

FIR 필터를 이용한 전력계통의 주파수 추정기법

論 文

50P-3-1

Estimation Technique of Frequency using FIR Filter in the Power System

南時福* · 朴哲圓** · 申明澈***

(Si-Bok Nam · Chul-Won Park · Myong-Chul Shin)

Abstract - Frequency is an important operating parameter of a power system. Electric power systems sustain transient frequency swings whenever the balance between generation and load does not no longer hold. To cope with this constraints, it requires an accurate and high speedy frequency deviation estimation technique and suitable adjustment to obtain the power system energy balance.

This paper describes a digital signal processing technique for measuring the operating frequency of a power system. The fundamental frequency component of 3-phase signal is first extracted by using an algorithm based on FIR filter. The rate change of the phase angle is used for estimation. To confirm the validity of the proposed algorithm, the simulation studies carried out on a typical 154KV double T/L system by using EMTP software. Some test results are presented in the paper.

Key Words : FIR filter, EMTP, frequency deviation estimation, transient frequency swings, phase angle

1. 서 론

계통의 에너지 균형이 깨지면 계통주파수의 변화가 유발된다. 특히 발전기의 갑작스러운 변동이나 부하의 급증으로 발전력이 이를 충당 할 수 없는 경우에는 계통주파수의 급격한 감소를 일으키게 되며 심한 경우에는 연쇄적인 계통의 붕괴까지 이르게 될 수도 있다. 이를 방지하기 위해서는 계통의 전력불균형 현상시 동반되는 계통주파수의 변화를 신속하고 정확히 추정하여 계통을 평형상태로 복구하는 것이 필요하다. 따라서 원하는 측정영역에 걸쳐 정확한 전압의 크기와 주파수 편차(frequency deviation : 이하 주파수 편이)를 추정하는 것은 발전량과 부하사이의 균형을 도모하여 전력계통을 보호하고 안정적으로 운용하는데 필수적이라 할 수 있다[1,2].

계통에서 발전량과 부하사이의 전력 불균형 현상 발생시에 일어나는 주파수의 변화를 찾아내기 위한 계통주파수의 추정은 아직까지 대부분 아날로그 측정 장치에 의존해 왔다[3,4]. 근래에 들어 디지털 형태의 주파수계전기가 개발되고는 있으나 이러한 주파수계전기에서 이용하고 있는 주파수 측정 방식도 대부분 컴퍼레이터(comparator)를 이용하여 입력 신호의 연속적인 두 개의 영점통과(zero-crossing)사이의 시간을 이용하고 있기 때문에 몇 가지 문제점이 제기되고 있다. 즉, 온도 등에 의한 소자의 파라미터 변화로 정확하고 일정한 응답을 얻는데 한계가 있을 뿐만 아니라 잡음에 의하여 입력 신호의 영점통과 포인터가 이동하거나 중복적인

영점통과로 인하여 측정 오차가 발생할 수 있다[5,6].

최근에는 반도체 기술 및 마이크로프로세서의 발달과 더불어 이러한 아날로그 방식이 가지는 단점을 보완하고자 계통 신호를 샘플링하여 얻은 디지털화된 전압 신호에 신호처리 기법(DSP : digital signal processing)을 도입함으로써 주파수를 계측하는 디지털 주파수 추정 알고리즘들이 제안되었다. 1982년 A.G. Phadke와 J.S. Thorp 등은 DFT를 통해 전압의 기본주파수(fundamental frequency : 이하 기본파) 페이저를 추출하고 전압의 정상분(positive sequence component) 페이저 위상각(phasor angle)의 변화율을 이용하여 계통내의 주파수 및 주파수 변화율을 추정할 수 있는 기법을 발표한 이래 현재까지 이와 관련된 연구가 활발히 진행되어 오고 있다[1~8].

본 논문에서는 잡음과 왜곡에도 충분한 정확성을 가지고 미세한 편이뿐만 아니라 계통에서 발생할 수 있는 광역의 편이에 대해서도 신뢰성 있는 정확도로 고속의 추정을 해낼 수 있는 주파수 추정 기법의 개발을 시도하였다. 마이크로프로세서의 기억 용량과 연산 부담을 줄이고저 입력신호 샘플치의 부호변동만을 이용하는 덧셈 연산만으로 출력을 얻을 수 있도록 FIR 필터(finite duration impulse response filter)를 설계[9]하여 전압의 기본파를 추출하였고, 페이저 위상각의 시간당 변화율을 통해 계통 주파수의 편이를 추정함으로써 보다 정확한 주파수의 추정을 가능하게 하였다. 아울러 전자과도해석프로그램인 EMTP를 통해 얻은 데이터와 스프레드시트 프로그램에 의한 사용자가 정의한 임의의 파형을 활용하여, 기존의 디지털 주파수 추정 기법들에 의한 결과와 본 논문에서 제시한 알고리즘을 통해 추정된 결과를 비교함으로써 그 신뢰성을 입증하였다.

