

Cogeneration 시스템 운용을 위한 순시전압강하 대책 장치

1. 머리말

요사이 省에너지性, 經濟性의 양면에서 우수한 Cogeneration 시스템의 보급이 진전되고 있다. 이 Cogeneration용의 자가용발전기는 고효율운전 등을 목적으로 전력회사의 상용계통과 연계하여 운전하는 경우가 대부분이다. 이 때문에 연계되어 있는 상용계통측에서 발생하는 낙뢰 등의 사고로 전압강하의 영향을 받는 시스템으로 되어 있다.

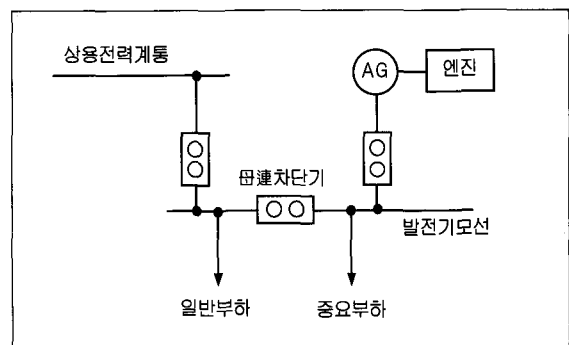
한편 최근에는 새로운 도입목적으로서 전원의 품질과 신뢰성 확보가 크게 부각되어, 수용가는 자가용발전기와 여기에 접속한 중요부하의 지속적인(중단 없는) 운전을 위하여 그림 1과 같은 상용계통측모선과 발전기의 출력모선을 연결하는 母連遮斷器를 사고시에 분리하여 보호하는 〃방식을 채택하고 있으나, 차단기의 동작시간 지연으로 효과가 불충분하였다.

이와 같은 상황을 개선하기 위해 이미 사고시에 반도체개폐기로 상용계통에서 자가용발전설비를 고속으로 분리하는 순시전압강하 대책장치를 개발하였는데, 이번

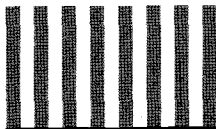
에 더욱 성능을 개선하였기에 그 개요를 소개한다.

개선내용은 다음의 두 가지로, 자가용발전설비에 대한 부담을 더 줄여서 신뢰성을 향상시키는 방식을 개발하였다.

- ① GTO 방식을 검토하여 차단시간의 단축(1 사이클 → 1/2 사이클 이하)과 발전기 전류의 한류차단을 실시
- ② 발전기의 보호방식을 강화하여 지속적인(중단 없는) 운전성능을 개선



<그림 1> 母連차단기에 의한 대책



2. 개발배경

전력회사로부터 공급되는 전력의 질은 안정되어 있음에도 간혹 송전선사고가 발생한다. 그 원인의 대부분은 낙뢰 등의 자연재해에 의한 것이어서 피할 수가 없다. 사고발생시에는 보호계전기가 동작하여 차단기에 의해 사고를 전력계통에서 분리하는데, 그때까지의 시간(약 0.2초 정도) 동안 사고 발생점에서 단락에 의한 대전류가 흘러 전압강하가 생긴다.

한편 일렉트로닉스를 사용한 기기의 보급이 진전되면서 이와 같은 전원의 순시적인 전압강하로 공장의 생산라인이 정지하는 등의 트러블이 발생하는 경우가 많아지고 있다. 부하기기의 순시전압강하에 대한 영향데이터로서 전력회사·메이커의 연구기관「전기협동연구회」의 보고 예를 그림 2에 표시하였다. 거의 대부분의 기기가 0.1초 이내에 영향을 받고 있으며 실제의 순시전압강하에 대한 耐量이 부족함을 알 수 있다.

