

FIR 필터를 이용한 전력계통 주파수 추정기법에 관한 연구

남시복, 이훈구*, 박철원**, 신명철***
 용인송담대학 전기설비과*, 원주대학 전기과**, 성균관대학교 전기공학과***

A Study on the Estimation Technique of Frequency in the Power System using FIR Filter.

S. B. Nam, H. G. Lee*, C. W. Park**, M. C. Shin***
 Y. S. College*, W. J. Nat'l College**, S. K. K. Univ.***

Abstract - Frequency is an important operating parameter of a power system. Frequency of a power system remains constant if sum of all the loads plus losses equals total generation in the system. However, the frequency starts to decrease if total generation is less than the sum of loads and losses. On the other hand, the system frequency increases if total generation exceeds the sum of loads and losses. 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. The fundamental frequency component of 3-phase signal is first extracted by using an algorithm based on FIR(finite duration impulse response) filter, a phase angle of a voltage. The rate change of the phase angle is used for estimation and speed in its process. Also, to confirm the validity of the proposed algorithm, the simulation results obtained by using EMTP(electro magnetic transients program) are shown.

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

1. 서 론

계통의 에너지 균형이 깨지면 계통주파수의 변화가 유발되며 특히 발전기의 갑작스러운 변동이나 부하의 급증으로 발전력이 이를 충당 할 수 없는 경우에는 계통주파수의 급격한 감소를 일으키게 되어 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 현상시 일어나는 주파수의 변화를 찾아내기 위한 계통주파수의 추정에는 아직까지 대부분 아날로그 측정 장치에 의존해 왔다 [3,4].

근래에 들어 디지털 형태의 주파수계전기가 개발되고 있는 있으나 이러한 주파수계전기에서 이용하고 있는 주파수 측정 방식도 대부분 입력 신호의 연속적인 두 개의 영점통과(zero-crossing)사이의 시간을 이용하고 있어서 그 특성에 있어 다음과 같은 문제점이 제기되고 있다. 즉, 노하나 온도 등에 의한 파라미터의 변화로 정

확하고 신속한 응답을 얻는데 한계가 있을 뿐만 아니라 잡음이나 왜곡 등으로 입력 신호의 영점통과 포인트가 이동하거나 중복적인 영점통과를 나타나게 하는 고조파 왜곡과 기타 잡음 등에 의하여 영향을 받게 되어 측정에 많은 오차를 포함하게 되는 단점이 있다 [5,6].

최근에는 반도체 기술 및 마이크로프로세서의 발달과 더불어 이러한 아날로그 방식이 가지는 단점을 보완하고 계통 신호를 샘플링하여 얻은 디지털화된 전압 신호에 신호처리 기법을 도입함으로써 주파수를 추정하는 디지털 주파수 추정 알고리즘들이 제안되었다. 1982년 A.G.Phadke와 J.S.Thorp등이 DFT(discrete Fourier transform)를 통해 전압의 기본주파수(fundamental frequency : 이하 기본파) 페이저를 추출하고 전압 정상분(positive sequence component) 페이저 위상각(phase angle)의 변화율을 이용하여 계통내의 주파수 및 주파수 변화율을 추정할 수 있는 기법을 발표한 이래 현재까지 이와 관련된 연구가 활발히 진행되어 오고 있다 [7,8].

