

결상시에도 지락보호가능 전자식(電子式)누전차단기

이 승 원
서울대학교 명예교수

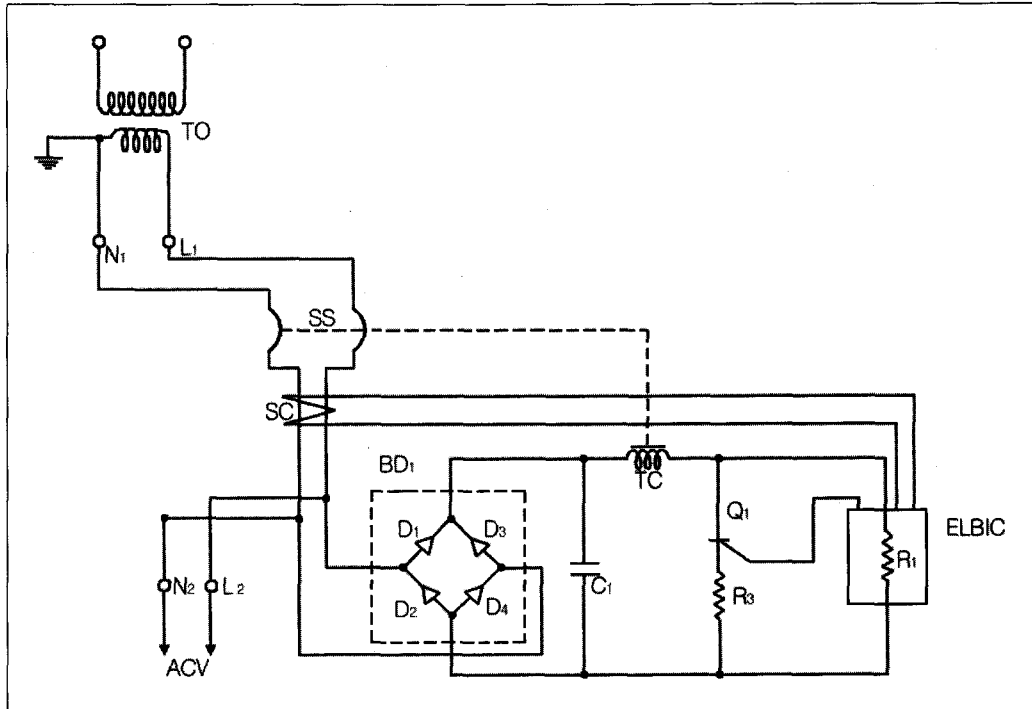
1. 머리말

우리 나라는 1980년대 초의 급진적인 발전에 따라 소비 전력도 급증하게 되어 정부는 1차 배전전압을 3000V에서 22900V로, 2차 배전전압은 220V/380V 단상 3선식

으로 상승시켰다.

이에 따른 보안대책으로 감전사고 방지 및 누전에 의한 화재의 방지, 전기기기를 보호하기 위하여 전류동작형 누전차단기를 사용하고 있다.

그 기능을 살펴보면 다음과 같다(그림 1 참조).



〈그림 1〉 누전차단기(결상시 보호 불가능)

그림에서 TO는 전원변압기이고 N_1-N_2 는 접지측 인입선이고 L_1-L_2 는 비접지측 인입선이다. SS는 누전시에 동작하여 전원을 차단하는 차단기이다. SC는 누전시에 2인입선의 전류차를 감지하는 코일로서 누전시 유기되는 전압이 ELBIC에 인가된다.

그리고 ACV는 부하를 표시한 것이고 BD_1 은 누전시 차단기를 작동하게 하는 직류전원을 만들기 위한 전파 정류기이고, TC는 SS의 작동용 여자코일이며, C_1 은 직류 전압의 평활을 위한 콘덴서이며, Q_1 은 사이리스터, R_3 는 사이리스터 전류제한용 저항이며, R_1 은 ELBIC의 저항이다.