또 정전이나 전압강하시에는 발전기를 계통에서 재빨리 분리하지 않으면 발전기의 전력이 같은 계통의 다른

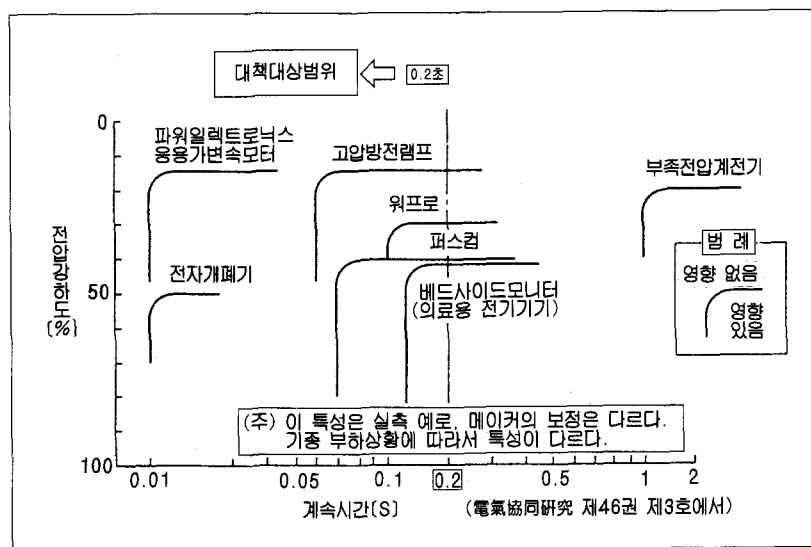
부하에까지 사용되게 되어 발전기와 그 원동기가 과부하상태가 된다. 그렇게 되면 원동기가 失速하게 되므로 발전기가 정지하여 함께 붕괴되는 문제가 일어날 소지가 있다.

3. 순시전압강하 대책 장치의 개요

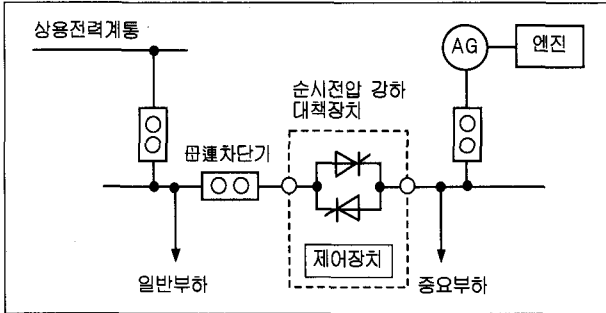
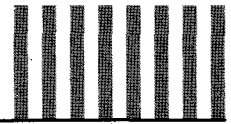
이와 같은 배경하에서 개발된 것이 순시전압강하 대책장치이다. 이 장치는 그림 3에 표시하는 것과 같이 사이리스터에 의한 반도체개폐기와 고속의 전압강하검출기를 갖춘 제어장치로 구성되어 母連遮斷器와 직렬로 삽입된다.

기존의 母連遮斷器에 의한 방식으로는 계통측에서 전압강하가 발생하였을 경우 보호릴레이의 사고확인 시간 등을 포함하여 약 0.3초 정도의 차단시간이 필요했었다. 이에 비하여 이 장치를 적용하면 차단시간을 1사이클 이내(50Hz 지구에서는 0.02초)로 단축하여 고속으로 발전기설비를 계통에서 분리할 수가 있게 된다.

이러한 동작으로 부하의 전압강하시간을 단축하여 사



〈그림 2〉 순시전압강하가 부하기기에 미치는 영향의 예



〈그림 3〉 순시전압강하 대책장치의 구성

고의 여파를 억제함과 동시에 전압강하시 발전기의 과부하도 경감시켜 주파수변동이나 전압회복특성을 개선함으로써 발전기설비의 계속운전 신뢰성을 확보할 수가 있게 된다.

실제로 납품한 제품의 동작 예를 그림 4에 표시하였다. 3.3kV의 상용계통에서 발생한 약 10초간의 순시전압강하를 고속으로 검출하여 1사이클 이내에 계통에서 분리시킴으로써 발전기전압이 빨리 회복되어 부하에 미치는 영향을 억제하고 있는 것을 확인하였다.

