

Design and Implementation of the Automatic cable assembly test system that can test cable assembly effectively

Ki-Mang Jang*

Abstract

In this paper, we propose the principles and design details of Automatic cable assembly test system and show its utility. Testing the cable assembly is required periodically or non-periodically in the system that the cable assembly performance is quite important like military equipment. There are several weaknesses when humans test the cable assembly manually. It not only takes much time but also could happen human error. To improve these disadvantages, I developed Automatic cable assembly test system. The system can be implemented by building switching control system that connect and disconnect the cable assembly and measuring devices. Through the result of the cable assembly test with this test system, we show this system makes test time short and improves of test reliability as compared with manual test.

▶ Keyword: Automatic cable assembly test system, Periodically or non-periodically, military equipment, Switching control system, test time short, reliability

I. Introduction

케이블조립체 점검은 내부배선의 연결성을 검사하는 도통 점검, 내부배선 간 간섭 여부를 검사하는 단락 점검과 절연 점검으로 나눌 수 있다.



Fig. 1. Cable Assembly

일반적으로 수동 점검은 몇 가지 문제 갖는다. 첫 번째, 수동 점검 시 내부배선 양단에 측정기기(DMM(Digital Multimeter), 절연시험기)를 연결해서 점검을 해야 하나 공장이나 배에 포설된 케이블조립체와 같이 길이가 매우 긴 경우 양쪽 커넥터에 직접 측정기기를 연결할 수 없게 된다. 둘째, 케이블조립체 내부배선 수가 수십 가닥으로 아주 많은 경우 점검 시간이 오래

소요될 뿐만 아니라 인적 실수로 인한 오류도 발생할 수 있다.

이러한 단점을 보완하고자 자동 케이블조립체 점검 시스템을 설계하였으며, 케이블조립체의 성능이 시스템에 매우 중요한 영향을 미치는 장비(군사장비 등)의 케이블조립체에 대해 주기적·비주기적 점검에 용이하게 적용될 수 있다.[1][2]

본 논문의 구성은 2장에서 케이블조립체 점검에 대한 정의 및 자동 케이블조립체 점검 시스템의 기본 동작 원리를 설명하고 3장에서 자동 케이블조립체 점검 시스템을 이용한 상세 점검 방안을 기술한다. 4장에서는 자동 케이블조립체 점검 시스템의 하드웨어 구성 및 설계 내용을 기술하고 5장에서 자동 케이블조립체 점검 시스템 구현과 점검 결과를 서술한다. 마지막으로 6장에서는 결론을 맺는다.

• First Author : Ki-Man Jang, Corresponding Author : Ki-Man Jang
*Ki-Man Jang (kiman83.jang@hanwha.com), Test Solution Team, Hanwha Systems Company
• Received: 2018. 04. 18, Revised: 2018. 05. 15, Accepted: 2018. 07. 13.

II. Preliminaries

1. Definition of cable assembly test

1.1 Continuity test

도통 점검은 케이블조립체의 내부배선이 끊어짐 없이 연결되어 있는지를 판단하는 점검이다. 정상 기준은 내부배선 양단 간 저항을 측정하여, 측정된 값이 2Ω 이하 일 경우 정상으로 판단한다. 2Ω 은 전선 고유 저항 값에 측정 보상 값 1Ω (측정기기 저항 등)을 더한 값이며, 전선 고유 저항은 대체로 1Ω 을 기준 값으로 선정한다.[3] 전선의 저항이 성능에 민감한 영향을 끼치는 경우나 케이블 길이가 상당히 긴 경우 전선 고유 저항 값을 1Ω 아닌 실제 고유 저항 값을 사용하여 정상 기준을 정한다.

1.2 Short test

단락 점검은 케이블조립체 내부배선이 의도치 않게 서로 간 연결되어 있는지를 판단하는 점검이다. 정상 기준은 하나의 점검대상 내부배선과 나머지 모든 내부배선(케이블 쉴드 포함) 간 저항을 측정하여, 측정된 값이 무한대일 경우 정상으로 판단한다.[3]

1.3 Insulation test

절연 점검은 케이블조립체 내부배선 상호 간 간섭 정도를 측정하는 점검이다.[14] 정상 기준은 하나의 점검대상 내부배선과 나머지 모든 내부배선(케이블 쉴드 포함)간 $500\text{ VD} \pm 50\text{ VD}$ 를 2초간 인가하여, 측정된 저항 값이 $100\text{ M}\Omega$ 이상일 경우 정상으로 판단한다.[3][4][5]

2. Basic conception of automatic cable assembly test system

자동 케이블조립체 점검 시스템의 기본 원리는 케이블조립체 내부배선과 측정기기(DMM/절연시험기)를 자동으로 연결하고 분리할 수 있도록 하는 스위칭시스템[6]과 루프백어댑터를 통한 점검 루프 구성에 있다.

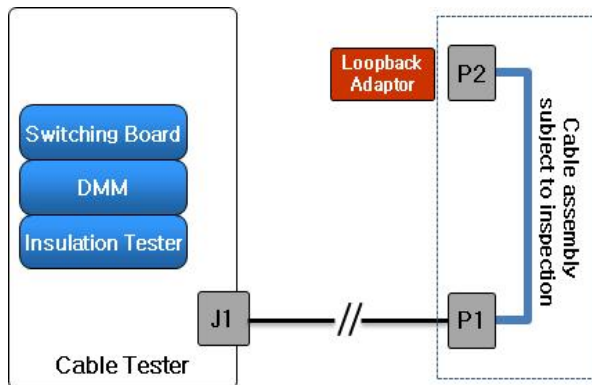


Fig. 2. Automatic cable assembly test system simple structure

스위칭시스템은 Fig. 2의 케이블점검기 구성품인 스위칭보드 및 측정기기를 통해 구현되며, 스위칭보드는 내부배선과 측정기기를 자동으로 연결 분리할 수 있도록 하는 아날로그 릴레이 제어보드로 CPLD, 릴레이, 릴레이드라이버 등으로 구성된다.

