

전동기 제어와 응용(11)

역/박 한 증 (당협회 출판위원)

제4장 전동기의 시퀀스제어 및 보호방식

4.4 보호방식

전동기를 사용하는 경우 전동기 용량, 회로전압, 교·직류별, 용도 등에 대응한 적합한 보호방식을 채용하지 않으면 사고시 충분한 보호기능을 발휘하지 않고 전동기를 소손시키거나 기계를 파손시키는 경우가 있다. 전동기의 제어장치에서는 다음과 같은 4가지 관점에서 본 종합적인 보호방식을 채용할 필요가 있다.

- ① 전동기 보호 ② 기계 보호
- ③ 전원계통 보호 ④ 인체 보호

그리고 전동기 및 여러가지 기계를 다수 사용하는 철강, 석유, 화학 등의 플랜트에 있어서는 개개의 전동기, 기계의 보호방식만이 아니고 다수의 전동기, 기계를 모아서 합친 시스템으로서의 보호방식을 검토할 필요가 있지만 상당히 복잡해지므로 여기서는 상기 4개항목에 대해서 기술한다.

[1] 전동기 보호

전동기의 대표적인 보호방식을 표 4·1에 든다. 장치 및 기계의 중요성에 따라 적용된다.

표 4.1 전동기의 보호방식

보호 방식	과부하 또는 과전류보호	저전압보호	결상보호	지락보호	과속도보호	과전압보호	시동삼체보호	계자상실보호
종 류	① 유도원관형과전류계전기 ② 오일더슈포트과전류계전기	① 서보스텝터릴레이 ② 서미스터릴레이	① 유도원관형과전류계전기 ② 상시여자식 MC 이탈에 의한 보호	① 2E(3E) 릴레이 ② 역상계전기	① 방향형지락계전기 ② 과전류지락계전기 ③ 과전압지락계전기	① TG + 과속도계전기 ② 기계식과속도계전기	① 유도원관형과전류계전기 ② 전자(정지)형과전류계전기	① 다이릴레이 ② 전자(정지)형계전기
회로								

보호 방식	과부하 또는 과전류보호	지전압보호	결상보호	자락 보호	과속도보호	과전압보호	시동삼체보호	제지상실보호	
적용	기술기준 제 185 조에는 0.25kW를 초과하는 전동기에는 과부하계전기 설치치가 의무화되고 있다. 일반적으로 저압유도전동기 및 일부의 고압유도전동기에 사용되고 있다.	①은 대형유도전동기에 과시한의 것 사용된다. ②는 직류전동기 전반파 크레인 등에 적용하는 권선형 IM에 사용된다.	①은 대형 IM으로 토크의 감소가 부하에 큰 영향을 주는 경우. 예: 대형 컴프레서 ②는 저압 IM 전반파 고압 MC를 사용한 고압 IM에 사용된다. MC의 이탈 전압은 개략적으로 50~60% 전압	①은 일반적으로 과전류와 조합한 2E릴레이 그 리고 또 역상 보호를 조합한 3E릴레이로서 고압품 비네이션 소터 PF의 1상 용단검출에 사용된다. ②는 번 PE의 1상 용단검출에 사용되지만 유전압이 있는 IM에는 사용되지 않는다.	①은 비접지계 고압 IM으로 자락보호에 방향성을 주고자 할 때 사용한다. ②는 고압IM 및 저압IM으로 여러대 있는 경우에 사용하며 방향성은 없다. ③은 비접지계 고압 IM으로 지락시의 경보 또는 일체차단시에 사용	①은 주로 DM 등의 가변속 전동기에 사용한다. ②는 크레인 등으로 (-) 부하가 걸리는 경우에 사용한다. 크레인용 저압 권선형 IM의 순간허용 과속도 180%.	①은 콘덴서를 포함하는 계통에 사용된다. ②는 DM을 제지제어하는 경우 DM이 고속시 급격하게 계지를 세게 가하면 전기는 과전압이 된다. 이와 같은 경우 DM 프레스이오버할 위험이 있으므로 OVR로 보호한다.	중요부하의 Δ -시동, 리액터시동, 콘돌 피시동, 2차저항 시동 등에 사용하며 소정 시간 내에 시동을 완료하지 않을때 자동적으로 정지시켜 리액터, 단권변압기, 2차저항기 등을 보호한다.	DM에서 부하의 GD가 작고 계지상실한 경우 과전류가 되기보다 과속도가 되는 위험성이 있는 경우에 적용한다.

