

II-87 サージタンクの安定理論に対する自動制御論的研究  
(一般公式の説明と貢献の諸公式の説明)

九州電力本部 村瀬義次

[1]まえがき 本文は著者が昭和37年より始めてきたサージタンクの安定理論に関する一連の研究の総括要旨である。(以下記号はよろしく慣用のものを使うから特に説明しない。著者の諸論文を参照) [2]サージタンクを含む水理系の伝達函数 サージタンクは一般的な差分型を考える。(図-1)

$$\frac{d[\alpha H_p]}{dt} = -\left( \frac{A_{rl}}{\rho g} \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o S + \left\{ \frac{(Ar+A_t)l}{ga} \right\} \right) \frac{H_p}{H_{po}} + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o^2}{a} A_t l p v_o + \frac{A_{rl}}{\rho g} \frac{2\alpha_t v_o}{a} \frac{2\alpha_t v_o^2}{H_{po}} \right\} S^3 + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o}{a} \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l \right\} S^2 + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o + \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\} S + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\}$$

$$+ \frac{2\alpha_t v_o^2}{a} A_t l p v_o + \left\{ \frac{(Ar+A_t)l}{ga} + \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\} S^2 + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o}{a} (Ar+A_t)l + \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\} S + \frac{2\alpha_t v_o^2}{a} A_t l p v_o$$

$$+ \frac{2\alpha_t v_o^2}{a} A_t l p v_o / \left[ \frac{A_{rl}}{\rho g} \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o S^3 + \left\{ \frac{(Ar+A_t)l}{ga} + \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\} S^2 + \left\{ \frac{2\alpha_t v_o}{a} (Ar+A_t)l + \frac{2\alpha_t v_o}{a} A_t l p v_o \right\} S + \frac{2\alpha_t v_o^2}{a} A_t l p v_o \right]$$

(1)  $\equiv G_H \cdots (1)$  (流速水頭の影響はあおよびゆの申に考慮する。  
Kの定義式:  $H_p - H_f \equiv (2\alpha_t v_o A_t/a) \cdot (dH_t/dt)$ )  $\frac{dH}{n_0} \rightarrow [K_A] \rightarrow \frac{1}{TSS} \rightarrow [K_\phi] \rightarrow \frac{d\phi}{\Phi}$

(2) 開軸時の伝達函数 説明は一般的な2次形を考える。(図-2)

$$\frac{d[\phi]}{dt} / d[n_0] = -\frac{K_g \cdot (T_{ES} + 1)}{\delta S^2 + T_g S + 1} \equiv -G_{gv} \cdots (2) \quad K_g \equiv \frac{K_A K_\phi}{K_R} \cdots (3)$$

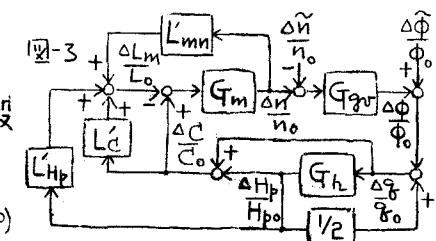
図-2

$$\frac{T_g}{K_R} \cdots (4) \quad T_g \equiv \frac{T_S}{K_R} + \left( 1 + \frac{K_E}{K_R} \right) T_E \cdots (5) \quad K_E \equiv \lambda \cdot R \cdots (6)$$

(4) 無負荷運転時の安定判別 貢献  $L_m$  はこの場合一般

$$(5) \cdots (6) \quad L_m = L_m(n, C, H_p) \cdots (8) \quad \text{すると,}$$

$$\Delta L_m = L_m' n_h + L_m' \frac{\Delta C}{C_0} + L_m' \frac{\Delta H_p}{H_{po}} \cdots (9) \quad L_m' \equiv \left( \frac{\partial L_m}{\partial C} \right) \cdots (10)$$



この方程式の一般形は、 $1 - \frac{1}{2} G_h + [L_m'(1 - \frac{1}{2} G_h) + (1 - L'_c + (1 - L'_c - L'_h) \cdot G_{gv}) \cdot G_m] \cdot G_m = 0 \cdots (11)$   
 $\frac{d[L_m(n_0)]}{dt} / d[(\Delta C - \Delta L_m)/C_0] = 1/T_m \equiv G_m \cdots (12)$   $T_m = M/C_0 \cdots (13)$  であるから、安定判別公式を求めるには(11)式について Routh-Hurwitz の条件を立てねばよい。特に、單位型サージタンクで水圧を無視し( $A_v = 0, \alpha_p = l_p = 0$ )、説明は1次形( $\delta = 0$ )考えると、(11)式は4次形となる。(公式略)

