

บทที่ 3

การออกแบบโครงสร้างทางกล วงจรไฟฟ้า และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างทางกายภาพ และโปรแกรมการควบคุมที่เชื่อมโยงโครงสร้างทางกายภาพกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านโปรแกรม LabVIEW โดยเริ่มต้นจากการอธิบายรายละเอียดเป็นหัวข้อๆ ตามลำดับดังนี้

1. โครงสร้างทางกล
2. วงจรไฟฟ้า (วงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC และวงจรตรวจวัด)
3. โปรแกรม LabVIEW (ที่ใช้ควบคุมการอัดประจุ และแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์)

3.1 โครงสร้างทางกล

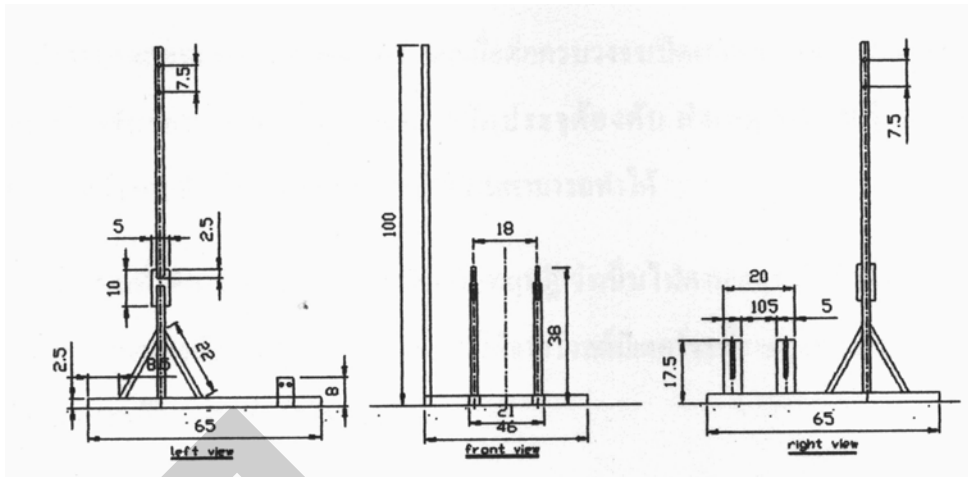
โครงสร้างทางกลคือ การประกอบอุปกรณ์แต่ละส่วนให้เป็นชิ้นผลงานรวมที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจากการปั่นจักรยานของมนุษย์ให้อยู่ในรูปของพลังงานไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วย

1. รถจักรยานไม่มีเกียร์ทดขนาดล้อ 24 นิ้ว
2. อัลเตอเนเตอร์ ชนิด 3 phase alternating current commutating, 12 V 45 A
3. แบตเตอรี่รุ่น 12 V 12 Ah/20 Hr
4. ตัวตรวจวัดความเร็วรอบรุ่น 200ASKS5VM
5. ฐานโครงเหล็กที่ยึดอุปกรณ์แต่ละส่วน

แบบการสร้างฐานโครงเหล็กที่ยึดอุปกรณ์แต่ละส่วนอย่างคร่าวๆ แสดงดังรูปที่ 3.1 [6] เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับฐานโครงเหล็กที่ยึดอุปกรณ์แต่ละส่วนแล้วเสร็จ จะได้โครงสร้างทางกลแสดงดังรูปที่ 3.2

ล้อรถจักรยานกับล้อหมุนของตัวตรวจวัดมีอัตราทดรอบเป็น 1 ต่อ 64 และตัวตรวจวัดความเร็วจะกำเนิดสัญญาณพัลส์ 200 พัลส์ต่อ 1 รอบการหมุน ดังนั้นเมื่อล้อหมุน 1 รอบจะเกิดสัญญาณพัลส์ 12800 พัลส์ จากการวัดสัญญาณพัลส์ในช่วงเวลา 1 วินาที จึงสามารถนำมาคำนวณความเร็วได้ดังสมการ (3-1)

$$\text{speed (km/h)} = (\text{number of pulse}) * 5.4 * 10^{-4} \quad (3-1)$$



รูปที่ 3.1 แบบการสร้างฐานโครงเหล็ก [6]



รูปที่ 3.2 โครงสร้างทางกลเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับฐานโครงเหล็ก

ในรูปที่ 3.2 คือโครงสร้างทางกลเมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับฐานโครงเหล็กเรียบร้อยแล้ว สามารถแบ่งพิจารณาส่วนประกอบต่างๆ ได้ดังนี้

