

고효율 전기 방식용 정류기를 이용한 유류탱크의 원격 방식 제어 시스템 개발

배정호^o, 하태현, 이현구, 김대경
한국전기연구원

The Development of Remote Corrosion Monitoring and Control System for Oil Tank by using the High Efficiency CP Rectifier

Jeong-Hyo Bae^o, Tae-Hyun Ha, Hyun-Goo Lee, Dae-Kyeong Kim

Abstract -

Recently, the advanced countries are using the corrosion monitoring system in a chemical plant and an oil tank in order to protect the corrosion because it leads to a big accident, pollution of soil, and lose of money. Generally, the owners of the facilities adopt CP(Cathodic Protection) systems to protect the corrosion also.

However, a CP system for oil tank was not considered in Korea. Moreover, they didn't adopted a corrosion monitoring system.

In this paper, we have been developed not only the remote automatic corrosion monitoring but also the remote corrosion control system using the high efficiency CP rectifier.

This results should be used to operate the CP system effectively and economically. And also it will be possible to extend the expectation life of the oil tanks.

Key Words: Rectifier, Cathodic Protection, Remote control, Oil Tank

1. 서 론

최근 우리나라의 부식으로 인한 직·간접 손실은 약 20조(GNP 4% : 2000년 기준)에 달하고 있으나, 이를 절감하기 위한 관련 연구는 미미한 상태에 있다. 더욱이 단위플랜트나 저유소 등의 유류 탱크 부식 사고는 대형사고에 의한 인명사고 뿐만 아니라 환경오염을 심각하게 시킬 수 있는 매우 중요한 문제이다.

선진국에서는 일찍이 단위 화학플랜트 등의 유류 탱크 부식 방지를 위한 전기방식시스템을 채택하여 운용하고 있으며, 부식의 정도를 모니터링하는 시스템을 상용화하여 운용하고 있고 있다. 특히, 1994년 미국의 Environmental Protection Agency(EPA)에서는 지중 매설된 저장용 탱크는 1998년 말까지 새로운 규정에 따라 전기방식 시설 및 기타 부식 제어 시스템을 갖추어야 한다."란 새로운 규칙을 제정하여 시행토록 함으로써, 의무적으로 유류탱크에 대한 전기방식을 채택하도록 하였으며, 시설물 관리도 매월 틈새 모니터링, 증기 모니터링, 지하수 모니터링, 통계적 재고 정리, 탱크 내부 모니터링 등을 수행하여 안전하게 시설물을 관리하고 있는 실정이다.

우리나라에서는 1999년 국립환경연구원에서는 "오염 토양 복원 및 제도 발전에 관한 연구"에서 유류탱크에 대하여 전기방식을 채택하는 하여야 하는 것으로 보고하였다. 그러나 현재 국내에서는 주유소 유류탱크에 대한 전기방식 시설을 갖추거나, 부식감시시스템을 도입하여 시설물을 관리하고 있는 주유소는 없는 실정이며, 관련 환경법이 제정이 되면 이에 대한 대책을 강구할 것으로 보여진다.

따라서 본 논문에서는 유류탱크의 부식상태를 자동으로 원격으로 부식감시 할 뿐만 아니라 고효율 전기방식용 정류기를 원격 제어하여 적절하게 방식이 되게 함으로써, 시설물을 안전하게 유지·관리하는 원격방식제어 시스템에 대하여 개략적으로 기술하기로 한다.

2. 국내의 현황

2.1 국내 현황

국내의 지하 매설 탱크에 대한 부식방지 기술은 전반기 관과 언론에서 여러차례 기름유출에 대한 위험성과 폐해를 경고하였으나, 관련 분야의 연구개발은 관심이 소홀하였다.

1996년 건국대 공업화학과 연구팀의 보고에 의하면 전국 175개 주유소의 529개 저유 탱크를 대상으로 초음파 누유검사를 한 결과 36.1%인 191개의 탱크에서 기름유출이 확인되었다고 보고하였다. 또한 기름누유량을 계산한 결과 월 109,300리터로써 5갤런 기름통이 무려 5,797통에 달하는 것이다. 이 기름 누유량은 <표 1>과 같이 2000년 6월말 현재 10,110개 주유소로 환산한다면 엄청난 양이 될 것은 자명하다고 보여진다.

