

전기선로전환기 모니터링시스템의 성능 향상에 관한 연구

박재영^{1*}

¹우송대학교 철도전기시스템학과

Study on performance improvement of electric-point machine monitoring system

Jae-Young Park^{1*}

¹Division of Railroad Electrical System Engineering, Woosong University

요 약 본 논문에서는 전기선로전환기의 유지보수 방법을 개선하기 위해 당초 연구 개발한 선로전환기 모니터링시스템을 시험 운용한 결과 보수방법 향상 효과를 확인 할 수 있었다. 그러나 보수자가 배치되지 않은 무인 연동역의 경우 선로전환기 장애 발생 시 또는 유지보수를 위하여 현장에 출동하기 전 까지는 보수 및 점검이 불가능하였다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 모니터링시스템에 원격지 컴퓨터와 통신할 수 있는 제어 모듈을 내장하여 선로전환기 전환 시에 원격지 컴퓨터에서 명령하는 제어정보를 수신하고 선로전환기가 전환된 후의 표시 정보 및 특히 장애 발생시의 상태를 모니터링시스템에 표출하도록 구성하여 원격지에서 관리할 수 있도록 성능을 향상시킴으로써 장애 발생시 신속한 대응 체계 구축으로 유지보수의 효율성 및 편의성이 증대 될 것으로 예상된다.

Abstract In this thesis, the effect of switch maintenance improvement is confirmed after testing and operating the switch monitoring system that were researched and developed originally in order to improve method of electric switch maintenance. However, as in an automatic interlocking station where a ground crew was not placed, repair and inspection could not be carried out until the maintenance person comes in case of switch problems or maintenance. In order to improve this issue, control module was installed in a monitoring system which can communicate through a data radio to a remote computer. Thus, the monitoring device can receive control information which a remote computer commands during the operation of switches. Afterward, it shows information on the real-time status of switch, in particular, anomaly situation through user interface after the switch is operated. By improving performance of the monitoring system in this way which can be managed and controlled at a remote place, the prompt countermeasure system in case of disruption will be built and as a result, efficiency and convenience of maintenance improvement will be expected to increase.

Key Words : Electric Point Machine, Remote Control, Monitoring System

1. 서론

전기선로전환기는 연동장치의 제어정보에 의해 선로 전환기 내에 설치된 제어계전기와 회로제어기 접점을 통하여 동력 전원이 전동기에 공급되면 전환을 시작하며 전환이 완료된 후 회로제어기와 제어계전기의 정·반위 구성 접점에 따라 표시 전원이 기계실의 제어 모듈에 인가되어 개통 방향을 나타낸다. 선로전환기는 역 구내 선로

변에 설치되어 외부 환경의 원인으로 단선, 접지, 단락 등의 장애가 발생되어 열차 안전운행에 가장 취약한 부분으로 획기적인 개선이 필요한 실정이었다.

이를 보완하기 위해 전기선로전환기 모니터링시스템을 개발하였으며, 대전도시철도 반석역에 설치·운영한 결과 장애 발생 시 신속한 대응체계를 구축하여 유지보수 시간 단축은 물론 열차의 안전 확보와 정시운행에 크게 기여할 수 있었다.

*교신저자 : 박재영(pjy7717@paran.com)

접수일 10년 10월 22일

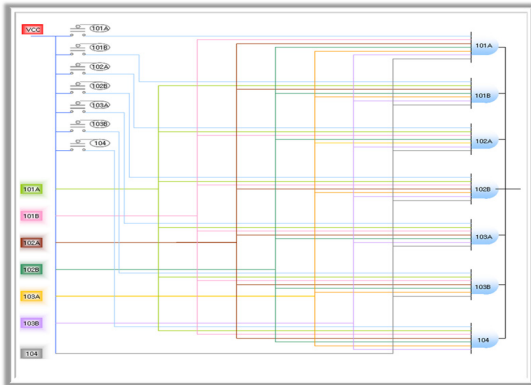
수정일 10년 11월 16일

재제확정일 10년 11월 19일

그러나 철도 운영기관의 비용 절감과 조직 슬림화를 위해 신호 취급실의 무인화를 추진함으로써 선로전환기 장애 발생 시 복구 요원의 출동, 조치까지는 많은 시간이 소요되어 열차 지연이 불가피한 실정이다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 개발된 선로전환기 모니터링시스템의 기능을 개선하여 원격지에서도 선로전환기의 동작 상태를 실시간으로 감시함으로써 유지보수 및 장애 발생 시 활용 될 수 있을 것으로 예상된다.

