

— 현장 계전기 기술 ⑪ —

역/박 한 중(협회 교육홍보위원)

48. 계통 보호

모든 보호계전기는 전력계통을 보호하고 있는 것인데, 여기서 말하는 계통 보호란 사고 차단외 지연으로 인한 탈조(脫調)나 발전량과 부하의 심한 불평형 등에 의해 계통이 운전 불능이 되어 버리는 경우의 보호이다.

최근의 용지난으로 인한 송전선의 장거리 중부하화 때문에 전력계통은 이런 종류의 과급사고를 일으키기 쉬운 체질이 되고 있다. 이에 부가해서 최근의 증기 터빈 발전기나 원자력 발전기는 이상 운전에 대한 적응력이 약할 뿐만 아니라 일단 정지하면 정격부하로 되돌아가는 데 상당한 장시일

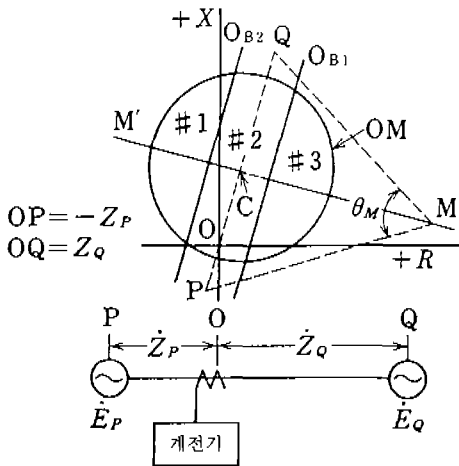
이 소요된다. 이와 같은 사정으로 계통 보호가 여러 곳에 사용되고 있다.

탈조 보호는 전력계통에 탈조가 발생했을 때 신속히 검출하여 피해를 최소로 하기 위한 것이다. 탈조 초기에는 발전기가 2군, 드물게는 3군 정도로 나뉘어 탈조하고 있고 각 군간은 동기가 유지되고 있다. 이 사이에 각 군간을 분리하고 또 분리 후의 각 군마다 발전량과 부하량이 균형되어 있으면 각 군은 운전을 유지할 수가 있다. 만일 신속한 처치를 태만히 하면 각 군내의 발전기간 동기도 상실되어 계통을 전부 정지시키는 외에 수습이 불가능해진다.

탈조계전기는 보통 거리계전기의 조합으로 구성되어 있으며, 그림 48·1은 그 특성의 일례이다. 오프셋 모계전기는 OM과 2개의 음형 계전기 O_{B1} , O_{B2} 에 의해 R-X도표 표면을 3부분 #1, #2, #3 및 기타 부분으로 분할한다. 계전기가 보는 임피던스가 이들 지역을 #1→#2→#3나 또는 #3→#2→#1 순으로 통과하면 탈조로 판단된다.

P, Q2 전원이 탈조되었을 때 PQ간에 있는 거리계전기가 보는 임피던스의 궤적은 근사적으로 양전원간 임피던스의 직각 2등분선 MCM'로 표시된다. 계전기가 보는 임피던스는 전원의 전압 E_p , E_q 의 위상차 θ 가 θ_M 일 때 M이고 위상차가 변화하는 데 따라 직선상을 이동한다.

위상차가 180° 일 때는 계전기가 보는 임피던스는 탈조의 중심점 C이다. 이상의 현상에 의해 그림 48·1의 탈조계전기는 탈조의 중심이 OM의 동작범위에 대해서 충분히 내측에 있을 때는 이를



〈그림 48·1〉 탈조계전기의 특성과 탈조시의 임피던스 궤적

검출하여 동작한다.

전압위상 비교계전기는 전류위상 비교계전기의 경우와 동일하게 전압의 순시치가 정인가 부인가를 식별하는 신호를 원방으로 보내어 2지점의 전압 위상을 비교한다. 주로 2지점 전압의 상차각이 180°가 됐을 때 동작하도록 되어 있으며, 2지점간에 중심이 있는 탈조가 발생한 것을 검출한다.

안정화 보호는 탈조나 계통 괴멸 등의 발생을 미연에 방지하는 것을 목적으로 한다. 부족주파수 계전기에 의한 부하 제한은 이들 중 가장 널리 사용되는 것이다. 이것은 주파수가 저하하여 부족주파수 계전기가 동작했을 때 주파수 저하의 정도에 따라 특별히 중요하지 않은 부하를 차단하는 것이다. 이것에 의해 주파수의 저하를 정지시키거나 주파수의 회복을 도모한다.

증기 터빈 발전기는 주파수의 근소한 저하(수 %정도)에서도 이상진동을 발생, 근소한 시간밖에 운전을 견디지 못한다. 이 때문에 계통주파수가 내려가면 즉시 발전기를 해열하여 손상을 방지하게 되어 있다. 계통의 주파수 저하가 진행하여 발전기가 해열되면 이 해열이 새로운 주파수 저하의 원인이 되어 발전기는 계속 해열되고 전체가 정전된다.

안정화 계전장치, 탈조예측 계전장치 등이라고 불리는 여러 가지 계전장치가 있다. 이것들은 대용량 송전선로의 양 회선 차단이나 특정 송전선의 송전 전력의 심한 변화 등을 검출하여 동작, 변화한 전력에 비례한 부하를 차단하는 등을 지령한다. 그 구성은 전력계전기 수 개 정도의 것부터 전산기 제어적인 것까지 있다.

그림 48·2는 안정화 보호를 필요로 하는 계통 예이다. P계통에서 Q계통으로 송전되고 있는 전력이 단절되면 Q계통에서 부족되는 전력은 발전기의 관성 에너지에서 공급되며 발전기가 감속되고

주파수가 저하한다. 이 때 전원에 여력이 충분하면 거버너의 응답에 따라 주파수가 회복되지만 충분한 여력이 없으면 주파수는 저하를 계속한다. 그 결과 전원 Q는 운전을 계속할 수 없게 된다.

