

지중 금속구조물 부식감시를 위한 측정단자함 인입형 소형 계측 장치개발에 관한 연구(II)

development of small size corrosion monitoring system for under ground metal structures

이재덕, 배정효, 하태현, 이현구, 하윤철, 김대경

Lee JaeDuck, Bae JeongHyo, Ha TaeHyun, Lee HyunGu, Ha YunChul, Kim DaeKyeong

Abstract - There are many under grounds facilities like oil pipes, gas pipes, water pipes, oil tanks, etc. and severe corrosion of these facilities made big problems. Fire, wide area water and soil pollution, massive and hazardous explosion, etc. can make big problems and cause big economical loss. So, various technologies were developed to keep these undergrouns facilities safely, and cathodic protection is one of it. For cathodic protection, one must detect potential of pipes, and there are so many test box to check pipes potentials. In this thesis, we describe on the development of small size corrosion monitoring system that measure pipes potentials easily and economically.

Key Words : under grounds facilities, cathodic protection, corrosion, monitoring system

1. 서론

생활수준의 향상은 더욱 많은 자원의 소비를 초래하고 자원을 공급하기 위한 여러 가지 시설물이 증가하고 있다. 기술의 발달에 따라서 자원을 공급하기 위한 방법들이 개발되고 있지만 자원공급망의 대부분은 지하공간과 금속으로 된 배관망을 이용하고 있다. 생활에 필수적으로 요구되는 시설물들로서 수도, 가스, 전기 설비 등 소위 life line으로 불리는 많은 설비들이 지중 매설 공간들을 주로 이용하고 있으며 또한 대부분이 금속 배관을 이용하는 시설물들이다.

금속배관이 지중에 매설될 경우에는 반드시 부식 현상이 발생하게 되는데 이 부식으로 인하여 여러 가지 사고가 발생할 위험이 높고 또 사고 발생시에는 파급효과가 커 지중 시설물을 체계적으로 관리하기 위한 여러 가지 대책이 요구된다. 지중 매설 시설물, 특히 금속 배관의 유지 관리에는 주로 부식의 진단과 방식 방법을 이용하고 있는데 방식은 부식 현상이 발생하지 않도록 하는 방법을 말한다.

지하 매설 시설물들을 안전하고 효율적으로 유지관리하기 위해서는 넓은 지역에 설치되어 있는 시설물들에 대하여 부식 진단과 그 결과에 따라서 적절한 방식 대책이 이루어져야 하는데 주로 경제성 때문에 아직까지 전체적인 시설물에 대하여 근본적인 대책은 수립하지 못하고 있다. 다만 위험도가 높은 가스배관에 대하여서는 부식 진단 기준의 설정과 부식 진단, 그리고 방식 대책이 이루어지고 있지만 그 외의 시설물들에 대한 부식 대책은 미비한 상태이다

지금까지 지중시설물, 특히 지하매설배관의 체계적인 유지관리가 잘 이루어지지 않고 있는 데에는 경제성 외에도 몇

가지의 이유가 있다. 그 중에서도 손쉽게 진단이 가능한 내구성이 좋고 설치가 용이한, 작은 크기의 저렴한 단말기의 개발과 networking 기술 미비를 들 수 있다. 저렴한 단말기의 개발 필요성은 현재 유지 관리 시스템 도입의 최대 걸림돌로서 작용하고 있는 초기 투자비용과 내구성 미비로 인한 유지보수비용을 동시에 줄일 수 있고 또 networking 문제 해결은 광역망으로 구성되어 있는 설비들의 유지 보수를 보다 효율적으로 할 수 있도록 할 수 있게 한다.

따라서 저렴한 단말기의 개발과 networking 기술의 개발은 앞으로 많은 지중 매설물 유지관리 시스템의 도입을 촉진할 수 있는 중요한 요인으로 작용할 수 있을 것으로 기대되며 본 논문에서는 지중 시설물의 부식 진단에 사용되는 T/B(Test Box) 내장형 부식 진단 장치의 개발에 대하여 언급하고자 한다.

2. 부식 진단용 단말장치 기능 검토

지하매설배관의 부식 상태 진단을 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 값싸고 또 내구성이 좋은 단말 장치의 개발이 필요하다. 또한 넓은 지역에 산재한 설비들의 데이터를 원격으로 감시할 수 있도록 하기위하여 networking이 용이한 특성도 가져야 한다. 부식 상태를 보다 정밀하게 진단하기 위해 정확도가 높은 측정 기능도 가져야 한다. 주로 지하에 매설되기 때문에 도심지역에 설치되는 경우에도 감시용 단말장치의 전원을 확보하기가 힘들기 때문에 battery를 이용하여 오랫동안 작동할 수 있도록 개발되어야 한다. 신뢰성 있는 측정과 분석을 할 수 있도록 많은 데이터를 저장할 수 있도록 설계 개발되어야 한다.