따라서 N_1-N_2 나 L_1-L_2 에 지락이 발생할 경우 이 두 인입선 간에는 지락전류 차이에 의한 자속이 SC를 관통, 전원주파수에 따라 변화됨으로써 SC 코일에 전압이 유기되어 ELBIC에서 변조되는 전압이 Q_1 을 도통케 하여 TC가 여자되면서 SS가 동작 전원이 차단되어 지락사고가 방지된다.

그런데 만일 접지측 인입선이 N_1 점 이전에서 단선되거나 접촉불량이 생기면 SS는 ELB를 가동케 하는 직류전력이 공급되지 않음으로 동작하지 못하게 되어 부하에는 전력이 공급되지 않지만 L_1-L_2 에는 전원전압이 인가된 상태이므로 이에 인간이 접촉하면 감전되고 누전이 생기면 화재가 발생한다.

2. 지락보호가능 누전차단기의 기능

현재 우리 나라에서 사용하고 있는 누전차단기는 결상시에는 지락사고가 방지되지 않는 상기와 같은 전자식 누전차단기로서 접지측 인입선 단선에 의한 결상시에 지락사고가 방지되지 않는다. 이제까지는 이런 결함이 있는 ELB가 계속 사용되고 있었다. 그러나 결상시 지락사고

는 그 원인 판별이 어려워 우리 나라에서는 지락사고가 원인별로 정확하게 파악되지 못해 결상시의 지락사고 건수를 알지 못하고 있어 그 사고가 발생해도 감지하지 못하고 있었던 것이다. 그런데 일본의 전기협동연구지(日本電氣協同研究紙)에 이에 관련된 통계에 의하면 2차 배전선로부터 공급변압기까지의 사고가 42건인데 비하여 변압기인 사용전기 기구까지의 사고는 27건임으로 이에 비하면 현재 우리 나라에서 사용하고 있는 ELB는 전체 사고의 약 1/2밖에 보호하지 못하고 있는 형편이다.

이는 접지측 인입선 접속불량 또는 단선시 ELB가 작동이 안되어 전력이 공급되지 않으나 비접지측 인입선과 그에 연결된 부하에는 전원 전압이 인가되고 있으므로, 그 부분에서 누전이 발생할 가능성이 있어 화재나 감전사고의 우려가 있다. 그래서 이와 같은 경우에도 지락보호가 가능한 누전차단기의 출현이 절실히 요구되고 있는 것이다.

본고의 누전차단기는 이에 부응하기 위해서 개발된 결상시도 지락보호가 가능한 전자식 누전차단기로서, 접지측 인입선 단선으로 인한 결상시에는 단선 후 여러 가지 과정을 거쳐 트립코일이 작동하여 전원 개폐기가 개방되어 전원을 차단함으로써 지락사고가 발생되지 못하게 하는 기능을 갖게 한 것이다.

그뿐 아니라 이 누전차단기는 접지측 인입선 단선으로 인한 감도전류를 지중회로로 도통시키고 있는데 지중회로 도통케하는 감도전류가 일정하지 않으므로 SS 작동감도전류의 범위를 정상감도전류의 100배 정도에서도 가능케 하였으며, 접지통로의 전기적 특성도 여러 가지 조건(계절, 기후, 진습, 지질 등)에 의해 크게 변화하기 때문에 지중회로를 감도전류 도통 직후 ELB 회로로부터 분리되도록 하여 ELB가 정상상태로 복구된 후에는 작동에 하등의 지장이 없다.

따라서 이 누전차단기는 단선된 인입선을 다시 연결시

키고 개폐기를 재투입하면 그 기능이 즉각 회복된다. 이로서 누전으로 인한 화재 발생이나 인체의 접촉으로 인한 감전사고는 완전히 방지된다.

