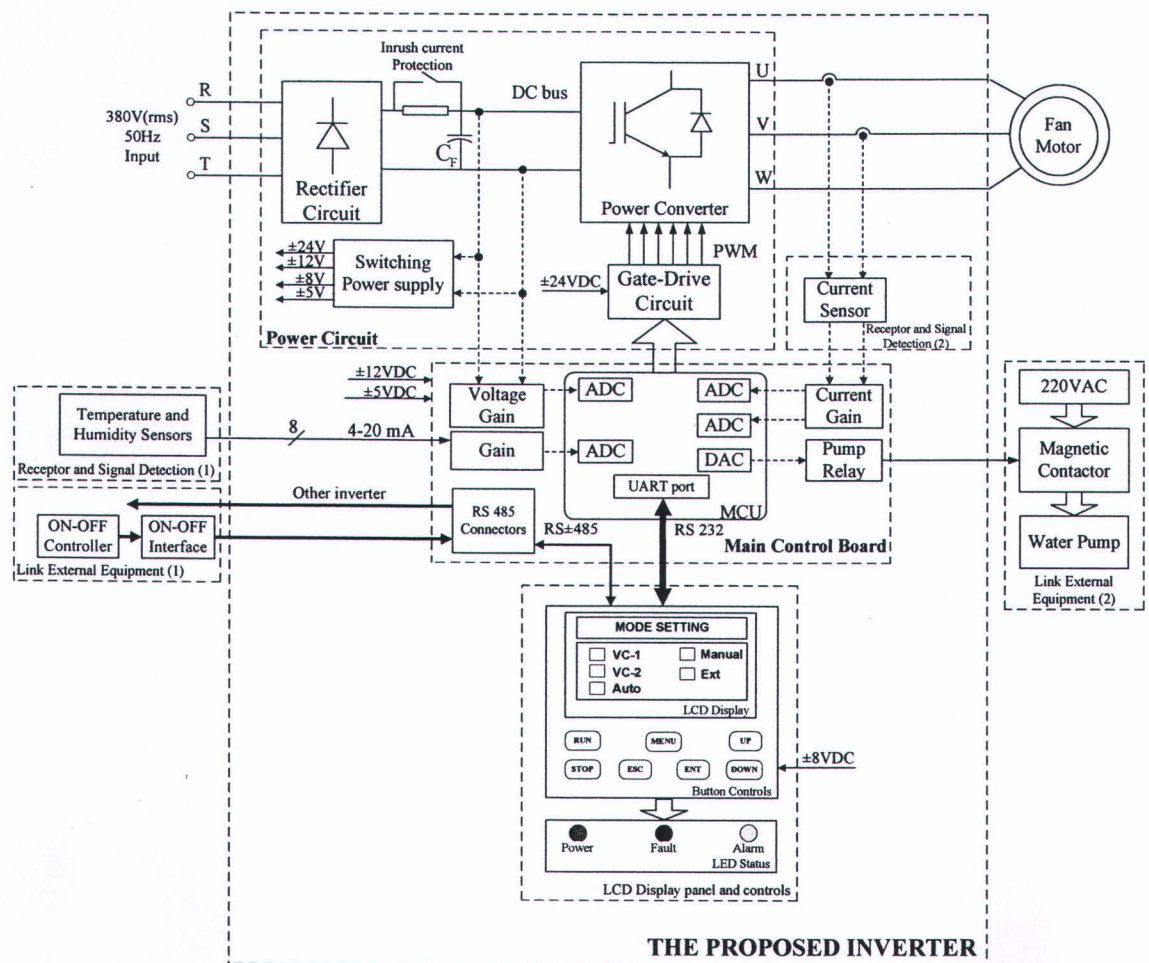


บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย

ในบทที่ 3 นี้ จะกล่าวถึงขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย ซึ่งจะมีสองส่วนด้วยกันคือ โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสำหรับควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงปิดปศุสัตว์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสำหรับควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในโรงเรือนปิดปศุสัตว์ แสดงดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนวงจรกำลัง (Power Circuit) (2) ส่วนรับและตรวจจับสัญญาณ (Receptor and Signal Detection) (3) ส่วนควบคุมหลัก (Main Control Board) (4) ส่วนหน้าจอแสดงและควบคุม (LCD display panel and Controls) และ (5) ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Link External equipment) โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้



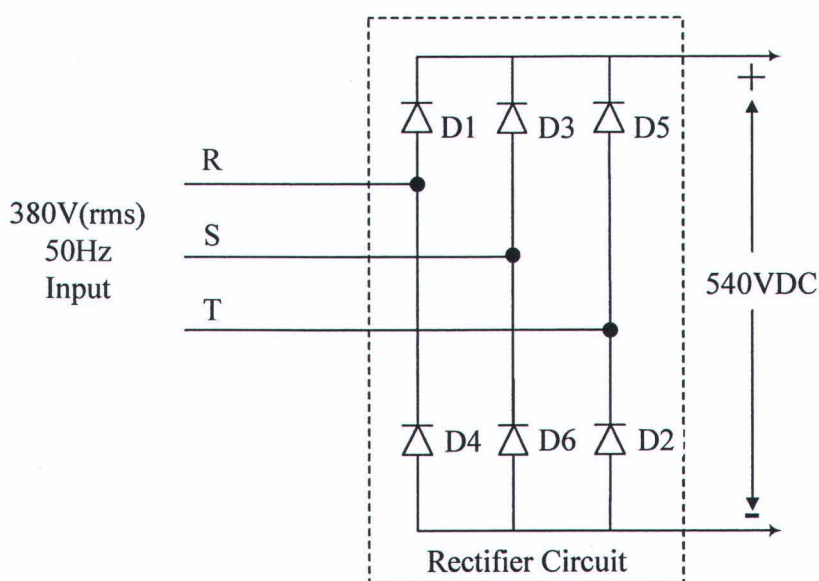
รูปที่ 3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสำหรับควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศโรงเรือนปิดปศุสัตว์

3.1.1 ส่วนวงจรกำลัง (Power Circuit)

จากโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของอินเวอร์เตอร์ในรูปที่ 3.1 ส่วนวงจรกำลังประกอบด้วย ชุดวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit) ชุดวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus) ชุดวงจรขับสวิตช์และป้องกัน (Gate-Drive and Protection Circuit) วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า (Power Converter) และชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (Switching Power Supply) โดยแต่ละส่วนมีหน้าที่และรายละเอียดที่ต่างกันอย่างมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1.1 ชุดวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวงจรเรียงกระแสชนิด 3 เฟส ซึ่งประกอบไปด้วย ตัวไดโอดทั้งหมด 6 ตัว แสดงดังรูปที่ 3.2 วงจรเรียงกระแสนี้ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ที่ระดับแรงดันไฟฟ้า 380 V (rms) ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์ (Hz) ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่มีระดับแรงดัน 540 VDC และแรงดันนี้จะถูกจ่ายไปยังชุดวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus)



รูปที่ 3.2 ชุดวงจรเรียงกระแส 3 เฟส (3 phase Rectifier Circuit)

3.1.1.2 ชุดวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus)

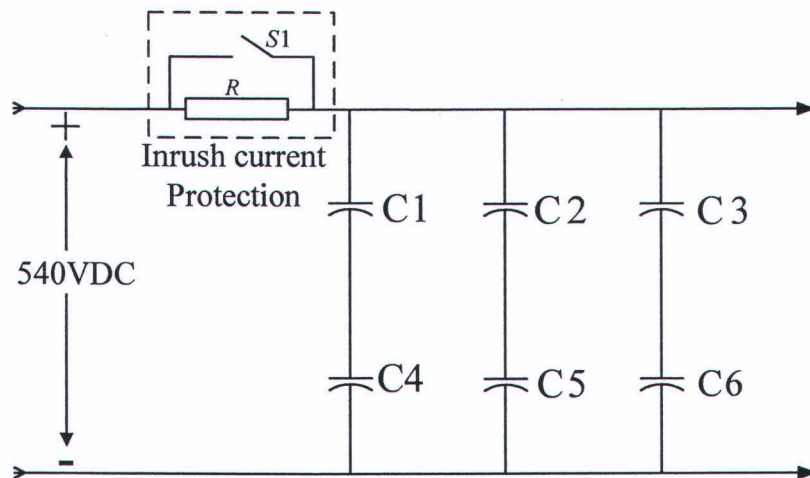
ชุดวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus) แสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ

- (1) ตัวเก็บประจุทั้งหมด 6 ตัว (Capacitors) ในรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่ามีตัวประจึบประจุต่ออนุกรมกันอยู่ (C1 อนุกรมกับ C4, C2 อนุกรมกับ C5, C3 อนุกรมกับ C6) เนื่องจากตัวเก็บ

ประจุที่ใช้มีพิกัดทนแรงดันได้สูงสุด 400 VDC แต่แรงดันที่รับเข้ามามีขนาด 540 VDC จึงนำตัวเก็บประจุ 2 ตัว มาอนุกรมกัน เพื่อให้รับแรงดันขนาด 540 VDC ได้

- (2) ชุดวงจรป้องกันกระแสสูงในช่วงเริ่มต้น (Inrush Current Protection) ประกอบด้วยตัวต้านทานชนิดจำกัดกระแสสูงเริ่มต้น (Inrush Current Limiting Resistant) และรีเลย์ (S1)

