

AC 측정 개요

1. 전압 (Voltage)

전압은 AC측정의 가장 기본이다. 간단하게 말해서, 전압은 전원과 부하를 교차하여 측정된 파형의 크기이다. 거기에는 다섯 종류의 AC 전압 측정값이 있다.

즉, 첨두값, 첨두에서 첨두의 값, 평균값, RMS값과 순시값이다.

물론 RMS값이 가장 보편적인 것이다.

전압을 측정하거나 그것을 거론할 때 가장 일반적으로 사용하는 것은 RMS 값이다.

2. 전류 (Current)

전류는 전기회로에서의 구성 부품을 교차한 전압의 결과이다.

그리고 단위는 암페어이다. 전류는 전원이거나 부하가 있는 회로에서 측정되거나 변류기에 의해 유도적으로 감시될 수 있다.

3. 주파수 (Frequence)

주파수는 AC 전압이 교호하는 초당 주파의 비율이다.

즉, 이것은 전압 파형이 1초 동안에 그 고유 파형을 반복하는 수이다.

4. 위상각과 역률 (Phase Angle and Power Factor)

AC전압은 코일이 자계를 통과하거나 코일을 회전하는 것으로 생성된다.

회전은 각도(0~360도)나 라디안(0~2 π)으로 측정된다.

그러므로, 전압은 크기(volt)와 0-360도나 2 π 라디안의 회전각이 있다.

전류는 부하에 전압을 인가함으로써 만들어진다.

따라서 전류 또한 0-360도 나 2 π 라디안으로 측정된다.

어떤 부하는 전압과 전류사이에서 늦거나 앞서서 상변화를 일으킨다.

유도부하는(통상의 경우) 전압보다 뒤떨어지는 전류(지상전류)를 발생할 것이며, 용량부하는(특별한 경우) 전압을 앞서서 전류(진상전류)를 발생할 것이다.

완전한 저항부하나 유도성분과 용량성분이 같은 부하는 상변화가 발생하지 않을 것이다.

전류와 전압 사이의 각도(degree)가 위상각이다(phase angle).

역률은 주로 유효전력을 측정하는 데 사용되는 위상각의 수학적 표현이다.

AC 회로의 역률을 결정하기 위하여, 위상각의 코사인(cos)을 측정한다.

PF = cos θ 여기서 θ 는 0에서 90도까지의 위상각이나 $\frac{\pi}{2}$ Radians 이다.

5. 유효전력과 무효전력(Watts and Vars)

유효전력(P)은 힘이나 일의 측정이다.

직류 전력은 전류와 전압을 곱하는 것으로 산출된다(P=EI).

교류회로에서 전력은 전류 X 전압 X 전압과 전류사이의 위상각(cos θ)을 곱하여

측정된다. (P=EIcos θ).

다른형태의 부하(기계류)는 위상각이 전압보다 약간의 각도가 앞서거나 늦은 전류를 발생시

킨다.

이 앞서거나 늦음이 전압 X 전류의 출력(피상전력)보다 유효전력 크기가 작은 이유이다.

위상각이 0일때(전압과 전류가 동상) $\cos\theta$ 은 1이고 $P=EI$ 이다.

무효전력은 실제로 유효전력에 상반되는 크기이다.

무효전력은 전압과 전류의 출력에서 유효전력 상반되는 것이다.

유효전력을 산출할 경우 위상각이 커지면(앞서거나 늦음) 수치는 작아진다.

무효전력은 위상각이 증가 하는것만큼 증가한다.

만약 유효전력이 일하고 있는 전력의 측정이라면, 무효 전력은 무엇인가?

해답: 일하지 않는 전압과 전류.

6. 유효전력량 (Watthours)과 무효전력량 (Varhours)

유효전력과 무효전력은 회로에서 무엇이 발생하느냐, 또는 어떤 순간에 무엇이 만들어지는냐의 표현이다.

이들 수치가 매 순간마다 바뀌기 때문에, 이들을 합하거나 사용량의 통계를 내거나 일정한 시간이 넘으면 결과를 계산할 필요가 있다.

전력량은 한시간에 사용된 전력의 수이다.

100 watt의 전구를 1 시간동안 소비하는 것은 전력량 100wh의 에너지를 사용한 것이다.

같은 원리로 무효전력 10,000vars(10Kvars)를 소비하는 공장은 24시간동안 240KVARHs를 축적해야 할 것이다.

유효전력량과 무효전력량은 전력 요금 계산에 유용한 수치이다.

전력과 에너지를 감시하는 이유

AC 전원에 대한 측정은 전기량에 대한 수치의 계측과 설비 감시를 포함하여 산업에 중요하게 응용되고 있다.

이것이 AC 전원의 수치에 관한 기초 지식이 중요한 이유이고 모든 산업분야에서 응용할 수 있다. 이들 전기량에는 전압, 전류, 유효전력, 무효전력, 역율, 위상각이나 주파수로 이것들의 측정이 어디에 어떻게 사용하기 위한 것이냐 하는 의문을 유발한다.

이 자료는 그 점을 간단하게 해결하기 위하여 AC 측정의 원리를 쉽게 이해하기 위한 간단한 지침서로서 작성됐다.

내용은 AC기초 원리, 대표적인 응용, 측정오류에 관한 사항, AC측정을 할 경우 쉽게 다룰 수 있게 하기위한 일반사항을 포함하였다.

1. 산업에 종사하는 운영자는 왜 전력과 에너지를 감시해야 하는가?

- * 생산 현장 또는 지역에서 사용하는 에너지를 확인하고 분석하도록 한다.
- * 사용하는 에너지를 명확하게 확인하고 개선한다.
- * 원가절감을 위한 측정을 고려한다.
- * 설치 용량과 추후의 증설의 여유를 위한 부하 요소를 결정하고 확대하는 데 도움이 된다.

2. 그들은 왜 일반적으로 에너지 감시를 추가하지 않는가?

