

고압차단기의 유지운영

Operation and Maintenance of High Voltage Breakers



김 덕 수

효성중공업 (주) 차단기부차장

1. 개 요

'60년대부터 시작된 공업화의 물결과 대단위 공업단지의 형성, 대도시의 산업 경제 편중현상은 도심부근의 전력 수급설비의 집중현상을 수반하여 최근 이러한 현상은 급증하고 있고, 도심지역의 지가 양등에 따른 용지획득의 어려움, 도시환경과의 조화요구에 의해 설비의 소형, 경량화 및 대용량화 등이 절실히 요구되고 있다. 따라서 이러한 요구에 부응하기 위해 송변전설비 개발추세는 기기의 소형, 경량화, 대용량화에 의한 신기종의 출현과 계통에 있어서의 기기 상호 간 절연협조 도모방안 등이 빠른 속도로 연구 실현되고 있다.

이러한 기기들중에서 전로를 이상상태로부터 차단 뿐만 아니라 정상상태에서도 안전하게 개폐하여 계통보호 및 전력설비의 보호, 운용의 역할을 담당하는 특고압(22.9kV급) 이상의 차단기에 대하여 그 종류, 구조, 동작 및 소호원리,

점검 보수사항과 관련된 보호계전방식 등에 대하여 간략히 언급하고, 차단기를 포함하는 복합 개폐장치인 GIS의 소개 및 특징과 예방보전기술과 송변전 기술의 세계적 추세에 대해서도 첨언하고자 한다.

2. 차단기의 종류

가. 종류

(1) 유입차단기 (Oil Circuit Breaker)

일반적으로 가장 광범위하게 수배전용으로 사용되는 차단기로서, 자력소호방식이다. 현재는 고전압 대용량에는 탈조차단이 어려운 점, 소전류 차단시의 불리한 점 및 화재의 위험과 유지보수의 애로점 등으로 가스 차단기로 대체되고 있다.

(2) 공기차단기 (Air Blast Breaker)

주로 대용량 회로에 많이 사용되며, 차단성능도 양호하나 절연 소호성능상 환경조건에 취약

하며 개폐 서지 전압이 높고, 특히 차단소음이 매우 커 사양화되어 가고 있는 기종이다.

(2) 진공차단기(Vacuum Circuit Breaker)

차단성능이 우수하며 소형으로 특히 공간이 좁은 곳의 사용에 이점이 있으나 고전압 대용량 회로(115kV 이상)에는 적용하지 못하고 있으며, 개폐 서지에 대한 대책이 필요하다.

(3) 가스차단기(Gas Circuit Breaker)

불활성 기체인 SF₆ 가스를 절연 및 소호매체로 사용하여 주로 고전압 대용량 회로에 사용되며, 차단성능이 우수하고 좁은 공간에 적용할 수 있다.

특고압 이하에는 가격이 비싸진다. 구조적으로는 애관에 차단부를 내장하는 애자형과 금속제 접지 탱크 내에 내장하는 탱크형의 2가지가 있어 상호 장단점을 갖고 있다.

