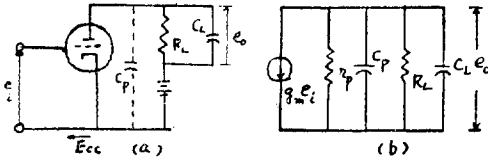


자 동 제 어 이 론(Ⅱ)

조 건 찬

§3-1. 전자증폭기(The Electronic Amplifier)



제 3-1도 진공관 증폭기

(a) 회로도

(b) 정지동작점에서 조금 변경되는 것에 대한 등가회로

제 3-1도에서 표시된 증폭기는 '간단하게 하기 위하여 3극진공관을 취급하였지만 이하에서 설명되는 관계는 선형적으로 동작하는 어떠한 다극관(Multigrid vacuum tube)에도 적용된다.

제 3-1(b)도에서 e_i 와 e_o 를 각각 입력, 출력의 정지치서부터의 변화량이라고 하면

$$g_m e_i = - \left(\frac{V_p + R_L}{R_L V_o} \right) e_o - (C_p + C_L) \frac{de_o}{dt} \dots (3-2)$$

단 g_m 는 진공관의

transconductance이며

r_p 는 진공관의

dynamic plate resistance이며

C_p 는 진공관의

interelectrode Capacitance와

stray capacitance와의 합이며

R_L 는 부하의 저항, C_L 은 용량부하이다.

e_i 대신 $E_i(s)$ 를 e_o 대신 $E_o(s)$ 를 de_o/dt 대신 sE_o

(s)를 대입하면

$$g_m E_i(s) = - \left(\frac{r_p + R_L}{R_L + r_p} \right) E_o(s) - (C_p + C_L) s E_o(s) \dots (3-3)$$

따라서 전달함수는

$$G(s) = \frac{E_o(s)}{E_i(s)} = \frac{-K}{\tau s + 1} \dots (3-4)$$

단 $K \triangleq \frac{g_m R_L r_p}{r_p + R_L}$ $\tau \triangleq \frac{R_L r_p (C_p + C_L)}{R_L r_p}$

지금 생각하고있는 증폭기의 전달함수를 (3-4)식으로 표시하였는데 이것을 1차선형 미분방정식으로 표시하면

$$\tau \frac{de_o(t)}{dt} + e_o(t) = -K e_i(t) \dots (3-5)$$

일정한 입력 1볼트를 증폭단에 $t=0$ 시에 입력단에 갑자기 가하였을때 여기에 대한 출력은 다음 방정식을 $e_o(0)=0$ 로 놓고 풀으므로써 구하여진다.

$$\tau \frac{de_o(t)}{dt} + e_o(t) = -K e_i(t), \quad t \geq 0 \dots (3-6)$$

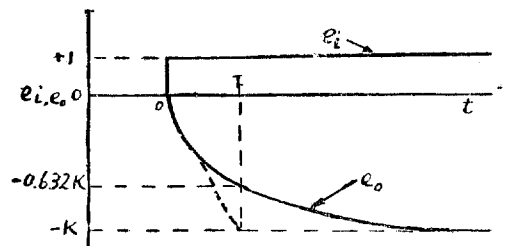
이것을 풀면

$$\begin{aligned} e_o(t) &= K e_i e^{-\frac{t}{\tau}} + c e^{-\frac{t}{\tau}} \int -\frac{k}{\tau} e^{\frac{t}{\tau}} dt \\ &= K e_i e^{-\frac{t}{\tau}} - K \dots (3-8) \end{aligned}$$

초기조건 (3-7)을 대입하면

$$e_o(t) = -K(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \dots (3-9)$$

(3-9)에 나타난 출력은 제 3-2도에서 설명되었다.



제 3-2도 제 3-1도와 같은 증폭관에 일정한 진압을 가하였을 때의 출력

일정한 입력을 갑자기 계통에 가하여 주었을 때 이에 대한 출력은 일계계통(즉 입력과 출력의 관계가 일계선형미분방정식으로 표시되는 계통)의 특성을 갖고 있으며 또 이런 종류의 계통이 대단히 많다. (3-4)의 특성을 갖고 있으며 또 이런 종류의 계통이 대단히 많다. (3-4)식

에서 τ 는 시정수 (time constant) 를 의미한다. 시정수는 일계통에 있어서 입력에 일정한 변동을 주었을 때 출력이 그 최종치의 63.2% 될 때까지의 시간을 의미한다. 이와같이 시정수의 크기는 계통의 완만도 (sluggishness) 를 재는 시간이다. 즉 시정수가 큰 계통은 보다 적은 시정수를 갖은 계통보다 늦게 대응한다 (responds). 어떤 계통에 있어서 시정수는 얼마나 빨리 대응하는지 그 대응 속도를 표시하는 수임으로 그 전달함수를 표시하는데 다음 두가지 표시법보다 (3-4) 식으로 표시할 때가 많다.

$$G(s) = \frac{-Kb}{as+b} \dots\dots\dots (3-4a)$$

단 $a/b = \tau$

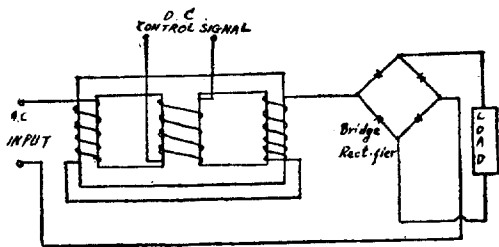
$$G(s) = \frac{-K/\tau}{s + (1/\tau)} \dots\dots\dots (3-4b)$$

제 3-1 도에 있어서 부하저항과 병렬로 캐파세탄스를 삽입하면 이계통의 시정수가 증가되고 따라서 입력전압의 변동이 있을때 여기에 대응하는 속도가 느려진다.

