเชื้อเพลิงน้ำมันที่ใช้ในการใช้ในยานพาหนะก็มีราคาที่สูงขึ้นเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1 การสัญจรบนถนนในประเทศต่างๆ

ปัญหาหมอกควันเป็นปัจจัยที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมรถยนต์แบบดั้งเดิม จึงได้เริ่มที่จะพัฒนาเทคโนโลยีของรถยนต์ไฟฟ้าและเริ่มใช้กันมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้อัตราการเติบโตของรถยนต์ไฟฟ้าในตลาดโลกสูงขึ้นเร็วกว่าที่เคยคาดการณ์ มาก โดยจะมีส่วนแบ่งคิดเป็น 1 ใน 3 ของตลาดโลกในปี 2025 และขึ้นไปอยู่ที่มากกว่าครึ่งหนึ่ง หรือ 51% ในปี 2030 โดยในจำนวนนี้ คาดว่าจะเป็นรถยนต์ไฟฟ้าที่ใช้แบตเตอรี่ (Battery Electric Vehicles: BEV) และรถยนต์ปลั๊กอินไฮบริด (Plug-in Hybrid Vehicles: PHV) อย่างละประมาณ 25% ดังนั้นรถ EV (Electric vehicle) หรือรถยนต์ไฟฟ้า ดังรูปที่ 2 ถือเป็นนวัตกรรมยานยนต์ที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในหลายๆ ประเทศทั่วโลกแน่นอนว่าข้อดีของรถ EV คือขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ไม่ต้องใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงยังประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและไร้ซึ่งเสียงรบกวน

ซึ่งรถยนต์ไฟฟ้าอาจจะแก้ไขปัญหาภาวะต่างๆและปัญหาภาวะโลกร้อนได้ และสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ด้วย แต่ก็ยังมีข้อจำกัดต่างๆในการใช้รถยนต์ไฟฟ้าอยู่ด้วย เช่น ต้องมีอุปกรณ์ที่มากู้กันก็คือ EV Charger (เครื่องชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า หรือ สถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า) ดังรูปที่ 3 ที่ทำหน้าที่เป็นตัวชาร์จพลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่รถยนต์ และระยะทางที่สามารถวิ่งได้ต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ซึ่งอาจจะใช้เวลาค่อนข้างนานในการชาร์จด้วยหัวจ่ายไฟกระแสสลับ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการสร้างสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าที่สามารถอัดประจุได้อย่างรวดเร็ว หรือแบบกระแสตรง เพื่อความรวดเร็ว สะดวกสบาย และความต่อเนื่องในการเดินทางไกล โดยสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบกระแสตรงจะใช้เวลาประมาณ 20 ถึง 30 นาทีต่อการชาร์จ 1 ครั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดแบตเตอรี่และกำลังไฟฟ้าในการจ่ายไฟของสถานีชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วย

2. ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐาน IEC 61851

IEC 61851 เป็นมาตรฐานสากลสำหรับระบบชาร์จนำไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าและเนื้อหาบางส่วนยังคงอยู่ระหว่างการพัฒนา (เขียนในปี 2560) IEC 61851 เป็นหนึ่งในกลุ่มมาตรฐานยานยนต์ไฟฟ้าและรถบรรทุกอุตสาหกรรมไฟฟ้าของคณะกรรมการการไฟฟ้าระหว่างประเทศ (International Commission of Electrical Commission) ภายใต้ความรับผิดชอบของ IEC Technical Commission 69 [7]

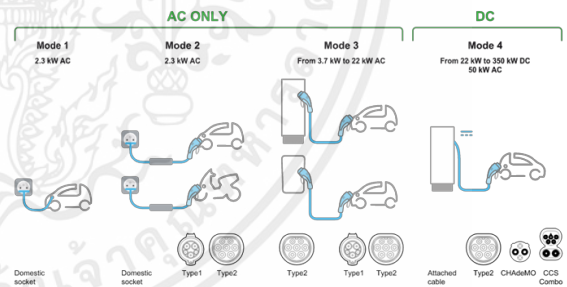
ซึ่งในโครงการครั้งนี้เราจะนำ IEC 61851 – 1 มาตรฐานสำหรับระบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าแบบนำไฟฟ้ามาใช้งานกับเรื่องนี้โดย

จะเฉพาะเจาะจงไปที่ IEC 61851-1 ANNEX A ซึ่งในภาษาไทยก็คือภาคผนวก A (มาตรฐาน) ครอบคลุมถึงฟังก์ชันการสื่อสารควบคุม(Control pilot) โดยใช้วงจรควบคุมของ PWM สัญญาณและสายสื่อสารการควบคุม (Control pilot) โดยในโครงการนี้จะศึกษาในมาตรฐานนี้เป็นหลัก ในการศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จกระแสสลับและเครื่องชาร์จแบบเคอร์รี่แบบออนบอร์ด

2.2 รูปแบบการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้า

มาตรฐาน IEC 61851-1 (Electric vehicle conductive charging system) ให้นิยามรูปแบบการชาร์จรถไฟฟ้าไว้ 4 ระดับ ดังนี้

- 1.) โหมด 1 การเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเต้ารับมาตรฐาน โดยไม่มีการใช้อุปกรณ์ควบคุมการอัดประจุไฟฟ้าใด ๆ และมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 16 A (หมายเหตุ ปัจจุบันห้ามการชาร์จไฟฟ้าโหมด 1 ตาม มอก. 61851 เล่ม 1-2560)
- 2.) โหมด 2 การติดตั้งไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเต้ารับมาตรฐาน โดยมีมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมและป้องกันในสาย (In-cable control and protection device: IC-CPD) และมีพิกัดกระแสไฟฟ้าไม่เกิน 32 A (ซึ่งส่วนใหญ่สายชาร์จที่ติดมากับรถไฟฟ้าจะเป็นการชาร์จในโหมด 2 นี้ทั้งสิ้น)
- 3.) โหมด 3 การเชื่อมต่อไฟฟ้าของยานยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้าชนิดกระแสสลับ ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะ
- 4.) โหมด 4 การติดตั้งไฟฟ้าของรถยนต์ไฟฟ้าเข้ากับระบบไฟฟ้าผ่านเครื่องอัดประจุไฟฟ้าชนิดกระแสตรง ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับยานยนต์ไฟฟ้าโดยเฉพาะ [8]



รูปที่ 2 รูปแบบการชาร์จทั้ง 4 โหมด

2.3 วงจรการสื่อสารระหว่างยานพาหนะและเครื่องชาร์จ

วงจรสัญญาณ J1772 คือ วงจรที่ใช้ในการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและชาร์จอุปกรณ์ โดยส่วนสำคัญของวงจรมีชื่อส่วนของสัญญาณควบคุม ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมกระบวนการชาร์จของอุปกรณ์ และสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ โดยวงจรมี 4 ส่วน ได้แก่

- 1.) Pilot signal: เป็นส่วนที่สื่อสารข้อมูลระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ โดยมี 2 รูปแบบ ได้แก่ สัญญาณ PP (Pilot Proximity) และสัญญาณ CP (Control Pilot) ซึ่งเป็นสัญญาณแบบดิจิทัลที่มีความถี่ต่างกัน สัญญาณ PP มีความถี่ 1 kHz และใช้สำหรับการตรวจจับว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่กับรถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอที่จะเริ่มกระบวนการชาร์จได้ ส่วนสัญญาณ

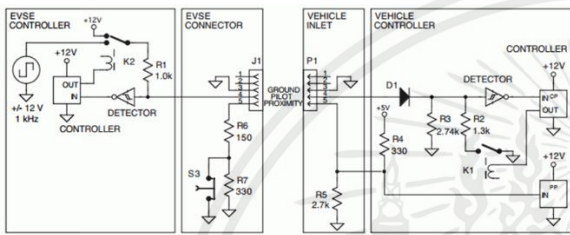
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CP จะมีความถี่ต่างๆ และจะใช้สำหรับการสื่อสารระหว่างรถยนต์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ชาร์จเพื่อควบคุมกระบวนการชาร์จของอุปกรณ์

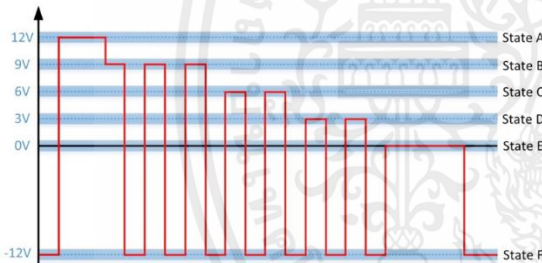
2.) Proximity detection: เป็นส่วนที่ตรวจจับว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้รถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอกที่จะเริ่มกระบวนการชาร์จได้ โดยจะใช้สัญญาณ PP ที่มีความถี่ 1 kHz เพื่อตรวจสอบว่าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้รถยนต์ไฟฟ้าเพียงพอกหรือไม่ ถ้าอุปกรณ์ชาร์จอยู่ใกล้เพียงพอก จะมีการส่งสัญญาณควบคุมกระบวนการชาร์จไปยังอุปกรณ์

3.) Ground detection: ส่วนที่ตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายกราวด์ระหว่างรถยนต์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ชาร์จ

4.) Control signal: ส่วนที่ส่งสัญญาณเพื่อควบคุมกระบวนการชาร์จ โดยจะมีการส่งสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) โดยความถี่ของสัญญาณจะระบุปริมาณพลังงานที่ต้องการชาร์จให้กับแบตเตอรี่ของรถยนต์ไฟฟ้า [1]



รูปที่ 3 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน IEC 61851-1 ANNEX A [14]

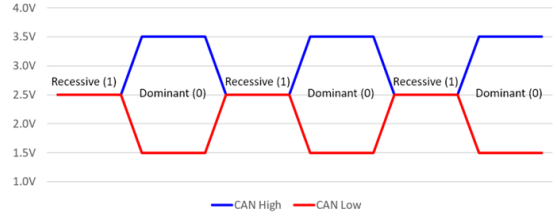


รูปที่ 4 วงจรการส่งสัญญาณตามมาตรฐาน SAE J1772 [1]

2.4 CAN bus protocol

CAN bus (Controller Area Network) เป็นโพรโตคอลสื่อสารข้อมูลที่ถูกรออกแบบมาเพื่อใช้ในระบบการควบคุมและติดต่อสื่อสารของรถยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมเครื่องยนต์และอุปกรณ์อื่นๆ บนรถยนต์ โพรโตคอลนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยบริษัท Bosch ในปี 1986 และได้รับการนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้โดยไม่ต้องมีการใช้สายต่อไฟฟ้าหลายเส้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงผลการทำงานได้อย่างรวดเร็วและคุ้มค่ามากขึ้น [2]

โพรโตคอล CAN bus มีลักษณะเป็นระบบสื่อสารข้อมูลแบบแบ่ง (Message-oriented protocol) ซึ่งหมายความว่าข้อมูลจะถูกส่งและรับเป็นรูปแบบข้อความซึ่งแต่ละข้อความจะประกอบด้วยเนื้อหาที่มีความหมายและแอดเดรส (ID) เพื่อระบุตำแหน่งและประเภทของข้อมูลที่ถูกส่งและรับ

