●連 載●

電氣技術者를 위한

알기쉬운 保護繼電器

(5)

〈4 月號에서〉

〔4〕 機器의 保護시스템

(1) 変圧器의 保護릴레이 시스템

자가용 수변전설비에 있어서 변압기는 가장 중요한 기기의 하나이다. 변압기의 고장은 전력의 공급정지는 물론 각종설비의 조업을 정지하게 된다. 또 변압기는 일반적으로 대량의 기름을 사용하고 있으므로 내부고장에 의한 화재의 위험도 있으며 사고시의 손해도 크게 된다. 이 때문에 변압기의 보호는 사고의확대를 방지하기 위해서도 고감도로서 확실하게 동작하는 것이 요구된다.

특별고압 이상의 전압으로 사용하는 변압기에서는 전기적인 보호장치와 여러가지의 기계적인 보호장치가 적용된다. 그러나 여기에서 기술하는 고압수변전설비에서는 비교적 소용량이므로 변압기의 보호는 이미 기술한 수전의 OC, OCG(DG), PF등으로 보호되는 것이 일반적이다.

여기서는 폭넓고 대용량 변압기를 포함한일반적인 보호장치에 대해서 간단히 소개한다.

(a) 変圧器의 故障종류와 保護裝置의 設置基準

변압기의 고장종류를 들면 표9와 같이 된다. 고장을 크게 나누면 내부고장, 외부고장, 보기고장, 외부의 계통사고 및 과부하로 분류할 수 있다.

〈표－9〉 変圧器의 故障内容

故障種別	故障内容	
内部故障	巻線	短絡, 混触, 地絡, 断線
	鐵心	絶縁破壊, 過熱
	口出部	短絡, 地絡, 断線
	탈切換器	短絡, 地絡, 接触子過熱, 構機不良
	油	異常劣化, 油漏
外部故障	부싱의 絶縁破壊, 端子의過熱, 機械的破壊	
補機故障	펌프故障, 팬故障	

이들 고장가운데 권선의 단락, 절연, 파괴, 부싱고장등은 중요고장으로 하고 지속적인 과부하에 의한 과열과 냉각계통의 고장에 의한 이상의 온도상승등은 경비한 고장으로서 처리된다.

특별고압용 변압기의 보호장치의 설치기준은 전기설비기술기준령에 의해 그 설치가 의무화되고 있으며 이를 보충하는 것으로서 전기기술규정이 있다

이 규정의 내용을 표10에 표시한다. 표에 표시하는바와 같이 변압기의 용량에 의해 보호장치의 설치기준이 달라진다.

변압기의 고장에는 전기적으로 검출이 가능한 것

〈표－10〉 変圧器의 保護裝置

保護裝置 ＼ 変圧器容量 冷却方式	뱅크 容量				冷却方式	
	5000 kVA 未満		5000 kVA 以上 10000 kVA 未満	10000 kVA 以上	送油風冷式 送油自冷式	水冷式
過電流	○		○	○		
内部故障		▲	△	○		
温度異常上昇		▲	△	△		
油ポンプ停止, 送風機停止					△	
冷却水断水						△

(注) ○印 : 自動遮断, △印 : 警報, ▲印 : 警報 (推奨)

과 기계적인 방법에 의해 검출이 가능한 것이 있는데 변압기의 내부고장에 대해서는 전기적 보호장치인 보호계전기와 기계적 보호장치를 병용하는 것이 원칙이다.

변압기 보호용의 전기적보호장치에는 과전류계전기, 차동계전기가 있으며 기계적인 보호장치에는 충격가스압계전기 충격유압계전기, 붓흐홀트 계전기, 방압장치, 유면저하 검출장치등이 있다. 온도의 이상 상승 검출에는 다이얼온도계가 사용된다.

(2) 電力用콘덴서의 保護릴레이 시스템

전력용 콘덴서는 전력계통의 전압조정, 역률개선의 목적에서 설치된다. 자가용 수변전설비에서는 주로 역률개선을 목적으로 설치되는데 그 설비장소는 일반으로 수전모선 또는 변압기 2차측 모선에 부하와 병렬로 설치된다.

(a) 電力用 콘덴서의 設置

전력용콘덴서 설비는 콘덴서, 직렬리액터, 방전코일(放電抵抗), 개폐장치로 이루어지는데 그 대표적인 구성예를 표11에 표시한다.

