

전기선로전환기 유지보수 향상을 위한 모니터링 시스템의 연구

박재영^{1*}

¹우송대학교 철도전기신호학과

The Study of Monitoring System for Enhancement Electrical Point-machine Maintenance

Jae-Young Park^{1*}

¹Division of Railroad Electrical Signal Engineering, Woosong University

요 약 전기선로전환기는 열차가 진행하고자 하는 진로로 운행할 수 있도록 분기기를 전환시키는 설비로서 도시철도 및 간선철도를 비롯한 대부분의 철도에서 많이 설치되어 사용되고 있다. 이러한 전기선로전환기의 유지보수 작업 대부분은 유지보수자들이 포터블 계측기를 이용하여 수작업으로 현장에서 모터 전원, 제어 전원, 표시 전원에 대한 측정을 하는 것이다. 특히 NS형 또는 NS-AM형 전기선로전환기의 경우에는 유지보수 주기가 너무 잦기 때문에 이러한 측정에 많은 인력이 요구되고 있을 뿐만 아니라 작업 도중 부주의에 의한 사상사고도 발생하고 있다. 본 논문에서는 이러한 유지보수 작업의 향상을 위해 현장에 설치된 전기선로전환기의 상태를 모니터링하는 시스템을 제안하고 있으며, 이러한 모니터링 시스템은 전기선로전환기에 대한 각종 측정값을 실시간으로 확인하여 유지보수 업무의 향상을 이룰 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract An electric point-machine which changes over a turnout so that it enables a train to be operated in the routine that a train is to proceed has been installed and used in most of the railways such as not only urban railways but also main-line railways. Most of the maintenance works in this electric point-machine is that the maintenance workers manually measure motor power, control power and display power in the site with the use of portable counters. Especially in case of NS or NS-AM electric point machine, the maintenance cycle is so frequent that during the operation casualty accidents caused by carelessness occurs as well as more staff is required for this measurement. In this paper we propose a system for monitoring the state of electric point machine installed in the site to improve maintenance efficiency and it is expected that this monitoring system confirms any measured values on electric point machines in real-time and improves maintenance efficiency.

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

1. 서론

분기기란 열차의 진로제어를 담당하고 있는 연동장치에서 주어지는 명령에 따라 열차가 통과할 운행 진로를 안전하게 구성할 수 있도록 선로방향을 좌, 우로 전환하는 설비이며, 이러한 분기기를 전기적으로 전환시키는 장치를 전기선로전환기라 한다[1-6]. 이러한 전기선로전환기는 NS형 또는 NS-AM형이 1970년대 개발되어 경부고속철도 구간을 제외한 대부분의 철도운영기관에서 사용

하고 있다. 전기선로전환기의 유지보수는 모터 전원, 제어 전원, 표시 전원에 대한 이상 유무를 계측기에 의한 수작업으로 장애 개소를 검출한 후 작업을 시행하고 있다. 그러나 유지보수자의 수작업에 의한 장애 개소 검출 및 작업은 NS형 또는 NS-AM형 전기선로전환기의 유지보수 주기가 너무 잦음으로 인하여 많은 인력과 시간이 소요될 뿐만 아니라 작업 도중 부주의에 의한 사상사고도 발생하는 등 효율성이 높지 않은 실정이다. 따라서 유지보수자의 경험과 수작업에 의한 유지보수를 지양하고

*교신저자 : 박재영(pjy7717@paran.com)

접수일 09년 08월 19일

수정일 09년 10월 29일

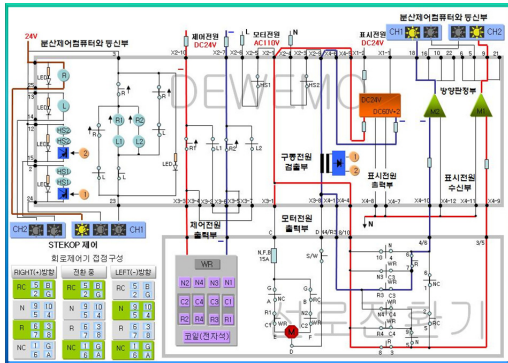
재게확정일 09년 11월 12일

전기선로전환기의 상태를 실시간으로 감시하면서 각종 측정값을 표출하는 모니터링 시스템을 구축하여 전기선로전환기 유지보수의 효율성을 향상시킬 수 있을 것이다 [1,2,4,5].

