

高電壓 水中모터 補修技術 開發

Development of Maintenance Technology for High Voltage Submerged Electric Motor (Power Generation Field)

崔 在 吳

韓國電力公社 發電處長

I. 머리말

최근의 화력발전소 보일러는 중래의 자연순환보일러에 비해 충분한 순환비 확보 및 기동정지 속응성 부여, Cycle 향상등을 위해 비교적 높은 압력에서 운전되는 강제순환보일러를 채택하고 있다.

이 형식의 보일러에 있어서는 보일러수를 순환시키는 별도의 순환수 펌프 채용이 필수적이며, 이 펌프의 모터는 고압(약200kg/cm²) 보일러水中에서 회전하는 高電壓 水中모터이다.

이와같은 특성 때문에 국내에선 본 모터 보수용 Coil생산 및 절연재 개발이 미흡한 상태였고, 특히 절연처리기술 미흡으로 국내 보수가 불가능한 상태였으나 본 모터의 보수용 Coil을 여러단계 시험을 거쳐 국내 제작하고 Coil접속부 절연처리 기술을 습득하여 국내 보수를 시행하였다.

여기에 본 모터Coil 국내 제작 및 절연처리 기술을 습득하여 보수를 시행한 내용을 기술한다 (우리공사 서천화력 모터 보수실적 기준임)

II. 高電壓 水中모터 補修

1. 모터의 구조

보일러순환수 펌프모터설치현황

제 작 사	국 명	설치수량	주 요 사 양	냉각방식
Han Som	미 국	6대	4.0KV, 227KW 4극, 1750rpm, 3φ	수 냉 식
Hayward Taylor	미 국	8대	6.6KV, 485KW 4극, 1760rpm, 3φ	수 냉 식
Klein Backer	스위스	3대	6.6KV, 430KW 2극, 3550rpm, 3φ	수 냉 식
Mitubishi	일 본	3대	6.6KV, 300KW 4극, 1765rpm, 3φ	공 냉 식
Torishima	일 본	1대	440V, 175KW 2극, 3520rpm, 3φ	수 냉 식

본 모터는 미국 Hanson社에서 제작, 공급된 것으로 모터의 Rotor 상부는 Thermal Barrier를 통하여 펌프와 직결되었고 Rotor 하부에는 보조 임펠러와 Thrust Bearing이 부착되어 있다. Stator Core에는 36개의 Slot가 있으며 한 Slot에는 20가닥의 Coil이 감겨져 있다. 결선방식은 3상, 4극 Y결선이며 각 Slot Coil위에는 Wedge가 삽입되어 Coil의 진동을 막아준다.

Coil은 Nylon과 Polyethylene으로 이중 피복된 軟銅線(직경 2.7mm)이며 Y결선 접속부는 보일러수 압력에서 침수되지 않도록 특수 절연처리 되어 있다.

한편 모터 Core 양측의 End Coil은 Polyethylene

Bind Tape로 감아 Coil의 진동을 방지하였으며 3상 전원을 인출하는 Bushing에는 고압의 보일라수 누설을 방지하기 위하여 고무Ring이 삽입되어 있다.

그러나 모터와 펌프가 Thermal Barrier를 사이에 두고 한 몸체로 되어있기 때문에 고압 냉각수 계통의 밸브가 새거나 Cooler에서 보일라수가 누설시에는 고온고압(355°C, 200kg/cm²)의 보일라수가 모터 내부로 유입되어 Coil 절연물이 손상된다.

또한 Cooler의 냉각수 공급이 차단될 때에도 보일라수 온도가 傳導되어 모터Coil이 손상되기도 한다.

보일라가 정상 운전중에는 보일라수 압력이 모터 내부에 똑같이 加壓(200kg/cm²)되며 모터 Rotor는 고압의 水中에서 1,750rpm으로 회전한다.

모터 운전중 내부에서 발생하는 열은 보조 임펠러에 의해 모터 내부의 물이 외부의 Cooler로 보내져 냉각된 후 다시 모터 하부로 순환된다.

2. 국내 보수 배경

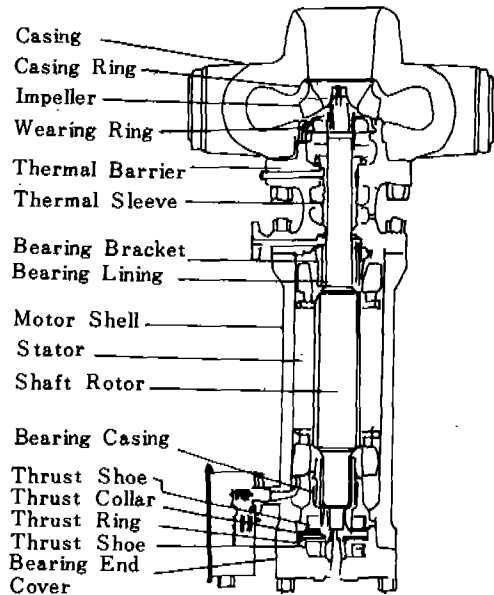
'84년 8월 서천화력 제 2호기 보일러순환수펌프 모터의 절연저항이 떨어져 분해점검 결과 Coil절연

재 일부가 열화 손상되었음을 발견하였다.