- * 필요한 만큼 많은 회로를 감시하기에는 불충분한 자금
- * 도체에 PT와 CT 설치하기 어려운 열악한 환경
- * 측정기기를 설치하도록 기기의 일시정지가 어려운 부하
- * 측정기기를 설치하기 위하여 접근하기가 어렵거나 위험한 장소
- * 무엇이 측정해야 하는지 잘 아는 기술자와 양성된 관리인원의 부족
- * 시간의 부족
- * 의욕의 부족

AC 측정 용어 해설

- Accuracy (정확도)** : 기기의 측정치의 결과와 측정치의 참값이 서로 일치하는 정도.
- Apparent Power (피상전력)** : 회로에서 역율(Cos Φ)에 개의치 않는 볼트암페어 (VA)
- Average Value (평균 값)** : 순시 값의 용량에 의해 나뉘지는 반주기에서의 최고 순시 값의 합계. 사인 곡선에서, 평균값은 0.637 배의 최대값과 같다.
- Balanced Load (평형 부하)** : 2가닥 이상의 전선을 사용하는(1상3선, 3상3선, 3상4선) 부하 전류가 흐르는 모든 전선에 동일한 전류가 흐르는 AC 전력 시스템.
- Burden** : 변류기나 계기용 변압기를 나타내는 볼트암페어 부하로 부담이라고 한다. 부담은 아래공식으로 계산된다.
 $I^2 \times Z = VA$ 부담
I = 정격 부하 전류
Z = 기기의 저항
변류기와 계기용 변압기는 초과해서는 안되는 특정한 부담에서 운전되도록 설계된다. 계기용 변압기에서의 부담은 아래의 공식으로 계산된다.
 $E^2 / Z = VA$ 부담
E = 정격 부하 전압
Z = 기기의 저항
변압기의 정격 부담을 초과하면 규정된 정밀도가 줄어든다.
- CT** : AC 계측 회로에서 사용되는 변류기. (Current Transformer)
- CT Ratio** : 2차 전류로 나누는 1차 전류의 비율.
- Error** : (오차) 출력의 참값에서 실제의 값을 뺀 값.
- Frequency** : 1 초 동안에 측정되는 파형의 움직임의 갯수. (cycle/second)
- Harmonic** : 주기적인 파형으로 구성된 사인 곡선의 기본 주파수에 정수배의 주파수를 가지고 있는 것.
- Harmonic distortion** : 입력 파형이 사인 곡선일 때 기본 파형과 다르게 나타나는 고조파에 의한 계통의 특성이 비직선적으로 찌그러진 것. 회로에서 가변주파 제어모타나 기타 SCR이나 Triac 스위칭 기기에 의한 회로 전류의 찌그러짐.
- Hertz** : 주파수의 단위
- High Voltage** : 계통 전압이 15KV에서 250KV 사이의 전압
- Horse Power** : 힘의 단위로 1HP = 746Watts이다. 이 수치는 마찰이나 기타의 기계적 손실을 고려하지 않은 것.
- Inductor** : (유도자) 인덕턴스를 유도하기 위한 자성체에 하나 또는 수개의 권선으로 이루어진 기기. 변동하는 전류에 의하여 그 회로나 근접한 회로에 기전력을 일으킨다. 변압기, 전기 안정기나 모타 등이 유도자이다.
- Kilowatt** : 1000Watt 단위:W
- Kilowatthour** : 1시간동안에 1000watt를 소비하는 것을 표시하는 전기적 측정 단위
- Lagging Current** : 거의 유도 성분인 회로에서 흐르는 전류. 만약 회로에 유도성분만 있다면 전류는 전압보다 90도가 늦다. 변압기, 전기 안정기, 모타 등이 유도자의

예이다.

Leading Current : 거의 용량 성분인 회로에서 흐르는 전류. 만약 회로에 용량성분만 있다면 전류는 전압보다 90도 앞설 것이다.

Low Voltage : 공칭 전압이 600volt 이하의 전압

Midium Voltage : 공칭 전압이 600volt에서 15kv 사이의 전압

Ohm's Law : 옴의 법칙의 DC 회로에서의 공식

$$V = I R, I = R/V$$

옴의 법칙의 AC 회로에서의 공식

$$\text{Power Factor} = \text{COS } \Phi = P/V \times I$$

$$Z = V/I = P/ I^2 \times \text{COS } \Phi$$

$$I = V/Z = P/V \times \text{COS } \Phi$$

$$V = IZ = P/I \times \text{COS } \Phi$$

$$P = I^2 \times Z \times \text{COS } \Phi = V \times I \times \text{COS } \Phi$$

Phase Angle : 위상각은 유도성 회로에서 전류, 전압의 전기적 각도의 차이를 말한다.

- 순수 저항 회로에서

Φ 가 0 도 이면 P.F = 1 이다.

- 순수 유도 회로의 경우

Φ 는 90 도 이고 P.F = 0 이다.

Φ 가 0 도이면 $\text{COS } \Phi = 1, P=VI$ 이다.

Φ 가 90도이면 $\text{COS } \Phi = 0, P=0$ 가 된다.

전류와 전압의 사이에 위상각의 차이가 있을 경우 유효전력의 공식은

$$P = V \times I \times \text{COS } \Phi \text{ 이다.}$$

여기서 $\text{COS } \Phi$ 를 power factor라고 하고 이것을 위상각의 차이라고 한다.

Power Factor(P.F) : P.F는 AC 회로에서 유효 전력을 피상전력으로 나누어 나타나는 값으로 위상각을 cosin 으로 표시한 것이다

$$P.F = \frac{VICOS \Phi}{VI}$$

P.F : 회로의 부하 역율

VICOS Φ : 유효 전력

VI : 피상 전력

V : 피상 전압

I : 부하 전류

Primary : 계기용 변압기의 권선으로 감시하거나 제어하려는 회로와 접속되도록 되어 있는 부분. (1차측)

Reactive Power : 유효전력의 반작용으로 일컬어지는 힘. (VAR)

$$\text{VAR} = V \times I \times \text{SIN } \Phi$$

R M S : Root mean square의 약자. 교류 전압 또는 전류의 유효값. 전압과 전류의 RMS (유효)값은 전력을 watt로 정확하게 계산하기 위하여 사용할 수 있다. 유효값은 연속적인 순수 저항에 적용되는 DC와 유사한 값이다.

$$\text{RMS값} = 0.707 \times \text{사인곡선의 최고값}$$

R T U : Remote Terminal Unit의 약자. 원격 제어 단자반 또는 데이터 다중 채널로부터

변전소나 발전소에서 데이터를 수집하고 중앙 컴퓨터로부터 전달받은 제어 명령을 내보낸다. RTU는 SCADA SYSTEM의 일부이다.

