

KOSHA GUIDE

M - 121 - 2012

성능매개변수를 이용한 기계의
상태감시와 진단 기술지침

2012. 6.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 한국산업안전보건공단 김 건 남
- 개정자 : 안전연구실
- 제 · 개정경과
 - 1999년 7월 기계안전분야 기준제정위원회 심의
 - 1999년 8월 총괄기준제정위원회 심의
 - 2012년 4월 기계안전분야 기준제정위원회 심의(개정)
- 관련규격 및 자료
 - ISO/CD13380 : CONDITION MONITORING AND DIAGNOSTICS
OF MACHINES USING PERFORMANCE
PARAMETERS - GENERAL GUIDELINES
- 관련 법규 · 규칙 · 고시 등
 - 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제2편 제1장 제1절 제91조(고장난 기계의 정비 등)
- 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2012년 6 월 20 일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

성능매개변수를 이용한 기계의 상태감시와 진단 기술지침

1. 목적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다) 제2편 제1장 제1절 제91조(고장난 기계의 정비 등)의 규정에 따라 기계의 결함을 발견하고자 할 때 기계의 성능매개변수를 이용하여 상태감시 및 진단을 수행할 수 있도록 하기 위한 사항을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

이 지침은 사업장에 설치되어 있는 기계의 상태감시와 진단 시에 적용한다.

3. 용어의 정의

그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행 규칙, 안전보건규칙 및 고용노동부 고시에서 정하는 바에 의한다.

4. 감시매개변수

4.1 매개변수 유형

- (1) 광범위하게 성능을 나타내는 매개변수들은 인수시험 또는 일생 동안의 운전감시 기준을 설정하기 위한 목적으로 사용된다.
- (2) 기계에서 전체 측정치의 증감 또는 특성치의 변화에 의해 결함상태를 나타낼 수 있는 매개변수들이 고려의 대상이 된다.

4.2 측정유형

- (1) 매개변수는 전체 값 또는 일정시간 동안의 평균값을 측정한다.
- (2) 전류, 전압 및 진동과 같은 매개변수 등은 전체 값만의 단순 측정으로는 결함의 유무를 판단하기 어려운 경우가 있으며 이럴 때에는 스펙트럼 분석 등 전체 값을 분석하거나 위상측정 등 추가적인 매개변수를 같이 측정하여 변화를 검토한다.
- (3) 기계별로 유용한 매개변수의 예는 <별표 1>을 참조한다.

4.3 매개변수의 정밀도

- (1) 기계의 상태감시 및 진단에 사용되는 성능매개변수에서 요구되는 정밀도는 성능 측정에서 요구되는 정밀도와는 다를 수 있다.
- (2) 기계의 상태감시 및 진단에 사용되는 성능매개변수에서는 측정의 재현성이 더 중요하며 경향값을 이용하는 방법이 효과적이다.

4.4 측정치 변화의 원인

- (1) 구성요소의 변경, 조정, 사용율의 변화 등을 포함하는 정비작업으로 매개변수의 측정치가 변하는 경우가 있다.
- (2) 기계자체의 변경에 따른 매개변수 측정치의 변화는 결함과 구별되어야 하며 정상상태에서 유지되는 매개변수 값인 기준값을 다시 설정하여야 한다.

5. 측정절차

5.1 측정 가능성 검토

- (1) 대상기계의 감시시스템이나 제어시스템에서 이미 측정하고 있는 매개변수들을 확인한다.

- (2) 기계에 유용한 매개변수가 측정 가능한 것인지를 검토한다.

5.2 측정 중의 운전조건

- (1) 가능하면 같은 운전조건에서 여러 가지 매개변수의 측정이 동시에 이루어지는 것이 바람직하다.
- (2) 가변사용율 또는 가변속도를 가지는 기계 등에서는 유사한 운전상태에서 측정이 이루어지도록 한다.
- (3) 사전에 결정되어 있는 정상운전상태에 도달되었을 때 측정한다.
- (4) 운전시작 또는 운전종료 등 과도(過渡)운전상태에서는 사전에 정하여져 있는 시작조건, 종료조건 또는 특정한 운전상태에 도달되었을 때 측정한다.

5.3 측정치 취득속도

- (1) 연속적인 샘플링 또는 주기적인 샘플링이 필요한지를 고려하여 측정기간과 간격을 결정한다.
- (2) 측정기간과 간격은 결함의 유형과 결함의 진행속도, 측정매개변수의 변화속도에 따라 결정한다.
- (3) 정상운전상태에서는 정상운전조건이 변하기 전에 완전한 측정치를 얻을 수 있어야 한다.
- (4) 과도운전상태에서는 계속적으로 운전상태가 변화되므로 빠른 취득속도가 필요하다.

5.4 감시매개변수의 기록

- (1) 감시매개변수의 기록은 최소한 다음의 정보를 포함하여야 한다.

- (가) 기계 사양에 관한 필수적인 정보
- (나) 측정위치
- (다) 측정치 및 측정단위
- (라) 측정일자 및 시간

(2) 유용한 기타 정보들을 포함시킬 수 있다.

