경량전철용 직류배전반의 정보 전송방식

이현두 김수남 류승표 이세현
현대중공업 기계전기연구소

An Information Transmission Method of the DC Switchgear for Light Railway Vehicle

H.D. Lee, S.N. Kim, S.P. Ryu and S.H. Lee
Electro-Mechanical Research Institute, Hyundai Heavy Industries co., LTD

ABSTRACT

This paper describes the transmission method of an information using communication networks between RTU(Remote Terminal Unit) and PCU(Protection and Control System) of the DC switchgear for Light Railway Vehicle. Also the test result carried out in the laboratory was represented.

In this test, transmission signal waveform, polling time, response time and request/response frame between RTU and PCU were measured.

The field test including the measurements of analog signal and status of the digital logic operation of PCU was conducted in Gyeongsan Test Track.

1. 서 론

기존의 경량전철차량용 직류배전반의 제어를 포함한 운용방법은 변전소 단위로 RTU를 설치하여 필요한 신호들을 HardWire로 직접 입력받아 처리하였는데, 이 경우 배전반에서 RTU까지의 원거리로 인하여 결선작업에 많은 어려움이 있으며, 결선의 길이가 길어짐으로서 주변 고압에 의한 영향으로 신호의 왜곡현상도 발생한다. 또한 제어의 개념이 매우 희박하여 디지털 입출력의 개수는 10여개 미만으로 운영되었으며, 로직을 포함한 제어의 내용이 거의 포함되어 있지 않아 시스템이 매우 간략하게 운영되었다. 국내에 출시된 보호제어장치의 경우 입출력 신호가 10여개 정도로 제작되어 있었다. 그러나 최근의 무인화 및 원격제어 개념이 도입되면서 현장에 설치된 기기의 안정성과 신뢰성이 요구되었으며, 이로 인해 많은 디지털 입출력신호가 필요하게 되고, 이 입출력신호들의 적절한 조합을 이용한 로직도 발생하게 되었다. 기존의 방식을 이용하게 되면 현장마다 RTU를 설치하여 입력 및 출력을 제어해야 하나 이렇게 되면 설치비용 및 공간적 측면에서 많은 제약이 따르게 되고, 유지 보수시에도 입출력신호를 점검해야 하므로 많은 시간이 소요된다. 또한 로직 처리를 위한 전자장치가 필요해져 시스템의 복잡화와 고가화가 불가피 하게 된다[1].

본 논문에서는, 경량전철차량에 직류전원을 공급하는 장치인 직류배전반의 보호제어장치와 상위장치 간의 통신망을 이용한 정보전송 방식에 대하여 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 디지털 보호제어장치

디지털 보호제어장치는 시스템의 보호는 물론 배전반 내에 설치된 차단기, 단로기 및 각종 스위치 등의 장치를 제어할 수 있어야 하며, 배전반 또는 해당구역 내에서 발생하는 신호들을 모두 분석할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 배전반 상호간, 상위장치로 통신망을 통하여 정보를 전송할 수 있는 기능을 구비하여야 한다. 따라서 보호기능 외 각종장치와 신호를 주고받을 수 있는 통신망의 설계는 상당히 복잡하며 보호알고리듬의 설계와 더불어 매우 중요한 요소라 할 수 있다[2].

그림 1에 직류배전반용 보호제어장치의 구성을 나타내었는데, 8면으로 구성된 직류배전반중 5면에 보호제어장치가 부착되어있다[3]. Line-Feeder반과 By-Pass반에는 DC-PCU와 PLC가 하나의 쌍으로 구성되어져 각 반의 정보를 상위장치로 전송하고, Negative반에는 나머지 반(Incoming반, Inverter반, Negative반)에서 제공되는 정보를 조합하여 상위장치로 전송하는 PLC가 설치되어져 있다[4].

