

직접 주파수 합성에 관한 연구

84301

○ 장 종 환 학 영 락
한양대학교 공과대학 전자공학과

A Study on the Direct Frequency Synthesis.

○ Jong Whan JANG Young Yeal HAN
Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University.

ABSTRACT The design of a system for the synthesis of one frequency from another is discussed in terms of mathematical methods of approximating real number. A revised design algorithm is derived and it is shown.

1. 서론

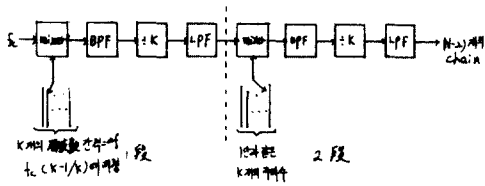
기준주파수 f_0 를 기본적인 대수학적 연산을 통하여 다른 주파수 f_x 로 변경하는 과정을 주파수 합성이라 한다.

주파수 합성의 이론은 Wojciechowski 가 일반적인 주파수 합성에 대한 방법을 제시하여 M. Maruyama, V. Kroupa

등에 의하여 진행되어 왔다. 오늘날에는 주파수 합성의 이론은 반송주파수가 빠르게 변경되는 모든 경우에 이용되고 있다. 본 논문에서는 기준주파수로부터 인접 기저주파수 간격을 synthesis series 을 사용하여 구함으로써 부수적인 주파수 합성에 필요한 주파수 본주와 체배율 제거하는 최적화된 설계를 제시하였고 그것으로부터 기저주파수를 구하였다. 또한 주파수 합성에 대한 개선된 알고리즘을 제시하였다.

2. 본론

(1) 직접주파수 합성 설계의 원리



[Fig 2-1] 反復 乘積 層數 合성 : [N계 反復 乘積 層]

k 개의 기저주파수는 기준주파수로부터 주파수 간격이 Δf 가 되는 line spectrum 를 구하므로써 얻을수 있다.

k 개의 기저주파수 중 원하는 1개의 주파수가 혼합기에 혼합된다.

(2) 직접주파수 합성기의 설계 알고리즘

① k 를 정한다.

주파수 합성은 주파수 합성 통신기에 있어서 디지털조정되므로 2 이력이 되는 것이 보편적이다.

그러므로 k 가 4로 선택하는 것이 대부분이다.

② 기저주파수와 주파수 대를 정한다.

기저주파수가 50 Mhz 이상의 주파수대에서 high spectral purity 를 경제적으로 구하기는 어렵다.

그러므로 주파수 합성의 기저주파수가 50 Mhz 이하로 선택하는 것이 좋을며 필요한 주파수 대를 얻기 위해서는 마지막 단계 주파수 체배기를 추가한다.

기저주파수의 중심주파수 $\Rightarrow f_0 \Rightarrow$

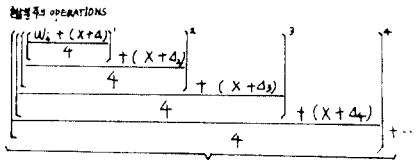
50 Mhz 이하

f_0 를 결정

f_0 을 결정하려면 f_0 에 대한 설계 명세도를 작성한다.

③ 혼합본주에 있어서의 n, Δf , f_1

의 값의 범위를 정한다.



[Fig 2-2] n개의 단계 혼합분주에서의 출력 주파수

$x + \Delta_i$: i 차 혼합분주에서의 기저주파수의 크기
 i) W_i 가 $f_1/3$ 이고 모든 단에서 기저주파수

$x + \Delta_i$ 를 f_1 으로 선택하면
 $(f_o)_i |_{all i} = \frac{f_1}{3}, (f_o)_{I_{min}} = f_1/3 + f_1 = 4/3 f_1$

ii) n 차 단에서의 출력주파수의 증가분

$$\Delta_i (f_o) = \Delta_i / 4^{n-1}$$

iii) 최대가능한 프로그램의 출력주파수

$$(f_o)_{max} = 4/3 f_1 - \Delta_i / 4^{n-1} \approx 4/3 f_1$$

Ix) 가능한 프로그램의 중심주파수

$$(f_o)_{mid-band} = \frac{1}{2} [(f_o)_{max} + (f_o)_{min}] = 4/3 f_1 + 2 \Delta$$

v) 가능한 프로그램의 주파수의 범위

$$(f_o)_{max} - (f_o)_{min} \approx 4 \Delta (n \gg 1)$$

④ 백분율 주파수 대역폭의 조건을 고려한 Δ_i 를 정한다.

