

サージタンクの AFC に対する 設計負荷変化型について (1)

九州電力 土木部 村 瀬 次 男
" 研究所 辻 昭 夫
" 工務部 田 中 進

§ 1. ま え が き

サージタンクに関する当面の大きな問題の1つは、AFC 出力変動に対してサージタンクを如何に設計すべきかという“設計基準”中でも“設計負荷変化型”を定めることである。

§ 2. 系統および発電所の AFC 所要容量

先づ、系統の AFC 所要容量を求めねばならない。一般に、(理論的根拠は判然としないが) 系統の AFC 所要容量は系統負荷の 3～5%といわれている。

著者は、系統の AFC 所要容量を次の如く定義する。

$$R = 6\sqrt{\Delta P^2} \dots\dots\dots (1)$$

or

$$= 6\sqrt{\Delta A^2} \dots\dots\dots (2)$$

ここで、

R: 系統の AFC 所要容量

ΔP : AFC 発電所変動出力の total

ΔA : AFC の total 出力信号

$R = 4\sqrt{\Delta L^2}$ 、或いは $6\sqrt{\Delta L^2}$ (ΔL : 変動負荷) で定義する人もいるが、著者は、(1)式および(2)式の定義の方が実用的であると考える。

ところで、現在時点における R を求めるには上の(1)式或いは(2)式をそのまま使用すればよいが、将来の或る時点における R を求めるには例えば次のように考える。

いま、AFC 装置の入った系統のブロック線図を図-1のように考える。この系は線型の系であるから、

$$\Phi_{df}(j\omega) = \left[\frac{\Delta f}{\Delta L}(S) \cdot \frac{\Delta f}{\Delta L}(-S) \right] \cdot \Phi_{\Delta L}(j\omega) \dots\dots\dots (3)$$

$$\Phi_{\Delta P}(j\omega) = \left[\frac{\Delta P}{\Delta L}(S) \cdot \frac{\Delta P}{\Delta L}(-S) \right] \cdot \Phi_{\Delta L}(j\omega) \dots\dots\dots (4)$$

で、(Φ : パワー・スペクトル)

$$\overline{\Delta f^2} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{df}(j\omega) d\omega \dots\dots\dots (5)$$

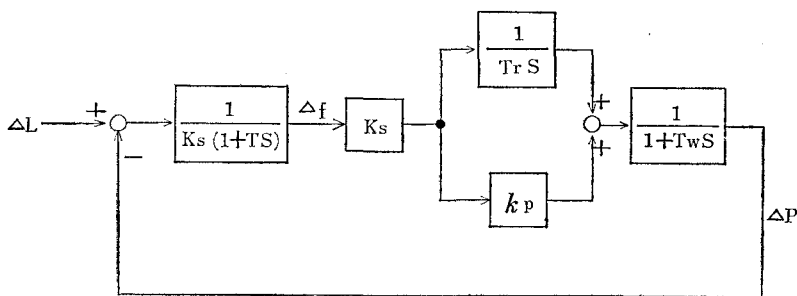
$$\overline{\Delta P^2} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{\Delta P}(j\omega) d\omega \dots\dots\dots (6)$$

である。ここで、

$$\frac{\Delta f}{\Delta L}(S) = \frac{T_r}{K_s} \cdot \frac{S(1+T_w S)}{T_r S(1+TS)(1+T_w S) + 1 + k_p T_r S} \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{\Delta P}{\Delta L}(S) = \frac{1 + k_p T_r S}{T_r S(1+TS)(1+T_w S) + 1 + k_p T_r S} \dots\dots\dots (8)$$

である。(5)式および(6)式を計算するには、図-1の各定数を仮定するのは勿論のこと、 $\Phi_{\Delta L}$ の形も仮定しなければならない。計算を簡単にするには、



K_s : 系統定数
T: " 時定数
 k_p : AFC 装置比例感度
 T_r : " 積分時定数
 T_w : 発電機時定数
 ΔL : 変動負荷
 Δf : " 周波数
 ΔP : AFC 発電所変動出力

図-1 AFC系のブロック線図 (FFCの場合)

$$\phi_{4L}(j\omega) = \frac{P^2}{1 + \omega^2 T_e^2} \dots\dots\dots (9)$$

ここで、

p = white noise の大きさ

T_e = filter の折点時定数

と仮定するとよい。また、(5)式は $\overline{\Delta f^2}$ の値を制限することによって、K_s、T_r および k_p を決めるのに用いる。

上述のようにして、系統の AFC 所要容量(R)が求ま

ったら、次は各 AFC 発電所に能力に応じて R を分配するのである。

§ 3. 発電所*の AFC 容量

現在、発電所の AFC 容量の定義としては、給電関係では “P_{MAX} ~ P_{MIN}” を、土木関係では “ $\hat{q}_{Base} + \Delta q_{cri.}$ ~ $\hat{q}_{Base} - \Delta q_{cri.}$ ” をそれぞれ慣用しているようである。(表-1) しかし、何れも一長一短がある。