나. 정 격

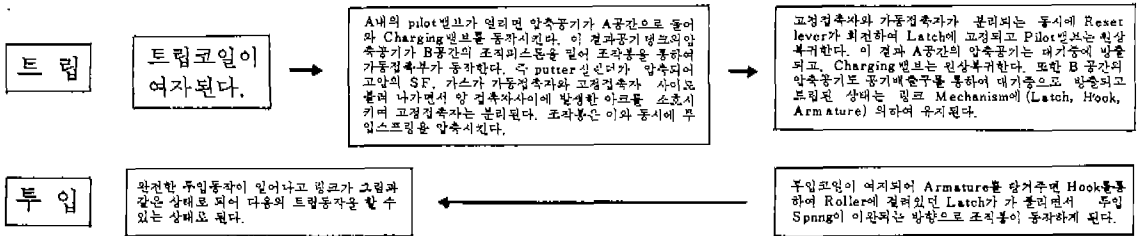
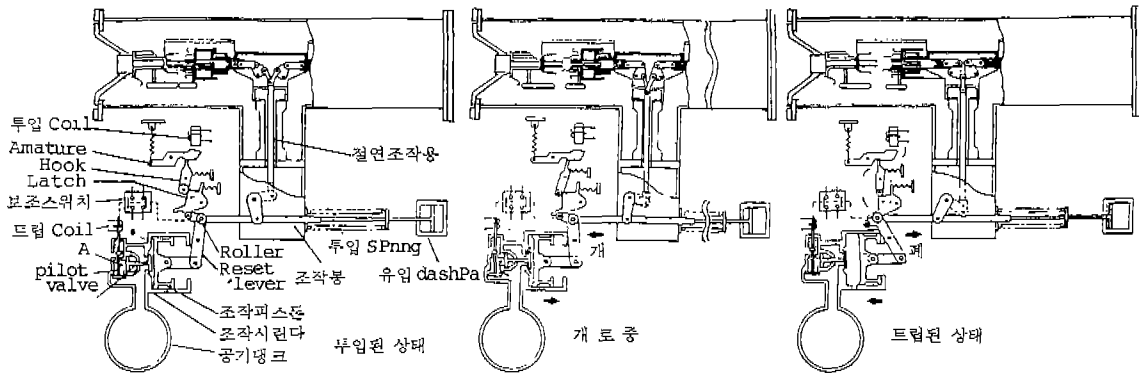
현재 국내 중견기업체에서 생산하고 있는 차단기는 주로 접지 탱크형 가스차단기로서 정격 사항은 효성중공업을 예로 들면 표 1과 같다.

참고적으로 차단기의 용량은 정격 차단전류로서 나타내고 있으나 일본 전기학회 규격인 JEC 145-1959에서 정격전압과 차단전류의 곱으로(3상인 경우는 $\sqrt{3}$ 배) 표시한 적이 있었다. 그러나 차단형상을 직접적으로 물리현상 표현에 편리하고, 구조와 치수 파악에 유리하며 다점접 차단기의 점접당 용량표현에 합리적인 점 등을 들어 현재로는 참고용량으로서만 인식하고 차단전류로서 용량표기를 하고 있다.

3. 가스차단기의 구조

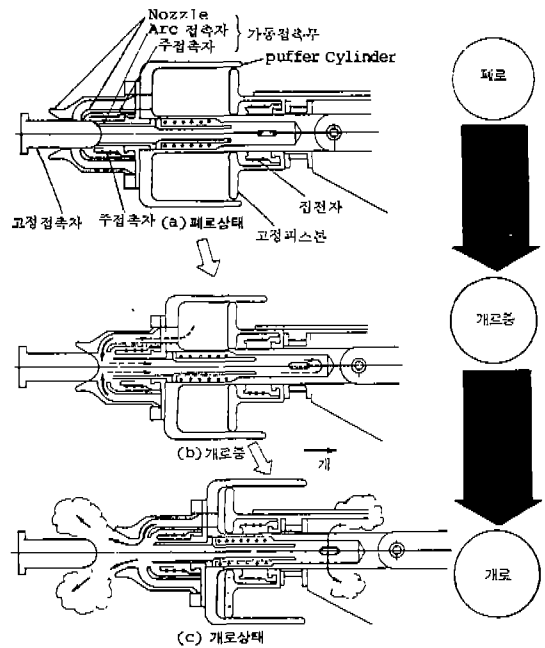
〈표 1〉 표준형 가스 차단기의 정격(전압별)

정 격	22.9 kV	33 kV	66 kV	154 kV		345 kV
정격전압 kV, rms	24 (25.8)	36	72.5	170		362
정격전류 A, rms	1200/2000	800/1200	1200/2000	1200/2000	2000/4000	2000/4000
정격차단전류 KA, rms	20/25	20/25	20/25	31.5	50	40
정격차단시간 Cycle	5	3~5	3~5	3 이하	3 이하	3 이하
SF ₆ 가스압력 Kg/Cm ² ·g, 20 ℃	4	5	5	5	6	5
개 폐 로 방 식	3상	3상	3상	3상	단상	단상



