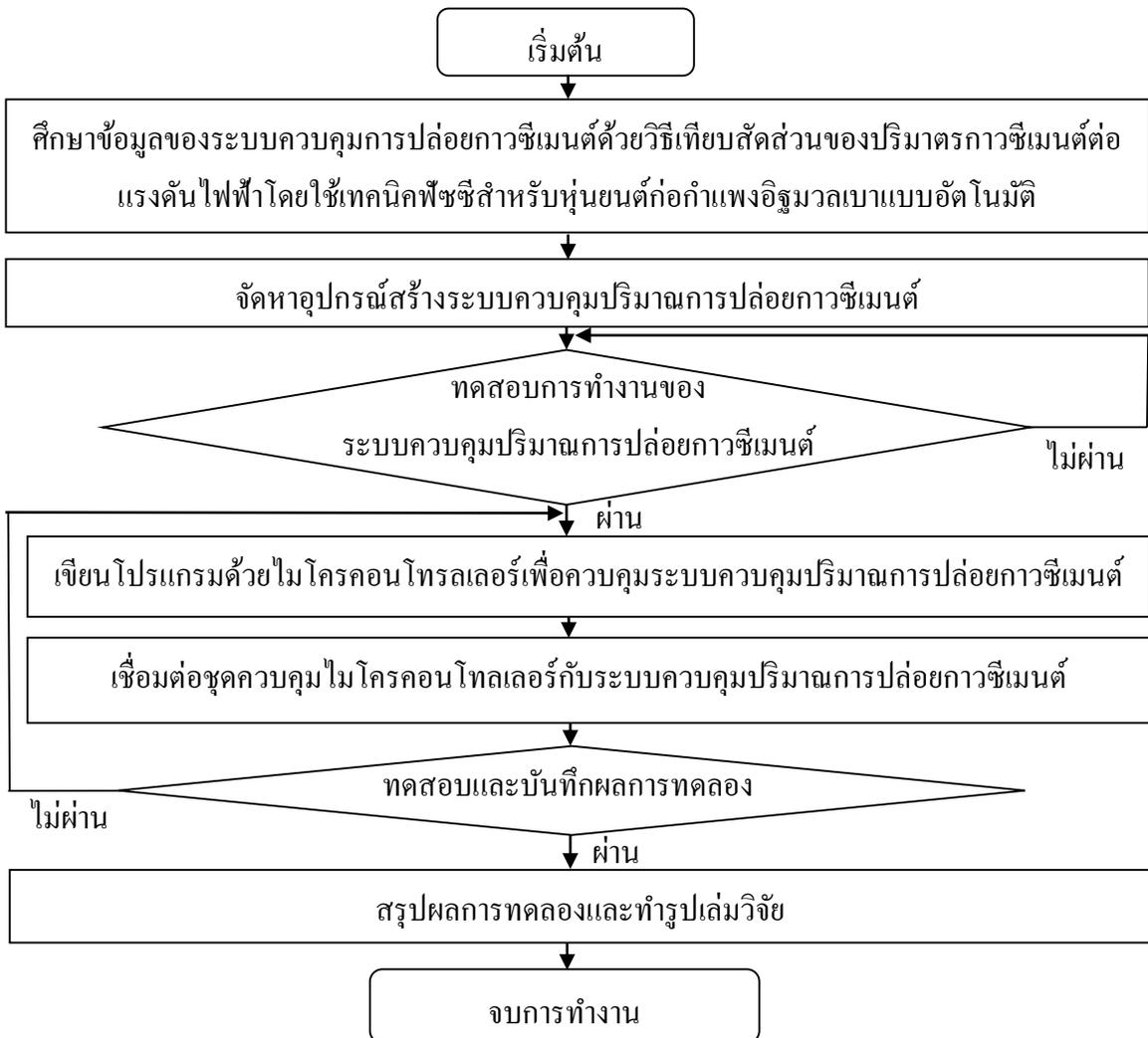


บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการจัดทำโครงการได้แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานเป็น 2 ขั้นตอน คือ การศึกษาข้อมูลเพื่อสร้างระบบควบคุมการปล่อยก๊าซซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาณก๊าซซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบควบคุมการปล่อยก๊าซซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาณก๊าซซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 3.1