การทำงานของวงจรนี้คือ รับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 540 VDC มาจากชุดวงจรเรียงกระแส 3 เฟส (3 Phase Rectifier Circuit) กระแสไฟฟ้านี้จะไหลผ่านความต้านทานชนิดจำกัดกระแสสูงเริ่มต้น (R) ในวงจรป้องกันกระแสสูงเริ่มต้น (Inrush Current Protection) โดยตัวต้านทานนี้จะจำกัดไม่ให้กระแสสูงในช่วงเริ่มต้นจ่ายแรงดันเข้าในวงจร และกระแสจะค่อยๆ ไหลเข้าผ่านเข้าในตัวเก็บประจุ หลังจากนั้นประมาณ 2-3 วินาที เมื่อตัวเก็บประจุถูกประจุจนเต็มแล้ว รีเลย์ (S1) ก็จะทำงาน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปทางรีเลย์ (S1) แทนทางตัวต้านทาน (R) ไม่ให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน (R) ตลอดเพื่อไม่มีการสูญเสียเกิดขึ้นภายในตัวต้านทานนานๆ ส่วนตัวเก็บประจุทั้งหมดทำหน้าที่กรองแรงดันให้เรียบ (Filter) และจ่ายแรงดันนี้ไปยังชุดแปลงผันกำลังไฟฟ้า (Power Converter)

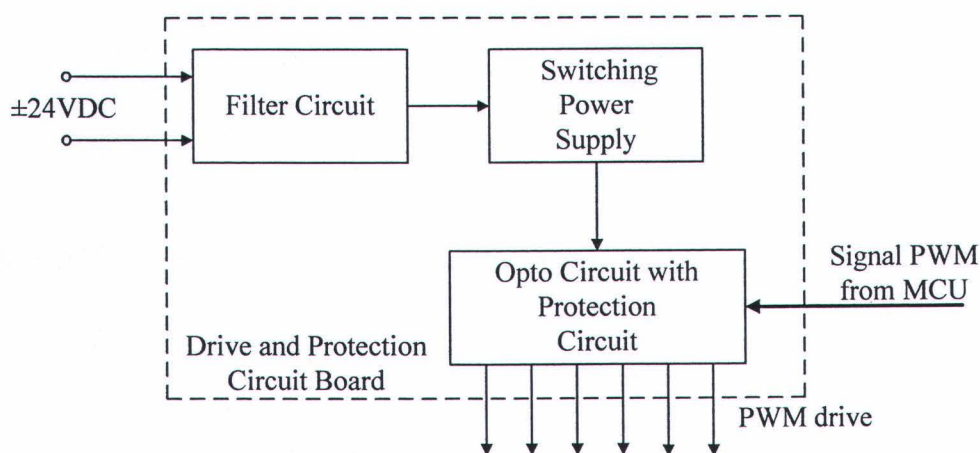


รูปที่ 3.3 ชุดวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus)

3.1.1.3 ชุดวงจรขับสวิตช์และป้องกัน (Gate-Drive and Protection Circuit)

ชุดวงจรขับสวิตช์และป้องกันนี้ ทำหน้าที่รับสัญญาณพัลส์วึมอดดูเลชั่น (PWM) จากตัวควบคุมและประมวลผล (MCU) มาขยายสัญญาณพัลส์วึมอดดูเลชั่น (PWM) เพื่อไปขับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว (IGBT Power Switch) ในชุดแปลงผันกำลังไฟฟ้า (Power Converter) นอกจากนั้นแล้วชุดวงจรนี้ยังทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว (IGBT Power Switch) เกิดความเสียหาย ในกรณีมีการลัดวงจรของมอเตอร์พัดลมหรือลัดวงจรวงจรภายในอินเวอร์เตอร์และใน

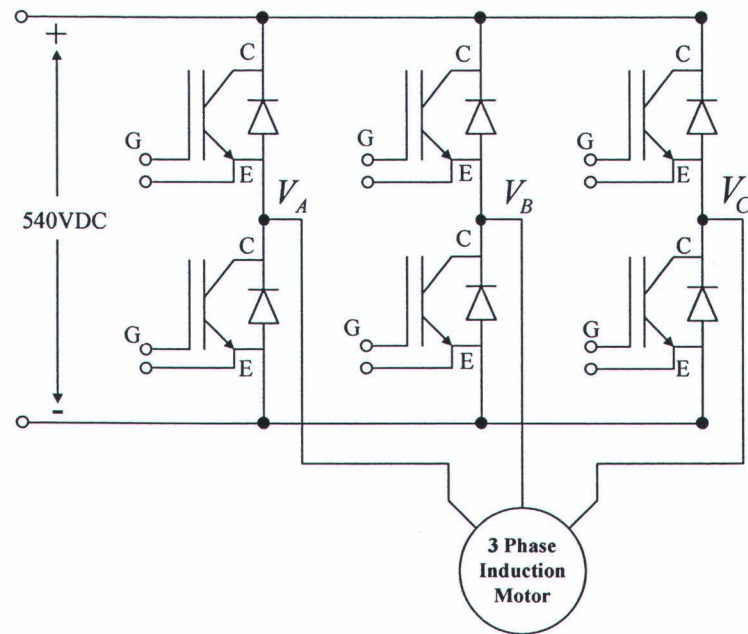
กรณีที่มีกระแสสูงเกินกระแสพิคตินเวอร์เตอร์ สำหรับส่วนประกอบที่สำคัญวงจรนี้ประกอบด้วย วงจรย่อยคือ วงจรกรองแรงดัน (Filter Circuit) วงจรแหล่งจ่ายแรงดันย่อย (Switching Power Supply) และวงจรขยายสัญญาณพลัสวีกกับป้องกันกระแสลัดวงจร (Opto Circuit with Protection Circuit) สำหรับการทำงานของวงจรคือ รับไฟฟ้ากระแสตรง 24 VDC จากชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลัก (Main Switching Power Supply) แรงดันนี้จะถูกกรองให้เรียบด้วยชุดกรองแรงดัน (Filter Circuit) และส่งแรงดันไปยังชุดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันย่อยแบบสวิทซ์ซิง (Flyback Switching Power Supply) ชุดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้านี้จะจ่ายแรงดันไฟฟ้าตรง 20 VDC 4 ชุด ไปยังวงจรขยายสัญญาณและป้องกัน (Opto Circuit with Protection Circuit) ชุดวงจรขยายสัญญาณและป้องกัน ก็จะรับสัญญาณจากตัวควบคุมและประมวลผล (MCU) มาขยายสัญญาณ แล้วไปขับสวิทซ์อิล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว (IGBT Power Switch)



รูปที่ 3.4 ชุดวงจรขับสวิทซ์และป้องกัน (Gate-Drive and Protection Circuit)

3.1.1.4 วงจรแปลงผันกำลัง (Power Converter)

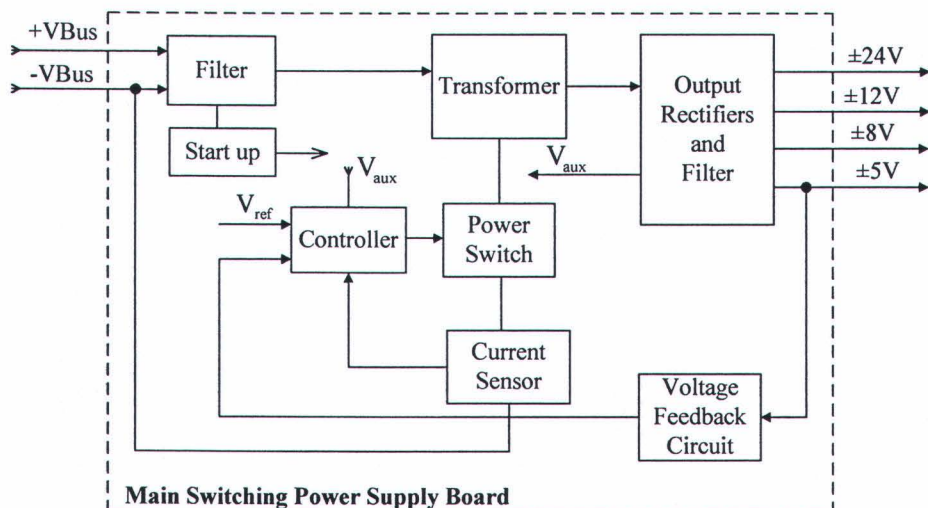
วงจรแปลงผันกำลัง (Power Converter) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส (3-phase Inverter) ซึ่งประกอบด้วยสวิทซ์อิล็กทรอนิกส์กำลัง 6 ตัว (IGBT Power Switch) ดังแสดงในรูปที่ 3.5 สวิทซ์เหล่านี้จะถูกควบคุมจากชุดวงจรขับสวิทซ์ (Gate-Drive and Protection Circuit) ให้เปิด-ปิดด้วยสัญญาณพลัสวีกมอดดูเลชั่น (PWM) วิธีการสร้างสัญญาณพลัสวีกมอดดูเลชั่นมีหลายวิธีการด้วยกัน วิธีการที่นิยมกัน ก็คือ วิธีไซน์สามเหลี่ยมพลัสวีกมอดดูเลชั่น (Sine-Triangle PWM) และวิธีสเปซเวกเตอร์พลัสวีกมอดดูเลชั่น (Space Vector PWM) :ซึ่งทั้งสองวิธีได้กล่าวรายละเอียดการสร้างไว้ในบทที่ 2 สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการควบคุมสวิทซ์อิล็กทรอนิกส์กำลังแบบสเปซเวกเตอร์พลัสวีกมอดดูเลชั่น (Space Vector PWM) เนื่องจากวิธีนี้มีข้อดีที่สำคัญคือ ให้แรงดันด้านออกมากกว่ามีวิธีไซน์สามเหลี่ยม และให้ฮาร์โมนิก (Hamornic) ต่ำกว่าวิธีไซน์สามเหลี่ยม



