

RMU의 기계적 특성시험에 관한 고찰

LG산전 전력연구소
주임연구원 조 상 순

1. 서 론

현대사회는 전력수용의 증대와 더불어 전력계통이 복잡화, 대용량화 되면서 높은 신뢰성과 양질의 전기에너지를 강도 높게 요구하고 있다.

발전소에서 전기를 생산하고 이것을 수용가에 공급하는 일련의 설비를 전력계통(Electric Power System)이라고 하며, 전력계통은 전기사업의 핵심을 이루는 것으로 크게 발전설비, 수송설비, 수용설비, 운용설비 등으로 구분 되어진다. 이 중 수송설비는 발전소에서 발전된 전력을 고전압으로 수용지 부근의 변전소 또는 수용가에 직접 전송하는 시스템으로 통상 송배전계통이라 한다.

송배전계통의 선로는 송전(Transmission) 및 배전(Distribution)으로 크게 나눌 수 있으며, 다시 배전선로는 전선로 방식에 따라 가공선로(Overhead Line)와 지중선로(Underground Line)로 나눌 수 있다. 섬 나라나 사막 국가 또한 대륙 국가인 경우에도 도심지역에서는 주로 지중선로를 채택하게 되는데, 지중선로는 지하에 전력케이블(Power Cable)과 지상의 전력기기로 이루어져 있으며, 유럽에서는 일찍부터 지중 송배전선로가 보급되었고,

특히 미국의 각 도시에서 발달한 네트워크(Network)배전 방식은 대부분 지중선로를 채택하고 있다.

1959년 SF₆ 가스를 소호매질로 이용한 가스차단기 개발이후 SF₆ 가스는 우수한 소호특성으로 인하여 송/배전기기의 소호매질로 널리 사용되어 왔으며, 현재 일반적으로 절연매질을 SF₆ 가스를 사용하는 전기 기기로는 Ring Main Units(이하 RMU라 함), Gas Insulated Swichgear(GIS), 가스 부하 개폐기 등과 같은 지중용 기기들이 있다.

이와 같은 전기기기 중 RMU는 12-36kV의 배전선로에서 선로구분 및 분기, 선로보호, 계측 및 부하측 선로보호 등의 기능을 갖춘 기기로서 배전선로 부하전류 및 사고전류의 투입, 차단 및 절연을 위해 주로 SF₆ 가스를 매질로 하는 배전 선로보호용 다회로 개폐차단기를 말한다.

RMU가 위의 기능을 수행하기 위해서는 현장에 설치되기 이전에 대전류 시험 및 내전압 시험 등의 전기적 특성이 IEC, ANSI등의 시험규격을 만족해야 한다. 그러나 이런 시험 규격을 만족하기 위해서는 우선적으로 전기적 무 부하상태에서 확인해야 하는 VI채터링 현상, 가스 누설, 구조강도, 기계적

특성이 완벽해야만 한다.

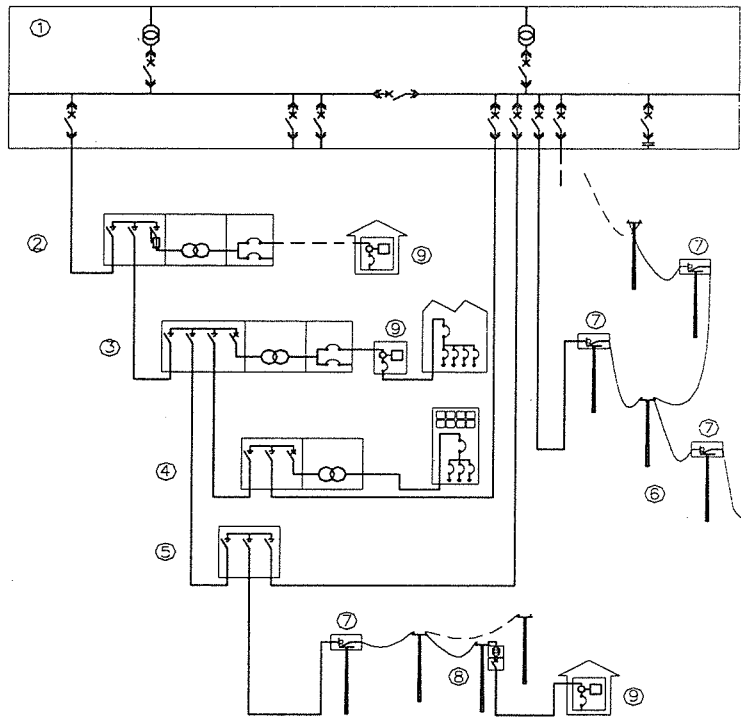
본 고에서는 RMU를 개발하기 위해서 전기적 특성시험 이전에 실행하는 기계적 특성시험에 관한 실험방법과 이에 대한 이론을 기술하고자 한다.

