

회로 분석에 대한 소개



아래의 정의는 교육생의 이해를 돕기 위한 설명입니다.

$E=DC$ 전압. $\vec{E}$ = 벡터 전압. $v(t)$ = 시변 전압. I , $\vec{I}$, 및 $i(t)$ = 전류.

▶ 기본 단위(양)

기본 SI 단위 또는 유도량으로 구분됩니다.

쿨롱(유도) (C) - 1 암페어초(As). 1C는 6.24×10^{18} 개의 전자가 가진 전하량입니다. 1개의 전자가 가진 전하량은 $1.6 \times 10^{-19}C$ 입니다.

전압(유도) (V 또는 E) - 1V는 1 암페어의 전류로 1 와트의 로드를 움직이는 데 필요한 기전력(EMF)입니다.

저항(유도) (R) - 1 옴은 1 암페어의 전류로 1 볼트를 생성시키는 데 필요한 저항입니다.

전류(기본) (I) - 이 단위는 SI 단위의 기본적인 표준으로, 무한히 길고 작은 단면적을 가진 두 개의 평행한 도체가 1미터 간격

으로 유지될 때 길이 1 미터당 2×10^{-7} 뉴톤의 힘을 생성하는 데 필요한 전류량입니다. 또한 1쿨롱/초로도 표시합니다.

커패시턴스(유도) (C) - 1 패러드는 1 볼트에서 1 쿨롱을 유지할 수 있는 커패시터의 크기입니다. $C = Q/V$

인덕턴스(유도) (L) - 인덕턴스는 회로 내의 전류 흐름에 대한 특정 회로의 자속 비율입니다.

$$L = \Phi / I$$

1 헨리(H)는 폐쇄 루프를 통해 1 암페어/초 단위로 전류가 변화할 때 1 볼트를 생성합니다.

전력(유도) (P) - 1와트는 초당 1줄을 소모하는 전력량입니다. 일반적으로 정의됩니다. $\vec{P} = \vec{E}\vec{I}$. 가상 전력은 이 로드에서 열

로 변환되지 않습니다. $Re(\vec{P})$ 는 항상 패시브 회로 상에서 양의 값입니다.

에너지(유도) (E) - 1 줄은 1 미터의 거리에서 1 뉴톤($kg \cdot m/sec^2$)의 힘을 가할 때 소비되는 에너지 양입니다. 또는

$$J = \int P(t)dt$$

1킬로와트시는 3.6×10^6 줄(J)입니다.

주파수(유도) - 주파수(f)는 파형 주기(T)의 역수입니다. 주기는 신호가 반복되는 시간 간격입니다.

$F = 1/T$. 각 주파수 공식은 다음과 같습니다.

$$\omega = 2\pi f$$

▶ 일반적인 용어 사용

전자 공학에서 특별한 의미를 가진 일부 용어 또는 개념입니다.

노드 - 회로도 또는 회로에서 회로 접합 부분의 여러 브랜치가 연결된 지점. 전압차가 발생하지 않는 지점입니다.

브랜치 - 회로도 또는 회로에서 단일 전류 경로를 가진 구성 요소의 연결.

그라운드 -

- 1) 접지에 연결 가능한 회로 일부 또는 전류의 인가가 없는 안전한 전력 연결. 또는,
- 2) 해당 회로를 접지와 연결할 수 없는 경우 부득이하게 사용하는 임의의 기준.

로드 - 전력을 소비하거나 입력 전압을 변경시키지만 전력을 생성하지는 않는 회로의 일부.

소스 - 전력 생성이 가능한 회로 일부.

전류 방향 - +에서 - 소스 단자로 흐르는 전류에 대한 공학적 규약입니다. 이 방향은 전하의 흐름과 반대이지만 다른 여러 규약에 적용할 수 있습니다.

단선 회로 - 전류가 흐르지 않는 회로.

단락 회로 - 전압차가 발생하지 않는 회로.

데시벨(dB) -

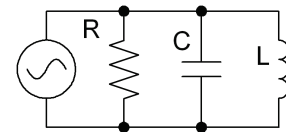
dB 공식 =

$$10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)$$

데시벨은 전압 및 전류 측면에서 표현되는 경우가 많습니다. 전압 및 전류 모두는 전력에 대해 제곱 관계에 있기 때문에 이 값을 dB로 표현하려면 위의 방정식에 2를 곱해야 합니다.

