

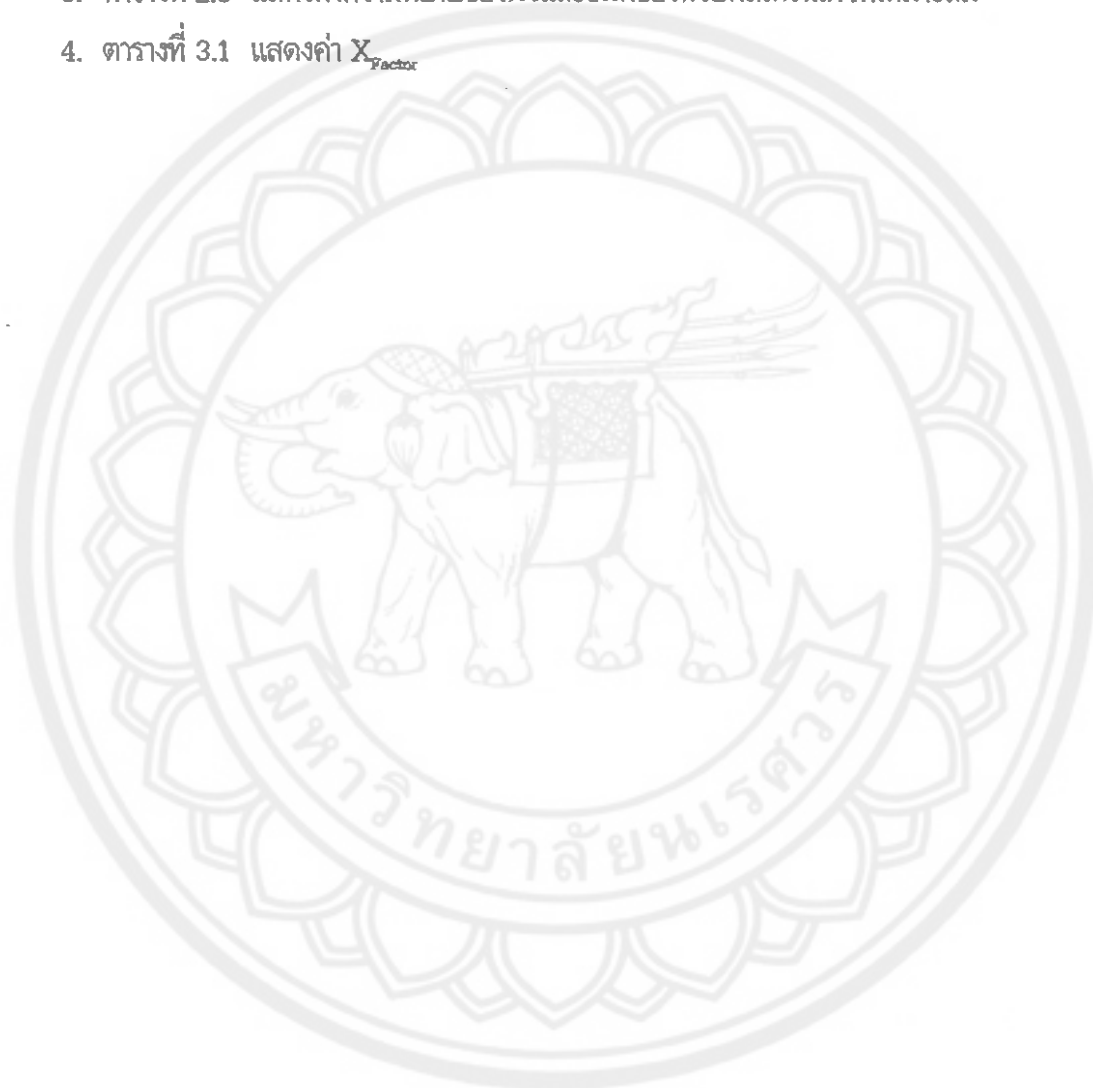
สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการทำวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	2
1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ	3
1.7 รายละเอียดงบประมาณของโครงการ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีเบื้องต้นในการวัดด้วยสเตรนเกจ	4
2.1 บทนำ	4
2.2 รูปทรงของสเตรนเกจ	5
2.3 ทฤษฎีในการวิเคราะห์สเตรนเกจ	6
2.4 วงจรวีลส์โตนบริดจ์	8
2.5 การใช้งานของสเตรนเกจ	15
2.6 การติดตั้งสเตรนเกจ	16
2.7 ตัววัดสเตรนเกจ	18
2.8 ผลกระทบและการชดเชยในวงจรวีลส์โตนบริดจ์	26
2.9 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้สเตรนเกจเพื่อวัดค่าความเครียด	34
2.10 การจัดการสัญญาณ	38
บทที่ 3 แผงวงจรปรับสัญญาณจากสเตรนเกจ	47
3.1 ทฤษฎีเบื้องต้น (theory of operation)	47
3.2 การขยายด้านขาออกของบริดจ์ (Bridge output Gain)	49

