

HVDC 해수귀로용 전극설치 및 운영 개선 방안

이세일, 장재원, 박희웅, 김명원
한국전력공사

The Improvement Plan of Installation and Maintenance of electrode element in KEPCO Hae-Nam HVDC

S.I Lee, J.W Jang, H.W Park, M.W Kim
KEPCO

ABSTRACT - 한국전력공사는 전남 해남군 및 제주도 제주시에서 직류송전방식의 HVDC 설비로 '98. 03. 준공 운영 중이다. HVDC(High Voltage Direct Current)는 영국 GEC-Alstom의 150MW×2 Pole 변환설비 및 프랑스 Alcatel사의 101km 해저케이블 2회선으로 구성되어 제주도 전력수요의 40%를 담당, 안정적 전력 공급과 발전 연료비 절감에 기여하고 있다.

본 논문은 변환설비 운영 중 해저케이블 1회선 고장 발생에 대비한 해수 귀로용 전극 설비의 기능유지에 적절한 구조물개선과 보수비용 절감을 위한 방법 및 운영 개선 방안에 대하여 고찰하였다.

1. 서 론

장거리 도서의 전력공급에 경제적인 설비인 직교류 변환 설비는 해남에서 교류전압을 Thyristor를 이용 직류로 변환후 해저케이블을 이용 제주에 송전 후 다시 교류로 변환하여 전력을 공급하는 시스템이다. 변환설비 운영중 해저송전선의 고장에 대비한 예비회선의 건설비절감, 손실 저항감소, 고장시 전위안정등이 장점인 해수귀로용 전극설비의 채택운용이 일반적인 방식이다.

해수귀로용 전극설비를 해남군 어란전에 위치한 해수 pool 수중에 전극설치용 길이120m의 목재교량을 시설하여 교량난간에 인양로프로 결박하여 수중에 전극 20개를 설치운영 중이나 수중교각의 부식진행으로 설비운영 목적 대비 과도한 보수비용이 소요되고 전극점검에 과다한 시간이 소요되고 있다.

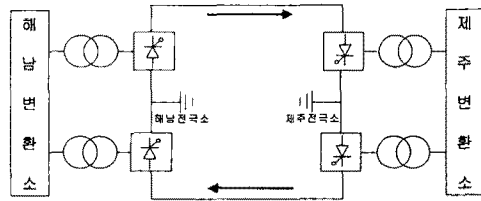
2. 본 론

직류 송전방식은 쌍극중성점 접지방식으로 해저케이블이나 기기 계통 1회선 고장시에도 해수중 설치된 전극을 이용 단극 운전으로 정격용량 절반인 150MW를 공급할 수 있는 해수 귀로용 전극설비를 설치 운영중이다.

2.1 해남 HVDC 해수귀로용 전극설비

해수귀로용 전극설비는 방파제로 보호된 해수 pool 수중에 전극설치용 목재교량을 시설하고 교량난간에 인양로프로 결박된 전극 20개를 수중에 설치 운영중이며 단극운전지속을 위한 설비이다.

2.1.1 정상 쌍극(Bipole) 운전방식



2.2.2 고장에 의한 단극(Monopole) 운전방식

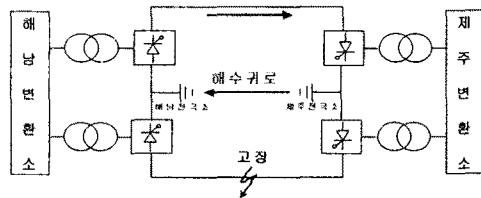
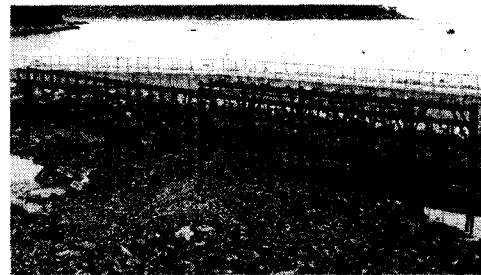


사진 1. 해남 HVDC 해수귀로용 전극 설치전경



Pool 수심 3m, 전류통과 면적 260m²의 실체로 개별중량 88kg,설계수명 40년인 전극의 전류정격은 850A이나 운전전류는 20~42.5A 정도이다.

2.2 해수귀로용 전극설비 문제점

2.2.1 목재교량 건설배경 및 보수기간 부족

건설당시 목재교량을 건설하여 설치편의, 절연협조 및 정상 운전중 점검을 위한 전극설치용 구조물로 운영중이다. 건설공기와 공사편리, 절연성 및 경제적 장점으로 선정한 목재교량은 조수간만 차에 의한 수중교각의 흡습반복으로 심각한 부식이 진행되어 유지보수비용이 증가하고 있다. 따라서 전극설치 목적에 적합한 신규구조물의 건설이 시급하지만 작업기간의 제한(연간 휴전기간 약 7일)으로 현재까지 보수도 불가하였다.