단순 공진 - 병렬 RLC 소자를 가진 AC 회로에서 댐핑은 소모된 에너지와 회로 내에 저장된 에너지량을 비교하여 나타냅니다. 순수 저항성 회로의 경우 저장된 에너지는 0입니다. 리액티브 회로(커패시터 및/또는 인덕터가 있는 회로)는 소비될 수 있는 에너지를 과도기간 중에 저장할 수 있습니다.

다. 주의: 아래의 분석에서는 실제 회로에서 자주 발생하는 와류 및 비최적 물질 문제가 제외되었습니다.



주파수 영역 - 공진 주파수 및 Q팩터를 정의한 후(아래의 공진 상태에서)

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

다양한 간략한 방법이 가능)

공진 주파수 -

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

ω_0 는 라디안/초로 나타낸 공진 주파수입니다. 인덕턴스 및 커패시턴스에 의해 정의되며 저항을 고려하지 않은 것입니다.

팩터 -

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L} \quad \text{또는} \quad Q = \omega_0 RC$$

병렬 공진을 위한 공식입니다. 직렬 공진
의 경우에는 이 공식의 역수입니다.

Q는 한 사이클 동안 소비된 에너지에 대한
저장된 에너지의 비율입니다. 이는 기본적
으로 공진 시스템 외부에서는 확인할 수
없는 공진 시스템 내의 순환 에너지량을 알
수 있도록 정보를 제공합니다. 따라서 직
렬 공진 회로의 리액턴스 성분 전반에 걸
친 전압 그리고 병렬 공진 회로의 리액턴
스 성분을 통해 흐르는 전류가 저항성 요소
전반에 걸쳐 확인되는 전압 및 전류를 훨
씬 초과할 수 있습니다. Q는 -3dB 대역폭
에 대한 중심 주파수 비율이기도 합니다.

대역폭 - 리액턴스 회로의 대역폭은 응답
이 3dB 감소하는 두 주파수 간의 차이입니
다. DC가 계속 완전 이득 상태인 지점은
상위 3dB 지점입니다. 정의는 회로 토폴
로지에 따라, 그리고 전류나 전압이 측정
된 변수인지 여부에 따라 달라집니다.

시간 도메인 - 회로의 시간 도메인 응답은
회로에 대한 방정식을 작성하고 일부 초기
조건을 가정하여 미분 방정식을 풀어서 계
산합니다.

$$\frac{d^2v}{dt^2} + \frac{dv}{RCdt} + \frac{1}{LC}v = 0$$

계산하면 최종 식은 다음과 같습니다.

$$s^2 + \frac{s}{RC} + \frac{1}{LC} = 0$$

2차 방정식을 사용하여 근을 찾습니다. 판
별식이 두 개의 실수 근, 하나의 근 또는 두
개의 복소수 근을 표시할지 여부에 따라
댐핑이 결정됩니다.

A_n 및 φ 에 열거된 변수는 초기 조건에 의
해 결정됩니다.

언더 댐핑 - $\frac{1}{2RC} < \omega_0$

일반적으로 언더 댐핑 회로는 링 현상이
있으며 최종 값에 도달하는 데 시간이 과
도하게 소요될 수 있습니다.

$$v(t) = A_1 e^{-\frac{\omega_0}{2Q}t} \sin(\omega_c t + \varphi)$$

여기서 ω_c 는 다음과 같습니다.

$$\omega_c = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}}$$

오버 댐핑 -

$$\frac{1}{2RC} > \omega_0$$

오버 댐핑 회로는 링 현상이 없으며 최종
값에 점근적 방식으로 도달하는 데 시간이
과도하게 소요됩니다.

$$v(t) = A_1 e^{s_1 t} + A_2 e^{s_2 t}$$

여기에서,

$$s_1 = \omega_0 \left(\frac{-1}{2Q} + \sqrt{\left(\frac{1}{4Q^2} - 1 \right)} \right) \quad \text{이며}$$

$$s_2 = \omega_0 \left(\frac{-1}{2Q} - \sqrt{\left(\frac{1}{4Q^2} - 1 \right)} \right)$$

임계 댐핑 -

$$\frac{1}{2RC} = \omega_0$$

임계 댐핑 회로는 최소 가능 시간 내에 최
종 값에 도달합니다. 이 현상은 다음 경우
에 발생합니다.

$$v(t) = A_1 e^{st} + A_2 t e^{st}$$

여기에서,

$$s = \frac{-\omega_0}{2Q}$$

▶ **수동 소자**

수동 소자에 대한 기본적인 설명입니다.

