

IT@CookBook, 기초 신호 및 시스템(2판)

[연습문제 답안 이용 안내]

- 본 연습문제 답안의 저작권은 한빛아카데미(주)에 있습니다.
- 이 자료를 무단으로 전재하거나 배포할 경우 저작권법 136조에 의거하여 최고 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처할 수 있고 이를 병과(併科)할 수도 있습니다.

제1장 신호와 시스템의 개요

[Quick Review]

※ 다음 문제에서 옳은 것을 골라라.

(1) 시간에 따라 값이 변하지 않으면(예:직류) 신호가 될 수 없다. (○, ×)

Ans) ×

(2) 시스템은 수학적으로 (함수, 방정식)으로 표현된다.

Ans) 방정식

(3) 시스템은 항상 단일한 구성 요소로 이루어진다. (○, ×)

Ans) ×

(4) 시간에 따른 신호의 값의 변화를 그래프로 나타낸 것을 (파형, 스펙트럼)이라 한다.

Ans) 파형

(5) 블록선도에서 시스템 간의 기본적인 연결 방식은 (종속, 하이브리드, 병렬) 연결이다.

Ans) 종속, 병렬

(6) 궤환 연결은 병렬 연결의 특수한 형태이다. (○, ×)

Ans) ×

(7) 신호와 시스템은 시간 영역과 주파수 영역의 두 가지 표현 방식이 가능하다. (○, ×)

Ans) ○

(8) 연속 신호는 시간축이 실수축이고 이산 신호는 시간축이 정수축이다. (○, ×)

Ans) ○

(9) 시간 구간 $[-3, 4]$ 에서 정의된 연속 신호와 이산 신호의 길이는 같다. (○, ×)

Ans) ×

(10) 신호를 주파수의 함수로 표현한 것을 스펙트럼이라고 한다. (○, ×)

Ans) ○

(11) 하나의 정현파는 (파형, 진폭, 주파수, 파장, 위상)에 의해 완전히 정의된다.

Ans) 진폭, 주파수, 위상

(12) 정현파의 주파수와 주기는 서로 무관하다. (○, ×)

Ans) ×

(13) 주파수는 (신호 값의 변화 속도, 파형의 시간 이동)과 관련이 있다.

Ans) 신호 값의 변화 속도

(14) 서로 다른 정현파를 같은 시간만큼 지연시키면 위상은 항상 같다. (○, ×)

Ans) ×

(15) 신호의 에너지와 전력은 각각 Joule과 Watt를 단위로 갖는 물리적인 양이다. (○, ×)

Ans) ×

(16) 어떤 신호의 에너지가 유한하면, 그 신호의 전력은 (0, 유한, 무한)하다.

Ans) 0

(17) 에너지 관점에서 신호의 실제적 효과를 나타내는 값은 (평균값, 실효값, 최댓값)이다.

Ans) 실효값

(18) 신호의 에너지, 전력, 실효값은 시간의 함수이다. (○, ×)

Ans) ×

(19) 데시벨은 신호의 (절대적인, 상대적인) 크기를 나타내는 데 사용되는 단위이다.

Ans) 상대적인

(20) 데시벨은 신호의 크기(이득)비에 대해서는 $20\log$ 를 취한다. (○, ×)

Ans) ○

[기초 문제]

1.1 다음의 시스템들은 어떠한 신호 처리 시스템인지 다음의 [보기] 중 가장 주된 것을 하나만 고르고 그 이유를 설명하라.

<보기>	㉠ 해석	㉡ 변환	㉢ 필터링	㉣ 합성
------	------	------	-------	------

- (a) 디지털 피아노
(b) 전기 모터
(c) 지문 인식 장치

Ans) (a) ㉣ (b) ㉡ (c) ㉠

1.2 다음 연속 신호의 파형을 그려라.