* 正 會 員 : 龍仁松潭大學 電氣設備科 傳任講師

** 終身會員 : 原州大學 電氣科 助教授 · 工博

*** 終身會員 : 成均館大 電氣電子 및 컴퓨터 工學部 教授 · 工博

接受日字 : 2001年 8月 1日

最終完了 : 2001年 9月 7日

2. FIR 필터의 주파수 응답특성

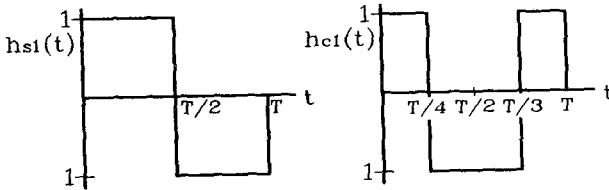
한 주기의 정해진 구간내에서 1 또는 -1값을 임펄스 응답 (impulse response)으로 하는 FIR필터를 이용하면 임의의 입력신호에 대해 적절한 부호의 변동을 통한 덧셈만으로 필터의 출력을 결정할 수 있다. 즉, 기존의 기본파 추출에 사용되던 디지털 필터들에서 계수값을 결정할 때에 곱셈과 나눗셈 연산이 필수적으로 필요하기 때문에 이로 인한 연산 시간이 길어지게 되는 단점을 가지고 있었으나, FIR 필터는 출력이 입력 샘플치의 부호변동이나 덧셈만으로 결정되기 때문에 곱셈 연산에 따른 연산 시간의 소비를 크게 줄일 수 있다.

다음의 식(1), 식(2)는 기본파 추출을 위한 FIR필터의 주 기당 임펄스 응답을 나타낸 것이다.

$$h_{s1}(t) = \begin{cases} 1, & \leq t \leq T/2 \\ -1, & T/2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

$$h_{c1}(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t \leq T/4, \quad 3T/4 < t \leq T \\ -1, & T/4 < t \leq T/3 \end{cases} \quad (2)$$

여기서, T는 기본파의 한 주기를 나타내며, 한 주기에 대한 임펄스 응답은 그림 1과 같다.



(a) 싸인성분 추출 (b) 코싸인성분 추출

그림 1. FIR filter의 임펄스 응답

Fig. 1. Impulse response of FIR filter

FIR필터의 주파수 응답은 식(3), 식(4)와 같이 임펄스 응답을 푸리에 변환하여 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{S1}(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} h_{S1}(t)e^{-j\omega t} dt \\ &= \int_0^{T/2} e^{-j\omega t} dt + \int_{T/2}^T e^{-j\omega t} dt \\ &= \frac{2}{j\omega} e^{-j\omega T/2} [\cos \frac{\omega T}{2} - 1] \end{aligned} \quad (3)$$

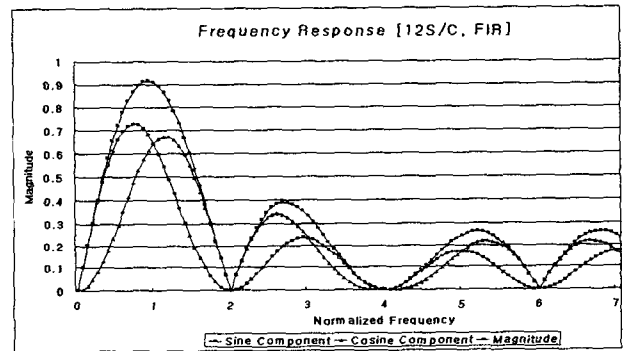
$$F_{C1}(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} h_{C1}(t)e^{-j\omega t} dt$$

$$\begin{aligned} &= \int_0^{T/4} e^{-j\omega t} dt - \int_{T/4}^{3T/4} e^{-j\omega t} dt + \int_{3T/4}^T e^{-j\omega t} dt \\ &= \frac{2}{\omega} e^{j\omega T/2} [\sin \frac{\omega T}{2} - 2\sin \frac{\omega T}{4}] \end{aligned} \quad (4)$$

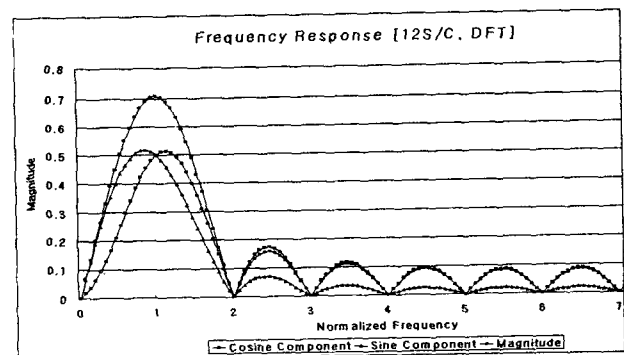
($T = \frac{2\pi}{\omega_0}$: 기본 주파수 ω_0 의 한 주기)

$F_{S1}(\omega)$, $F_{C1}(\omega)$ 는 각각 싸인성분 및 코싸인성분 추출을 위한 FIR필터의 주파수 응답 특성을 나타낸다.

