6 사 인 파

R 뿐만 아니라 L, C도 포함한 선형회로의 사인파전원에 대한 정상상태응답을 구하는 것을 **교류회로해석**이라 한다. 이 장에서는 먼저 사인파에 관한 몇 가지 용어를 정의하고, 사인파에 대한 R, L, C 소자에서의 $v-i$ 관계를 명확히 하고, 삼각함수의 공식을 이용하여 간단한 교류회로를 해석한다.

6.1 주파수와 주기

시간에 따라 그림 6.1과 같이 변하는 **사인파형**(sinusoidal waveform)은 흔히 오실로스코프에서 볼 수 있으며, 수학적으로는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$v = V_m \sin \omega t \quad (6.1)$$ *

* 사인파를 $v = V_m \cos \omega t$로 표시할 수도 있는데, 이것은 식 (6.1)과 시간원점이 다를 뿐이다. 이 책에서는 사인파를 표현하는 데 cosine 함수보다 sine 함수를 더 이용하기로 한다. 어느쪽을 쓰나 해석결과는 동일하다.

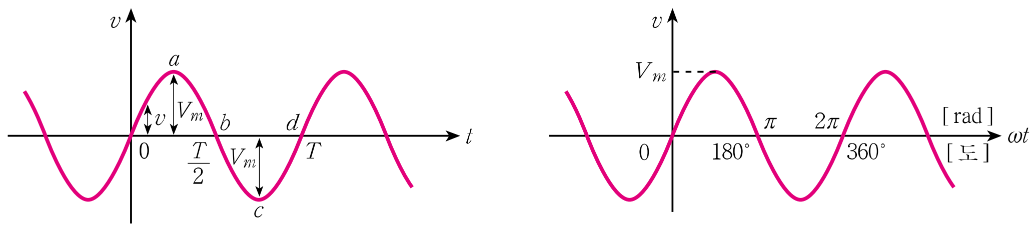


그림 6.1 사 인 파

v는 각 순간에서의 전압치이므로 전압의 **순간치**라 하며, V_m은 전압의 최대의 값을 나타내므로 **최대치** 또는 **진폭**이라 한다. 이 사인파는 하나의 **주기파**이다. 주기파에서 파형이 양, 음의 변화를 완전히 하여 처음상태에 돌아갈 때까지의 변화를 **1사이클**(cycle)이라 한다. 그림 6.1 (a)에서는 $oabcd$까지의 파형의 변화가 1 사이클이다. 1초간에 포함되는 사이클의 수를 **주파수**라 하고, 그 단위는 Hz (Herz)이다. 파(波)가 1사이클 변하는 데 요하는 시간을 **주기**라 한다. 주기 T와 주파수 f 사이에는 다음 관계가 있다.

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{s} \tag{6.2}$$

가령 60 Hz의 교류의 주기는 $T = 1/60 = 0.01667$초이고, 반사이클에 요하는 시간은 $T/2 = 0.00833$초이다.

식 (6.1)에서 ωt는 **라디안**(radian)으로 표시되는 각(角)이며 시간에 따라 균일하게 증가한다. 따라서 ω는 1초간의 각의 증가를 나타내며 이것을 **각주파수**라 한다.* 그 단위는 rad/s이다. 1주기 T초간에 각은 2π rad만큼 증가하므로 1초간에는 $2\pi/T$ rad만큼 증가한다. 따라서

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \text{rad/s} \tag{6.3}$$

의 관계가 있다. ωt를 rad 대신에 도로 표시할 때가 있다. 그림 6.1 (b)에는 가로축의 변수를 각으로 취하여 두 가지 단위를 써서 사인파를 그렸다.

f, T, ω 간의 상호관계는 익숙함을 요하므로 일괄하면 다음과 같다.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{s}, \qquad f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad \text{Hz}$$

* 명백할 때에는 간단을 위하여 각주파수를 그저 주파수라고 부를 때가 있다.

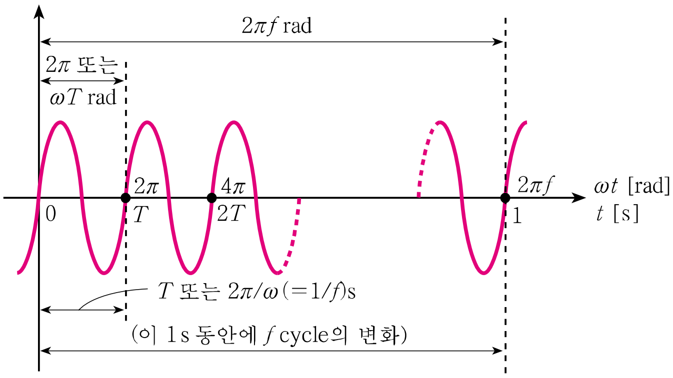


그림 6.2 사인파의 f사이클의 변화

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f} \quad \text{rad/s} \tag{6.4}$$

