

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตการทำปริญญานิพนธ์	2
1.4 คำจำกัดความ	2
1.5 สถานะของปัญหาปริญญานิพนธ์	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีสำคัญ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 หม้อแปลงไฟฟ้า	4
2.2 สายไฟฟ้า	7
2.3 เซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันต่ำ	18
2.4 วงจรสายป้อนมอเตอร์	23
2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	24
2.6 อินเวอร์เตอร์	28
2.7 ระบบไฮดรอลิก	31
2.8 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์	36
2.9 เซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล	41
2.10 การควบคุมแบบฟรอฟพอร์ซัลนัล	54
2.11 การคำนวณค่าเสดในระบบ และการประยุกต์ใช้กับโครงการปริญญานิพนธ์	78
2.12 การหาปริมาณทรายจากค่าเสดในโครงการปริญญานิพนธ์	83
2.13 การคำนวณค่าความดันไฮดรอลิกในกระบอกสูบกันหลวม (Ram)	83

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 ศึกษา และรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการปริญญานิพนธ์	88
3.2 นำเสนอหัวข้อโครงการปริญญานิพนธ์	89
3.3 ออกแบบระบบจ่ายไฟฟ้า	91
3.4 ออกแบบระบบเพื่อควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 450 กิโลวัตต์	96
3.5 ควบคุมการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า	98
3.6 ควบคุมการติดตั้งระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า	98
3.7 ทดสอบระบบมอเตอร์ขับเคลื่อนชุดทราย	98
3.8 รายงานความก้าวหน้าของโครงการ	98
3.9 ออกแบบระบบควบคุมสุญญากาศ	98
3.10 ติดตั้งระบบควบคุมสุญญากาศ	104
3.11 เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมสุญญากาศ	111
3.12 ทดสอบระบบควบคุมสุญญากาศ	113
3.13 ทดสอบระบบการทำงานหมด	113
3.14 จัดทำเล่มวิทยานิพนธ์	113
3.15 สอบโครงการ	113
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	
4.1 ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1000 เควีเอ	117
4.2 ผลการติดตั้งมอเตอร์ไฟฟ้า 450 กิโลวัตต์	119
4.3 ผลการติดตั้งระบบควบคุมมอเตอร์ 450 กิโลวัตต์	120
4.4 ผลการติดตั้งระบบควบคุมมอเตอร์คว้านกันเซ	122
4.5 การใส่ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้า 450 กิโลวัตต์ในอินเวอร์เตอร์	123
4.6 ผลการทดสอบระบบทั้งหมด	124
4.7 ส่วนโครงสร้างของระบบควบคุมความดันสุญญากาศในปั๊มชุดทราย	125
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินโครงการ และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ	136
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	137
5.3 ข้อเสนอแนะ	137

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	139
ภาคผนวก	140
ภาคผนวก ก. กราฟเปรียบเทียบค่าเสด (Head) อัตราการไหล ความเร็วรอบมอเตอร์	
ภาคผนวก ข. คู่มืออินเวอร์เตอร์	
ภาคผนวก ค. THE CONVAC SYSTEM	
ภาคผนวก ง. คู่มือเซ็นเซอร์และอุปกรณ์	
