

中等专业学校教学用书

船舶机械的 电力驱动

弗列依德孙著



机械工业出版社

中等专业学校教学用书

船舶机械的电力驱动

弗列依德孙著

秦愷石 译
黄百钰



机械工业出版社

1959

出版者的話

本書敘述船舶机械电力驅动的理論和計算方法，并詳細地介紹了怎样繪制驅動裝置的机械特性曲綫和計算过渡过程。此外，書中还列举了各种电力驅動裝置的控制电路。

本書指定为船舶制造工业中等技术学校电工科教科書，并可作为設計机构工作人員及高等工业学校学生之参考書。

本書曾承王国权同志审阅。

2076/15

苏联 И. Р. Фрейдзон 著 'Электропривод судовых механизмов' (МАШГИЗ 1954 年第一版)

* * *

NO. 2053

1959 年 6 月第一版 1959 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₂₅ 字数 337 千字 印張 16¹¹/₂₅ 0,001— 1,500 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10) 2.00 元

目 次

序言	8
引言	9
第一章 船舶电力驱动装置运行的一般问题	12
§ 1 电动机结构型式的特征	12
1 电动机防止外界影响的保护方法 (12)——2 轴的布置和安装方法 (15)——3 轴承的型式 (15)	
§ 2 船舶电力驱动的直流电动机的基本特性	15
1 并激电动机 (16)——2 串激和复激电动机 (19)——3 发电机-电动机制 (22)	
§ 3 交流电动机的基本特性	26
1 电动机的型式及其应用范围 (26)——2 定子端电压不变时交流电动机的特性曲线 (30)——3 鼠笼式感应电动机在电压变动时的特性 (37)——4 电动机的阻抗 (39)	
§ 4 应用直流电动机的船舶电力驱动装置的过渡过程	41
1 引言 (41)——2 在恒定电压下应用并激电动机的电力驱动装置的过渡过程 (43)——3 电压变动时并激电动机的过渡过程 (49)——4 由单独的发电机供电时, 并激电动机的过渡过程 (52)	
§ 5 应用直流电动机的船舶电力驱动装置的起动方法和保护方法之选择原则	59
1 起动方法的选择原则 (59)——2 保护方法的选择原则 (61)	
§ 6 应用感应电动机的船舶电力驱动装置的过渡过程	63
1 前言 (63)——2 起动时的电磁过渡过程 (65)——3 过渡的电磁力矩 (67)——4 电压不变时的电力机械过渡过程 (68)——5 电动机起动时的容许电压降 (70)——6 电压变化时的过渡过程 (73)——7 电压突然变化时的过渡过程 (75)——8 电压有任意变化特性时的过渡过程 (80)——9 对于运转中的电力驱动装置所容许的电压降之确定 (84)	
§ 7 电网由于接入鼠笼式电动机所引起的电压变化	86
1 概论 (86)——2 电动机起动所引起的发电机电压的变化 (90)——3 初始的电压降 (90)——4 最大的电压降 (92)	
§ 8 应用鼠笼式电动机的船舶电力驱动装置的起动方法及保护装置	

的选择原理.....96

- 1 起动方法(96)——2 直接起动(97)——3 定子电路内接入有效电阻或电抗的起动(98)——4 将绕组由星形接法转换为三角形接法的起动(100)——5 用自耦变压器起动(103)——6 起动方法的比较及选择(104)——7 在直接起动下鼠笼式电动机的极限容量之确定(106)——8 选择保护方法的基础(110)

§ 9 船舶电力驱动装置的分析计算法112

- 1 计算的任务(112)——2 运动方程式(115)——3 阻力方程式(116)——4 驱动装置的运动方程式(119)——5 确定额定转矩的基础(121)——6 选择电动机的机械特性及其额定转速的基础(121)

第二章 操舵装置的电力驱动128

§ 10 操舵装置电力驱动用途及分类.....128

§ 11 舵的型式和作用力.....131

- 1 舵的型式(131)——2 水对舵板的压力(132)——3 舵所承受的压力及船舶的运动(134)——4 舵杆上的转矩(136)

§ 12 操舵传动机械的型式.....139

- 1 螺杆传动装置(139)——2 扇形传动装置(141)——3 舵链传动装置(142)——4 液压传动装置(143)——5 液压机(145)——6 液压泵(147)