본 논문에서는 DFT를 이용한 경우를 비롯한 종래의 주파수 추정 알고리즘들이 가졌던 연산 속도상의 문제점과 정확성의 문제점들에 대한 개선을 위하여, 잡음과 왜곡에도 충분한 정확성을 가지고 미세한 편이 뿐만 아니라 계통에서 발생할 수 있는 광역의 편이에 대해서도 신뢰성 있는 정확도로 고속의 추정을 해낼 수 있는 주파수 추정 기법의 개발을 시도하였다. 이를 위하여 프로세서의 기억 용량 및 연산 부담을 줄이고 잡음이 섞인 왜곡된 신호로부터 정확한 정상분 페이저의 추출을 위해 입력신호 샘플치의 부호변동을 통한 덧셈 연산만으로 출력을 얻을 수 있도록 FIR필터(finite duration impulse response filter)를 구성하여 전압 정상분을 구할 수 있도록 하였다. 또한, 전압 정상분 페이저 위상각의 시간당 변화율을 통해 계통 주파수의 편이를 추정함으로써 보다 정확한 주파수의 추정을 가능하게 하였다. 아울러 EMTP(electromagnetic transients program)를 통해 얻은 데이터에 대하여, DFT방법을 이용한 알고리즘, 최소 오차 자승법을 이용한 파라미터 추정법, FFT의 누설계수에 의한 방법과 같은 기존의 주파수 추정 기법들에 의해 추정된 결과와 본 논문에서 제시한 알고리즘을 통해 추정된 결과를 비교해 함으로써 그 신뢰성을 입증하였다.

2. FIR 필터의 주파수 응답특성

한주기의 정해진 구간내에서 1또는 -1값을 임펄스 응답(impulse response)으로 하는 FIR필터를 이용하면 임펄스 응답이 정해진 구간내에서 1또는 -1만을 갖게 되므로 임의의 입력신호에 대해 적절한 부호의 변동을 통한 덧셈만으로 필터의 출력을 결정할 수 있다. 이것은 기존의 기본파 추출을 위한 디지털 필터들이 출력값 결정에 곱셈과 나눗셈 연산이 필수적인 관계로, 이들 계산에 따른 연산시간이 길어지게 되는 단점을 가지고 있는 반면, FIR 필터는 출력이 입력 샘플치의 부호변동이나 덧셈만으로 결정되므로 곱셈 연산에 따른 연산 시간의

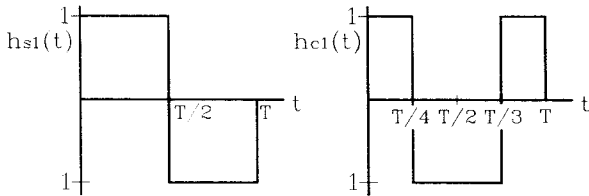
소비를 크게 줄일 수 있다.

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

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

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

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



(a) sine 성분 추출 (b) cosine 성분 추출
그림 1. FIR filter의 임펄스 응답

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

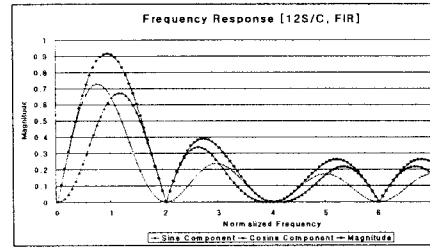
$$\begin{aligned} F_{s1}(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} h_{s1}(t)e^{-j\omega t} dt \\ &= \int_0^{T/2} e^{-j\omega t} dt + \int_{T/2}^T e^{-j\omega t} dt \\ &= \frac{2}{j\omega} e^{-j\omega T/2} [\cos \frac{\omega T}{2} - 1] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} F_{c1}(\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} h_{c1}(t)e^{-j\omega t} dt \\ &= \int_0^{T/4} e^{-j\omega t} dt - \int_{T/4}^{3T/4} e^{-j\omega t} dt + \int_{3T/4}^T e^{-j\omega t} dt \\ &= \frac{2}{\omega} e^{j\omega T/2} [\sin \frac{\omega T}{2} - 2\sin \frac{\omega T}{4}] \end{aligned} \quad (4)$$

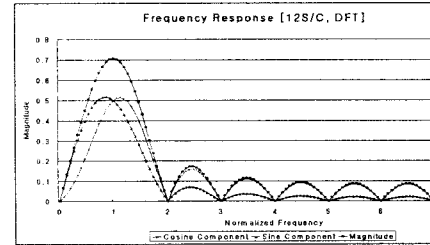
($T = \frac{2\pi}{\omega_0}$: 기본 주파수 ω_0 의 한주기)

$F_{s1}(\omega)$, $F_{c1}(\omega)$ 는 각각 sine 성분 및 cosine 성분 추출을 위한 FIR필터의 주파수 응답 특성을 나타낸다. 그림 2는 기본파 추출을 위한 FIR필터와 DFT필터의 주파수 응답의 비교이다.

