

변형된 uniform sampling을 사용한
pulse dropping 방식의 개선

최 수현[○]한 수빈

한국동력자원연구소

The Improved Pulse Dropping Method
With Modified Uniform Sampling

Soo-Hyun Choi Soo-Bin Han
Korea Institute of Energy and Resources

1. 서론

PWM 인버터는 교류전동기 제어에 있어서 다른 인버터방식에 비교될때 많은 장점을 갖는다. 특히 마이크로프로세서가 개발되어 적용됨으로써 다양한 PWM 방식을 보다 효율적으로 실현시킬 수 있게 되었다.

마이크로프로세서를 적용할 경우 일반적으로 적용하고 있는 PWM 방식은 uniform sampling (regular sampling)방식으로서 이 방식은 기존의 natural sampling방식과 비교할때 마이크로프로세서에 의해서 쉽게 실현시킬 수 있는 장점이 있으나 변조지수(modulation index)가 커짐에 따라 과변조(over-modulation)영역으로 들어가게 될때 펄스폭이 줄어들면서 발생하는 pulse dropping에 의해 변조지수에 따른 출력전압이 선형적 특성을 갖지 못하게 되며 파형에도 영향을 주어 고조파(harmonic)가 증가하게 된다.

따라서 pulse dropping때의 문제를 해결하도록 90 근방의 최소펄스(minimum holding pulse)를 이동시켜 zero-crossing 부근에서 pulse drop을 시킴으로서 전압의 급격한 변화를 막는 방법, optimum PWM을 이용하는 방법등이 연구되어 왔으나 전자의 경우는 고조파억제 기능과 출력전압의 선형적변화의 제어에 문제가 있으며 또 그 실현이 상대적으로 어렵고 optimum PWM 방식은 과도한 기억용량을 요구하게 된다.

따라서 본 논문은 기존 uniform sampling의 변형된 방법으로써 기존방식에 비교하여 고조파 특성이 향상되고 출력전압의 큰변화없

이 pulse drop을 시키며 출력전압의 선형적인 제어 또한 가능한 방법에 대한 연구를 수행했다.

2. 변형된 uniform sampling

기존 uniform sampling은 (그림 1) 과 같이 삼각파의 최대값에서 정현파를 샘플하여 다음 샘플시간까지 유지되는 파형과 삼각파와의 교점에서 펄스를 발생시키는 것으로서 그 표현식은 다음과 같다.

$$W(n) = 2T + M K (-1)^{n+1} \quad (1)$$

$$K = C1(n) + Ct(n) \quad (2)$$

$$C1(n) = T \sin((2n-3)T) \quad (3)$$

$$Ct(n) = T \sin((2n-1)T) \quad (4)$$

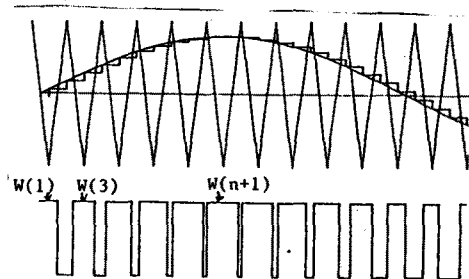
식에서

$W(n)$: n 번째 펄스폭

$T = 360^\circ / 4 / P$

P : 주파수비(frequency ratio)

M : 변조지수(modulation index)



(그림1) Uniform sampling

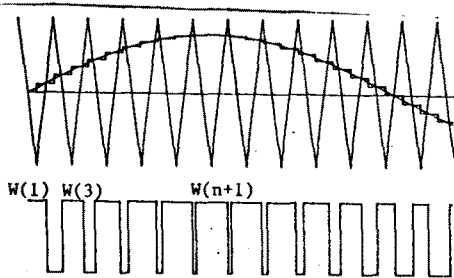
변형된 uniform sampling방식은 (그림 2) 와 같이 샘플값들의 크기의 평균치가 정현파의 크기에 가깝도록 하는 방법으로 펄스폭의 표현식은 다음과 같다.

$$W(n) = 2T + M k (-1)^{n+1} \quad (5)$$

$$k = C1(n) + Ct(n) \quad (6)$$

$$Ct(n) = 0.5 T \{ \sin((2n-1)T) + \sin(2n+1)T \} \quad (7)$$

$$C1(n) = Ct(n-1) \quad (8)$$



(그림 2) 개선된 uniform sampling

식 (5)-(8)에 의해서 모든 펄스폭들을 90° 까지 계산하면 quarter symmetry에 의해 360°까지의 펄스폭들을 구할 수 있다.

3. 개선된 pulse-dropping방식

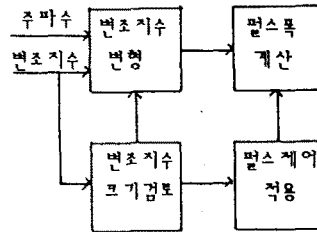
기존의 pulse-dropping방식은 전동작영역에 걸쳐서 변조지수를 일정한 방법으로 증가시킴으로써 과변조를 일으킬때 최소펄스폭으로 유지된 펄스들이 순간적으로 소멸하게 되어 출력단에 큰 전압변동을 일으킨다.