이것으로부터 사인파에 대한 표시식은

$$v = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi f t = V_m \sin \frac{2\pi}{T} t \quad (V_m \text{은 진폭}) \tag{6.5}$$

등 여러 가지로 쓸 수 있다. 특히 가정, 공장에서 쓰는 전력주파수는 대개 60 Hz 이므로 이때에는

$$\boxed{\omega = 2\pi \times 60 = 377} \quad \text{rad/s} \quad (60\text{ Hz에 대하여}) \tag{6.6}$$

이고, 또 $v = V_m \sin 377t$와 같이 표시된다. 사인파를 그래프로 그리는 데 유의해야 할 것은 가로축의 변수가 그림 6.1 (a)와 같이 시간 t인가 또는 (b)와 같이 각 ωt인가를 명시해야 한다는 것이다. 그림 6.2에는 사인파가 f사이클이 변하는 동안의 파형을 그렸는데 가로축의 변수를 두 가지로 취했다.

참고로 그림 6.3과 같이 일정한 시간간격 T마다 파형이 반복되는 파를 **주기파**

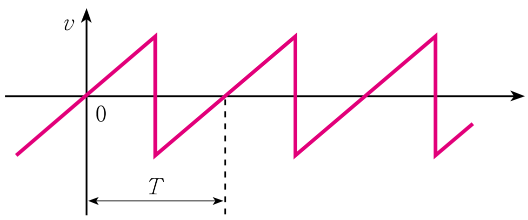


그림 6.3 비사인주기파

라고 하며, T를 주기파의 주기라 한다. 제 17 장에서 배우겠지만 이와 같은 비사인주기파는 $1/T$을 주파수로 하는 사인파와 그 정수배의 주파수를 갖는 많은 사인파의 합으로 표시할 수 있다.

[수치예] $i = 10\sin 1000t$ A로 표시되는 사인파전류의 최대치는 10 A, 각주파수는 1000 rad/s, 주파수는 $\dfrac{1000}{2\pi} = 159.2$ Hz, 주기는 $\dfrac{1}{159.2} = 0.00628 = 6.28$ ms

다음에 실용되고 있는 주파수에 관하여 언급하겠다. 상용전력의 주파수는 60 Hz가 주로 쓰이나 비행기상에서는 400, 800, 1600 Hz 등이 쓰인다. 방송용 AM 주파수는 540∼1600 kHz, TV에서는 80∼220 MHz, 또 특수한 통신용으로는 현재 수십 GHz까지 사용되고 있다[k(kilo) = 10^3, M(mega) = 10^6, G(giga) = 10^9]. 이와 같은 높은 주파수의 교류의 발생은 보통의 기계적 발전기로서는 불가능하며, 트랜지스터나 기타 특수한 전자관을 이용함으로써 가능하다.

6.2 위 상

앞절에서는 각 또는 시간의 기점을 전압치가 0을 지나 양으로 되기 시작하는 점(이하 영점이라 함)으로 택하였기 때문에 전압의 표시식이 식 (6.1)과 같이 되었다. 그러나 이 기점을 그림 6.4에서와 같이 여러 가지로 택하면

$$\text{점 } A \ :\ v = V_m \sin \omega t$$

$$\text{점 } B \ :\ v = V_m \cos \omega t = V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{점 } C \ :\ v = -V_m \cos \omega t = V_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{점 } D \ :\ v = -V_m \sin \omega t = V_m \sin(\omega t \pm \pi)$$

$$\text{점 } E \ :\ v = V_m \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$\text{점 } F \ :\ v = V_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$$

와 같이 표시될 것이다. 그러므로 일반적으로 사인파는

$$v = V_m \sin(\omega t + \theta) \tag{6.7}$$

와 같이 표시된다. 이 θ를 **위상**(phase) 또는 **위상각**(phase angle)이라고 한다. 식

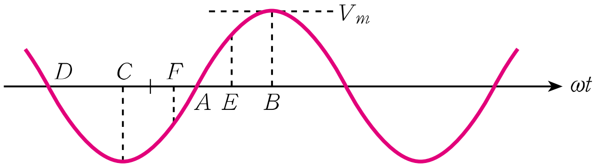


그림 6.4 시간원점의 선택

(6.7)로부터 알 수 있는 바와 같이 사인파는 진폭 V_m, 각주파수 ω, 위상각 θ의 세 양으로써 완전히 규정된다. 식 (6.7)에서 ωt와 θ의 단위는 동일한 것을 써야 하지만 ωt가 rad이더라도 편의상 θ를 도(°)로 표시하는 경우가 많다. 순간치 계산에서는 이 점에 특히 주의할 필요가 있다. 식 (6.7)을 바꾸어 쓰면

$$v = V_m \sin\left[\omega\left(t + \frac{\theta}{\omega}\right)\right] \tag{6.8}$$

이 식을 보면 위상각 θ[rad]은 시간적으로는 $\frac{\theta}{\omega}$[s] 또는 $\frac{\theta}{2\pi}T$[s]에 해당함을 알 수 있다(그림 6.5).

