

파워 디바이스

바이패스 콘덴서의 임피던스 특성

콘덴서에는 다양한 종류가 있어, 용량치만으로 부품을 선택하면 바이패스 콘덴서로서 필요한 조건이 부족하여, 기기가 오동작을 일으키거나 규격을 만족하지 못하는 경우가 있습니다. 본 어플리케이션 노트에서는 콘덴서의 임피던스 특성에 포커스를 맞추어, 바이패스 콘덴서 선택 시의 주의점에 대해 설명하겠습니다.

바이패스 콘덴서의 역할

전원 회로 상에서 바이패스 콘덴서는 크게 두가지 역할을 합니다. 첫번째는 전원 라인에 중첩되는 노이즈 성분을 GND 로 방출하는 역할입니다. 노이즈 성분이 정상 전압보다 높은 경우에는 콘덴서에 충전하고, 낮은 경우에는 방전함으로써, 전압의 변동을 억제합니다. 또한, 콘덴서는 주파수가 높아짐에 따라 교류적인 임피던스가 작아지므로, 주파수가 높은 노이즈 성분을 GND 로 방출하기 쉬워집니다. 두번째는 부하 전류의 급변으로 인한 전원 라인의 변동을 억제하는 것입니다. 전원 라인에는 배선 임피던스가 존재하므로, 부하 전류가 급변하면 전압 강하가 발생합니다. 따라서, 설정 전압의 편차 및 전압 노이즈의 문제가 발생합니다. 바이패스 콘덴서는 정상 전압보다 낮아지면 방전하고, 높아지면 충전함으로써 전압 변동을 억제합니다. 이는 단시간 동작하는 보조 전원과 같은 역할을 담당하고 있습니다.

바이패스 콘덴서에 필요한 성능

이러한 두가지 역할은 모두 정상 전압보다 높아지면 충전하고, 낮아지면 방전하는 동작을 실행하기 때문에, 노이즈의 주파수 및 전압 변동의 속도에 대응 가능한 성능을 지닌 콘덴서를 선택해야 합니다.

다음으로 필요한 성능에 대해 설명하겠습니다. Figure 1 은 간략한 콘덴서의 등가 회로입니다. C 는 정전용량이며, ESR 은 등가 직렬 저항으로 유전체의 종류에 따른 저항 성분이나, 전극 · 단자의 저항 성분입니다. ESL 은 등가 직렬 인덕턴스로, 전극 · 단자 등 콘덴서의 구조에 의해 발생하는 인덕턴스 성분입니다.

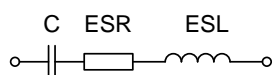


Figure 1. 간략화한 콘덴서의 등가 회로

이 등가 회로의 임피던스는 식 (1)로 계산할 수 있으며, 그 특성을 Figure 2 로 나타내었습니다. 주파수가 낮은 영역에서는 정전용량 C 에 따라 임피던스가 결정됩니다.

또한, 주파수가 높은 영역에서는 ESL 에 따라 임피던스가 결정됩니다. C 와 ESL 이 직렬 공진하여 임피던스가 같아지는 $(1/2\pi f C = 2\pi f ESL)$ 지점이 자기 공진 주파수이며, C 및 ESL 의 영향이 zero 가 되므로 ESR 만 남게 됩니다. 자기 공진 주파수는 식 (2)로 계산할 수 있습니다.

이러한 특성이 있으므로, 콘덴서로서 기능시키기 위해서는 자기 공진 주파수보다 낮은 영역에서 사용해야 합니다.

$$|Z| = \sqrt{ESR^2 + \left(2\pi f \times ESL - \frac{1}{2\pi f \times C}\right)^2} \quad [\Omega] \quad (1)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{ESL \times C}} \quad [Hz] \quad (2)$$

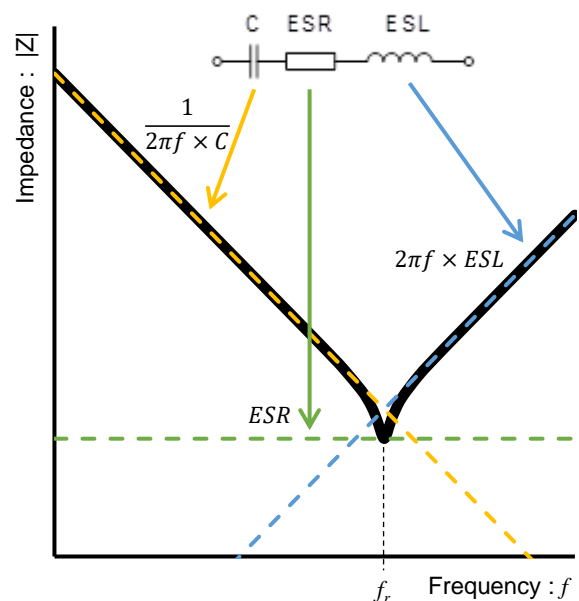


Figure 2. 콘덴서 등가 회로의 임피던스 특성

하기는 바이패스 콘덴서 선택 시의 요점입니다.