이렇게 심각한 문제점을 안고 있는 유류탱크의 부식사고에 대하여 정부에서는 최근에서야 관련연구 및 조사를 실시하였다. 특히, 1999년 국립환경연구원에서는 "오염 토양 복원 및 제도 발전에 관한 연구"에서 유류탱크에 대하여 전기방식을 채택하는 하여야 하는 것으로 보고하였다. 그리고 환경부 토양 보전과에서는 "토양오염원인자는 피해를 배상하고 정화책임도 부담하여야 한다."는 환경보전법 제 23조를 제정을 입법예고하여 2002년 말 시행을 추진하고 있다. 그러나, 현재까지 국내에서는 유류 탱크에 대한 전기방식 시설을 갖추거나, 부식감시시스템을 도입하여 시설물을 관리하고 있는 주유소는 없는 실정이며, 관련 환경법이 제정이 되면 이에 대한 대책을 강구할 것으로 보여진다.

2.2 국외 현황

지하 매설 탱크에 대한 부식방지 기술은 일찍이 여러 선진국에서 연구개발되어 왔다. 오일탱크의 부식방지 방법은 오일탱크의 표면을 절연성능이 뛰어난 폴리에틸렌 등으로 코팅하거나, 부식에 되지 않는 세라믹과 같은 재질들을 사용한다. 그러나 대부분의 주유소 유류 탱크들은 경제적인 점을 고려하여 아스팔트 코팅을 선호해 왔다. 이러한 탱크들은 수년간 지나오면서 기름 누출사고에 의한 환경오염을 유발시킴으로써 최근 이에 대한 연구가 활발히 연구되어 오고 있다. 이러한 국외 연구현황을 정리하면 다음과 같다.

1990년 일본의 Tsunoda 등의 연구진은 전도도가 높은 아스팔트 모르타르 또는 오일에 오염된 땅에 깊이 묻힌 오일 탱크 바닥이 음극방식이 진행되고 있는 상태에서 오일 탱크의 상부보다 부식에 취약함을 지적하고 오일 탱크에 적용되는 음극방식 설계에서 Finite Element

(표 1) 정유사별 주유소 현황((2000년 6월말 현재))

정유사 지역	SK	LG-Cal tax	인천 정유	S- Oil	현대	계
서울	311	250	37	100	120	818
경기 (인천포함)	790	628	95	230	432	2,175
부산	153	116	6	58	78	411
강원	264	163	-	72	129	628
충북	208	137	1	91	136	573
충남 (대전포함)	370	263	1	149	315	1,098
전북	287	230	-	102	154	773
전남 (광주포함)	327	299	-	164	194	984
경북 (대구포함)	546	334	-	263	261	1,404
경남 (울산포함)	417	280	18	133	266	1,114
제주	54	49	-	29	-	132
계	3,727	2,749	158	1,391	2,085	10,110

Method 등의 새로운 방법을 제안하였다.

미국에서는 1992년에 오일 탱크 바닥에 적용에 있어서 일반적인 음극방식 기법보다 큰 직경을 가진 링 형태의 кей블형 양극의 사용을 제안하고 방식 시스템의 디자인 설계와 적용에 대하여 NACE 학회에 보고하였다.

1991년 바레인에서는 오일 탱크 바닥의 음극방식의 적용에 있어서 오일 탱크 바닥의 강판을 시험재료로 grounding의 효과에 대하여 연구되었다.

1995년 ARCO사에서는 TAPS(the Trans Alaska Pipeline system)를 따라서 건설된 aboveground storage tank들의 부식 방지를 위한 방법들을 평가하고 탱크 바닥 면의 음극방식을 개선하기 위한 시험들을 실시하여 탱크에서 일어날 수 있는 문제들과 해결책을 제시하였다.

1981년에 발표된 ASTM STP 741에는 U. S. Steel 연구소에서 개발한 지하 시설물에 사용되는 탄소강 탱크의 부식을 감소시킬 수 있는 방법으로 희생양극, 보호 코팅 그리고 건설되는 탱크에 설치하는 절연 Bushing 등의 3 가지의 방법을 합친 시스템을 소개하였다.

