

# MOSFET의 동적 출력 커패시턴스 특성화

작동 주파수가 증가하고 공진 토폴로지가 보다 보편화되면서, 회로 성능에서 MOSFET의 출력 커패시턴스는 점차 그 역할이 커지고 있다. 하지만 전압에 대한 비선형 관계로 인해 계산이 복잡하고 많은 시간을 소모할 수 있다. 때문에 커패시턴스에 대한 더 나은 표현이 필요한데, 유효 커패시턴스는 어느 정도의 정확도를 유지하면서도 계산을 크게 단순화할 수 있다.

Alexander J. Young ON Semiconductor

이전의 MOSFET 데이터시트에는 단일 측정 전압에서의 출력 커패시턴스만 나타나 있었다. 이 값은 과거 제품 간 상대적 비교를 하는 데에는 충분했으나 요즘의 첨단 기기 장치들에 사용하기에는 무리가 따른다. 따라서 제품 커패시턴스에 대한 더 나은 표현이 필요하다.

MOSFET의 출력 커패시턴스는 전압에 의존적이다. 따라서 단일 점 측정으로는 장치의 커패시턴스 특성을 정확히 나타낼 수 없다. 이 단일 점으로부터 출력 커패시턴스 방정식을 구하기 위해 커브 피팅을 사용할 수 있다<sup>[1]</sup>.

식 (1)은 25V에서의 커패시턴스에 기초한 하나의 예를 나타낸 것이다.

$$C_{oss}(V_{DS}) = C_{oss}(25V) \sqrt{\frac{25V}{V_{DS}}} \dots\dots\dots (1)$$

이 식의 적분은 해당 방정식의 단일 값 커패시턴스 대신 사용될 수 있다. 그림 1, 그림 2에서 보듯이, 식 (1)의 경우 평면형 기기에는 잘 적용되지만 슈퍼 정션(Super-Junction) 등과 같이 보다 복잡한 구조를 계산할 때에는 과도한 오차가 발생한다.

각각의 새로운 기기에 적용된 아키텍처의 커패시턴스 특성에 잘 맞는 다른 방정식을 구성하는 대신 유효 커패시턴스 측정법을 사용해 보자.

유효 커패시턴스 값은 주어진 전압까지 동일한 충전 시간

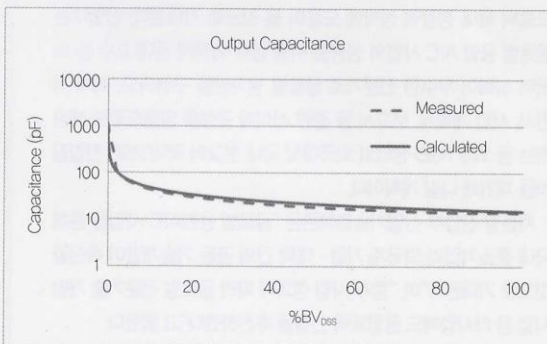


그림 1. 식 (1)에 따라 계산된 평면형 출력 커패시턴스

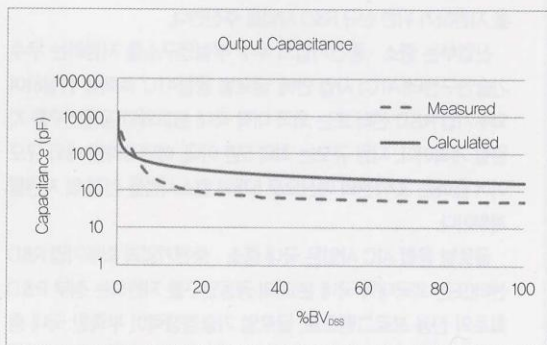


그림 2. 식 (1)에 따라 계산된 슈퍼 정션(Super-Junction) 출력 커패시턴스





시턴스를 충전하는 방법이다. 마지막으로, 커패시턴스 대 전압 곡선을 적분하여 에너지 및 시간 관련 유효 출력 커패시턴스를 생성하는 방법이 있다.

시간 관련 유효 커패시턴스를 측정하는 방법은 **그림 3**과 같은 토렘 폴 드라이버(Totem Pole Driver)이다. 이 드라이버는 100kΩ 레지스터를 통해 정격 드레인 전압으로 MOSFET을 충전하며 오실로스코프는 드레인 전압을 모니터링한다.

