DFT를 이용한 계통연계 시스템의 전류제어

박민영*, 이상혁*, 임상길*, 양형열**, 박성준*
전남대학교*, 호남대학교**

A current control of Grid-connected system using DFT Method

M.Y. Park*, S.H. Lee*,S.K. LIM*, H.Y. Yang**, S.J. Park*
CHONNAM UNIVERSITY*, HONAM UNIVERSITY**

ABSTRACT

신재생 에너지를 계통과 효율적으로 연계하기 위해서는 일정한 DQ파형이 필요하다. 하지만 부하의 변동으로 전류가 작을 경우 노이즈의 영향으로 제어에 어려움을 겪게 된다. 따라서 본 논문에서는 효율적인 전류 제어를 하기 위해 DFT 기법을 사용하여 노이즈를 제거하고 기본파 전류 파형을 추출하여 DQ 변환을 수행한다.

1. 서 론

전 세계적으로 환경오염과 화석연료의 고갈로 대체 에너지의 필요성이 대두되고 있다. 대표적인 신재생 에너지로 손꼽히는 태양광 발전 기술은 태양전지 효율이 높아지고 가격은 낮아져 발전 비용은 계속 줄어드는 추세이다. 더불어 효율적인 계통 연계를 위해 다양한 연구개발이 이루어지고 있다. 교류인 계통에 연계시키기 위해서는 인버터 제어에 앞서 정확한 계통 전압과 전류 그리고 위상을 검출해야 하며 이를 위한 연구 또한 활발히 진행되고 있다. 일반적으로 부하의 크기가 작아 전류의 크기가 작을 경우, 노이즈의 영향으로 일정한 D-Q 파형을 얻을 수 없어 원활한 제어를 이룰 수 없게 된다. 따라서 본 논문에서는 전류가 작을 경우에도 일정한 전류 파형을 계측할 수 있는 DFT 기법을 제안하며 PSIM을 이용한 시뮬레이션을 통해 우수성과 타당성을 검증하였다.

2. 본 론

2.1 D-Q 좌표변환 (D-Q Transformation)

3상 교류를 해석하고 제어하기 위해서는 시변함수에 대한 복잡한 수식과 많은 연산 시간이 필요하다. 하지만 3상 대칭인 경우 2상 교류로 변환가능하며 대칭 변환을 통해 고정좌표를 회전 좌표로 변환함으로서, 3상 교류를 2개의 직류 성분으로 표현 가능하다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.[1]

$$\begin{bmatrix} i_{ds} \\ i_{qs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \sin\theta_r \\ -\sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos 0 & \cos\frac{2\pi}{3} & \cos\frac{4\pi}{3} \\ \sin 0 & \sin\frac{2\pi}{3} & \sin\frac{4\pi}{3} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix}$$

$$= \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \cos(\theta_r - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta_r - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin\theta_r & -\sin(\theta_r - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta_r - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{as} \\ i_{bs} \\ i_{cs} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2.2 푸리에 급수 (Fourier Series)

모든 주기 신호는 그 신호와 같은 주기를 갖는 정현파와 이 정현파의 주파수의 정수 배 주파수를 갖는 정현파들의 합으로 표현된다. 따라서 다음과 같이 급수 형태로 표현할 수 있다.

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos k\omega_0 t + \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin k\omega_0 t \quad (2)$$

주기 신호 푸리에 급수의 식은 삼각함수 뿐 아니라, 지수함수로 표현 가능하다.

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=-\infty}^{\infty} x_k e^{jk\omega_0 t} \quad (3)$$

2.3 이산푸리에 변환 (Discrete Fourier Transform)

DFT는 N개의 이산신호 G(k) (n = 0, 1, 2, ... N-1)가 주어질 때 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(k) = \sum_{n=0}^{N} {}^{1} g(n) W_N^{nk} \quad (4)$$

복소평면상의 단위원 원주상을 1/N 원주씩 움직이는 점을 표시하면 G(k)의 이산 푸리에 역변환(Inverse Discrete Fourier Transform : DFT)은 (4)로부터 식(5)이 된다. (4), (5)식을 비교하면, DFT와 IDFT는 W_N^{nk}의 지수 부호와 N으로 나눈 점만이 다를 뿐 서로 비슷하기 때문에 상호 가역적이며 쌍대성이 존재하게 된다.

$$g(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N} {}^{1} G(k) W_N {}^{nk} \quad (5)$$

본 논문에서는 효율적인 계통 연계를 위해 DFT 기법을 사용하여 고조파가 포함된 전류 파형에서 기본파를 추출한다. 전류 기본파에 의한 DQ 변환으로 일정한 DQ 값을 얻을 수 있어 제어를 보다 쉽게 구현할 수 있다. 따라서 DFT 기법으로 노이즈에 강한 특성을 갖는 전류 제어로 보다 효율적인 계통 연계

를 도모하고자 한다. [2]

3. 시뮬레이션

제안된 DFT 기법은 효율적인 계통연계를 위해 고조파와 노이즈를 제거한 DQ파형과 DFT에 대해 PSIM을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 가정하기 위해 그림 1과 같이 PSIM을 이용해 가상의 고조파를 포함한 α와 β 전류파형을 생성하였다.

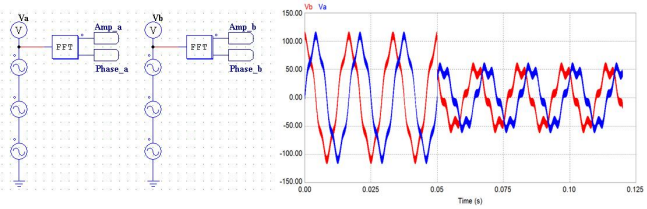

그림 1 노이즈를 포함한 기본파
Fig. 1 Fundamental wave containing noise

VSTEP 함수를 사용하여 가상전류 파형의 크기와 위상이 급변할 때의 추종상태를 알아보기 위해 그림 2와 같이 설정하여 진행 하였다.