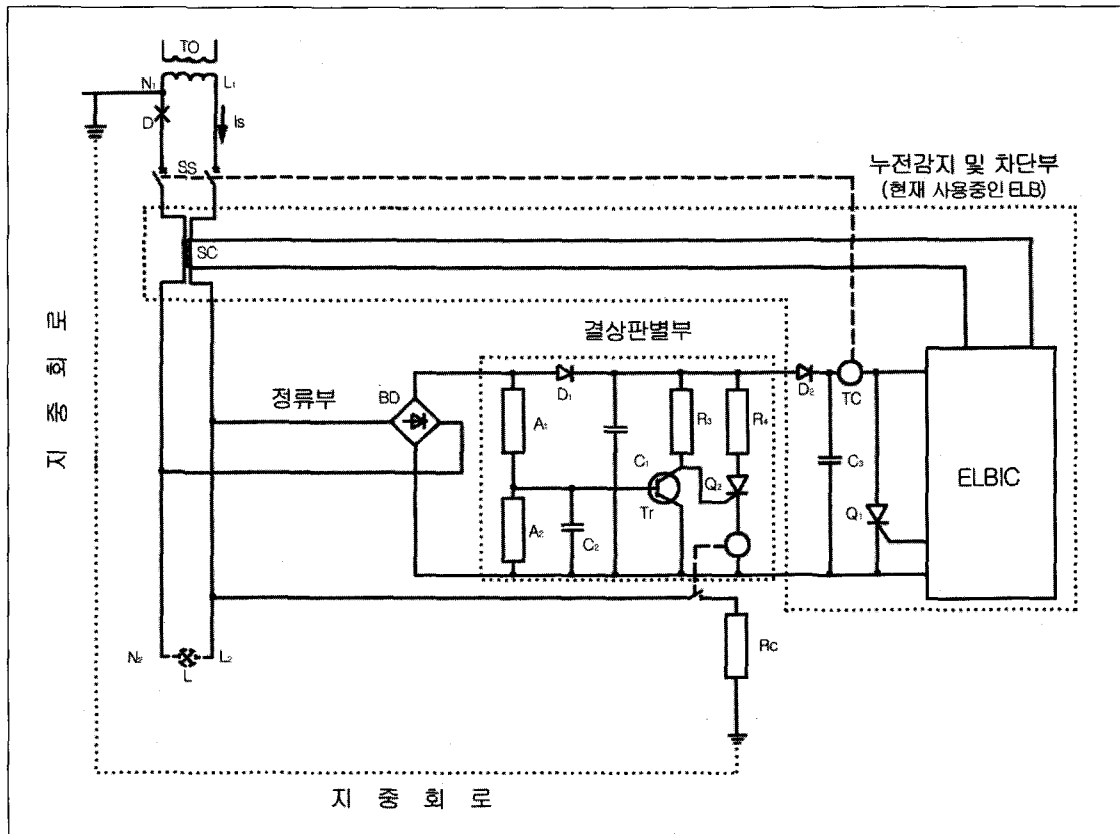
3. 본 개발 누전차단기의 특징

- ① 접지측 인입선 단선시 이를 대신할 지중전류 통로가 구성된다.
- ② 차단회로 가동을 위해 신호전류(감도전류 이상)를 흘려야 하는데 전원으로 원래의 전원전압을 이용한다.
- ③ 또 전류의 제어범위를 감도전류와 같이 고정된 값이 아니라 감도전류의 약 100배 정도가 흐르더라도 무

방하므로 지중회로 저항의 환경변화 또는 경년변화 등에 변화하더라도 아무 지장이 없다.

- ④ 정상 가동시에는 접지회로가 분리되므로 ELB의 감도전류, 부동작전류 등에 신경을 쓸 필요가 없다.
- ⑤ 결상시 ELB 작동회로의 전원으로 콘덴서 충전 전력을 사용한다.
- ⑥ ELB 기능은 부하의 연결 여부에 관계 없이 가능하다.
- ⑦ 일반 정전시 SS는 개방되지 않는다.

