

電氣設備의 故障診斷

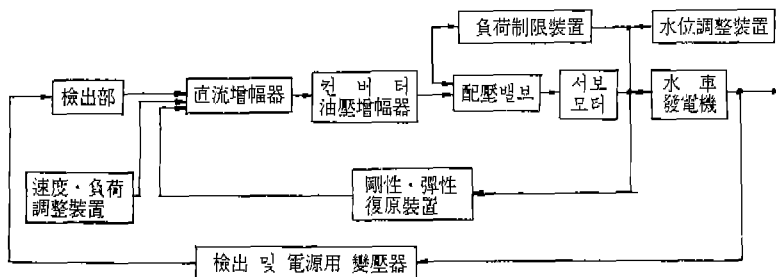
28. 電氣調速機의 調整과 診斷

1. 電氣調速機의 개요

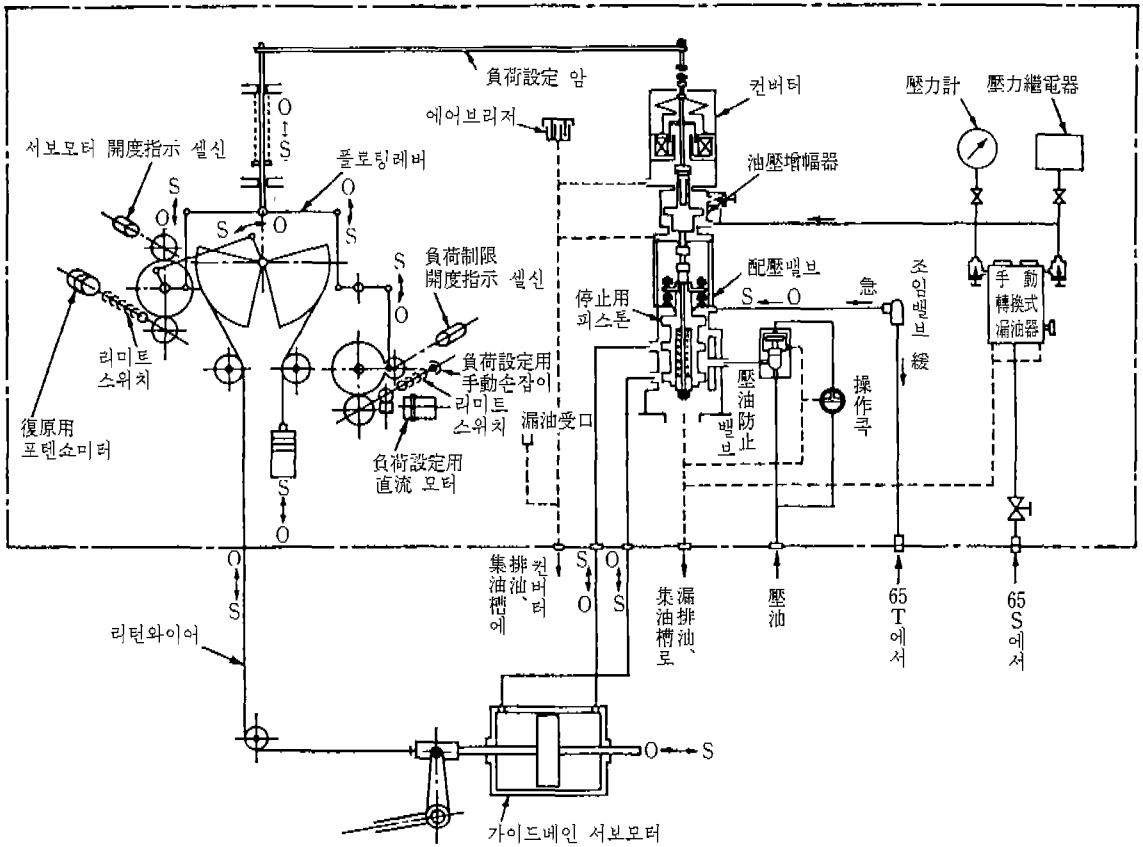
먼저 電氣調速機의 구성을 그림 1로 간단히 설명한다. 水車發電機의 속도, 즉 周波數는 검출 및 電源用 變壓器로부터 검출부에 들어가서 設定周波數와 비교되며, 그 편차에 비례한 出力電壓은 增幅器에서 증폭된 후 컨버터에 들어가서 검출부에 비례한 기계적 變位로 변환됨과 동시에 油壓 增幅部에 의해 강력한 힘으로 증폭되어 配壓밸브를 조작, 서보모터, 가이드베인을 開閉한다.