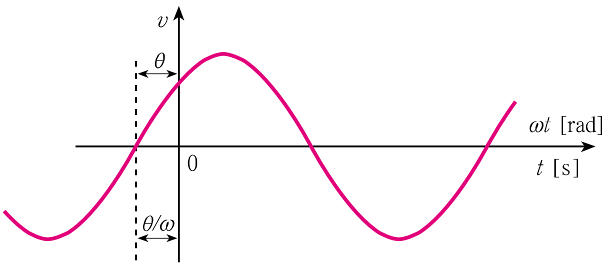


그림 6.5 위상각이 θ인 사인파

[수치예] $v = 50\sin(100t - 60°)$의 위상각은 $-60°$ 또는 $-\frac{\pi}{3}$ rad

예제 6.1

그림 6.6에서 v_1, v_2는 최대치 50V인 동일주파수의 사인전압이다.

(a) 두 사인전압의 순간치에 대한 표시식을 구하라.

(b) 주파수가 500Hz라면 v_1이 영점을 지나는 시간을 구하라.

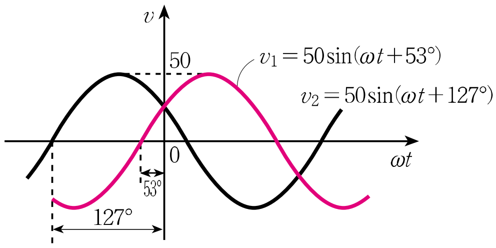


그림 6.6 예제 6.1의 파형

풀 이

(a) v_1의 위상각은 53°, v_2의 위상각은 $180-53=127°$이므로

$$v_1 = 50\sin(\omega t + 53°)\,\mathrm{V}$$

$$v_2 = 50\sin(\omega t + 127°)\,\mathrm{V}$$

(b) 2π rad$=360°$이므로 v_1은 $360° \times ft + 53° = 0$이 되는 순간에 0이 된다.

$$\therefore\ t = \frac{-53}{360 \times 500} = -0.29\,\mathrm{ms}$$

또는 여기서 반주기 $\dfrac{T}{2} = \dfrac{1}{24} = \dfrac{1}{2 \times 500} = 1\,\mathrm{ms}$의 정수배만큼 떨어진 시점이다.

6.3 위 상 차

그림 6.7에는 동일주파수의 두 사인파의 상대적 위치를 표시하였다. 그림 (a)에서 v, i는 같은 순간에 영점 또는 최대점에 도달하며, 이 두 파는 **동상**(in phase)이라고 한다. 그림 (b)에서 v, i가 각각 다른 순간에 영점 또는 최대점에

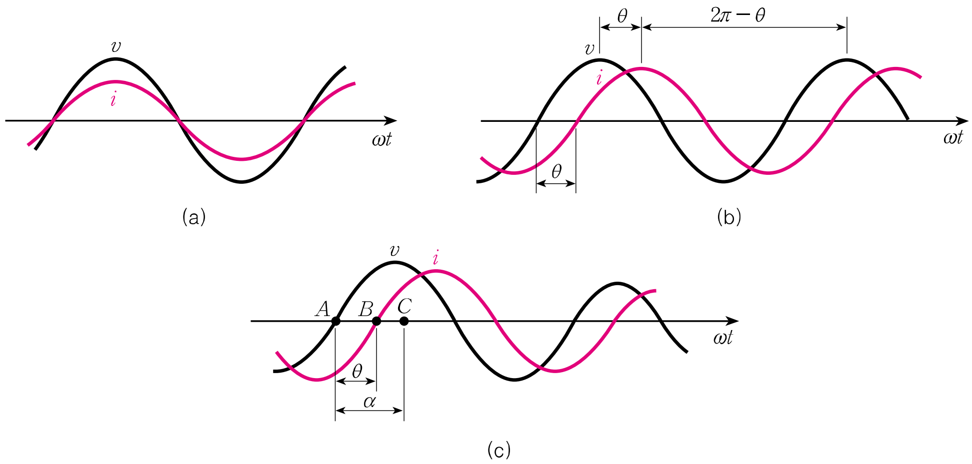


그림 6.7 동일주파수의 두 사인파의 위상차

도달하므로 이 두 파는 **위상이 어긋났다**(out of phase)고 말한다. 여기서 v는 i보다 각이 θ만큼 앞서서 영점 또는 최대점에 도달하므로 v는 i보다 θ만큼 **위상이 앞선다**(lead)고 말하며, 반대로 i는 v보다 θ만큼 **위상이 늦다**(lag)고 말한다. i가 v보다 θ만큼 위상이 늦다는 것은 시간적으로 θ/ω초만큼 늦으면서 v의 파형의 변화를 좇아간다는 것을 의미한다. 시간 또는 각의 기점을 그림 (c)의 점 A에 택하면

