บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 บทนำ

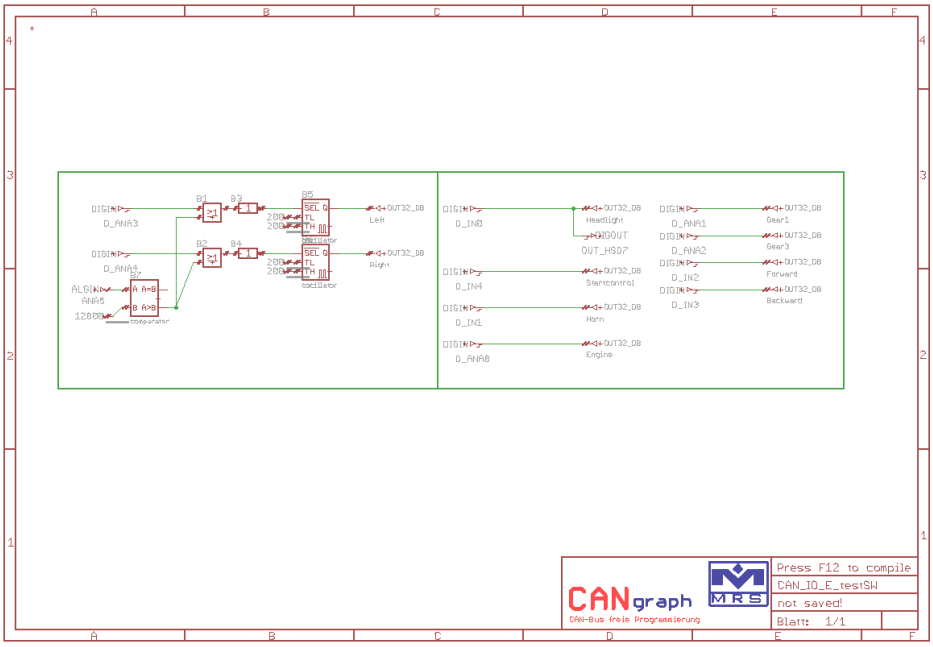
จากวิธีการดำเนินการวิจัยที่ได้กล่าวมา บทนี้จะนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาระบบ CAN BUS ซึ่งทำหน้าที่เป็นระบบสื่อสารหลักระหว่างโมดูลควบคุมต่าง ๆ ภายในระบบควบคุมรถ ATV ที่ถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมและสั่งการ โดยเฉพาะการควบคุมผ่าน CAN I/O PLC ที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลและส่งคำสั่งระหว่างโมดูลต่าง ๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า CAN BUS สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ในรถ ATV ได้อย่างเสถียร โดยระบบสามารถรับส่งข้อมูลระหว่างโมดูลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ซึ่งการสื่อสารผ่าน CAN BUS ช่วยให้การควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในรถ ATV มีความสอดคล้องกัน เช่น ระบบไฟเลี้ยว คันเร่ง และเบรก เป็นต้น นอกจากนี้ การใช้จอ ATD3.5-S3 สำหรับแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ถือเป็นอีกหนึ่งผลลัพธ์ที่สำคัญ เนื่องจากจอนี้ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของระบบได้ตลอดเวลา ข้อมูลที่แสดงผลบนจอประกอบไปด้วยข้อมูลการทำงานของคันเร่ง เบรก โหมดการทำงาน และสัญญาณไฟต่าง ๆ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบและประเมินความพร้อมในการทำงานของระบบได้อย่างทันท่วงที ทั้งนี้ การแสดงผลแบบเรียลไทม์ช่วยให้การวิเคราะห์ปัญหาและความผิดปกติของระบบเป็นไปได้อย่างแม่นยำและมีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นการเพิ่มความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือให้กับระบบควบคุมที่พัฒนาขึ้น

การใช้โปรแกรม MRS Developers Studio ในการพัฒนาและควบคุมระบบ CAN BUS ช่วยให้ระบบตอบสนองคำสั่งได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โปรแกรมนี้ช่วยในการเขียนและปรับแต่งการทำงานของ CAN I/O PLC เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ทั้งการส่งสัญญาณจากสวิตช์และการรับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบ CAN BUS ที่พัฒนาสามารถทำงานร่วมกับ CAN I/O PLC ได้ดี มีความเสถียรและความแม่นยำ การแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ช่วยให้การควบคุมและตรวจสอบทำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีศักยภาพในการนำไปใช้กับยานพาหนะไฟฟ้าดัดแปลงในอนาคต

4.2 การดำเนินงานการเขียนโปรแกรมรถ ATV

ผลการดำเนินงานแสดงให้เห็นถึงความสำเร็จในการติดตั้งและการทำงานของระบบภายในรถ ATV อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นระบบไฟหน้า ไฟเลี้ยว ไฟฉุกเฉิน ระบบเบรก และระบบคันเร่ง

ไฟฟ้า ซึ่งทั้งหมดถูกออกแบบและทดสอบเพื่อให้ตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างดี การควบคุมระบบเหล่านี้ใช้ CAN I/O PLC จำนวน 3 กล่อง โดยแต่ละกล่องมีหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลผ่านระบบ CAN BUS เพื่อสั่งการระบบต่าง ๆ ภายในรถ สำหรับ CAN Database กล่องที่ 1 จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากสวิตช์ควบคุมไปยังกล่องควบคุมอื่น ๆ รายละเอียดการทำงานสามารถดูได้ดังรูปที่ 4.1