1984년 헝가리에서는 매설 철강 탱크의 부식으로 인한 구조물의 손상으로 야기되는 탱크의 수리 또는 교체에 따른 비용과 연료의 손실 등의 직접적인 피해와 탱크의 운전중지, 환경에 미치는 좋지 않은 영향 등의 간접적인 손실의 심각성을 부각시키고 연료저장탱크의 부식에 전기화학적 이론과 방식기술을 적용함에 있어 경제적인 부분에 대한 평가를 실시하였다.

1994년에 미국인 J.A. Lehmann은 Materials Performance 저널을 통해 새로운 U.S. Environmental Protection Agency(EPA) 규격의 제정으로 인하여 매설 저장 탱크의 방식이 국가적인 중대한 고려사항으로 되어야하고 1998년 말까지 새로운 규격의 시행과 규격에 따른 음극방식 및 다른 부식 제어 방법이 방식대상물에 적용되어야 함을 주장하였다.

3. 원격 부식감시 및 방식제어 시스템

3.1 개발 방향

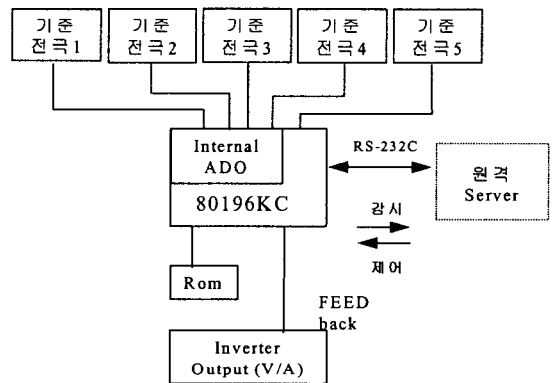
본 연구의 원격 부식감시 및 방식제어 단말장치 개발에 앞서, 시스템이 갖추어야 할 기능 및 사양을 결정하고 효율적인 개발을 위해, 주유소 소유자의 의견을 반영하여 사용자 요구분석을 하였다. 그 결과를 요약하면 아래와 같다.

- ① 제작단가가 가능한 한 저렴하여야 한다.

- ② 시스템 운영시 고장이 없어야 한다.
- ③ 원격 감시 거리는 최소한 50(m) 이상이어야 한다.
- ④ 초보자도 쉽게 운영할 수 있도록 MMI(Man Machine Interface)를 구성하여야 한다.
- ⑤ 방식전위 측정데이터 등을 요약 및 통계처리하여 보편할 수 있도록 하여야 한다.
- ⑥ ± 10 [Vdc] 크기 내의 입력전압을 저장할 수 있어야 한다.
- ⑦ 측정해상도는 10[mV]이하여야 한다.
- ⑧ Out door 형으로 설계하며 내구성이 있어야 한다.
- ⑨ 전위 데이터의 Sampling Time의 최소 1 Sec이하여야 한다.
- ⑩ 실시간으로 임의 지점에 대한 전위데이터를 주 제어실 컴퓨터의 터미널에서 확인할 수 있어야 한다.
- ⑪ 실시간 측정시 감시 대상물에 대한 방식 및 부식유무를 자동으로 판정할 수 있도록 프로그램을 구현한다.
- ⑫ 방식대상물에 대한 전위데이터는 D/B화하여 장기적으로 저장하며, 전기방식 관련 시설물 정보와 함께 관리하여 향후의 시설물 유지·점검에 기초자료로 활용한다.
- ⑬ 원격부식감시장치, 방식제어장치와 전기방식용 정류기가 가능한 일체형으로 제작하여 크기와 단가를 줄이며, Local에서도 방식제어가 가능하도록 설계한다.

3.2 시스템 개요

유류탱크 부식감시 및 방식제어 단말장치는 (그림 1)과 같이 전체 시스템을 Control 하는 중앙처리장치(CPU, Central Processing Unit)와 지하에 매설된 유류탱크 구조물과 기준전극과의 전위차를 아날로그 신호를 디지털로 변환시켜 입력하게 하는 A/D(Analog to Digital) Converter, Digital 변환 DATA를 저장하는 Memory, 유류탱크의 전기방식을 위한 출력장치인 전기방식용 정류기 및 원격서버로 전송하기 위한 통신 Interface 들로 구성되어 있다.