§ 13 操舵装置的运行方式及对其电力驱动装置的要求.....150

§ 14 操舵装置电力驱动的遥控电路.....153

- 1 前言(153)——2 遥控电路的元件(154)——3 发电机-电动机控制系统(157)——4 带有正交磁场电机放大器的发电机-电动机控制系统(163)——5 由直流电网供电时的继电器-接触器式控制电路(164)——6 由交流电网供电时的继电器-接触器式控制系统(170)

§ 15 操舵驱动装置的自动(跟踪)控制系统.....174

- 1 概論(174)——2 发电机-电动机带有双绕圈的激磁机控制电路(177)——3 发电机-电动机带有自激电机扩大机型激磁机的控制电路(179)——4 应用密尔兹留欽及格尼乐雷保夫系统的控制电路(182)——5 发电机-电动机具有正交磁场电力扩大机型的激磁机控制电路(185)——6 液压舵机的控制电路(186)

§ 16 使船舶自动保持航行方向的操舵设备电力驱动装置的控制电路.....194

- 1 概論(194)——2 《电气仪表》工厂出品的控制系统(197)

§ 17 操舵装置具有机械传动的电力驱动之计算基础.....199

- 1 电力驱动计算的基本问题(199)——2 传动机械参数之确定(200)
- 3 阻力矩(204)——4 选择电动机额定转矩的基础(209)——5 选择电动机的特性曲线和额定转速的基础(210)——6 选择电动机型式的原则(215)

§ 18 操舵装置电动机的功率计算.....217

- 1 第一种近似计算法的原始数据和计算顺序(217)——2 所选用的电动机对于规定的移动持续时间是否相适应之校验(219)——3 从一舷侧移到另一舷侧所需转移时间的确定(224)——4 电力机械过渡过程考虑在内时, 舵板转移时间之确定(224)——5 按温升情况对所选择电动机的校验(226)——6 按温升情况校验电动机的精确方法(229)——7 根据温升情况校验多速感应电动机的特点(230)——8 船舶倒车时舵板转移时间的确定(233)——9 计算实例(234)

§ 19 电动液压舵机计算基础.....245

- 1 液压舵机的主要参数之确定(246)——2 变量泵的主要比值之确定(249)——3 液压驱动的基本关系(252)——4 液压驱动装置的运动方程式(253)——5 柱状活塞的移动时间(253)

§ 20 电动液压舵机之计算.....258

- 1 第一种近似算法(258)——2 第二种近似算法(261)——3 计算实例(264)

第三章 起锚系缆设备的电力驱动272

§ 21 起锚系缆设备的用途及其主要部件.....272

- 1 起锚系缆设备的用途(272)——2 锚的型式及锚链(273)——3 起锚系缆卷扬机(274)

§ 22 工作方式及对于起锚系缆设备电力驱动的基本要求.....278

- 1 抛锚与起锚时的工作方式与基本要求(278)——2 船舶系缆时的工作情况及其基本要求(282)

§ 23 起锚系缆设备的电力驱动装置之控制电路.....284

- 1 分类和应用范围(284)——2 控制系统的元件(286)——3 控制器式直流控制电路(293)——4 控制器式交流控制电路(295)——5 直流继电器接触器式控制电路(298)——6 交流继电器接触器式控制电路(304)——7 电机式控制系统(发电机-电动机)(309)

§ 24 起锚系缆装置电力驱动的计算原理.....310

- 1 计算的任务(310)——2 阻力矩的确定(312)——3 最大力矩的确定(317)——4 额定转矩之确定(318)——5 求电动机额定转速之原理(318)——6 计算实例(321)——7 电动机型式的选择原则(322)

§ 25 起锚系缆装置的电动机容量之计算.....325

- 1 第一近似計算法(325)——2 第二近似計算法 (326)——3 計算实例 (330)

第四章 起重卷揚机的电力驅動339

§ 26 起重卷揚机的用途及其运行方式.....339

- 1 用途及分类(339)——2 起貨設備的主要元件 (339)——3 起貨卷揚机的运行方式 (340)——4 对船舶电动起貨卷揚机的一般要求 (344)——5 起貨卷揚机的型式(345)