SCADA : supervisory control and data acquisition. 주 컴퓨터로 이루어진 시스템으로 데이터 다중 채널로 데이터를 수집하고 차단기나 발전기 및 전력회사 관련 영역 내 모든 기기를 제어하는 것.

Secondary : 계기용 변압기의 권선으로 보호 감시용 또는 제어용으로 기기가 접속되도록 되어 있는 부분. (2차측)

Sinusoidal Voltage and Current : 사인 곡선의 전압 및 전류

유효값 : $0.707 \times \text{최대값} = \text{RMS 값}$

평균값 : $0.637 \times \text{최대값}$

True Power : 유효 전력. 회로에서 watt라고 정의한 값.

$$\text{WATT} = V \times I \times \cos \phi$$

Unbalanced Load (불평형 부하) : 2가닥 이상의 전선을 사용하는(1상3선, 3상3선, 3상4선) 전력 시스템에서 각 상의 부하가 같지 않아 각각의 전선을 통과하는 전류의 값이 같지 않은 경우.

V.A : Volt Ampere의 약어.

피상전력의 단위로 역율에 관계없이 volt와 ampere의 곱과 같다.

VAR : VA의 무효 값의 약어. 무효 전력의 단위로 유효전력인 watt에 대응하는 값이다

WATT : 전기적 힘의 단위로 1초 동안에 1줄의 비율로 일하는데 필요한 힘으로 이 것은 1A의 전류가 저항값이 1옴인 부하를 통하여 흐르는데 사용되는 힘이다.

watt는 유효전력이라 한다. 기호는 "W"이다

Watt hour : 1 watt가 1시간 동안 소비하는 전기적인 힘을 나타내는 전기적 일의 단위.

기호는 "WH"이다.

AC 측정 방법과 응용

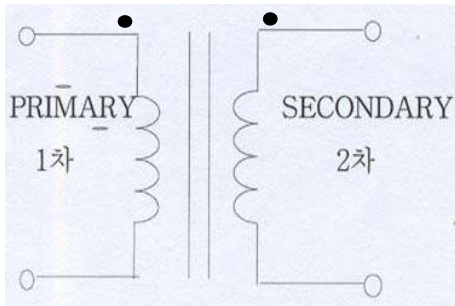
1. 전압의 종류

전압은 광범위한 이유에서 감시된다.

: 어떤 전압이 어느 때에 특별한 점에 있는지를 알기 위해, 변전소의 탭절환기가 동작하거나 사전에 설정해놓은 수치 이하로 전압이 떨어질 경우, 알람이 발생하도록 기기를 설치한다.

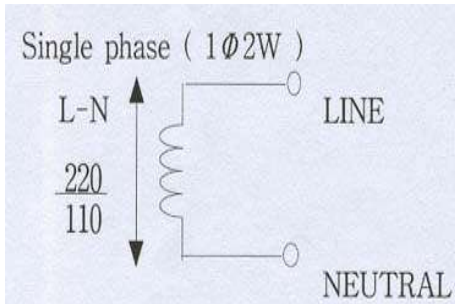
AC 회로에는 수많은 변압기 구성이 있어서 매우 광범위한 전압을 공급할 수 있다.

아래의 설명은 가장 보편적인 AC 전력 시스템의 대표적인 것이다.



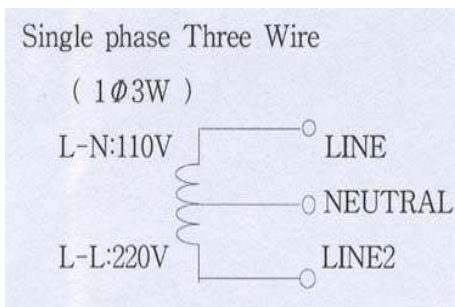
위 그림은 전압변압기이다. 이 점들은 상이나 극성에 대한 참조 지침이다.

여기서는 변압기의 2차 회로만 그린 것이다.

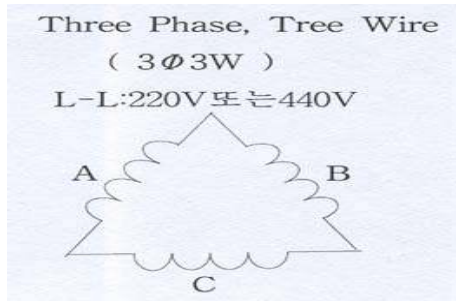


위 변압기는 가장 보편적인 사용으로 현재 플러그에 있는 (220)volt 출력 전압이다.

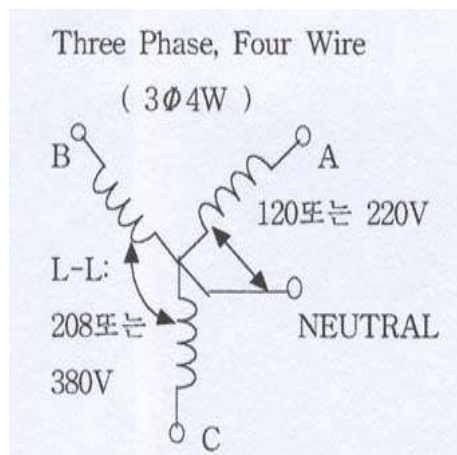
그렇지만, 단상 결선에 (220)VAC 만이 유용한 전압은 아니고 110V도 사용된다.



위 그림은 대표적인 주택형 전압이다. 선과 선은 220VAC 이며, 선과 중성선은 선과 선의 1/2이다. 중성선과 비교할 때 두 개선의 전압은 180도 정도의 위상차가 있다. 중성선은 어떠한 경우에도 접지 장치나 대지와 격리되어야 한다.



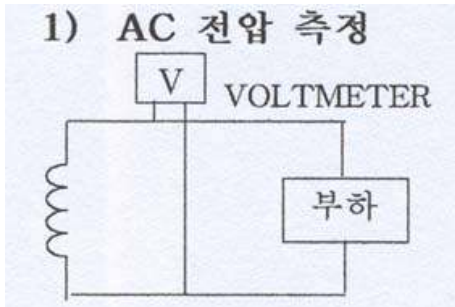
위 그림은 델타 결선이라고 부른다. 일반적으로 3HP보다 더 큰 모든 모터는 보통 3상 3선식 모터이다. 대표적으로 선간(A에서 B, B에서 C, 또는 A에서 C) 전압은 220VAC 또는 440VAC이다.



