4

การออกแบบและการสร้างเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง

นายภูวนัย พูลเพิ่ม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-568-697-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014158

i17429816

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN OPTICAL FIBER FAULT LOCATOR

Mr. Poowanai Poonperm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1988

ISBN 974-568-697-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและการสร้างเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง
โดย นายภูวนัย พูลเพิ่ม
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์

บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชรภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ อยู่ถนอม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ จุมพล พรหมพิทักษ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ชูวนัย พูลเพิ่ม : การออกแบบและการสร้างเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง (DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN OPTICAL FIBER FAULT LOCATOR) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, 56 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้ กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างยิ่งในงานติดตั้งและบำรุงรักษาข่ายสื่อสารที่ใช้เส้นใยแสง หลักการวัดที่ใช้คือทำการส่งพัลส์ของแสงออกจากเลเซอร์ไดโอดและรับสัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับจากคอนเนคเตอร์ที่ต้นทางและจากตำแหน่งสายขาด โดยผ่าน Optical directional coupler แล้วทำการจับเวลาระหว่างพัลส์ทั้งสองนี้ และแปลงเวลาที่ได้นี้เป็นระยะทางออกมา เครื่องต้นแบบที่ทำการสร้างขึ้นนี้ใช้แสงที่มีความยาวคลื่น 0.85 μm โดยใช้เลเซอร์ไดโอด และ Avalanche photodiode เป็นแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงตามลำดับ เครื่องต้นแบบนี้จะมีความสามารถในการวัดระยะสายขาดได้ 5 กิโลเมตร โดยมีความละเอียดของระยะทางเป็น 1 เมตร และมีความแม่นยำในการวัดดีกว่า 12.5 เมตร การแสดงผลของตำแหน่งสายขาดจะแสดงได้ 2 แบบคือ แสดงเป็นตัวเลขโดยใช้ LED 4 หลัก และแสดงในรูปของสัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับมาจริง ๆ โดยอาศัยออสซิโลสโคปจากภายนอก การแสดงผลแบบหลังนี้สัญญาณพัลส์ที่ส่งออกจากเลเซอร์ไดโอดจะเป็นพัลส์ซ้ำ ซึ่งมีช่วงห่างระหว่างพัลส์ที่เหมาะสม เครื่องวัดที่สร้างขึ้นนี้จะสามารถนำไปใช้งานในย่านความยาวคลื่น 1.3 μm และ 1.55 μm ได้ด้วยโดยทำการเปลี่ยนชิ้นส่วนทางแสงที่เกี่ยวข้อง และเนื่องจากค่าการบั่นทอนสัญญาณของเส้นใยแสงที่ผ่านความยาวคลื่นทั้งสองนี้ต่ำกว่าที่ความยาวคลื่น 0.85 μm ดังนั้นระยะทางที่วัดได้จะยาวขึ้น 3.5 เท่าตัว และ 12 เท่าตัวตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2530 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

POOWANAI POONPERM : DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN OPTICAL FIBER FAULT LOCATOR. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. BANDHIT ROJARAYANONT, Ph.D. 56 PP.

This thesis presents the design and construction of the optical fiber fault locater which is a very useful instrument in the installation and maintenance of the optical fiber networks. The principle of measurement is sending a single pulse from the laser diode and receiving the reflected pulses from the output connector and from the fault location through the optical directional coupler. Then the time interval between the two reflected pulses is detected and is converted to the distance which indicates the fault location. The prototype in this project uses the 0.85 μm wavelength region with laser diode and avalanche photodiode as the light source and photodetector, respectively. The instrument has a capability of measuring the fault location at the distance up to 5 km with the resolution of 1 m and the accuracy of 12.5 m. The measuring result can be displayed in two ways i.e., by using 4 digit LEDs or by using the oscilloscope to display the real reflected pulses. For the latter the repetitive pulse train with the proper time interval is transmitted from the laser diode. The instrument can also be used in the 1.3 μm and 1.55 μm wavelength regions by changing the optical components concerned. The expected measuring distances will increase by 3.5 times at 1.3 μm and by 12 times at 1.55 μm due to the low loss characteristic of optical fiber in those two wavelength regions.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า .....

