

# 電磁式(靜止型) 繼電器의 選擇

(上)

金仁錫

三和技研(株)社長

## 1. 電磁式繼電器의 소모전력

### 가. 개요

본고에서 전자식계전기라 함은 트랜지스터와 반도체부품을 사용한 정지형 보호계전기(Static Relay)를 말하며, 수년전까지만 해도 보호계전기로서는 50년전에 개발된 이래 계속 사용되고 있는 유도원판형을 위시해서 대부분 전자형(Electromagnetic Type) 또는 열동형(Thermal Type)의 구조였으나 수년전부터 Electronic기술이 도입되어 정지형이 서서히 사용되기에 이르렀다.

1980년 6월에 있었던 일본의 전력회사(북해도 전력주식회사와 9개사)의 계전기 담당과장 회의에서 논의된 전력용 규격 B401(보호계전기 및 보호계전장치) 개정내용에서 정지형 계전기의 적용범위의 확대방안에 대하여 논의된 바에 따르면 성능면에서 동작시간의 정도를 현행 40ms에서 25ms로 향상을 도모했고 모의동작용 체크 단자상태 표시 등을 부가토록 해서 보수면을 배려했고, 사용자나 제작자가 널리 쓰고 있는 AN SI규격에 의한 내 Noise 시험을(1~1.5MHz,

피크 전압 2.5~3kV의 감쇠성 진동파형을 반복인가해서 오동작, 파괴가 되어서는 안된다)행하도록 하는 등 정지형계전기의 적극적인 개발 및 활용 확대방안을 모색하고 있다.

이러한 세계적인 추세에 따라 우리나라에서도 정지형 보호계전장치에 대한 활성화방안을 적극적으로 모색하고 신규개발에 박차를 가하여 혼신의 노력을 기울이고 있으며 오래지 않아 선진국을 앞서갈 수 있는 가능성이 엿보이는 분야이기도 하다. 작금의 국내 계전기 수준은 아주 미약하여 고압 수배전 보호용계전기(유도형 대체품)가 경보전기 및 대연전자에서 개발에 착수했거나 초품이 나오고 있고 모터 보호계전기(열동형 대체품)는 일본에서 2E, 3E Relay 등 전량 수입에 의존하다가 5년전에 삼화기연에서 독자적으로 개발한 EOCR이 시판됨으로써 품질을 인정받고 현재는 양산 단계에 이르렀으며 과부하방지(일명 쇼크 릴레이)도 수 년전에 공성 엔지니어링, 반도체계, 명성 등 몇 개 업체에서 생산판매해 오고 있으나 대부분이 외제의 복사품에 불과하고, 가격이 비싸 보편적인 실용화가 어려웠으나 이것 또한 삼화에서 7년전에 개발

완료하고 3년간 적응시험을 거친 후 4년전부터 시장에 내놓아 그 수요가 급증하고 있는 추세에 있으며, 미국, 일본, 구라파, 대만 등에 발명특허 등록이 완료되어 수출을 목적으로 두고 있어 어느 면에서는 제품의 신뢰성, 성능과 가격면에서 국제경쟁력이 있으므로 수출 유망품종으로 전문가들의 입에 오르내리고 있는 실정이다.

그러나 전력형 보호계전기는 그 기능과 역할면에서 너무 중차대하기 때문에 오동작(Noise에 의한)이 된다거나 과부하시 보호를 못한다면 엄청난 재해를 유발하므로 그의 적용에 있어서 세심한 사전검토와 준비가 뒤따라야 될 것으로 본다. 특히 전력형 과전류계전기는 Noise, 고조파, 뇌격파 등의 침입에 불안요소가 있고 요즘 VVVF(인버터)의 활용 등으로 고조파 장해문제 등이 크게 대두되고 있으며 과전류계전기의 한시동작요소는 큰 문제가 되지 않으나 순시 동작요소에 있어서는 동작시간이 1.5Hz 이내이므로 송배전선로의 충전시 충전전류 또는 트랜스의 여자돌입전류에 오동작할 수 있는 가능성이 내재하고 있는 것이 문제점이며 동작특성곡선이 기존의 유도형 계전기와 협조가 되어야 하므로 계통보호에 활용하기에는 조금 이론 편이며 신뢰성의 확보가 우선되어야 할 것이다.

따라서 삽화에서도 수 년전에 개발은 완료되었고, 이제는 특성과 순시요소의 오동작 문제, Noise, 고조파, 뇌격파의 충격문제 등의 완전방지에 총력을 경주하여 내구성 시험중에 있으며, 금명간 초콜 생산에 들어가게 될 것으로 전망한다.

#### 나. 열동형 계전기(Thermal Relay)

전동기에 유입되는 전류로 릴레이의 열선(Heater)을 가열하여 그 열에 의해 바이메탈(Bimetal)의 만곡작용을 이용하여 접점을 개폐하고 전자개폐기를 개로하는 구조로 되어 있다. 열동소자(Heater와 Bimetal)가 2개인 경우가 대부분인데 삼상 모터 보호목적으로는 2소자만

으로 충분하나 상 보호기능까지 요구되면 반드시 R상, S상, T상 각각의 열동소자가 필요하게 된다.

(1) 이론상으로는 보호하고자 하는 전동기에 흐른 전류의 크기에 상응하여 전동기의 권선온도를 간접적으로 검지하여 Thermal Relay의 열동소자 온도와 전동기 권선온도가 비례 관계에 따라 온도 매칭에 의해 릴레이가 동작하여 전동기의 소손을 정확히 보호한다고 생각하고 있다.

(2) 온도 보상용 Bimetal이 설치되어 있어 주위온도 보상은 될 수 있으나 보증할 수 있는 사용온도의 한계는 40°C로 되어 있어 설치장소에 따라 온도의 변화폭이 커서 실무현장에서는 주위온도와 모터별 냉각 방식에 따라 Factor가 일정하지 않으므로 신뢰성을 인정하기가 매우 어려운 실정이다.

(3) 결상 보호용 Thermal Relay(2E-Relay)가 개발되어 활용되고 있는 바 결상검출은 전전상과 결상상의 주 Bimetal의 만곡차를 이용하여 이 차를 정도가 높은 제 1 Lever, 제 2 Lever, 차동 Lever가 조합된 차동증폭기구에 의해 동작된다.

#### (4) 열동계전기의 구조

부품별 기능을 설명하면 다음과 같다.

○검출방법 : Motor의 부하전류를 Heater의 열에 의해 검출하여 Bimetal을 만곡시킨다.

○Trip 동작 : Bimetal이 만곡하여 연동관, 작동 Lever에 의해 전달되어 과부하시 접점을 개방한다.

○Reset 동작 : Reset Button에 의해 접점을 복귀시킨다.

○주위온도보정 : 보조 Bimetal에 의해 외기 주위온도 영향을 보정한다.

○Dial 조정 : 조정 Dial의 중심전류 표시에 대한  $\pm 20\%$ 의 범위로 조정이 가능하다.

#### (5) 열동계전기의 성능과 특성

##### ○성능

한국공업규격 KS C 4504 교류전자개폐기에 의하면 그 성능을 다음과 같이 보장하고 있다.

동작	규격	주위 온도	부동작	동작
과 부 하 구 속 동 작		40℃	100%	125% 2시간이내
			100%	200% 4분이내
			—	600% 2~30초

〈참고규격〉

- JEM 1355 : 3상 유도전동기용 보호계전기 통칙
- JEM 1356 : 삼상 유도전동기용 열동형 및 전자형 보호계전기
- ICE 292-1 : Low Voltage Starters (저압 시동기)

○ 특 성

그림 1에서 보는 바와 같이 과부하특성과 결상보호특성으로 분류된다.

· 시동 특성 (Cold Start)

열동소자가 냉각된 상태에서 직접 시동된 경우의 동작특성

· 과부하 특성 (Hot Start)

정적운전중에 과부하된 경우의 동작특성

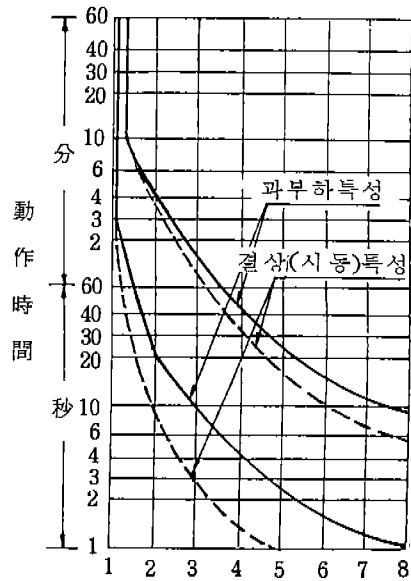
#### 다. 전자식 계전기의 소모전력

(1) 전 항에서 살펴본 바와 같이 열동형계전기 (Thermal Relay)는 동작원리상 모터 부하전류가 열동소자에 흐를 때 발생한 Jule 열에 의해 근접설치된 Bimetal을 만족시켜 접점을 개폐하도록 한 기계식 방식으로서, 이론적으로는 정확한 듯이 보이지만 현장실무에서는 다음에 열거된 문제점이 노정된다.

a) 말 그대로 열동형이기 때문에 표 1에서 보는 바와 같이 전력소모(낭비전력)가 전자식에 비해 대단히 높다.

b) 온도보상이 되어 있다고는 하지만 모터와 조작 패널이 분리된 경우 외기온도의 영향을 무시할 수 없고 또한 주위 온도 40℃ 이상에서는 사용이 제한된다.

c) 변동하는 부하특성에 맞게 과부하 설정을 하기 어렵고, 열축적에 의한 오동작 빈도가 많



〈그림 1〉

고 보호기능이 미약하여 소손사고가 빈번한 것이 현실이다.

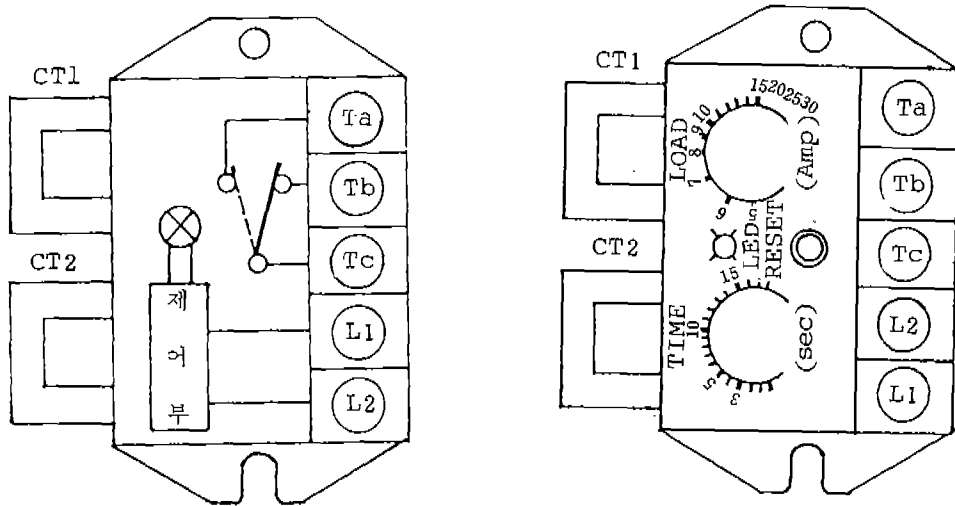
d) 이론상 특성곡선을 검토하면 정확한 듯이 보이지만 양산시 제품의 특성검사에 많은 시간이 소요되므로 전수검사가 어려워 신뢰도가 떨어진다.

이상에서 나타난 열동계전기의 단점을 완벽히 보완할 수 있는 보호계전기의 출현이 필연적인 사실로 대두되는 가운데, 선진 제국에서는 전자식 전류계전기의 연구개발에 혈안이 되고 있고, 우리의 현실은 일본 OMRON사의 2E, 3E Relay의 수입에 의존하면서 열동계전기에 만족하고 있는 실정이었다. 그러나 다행히도 심화기연에서 5년전에 EO CR (Electronic Over Current Relay)을 개발품으로 선보이고 수요가 차츰 증가하여 수요자 여러분의 호평을 받는 가운데 양산체제를 갖추면서 원가절감이 되어 소비자 가격의 합리적 조정이 금명간 이루어질 것으로 전망한다.

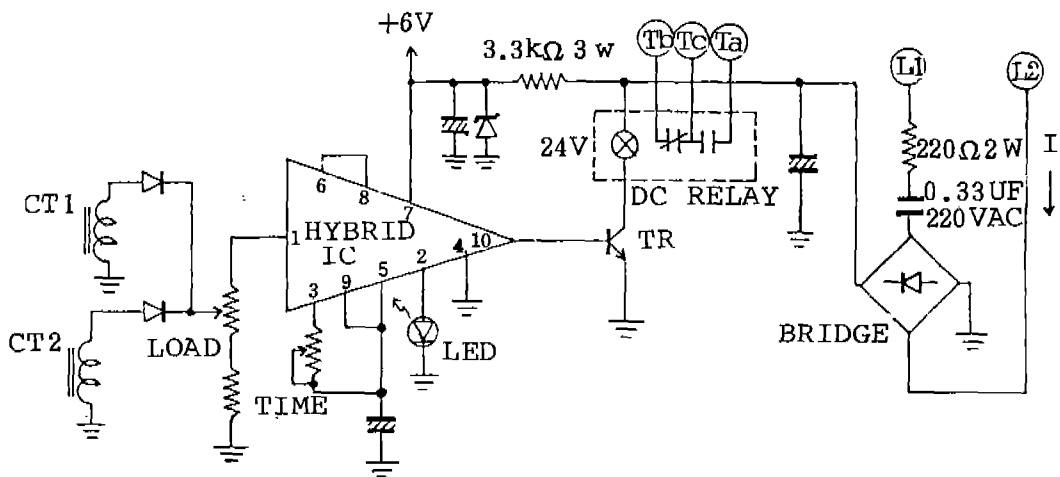
(2) 전자식 계전기의 소비전력 계산을 위해 그 외부구조 및 내부회로를 소개하면 다음과 같다.

그림 2는 EOCR의 외부구조도를 표시하며 그림 3은 내부회로의 Block Diagram이다. 그림 3의 Hybrid의 전류신호의 변별→증폭 및 반전→Time 정정 및 적분회로→증폭회로→Feed Back 회로→동작회로의 과정에서 High 신호가 TR을 ON시켜 보조계전기 ⊗를 여자시키고 보조릴레이 출력접점단자 Tc, Tb, Ta를 Sequence 회로에 응용해서 전자개폐기를 동작시키게 된다.

표 2에서 보는 바와 같이 Hybrid IC의 전력은 무시할 정도로 미세하며 전력소모는 Filter 저항 3.3kΩ (3 W)와 DC Relay 코일 ⊗에서의 소비전력 (0.5W)에 불과하므로 Thermal Relay에 비해 무시할 정도로 적다. 만약 브리지 다이오드의 DC 출력측이 쇼트상태가 된 경우에도 교류 입력측 단자 L1, L2에 흐르는 전류 I를 계산해 보면,



〈그림 2〉



〈그림 3〉

〈표 1〉 열동형 계전기 소모전력

TH LOAD(%)	MODEL PAK-10AT			MODEL PAK-20AT			MODEL PAK-35AT		
	전류 (A)	전압 (mV)	소모전력 (W)	전류 (A)	전압 (mV)	소모전력 (W)	전류 (A)	전압 (mV)	소모전력 (W)
80	8	197,989	3.167	16	169,705	5.430	28	155,563	8,711
90	9	240,416	4.32	18	183,847	6.618	31.5	169,705	10,691
100	10	254,558	5.091	20	212,132	8.485	35	197,989	13,606
110	11	282,842	6.222	22	236,880	5.211	38.5	215,667	16,606
120	12	300,520	7.212	24	265,165	12.727	42	240,416	20,194
130	13	328,804	8.548	26	282,842	14.707	45.5	268,700	24,451

\* 모델 : A 산업

〈표 2〉 전자식계전기의 소모전력

소모전력 (W) 입력 전압(V)	EOCR				ECL	
	N Type		R Type		R Type	
	동작전	동작후	동작전	동작후	동작전	동작후
187	0.504	0.98	0.96	0.387	0.498	0.252
220	0.566	1.387	1.298	0.552	0.697	0.35
253	0.741	1.727	1.797	0.737	0.946	0.433

$$I = WCE = 2\pi f \cdot CE = 2 \times 3.14 \times 60 \times 0.33 \times 220 \times 10^{-6} \approx 0.027A$$

(여기서 저항 220Ω은 무시)

0.027A로서 극히 미세한 전류에 불과하다.

## 2. 適正繼電器의 선정

계전기에는 구조상으로 분류해서 유도원판형, 유도환형, 유도 갭형, 가동 Coil형, 가동철심형, 정류형, Motor형, 열동형, 정지형(트랜지스터

형), Digital형 등이 있으나 본 고에서는 모터 보호용 열동계전기의 대체품인 정지형 계전기에 관해 검토하기로 하겠다.

시중에 통용되고 있는 정지형계전기로는 일본에서 수입한 OMRON의 2E, 3E Relay와 삼화기연의 EOCR이 있고, 여기에 대연전자, 대명, 보우 등 몇개 후발업체가 초품 출하중에 있으며 금성제전, 금성기전, 현대중공업 등에서도 최근 개발에 착수한 것으로 알려지고 있다.

여기에서는 삼화기연에서 생산 판매되고 있는

전자식 과전류계전기(EOCR)와 부족전류계전기, 한류기, 쇼크 릴레이, 직류과전류계전기, 과전압계전기, 부족전압계전기, 역상계전기, 결상계전기, 지연석방계전기, 전류식 기동계전기, 전압식 기동계전기 등에 대한 특성과 정확한 사용조건 및 적합한 선정방법에 대해서 설명하겠다.

### 가. EOCR과 일제 2E, 3E 릴레이와의 차이점

열동계전기(Thermal Relay)와 전자식 계전기와와의 비교는 제 1장에서 이미 논한 바 있으므로 이 장에서는 2E, 3E Relay와 비교하여 EOCR의 장점을 열거해 보겠다.

- (1) 실부하전류를 알 수 있다(전류계 기능).
- (2) 별개의 콘버터(변류기)가 필요없고, 과부하 설정을 계산에 의하지 않고 LED 표시 등을 보면서 전류 노부로 정밀·정확하게 할 수 있다(불이 꺼진 점이 105%~115%).
- (3) 동작이 정확하므로 모터의 베어링 또는 부하측의 경미한 과부하까지도 보호할 수가 있어 전기적 고장(결상, 단상, 과부하)은 물론 기계적 고장(축수마모, 연동장치의 이상, 충격적인 과부하)도 보호할 수 있다.
- (4) 전력소모가 적다(절전형).
- (5) 구조가 간단하고 초소형이므로 취급이 용이하고 경제적이다.

(6) 가격이 저렴하다.

(7) 내부회로의 간단한 변형만으로 기능추가가 용이하다(자동복귀 기능, No Volt Relay 기능, 정한시 특성, 반한시 특성, Time Relay 기능, 쇼크 릴레이 기능, 단락보호 기능, 부족전류 기능, 과전압계전기 기능, 부족전압계전기 기능...)

(8) 한가지 규격으로 수 마력에서 수천 마력까지 사용이 가능하여 규격이 단순하고 호환성이 좋다.

이상에 열거한 장점 외에도 촘뎡, 맥뎡에 안정되고 온도보상이 완벽하여 UL마크만 획득하면 국제적인 경쟁력이 충분할 것으로 기대된다.

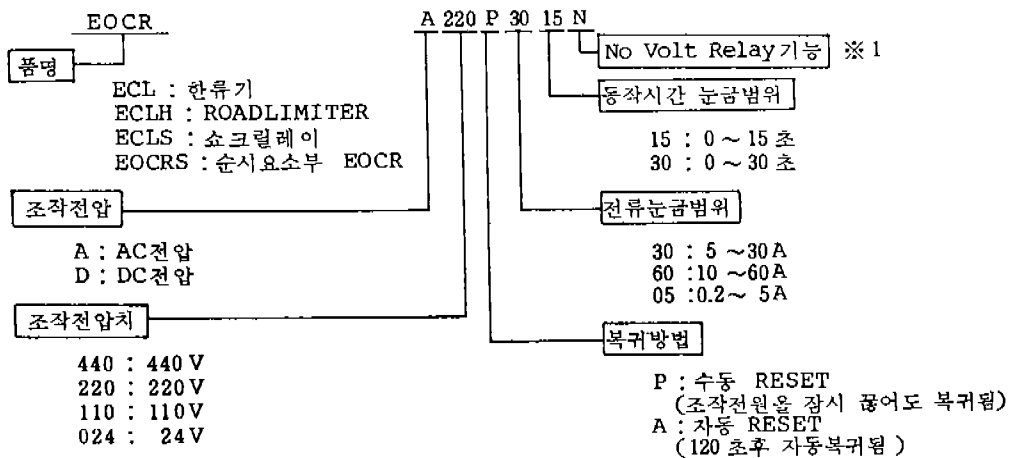
### 나. 전류계전기(Electronic Current Relay)의 올바른 선택

#### (1) 전자식 과전류계전기(Electronic Over Current Relay)

① 열동형 계전기의 대체용으로서 기동시간이 짧은(직입기동) 11kW 이하의 범용 모터 보호에 적합하다. 구입시 기호는 아래 그림과 같이 표시한다.

#### ② No-Volt 기능

※ (1) No-Volt 기능이란 EOCR에 조작전원을 인가하면 EOCR 속에 내장된 보조 릴레이가 여자되어 그 보조접점인 T<sub>c</sub>와 T<sub>a</sub>가 도통된다. 즉



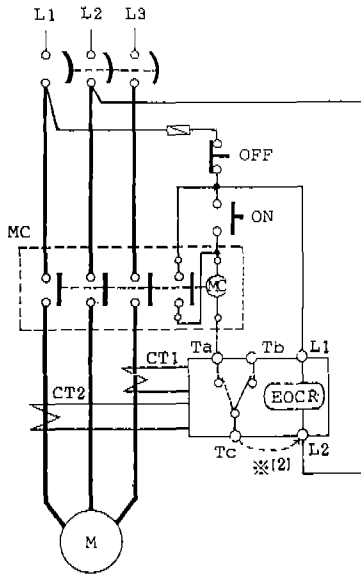
a, b 접점이 서로 바뀌는데 전원이 없으면 보조 릴레이가 소자되고 접점의 연결도 원상복귀된다.

※(2)그림 4에서 EOCR의 T<sub>c</sub>단자와 L<sub>2</sub>단자 간의 접선부분 링크선을 제거하고 T<sub>c</sub>단자에 L<sub>3</sub> 전원을 연결하면 모터 기동전에 전원중 한 상이 결상되어도 조작회로 구성이 안되므로 개폐기가 투입되지 않는다. 이것이 EOCR의 No-Volt 기능에 의한 결상보호기능을 의미한다.

이상에서 본 바와 같이 No-Volt 기능은 결상보호는 물론 EOCR 내부회로의 자체 Test기능과 조작전원의 이상상태를 체크하고 고압반에서 전원측 순간정전시 Trip 코일을 작동시켜 중부하 상태에서 전원 재투입을 방지하는 기능도 가지게 된다.

### ③ 전류 및 시간의 설정

그림 4와 같이 배선하고, 동작시간 노브는 눈금이 0에서 15초까지 있으니 소형 직입기동 모터는 약 3sec에 설정하고, 전류 노브는 모터의 정격치 부근에 두고 모터를 시동해서 최대부하를 인가한다. 최대부하시 전류 노브를 반시계



〈그림 4〉

방향으로 서서히 돌리면 동작표시등(LED)이 깜박이는 점을 찾을 수 있다. 이 눈금이 삼상전류중 최대로 흐르는 상의 전류를 나타낸다. 이때 전류를 확인한 후 다시 노브를 시계방향으로 약간 돌리면 LED불이 꺼진다. 이점이 실부하 전류보다 110%~115% 정도 높게 설정된 점이라고 보면 된다. 기계보호기능이 필요없이 모터만 보호하고자 하면 눈금상의 정격전류에 설정하면 된다.

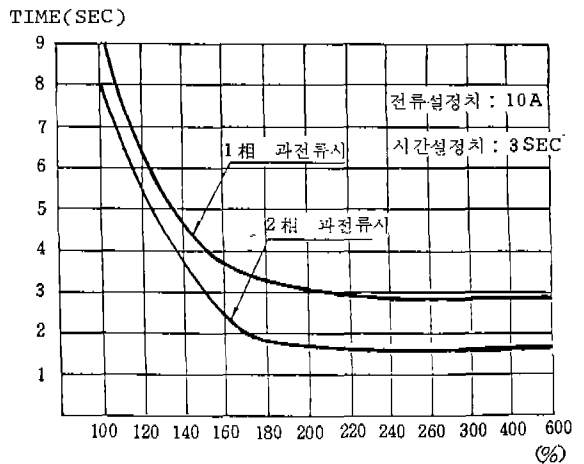
### ④ Reset 방법

과부하가 되어 전류값이 설정치이상으로 되면 LED가 안정되어 밝은 상태로 되고 설정된 시간이 지나면 LED가 더욱 밝아지면서 EOCR내부의 보조 릴레이 ⊗가 소자되고(OFF) LED도 밝아진 상태로 있어 EOCR이 과부하 동작되었다는 것을 표시한다. 이 동작상태를 Reset하려면 조작전원을 약 1초정도 OFF하거나 Reset Button을 누르면 순간복귀가 가능하다.

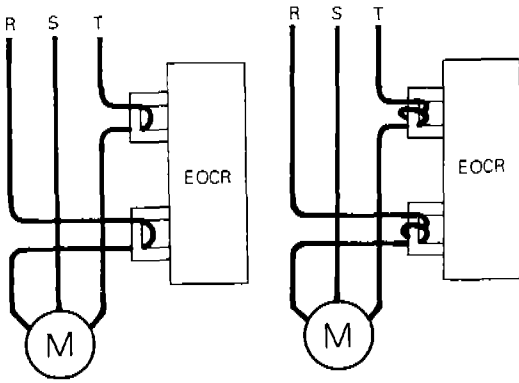
### ⑤ 동작특성

EOCR의 동작은 설정전류치의 250%의 과부하 범위내에서는 반한시성을 나타내고 250% 이상의 부하에서는 거의 정한시로 동작한다.

그림 5을 보면, 동작시간은 1상의 전류변화를 기준해서 눈금을 고정했기 때문에 2상의 전류가 동시에 증가하면 동작시간은  $1\sqrt{3} \approx 0.6$ 배



〈그림 5〉



(그림 6)

만큼 더 단축된다.

예를 들면, 그림 6에서 R상이나 T상중 어느 한 상만 전류를 설정치의 250%, 즉 25A 이상 흘렸을 때 동작시간은 약 3초가 되나 R상과 T상 공히 250% 증가시키면  $3\text{초} \times 1/\sqrt{3} \approx 1.8\text{초}$ 에 동작한다. 따라서 삼상 모터의 기동시간이 5초인 모터라면  $5\text{초} \times \sqrt{3} \approx 8.7$ , 즉 약 9초 정도로 Set해 두면 만족하게 동작한다. 만약 기동시간이 길어서 Time 설정을 15초로 설정한 모터에서 정상운전 중에 퓨즈가 1개 용단되어 단상운전(정격의  $\sqrt{3}$ 배 이상 증가)으로 돌입한 경우 최소한 15초 이상은 지나야 EOCR이 동작되는 경우가 발생하는데 Thermal Relay의 동작특성에서 2배의 과전류에서 4분 이내로 된 것에 비하면 안전하며 늦어도 30초이내에는 동작하므로 175% 부하에서 30초정도 견디지 못하는 모터는 없기 때문에 어떠한 경우에도 완벽히 보호할 수 있다.

그러나 기동시간이 길거나 대형 모터의 보호에는 EOCR은 Time이 한 기능뿐이므로 다소 미흡한 점이 있다고 생각되어 다음 항에서 소개하게 될 ECL(한류기)에 기동시간(지연시간) 외에 동작시간의 기능을 추가하여 기동시에 0~30초 가변설정이 가능하고 동작시간은 0~5초까지 가변설정할 수 있도록 하였다. 설정된 기동시간이 경과되면 시간기능이 동작시간으로 넘어가서 대기상태에 있다가 전류치가 설정치 이상

오버되어 LED가 점등되면 설정된 동작시간내에 ECL이 동작한다.

#### ⑥ EOCR의 정격 및 성능

a) 전류정정범위 : 0.2~5 A, 5~30A, 10~60A의 3종이 있으며 매 종류마다 최소치 이하의 부하보호는 EOCR의 노출된 CT에 관통수를 n회 관통시키면  $0.2/n\text{A}$ ,  $5/n\text{A}$ ,  $10/n\text{A}$ 까지 증폭시켜 사용할 수 있다. 60A를 넘는 부하의 보호는 시판되고 있는 계기용 변류기(원 CT)를 사용하고 0.2~5 A 눈금의 EOCR (EOCR-A 22 OP0515N)과 함께 사용하면 수 킬 마력까지 보호할 수 있다(동작전류 오차는  $\pm 10\%$  이내이다).

b) 동작시간 정정범위 : 0~15초(오차는  $\pm 10\%$  이내)

c) 조작전원 : 대부분의 조작전원은 220V AC가 표준이나 경우에 따라 110V, 24V, 48V, 440V 또는 DC 전압 등 다양하다.

d) 사용온도범위 : 운전할 때 :  $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$   
저장할 때 :  $-55^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

e) 내장된 접점 릴레이 접점용량 : 220V AC/2.5A (저항부하)

f) 손실전력 : 0.5W 이하

g) 총중량 : 150g (5.29 온스)

h) 절연저항 : 전기회로 전체와 외함간에 10M $\Omega$  이상 (DC 500V 메거 Tester)

i) 내전압 : 전기회로 전체와 외함간에 AC 2,000V 상용주파수로 1분간 이상 없을 것.

j) 내충격전압 : 전기회로 전체와 외함간에 파고치 4,500V,  $1 \times 40\mu\text{s}$ 파로 이상 없을 것.

k) 내 Surge 입력 : 조작전원 단자간에 파고치 3,000V,  $1 \times 40\mu\text{s}$ 파로 이상 없을 것.

l) 내진동 : XYZ 각 방향에 진동수 16.7Hz, 진동폭 1mm로 10분간 이상 없을 것.

m) 충격내구 : 30m/s<sup>2</sup>(약 30G)로 이상 없을 것.

n) CT Hole의 크기 : IV전선 30%<sup>2</sup>가 1회 관통할 수 있음.

(다음호에 계속)