위 그림은 와이(Y) 결선이라 부른다. 이 방식은 산업에 적용하는데 있어서 가장 보편적인 AC 전력 공급이다. 델타결선에서 처럼 모든 선간 전압은 같게 될 것이다. 그러나, 거기에는 추가적으로 $\sqrt{3}$ 으로 나뉘지는 상전압이 있다.

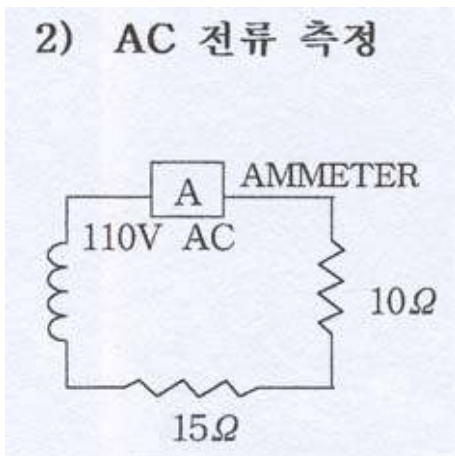
- 예) 선간전압 : 380VAC (A-B, B-C, A-C)
 상전압 : $380/\sqrt{3} = 220\text{VAC}$ (A-N, B-N, C-N)

1) AC 전압 측정



AC 전압은 전원과 부하의 양단에서 측정된다. 전원은 변압기나 발전기이며 부하는 전력을 소비하는 모든 장치이다.

2) AC전류 측정



AC 전류는 다른 AC 수치로부터 측정되거나 산출될 수 있다.

Ohm's Law : 전압 = 전류 X 저항 ($E=IR$). 대수학적으로, 어떤 두 변수를 알고 있는 경우 다른 하나의 변수를 산출하는 것이 가능하다.

이 간단한 AC 회로는 두 부하 10ohm과 15ohm에 전력을 공급하는 110 Volt AC 전원을 나타낸다.

$$E= IR$$

$$110 \text{ VAC} = I (10 \text{ Ohm}) + (15 \text{ Ohm})$$

$$110 \text{ VAC} = I (25 \text{ Ohm})$$

$$\frac{110\text{VAC}}{25\text{Ohm}} = I$$

4.4 Amps = I 전류 메타는 이 회로에서 4.4 A를 읽을 수 있다.

각각의 저항기에서의 산출되는 전압 강하 :

$$E= IR$$

$$E= (4.4 \text{ Amps}) (10 \text{ Ohm}) = 44 \text{ Volts AC}$$

$$E= (4.4 \text{ Amps}) (15 \text{ Ohm}) = 66 \text{ Volts AC}$$

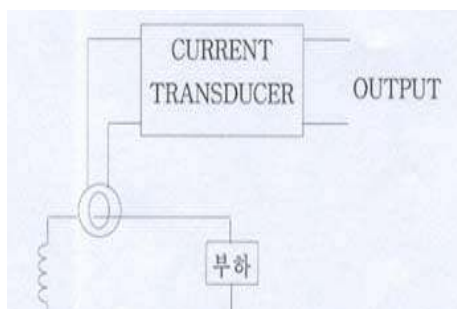
이 방정식의 결과에 의한 계산의 정확성을 확인하기 위하여 수식으로 나타낸 Kirchoff's Voltage Law에 적용될 수 있다.
연속 회로에서의 전압 강하의 총계는 전원 전압과 같거나 또는 회로 전체의 전압의 합은 0이 된다.

$44 \text{ VAC} + 66 \text{ VAC} = 110 \text{ VAC}$ (전압 강하의 합계)
110 VAC는 전원 전압이다.

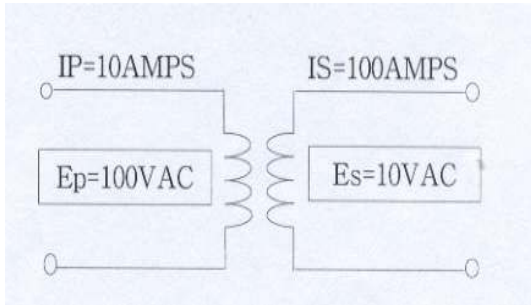
실제로 현장에서는 회로에 흐르는 전류가 어떤 것인지를 알 필요가 있을 때, 부하의 저항 값을 조사하고 전압을 측정할 필요가 없다.
회로에 맞는 적당한 전류계가 있고 (아래의 그림처럼), 도체에 흐르는 전류를 유도적으로 감지하는 변류기가 있으면 된다.

그림에서 점은 상을 나타낸다. 변압기와 달리 여기에는 1차 회로가 없다. 1차 회로는 변류기의 가운데를 통과하는 전류가 지나가는 도체이다.

다음은 CT를 사용하는 간단한 AC 회로 이다.



이 회로에서 우리는 전류변환기를 볼 수 있다.
이 변환기의 목적은 CT 2차 회로의 신호를 0-1mA DC 또는 4-20mA DC과 같은 DC 제어 신호로 변환시키는 것이다.
이 안전한 낮은 수준의 DC 신호는 전류 계측기, 전류 경보, 분산 제어 장치 또는 AC 전류를 지시하는 다른 장치로 갈 수 있다.
전기가 통하고 있는 회로를 작업할 때에는 변류기를 조심스럽게 취급되어야 하는 것이 중요하다. 이것은 변성기의 특성으로 기기에 들어가는 에너지와 나오는 에너지는 같아야 한다. 그러므로 감압 변압기는 (아래의 그림처럼) VA 입력과 VA 출력이 같아야만 한다.