รูปที่ 3.5 ชุดวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้า (Power Converter)

3.1.1.5 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลัก (Main Switching Power Supply)

ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลัก แสดงดังรูปที่ 3.6 ทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยังบอร์ดต่างๆ ทั้งหมดในอินเวอร์เตอร์ ในงานวิจัยนี้ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบสวิตซ์ซิงค์ชนิดฟลายแบ็ก (Fly Back Switching Power Supply) ชุดแหล่งจ่ายนี้ จะจ่ายแรงดันออกเป็น 24 VDC สำหรับจ่ายให้ชุดวงจรขับเคลื่อนและป้องกัน (Gate-Drive and Protection Circuit) 12 VDC และ 5 VDC สำหรับชุดควบคุมหลัก (Main Control Board) 5 VDC และ 8 VDC สำหรับหน้าจอแสดงผลและควบคุม



รูปที่ 3.6 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลัก (Main Switching Power Supply)

3.1.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณ (Receptor and Signal Detection)

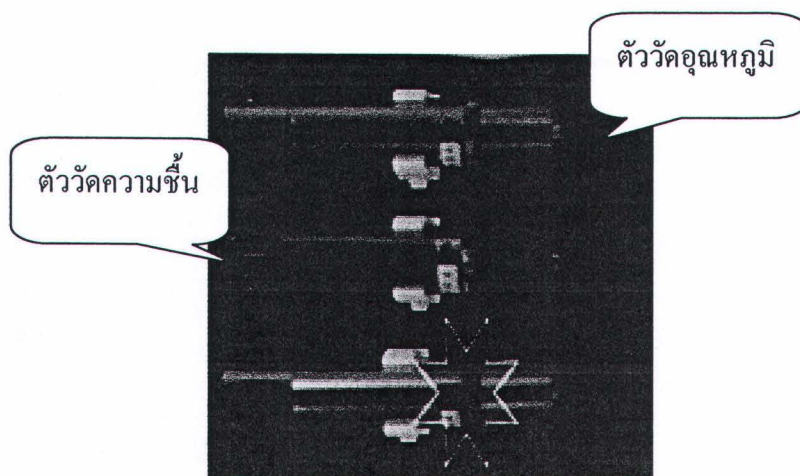
ส่วนตรวจจับสัญญาณที่ใช้ในอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ (1) ตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Sensors) และ (2) ตัวตรวจวัดกระแส (Current Sensors) ซึ่งในแต่ละส่วน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.2.1 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น (Temperature and Humidity Sensors)

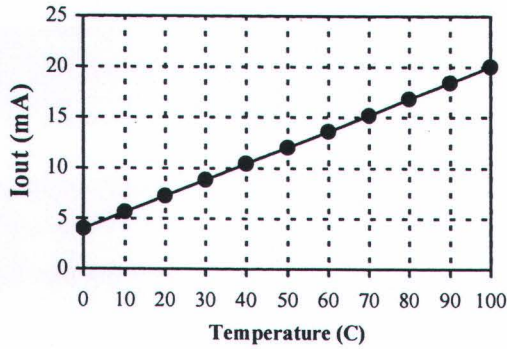
อินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมสภาพอากาศและการระบายอากาศนี้ สามารถเชื่อมต่อกับตัวตรวจวัดอุณหภูมิได้ 4 ตัว และตัวตรวจวัดความชื้นได้ 2 ตัว ตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แสดงดังรูปที่ 3.7 คุณสมบัติการใช้งานของตัวตรวจวัดเหล่านี้เป็นดังนี้

- ใช้แหล่งจ่ายไฟตรง 12 VDC
- ย่านการวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 -100 °C ค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) 0.1 °C
- ย่านการวัดความชื้นได้ตั้งแต่ 10-99 % RH ค่าความเที่ยงตรง (Accuracy) 1%
- สัญญาณด้านออก กระแสมาตรฐาน 4-20 mA

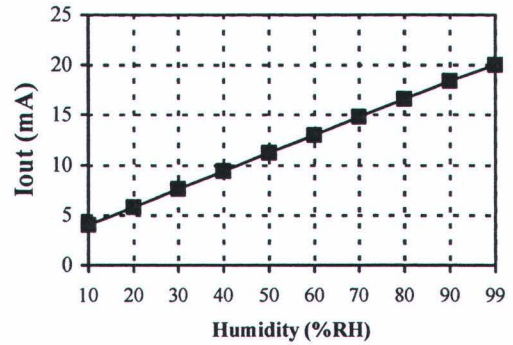
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและกระแสที่ด้านออกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 3.8 (ก) โดยจะวัดอุณหภูมิในย่าน 0-100 °C และจ่ายกระแสออกมาเป็น 4-20 mA ถ้าอุณหภูมิในขณะนั้นเป็น 0 °C ตัววัดอุณหภูมิจะส่งกระแส 4 mA ไปยังชุดควบคุมหลักของอินเวอร์เตอร์ ถ้าอุณหภูมิเป็น 100 °C ตัววัดอุณหภูมิจะส่งกระแส 20 mA ไปยังบอร์ดควบคุมหลักของอินเวอร์เตอร์ สำหรับตัววัดความชื้นวัดความชื้นในย่าน 10-99 %RH และจ่ายกระแสออกมา 4-20 mA ความสัมพันธ์นี้แสดงดังรูปที่ 3.8 (ข)



รูปที่ 3.7 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น



(ก)



(ข)

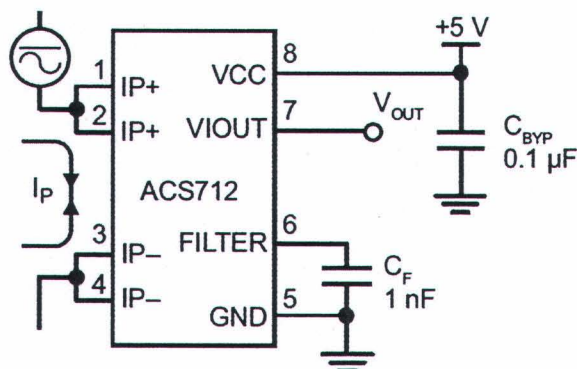
รูปที่ 3.8 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นกับกระแสไฟฟ้าด้านออกของตัวตรวจวัด

(ก) อุณหภูมิและกระแสไฟฟ้าด้านออกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

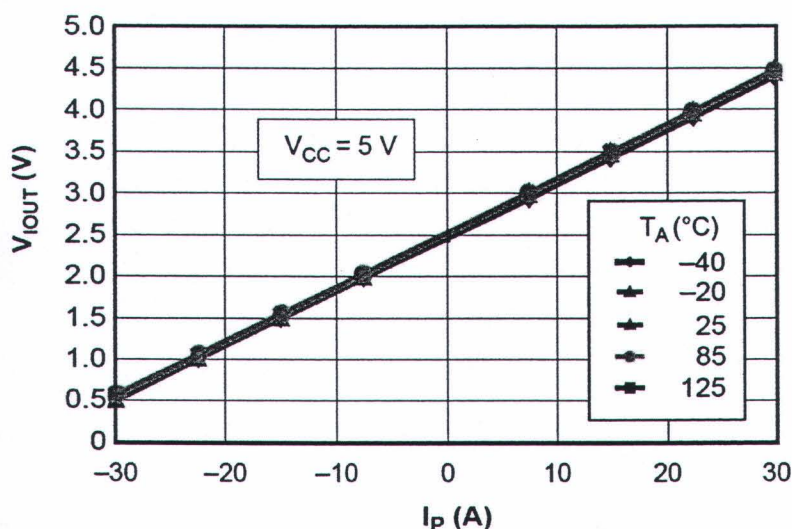
(ข) ความชื้นและกระแสไฟฟ้าด้านออกของตัวตรวจวัดความชื้น

3.1.2.2 ตัวตรวจวัดกระแส (Current Sensors)

ตัวตรวจวัดกระแส ถูกติดตั้งเพื่อวัดกระแสทางด้านออกของอินเวอร์เตอร์ 2 เฟส ซึ่งวัดกระแสที่เฟส U และเฟส V ตัวตรวจวัดกระแสที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ACS712ELCTR-30A-T ที่มีขนาดพิสัยการทนกระแสได้ 30 A โครงสร้างและการใช้งานของตัววัดกระแสนี้แสดงดังรูปที่ 3.9 ตัวตรวจวัดกระแสนี้ใช้แรงดัน 5 V ต่อเข้าที่ขา 8 สำหรับทำงาน กระแสที่ไหลออกจากอินเวอร์เตอร์และไปเข้ามอเตอร์พัดลมจะไหลผ่านตัวตรวจวัดกระแสที่ขา IP+ และ IP- ส่งผลให้มีแรงดัน 0.5 -4.5 V ออกที่ขา 7 ของตัวตรวจวัดกระแส แรงดัน 0.5-4.5 V นี้จะถูกจ่ายไปยังวงจรปรับระดับสัญญาณแรงดันของตัวตรวจวัดกระแสในรูปที่ 3.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า (IP) กับแรงดันด้านออก (V_{OUT}) ของตัวตรวจวัดกระแส แสดงดังรูปที่ 3.10 ตัวอย่างความสัมพันธ์นี้ ถ้ากระแสไหลผ่านตัวตรวจวัดกระแสเป็น 0 A แรงดันด้านออกตัววัดกระแสเป็น 2.5 V ถ้ากระแสเป็น 30 A แรงดันออกจะเป็น 4.5 V



