

# 회전체 특성을 고려한 Field Weight Balancing 최적화 기법연구

## Study on Field Weight Balancing Optimization Considering Specific's Rotating system

구 재량†·송 오섭\*

Koo, Jae Raeyang, Song, Oh Sub

### 1. 서 론

회전 기계의 이상 유무를 파악하는 방법은 여러 가지가 있으나, 회전체에 이상이 발생되면 진동이 가장 민감하게 변화하므로, 회전기계의 운전 상태 이상 유무를 신속하게 파악할 수 있다. 회전 기계에서 진동을 유발할 수 있는 요소는 많이 있지만 특히 질량 불평형에 의하여 유발되는 진동이 가장 많은 부분을 차지한다.

터빈의 진동 문제의 대 부분은 질량불평형의 문제이며 이는 현장에서 Weight Balancing을 통하여 어느 정도 저감 할 수 있다. 이에 본 고에서는 Weight Balancing의 이론과 실제 이 이론을 통하여 현장 적용결과에 대하여 논의 하고자 한다.

### 2. 불평형과 발란싱

#### 2.1 질량 불평형의 발생원인과 불평형력

불평형이 회전체 내에 존재 할 수 있는 이유는 편심, Key, 비틀림, 간극공차, 부식 및 마멸, 침전물 생성, 비대칭 현상 등이며 이상의 모든 불평형 원인들은 회전체에서 어느 정도 존재한다.

모든 불평형들은 벡터합성으로 "Heavy Spot"이라고 칭하는 한 지점에 집중 시킬 수 있으며, 불평형으로 인한 힘은 회전속도와 불평형량에 따라 결정된다.

회전체에서 불평형량은 불평형 Weight량과 회전 중심선으로부터 Weight까지의 거리의 곱으로 표현하며 단위는 gr-cm로 나타낸다.

#### 2.2 불평형의 형태

##### 2.2.1 Static Unbalance

Static Unbalance는 주관성축이 회전중심선 평행하게 놓인

불평형 상태이며 축 또는 베어링에서의 진폭과 위상을 측정하면 양쪽 끝에서의 위상은 동일하게 나타난다.

##### 2.2.2 Couple Unbalance

Couple Unbalance는 주관성축이 회전체의 무게중심에서 교차하는 Unbalance 상태이며 축 또는 베어링에서의 진폭과 위상을 측정하면 양쪽 끝에서는 180°의 위상차가 발생한다.

##### 2.2.3 Dynamic Unbalance

Dynamic Unbalance는 가장 일반적인 형태의 불평형이며 주관성축과 회전 중심선이 일치하거나 만나지 않는다 일반적으로 Dynamic Unbalance 상태는 축 또는 베어링에서의 진폭과 위상이 서로 같지도 않고 정반대도 아닌 위상차를 가지고 있기 때문에 최소 2개의 교정면에서 Weight 교정을 통하여 진동교정을 수행 할 수 있다.

### 3. Balancing의 방법 및 적용방법

#### 3.1 Balancing 방법

발란싱이란 불평형의 양과 위치를 분석하여 불평형과 동일한 질량을 제거하거나 반대 위치에 동일한 질량을 추가하는 기술이다.

발란싱의 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있으며 첫 번째 방법은 예전의 발란싱 데이터를 사용하는 Rotor Sensitivity 방법과 계산을 이용하여 Unbalance의 위치와 부착 질량을 계산하는 방법이 있다.

##### 3.1.1 Rotor Sensitivity를 이용하는 방법

Rotor Sensitivity 방법을 이용하여 발란싱을 수행하기 위하여는 우선 Trial Weight를 부착하여 운전 후 데이터의 변화량을 측정하여야 한다. 초기 불평형의 Heavy Spot 위치에서 Trial Weight에 의한 효과 벡터를 Polar Graph에 도시하고 효과 벡터의 길이와 방향을 측정한다.

##### 3.1.2 계산에 의한 방법

이 방법은 휴대용 진동계측기나 영구설비인 비접촉식 X-Y Probe를 이용하여 진동진폭 및 위상각을 측정하여 High Spot 위치를 계산하고, 회전체 제작자의 오랜 실험과 경험에 의한 로터의 Balance Sensitivity와 위상지연 특성각도를 이용하여 Balance Weight의 중량과 부착각도를 구하는 방법이다.

† 구 재량: 한국전력공사 전력연구원  
E-mail : kjrforyou@kepco.co.kr  
Tel : (042) 865-7557, Fax : (042) 865-5444

\* 충남대학교

High Spot을 이용하여 보정 부착 각도를 다음과 같은 식으로 구할 수 있다.

$$\psi_{BW} = \psi_{UB} \pm 180^\circ = (\psi_{HS} - \psi_{UH}) \pm 180^\circ = (\psi_{CAL} + \psi_M \pm \psi_{RG}) - [90(\text{HSNO} - 1)] \pm 180^\circ$$

여기서

$\psi_{CAL}$  = 계측기의 위상지연 특성각도.

비접촉식 Pickup을 사용하고 Keyphasor Pulse를 이용하는 설비에서는 계측기의 위상지연이 없어  $\psi_{CAL}=0$ 이다.

$\psi_M = 1 \times$  절대 위상각.

$\pm \psi_{RG}$  = Keyphasor와 진동 Pickup간의 각도.

### 3.2 Balancing 현장사례

#### 3.2.1 복합발전소의 터빈 진동현황

복합발전소 터빈이 계획예방 정비 후 터빈 시 운전결과 각 베어링의 진동값은 양호하였으나 고압 전단 터빈의 베어링 진동값이 운전중에 크게 나타났으며 Table 1에서 각 베어링의 진동값을 표시하였다.

**Table 1** Shaft Vibration at each bearing

베어링 위치	불평형량	각도
고중압 전단	127 $\mu\text{m}$	10°
고중압 후단	30 $\mu\text{m}$	272°

#### 3.2.2 계산에 의한 Weight Balancing

우선 Weight 부착 각도 및 질량을 결정하기 위하여 아래의 계산식의 각 요소들을 구하였다.

고중압 전단의 각도계산은

$$\psi_{BW} = \psi_{UB} \pm 180^\circ = (\psi_{HS} - \psi_{UH}) \pm 180^\circ = (\psi_{CAL} + \psi_M \pm \psi_{RG}) - [90(\text{HSNO} - 1)] \pm 180^\circ$$

$\psi_{CAL} : 0^\circ$

$\psi_M : \text{Static 성분각도 } 0^\circ$

$\psi_{RG} : \text{센서부착각도 } 45^\circ$

HSNO : 2.7

$$72^\circ = 0^\circ + 45^\circ + 0 - 90^\circ(2.7 - 1) \pm 180^\circ$$

또한 Weight 질량은 약 100 $\mu\text{m}$ 를 저감하기 위하여 고압전단 베어링에 360Gr를 부착하였 진동 측정결과 진동이 조금밖에 저감되지 않아 2차 계산을 실시하여 Balancing 후 진동 측정결과 매우 양호한 진동 결과를 얻을 수 있었으며 Table. 2에서 그 결과를 나타내었다.

**Table 2** Shaft Vibration after Second Weight Balancing

베어링 위치	불평형량	각도
고중압 전단	70 $\mu\text{m}$	58°
고중압 후단	52 $\mu\text{m}$	205°

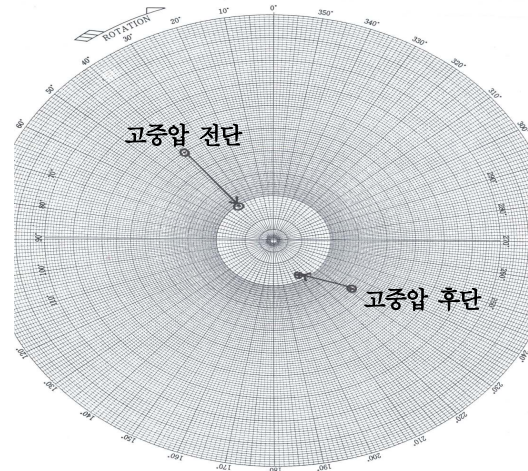
#### 3.2.3 Sensitivity을 이용한 진동교정

2차 진동교정 결과 진동 상태는 매우 양호하였지만 진폭의 크기를 50 $\mu\text{m}$  이내로 제한하기 위하여 Sensitivity를 Weight

Balancing을 실시하기로 하였다. 우성 158°에 부착한 Weight를 45° 각도만큼 반시계 방향 즉 203°로 이동하여 Weight를 부착하고 Weight의 질량을 300Gr으로 조정하여 진동교정을 실시하였으며 Table 3에서 그 결과를 나타내었다.

**Table 3** Shaft Vibration after Third Weight Balancing

베어링 위치	불평형량	각도
고중압 전단	40 $\mu\text{m}$	40°
고중압 후단	38 $\mu\text{m}$	210°



**Fig. 1** Polar Graph after Balancing

## 4. 결 론

터빈은 전력을 생산하는데 가장 중요한 설비 중 하나이며 현재 각 Power Plant에서는 터빈의 각 베어링에 진동감시 장치를 설치하여 지속적으로 터빈 베어링의 축 진동을 Monitoring하고 있다. 터빈에 설치되어 있는 진동 Monitoring 장치를 통하여 터빈설비의 운전 안정성 유무를 확인 한다.

Weight Balancing은 단기간에 터빈의 진동문제를 해결 할 수 있으며 많은 비용과 시간을 저감 할 수 있다.

현재 Weight Balancing의 이론은 정립되어 있으며 실제로 이 이론을 통하여 진동교정을 수행하면 좋은 결과를 얻을 수 있다.

본 고에서 보듯이 Power Plant의 진동문제를 Weight Balancing을 통하여 해결 할 수 있었으며 설비의 안정적인 운영에 큰 기여를 할 수 있었다