전동기 제어와 응용(10)

역/박 한 종 (당협회 출판위원)

제 4장 전동기의 시퀀스 제어 및 보호방식

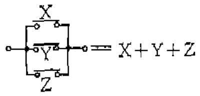
4·2 논리대수

정보처리 장치로서 시퀀스 제어장치는 입력신호가 0이나 1의 2치 신호이며 그 조합(과거의 상태도 포함)에 의해 출력으로써 2치신호를 얻는 것인데, 이것들의 관계를 나타내는 것으로서 논리대수가 사용된다.

둘 이상의 입력신호를 조합해서 얻어지는 출력신호는 논리화, 논리적 또는 논리부정으로서 다음과 같이 생각할 수 있다.

(i) 논리화(OR)

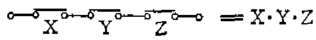
둘 또는 그 이상의 입력측 현상중 어느 하나 또는 하나 이상의 현상이 들어온 것을 검지하여 출력이 얻어지는 것으로서, a 접점의 병렬회로에 적용된다(그림 4·1참조).



<그림 4·1> 논리대수표시(OR)

(ii) 논리적(AND)

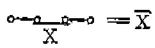
둘 또는 그 이상의 입력측 현상이 동시에 발생하고 있는 것을 검지하여 출력이 얻어지는 것으로서, a 접점의 직렬회로에 적용된다(그림4·2 참조).



<그림 4·2> 논리대수표시(AND)

(iii) 논리부정(NOT)

하나의 입력측 현상이 들어오면 출력이 나오지 않게 되는 것으로서, b접점에 상당하는 것이다(그림 4-3참조).

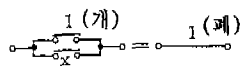


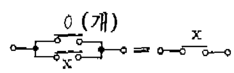
<그림 4·3> 논리대수표시(NOT)

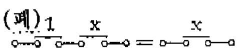
논리대수의 상세에 대해서는 생략하지만 시퀀스 제어회로를 취급하는데 있어 필요한 사항을 간단히 소개한다.

○ 간단한 관계식

다음에 드는 식들은 정의에서도 명확한 것이고, 회로에서는 각각 식 우측에 있는 것과 같은 의미를 나타낸다.

Ⅰ $1+X=X+1=1$ 

Ⅱ $0+X=X+0=X$ 

Ⅲ $1\times X=X\times 1=X$ 

Ⅳ $0\times X=X\times 0=0$

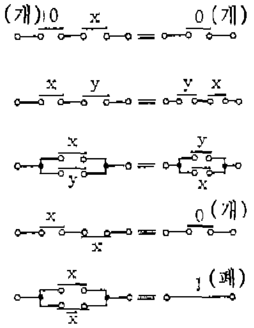
Ⅴ $X\times Y=Y\times X$

Ⅵ $X+Y=Y+X$

Ⅶ $X\times\overline{X}=\overline{X}\times X=$
$1\times 0=0$

Ⅷ $X\times\overline{X}=\overline{X}+\overline{X}=1$
$+0=1$

Ⅸ $(\overline{\overline{X}})=\overline{\overline{X}}=1-\overline{X}=X$



또한 변수가 3개 이상이 된 경우도 회로의 해석과 결합해서 생각하면 논리식은 다음과 같이 변수의 순서를 바꾸어도 지장없는 것은 즉시 이해된다.

$h+(z+x)=(z+h)+x=z+(h+x)$

$h\times(z\times x)=(z\times h)\times x=z\times(h\times x)$

○ 약간 복잡한 관계식

다음에 드는 식은 약간 복잡하지만 전항의 식을 전개하여 얻을 수 있다. 또 접점과 대응시켜 생각하면 그 의미가 명확해진다.