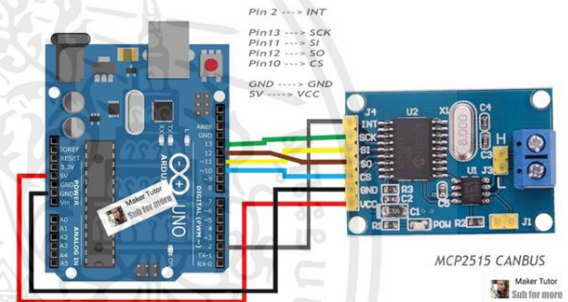


รูปที่ 5 รูปแบบสัญญาณไฟฟ้าในสาย CAN high และ CAN low

2.5 การควบคุม DC power supply ด้วยการสื่อสารผ่าน CAN bus

โครงการนี้เราต้องการที่จะจำลองการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องรู้วิธีการจ่ายโหลดหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าของตัวเรกติไฟเออร์หรือ DC power supply โดยในการศึกษานี้เราจะใช้ตัว Huawei R100020G1 ขนาด 20 kW โดยการสื่อสาร protocol แบบ CAN bus

โดยที่ในปัจจุบันมีวิธีที่หลากหลายในการจะสร้างสัญญาณ CAN bus ขึ้นมาโดยผมได้เลือกวิธีการที่ใช้ตัว MCP 2515 นำมาใช้ [9]



รูปที่ 6 วงจรแปลงสัญญาณ จาก SPI เป็น CAN bus [9]

2.6 ข้อมูลพื้นฐานของการควบคุมเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดผ่านการสื่อสารแบบ CAN bus

CAN Protocol NO. 1430			
CAN Base Rate	250K		
Charger Receiving CAN ID	0x180E5F4		
Charger Transmitting CAN ID	0x18FF50E5		
Communication Specification:			
Message 1:			
OUT	IN	CAN ID	Cycle (ms)
BMS	Charger	0x180E5F4	1000
Data:			
Position	Data Name		
BYTE1	Max Allowable Charging Terminal Voltage High Byte	0: 1Vbit Offset: 0 # 9 - Vbit #3201, its corresponding 320.1V	
BYTE2	Max Allowable Charging Terminal Voltage Low Byte	0: 1Vbit Offset: 0 # 9 - Vbit #320, its corresponding 320.0V	
BYTE3	Max Allowable Charging Current High Byte	0: 1Abit Offset: 0 # 9 - Ibit #502, its corresponding 50.2A	
BYTE4	Max Allowable Charging Current Low Byte	0: 1Abit Offset: 0 # 9 - Ibit #502, its corresponding 50.2A	
BYTE5	Control	0: Charger is starting up to charge 1: Battery protection, charger close output	
BYTE6	Reserved	0: Charging Mode, 1: Heating Mode	
BYTE7	Reserved		
Message 2:			
OUT	IN	CAN ID	Cycle(ms)
CCS	BCA	0x18FF50E5	1000
Data:			
Position	Data Name		
BYTE1	Output Voltage High Byte	0: 1Vbit Offset: 0 # 9 - Vbit #3201, its corresponding 320.1V	
BYTE2	Output Voltage Low Byte	0: 1Vbit Offset: 0 # 9 - Vbit #320, its corresponding 320.0V	
BYTE3	Output Current High Byte	0: 1Abit Offset: 0 # 9 - Ibit #502, its corresponding 50.2A	
BYTE4	Output Current Low Byte	0: 1Abit Offset: 0 # 9 - Ibit #502, its corresponding 50.2A	
BYTE5	STATUS Flags	Highest Byte mark: 0: Charging, 1: Discharging	
BYTE6	Temp		
BYTE7	Reserved		

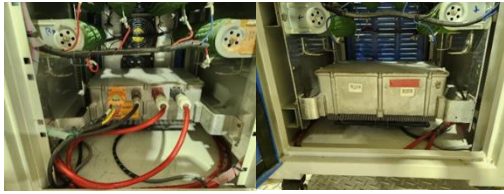
รูปที่ 7 ข้อมูลพื้นฐานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด [10]

โดยเราจะใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการศึกษาและนำมาควบคุมผ่าน PLC

โดยอิงความรู้เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านทาง CAN bus ที่ผ่านมานำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เปรียบเสมือนไปใช้ประโยชน์ส่วนตัว ไม่ควรเผยแพร่หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

เขียนโปรแกรมนั่นเอง โดยในโครงงานนี้จะใช้ตัว Arduino UNO 2 ตัวในการทำงานหลัก 2 อย่างนั่นคือ 1. การอ่านค่า Duty cycle จากสายสัญญาณ Control pilot ด้วยฟังก์ชันอ่านค่า PWM ที่มีอยู่แล้ว 2. การอ่านค่าเพื่อทำการแสดง State ของวงจรสื่อสาร และยังเป็นแหล่งจ่ายให้กับตัว relay และอื่นๆ



รูปที่ 8 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด TC charger ที่อยู่ในตู้ EV's on-board simulator

2.7 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด (On-board charger)

ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่เป็นส่วนสำคัญในระบบยานยนต์ไฟฟ้า ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในการขับเคลื่อนยานยนต์ เนื่องจากระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ดังกล่าวอาศัยพลังงานจากแบตเตอรี่ จึงจำเป็นต้องมีการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่หมด [11]

ชาร์จเจอร์ที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ของยานยนต์ไฟฟ้ามีสองแบบคือ

1. เป็นเครื่องชาร์จแบตเตอรี่จากสถานีชาร์จหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออฟบอร์ด (Off-board charger) ซึ่งมีข้อดี ที่สามารถออกแบบให้มีพิกัดการจ่ายกำลังงานสูงๆ ได้ เพราะไม่มีข้อจำกัดของขนาดน้ำหนัก และพื้นที่ติดตั้ง
2. เครื่องชาร์จที่ติดตั้งในตัวรถหรือเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด (On-board charger) ซึ่งมีข้อดีคือ ตัวเครื่องมีขนาดเล็กและมีน้ำหนักเบา สามารถติดตั้งไว้ภายในยานยนต์โดยที่ไม่มีผลกระทบด้านน้ำหนักรวม ทำให้มีความสะดวกในการใช้งาน แต่มีข้อจำกัดทางด้านพิกัดกำลังงาน ทำให้ใช้เวลานานในการชาร์จแบตเตอรี่



รูปที่ 9 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด

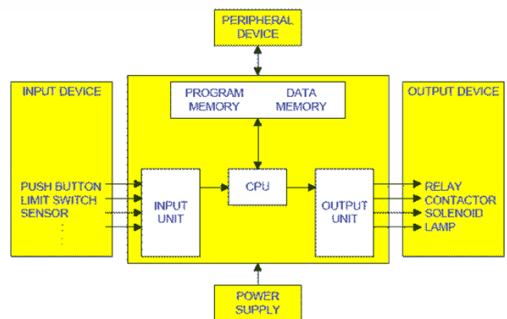
โดยการทำงานของเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ด จะมีหลายฟังก์ชันที่ทำงานเครื่องชาร์จรถยนต์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในยานพาหนะไฟฟ้า (EV) เพื่อชาร์จแบตเตอรี่จากแหล่งจ่ายไฟภายนอกเช่นสถานีชาร์จหรือเต้าเสียบภายในบ้าน ต่อไปนี้เป็นคำอธิบายโดยละเอียดเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องชาร์จรถยนต์

โดยฟังก์ชันที่มีในเครื่องชาร์จประเภทนี้ ประกอบไปด้วย

- AC-DC conversion: เมื่อรดไฟฟ้าถูกเสียบเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ เครื่องชาร์จรถยนต์จะแปลงกระแสไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) จากสถานีชาร์จหรือช็อกเก็ตเป็นกระแสตรง (DC) ซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้ในการจัดเก็บพลังงาน
- การควบคุมแรงดันไฟฟ้า: เครื่องชาร์จรถยนต์ยังปรับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟ DC เพื่อให้ตรงกับแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่ นี่เป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากแบตเตอรี่ประเภทต่างๆต้องใช้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกันเพื่อชาร์จได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ
- การควบคุมการชาร์จ: เครื่องชาร์จรถยนต์ยังรับผิดชอบในการควบคุมกระบวนการชาร์จ จะตรวจสอบสถานะการชาร์จแบตเตอรี่ (SOC) และปรับอัตราการชาร์จเพื่อให้แน่ใจว่าแบตเตอรี่จะชาร์จอย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่นเมื่อแบตเตอรี่ใกล้ชาร์จเต็มเครื่องชาร์จจะลดอัตราการชาร์จเพื่อป้องกันการชาร์จเกิน
- การสื่อสาร: เครื่องชาร์จรถยนต์จำนวนมากยังมีฟังก์ชันการสื่อสารที่ช่วยให้สามารถสื่อสารกับระบบการจัดการแบตเตอรี่ (BMS) และส่วนประกอบอื่นๆของยานพาหนะได้ ช่วยให้เครื่องชาร์จได้รับข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิแรงดันไฟฟ้าและ SOC ของแบตเตอรี่ และปรับกระบวนการชาร์จให้เหมาะสม

2.8 Programmable logic control (PLC)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic Control : PLC) เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือกระบวนการทำงานต่างๆ โดยภายในมี Microprocessor เป็นมันสมองสั่งการที่สำคัญ PLC จะมีส่วนที่เป็นอินพุตและเอาต์พุตที่สามารถต่อออกไปใช้งานได้ทันที ตัวตรวจวัดหรือสวิตช์ต่างๆ จะต่อเข้ากับอินพุต ส่วนเอาต์พุตจะใช้ต่อออกไปควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เป็นเป้าหมาย เราสามารถสร้างวงจรหรือแบบของการควบคุมได้โดยการป้อนเป็นโปรแกรมคำสั่งเข้าไปใน PLC นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นเช่นเครื่องอ่านบาร์โค้ด (Barcode Reader) เครื่องพิมพ์ (Printer) ซึ่งในปัจจุบันนอกจากเครื่อง PLC จะใช้งานแบบเดี่ยว (Standalone) แล้วยังสามารถต่อ PLC หลายๆ ตัวเข้าด้วยกัน (Network) เพื่อควบคุมการทำงานของระบบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยจะเห็นได้ว่าการใช้งาน PLC มีความยืดหยุ่นมากดังนั้นในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ จึงเปลี่ยนมาใช้ PLC มากขึ้น [5]



รูปที่ 10 โครงสร้างเชื่อมต่อทั่วไปของ PLC

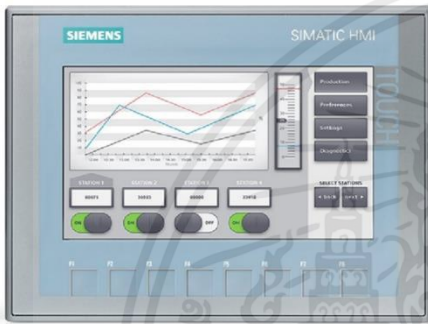
HMI (Human Machine Interface) คือ อุปกรณ์หนึ่งที่จะช่วยให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้สามารถเชื่อมต่อและควบคุม PLC (Programmable Logic Controller)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ง่ายขึ้น โดยปกติแล้ว HMI จะเป็นหน้าจอแสดงผลที่มีฟังก์ชันควบคุม และตั้งงาน PLC ได้