따라서 서보모터는 컨버터 入力이 零이 될 때까지 가이드베인을 개폐하여 水車發電機의 속도를 일정하게 유지하도록 制御한다. 그러나 이대로는 검출부의 出力信號에 따라 가이드베인이 동작하여 水車發電機의 속도 또는 負荷가 변화하기까지는 상당한 遲延이 있어 불안정해지므로 서보모터의 움직임을 增幅器에 넣어 이 遲延을 보상하

고 水車發電機의 운전을 안정되게 한다. 이 작용을 하는 것이 復原部인데, 剛性復原과 彈性復原이 있다. 이 復原部는 水車發電機가 系統에 병입된 후는 系統周波數가 몇 Hz 변화했을 때 負荷를 어느 정도 변동시킬 것인가를 정하는 速度調定率 설정역할을 가지고 있다. 또 이밖에 水車發電機의 속도(병입후는 負荷)를 자유롭게 조정하기 위한 速度負荷調整裝置가 있다. 이상이 調速機 운전에 필요한 制御回路이지만 이밖에 負荷制限 운전시에 사용하는 機械的 負荷制限裝置가 부속되어 있으며, 水調運轉은 이 制限位置를 水位에 따라서 설정함으로써 이루어지는 것이다. 개요에서 알 수 있듯이 電氣調速機는 두 가지 부분으로 구성되어 있다. 그 하나는 電氣信號에 의하여 起動, 停止指 令을 내거나 速度 또는 負荷를 설정하며 또 電氣信號로 검출된 回轉速度와 서보모터 開度を 비교하는 電氣制御部가 하나의 그룹이다. 다른 하나는



<그림 1> 電氣調速機의 基本構成圖



<그림 2> 操作部 構成機器

電氣制御部로부터의 信號에 의해 水車의 가이드 베인을 움직이는 操作部이다.

2. 電氣调速機 操作部の 조정

(1) 操作部の 조정

操作部の 구성기기의 일례를 그림 2에 들며, 이 그림의 구성기기 동작을 간단히 설명하여 둔다.

(a) 操作部 구성기기의 동작설명

電氣制御部로부터의 開方向 또는 閉方向의 電氣信號가 컨버터에 들어가면 컨버터의 軸은 信號의 電壓極性和 크기에 비례하여 상방향 또는 하

방향으로 움직인다. 그러나 이 軸의 힘은 약하여 配壓밸브를 직접 움직일 수 없으므로 힘을 增幅시키기 위해 油壓增幅器를 설치하고 있다. 油壓增幅器의 피스톤은 컨버터의 軸과 함께 상하로 움직인다.

油壓增幅器의 피스톤에는 配壓밸브가 연결되어 있으며 피스톤의 상하운동으로 配壓밸브를 상하로 움직이게 한다. 즉 컨버터에 보내져 온 電氣信號의 電壓에 비례하여 配壓밸브가 상방향 또는 하방향으로 움직인다.

配壓밸브로 制御된 油壓은 가이드베인 서보모터에 작동하여 서보모터의 피스톤을 開方向 또는 閉方向으로 움직이게 한다. 配壓밸브가 中立點에 있으면 서보모터 피스톤의 양측 油壓은 평행되어

움직이지 않는다.

지금까지 설명한 부분이 操作部 内部의 前向經路의 구성기기인데, 이것만으로는 만족스러운 동작이 되지 않는다. 이것에는 다시 後向經路의 기기가 필요하다. 後向經路의 하나로, 서보모터 피스톤의 變位를 電氣信號로 변환하여 電氣制御部에 보내는 것이 있다. 그림 2의 예에서는 復原 포텐쇼미터로 서보모터 피스톤의 위치를 검출하고 있다. 그림 2와 같이 서보모터 이외의 기기를 調速機盤에 일괄하여 수납하는 형식에서는 서보모터가 포텐쇼미터와 떨어져 있으므로 리턴와이어로 서보모터 피스톤의 움직임을 포텐쇼미터에 전하고 있다.

