บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

4.1 ออกแบบระบบนิวแมติกส์

การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศทำหน้าที่เป็นตัวต้นกำลังให้กับระบบโดยมีอัตราการไหลของอากาศ อยู่ที่ 45 ลิตรต่อนาทีและเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ในแต่ละครั้งนั้นความต้องการอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 0.9708 m^3/s ดังนั้นเครื่องอัดอากาศที่เลือกจึงสามารถใช้งานได้

การเลือกใช้กระบอกสูบนิวแมติกส์เลือกใช้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25 มิลลิเมตร และระยะชักของกระบอกสูบอยู่ที่ 50 มิลลิเมตร เป็นกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทิศทาง โดยติดตั้งเข้ากับชุดคันเกียร์เดิมเพื่อใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ ดังรูปที่ 4.5

จากภาคผนวก ก. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบที่คำนวณได้นั้นเป็นขนาดที่เล็กที่สุดที่สามารถยอมรับได้ในการใช้งาน แต่ไม่สามารถหาซื้อได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดดังที่กล่าวมา

การเลือกใช้โซลีนอยด์วาล์วซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของลมที่ส่งจ่ายไปยังกระบอกสูบโดยใน pneumatic paddle shift gear system นั้นเป็นระบบที่มีการทำงานด้วยกันทั้งหมด 3 จังหวะคือ

1. จังหวะปิดคือไม่มีการสั่งจ่ายลม
2. จังหวะในการสั่งจ่ายลมเพื่อดันกระบอกสูบออก
3. จังหวะในการสั่งจ่ายลมเพื่อดึงกระบอกสูบเข้า

ดังนั้นในการเลือกใช้โซลีนอยด์วาล์ว จึงเลือกใช้แบบ 5/3 ปกติปิด มาใช้งานเพราะเหมาะสมที่สุด

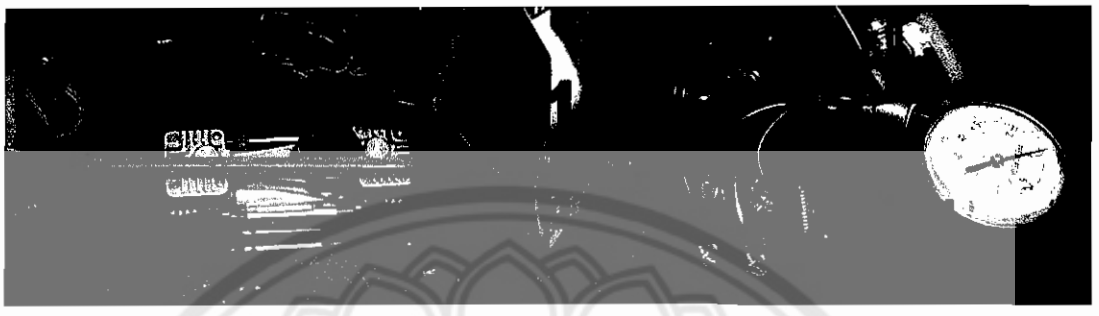
สวิตช์ควบคุมการทำงานของโซลีนอยด์วาล์วซึ่งเป็น limited switch แบบปกติปิดทำหน้าที่ควบคุมการสั่งจ่ายลมของโซลีนอยด์วาล์ว