그림 1에서, HICM-PC(Hyundai Intelligent Communication Module - Protocol Converter)는 배전반내의 모든 정보를 상위장치로 전송하는 통신중계기 역할을 하는 장치이다. DC-PCU는 각 반의

차단기, 단로기 및 스위치 등을 제어하며, 필요한 디지털 접점 정보는 통신을 통하여 PLC로부터 정보를 획득하고, 획득한 정보와 자체 감시한 정보를 조합하여 보호알고리듬을 수행하며 HICM-PC로 상태정보를 전송한다. 보호제어장치의 대표적인 기능은 계측기능, 통신기능, 원격제어 및 감시기능, 이벤트 기록기능 및 자기진단기능 등이 있다.

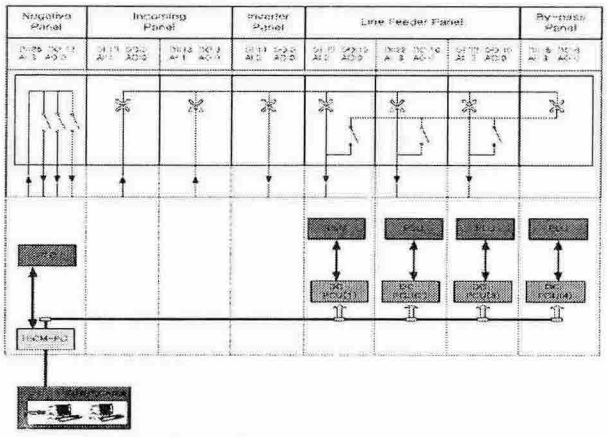


그림 1 직류배전반의 보호제어장치 구성도

Fig. 1 Protection and Control System Structure of DC SwitchGear

2.2 MODBUS

MODBUS 프로토콜은 지능형 장치들 사이에서 마스터-슬레이브 장치간의 통신을 하는데 사용되어지는 메시지 구조이다. 마스터 장치에서 슬레이브 장치로 보내진 메시지에는 슬레이브 장치 주소, 명령어, 데이터, 오류검출 값 등이 포함되어진다[5].

물리계층에는 RS-232, RS-422 혹은 RS-485방식으로 구성 되어지며, 전송모드에는 ASCII 전송모드와 RTU 전송모드가 있다[6].

MODBUS 프레임의 기본구조는 아래와 같다.

ADDRESS	FUNCTION	DATA	CHECKSUM

메시지 프레임의 주소(ADDRESS) 필드는 2개의 문자(ASCII) 혹은 8비트(RTU)로 구성되어진다. 개별 슬레이브 장치들은 1 - 247까지의 범위 내에서 각각의 주소가 지정될 수 있다. 마스터 장치는 메시지의 주소필드에 슬레이브 장치 주소를 설정함으로써 주소화 한다. 슬레이브 장치는 응답프레임을 전송할 때 자신의 주소를 주소필드에 기록한다.

함수코드(Function code)는 2개의 문자(ASCII) 혹은 8비트(RTU)로 구성되고, 함수코드의 범위는 십진수로 1 - 255 의 값을 가진다. 마스터 장치에서 슬레이브 장치로 하나의 메시지를 전송할 때, 함수코드는 슬레이브 장치가 수행해야 할 동작의 종류를 나타낸다. 슬레이브 장치가 마스터 장치로 응답하는 경우의 함수코드는 정상응답(error-free) 이거나 발생된 어떤 종류의 오류를 의미한다. 정상응답의 경우, 슬레이브 장치는 마스터 장치로부터 수신된 함수코드를 보내고, 오류가 발생된 경우는 수신된 함수코드의 MSB에 "1"을 설정해서 보낸다.

데이터 필드는 이진 값들의 조합으로 구성된다. 마스터 장치에서 슬레이브 장치로 전송된 메시지의 데이터 필드는 슬레이브 장치가 함수코드에 의해 정의된 동작을 수행하는데 필요한 정보를 포함한다. 본 논문에서는 0x03(Read)과 0x10(Write) 함수코드를 사용하였다.

3. 시험방법 및 결과

본장에서는 RTU, HICM-PC, DC-PCU, PLC등을 연결하여 실시한 직류배전반 보호제어장치의 통신시험 방법과 그 결과에 관하여 기술한다.