조건 : 10 : 1 비율

$$E_p = 100 \text{ VAC}$$

$$I_p = 10 \text{ Amps AC}$$

$$\text{변압기 손실} = 0$$

결과 : $V_{Ap} = E_p \times I_p = 1000 \text{ VA}$

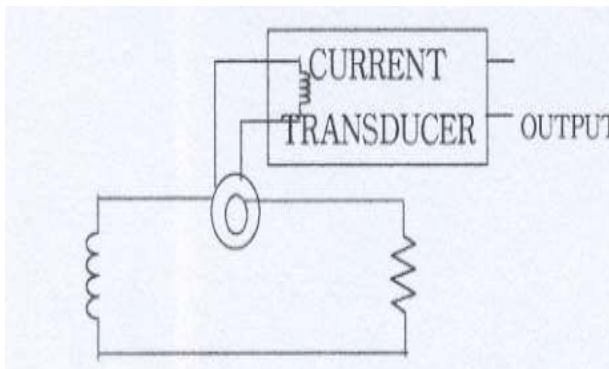
$$V_{As} = V_{Ap} - \text{변성기 손실} = 1000 \text{ VA}$$

$$E_s = E_p / 10 = 10 \text{ VAC}$$

$$I_s = V_{As} / 10 = 100 \text{ Amps}$$

결과로 변압기는 2차 전압을 낮추면 2차 전류는 증가된다.

이러한 논리를 CT에 적용할 때:



전류변환기에 있어 2차측의 VA는 매우 낮다. 왜냐하면 변환기에 들어가는 변성기의 저항이 매우 낮기 때문이다. : < 0.1 Ohm (아래와 같이)

$$VA_{in} = 50000 \text{ VA} (100 \text{ V}, 500 \text{ A}) \quad : \text{1차측}$$

$$E = IR, E = 5 \text{ Amps} \times 0.1 \text{ Ohm} = 0.5 \text{ Volts} \quad : \text{2차측}$$

만약 CT에서 변환기를 통하여 CT로 복귀하는 전류 회로가 개방된다면, 전류는 급격히 0으로 감소하게 될 것이다.

CT의 전류의 급격한 감소는 큰 전압을 유발하게 되어 CT의 2차 전압은 최대치에 도달하려고 한다.

100 VAC x CT 비율

$$100 \text{ VAC} \times \frac{500}{5}$$

$$100 \text{ VAC} \times 100 = 10,000 \text{ Volts}$$

회로가 활성화되어 있는 동안 CT를 개방하면 배선 끝의 양단에 큰 아크(arc)가 발생하여 CT는 파손될 것이고, 변환기도 아마 커다란 손실을 입을 것이며, 그리고 CT 2차 회로를 작업하던 작업자도 심하게 부상당할 수도 있다. 이러한 안전에 대한 문제를 해결하는 가장 보편적인 방법은 변환기가 전류회로에서 완벽하게 분리 되게 하는 단락 시험 기기이다.

어떤 회사는 이러한 문제를 해결하기 위하여 완벽한 단락스위치를 갖고 있다.

대표적인 전류의 측정 응용 :

- Motor 전류 표시
- 회전자 잠김 경보
- 부하 분산

3) 주파수 측정

주파수 측정이 중요한 현장은 전력 발전이나 송전의 경우이다. 대표적으로 발전기의 출력 전압이나 송전선의 전압은 계기용 변압기(PT)를 통해서 측정이 가능하다.

이 측정된 전압의 주파수는 변환기에 의하여 측정이나 기기를 조정하는데 적합한 DC 제어 신호(0에서 ± 1 mA DC 나 4~12~20 mA DC) 로 전환된다.

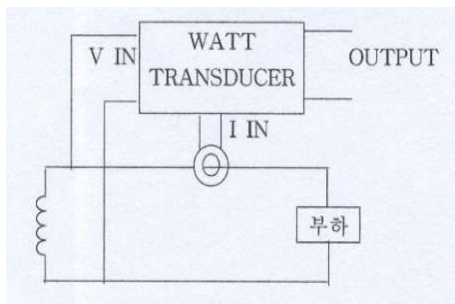
이 변환기의 일반적인 출력은 설명된 주파수 가운데 수치로부터의 편차에 바탕을 두고 있다. 60Hz 전력선에서 5Hz를 편차 범위로 하면 ± 1 mA DC 출력이 있는 주파수 변환기는 60Hz에서 0 mA DC 출력이 될 것이다. 55 Hz의 출력은 -1 mA DC가 될 것이며, 65 Hz의 출력은 +1 mA DC 가 될 것이다.

이와 같은 관계가 4~20 mA DC 출력신호에서도 나타난다. 60Hz 입력은 12 mADC 출력 (12 mADC 가 4 mA DC 와 20 mA DC의 중간) 으로 표시될 것이고, 55 Hz 입력은 4 mA DC 출력이 되고 65 Hz는 20 mA DC 출력이 될 것이다

4) 유효전력 측정 (Watt Transducer)

전력은 행하는 일의 "표시"이다. 유효전력은 행해진 일의 전기적 측정이다. 전력은 마력과 유사하다.

1 watt는 매우 작은 수치로 1ohm의 양단의 1volt 이거나 1 amp에서의 1 volt이다.



AC 전력의 계산 공식은

$$P = V \times I \times \text{역율이다.}$$

그러므로 옆의 단상 시스템에서 전력을 측정하기 위하여, 전력변환기는 전압과 전류를 측정하고 둘 사이의 역율을 계산하여 각각 곱하기 한것과 같은 출력을 발생하는 것이다.

변환기의 출력이 어떻게 되는지 알기 위해서는 전력 변환기의 fullscale 조정이 무엇인지를 알 필요가 있다.

위의 그림에서의 변환기는 단상 변환기이다. 공업 규정은 85-150 VAC 입력 전위와 0-5 Amp 전류에 대하여 규정한다. 위상각이 0 도인 회로의 최대전력은

150 VAC x 5 Amps x 1 = 750 watts가 될 것이다.

어쨌든간에, 선간전압 110VAC 계통에서는 좀처럼 150volts에 도달하지 않는다

같은 이유로 적절한 사양의 CT는 좀처럼 그것의 출력은 최대눈금에 도달하지 않는다.

그러므로, 산업용의 전력 측정은 전력 변환기에 대한 규정처럼 한 개의 상(per element)마다 full scale 조정 값을 대략 500watts로 지정해왔다.