ภาคผนวก จ. โปรแกรมแลคเคอร์ไดอะแกรม (Ladder Diagram)	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของทองแดง และอะลูมิเนียม	8
2.2 คุณสมบัติของฉนวน พีวีซีและ เอ็กซ์แอลพีอี	8
2.3 ตัวคูณลดค่าพิกัดกระแส (Derating Factor)	17
2.4 ความเร็วรอบของมอเตอร์	29
2.5 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบกระบอกสูบโรตารี	43
2.6 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบโรตารี	45
2.7 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลคอรีโอลิส ชนิดท่อขนาน	46
2.8 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลคอรีโอลิส ชนิดท่อเดี่ยว	48
2.9 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิก ชนิดจับช่วงเวลา	50
2.10 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิก ชนิดแนบติดกับผนังท่อ	52
2.11 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	53
3.1 ตารางโหลด ไฟฟ้าเครื่องพลอยกาญจน์	91
3.2 ขนาดกระแสของสาย CV	94
3.3 ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ใช้กับหม้อแปลง	95
3.4 ท่อกันหรามขนาด 12 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางวาล์วปิดเปิดน้ำ 21 เซนติเมตร ที่ความลึกจากผิวน้ำในระดับต่าง ที่สุญญากาศ 50 เปอร์เซ็นต์	102
3.5 ท่อกันหรามขนาด 6 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางวาล์วปิดเปิดน้ำ 10 เซนติเมตร ที่ความลึกจากผิวน้ำในระดับต่าง ที่สุญญากาศ 50 เปอร์เซ็นต์	103
3.6 ผลการติดตั้งเกจวัดสุญญากาศ	109
3.7 แผนการดำเนินการ โครงการงาน	114
4.1 ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ ตัวเก่า	124
4.2 ค่าพารามิเตอร์ของมอเตอร์ ตัวใหม่	124
4.3 ตารางแสดงผลค่าพารามิเตอร์มอเตอร์ 315 กิโลวัตต์ และ 450 กิโลวัตต์	126
4.4 ผลการทดสอบการเปิด-ปิดของวาล์วกันหรามโดยใช้ตัวดันทาน	127
4.5 ผลการทดสอบเซ็นเซอร์วัดอัตราการไหล	130
4.6 ตารางแสดงข้อมูลช่วงการดูตรวจจากการสอบถามเทียบกับ เซ็นเซอร์วัดการไหล	131
4.7 การทดสอบโปรแกรมควบคุมความดันน้ำมันไฮดรอลิก	133
4.8 ค่าการเปลี่ยนแปลงของความดันน้ำมันไฮดรอลิกกับ แรงดันที่จ่ายให้การคัพพอร์ชันนัล	133
4.9 การทดสอบโปรแกรมควบคุมความดันน้ำมันไฮดรอลิก	134
4.10 การเปรียบเทียบการปรับรอบให้เหมาะกับการดูที่ได้ปริมาณทรายมากและไม่เกิดการอุดตัน	134

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบหม้อแปลงหล่อเรซิน	6
2.2 สายอะลูมิเนียมดีเกลือวเป็ลลือย	9
2.3 สายอะลูมิเนียมแกนเหล็ก	9
2.4 สายพีไอซี	10
2.5 สายเอสเอซี	10
2.6 สเตเซอร์	11
2.7 สายครอสลิงค์ โพลีไทลีน	11
2.8 สายไฟฟ้าตารางที่ 2	12
2.9 สายไฟฟ้าตารางที่ 11	13
2.10 สาย ทีเอชดับเบิลยู	13
2.11 สาย เอ็นวายวาย ชนิดหลายแกน	14
2.12 สายเอ็นวายวาย ชนิดมีสายดิน	15
2.13 สายซีวี หรือ ซีวีวี	15
2.14 เซอร์กิตเบรกเกอร์ชนิด เอ็มซีซีบี	19
2.15 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ชนิด เอซีบี	21
2.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และเวลาของ การตัดแบบอาศัยอุณหภูมิ และสนามแม่เหล็ก	22