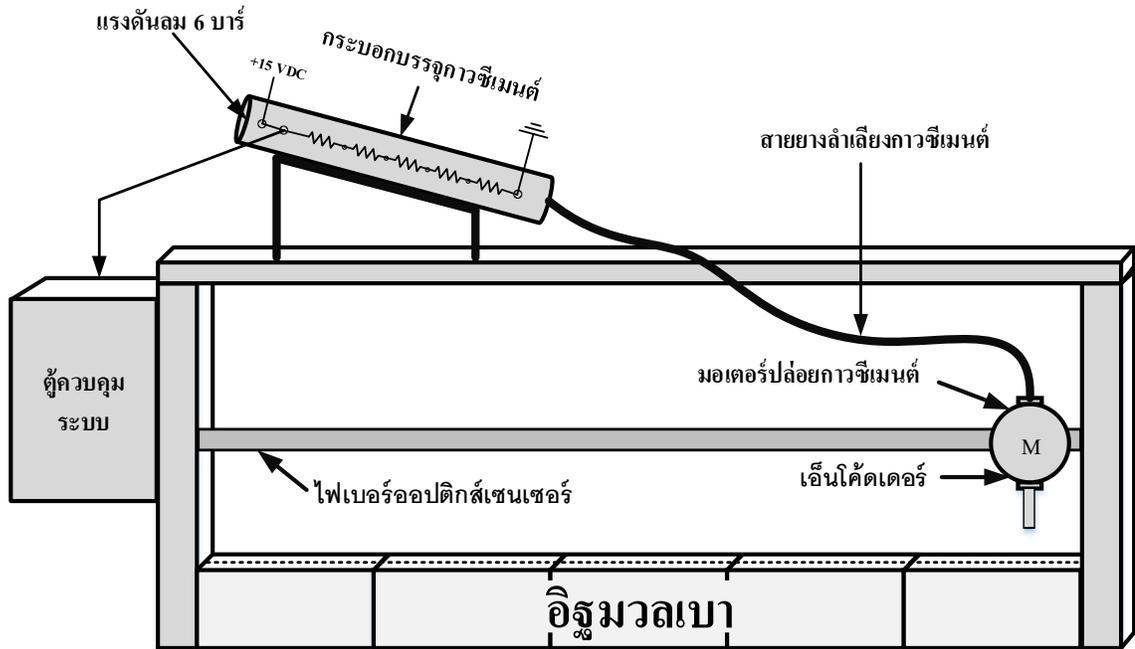


ภาพที่ 3.1 แผนผังการดำเนินงานระบบควบคุมการปล่อยก๊าซซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาณก๊าซซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินงานระบบควบคุมการปล่อยก๊าซซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรก๊าซซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ

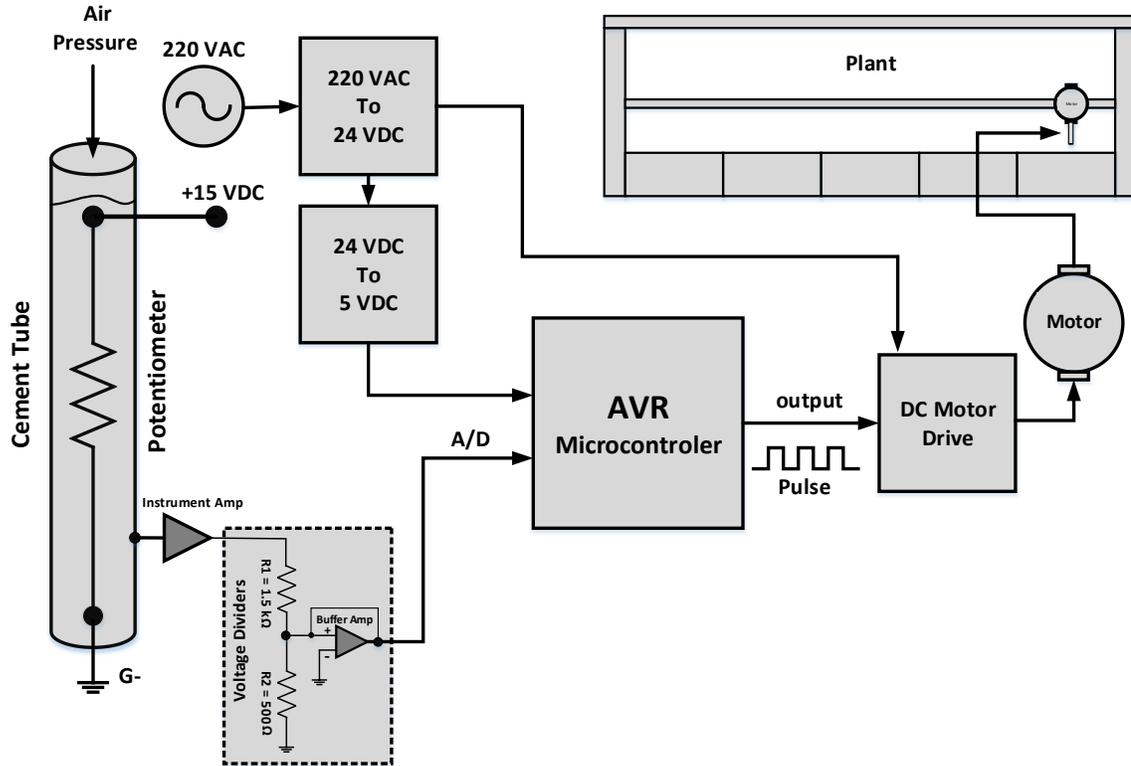
รายการ	ระยะเวลาดำเนินการ			
	มิ.ย. 58	ก.ค. 58	ส.ค. 58	ก.ย. 58
1. ศึกษาข้อมูลของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์	↔			
2. จัดหาอุปกรณ์สำหรับสร้างระบบระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์	↔			
3. สร้างระบบระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์		↔		
4. ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์		↔		
5. เชื่อมต่อระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์กับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ			↔	
6. ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์ซึ่งเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ			↔	
7. สรุปผลการทดลองและทำรูปเล่มวิจัย				↔

จากตารางที่ 3.1 เป็นแผนการดำเนินงานระบบควบคุมการปล่อยก๊าซซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรก๊าซซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีซีซี สำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ มีแผนการทำงานทั้งหมด 7 ขั้นตอนคือ ศึกษาข้อมูลของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์, จัดหาอุปกรณ์สำหรับสร้างระบบระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์, สร้างระบบระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์, ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์, เชื่อมต่อระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์กับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ, ทดสอบการทำงานของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซซีเมนต์ซึ่งเชื่อมต่อกับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ และสรุปผลการทดลองและทำรูปเล่มวิจัย