2. 본 론

2.1 RMU (Ring Main Units)란?

RMU라 함은 환형(Ring)의 전력계통을 꾸미기 위해 반드시 2개 이상의 부하개폐기(Load Break Switch)와 1개 이상의 변압기 보호장치(Trans-

former Protection Unit)로 구성되어야 하는 일종의 분기형 다회로 차단기(Multi Circuit Breaker)로서, 배열은 일체형 또는 분리형으로 조합될 수 있다. 즉, 그림 2와 같이 인입선(Incoming Line) 개폐용 부하개폐기 한 개와 환형(Ring)계통을 위한 인출선(Outgoing Line) 개폐용으로 최소한 1개 이상의 부하개폐기가 구비되어야 하고, 변압기 보호장치는 부하용 변압기 수량에 따라 역시 1개 이상으로 구비될 수 있다. 우리나라의 지중 배전계통(MV-22.9kV)은 미국과 일본의 시스템을 기본으로 한 것이기 때문에, 보통 2차 변전소를 통해 도심으로 들어오는 전원을 지중 선로



- ① HV/MV Primary Substation
- ② Ring Main Unit
- ③ Triple Point Substation
- ④ Ring Main Unit
- ⑤ Emergency Point

- ⑥ MV Overhead Network
- ⑦ MV Remote-Controlled Overhead Switch
- ⑧ Pole-Mounted MV/LV Transformer
- ⑨ LV Connection

(그림 1) RMU의 적용 개념도

용 다회로 개폐기로 받아 지상설치형 오일 변압기를 거쳐 부하측으로 제공한다. 이 때, 다회로 개폐기에는 보호능력이 없기 때문에 부하 측으로부터 발생, 예상되는 단락이나 지락사고 또는 과부하에 보호 수단으로 오일 변압기 내에 한류 퓨즈(Current Limit Fuse)와 베이오넷 퓨즈(Bay-0-Net Fuse)를 장착하고 있다.

반면, 유럽식 신개념 지중 배전계통 방식에서는 오일 변압기 처럼 보호장치는 없지만, 순수한 변압기 자체 역할을 우수하게 담당하면서도 크기가 적은 몰드형 변압기를 주로 사용하고 있으며, 오일 변압기를 사용하더라도 한류 퓨즈나 베이오넷 퓨즈를 제거하여 보다 작은 사이즈로 적용을 한다. 아울러 유사시 사고로 인한 지중 배전선로 보호의 수단으로 계통상 변압기 바로 전단에서 파워퓨즈와 연동된 부하개폐기나, 아예 차단기능을 보유한 진공벌브(Vacuum Bulb)를 RMU에 구현하여 정확한 사고전류 차단과 사고구간을 안전하게 분리할 수 있다는 점이 RMU의 최대 장점이다.

RMU는 환형(Ring) 전력계통(Electric Power System)을 꾸밀 수 있는 방법으로 다음과 같이 2가지의 대표기종으로 구분할 수 있다.

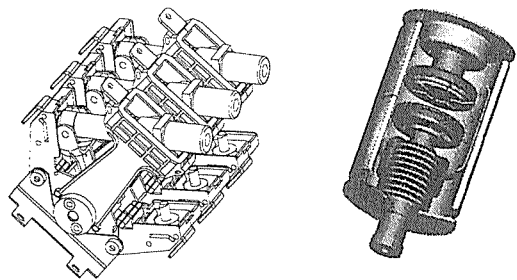
1) RMU 1:2-LBS(Load break Switch)와 Fuse-LBS Combination로 구성

2) RMU 2:2-LBS(Load break Switch)와 Vacuum Circuit Breaker로 구성

또한 위의 RMU는 표 1과 같은 기계적 특성이 미리 정해진 규격을 만족해야만 전류 및 전압시험시 문제없이 진행될 수 있으며, 실제 사용할 시에도 제품의 기능을 정상적으로 수행할 수 있다.