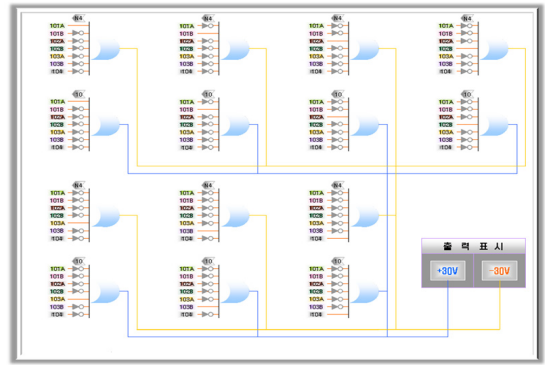
2. 선로전환기 모니터링시스템의 개요

그림 1의 기존 모니터링시스템 제어부는 선로전환기의 감시 포인트에서 선로전환기의 전환방향을 결정하는 제어전압, 모터를 기동하여 가동레일을 전환하는 모터 기동전압, 전환방향을 확인하는 표시 전압을 입력받아 배타적 논리합(XOR)회로를 구성하여 1대의 선로전환기 측정 중에는 다른 선로전환기와 각종 전원 충돌로 인한 오동작을 방지하도록 Fail-safe논리회로를 구성하여 안전성을 확보하였다. 사용자의 실수나 판단 착오로 인해 오 조작을 하더라도 모니터링시스템은 안전 측으로 동작, 모니터링시스템에 의한 유발 장애를 근본적으로 차단하여 안전한 작업환경을 제공토록 하고 있다.



[그림 1] 제어부 논리회로

그림 2의 표시부는 배타적 논리합(XOR)에 의해 선정된 선로전환기의 각종 전압을 부정논리합(NOR)회로에 의해 측정값을 디지털 데이터로 표출토록 하였으며 단선, 접지, 전압저하 등을 테스터 등에 의한 수작업에 의존하지 않고 실시간으로 선로전환기 상태 감시가 가능하다.



[그림 2] 표시부 논리회로

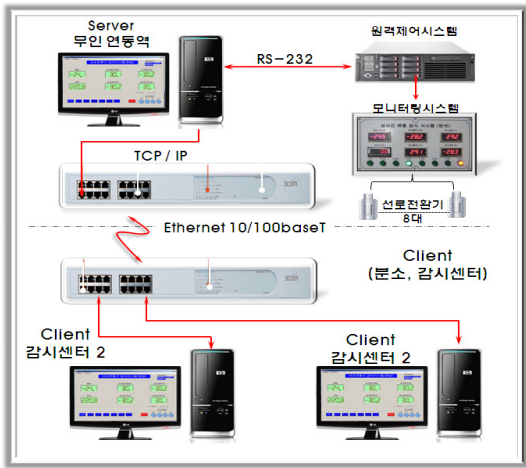
그림 3은 기존의 선로전환기 모니터링시스템의 외형을 나타낸 것으로 제어, 모터, 표시전압 출력 및 입력을 실시간으로 파악할 수 있도록 구성하였으며 현장 모니터링시스템에 설치된 푸시버튼에 의해서만 연동역의 전 선로전환기에 대하여 각종 전압을 자동적으로 측정하는 기능을 가지고 있다.



[그림 3] 기존의 선로전환기 모니터링시스템

3. 모니터링시스템의 성능 향상 방안

그림 4와 같이 모니터링시스템의 원격제어는 보수자가 배치되지 않은 상태에서 인접 취급실 또는 신호분소에서 선로전환기 상태를 감시하기 위하여 이더넷 통신을 통하여 모니터링시스템을 컨트롤하고 측정되는 데이터를 수신할 수 있도록 구현하였다.