4.2 การจัดสร้างและติดตั้งระบบนิวแมติกส์

การติดตั้งระบบนิวแมติกส์

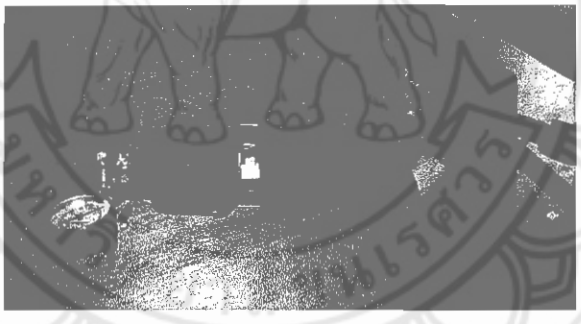
1. การติดตั้งเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบและสวิตช์ควบคุมความดัน โดยการใช้สวิตช์ควบคุมความดันทำการต่อวงจรไฟฟ้าให้เครื่องอัดอากาศทำงานเมื่อความดันภายในถังลดลงน้อยกว่าความดันที่ตั้งไว้ และตัดวงจรไฟฟ้าให้เครื่องอัดอากาศหยุดทำงานเมื่อ

ความดันภายในถังถึงหรือมากกว่าความดันที่ตั้งไว้ จากรูปที่ 4.1 โดยจุดที่ 1 และ 2 คือจุดที่ต่อไปยังแบตเตอรี่ และจุดที่ 3 และ 4 คือจุดที่ต่อเข้ากับเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 4.1 การติดตั้งปั๊มอัดลมและวาล์วควบคุมแรงดัน

2. ต่อท่อลมจากปั๊มลมไปยังถังเก็บลม โดยลมจากถังเก็บลมจะถูกแยกโดยข้อต่อ 4 ทิศทางซึ่งจะแยกไปเข้าเกจวัดแรงดัน, วาล์วควบคุมแรงดัน, วาล์วควบคุมทิศทาง

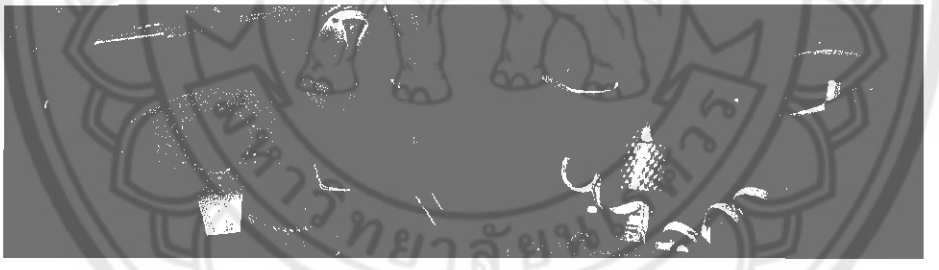


รูปที่ 4.2 การติดตั้งท่อส่งลมจากปั๊มมายังถังเก็บลม

3. การติดตั้งท่อส่งลมจากถังเก็บลมมายังวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว) โดยลมอัดจากถังเก็บลมจะถูกส่งเข้ามาทางช่องที่ 1 และลมอัดจะถูกส่งออกไปทางช่องที่ 2 และ 3 โดยการควบคุมของสวิตช์ควบคุมโซลีนอยด์วาล์ว โดยสวิตช์ควบคุมของโซลีนอยด์นั้นจะต่อเข้ากับโซลีนอยด์ทั้งสองข้างของโซลีนอยด์วาล์ว ดังรูปที่ 4.3

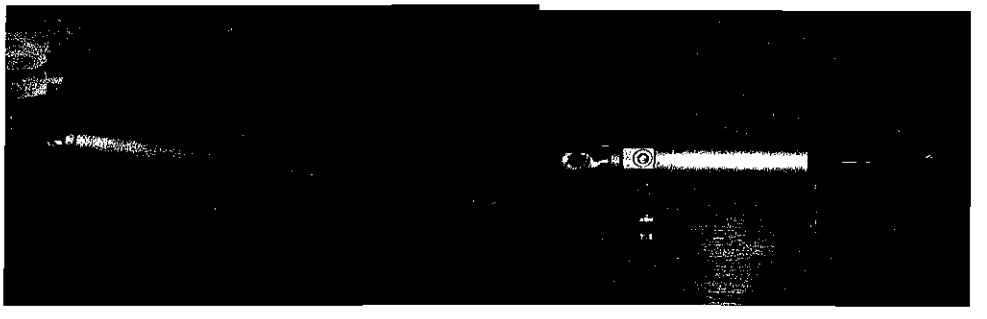
รูปที่ 4.3 การติดตั้งท่อส่งลมจากถังเก็บลมมายังวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว)