또 다른 하나의 後向經路에 필요한 검출은 水車의 回轉數이다. 이것은 發電機 軸端에 回轉速度計臺를 붙여 검출하는 경우가 많으나 簡易調速機에서는 發電周波數를 검출하는 것이 보통이다.

그림 2에서 또 한 가지 설명해 두어야 할 부분은 負荷制御部이다. 이 기구는 負荷設定用 直流모터를 電氣制御部로부터의 信號로 움직이는 것 외에 操作部 속에서 制御 루프가 완성되어 있다. 상기한 調速機 運轉의 경우 컨버터에는 電氣制御部에서 信號가 들어가 制御됐지만 負荷制限運轉의 경우는 負荷設定用 直流 모터를 浮動레버의 우단을 움직이고 다시 이것을 연결한 負荷설정 암을 上下로 하여 컨버터軸이 상방향으로 움직이는 量을 制御하고 있다. 다만, 이 경우 컨버터는 電氣的으로 上向의 힘이 발생하도록 항상 電壓을 걸고 있다. 즉, 부하설정용 直流 모터의 조작에 의하여 配壓밸브를 임의위치로 설정할 수가 있다. 다음에 後向經路는 앞의 설명에서는 復原用 포텐쇼미터로 서보모터의 위치를 電氣信號로 바꾸어 電氣制御部에 보냈지만 부하제한에서는 復原用 포텐쇼미터 대신에 직접 浮動레버의 좌단을 움직이는 방식으로 되어 있다.

이상으로 操作部 동작에 대한 설명을 끝내고 다음은 調整에 대하여 설명한다. 調整은 電氣調速機 設置時에는 당연히 하는 것이지만, 운전후 정

기적으로 하는 정기검사, 그리고 마모 또는 고장으로 일부의 部品를 교환하거나 또는 보수했을 경우에도 調整한다. 調整시에 측정한 定量的인 수치는 반드시 기록을 하여 후에 참고로 하여야 한다.

여기서 말하는 것은 全部無水, 즉 入口밸브를 닫아서 가이드베인을 열어도 水車가 돌아가지 않는 상태에서 시행한다.

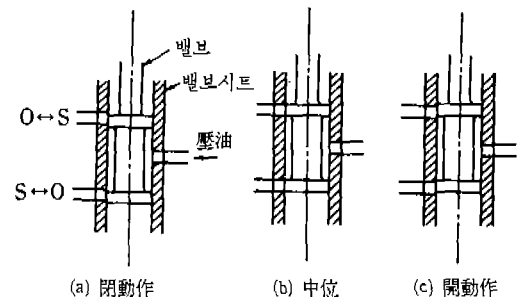
(b) 서보모터 自然閉鎖時間의 조정

컨버터에는 電氣入力を 주지 않고 壓油를 살린 상태로 서보모터의 全開로부터 全閉까지의 시간을 自然閉鎖時間이라 부른다. 이 自然閉鎖時間은 컨버터 코일의 단선사고 등과 같은 원인으로 制御能力을 잃었을 경우에 配壓밸브는 그림 3(a)와 같이 약간 閉側으로 되어 있지 않으면 안된다. 이 위치가 開側으로 되어 있으면 당연히 가이드베인이 자동적으로 개방되어 대단히 위험하다. 반대로 밸브가 開側으로 크게 움직이면 水車를 급격히 정지시키게 되므로 이것도 좋지 않다.

그래서 컨버터에 入力이 없는 상태에서 서보모터가 全開에서 全閉까지 30~60초 정도가 되도록 油壓增幅器와 밸브를 연결하고 있는 로드길이를 調整한다.