$$v = V_m \sin \omega t$$
$$i = I_m \sin(\omega t - \theta)$$

점 B를 기점으로 택하면

$$v = V_m \sin(\omega t + \theta)$$
$$i = I_m \sin \omega t$$

더 일반적으로 점 C를 택하여 v가

$$v = V_m \sin(\omega t + \alpha)$$

와 같이 표시된다면(α는 이때의 v의 위상각) i는

$$i = I_m \sin(\omega t + \alpha - \theta)$$

와 같이 표시된다. 이 모든 경우에서 v의 위상각과 i의 위상각과의 차는 항상 θ이다. 따라서 θ를 이 두 파의 **위상차** 또는 단순히 **상차**라고 한다. 이와 같이 동일주파수의 두 사인파의 상차는 <u>시간원점의 선택과는 관계없다.</u>

그림 6.7 (b)에서 보는 바와 같이 v가 i보다 위상이 θ만큼 앞서는 경우 v는 또한 i보다 $(2\pi - \theta)$만큼 위상이 늦다고도 할 수 있다. 그러나 보통 위상의 늦고 앞섬 또는 상차를 논할 때에는 π rad(180°)보다 더 작은 각을 가지고 말한다. 특히 π rad의 상차가 있는 경우에는 어느쪽이 이만큼 위상이 앞서고 있는지 구별할 수가 없다. 주의할 것은 <u>동일한 주파수를 가진 사인파들에 한해서 상호간의 상차를 말할 수 있다</u>는 것이다.

예제 6.2

$i = 10\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$ A로 표시되는 전류파보다 위상이 45°만큼 앞서고 진폭이 100V인 전압파 v의 표시식을 쓰고, v, i의 그래프를 그려라. 단, v, i의 주파수는 동일하다고 한다.

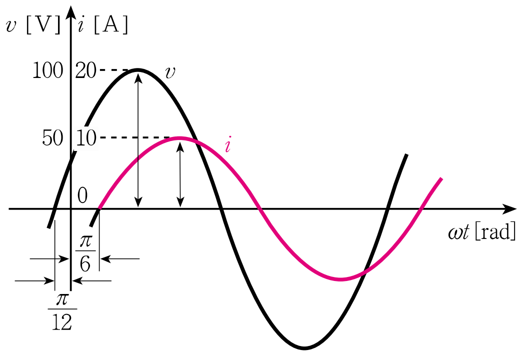


그림 6.8 예제 6.2의 그림

풀 이

$45° = \frac{\pi}{4}$ rad에 해당하므로

$$v = 100\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{6} + \frac{\pi}{4}\right) = 100\sin\left(\omega t + \frac{\pi}{12}\right)\text{V}$$

두 파의 그래프는 그림 6.8과 같다.

세로축의 척도(scale)는 양자에서 일치시킬 필요는 없다.

6.4 실 효 치

파형이 서로 다른 여러 가지 주기파의 크기를 비교할 때 그 최대치만으로는 불충분하고, 흔히 다음에 정의하는 **실효치**(effective value)로써 비교한다. 이것은 주기파의 열효과의 대소를 나타내는 값이다.

직류나 교류가 저항을 통하면 열이 발생된다. 지금 순간치가 i [A]인 주기전류(사인파가 아니라도 무방하다)가 저항 R을 통할 때 각 순간에 Ri^2의 전력이 소비되며, 이것은 시간의 함수이다. 따라서 1주기 T초 동안에 발생되는 열량은 이것을 적분하여 $\int_0^T Ri^2\,dt$와 같이 구해진다. 지금 같은 시간 T초 동안에 같은 저항 R을 통하여 동일한 열량을 발생할 직류 —— 즉, 주기전류와 동일한 열효과를 나타낼 직류 —— 를 I [A]라고 하면

$$RI^2T = \int_0^T Ri^2 dt \tag{6.9}$$

$$\therefore\ I^2 = \frac{1}{T}\int_0^T i^2\,dt$$

따라서 $$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2\,dt} \quad \text{A} \tag{6.10}$$

또는 $$I = \sqrt{(i^2\text{의 1주기간의 평균})} \tag{6.11}$$

이 일정치 I를 주기전류 i의 실효치라 한다. 그러므로 가령 실효치 5 A의 주기전류(사인전파가 아니라도 무방하다)와 5 A의 직류는 같은 열효과를 나타내며, 또 실효치가 같은 여러 가지 파형의 주기전류도 서로 같은 열효과를 나타낸다. 실효치를 root mean square value, 요약하며 rms 치라고도 하는데, 이것은 식 (6.11)에서 보는 바와 같이 실효치가 전류의 제곱의 평균치의 제곱근과 같기 때문이다.

