

주파수 측정장치 교정방법

윤상주, 염호선, 이희성

1. 서 론
 2. 교정 절차
 3. 정확도의 일반적 의미
 4. 주파수 안정도의 일반적 의미
 5. 용어 설명
 6. 주파수 안정도의 정의
 7. 주파수 안정도의 측정법
 8. 측정 및 교정
 9. 당소에서 시행하는 교정방법
(Vector Voltmeter 방법)
 10. 결 론
- 참고문헌

1. 서 론

산업이 고도화되고 정밀첨단산업의 육성이 절실한 현대사회는 시간 및 주파수 분야의 Oscillator에 대한 정확도(accuracy)와 안정도(stability)가 요구된다. 특히 주파수 측정장치(frequency counter)의 Oscillator안정도는 발진기의 측정시간 동안의 주파수 변화를 표시하며 측정시간의 길이에 따라 단기안정도(shortterm stability)와 장기안정도(longterm stability)로 구분할 수 있으며 상호 상대적으로 정확성이 요구된다.

무선설비로 부터 발사되는 전파에는 엄격한 기술기준이 설정되어 있으나 이들 전파발사의 질이 그러한 기술기준에 합치 되는가의 여부를 판정하는데는 주파수 측정장치가 필요하게 된다.

따라서 당소에서 시행하고 있는 주파수 측정장치의 교정업무는 체신부령 제674호(80.4.21) “전파측정

등에 관한 규칙”에 의한 수탁사항중 주파수 측정장치를 확도 7×10^{-12} 의 세습표준주파수원기를 보유하고 당부산화 및 유관기관의 검사용, 시험용, 측정용 등의 주파수 측정장치를 연간 계획에 따라 정기적으로 교정을 받아 전파감시, 무선국검사, 형식검정등의 확보유지에 노력하고 있다.

본 보고서는 시간, 주파수에 중요한 주파수 안정도에 관한 고찰 및 주파수 측정장치의 여러가지 교정방법을 정리하고 당소에서 시행하는 교정방법을 제시하고자 한다.

2. 교정 절차

교정 절차는 전자 계수기 및 주파수와 관련있는 전자기기 내의 타임 베이스(time base)를 교정하는데 적용된다.

3. 정확도의 일반적 의미

주파수 발생기가 원래 정해진 주파수와 그 출력 신호가 어느 정도 일치하는 가로 결정된다. 즉 이것은 주파수 발생기의 명목 주파수와 실제 발생주파수와의 일치하는 정도에 의해 결정된다.

4. 주파수 안정도의 일반적 의미

발진기가 특정 시간 동안에 같은 주파수를 발생하는가에 의해 결정된다.

예로 정현파 발진기의 출력을 $V(t)$ 라 하자

$$V(t) = (V_0 + \epsilon(t)) \sin(2\pi \nu_0 t + \phi(t))$$

여기서 V_0 : 명목 최대 전압

$\epsilon(t)$: 시간에 따른 전압 변화량

$\phi(t)$: 명목 위상으로 부터 시간에 따른 위상 변화량

ν_0 : 명목 주파수

위의 파라미터(parameter)들 중에서 잡음 성분을 갖는 것은 $\epsilon(t)$ 와 $\phi(t)$ 이다.

이상적인 경우에는 $\epsilon(t)$ 와 $\phi(t)$ 는 "0"(zero)가 된다. 그러나 실제의 경우에서 $\epsilon(t)$ 와 $\phi(t)$ 는 존재하게 된다. 따라서 우리는 $\epsilon(t)$ 와 $\phi(t)$ 를 조사해야하지만 $\epsilon(t)$ 는 그 변화가 극히 적은 것으로 간주되어서 $\phi(t)$ 를 조사하는 것이 주파수 안정도의 주된 목적이다.

5. 용어 설명

가. 타임 베이스(time base)

전자 계수기 및 주파수와 관련있는 전자기기에는 수정 발진기와 같은 주파수 발생기가 들어 있어서 기기내에서 시계와 같은 역할을 한다. 이 같은 기기내에서 시계의 역할을 하는 주파수 발생기를 타임 베이스라 한다.

나. 상대 주파수(relative frequency)

어떤 주파수 발생기의 실제 발진 주파수(F_c)와 명목 주파수(nominal frequency, F_{nc})의 차이를 상대적으로 나타내는 양으로서 주파수 발생기의 정확도

를 표시하는 것이다. 일반적으로 상대 주파수(y)는 다음과 같이 표시된다.

$$y = \frac{F_c - F_{nc}}{F_{nc}}$$

다. 주파수 안정도(frequency stability)

발진기의 주파수 안정도는 두 가지로 표시된다.