(5) 無負荷荷重解列運転時の安定判別 この場合の安定性は負性部と  $A \nabla R$  系と別々に要求される。(図-4) 電気的負荷  $L_e$  は一定、 $L_e = L_e(n, E_f, E_t) \cdots (14)$  と考へていいが、さうに正確に示せば、 $L_e = L_e(n, I_f, E_f, E_t) \cdots (15)$  負性部の特性方程式の一般形は(11)式と同じである。(たゞ、 $L'_m \rightarrow L'_m + L'_e$ )

[6] 單独負荷運転時の安定判別 一般的に発電機と負荷が1つずつ送電線で結ばれている2枝系を考える。(負荷端子電圧は一定ではない) また、水車効率、発電機効率、発電機特性、AVR系、送電線同期化力、負荷の周波数電圧特性等をすべて一般的に考える。(特性方程式の一般形および安定判別公式略)

[7] 並列負荷運転時の安定判別(1) この場合は[6]と同じく2枝系を考えるが、他方は系統で、この中に負荷も含める。AVR系は対象発電機だけではなく系統側にもあるとする。

また、系統があまり大きくな場合を考えると[6]と同じく、系統端子電圧は一定ではない。その他、[6]と同じくすべて一般的に考える。(特性方程式の一般形および安定判別公式略)

[8] 並列負荷運転時の安定判別(2) この場合は系統が非常に大きいと考えるから、系統端子電圧は一定としてよい。その他、[7]と同じくすべて一般的に考える。

(特性方程式の一般形および安定判別公式略)

[9] AFC 運転時の安定判別(1) (FFC)

[10] AFC 運転時の安定判別(2) (FTC - FFC)

[11] AFC 運転時の安定判別(3) (TBC - FFC)

[12] AFC 運転時の安定判別(4) (TBC - TBC)

[13] 搪水運動時の安定判別(1) 2枝系を考える。

[14] 搩水運動時の安定判別(2) この場合も[13]と同じく2枝系を考えるが、他方は系統である。

[15] カプロン水車を有する場合の安定判別

[16] サージタンクの振動特性を改良する諸方法 (図-5は水車効率の一般的な考え方を示す)

[17] 電気模擬回路とその応用

[18] あとがき 以上、著者はサージタンクを有する水力発電所電力系統の基本的モデルを色々な運動状態において考えて、ブロック線図の完全形を与えて自動制御の安定理論を中心いて、安定判別の一般諸公式を導いた。そして、これらの新しい諸公式がサージタンクの安定判別の既往の全公式および模型実験現物試験の全結果を包含し、あるいは説明できることを示した。また、サージタンクの振動特性の改良法が自動制御系のシンセシス問題の範囲として総合化できること、電気的模擬回路が複雑な水路系を有する場合のアナリシスおよびシンセシスに甚だ有効であることを示した。今後、サージタンクの安定および水頭に対する研究は次のような特色を新しく持つべきである。(1) 今までのように水理系の内部だけで問題を処理せずに、自動制御系として電力系統の規模を考えること。すなむち、(2) 外乱入力の位置として中およびそのみでなく、L、(3)、N(または同じ中、各でもフィードバックを考える)等水理系の外部も考えること。そのため、(4) 理論としては、自動制御理論をアナリシス、シンセシスの両面に亘って広く応用すること。また、(4) 研究手段としては、デジタル計算機、アナログ計算機、水理模型実験装置だけでなく、模擬回路、交流計算盤、あるいはそれらを適宜組合せ、現地系統試験も並行して、多角的に検討すること。(5) AFC 制御、系統安定度、系統経済運用等の諸学問と密接な関係を持つこと。である。

[謝辞] 本研究に当たり終始御指導御鞭撻を戴いた九州大学篠原謹爾教授、中央大学林泰造教授、また有益なる助言を戴いた友人近昭夫、田中進の兩君に感謝申上げます。(文部省名略)

