

저압차단기의 차단보호협조 특성연구

오준식*, 나철봉, 함길호
 LG산전 전력시험기술센터 전력시험연구원

A study of coordination under short-circuit conditions between circuit-breakers

J.S.Oh, C.B.Na, G.H.Ham
 Power Testing & Technology Institute

Abstract - Coordination under short-circuit conditions is a systematic application of protective devices in the electrical power system, which, in response to a fault, will remove only a minimum amount of equipment from service. The objective is not only to minimize the equipment damage and process outage costs, but also to protect personnel from the effects of these failures. The coordination study of an electric power system consists of an organizes time-current study of all devices in series from the utilization device to the source. This study is a comparison of the time it takes the individual devices to operate when certain levels of normal or abnormal current pass through the protective devices. The objective of a coordination study is to determine the characteristics, ratings, and settings of overcurrent protective devices that will ensure that the minimum unfaulted load is interrupted when the protective devices isolate a fault or overload anywhere in the system. At the same time, the devices and settings selected should provide satisfactory protection against overloads on the equipment and interrupt short-circuit as rapidly as possible.

1. 서 론

배전선로는 배전 및 이에 접속된 기기의 고장에 대해 고장선로를 차단하고 사고의 파급을 가능한 줄이는 기능을 수행한다. 이러한 목적을 위해 사용되는 보호기기로 기중차단기(Air circuit breaker)와 배선용 차단기(Molded-case circuit breaker) 및 퓨즈가 있다. 이들 보호기기 적용시 보호기기 설치점에서 예상단락 전류를 차단할 수 있는 능력이 첫째 고려해야 할 조건이라는 것은 당연하지만 부하가 요구하는 급전 조건의 정도, 보호기기의 배열상태, 경제성의 고려 등 여러조건에 따라 여러 가지의 적합한 보호협조 방식이 선택되어 진다. 보호협조 방식에는 배선용 차단기와 기중 차단기의 협조, 배선용 차단기와 배선용 차단기의 협조, 배선용 차단기와 전자기개폐기와의 협조 등이 있다. 이들 방식중 배선용 차단기와 배선용 차단기의 협조에 대한 이론적 접근 및 IEC 규격에서 제시하고 있는 시험 방법을 소개하고 이 시험을 위해 선행되어야 할 차단기 각각에 대한 단락차단 특성곡선을 시험을 통해 얻고자 한다.

2. 본 론

2.1 보호협조의 정의

보호협조(coordination)란 용어는 선택차단 보호방식

(discrimination)뿐만 아니라 캐스케이드 보호방식(cascade)도 포함된다. 일반적으로 이론적 연구로 선택차단 보호방식(discrimination)을 검증할 수 있으며, 반면 캐스케이드 보호방식(cascade)은 시험을 요한다.

2.1.1 선택차단 보호방식

고장회로에 직접 관계하는 보호장치만이 동작하고 다른 건전한 회로는 그대로 급전이 계속되는 것을 목적으로 한 회로방식을 말한다. 분기 차단기(C1)와 그 주회로 차단기(C2)의 동작특성곡선이 전혀 교차하지 않게끔 구성하는 것이며, 주회로 차단기의 릴레이 시간이 분기 차단기의 전차단 시간보다 길어지게 설정해야 한다. 이방식은 건전한 분기회로의 급전의 연속성은 확보되지만 주회로 차단기의 차단시간이 길어지므로 전로 단시간 용량을 검토할 필요가 있다. 중요 부하군에 이방식을 채택하여 급전의 연속성을 확보함을 목적으로 한다.

2.1.2 캐스케이드 보호방식

주배전반 모선에 접속되는 보호장치만이 설치점에서의 예상단락전류 이상 차단용량을 가지며 이것에 직렬로 이어지는 급전회로 보호장치는 그 점의 예상단락전류보다 작은 차단용량으로 구성하는 보호방식이다. 이 방식은 분기 차단기 설치점에서의 예상단락전류가 분기 차단기의 차단용량을 넘는 경우, 주회로 차단기에 의해 캐스케이드보호를 하도록 하는 것이다. 경제성이 특별히 요구되는 전로를 구성하는 경우에 쓰인다. 주회로, 분기 차단기 어느쪽 차단기도 단락시 개극시간이 매우 빠르다는 것에 착안하여, 분기회로의 단락전류를 주회로, 분기 차단기 양쪽에서 차단하여 아크에너지를 분담하는 원리를 이용한 방식이다. 주회로 차단기(C2)와 분기차단기(C1)의 개극시간 및 차단시간의 관계가 그림1,2와 같다고 하면 통과에너지 I^2t 및 아크에너지 E 는 다음과 같이 된다.

