

水力発電 (6) - 1 《速度変動率》

速度変動率[p.u.] : $\Delta n = \frac{n_m - n_1}{n_n}$

n_1 : 発電出力 P [kW] での回転速度 [rpm]
 ※特に指定が無ければ n_1 , P は定格とする。
 n_m : 最大回転速度 [rpm]
 n_n : 定格回転速度 [rpm]

水車発電機の慣性モーメント [kg・m²] : J

■ 負荷遮断直前

角速度 [rad/s] : $\omega_1 = \frac{2\pi n_1}{60}$

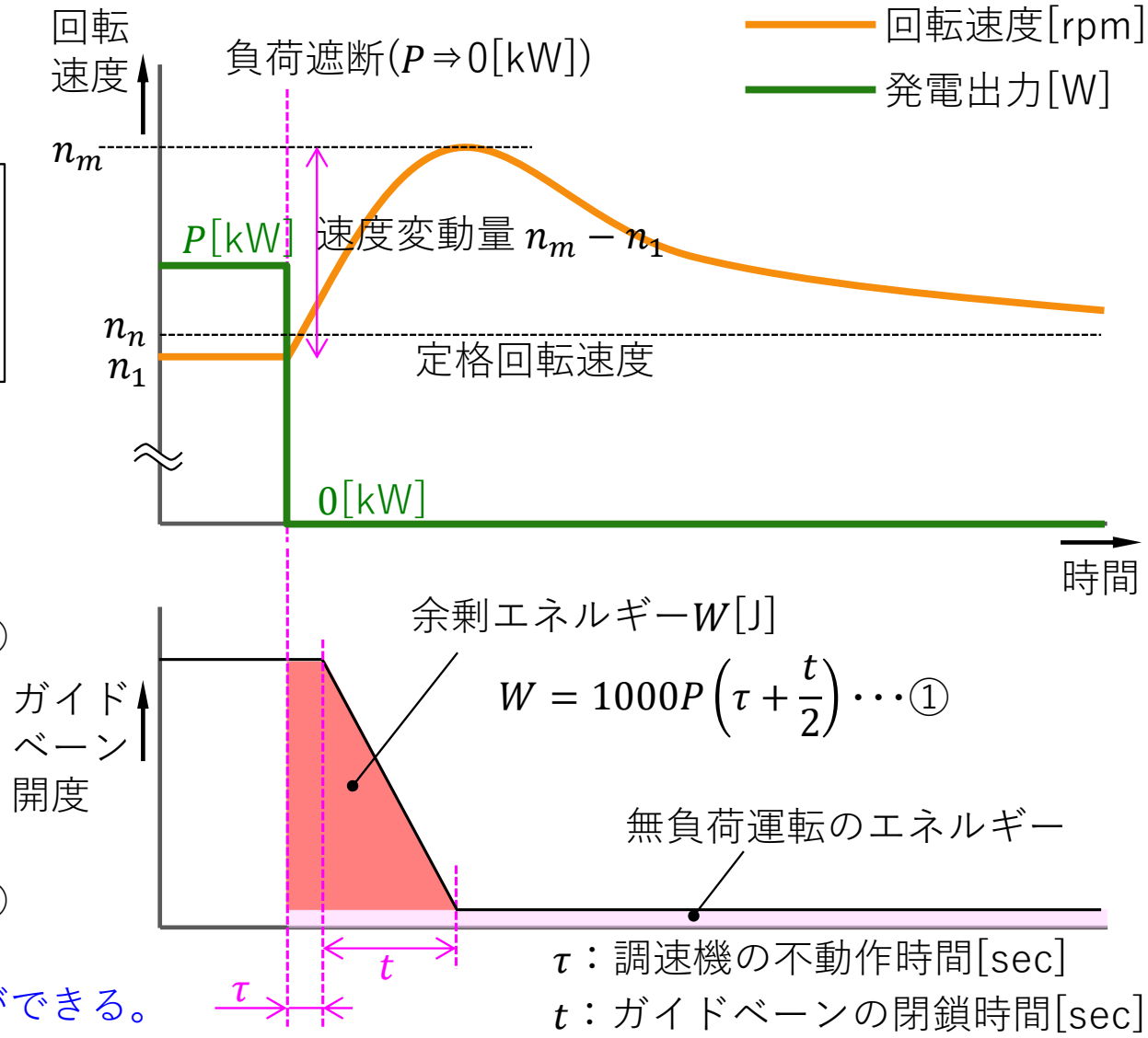
運動エネルギー [J] : $W_1 = \frac{1}{2} J \left(\frac{2\pi n_1}{60} \right)^2 \dots \textcircled{2}$

