

제외한 전지역 통화 가능
(TBN Control 벨브주위 외 7개소는 주위의 소음이 심하나 의사소통은 가능함)

→ 옥외장소 : 제1, 2연료하역장 및 부두지역까지 통화양호

나. 시험 결과

- 전자기기실 ABC, BMS 판넬을 포함한 전 지역에서 시험결과 900 MHz의 무선단말기 (100mW이하) 사용시 발전소 제어설비에 영향이 없으므로 무선단말기를 설치 운영하여도 좋을 것으로 판단됨

다. 무선 단말기의 설치 운영

위와같은 시험은 분당복합화력, 영동화력, 삼천포화

력, 여수화력, 무주양수, 서인천 복합발전소에서 같은 방법으로 실시하였으며, 모두 무선단말기를 설치하여 운영중에 있어 운전원 및 정비원의 편리한 운전환경 개선에 기여를 하고 있다. 또한 2003년도에 평택화력, 태안 5호기에 시험을 하였고, 태안 2호기, 삼랑진양수에 시험계획 예정이고, 열병합발전소는 물론 정유회사등 모든 공장에서 사용할 수 있음은 물론 특히 포항제철에서도 이미 사용중에 있다.

*참고 : 본 무선단말기는 정보통신법에서 지정한 주파수사용기기가 분기에 지불하는 사용료를 내지 않는 기기임(10W 미만 기기)

TBN, GEN 위치측정 기술



한전기공(주)
기술개발원 전문원실
과장 이시연
Tel : (031)710-4392

1. 터빈발전기위치측정개요 및 측정목적

터빈발전기는 국내 여러 발전설비가 각기 특성을 소유하고 있으며, 어떠한 설비에 변화가 일어나거나 혹은 측정렬의 변화가 발생함은 최초 잘 정렬된 상태

에서 위치변화가 발생하였다는 증거일 것이다.

이러한 변화원인을 밝히기 위하여 정비현장에서는 Data관리가 필수적이므로 다년간 자료수집을 위하여 측정과정을 개발하고, 측정항목을 신설하였으며, 최신 장비 구입과 동시에 자체적으로 측정장치를 개발하여 측정기법을 현장을 위주로 수행하고 있다.

측정결과나 측정과정의 일부는 개발중인 경우도 있으나 현장실정에 적합하도록 정비전문회사에서 개발한 장비와 측정기법으로 측정한 내용을 바탕으로 현장에 응용한 위치변화측정기술에 대하여 간단한 예를 소개하고자한다.

소개된 내용은 물론 지속적인 측정기법 개발을 통한 자료보강이 완료되면 점차 설비안전 유지 및 정비 방법에 새로운 방향이 결정되고 기술개발의 진가를 인정받을 수 있을 것이다.

정비현장에서 일상적인 점검으로는 취약설비 및 문제가 발생한 설비에서 자료취득이 어렵고, 측정장비 조달 및 체계적인 기술지원이 어려움은 물론 측정시기 또한 운전조건에 맞추어 실시하기란 어렵다.

일상적으로 현장에서 터빈발전기에서 운전전후 비교 가능한 Data를 열거하면 Oil Temp & Pressure, Vibration, Diff Expansion, Abs Expansion, Eccentricity Probe, Condenser Vacuum등이다.

이와 같이 일반적인 상시점검Data와 다르게 터빈발전기 정비를 위한 측정자료가 필요하다면 현재위치는 어떠하며, 운전조건변화에 의하여 어떠한 경향으로 터빈발전기의 위치가 변하는가? 혹은 장기간 운전하는 동안 어떠한 변화가 일어나는가? 그 원인을 찾아내는 다방면의 노력이 필요하다.

측정시기 또한 운전상태와 정지상태 그리고 측정이 가능하다면 운전변화 발생시점의 여러 상태를 측정하여 상호 비교검토가 이뤄져야한다.