2. 전기선로전환기의 구성 및 유지보수

2.1 전기선로전환기의 구성

전기선로전환기는 열차가 진행하고자 하는 진로로 운행할 수 있도록 분기기를 전환해 주는 장치이며, 다음의 그림 1과 같이 분산제어컴퓨터(EC/DSTT), 인터페이스 모듈 커플러 장치(STEKOP), 선로전환기 제어모듈(DEWEMO), 제어계전기(WR), 전동기, 마찰클러치, 감속기어장치, 전환쇄정장치 및 회로제어기로 구성되어 있다 [6,7].



[그림 1] 전기선로전환기 제어계통도

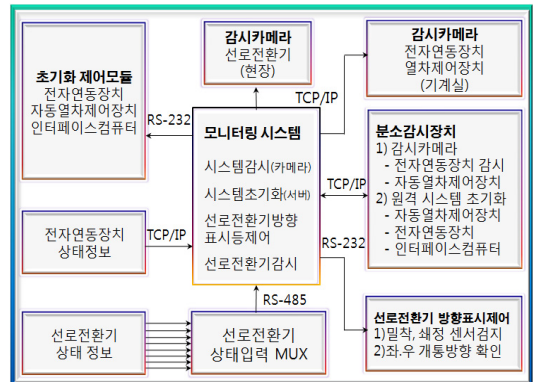
2.2 전기선로전환기의 유지보수

전기선로전환기의 유지보수를 위한 모터 전류측정은 동작 전류 및 슬립 전류 등을 측정하는 것으로서 전기선로전환기가 설치된 선로변에서 모터 회로를 분리한 후 전류계를 연결하여 측정하는 방법과, 회로를 분리하지 않고 후크-온 메터를 사용하여 측정하는 방법이 주로 사용되고 있다. 표시 및 제어회로는 테스트에 의해 제어부 전원을 측정하고 표시부 전원은 전기선로전환기 제어모듈에서 생성된 +60V, -60V를 중성점을 영전위 접지하여 측정되는 전압레벨에 따라 정상 30V, 회선접지 0V, 회선단선 60V 및 불일치 등으로 판단하여 유지보수를 시행하고 있다. 그러나 이러한 방법은 모터 회로를 분리 후 전류계를 연결하는 과정에서 감전 등의 우려가 있고, 표시 및 제어 전원을 회선마다 수동으로 측정하기 때문에 오측정

이나 오판단에 의해 유지보수가 지연 될 수 있어 열차의 정시 및 안전운행을 저해할 수 있으므로 과학적이고 효율적인 방법이 요구된다. 따라서 수작업에 의한 점검보다는 동작부 및 제어부 등에 적합한 계측시스템을 개발하여 데이터에 의한 체계적인 점검 및 유지보수체계 구축이 필요하다[4,6].

3. 전기선로전환기 모니터링 시스템

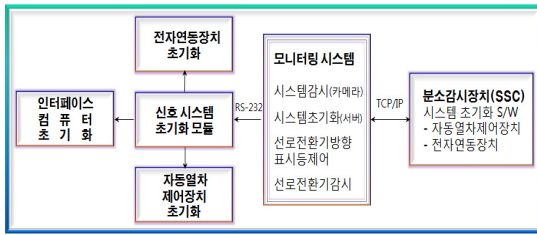
전기선로전환기 장애 발생시 전자연동장치 및 열차제어장치를 감시하면서 원격지에서 긴급 복구할 수 있으며, 전기선로전환기 개통상태 파악이 되지 않을 경우 센서에 의해 밀착 및 쇄정 상태를 확인한 후 선로전환기 개통방향을 기관사에게 알려, 수신호 취급요원의 현장출동 없이 열차를 소통시킬 수 있도록 본 논문에서는 다음의 그림 2와 같은 모니터링시스템을 제안하고 있으며, 이러한 시스템을 개발하여 설치하였다.