(c) 클로징 타임의 조정

클로징 타임이란 서보모터의 全開에서 全閉까지의 동작시간으로, 配壓밸브는 全閉方向으로 全

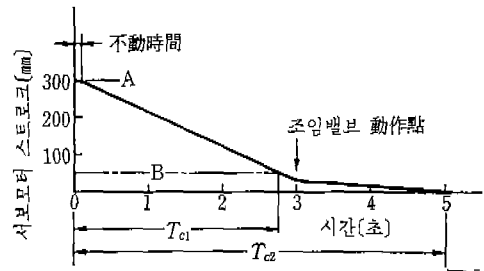


<그림 3> 밸브와 밸브시트의 포트와의 相對位置

스트로크를 움직여서 측정한다. 負荷를 遮斷했을 때 클로징 타임이 너무 크면, 즉 가이드베인의 閉鎖時間이 너무 길면, 水車의 回轉상승률이 너무 커지고, 클로징 타임이 너무 짧으면 水壓 상승률이 과대해진다. 따라서 클로징 타임의 조정은 가장 중요한 조정이다. 그러나 여기서 하고 있는 조정은 無水이므로 水車를 운전하면 가이드베인의 負荷에 의해 클로징 타임이 약간 달라지고 또 클로징 타임 조정의 목적은 水車의 回轉상승률과 水壓상승률을 適正值로 하는데 있으므로 微調整은 有水로 실제로 負荷遮斷試驗을 하면서 시행하여야 한다. 有水에 의한 負荷遮斷時驗의 최종 데이터는 기록하여 보관해야 한다. 그러나 이 클로징 타임은 無水試驗時부터 微調整을 하고 있으므로 변해져 있다. 그러므로 최종 負荷遮斷試驗後에 無水時의 클로징 타임을 계측해 두면 다음번 조정시에 無水調整으로 거의 완전한 조정을 할 수 있다. 다만 이 경우도 負荷摩擦의 변화, 制壓機의 특성변화 등이 있으므로 有水에 의한 負荷遮斷試驗을 시행하여 확인하여야 한다.

클로징 타임의 조정은 配壓밸브의 閉방향 스트로크를 제한하는 방법과 給油 또는 排油側의 조임밸브로 조정하는 방법이 있다. 給油側의 조임밸브로 조임밸브로 조정하는 방법은 서보모터의 움직임이 원활치 못하게 되는 경우가 있으므로 그다지 좋지 않다.

클로징 타임의 조정에서 또 한 가지 주의해 둘 것은 서보모터 피스톤 스트로크의 閉側 가까이에서 조임밸브가 동작하여 피스톤의 속도를 느리게 하는 것이 일반적이라는 점이다. 이 경우의 동작은 그림 4와 같이 된다. 따라서 클로징 타임 T_{c2} 에 있어 가장 문제가 되는 것은 서보모터가 움직이기 시작할 때까지의 不動時間이 될 수 있는 대로 짧을 것과 조임밸브가 작동하기까지의 속도이다. 全閉까지의 시간 T_{c2} 는 조임밸브가 작동한 후의 시간이 포함되어 있다. 이 시간은 負荷摩擦, 서보모터내의 漏油變化, 油溫 등에 의하여 변하기 쉬운 값이므로 클로징 타임의 계측은 조임밸브가



<그림 4> 가이드베인 서보모터의 閉方向動作例

작동하기 전의 서보모터 스트로크의 B점을 정해 두어 서보모터가 A로부터 B점으로 움직이는 동안의 시간 T_{c1} 에 의해 조정하는 것이 計測精度가 높고 또 다음 조정시 클로징 타임을 쉽게 맞출 수 있다.

(d) 오프닝 타임의 조정

앞에서는 負荷遮斷時의 서보모터의 閉鎖時間과 클로징 타임 조정에 대하여 설명하였는데, 다음에 開方向의 서보모터의 速度에 대하여 記述한다. 全閉 위치에서 全開 위치까지의 시간을 오프닝 타임이라 부르며, 클로징 타임만큼의 정확한 조정은 필요하지 않다. 그러나 오프닝 타임이 너무 짧아서 서보모터 속도가 너무 빠르면 가이드베인에 불필요한 쇼크를 주어 좋지 않다. 반대로 너무 늦으면 调速應答에 때를 맞추지 못하게 된다. 일반적으로는 클로징 타임의 3~5배 정도로 한다.

클로징 타임의 조정은 配壓밸브의 開방향의 스트로크를 제한하고 시행한다.

(e) 復原部의 조정

서보모터를 스트로크 중심에 정지시켜 놓고 포텐쇼미터를 포텐쇼미터 스트로크 중심이 되도록 맞춘다. 다음에 서보모터를 全閉 및 全開로 움직여 포텐쇼미터의 全閉, 全開와 일치되도록 스패를 조정한다. 이때 포텐쇼미터 검출범위보다 오버스트로크하지 않도록 주의하지 않으면 서보모터의 위치검출 불능부분이 발생한다.