〈그림 2〉 GCB의 동작원리

가스차단기의 소화원리로서 단암식 축방향 동기회부방식을 그림 3에 나타낸다. 그림 (a)의 폐로상태에서 차단동작이 시작되면 (b)개로중의 상태와 같이 고정 접촉자와 노즐이 분리되기 전까지 퍼퍼 실린더 내부의 SF₆가스는 압축된다. 고정 접촉자와 노즐이 분리되는 순간부터 압축된 SF₆가스는 (c)개로상태의 화살표 방향과 같이 고정 접촉자쪽과 아크 접촉자와 퍼퍼 실린더의 중심 통로로 강하게 불려 나가면서 분리된 접촉자 사이의 아크를 소호시킨다. 이와 같이 차단이 가능한 개로거리가 얻어지는 시점까지 최대한 SF₆가스를 압축하여 고정 접촉자의 양방향으로 동시에 충분한 압력의 SF₆가스를 불어주는 구조를 채택함으로써 순간적인 대용량 차단이 가능하다.



〈그림 3〉 차단 소화원리

6. 보수점검 기준 및 점검항목

가. 보수점검 기준

가스차단기의 보수점검 기준은 차단기의 사용 조건에 따라 회빈도 개폐용과 다빈도 개폐용으로 나눈다. 차단기가 선로, 모선 또는 TR 보호 등으로 사용되는 회빈도 개폐용은 연간 10회 정도의 동작을 하게 되며, 열화현상으로는 경년 변화에 기인하는 가스켓, 윤활유 등의 열화 및 도장, 도금부위의 발청 등이 있다. 이런 경우는 차단기의 운전 연수에 따른 점검주기를 결정한다.

차단기가 조상 콘덴서 또는 리액터 개폐 등의 연간 100회 이상의 동작을 하게 되는 다빈도 개폐용은 운전 연수보다는 동작회수에 따른 피로에 의한 노화현상이 점검주기를 결정하게 된다.

〈표 2〉 정비 및 점검기준

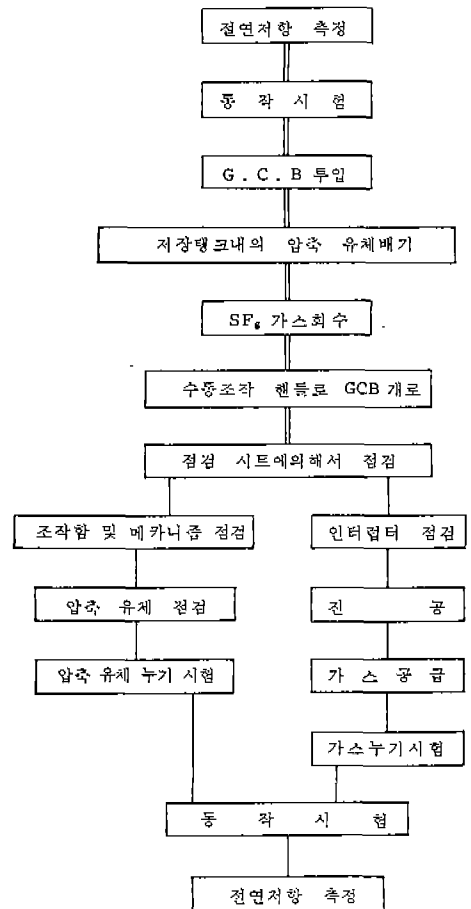
점검 항목	회빈도개폐	다빈도개폐	내 용	점검 항목
1. 순회점검	-	-	매일 실시한다.	가스 및 공기압 표시등, 동작수 히타, 붓심오손등
2. 보통점검	3년	500회 동작	가스류 바꾸지 않고 정비, 점검	가스누기제크, 전자변, AIRING 발보등 조작기부 및 볼트체결부
3. 정밀점검	6년(12년)	2000회 동작	가스회수후 정비	표 참조

〈표 3〉 접점 점검기준

차단전류	31.5 KA	40 KA	50 KA	10 회동작시
차단전류	15 - 20 KA	15 - 20 KA	15 - 20 KA	30 회동작시
차단전류	5 KA	5 KA	5 KA	100 회동작시
부하전류	2000 A	2000 A	2000 A	1000 회동작시
부하전류	1000 A이하	1000 A이하	1000 A이하	2000 회동작시

다빈도 개폐용의 경우 후크, 링크부의 마모, 볼트 조임부위의 풀림 등이 노화현상으로 나타난다. 이상의 내용 외에 대전류 차단에 따른 점검 주기는 별도로 고려함이 바람직하다(표 2, 표 3 참조).