표 4.2 기계의 보호방식

보호 방식	시동삼체보호	쇼크하중보호	역전방지보호	과속도보호
설명	기계의 일련의 시동시간을 타이머에 의해 세트해 두고 이 세트된 시간내에 시동완료하지 않는 경우 기계를 정지시킨다.	기계를 운전중인 쇼크하중이나 로크에서 보호하는 것으로 시, 기계식에 서핑이 있고 전기적으로는 IM의 퍼크전류를 검출하는 방법이 있다.	기계가 역전하면 파괴되거나 또는 역전한 경우 정상적인 동작을 하지 않는 경우 3E릴레이 등을 사용하여 보호한다.	기계를 과속도에서 보호하는 것은 표4·1의 전동기 과속도 보호와 동일하지만 기계의 경우는 설정된 속도에 대해서 OSR가 동작하여 기계를 보호한다.
회로예				
적용	펌프 엔진	믹서 자동제전기	수중펌프	크레인

[2] 기계 보호

전동기의 보호장치로 기계도 자동적으로 보호되는 경우가 많다. 따라서 특별히 기계 보호장치를 설치하지 않지만 대표예를 표 4·2에 든다.

[3] 전원계통 보호

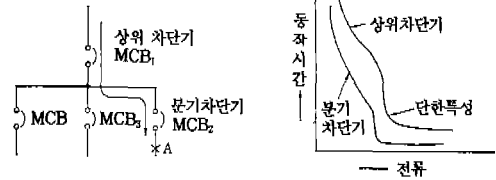
(1) 단락보호 협조

전원계통을 보호하는 것으로서 표 3·1에 든 것과 같은 차단기가 사용된다. 특히 단락보호 협조가 문제가 되는 저압회로에 MCB를 사용한 경우의 보호 협조에 대해서 기술한다.

(i) 전정격방식

전로에 설치되는 MCB는 그 설치된 점에서의 단락전류에 대해서 충분한 차단용량을 가진 MCB를 사용하는 방식을 전정격방식이라고 한다.

(ii) 후비보호방식



<그림 4-11> 선택차단방식 <그림 4-12> 동작시간특성

전로에 2대의 MCB를 카스케이드로 접속한 경우 부하측 MCB는 단락전류에 대해서 차단용량이 부족하더라도 전원측 MCB의 동작이 극히 짧으면 2대의

표 4-3 순시정전대책 일람표

방식	①자연석방방식	②제페로방식	③기계적유지 방식	④직류제어전원방식
회로				
특징	1.유지시간으로 1~2 초형이 사용되고 있다. 2.OV까지 전압이 강하하더라도 MC는 소정시간 보호되고 있다. 3.순시전압 강하시에 IM은 전원에 접속된 체이므로 전압회복시의 돌입전류가 없다.	1.유지시간으로 1~5초까지의 종류가 있다. 2.소형으로 가격이 싸다.	1.고압회로에 많이 사용되고 있다. 2.①②에 비해서 신뢰성이 높다.	1.보일러 보기 등에 많이 사용된다. 2.구조 및 회로가 간단하다. 3.신뢰성이 높다.
결점	1.스페이스가 크다. 2.가격이 높다.	1.순시정전및 순시전압강하시 MC는 일단 이탈하므로 전원회복시 돌입전류가 있다.	1.장시간 정전에 대해서는 저전압 릴레이(UVR)를 조합해서 MC를 이탈시킬 필요가 있다. 2.가격이 높다.	1.직류배터리가 필요하다. 2.다른 제어기구도 전부 직류의 것이 필요하다. 3.균등충전시에 소손않는 과전압에 강건것이 필요하다.