§ 27 选择起貨卷揚机的电动机型式和电力驅動裝置的机械特性的基础.....347

- 1 根据装卸量选择电动机的型式和电力驅動裝置的特性(348)——2 根据过渡过程选择电动机的型式和驅動裝置的机械特性(350)——3 根据速度調整选择电动机的型式及驅動裝置的特性(351)——4 根据电流种类选择电动机的型式及驅動裝置的特性(352)——5 直流电力驅動裝置获得人工特性的方法(352)——6 交流电力驅動裝置获得人工特性的方法(356)

§ 28 起貨卷揚机电力驅動裝置的控制电路.....359

- 1 分类及应用范围 (359)——2 直流繼电器-接触器式控制电路 (360)——3 交流繼电器-接触器式控制电路(367)

§ 29 起重卷揚机电机容量的計算基础.....371

- 1 計算的任务(371)——2 电动机軸的阻力矩之确定 (372)——3 按拟定的起重重量确定电动机的容量(374)——4 由拟定的装卸量求电动机的容量(378)——5 計算实例(381)

第五章 泵和通風机的电力驅動383

§ 30 泵和通風机工作的一般問題.....383

- 1 前言(383)——2 船舶系統的用途和特性(384)——3 操作机械之分类和用途(396)

§ 31 泵的用途和特性.....391

- 1 泵的分类及用途(391)——2 活塞式泵 (392)——3 齿輪式及螺旋式泵(394)——4 离心式泵的特性及其应用范围 (396)——5 泵在系統中的运行及穩定問題(400)

§ 32 泵的出力之調整.....402

- 1 調整方法(402)——2 用节流法或截門进行調整 (402)——3 利用改变轉速的方法調整出力(403)——4 計算实例 (405)——5 泵用电动机轉速的調整方法(407)

§ 33 确定泵用电动机的容量及型式的基础.....410

- 1 泵用电动机容量之确定(410)——2 泵的出力及扬程高度 (411)——
- 3 电动机型式之选择 (412)——4 按产品目录选择电动机的容量(413)
- 5 按起动时的发热情况校验所选定的电动机(414)

§ 34 通风机、鼓风机及空气压缩机的电力驱动.....415

- 1 分类及用途(415)——2 通风机(415)——3 鼓风机(417)——4 活塞式空气压缩机(418)

§ 35 泵和通风机的电力驱动装置之控制电路.....418

- 1 直流电动机的控制电路(418)——2 交流电动机的控制电路(420)

中等专业学校教学用书

船舶机械的电力驱动

弗列依德孙著

秦愷石 译
黄百钰



机械工业出版社

1959

出版者的話

本書敘述船舶机械电力驅动的理論和計算方法，并詳細地介紹了怎样繪制驅動裝置的机械特性曲綫和計算过渡过程。此外，書中还列举了各种电力驅動裝置的控制电路。

本書指定为船舶制造工业中等技术学校电工科教科書，并可作为設計机构工作人員及高等工业学校学生之参考書。

本書曾承王国权同志审阅。

2076/15

苏联 И. Р. Фрейдзон 著 'Электропривод судовых механизмов' (МАШГИЗ 1954 年第一版)

* * *

NO. 2053

1959 年 6 月第一版 1959 年 6 月第一版第一次印刷

787×1092¹/₂₅ 字数 337 千字 印張 16¹¹/₂₅ 0,001— 1,500 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号 定价(10) 2.00 元