หมายเลข 1 คือ รถจักรยาน

หมายเลข 2 คือ วงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC

หมายเลข 3 คือ คอมพิวเตอร์

หมายเลข 4 คือ อัลเตอเนเตอร์

หมายเลข 5 คือ แบตเตอรี่

หมายเลข 6 คือ ตัวตรวจวัดความเร็วรอบ

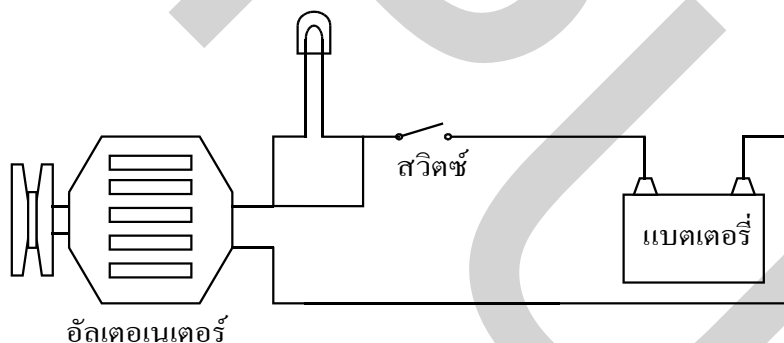
3.2 วงจรไฟฟ้า

ในส่วนแรกจะกล่าวถึงวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC ก่อน และต่อจากนั้นจะอธิบายวงจรตรวจวัดที่ใช้ในโครงการนี้

การคำนวณค่าอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC มีรายละเอียดดังนี้ เมื่อกำหนดให้

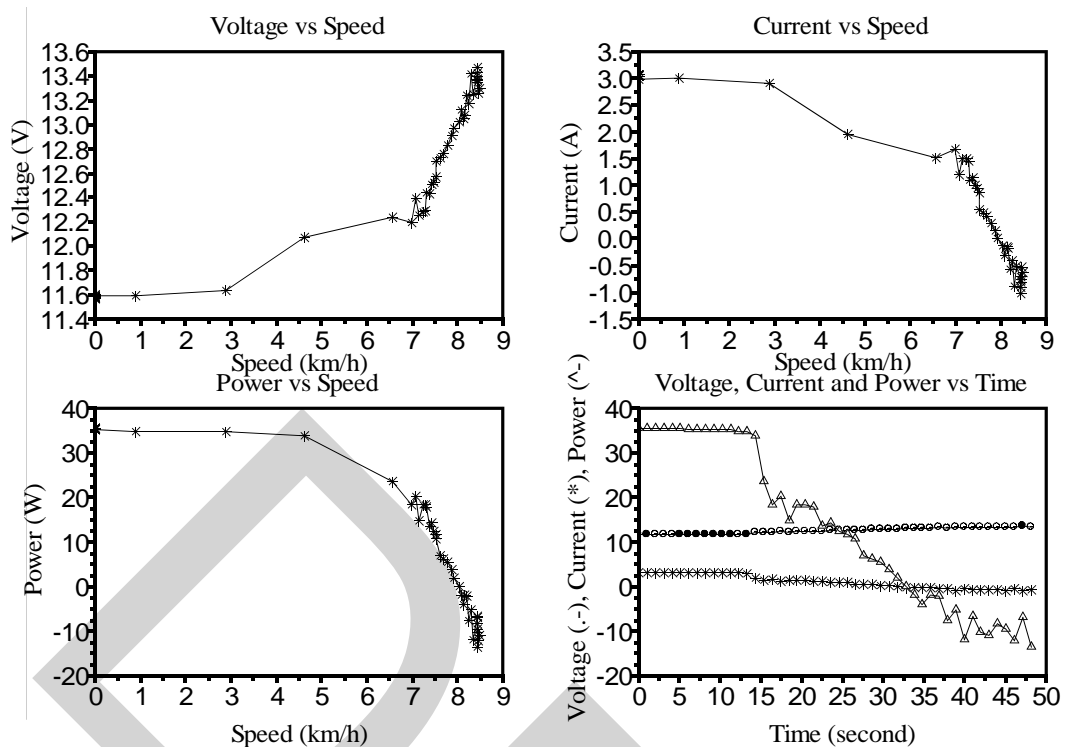
ตัวแปร	สัญลักษณ์	ค่าที่ใช้	หน่วย
กำลังสูงสุดที่จ่ายได้*	P_{MAX}	13.59	W
แรงดันที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด*	V_{MPP}	13.46	V
กระแสที่จุดจ่ายกำลังสูงสุด*	I_{MPP}	1.01	A

