

도시철도 전력설비 상태감시 시스템 구성

Condition Monitoring System Construction for Electrical Equipments of Metropolitan Rapid Transit

박현수†, 최광범, 어수영, 유기선**, 임형길**, 정호성*, 박영*, 고성범***
Hyun-Soo Park, Gwang-Bum Choi, Soo-Young Uh, Ki-Seon Ryu*, Hyeong-Gil Im*, Hb-Sung jung**, Young Park**, Sung Bum Ko***

ABSTRACT

Metropolitan rapid transit has been used by one of a main transport service for several decades, but there are no monitoring system for electrical equipment condition which can cause enormous economic loss and social problem if fault occurs.

Recently, necessity of condition monitoring system for electrical equipment fault came to the fore, we became carrying out a research project for a design of electrical equipment lifetime estimation system for metropolitan rapid transit. In this paper, basic design result of condition monitoring system and specification of transformer partial discharge detection system are presented, which are part of entire lifetime estimation system.

Definition of target apparatus and monitoring method determined by analysis of user requirement from each railway company and, each railway company's opinions and requests were collected sufficiently by surveys and discussion.

1. 서 론

국내 주요 운송 수단의 한가지로 사용되고 있는 도시철도는, 사고 발생 시 큰 경제적 손실과 사회적 손실을 야기할 수 있으나, 사고의 주원인 중 한가지인 도시철도 전력설비 고장에 대한 감시 및 진단 시스템은 적용되고 있지 않은 실정이다.

최근 이러한 전력설비 상태 감시 및 진단에 대한 필요성이 점차 커지게 되어, 도시철도 전력설비 온라인 수명예측 시스템 설계에 관한 연구 과제가 제안되어 현재 국토해양부와 건설기술평가원, 그리고 한국철도기술연구원의 주도 하에 수행되고 있다.

본문에서는 도시철도 전력설비 온라인 수명예측 시스템 설계의 효과적인 목표 설정과 적용을 위해 시행한 각 도시철도 운영기관의 사용자 요구사항 설문 결과를 요약하였으며, 그리고 수명예측 시스템의 일부인 전력설비 상태감시 시스템의 전체 기초 설계 내용, 그리고 현재 설계하고 있는 도시철도 변압기 절연진단 장치의 기본 기술 요소를 나타내었다.

2. 본 문

† 책임저자 : 비회원, (주)태광이엔지니어링연구원 주임연구원
E-mail : yelafaz@tge.co.kr
TEL : (031)467-7962 FAX : (031)469-1049
* 공동저자 : 한국철도기술연구원 선임연구원
** 공동저자 : 서울메트로 기술연구소
*** 공동저자 : 한비세트론 팀장

2.1 도시철도 운영기관 운영자 요구사항 분석 결과

도시철도 전력설비 온라인 수명예측 시스템 설계의 효과적인 목표 설정과 감시진단 시스템 구성을 위해 시행한 각 도시철도 운영기관의 설문조사 대상 기관은 서울메트로 등 전국 8개 운영기관이며 항목은 전력설비 유지보수 현황과 개발될 장비가 보유해야 하는 기능에 대한 운영자 요구사항이다. 운영자 요구사항은 크게 온라인 감시진단의 적용 대상으로 선정된 변압기, 정류기, 교류차단기, 직류차단기의 각 감시 항목과, 감시 분석용 HMI 서버의 설치 위치, 그리고 기타 요구사항으로 조사가 실시되었다.

운영자 요구사항 분석 결과, 각 전력설비 별로 필요한 것으로 조사된 항목을 그림 1~4에 나타내었다. 설비별 감시진단 항목 분석 결과 주요 감시 항목은 변압기와 정류기는 기본 운전 상태인 전압, 전류, 온도와 절연저항, 부분방전, 운전시간 등으로 나타났으며 스위치 동작부의 기계적 사고가 자주 발생하는 교·직류차단기는 동작 시 동작코일 전류, 절연저항, 누적 운전시간 등으로 나타났다. 주요 감시 항목 중 보호계전기 연동시험은 본 과제의 연구개발 대상 범위에서 벗어나는 것이므로 본 과제의 연구개발 내용에서는 제외하기로 하였다. 또한 기타 요구사항으로 장비의 고장여부를 HMI 서버를 통해 확인할 수 있는 시스템의 적용 등이 있으며, 감시 분석용 HMI 서버의 설치 위치는 변전소, 분소, 사업소, 사령실 중 분소 또는 사령실이 적합한 것으로 조사되었다.