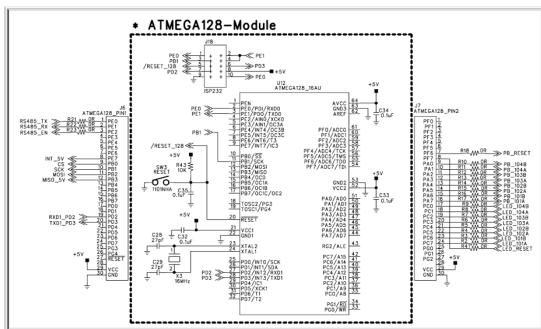
[그림 4] 시스템 구성도

3.1 하드웨어 구성

3.1.1 원격 컨트롤러 모듈 구성

그림 5와 같이 신호분소 등 원격지에서 수신한 데이터에 의해 해당 선로전환기를 선택할 수 있도록 PA0-PA7, PF6을 구성하고, PC0-PC7, PF7을 구성하여 감시되는 선로전환기를 확인할 수 있도록 해당 LED를 구동시킨다.

컴퓨터와 모니터링 시스템 간 통신을 위하여 RS-232 통신이 가능하도록 PD2 - PD3를 구성하였고, RS-485통신을 통하여 측정 데이터를 컨트롤러 모듈로 송신할 수 있도록 PE0-PE2를 구성하여 원격 컨트롤러모듈로 전송토록 한다.

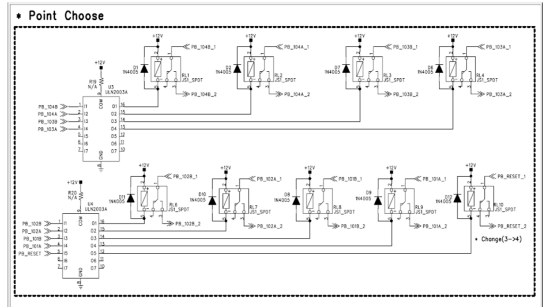


[그림 5] 컨트롤러 모듈

3.1.2 원격 선로전환기 선택

그림-6과 같이 원격지 컴퓨터 프로그램 상에서 해당 선로전환기를 선택했을 경우 RS-232 통신으로부터 신호를 수신하여 마이크로프로세서에서 신호를 처리한다. PA0 ~ PA7 중에 하나가 평상시 0V로 출력하고 있다가

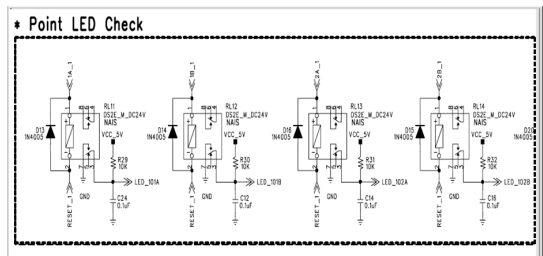
선택되어지면, 0.5초 동안 디지털 신호를 High로 출력한다. 이때 인버터에 입력으로 들어가게 되는데 출력이 Low로 변환되어 계전기 제어라인 '-'에 입력되어 해당 계전기를 여자시키게 된다. 해당 계전기 출력은 선로전환기 모니터링시스템 선택 버튼과 병렬로 연결되어 선택 버튼을 누를 때와 동일한 효과를 낼 수 있다. PF6은 초기화 버튼을 동작시키기 위한 출력 포트 단자이며 평상시에는 낙하 접점을 통해 구성되어 있고, 초기화 버튼 클릭 시 낙하접점이 개방되어 초기화 상태로 된다.



[그림 6] 원격선로전환기 선택회로

3.1.3 원격 선로전환기 선택표시

그림 7과 같이 선로전환기 모니터링시스템에서 해당 선로전환기를 선택했을 경우 사용자에게 LED를 사용하여 감시 대상을 파악할 수 있게 하며 원격지 컴퓨터에서도 해당 선로전환기가 선택되었는지 알 수 있도록 컨트롤러 모듈로 표시정보를 전송하도록 구현하였다.