2.2 투입/열림 속도 측정

RMU 내부의 소호부로서 일반적으로 Puffer type이나 VI(Vacuum Interrupter) type를 사용한다. Puffer type은 실린더 내에 있는 SF₆가 압축되면서 순간적으로 분사되어 개폐시 발생된 아크를 소호시키는 원리를 사용하며, VI type은 진공으로 된 세라믹 절연용기 내에서 두 접점사이에서 발생하는 아크를 소호하는 구조로 되어 있으며 각각의 구조는 그림 2와 같다.



(a) Puffer의 구조 (b) VI의 구조

(그림 2) Puffer와 VI의 구조

그리고 위의 두 소호부는 투입 및 열림동작을 할 때, RMU가 전기적 및 기계적 특성에 영향이 미치

<표 1> RMU의 기계적 특성시험의 종류

기계적 특성시험의 종류	
1	투입/열림 속도측정
2	VI 채터링 시간측정
3	SF ₆ 가스 누설시험
4	접촉저항 측정
5	응력측정/무부하개폐수명
6	전류측정(Motor/Solenoid)
7	수압시험(내 아크에 의한 압력과 온도의 상승)
8	온도상승시험

지 않는 범위에서 가동접점의 투입/열림속도를 미리 규정하고 있다. 이와 같이 설계시 규정된 속도를 만족하지 않으면 문제가 발생하여 제품의 신뢰성을 잃게 된다.

RMU의 투입 및 열림 속도를 측정하기 위한 측정기는 APEK/MPE사(社)의 LSC(Linear Strain Conversion)변위센서로서 Coil의 유도전압변화를 이용하는 LVDT와는 다른 Strain Gage Type의 변위센서로서 내부는 350Ω Full Bridge로 구성되어 있으며 측정범위는 5~100mm까지의 5모델이 있다. 일반 Strain Gage Amplifier로 사용가능하며 Noise가 적으므로 각종 변위를 정밀하게 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다.

그리고 LSC외에 저항형태의 변위센서를 이용하여 변위에 따른 저항 값의 변화에 의해 전압을 검출하여 변위와 속도를 측정하기도 한다. 그러나 LSC 변위센서를 이용하는 것이 저항형태의 변위센서보다 성능 및 정밀도 측면에서 더욱 우수한 것을 볼 수 있다.

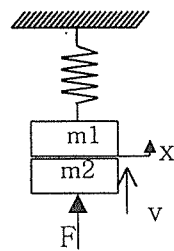
그러나 위의 두 변위센서는 측정 대상물에 부착할 수 있는 공간이 있거나, 없을 경우에는 Jig를 사용해야만 측정할 수 있다. 따라서 부착할 수 없는 경우에는 고속카메라를 이용하여 변위와 속도를 측정할 수 있으며, 가시적으로 운동상태를 관찰할 수도 있다.

2.3 VI Type 소호부에서의 Bounce시간 측정

Puffer Type 소호부는 가동접점과 고정접점의 접촉이 충돌에 의한 것이 아니고, 실린더형태의 삽입에 의한 접촉이므로 Bounce는 발생하지 않지만, VI Type 소호부는 두 접점사이의 접촉이 충돌에 의한 것이기 때문에 투입시 Bounce가 발생하게 된

다. 투입동작시 Bounce 현상이 일어나게 되면, 두 접점 및 소호부에는 아래와 같은 문제점이 발생하게 된다.

