

공진 주파수 (Resonant Frequency)

공진주파수란

공진 주파수란 위상차를 제거하여 가장 큰 전력을 낼 수 있도록 하는 주파수입니다.

콘덴서는 전압을 전류에 비해 90도 늦게하고 인덕터는 전압에 비해 전류가 90도 늦게하는 성질이 있는데 이를 저항과 같이 연결하여 쓰면 각 차이에 의해 위상의 차가 나타나게 됩니다. 이 때 위상 차를 조절 할 수 없기 때문에 각 임피던스를 최소화 하여 나타낼수 있도록 하는데 이 주파수를 공진주파수라고 합니다.

공진주파수라는 것은 전력에서만 쓰이는 내용이 아닙니다. 모든 물체에는 가장 크게 반응하는 주파수가 있는데 예전 어떤 미국 쪽에 다리를 보면 바람이 불어서 다리가 휘청휘청하다 무너진 사례가 있습니다.

그것은 다리가 그냥 시멘트로 만들어져서 바람이 시멘트의 공진주파수와 맞는 성향을 일으켜서 무너진 것입니다. 이렇듯 공진주파수라는 것은 어떤 회로에 가장 큰 전력을 얻기 위해 쓰는 주파수입니다.

전기에서 사용하고 있는 수동(passive) 소자에는 R, L, C (저항, 인덕터, 커패시터)가 있으며, 직류와 교류에 대하여 저항소자는 동일한 작용을 하지만, L과 C는 각기 다른 특성을 가지고 동작하고 있습니다. 특히, 이들 소자가 교류 전류 흐름에 대항하는 저항 크기를 리액턴스(X, 단위는 Ω) 라고 표현합니다.

인덕터의 리액턴스는 $X_L = \omega L = 2\pi fL$ [Ω] 이고, 커패시터의 리액턴스 는 $X_C = 1 / \omega C = 1 / (2\pi fC)$ [Ω] 으로 주파수에 따라 그 크기가 변합니다. 또한, L과 C에 전압을 인가하면, 크기가 0 이 되는 시점(t, 시간)이 흐르는 전류와 전압에서 일치하지 않습니다. 다시 말해서, 전압으로 Sin 파형을 인가하면, 인덕터 L에 흐르는 전류는 전압의 파형보다 90° 만큼 늦어지고, 커패시터 C에 흐르는 전류는 전압의 파형보다 90° 만큼 빨라지는 특성이 있습니다. 이를 전압과 전류의 위상(Phase) 차라고 표현합니다.

상기의 내용을 수학적으로 표현한 것이 임피던스 (Impedance, 기호는 Z, 단위는 Ω) 입니다.

그러므로 임피던스는 인가된 전압에 R, L, C의 소자가 갖는 저항요소의 크기와 전압과 전류에 따른 위상관계도 내포하고 있는 것입니다.

각 소자의 임피던스는 ($\otimes Z_R, X_L, Z_L$ 에서 R과 L은 아랫 첨자입니다.)

저항의 임피던스 $Z_R = R$

인덕터의 리액턴스 $Z_L = +jX_L = +j\omega L = +j2\pi fL$ [Ω] 이고,

커패시터의 리액턴스 $Z_C = -jX_C = -j(1 / \omega C) = -j(1 / 2\pi fC)$ [Ω] 이 됩니다.

공진 주파수 (Resonant Frequency)

공진의 형태

공진에는 직렬공진과 병렬 공진이 있습니다.

[R-L-C 직렬공진]

R과 L과 C가 직렬로 연결된 회로가 있을 때, 전체 임피던스 Z는

$Z = Z_R + Z_L + Z_C = R + jX_L - jX_C = R + j(X_L - X_C) = R + j[\omega L - (1/\omega C)]$ 가 됩니다.

(여기서, ω [rad/s]는 각주파수로 $\omega = 2\pi f$)

임피던스 Z는 ω 의 함수가 되며, 어느 특정한 ω 에서 허수부가 0 이 됩니다.

바로 이 특정한 ω 를 '공진주파수'라고 하고, $X_L = X_C$ 가 되어 임피던스 Z가 최소가 되므로, 흐르는 전류 ($I = V / Z$)는 최대가 되는 것입니다.

공진주파수 ω_r 에서,

$$X_L = X_C,$$

$$\omega_r \times L = 1/(\omega_r \times C)$$

$\therefore \omega_r = 1 / \sqrt{LC}$ 또는 공진주파수 f_r [Hz] = $1 / [2\pi \times \sqrt{LC}]$ 가 됩니다.

※ 직렬공진의 특성

- 공진 주파수 $\omega = 1 / \sqrt{LC}$, $f = 1 / [2\pi \times \sqrt{LC}]$
 - 공진 시 임피던스 Z는 최소 (= R)
 - 공진 시 전류 I는 최대 (= E / R)
 - 선택도 (전압 증폭도) $Q = X_L / R = X_C / R = \omega L / R = 1 / \omega RC = (1/R) \times \sqrt{L/C}$
- ☆ 직렬공진을 이용하면 L 이나 C 양단에 인가전압(E)의 Q배가 증폭된 QE의 전압이 나타납니다.

[R-L-C 병렬공진]

- 공진 주파수 $\omega = 1 / \sqrt{LC}$, $f = 1 / [2\pi \times \sqrt{LC}]$
- 공진 시 어드미턴스 ($Y = 1/Z$)는 최소 (= $1/R$)
- 공진 시 전류 I는 최소 (= E / R)
- 선택도 (전압 증폭도) $Q = R / X_L = R / X_C = R / \omega L = \omega RC = R \times \sqrt{C/L}$ 특성을 갖습니다.