

I-77 自流式発電所のヘッドタンク容量について

電力中央研究所・技術研究所 正員 秋 元 保

1. はしがき 自流式発電所の水槽容量をきめるための基準は、未だ確立されておらず現在ではほとんどの場合、使用水量の2～3分間を容れ得る容量とされている程度のものである。しかし、水槽を設ける一つの大きな目的が水路より流入する水量と水車への流下水量との過不足を調節するものであるから自流式発電所で或る程度の調整運転を行なうことも可能であるが、この場合水槽および水路内に起きる波動を少なくするような水槽容量が必要である。水槽内の水位変動は、水槽につながらる水路の状態（水路勾配、断面形状、粗度等）によって違ってくる。水槽内の水位変動を求めるためには、導水路内の不定流を解析しなければならない。本報は、自流式発電所の水槽容量をきめるため、さきに著者が提案した特性曲線による新図式計算法⁽¹⁾を使って水路の波動を求め、水槽水位の変化から水槽容量を検討したものである。

2. 計算方法の説明 特性曲線による不定流の計算法は、古くから研究されており、解法の簡易化についても多くの方法が示されている。一般に、発電所の導水路は、等断面一様水路であるからこれを矩形断面に置換し、基本方程式を導びけば次のようになる。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + U \frac{\partial H}{\partial x} + H \frac{\partial U}{\partial x} = 0 \quad \cdots \cdots (1) \quad \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial H}{\partial x} + g \left(\frac{n^2 U^3}{R^{4/3}} - 1 \right) = 0 \quad \cdots \cdots (2)$$

これを特性曲線方程式に導びけば、

$$\text{曲線 } \frac{dx}{dt} = (U + \sqrt{gH}) \text{ の上で } d(U + 2\sqrt{gH}) = g \left(1 - \frac{n^2 U^3}{R^{4/3}} \right) dt$$

$$\text{曲線 } \frac{dx}{dt} = (U - \sqrt{gH}) \text{ の上で } d(U - 2\sqrt{gH}) = g \left(1 - \frac{n^2 U^3}{R^{4/3}} \right) dt \text{ となる。}$$

これを（U V）平面と（x t）平面上で図式に計算を行なうが従来の方法と違う点は、

- (a) 波の衝突とその反射を（U V）平面上的特性曲線で表わすことにより完全な図式計算とした。
- (b) 波の波速を衝突前の水位によって求めるため試算法を使わないで計算が簡易化された。
- (c) 波高が大きい場合でも実験と計算結果はよく一致していて計算精度がよい。
- (d) 図式計算であるため初期条件、境界条件を計算に折込むことが簡単である。

水槽の影響を計算するには、水路から水槽に流入する流量をQ、水車流量をqとして、 $F \cdot dz/dt = q - Q$ を計算し、水位変化 Δz を水路端の境界条件として図式計算に折込む。

3.3. 計算例 最大使用水量30 m³/s、最大出力27 MW、水路長1 km、水路断面が半径1.94 mの馬蹄形の自流式発電所において、調整運転を行なう場合の水槽容量と変動水位の関係を求めるため、縮尺1/36の模型水路を使って実験を行なった⁽²⁾。実験は、水車流量を正弦波形のくり返し変動とし、流量の変動巾と周期を変化させ、水槽内の水位変動を調べた。水槽面積を、745 m²、357 m² および水槽がない場合について検討したがこの実験結果から、水車流量が21.7 ± 6.51 m³/s の場合の操作周期と水槽の変動水位の関係を、上記の特性曲線

による図式計算で計算し、実験結果と比較した。図－１に実験と計算結果の比較を示す。
また図－２に特性曲線による図式計算の１例を示した。

4. むすび 自 流 式 発 電 所 で 周 波 数 調 整 運 転 を 行 な っ た 場 合 に 起 る 水 路 の 水 位 変 動 を 特 性 曲 線 に よ る 図 式 計 算 法 に よ っ て 計 算 し、水 槽 容 量 に つ い て の 影 響 を 検 討 し た が、実 験 結 果 と 比 較 し て 十 分 満 足 す る 結 果 が 得 ら れ た。

これによつて水槽を設計する場合は、水槽内の下降水位が鉄管内に空気が流入したり、渦の発生がないような構造とし、また上昇水位が余水吐の越流水位を越えないよう十分考慮して、自流量、水車の変動流量、操作周期等から最良の水槽容量をきめる必要がある。特に自 流 式 発 電 所 で 調 整 運 転 を す る 場 合 に 注 意 し な く て は な ら ない こと は、自 流 量 を 水 車 の 基 準 流 量 と す る が 運 転 中 に 水 車 の 平 均 流 量 と 自 然 量 の 差 が 生 じ 水 位 が 一 方 に 片 よ っ て く る の で 水 位 調 整 の た め 基 準 出 力 を 変 更 す る 必 要 が あ る。

最後に、本研究に当中大林泰造教授に御指導を頂き、電研坂本龍雄室当任に御教示いただいた。ここに深く感謝の意を表します。

- 1) 秋 元 「 特 性 曲 線 法 に よ る 不 定 流 の 新 計 算 法 」 電 研 所 報 Vol.13 No. 5, 6,
- 2) 秋 元 「 春 別 発 電 所 の 調 整 運 転 に よ っ て 生 ず る 水 面 波 に 関 す る 一 水 理 実 験 」

技 研 報 告 (土 木 6 2 0 1 2)

図－２ 特性曲線による図式計算例

