

電氣設備의 故障診斷

(9)



Ⅲ. 電力器機의 故障診斷

[發電機의 故障診斷要領]

1. 머리말

최근의 發電所는 原子力도 포함하여 火力, 水力 發電所 모두가 발전기의 대용량화, 新銳化에 따라 그 제어방식, 보호방식도 다종다양해지고 있다.

여기서는 극히 일반적인 터빈 發電機 (水素冷却形), 水車發電機에 표준적으로 장비되어 있는 보호 경보장치에 대하여 운전중에 고장 발생의 정보가 制御盤에 표시되고 고장장소나 상태를 정확히 파악하기까지의 탐색을 차례로 해설한다.

送電系統保護, 勵磁裝置保護 등에 대해서는 생략하고 여기서는 발전기 本體의 保護警報回路에 대해서만 설명하기로 한다.

2. 發電機의 保護警報回路

발전기의 보호경보회로는 터빈 발전기와 水車發電機와는 다소의 차이가 있다. 水車發電機에 비하여 터빈 발전기가 보다 많은 보호경보회로가 설치되고 있는 것이 일반적이다.

發電機의 보호경보회로는 그 설치된 목적에 따라 다음의 3종류로 분류된다.

(1) 發電機 電氣回路의 고장 또는 異常을 檢出하는 것

여기에는 電機子捲線, 界磁捲線의 절연저하, 異常電壓과 電流의 검출, 온도 높이의 검출 등이 포함된다.

(2) 發電機의 機械部分의 고장 또는 異常을 檢出하는 것

발전기 베어링의 온도 높이, 터빈 발전기인 경우의 베어링 또는 軸振動異常 등의 검출을 하는 것

(3) 기타 부속품의 고장 또는 異常을 검출하는 것

가스(공기) 冷却器의 異常, 터빈 발전기인 경우의 水素制御, 시일油系統의 고장, 이상의 검출, 대용량기인 경우의 固定子 水冷却裝置의 고장, 異常 등을 검출하는 것이 포함된다.

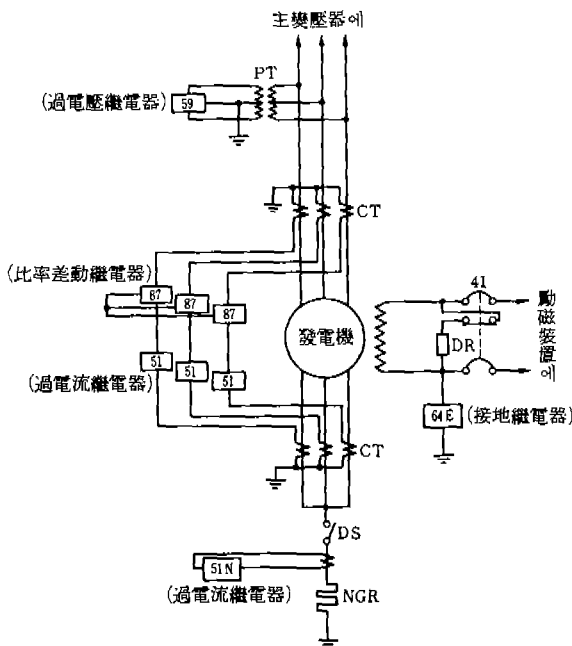
그림 1에 발전기 전기회로의 표준적인 보호경보회로를 들었다. 이밖에 경우에 따라서는 界磁喪失繼電器(#40), 主變壓器과 구성한 比率差動繼電器가 설치된다.

다음에 이같은 보호경보장치가 故障發生을 검출하여 경보를 발했을 경우의 고장진단에 대하여 설명한다.

(1) 發電機 内部故障(比率差動繼電器) ... # 87

(a) 動作 그림에서도 알 수 있듯이 발전기의 線路側과 中性點側의 전류(同相)의 差가 설정치 이상이 되었을 경우에 동작한다. 이것은 발전기 내부고장(電機子 捲線의 異常)에 기인하기 때문에 發電不能이 되므로 경보와 동시에 유닛 停止를 시키는 것이 일반적이다.

(b) 原因 원인으로서는 생각할 수 있는 것은



〈그림 1〉 發電機 전기회로의 보호

電機子 捲線의 主絶緣(對地)의 절연열화에 의한 접지사고, 落雷 등의 외부에서의 이상 서지에 의한 層間絶緣의 파괴, 단락, 보호구역내의 발전기 口出導體 또는 케이블의 절연저하에 의한 접지사고 등이다.

또한 극히 드물기는 해도 新設時 및 발전기의 권선을 更新한 후 등에 권선을 접속을 잘못하여 CT 回路 배선의 실수(특히 CT 極性の 착오) 등에 의해서도 경보가 작동하므로 주의한다.

(c) 診斷 앞에서도 해설한 바와 같이 이 경우에는 자동적으로 발전기는 送電線에서 떨어져 정지된다. 따라서 이것이 동작하지 않은 경우에는 즉시 필요한 조치를 취해야 된다. 또한 接地 또는 層間短絡의 경우에는 화재가 발생하는 수가 있으므로 消火裝置가 없는 것에 대해서는 소화기 등으로 신속히 消火를 하는데 경우에 따라서는 注水하여 消火한다. 이 때에는 발전기가 전기적으로 차단되어 있는 것을 확인한 후에 注水하는 등의 주의가 필요하다.

