

— 電気装備技術基準編 —

問 1. 船舶設備規程では、次の設備の入力端での電圧降下は何 V まで許容されているか。下表で空欄となっている許容電圧降下率(%)及び許容電圧降下(V)を記入せよ。(8 点)

設 備 名	許容電圧降下率 (%)	許容電圧降下 (V)
定格電圧 AC440V の電動機	( 5 )	( 22 )
定格電圧 AC220V の電熱器	( 5 )	( 11 )
定格電圧 AC100V の制御装置	( 5 )	( 5 )
定格電圧 DC24V の通信装置	( 10 )	( 2.4 )

〔解説〕 船舶設備規程では照明設備、動力設備及び電熱設備の電路による電圧降下は、設備の定格電圧の 5 パーセント以下（電路電圧が 24 ボルト以下の電路については、この限りではない。）と規定しており、船内通信及び信号設備の電路による電圧降下は、定格電圧 24 ボルト以下は 10 パーセント、24 ボルトを超えるものにあつては 5 パーセント以下と規定してある。

問 2. 次の文章のうち船舶設備規程上正しいものには○印を、正しくないものには×印を（ ）内につけよ。(10 点)

- ( ○ ) ① 船舶の安全性又は居住性に直接関係のある回転機械（発電機、電動機）の軸方向は、なるべく船首尾方向と一致させなければならない。
- ( × ) ② 3 心 EP ゴム絶縁ビニルシースあじろがい装ケーブル（TPYC）は、その外径の 4 倍の半径でわん曲してもよい。
- ( × ) ③ 総トン数 1200 トンの旅客フェリー（ロールオン・ロールオフ旅客船）には、蓄電池一体型非常照明装置を備え付ける必要がない。
- ( ○ ) ④ 照明装置の最終分岐回路に接続する電灯及び小形電気器具の総数は、15 個以下でなければならない。
- ( × ) ⑤ 蓄電池室、塗料庫の照明設備は耐圧防爆構造のものでなくてもよい。
- ( × ) ⑥ 近海区域を航行区域とする総トン数 700 トンの貨物船は非常電源を備える必要はない。
- ( ○ ) ⑦ 水密甲板又は水密隔壁を貫通する電路は電線貫通金物等を使用し、水密又は気密を保持する必要がある。
- ( × ) ⑧ 配電盤から動力設備及び電熱設備に至る電路は、これらの配電盤より照明設備に至る電路から分岐して配線してもよい。
- ( × ) ⑨ 配電盤がデッドフロント構造であれば、AC220V の配電盤の前後の床面には、絶縁性敷物は必要がない。
- ( × ) ⑩ 近海区域を航行区域とする総トン数 120 トンの客船には、船橋航海当直警報装置を備える必要はない。

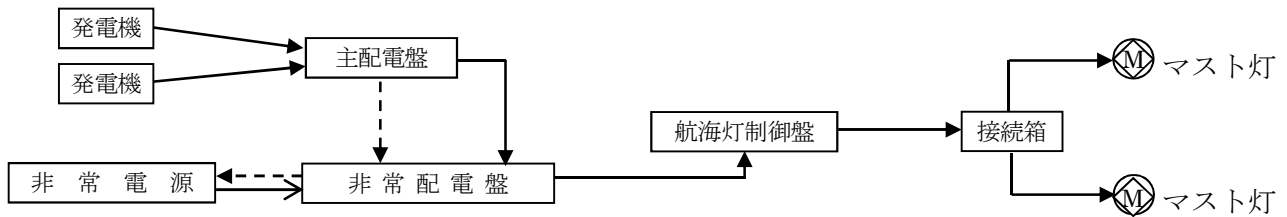
問 3. 船舶設備規程で、2 組以上の発電設備を要求される船舶を四つあげよ。(4 点)