기타 조정은 다른 제조업체들이 변용 할 수 있다. 한 개의 상(single element) 변환기에서 fullscale로 500 watts를 사용하면, 출력이 동일하게 제작될 것이다.

$$\frac{\text{Measured watts}}{\text{fullscale watts}} = \frac{308}{500} = 0.616$$

output range x 0.616 = 308 watts 입력에 대한 출력을

* 0~1 mA DC 출력의 경우로 환산하여 계산하면

1 mA DC x 0.616 = 0.616 mA DC이 되고

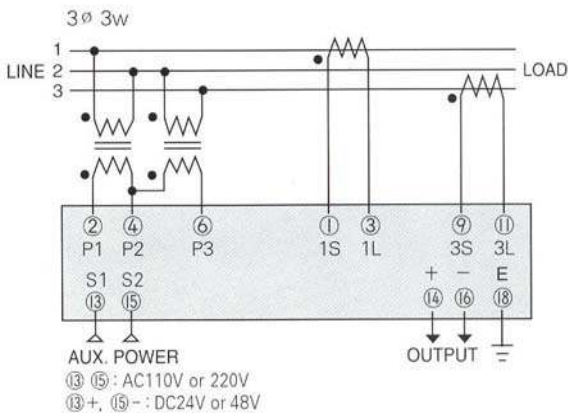
* 4~20 mA DC 출력의 경우는

16 mA DC x 0.616 = 9.856 mA DC + 4 mA DC = 13.856 mA DC이 된다.

(입력이 0일때의 값)

Muti-Element Transducer의 fullscale조정값

① 2 Element Transduce



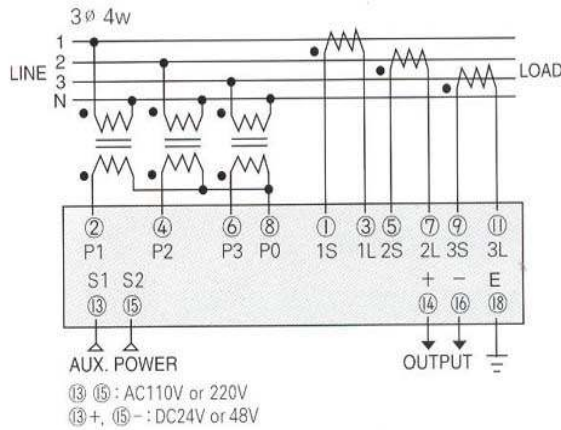
2 소자 변환기는 계통이 균형 또는 불균형의 3상 3선 방식에서 사용 될 수 있다.

그것은 2 상의 전압과 2상의 전류를 의미한다. 그 조정은 1개의 소자에 대하여 500watts 이거나 전체에 대하여 1000 watts이다.

3상 계통에서 전력을 계산하는 공식은 : $P = \sqrt{3}EI\cos\Phi$ 이다.

어쨌든간에, 2 소자 전력변환기는 각각의 상에서의 전력을 계산한 다음에 두 전력을 합한다. 그러므로 fullscale 조정은 1000watts이며 951watts로 조정 할 수도 있다

② 3 Element Transducer



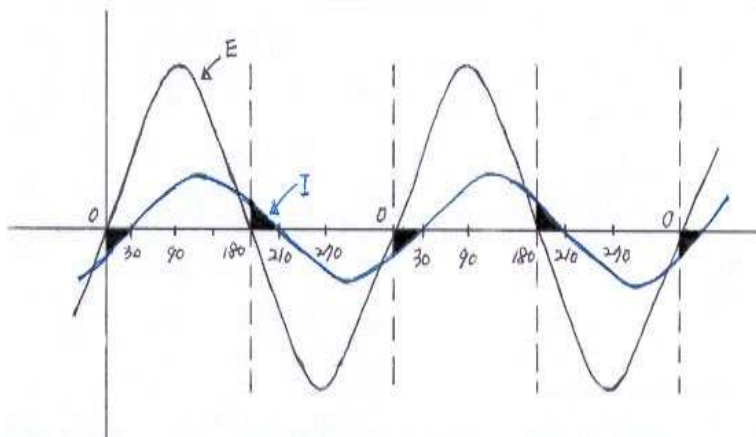
3 소자 변환기는 3상4선 회로에서 전력을 측정한다. 전압과 전류는 모두가 다를 수 있다. 왜냐하면 변환기는 중성선과 관계가 있는 모든 전압과 전류를 측정하기 때문이다. 이 변환기의 full scale조정은 1500 watts이다. 또한 1666, 2000, 4000watts로 조정할 수 있다.

5) 무효전력 측정

무효전력은 역률에 의해 형성되는 무효력의 측정이다. 그 무효전력의 공식은 ;

$VAR = V \times I \times \sin\Phi$ 이다.

아래의 도표는 30도 늦은(Lagging) 단상 회로이다.



$P = VI \times \cos \Phi$ ($\cos \Phi$ 은 항상 양수)이기 때문에, 전류가 음의 영역이고 전압이 양의 영역에 있거나, 전압이 음의 영역이고 전류가 양의 영역인 때 그 결과는 음수이다. 거기에는 음

극 watts 와 같은 것은 없다.

그림에서 그늘진 범위가 무효전력을 나타낸다. 유효전력과 무효전력은 동일한 측정 방식을 사용한다.

거기에는 1, 2 그리고 3 소자 무효전력 변환기가 있다. 사실상, 많은 유효전력과 무효전력 변환기의 설치에는 같은 PT's와 CT's를 사용 적용한다.

무효전력을 측정하는 이유는 공장의 설비에 대한 전력시스템의 효율을 알기 위한 것이다. 무효전력은 감소할 수 있다. 유도부하가 되는 대량의 motor를 가지고 있는 공장의 경우 아마도 0.6이나 그 보다 적은 늦은(Lagging)

역율을 가질 것이다. 전력회사는 이 낮은 역율로 전력을 공급하게 되면 그들은 곤란하게 될 것이다.

왜냐하면 전력회사는 일정한 전류를 흘리기 위하여 큰 도체에 공급할 전류를 더 많이 발전할 필요가 있기 때문이다.

역율을 개선하기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 방법이 있다.

첫째, 가장 보편적인 것은 그의 건물의 무효 전력량을 줄이고 역율을 증가 시키도록 콘덴서를 추가하는 것이다.

둘째, 전동기 중 일부를 동기 전동기로 바꾸는 것이다. 동기 전동기는 외부에서 여자 되며, 다른 모터의 역율이 늦은 무효전력을 감쇄 시키는 앞선 무효전력을 생성하도록 만들 수 있다.

세 번째 방법은 당신 자신이 전력을 발생하는 것이다. 그리고 동기 전동기와 같이, 역율이 늦은 전동기 부하의 균형을 잡기 위해 앞선 무효전력을 발생하는 것이다.