- 1) 접점의 침식 또는 수명
- 2) Contact welding 현상
- 3) 접점의 신뢰도 감소
- 4) 횡자계 VI의 휨현상 증가(공진현상)



$$k < \frac{\{(1 + m_2 / m_1)^2 - 1\} \{1 + m_2 / m_1\} F^2}{m_1 v_0^2}$$

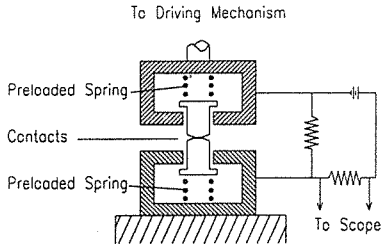
(그림 3) Model for deriving critical stiffness of contact mounting and Necessary condition for suppression of bounce

위 그림 3은 VI 소호부의 Bounce 현상에 대한 개념을 설명하기 위해 모사한 그림이다. m1은 고정접점 및 고정접점을 지지해주는 구조물을 나타내며, k는 지지구조물과 고정접점에 의한 강성을 나타낸다. 그리고 m2는 가동접점, F는 접압스프링 및 메커니즘에 의한 외력이며 v0는 가동접점의 충돌 직전의 속도를 의미한다.

두 물체가 충돌할 때, 초기 운동에너지가 소모되지 않고 지지 구조물의 강성을 VI에 맞춰주지 않으면, 두 접점은 반발력에 의해 Bounce가 존재하게 된다. 따라서 이 Bounce를 최소화하기 위해서는 초기 운동에너지를 다른 에너지 형태로 소모 시켜야 하며 소모율을 극대화 해야 한다. 그리고 지지구조

물에 대한 강성을 설계시 반영하여 Bounce가 일어나지 않도록 설계해야 한다.

또한 Bounce 현상을 줄이기 위해 접점사이에서 초기운동에너지를 소모시키기 위해 설계하는 것은 부적당한 것을 알 수 있으며, 에너지 소모를 위해 가장 고려해야 될 사항은 구조 지지물을 이용해야 되는 것을 알 수 있다. 이를 위해서 지지물의 강성을 조절하여 접점간의 첫 번째 충격파안에 초기 투입에너지의 최대비율을 응력파의 형태로 고정접점 지지물로 전파시키거나 저장시켜야 한다.



(그림 4) 충돌실험에서의 Bounce 측정회로

위 그림 4에서 충돌 후 두 접점은 운동에너지 E_d 를 가지게 되는데, 충돌 전 운동에너지 E_0 에서 이 값을 제외한 값이 접점 내에서 영구적으로 변형에너지로서 소모된 것을 알 수 있다.

따라서 충돌 동안의 변형에너지와 영구적으로 소모된 변형에너지 비를 η 라 하면,

$$\eta = \frac{E_0 - E_d}{E_s} = 1 - e^2 \quad (1)$$

식 (1)가 된다.

또한 두 접점의 접압 스프링의 압축력을 F 라 하면 운동 방정식에 의해 초기 충돌후, 두 접점의 Bounce시간은 식 (2)이 된다.

$$\tau = M\nu_{10} e/F \quad (2)$$

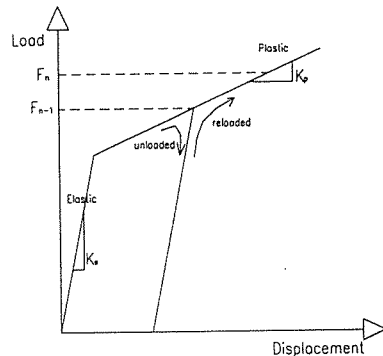
그리고 전체 Bounce시간은,

$$\begin{aligned} \tau_{\gamma} &= \sum_{n=1}^{\infty} \tau_n = M\nu_{10}/Fn \sum_{n=1}^{\infty} e^n \\ &= (M/F)\nu_{10} e/(1-e) \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)이 된다.

위 식 (3)에서 보듯이 접점의 질량과 충돌속도가 클수록, 접압스프링의 접압력이 작을수록 Bounce 시간이 증가하는 것을 알 수 있다.