정격  $BV_{DSS}$ 의 80%까지 측정된 드레인의 상승 시간  $t_r$ 은 레지스터 값과 함께 식 (5)를 이용하여 유효 커패시턴스를 계산하는 데 사용될 수 있다.<sup>[3]</sup>

$$V_C = BV_{DSS}(1 - e^{-t_r / RC_{oss\_eff}(tr)}) = 0.8BV_{DSS} \quad (5)$$

$C_{oss\_eff}(tr)$ 에 대해 풀면, 식 (6)과 같이 된다.

$$C_{oss\_eff}(tr) = 6.2 \times 10^{-6} t_r \quad (6)$$

에너지 관련 유효 출력 커패시턴스를 측정하려면 MOSFET이 **그림 4**의 회로에 따라 정전류에 의해 충전되어야 한다. 시험을 시작할 때 릴레이가 켜진다. MOSFET의 출력 커패시턴스 충전에 필요한 시간을 측정 후 적용되어야 한다.

$$I = C_{oss\_eff}(tr) \frac{dV}{dt} \quad (7)$$

여기서  $dV$ 는 80%  $BV_{DSS}$ ,  $I$ 는 MOSFET 충전에 사용된 전류,  $dt$ 는 테스트로 측정된 시간이다.  $C_{oss\_eff}(tr)$ 에 대해 풀면, 식 (8)과 같다.

$$C_{oss\_eff}(tr) = \frac{Idt}{dV} \quad (8)$$

시간 및 에너지 관련 커패시턴스를 모두 측정하기 위해 사용할 수 있는 또 다른 방법은, 일반적으로 MOSFET 데이터

시트에서 제공되는 커패시턴스 대 전압 곡선을 이용하는 것이다.

이 방법은 특수 장비를 개발하는 대신 스톡 LCR 미터만 있어도 충분하므로 나름대로 장점을 지닌다. 측정된 커패시턴스 곡선을 매칭시키기 위해서는 전압에 따른 커패시턴스 함수가 생성되어야 한다.

커패시턴스 대 전압의 함수를 알면, 시간 관련 유효 커패시턴스는 식 (10)을 이용하여 구할 수 있다. 여기서  $C(V)$ 는 전압에 따라 변하는 커패시턴스 함수이다.

$$Q_{0to80\%} = \int_0^{0.8BV_{DSS}} C(V) dV \quad (9)$$

$$C_{oss\_eff}(tr) = \frac{Q_{0to80\%}}{0.8BV_{DSS}} = \frac{\int_0^{0.8BV_{DSS}} C(V) dV}{0.8BV_{DSS}} \quad (10)$$

에너지 관련 유효 커패시턴스를 얻으려면 식 (11)처럼 전압에 따라 변하는 커패시턴스 함수를 사용한다.<sup>[5]</sup>

$$C_{oss\_eff}(er) = \frac{2}{0.8BV_{DSS}^2} \int_0^{0.8BV_{DSS}} V \cdot C(V) dV \quad (11)$$

## 정확도

데이터시트의 단일 점 출력 커패시턴스를 측정하는 방법을 사용할 경우 커패시턴스 추정에 정확도를 주지 못할 수도 있다.

이 점에서 취한 전압은 데이터 시트마다 변하며, 커패시턴스 전체를 정확히 표현할 수 없다. 계산은 에너지 및 시간 관련 유효 출력 커패시턴스 값을 사용함으로써 보다 정확하게 할 수 있다.

유효 커패시턴스 값이 추정되는 경우에도 그 값은 **그림 5**,

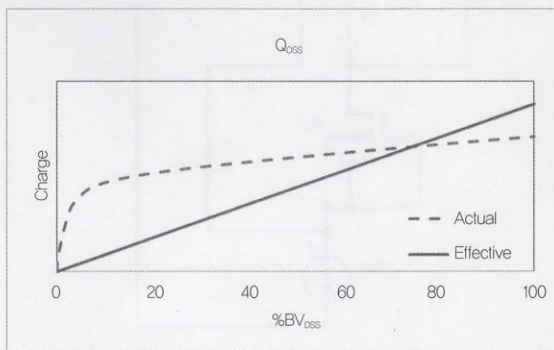


그림 5. 출력 커패시턴스에 저장된 실제 및 유효 전하

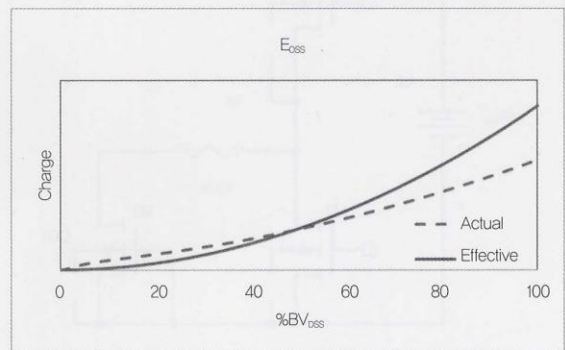


그림 6. 출력 커패시턴스에 저장된 실제 및 유효 에너지

그림 6과 같이 대부분의 계산에서 정확하다.