6) 유효 전력량

전력회사는 전력량에 의해 에너지를 판매한다. 그들은 낮은 역율이나 에너지가 사용되는 동안 일정 주기와 하루동안 계약 내용을 초과하는 공장이나 사업체에 벌금을 부과한다.

예를 들어, 공장이 하루에 1000 KWH/day를 소모한다고 가정한다. 전력회사는 그들이 이 에너지를 사용하는 비율에 대하여 몇 가지 정보를 가져야만 한다.

언제가 최대이고 최저인지? 이 자료(그들이 다른 주 사용자들로부터 입수한 유사한 자료와 복합된)를 통해서 그들은 그들의 전기생산량을 적절하게 조절할 수 있다.

이 공장의 에너지 사용량은 15분 간격으로 측정된다. 사용자는 그가 피크 시간대의 15분 주기마다

X KWH를 초과하지 않아야 하고, 피크 시간대가 아닌 때 Y를 넘기지 않아야 한다. 만약 사용자가 이 수요를 초과한다면, 그의 전기 요금을 계산하는 비율은 계산하는 전체에 대하여 초과된 것을 반영한 만큼 증가된다.

유효 전력량 변환기는 사용량을 감시할 것이며, 펄스에 비례하는 수치를 컴퓨터나 수요 조절기로 출력할 것이다.

컴퓨터는 이 비율을 분석할 것이며, 필요하다면 시간대 내에 있는 중요도가 낮은 부하(공기 조절장치 등)를 차단할 것이다. 이것을 전력평균분배(Load shedding)라 부른다.

유효 전력량 변환기의 다른 사용은 세입자용 보조 계량기나 건물 안의 부서 또는 구내의 요금 정산을 위한 것이다. 부가적으로 전력량계는 특별한 기계를 감시하거나 제작자가 제품을

생산하는 비용을 산출하는 과정에 도움을 주기 위한 것이다. 유효 전력량 변환기는 유효전력 변환기와 같은 구성이다.

어떤 유효 전력량 변환기는 펄스로 된 전력량(에너지) 출력 외에 유효한 아날로그(수요) 출력이 있다.

7) 무효 전력량

무효전력은 유효전력과 같이 합계를 할 수 있다. 1 VARH는 한 시간에 1 VAR이거나 0.1 시간에 10 VAR 이다

전력회사는 15분의 주기안에 미리 결정된 무효전력 한계를 초과하는 것에 대하여 그들 산업체의 사용자에게 벌금을 부과한다.

무효 전력량 변환기는 건물, 부서 또는 기계 설치 장소 등의 문제를 결정하기 위하여 무효 전력량을 측정할 것이다.

무효 전력량 변환기는 유효전력, 무효전력이나 유효 전력량 변환기와 같은 구성이 된다.

그리고 무효 전력량 출력 외에 무효전력 수요를 지시하는 아날로그 출력도 있다.

AC 측정 오차와 원인

측정 오차는 계산되거나 예상되는 값과 측정되거나 관측된 값 사이의 차이라고 말할 수 있다.

AC 회로에 있어서 측정 오차는 측정하기 위하여 기기를 사용하거나 어느 시간에 순간적으로 AC 회로에서 측정되는 특성에 의한 결과로 생긴다.

AC 신호를 측정하기 위하여 허용오차를 포함하여 제작된 장비는 어떠한 측정에서도 작지만 알려진 오차를 포함한다. 이러한 오차는 변류기, 계기용 변압기, 그리고 AC-DC 변환기의 정밀도 등 제작사양서에 의하여 결정된다.

기타오차는 측정되는 AC 신호에서 발생한 결과로 생긴다. 주파수의 변화, 회로에서 전압과 전류사이의 상 관계 그리고 고조파 현상 등 모두가 측정 오차의 원인이 된다.

이들 특성들은 일반적으로 왜곡이라 한다.

긴 송전선의 용량성과 변압기 유도성은 사실 작은 왜곡의 원인이 된다.

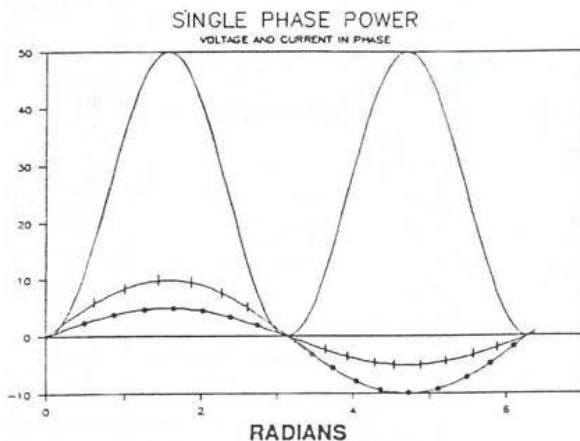
어쨌던 간에, 가장 큰 왜곡은 산업체의 사용자에 의하여 발생된다.

가변속 전동기, 자동 용접 장치와 전기 아크 용광로와 같은 전자적으로 조정되는 부하는 전력 시스템으로 되돌아가는 커다란 고조파의 원인이 된다.

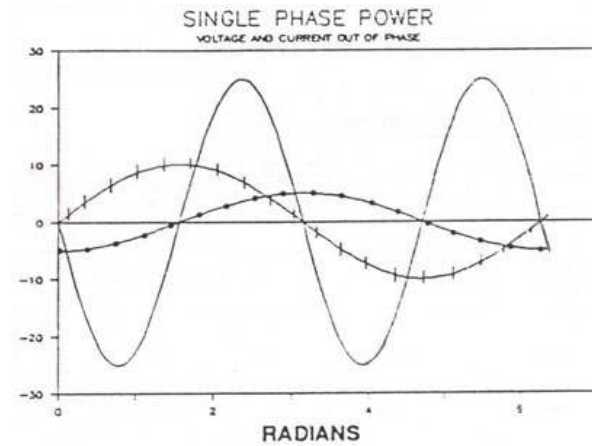
왜곡된 파형의 형태와 측정 오차상의 고조파 파형의 영향을 충분히 이해하기 위해서는 먼저 몇 가지 단상 전력의 원리를 조사해보도록 하자.

우리가 왜곡됨이 없는 사인곡선의 전압과 전류로 생각한다면, 단상 전력은 그저 회로안에 있는 순간적인 전압과 전류의 계산상의 결과일 뿐이다.