도통 점검을 수행하기 위해 내부배선의 양단 간 저항을 측정해야 된다. 하지만 케이블조립체가 매우 긴 경우 양단에 DMM을 직접 연결 할 수 없게 된다. 이를 해결하기 위해 측정기기와 연결되는 케이블 커넥터의 반대쪽 커넥터에 모든 내부배선을 연결(Short)시켜 폐 루프(Closed loop)를 구성하는 방법을 사용하였다. 이 때 루프백어댑터를 사용한다.

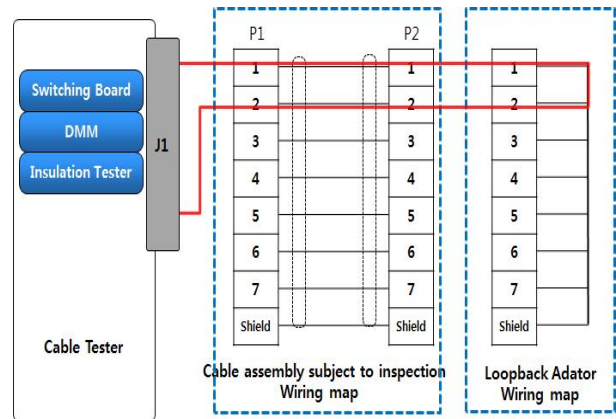


Fig. 3. Cable assembly & Loopback adaptor wiring diagram

Fig. 3은 Fig. 2의 점검대상케이블과 루프백어댑터간 연결을 내부배선도로 보인 것이다. Fig. 3에서 보듯이 루프백어댑터는 점검대상케이블의 내부배선과 1:1로 매핑 된 형태이며 모든 핀이 연결(short)되어 있다. 이로 통해 점검대상 내부배선에 대한 폐 루프가 형성되어 내부배선 저항을 측정할 수 있게 된다. 단락 및 절연 점검은 루프백어댑터를 제거한, 완전 개방(Open) 상태에서 측정한다.

점검 수행 순서는 아래 Fig. 4와 같다. 점검대상케이블을 케이블점검기에 연결한 후 반대쪽 커넥터에 루프백어댑터를 연결한다. 도통 점검 후 루프백어댑터를 분리하고 단락, 절연 점검 순으로 점검을 진행한다. 도통 점검 시 루프백어댑터를 연결하지 않거나 단락 점검 시 루프백어댑터를 분리하지 않는다면 모든 배선에 대한 점검 결과가 고장으로 식별된다. 또한 절연 점검은 내부배선에 $500\text{ VD} \pm 50\text{ VD}$ 를 2초간 인가 하는 점검으로 점검하고자 하는 내부배선이 어딘가에 단락되어 있다면 케이블점검기에 충격을 가하게 됨으로 주의해야 한다. 따라서 단락 점검이 고장이면 절연 점검을 수행 하지 않도록 설계한다. 루프백어댑터 연결 및 분리를 제외한 모든 동작은 제어프로그램을 통해 자동으로 진행된다.

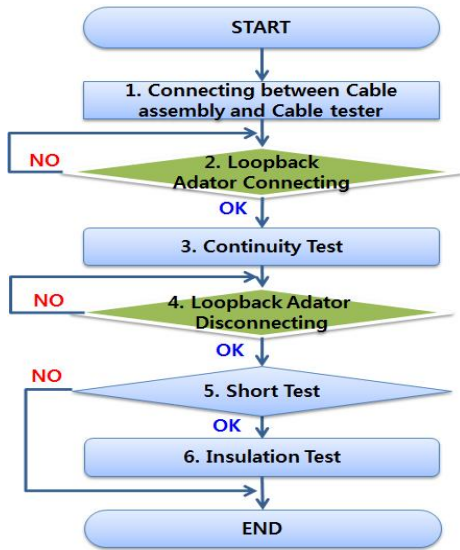


Fig. 4. Automatic cable assembly test flowchart

III. Detailed method of automatic cable assembly test

위에서 언급한 자동 케이블조립체 점검 시스템을 이용한 케이블조립체 도통, 단락, 절연 점검에 대한 세부적인 점검 방법에 대해 기술한다.

1. Continuity test

도통 점검은 케이블조립체의 내부배선이 끊어짐 없이 연결되어 있는지를 판단하는 점검이다. Fig. 5의 점검대상케이블 내부배선 1번(P1 커넥터의 1번 핀, P2 커넥터의 1번 핀)의 도통 점검 방법은 다음과 같다.