1. 노이즈 주파수에서 임피던스가 낮아지도록 충분히 큰 용량치를 선택한다. 용량치가 클수록 임피던스는 낮아진다.
2. 자기 공진 주파수보다 낮은 영역에서 사용해야 한다.
3. 임피던스를 낮추기 위해서는 ESR 이 작은 부품을 선택한다.
4. 주파수가 높은 노이즈에 대해서는 ESL 작은 부품을 선택한다.
5. 전압 강하를 억제하기 위한 전하량을 충전할 수 있는 용량치를 선택한다.

세라믹 콘덴서의 임피던스 특성

전원 라인의 임피던스를 낮추기 위해서는 대용량, Low ESR, Low ESL 의 콘덴서가 필요하지만, 넓은 주파수 대역을 1 종류의 콘덴서로 커버할 수는 없습니다. 이는 일반적으로 용량이 큰 콘덴서의 경우 사이즈도 크므로, ESL 이 커집니다. 따라서, 자기 공진 주파수가 낮아져, 높은 주파수 영역에서는 임피던스가 높아집니다. 반면에 용량이 작은 콘덴서는 일반적으로 사이즈도 작으므로, ESL도 작아집니다. 따라서, 자기 공진 주파수가 높아져, 높은 주파수 영역에서 낮은 임피던스를 얻을 수 있습니다. 그러나, 용량치가 작기 때문에 저주파 영역에서의 임피던스는 높아집니다.

넓은 주파수 대역에서 낮은 임피던스화를 실현하기 위해서는 주파수 대역별로 용량치가 다른 여러 개의 콘덴서를 병렬 접속하는 방법이 있습니다. Figure 3 은 적층 세라믹 콘덴서 (MLCC)의 예입니다. 이 예에서는 22 μ F 의 바이패스 콘덴서 1 개로는 1MHz 이상에서 임피던스가 상승하므로 고주파 영역에서의 노이즈 악화가 예상됩니다 (적색 선). 100pF 에서 1 μ F 까지의 콘덴서를 병렬 접속함으로써 합성 임피던스를 낮게 억제할 수 있습니다 (검정색 선).

고려 사항으로서, 자기 공진 주파수가 다른 MLCC 를 배치하면 각각의 C 와 ESL 사이에서 병렬 공진을 일으켜 임피던스가 높아지는 경우가 있으므로, 실제 기기에서 확인하여 주십시오. 이러한 병렬 공진을 반공진점이라고 합니다.

또한, 동일 용량의 콘덴서에서도 케이스 사이즈나 형명이 다르면 임피던스 특성이 다릅니다. 실제 PCB 에서는 배선으로 인한 기생 인덕턴스 성분이 있으므로, 콘덴서의 특성대로 임피던스 값이 작아지지 않는 경우가 있습니다.

Figure 3 의 그래프를 통해 주파수 대역에 따라 효과가 있는 용량치의 기준을 파악해두면 노이즈 대책의 지침이

되므로 참조하여 주십시오. 예를 들어 단파 (HF) 대역 (단파 라디오 및 CB 라디오)에 대한 노이즈를 억제하기 위해서는 1 μ F 이나 0.1 μ F 을 여러 개 병렬 접속하고, 초단파 (VHF) 대역 (FM 라디오 등)에 대한 대책으로는 0.01 μ F 의 MLCC 를 여러 개 병렬 접속함으로써 개선을 기대할 수 있습니다.