1) 단기 안정도(short-term stability)

발진기의 불규칙한 잡음(random noise)에 의한 주파수의 변동을 표시하는 것으로 주로 $\sigma_y(\tau)$ (Allan 분산의 제곱근)으로 표시된다.

$$\sigma_y(\tau) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{M-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{2(M-1)} \right]^{1/2}$$

여기서 τ : 측정 시간(sampling time)

y_i : i 번째 측정값(실제 발진 주파수)의 상대 주파수.

M : 데이터(y_i)의 갯수

2) 장기 안정도(long-term stability)

발진기의 특정 시간동안의 상대 주파수의 변화량, 일반적으로 하루나 한달, 일년 동안에 변화되는 주파수로써 표시된다.

$$\text{장기 안정도} = \frac{|y_2 - y_1|}{\text{기간}}$$

y_1 : 처음 상대 주파수

y_2 : 현재 상대 주파수

예) 한달 전 $y_1 = 5 \times 10^{-7}$ 이었고, 현재 $y_2 = 5 \times 10^{-6}$ 이라면,

$$\text{장기 안정도} = \frac{|5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-7}|}{\text{한 달}} = 4.5 \times 10^{-6} / \text{한달}$$

6. 주파수 안정도의 정의

앞서 살펴본 바와 같이 정현파 발생기의 출력은 다음과 같다.

$$V(t) = [V_0 + \epsilon(t)] \sin[2\pi \nu_0 t + \phi(t)] - \text{①}$$

우리는 여기서 $\phi(t)$ 를 조사해야 한다. 그러면 주파수 변화와 위상 변화와의 관계를 살펴보자

주파수는 위상의 시간에 대한 변화율이므로 시간

t에서의 주파수를 $\nu(t)$, 총위상을 $\Phi_T(t)$ 라 하면,

$$\Phi_T(t) = 2\pi \int \nu(t) dt \quad \text{--- ②로 표시된다.}$$

②식을 ①과 비교하면

$$\Phi_T(t) = 2\pi \nu(t)t = 2\pi \nu_o t + \phi(t) \quad \text{--- ③ 이 된다.}$$

③식에 대한 시간의 변화율(로 미분) $\dot{\Phi}_T(t)$ 은 다음과 같다.

$$\dot{\Phi}_T(t) = 2\pi \nu(t) = 2\pi \nu_o + \dot{\phi}(t) \quad \text{--- ④}$$

④식에서 살펴보면

$$2\pi \nu(t) = 2\pi \nu_o + \dot{\phi}(t)$$

$$\therefore 2\pi (\nu(t) - \nu_o) = \dot{\phi}(t)$$

$$\therefore \nu(t) - \nu_o = \dot{\phi}(t) / 2\pi \quad \text{--- ⑤}$$

⑤ 식에서 주파수의 변화량 $(\nu(t) - \nu_o)$ 를 $\delta \nu(t)$ 라 하면 발진기의 주파수가 명목주파수 ν_o 로 부터 벗어나는 정도를 나타내는 상대 주파수 변동(fractional frequency fluctuation)

y(t)는 다음과 같이 정의된다.

$$y(t) = \frac{\nu(t) - \nu_o}{\nu_o} = \frac{\delta \nu(t)}{\nu_o} = \frac{\dot{\phi}(t)}{2\pi \nu_o} \quad \text{--- ⑥}$$

또 시간 t동안의 발진기의 시간 변동(time fluctuation) X(t)는 다음과 같이 쓰여진다.

$$X(t) = \int_0^t y(t') dt' \quad \text{--- ⑦}$$

그리고 주파수 측정에 있어서 어떤 한 순간의 주파수를 측정하는 것은 불가능하므로 측정 시간(sample time)을 τ 라 하면 시간 t에서 t + τ 동안의 평균상태 주파수($\bar{y}(t, \tau)$)는 다음과 같다.

$$\bar{y}(t, \tau) = \frac{X(t + \tau) - X(t)}{\tau}$$

가. 주파수 안정도의 제1정의 - 주파수 영역

주파수 영역에서의 안정도로써 상대 주파수 변동 y(t)의 스펙트럼 밀도(spectral density) $S_y(f)$ 로 정의된다. 차원은 Hz^{-1} 이다.

$$S_y(f) = \left(\frac{1}{2\pi \nu_o} \right)^2 S_\phi(f)$$

$$= \left(\frac{f}{\nu_o} \right)^2 S_\phi(f)$$

여기서 $S_\phi(f)$ 는 위상 변동의 스펙트럼 밀도이다. $S_\phi(f)$ 는 나중에 그 측정 방법에 대해 설명하고자 한다.