[그림 2] 모니터링 시스템 구성도

3.1 초기화 시스템

전자연동장치의 2 out of 3 기능 또는 열차제어장치의 기능 상실시 열차의 운행 상태와 신호설비 감시가 확보되지 않아 열차운행의 안전에 치명적일 수 있기 때문에 1인 근무 연동역의 경우 분소의 유지보수 요원이 출동할 때까지는 수신호에 의존할 수밖에 없다. 따라서 전자연동장치, 열차제어장치, 인터페이스 컴퓨터를 원격으로 감시할 수 있는 감시카메라를 설치하여 고장 표출 상태를 파악한 후 초기화(Reset)를 시행할 수 있는 S/W와 H/W를 개발하여 장애시 활용할 수 있도록 하였으며 이러한 초기화 시스템의 구성도는 다음의 그림 3과 같다.



[그림 3] 초기화 시스템 구성도

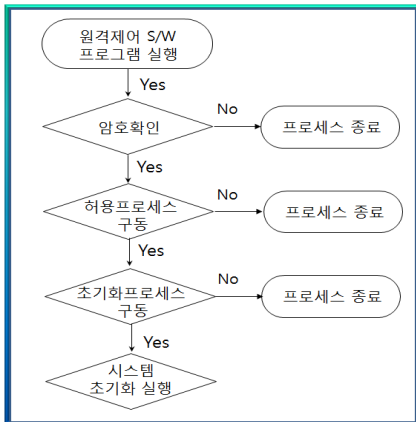
3.1.1 원격제어 콘솔

원격제어 콘솔은 기존 분소감시장치의 콘솔을 이용하여 피제어 연동역의 유지보수용 컴퓨터와 TCP/IP 통신을 통하여 시스템 초기화 모듈을 제어할 수 있도록 구성하였다.

원격제어 콘솔의 초기화 S/W는 분소감시장치에 탑재하여 전자연동장치 및 열차제어장치의 이상 발생시 초기화를 실행하며, 오조작에 의한 시스템 초기화를 방지하기 위하여 접근시 암호화 보안단계와 허용프로세스 단계, 초기화 실행프로세스 단계에 AND 조건을 부여하여 모든 조건을 만족하였을 때만 다음의 그림 4와 같이 시스템 초기화가 가능하도록 하였다.

3.1.2 시스템 초기화 모듈

신호시스템 초기화 모듈은 연동역 유지보수용 콘솔의 RS-232 포트 제어조건에 따라 오동작 방지회로를 거쳐 전자접촉기를 제어하여 전자연동장치와 열차제어장치의 공급용 전원을 30초간 차단함으로써 시스템을 초기화시킨다. 모든 초기화 과정은 감시카메라를 통하여 확인할 수 있도록 하였으며 초기화 실패시에는 재시도하도록 구현하였다.



[그림 4] 시스템 초기화 순서도

3.2 감시카메라

3.2.1 전기선로전환기 감시카메라

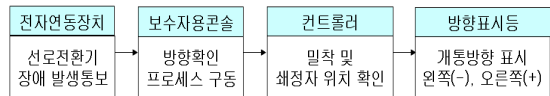
전기선로전환기의 장애 발생시 무인 또는 1인 근무역의 경우, 출동시간에 따른 지연, 유지보수자 안전 등의 문제점이 있기 때문에 이를 해결하기 위해 감시카메라를 설치하여 취급실, 관제실, 분소 등에서 전기선로전환기 상태를 감시하여 기관사에게 진출 가부를 통보할 수 있도록 감시체계를 구축하였다.

3.2.2 기계실 감시카메라

전기선로전환기는 관제 또는 신호취급실에서 미리 설정된 스케줄에 의해 전자연동장치에서 제어하지만 전자연동장치의 2 out of 3 기능 상실시에는 열차제어장치와 전기선로전환기의 진로를 제어할 수 없기 때문에 이를 감시하기 위한 카메라를 설치하고 초기화 시스템과 연계하여 초기화시 사용하도록 하였다.