$$I^2 \cdot t = \int_{t_0}^{t_c} i^2 dt$$

주회로차단기(C2)의 아크에너지 E_1 은

$$E_1 = \int_{t_a}^{t_c} v_a dt$$

분기차단기(C1)의 아크에너지 E_2 는

$$E_2 = \int_{t_a}^{t_c} v_b dt$$

여기서 v_a : 주회로차단기의 아크전압

v_b: 분기차단기의 아크전압

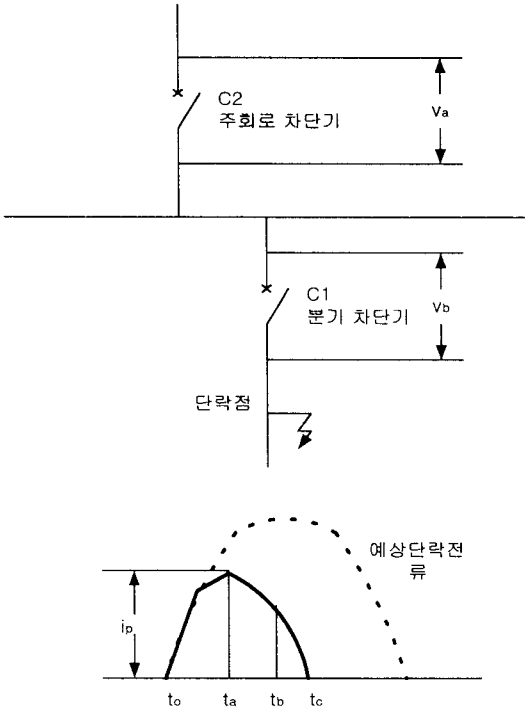


그림1-개극 및 차단시간

2.2 보호협조의 검증

2.2.1 선택차단 보호방식의 검증

C1과 C2의 동작특성곡선의 비교에 의한 이론연구만으로도 검증이 가능하다.

그러나 다음과 같은 특별한 경우는 Is에서 시험이 필수적이다.

- C1이 한류형이고 C2가 의도적인 시간지연을 갖지 않을 때 (그림2.1)
- C2의 개방시간(Opening time)이 1/2 cycle 미만일 때

선택차단보호(Discrimination)는 부분적 또는 C1의 I_{cu}(or I_{cs}) 전체까지 가능하다.

전체 선택차단보호 (total discrimination)을 필요로 할 경우 C2의 non-tripping 특성곡선은 C1의 트립 특성곡선의 위쪽 영역에 위치해야 한다.

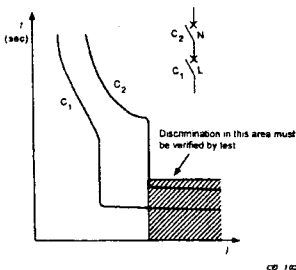


그림2.1

그림2-선택차단보호

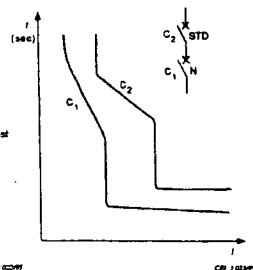


그림2.2

2.2.2 캐스케이드 보호방식의 검증

C1이 가조정형 차단기인 경우 최소 시간-전류 동작특성을 적용하고 C2가 가조정형 차단기인 경우는 최대 시간-전류 동작특성을 적용한다.

C1과 C2의 적용가능한 모든 설정값에 대한 동작특성곡선을 비교하여 C1, C2 차단기의 특성곡선이 처음 교차하는 점을 I_B(take-over current)라 하며 I_B는 C1의 I_c 대단락전류) 이하이어야 한다.

그림3은 캐스케이드 보호의 예를 보이고 있다.

그림3.1은 주회로 차단기(C2)가 한류형이고 분기차단기(C1)이 비한류형인 경우의 캐스케이드 보호의 예를 보이고 있으며 그림3.2는 주회로 차단기(C2)와 분기차단기(C1)이 모두 비한류형인 경우의 캐스케이드 보호의 예를 보이고 있다.

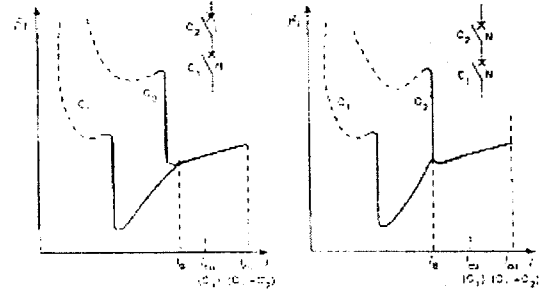
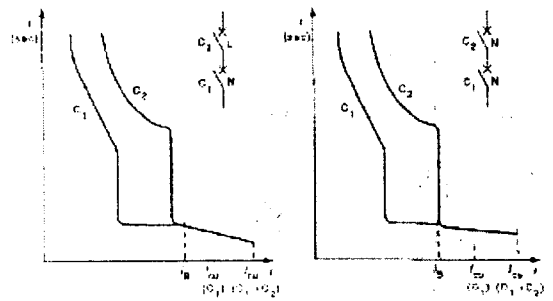


그림3.1

그림3.2

C1:비한류형 차단기(N)

C1,C2:비한류형 차단기(N)

C2:한류형 차단기(L)

그림3-캐스케이드 보호

캐스케이드 보호를 검증하기 위한 시험전류는 다음과 같다.

