

임피던스에 관하여

월드엔지니어링 / 대표 운영실

임피던스(impedance)는 교류에서의 전압의 전류에 대한 비(比)로서, 직류에서의 저항(resistance)에 해당한다. 저항(抵抗)은 전류의 흐름을 방해하도록 작용하는 것으로서 기호는 R, 단위는 옴(Ω)으로 나타낸다. 저항을 R, 양끝에 가하는 직류전압을 E[V], 흐르는 전류를 I[A]라 하면, $R[\Omega]=E/I$ 로 된다.

임피던스의 정의

임피던스란, 교류의 흐름을 방해하듯 작용하는 교류 저항을 말하는데, 교류회로에 가해진 전압을 회로를 흐르는 전류로 나눈 것이다.

Webster사전에서는 다음과 같이 풀이하고 있다.

'The apparent opposition in an electrical circuit to the flow of an alternating current that is analogous to the actual electrical resistance to a direct current and that is the ratio of effective electromotive force to the effective current'

일반적으로 교류회로에서는 저항과 리액턴스(reactance)가 조합되어 있는데, 이 리액턴스에는 코일의 인덕턴스에 의한 유도리액턴스와 컨덴서의 커패시턴스에 의한 용량리액턴스가 있기 때문에, 이들이 합성된 것이 회로의 임피던스로 된다.

이때 직류회로의 저항과는 달리, 교류에 있어서는 위상(位相)을 고려해 놓지 않으면 안되기 때문에 조합회로의 합성임피던스는 약간 복잡해진다.

예를 들면 저항R, 유도리액턴스 X_L , 용량리액턴스 X_C , 임피던스를 Z로 한다면,

저항과 유도리액턴스가 직렬일때,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

저항과 용량리액턴스가 직렬일때,

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

저항과 X_L 과 X_C 의 세개가 직렬일때,

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

저항과 유도리액턴스가 병렬일때,

$$Z = R \times X_L / \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

여기에 덧붙이자면, 임피던스의 기호는 일반적으로 Z로 나타내며, 실용단위는 옴(Ω)을 사용한다.

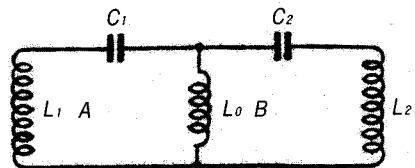
임피던스 강하

임피던스 강하(降下)는 교류회로의 임피던스 부분에 발생하는 전압강하이다.

지금 교류회로의 임피던스를 Z옴으로 하고 그곳에 흐르는 전류를 I암페어로 하면, 임피던스 강하V는, $V=IZ$ 볼트가 된다.

임피던스 결합

임피던스 결합(結合)이란, 직접 결합의 일종이다. 두 회로가 공통된 임피던스를 통하여 결합되는 것이다.



임피던스 결합 증폭기

임피던스 결합 증폭기(增幅器)는 진공관 증폭기에 서 앞단의 부하 임피던스에 생기는 전압강하를 다음 단의 진공관의 그리드(grid)에다 가하도록 한 것이다.

부하 임피던스는 선풍선륜(塞流線輪 : choking coil) 이나 LC동조회로가 쓰인다.

임피던스 롤러

임피던스 롤러(roller)는 테이프녹음기에 있어서 테이프속도의 변동을 일정하게 유지하기 위하여 테이프에 기계임피던스를 주기 위한 롤러를 말한다.

임피던스 매칭

임피던스 매칭(matching)이란, 교류회로를 접속시킬 때, 출력측의 임피던스와 다른 입력임피던스를 균등하게 함으로써 반사손(反射損 : reflection loss)이 되는 전류가 없도록 하는 것을 말한다.

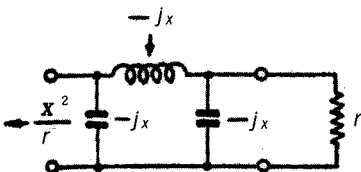
예를 들면, 진공관의 출력회로에 다이내믹 스피커를 연결시킬 때, 진공관의 최적부하 임피던스는 관구(管口)에 따라 다르지만 2~10kΩ으로 상당히 높다.

이에 대해 스피커의 보이스코일(voice coil)은 3~16Ω으로 임피던스가 아주 낮기 때문에 이를 정합(整合 : matching)시키기 위해서는 2차측의 권수(捲數 : number of turns)가 적은 강압(降壓)변압기를 사용해야 한다.

이것이 출력변압기(output transformer : OPT)라 불리는 것으로서 관구의 부하 임피던스를 Z_1 , 보이스코일의 임피던스를 Z_2 라 하면 변압기의 권수비(捲數比 : turn ratio) N 은,

$$N = \sqrt{Z_1 / Z_2} \text{ 로 나타나게 된다.}$$

임피던스 반전회선망



앞 그림과 같은 회로에 있어서 입력임피던스가 수전단(受電端 : receiving end)의 종단저항(終端抵抗)에 역비례하는 회로를 임피던스 반전회선망(反轉回線網)이라 한다.

이 회로에서 입력단자의 전압과 출력단자의 전압은 90°의 위상차(位相差 : phase difference)가 생긴다.

