

해양구조물 전기방식시스템 현장적용실험장 설계

Field Testing Center Design of Cathodic Protection System for Maritime Metallic Structures

하 태 현*, 배 정 효**, 이 현 구***, 하 윤 철****, 김 대 경*****

- * 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1366, 팩스:(055)280-1390, E-mail : thha@keri.re.kr)
- ** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1362, 팩스:(055)280-1390, E-mail : jhbae@keri.re.kr)
- *** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1364, 팩스:(055)280-1390, E-mail : leehg@keri.re.kr)
- **** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1368, 팩스:(055)280-1390, E-mail : ycha@keri.re.kr)
- ***** 한국전기연구원 전력연구단(전화:(055)280-1360, 팩스:(055)280-1390, E-mail : dkkim@keri.re.kr)

Abstract : Most of maritime metallic structures are adopted a CP(Cathodic Protection) System for protection of corrosion in advanced country. So, we had been developed a remote corrosion monitoring control system. And we want to know the characteristics of efficiency, reliability, durability and so on. On the view point of it, we have to test in real field.

in terms of design, cathodic protection systems, corrosion monitoring systems and optimal corrosion control systems compare to general commercial products. So, these systems have being studied to improve their capability.

In this paper, the result of field testing center design of intelligent cathodic protection system including anodes, a real-time wireless remote corrosion monitoring and corrosion control system are described in naval ports.

Keywords : Maritime Structure, Field Test, Cathodic Protection, Remote Corrosion Monitoring, Corrosion Control

1. 서론

우리나라가 1970년대 이후 급격하게 경제발전이 이루어짐에 따라 대형화된 국가기간 시설물이 급증하고 있고, 특히 항만을 통한 수출입 물동량이 증가하고 있다. 그러나 이런 중요한 해양구조물(항만, 접안시설, 부두, 해상 다리, 해상 도로, 해저배관, 송유관, 탱크, 해양관련 구조물 등)에 대한 시설물의 관리 기준이나 진단법 등이 소홀히 취급됨에 따라 부식사고가 빈발하고 있으며, 이러한 부식으로 인한 직·간접적인 손실은 2000년 말 기준으로 연간 20조원에 이르고 있다[1].

현재 국내에서는 이러한 해양금속구조물이 지역별, 깊이별, 대상물별로 다양한 부식환경에 노출되어 있음에도 불구하고, 해양금속구조물에 대한 전기방식시스템이 표준화되어 있지 않을 뿐만 아니라 음극방식설계에 있어서도 외국의 설계 기준과 방법을 무분별하게 그대로 적용하고 있는 실정이다[2].

군용 해양구조물의 경우 고 신뢰성을 항상 확보하여야 하는 측면에서 민수용 해양구조물 보다 더욱 엄격하고 신뢰성 있는 음극방식 시스템, 설계기준, 상시 부

식 모니터링 및 자동 제어시스템이 요구된다[3][4].

본 논문에서는 군 항만시설의 무선원격 부식감시 및 방식제어를 위하여 개발된 해양구조물 전기방식시스템에 대하여 제어성능 실험 및 특성변화 실험을 동시에 수행할 수 있도록 설계한 현장적용실험장을 소개하고자 한다.

II. 시스템 구성

본 시스템은 그림 1과 같이 해양구조물에 대한

- 자동 음극방식 설계용 프로그램
 - Intelligent 음극방식시스템
 - 무선 원격 부식감시 및 방식제어시스템
- 으로 구성되어 있다.

1. 자동 음극방식 설계용 프로그램

자동 음극방식 설계용 프로그램은 벽강관 구조물, 안벽식 강관 구조물, 잔교식 강관 구조물, 해저배관 및 Jacket Type 강관 구조물 등과 같은 해양구조물에 대하여 희생양극법과 외부전원법과 같은 음극방식 설계

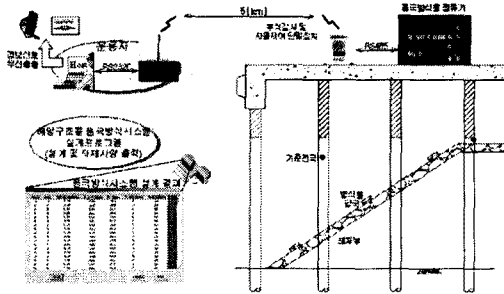


그림 1. 해양구조물의 전기방식 시스템의 개념도
Fig. 1. Schematics of CP System for Maritime Structure

를 수행하는 프로그램이다. 해양구조물 음극방식 설계 프로그램의 흐름선도는 그림 2와 같다.