(答) 下記から四つを選ぶ。

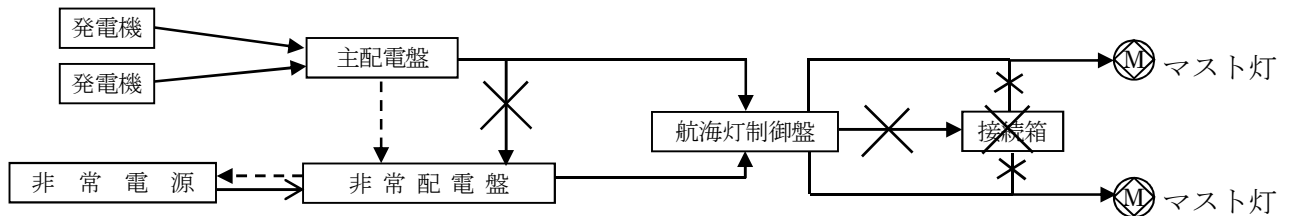
- ① 外洋航行船

- ② 外洋航行船以外の旅客船（係留船を除く。）
- ③ 係留船（管海官庁が当該係留船の係留の態様を考慮して必要と認めるものに限る。）
- ④ 国際航海に従事する総トン数 500 トン以上の漁船
- ⑤ ①、② 及び④に掲げる船舶以外の機関区域無人化船

問 4. 下図は、外洋航行船（臨時の非常電源をもつ旅客船を除く。）及び国際航海に従事する総トン数 500 トン以上の漁船に対する航海灯（マスト灯）への給電経路を示すが、給電経路に誤りがある。図面上に誤っている給電経路を×印で消し、正しい給電経路を示せ。（4 点）



(答)



— 電気計算編 —

問 5. 定格電圧  $V$  が 450 [V]、定格電流  $I$  が 385 [A] の三相交流発電機について、次の質問に答えよ。（4 点）

- (1) 設問の発電機に接続された船内負荷合計電力は 180 [kW]、負荷力率は 86%であった。このときの発電機負荷電流  $I$  はいくらか。

(答) 発電機出力  $P$  [kW] =  $\sqrt{3}VI\cos\theta \times 10^{-3}$  から

$$\begin{aligned} \text{発電機電流 } I &= \frac{P \times 10^3}{\sqrt{3}V\cos\theta} \\ &= \frac{180 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 450 \times 0.86} \doteq \frac{180,000}{670.3} \doteq 268.5 \quad [\text{A}] \end{aligned}$$

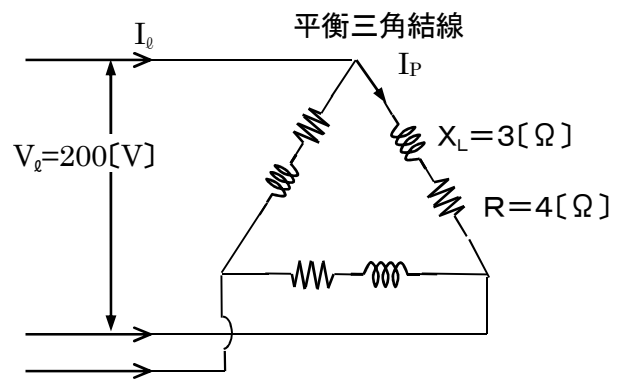
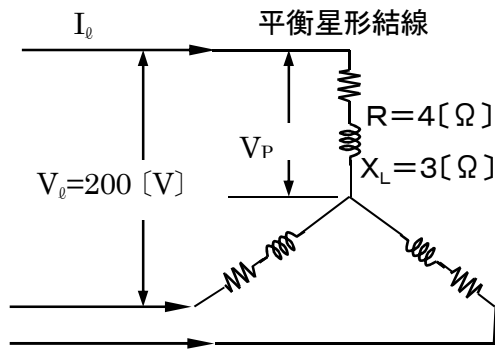
- (2) 定格出力で運転中の発電機を急に無負荷にしたとき電圧が 463 [V] となった。この時の電圧変動率  $\varepsilon$  [%] を求めよ。

(答) 電圧変動率  $\varepsilon$  [%] =  $\frac{V_0 - V_n}{V_n} \times 100 = \frac{463 - 450}{450} \times 100 \doteq 2.9$  [%]

ただし、 $V_0$  : 定格出力から無負荷になった時の電圧、 $V_n$  : 定格電圧 (定格負荷時の電圧)

問 6. 下図の平衡星形結線及び平衡三角結線の負荷に線間電圧  $V_l=200$  [V]、周波数 60 [Hz] の三相交流電圧を加えた時、それぞれの各相インピーダンス、負荷力率 [%]、線電流  $I_l$  [A] 及び負荷電力  $P$  [kW] を求めよ。

ただし、各相のインピーダンス  $Z$  はそれぞれ等しく、抵抗  $R=4$  [ $\Omega$ ]、リアクタンス  $X_L=3$  [ $\Omega$ ] とする。



