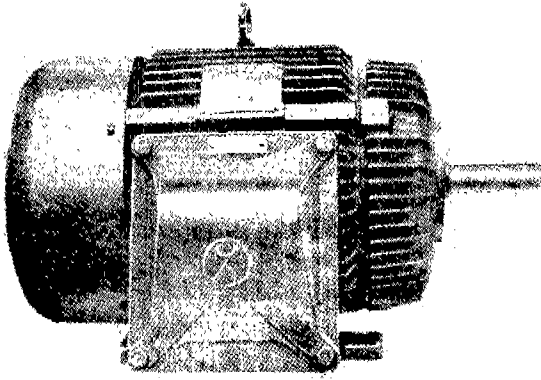


진동측정에 의한 전기기기의 진단 (下)



The Diagnosis of Electric
Apparatus by Vibration
Measurement

이근철

대한전기협회 편수위원 · 공학박사

2. 가스 절연기기의 진동

밀폐형 전기기기의 예로서 가스 절연개폐 장치를 예로 하여 그 진동에 대하여 설명한다.

다른 기기의 경우에 대해서도 외부 진단을 하는 데는 동일한 진동의 양상을 조사해 볼 필요가 있다.

GIS는 차단기나 단로기를 조작할 때를 제외하고 원래 진동을 발생하지 않는 기기라고 생각되지만 실제로는 감도가 좋은 진동을 측정하면 여러가지 진동이 측정된다.

또한 지락사고가 발생할 때는 대단히 큰 진동이 발생한다.

더우기 주위의 기기나 환경에서 전달되는 진동도 있다.

가. 기기내부의 부분방전에 의한 진동

GIS 내부에서 발생하는 부분방전에 의하여 충격적인 진동이 발생하고 이것이 용기의 외벽으로 전달된다.

이 충격적인 진동은 수 kHz부터 수백 kHz까지 높은 주파수 성분을 갖는다.

GIS에서는 진동의 전달특성을 고려하면 5~20kHz의 범위에서 측정하는 것이 가장 고감도로 측정할 수 있다.

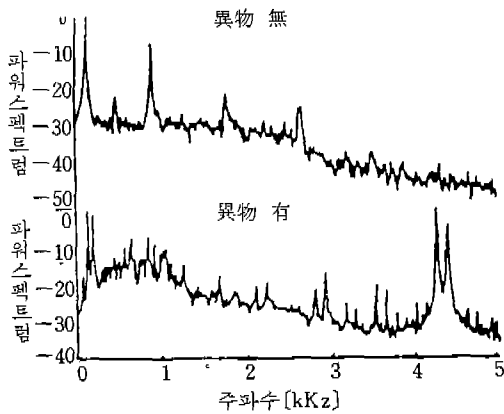
부분방전의 발생장소와 발생기구의 차이에 따라 진동의 크기도 다르나 진동을 측정하는 한계에 가까운 10 μ G 정도에서는 수 PC~수 십PC의 부분방전을 측정할 수 있다.

나. 기기내부에 있는 이물의 정전력에 의한 진동

용기 속에 들어간 이물(異物)이 정전력(靜電力)에 의하여 움직여서 용기의 벽을 충격시킴으로써 발생한다.

이 진동의 주파수 성분은 5kHz 전후의 충격진동과 정전력에 의한 부품이나 용기의 진동성분이 있다.

그림 7은 이물이 진동하는 유무에 의한 파워스펙트럼의 비교를 나타내고 있다.



〈그림 7〉 용기내 이물의 진동 파워 스펙트럼

이물에 의한 진동은 4~5 kHz에서 현저한 진동성분을 볼 수 있다.

일반적으로는 이와 같은 이물에 의한 진동은 1~10kHz의 주파수 범위에 많고 그 발생은 시간적으로 불규칙하다.

다. 기기의 전자력 및 자력에 의한 진동

GIS에서는 대전류의 전자력에 의한 부품이나 용기의 진동 및 철심을 가진 계기용 변압기의 (자왜진동)磁歪振動 이 발생한다.

전자적 진동은 전류가 적은 때에는 전혀 문제가 되지 않으나 PT의 진동은 전압에 의하여 발생하고 용기 안에는 이 밖에 항상 발생하는 진동원이 없기 때문에 현저하게 추정되는 경우가 있다.

진동의 주파수 성분은 전원주파수의 정수배로 된 것에 한하여 일정하지만 각 주파수 성분의 크기에 변화가 생긴 경우에는 내부 부품이나 PT 등의 체결상태에 변화가 생긴 것을 추정할 수 있다.