사진 2. 주지지목 부식 사진



사진 3. 심해부 교각부식 사진

2.2.2 안전상 수중교각부 보수시 휴전필요

또한 정상운전시 수중교각 보수작업 시행중 1회선 고장예의 한 단극 운전으로 전환시 전위 경도(단극 운전시 전위경도 4V/m 이며, 1.5V/m 이상시 인체에 위험) 상승에 의한 안전사고 위험이 있다. 자연재해에 의한 목교설비 파해시 전극봉 구매 및 복구에 경비 및 장시간 소요되며, 작업인원의 안전을 위하여 연계선 휴전이 필요한 실정이다.

2.2.3 방식처리 목재의 오염물질 발생

수중교각용 목재는 증유와 타르를 이용한 크레오스트 방식 처리한 재질이므로 수중 시공 후 부유하는 기름띠 가 인근 양식장 유입시 민원 발생이 예상된다.

2.2.4 양·음 전극 반응에 의한 부식 촉진물질 발생

Anode 반응으로 전자를 방출 및 산화반응에 의한 부식과 부산물로 염소가 발생- $2Cl^- \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$ 하며 Cathode 반응으로 환원반응에 의한 부산물로 수소가 발생 - $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2(g)$ 되며 혼합반응으로 $Cl_2 + 2NaOH \rightarrow NaOCl + NaCl + H_2O$ 로 반응하며 생성물인 염소(Cl_2), 차아염소산나트륨($NaOCl$) 및 수소(H_2) 에 의한 산성부식이 발생 목재교각의 부식이 촉진되고 있다.

2.2.5 운영목적대비 과다 시설 및 과다점검 시행

목교가 수중의 전극 까지 연결되는 전선지지와 전극 점검 목적임을 감안하면 비용 부담이 많은 과다 시설물이며, 주기적으로 부식 교각을 점검 하지만 심해 부식 교각의 경우 유지보수 불가로 도괴 위험상존하고 있다. 매 연차 점검시 전극을 인양하여 무게 측정 및 외관 점검을 시행하고 있지만 인양시 충격 등으로 전선의 절단 및 전극 파손 등이 발생하고 있다.

2.3 해수귀로 전극설치 구조물 개선

전극 설치용 목교의 대체 구조물중 수중작업보다는 육상제착후 설치 가능한 구조물의 철근배근, 크레인 이용 설치 방법, 구조예산, 안전도등을 검토한 결과 Y형 콘크리트 구조물로

결정하였다. 전극용 구조물 설치 장소가 방파제로 축조한 해수 pool 내부 이므로 해류 이동, 유수, 파력 등의 영향이 없으므로 자중으로 수중상태 유지가 가능하다. 또한 전극반응에 의한 염소 발생시 콘크리트 구조물의 경우 콘크리트 표면 부식, 균열 등을 촉진하나 농도가 4% 미만이며, 확산속도가 빨라 영향 미비하며, 1 Pole 운전 기간이 연간 8일 미만 이므로 생성물질인 염소 및 수소에 의한 산도상승으로 주변 구조물 부식영향이 적어 현 목재교각을 대체할 전극설치 목적에 부합한 구조물이며 2m이상 뿔 침적 여부를 주기적으로 확인하여 준설 시행시 효율적이다.

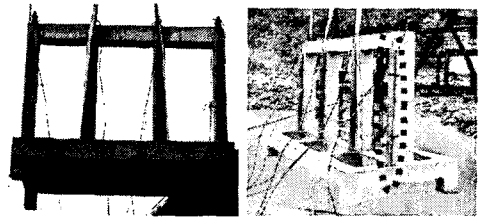
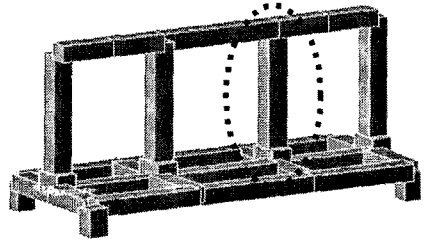


사진 4. 전극설치 구조물

2.4 분배선로별 수중전극 전선의 교차 설치

전극설치용 구조물 5개를 육상에서 제작하여 전극을 4개씩 총 20개 고정 설치후 상부 설치 애자에 인양로프와 전선을 결선한 후 크레인을 이용 구조물을 수중 설치하며 구조물 하부 지지용 발판 4개가 수중 침적된 뿔속에서 자동으로 수평 유지 가능한 구조로 제작한다.