การเชื่อมต่อ HMI กับ PLC มักจะใช้สัญญาณการสื่อสารแบบ RS-232, RS-485, Ethernet หรือ Fieldbus เช่น Profibus และ Modbus เพื่อรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสอง เมื่อเชื่อมต่อแล้ว HMI จะแสดงหน้าจอแสดงผลที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามความต้องการของผู้ใช้ โดยทั่วไปแล้ว หน้าจอแสดงผล HMI จะมีเมนูหรือปุ่มควบคุมต่างๆ ที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงสถานะของ PLC ได้ เช่น สั่งเปิด-ปิดเครื่องจักร หรือ แสดงค่าอุณหภูมิ ความชื้น แรงดัน และอื่นๆ ส่วน PLC จะทำหน้าที่รับสัญญาณจาก HMI แล้วนำข้อมูลที่ได้รับไปประมวลผลและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ที่ต้องการควบคุม โดยมีการเขียนโปรแกรมบน PLC ให้เข้าใจและทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ [6]

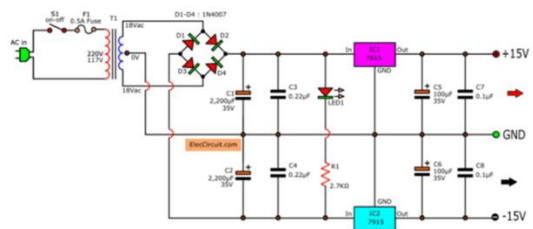


รูปที่ 11 ตัวอย่าง SIMATIC HMI ที่ใช้งาน

2.9 วงจร ±15V DC Dual power supply

แหล่งจ่ายไฟคู่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงปกติ สามารถให้แรงดันบวกและลบได้ ช่วยให้มั่นใจได้ว่าการจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์มีความเสถียรและช่วยป้องกันความเสียหายของระบบ วงจรอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากต้องการแหล่งพลังงาน DC แหล่งจ่ายไฟคู่ใช้สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และอุปกรณ์ไฟฟ้า แหล่งจ่ายไฟคู่ให้ศักย์ไฟฟ้าบวกและลบกับกราวด์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหลอดหรือทรานซิสเตอร์ ต้องใช้แหล่งพลังงาน DC

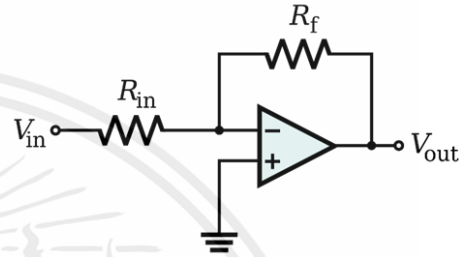
ตัวอย่างเช่น ในแอมพลิฟายเออร์หลอดจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟกระแสตรงสำหรับเพด กริดหน้าจอ และกริดควบคุม ในทำนองเดียวกัน DC มีความจำเป็นใน emitter และตัวสะสมคลื่นในทรานซิสเตอร์ นอกจากนี้ Op-Amps ยังต้องการแหล่งพลังงานคู่ ในกรณีเช่นนี้ แบตเตอรี่จะไม่ค่อยได้ใช้งานเนื่องจากมีราคาแพงและต้องเปลี่ยนบ่อยๆ หรือความต้องการแหล่งจ่ายไฟคู่ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเราต้องการเรียกใช้วงจรไฟฟ้าที่แตกต่างกันสองวงจรบนแหล่งจ่ายไฟเดียวกันโดยไม่ต้องออฟไลน์ เราต้องการแหล่งจ่ายไฟคู่ ช่วยให้เราสามารถดำเนินการบำรุงรักษาและงานอื่นๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยไม่ต้องออฟไลน์อุปกรณ์ [12]



15V Dual power supply using 7815-7915

รูปที่ 12 วงจร ±15V DC Dual power supply

2.10 อีโอปแอมป์ (OP-Amp)



รูปที่ 13 วงจร Inverting Amplifier

ในวงจรขยายออปแอมป์นั้นสามารถที่จะกำหนดอัตราขยายของวงจรได้โดยการใช้ วงจรเนกาทีฟฟีดแบ็ค (Negative Feedback) เมื่อเราย้อนสัญญาณเข้าทางจากกลับเฟส (ขา -) แรงดันด้านทางออกจะมีมุมเฟสต่างไปจากแรงดันทางเข้า 180 องศา ซึ่งมีลักษณะตรงข้าม สัญญาณตรงกันข้ามนี้จะถูกย้อนกลับผ่าน R2 เข้ามายังขาอินเวอร์ตอีกครึ่งหนึ่งตรงจุดนี้จะทำให้สัญญาณเกิดการหักล้างกันอัตราขยายก็จะลดลง ถ้าตัวต้านทานที่เป็นตัวป้อนกลับมีค่ามาก จะทำให้สัญญาณป้อนกลับมีขนาดเล็กอัตราขยายออกจึงสูง ถ้าตัวต้านทานที่ป้อนกลับมีค่าน้อยสัญญาณป้อนกลับไปได้มากอัตราขยายก็จะลดลง ฉะนั้นอัตราส่วนของความต้านทาน R1 และ R2 จะเป็นตัวกำหนดอัตราขยายของวงจร โดยไม่ขึ้นกับอัตราขยายของออปแอมป์ ซึ่งสามารถหาอัตราขยายแรงดันได้จากสมการ

$$AV = -R2/R1 \quad (1)$$

3. การออกแบบชิ้นงานและวิธีการทดลอง

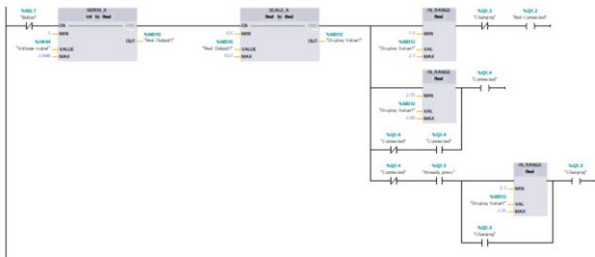
3.1 การออกแบบ ladder diagram และใช้ PLC

การออกแบบ ladder diagram เพื่อป้อนข้อมูลสั่งการให้กับ PLC โดยใช้โปรแกรม TIA Portal V15.1 ผ่านสาย LAN ที่เชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับ PLC เข้าหากัน โดย PLC จะทำการรับค่าและสั่งการไปยังอุปกรณ์ต่างๆ

ตัวอย่าง ladder diagram ได้แก่ การแสดงสถานะการชาร์จ การกดปุ่มบน HMI เพื่อทำการสั่งชาร์จหรือปล่อยกระแสไฟเข้าโหลด โดยกำหนดขนาดกระแสสูงสุดที่ผู้ชาร์จจ่ายให้ได้โดยมีขนาดกระแส 10 A Duty Cycle 16.67% และ และขนาดกระแส 16 A Duty Cycle 26.67%

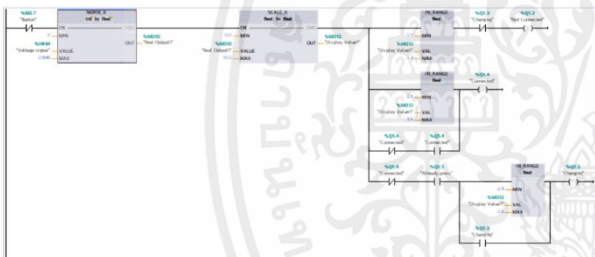
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลดังกล่าวมีการเขียน ladder diagram จะแสดงดังรูปด้านล่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 14 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของรูปแบบ 10 A Duty cycle 16.67%

เมื่อใช้โปรไฟล์ 10 A Duty cycle 16.67% PLC จะรับค่าที่เป็น PWM โดยเข้าช่อง Analog input จากวงจร divider ที่มีค่าอยู่ช่วง 0-5 V เมื่อ PWM ที่ส่งมาเป็น 0 V และ 5 V และ PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.2 V จะแสดงสถานะ “Not Connected” ถ้า PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 4.4-4.6 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.56 V จะแสดงสถานะ “Connected” จากนั้นจะต้องทำการสั่งชาร์จจากหน้าจอ HMI เมื่อทำการสั่งชาร์จจะแสดงสถานะ “Charging.” ทำให้ PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 3.8 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.46 V จะแสดงสถานะ “Charging”



รูปที่ 15 Ladder diagram แสดงสถานะการชาร์จของโปรไฟล์ 16 A Duty cycle 26.67%

เมื่อใช้โปรไฟล์ 16 A Duty cycle 26.67% PLC จะรับค่าที่เป็น PWM โดยเข้าช่อง Analog input จากวงจร divider ที่มีค่าอยู่ช่วง 0-5 V เมื่อ PWM ที่ส่งมาเป็น 0 V และ 5 V และ PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.2 V จะแสดงสถานะ “Not Connected” ถ้า PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 4.4-4.6 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.84 V จะแสดงสถานะ “Connected” จากนั้นจะต้องทำการสั่งชาร์จจากหน้าจอ HMI เมื่อทำการสั่งชาร์จจะแสดงสถานะ “Charging.” ทำให้ PWM ที่ส่งมาเป็น 2.2 V และ 3.8 V PLC อ่านเป็นค่า V mean ประมาณ 2.63 V จะแสดงสถานะ “Charging”

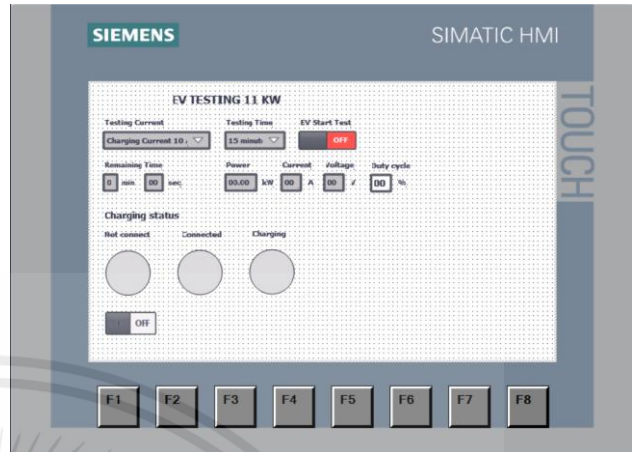
3.2 การออกแบบและใช้ Simatic HMI

ในการออกแบบชิ้นงานนี้จะใช้ Simatic HMI screen ของ siemens ในการแสดงผลข้อมูลและป้อนคำสั่งการทำงานเข้าไปที่ PLC ผ่านสาย LAN ที่เชื่อมต่ออุปกรณ์ทั้งสองเข้าหากัน

ตัวอย่างของข้อมูลที่แสดงผลได้แก่ แรงดัน กระแส กำลัง สถานการณ์เชื่อมต่อ ค่า Duty cycle และ ช่วงเวลาในการทดสอบหรือใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของข้อมูลที่สามารรถป้อนกลับไปที่ PLC เพื่อระบุ สถานการณ์ทำงานได้แก่ช่วงเวลาเวลาที่ต้องการใช้งาน ปริมาณกระแสของโหลดที่ต้องการที่จะดึง สถานะของที่ใช้ในการเปิดปิดสวิตช์เป็นต้น โดยข้อมูลดังกล่าวจะแสดงดังรูปด้านล่างดังต่อไปนี้



รูปที่ 16 หน้าจอการแสดงผลและสั่งการข้อมูลบน Simatic HMI

3.3 การออกแบบวงจรสัญญาณเพื่อใช้ในการรับค่าและแสดงผลค่า Duty cycle

ในการระบุค่าสัญญาณ duty cycle ที่รับมาจากอานูโนจะรับสัญญาณผ่านขา Analog ที่ 2 ซึ่งมี address เป็น %IW66 โดยที่ตัว PLC จะทำการวัดค่าสัญญาณที่เข้ามาเพื่อทำการระบุขนาดส่งต่อข้อมูลผ่านฟังก์ชันการเทียบขนาดค่าสัญญาณและนำไปแสดงผลบนหน้าจอ HMI