- 시험전류 1 : I_{cu}(C1+C2), 최대예상전류
 - 시험전류 2 : I_{cu}(C1), C1의 정격단락 차단전류 I_{cu}
- 시험전류1시험 이후 연속되는 시험전류2 시험에서 C1,C2는 새로운 시료를 사용한다.
- 시험시 발생하는 결과의 경우의 수는 다음 3가지로 분류된다.(그림4)

Case1 : 2가지 시험전류 시험시 C1,C2모두 트립.

캐스케이드 보호만을 제공

Case2 : 2가지 시험전류 시험시 C1 트립,C2 투입유지 (C2점점의 순차적 분리후 재투입).

전원복구와 캐스케이드 보호 2가지를 제공.

Case3 : 낮은 시험전류(Icu(C1)) 시험시 C1 트립,
C2 투입유지(C2접점의 순간적 분리후재투입).
높은 시험전류(Icu(C1+C2)) 시험시 C1,C2
모두 트립.

* 이 경우 Icu(C1)시험과 Icu(C1+C2) 시험
결과의 경계가 되는 전류값(P)을 찾기위해 추가
시험이 필요하다.

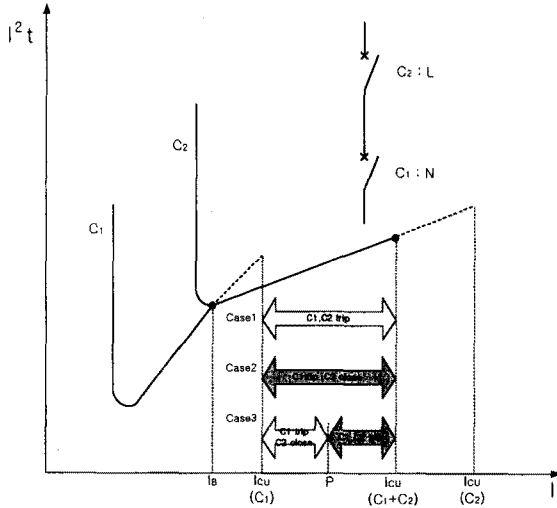


그림4

2.3 개별 차단기의 차단특성 곡선

보호협조 시험을 진행하려면 우선 개별 차단기의 차단
특성 곡선을 얻어야 한다. 본 자료는 3가지의 차단기를
기준으로 시험을 실시하여 특성곡선을 얻어냈으며 실증
시험을 통해 얻어진 특성곡선을 비교하여 선택차단보호
와 캐스케이드 보호를 예상할 수 있었다.

시험에 적용된 차단기는 다음과 같다.

- 100A 35kA 비한류형 차단기
- 200A 85kA 한류형 차단기
- 800A 85kA 한류형 차단기

그림5는 개별단락차단시험을 통해 얻어진 결과를 I-I²t
형태로 표현한 특성곡선이다. 각 전류에서 여러번 수행
된 값들 중 최대값을 이용하여 특성곡선을 얻어내며 결
과에서 알 수 있듯이 100A 차단기와 200A 차단기의
특성곡선은 교차점이 존재한다. 즉, 캐스케이드 보호의
가능성을 의미하며 800A 차단기는 100A,200A 차단기
와 선택차단보호의 가능성을 예상할 수 있다.

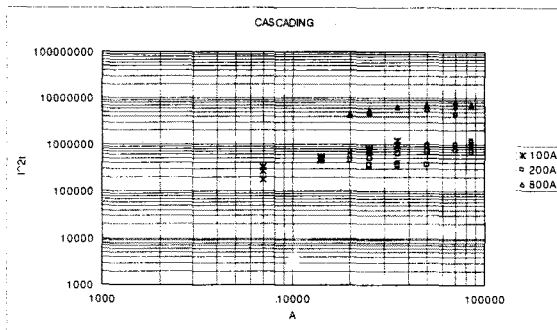


그림5

그러나 시험을 통한 검증이 반드시 이루어져야 한다.

3. 결 론

이상에서 살펴본 바와 같이 특성곡선을 통한 이론적
검증만으로는 보호협조 여부를 판별하기 어려우며 반드시
실증시험을 통한 검증이 이루어져야만 한다.
향후 개별단락차단 특성곡선을 비교하여 예상된 보호협
조방식을 검증하기 위해 규격에서 요구하는 시험절차에
따라 조합시험을 수행 할 예정이며 시험결과에 따른 보
호협조 테이블의 작성이 본 자료의 기본 목적이다.
실증시험을 통해 작성된 보호협조 테이블을 구매자에게
제공함으로써 전력계통 및 시스템구성 시 선택의 범위를
제공할 수 있을 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] ANSI/IEEE Std 242-Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems, pp.527~557, 1986
- [2] Low-voltage circuit breaker and controlgear - Part2 : Circuit-breakers, IEC 947-2, pp.125-141, 1998
- [3] M. Serpinet R. Morel , "Energy-based discrimination for low-voltage protective devices", Group Schneider,, 1998. 3.