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 입력 신호 한 주기가 지난후 임펄스 응답에 따라 부호가 수정된 입력 샘플치의 합으로 얻어진다.



(a) FIR 필터



(b) DFT 필터

그림 2. 주파수 응답 비교

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=16인 경우 k번째 샘플링 순간에 과거 15개의 샘플치를 이용하여 추출된 기본파의 sine 및 cosine 성분은 다음 식(7), 식(8)과 같이 된다.

$$\begin{aligned} S_1 &= x_{k1} + x_{k2} + x_{k3} + x_{k4} + x_{k5} + x_{k6} + x_{k7} \\ &\quad + x_{k8} - x_{k9} - x_{k10} - x_{k11} - x_{k12} - x_{k13} - x_{k14} \\ &\quad - x_{k15} - x_{k16} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} C_1 &= x_{k1} + x_{k2} + x_{k3} + x_{k4} - x_{k5} - x_{k6} - x_{k7} \\ &\quad - x_{k8} - x_{k9} - x_{k10} - x_{k11} - x_{k12} + x_{k13} \\ &\quad + x_{k14} + x_{k15} + x_{k16} \end{aligned} \quad (8)$$

S_1 , C_1 은 2차 FIR필터를 통과한 기본 주파수를 갖는 sin, cosine 성분을 나타내고, x_{kn} 은 입력신호의 (k-N+n) 번째 샘플치를 나타낸다.

3. FIR 필터를 이용한 주파수 추정 알고리즘

3.1 정상 주파수를 갖는 신호의 페이지 산정

정상의 계통주파수를 가진 입력 정현신호는 다음 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 가 다음 식(10)과 같을 때 입력 정현 신호는 기본파 페이지를 이용하면 식(11)으로 표현할 수 있다.

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

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \bar{X}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{2}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(t) e^{-j\frac{2\pi}{N}k} \\ &= \frac{2j}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} A \frac{e^{j(2\pi ft + \theta)} - e^{-j(2\pi ft + \theta)}}{2j} e^{-j\frac{2\pi}{N}k} \\ (11) \quad &= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} (e^{j(2\pi ft + \theta - \frac{2\pi}{N}k)} - e^{-j(2\pi ft + \theta + \frac{2\pi}{N}k)}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \bar{X}^{(r)} &= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} (e^{j(\frac{2\pi}{N}r + \theta)} - e^{-j(\frac{2\pi}{N}(r+2k) + \theta)}) \\ &= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\frac{2\pi}{N}r} e^{j\theta} \\ &\quad - \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{-j\frac{2\pi}{N}r} e^{-j\frac{2\pi}{N}2k} e^{-j\theta} \end{aligned} \quad (12)$$

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)과 같다.

$$\begin{aligned} \bar{X}^{(r)} &= \frac{A}{N\sqrt{2}} \sum_{k=0}^{N-1} e^{j\theta} e^{j\frac{2\pi}{N}r} = \frac{A}{N\sqrt{2}} e^{j\theta} N e^{j\frac{2\pi}{N}r} \\ &= \frac{A}{\sqrt{2}} e^{j\theta} e^{j\frac{2\pi}{N}r} \end{aligned} \quad (13)$$

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 한상에서 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 임의 위상을 나타낸다. 식(14), (15)를 시간에 대하여 미분하면 (16), (17)와 같이 된다.

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

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

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

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

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

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

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 sine과 cosine 임펄스 응답을 사용한 FIR필터의 계수는 다음 (21), (22)와 같다.