필터의 출력은 이산 입력 신호와 임펄스 응답간의 이산 컨볼루션(discrete convolution)을 이용하여 구할 수 있다. 임펄스 응답이 어떤 샘플링 순간에서도 1 또는 -1값만을 가지므로 이산 컨볼루션 계산시의 입력 이산 신호와 임펄스 응답간의 곱은 단순히 부호의 변동으로 해결할 수 있다. 따라서 필터의 출력은 입력신호 한 주기가 지난 후 임펄스 응답에 따라 부호가 수정된 입력 샘플치의 합으로 얻어진다. 그림 2는 DFT필터와 FIR필터의 크기에 대한 주파수 응답이다. 기본파를 추출할 경우 그 이득에는 약간의 차이가 있으나 다른 고조파 성분은 거의 함유되지 않는 것을 알 수 있다.



(a) FIR 필터



(b) DFT 필터

그림 2. 주파수 응답 비교

Fig. 2. Comparison of frequency response

이산 입력 신호와 임펄스 응답간의 이산 컨볼루션을 통해 얻은 필터의 출력은 식(5), 식(6)과 같다.

$$S_1 = \sum_{m=1}^{N/2} [x_m - x_{m+N/2}] \quad (5)$$

$$C_1 = \sum_{m=1}^{N/4} [x_m - (x_{m+N/4} + x_{m+N/2}) + x_{m+3N/4}] \quad (6)$$

예를 들어, 주기당 샘플수가 N=12인 경우 k번째 샘플링 순간에 과거 11개의 샘플치를 이용하여 추출된 기본파의 싸인 및 코사인성분은 다음 식(7), 식(8)과 같이 된다.

$$S_1 = -(x_k + x_{k-1} + x_{k-2} + x_{k-3} + x_{k-4} + x_{k-5} + x_{k-6} + x_{k-7} + x_{k-8} + x_{k-9} + x_{k-10} + x_{k-11}) \quad (7)$$

$$C_1 = x_k + x_{k-1} + x_{k-2} + x_{k-3} - x_{k-4} - x_{k-5} - x_{k-6} - x_{k-7} + x_{k-8} - x_{k-9} - x_{k-10} - x_{k-11} \quad (8)$$

3. FIR 필터를 이용한 주파수 추정 알고리즘

3.1 정상 주파수를 갖는 신호의 페이지 산정

정상의 계통주파수를 가진 정현파 입력신호는 식(9)와 같이 표현할 수 있다.

$$X(t) = A \sin(2\pi ft + \theta) \quad (9)$$

$$X(t) = A \frac{e^{j(2\pi ft + \theta)} - e^{-j(2\pi ft + \theta)}}{2j}$$

고조파 왜곡이나 기타의 잡음이 제거된 입력신호의 기본파 페이지 \bar{X}_1 이 식(10)과 같을 때 정현파 입력신호는 기본파 페이지를 이용하면 식(11)으로 표현할 수 있다.

$$\bar{X}_1 = \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(t) e^{-j\frac{2\pi}{N}k} \quad (10)$$

$$\bar{X} = \frac{j}{\sqrt{2}} \bar{X}_1 = \frac{j}{\sqrt{2}} \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(t) e^{-j\frac{2\pi}{N}k}$$

$$= \frac{2j}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} A \frac{e^{j(2\pi ft + \theta)} - e^{-j(2\pi ft + \theta)}}{2j} e^{-j\frac{2\pi}{N}k}$$

$$= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} (e^{j(2\pi ft + \theta - \frac{2\pi}{N}k)} - e^{-j(2\pi ft + \theta + \frac{2\pi}{N}k)}) \quad (11)$$

r번째 데이터 윈도우에 대하여 $t = \frac{1}{Nf}(r+k)$ 이므로, r번째 윈도우에서의 시간영역 상의 신호 X(t)의 페이지를 $\bar{X}^{(r)}$ 이라 하면 식(12)와 같이 표현된다.

$$\bar{X}^{(r)} = \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} (e^{j(\frac{2\pi}{N}r + \theta)} - e^{-j(\frac{2\pi}{N}(r+2k) + \theta)})$$

$$= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}r} e^{j\theta} - \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi}{N}r} e^{-j\frac{2\pi}{N}2k} e^{-j\theta}$$

식(12)에서 $\sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi}{N}2k} = 0$ 이므로 식(12)로 표현되는

r번째 윈도우에서 페이지 $\bar{X}^{(r)}$ 는 식(13)와 같다.

$$\bar{X}^{(r)} = \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\theta} e^{j\frac{2\pi}{N}r} = \frac{A}{N\sqrt{2}} e^{j\theta} N e^{j\frac{2\pi}{N}r}$$

$$= \frac{A}{\sqrt{2}} e^{j\theta} e^{j\frac{2\pi}{N}r} \quad (13)$$

따라서 주기당 N샘플로 입력 파형에 대한 정상주파수 성분의 실수부와 허수부를 계산하면 식(13)으로 표현되는 r번째 데이터 윈도우로부터 계산된 페이지가 각 샘플링 간격으로 복소수 평면상에서 $\frac{2\pi}{N}$ 만큼 회전하는 것을 알 수 있다.