$$1/k \cdot f_n + f_c/k = f_c \quad (\Delta f = B/K)$$

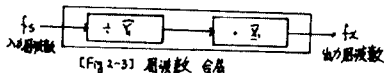
$$B \leq f_c (2/2k - 1)$$

(백분율 주파수 대역폭 = $B/f_c \times 100\%$)

⑤ 기준주파수에서 간격 Δf 를 구하는 블록선도를 설계한다.

synthesizer series 를 사용하여

$$f_x / f_s = \frac{\overline{X1}}{\overline{Y1}} \dots \dots (a)$$



[Fig 3-3] 周波數合成

여기서 $\overline{X1}, \overline{Y1}$ 이 작은소수의 적이면 원하는 출력주파수 f_x 를 구하는 데는 어려움이 없다. 그런데 일반적으로 $\overline{X1}, \overline{Y1}$ 이 작고, 큰 소수의 적이기 때문에 단순한 설계로는 적당한 고주파수를 생성할수 없고 원하는 출력주파수를 그들로부터 분리하기가 어렵다.

$$\overline{X1} = Z1 \overline{X1'}$$

$Z1$: $\overline{X1}$ 에 있어서의 모든 작은 소수의 적

$\overline{X1'}$: $\overline{X1}$ 에 있어서의 모든 큰 소수의 적

$$\overline{Y1} = \prod_{i=1}^n y_i$$

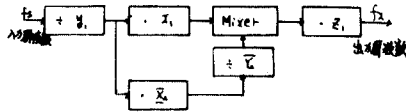
필요하면 $\overline{Y1} = y_1 \overline{Y2}$

그리하면 식 (a) 는

$$f_x / f_s = (Z1 \overline{X1'}) / (y1 \overline{Y2})$$

$$= Z1 / y1 (x1 + \overline{X2} / \overline{Y2}) \dots (b)$$

$x1$ 은 (조건1)에 의한 작은 소수의 적



[Fig 3-4] 2차의 feedback를 포함하는 周波數合成

대수학적 과정을 풀이하는 데 있어서 다음과 같은 조건들이 있다.

(조건1) 비선형을 사용한 주파수 채택은 2,3,5,

의 작은소수의 경우 용이하게 행할수 있다.

그러나 소수 7, 11... 등 이 대한 채택은 고주파 출력이 약하므로 분리하기가 어렵다.

그러므로 큰 소수는 작은 소수 (2,3,5)의 적이 되어야 한다.

(조건2) 혼합기에 들어오는 2개의 입력주파수 중 낮은 주파수와 원하는 출력주파수 사이의 비

$$|q_i + 1| \text{ 은}$$

$$0 < q_d \leq 7 < \frac{|X1|}{|X1+1|} = |q_i+1| < q_h \approx 19$$

의 조건을 만족하여야 한다.

$$\frac{\overline{X2}}{\overline{X1}} = Z2 \overline{X2'} \text{ 와 같이 된다}$$

$$f_x / f_s = Z1 / y1 [x1 + Z2 / y2 (x2 + \overline{X3} / \overline{Y3})] \dots (c)$$

이와같은 과정을 마지막 항의 분모가 작은 소수의 적으로 될때까지 반복한다.

결과적으로 일반적인 방정식은 (d) 와 같다.

$$f_x / f_s = (x1 \cdot Z1) / y1 + (x2 \cdot Z1 \cdot Z2) / (y1 \cdot y2)$$

$$+ \dots \dots + (x_n \cdot Z1 \cdot Z2 \dots Z_n)$$

$$/ (y1 \cdot y2 \dots y_n) \dots \dots (d)$$

$$= \prod_{i=1}^n x_i \left(\prod_{k=1}^i Z_k \cdot \prod_{j=1}^{i-1} y_j \right)$$

식 (d)로부터 주파수 합성은 (n-1) loops 를 가지며 그 블록선도는 (그림2-5)와 같다.

여기에서 $x_i, Z_k (i,k=1,2,3 \dots n)$

은 작은 소수의 적이거나 다음과 같은 집합 U_m 내에 있다.

$$U_m = 2^p \cdot 3^q \cdot 5^r \dots (e)$$

$$\left(\begin{matrix} m=1,2,3 \dots \\ p,q,r = 0,1,2 \dots \end{matrix} \right)$$

$U_i, (i=1,2, \dots n)$ 은

$$U_i \in U_m \text{ 이다.}$$

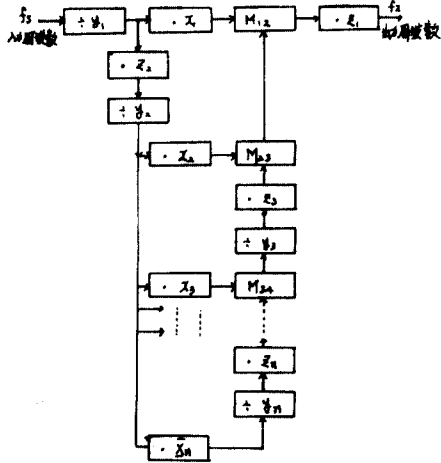


Fig. 5) 일반적인 계층적 합성기 블록

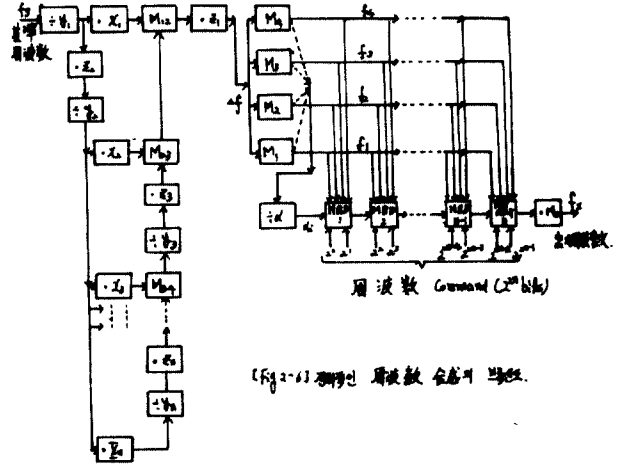


Fig. 6) 일반적인 계층적 합성기 블록

따라서 주파수 합성을 설계하는 일반적인 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 기저주파수의 k 를 정한다.
- ② 기저주파수의 주파수대를 정하기 위하여 M_0 에 대한 설계명세도를 작성한다.
- ③ $n, \Delta f, f_1$ 의 값의 범위를 정한다.
 f_1 의 값의 범위중에서 Δf 의 정수 배가 되는 f_1 을 정한다.
 $f_1 = \Delta f \cdot M_1$
 $f_2 = \Delta f \cdot (M_1+1), (M_2 = M_1+1)$
 $f_3 = \Delta f \cdot (M_1+2), (M_3 = M_1+2)$
 $f_4 = \Delta f \cdot (M_1+3), (M_4 = M_1+3)$
- ④ 백분율 주파수 대역폭의 조건을 고려한 Δf 를 정한다.
- ⑤ 기준주파수에서 간격 Δf 을 구하는 블록선도를 설계한다.
- ⑥ 기준주파수에서 원하는 출력주파수를 구하는 전체적인 블록선도를 (그림 2-6)과 같이 설계한다.

3. 결론

주파수 합성이 모든 문제는 일반적인 방정식의 해를 구하는 것으로 줄어든다.

그러나 주파수 합성에서 대수학적 연산을 할 때 2가지의 중요한 조건이 부가된다.

(조건1) 주파수의 제곱은 단지 작은 소수 (2,3,5) 이하로 설계 행할 수 있다.

(조건2) 혼합기에 결합된 주파수 비는

$$0 < qd < |q_1 + i| < qh$$

의 조건을 만족하여야 한다.

이 조건들을 만족하는 주파수 합성을 구하면 설계는 최적화 할 수 있다.

특히 기저주파수가 간격 Δf 의 정수배 이므로 주파수 합성을 설계하는 것이 간단하여진다.

그리고 주파수 합성이 개선된 알고리즘을 제시 하였다.

4. 참고문헌

- (1) VENCESLAV F. KROUPA, "Theory of Frequency Synthesis," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, IM-17, 56-58, 1968.
- (2) B.M. WOJCIECHOWSKI, "Theory of A Frequency-Synthesizing Network," Bell Sys. Tech. J., Vol. 39, PP. 649-673, May 1960.
- (3) R.C. DIXON, "Spread Spectrum Systems," John Wiley & Sons, 1976.
- (4) Jerzy Gorski-popiel, "Frequency Synthesis: Techniques and Applications,"

IEEE PRESS, 1975.

- (5) Venceslav F. Kroupa, " Frequency Synthesis,"
John Wiley & Sons , 1973.