[그림 7] 선로전환기 선택표시

3.1.4 RS-232 및 RS-485통신

RS-232 통신은 원격지 컴퓨터로 측정값을 전송할 수 있도록 구성하였고, 모니터링시스템의 측정데이터를 컨트롤러 모듈로 전송할 수 있도록 RS-485통신 모듈을 구성하였다.

3.1.5 이더넷 통신 모듈

선로전환기 모니터링시스템에 이더넷 통신 모듈을 내장하여 별도의 컴퓨터를 설치하지 않아도 원격지 컴퓨터와 TCP/IP통신을 할 수 있도록 구현하여 선로전환기 동작전압, 표시입출력 전압을 원격지 컴퓨터에 전송하고 원격지로부터 전송되는 제어정보를 수신하여 컨트롤러 모듈로 전송하여 사용자의 명령을 수행할 수 있도록 하였다.(서버컴퓨터가 없을 경우 사용)

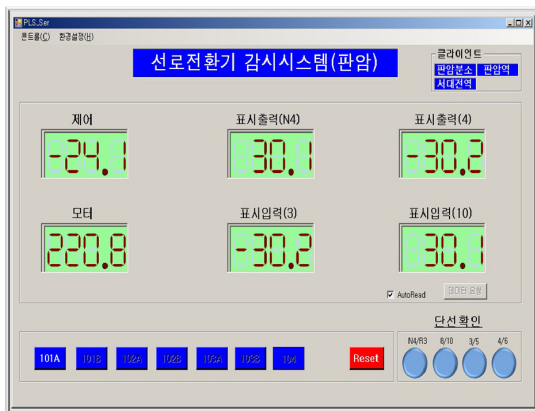
3.2 소프트웨어 구성

3.2.1 서버 및 클라이언트 구성

선로전환기 원격 감시 시스템은 선로전환기의 각 레벨을 측정하는 모니터링 시스템과 서버, 클라이언트 컴퓨터로 구성하여 TCP/IP 통신을 하고, 서버와 원격제어 시스템간은 RS-232통신을 통하여 데이터를 송·수신한다. 서버와 클라이언트 프로그램은 MS사의 .NET Framework를 기반으로 하는 Visual Studio.NET과 C#언어를 사용하여 다른 소프트웨어와 호환성을 높였으며 향후 성능 개선이 용이하도록 하였다.

3.2.2 화면구성

그림 8과 같이 선로전환기 모니터링시스템에서수신한 데이터를 원격지 클라이언트와 서버의 Windows화면에 클라이언트별 연결 상태, 서버와 모니터링시스템과 연결 상태, 선로전환기 전압측정값 표시, 연동역 전 선로전환기 선택 버튼, 선로전환기 단선상태 표시등을 구성하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있도록 하였으며 환경설정을 통해서 로깅데이터 저장 유·무 설정이 가능하도록 하였다.



[그림 8] 화면구성

3.2.3 소프트웨어 내부 구조

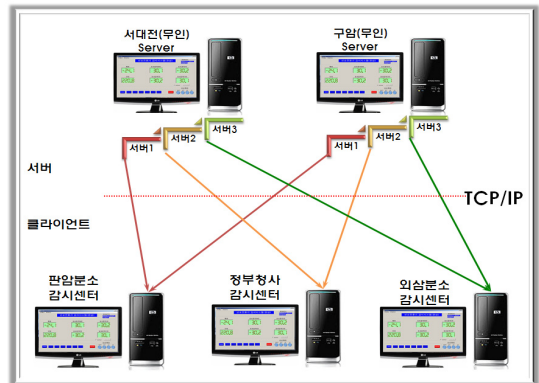
소프트웨어 내부 구조는 메인폼 모듈, 통신 관련 모듈, 폼 맵핑모듈, 로깅모듈로 독립 설계하여 시스템 오류 수정 및 다른 프로그램에서도 사용이 용이한 장점을 갖고 있다.

