

계측기의 동작원리와 취급방법(3)

회로계

역/대한전기기사협회 기술실

3. 회로계

회로계는 테스터라고 불리며, 전자기기, 전기기기 등의 조정, 시험에 그리고 전설관계의 보수 등에 널리 사용되고 있다.

이와 같이 회로계의 용도는 넓고, 일반적으로 가장 많이 사용되고 있는 계기로서 직류전압, 교류전압, 직류전류 및 저항 등을 손쉽게 측정할 수 있는 데다가 그 측정범위가 광범위하다. 여기서는 회로계의 성능, 내부회로 및 그 취급방법 등에 대해서 기술한다.

3.1 회로계의 규격

회로계는 KS C 1306에 정해져 있는 기능을 갖고 있어야 한다. 여기서는 이들 기능의 대표적인 것에 대해서 간단히 해설해 본다.

회로계는 측정범위의 수 및 회로 정수에 따라 <표 3.1>에 표시하는 계급으로 분류되고 있다.

<표 3.1> 회로계의 계급

계급	AA급	A급	B급	비고	
측정범위의 수	20이상	15이상	10이상	-	
지시계의 눈금길이(mm)	55이상	55이상	55이상	-	
회로정수	지시계의 최대 동작 전류 (μA)	60이하	100이하	500이하	
	직류전압 ($k\Omega/V$)	18이하	9이상	0.9이상	내부저항
	직류전류 (mV)	500이하	500이하	500이하	단자전압강하
	교류전압 ($k\Omega/V$)	1.8이상	0.9이상	0.9이상	내부임피던스
저주파출력 ($k\Omega$) (고임피던스)	10이상	8이상	8이상	내부임피던스	

또 회로계 각 측정량의 최대 눈금값은 원칙적으로 <표 3.2>에 표시하는 (a)표 또는 (b)표의 계열에서 선택되고 있다.

<표 3.2> 회로계의 최대 눈금값

측정량의 종류	최대 눈금값 (a)
직류 전압(V)	2.5 5 10 25 50 100 250 500 1000
교류 전압(V)	2.5 5 10 25 50 100 250 500 1000
직류 전압 ⁽¹⁾ (mA)	1 5 10 25 50 100 250 500
(μA)	
저항(Ω)	1000 10000 100000 1000000 10000000
저주파출력 ⁽²⁾ (dB) ⁽³⁾	+5 +20 +30

측정량의 종류	최대 눈금값 (b)
직류 전압(V)	0.6 1.2 3 6 12 30 60 120 300 600 1200
교류 전압(V)	1.2 3 6 12 30 60 120 300 600 1200
직류 전류 ⁽¹⁾ (mA)	1.2 3 6 12 30 60 120 300 600 1200
(μA)	
저항(Ω)	1000 10000 100000 1000000 10000000
저주파출력 ⁽²⁾ (dB) ⁽³⁾	+5 +20 +30

주 : (1) 직류전류는 10A까지로 한다.

(2) 저주파 출력을 볼트(V)로 표시하는 경우의 최대눈금값은 교류전압의 최대 눈금값에 맞추어도 된다.

(3) 데시벨(dB)의 최대 눈금값은 0dB(600 Ω /mW)을 기준으로 한 것이다.

(a)표의 계열에 의해 눈금이 표시된 회로계는 예를 들면 가정용 배전선의 전압을 측정하는 경우 가령 배전전압이 102V였다고 한다. 이 경우에 102V

는 100V 렌지로는 값을 읽을 수가 없다. 따라서 렌지를 250V로 하여 102V의 값을 읽지 않으면 안된다. (a)표 계열의 눈금은 이와 같이 렌지를 바꾸는 번거로움과 전압의 관독 정밀도가 나빠진다.

이것을 (b)표의 계열에 의해 표시된 회로계라면 렌지가 120V이므로 배전전압이 100V를 초과하더라도 렌지를 바꿀 필요가 없고 관독 정밀도도 최대 눈값 가까이에서 읽기 때문에 측정 정밀도도 좋다.