目 次

序言	8
引言	9
第一章 船舶电力驱动装置运行的一般问题	12
§ 1 电动机结构型的特征	12
1 电动机防止外界影响的保护方法 (12)——2 轴的布置和安装方法 (15)——3 轴承的类型 (15)	
§ 2 船舶电力驱动的直流电动机的基本特性	15
1 并激电动机 (16)——2 串激和复激电动机 (19)——3 发电机-电动机制 (22)	
§ 3 交流电动机的基本特性	26
1 电动机的型式及其应用范围 (26)——2 定子端电压不变时交流电动机的特性曲线 (30)——3 鼠笼式感应电动机在电压变动时的特性 (37)——4 电动机的阻抗 (39)	
§ 4 应用直流电动机的船舶电力驱动装置的过渡过程	41
1 引言 (41)——2 在恒定电压下应用并激电动机的电力驱动装置的过渡过程 (43)——3 电压变动时并激电动机的过渡过程 (49)——4 由单独的发电机供电时, 并激电动机的过渡过程 (52)	
§ 5 应用直流电动机的船舶电力驱动装置的起动方法和保护方法之选择原则	59
1 起动方法的选择原则 (59)——2 保护方法的选择原则 (61)	
§ 6 应用感应电动机的船舶电力驱动装置的过渡过程	63
1 前言 (63)——2 起动时的电磁过渡过程 (65)——3 过渡的电磁力矩 (67)——4 电压不变时的电力机械过渡过程 (68)——5 电动机起动时的容许电压降 (70)——6 电压变化时的过渡过程 (73)——7 电压突然变化时的过渡过程 (75)——8 电压有任意变化特性时的过渡过程 (80)——9 对于运转中的电力驱动装置所容许的电压降之确定 (84)	
§ 7 电网由于接入鼠笼式电动机所引起的电压变化	86
1 概论 (86)——2 电动机起动所引起的发电机电压的变化 (90)——3 初始的电压降 (90)——4 最大的电压降 (92)	
§ 8 应用鼠笼式电动机的船舶电力驱动装置的起动方法及保护装置	

的选择原理.....96

- 1 起动方法(96)——2 直接起动(97)——3 定子电路内接入有效电阻或电抗的起动(98)——4 将绕组由星形接法转换为三角形接法的起动(100)——5 用自耦变压器起动(103)——6 起动方法的比较及选择(104)——7 在直接起动下鼠笼式电动机的极限容量之确定(106)——8 选择保护方法的基础(110)

§ 9 船舶电力驱动装置的分析计算法112

- 1 计算的任务(112)——2 运动方程式(115)——3 阻力方程式(116)——4 驱动装置的运动方程式(119)——5 确定额定转矩的基础(121)——6 选择电动机的机械特性及其额定转速的基础(121)

第二章 操舵装置的电力驱动128

§ 10 操舵装置电力驱动的运用及分类.....128

§ 11 舵的型式和作用力.....131

- 1 舵的型式(131)——2 水对舵板的压力(132)——3 舵所承受的压力及船舶的运动(134)——4 舵杆上的转矩(136)

§ 12 操舵传动机械的型式.....139

- 1 螺杆传动装置(139)——2 扇形传动装置(141)——3 舵链传动装置(142)——4 液压传动装置(143)——5 液压机(145)——6 液压泵(147)

§ 13 操舵装置的运行方式及对其电力驱动装置的要求.....150

§ 14 操舵装置电力驱动的遥控电路.....153

- 1 前言(153)——2 遥控电路的元件(154)——3 发电机-电动机控制系统(157)——4 带有正交磁场电机放大器的发电机-电动机控制系统(163)——5 由直流电网供电时的继电器-接触器式控制电路(164)——6 由交流电网供电时的继电器-接触器式控制系统(170)

§ 15 操舵驱动装置的自动(跟踪)控制系统.....174

- 1 概論(174)——2 发电机-电动机带有双绕圈的激磁机控制电路(177)——3 发电机-电动机带有自激电机扩大机型激磁机的控制电路(179)——4 应用密尔兹雷欽及格尼乐雷保夫系统的控制电路(182)——5 发电机-电动机具有正交磁场电力扩大机型的激磁机控制电路(185)——6 液压舵机的控制电路(186)

§ 16 使船舶自动保持航行方向的操舵设备电力驱动装置的控制电路.....194

- 1 概論(194)——2 《电气仪表》工厂出品的控制系统(197)

§ 17 操舵装置具有机械传动的电力驱动之计算基础.....199

- 1 电力驱动计算的基本问题(199)——2 传动机械参数之确定(200)
- 3 阻力矩(204)——4 选择电动机额定转矩的基础(209)——5 选择电动机的特性曲线和额定转速的基础(210)——6 选择电动机型式的原则(215)

