



하는 정보에는  $T_{samp(N+1)}$  을 적용하는 것이다. 일반적인 Random PWM에서는 미래의 시점에 대하여 샘플링시간을 미리 알기 어려운 문제가 있으나, Programmed Random PWM의 경우 미래 시점에서의 샘플링시간(PWM주기)에 대한 정보를 미리 알 수 있으므로 이러한 가변 샘플링주기를 사용하는 기법이 가능하다.

### 3. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 파라미터는 다음과 같다.

파라메터	값
8-PolePair	16
$R_s$	0.02 [ $\Omega$ ]
$L_d$	0.19e-3 [H]
$L_q$	0.23e-3 [H]
$\phi_f$	0.04 [Weber]
최대출력	170 [Nm]
등가관성	0.04

Table.1 시뮬레이션 파라미터

3000RPM, 100Nm 부하에서 상전류 FFT분석  
( 상전류 기본 주파수 400Hz )

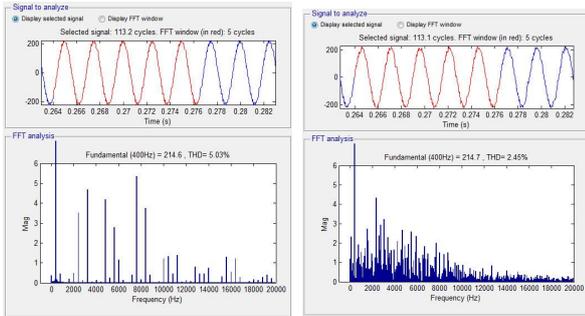


Fig.4 4kHz Fixed PWM 상전류 FFT분석

Fig.5 4kHz PR-PWM 상전류 FFT분석

Fix PWM과 PR PWM에서 측정된 전류 파형을 FFT로 분석한 결과 스위칭 소음이 발생하는 4kHz 및 8kHz대역의 특정 고조파를 제거하여 소음의 크기를 대폭 감소시킬 수 있다. 또한 전류 THD가 감소하는 효과를 얻을 수 있다.

무부하에서 6000RPM 가속 시뮬레이션

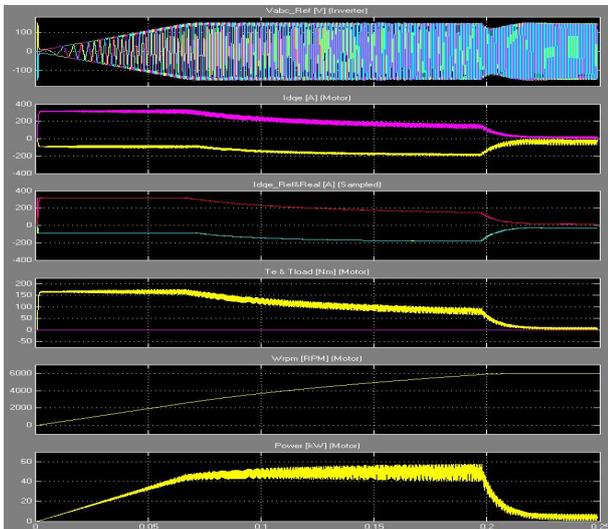


Fig.6 4kHz Fixed PWM (고정주파수)

Fig5와 Fig6의 파형은 순서대로 Vabc\_Ref[V], Idqe[A], Sampled Idqe\_Ref&Real[A], Te&Tload, Wrem[RPM], Power[kW]을 나타낸다.

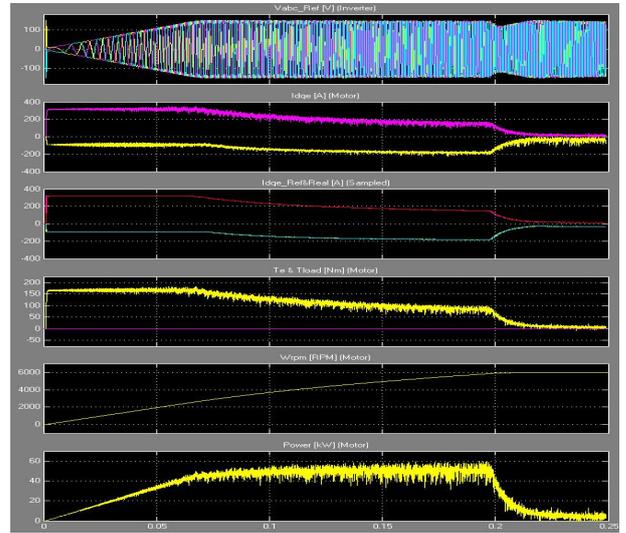


Fig 7 4kHz PR-PWM (30%균등분포)

그림 Fig.5 와 Fig.6은 제어 성능을 보이기 위해 무부하로 가속운전을 시행하였다. 시뮬레이션 시간을 줄이기 위해 관성을 임의로 조작을 하였다. 위 그림에서 3번째 파형인 샘플링된 전류 파형은 PR PWM(4kHz + 30%균등분배)을 사용하여도 Fixed PWM을 사용한 제어와 성능의 차이가 거의 없다는 것을 보여준다. 다만, 2.8 ~ 5.2kHz의 스위칭 주파수가 섞여 있기 때문에 전류 리플 자체는 Fixed PWM과 비교하여 크게 나온다.

### 4. 결론

본 논문에서 제안한 PR(Programmed Random) PWM기법이 HEV차량용 구동모터의 소음 개선 및 전류제어에 효과가 있음을 입증하였다.

이 논문은 2013년도 현대NGV의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

### 참고 문헌

- [1] P. Nagasekhara Reddy, "Hybrid Random PWM Algorithm for Direct Torque Controlled Induction Motor Drive for Reduced Harmonic Distortion", India Conference (INDICON) 2011 Annual IEEE.
- [2] Cursino Brandão Jacobina, "Current Control for Induction Motor Drives Using Random PWM", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, VOL. 45, NO. 5, OCTOBER 1998
- [3] Hamid Khan, "Discontinuous Random Space Vector Modulation for Electric Drives: A Digital Approach", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 27, NO. 12, DECEMBER 2012