3.3 전기선로전환기 방향표시 제어

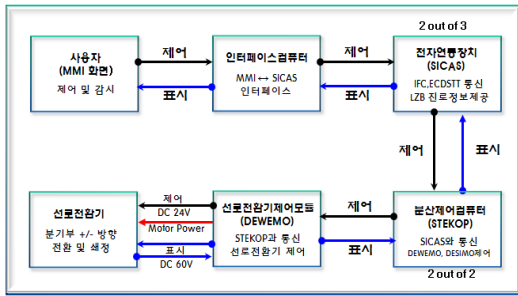
다음의 그림 5와 같이 전자연동장치에서 이상을 감지하면 유지보수용 콘솔에서 전기선로전환기 방향확인 프로세스를 구동하여 전기선로전환기에 설치된 밀착검지기와 쇄정자 위치검지기를 작동시키도록 하여, 선로변에 설치된 전기선로전환기의 개통방향 확인과 표시등 점등에 따라 기관사는 수신호 취급 절차 없이 열차를 운행할 수 있도록 하였다.



[그림 5] 전기선로전환기 방향 감시체계

3.4 전기선로전환기 감시

기본적으로 전기선로전환기 제어모듈은 전환명령에 따라 다음의 그림 6과 같이 해당 전기선로전환기를 전환시킨 후 그 결과를 전자연동장치로 전송한다. 이러한 제어 및 표시체계를 감시하기 위하여 전기선로전환기 제어 모듈 출력부에 다음의 그림 7과 같이 감시 포인트를 설치하였다.

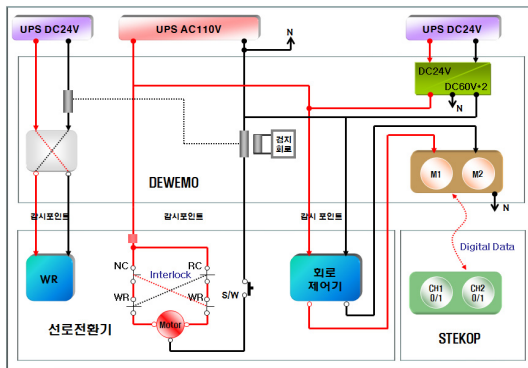


[그림 6] 전기선로전환기 제어 및 감시체계

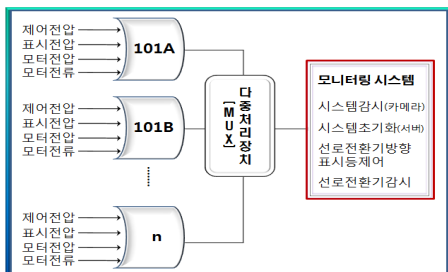
3.4.1 상태입력 다중화장치

전기선로전환기 상태입력 다중화처리장치에서는 여러 개소의 전기선로전환기 측정 포인트에서 출력되는 전압과 전류를 측정하기 위하여 다음의 그림 8과 같이 각각의 포인트에 측정 모듈을 설치하였다.

이러한 다중처리장치는 분산제어컴퓨터 내부에 설치하였으며, 필요시 유지보수자가 전기선로전환기 제어 모듈의 상태와 출력값을 비교, 판단할 수 있도록 하여 유지보수의 편의성을 향상시켰다.