본 논문에서 사용한 pulse dropping방식은 펄스가 소멸된 후 발생하는 전압변동을 보상시키는 것으로써 그 방법은 펄스가 소멸될때마다 변조지수의 관계를 변화시켜줌으로써 가능하다. 전 동작 영역에서의 새로운 변조지수는 $DM=K1 M + K2$ 의 선형적인 관계에 따르고 $K1, K2$ 의 값은 펄스제거가 발생할때마다 전압특성이 선형화되도록 변화시켰다. $k1, k2$ 값은 미리 정해주는 최소펄스값에 따라 결정되며 사전에 충분한 분석을 해야한다. 펄스제거방법은 마이크로프로세서를 사용하여.

(그림 3) 과같이 변조지수 M 이 입력되면 최소펄스가 발생하는 변조지수인지 파악하여 펄스제거작용을 하고 새로운 변조지수 DM 을 계산하여 주파수명령에 따른 펄스폭들의 table을 계산할 수 있다. 본 연구에서는 CPU 80286의 IBM-AT를 이용하고 다음과 같은 $k1, k2$ 값을 사용하였다. 이는 0.06°의 최소펄스폭에 기준한다.

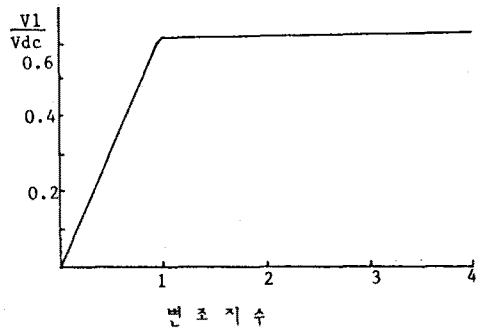
- 1) $0 < M < 0.7$: $K1=1.256$
- 2) $0.7 < M < 0.8$: $k1=1.984, k2=-0.6$
- 3) $0.8 < M < 0.9$: $k1=3.949, k2=-2.3$
- 4) $0.9 < M < 0.95$: $K1=9.848, K2=-7.9$
- 5) $0.95 < M < 1.1$: $K1=54.375, K2=-52.74$

각 영역에서의 실제 펄스수는 처음 21 개에서 pulse drop때마다 4개의 감소한다.

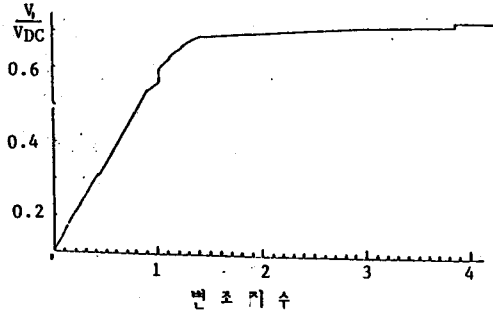


(그림 3) Pulse dropping 처리방법

개선된 pulse dropping방법에 의한 결과는 (그림 4) 와 같이 기존의 펄스제거방식의 경우인 (그림 5) 와 달리 펄스제거시 전압의 순간적인 증가가 보상되어 그 전압변화특성이 매우 선형적이고 최대전압치에 도달하는 변조지수의 값이 낮으므로 출력전압을 제어하기에 효과적임을 알 수 있다.

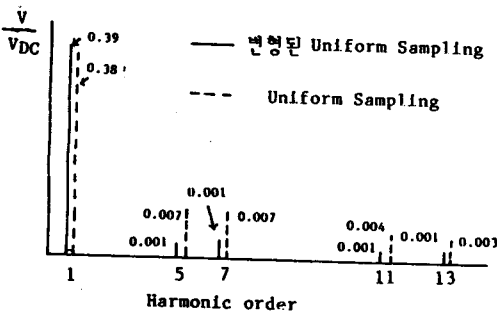


(그림 4) 개선된 pulse dropping 방식의 출력전압특성



(그림 5) 기존 pulse dropping 방식의 출력전압특성

변형된 uniform sampling의 고조파특성은 변조지수 0.8 일때 기존 방식과의 비교인 (그림 6) 과 같이 고조파특성에 주로 영향을 미치는 5,7,11,13의 고조파가 기존의 경우보다 작음을 알 수 있다.



(그림 6) 고조파 특성 (M=0.8)

4 결론

1 본 논문에서 적용한 펄스제거방법은 펄스제거시의 인버터 출력전압에 큰 변화없이 변조지수에 비례하여 출력전압을 선형적으로 제어할수 있는등 기존 펄스제거방식에 비교하여 큰 장점을 갖고있다.

2 낮은 차수의 고조파성분이 감소하므로 전동기의 고속 운전에도 유리하다.

3 이 개선된 펄스제거방법을 충분히 활용하기 위해서는 마이크로프로세서의 적용시 효율적인 소프트웨어와 함께 사전의 충분한 계산이 절대적으로 필요하며 실험을 위해서는 고성능의 CPU(본 연구에서는 iAPX286 을 사용)가 요구된다.

참고문헌

1 B.K.Bose and H.A.Sutherland, "A high performance pulsewidth modulator for an inverter-fed drive system using a microprocessor," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. IA-19, Mar./Apr. 1983.

2 D.A.Grant, "Technique for pulse dropping in pulse width modulated inverters," Proc. IEE., vol. 128, Pt. B, Jan. 1981.

3 G.A.Acharya, et al, "Microprocessor based PWM inverter using modified regular sampling techniques," IEEE. Trans. Ind. Appl., vol IA-22, Mar./Apr. 1986.