그러나 건전지의 전압 1.5V를 측정하는 경우는 (a)표의 계열에서는 2.5V의 렌지에 의해 측정하고 (b)표의 계열에서는 3V의 렌지를 사용한다. 이 경우는 102V의 배전전압을 측정하는 경우에 비해 문제는 적지만 (a)표의 계열이 (b)표의 계열보다 정밀도있게 측정할 수가 있다.

이와 같이 회로계는 최대 눈금값이 (a)표 및 (b)표의 두 계열에 의해 표시되어 있으며, 측정하는 목적에 따라 그 필요한 계열로 눈금표시된 회로계를 선택하면 된다.

회로계의 허용치는 그 유효 측정범위내에 있어서 <표 3.3>과 같은 범위에 있어야 한다. 회로계의 허용치는 최대 눈금값에 대한 허용한도로 표시되고 관독값에 대해서는 없으므로 주의한다.

교류회로의 측정에 있어서 주파수의 영향은 <표 3.4>에 표시하는 허용 한도가 있다. 이 시험은 회로계 교류전압의 최대 눈금값 30V 또는 25V 이하에 있어서 정현파의 교류전압을 가하여 주파수를 바꾸고 시험을 한다.

<표 3.3> 회로계의 허용차

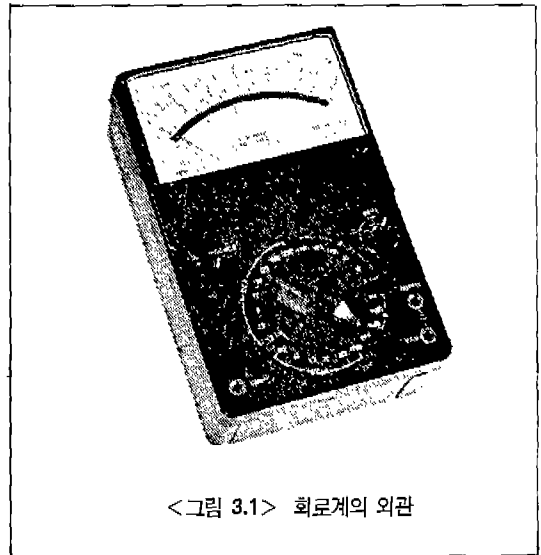
측정량의 종류	허용차 (%)
직류전압 직류전류	최대 눈금값의 ±3
교류전압 (1) 저주파출력 (2)	최대 눈금값의 ±4
저항	눈금길이의 ±3

주: (1) A급, B급의 최대 눈금값 3V 이하의 교류전압(저주파 출력 포함)의 측정범위에 대해서는 최대 눈금값의 ±6%로 한다.
(2) dB눈금의 경우는 최대 눈금값을 전압으로 환산한 값으로 한다.

<표 3.4> 회로계의 주파수 영향

계급	주파수	지시값 차의 허용한도(%)
AA급	50Hz~20kHz	최대 눈금값의 3
A급	50Hz~10kHz	최대 눈금값의 3
B급	50Hz~5kHz	최대 눈금값의 3

회로계는 여러 회사에서 많은 종류의 회로계가 제조되고 있다. 여기서는 많은 기능을 가진 <그림 3.1>의 Y사의 Type 3201 회로계에 대해서 설명한다.



<그림 3.1> 회로계의 외관

3.2 회로계에 사용하는 전류계

회로계 3201의 특성을 KS 규격과 비교하여 이를 <표 3.5>에 든다. 이 회로계에 사용되고 있는 전류계의 감도는 10 μ A로 대단히 감도가 좋은 전류계가 사용되고 있다.

종래 사용되던 피보트 타입의 전류계는 50 μ A 정도가 최고의 감도였다. 피보트 타입으로 고감도의 것은 기계적인 충격에 약하고 특히 휴대용으로 사용되는 회로계 등은 충격을 받는 일이 많아 신뢰성면에서도 그리 사용되고 있지 않았다.