(f) 負荷制限部の 조정

서보모터를 無負荷開도와 全負荷開도의 중심에 정지시켜 놓고 부하설정용 直流 모터로 浮動레버가 거의 수평이 되도록 하고서 다시 浮動制限開度 셀신을 스트로크 중심에 맞춘다. 다음에 油壓 및 制御回路를 살려 서보모터를 먼저 정지시킨 위치에 일치하도록 負荷 설정 암을 조정한다. 다음에 부하설정용 直流 모터를 조작하여 셀신 지시가 쯤일 때 서보모터가 無負荷開도가 되고 그리고 全負荷 지시일 때는 서보모터가 全負荷開도가 되도록 스펠 조정을 한다.

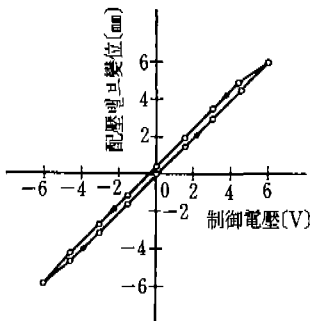
부하설정용 모터가 直流機일 경우는 回轉數를 조정할 필요가 있다. 回轉數의 制御는 制御電壓을 조정한다. 일반적으로 無負荷에서 全負荷까지의 조작시간은 30~60초 정도로 한다.

(2) 操作部の 診斷

조작부의 조정에서 설명한 바와 같이 전의 기록과 다르지 않은가를 조사하여 변화가 있으면 그 원인을 조사해야 된다. 여기서는 개개 기기의 진단법에 대하여 설명한다.

(a) 컨버터의 진단

컨버터에 定格電壓의 1/4~4/4까지 正負 증감하여 그림 5의 컨버터 특성을 측정하고 당초의 기록과 비교한다. 이 특성이 10% 이상 변화되어 있을 경우 코일의 抵抗値를 조사하여 초기의 값



<그림 5> 컨버터 特性의 例

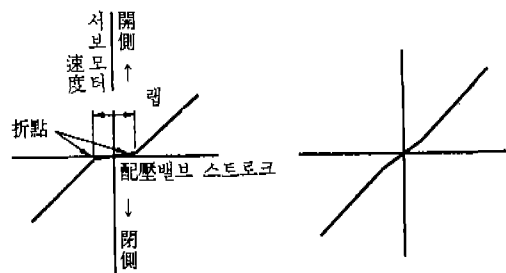
보다 변화되어 있으면 고장이 발생하였다고 볼 수 있다. 또 영구자석의 減磁도 생각된다. 코일의 絕緣抵抗을 측정하여 1MΩ 이상이어야 된다.

그림 5의 컨버터 특성을 측정할 때 서서히 開側, 閉側으로 制御電壓을 변화시켰을 때 히스테리시스가 당초보다 커져 있을 때는 油壓增幅器 또는 配壓밸브의 마찰저항이 증대되어 있다. 마찰이 커지면 서보모터의 헛팅 원인이 된다. 마찰력이 커지는 원인은 피스톤과 실린더간의 글킴 또는 異物의 고착, 실린더의 비틀림 등을 생각할 수 있다.

(b) 電壓밸브의 진단

전압밸브의 램은 调速機의 감도 또는 中立點 부근의 계인을 결정하는 대단히 중요한 일을 하고 있다. 램이 과대하면 调速機의 감도가 규정치에 들어가지 못하고 또 레이싱의 원인이 된다. 밸브의 에지, 밸브시트의 포트 에지는 운전중 서서히 마모되어 配壓밸브의 램이 점차 작아져 드디어는 과소하게 된다. 配壓밸브의 램이 정상이면 中立點 부근의 配壓밸브 스트로크와 서보모터가 움직이는 속도가 그림 6(a)와 같이 되어 있는 경우가 많은데, 마모하게 되면 그림 6(b)와 같이 折線特性이 없어지고 配壓밸브의 계인이 커져 레이싱 원인이 된다. 램이 과소해지면 常時的 漏油가 커져서 油壓펌프의 능력부족이 된다.

램을 측정하는 방법은 配壓밸브 스트로크를 서



(a) 램 정상

(b) 램 過少

<그림 6> 配壓밸브의 램

서히 바꾸어 서보모터의 움직임을 동시 기록하면 가능하지만 현장측정은 준비가 커진다. 그러므로 간단하게는 配壓밸브를 中立點으로 하여 서보모터를 정지시켜 놓고 配壓밸브를 開側 및 閉側으로 움직였을 때 서보모터가 움직이는 범위를 측정하여 랩의 기준으로 할 수 있다.