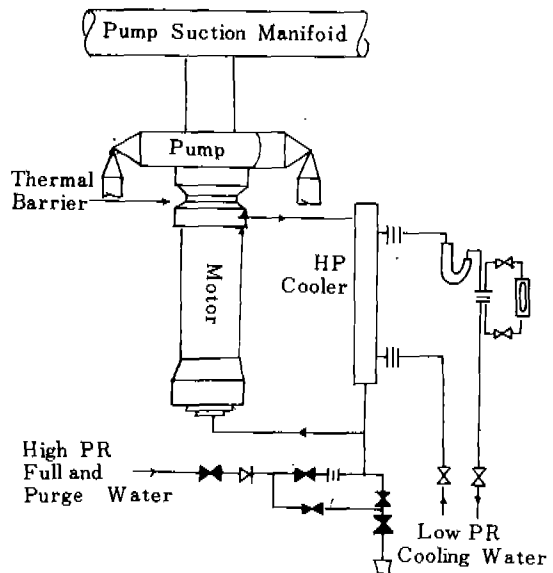
손상된 모터를 국내 모터 제작사에서 수리하였으나 68시간 운전후 절연처리부위 침수로 Coil이 재손상되어 국내 수리에 실패하였으며 결국 미국의 원 제작사에 반출 수리하였다.

그 후 85년 10월 제 1호기용 모터도 Coil이 과열 손상된 사고가 발생하여 Coil만 수입 하고 국내 수리하는 방안을 국내 모터 제작사와 협의하였으나 水中 Coil 배선방식과 Coil접속부 절연처리의 기술적인 문제점을 해결하지 못하여 국내 수리가 불가능하다는 결론하에 미국의 원 제작사에 수리를 의뢰하였던 바 약 1억원의 비용을 청구하여 왔다.

그래서 본 모터의 수리를 직접 시도해 보기로 하고 우선 수중모터 수리 실적(비행장용 저압수중모터, 440V, 100HP)이 있는 국내 업체를 수소문, 방문, Coil 배선방법과 접속부 절연처리 과정을 면밀히 분석 토의한 결과 소요자재를 국산개발하고 절연처리 방법을 연구 보장한다면 국내 수리가 가능할 것으로 판단하고 소요자재 국산개발을 위해 기존 모터 Coil 및 부속자재들을 채취하여 국립 과학기술원에 재질분석을 의뢰하였고 그후 성분분석이



모터구조



모터냉각설비

완료되어 금성전선 공장을 방문 同成分과 같은 Coil 을 제작하여 줄 것을 요청하였다.

同社 기술진은 1개월에 걸친 기술검토 끝에 국내에서는 처음으로 고압 水中모터 Coil(피복재포함)을 시험생산하였고 이 Coil을 시험한 결과 기존제품에 손색이 없음이 확인되어 본 Coil을 채택 수리하였다.

국산제작 Coil 사양

구분	재질	규격	내열온도
Coil	연동	φ 2.7mm	
절연재	내피: 가교폴리에틸렌	1.5t	120℃
	외피: 나일론 6	0.18t	225℃

국내제작Coil 특성시험치

항목	특성치	시험방법	시험조건
도체저항	3.10hm/km 이하	KSC 3004.6항	20℃
절연저항	10,000M Ohm.km이상	KSC 3004.9.1항	20℃
내전압	10KV/1분	KSC 3004.8(2)항	수중
절연	가열전 인장강도	1.0Kgf/mm 이상	KSC 3004.16항 인장속도 ;약200mm/1분
	신장율	350%이상	
체	가열후 인장강도	가열전값의 80% 이상	KSC 3004.17항 가열온도/가열시간; 102℃/ 96h
	신장율	가열전값의 80% 이상	
내가열 변형성		두께의감소율40%이하	KSC 3004.23항 가열온도;120+3% 하중; 1kg

3. 絶緣耐力試驗 容器製作

본 모터 Coil의 접속부는 고압(200kg/cm)의 水中에서 고전압(4.0KV)에 견딜 수 있도록 절연처리하여야 하므로 매우 어려운 일이었다.

그리하여 실제 운전조건을 갖춘 아래와 같은 시험용기를 만들어 여러가지 工法으로 절연처리한 試料들을 넣고 시험을 거듭하여 Coil절연처리 기술을 습득하였다.