3.1 구성 및 시험방법

그림 1에 나타낸 직류배전반 보호제어장치의 통신 규격은 표 1과 같다.

표 1 보호제어장치의 통신 규격

Table 1 Communication Specfication of PCU

통신속도	38.4Kbps
물리계층	RS-485
데이터 규격	1 stop, 8bit data, None Parity
통신주기	200ms
프로토콜	MODBUS

개인용 컴퓨터(PC)에 RS-485 변환기를 연결하여 RTU 장치를 대신하였으며, HICM-PC 통신채널 4번을 PC와 연결하고, 통신채널 3번은 Negative반에 부착된 PLC(N_PLC), 통신채널 2번은 DC-PCU와 연결하였으며, DC-PCU의 통신채널 1번과 하단의 PLC가 연결되었다. PC에서 MODBUS Simulator 프로그램을 사용하여 각 장치별로 0x03 혹은 0x10 함수코드를 사용한 명령프레임을 전송하고, 각 장치들은 자신의 주소에 해당하는 프레임을 송신한 후 함수코드에 따른 작업을 수행하고, 이에 적절한 응답 프레임을 전송한다. PC에서 HICM-PC의 통신채널 4번으로 명령프레임을 전송하면, HICM-PC는 수신된 프레임의 오류검사를 실시하고, 오류가 없는 경우 통신채널 2번 혹은 3번으로 그 프레임을 전송한다. 오류가 발생한 경우 HICM-PC는 전송오류 프레임을 PC로 전송한다. DC-PCU 혹은 N_PLC는 각자의 장치 주소와 일치하는 프레임을 수신하여 다시 오류검사를 실시하고, DC-PCU인 경우 하단의 PLC로 프레임을 전송하여 상태정보를 수신한 후 HICM-PC로 자신의 정보와 PLC로부터 수신한 정보를 조합하여 응답프레임을 전송한다. DC-PCU로부터 수신된 정보를 HICM-PC가 상위 장치인 PC로 전송함으로서 하나

의 명령프레임에 대한 하위장치들의 통신절차가 완료된다. 그림 2에 제작 완료되어 시험선 변전실에 설치된 직류배전반을 나타내었다.

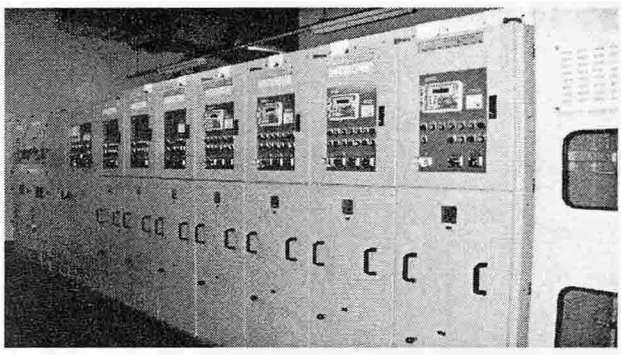
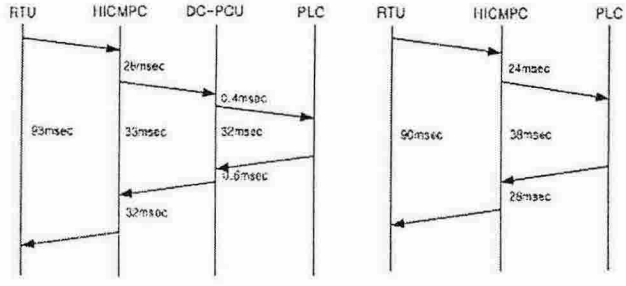


그림 2 변전소내 직류배전반

Fig. 2 DC Switchgear in Transformer Station

3.2 시험결과

각 장치들간 응답시간이 통신의 주요한 측정항목 중에 하나인데, 그림 3에 측정된 응답시간을 나타내었다. Negative반은 약 90ms, Line-Feeder반/By-pass반은 약 93ms의 응답시간이 측정되었다.