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

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

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

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

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

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

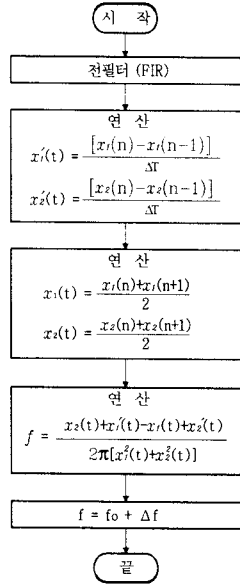


그림 3. FIR 필터를 이용한 주파수 추정 알고리즘의 흐름도

4. 모델전력 계통구성과 시뮬레이션

4.1 모델 전력계통

주파수 편이를 추정하기 위한 데이터는 전자과도현상 프로그램(EMTP)을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 모델 계통의 전원은 154[kV]이고 1회선 송전선로로서 160[km]의 공장을 갖고 선로정수는 표1와 같다.

표 1. 선로정수

	R[Ω/km]	L[mH/km]	C[μf/km]
영 상 분	0.3088	1.3094	0.0038
정 상 분	0.1006	0.4667	0.0093
역 상 분	0.1006	0.4667	0.0093

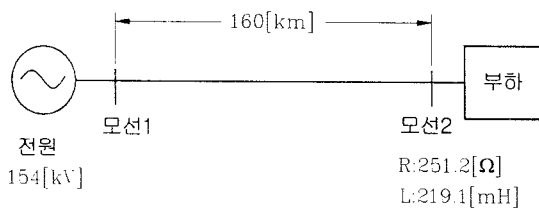


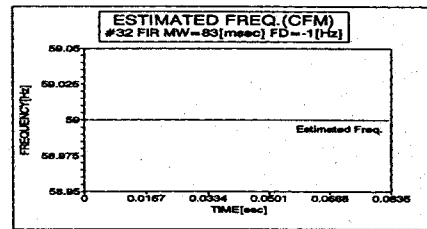
그림 4. 모델 전력계통

EMTP를 이용하여 출력한 데이터는 전원 주파수를 정상 주파수 60[Hz]에서 0.1[Hz] 간격으로 ±1[Hz]까지 변화 시키면서 모선1의 전압을 1주기당 12,16,32 샘플링

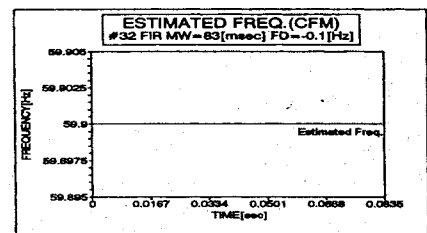
하여 얻었다. 한편 EMTP로 얻은 데이터의 경우 모의를 위한 입력 데이터 카드를 작성할 때 수치 적분의 시간 간격으로 쓰이는 샘플링 시간 간격 입력시 표현할 수 있는 자리수의 한계나 반올림 오차로 인하여 0.01[Hz] 정도의 미세한 편이는 정확히 모의하기가 힘들므로 C언어를 이용한 프로그램을 통하여 미세한 편이의 입력 전압 신호를 발생시켜 시뮬레이션에 이용하였다. 또한 시간이 지남에 따라 측정 윈도우 내에서 주파수가 변화되는 경우를 모의하기 위해 C언어를 이용하여 입력신호의 주파수를 시간의 함수로 변화시켜 주파수가 변화하는 전압 신호를 모의함으로써 주파수가 시변인 경우의 주파수 추정에 이용하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 고찰

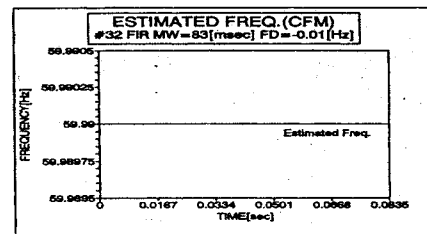
그림5는 주파수 편이량이 각각 -1.0[Hz], -0.1[Hz], -0.01[Hz]인 경우로 측정 윈도우 내에서 주파수가 변화하지 않는 CFM의 경우이며, 대표적으로 샘플링 주파수가 1920[Hz](주기당 32샘플), 측정 윈도우의 크기가 83.33[msec]일 때 실제 계통주파수와 추정치를 함께 나타내고 있다.