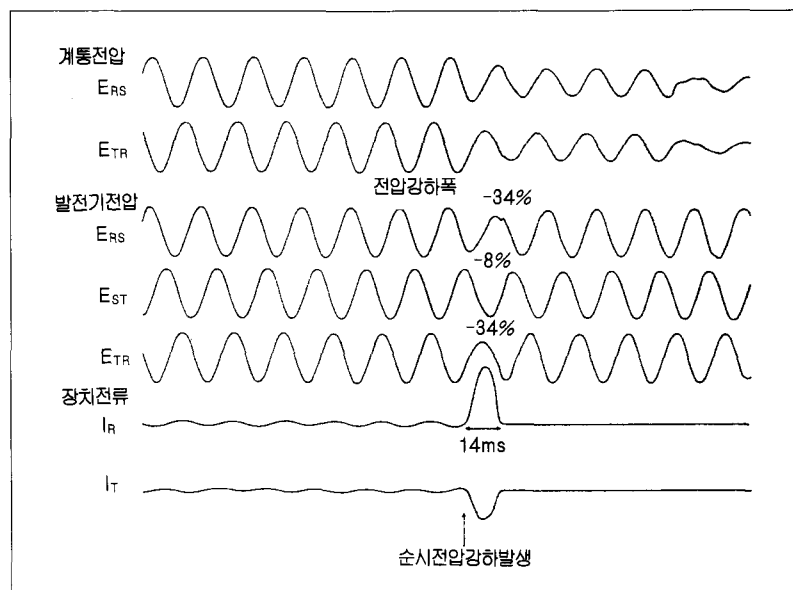
4. 순시전압강하대책 장치의 개량

이렇게 순시전압강하 대책 장치에 의하여 순시전압강하에 대해 발전기설비를 안정감 있게 운전하고 중요부하에 대한 영향을 억제할 수가 있었으며 이번에 이를 더욱 개량하여 다음과 같은 성능향상을 기하였다.

가. GTO 방식에 의한 발전기전류의 限流

기존의 장치에서 사용해 오던 사이리스터소자는 전류가 정방향에서 역방향으로 변하는 전류 Zero점에서 전류를 Off한다. 이러한 사이리스터의 특성상 전압강하시의 차단시간은 전류 Zero점까지의 시간을 필요로 하기 때문에 길어지게 되어 1 사이클 이내로 되어 있다. 이 때문에 분리시의 발전기전류가 커진다.

또 단락사고시에는 단락전류의 제1파가 반드시 통과해버리기 때문에 큰 전류내량이 필요하게 된다. 이 때문에 정격 전류가 작은 장치라 하더라도 사용하는 소자



〈그림 4〉 납품한 제품의 동작파형(10초간 전압강하)

구성은 대형이기 때문에 장치의 소형화에 장애가 되고 있다.

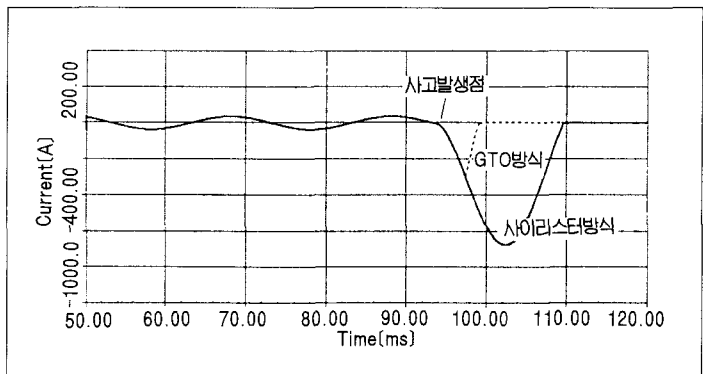
이것을 개선하는 방식으로서 GTO 방식을 검토하였다. GTO 소자의 경우, 소자정격전류 이내이면 순시에 전류를 차단할 수가 있다. 그러므로 사고전류의 상승시점에서 사고를 검출하여 전류가 증가하기 전에 차단할 수 있기 때문에 사이리스터 방식보다도 발전기전류를 억제(한류차단)할 수가 있다. 또 동시에 장치의 소형화가 가능해졌다. GTO 방식에 의하여 다음과 같은 일도 가능하게 되었다.