나. 점검항목



진공펌프를 사용해서 1 mm Hg까지 하고 이 상태에서 2시간 정도 지속시킨다.

〈그림 4〉 정밀점검 순서

점검항목은 순회, 보통 및 정밀점검의 3 항목으로 분류하며, 순회점검은 운전원이 매일 일상적으로 가스 및 조작유체압력, 램프 및 히터상태, 차단기 동작수와 외관상의 오손부를 점검 운전일지에 특기사항을 기록하는 점검이다.

보통점검은 표 2의 점검주기에 따라 선로가 충전되지 않은 상태에서 최소 동작압력 체크, 누기 체크, 조작장치부의 점검, 볼트 조임부 확인 등 제작자의 지침에 따라 비교적 간단한 점검을 행함을 일컫고, 이때 차단기의 가스는 회수하지 않은 상태에서 실시한다.

정밀점검은 표 2의 점검주기에 따라 차단기의 가스를 회수하고 해체 점검하는 것으로서, 다소 시간적 여유를 갖고 각 부위의 정밀한 점검 및 정비를 행함을 말하고 순서에 따라 실시한다.

정밀점검은 통상 차단기의 특성에 따른 제조상의 기술을 요하기 때문에 제작자측이 실시하도록 함이 바람직하다.

정해진 정밀점검 순서는 그림 4와 같다.

7. 차단기와 관련한 호보계전 시스템

전력계통의 모선은 전력공급과 분배 등 계통 운용상 중요도가 높으므로 모선의 구성에 따른 호보계전 시스템에 대하여 언급하고자 한다.

가. 호보계전방식의 종류

- (1) 차동방식 : 전류차동방식, 전압차동방식, 위상비교방식, 리니어커플러방식, 조합방식
- (2) 부분차동방식 : 거리계전방식, 방향비교방식
- (3) 차폐모선방식

나. 모선구성에 따른 호보계전방식의 적용

- (1) 단모선 보호방식은 접속회선의 모선 절체가 불필요하고 내부사고시의 전류유출도 없기

때문에 호보계전방식은 간단하게 적용되며, 전용 변류기의 설치에 따른 전압차동방식이 유리하다.

(2) 복모선의 보호방식

(가) 2중 주모선 1 Bus Tie 방식

이 모선구성은 접속회선의 모선절체를 운전상태에서 가능하도록 계통운용과 모선 점검 운영면의 자유도가 좋다. 따라서 보호장치는 보호대상 모선에 접속된 회선의 변경에 대응, 자동적으로 전류입력회로 및 동작지령회로의 선택절체를 행할 필요가 있다. 중요 변전소의 모선에 적용시 Relay 동작에 고신뢰성이 요구되기 때문에 2~3가지의 호보계전방식을 조합, 상호 단점을 보완하게 된다. 이 방식중 일괄보호는 모선절체에 영향을 받지 않기 때문에 오동작에 대하여 고신뢰도의 전압차동방식을 적용하고, 분할보호는 모선절체에 따라 변류기 출력회로의 절체가 용이한 전류차동방식 또는 위상비교 방식을 적용한다.

(나) 2중 주모선 4 Bus Tie 방식

2중 주모선 1 Bus Tie에 모선 연결용 구분 차단기를 설치하여 모선을 환상으로 구성하기 때문에 복모선과 동일한 방식의 보호장치는 내부 사고시 유출전류에 주의하여야 한다. 일괄차동보호와 분할차동보호의 조합방식은 모선절체 없이 구분개폐기에 의해 구분 2조의 복모선으로 취급, 보호할 수 있다.

(다) 1과 1/2 CB모선의 보호방식

이 모선구성은 편모선의 사고가 직접 송전선과 변압기 정지에 관계없는 모선방식이다. 이모선은 단모선과 같이 변류기 출력회로의 절체는 불필요하지만 내부사고시 전류유출단이 생기는 경우도 있으므로 대응책이 필요하다. 또 모선연결회로의 일부는 송전선등의 보호대상에 포함되고 있다.

