

## 시화조력 WEB 기반의 전기방식 실시간 감시제어시스템 개발

김종득\*, 박성오\*, 강일권\*\*  
한국수자원공사\*, 삼공사\*\*

### Sihwa tidal power plant WEB based corrosion protection realtime control system development

Jong-Deug Kim\*, Sung-Oh Park\*, Il-Kweon Kang\*\*  
Korea Water Resources Corporation\*, Samgong Co.\*\*

**Abstract** - 시화 방조제상에 공사중인 국내최초, 세계최대용량의 조력발전소에 25,400kW의 벌브형 수차발전기 10대를 설치함에 따라 해수에 의한 부식으로부터 설비를 보호하기 위한 전기방식을 적용하였다. 전기방식 설계는 설비의 재질에 따라 요구되는 단위 면적당 전류밀도가 상이하고 발전기의 운전상태에 따라 소요되는 각기 다른 수량의 양극과 수차발전기를 제어하는 주 제어시스템과의 통신이 필수인 지능화된 정류기가 요구되어진다. WEB 기반의 감시제어시스템 구성시 외부 또는 장소에 제한없이 전기방식 설비의 정상 가동여부, Alarm, Fault 상태 등을 실시간 접속하여 확인이 가능하고 담당 직원 또는 지정된 사람의 휴대폰에 문자메세지를 통한 상태 알림 기능을 자동으로 제공할 수 있도록 구성하였다.

#### 1. 서 론

조력발전소의 경우 수차발전기가 해수중에 설치되므로 부식성이 강한 염분으로부터 설비부식을 방지하기 위한 전기방식시스템이 필수적으로 요구된다. 해수로부터 설비 부식을 효과적으로 방지하기 위해서는 발전기에 사용되는 주요 부품의 재질에 따라서 요구되는 단위면적당 전류밀도가 다르므로 각기 다른 수량의 양극이 요구되며, 해수저항의 저감과 바닷물속의 이물질로부터 양극의 손상을 최소화하기 위해서 방식대상설비의 형태나 설치조건 등을 고려하여 디스크형 양극을 채택하였다.

전기방식의 효율을 높이기 위하여 전기전도도, pH, 유속, 수온을 고려하여 최적화된 DB를 설계에 적용하였다. 수차발전기에 적용될 전기방식 설계의 적정성을 사전 예측하기 위하여 FLUX라는 전자장 해석 tool을 이용하여 양극의 설치 위치를 3차원으로 구성하여 그림 1과 같이 표시를 하고 그림 2, 3과 같이 터빈의 재질, 구조물의 재질 소요전류를 입력하여 simulation결과 그림 4, 5와 같이 전위가 표시된다. 이때 수차의 전기방식 지역에 그림 4와 같이 level이 낮은 지역에는 양극을 재배치하여 simulation하는 방법으로 음영 지역을 최소화하였다. 또한 본 논문에서는 지능화된 정류기, Data logger, 주 제어시스템과의 원활한 통신과 운영자에게 Alarm Fault 및 원격지에서의 제어를 위한 WEB 기반의 제어시스템에 대하여 기술하였다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 유속이 빠른 해수내의 전기방식 이론

유속(12 m/sec이상)이 빠른 해수내에 설치되는 철 구조물은 일반적인 해수에서 보다 부식이 빠르게 진행된다. 계절별 수온에 따라라도 영향을 받으므로 유속 및 수온에 따른 Factor를 심도있게 고려하여 설계를 하여야 한다. 이러한 여러가지 Factor를 고려하여 본 조력발전소에서는 수차발전기의 Bulb, 수차 등에 음극방식의 외부전원법을 사용하고 Hatch cover, Bulb cone에는 희생양극법을 사용하였다. 본 설계에서도 일반적인 방식전위 기준과 마찬가지로 -850mV ~ -2500mV 이내(Cu/CuSO<sub>4</sub> 기준)를 채택하였다. 전기방식설비의 양극 수량을 좌우하는 전류밀도는 방식 대상의 재질에 따라 상이하나 본 논문에서는 BS EN 12474, BS EN 13173에서 권고하는 전류밀도에 온도, PH, 유속, 전기전도도를 고려한 전류밀도로 크롬니켈강(CRNi)의 경우 270~300 mA/m<sup>2</sup>, 코팅된 탄소강은 5~10 mA/m<sup>2</sup>, 코팅이 안된 탄소강은 100mA/m<sup>2</sup>를 채택하였다.

##### 2.2 전기방식의 상세 설계

설비에 대한 전기방식 상세설계는 설계수명, 방식 대상면적, 설비의 재질에 따른 전류 밀도, 코팅의 종류 및 상태, 해수의 여러가지 조건(온도, pH 등)에 따라 Factor를 달리하였다. 그 상세설계는 설계대상의 면적 식 (1)과 같다.

$$S = 316m^2 \quad (1)$$

설비 대상의 방식 소요전류는 식 (2)와 같다.