- (가) 사용된 측정시스템의 종류 및 사양
- (나) 측정시스템의 정밀도
- (다) 기계구성 사양 및 구성요소의 변경

(3) 정보기록 요구사항은 <별표 2>를 참조한다.

(4) 일반적인 기록양식은 <별표 3>을 참조하여 사업장 특성에 맞게 사용한다.

6. 결함진단

6.1 결함진단의 과정

- (1) 기계유형의 구성과 운전조건에 따라 결함진단의 수행 가능성을 판단할 수 있다.
- (2) 결함은 하나 또는 그 이상의 기준값의 변화에 의해 나타난다.

6.2 결함진단의 기준

- (1) 유사기계의 경험이나 통계적 분석을 활용한다.
- (2) 요구되는 성능의 최소 또는 최대치와의 편차를 검토한다.
- (3) 제조자 또는 사용자가 정한 기준에 따를 수 있다.

6.3 결함의 예

- (1) 성능매개변수의 변화에 의해 나타나는 각 기계별 결함의 예는 <별표 4>를 참조한다.
- (2) 성능매개변수와 결함의 판정은 경험이나 운전결과 등을 검토하여 계속 보완하여야 하며 이를 진단자료로 활용한다.

<별표 1> 기계유형에 의한 성능 매개변수

성능 매개변수	기 계 유 형								
	전동기	증기터빈	항공기용 가스터빈	산업용 가스터빈	펌프	압축기	발전기	왕복동 내연기관	팬
온도	○	○	○	○	○	○	○	○	○
압력		○	○	○	○	○		○	○
양정					○				
압력비			○	○		○			
공기유동			○			○		○	○
연료유동			○	○				○	
유체유동		○			○	○			
전류	○						○		
전압	○						○		
저항	○						○		
입력	○				○	○	○		○
출력	○	○	○	○			○	○	
소음	○	○	○	○	○	○	○	○	○
진동	○	○	○	○	○	○	○	○	○
유압	○	○	○	○	○	○	○	○	○
윤활유소비	○	○	○	○	○	○	○	○	○
윤활유분석	○	○	○	○	○	○	○	○	○
토크	○	○				○	○	○	
속도	○	○	○	○	○	○	○	○	○
각위치		○	○	○		○			
효율		○	○	○	○	○		○	
○ : 적용가능한 성능 매개변수를 나타낸다.									

<별표 2> 정보기록 요구사항

1. 기계의 세부사항

감시되는 각각의 기계유형에 대해, 다음의 정보가 기록되어야 한다.

기계유형 : 전동기/발전기/터빈/압축기/펌프/팬
 기능 : 구동 또는 피구동
 동력 : 전기/증기/가스/유공압/수력
 연결부분 : 고정연결 또는 유연연결
 구성 : 직접구동, 벨트나 축구동
 정격속도 : rpm 또는 Hz
 정격출력 : kw
 설치 : 견고한 기초에 설치 또는 유연한 기초에 설치

왕복동기계에 대해서는 다음의 정보가 유용하다.

실린더수 : 1/2/3/4/5/6/8/12/16실린더
 작동사이클 : 2 또는 4행정

2. 측정치

각각의 측정시스템에 대해서 다음의 정보가 기록되어야 한다.

측정일자, 시간 및 기간 :
 측정기기와 변환기유형 :
 측정위치와 부착방법 :
 측정값, 단위 및 처리방법 :
 측정동안의 속도 : rpm 또는 Hz
 측정동안의 출력 : kw

다음은 따로 기록될 수 있다.

교정 요구사항, 그리고 마지막 또는 다음에 요구되는 교정유형과 일자

3. 이외의 정보

기계와 측정치에 대한 부가정보가 위의 사항들에 추가해서 기록될 수 있다. 예를 들면 정비 이력데이터 등이다.

<별표 3> 감시매개변수 기록 양식(예시)

일반사항			
번 호	_____	설치위치	_____
일 자	_____	기 록 자	_____
기계의 세부사항			
기계유형 :	전동기/발전기/터빈/압축기/펌프/팬	제작자 :	_____
기계번호 :	_____	모델명 :	_____
동 력 :	전기/증기/가스/유압/공압/수력	기 능 :	구동/피구동
연결부분 :	고정/유연	구 성 :	직구동/벨트/축
정격속도 :	_____ rpm	정격출력:	_____ kw
측정동안의 속도 :	_____ rpm	측정동안의 출력:	_____ kw
측정기간 :	_____	설 치:	견고/유연
측정시스템			
측정기기형식	_____	제작자	_____
변환기형식	_____	제작자	_____
부착방법	_____	단위	_____
변환기형식	_____	제작자	_____
부착방법	_____	단위	_____
<p>기계스케치 : 측정위치를 표시한다.</p> <p>측 정 값 : 측정시스템에 따라 적합한 기재란을 넣는다.</p> <p>도 표 : 필요한 경우 도표에 측정값을 표시한다.</p> <p>기 타 : 측정시의 상태 또는 교정사항 등을 기록한다.</p>			

<별표 4> 성능매개변수의 변화에 의해 나타나는 결함의 예

1. 전동기 및 발전기

결 함	매 개 변 수											
	전류	전압	저항	동력	토크	속도	진동	온도	운전 정지	축방향 유동	윤활유 잔유물	냉각 가스
회전자권선 손상	○			○	○	○	○	○		○		○
고정자권선 손상	○							○		○		○
회전체 편심	○						○			○		
브러쉬 손상	○	○		○	○			○				
베어링 손상					○		○	○	○		○	
절 연 불 량	○	○	○									○
입력위상 손실	○	○					○			○		
불 평 형							○					
정렬 불량							○					
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.												