- ① 발전기 및 주요부하에 미치는 영향을 사이리스터 방식보다 더욱 줄일 수가 있다. 특히 발전기의 과부하를 억제함으로써 주파수변동과 전압회복특성을 개선하여 계속 운전의 신뢰성을 개선할 수 있다.
- ② 전류의 차단시간을 거의 Zero로 만들었기 때문에 장치의 동작시간을 사고검출시간만으로 줄일 수 있다. 그 결과 장치의 차단시간을 1 사이클에서 1/2 사이클 이내로 단축할 수 있다.
- ③ 장치정격전류가 200A 이하일 때는 GTO 소자를 사용함으로써 소형화, 저코스트화를 도모할 수 있다. 그림 5에 시뮬레이션에 의한 GTO 방식과 사이리스터 방식의 전류차단 상태를 비교하여 그 결과를 표시하였다. GTO 방식에서는 사고검출후 전류를 차단하기까지의 시간이 거의 걸리지 않는다. 이 때문에 사이리스터방식에 비하여 전류의 차단시간이 단축되는 외에 발전기전류치 그 자체가 억제된다. 그 결과 발전기에 대한 계통사고의 영향이 종래방식보다 더 억제되는 것을 확인하였다.

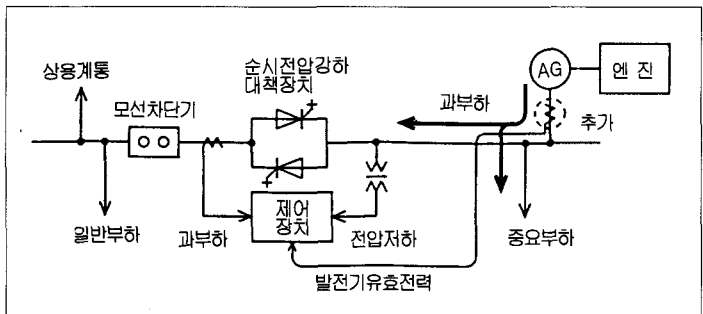
나. 발전기의 과부하보호

그림 6에 새로운 방식의 제어장치의 구성을 표시하였다. 제어장치는 발전기모선의 전압강하와 장치의 과부하에 대하여 발전기의 출력유효전력을 감시한다. 이에 의하여 순시전압강하대책장치는 발전기의 출력유효전력이 과부하로 되었을 경우에도 분리하여 발전기를 보호할 수 있게 된다.

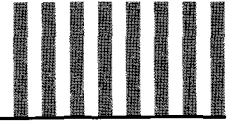
한 예로서 계통의 전압강하가 완만하게 발생한 경우, 제어장치가 전압강하를 검출하기 전에 발전기에서 흘러나오는 전력이 일시적으로 과부하로 되어 가스터빈발전 장치의 웨어핀이 절손되는 경우가 있다. 이 문제에 대응하기 위해 보호방식으로 개발한 유효전력검출회로의 구성을 그림 7에 표시하였다.