또한 일반 구조강의 경우 변형과 하중의 관계에서 탄성구간을 넘어 하중을 점차로 증가하게 되면 응력에 비해 변형률이 훨씬 급속도로 증가하여 곡선의 기울기가 점차로 작아지다가 수평이 되는 점에 도달하게 된다. 이 점으로부터 하중은 거의 증가하지 않더라도 상당한 변형이 일어난다. 그리고 이 점으로부터 재료는 소성변형(Plastic Deformation) 상태로 되어 하중의 증가 없이도 변형이 일어나며, 하중을 제거하여도 영구변형이 발생하게 된다. 또한 재료 내에서 소성변형이 일어나게 되면 재료는 변형을 경화(Strain Hardening)가 시작되는데 이 때 재료는 원자 및 결정구조의 변화를 일으키며 더 이



(그림 5) 변위 - 하중에 따른 곡선

상의 변형에 대한 재료의 저항력을 증가시키는 현상이 일어난다. 결국 소성 영역에서 하중을 제거한 후 다시 하중을 가하면, 제거하기 전 하중까지 탄성영역이 된다.

변형을 경화현상에 의해 위의 그림 5를 이용하여 변형에너지와 n번째 반복실험에서 충돌 동안에 접점 내에 투입되는 변형에너지 E_s 와 영구적으로 소모된 변형에너지 E_d 의 비를 구하면,

$$\eta_n = \frac{E_d}{E_s} = (1 - K_p / K_e)^n \quad (4)$$

식 (4)가 되어 반복 실험을 많이 하면 할수록 영구적으로 소모되는 변형에너지의 비율이 감소하는 것을 알 수 있다.

즉, 접점 표면에서 변형을 경화가 발생할수록 경도는 증가하게 되어, 두 접점간에 충돌이 일어나면 Bounce현상이 더 발생하게 된다. 따라서 뚜렷한 목적 없이 VI를 이용한 RMU나 다른 고압기기를 동작시키는 것은 Bounce현상을 증가시키는 결과를 낳는다.

2.4 SF₆ 가스누설 시험

대기압 공기이외의 기체를 주절연재료로 사용하는 절연방식을 가스절연이라 한다. 전극배치는 준평동전계이고, 대개 대기압이상의 기압으로 사용한다. 가스절연의 주요한 특징으로서는 다음과 같은 것들이 있다.

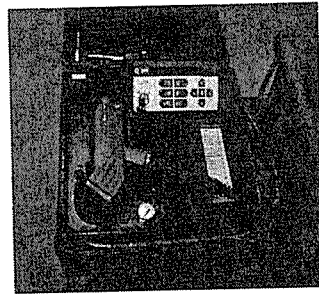
- ① 대기압공기에 비하여 절연내력이 높다.
- ② 액체, 고체절연물에 비하여 유전율이 적어 충전전류가 작다.
- ③ 고체절연물에 비하여 자유로운 절연물 형상이 가능하며, 가동부분의 제작이 용이하다.

④ 유전체손실, 누설손실이 적다.

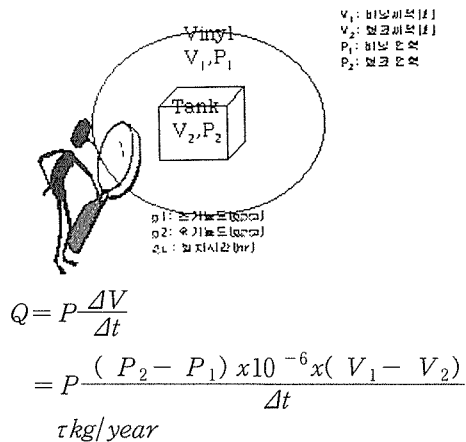
⑤ 불연성이며, 열적으로 안정하다.

가스절연방식의 이용은 1930년경부터 시작되었으며, 고기압의 공기, 질소, 탄산가스가 이용되었다. 그 후, 불소나 염소를 함유하는 기체가 높은 절연내력을 가지므로 프레온가스, 특히 CC12F2가 사용되었으나 현재에는 절연내력 이외의 특성이 종합적으로 우수한 SF₆ 가스가 가장 많이 사용되고 있다.

이와 같이 용기 내에 가스를 주입하여 사용하기 때문에 부상, 압력계이지, 구동메커니즘의 축등으로 가스가 누설될 수가 있으며, 이에 대한 누설기준의 필요성이 요구되었다.