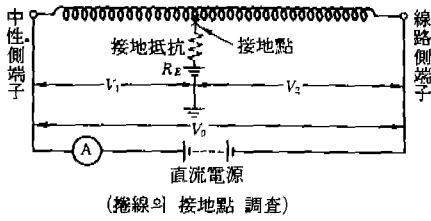
이상의 처치가 완전히 취해진 것을 확인한 후에 다음의 순서에 따라 원인을 조사한다.

(i) 우선 發電機 回路를 對地 및 送電線에서 切離시킨다. 가능하면 主變壓器, 所內 變壓器 등 과도 切離시킨다.

(ii) 다음에 1000V 메가를 사용하여 권선의 對地間의 절연저항을 측정한다. 또한 눈전점, 嗅覺에 의하여 變色, 變形場所, 異臭의 유무를 조사한다. 의외로 육감적으로 이상이 관명되는 예가 많다.

(iii) 절연저항이 數MΩ 이상이면 발전기의 권선에는 이상이 없는 것으로 판단해도 되는데 그 이하의 경우에는 電機子 捲線의 접지를 의심해 본다. 단, 직접 水冷却, 터빈 발전기의 電機子 捲線의 절연저항은 일반적으로 1MΩ 전후의 경우가 많으므로 다음 식에 의하여 계산한 절연저항치보다 낮은 경우에는 발전기 권선의 絶緣低下를 의심해 본다.

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n K \cdot \frac{S_i}{l_i}$$



(그림 2) 捲線の接地點의 조사

- 단, R : 절연접속판 전체의 절연저항치 [$M\Omega$]
 K : $20^\circ C$ 로 환산한 冷却水電導度 [$\mu\Omega\text{-cm}$]
 S_i : 절연접속판의 단면적 [cm^2]
 l_i : 절연접속판의 길이 [cm]
 n : 절연접속판의 개수

(iv) 절연저항이 $1M\Omega$ 이하인 경우 특히 권선이 金屬接地로 數 Ω 로 되어 있을 경우 그림 2의 회로와 같이 권선 단자간에 직류전원을 접속하여 電流를 흐르게 하고 大地間の 電位를 측정함으로써 接地點을 대체로 알 수가 있다. 즉, 접지점은 선로측단자에서 $\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100\%$ 의 곳이라는 것을 알 수 있다.

또한 1相當의 권선의 N 개 직렬이고 병렬회로수가 1인 경우는 線路側 端子에서 $N \times \frac{V_2}{V_1 + V_2}$ 번째의 권선이 접지되어 있는 것을 알 수 있다.

분명히 접지되어 있는 것이 판명된 경우에는 운전은 불가능하므로 發電機의 分解를 하는 동시에 메이커에 연락하여 본격적인 수리를 해야 된다.

또한 절연저항이 없고 확실히 접지되어 있고 접지장소가 위의 방법으로도 판명되지 않을 때 또는 권선의 並列回路가 그 이상이고 각 회로의 분리가 곤란한 경우에 接地點을 발견하는 방법으로 耐壓試驗回路 등을 사용하여 권선과 大地間에 전류를 흐르게 하고 發煙, 불꽃방전을 시켜 접지점을 발견한다. 이 경우에는 발전기의 브라케트, 防風板 등을 분해하여 권선의 상태를 볼 수 있도록 하면 좋다.

(v) 절연저항이 있고 접지가 검출되지 않는

경우에는 더블브리지 등을 사용하여 電機子 捲線抵抗을 체크한다. 측정결과를 발전기 신설시의 시험기록에 비하여 차이가 있는지 검토한다. 이 경우 시험기록에는 $20^\circ C$ 換算値가 기재되어 있는 수가 많으므로 다음 식에 의하여 환산한다.

$$R_{20} = \frac{234.5 + 20}{234.5 + t_1} \times R t_1 [\Omega]$$

단, R_{20} : $20^\circ C$ 로 환산한 저항치 [Ω]

$R t_1$: 측정온도 $t_1^\circ C$ 의 측정치 [Ω]

t_1 : 측정권선온도 [$^\circ C$]

동시에 각 相마다의 저항치의 불균일을 체크한다.

測定値가 원래의 데이터(시험기록치)에 비하여 대목적으로 증가되어 있을 경우 및 導通이 없는 경우에는 권선의 단선, 납땜 접속부의 過熱에 의한 용단을 생각할 수 있다.

또한 원래의 데이터에 비하여 작아진 경우에는 권선의 層間短絡을 생각할 수 있다.

여하간에 이 경우도 발전기의 코일엔드部를 점검할 수 있는 정도로 分解하여 눈으로 보는 점검이 필요하다.

(vi) 절연저항도 단자간 권선저항도 이상이 없는 경우에는 斷電器의 誤動作을 의심해 본다. 계전기회로의 배선 체크, 계전기 單體의 동작시험을 하여 계전기의 설정이 당초보다 지연되고 있지 않은지 체크한다.

극히 드물기는 한데 발전기의 新設時 및 권선의 更新 후에는 권선접속의 실수, 중성점 및 線路側 口出의 착오, CT의 極性의 착오 등에 의하여 동작하는 경우가 있으므로 圖面과 현물은 대조하여 체크한다.