우선 모든 내부배선이 연결된 루프백어댑터를 점검대상케이블에 연결하여 점검대상케이블의 모든 내부배선이 연결(Short) 되도록 한다. 그리고 케이블점검기 내부 구성품 DMM ‘+’ 단에 P1 커넥터의 1번 핀을 연결하고, 나머지 모든 핀(케이블 쉴드 포함)을 DMM의 ‘-’ 단에 연결한다. 즉, 점검대상케이블 내부배선 1번에 대해 루프백어댑터를 사용하여 폐 루프를 구성하고 저항을 측정한다. 폐 루프 구성 시 하나의 다른 내부배선이 아닌 나머지 모든 내부배선을 병렬 연결하여 사용함으로써 구성된 루프의 단락, 절연 문제에 대한 오류를 줄일 수 있다. 정상 판단 기준은 2Ω 이하일 경우 정상으로 판단한다.[3]

내부배선 1번에 대한 도통 점검이 끝났다면 스위칭보드의 릴레이를 제어하여 점검대상케이블 내부배선 2번을 DMM ‘+’ 단에 연결하고 나머지 모든 배선을 DMM ‘-’ 단에 연결한 후 저항을 측정한다. 남은 내부배선에 대해서도 동일한 절차를 걸쳐 도통 점검을 수행한다.

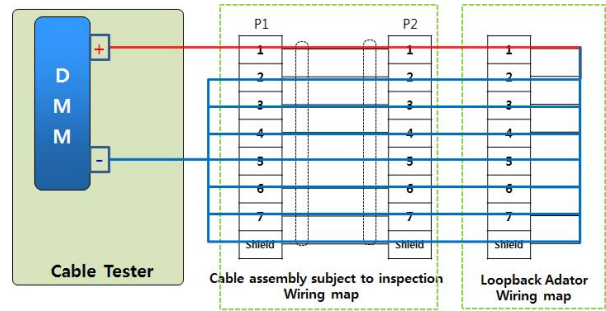


Fig. 5. Continuity test structure

2. Short test

단락 점검은 케이블조립체 내부배선이 의도치 않게 서로 간 연결되어 있는지를 판단하는 점검이다. Fig. 6의 점검대상케이블 내부배선 1번(P1 커넥터의 1번 핀, P2 커넥터의 1번 핀)의 도통 점검 방법은 다음과 같다.

우선 루프백어댑터를 점검대상케이블로부터 제거하여 모든 내부배선을 개방(Open) 상태로 만든다. 그리고 케이블점검기 내 DMM의 ‘+’ 단에 P1 커넥터의 1번 핀을 연결하고, 나머지 모든 핀(케이블 쉴드 포함)을 DMM의 ‘-’ 단에 연결한다. 즉, 내부배선 모두 개방된 상태에서 내부배선 1번과 연결된 나머지 모든 내부배선 양단의 저항을 측정한다. 정상 판단 기준은 측정값이 무한대일 경우 정상으로 판단한다.[3]

내부배선 1번에 대한 단락 점검이 끝났다면 스위칭보드의 릴레이를 제어하여 점검대상케이블 내부배선 2번을 DMM ‘+’ 단에 연결하고 나머지 모든 배선을 DMM ‘-’ 단에 연결한 후 저항을 측정한다. 남은 배선에 대해서도 동일한 절차를 걸쳐 단락 점검을 수행한다.

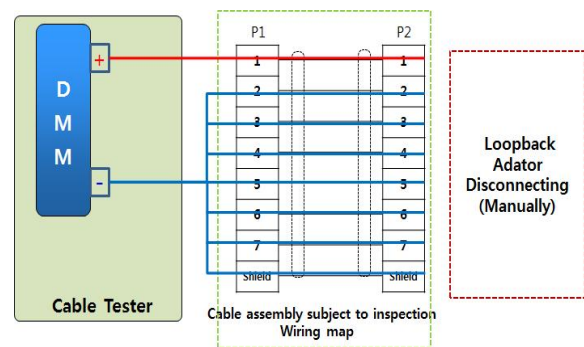


Fig. 6. Short test structure

3. Insulation test

절연 점검은 케이블조립체 내부배선 상호 간에 간섭 정도를 측정하는 점검이다. Fig. 7의 점검대상케이블 내부배선 1번(P1 커넥터의 1번 핀, P2 커넥터의 1번 핀)의 절연 점검 방법은 다음과 같다. 우선 루프백어댑터를 점검대상케이블로부터 제거하여 모든 내부배선을 개방(Open) 상태로 만든다. 그리고 케이블점검기 내 절연시험기의 ‘+’ 단에 P1 커넥터의 1번 핀을 연결하고, 나머지 모든 핀(케이블 쉴드 포함)을 절연시험기의 ‘-’ 단

에 연결한다. 즉, 내부배선 모두 개방 된 상태에서 내부배선 1번과 연결된 나머지 모든 내부배선 양단에 500 VD ± 50 VD 를 2초간 인가하여 저항을 측정한다. 정상 판단 기준은 측정된 값이 100 MΩ 이상일 경우 정상으로 판단한다.[3]

내부배선 1번에 대한 절연 점검이 끝났다면 스위칭보드의 릴레이를 제어하여 점검대상케이블 내부배선 2번을 절연시험기 ‘+’ 단에 연결하고 나머지 모든 배선을 절연시험기 ‘-’ 단에 연결한 후 절연 저항을 측정한다. 남은 배선에 대해서도 동일한 절차를 걸쳐 단락 점검을 수행한다.