나. 주파수 안정도의 제2정의 - 시간영역

시간 영역에서의 안정도로 상태 주파수 변동의 sample variance에 기초를 두고 ⑥을 이용하여 측정 시간을 τ 라 하고 평균 상태 주파수(\bar{y}_K)를 다음과 같이 정의하자

$$\bar{y}_K = \frac{1}{\tau} \int_{t_K}^{t_K + \tau} y(t) dt$$

$$= \frac{\phi(t_K + \tau) - \phi(t_K)}{2\pi \nu_o \tau}$$

여기서, $t_{K+1} = t_K + T$ ($K = 0, 1, 2, \dots$)

(T: 측정시간 τ 에 대한 측정 주기)

그러면 시간 영역에서의 주파수 안정도는 다음과 같이 정의된다.

$$\langle \sigma_y^2(N, T, \tau) \rangle \equiv \left\langle \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N \right.$$

$$\left. \left(\bar{y}_n - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \bar{y}_k \right)^2 \right\rangle$$

여기서 N: 데이터의 갯수

T: 측정 주기

$\langle g \rangle$: g의 무한시간 평균

이 식을 y의 알렌 분산(allan variance)라 한다. 이때 N=2, T= τ (측정치 사이에 불감시간(dead time)이 없을 경우)일때의 알렌 분산($\sigma_y^2(\tau)$)의 제곱근을 시간 영역에서의 주파수 안정도로 정의할 것을 IEEE Subcommittee on frequency stability 에서 추천했다.

따라서

$$\sigma_y^2(\tau) \equiv \langle \sigma_y^2(N=2, T=\tau, \tau) \rangle$$

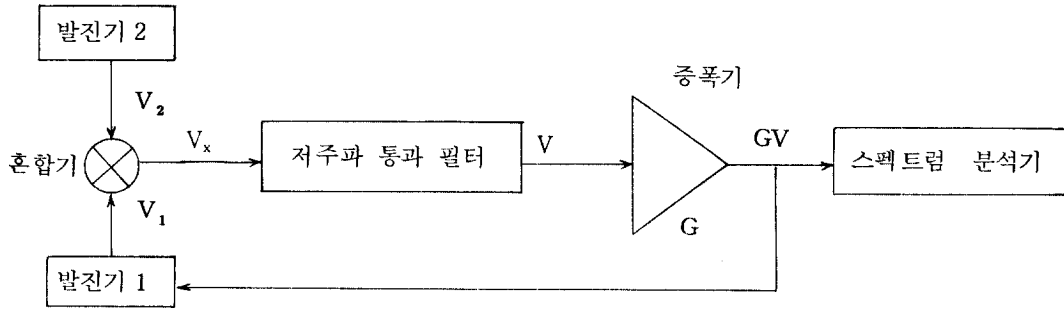
$$= \left\langle \frac{(\bar{y}_{K+1} - \bar{y}_K)^2}{2} \right\rangle$$

$$= \frac{1}{2(M-1)} \sum_{K=1}^{M-1} (\bar{y}_{K+1} - \bar{y}_K)^2$$

여기서 M 은 측정된 \bar{y}_K 의 갯수이다. $\sigma_y(\tau)$ 의 통계적 신뢰도는 근사적으로 $\pm M^{-1/2}$ 이다.

7. 주파수 안정도의 측정방법

가. 낮은 위상 동기 루우프 방식(Loose Phase Lock



(그림1 위상 변동 스펙트럼 밀도 $S_\phi(f)$ 의 측정 장치)

여기서, ν_0 : 발진기 1의 명목 주파수

발진기1: 정현파 출력 V_1 을 내는 기준 발진기

발진기2: 명목 주파수 ν_0 , 발진기1과 위상 직각이며, $\phi(t)$ 를 갖고, 출력 V_2 를 내는 위상 잡음을 측정하고자 하는 발진기

$$\text{즉 } V_1 = A_1 \sin(2\pi \nu_0 t)$$

$$V_2 = A_2 \cos[2\pi \nu_0 t - \phi(t)] \text{ 이다.}$$

혼합기 출력은 $V_x = \gamma V_1 \times V_2$ (γ : 혼합기의 손실 상수)

$$= \frac{A}{2} [\sin[2\pi \nu_0 t - \phi(t)] + \sin\{\phi(t)\}] \quad (7.1)$$

이다.

