

電力工学

問題 1.

現用発電方式である、水力発電・火力発電・原子力発電に関わる以下の問に答えなさい。

- i. 水力学での基本定理の一つであるベルヌーイの定理に沿って、位置水頭 H_h 、速度水頭 H_v 、圧力水頭 H_p の関係を示しなさい。
- ii. 熱力学第 1 法則を簡単に説明しなさい。
- iii. 軽水炉原子炉内の軽水の代表的な役割を二つ挙げなさい。
- iv. 水力発電用水車・火力発電用蒸気タービンのいずれにも衝動型と反動型がある。衝動水車および反動水車の具体的な名称を一つずつ挙げなさい。
- v. 水力発電に使用される同期発電機について、火力発電や原子力発電に使用されるものと対比させた構造上の特徴を挙げ、その様な構造となる理由も簡単に説明しなさい。

問題 2.

図 1 は三相同期発電機の等価回路図である。 $\dot{E}_U, \dot{E}_V, \dot{E}_W$ は各相の電機子巻線の誘導起電力、 $\dot{I}_U, \dot{I}_V, \dot{I}_W$ は各相の電流、 $\dot{V}_U, \dot{V}_V, \dot{V}_W$ は中性点を基準とした各相の端子電圧である。 x_0, x, r はそれぞれ相間結合に関わるリアクタンス、漏れリアクタンス、巻線抵抗である。また、 m は相間の相互リアクタンスであり、どの相間も同じとする。以下の問に答えなさい。

- i. U 相の回路方程式を完成させるよう、
 A ~ C に入る式を答えなさい
 (虚数単位は j を用いなさい)。

$$\dot{E}_U = \text{[A] } \dot{I}_U + \text{[B] } \dot{I}_V + \text{[C] } \dot{I}_W + \dot{V}_U \quad (1)$$

- ii. $m = -\frac{1}{2}x_0$ で、電流が三相对称であるとして、式 (1) から \dot{I}_V, \dot{I}_W を消去したとき、 D に入る式を答えなさい。

$$\dot{E}_U = \text{[D] } \dot{I}_U + \dot{V}_U \quad (2)$$

- iii. 巻線抵抗を無視して、 D = jx_s と置いたとき、 $\dot{E}_U, \dot{I}_U, \dot{V}_U$ の関係をフェーザ図で表しなさい。

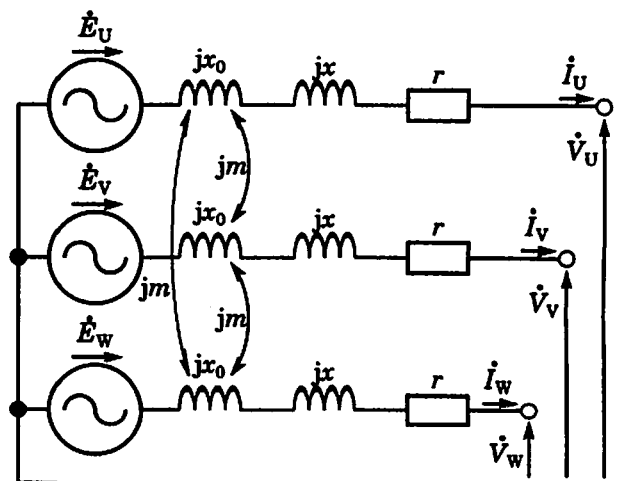


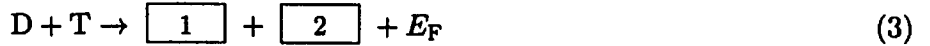
図 1: 三相同期発電機の等価回路

(次ページへ続く)

問題 3.

核融合発電に関する以下の文章について, $\boxed{1}$, $\boxed{2}$ に入る粒子の名称, \boxed{E} ~ \boxed{H} に入る式, 式 (4) で表されるプラズマの閉じ込め条件の名称を, それぞれ答えなさい.

核融合発電では, 主として以下に示す D-T 反応を想定した研究開発が行われている.



ここに, D と T はそれぞれ重水素と三重水素を表し, E_F は反応で放出されるエネルギーである. この反応を持続させるための, プラズマの閉じ込め条件を調べよう.

核融合反応断面積と D-T 間の相対速度との積を速度分布を考慮して平均したものを $\langle\sigma v\rangle$ とする. 電子密度を n とし, D と T は同数とすると, 単位体積あたりの核融合反応の全衝突周波数は, \boxed{E} である. よって, 単位時間単位体積あたり発生する核融合エネルギーは, $P_F = \boxed{F}$ となる. 一方, 電子温度とイオン温度が等しく, これを T とすると, 単位体積あたりのプラズマのエネルギーは, \boxed{G} となる. エネルギー閉じ込め時間を τ とすると, 単位体積あたりの損失電力は, $P_T = \boxed{H}$ となる. 炉から流出する電力を効率 η で変換してプラズマに供給できれば, 反応を持続させるための条件は, $P_T \leq \eta(P_F + P_T)$ なので,

$$n\tau \geq \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \frac{12T}{\langle\sigma v\rangle E_F} \quad (4)$$

が得られる. ただし, 制動放射損失は無視した.

問題 4.

以下はエネルギー貯蔵用 2 次電池の説明文である. \boxed{I} ~ \boxed{VII} に入れるべき最も適切な言葉を【語群】の中で選び, その記号を, それぞれ解答欄に記入しなさい.

エネルギー貯蔵用 2 次電池には, 従来は鉛蓄電池が専ら用いられてきた. これは, 正極に \boxed{I} , 負極に \boxed{II} を用い, \boxed{III} を電解質とするものである. しかし, エネルギー密度が小さく, 鉛を含むことから, 代替となる 2 次電池の開発が進んだ. 現在, \boxed{IV} が注目され, 小型のものから大型の電力用まで, 普及も著しい. また, 電力負荷平準化を目的として開発された \boxed{V} も期待されている. これは, 正極に \boxed{VI} , 負極に \boxed{VII} を用い, ベータアルミナを電解質とする. エネルギー密度が高いが, 電極物質の取扱いに注意を要する.

【語群】

- | | | | | | |
|------------|--------|-----------------------|---------------|--------|-------------------------------------|
| a. ニッカド電池, | b. Na, | c. PbO ₂ , | d. NAS 電池, | e. Zn, | f. HNO ₃ , |
| g. 燃料電池, | h. Fe, | i. SiO ₂ , | j. リチウムイオン電池, | k. Pb, | l. H ₂ SO ₄ , |
| m. FeS 電池, | n. Pt, | o. ZnO, | p. 太陽電池, | q. S, | r. HCl |