주기전압 v가 저항 R에 인가될 때 소비되는 순간전력은 v^2/R이므로 위와 마찬가지로 하여 v의 실효치 V를 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$V = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2\,dt} \quad \text{V} \tag{6.12}$$

또는 $$V = \sqrt{(v^2\text{의 1주기간의 평균})} \tag{6.13}$$

실효치를 나타내기 위하여 I_{eff} 또는 I_{rms}라고 표시할 때도 있으나, 보통은 I, V, E와 같은 대문자만을 쓴다(순간치는 i, v, e와 같은 소문자를 쓴다).

식 (6.9)의 양변을 주기 T로 나누면 좌변은 RI^2이 되고, 우변은 주기전류에 의해 저항 R 내에서 소비되는 전력의 평균치, 즉 **평균전력**을 나타낸다. 따라서

평균전력 $$P_{\text{av}} = RI_{eff}^{\,2} \quad \text{W} \tag{6.14}$$

와 같이 된다. 또 실효치가 V_{eff}인 주기전압이 저항에 인가될 때에는

$$P_{\text{av}} = \frac{V_{eff}^{\,2}}{R} \quad \text{W} \tag{6.15}$$

직류와 교류를 다 측정할 수 있는 전류계, 전압계는 모두 실효치를 지시하도록 교정(calibrate)되어 있다.

교류의 전압이나 전류의 크기는 특별한 언급이 없을 때에는 모두 실효치로써 나타낸다. 그래서 우리가 보통 몇 amp 또는 volt의 교류라 할 때 그것은 실효치를 의미한다. 교류측정계기의 지시도 실효치이다.

[수치예] 어떤 저항에 DC 전압 10 V가 걸릴 때의 발생열과 실효치 30 V의 삼각형파가 걸릴 때의 발생열의 비는 $\frac{10^2}{R} : \frac{30^2}{R} = 1 : 9$

예제 6.3

어떤 회로의 두 점간의 전압이 그림 6.9 (a)와 같이 변하는 주기파일 때

(a) 그 두 점간에 AC 전압계를 연결하면 그 지시는 얼마이겠는가?

(b) 또 이 전압이 100 Ω의 저항 양단에 나타난 전압이라면 1분간의 저항에서 발생되는 열량은 얼마인가?

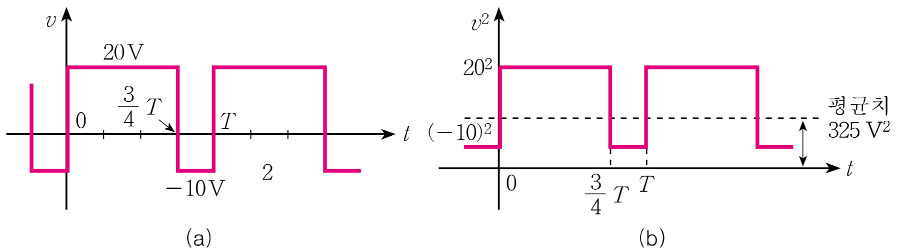


그림 6.9 예제 6.3의 그림

풀 이

(a) 보통 쓰이는 AC 전압계는 실효치를 지시하므로 이 전압파의 실효치를 구하면 된다. 그림 6.9 (a)와 같이 단순한 변화를 하는 파에 대해서는 식 (6.12)의 적분계산을 하는 것보다는 기하학적으로 다음과 같은 과정으로 구하는 것이 쉽다.

우선 그림 6.9 (b)와 같이 제곱파의 그래프를 그리고 1주기간의 면적을 구하면

$$20^2 \times \frac{3}{4}T + (-10)^2 \times \left(T - \frac{3}{4}T\right) = 325\,T$$

이것을 주기 T로 나누어 제곱파의 평균치를 구하면 325. 이것의 제곱근, 즉 $\sqrt{325} = 18$ V가 실효치가 된다.

(b) 실효치 18 V의 주기전압은 직류 18 V와 마찬가지 열효과를 나타내므로 1분간에 발생되는 열량은

$$\frac{V^2}{R}t = \frac{18^2}{100} \times 60 = 195\,\text{J}$$

또는 $195 \times 0.24\,\mathrm{cal} = 46.8\,\mathrm{cal}$

엄밀히 말하면 이 주기전압의 주기 T의 바로 정수배가 1분이 될 때에 한하여 열량을 이상과 같이 계산할 수 있다. 그러나 주기가 짧아서 1분간에 많은 사이클이 포함되어 있을 때에는(보통은 그렇다) 1분이 T의 바로 정수배가 아니더라도 최후의 1사이클의 불완전으로 인하여 생기는 오차는 공학적으로는 아주 무시할 수 있다.