그러나 Type 3201은 가동 코일의 지지방식이 피보트식이 아니고 금속 바인드(백금·니켈의 합금)

<표 3.5> KS와의 특성비교

항 목	KS AA급	Type 3201		
측정범위의 수	20 이상	27		
지시계의 눈금길이	55mm 이하	105mm		
회로 정수	지시계의 최대 동작전류	60 μ A 이하	10 μ A	
	직류 전압	18 Ω /V 이상	100k Ω /V	
	직류 전류	500mV 이하	200mV	
	교류 전압	1.8k Ω /V	10k Ω /V	
	저주파 출력	10k Ω 이상	10k Ω	
주파수의 영향 (30V 이하)	50Hz~20kHz 최대눈금값의 3%	120V 6kHz 3%		
		30V 20kHz 1.5%		
지향	± 3%	3V 100kHz 1%		
		(최대 눈금값에 대해서)		
		직류전압·전류	최대눈금값의 ±3%	최대눈금값의 ±2%
		교류전압· 저주파출력	최대눈금값의 ±4%	최대눈금값의 ± 3%
저 항	눈금길이 ± 3%	눈금길이의 ±3%		

에 의해 가동 코일을 지지하고 있는 밴드 지지방식이다.

밴드 지지방식의 특징은 마찰이 없고 보호장치에 의해 진동, 충격에서 가동부를 보호하고 있기 때문에 감도를 좋게 하고 지시의 재현성 및 수명면에서 상당히 우수한 특성이 얻어진다.

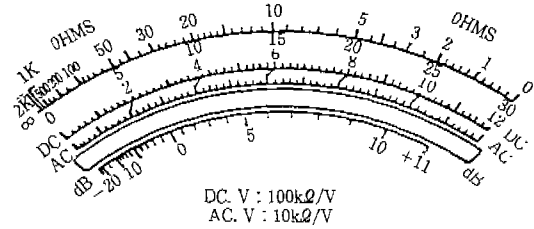
이와 같이 전류계의 감도를 좋게 하면 전압 측정에 있어서 회로계의 내부 저항값을 크게 할 수 있다.

전류감도 10 μ A의 전류계를 사용하면 직류전압 측정에 있어서는 100k Ω /V, 교류전압 측정에 있어서는 정류회로를 사용하기 때문에 내부저항의 값은 낮아지지만 10k Ω /V와 같은 비교적 큰 값이 얻어진다.

회로계의 눈금은 <그림 3.2>와 같이 저항눈금, 직류전압·전류눈금, 교류전압눈금 및 dB 눈금으로 되어 있다.

저항눈금은 제일 위의 눈금이 사용되며, 눈금 길이를 길게 하여 값을 읽기 쉽게 하고 있고 중간에는 직류용 눈금과 교류용 눈금이 있다.

직류눈금은 등분눈금으로 되어 있고 교류눈금은



AC-VRANGE	3 12 30 120
ADD dB	0 12 20 32

<그림 3.2> 회로계의 눈금

영 부근에 근접하는 데 따라 눈금이 축소되고 비직선눈금으로 되어 있다.

이 원인은 정류회로에 사용되고 있는 정류기(게르마늄 다이오드)의 특성에 의한 것이다. 만일 잘못해서 직류눈금으로 교류눈금의 값을 읽으면 작은 값이 된다. 따라서 교류전압 측정에 있어서는 읽는 눈금에 주의를 한다.