(그림 6) SF₆ 가스 누설측정기

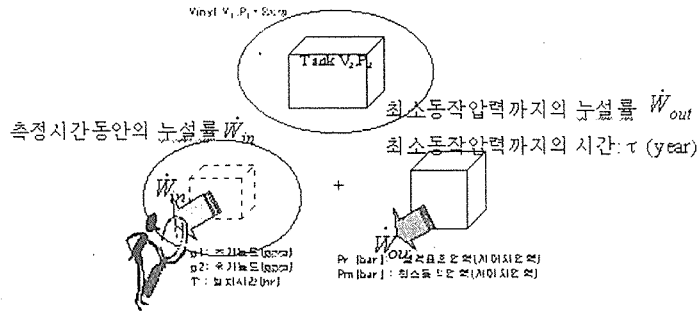


$$Q = P \frac{\Delta V}{\Delta t} = P \frac{(P_2 - P_1) \times 10^{-6} \times (V_1 - V_2)}{\Delta t} \quad \tau \text{ kg/year}$$

$$P = 1 \text{ kg/164 } \ell \text{ at } 20^\circ\text{C, 1 atm}$$

τ 는 1년을 시간으로 환산한 값으로 $365 \times 24 \text{ hr}$

(그림 7) 질량보존 법칙에 의한 계산법



$$\dot{W}_{in} = \frac{d(PV)}{dt} = P \frac{dV}{dt} \qquad \dot{W}_{out} = \frac{d(PV)}{dt} = V \frac{dP}{dt}$$

$$\dot{W}_{in} = P_{atm} \frac{(P_2 - P_1) \times 10^{-6} (V_1 - V_2)}{T \times 3600} \qquad \dot{W}_{out} = V_2 \frac{P_r - P_m}{\tau}$$

$$\dot{W} = \dot{W}_{out} - \dot{W}_{in} = 0$$

(그림 8) 에너지보존 법칙에 의한 계산법

그림 7 또는 그림 8과 같이 1년간의 누설률을 계산하며, 누설 기준을 1년간 1% 혹은 3% 이내로 기준을 세우게 된다.

2.5 접촉저항 측정

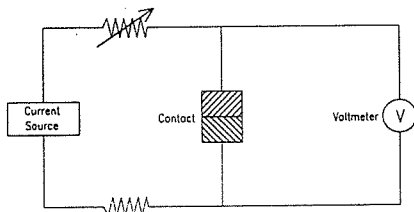
전기접촉에 사용되는 접촉부는 아무리 매끄럽게 가공된 표면이라 할지라도 미시적으로는 거칠은 점들이 존재하게 되며, 외관상의 접촉 면적보다도 극히 적은 일부만이 실제 접촉이 이루어진다. 또한 이렇게 접촉이 되고 있는 부분이라 할지라도 금속간의 접촉이 이루어지는 부분과 전류가 tunnel effect에 의하여 쉽게 통과 할 수 있을 정도의 피막(약 20Å이하)으로 덮힌 부분, 그리고 전류가 거의 통하지 못할 정도의 두꺼운 피막으로 덮힌 부분으로 나눌 수가 있다. a-spot이라 함은 전도 가능한 면적을 나타내며 반경 a이 원으로 표현할 수 있음을 말한다. 따라서 실제 접촉면적은 외관상의 접촉면적보다 매우 작으며, 또 그 중에 일부만

이 전기적으로 전도가 가능함을 알 수 있다.

이와 같은 접촉 표면의 성질로 인해서 전류가 접촉면을 통과하여 흐르게 될 경우에는 current line이 전도가 가능한 영역으로 휘어지게 되고 그 부분에서는 전류밀도가 증가하게 된다. 이러한 현상으로 인해 전기적인 저항은 이상적으로 접촉했다고 생각했을 경우의 저항보다 증가하게 되며, 이때의 증가된 저항을 constriction 저항이라고 한다.