6.5 사인파의 실효치

$i = I_m \sin \omega t$ 와 같이 표시되는 사인파전류의 실효치를 식 (6.11)에 의하여 구해 보자. $\cos 2x = 1 - 2\sin^2 x$ 을 이용하면 먼저 i^2은

$$i^2 = I_m^2 \sin^2 \omega t$$
$$= \frac{1}{2} I_m^2 (1 - \cos 2\omega t) = \frac{I_m^2}{2} = \frac{I_m^2}{2} \cos 2t \tag{6.16}$$

우변의 제 2 항은 2ω 의 각주파수(주기는 i 의 주기의 반)를 가진 사인파이므로 그 평균치는 0이다. 따라서

$$i^2 \text{의 1주기간의 평균치} = \frac{I_m^2}{2} \tag{6.17}$$

그러므로 식 (6.11)에 의하여 i 의 실효치는

$$\boxed{I_{eff} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_m} \quad \text{(사인파에 대하여)} \tag{6.18}$$

$$\boxed{I_m = \sqrt{2}\, I_{eff} = 1.414\, I_{eff}} \quad \text{(사인파에 대하여)} \tag{6.19}$$

사인파전압에 대해서도 실효치와 최대치 사이에는 이상의 관계가 있다.

이상으로 사인파에 대해서는 주파수나 위상에 관계없이

$$\boxed{\text{실효치} = \frac{\text{최대치}}{\sqrt{2}}}, \quad \boxed{\text{최대치} = \sqrt{2} \times (\text{실효치})} \tag{6.20}$$

참고로 식 (6.17)은 기하학적으로는 다음과 같이 구할 수 있다. 즉, $i^2 = I_m^2 \sin^2 \omega t$ 의 평균치는 $\sin^2 \omega t$ 의 평균치에 I_m^2 을 곱한 것인데, $\sin^2 \omega t$ 의 평균치

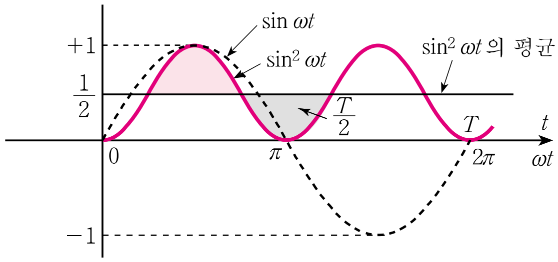


그림 6.10 $\sin^2 \omega t$ 의 평균치

는 그림 6.10으로부터 1/2이 됨을 알 수 있다. 이 그림에는 $\sin \omega t$ 와 $\sin^2 \omega t$ 의 곡선 —— 최대치는 둘다 1 —— 을 함께 그렸는데 $\sin^2 \omega t$ 의 곡선은 높이가 1/2인 수평선에 대하여 대칭이다. 따라서 그 실효치는 $1/\sqrt{2}$ 이고 식 (6.20)이 성립된다.

예제 6.4

(a) 60 Hz, 100 V의 교류전압의 최대치는 얼마인가?

(b) 이 전압을 200 Ω 의 전구에 인가할 때 소비되는 평균전력을 구하라.

풀 이

(a) 보통 100 V의 전압이라 할 때 이것은 실효치를 의미한다. 따라서 최대치는

$$100 \times \sqrt{2} = 141.4\,\mathrm{V}$$

(b) 식 (6.15)에 의하여 평균전력은

$$\frac{V^2}{R} = \frac{100^2}{200} = 50\,\mathrm{W}$$

6.6 평 균 치

주기파의 **평균치**는 다음으로 정의된다.

$$I_{\mathrm{av}} = \frac{1}{T}\int_0^t i\,dt \tag{6.21}$$

여기서 T는 주기이다. 대개의 DC 전압계나 전류계는 주기파의 평균치를 지시한다.

예제 6.5

그림 6.9 (a)와 같이 변하는 주기전압이 나타나는 회로의 두 점간에 주기파의 평균치를 지시하는 DC 전압계를 연결하면 그 지시는 얼마이겠는가?

풀 이

파형을 보고 기하학적으로 평균치를 구하면

$$V_{\text{av}} = \frac{1}{T}\left[20 \times \frac{3}{4}T + (-10) \times \frac{1}{4}T\right] = 12.5\,\text{V}$$

이것이 곧 DC 전압계가 지시할 값이다.