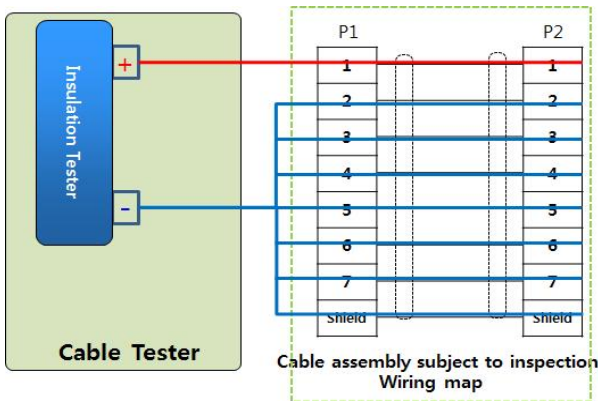


Fig. 7. Insulation test structure

IV. Automatic cable assembly test system design

1. Hardware structure

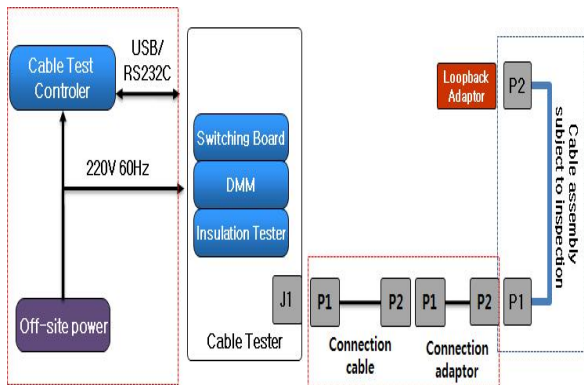


Fig. 8. Automatic cable assembly test system structure

실제 자동 케이블조립체 점검 시스템 구성은 Fig. 8과 같이 Fig. 2에서 붉은색 점선 구성인 케이블점검제어기가 추가 된다. 대부분의 휴대용 시험장비는 분석장비(PC)와 점검장비(Test Bench)로 구성 되는데 케이블점검제어기가 분석장비에 해당하며, 케이블점검기가 점검장비에 해당된다.[7] 케이블점검제어

기는 상용노트북으로 케이블점검기 제어, 점검 수행 화면 제공 및 점검 결과를 출력하는 용도로 사용된다.[8] 접속어댑터와 접속케이블은 점검대상케이블과 케이블점검기를 연결하기 위한 연결용 케이블이다. 점검대상케이블은 대개 장비에 결착된 상태임으로 케이블점검기에 연결하기 위해 연결용 케이블이 필요하며, 상대적으로 길이가 긴 접속케이블 1개와 여러 개의 접속어댑터로 구성되어야 한다.

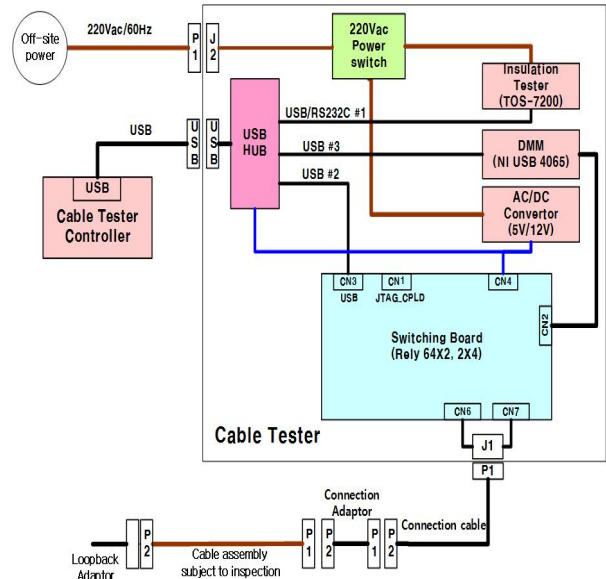


Fig. 9. Automatic cable assembly system block diagram

케이블점검기는 64채널 스위칭보드, 절연시험기, DMM, USB허브, USB to RS232 컨버터, AC/DC컨버터로 구성된다. 외부로부터 AC220V/60Hz 전원을 입력받아 AD/DC컨버터를 통해 DC5V와 DC12V로 변환하여 각 구성품에 전원을 공급한다. 각 구성품에 대한 제어는 케이블점검제어기로부터 입력 받은 USB 신호를 통해 이루어진다.

2. Design

2.1 Switching Board design

점검대상케이블 내부배선 1번을 점검하기 위한 64 채널 스위칭보드의 동작 원리는 Fig 10과 같다. Hwy1 회로 라인에 64개의 내부배선 연결 릴레이(1)와 측정기기 ‘+’ 단 연결 릴레이를 배치시킨다. Hwy2 회로 라인에 또 다른 64개의 내부배선 연결 릴레이(2)와 측정기기 ‘-’ 단 연결 릴레이를 위치시킨다. 내부배선 1번과 측정기기 ‘+’ 단을 연결 시키기 위해 Hwy1 회로 라인의 1번 릴레이와 측정기기 연결 릴레이 1번을 ON시킨다. 그리고 나머지 모든 내부배선을 측정기기 ‘-’ 단에 연결시키기 위해 Hwy2 회로 라인의 내부배선 연결 릴레이(2)의 1번 릴레이를 제외한 나머지 모든 릴레이와 측정기기 연결 릴레이 2번을 ON 시킨다. Fig. 10에서 빨간색 라인과 파란색 라인같이 점검 루프가 구성되고 점검 수행이 가능해 진다.