3.2 주파수 추정 알고리즘

전력계통에서 연속적인 전압, 전류를 $x(t)$ 로 나타내고, 이 $x(t)$ 를 한 상에서 직교되는 두 개의 성분으로 분해한다.

$$x_1(t) = X \sin(2\pi ft + \phi) \quad (14)$$

$$x_2(t) = X \cos(2\pi ft + \phi) \quad (15)$$

여기서 아래첨자 1,2는 개개의 성분을, X는 크기를, f는 신호 $x(t)$ 의 주파수를, ϕ 는 임의의 위상을 나타낸다. 식(14), (15)를 시간에 대하여 미분하면 (16), (17)과 같이 된다.

$$\frac{d[x_1(t)]}{dt} = 2\pi f X \cos(2\pi ft + \phi) = x_1'(t) \quad (16)$$

$$\frac{d[x_2(t)]}{dt} = -2\pi f X \sin(2\pi f t + \phi) = x_2'(t) \quad (17)$$

식 (14),(15),(16),(17)을 다시 정리하면 식(18)과 같다

$$\begin{aligned} & x_2(t)x_1'(t) - x_1(t)x_2'(t) \\ &= 2\pi f X^2 \cos^2(2\pi f t + \phi) + 2\pi f X^2 \sin^2(2\pi f t + \phi) \\ &= 2\pi f X^2 \end{aligned} \quad (18)$$

여기서 진폭의 제곱과 주파수의 곱에 비례함을 알 수 있으며 진폭에의 의존성을 제거하기 위하여 (19)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} x_1^2(t) + x_2^2(t) &= X^2 \cos^2(2\pi f t + \phi) + X^2 \sin^2(2\pi f t + \phi) \\ &= X^2 \end{aligned} \quad (19)$$

그러므로 식(18), (19)를 결합하여 식(20)을 산출할 수 있다.

$$\begin{aligned} x_2(t)x_1'(t) - x_1(t)x_2'(t) &= 2\pi f [x_1^2(t) + x_2^2(t)] \\ f &= \frac{x_2(t)x_1'(t) - x_1(t)x_2'(t)}{2\pi [x_1^2(t) + x_2^2(t)]} \end{aligned} \quad (20)$$

위 방정식은 주파수함수와 두 개의 직교 구성요소로부터 $x(t)$ 의 주파수를 구할 수 있는 식이다. 식(20)에서 $x(t)$ 를 $x(n\Delta T)$ 로 바꿈으로서 디지털신호에 적용된다. 여기서 ΔT 는 샘플링 시간이며 $\Delta T = \frac{1}{f_s}$, f_s 는 샘플링 주파수이다. 여기서 $x(n\Delta T)$ 는 $x(n)$ 으로 간단히 표현하고 디지털신호 $x(n)$ 은 싸인파 코사인 임펄스 응답을 사용한 FIR 필터의 계수는 다음 (21), (22)와 같다.

$$H_s(k) = \sin\left(\frac{2\pi k}{N} + \frac{\pi}{N}\right) \quad (21)$$

$$H_c(k) = \cos\left(\frac{2\pi k}{N} + \frac{\pi}{N}\right) \quad (22)$$

여기서 $K = 0, 1, 2 \dots N-1$, $N = \frac{f_s}{f_0}$, f_0 : 정격주파수이다.

$x(n)$ 의 2개의 직교성분은 콘벌루션에 의해 (23), (24)로 나타낼 수 있다.

$$x_1(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)H_s(k) \quad (23)$$

$$x_2(n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k)H_c(k) \quad (24)$$

그림 3은 FIR필터를 이용한 주파수 추정 알고리즘의 흐름도이다.

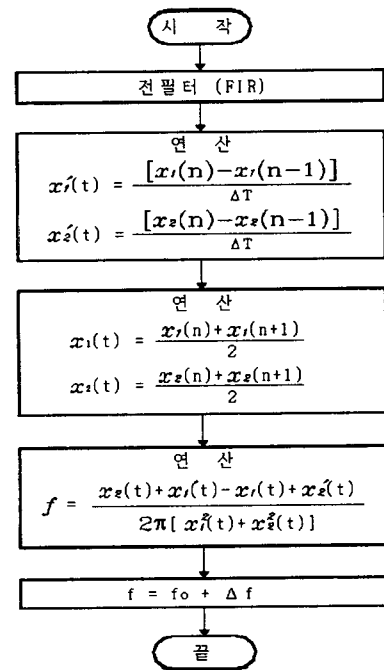


그림 3. FIR 필터를 이용한 주파수 추정 알고리즘의 흐름도
Fig. 3. Flow chart of frequency estimation algorithm using FIR filter

