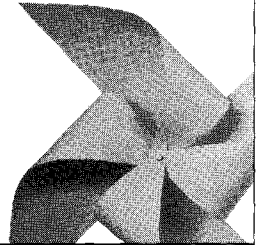




차단기의 열화현상과 열화진단



1. 머리말

오늘날의 고도정보화사회에서 전력의 안정공급은 더욱 중요시되고 있으며, 공급지장으로 인한 사회적 영향은 매우 큰 것으로 되어 있다.

차단기는 전력안정공급에 있어서 대단히 중요한 기기로서 고신뢰성이 강력히 요구되고 있으나 여러가지 주위환경과 사용조건 하에서 20~30년이라고 하는 오랜 기간 동안 사용되기 때문에 이 요구를 만족시키기 위해서는 사용기간에 걸쳐 열화(劣火)상황을 파악하면서 적절한 유지보수·점검을 실시하여 기능을 유지해 가는 것이 필요하다.

차단기는 변압기나 콘덴서 등의 다른 전력기기에는 없는 “개폐(開閉)”라고 하는 특이한 기능을 가지고 있기 때문에 장기간의 운전에 의한 기기열화의 상태도 복잡하며, 그런 이유로 유지보수·점검의 중요성이 보다 높은 기기라고 할 수 있다.

여기서는 차단기에 있어서의 열화현상과 열화로 인한 고장을 미연에 방지하기 위한 유지보수·점검 및 열화진단의 방법에 관하여 소개한다.

2. 차단기의 기능

차단기는 폐로(閉路) 상태에서는 양호한 도체이고,

또 개로(開路) 상태에서는 양호한 절연성을 유지함으로써 신뢰성이 높은 전력공급의 임무를 담당하고 있다. 또한, 계통에서 단락이나 지락사고가 발생했을 때는 차단지령을 받고 불과 수 사이클 사이에 그 구간을 차단하여 계통의 기기를 보호함과 동시에 수용가계의 전력공급을 확보하고 있다.

차단기에 요구되는 주된 기능(성능)을 종합하면 다음과 같다.

- ① 절연성능 : 운전전압과 서지전압에 견딘다.
- ② 통전성능 : 부하전류와 단시간내전류(短時間耐電流)를 흐르도록 한다.
- ③ 개폐성능 : 무부하에서 폐로 및 개로 동작을 한다.
- ④ 전류차단성능 : 사고전류나 부하전류 등의 전류를 차단한다.
- ⑤ 기계적 내구성(耐久性) : 많은 빈도(頻度)의 개폐 동작에 견딘다.

3. 차단기의 열화

차단기에는 이와 같이 많은 기능이 요구되고 있으며, 거기에 그 설치환경이나 운전조건이 각양각색이다.

차단기의 열화(劣火)는 「그 특성이나 성능이 저하하는 것」으로 정의되어, 그 사용상태, 설치환경, 개폐횟수



및 사용연수 등의 여러가지 요인이 복잡하게 영향을 끼치게 됨으로 인하여 서서히 열화가 진전되어 가는 것으로 생각된다.

그 요인으로서는 그림 1에 표시하는 바와 같이 ① 전기적 요인 ② 기계적 요인 ③ 열적 요인 ④ 화학적 요인 ⑤ 환경요인 ⑥ 기타 요인으로 분류된다.

4. 열화현상과 그 사례

차단기의 열화요인은 여러가지로 복잡하게 걸쳐있고 각 요인이 병렬로 또는 직렬로 복합적으로 열화가 진행해 나가기 때문에 하나의 뜻으로 나타내는 것은 곤란하며, 차단기의 종류별마다 열화형태도 달라진다. 그 일례를 표 1에 표시한다.

필드에서의 장해현상으로서 기계적 요인에 의한 개폐동작상태 결함의 예가 비교적 많으나, 장기간 사용으로 인하여 절연물의 흡습(吸濕)이나 접촉부의 부식이 진행되어 절연저하와 과열이 생겨 최종적으로는 지락(地

絡)이나 소손 등에 이르는 경우도 볼 수 있다. 이러한 사고의 예는 6.6kV MBB의 주회로 단로부 접촉면의 경년 열화(酸化, 硫化, 銀도금의 마모 위에 분진이 쌓이거나 그리스의 고체화도 겹칩)로 인하여 접촉저항이 증대하고 이상과열~지락~단락에 이르게 되어 공장정전의 피해를 일으킨 경우를 들 수 있다.

