

접 촉 기 (接 觸 器)

Contactor

기술해설

20~1~2

김 희 열*
(Hui Yul Kim)

1. 서 론

근래 각종 산업의 발전과 더불어 자동제어의 눈부신 발달로 각종 접촉기의 이용범위가 넓어짐에 따라 수요량도 격증하게 되었으며 제조업자의 경쟁 또한 치열하게 되었다. 경쟁이 치열하여 짐에 따라 각 제조업에서는 더욱 우수한 품질을 또한 더욱 저렴한 경비로 생산키 위하여 연구한 결과 설계의 개선, 재료의 개선 등으로 제치수를 축소시키게 되었으며 실제 근래 생산되는 접촉기를 1930년대에 생산된 것과 비교하여 본다면 약 1/4 정도로 크기가 작아졌다. 여기서는 소용량접촉기에 대한 설계제작상 고려할 점을 간단히 기술하고자한다.

2. 정 의

접촉기는 전동기 또는 교류회로를 제어하기 위하여 직접 手動으로 조작하지 않고 頻繁히 전기회로를 개폐할 목적으로 사용하는 개폐기구이다. 일반적으로 조작 방법은 전자식 또는 電氣-空氣式이 사용되고 있으며 정상운전시는 개폐조작과 통전이 가능하여 關閉頻度를 시간당 3천회까지 허용되고 있는 것도 있다.

3. 電磁接觸器의 개요

A. Frame(테두리 틀)

비교적 소용량의 접촉기테두리틀은 plastic으로 제조되거나 금속으로 보강된 plastic으로 제조된다. 테두리틀의 기능은 支持와 결연을 위한 것이며 금속은 "코일"에서 발생하는 열을 방열하는데 있다. 재료의 절연특성향상은 접촉기의 치수를 감소시키는데 더욱 중요하게 되었다. 치수를 감소시키기 위해 제조업체에서는 전통적 절연재료인 Bakelite 대신 Melamine이나 Alkyd와 같은 漏洩電流에 대한 절연저항이 더욱 좋은 열 plastic으로 바꾸어 사용하는 傾向이 있다.

Melamine은 대단히 큰 耐擔耗성질이 크며 Alkyd 역시 대단히 강한 제질로서 Arc에 대한 저항이 크다. Melamine, Alkyd와 Bakelite에 대한 漏洩전류저항의 관계는 다음과 같다.

- Melamine > 500(V)
- Alkyd > 600(V)
- Bakelite 110(V)

B. 電磁石(Electro Magnet)

접촉기의 전자석은 AC 또는 DC용이 있다. 이 전자석은 접촉기 Frame에 고정된 철심과 可動接觸子에 기계적으로 연결된 可動 Armature로 구성된다.

(1) 직류電磁石

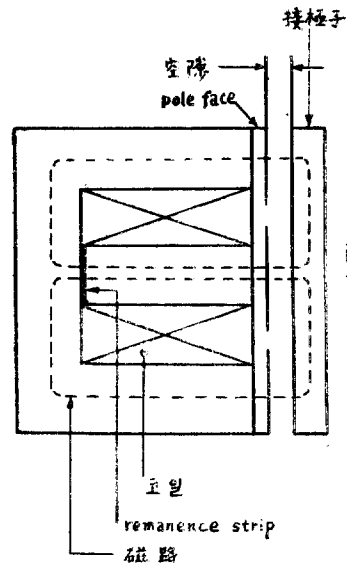


그림 1.

電磁石捲線에 전류가 흐르면 철심과 Amature에 起磁力이 생긴다. 이 자속은 Amature를 철심에 끌어당기는 힘을 이루게 하며 起磁力의 크기는 "코일"의 捲線數, turn數, 空隙의 치수, 철의 磁氣特性, 飽和程度, 전류, 그리고 磁氣回路의 길이와 넓이에 의하여 결정된다.

$$= \phi \frac{KN I}{\Sigma S} \quad \phi: \text{磁束} \quad S: \text{磁氣抵抗}$$

* 정회원 : 인천제철주식회사 제2동력과장

$$N: \text{捲線數} = \sum \frac{I}{\mu e}$$

$$I: \text{電流} \quad \mu: \text{導磁率}$$

吸着后 권선을 통하는 전류는 일정하며 공급전압과 저항에 관계된다.

$$\text{즉: } E=RI$$

그러나 吸着 또는 落下할 동안은 이 식은 적용되지 않는다.