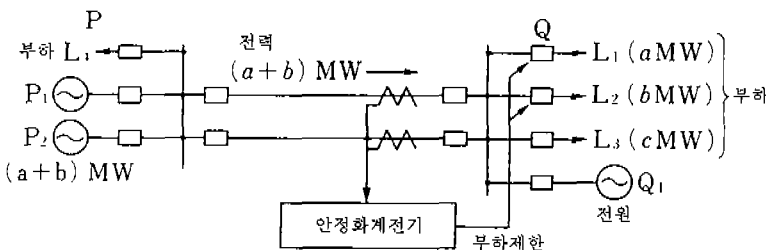
이러한 때 P→Q의 송전전력에 맞는 부하 L_1, L_2 를 차단(부하 제한)하면 전원 Q_1 과 부하 L_3 의 운전 계속가 가능해진다. 그리고 또 탈조는 발전기의 전력 부족부의 감속, 전력 과잉부의 가속에 의해 생기는 것으로서, 부족부의 부하 제한 외에 과잉부의 전원 제한이나 제동 저항 투입 등의 가속 방지 수단에 의해 탈조 예방이 가능하다. 또한 송전선이나 변압기의 과부하로 과부하 부분을 차단하면 새로운 더욱 심한 과부하를 초래하게 된다. 오히려 부하의 나눔이나 부하 제한으로 대처하는 것이 좋다.

49. 보호계전기와 오차

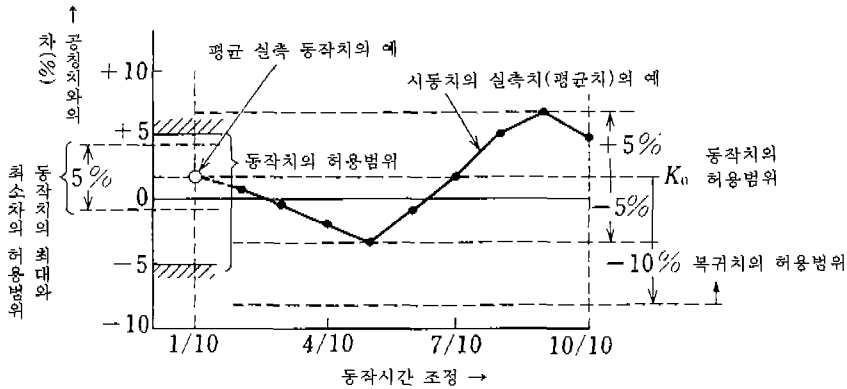
보호계전기 적용에 있어서는 동작치나 동작시간 오차에 유의할 필요가 있다. 계전기는 탭치대로 동작하고 동작시간 특성대로 동작하는 것이라고는 단정할 수 없다. 또한 동작치와 복귀치의 다름도 있다. 이들 오차에 대해서는 각 제작자가 보증치를 정하고 있는 외에 다음과 같은 규격으로도 규정되어 있다.

일본 전기학회 전기규격조사회 규격 …… JEC 174 전력용 보호계전기, JEC 174A~174C 과전류계전기, 전압계전기, 고저항 접지계용 지락방향계전기
일본공업규격 …… JIS C 4601 고압지락 계전장치(한국은 KS C 4601), JIS C 4602 고압수전용 유도형 과전류계전기(한국은 KS C 4608)

JEC 174는 일반 유도원판형 반한시 과전류계전기의 동작치는 동작시간 조정을 최대치의 1/10로



<그림 48·2> 안정화 계전장치 설명도



<그림 49·1> 유도 원판형 반한시 과전류 계전기의 허용 오차

하여 10회 정도 실측했을 때 각 실측치가 그림 49·1과 같이 공칭치(조정치)의 $\pm 5\%$ 범위내에 있고 또 실측치의 최대와 최소의 차가 공칭치의 5% 이내에 있지 않으면 안된다. 이 때의 실측 동작치의 평균치 K_0 는 조건이 다른 경우의 오차의 한계를 정하는 기준치로서 사용된다.

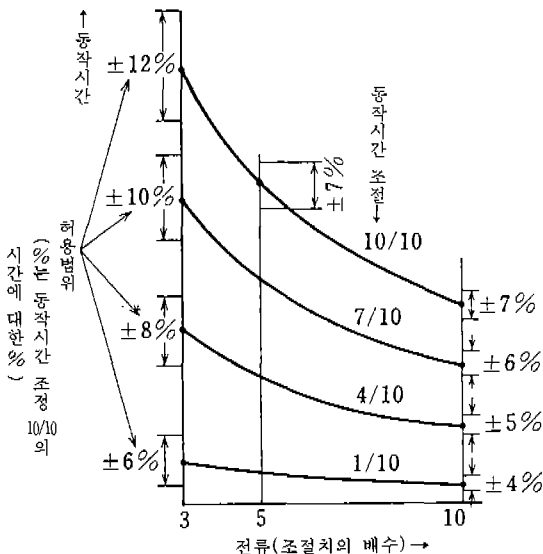
동작시간 조정을 1/10에서 최대치 10/10까지의 여러 값으로 바꾸었을 때 가동부가 동작하기 시작하는 값(시동치)은 전술한 평균 실측 동작치 K_0 의 $\pm 5\%$ 이내까지 허용된다. 또 동작한 후 전류가 K_0 의 -10% 값이 되면 동작시간 조정이 최대일

때의 스톱퍼 위치까지 복귀하지 않으면 안된다.

각 동작시간 조정에서의 시동치 실측치가 그림과 같다고 하면 동작시간 조정이 9 또는 10/10 때는 K_0 의 $+5\%$ 의 전류가 흐르지 않으면 가동부는 9/10 위치보다 앞으로 진행할 수가 없고 동작하지 않는다. 또 동작시간 조정이 5/10일 때는 K_0 의 -5% 이하의 전류가 아니면 가동부가 도중까지 진행해 버려 본래의 동작시간이 아니게 된다. 그리고 가동부가 복귀방향으로 움직이는 전류치는 마찰의 영향만큼 시동치보다 작다. 이상과 같은 현상만으로도 K_0 가 공칭치의 $\pm 5\%$ 가 되는 것을 고려에 넣으면 공칭치의 $\pm 10\%$ 정도의 전류에서 비로서 동작이 보증되고 공칭치의 -15% 정도의 전류에서 복귀가 보증되는 데 지나지 않는다.