정기점검시에 접촉면을 청소·주유하고 또 접촉저항을 측정하여 열화상황을 파악·관리해 나간다면 사고를 미연에 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 차단기의 유지보수·점검

차단기는 전기적, 기계적인 여러가지의 스트레스에 의해 경년열화(經年劣化)가 진전하여 그 성능이 저하하게 되면 사용상의 신뢰성과 안전성을 잃게 된다. 그 결과로서 장해를 입게 된 경우에는 수용가뿐만이 아니라 지역사회에까지 매우 큰 영향을 미치게 된다. 그 때문에 정기적인 유지보수·점검과 열화부품의 조기교환에 의

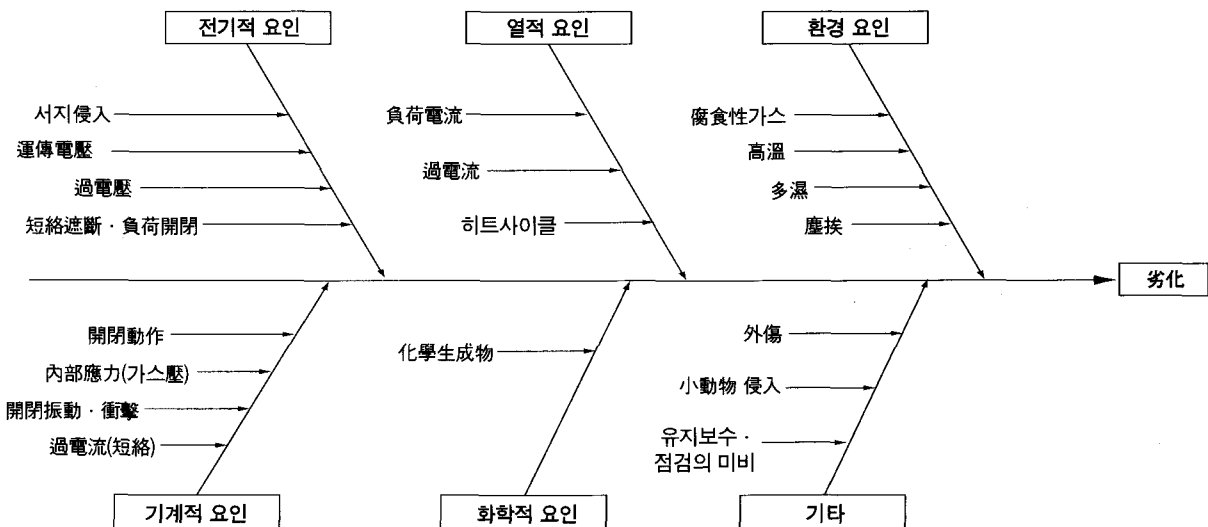


그림 1 _ 차단기의 열화요인도



표 1 _ 각종 차단기의 열화현상

종 별	열 화 형 태	장 해 연 상
가스차단기 (GCB)	아크접촉자, 노즐의 소모	차단성능 저하
	접촉부예의 분해생성을 부착	통전성능 저하, 개폐특성 저하
	○링, 패킹의 영구변형, 열화	가스누설 → 절연 · 차단성능 저하
진공차단기 (VCB)	진공밸브의 진공도 저하	절연 · 차단 성능 저하
	전극의 소모	접촉불량 → 과열
자기차단기	소호판(消弧板)의 소모, 열파괴	차단성능 저하
	아크접촉자의 소모, 오손(汚損)	차단성능 저하
유입차단기 (OCB)	고무제 버퍼의 경년열화(파손)	차단성능 저하
	절연유의 흡습(吸濕), 산화	절연성능 저하
	절연유의 열분해, 오손(汚損)	절연성능 저하
공 통	소호판의 소모, 오손	차단성능 저하
	기구부 연결부의 마모, 변형, 파손	개폐상태결함
	절연물의 흡습, 분진 부착, 산화	절연성능 저하, 기계적강도 저하
	기구부 그리스의 변질, 교체화	개폐상태 결함
	통전접촉부의 부식, 분진 · 이물 부착	접촉불량 → 과열
	그리스의 변질 · 교체화	
	제어회로부의 접점 오손, 부식	개폐상태 결함, 접촉불량

해 기기의 기능을 유지토록 하여 사고를 미연에 방지하는 것이 중요하다.