3.2.3.1 메인 폼 모듈(Main Form Module)

그림 8의 메인 폼 화면은 이벤트 함수를 제어하며 선택의 선택이나 각각의 통신에 의한 이벤트 활성명령이 포함되었으며, 다른 모듈에서 명령어를 실행하거나 적용시키기 위한 메인 화면으로 구성하였다. 다른 모듈에서 특정 이벤트가 생성되었을 때 이를 사용자에게 화면을 통해 표출하는 기능을 가지고 있다.

3.2.3.2 통신모듈(Communication Module)

통신 모듈은 TCP/IP, RS-232통신 등 통신관련 사항을 담당하는 모듈로 선로전환기 모니터링시스템과 서버 간 RS-232통신하는 부분과 그림 9와 같이 서버, 클라이언트 간 TCP/IP 통신부분이 있으며 각 통신간의 데이터를 메인 폼에 표출 할 수 있는 데이터 해석 부분을 포함하고 있다.



[그림 9] TCP/IP통신

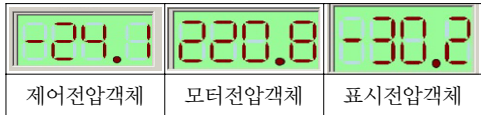
3.2.3.3 폼 매핑 모듈(Form Mapping Module)

폼 가변을 지원하는 부분으로 연동역별 서로 다른 환경에 따라 폼을 쉽게 수정할 수 있게 하는 모듈로 설계된 폼의 데이터를 수신하여 메인 폼에 적용시키는 기능을 한다.

3.2.3.3.1 세그먼트 객체

세그먼트는 선로전환기의 전압 측정치를 표출해주는 객체로서 측정 대상의 수량에 따라 객체의 수량 및 위치

를 재조정 할 수 있다.



3.2.3.3.2 클라이언트 객체

클라이언트 객체는 서버와 연결 상태를 나타내 주는 객체로 각 환경에 맞게 객체의 수량을 임의로 정의 할 수 있어 여러 곳에서 클라이언트 프로그램을 운영할 수 있다.

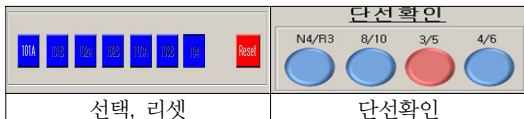


3.2.3.3.3 선로전환기 선택 및 리셋 객체

선로전환기 선택 및 리셋 객체로 감시하고자 하는 선로전환기를 선택할 수 있고 리셋 객체를 선택하여 다른 선로전환기를 감시할 수 있다. 각 연동역마다 선로전환기 수량이 다른 경우 간단하게 변경이 가능하다.

3.2.3.3.4 단선 확인 객체

단선 확인 객체는 수신된 측정값을 분석하여 해당 케이블의 단선 유무를 보수자가 쉽게 판단하도록 하였다.



3.2.3.4 로깅 모듈(Logging Module)

서버의 기동, 클라이언트 및 선로전환기 모니터링시스템의 연결, 선로전환기 선택, 전압측정 데이터 등을 저장하고 필요시 데이터를 화면에 표출하는 역할을 하며 선로전환기 장애 상태 등을 추적하여 고장 원인을 분석하는데 용이하게 사용할 수 있다.

4. 모니터링시스템의 성능 향상 결과

4.1 원격모니터링 기능 개선

선로전환기 모니터링시스템의 기능 개선 전에는 디지

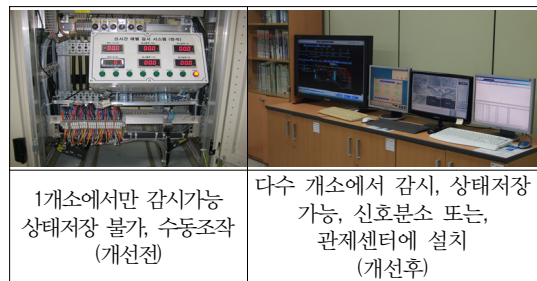
털 메터에 내장되어 있는 MODBUS를 사용하여 신호기 계실의 유지보수 컴퓨터에서 표시 상태 확인만 가능하였다.