동작시간의 오차는 그림 49·2 범위에서 허용된다. 오차는 동작시간 조정 10/10의 동작시간에 대한 %로 표시되고 입력전류가 작을 수록 소정 동작시간에 대한 % 오차는 크다. 전류가 흐르고 있는 시간이 동작시간 하한보다 짧으면 부동작이 되는 것이 아니고 전류가 끊긴 후도 가동부가 관성에 의해 움직여 점점을 폐로하는 일이 있다. 응답시간을 사고구간 선택에 사용하는 경우에는 이 관성 동작을 고려한 확실 부동작 시간을 알아야 한다. 또 복귀시간을 생각하지 않았기 때문에 생각지 못한 응답을 경험하는 일도 있다.

이상의 오차값은 주위 온도: $20^\circ\text{C} \pm 10^\circ$, 주파수: 정격치 $\pm 1\%$, 입력 파형: 왜곡률 2~5% 이하, 제어 전원: 정격치 $\pm 2\%$ 인 표준상태에서의 시험으로 보증되는 것이고 이들 환경조건이 바뀔



<그림 49·2> 반한시 과전류 계전기의 허용동작시간 (최소 동작치 조절)

경우에는 오차의 값이 변화한다. 이 오차는 주위 온도 $\pm 20^{\circ}\text{C}$, 주파수 $\pm 5\%$, 제어 전원 $+30\sim-10\%$ 등의 변화에 대해서 각각의 동작치 변화 $\pm 5\%$ 로 규정되어 있다. 실제의 계전기와 오차는 규격에서 허용되는 값의 1/2~2/3 정도 이하일 때가 많은데, 오차에 대해서 충분히 인식하고 사용하여야 한다.

이상, 반한시 과전류계전기를 예로 설명했는데 다른 계전기에도 주의하여야 할 문제가 있다. 고속도 응답의 계전기는 사고 발생 또는 회복시 등 입력 급변시의 과도 응답 문제가 있다. 정현파형의 어느 위상에서 현상이 발생했는가? 입력의 과도적 왜곡파형은 어떤가? 입력의 동작치와의 차는 어느 정도인가? 등에 따라 과도적 오동작·오부동작이 생기거나 생기지 않거나 한다.

복수 입력의 계전기에서는 동작 원리상 나타나지 않는 구동력이 생기는 일이 있는데 크리핑이라고 불린다. 즉, 식 (24)의 적형 방향계전기 구동력은 실제로는

$$F \propto \pm K_1 V_p' + K_2 V_p I_M \cos(\theta - \phi) \pm K_3 I_M^2 \dots (55)$$

형으로서, 정수의 관계가 $K_2 \gg K_1, K_3$ 로 되어 있는 경우가 많다. 입력 V_p 와 I_M 이 통상의 경우는 제1항과 제3항을 무시할 수가 있다. 그러나 $V_p \approx 0, I_M = \text{대(大)}$ 일 때는 제3항의 $K_3 I_M^2$ 의 항을, $I_M \approx 0$ 이고 $V_p = \text{대(大)}$ 일 때는 제1항 $K_1 V_p'$ 의 항을 무시할 수 없고 이와 같은 조건으로 동작 특성을 시험하면 이른 특성과 다른 특성이 얻어진다.

이 영향은 자기회로를 미조정하여 K_1 또는 K_3 를 대부분 0으로 함으로써 방지할 수 있지만 양자를 모두 0으로 하는 것은 상당히 곤란하며 한 편만을 0으로 하는 일이 많다.

단락방향계전기는 전류=대(大), 전압=소(小)로 방향을 식별해야 하기 때문에 $K_3=0$ 이 되도록, 직접 접지계 이외의 지락방향계전기는 전압=대(大), 전류=소(小)로 방향을 식별해야 하기 때문에 $K_1=0$ 이 되도록 한다. 그리고 모계전기는 $K_3=0$, 리액턴스계전기는 $K_1=0$ 로 하여 원리식에 충실한 계전기가 얻어지도록 한다. 이와 같은 구동력은 입력회로 상호간의 유도 등에 의해 트랜지스터형 계전기에도 발생하는 경우가 있다.

이와 같은 크리핑을 시험하는 경우 보통은 전압 입력 또는 전류 입력의 한 쪽만을 가하고 다른 입

력을 가하지 않고 한다. 이 때 다른 입력회로의 처치방법에 따라 응답이 다른 경우가 있다. 다른 입력회로는 실제로 조합되는 계기용 변성기를 접속하여 그 1차측을 변류기면 개방하고 계기용 변압기면 단락하는 것이 가장 실제 운용시의 특성을 모의한다.

그러나 계기용 변성기가 통상적인 것일 때는 이를 생략하고 계전기의 전압회로를 단락, 전류회로를 개방하도록 하여도 거의 차가 생기지 않는다. 그러나 영상변류기나 변류기의 3차 영상분로를 사용하는 경우는 상당한 차가 생기는 일이 있다.

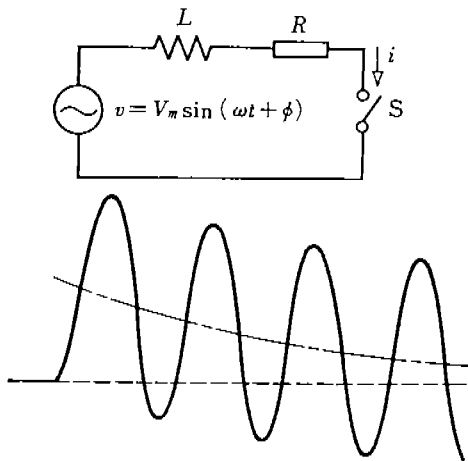
50. 계전기의 입력 파형

거의 모든 계전기에 관한 교과서나 설명서가 계전기의 입력을 정현파로 설명하고 있지만 실제의 계전기 입력은 단순한 것이 아니다. 전압·전류에는 많은 직류분과 고조파분이 포함되는 일이 많다. 상시 운전중인 고조파분은 전류중에 많고 사이리스터 등 외에 형광등, 텔레비전 등에 의해서도 생긴다. 이와 같은 고조파분을 가진 전류를 병렬 콘덴서로 역률 개선하면 파형은 더욱 왜곡이 많은 것이 된다. 전압회로의 파형 왜곡은 적고 특정 고조파 성분의 공진(共振)이 일어나면 비교적 현저한 왜곡 파형을 볼 수 있다.