เรื่อง	หน้า
3.3 ตัวกรองความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter)	54
3.4 หลักการทำงานของการ์ดปรับสภาพสัญญาณ	58
บทที่ 4 การศึกษาการทำงานของวงจรภายในการ์ดปรับสภาพสัญญาณ	59
4.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ	59
4.2 วงจรที่ทำการทดสอบ	59
4.3 สรุปผลการทดสอบ	63
บทที่ 5 การประยุกต์ใช้สเตรนเกจร่วมกับสลีปรिंग (slip ring) และสวิตช์คอนแทค (switch contact)	64
5.1 การติดตั้งสเตรนเกจ	65
5.2 วงจรไฟฟ้า	66
5.3 ความเครียดพลศาสตร์	68
5.4 ความต้านทานของส่วนต่อสวิตช์	70
5.5 การประยุกต์ใช้ทรานสดิวเซอร์ของสเตรนเกจ	71
5.6 อุปกรณ์สำหรับการวัดแรงดึงและแรงอัด	71
5.7 องค์อาคารรับแรงอัด (Compressive load member)	74
5.8 สเตรนเกจเทอร์มิเตอร์	75
5.9 การแยกแรงและโมเมนต์ด้วยสเตรนเกจ	76
บทที่ 6 สรุปผลโครงการ	80
6.1 สรุปผลการดำเนินการของโครงการวิจัย	80
6.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	80
6.3 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้	80
บรรณานุกรม	81
ภาคผนวก ก	82
ภาคผนวก ข	104
ภาคผนวก ค	105
ประวัติผู้เขียน	117

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
1. ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการเตรียมการติดตั้งสเตรนเกจ	22
2. ตารางที่ 2.2 แสดงเบอร์มาตรฐานของตัวพ่นชนิดคาร์ไบด์หรือกระดาดชนิดที่ใช้สำหรับขึ้นงาน เพื่อติดตั้งสเตรนเกจ	24
3. ตารางที่ 2.3 แสดงค่าความหยาบของผิวและชนิดของตัวยึดสเตรนเกจที่เหมาะสม	25
4. ตารางที่ 3.1 แสดงค่า X_{Factor}	56