รูปที่ 3.9 โครงสร้างของตัวตรวจวัดกระแส ACS712ELCTR



รูปที่ 3.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ไหลเข้า (IP) กับ แรงดันด้านออก (I_P/V_{OUT}) ของตัวตรวจวัดกระแส ACS712ELCTR-30A-T

3.1.3 ส่วนควบคุมการทำงานหลัก (Main Control Board)

เป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการทำงานทั้งหมดของอินเวอร์เตอร์สำหรับควบคุมการระบายอากาศและสถานะอากาศในโรงเรือนปิดปลูกสัตว์ ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญคือ (1) ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU) (2) วงจรปรับระดับสัญญาณ (Gain and Level Shift) และ (3) วงจรรีเลย์ขับมอเตอร์ปั้มน้ำ (Pump Relay)

3.1.3.1 ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU)

ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU) ที่ใช้ในงานวิจัยเป็นรุ่นตระกูล dsPIC33F ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานและคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

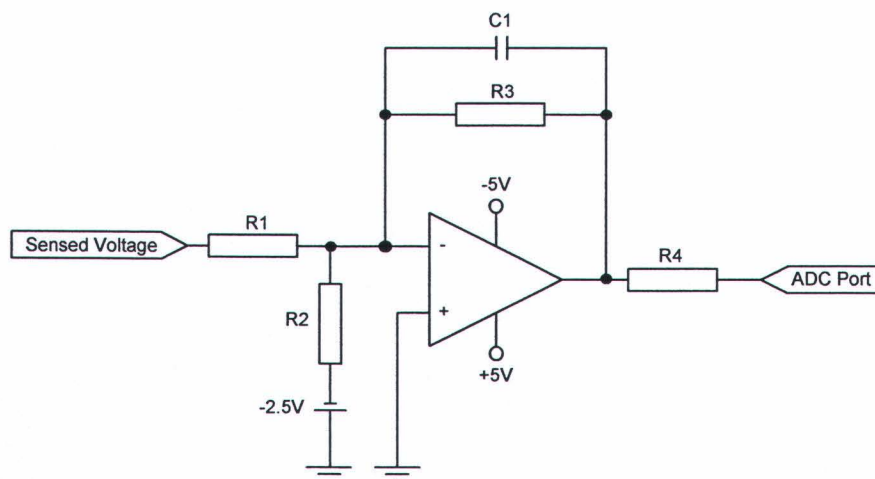
- 1.) ใช้ระดับแรงดัน 3.0 V ถึง 3.6 V สำหรับตัวประมวลและส่วนติดต่ออุปกรณ์ภายนอก
- 2.) หน่วยความจำแฟลต (Flash Memory) 64 Kbyte
- 3.) หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 16 Kbyte
- 4.) ตัวจับเวลา (Timer) 32 บิต
- 5.) ฟังก์ชันการควบคุมมอเตอร์
 - 5.1 ฟังก์ชันการสร้างสัญญาณพัลส์วัดมอดูเลชั่น (PWM) 8 ช่อง
 - 5.2 ฟังก์ชันสำหรับเชื่อมต่อตัวตรวจจับตำแหน่ง (Quadrature Encoder)

- 6.) ฟังก์ชันการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital : ADC) ความละเอียด 12 บิต จำนวน 16 ช่อง ความเร็วการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลสูงสุด 500 ksps
- 7.) ฟังก์ชันติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม 4 รูปแบบคือ SPI, I²C, UART และ ECAN

3.1.3.2 วงจรปรับระดับสัญญาณ (Gain and Level Shift)

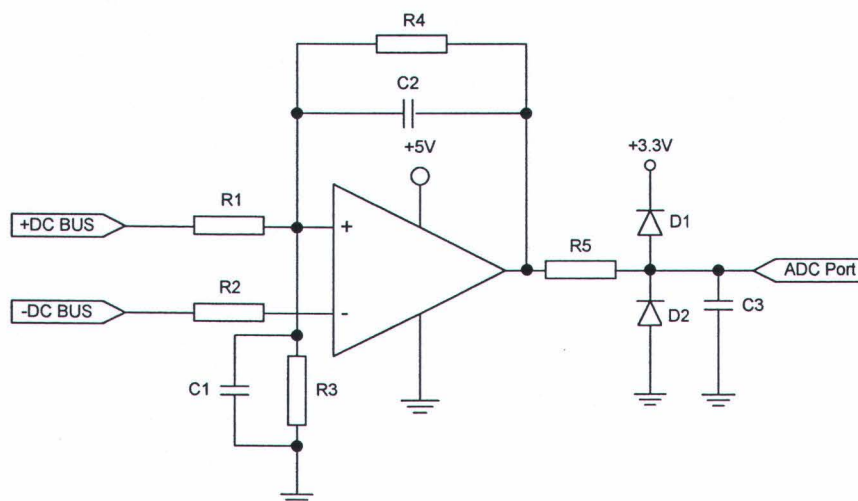
เนื่องจากวงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC) ของตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU) ที่ใช้อ่านค่าสัญญาณอนาลอก สามารถรับแรงดันได้ในช่วง 0-3.3 V แต่สัญญาณแรงดันที่ออกมาจากตัวตรวจจับสัญญาณ มีขนาดและระดับแรงดันที่ยังไม่เหมาะสมกับตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนี้ จึงจำเป็นต้องมีวงจรปรับระดับสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย (1) วงจรปรับระดับสัญญาณของตัวตรวจจับกระแส (2) วงจรปรับระดับสัญญาณของแรงดัน และ (3) วงจรปรับระดับสัญญาณของตัววัดอุณหภูมิและความชื้น ซึ่งแต่ละวงจรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) วงจรปรับระดับสัญญาณของตัวตรวจจับกระแส: ชุดวงจรปรับระดับสัญญาณของตัวตรวจจับกระแสแสดงดังรูปที่ 3.11 ซึ่งวงจรจะรับแรงดันที่ออกจากตัวตรวจจับกระแส (Sensed Voltage) ที่มีระดับแรงดันอยู่ระหว่าง 2.5-4.5 V เมื่อกระแสด้านเข้าตัวตรวจจับกระแสอยู่ระหว่าง 0-30 A กล่าวคือเมื่อกระแสด้านเข้าตัวตรวจจับกระแสมีค่าเป็น 0 A แรงดันด้านออกของตัวตรวจจับกระแสจะมีค่าเป็น 2.5 V และเมื่อกระแสด้านเข้าของตัวตรวจจับกระแสมีค่าเป็น 30 A แรงดันด้านออกตัวตรวจจับกระแสจะมีค่าเป็น 4.5 V พิจารณาความสัมพันธ์นี้จากรูปที่ 3.10 ประกอบ เนื่องจากตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนี้ สามารถรับค่าแรงดันอยู่ในช่วง 0-3.3 ดังนั้นวงจรในรูปที่ 3.11 จึงทำหน้าที่ปรับแรงดันที่รับจากตัวตรวจจับกระแสที่มีระดับแรงดันจาก 2.5-4.5 V ให้เป็น 0-3.3 V



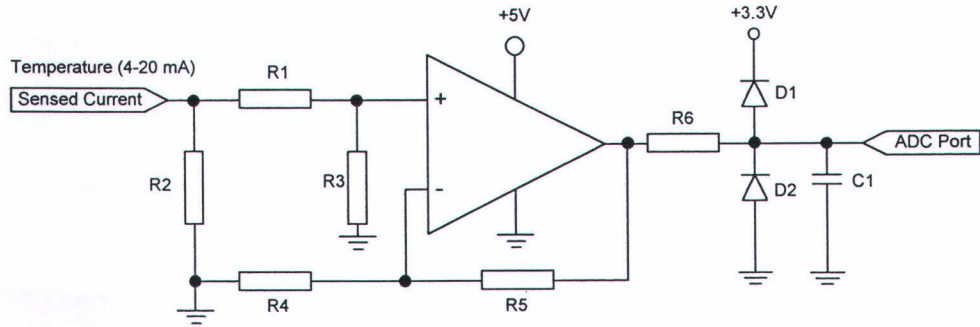
รูปที่ 3.11 วงจรปรับระดับสัญญาณจากตัวตรวจจับกระแส

(2) วงจรปรับระดับสัญญาณของแรงดัน : วงจรปรับระดับสัญญาณนี้แสดงดังรูปที่ 3.12 ซึ่งวงจรจะรับแรงดันไฟฟ้าจากทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง (DC Bus) ที่มีแรงดัน 540 VDC และปรับลดแรงดันนี้ให้เป็น 0-3.3 V เพื่อจ่ายเข้าตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลทาง ADC PORT (ถ้าแรงดันที่ทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง มีค่าเป็น 0 V วงจรปรับระดับสัญญาณนี้จะจ่ายแรงดันให้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล 0 V ในทางตรงกันข้ามถ้าแรงดันที่ทางเดินไฟฟ้ากระแสตรงมีค่าเป็น 540 VDC วงจรปรับระดับสัญญาณก็จะจ่ายแรงดันให้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล 3.3 V) ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลรับแรงดัน 0-3.3 V และประมวลผลพร้อมส่งค่าไปแสดงที่หน้าจอแสดงผลเป็นแรงดันกระแสสลับ (V_{rms}) เพื่อแสดงสถานะแรงดันไฟฟ้าในขณะนั้น