계전기에 있어서 왜곡 파형의 영향은 상시보다 사고시에 크다. 사고시의 왜곡 파형 원인중 큰 것은 사고전류 직류분, 고주파 진동 및 간헐 아크이다. 사고전류중의 직류분은 사고전류가 전원에서 전력계통의 LR 회로를 통해서 흐르기 때문에 생기는 것으로서, 그림 50·1의 S를 닫았을 때의 과도 현상에 상당한다. 전류 순시치 i 는

$$i = \frac{V_m}{Z} [\sin(\omega t + \phi - \psi) e^{-R/L} \sin(\phi - \psi)] \dots (56)$$

여기서, $Z = \sqrt{R^2 + \omega L^2}$, $\tan \psi = \omega L / R$ 가 된다. 제1항은 교류의 정상전류, 제2항은 시정수 L/R 로 감쇠하는 직류분이다. 직류분 전압 파형의 위상 ϕ 가 $\psi \pm 90^{\circ}$ ($\psi = 90^{\circ}$ 약, 즉 전압순시치 0 부근)일 때 사고가 발생하면 최대이고 사고 초기에는 100% 오프셋 파형이 된다. 고주파 진동은 송전선 등의 정전용량에 비축된 전하가 사고에 의해 송전선 등의 LR를 통해서 방전되기 때문에



〈그림 50·1〉 사고전류내의 직류분

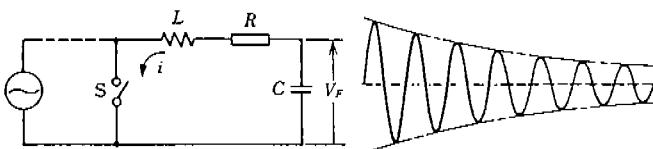
일어난다. 특히 케이블 송전선은 정전용량이 크기 때문에 그 근방에서 사고가 일어나면 큰 전류가 흐른다. 케이블계 근방의 가공 송전선 부분에서 사고가 일어난 경우의 고주파 전류 i 는 그림 50·2의 S를 닫았을 때 과도현상에 상당하며

$$i = \frac{2V_f}{\sqrt{4L - R^2}} \epsilon^{-Rt/2L} \sin \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} t \dots (57)$$

여기서 V_f = 사고발생시의 전압 순시치가 된다. 이것은 시정수 $2L/R$ 로 감쇠하고 주파수가 $1/2\pi\sqrt{LC}$ 의 고주파에서 그림과 같은 파형이 된다. 이 전류는 전압 파형의 피크로 사고가 발생하면 최대이며 거대한 케이블 계통에서는 수 만 암페어에 달하는 경우도 있다.

이 전류가 기본파 사고전류에 중첩하여 파형을 왜곡시키는 사고상전압의 왜곡은 L 에 고주파 전류가 흐르기 때문에 더욱 심하다.

비접지계나 리액터 보상 저항 접지계에서 케이블 사고와 같은 절연물을 거친 지락사고가 발생하면 사고전류가 적기 때문에 절연물의 소호작용에 의해 간헐사고가 일어나는 경우가 많다. 특히 비



〈그림 50·2〉 사고에 의한 고주파 감쇠 진동

접지계에서는 C 의 방전으로 침형상 파형의 지락 전류가 흐른 후 절연이 회복되고 사고상전압이 재차 높아졌을 때 재차 사고가 발생하게 되므로 그림 50·3과 같은 침형상과 전류가 된다. 영상전압은 지락과 동시에 발생하는데 절연 회복중의 방전 시정수가 길어 즉시는 방전되지 않기 때문에 침형상 파형이 되지는 않는다.

이상 외에 44에서 기술한 변압기의 여자 돌입 전류도 직류분과 고조파분을 포함한 왜곡파형이다.

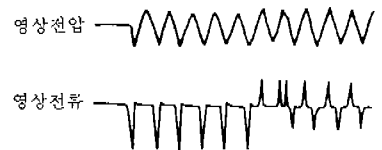
직류분 및 감쇠성 고주파는 고속도 동작의 계전기에 여러 가지 영향을 준다. 가동 철심형은 입력 전류로 유기되는 자속의 1승 또는 2승에 비례하는 구동력을 발생하므로 직류분이나 고주파분이 중첩하면 기본파분이 작아도 동작한다.

유도형은 직류분에 대해서 본래 토크를 발생하지 않지만 직류분 상승의 순시에는 과도적으로 구동력을 발생하여 오버 리치 등을 야기한다. 유도형은 또 고주파분의 영향을 받지만 토크가 복수 자속의 적(積)으로 양 자속중의 상이한 주파수 성분간에서 생기는 토크는 평균치가 0이 되는 특징이 있다.

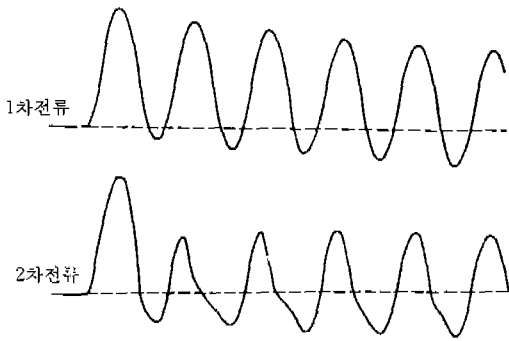
이 때문에 한 쪽 자속 발생회로에 고주파 저지 필터를 설치하는 등으로 고조파의 영향을 받기 어렵게 할 수가 있다. 왜곡파형이 그대로 트랜지스터형의 검출부에 들어가면 우선 정확한 응답을 기대하기 어렵다. 이 때문에 트랜지스터형에서는 필터의 사용이 불가결해진다. 그림 50·3의 침형상 파형의 지락사고도 유도형이나 또는 특히 급격한 특성의 대역 필터를 사용한 트랜지스터형 지락방향 계전기로 보호되고 있다.