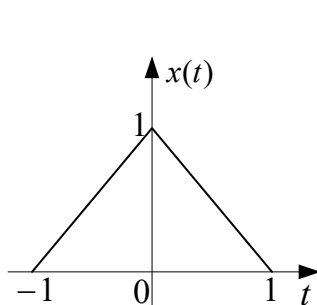
(a) $x(t) = \begin{cases} 1 - |t|, & |t| \leq 1 \\ 0, & \text{그 외} \end{cases}$

(b) $x(t) = \begin{cases} te^{-t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$

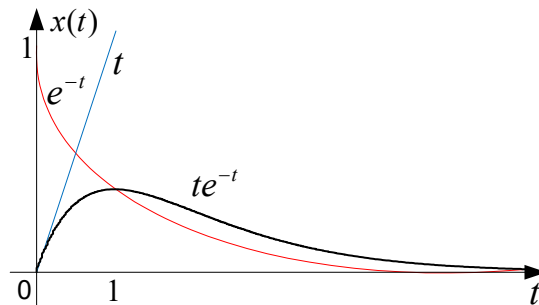
(c) $x(t) = \sin(\pi t) + \cos(\pi t)$

(d) $x(t) = e^{-|t|}$

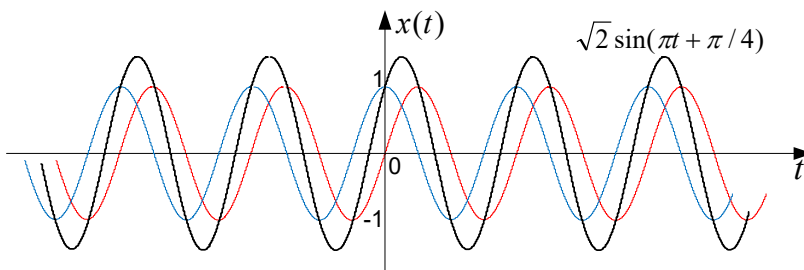
Ans) (c) $x(t) = \sin(\pi t) + \cos(\pi t) = \sqrt{2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \sin(\pi t) + \frac{1}{\sqrt{2}} \cos(\pi t) \right) = \sqrt{2} \sin(\pi t + \frac{\pi}{4})$



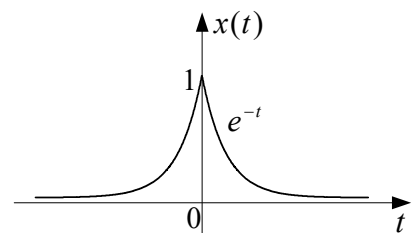
(a)



(b)



(c)



(d)

1.3 다음 이산 신호의 파형을 그려라.

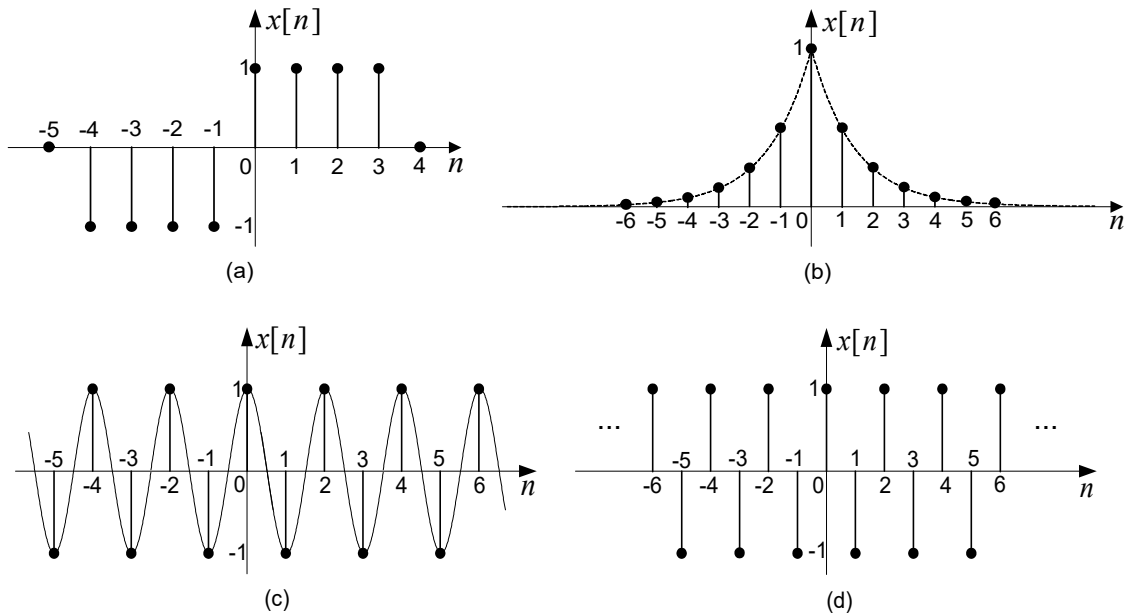
(a) $x[n] = \begin{cases} +1, & 0 \leq n \leq 3 \\ -1, & -4 \leq n < 0 \\ 0, & \text{그 외} \end{cases}$