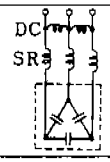
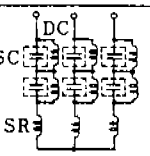
3～6 kV에서는 3상일괄형으로 △접속(또는 Y접속), 11kV 이상에서는 단상형의 Y접속으로 되어 있다. 콘덴서는 케이스를 직접대지에 설치하는 것과 절연가대에 사용 설치하는 것이 있는데 전자는 3～33kV의 계통이며 후자는 66kV이상의 계통에 사용되는 것이 일반적이다.

(b) 電力用 콘덴서設備의 保護裝置 設置基準

콘덴서설비의 고장내용은 표12에 표시하는 것과 같은 항목이다.

일반으로 콘덴서의 고장은 외적요인에 의한 것이 많으며 과전압 서어지전압, 고주파, 주위온도 등이 정격치(定格値)를 넘는 경우에 발생하기 쉽다. 콘덴서설비의 보호장치설치는 전기기술기준령, 전기

〈표－11〉 電力用콘덴서의 設備의 構成例

回路電圧 [kV]	3.3～6.6 kV	11～33 kV
結線図 SC : 콘덴서 SR : 直列리액터 DC : 放電코일		
単位 콘덴서接續	三相 △接続	単相 Y接続
設置方法	直接大地設置	直接大地設置

(注) 1. 66 kV 以上에서 絶縁架台設置方式
2. 3.3～6.6 kV은 Y接続의 것이 있다.

〈표－12〉 電力用콘덴서設備의 故障內容

故障種別	故 障 內 容
素子故障	單位콘덴서素子의 破壞
過 負 荷	콘덴서過負荷
短絡地絡	콘덴서設備의 短絡 및 地絡
	直列리액터, 放電코일의 短絡 및 地絡
	콘덴서絶緣架台의 地絡

기술규정에 규정 또는 추장되고 있으며 그 내용은 표13에 표시한다. 콘덴서에는 절연유가 들어 있으며 내부고장에 의해 화재로 발전할 염려가 있으므로 화재방지에서 고장을 속히 검출하여 고속도로 보호할 필요가 있다.

(c) 電力用 콘덴서設備의 保護릴레이 시스템

(i) 保護種別 콘덴서의 보호는 다음과 같이 대별할 수 있다.

(ㄱ) 계통이상시의 보호

(ㄴ) 콘덴서설비의 단락, 지락보호

(ㄷ) 콘덴서 본체의 보호

(ㄱ)은 계통이상 현상을 확대시키지 않기 위한 것으로 이 현상에는 과전압, 저전압이 있다.

콘덴서 자체의 허용전압은 규정에 고압용에서 24시간 평균치로 110%, 단시간 최고치로 115%, 특별고압용에서 110%로 정하고 있는데 이 전압 이하는 계통전압을 유지하기 위해 과전압보호에는 유도원판형 계전기가 사용된다.

저전압에 대해서는 무전압시와 저전압시에 콘덴서가 투입된채 있으면 전압 회복시에 무부하의 상태로 콘덴서 만이 운전되므로 전압상승을 초래, 계통에 접속되고 있는 기기를 손상시킨다. 또 무전압시에는 방전코일(放電抵抗)로 방전하게 되는 것으로 되나, 이 방전코일과 병렬회로 구성되는 것으로는 계기용 변압기가 있다. 따라서 무전압시에 콘덴서와 PT가 회로접속상태에 있으면 PT의 1차코일과 방전코일이 병렬이 되어 각각 방전하는 것으로 된다. 이 때에 PT 1차에 퓨즈가 부착되고 있을 경우 PT 1次 퓨즈에 방전전류가 흘러 이와같은 현상이 반복되면 PT 1차 퓨즈의 오용단을 초래할 염려가 있다. 이 때문에 콘덴서회로의 저전압, 무전압을 검출하여 콘덴서를 계통에서 분리할 필요가 있게 된다. 이와같은 종류의 계전기에는 유도원판 형 부족전압계전기가 사용된다. (ㄴ), (ㄷ)은 콘덴서설비의 고장부분을 속히 분리하여 계통에의 파급을 방지한다. 설비의 고장에는 그것을 구성하는 모선의 단락, 콘덴서자체의 단락, 지락이 있는데 단락에 관해서는 일반부하와 같이 유도원판형의 과전류계전기로 보호한다.