■ 最大回転速度時

角速度 [rad/s] : $\omega_m = \frac{2\pi n_m}{60}$

運動エネルギー [J] : $W_m = \frac{1}{2} J \left(\frac{2\pi n_m}{60} \right)^2 \dots \textcircled{3}$

※ $\textcircled{3} - \textcircled{2} = \textcircled{1}$ が成立するので、 n_m を求めることができる。



水力発電 (6) - 1 《付録：速度変動率の近似式》

$$\left\{ \begin{array}{l} W_1 = \frac{1}{2}J \left(\frac{2\pi n_1}{60} \right)^2 \dots \textcircled{1} \\ W_m = \frac{1}{2}J \left(\frac{2\pi n_m}{60} \right)^2 \dots \textcircled{2} \\ W = 1000P \left(\tau + \frac{t}{2} \right) \dots \textcircled{3} \end{array} \right.$$

② - ① = ③ より、

$$\frac{1}{2}J \left(\frac{2\pi n_m}{60} \right)^2 - \frac{1}{2}J \left(\frac{2\pi n_1}{60} \right)^2 = 1000P \left(\tau + \frac{t}{2} \right)$$

$$\frac{1}{2}J \left(\frac{2\pi}{60} \right)^2 (n_m^2 - n_1^2) = 1000P \left(\tau + \frac{t}{2} \right)$$

$$\frac{\pi^2}{1800}J(n_m + n_1)(n_m - n_1) = 1000P \left(\tau + \frac{t}{2} \right)$$

$$n_m - n_1 = \frac{900000P(2\tau + t)}{\pi^2 J(n_m + n_1)}$$

水車発電機では一般的に $n_m + n_1 \cong 2n_n$ と近似できるので、

$$n_m - n_1 \cong \frac{45600P(2\tau + t)}{Jn_n} \dots \textcircled{4}$$

$$\text{速度変動率 [p.u.] : } \Delta n = \frac{n_m - n_1}{n_n} \dots \textcircled{5}$$

$$\textcircled{5} \text{ に } \textcircled{4} \text{ を代入して } \Delta n \cong \frac{45600P(2\tau + t)}{Jn_n^2} \dots \textcircled{6}$$

回転子の慣性モーメント $[\text{kg}\cdot\text{m}^2] : J$

回転子のはずみ車効果 $[\text{kg}\cdot\text{m}^2] : GD^2 = 4J \dots \textcircled{7}$

はずみ車効果で表すと、⑥に⑦を代入して

$$\Delta n \cong \frac{182400P(2\tau + t)}{GD^2 n_n^2}$$

水力発電（6）－2 《速度変動率の得失》

■速度変動率を大きく（小さく）するのは

- ・回転体の慣性モーメント J を小さく（大きく）する。
- ・调速機の不動作時間 τ を長く（短く）する。
- ・ガイドベーンの開鎖時間 t を長く（短く）する。

■速度変動率を大きくとる場合の長所

- ・慣性モーメント J を小さくすることで、水車・発電機の小型・低コスト化が図れる。
- ・不動作時間 τ 、閉鎖時間 t を長くすることで、调速機やガイドベーンのサーボ機構の低コスト化が図れる。
また、水撃作用が軽減されることで設計水圧を抑えることができれば、水圧鉄管・水車ケーシングの軽量化など材料・建設工事全般のコスト低減につながる。

■速度変動率を大きくとる場合の短所

- ・負荷遮断時の速度上昇が大きく、遠心力によって水車にかかる応力が増大し、最悪は破断事故の恐れがある。
- ・所内単独運転切替時、発電機の電圧・周波数が過渡的に上昇するので、所内機器への影響が懸念される。
- ・慣性モーメントが小さいと、常時の周波数変動幅が大きくなり系統安定度に影響を与える。