2.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และเวลาของ Solid State Trip	23
2.18 มอเตอร์กระแสสลับ	25
2.19 โครมมอเตอร์	26
2.20 โรเตอร์หรือตัวหมุน	27
2.21 การทำงานของอินเวอร์เตอร์	29
2.22 วงจรเรียงกระแส	30
2.23 ตัวอย่างสัญลักษณ์กระบอกสูบไฮดรอลิก	32
2.24 ตัวอย่างสัญลักษณ์มอเตอร์ไฮดรอลิก	33
2.25 ตัวอย่างสัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมการไหล	33
2.26 ตัวอย่างสัญลักษณ์อุปกรณ์ควบคุมความดัน	34
2.27 ตัวอย่างสัญลักษณ์วาล์วเปลี่ยนทิศทางการไหล	34
2.28 ตัวอย่างสัญลักษณ์ปั๊มไฮดรอลิก	34
2.29 ตัวอย่างสัญลักษณ์อุปกรณ์ท่อ และข้อต่อ	35
2.30 ตัวอย่างสัญลักษณ์วิธีการบังคับให้อุปกรณ์ทำงาน	35
2.31 ตัวอย่างอุปกรณ์ที่ช่วยในการทำงานของระบบไฮดรอลิก	36

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.32 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller: PLC)	36
2.33 แสดงภาษาแลดเดอร์ไดอะแกรมที่คล้ายกับวงจรควบคุมทางไฟฟ้า	37
2.34 แสดงองค์ประกอบของพีแอลซี	38
2.35 แผนภูมิแสดงการทำงานของซีพียู	40
2.36 ตัวอย่างอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบกระบอกสูบโรตารีในอุตสาหกรรม	42
2.37 โครงสร้างการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบโรตารี	44
2.38 ตัวอย่างของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบโรตารีในอุตสาหกรรม	44
2.39 โครงสร้างการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลคอรีโอลิส ชนิดท่อขนาน	45
2.40 ตัวอย่างมิเตอร์คอรีโอลิส ชนิดท่อขนานในอุตสาหกรรม	46
2.41 ลักษณะภายในของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหล คอรีโอลิส ชนิดท่อเดี่ยว	47
2.42 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลคอรีโอลิส ชนิดท่อเดี่ยวในอุตสาหกรรม	47
2.43 ลักษณะภายในของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิก ชนิดจับช่วงเวลา	49
2.44 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิก ชนิดจับช่วงเวลา	49
2.45 ตัวอย่างของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิกแบบจับช่วงเวลา	50
2.46 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิก ชนิดหัววัดแนบติดกับผนังท่อ	51
2.47 การติดตั้งใช้งานอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลอัลตราโซนิกแบบแนบติดกับผนังท่อ	51
2.48 ทฤษฎีสถานแม่เหล็กไฟฟ้าของฟาราเดย์	52
2.49 ตัวอย่างของอุปกรณ์ตรวจวัดการไหลแบบสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในอุตสาหกรรม	53
2.50 ตัวอย่างการใช้พรอพอร์ชันนัลแทนวาล์วธรรมดาในระบบไฮดรอลิก	54
2.51 ส่วนประกอบหลักของระบบพรอพอร์ชันนัลไฮดรอลิก	55
2.52 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์	56
2.53 ตัวอย่างการนำเอาพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์มาใช้ร่วมกับวาล์ว	56