이상 나열한 요구사항들은 부식 진단용 단말 장치가 가져야 하는 기본 기능 및 특성들이다. 이러한 단말장치가 가져야 할 기본 기능과 특성을 보다 자세히 분석해보면 실제 장

저자 소개

정희원: 한국전기연구원 지중시스템 연구그룹

치 설계사양을 얻을 수 있으며 이에 관하여 이하에 간략히 언급한다.

내구성은 부식 감시 및 진단용 단말기가 가져야 할 중요한 특성 중의 하나이다. 부식 감시 및 진단용 단말기는 주로 지중 공간에 설치되어 있는 지하 매설 배관의 주위에 설치된다. 본 논문에서 제시하는 부식 감시 및 진단용 단말기는 미리 설치되어 있는 T/B 내에 설치할 목적으로 작은 size로 개발하고자 하는 것인데 T/B가 설치되어 있는 공간이 맨홀 혹은 지중 설비 보호용 관내에 설치되기 때문에 습기의 영향을 많이 받고 동작 온도 범위가 극한 상태를 가정하여 설계되어야 한다. 따라서 습기로부터 보호될 수 있는 구조와 넓은 온도 범위에서 작동할 수 있는 소자를 사용하여야 한다. 내구성은 또한 유지 보수비용과도 많은 관계가 있는데 일단 설치되면 오랫동안 유지보수 없이 동작해야 한다. 이를 위해서는 단말 장치가 battery로 동작해야 하기 때문에 전력 소모가 적도록 해야 하는데 이는 동작 전력이 낮은 소자의 선택과 동작 상태에 따라서 사용 전력을 달리할 수 있도록 시스템을 개발하여야 한다.

넓은 지역에 산재되어 있는 설비들을 효율적으로 관리하기 위해서는 취득된 데이터를 손쉽게 수집할 수 있는 외부 인터페이스의 개발과 함께 networking이 손쉽게 달성될 수 있도록 하여야 한다. 이는 외부에서 데이터를 손쉽게 취득할 수 있도록 데이터를 전송하는 프로토콜과 데이터 구조를 정하고 또 무선 통신 방식을 사용할 수 있도록 단말 시스템을 설계해야 함을 의미한다.

정밀한 데이터의 측정을 위해서는 데이터 입력단의 해상도와 sampling 속도가 높아야 한다. 물론 데이터 저장 공간 및 처리하는 프로세서의 성능 등과 많은 관계가 있지만 측정 및 진단에 충분한 해상도와 속도를 가지도록 해야 한다. 입력단은 부식 감시를 위해 필요한 전압 범위를 충분히 포함하도록, 또 인접되는 설비들로부터의 간섭 영향을 충분히 해석할 수 있도록 해상도와 sampling 속도를 가지도록 설계, 개발해야 한다.

전원은 battery를 사용하도록 하여야 한다. 지하 공간에는 전원을 확보하기가 힘들고 어떤 위치에서도 동작할 수 있도록 하기 위해서는 필수적으로 요구되는 사항이다. 더욱이 battery를 이용하여서도 오랫동안 사용할 수 있도록 하기 위해 사용 상태에 따라서 전력 소비 정도를 제어할 수 있는 기능의 구현이 반드시 필요하다.

부식 상태의 측정은 일정 시간 간격으로 이루어지며 이를 통하여 정확한 상태 진단이 가능해야 한다. 따라서 일정 간격으로 얻어진 데이터만으로도 상태 진단이 가능하도록 취득 데이터를 처리하는 기능과 미리 취득된 데이터의 통계치를 이용할 수 있도록 데이터를 저장하는 기능도 잘 분석하여 설계해야 한다.

이상의 요구사항 및 특성을 반영하여 T/B에 내장할 수 있는 부식 진단 및 감시 기능을 가지는 단말기를 개발하였으며 이하 3장에서는 개발된 H/W에 대하여 언급한다.

3. 부식 진단용 단말장치 H/W 개발

지하매설배관 부식 진단용 단말기는 기준전극에 의해 측정되는 Data를 입력하는 데이터 입력부, 입력된 데이터를 처리, 저장, 전송 등 처리를 하는 μ -Processor 부, 측정된 데이터

를 저장하는 메모리 부, 외부와의 데이터 전송 및 유지 보수용으로 사용하는 I/F 부, 단말기의 전원을 공급하는 battery 부로 구성되며 그 구성도는 그림 1과 같다.