4. การติดตั้งสวิตช์เพื่อใช้สั่งการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว) โดยการต่อสายไฟจากแบตเตอรี่ขั้วลบมาเข้าที่ขั้วลบของวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว) จากนั้นต่อสายไฟจากขั้วบวกของแบตเตอรี่มาเข้าที่สวิตช์ควบคุมการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว) จากนั้นต่อสายไฟจากสวิตช์ไปยังขั้วบวกของวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว) ทั้งสองข้าง

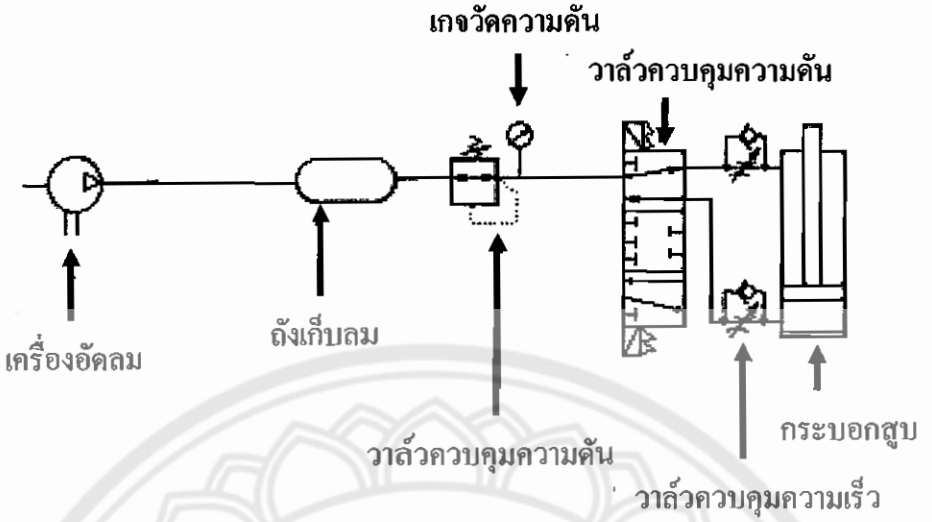


รูปที่ 4.4 การติดตั้งสวิตช์เพื่อใช้สั่งการทำงานของวาล์วควบคุมทิศทาง (โซลีนอยด์วาล์ว)

5. การติดตั้งกระบอกสูบ โดยการต่อชุดกระบอกสูบเข้ากับชุดคันโยกของเกียร์



รูปที่ 4.5 การติดตั้งกระบอกสูบ



รูปที่ 4.6 แผนผังระบบนิวเมติกส์

4.3 ขั้นตอนการทดสอบของ Pneumatic paddle shift gear system ใน TSAE Student Formula car 2009

ในการทำโครงงานนี้จะทำการทดสอบ 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งทำการทดสอบในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์โดยใช้คันโยก และส่วนที่สองทำการทดสอบในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์ โดยรอบในการทำงานของเครื่องยนต์ Kawasaki ZX636 ที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ที่ดีที่สุดนั้นจะอยู่ที่ตำแหน่ง Max Torque คือ 11,000 รอบต่อนาที แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านและความปลอดภัยในการทำการทดสอบ ทางคณะผู้จัดทำจึงเลือกรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งของเกียร์อยู่ที่ 6,000 รอบต่อนาทีเนื่องจากเป็นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่เมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์แล้วไม่ทำให้รอบการทำงานของเครื่องยนต์ต่ำจนเกินไป และในส่วนของการวิเคราะห์ผลการทดสอบจะนำผลการทดสอบทั้ง 2 ระบบมาทำการมาวิเคราะห์ทางหลักสถิติโดยสมการที่นำมาวิเคราะห์นั้นคือสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและสหสัมพันธ์ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์