51. 계기용 변성기의 적용

보호계전기용 계기용 변성기에 대해서는 JEC-



〈그림 50·3〉 비접지계 지락사고시의 침형상 파형



〈그림 51·1〉 CT의 직류 포화시의 파형

190에 부담 및 오차 등이 정해져 있다. 일반적으로는 부담을 정격 부담 이하로 하고 변류기(CT)에서는 과전류 정수(비오차가 10%가 되는 전류의 정격전류에 대한 비)를 최대 사고전류 이하로 하면 지장이 없다. 그러나 이와 같은 정격내의 사용에서도 CT는 직류 포화에 의해 큰 오차를 발생, 차동 보호 등 고속도 고정밀도 보호에 지장을 주는 일이 있다.

그림 51·1과 같이 직류분을 포함한 대전류가 흐르면 CT의 철심이 직류분으로 포화하여 2차 전류에 큰 오차를 발생한다. 이 오차는 철심에 공극을 설치하여 잔류 자기를 감소시켜 직류분에 의한 포화를 방지하면 적어진다. 또한 직류분에 대응하는 2차 전류가 흐르지 않게 되는 사고전류의 2~3 파짜 근방에서 오차가 큰 경우가 많다.

저항접지제나 비접지계의 지락 보호에서 특히 가동형 계전기를 사용하는 경우에는 CT를 정격부담 이상의 과부담으로 사용할 필요가 있을 때가 있다. 예를 들면 유도원판형 과전류 계전기의 0.2A 탭의 부담 임피던스는 4Ω 정도의 것이 많은데 이

것은 흔히 사용되는 2차 정격 5A-40VA인 CT의 허용 부담 임피던스 1.6Ω보다 크다.

이 경우의 CT 2차 전류는 그림 51·2의 등가회로로 생각할 필요가 있다. 이 중 1차측 임피던스는 오차에는 관계없다. 오차를 구할 때는 2차 전류 I_s 의 값을 정하고 전압 V_s 를 구한다. 2차 누설 임피던스 Z_x 가 불명일 때는 직류저항을 사용하여도 과부담 상태에서는 지장이 없다. 이 V_s 의 값에서 그림 51·3의 2차 여자특성을 사용하여도 I_s 가 구해진다. 부담에 가해지는 전압 V_B 가

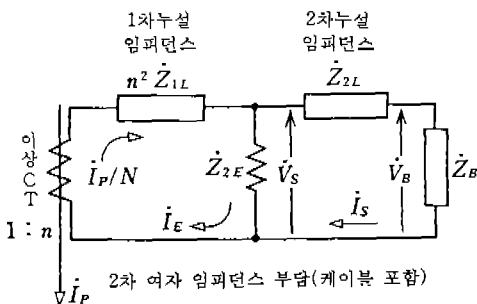
$$\frac{(\text{과전류정수}) \times (\text{CT 정격부담 VA})}{(\text{CT 정격 2차전류})} \dots\dots (58)$$

보다 작으면 CT는 1차 전류의 교류분으로 포화되는 일이 없고 일정한 오차를 허용하여 사용할 수 있는 가능성이 있다.

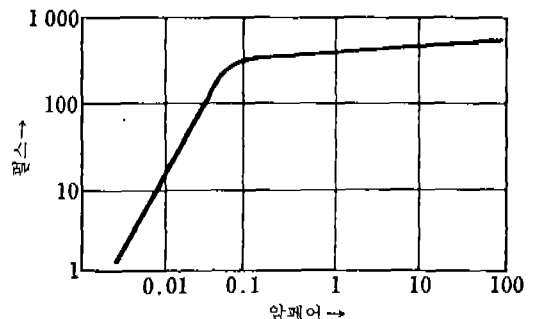
CT의 3차 영상분로를 사용할 필요가 있는 경우는 영상회로의 부담이나 오차가 2차 잔류회로보다 어려운 경우가 많다. 예를 들면 정격이 1차 전류 1000A, 2차 전류 5A, 2차 부담 40VA인 CT에 100 : 5A의 3차 권선이 설치되었다고 한다. 이 때의 3차 권수는 2차 권수의 1/10로서 3차는 실질적으로 1000 : 50A-40VA의 CT이고 정격부담 임피던스는 2차의 1/100이 된다.

3차는 3상의 각 권선이 직렬이기 때문에 권선이 병렬 접속되는 2차 잔류회로에 비해서 9배의 부담 임피던스에 견디지만 동일 계전기를 잔류회로에 사용하는 경우에 비해서 훨씬 과부담이 된다. 또한 계전기의 동작치를 0.5A로 한 경우 이 값은 2차에서는 정격 1차 전류의 10%이지만 3차에서는 1%이다.

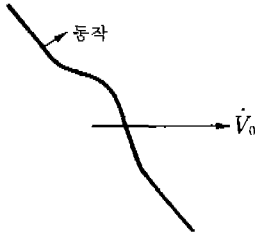
부담이나 오차의 문제는 비접지계의 영상변류기



〈그림 51·2〉 CT의 등가회로



〈그림 51·3〉 2차 여자특성의 예



〈그림 51·4〉 ZCT와 조합한 지락방향 계전기의 1차측에서 본 특성의 예

(ZCT)에서는 더욱 엄격하다. ZCT의 표준 정격은 200 : 1.5mA 부담 10Ω이지만 실제의 1차 전류는 100~2000A이다. 1차 전류를 400A라고 하면 200mA는 그 0.05%이다. ZCT는 영상전류를 얻는 가장 고정밀도의 수단이지만 이 정밀도는 어렵고 부하상태에서의 2차전류는 100mA의 지락전류가 흘렀을 때의 값까지 허용된다. 지락사고시의 2차 전류에는 이 전류가 가해지며 100mA 지락시에는 상쇄되어 전혀 흐르지 않는 경우도 있다.