(1) 両結線の負荷について

① 各相のインピーダンス  $Z$  及び 負荷力率  $\cos\theta$  はいくらか (2点)

(答)  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5 \quad [\Omega]$

負荷力率  $\cos\theta = \frac{R}{Z} = \frac{4}{5} = 0.8$  従って 80 [%] となる。

(2) 平衡星形結線の場合

① 線電流  $I_l$  はいくらか。 (2点)

(答) 相電圧  $V_p = \frac{V_l}{\sqrt{3}} = \frac{200}{\sqrt{3}} \doteq 115.5 \quad [V]$ 、相電流  $I_p = \frac{V_p}{Z} = \frac{115.5}{5} = 23.1 \quad [A]$

星形結線の場合、線電流  $I_l =$  相電流  $I_p$  であるから  
線電流  $I_l = I_p = 23.1 \quad [A]$  となる。

② 負荷電力  $P$  はいくらになるか。 (2点)

(答) 負荷電力  $P = \sqrt{3} V_l \cdot I_l \cos\theta \times 10^{-3} \quad [kW]$   
 $= \sqrt{3} \times 200 \times 23.1 \times 0.8 \times 10^{-3} \doteq 6.4 \quad [kW]$

(3) 平衡三角結線の場合

① 線電流  $I_l$  はいくらか。 (2点)

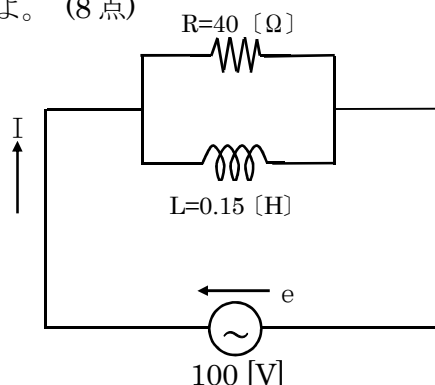
(答) 相電圧  $V_p = 200 \quad [V]$ 、従って、相電流  $I_p = \frac{V_p}{Z} = \frac{200}{5} = 40 \quad [A]$

三角結線の場合、線電流  $I_l = \sqrt{3} \times$  相電流  $I_p$  であるから  
線電流  $I_l = \sqrt{3} I_p = \sqrt{3} \times 40 \doteq 69.3 \quad [A]$  となる。

② 負荷電力  $P$  はいくらになるか。 (2点)

(答) 負荷電力  $P = \sqrt{3} V_l \cdot I_l \cos\theta \times 10^{-3} \quad [kW]$   
 $= \sqrt{3} \times 200 \times 69.3 \times 0.8 \times 10^{-3} \doteq 19.2 \quad [kW]$

問7. 図のように抵抗  $R=40 \quad [\Omega]$ 、インダクタンス  $L=0.15 \quad [H]$  の並列回路に AC100 [V] 60 [Hz] の単相交流電圧を加えた場合、次の問に答えよ。 (8点)



(1) AC100V、60Hzの電圧を加えたときのインダクタンスLの誘導リアクタンス $X_L$ は何 $[\Omega]$ か。

(答)  $X_L = \omega L = 2\pi fL = 2 \times \pi \times 60 \times 0.15 \doteq 56.5 \quad [\Omega]$

(2) 負荷の合成インピーダンス $Z$   $[\Omega]$ を求めよ。

(答)  $Z = |\dot{Z}| = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_L}\right)^2}} = \frac{R \cdot X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} = \frac{40 \times 56.5}{\sqrt{40^2 + 56.5^2}} \doteq 32.6 \quad [\Omega]$

(3) 抵抗 $R$ を流れる電流 $I_R$  [A]及びインダクタンス $L$ を流れる電流 $I_L$  [A]を求めよ。

(答)  $I_R = \frac{E}{R} = \frac{100}{40} = 2.5 \quad [A]$ 、 $I_L = \frac{E}{X_L} = \frac{100}{56.5} \doteq 1.77 \quad [A]$

(4) 回路の電流 $I$  [A]を求めよ。

(答)  $I = \frac{E}{Z} = \frac{100}{32.6} \doteq 3.07 \quad [A]$  又は、 $I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2} = \sqrt{2.5^2 + 1.77^2} \doteq 3.06 \quad [A]$