다. 보호계전방식의 채택

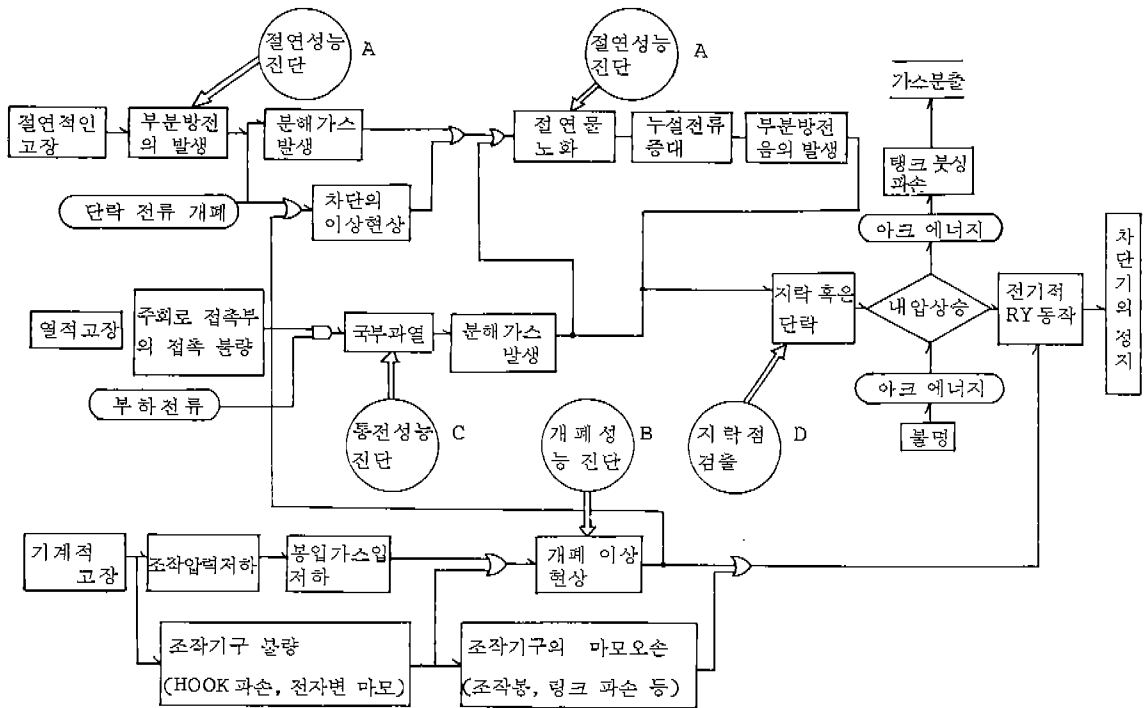
근년까지는 전류 또는 전압차동방식이 많이 채용되었으나, 이는 전류의 크기와 결선 방법상의 난이점, 변류기특성차에 의한 계전기 오동작 등이 많이 발생하며 대처방안으로서 위상비교방식이 많이 채용되고 있다.