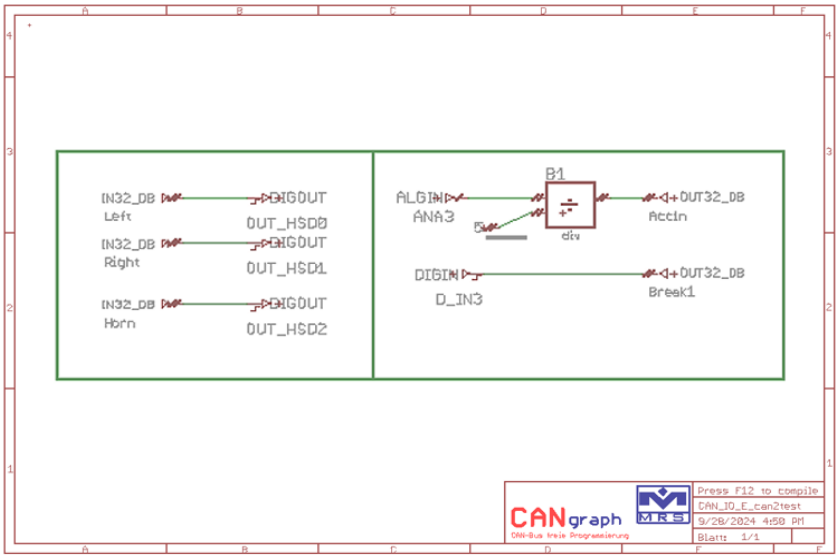
รูปที่ 4.1 CAN I/O กล่องที่ 1

สำหรับการตั้งค่าและการกำหนดพารามิเตอร์ในการเขียนโปรแกรมของตัวควบคุม CAN BUS (รูปที่ 4.1 กล่องควบคุม CAN I/O กล่องที่ 1) การตั้งค่าตัวควบคุม CAN Database สามารถกำหนดได้ตามตารางที่ 4.1 โดยพารามิเตอร์จะถูกกำหนดไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 CAN Database กล่องควบคุมที่ 1

Name	CAN ID [hex]	Extended	Send period max [ms]	Send period min [ms]	DLC	Send	CAN ID mask
SWG1	0x101	1	100	100	8	1	0
SWG2	0x102	1	100	100	8	1	0
CAN Data Points/Define CAN_DP							
Variable name	CAN block name	Bit start	Bit length	Data format			
Left	SWG1	0	1	0			
Right	SWG1	1	1	0			
Headlight	SWG1	2	1	0			
Horn	SWG1	3	1	0			
Engine	SWG2	0	1	0			
Start control	SWG2	1	1	0			
Gear1	SWG2	2	1	0			
Gear3	SWG2	3	1	0			
Forward	SWG2	4	1	0			
Backward	SWG2	5	1	0			

กล่อง CAN I/O ที่ 2 ทำหน้าที่รับสัญญาณไฟเลี้ยวและแสดงผลสัญญาณจากกล่อง CAN I/O ที่ 1 นอกจากนี้ กล่อง CAN I/O ที่ 2 ยังส่งสัญญาณคันเร่งไปแสดงผลที่กล่อง CAN I/O ที่ 3 และ CAN I/O กล่องที่ 2 ยังมีระบบเบรกประมวลผลภายในตัว ผลการเขียนโปรแกรมสำหรับกล่อง CAN BUS ที่ 2 แสดงในรูปที่ 4.2



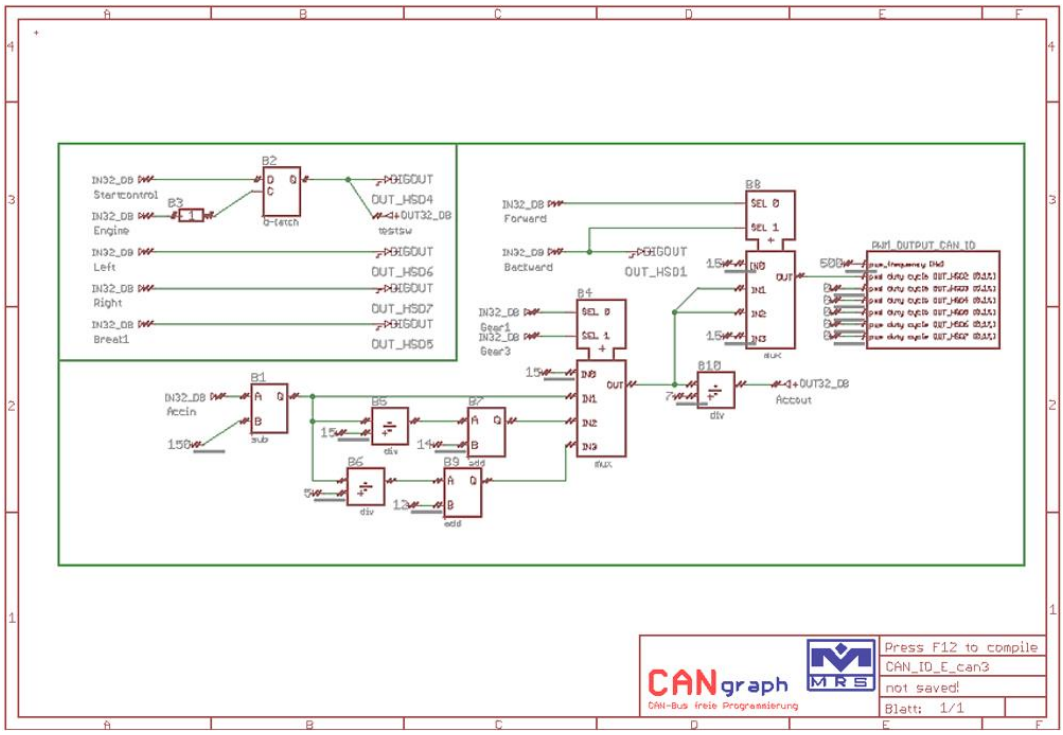
รูปที่ 4.2 CAN I/O กล่องที่ 2

สำหรับการตั้งค่าและการกำหนดพารามิเตอร์ในการเขียนโปรแกรมของตัวควบคุม CAN BUS (รูปที่ 4.2 กล่องควบคุม CAN I/O กล่องที่ 2) การตั้งค่าตัวควบคุม CAN Database สามารถกำหนดได้ตามตารางที่ 4.2 โดยพารามิเตอร์จะถูกกำหนดไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 CAN Database กล่องควบคุมที่ 2