일반적으로 유지보수 · 점검은 표 2의 내용으로 실시된다.

판단되는 경우에는 운전을 정지하고 계측장치를 사용한 2차진단을 실시하는 것이 합리적이고도 경제적인 방법이다.

1) 절연성능의 진단방법

6. 열화진단방법

통상적인 정기점검에서 차단기의 여러 성능을 확인하기 위하여 접촉저항, 절연저항, 개폐특성 등에 대한 각종측정을 실시하고 있으나, 여기서는 정기점검과는 별도로 차단기의 수명예측을 목적으로 실시되고 있는 진단방법의 일례를 소개한다.

먼저, 운전상태에서 일상점검 수준의 조사 · 계측에 의해 1차진단을 한다. 그 결과, 특히 열화가 심하다고

슈퍼폰이나 울트라폰을 사용하여 충전부분(애자, 지지물, 접속부 등)에서의 표면누설 및 코로나방전에 의한 초음파를 포착하여 이상 유무를 확인, 평가한다(1차 진단). 이상이 있다고 판정되는 경우에는 2차진단을 실시한다.

절연저항계에 의해 대지 간과 극간의 절연저항을 측정하여 제작자가 정하는 관리기준과 비교, 평가한다.

진공차단기에서는 전극 간 내전압 시험에 의해 누설 전류를 계측하여 진공도(眞空度)를 체크하고 제작자가



표 2 _ 차단기의 유지보수 · 점검의 예

분 류	점 검 주 기	점 검 내 용
일상순시	일 상	운전상태에서 외부에서 이취(異臭), 이음(異音) 등의 유무를 감시한다.
보통점검	3년	운전을 정지하고 기구부예의 주유(注油) 외에 개폐시험 절연저항측정 등으로 성능을 확인, 유지토록 한다.
정밀점검	6년	분해점검을 실시하여 필요에 따라 부품을 교환함으로써 기능을 확인, 회복토록 한다.
임시점검	규정개폐횟수 또는 수시	규정상외의 차단횟수에 달한 시점에서 접촉자를 교환한다. 순시점검에서 이상을 발견한 개소의 상세점검

정한 관리기준과 비교, 평가한다.

최근에는 슬롯안테나 등을 이용하여 GIS나 GCB 내부의 부분방전을 측정할 수 있는 이동식 절연 진단장치가 개발, 실용화되어 있다. 이 장치는 부분방전용 안테나의 근방에 노이즈(Noise)만 수신가능한 노이즈용 안테나를 설치하여 측정용 안테나의 출력과 비교함으로써 노이즈 성분만을 파괴(破棄)하는 원리로, 현장에서 간단하게 그리고도 정밀도가 매우 좋게 절연진단을 할 수 있는 방법이다.

2) 통전성능의 진단방법

적외선영상장치에 의해 기기의 온도분포를 화면에 포착하여 과부하나 접촉불량 등으로 인한 이상과열상태를 판정한다.(1차 진단) 이상하다고 판단되는 경우에는 운전을 정지하고 2차진단을 실시한다. 적외선영상장치는 기기가 발산하는 적외선광을 열분포화면으로 표시하는 장치이며, 비접촉이기 때문에 운전상태에서 측정이 가능하다.

접촉저항측정기로 주회로(접촉)저항을 측정하여 제작자가 정한 관리기준치와 비교 · 판정한다. 평가의 정도(精度)를 높이기 위해서는 가능한 한 세분화하여 측정하는 것이 바람직하다. 접촉저항 측정은 간단히 할 수 있고 더구나 과열사고의 미연방지에 매우 효과적이기

때문에 정기적(3~6년마다)으로 실시할 것이 요망되고 있다.

