

## 초간단 회로이론 R (저항) L (인덕터) C (캐패시터)

대학 4년, 대학원 2년을 다니면서, 저항, 캐패시터, 인덕터 3개의 수동소자에 대해서 무슨 의미를 가지고 있는지 깨닫는데, 상당히 오랜 시간이 걸렸습니다. 상당히 간단한 소자이면서, 그리고 간단한 공식 하나만 알면 되는 이 소자는 저를 오랫동안 괴롭혔습니다. 물리적인 의미는 고사하고, 왜 쓰는지도 감이 잘 안오니, 참으로 난감했습니다.

시험을 보기 위해 공식을 대입하는 것은 상당히 재미있는 과정이었습디만, -캅 - 이런 공식을 이용해서 어딘가에 흐르는 전류량이나 전압을 구하는 것이 과연 실생활에 무슨 도움이 될것이란 말입니까. 도통 모르겠디니까요.

저항, 캐패시터, 인덕터의 물리적 의미를 이해 하려면, 상당한 전자기학적 마인드를 가지고 있어야 하니까, 이걸 설명하려면 한권의 책이 될지도 모릅니다. 게다가 저도 잘 모르니까 더 자세히 풀어 쓸려다 보면 어쩌면 수동소자 1편 - 저항, 수동소자 2편 - 캐패시터, 수동소자 3편 - 인덕터. 이런식으로 수동소자 전집이 될지도 모르겠습니다. - 이런걸 집에 소장하고 싶어 하는 사람은 곤란해요 -

그러니까, ㉠ 저항, 캐패시터, 또는 인덕터가 달려 있는 곳에 ㉡ 전압을 걸었더니 ㉢ 우물쭈물 해서 ㉣ 전류가 흘렀다.

우물쭈물, 이부분에서 목이 콧 먹혀 버리고 어질어질 우물쭈물 하다가 전류가 흘러버리는 원리쥬. 이 우물쭈물이 책 한권은 되어야 그에 걸맞다고 느끼는 건 제가 너무 세상을 복잡하게 생각해서 그럴수도 있습니다만, 뭐 어쩔 수 없지않아요?

- 어떤 사람이 그런 얘기를 한 적이 있습니다. Ground에 대해서 말하라면 일주일을 얘기해줘도 모자르니까, 물어보지 마라. 과연 음. -

그래서 저는 나름대로 최대한 간단한 정의만 내리고 지나가야겠다는 마음을 먹고 말았습니다. 왜 쓰느냐! 어디에다가 쓰면 되는가! 하는 의문에 답을 하고. 다음에 나오는 "저항과 캐패시터를 이용한 필터" 편에서 물리적인 내용 말고, 약간의 산수를 곁들이면서 다른 각도로 해석을 해보겠습니다.

저항은 말이쥬,



← 이렇게 표시하고요. 이 저항의 양단에 전압이 V로 걸렸을 때 저항 R에 흐르는 전류 I의 양은  $V=IR$ 에 의하여,  $I=V/R$  입니다. 저항의 단위는  $\Omega$  으로 "그리고",옴이라고 읽습니다. 이 식은 상당히 중요한 의미를 가집니다. - 물리적의미는 철저히 외면 중입니다만 - 우리는 정해진 전압에 대하여, R의 크기를 적당히 바꾸면 우리가 원하는 전류의 크기를 R에 흘러가게 만들 수 있습니다. 결국, R은 전류에 대하여 수도 꼭지인 셈인 것입니다. 저항의 크기가 크면 작은 전류가, 저항의 크기가 작으면 큰 전류가 흐를 수 있습니다."저항은 회로의 특정부분에 흐르는 전류의 양을 제한 할 수 있습니다." 바로 이것이 저항의 의미였던 것입니다. 일반적으로는 전류는 저항이 가장 낮은 경로를 찾아가는 성질이 있지요.

저항을 이용해서 전류의 양을 제한할 수 있다는 사실만으로도, 뿌듯하네요. 한가지 더 짚고 넘어간다면, 저항은 전류가 흐르는 것을 방해하는 특수 소자인데, 이는 저항을 무처럼 딱 잘랐을 때 단면적에 반비례하여 저항의 크기가 정해집니다. (다른 factor도 물론있지만, 또 외면하겠습니다) 그렇다는 얘기는 다시 말해 단면적이 커지면, 전류가 잘 지나가고, 그 말은 결국 저항이 작다. 반대로 단면적이 작아지면, 전류가 못지나가고, 그 말은 또한 저항이 크다는 말이 됩니다. 또 하나는 길이 입니다. 길이가 길어지면~ 전류가 지나가기 힘들어 합니다. 헉헉.