ภาพที่ 3.2 โครงสร้างระบบปล่อยกาวซีเมนต์

จากภาพที่ 3.2 เป็นโครงสร้างระบบปล่อยกาวซีเมนต์ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้ ไฟเบอร์ออปติกส์เซนเซอร์เป็นอินพุตที่ 1 ทำหน้าที่กำหนดขอบเขตการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งของการปล่อยกาวซีเมนต์ วาล์วนิวเมติกส์เป็นอินพุตที่ 2 ทำหน้าที่เปิดปิดแรงดันลมที่ใช้ดันกาวซีเมนต์ กระบอกบรรจุกาวซีเมนต์เป็นอินพุตที่ 3 ทำหน้าที่ส่งค่าแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบ เอ็นโค้ดเดอร์เป็นอินพุตที่ 4 ทำหน้าที่ส่งค่าความเร็วของมอเตอร์ให้กับระบบ ตู้ควบคุมระบบ ทำหน้าที่รับค่าอินพุตจากส่วนต่างๆ ในระบบมาทำการประมวลผลและทำการส่งค่าเอาต์พุตให้กับมอเตอร์ เพื่อทำการขับเคลื่อนตามระดับความเร็วของมอเตอร์ปล่อยกาวซีเมนต์ ทำหน้าที่รับค่าเอาต์พุตจากส่วนควบคุมและทำการขับเคลื่อนในระดับนั้นๆ เพื่อไปยังตำแหน่งของการปล่อยกาวซีเมนต์ และสายยางลำเลียงกาวซีเมนต์ทำหน้าที่ลำเลียงกาวซีเมนต์เพื่อการปล่อยกาวซีเมนต์

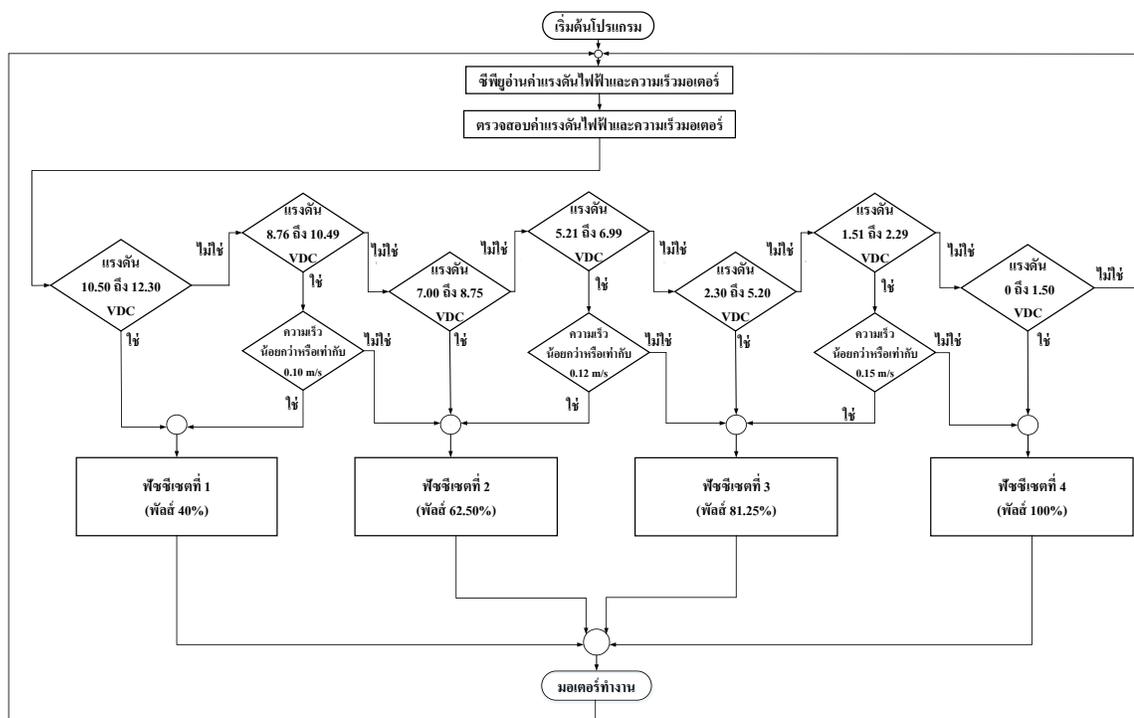


ภาพที่ 3.3 โดอะแกรมระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาวซีเมนต์

หลักการการทำงานของระบบควบคุมการปล่อยกาวซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาวซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีชชีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ จากภาพที่ 3.3 การทำงานของระบบมีส่วนประกอบดังนี้ ะบบอบบรรจุกาวซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและมีความยาว 80 เซนติเมตร สามารถบรรจุกาวซีเมนต์ในปริมาตร 3000 มิลลิลิตร ภายในกระบอกบรรจุกาวซีเมนต์ถูกแบ่งออกเป็น 10 ระดับ แต่ละระดับมีปริมาตรของกาวซีเมนต์ 300 มิลลิลิตร และเชื่อมต่อกันผ่านค่าความต้านทานที่มีการต่อแบบขนาน เพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละระดับ โดยกระบอกบรรจุกาวซีเมนต์เชื่อมต่อกับวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Dividers) ซึ่งเป็นวงจรที่ใช้ในการลดทอนแรงดันไฟฟ้า แล้วส่งผ่านไปยังวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer Amp) ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรกั้นระหว่างวงจรอินพุตกับวงจรเอาต์พุตภาคต่อไป เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 5 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะถูกส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ตระกูล AVR โดยจะทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านทางช่องสัญญาณแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) เมื่อทำการอ่านค่าระดับแรงดันไฟฟ้าแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้เข้าสู่กระบวนการของพีชชีอัลกอริทึม โดยกระบวนการพีชชีอัลกอริทึมจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วง โดยช่วงของแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าเริ่มต้น