한편 GIS의 부품이나 용기는 정전력에 의하여 진동한다. 이 진동은 대단히 작지만 기기의 고유진동수가 정전력의 주파수와 일치할 경우에 외부까지 소리로 들리는 일도 있다.

진동의 주파수 성분으로는 전원주파수의 2배인 100Hz, 120Hz가 주성분이며 진동의 크기로 공진 등이 발생하면 0.1G 정도가 되는 일도 있다.

라. 차단기 및 단로기의 조작진동

지금까지의 진동은 과전중에 연속적으로 발생하는 것이었다.

조작진동은 조작시에만 발생하고, 그 크기는 다른 진동에 비하여 현저히 크다. 조작 진동은 콘택트류가 기계적으로 충돌할 때에 가장 크다.

이 충격에 의해 각 부품, 용기가 진동한다.

진동의 크기는 5~20G 정도이고, 주파수 성분은 용기의 저차진동으로서 100Hz~1kHz, 또한 부품의 진동은 1~10kHz이며 조작시의 진동은 타진에 상당하는 것으로서 내부부품의 고유진동수나 이물의 진동이 반영되어 있다.

다시, 조작기구의 동작상태 자체에 대해서도 정보가 얻어진다.

한편, GIS에 발생한 진동 중에서 가장 큰 진동은 단락이나 지락에 의한 것이다.

마. 그 밖의 진동

GIS의 내부에서 발생하는 것이 아니고 주변 기기나 환경에서 받는 진동으로는 다음과 같은 것이 있으며, 이들은 외부진단을 하는 경우에는 노이즈라고 생각한다.

- (a) 주변기기(변압기 등)의 운전에 의한 진동
- (b) 공기압축기, 유압 펌프 등의 운전에 의한 진동
- (c) 가공선의 코로나 방전
- (d) 주변의 작업이나 교통에 의한 진동
- (e) 배관 속의 가스 흐름, 수로에 있는 물의 흐름에 의한 진동
- (f) 바람이나 비 등에 의한 진동
- (g) 동물이나 벌레소리에 의한 진동

3. 진동파형의 분석과 진단

GIS의 진동에는 여러가지 진동이 있으며 측정할 때에는 잡음도 많다.

이러한 진동을 측정하고 내부의 이상을 진단하기 위해서는 진단목적에 맞는 진동을 선택적으로 측정하기 위한 노이즈의 제거와 이상의 판별을 쉽게 하기 위한 분석과 표시하는 방법이 필요하다.

또한 관정의 기준이 되는 데이터를 갖는 것도 필요하다. 다음은 이것에 대하여 설명한다.

가. 노이즈의 제거

노이즈(잡음)는 측정하려고 하는 진동 이외의 것이며 측정대상에 따라 바뀐다.

진동주파수의 범위와 진동 레벨의 범위는 넓어 모든 것을 커버하는 측정은 곤란하다.

여기서는 부분방전의 검출을 예로하여 노이즈를 제거하는 방법을 살펴 본다.

(1) 필터링

측정하려고 하는 진동의 주파수 영역이 5~20 kHz이며 5kHz 이하의 정전력이나 전자력에 의한 진동을 하이패스 필터를 사용하여 제거한다.

필터의 차단특성에 따라 노이즈의 영향도 바뀌므로 노이즈가 큰 경우에는 액티브 필터 등과 같이 차단성능이 좋은 것을 사용할 필요가 있다.

한편, 평균화는 파형이나 주파수 스펙트럼에 포함되는 불규칙적인 노이즈를 제거하기 위하여 반복해서 측정하고 주기성이 있는 신호를 강조하기 위하여 주기적으로 샘플링을 해서 평균화를 시행한다.

(2) 과대입력의 제거

부분방전과 같이 미소한 진동을 측정하는 경우에는 주위 노이즈의 영향이 크다.

따라서 측정 데이터의 크기를 판별하여 정상적으로 발생하고 있는 진동과 비교해서 돌발적으로 들어 오는 큰 진동을 판별하고 그 데이터를 버린다.

이 조작에 따라 주위 노이즈가 큰 현장에서도

유효한 데이터를 얻을 수 있다.

나. 진동의 분석방법

진동파형을 비교하는 방법으로서 다음과 같은 분석방법이 있다.