또한 위의 방법으로도 원인을 파악할 수 없는 경우에는 CT의 고장을 의심해 본다. CT에 斷線이나 레어쇼트가 있는지 또한 알루미늄 케이스에 수납한 CT의 경우 인접한 CT 케이스가 서로 접촉하여 순환전류가 흘러 CT의 2차전류를 외관상 변화시키고 있는 경우가 있다.

(vii) 어떤 조사방법으로도 不良한 장소를 발견할 수 없는 경우에는 메이커에 문의하여 조사

결과에 누락이 없었는지 잘 검토하여 실시한다.

또한 이에 앞서 필요에 따라 발전기 권선의 耐壓試驗을 실시하여 그 후의 운전을 확실하게 하는 경우가 있다. 시험전압은 발전기의 運轉年數, 경력 등에 따라 다르며 일률적으로 정할 수는 없는데 최저 常規 對地電壓(定格端子電壓의 $1/\sqrt{3}$)은 반드시 印加해 둔다.

(2) 發電機過電流(過電流繼電器)…#51, 51N

(a) 動作 발전기에 계전기의 설정치 이상의 전류가 흘렀을 경우에 동작한다. 또한 中性點 過電流繼電器(51N)는 중성점에 전류가 흘렀을 경우에 작용한다.

(b) 原因 우선 발전기 부하가 과대해졌을 경우를 생각할 수 있다. 또한 송전선측에서 相間短絡事故, 접지사고가 발생한 경우도 생각할 수 있다. 또한 발전기가 접지사고를 야기한 경우에는 中性點過電流繼電器도 동작한다. 그밖에 계전기의 오동작도 생각할 수 있다.

(c) 診斷 앞에서 설명한 바와 같이 발전기 외부에 기인하는 경우가 많으므로 그 방면의 원인을 조사해 본다. 이 경우에 다른 보호장치도 동작하는 경우가 많으므로 그것을 검토하고 시퀀스 및 각 繼電器의 설정치에서 어느 것이 최초로 동작했는지, 즉 어디가 최초의 사고점인지를 추정한다.

發電機에서 예상되는 것은 接地事故인데 이 경우에는 앞에서 설명한 순서에 따라 조사를 한다.

물론 계전기 회로의 체크, 動作試驗, CT 2차 권선의 체크, 발전기 권선의 절연저항, 권선저항을 체크하여 이상이 없다는 것을 확인해 두는 것도 중요하다.

또한 勵磁回路의 고장으로 過, 不足勵磁가 되어 발전기에 橫流가 흘러 과전류 계전기가 동작하는 수도 있으므로 勵磁回路의 체크도 한다(이 경우 勵磁回路의 고장표시가 나타난다).

또한 일반적인 것은 아는데 가버너系統에 고장이 발생하여 발전기의 회전속도가 상승하여 過負荷가 되는 수도 있다.

(3) 發電機 過電壓(過電壓繼電器)…#59

(a) 動作 발전기 전압이 계전기의 설정치보다 높아졌을 경우에 동작한다.

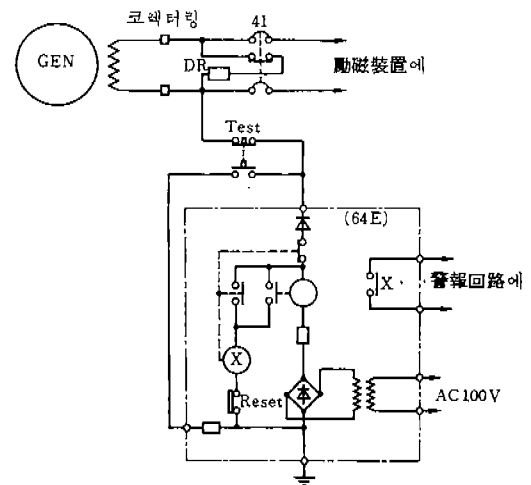
(b) 原因 발전기 전압은 계통에 접속되어 있을 경우에는 送電線電壓과 어느 정도 관련되어 변동하므로 원인으로서는 예상되는 것은 송전 전압의 상승이다. 또한 勵磁裝置의 고장으로 인한 過勵磁 계전기 고장으로 인한 오동작도 생각할 수 있다.

(c) 診斷 발전기 本体에서 원인을 생각할 수 없으므로 앞에서 해설한 원인 등을 追求한다. 발전기의 절연저항 측정 정도는 만일을 위해 실시해 둔다.

(4) 發電機 界磁接地(接地繼電器)…#64E

(a) 動作 界磁接地警報回路(繼電器)의 일례를 그림 3에 들었다. 이 경우 계전기를 통하여 勵磁回路와 대지간에 직류전압을 인가하고 있으며 절연저항이 어떤 값 이하가 되었을 경우에 계전기가 동작하여 경보를 발한다.

(b) 原因 발전기의 勵作回路가 접지된 경우에 동작한다. 勵磁回路는 界磁捲線, 콜렉터brush 주위, 여자장치, 제자개폐기를 포함한 발



〈그림 3〉 界磁接地繼電器의 일례

전기와 여자장치 간의 회로로 분류되며 각각의 회로의 접지를 생각할 수 있다.