2. 증기터빈

	매 개 변 수									
결 합	증기 누설	길이 측정	동력	압력 또는 진공도	속도	진동	온도	운전 정지	윤활유 잔유물	윤활유 누 설
블레이드 손상	○		○			○	○	○		
래머린스 손상	○		○	○	○		○	○		
회전자 편심	○							○		
베어링 손상		○	○	○		○	○	○	○	○
베어링 마멸	○	○				○	○	○	○	○
회전체의 처짐 또는 약해짐	○					○		○	○	
불균일한 팽창	○	○				○	○			
불 평 형						○				
정렬 불량						○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.										

3. 항공기용 가스터빈

	매 개 변 수											
결 합	압축기 온도	압축기 압력 /압축비	공기 유량	연료 압력 /유량	속도	가스 발생 온도	압력/ 압력비	동력 터빈 온도	배기 온도	진동	출력	윤활유 소비
공기입구 막힘	○	○	○		○						○	
압축기 오염	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
압축기 손상	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	
압축기 속도감소					○		○			○		
연료필터 막힘		○		○	○		○				○	
실 손상						○	○					○
연소실 결함											○	
연소기 막힘				○	○		○				○	
동력터빈 오염	○	○	○		○		○	○		○	○	
동력터빈 손상	○	○	○		○		○			○	○	
베어링 마멸										○		○
불 평 형										○		
정렬 불량										○		
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.												

4. 산업용 가스터빈

	매 개 변 수										
결 합	압축기 온도	압축기 압력	공기 유량	유압 /유량	속도	배기 온도	진 동	출력	윤활유 소비	압축기 효율	터빈 효율
공기입구 막힘		○	○		○			○			
압축기 오염	○	○	○	○	○			○		○	
압축기 손상	○	○	○	○	○		○	○		○	
연료필터 막힘		○		○	○			○			
연소실 결함				○	○			○			
연소기 막힘				○	○	○		○			
동력터빈 손상					○	○	○	○			○
베어링 마멸							○		○		
불 평 형							○				
정렬 불량							○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.											

5. 펌프

결 합	매 개 변 수									
	유체 누설	길이 측정	동력	압력/ 진공도	속도	진동	온도	운전 정지	윤활유 잔유물	윤활유 누설
임펠러 손상		○	○	○	○	○	○	○		
실 손상	○	○		○	○					
임펠러 편심			○	○	○	○	○	○		
베어링 손상		○	○		○	○	○	○	○	○
베어링 마멸		○				○	○	○	○	
설치 불량						○				
정렬 불량		○				○				
불 평 형						○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.										

6. 압축기

	매 개 변 수									
결 합	유체 누설	길이 측정	동력	압력/ 진공도	속도	진동	온도	운전 정지	윤활유 잔유물	윤활유 누설
임펠러 손상		○	○	○	○	○	○	○		
실 손상	○	○		○	○					
임펠러 편심			○	○	○	○	○	○		
베어링 손상		○	○		○	○	○	○	○	○
베어링 마멸		○				○	○	○	○	
냉각장치 손상	○			○			○		○	
밸브 손상	○			○		○	○			
설치 불량						○				
압축기 속도감소		○			○	○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.										

7. 왕복동 내연기관

결 합	매 개 변 수											
	엔진 온도	실린더 압력	공기 유동	연료 압력	연료 유동	배기 온도	배기 압력	진동	출력	윤활유 소비	윤활유 잔유물	냉각 유체 누설
공기입구 막힘	○	○	○				○					
연료분사기 손상	○	○	○		○	○		○	○	○		
점화 불량	○	○			○	○		○	○	○		
베어링 마멸								○				
연료필터 막힘				○	○		○					
실 손상						○	○			○		
피스톤링 손상		○							○	○	○	
냉각장치 손상					○		○			○	○	○
2차평형기어 손상								○				
플라이휠 손상								○				
설치 불량								○				
정렬 불량								○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.												

8. 팬

결 합	매 개 변 수									
	공기 누설	길이 측정	동력	압력/ 진공도	속도	진동	온도	운전 정지	윤활유 잔유물	윤활유 누설
임펠러 손상		○	○	○	○	○	○	○		
실 손상		○		○	○				○	○
벨로스 손상	○									
임펠러 편심			○	○	○	○	○	○		
베어링 손상		○	○		○	○	○	○	○	○
베어링 마멸		○				○	○	○	○	○
설치 불량						○				
정렬 불량		○				○				
불 평 형						○				
회전체 오염						○				
○ : 결함이 발생할 때 증상이 나타나거나, 매개변수의 변화가 나타난다.										