실제 및 추정  $Q_{oss}$  와  $E_{oss}$  값은  $80\% BV_{DSS}$  점에서 유사하다.  $Q_{oss}$  값은 식 (12)에 의해 전력 손실을 계산하는 데에 사용될 수 있는데, 여기서  $P_{oc}$ 는 출력 커패시턴스에 저장된 전하로 인한 전력 손실을 나타낸다.

이 식은 사용자가 이해 및 응용하기 쉬운뿐만 아니라 가장 일반적인 MOSFET의 드라이브 파워 손실 계산 방법과 동일한 형태로 되어 있다.

물론, 스위칭 중의 전도 손실은 전체 스위칭 전력 손실을 구하기 위해 요소화될 필요가 있다.

$$P_{oc} = Q_{oss} V_{DS} f \dots\dots\dots (12) \quad \text{EE}$$

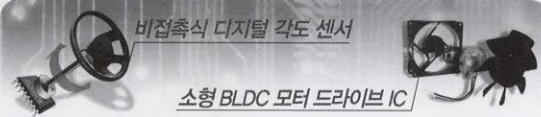


### 참고문헌

- [1] Young, Sungmo. "Considerations on Output Capacitance for Soft Switching Converters." EE Times Europe (2011).
- [2] Schultz, Charles. "Power MOSFETs: Reliable MHz Operation Requires Attention to Device Characteristics."

PCIM magazine (1999).

- [3] International Rectifier. "A More Realistic Characterization of Power MOSFET Output Capacitance Coss."
- [4] Kutkut, Nasser H, Deepakraj M Divan and Randal W Gascoigne. "An improved Full-Bridge Zero-Voltage Switching PWM Converter Using a Two-Inductor Rectifier." IEEE Transactions on Industry Applications (1995): 119-126.
- [5] Drofenik, U., A. Mu.,sing and J. W. Kolar. "Voltage-Dependent Capacitors in Power Electronic Multi-Domain Simulations."



비접촉식 디지털 각도 센서

소형 BLDC 모터 드라이브 IC

**HMDKOREA**

www.hmdkorea.co.kr

에이치엠 디바이스 코리아(주)

**Melexis**

Microelectronic Systems

www.hmdkorea.co.kr (주)연명전자

광고 14,15면의 자세한 내용을 참고하세요

## News | 금융위원회

### ‘기술신용평가시스템’ 구축한다

기술금융 활성화를 위한 기술평가시스템이 올 상반기 중에 구축될 전망이다.

금융위는 기술평가시스템 추진을 위해 ▲ 기술정보 DB구축 ▲ 기술신용평가기관(TCB) 도입 ▲ 기술신용평가정보 활용도 제고 ▲ 기술신용평가정보 활용에 따른 인센티브 부여 등 세부 방안을 마련했다고 지난 4월 16일 전했다.

세부 추진 내용을 살펴보면, 금융위는 우선 종합신용정보집중기관 내에 TDB(기술정보 DB)를 담당하는 조직을 상반기 중에 신설하고, 이용자의 편의성을 높이기 위해 신용정보와 기술정보를 함께 집중 관리하기로 했다.

구축된 TDB는 기술정보·평가정보의 집적·가공·활용 등을 통해 기술신용평가 활성화를 위한 기본 인프라로서 기능을 수행하게 된다.

또한 상반기 내 기술신용평가기관이 출범할 수 있도록 기술신용조합업 도입 등 신용정보법령 개정도 추진된다. 금융위는 법령 개정 전이라도 기술신용평가 전문성을 갖춘 CB사가 TCB로서 기능할

수 있도록 ‘신용정보업 감독규정’을 개정할 뜻도 밝혔다. 기술신용조합업 도입 등을 위해서도 금융위는 ‘신용정보의 이용 및 보호에 관한 법률’ 개정안을 마련하여 연내 국회에 통과할 수 있도록 할 방침이다.

금융위는 또한 기술신용평가정보 활용도 제고를 위해, 은행이 정책금융과 연계된 대출 심사 시에는 TCB 평가정보 활용을 의무화하고 그 외 대출에 대해서는 자율적으로 활용할 수 있게 했다. 뿐만 아니라 은행이 차주의 신용리스크 평가 시 기술신용평가정보를 합리적으로 반영할 수 있도록 ‘은행업 감독규정’도 개정하기로 했다.

기술신용평가정보 활용에 따른 인센티브 제도도 시행된다. 금융위는 은행의 TCB 활용에 따른 면책 규정을 ‘금융기관 검사 및 제재에 관한 규정’에 명시하고 이를 적극 활용할 수 있도록 유도할 방침이다.

또한 각 은행별 기술금융 실적 등을 고려하여 온렌딩 등 정책금융 관련 한도·금리 등을 조정하고 경영실태 평가 시 가점을 부여키로 했다.