(c) 診斷 接地警報이므로 우선 각 회로를 구분하고 500V 메가로 각각의 절연저항을 측정한다. 접지점이 계자권선 이외인 경우에는 눈으로 보아 충분히 판단할 수 있는 것이 보통이다. 눈으로 판단할 수 없는 경우에는 절연변압기를 통하여 對地間에 교류 數 100V를 인가하여 發煙, 냄새 등으로도 판단할 수 있다. 또한 이때 회로에 포함되어 있는 整流器, 接地繼電器 등은 切離시키고 실시한다.

접지장소가 界磁捲線, 즉 콜렉터링보다 發電機側에 있다고 판명되었을 경우에는 다음의 순서에 따라 접지장소를 찾는다.

(i) 界磁捲線의 접지의 경우 회전중과 정지중에는 권선이 받는 遠心力에 따라 접지가 나오거나 나오지 않거나 하는 수가 있다. 따라서 회전중과 정지중에서의 절연저항을 측정해야 된다.

(ii) 그림 2의 방법에 의하여 接地點을 찾는다. 이 경우에도 정지중과 회전중에 따라 接地點이 변화하고 있는지 여부를 본다. 같으면 발전기를 정지시키고 보다 상세히 조사할 수가 있다. 回轉中에만 접지가 나오는 경우에는 회전중에서의 접지장소 추정을 그림 2의 通電電流를 數點 실시하여 접지장소를 좁혀 정지 후 추정장소를 중심으로 눈으로 점검을 한다.

(iii) 接地點이 콜렉터링에 가까운 경우(그림 2에서 V_1 또는 V_2 가 거의 0V인 경우), 접지점은 콜렉터링과 界磁捲線을 연결하는 口出導體간에 있다고 판단할 수 있는데 이 도체는 통상 主軸의 軸中心穴을 통과하고 있는 경우가 많으므로 도체와 권선의 접속부를 分解하여 接地側을 확인한다.

(iv) 접지점이 권선측에 있다고 판명된 경우에는 발전기를 분해하여 回轉子를引出하지 않고는 접지점을 분명하게 판정하기가 곤란하다. 부하상태에 따라서는 발전기를 장시간 정지할수 없는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 1點接地인지 2點接地인지를 판단하여 1點접지이면

감시하면서 운전을 계속하는 것도 가능하며 기 회를 보아 (v) 이하의 방법으로 접지점을 찾아 수리한다. 1點접지와 2點접지의 판단은 권선저항의 측정, 접지경보를 발한 전후의 진동의 변화, 勵磁電流의 변화 등을 조사하여 결정한다. 즉 2點접지에서는 접지저항이 작은 경우에는 권선저항이 작아지며 振動, 勵磁電流는 증가하는 경향이 있다. 여하간에 메이커에게 연락을 한다.

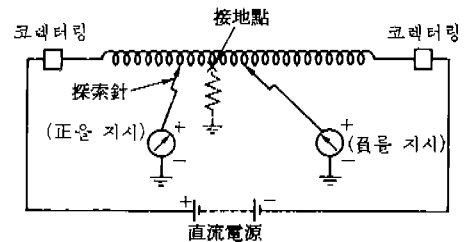
(v) 回轉子를引出하여 조사할 경우에는 그림 4와 같이 콜렉터링간에 직류전류를 흐르게 하고 코일 表面과 大地間의 電位를 測定하여 그 극성이 反轉하는 장소를 찾는다. 그 장소가 접지점이다. 터빈 발전기의 경우 回轉子 표면 및 엔드링下의 通風孔에 探索針을 삽입한다. 水車發電機의 경우에는 極間 接續部 또는 코일 표면의 절연(와니스)을 벗기고 探索針으로 코일 표면의 電位를 측정한다.

또한 이 경우에도 메이커에 연락하여 발전기의 分解를 할 때에는 접지점이 없어지지 않도록 조심(微少한 금속편이 원인인 경우에는 접지가 없어져 버려 나중에 원인을 찾는데 지장을 초래하는 경우가 있다)해야 된다.

(vi) 接地抵抗値가 높은 경우 및 前記의 방법으로 접지점이 판명되지 않는 경우에는 권선과 대지간에 전류를 흐르게 하여 發煙, 냄새 등으로 접지점을 확인하는 방법이 있다.

(5) 發電機 界磁喪失(界磁喪失繼電器)···# 40

이 보호경보는 발전기에 따라서는 장비되어



(그림 4) 界磁捲線 접지장소의 판정

있지 않는 경우가 있다. 여기서는 경보를 발한 경우의 원인과 탐색순서에 대해서만 설명한다.

(a) 原因 우선 생각할 수 있는 것은 勵磁裝置의 고장으로 인한 界磁喪失이 있다. 이밖에 발전기 제자권선의 斷線, 콜렉터링 주위 導體部の 선간단락을 생각할 수 있다.

발전기의 오동작도 의심해 본다.

(b) 診斷 勵磁裝置의 고장인 경우 勵磁裝置 자체의 경보도 발할 수 있으므로 그것을 중심으로 조사하는데 界磁捲線은 권선저항, 절연저항을 측정하여 이상이 없다는 확인을 해준다.