(b) $x[n] = \begin{cases} (\frac{1}{2})^n, & n \geq 0 \\ 2^n, & n < 0 \end{cases}$

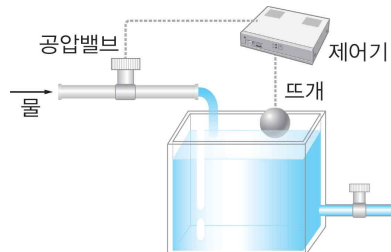
(c) $x[n] = \cos(\pi n)$

(d) $x[n] = (-1)^n$

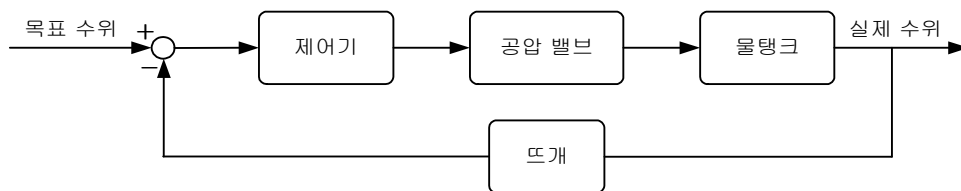
Ans) (c) $\cos(\pi n) = (-1)^n$



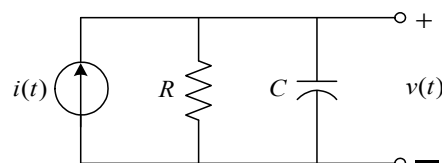
1.4 다음 그림은 화장실 좌변기의 수위를 자동으로 조절하는 시스템으로, 뜨개에 의해 물탱크의 물의 높이를 측정하여 목표로 하는 높이와 차이가 있으면 제어기가 공압 밸브의 열림을 조정하여 물이 나오고, 목표 수위에 도달하면 밸브를 닫아 물이 더는 나오지 않게 제어한다. 이 시스템의 블록선도를 그려라.



Ans)



1.5 그림과 같이 전류원 $i(t)$ 를 입력, 커패시터 양단 전압 $v(t)$ 를 출력으로 하는 RC 병렬회로에 대해 다음 물음에 답하라.

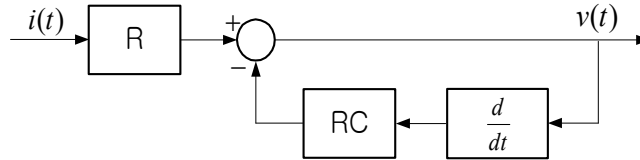


(a) 미분 방정식으로 시스템 표현식을 구하라.

Ans) $RC \frac{dv(t)}{dt} + v(t) = Ri(t)$ 또는 $\frac{dv(t)}{dt} + \frac{1}{RC} v(t) = \frac{1}{C} i(t)$

(b) (a)에서 구한 미분 방정식에 대해 블록선도를 그려라.