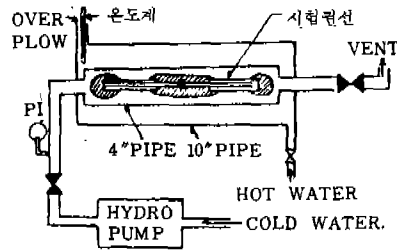
가. 電源引出管 및 中性點 접속부 절연내력 시험

1) 2층으로 된 원통형 시험용기 안쪽에 여러가지 방법으로 절연 처리한 전원 인출관과 중성점을 접속한 試料들을 넣고 용접 밀봉한 다음 수압시험 밸브를 열어서 물을 채운다.

2) 수압시험 펌프로 200kg/cm²까지 加壓하여 48 시간 동안 유지한다.

3) 바깥쪽 시험용기에는 모터 운전온도(60℃)를 유지하도록 온수를 공급하여 모터를 가열한다.

4) 48시간 경과후 試料를 꺼내어 외관 검사 및 절연내력 시험을 실시하였다.



권선접속부 침수시험기

4. 보수내용

가. Coil 배선 작업

- 1) Sator Slot 내부를 깨끗히 청소한다.
- 2) Nomex Paper (900×900×0.25mm)를 각 Slot 내부에 삽입하여 Coil이 Core 표면에 접촉되지 않도록 한다.
- 3) Coil 총연장 993m를 331m씩 3등분하여 각相 Coil 저항을 측정 기록한다(스위트 브리지 사용).
- 4) Coil 직경과 똑같은 Stainless봉 (직경 2.7mm, 길이 1m)을 각 Slot에 삽입한다(20개)
- 5) Coil A相 分 331m를 S자 모양으로 길게 펴서 10m 간격으로 잡고 이동하면서 Slot 옆으로 Coil을 삽입한다.
- 6) Slot에 삽입된 Coil은 3상 Y결선 방식에 따라 Rewinding 작업을 한다.
- 7) 은행나무 Wedge를 넣어 Coil을 고정시킨다.
- 8) Coil 끝단 휜 부분은 20가닥씩을 겹치게 PVC 튜브로 묶어 Coil의 진동을 막는다.

나. 中性點 結線 絶緣處理

3상 중성점을 Sprice Kit에 접속하고 銀納 용접 후 다음과 같은 방법으로 절연 처리하였다.

1) 3상 중성점은 접속한 Sprice Kit 부위를 Poly Gun(절연재 용접기)으로 젯트벨트 접착제 (No. 3779)를 녹여서 Molding(두께 15mm) 하여 1차절연 처리한다.

2) 그 Molding 부위에 Polyethylene 절연 테이프 (No.44)를 균일하게 감는다(두께 2mm).

3) 그 위에 Spray 접착제 (Super 90)를 고르게 도포하고 절연 테이프를 고르게 감는다(두께 2.5mm)

4) 테이핑이 완료된 중성점 접속부의 직경은 30mm이고 길이는 약 600mm가 된다(Coil 직경 : 2.7mm).

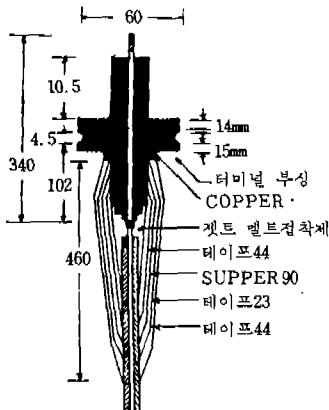
다. 電源線 引出管 絶緣作業

Coil Rewinding 작업 완료후 各相 Coil의 끝단을 인출관의 끝(13mm 銅棒)에 銀納 용접한 후 아래와 같이 절연 처리하였다.

1) 접속점의 용접부위를 Poly Gun으로 젯트벨트 접착제 (No. 3779)를 녹여서 Insulating Sleeve 하부 두께만큼 Molding 하여 테이핑하기에 알맞게 형상을 만든다.

2) Molding 부위에 절연테이프 (No.44)를 균일하게 감는다(두께 2mm).

3) 그 위에 Spray 접착제 (Super 90)를 고르게 도포한 후 절연테이프 (No. 44)를 균일하게 감는다 (두께 3mm).



전원선 인출관 절연작업도

사용절연제 주요사양 : 국내 3M사 제품

구 분	주 요 사 양
젯트벨트 접착제 (No. 3779)	○전단강도 : 49kg/cm ² ○인장강도 : 147kg/cm ² ○직 경 : 15mm ○길 이 : 48mm ○내열온도 : 149℃ ○특 성 : 내절연성
폴리에틸렌절연테이프 (No. 44)	○전단강도 : 49kg/cm ² ○인장강도 : 40 lb/In ○연 신 율 : 20% ○절연강도 : 5,000V ○내열온도 : 130℃ ○두께 : 0.127 mm
자기용착 테이프 (No. 23)	○인장강도 : 81b/In ○두께 : 0.76mm ○내열온도 : 90℃ ○적용전압 : 69KV ○절연저항 : 880V/M/1

4) 그 위에 고압 고무절연 자기용착 테이프 (No. 23)를 균일하게 감는다(두께 3mm).