위치측정이 완료되면 정비방향이 직접적으로 나타나는 항목도 있으나 일부Data는 경향을 분석할 수 있는 가치가 있으므로 과거 정비이력 및 운전Data변화 등과 더불어 충분한 자료 검토를 통하여 최종적으로 정비방법과 결부시켜야하는 경우가 대부분이므로 복잡한 과정을 통하여 분석해야한다.

2. 터빈발전기 위치측정 종류 및 내용

가. 베어링 Pedestal 단독 Level변화

(1) 측정 필요성 및 측정위치

일반적으로 터빈베어링Pedestal 설치형태는 터빈기초Table, Sole Plate, Base Plate순서로 설치된다.

베어링 Pedestal 단독Level변화를 측정하므로 현재 어떠한 위치로 설치되어 있으며, 운전상태변화에 따른 변화는 어떻게 일어나는가를 확인하고자 한다.

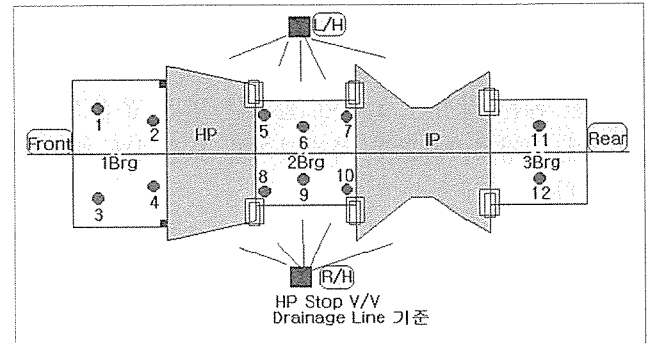
다음 [그림 1]은 측정오차를 줄이기 위하여 측정기를 일정장소에 설치하여 몇 개의 베어링 Pedestal Level이 동시에 정확히 측정 가능하게 설치한 예시이다.

터빈발전기정지상태에서 측정 점을 확고하게 선정하여 측정기준으로 삼고 운전상태 및 출력변화시점이나 현장특수성을 고려하여 측정하면 베어링 Pedestal

변화상태를 정확히 확인할 수 있으므로 측정렬변화는 물론 베어링Pedestal상하위치변화를 비교적 안정하고 정확하게 측정할 수 있다.

흔히 일반적으로 사용하는 Square Level Gauge나 전자Level Gauge단독 측정보다 종합적인 자료 취득이 가능한 최신 종합 Level 위치 측정이다.

운전과정에서 측정은 구조물의 방해나 높은 열과 진동이 수반되는 경우 측정과정에 다소의 제약을 받는다.

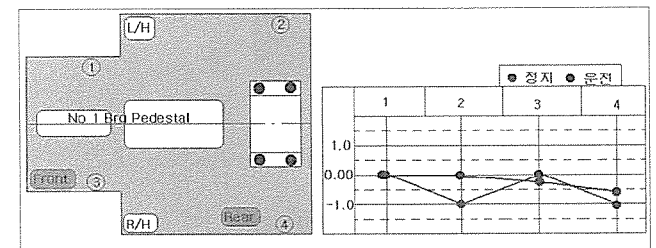


[그림 1] 1.2.3번 베어링Pedestal 단독 측정방법

(2) 베어링 Pedestal 단독 위치변화측정 실제

베어링 Pedestal단독위치변화 측정으로[그림 2]는 운전중이나 정지중 언제나 측정이 가능한 수평 Flange면 4개소에 측정 점을 선정하여 항상 동일지점에 점 점측으로 측정기를 설치하여 측정하는 방법이다.

터빈발전기의 모든 베어링 Pedestal에 적용하여 측정한 결과 베어링위치변화를 언제나 확인할 수 있음은 물론 직접적인 Data를 확인할 수 있는 측정항목이다.



[그림 2] 베어링 Pedestal 측정지점선정과 위치변화

나. 베어링 Pedestal & 터빈 Casing수평 Position측정

(1) 측정개요

대형 구조물인 터빈발전기설비는 여타 기계장치와 상이하게 고열의 영향으로 정지중에 잘 조립된 위치가 운전과 더불어 열성장으로 위치변화가 일어난다.

이러한 열 팽창과 수축을 반복하는 과정에서 구조물의 구속, Guide Key 변화 및 마모, Fixed Key 변화, Sliding 부정확 등으로 인한 위치변화가 원만하지 못하면 구속되거나 부등팽창 및 수축으로 인하여 위치변화를 일으킬 수 있다.

이를 확인하는 방법은 정비과정에서 많은 부분이 측정되지만 정지상태와 운전상태의 위치변화를 확인하기 위하여 현장에서 측정장치를 특별히 제작하고 위치측정을 실시한다.

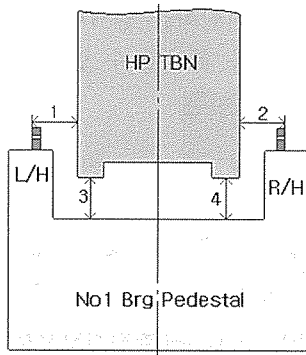
이러한 측정이 터빈발전기정비에서 매우 중요하나 현장에서 수행하기 번거롭고 측정장치나 측정지점이 없으면 물론 장시간 노력이 필요한 반면 운전조건에 맞추어 측정해야하므로 측정결과를 도출하는데 어려움이 있다.

측정지점을 선정하여 Lug를 제작설치하고 최초측정을 위하여 정지상태에서 측정을 기준으로 운전상태에서 측정하므로 위치변화를 감시하는 방법이다.

(2) Bearing Pedestal & Casing 수평위치측정

측정방법은 다음 [그림 3]에서와 같이 측정위치에 Lug를 제작설치하고 측정전용 Hole을 제작하여 Depth Micrometer로 정확히 측정하는 한 가지 방법이다.

상시 측정감시체제를 갖추려면 LVDT를 설치하여 감시하면 자동기록과 동시에 정확한 측정이 가능하나 설비의 복잡성 및 계측기 설치가 다소 어려우나 현재 필요한 사업장에서는 점차 장치를 증설하는 실정이다.



[그림 3] 베어링 Pedestal 수평 Position 측정위치

다. 터빈 Foundation Spring 위치변화측정

(1) 측정 필요성

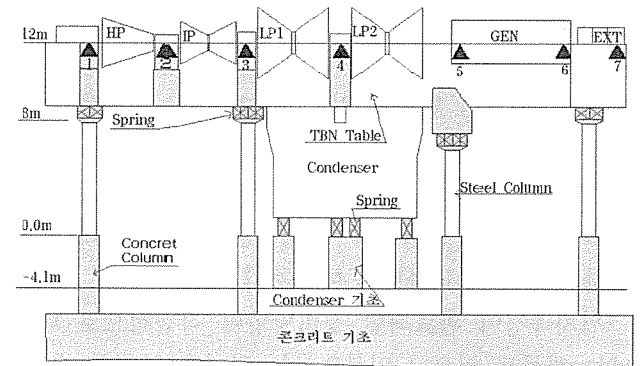
터빈발전기 기초는 다음[그림 4]와 같이 4개의 기둥이 좌우 총 8개로 구성되어 있다면, Column과 터빈발전기 기초Table 사이에 Helical Spring Group으로 지

지되는 특이한 형식이다.

소형열병합발전소 및 공기압축기나 펌프기초에 특별히 설치된 경우를 경험하게 된다.

기초에 설치된 스프링은 운전조건 변화에 따른 하중변화 의하여 위치변화를 일으키며 이 기초스프링 상부에 설치된 기계장치는 위치변화를 일으키는 것은 당연하다.

이러한 특수성을 감안하여 Bench Mark 측정과 더불어 여러 경향분석에 중요한 자료로 시운전 초기부터 중점관리가 필요하다.



[그림 4] Spring Foundation 구성

(2) 측정결과

운전조건변화와 열성장과 수축에 의하여 스프링에 작용하는 하중변화에 의하여 위치 변화하는 정도를 측정하여 Data를 취득하고 Graph를 그려서 비교한 결과 문제가 발생하는 시점이 확실히 나타났다.

그러므로 베어링 수정이나 측정결과과정에서 운전상태의 변화량을 고려하여 이를 미리 보상한 Misalignment를 실시하는 방향을 결정하게 된다.

라. Condenser기초 Spring변화

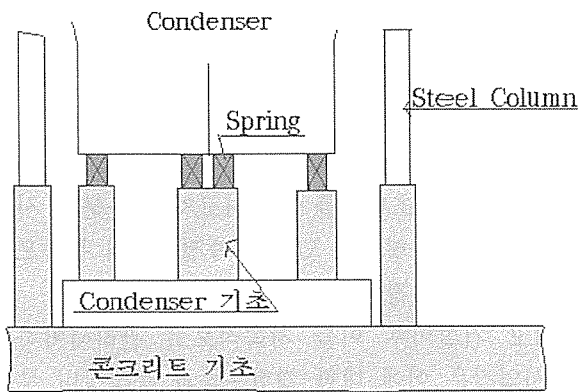
저압터빈과 복수기 사이에 Expansion Joint가 설치되는 경우가 대부분이지만 복수기 진공변화에 의하여 터빈발전기 위치변화와 진동변화가 민감한 반응을 나타내는 것은 공통사항이다.

다음[그림 5]와 같이 Condenser하부에도 Helical Spring으로 받치고 있는 형식으로 저압터빈과 복수기 사이에 Expansion Joint가 없는 Rigid Type이다.

그러므로 복수기 하부의 기초변화를 확인하고자 위치변화를 측정하였다.

Condenser 기초 Spring변화는 터빈기초와 직접적인 연관성이 있으며 특별히 CWP운전 유무, Hot Well

Level, 운전조건변화에 따라서 변화가 있으므로 운전 조건변화에 의하여 어떠한 경향으로 변하는가를 측정 자료를 정리하여 정비참고자료로 한다.



[그림 5] Condenser지지형태

마. 저압터빈 Casing(Hood) Level변화

(1) 측정 필요성 및 개요

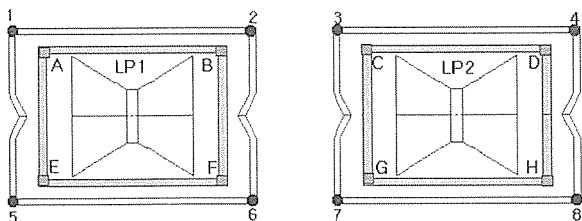
저압터빈은 정지상태. 운전시 출력변화와 진공영향에 의하여 변형이 발생된다고 예상된다. 그러나 실제 어떠한 변화를 일으키는가를 어떠한 터빈에도 적용하여 확인한 경우가 없다.

이를 확인하고 진공변화와 관계를 밝히고자 다음 [그림 6]과 같이 측정하였다.

물론 열병합발전소의 소형 터빈발전기에는 반드시 확인되어야할 측정항목으로 이미 문제가 발생한 여러 사업장에서 측정되고 확인되었다.

그러나 최초로 대형 저압터빈 Outer Casing의 Flange가 외부로 드러난 수평 가공부[그림 6]의(1.2.3.4.5.6.7.8)에 측정지점을 선정하고 수행되었으며 측정은 정지중, 운전중 모두 가능한 부분을 선정하였다.

필요하다면 외부 케이싱이 분해될 경우를 대비하여[그림 6](A.B.C.D.E.F.G.H)과 같이 Inner Casing Flange면이나 Diaphragm Flange면을 측정관리하면 정비참고 자료로 유용하므로 계획예방정비시 반영이 가능하다.



[그림 6] LP TBN Outer Casing(Hood) Level측정위치

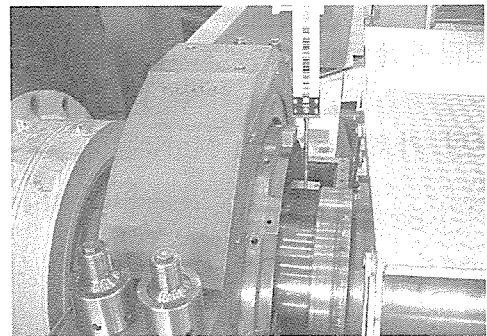
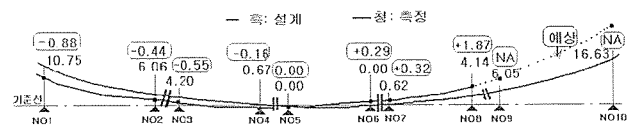
(2) 저압터빈Casing Level측정비교

정지중 측정한 자료를 기준으로 운전중 측정자료와 비교한다.

특히 소형 터빈베어링은 터빈Casing과 일체형인 경우가 대부분이므로 반드시 측정되고 관리해야한다.

정지중 측정과 운전중측정 자료를 비교하면 베어링 위치수정과 측정될 자료를 확보할 수 있으며 특별히 열 영향을 민감하게 받는 고압터빈과 저압터빈에 복수기 진공영향이 민감한 경우는 철저한 관리 대상이다.

바. 터빈 Rotor Catenary Curve 변화



3번 저널 레벨 측정 장치 개선후

[그림 7] 대형 회전체의 Rotor Catenary Curve측정

사. 베어링 Pedestal지지 Base Plate 변화

(1) 측정개요

베어링을 Pedestal지지하는 기초Base Plate는 하부 Sole Plate와 사이에[그림 8]과 같이 Jack Screw로 받치고 있는 경우가 있다.

Alignment 수정시 Jack Screw를 상하로 이동하면 가능한 설비이다. 대부분은 Jack Screw대신 Shim Plate로 수정되고 있다.

만약 Base Plate위치변화가 발생하면 베어링 Pedestal위치는 물론 베어링 위치가 변하므로 측정렬에 영향을 준다.

베어링 Pedestal을 지지하는 평탄하고 튼튼한 기초 Base Plate건전성 및 변화상태를 측정하는 것으로 측정결과는 베어링 Pedestal 단독 Level변화에서 설명된

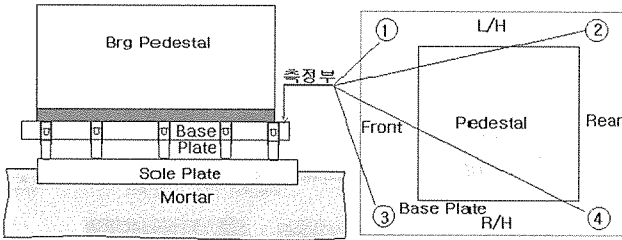
것과 매우 유사하며 이를 다시 확인하는 과정이다.

(2) 측정 점 지정

베어링 Pedestal이 안착되는 Base Plate의 변화는 직접베어링 Pedestal변화와 같다.

그러므로 [그림 8]과 같이 기초 Bolt 부근의 측정 지점은 기계 가공된 부분이므로 이 부분의 Level 변화를 측정하면 운전전후의 베어링변화는 물론 측정될 시 수정내용이 확실하게 나타난다.

측정지점이 비교적 정확하고 온도변화가 적은 부분을 선정하므로 측정결과는 유용하게 사용될 수 있다.



[그림 8] Bearing Base Plate Level 측정위치

아. 터빈 기초대 Bench Mark 측정

(1) 터빈 Bench Mark 측정 필요성

Bench Mark 측정은 대부분 사업장에서 전통적으로 측정되는 가장 보편화된 위치 측정 항목이다.

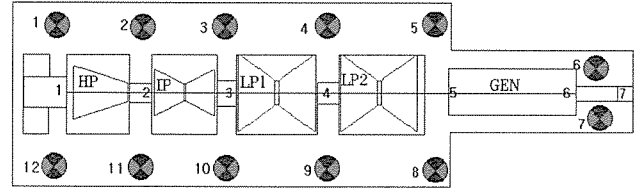
근래까지는 특별한 측정장치가 없어 액주 Level(물기둥) 측정장치를 개발하여 측정하였으나 측정장치 개발로 정확하고 용이한 측정이 가능하며, 측정자료는 터빈발전기를 지지하는 기초전체변화이며 이미 설명한 기초스프링 변화와 베어링 Pedestal 변화, Base Plate 변화와 유사한 측정이다.

모든 측정지점은 면 접촉에서 원형 Foot을 개발하여 점 접촉으로 정확하게 수직으로 Staff를 세우고 측정하고 있다.

토목에서 사용하는 일반 측정보다 기계적인 측정은 정확성이 요구되므로 측정을 반복 수행하여 확인해야 한다.

Bench Mark 측정은 터빈기초전체변화를 감시하는 과정이므로 장기간의 변화를 추적해야 자료의 가치가 있다.

Bench Mark는 [그림 9]와 같이 베어링 Pedestal 양편에 설치하여 전체적인 기초변화를 확인하고 연차적으로 비교하기 위함이다.



[그림 9] Bench Mark 배치도

(2) Bench Mark 측정관리

터빈발전기 기초변화를 측정하고자 대부분의 사업장에서 측정이 수행되고 있으나 측정장비의 부족으로 측정이 어려운 실정이다.

그리고 건설이후 이를 지속적으로 관리해야 하나 모든 사업장은 이에 대한 경험부족과 측정장비 부족으로 관리가 소홀한 편이다.

특히 소형열병합 사업소에는 아예 측정점이 건설과정에 포함되지 않아서 없으나 근래 신설하거나 Base Plate를 이용하여 측정을 실시할 수 있도록 개선한 사업장이 점차 증가하고 있는 실정이다.

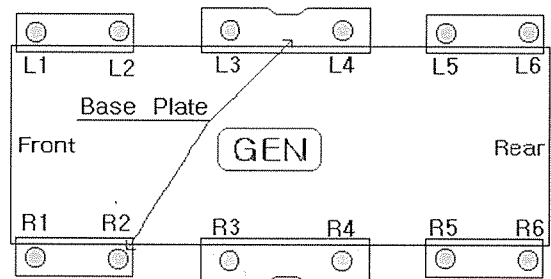
자. 발전기 Base Plate Level 변화 측정

(1) 측정 필요성

발전기 Foot하부의 Base Plate Level을 측정하므로 발전기가 측정될 Catenary Curve에 부합되는가를 찾고자 정밀 가공된 발전기 Foot하부의 Base Plate Level을 측정하여 상태를 파악하는 과정이 최초로 수행되었다.

매우 흥미로운 것은 발전기 및 모든 고정체도 회전체의 Catenary Curve와 유사하게 설치되어야 Air Gap이나 동심도가 일치할 수 있다는 점이다.

그러나 이를 반영하지 않고 정상적인 수평 Level로 인정하거나 측정될 과정만 중요시하고 이를 고려하지 않으면 대형회전체정비에 문제가 있음을 이해하는 훌륭한 자료로 평가된다.

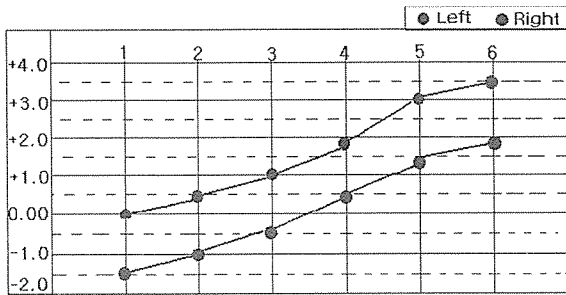


[그림 10] 발전기 Base Plate 측정지점

측정지점을 동일하게 지정하며, 측정지점은 “O” Marking으로 표시하여 항상 같은지 점이 측정되도록 한다.

(2) 발전기 Foot측정결과

대체로 발전기 Foot은 수평으로 설치한다고 인식하고 있으나 다음[그림 11]과 같이 최초로 제공되는 발전기 Foot Base Plate의 측정자료는 Rotor Catenary Curve와 유사하게 경사로 설치되어야 함을 알 수 있다.



[그림 11] 발전기 Base Plate Level

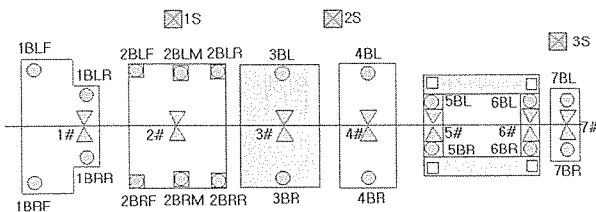
차. 터빈발전기 Bearing Pedestal 전체 Level 변화

(1) 측정개요

이 측정은 터빈발전기 운전중, 출력변화, 진공변화, 정지상태 등 여러 가지 위치변화를 측정하여 비교할 수 있는 가장 중요한 항목이며 운전중이나 정지중 모두 측정이 가능한 항목이며 위치측정에서 가장 신뢰성이 보장되는 대형회전체 위치측정정비자료이다.

그러나 측정지점선정과 측정오차 발생 등이 예상되는 현장은 수회에 걸쳐 측정이 시도되어 측정신뢰성을 유지시켜야한다.

다음[그림 12]는 측정오차를 줄이는 측정방법으로 측정기설치 위치를 적절하게 조절하여 밸브 Chest, 각종 구조물 및 배관을 피하여 측정이 가능하도록 현장 위치선정을 실제측정을 통하여 결정해야한다.



[그림 12] 베어링 Pedestal 전체 Level 측정을 위한 측정위치 및 측정번호 부여

(2) 측정결과

이 측정은 베어링 전체의 위치변화를 운전중이거나 정지중 모두 측정이 가능한 장소를 선택하여 종합적으로 측정해야한다.

정비과정에서 측정값과 운전변화조건에 따른 모든 베어링Pedestal위치변화를 측정하는 종합측정과정으로 측정과정의 복잡함과 측정오차를 줄이기 위하여 현장 특성에 적합한 측정장치 설치위치와 측정지점 선정을 신중히 고려해야한다.

3. 터빈발전기 位置測定 結論

위치측정기술은 측정응용기술이므로 실제운전중인 현장에 쉽게 적용할 수 없는 조건이 대부분이며, 특히 터빈발전기 및 대형회전체 적용은 더욱 어렵다.

그러므로 일반적인 단순측정과는 매우 상이한 과정으로 진행되어야하며 특별히 복수기 진공변화과정이나 출력변화과정, 운전중 측정과정은 매우 어려운 환경조건에서 수행되어야한다.

운전상태, 정지상태, 그리고 운전 조건변화과정의 여러 측정자료를 종합적으로 검토해야하므로 많은 시간이 필요하고 변화가 서서히 진행되는 과정은 수년간의 자료를 검토해야하며, 특히 고압터빈에서는 열성장 및 수축현상까지 비교해야하는 경우는 장기간 비교해야 확인할 수 있다.

정상운전되는 터빈발전기는 필요성을 실감하지 못하나 문제가 심각한 취약설비라고 판단되는 경우는 위에서 설명한 10가지 예시항목 이외에도 사업장특성에 맞는 여러 가지 측정결과에 의하여 진단이 실시되어야 원인규명에 접근 가능하다.

정비전문회사에서는 수년간 이러한 측정과정을 통하여 입수한 자료의 일부는 이미 현장에 반영되어 지대한 효과를 입증하였으며, 측정자료가 당장 어떠한 문제점 해결에 직접관련이 없어도 대형회전체인 터빈발전기는 운전자료와 함께 설비특성을 Trend로 관리해야하므로 향후 유용한 가치를 발휘할 수 있을 것이다.

측정과정에서 피할 수 없는 측정시간제약, 측정진행과정, 측정장소선정에서 발생하는 다소의 측정오차, 측정장치에서 발생하는 측정오차, 개인측정오차는 지속적인 확인과정과 끊임없는 노력으로 정착시켜야한다.