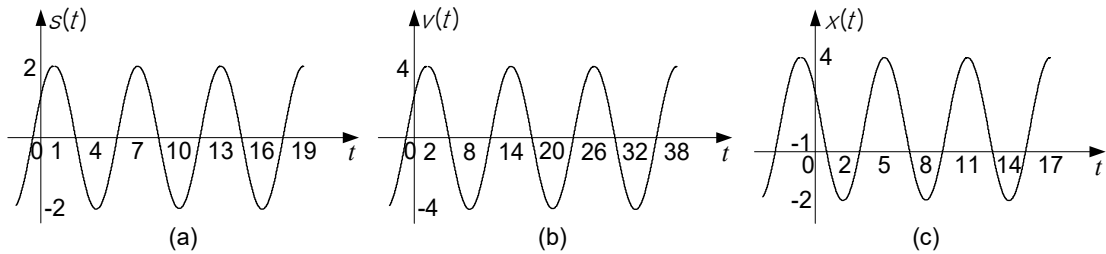
Ans)



1.6 누산기는 들어오는 입력을 계속해서 더해(누적하여) 출력으로 내는 이산 시스템이다. 입력 $x[n]$ 이 $n=0$ 부터 인가될 때 누산기의 동작을 표현하는 수학적 모형을 구하라.

Ans) $y[n] = x[0] + x[1] + x[2] + \dots + x[n-1] + x[n] = \sum_{k=0}^n x[k]$

1.7 다음 그림과 같은 코사인 정현파 신호에 대해 진폭 A , 주기 T , 주파수 f_0 , 위상 ϕ 를 결정하라.



Ans)

(a) $A = 2$, $T = 6$, $f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{6}$ ($\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times \frac{1}{6} = \frac{\pi}{3}$), $\phi = -\frac{t_1}{T} \times 2\pi = -\frac{1}{6} \times 2\pi = -\frac{\pi}{3}$

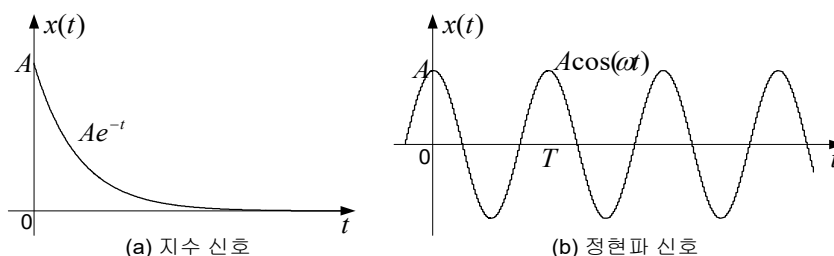
(b) $A = 4$, $T = 12$, $f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{12}$ ($\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times \frac{1}{12} = \frac{\pi}{6}$), $\phi = -\frac{t_1}{T} \times 2\pi = -\frac{2}{12} \times 2\pi = -\frac{\pi}{3}$

(c) $A = 3$, $T = 6$, $f_0 = \frac{1}{T} = \frac{1}{6}$ ($\omega_0 = 2\pi f_0 = 2\pi \times \frac{1}{6} = \frac{\pi}{3}$), $\phi = -\frac{t_1}{T} \times 2\pi = -\frac{-1}{6} \times 2\pi = \frac{\pi}{3}$

1.8 정현파 신호 $x(t) = \cos(5\pi t)$ 를 시간축 상에서 위상 30° 에 해당하는 만큼 오른쪽으로 수평 이동하였다. 위상을 시간으로 환산한 이동된 신호의 수식을 구하여라.

Ans) $x(t) = \cos(5\pi t - 30^\circ) = \cos(5\pi t - \frac{1}{6}\pi) = \cos(5\pi(t - \frac{1}{30}))$

1.9 다음 그림의 연속 신호에 대해 에너지와 전력을 구하라.