(그림 1) 유류탱크 부식감시 및 방식제어 시스템의 개념도

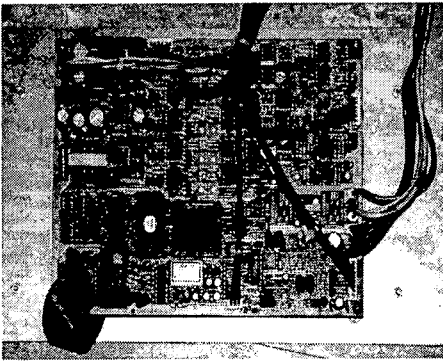
간략하게 동작 원리를 서술하면 먼저, 기준전극을 이용하여 유류 탱크의 전위의 아날로그 신호를 A/D converter로 입력시키고 A/D converter는 10Bit의 분해능 (Resolution)으로 Digital화 한다. 이 데이터는 CPU의 통제에 의해 통신 Interface를 통해 PC로 전송되며, 또한 이 데이터는 설정된 방식전위에 따라 유류탱크를 자동으로 방식하기 위한 정류기의 Feedback 신호로도 쓰여지게 된다. 측정된 방식전위 데이터는 부식감시단말장치의 통신 Interface(RS-232)를 통하여 원격서버로 보내어지며, 원격서버는 설정된 방식전위와 비교하여 최적의 방식전위를 유지하기 위해 정류기 출력 제어 신호를 다시 방식제어 단말장치의 통신 Interface로 보내어진다. 국내 주유소의 유류탱크의 탱크의 수는 보통 5개가 많으므로 입력 채널수를 5개로 설정하였으며, 1채널은 배류

점을 모니터링하도록 설계하였다. 유류탱크 부식감시 및 방식제어 시스템의 사양을 정리하면 <표 2>와 같다.

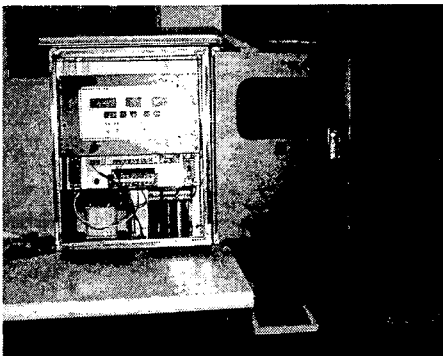
<표 2> 유류탱크 부식감시 및 방식제어 시스템의 기본적인 사양

No	항 목	사양	비고
1	Number of Input Channel	5	
2	Input Channel Voltage Range	-9,999 ~ 9,999	
3	Resolution	10mV	
4	Sampling Time	0.1 sec	
5	Alarm	No	
6	Display	LED	
7	Operating Temperature	-10°C ~ 40°C	
8	Dimension	420(W)×450(H)×260(D)	
9	Switching Speed	70kHz	
10	Output Range	60V/20A	

(그림 2)는 원격 부식감시 및 방식제어 시스템의 Main Board를 나타낸 사진이며, (그림 3)은 시스템의 외형을 나타낸 사진이다.



(그림 2) 유류탱크 부식감시 및 방식제어 시스템의 Main Board 사진



(그림 3) 유류탱크 부식감시 및 방식제어 시스템의 외형 사진

4. 운용 프로그램

4.1 개요

운용프로그램은 PC 상에서 동작하는 유류탱크 부식감시 및 방식 제어단말장치를 제어하는 시스템 프로그램과, 부식감시 및 방식 제어단말장치에서 동작하는 프

그램인 펌웨어로 구성된다.