(a) FD=-1.0 [Hz]



(b) FD=-0.1 [Hz]



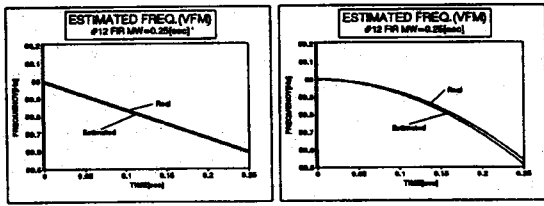
(c) FD=-0.01 [Hz]

그림 5. FIR필터를 이용한 주파수 편이 추정 결과(CFM) (샘플링 주파수 : 1920[Hz], 측정 윈도우 : 83.33[msec])

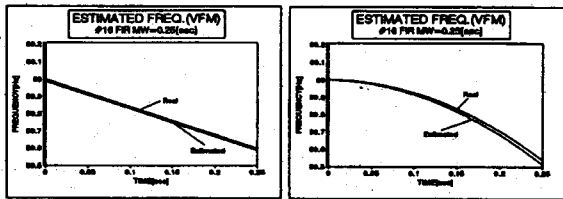
그림5로부터 주파수 편이의 폭이 -0.01[Hz] 정도로 미세한 경우 뿐만아니라 -1[Hz] 정도로 비교적 큰 경우에도 정확한 추정치를 보이고 있음을 알 수 있다.

그림6은 측정 윈도우 내에서 주파수가 시간에 따라 변화하는 VFM의 경우에 대해 주파수가 시간의 1차 함수로 변화할 때와 시간에 따라 2차 함수적으로 변화되는 경우에 측정 윈도우 크기를 0.25[sec]로 하고 샘플링 주파수를 720[Hz](주기당 12샘플), 960[Hz](주기당 16샘

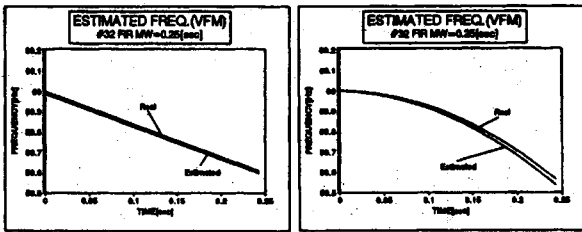
플), 1920[Hz](주기당 32샘플)로 변화시키면서 알고리즘을 수행하였을 때 실제 주파수에 대한 추정결과를 나타낸 것이다.



(a) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 1차 함수적 감소)
 (b) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 2차 함수적 감소)



(c) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 1차 함수적 감소)
 (d) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 2차 함수적 감소)



(e) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 1차 함수적 감소)
 (f) $f_s=720[Hz]$ (주파수의 2차 함수적 감소)

그림 6. FIR필터를 이용한 주파수 편이 추정 결과(VFM)
 (샘플링 주파수:720[Hz], 960[Hz], 측정 윈도우:0.25[sec])

그림6으로부터 주파수가 측정 윈도우 내에서 시간에 따라 변화되는 경우에도 샘플링 주파수에 관계없이 비교적 정확한 추정치를 보이고 있으며 추정시 정확도는 $\pm 0.01[Hz]$ 정도임을 알 수 있다.