5) 그 위에 다시 절연 테이프 (No. 44)를 균일하게 감고(두께 2mm) 보수를 완료하였다 (절연부위 총직경, 상부 42mm, 중간부 28mm, 원 인출관직경 13mm).

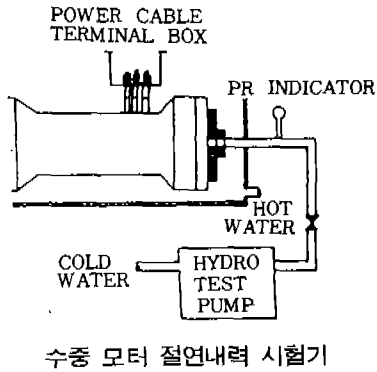
5. 모터 보수완료후 절연내력 시험

1) 모터를 조립하여 모터 Casing에 물을 채우고 온수탱크에 넣어 고정시킨 다음 탱크에 온수를 계속 공급하여 모터 Casing을 60℃로 가열한다.

2) 수압펌프로 모터 내부의 수압을 220kg/cm²까지 가압하여 96시간 동안 유지한후 절연내력 시험을 실시하였다.

6. 운전

위와같은 공정을 거쳐 보수를 완료하고 현장에 설치 운전결과 약 10개월이 지난 현재까지 매우 양호한 상태로 운전되고 있다.



기존 他 모터와 보수모터 운전상태 비교

점검내용	전동기명	기존 (A)	보수분	기존 (C)	비 고
相 卷線抵抗 (Ohm)		1,796	1,883	1,895	휘스톤브릿지 사용
절 연 저 항 (Ohm)		1,200	1,300	1,500	1000V MEGGER 사용
운 전 전 류 (A)		32	32.5	33	定格電流 : 48A
펌프토출差圧 (PSIG)		10	11	10	定格差圧 : 12PSIG
모터몸체온도 (°C)		42	43	39	허용최고온도 : 60°C
모터펌프진동 (um)		15	17	16	
모터운전소음 (dB)		75	76	75	
보일러 운전 조건		드럼압력 : 188kg/cm,		관수온도 : 355°C	

Ⅲ. 맺는 말

강제순환 보일러에 설치된 순환수펌프 모 는 고 전압 수중형의 특수형식으로 제작되며 높은 운전신뢰성이 요구되는 중요설비다.

지금까지는 이 모터의 고장시 국내 수리가 불가능하여 외국 제작사에 많은 외화를 지불(약12만불)

반출수리를 해온 점을 감안해 볼때 금번 보수는 초 기 시험단계로서 Coil제작, 절연 처리기술등 갖가지 어려움도 많았지만 이를 극복하고 국내 보수에 성공함으로써 외화 절약(국내 보수비용 1870만원) 은 물론 국내 보수기술 향상 뿐만 아니라 향후 동형모 타 국내 제작 기반조성에도 많은 도움이 되리라 믿 어 자못 그파급 가치가 크다고 하겠다. *

NEWS 過去와 現在, 그 未來를 한눈에!

電氣 1 백년 綜合展示會 盛大히 개최

韓國電氣 1 백년 綜合 전시회 개막식이 6월30일 李鳳瑞동자부차관을 비롯하여 鄭東星국회 상공분과위원장등 전계인사와 손재식韓電이사장, 朴正基 韓電 사장등 내외귀빈 2백50여명이 참석한 가운데 한국 종합전시장에서 성대히 거행되었다.

韓國電力公社가 주최하는 이 전시회는 電氣 1 백년을 맞아 전기가 1세기동안 우리사회에 끼친 발자취를 재조명하고 電氣가 앞으로 지향할 좌표를가늠해 보는 동시에 전력사업에 대한 이해증진의 기회를 마련하기 위해 개최했다.

15일간 열린 동 전시회에는 테마의 광장, 1백년 발자취, 빛의 통로, 에너지피아, 실생활의 장, 육의 전시를 했으며, 국내 최초로 시도하는 3D영상 시스템인 에어돔(Air Dome)식 시청각 시설물도 설치



하여 전기 1백년의 과거와 현재를 한눈에 볼 수 있게 하는 한편 미래의 에너지피아전설에 대한 이해를 높이게 했다.

한편 이 전시회에는 전기제조업체인 大韓電線, 金垆電線등 32개사와 관련단체가 제품을 전시했다.

*