(7.1)식의 출력을 LPF에 통과시키면 첫번째항이 제거된다

$$V = \frac{A}{2} \sin\{\phi(t)\} \quad (7.2)$$

여기서 $\frac{A}{2}$ 가 최대 출력전압으로 $\frac{A_{pp}}{2}$ 로 표현하고 $\phi(t) \ll 1 \text{ rad}$ 이라면

loop method)

주파수 영역에서의 주파수 안정도를 측정하기 위해서 사용되며 이 장치의 그림은 다음과 같다.

$$V \simeq \frac{A_{pp} \phi(t)}{2} \quad (7.3) \text{ 이다.}$$

$$\text{따라서 } \phi(t) \simeq \frac{2}{A_{pp}} V \text{로 표현된다.}$$

이 식을 양변을 제곱하여 시간에 대해 평균을 구하면

$$\langle \{\phi(t)\}^2 \rangle = \left(\frac{2}{A_{pp}}\right)^2 \langle V^2 \rangle = \left(\frac{2}{A_{pp}}\right)^2 \cdot |V_{rms}|^2 \text{ 이다.}$$

여기서 위상 잡음 스펙트럼 밀도 $S_\phi(f)$ 는 다음 식으로 표현된다.

$$S_\phi(f) = \left(\frac{2}{A_{pp}}\right)^2 \cdot \frac{|V_{rms}(f)|^2}{B} \cdot \frac{1}{G^2} \quad [\text{rad}^2/\text{Hz}] \quad (7.4)$$

여기서, B: 스펙트럼 분석기의 대역폭

G: 증폭기의 전압 이득

이제 (7.4)식을 가지고 $S_\phi(f)$ 가 측정되면 $S_y(f)$ 를 구할 수가 있다.

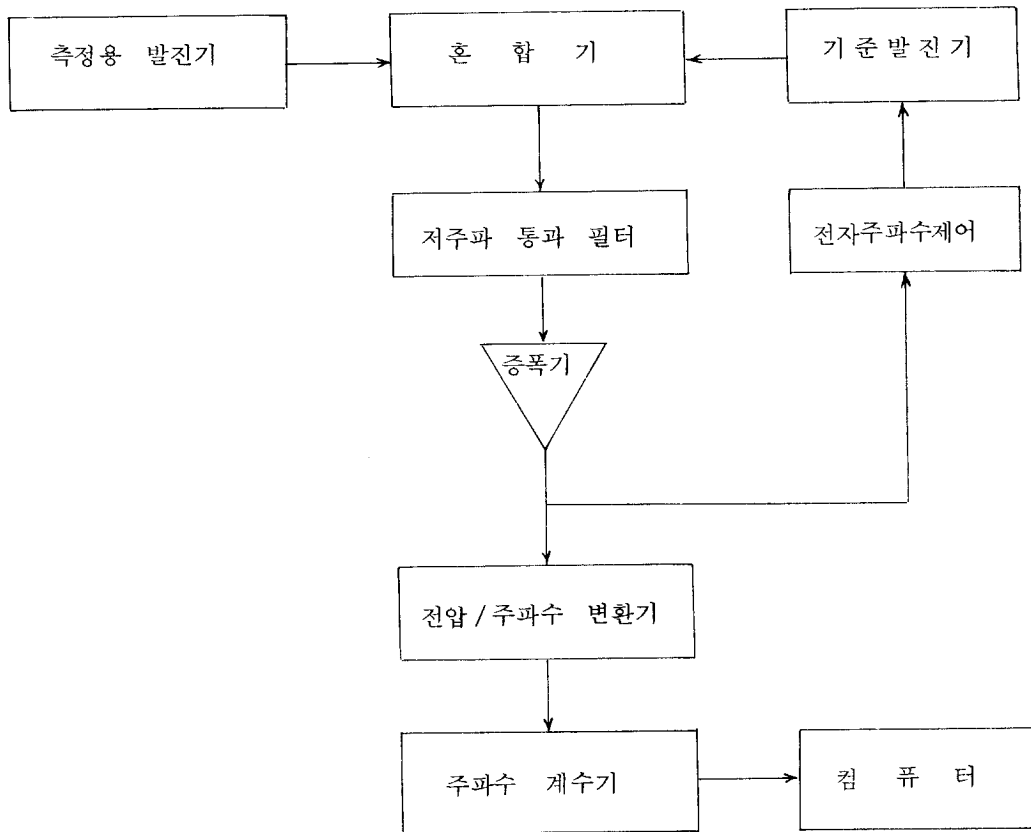
나. 빠른 위상동기 루우프 방식(tight phase lock loop method)

이 방식은 위상 동기 루우프의 동기 정착 시간이 수 ms정도로 짧다는 것 외에는 “가”에서 설명한 것

과 같다.