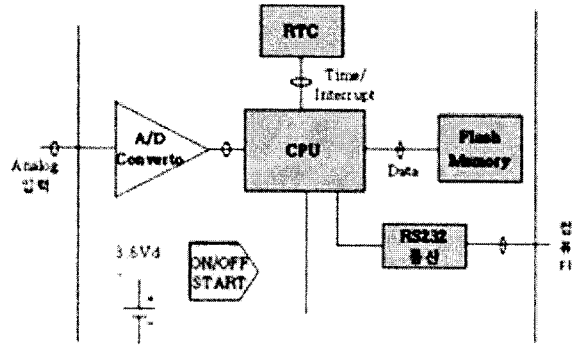


그림 1. 부식 진단용 단말 장치 H/W 구성도

3.1. 데이터 입력부

데이터 입력부는 기준전극으로부터 측정되는 지하매설배관의 관대지 전압을 측정하는 기능을 수행한다. 입력되는 전압은 A/D 변환기를 통하여 측정하게 되는데 부식 단말 장치의 적용 목적에 따라서 변환기의 해상도를 잘 설정해야 한다. 설계에 사용된 A/D 변환기는 12bit 해상도와 100kHz의 sampling 속도를 가지고 있으며 이는 과방식 기준과 간섭 해석 등을 고려하여 설계한 것이다.

국내에서 적용되는 과방식 기준은 코팅 배관의 경우 $-2.5V/CSE$ 이고 지하철과 같이 간섭이 심한 지역에서의 관로 과방식 기준은 $-5V/CSE$ 이며 온도 보상 전위는 $25^{\circ}C$ 기준으로 토양환경의 경우 $2mV/^{\circ}C$ 로 알려져 있다.

방식 제어 및 부식감시를 보다 정확하게 하기 위해서는 위의 두 기준들을 만족할 수 있도록 입력하는 전위의 해상도가 유지되도록 해야 하는데 코팅 배관의 경우 12bit 해상도일 경우 1mV 이내의 전위 해상도로 전위 측정이 가능하며 이 경우 1mV 이내의 전압 단위로 방식제어가 가능하며 온도 보상을 반영하여 보다 정확하게 부식 감시가 가능하게 된다.

지하매설배관 부식 감시용 단말기의 데이터 입력용으로 사용한 A/D 변환기는 전력 소비를 줄일 수 있도록 하기 위해 저전력을 사용하면서 한번의 A/D 변환이 끝나면 자동적으로 power down mode로 변환하는 기능을 가진 것을 선택하였다. 또 A/D 변환기 I/F는 고속 직렬 버스인 I2C 버스를 이용하는 것을 이용하여 핀 수를 줄이고 소형으로 개발할 수 있도록 하였다.

3.2 μ -Processor 부

μ -Processor 부는 부식 진단용 단말기의 두뇌이다. 입력 및 출력과 관련된 모든 데이터의 전송, 처리 및 제어를 수행하고 데이터의 저장과 외부 인터페이스를 위한 데이터의 전송과 제어를 수행한다. μ -Processor는 그림 1에서 CPU로 나타난 부분이며 그림에서 보는 바와 같이 주변의 모든 처리부와 연결되어 데이터의 전송과 처리 및 제어 기능을 수행한다. μ -Processor는 고속의 clock rate와 넓은 데이터 폭 및

address 폭, 많은 내부 저장 공간 및 프로그램 저장 공간 등을 가지면 그 성능은 더욱 고급화 되겠지만 I/F를 위한 핀의 수가 많아지고 전력 소비도 증가되는 문제점이 있기 때문에 처리 기능을 충분히 검토하여 전력 제어 기능을 가지면서 소형이며 외부 인터페이스 회로도 최소화 할 수 있는 것을 사용하였다. 지하매설배관 부식 진단용 단말기 개발에 적용된 프로세서는 C8051F020으로서 8051 core를 내장하고 있는 8051 계열의 μ -Processor 이다.

앞서 언급한 바와 같이 μ -Processor 부는 데이터 입력부와 메모리 부, 그리고 외부 연결을 위한 I/F 부와 모두 연결되어 있는데 사용한 μ -Processor는 이러한 주변 장치와의 인터페이스를 손쉽게 달성할 수 있도록 하는 구조와 개발 환경을 가지고 있다.

μ -Processor는 SMBus라는 고속 직렬 버스를 가지고 있는데 이 버스를 이용하여 AD 변환장치를 인터페이스 하였고 외부 접속을 위한 I/F 부와의 연결은 UART 직렬 포트와 RS232 드라이버를 이용하여 인터페이스 하였다. 그 외에도 μ -Processor는 전원부 및 RTC(Real Time Clock) 모듈과 인터페이스 되어 있다.