2.4.1 분배선로별 수중전극 전선의 교차연결

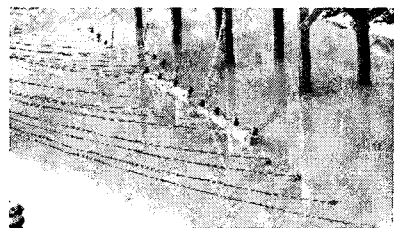
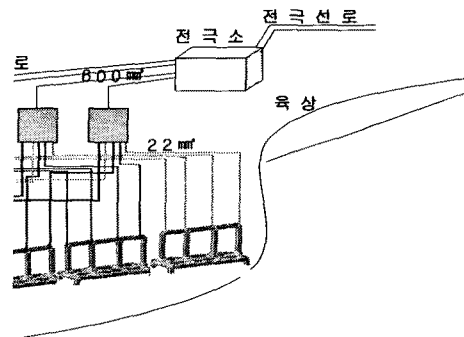


사진 5. 선극설치 구조물 수중설치후 전경

전극용 전선은 방파제 하부로 이설연결하고 각구조물의 전극은 위치별로 수중상태가 상이하므로 각구조물 전극 1개씩 총 5개씩을 동일 전극선로에 결선하여 운영시 일정한 전류분배 유지가 가능하다.

2.4.2 전극봉 분배전류 측정결과

개선전 전극선로 전류는 271.6A로 케이블당 67.9A(600mm² 케이블 4선)흐르고 각 전극봉의 분배 전류는(22mm² 케이블) 표와 같다. 개선 후 전극선로 전류는 202.9A이며 케이블당 50.7A로 일정한 전류분배가 되고 있다.

2.4.2.1.개선 전 전극봉 분배전류(A)47.9MW('05.05.11)

1	22.0	6	-	11	21.7	16	10.8
2	18.1	7	17.0	12	14.5	17	11.2
3	13.7	8	10.3	13	11.2	18	11.5
4	12.1	9	18.9	14	12.2	19	10.4
5	14.1	10	24.4	15	10.2	20	17.2

2.4.2.2.개선 후 전극봉 분배전류(A)43.3MW('05.05.20)

1	19.3	6	7.6	11	6.6	16	8.2
2	14.5	7	3.4	12	8.1	17	11.4
3	11.4	8	7.2	13	4.1	18	12.7
4	8.8	9	6.2	14	8.8	19	16.9
5	9.2	10	4.4	15	5.4	20	22.1

2.5 전극운영방법 개선

연간평균이용일수가 8일 미만인 수중전극을 매년차점검시 인양하여 개별중량 및 상태등을 점검결과 현재까지 신품과 동일한 평균 86kg로 유지되고 있으며 중량 반감시 교체토록 권고하고 있어 설계수명 40년 사용이 가능하다는 결론이다. 따라서 전극전선의 손상과 실리콘타입 전극의 충격파손 취약성을 감안 및 예비전극수량을 감안시 현재의 인양점검 보다는 운전전류의 확인에 의한 상태감시만 시행하고 5~10년 주기로 구조물이나 전극의 개별인양점검으로 변경하였다.

전극운영 개선시 연차점검 기간내에 수중 혹은 육상인양점검이 가능하다.

표 1. 98년 설치후 현재 전극봉 무게(kg)

1	79	6	88	11	88	16	85
2	84	7	86	12	85	17	88
3	85	8	86	13	88	18	87
4	88	9	87	14	88	19	87
5	88	10	86	15	86	20	83

3. 결 론

제주도 전력수요의 안정적 전력공급, 발전원가 절감 및 관광지로서의 환경보존, 발전소 입지난 완화, 선진 고압 직류송전 기술 축적 등을 위해 설치된 초고압직류송전 방식(HVDC)중 해수 귀로용 전극시설물의 개선방안에 대하여 정리하였다.

해수귀로용 전극시설용으로 건설된 수명이 완료된 목재 Timber Bridge를 대체한 신개념의 전극용수중구조물 건설과 유지보수 방법을 개선후 전극의 분배전류와 변환

설비운전상태의 건전성을 입증함으로써 해수귀로설비의 기술자립달성 및 정비편의와 유지보수비용 절감은 물론 자연재해에 의한 설비고장 요소를 사전 예방함으로써 변환설비의 안정성 및 신뢰성 확보를 실현하였다..

참 고 문 헌

- [1] 전극설치 구조물 설계용역 검토서, 2005. 4.
- [2] 300MW HVDC Link HAENAM/CHEJU INSTRUCTION MANUAL Volume 9, 1999. 9