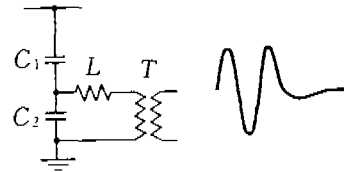
ZCT에는 2차 여자 임피던스가 5Ω 정도의 것도 있다. 이것에 정격부담의 10Ω을 접속하면 그림 51·2의 $I_s : I_E$ 는 1 : 2 정도가 된다. CT 1차측에서 본 특성이 계전기와의 조합을 바꾸었을 때 크게 변화하고 또 방향계전기에서는 철심의 비직선성 때문에 그림 51·4와 같은 특성이 되는 일이 있다.

콘덴서형 계기용 변압기(PD)는 철 공진에 의해 이상 파형의 출력을 내는 일이 있다. 이 때문에 정격의 10% 이상의 부담으로 사용하도록 하고 또 2차 회로에 사용하는 변압기의 자속밀도를 작게 한다. 그리고 1차측 단락사고로 그림 51·5와 같은 과도출력을 2차측에 발생한다.

52. 보호계전기의 조절

조절의 기본적인 순서는 보호범위 외의 사고로 오동작이 없도록 하고 이어서 보호범위내 사고로 동작할 수 있는지 없는지를 확인하는 것이다. 후자가 충족되지 않을 때는 한 쪽을 단념하거나 계전기를 바꿀 수 밖에 없다.

조절을 진행하는 데 있어서는 보호해야 할 사고시의 전압 전류와 계전기의 오차를 파악해야 한다. 제조자가 제공하는 오차의 보증치는 때로 틀리는 경우가 있다. 인도시의 제품의 양부를 정하



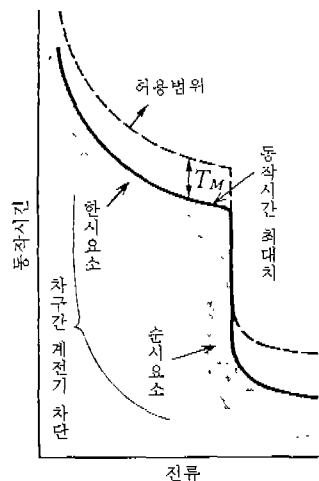
〈그림 51·5〉 PD의 구성과 1차 단락시의 2차 파형

는 기준이 되는 보증치는 여유가 있는 것이 보통이고 메이커는 이것보다 엄격한 사내 기준을 가지고 있다. 성능을 선전할 때는 걸음을 벗은 전체 누드의 숫자로 과대 선전을 하는 경우가 있다.

쉽게 조절할 수 있는 경우는 여유가 있는 숫자를 취하는 것이 좋다. 통상적인 계전기에 대해서는 오차를 ±20% 정도로 하고 동작치의 1.4배 또는 1/1.4로 안정된 동작시간이 얻어진다는 사고방식이 많이 이용되고 있다.

부하 말단의 과전류 보호의 경우 동작치는 전원 전압 변동을 고려한 최대 부하전류에서 부동작을 보증할 수 있는 최소치로 하고 한시(限時)는 변압기의 여자 돌입전류나 전동기의 기동전류 등의 돌입전류에서 확실하게 부동작이 되는 시간으로 한다. 한시를 책상 위에서 구한다는 것은 간단하지 않고 실제로 움직여 보는 것이 가장 간단하다. 한시 요소의 조절은 최대 돌입전류에서 동작하지 않도록 한다.

부하 말단 이외의 과전류 보호시는 다음 구간의 과전류 보호와의 사이의 협조를 우선 고려한다. 이 때는 그림 52·1과 같은 것을 생각해야 한다.



〈그림 52·1〉 과전류 계전기의 협조

우선 차구간 계전기의 동작시간 최대치를 생각하고 이것에 시간 T_M 을 가산하여 허용범위를 정한다. T_M 은

$$T_M = (\text{차구간 차단기 차단시간} + \text{자단자 계전기 판성동작시간} + \text{마진시간}) \text{의 최대치} \dots\dots\dots (59)$$

로서, 만일 차구간이 퓨즈나 내부 트립차단기로 차단시간 최대치가 부여될 때는 차단시간을 제외한다.

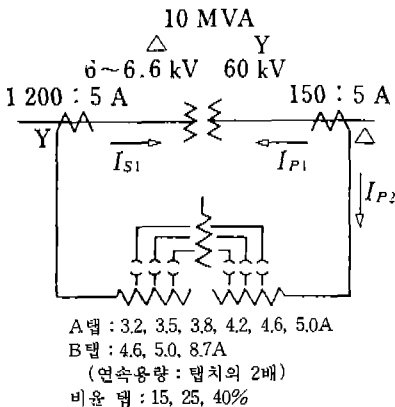
한시요소의 동작치를 최소치가 차구간 한시요소 동작치의 최대와 자단자 부하전류 최대의 양자를 하회하지 않도록 오차를 고려하여 정한다. 이어서 동작시간을 최소치가 허용범위 밖이 되는 일이 없고 또 자단자 돌입전류로 동작하는 일이 없도록 정한다.

자단자 계전기의 반한시성이 차구간 계전기의 반한시성보다 급격하거나 또는 동등한 경우는 차구간 사고시의 최대 사고전류만의 협조를 생각하면 된다.

이 점의 고찰만으로 다른 조건의 차구간 사고는 전부 협조가 성립된다. 그림과 같이 차구간에 순시요소가 사용되고 있을 때는 순시요소의 동작치 최대로 고찰하면 된다.

이 경우 고찰 대상의 전류치가 작아지는만큼 자단자 계전기의 동작시간이 짧아진다. 순시요소는 동작치의 최소가 차구간 최대사고전류 보다 작아지지 않도록 한다.