Name	CAN ID [hex]	Extended	Send period max [ms]	Send period min [ms]	DLC	Send	CAN ID mask
SWG1	0x101	1	0	0	8	1	0
ACC	0x102	1	100	100	8	1	0
Break	0x105	1	100	100	8	1	0
CAN Data Points/Define CAN_DP							
Variable name	CAN block name	Bit start	Bit length	Data format			
Left	SWG1	0	1	0			
Right	SWG1	1	1	0			
Accin	ACC	0	10	0			
Horn	SWG1	3	1	0			
Break1	Break	0	1	0			

กล่อง CAN I/O ที่ 3 มีหน้าที่รับและแสดงผลสัญญาณจากกล่อง CAN BUS ที่ 1 ที่เป็นระบบไฟเลี้ยวหลังรถ นอกจากนี้ กล่อง CAN I/O ที่ 3 ยังรับสัญญาณเกียร์เดินหน้าและถอยหลังจากกล่อง CAN I/O ที่ 1 และสัญญาณคันเร่งจากกล่อง CAN I/O ที่ 2 เพื่อนำมาแสดงผลการควบคุมระบบ โดยการเขียนโปรแกรมสำหรับการทำงานนี้แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 CAN I/O กล่องที่ 3

สำหรับการตั้งค่าและการกำหนดพารามิเตอร์ในการเขียนโปรแกรมของตัวควบคุม CAN BUS (รูปที่ 4.3 กล่องควบคุม CAN I/O กล่องที่ 3) การตั้งค่าตัวควบคุม CAN Database สามารถกำหนดได้ตามตารางที่ 4.3 โดยพารามิเตอร์จะถูกกำหนดไว้ดังนี้

ตารางที่ 4.3 CAN Database กล่องควบคุมที่ 3

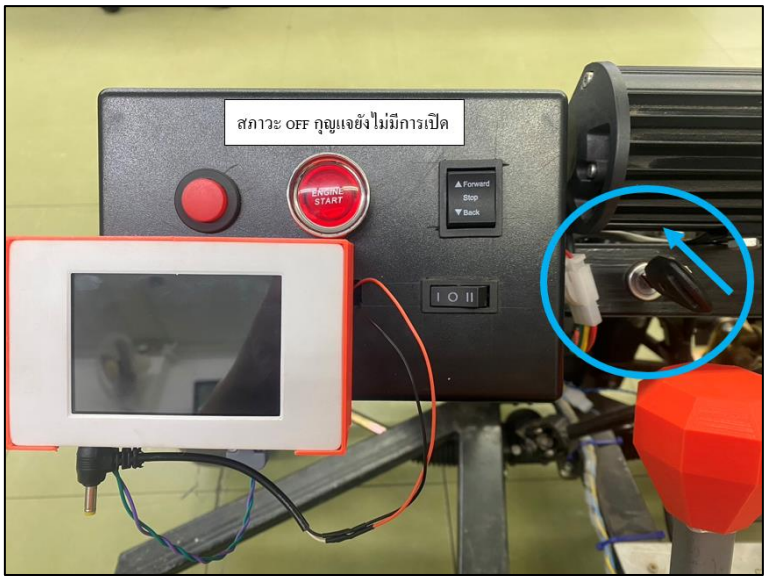
Name	CAN ID [hex]	Extended	Send period max [ms]	Send period min [ms]	DLC	Send	CAN ID mask
SWG1	0x101	1	0	0	8	1	0
ACC	0x103	1	0	0	8	1	0
acc2	0x104	1	100	100	8	1	0
SWG2	0x102	1	0	0	8	1	0
Break	0x105	1	0	0	8	1	0
CAN Data Points/Define CAN_DP							
Variable name	CAN block name	Bit start	Bit length	Data format			
Left	SWG1	0	1	0			
Right	SWG1	1	1	0			
Engine	SWG2	0	1	0			
Accin	ACC	0	10	0			
Startcontrol	SWG2	1	1	0			
Forward	SWG2	4	1	0			
Backward	SWG2	5	1	0			
Account	acc2	0	8	0			
Gear1	SWG2	2	1	0			
Gear3	SWG2	3	1	0			
testsw	acc2	8	1	0			
Break1	Break	0	1	0			

4.3 การเชื่อมต่อระบบ CAN BUS ระหว่างโมดูลต่าง ๆ สำหรับการแสดงผล

ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้เป็นการทดสอบและพัฒนาระบบ CAN BUS ที่ใช้ควบคุมการทำงานของรถ ATV ซึ่งมีการเชื่อมต่อและสื่อสารระหว่างโมดูล CAN I/O PLC และจอแสดงผล ATD3.5-S3 โดยผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