รูปที่ 3.12 วงจรปรับระดับสัญญาณแรงดันจากวงจรทางเดินไฟฟ้ากระแสตรง

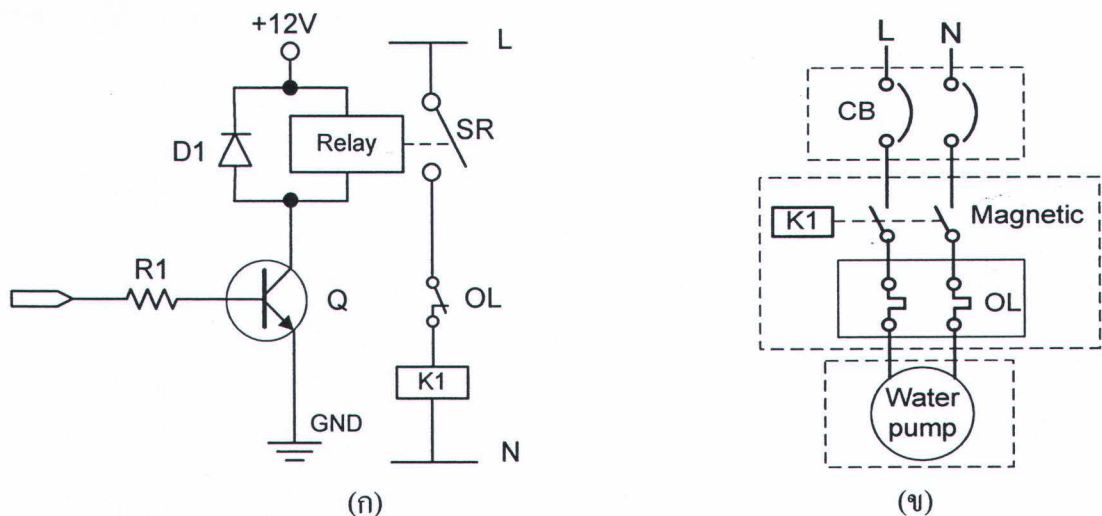
(3) วงจรปรับระดับสัญญาณของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น : วงจรปรับระดับสัญญาณของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นแสดงดังรูปที่ 3.13 ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญคือ ออปแอมป์ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและวงจรป้องกันแรงดันเกิน 3.3 V เนื่องจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจ่ายสัญญาณกระแสออกมาเป็น 4-20 mA แต่ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลรับสัญญาณแรงดันได้ระหว่าง 0-3.3 V จึงต้องมีวงจรปรับระดับสัญญาณจากกระแส 4-20 mA ให้เป็น 0-3.3 V กล่าวคือ ถ้าหากตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจ่ายสัญญาณกระแสเป็น 4 mA วงจรปรับระดับสัญญาณนี้จะจ่ายแรงดันให้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเป็น 0 V และทางตรงกันข้าม ถ้าตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นจ่ายกระแสเป็น 20 mA วงจรปรับระดับสัญญาณนี้จะจ่ายแรงดันให้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลเป็น 3.3 V ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนี้ จะไม่สามารถรับแรงดันได้เกิน 3.3 V เพราะจะทำให้เกิดความเสียหายแก่ตัวประมวลผล จึงมีวงจรป้องกันแรงดันไม่ให้เกิน 3.3 V



รูปที่ 3.13 วงจรปรับระดับสัญญาณจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้น

3.1.3.3 วงจรรีเลย์ขับปั๊มน้ำ

วงจรขับรีเลย์ปั๊มน้ำแสดงดังรูปที่ 3.14 (ก) การทำงานของวงจรนี้คือ ปั๊มน้ำจะทำตามงานเงื่อนไขที่ตั้งค่าไว้ เมื่อถึงเงื่อนไขที่มอเตอร์ปั๊มน้ำต้องทำงาน ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลจะจ่ายแรงดัน 3.3 V ออกมาทาง DAC Port เพื่อขับทรานซิสเตอร์ (Q) ให้ทำงาน เมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน ทำให้สวิตช์รีเลย์ (SR) ปิดวงจร เป็นผลให้จ่ายแรงดันเข้าคอยล์แมกเนติก (K1) ครบวงจร ส่งผลให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) ในรูปที่ 3.14 (ข) ปิดวงจรและจ่ายแรงดัน 220 V (rms) 50 Hz ให้กับมอเตอร์ปั๊มน้ำ มอเตอร์ปั๊มน้ำก็จะทำงานและปั๊มน้ำ เมื่อถึงเงื่อนไขที่มอเตอร์ปั๊มน้ำต้องหยุดทำงาน ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลก็จะหยุดจ่ายแรงดันออกมาเป็น 0 V ส่งผลให้ตัวทรานซิสเตอร์หยุดทำงานและสวิตช์รีเลย์เปิดวงจรออก แล้วแมกเนติกคอนแทคเตอร์ก็จะหยุดจ่ายแรงดัน 220V (rms) 50 Hz ทำให้มอเตอร์ปั๊มน้ำหยุดทำงาน



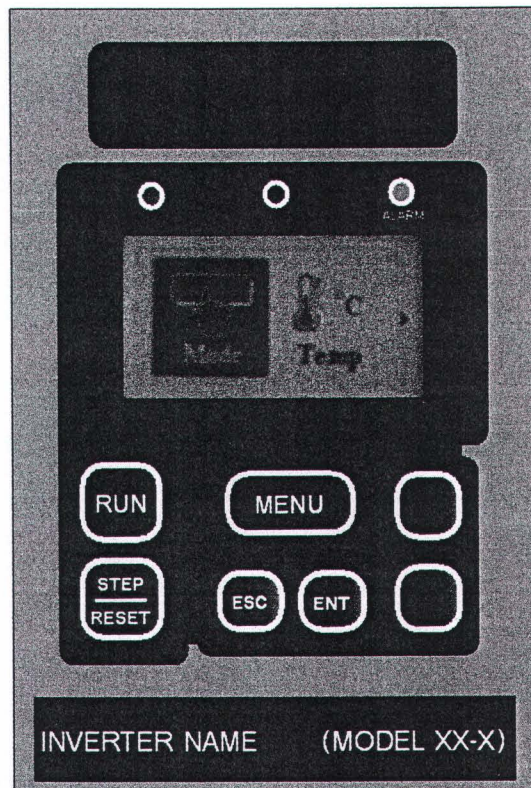
รูปที่ 3.14 วงจรการทำงานของปั๊มน้ำ

(ก) วงขับรีเลย์ขับส่วนควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ

(ข) วงจรกำลังส่วนควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ (Magnetic)

3.1.4 ส่วนหน้าจอแสดงผลและควบคุม (LCD Display panel and Controls)

ส่วนหน้าจอแสดงผลและควบคุมแสดงดังรูปที่ 3.15 ทำหน้าที่รับคำสั่งการทำงานจากผู้ใช้งาน และสำหรับตั้งค่าเพื่อควบคุมและแสดงผลการทำงานทั้งหมดของอินเวอร์เตอร์ ซึ่งหน้าจอแสดงผลและควบคุมของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน โดยมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 3.15 หน้าจอแสดงผลและปุ่มกดควบคุมการทำงานของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

3.1.4.1 ปุ่มกดสั่งการทำงานของหน้าจอแสดงผลและควบคุม

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสำหรับควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศนี้ สามารถแบ่งการทำงานได้เป็น 5 โหมดการทำงาน คือ (1) โหมด Manual (2) โหมด VC-1 (3) โหมด VC-2 (4) โหมดอัตโนมัติ (Auto) (5) โหมด Ext การตั้งค่าการทำงานของอินเวอร์เตอร์ต้องตั้งค่าผ่านปุ่มกด ดังนี้

- 1) RUN กดเพื่อต้องการให้อินเวอร์เตอร์ทำงาน
- 2) STOP/RESET กดเพื่อต้องการให้อินเวอร์เตอร์หยุดทำงาน
- 3) MENU ใช้กดเมื่อต้องการให้อินเวอร์เตอร์แสดงผลการทำงาน
- 4) ENT กดเพื่อเลือกโหมดการทำงาน
- 5) ESC ออกจากเมนูในหน้าจอแสดงผลนั้นๆ

3.1.4.2 การติดต่อสื่อสารของหน้าจอแสดงผลและควบคุม

ส่วนติดต่อสื่อสารของหน้าจอแสดงผลและควบคุม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการติดต่อสื่อสารกันทางภายนอกด้วยระบบ RS 485 (RS 485 External Communication) และส่วนการติดต่อสื่อสารกันทางภายในด้วยระบบ RS 232 (RS232 Internal Communication) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1.4.2.1 การติดต่อสื่อสารทางภายในด้วยระบบ RS 232:

การติดต่อสื่อสารนี้ใช้ติดต่อสื่อสารเพื่อส่งและรับข้อมูลกันระหว่างหน้าจอแสดงผลกับบอร์ดคอนโทรล (Main Control Board) ตัวอย่างการทำงาน ผู้ใช้งานต้องการให้อินเวอร์เตอร์ทำงานที่ความถี่ 50% (25 Hz) ผู้ใช้งานกดปุ่มสั่งงานที่หน้าจอแสดงผล หน้าจอแสดงผลจะส่งข้อมูลความถี่ 50% (25 Hz) ไปยังตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU) และตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัลนี้จะสร้างสัญญาณพัลส์วามอดคูเลชั่น (PWM) คิวตี้ไซเคิลขนาด 50 % (50 % Duty Cycle) ไปยังชุดขับสัญญาณสวิตช์และป้องกัน (Gate-Drive and Protection Circuit) เพื่อขับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังทั้ง 6 ตัว ในขณะเดียวกัน ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (MCU) ก็ส่งข้อมูลความถี่ที่กำลังขับสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กลับไปให้หน้าจอแสดงผล เพื่อแสดงสถานะของข้อมูลดังกล่าวในขณะนั้น ในตัวอย่างข้างต้นการทำงาน เป็นเพียงบางส่วนของการทำงานในโหมดการทำงานโหมดหนึ่ง สำหรับการทำงานในโหมดอื่น จะมีการรับส่งข้อมูลอื่นๆ มากกว่านี้

3.1.4.2.2 การติดต่อสื่อสารทางภายนอกด้วยระบบ RS 485:

การติดต่อสื่อสารทางภายนอกด้วยระบบ RS 485 นี้ ใช้สำหรับติดต่อสื่อสาร 2 ส่วนด้วยกัน คือ (1) ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์กับเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด โดยมีเครื่องเชื่อมต่อ (ON-OFF Interface Module) เป็นตัวเชื่อมต่อ และ (2) ส่วนการเชื่อมต่อระหว่างอินเวอร์เตอร์กับอินเวอร์เตอร์เครื่องอื่นๆ การติดต่อสื่อสารทั้ง 2 ส่วนมีรายละเอียดดังในหัวข้อ 3.1.5

3.1.4.3 สถานะของหลอดไฟแสดงผล (LED Status)

หลอดไฟแสดงผลของอินเวอร์เตอร์บนหน้าจอแสดงผลและควบคุมนั้น มี 3 สี ด้วยกันดังนี้

1. สีเขียว เมื่อหลอดไฟสีเขียวกระพริบ แสดงว่าอินเวอร์เตอร์กำลังทำงานหรือกำลังขับมอเตอร์พัลคมอยู่
2. สีแดง เมื่อหลอดไฟสีแดงกระพริบ แสดงว่าอินเวอร์เตอร์กำลังมีปัญหาหรือเกิดข้อบกพร่องของอินเวอร์เตอร์บางประการ (Fault) ให้หยุดเครื่องอินเวอร์เตอร์และหาสาเหตุ

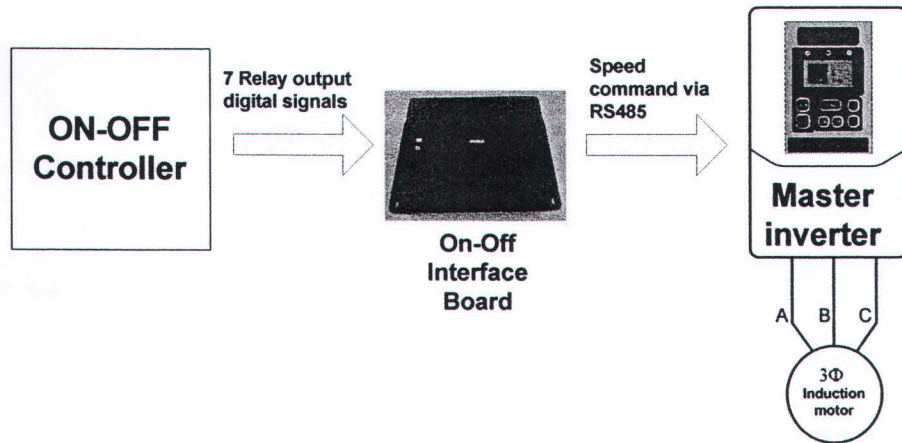
3. สีเหลือง เมื่อหลอดไฟสีเหลืองกระพริบ แสดงอินเวอร์เตอร์แจ้งเตือน มีสัญญาณบางตัวเกินค่าที่ตั้งไว้ เช่น ทำการตั้งค่าอุณหภูมิไว้ (Alarm) 35 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิเกิน 35 อินเวอร์เตอร์ก็จะแจ้งเตือน โดยหลอดไฟสีเหลืองจะกระพริบ

3.1.5 ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก (Link External Equipment)

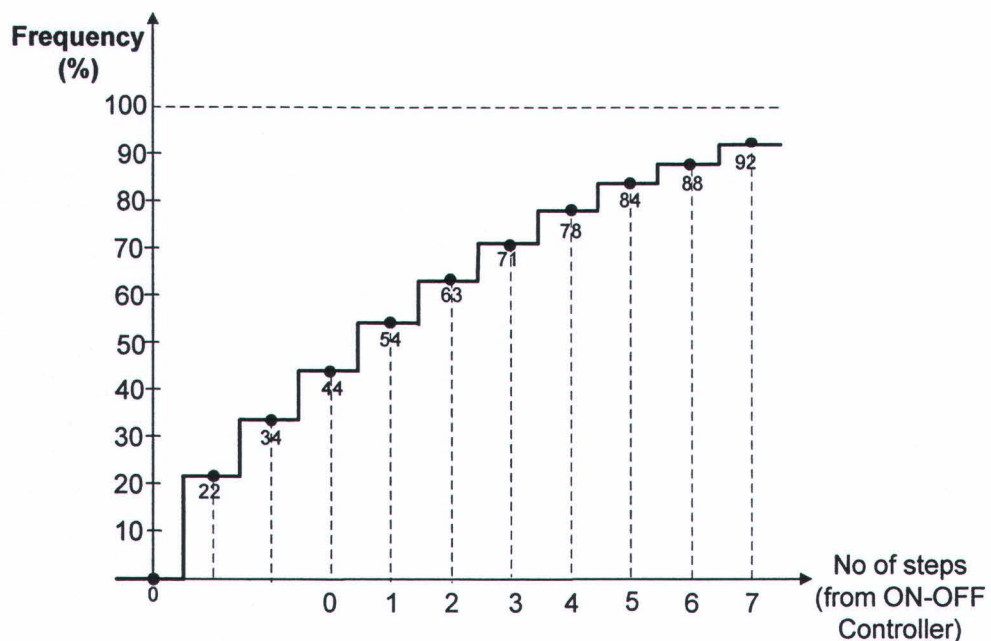
ส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเป็นอุปกรณ์ คือ อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ ซึ่งจะทำงานร่วมกับอินเวอร์เตอร์นี้ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนเชื่อมต่อเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Control) (2) ส่วนเชื่อมต่อเครื่องอินเวอร์เตอร์อื่นๆ และ (3) ส่วนเชื่อมต่อชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

3.1.5.1 ส่วนเชื่อมต่อเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ ถูกออกแบบให้มีคุณสมบัติที่สามารถทำงานร่วมกับเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดได้ ระบบการเชื่อมต่อแสดงดังรูปที่ 3.16 ซึ่งประกอบด้วยเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Controller) เครื่องเชื่อมต่อ (On-off Interface) และอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ (The proposed inverter) การทำงานของการเชื่อมต่อนี้ เริ่มต้นด้วย เครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายแบบเปิด-ปิด จะส่งสัญญาณแบบขั้น (Step Signal) ไปยังเครื่องเชื่อมต่อ สัญญาณแบบขั้นจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณความถี่ 0-100 % (0-50 Hz) โดยเครื่องเชื่อมต่อนี้ แล้วสัญญาณความถี่จะถูกส่งไปยังหน้าจอแสดงผลและควบคุมของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ โดยผ่านการสื่อสารแบบ RS 485 และ RS 232 ตามลำดับ แล้วหน้าจอแสดงผลก็สั่งการไปยังบอร์ดควบคุมหลักของอินเวอร์เตอร์ (Main Board Control) เพื่อให้ควบคุมความถี่หรือความเร็วมอเตอร์พัดลมให้ได้ตามคำสั่งของเครื่องเชื่อมต่อ รูปแบบการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแบบขั้น (Step Signal) ให้เป็นสัญญาณคำสั่งความถี่ 0-100 % (0-50 Hz) หรือคำสั่งความเร็ว แสดงดังรูปที่ 3.17 แกนตั้งคือความถี่หรือความเร็วของมอเตอร์พัดลม ส่วนแกนนอนคือจำนวนขั้น (No of Step) ของเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด ความถี่หรือความเร็วของมอเตอร์พัดลมเพิ่มตามจำนวนขั้น กล่าวคือ ถ้าจำนวนขั้น (No of Step) เพิ่มขึ้น จะทำให้ความเร็วมอเตอร์พัดลมเพิ่มขึ้นตามตัวอย่างเช่น จำนวนขั้น (No of Step) เป็น 1 ความเร็วมอเตอร์จะเป็น 54 % และถ้าจำนวนขั้น (No of Step) เป็น 2 ความเร็วมอเตอร์พัดลมเป็น 63 % เป็นต้น