3) 개폐성능의 진단방법

개폐특성측정기로 개폐특성(주로 開閉極時向)을 측정하여 제작자가 정한 관리기준치와 비교 · 판정한다. 예를 들어, 그리스의 열화로 인해 기구부에 영향을 미치게 되면 개폐극시간이 늘어나는 일이 나타나기 때문에 이 변화를 판정한다.

CB동작시간감시장치로 개폐극시간을 측정하여 좋고 나쁨을 판정한다. 이 장치는 차단기가 동작했을 때 동작시간(개폐극시간)을 자동계측하여 이 값(值)이 사전에 정상품으로 측정한 규정의 변화폭 이내에 있는지 아닌지를 판정하여, 이상시에는 경보를 발하도록 구성되어 있다. 동작시간을 진단유닛에 디지털표시함과 아울러 동작시간의 트렌드관리도 된다. 유지보수의 합리화와 점검주기의 최적화가 기대되는 장치이다.

최근에는 로터리 인코더를 이용하여 간단하게 차단기의 트래블 커브(Travel Curve)를 포함한 동작특성을 측정할 수 있으며, 그 위에 범용 PC로 데이터 해석이 가능한 이동식의 동작특성계측장치도 개발, 실용화되어 있다. 기계적요인에 의한 차단기의 열화는 트래블 커브의 변화로서 포착될 가능성이 높기 때문에 현장에서의 트



레블 커브의 측정은 이상징후를 검출하여 작동불량에 의한 장애를 미연에 방지하는데는 앞에 기술한 동작시간측정보다도 더욱 효과적인 방법이라고 볼 수 있다.

4) 차단성능의 진단방법

정기점검에서 콘택트의 마모상태를 관찰하여 제작자가 정한 한계마모량과 비교·평가하여 수명판정을 한다. 차단기의 콘택트(접촉자)는 전류차단의 누적으로 서서히 닳아 없어져가기 때문에 차단전류와 차단횟수에 의해 전기적수명이 결정되고 교환시기가 정해지고 있다. 그렇지만 실용상태에 있어서는 차단하는 전류는 수

10kA의 단락전류에서 수 A의 충전전류까지 매우 폭이 넓고 더구나 각기의 빈도는 제각각이다. 그 때문에 차단전류 - 차단횟수의 관리는 조상(調相)용의 차단기를 제하고는 현실적이지 못하다. 따라서 일반적으로는 앞의 방법으로 수명판정을 하고 있다.

최근에는 '차단기 콘택트의 수명계(壽命計)' 를 이용한 열화진단기술이 개발되어 있다.

이 장치는 차단전류검출센서에 의해 차단전류를 파악하여 그 크기에 따라 중첩하여 차단횟수와의 계산치를 적산한다. 이 수치를 미리 실험적으로 구해두었던 차단전류 - 차단횟수 곡선과 비교하여 콘택트의 마모량을 추정해서 패널면에 표시하는 것이다. 이렇게 하여 콘택트의 열화상태를 알 수 있게 되어 수명에 도달하는 시점에서의 계획적인 교환이 가능해지기 때문에 유지보수의 합리화, 효율화에 많이 기대가 되는 방법이다.