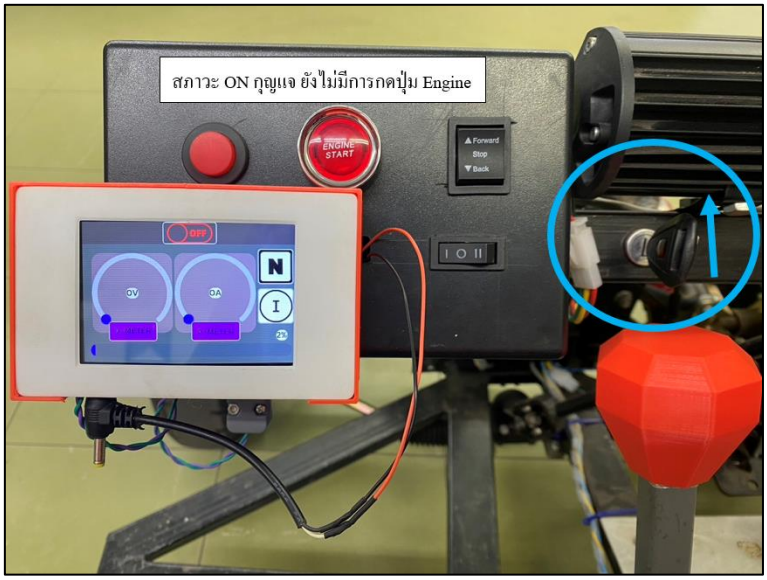
4.3.1 การแสดงผลของ CAN I/O กล่องที่ 1 และหน้าจอแสดงผล

1) สภาวะปิดกุญแจอยู่ในสถานะ OFF หน้าจอแสดงผลจะไม่มีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.4



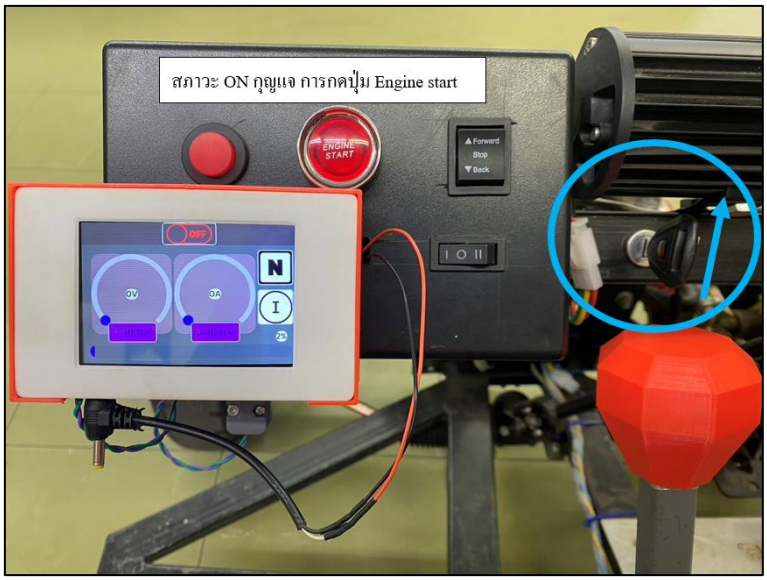
รูปที่ 4.4 สภาวะปิดกุญแจอยู่ในสถานะ OFF

2) สภาวะเปิดกุญแจอยู่ในสถานะ ON แต่ยังไม่มีการกดปุ่ม Engine start จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.5



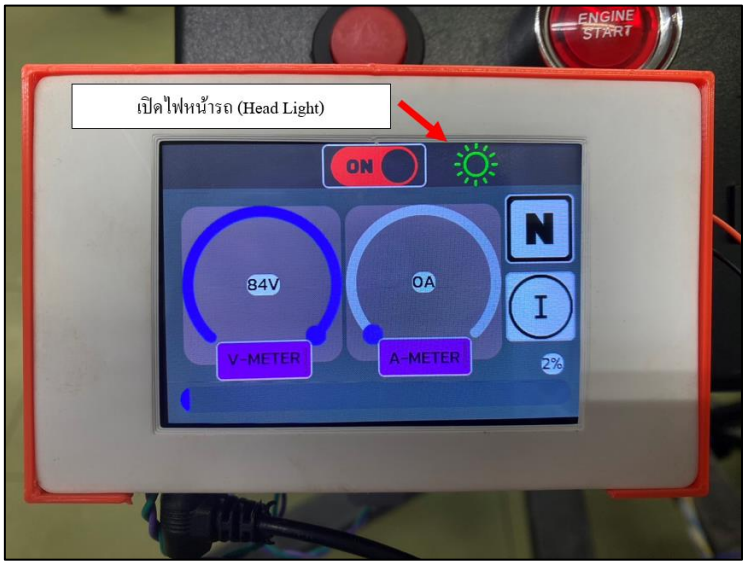
รูปที่ 4.5 สภาวะเปิดกุญแจอยู่ในสถานะ ON แต่ยังไม่มีการกดปุ่ม Engine start

3) สภาวะเปิดกุญแจอยู่ในสถานะ ON มีการกดปุ่ม Engine start จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 สภาวะเปิดกุญแจอยู่ในสถานะ ON มีการกดปุ่ม Engine start

4) สภาวะเปิดไฟหน้ารถ และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 สภาวะเปิดไฟหน้ารถ

5) สภาวะเปิดไฟเลี้ยวซ้าย (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน) และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.8

รูปที่ 4.8 สภาวะเปิดไฟเลี้ยวซ้าย (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน)