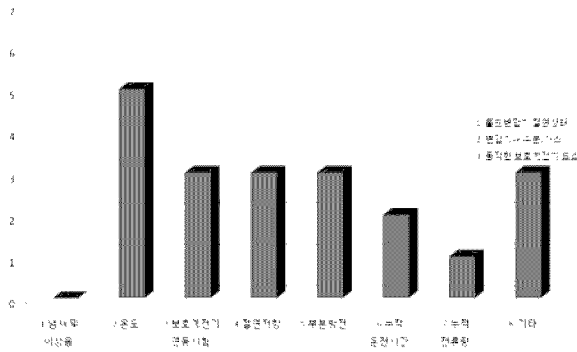


그림 1 몰드변압기 감시진단 항목

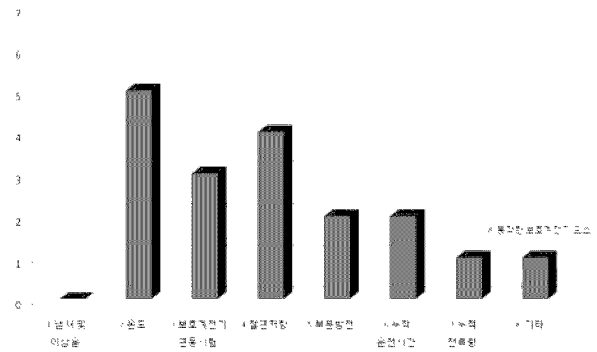


그림 2 정류기 감시진단 항목

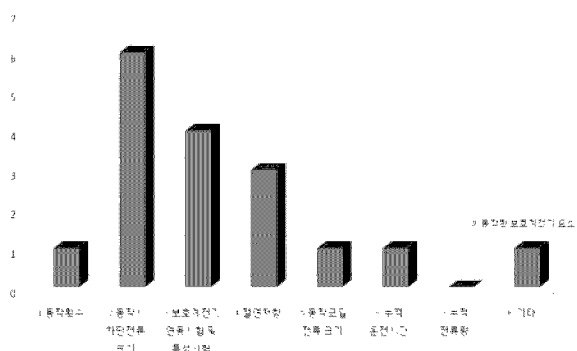


그림 3 교류차단기 감시진단 항목

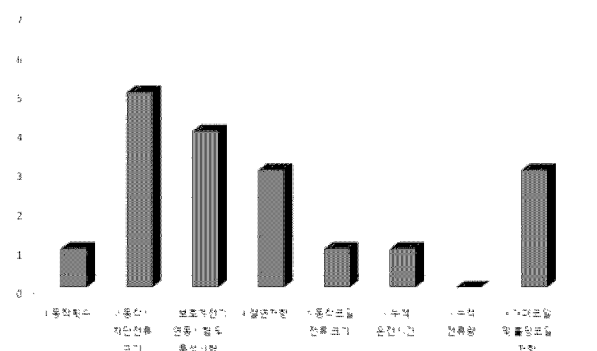


그림 4 직류차단기 감시진단 항목

2.2 도시철도 전력설비 상태감시 시스템 구성안

전력설비 감시진단 시스템은 크게 대상 설비의 항목별 상태를 모니터링 할 수 있는 상태감시 시스템, 그리고 항목별 상태를 분석하여 대상설비의 이상 유무 및 이상의 종류 등을 자동으로 판단해주는 예방진단 알고리즘, 그리고 예방진단 알고리즘 결과와 사고 통계, 누적 운전 시간 등을 종합하여 응용되는 수명예측 알고리즘으로 구분된다. 현재 연구과제 단계에서는 주로 하드웨어로 구성되는 상태감시 시스템의 기초 설계와 예방진단 알고리즘의 일부 설계를 수행하고 있으며, 상태감시 시스템 구성 초안을 그림 5에 나타내었다.

