

2019 年(令和元年)作成

船舶電気装備技術講座

(初級)

電気機器編

は し が き

船舶用電気機器は船舶の航行条件（振動、衝撃、傾斜等）、気象、海象状況及び装備場所の条件等陸用機器と異なる種々の条件を満足するものでなければならない。

本指導書は船舶用電気機器に対する一般的要求事項を始めとして、搭載機器全般にわたりそれらの概要を記述したものである。

電気機器は日進月歩技術的進歩が著しく常に漸新な部品や製品が開発されている現状であるので本指導書を熟読してそれらを学ぶうえでの基礎としてもらいたい。

なお、本書はポートルースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成したものである。

目 次

1 電気機器に対する一般的要求事項	1
1.1 一般事項	1
1.1.1 大きさ	1
1.1.2 質量	1
1.1.3 温度	1
1.1.4 湿度	2
1.1.5 ほこり	2
1.1.6 塩水飛まつ及び酸霧	2
1.1.7 かび	2
1.1.8 金属の腐食	2
1.1.9 動揺及び傾斜	2
1.1.10 振動及び衝撃	3
1.1.11 電圧及び周波数の変動	3
1.1.12 外部磁界の影響	3
1.1.13 誘導障害	3
1.1.14 風圧	3
1.1.15 操作、手入及び調整	3
1.1.16 しゃ光	3
1.1.17 防そ	3
1.1.18 耐圧強度	3
1.1.19 互換性	4
1.1.20 機器の外被の保護形式	4
1.1.21 防爆構造の種類	8
1.2 材料及び加工方法	8
1.2.1 材料	8
1.2.2 加工方法	9
1.3 部品	11
1.3.1 ボルト、ナット及び小ねじ	11
1.3.2 各部品	11
1.4 構造	11
1.4.1 寸法差	11
1.4.2 ハンドルの取っ手等の操作と状態の表示	11
1.4.3 端子等の配列及び表示	12
1.4.4 落下強度	12
1.4.5 機器への電線導入	12
1.4.6 絶縁距離	12
1.4.7 機器内部配線用電線の許容電流	13

1.4.8	防そ構造	13
1.4.9	手入等のためのふた	13
1.4.10	電氣的保安構造	14
1.4.11	接 地	14
1.5	性 能	14
1.5.1	定 格	14
1.5.2	効 率	14
1.5.3	絶 縁	15
1.5.4	温度上昇	16
1.5.5	母線の定格電流	16
1.5.6	電源電圧及び周波数の影響	16
1.5.7	スイッチ、接点等の開閉容量及び寿命	17
1.5.8	遮断器、接触器の開閉耐久性能及びヒューズの遮断容量	17
1.5.9	抵抗値の許容差	20
1.5.10	発生騒音	20
1.6	表 示	21
1.7	予備品及び用具	21
1.7.1	予備品	21
1.7.2	用 具	21
1.8	復習問題 (1)	21
	復習問題解答	21
2	電気機器	22
2.1	交流発電機	22
2.1.1	一 般	22
2.1.2	原 理	22
2.1.3	種 類	23
2.1.4	規定による電圧特性上の区分	29
2.1.5	自動電圧調整器	30
2.1.6	主軸駆動発電装置	37
2.2	配電盤	41
2.2.1	種 類	41
2.2.2	形 状	42
2.2.3	保護構造	43
2.2.4	交流配電盤の計画	43
2.3	変圧器	53
2.3.1	原 理	53
2.3.2	変圧比	54
2.3.3	変流比	54
2.3.4	極性及び端子記号	55