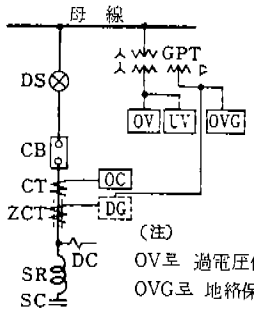
지락에 관해서는 계통의 접지방식과 대지충전전류(對地充電電流)의 값등으로 보호계전기가 정해지며 일반부하와 같이 유도원판형의 지락방향계 전기 DG에 의해 보호를 한다. 콘덴서설비의 보호방식예를 그림50에 표시한다.

(ii) 高圧콘덴서設備의 內部保護 고압용 콘덴서

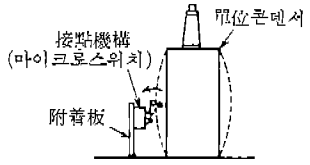
〈표－13〉 電力用콘덴서의 保護裝置

콘덴서 容量 / 保護裝置	뱅 크 容 量				
	500 kVA 以下	500 kVA 을 넘어 15 000 kVA 未滿	500 kVA을 초과 15 000 kVA 未滿		15 000 kVA 以上
			11 kV 未滿	11 kV 以上	
過 電 流	●		○	○	○
內 部 故 障				○	○
過 電 圧		●			●
不 足 電 圧					●
備 考		11kV이상의 경우에만 부착한다		어느 것이든지 1종류 설치해도 좋다	

(注) ○印 : 自動遮斷, ●印 : 自動遮斷 (推奬)



〈그림-50〉 電力用콘덴서設備의 保護릴레이시스템



〈그림-51〉 機械的內部事故檢出裝置

설비는 단위콘덴서를 △접속으로 하여 사용하는 일이 많으며, 내부소자의 1개가 절연파괴되면 단락사고가 되므로 일반으로 과전류계전기 OC에 의해 보호하고 있다.

한편 기계적인 고장검출방법으로서 콘덴서의 내부고장으로 절연유가 가열분해되고, 케이스의 내압이 높아져 케이스가 팽창했는지를 검출하는 방법도 있는데 그 대표적인 예를 그림51에 표시한다.

(d) 電力用콘덴서의 保護繼電器의 整定

전력용 콘덴서의 보호계전기에는 설비의 정격전압과 규모에 의해 그 적용이 달라진다. 이들 계전기의 정정(整定)에 대해서 요약하면 고압의 콘덴서설비에서는 다음과 같은 점에 유의한다.

(i) 과전압보호에서는 콘덴서의 내전압—시간특성을 생각하고 정정을 행한다. 콘덴서의 허용장시간 최고사용 전압은 정격전압의 110% 정도이므로, 과전압계전기의 정정을 120V전후로 하며 타임다이얼은 1정도로 한다.

(ii) 저전압(不足電圧) 보호에서는 무전압을 확인하는 목적에서 부족전압계전기의 탭을 60V 전후로 하고 시한을 약 2~3초로 한다.

(iii) 단락보호에서는 콘덴서 투입시의 오동작을 고려하여 과전류계전기의 정정을 정격전류의 150% 정도로 한다. 타임다이얼은 상위계전기와의 협조를 생각하여 정정하나 일반의 콘덴서설비의 경우 수변전설비에서의 부하설비용 과전류계전기와는 달리 하위설비가 없으므로 타임다이얼을 1로 정정하는 일이 많다.

(3) 電動機의 保護릴레이 시스템

자가용의 각종설비에는 동력원으로서의 전동기가 다수·광범위하게 사용되고 있다. 이 전동기에는 대형으로 부터 소용량의 것까지 또 고압에서 저압까지 각종설비 용량에 적합한 많은 전동기가 있다.