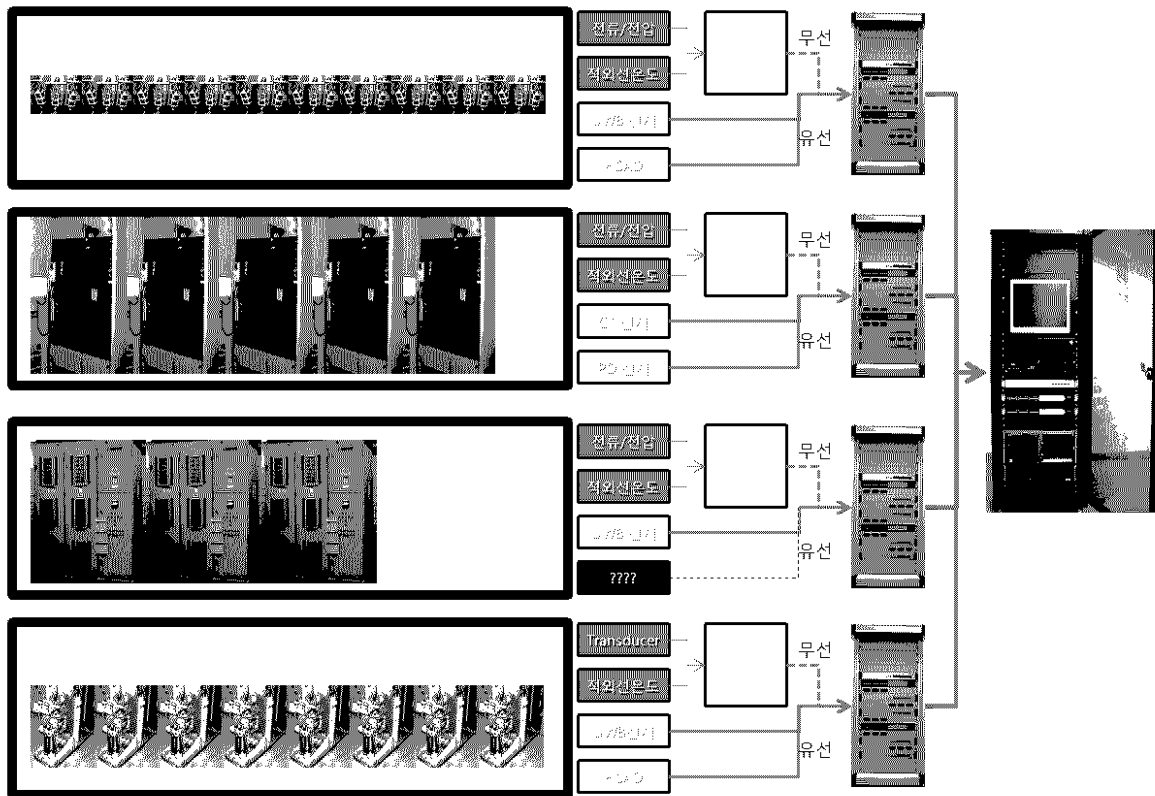


그림 5. 도시철도 전력설비 상태 시스템 구성도 초안

각 전력설비 별 감시진단 항목은 대상설비의 기본 운전 상태인 전압·전류·온도, 절연이상, 그리고 차단기의 경우 기계적인 동작이상이다.

감시진단 항목 중 기본 운전 상태는 CT, PT, 적외선 온도계 등 별도의 센서를 설치하여 사용하거나 설비 자체에 이미 설치되어 있는 CT, PT, 온도계 등을 활용할 계획이다. 기본 운전 상태의 측정값들은 USN 기술을 적용하여 무선으로 데이터 취득 장치 측으로 전송하도록 구성하였다.

전력기에 절연이상이 발생하는 경우 항상 부분방전이 수반되므로, 절연이상은 각 전력설비별로 부분방전을 측정하는 방법으로 수행하려고 한다. 변압기 절연이상 판정방법은 변압기 1, 2차 측 또는 고압 측에 커패시터 센서를 병렬로 취부 하여 변압기에서 발생하는 부분방전을 검출하고, 검출 결과와 분석 결과를 유선 또는 무선 TCP/IP를 사용하여 데이터 취득 장치 측으로 전송한다.

정류기와 차단기의 부분방전 측정은 설비 부근에 안테나 형 전자파 센서를 설치하여 정류기와 차단기 내부에서 부분방전이 발생할 때 수반되는 전자파 신호를 검출함으로써 부분방전의 유무와 부분방전의 크기 등을 분석한다. 일반적으로 현재 일반 차단기류에는 VHS대역을, 그리고 초고압 GIS에는 UHF 대역을 사용하고 있으나, 현장 적용 시 각종 노이즈의 영향으로 부분방전 검출에 방해를 받는 주파수 대역이 상당수 존재하므로, 본 연구과제에서는 측정 주파수 대역을 EHF 대역까지 확장하여, 현존하는 전자파 검출 장비들 보다 더욱 광대역으로 설계하고 있으며, 이를 통해 신뢰도 높은 부분방전 측정을 수행하고자 한다.