4.3.1 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบระบบที่ใช้ในการควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์นั้นจะใช้เงื่อนไขในการทดสอบที่เหมือนกันทั้ง 2 ระบบ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

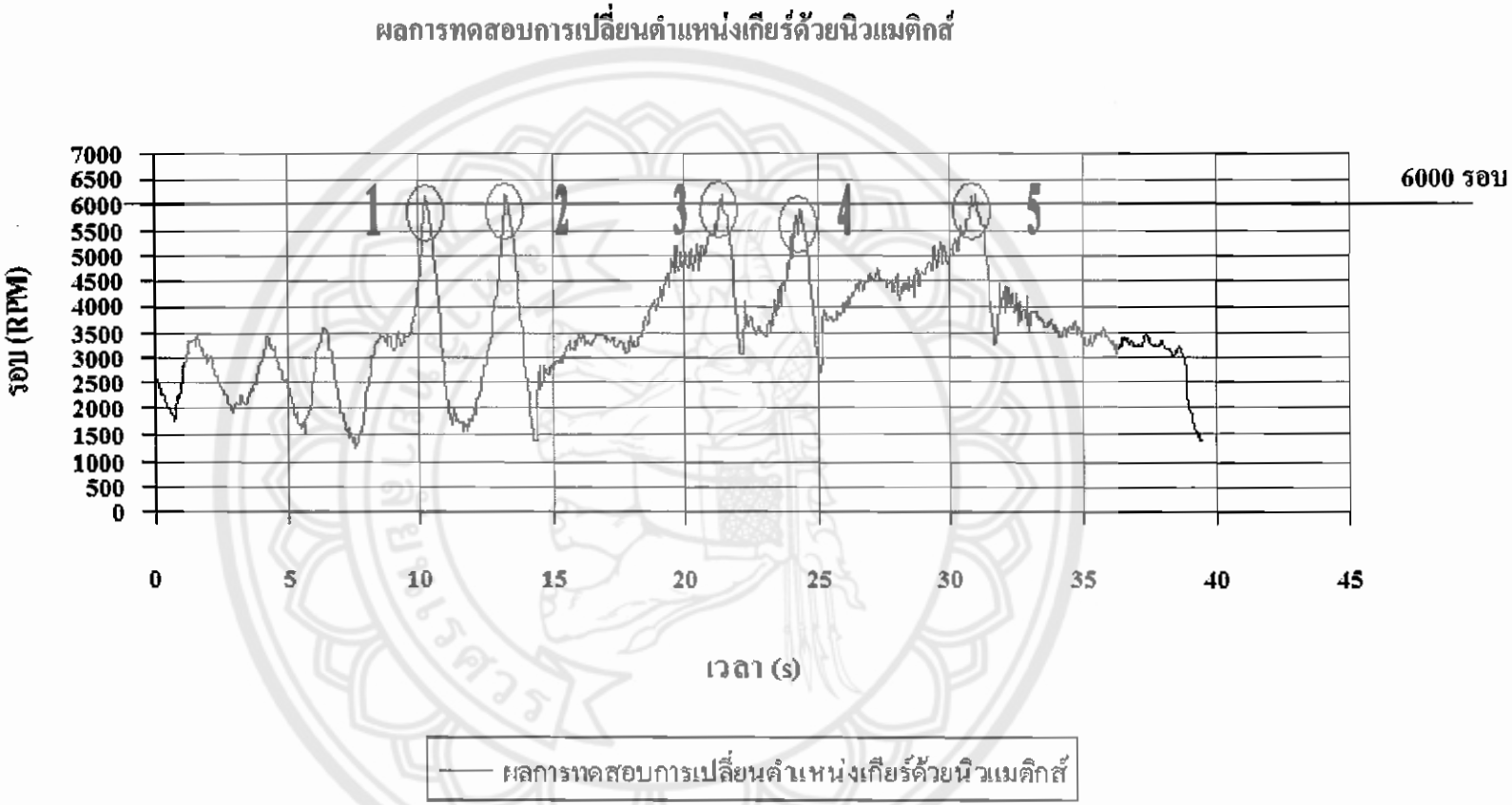
- ต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับกล่อง Electronic Control Unit (ECU)