그러나 서버/클라이언트 소프트웨어 및 원격제어 시스템 개발을 통해 모니터링시스템 기능을 개선한 결과, 원격지 다수의 감시 컴퓨터에 의하여 감시 선로전환기 선택, 측정 데이터 분석, 상태 감시 및 로깅데이터 저장 가능하였다.

4.2 유지보수 체계 개선

선로전환기 모니터링시스템을 활용하여 측정의 정확성과 신속성에 크게 기여하였으나 1개소에만 감시가 가능하여 처리 상태를 작업자의 판단에만 의존해야 했으나 원격 모니터링 기능 및 상태 저장을 추가함으로써 원격에서 작업 과정에 대한 통제 등으로 유지보수 시간 단축 및 작업 품질 개선에도 크게 기여하게 되었다.

그리고 기능 개선 전·후의 모니터링시스템은 그림 10과 같다.



[그림 10] 기능 개선 전·후 비교

5. 결론

전기선로전환기의 유지보수 방법을 개선하기 위해 당초 연구 개발한 선로전환기 모니터링시스템에 서버컴퓨터를 설치하고 신호분소 또는 관제실 등의 원격지 컴퓨터와 통신할 수 있는 펌웨어를 내장하여 서버컴퓨터와 RS-232통신을 하며, 선로전환기 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있는 소프트웨어를 설치하여 TCP/IP통신을 하도록 하였으며 무인 연동역 및 감시 센터의 네트워크 통신기반은 개방형 시스템 상호 연결(OSI; Open system Interconnection) 모델을 적용하여 유연하고 안전하며 상호 연동이 가능하도록 하여 성능 향상이 되도록 하였다.

또한 선로전환기의 현재 상태와 전환된 후의 표시정보 및 장애 발생 시 상태를 모니터링시스템에 표출되도록

구성하여 성능을 향상 시켜서 신속한 대응 체계 구축으로 유지보수의 효율성 및 편의성 증대 결과를 확인 할 수 있었으며, 각 철도 운영기관에도 선로전환기 모니터링 시스템을 적용 할 수 있도록 이설 및 확장성이 뛰어나도록 하였다.

이번 연구 결과를 토대로 궤도회로, ATO장치 등의 각종 측정 데이터를 네트워크 보안설비를 구축 한 후 현재 구축되어 있는 Wibro망에 연결하여 감시 및 통제한다면 신호설비 관리의 효율성이 더욱 증대될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 박재영, “전기선로전환기 유지보수 향상을 위한 모니터링 시스템의 연구” 한국산학기술학회 논문지, 제10권 제11호. pp.3115-3120, 11월, 2009.
- [2] 백중현, 이창구, 설남오, “단상 MJ81 전기선로전환기 국산화를 위한 구동부 성능 개선” 한국산학기술학회 논문지, 제10권 제3호. pp.535-541, 6월, 2009.
- [3] 백중현, 김용규, 이창구, 박재영 “무선통신기반 차상 제어장치의 전동차 시험분석” 한국산학기술학회논문지, 제10권 제5호, pp.935-941, 6월, 2009.
- [4] 김용규, 백중현, “기존선 속도향상을 위한 신호보안체계 최적구축방안 연구” 한국철도기술연구원 기존선 속도향상 실용기술개발 사업 5차년도 보고서, pp.429-485, 2005.
- [5] 박재영, “철도신호공학”, 동일출판사, pp81-130, 3월, 2009.
- [6] 김한규, “데이터통신과 네트워크”, 교보문고, pp5-150, 3월, 2001.

박재영(Jae-Young Park)

[정회원]



- 1996년 8월 : 고려대학교 산업대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 서울산업대학교 철도전문대학원 철도전기신호공학과 (공학박사)
- 1970년 2월 ~ 2004년 12월 : 철도청 오송전기사무소장
- 2005년 1월 ~ 2007년 2월 : 한국 철도공사 오송고속철도전기사무소장
- 2007년 3월 ~ 2010년 10월 현재 : 우송대학교 철도전기시스템학과 교수

<관심분야>

자동제어, 지능형시스템, 제어계측