

제1-2 자동불연속 위치제어장치

라고 정의하였다.

“사이버네틱스(Cybernetics)”라는 말도 있는 때 이것을 와이너(Weiner)는

『동물과 기계를 제어하는 과학』이라고 정의하였다. 여기서 수학적 의미에 있어서 동물과 기계를 다르게 구별할 필요는 없다. 그럼으로 이 책에서는 정보의 통신을 위해서 혹은 변수를 제어하기 위해서 혹은 이 양자를 다 위하여 설계된 장치를 사이버네틱스 장치라고 불렀다. 이 책에서 제어장치와 사이버네틱스 장치와는 똑같은 의미로 사용하였다. 기초 써-보·메카니즘의 블록·다이아그램(block-diagram)은 제1-1도와 같다.

§1-1. 제어장치의실례(Example of Types of Control System)

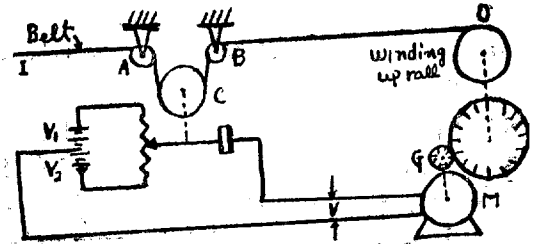
고무롤을 입힌 적물을 만드는 과정에서 사용되는 것과 같은 단순한 불연속위치 제어장치가 제1-2도에 그려져 있다. 고정활차 A, B 와 가동활차 C는 오차탐지기(error detector) 혹은 차의 장치의 역할을 한다. 제어장치는 전지 V_1, V_2 와 개폐기 S 와 전동기 M 는 기야 G 로 구성되어 있으며 기야의 축은 말아 올리는 활차(Wind-up roll)와 연결되어 있다. 벨트의 입력단 1 가 우측으로 Q_0 만큼 이동하면 가동활차는 $Q_i/2$ 거리 만큼 아래로 이동한다. 이 C의 이동이 개폐기 S를 닫을 수 있으리 만큼 이동하면 전동기가 말아 올리는 활차를 시계식으로 돌린다. 이결과 활차 C는 다시 올라가서 개폐기 S는 열려 전동기는 정지하게된다. 말아 올리는 활차의 외측반경을 R 라고 하고 또 이 활차가 $\frac{1}{R}Q_0$ 만큼 돌았다고

하면 활차 Q는 $Q_0/2$ 만큼 올라간 것이 되니까 활차 C가 기준위치에서 아래로 내려온 거리 Q_c 는

$$Q_c = \frac{Q_i - Q_0}{2}$$

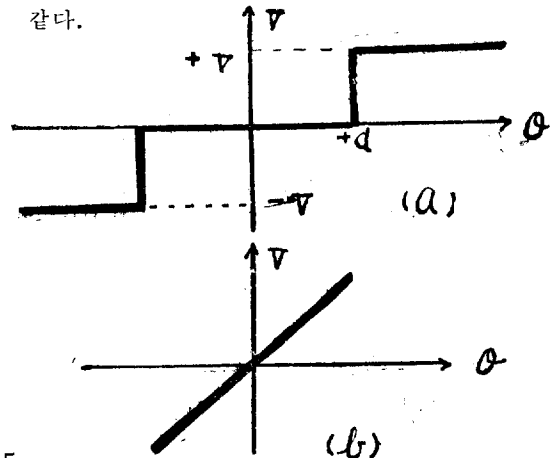
제1-도 2와 같은 장치로서는 오차탐지기에 데드·존(dead zone)이 있으므로 입력과 출력간에 완전한 일치를 얻을 수가 없다,

즉 Q_i 와 Q_0 의 차가 개폐기의간격 d 이상이 되지 않으면 전동기에 회전력이 생기지 않는다. 그뿐 아니라 전동기에 주어 지는전압은 두전압중의 하나 ($V=0$ 혹은 $V=V_1=V_2$) 이므로 급격한 변동에 따라 가기가 곤란하다. 이런 장치의 동작에서는 큰 과동작과(overshoots)진동하려는 경향이 있다.



제1-3 자동연속 제어장치

제1-2도에 있는 개폐기를 제1-3도에 있는 전위차제로 바꿈으로써 그 동작을 개선할 수 있다. 제1-3도와 같은 장치에 있어서는 데드·존(dead zone)이 없고 전동기가 걸리는 전압에 비례하여 회전력을 발생한다면 회전력이 오차에 비례하여 생기게 된다. 제1-2도와 제1-3도에서 발생하는 오차전압(error voltages)를 오차각(error angle)의 함수로 표시하면 제1-4도와 같다.



(a) 불연속장치

(b) 연속장치

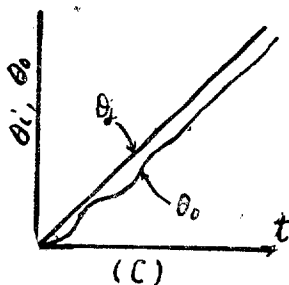
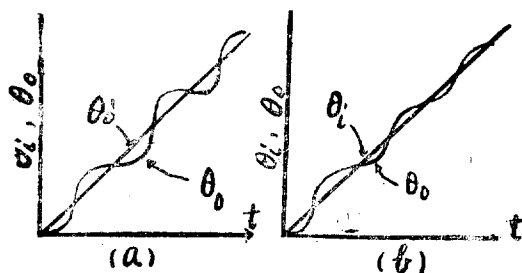
제1—3도에서 설명된 장치에 있어서 진위차계가 선형 (linear)이고 또 진위차계의 바늘 (arm)이 진위차계의 중앙에 있으면 $V_1=V_2$ 로 되어 진압 V 는 영으로 된다. 진위차계의 바늘이 중앙에 있다는 것은 자동환차 C 가 균형된 위치에 있고 피대 I 와 O 의 끝도 균형된 거리를 유지하고 있음을 의미한다. 만일 환차가 이 기준위치에서 다른 고정된 위치로 이동하면 입력신호 (input Command) 혹은 부하에 대한 교란에 의하여 변위에 비례하는 오차전압 V 가 생겨 진동기에 걸리게 된다. 그러면 진동기는 출력이 입력신호와 대응할 때까지 부하를 동작시켜 준다. 이렇게 하면 오차전압 V 는 또 다시 영으로 된다.

만일 장치가 처음에는 정지되어 있었고 또 피대의 입력단 (I)이 유속으로 일정한 속도 S_0 로 움직인다고 하면 자동환차는 처음에는 $S_0/2$ 속도로 아래로 이동될 것이다. 이와 같이 환차가 이동하면 진동기에 걸리는 전압이 증가되어 펄트의 출력단 (O)을 받아 움직이는 환차로 받아들일 것이다. 입력변위 Q_i 가 출력변위 Q_o 를 초과하는 한 오차전압은 같은 극성 (polarity)을 유지하여 로—라 (roller)를 시계시 방향으로 가속시켜 피대를 로—라위에 감는다. 부하가 충분히 가속되어 출력변위가 입력변위를 초과하면 이 때는 자동환차가 기준위치에서위로 이동되고 따라서 오차전압 V 의 극성이전과 반대로 된다. 이와 같이 오차전압의 극성이 반대로 되면진동기는 로—라를 반시계 방향으로 돌려서 피대를 풀게 된다. 안정상태에 도달된 후 마찰이 점점 없어 진다고 하면 자동환차는 점차로 기준위치에 돌아올 것이다. 이와 같이된다면 이 장치는 일정한 출력 속도와 입력속도와 같은 상태를 유지하여 오차는 영으로 된다. 그러나 마찰이 있으면 어떤 일정한 양의 회전력이 정속도 출력을 유지하기에 필요한 것이다. 이렇게 된다면 출력속도가 일정한 입력속도와 같을때 환차 C 는 기준위치 이하에서 머물게 될것이다.

이 장치 (제1—3도)에 대하여 초기오차 (initial error)가없는 정속도 입력을 주면 오차는 시간에 대하여 다음과 같이 변한다. 진동기의 부하가 정상상태에서 어떤 다른 순간에있어서의 입력

에 의하여 요구되는 순간위치로 가속될 때까지 오차는 정 (positive)을 지속한다. 이 순간에 있어지는 오차는 영이 된다. 부하는 관성 (inertia)을 갖고있으므로 부하는 과동작 (overshoot)하여 입력신호가 필요한 위치로 움직이게 될 것이다. 이렇게 되면 오차는 부 (negative)로 되어 진동기에 걸리는 전압의 극성이반대로 된다. 이때는 부하가 감속되며 오차는 부속 (negative side)에서부터 영으로 가까워 진다. 부하가 다시순간적으로 요구위치를 넘어 가면 차는 다시 정 (positive)으로 되어 진동기는 부하를 또 한번가속시킨다. 마찰이 있어서 진동을 감적이 막아주지않으면, 소요되는 출력조건에 대한 장치의 헌팅 (hunting)이 계속될 것이다. 이리하여 어느 정도의 마찰은 영구히 계속될헌팅을 막는데 필요하다 그러나 전에 설명한 바와 같이 이 마찰은 출력과 입력간에 정상상태오차 (steady-state error)를 초래한다. 그러므로 이런 종류의 장치를 설계하는데 있어지는 정속도 입력에 도달하였을 때의 정상 상태오차와 정상상태에 도달할 때까지의 큰 시간지연과를 적절히 않으면 안된다. 그러나 이 제어 장치조절 하지치에 어떤 제어 시신을 추가함으로써 레스폰스, 타임 (response time)을 짧게 하고 정상상태오차를 없이 할 수 있다.

위에서 생각된 입력, 출력관계를 마찰이 많고

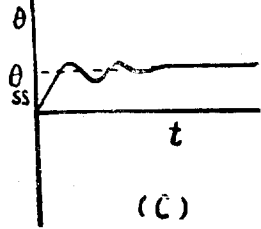
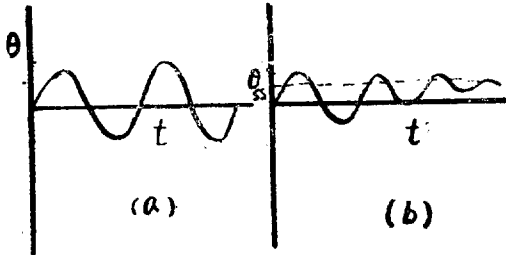


적을 때를 구별하여 표시하면 제1—5도와 같고여기에 대응하는 오차를 표시하면 제1—6도와같다. 정상상태 오차를 "Qss"로 표시하였다.

제1—5도 제1—3도장치에 정속도 입력을 주었을 때의 입력—출력관계

(처음에는 정지하고 있었음)

- (a) 마찰이 없을 때
- (b) 마찰이 적을 때
- (c) 마찰이 많을 때



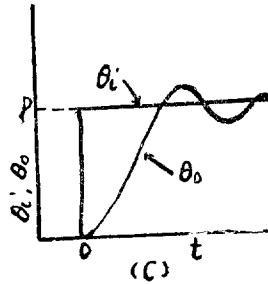
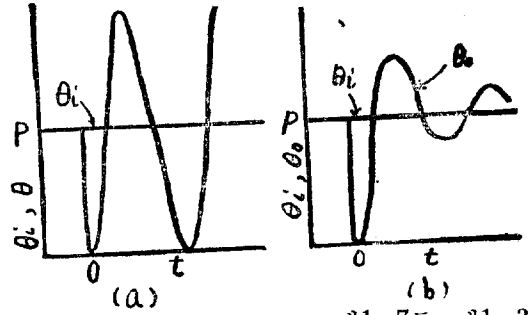
제1-6도 제1-5도에서 오차-시간관계를 표시한 그림:

- (a) 마찰이 없을 때

- (b) 마찰이 적을 때
- (c) 마찰이 많을 때

제1-3도에서 설명된 장치에 있어서 처음 정지되어 있다가 갑자기 피대의 입력단이 우편(右便)으로 거리 P 만큼 움직었다고 가정하면 가동 활차는 $P/2$ 거리 만큼 아래로 움직이며 따라서 전위차계의 지침이 여기에 대응하는 거리 만큼 움직여 결국 전동기에 전압을 가해 주어서 부하를 시계식 방향으로 가속시켜 준다. 부하의 실제 위치가 입력신호를 필요로 하는 위치에 가까웠을 때는 활차도 기준위치에 가까워 지며 따라서 전동기에 걸리는 전압도 영에 가까워 진다. 오차가 영으로 될 때에는 부하의 가속도도 영으로 된다. 그러나 마찰이 다분히 많지 않으면 이 때 부하의 속도도 영으로 되지 않는다. 따라서 부하는 원하는 위치보다 더 넘어가서 오차는 부(negative)로 되고 전동기의 회전력은 반대로 된다. 이와 같이 부하는 감속되며 헌팅(hunting)이 다시 생긴다. 여기서 한 가지 주의 하여야 할 것은 이 경우는 먼저 생각한 경우와 다음 같이 다른 것이다. 먼저 생각한 경우에 있어서는 출력이 일정한 비율(rate)로 변하였지만, 후에 설명한 경우에 있어서는 오차와 출력속도가 다 영이다. 만일 마찰이 전혀 없다면 진동이 영구히 계속될 것이다. 마찰이 많을 수록 제동이 증

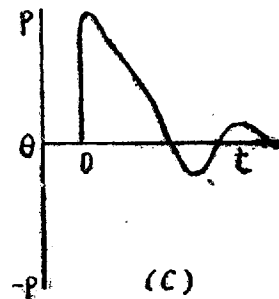
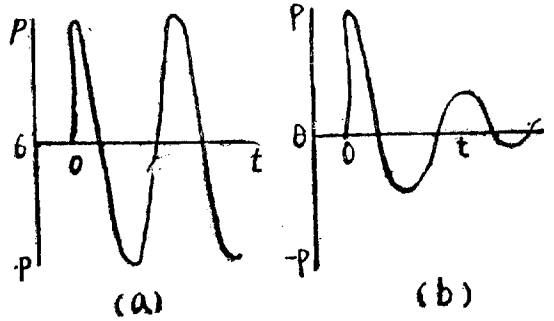
가되며 그것을 그림으로 표시하면 제1-7도와 제1-8와 같다.



- (c) 마찰이 많을 때

제1-7도 제1-3도에서 설명된 장치에 스텝·인플(step input)을 걸었을 때 입력, 출력관계:

- (a) 마찰이 없을 때
- (b) 마찰이 적을 때

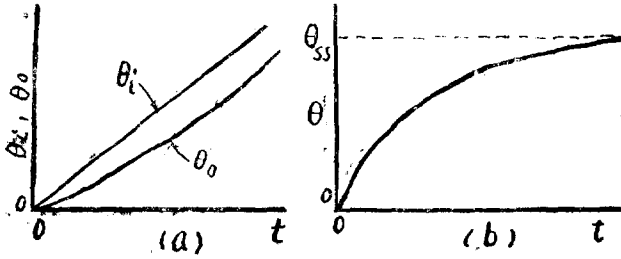


제1-8도 제1-7도에 있어서의 오차-시간관계

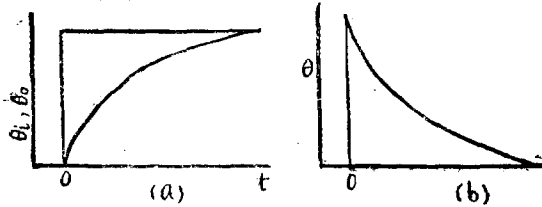
- (a) 마찰이 없을 때
- (b) 마찰이 적을 때
- (c) 마찰이 많을 때

제1-5도와 제1-7도에서는 감쇠진동(underdamped Oscillation)의 모양을 표시하였다. 이런 모양의 진동을 방지하려면 마찰을 충분히 많이 줌으로써 할수 있다. 그러나 과제동(overdamp)

운동은 일반적으로 좋은 것이 아니다. 왜냐하면 정상상태에 도달할 때까지의 시간이 너무 짧기 때문이다. 과제동운동을 그림으로 표시하면 제 1-9도와 제 1-10도와 같다.

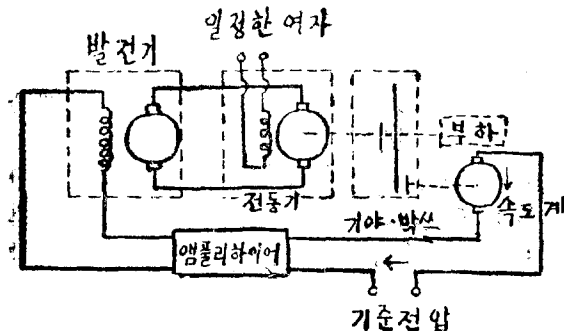


제 1-9도 제 1-3도에서 설명된 장치에 정속도 입력을 가하였을 때의 과제동운동 (처음은 정지되어 있었음)



제 1-10도 제 1-3도에서 설명된 장치에 스텝, 인플 (step input)를 가하였을 때의 과제동운동 (처음은 정지되어 있었음)

제 1-11도는 간단한 속도조정기를 표시한다. 속도계 (tachometer)가 전동기와 연결되어 있어 전동기의 속도에 비례하는 전압을 발생한다. 원하는 전동기의 속도에 대응하는 전압으로 구성된 기준 전압은 회전계와 직렬로 연결되어 있다 오차검출기의 역할을 하는 회전계인데 전동기 속도에 변동이 있으면 오차신호가 앰플리파이어 (amplifier)에 의하여 증폭되어 발전기의 여자를 가감함으로써 전동기의 전기자에 주는 전력을 가감하여 전동기의 속도를 일정하게 한다.



제 1-11도 전동기 속도조정기

§ 1-2. 자동제어의 술어 (Terminology of automatic Control)

자동제어장치의 동작에 대하여 연구, 검토하기 전에 중요한 술어를 주의 깊게 정의하여 두는 것이 필요하다.

제 1-12도에 대하여 술어의 정의를 쓰면 다음과 같다.

제 1-12도 모든 기초 부분을 포함한 (singleloop feedback control system)의 block diagram "Feedback control system"

제어장치의 두변수의 차이를 비교하여 이 차이로써 제어시키는 힘을 얻게 하여 두 변수의 관계를 원하는 관계로 항상 유지시키고자 하는 제어장치를 "Feedback control system"이라고 한다.

"Directly controlled variable": 직접 제량되고 제어되는 변수를 말한다.

"Indirectly controlled variable": 이 변수는 제어하기 위하여 직접 제량되는 것이 아니고 Directly controlled variable 과 관련이 있는 것에 의하여 제어되는 것이다.

"Command (or input)": 이것은 feedback control system 과는 관계 없고 단지 외부에서 가하여 지는 수인데 이것을 보통 Q_i 혹은 r 로 표시한다. "primary controlled variable (or output)"

이것은 input 가 조정되어 어떤 원거리점에 나타난 input 의 사본 (replica)인데 보통 Q_o 혹은 C 로 표시한다.

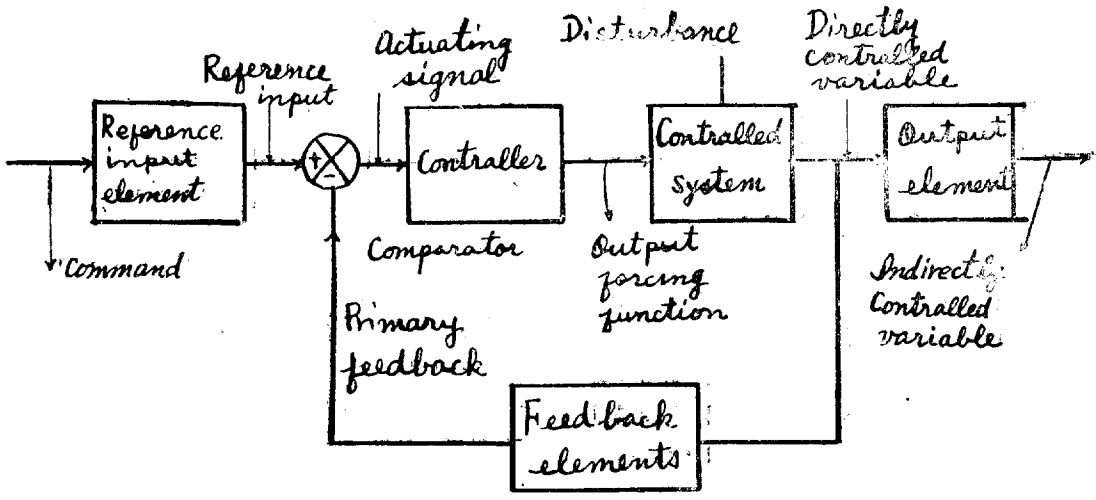
"Reference input": feedback control system 에 있어서 비교될 표준량인데 Command 와 관계되는 신호 (signal) 이다.

"Primary feedback": reference input 와 비교될 변수의 함수이다.

"actuating signal": reference input, primary feedback 을 감한 것인데 Q_A 로 표시한다.

"Output forcing function": controller의 출력이며 primary controlled variable도 아니고 그 미계수나 적분도 아닌 함수를 말하며 Q_B 로 표시한다.

"Disturbance": command의 입력인데 Controlled variable에 영향을 주는 것이며 Q_D 로 표시한다.



“Error” : Command에서 primary controlled variable을 감한 것인데 Q 혹은 C 로 표시한다. 즉 $Q=Q_i - Q_o$ 혹은 $e=r-c$

“Reference input elements” : command와 reference input와의 관계를 맺는 feedback control system의 일부이다.

“Feed back elements” : Primary feedback 과 primary controlled variable 간의 관계를 맺는 feedback control system의 일부이다.

“Comparator” : 한 개의 계통변수와 다른 또 한 개의 변수의 차 혹은 화로 제 3 변수를 만드는 장치이다. Comparator를 differential 혹은 error detector라고도 부른다.

“Proportional control system” : input forcing function 그 error에 직접 비례할 때 이 feedback control system을 proportional control system이라고 한다.

“proportional plus derivative control system” : output forcing function error와 그 제 1차 미계수와의 선형적인 조합(linear combination)이 되는 feedback control system을 말한다.

“proportional plus integral control system” : output forcing function error와 그 제 1 차적분과의 선형조합 (linear combination)이 되는 feedback control system을 말한다.

“proportional-plus integral control system” : output forcing function이 error와 그 제1차 미계수와 그 제1차 적분과의 선형조합 (linear combination)을 말한다.

“Initially quiescent control system” : Command를 계통에 가하기 전에는 모든 변수와 모든 변수들의 미분계수 및 적분이 다 영인 Control system을 말한다.

“Normal response” : input에 대하여 initially quiescent system에 있어서의 response를 말한다.

“Ultimate system response” : 입력을 가한 후 무한대에 가까운 시간이 경과된 후의 레스폰스를 말한다.

“Stability” : 모든 제한된 Input에 대하여 제한된 output를 유지할 수 있는 특성을 말한다. §1-3. 분석방법 (Methods of analysis)

선형제어계통 (linear control system)의 분석을 수학적 방법을 사용하여 계통의 안정도를 결정하고 충격입력 (impulse), 인정한 입력(Constant input or step), 시간에 대해서 선형적으로 증가하는 입력 (ramp), 조화입력(harmonic input)에 대한 그 계통의 동작(response)을 결정한다.

계통의 특성은 각 경우의 입력과 이기에 대한 출력사이의 관계에 의하여 설명된다. 임펄스, 스텝, 램프입력과 같은 비주기적 (nonperiodic) 입력에 대한 계통분석을 타임 레스폰스(time-response)연구이고, 정현파입력에 대한 정상상태 레스폰스(steadystate response)를 후레퀴ency 레스폰스(frequency-response)연구라고 부른다.

타임 레스폰스분석은 출력이 어떤 입력에 대하여 충실히 동작하여 주는가 또 출력이 진동하

는지 혹은 심히 제동(damping)하는지 또 진동의 근사주파수, 계통의 레스폰스·타임(response time)을 표시하는 것이다. 스텝·입력에 대한 선형계통의 레스폰스를 알면 다른 해석적입력(analytic input)에 대한 레스폰스도 중첩의정리(superposition theory)에 의하여 결정할 수 있다. 유니트·스텝(unit step) 입력에 대한 레스폰스는 그 계통의 특성을 완전히 표시한다. 이 레스폰스를 인디칼·레스폰스(indicial response)라고 칭한다. 그러나 입력의 시간에 대한 정칙한 모양을 모를 때가 많다, 이때는 타임·레스폰스분석법으로는 알 수 없고, 계통이 만족한 동작을 하고 있는지를 결정할 다른 방법을 사용하지 않으면 안된다.

후래켄씨 레스폰스분석법은 어떤 조건(Dirichlet condition)을 만족시키는 함수는 어떤 것이든지 후-레이 급수(Fourier series)로 표시할 수 있다는 사실에 근거를 둔 것이다. 만일 정현파입력에 대한 선형계통의 안정상태·레스폰스를 정(positive)의 실주파수에 대한 것을 안다면 임의의 주기함수(periodic function)에 대한 안정상태 레스폰스를 알 수 있다. 이와 같이 후래켄씨레스폰스분석법은 주기적입력에 대한 안정상태에 있어서의 타임·레스폰스를 구하는 데도 사용된다. 그러나 만일 그 계통에 대하여 알 수 있는 것이 후래켄씨·레스폰스만 이라면 이 방법으로는 출력의 시간에 대한 변동의 과도상태를 구할 수가 없다. 만일 입력이 주기적이 아니라면 후-라적분(Fourier integral)이 완전한 타임·레스폰스를 구하기 위하여 사용될 것이다.

일반적으로 타임·레스폰스분석법의 이점은 어떤 입력에 대한 과도 및 안정상태의 레스폰스를 알 수 있으며 상대적 안정도와 계통의 레스폰스시간도 알 수 있는 것이다. 이 방법의 단점은 계통의 미분방정식을 알아야 하며 또 이미 분방정식을 풀어야 하는 것이다. 후래켄씨·레스폰스해석법의 이점은 실험으로 도표(graph)를 그릴 수 있으며 이 도표를 보아서 출력의 크기와 위상을 알 수 있는 것이다. 이 방법의 단점은 주기적 입력에 대하여서는 안정상태의 레스폰스만을 결정할 수 있으며 특수한 경우 이외에는 제동(damping) 시간과 레스폰스·타임을 정확

히 알 수 없는 것이다. 그러나 어떤 도표를 만들어서 이것을 사용하여 상대적안정도와 제동진동의 주파수의 근사치에 관한 중요한 성질을 알 수 있다.

제 2 장 물리적 유사법 (PHYSICAL ANALOGY)

썸-보메캐니즘의 일반이론은 어떤 물리 현상에도 적용된다. 따라서 썸-보메캐니즘의 공부를 하려는 사람은 여러 종류의 물리현상(전기, 기계, 열리학, 수력학등)에서 생기는 자연현상의 특성을 나타내는 물리법칙에 익숙하여 질 필요가 있다. 이런 의미에서 이와 같은 법칙 및 다른 종류계통의 유사법(analogies)을 앞으로 설명하여 두기로 한다.

§2-1 전기회로에 있어서의 기본관계(Fundamental Relations in Electric circuits.)

전기회로 이외의 물리계통의 문제를 유사법으로 푸는데 전기회로를 구성하는 양들을 기초로 하는 것이 보통이다. 이런 의미에서 전기회로의 기본 관계를 우선 고로하기로 한다.

전기저항 R에 전류 $i_R(t)$ 가 흐를 때 저항 R양단에서 생기는

전압강하 $V_R(t)$ 는

$$V_R(t) = Ri_R(t) \dots \dots \dots (2-1)$$

단 t는 시간을 의미한다.

용량(Capacitor)에 저축되어 있는 전기량 $q(t)$ 와 용량에 흐르는 전류 $i_C(t)$ 와는 다음 관계가 있다.

$$q(t) = q(0) + \int_0^t i_C(t) dt \dots \dots \dots (2-2)$$

또 용량양단에서 생기는 전압강하 $V_C(t)$ 는

$$V_C(t) = \frac{q(t)}{C} = Dq(t) \dots \dots \dots (2-3)$$

단 $D=1/C$ 을 (2-3)을 대입하면

$$V_C(t) = \frac{1}{C} \int_0^t i_C(t) dt + \frac{q(0)}{C} \dots \dots \dots (2-4 a)$$

$$\text{혹은 } V_C(t) = D \int i_C(t) dt + D q(0) \dots \dots \dots (2-4d)$$

자기유도계수에 (inductance) L에 전류 $i_L(t)$ 가 흐를 때 L양단 간에 유도되는 전압 $V_L(t)$ 는

$$V_L(t) = -eL(t) = L \frac{di_L(t)}{dt} \dots \dots \dots (25)$$

R, L, C 가 직렬, 병렬로 연결되어 있는 전기

회로에 있어서 전압강하, 전류 간에는 다음과 같은 두개의 키루히호후의 법칙 (Kirchhoffs law)에 의하여 서로 관계를 갖고 있다.

1. 임의의 접합점 (Common Junction)으로 흘러 들어오는 전류의 대수화는 영이다.

2. 임의의 폐회로(closed loop)내에 있는 전압강하의 대수화는 영이다.

§2-2. 열력학과의 기본관계(Fundamental Relations in Thermal processes) 열의 이동에 관한 법칙과 유사(類似)하다. 따라서 열에-너지와 전기에-너지 사이에는 유사한 형식을 만들 수 있음은 당연하다.

온도가 다른 두점사이를 열에너-지 가흐르는 율(rate)과 포텐셜·차(potential difference)와의 관계는

$$\frac{dq_R}{dt} = \frac{1}{R} Q_R \dots \dots (2-6)$$

로 표시된다. 단 Q_R 는 열·포텐셜·강하(thermol potential drop)이고 q_R 는 열에너지, t 는 시간이다.

질량 m , 비열 C 를 가진 물체를 온도 Q 만큼 올리 기 위하여 열에너지 q 가 필요하였다고 하고, 또 열의 반산이 없다고 하면

$$q = mCQ \dots \dots (2-7a)$$

$$= CQ \dots \dots (2-7b)$$

(2-6)식과 (2-7b)식을 각각 (2-1)식과 (2-3)식을 비교하면 전기회로와 열과의 유사법을 얻을 수 있으며 열에너지는 전기량에 유사하며 온도는 전위차에 유사하며 온도차는 전압에 유사하며 열이흐르는 율은 전류와 유사하다. (2-1)식과 (2-3)식에 있는 R 와 C 는 각각 (2-6)식과 (2-7 b)에있는 열저항 R 와 열용량 C 와 유사하다.

또 점 (1)에서 다른 점 (2) 까지 사이에서 온도 Q_{12} 가 강하되고 점 (2)에서 제(3)점 사이에서 Q_{23} , 이와 같이 하여, 점 (1)에서 점 n 까지의 열·포텐셜 강하는

$$\begin{aligned} & n-1 \\ & M \quad Q_k(k+1) \\ & k=1 \end{aligned}$$

이다. 어떤 열의 폐로를 취하면 이폐회로내의 열·포텐셜·강하의 대수화는 영이다. 이것은 키루히호후의 제2법칙과 유사하다.

§2-3, 추력, 기계학에 있어서의 기본 관계 (Fundamental Relations in Hydraulic and Pneumatic Systems) 기계학의 법칙은 현대 제어 장치 특별히 미사일 (missiles)의 안내, 총포(銃砲)의 조준(照準), 비행기와 해군선박의 항공에 대단히 많이 적용하지 않으면 안된다. 이 절에서는 유사법을 설명하기 위하여 간단한 기계를 몇 개 취급하여 보기로 한다.

질량이 m 인 물체에 가속도 α 를 생기게 하는데 필요한 힘을 F_m 이라고 하면 뉴-턴의 제2법칙에 의하여

$$F_m = m\alpha \dots \dots (2-8a)$$

X 를 변위(displacement)

$$F_m = m \frac{d^2x}{dt^2} \dots \dots (2-8b)$$

스프링 (spring)을 그 탄성한계 내에서 연장시키는데 필요한 힘은 후크(Hook)의 법칙에 의하여

$$F_k = K \cdot X \dots \dots (1-9)$$

단 F_k 는 스프링에 가한 힘이고, X 는 스프링의 세기, x 는 연장된 거리.

또 마찰에 이겨서 운동할 수 있는 힘을 F_f 라고 하면

$$F_f = F \cdot V = f \cdot \frac{dx}{dt} \dots \dots (2-10)$$

단 f 는 마찰계수, V 는 마찰력이 작용하고 있는 두면의 상대적 속도, X 는 두면의 상대적 변위이다.

이상과 같은 기계학에서 사용되는 양들을 전기회로의 제량들에 유사시키면 변위는 전기량과 동가(equivalent)이며, 마찰은 전기저항에, 탄성은 정전용량에, 질량은 자기유도계수에 각각 동가이다. 또 회전운동에 있어서는 각 변위는 전기량, 마찰은 전기저항, 탄성은 정전용량, 관성능률은 자기 유도계수에 각각 대응된다. 방정식을 수립하면

$$T_J = J \frac{d^2\theta}{dt^2} \dots \dots (2-11)$$

$$T_k = KQ \dots \dots (2-11)$$

$$T_f = f \cdot \frac{d\theta}{dt} \dots \dots (2-13)$$

단 O 는 각변위, I 는 관성능률, K 는 세기, f 는 마찰계수 T_J , T_k , T_f 는 외부에서 그 물체에 준 회전력.

§2-5. 유사법의 결론(Summary of analogies)

제 2-1표 유사량의 단위

단 위	Type of System					
	전 기	열	압 력	수 준	직 동 운동	회 전 운동
양	Coulomb	Btu	cubic foot	cubic foot	foot	radian
시 간	Second	minute	minute	minute	second	second
전 압	Volt	degree(F)	Pound per sq in	foot	pound force	pound foot
저 항	Ohm	degree(F)	pcund per sq in	feet	pounds	pound feet
		Btupermin	cubic foot per min	cubic foot per min	foot per sec	red por sq
정전용량	farad	Btu degree(F)	cuds feet pounds per sq in	cubic feet foot	eetp ounds	radians pound foot
유도계수	henry				danng mass	slug-foot 2

전 기			
열			
압력			
수준			
진동운동			
회전운동			

제2-1표는 전기, 열 수력 및 기계, 기계학에서의 유사량들 사이의 관계와 각양의, 단위사이의 관계를 표시하는 표이다. 제2-2표는 이것을 도식으로 표시한 것이다.

제2-2표 유사요소(analagous elements)

제2-1도와 제2-2도는 유사의 예로 든 것이다.

제 2-1도 수력계통의 전기유사

(Electrical analogue

(a) 수력계통 (b) (a)의 Analogue

제2-2도 기계계통의 전기유사

(Electical Analogue)

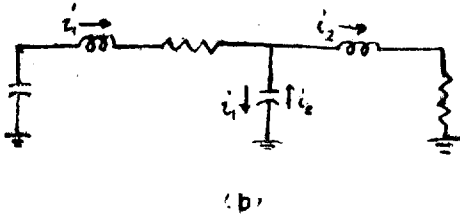
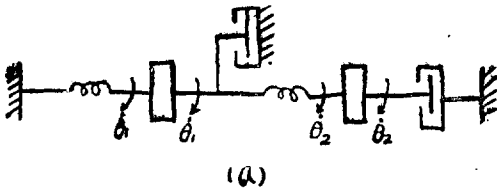
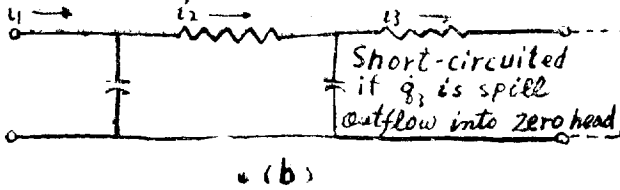
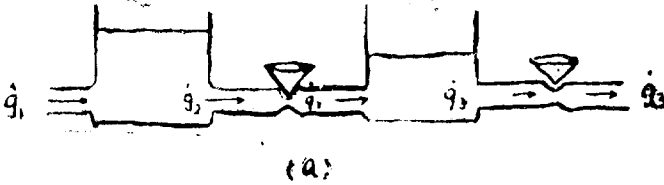
(a) 회전계통 (b) (a)의 Analogue

제 3 장 제어장치의 공동구성

요소의 특성

제어장치의 공동구성요소의 특성(Characteristics of some Common Control System Components)

어떤 자동제어장치를 분석하려고 하기 전에



캐니즘공부를 대단히 쉽게한다
입력이 $Q_i(t)$ 이고 출력이 $Q_o(t)$ 인
제어계통 혹은 그 구성요소의 전
달함수를 구하는 순서는 다음과
같다.

1. $Q_i(t)$ 와 $Q_o(t)$ 와의 관계를
표시하는데 필요한 미분방정식을
쓴다. (부가적변수를 포함하는 경
우에는 많은 방정식이 필요할 때
가 많다. 예를 들면 복잡한 전기
회로의 분석 같은 때)

2. (1)에서 얻은 방정식에 있
어서 시간에 관한 함수 (t) 를 복

소변수(Complex variable) s 의 함수 $F(s)$ 로 바꾸
는 동시에 $dnf(t)/dt$ 를 $snF(s)$

로 $\int \int \int \dots \int (t) dt^n$ 을 $\frac{1}{s^n} F(s)$ 로 바꾸어 쓴다.

(단 $s = a + jw$ 는 변환변수 (transform variable)
이고 $F(s)$ 는 $f(t)$ 의 라프라스 변환이다)

3. 방정식을 풀어서 $H_o(s)/H_i(s)$ 를 구한다.
이 비를 $G(s)$ 로 표시하고 이것을 전달함수(tra
nsfer function)라고 칭한다.

$$\text{주 } G(s) = \frac{H_o(s)}{H_i(s)} \dots \dots (3-1)$$

어떤 제어장치의 동작을 설명하는데 필요한
방정식에는 한 개 혹은 두 개 이상의 상수항을
포함한다. 이 상수항들은 그 장치의 정지상태에
있어서의 동작조건을 표시하는 항들이다. 전달
함수는 정지치에 대하여 출력이 정지치(quiess-
ent value)에서 어떤 변동을 받는 지를 결정하
는데 사용되므로 전달함수를 결정함에 있어서는
이런 상수항을 버린다. —다음호에 계속—

자동제어장치를 분석하려고 하기 전에 자동제어
장치를 분석하려고 하기 전에 자동제어장치를
구성하는 각 요소의 동작특성을 잘 알아야 한
다. 그래서 제 3장 에는 제어장치의 공통구성요
소의 특성과 다음장에 꼭 필요한수 전달함
수(transfer function)의 개념을 소개한다. 계통
의 동작을 정확하게 설명함에는 비선형(nonlin-
ear) 방정식을 사용하는 것이 좋지만 계통의 수
학적표시를 간단하게 하기 위하여 선형(linear)
미분방정식을 사용하는 수가 많다. 이런 이유로
제 3 장에서는 제어장치의 구성요소의 전달함수
를 유도함에 있어서 계통을 선형이라고 가정한
다. 라프라스 변환(Laplace transformation)을
사용하면 선형미분방정식을 대수방정식 같이 쉬
게 풀수 있다. 이 대수방정식에 나오는 변수
간의 관계를 전달함수를 사용함으로써 써-보메

投稿 歡迎

種目 論說・報告・해설等

提出場所—學會 事務室

提出마감—4292년 7월 말일