4. 알고리즘의 모의 및 결과 검토

4.1 사고 모의

제안된 기법의 성능을 평가하기 위한 모의 데이터들은 EMTP를 이용하여 시뮬레이션을 이용하여 수집되었다. 그림4의 모델계통의 전원은 154[kV]인 160[km]의 공장을 갖는 병행2회선 송전선로로써 선로정수는 표 1과 같다. EMTP를 이용하여 출력한 데이터는 전원 주파수는 60[Hz]를 중심으로 하여 1 주기당 12 샘플링하여 얻었다. 또한, EMTP로 얻기 어려운 데이터는 스프레드시트 프로그램을 이용한 사용자 정의의 파형을 합성하여 시뮬레이션에 이용하였다.

표 1. 선로정수

Table 1. Line Constant

| | R[Ω/km] | X[Ω/km] | Y[S/km] |
|-------|---------|---------|----------|
| 영 상 분 | 0.3088 | 3.4732 | 0.0038 |
| 정 상 분 | 0.1006 | 1.2380 | 0.0093 |
| 역 상 분 | 0.1006 | 1.2380 | 0.0093 |

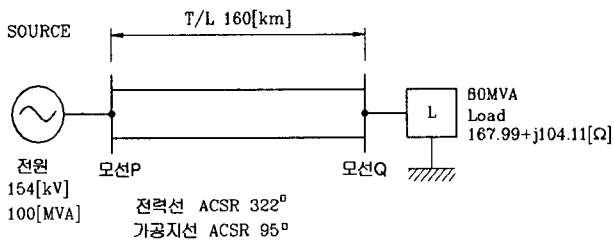


그림 4. 모델 전력계통
Fig. 4. Model power system

그림 5와 6은 EMTP로 모델된 계통에서의 정상상태의 전압과 전류신호이다.

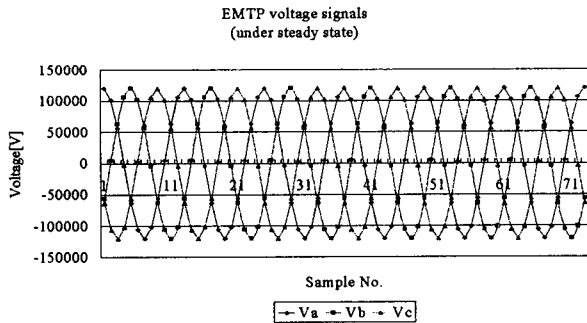


그림 5. 정상상태의 전압신호
Fig. 5. Voltage signals of steady state

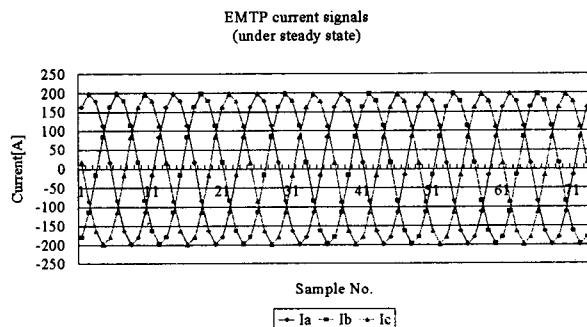


그림 6. 정상상태의 전류신호
Fig. 6. Current signals of steady state

그림 7과 8은 정상상태가 2주기정도 지속되다가 0.03333[ms]시점에서 전원에서부터 80[km] 지점에서 A상 1선지락고장이 발생한 경우의 3상의 전류신호이다. 그림 7은 전압사각이 90인 경우의 전류신호이고, 그림 8은 전압사각이 0인 경우의 전류신호이다. 그림 7과 8로부터 전압사각에 따라 전류신호에는 직류오프셋성분이 함유되는 것을 알 수 있고, 또한 고장상의 전류는 상당히 증가하며, 전전상에도 상호작용에 의하여 전류의 영상분이 존재하게 됨을 알 수 있다.

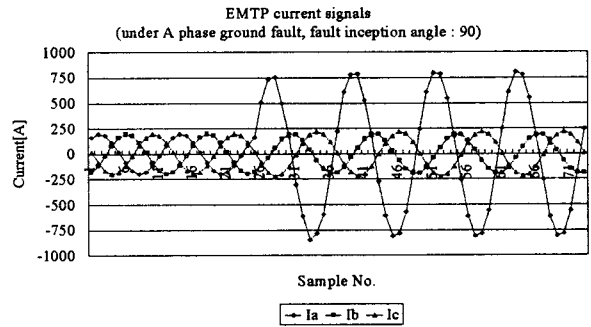


그림 7. 전압사각 90도에서의 1선지락 고장시 전류신호
Fig. 7. Current signals at fault inception 90 degree

