

ガバナ、ガイドベーンおよびAFC装置の動作を考慮したサージタンクの水位変動

電力中央研究所 正会員 是 枝 忍

1. 概 要

通常、サージタンクの水位変動は、サージタンクから水圧鉄管へ流入する流量の条件を与えて計算されている。しかし、サージタンクの水位変動は、ガイドベーンの動きにより誘発されるので、ガイドベーンの動作に関与する条件を正しく導入すれば、一層正確な水位変動を求めることができる。したがって、ガバナおよびガイドベーンの動作特性、発電所側のAFC装置として出力フィードバック回路、AFCロック装置の動作、さらに落差変動の影響等を考慮してサージタンクの水位変動を計算する方法を示し、これを実際

2. サージタンク、水力機器、電力系統を結合した全制御系

サージタンクを有する水力発電所の通常の運転における、水力機器、電力系統との結びつきは、概略、図-1 のようになる。ただし、サージタンクは単動型で、機械ガバナ、フランシス水車、発電機、電力系統から構成される系を示す。この系で、負荷が変化すれば、水車発電機の回転数が変わり、スピーダのスリーブの位置が変わり、配圧弁を動かす。その動きによりガイドベーンを開閉し、水車の流量を変化させ、出力を調節し、回転数を規定のものに近付ける。その時、水車流量の変化によりサージタンクの水位が変動し、新しい水車

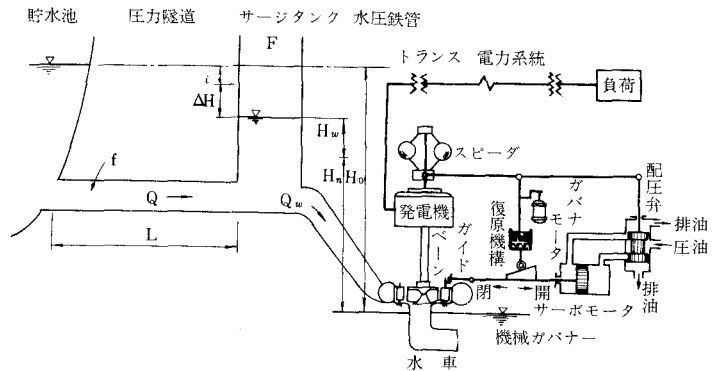


図-1 サージタンク、水力機器、電力系統説明図

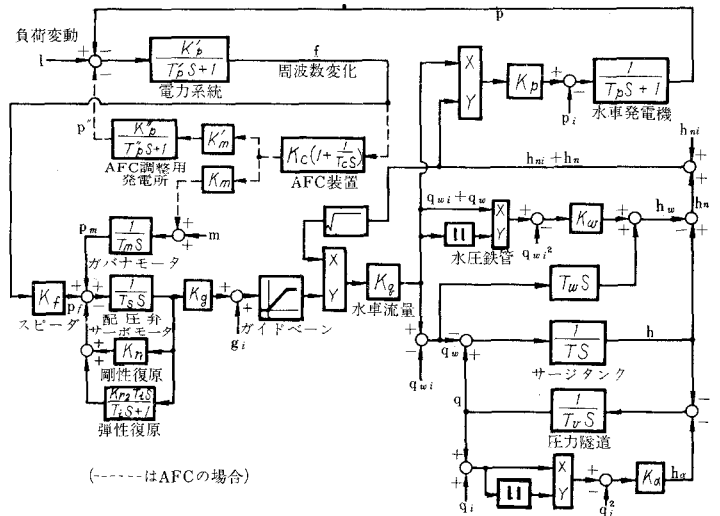


図-2 サージタンク、水力機器、電力系統ブロック線図

流量に等しいトンネル流量に落着く迄振動する。

また、速度調整を行なう場合、あるいは A F Cを行なう場合は、ガバナモータを動かして速度を変え、あるいは出力を調整することができる。これ等の関係を、水理系では水圧鉄管を含めて非線型の取り扱いをし、水力機器と電力系統はすべて線型化して伝達関数を求め、ブロック線図に示せば 図-2 となる。A F Cを行なう場合の例は破線で示した。なお、その他の型式のサージタンク、電気ガバナ、ペルトン水車、カプラン水車等についても、同様に伝達関数を求めてブロック線図に表わすことができる。

3. ガイドベーン開度を与えた場合の計算

以上のように、全系統を考えることができるが、ここでは、水圧鉄管部を省略し、ガイドベーン開度(あるいはサーボモータストローク)の変動により起るサージングを求める。水車流量 $Q_w(m^3/s)$ 、ガイドベーン開度 $G(\%)$ 、有効落差 $H_n(m)$ 、流量係数 m とすれば、 $Q_w = m\sqrt{2gG\sqrt{H_n}} = kG\sqrt{H_n}$ とすれば、 $Q_w = kG_0\sqrt{H_{n0}}$ 定格流量に対しては、

$$Q_{w0} = kG_0\sqrt{H_{n0}}$$

初期値は添字 i により、初期値からの変化分は Δ を付けて表わせば、

$$\frac{(Q_{wi} + \Delta Q_w)}{Q_{w0}} = \frac{(G_i + \Delta G)}{G_0} \cdot \sqrt{\frac{(H_{ni} + \Delta H_n)}{H_{n0}}}$$