차단기의 기계적 이상은 차단기의 보조접점 또는 별도 보조 CT 등을 연결하여 원격지에서 차단기의 누적 동작회수, 차단 제어 전류와 시간 측정을 통한 마모량 트렌드 분석 등을 수행하여, 차단기의 동작을 제어 전류값을 통하여 감시·기록하고 자동으로 비교 분석하도록 설계하였다.

측정된 각각의 데이터는 내부 TCP/IP 망을 사용하여 분소 또는 사령실에 위치한 HMI Server에 데이터가 저장·분석되며, 운영자들이 적절한 시기에 적합한 조치를 취하여 사고를 방지하고 유지보수가 이루어지도록 한다.

2.3 변압기 부분방전 측정 장치 설계

본 절에서는 현재 설계 진행 중인 변압기 부분방전 측정 장치의 설계 결과를 나타내었다. 변압기 부분방전 측정 장치는 도시철도 전력설비의 변압기로 주로 선정되어 운전되고 있는 몰드변압기의 절연이상을 검출하고 분석하기 위한 장치이다. 변압기 부분방전 측정 장치는 크게 센서·측정부·데이터 취득부로 구성된다.

센서는 22.9kV급과 6.6kV급의 2가지이며, 부분방전을 검출하는 소체는 티탄산바륨 세라믹 재질로 이루어져 있으며, 절연을 위해 부싱 타입의 에폭시 재질 절연체로 보호되어 있다. 아래 도표 1과 그림 7에 변압기 부분방전 측정 센서의 Spec.과 형상을 나타내었다.

도표 1. 변압기 부분방전 측정 센서 Spec.

	6.6kV 센서	22.9kV 센서
정전용량	100pF	1,000pF
내전압 특성	50kV 이상	50kV 이상
과전압시험(IEBE1043)	13kV, 1500hours	30kV, 2500hours
부분방전 개시전압 [3pC]	18kV 이상	35kV 이상
건조섬락전압	40kV 이상	95kV 이상
상온 유전정접(운전전압)	0.3% 이하	0.25% 이하
측정주파수 대역	9~100MHz	10~100MHz