(c) 서보모터의 진단

서보모터의 피스톤과 실린더의 글킴, 실린더의 변형 등으로 마모력이 증대하는 경우가 있다. 또 가이드베인 및 연결 암의 潤滑不良에 의해 마찰력이 과대해져 헌팅의 원인이 되는 일이 있다. 이 진단을 위해 서보모터 작동중의 開側, 閉側 각각의 油壓을 측정하여 두고 이 差壓이 크게 변화하고 있을 때는 분해하여 각부를 점검해야 한다.

(d) 리턴와이어 및 링크

리턴와이어 및 링크는 서보모터 위치를 검출하기 위한 것이다. 따라서 이 系統에 백러시가 있으면 레이스의 원인이 되므로 백러시는 될 수 있는 대로 작게 해야 한다. 와이어는 可撓성과 더불어 伸縮性도 있으므로 滑車의 마찰력 때문에 히스테리시스가 커진다. 또 링크는 핀 결합이기 때문에 마모에 의해 백러시가 커진다.

백러시를 측정하는 방법은 서보모터의 變位와 復原 포텐쇼미터의 變位를 XY 레코더로 기록하는 방법이 편리하지만 현장에서 간단하게 측정하는 방법은 서보모터를 開閉方向으로 움직여 포텐쇼미터의 움직임을 보면 대체적인 값은 파악된다.

와이어는 크리프를 일으키므로 특히 운전초는 零點이 移動을 일으키기 쉬우므로 주의할 필요가 있다.

(e) 復原用 포텐쇼미터의 진단

復原用 위치검출은 포텐쇼미터 외에 差動變壓器 등도 사용한다. 포텐쇼미터는 褶動部分이 있으므로 마모하기 쉽다. 특히 負荷의 변화가 작은 發電機에서는 같은 部分의 褶動을 되돌이하므로 비

교적 수명이 짧아진다.

포텐쇼미터의 진단은 制御回路를 빼고 다른 定電流回路에서 電源端子和 브러시回路에 定電流를 흘려 이 사이의 노이즈로 조사하는 방법이 가장 정확하데, 현장에서 간단하게 진단하려면 電源回路에 定格電壓을 걸어주고 브러시를 천천히 일정 속도로 움직여 檢出電壓을 주의깊게 보면서 이상이 없는가를 조사하여도 큰 불량점은 발견할 수 있다.

3. 電氣調速機 電氣制御部の 조정

(1) 電氣制御部の 조정

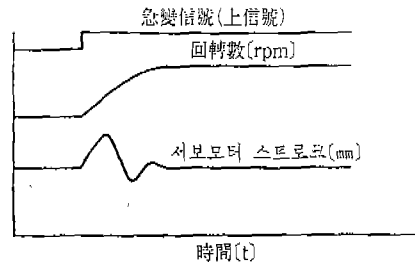
(a) 增幅部の 게인 조정

增幅部の 게인을 증가시키는 것은 調速機의 설정치보다 상이한 상태가 됐을 때 그것을 원상으로 복귀시키려고 하는 힘이 강하게 됐다는 것을 의미한다. 즉 작은 信號라도 즉시 동작하여 응답이 빨라지게 되는 것이다. 그러나 너무 게인을 증가시키면 원상을 되돌아가려는 힘과 속도가 빨라져 지나쳐 나가게 된다. 이것이 마이너루프의 發振이다. 즉 增幅部の 게인은 發振을 일으키지 않는 한도내에서 될 수 있는 대로 높게 조정하는 것이 바람직하다.