여자장치 이외에 생각할 수 있는 고장은 界磁捲線의 斷線인데 이것은 권선저항측정으로 판단할 수 있으며 通電中の 단선은 통상 아아크 溶斷이 되기 때문에 동시에 접지사고도 될 가능성이 높아 절연저항측정으로도 확인할 수 있다. 특히 極間 接續部에서 용단되기 쉽다.

여자장치와 제자권선 共に 이상이 없는 경우에는 콜렉터링 주위, 여자장치와 발전기 사이의 導體를 체크한다. 콜렉터링 사이의 플레이오버, 도체간의 선간단락의 경우에는 눈으로 확인된다. 모두 카본더스트 등 導電性의 진애, 금속성 異物, 局部加熱이 원인이 될 수 있으므로 이같은 위험성이 있는 곳을 중점적으로 조사한다.

드물게 水車發電機 등의 콜렉터링 間을 관통하고 있는 스탠드의 절연불량으로 선간단락이 되어 접지를 誘發하지 않는 경우도 있다. 콜렉터링 間의 저항측정 외에 界磁捲線과의 연결을 끊고 절연저항을 체크해 본다.

(6) 發電機 捲線 溫度 높이(警報接地附 溫度 記錄計)

(a) 動作 미리 설정한 온도 이상이 되면 경보를 발한다. 온도관계는 통상 2段警報保護로 되어 있으며 제 1단에서는 경보, 제 2단에서는 主機停止로 되는 수가 많다.

(b) 原因 電機子(界磁) 권선의 온도는 發熱量과 냉각량의 관계로 결정된다. 발열량은 電機子(界磁) 電流의 2승에 비례한다. 따라서 발

전기 과부하(界磁의 경우에는 過勵磁)가 있다. 냉각량에서는 냉각풍량의 감소, 가스(공기)냉각기의 고장 또는 外氣溫度의 상승 등으로 인한 냉각매체(H₂가스, 공기)의 온도상승을 생각할 수 있다. 固定子 水冷却의 대형 터빈 발전기에서는 냉각수(純水)의 斷水, 유량감소, 온도상승이 있다.

(c) 診斷 발전기 과부하의 경우에는 운전기록, 盤計記의 지시로 판단한다. 이것은 부하를 定格 이내로 내리면 해결된다.

냉각량에 관계될 경우에는 발전기의 냉각형태에 따라 조사방법이 달라진다.

(i) 開放形의 경우, 권선온도는 발전소 內溫度, 또는 外氣溫에 의하여 영향을 미친다. 따라서 外氣溫이 상승하면 권선온도도 상승한다. 또한 필터가 있는 경우에는 필터의 눈이 막히거나 필터가 없을 때에는 鐵心 通風溝의 눈이 막힘으로써 냉각풍량이 감소되어 결과적으로 권선온도가 상승한다. 따라서 이것을 눈으로 점검한다.

일반적으로 이 개방형에서 권선온도는 계절에 따라 변화하므로 經年的인 온도상승을 조사하면 여름의 최고온도는 어느 정도 예측이 가능하다.

(ii) 閉鎖形의 경우: 터빈 발전기에서는 水素冷却, 水車發電機에서는 공기냉각이 일반적인데 모두 가스(공기)냉각기를 장비하고 있다. 따라서 냉각기 出口온도가 설정치 또는 그 이하로 콘트롤되고 있는지 체크한다. 出口溫度가 높은 때에는 冷却器 冷却水의 流量, 水溫을 측정한다. 유량이 적으면 필터의 점검을 한다. 필터가 막혀 있는 수가 많다.

또한 냉각기의 水冷却管에 공기가 채워져 있고 있는 경우에는 냉각효과가 저하되므로 공기를 뺀다. 이때 냉각수 出口 밸브를 사용하면 공기가 잘 빠진다.

水素冷却 터빈 발전기의 경우 發電機內 가스 圧이 저하되면 역시 냉각효과가 떨어져 권선 온도 상승이 높아진다. 따라서 機內 가스 壓을 체크한다.

送風機(電動 扇)를 가지고 있는 水車發電機에

서는 송풍기의 고장으로 인한 냉각풍량의 감소도 생각할 수 있다.

(iii) 固定子 水冷却形: 대형의 水素冷却 터빈 발전기에 채용되는 수가 많다.

電機子 捲線の 발열량은 대부분이 固定子冷却 水에 의하여 제거된다. 따라서 권선온도 높이의 경보가 발해지면 동시에 고정자 냉각수의 제어반에도 고장표시가 나온다. 냉각수의 온도, 유량을 중심으로 조사한다.

界磁捲線の 냉각은 水素 또는 공기로 하므로 (i), (ii)의 방법과 같은데 원인이 過勵磁인 경우에는 勵磁裝置의 고장도 예상할 수 있으므로 여자장치의 조사도 한다.

3. 機械部分의 故障診斷

발전기의 기계부분의 고장경보보호는 베어링部에 집중되고 있으며 다른 부분은 경보장치 설치가 곤란한 관계도 있어 거의 부착되어 있지 않다. 따라서 정기점사시 分解點檢時 등의 기회에는 충분한 점검, 조사가 필요하다.

베어링部의 警報保護는 온도, 진동, 油面, 油圧에 관한 것이 주요부분이다.