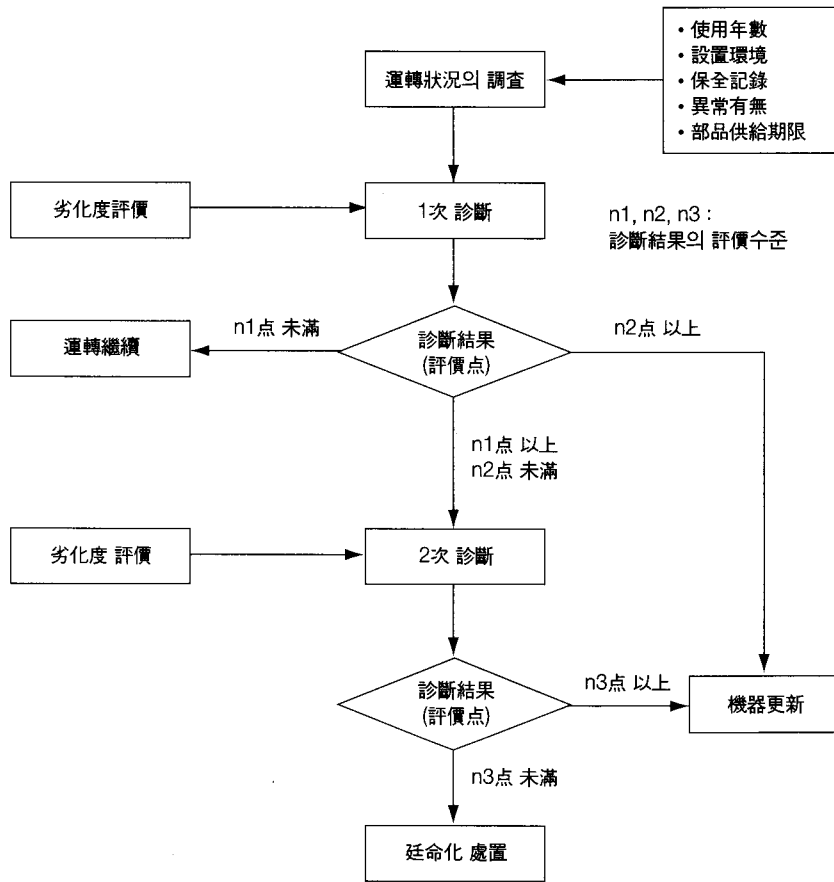


그림 2 _ 열화진단의 기본흐름

7. 열화도의 평가

앞서 기술한 바와 같이 2차 진단에 의한 계측을 실시했다고 해도 그 평가는 오감(五感)에 의지하는 일이 많다. 따라서 각 기기마다의 경과연수, 환경조건, 보전기록, 이상현상 등의 항목에 대하여 평가기준을 정하고, 진단결과를 점수평가로 바꾸어 기기의 열화도(劣化度)를 판정하는 방법이 사용자, 제작자, 학자 등으로 구성된 위원회에서 제안되어 일반적으로 이용되고 있다. 진단결과에의 평가점



표 3 _ 차단기의 열화도평가의 예

항 목	평 가 항 목	열화도 평가점
경과연수	15년 이상 20년 미만	3
	20년 이상 25년 미만	6
	25년 이상	9
환경조건	주위 온도가 최고 40°C, 또는 1일 평균 35°C를 초과	3
	상대습도가 85%를 초과	3
	부식성 가스와 염해(鹽害)가 있음	3
	부진, 오손(汚損), 결로(結露)가 있음	3
	기반 침하 등에 의한 설치레벨의 변화가 있음	3
보전기록	정격외의 사용기록이 있음	2
	과거에 성능·절연에 관련된 수리기록이 있음	2
	정기점검이 실시되지 않았음	2
생산 중지제품 대응 이상현상	생산중지의 제시가 되어 있음	5
	방전음, 이상한 진동음이 있음	9
	이상한 냄새가 있음	9

자료 : 일본전기공업회

수에 의하여 기기를 이대로 운전을 계속할 것인지, 또는 열화부품의 교환을 포함한 정밀점검을 실시하여 기능회복을 도모할 필요가 있는지 등의 판단이 정형적, 확립적으로 되기 때문에 평가기준이 큰 근거로 되고 있다.

그림 2에 진단의 기본흐름을 표3에 열화도평가표의 한 예를 표시하였다.

의 생산설비에의 영향을 고려하면서 여기에 소개한 진단방법을 적용하여 유지보수·점검의 효율화를 도모하고 기기의 신뢰성을 확보해 나가는 것이 긴요하다고 하겠다.

발췌 : 일본전기협회 「生産과 電氣」

8. 맺음말

차단기의 열화현상과 그의 진단방법에 관하여 몇가지 예를 소개하였다.

유지보수·점검의 합리화, 효율화가 보존에 관계되는 부문에서 최대의 과제로 되어 있는 요즘, 차단기의 기능 유지, 회복을 도모하기 위하여 유지보수의 요점을 정확하게 판단하는 것이 매우 중요하다. 또한 장애 발생시