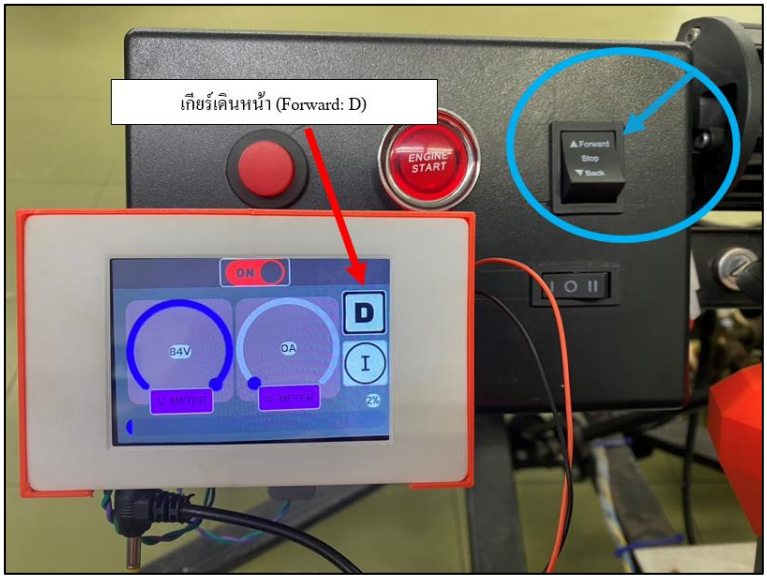
6) สภาวะเปิดไฟเลี้ยวขวา (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน) และแบตเตอรี่เต็ม 84 Vจอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.9

รูปที่ 4.9 สภาวะเปิดไฟเลี้ยวขวา (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน)

7) สภาวะเปิดไฟฉุกเฉิน (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน) และแบตเตอรี่เต็ม 84 Vจอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.10

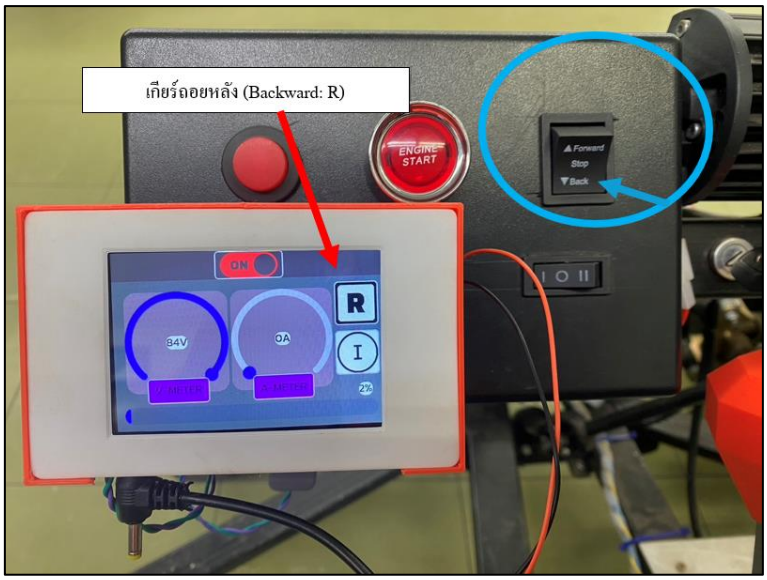
รูปที่ 4.10 สภาวะเปิดไฟฉุกเฉิน (หน้ารถและหลังรถ ทำงานพร้อมกัน)

8) สภาวะกดเกียร์เดินหน้า (Forward: D) และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.11



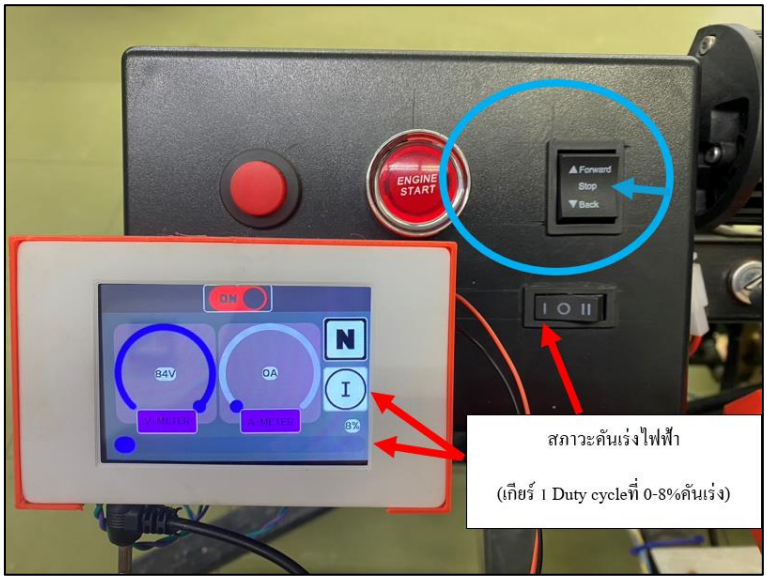
รูปที่ 4.11 สภาวะกดเกียร์เดินหน้า (Forward: D)

9) สภาวะกดเกียร์ถอยหลัง (Backward: R) และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.12