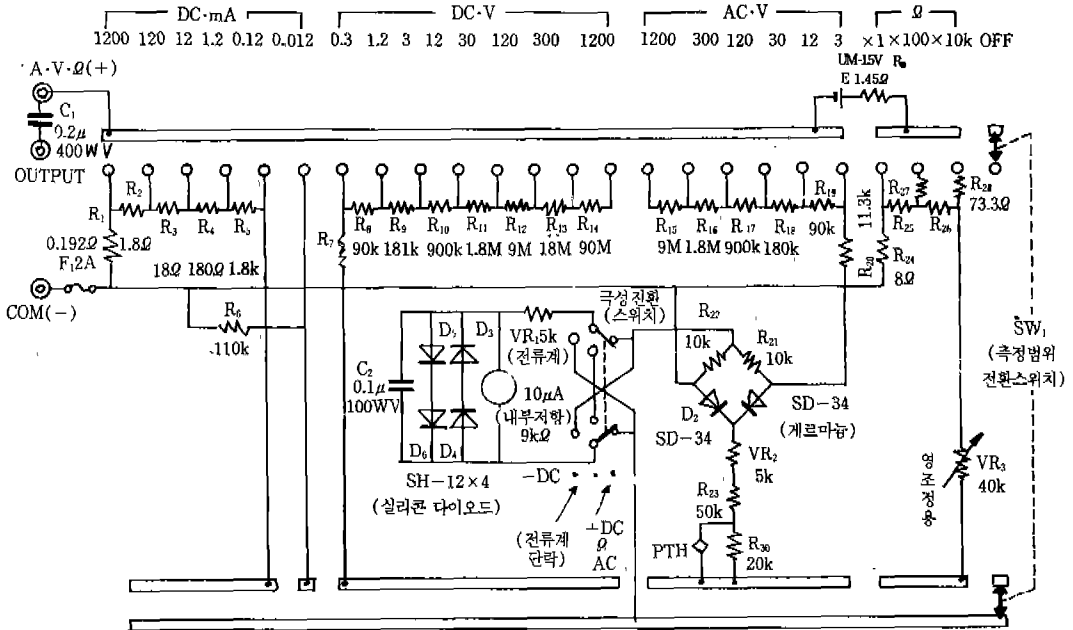
dB눈금은 가청 주파수 범위의 교류회로에 사용한다. 증폭기나 전송회로 측정에는 입력과 출력의 비에 따라 이득, 감쇠의 정도를 정하고 있다. 이것은 어떤 기준을 정하고 그 기준에 대한 전압비, 전류비, 전력비를 대수로 표시한 데시벨(dB)을 사용하면 계산이 간단해진다.

기준이 되는 0dB는 600 Ω 의 부하 임피던스를 갖는 회로내에서 소비되는 전력이 1mW일 때를 기준으로 하여 이것을 0dB로 하고 있다. 이때의 부하 양단의 전압 V는

$$V = \sqrt{R \times W} = \sqrt{600 \times 10^{-3}} = 0.775V$$

가 되며, 교류 3V 렌지의 0.775V인 곳에 0dB가 눈금 표시되어 있다.

이 dB 눈금을 사용하는데 있어서 주의할 것은 우선 측정코자 하는 회로의 부하 임피던스가 600 Ω 인 것과 또한 직류 3V 렌지 이외의 교류 렌지를 사용할 때는 눈금판 우측 하단의 표에 표시된 dB값을, 판독한 dB에 더한 값을 사용하여야 한다. 회로계의 내부접속도를 <그림 3.3>에 든다. 일반적으로 회로계는 그 측정범위가 넓기 때문에 렌지 전환을 실



<그림 3.3> 회로계의 내부속도

수하여 전류계에 과전류를 흘리는 일이 있다.

이 때문에 전류계를 과전류에서 보호하는 보호회로가 짜여져 있다. 보호회로는 다이오드 D₃~D₆를 사용한 회로이다. 이 다이오드에 의해 왜 전류계가 보호되고 있는가를 설명한다.

실리콘 다이오드의 특성은 <그림 3.4>의 (a)와 같이 다이오드에 순방향 전압을 가하더라도 그 전압이 약 0.6V 이상이 되지 않으면 전류가 흐르지 않는 성질이 있다. 다이오드를 2개 직렬로 접속하면 그 전압은 약 1.2V가 된다. 또 다이오드 D₅, D₆는 역극성으로 되어 있다. 이것은 잘못해서 역방향의 과전류를 전류계에 흘렸을 때의 보호용이다.