$$I_R = S \times I \times C_t \times C_{PH} \times C_c \times C_v \quad (2)$$

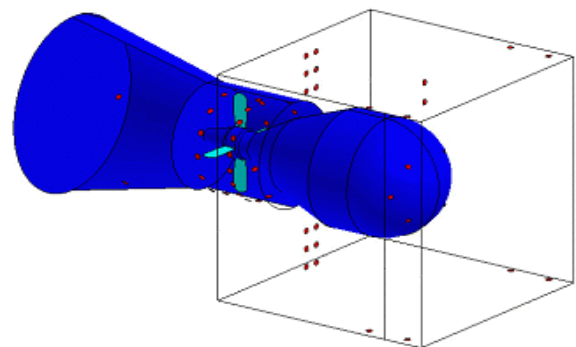
여기서 S = 방식 대상면적  
I = 소요 전류밀도  
C<sub>t</sub> = 온도 보정 Factor  
C<sub>PH</sub> = pH 보정 Factor  
C<sub>c</sub> = 전기전도도 Factor  
C<sub>v</sub> = 유속 Factor

설비 대상의 소요저항은 식 (3)과 같다.

$$R_N = \frac{R_A}{N} + \frac{\rho \times P_F}{C_{cp}} \quad (3)$$

여기서, R<sub>A</sub> = 개별 디스크 양극의 해수에 대한 저항  
R<sub>N</sub> = 해수저항에 대한 디스크 양극의 저항  
N = 양극의 수량  
P<sub>F</sub> = Parallel factor  
ρ = 해수 비저항  
C<sub>cp</sub> = 양극과 양극 중심사이의 간격

식(1), (2), (3)에 의해서 양극의 수량, 정류기의 정격 등이 계산되어진다. 본 설계에서는 최초로 수중에 설치되는 벌브형 수차발전기의 전기방식 설계의 적정성을 확보하기 위하여 전자장 해석 전문 프로그램인 FLUX 프로그램의 simulation 기능을 이용하여 방식설계의 적정성을 예측하였다.



<그림 1> simulation을 위한 양극 배치



- Daily, Monthly, Yearly History
- Trend
- Alarm/Fault Notification
- SMS Notification
- WEB Based Monitoring for control system

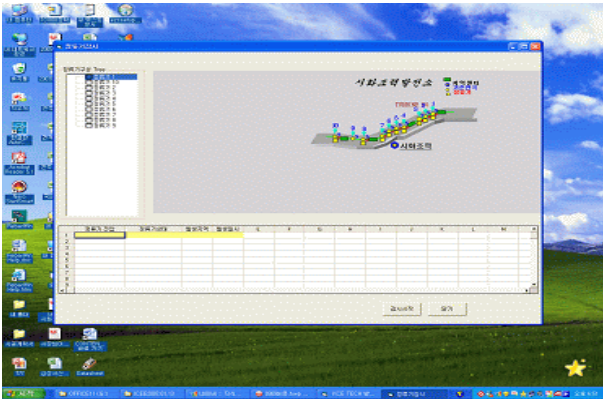


그림8 방식제어 시스템 주 화면

## 2.4 System의 특징

본 방식 감시제어시스템은 방식전위를 이중화된 다양한 인터페이스(광케이블, 무선, 유선)를 통해 제어할 수 있고 휴대전화, PDA를 이용하여 Alarm, Fault를 인지하도록 설계되어 있어 발전기의 운전 상태에 따른 제어를 신속하게 처리할 수 있다. 전기방식 제어시스템 가동중 통신이 단절되어 이상이 발생하더라도 별도의 Repeater에서 데이터를 저장하고 있다가 통신 복구 시 전송하게 되므로써 데이터의 유실을 최소화할 수 있는 방식으로 구성한다. 또한 Alarm 및 Fault를 문자메세지나 mailing system으로 휴대폰, PDA로 전송되므로 원격지에서 운영자가 즉각 처리할 수 있도록 설계되어 어떠한 환경에서도 방식 제어시스템이 정지되는 경우가 발생하지 않는 기능을 극대화시킨 것이 이 시스템 구성의 특징이라 할 수 있다.

## 3. 결 론

국내 최초로 해수중에 설치되는 수차 발전기에 적용하는 전기방식 설계 과정에서 수차 발전기 제작업체와 기술 협의를 거쳐 빠른 유속하에서 양극이 손상되지 않고 기능을 발휘하여 유지보수가 용이하도록 디스크 양극을 완전 밀폐형 Box에 설치하였다. 종전의 전기방식 설계가 경험 위주의 설계로 양극 설치 수량 및 위치를 선정하였으나 본 프로젝트에서는 FLUX 프로그램의 simulation을 이용하여 방식 설계의 객관성을 검증하였다. 수차발전기의 운전여부에 따라 변동하는 방식 전위의 제어를 위한 시스템 구성 및 제어 방법을 검토중이며 수차발전기용 전기방식을 고기능 고효율로 감시제어하기 위한 WEB 기반의 조력 수차발전기용 실시간 감시제어 방법 및 시스템 구성을 제시하였다.

향후 우리나라에서 건설될 가로림만, 인천만 조력발전소 및 세계 각국에서 건설될 조력발전소의 전기방식 설계에 참고가 되기를 기대한다.

## [참 고 문 헌]

- [1] WEB-BASED SYSTEMS & NETWORK MANAGEMENT P1-41
- [2] Cathodic protection of submarine pipelines, BS EN 12474:2001
- [3] Cathodic protection for steel offshore floating structures, BS EN 13173:2001