임피던스 변화법

미지(未知)의 임피던스가 있을 때 거기에 이미 알고 있는 임피던스의 값을 가한다. 그리고 전류를 흘리고 이미 알고 있는 임피던스의 값을 변화하여 그에 따르는 전류의 변화로부터 Z 를 아는 방법이다.

이것이 임피던스 변화법(變化法)이다.

이와 관련하여 저항변화법(抵抗變化法 : resistance variation method)은 진동회로 등의 고주파저항을 측정하는 방법이다.

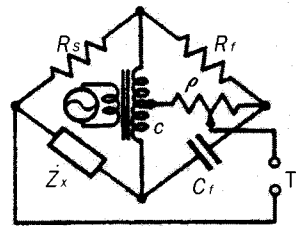
동조(同調)상태에 있어서 저항을 넣지 않았을 경우와 넣었을 경우에 전류의 변화 또는 삽입저항(插入抵抗)을 변화함으로써 전류의 변화를 보인다.

임피던스 변환

임피던스 변환(變換)은 임피던스 변압기에 의하여 임피던스의 변환을 하는 것으로서 주로 임피던스 정합을 구하기 위하여 하는 것이다.

임피던스 브리지

임피던스 브리지(bridge)란, 임피던스와 임피던스 각을 측정하는 교류브리지의 일종이다.



그림은 직독(直讀) 임피던스 브리지의 일례이다.

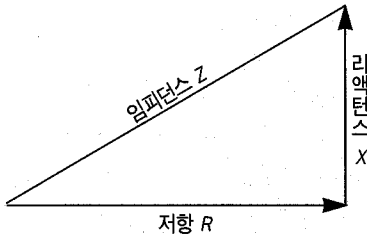
C 는 전원의 중심점이며, $R_r = 1/\omega C$ 가 되도록 조정 한 다음 R_s 와 ρ 를 조정하여 평형을 잡으면 R_s 의 값

으로 부터 임피던스를, 그리고 ρ 의 위치로 부터 임피던스 각을 직독할 수 있다.

임피던스 3각형

어떤 회로의 순저항분(純抵抗分 : pure impedance)을 수평방향으로 R이라는 길이를 취하고 수직 방향에 이 회로의 리액턴스 X를 취하면, 사변(斜邊 : hypotenuse)인 길이는 이 회로의 임피던스를 나타낸다.

이 직각 3각형을 임피던스 3각형이라고 한다.



또 이 3각형에 있어서 Z와 R이 이루는 각이 전압, 곧 전류의 위상각에 상당한다.

임피던스 안정화

3극관을 사용하는 자력발진회로(自勵發振回路)의 발진(oscillation)주파수를 안정화 시키는 방법이다.

이로써 그리드 또는 플레이트(plate)에 직렬로 임피던스를 접속하여 이 값을 적당하게 택함으로써 발진주파수가 진공관정수(眞空管定數 : tube constant)에 영향을 주지 않게 된다.

이와 같이 하여 발진주파수가 전원전압의 변동에 따라서 변화하지 않게 되는 이와 같은 안정화법을 임피던스 안정화법이라고 한다.

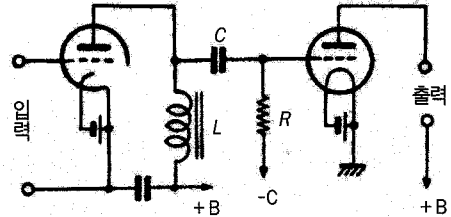
임피던스 용량결합 증폭기

임피던스 용량결합증폭기(容量結合增幅器) 혹은 임피던스증폭기는 진공관 증폭기의 일종이다.

전단(前段)부하회로의 임피던스 강하를 용량을 통하여 다음 단의 진공관 그리드에 가하도록 한 것이다.

다음 그림은 그의 일례로서 임피던스 코일L의 양단에 생기는 전압을 용량 C를 거쳐서 다음 단의 그리드

에 결합하였다.



여기서 결합컨덴서 C는 전단진공관의 플레이트 직류전압이 다음 단의 진공관 그리드에 직접 걸리는 것을 방지하기 위하여 사용되고 있다.

또 저항 R이 다음 단의 진공관에 그리드 바이어스(grid bias)의 통로가 되는 목적의 그리드 리크(grid leak)인데 임피던스 코일을 써도 상관없다.

부하 임피던스로서는 그림에 보인 것은 초크코일이지만, 용량과 인덕턴스를 조합한 동조회로(同調回路)도 가끔 쓰이고 있다.

또한 이 초크코일 L대신으로 저항을 사용한 것은 저항결합(抵抗結合)이라고 하며 임피던스 결합이라고는 하지 않는다.

임피던스 정합

두 회로를 접속할 때 접속점에서 본 두 회로의 임피던스를 같게 하여 전압이나 전류의 반사(反射)에 의한 손실을 방지하는 것이다.

예로서 다이내믹 스피커의 음성코일의 임피던스는 보통 수Ω이며, 이것을 직접 전력증폭관의 부하로서 접속할 수 없으므로 그 중간에 출력변압기를 넣어서 피상적인 임피던스가 서로 같게 되도록 한 것인데, 임피던스 매칭이라고도 한다.