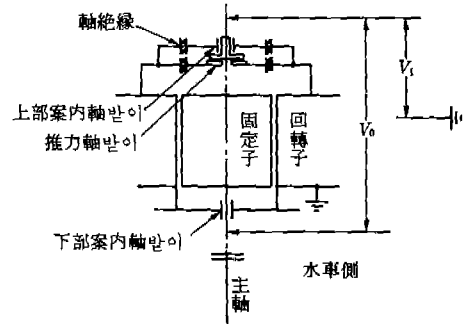
(1) 베어링 高溫度(溫度繼電器)

(a) 動作 베어링 온도가 설정치 이상이 되었을 경우에 동작한다. 水車發電機의 경우 다이얼形 온도계, 온도계전기, 터빈 발전기에서는 警報接點附 記錄計로 2段 警報가 되는 것이 많다.

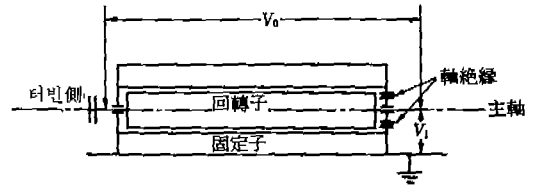
(b) 原因 베어링 소손, 윤활유온의 상승, 油量의 감소, 베어링 진동의 증대 등을 예상할 수 있다.

(c) 診斷 베어링 소손의 경우 윤활유의 黑化汚損, 베어링 진동의 대폭적인 증가를 수반하므로 기름의 조사, 진동기록의 조사를 한다. 또한 소손의 경우에는 베어링 온도는 短時間 내에 급상승하므로 이것도 온도기록기가 있는 경우에는 그것도 조사하면 판단이 용이하다.

베어링 燒損의 원인의 하나로서 軸電流에 의



(a) 水車發電機의 경우



(b) 터빈 發電機의 경우

V_0 또는 V_1 를 베스터 등의 高 입력단스計器로 測定.

〈그림 5〉 軸電壓의 측정

한 경우가 있다. 이 경우 軸電流放止 絶緣장소를 눈으로 점검하여 2重絶緣이 되어 있는 터빈 발전기 베어링, 水素 가스 시일部, 新銳水車發電機 등에서는 絶緣저항을 측정한다. 가능하면 무부하 정격전압으로 운전하고 軸電壓을 측정하면 絶緣의 良否가 判定된다(그림 5 참조). 또한 軸電流에 의한 소손의 경우에는 베어링 面은 荒損된다.

潤滑油温의 상승, 油量의 감소, 진동의 증대가 원인인 경우에는 베어링 온도상승경향은 비교적 완만하다.

윤활유온은 油溫計의 기록을 조사하여 상승한 것 같으면 油冷却器를 조사한다. 냉각기의 空氣排氣, 냉각수의 流量, 냉각수온을 측정한다.

油量은 送油式의 것은 필터의 눈이 막혔는지 여부, 탱크식의 것은 油漏洩 등을 체크한다.

진동은 振動計 등으로 체크하고 증대되고 있으면 원인을 조사하고 필요에 따라 밸런스 調整을 한다.

또한 水車發電機의 안내 베어링의 경우에는 主

軸의 軸振動을 체크한다.

(2) 發電機 振動過大(警報接點附 記錄計)

高速回轉機인 터빈 발전기에 장비되어 있다. 水車發電機에는 일반적으로 장비하지 않는다.

(a) 動作 베어링 및 主軸의 진동을 검출하여 설정치 이상이 되었을 경우에 경보를 발한다.

이 경우에도 2段警報를 한다.

(b) 原因 振動過大의 원인은 여러가지가 있다. 주요원인을 들면

- (i) 밸런스 調整不良
- (ii) 진동 불량
- (iii) 커플링 直結不良
- (iv) 구조물의 共振
- (v) 러빙(靜止部分과의 接觸)
- (vi) 界磁捲線 層間短絡
- (vii) 回轉子 쇄기 通風不平衡
- (viii) 給油에 관계되는 것
- (ix) 기타

가 된다.

(c) 診斷 각 원인으로 인한 진동의 현상과 대책을 표 1에 들었다. 그러나 진동의 원인을 판정할 때에는 때로는 매우 곤란한 경우가 많으므로 베이커에 연락하여 조사한다.

(3) 發電機 베어링 油面異常(油面繼電器)

(a) 動作 水車發電機의 油槽를 가지고 있는 베어링에 장비되어 있으며 베어링 油面이 높거나 또는 저하되면 동작하며 경보한다.

(b) 原因, 診斷 油面이 높은 경우에는 油冷却器에서의 漏水, 온도에 의한 기름의 팽창, 배관과의 空氣泡의 혼입에 의한 오동작을 예상할 수 있다. 누수의 경우에는 냉각기를 수리하는 동시에 윤활유를 교환한다.

油面低下의 경우 油槽, 配管 등에서의 漏油도 염려되므로 베어링, 배관 둘레를 점검한다.