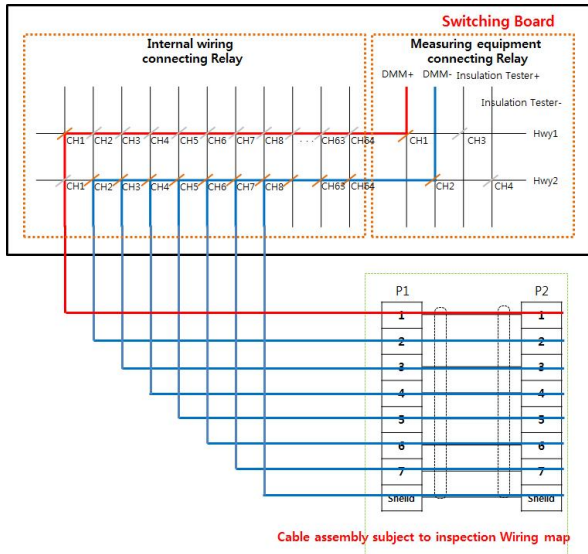


Fig. 10. Switching board operation conception

64채널 스위칭보드는 128개의 아날로그 릴레이를 제어하여 최대 64개의 내부배선을 가진 케이블조립체를 점검 할 수 있도록 하며, 내부배선 수량이 더 많은 케이블조립체를 점검하기 위해서는 더 많은 채널의 스위칭보드를 설계하여야 한다.

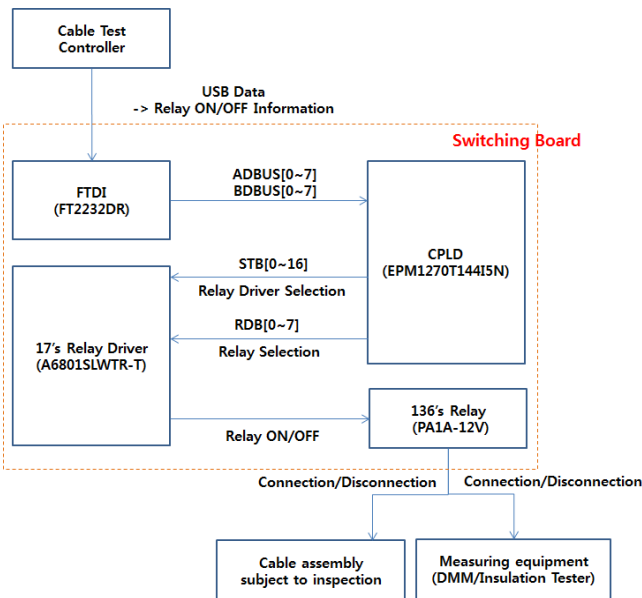


Fig. 11. Switching board block diagram

Fig. 11은 위에서 보인 스위칭보드 기능을 구현한 블록 다이어그램이다. 스위칭보드는 케이블점검제어기에서 USB데이터를 받아 최종적으로 릴레이를 제어한다. 이 때 사용되는 USB 데이터는 FTDI칩 제공 함수인 FT_Write(LPVOID lpvBuffer, DWORD dwBuffSize, LPDWORD lpdwBytes)를 통해 케이블 점검제어기에서 스위칭보드의 FTDI칩으로 전송된다.[9] FTDI 칩은 USB데이터를 16BIT 병렬신호로 변환하여 CPLD칩으로 전송한다. ADBUS[0~7] 신호는 CPLD를 통해 STB[0~16]

신호로 출력되고, 이 신호로 17개의 릴레이 드라이버 중 1개를 선택하게 된다. BDBUS[0~7] 신호는 CPLD를 통해 RDB[0~7] 신호로 출력되고, 선택된 릴레이 드라이버에 전송되어 종속된 8개의 릴레이를 ON/OFF 하게 된다.[10] 17개의 릴레이 드라이버 중 16개는 연결되는 내부배선 연결 릴레이 제어용이며, 1개는 측정기기 연결 릴레이 제어용으로 사용된다.

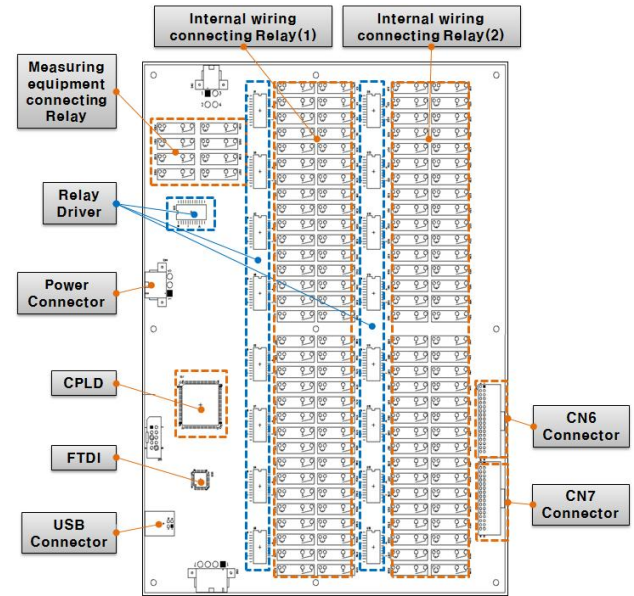


Fig. 12. Switching board structure

Fig. 12는 스위칭보드의 실물 구성도이다. 릴레이 드라이버와 릴레이는 신호 손실 방지 및 해당 그룹의 육안 식별이 용이하도록 근처에 배치한다. 릴레이는 DC12V 구동 아날로그 릴레이(PA1a-12V)로, 같은 방향으로 최소 1mm의 이격을 두고 배치하여 릴레이간 간섭을 최소화한다.[11] CN6과 CN7은 내부 배선 연결 릴레이와 스위칭보드 외부로 연결하는 커넥터로 릴레이 근처에 배치한다.[12]

2.2 Measuring devices configuration

케이블점검기를 USB 신호로 제어하도록 설계하기 위해 DMM 및 절연시험기도 USB로 제어가 될 수 있도록 구성해야 한다. 따라서 DMM은 USB 제어가 되는 제품으로 선정하고, RS232 제어용 절연시험기는 USB 신호를 RS232 신호로 변환해 주는 USB to RS232 컨버터를 사용하여 케이블점검기를 구성한다.