MCB가 동시에 차단되어 부하측 MCB가 손상받지 않고 안전하게 차단할 수가 있다. 이 방식을 후비보호방식이라고 하며, 한국의 전기설비기술기준 제39조 6항에서 10,000A 이상의 차단능력을 가지는 MCB를 설치하는 경우 후비보호방식의 사용이 인정되고 있다.

(iii) 선택차단방식

그림 4·11의 A점에서 단락사고가 발생한 경우 분기차단기 (MCB₂)만 차단시키고 상위 차단기 (MCB₁)는 차단 시키지 않고 건전한 분기회로의 연속성을 확보시키는 방식이다. 이 경우 그림 4·12와 같이 상위차단기 (MCB₁)의 동작시간은 분기차단기의 전차단시간보다 길어지도록 설정하여야 한다.

상위차단기에 배선용차단기를 사용하는 경우는 순시동작영역에 단한시장치를 설치한 것을 사용하지 않으면 선택차단이 안된다. 이 방식은 단락사고시에 정전범위를 최소한으로 줄이고자 하는 중요 부하군에 채용되고 있다.

(2) 순시정전대책

송전선의 순간직락사고나 뇌 서지에 의한 어레스터 동작시에는 전원전압이 순간적으로 OV 또는 상당히 저하하는 일 이 있다.

이 경우 상시 여자식 전자접촉기를 사용하고 있으면 IM 이 일제히 정지한다.

석유정제, 화학, 종이 펄프플랜트 등에서 순시정전 때문에 장치 전체를 정지시키면 큰 손해를 입게 되므로 IM 에 대해서 각종 순시정전대책이 세워지고 있다. 표 4·3에 순시정전대책의 일람표를 든다.

(3) 서지대책

서지로서는 뇌 서지와 개폐 서지의 두 종류가 있다. 뇌 서지는 수전점에 설치한 어레스터에 의해 보호하므로 회로말단에 접속되어 있는 전동기 뇌 서지에 대해서 특별히 고려할 필요는 없다. 그러나 수전용 기기는 어레스터의 제한전압과 절연협조를 취하여야 한다.

(a) 고압기기의 개폐 서지

(i) 진공전자접촉기의 개폐 서지

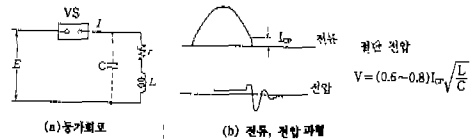
고압전동기의 개폐기로서 진공 전자접촉기가 많이

사용되고 있다.

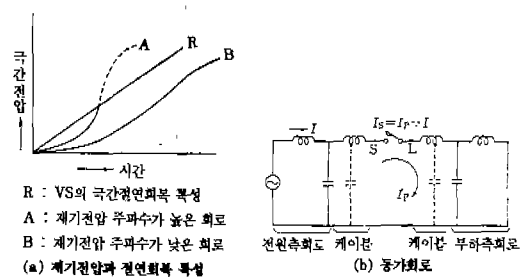
개방당초에 문제가 됐던 개폐 서지도 점점재질의 개량에 의해 특정한 사용조건을 제외하고는 서지보호가 거의 필요없게 되었다.

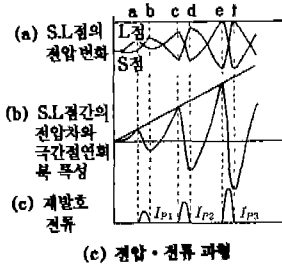
① 전류절단 서지

소전류를 차단할 때 전류의 자연 영값을 기다리지 않고 강제적으로 차단해 버리는 절단현상이 일어난다. 이때의 절단전류와 회로의 서지 임피던스의 곱으로 서지전압이 발생한다(그림 4·13 참조). 전류절단 서지는 무부하변압기의 여자전류나 소용량의 전동기 등 뒤진 소전류를 차단하는 경우에 발생하기 쉽다. 다만, VS의 절단전류는 작기 때문에 절단서지에 의한 유해한 이상전압의 발생은 없다.