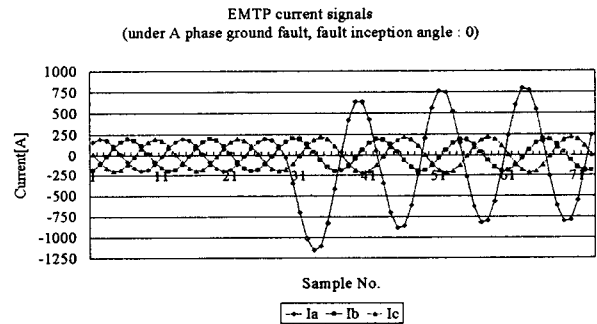


그림 8. 전압사각 0도에서의 1선지락 고장시 전류신호
Fig. 8. Current signals at fault inception 0 degree

그림 9는 정상상태에서의 연산된 페이지의 각이다. 정상상태에서는 전압과 전류의 상차각이 30도 정도로 일정하게 유지되다가 고장이 발생하게 되면, 그 크기와 상차각이 변동되게 된다.

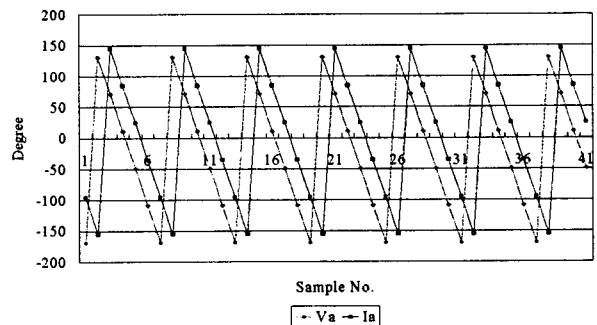


그림 9. 연산된 페이지 각
Fig. 9. Phase response of FIR Filter under steady state

4.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

그림 10은 정상상태의 A상 전압에 대하여 여러 가지 주파수 추정기법을 적용한 결과이다. 범례에서의 2번째 방법은, 참고문헌[3]에서 제안된 기법을 적용하였으며, 이 기법은 FIR필터의 샘플링수의 선정에 따라 정확도가 변화하는 것으로 나타났다. 범례에서의 3번째 방법은 직류오프셋제거 필터링 후, 참고문헌[6]에서 제안된 기법을 적용한 결과이다. 시뮬레이션으로부터, 정상상태에서는 대칭좌표법에 의한 전압의 정상분으로부터 추정하는 방법이 제안된 기법보다 우수한 것으로 나타났으나, 고장이 발생하게 되면 이 방법은 고장난 상과 건전상의 모든 전압을 활용하여 연산되기 때문에 주파수추정은 제안된 기법보다 그 정확도가 정상분 기법보다 떨어지게 된다.

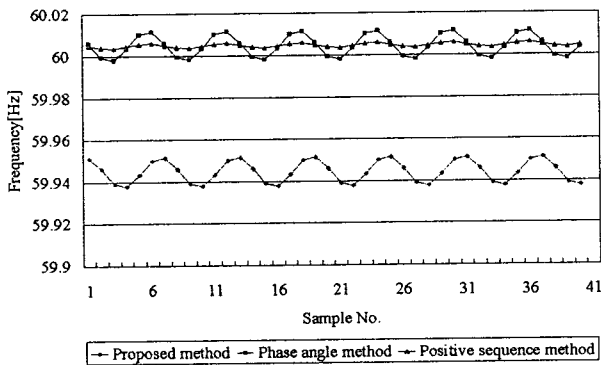


그림 10. 정상상태에서의 주파수 추정기법의 비교
Fig. 10. Comparison of frequency estimates under steady state

그림 11은 전압사고각이 90°에서 A상 지락고장이 발생했을 경우, 고장난 A상의 전압에 대한 여러 가지 주파수 추정기법을 적용한 결과이다. 고장이 발생된 경우에도 제안된 기법은 다른 기법에 비교하여 과도상태의 전압신호로부터 계통 주파수를 정확하게 추정하는 것을 알 수 있다.

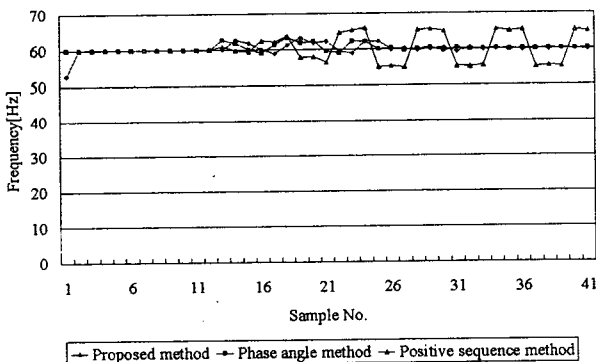


그림 11. 전압신호에 대한 주파수 추정기법의 비교
Fig. 11. Comparison of frequency estimates of voltage signals at fault inception 90 degree

그림 12은 전압사고각이 0°에서 A상지락고장이 발생하였을 경우, 3상 전압에 대한 제안된 기법의 주파수 추정결과이다. 고장이 발생한 경우 고장상이 건전상 보다 고장발생직 후에 과도상태의 주파수 성분이 많이 함유되나, 약 한 주기가 지나면 추정된 주파수값은 안정화되어 어느 정도 오차의 범위 안에 들어오는 것을 알 수 있다.