그림 2는 본 고안의 단상 1단 접지식 220V 2선식 배전 방식용 누전차단기로서 지중회로부, 결상판별부, 차단부로 구성되어 있으며, 도면의 주요부분에 대한 보호를 설명하면 다음과 같다.



〈그림 2〉 누전차단기(결상시 보호가능)

- TO : 전원트랜스
- L : 부하
- N₁, L₁ : 전원인입선단자
- N₂, L₂ : 전원부하측단자
- SS : 전원차단기
- SC : 누전감지코일
- BD : 브리지 다이오드
- C₁ : RL 여자용전하 축적용 콘덴서
- R₁, R₂, R₃, R₄ : 결상판별회로부저항
- C₂ : 결상판별 콘덴서
- TR : 결상판별부 트랜지스터
- Q₂ : 결상판별부 사이리스터
- RL : 접지용 계전기
- D : 반도체 들
- C₃ : 차단부 전원용 전하축적용 콘덴서
- Q₁ : 전원차단부 사이리스터
- TC : 차단기 트립코일
- ELBIC : 감지전압 변조회로
- RC : 지중회로 전류값 설정용 저항
- R₅ : 차단부 회로저항

4. 결 상

ELB를 통하여 부하에 전력을 공급하고 있을 때 전원이 끊기는 현상을 결상이라고 하는데, 결상이 되는 원인은 전원의 정전, 비접지측 인입선 단선, 접지측 인입선 단선 등 3가지 경우가 있다. 이의 어느 경우이나 ELB의 동작 전력이 공급되지 않아 ELB의 전원 개폐기는 동작되지 않는다.

그런데 비접지측 인입선이 단선된 경우에는 전력은 공급되고 있지 않으나 L₁-L₂에 연결된 부하기기 및 회로에

는 전압이 인가되고 있으므로 충전부의 절연열화부위에 접촉할 때에는 감전사고가 발생하고, 누전이 될 때에는 화재가 발생할 수 있다. 이 때에도 지락보호가 가능케 하기 위해서 연구개발한 것이 본 결상시 보호기능 누전차단기이다. 상기한 결상 현상중 비접지측 인입선이 단선된 경우에는 그에 연결된 부하기기에는 전기한 바 있듯이 전압이 인가되고 있으므로 충전부의 절연 열화부위에 접촉할 때에는 감전사고가 발생하고, 누전이 될 때에는 화재가 발생할 수 있다.

이 때에도 지락보호가 되게 하는 ELB, 다시 말해서 전원변압기의 접지측 인입선이 단선된 경우에도 감전이나 누전으로 인한 화재가 발생하지 않게 하는 전자식 누전차단기를 개발코자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구는 반도체, 트랜지스터, 사이리스터 등 전자부품으로 구성된 전자회로를 종전의 누전차단기에 추가시킴으로써 결상시에는 지락보호가 불가능했던 누전차단기를 지락보호가 가능하게 한 것으로서 그림 1의 누전차단기 회로도를 보면 알 수 있듯이 부하부에서 누전이 발생하면 ELB는 다음과 같은 작동을 하게 된다.

① 회로도의 교류전원 전압이 브리지 정류회로 BD에 의해 직류전압으로 변환되어 ELB의 감지전압 변조를 위한 ELBIC에 인가된다.

② 누전이 발생하면 전원 입·출입선 L₁-L₂, N₁-N₂의 전류 간에 누전전류만큼 차이가 발생하는데 그 값은 미리 설정된 ELB의 감도전류를 초과하게 된다. 예를 들어 30mA로 설정되고, 30mA를 초과하면 감지코일 SC에 전압이 유기되고 이 전압변조부 ELBIC에 전달된다.