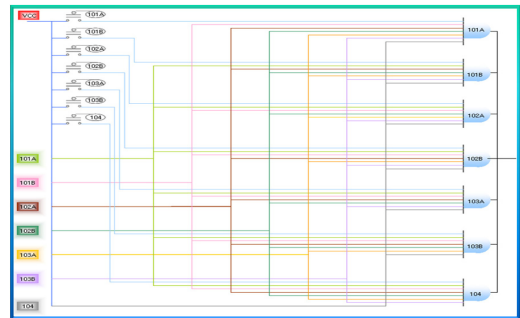
[그림 7] 선로전환기 제어모듈 블록도



[그림 8] 전기선로전환기 상태 다중처리계통

분산제어컴퓨터의 캐비닛 내부는 공간이 협소하여 여러 대의 디지털 미터를 설치할 수 없기 때문에 다음의 그림 9와 같이 제어부의 논리회로는 배타적 논리합(XOR) 회로를 구성하도록 하였다. 이러한 제어부의 배타적 논리합회로에 의해 1대의 전기선로전환기를 측정 중에는 오동작 방지를 위하여 다른 전기선로전환기 측정회로가 동작하지 않도록 하고 조건이 만족될 경우에만 전압 및 전류를 측정할 수 있도록 하였다.

표시부는 다음의 그림 10과 같이 부정논리합(NOR)회로로 구성하여 제어부의 동작 상태에 따라 입력되는 측정값을 표출하도록 하였으며 측정모듈에서는 감시되는 전압을 실시간으로 모니터링 시스템에 전송한다.



[그림 9] 제어부 논리회로



[그림 10] 표시부 논리회로

3.4.2 감시프로세스

감시프로세스는 다중화장치로부터 수신된 아래와 같은 전기선로전환기의 표시, 제어, 모터 전압 및 전류를 사전 입력된 적정값과 비교하여 오차범위를 벗어나게 되면 알람을 표출하여 유지보수자에게 통보하도록 하였다. 또한 전자연동장치와 인터페이스 컴퓨터가 알람이 표출되는 시점부터 연속적으로 전기선로전환기의 상태를 저장하여 필요시 사용할 수 있도록 하였다.

1) 제어 전압

전자연동장치의 진로설정에 따라 전기선로전환기 개통방향이 결정되면 분산제어컴퓨터는 선로전환기 제어모듈에서 전기선로전환기 방향전환계전기를 동작시킨다. 제어 전압 감시프로세스는 제어 전원 극성과 표시입력 전압 극성을 비교하여 선로전환기 개통방향을 확인한다.

2) 모터 전압 및 전류

방향전환계전기의 동작으로 AC전원이 공급되면 전기선로전환기 제어모듈에서 16초 동안 AC전원이 공급되도록 카운터를 시작하며 모터전압 감시프로세스는 모터에 흐르는 AC 전압과 전류를 측정하여 이상유무를 판단한다.

3) 표시 입출력 전압

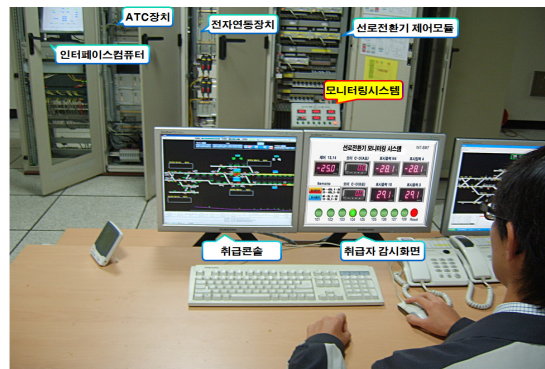
제어모듈내의 표시전원 공급부에서 생성된 DC 60V 전압은 모터회로와 표시회로에 함께 공급되며 모터구동회로가 구성되면 표시회로가 폐회로를 구성하게 되어 전환 중임을 표시하게 된다. 표시 입출력전압 감시프로세스는 모터 전환중이나 접지 발생시에는 0V, 단선일 경우 60V, 정상일 경우 30V를 표출하고 표시 입출력 회선 단선일 경우와 16초 이상 0V를 표출할 시는 에러메시지를 표출하도록 한다.

4) 개통 방향 확인 프로세스

개통 방향 확인 프로세스는 전자연동장치와 인터페이스 컴퓨터 장에서 개통 방향 확인이 불가능한 단점을 보완하기 위해 제어 전압 및 표시 전압 감시결과를 분석하여 필요시 개통 방향 표시를 제어한다.