รูปที่ 17 วงจรสัญญาณการรับค่า Duty cycle

ในการออกคำสั่งจะออกแบบให้อานูโนสามารถรับสัญญาณจากวงจรลดทอนแรงดันแบบ active ที่มาจากหัว control pilot โดยจะมีขา 6 ใช้ในการรับสัญญาณ Duty cycle และ ขา 9 จะทำการวัดสัญญาณแรงดัน

หลังจากรับสัญญาณทั้ง 2 เข้ามาแล้วที่อานูโนสามารถที่จะทำการคัดสัญญาณที่ไม่ต้องการออกโดยสามารถที่จะส่งค่าสัญญาณแรงดันและ Duty cycle ผ่านคำสั่ง Analogwrite ที่ใช้ตัวแปร V และ DU เป็นตัวกำหนดรูปแบบสัญญาณออกไป ซึ่งที่ Arduino จะส่งสัญญาณ 5 VDC ที่สามารถปรับขนาด Duty cycle ไปยังขาของ Analogread ของ PLC

Arduino จะทำการตรวจสอบสัญญาณโดยนำค่าที่ส่งออกไปมาแสดงที่ตัวหน้าจอเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการรับส่งข้อมูล

4. ผลการทดลอง

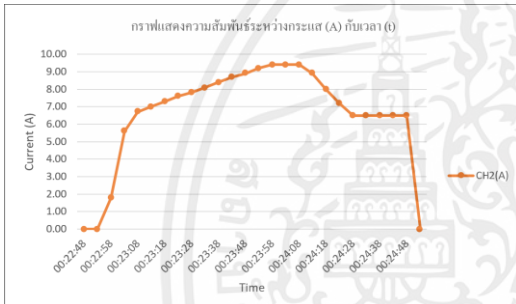
4.1 ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier

1. ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier โดยการจ่ายพลังงานให้กับโหลดไฟ 30 ดวง 3000 watt

ผลการควบคุมแสดงได้ตามกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t), กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)



รูปที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)



รูปที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)



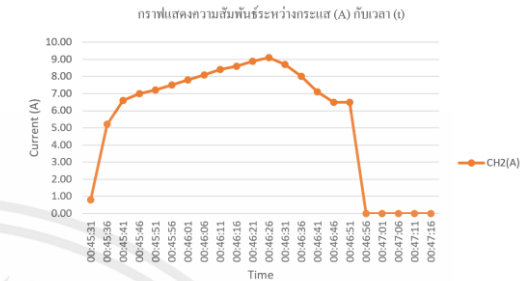
รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

2. ผลการจำลองการควบคุมแรงดันและกระแสของ Huawei DC rectifier โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับ Heater กับโหลดไฟ 30 ดวง กำลังไฟรวมทั้งหมด 4000 watt

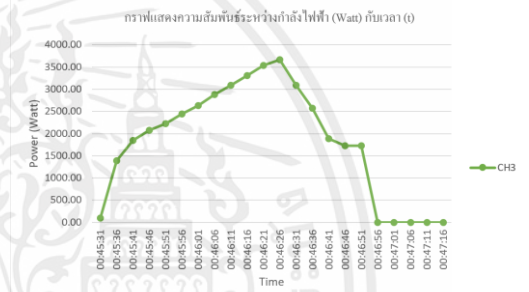
ผลการควบคุมแสดงได้ตามกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t), กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t) และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)



รูปที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน (V) กับเวลา (t)



รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแส (A) กับเวลา (t)

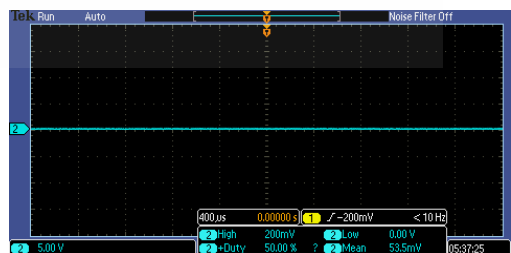


รูปที่ 23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า (Watt) กับเวลา (t)

4.2 ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องซาร์จกระแสสลับ (Communication between Vehicle controller circuit and AC charger)

1. ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องซาร์จกระแสสลับ โดยมี Duty cycle=16.67% หรือ 10 A

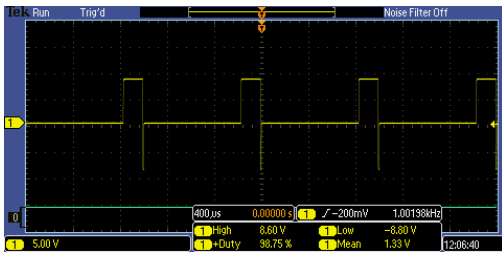
- ผลการวัดแรงดันที่ลัดสักรางจรจำลอง Vehicle Controller ที่ดคร่อมตัวต้านทาน 2.74 kΩ



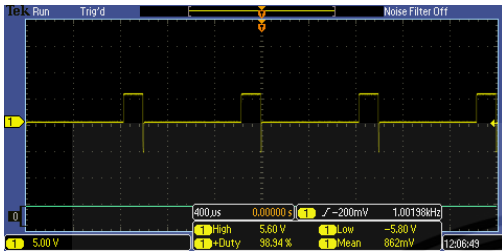
รูปที่ 24 กราฟแรงดันกระแสตรงจากรางจรจำลอง Vehicle Controller

ในสถานะ “Not Connected”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 25 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”



รูปที่ 26 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”

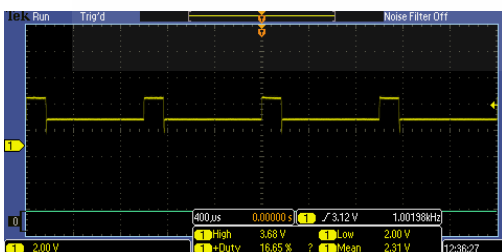
- ผลการวัดแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรวัดค่าแรงดัน (Voltage measurement circuit)



รูปที่ 27 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”



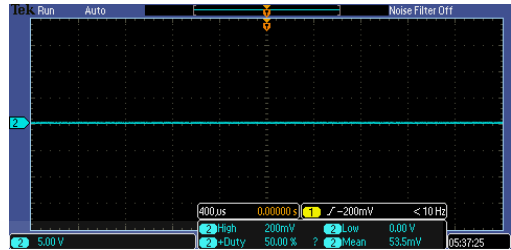
รูปที่ 28 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”



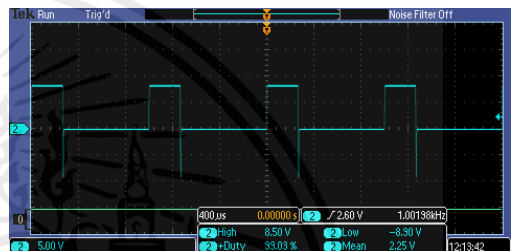
รูปที่ 29 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”

2. ผลการทดสอบการสื่อสารระหว่างวงจรจำลอง Vehicle controller กับเครื่องซาร์จกระแสสลับ โดยมี Duty cycle=26.67% หรือ 16A

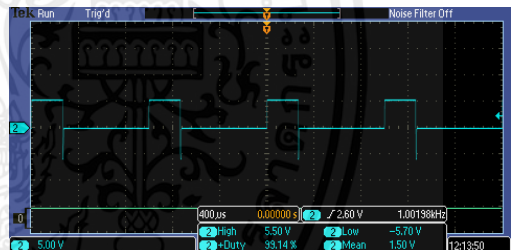
- ผลการวัดแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ที่ต่อคร่อมตัวต้านทาน 2.74 k Ω



รูปที่ 30 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Not Connected”

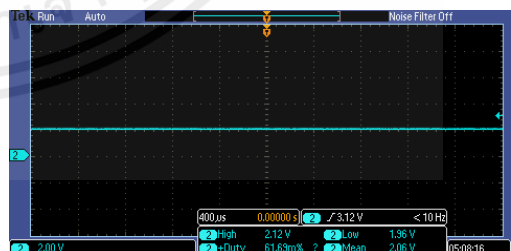


รูปที่ 31 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Prepare”

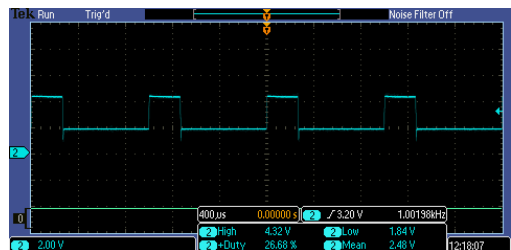


รูปที่ 32 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรจำลอง Vehicle Controller ในสถานะ “Charging”

- ผลการวัดแรงดันพัลส์เอาต์พุตจากวงจรวัดค่าแรงดัน (Voltage measurement circuit)

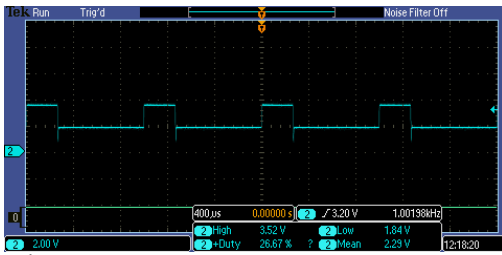


รูปที่ 33 กราฟแรงดันกระแสตรงจากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Not Connected”



รูปที่ 34 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Prepare”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ข้อมูลที่จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นี้เสียหาย ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

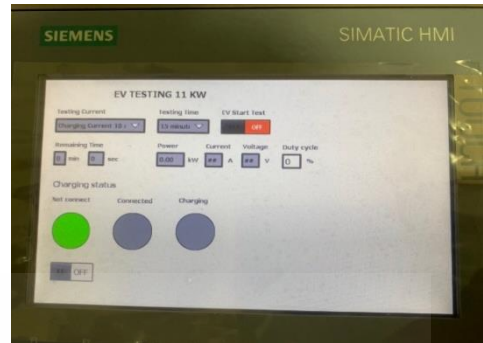


รูปที่ 35 กราฟแรงดันพัลส์จากวงจรวัดแรงดัน ในสถานะ “Charging”

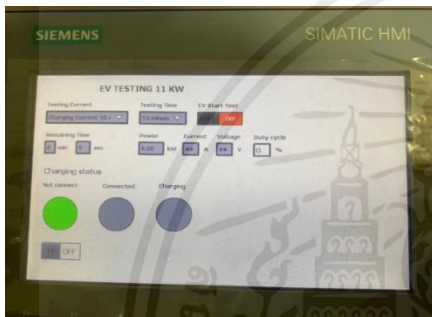
4.3 ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ กระแสสลับกับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI

1. ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับที่มี Duty cycle เท่ากับ 26.67 % กับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI

2. ผลการทดลองส่งสัญญาณการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับที่มี Duty cycle เท่ากับ 16.67 % กับวงจรจำลอง Vehicle controller ไปที่หน้าจอแสดงผล HMI



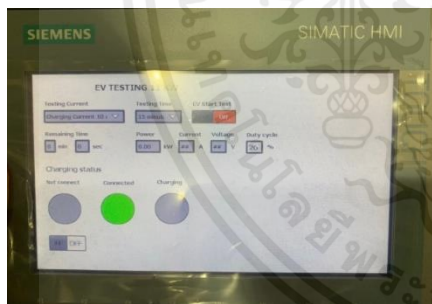
รูปที่ 39 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %



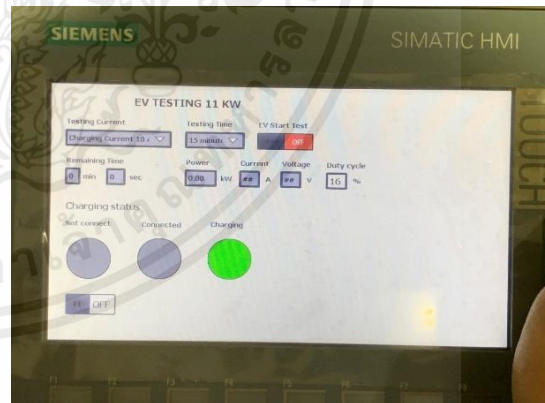
รูปที่ 36 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Not connect” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %



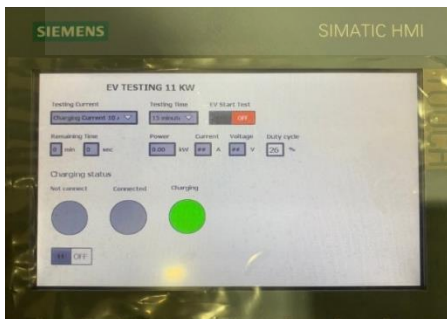
รูปที่ 40 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %



รูปที่ 37 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Connected” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ กระแสสลับมี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %



รูปที่ 41 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ มี Duty cycle เท่ากับ 16.67 %



รูปที่ 38 หน้าจอแสดงผลแสดงสถานะ “Charging” โดยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ มี Duty cycle เท่ากับ 26.67 %

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ สถานที่ และสนับสนุนงบประมาณ ตลอดจนการดำเนินงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณ ไว้ในโอกาสนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องจำลองการชาร์จรถยนต์ไฟฟ้าด้วยไฟกระแสสลับ โดยมีวัตถุประสงค์ทำการศึกษาการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบบเตอร์แบบออนบอร์ด และเครื่องชาร์จแบบเตอร์กระแสสลับอย่างเข้าใจตามมาตรฐาน IEC 61851-1 annex A โดยได้จำลองบอร์ดการทำงานที่คล้ายคลึงในรถยนต์ไฟฟ้าขึ้นมา แล้วทำหน้าที่สื่อสารร่วมกับเครื่องชาร์จกระแสสลับซึ่งผลที่ได้คือ การส่งสัญญาณสื่อสารระหว่างอุปกรณ์เป็นไปได้ด้วยดี และสามารถแสดงผลข้อมูลทางไฟฟ้าบนหน้าจอได้อย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค สวทช.) [ออนไลน์], มาตรฐานหัวชาร์จแบบกระแสสลับในประเทศไทย 2022 : [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.nectec.or.th/news/news-public-document/evcharger-standard.html>
- [2] สนธยานงนุช, CAN bus ตอนที่ 1 ทฤษฎี CAN, [ออนไลน์] 2563 [วันที่อ้างอิงถึง 20 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.ioxhop.com/b/117>
- [3] SAE J3068 [ออนไลน์], มาตรฐาน SAE J3068 [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 22 เมษายน 2565]
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J3068
- [4] การติดตั้ง EV charger ให้เป็นตามมาตรฐานของประเทศไทยเป็นอย่างไร [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 25 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.nexte.co.th/2022/08/28/ev-charger/>
- [5] ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ PLC [ออนไลน์] 2560 [วันที่อ้างอิงถึง 26 เมษายน 2565]
ที่มา : <http://www.advance-electronic.com/blog/detail/113/th/>
- [6] Simatic HMI Panels-machine-oriented operation made easy [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 28 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/simatic-hmi/panels.html>
- [7] IEC 61851 [ออนไลน์], มาตรฐาน IEC 61851 [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 29 เมษายน 2565]
ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J3068
- [8] IEC 61851-1 [ออนไลน์], International Standard IEC 61851-1 [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 29 เมษายน 2565]
- [9] Arduino CAN Tutorial [ออนไลน์], MCP2515 CAN BUS Module with Arduino [ออนไลน์] [วันที่อ้างอิงถึง 30 เมษายน 2565]
ที่มา : <https://www.youtube.com/watch?v=IGK9km1jvtU>
- [10] TC Charger 1.8kW CAN 72V (25-99)-25A [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 30 เมษายน 2565]
ที่มา : https://evshop.eu/en/chargers/215-8529-tc-charger-18kw-can-72v-25-99v-25a.html#/176-can_protocol_speed-can1430_250_kbs
- [11] งานวิจัย Onboard Charger [ออนไลน์] 2016 [วันที่อ้างอิงถึง 1 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <https://www.nectec.or.th/research/research-success-case/onboardcharger.html>
- [12] Dual 15V power Supply circuits with PCB, +15V -15V 1A [ออนไลน์] 2022 [วันที่อ้างอิงถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <https://www.eleccircuit.com/power-supply-regulator-15v-15v-1a-by-ic-7815-7915/>
- [13] แหล่งจ่ายไฟ DC แบบเอาต์พุตคู่ (Dual Output DC Power Supply) [ออนไลน์] 2022 สืบค้นจาก [วันที่อ้างอิงถึง 7 พฤษภาคม 2565]
ที่มา : <http://www.technotestsystem.com/15150274/แบบเอาต์พุตคู่-dual-output>
- [14] ดร.ธีรพล โพธิ์พงษ์วิวัฒน์, EV Charging and Charging Standards, 30 ตุลาคม 2564 Wireless Monitoring of Photoplethysmogram Signal”, *Biosensors*, vol.9, no.87, 2019.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1 ข้อมูลจำเพาะของ ATESS EVA-11/22/44S 3-phase AC charger Quick installation guide

Shenzhen ATESS Power Technology Co., Ltd
1st Floor of Building 3 at Sector B and 3rd Floor of Building 9,
Henglong Industrial Park, Shuitian, Baoan District, Shenzhen
T +86 755 2998 8492
F +86 755 2998 5623
W www.ateesspower.com



ATESS EVA-11/22/44S
3-phase AC charger Quick installation guide

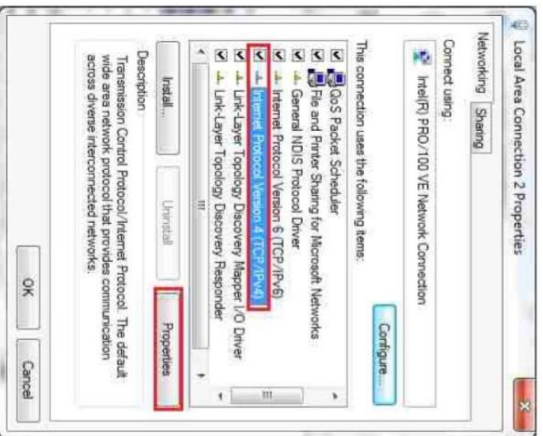


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

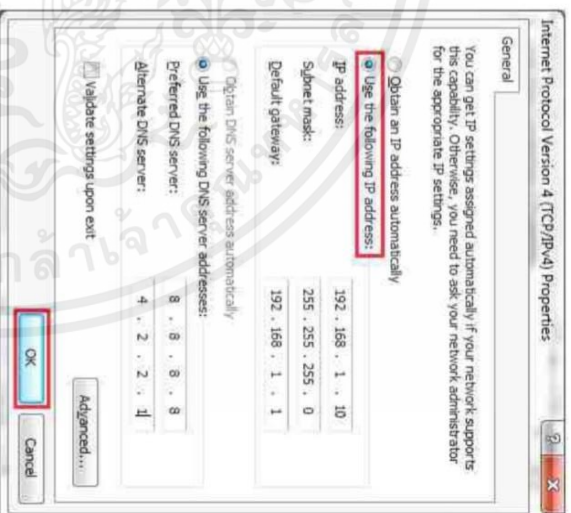
3. Right-click on Local Area Connection and click on Properties.



4. Select Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4) and click on Properties.



5. Select "Use the following IP address" and enter the IP address, Subnet Mask, Default Gateway. Click OK and close the Local Area Connection properties window.



4.2 Configure parameters

Connect the charger to a computer via a network cable. Open the web browser and type in <http://192.168.1.5:8080/> in the address field and click enter, then the parameter setting page of the charger will open up.

Parameter setting can only be done via web browser on a computer. It is suggested to use IE or Firefox, other browser might have compatibility problem.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้แต่เปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Explanation of parameters:

(1) Firmware version of the Charger. This item cannot be modified here on the setting page.

Firmware Version Num: (1)

AC3/7K_IP_H2_V17_L01

Fig. 1

(2) Charger ID, this is the unique identification of the Charger. If the charger is to be connected to ATESS back-office server, this ID must be set as the serial number on the nameplate of the Charger. Otherwise the Charger cannot be registered on the server.

Charge ID (MaxLen 20) : (2)

CP1001

Fig. 2

(3) Charger IP. The default IP is 192.168.1.5. It is not suggested to change the default IP. If you have changed the default IP and forgot the new IP, you can reset the charger to factory setting by long press the reset button/(the reset button on control board, not the red emergency stop button) until the charger reboot. Then you can use the default 192.168.1.5 for access.

Please note: After restoring the charger to factory setting, you'll need to reset the charger ID(same as serial number, can be found on the nameplate sticker) and server url, otherwise the charger won't be connected to the back-office server.

Charger IP: (3)

192.168.1.5

Fig. 3

(4) Charger gateway. The default value is 192.168.1.1. It is not suggested to change. If the gateway has been reset to other value and you have forgotten the new value, you can restore the charger to factory setting by long press the reset button.

Default Gateway: (4)

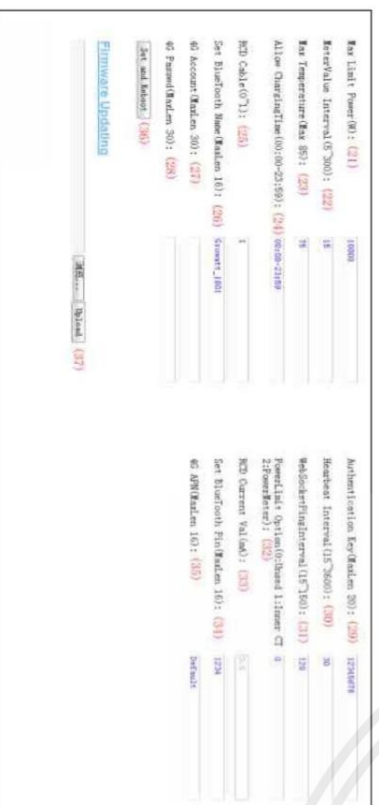
192.168.1.1

Fig. 4

Overview of Parameter setting page



Enlarged view of parameter setting page_1



Enlarged view of parameter setting page_2

ข.2 ข้อมูลจำเพาะของ Huawei R100020G1 Charging Module Communication Guide

Data Name	bit		Packet broadcast control/configuration	System broadcast control/configuration	Description
					hardware address control and 1 for software address control, which are the same as those for other control configurations.
Whether there is a subsequent frame (1 bit)	0	0	0: no subsequent frame	0	0: no subsequent frame 0: There is no subsequent frame. 1: There are subsequent frames (configured only when the module reports messages).
Data	For details about the definition of 8 bytes x 8, see the subsequent description in 2.1.2.				