- เปิดเครื่องมือวัดรอบและบันทึกเวลา (data logger) ป้อนวันที่ เวลา ที่ทำการทดสอบและเวลาที่ทำการบันทึก โดยบันทึกข้อมูลรอบการทำงานของเครื่องยนต์และเวลาในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์
- ทำการทดสอบการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์
- เมื่อทำการทดสอบเสร็จแล้ว ให้หยุดการวัดรอบและการบันทึกเวลาที่เครื่องวัดรอบและบันทึกเวลา ทำการเก็บข้อมูลและบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการถ่ายโอนข้อมูลจากเครื่องมือวัดรอบและบันทึกเวลา (data logger) ไปยังคอมพิวเตอร์นำข้อมูลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์ผล เพื่อหาเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์

4.4 ผลของการทดสอบการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์

ในการศึกษาผลของการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์จะวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือวัดรอบการทำงานของเครื่องยนต์และบันทึกเวลา (data logger) เก็บข้อมูลการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ของทั้ง 2 ระบบ

จากกราฟที่ 4.1 และกราฟที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้จากการทดสอบนั้นรอบการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ในแต่ละครั้งจะมีความคลาดเคลื่อนไปจากรอบที่กำหนดไว้ คือ 6000 รอบต่อนาทีโดยค่าความคลาดเคลื่อนนั้นจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบหาเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ของทั้งสองระบบ



กราฟที่ 4.1 แสดงผลโดยใช้เครื่องมือวัดรอบการทำงานของเครื่องยนต์และบันทึกเวลา (data logger) เก็บข้อมูลของการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์

กราฟที่ 4.2 แสดงผลโดยใช้เครื่องมือวัดรอบการทำงานของเครื่องยนต์และบันทึกเวลา (data logger) เก็บข้อมูลของการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยก

การวิเคราะห์ทางหลักสถิติโดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและสหสัมพันธ์

โดยการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องยนต์และเวลาด้วย data logger จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางหลักสถิติ

จากการวิเคราะห์ทางหลักสถิติโดยสมการถดถอยเชิงเส้นตรงและสหสัมพันธ์จะได้ผลการทดสอบดังตาราง 4.1 และตาราง 4.2

ผลการทดสอบ

ตารางที่ 4.1 แสดงเวลาการตอบสนองของคนขับในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์นิวแมติกส์

การเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ (ครั้งที่)	ตำแหน่งเกียร์	เวลา (วินาที)
1	1 → 2	0.56
2	2 → 3	0.63
3	3 → 4	0.64
4	4 → 5	0.66
5	5 → 6	0.77

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาในการตอบสนองของคนขับในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์และรอบที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์โดยผลจากการทดสอบพบว่าช่วงในการเปลี่ยนตำแหน่งของครั้งที่ 1 นั้นใช้เวลาน้อยที่สุดโดยเวลาในแต่ละครั้งของการเปลี่ยนเกียร์นั้นจะมีความคลาดเคลื่อนเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นผลมาจากความล่าช้าของผู้ขับขี่

ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาการตอบสนองของคนขับในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยก

การเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ (ครั้งที่)	ตำแหน่งเกียร์	เวลา (วินาที)
1	1 → 2	0.79
2	2 → 3	0.64
3	3 → 4	0.70
4	4 → 5	0.86
5	5 → 6	0.86