전동기에 고장이 있으면 생산라인을 정지할 뿐만 아니라. 고장처리가 적절하지 않으면 다른 전기계통, 다른 생산라인에 영향을 미치게 하여 사고를 확대하는 일이 있다. 이를 미연에 방지하기 위해서는 전동기의 보호가 필요하게 된다. 여기에서는 널리 사용되고 있는 유도전동기의 보호에 대해 해설한다

(a) 電動機의 故障

전동기의 고장은 통계에서 보면 기계적인 고장인 베어링고장이 약 25%, 전기적 고장의 절연 고장이 약 50%, 기타 고장이 25%로 되어 있다. 이들 고장내용은 표14에 표시하는 것과 같다.

〈표-14〉 電動機의 故障要素

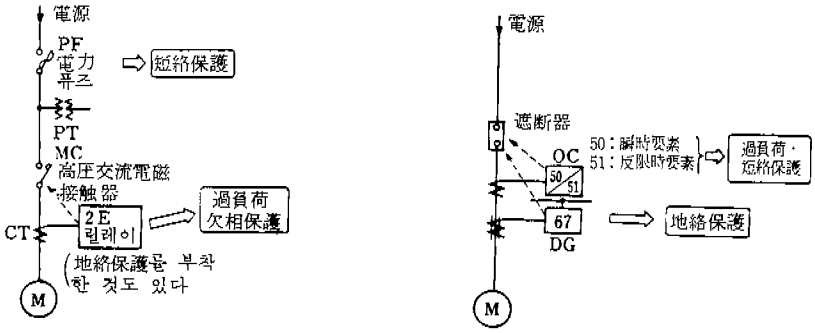
故 障 의 種 類
卷線의 短絡, 卷線의 地絡, 卷線의 過熱
베어링의 過熱, 逆相, 不平衡
過負荷, 拘束
不足電圧, 過電圧, 欠相 (퓨즈를 保護裝置로 하여 使用했을 경우)

(b) 高圧誘導電動機의 保護

고압유도전동기의 보호에는 단락, 지락, 과부하결상, 부족전압, 베어링 과열보호가 있다.

단락보호는 일반적으로 3kV 750KW, 6kV 1000KW 이하 가운데 소형전동기에서는 전력퓨즈에 의한 보호가 과부하 결상보호는 전자접촉기와 보호계전기의 조합으로 각각 행해지고 있다. 이것보다 큰 중, 대형전동기에서는 단락과 과부하보호를 겸하는 과전류계전기로 행한다.

지락보호는 앞서 기술한 수전점 지락보호와 같으며 보호하는 회선의 대지충전 전류의 대소에 따라 지락과전류계전기 OCG와 지락방향계전기 DG를 각



(注) 欠相檢出은 電力퓨즈를 사용하고 있으므로, 單相運轉이 되는 경우가 있으므로 이 檢出을 行한다.

(a) 電力퓨즈·2E릴레이에 의한 保護　　(b) 過電流繼電器에 의한 保護

〈그림－52〉 高圧誘導電動機의 保護릴레이시스템

〈표－15〉 高圧誘導電動機의 保護繼電器適用例

電動機의 크기	短絡保護	地絡保護	過負荷保護	欠相逆相保護	不足電圧保護	베어링保護	備考
小·中容量	電力퓨즈	필요에따라 설치한다. 地絡過電流繼電器 또는地絡方向繼電器	熱動形繼電器또는 2E릴레이, 3E릴레이	2E릴레이 또는3E릴레이	電磁接触器 또는 不足電圧繼電器	－	高圧콘비네이션스위치使用
	過電流繼電器 瞬時要素	同上	過電流繼電器 反限時要素	필요에 따라설치	不足電圧繼電器	－	遮断器使用
大容量	過電流繼電器 瞬時要素 또는 比率差動繼電器	地絡過電流繼電器 또는 地絡方向繼電器	同上	同上	同上	필요에따라다이얼温度計또는温度繼電器	遮断器使用

각 필요에 따라 사용하고 있다. 이들의 보호방식에를 **그림52**에 보호계전기의 적용예를 **표15**에 표시한다.