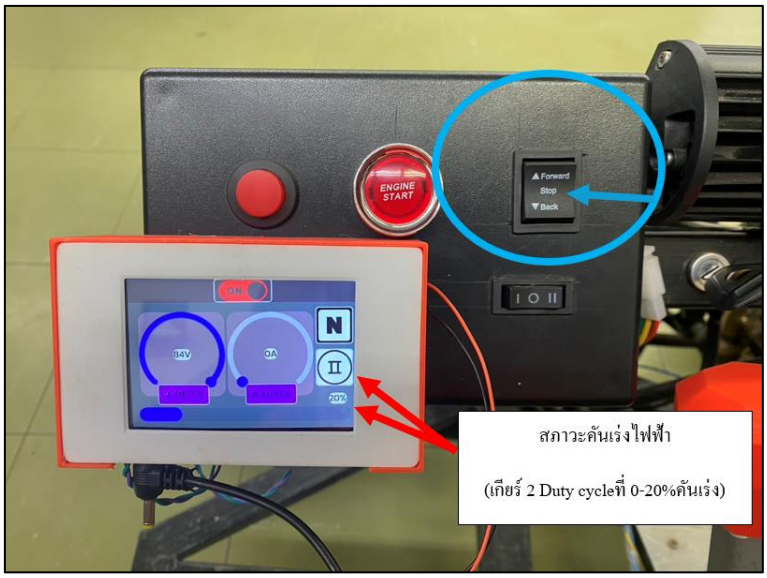
รูปที่ 4.12 สภาวะกดเกียร์ถอยหลัง (Backward: R)

10) สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Eco โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-8% และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.13



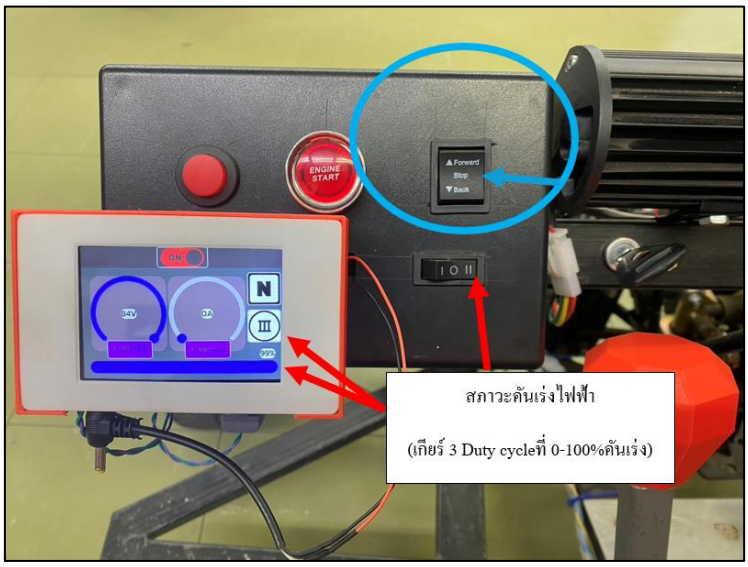
รูปที่ 4.13 สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Eco โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-8%

11) สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Normal โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-20% และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.14



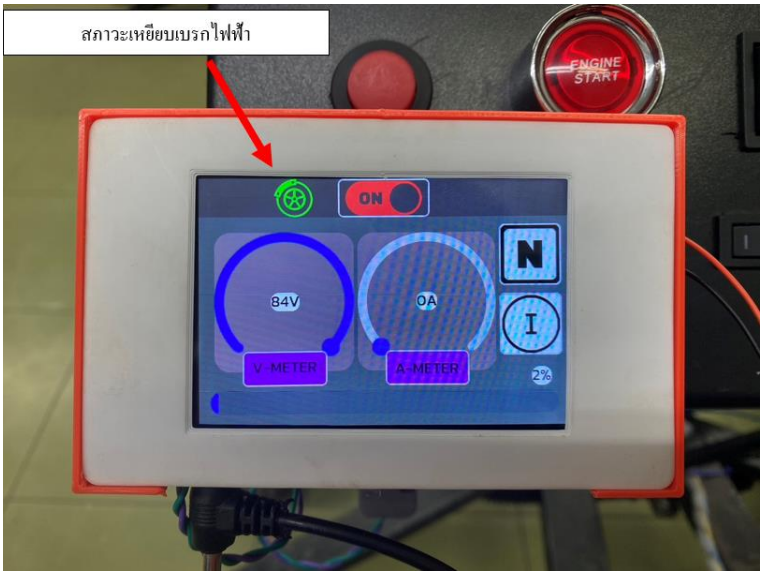
รูปที่ 4.14 สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Normal โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-20%

12) สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Sport โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-100% และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 สภาวะกดเกียร์ว่างในโหมด Sport โดยสภาวะคันเร่งไฟฟ้าอยู่ที่ 0-100%

13) สภาวะเหยียบเบรกไฟฟ้า และแบตเตอรี่เต็ม 84 V จอแสดงผลจะมีการแสดงสถานะ พิจารณาได้จากรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 สภาวะเหยียบเบรกไฟฟ้า

จากการทดสอบระบบ CAN BUS ที่เชื่อมต่อระหว่างโมดูลทั้ง 3 (โมดูลที่ 1, โมดูลที่ 2, และโมดูลที่ 3) พบว่า การส่งสัญญาณระหว่างโมดูลทำงานได้ดี โดยโมดูลที่ 1 ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณจากสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ เช่น สวิตช์กุญแจ, สวิตช์สตาร์ท, และสวิตช์ไฟเลี้ยว สามารถส่งข้อมูลผ่านระบบ CAN BUS ไปยังโมดูลที่ 2 และ 3 ได้อย่างถูกต้อง และโมดูลที่ 2 ส่งสัญญาณคันเร่งและเบรกไปหาโมดูลที่ 3 ได้อย่างถูกต้องเช่นเดียวกัน ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการสั่งงานของคันเร่ง เบรก และการควบคุมไฟเลี้ยว สามารถทำงานร่วมกันได้โดยไม่มีความล่าช้า ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบการสื่อสาร CAN BUS ในรถ ATV ที่พัฒนาขึ้นมีความเสถียรและสามารถใช้งานได้ดีและในการควบคุมการทำงานของรถ ระบบนี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต้องการการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวภายในยานยนต์