表 - 1

定 義	記 号 の 説 明	長 所 と 短 所
P _{MAX} ~ P _{MIN}	P_{MAX} = 対象発電所の最大出力 (公称でもよいし、可能最大)でもよい P_{MIN} = キャビテーションおよび振動の発生と効率の低減等を考慮して、一応定めるところの最低運転出力	[長所] ① 発電所の規模と共に定まり、極めて簡単である。 ② 現実の不規則な出力変動とは全く無関係に定義できる。 ③ 系統の AFC 容量の定義にもそのまま拡張できる。 [短所] ① サージタンクおよび水理系の影響を考えていない。
$\hat{q}_{Base} + \Delta q_{cri.}$ $\sim \hat{q}_{Base} - \Delta q_{cri.}$	q = 水車流量で、発電所の出力に換算することもできる。 Δq = 正弦波等のように規則的に変化する q の振幅 cri. = 可能限界という意味 (トリップも考える)	[長所] ① サージタンクおよび水理系を考えている。 [短所] ① 電子計算機 (主としてアナコム) を使用しても、計算のために割りに手間をとる。 ② $\hat{q}_{Base}$ がパラメータになっているので、利用するに当つて不便である。 ③ 正弦波等を入力として考えているので厳し過ぎる感がある。

著者は、発電所の AFC 容量を次の如く定義する。

$$r \equiv \hat{P}_{max} \sim P_{min} \dots\dots\dots (10)$$

ここで、

r = 発電所の AFC 容量

$\hat{P}_{max}$ = AFC 容量の上の出力限界

(パラメータとして考える。水理系の振動を考えて安全な出力の上限値、或いは P_{MAX} の何れか小さい方を値の上限とする。

P_{min} = 水理系の振動を考えて安全な出力の下限値、或いは P_{MIN} の何れか大きい方

($\hat{P}_{max}$ に対応して定まる)

(10)式の定義は、表-1の2つの定義の長所ばかりを備えているが、問題はその内容である。一般に、r の定義とサージタンクの AFC 設計負荷変化型とは密接な関係があって、後者は前者を規定し説明することになる。

§ 4. サージタンクの AFC 設計負荷変化型 (その1)

著者は、図-2(a)に示す負荷変化のパターンをサージタンクの AFC 設計負荷変化型として先づ提案したい。このパターンは、既に著者が提案してある “負荷増加後遮断等のパターン”¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ の自然の拡張である。

いま、図-2(b)において、x, y 何れか小さい方を mZ_{*} (Z_{*} = q_{MAX} に対する自由サージ量、m ≧ 1) とおくと、

$$\frac{n(\hat{q}_{max} - q_{min}) + \hat{q}_{max}}{q_{MAX}} \cdot Z_* \leq mZ_* \dots\dots\dots (11)$$

ここで、

q_{MAX} = P_{MAX} に対応する水車流量

$\hat{q}_{max}$ 、q_{min} = $\hat{P}_{max}$ 、P_{min} に対応する水車流量

n = サージングの重合の回数

(n ≧ 1, 図-2(a)参照)

である。しかし、サージタンクは単働型を考え、水路の損失は簡単のため無視している。(11)式から、m および r (m³/s) はそれぞれ次のように求まる。

*本節より発電所とは水力発電所のことである

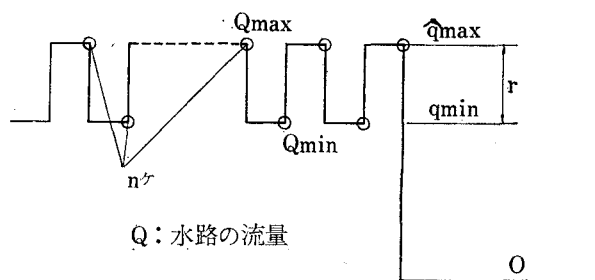


図-2 (a) サージタンクのAFC設計荷
変化型 (その1)

$$m \geq \frac{nr + \hat{q}_{\max}}{q_{\max}} \dots \dots \dots (12)$$

$$r = \hat{q}_{\max} \sim \hat{q}_{\max} - \frac{mq_{\max} - \hat{q}_{\max}}{n} \dots \dots \dots (13)$$

$$\leq \hat{q}_{\max} \sim q_{\min}$$

ここで、

$q_{\min} = P_{\min}$ に対応する水車流量

実際には、サージタンクは単働型とは限らず、水路損失も流速の2乗に比例するので、アナコムを使用して計算すると便利である。

最後に、 n の値としては共振状態 ($n = \infty$) を仮定する必要はなく、 $n = 2$ 、或いは3を採用して充分安全であるとする。著者は、この安全性の裏付けを統計的に行なう積りである。

§ 5. サージタンクの AFC 設計荷変化型 (その2)

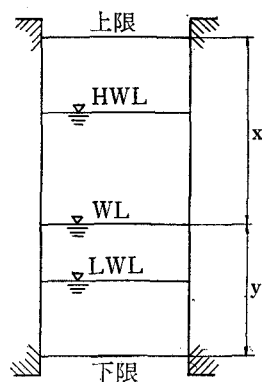


図-2 (b) サージタンクのスケッチ
(単働型の場合)

参 考 文 献

- 1) 村瀬・辻 (昭夫): サージタンクの設計基準について、研究期報、第18巻 (昭和36年下期)、九電総合研究所、昭37、12. P.95~108.
- 2) 村瀬・辻・田中 (進): 同上(2)、P.109~111.
- 3) 村瀬・辻: サージタンクの設計基準(1)と一ツ瀬サージタンクの設計について、第18回年次学術講演会講演概要 (第II部)、土木学会、昭38、5. P.135~137. (欠講)
- 4) 村瀬: 揚水発電所サージタンクの設計について、昭和38年度関西支部年次学術講演会講演概要、土木学会関西支部、昭38、11. P.77~78

以 上