[그림 11] 모니터링장치 설치



[그림 12] 모니터링장치 설치 및 감시

모니터링시스템은 전기선로전환기의 제어전원 출력전압, 표시전원 출력전압, 표시전원 입력전압, 모터 출력전압 측정이 가능하며, 그림 13부터 16까지는 대전도시철도 구간의 반석역에 시험 설치하여 표출된 결과로서 정상상태, 1선 접지장애, 1선 단선장애, 2선 단선장애 상태를 실시간으로 표출하고 있다.

4. 모니터링시스템 설치시험

전기선로전환기의 점검 및 유지보수방법 개선을 위해 분산제어컴퓨터 제어모듈에 모니터링 시스템을 그림 11과 같이 설치하고 유지보수자 컴퓨터(SC)와 RS-485통신을 통하여 측정전압과 고장 상태를 그림 12와 같이 실시간으로 감시할 수 있도록 하였다.

4.1 정상 상태



[그림 13] 정상 상태 시험결과

출력 전압	N4	-28.2V	입력 전압	4	-28.2V
	10	29.1V		3	29.2

4.2 1선 접지장애 발생



[그림 14] 1선 접지상태 시험결과

출력 전압	N4	0V	입력 전압	4	-28.2V
	10	29.1V		3	0V

4.3 1선 단선장애 발생



[그림 15] 1선 단선상태 시험결과

출력 전압	N4	-56.6V	입력 전압	4	0V
	10	28.9V		3	29V

4.4 2선 단선장애 발생



[그림 16] 2선 단선상태 시험결과

출력 전압	N4	-56.6V	입력 전압	4	0V
	10	56.5V		3	0V

5. 결론

전기선로전환기의 점검 및 수작업에 의한 유지보수로 열차의 지연 또는 안전운행이 저해되어 중대한 사고가 발생할 수 있으며, 유지보수자는 신속한 복구에 대한 압박관념으로 많은 심적 부담을 안고 있을 뿐만 아니라 작업시 부주의에 의한 안전사고도 발생하고 있는 실정이다. 따라서 본 논문에서는 이러한 요인을 사전 제거하기 위하여 CCTV 및 광통신망을 사용하여 원격으로 시스템을

감시하면서 전기선로전환기가 유지해야할 각종 측정값을 자동으로 표출하는 유지보수체계로 개선하여 유지보수 작업의 효율을 향상시키고 열차의 안전운행 확보는 물론 유지보수자의 근무환경 개선에도 크게 기여할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 백종현, 이창구, 설남오, “단상 MJ81 전기선로전환기 국산화를 위한 구동부 성능 개선” 한국산학기술학회 논문지, 제10권 제3호. pp.535-541, 6월, 2009.
- [2] 백종현, 이창구, “기존선 속도 향상을 위한 발리스를 이용하는 열차간격제어 기술에 대한 연구” 한국산학기술학회논문지, 제10권 제2호, pp.256-263, 6월, 2009.
- [3] 백종현, 김용규, 이창구, 박재영, “무선통신기반 차량 제어장치의 전동차 시험분석” 한국산학기술학회논문지, 제10권 제5호, pp.935-941, 6월, 2009.
- [4] 김용규, 백종현, “기존선 속도향상을 위한 신호보안체계 최적구축방안 연구” 한국철도기술연구원 기존선 속도향상 실용기술개발 사업 5차년도 보고서, pp.429-485, 2005.
- [5] 철도청 “철도신호용어편람” 한국철도신호기술협회, 철도청, pp.210-211, 12월, 2004.
- [6] 유광균, “진로제어시스템”, 기다리, pp200-331, 8월, 2005.
- [7] 김영태, “신호제어시스템”, 테크미디어, pp70-90, 5월, 2006.
- [8] 박재영, “철도신호공학”, 동일출판사, pp81-130, 3월, 2009.
- [9] 김한규, “데이터통신과 네트워크”, 교보문고, pp 5-150, 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 : 한국철도공사 오송고속철도전기사무소장
- 2007년 3월 ~ 2009년 10월 현재 : 우송대학교 철도전기신호학과 교수