8. GIS 소개 및 특징

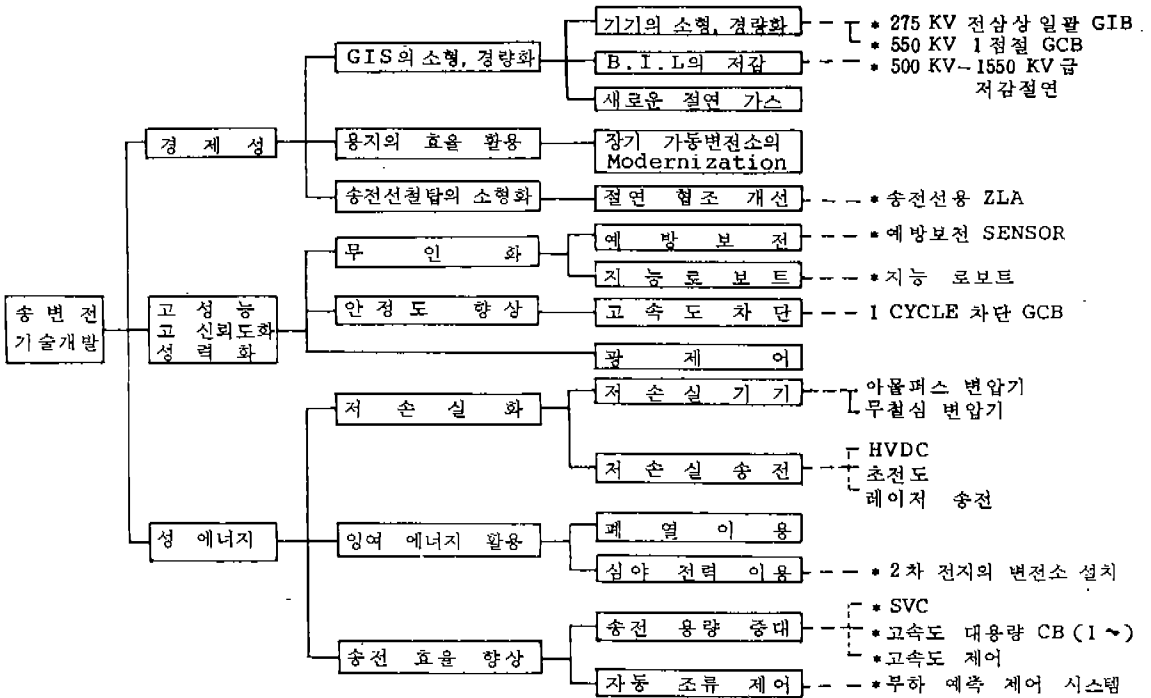
GIS는 차단기를 포함 단로기, 접지 스위치 등의 개폐기와 모선, 변류기 및 변압기, 피뢰기 등의 변전소 구성 기기들을 높은 절연력을 가진 SF₆ 가스가 충전된 금속제 용기에 수납하여 용

적을 대폭 축소한 복합 개폐장치를 말하며 아래와 같은 장점을 갖고 있다.

- 설치면적 및 용적의 대폭축소로 낮은 용지 조성비 및 건설비, 기존 변전소 용량 확대가능 및 뛰어난 환경 조화성을 가진다.
- 애자류가 생략되고 내진성이 향상되며 통전부의 오손, 신화, 부식이 없어 고도의 신뢰성을 가진다.
- 인축의 감전사고 방지, 비례물에 의한 우발 사고 방지 및 불연성 가스로 화재의 위험이 없는 등 높은 안전성을 가진다.
- 충전부는 SF₆ 가스 중에 있어 보수가 불필요하고 점검시 Low Profile로 지상점검이 가능하여 운전, 보수의 성력화를 실현한다.



〈그림 5〉 GIS 및 GCB의 F.T. A의 진단위치



〈그림 .6〉 송변전기술의 세계적 추세

〈표 4〉 가스차단기의 중대사고 도달원인

구분	외관 점검시 발견할 수 없는		외관 점검시 있는	
	조작 기구	차단구	연관, 부상	외부
고장 비율	72%	6%	13%	9%
주요 고장 내용	<ul style="list-style-type: none"> HOOK의 파손 LINK 기구, 전자변의 마모 	<ul style="list-style-type: none"> 접촉부의 접촉 불량 SPACER의 절연 불량 	<ul style="list-style-type: none"> 연관 파손 단자부 이상 	<ul style="list-style-type: none"> 벨브 작동 이상

의 절연고장, 열적고장, 기계적 고장의 진전상태를 F.T.A로 표시하면 그림 5와 같다. 따라서 그림 5에서의 A(절연성능 진단), B(통전성능 진단), C(개폐성능 진단)에 대하여 검토를 하면 예방진단이 된다.

또 가스차단기의 중대사고 도달원인은 표 4와 같다.

9. 예방보전 기술

GIS가 중대사고에 도달하는 고장원인은 외관 점검만으로는 발견되지 않으며 기구의 노화, 절연 노화, 내부 가열의 원인이 크다. 이에 GIS

10. 송변전기술의 세계적 추이

송변전기술의 세계적 추세는 경제성, 고성능, 성 에너지의 3가지 측면에서 연구 개발되고 있으며 제조기술과 이에 대한 검증기술의 개발도 동시에 진행되고 있다(그림 6 참조).