그리고, 한가지 전류가 저항을 지나고 나면 그만큼의 전압이 원래 전압에서 빠지게 됩니다. 그것이 전압을 potential이라고 부르는 이유인데요, 위치 에너지와 똑같이 어떤 전압과 전압사이에 전위차 (전압차)가 있고, 전압은 그 사이에 저항이 있으면 ( 저항 x 전류) 만큼의 에너지를 슬그머니 소비해 버리쥬. 대신 과소비는 안하니까 걱정은 마세요.

자, 그러면 직렬과, 병렬 연결에 대해서 생각해 본다면, 저항의 크기가 동일하다고 치고, 직렬 병렬을 비교한다면, 직렬의 경우에는 전류가 흘러 가는데, 계속 길게~ 저항이 늘어서 있으니까, 전체 저항의 크기는 커지고요, 병렬의 경우에는 전류가 흘러가는데, 길이는 그다지 문제가 안되고 전류가 갈 수 있는 길이 많아 진거죠. 그러니까 전체 저항의 크기는 작아집니다. 나머지 산수는 안하고 은근슬쩍 레츠고 합니다. 캐패시터와 인덕터에 대해서 약간의 첨언을 하고 시작한다면, 캐패시터와 인덕터는 주파수를 가진 전압, 전류(교류 전압, 전류)입장에서 보았을 때 주파수에 따라 저항값이 틀리게 보입니다.

캐패시터의 경우에는 높은 주파수의 전압 일수록 저항을 못느끼고, 인덕터의 경우에는 높은 주파수의 전류 일수록 저항을 더 크게 느낍니다.

- 뭐 이런 얘기까지는 좀 그렇지만, Capacitor는 전기장에 의한 효과가 major하니까 전압에 관련, 인덕터의 경우는 자기장에 의한 효과가 major하니까 전류에 관련이라고 말하고 싶은데.. 패쓰 -

캐패시터는 말이죠,

┌─┐

← 이렇게 표시하고요, 교류전압이 캐패시터를 쳐다보면 높은 주파수 일수록 저항을 못느낀다고 했으니까, 교류성분은 통과, 직류성분은 통과 못합니다. 이것을 수식으로 나타내면 전압의 시간에 따른 변화율이 클수록 전류를 더 잘 통과시키며 저항이 작습니다.  $dV/dt = I / C$  이렇게 표현할 수 있겠죠. 또 어떤 정해진 주파수에서 보면 C값이 크면 클수록 저항이 적게 느껴집니다. (C가 클수록 전류가 많이 흘러야 좌우변을 만족시키겠죠?) C는 캐패시터 용량으로서 상수예요.

말장난을 해보면, 일정한 전류를 흘리기 위한 주파수 성분을 가진 전압에 대한 저항이라고 보면 되겠습니다. 일정한 전류를 흘리면서도 전압에 대해서는 낮은 주파수 성분의 전압은 통과를 못하게 합니다. 캐패시터는 이렇게 DC성분과 AC성분을 분리해 내는 능력을 가지고 있습니다. AC만 통과 시키죠. 결국 C 값이 클수록 전류는 많이 흐를 수 있습니다.

이렇듯 교류전압만 통과시키는 역할을 하니까 DC block, bypass cap 이라고도 부른답니다. 약간의 첨언을 하자면, cap은 전류를 충전했다가 방전하는 성질도 있는데, 이는 급격한 전압의 변화를 막는다는 말로도 통합니다.

흔히 Hardware Engineer가 말하는 Tantal (탄탈)이라는 것도 용량이 큰 (C가 큰) 캐패시터랍니다. 탄탈이라는 것도 이름이 멋지죠. 캐패시터의 단위는 F라고 쓰고, 패럿이라고 읽습니다. 크기는 nF에서부터 F까지 다양합니다.