ตั้งแต่ 0 โวลต์ จนถึง 12.30 โวลต์ และเมื่อทำการแบ่งเซตของพีชชีอัลกอริทึมออกเป็น 4 ช่วง จะสามารถแบ่งได้คือ เซตที่ 1 ของพีชชีอัลกอริทึม จะมีปริมาตรของกาวซีเมนต์ตั้งแต่ 2700 มิลลิลิตรถึง 3000 มิลลิลิตร และมีค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 10.50 โวลต์ จนถึง 12.30 โวลต์ และความคลุมเครือของพีชชีระหว่างเซตที่ 1 และเซตที่ 2 จะใช้ความเร็วในการช่วยตัดสินใจโดยมีค่าของความเร็วที่ น้อยกว่า หรือเท่ากับ 10 เมตรต่อวินาที ในเซตที่ 2 ของพีชชีอัลกอริทึม จะมีปริมาตรของกาวซีเมนต์ตั้งแต่ 2100 มิลลิลิตรถึง 2400 มิลลิลิตร และมีค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 7.00 โวลต์ จนถึง 8.75 โวลต์ และความคลุมเครือของพีชชีระหว่างเซตที่ 2 และเซตที่ 3 จะใช้ความเร็วในการช่วยตัดสินใจโดยมีค่าของความเร็วที่น้อยกว่า 12 เมตรต่อวินาที ในเซตที่ 3 ของพีชชีอัลกอริทึม จะมีปริมาตรของกาวซีเมนต์ตั้งแต่ 1200 มิลลิลิตรถึง 1800 มิลลิลิตร และมีค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2.30 โวลต์ จนถึง 5.20 โวลต์ และความคลุมเครือของพีชชีระหว่างเซตที่ 3 และเซตที่ 4 จะใช้ความเร็วในการช่วยตัดสินใจโดยมีค่าของความเร็วที่น้อยกว่า 15 เมตรต่อวินาที และในเซตที่ 4 ของพีชชีอัลกอริทึม จะมีปริมาตรของกาวซีเมนต์ตั้งแต่ 0 มิลลิลิตรถึง 900 มิลลิลิตร และมีค่าแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 โวลต์ จนถึง 1.50 โวลต์ และเนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุดที่ 5 โวลต์ ดังนั้น วงจรแบ่งแรงดันจึงต้องมีการหารแรงดันลงโดยมีค่าของอัตราการลดทอนเท่ากับ 3 เท่า ดังสมการ การแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Dividers) เมื่อได้ค่าแรงดันจากวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแล้วทำการป้อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในเซตที่ 1 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 40% (Duty Cycle) และสำหรับความคลุมเครือระหว่างเซตที่ 1 และเซตที่ 2 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 40% (Duty Cycle) ในเซตที่ 2 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.12 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 62.50% (Duty Cycle) และสำหรับความคลุมเครือระหว่างเซตที่ 2 และเซตที่ 3 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.12 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 62.50% (Duty Cycle) ในเซตที่ 3 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.15 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 81.25% (Duty Cycle) และสำหรับความคลุมเครือระหว่างเซตที่ 3 และเซตที่ 4 ของพีชชีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.15 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะ

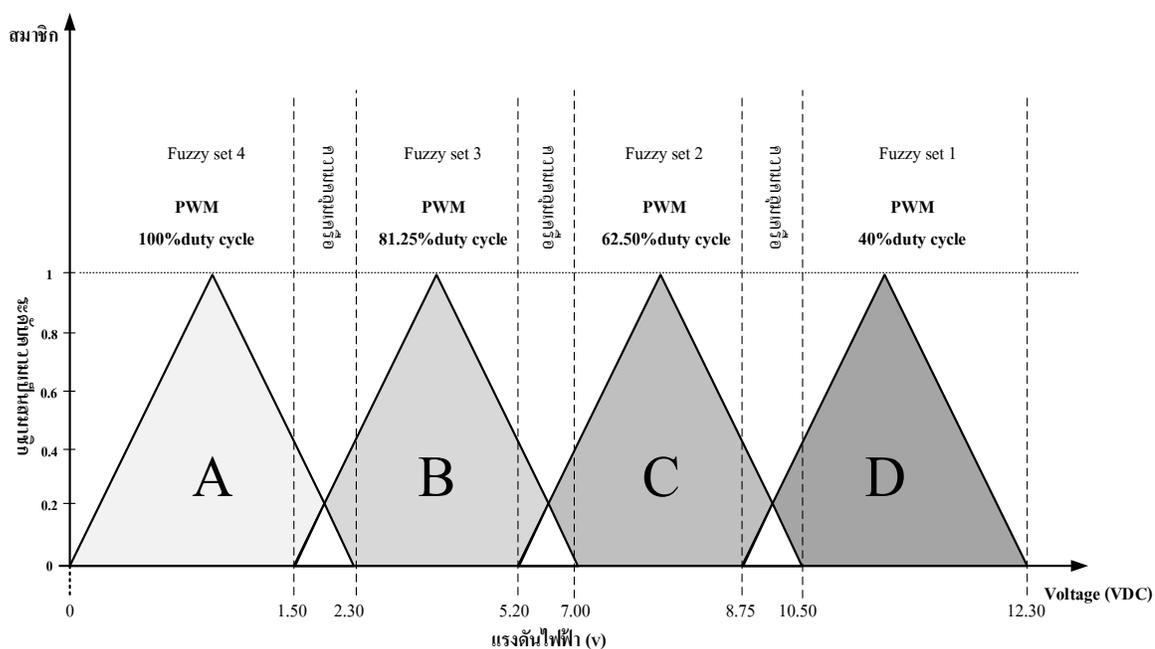
สัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 81.25% (Duty Cycle) และในเซตที่ 4 ของฟัซซีอัลกอริทึม จะทำการเลือกความเร็วในการเคลื่อนที่สำหรับปล่อยกาวซีเมนต์โดยมีความเร็วที่ 0.18 เมตรต่อวินาที ซึ่งค่าความเร็วที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับค่าความกว้างของพัลส์ที่ทำการเลือก โดยค่าความกว้างของพัลส์มีขนาด 100% (Duty Cycle) โดยสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับระบบมีค่าความถี่เท่ากับ 1 กิโลเฮิรตซ์ ความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ในการปล่อยกาวซีเมนต์สามารถหาได้โดยวิธีการคำนวณหาความเร็วจากสมการสูตรการหาความเร็ว หลังจากที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลแล้ว จะสร้างสัญญาณพัลส์โดยจะถูกส่งไปยังวงจรถับเคลื่อนมอเตอร์ (H-bridge Drive Motor) เพื่อทำการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้มีความเร็วตามที่กำหนด