問8. 極数 $P$ が4極の三相誘導電動機に、端子電圧 $V$ が440 [V]、周波数 $f$ が60 [Hz]の電源を印加し、定格負荷をかけたとき、回転速度 $N$ は1,725 [ $\text{min}^{-1}$ ]、電流 $I$ は75 [A]、力率 $\cos\theta$ は84 [%]であった。これに関し、次の問に答えよ。ただし、誘導電動機の効率 $\eta$  ( $I-\eta$ )は92 [%]とする。(4点)

(1) 電動機の入力 $P_1$  [kW]を求めよ。

(答) 入力 $P_1$  [kW] =  $\sqrt{3} V I \cos\theta \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times 440 \times 75 \times 0.84 \times 10^{-3} \doteq 48 \quad [\text{kW}]$

(2) 電動機の実出力 $P_0$  [kW]を求めよ。

(答) 出力 $P_0$  [kW] = 電動機入力 $P_1 \times$  効率 $\eta = 48 \times 0.92 \doteq 44 \quad [\text{kW}]$

(3) 電動機の同期速度 $N_s$  [ $\text{min}^{-1}$ ]を求めよ。

(答) 同期速度 $N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 60}{4} = 1,800 \quad [\text{min}^{-1}]$

(4) 電動機のすべり $s$  [%]を求めよ。

(答) 定格負荷時の回転速度を $N$  [ $\text{min}^{-1}$ ]とすると、  
すべり $s = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100 = \frac{1,800 - 1,725}{1,800} \times 100 \doteq 4.2 \quad [\%]$

— 電気機装設計編 —

問9. 電気設備の設計にあたり船舶における環境条件で考慮すべき事項のうち3項目あげよ。(3点)

(答) 下記から3項目を選ぶ。

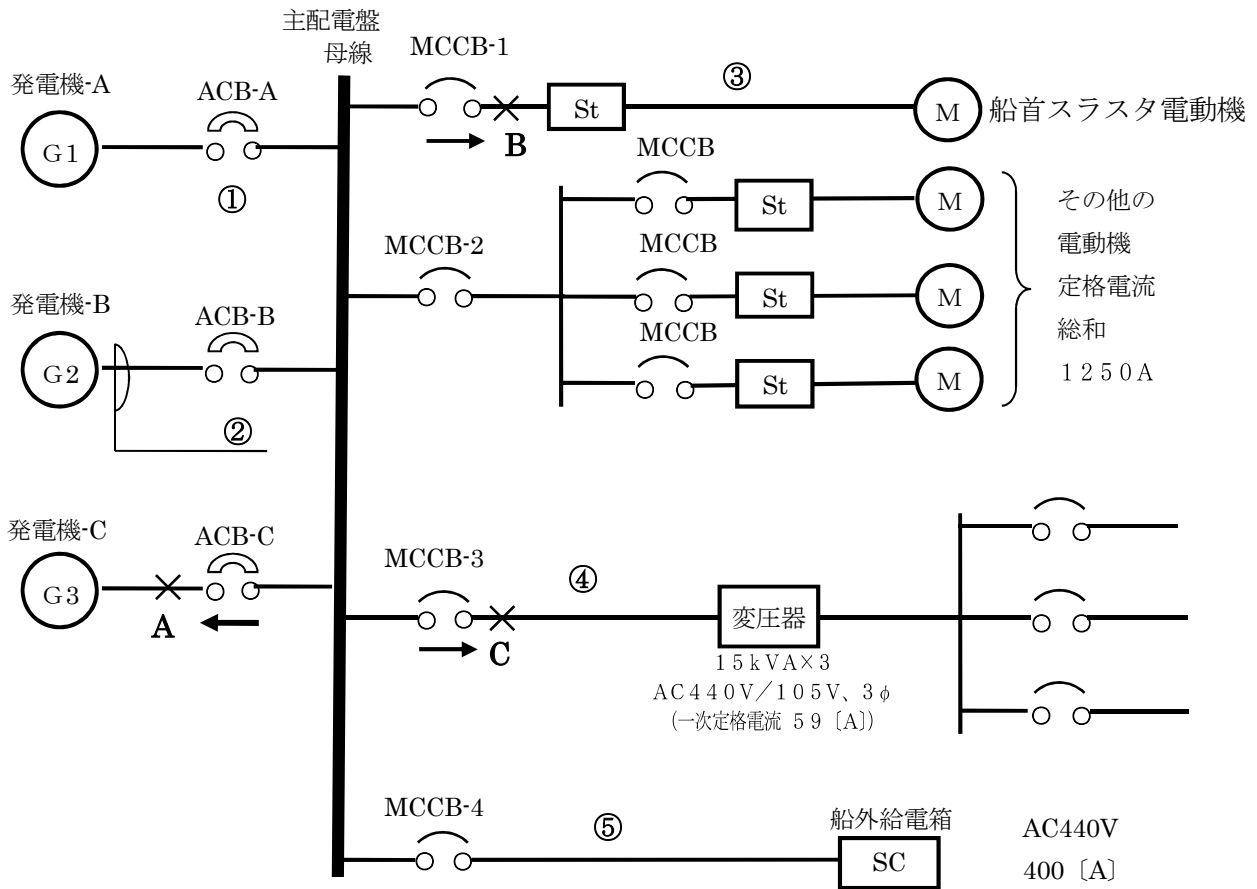
- |             |               |                 |
|-------------|---------------|-----------------|
| ① 周囲温度      | ⑥ 電源変動        | ⑪ かび            |
| ② 湿度        | ⑦ 無線通信及び通話の障害 | ⑫ 海水ひまつ、酸霧、油霧など |
| ③ 船体の動揺及び傾斜 | ⑧ 外部磁界の影響     | ⑬ 危険場所          |
| ④ 振動        | ⑨ じんあい        |                 |
| ⑤ 外被保護形式    | ⑩ 電気機器の絶縁距離   |                 |