小文字で比值を表わせば、

$$q_{wi} + q_w = (g_i + g) \sqrt{h_{ni} + h_n}$$

$H_{ni} > \Delta H_n$ で、貯水池の利用水深が落差に比して小である場合は、 $H_{ni}/H_{n0} \div 1$ とすることができる。

$$\therefore q_w = q_i \quad h_n/2 + g h_n/2 + g = h_n/2 (g_i + g) + g$$

出力 $P(kw)$ についても同様に $P = g\eta Q_w H_n$, $P_0 = g\eta Q_{w0} H_{n0}$

$$\therefore p = q_{wi} h_n + q_w (h_{ni} + h_n) \div h_n (q_{wi} + q_w) + q_w$$

以上は何れも m , η を Const. として取扱ったが、実際には、 m についてサーボモータストロークと水車流量との関係を結びつける非線型関数を挿入し、 η についても水車入力と発電機出力との間の非線型関数を挿入する方が良い。これ等をブロック線図で示せば 図-3 となる。これを、 $L = 549m$, $f = 36.3m^2$, $F = 201m^2$, $Q_{w0} = 128m^3/s$, $H_{n0} = 46.45m$ なる実際の発電所に適用し、サーボモータストロークを基にしたアナコン計算の結果は、実測結果と良好な一致を示した。

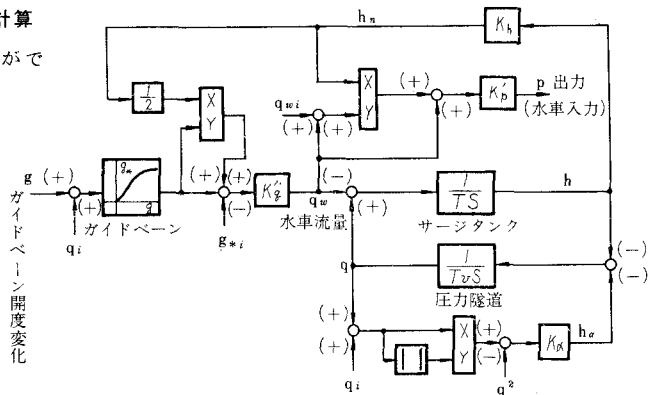


図-3 ガイドベーン開度を与えた場合のアナコン計算ブロック線図

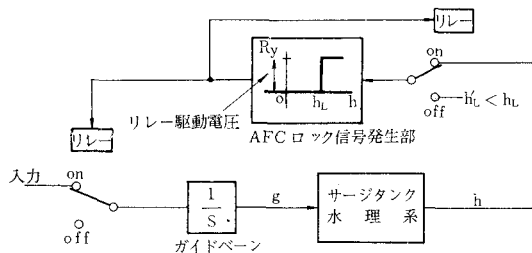


図-4 AFCロック装置ブロック線図

4. A F C ロック装置の動作を考慮する場合

サージタンク水位の安全装置として、ある設定水位に達すると A F C の信号を切り、A F C としての動作をロックさせる装置が設けられることがある。実際の機器においては、ガバナモータへの入力がかかるのであって、ガバナによる調整動作はあり得るが、A F C 信号に較べれば僅かであると考えられるので省略し、A F C の信号が切れるとガイドベーン開度がその位置で固定されるものとする。このブロック線図は 図-4 である。これを用いて実際に計算した結果、A F C ロック装置は、サージタンク水位の共振防止に有効であることがわかった。しかし、非越流型サージタンクの越流を防止するためには、ロック水位を上昇波に対して働くように、上部のみに設定する方が良い。下部にもロック水位を設定すると、負荷変動中の遮断を考慮すれば、却って危険な場合がある。

5. ガバナ、水車発電機、出力フィードバック回路の動作を考慮した計算

実際の発電所において採用されている装置の例として 図-5 に示す系の計算を行なった。ここで、ガバナは、図-2 をさらに簡略化して示し、ガバナ関係の時定数 $T_g=35 \text{ sec}$ 、水車発電機の時定数 $T_p=5 \text{ sec}$ (発電所の資料による) とした。また、発電機出力を A F C 指令信号に相当する出力と一致させるための出力フィードバック回路が加わり、出力の補正を行なう。計算には、A F C 指令信号を与えて発電機の出力を変化させ、サージタンクの水位変動を求めた。表-1 の組合せで、正弦波状負荷による計算結果の 1 例が、図-6 である。これ等の検討結果から、以下に示す諸点が明らかになった。