Fig. 13. Measuring equipment

2.3 FTDI chip selection

USB 신호를 병렬 신호나 RS232 신호로 변경하는 FTDI 칩은 스위칭보드에 1개, 절연시험기 연결용 USB to RS232 컨버터에 2개가 장착된다. 케이블점검제어기에서 3개의 FTDI 칩 중 목표된 한 개의 칩을 선택하여야 하는데 이때 FTDI 칩 ID를 설정하는 'FT Prog' 프로그램을 이용한다.[13] Fig. 14의 2번과 같이 Chip Type(FT2232D/C : 스위칭보드용, FT232/2425BM) : USB to RS232 컨버터용)을 확인하고 4번란에 각 칩 ID를 설정한다.

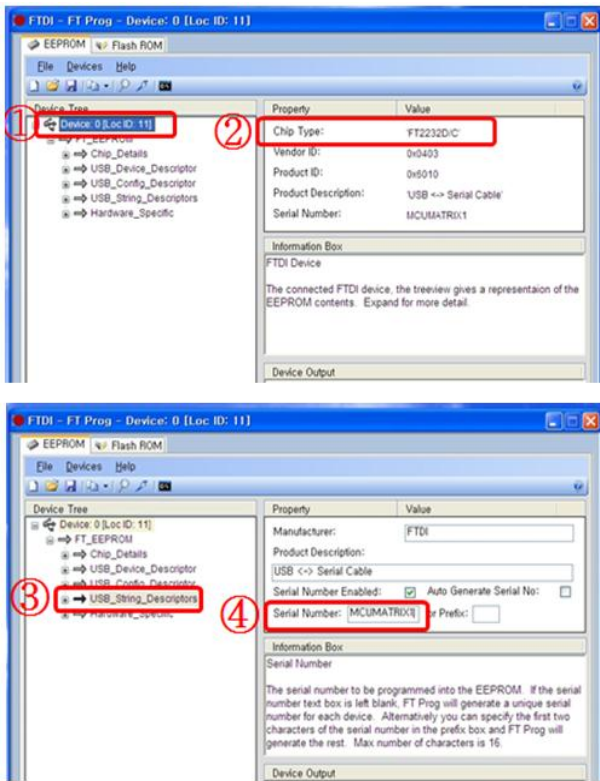


Fig. 14. FT Prog setting

3. Control program design

케이블점검제어기는 상용노트북으로 케이블점검기 제어, 점검 수행 화면 및 점검 결과를 출력하는 용도로 사용된다.

점검 수행 화면은 점검대상품 선택 부, 점검결과 전시 부, 사용자 조치 부의 3구역으로 구분한다.[14] 점검대상품 선택 부는 트리 형태로 점검대상케이블의 전체 목록 전시하고 점검을 할 점검대상케이블 선택 역할을 한다. 점검결과 전시 부는 점검항목에 대한 세부 점검항목과 측정결과에 따른 점검결과 확인이 가능하도록 하였다. 사용자 조치 부는 점검 중 사용자 조치 메시지가 팝업 되어 사용자로부터 점검 수행을 위한 액션을 요청하도록 하는 역할을 한다.[15] 설계 및 코딩단계에서 SW의 소스코드에 대한 Testing Tool[16]을 이용한 시험을 통해 신뢰성을 확보하였다.

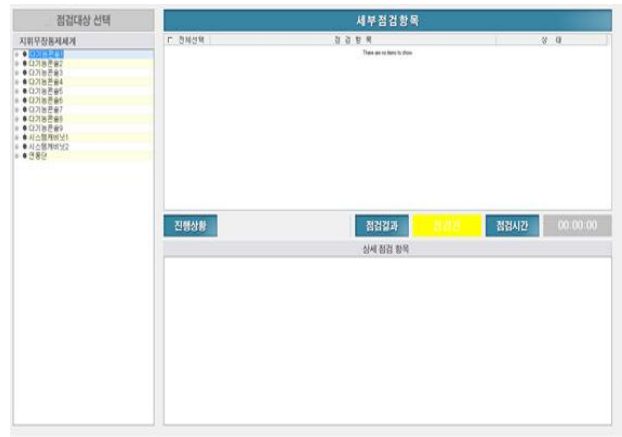


Fig. 15. Control program

4. Connection cable & Connection adaptor & Loopback adaptor design

Fig. 16은 점검대상케이블을 접속케이블, 접속어댑터, 루프백어댑터로 연결한 내부 배선도이다.

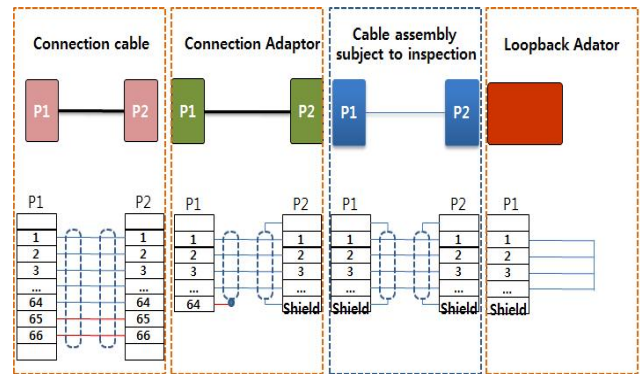


Fig. 16. Connection adaptor wiring diagram

4.1 Connection cable

접속케이블은 접속어댑터를 이용하여 점검대상케이블과 케이블점검기를 연결하는 케이블이다. 점검대상케이블은 대개 장치에 결착된 상태임으로 케이블점검기와 연결하기 위해서 2m의 약간 긴 길이로 설계한다.