내구성이 좋고 유지보수가 손쉽게 하기 위해서는 무엇보다도 단말기의 전력 소비를 줄이는 것이 중요한데 μ -Processor는 이와 관련하여 가장 중요한 역할을 담당한다. 사용한 μ -Processor는 자체의 다양한 전력 저감 모드를 가지고 있으며 주변기기의 전력 사용을 최소화 할 수 있도록 하는 기능을 처리하도록 소프트웨어적으로 구현되었다.

단말기의 모든 기능은 지하매설배관의 설치 환경이 열악한 경우에도 동작이 가능하여야 하며 따라서 동작 온도 범위가 넓은 μ -Processor를 사용해야 하는데 단말기의 주제어기로서 사용한 C8051F020 μ -Processor는 동작 온도 범위가 $-40 \sim 85^{\circ}\text{C}$ 로서 폭넓은 동작 범위를 가지고 있다.

3.3. 메모리 부

메모리 부는 데이터 입력부로부터 측정된 데이터를 저장하는 기능을 수행한다. μ -Processor가 일정한 시간 간격으로 데이터 입력부를 호출하여 데이터를 측정한 다음 시리얼 I2C 직렬 버스를 통하여 데이터를 읽은 다음 메모리부에 데이터를 저장한다. μ -Processor와는 데이터 버스와 어드레스 버스 그리고 latch와 버스 제어선을 이용하여 인터페이스 하였다. 256Byte씩 2048개의 섹터로 나누어 섹터별로 읽기 쓰기가 가능하여 인터페이스가 용이한 장점이 가지고 있다.

데이터 저장 공간은 측정하는 주기와 입력 데이터의 해상도에 따라서 달라지는데 본 단말기의 설계에서는 하루에 초당 128회 샘플링 속도로 5분 연속 측정을 기준으로 산정하고 여유 저장 공간과 단말기의 가격 등을 고려하여 512 kByte의 메모리를 이용하였다.

3.4 I/F 부

지하매설배관 부식 감시용 단말기는 부식과 관련된 데이터를 취득하여 상위의 감시 제어 시스템으로 데이터를 전송하는 기능을 가지고 있다. 물론 유지 보수를 위한 기기의 test 시에도 휴대용 기기들과 데이터를 주고받을 수 있어야 하며 현장에서 관련 작업자가 기기의 동작 상태를 손쉽게 판단할 수 있도록 기기의 상태를 표시할 수 있도록 외부 인터페이스

를 설계하였다.

상위의 감시 제어 시스템과 데이터를 주고받기 위한 외부 인터페이스는 단말기 I/F 목적으로 주로 사용되는 RS-232 직렬 통신 방식을 이용하도록 설계하여 손쉽게 외부 인터페이스가 이루어 질 수 있도록 하였으며 상위 감시 제어 시스템 접속용 인터페이스는 유지 보수를 위한 기기의 test나 장치의 기능 변경 및 업그레이드 목적으로도 활용할 수 있도록 하였다.

기기의 동작 상태를 나타내기 위한 방법으로는 전원의 ON/OFF 상태와 외부 직렬 통신 인터페이스를 통한 데이터 전송 동작 상태를 LED를 통하여 표시하게 하였다. 두개의 LED를 통하여 LED1은 전원의 ON/OFF를 나타내고 LED2는 통신 상태를 나타내도록 하였다.

4. 결 론

지하 매설 시설물들을 안전하고 효율적으로 유지관리하기 위해서는 넓은 지역에 설치되어 있는 시설물들에 대하여 부식 상태를 진단하고 그 결과에 따라서 적절한 방식 대책이 이루어져야한다. 한국전기연구원에서는 지하매설배관의 부식 상태 진단을 위하여 적용할 수 있도록 T/B 내에 설치 가능한 부식 진단용 단말기를 개발하였으며 이에 관하여 논하였다.

개발된 부식 진단용 단말기는 원격지에서 접속하여 손쉽게 데이터를 취득할 수 있도록 하였으며 내구성이 좋도록 방수 기능을 가지면서 또 장시간 사용할 수 있도록 전력 저감형 소자들을 이용하여 개발하였다. T/B가 열악한 환경에 설치되어 있는 것을 고려하여 동작 온도 특성이 좋은 소자들을 이용하여 개발한 것은 물론이고 손쉽게 기기 상태를 알 수 있고 또 상위 감시 제어 시스템과도 손쉽게 외부 인터페이스가 설계되어 있으며 크기가 작은 소자들을 이용하여 T/B에 설치될 수 있도록 작은 size로 개발하였다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전기연구원 수행, Life Line의 유지관리를 위한 무선 원격감시 시스템 개발, 건설교통부, 2003. 12
- [2] 매설배관의 부식환경 조사 및 분석기법 개발(I), 한국시설안전기술공단, 1998.12