“코일”에 전류가 흐르기 시작하여 자속이 영에서 부터 정상치까지 상승할 때 또는 회로가 개방되어 자속이 정상치로부터 영으로 떨어질 때 逆起電力이 발생하여 전류의 흐름을 작자 방지 또는 계속 유지하려 한다.

吸着時는 다음식이 적용된다.

$$E=RI+L\frac{di}{dt}$$

이 식을 변형하면

$$I=\frac{E}{R}\left(1-\frac{1}{e^{rt}}\right)$$

전류가 최종치까지 상승하는 동안은 전류는 指數法則에 따르며 磁化에 소요시간은 수십“밀리”秒가 소요되며 磁石이 크면 클수록 시간은 장시간이 소요된다. 교류접촉기에 있어서 吸着시간은 유도때문에 줄 것이다. 이것은 接極子의 기계적 동작시간과 磁化에 소요되는 시간을 가산하여 소용량의 경우 약 50~100(ms) 정도이며, 대용량의 경우 약 200~300(ms) 정도가 소요된다. 교류접촉기의 吸着시간은 약 10~7(5ms)이다. 落下시간은 교류접촉기의 경우 약 50~100(ms) 정도이며 교류의 경우 약 10~20(ms)가 소요된다.

磁化에 소요되는 시간은 時定數를 감소시키므로서 감소시킬 수 있다. 예를들면 “코일”과 직렬로 저항 R를 연결하여 저항을 증가시키므로서 감소시킬 수 있다

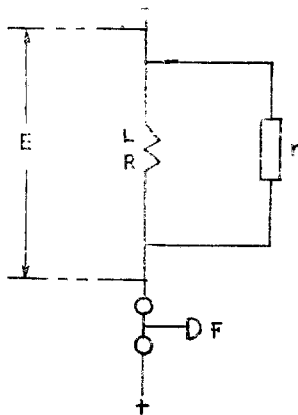


그림 2. Coil with discharge resistor(r)

“코일”전류를 끊으면 유도작용으로 인하여 잠시동안

전류의 흐름을 계속하기 때문에 接點에 상당한 arc가 생긴다. 급속한 방전은 전압을 誘起하며 대형접촉기는 이코일하여 절연이 파괴될 경우도 있다. 그러므로 이것을 방지하기 위하여 “코일”과 並列로 방전저항을 연결하여 이 저항을 통해 誘起된 전압이 방전토록 한다. 접점이 개방될 때는 誘起電流가 저항R를 통하여 흘러 다음식에 따라 감소한다. 즉

$$i = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{e^{\frac{t}{T}}} \quad T: \frac{L}{R+r}$$

개방되는 순간 즉 t=0일 때 $i = \frac{E}{R}$ 이며

코일兩端間의 전압=방전저항 양단간의 전압

$$i \cdot r = \frac{E}{R} \cdot r$$

의 관계가 성립된다. 위에서 알 수 있는 바와 같이 차단시전압 E는 방전저항 r에 의하여 결정된다.

(2) Economy resistor

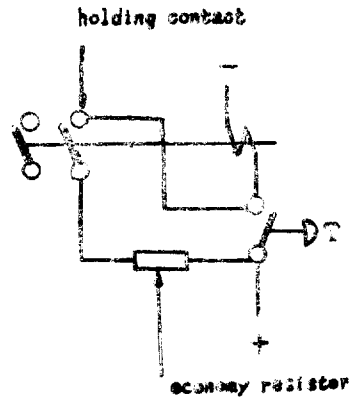


그림 3. 스“윗치” T를 오래 눌러고 있으면 “코일”이 과열된다.