The hexadecimal CAN data filled by **Packet broadcast control/configuration** in the table above is as follows:

ID: **06 80 80/81 84** Data: xx xx xx xx xx xx xx xx (The data field is described in detail later)

Enter **06 80 80 84** or **06 80 81 84** in the CAN communication back end frame.

2.1.2 Data Domain of the Control/Configuration Command

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
Output voltage	0x0	0x100	0x00	0x00		Voltage (V) x 1024 For example, the output voltage is 750 V (750 x				The voltage ranges of different

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
									1024 = 0x000bb800).	modules are as follows: R100030G1: (High-voltage mode) 200–1000 V (Low-voltage mode) 200–506 V R100020G1: (High-voltage mode) 150–1000 V (Low-voltage mode) 150–500 V If the setting exceeds the maximum value, the data is invalid. If the setting is less than the minimum value, the minimum value is used.
Default voltage during startup	0x0	0x101	0x00	0x00					Voltage (V) x 1024	Low-voltage mode: 200 V for R100030G1 and 150 V for R100020G1 by default High-voltage mode: 400 V by default. When the

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
										module receives the startup message but does not set the output voltage, the module increases its voltage to the default startup voltage. The setting is saved upon a power failure.
Output overvoltage protection threshold	0x0	0x102	0x00	0x00	Voltage (V) x 1024					The setting is saved upon a power failure.
Output power limit value	0x0	0x105	0x00	0x00	Preset ratio x 1024					Value range: 0-1024 1024: full power
Default output power limit value	0x0	0x106	0x00	0x00	Preset ratio x 1024					Value range: 0-1024 1024: full power The setting is saved upon a power failure.
Startup/shutdown, voltage, and current setting	0x0	0x108	0x00	0x00: soft-start 0x01: shutdown 0x02: startup for insulation	Preset current (A) x 10	Preset voltage (V) x 10				Soft-start is used for startup with load. You are advised to run

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
					detection 0x03: unchanged startup/shutdown status 0x04: no-load quick startup 0x05: no-load startup for insulation detection					this command to set the power-on/off, voltage, and current. The module can be powered on and responds to the output value only when the voltage and current meet the range requirements. Reference signal IDs for voltage and current ranges: 0x100 and 0x10F 0x05: V109 and later versions support this feature.
Efficiency optimization enabling and total current (reserved)	0x0	0x10B	0x00	0x00: The module exits the efficiency optimization mode (default setting). 0x01: Efficiency optimization is enabled.	0x00	0x00	Total required current (A) x 10			The module responds to the total required current only after efficiency optimization is enabled.

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
Total running time	0x0	0x10E	0x00	0x00	Duration (in hours)			The setting is saved upon a power failure.		
Output current	0x0	0x10F	0x00	Number of modules in the system. The value ranges from 0 to 64. If the current decrease rate is not calculated, the default value 0 is used.	Set current (A) x 1024			Current range: R100030G1: 0.8 A–100 A R100020G1: 0.5 A–66.7 A If the setting exceeds the maximum value, the data is invalid. If the setting is less than the minimum value, the minimum value is used. (A value greater than 0.) The number of modules is used to calculate the current decrease rate (the current decrease rate is equal to 150 A/s divided by the number of modules).		
Default output current setting	0x0	0x110	0x00	0x0	Current setting (A) x 1024			V109 and later versions support this		

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
										feature.
PFC independent power-on/off control	0x0	0x111	0x0	0x00: PFC power-on 0x01: PFC power-off	0x00	0x0	0x0	0x0	0x0	V109 and later versions support this feature.
Control of the Fan duty cycle	0x0	0x114	25600 x duty cycle		0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Set the value by percentage. For example, if the rotation speed is 50%, issue 0x6400 (25600 x 0.5).
Protection time upon CAN communication interruption	0x0	0x118	0x00	0x00	5-60 (unit: s)					The default protection time is 10s, which remains unchanged upon power-off.
Group setting/clearing command	0x0	0x119	0x00	Value range: 0x01 to 0x1F (1 to 31)	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	1-30: available group IDs; 31: used to clear the original group ID or no group by default; 0: broadcast group ID (Note: This command needs to set the address attribute of the ID field to the hardware address.) The setting is

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
										saved upon a power failure.
Temporary group setting/clearing command	0x0	0x11A	0x00	Value range: 0x01 to 0x1F (1 to 31)	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	1-30: available group IDs; 31: used to clear the original group ID or no group by default; 0: broadcast group ID. The temporary group settings are not saved upon power-off. (Note: This command needs to set the address attribute of the ID field to the hardware address.)
Monitor set hardware address command	0x0	0x11B	0x00	Hardware address (1-127)	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Default address: 127 Set when the module is powered off. The setting is saved upon a power failure.
Monitor issue battery voltage	0x0	0x11C	0x00	0x00	Battery voltage (V) x 1024					
Air filter clogging alarm	0x0	0x11D	0x00	0x00: default 0x01: clear	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Not saved upon power-

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
clearance										off.
Control of test mode access from the panel	0x0	0x11E	0x00	0x00: normal mode 0x01: test mode	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Not saved upon power-off Automatically exit the test mode upon communication interruption Set when the module is powered off.
Air filter alarm function control	0x0	0x11F	0x00	0x00: disabled (default) 0x01: enabled	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	By default, the function is disabled. After the function is enabled, the setting is saved upon a power failure. V109 and later versions support this feature. The setting is saved upon a power failure.
Emergency power-off control	0x0	0x131	0x00	0x00: default 0x01: power-off	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	
Power-on/off control	0x0	0x132	0x00	0x00: power-on 0x01: power-off	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	This command is used for normal power-on and power-off operations.

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
Output overvoltage lockout recovery	0x0	0x133	0x00	0x00: default 0x01: clearing alarms	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	
Full fan speed	0x0	0x134	0x00	0x00: default 0x01: full speed (Temporary) 0x02: full speed	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	The full speed is 0x02 set and saved upon power-off. The module responds to the setting after it is powered on.
Module search (blinking green)	0x0	0x135	0x00	0x00: normal 0x01: search module (blinking green fast)	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	A blinked indicator corresponds to a module.
DC/DC output control	0x0	0x136	0x00	0x00: DC enabled 0x01: DC disabled	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	After the module is started, the DC output can be separately controlled.
Starting allocation of the software address	0x0	0x13A	0x00	0x01: start allocation of the software address	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	The module starts to allocate the soft addresses. It is generally used after the monitoring module is powered on.
Unassociated output overvoltage with the	0x0	0x13C	0x00	0x00: default 0x01: Unassociated	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
protection threshold				overvoltage						
Test mode	0x0	0x13E	0x00	0x00	0x00000000: normal mode 0x5555AAAA: test mode It is used to set the module test mode. In the test mode, the module automatically starts after the module AC is powered on. The output voltage and current are set to the maximum value, which facilitates the test without monitoring. In the test mode, the yellow indicator of the module blinks at 4 Hz and the test mode remains unchanged upon power-off. If this field is not needed, deliver a protocol to switch to the normal status.				By default, the module cannot enter the test mode. The test mode can be set only in non-automatic switching mode or automatic switching mode based on the configured voltage. The setting is saved upon a power failure.	
Short-circuit lockout reset	0x0	0x145	0x00	0x00: default 0x01: The short-circuit lockout is cleared.	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	
This command is used to disable the flow equalization function.	0x0	0x146	0x00	0x00: normal mode 0x01: flow equalization mode	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x01: The value is saved upon a power failure.

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
					disabled 0x02: flow equalization mode disabled (temporary)					
Output mode setting	0x0	0x148	0x00	0x00: normal mode 0x01: 55 dB silent mode 0x02: 60 dB silent mode 0x03: 65 dB silent mode	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	1. The mode is set to write to EEPROM in the off state. 2. If it is the power-on state setting, it is valid only once, and the value in EEPROM will be restored after shutdown. 3. R100020G1: supports only the 55 dB silent mode. R100030G1: supports three silent modes.
Fault rectification of the output discharge circuit	0x0	0x149	0x00	0x00: default 0x01: clearing alarms	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	
Automatic switch of the output mode	0x0	0x14A	0x00	0x00: no switchover 0x01: automatically switch	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Set when the module is powered off. The setting is saved upon a

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
					according to the sample voltage of the port of the module by default 0x02: automatic switching according to the set voltage 0x03: automatic switching based on battery voltage					power failure.
Default output mode	0x0	0x14C	0x00	0x00: High-voltage mode 0x01: Low-voltage mode	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	This byte is used to set the default output mode after the module powers on when the automatic switchover function is disabled. Set when the module is powered off. The setting is saved upon a power failure.
CAN baud rate selection	0x0	0x14D	0x00	0x00: 125 kbit/s 0x01: 250	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	Set when the module is powered off. The setting is

Byte No.	Byte 0		Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7	Remarks
	4 Bits	4 Bits	8 Bits							
Data Field Definition	Error Type	Signal ID	Data Content							
				kbit/s						saved upon a power failure.

The hexadecimal CAN data filled by **Output voltage** in the table above is as follows:

ID: **06 xx xx xx** Data: **01 00 00 00 00 0B B8 00** (The data field is described in detail later.)

Enter **01 00 00 00 00 0B B8 00** in the CAN communication back end frame.

2.2 The Charging Pile Module Replies to the Control/Configuration Command

The module does not reply upon group or system broadcasting, and does not execute the command if the command is incorrect or the configured range is beyond the normal range.

The module for separate control/configuration will reply and the sender bit is changed. If the command is correct, the data field is consistent with that delivered by the control unit. If the command is incorrect or the setting range exceeds the normal range, the module fills the error flag in the data field.

2.2.1 Reply to the ID Field

Data	Bit	Software/Hardware Address	Control/Configuration Response
Protocol ID (6 bits)	28	0	Protocol ID: 0x0D
	27	0	
	26	1	
	25	1	
	24	0	
	23	1	
Module Address ID	22	0	Module address: The module fills its address based on the

ข.3 ข้อมูลจำเพาะของ UUGreen Power TC charger



Hangzhou Tiecheng Info Tech Co. Ltd www.tscharger.com cs0001@tscharger.com

CAN Protocol NO.	1430
CAN Baud Rate	250K
Charger Receiving CAN ID	0x1806E5F4
Charger Transmitting CAN ID	0x18FF50E5

Communication Specification:

Message1:

OUT	IN	CAN ID	Cycle (ms)
BMS	Charger	0x1806E5F4	1000
Data			
Position	Data Name		
BYTE1	Max Allowable Charging Terminal Voltage High Byte		0.1V/bit Offset: 0 e.g.: Vset =3201. its corresponding 320.1V
BYTE2	Max Allowable Charging Terminal Voltage Low Byte		
BYTE3	Max Allowable Charging Current High Byte		0.1A/bit Offset: 0 e.g.: Iset =582. its corresponding 58.2A
BYTE4	Max Allowable Charging Current Low Byte		
BYTE5	Control		0: Charger is starting up to charge. 1: Battery protection, charger close output.
BYTE6	Reserved		0: Charging Mode; 1: Heating Mode;
BYTE7	Reserved		
BYTE8	Reserved		

Message 2

OUT	IN	CAN ID	Cycle(ms)
CCS	BCA	0x18FF50E5	1000
Data			
Position	Data Name		
BYTE1	Output Voltage High Byte		0.1V/bit Offset: 0 e.g.: Vout =3201. its corresponding 320.1v
BYTE2	Output Voltage Low Byte		
BYTE3	Output Current High Byte		0.1A/bit Offset: 0 e.g.: Iout=582. its corresponding 58.2A. Highest Byte mark: 0: Charging, 1: Discharging
BYTE4	Output Current Low Byte		
BYTE5	STATUS Flags		
BYTE6	Temp		
BYTE7	Reserved		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.4 Test procedures

A.4.1 General

This Clause A.4 describes tests for immunity of EV supply equipment to wide tolerances on the control pilot circuit and the presence of high frequency data signals on the control pilot circuit. The EV supply equipment is designed to be in conformity with the parameters as defined in Clauses A.2 and A.3. However, it is necessary for the EV supply equipment to be tolerant to slight parameter changes (due for example to poor contacts or leakage on the control pilot circuit) in order to ensure reliable supply of energy to EVs under most conditions.