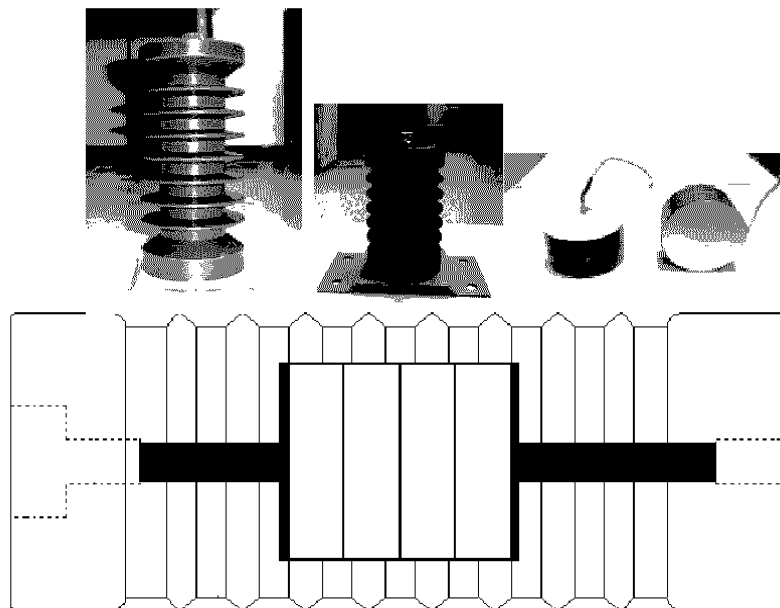


그림 6. 변압기 부분방전 센서

측정부는 현재 기존 랙-타입의 측정부를 On-Board 타입의 새로운 방식으로 재설계 중에 있다. 랙-타입 측정부의 경우 센서는 변압기에 설치되고 측정부는 데이터 취득 장치 측에 설치되게 되는데, 본 연구 과제의 데이터 취득 장치는 변압기에서 먼 위치에 설치될 가능성이 크므로 센서 - 측정부 간 거리가 너무 멀어져 부분방전 신호가 동축케이블에서 감쇄되어 작은 부분방전 신호는 검출하지 못할 가능성이 크다. 따라서 On-Board 타입으로 본 과제에 적합하도록 설계를 하여 측정부를 변압기 부근에 설치하여 센서 - 측정부 간 거리를 줄여 감도를 높이고, 기존 측정부 - 서버 간의 유선 통신 부분을 무선 TCP/IP를 사용, 전송하여 확장 및 현장 케이블 포설을 최소화 시킬 계획이다. 변압기 부분방전 측정 장비의 측정부는 센서에서 측정된 신호를 On-Line으로 분석하기 용이한 형태로 변형시켜주며, 주요 파트로는 Analog Amp, Analog Filter, Divider, Peak Detector, Zero-Cross Detector Unit, A/D Converter, Main Processor, Communication Module 등으로 구성되며, 부분방전 측정 기법은 IEC60270에 준하여 설계되었다.

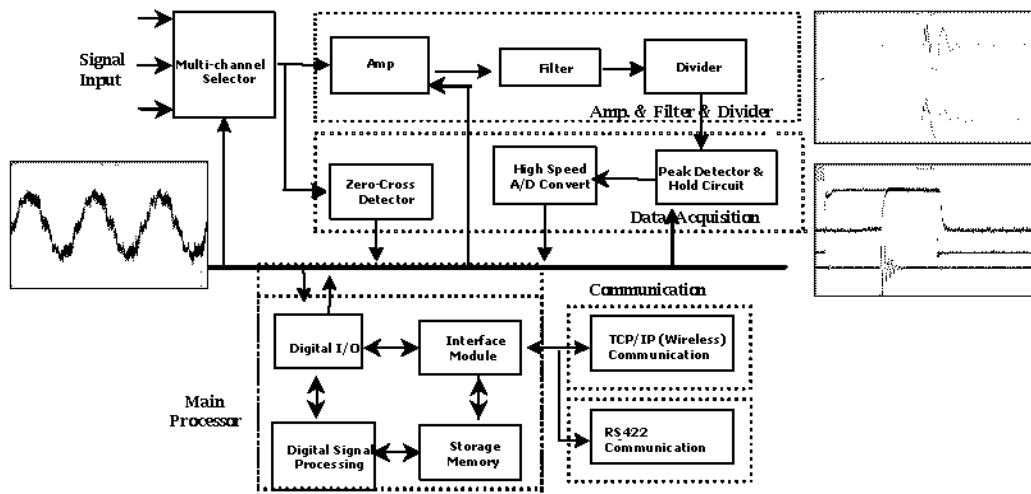


그림 7. 변압기 부분방전 측정 장비 Block Diagram

3. 결 론

도시철도 전력설비 온라인 수명예측 시스템 연구과제의 효과적인 목표 설정과 현장 적용을 위해 각 도시철도 운영기관 설문 결과를 통해 운영자 요구사항을 조사하고 분석하여 각 감시진단 대상 설비 별 감시진단 항목을 선정하였다. 또한 전문가 자문 등을 통해 전체 시스템 구성을 하여 각 항목에 최적화된 센서를 선정하고 각 항목별 하드웨어 설계와 데이터베이스 설계가 진행 중에 있다.

추후 도시철도 전력설비 수명예측 시스템이 효과적으로 도입될 경우 도시철도의 경제성 및 신뢰성을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 보이며, 또한 도시철도 전력설비에 준하는 대용량 수전설비를 가지고 있는 공장, 아파트 등에도 확대 적용하여 전력설비 사고 방지 및 유지보수 비용 절감에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화 A01)에 의해 수행되었습니다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant(07 Urban Transit Standardization A01) from "the 2nd phase of R&D on the urban transit standardization" funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government.

참고문헌

1. 이동준 외(2003), "345kV 초고압 설비 상태감시 시스템의 운전현황" 고전압 및 방전학회 춘계학술대회
2. 이동준 외(2006), "전철전력기기 진단기법" 구매조건부신제품개발사업, 최종보고서
3. J. Aubin(2002), "Effects of Water in the Oil", GE Seminar on "Transformer Life Management", Canada, Montreal, 2002
4. 한국전력공사 전력연구원(2001), "765kV 변전기기 예방진단 시스템 개발"
5. 한국전력공사 외(2007), "전기설비 기술기준의 판단기준 활용과 향후 과제"