ปีการศึกษา 2530 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้ความช่วยเหลือทางด้าน ความรู้ คำแนะนำ จัดหาตำรา อุปกรณ์ต่าง ๆ ค่าใช้จ่ายในการทดลองสร้างเครื่องต้นแบบ และทำการตรวจสอบ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี และข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. โคทม อารียา, รองศาสตราจารย์ ดร. ณรงค์ อยู่ถนอม และผู้ช่วยศาสตราจารย์ จุมพล พรหมพิทักษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและวิจารณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์นี้

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์ โอภาส ชัยกัณหา จากศูนย์ฝึกโทรคมนาคม องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย คุณไพศาล สินธพ จากกองทดสอบและพัฒนา องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น และผู้ที่มีพระคุณทุกท่าน ซึ่งไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่มีส่วนช่วยในการให้คำแนะนำ กำลังใจ อุปกรณ์ต่าง ๆ การจัดรูปเล่ม การพิมพ์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 สถานภาพของการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง	1
1.2 จุดมุ่งหมายของงานวิจัย	2
บทที่ 2 คุณสมบัติของเส้นใยแสงและหลักการที่ใช้วัดตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง	4
2.1 การส่งผ่านของแสงบริเวณขอบเขตระหว่างตัวกลางที่ต่างกัน	4
2.2 ประเภทของเส้นใยแสงและคุณสมบัติในการส่งผ่านแสง	7
2.3 หลักการที่ใช้ในการวัดตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง	11
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างและการทำงานของเครื่องวัดตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง	13
3.1 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องวัด	13
3.2 การกำหนดหน้าที่และความสามารถของวงจรต่าง ๆ	15
บทที่ 4 การออกแบบสร้างและทดสอบการทำงานของวงจรภาคต่าง ๆ	17
4.1 วงจรภาคส่ง	17
4.2 วงจรภาครับ	22
4.3 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	31
4.4 วงจรนับจำนวนพัลส์และวงจรแสดงผล	34
4.5 วงจรจ่ายไฟ	37
บทที่ 5 การทดสอบการทำงานรวม	41
5.1 การวัดความยาวของเส้นใยแสงที่ระยะทางไกลและระยะทางใกล้	41
5.2 ปัญหาและการแก้ปัญหาจากการสะท้อนกลับจากคอนเนคเตอร์หรือรอยต่อที่ไม่สมบูรณ์	44
5.3 การตรวจสอบคุณสมบัติของเครื่องวัด	47
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	50
6.1 สรุปผลของการวิจัย	50
6.2 วิจารณ์ผลของการวิจัย	51

สารบัญ

หน้า

เอกสารอ้างอิง..... 53

ภาคผนวก ก. 54

ภาคผนวก ข. 55

ประวัติผู้เขียน..... 56

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 6.1 คุณสมบัติของเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสงที่สร้างขึ้น..... 50