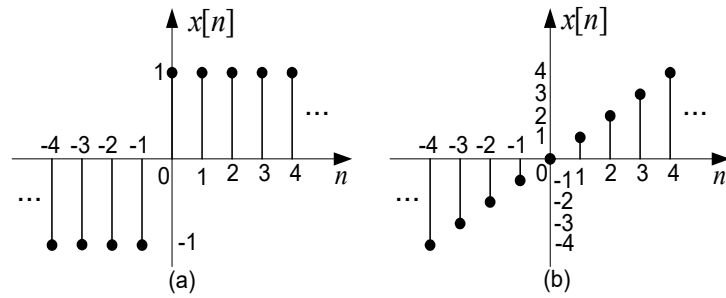


Ans)

(a) 에너지 $E = \int_0^{\infty} |Ae^{-t}|^2 dt = \frac{A^2}{2}$, 전력은 0

(b) 에너지는 무한, 전력은 $P = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} |A \cos(\omega t)|^2 dt = \frac{A^2}{2}$

1.10 다음 그림의 이산 신호에 대해 에너지와 전력을 구하라.



Ans)

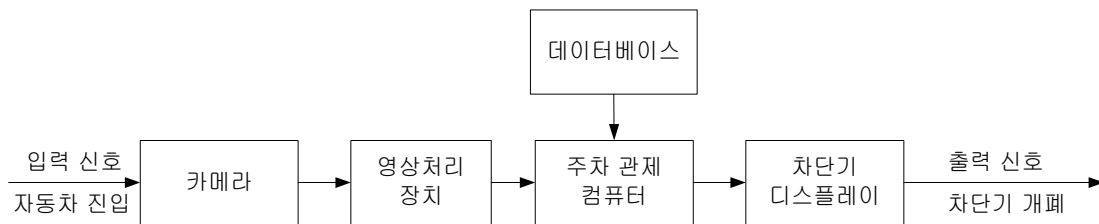
(a) 에너지는 무한, 전력은 $P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \left(\sum_{n=-N}^{-1} (-1)^2 + \sum_{n=0}^N (1)^2 \right) = 1$

(b) 에너지는 무한, $P = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^N |x[n]|^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \frac{N(N+1)(2N+1)}{3} = \infty$

[응용 문제]

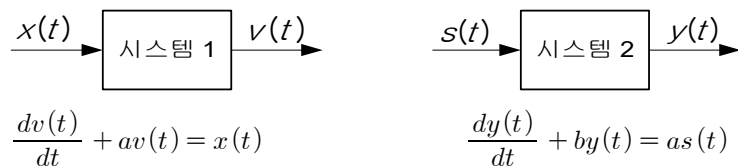
1.11 최근 대부분의 빌딩 주차장에는 자동으로 자동차 번호판을 인식하여 자동차의 출입을 관리하는 주차 관제 시스템이 도입되고 있다. 이 시스템은 등록된 차량이면 차단기를 열어서 통과시키고, 미등록 차량이면 안내 화면을 통해 별도의 절차를 밟도록 안내한다. 이 시스템의 블록선도를 그리고, 각 구성부의 역할을 간단히 설명하라.

Ans)



자동 주차 관제 시스템 블록선도

1.12 다음 그림과 같이 입출력 관계가 1차 미분 방정식으로 표현되는 2개의 시스템이 있다. 이 두 시스템을 종속 연결한 시스템의 입력 $x(t)$ 에 대한 출력 $y(t)$ 의 관계를 표현하는 2차 미분 방정식을 구하라.



Ans) $\frac{d^2y(t)}{dt^2} + (a+b)\frac{dy(t)}{dt} + aby(t) = ax(t)$

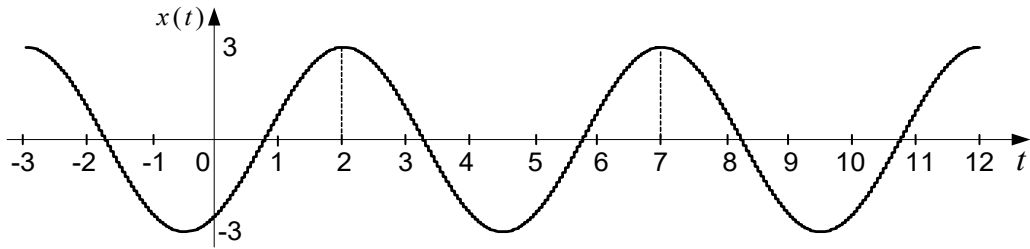
1.13 $x_1(t) = 2\sin(2\pi t + 10^\circ)$ 이고 $x_2(t) = \cos(2\pi t - 20^\circ)$ 일 때 두 정현파의 위상차를 구하라. 또 그 위상차를 시간으로 나타내라.