또한 송풍기를 내장한 水車發電機에서는 송풍기를 운전했을 때와 정지했을 때에는 油面變動

〈표 1〉 터빈 發電機 振動診斷

原 因	振 動 의 특 징	對 策
1. 밸런스 調整不良	軸의 각 부에 가지고 있는 固有振動數로 특히 증대된다.	특히 진동이 증대하는 고유진동수에 관계되는 荷重부근의 밸런스 調整을 한다.
2. 振 動 不 良	軸에 영구적 굴곡이 있을 때 回轉周期에서 발생한다. 커플링면의 진동이 있을 때 直結 후 진동이 나타난다.	再振動, 저널研削, 加熱法, 해머링法 등이 있다.
3. 커플링 不良	토오크에 비례하여 진동이 변화하는 수가 있다. 單體밸런스가 좋아도 直結하면 악화된다.	커플링部의 밸런스 調整, 再커플링리이마볼트 再 調整, 再振動 커플링面 再加工
4. 構 造 物 의 共 振	主軸의 진동은 비교적 적고 強度가 부족한 구조물의 固有진동수가 回轉數와 일치된 때 그 구조물의 진동수가 증대된다.	약한 部分을 보강하여 振幅을 감소시키는 동시에 고유진동수를 올린다. 구조물의 支持方法을 바꾸어 고유진동수를 바꾼다.
5. 러빙 (油切 접촉)	특정한 주기로 진동이 증대된다. 진폭모우드를 조사하면 접촉부가 예측된다. 알루미늄製齒가 마모되면 소멸된다.	油切클리어런스를 조사하여 軸浮上量을 예상同心으로 한다. 클리어런스를 크게 한다.
6. 界 磁 捲 線 層 間 短 絡	전압발생과 동시에 진폭증대. 여자전류의 크기에 비례하여 진동은 증가한다(熱的 불명형으로 軸이 굽어진다).	再絶緣
7. 回 轉 子 쇄 기 通 風 不 平 衡	온도가 不均一해지며 여자전류에 비례하여 軸이 굽어지고 진동이 증가한다.	給氣 쇄기, 排氣 쇄기 일부 再加工
8. 給油 量 不 足 油 壓 不 足	단속적인 소리를 발생한다. 메탈에 캐비테이션을 발생한다. 기름의 排油가 단속적으로 된다.	올리피스徑을 올린다. 油壓을 올린다. 給油口를 크게 한다. 클리어런스를 내린다.
9. 給油 量 過 大 油 壓 過 大	회전수가 높아지면 급격히 증대한다. 축의 고유진동수로 진동한다. 회전수가 축의 고유진동수의 2배 이상에서 발생. 慣性效果가 있다.	올리피스徑을 내린다. 油壓을 올린다. 油壓을 내린다. 面壓을 올린다. 클리어런스를 올린다.

이 있으므로 경보설정을 할 때에는 주의한다.

또한 油面繼電器의 설정치가 당초의 값보다 지연되는 경우도 있으므로 점검, 재조정도 필요하다.

(4) 發電機 베어링 油压 異常 (压力繼電器)

(a) 動作 強制給油方式의 발전기에 장비되어 있다. 油压이 설정치를 벗어난 경우에 경보한다. 油压이 저하되었을 경우에는 동시에 비상용 또는 예비유 펌프를 기동시킨다.

(b) 原因, 診斷 油 펌프의 고장, 모터의 고장, 스트레이너의 막힘, 漏油에 의한 油量の 低下 등을 예상할 수 있다. 각각의 장소를 조사한다.

4. 附屬部品, 裝置의 故障診斷

이 중에는 가스(공기) 냉각기, 油冷却器, 터빈 발전기의 水素, 실 油系統, 固定子 水冷却系統, 水車發電機의 스톱스트 押上裝置, 송풍기 등이 포함된다. 냉각기관계에 대해서는 이미 설명하였으므로 여기서는 水素, 실 油 系統에 대하여 해설한다.

水素, 실 油 제어장치는 물론 수소냉각 터빈 발전기에 장비되어 있다. 경보는 水素가스 제어반에 集中 表示된다.

경보에는 機内 가스压 高低, 機内 가스温度 高 수소 가스 純度低, 실 油 펌프 吐出 压低, 실 油 差压 低, 진공조 油面高低, 발전기내 드레인 등이 있다.

(1) 機内 가스压 異常

(a) 動作 기내 가스压이 설정치에서 벗어나면 경보동작을 한다.

(b) 原因, 診斷 가스压이 높은 경우에는 수소가스 압력조정변 불량 또는 고장 등의 원인이 되고 낮은 경우에는 이밖에 다량의 수소가스의 누설, 軸시일 油压의 低下 등의 원인이 있다.

다량의 수소의 누설이 있을 경우에는 신속히

누설장소를 조사하여 수리한다. 조사방법은 소리에 의하여 漏洩을 점검하는 방법, 수소검지기에 의한 방법, 비누물 塗布에 의한 방법 등이 있다.

機内 가스压은 그 온도에 따라 변화하는데 1℃ 변화한 경우의 機内 가스压力의 變化量은 다음 식과 같다.

$$P' = \frac{B+P}{273+t} \text{ [mmHg 또는 kg/cm}^2\text{]}$$

P' : 가스温 1℃ 변화했을 때의 压力 變化量

B : 大氣压力 [mmHg 또는 kg/cm²]

P : 機内 压力 [mmHg 또는 kg/cm²]

t : 機内 가스温 [℃]

(2) 機内 가스 高温度

(a) 動作 가스 冷却器의 出口側 온도가 설정치 이상에서 동작

(b) 原因, 診斷 발전기 과부하, 냉각수 温度 高, 냉각수계통 등의 고장 등의 원인을 생각할 수 있다. 負荷變動의 경우에는 水素压力과 出力 曲線을 참조하여 처치한다.