(i) **短絡·過負荷保護**　3kV 750KW, 6kV 1000KW 이상의 전동기에서는 일반으로 차단기를 사용하고 단락 또는 과부하 고장에서 차단기를 떼어 낸다. 단락에 대해서는 과전류계전기의 순시요소(瞬時要素)에서 과부하에 대해서는 반한시요소(反限時要素)에서 보호를 행한다. 순시요소는 회전자의 구속전류(拘束電流)보다 큰 전류치(電流値)로 동작하도록 하며 반한시요소의 동작치는 전동기 정격전류의 110%정도로 하며 그 동작시간은 전동기의 시동시간 보다 길게 정정한다. 통상 전동기의 시동전류는 정격전류의 약 6～7배 그 계속시간은 2초에

서 20초로 광범위하다. 이때문에 특히 시동시간에 대해서는 그때마다 조사하여 정정할 필요가 있다 (물론 시동전류의 확인도 필요)

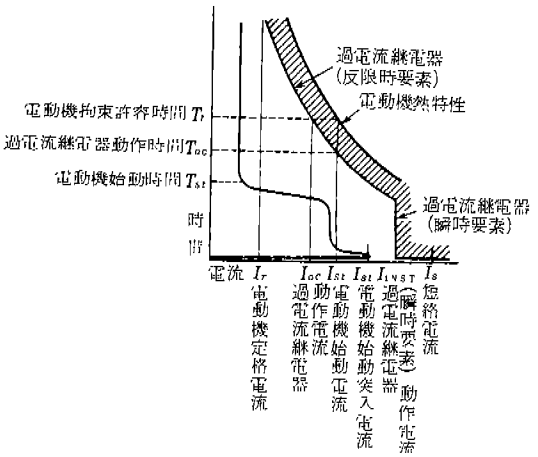
(ii) 電動機保護用 過電流繼電器의 整定 과전류계전기의 정정은 전동기의 종류, 부하의 종류, 시동방식의 차이등에 의해 천차만별이다. 따라서, 이들 조건을 조사하여 정정을 행할 필요가 있다.

고압유도전동기에는 단락보호, 과부하의 양쪽을 목적으로 순시요소가 부착된 과전류계전기가 많이 사용되므로 이 계전기의 정정방법을 다음에 기술한다.

〔瞬時要素의 整定〕 먼저 단락고장으로 동작시키는 순시요소를 전동기의 돌입전류(突入電流)로 오동작하지 않도록 정정한다. 일반으로 전동기의 시동시에는 전동기의 잔류자기(殘留磁氣)와 시동시의 투입전압위상(投入電圧位相) 등에 의해 결정되는 직류분을 포함한 돌입전류가 흘러 그 값은 전동기의 시동방식과 과부하의 종류에 따라 다르나 시동전류의 130~180%(정격전류의 수배에서 10수배)정도가 된다.

따라서 시동전류를 정격전류의 650%로 가정한다면 돌입전류는 시동전류의 180%이므로 650〔%〕× 1.8=1170〔%〕가 된다. 즉 정격전류의 11.7배의 돌입전류가 흐르게 됨으로써 순시요소의 정정은 이이상의 값으로 정정한다. 이들 전동기의 열특성과 과전류계전기의 특성간의 관계를 표시한 것이 **그림53**이다. 그림에서 알 수 있듯이 순시요소의 정정은

전동기의 시동돌입전류 I_{St} < 순시요소의 정정 I_{INST}



< 단락전류 I_s

의 조건을 충족시키지 않으면 안된다.

〔反限時要素의 整定〕 과부하보호인 반한시요소의 정정은 전동기의 열특성보다 밑돌며, 또한 시동시간과 교차하지 않도록 정정한다. 전동기의 과부하한도는 주위온도, 냉각조건, 운전상황에 의해 다르나 일반적으로 110%정도가 기준이며 125%로서 연속운전을 피해야 한다. 이러한 점으로 반한시요소의 정정을 행하고 타임다이얼은,

전동기 시동시간 T_{st} < 계전기 동작시간 T_{oc} < 허용구속시간 T_l

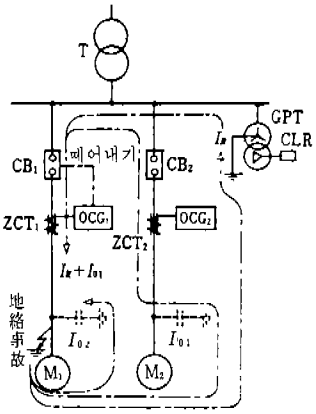
가 되도록 정정한다.