A.4.2 Constructional requirements of the EV simulator

Testing is done using an EV simulator on the control pilot circuit that allows the testing in normal operation and at the tolerance limits allowed for the voltage and including the imposition of a high frequency signal on the control pilot circuit. The test scheme described in Clause A.4 allows the testing of the EV supply equipment when in normal operation and when subjected to high frequency imposed signals on the control pilot circuit.

An EV simulator shall have the possibility of testing the EV supply equipment with all three possible resistor values as indicated in Table A.9 with the following values for the other components.

- $C_{V_{test}}$ shall use the maximum value from Table A.3 (including the 1 000 pF of the generator);
- $L_{S_{V_{test}}}$ shall use the maximum allowed value from Table A.3;
- $C_{C_{test}}$ shall use the maximum value from Table A.2;
- The high frequency test signal shall be injected at the EV supply equipment socket-outlet for cases A and B, and at the vehicle coupler for case C;
- The diode shall conform with the specifications in Table A.3;
- The 9 test resistor values shall be within a tolerance of 0,2 % of the value indicated in Table A.9.

Table A.9 – Test resistance values

Test resistor	Minimum value	Nominal Value	Maximum Value
$R_{3_{test}} (\Omega)$	1 870	2 740	4 610
$R_{2_{test}} (\Omega)$ state Cx	909	1 300	1 723
$R_{2_{test}} (\Omega)$ state Dx	140	270	448

This table is not applicable to values used on vehicles (see Table A.3).

NOTE An example of a test setup is described in A.4.10, Figure A.8.

A.4.3 Test procedure

The proper function of the EV supply equipment shall be tested under the following conditions.

A sine wave generator with an impedance of 50 Ω is connected to the control pilot circuit via a 1 000 pF capacitor, as shown in Figure A.8.

The output amplitude of the sine wave generator has to be adjusted in such a way that the high frequency voltage component on the control pilot conductor is 2,5 V peak-peak at 1 MHz,

measured at the EV socket-outlet (case A and B) or the vehicle connector (case C or a Mode 2 cable assembly) in state B at the beginning of each sequence.

The frequency of the sine wave generator shall sweep through the frequency range from 1 MHz to 30 MHz with a logarithmic step width of 4 % and a holding time of 0,5 s.

Unless otherwise specified, input voltage from power supply shall be the rated value, within the range of its tolerance.

Unless otherwise specified, the tests shall be carried out in a draught-free location and at an ambient temperature of (20 ± 5) °C.

NOTE The measure of the control pilot wire will take place on the EV supply equipment, socket-outlet or plug, in case A and case B, and on the EV coupler in case C.

A.4.4 Oscillator frequency and generator voltage test

$R2_{\text{test}}$ (state Cx), $R2_{\text{test}}$ (state Dx) and $R3_{\text{test}}$ shall be at the nominal value for this test.

The frequency shall be within $\pm 0,5$ % of 1 000 Hz at state B2 and C2 and D2 (if ventilation supported).

Frequency and voltage shall be measured at the contacts CP and PE of the EV socket-outlet (in case A and case B) or of the vehicle connector (in case C or Mode 2 cable assembly).

The precision of measurements of voltages for this test shall be better than $\pm 0,5$ %.

The voltage measured at the EV supply equipment output shall be as given in Table A.10.

Table A.10 – Parameters of control pilot voltages

	Minimum voltage	Maximum voltage
In state A1 and positive part of PWM signal in state A2	11,4	12,6
In state B1 and positive part of PWM signal in state B2	8,37	9,59
In state C1 and positive part of PWM signal in state C2	5,47	6,53
Negative part of PWM signal in states A2 and B2	-12,6	-11,4

The internal resistor of the EV supply equipment ($R1_{\text{calc}}$) value is calculated by the formula

$$R1_{\text{calc}} = 2\,740 \times (U_{\text{StateA}} - U_{\text{StateB}}) / (U_{\text{StateB}} - 0,7)$$

U_{StateA} and U_{StateB} are the two positive voltage values measured during the test of Table A.10 and $VR2$ is the value of the positive voltage across $R2_{\text{test}}$ in state B.

$R1_{\text{calc}}$ shall be $1\,000 \Omega \pm 3$ %.

A.4.5 Duty cycle test

Duty cycle shall be tested at 5 % (if any), 10 % and the maximum current declared by the EV supply equipment manufacturer (in case the EV supply equipment cannot change the PWM it shall be tested only at the default duty cycle).

$R2_{\text{test}}$ (state Cx), $R2_{\text{test}}$ (state Dx) and $R3_{\text{test}}$ shall be at the nominal value for this test.

The measurement shall be carried out at the contacts CP and PE of the socket-outlet (in case A and case B) or of the vehicle connector (in case C).

The duty cycle shall be evaluated at 0 V crossing.

A.4.6 Pulse wave shape test

The PWM pulse shape shall be within the values indicated in Table A.11.

$R_{2\text{ test}}$ (state Cx), $R_{2\text{ test}}$ (state Dx) and $R_{3\text{ test}}$ shall be at the nominal value for this test.

Table A.11 – Test parameters of control pilot signals

Parameter		Maximum value	Unit
Rise time (10 % to 90 %)	State B	10	µs
	State C	7	µs
	State D ^a	5	µs
Fall time (90 % to 10 %)	States B, C, D ^a	13	µs
NOTE Signals are evaluated for the values of the nominal resistance in the control pilot test circuit in Table A.9.			
^a In case ventilation is supported by the EV supply equipment.			

A.4.7 Sequences test

A.4.7.1 General

This test checks the AC supply and the timing in order to test the operation at the maximum and minimum allowed voltage levels.

These tests verify the operation of the pilot control over a complete cycle using the resistance values defined in Table A.12.

In case the EV supply equipment cannot change the PWM duty cycle, there is no need to meet sequence 6.

For the EV supply all sequences need to be checked with the timing according to Table A.6. A minimum delay of 20 s shall separate the sequences unless a shorter delay is required by Table A.6.

The EV simulator shall wait for at least 20 s in case of a "no max" requirement for the EV before proceeding with the next step.

Unlatching / unlocking of the coupler in the EV supply equipment, if any, needs to take place according to Table A.5.

Four complete standard charging cycles shall be performed using the resistor values indicated in Table A.12. The EV supply equipment shall be deemed to have failed the test if the cycle is not completed.

Table A.12 – Parameters for sequence tests

	$R3_{test} \Omega$	$R2_{test} \Omega$ State Cx	$R2_{test} \Omega$ State Dx	HF voltage
Test 1	4 610	1 723	448	Not present
Test 2	4 610	1 723	448	Present
Test 3	1 870	909	140	Not present
Test 4	1 870	909	140	Present

Resistances tolerance is better than or equal to $\pm 0,2 \%$.

HF voltage test is only required for EV supply equipment designed for digital communication. Lower voltages may apply for EV supply equipment not designed for digital communication systems.

NOTE HF voltage test is under consideration in ISO 15118-3.

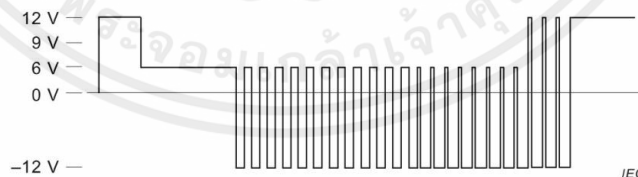
A.4.7.2 Sequence test using the typical control pilot circuit

Figure A.5 shows a charging sequence using the typical control pilot circuit.

Test the EV supply equipment by simulating an EV using the typical control pilot circuit 1.1 --> 3.1 --> 4 --> 7 --> 8.1 --> 4 --> 6 --> 7 --> 8.1 --> 2.1 --> 9.3 as shown in Figure A.5.

**Figure A.5 – Test sequence using a typical control pilot circuit****A.4.7.3 Sequence test using the simplified control pilot circuit**

Test the EV supply equipment by simulating an EV using the simplified control pilot circuit using sequences 1.2 --> 3.2 --> 5 --> 6 --> 2.2 as shown in Figure A.6.

**Figure A.6 – Test sequence using the simplified control pilot circuit****A.4.7.4 Optional testing the EV supply equipment that support grid**

Optional testing the EV supply equipment that support grid management by simulating an EV using the typical control pilot circuit is shown in Figure A.7.

This test is done using the nominal values of R2 (state Cx), R2 (state Dx) and R3 given in Table A.12 using the sequences:

1.1 --> 3.1 --> 4 --> 9.1 --> 10.1 --> 8.2 --> 3.1 --> 4 --> 7 --> 8.1 --> 2.1--> 9.3

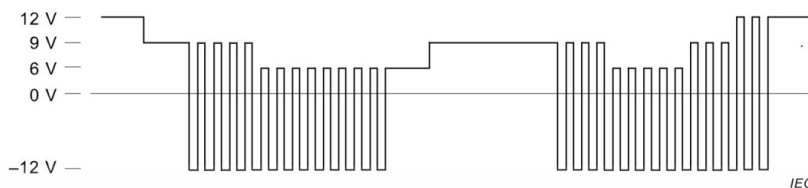


Figure A.7 – Optional test sequence with interruption by EV supply equipment

During sequence 4, go to state E and disconnect the power from the EV supply equipment.

A.4.8 Test of interruption of the protective conductor

The EV supply equipment shall cut off the power in max. 100 ms after the protective conductor is interrupted (test is also a part of Table A.13).

Test shall be initiated in state C or D that has been attained for at least 5 s. A supplementary switching device disconnects the protective conductor between the EV supply equipment and the EV or EV simulator.

A.4.9 Test of short-circuit values of the voltage

This test verifies compliance with the timing requirement of Table A.6 sequence 12.

The test shall be initiated with $R2_{test}$ and $R3_{test}$ at the nominal value. When state C or D has been attained for at least 5 s, a supplementary resistance of 120 Ω is switched to connect between the control pilot conductor and the protective conductor.