마지막으로, 인덕터는

~~~~~

← 이렇게 그려넣고요, 전류가 변화하지 못하도록 합니다. 이 말이 포인트죠. 교류성분의 전류가 쳐다보면 낮은 주파수의 전류일수록 저항을 못느낀다고 했으니까, 이것을 수식으로 나타내면  $V = L di/dt$  라고 쓸 수 있는데, 결국 저주파의 전류만이 통과 할 수 있습니다. - 즉 급격한 신호의 흐름을 막는다 - 정해진 주파수에서 L이 크면 클수록 전류가 작아지며, 전류의 시간에 대한 변동을 전압이라는 형태로 품고 있죠. 이런걸 캐패시터와 반대로 AC blocking, choke라고도 합니다. C와는 반대로 L의 경우 L값이 커지면 전류가 더 못흐르네요.

작은 크기의 고주파 흡수용으로 사용되는 인덕터는 Bead (비드)라고도 불리는데, 약간 원리는 틀리지만, 여차피 고주파 흡수용으로 사용하는 건 매 한가지죠. 인덕터의 단위는 H라고 쓰고 헨리라고 읽습니다.

자, 이제 정리하면, 어떤 원하는 정해진 전압에 대해서, 전류량을 정할 수 있는데, R의 경우 R이 클수록 전류를 더 조금 흐르게 할 수 있고, C의 경우 C가 작을수록 전류는 더 조금 흐르게 할 수 있고, L의 경우 L이 클수록 전류는 더 조금 흐르게 합니다. 주파수 측면에서 바라보면, 정해진 RLC값에서 R은 주파수를 타지 않고, C는 높은 주파수 일수록 저항이 작고, (전류가 더 많이 흐르고)L은 높은 주파수 일수록 저항이 큼니다. (전류가 흐르기 어렵죠)



이것에서 부터 시작해서 Impedance라는 개념이 나오는데 - 이것은 저항을 Complex(복소수)로 표현하는 방법인데-, 설마 이것도 필요할까 두렵습니다.



회로를 보다보면 open이나 short라는 말이 자주 나오는데, open은 말 그대로 연결되어 있지않다는 말이고, short라는 말은 연결되어 있다는 말입니다.



L은 저주파 통과, C는 고주파 통과 라는 사실 덕분에 Noise를 제거할 때, filter로 많이 쓰입니다. 예를 들면, L을 달아놓으면 저주파만 통과하고요, C를 달아 놓으면 고주파만 빼낼 수 있습니다.



콘덴서와 캐패시터라는 용어가 난무하는데 도대체 콘덴서와 캐패시터는 무엇이 다르단 말인가요? "전기회로에서 C로 표현되는 전하를 축적하는 소자를 흔히 콘덴서 (condenser) 또는 캐패시터 (Capacitor)라고 부릅니다, 흔히들 섞어 쓰는데 정확한 의미와 차이를 아는 사람은 드문 것 같습니다. 아래 Reference에 의하면, 학술적으로 순수하게 정전용량 (Capacitance)만을 가지는 이상적인 소자를캐패시터라고 부르고, 등가저항이나 등가 인덕턴스까지 고려한 실제의 소재를 콘덴서라고 부르는 경향이 있다고 합니다. 대부분의 회로 해석시에 모든 영문원서에서는 캐패시터라는 용어를 사용하며, 그 이유로는이상적인 소자로 해석하기 때문에 그런 것이라 합니다. 참 재미있죠?

아래 link의 문서를 보면 아주 자세히 나옵니다요.

ideal이 나와서 말인데, 저항도 마찬가지로 전자가 뚫고 지나가기 힘든 통로이므로진행속도가 느려져 실제 신호는 늘어지게 됩니다.



0옴 저항을 쓰는 이유? 0옴 저항이라고 들어 보셨나요? 0옴이라는건 저항이 없는 저항이라는 뜻인데요, ㅋ 별건 아닙니다요. 첫번째 이유로는 보통 AC용 ground와 DC용 ground를 분리해서 만드는데요, 왜냐하면 AC의 노이즈가 DC ground를 흔들리게 할 수 있으니까, (Physical 세계는 우리가 생각하듯이 그렇게 만만한건 아닙니다요) 보통 분리해서 만들죠. 그런데, 어차피 두개의 절대 전위는 같아야 하니까, 두개를 연결해주긴 해줘야겠죠. 그럴 때 0옴을 달아요. 그러면, 두개의 ground를 따로 만들었지만, 전위는 같게 만들 수 있는거예요. 으흐두번째로는 회로를 꾸밀 때 option으로 Hardware를 꾸밀 때 0옴을 달기도 해요. 예를 들면, 어떤 회로가 필요해서 달긴 했는데, 요놈을 잘 보니까, option으로 쓸 수도 있고, 아닐 수도 있고하는 경우가 발생해요. 그럴 때 0옴을 달아놓고 떼었다 붙였다 해서 flexible하게 회로를 꾸밀때도 써요. 어쩔 때는 특정 관심 pin에 0옴을 달아서 jumper (측정용 라인) 대신으로 넣을 때도 있어요.