

# 電力工学

## 問題 A.

- (1) 水力発電用のある水管中を水が定常的に流れている。上流で高さ 20m の A 点では、水管の断面積が  $2.0\text{m}^2$ 、流速が  $6.0\text{m/s}$ 、圧力が  $33\text{kPa}$  である。下流で高さ 5.0m の B 点では、水管の断面積が  $3.0\text{m}^2$  である。B 点における流速と圧力をそれぞれ求め、導出過程とともに解答しなさい。ただし、損失は無視できるものとし、重力加速度は  $9.8\text{m/s}^2$ 、水の比重は 1.0 とする。
- (2) カルノーサイクルの 4 過程は、「等温膨張」、「断熱膨張」、「等温圧縮」、「断熱圧縮」の名称で表される。これらにならって、火力発電において、a) 蒸気がタービンに仕事をする過程と、b) 仕事を終えた蒸気を水に戻す過程とについて、それぞれ名称を答えなさい。また、それぞれの過程の条件での熱力学第一法則を、言葉もしくは数式で表現しなさい。ただし数式では、内部エネルギーの変化は  $dU$ 、与える熱量は  $d'Q$ 、外部への仕事は  $d'W$  として、これら以外の物理量は自ら定義しなさい。
- (3) 一般的な原子力発電では、核分裂の連鎖反応を実現するために、反応で発生した中性子を減速する。減速を必要とする理由を説明しなさい。

## 問題 B.

図 1 は、三相同期発電機の 1 相分の等価回路の動作を、フェーザ図で表したものである。 $\dot{E}$  は誘導起電力 (大きさ  $E$ )、 $\dot{V}$  は出力電圧 (大きさ  $V$ )、 $\dot{I}$  は出力電流 (大きさ  $I$ )、 $r$  は巻線抵抗、 $x$  は同期リアクタンス、 $\cos\phi$  は負荷の力率、 $\delta$  は相差角である。下の文章の  a  ~  e  に入るべき数式を  $E$ 、 $V$ 、 $I$ 、 $r$ 、 $x$ 、 $\phi$ 、 $\delta$  を用いて答えなさい。

同期発電機への入力電力は、 a  と表される。一方、フェーザ図から、 $E \cos(\phi + \delta) = \overline{OP} + \overline{PQ}$  である。 $\overline{OP}$  は  b 、 $\overline{PQ}$  は  c  なので、 a  =  d  +  e  と変形できる。 d  は発電機の実出力電力である。また、 e  は巻線抵抗による損失電力である。つまり、発電機への入力は、出力と巻線抵抗による損失との和である。

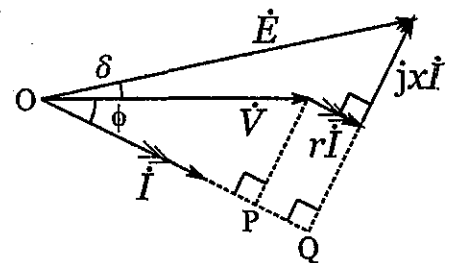


図 1

(次ページへ続く)

問題 C.

太陽電池を用いて 1.0 MW の出力を得るのに必要な太陽電池の面積を、導出過程とともに解答しなさい。ただし、太陽電池の変換効率は 12%，太陽光の照射強度は  $0.90 \text{ kW/m}^2$  とする。

問題 D.

燃料電池の原理についての以下の一連の文章で、 $\square a$  ~  $\square d$  に入れるべき数式を答えなさい。物理量を表す記号は、この問題中で共通で、文中に現れるもののみを用いなさい。

- 燃料電池で得られる電気エネルギーは、ギブスの自由エネルギーで考える。ギブスの自由エネルギー  $G$  は、 $G = H - TS$  で定義される。ここで、 $H$  はエンタルピーで、内部エネルギー  $U$ 、圧力  $P$ 、体積  $V$  を用いて、 $H = \square a$  と表される。また、 $T$  と  $S$  は、それぞれ温度とエントロピーである。等温・等圧の条件下で  $G$  の変化  $dG$  を考えれば、 $U$ 、 $V$ 、 $S$  のそれぞれの変化を  $dU$ 、 $dV$ 、 $dS$  として、 $dG = \square b \dots (*)$  となる。
- 熱力学第一法則において、与える熱量を  $d'Q$  とする。また、外部への仕事は力学的仕事  $PdV$  と電氣的仕事  $d'W_e$  の和とする。すると、法則は  $dU = \square c \dots (**)$  と表される。
- $(**)$  式を用いると、 $(*)$  式は  $dG + d'W_e = \square d$  となる。熱力学第二法則から、 $\square d \leq 0$  なので、 $d'W_e \leq -dG$  となり、外部へ電氣的仕事を取り出すには、それより大きな  $-dG$ 、つまり  $G$  の減少が必要である。よって、燃料電池の最大出力は、ギブスの自由エネルギーの減少分である。

問題 E.

次のそれぞれのエネルギー貯蔵装置について、貯蔵されるエネルギー形態を含めて、貯蔵方法の概要を説明しなさい。

- (1) フライホイール
- (2) SMES

以上