問 10. 次の主電路系統図について次の問に答えよ。

ただし、3台の交流発電機の要目はすべて同じとする。また、交流発電機 A,B,C 及び船首スラスト電動機の要目は下記の通りとする。

発電機-A、-B、-C : 625 [kVA] 定格電圧 : AC 450 [V] 定格周波数 : 60 [Hz] 定格電流 $I_g$ : 802 [A]	船首スラスト電動機 : 320 [kW] 定格電圧 : AC 440 [V] 定格周波数 : 60 [Hz] 定格電流 $I_m$ : 525 [A]
---	--

主電路系統図



問 10-1. 発電機 3 台並列運転で、船首スラストを運転している条件で、次の設問(1)、(2)、(3)及び(4)を簡易計算法で計算せよ。

(1) 発電機 1 台が供給する短絡電流  $I_{gc}$  はいくらか。(2 点)

(答)  $I_{gc} = 10 \times I_g = 10 \times 802 = 8,020$  [A]

(2) A 点で短絡事故が発生した場合、気中遮断器 ACB-C を流れる短絡電流  $I_{SA}$  はいくらか。(2 点)

(答) 発電機から供給される短絡電流  $I_{GC} = 2 \times 8,020 = 16,040$  [A]

船首スラスト電動機から供給される短絡電流  $I_{mS1} = 3 \times 525 = 1,575$  [A]

その他の電動機から供給される短絡電流  $I_{ms2} = 3 \times 1,250 = 3,750$  [A]

従って、ACB-C を流れる短絡電流  $I_{SA}$  は次のようになる。

$$I_{SA} = I_{GC} + I_{ms1} + I_{ms2} = 16,040 + 1,575 + 3,750 = 21,365 \quad [A]$$

(3) B 点で短絡した場合、配線用遮断器 MCCB-1 を流れる短絡電流  $I_{SB}$  はいくらか。(2 点)

(答) 全発電機から供給される短絡電流  $I_{GC} = 3 \times 8,020 = 24,060$  [A]

その他の電動機から供給される短絡電流  $I_{ms2} = 3 \times 1,250 = 3,750$  [A]

従って、MCCB-1 を流れる短絡電流  $I_{SB}$  は次のようになる。

$$I_{SB} = I_{GC} + I_{ms2} = 24,060 + 3,750 = 27,810 \quad [A]$$

(4) C 点で短絡した場合、配線用遮断器 MCCB-3 を流れる短絡電流  $I_{SC}$  はいくらか。(2 点)

(答) 全発電機から供給される短絡電流  $I_{GC} = 3 \times 8,020 = 24,060$  [A]

船首スラスト電動機から供給される短絡電流  $I_{ms1} = 3 \times 525 = 1,575$  [A]

その他の電動機から供給される短絡電流  $I_{ms2} = 3 \times 1,250 = 3,750$  [A]