<그림 4·13> 진공전자접촉기의 절단전류





<그림 4-14> 재발호 서지

② 재발호 서지

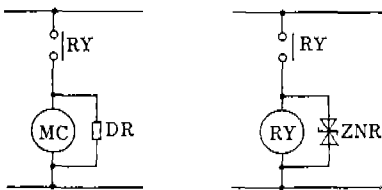
차단시의 개구과정에서 극간절연이 회복전압(재기전압)에 견딜 수 없을 때 재발호현상이 생긴다(그림 4-14 참조). 이 현상을 여러번 반복하면 회로의 정전용량에 충전하여 서지전압이 누적되어 높은 이상전압이 되는 경우가 있다. 다만 극간의 절연회복 특성이 재기전압을 상회하면 재발호현상은 생기지 않는다.

(ii) 전력퓨즈의 동작과 전압

전력퓨즈가 차단한 경우 퓨즈 단자간에 나타나는 동작과전압은 JEC 175 「전력퓨즈」에 3.6kV 정격에서는 12kV 이하, 7.2kV 정격에서는 23KV 이



<그림 4-15> 전력퓨즈의 동작과전압



<그림 4-16> 전자접촉기 및 보조 릴레이의 개폐서지 방지회로

하로 규정되어 있다.

최초의 전력퓨즈는 얇은 은판에 다수의 구멍을 뚫어 발호점수를 증가시킴으로써 동작과전압을 억제하고 있다(그림 4-15 참조).

(b) 저압전자접촉기의 개폐 서지

최근과 같이 반도체응용제품이 많이 사용되면 저압전자접촉기 및 보조릴레이 코일의 개폐 서지에 대해서도 고려할 필요가 있다. 반도체 응용제품은 그것 자체에 CR 업소버나 ZNR 등의 서지 보호장치를 내장하고 있는데 경우에 따라서는 발생원의 전자접촉기 코일에 서지 방지회로를 장치하는 것이 보다 효과적인 경우가 있다(그림 4-16참조).

(4) 인체 보호

인체의 감전보호의 기준으로 심실세동전류(수 10mA에서 심근이 경련하여 사망할 우려가 있지만 단시간에 통전을 정지하면 죽음을 면할 수가 있다)를 대상으로 하여 보호대책을 강구하고 있다.

독일 케펜의 동물실험에 입각한 심신세동에 이르는 전류-시간특성에 대한 연구가 있는데, 이것에 실제적인 안전율을 취하여 인체 통과전류 및 통과시간의 허용한계를 규정하고 있다.

서구 여러 나라에서는 케펜의 한계치 50mA·s에 대해서 1.67의 안전율을 취한 30mA·s를 실용상의 허용전류 시간적으로 하여 보호대책을 운용하고 있다. 우리들도 이에 따라 30mA·s를 허용전류 시간으로 규정하고 있다.

따라서 인체보호를 목적으로 하여 설치하는 경우는 30mA, 0.1초 이내의 것이 적당하다. 그러나 300V를 초과하는 저압회로에 설치하는 누전차단장치로 큰 통전 전류가 필요한 것은 상시 누설전류가 크고 또한 정전범위가 커지므로 인체보호보다도 지락보호의 관점에서 감도전류 100, 200, 500mA 정도의 것이 사용되고 있다.

이상 연재를 끝내며, 지면관계상 전동기의 자동제어 방식과 전동기 운전회로의 실체를 생략함을 아쉽게 생각한다. 앞으로 기회가 있으면 소개하기로 하고 그간의 연재가 여러분들의 실무에 도움이 됐으면 하는 마음 간절하다. <연재 끝>