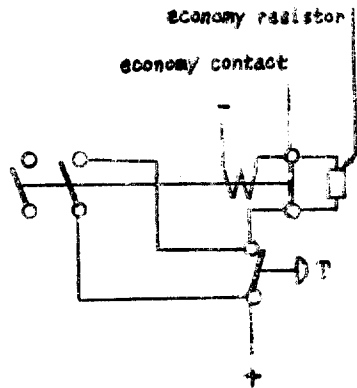


그림 4. 이 회로에서는 스윗치 T를 오랫동안 눌러고 있어도 무방하다. 그러나 별도로 economy contact가 있어 air gap가 영이 되면 economy contact는 열린다.

“코일”을 통하여 흐르는 전류는 주접점이 붙을 때 接極子를 반대로 작용하는 힘을 이기고 끌어잡아 당길 수 있도록 충분한 자속을 이르게 하여야 한다. 接極子를 끌어당긴 후에도 이 전류는 코일을 통하여 계속 흐른다. 그러면 자속은 소의으로 철에만 통하기 때문에 상당히 증가한다(그 이유는 자속은 공기를 통하는 것보다 철을 통하는 것이 수천배 용이하기 때문이다). 接極子가 철심에 접촉하면 자속은 필요이상으로 많이 진다. Economy resistor를 사용하여 전류를 감소시키면 “코일”의 치수를 줄이고 비용을 경감시킬 수 있다.

(3) 교류電磁石

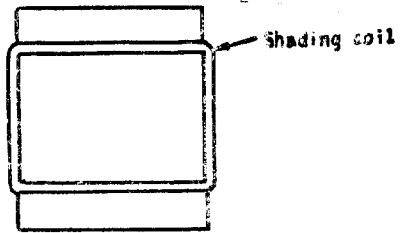


그림 7.

磁極표면에 휴슬과서 Shading coil를 삽입한다. Shading coil 내를 통과하는 자속은 그외를 통과하는 자속보다 뒤떨어지며 두 자속의 영점이 일치하지 않기 때문에 이 자속에 의하여 발생하는 吸引力의 合成은 결코 영으로 떨어지지 않는다. 그 결과 振動騒音 등의 장애를 제거할 수 있다. 위와 같은 사항을 定量的으로 생각하여 본다. Shading coil 의를 통과하는 자속과 그 내를 통과하는 자속을 각각 $\phi_1 \cdot \phi_2$ 라 하면 Shading coil 내를 통과하는 자속 ϕ_2 는 다른 자속 ϕ_1 보다 α 각도만큼 늦어지고 있다고 한다. ϕ_2 의 변화에 의해서 Shading coil에 e 라는 전압이 誘起되며 이 전압은 ϕ_2 보다 位相이 90° 만큼 뒤떨어진다. 즉

$$\phi_1 = \sqrt{2} \phi_1 \sin \omega t$$

$$\phi_2 = \sqrt{2} \phi_2 \sin(\omega t - \alpha)$$

고로 철심의 全磁束은

$$\phi = \sqrt{\phi_1^2 + \phi_2^2 + 2\phi_1\phi_2 \cos \alpha}$$

그리고 전자석의 吸引力의 순치치 f 는

$$f = \frac{(\sqrt{2})^2}{2\mu} \cdot \frac{\phi_1^2 \sin^2 \omega t}{\nu_1^2 s_1} + \frac{(\sqrt{2})^2}{2\mu} \cdot \frac{(\sqrt{2})^2 \phi_2^2 \sin^2(\omega t - \alpha)}{\nu_2^2 s_2}$$

가 된다. 여기에 우변 제1항은 Shading coil이 없을시 磁極의 引力이며 제2항은 Shading coil이 있을시 磁極의 引力이다.

상기식을 $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$ 의 관계식을 대입 變形하면

$$f = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_1^2}{\nu_1^2 s_1} (1 - \cos 2\omega t) + \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_2^2}{\nu_2^2 s_2} \{1 - \cos(2\omega t - 2\alpha)\}$$

가 된다. 이 중 시기에 무관계의 항

$$f_{avg} = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_1^2}{\nu_1^2 s_1} + \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_2^2}{\nu_2^2 s_2}$$

은 자석의 平均吸引力이 되며 나머지 항

$$f_{2\omega} = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_1^2}{\nu_1^2 s_1} \cos 2\omega t + \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_2^2}{\nu_2^2 s_2} \cos(2\omega t - 2\alpha)$$

은 주파수 2ω 로써 주기적으로 變化하는 交番吸引力이

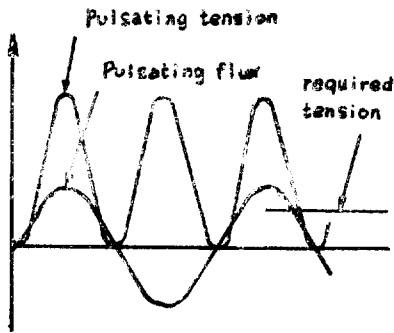


그림 5. Magnet without magnetic shunt

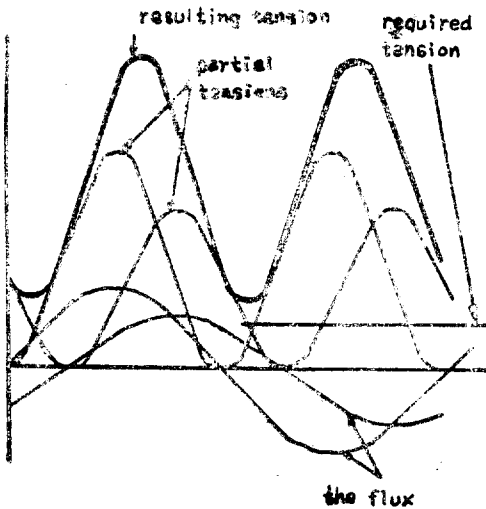


그림 6. Magnet with magnetic shunt

“코일”에 흐르는 전류와 자속은 主周波數에 따라 진동하며 자속은 每周波數마다 두번씩 영이 된다. 자속이 영이될 때 吸引力 역시 영이되며 主周波數에 따라 振動한다. 이러한 振動을 방지하기 위하여 電磁

된다.

$$\text{만약 } \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_1^2}{\nu_1^2 s_1} = \frac{1}{2\mu} \cdot \frac{\phi_2^2}{\nu_6^2 s_6}$$

인 조건이 만족되는 경우는 합성력이 $\alpha = 90^\circ$ 인 때만 영이된다.

즉 吸引力의 振動分이 없는 이상적인 상태를 얻기 위해서는 Shading coil 내의 磁極의 平均力이 같고 Shading coil 내를 통하는 자속이 그 외를 통하는 자속보다 90° 가 늦으면 된다. 실제로 합성吸引力이 가장 이상적인 때는 Shading coil 내 磁極면적이 全磁極면적의 $\frac{2}{3}$ 가 될 때이다.

교류접촉기에 있어서 inductance 는 대단히 중요하다. 그 이유는 接極子가 철심에 붙어 자속이 증가하면 Reactance도 역시 증가하여 그 결과 “코일”에 흐르는 전류는 감소한다. 가능한 한 치수를 줄이기 위하여 電磁石의 接極子가 철심에 붙었을 시 흐르는 전류를 기준하여 “코일”의 치수를 결정하였기 때문에 接極子가 철심에 닿지않은 상태에서 흐르는 전류에는 오랫동안 견

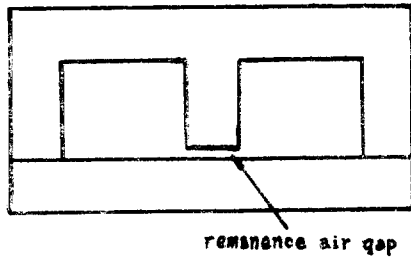


그림 8.

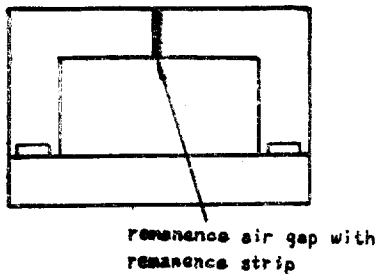


그림 9.

디지 못한다. 이것은 기계적 결합이나 전압이 너무 낮아 접촉기가閉하지 못할 경우 “코일”이 과열되어 燒損될 우려가 있는 것이다.

교류전자석에 있어서는 “코일”에 흐르는 전류는 inductance에 의하여 스스로 제한되기 때문에 economy

resistor는 필요하지 않다. 또한 이것을 교류 “코일”에 연결하여 사용하는 것은 economy resistor가 impedance에 미치는 영향이 근소하기 때문에 실용 가치가 없다. “코일”에 흐르는 전류를 끊으면 다소의 磁氣가 電磁石에 잔유하게 된다. 이러한 잔유자기가 너무 커서 접촉기가 개방되지 않는 것을 방지하기 위하여 永久空隙을 磁氣回路에 둔다. 이 방법은 E형 電磁石에서는 中央 足을 外足보다 약간 짧게 만들며 N형 電磁石에서는 非磁性體로된 薄板片을 자기회로에 삽입하여 만든다. 이 空隙은 0.1mm 이상의 두께는 필요없다.

(4) 손실

직류電磁石에 있어서는 저항에 의한 손실뿐이지만 교류電磁石에 있어서는 이것 외로 다음과 같은 손실이 부가된다.

- (가) Hysteresis loss
- (나) Eddy current loss
- (다) Magnet shunt loss

교류電磁石은 직류電磁石보다 우수하지 못하다는 것이 自問하며 더욱이 磁極면적이 주어졌을 경우 같은 자속밀도에서 단상교류 電磁石의 平均吸引力은 직류電磁石보다 반경도이며 3상교류 電磁石은 직류보다 $\frac{3}{2}$ 배가 된다. 또한 주어진 吸引力 및 “스트로크”에 대해서 교류電磁石쪽이 직류電磁石보다 重量이 커진다. 이것은 같은 吸引力을 내기 위해서는 적어도 2배의 鐵量을 필요로 하고 또한 상당량의 銅量을 필요로 한다.

C. 접점(接點)

고정 및 可動接觸子가 접촉되어 두 접점을 통하여 전류가 흐를때 전압강하가 생긴다. 이 전압강하는 접점표면간의 저항에 따라 다르다. 접점저항은 접점의 표면이 완전히 平滑하지 않고 수개의 點狀으로서 접촉하여 실제 외관상 표면보다 적기 때문에 일어나는 장해저항과 접촉표면에 異物質의 얇은 막(film) 또는 氧化層이 생겨 깨끗하지 않기 때문에 일어나는 表面層 저항이 있다. 장해저항은 접촉력의 평방근에 반비례하므로 접촉압력을 증가시키므로써 감소시킬 수 있으며 Cellulose 공장에서 가끔 생기는 硫化水素와 같은 腐蝕캐스에 의한 表面層抵抗은 대단히 크기 때문에 접촉자에 온도상승이 일어나 손상되는 경우도 있다. 일정한 압력하에서 各接觸材質의 접점저항을 비교하면 다음과 같다.

표	단위 : Milliohms			
	Ag	Cu	Ni	Brass
障 害 抵 抗	0.15	0.73	1	1.3
表 面 層 抵 抗	0.07	0.65	0.3	0.85

위 표에서 알수 있는 바와 같이 銀은 접점재료로서는 대단히 우수하지만 단점으로서는 熔融點이 낮은 것이다. 근래 접점재료로서는 Silver cadmium oxide를 이용하게 되었다.

이 재료는 銀과 같이 접점으로서의 좋은 성질을 갖고 있으며 또한 대단히 단단하여 耐熔接性を 갖고 있다.

4. 결 론

電磁接觸器의 磁性재료는 軟銅을 많이 사용하며 透磁率이 크고 保磁力이 적은 것이 요구된다. 勵磁를 끊어도 殘留磁氣가 많으면 接極子가 그내로 고정하고 있을 때도 있으므로 이것을 방지하기 위하여 非磁性體의 shim을 삽입하든가 permanent air gap를 두든가 하는 적당한 조치를 취하였다. 勵磁코일의 定格은 그 인가 전압으로 주어진다. AIEE(미국전기학회)의 표준에 의하면 "코일"은 정격전압의 80~120%사이의 임의의 전압으로서 확실히 동작하지 않으면 안된다. 즉 120%의 전압을 연속적으로 印加하여도 "코일"이 부당하게 과열되지 않아야 한다(단 허용온도 상승은 온도계법으로

50~85°C, 저항법으로서 70~105°C). 또한 80%의 전압으로서 接極子를 확실히 閉路할 필요가 있다. 또한 勵磁"코일"은 저항뿐만이 아니며 상당한 inductance도 포함되어 있으므로 흐르고 있는 전류를 급속히 차단하면 과대한 전압이 발생하여 이것에 의하여 손상될 우려가 있으므로 코일절연은 이 過電壓에 대해서 충분히 견딜 수 있도록 하여야 한다. 電磁接觸器는 그 구성요소의 어느 하나도 과열하지 않고 8시간 정격전류를 연속적으로 흐를 수 있도록 규정되어 있다(접촉자의 온도상승 65°C) 600V 또는 그 이하의 전압범위에 사용하는 직류접촉기는 정격전류의 10배의 전류를 차단할 수 있어야 하며 정격전류의 15배의 전류를 1초간 흘려도 지장이 없어야 한다.

5. 참고문헌

- (1) ASEA Journal Feb. 1968.
- (2) 茂木 晃 電磁裝置와 그의 설계 일본전기서원
- (3) 전기학회 전기공학 핸드북
- (4) NEMA Low-Voltage Power Circuit Breakers No. SG 3-1965

<51Page 에서 계속>

도 서 명	권	호	발행년월일	접수일자	송 부 처
전자통신 학회지(일본)	Vol. 53 No. 11		" 11	" 12.11	일본전자통신학회
" 논문집 A	" A "		" "	" "	"
" " B	" B "		" "	" "	"
" " C	" C "		" "	" "	"
과학기술문헌속보(전기전자편)	Vol. 9 No. 11		" "	" "	한국과학기술정보센터
Korean Scientific Abstracts	Vol. 2 No. 5		" 10	" "	"
전자뉴스	제2권 제23호		" 12.15	" 12.17	한국정밀기기센터
Aerial	Oct 1970		" 10	" "	영국
금속학회지	Vol. 8 No. 2		" 9	" "	대한금속학회
중공업발전의기반(상)	1970		" "	" "	한국과학기술연구소
" (하)	" "		" "	" "	"
Electronics & Power	" 10		" 10	" 12.18	영국
전기학회잡지(일본)	Vol. 90 No. 11		" 11	" 12.21	일본전기학회
ETZ	A 91-10		" 10	" "	서독전기학회
"	B 22-21		" 10.16	" "	"
시멘트	Dec 1970		" 12	" 12.22	한국양회공업협회
산업기술	제49호		" "	" 12.23	한국산업은행 기술제1부
전기협회	No. 21		" "	" 12.29	지대합전기협회
三菱電機技報(일본)	Vol. 44 No. 11		" 11	" "	三菱電機株式會社
한전	통린 제3호		" 12	" 12.30	한국전력주식회사
귀국보고논문집 (공공행정편)	1970		" 12.23	" 12.31	한미기술협력회