§ 18 操舵装置电动机的功率计算.....217

- 1 第一种近似计算法的原始数据和计算顺序(217)——2 所选用的电动机对于规定的移动持续时间是否相适应之校验(219)——3 从一舷侧移到另一舷侧所需转移时间的确定(224)——4 电力机械过渡过程考虑在内时,舵板转移时间之确定(224)——5 按温升情况对所选择电动机的校验(226)——6 按温升情况校验电动机的精确方法(229)——7 根据温升情况校验多速感应电动机的特点(230)——8 船舶倒车时舵板转移时间的确定(233)——9 计算实例(234)

§ 19 电动液压舵机计算基础.....245

- 1 液压舵机的主要参数之确定(246)——2 变量泵的主要比值之确定(249)——3 液压驱动的基本关系(252)——4 液压驱动装置的运动方程式(253)——5 柱状活塞的移动时间(253)

§ 20 电动液压舵机之计算.....258

- 1 第一种近似算法(258)——2 第二种近似算法(261)——3 计算实例(264)

第三章 起锚系统设备的电力驱动272

§ 21 起锚系统设备的用途及其主要部件.....272

- 1 起锚系统设备的用途(272)——2 锚的型式及锚链(273)——3 起锚系统缆卷扬机(274)

§ 22 工作方式及对于起锚系统设备电力驱动的基本要求.....278

- 1 抛锚与起锚时的工作方式与基本要求(278)——2 船舶系缆时的工作情况及其基本要求(282)

§ 23 起锚系统设备的电力驱动装置之控制电路.....284

- 1 分类和应用范围(284)——2 控制系统的元件(286)——3 控制器式直流控制电路(293)——4 控制器式交流控制电路(295)——5 直流继电器接触器式控制电路(298)——6 交流继电器接触器式控制电路(304)——7 电机式控制系统(发电机-电动机)(309)

§ 24 起锚系统装置电力驱动的计算原理.....310

- 1 计算的任务(310)——2 阻力矩的确定(312)——3 最大力矩的确定(317)——4 额定转矩之确定(318)——5 求电动机额定转速之原理(318)——6 计算实例(321)——7 电动机型式的选择原则(322)

§ 25 起锚系统装置的电动机容量之计算.....325

- 1 第一近似計算法(325)——2 第二近似計算法 (326)——3 計算实例 (330)

第四章 起重卷揚机的电力驅動339

§ 26 起重卷揚机的用途及其运行方式.....339

- 1 用途及分类(339)——2 起貨設備的主要元件 (339)——3 起貨卷揚机的运行方式 (340)——4 对船舶电动起貨卷揚机的一般要求 (344)——5 起貨卷揚机的型式(345)

§ 27 选择起貨卷揚机的电动机型式和电力驅動裝置的机械特性的基础.....347

- 1 根据装卸量选择电动机的型式和电力驅動裝置的特性(348)——2 根据过渡过程选择电动机的型式和驅動裝置的机械特性(350)——3 根据速度調整选择电动机的型式及驅動裝置的特性(351)——4 根据电流种类选择电动机的型式及驅動裝置的特性(352)——5 直流电力驅動裝置获得人工特性的方法(352)——6 交流电力驅動裝置获得人工特性的方法(356)

§ 28 起貨卷揚机电力驅動裝置的控制电路.....359

- 1 分类及应用范围 (359)——2 直流繼电器-接触器式控制电路 (360)——3 交流繼电器-接触器式控制电路(367)

§ 29 起重卷揚机电机容量的計算基础.....371

- 1 計算的任务(371)——2 电动机軸的阻力矩之确定 (372)——3 按拟定的起重重量确定电动机的容量(374)——4 由拟定的装卸量求电动机的容量(378)——5 計算实例(381)

第五章 泵和通風机的电力驅動383

§ 30 泵和通風机工作的一般問題.....383

- 1 前言(383)——2 船舶系統的用途和特性(384)——3 操作机械之分类和用途(396)

§ 31 泵的用途和特性.....391

- 1 泵的分类及用途(391)——2 活塞式泵 (392)——3 齿輪式及螺旋式泵(394)——4 离心式泵的特性及其应用范围 (396)——5 泵在系統中的运行及穩定問題(400)

§ 32 泵的出力之調整.....402

- 1 調整方法(402)——2 用节流法或截門进行調整 (402)——3 利用改变轉速的方法調整出力(403)——4 計算实例 (405)——5 泵用电动机轉速的調整方法(407)