従って、MCCB-3 を流れる短絡電流  $I_{SC}$  は次のようになる。

$$I_{SC} = I_{GC} + I_{ms1} + I_{ms2} = 24,060 + 1,575 + 3,750 = 29,385 \quad [A]$$

[解説]

主回路系統図において A 点で短絡した場合、A 点を流れる短絡電流は発電機-A、発電機-B と MCCB-1、及び MCCB-2 系統の電動機から供給される。

B 点で短絡した場合、B 点を流れる短絡電流は発電機-A、発電機-B、発電機-C の全発電機と MCCB-2 系統の電動機から供給される。

C 点で短絡した場合、C 点を流れる短絡電流は発電機-A、発電機-B、発電機-C の全発電機と MCCB-1 および MCCB-2 系統の全電動機から供給される。

問 10-2. 図中の①、②、③、④及び⑤に関して、次の問に答えよ。

(1) ACB の引外し電流設定値 ① はいくらに設定するか。(2 点)

(答) ACB の引き外し電流設定値

$$= \text{発電機の定格電流} \times 1.15 = 802 \times 1.15 = 922 \quad [A]$$

(又は、= 発電機の定格電流  $\times 1.10 = 802 \times 1.10 = 882$  [A] )

(2) ケーブル②、③、④及び⑤の種類と太さ [mm<sup>2</sup>] を下表より選んで記入せよ。(4 点)

ケーブルの許容電流表 (周囲温度 45℃) (JIS C 3410-2010 船用電線)

種類、太さ [mm <sup>2</sup> ]	許容電流 [A]	種類、太さ [mm <sup>2</sup> ]	許容電流 [A]
TPYC-1.5	16	TPYC-35	110
TPYC-2.5	21	TPYC-50	137
TPYC-4	28	TPYC-70	169
TPYC-6	36	TPYC-95	205
TPYC-10	50	TPYC-120	237
TPYC-16	67	TPYC-150	272
TPYC-25	89	TPYC-185	311

(答) ケーブル②: TPYC-95×5 本 又は TPYC-120×4 本

ケーブル③: TPYC-95×3 本 又は TPYC-70×4 本

ケーブル④: TPYC-16×1 本

ケーブル⑤: TPYC-95×2 本

[解説]

- ② 発電機の ACB の設定値 922 [A] 以上のケーブルを選びます。  
従って「許容電流が 237 [A] の TPYC-120」×4 本か「205 [A] の TPYC-95」×5 本を選  
定します。
- ③ スラスト電動機の定格電流は 525 [A] であるからケーブルの許容電流が  $525 \times 1.1 = 578$   
[A] 以上のケーブルを選びます。  
従ってケーブルの「許容電流が 205 [A] の TPYC-95」×3 本又は「169 [A] の TPYC-70」  
×4 本を選定します。  
電動機へ単独給電する場合のケーブルは、余裕度 10 [%] を考慮にいて電動機の定格  
電流の 110 [%] 以上の許容電流をもったサイズとする必要があります。
- ④ 変圧器の一次定格電流  $I_1 = 59$  [A] 以上のケーブルを選びます。  
従って、許容電流が 67 [A] の TPYC-16 を選定します。
- ⑤ 船外給電箱の定格電流 400 [A] 以上のケーブルを選びます。  
従って「許容電流が 205 [A] の TPYC-95」×2 本を選定します。

問 11. 次の文章は、適切に保護された給電及び配電回路について述べたものである。文中の空欄  
の中に、用語欄から適切な語句を選び記入せよ。(8点)

- (1) 選択遮断方式とは、**主配電盤** 母線上の短絡事故を除き、給電及び配電回路の大電流事故  
の際、発電機用遮断器が開極動作をする前に、**事故点** に最も近い給電線の遮断器だけが  
開極動作をすることである。
- (2) 後備遮断方式とは、電源に最も近い遮断器だけがその回路の短絡電流より **大きな** 遮断容  
量を持ち、それより負荷側の遮断器は、その点の短絡電流よりも **小さな** 遮断容量の遮断  
器で構成することができる保護方式である。
- (3) 保護装置の協調とは、短絡電流を含む過電流が流れたとき、**事故回路** のみを遮断し健全  
な回路を保護するため、遮断器又はヒューズの特性を理解し、電源側の遮断器が **負荷** 側  
の遮断器より先に遮断しないように適切に組み合わせることである。
- (4) 短絡電流計算は、給電回路に流れる最大 **事故電流** である短絡電流を計算し、回路を保  
護する気中遮断器、配線用遮断器又はヒューズの **容量** 及び組合せが、回路の安全を確  
保する上で、適切であることを確認するために行うものである。