4.2 Connection adaptor

접속어댑터는 점검대상케이블과 바로 연결되는 케이블로 점검대상케이블의 커넥터 Type과 핀 맵의 종류만큼 다양하게 제작 되어야 한다. 접속어댑터 수량이 많은 만큼 보관을 용이하게 하기 위해서 길이를 최소화되도록 설계한다.

4.3 Loopback adaptor

루프백어댑터는 점검대상케이블 한 쪽의 모든 내부배선을 연결(Short)시키는 어댑터로, 점검대상케이블의 커넥터 Type과 핀 맵의 종류만큼 다양하게 제작 되어야 한다. 접속어댑터와

같이 수량이 많은 만큼 보관을 용이하게 하기 위해 길이를 최소화하도록 설계한다.

V. Implementation & Test result

1. Implementation



Fig. 17. Shape of the Automatic cable assembly test system

설계 및 제작 완료된 자동 케이블조립체 점검 시스템의 형상은 Fig. 17과 같다.

케이블점검제어기는 견고하고 이동에 용이한 손잡이가 있는 노트북으로 선택한다. 케이블점검기는 절연시험기, DMM, USB 허브, 스위칭보드 등을 내장하며, 구성품들의 보호하기 위해 판넬로 외부를 구성하였다. 전면에는 스위칭보드와 점검대상케이블을 연결하는 J1커넥터, AC220V 입력을 위한 전원커넥터 그리고 케이블점검제어기와 통신을 위한 USB입력 포트를 위치시켰다. 그리고 이동에 용이하도록 손잡이를 부착하였다.

접속케이블은 2m, 접속어댑터는 50cm, 루프백어댑터는 30cm 길이로 제작하였고, 수량이 많으므로 보관과 이동에 용이하도록 이동형 케이블보관함에 보관하였다.

아래 Fig. 18은 케이블점검기 상부에서 본 내부 형상이다. DMM은 맨 아래, 그 위에 절연시험기를 위치시켰다. 그리고 스위칭보드를 좌측 벽에 위치시켜 장비 크기를 최소화 할 수 있도록 하였다.

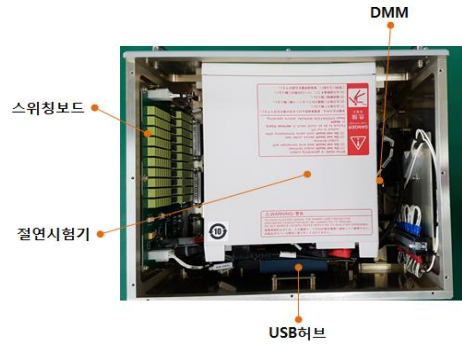


Fig. 18. Inside of Cable test equipment

2. Function test

자동 케이블조립체 점검 시스템을 이용하여 21 가닥 내부배선 케이블조립체 점검을 FIG. 19와 같이 수행하였다. 우선 케이블점검기를 케이블점검제어기와 USB 케이블로 연결하여 제어되도록 하였다. 점검대상케이블은 케이블점검기와 접속케이블, 접속어댑터, 점검대상케이블, 루프백어댑터 순으로 연결하여 점검 회로를 형성하였다. 그 후 케이블점검제어기의 점검 수행 화면에서 시험 시작버튼을 눌러 시험을 수행하였고 그 결과를 수집하였다.

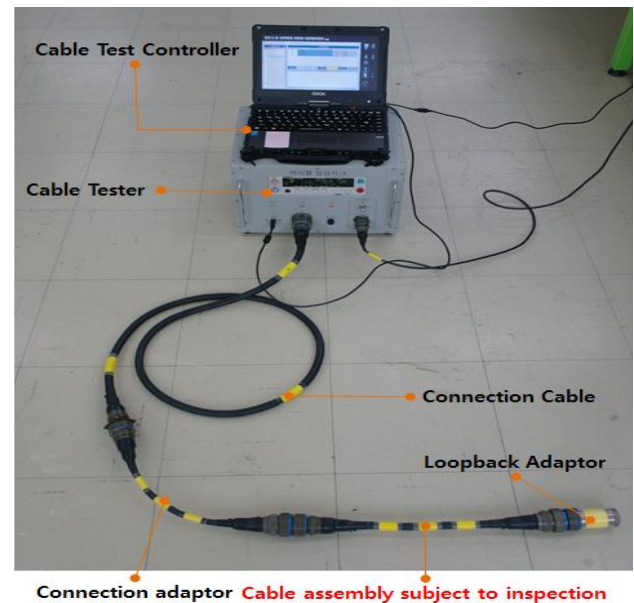


Fig. 19. Function test of the Automatic cable assembly test system

3. Test result

점검 결과는 아래 FIG. 20과 같다. 점검 결과 리포트에서 보듯이 모든 내부배선에 대한 도통/단락/절연 점검에 대해 정상임을 확인할 수 있었다. 도통 점검 정상 기준은 2Ω 이하이고, 측정된 최대 저항이 0.534Ω으로 아주 양호한 상태임이 확인 되었다. 단락/절연 점검 정상 기준은 각각 무한대이고, 측정된 최소치는 기기가 측정할 수 있는 최대치 값인 9.90E+099Ω(9.9*10⁹⁹Ω)과 5.00E+009Ω(5*10⁹Ω)로 아주 양호한 상태임을 확인할 수 있었다.