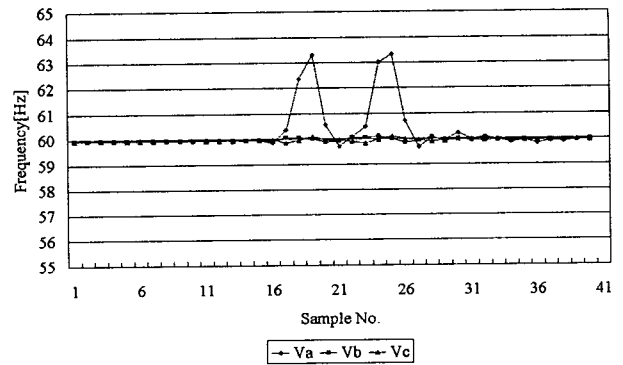
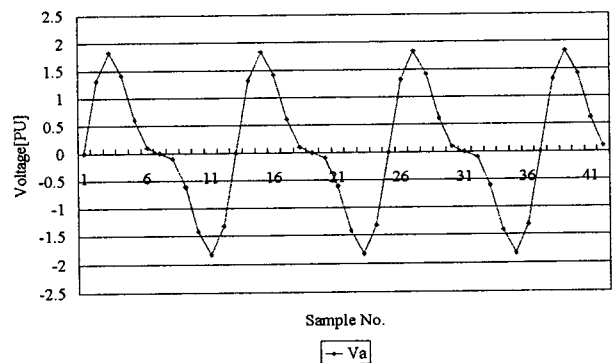
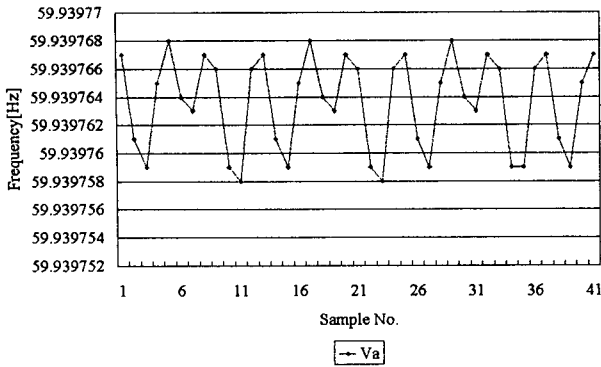


그림 12. 제안된 기법에 의한 주파수 추정결과
Fig. 12. Results of frequency estimates by proposed method

그림 13은 기본파에 2조파를 합성한 파의 경우 제안된 기법에 의한 주파수 추정결과이다. 그림 13(b)로부터 2조파가 함유된 경우에는 주파수가 59.939768[Hz]에서 59.939754[Hz]로 진동함을 알 수 있으며 FIR필터의 샘플링 수를 증가시키면, 고조파에 대한 영향이 감소되어 정상주파수의 추정이 가능하게 된다. 즉, 고조파에 관계없이 추정이 가능함을 알 수 있다.



(a) Arbitrary voltage signal

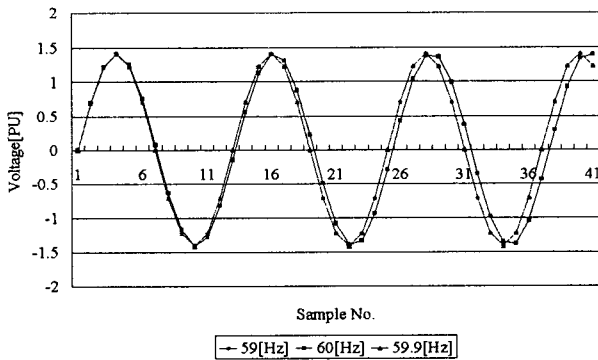


(b) Frequency estimates at arbitrary voltage
(under 기본파+2조파)

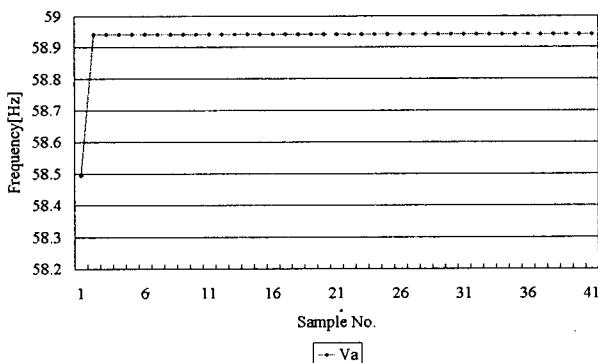
그림 13. 고조파에 따른 제안된 기법의 주파수 추정결과(2고조파가 포함된 경우)