냉각수 온도가 상승한 경우에는 淡水冷却器에 이상이 없는지 점검하거나 또한 가스 冷却器系統의 밸브類를 점검할 필요가 있다.

(3) 水素 가스 純度低

(a) 動作 機内水素 가스 純度가 설정치 이하가 되면 경보한다.

(b) 原因, 診斷 純度低下 가스 分析器의 검출장치의 고장, 습기, 경보장치의 고장 등이 원인이 된다.

보통 純度低下의 원인은 비상용 시일油系統을 운전하고 있을 때 未處理油가 시일에 공급되고 있을 때이다.

검출회로의 濕度上昇에 의한 경우에는 乾燥器를 豫備品과 대체하든지 재생이 끝난 건조제와 교환한다.

純度計, 計器 자체의 고장인 경우에는 점검, 조정을 한다.

(4) 실유 펌프 吐出压低

(a) 動作 主 실유 펌프의 出口壓力이 설정치 이하가 된 경우에 동작하여 비상용 실유 펌프를 구동시킨다.

(b) 原因, 診斷 電源 및 直結電動機의 고장, 調整밸브 고장, 펌프 자체의 고장 등을 예상해 본다.

調整 밸브가 고장인 경우에는 조정변 나사의 이완, 스프링의 折損을 조사한다.

펌프 자체가 고장인 경우에는 펌프 내부에 異物이 들어가 回轉不能이 된 때 등이다. 모두 系統에서 切離시켜 점검, 조정이 필요하다.

(5) 실유 差压低

(a) 動作 실유 給油壓力과 機內 압력의 차가 설정치 이하가 되면 差壓스위치가 동작하여 경보를 발한다.

(b) 原因, 診斷 油壓調整 밸브 고장, 油필터의 막힘, 다량의 漏油 등을 원인으로 생각할 수 있다.

유압조정변의 고장인 경우 조정나사의 이완, 변내부의 실린더와 피스톤에 먼지 등이 쌓여 동작을 방해하고 있거나 상체가 생겨 동작하지 않는 경우를 생각할 수 있다. 모두 점검, 조사 한다.

(6) 眞空槽 油面異常

(a) 動作 진공조 내 유면이 설정치에서 벗어난 경우에 경보한다. 고저의 양쪽에서 경보한다. 플로트 스위치가 사용된다.

(b) 原因, 診斷 플로트밸브 動作不能 외 에 油面이 높은 경우에는 시트面에의 먼지부착, 水分의 혼입, 가스의 혼입 등을 생각할 수 있으며 油面이 낮은 경우에는 眞空低下, 給油量의 급증 등의 원인을 생각할 수 있다.

플로트밸브의 동작불능은 밸브 機構의 손상, 플로트의 파손 등을 예상해 본다. 점검, 수리가 필요하다.

給油量의 급증은 실링의 손상, 給油系統의 다

량의 누설을 생각할 수 있으며 점검, 조사한다.

(7) 發電機內 드레인

(a) 動作 경보기가 일정한 量의 드레인을 검지하여 동작한다.

(b) 原因, 診斷 주로 가스 冷却器의 냉각수관의 누수의 검지를 목적으로 하고 있는데 油系統의 고장으로 인한 기내에의 누유도 검지한다. 또한 固定子 냉각수의 계통이 손상된 경우에는 機內 가스壓이 냉각수압보다 낮은 때 機內에의 漏水도 검지한다.

시운전 당초에는 機內의 濕氣가 물방울이 되어 흘러드는 경우가 있는데 이것은 시간의 경과와 함께 감소되는데 대하여 냉각수관 또는 고정자 냉각수 계통에서의 漏水는 지속되므로 판단할 수 있다. 수리를 요한다.

5. 맺음말

이상 해설한 사항은 극히 일반적이고 표준적인 것에만 한정시켰다. 이밖에도 실제의 發電機의 보호경보장치는 그 制御方式, 運轉系統에 적합한 것이 장비되어 있다.

모든가 발전기의 운전, 보수를 하는데 있어서는 발전기의 구조, 특성, 운전제어 계통 등을 충분히 파악해 두는 동시에 각종 警報가 가진 意義도 사전에 도면, 설명서 등으로 습득해 둔다. 또한 예방보전의 입장에서 발전기의 일상적인 점검을 충분히 실시하는 동시에 定期的으로 경보 테스트를 하여 고장이나 異常時에 정확히 경보보호가 작동하는 것을 확인해야 된다.

이같은 것이 事故를 미연에 방지할 수도 있고 또한 事故가 발생하였을 때에도 손해를 최소한으로 억제하게 된다.

실제로 운전중에 경보동작을 한 경우에도 복수의 경보가 표시되는 것이 일반적인데 어느 경보가 주이고 어느 것이 縱인가를 빨리 판단하여 사고(고장)점을 추구하는 데에도 일상적인 훈련과 습득이 유효하다.