이러한 이유로 하중의 증가에 따라 초기에는 constriction저항이 큰 폭으로 줄게 되며, 보다 증가하게 되면 constriction저항보다는 피막저항이 큰폭으로 줄어들게 되어 전체적으로 하중의 증가에 따라 접촉저항은 감소를 하게 된다. 또한 접촉 저항은 접촉압력의 영향을 크게 받는다. Greenwood에 의하면, 접촉 압력이 증가함으로써 각 접촉점들의 크기는 그리 크게 변하지 않으며, 오히려 접촉점들의 수가 접촉압력에 비례하여 증가를 하게 된다. 그것은 접촉면적이 작은 경우에는 새로운

접촉점들이 자주 나오기 때문에 기존 접촉점들의 성장이 어느 정도 상쇄되어 평균적으로 그리 큰 변화가 없음을 말하며, 더욱 하중을 증가하게 되면 이번에는 접촉점들이 합쳐지기 때문에 접촉점의 수는 감소하지만 접촉면적은 더 빨리 증가를 하게 된다. 그리고 구리나 구리합금의 경우 전기 및 열전도도가 우수하고 또한 비싸지 않기 때문에 전기 접촉재료로 많이 사용되고 있다. 그러나 부식이나 산화에 약하여 전기적 접촉저항치는 매우 증가하게 되는 결함을 가지고 있기 때문에 차단기등에 사용될 경우 모든 부품을 온도급처리하는 것이 바람직하다. 또는 접촉부의 환경을 진공상태로 만들어 주거나 오일(Oil)에 의한 산화방지 대책을 마련하는 것이 좋다. 또한 볼트에 의하여 체결이 되어 있는 부분에 대해서는 통전 그리스를 발라주거나, 은이나 니켈등의 도금을 하여 산화를 방지하여야 한다.



(그림 9) 직류전위차법을 이용한 접촉저항기

위의 그림 9는 직류전위차법을 이용한 접촉저항기의 원리를 나타낸다. 또한 이 원리는 결함이 있는 재료에 일정 전류를 인가할 때 결함이 존재하는 부분의 저항 변화를 이용하여 재료의 결함여부를 파악하는 비파괴 검사법으로 사용한다. 이 방법은 부도체를 제외한 모든 재료에 적용이 가능하고 측정방법이 간단하며 측정된 신호의 가공이 용이하므로 현재 전기비저항 측정, 접촉상태 관찰, 균열진전 측정 등 다양한 분야에서 사용되고 있으며 점차 그 영역이

확대되어 가고 있다.

2.6 무부하 개폐수명을 위한 응력측정

고·저압 전력기기는 전로를 과부하전류, 단락전류 등 각종 사고로부터 보호할 수 있도록 설치하는 것으로, 전류가 정격전류 이상으로 되었을 때 Joule 열에 의한 온도상승이 되기 전에 과전류를 차단해야만 한다. 일반적으로 전력기기는 스프링의 내부에너지를 이용하여 기구부를 동작시켜 과전류를 차단하며, 후속 사고를 예방하기 위해 빠른 시간 내에 동작이 완료되어야 한다.

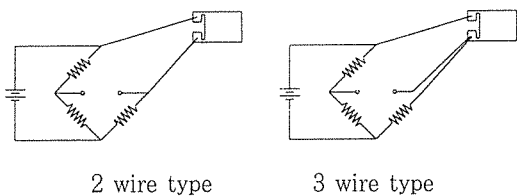
이와 같은 차단동작은 단 시간 내에 이루어지기 때문에 기구부내의 각 부품들은 정적하중이 아닌 동적하중을 받으며, 동적하중은 충격력 형태로 나타난다. 그러나 충격력 형태의 하중은 매우 복잡하여 보통 그 특성을 정의하기가 매우 어렵다. 한편 1980년대 이후 충격 접촉하는 두 구조물의 동적 특성과 충격력에 대한 중요성이 새롭게 인식되어 Explicit Algorithm을 이용한 LS-DYNA, PAM-CRASH, ABAQUS/Explicit 등의 상용 프로그램을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그리고 국내에서도 최근 위의 상용 프로그램과 NET-2D등으로 충격력을 재현하고 있지만 단순한 형상을 갖는 구조물에 국한되어 있는 실정이다.

또한 전력기기의 기구부는 수 천회의 개·폐 또는 차단 동작에도 구조적으로 큰 소성 변형이나 파단 현상이 없어야 한다. 일반적으로 충격력에 의한 피로수명은 정적하중을 받는 피로수명보다 짧다고 알려져 있지만, 충격력에 관한 연구와 더불어 충격 피로에 관한 연구도 비교적 활발히 이루어지지 않고 있다.

그리고 하중을 받는 일반 재료의 변형량을 측정하

기 위해서 Strain gage나 광탄성을 주로 이용하며, 특수한 목적으로 Piezoresistive, Moire, Holography, X-ray등을 이용하기도 한다.

휘스톤브리지 회로를 이용하여 변형률을 측정할 때, 저항의 균형이 조금만 깨지더라도 초기의 전압이 0이 되지 않고 어느 정도의 값을 가지거나, 외부에서 wire에 열을 가하면 열에 의한 wire의 저항변화로 실제로 원하는 값을 얻을 수 없다. 이와같은 이유로 그림 10에서 보는 것과 같이 2wire 방식보다는 3wire 방식을 이용하여 보다 정확한 값을 얻기도 한다.



(그림 10) 2wire방식과 3wire방식

응력 및 변형률 측정은 크게 정적실험과 동적실험으로 나눌 수 있다. 정적 실험인 경우에는 시스템 구성이 간단한 반면, RMU와 같이 충격을 받은 곳의 응력 측정이 요구되는 동적실험은 짧은 시간 내에 수 많은 데이터가 필요하므로 특별한 시스템이 필요하게 된다.

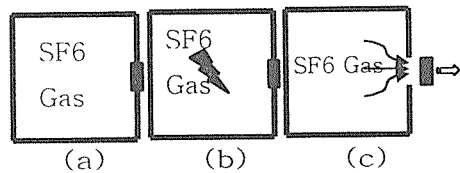
2.7 내아크에 의한 압력과 온도계산

현재 일반적으로 절연매질을 SF₆ 가스를 사용하는 전기 기기로는 GIS(Gas Insulated Switchgear), 가스 부하 개폐기, RMU(Ring Main Unit), Overhead Switch등과 같은 가공용 및 지중용 기기들이 있다. 이러한 기기는 선로 분기 및

구분 또는 보호의 목적으로 사용되며, SF₆를 절연매질로 저압에서 고압까지 광범위한 범위의 가스 압력하에서 사용되고 있다. 이러한 고압 전기기기를 사용할 때 내부 단락사고가 발생하여 압력 용기 내에 열팽창이 발생하며, 이 때 열팽창으로 인한 압력 증가로 압력용기가 파괴될 수 있다. 이러한 사고가 발생할 시 조작자와 전기기기를 보호할 목적으로 특수한 장치가 필요하게 되었다. 즉, 압력용기의 일부분을 구조강도상 약하게 설계하여 내부 단락사고시 그 일부만 파괴가 발생하도록 하는 방압장치를 고안하여 조작자와 전기기기를 보호하게 되었다.

이와 같이 단락사고가 발생할 때 기기가 파괴되면 인명 사고가 발생할 수 있기 때문에 SF₆ 가스를 사용하는 전기 기기는 방압장치의 설치가 필수적이며 또한 최적설계가 요구되고 있는 실정이다. 그런데 이를 위해서는 전기 기기내부에서 단락사고가 발생할 때 기기내부의 압력과 온도변화에 대한 자료가 있어야 하지만, 그 현상이 발생하는 시간이 너무 짧고 위험하여 사실상 측정하기가 불가능한 현실이다.

여기서는 이상기체 방정식과 SF₆ 가스의 성질을 이용하여 단락사고가 발생하였을 때 전기 기기내부의 압력과 온도변화를 유체역학의 기본식을 이용하여 예측하였다.



(a) 정상상태 : (b) 내아크발생(방압장치 이탈전) : (c) 방압장치 이탈 후

(그림 11) 내 아크에 의한 방압장치이탈

유체역학의 기본 이론을 적용하기 위해 RMU를

대상으로 해석하였고, 이 때 아크에 의한 전압은 Paschen의 법칙을 따랐으며, 함수 $f(d, l, \angle p)$ 의 관계를 가진다.

3. 결 론

이상과 같은 이론 및 실험방법을 바탕으로 RMU

가 국내에서 탄생하였으며, 이로 인해 MV계통상 요소요소마다 한 장소에서 여러 선로를 분기도 해주고, 아울러 부하측 사고전류에 대해서는 차단능력을 갖는 새로운 전력기기를 얻게 되었다는 점이 가장 두드러진 효과이다.