2.3.5	インピーダンス電圧	55
2.3.6	定格及び特性	56
2.3.7	種類	57
2.3.8	変圧器の接続	59
2.3.9	変圧器の定格及び特性等	61
2.4	三相誘導電動機	61
2.4.1	原理	61
2.4.2	種類	65
2.4.3	JIS 又は NK 規則電動機の相違点	67
2.4.4	三相誘導電動機の始動	68
2.4.5	始動器に関する主な事項	70
2.4.6	誘導電動機の世界速度制御	71
2.4.7	三相誘導電動機の単相運転防止	72
2.5	小形電動機	72
2.5.1	小形電動機の種類	72
2.5.2	各電動機類の要点	73
2.6	蓄電池	81
2.6.1	電池の種類	81
2.6.2	鉛蓄電池の原理	81
2.6.3	鉛蓄電池の構造	81
2.6.4	蓄電池の化学式	82
2.6.5	鉛蓄電池とアルカリ蓄電池の比較	82
2.6.6	蓄電池の容量	82
2.6.7	船用鉛蓄電池の寸法と性能	83
2.6.8	蓄電池の充電	83
2.7	整流器と直流-交流変換装置	86
2.7.1	半導体素子	86
2.7.2	半導体整流器	90
2.7.3	非常電源用インバータ	103
2.7.4	蓄電池充電用整流装置	104
2.7.5	動力電源用インバータ	107
2.8	直流機	112
2.8.1	一般	112
2.8.2	直流発電機	112
2.8.3	直流電動機	114
2.8.4	直流電動機の始動及び速度制御	115
2.8.5	可逆運転サイリスタレオナード装置の結線方式	118
2.9	電熱装置	119
2.10	照明灯、船灯及び信号灯	120
2.10.1	光源	120

2.10.2	照明器具	122
2.10.3	防爆灯器具	122
2.10.4	投光照明器具	122
2.10.5	探照灯	122
2.10.6	非常灯	122
2.10.7	船灯	123
2.10.8	信号灯及び標識灯	123
2.11	船内通信装置	124
2.11.1	エンジンテレグラフ及び舵角指示器	124
2.11.2	電話装置	124
2.11.3	拡声装置	126
2.11.4	ベル、ブザー、ホーンなどの音響信号装置	126
2.11.5	警報装置	126
2.11.6	汽笛	128
2.11.7	監視用テレビジョン	129
2.11.8	その他の警報装置	129
2.12	計測制御装置	130
2.12.1	温度計	130
2.12.2	流量計	130
2.12.3	液面計	130
2.12.4	回転計	131
2.12.5	その他の計測装置	131
2.12.6	論理制御回路の基本要素	132
2.13	航行設備	134
2.13.1	磁気コンパス	134
2.13.2	ジャイロコンパス	134
2.13.3	GPS コンパス	134
2.13.4	船首方位伝達装置 (THD)	134
2.13.5	自動操舵装置	135
2.13.6	回頭角速度計	135
2.13.7	コースレコーダ	135
2.13.8	航跡自画器	135
2.13.9	船内時計	135
2.13.10	風向風速計	135
2.13.11	音響測深機及び魚群探知機	136
2.13.12	船速距離計	136
2.13.13	ソナー	136
2.13.14	無線方位測定機	137
2.13.15	ロランC受信機	137
2.13.16	衛星航法装置 (GPS 受信機)	137

2. 13. 17	航海用レーダー	138
2. 13. 18	電子プロット装置 (EPA)	138
2. 13. 19	自動物標追跡装置 (ATA)	139
2. 13. 20	自動衝突予防援助装置 (ARPA)	139
2. 13. 21	電子海図表示装置	139
2. 13. 22	船舶自動識別装置 (AIS)	140
2. 13. 23	航海情報記録装置 (VDR)	140
2. 13. 24	ワンマン・ブリッジ・コントロール・システム	140
2. 13. 25	船橋航海当直警報装置 (BNWAS)	141
2. 14	GMDSS 設備	142
2. 14. 1	ナビテックス受信機 (NAVTEX)	142
2. 14. 2	インマルサット装置 (通信衛星装置)	142
2. 14. 3	インマルサット高機能グループ呼出受信機 (EGC)	143
2. 14. 4	VHF デジタル選択呼出装置 (DSC)	143
2. 14. 5	VHF デジタル選択呼出聴守装置 (DSC 聴守装置)	143
2. 14. 6	狭帯域直接印刷電信装置 (NBDP)	143
2. 14. 7	双方向無線電話装置	143
2. 14. 8	極軌道衛星利用非常用位置指示無線標識装置 (衛星 EPIRB)	143
2. 14. 9	レーダー・トランスポンダー (SART)	144
2. 15	その他の無線装置等	144
2. 15. 1	模写電送装置 (FAX)	144
2. 15. 2	船上通信装置	144
2. 15. 3	衛星放送受信装置	144
2. 16	復習問題 (2)	145
	復習問題解答	146
3	指示電気計器と計測	147
3. 1	指示電気計器の階級と用途	147
3. 2	計器取扱い上の注意	147
3. 3	計器の三要素とその他部品	147
3. 3. 1	駆動装置	147
3. 3. 2	制御装置	147
3. 3. 3	制動装置	148
3. 3. 4	その他部品	148
3. 4	永久磁石可動コイル形計器	148
3. 4. 1	直流電流計	148
3. 4. 2	直流電圧計	149
3. 5	電流力計形計器	150
3. 5. 1	原理	150
3. 5. 2	交流電圧計	151