หมายเหตุ * คือค่าที่วัดได้จากทดสอบการทำงานแบบต่อตรง (ต่ออัลเตอเนเตอร์ดังรูปที่ 3.3) โดยเลือกความเร็ว 8.4 km/h เป็นความเร็วที่สูงที่สุดสำหรับการปั่นจักรยาน สำหรับข้อมูลการปั่นจักรยานที่ความเร็วประมาณ 0 – 8.4 km/h (ดูรายละเอียดได้จากรูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.3 การต่ออัลเตอเนเตอร์ตรงเข้ากับแบตเตอรี่

ในหัวข้อนี้จะแสดงการคำนวณ และเลือกขนาดอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่ใช้ในวงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC จากสมการในหัวข้อ 2.2 (วงจรแปลงผันกระแสตรงแบบ SEPIC) ซึ่งเป็นการประมาณค่าของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอย่างคร่าวๆ (ดูตารางที่ 3.1)



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว, แรงดัน กระแส, กำลัง และเวลา
ของวงจรการต่อดังรูปที่ 3.3

กำลังที่แบตเตอรี่จ่ายเลี้ยงอัลเตอเนเตอร์ตอนเริ่มต้นอยู่ที่ 35.55 W (ใช้สำหรับการสร้างสนามแม่เหล็กในขดลวดโรเตอร์) และเมื่อปั่นจักรยานที่ความเร็วมากขึ้นจะทำให้กำลังที่แบตเตอรี่จ่ายเลี้ยงอัลเตอเนเตอร์มีค่าลดลงเรื่อยๆ จนเริ่มกลับทาง (อัลเตอเนเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้และจ่ายให้แบตเตอรี่) ที่ความเร็วประมาณ 8 km/h ดังนั้นเมื่อพิจารณากำลังที่ความเร็ว 8.4 km/h สามารถกล่าวได้ว่าอัลเตอเนเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ เท่ากับกำลังที่แบตเตอรี่จ่ายเลี้ยงอัลเตอเนเตอร์ตอนเริ่มต้นบวกด้วยกำลังที่อัลเตอเนเตอร์อัดประจุเข้าแบตเตอรี่ ($35.55 + 13.59 = 49.14$ W) แต่เพื่อให้พิจารณากำลังที่อัลเตอเนเตอร์ผลิตได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว จึงขอใช้กำลังที่อัลเตอเนเตอร์อัดประจุเข้าแบตเตอรี่เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อใช้ในวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบผลการทดลองในแต่ละรูปแบบของการต่อวงจร

ดังนั้นจากรูปที่ 3.4 ความเร็วเกิน 8 km/h กำลังที่แบตเตอรี่มีค่าติดลบซึ่งแสดงว่าอัลเตอเนเตอร์ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้และจ่ายให้กับแบตเตอรี่ พลังงานสูงสุดที่อัลเตอเนเตอร์ผลิตได้ คือ 13.59 W ที่ความเร็ว 8.4 km/h

ตารางที่ 3.1 การประมาณค่าของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอย่างคร่าวๆ

สมการ	แทนค่าลงในสมการ	ผลลัพธ์ที่ได้
$I_i = \frac{P_i}{V_i}$	$I_i = \frac{13.59}{13.46}$	$I_i = 1.01 \text{ A}$
$I_o = \frac{P_o}{V_o}$	$I_o = \frac{13.59}{12.0}$	$I_o = 1.13$
$R = \frac{V_o^2}{P_o}$	$R = \frac{12.0^2}{13.59}$	$R = 10.59$
$M = \frac{V_o}{V_i}$	$M = \frac{12.0}{13.46}$	$M = 0.89$
$D = \frac{M}{M+1}$	$D = \frac{0.89}{0.89+1}$	$D = 0.47$
$L_{ic} = \left[\frac{1}{2fs(M^2 + M)} \right] R_L$	$L_{ic} = \left[\frac{10.59}{2(15000)(0.89^2 + 0.89)} \right]$	$L_{ic} = 0.21 \text{ mH}$
$L_{oc} = \left[\frac{1}{2fs(M+1)} \right] R_L$	$L_{oc} = \left[\frac{10.59}{2(15000)(0.89+1)} \right]$	$L_{oc} = 0.18 \text{ mH}$
$L_i = \frac{V_i * D}{\Delta I_{Li} * fs}$	$L_i = \frac{13.46 * 0.47}{0.1 * 1.01 * 15000}$	$L_i = 4.17 \text{ mH}$
$L_o = \frac{V_i * D}{\Delta I_{Lo} * fs}$	$L_o = \frac{13.46 * 0.47}{0.1 * 1.13 * 15000}$	$L_o = 3.73 \text{ mH}$
$C_t = \frac{I_o * \sqrt{M} * D}{0.05 * V_i * fs}$	$C_t = \frac{1.13 * \sqrt{0.89} * 0.47}{0.05 * 13.46 * 15000}$	$C_t = 49.63 \text{ }\mu\text{F}$
$C_o = \frac{I_o * \sqrt{M} * D}{0.05 * V_o * fs}$	$C_o = \frac{1.13 * \sqrt{0.89} * 0.47}{0.05 * 12 * 15000}$	$C_o = 55.67 \text{ }\mu\text{F}$
$V_{si} = V_i + V_o$	$V_{si} = 13.46 + 12$	$V_{si} = 25.46$
$I_{si} _{rms} = I_o \sqrt{M^2 + M}$	$I_{si} _{rms} = 1.13 \sqrt{0.89^2 + 0.89}$	$I_{si} _{rms} = 1.46$
$V_{Di} = V_i + V_o$	$V_{Di} = 13.46 + 12$	$V_{Di} = 25.46$
$I_{Di} _{rms} = I_o \sqrt{M+1}$	$I_{Di} _{rms} = 1.13 \sqrt{0.89+1}$	$I_{Di} _{rms} = 1.55$