(1) 진동파형

진동을 측정해서 얻을 수 있는 본래파형(本來波形)에 적당한 필터를 부착한 것이며 모든 것을 분석하는 데 기본이 되는 것이다.

파형의 형태와 크기에 따라 비교한다.

(2) 주파수 분석

진동파형이 푸리에 스펙트럼이나 파워 스펙트럼에 의하여 주파수 영역에서 진동파형을 비교한다.

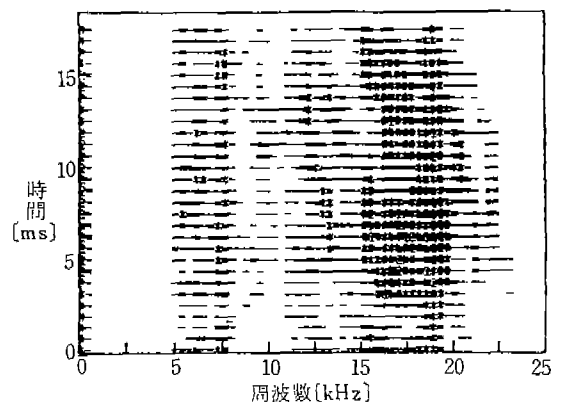
이 경우에 시간영역의 정보는 평균화되어 있다.

주파수를 분석하는 데는 휴대형의 간이 분석기가 사용된다.

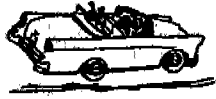
(3) 3차원 스펙트럼

주파수 영역과 시간 영역의 특성을 알기 위하여 3차원 스펙트럼이 사용된다.

그림 8은 GIS에 대한 진동파형의 1사이클 분에 대한 시간을 어긋나게 해서 파워 스펙트럼



〈그림 8〉 3차원 스펙트럼의 기호표시



自動車 에너지節約

●출발전에 행로를 미리 파악합시다●

- 가급적 최단 코스로 행로를 정합시다.
- 무계획한 주행을 10분간 하였을 경우 최소 600 cc 이상의 연료를 소비하게 됩니다.

- 시내지도
- 정체현상
- 최단코스 행로
- 교통정보

을 계산하고 기호화하여 표시한 것이다.

이 진동은 부분방전에 의한 것이며 15~20kHz 에 전원 주파수를 동기시킨 패턴이 나타나고 있다.

이와 같은 분석을 하기 위해서는 컴퓨터를 사용할 필요가 있으나 간편한 계기를 사용할 수 있게 되는 시기는 가까워질 것으로 생각된다.

(4) 기 타

진동의 패턴을 분석하는 방법으로, 파고치 분석, 상관분석 등과 이 밖에도 몇가지 방법이 있다.

다. 이상판정

이상을 판정하는 데는 정상일 때와 비교를 해야 한다.

소리가 크든가 음질이 다르다고 하는 판정은 정상일 때의 상태를 경험한 다음 판정할 수 있는 것이다.

그러나 외부의 진단방법으로는 가능한 한 정량적으로 이상을 판정할 수 있는 것이 바람직하다.

GIS 등은 이의 신뢰성이 높고 이상현상을 실현하는 것이 곤란하며 판정법을 확인하는 것이 상당히 어렵다.

다음에 일반적인 판정법을 종합해 본다.

(1) 레벨에 의한 판정법

정상일 때에 포함되어 있지 않은 주파수 성분

의 출현 또는 주파수 성분의 소멸 등을 조사한다.

이상 진동원의 유무나 변화가 있었던 주파수 성분 등에 의하여 어느 정도로 어떤 부품에 관련되는가, 이물질인가, 부분방전인가의 판정도 보다 정확도가 향상한다.

(2) 패턴의 비교

객관적이고 정량적인 판정은 어려우나 가장 유효하다.

3차원 스펙트럼에 의하면 각 주파수 성분이 발생하는 시간적인 변동을 알 수 있으며 진동원을 추정하는 것은 보다 정확하게 된다.

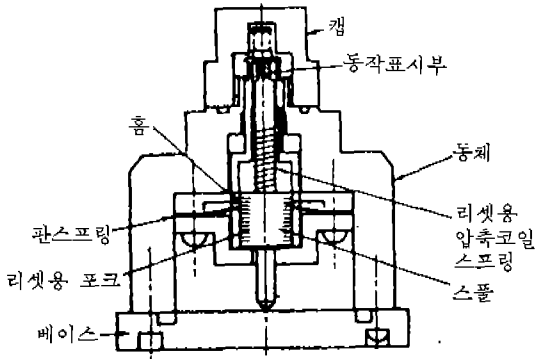
작은 부분방전이나 이물질 진동의 판정, 조작 기구를 작동시켜서 각 부에 있는 부품이 진동에 의하여 이완된 것을 판정하는 데는 이와 같은 분석이 필요하게 된다. 그러나 정상일 때의 패턴에 대해서도 충분한 데이터가 필요하게 된다.