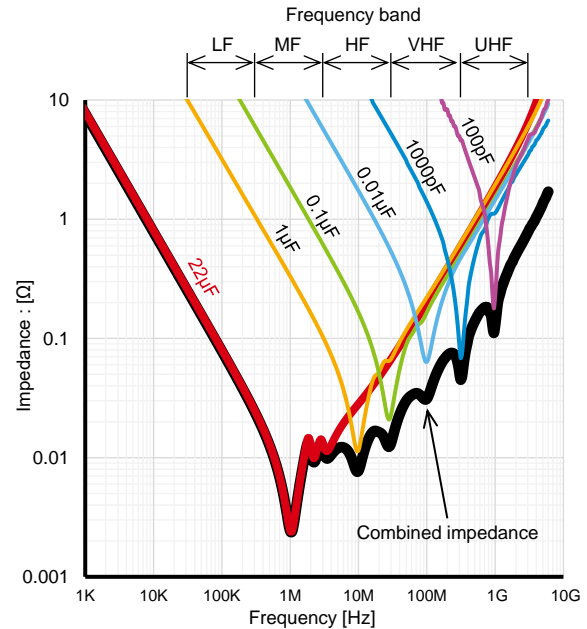


Figure 3. 다른 용량의 적층 세라믹 콘덴서를 병렬 접속한 경우의 임피던스 특성의 일례. 넓은 대역에서 낮은 임피던스화 가능.

전해 콘덴서의 임피던스 특성

대용량 세라믹 콘덴서는 가격이 비싸고, 조달이 어려운 관계로 전해 콘덴서를 사용하는 경우가 많이 있습니다. 이러한 경우, 세라믹 콘덴서에 비해 임피던스 특성이 높아지므로 주의가 필요합니다.

Figure 4 의 적색 선은 330 μ F 알루미늄 전해 콘덴서의 임피던스 특성의 일례입니다. 이 예에서는 대략 10kHz 이상에서 ESR 값에 의해 제한되므로 임피던스가 해당 값 이하로 낮아지지 않습니다. 100pF 에서 22 μ F 의 선은 MLCC 의 특성을 나타냅니다. 이러한 MLCC 를 알루미늄 전해 콘덴서로 병렬 접속함으로써 합성 임피던스를 낮게 억제할 수 있습니다 (검정색 선).

Figure 4 의 예는 MLCC 의 효과를 설명하기 위한 것으로 부품이 많아 현실적이지 않습니다. 예를 들어 Figure 5 와 같이 3 개 정도의 용량 조합으로도 넓은 대역에서 임피던스를 낮게 억제할 수 있어, 필요에 따라 고주파 영역의 콘덴서 추가를 고려하면 됩니다.

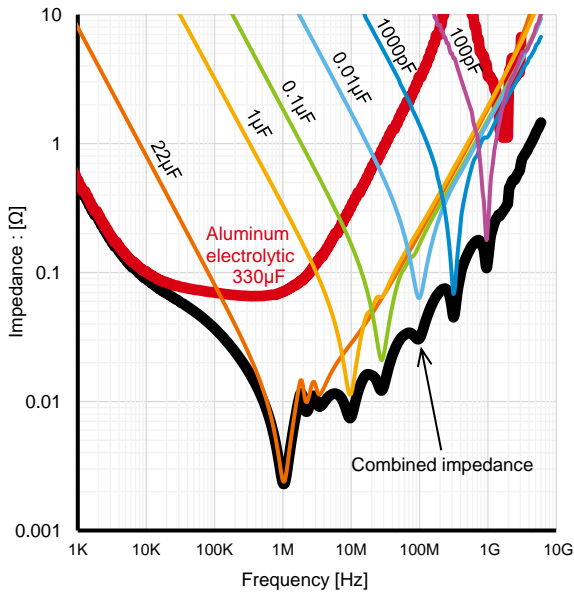


Figure 4. 알루미늄 전해 콘덴서의 임피던스 특성의 일례. 여러 용량의 적층 세라믹 콘덴서를 병렬 접속하여, 넓은 대역에서 낮은 임피던스화 가능