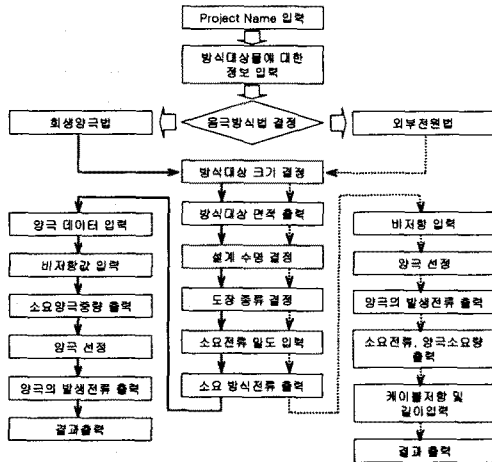


그림 2. 음극방식 설계 프로그램의 흐름선도
Fig. 2. The Flow Chart of CP Design Program

해양구조물에 대한 음극방식 설계 프로그램에서 산출된 양극을 효율적으로 배치하여 미방식 구간이 없도록 하기 위하여 경계요소법(BEM)을 이용하고 있다. 본 연구에서는 BEASY-CP라는 상용 프로그램을 이용하였다.

해저배관과 Sheet Pile에 대하여 BEASY-CP 프로그램을 이용한 해석을 하였으며, 최적의 양극 위치를 찾기 위해 Spline 보간법을 사용하였다.

2. Intelligent 음극방식시스템

해양금속구조물용 Intelligent 음극방식시스템은 그림 3과 같이 DSP를 이용하여 20kHz에서 동작하도록 Full Bridge회로로 구성된 정류회로와 정류기 출력전압, 출력전류, 방식전위 및 각종 설정값을 무선 원격으로 감

시하고 제어하기 위한 무선원격 제어회로로 구성된다. 방식대상 면적이 큰 해양구조물에 적용하기 위하여 30[V]/100[A]×4회로(유입형)로 제작하였다.

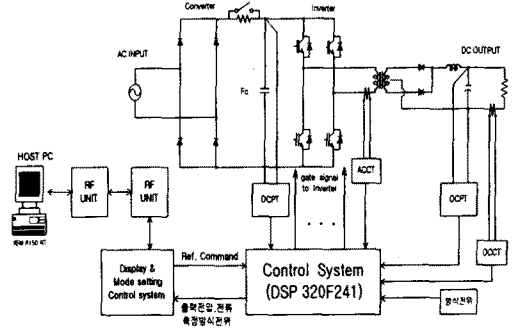


그림 3. Intelligent 음극방식시스템 회로도
Fig. 3. The Circuit of Intelligent CP System

음극방식시스템의 사양은 다음과 같다.

- ① 사용 조건
 - 주위온도 : $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
 - 표 고 : 해발 1000M 이하
 - 설치장소 : 육외
 - 1회로당출력 : 3.6kW
- ② 상세 사양
 - 교류입력측 정격 : 1 Φ 220V $\pm 10\%$, 60Hz
 - 직류출력측 정격 : 전압 0 ~ 30V, 전류 0 ~ 100A
 - 효율 : 90% 이상
 - 역율 : 99% 이상
 - 출력 RIPPLE : $\pm 2\%$ 이내
- ③ 제어범위의 설정
 - REF. 전압 조정 방식 : 자동 및 수동
 - 방식전위 입력 범위 : $-10,000\text{mV} \sim +10,000\text{mV}$
 - 방식전위 자동조정범위 : 자전전위에서 $-1,999\text{mV} \sim +350\text{mV}$
 - 출력전압 수동조정범위 : DC 0V ~ 30V(연속가변)
 - 출력 전류의 수동 설정 범위 : DC 0A ~ 100A
- ④ Remote Control 기능
 - Remote 또는 Local 제어
 - Remote 또는 Local시 자동 및 수동 제어
 - 현재 출력전압, 전류, 방식전위 및 각종 설정값은 통신포트를 이용하여 원격으로 제어 가능
- ⑤ 통신 Data
 - Monitoring 항목 : 입력 전압/전류, 출력 전압/전류, 방식전위
 - Control 항목 : 방식전위 설정값(자동), 출력전압 설정값(수동), 전압/전류 Limit, 전원 On/Off
 - Alarm 항목 : 과방식 경보, 미방식 경보, 전압/전류 Limit 경보, +10V 경보, -10V 경보
 - Fault 항목 : Fuse 단선, Module 통신 불능, System Fault