用語：事故点、電源、大きな、遮断器、組合せ、事故回路、非常配電盤、事故電流、遮断、主  
配電盤、容量、保護、安全、負荷、ヒューズ、小さな、

— 試験検査編 —

問 12. 次の文章は、船舶安全法の目的について述べたものである。文中の空欄  の中に用  
語欄から適切な語句を選び記入せよ。(10点)

船舶は、海上において航行の用に供される **交通具** であるところから、一度港を離れると  
長期間にわたり陸上から孤立して行動することとなり、気象、**海象** の変化に伴う特別の危険  
に遭遇することも多く、陸上のそれに比し一段と安全の **確保** のための措置を図る必要がある。  
海上における人命の安全を確保するためには、船舶の **構造** が堪航性（海上において通常  
予想される危険に耐え、安全に航行することができる凌波性、復原性、操縦性等の性能を有してい

る状態をいう。)を保持するに十分なものであること、万一 **非常の危険** に遭遇した場合でも、人命の安全を **保持** することができるだけの **諸設備** が船舶に施設されていること及び船舶に搭載する **危険物** 等の積付方法等航行上の危険防止について特別の考慮を払う必要がある。

このため、船舶安全法は、**船舶所有者**、船長、**荷送人** 等に対し、法に掲げる事項を遵守させることによって、船舶の堪航性の保持と人命の安全の確保を目的とする。

用語：天候、交通具、海象、配置、確保、向上、構造、考慮、非常の危険、用具、保持、諸設備、事故、危険物、船舶所有者、荷物、荷送人、食料、船級協会、受取人

問 13. 予備検査とはどのような検査かを簡潔に述べ、予備検査対象となる電気設備に係わる物件を 5 つ選べ。

(1) 予備検査とは：(2点)

(答) 船舶の一般施設として物件を備え付ける場合に、これを備え付ける船舶が特定しない場合でも、事前に検査を受けることができる。(法第 6 条第 3 項) この検査を予備検査という。

(2) 下記は、予備検査対象物件の一部で電気を使用するものであるが、予備検査対象となる「電気設備」に分類されている 7 品目とはどれか、残り 5 品目について( )内に○をつけよ。(5点)

(答) ここでは設問の解答を「◎」で表す。

- |               |              |             |            |
|---------------|--------------|-------------|------------|
| ( ) クレーン、     | ( ) 非常標識、    | (◎) 電動機、    | ( ) 船灯     |
| ( ) 航海用レーダー、  | ( ) レーダー反射器、 | ( ) ガス検知装置、 | (◎) 配電盤、   |
| (◎) 変圧器、      | ( ) 自動操舵装置、  | (○) 制御器、    | ( ) 船速距離計、 |
| ( ) 汽笛、       | (○) 発電機、     | ( ) 音響測深機、  | (◎) 定周波装置、 |
| (◎) 防爆型の電気機器、 | ( ) 磁気コンパス、  | ( ) 船灯、     | ( ) 昇降機、   |

問 14. 交流発電機の過負荷試験は、製造工場における参考試験の位置づけになる。次の文章は、同試験の試験方法及び確認事項(過負荷条件)について述べたものである。空欄  の中に適切な語句を記入せよ。(4点)

① 試験方法

**温度試験** に引きつづいて行い、発電機の電圧、回転速度及び周波数を一定に保って、規定の過負荷条件を与え、電氣的、機械的、 **熱的** に異常のないことを確かめるものである。

② 確認事項(過負荷条件)

規定の過負荷条件としては、NK規則では  **50%過電流** で 2 分間、船舶設備規程では 50% 過負荷で  **1 分間** 支障なく運転できるものと規定している。

問 15. 交流発電機の並列投入、負荷移行試験について簡潔に述べよ。(2点)

(答) 1 台の発電機を適宜の負荷において、定格電圧、定格周波数、定格力率(又は 100%力率)で運転中、他の発電機をこれと並列に投入して負荷を移動し、並列投入の難易及び任意の負荷分担において異常のないことを確認する。