오용의 법칙 - $\vec{E} = \vec{I}\vec{Z}$ 여기서, $\vec{Z}$ 는 저
항성(양의 X축) 요소와 유도성 ($j\omega L$) 및 용
량성 ($\frac{1}{j\omega C}$) 요소 결합의 벡터 합입니다.

$1/j$ 은 -j이므로 임피던스를 합산할 때 허수
축에서 커패시턴스는 음의 y축을 사용하
고 인덕턴스는 양의 y축을 사용합니다.

저항/컨덕턴스 - $\frac{E}{I \text{ R}}$

저항은 전류의 흐름을 방해하는 도체의
특성입니다. 실제 전력 소비의 원인입니
다. 위의 다이어그램은 양을 파악하는 데
사용합니다. 나머지는 해당 수량을 계산
하기 위한 방정식입니다. E는 I 및 R을 곱

하여 계산합니다. I는 E를 R로 나누어 계
산합니다.

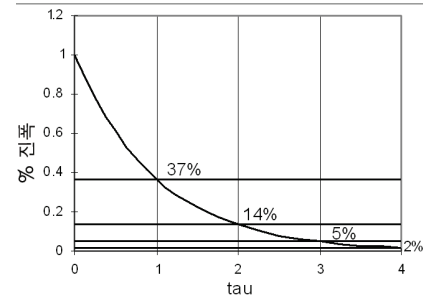
커패시턴스 - 커패시턴스는 전하를 축적
하기 위한 회로 내의 병렬 플레이트 특성
을 측정한 것입니다. 실제 DC 전류는 흐르
지 않지만 병렬 플레이트에 전하가 축적되
거나 방출되면서 전압 변화에 따라 전자가
이동하는 모습을 보여줍니다.

$$v(t) = \frac{1}{C} \int i(t) dt \quad \text{또는} \quad i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

인덕턴스 - 인덕턴스는 회로 또는 구성 요
소가 전류의 변경에 대해 저항하는 정도를
측정한 것입니다.

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

지수형 감쇠 -



일반적인 RL 또는 RC 시정수는 지수형 감
쇠입니다. 위의 그래프는 $t = \tau$ (시정수)일
경우의 진폭을 표시합니다.

▶ **디지털 로직**

연산자 - 여기서는 표준 부울 연산자에 대
해 설명합니다. AND, OR 및 INVERT (또는
NOT)가 기본 연산자입니다. NAND, NOR,
XOR 및 XNOR은 파생 연산자입니다.
NAND 및 NOR은 하드웨어에 알맞습니다.
XOR 및 XNOR은 산술 회로에 유용합니다.

And/Nand - AND 함수는 모든 입력이 1인
경우에만 1을 출력합니다. NAND는 AND의
여수입니다.

A	B	A * B	$\overline{A * B}$
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Or - OR 함수는 입력 중 하나라도 1인 경우
1을 출력합니다.

A	B	A + B	$\overline{A + B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

INVERT - INVERT 함수는 입력이 0인 경우 1을 출력합니다.

A	$\overline{A}$
0	1
1	0

XOR/XNOR(한정 OR/NOR) - XOR 함수는 하나의 입력만 1인 경우 1을 출력합니다. XNOR은 XOR의 보수입니다.

A	B	$A \oplus B$	$\overline{A \oplus B}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

공리 - 다음은 두 가지의 주요 부울 대수 공리입니다. 여기서는 함축된 의미에 주의해야 합니다. 부울 대수는 수학적 대수와 여러 가지로 유사하지만 정의에 있어서는 일치하지 않습니다. 예를 들어 여기에 열거된 부울 대수의 분산 특성은 수학적 대수의 분산 특성과 일치하지 않습니다. 부울 및 수학적 대수에서 "+" 및 "*" 기호가 기본적으로 의미가 다르기 때문에 일부 경우 다르게 취급해야 합니다.