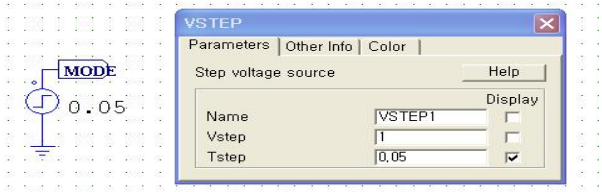

그림 2 PSIM의 Vstep 함수
Fig. 2 Vstep function of PSIM

FFT함수를 사용하여 기본파만을 복원한 방법을 DLL에 제안한 DFT 알고리즘을 적용하여 노이즈를 제거한 기본파만을 추출하는 방법을 사용하여 DFT알고리즘을 증명해보고자 한다. 그림 3(a)는 PSIM의 FFT함수이고 기본파에 대한 크기와 위상을 복원한 파형이다. 그림 3(b)는 DFT알고리즘을 증명하기 위한 DLL파일을 나타내며 DFT알고리즘을 사용하여 기본파의 크기와 위상을 추출한 파형이다.

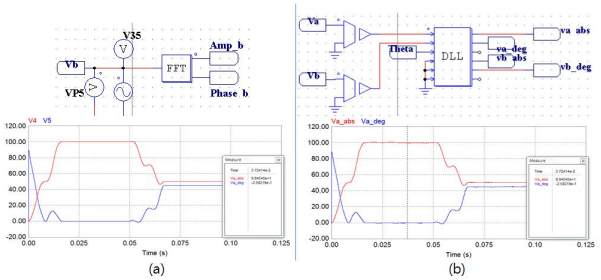

그림 3 PSIM의 FFT 함수와 DLL파일
Fig. 3 FFT function and DLL file of PSIM

그림 3(a)와 3(b)의 파형을 보면 거의 일치한다. 이 결과로 인해 FFT함수를 사용하지 않고도 제안된 DFT알고리즘을 적용하고 크기와 위상을 추출하여 제어한 경우에도 흔들리지 않은 DQ변환을 할 수 있게 된다. 그림 4(a)은 노이즈를 포함한 α와 β이고 그림 4(b)는 DQ변환한 파형으로 노이즈에 의해 많이 흔들리게 되어 제어도 어려워지게 된다.

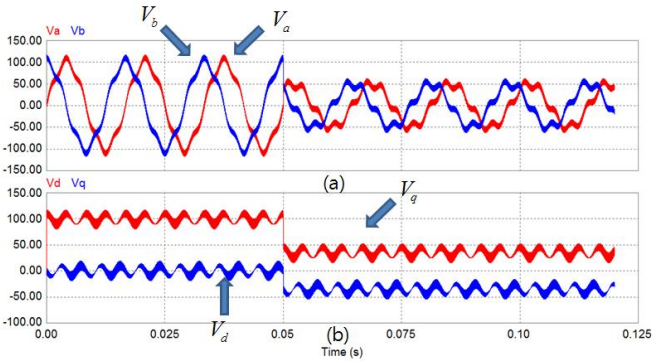

그림 4 FFT함수의 노이즈를 포함한 α와 β 및 DQ
Fig. 4 α and β, DQ containing noise of FFT function

그림 3(b)와 같이 기본파의 크기, 위상값을 IDFT하여 신호 복원을 하면 그림 5(a)와 같이 노이즈가 제거된 α와 β가 생산되고 그림 5(b)와 같이 DQ변환을 하여 흔들림 없는 D축과 Q축이 나오게 되면 제어를 쉽게 할 수 있다는 것을 알 수있다.

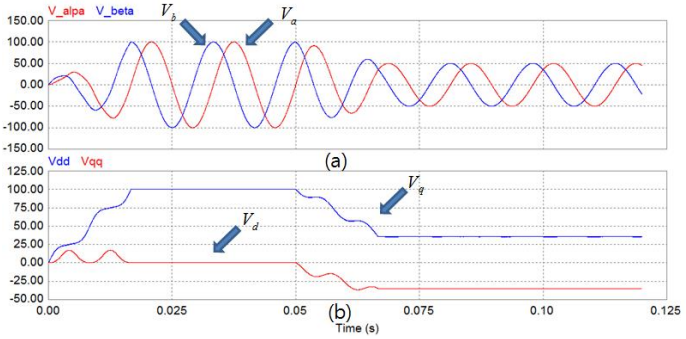

그림 5 DFT 알고리즘을 적용한 DQ변환
Fig. 5 DQ transformation applied DFT algorithm

4. 결 론

본 연구에서는 작은 부하에 따른 전류의 저감으로 인한 노이즈가 포함되었을 경우를 무시하고 DQ변환을 하면 파형의 흔들림으로 인해 제어를 하는데 있어서 더 어려워지게 된다. 이에 따라 제안한 DFT 알고리즘을 사용함으로써 노이즈를 제거한 기본파만을 추출하여 DQ변환을 하면서 D축과 Q축의 파형이 일정하게 되어 제어를 쉽게 할 수 있으며 이것을 PSIM을 사용하여 증명하였다. 이로 인해 DFT를 이용한 제어들이 계통연계에서 더 많이 사용될 것으로 기대한다.

이 논문은 전남대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었슴

참 고 문 헌

[1] 김태웅, 최재호, “전력 전자 회로”, 내하출판사, pp73 91, 2005..

[2] 이철희, “디지털 신호 처리”, 사이텍미디어, pp196 324, pp420 484, 2007.