§ 33 确定泵用电动机的容量及型式的基础.....410

- 1 泵用电动机容量之确定(410)——2 泵的出力及扬程高度 (411)——
- 3 电动机型式之选择 (412)——4 按产品目录选择电动机的容量(413)
- 5 按起动时的发热情况校验所选定的电动机(414)

§ 34 通风机、鼓风机及空气压缩机的电力驱动.....415

- 1 分类及用途(415)——2 通风机(415)——3 鼓风机(417)——4 活塞式空气压缩机(418)

§ 35 泵和通风机的电力驱动装置之控制电路.....418

- 1 直流电动机的控制电路(418)——2 交流电动机的控制电路(420)

序 言

近代的船舶电力驱动装置乃是电机、电器及传动机械的复杂的综合体，它必须保证：船舶的调度或使其维持在航线上；为主机服务的辅助机械的运行；船的抛锚与起锚以及进行装卸工作等等。

电力驱动装置的工作决定于它所驱动的设备及机械的工作方式。

电力驱动装置的控制电路和电动机的机械特性在驱动装置的总体设计中占十分重要的地位，因此在每一章中均有数节专门阐述如何选择电动机的型式及控制电路的问题。

因为本教科书具有实用的性质，故作者在阐明基本原理与推论时，力求可以利用它来进行具体的计算并以实际的原始数据为基础。除了精确的计算方法以外，作者还介绍了采用各种假定的基础使计算简化的近似方法。

在书中广泛地采用了既简单又明显的相对单位制，介绍了主要的船舶电力驱动的一般原理和某些工作特点，以及船用电动机在结构上的特点及其特性曲线。

书中特别注意到在电压变动（这是船舶设备的特点）时，直流和交流的船舶电力驱动装置的工作方式；它们的起动和保护方法，以及一般的计算方法；船舶设备及机械的电力驱动的用途和结构元件，对它们所提出的要求，以及它们的计算与控制的方法。

在使用本书作为中等技术学校的教科书时，某些项目可以略去不读，例如：第5节第2项；第6节第2、3、4和8各项。第7节第4项，第18节第4和6项，第19节第4和5项。

在编写本书时，作者并参考了苏联许多电力驱动的一般理论以及有关方面的文献。

引 言

在船舶上应用电力驱动装置的最初一年，可以認為是1838年，当时在世界上第一次用电动机推动汽艇，它由蓄电池組供电在聶瓦河上試航。电力驱动装置以及电动机的發明人是俄罗斯科学院院士亞哥比（Б. С. Якоби）。

在著名的俄罗斯航海家海軍上将克魯建什捷尔林（И. Ф. Крузенштерн）的领导下进行試航的結果，証明了所建議的电力驱动装置是完全适用的。

亞哥比的思想超越了当时生产技术的水平。因此，这种思想的实现只有在从帆船过渡到汽船时才得到了应有的發展。俄罗斯科学家雅勃罗契科夫（П. Н. Яблочков），齐科列夫（В. И. Чиколев），拉对金（А. П. Ладыгин），拉齐諾夫（Д. А. Лачинов）等人的發現和劳动，对于在船舶上采用电能起了重大的作用。

电能最初用于照明，但在1886年船舶上已开始采用了电气化离心式通風机，到1892年，已創制了第一个具有繼电器接触器控制电路的电动舵机。

1897年，在运输船《欧洲号》第一次安装了电动卷揚机。

应当指出，将电力驱动用于輔助机械在技术上是有很大困难的，主要是由于对电力驱动装置提出较高的要求，因为船舶輔助机械工作的可靠性与船舶安全有密切关系。

例如，当船舶在狹隘港口中航行时操舵装置發生故障，或当狂風暴雨时起錨迟緩，就会使船舶發生海損；停止輸送潤滑油时亦可能使主机●發生損伤。并且，飽含海水蒸汽的空气具有高湿度和高溫度，当溫度在很短時間內驟然下降时，安装設備处所就

● 凡拖动推进器使船舶航行之机器不問其为蒸汽机或柴油机均謂之主机，其他机械如起錨机、舵机、通風机、泵等謂之副机或船舶輔助机械。——校者