교환 법칙 -

$$A+B = B+A$$

$$A*B = B*A$$

결합 법칙 -

$$(A+B)+C = A+(B+C)$$

$$(A*B)*C = A*(B*C)$$

정리식 -

다음은 유용한 공식으로서 공리에 의해 증명 가능합니다.

분배 법칙 -

$$A*(B+C) = (A*B)+(A*C)$$

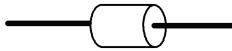
$$A+(B*C) = (A+B)*(A+C)$$

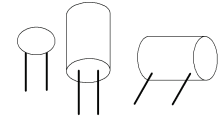
드모르간의 법칙 -

$$\overline{(A+B)} = \overline{A} * \overline{B}$$

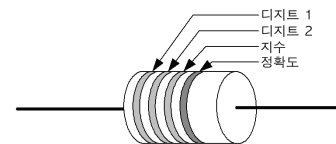
$$\overline{(A*B)} = \overline{A} + \overline{B}$$

▶ 소자

축 리드 - 

방사형 리드 - 

▶ 색상 코드



검정색	0	갈색	1
빨간색	2	오렌지색	3
노란색	4	녹색	5
파란색	6	보라색	7
회색	8	흰색	9

정밀도: 없음, 20%, 은 10%, 금 5%

$$\text{값} = (10 * D1 + D2) * 10^{\text{exponent}}$$

지수가 은인 경우 -2이고 금인 경우 -1입니다.

1% 이상의 레지스터는 네 가지 색상 밴드를 사용하여 값을 표시합니다.

인덕터 및 커패시터는 값을 표시할 때 색상 밴드 또는 점을 사용하기도 합니다.

▶ 표준 레지스터 값

실제로 모든 예상 레지스터 값을 사용할 수 있는 건 아닙니다. 이 표는 표준 5% 값을 나타낸 것입니다. 10%는 굵게 표시되어 있습니다. 20%는 회색으로 표시되어 있습니다.

10	11	12	13	15	16	18	20
22	24	27	30	33	36	39	43
47	51	56	62	68	75	82	91

레지스터 확인을 위한 자세한 정보는 다음 웹 사이트를 참조하십시오.

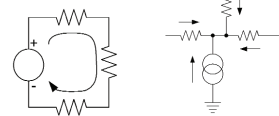
<http://www.vishay.com/docs/31001/dectable.pdf>

인덕터 및 커패시터는 일반적으로 동일한 시퀀스를 사용합니다. 그러나 회색으로 처리된 상자 값만 사용하는 경우도 있습니다.

▶ 분석 기법

다음은 몇 가지 기본 법칙을 기초로 한 일부 표준 분석 기술의 설명입니다.

키르호프의 전압 법칙 - 폐루프에 인가된 모든 전압은 안정 상태에서 합계가 0이 됩니다. 방향에 따라 소스는 양의 값이고 다른 모든 값은 음수입니다. 이러한 값이 R이 아닌 Z 값인 경우 세심한 주의가 필요하지만 결과는 계속 유효합니다.



키르호프의 전류 법칙 - 마찬가지로 특정 노드로 흐르거나 흘러 나가는 모든 전류의 합계는 0이 됩니다. 또한 저항이 없는 요소의 경우 세심한 주의가 필요하지만 결과는 동일합니다.

노드 분석 - 노드 분석은 N개의 노드를 가진 회로에 대해 N-1 미지수인 상태에서 N-1 방정식을 작성하고 푸는 분석 방법입니다. 하나의 노드를 접지로 정의하면 방정식을 풀 필요가 없습니다. 다른 모든 분석은 접지 기준과 관련이 있습니다.

절차:

1) 전압 소스의 해당 노드에 대한 노드 전압을 기록합니다. 이 값은 방정식의 일부입니다.

($x = V_{n1} - V_{n2}$ 여기서 x는 N1 및 N2 사이의 전압 소스 값)

2) 전압 소스를 단락시킵니다. 이전에 연결되지 않았던 두 개의 노드가 지금은 연결되었으므로 노드 수가 감소합니다. 이 작업을 하는 이유는 소스 변환을 확인하기 위한 것입니다.