임피던스 정합을 시키기 위한 변압기가 임피던스 정합변압기이다. 이를테면 증폭기(amplifier)로 말하면 출력단과 스피커 사이에 넣는 변압기가 바로 이것이다.

임피던스 파라미터

선형(線形 : linear) 4단자망(四端子網 : four-terminal network)의 특성을 나타내는 방법으로 다

음 식과 같이 나타낸다.



$$\dot{V}_1 = \dot{Z}_{11} \dot{I}_1 + \dot{Z}_{12} \dot{I}_2$$

$$\dot{V}_2 = \dot{Z}_{21} \dot{I}_1 + \dot{Z}_{22} \dot{I}_2$$

매트릭스를 사용하면,

$$\begin{pmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \dot{Z}_{11} & \dot{Z}_{12} \\ \dot{Z}_{21} & \dot{Z}_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{pmatrix}$$

여기서,

$$\dot{Z}_{11} = \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_1} \right)_{\dot{I}_2 = 0} \quad \dot{Z}_{12} = \left(\frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2} \right)_{\dot{I}_1 = 0}$$

$$\dot{Z}_{21} = \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_1} \right)_{\dot{I}_2 = 0} \quad \dot{Z}_{22} = \left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_2} \right)_{\dot{I}_1 = 0}$$

즉, 4개의 파라미터는 모두 임피던스의 차원을 가지고 있으므로 이것을 임피던스 파라미터 혹은 Z파라미터라고 한다.

이밖에 어드미턴스 파라미터(admittance parameter : y파라미터), 하이브리드 파라미터(hybrid parameter : h정수)로 나타내는 방법도 있다.

주

- 1) 직류(直流) - 항상 같은 방향으로 흐르는 전류이다. 흐르는 크기가 변해도 방향은 변화하지 않는 것으로서 direct current를 약하여 DC라고 한다.
- 2) 교류(交流) - 방향과 크기가 주기적으로 변하고 정방향과 역방향의 파형(wave form)의 크기와 형태가 같은 전류를 말한다. alternating current의 약어로서 약호는 AC로 나타낸다.
- 3) 옴(ohm) - 전기저항의 실용 단위로서 도선(導線 : leading wire)의 양단의 전위차가 1볼트이고 흐르는 전류가 1암페어일 때 그 도선의 저항이 1옴이다.
- 4) 직접결합(直接結合) - 증폭회로의 단간결합(段間結合)의 일종으로서, 전단과 다음 단의 진공관 또는 트랜지스터를 변압기나 컨덴서를 사이에 넣지 않고 똑바로 연결하는 방법을 말한다.
- 5) 그리드(grid) - 쇠창살(grating)의 뜻인데, 축전지속의 연판(鉛版)이다. 수은정류기(水銀整流器 : mercury rectifier) 따위로 양극과 음극 사이에 장치하여 제어 따위에 이용하는 도체의 격자(格子)를 말한다. 전기통신에서는 다극진공관 따위의 전자관으로서 양극과 음극 사이에 장치하는 금속의 격자이다.
- 6) LC회로 - 인덕턴스 L과 커패시턴스 C와를 조합시킨 회로로서 그 값(值)에 따라 특정한 주파수에 대해서 공진(共振)현상을 나타내기 때문에 발진회로나 동조회로로서 이용된다. 코일과 컨덴서를 조합시킨 것이 곧 LC회로이다.
- 7) 반사손 - 전송선로에 있어서 임피던스 정합이 불완전하기 때문에 급전점(給電點 : feed point)에서 반사하여 생기는 손실을 말한다.
- 8) 보이스 코일 - 다이내믹 스피커의 콘(cone)에 달려있는 코일이다. 이 코일을 흐르는 음성전류에 의하여 자극간에서 코일이 진동하고 콘을 움직여서 음을 재현시키게 된다. 가볍고 변형 안될 것이 요청되며, 그래서 종이나 경합금의 원통에 알루미늄 선이나 에나멜동선을 감아서 만든다.
- 9) 권수비 - 권수란 코일이나 변압기 등의 권선(捲線)의 감는 수를 말한다. 변압기에 있어 2차 전압은 1차측과 2차측과의 권수비에 정비례한다. 지금 1차측 전압 및 권수를 각각 V_1, N_1 으로 하고 2차측의 그것을 V_2, N_2 로 하면,

$$V_2 = V_1 \frac{N_2}{N_1} \text{ 라는 관계가 된다. 이때, } N_2/N_1 \text{ 은 권선비라고 불리운다. 즉, 변압기의 1차선과 2차선의 권수의 비(比)이다.}$$

- 10) 결합컨덴서 - 저항 용량 결합 증폭기에 있어서 앞단 진공관의 플레이트와 다음 단 진공관의 그리드를 결합하는 컨덴서로서 커플링컨덴서(coupling condenser)라고도 한다. 이것은 직류분을 막고 교류분만을 통하여 다음 단에 공급하는 구실을 한다.