4. 진동측정에 의한 외부진단장치의 예

가. 지락검출기

GIS 등과 같은 밀폐형의 용기로 된 기기에서 지락이나 단락이 일어난 경우에는 지락위치를 신속히 발견하고 대책을 세워야 한다.

지락 검출기로는 GIS의 신뢰성을 유지하기 위하여 외부에서도 측정되어야 하고 지락일 때



(그림 9) 지락검출기의 구조

의 서지 등에 의하여 전기적으로도 영향을 받지 않는 것이 바람직하다.

이를 위하여 기계적인 검출기로서 지락일 때의 진동에 의하여 동작하는 지락검출기를 개발하였다.

지락일 때에 용기의 진동은 수백 Hz의 주파수에서 수십 G의 가속도가 된다.

이 검출기는 그림 9와 같은 구조이며, 지락의 진동에 의하여 진동하는 추에 스프링과 홈에 의하여 주는 일정한 방향으로 이동한다.

추의 이동에 의하여 동작지시를 내고 필요에 따라 접점을 동작시킨다.

이 검출기를 적당한 간격으로 GIS 등과 같은 용기에 부착해서 지락점 근처에 있는 검출기의 동작상태에 따라 지락위치를 확인한다.

이 검출기는 구조가 간단하며 지진이나 용기에 대한 외력에 대해서는 동작하는 주파수 또는 가속도역이 어긋나 있기 때문에 착오 동작할 염려는 전혀 없다.

나. 부분방전 검출장치

이 장치는 용기 내부에서 발생하는 부분방전에 의하여 용기의 진동 가속도를 고감도 가속도계로 측정하고 필터링 및 데이터의 레벨 판정과 동기 샘플링에 의한 평균화를 하고 노이즈를 제

거하여 부분방전에 의한 진동 가속도의 레벨과 발생 주기성을 디지털로 표시하는 것으로서 주된 명세는 다음과 같다.

(a) 검출기: 전치 증폭기 내장형 압전형 가속도계 (2 V/G)

(b) 노이즈 레벨: 피크표사로 $10 \mu\text{G}$ 이하

(c) 하이패스 필터: 5 kHz (75dB/OCT)

(d) A/D 변환: 12bit, 샘플링 $20 \mu\text{s}$, 2048점

(e) 평균회수: 128회

(f) 측정시간: 약 60초

(g) 측정 값의 표시: 피크 값 V_P , 평균 값 V_A , 주기성 성분 V_F

검출장치에 의한 측정값의 판별방법은 측정값을 읽는 것을 그림으로 나타낸 후 피크 값 V_P 와 평균값 V_A 및 주기성 성분 V_F 에 따라 다음과 같이 한다.

(i) V_P 의 값이 그 기기의 정상 값 또는 동일 기종인 기기의 값과 비교해서 분명히 큰 경우에는 이상으로 본다.

(ii) V_P 의 값이 정상값 또는 동일 기종인 기기의 값과 비교해서 차이가 없는 경우에는 다음과 같이 생각한다.

(가) V_A/V_P 가 1에 가깝고 V_F 가 작은 경우에는 노이즈 진동으로 생각한다.

(나) V_A/V_P 가 0.7 전후에서 V_F 가 크고 주기성이 명백한 경우에는 부분방전의 가능성이 크다.

(iii) 이상과 같은 순서로 판별하고 기기 내부에 부분방전이 있는 것으로 판단한 경우에는 V_P 의 값에서 대강 부분방전 전하량으로 환산한다.

단, 이 판정방법은 절대적인 것은 아니고 다른 기기나 PT의 진동 등과 같은 영향을 받고 있는 경우도 있으므로 이상이라고 판정한 때에는 5 kHz 이하로 된 진동성분의 크기가 다른 기기에 비하여 이상하게 크지 않은가 어떤가를 조사하거나 진동 이외의 화학적인 진단 또는 전기적인 진단 등을 종합해서 판정의 정확도를 높이는 것이 바람직하다.