สารบัญรูป

เรื่อง	หน้า
1. รูปที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างลวดวัดในสเตรนเกจ	5
2. รูปที่ 2.2 ลักษณะของลวด (Grid) แบบต่างๆ	6
3. รูปที่ 2.3 รูปพื้นฐานในการพิจารณาวงจรวีลสโตนบริดจ์	8
4. รูปที่ 2.4 คานเปรียบเทียบกับวงจรวีลสโตนบริดจ์	9
5. รูปที่ 2.5 รูปประกอบเพื่อพิจารณาสมการบริดจ์สมดุล	10
6. รูปที่ 2.6 รูปประกอบเพื่อพิจารณาสมการบริดจ์ไม่สมดุล	11
7. รูปที่ 2.7 แสดงการต่อวงจรวีลสโตนบริดจ์แบบต่างๆ	14
8. รูปที่ 2.8 โครงสร้างของระบบการวัด	15
9. รูปที่ 2.9 อิทธิพลของสภาพผิวชิ้นงานที่มีต่อประสิทธิภาพการยึดติด	24
10. รูปที่ 2.10 การติดตั้งสเตรนเกจบนคานยื่นเพื่อชดเชยผลกระทบจากอุณหภูมิ	28
11. รูปที่ 2.11 การติดตั้งเกจแบบใช้อัตราส่วนนิ้วของเข้าช่วย	28
12. รูปที่ 2.12 การติดตั้งเกจ 4 ตัวเพื่อวัดความเครียดของวัสดุที่เกิดแรงบิด	29
13. รูปที่ 2.13 แสดงการติดตั้งเกจบนเสา	29
14. รูปที่ 2.14 แสดงความเครียดที่เกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่างๆเมื่อเกจถูกติดตั้งบนชิ้นวัสดุ	32
15. รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างลักษณะบางชนิดของสเตรนเกจที่ชดเชยผลกระทบเนื่องจากอุณหภูมิของตัวเอง	33
16. รูปที่ 2.16 การต่อเชื่อมสเตรนเกจกับส่วนประกอบของเครื่องขยายสัญญาณ	34
17. รูปที่ 2.17 ชิ้นงานที่ได้รับแรงดึง	35
18. รูปที่ 2.18 แสดงการติดตั้งสเตรนเกจบนติดคานยื่น	36
19. รูปที่ 2.19 แสดงการติดตั้งสเตรนเกจบนเพลลาที่มีแรงบิด	37
20. รูปที่ 2.20 รูปร่างและตำแหน่งขาของออปแอมป์	38
21. รูปที่ 2.21 ขาและการต่อแรงดันให้ตัวออปแอมป์	39
22. รูปที่ 2.22 วงจรสมมูลและขั้วต่อชดเชยเฟสของออปแอมป์	40
23. รูปที่ 2.23 แสดงพฤติกรรมของ LPF	43
24. รูปที่ 2.24 ค่าตอบสนองของความถี่ของตัวกรอง	44
25. รูปที่ 2.25 High-pass และ bandpass filter	44
26. รูปที่ 2.26 วงจรตัวกรองสัญญาณ	46
27. รูปที่ 3.1 วงจรบริดจ์	48

เรื่อง	หน้า
28. รูปที่ 3.2 ตัวอย่างของวงจร Wheatstone bridges	49
29. รูปที่ 3.3 a) แผงวงจรไฟฟ้าและตำแหน่งต่างๆของวงจร	50
30. รูปที่ 3.3 b) ตำแหน่งของวงจรไฟฟ้าบนการ์ดปรับสภาพสัญญาณ	51
31. รูปที่ 3.3 c) ภาพจริงของการ์ดปรับภาวะสัญญาณ	52
32. รูปที่ 3.4 ตัวปรับสภาพสัญญาณปรับค่าได้	53
33. รูปที่ 3.5 ตำแหน่งของวงจรขยายสัญญาณปรับค่าได้บนการ์ด	53
34. รูปที่ 3.6 a) ตำแหน่งของวงจรขยายสัญญาณบนการ์ด	54
35. รูปที่ 3.7 กราฟแสดงการตอบสนองของตัวกรองสัญญาณ	55
36. รูปที่ 3.8 กราฟแสดงการตอบสนองต่อความถี่	55
37. รูปที่ 3.6 b) ตำแหน่งของวงจรขยายสัญญาณบนการ์ด	57
38. รูปที่ 4.1 วงจรขยาย (OP-AMP)	59
39. รูปที่ 4.2 a) แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้า	60
40. รูปที่ 4.2 b) LED ₂ สว่าง	60
41. รูปที่ 4.2 c) แสดงการจ่ายแรงดันไฟฟ้า	60
42. รูปที่ 4.2 d) LED ₃ สว่าง	60
43. รูปที่ 4.3 วงจร SPDT Switch	61
44. รูปที่ 4.4 a) เมื่อ LED ₁ สว่าง	61
45. รูปที่ 4.4 b) เมื่อ LED ₁ ไม่สว่าง	61
46. รูปที่ 4.5 วงจรกรองสัญญาณ	62
47. รูปที่ 4.6 a) ลักษณะการต่อวงจรแบบเสมือน	63
48. รูปที่ 4.6 b) ลักษณะการทดสอบ	63
49. รูปที่ 5.1 Commercial strain gage torque meter	64
50. รูปที่ 5.2 Slip-ring (รูปบน) และ Slip-ring-brush assembly (รูปล่าง)	65
51. รูปที่ 5.3 พื้นฐานการติดตั้งของสเตรนเกจสำหรับการวัดแรงบิด	66
52. รูปที่ 5.4 การแก้ไขการติดตั้งของสเตรนเกจสำหรับการวัดแรงบิด	66
53. รูปที่ 5.5 วงจรอย่างง่ายเพื่อใช้กับสเตรนเกจบนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	67
54. รูปที่ 5.6 วงจรที่มีการปรับปรุงเพื่อใช้กับสเตรนเกจบนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	67
55. รูปที่ 5.7 Potentionmeter-type slip-ring ใช้วัดค่า dynamic strains บนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	68
55. รูปที่ 5.8 การติดตั้งสเตรนเกจที่มีขา 4 ขาบนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	68