출력 전압은 두 신호 사이에 주파수 차에 비례한다. 따라서 출력 전압을 전압/주파수 변환기

(VFC)를 통과시킨 후 주파수 계수기로 측정하면 두 발진기 사이의 주파수 변동을 측정할 수 있다. 이 장치의 그림은 다음과 같다.



8. 측정 및 교정

교정이란 타임 베이스(또는 발진기)의 발진 주파수를 가능한 범위내에서 명목 주파수에 맞도록 정확히 조정하고, 이것의 정확도 및 안정도를 측정하는 것이다.

조정을 함으로써 발진 주파수의 정확도는 높일 수 있다. 그러나 안정도는 발진기 자체가 가지고 있는 특성에 의해 결정되는 것이므로 조정으로 변화시킬 수는 없다.

주파수 발생기의 성능이 우수할 수록 상대 주파수와 안정도는 작은 값을 갖는다.

가. 전자 계수기를 이용한 직접측정방법

일반적으로 주파수 변동이 큰 주파수 발생기 교정에 사용된다.

1) 피교정기기의 주파수 입력단에 표준기에서 나오는 신호를 입력시켜 피교정기기의 상태를 점검한다.

2) 피교정기기의 타임베이스 출력의 파형 및 전압을 측정한다.

3) 교정용 전자 계수기의 External Reference Input에 표준기에서 나오는 주파수를 입력시킨다.

4) 교정용 전자 계수기의 게이트 시간을 1 S or 0.1 S, 10 S, 100 S 등으로 놓는다.

· 필요한 장비

	장 비 명	비 고
주 파 수 표 준 기	○ 세슘원자주파수표준기 (Cesium Atomic Frequency Standard)	○ 범위 : 5 MHz 1 MHz 100 KHz ○ 장기안정도 : 10^{-12} / year 이내
	○ 루비듐원자주파수표준기 (Rubidium Atomic Frequency Standard)	○ 범위 : 5 MHz 1 MHz 10 MHz ○ 장기안정도 : 10^{-11} / month 이내
	○ 정밀수정주파수발진기 (Precision Quartz Crystal Oscillator)	○ 범위 : 5 MHz 1 MHz 10 MHz ○ 장기안정도 : 10^{-9} / day 이내
주 파 수 측 정 장 비	○ 전자계수기 (Electronic Counter)	○ 범위 : 0 ~ 100MHz ○ 외부기준주파수 입력가능
	○ 오실로스코프 (Oscilloscope)	○ 외부 트리거가 가능한 것
	○ 주파수비교기 (Frequency Difference Meter)	○ 범위 : $10^{-7} \sim 10^{-11}$
	○ 주파수합성기 (Frequency Synthesizer)	○ 외부기준주파수 입력가능
	○ VLF 수신시스템	○ 표준전파신호수신용

5) 교정용 전자 계수기의 트리거 레벨 및 function key를 조정한다. ((2)를 참조하여)

6) 피교정기기의 타임 베이스 출력을 교정용 전자 계수기 input에 입력시켜 주파수를 읽는다. 이때 트리거 레벨을 조정하여 안정된 주파수가 읽히도록한다.

7) (6)에서 측정된 주파수 값을 명목 주파수에 가깝게 되도록 피교정기기의 주파수 발생기에 연결되어있는 가변 축전지를 조정한다.

8) 전자 계수기에 안정된 주파수가 측정될 때까지 기다린다.

9) 전자 계수기에 읽히는 주파수 값들이 어느 자

리수에서 변동하는지 관찰한다. 예로 명목주파수 1MHz 발진기의 경우 0.1Hz 자리에서 변동이 있다면, 단기 안정도는 약 10^{-7} 정도이다.

10) 피교정 기기가 안정된 상태일때 전자 계수기의 게이트 시간을 1S로 놓고 데이터를 측정한다.

11) 게이트 시간을 바꿔가면서 (10)을 반복한다.

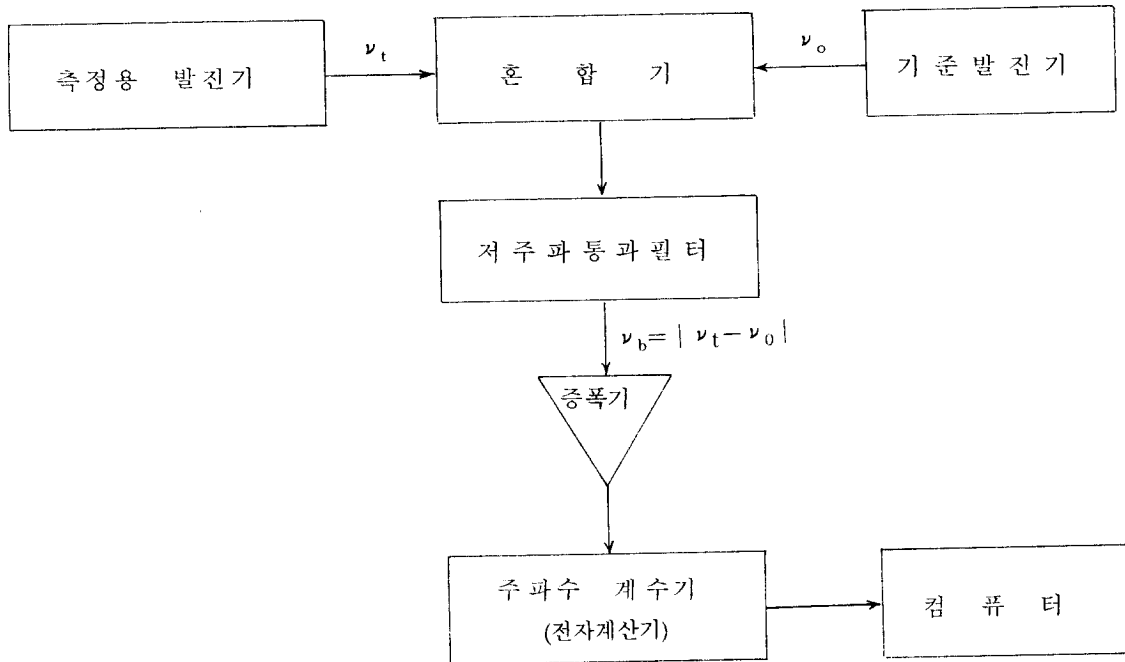
12) 장기 안정도를 알기 위해서는 피교정기를 계속 켜놓은 상태로 하루나 그 이상 시간 간격을 두고 (10), (11)을 반복한다.

13) 이 같이 하여 얻은 데이터로 부터 상대 주파수와 장·단기 안정도를 구한다.

나. 비트 주파수 방법 (beat frequency method)

에 사용된다. 시스템 구성은 다음과 같다.

일반적으로 안정도가 높은 주파수 발생기의 교정



- 1) “가”의 (1)~(8) 과정을 동일하게 한다.
- 2) 전자 계수기로 피교정기기의 출력 주파수를 읽는다.
- 3) 기준 발진기의 출력 주파수는 피교정 기기의 명목 주파수 보다 낮거나 높은 주파수가 되도록 한다. 두 주파수 차이는 보통 100Hz 정도로 한다.
- 4) 혼합기 양단에 피교정기기와 기준 발진기의 출력 신호를 입력시킨다.
- 5) 혼합기에서 나오는 출력 신호를 LPF와 증폭기를 통과 시킨후 측정한다. 측정되는 주파수는 두 입력 신호의 주파수 차이 (비트 주파수) 만큼 된다.
- 6) 전자 계수기에 측정되는 비트 주파수가 실제로 두 입력신호의 주파수 차이 만큼 되는가를 확인한다.
- 7) 피교정 기기의 출력 주파수가 이것의 명목 주파수와 완전히 일치한다면 측정되는 비트 주파수는 명목 주파수와 기준 주파수와의 차가 될 것이다. (6)에서 측정된 비트 주파수가 요구되는 정도보다 벗어

나 있으면 피교정기기의 주파수를 조정하여 비트 주파수가 정확히 맞도록 한다.

- 8) 조정후 주파수가 안정될때까지 기다린다.
- 9) 안정된 비트 주파수가 나올때 전자 계수기의 케이트 시간을 1S로 놓고 비트 주파수 (or 주기)를 측정한다.
- 10) 케이트 시간을 바꿔가며 데이터를 측정한다.
- 11) 장기 안정도는 피교정기기를 계속 켜놓은 상태로 하루 이상의 시간 간격을 두고 (9), (10)을 반복한다.
- 12) 이 같이 하여 얻어진 데이터로 부터 상대 주파수, 장·단기 안정도를 구한다.

다. 주파수 비교기를 이용한 방법

비교적 높은 안정도를 갖는 기기 교정에 사용되며, 장기 안정도 측정에 널리 이용된다.

- 1) “가”의 (1), (2) 과정과 동일하게 한다.
- 2) 주파수 비교기의 External Reference Input단에

기준기에서 나오는 주파수 출력(피교정기기의 주파수 출력과 같은 주파수)을 입력한다.

3) 주파수 비교기의 Signal Input단에 피교정기기의 출력 주파수를 입력한다.

4) Meter range를 주파수 차이가 생기는 자리에 놓고 표시되는 값을 읽는다.

5) 미터의 값이 0이 되도록 피교정기기의 타임 베이스의 출력 주파수를 가변 축전기를 사용하여 조정한다.

6) 조정후 미터가 0을 가르키며 안정되었으면 Meter Range를 한 단계 높여 측정한다. 만약 변화가 심하면 한 단계 낮추어 측정한다.

7) (5), (6) 과정을 거쳐서 피교정기기의 타임 베이스의 상대 주파수를 측정한다.

8) 피교정기기를 계속 켜놓은 상태에서 하루 이상 시간 간격을 두고 위 측정을 반복하여 장기 안정도를 구한다.

라. 오실로 스코프를 이용한 방법 (영상편기에 의한 방법)

측정방법에는 직접주파수를 측정하는 방법, 리사 유도형을 이용한 방법, 영상 편기법을 이용한 방법 등이 있는데 여기서는 영상 편기법을 이용한 주파수 교정방법만을 다룬다.

1) 전자계수기를 이용한 주파수 직접측정의 (1), (2)과정과 동일하게 한다.

2) 주파수 합성기의 External Reference Input에 주파수 표준기(또는 기준기)의 주파수(예: 100KHz, 1MHz, 5MHz)를 입력 시킨다.

3) 피교정 기기의 타임베이스 출력신호를 오실로 스코프의 수직 입력 단에 넣는다.

4) 주파수 합성기에서 기준주파수(피교정기기 타임베이스의 명목주파수)를 합성하여 오실로스코프의 외부 트리거링 입력 단에 넣는다.

5) (3)과 (4)에서 입력된 신호들이 같을때만 오실로스코프에 나타난 영상이 천천히 움직이게 된다. 따라서 오실로스코프에 나타난 영상이 될수 있는한 정지하게(천천히 움직이게) 피교정기기의 타임베이스의 가변 축전기를 조정한다.

6) 오실로스코프의 영상이 움직이는 정도와 방향을 측정한다. 영상이 오른쪽으로 움직이면 피교정기

기의 출력주파수가 기준 주파수 보다 낮고 왼쪽으로 움직이면 피교정기기의 출력 주파수가 기준 주파수 보다 높다.

7) 장기 안정도를 측정하려면 피교정장비를 계속해서 켜놓은 상태에서 하루 또는 그 이상의 시간 간격을 두고 같은 측정을 한다.

8) (6), (7)로 부터 상대 주파수와 장기안정도를 구한다. 예를 들어 (6)의 측정결과 영상이 1시간동안 3.6cm 오른쪽으로 움직였다면 (단, 이때 오실로스코프의 시간축이 $1\mu S/cm$ 이었다)

$$\frac{\Delta t}{t} = \frac{3.6cm \times \mu S/cm}{1시간} = 3.6\mu S/시간$$

이결과 $\frac{\Delta f}{f} = -\frac{\Delta t}{t}$ 의 관계가 성립하므로

$$\frac{\Delta f}{f} (=y) = -1.0 \times 10^{-9} \text{이 된다.}$$

그리고 똑같은 측정을 24시간 후에 하였더니 위상 편기율이 2배가 되어 $7.2\mu S/시간$ 이 되었다면 이것의 장기 안정도는 $1 \times 10^{-9}/day$ 가 된다.

9. 당소에서 시행하는 교정방법 (Vector Voltmeter 방법)

가. 관련 : 체신부령 제674호(80. 4. 21)전파측정등에 관한규칙

나. 처리기간 : 15일 (전파측정등에 관한 규칙 제7조의 별지 3호)

다. 수수료 : 16,000원(전파측정등에 관한 규칙 제7조의 별지 3호)

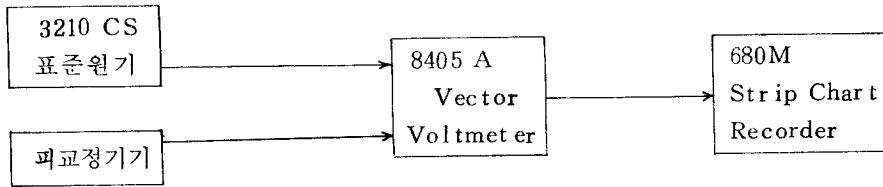
라. 교정 및 측정

1) 교 정 : 2일

2) 측 정 : 4일

단, 4일 측정을 하되 마지막 2일의 측정치로 상대 주파수 및 장기 안정도를 구한다.

마. System의 구성



바. 교정방법

1) 기준기인 3210CS 표준원기의 주파수출력과 피교정기기의 출력을 8405A Vector Voltmeter에 입력한다.

2) 3210CS 표준원기의 주파수에 피교정기기의 주파수를 0에 가깝도록 교정한다.

3) 8405A Vector Voltmeter에서 나오는 출력을 680M Strip Chart Recorder에 기록한다.

4) 기록된 Data를 가지고 상대 주파수 및 장기안정도를 구한다.

5) 처음 2-3일간은 피교정기기가 안정하도록 조정을 하고 이때 값은 측정하지 않는다.

6) 다음 4일간 측정 [(1)-(4)과정] 기록하는데 매 시간(1시간이상 예열후)실시하여 Data를 구한다.

7) (6)에서 얻어진 값에서 마지막 2일의 측정치로 각각 1일 상대 주파수를 구하고 그차를 비교하여 장기안정도를 구한다.

$$\text{상대 주파수 } Y = \frac{\sum_{i=1}^{\text{측정회수}} y_i}{\text{측정회수}}$$

$$\text{장기안정도} = \frac{(Y_1 - Y_2)}{1 \text{ day}} = Y / \text{day}$$

예 제

피 교정기기의 명목 주파수 10MHz

이 발진기의 발진주파수를 [(1)-(4)과정] 3210CS 표준원기와 비교 측정한 결과는 아래와 같다.

측정을 1일 간격을 두고 다시 하였더니 상대주파수 (Y2)가 9.3×10^{-8} 이 되었다.

$$* \text{측정값 } A = \frac{\Delta f}{f} = \frac{1/T}{f}$$

이때 상대주파수 및 장기 안정도를 구하라

측정값

1) 4.1×10^{-8} 5) 6.6×10^{-7}

2) 2.8×10^{-8} 6) 3.3×10^{-7}

3) 7.4×10^{-8} 7) 2.2×10^{-7}

4) 6.6×10^{-7} 8) 1.1×10^{-7}

1. 상대주파수 $Y = \frac{\sum_{i=1}^8 y_i}{8} = 2.6 \times 10^{-7}$
(y_i 의 평균값)

2. 장기안정도

$$\frac{Y_1 - Y_2}{1 \text{ day}} = \frac{2.6 \times 10^{-7} - 9.3 \times 10^{-8}}{1 \text{ day}} = 1.6 \times 10^{-7} / \text{day}$$

여기서 Y_1, Y_2 는 각각 1일씩 측정한 상대주파수 (평균값)를 말하고 장기안정은 그차를 비교한것이다.

10. 결 론

본 보고서는 당소에서 주파수 측정장치 및 주파수 관련기기의 교정을 하고자 할때 필요한 지식과 장비, 교정순서등을 제시한 것으로서 교정 실무자들이 현장에서 직접사용 또는 응용할 수 있도록 하였으며, 타 국가교정검사기관에서 전자계수기 및 주파수 관련기기의 타임베이스를 교정하고자 할때 사용할 수 있는 방법들로서 각 교정검사기관을 마다 보유하고 있는 장비와 교정방법이 다르기 때문에 이 점을 고려하여 다섯가지의 교정방법에 대해서 교정절차를 기술하였다. 각 교정기관에서는 상황에 따라 적당한 방법을 선택하여 사용할 수 있다. 교정방법을 선택할때 주의해야 할점은 교정에 의해 얻어진 결과

가 교정기기의 정밀정확도 보다 결코 좋을 수 없다는 것이다. 따라서 교정기기는 피교정기기가 갖는 정밀정확도 보다 적어도 한단계 우수한 기준기 및 교정방법을 택해야 할 것이다.

참고문헌

1. 전파연구소 교정지침서
2. 한·일간 전파과학에 관한 연구(1985. 10) 전파연구소
3. 전자계수기의 표준교정절차(1986. 12) 국가교정검사기관 협의회
4. 시간(정밀측정 교재 86-010) 공업진흥청
5. 주파수 안정도 (1982.) 한국표준연구소
6. 주파수 안정도 측정의 자동화(1984. 4) 한국표준연구소
7. 표준측정(1986. 3) 한국표준연구소