변압기 보호용 차동계전기의 조절을 그림 52·2



<그림 52·2> 변압기 차동계전기 조절의 설명도

의 실례에 대해서 설명한다. 우선 변압비가 중심치일 때의 정격 1차 전류를 구한다. $I_{P1} = 10,000 \text{kVA} / \sqrt{3} \times 60 \text{kV} = 96.2 \text{A}$, $I_{S1} = 916 \text{A}$ 가 된다. 이 때의 계전기 입력전류는 I_{P2} 는 Δ 접속이기 때문에 $I_{P2} = \sqrt{3} \times 96.2 / 30 = 5.54 \text{A}$ 가 되고 $I_{S2} = 916 / 240 = 3.83 \text{A}$ 가 된다. $I_{P2} : I_{S2}$ 에 가장 가까운 탭을 선택하고 I_{P2} 를 B탭의 4.6A, I_{S2} 를 A탭의 3.2A로 한다.

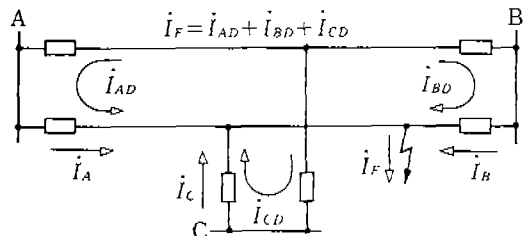
I_{S2} 는 변압기의 탭 전환에 의해 $3.83 \times 6.3 / 6 = 4.02 \text{A}$ 에서 $3.83 \times 6.3 / 6.6 = 3.66 \text{A}$ 까지 바뀐다. $I_{P2} = 5.54 \text{A}$ 일 때 $I_{S2} = 5.54 \times 3.2 / 4.6 = 3.85 \text{A}$ 면 부정합(不整合)이 없고 $3.85 - 3.66 = 0.19 \text{A}$ 가 I_{S2} 측의 최대의 부정합이 된다. 이 0.19가 차동전류에 상당하고 3.85와 3.66이 작은 쪽과의 비 $0.19 / 3.66 = 5.2\%$ 비율의 차동전류가 최악으로 흐른다.

변류기 오차의 상정치 10% 정도를 가산하여 비율 탭은 15%로 한다.

평행 송전선 보호용의 회선선택 계전기는 적어도 1단자로 동작시키는 것이 좋다. 그림 52·3과 같이 각 단자에서 전전회선으로부터 사고회선에 환류하는 전류의 합은 사고점 전류와 같다. 그러므로 전체 단자의 동작전류 최대치를 사고점 전류 최소치 보다 충분히 작게 하면 전술한 동작이 가능해진다.

원방 후비보호나 다단자 송전선의 보호도 사고전류가 분류하는 다수의 단자중 적어도 1단자가 동작되면 여하간에 보호 가능해진다. 거리계전기의 경우 특정한 분류 조건을 가정하여 전체 단자의 계전기가 전부 동작하도록 하면 전술한 동작이 가능해진다.

위상비교 계전장치나 저지방식의 방향비교 계전 장치의 경우는 우선 내부사고로 1단자가 신호를 차단 허용상태로 하도록 조절하고 이어서 외부사고에서 부동작이 되도록 다른 단지를 조절하고 재차 내부 사고가 차단 가능한가를 검토한다.



<그림 52·3> 회선선택 계전기 조절의 설명도

53. 보호계전기의 불량응동 대책

보호계전기는 정상시는 부동작이고 일단 긴급할 때 동작한다는 점에서 다른 전력기기와 현저하게 다르다. 불량이 발생하면 잘 발견되지 않고 사고시의 불량응동(不良應動)에 의해 비로서 발견되게 된다. 그리고 불량응동의 영향이 격심하다. 이 때문에 여러 가지 불량응동 방지책이 취해지고 있다.

후비보호는 주보호 불량에 의한 오부동작 대책이다. 이것은 만일의 경우는 광범위한 운전 정지를 수반하더라도 사고는 어떻게든 차단하지 않으면 안되기 때문이다. 중간계통에서 채용되고 있는 주보호 이중화도 불량응동 대책이다.

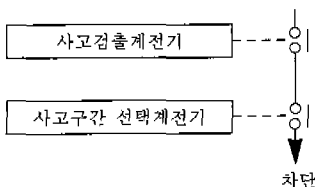
송전선 주보호의 이중화는 한 쪽만의 동작으로 차단하는 오어 트립방식으로 되어 있다. 이것은 송전선은 사고가 많은데다가 부동작시의 후비 보호는 사고 차단이 늦을 뿐만 아니라 다수 단자의 일제 오동작과 같은 차단이 되기 때문이다. 이 때문에 다수의 오동작 증가를 용인한다. 모선에서는 오부동작에 대한 원방 후비 보호능력이 높고 차단 단자수도 다단자 송전선의 경우를 제외하고 차가 없다.

또한 오동작의 영향이 크기 때문에 일종의 앤드 트립방식인 일괄 분할방식이 많히 채용된다.

장치 불량에 의한 오차단을 감소시키기 위한 비교적 간단한 대책에 사고검출 계전기가 있다.

이것은 전력계통에 사고가 생겼을 때 동작하는 것으로서, 그림 53·1과 같이 사고 구간을 선택하는 계전기와 사고검출 계전기 2개가 동작했을 때 차단한다. 이 방식은 반송계전장치의 신호 불량, 표시선 계전기의 표시선 불량대책, 오어 트립방식 주보호 이중화의 오동작을 증대대책 등에 널리 사용되고 있다.

주보호용 사고검출 계전기는 보호구간내 사고에



〈그림 53·1〉 사고검출 계전기의 사용

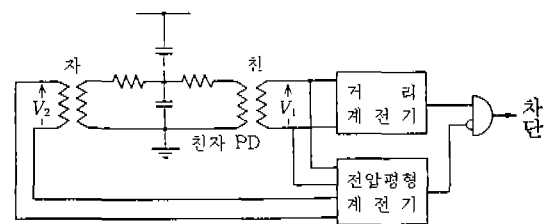
서 확실하게 동작해야 한다. 사고전류가 적은 단자도 동작할 필요가 있으며 저항접지계 지락 보호에는 지락과전압 계전기가, 단락 보호 및 직접 접지계 지락 보호에는 부족전압 계전기나 전류보상 부족전압 계전기가 사용된다.