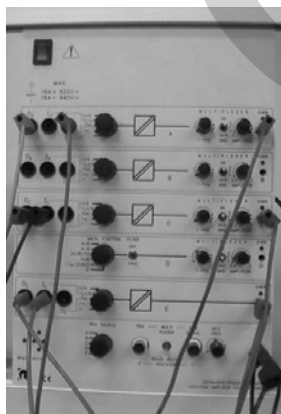
หมายเหตุ กำหนดให้ กระแสกระแสเพี้ยน (ΔI_{Li}) และ (ΔI_{Lo}) มีค่าไม่เกิน 10 % , แรงดันกระแสเพี้ยน (ΔV_{co}) มีค่าไม่เกิน 5 %

หลังจากคำนวณค่าของตัวแปรต่างๆ ในวงจร SEPIC ดังตารางที่ 3.1 เรียบร้อยแล้ว หลังจากนั้นจึงกำหนดค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร SEPIC ได้ดังตารางที่ 3.2

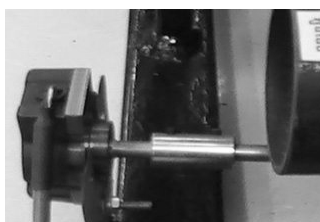
ตารางที่ 3.2 ค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร SEPIC

อุปกรณ์
$L_i = 4.2 \text{ mH}$
$L_o = 3.7 \text{ mH}$
$C_t = 56 \text{ }\mu\text{F}$
$C_o = 56 \text{ }\mu\text{F}$
$S_1 = \text{RFP 70N06 } 70 \text{ A } 60 \text{ V}$
IC ขับสัญญาณขับสวิตช์ = TC4427
$D_1 = \text{MBR2060 Schottky Diode } 20 \text{ A } 45 \text{ V}$

การวัดแรงดันและกระแสในโครงงานนี้ ใช้เครื่องวัดแบบ isolation amplifier ของบริษัท Leybold โดยมีอัตราการลดทอนแรงดัน (2:1) , มีอัตราการลดทอนกระแส (1:1) และวัดความเร็วโดยผ่านอุปกรณ์วัดความเร็วรุ่น 200ASKS5VM (200 pulse signal :1 round) สัญญาณที่วัดได้ทั้งหมดจะส่งไปประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่อ NI-USB 6009 (รวมทั้งการส่งสัญญาณแรงดันเพื่อควบคุมวัฏจักรงานด้วย) รูปที่ 3.5 ถึงรูปที่ 3.7 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดแรงดัน (หรือกระแส) ความเร็ว และอุปกรณ์เชื่อมต่อตามลำดับ สำหรับรูปที่ 3.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์เชื่อมต่อและวงจร SEPIC



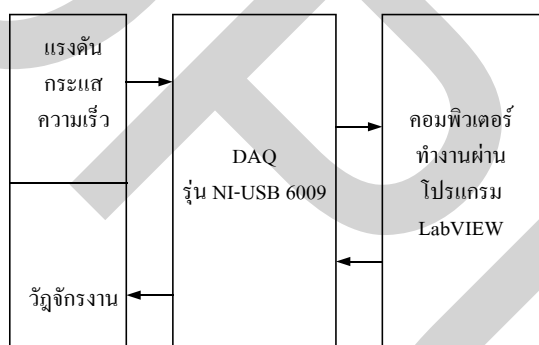
รูปที่ 3.5 อุปกรณ์ที่ใช้วัดแรงดัน (หรือกระแส)