(iii) 地絡保護 전동기의 지락고장은 상호단락에 이행하는 케이스가 많으므로 지락고장시는 신속하게 이를 검출하여 보호할 필요가 있다. 지락보호는 전원계통의 중성점 접지방식에 의해 결정되나 고압수전설비 수용가의 전동기에서는 보통 **그림54**에 표시하는 비접지계통의 지락보호방식을 적용하는 일이 많다.

그림54에 있어서 사고시에 선로의 대지충전 전류를 이용하여 계전기를 동작시키는 그림(a)의 방법과 지락사고 전류의 방향을 검출하여 계전기를 동작시키는 그림(b)의 방법이 있다. 또 일부 대규모 계통에서는 접지변압기를 사용하여 전류제한 저항기에 의해 예로 10A저항접지계로서 지락전류를 앞 2가지 방법에 비해 약간 많도록 흘려 계전기를 동작시키는 방법이 채용되는 경우도 있다. 그림(a)에 있어서 비접지계통에서 OCG를 적용했을 경우는 전동기가 접속되어 있는 회선의 대지충전 전류가 크면, 다른 회선의 지락사고시에 자회선(自回線)의 충전전류로 오동작하는 수가 있다. 이때문에 이 케이스에서의 계전기의 정정에는 충전전류를 고려에 넣을 필요가 있다.

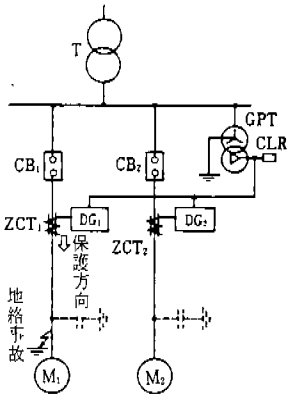
지락과전류계전기가 적용되지 않는 경우는 방향성이 있는 그림(b)의 지락방향계전기 DG를 적용하여 영상전압(零相電圧)을 기준으로 하며 지락전류의 방향을 판별할 수 있으므로 사고회선의 선택차단이 가능하다.

그리고 고압유도전동기의 지락보호에 사용되는 계전기는 수전점 지락보호에서 채용된 것과 같은 것이 적용된다.



(注) OCG는 動作에 方向性이 없으므로 地絡電流가 어느값이 되면 動作한다.

(a) 地絡過電流繼電器에 依한 것



(注) DG는→方向으로 地絡電流가 흘렀을 때만이 遮斷器를 떼어낸다.

(b) 地絡方向繼電器에 依한 것

〈그림－54〉 非接地系配電系統의 地絡保護

(iv) 기타의 保護「不足電圧保護」 부족전압보호의 목적을 다음에 기한다.

(ㄱ) 계통전압이 저하하면 전동기의 전류가 증가하여 전동기가 과열할 염려가 있으므로 이를 보호한다.

(ㄴ) 정전이 회복하여 전동기가 재시동할 때 부하측의 기계와 사람의 안전을 확보한다.

이 때문에 정전과 전원전압의 저하를 부족전압계전기로 검출하고 전동기의 회로에서 떼어낸다. 이것을 게을리 하면 전동기의 재시동전류가 겹쳐 전압강하에 의한 시동불능과 전원측 과전류계전기의 동작에 의한 재정전의 가능성이 있다.

〔欠相保護〕 삼상형 부족전압계전기를 차단기에서 전원측에 설치함으로써 단상시동방지를 할 수가 있으나 전동기 운전중의 1선단선을 검출할 수는 없다. 이를 검출하는데는 전류불평형검출방식(電流不平衡檢出方式)이 사용되고 있다.

전력퓨즈를 사용하여 단락보호를 할 경우에는 꼭 결상보호를 설치할 필요가 있으며 일반으로 과부하와 결상의 두가지의 검출요소를 갖는 2E릴레이가 적용된다. 2E릴레이에는 전자유도형, 열동형 (熱動形), 정지형(靜止形)이 있다.

〔베어링의 過熱保護〕 전동기의 베어링에는 로울러베어링과 슬라이드베어링의 2개종류가 있는데대형기에는 슬라이드베어링을 사용하는 일이 많다. 보통 로울러베어링에 있어서는 보호를 하지 않으나 슬라이드베어링은 온도 및 유류(油流)의 감시가 행해진다. 베어링의 과열보호에는 다이얼온도계에 경보접점(警報接點)이 있는 것을 사용하는 일이 많다.

*