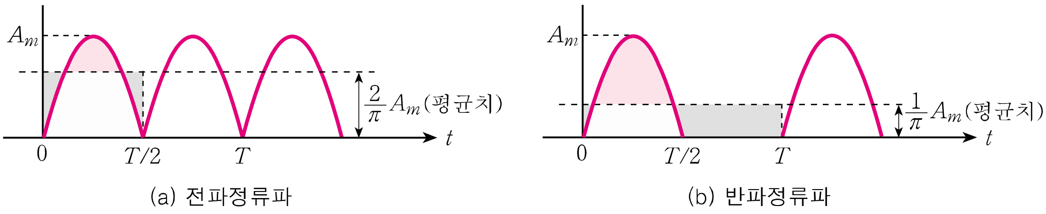


그림 6.11 정류파의 종류

그림 6.11 (a)의 **전파정류파**의 평균치는

$$\begin{aligned}\frac{1}{T/2}\int_0^{T/2} A_m \sin\omega t\, dt &= \frac{2}{T}A_m\left[\frac{-\cos\omega t}{\omega}\right]_0^{T/2} \\ &= \frac{2}{T}A_m\frac{-\cos\pi + \cos 0}{\omega} \\ &= \frac{2}{\omega T}A_m(2) = \frac{2}{\pi}A_m\end{aligned}$$

그림 (b)의 **반파전류파**의 평균치는 이 반이 된다.

그림 6.12와 같은 **대칭파**의 평균치는 0이다.

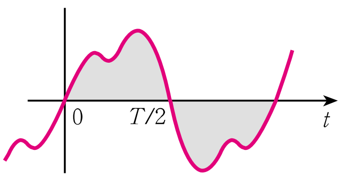


그림 6.12 대칭파(평균치=)

6.7 사인파의 중요성

실제의 신호들이 비주기적인 것이 많음에도 불구하고 회로해석에서 사인파를 기본적인 파형으로 선택하는 이유는 다음과 같다.

회로해석에서 기본이 되는 것은

(1) 키르히호프의 두 법칙, 즉 $\sum i = 0, \sum v = 0$

(2) 세 가지 회로소자의 단자관계식 $v_R = Ri$, $v_L = L\dfrac{di}{dt}$, $v_C = \dfrac{1}{C}\int i\,dt$

여기에 포함된 수학적 연산은 (1)에서 가감, (2)에서는 곱과 미분, 적분이다. 따라서 어떤 파형을 가감, 미적분해도 동일한 파형이 얻어진다면 회로해석에서의 계산이 간단해지고 이론이 정연해질 것이 명백하다. 그런데 사인파는 이와 같은 성질을 가진다. 또 제 17 장에서 배우겠지만 임의의 주기파는 이것을 여러 개의 사인파로 나눌 수 있으므로 이 경우에도 사인파에 대한 응답을 알면 합성파에 대한 응답을 알 수 있다. 한 걸음 더 나아가 비주기파에 대한 응답도 사인파에 대한 응답에 관한 지식을 기본으로 하여 구할 수 있다. 마지막으로 발전기, 발진기 등의 교류전원은 특수한 것을 제외하고는 사인파를 발생한다. 이상 열거한 여러 가지 이유로 사인파는 회로해석에서 기본이 되는 파형이다.

소위 **교류회로해석**이란 보통 사인파를 발생하는 전원을 가진 정상상태의 회로해석을 의미한다. 곧 알게 되겠지만 저항회로의 해석방법은 그대로 교류회로에 대해서도 적용된다. **앞으로 제 18 장까지는 교류회로만을 취급한다**(제 17 장 제외).

AC는 DC와 달리 변압기에 의해 승압, 강압이 용이하고, 원거리송전에는 AC가 주로 쓰인다. 공장에서의 대용량 모터, 가열장치, 조명등 및 가전기기는 흔히 AC로 동작한다. 또 방송, 무선통신에서는 고주파의 AC를 발생, 증폭, 변조하여 복사한다. 한편 DC는 흔히 AC를 정류하여 얻고 전해공업, 발전기와 모터의 여자용, 속도제어, 각종 전자기기의 전원 등으로 널리 쓰인다.

연/습/문/제

6.1 그림 p 6.1과 같이 변하는 전류파가 있다.

(a) 주기, 주파수, 각주파수를 구하라.

(b) $i = I_m \sin(\omega t + \theta)$와 같은 형식으로 표시하라.

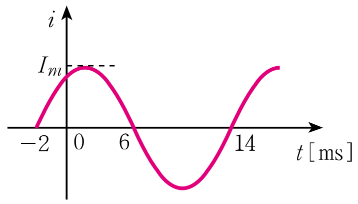


그림 p 6.1

6.2 그림 p 6.2와 같은 2개의 동일주파수의 사인파가 있다.

(a) 두 파간의 위상관계를 말하라.

(b) 시간의 원점을 (1) 점 A, (2) 점 B, (3) 점 C의 각각에 취했을 때 두 사인파의 순간치를 sin 함수로 표시하라.