한편 ELBIC에는 브리지정류 회로부 BD에 의해 작동하는데 필요한 전력이 공급되고 있어 이 전압이 ELBIC에서 변조되어 Thyristor Q₁에 케이트전압을 인가시켜 도통케 하여 개폐기 SS의 Trip Coil

TC에 전류가 흘러 SS가 개방되어 전원을 차단, 지락보호가 가능하게 하는 것이 종전의 누전차단의 기술로서 전기안전분야 기술이었다. 그러나 전기한 바 있듯이 전원변압기의 접지측 인입선이 접속불량이거나 단선의 경우에 감전사고나 누전에 의한 화재가 발생함을 알 수 있게 되었다.

5. 본 연구가 이룩하고자 하는 기술적 과제

전기한 바 있듯이 결상에는 그 원인에 따라 여러 가지 경우가 있으나 결국은 비접지측 인입선 단선으로 인한 결상시에 지락보호가 가능하면 그 원인과 종류에 관계 없이 언제나 지락보호가 가능하므로 이를 “접지측 인입선 단선시에 지락보호가 가능하게 되면 언제나 지락보호가 가능하므로 완전한 누전차단기”라고 할 수 있다. 따라서 본 고안의 누전차단기를 사용할 경우에는 항상 지락보호가 가능하다. 앞으로는 본 누전차단기를 “누전차단기”라고 칭하고 현재 사용되고 있는 누전차단기에 “결상시에는 보호 불가능”이라고 표시케 하는 것이 합리적이라고 생각된다.

이와 같이 정의한 결상시 지락보호 누전차단기를 그림 2와 같이 구성하였다.

가. 지중회로의 구성과 통전

접지측 인입선 단선시 지중회로를 다음과 같이 구성하였다.

그림 1에 표시된 바와 같이 전원변압기 접지측 단자 N_1 에서 시작한 지중통로 끝에 1단을 접지시킨 저항 R_c 를 RL 의 한 접점에 연결시키고 상대접점을 L_2 에 연결, 타단인 L_1 에서 변압기 2차 권선을 통하여 N_1 에 이루게 해 놓고 RL 이 여자될 경우 접지회로가 폐회로가 되게 하였다.

나. 결상판별회로의 구축과 동작

접지측 인입선 단선과 동시에 그림 1의 결상판별부의 BD 의 인가전압이 0이 되므로 그 출력 DC 전압도 0이 되어 C_2 의 전하는 R_2 를 통하여 방전하기 시작한다. Tr 의 베이스 전압이 0이 될 때 Tr 의 콜렉터의 전하에 의해 Q_2 를 도통케해 C_1 의 전하가 RL 을 여자함으로써 지중회로가 완성, SC 를 관통하고 있는 L_1-L_2 에 변압기 2차측 전압에 의해 감도전류는 지중통로에 R_c 를 추가시켜 이에 의해 제한되는 ELB 의 감도전류 이상이 전류 I_s 가 흐르게 한다. 이때 R_c 의 값은 일반접지봉을 지중에 꽂거나 근처에 있는 전기기기의 노출부가 지면에 접촉되고 있을 때는 그 부위에 접촉시키면 충분하다.

감도전류의 크기는 그의 통전이 순간적이어서 ELB 회로가 파손될 염려는 없다. 이는 대체적으로 $15mA \sim 100mA$ 로서 SS 가 개방된다.

다. SS의 차단부

I_s 에 의해 SC 에 전압이 유기되고 그 전압이 $ELBIC$ 에 인가되면 $ELBIC$ 는 이를 변조하여 Q_1 의 게이트에 인가 Q_1 을 도통케 하여 C_3 에 축적되었던 전하로 전력원으로 하여 Q_1 이 도통케 하여 TC 를 여자 SS 를 개방시킨다.

이때 SS 를 재투입해서 사용해야 하는데 투입이 안되면 누전이 발생한 것이므로 이를 수리해야 하고 투입이 되면 결상의 원인이므로 결상을 수리한 후 재투입 사용하면 된다.

6. ELB의 구성 및 작용

가. 지중회로의 구축

이와 같이 접지측 인입선 단선으로 인한 결상시에도 지락보호가 가능한 누전차단기가 되게 하기 위해서는 그림

2의 접지측단자 N_1 과 RC를 거쳐 트라스(TO)의 접지단자 간에 지중통로를 구성시켜 이를 L_1 - L_2 와 연결, 폐회로를 만들어 전원전압에 의해 전류 I_s 가 흐르게 한다.