부식감시 및 방식 제어단말장치의 펌웨어 프로그램은 기준전극, 디지털 정류기를 통해 필요한 정보를 수집하고 그에 따라 디지털 정류기의 출력을 제어한다. PC와 RS-232C 로 통신을 하여 필요한 정보를 PC의 유류탱크 부식감시 및 방식 제어단말장치를 제어하는 시스템 프로그램에게 제공하며, 동작 상태가 리모트인 경우에는 PC에서 설정값을 수신 받아서 디지털 정류기를 제어한다. 로컬모드인 경우에는 미리 저장된 설정값이나 전면 제어 패널에서 입력 받은 설정값을 통해 디지털 정류기를 제어한다.

PC에서 동작하는 시스템 프로그램은 유류탱크의 정보, 양극정보, 설치 환경에 대한 정보 등을 담고 있으며, 부식감시 및 방식 제어단말장치로부터 전송되는 데이터를 이용하여 실시간 감시와 리모트 모드시의 부식감시 및 방식 제어단말장치의 제어도 담당한다. 또한 전송되는 데이터를 분석하여 지속적인 관리를 용이하게 한다.

4.2 부식감시 및 방식 제어단말장치의 펌웨어 프로그램 기능

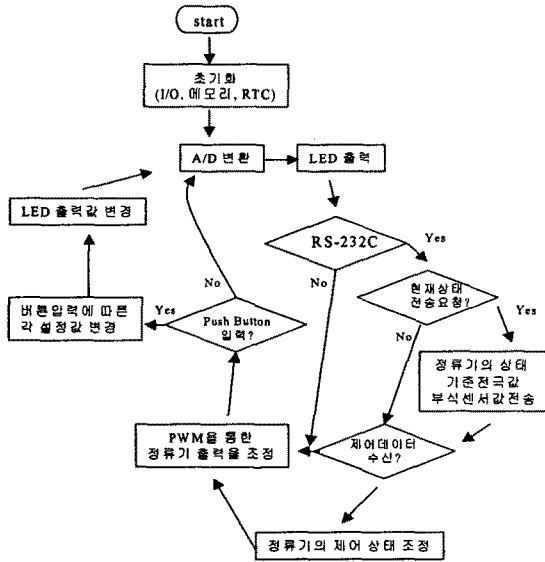
부식감시 및 방식제어 단말장치의 펌웨어 프로그램 기능은 다음과 같다.

- 시스템 초기화
부식방지 제어단말장치에 전원이 인가되면 각 하드웨어 상태를 초기화 위한 명령이 수행된다. 하드웨어적인 각 포트를 초기화하고, 내부 메모리 영역을 초기화한다. 또한 시스템 시간을 관리를 위해 사용되는 Real Time Clock 모듈을 초기화 위한 명령도 수행된다.
- 데이터 수집
A/D 모듈을 통해 지정된 채널에서 필요한 아날로그 값을 디지털 값으로 변환한다. 변환된 값을 일정한 메모리 영역에 저장하게 되며 필요에 따라 모니터링 서버로 전송된다. 몇 가지 필요한 아날로그 값은 필요에 따라 전면 패널의 7-segment LED 표시부에 표시된다.
- PC와의 통신
PC와는 RS-232C 통신으로 연결되어 데이터를 주고 받게 된다. 유류탱크 부식감시 및 방식 제어단말장치의 데이터를 PC로 송신하고, PC의 시스템 프로그램으로부터 적절한 제어신호도 수신한다.
- 디지털 정류기 제어
전면패널의 키입력과 PC에서 전송되는 제어신호를 바탕으로 디지털 정류기를 제어한다. 각각의 모드에 따라 출력전압 또는 방식전위를 기준으로 조정하게 된다.

나. 펌웨어 프로그램의 흐름

부식감시 및 방식 제어단말장치의 펌웨어 프로그램의 흐름도는 (그림 3)과 같다. 개략적인 흐름의 원리를 설명하면, 전원이 인가되면 부식방지 제어단말장치의 I/O, 메모리, RTC(Real Time Clock) 등을 초기화 한다. 그리고 현재 상위의 시스템 프로그램에서 전송요청이 있는지를 점검하여, 그에 따라 유류탱크의 전위, 정류기의 출력 등을 PC로 전송한다. 또한 정류기의 제어 명령이 수신되었으면 설정된 값으로 PWM(Pulse With Modulation) 방법을 이용하여 정류기 출력을 조정한다. 그리고 Local of the Button의 어떠한 입력이 있는지를 Check 하여 적절한 값으로 LED에 표시한다.

운용 프로그램의 기능을 정리하면 <표 3>과 같으며, 운용 프로그램의 메인 화면은 (그림 4)와 같다.



(그림 3) 부식감지 및 방식 제어단말장치의 펌웨어 프로그램의 Flow Chart

5. 결론

본 연구에서 유류탱크용 자동 원격 부식감지 뿐만 아니라 고효율 전기방식용 정류기를 원격 제어하여 시설물을 최적의 방식이 되도록 하는 시스템을 개발함으로써 수입 대체 효과뿐만 아니라 시설물을 안전하게 유지·관리할 수 있어 기름유출에 의한 환경오염 방지와 경제적이고 체계적인 시설물 관리가 가능하게 되었다.

본 논문의 연구결과는 부식감지시스템을 운영하고자 하는 유류탱크 소유자들에게는 매우 유용한 자료가 될 것으로 사료된다.

(참고 문헌)

- [1] 한국전기연구소 "음극방식시스템의 전압, 전류분포 연구" 한국가스공사 연구개발원, 1995.
- [2] John Morgan "Cathodic Protection" Second Edition NACE, 1993
- [3] "External Cathodic Protection of On-Grade Metallic Storage Tank Bottoms" NACE RP0193-93, 1993
- [4] Kuhn, R.J. "Criteria for Steel and Cast Iron" Proceedings of the American Petroleum Institute, Vol 14, P153, 1953
- [5] 腐食防食協會 編 "防食技術便覽" 日刊工業新聞社, 1985
- [6] Australian Standard "Galvanic(sacrificial)Anodes for Cathodic Protection" AS 2239, 1993
- [7] Det Norske-Veritas Industry AS "Cathodic Protection Design" Recommended Practice RP B 401, 1993
- [8] "NACE Standards Related To Cathodic Protection" NACE, 1996
- [9] "1994 Annual Book of ASTM Standard, Wear and Erosion: Metal Corrosion" ASTM Volume 03.02, 1994
- [10] W. v. Baeckmann, W. Schwenk "Handbook of Cathodic Protection The Theory and Practice of Electrochemical Corrosion Protection Techniques" BSI Code of Practice for Cathodic Protection, Portcullis Press LTD, 1975
- [11] 이학렬, 김원녕, 김기준, 문경란, 김광근, 이재욱 "방식기술 편람 제2권 방식기술" 건설교통부, 1998

(표 3) 운용 S/W의 모듈별 기능

항목	소 항목	상세 내역
1. MAIN	MAIN	시스템 기본 화면
2 시스템 관리	사용자 등록/삭제	사용자 암호 등록, 삭제 등록된 사용자만이 편집 가능
	주유설비 이력 조회	주유소 일반 정보 조회, 편집, 출력
	통신포트 속성	통신 포트 정보 조회, 편집
	시스템 변수 조회	시스템 변수 조회, 편집
	시간 동기화	단말기와 모니터링 서버 시간 동기화
3 양극/TB	시스템 종료	시스템 종료
	양극 이력조회	양극 이력 조회, 편집
	TextBox 이력 조회	TextBox 이력 조회, 편집
	방식전위 감시	전송된 방식상태 정보 조회, 출력
	방식전위 추이 조회	기간 혹은 특정 년, 월, 일의 방식전위 정보 조회, 출력
4 저유 탱크	방식전위 경보 일지	방식전위값이 과방식 혹은 미방식일 때 결과값 조회
	저유탱크 이력 조회	저유탱크 이력 조회, 편집
	부식쿠폰 이력 조회	부식쿠폰 이력 조회, 편집
5 정류기	정류기 이력조회	정류기 이력 조회, 편집
	출력상태 감시	전송된 정류기 상태 정보 조회, 출력
	출력상태 추이 조회	기간 혹은 특정 년, 월, 일의 정류기 상태 정보 조회, 출력
	출력상태 경보 일지	
6 도움말	도움말 항목	주요 기능에 대한 사용법 및 설명
	시스템 정보	시스템에 대한 간략 정보 제공



(그림 4) 운용 프로그램의 메인 화면