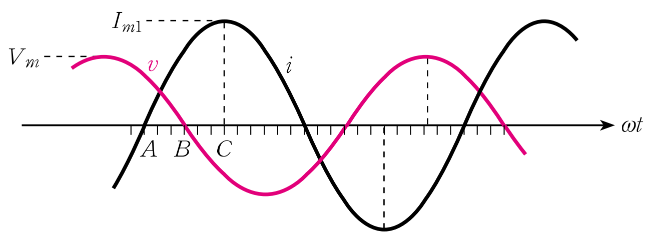


그림 p 6.2

6.3 $v = 20\sin(5000t - 30°)$로 표시되는 전압이 있다.

(a) 이 전압의 (1) 진폭, (2) 실효치, (3) 각주파수, (4) 주파수, (5) 주기, (6) 위상각을 구하라.

(b) 이 전압의 시간에 따른 변화를 그래프로 그려라. 단, 가로축의 변수는 시간과 각(角), 두 가지로 표시하라.

6.4 그림 p 6.4와 같은 구형파의 (a) 실효치, (b) 반파평균치를 구하라.

(c) 이 전류가 20Ω의 저항에 유입되고 있다면 교류전압계를 이 저항 양단에 연결할 때의 지시는 얼마인가?

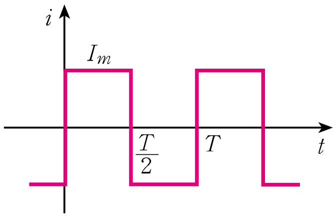


그림 p 6.4

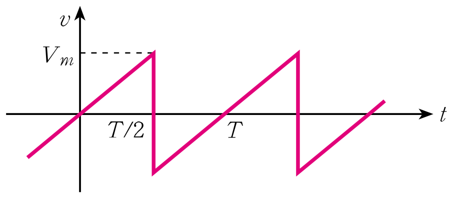
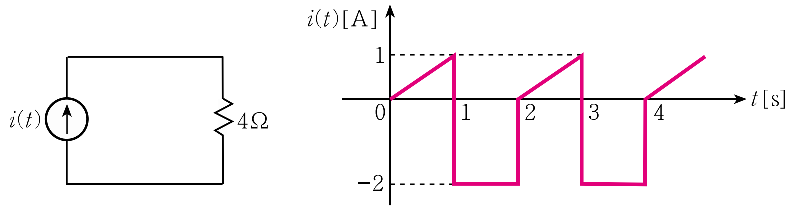


그림 p 6.5

6.5 그림 p 6.5와 같은 삼각형파의 (a) 실효치, (b) 반파평균치를 구하라.

(c) 이 전압이 20Ω의 저항 양단에 인가되고 있다. 이때의 전류를 측정하기 위하여 교류전류계를 입력단자에 직렬로 삽입한다면 그 지시는 얼마인가? (힌트 : 이 파형의 실효치 계산에서는 $0 \sim T/2$ 동안만 생각해도 된다)

6.6 그림 p 6.6 (a)에서 전류파형이 그림 (b)와 같을 때 4Ω에 공급되는 평균전력을 구하라.



(a) (b)

그림 p 6.6

6.7 60 Hz, 200 V(실효치)의 전압을 인덕턴스가 0.2 H인 인덕터에 인가할 때 전압, 전류의 순간치에 대한 표시식을 sin 함수로 표시하라. 단, 인가전압의 위상각이 $-30°$가 되도록 시간의 원점을 택한다. 또 코일의 저항을 무시한다.

6.8 인덕턴스가 특히 큰 **초크코일**(choke coil)은 직류를 쉽게 통과시키고 교류의 통과를 억제하는 데 사용된다.

(a) 60 Hz 이상에서 5000Ω 이상의 리액턴스를 가지려면 초크코일의 인덕턴스는 최소한 얼마이어야 하는가?

(b) 이 최저요구를 만족하는 코일이 180 Hz에서 가지는 리액턴스는 얼마인가?

(c) 이 코일에 실효치가 50 V, 주파수가 60, 180 Hz의 교류전압이 인가될 때 흐르는 전류를 구하라.

6.9 60 Hz, 200 V(실효치)의 전압을 커패시턴스가 50 μF인 커패시터에 인가할 때 전압, 전류의 순간치에 대한 표시식을 sin 함수로 표시하라. 단, 전압의 위상각이 +30°가 되도록 시간의 원점을 택한다.

6.10 전자회로에서 **저지용 커패시터**는 직류의 통과를 저지시키고 교류의 통과를 쉽게 하는 데 사용한다.

(a) 0.2 mA, 1000 Hz의 교류가 흘러서 1.0 V 이하의 전압강하를 나타나게 하려면 커패시터의 커패시턴스는 최소한 얼마이어야 하겠는가?

(b) 이 최저요구를 만족하는 커패시터가 1000, 2000 Hz에서 가지는 리액턴스는 얼마인가?

6.11 어떤 저항에 실효치 100 V의 사인파전압을 인가할 때와 실효치 100 V의 주기적 삼각파전압을 인가할 때의 발생열, 즉 같은 시간에 공급되는 에너지를 비교하라.