3) 나머지 노드에 대한 KCL 방정식을 기록하고 전류를 임피던스 전압에 걸친 전압으로 하여 식을 작성합니다. 이제 1과 3에서 정의된 내용 간에 N-1 방정식이 남게 됩니다.

4) 방정식을 풉니다. 회로에 L과 C가 포함된 경우 미분 방정식을 사용해야 합니다.

메시 분석 - 메시 분석은 N-1 미지수에 대해 N-1 방정식을 작성하고 푸는 분석 방법입니다. (N-1을 구해야 하는 이유는 메시를 구성하려면 두 가지 노드가 필요하기 때문입니다.)

절차:

1) 메시를 기록합니다. 메시에 라벨을 표시합니다. 메시가 2차원인지 확인합니다.

2) 전류 소스를 기록합니다.

3) 전류 소스를 개방합니다. 자세한 설명은 소스 변환을 참조하십시오.

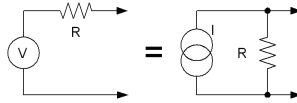
4) 각각의 나머지 루프에 대한 방정식을 작성합니다. 전압 소스 및 임피던스만 남아 있으므로 전압과 임피던스를 이용하여 전류를 식으로 나타내야 합니다.

5) 최종 방정식을 풉니다. 또한 회로에 L과 C가 포함된 경우 미분 방정식을 사용해야 합니다.

▶ 소스 변환

소스를 더욱 철저하게 파악해야 하는 두 가지 중요한 이유가 있습니다. 먼저, 분석 기술은 소스를 이해하는 데 도움을 줍니다. 두 번째, 필요한 소스를 항상 마련할 수 있는 것은 아니므로 가지고 있는 소스와 안전하게 교환할 수 있도록 하는 것이 중요합니다.

특히 전류 소스는 전압 소스보다 만들기가 훨씬 어렵습니다.



여기서, $V=IR$ 또는 $I=V/R$ 입니다.

이것은 전압 및 전류 소스의 정의에 의해 작성된 것입니다. 전압 소스는 전류와 관계없이 동일한 전압을 유지합니다. 따라서 출력 임피던스는 0입니다($I_1R = I_2R$ 이 되려면 $R=0$ 이어야 함). 마찬가지로 전류 소스의 출력 임피던스는 전류 소스 전만에 걸쳐 전압을 입력하더라도 동일한 전류를 얻을 수 있으므로 무한(미정의)합니다.

▶ 중첩

여러 독립된 공급원을 가진 선형 회로의 경우, 나머지 공급원이 전압 소스에 대해 단락되거나 전류 소스에 대해 단선된 상태에서

각 공급원에 대한 응답을 개별적으로 계산하면 전체 응답을 알아낼 수 있습니다.

▶ 변환

다음 두 가지 변환은 전자 공학 계산에 있어 매우 중요합니다. 라플라스 변환은 필터 설계 및 주파수 응답 계산을 위한 기초를 제공합니다. 푸리에 변환을 통해 주파수 도메인에서 시간 도메인 파형을 조사할 수 있습니다. 이러한 변환은 시스템 전달 함수 식별을 위해 주로 사용되며 치환하여 사용되기도 합니다. 푸리에 변환의 장점은 특정 조건 하에서 수치적으로 계산할 수 있다는 점입니다.

라플라스 변환 - 라플라스 변환은 s-도메인이라고도 하는 다른 데이터 공간을 생성하여 함수를 처리합니다. 전자 공학에서는 이러한 함수를 실제 회로 상에 표현할 수 있습니다. 변환 정의는 다음과 같습니다.

$$Y(s) = \int_{t=0}^{\infty} e^{-st} y(t) dt$$

이 변환은 적분 및 미분 계산에 매우 간단하게 사용할 수 있기 때문에 인덕터 및 커패시터를 포함한 회로 분석에 널리 사용됩니다.

예:

$$Y(s) = \frac{1}{s + \alpha}$$

이 방정식은 지수형 감쇠를 다음과 같은 방정식으로 정의합니다.

$$y(t) = e^{-\alpha t}$$

여기서 α 는 파형의 시정수입니다.

회로를 s-도메인으로 변환할 때에는 영점/극점을 식으로 표현합니다. 다양한 방정식의 근으로 요소에 대한 -3dB 코너의 위치를 알 수 있습니다. 근이 실수가 아닌 경우 발진의 원인일 수 있습니다.