Ans) $x_1(t) = 2\sin(2\pi t + 10^\circ) = 2\cos(2\pi t - 80^\circ)$

$x_2(t)$ 가 $x_1(t)$ 보다 60° 앞선다. & $t_0 = \frac{1}{6}$

1.14 다음 그림과 같은 정현파 신호에 대한 다음의 설명 중 틀린 것은?

- ㉠ 이 정현파는 진폭 $A=3$, 주기 $T=5$ 이다.
- ㉡ 이 정현파가 코사인파라면 위상이 $\phi = -\frac{4\pi}{5}$ 이고, 사인파라면 위상이 $\phi = -\frac{3\pi}{10}$ 이다.
- ㉢ 시간축을 2배로 늘이면, 이 정현파의 위상도 2배가 된다.
- ㉣ 이 정현파는 같은 진폭의 주파수 5[Hz]인 정현파에 비해 파형의 변화가 느리다.



Ans) ㉔

$$\phi' = \frac{2t_1}{2T} \times 2\pi = \frac{t_1}{T} \times 2\pi = \phi \text{로 바뀌지 않는다.}$$

1.15 정현파 신호의 전력과 관련하여 다음 물음에 답하라.

(a) 어떤 정현파와 진폭이 같고 주기가 2배인 정현파의 전력을 각각 구하라.

$$\text{Ans) } x_1(t) = A \cos(\omega_1 t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{T_1} t\right) \quad \rightarrow \quad P_1 = \lim_{T_1 \rightarrow \infty} \frac{1}{T_1} \int_{-\frac{T_1}{2}}^{\frac{T_1}{2}} A^2 \cos^2(\omega_1 t) dt = \frac{A^2}{2}$$

$$x_2(t) = A \cos(\omega_2 t) = A \cos\left(\frac{2\pi}{2T_1} t\right) = A \cos\left(\frac{1}{2}\omega_1 t\right) \quad \rightarrow \quad P_2 = \lim_{T_2 \rightarrow \infty} \frac{1}{T_2} \int_{-\frac{T_2}{2}}^{\frac{T_2}{2}} A^2 \cos^2\left(\frac{1}{2}\omega_1 t\right) dt = \frac{A^2}{2}$$

(b) 어떤 정현파와 주기가 같고 진폭이 2배인 정현파의 전력을 각각 구하라.

$$\text{Ans) } x_3(t) = 2A \cos(\omega_1 t) \quad \rightarrow \quad P_3 = \lim_{T_1 \rightarrow \infty} \frac{1}{T_1} \int_{-\frac{T_1}{2}}^{\frac{T_1}{2}} 4A^2 \cos^2(\omega_1 t) dt = 2A^2$$

(c) (b)의 두 신호의 전력비를 데시벨로 구하라.

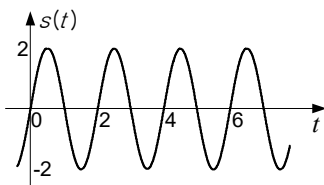
$$\text{Ans) } 10 \log \frac{P_{x_3}}{P_{x_1}} = 6.02 [\text{dB}]$$

(d) (a)와 (b)의 결과로부터 정현파의 전력에 관해 어떤 사실을 유추할 수 있는가?

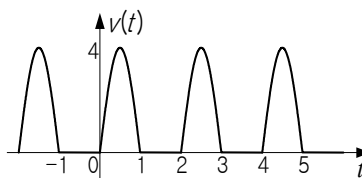
Ans) 정현파와 같은 주기 신호의 전력은 주기에는 상관없이 진폭에 따라 달라진다. 정현파의 경우는 진폭이 2배가 되면 전력은 4배가 된다.