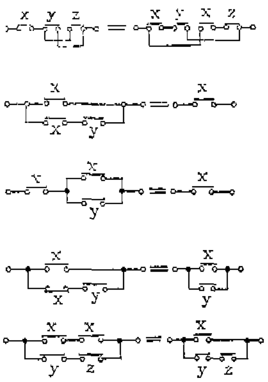
Ⅰ $X(Y+Z)=X\cdot Y$
$+X\cdot Z$

Ⅱ $X+X\cdot Y=X$

Ⅲ $X(X+Y)=X$

Ⅳ $X+\overline{X}\cdot Y=X+Y$

Ⅴ $(X+Y)(X+Y)$
$=X+Y\cdot Z$



Ⅵ $(X+Y)(\overline{X}+Z)(Y+Z)=(X+Y)(\overline{X}+Z)$

Ⅶ $X-Y+\overline{X}\cdot Z+Y\cdot Z=X\cdot Y+\overline{X}\cdot Z$

이들 식을 보더라도 알 수 있듯이 회로를 식으로 나타낼 수가 있고 다시 여러가지 방법을 사용해서 그 식을 간이화할 수도 있다.

불 대수 표시된 함수를 앞의 예와 같이 간이화하기 위해 일반적으로 사용되는 방법에 드·모르간의 정리 및 전개정리가 있다.

○ 드·모르간의 정리

$y=f(x_1,\ x_2,\ x_3\cdots,\ x_n:+\times)$ 를 논리극수라 하면

$y=\overline{f}(x_1,\ x_2,\ x_3\cdots,\ x_n:+\times)$

$=f(\overline{x_1},\ \overline{x_2},\ \overline{x_3}\cdots,\ x_n:+\times)$

[예] $z=x+\overline{x}y$면 $\overline{z}=\overline{x}(x+\overline{y})=\overline{x}\cdot\overline{y}$

$\therefore\ z=(\overline{\overline{z}})=(\overline{\overline{x}\cdot\overline{y}})=x+y$

○ 전개정리

논리화전개

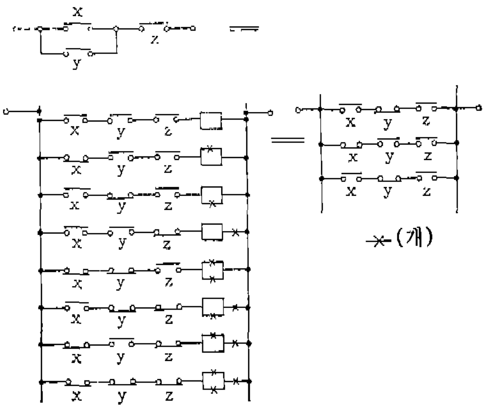
$$f(x_1x_2\cdots\cdots,x_n)=x_1f(1,x_2\cdots\cdots,x_n)+\overline{x}_1f(0,x_2\cdots\cdots,x_n)\quad\cdots\cdots\cdots(4\cdot 1)$$

$$=[x_1+f(0,x_2\cdots\cdots,x_n)]\cdot[\overline{x}_1+f(1,x_2\cdots\cdots,x_n)]$$

[예] $f(x\cdot y\cdot z)=(x+y)\cdot z$

$=x\cdot f(1\cdot y\cdot z)+\overline{x}f(0\cdot y\cdot z)$

$=x\cdot y\cdot zf(1,1,1)+\overline{x}\cdot y\cdot zf(0,1,1)$
$+x\overline{y}zf(1,0,1)+x\cdot y\cdot\overline{z}f(1,1,0)+\overline{x}$
$\cdot\overline{y}\cdot zf(0,0,1)+x\overline{y}\,\overline{z}\,f(1,0,0)+\overline{x}$
$\cdot y\cdot\overline{z}f(0,1,0)+\overline{x}y\cdot\overline{z}f(0,0,0)$



<그림4·4> 전개정리의 예(설명도)

접점표시하면 그림 4·4와 같다.

이 정리에 의하면 어떠한 복잡한 조합이라도 모든

변수의 직렬회로를 가능한 조합수만큼 병렬접속한 형으로 하여 쓸 수가 있다.

지금까지의 설명으로 논리식으로 쓰인 것은 전부 그 출력상태는 현재의 입력상태만으로 결정된다. 이와 같은 회로를 「조합회로」라고 한다.

이에 비해서 시간지연을 무시할 수 없는 것, 즉 시간지연을 수반한 피드백 루프 등을 갖고 뒤짐이 적극적인 역할을 하는 것을 「시퀀스회로」라고 한다. 시퀀스회로에서는 출력상태가 현재의 입력상태만이 아니고 과거의 입력상태에 의해 결정되고 내부상태에 좌우되며 그 해석 및 합성문제는 조합회로에 비해서 훨씬 복잡한데, 여기서는 그 상세한 것에 대해서는 생략한다.

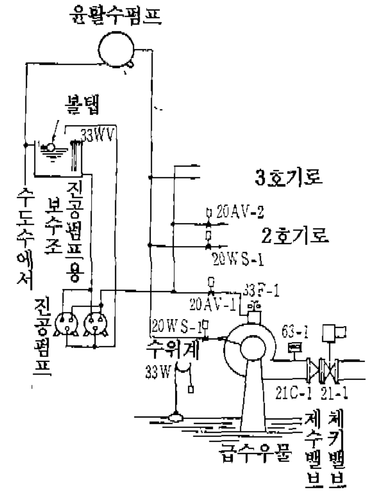
4·3 시퀀스에 대한 고려사항

우선 시퀀스 제어장치를 계획하는 입장에서 시퀀스를 생각해 보자. 시퀀스 제어장치의 제어장치의 중심기능은 제어회로이므로 회로중심으로 생각하기 쉽지만 가장 중요한 것은 회로설계라고 하는 입장을 떠나 보다 종합적인 입장에서 시스템 전체를 어떻게 매듭지으면 좋은가를 생각하고 이를 위한 방법을 생각하는 것이다.

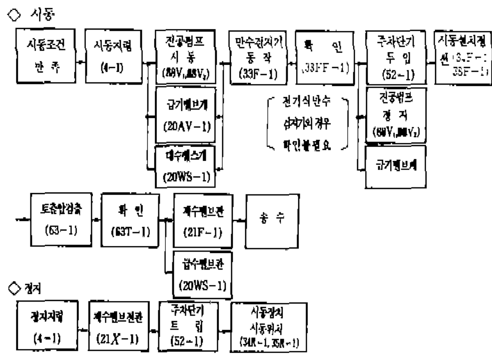
첫번째로 시스템의 요구를 명확하게 파악하여야 한다. 일반적으로 사용자측 또는 기계·설비 등의 기술자측으로부터 요구에는 애매한 것, 모순이 포함되는 것, 그리고 고정개념에 사로잡히는 것 등이 적지 않다. 따라서 회로(제어) 계획자는 기엽적인 개개의 움직임에 들어가기 전에 시스템을 충분히 이해하고 다음에 세부적인 검토에 들어가야 한다.

시퀀스는 논리회로이다. 따라서 이유가 통하지 않는 수단을 회로에 나태낼 수는 없다. 계획자의 일은 이 수행해야 할 수단(기능)을 논리적으로 충분히 금명하여 세부전개를 할 수 있는 곳까지 가지고 가면 이미 그 일의 반을 달성했다고해도 과언은 아니다.

이와 같은 수단을 명확히 하는 방법으로 그림이나 폴로차트, 블록선도 등이 사용된다. 그림 4•5, 그림 4•6은 횡형펌프의 자동시동방식에 대한 계통도와



<그림 4·5> 횡형펌프계통도(외부급수의 경우)



<그림 4·6> 횡형펌프 1인제에방식 블록선도

블록선도를 표시한 것이다.

수단이 명확해지면 이를 만족시키는 시퀀스를 전개하게 되는데, 이때 고려하지 않으면 안되는 것으로서 요구에 맞는 부품의 선정(정격, 기능, 협조, 진동, 진애, 가스, 전원, 노이즈, 보수, 호환성 등), 필요한 신뢰성(고신뢰도 부품, 이중회로 등), 이상시 대책(정전, 기계로서의 비상보호) 등이 있다.

시퀀스는 전개접속도라고도 하며, 장치 전체의 동작순서나 상호관련을 확실히 알 수 있도록 전개하여 그려진 접속도이다. 이것에 의해 설계내용을 도면상

에 고정시켜 틀림없이 제조, 시험 또는 보수 등과 같은 관련부문에 전달하기 위한 것이다.

그림 4·7(a), (b)의 회로예와 같이 제어전압이 가해지고 있는 제어모선이 통하고 있고 이 모선간에 심볼이 표시된 접점과 코일, 저항램프 등이 분기선에 의해 접속되어 회로의 접속을 알 수 있게 되어 있다. 그림을 그리는 방법은 2종류가 있는데, 그림 4·7(a)와 같이 제어모선이 수평으로 그려진 것을 세로쓰기 시퀀스, 그림 4·7(b)와 같이 상하방향으로 그려진 것을 가로쓰기 시퀀스라고 한다. 보기 쉽고 취급하기 쉬우면 용도에 따라 어느 방법을 사용하여도 아무런 지장이 없다.

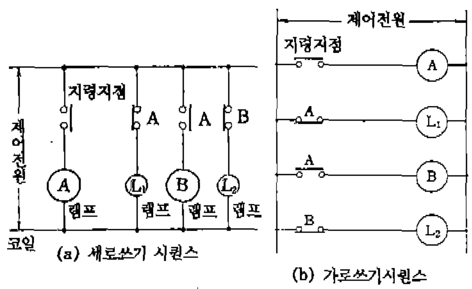


그림 4·7 시퀀스의 원리

그림 4·7에서는 제어전원이 가해지면 릴레이 A, B 모두 부동작이므로 A, B의 b접점은 닫혀 있고 따라서 램프 L_1, L_2는 점등한다. 지령접점이 닫히면 릴레이 A가 동작, 그 b접점이 열리며 램프 L_1이 소등하고 교접점이 닫히므로 릴레이 B가 동작, 램프 L_2가 소등하는 것을 나타내고 있다. 이와 같이 시퀀스에서는 한가지 상태의 변화가 계속해서 다음으로 영향을 미치면서 동작을 진행해 나간다.

시퀀스는 정보의 흐름으로서 그려지므로 각 기기, 부품 등의, 예를 들면 동작코일과 그 접점이 도면상에 흩어져 표시되어 있다. 이것이 처음에는 잘 이해가 안되지만 요점은 원인과 결과의 관계를 찾아 나가는 것이므로 인내심을 가지고 하다보면 뒤에 용이하게 시퀀스를 이해하게 된다.

시퀀스에 사용되는 심볼로서는 JIS C 0301(KS C 0102)전기용 기호, JIS C 0401(KS C 0103)시퀀스 제어기호가 있다.

제어기호, 문자기호 및 용어는 심볼과 함께 도상에 사용되는 것으로, JIS C 0401(KS C 0103)시퀀스 제어기호, JEM 1115 배전반 제어장치의 용어에서 규정하고 있다.

상기한 것 외에 주로 전력관계에는 숫자와 로마자의 조합에 의한 JEM 1090「자동제어 기구번호」가 사용되고 또 일반산업용으로서는 대상으로 하는 부품용도 등의 영어명칭의 머리문자를 취한 JIC(Joint Industry Conference) 전기규격을 준용하는 일이 많다 또 독일에서는 DIN규격에 의한 기호가 사용된다.

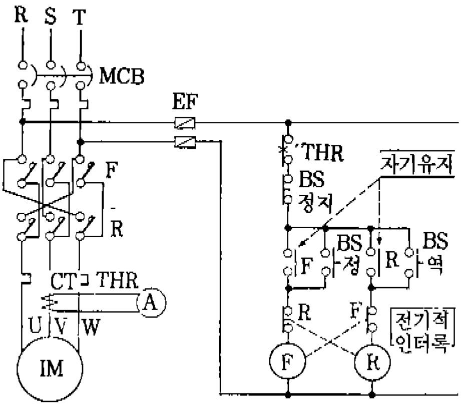
그리고 보통 익숙하지 않은 그림을 보면 친해지기 어렵지만 한번 요령을 알고 나면 용이하게 해독할 수 있게 된다. 그림 4·8(a)는 유도전동기의 가역운전 시퀀스를 JIS(KS)에 따라 그린 것이고 (b)는 NEMA(미국) 규격, (c)는 DIN규격을 동일한 것에 대해서 표시한 것이다.

다음에는 그림 4·8(a)에 나타내는 시퀀스회로의 실례에 대해서 설명한다.

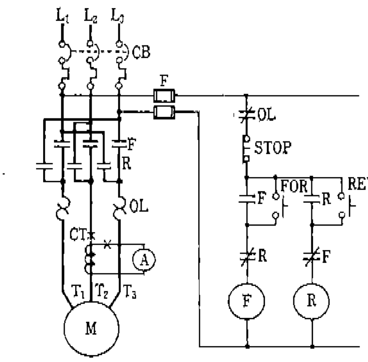
즉, 배선용차단기를 닫은 후 푸시버튼 스위치 BS정을 누르면 THR의 b접점을 통해서 정의 전자접촉기 F가 동작하고 그 주회로접점폐에 의해 전동기는 정회전한다.

동시에 F의 보조a접점이 닫히므로 푸시버튼 스위치 BS정을 놓고 그 접점이 열려도 코일 F는 자기이 보조a접점을 경유하는 회로에 의해 여전히 전압의 그대로 인가되고 운전이 계속된다. 이것은 자기유지라고 불리며, 전자계전기, 접촉기에 의한 기억회로인데 자주 나오는 중요한 회로이다.

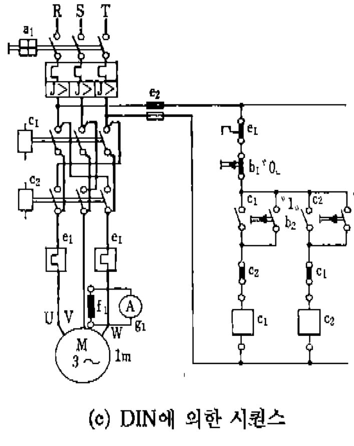
정전중은 만일 BS역을 눌러 그 a접점을 닫더라도 코일과 직렬로 들어가 있는 F의 b접점이 열려 있으므로 R의 코일에 전압이 가해지는 일은 없다. 이것은 역전중에 BS정을 누른 경우라도 동일하다. 이것을 동시투입 방지의 「전기적 인터록」이라고 한다.



(a) 가역전동제어의 전개접속도



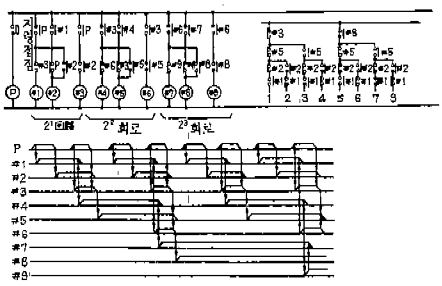
(b) NEMA에 의한 시퀀스



(c) DIN에 의한 시퀀스

<그림 4·8>

전동기를 정지시키고자 할 때는 BS정지를 누르면 그 b접점의 개에 의해 정전접촉기 F가 개로하고 전동기가 정지한다. F가 떨어지고 나서 BS정지를 놓고 그 b접점이 닫혀도 F의 보조a접점은 열린 후이므로 코일 F는 무전압 그대로이다. 이것을 자기유지가 풀렸다고 한다. 역전시의 경우도 동일하다. 또 전동기가 과전류가 되면 열동계전기 THR가 동작하여 그 b접점에 열리고 F 또는 R를 이탈시켜 전동기를 전원기에서 격리한다.



<그림4·9> 계수회로의 시퀀스와 타임차트

그림 4·9는 보조계전기에 의한 계수회로의 예이다. 계수지령접점의 제1회 폐에 의해 계전기 #1이 동작, 제1회째 개로 #2가 동작, 제2회째 폐로 #3이 동작하여 #1이 이탈하고 #4가 동작하는 식으로 계수지령접점의 개폐에 따라 계속해서 전기적으로 2진법으로 기억하는 회로로 되어 있다. 이와 같은 복잡한 회로가 되면 머리 속으로 생각하는 것만으로는 충분히 이해할 수 없는 것이 많으므로 그림과 같은 타임차트를 그려 각 계전기간의 동작을 명확히 하는 것이 좋다.

이상 기술한 예는 회로의 동작만을 설명하는 것인데, 실제로 제작하고 공사나 보수를 하기 위해서는 더 상세한 점을 기입하는 것이 요구된다.