รูปที่ 3.16 การเชื่อมต่อเครื่องควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดกับอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอโดยเครื่องเชื่อมต่อ (On-off interface)

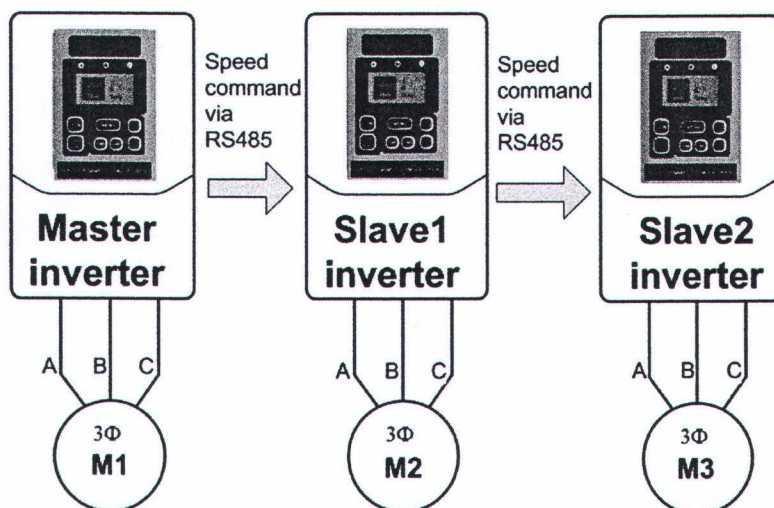


รูปที่ 3.17 ความสัมพันธ์ของจำนวนขั้น (No. of Step) จากเครื่องควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดกับความถี่อินเวอร์เตอร์

3.1.5.2 ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องอินเวอร์เตอร์อื่นๆ

การเชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์กับอินเวอร์เตอร์เครื่องอื่นๆ แสดงดังรูปที่ 3.18 ประกอบด้วยอินเวอร์เตอร์ 3 ตัว อินเวอร์เตอร์แต่ละตัว แยกกันควบคุมมอเตอร์พัดลม อินเวอร์เตอร์ 1 เครื่อง สามารถควบคุมมอเตอร์พัดลม 50 นิ้ว 1.5 แรงม้า ได้สูงสุด 4 ตัว เรียกว่าอินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 เครื่องนี้ว่า “อินเวอร์เตอร์ตัวหลัก” (Master Inverter) “อินเวอร์เตอร์ตัวรองที่ 1” (Slave Inverter 1) และ “อินเวอร์เตอร์ตัวรองที่

2” (Slave Inverter 2) ตามลำดับ อินเวอร์เตอร์ทั้ง 3 นี้ จะติดต่อสื่อสารและส่งข้อมูลกันผ่านระบบ RS485 โดยที่อินเวอร์เตอร์ตัวหลัก (Master Inverter) จะส่งคำสั่งความเร็วไปยังอินเวอร์เตอร์ตัวรอง ทั้ง 2 เครื่อง ทำให้อินเวอร์เตอร์ตัวรอง (Slave Inverter) ทั้ง 2 เครื่องควบคุมความเร็วมอเตอร์พัฒนา ที่ความเร็วเดียวกันกับอินเวอร์เตอร์ตัวหลัก (Master Inverter) อินเวอร์เตอร์ตัวรองทั้ง 2 เครื่อง จะเปลี่ยนแปลงการควบคุมความเร็วมอเตอร์ตามอินเวอร์เตอร์ตัวหลักทุกๆค่า ตัวอย่างเช่น อินเวอร์เตอร์ตัวหลัก (Master Inverter) กำลังควบคุมความเร็วมอเตอร์พัฒนาที่ 80 % อินเวอร์เตอร์ตัวหลัก ก็จะส่งคำสั่งความเร็ว 80 % ไปยังอินเวอร์เตอร์ตัวรอง (Slave Inverter) ทั้ง 2 เครื่อง เป็นผลให้อินเวอร์เตอร์ตัวรอง (Slave Inverter) ทั้ง 2 เครื่อง ปรับความเร็วมอเตอร์พัฒนาไปที่ 80 % ตามอินเวอร์เตอร์ตัวหลัก (Master Inverter) และอินเวอร์เตอร์ตัวหลักปรับความเร็วมอเตอร์พัฒนาไปที่ 100 % อินเวอร์เตอร์ตัวรองทั้ง 2 เครื่อง ก็จะปรับความเร็วมอเตอร์พัฒนาของตัวเองตามไปที่ 100 % ตามไปด้วย



รูปที่ 3.18 การเชื่อมต่ออินเวอร์เตอร์กับอินเวอร์เตอร์เครื่องอื่นๆ ด้วยการสื่อสารแบบ RS 485

3.1.5.3 ส่วนเชื่อมต่อกับชุดควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำ

ส่วนเชื่อมต่อกับชุดควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำแสดงดังรูปที่ 3.14 (ข) ประกอบด้วย แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 Vrms 50 Hz ชุดควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำ (Magnetic Contactor) และมอเตอร์ปั้มน้ำ (Water Pump) มอเตอร์ปั้มน้ำจะทำงานเฉพาะในกรณีที่อินเวอร์เตอร์ทำงานในโหมดอัตโนมัติเท่านั้น

3.2 คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะที่สำคัญของเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ แสดงดังตารางที่ 3.1 โดยแบ่งออกเป็น 7 ส่วนที่สำคัญด้วยกันดังนี้ (1) ขนาดกำลังขับเคลื่อน (2) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าด้านเข้า (3) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าด้านออก (4) ระบบป้องกันของอินเวอร์เตอร์ (5) อุปกรณ์ภายนอกที่ต่อร่วมอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ (6) การตั้งค่าควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศภายในตัวผ่านหน้าจอ LCD (7) การควบคุมความเร็วอินเวอร์เตอร์จากสัญญาณภายนอก และ (8) ประสิทธิภาพของเครื่องอินเวอร์เตอร์ โดยรายละเอียดแต่ละส่วน ได้อธิบายในหัวข้อดังนี้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ

ลำดับ	คุณสมบัติ		รายละเอียด
1	ขนาดกำลังขับเคลื่อน (Applicable motor capacity)	kW	1.1 kW × 4 หรือ 5.5 kW × 1
		HP	1.5 HP × 4 หรือ 7.5 HP × 1
2	แหล่งจ่ายไฟฟ้าด้านเข้า (Power Supply Input)	แรงดันไฟฟ้าพิกัด (Rated Voltage)	แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 VAC 50 Hz
		ย่านแรงดันไฟฟ้าที่รับได้ (Allowed Voltage Range)	แรงดันไฟฟ้า : 320 – 430 Vrms ความถี่ < ± 5 % ของความถี่พิกัด
3	แหล่งจ่ายไฟฟ้าด้านออก (Power Supply Output)	แรงดันไฟฟ้า (Output Voltage)	แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส: 0 – 380 V
		กระแสไฟฟ้าพิกัด (Output Current)	14 A
		ความถี่ (Frequency)	ความถี่ : 0 – 50 Hz
4	ระบบป้องกัน (Protection System)	แรงดันไฟฟ้าเกิน	> 420 Vrms
		แรงดันไฟฟ้าตก	< 340 Vrms
		กระแสไฟฟ้าเกิน	> 20 Arms
5	อุปกรณ์ภายนอกที่ต่อร่วม (External Equipment)	(1) ตัวควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด กับตัวเชื่อมต่อ (On-off Interface)	ตัวควบคุมเปิด-ปิด มีสัญญาณด้านออกสูงสุดได้ 10 ขั้น (Max : 10 Step of ON- OFF Controller) On-off Interface : 220 Vrms / 50 Hz
		(2) อินเวอร์เตอร์เครื่องอื่นๆ	ติดต่อสื่อสารผ่าน RS 485
		(3) ชุดควบคุมมอเตอร์ปั้มน้ำ	ต้องเป็นชุดควบคุมที่ใช้ระบบไฟ 220 Vrms / 50 Hz
			มอเตอร์ปั้มน้ำประเภท 220 Vrms / 50 Hz

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติและข้อมูลจำเพาะของเครื่องอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ (ต่อ)

ลำดับ	คุณสมบัติ		รายละเอียด
5 (ต่อ)	อุปกรณ์ภายนอกที่ต่อร่วม (External Equipment)	(4) ตัววัดอุณหภูมิสูงสุด 4 ตัว	แหล่งจ่ายแรงดัน : 12 VDC Output ; 4-20 mA : 0-100 C°
		(5) ตัววัดความชื้นสูงสุด 2 ตัว	แหล่งจ่ายแรงดัน : 12 VDC Output ; 4-20 mA : 0-90 %RH
		(6) ระบบสำรอง (Back Up System)	ระบบสำรอง รองรับชุดควบคุมชนิด 220 Vrms / 50 Hz
6	การควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศในตัวผ่านหน้าจอ LCD	(1) ตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิอย่างอัตโนมัติ (2) ช่วงควบคุมอุณหภูมิ 7 ช่วง (Temperature Curve)	
7	ควบคุมความถี่อินเวอร์เตอร์จากสัญญาณภายนอกได้	รับสัญญาณอนาล็อก (Analog)	รับสัญญาณ 0 -10 V : 0 – 50 Hz
8	ประสิทธิภาพของเครื่อง	เมื่อขับโหลดที่ความถี่ 50 Hz	96.7 %