ภาพที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาวซีเมนต์

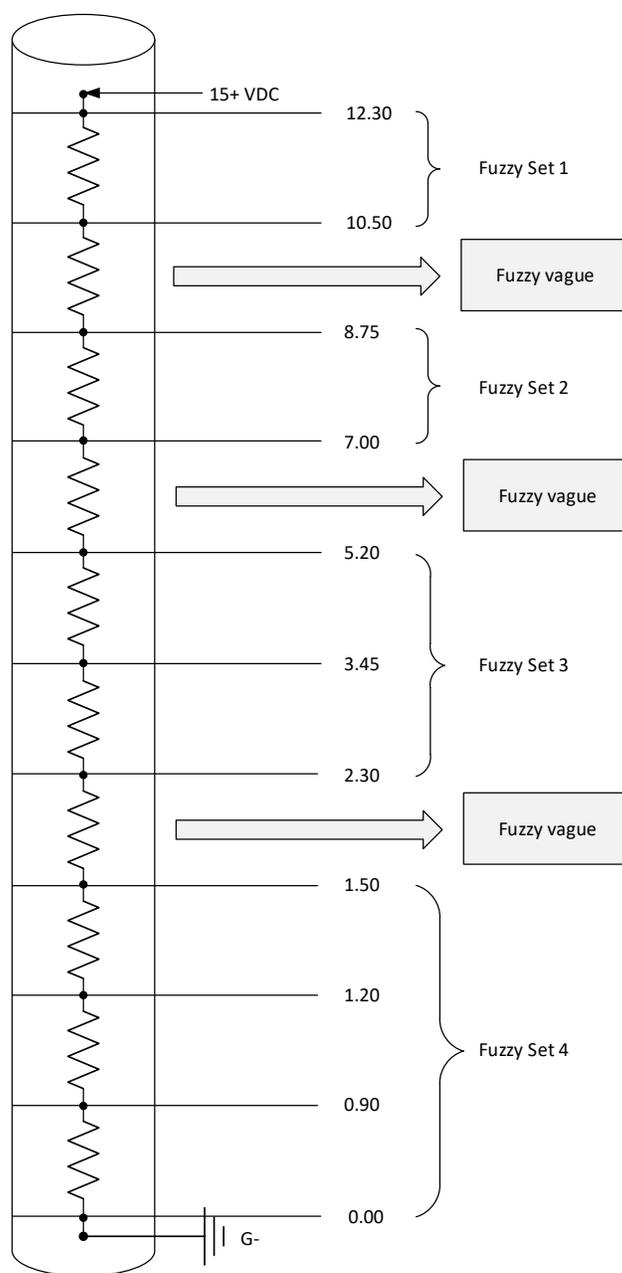
เมื่อทำการเริ่มโปรแกรม ระบบจะทำการอ่านและตรวจสอบค่าความเร็วมอเตอร์และแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากกระบอกบรรจุกาวซีเมนต์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR ทำการวิเคราะห์ด้วยอัลกอริทึมแบบฟัซซี (Fuzzy Logic) ดังแสดงรูปที่ 3.4 เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 10.50 โวลต์ ถึง 12.30 โวลต์ ทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างขนาด 40% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 7.00 โวลต์ ถึง 8.75 โวลต์ จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2.30 โวลต์ ถึง 5.20 โวลต์ จะทำการกำเนิด

สัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) และถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 โวลต์ ถึง 1.50 โวลต์ จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 100% (Duty Cycle) ในส่วนควบคุมเครื่องของค่าแรงดันไฟฟ้านั้นระบบจะใช้ค่าความเร็วเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ช่วง คือ ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 8.75 โวลต์ ถึง 10.50 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 40% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 5.20 โวลต์ ถึง 7.00 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที และทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) และถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1.50 โวลต์ ถึง 2.30 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที และทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 100% (Duty Cycle) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปพีชชีอัลกอริทึมของระบบ ได้ดังภาพที่ 3.5 และการตัดสินใจของระบบควบคุมปริมาณการปล่อย กาวซีเมนต์แบบพีชชี ได้ดังตารางที่ 3.2



ภาพที่ 3.5 พีชชีอัลกอริทึมของระบบ

ตรรกศาสตร์คลุมเครือหรือฟัซซีลอจิกของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซีเมนต์ สามารถกล่าวได้คือ จากภาพที่ 3.6 ค่าของแรงดันในช่วงระหว่าง 10.50–8.75 โวลต์ จะมีความคลุมเครือระหว่าง ฟัซซีเซตที่ 1 และฟัซซีเซตที่ 2 ค่าของแรงดันในช่วงระหว่าง 7.00–5.20 โวลต์ จะมีความคลุมเครือระหว่าง ฟัซซีเซตที่ 2 และฟัซซีเซตที่ 3 และค่าของแรงดันในช่วงระหว่าง 2.30–1.50 โวลต์ จะมีความคลุมเครือระหว่าง ฟัซซีเซตที่ 3 และฟัซซีเซตที่ 4



ภาพที่ 3.6 ความคลุมเครือระหว่างช่วงแรงดันไฟฟ้าของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซีเมนต์

ตารางที่ 3.2 การตัดสินใจของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซีเมนต์แบบพีซีซีลอจิก

แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)	ความเร็วมอเตอร์ (เมตรต่อวินาที)	พีซีซีเซต
10.50 – 12.30		เซตช่วงที่ 1 ความคลุมเครือของพีซีซี ระหว่าง เซตที่ 1 และ เซตที่ 2 (ความกว้างพัลส์ 40% Duty Cycle)
8.76 – 10.49	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10	
	มากกว่าหรือเท่ากับ 0.11	เซตช่วงที่ 2 ความคลุมเครือของพีซีซี ระหว่าง เซตที่ 2 และ เซตที่ 3 (ความกว้างพัลส์ 62.50% Duty Cycle)
7.00 – 8.75		
5.21 – 6.99	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.12	เซตช่วงที่ 3 ความคลุมเครือของพีซีซี ระหว่าง เซตที่ 3 และ เซตที่ 4 (ความกว้างพัลส์ 81.25% Duty Cycle)
	มากกว่าหรือเท่ากับ 0.13	
2.30 – 5.20		เซตช่วงที่ 4 (ความกว้างพัลส์ 100% Duty Cycle)
1.51 – 2.29	น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15	
	มากกว่าหรือเท่ากับ 0.16	
0 – 1.50		

จากตารางที่ 3.2 เป็นการตัดสินใจและช่วยตัดสินใจในส่วนของความคลุมเครือของระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซีเมนต์แบบพีซีซีลอจิก โดยแบ่งพีซีซีออกเป็น 4 เซต และมีความคลุมเครือของแรงดันไฟฟ้า 4 ช่วง โดยพีซีซีเซตที่ 1 มีช่วงของแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 10.50 ถึง 12.30 โวลต์ หรือ 8.76 ถึง 10.49 โวลต์ ที่มีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที พีซีซีเซตที่ 2 มีช่วงของแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 7.00 ถึง 8.75 โวลต์ หรือ 8.76 ถึง 10.49 โวลต์ ที่มีความเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 0.11 เมตรต่อวินาที และ 5.21 ถึง 6.99 โวลต์ ที่มีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที พีซีซีเซตที่ 3 มีช่วงของแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2.30 ถึง 5.20 โวลต์ หรือ 5.21 ถึง 6.99 โวลต์ ที่มีความเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 0.13 เมตรต่อวินาที และ 1.51 ถึง 2.29 โวลต์ ที่มีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที พีซีซีเซตที่ 4 มีช่วงของแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง 1.50 โวลต์ หรือ 1.51 ถึง 2.29 โวลต์ ที่มีความเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 0.16 เมตรต่อวินาที

การทำงานของโปรแกรมระบบควบคุมการปล่อยกาวซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาวซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคพีชซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อสร้างอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ

การทำงานของโปรแกรมประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการรับค่าอินพุตเข้ามาเพื่อช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของการอ่านค่าความเร็วและอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการตัดสินใจ ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ส่วนย่อย คือ พีชซีเซตที่ 1, ความคลุมเครือระหว่างพีชซีเซตที่ 1 กับ 2, พีชซีเซตที่ 2, ความคลุมเครือระหว่างพีชซีเซตที่ 2 กับ 3, พีชซีเซตที่ 3, ความคลุมเครือระหว่างพีชซีเซตที่ 3 กับ 4 และพีชซีเซตที่ 4

```

//***** Encoder Count *****
int i ;
int Encount = 0 ; // count encoder
i = 0;
for ( i = 0 ; i < 100; i++ )
    {
        if ((PINB&(1<<PINB0))==0)
        {
            _delay_ms(5);
            while ((PINB&(1<<PINB0))!=0);
            while ((PINB&(1<<PINB0))==0);
            Encount = Encount ++ ; // 1 count encoder = 0.005 m/s
        }
        Delay_ms(10);
    }

```

ภาพที่ 3.7 โค้ดโปรแกรมในส่วนของการอ่านค่าความเร็ว

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการอ่านค่าความเร็วของมอเตอร์จากเซ็นโค้ดเดอร์ โดยจะมีการอ่านค่าความเร็วทุก 1 วินาทีโดยฟังก์ชัน for (i = 0 ; i < 100; i++) ทำการอ่านค่าที่เซนเซอร์เอ็นโค้ดเดอร์ วัดได้แล้วเก็บไว้ที่ตัวแปร Encount = Encount ++ ; เพื่อที่โปรแกรมจะสามารถนำตัวแปรค่าความเร็วที่ได้ไปช่วยในการตัดสินใจในกรณีที่มีความคลุมเครือของพีชซี ดังภาพที่ 3.4

```

//***** Voltage Rate Value *****
unsigned int adc0=0; // For Keep Input Analog Value Buffer
unsigned int voltage_rate=abc0; // voltage rate Value

```

ภาพที่ 3.8 โค้ดโปรแกรมในส่วนของการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้า

การทำงานในส่วนนี้จะเป็นการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าโดยโปรแกรมจะทำการรับค่าแรงดันไฟฟ้าผ่านทางช่องสัญญาณแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) และนำค่าที่ได้เก็บไว้ในตัวแปร unsigned int voltage_rate=abc0; เพื่อที่โปรแกรมจะสามารถนำตัวแปรค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ไปใช้ในระบบ ดังภาพที่ 3.5

โค้ดโปรแกรมในส่วนของการตัดสินใจและช่วยตัดสินใจในส่วนของความคลุมเครือระหว่างเซตของฟัซซี มีดังนี้

```

//*****fuzzy set1*****//
if((4.03<voltage_rate)&( voltage_rate <=4.73))
{
    OCR0 = 0x7F; // pulse width = 40%
}

```

ภาพที่ 3.9 โค้ดโปรแกรมในส่วนของฟัซซีเซตที่ 1

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 4.03 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.73 โวลต์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0x7F หรือความกว้าง 40% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.6

```

//*****fuzzy vaque set 1&2*****//
if((3.36<voltage_rate)&( voltage_rate <=4.03))
{
    if (Encount <= 20 )      // 20*0.005 = 0.10 m/s
OCR0 = 0x7F;                // pulse width = 40% ;
    else
OCR0 = 0x8F;                // pulse width = 62.50%
}