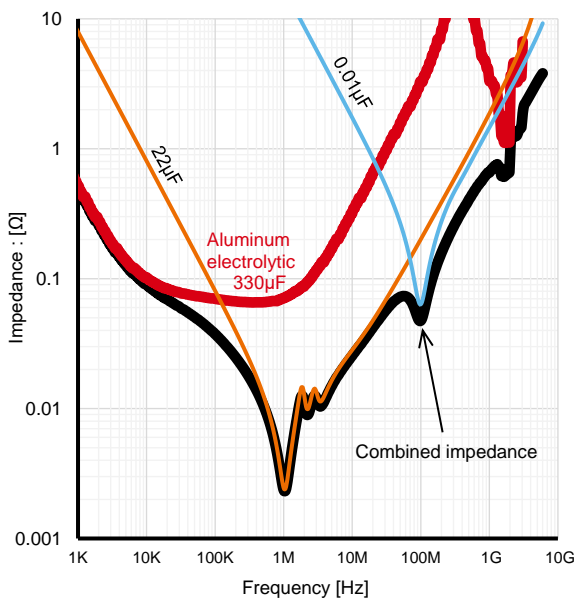


Figure 5. 3 개 정도의 용량 조합으로도 넓은 대역에서 임피던스를 낮게 억제할 수 있다. 필요에 따라 고주파 영역의 콘덴서 추가 고려

또한, 알루미늄 전해 콘덴서 등의 습식 전해질을 사용한 전해 콘덴서는 저온 시의 특성에도 주의해야 합니다. 습식 전해 콘덴서에 사용되는 전해액은 저온이 되면, 점도와 저항이 증가하여 이온 이동성이 저하되므로, 정전용량의 감소와 ESR의 증가가 발생합니다. 이에 따라, 저온 시의 임피던스가 상승합니다.

Figure 6은 알루미늄 전해 콘덴서 임피던스의 일례입니다. 이 예에서는 -40°C 일 때의 임피던스가 $+25^{\circ}\text{C}$ 일 때에 비해 10 배 큰 수치입니다. 회로 동작에 문제가 발생하는 경우에는 고체 전해질을 사용한 도전성 고분자 알루미늄 고체 콘덴서나 도전성 고분자 하이브리드 알루미늄 전해 콘덴서 등 저온에서도 낮은 임피던스를 실현하는 콘덴서로 변경을 검토해야 합니다. Figure 7, 8은 각 임피던스 특성의 일례를 나타낸 것입니다.