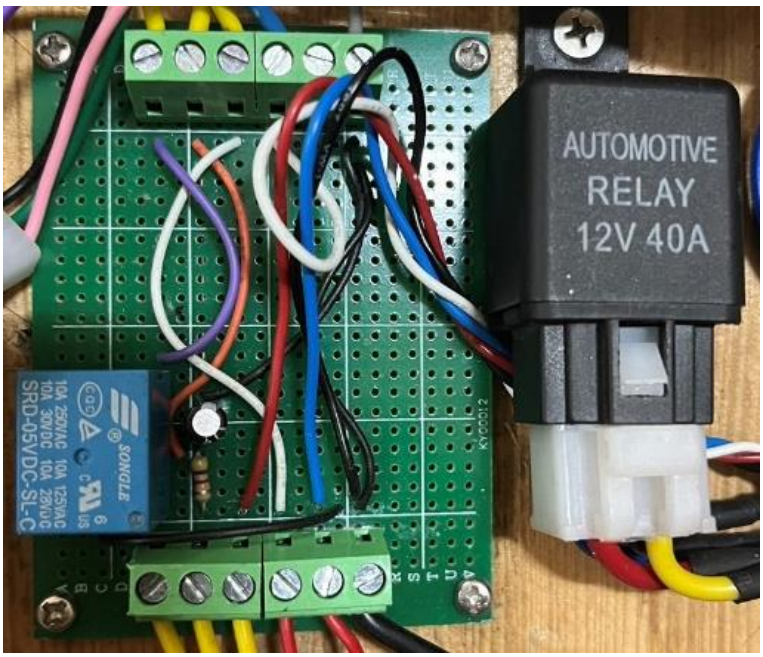
รูปที่ 4.17 โมดูล CAN I/O PLC ที่ 1 และหน้าจอแสดงผล

รูปที่ 4.18 โมดูล CAN I/O PLC ที่ 2 และหลอดไฟเลี้ยวด้านหน้า

รูปที่ 4.19 โมดูล CAN I/O PLC ที่ 3 และหลอดไฟเลี้ยวด้านหลัง

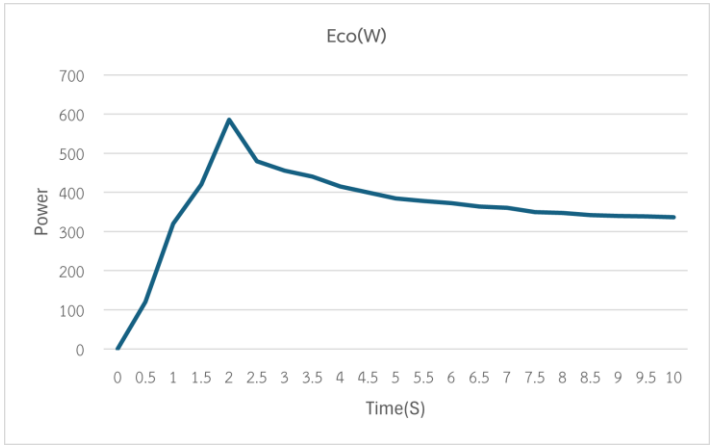
4.4 ประสิทธิภาพการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ในการทดลองส่งสัญญาณจากโมดูลที่ 3 ไปยังกล่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า พบว่าระบบไม่สามารถปรับการทำงานของมอเตอร์ได้โดยตรง เนื่องจากสัญญาณที่ส่งออกมาจากโมดูล CAN I/O PLC เป็นสัญญาณ Pulse Width Modulation (PWM) ซึ่งไม่สามารถสื่อสารกับกล่องคอนโทรลเลอร์มอเตอร์โดยตรง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณ Low Pass Filter (รูปที่ 4.20) เพื่อแปลงสัญญาณ PWM ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกที่สามารถควบคุมกล่องคอนโทรลเลอร์มอเตอร์ได้ หลังจากทำการแปลงสัญญาณแล้ว ระบบสามารถควบคุมคันเร่งและเบรกได้อย่างแม่นยำ และเมื่อทดสอบการทำงานในโหมดต่าง ๆ (Eco, Normal, Sport) พบว่าโหมดการทำงานถูกปรับตามที่กำหนดและระบบตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว การใช้วงจรแปลงสัญญาณจึงช่วยให้ระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าทำงานได้ตามความต้องการและมีประสิทธิภาพ