한편, 전류계는 전류감도 10μA, 내부저항 9kΩ 이라는 것은 전류계의 지시가 풀 스케일 때 전류계의 양단의 전압은

$$V = 10 \times 10^{-6} \times 9 \times 10^3 = 9 \times 10^{-2} = 0.09V$$

로서 약 0.1V의 전압에서 풀 스케일이 된다. 정상적

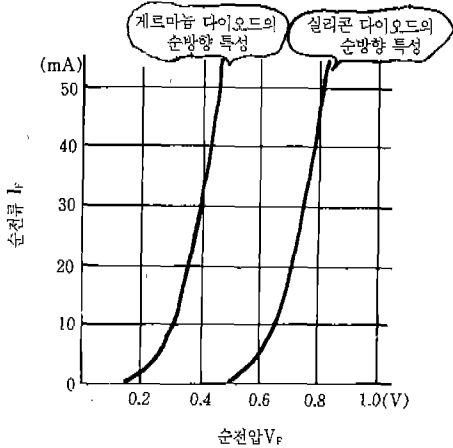
인 동작시라면 측정전류 I_m은 전부 전류계를 흐르고 다이오드 회로에는 흐르지 않는다.

만일 잘못된 렌지에 의해 과전류를 흘려 전류계의 단자간 전압이 1.2V 이상이 되면 <그림 3.4>의 (b)와 같이 다이오드에 대부분의 전류가 흘러 전류계를 과전류에서 보호한다. 지금, 가령 직류전압 측정에 있어서 0.3V 렌지를 잘못해서 1,200V를 측정할 경우 회로계에 흐르는 전류는 <그림 3.4>에 표시하는 회로에 의해

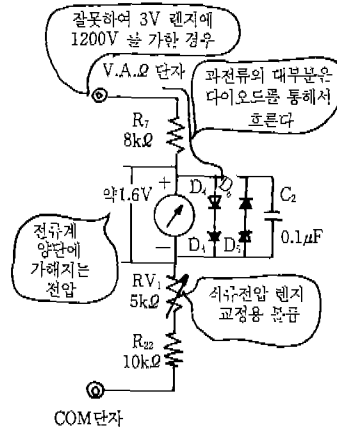
$$I_m = \frac{1,200}{8,000 + 10,000} = 66mA$$

가 되어 R₇, 다이오드, R₂₂의 회로에 약 66mA의 전류가 흐른다. 전류계에는 다이오드 D₃, D₄ 양단에 생기는 약 1.2V의 전압이 가해지고 전류계를 흐르는 전류 I_m은

$$I_m = \frac{1.2}{9,000} = 130\mu A$$



(a) 다이오드의 순방향특성



(b) 보호회로의 동작

<그림 3.4> 회로계의 보호회로

가 되어 전류계 정격치의 13배의 전류가 흐른다. 그러나 공업규격에는 전류계 충격시험에 있어 최대 눈금값(10 μ A)의 20배의 전류(200 μ A)를 1분 간격으로 0.5초의 충격을 9회, 이어서 2초간 1회에 견디어야 한다고 규정되어 있다.

이와 같이 단시간이면 충분히 보호회로의 역할을 수행할 수 있다. 그러나 이와 같은 보호회로가 있다고는 하지만 과전압, 과전류를 가하는 것은 결코 좋은 일은 아니다. 따라서 오접속을 하지 않도록 주의해야 한다.

정류회로는 전파(全波)정류회로이다. 보통의 정류회로와 상이한 점은 정류기 대신 저항 R₂₁, R₂₂가 들어가 있다. 이와 같이 저항을 넣으면 정류특성은 나빠지지만 이것은 게르마늄 다이오드의 온도특성의 영향을 적게 하기 위해서이다. 정류형 계기에는 이 정류회로가 많이 사용되고 있다.

회로계의 온도 보상은 PTH(정특성 감열저항체)에 의해 보상되고 있다.

3.3 사용상의 주의

(1) 회로계의 자세는 수평위치로 하는 것이 가장

정확한 측정값을 얻을 수 있다. 수직으로 하여 사용하면 가동부가 밴드로 지지되어 있기 때문에 다소 영점이 벗어난다.