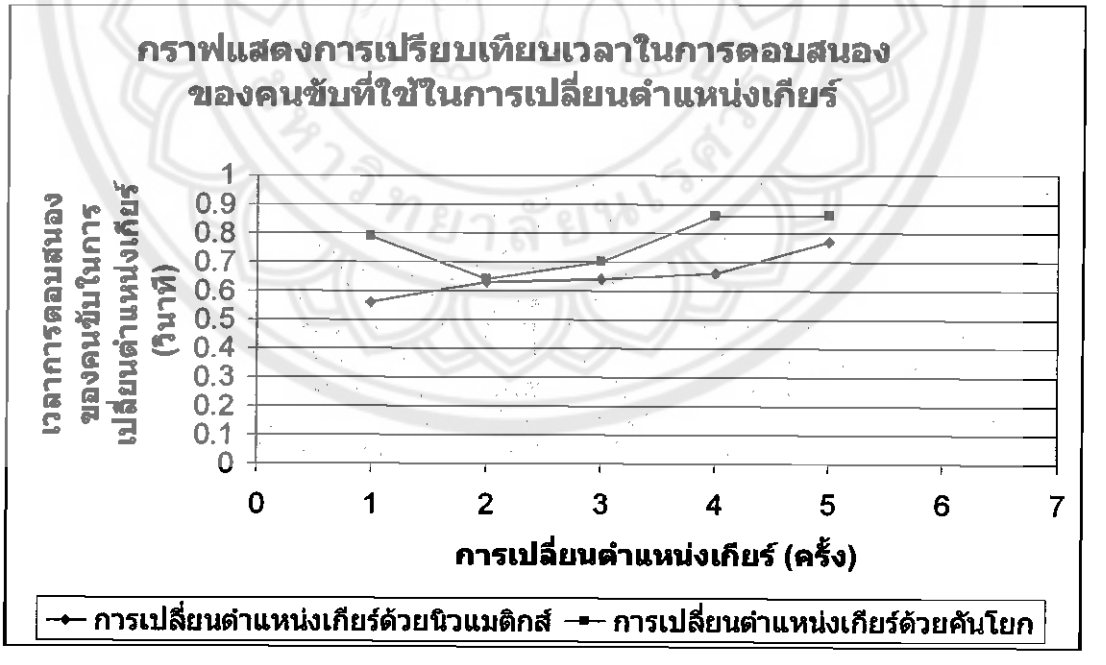
จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นถึงช่วงเวลาการตอบสนองของคนขับในในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์และรอบที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์โดยผลจากการทดสอบพบว่าช่วงในการเปลี่ยนตำแหน่งของเกียร์นั้นเวลาที่ใช้ของแต่ละเกียร์จะมีความคลาดเคลื่อนมากซึ่งเป็นผลมาจาก

การที่ผู้ขับขี่ต้องใช้มือมาดันคันโยกเมื่อรอบการทำงานถึงรอบที่กำหนดไว้คือ 6000 รอบต่อนาที จึงทำให้เกิดความล่าช้าขึ้น

4.5 เปรียบเทียบผลการทำงานระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยกและการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์

ในการศึกษาผลการทำงานระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยมือและการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์ ทำการทดลองโดยแบ่งเป็น 2 ระบบ คือ 1. ระบบการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยก , 2. ระบบการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์ ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวัดรอบการทำงานของเครื่องยนต์และบันทึกเวลา (data logger) มาทำการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ของทั้ง 2 ระบบ โดยนำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟจะได้ดังกราฟที่ 4.3

4.5.1 ผลการทำงานระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์คันโยกและการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์



กราฟที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์

โดยกราฟ 4.3 แสดงให้เห็นผลการทำงานของเวลาในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยก และด้วยนิวแมติกส์ จะเห็นว่าเวลาในการตอบสนองของคนขับที่ใช้ในการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยนิวแมติกส์นั้นใช้เวลาเร็วกว่าการเปลี่ยนตำแหน่งเกียร์ด้วยคันโยก