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 ระนาบที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้าและระนาบที่ขนานกับสนามไฟฟ้า..... 4
รูปที่ 2.2 อัตราการสะท้อนกำลังคลื่นและอัตราการส่งผ่านกำลังคลื่นในกรณีของระนาบที่ตั้งฉากกับสนามไฟฟ้า..... 6
รูปที่ 2.3 อัตราการสะท้อนกำลังคลื่นและอัตราการส่งผ่านกำลังคลื่นในกรณีของระนาบที่ขนานกับสนามไฟฟ้า..... 7
รูปที่ 2.4 โครงสร้างและลักษณะการกระจายของดัชนีหักเหของเส้นใยแสงแบบต่าง ๆ 8
รูปที่ 2.5 คุณสมบัติในการบั่นทอนกำลังคลื่นของเส้นใยแสง..... 10
รูปที่ 2.6 สภาพการขาดของเส้นใยแสง..... 11
รูปที่ 3.1 ส่วนประกอบหลัก ๆ ของเครื่องวัด..... 13
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง.. 15
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่งแบบส่งพัลส์เดียว..... 17
รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่ง..... 18
รูปที่ 4.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่งทั้งหมด..... 18
รูปที่ 4.4 วงจรภาคส่งที่สร้างขึ้น..... 20
รูปที่ 4.5 รูปพัลส์ของกระแสที่กระตุ้นเลเซอร์ไดโอด..... 21
รูปที่ 4.6 ส่วนประกอบของภาครับ..... 23
รูปที่ 4.7 วงจรสมมูลย์ของ APD..... 23
รูปที่ 4.8 วงจรทดสอบคุณสมบัติของ APD..... 24
รูปที่ 4.9 การตอบสนองความถี่ของ OD-8412-B..... 24
รูปที่ 4.10 วงจรขยายสัญญาณจาก APD โดยการใช้ออปแอมป์ LF357 2 ภาค 25
รูปที่ 4.11 สัญญาณที่ได้จากภาคขยายอนาลอก..... 27
รูปที่ 4.12 ระดับลอจิกเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน..... 28
รูปที่ 4.13 รูปร่างของสัญญาณที่ป้อนเข้าสู่วงจรควบคุม และรูปร่างของสัญญาณที่ออกจากวงจรควบคุม..... 29
รูปที่ 4.14 สัญญาณที่ใช้ในการเปิด-ปิดเกท..... 30
รูปที่ 4.15 สัญญาณต่าง ๆ ที่ป้อนเข้าสู่เกทของวงจร..... 30
รูปที่ 4.16 รูปถ่ายของสัญญาณอินพุทและสัญญาณเอาท์พุทของวงจรควบคุม..... 31
รูปที่ 4.17 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา..... 32
รูปที่ 4.18 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา..... 33
รูปที่ 4.19 รูปถ่ายของสัญญาณนาฬิกาความถี่ 100 MHz..... 34

สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 4.20	บล็อกไดอะแกรมของ 4 DECADE BCD COUNTER และ DISPLAY.	35
รูปที่ 4.21	วงจรนับพัลส์และแสดงผล.....	36
รูปที่ 4.22	บล็อกไดอะแกรมของแหล่งจ่ายไฟ.....	38
รูปที่ 4.23	วงจรแหล่งจ่ายไฟที่ออกแบบและสร้างขึ้น.....	39
รูปที่ 5.1	รูปถ่ายของกล่องปลายสายของเส้นใยแสง.....	41
รูปที่ 5.2	สัญญาณพัลส์ที่เครื่องรับรับได้ในขณะที่เส้นใยแสงยาวประมาณ 5 km.	42
รูปที่ 5.3	วงจรขยายที่ภาครับส่วนที่ดัดแปลงให้ทำการวัดแบบแบ่งเป็น 2 ช่วง.	43
รูปที่ 5.4	สัญญาณพัลส์ที่เครื่องรับรับได้ในขณะที่เส้นใยแสงยาวประมาณ 300 m	44
รูปที่ 5.5	การสะท้อนของพัลส์กลับจากรอยต่อและปลายสาย.....	45
รูปที่ 5.6	การเพิ่มวงจรโมโนสเตเบิลเข้าไปในวงจรควบคุมเดิม.....	46
รูปที่ 5.7	ความเร็วช้าของการตอบสนองของพัลส์ลูกที่สอง.....	48
รูปที่ 5.8	ผลการทดสอบเสถียรภาพและความแม่นยำของเครื่องวัด.....	49
รูปที่ 6.1	ภาพถ่ายของเครื่องต้นแบบของเครื่องตรวจตำแหน่งสายขาดของเส้นใยแสง.....	52

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย