

# 클립식 전류계

— 계측기의 동작원리와 취급방법(5) —

역/ 대한전기기사협회 기술실

## 5. 클립식 전류계

전기회로에 흐르고 있는 전류를 측정하려면 전기회로의 일부를 절단하고 그 사이에 전류계를 접속하거나 또는 부하에 접속되어 있는 전선을 부하단자에서 떼고 전선과 부하단자간에 전류계를 접속하여 부하전류를 측정한다.

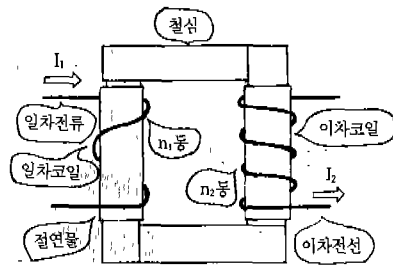
그러나 전기설비, 전기제품이나 전동기 등에 흐르고 있는 회로전류 측정에 있어 배선의 일부를 절단하고 전류계를 접속하거나, 전동기 등으로의 배선에 있어 전선을 단자에서 떼고 그 사이에 전류계를 접속하여 부하전류를 측정하는 것은 상당히 번잡한 작업이 되고 간단히 전류의 값을 측정하기 어렵다.

특히 전선 일부를 절단하고 전류를 측정하는 경우에는 전류 측정이 끝나면 재차 전선을 접속하고 접속개소를 절연하지 않으면 안된다.

그래서 배선의 일부를 절단하거나 또 부하에 접속되어 있는 전선을 부하단자에서 떼지 않고 전류를 측정할 수 있는 것이 클립식 전류계이다. 클립식 전류계는 각 메이커에 따라 그 이름이 상이하여 클립 전류계, 클램프미터, 하크 테스트 등으로 불리고 있다.

### 5.1 클립식 전류계의 동작원리

클립식 전류계는 변류기(CT)와 전류계를 조합시킨 것이다. 일반적으로 사용되고 있는 변류기는 큰



<그림 5. 1> 변류기의 원리

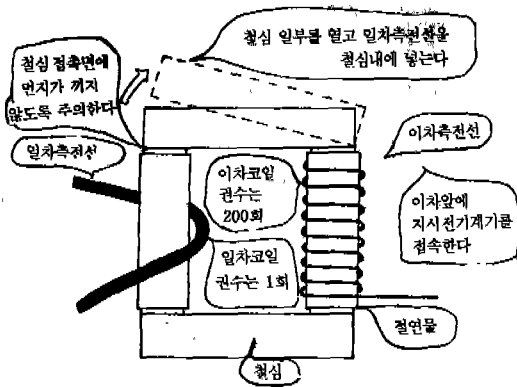
값의 전류를 전류계로 측정할 수 있을 정도의 작은 전류로 바꾸거나 또는 고전압회로의 전류를 측정하는데 있어 고전압회로에서 2차 회로를 절연하고 전류를 측정하여 측정자의 안전을 확보하고 있다.

변류기는 <그림 5.1>과 같이 철심 위에 적당한 절연을 하고 1차 코일 T<sub>1</sub> 및 2차 코일 T<sub>2</sub>를 감는다. 여기서 1차 코일 T<sub>1</sub>의 권수를 n<sub>1</sub>, 2차 코일 T<sub>2</sub>의 권수를 n<sub>2</sub>라 하고 1차 전류를 I<sub>1</sub>, 2차 전류를 I<sub>2</sub>라 하면 변류기의 변류비 K는

$$K = \frac{I_1}{I_2} = \frac{n_1}{n_2} \dots \dots \dots (5.1)$$

이 된다.

일반적으로 사용되고 있는 변류기의 정격2차 전류의 값은 5A의 것이 많다. <그림 5.2>의 변류기를 사용해서 1차 전류 1,000A를 측정코자 할 때 변류



<그림 5.2> 클립식 전류계용 변류기의 원리

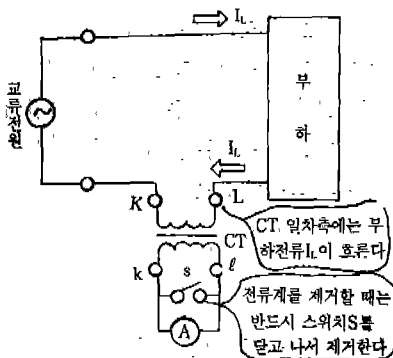
기의 권수비가 얼마가 되는가를 구해본다. 단, 1차 권선은 1턴으로 한다.

$$(5.1) \text{식을 사용하여 } \frac{I_1}{I_2} \approx \frac{n_1}{n_2}$$

$$n_2 \approx \frac{I_1}{I_2} n_1 = \frac{1000}{5} \times 1 \approx 2000$$

이 되어 2차 권선을 감는 것은 약 200회로 하면 된다.

또 변류기를 사용하여 전기회로의 전류를 측정하려면 <그림 5.3>과 같이 전기회로에 전류계를 접속하는 것과 동일하게 전류계를 직렬로 접속한다.



<그림 5.3> 변류기 접속방법

변류기는 <그림 5.3>에서도 알 수 있듯이 변류기와 달리 전기회로의 부하전류가 변류기의 1차측에 흐르며 그 크기가 부하의 용량에 따라 바뀐다.

변류기의 2차측은 절대로 개방해서는 안된다. 만일 2차측에 접속되어 있는 전류계를 제거하는 경우에는 반드시 변류기의 2차측을 단락하고 나서 제거한다.

변압기에서는 2차측을 단락하면 큰 단락전류가 흘러 변압기를 소손한다. 그러나 변류기에서는 2차측을 단락하여도 2차측 회로에 흐르는 전류는 1차측에 정격전류가 흐르고 있는 경우 2차 전류는 5A이다.

만일 2차측을 개방하면 2차 전류가 흐르지 않게 되어 1차측을 흐르고 있는 부하전류에 의해 생기는 자속  $\phi$ 을 상쇄할 수 없게 된다.

따라서 부하전류가 전부 여자전류가 되어 철심이 포화되고 2차측에 큰 펄스상의 전압이 유기되어 변류기의 절연을 파괴하거나 또 회로에 나쁜 영향을 미치거나 한다.

따라서 변류기의 2차측은 절대로 개방하지 않도록 주의한다. 변류기 2차측에 접속되어 있는 전류계는 부하(Load)라고 하지 않고 부담(Burden)이라고 부르며, 그 값은 VA로 표시하고 있다.

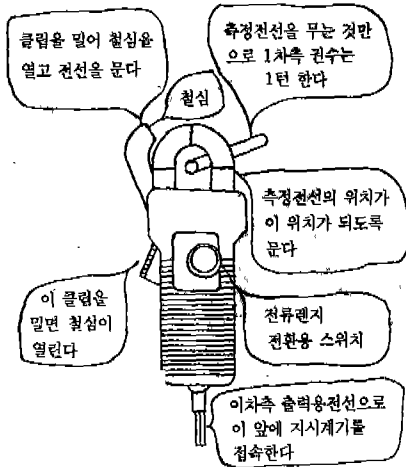
그 밖에 특수한 변류기로서 1차측의 정격전류가 0.5A이고 2차측의 정격전류가 5A와 같이 반대로 전류의 값을 크게 하는 것도 있다.

클립식 전류계는 변류기의 철심 일부가 개폐할 수 있게 되어 있다. 회로전류의 측정은 우선 철심을 열고 측정코자 하는 1차측 전선을 변류기 철심안에 넣어 1차 전류에 의해 2차측에 유기되는 전류를 측정함으로써 1차측에 흐르고 있는 전류의 값을 측정하는 것이다.

### 5.2 클립식 전류계

클립식 전류계는 여러 제조사에서 제조되고 있고 이 이름도 여러가지로 불린다.

동작원리는 전술한 변류기의 철심 일부를 개폐할 수 있는 구조로 한 것이다.



<그림 5.4> 클립식 전류계의 변류기부분

회로전류 측정은 우선 변류기의 철침 일부를 수동으로 열고 전기회로의 전선중 측정코자 하는 전선 1선을 철심내에 넣고 재차 철심을 닫으면 <그림 5.4>와 같이 1차 회로의 권수가 1턴하는 변류기가 된다.

변류기의 2차측에 유기되는 전류의 값을 측정하고 이 값을 1차측 전류값으로 환산하여 눈금이 표시되어 있는 전류계에 의해 1차 회로를 흐르는 전류의 값을 읽을 수 있다.

클립식 전류계에도 변류기 부분과 계기부분이 별도로 되어 있는 것과 변류기와 계기가 일체로 되어 있는 것이 있다. 변류기의 부분이 별도로 되어 있는 것은 회로계(테스터)와 조합해서 사용할 수가 있다.

한편, 변류기와 지시계가 하나로 되어 있는 클립식 전류계는 선로전류 측정 외에 교류전압 및 저항을 측정할 수 있는 것이 있다.

측정할 수 있는 전류는 변류기를 사용하고 있기 때문에 교류전류만이고 직류전류는 측정할 수 없다. 또, 변류기의 1차측 권수는 전선을 잠을 뿐인 1턴으로, 그 권수가 적고 2차측에 흐르는 전류의 값도 작다. 따라서 사용하는 지시계기는 가동철편형에서는 감도가 나쁘기 때문에 감도가 좋은 정류형 계기가 사용되고 있다.

측정전류의 값도 15A 정도에서 300A까지로 비교적 큰 값의 회로 전류측 적용으로 되어 있다.

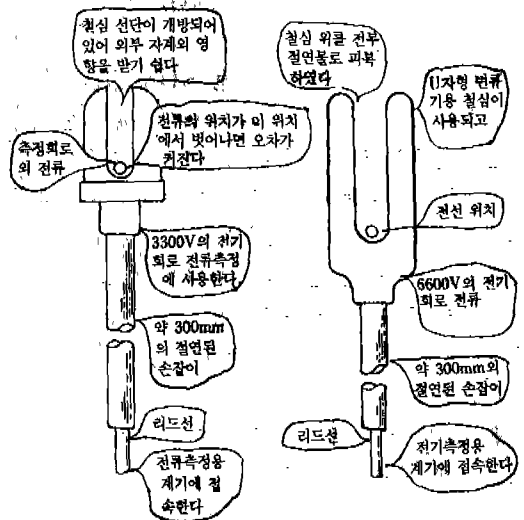
이 밖에 클립식 전류계 내부에 증폭기를 조입해 전류감도를 6A로 고감도로 한 클립식 전류계도 있다.

### 5.3 측정상 주의점

교류회로의 전류 측정은 변류기를 사용하여 전류를 측정하는 경우와 동일하게 반드시 측정회로 전선중의 1선을 철심부를 열어 클립한다.

전선의 클립이 끝나면 철심간의 닫힌 부분이 완전하게 잘 물려있는가를 확인한다. 개폐하는 부분의 철심 표면에 먼지나 녹 등이 있고 철심이 완전히 닫혀 있지 않으면 측정값에 큰 오차가 발생한다. 따라서 개폐부 철심 표면에는 필요외에 절대로 손을 대지 않도록 주의한다.

측정전선은 <그림 5.4>와 같이 철심내 중간부분에 놓고 철심 좌우에 지표가 있는데, 이 위치에 전선을 가지고 간다. 또한 전선과 클립식 전류계는 직각이 되도록 한다.



<그림 5.5> U자형 철심을 사용한 고전압회로용 변류기

특히 <그림 5.5>와 같은 고압전로의 전류를 측정하는 클립식 전류계로서 변류기가 U자형으로 되어 있는 것은 전선을 변류기 바닥부에 대고 측정하지 않으면 전선의 위치로 인한 측정값에 대한 영향이 커지므로 전선 위치에 주의하여 측정한다.

또, 측정하고자 하는 전선 가까이에 큰 값의 전류가 흐르고 있는 전선이 있으면 오차를 발생할 우려가 있으므로 다른 전선과의 사이는 거리를 넓게 잡는다.

측정 정밀도는 클립식 전류계의 종류에 따라 다르지만 최대 눈금값의  $\pm 2.5 \sim \pm 3\%$  이하이며, 이 정밀도는 올바른 측정을 할 경우에 얻어지는 값이다.

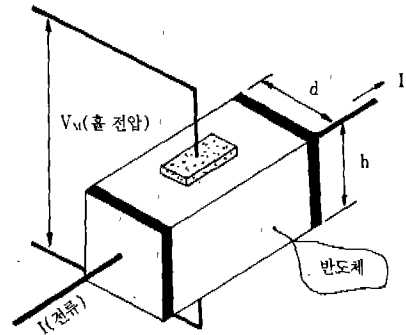
따라서 측정에 있어서는 지금까지 기술한 주의사항을 잘 지키고 측정을 한다. 그리고 클립식 전류계의 지시계기에는 정류형 계기가 사용되고 있으며, 계기 평균값을 지시하지만 눈금은 실효치(정현파의 경우)로 환산하여 표시되어 있다. 이 때문에 정현파 이외의 파형에서는 파형의 변형으로 인한 영향이 크고 사이리스터 제어회로 등이 전류측정은 오차가 커진다. 따라서 파형이 변형될 우려가 있는 회로의 전류측정에 있어서는 주의가 필요하다.

#### 5.4 교류 및 직류전류 측정용 클립식 전류계

일반적으로 사용되고 있는 클립식 전류계는 변류기를 사용하고 있기 때문에 교류회로의 전류는 측정할 수 있으나 직류회로의 전류는 측정할 수가 없다. 그래서 자속 검출에 홀 소자를 사용, 교류 및 직류의 전류측정이 가능한 클립식 전류계가 제조되고 있다. 여기서는 교류·직류전류 측정용 클립식 전류계의 원리 및 측정회로에 대해서 설명한다.

##### (1) 홀 효과

홀 효과란 <그림 5.6>과 같이 전류가 흐르고 있는 도체에 자계를 가하면 전자는 전자의 이동방향으로 굴곡되어 전류 I와 자계 B의 수직방향으로 기전력  $V_H$ 가 발생한다. 이것을 홀 효과라고 하며, 홀 전압  $V_H$ 는 다음 식의 값이 된다.



<그림 5.6> 홀 소자

$$V_H = R \frac{IB}{d} \dots \dots \dots (5.2)$$

- 단, R : 홀 정수
- d : 두께
- I : 전류
- B : 자속밀도 [T(테슬러)]

##### (2) 홀 소자

홀 효과를 이용하는 반도체 소자를 홀 소자 또는 홀 발전기라고 하고 있다. 홀 소자에 사용하는 반도체는 (5.2)식에 표시한 홀 정수 R이 큰 게르마늄(Ge), 실리콘(Si), 인듐·안티몬(InSb), 인듐·비소(InAs) 등의 반도체가 많이 사용되고 있다.

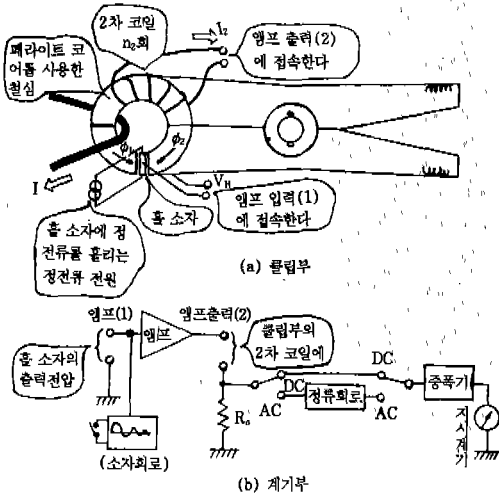
##### 5.4.1 홀 소자를 사용한 클립식 전류계의 동작원리

여기서는 Y사에서 제조되고 있는 Type 3228의 클립식 전류계의 동작원리에 대해서 소개한다.

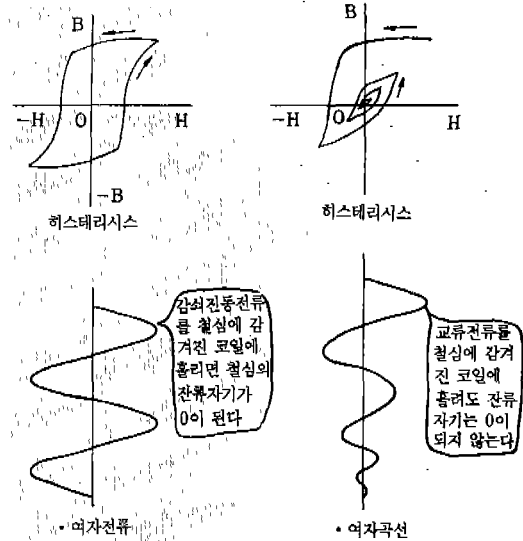
전선을 클립하는 부분은 <그림 5.7>과 같이 페라이트 철심을 열고 측정회로의 전선을 클립한다. 철심에는 홀 소자와 궤환용 코일  $n_2$ 가 감겨있다.

여기서 클립한 측정회로의 전선에 흐르는 전류를  $I_1$ 이라고 한다. 이 전류  $I_1$ 에 의해 철심에는 자속  $\phi_1$ 이 화살표 방향으로 생긴다. 이 자속  $\phi_2$ 에 의해 홀 소자에는 홀 전압  $V_H$ 가 발생한다.

홀 소자에 발생한 홀 전압  $V_H$ 를 증폭기에 의해 증폭하여 궤환 코일  $n_2$  및 저항  $R_0$ 에 가한다. 따라서



<그림 5.7> 홀 소자를 사용한 클립식 전류계



<그림 5.8> 철심의 소자

계한 코일  $n_2$  및 저항  $R_0$ 에는 증폭된 전류  $I_2$ 가 흐른다.

이 전류  $I_2$ 에 의해 계한 코일  $n_2$ 에는 자속  $\phi_2$ 가 발생한다. 자속  $\phi_2$ 는 자속  $\phi_1$ 을 상쇄하는 방향으로 계한 코일  $n_2$ 가 감겨져 있다. 따라서 증폭기의 이득이 충분히 크면 이 계는  $\phi_1 = \phi_2$ 로 평형한다. 이것을 식으로 표시하면

$$\phi_1 = \phi_2 \dots \dots \dots (5.3)$$

$$\phi_1 = \frac{n_1 \times I_1}{R} \dots \dots \dots (5.4)$$

$$\phi_2 = \frac{n_2 \times R_0 \times I_2}{R} \dots \dots \dots (5.5)$$

단, R(리액턴스)는 클립부에 사용된 철심의 자기 저항식 (5.3), (5.4), (5.5)에 의해

$$I_2 = \frac{n_1}{n_2} \times I_1 \dots \dots \dots (5.6)$$

이 된다. 통상  $n_1$ 은 1턴이므로

$$I_2 = \frac{I_1}{n_2} \dots \dots \dots (5.7)$$

이 된다. 출력저항  $R_0$ 에 생기는 전압  $e_0$

$$e_0 = R_0 \times I_2 = \frac{R_0}{n_2} \times I_1 = KI_1 \dots \dots (5.8)$$

※  $\frac{R_0}{n_2}$ 는 일정하기 때문에 정수 K로 한다.

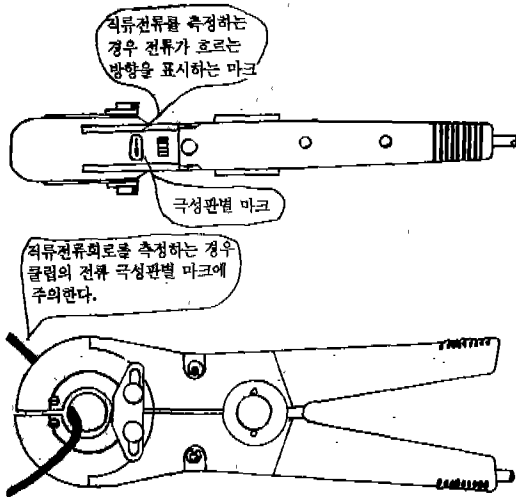
이상과 같이 출력전압  $e_0$ 는 측정전류  $I_1$ 에 비례하는 것을 알 수 있다. 저항  $R_0$ 에 생기는 출력전압  $e_0$ 의 값이 작기 때문에 이것을 증폭하여 지시계에 의해 전류값을 지시한다.

측정전류가 직류인 경우는  $e_0$ 를 그대로 증폭하여 그 값을 지시계기로 읽는다. 또한 교류전류의 경우에는 정류회로를 통해서 직류로 변환하고 나서 증폭기를 통해서 지시계기로 읽는다.

큰 직류전류를 측정하면 페라이트 철심이 잔류자기가 생기고 재차 직류전류를 측정하는데 있어서 영점이 이동한다. 이 때문에 페라이트 철심에 생긴 잔류자기를 소거할 필요가 있어 페라이트 철심의 소자회로가 설치되어 있다.

소자회로는 <그림 5.8>과 같은 감쇠진동전류를 계한 코일  $n_2$ 에 흘려 페라이트 철심의 잔류자기를 소거하고 있다.

5.4.2. 직류·교류전류 측정용 클립식 전류계의 취급  
홀 소자를 사용한 클립식 전류계는 검출부와 증폭



<그림 5. 9> 직류전류의 측정

부를 내장한 지시부로 분류된다. 이와 같이 증폭기를 내장하고 있기 때문에 감도가 좋다. 따라서 측정 범위가 넓으며, 교류·직류 공히 0.2A~20A까지의 전류를 측정할 수 있다.

측정 정밀도는 최대 눈금의  $\pm 2.5\%$ 이다. 또 교류 전류에 있어서의 주파수 특성은 40Hz~1kHz이다.

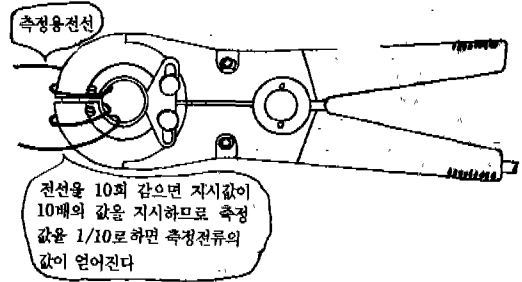
(1) 직류전류 측정

직류전류 측정에 있어서 주의할 것은 페라이트 철심에 잔류자기가 있으면 작은 값의 측정 렌지에 있어서 영점이 이동한다. 이 경우는 소자회로에 의해 페라이트 철심을 소자하고 나서 측정에 들어간다.

전류가 흐르는 방향은 <그림 5.9>와 같이 클립부 상부에 기입된 화살표 방향으로 전류가 흐른 경우에 지시계 지침은 정규방향으로 지시한다. 또, 맥류전류를 측정할 경우는 지시계는 평균치를 지시한다.

(2) 교류전류 측정

교류전류를 측정할 때는 직류전류 측정과 같이 페라이트 철심을 소자할 필요가 없다. 지시계의 지시는 측정전류의 평균값을 지시한다. 그러나 눈금은



<그림 5. 10> 미소전류 측정

실효값으로 표시되어 있어 측정값을 실효값으로 읽을 수 있게 되어 있다.

이와 같이 교류전류 측정은 평균값 정류방식 때문에 측정전류의 파형이 정현파 이외의 경우에는 지시 오차를 발생한다. 특히 사이리스터 제어회로 등에 있어서의 전류측정에는 주의를 요한다.

(3) 미소전류 측정

통상적으로 전선을 클립한 1턴에서의 측정이 많다. 그러나 미소한 전류를 측정코자 하는 경우에는 <그림 5.10>과 같이 전선을 철심에 N턴 감아서 측정하면 그 지시도 N배가 된다. 따라서 지시값을 1/N로 하면 측정회로의 전선에 흐르고 있는 미소한 전류를 측정할 수가 있다.

5.4.3 측정상의 주의

검출부 클립에는 홀 소자가 사용되고 있다. 따라서 클립에 큰 충격을 가하면 홀 소자가 파손될 우려가 있다. 또 클립부의 철심이 밀착하는 면에 먼지 등이 부착하면 측정값이 작은 값을 나타낸다. 따라서 철심의 접합면에서는 먼지 등이 부착되지 않도록 주의한다.

또한 클립부의 전선 위치에 의한 측정값의 변화가 없으므로 측정 전선의 위치를 그리 고려할 필요가 없다. ㊸

<다음호에 계속...>