§3-2. 자기증폭기 (magnetic amplifier)

자기증폭기가 자동제어계통의 대단히 중요한 부분이다. 자기증폭기의 동작은 확실히 비선형 (nonlinear) 이고 복잡함으로 이 동작의 엄격한 수학적 분석은 대단히 곤란하다.

자기증폭기라는 것은 결국 포화리액 (saturable reactor) 이다.



제 3-3 도 간단한 자기증폭기

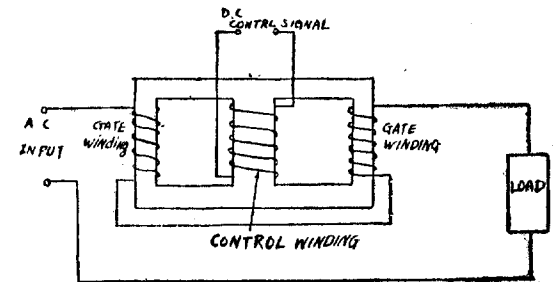
제 3-4 도는 가장 간단한 자기증폭기를 그림으로 표시한 것이다. 부하전류와 직렬로 연결된 게이트·권선 (gate winding) 의 임피던스는 부하전류가 변화함에 따라서 변화한다. 철심 (core) 의 자기특성은 비선형임으로 게이트·권선의 임피던스는 자기특성곡선의 각 부분에 따라서 다르다. 제어권선 (control winding) 에 의한 자계 (magnetic field) 는 한쪽 게이트·권선의 자계를 돕는 방향으로 작용하고 다른 한쪽 게이트·권선의 자계에 대하여서는 반대방향으로 작용하도록 권선이 말렸다.

따라서 제어권선에 전류가 흐르지 않을때 두개의 게이트·권선의 임피던스가 크며 서로 같다. 제어권선에 전류가 흐르면 철심을 바이어스 (bias) 시켜 한개의 게이트·권선의 1/2 싸이클은 포화상태로 된다. 그럼으로 여기에 대응하는 게이트·권선에 필요한 자화전류는 제어전류가 영일 때보다도 약간 크다. 다시 말하면 이권선의 임피던스는 적어진다. 그러나 다른 한개의 게이트·권선이 임피던스는 일정하다. 왜냐하면 그 1/2 싸이클중 어떤순간에 있어서도 후자의 게이트·권선이 말려있는 철심은 포화되지 않기 때문이다.

제어전류의 방향이 바뀌어질 때는 후자가 포화되어 임피던스가 커지고 전자의 권선의 임피던스는 커진다. 따라서 이러한 증폭기의 정전특성 (static characteristics) 은 제 3-6(a) 도와 같다.

전류출력을 응용하는 제어계통에 자기증폭기가 많이 사용된다. 브릿지 정류기 (bridge rectifier) 가 증폭기와 같이 사용될 때도 있을 것이다. 이런 결합장치가 제 3-4 도에 표시되어 있으며 제 3-3 도와 다른점은 부하에 직류류만이 흐르는 것이다. 자기증폭기의 권선에 흐르는 전류와 정전특성곡선은 서로 같다.

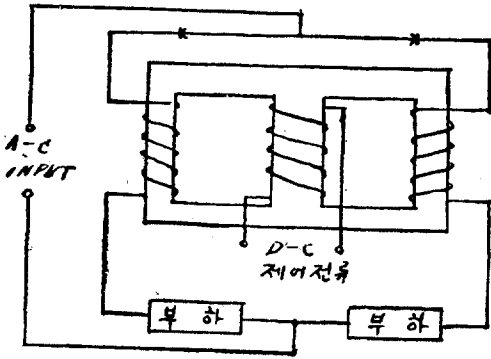
제어전류의 방향이 바뀌어질 때는 후자가 포화되어 임피던스가 커지고 전자의 권선의 임피던스는 커진다. 따라서 이러한 증폭기의 정전특성 (static characteristics) 은 제 3-6(a) 도와 같다.



제 3-4 도 직류출력이 나오는 자기증폭기

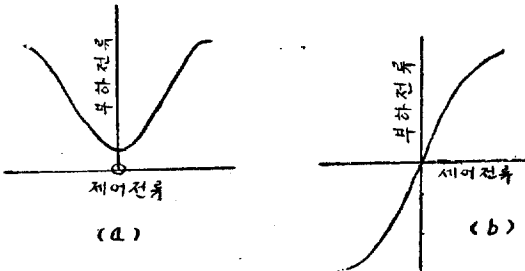
또 출력이 직류성질인 동시에 제어신호 (control signal) 의 극성에 대응하는 극성을 갖어야할 경우에는 제 3-5 도와 같은 회로를 사용하면 된다.

이런 장치의 정전전달특성은 제 3-6(b) 도와 같다.

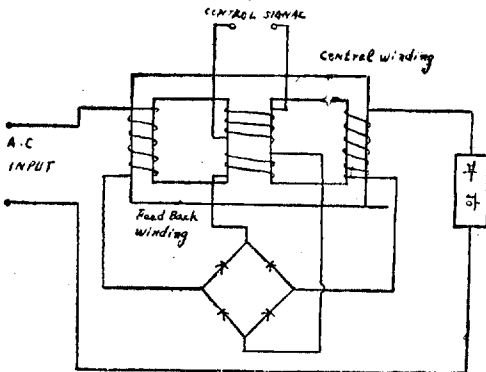


제 3-5 도 극성에 민감한(polarity-sensitive) 자기 증폭기

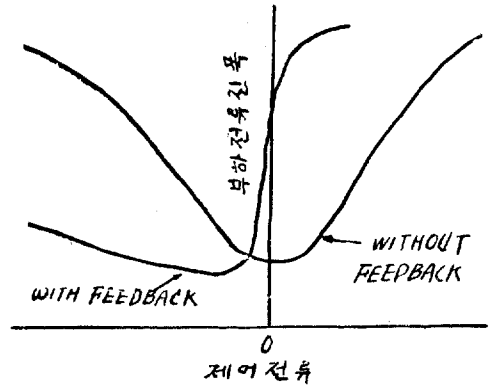
자기 증폭기의 운전특성을 증진 시키기 위하여서는 휘-드백·권선(feedback winding)을 사용한다. 후-드백·권선은 부하전류에 비례하는 직류가 흐르는 권선을 제어권선이 말린 철심에 말은 것에 불과하다. 다음 제 3-7 도는 이 회로를 표시하는 것이며 제 3-8 도는 제 3-3 도에 표시된 장치의 정전전달특성과 비교한 것이다.



제 3-6 도 (a) : 제 3-4 도에 있는 증폭기의 정전전달 특성곡선
(b) : 제 3-5 도에 있는 증폭기의 정전전달 특성곡선



제 3-7 도 제 3-3 도 증폭기에 휘-드백·권선을 추가 사용한 그림.



제 3-8 도 휘-드백을 사용함으로써 정전전달 특성에 주는 영향을 표시한 그림.

자기 증폭기에 대한 전달함수는 다음과 같이 표시 된다.

$$G(s) = \frac{E_o(s)}{E_c(s)} = \frac{K}{e_c + 1} \dots\dots\dots (3+10)$$

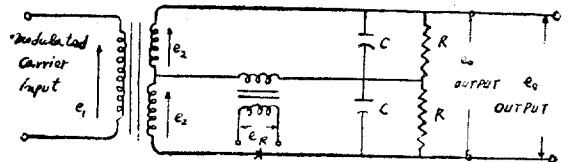
단 K 는 증폭정수 제 3-6 도에 있는 정전전달 특성의 구배와 제어시정수, e_c 는 제어전압, e_o 는 부하단의 출력전압의 진폭(교류시) 혹은 부하전압의 평균치(전압이 정류되었을 때)

§3-3. Phase-Sensitive Detector.

Phase-sensitive detector 는 기계입력을 전기입력으로 바꾸는 반송형 트랜스듀서(transducer)를 사용하는 제어계통에서는 대단히 중요한 역할을 한다. 이런 트랜스듀서의 출력은 반송주파수의 정현파이며 그 진폭은 측정코저하는 기계적변위의 크기에 거의 비례하는 진폭을 갖는다.

정현파의 위상은 변위의 크기에 관계하지 않고, 변위가 반대로 된것 같이 전기각도로 180° 갑자기 변화한다. 이러한 계통의 Phase-sensitive detector 의 목적은 진폭변조반송전압(amplitude-modulated carrier voltage)가 그 순간치를 기계변위에 비례하게 하고 또 그 순간극성이 변위의 그 순간적인 방향과 같도록 동작시키는 것이다.

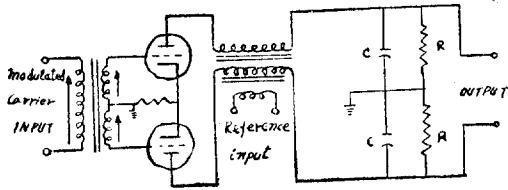
이와 같은 가장 간단한 Phase-sensitive detector의 회로도가 제 3-9 도에 표시되었다.



제 3-9 도 간단한 Phase-sensitive detector

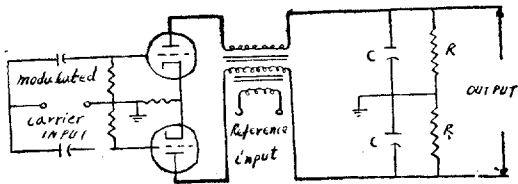
제 3-9 도에서 필터·회로를 구성하는 R 와 C 는 시정수 RC 가 캐리어 (carrier) 의 주기보다는 크고 측정코저하는 기계적변위를 예측할수 있는 고주파 부분의 주기보다는 적어야 한다.

Phase-sensitive detector 로 사용되는 회로의 다른 예를 들면 제 3-10 도와 같다. 이 회로의 동작은 제 3-9 도와 같고 제 3-10 도와 같은 회로를 사용하면 signal 의 증폭도 결합하여 얻을수 있는 것이 제 3-9 도의 회로와는 다르다.



제 3-10 도 증폭장치를 겸한 간단한 Phase-sensitive detector

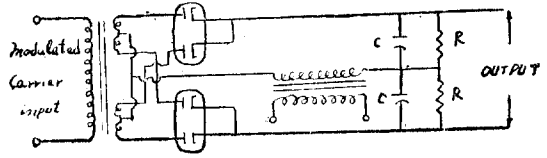
제 3-11 도는 제 3-10 도와 같은 회로인데 하나 다른 것은 제 3-10 도에서는 입력단에 R-C 커플링 (coupling) 이 들어있고 제 3-11 도에서는 driving source 에 변압기 coupling 이 있다.



제 3-11 도 증폭장치를 겸하고 R-C Phase-sensitive detector.

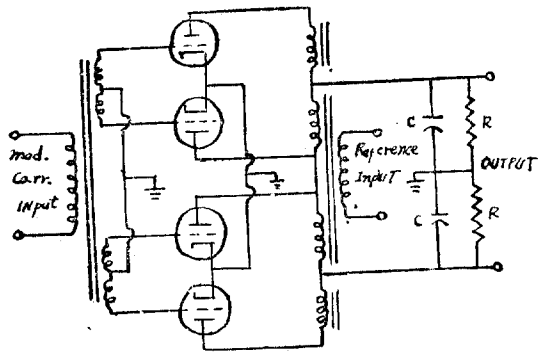
제 3-9 도, 제 3-10 도 및 제 3-11 도에서 설명된 반대정류장치를 사용하면 Phase-sensitive detector 의 출력에 원하지 않는 리플·전압 (ripple voltage) 이 생기지만 제 3-12 도와 같은 전파정류기를 사용하면 리플·전압의 크기가 적어지며, 기본리플전압의 주파수가 반파회로의 그것이 2 분지 1이다. 따라서 반파정류기대신 전파정류기를 사용하면 리플·전압에 대한 장애를 두가지로 개선할 수 있다. 또 전파정류기를 사용하면 반파정류기를 사용할 때보다 transmitting

information 의 능력이 2 배로 증가하는 것이 또 다른 하나의 장점이다.



제 3-12 도 전파 Phase-sensitive detector.

제 3-12 도는 증폭이 없는 전파 detector 의 그림이고 제 3-13 도는 signal 이 증폭되는 전파 detector 의 그림이다.



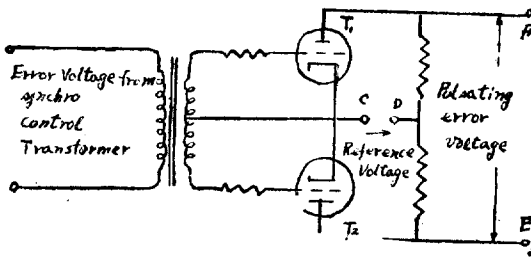
제 3-13 도 증폭장치를 겸한 전파 Phase-sensitive detector.

이외에도 Phase-sensitive detector 로 사용되는 회로가 많지만 그 기본동작은 반송주파수의 변조된 시그널 (signal) 의 위상과 반송주파수에 있어서의 변조되지 않은 reference input 의 위상과를 비교하는 것이다.

모든 경우에 있어서의 출력은 직류전압인데 그 극성은 두 교번전압이 동상 (in-phase) 일 때에는 단일극성이고 두 교번전압이 180° 위상 차가 있을 때에는 반대극성을 갖게 된다. 그리고 교번전압이 90° 위상차를 가질 때는 Phase-sensitive detector 의 출력은 대단히 적다.

이상회로 (ideal circuit) 에서는 출력은 영이다.

제 3-14 도에 설명된 것은 Phase-sensitive detector 의 전형적인 응용예이다. 오차가 없을 때는 양 진공관의 격자여자 (grid excitation) 는 영이다. 진공관의 플레이트 (plate) 에는 reference voltage 를 가하고 따라서 음극 (cathode) 에 대하여 정

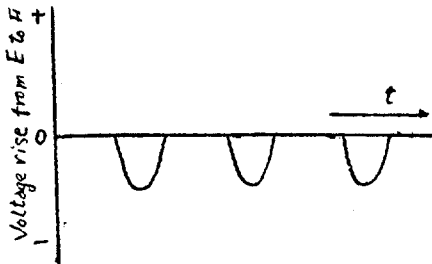


제 3-14 도 제 3-10 도에서 설명된 것과 흡사한 Phase-sensitive detector.

(positive)이다. 음극에 대하여 plate가 정인 반 사이클 동안에는 양 진공관은 똑 같은 전류가 흐른다. 이때문에 E점과 F점은 D점에 대하여 부(negative)로 된다. 이 결과로서 E와 F에서의 출력전압은 이 반사이클 동안 영이다. 다른 반 사이클동안은 양 plate는 reference 전압전원이 걸려서 Plate에는 전류가 흐르지 않는다. 그러므로 오차가 영일 때는 detector의 출력은 영이다.

일정한 오차에 대하여서는 단자 A와 B에 주는 synchro 전압은 방송주파수에서의 정현파전압이며, 오차전압의 성질에 의하여 reference 전압에 대하여 동상 혹은 180°의 위상차를 갖는다. 만일 오차의 방향이 A에서 B까지의 전압상승과 C에서 D까지의 전압상승이 진공관의 plate가 정으로 되는 반사이클동안 동상이라고 하면 제어 격자(control grid) T1은 부로 될 것이다. 따라서 T2보다도 T1이 더 큰 plate 전류를 통과시켜 detector의 출력은 F에서 E까지의 전압상승을 조래케 한다. 다른 반사이클동안은 진공관에는 전류가 흐르지 않는다. 왜냐하면 reference 전압전원에 의하여 cathode는 plate에 대하여 정으로 동작하게 되니까.

이러한 조건하에서 detector의 출력은 제 3-15도와 같이 일련의 맥동전압으로 구성된다.



제 3-15 도 일정한 오차에 대한 제 3-14 도에 표시된 detector의 출력.

반대방향의 일정한 오차에 대하여서는 A에서 B까지의 synchro 전압상승은 C에서 D까지의 기준전압상승과 180°의 위상차를 갖는다. 이 결과로서 plate가 정인 반사이클동안은 T2에는 T1에 보다 많은 전류가 흐르며 detector의 출력은 제 3-15도에 표시된 모생과 같다. 이와같이 하여 제 3-14도에 표시된 detector에서는 단일방향이며 그 평균치의 크기는 오차의 크기에 의하여 변하고 그 극성은 오차의 방향에 의하여 결정되는 출력이 발생 된다.

제 3-10도에서와 같이 필터, 캐파씨터(filter capacitor)를 사용하면 회로의 동작이 진공관의 전달시간(conduction time)을 조금 감소시키도록 변경된다. 그러나 여기서 중요한 특성의 변화는 출력전압을 필터(filtering)하여 캐파시타의 단자전압을 변화시키는데 필요한 일정한 시간만큼 지연시키는 것이다.

위에서 검토된 phase-sensitive detector는 직류 출력전압—그 평균치(e_o)는 교번입력전압의 최대치(e_{max})에 정비례한다—을 얻는데 사용되므로 detector의 동작은 다음과 같이 표시된다.

$$e_o(t) = Ke_{max}(t) \dots\dots\dots (3-11)$$

따라서 이 전달함수는

$$G(s) = \frac{E_o(s)}{E_{max}(s)} = K \dots\dots\dots (3-12)$$

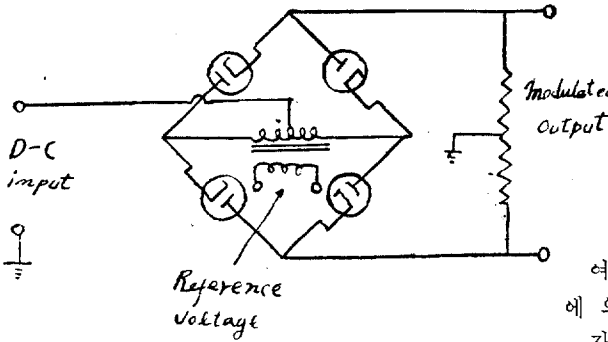
로 표시 된다. 정상상태운전에 대하여 유도된 이 전달함수는 e_{max}가 급속히 변동할 때에는 부정확하다. 이런 계통의 설계에 있어서는 방송주파수가 충분히 높아서 계통의 동작이 이 제한에 의하여 영향을 받지 않아야 한다.

이 전달함수를 사용하여 그 정확도가 불충분할 때에는 캐파씨타에 의하여 조래 되는 시간의 지연을 고려코저 (3-12)식 대신에 다음 전달함수를 사용한다.

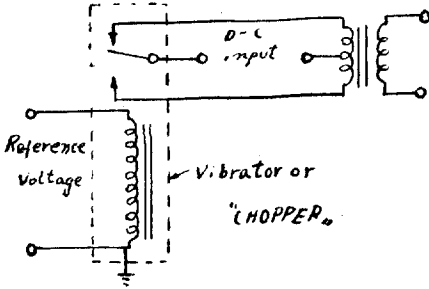
§ 3-4 변조기(modulators)

자동제어계통에 있어서 천천히 변하는 직류전압을 교번전압—그 진폭은 직류전압의 크기에 비례하고 위상은 직류전압의 극성이 정이나 부이냐에 따라서 동상 혹은 180° 위상차를 갖는다—으로 변환시키는 것이 필요할 때가 있다. 예를 들면 오차가 d-c 브릿지(bridge)에 의하여 측정되는 제어계통에 있어서의 최종단계로서 오상 전동기를 사용할 필요가 있을 때가 있다. d-c

증폭기를 사용하는 곤란을 면하기 위하여서는 2차전압이 교류식으로 변환시키고 필요한 증폭은 a-c 증폭기로 한다.

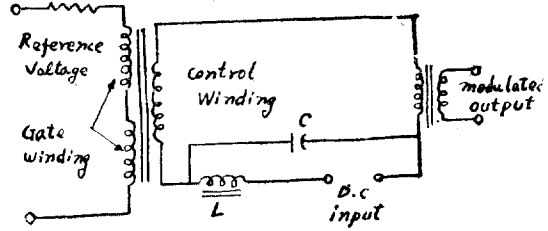


제 3-16 도 두 종류의 간단한 변조기



제 3-17 도 Electromechanical 변조기

직류전압을 교반전압으로 바꾸는 장치를 변조기(modulator)라고 부른다. 제어계통을 위한 변조기에 있어서 많이 사용되는 구성요소는 오극관급 속정류기, 진동접촉기(vibrating contactor)이다.



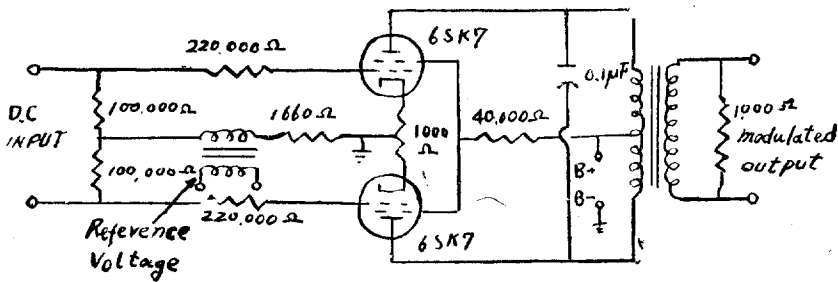
제 3-19 도 자기 변조기

여기서 고조파(harmonics)는 tuned-plate 회로에 의하여 필터(filter)된다.

자기변조기(magnetic modulator)도 때로는 자동제어계통에서 사용된다. 이런 종류의 대표적회로는 제 3-19 도에 설명되었고 여기서 캐파시타는 교반전류가 잘 통과하도록 낮은 임피던스 회로를 만들어 준 것이고 인덕턴스는 d-c 전원을 지방하기 위한 회로이다.

제 20 도에서 설명된 변조기는 다음과 같이 동작한다.

즉 변조기에 입력전압이 걸리지 않을 때에는 plate 전압의 정의 반사이클(positive half-cycle) 동안은 두 진공관에는 같은 전류가 흐르고 부의 반사이클동안은 전류가 흐르지 않는다. 따라서 변조기의 출력은 영이다. A에서 B 까지의 일정한 입력전압 상승에 대하여서는 절류가 통하는 반사이클동안 T_1 에 T_2 보다 더 많은 전류가 흐른다. 이 결과 E에서 F 까지의 출력전압상승의 기

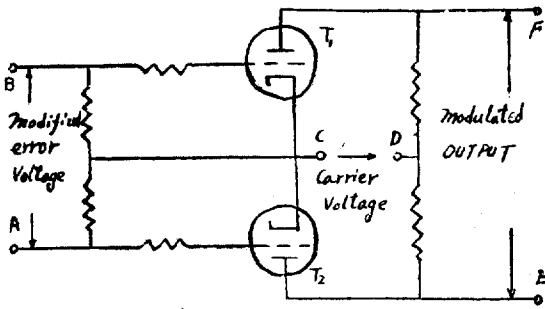


제 3-18 도 tuned-plate 변조기

이런식의 세 종류의 변조기가 제 3-16 도와 제 3-17 도에 표시되어 있다. 변조된 출력은 큰 고조파성분이 섞여 있다. 그러나 제어계통의 변조기 다음에 있는 부분이 이것을 필터(filter)한다.

제 3-18 도에 다른 종류의 변조기가 설명되었다.

본성분은 C에서 D 까지의 반송전압상승과 180° 위상이 틀리는 반송주파수의 정형파이다. 반대극성의 일정한 입력전압에 대하여서는 T_2 에 T_1 보다 더 많은 전류가 흐르고 E에서 F 까지의 출력전압상승의 기본성분(fundamental component)는 C에서 D 까지의 반송전압상승과 동성이다.



제 3-20 도 억제배반송변조기 (Suppressed-Carrier Modulator)

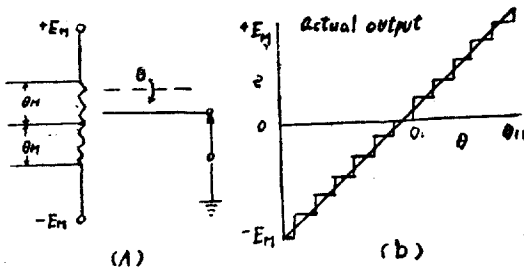
변조기의 동작에 대한 전달함수는

$$G(s) = \frac{E_{\max}(s)}{E_1(s)} = K \dots \dots \dots (3-14)$$

단 $e_1(t)$ 는 입력전압, $e_{\max}(t)$ 는 정형파출력전압의 진폭이다.

§ 3-5 전위차계 (The potentiometer)

자동제어계통에서 많이 사용되는 간단한 도구 중의 하나는 전위차계인데 이것은 기계적 시그널 (mechanical signal) 의 크기에 비례하는 전압을 발생시키는 장치이다. 권선형 (wire-wound type) 전위차계는 제 3-21 도와 같이 가는줄을 많이 감아서 얻고저하는 시그널에 가장 가깝도록 전압을 발생시킬 수 있도록 설계된 것이다.



제 3-21 도 권선형 전위차계 :
(a) 회로도
(b) 전달특성

제 3-21 도에서 θ_M 는 중앙·탭 (tap) 양측의 최대입력각 이며, E_M 은 여자전압 (excitation voltage) 이며, θ 는 입력각이다. 제 3-21(b) 도에서 이상적인 점선에 대하여 방정식을 세우면

$$e(t) = \frac{E_M}{\theta_M} \theta(t)$$

여기에 대한 전달함수는

$$G(s) = \frac{E(s)}{H(s)} = \frac{E_M}{\theta_M} = K \dots \dots \dots (3-15)$$

교류전원을 가할때도 e 를 출력전압의 진폭으로

생각하고 $2E_M$ 을 공급전압의 진폭이라고 생각하면 (3-15) 는 이 경우에도 적용된다.

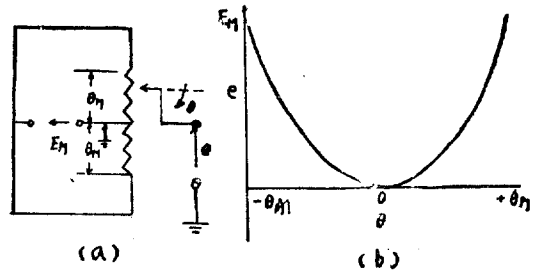
어떤 특별한 전위차계 (tapered potentiometer) 는 어떤 변수의 원하는 함수를 축 (shaft) 의 회전형식으로 나타내기 위하여 사용 되는 것도 있다. 예를들면 θ 를 $M\theta^2$ (M 은 상수) 로 변화시키려면 전위차계의 저항을 그 축의 기준위치 (혹은 중심) 에서 부터의 각 변위의 자승에 비례하는 전위차계를 사용하면 된다 (제 3-22 도를 보라). 즉 전위차계는 축의 회전과 중앙위치에서 점점까지의 저항과의 관계가

$$R = N\theta^2$$

되도록 만들어져 있다, 부하가 없을때의 출력전압은

$$e = \frac{E_M \theta^2}{\theta_M^2} \dots \dots \dots (3-16)$$

인것은 제 3-22 도에서 명백하다.



제 3-22 도 자승 전위차계
(a) 회로도
(b) 전달특성

이런 종류의 전위차계의 입력과 출력과의 관계는 비선형적 (nonlinear) 임으로 전달함수를 간단한 형식으로 표시할 수는 없다. 이러한 전위차계는 계산기에 사용된다.

§ 3-6. 회전계 (Tachometer)

회전계라는 것은 그 출력이 입력의 시간에 대한 변화율에 비례하도록 되어있는 장치를 말한다. 보통 사용되고 있는 회전계는 영구자석에 의한 자계내에서 도는 직류발전기이다. 이 경우에 회전계에 드러가는 입력은 축의 회전이며 출력은 입력각속도에 정비례하는 전압이다. 이리하여

$$e = K_T \frac{d\theta}{dt} \dots \dots \dots (3-17)$$

단 K_T 는 회전계의 감도 즉 비례상수이다. 이

1전계의 전달함수는

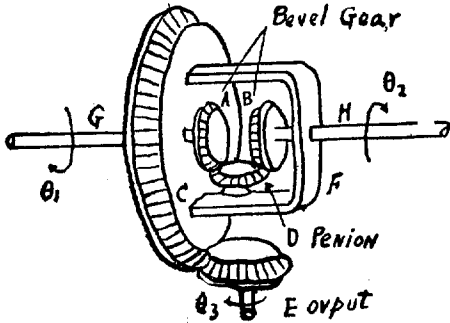
$$G(s) = K_{TS} \dots \dots \dots (3-18)$$

로 표시된다.

일정한 주파수의 출력전압을 발생시키는 적은 교류발전기를 회전계로 사용할 때도 있다. 이런 장치는 정현파전압을 발생시키며 전압의 진폭 max는 축의 속도에 정비례하며 그 전달함수는 (3-18)식과 꼭 같이 표시된다,

§3-7. 기계적차동장치 (The Mechanical Differential)

기계적제어계통에 있어서 오차신호 (error signal)를 얻기위한 기계적 차동장치에는 몇가지 종류가 있다. 제 1장에서 설명된 피대와 활차의 결합은 직동운동 (translatory motion)에 있어서 오차를 탐지하는 기계적차동장치의 한 예이다. 제 3-23도는 회전운동에 있어서 오차를 탐지하는 기계적차동장치의 보통형이다.



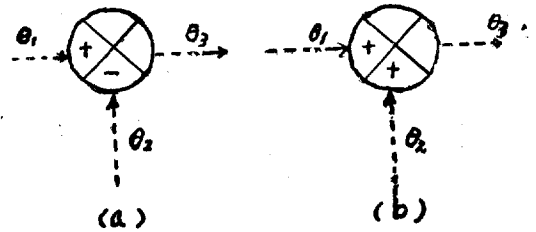
제 3-23 도 차동장치

두개의 경사기야 (bevel gear) A와 B는 직경이 같고 같은 개수의 치 (teeth)를 갖고 있다. 소치차 (Pinion) D는 기야통 (housing) F 안에서 돌게되어 있다. 또 경사기야 A와 B는 각각 축 G와 H에 교착되어 있으며 이 축들은 기야통안에서 독립적으로 돌 수 있게 되어 있다. 만일 축 G가 돌고있는 동안 축 H가 고정되어 있다고 하면 기야 A는 소치차를 그림에 표시된 방향으로 돌게 된다. 따라서 기야통이 반시계 방향으로 돌게 되며 기야 E와 그 축이 그림에 표시된 방향으로 돈다. 기야통의 회전각도는 축 G의 절반임으로 만일 기야 E의 치수가 기야 C의 치수의 반이라고 하면 출력축의 회전각은 G의 회전각과 같다.

위에서 검토된 것과 같이 제 3-23도에서 표

시된 방향으로 도라간 축 E의 축력은 입력축 G의 회전각에서 입력축 H의 회전각을 감한 것과 같다. 따라서 제 3-23도에 표시된 기계적차동장치의 동작특성은 다음 방정식으로 표시된다,

$$\theta_3 = \theta_1 - \theta_2 \dots \dots \dots (3-20)$$



제 3-24 도 기계적차동장치의 표시:
(a) 감하는 장치의 표시
(b) 합하는 장치의 표시

어떤 특별한 경우에 θ_1 과 θ_2 를 합하는 것이 필요할 때에는 H 대신 H와 결합된 역전기야 (reversing gear)에 θ_2 를 흡아 가게함으로써 θ_1 과 θ_2 를 합할 수 있다. 이 운전에 있어서는 θ_1 , θ_2 및 θ_3 간의 관계는 다음 방정식으로 표시된다.

$$\theta_3 = \theta_1 + \theta_2 \dots \dots \dots (3-20)$$

방정식 (3-19)와 (3-20)으로 표시된 관계를 제 3-24도와 같이 그림으로도 표시할 수 있으며 또 제어장치 공부에 많이 사용되고 있다.

제 3-24도 (a)는 방정식 (3-19)의 관계를 표시한 것이며 제 3-24도 (b)는 방정식 (3-20)의 관계를 표시한 것이다.

§3-8. 싱크로 (Synchros)

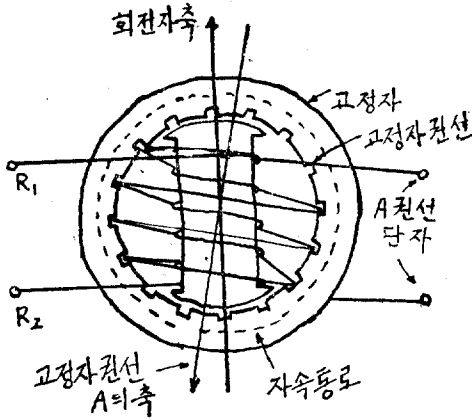
싱크로 라는 것은 각위치 (angular position data)를 전달하는 적은 교류기계를 말한다. 싱크로의 종류에 따라서 각각 다른 이름을 붙인다. 즉 그 용도에 따라서 전동기 혹은 수신기, 발전기 혹은 송신기, 차동장치 혹은 제어변압기 (control transformer)라고 부른다.

싱크로·전동기와 싱크로·발전기는 그 구조 상으로 보아서 꼭 같고 하나 다른 것은 전동기에는 마찰이 적은 구축승 (ball bearing)이 있어서 기계적제동작용을 하는데 발전기에는 그것이 없는 것이다.

어떤 종류의 기계든지 고정자와 회전자가 있고 그것을 철평을 쌓아서 만든 철평에 전선을 감은 것이다.

싱크로·발전기와 싱크로·전동기의 회전자는

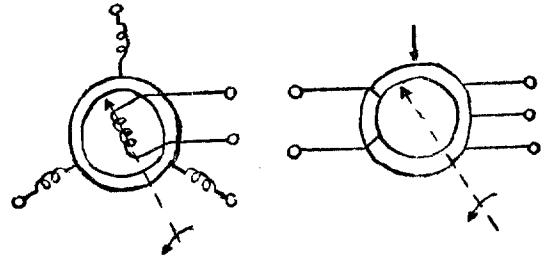
2극 (salient pole) 과 1 권선을 그 위에 감은 것이며 두꺼의 브러쉬 (brush) 를 통하여 슬립 링 (slip ring) 과 연결되어 있다. 제 3-25 도에 있어서 R_1 과 R_2 는 회전자의 단자를 표시하는 것이다.



제 3-25 도 싱크로·발전기, 전동기의 단면
고정자는 원통형이며 3조의 같은 전선이 각각 몇 홈 (slot) 에 걸쳐서 말려 있다. 제 3-25 도에서 1조의 고정자 권선 A가 말려 있는 상태가

표시되어 있다. 전류가 이 선분 A에 흐르면 기차력 (magnetomotive force) 가 A 선분축과 평행이 우수의 법칙 (right-hand rule) 에 의하여 생긴다. 다른 두꺼의 고정자 권선 B와 C도 A와 같이 120°씩의 차의각을 두고 말려 있다.

세꺼의 고정자 권선은 Y형 혹은 △형으로 연결된다. 여기에서는 Y형에 대하여서만 검토하자. 제 3-26 도에 있어서 S_1, S_2, S_3 는 고정자 권선의 단자를 의미 하며 안에 있는 원은 회전자를 밖에 있는 원은 고정자를 표시한다.



제 3-26 도 싱크로·전동기, 발전기의 표시
—다음 호에 계속—

—8頁 계속—

제 경험을 얻어야 비로서 확증을 얻었다고 할 수 있는 것이다. 뿐만 아니라 이보다 높은 전압의 실현은 이에 관한 연구 내지 기술발전이 이루어진 후에 비로서 고려할 수 있는 문제라 하겠다. 그러나 이와 같은 난관이 장래의 고압송전기술에 결정적 제한을 줄 수는 없다.

계속적인 연구 또는 발전에 의하여 보다 높은 고압송전이 경제적으로 가능하고 능률적임이 판명되면 실현될 수 있는 것이다. 이런 점에서 영국의 전력공사는 장래 380,000 volt 의 고압송전을 실현할 수 있다고 보고, 275,000 volt 계통의 다량 송전을 겸하는 부분을 설계하였다고 한다. 더우기 275,000 volt 변전소에는 가능한 한 380,000 volt 의 실현을 전제로 공지를 마련하였던 것이다.

특히 Leatherhead 시험소 근방에 설비한 시험선로에 의한 실험이 끝났고 이에 수반하여 275,000 volt 계통의 운전 data가 얻어지매 따라서 380,000 volt 의 송전선로 건설에 필요한 기술자료는 전부 갖추어 졌다고 보고있는 것이다.

(4) Supergrid 건설에 기기를 공급하는 주요 제약자와 제작회사

(1) 개폐, 변설시설

- Bruce Peebles, Limited
- The British Thomson-Houston Co. Limited
- Compton Parkinson, Limited (British Electric Transformer Co.)
- The English Electric Co. Limited
- Ferguson Pailin, Limited
- Ferranti, Limited
- The General Electric Co. Limited
- Hackbridge & Hewittic Electric Co. Limited
- Metropolitan-Vickers Electrical Co. Limited
- C. A. Parsons & Co. Limited
- A. Reyrolle & Co. limited

(2) 송전선로 건설

- Balfour Beatty & Co. Limited .
- British Insulated Callenders Construction Co. Limited
- W. T. Henley's Telegraph Works Co. Limited
- Watsham's Limited

— 끝 —