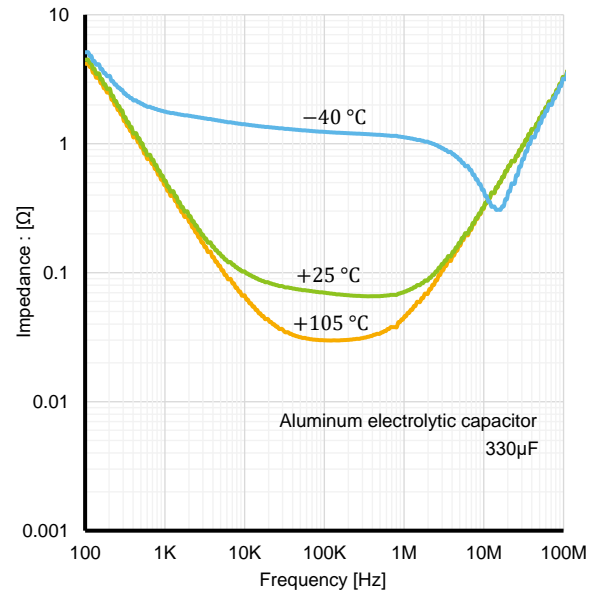


Figure 6. 알루미늄 전해 콘덴서의 임피던스 특성의 일례. 저온에서 정전용량 감소와 ESR 증가가 발생하므로 주의가 필요

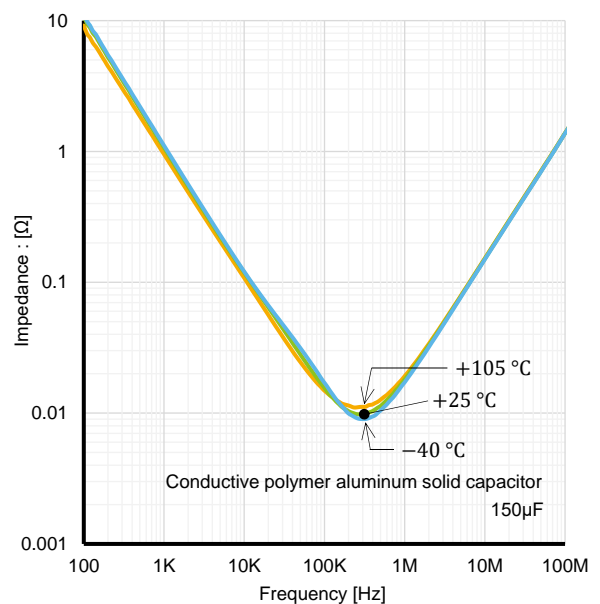


Figure 7. 도전성 고분자 알루미늄 고체 콘덴서의 임피던스 특성의 일례

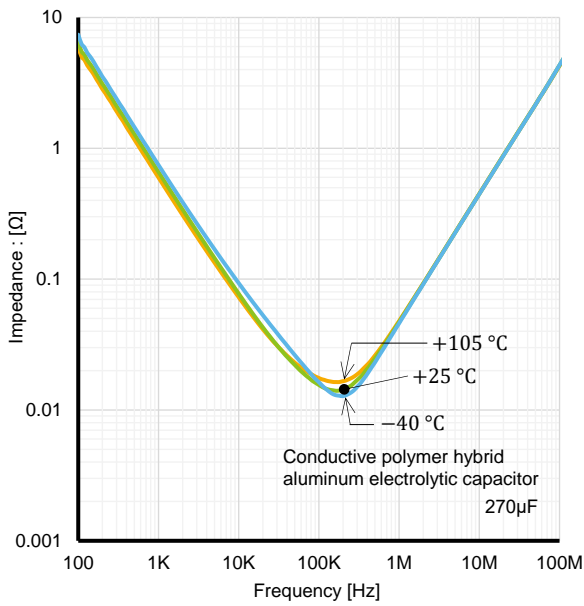


Figure 8. 도전성 고분자 하이브리드 알루미늄 전해 콘덴서의 임피던스 특성의 일례

대체 부품 선택 시의 주의점

제품 양산 후에 기존 부품의 조달이 불가능한 경우나 비용 절감의 목적으로 대체 부품을 검토하는 경우가 있습니다. 이때 회로 동작을 이해하지 못한 제 3 자가 정전용량과 정격전압에만 주목하여 부품을 선택하게 되면, 동작 불량이나 EMC 규격 불만족과 같은 문제가 발생할 가능성이 있습니다. 이는 부품에 따라 형상이나 구조, 재료가 다르기 때문이며, 동일한 메이커의 제품이라도 형명이 한글자라도 다르면 특성이 달라지는 경우도 있습니다. 따라서, 반드시 콘덴서의 임피던스 특성을 확인해야 합니다. 또한, 이러한 중요 부품의 경우에는, 회로도나 BOM 에 특기사항을 추가하는 것으로 문제를 방지할 수 있습니다.

Notes

- 1) The information contained herein is subject to change without notice.
- 2) Before you use our Products, please contact our sales representative and verify the latest specifications :
- 3) Although ROHM is continuously working to improve product reliability and quality, semiconductors can break down and malfunction due to various factors.
Therefore, in order to prevent personal injury or fire arising from failure, please take safety measures such as complying with the derating characteristics, implementing redundant and fire prevention designs, and utilizing backups and fail-safe procedures. ROHM shall have no responsibility for any damages arising out of the use of our Products beyond the rating specified by ROHM.
- 4) Examples of application circuits, circuit constants and any other information contained herein are provided only to illustrate the standard usage and operations of the Products. The peripheral conditions must be taken into account when designing circuits for mass production.
- 5) The technical information specified herein is intended only to show the typical functions of and examples of application circuits for the Products. ROHM does not grant you, explicitly or implicitly, any license to use or exercise intellectual property or other rights held by ROHM or any other parties. ROHM shall have no responsibility whatsoever for any dispute arising out of the use of such technical information.
- 6) The Products specified in this document are not designed to be radiation tolerant.
- 7) For use of our Products in applications requiring a high degree of reliability (as exemplified below), please contact and consult with a ROHM representative : transportation equipment (i.e. cars, ships, trains), primary communication equipment, traffic lights, fire/crime prevention, safety equipment, medical systems, servers, solar cells, and power transmission systems.
- 8) Do not use our Products in applications requiring extremely high reliability, such as aerospace equipment, nuclear power control systems, and submarine repeaters.
- 9) ROHM shall have no responsibility for any damages or injury arising from non-compliance with the recommended usage conditions and specifications contained herein.
- 10) ROHM has used reasonable care to ensure the accuracy of the information contained in this document. However, ROHM does not warrants that such information is error-free, and ROHM shall have no responsibility for any damages arising from any inaccuracy or misprint of such information.
- 11) Please use the Products in accordance with any applicable environmental laws and regulations, such as the RoHS Directive. For more details, including RoHS compatibility, please contact a ROHM sales office. ROHM shall have no responsibility for any damages or losses resulting non-compliance with any applicable laws or regulations.
- 12) When providing our Products and technologies contained in this document to other countries, you must abide by the procedures and provisions stipulated in all applicable export laws and regulations, including without limitation the US Export Administration Regulations and the Foreign Exchange and Foreign Trade Act.
- 13) This document, in part or in whole, may not be reprinted or reproduced without prior consent of ROHM.



Thank you for your accessing to ROHM product informations.
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.com/contact/>