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร็ว



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์



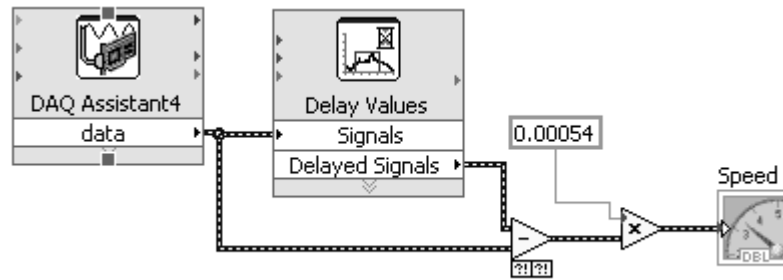
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และวงจร SEPIC

3.3 โปรแกรม LabVIEW

จากวิธีการหาจุดจ่ายกำลังสูงสุด เมื่อเขียนเป็นลำดับการทำงานเพื่อใช้ควบคุมสัญญาณ (Duty ratio, D) ดังรูปที่ 2.17 แล้ว หลังจากนั้นจึงเขียนให้อยู่ในรูปแบบของโปรแกรม LabVIEW

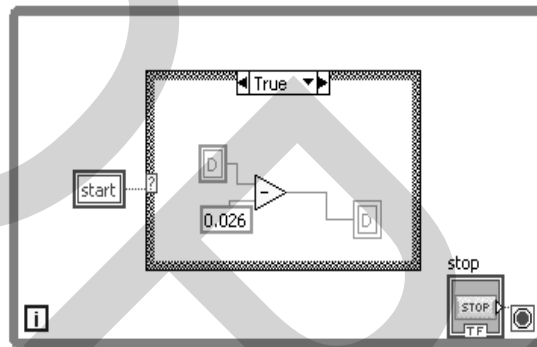
โปรแกรม LabVIEW แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของ front panel (รูปที่ 3.9) และส่วนของ block diagram (รูปที่ 3.10) การทำงานของโปรแกรมจะทำงานตามลำดับขั้นตอนใน block diagram สำหรับการติดต่อกับผู้ใช้งานจะทำผ่านส่วนของ front panel

โปรแกรมใน block diagram แบ่งออกได้เป็นสามส่วนใหญ่คือ ส่วนรับส่งข้อมูล ส่วนทำงานวนเป็นลูป และส่วนบันทึกผล ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างให้ดูดังรูปที่ 3.11 ถึงรูปที่ 3.13 ตามลำดับ



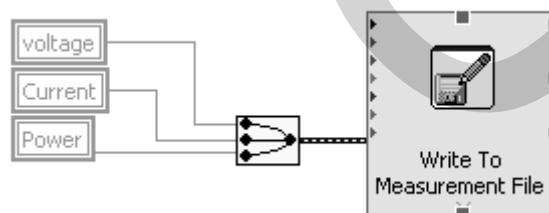
รูปที่ 3.11 ส่วนรับส่งข้อมูลของโปรแกรมใน block diagram

ส่วนรับส่งข้อมูลในรูปที่ 3.11 จะทำงานโดยรับข้อมูลซึ่งเป็นจำนวนของพัลส์จากตัวตรวจวัดความเร็วในเวลา 1 วินาทีและคูณด้วยค่าคงที่ 0.00054 เพื่อแปลงเป็นความเร็ว (km/h)



รูปที่ 3.12 ส่วนทำงานวนเป็นลูปของโปรแกรมใน block diagram

ส่วนทำงานวนเป็นลูปดังรูปที่ 3.12 จะทำงานโดยเปรียบเทียบค่าตัวแปร start ว่าเป็นจริงหรือไม่ ถ้าเป็นจริงให้ลดค่าตัวแปร D ลงด้วยค่า 0.026



รูปที่ 3.13 ส่วนบันทึกข้อมูลของโปรแกรมใน block diagram

ส่วนบันทึกข้อมูลในรูปที่ 3.13 จะเขียนตัวแปรแรงดัน กระแส และกำลังลงในไฟล์ที่กำหนดชื่อไว้ล่วงหน้า โดยมีช่วงเวลาการบันทึกทุกๆ 1 วินาที