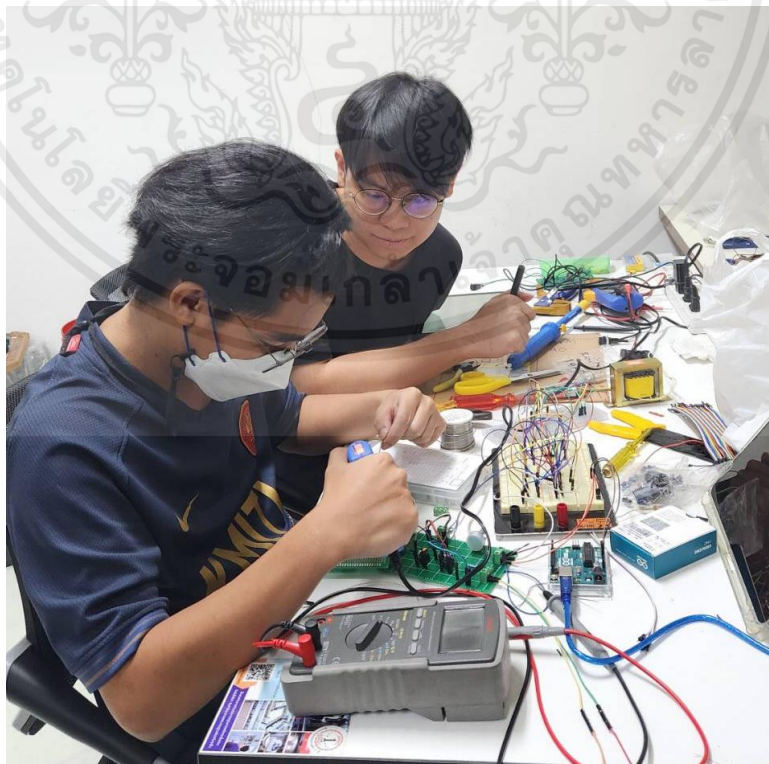
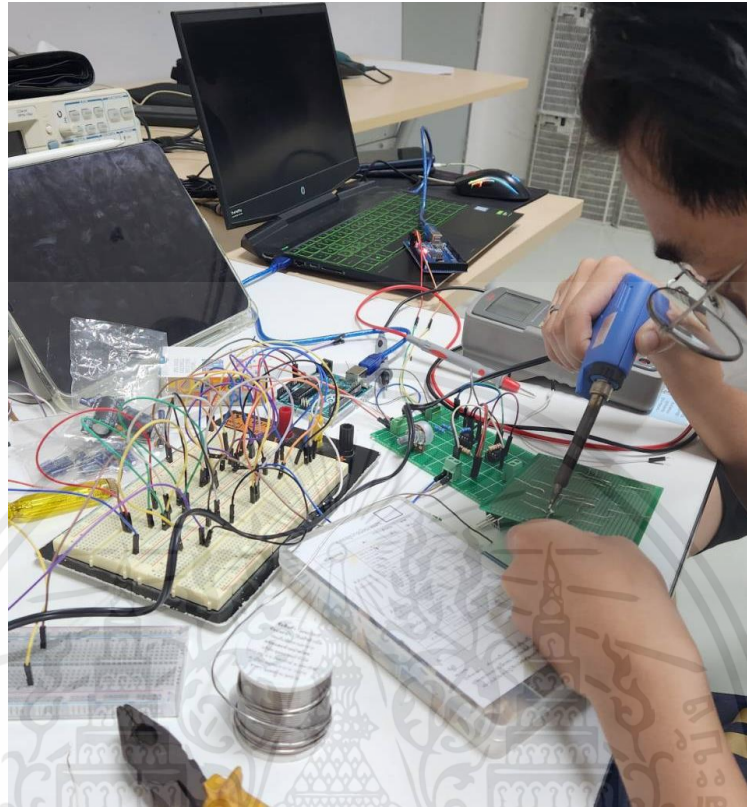
A.4.10 Example of a test simulator of the vehicle (informative)

Figure A.8 gives an example of a possible test circuit that allows the simulation of the electric vehicle during charge. The switching of the resistor values (refer to Table A.12) allows the extreme voltage values to be tested according to Table A.9. The signal generator simulates the presence of an imposed high frequency data carrier.



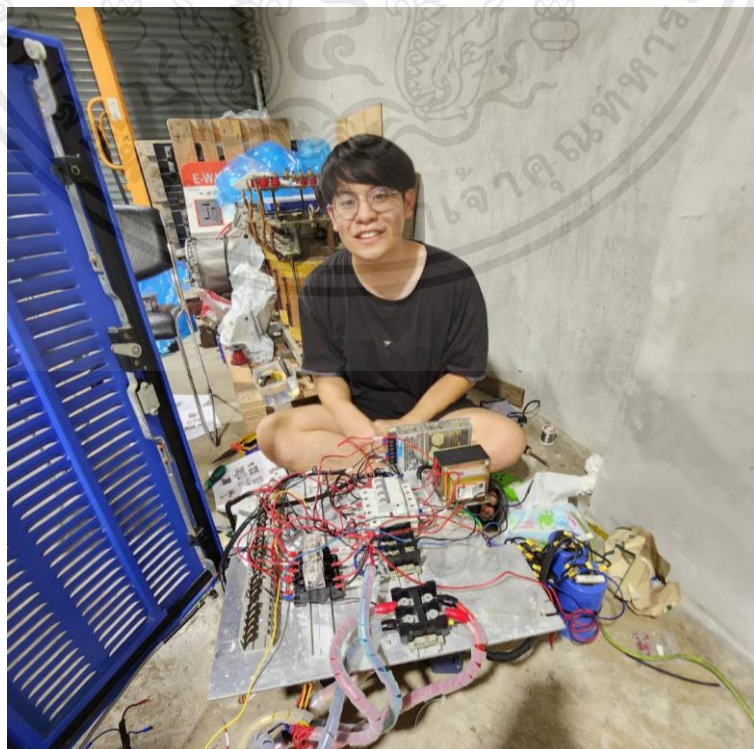
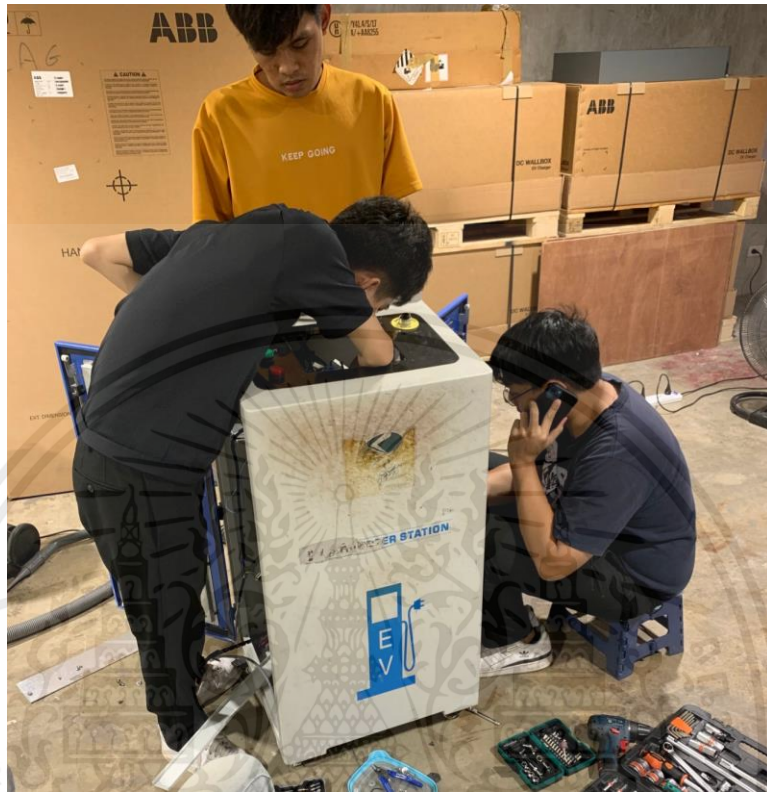
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1 รูปภาพระหว่างการทำงานวงจรจำลอง Communication Board



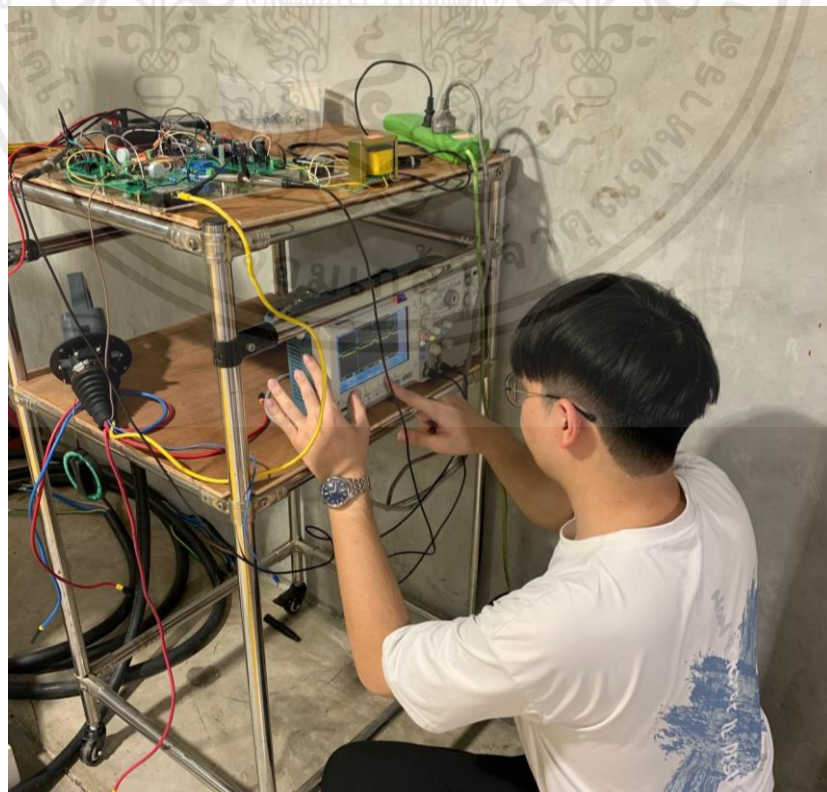
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.2 รูปภาพระหว่างการประกอบอุปกรณ์การจำลองเครื่องชาร์จแบตเตอรี่แบบออนบอร์ดเพื่อทดสอบเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.3 รูปภาพระหว่างการทดสอบการสื่อสารระหว่างเครื่องชาร์จแบตเตอรี่กระแสสลับกับวงจร
ลำลอง Communication Board



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล นาย ชยานนท์ ฉันทวุฒิเศรษฐี
วัน เดือน ปีเกิด 26 สิงหาคม 2544
ที่อยู่ 11/26 หมู่2 ตำบลมหาสวัสดิ์ อำเภอบางกรวย
จังหวัดนนทบุรี 11130
อีเมล 62010171@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 091 557 3507
ประวัติการศึกษา 2561 โรงเรียนโพธิสารพิทยากร
2565 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นาย ณภัทร อังอรุณกร
วัน เดือน ปีเกิด 30 กรกฎาคม 2544
ที่อยู่ 120/49 กาญจนภิเษก005 หลักสอง
บางแค กทม 10160
อีเมล 62010244@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 084 935 6904
ประวัติการศึกษา 2561 โรงเรียนวัดเทพศิรินทร์
2565 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นาย ณภัทร อนูวงศ์นวรรตน์
วัน เดือน ปีเกิด 28 สิงหาคม 2543
ที่อยู่ 234 หมู่บ้านเบญจวรรณ ถ.มาลัยแมน
ต.หนองปากโลง อ.เมือง จ.นครปฐม 73000
อีเมล 62010246@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 092 275 5565
ประวัติการศึกษา 2561 โรงเรียนพระปฐมวิทยาลัย
2565 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง



ชื่อ-นามสกุล นาย ณัชพล สุขสำราญ
วัน เดือน ปีเกิด 9 เมษายน 2544
ที่อยู่ 54/13 หมู่ 14 ต.ท่าไข่ อ.เมืองฉะเชิงเทรา
จ.ฉะเชิงเทรา 24000
อีเมล 62010252@kmitl.ac.th
โทรศัพท์ 094 698 9288
ประวัติการศึกษา 2561 โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์
ฉะเชิงเทรา
2565 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้