เรื่อง	หน้า
56. รูปที่ 5.9 วงจร NACA ใช้เมื่อมีสเตรนเกจเพียงตัวเดียวต่อกับ wheatstone bridge ที่สามารถเปลี่ยนค่าได้บนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	69
57. รูปที่ 5.10 วงจร NACA ใช้เมื่อมีสเตรนเกจ 2 ตัวต่อกับ wheatstone bridge ที่สามารถเปลี่ยนค่าได้บนชิ้นส่วนที่มีการหมุน	69
58. รูปที่ 5.11 Multiple strain gage switching circuit ที่ใช้กับเกจที่มีการชดเชยอุณหภูมิโดยทั่วไปสำหรับเกจทั้งหมด	70
59. รูปที่ 5.12 Multiple strain gage switching circuit ที่ใช้กับเกจที่มีการชดเชยอุณหภูมิโดยทั่วไปสำหรับเกจบางตัว	70
60. รูปที่ 5.13 แผนผังการเชื่อมจุดที่มีแรงดึงและการติดตั้งสเตรนเกจ	71
61. รูปที่ 5.14 Commercial strain gage tension link	72
62. รูปที่ 5.15 Ring-type tension link	72
63. รูปที่ 5.16 ลักษณะของ DTMB (David Taylor Model Basin)	73
64. รูปที่ 5.17 การประกอบและข้อกำหนดของ DTMB	73
65. รูปที่ 5.18 Modified ring construction and strain gage placement for universal load	74
66. รูปที่ 5.19 Compression-force-measuring unit, or load cell	74
67. รูปที่ 5.20 Commercial strain gage load cell	75
68. รูปที่ 5.21 Lebow "torque table" Transducer ใช้วัดแรงปฏิกิริยาของแรงบิด เพื่อชั่งน้ำหนักและแรงเสียดทานที่มาจาก Slip-ring	76
69. รูปที่ 5.22 คานยื่นที่ติดตั้งสเตรนเกจเพื่อรับแรงในแนวราบและแนวตั้งฉาก	77
70. รูปที่ 5.23 คานยื่นที่ติดตั้งสเตรนเกจเพื่อรับแรงในแนวราบและแนวตั้งฉาก	77
71. รูปที่ 5.24 คานยื่นที่ติดตั้งสเตรนเกจเพื่อรับแรงในแนวราบและแนวตั้งฉาก	78
72. รูปที่ 5.25 วิธีการในการระบุค่า x และ y ที่ประกอบด้วยแรงไม่ทราบค่า P กับสเตรนเกจที่ติดตั้งบนคานยื่นหน้าตัดวงกลม	78
73. รูปที่ 5.26 ชิ้นส่วนที่รับแรงทั้งสามแกนต้องใช้สเตรนเกจ 12 ตัวและ wheatstone bridge 3 ตัว	79