2.54 การใช้เซ็นเซอร์ควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่ของพรอพอร์ชันนัลโซลินอยด์	57
2.55 ประเภทของพรอพอร์ชันนัลวาล์ว	57
2.56 วาล์วปลดความดันแบบพรอพอร์ชันนัล	58
2.57 พรอพอร์ชันนัลวาล์ว ควบคุมทิศทางชนิดควบคุมโดยตรง	58
2.58 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมทิศทางชนิดทำงานทางอ้อมและมีเซ็นเซอร์ตรวจจับตำแหน่ง	59
2.59 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหล	60
2.60 พรอพอร์ชันนัลวาล์วควบคุมการไหลแบบมีชุดรักษาระดับความดัน	60
2.61 กราฟแสดงความเร็วในการตอบสนอง	61
2.62 กราฟแสดงช่วงของการผันกลับ	61

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.63 กราฟแสดงฮิสเตอร์ซิส	61
2.64 การหล่อและอัดการไหล / สัญญาณไฟฟ้า	62
2.65 เวลาในการตอบสนองการเลื่อนวาล์ว	63
2.66 การตอบสนองความถี่ของพอร์ชันนัลวาล์ว	63
2.67 กราฟแสดงความตอบสนอง	64
2.68 ความถี่วิกฤตที่จำกัดการทำงาน	64
2.69 ชุดขยายสัญญาณให้พอร์ชันนัลวาล์ว	65
2.70 รูปแบบของการส่งสัญญาณในการควบคุมพอร์ชันนัลโซลินอยด์	66
2.71 โครงสร้างหลักของชุดควบคุมขยายสัญญาณให้กับวาล์วที่ไม่มีการควบคุมตำแหน่งของสปูล	67
2.72 โครงสร้างหลักของชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์วที่มีการควบคุมตำแหน่งของสปูล	67
2.73 ชุดขยายสัญญาณให้กับวาล์วแบบ 2 ช่องสัญญาณ	68
2.74 การมอดูเลตความกว้างพัลส์	69
2.75 การปรับค่าพารามิเตอร์ของชุดขยายสัญญาณ	70
2.76 ชุดขยายสัญญาณที่มีการรวมเอาชุดสร้างสัญญาณแรมป์เข้าไว้ด้วยกัน	71
2.77 การเปิดปิดวาล์วแบบทันทีทันใดทำให้เกิดการกระตุกอันเนื่องมาจากความดัน	71
2.78 การแก้ปัญหากระแทก และสั่นด้วยการปรับตั้งค่าแรมป์ หรือความชัน	72
2.79 หลักการของตัวสร้างสัญญาณแรมป์	72
2.80 การปรับค่าความชันซึ่งมีผลต่ออัตราเร่ง (acceleration) และอัตราหน่วง (deceleration)	73
2.81 ตัวอย่างการปรับระดับความชันของสัญญาณแรมป์ที่ชุดควบคุม	73
2.82 ตัวอย่างโพเทนชิโอมิเตอร์ในรูปแบบต่างๆ	74
2.83 หลักการนำโพเทนชิโอมิเตอร์มาใช้งาน	74
2.84 การใช้รีเลย์หรือ พีแอลซี ควบคุมโพเทนชิโอมิเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณให้มีค่าหลายระดับ	76
2.85 รูปแบบสปูลของพอร์ชันนัลวาล์วที่สามารถควบคุมน้ำมันเข้าหรือออกได้	77
2.86 ตัวอย่างความดันตกคร่อมวาล์วเมื่อพื้นที่ของลูกสูบต่างกันเป็น 2:1	78
2.87 สปูลของวาล์วที่มีพื้นที่ 2:1	78
2.88 ตัวอย่างความดันตกคร่อมวาล์ว เมื่อพื้นที่ของสปูลมีค่าเป็น 2:1	78
2.89 กรณีที่ตัวปั๊มอยู่ระดับต่ำกว่าผิวน้ำ	80
2.90 กรณีที่ตัวปั๊มอยู่ระดับสูงกว่าผิวน้ำ	80
2.91 ตำแหน่งการติดตั้งปั๊มดูดทรายบนเรือ	81
2.92 แสดงลักษณะความดันที่เกิดขึ้น	84

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.1 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการทำโครงการปริญญานิพนธ์	87
3.2 แสดงแผนภูมิศึกษาและรวบรวมทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการปริญญานิพนธ์	88
3.3 แสดงแผนภูมิการนำเสนอหัวข้อโครงการปริญญานิพนธ์	89