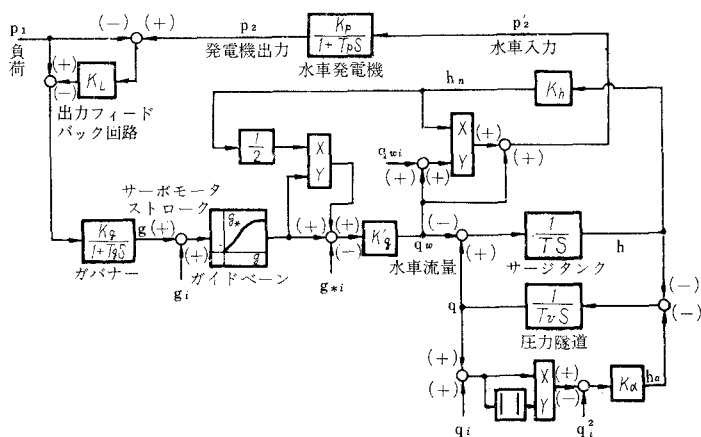


図-5 ガバナ、水車発電機、出力フィードバック回路を考慮したアナコン計算ブロック線図

i) $T_g=0 \text{ sec}$ で出力補

正のない場合は、図-3 の場合と同様になる。

出力補正はないが、ガバナが瞬間的に動作するため、水位変動はかなり大きい。

ii) $T_g=0 \text{ sec}$ で出力補正を行なう場合であるため、最も severe な条件となる。発電機出力として要求されたものに対して、落差の変動や発電機の動作時間のために起る出力の過不足分

を補正するから、さらにガイドベーンの開閉を促進し、サージタンクの水位変動を増大させる。

iii) ガバナの動作時間を考慮し、出力補正もない場合であるので、水位変化は最も小さい。実際に、図-2 のような制御系に入れた場合に相当し、この時は共振周期成分がかなり含まれていて

表-1 計算条件

	ガバナ時定数 T_g	出力補正
i	0 sec	なし
ii	0 sec	あり
iii	35 sec	なし
iv	35 sec	あり

も、ガバナー動作のおくれのため、自然にフィルターの作用をなし、共振の振巾を大巾に抑制する。したがって、長周期の調整には貢献し、短周期の調整にはあまり応動せず、単純に定常状態時の流量を基に求めた水車流量変動範囲を与えて検討する場合に比べて遙かに安全になる。

iv) $T_g=35 \text{ sec}$ で出力補正のある場合は、ガバナーの動作時間と、出力フィードバック回路が働いた場合であるから、実際の動作に最も近い筈である。ガバナーは動作がおくれるが、出力フィードバック回路の影響が著しく、殆んど i) の場合と同程度の値を示す。

6. 結 語

サージタンクの水位変動は、水力機器、電力設備等の影響をかなり受ける。特に、共振現象、ランダム波による非定常現象、また安定条件に関する問題にも、これらの影響を考慮しなければ充分でなくなってきた。したがって、個々の機器装置あるいは系統について調査し、適切な関係式と数値を導入して計算を行なうことが必要になってくる。そのような検討を行なえば、従来水理系のみについて検討した場合に比し、水位の振動の問題について、かなり条件を緩和できる場合があると考えられる。

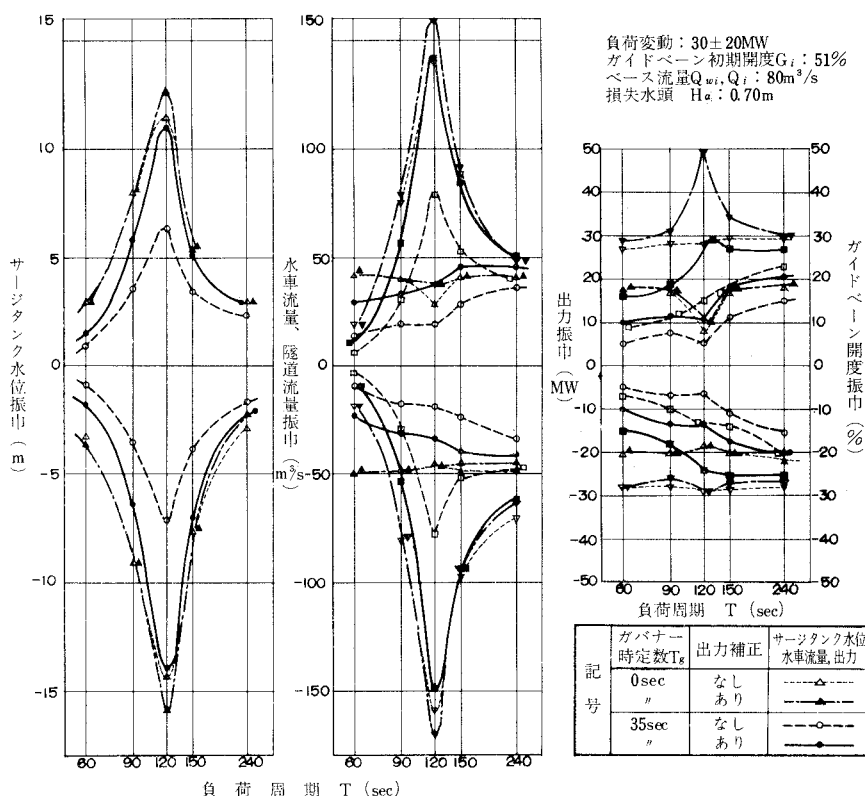


図-6 ガバナー特性と出力補正の影響(正弦波状負荷)