아래 그림처럼 전압과 전류가 서로 같은 상에 있다면, 역율은 1이고 합계 전력은 최대로 된다.



또한 아래그림처럼 전압과 전류가 상의 차이가 있다면, 순시 전력을 양극과 음극 모두가 될 것이다.



공급되는 전력은 여전히 전압과 전류의 대수상의 곱이다. 그러나 전압과 전류가 동상이라면 공급되는 전력은 더 적게 될 수 있다.

만약 전압과 전류가 정확하게 서로 상이 90도 차이가 있다면, 평균전력은 0으로 될 것이다. 회로 전류와 전압의 상 차이가 90도와 0도 사이에서 변경되는 것이지만 실질 전력이 회로에서 낭비되어 감소한다.

회로의 피상전력은 일정하게 유지되기 때문에 증가하는 성분은 무효전력이다.

전력회사로부터 공급되는 완전한 사인곡선의 전류와 전압 파형은, 공장 안에 있는 가변속 조정 장치와 기타 전자적 부하 조정 장치에 의하여 바로 왜곡된다.

가변속 전동기는 지구상에 있는 대부분의 공장에서 공정상의 형태나, 만들어지고 있는 생산품에 개의치 않고 설치되고 있다.

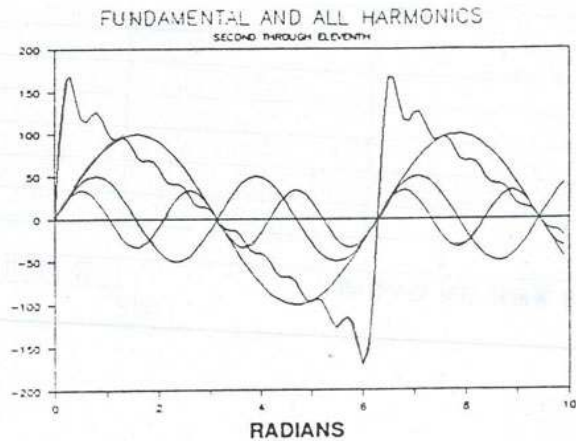
그들은 이들 공장들을 위해 일하는 공장 관리인과 전력회사에게 도움이 되거나 해로움을 주기도 한다.

펄스의 폭 변화와 육단계의 전동 조정장치는 전동기가 아주 정밀하게 조정되게 한다.

이것이 도움이 되는 점이다. 해로움은 전력시스템에 영향을 주는 고조파가 원인이 되는 것이다.

우리가 가변속 구동 조정 장치와 유사한 장치의 전압과 전류의 오실로스코프의 파형을 볼 수 있었다면, 그것을 어느 정도 아래그림처럼 될 것이다. 전압 파형은 매우 정상적인 사인 곡선처럼 보일 것이다.

어쨌든간에, 전류는 삼각형이나 톱니모양의 파형처럼 보이게 찌그러질 것이다.



이 전류 파형의 왜곡은 기본적으로 11번째 까지의 고조파를 포함한다. 계산적으로 모든 고조파 들을 기본적인 사인곡선에 추가한 결과는 기본 원리와 같은 주기가 있는 톱니모양의 곡선이 생기게 한다.

이들 왜곡된 전류를 일반의 전류 계측기로 측정하는 것은 거의 불가능하다.

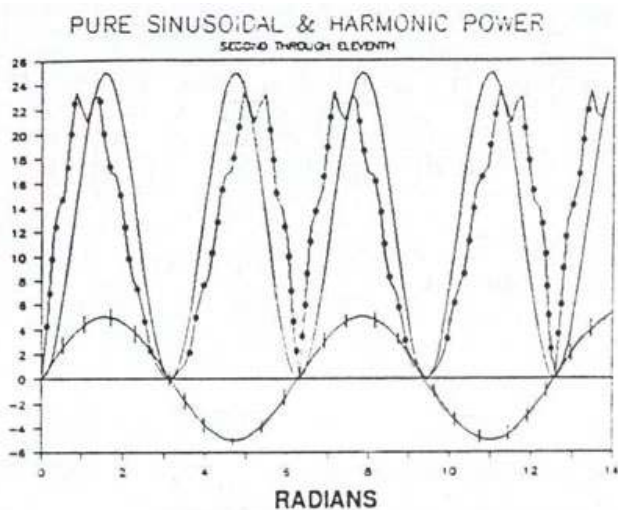
대부분의 휴대용 디지털 메타 는, 비록 그들이 다섯 자리의 해상도를 가지고 있어도 메타 의 유효 자리 수 눈금의 $\pm 2\%$ 의 정밀도를 갖고 있다.

이들 메타의 정확성은 50에서 70 Hz의 주파수대의 완전한 사인곡선을 바탕으로 한다.

그 반면 AC 측정 변환기는 정해진 정밀도를 유지하는 동안에 더 넓은 주파수의 영역에 반응하도록 설계되었다. 그러므로 비록 가장 좋은 휴대용 디지털 메타라도 변환기의 정밀도를 결정하는 데에 신뢰할 수 있는 기초로 사용될 수는 없다.

완전한 사인곡선의 전압과 전류에 의한 전력과 같은 기본적인 피상전력을 가진 왜곡된 전력에 대해서 전력을 점으로 그린다면 그것은 매 사이클마다 측정된 전력의 양은 동일하다.

아래 그림은 5 volt가 첨두 인 사인곡선을 그리고 왜곡 되거나, 왜곡되지 않은 전류와 일치하는 전력곡선을 나타낸다.



비록 왜곡된 곡선의 최고 값이 왜곡되지 않은 전력 곡선 보다 더 낮더라도 두 전력 곡선 아래 영역의 합계는 동일하다.

왜곡과 고조파 라는 용어는 무엇을 의미하는가?

1. 왜곡과 고조파 내용은 공급되는 전력과 무관하지 않다.
2. 고조파는 전력 배전 계통에 반사되어 영향을 준다.
3. 고조파는 모든 측정 장치에 오차를 일으킨다.
4. 대부분의 휴대용 계측기는 50에서 70 Hz의 완전한 사인곡선의 전압과 전류에 바탕 두며 1%에서 3%사이의 정밀도이다.
5. 어떤 AC 측정 변환기는 6번째나 7번째에 이르는 고조파를 포함하는 전력을 정확하게 측정한다.