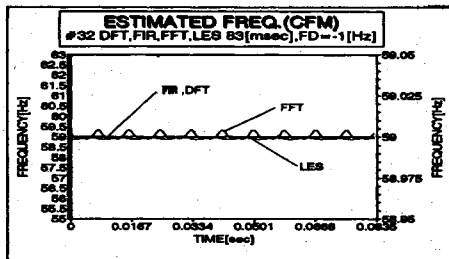


그림7. 각 알고리즘별 주파수 추정 결과(CFM)
 (샘플링 주파수 : 1920[Hz], 측정윈도우 : 83.33[msec])

그림7로부터 $-0.1[Hz]$ 나 $-0.01[Hz]$ 정도의 편이에 대해서 최소 오차자승법을 이용한 경우와 FFT 누설계수를 이용한 경우는 실제 주파수에 대해 추정치가 약간의 차이를 보이고 있는 반면 정상분 페이지의 추출시 연산속도를 크게 개선한 FIR필터를 이용한 경우는 DFT필터를 이용한 경우와 마찬가지로 정확한 추정치를 보이고 있음을 알 수 있다. FFT 누설계수를 이용한 경우와 더불어 최소 오차 자승법을 이용한 경우는 $1[Hz]$ 정도로 편이의 폭이 커지면 추정치의 실제값과의 오차가 더욱 커져 정확한 추정치를 얻기 어려움을 알 수 있다.

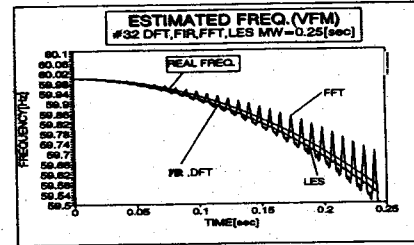


그림 8. 각 알고리즘별 주파수 추정 결과(VFM)
 (샘플링 주파수 : 1920[Hz], 측정윈도우 : 0.25[sec])

그림8로부터 주파수가 측정 윈도우 내에서 변화되는 경우에 대해서도 FIR필터를 이용한 경우는 DFT필터를 이용한 경우에 못지않은 정확한 추정치를 보이고 있는 반면, 최소 오차 자승법을 이용한 경우는 FIR필터를 이용한 경우에 비해 그 추정치에 있어 약간의 오차를 보이고 FFT 누설 계수를 이용한 방법은 시간이 지남에 따라 오차가 더욱 증폭되어 정확한 추정이 어려움을 알 수 있다.

5. 결 론

안정적인 전력공급을 도모하기 위해서는 발전량과 부하량사이의 평형을 유지해야한다. 그러나, 평형을 저해하는 여러 가지 요인이 존재하며, 그 가운데 주파수의 변화는 계통 불평형을 야기시키는 커다란 매개변수이다. 따라서 운전중인 전력계통주파수의 편이를 신속하게 계산하여, 적절한 대책을 수립함으로써 전력계통의 평형운전을 유지하는 것은 전력공급자의 커다란 책무이다.

본 연구에서는 보다 고속으로 페이지를 산정하기 위해 FIR필터를 설계하였고 페이지 위상각의 변화율을 이용하여 계통주파수를 추정함으로써 그 추정과정의 연산 시간 및 정확도의 개선을 시도한 것이다. 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 입력신호의 연산을 간단하게 하는 FIR필터를 적용하였다.
- 2) 종래의 디지털필터가 가지고 있던 연산 시간상의 문제점을 개선하여 보다 빨리 기본파 페이지를 추출할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.
- 3) 간단한 수리적 연산을 이용하여 계통주파수를 추정할 수 있는 알고리즘을 제시하였다.
- 4) 제시한 알고리즘의 결과를 종래의 기법과 비교하여 보다 빠른 시간에 정확한 값으로 수렴됨을 입증하였다. 나아가 관련된 부분들을 하드웨어로 제작하여 실제 계통에 적용, 온라인으로 동작시킴으로써 실제 계통보호를 도모하는 과제가 더욱 연구되어야 할 것이다.

[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. Power Delivery, vol. 8, 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.