〈그림 5〉 전류차단특성 비교



〈그림 6〉 새로운 방식의 구성



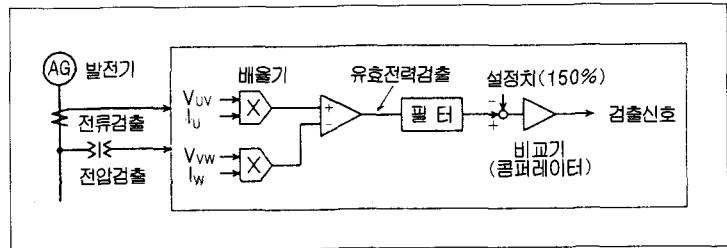
발전기의 유효전력 P_g 는 선간전압과 상전류의 연산으로 구한다.

$$P_g = V_{uv} \cdot I_u - V_{vw} \cdot I_w$$

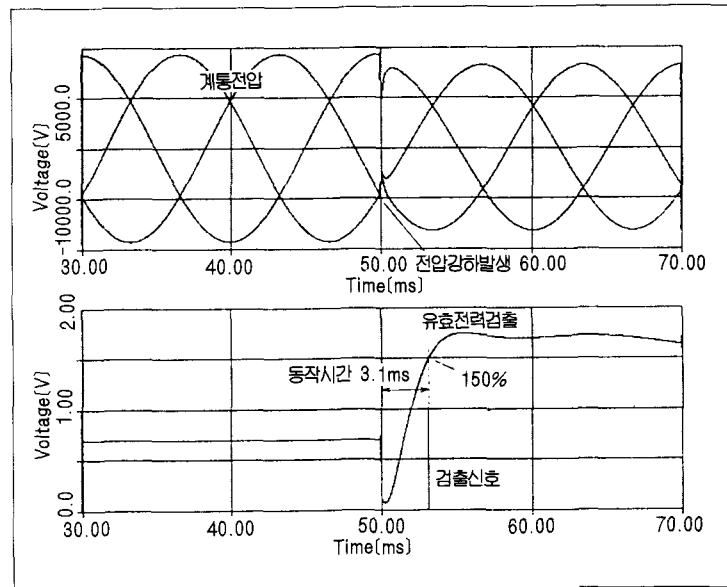
이 검출량이 설정치(예를 들면 150%)에 달한 경우 과부하로 판정하여 검출신호를 출력, 상용계통에서 발전기를 분리하여 보호한다. 필터는 노이즈 등에 의한 오동작을 방지하기 위하여 설치하고 있다. 이 방식에 의하여

- ① 발전기의 과부하를 精度 높게 감시보호할 수 있고 발전기 계속 운전의 신뢰성을 개선할 수가 있다.
- ② 발전기의 유효전력을 직접감시함으로써 완만한 전압강하의 경우에도 웨어핀의 절손에 대한 보호기능으로서 효과를 올릴 수가 있다.

그림 8에 유효전력검출회로의 시뮬레이션 결과를 표시하였다. 과부하 발생후 고속으로 과부하를 검출하여 보호할 수 있음을 확인하였다.



〈그림 7〉 유효전력검출회로의 구성



〈그림 8〉 유효전력검출회로의 동작

5. 맺음말

순시전압강하 대책장치는 Cogeneration 등과 같이 상용계통에 연계하는 자가용발전설비에 적용함으로써 다음과 같은 효과를 발휘한다.

- ① 중요한 생산시스템(중요부하)을 순시전압강하와 정전사고로부터 지키고 그 영향을 최소한으로 억제한다.
- ② 상용계통측 사고로부터 파급되는 트러블로부터 자가용발전설비를 지키고 계속운전의 신뢰성을 향상시킨다.
- ③ GTO 방식의 적용으로 1/2 사이클 이내의 차단과 발전기전류의 한류로 자가용 발전설비에 미치는 영

향을 억제하여 신뢰성을 개선한다.

- ④ 발전기의 유효전력을 감시함으로써 발전기의 과부하를 방지하여 계속운전의 신뢰성을 개선한다.
- 앞으로 이 장치의 적용으로 Cogeneration 시스템 등이 순시전압강하의 영향을 받는 일 없이 안정된 운전을 유지할 수 있기를 기대하고 있다. ■

이 원고는 일본 三菱電機技報에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 三菱電機(株)에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.