3. 무선 원격 부식감시 및 방식제어시스템

무선 원격감시 및 최적 방식시스템의 구성은 그림 4와 같이 크게 방식 대상물의 전위를 받아들이고 원격리에 방식전위를 전송하기 위한 증폭 Remote Module과 방식대상물의 부식과 방식용 정류기를 제어할 수 있는 부식감시 및 최적방식제어단말장치, 현장의 부식 및 방식 정보 데이터를 무선전송매체로 송수신할 수 있는 TRS(Trunked Radio System)를 이용한 무선전송 단말장치와 전체 시스템을 관장하는 방식제어원격모니터링서버로 구성된다.

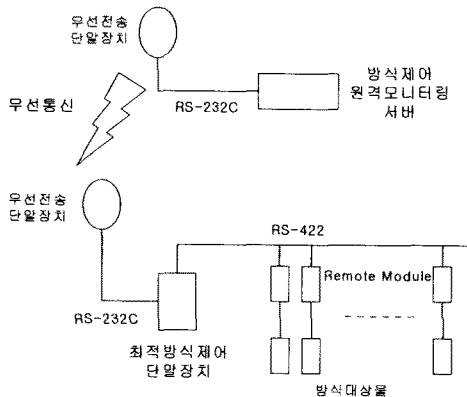


그림 4. 무선 원격 부식감시 및 방식제어 시스템의 개념도
Fig. 4. The Block Diagram of Remote Corrosion Monitoring and Control System

부식감시 및 최적 방식제어 단말장치의 사양은 다음과 같다.

- ① 방식전위 증폭 Remote Module 사양
 - I/O Port : 1Serial(2400bps)
 - AO : 1Point Output Voltage DC 0 ~ 5V
 - AI : 1Point Input Voltage DC +10V ~ -10V, 분해능 12bit
- ② MCU
 - 8-Bit μ - Processor
 - RISC 구조
- ③ A/D Converter
 - Resolution : 10Bit
 - Conversion Time (변환속도) : 35 μ s
 - A/D method (변환방식): Successive Approximation (축차비교)
- ④ Backup Memory
 - Device : Microchip 24LC65 EEPROM
 - Memory : 64 Kbyte

무선전송네트워크의 사양은 다음과 같다.

- 통신방식 : 단방향 (Simplex)
- 전파형식 : F2D
- 변조형식 : 주파수 변조
- 사용주파수 : 400MHz 대역

- 채널 간격: 12.5 KHz
- 부호형식 : Mark 1200Hz \pm 100ppm
Space 1800Hz \pm 100ppm
- 전송속도 : 1200 BPS , 2400BPS
- 송신출력 : 100mW
- 수신감도 : -113dBm이하
- 부차적 전파발사 : 54dBm 이하
- 주파수 허용편차 : \pm 2.5 X 10⁻⁶ 이하
- 최대 주파수 편이 : \pm 2.5KHz이하
- 동작전압 : DC12V

III. 현장적용실험장 설계

군 항만시설의 무선원격 부식감시 및 방식제어를 위하여 개발된 해양구조물 전기방식시스템의 현장적용 실험은 다음과 같이 OO해군기지 9-6부두 강파일을 대상으로 수행하였다.

- 방식대상물 : 잔교식 강관 구조물
- 도장부 : 세라믹
- 설계수명 : 1[년]
- 각 부분의 비저항[$\Omega \cdot \text{cm}$]
 - 해토부 : 500.00
 - 해수부 : 30.00
 - 사석부 : 3000.00

양극별 부식특성을 조사하기 위하여 해수용으로 널리 사용되고 있는 HSCI(High Silicon Cast Iron)과 Pb-Ag 양극을 선택하였으며, 설계 결과 각 양극의 특성은 표 1과 같다. 그림 5와 그림 6은 현장적용실험장의 편면도와 단면도를 나타낸 것이다. 본 실험에서는 그림 5와 같이 HSCI양극 6개와 Pb-Ag 양극 6개를 강파일 사이에 설치하고 각각의 출력전류가 다르게 흐르도록 설정하였다.