3.5.3	交流電流計	151
3.6	可動鉄片形計器	152
3.6.1	原理	152
3.6.2	電流計	152
3.6.3	電圧計	152
3.6.4	使用上の注意	152
3.7	指示電力計	153
3.7.1	原理	153
3.7.2	直流回路の場合	153
3.7.3	交流回路の場合	153
3.7.4	接続法	153
3.8	三相電力計	154
3.9	周波数計	154
3.9.1	振動片形周波数計	154
3.9.2	電流力計形周波数計	154
3.10	同期検定装置	155
3.10.1	同期検定灯	155
3.10.2	回転同期検定器	156
3.11	相順検定器（検相器）	157
3.11.1	三相誘導電動機を用いる場合	157
3.11.2	検相灯	157
3.12	電流力計型力率計（三相式）	158
3.13	電気諸量測定法	159
3.13.1	直流電圧の測定	159
3.13.2	直流電流の測定	159
3.13.3	交流電圧の測定	160
3.13.4	交流電流の測定	161
3.13.5	抵抗の測定	161
3.13.6	直流電力の測定	164
3.13.7	単相交流電力・力率の測定	164
3.13.8	三相交流電力の測定	166
3.14	復習問題（3）	168
	復習問題解答	169
4	付録 電気関係規格一覧表	170

目 次

1 電気機器に対する一般的要求事項	1
1.1 一般事項	1
1.1.1 大きさ	1
1.1.2 質量	1
1.1.3 温度	1
1.1.4 湿度	2
1.1.5 ほこり	2
1.1.6 塩水飛まつ及び酸霧	2
1.1.7 かび	2
1.1.8 金属の腐食	2
1.1.9 動揺及び傾斜	2
1.1.10 振動及び衝撃	3
1.1.11 電圧及び周波数の変動	3
1.1.12 外部磁界の影響	3
1.1.13 誘導障害	3
1.1.14 風圧	3
1.1.15 操作、手入及び調整	3
1.1.16 しゃ光	3
1.1.17 防鼠(そ)	3
1.1.18 耐圧強度	3
1.1.19 互換性	4
1.1.20 機器の外被の保護等級	4
1.1.21 防爆構造の種類	8
1.2 材料及び加工方法	9
1.2.1 材料	9
1.2.2 加工方法	10
1.3 部品	11
1.3.1 ボルト、ナット及び小ねじ	11
1.3.2 各部品	11
1.4 構造	11
1.4.1 寸法差	11
1.4.2 ハンドルの取っ手等の操作と状態の表示	12
1.4.3 端子等の配列及び表示	12
1.4.4 落下強度	13
1.4.5 機器への電線導入	13
1.4.6 絶縁距離	13
1.4.7 機器内部配線用電線の許容電流	14
1.4.8 防そ構造(防鼠構造)	14