블조립체 점검 시스템은 점검대상 케이블조립체가 위치한 곳까지 이동하여 점검해야 함으로 이동에 용의할 필요가 있다. 따라서 케이블점검기의 소형화를 위해 주요 제작 구성품인 스위칭보드 사이즈를 최소화 하였고, 구성품간 배치를 최대한 조밀하게 하였다. 그리고 손잡이를 부착하여 쉽게 들 수 있는 형태로 제작하였다. 또한 최소한의 외부 인터페이스만 갖도록 USB 단일 제어 방식으로 개발하였다.

자동 케이블조립체 점검 시스템을 이용한 케이블조립체 점검 결과에 따르면 기존 수동 점검 방법과 비교하여 약 18배 가량의 점검 시간을 절약할 수 있었다. 그리고 수동 점검 시 누락, 오판 등으로 발생하는 인적 결함을 제거하여 점검 신뢰성[16]을 확보할 수 있음을 확인하였다. 또한 Fig 20의 점검 결과 리포트와 같이 케이블조립체 내부배선의 현재 상태(도통, 단락, 절연)를 수치적으로 확인해 향후 고장 발생 가능성에 대해서 예측 할 수 있게 되었다.

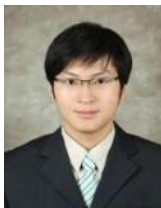
이러한 제작 특성이나 시험 결과를 통해 자동 케이블조립체 점검 시스템을 이용한 점검 방법이 수동 점검에 비해 점검 시간 단축, 신뢰성 향상 그리고 향후 고장 예측성이 확보될 수 있음을 확인하였다.

본 결과를 바탕으로 최초 서두에서 말한 바와 같이 케이블조립체의 성능이 시스템에 매우 중요한 영향을 미치는 장비의 케이블조립체에 대해 주기적·비주기적 점검에 용이하게 적용될 수 있을 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] Yang, Jong Won, Design and Implementation of Large Capacity Cable Checking System using an I/O Buffer Method, Journal of the KIMST, 5th Volume2, Jun. 2002
- [2] Seoung-Hwa Yang, "Study on Productivity Based maintenance Development Process Model considering the Development Security and Quality", Kon-kuk University, 2012
- [3] IPC, IPC-WHMA-A-620B-S, datasheet, http://www.ipc.org/4.0_Knowledge/4.1_Standards/IPC-WHMA-A-620B-S.pdf
- [4] Yong-Kyu Park¹, Young-Seek Cho¹, Kwan-Woo Lee², Kee-Hong Um³, and Dae-Hee Park^{1,a}, Load Current and Temperature Measurement for Measuring the Insulation Resistance of the 6.6 kV Cable, Journal of the Korean institute of electronic material engineers, Vol. 28, No 1, pp. 46-50 Dec. 2014
- [5] Yoon Deok-Ran, "A Study on the Field Application of Live-Line Diagnostic Technique for High Voltage Cable", Korea Electrical Safety Corporation
- [6] W. K. Kim, Design and Implementation of the multi-function switching system for Automatic Test Equipment(ATE), Journal of the Graduate School of Industry Kumoh National Institute of Technology, Dec. 2012.
- [7] Seok Min Lee, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 23 No. 3, pp. 9-16, March 2018
- [8] Kim, Dong-Jun, Real-Time System Parallel Testing Techniques for Weapon System Error Verification, Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 53, No. 11, pp. 130~138, Nov. 2016.
- [9] FTDI, D2XX_Programmer's_Guide(FT_000071), User guide, [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/ProgramGuides/D2XX_Programmer's_Guide\(FT_000071\).pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/ProgramGuides/D2XX_Programmer's_Guide(FT_000071).pdf)
- [10] Ju-Wan Ryu, "Design Of Ethernet Protocol Gateway for Parallel Interface," The Graduate School of Kyungpook National University degree of Master of Science, December 2007.
- [11] Panasonic, PA1a-12v, datasheet, https://www.panasonic-electric-works.com/cps/rde/xbcr/pew_eu_en/ds_61C10_en_pa.pdf
- [12] Sung-Yeol Yu & Kang-Bae Lee, "A Study on Job Sequence and Feeder Allocation Problem in PCB Assembly Line", Journal of The Korea Society of Industrial and Systems Engineering, March 2006
- [13] AN_124_User_Guide_For_FT_PROG_datasheet.pdf
- [14] Hyeok Jin Gwon, Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 22 No. 7, pp. 9-16, July 2017
- [15] Kyungjin Choi, The Study on The Production Testing Equipment for the Improvement of System Test Reliability in FCS, Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol.53, NO.11, November 2016
- [16] Yoon, Young-Ho; Ku, Ki-Young; Keum, Jong-Joo; Hwang, Un-Hee; Woo, Soon, "The Study on Improvement of ATE Reliability in Production Phase," The Institute of Electronics Engineers of Korea - System and Control, Vol. 47, No. 6, pp. 19~26, Nov. 2010.
- [17] Youn-Ho Lee and Kwang-Kyun Jung and Tae-Dong Yoon and Ki-Sang Kwon, "Optimal Reliability Strategy for k-out-of-n System Considering Redundancy and Maintenance, " Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 40, no. 1, pp. 118-127, February 2014.

Authors



Kiman Jang received the B.S degrees in Electronics Engineering from Kyungpook National University, Korea, in 2010. Mr. Jang joined the Test Solution Team of Hanwha Systems, Korea, in 2010. He is currently a Engineer in the ILS Research

Center, Hanwha systems. He is interested in embedded test system for national defense.