표 1. HSCI과 Pb-Ag 양극의 특성

Table 1. Characteristics of HSCI and Pb-Ag Anodes

구분	HSCI	Pb-Ag
Anode Type	Anotec-EHR	Samgong co., Ltd
Dimension[in.(mm)]	3.0(76) ϕ \times 60(1,520)L	50 ϕ \times 80L
Weight(lb/kg)	110/50	-/1.7
Anode Area(m ²)	0.37	0.01452
Composition(%)	ASTM A 518 Grade 3	Ag(2.0-5.0), Sb(4.5-7.5)
Consumption Rate(kg/A·y)	0.45	0.032
Utilization Factor(%)	65	50
Current Density(A/m ²)	8.1-11(11)	100-300(300)

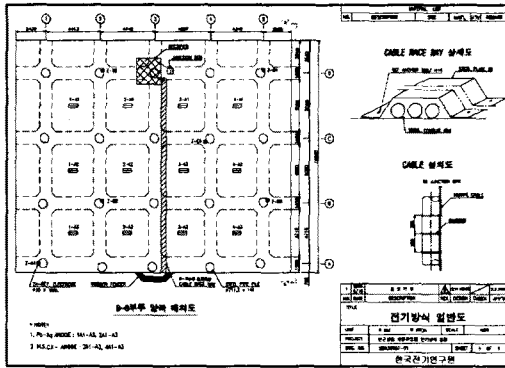


그림 5. 현장적용실험장 평면도
Fig. 5. Top View of Field Testing Center

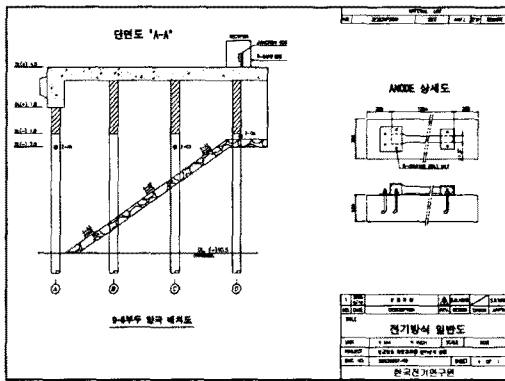


그림 6. 현장적용실험장 단면도
Fig. 6. Sectional View of Field Testing Center

또한 Intelligent 음극방식시스템을 현장적용실험장에 설치하여 운용할 경우, 부하 및 기후조건 변화에 따른 음극방식시스템의 동작 신뢰성을 파악하기 위하여 시스템 각 부위에 대하여 온도 센서 및 전압/전류 측정용 리드선을 설치하고 데이터 로거를 이용하여 온도 및 전압/전류를 측정하도록 하였다.

IV. 결론

군 항만시설의 무선원격 부식감시 및 방식제어를 위하여 개발된 해양구조물 전기방식시스템에 대한 현장적용실험은 향후 1년간 수행할 예정이다. 실험결과는

- 프로그램 사용 Manual 작성
- 시스템 점검 및 보수 절차서 작성
- 부식 모니터링의 기준 및 설계 지침서 작성
- 부식 모니터링 및 자동제어 시스템의 운용 Manual 작성 등에 사용될 것이다.

참고문헌

- [1] John Morgan, Cathodic Protection, NACE, January 1993.
- [2] 김기준, 문정만, 이명훈 등, "해양환경하 강구조물의 최적음극방식에 관한 연구", 한국해양대학교 연구보고서, 1998.
- [3] J.H.Bae, et. al., "The Development of Real Time Wireless Remote Corrosion Monitoring System Using TRS", ICEE '99 Proceedings, vol. 1, pp. 401-403, 1999.
- [4] 하태현, 김대경, 배정효, 이현구, 최상봉, 정성환, "해양금속구조물의 전기방식을 위한 고효율 정류기 개발", 대한전기학회 하계학술대회논문집, 제D권, pp. 3130-3132, 2000.