1.4.9	手入等のためのふた	14
1.4.10	電氣的保安構造	14
1.4.11	接地	15
1.5	性能	15
1.5.1	定格	15
1.5.2	効率	15
1.5.3	絶縁	15
1.5.4	温度上昇	16
1.5.5	母線の定格電流	16
1.5.6	電源電圧及び周波数の影響	17
1.5.7	スイッチ、接点等の開閉容量及び寿命	17
1.5.8	遮断器、接触器の開閉耐久性能及びヒューズの遮断容量	17
1.5.9	抵抗値の許容差	20
1.5.10	発生騒音	20
1.6	表示	21
1.7	予備品及び用具	21
1.7.1	予備品	21
1.7.2	用具	21
1.8	復習問題 (1)	22
	復習問題解答	22
2	電気機器	23
2.1	交流発電機	23
2.1.1	一般	23
2.1.2	原理	23
2.1.3	種類	24
2.1.4	規定による電圧特性上の区分	30
2.1.5	自動電圧調整器	31
2.1.6	主軸駆動発電装置	38
2.2	配電盤	42
2.2.1	種類	42
2.2.2	形状 (図 2.28 参照)	43
2.2.3	保護構造	44
2.2.4	交流配電盤の計画	44
2.3	変圧器	54
2.3.1	原理	54
2.3.2	変圧比	54
2.3.3	変流比	55
2.3.4	極性及び端子記号	56
2.3.5	インピーダンス電圧 (短絡インピーダンス)	56
2.3.6	定格及び特性	56

2.3.7	種類	58
2.3.8	変圧器の接続	60
2.3.9	変圧器の定格及び特性等	62
2.4	三相誘導電動機	63
2.4.1	原理	63
2.4.2	種類	66
2.4.3	JIS 又は NK 規則電動機の相違点	68
2.4.4	三相誘導電動機の始動	69
2.4.5	始動器に関する主な事項	71
2.4.6	誘導電動機の世界速度制御	72
2.4.7	三相誘導電動機の単相運転防止	73
2.5	小形電動機	73
2.5.1	小形電動機の種類	73
2.5.2	各電動機類の要点	74
2.6	蓄電池	82
2.6.1	電池の種類	82
2.6.2	鉛蓄電池の原理	82
2.6.3	鉛蓄電池の構造	82
2.6.4	鉛蓄電池の化学式	83
2.6.5	鉛蓄電池とアルカリ蓄電池の比較	83
2.6.6	蓄電池の容量	83
2.6.7	船用鉛蓄電池の寸法と性能 (JISF 8101:2003)	84
2.6.8	蓄電池の充電	85
2.7	整流器と直流-交流変換装置	87
2.7.1	半導体素子	87
2.7.2	半導体整流器	92
2.7.3	非常電源用インバータ	104
2.7.4	蓄電池充電用整流装置	105
2.7.5	動力電源用インバータ	108
2.8	直流機	113
2.8.1	一般	113
2.8.2	直流発電機	113
2.8.3	直流電動機	115
2.8.4	直流電動機の始動及び速度制御	116
2.8.5	可逆運転サイリスタレオナード装置の結線方式	119
2.9	電熱装置	120
2.10	照明灯、船灯及び信号灯	121
2.10.1	光源	121
2.10.2	照明器具	124
2.10.3	防爆灯器具	124

2.10.4	投光照明器具	124
2.10.5	探照灯	124
2.10.6	非常灯	124
2.10.7	船灯	125
2.10.8	信号灯及び標識灯	126
2.11	船内通信装置	126
2.11.1	エンジンテレグラフ及び舵角指示器	126
2.11.2	電話装置	127
2.11.3	船内指令装置	130
2.11.4	ベル、ブザー、ホーンなどの音響信号装置	131
2.11.5	警報装置	131
2.11.6	汽笛	135
2.11.7	監視用テレビジョン	136
2.11.8	その他の警報装置	136
2.12	計測制御装置	137
2.12.1	温度計	137
2.12.2	流量計	137
2.12.3	液面計	137
2.12.4	回転計	138
2.12.5	その他の計測装置	138
2.12.6	論理制御回路の基本要素	140
2.13	航行設備	141
2.13.1	磁気コンパス(Standard Magnetic Compass)	141
2.13.2	ジャイロコンパス(Gyro Compass)	141
2.13.3	GPS コンパス	141
2.13.4	船首方位伝達装置(THD : Transmitting Heading Device)	142
2.13.5	自動操舵装置(Heading Controller)	142
2.13.6	回頭角速度計(Turn Rate Indicator)	142
2.13.7	コースレコーダ(Course Recorder)	142
2.13.8	航跡自画器	142
2.13.9	船内時計	142
2.13.10	風向風速計(Anemometer)	143
2.13.11	音響測深機(ESD : Echo Sounding Device)及び魚群探知機	143
2.13.12	船速距離計 (速力航程計)	143
2.13.13	ソナー(Sonar)	144
2.13.14	無線方位測定機 (方向探知器) (Radio Direction Finder)	144
2.13.15	衛星航法装置(GPS 受信機 : Global Positioning System)	144
2.13.16	航海用レーダー(Marine Radar)	145
2.13.17	電子プロットイング装置(EPA : Electronic Plotting Aids)	145
2.13.18	自動物標追跡装置(ATA : Automatic tracking Aids)	145