3.2.1 ขนาดกำลังของอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ ได้ออกแบบให้มีกำลังที่สามารถขับมอเตอร์ได้ขนาด 7.5 Hp (5.5 kW) หรือสามารถที่จะขับมอเตอร์ขนาด 1.5 Hp (1.1kW) จำนวน 4 ตัว พร้อมกัน

3.2.2 แหล่งจ่ายไฟฟ้าด้านเข้า (Power Supply Input)

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ มีพิกัดแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 380 Vrms และพิกัดความถี่ 50 Hz ในกรณีที่มีความเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้า เครื่องอินเวอร์เตอร์นี้ สามารถรับการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าด้านเข้าได้ ระหว่าง 320 – 430 Vrms

3.2.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าด้านออก (Power Supply Output)

แรงดันไฟฟ้าและความถี่ด้านออกของอินเวอร์เตอร์นี้สามารถปรับเปลี่ยนได้ตั้งแต่ 0 ถึง 380 Vrms และความถี่ 0 ถึง 50 Hz

3.2.4 ระบบป้องกันทางไฟฟ้า

ระบบป้องกันทางไฟฟ้าของอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ แบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ (1) แรงดันไฟฟ้า 420 Vrms (2) แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 340 Vrms และ (3) กระแสไฟฟ้าเกิน 20 Arms หากเกิดขึ้นในกรณีใดกรณีหนึ่ง จากทั้ง 3 กรณีดังกล่าวอินเวอร์เตอร์จะหยุดทำงานทันที เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายแก่อินเวอร์เตอร์

3.2.5 อุปกรณ์ภายนอกที่ต่อร่วมด้วย

อุปกรณ์ภายนอกที่ต่อร่วมด้วย คือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่อใช้งานร่วมกับอินเวอร์เตอร์ ซึ่งประกอบด้วย (1) เครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดกับตัวเชื่อมต่อ (on-off interface) (2) อินเวอร์เตอร์เครื่องอื่นๆ (3) ชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ (4) ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และ (5) ตัวตรวจวัดความชื้นสัมพัทธ์ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังนี้

3.2.5.1 เครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดกับเครื่องเชื่อมต่อ

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ ได้ออกแบบให้สามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Controller) ที่มีสัญญาณสั่งการทำงานแบบขั้นได้สูงสุด 10 ขั้น (10 of Step) การทำงานร่วมกันของเครื่องควบคุมสถานะอากาศและระบายอากาศแบบเปิด-ปิดกับอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ทั้ง ต้องอาศัยเครื่องเชื่อมต่อ (On-off Interface) เป็นตัวเชื่อมต่อการทำงาน รายละเอียดและความสัมพันธ์การทำงานของเครื่องทั้ง 2 นี้ ได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.1.5.1

3.2.5.2 อินเวอร์เตอร์อื่นๆ

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ ได้ออกแบบให้สามารถเชื่อมต่อการทำงานระหว่างอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอด้วยกันเองได้ อินเวอร์เตอร์ที่เชื่อมต่อการทำงานด้วยกันความถี่เดียวกัน โดยส่งข้อมูลผ่านระบบสื่อสาร RS 485 รายละเอียดการทำงานนี้ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1.5.2

3.2.5.3 ชุดควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำ

ชุดควบคุมปั๊มน้ำ ต้องใช้ระบบไฟฟ้า 220 Vrms 50 Hz หรือหากใช้ชุดควบคุมปั๊มน้ำเป็นชุดแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ต้องเป็นแมกเนติกคอนแทคเตอร์ ที่ใช้ไฟฟ้าควบคุม (Coill AC) 220 Vrms 50 Hz รายละเอียดการทำงานของปั๊มน้ำร่วมกับอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ ได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.1.3.3 และ 3.1.5.3

3.2.5.4 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ที่ใช้ร่วมกับอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ได้ ต้องเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ที่ต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 12 VDC และมีกระแสต้านออกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ 4-20 mA ที่สำหรับวัดอุณหภูมิ 0 °C ถึง 100 °C อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ สามารถเชื่อมต่อตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ได้สูงสุด 4 ตัว รายละเอียดของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสต้านออกของตัวตรวจวัดอุณหภูมิและอุณหภูมิที่วัดได้ อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 3.1.2.1

3.2.5.5 ตัวตรวจวัดความชื้น

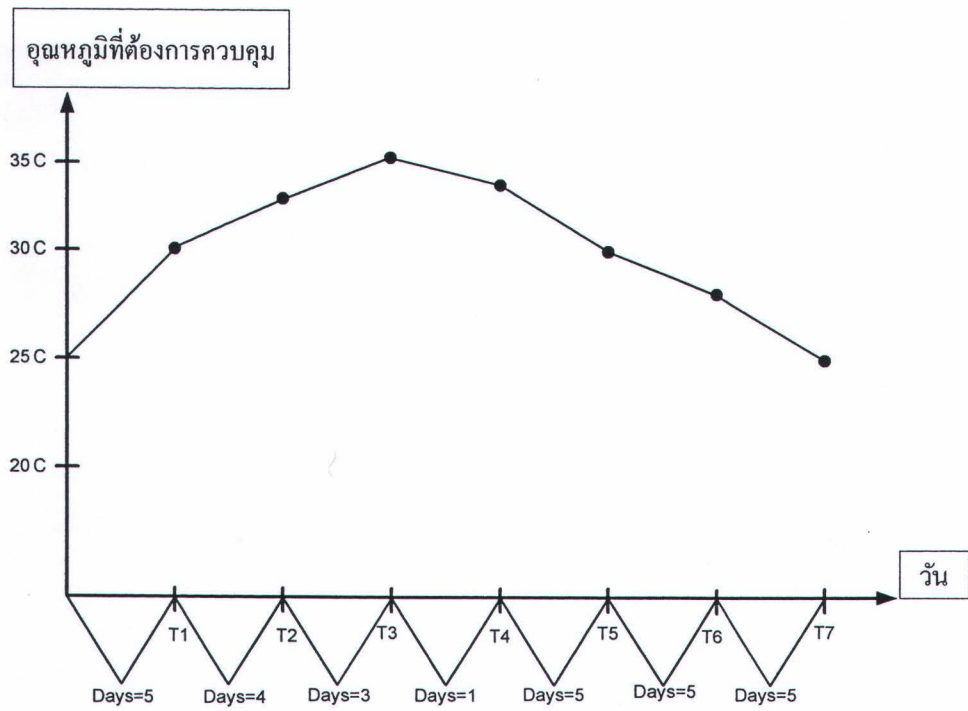
ในการทำงานเดียวกันกับตัวตรวจวัดอุณหภูมิ ตัวตรวจวัดความชื้น ที่ใช้ร่วมกับอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ได้ ต้องเป็นตัวตรวจวัดความชื้นที่ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 12 VDC ได้ และมีกระแสต้านออกของตัวตรวจวัดความชื้นเป็น 4-20 mA ที่สำหรับวัดความชื้น 0 ถึง 99 %RH อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอนี้ สามารถเชื่อมต่อตัวตรวจวัดความชื้นได้สูงสุด 2 ตัว รายละเอียดของความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ต้านออกของตัวตรวจวัดความชื้น ได้อธิบายรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.1.2.1

3.2.5.6 ระบบสำรอง (Back Up System)

ระบบสำรองในที่นี้ หมายถึง ระบบที่ทำงานเพื่อขับมอเตอร์พัดลม แทนอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอ เมื่อเกิดผลกระทบทางไฟฟ้า ในกรณีเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน 420 Vrms แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 340 Vrms และเมื่อเกิดกระแสไฟฟ้าเกิน 20 Arms ระบบสำรองที่จะมาต่อร่วมกับอินเวอร์เตอร์ เพื่อที่จะทำงานร่วมกัน ชุดควบคุมของระบบสำรอง ต้องรองรับแรงดันไฟฟ้า 220 Vrms 50 Hz เนื่องจากอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอจะจ่ายแรงดันไฟฟ้า 220 Vrms 50 Hz ให้ระบบสำรองหากเกิดผลกระทบทางไฟฟ้าทั้ง 3 กรณีดังกล่าว

3.2.6 การควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศ ภายในตัวอินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสามารถตั้งค่าการควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศได้อัตโนมัติ โดยตั้งค่าได้สะดวกและง่ายผ่านหน้าจอแสดงผลแบบรูปภาพ (Graphic LCD Display) การควบคุมสภาวะอากาศและระบายอากาศต้องตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งอินเวอร์เตอร์ที่นำเสนอสามารถตั้งค่าควบคุมแบบถ่วงหน้า (Temperature Curve) ได้ โดยสามารถแบ่งช่วงการควบคุมเป็น 7 ช่วงการควบคุม โดยแต่ละช่วงสามารถกำหนดวันและอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมได้ตามความเหมาะสม ตัวอย่างของการช่วงการควบคุมอุณหภูมิทั้ง 7 ช่วง แสดงดังรูปที่ 3.19 ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ช่วงการควบคุม เช่น ช่วงที่ 1 (T1) อุณหภูมิที่ต้องการควบคุมตั้งแต่ 25 °C ถึง 30 °C โดยใช้เวลาทั้งหมด 5 วัน เป็นต้น ส่วนในช่วงการควบคุมอื่นๆ ได้ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมล่วงหน้า (Temperature Curve Setting)