이는 접지측 인입선 단선과 동시에 BD의 교류측 전압이 0이 되므로 상대측 직류전압도 0이 되어 C_2 의 전하의 방전작용에 의해 Q_2 에 게이트전압이 인가됨으로써 이것이 도통되어 C_1 의 전하 일부가 방전(TR)을 여자함으로써 이루어진다.

나. 개폐기의 동작

「가.」에 의해 SC에 유기된 전압이 C_3 의 전하에 의해 그 동작 전압을 유지하고 있던 ELBIC에 전달되었다가 변조되어 Q_1 의 게이트에 인가되며 이를 도통케 하여 C_3 의 방전전류에 의해 SS를 개방시킴으로써 지락사고가 발생할 수 없게 하는 것이다.

다. C_1 , C_3 값의 증대

종래의 ELB에서 ELB 작동용 DC 회로전압의 평활을 유지해 왔는데 본 고안의 ELB에서는 전기한 바 있듯이 전압이 인가되지 않은 상태에서 캐피시터의 방전전류에 의해 RL과 Tc를 여자해야 하므로 그 용량을 증대시켰다.

폐회로가 구성되어 RL이 여자됨으로써 I_s 가 흐르게 했는데 C_1 의 방전전류의 중단으로 지중회로는 ELB의 원회로에서 분리되기 때문에 정상상태에 있어서 부하전류의 분류로 인한 감도전류의 상하(上下)한 값의 제한이라든가 감도전류의 변화에 대한 대응이 필요하지 않음으로써 결상시 지락보호 누전차단기의 출현을 가능케 한 것이다.

이 경우 ELB를 정상상태로 복귀시키려면 단선된 접지측 인입선을 연결하고 SS를 재투입해 놓으면 된다.

과부하 차단기능을 부가하더라도 그 기능에 아무런 영

향을 주지 않는다. 단선의 확인이나 누전의 확인용 기구를 부가시켜도 무방하다.

이상과 같이 종전의 전자식누전차단기는 결상시에 지락보호가 불가능했으나 새로이 결상판별회로를 개발 첨가하고, 지중회로를 구축해서 감도전류(전류의 크기가 광범위하여 지락의 범위에 관계없다)가 흐르게 함으로써 결상시에 SS가 개방되게 했을 뿐 아니라 지중회로를 ELB에서 분리시킴으로써 회로의 전기적 정수들이 ELB 회로에 미치는 부정적인 영향이 부가되지 않게 함으로써 평상시 지락보호의 기본기능에 아무런 지장이 없도록 하였다.

7. 맺음말

승압에 따라 대지전압이 상승됨으로써 휴스와 접지를 병용해서 지락사고를 방지하던 것을 주로 美·日에서 사용되고 있는 전자식 누전차단기방식을 채택했었으나 이것이 결상시 지락보호가 안됨을 알게 되어 독일에서 사용하고 있는 전자식(電磁式) 누전차단기를 도입해야 한다는 주장이 대두되었었다.

전자식(電子式)은 가격이 7000~8000원 정도인데 독일에서 채택하고 있는 전자식 누전차단기는 결상시에 지락보호가 가능하기는 하나 너무 고가(7~8만원)여서 전자식을 결상시에도 지락보호가 가능하게 하는 연구를 많은 기술자와 학자들이 연구하게 되었고, 연구한 보람이 있어 드디어 이의 개발에 성공하게 되었다.

전자식 누전차단기 채택시 관여했던 책임을 느꼈던 본인은 책임의 일단을 벗게 되어 마음이 홀가분하게 되었다.

아무쪼록 이것이 조속히 실용화 되어 한 사람의 희생자라도 줄일 수 있게 되기를 기원하는 바이다. ■