공통 전달 함수 $H(s)$ 는 라플라스 변환을 기초로 합니다. 공통 라플라스 변환 표는 온라인으로 사용하거나 해당 항목을 포함하는 대부분의 텍스트에서 사용할 수 있습니다.

S-도메인 방정식은 DSP 연산의 기본 설명자인 z-도메인으로 쉽게 변환할 수 있습니다.

오일러 공식 - 오일러 공식은 가상의 공간에서 극 좌표 및 수직 좌표 사이의 관계를 보여줍니다.

$$e^{j\theta} = \cos(\theta) + j \sin(\theta)$$

이 공식을 염두에 두고 있으면 푸리에 분석을 정의하는 공식을 파악할 때 유용합니다.

푸리에 변환 - 푸리에 변환은 연산 과정이 라플라스 변환과 비슷합니다. 그러나 라플라스 변환과는 달리, 푸리에 변환은 반복 신호에 대해서도 적용할 수 있습니다. 푸리에 변환은 형태에 관계없이 모든 파형을 다양한 주파수 및 크기를 가진 사인 곡선 파형의 합계로 설명할 수 있습니다. 비반복 파형을 정확하게 설명하려면 연속적인 주파수 대역에 대한 무한 사인 곡선 합계(적분을 통해)를 알아야 합니다. 반복 파형을 정확하게 설명하려면 불연속적인 주파수 간격에 대한 무한 사인 곡선 합계를 알아야 합니다. 수학적인 결과를 얻으려면 무한 사인 곡선 합계가 필요하지만, 제한된 푸리에 항 집합이 파형 형태를 결정하거나 일부 항이 0인 경우가 일반적입니다. 따라서 "관련된" 푸리에 항만을 고려하여 필요한 근사치를 사용하는 것이 가능합니다. 일부 가능한 항이 통과 대역을 벗어나므로 시스템의 유한 대역폭은 이러한 항이 관련 없음을 증명합니다. 푸리에 변환은 다음과 같이 정의됩니다.

$$\mathcal{F}(d(t)) = \int_{-\infty}^{\infty} d(t) e^{-j\omega t} dt$$

임펄스의 푸리에 변환은 모든 주파수에서 일정한 진폭 유도를 제공합니다. 따라서 응답을 관찰한 후 전달 함수를 결정할 수 있습니다.

반복 파형에 대한 단순 정의는 주기 2π 에 해당합니다.

$$\mathcal{F}(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nx) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(nx)$$

여기에서,

$$a_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x) dx$$

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x) \cos(nx) dx$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} F(x) \sin(nx) dx$$

여기서 마지막의 방정식은 기본적으로 반복 파형을 여러 사인 함수의 합계로 표현할 수 있다는 것을 보여줍니다. 위상 변화 시에는 사인 및 코사인 항이 사인 함수를 효과적으로 생성하기 때문에 이 방정식은 여러 가지 형태로 표현할 수 있습니다. 오일러 공식을 푸리에 변환에 적용하면 여러 푸리에 급수를 통해 공통성을 제시하는 일련의 사인 및 코사인 항으로 확장됩니다.

$H(\omega)$ 전달 함수는 푸리에 함수가 됩니다. $H(s)$ 및 $H(\omega)$ 정의를 비교해 보면 이들이 모든 공통된 전자 공학 용도에 매우 유사하게 사용되는 것을 알 수 있습니다.

▶ 주파수 응답 (Bode 플롯)

Bode 플롯은 라플라스 또는 푸리에 기반의 전송 함수를 취하고, 예상 진폭과 위상을 주파수의 함수로 하여 그래프로 보여줍니다.

다. 제로는 주파수가 -3dB일 때 변곡점을 보이며 위로 경사진 선형이 됩니다. 폴(pole)은 아래로 경사진 선형을 보입니다. 이렇게 나타난 선형을 dB/로그 주파수 플롯 또는 선형 위상/로그 주파수 플롯에 겹쳐 보면 전

체적인 전송 함수를 시각적으로 확인할 수 있습니다. 선 기울기는 20dB/decade에 폴 또는 제로의 지수를 곱하면 얻을 수 있습니다. 20dB/decade는 6dB/octave에 해당합니다.