그 밖에 감도상 문제로 전압감량 계전기가 사용 되는 경우도 있다. 후비 보호용 사고검출 계전기는 그 후비보호 계전기가 동작하는 입력 조건시에는 반드시 동작할 필요가 있고 후비보호 계전기의 종류별로 선정하여야 한다. 지락방향 계전기에는 지락과전압 계전기가, 거리계전기에는 전류변화폭 계전기 등이 사용된다.

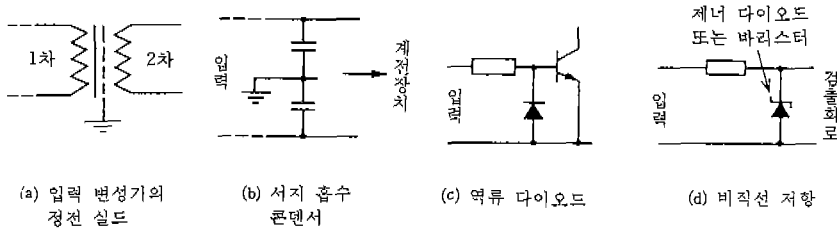
계기용 변압기회로의 불량은 다수 단자의 동시 오차단을 야기시킬 가능성이 있다. 계기용 변압기는 모선에 설치되어 그 모선의 전체 단자 계전기에 전압을 공급하는 일이 많다. 이 경우 계기용 변압기 회로에 불량이 생기면 전체 단자의 계전기 입력전압이 강하하고 부하 전류에 따라서는 거리계전기 제1단의 기억작용 동작 또는 오프셋 모형 거리계전기의 연속동작에 의한 차단이 이루어진다.

그림 53·2는 이에 대한 대책으로 흔히 사용되는 것으로서 모자 PD의 모출력 V_1 이 강하하고 자출력 V_2 가 강하하지 않으면 전압평형 계전기가 동작하여 차단을 저지한다.

트랜지스터형 계전기는 제어전원의 이상에서 오동작할 우려가 있는데 이 우려가 있을 때는 전원전압 강하를 검출하여 오동작을 방지하는 회로가 사용된다. 오동작이 일어나기 쉬운 것은 전압이 후방단락 등으로 중도에서 강하한 경우와 전압강하 또는 회복 순시이다. 논리회로에서 트립 시퀀스가 구성될 때는 각 회로부분의 오동작 방지를 하는 것은 득책이 아니므로 트립 지령의 최종단



〈그림 53·2〉 모자 PD를 사용한 계기용 변압기 회로 불량시의 오차단 방지



〈그림 53·3〉 트랜지스터 계전기의 서지 흡수회로의 예

오동작을 방지한다.

계전기의 입출력회로 등에 가해지는 서지는 트랜지스터형 계전기를 오동작시키거나 반도체 부품을 손상시킨다. 이에 대한 대책으로 외부 케이블을 실드 케이블로 한다. 어레스터를 설치하는 등과 같은 방법 외에 그림 53·3의 예와 같은 서지 흡수회로가 사용된다. 또한 오동작 방지를 위해서는 시간측정형 위상검출기 등 동작에 시간을 요하는 회로를 사용하거나 본래 고속도인 회로의 응답 시간을 늦게 하거나 하여 단시간의 서지에 의한 오동작을 방지한다.

어떤 종류의 계전기는 목적 외의 사고에서도 변덕동작을 하여 오차단하므로 대책이 필요하다.

전류를 입력으로 하는 지락계전기로서 직접 접지계 이외에 사용되는 것은 고감도 때문에 2상 지락을 포함하는 단락사고시의 CT 오차로 오동작할 우려가 있으므로 단락 우선이 행하여진다.

이것은 단락 보호용 부족전압 계전기 또는 과전류 계전기 등의 동작에 의해 지락계전기의 동작을 저지하는 것이다.

〈다음호에 계속〉

전기요금 인상배경엔 절전유도

5월 1일부터 전기요금이 조정되었다. '92년 2월에 개정된 이래 3년만에 이루어진 것이다

지난해의 경우 여름철 이상고온현상과 경기활황으로 최대전력 수요가 원자력발전소 5기에 해당하는 500만kW나 증가하여 전력수급이 크게 불안하였다

이와 같은 어려움은 상당기간 지속될 전망이다어서 발전소 조기 준공과 긴급증설을 추진하고 있다. 그러나 단기간 내의 전력설비 확충에는 한계가 있어 전기요금 구조를 소비절약형으로 조정할 것이다. 조정내용을 보면, 주택용의 경우 전체 가구의 97.6%에 해당하는 월 400kWh 이하 사용자에 대해 요금부담이 늘지

않도록 중전요율을 유지하고, 다소비 가구의 소비절약을 위하여 500kWh 초과사용분에 대해서만 높은 요율을 적용토록 하였다.

그리고 일반용, 교육용 및 산업용에 적용하고 있는 계절별 차등요금제를 개선하여 종전 여름철(6~8월)과 그밖의 철(9월~익년 5월)로 구분하던 계절요금을 전력수요형태에 적합하게 여름철(7~8월), 봄·가을철(4~6월, 9월), 겨울철(10월~익년 3월)로 세분화하여 높은 요금이 적용되는 여름철을 2개월로 단축하는 대신, 요율을 다소 높였다.

전력수요 평준화를 위하여 산업용 5000kW 이상에 대하여는 여름철 최대수요 1시간대를 10

시간(08~18시)에서 5시간(10~12시, 14~17시)으로 단축하는 한편, 일반은 5000kW 이상까지 확대함으로써 피크시간대의 전력수요를 억제할 수 있도록 하였다.

특히 팔목할 만한 것은 고객이 스스로 2개의 요금중 하나를 선택하는 제도를 도입한 것이다. 이는 일반용, 교육용, 산업용의 고압 고객에게 적용된다. 기본요금이 높은 반면 전력량요금이 낮은 요금과 반대로 기본요금이 낮은 반면 전력량요금이 높은 요금중 고객이 유리한 것을 선택하는 것이다.

이러한 요금구조 조정으로 요금수준은 평균 4.2% 정도 인상되나 약 34만6천kW의 수요가 절감될 것으로 예상되어 전력수급안정에 크게 기여할 것으로 기대된다. • 한전 전력경제처 제공 •