(2) 측정할 때 지침이 영을 지시하고 있는 것을 확인하고 나서 측정에 들어간다. 측정범위의 선택방식은 측정값이 미리 예측되지 않을 경우에는 최대의 측정범위로부터 순차 하위의 렌지로 바꾸어 측정한다. 이 경우 지침이 흔들린 상태에서 스위치를 전환해서는 안된다. 반드시 피측정 개소에서 테스트 봉을 떼고 렌지를 바꾼다.

(3) 측정이 끝나고 회로계를 보관하는 경우 또는 운반하는 경우에는 측정범위 전환 스위치를 OFF 위치로 하고 극성전환 스위치를 중간 위치로 한다. 이 위치에서는 전류계의 단자간이 단락되어 가동부의 제동 토크가 커진다. 이 때문에 운반 등에 의한 가동부의 진동이 작아져 가동부를 진동에서 보호한다.

(4) 강한 외부 자계가 존재하는 장소나 강판 위에서 측정하면 지시 오차가 생길 우려가 있다.

(5) 교류전압의 측정은 가동 코일형 계기와 정류기를 조합한 정류형 계기이므로 눈금은 정현파 교류의 실효값으로 교정하여 표시하고 있다. 이 때문에 정현파 교류 이외의 왜곡파에서는 지시오차가 생긴

다.

또 고주파의 전압을 측정하는 경우는 회로계의 대지 부유용량에 의한 지시오차를 방지하기 위해 COM 단자를 측정회로 접지측에 접속하여 측정한다.

회로계의 교류전압 측정에 있어서의 주파수 특성은 <그림 3.5>와 같으며, 측정하는 렌지에 따라 그 값이 상이하므로 주의해야 한다.

(6) 직류분을 포함하는 회로의 교류전압 측정은 OUTPUT 단자와 COM 단자에 의해 교류전압 측정에 준해서 측정한다. 그러나 이 회로는 콘덴서에 의해 직류분을 저지하고 있기 때문에 저주파로는 콘덴서의 리액턴스에 의해 지시오차가 생긴다. 이 회로의 주파수 특성은 <그림 3.6>과 같이 렌지에 따라 그 특성이 상이하므로 주의해야 한다.

(7) 저항 측정의 경우 회로계에 내장되어 있는 건전지의 극성은 COM 단자가 정극, A·V·Ω 단자가 부극이 된다. 따라서 다이오드 등의 양극을 판별할 때 주의해야 한다.

또 저항 측정에 있어서의 측정전류는 사용하는 렌지에 따라 상이하다. 그 값은 테스트 봉을 단락했을 때, 즉 저항눈금 0Ω에 있어서 다음 값이다.

- ×1Ω 렌지 약 150mA
- ×100Ω 렌지 약 1.5mA
- ×10kΩ 렌지 약 15μA

(8) 내장전지의 전압 변화는 그리 저항 측정에는 영향을 미치지 않는다. 그러나 전지가 소모되면 영음 조정손잡이를 시계방향으로 전부 돌려도 지침을 0Ω으로 조정할 수 없게 된다. 이와 같은 경우에는 새로운 건전지로 교환한다.

3. 4 부속품 사용방법

회로계에 의한 측정 범위는 상당히 넓다. 그러나 전환 스위치의 내전압이나 전류용량, 그리고 내부회로의 절연 내압이나 발열 등과 같은 문제가 있어 회로계로는 고전압이나 큰 값의 전류를 측정할 수 없었다.

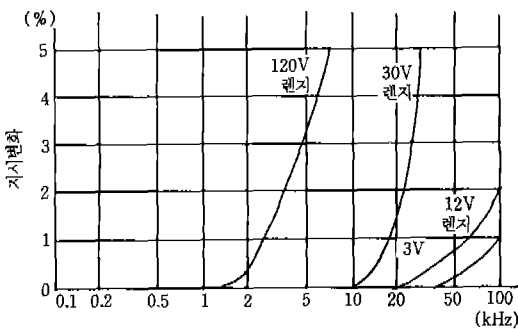
따라서 회로계 외부에 부속품을 부착함으로써 고전압 측정이나 큰 값의 전류를 측정할 수 있는 부속품이 있다. 이들 부속품의 사용방법과 사용상의 주의점을 들어 본다.