2.13.19	自動衝突予防援助装置(ARPA : Automatic Radar Plotting Aids).....	145	-
2.13.20	電子海図表示装置	146	-
2.13.21	船舶自動識別装置(AIS : Automatic Identification System).....	147	-
2.13.22	航海情報記録装置(VDR : Voyage Data Recorder)	147	-
2.13.23	ワンマン・ブリッジ・コントロール・システム	147	-
2.13.24	船橋航海当直警報装置(BNwas)	148	-
2.14	GMDSS 設備	149	-
2.14.1	ナブテックス受信機(NAVTEX : Navigation Telex)	149	-
2.14.2	インマルサット装置 (通信衛星装置).....	149	-
2.14.3	インマルサット高機能グループ呼出受信機(EGC).....	151	-
2.14.4	VHF デジタル選択呼出装置(DSC).....	151	-
2.14.5	VHF デジタル選択呼出聴守装置 (DSC 聴守装置)	151	-
2.14.6	狭帯域直接印刷電信装置(NBDP)	151	-
2.14.7	双方向無線電話装置.....	151	-
2.14.8	極軌道衛星利用非常用位置指示無線標識装置(EPIRB).....	151	-
2.14.9	レーダー・トランスポンダー(SART).....	151	-
2.15	その他の無線装置等	152	-
2.15.1	模写電送装置(ファックス FAX : Facsimile)	152	-
2.15.2	船上通信装置.....	152	-
2.15.3	衛星放送受信装置.....	152	-
2.16	復習問題 (2).....	153	-
	復習問題解答	154	-
3	指示電気計器と計測	155	-
3.1	指示電気計器の階級と用途	155	-
3.2	計器取扱い上の注意	155	-
3.3	計器の三要素とその他部品	155	-
3.3.1	駆動装置.....	155	-
3.3.2	制御装置.....	156	-
3.3.3	制動装置.....	156	-
3.3.4	その他部品.....	156	-
3.4	永久磁石可動コイル形計器	156	-
3.4.1	直流電流計.....	156	-
3.4.2	直流電圧計.....	157	-
3.5	電流力計形計器	158	-
3.5.1	原理.....	158	-
3.5.2	交流電圧計.....	159	-
3.5.3	交流電流計.....	159	-
3.6	トランスデューサ形指示計器	160	-
3.6.1	トランスデューサ形の原理・・・電力計の例.....	160	-
3.6.2	電力計 (トランスデューサ形)	161	-

3.6.3	周波数（トランスデューサ形）	162
3.7	可動鉄片形計器	162
3.7.1	原理	162
3.7.2	電流計	163
3.7.3	電圧計	163
3.7.4	使用上の注意	163
3.8	指示電力計	163
3.8.1	原理	163
3.8.2	直流回路の場合	164
3.8.3	交流回路の場合	164
3.8.4	接続法	164
3.9	三相電力計	164
3.10	周波数計	165
3.10.1	振動片形周波数計	165
3.10.2	電流力計形周波数計	165
3.11	同期検定装置	166
3.11.1	同期検定灯	166
3.11.2	回転同期検定器	167
3.12	相順検定器（検相器）	168
3.12.1	三相誘導電動機を用いる場合	168
3.12.2	検相灯	168
3.13	電流力計形力率計（三相式）	169
3.14	電気諸量測定法	169
3.14.1	直流電圧の測定	169
3.14.2	直流電流の測定	170
3.14.3	交流電圧の測定	171
3.14.4	交流電流の測定	171
3.14.5	抵抗の測定	172
3.14.6	直流電力の測定	174
3.14.7	単相交流電力・力率の測定	175
3.14.8	三相交流電力の測定	176
3.15	復習問題（3）	180
	復習問題解答	181
4	附録	182