(b) 速度調定率(剛性復原)의 조정

速度調定率은 系統에 並列되어 있는 發電機가 無負荷로 운전되고 있을 때 系統의 周波數가 몇 Hz(몇 %) 내려가면 定格負荷까지 취할 수 있는가, 그리고 반대로 定格負荷로 운전되고 있을 때 몇 Hz 올라가면 無負荷가 되는가를 결정한다. 즉 定格負荷로 운전되고 있는 상태에서 負荷遮斷을 하여 안정된 후 水車의 回轉이 몇 回轉 상승했을가를 %로 표시한 것이 速度調定率이다. 電氣調速機는 보통 速度調定率은 0~7% 정도는 可變할 수 있도록 되어 있다. 調定率이 작다는 것은 약간의 周波數 변화에 대해서도 서보모터가 크게 움

직여 좀처럼 안정되지 못한다는 것이다. 따라서 調定率이 큰 쪽이 調定機는 안정되지만 系統에 연계되는 각 水車發電機가 각각 제각기의 調定率로 운전되고 있으면 速度調定率은 어느 發電機는 부하변동이 크고, 어느 發電機는 거의 부하변동이 없는 불평형을 일으키므로 전국적으로 약 3~6%로 정해져 있다. 그러므로 速度調定率은 보통 3% 정도로 조정한다.



<그림 8> 過渡應答試驗 結果

(c) 彈性復原量 및 時定數 조정

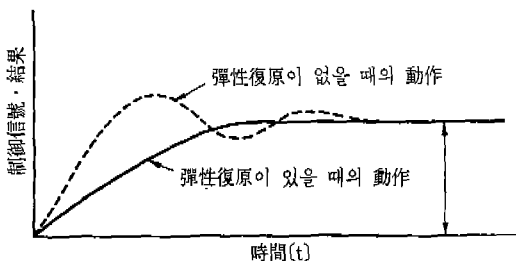
彈性復原은 회전수에 변화가 있을 경우에 본래의 회전수로 복귀시키기 위해 調速機가 동작할 때 한계를 넘지 않도록 調速機를 원활하게 동작시켜 調速機의 동작을 안정시키기 위한 것이다. 그 동작은 그림 7과 같이 彈性復原이 없을 때(剛性復原만의 경우)와 비교하여 대단히 안정된다. 그 이유는 彈性復原이 없을 때는 信號가 나와서 調速機가 동작, 서보모터가 信號와 같은 만큼 움직였을 경우 곧바로 동작이 멈추어지면 좋겠지만 모든 機械는 慣性이 있으므로 한계를 넘어 그림 7의 점선과 같은 동작을 하기 때문이다. 이에 대비해서 彈性復原은 서보모터의 속도에 비례한 량이 信號를 끄도록 부가되어 있어 信號에 의해 서보모터가 움직이면 制御信號가 급격히 작아져서 서보모터의 움직임이 늦어지므로 한계를 넘지 않게 된다. 그러나 이 효과가 너무 크거나 또는 效用時間이 너무 길면 서보모터의 움직임이 일시 정지하고 말거나(이것을 腰折現象이라 한다) 安定될 때까지의 시간이 너무 길어지거나 한다. 따

라서 조정은 過渡應答試驗을 실시하여 설정을 2~3% 急變시켜 과도적 변화에 대해서 그 應答狀況을 본다. 彈性復原量이 너무 작으면 한계를 넘는 량이 커지므로 彈性復原量을 서서히 크게 하여 안정되기도 과도특성이 좋은 점을 찾는다. 너무 彈性復原量을 크게 하면 오버덤핑이 되어 應答速度가 늦어지므로 조정을 그림 8과 같이 회전수는 거의 오버슈트하지 않는 정도로 하고 서보모터는 1~2번 오버슈트하는 정도로 하며, 또 서보모터의 움직임이 원활한 점으로 조정하는 것이 바람직하다.

(2) 電氣制御部の 진단

異常한 현상이 발생하면 먼저 制御部의 이상인가, 操作部 이후의 이상인가를 판별하는 것이 중요하다. 이것은 調速機를 살려둔 채 서보모터를 로크하여 增幅部の 出力, 즉 컨버터 入力を 조사함으로써 판별할 수 있다. 剛性復原檢出部の 동작 불량이나 剛性復原回路에 단선이 생기면 開, 閉 어느 쪽이든지 명령을 약간만 내려도 서보모터가 움직여 全開 또는 全閉狀態가 된다. 또 운전중 서보모터가 자연히 全閉되었을 경우는 制御部로부터의 出力이 없어졌거나 컨버터까지의 회로의 접촉불량 또는 斷線이다. 기타 電氣制御部の 불량은 설치시의 靜特性과 비교함으로써 異常場所를 발견할 수 있다.

☞ 다음 호에 계속



<그림 7> 彈性復原 有無의 特性比較