Fig. 13. Frequency estimates of proposed method with harmonics

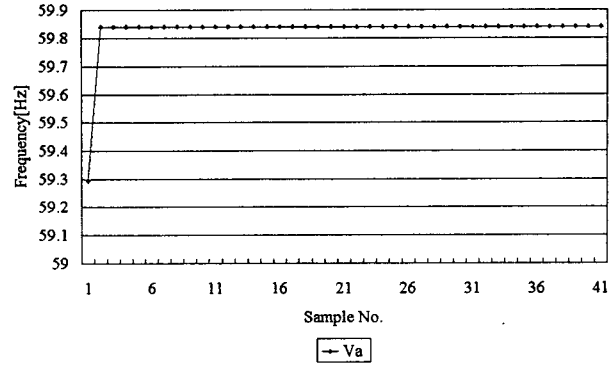
그림 14(a)는 59[Hz], 59.9[Hz]로 주파수의 편이를 조정한 사용자정의 임의의 조합파형이다. 그림 14(b),(c)로부터 주파수 편이의 폭이 $-0.1[Hz]$ 정도로 미세한 경우 뿐만 아니라 $-1[Hz]$ 정도로 비교적 큰 경우에도 제안된 기법은 비교적 양호한 추정치를 보이고 있음을 알 수 있다.



(a) Arbitrary voltage signals with frequency change



(b) Frequency estimates of an input signal of 59Hz



(c) Frequency estimates of an input signal of 59.9Hz

그림 14. 제안된 기법의 주파수 추정결과

Fig. 14. Estimated frequency using proposed method

5. 결 론

본 논문에서는 컴퓨터를 사용하지 않고 단지 디지털 신호처리기법을 이용한 주파수를 측정할 수 있는 추정기법을 제안하였다. 특히, 고속으로 기본파의 페이저를 산정하기 위해 FIR필터를 설계하였고 페이저 위상각의 변화율을 이용하여 계통주파수를 추정하였다. EMTP와 스프레드시트 프로그램에 의한 모의 데이터를 이용한 오프라인 시뮬레이션 결과, 고장이 발생한 경우, 주파수의 편이 및 고조파의 함유 시에도 주파수의 추정이 용이함을 알 수 있었다. 또한, 제안된 기법은 그 추정과정에서 연산시간의 단축과 컴퓨터 기억 용량의 감소가 기대되며 정확도의 개선을 가져왔다.

향후, 가변 이동 윈도우 기법과 적응 샘플링 기법 등 적응 추정기법을 연구한 후, 실제통에서 실시간으로 시험할 예정이다.

참 고 문 헌

1. P.J. Moore, A.T. Johns, "Frequency relaying based on instantaneous frequency measurement", IEEE Trans. on PD., Vol.11, No.4, pp.1737-1742, October, 1996.
2. P.T. Moore, R.D. Carranza, and A.T. Johns, "Model System Tests on a New Numeric Method of Power System Frequency Measurement," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.11, No.2, pp.696-701, Apr. 1996.
3. T.S. Sidhu, "Accurate measurement of power system frequency using a digital signal processing technique", IEEE Trans. on I&M, Vol.48, No.1, pp.75-81, February, 1999.
4. T.S. Sidhu, M.S. Sachdev, "An iterative technique for fast and accurate measurement of power system frequency", IEEE Trans. on PD., Vol.13, No.1, pp.109-115, January, 1998.
5. M. M. Begovic, P. M. Djuric, S. Dunlap, and A. G.

- Phadke, "Frequency tracking in power networks in the presence of harmonics", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.8, Issue:2, pp.480-486, Apr. 1993.
6. A.G. Phadke, J.S. Thorp, "A new measurement technique for tracking voltage phasor, local system frequency, and rate of change of frequency", IEEE Trans. on PAS., Vol. PAS-102, No.5, pp.1025-1034, May, 1983.
 7. A.A. Girgis, W.L. Peterson, "Adaptive estimation of power system frequency deviation and its rate of change for calculating sudden power system overload", IEEE Trans. on PD., Vol.5, No.2, pp.585-594, July, 1990.
 8. Jun-Zhe Yang, Chih-Wen Liu, "A new family of measurement technique for tracking voltage phasor, local system frequency, harmonics and DC offset, "IEEE Power Engineering society 2000 summer meeting, Vol.3, pp. 1327-1332, 2000.
 9. 남시복, 박철원, 신명철, 이훈구, "FIR필터를 이용한 전력계통 주파수 추정에 관한 연구", 2001년도 대한전기학회 교육위원회 학술대회 논문집, pp. 80-85, 2001. 7.

| |
|---------|
| 저 자 소 개 |
|---------|

남 시 복 (南 時 福)

대한전기학회 논문지 제49P권 제2호 2000년 10월 참조.

박 철 원 (朴 哲 圓)

대한전기학회 논문지 제50A권 제5호 2001년 5월 참조.

신 명 철 (申 明 澈)

대한전기학회 논문지 제50A권 제5호 2001년 5월 참조.