(1) DC 12kV 고압 프로브

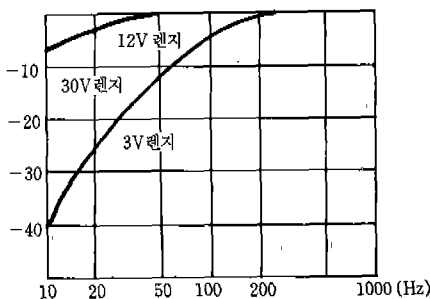
전자기기 등을 수리할 때 높은 전압을 사용하고 있는 기기가 있다. 회로계로는 1kV 정도 밖에 측정할 수가 없다.

여기에 고압 프로브를 사용하면 직류 12kV까지의 직류전압을 측정할 수가 있다. 이 고압 프로브를 사용해서 측정할 수 있는 것은 TV 등의 고압 전자기기 조정에 사용하는 것으로서, 전원용량이 큰 전자회로에서의 고전압 측정은 위험하므로 절대로 하여서는 안된다.

고압의 측정은 회로계에 프로브측이 V·A·Ω 단자에, 크립측이 COM 단자에 접속되도록 플러그를 꼽는다. 극성전환 스위치를 +DC·AC·Ω측으로, 측정범위 전환 스위치를 DC 1.2V 렌지로 하여 직류전압 눈금으로 값을 읽는다.



<그림 3.5> 주파수특성



<그림 3.6> OUTPUT 단자를 사용한 경우의 주파수 특성

프로브가 젖어 있거나 더러우면 위험하므로 반드시 확인하고 나서 측정에 들어간다.

(2) DC 12A 분류기

회로계와 직류전류 측정용 분류기를 조합하면 직류전류 12A까지 측정할 수가 있다. 분류기의 “+” 단자측 바나나 플러그를 회로계의 V·A·Ω 단자에, “-” 단자측의 바나나 플러그를 COM 단자에 삽입한다.

극성전환 스위치를 +DC·AC·Ω에, 측정범위 전환 스위치를 DC 0.012mA 렌지(단자간 전압강하 220mV)에 맞추고 직류눈금으로 직류값을 읽는다.

(3) 크립 변류기

회로계에는 교류전류 측정 렌지가 달려있지 않다.

그런 크립 변류기를 사용하면 상용주파수의 12/30/75/120/300A의 전류를 크립 변류기에 달려 있는 전환 스위치로 선택해서 측정할 수가 있다.

회로계에의 접속은 크립 변류기에서 나와 있는 바나나 플러그를 회로계의 V·A·Ω 단자와 COM 단자에 접속하고 극성전환 스위치를 +DC·AC·Ω에, 측정범위 전환 스위치를 AC 3V 렌지에 맞추고 교류눈금으로 교류전류의 값을 읽을 수가 있다.

그 특성은 허용차가 정격치의 ±3% 이내이다.

<다음호에 계속...>

한번 실천해 보세요



아파트가 10,000 채

무심코 사용하는 전기. 우리의 생활이 편리해질수록 전력소모가 부쩍 늘어나고 있습니다.

당신은 코드만 꽂으면 흘러나오는 이 편리한 전기를 만드는데 얼마나 많은 노력과 돈이 필요한지 아십니까? 모르는 사이에 생기는 불필요한 전력손실이 얼마나 많은 손해를 가져오는지 생각해보셨습니까?

한집에 한등씩만 절전을 하면 1년이면 가정에는 예쁜 아기옷 한벌이, 국가 전체적으로는 아파트 10,000채를 더 지을 수 있는 엄청난 돈이 절약된다고 합니다.

쉽게 써버리기엔 너무나 소중한 전기, 조금씩 아껴쓰는 지혜가 필요합니다. 절약은 작은 것에서부터 시작됩니다. 오늘부터 실천해보세요.