

이 상
관 계
구 조
의 명
칭
을
정
명
함 *

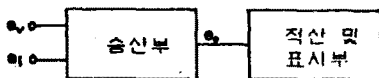
이 주
대 학
고
금 성
기 전
아 주
대 학
고
아 주
대 학
고
아 주
대 학
고

1. 서론

최근 반도체 기술의 발달과 컴퓨터 산업의 급속한 성장으로 각종 제어장치 및 측정 장치들이 디지털화하고 있다. 전력량계도 현재의 기계식에서 점차 전자식으로 바뀌어 가고 있다.

전자식 전력량계는 원격 측정이나 컴퓨터와의 interface 등이 간편하므로 여러가지 다른 기능을 부여할 수도 있어서 앞으로는 전력량계도 전자식으로 바뀔 가능성이 많다.

전자식 전력량계의 기본적인 구조는 그림1 과 같아서 대개 승산부는 속도 문제 때문에 아날로그 회로로 처리하고 적산부를 디지털 회로로 처리한다.



- ₁: 부하 전압에 비례하는 신호
- ₂: 부하 전류에 비례하는 신호
- ₃: 전력에 비례하는 신호

[그림 1]

승산기를 구성하는 기본적인 방법은 1) log-antilog 2) quarter-square 3) pulse modulation 4) variable transconductance 등임

생각할 수 있다[1]. 그림2는 각 방식의 개요를 나타낸다.

Log-antilog는 승산되는 두 입력이 모두 임의이어야 하고

$$\log x + \log y = \log xy$$

$$\exp(\log xy) = xy$$

의 개념을 사용한 승산 방식이다.

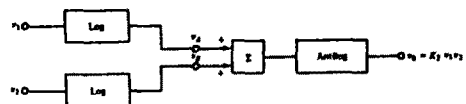
Quarter-square (그림2-a) 방식은

$$\left(\frac{x+y}{2}\right)^2 - \left(\frac{x-y}{2}\right)^2 = xy$$

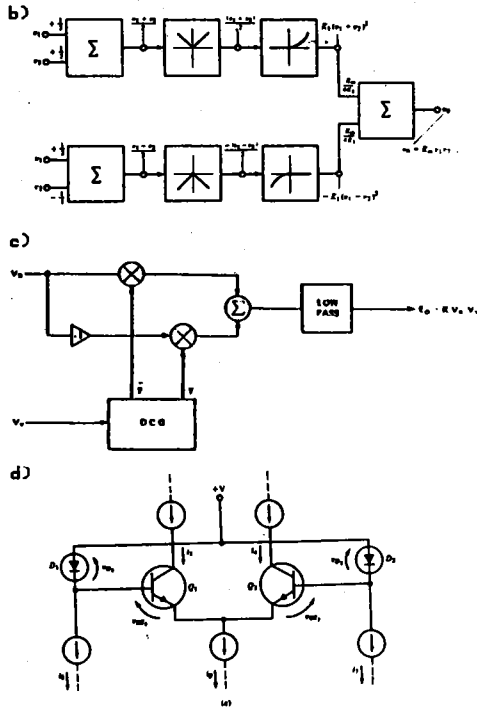
의 개념을 사용한 승산 방식이다.

Pulse modulation 방식은 입력전압에 비례하는 duty cycle로 다른 입력을 switching 함으로써 두 입력의 곱에 비례하는 펄스를 얻는다.

variable transconductance 방식은 반도체의 전압-전류 특성을 이용한 것으로서 그림2d 와 같은 gain cell 의 특성을 정확히 matching 하므로써 승산기로 동작한다.



[그림 2-a]



[그림 2-b,c,d]

위 방식의 직류 오차와 1% bandwidth를 비교하면 사용 소자에 따라 차이는 있으나 일반적으로 표1과 같다.[13]

표 1. 승산방식에 따른 특성 비교

승산방식	직류 오차 %	1% bandwidth
Quarter-square	0.25-0.5	30KHz
Pulse modulation	0.1	700Hz
Variable transconductance	0.5-2	50KHz

전력량계에서는 두 입력은 모두 60Hz의 일정 주파수를가지고 정밀 전력량계의 경우 1% 이내의 오차를[2] 요구하므로 bandwidth는 작으나 정확도가 높은 Pulse width-height modulation 방식으로 승산기를 구성하기로 하였다.

II. 펄스 modulation 에 의한 3상 전력 측정회로

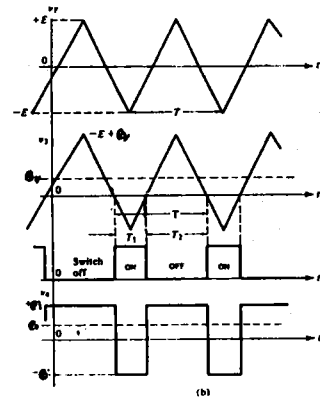
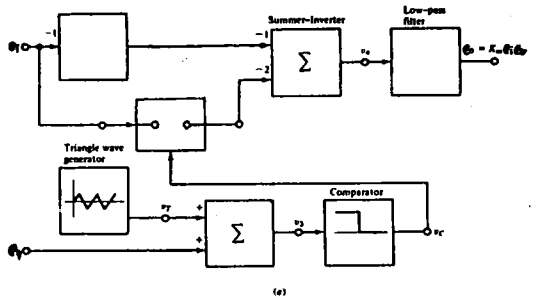
그림3 에서 삼각파의 주기를 T, peak 전압을 E 라 하면 비교기의 출력은

$$D = \frac{E - e_v}{2E}$$

인 duty cycle 를 얻는다. 그러므로 summer inverter 출력의 평균값은

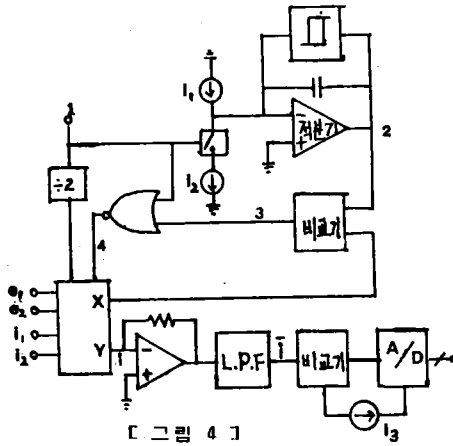
$$e_o = \frac{1}{T} \cdot e_v \cdot e_i$$

이 되며 LPF 를 사용하여 AC 성분을 제거하면 전력에 비례하는 신호를 얻는다.



[그림 3]

3상전력의 측정에 있어서 한 상만을 기준으로 한 두 선간전력의 합이 3상 유효 전력이므로 시분할 방식을 사용하여 그림4 와 같이 전력량 승산회로를 구성하였다. 그림5 는 그림4 의 각 부분의 파형이다.



$$\bar{i} = \left[\frac{1}{2} (D_1 i_1 + D_2 i_2) \right]_{ave}$$

$$= \left[\frac{CE}{2T_1} (\bar{i}_1 + \bar{i}_2) - \frac{C}{2T_1} (e_{v1} i_1 + e_{v2} i_2) \right]_{ave}$$

modulation 주파수는 60Hz 보다 충분히 높으므로

$$\bar{i} = \left[-\frac{C}{2T_1} (e_{v1} i_1 + e_{v2} i_2) \right]_{ave}$$

가 되며 tracking A/D 변환기를 이용하여

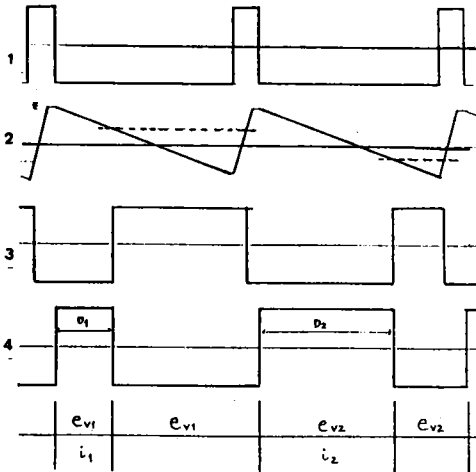
$$\bar{i} + I_3 = 0$$

이 되게하면

$$I_3 = -\bar{i}$$

$$= \left[\frac{C}{2T_1} (e_{v1} i_1 + e_{v2} i_2) \right]_{ave}$$

를 얻으므로 1가 3상 전력이 비례하다.



[그림 5]

그림 5에서 1번의 파형은 duty 가 1/8 로서 적분기를 동기시키고 reset 하기 위한 것이다. ($i_2 \gg i_1$) 2번의 출력 전압을 V_c 라 하면 switch 가 $t=0$ 에서 열렸다고 할 때

$$V_c = E - \frac{1}{C} I_1 t$$

이다. 4번이 high 로 있는 기간은 V_c 와 e_{v1} 를 비교함으로써

$$D = \frac{C}{T_1} (E - e_v)$$

(단 T는 1번 파형의 주기)

이 된다. 3상 전력을 계산하기 위하여 e_{v1} , e_{v2} 및 i_1 , i_2 를 multiplexing 하면 i의 평균값 \bar{i} 는

III. 결 론

전자식 전력량계를 만들기 위하여 pulse modulation 방식의 송신기를 사용함으로써 정밀한 3상 전력 측정회로를 구성하였다. 이 회로는 A/D 변환기와 결합하면 전력의 디지털 신호를 바로 얻을 수 있으므로 디지털 hardware 또는 마이크로 프로세서로써 전력량을 계산 할 수 있다. 이와 같은 회로 방식은 전자식 전력량계 뿐만 아니라 공설에 필요한 정밀 측정회로에는 어디에나 응용할 수 있을 것이다.

IV. 참 고 문 헌

- [1] John V. Wait, Lawrence P. Hersman, Graning A. Korn, Operational amplifier theory & application, pp.203-212, McGraw-Hill INC, 1975.
- [2] 한국 공업 규격 KS C 1209, 정밀 전력량계, pp.4-5, 1978.