```

ภาพที่ 3.10 โค้ดโปรแกรมในส่วนของความคลุมเครือระหว่างฟัซซีเซตที่ 1 และ ฟัซซีเซตที่ 2

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 3.36 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 4.03 โวลต์โปรแกรมจะมีการนำค่าความเร็วมอเตอร์ที่อ่านได้มาตัดสินใจ ถ้ามีค่าความเร็วน้อยกว่า 0.10 เมตรต่อวินาที ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0x7F หรือความกว้าง 40% (Duty Cycle) ถ้าไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าว ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0x8F หรือความกว้าง 62.50% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.7

```

//*****fuzzy set2*****//
if((2.69<voltage_rate)&( voltage_rate <=3.36))
{
    OCR0 = 0x8F;            // pulse width = 62.50%
}

```

ภาพที่ 3.11 โค้ดโปรแกรมในส่วนของฟัซซีเซตที่ 2

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 2.69 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.36 โวลต์ ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0x8F หรือความกว้าง 62.50% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.8

```

//*****fuzzy vaque set 2&3*****//
if((2<voltage_rate)&( voltage_rate <=2.69))
{
    if (Encount <= 24 )      // 24*0.005 = 0.12 m/s
OCR0 = 0x8F;                // pulse width = 62.50% ;
    else
OCR0 = 0xAF;                // pulse width = 81.25%
}

```

ภาพที่ 3.12 โค้ดโปรแกรมในส่วนของความคลุมเครือระหว่างฟัซซีเซตที่ 2 และ ฟัซซีเซตที่ 3

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 2 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2.69 โวลต์โปรแกรมจะมีการนำค่าความเร็วมอเตอร์ที่อ่านได้มาตัดสินใจ ถ้ามีค่าความเร็วน้อยกว่า 0.12 เมตรต่อวินาที ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0x8F หรือความกว้าง 62.50% (Duty Cycle) ถ้าไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าว ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0xAF หรือความกว้าง 81.25% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.9

```

//*****fuzzy set3*****//
if((0.88<voltage_rate)&( voltage_rate <=2))
{
    OCR0 = 0xAF;            // pulse width = 81.25%
}

```

ภาพที่ 3.13 โค้ดโปรแกรมในส่วนของฟัซซีเซตที่ 3

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 0.88 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 2 โวลต์ ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0xAF หรือความกว้าง 81.25% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.10

```

//***** fuzzy vaque set 3&4*****//
if((0.57<voltage_rate)&( voltage_rate <=0.88))
{
    if (Encount <= 30 )      // 20*0.005 = 0.15 m/s
OCR0 = 0xAF;                // pulse width = 81.25% ;
    else
OCR0 = 0xFF;                // pulse width = 100%
}

```

ภาพที่ 3.14 โค้ดโปรแกรมในส่วนของความคลุมเครือระหว่างฟัซซีเซตที่ 3 และ ฟัซซีเซตที่ 4

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 0.57 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.88 โวลต์โปรแกรมจะมีการนำค่าความเร็วมอเตอร์ที่อ่านได้มาตัดสินใจ ถ้ามีค่าความเร็วน้อยกว่า 0.15 เมตรต่อวินาที ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0xAF หรือความกว้าง 81.25% (Duty Cycle) ถ้าไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าว ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0xFF หรือความกว้าง 100% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.11

```

//*****fuzzy set4*****//
if((0<voltage_rate)&( voltage_rate <=0.57))
{
    OCR0 = 0xFF;            // pulse width = 100%
}

```

ภาพที่ 3.15 โค้ดโปรแกรมในส่วนของฟัซซีเซตที่ 4

เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่ามากกว่า 0 โวลต์ ถึง น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.57 โวลต์ ไมโครคอนโทรเลอร์จะปล่อยสัญญาณพัลส์ให้กับมอเตอร์ที่ความเร็ว 0xFF หรือความกว้าง 100% (Duty Cycle) ดังภาพที่ 3.12

จากภาพที่ 3.5 เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 10.50 โวลต์ ถึง 12.30 โวลต์ ทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 40% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 7.00 โวลต์ ถึง 8.75 โวลต์ จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 2.30 โวลต์ ถึง 5.20 โวลต์ จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) และถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 0 โวลต์ ถึง 1.50 โวลต์ จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 100% (Duty Cycle) ในส่วนความคลุมเครือของค่าแรงดันไฟฟ้านั้นระบบจะใช้ค่าความเร็วเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ ซึ่งมีทั้งหมด 3 ช่วง คือ ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 8.75 โวลต์ ถึง 10.50 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 เมตรต่อวินาที จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 40% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) ถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 5.20 โวลต์ ถึง 7.00 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.12 เมตรต่อวินาที จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 62.50% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) และถ้าอยู่ในช่วงแรงดันไฟฟ้าตั้งแต่ 1.50 โวลต์ ถึง 2.30 โวลต์ โดยมีความเร็วน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.15 เมตรต่อวินาที จะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 81.25% (Duty Cycle) หากไม่อยู่ในช่วงความเร็วดังกล่าวจะทำการกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ความกว้างขนาด 100% (Duty Cycle)

ระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซิเมนต์ กฎของฟัซซีเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรฟัซซีในระบบ โดยการออกแบบกฎดังกล่าวจะทำโดยผู้เชี่ยวชาญที่ซึ่งรู้ความสัมพันธ์ภายในของระบบเป็นอย่างดีและทำให้สามารถสรุปเป็นกฎความสัมพันธ์นั้นๆออกมาได้อย่างถูกต้อง พิจารณาระบบควบคุมปริมาณการปล่อยกาซิเมนต์ซึ่งมี 2 อินพุต (ตัวแปร) ได้แก่ แรงดันไฟฟ้าและความเร็ว โดยมี 1 เอาต์พุต คือ พัลส์ สามารถเขียนตามกฎของฟัซซีระหว่างตัวแปรทั้ง 3 ได้ดังนี้

1. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 10.50 - 12.30 **THEN** พัลส์ = PWM 40%
2. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 8.76 – 10.49 **AND** ความเร็วมอเตอร์ ≤ 0.10 **THEN** พัลส์ = PWM 40%
3. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 7.00 – 8.75 **THEN** พัลส์ = PWM 62.50%
4. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 5.21 – 6.99 **AND** ความเร็วมอเตอร์ ≤ 0.12 **THEN** พัลส์ = PWM 62.50%
5. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 2.30 – 5.20 **THEN** พัลส์ = PWM 81.25%
6. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 1.51 – 2.29 **AND** ความเร็วมอเตอร์ ≤ 0.15 **THEN** พัลส์ = PWM 81.25%
7. **IF** แรงดันไฟฟ้า = 0 – 1.50 **THEN** พัลส์ = PWM 100%

วิธีการทดลอง

ในส่วนของวิธีการทดลองระบบควบคุมการปล่อยกาซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ ได้แบ่งขั้นตอนการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า ค่าความเร็วที่เหมาะสมของระบบปล่อยกาซีเมนต์ และการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการปล่อยกาซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า และค่าความเร็วที่เหมาะสมของระบบปล่อยกาซีเมนต์ โดยส่วนการหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เหมาะสมของระบบปล่อยกาซีเมนต์ ซึ่งกระบอกบรรจุกาซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและความยาว 80 เซนติเมตร มีปริมาตร 3000 มิลลิลิตร โดยภายในกระบอกบรรจุถูกแบ่งออกเป็น 10 ระดับ แต่ละระดับมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร การทดลองมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขนาด 5 , 12 , 15 โวลต์ จากนั้นทำการปล่อยกาซีเมนต์หรือน้ำที่อยู่ภายในกระบอกบรรจุออกครั้งละ 300 มิลลิลิตร โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละระดับ และทำการบันทึกผลการทดลอง ในส่วนของการหาค่าความต้านทานไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบปล่อยกาซีเมนต์ ซึ่งกระบอกบรรจุกาซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและความยาว 80 เซนติเมตร มีปริมาตร 3000 มิลลิลิตร โดยภายในกระบอกบรรจุถูกแบ่งออกเป็น 10 ระดับ แต่ละระดับมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร และเชื่อมต่อกันผ่านค่าความต้านทานที่มีการต่อแบบขนานเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละระดับ โดยค่าความต้านทานที่ทำการทดลองมีทั้งหมด 4 ค่าคือ 1 , 10 , 100 กิโลโอห์ม และ 1 เมกะโอห์ม การทดลองมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขนาด 15 โวลต์ จากนั้นทำการปล่อยกาซีเมนต์หรือน้ำที่อยู่ภายในกระบอกบรรจุออกครั้งละ 300 มิลลิลิตร โดยวัดค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละระดับ และทำการบันทึกผลการทดลอง ในส่วนของการหาค่าความกว้างของพัลส์ที่เหมาะสม โดยทำการกำหนดค่าความเร็วมอเตอร์ออกเป็น 10 ค่าคือ 0x6F, 0x7F, 0x8F, 0x9F, 0xAF, 0xBF, 0xCF, 0xDF, 0xEF, และ 0xFF ทำการสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนที่ในแต่ละค่าที่กำหนด ซึ่งจะมีระยะในการเคลื่อนที่ 1 เมตร พร้อมทั้งทำการจับเวลาเพื่อนำมาคำนวณหาค่าความเร็วของมอเตอร์จากสมการที่ (6)

ส่วนที่ 2 เป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการปล่อยกาซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ และระบบการปล่อยกาซีเมนต์แบบคงที่ โดยส่วนการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบควบคุมการปล่อยกาซีเมนต์ด้วยวิธีเทียบสัดส่วนของปริมาตรกาซีเมนต์ต่อแรงดันไฟฟ้า โดยใช้เทคนิคพีซีซีสำหรับหุ่นยนต์ก่อกำแพงอิฐมวลเบาแบบอัตโนมัติ ซึ่งกระบอกบรรจุกาซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและความยาว 80 เซนติเมตร มีปริมาตร 3000 มิลลิลิตร

โดยภายในกระบอกบรรจุถูกแบ่งออกเป็น 10 ระดับ แต่ละระดับมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร และเชื่อมต่อกันผ่านค่าความต้านทานที่มีการต่อแบบขนานเพื่อวัดค่าแรงดันไฟฟ้า โดยค่าความต้านทานที่ 1 เมกะโอห์มทำการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้าสู่กระบอกบรรจุที่แรงดันไฟฟ้าขนาด 15 โวลต์ และแรงดันลมในการดันกาวซีเมนต์ที่แรงดัน 6 บาร์ ทำการปล่อยกาวซีเมนต์โดยใช้พีซีอัลกอริทึมของระบบเป็นตัวประมวลผลในการตัดสินใจและควบคุมความเร็วมอเตอร์ในการปล่อยกาวซีเมนต์ ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.5 พร้อมกับวัดค่าความกว้างของเส้นกาวซีเมนต์ที่ได้ และทำการบันทึกผลการทดลอง ในส่วนของการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบการปล่อยกาวซีเมนต์แบบคงที่ ซึ่งกระบอกบรรจุกาวซีเมนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตรและความยาว 80 เซนติเมตร มีปริมาตร 3000 มิลลิลิตร ทำการจ่ายแรงดันลมในการดันกาวซีเมนต์ที่แรงดัน 6 บาร์ จากนั้นทำการปล่อยกาวซีเมนต์โดยให้ความเร็วมอเตอร์มีค่าคงที่ พร้อมกับวัดค่าความกว้างของเส้นกาวซีเมนต์ที่ได้ และทำการบันทึกผลการทดลอง