1.16 다음 그림의 신호들에 대한 설명 중 틀린 것을 고르고, 그 이유를 설명하라.

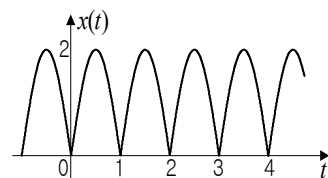
- ㉔ (a)의 정현파 $s(t)$ 와 이를 전파 정류한 (c)의 $x(t)$ 의 실효값은 같다.
- ㉔ 세 신호 모두 에너지는 무한하나 전력이 유한한 신호이다.
- ㉔ 세 신호 중에 $s(t)$ 를 두 배로 증폭하여 반파 정류한 (b)의 $v(t)$ 의 전력이 가장 작다.
- ㉔ $x(t)$ 의 $s(t)$ 에 대한 전력비는 0[dB], $v(t)$ 에 대한 전력비는 -3[dB]이다.



(a) 정현파



(b) 반파 정류파



(c) 전파 정류파

Ans) ㉔

1.17 다음과 같은 연속 신호에 대해 에너지와 전력을 구하라.

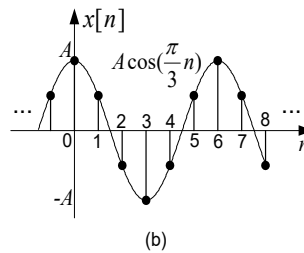
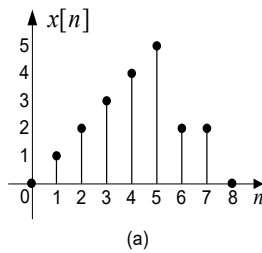
(a) $x(t) = e^{-|t|}$

Ans) 에너지는 $E = \int_{-\infty}^{\infty} |x_2(t)|^2 dt = \frac{A^2}{a}$, 전력은 0

(b) $x(t) = e^{j\omega_0 t}$

Ans) 에너지는 무한, 전력은 $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} 1 dt = 1$

1.18 다음 그림의 이산 신호에 대해 에너지와 전력을 구하라.

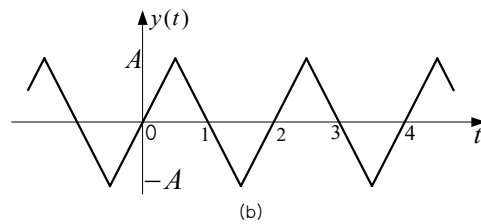
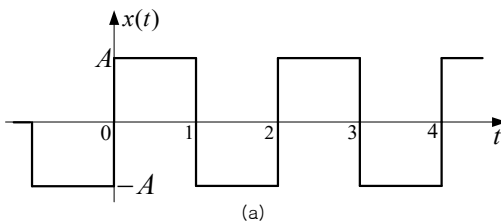


Ans)

(a) 에너지는 $E = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |x[n]|^2 = 63$, 전력은 0

(b) 에너지는 무한, 전력은 $P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x[n]|^2 = \frac{1}{2}$

1.19 다음 그림의 신호에 대해 에너지와 전력을 구하라.



Ans) 그림의 신호들은 같은 주기를 갖는 주기 신호로서 에너지는 무한하나 전력이 유한한 신호이다.

(a) 에너지는 무한, 전력은 $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |x(t)|^2 dt = A^2$

(b) 에너지는 무한, 전력은 $P = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{4}} (\frac{4A}{T})^2 t^2 dt = \frac{A^2}{3}$

1.20 [연습문제 1.19]의 두 신호에 대해 같은 주기와 진폭을 갖는 정현파에 대한 전력비를 데시벨로 구하라.

Ans) 같은 진폭을 갖는 정현파를 $z(t)$ 라고 하면

$$10 \log \frac{P_x}{P_z} = 3.01 [\text{dB}] \quad \& \quad 10 \log \frac{P_y}{P_z} = -1.761 [\text{dB}]$$