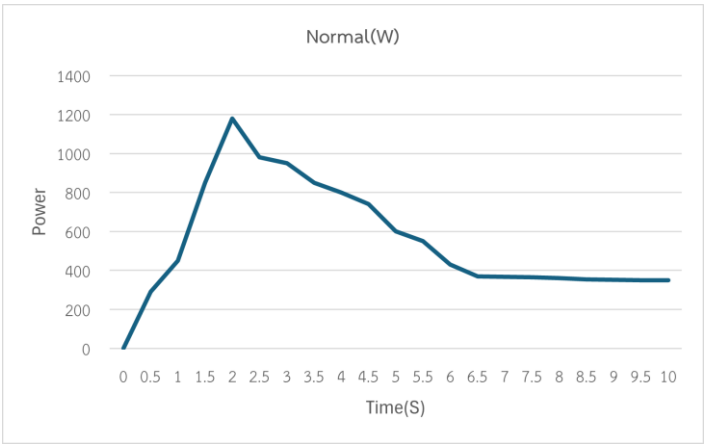


รูปที่ 4.20 วงจรแปลงสัญญาณคันเร่งและสั่งงานควบคุมส่วนต่าง ๆ ภายในรถ

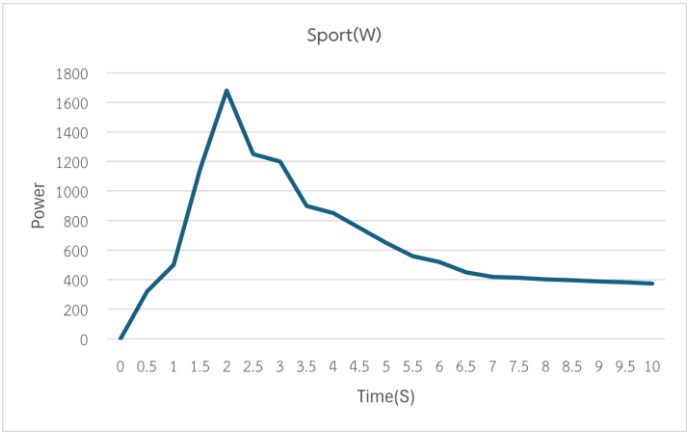
ในการทดสอบกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานในโหมดต่าง ๆ ของรถ ATV ซึ่งประกอบด้วยโหมด Eco, Normal และ Sport พบว่าคุณสมบัติของแต่ละโหมดมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยในโหมด Eco รถสามารถทำความเร็วสูงสุดได้ 17 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ประมาณ 580 วัตต์ ซึ่งแสดงผลการทดสอบในรูปที่ 4.21 สำหรับโหมด Normal พบว่ารถสามารถทำความเร็วสูงสุดได้ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ประมาณ 1,100 วัตต์ ซึ่งแสดงผลการทดสอบในรูปที่ 4.22 ส่วนโหมด Sport รถยังคงมีความเร็วสูงสุดที่ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง เช่นเดียวกับโหมด Normal แต่มีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ประมาณ 1,600 วัตต์ ซึ่งแสดงผลการทดสอบในรูปที่ 4.23 โดยในโหมด Sport นี้ รถจะสามารถเร่งไปถึงความเร็วสูงสุดได้ในระยะเวลาที่สั้นกว่าโหมด Normal



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาในโหมด Eco



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาในโหมด Normal



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงกำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลาในโหมด Sport

4.5 การวิเคราะห์และอภิปรายผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการศึกษาและการทดสอบที่ได้จากการวิจัย พบว่าระบบ CAN BUS ที่ถูกพัฒนาเพื่อควบคุมการทำงานของรถ ATV มีความเสถียรและสามารถสื่อสารระหว่างโมดูลต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การเชื่อมต่อระหว่าง CAN I/O PLC ทั้งสามโมดูลทำงานได้อย่างราบรื่น สัญญาณจากสวิตช์ควบคุมสามารถถูกส่งผ่าน CAN BUS ไปยังโมดูลต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและทันท่วงที โดยเฉพาะในส่วนของการควบคุมคันเร่ง เบรก และไฟเลี้ยว ซึ่งไม่มีความล่าช้าหรือการขาดหายของสัญญาณ ส่งผลให้การทำงานของระบบมีความแม่นยำสูง

ในส่วนของการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า แม้ว่าการสื่อสารระหว่าง CAN I/O PLC และกล่องควบคุมมอเตอร์จะไม่สามารถทำงานได้โดยตรง เนื่องจากสัญญาณ PWM ไม่สามารถสื่อสารกับกล่องควบคุมมอเตอร์ได้ จึงต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณ Low Pass Filter เพื่อแปลงสัญญาณ PWM เป็นสัญญาณอนาล็อก การแปลงสัญญาณนี้ช่วยให้ระบบสามารถควบคุมคันเร่งและเบรกได้อย่างแม่นยำมากขึ้น ซึ่งการตอบสนองในโหมดการทำงานที่แตกต่างกัน (Eco, Normal, Sport) แสดงให้เห็นว่าระบบมีการตอบสนองที่รวดเร็วและแม่นยำ โดยสามารถปรับโหมดการทำงานตามที่กำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการแสดงผลข้อมูลแบบเรียลไทม์บนจอ ATD3.5-S3 พบว่าการแสดงสถานะการทำงานของรถ ATV มีความเสถียรและสามารถตรวจสอบได้อย่างถูกต้อง ข้อมูลที่แสดงผลแบบเรียลไทม์ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามการทำงานของระบบ CAN BUS ได้อย่างรวดเร็ว และสามารถวิเคราะห์หาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ การแสดงผลนี้ยังช่วยเพิ่มความรวดเร็วและความแม่นยำในการควบคุมและปรับปรุงการทำงานของรถ ทำให้การตรวจสอบสถานะต่าง ๆ เป็นไปได้อย่างราบรื่นและสอดคล้องกับการทำงานของระบบโดยรวม

จากการวิเคราะห์ผลที่ได้ แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี CAN BUS, CAN I/O PLC, และการแสดงผลผ่านจอ ATD3.5-S3 นั้นสามารถสนับสนุนการควบคุมการทำงานของรถ ATV ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยให้ระบบมีความเสถียรในการส่งข้อมูล ความแม่นยำในการควบคุม และความสามารถในการตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูลได้แบบเรียลไทม์

สำหรับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าในโหมดการทำงานต่าง ๆ พบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพในการควบคุม ทั้งนี้จากการทดลองพบว่าการเลือกโหมดการทำงานต่าง ๆ มีผลต่อการใช้พลังงานและความเร็วของรถ ATV ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการพัฒนา