



# 모터보호는 디지털EOCR로 해결

삼화EOCR(주)  
기술영업 이사 김기욱  
Tel 02)3473-2340내선456



## 목 차

1. 서론
2. 전동기 보호의 종류
3. 열동형 계전기의 개요
4. 과전류계전기의 디지털과 열동형의 비교
5. 사전고장 경보의 중요성
6. 간과되기 쉬운 모터보호기능
7. 열동형(Thermal Type), EOCR-SS, EOCR-FD "E"의 적용 결선 비교
8. MCC의 1 UNIT당 경제성 비교
9. 모터보호디지털계전기의 향후 전망

### 1. 서론

전력시설물중 전동기설비가 차지하는 비중이 매우 높으며 생산과의 직접적인 관계가 있는 생산설비의 모터 고장으로 인한 생산손실은 이루 말할 수 없이 크다. 어떻게 하면 모터의 고장을 좀더 줄일 수 있을까? 관련 전력기술인들의 고심이 이만저만이 아닐 것이다.

현재 모터보호를 위해 열동형계전기에서 전자식계전기로 전환하는 경우가 많긴 하지만 아직도 열동형계전기가 많이 생산되고 있는 상황이다. 이로 미루어 볼 때 전력설비의 현장에서 열동형계전기가 많이 사용하고 있는 것으로 보아야 할 것이다.

열동형계전기는 과전류 특성을 반한시특성으로 보호하는 것으로 모터의 사용시간에 따라  $I^2t$ 에 특성이 변하게 되어 정확한 보호가 되지 않아 모터가 소손되는 반면, 전자식 또는 디지털EOCR는 정한시 특성으로  $I^2t$ 에 특성이 변하지 않고 세팅한 전류 또는 시간에 정확하게 동작되므로 모터소손이 방지된다.

현재 모터보호에 사용하고 있는 열동형계전기 또는 전자식EOCR를 디지털EOCR로 교체할 수 있도록 모터의 보호종류와 열동형계전기의 개요, 열동형계전기와 디지털EOCR의 특성과 기능비교, 사전경보의 중요성, 간과되기 쉬운 모터보호기능, 열동형과 디지털계전기

의 단선결선도 비교, 경제성검토, 모터보호계전기 등의 향후전망에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 전동기 보호의 종류

보호의 종류	내 용
과부하	전동기 권선의 과열에 의한 절연열화, 시간이 경과 후에는 소손, 단락 사고로 번지는 것을 전류를 감지하여 소손을 방지함
결상	운전 중에 결상이 되면 건전상의 전류는 정상상태의 $\sqrt{3}$ 배로 증가하며 시동전에 결상이 되면 구속상태(Locked Rotor)의 전류치인 정격전류의 6~7배의 전류로 인한 권선의 전류를 감지하여 소손을 방지함.
역상	상대기계의 역회전에 의한 손상을 방지함.
지락	전동기의 주회로 또는 권선이 지락되면 지락전류가 흘러 인축에 위험을 초래하고 지락상태가 심화되면 궁극적으로 단락 상태를 유발하여 계통에 중대한 사고를 끼치는 것을 지락(누설)전류를 감지하여 소손을 방지함.
불평형	전동기의 3상 각 권선에 흐르는 전류의 불평형이 심화되면 정격출력 운전이 어렵게 되며 궁극적으로 과도한 전류가 흐르는 권선의 소손을 유발하게 되는 것을 불평형 전류를 감지하여 소손을 방지함.
구속	전동기의 회전자(Rotor)가 구속되면 정격전류의 6~7배의 전류가 흘러 전동기의 권선이 과열, 소손되는 것을 방지함.
부족전류	전동기가 부하운전 중에 부하가 걸리지 않고 운전되는 것을 부족전류를 감지하여 부하운전을 방지하고 수중펌프의 경우는 물이 없는 관계로 냉각이 되지 않아 권선이 과열되는 것을 방지함.

## 3. 열동형 계전기의 개요

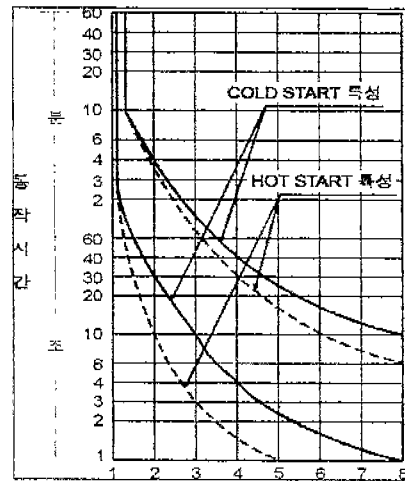
가. 주요 기능

- 과전류 검출: 모터의 부하전류를 히터의 열에 의해 검출하여 Bimetal을 만곡을 시킨다.
- Trip동작: Bimetal이 만곡하여 연동판의 작동 Lever에 의해 기계적인 힘이 전달되어 접점을 개방한다.
- Reset동작: Reset Button에 의해 접점을 복귀시킨다.

- 주위온도 보정: 보조 Bimetal에 의해 외기 주위온도 영향을 보정한다.
- DIAL조정: 조정DIAL의 중심 전류 표시에 대한 20%의 범위로 조정이 가능하다.
- 소모전력: 3W(소용량)~24W(대용량)

### 나. 성능 및 특성

- 한국공업규격 KSC4504의 교류 전자 개폐기에 의하면 그 성능을 그림에서와 같이 COLD START 특성(냉각 상태에서의 기동 특성)과 HOT START 특성(운전 중 동작특성)으로 분류된다.



또한 JEM, IEC에 의하면 그 동작 특성은 다음과 같다.

열동 소자가 냉각된 상태에서 시동된 경우의 동작

동작	규격	주위 온도	부동작	동작
과부하동작		40℃	100%	120% 2시간 이내
			100%	200% 4분 이내
구속동작			-	600% 3~35초 이내

40 이상에서는 확실한 성능 보장이 안됨.

## 4. 과전류 계전기의 디지털과 열동형의 비교



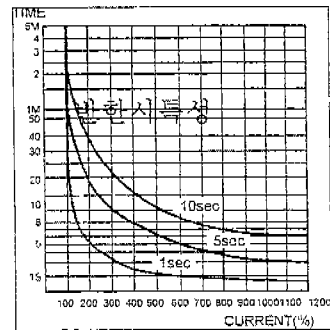
가. 기능 비교

구분	열동형(Th Type) (Thermal Relay)	디지털(EOCR-FD "E" Type) (Electronic Over Current Relay)
동작 원리	전열선(heater)감응에 의한 바이메탈(bimetal)반곡 방식	전자논리회로에 의한 보조 릴레이 동작 방식
과전류 보호	부정확함	아주 정확함
상보호 (상 불평형 심화시)	할수없음	할수있음
역상 보호	할수없음	할수있음
지락 보호	할수없음	할수있음
정밀 미세 조정	할수없음	할수있음
전류계 역할	할수없음	3상전류 자동순환표시: Display meter
무전압 계전기 역할	할수없음	할수있음
저전류 보호	할수없음	할수있음
기동, 정지, 정, 역회전 이 빈번한 부하보호	부적합	아주 적합함
자체 보호 기능 (fail safe기능)	없음	있음
조정 기준	계산치, 실측치에 의한	실제 전류를 확인하여 실행
정격전류의 1.25배에서의 동작시간	2시간 이내	임의로 조정 가능 1. 기동전류동작지연시간: 0.2초~120초 조정
정격전류의 2배에서의 동작시간	2분 이내	2. 운전 전류가 보호 설정치 이상 흐를 때 동작 지연 시간: 0.2초~25초 조정
복귀 방법	bimetal 온도가 정상상태로 돌아와야 가능	자동 또는 수동 즉시 복귀
사전 경보 기능	불가능	보호설정 전류치의 50~100%범위내에서 사전 경보 전류치 설정. 운전자가 시각적으로 운전전류의 경보 설정 전류치 초과 여부를 BAR GRAPH를 통해서 확인할 수 있음.
고장원인 표시 및 고장기억기능	없음	정확한 고장원인 표시 및 최종 3회기억. 전문기술자가 상주하지 않는 장소에 고장복구 시간단축에 크게 기여할 수 있음.
적용 범위	주요 저압 모터 보호	고·저압 설비는 물론 모든 기종의 모터 보호 가능
주위 온도 영향	있음	없음
전력 소모(낭비)	3[W]~24[W]	0.5[W]~3[W]

나. 디지털에 비교되는 열동형의 문제점

열동형계전기(Thermal Relay)의 동작 원리는 열팽창 계수가 다른 2종류의 금속으로 구성된 Bimetal이 근접 설치된 히터에서 발생하는 Joule 열에 의해서만 곡되는 기계적인 힘을 이용하여 접점을 개폐하도록 한 것으로서 이론적으로는 완벽한 듯이 보이지만 다음과 같은 문제점을 예상할 수 있다.

- (1) 전력 소모(낭비 전력)가 높다(3W~24W)
- (2) 온도 보상이 되어 있다고는 하지만 모터와 조차 판별이 분리 설치된 경우 외기 온도의 영향을 무시할 수 없고 더욱이 주위 온도 40℃ 이상에서는 성능을 보장할 수 없어 제한적으로 사용된다.
- (3) 부하 변동이 심한 부하에 사용될 때 부하 특성에 맞는 부하 보호 Pattern을 맞추기 어렵다. 즉 모터 기동 시 6~8배의 기동전류나 순간적인 부하 상승 등으로 인하여 자체 열축적을 발생시켜 오동작의 소지를 남기게 되므로 이와 같은 정상 운전 상태 이외의 여러 순간 변동 상황에 맞게 적절한 능동적 대응이 곤란하다.
- (4) 계통 차단기 보호 협조에 필수인 정확한 동작 시간 특성 곡선 재현이 지극히 어렵다.
- (5) 고장 예방 차원에서 고장 원인 파악 후 트립 전 사전 경고를 위한 Data수집이 실현될 수 없다.

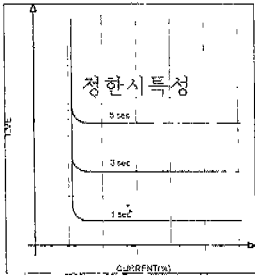


한편, 위와 같은 열동형의 예상 문제점에 대비되는 것으로서 전자식의 장점은 다음과 같이 열거 할 수 있다.

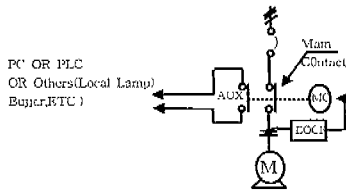
- (1) 동작 특성 곡선의 정확한 재현, 특히 열동형에서 불가능하고 전자식의 최대 장점인 정한시 특성 재현이 가능하다.
- (2) 정량적제어(Proportional control)실현 즉, 모터 보호를 조건 설정이 사용자의 의도에 따라 정

확하게 설정되고 제어된다.

- (3) 열동형이 실현할 수 없는 부가 기능 보유
  - 별도의 전류계 없이도 3상 운전 전류 표시
  - 지락 보호 기능 보유(선택 사양 제품)
  - 상 불평형 보호
  - 자체 고장 진단기능: 계전기 조작 전원이 정상이 아니면 전자 개폐기를 동작시키지 않음
  - 정격 전류의 6~8배의 가동 전류와 같은 순간적인 변동에 능동적 대처 가능
  - 임의의 반한시 특성 곡선 재현
  - 고장 발생 사전 경보
  - 트립 발생시 구체적인 고장 상(Phase)의 식별
  - 보호 설정치 대 부하 전류 비율 표시



## 5. 사전 고장 경보의 중요성



통상적으로 모터의 운전 상태를 원거리에서 감시하는 수단으로서 전자 접촉기 (Mg. Contactor)의 가동 접촉자로부터 전달되는 기계적인 힘에 의해서 연동되는 보조 접점의 단순한 ON-OFF(Dry Contact) 상태를 위의 계통 구성도와 같은 형태로 활용하고 있다. 여기서 어떤 제조 공정 라인에 여러 대의 모터가 가동 중에 있는데 그중 1대에 지락이나 단락 현상이 발생했다고 가정하면 전자접촉기가 Trip되기 전 MCCB가 먼저 Trip되는 경우가 자주 발생되는 것을 볼 수 있으며 이때 실제로 모터는 정지상태에 있으나 전자접촉기가 Trip되지 않은 상태로 인해 보조 접점을 이용한 Local OR Remote 감시에서는 여전히 모터가 정상

가동 중에 있는 것으로 간주되어 모든 관련 계통 Process도 정상으로 표시되겠지만 그 실은 전 공정에 엄청난 제품 불량 손실을 발생 시키게 될 수 있는 것이다. 물론 적절한 공정 제어가 이에 대처할 수 있으리라 간주되지만 적정 즉시 대처가 안될 경우에는 상당한 공정 손실을 초래한다는 의미이다. 이러한 문제 해결의 개념에서 출발한 것이 전류 릴레이에 의한 모터 운전 감시 개념이 적용된 전자식 또는 디지털 EOCR에 의한 모터 보호이다.

일종의 전류형 릴레이인 전자식 또는 디지털 EOCR는 오직 전류가 흐르면 작동해서 기능을 발휘 하는, 즉 어디까지나 모터의 운전 상태를 기준으로 모든 동작을 하며 트립 전 사전 경보 신호를 출력하므로 단순 기계적 보조 접점 이용시의 오판의 요소를 완전 배제시킬 수 있는 것이다.

또한 EOCR의 사전 경보 접점 신호는 운전 전류가 보호 설정치의 일정 비율(50~100%)에 도달하면 규정된 Flickering (OR Holding) Signal을 내보내며 Trip 후에도 경보 신호와 다른 주기의 Flickering Signal을 계속해서 출력하여 Trip을 확인할 수 있다. 운전자는 이와 같이 운전 감시에서 경보, 트립 후까지의 모든 신호를 EOCR의 Display Meter에서 확인할 수도 있고 EOCR의 전류릴레이 출력 접점(07-08)을 활용하여 경보, 트립 상태를 운전자 대기실, 원거리 집중 제어실을 포함한 어느 장소에서든지 Lamp, Bell, 기타 신호 처리 장치에 의해서 정확하게 모터의 운전 상태를 확인하고 이를 총합 공정 제어에 Feed Back시켜 앞에서 기술된 문제점을 해소시킬 수 있을 것이다.

## 6. 간과되기 쉬운 모터보호기능

과부하 보호 필요성에 대한 사용자의 인식은 대체로 좋은 편이나 결상과 拘束 보호의 중요성을 대강 보아 넘기기 쉬운 기능으로 이에 대하여 간략히 기술한다.

### 가. 결상 보호

- 모터 소손의 주원인은 과부하와 결상으로 대별되며 흔히 결상은 외견상 전원이 공급되는 전선이 이탈한 상태로만 이해하는 경향이 있다.
- 이러한 물리적 현상보다는 운전자의 육안으로 식별



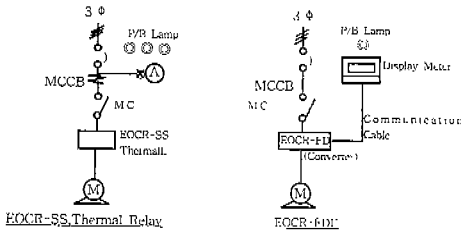
이 불가능한 마그네틱 콘택터의 내부 가동 접점 상태를 주목할 필요가 있다는 것이다.

- 즉 수많은 개폐동작으로 인한 ARC 발생으로 마그네틱 콘택터의 가동접점이 산화되어 접점이 개방되는 결과를 초래하여 곧 단상 운전이 되어 건전상에는 약  $\sqrt{3}$ 배의 과전류가 흐를 것이며 이러한 계전기에 결상 원인 표시가 되는 Trip발생 시에는 외부 배선상태를 확인 후 마그네틱 콘택터의 내부 접점 상태를 점검해봐야 한다는 것이다.

### 나. 구속 보호

- 실전에서 흔히 발생될 수 있고 운전자에 의해서 간과될 수 있는 또 하나의 모터 소손 원인으로서 모터의 Shaft를 지지하는 베어링이 불실 하든가 아니면 다른 기계적 원인에 의하여 기동시 Rotor가 회전하지 않고 기동음만 발생하는 현상으로 이것이 일정시간 지속되면 곧바로 모터 소손이 발생하는 상태로서
- 계전기에 구속상태로 인한 Trip원인이 표시되면 베어링 상태, 그리스 주입 상태, 모터 케이스 내부 상태 등을 점검해야 한다.

## 7. 열동형(Thermal Type),EOCR-SS,EOCR-FD'E'의 적용 결선 비교



## 8. MCC의 1 UNIT당 경제성 비교

가. 30HP(22kW)이하

구분	Thermal	EOCR-SS	EOCR-FD'E'	비고
Relay	20,700	22,000	98,000	열동형:60A기준
Am Meter	12,000	12,000	0	
CT	18,000	18,000	0	3CT로 3상전류 측정기준
Cam S/W	8,000	8,000	0	Am Meter결함 S/W
Terminal	3,000	3,000	0	
표시Lamp	9,000	9,000	3,000	표시램프 3개(R,G,W)기준
배선비	5,000	5,000	2,000	
계	75,700	77,000	103,000	

## 나. 40HP(30kW)이상

구분	Thermal	EOCR-SS	EOCR-FD'E'	비고
Relay	98,000	22,000	98,000	열동형:400A기준
Am Meter	12,000	12,000	0	
CT	18,000	18,000	18,000	3CT로 3상전류 측정기준
Cam S/W	8,000	8,000	0	Am Meter결함 S/W
Terminal	3,000	3,000	0	
표시Lamp	9,000	9,000	3,000	표시램프 3개(R,G,W)기준
배선비	5,000	5,000	2,000	
계	153,000	77,000	121,000	

## 9. 모터보호디지털계전기의 향후 전망

- 지금까지 모터 보호 개념은 고장 발생 직전에 모터 공급 전원을 차단시키는 논리였다면 앞으로는 모터의 고장 원인을 사전에 파악하여 급작스런 공정 정지에 대비시켜 공정 손실을 최소화시키는 예방 논리로 변화해야 할 것이며
- 기술면에서도 전자제어 기술이 꾸준히 급속도로 발전할 것이므로 이 두 가지 요소를 감안할 때 모터 보호용 계전기 역시 디지털EOCR가 주류를 형성할 것으로 전망된다
- 더욱이 모터 제작 공정상 동일 제작 LOT의 제품간에도 전기적 특성이 서로 다소간 차이가 있을 수 있으므로 이를 충족시킬 수 있는 다양한 보호 특성의 보호 계전기가 필요하게 되어 제조면에서는 소량 다품종 생산이 이루어져야 하고 기능 충족 면에서는 더더욱 Micro-processor제어에 의한 전자회로를 활용할 수밖에 없을 것이다.
- 그리고 적정 중앙 제어 시스템이 적용되지 않은 기존 산업 현장에서의 각종 모터 운전 관련 중앙 감시 제어 도입에의 직접적인 기여와 중앙 제어 시스템을 적용하는 신설산업 현장에서의 보완적 역할중대, 그리고 대형 초고층 빌딩의 Intelligent Building System화를 실현하는 데에도 모터 보호는 디지털EOCR의 필요성은 더욱 증대할 것으로 전망된다. <끝>

인생은 반복된 생활이다. 좋은 일을 반복하면 좋은 인생을, 나쁜 일을 반복하면 불행한 인생을 보내는 것이다.

-W.N.L 영안-