3.4 แสดงแผนภูมิการนำเสนอหัวข้อโครงการปริญญานิพนธ์	90
3.5 แบบวงจรไฟฟ้าบนแผ่น - ไปเรือ	92
3.6 แบบ วงจรไฟฟ้าบนเรือ	93
3.7 แบบวงจรควบคุมมอเตอร์บนเรือ	96
3.8 แบบวงจรควบคุมมอเตอร์ก้านกันเขบนเรือ	97
3.9 ลักษณะของท่อเสริมน้ำ (Bypass pipe assembly)	99
3.10 ลักษณะของ เซ็นเซอร์วัดสุญญากาศและการติดตั้ง	99
3.11 วงจรไฮดรอลิก และ วาล์วควบคุมสุญญากาศ	100
3.12 แบบอธิบายลักษณะการติดตั้งเซ็นเซอร์ต่างๆ	101
3.13 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการระบบกันทรามอัดโนมิต	104
3.14 ลักษณะการต่อสายสัญญาณระหว่างเซ็นเซอร์วัดการไหลกับ ตัวแปลงสัญญาณ	105
3.15 ลักษณะของขั้วต่อสัญญาณตัวแปลงสัญญาณของเซ็นเซอร์วัดการไหล	105
3.16 ขั้วต่อสัญญาณเอาต์พุตและแหล่งจ่าย	106
3.17 ลักษณะของเซ็นเซอร์วัดความสุญญากาศ	106
3.18 ลักษณะของเซ็นเซอร์วัดความดันสุญญากาศและขั้วต่อสัญญาณเอาต์พุต	107
3.19 วงจรการต่อสัญญาณเอาต์พุต	107
3.20 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการออกแบบจุดการติดตั้งเซ็นเซอร์	108
3.21 แสดงค่าความดันสุญญากาศที่เกิด โดยวัดจากเกจวัดความดันสุญญากาศ	109
3.22 ลักษณะของตัวการ์ดพรอพอร์ชันนัล	110
3.23 ภาพการติดตั้งการ์ดพรอพอร์ชันนัล	110
3.24 ภาพหลังจากการติดตั้งพีแอลซีแล้ว	110
3.25 ภาพการใช้โปรแกรม GP-Pro EX รุ่น 2.2 ในการเขียนโปรแกรมควบคุม	111
3.26 แสดงแผนภูมิขั้นตอนการเขียนโปรแกรม พีแอลซีแบบควบคุมกันทรามอัดโนมิต	111
3.27 แสดงแผนภูมิโปรแกรมควบคุมความดันน้ำมัน ไฮดรอลิกในกระบอบสูบกันทราม	112
4.1 แสดงการติดตั้งหม้อแปลงขนาด 1000 เควีเอ	114
4.2 สายป้อน แบบเก่า	118
4.3 สายป้อน แบบเก่า	118
4.4 แสดงรูปมอเตอร์ขนาด 315 กิโลวัตต์	119

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.5 แสดงรูปมอเตอร์ขนาด 450 กิโลวัตต์	119
4.6 แสดงรูปติดตั้งปั๊มดูดทรายขนาด 32 นิ้ว	120
4.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมมอเตอร์	120
4.8 เซอร์กิตเบรกเกอร์ 1600 AT / 1600 AF	121
4.9 แมกเนติกส์คอนแทกเตอร์ ขนาด 1000 แอมป์	121
4.10 ตำแหน่งของอินเวอร์เตอร์มอเตอร์ กว้านกันเซ ก่อนการปรับปรุง	122
4.11 ตำแหน่งของอินเวอร์เตอร์มอเตอร์ กว้านกันเซ หลังการปรับปรุง	122
4.12 การใส่ค่าพารามิเตอร์มอเตอร์ในอินเวอร์เตอร์	123
4.13 แสดงค่าที่เกิดขึ้นในขณะดูดของ มอเตอร์ 315 กิโลวัตต์	124
4.14 แสดงค่าที่เกิดขึ้นในขณะดูดของ มอเตอร์ 450 กิโลวัตต์	124
4.15 ลักษณะของการใช้ตัวต้านทานปรับควบคุมความดันกระบอกสูบกันหราม	126
4.16 ภาพการติดตั้งท่อวัดความดันสุญญากาศครั้งที่ 1 และ 2	127
4.17 ลักษณะการติดตั้งท่อวัดความดันสุญญากาศครั้งที่ 3	128
4.18 ลักษณะของเซ็นเซอร์วัดความดันสุญญากาศที่สายสัญญาณขาด	128
4.19 ภาพการติดตั้งเซ็นเซอร์วัดการไหลและตัวประมวลผลของเซ็นเซอร์วัดการไหล	130
4.20 ลักษณะของหน้าจอแบบสั่งงานด้วยมือ และแบบทำงานอัตโนมัติ	131
4.21 แสดงหน้าจอแสดงการทำงาน และสีแสดงสถานะของอัตราการไหล	134