(a) Line Feeder반/Bypass반 (b) Negative반

그림 3 보호제어장치의 응답 시간

Fig. 3 Response Time of Protection and Control System

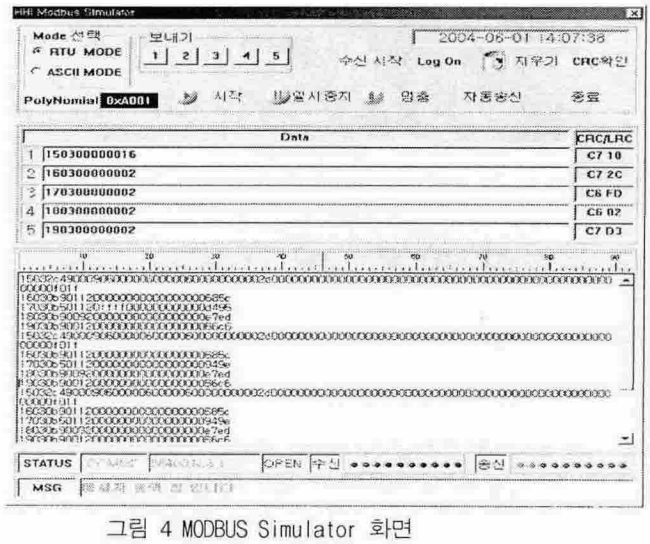


그림 4 MODBUS Simulator 화면

Fig. 4 MODBUS Simulator Display

그림 4에 PC에서 사용한 MODBUS Simulator의 화면을 나타내었다. 1번은 Negative반 PLC의 상태정보를 읽어오는 명령프레임이며, 2번에서 4번은 Line-Feeder반에 보내는 명령프레임, 5번은 By-pass반에 보내는 명령프레임이다. 아래쪽 화면에 나타난 값들은 각각의 명령 프레임에 대한 응답 프레임이며, 통신오류 없이 정상적인 응답을 전송함을 확인하였다. 만약 통신오류가 검지된 프레임은 2회의 재전송을 실시하며, 그러한 경우에도 오류가 검지되면 함수코드의 특정비트를 설정하여 상위장치로 전송한다.

4. 결 론

본 논문에서는, 경량전철용 직류배전반의 보호 및 제어를 담당하는 장치인 보호제어장치의 통신 시험 및 그 결과에 관하여 기술하였다.

Line-Feeder반, By-pass반 및 Negative반에 보호제어장치를 설치하여 시험을 실시하였으며, RTU의 명령프레임에 각 장치들이 통신오류 없이 잘 응답함을 여러 가지 측정결과를 통하여 확인하였다.

또한, 통신을 통한 차단기, 단로기 등의 개폐시험에서도 정상적으로 동작함을 확인하였다.

통신중계기 역할을 하는 HICM-PC에 적절한 기능을 추가하면 상위장치 대용으로 사용가능함으로 독자적으로 직류배전반을 운용할 수 있으며, 국제적으로 산업용 전력기기들에 널리 적용되고 있는 통신 프로토콜을 사용함으로서 국내뿐만 아니라 해외시장에서도 직류배전반의 보호제어장치가 높은 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 사료된다.

2004년 6월부터 시험선(경북 경산)에서 현장 시험을 실시하고 있으며, 현장시험 결과를 토대로 필요한 부분에 대해서는 수정 및 보완하여 직류배전반 보호제어장치의 상업화에 대비할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] 이현두 외 1명, "추진장치와 차량 제어시스템간의 정보 전송방식", 기술현대 Vol.23 No.1, pp.54 - 60, 2003년.

[2] 전용주 외 4명, "전기철도 직류급전시스템의 용량설계에 관한 연구", 기술현대 Vol.21 No.1, pp.81 - 88, 2000년.

[3] (주) 현대중공업, 경량전철 전력공급 시스템 기술개발 5차년도 보고서, 2003년.

[4] LG산전, GLOFA - GM & MASTER-K PLC 필드버스 규격, 2000년.

[5] MODICON 사, MODBUS Protocol Technical Review, 2000년.

[6] Philips, Quad UART Data Sheet, 2001년.