

艦用電工講義

第一冊

АНИКИЕВ 著

何寶珠 陳綿 譯
孟憲楷 王連科

中國人民解放軍海軍機械學校

一九五八年三月

目 錄

第一篇 脫艇上的发电与配电

第一章 概 論.....	1—15
§ 1 脫艇电气化的增長.....	1
§ 2 脫艇电工設備的分类.....	2
§ 3 对脫艇电工設備提出的要求.....	4
§ 4 艇上采用的电流种类.....	8
§ 5 脫艇电工裝置中采用的电压.....	12
第二章 脫艇发电机.....	16—32
§ 6 脫艇发电机的分数.....	16
§ 7 对脫艇发电机和原动机的要求.....	19
§ 8 脫艇发电机負荷的确定.....	21
§ 9 脫艇发电机数目与功率的选择.....	27
第三章 脫艇配电設備的装具.....	33—73
§ 10 电接触.....	33
§ 11 防弧和熄弧裝置.....	38
§ 12 閘刀开关和交换开关的构造.....	43
§ 13 可熔保險器的构造及其保养.....	46
§ 14 保險器可熔插物的特性曲綫及其选择.....	53
§ 15 自动断电器的构造与动作.....	57
§ 16 万能自动开关的繼电器.....	60
§ 17 自动开关的选择性繼电器.....	66
§ 18 固定自动开关的繼电器.....	70
§ 19 保护裝置的安装位置.....	71

第四章 脫艇配电裝置.....74—81

- § 2 0 脫艇配电裝置的功用和分類.....7 4
- § 2 1 發電機配电板 and 主配电板的構造及布置.....7 6
- § 2 2 配电板 and 配电匣的構造.....7 9

第五章 脫艇電網路的配电綫路圖.....82—100

- § 2 3 脫艇網路的區分.....8 2
- § 2 4 配电系統.....8 3
- § 2 5 配电網路的配电綫路圖.....8 7
- § 2 6 基本網路的組成原則.....8 9
- § 2 7 電網路的配电綫路圖.....9 3

第六章 脫艇網路的結構.....101—108

- § 2 8 脫用電纜和導綫.....1 0 1
- § 2 9 電纜和導綫的敷設.....1 0 4
- § 3 0 電網路戰鬥損傷的修復.....1 0 6

第七章 脫用電網路的計算.....1 0 9—1 2 6

- § 3 1 計算任務.....1 0 9
- § 3 2 對許可的發熱溫度計算.....1 0 9
- § 3 3 對許可電壓損失的計算末端帶負荷的綫路.....1 1 1

§ 3 4 艧艇網路計算..... 1 2 2

§ 3 5 电压值和电流种类对銅消耗和網路電纜重量的影响... 1 2 5

第八章 艧艇電力網路的絕緣电阻..... 127—141

§ 3 6 絕緣电阻的概念和規範..... 1 2 7

§ 3 8 用电压表三种讀数法測量絕緣电阻..... 1 3 0

§ 3 8 用电压表的二种讀数法測量絕緣电阻..... 1 3 3

§ 3 9 用高阻計測量絕緣电阻..... 1 3 6

§ 4 0 尋找接地位置及提高絕緣电阻方法..... 1 3 8

第二篇 艧艇消磁裝置

第九章 概 論..... 143—153

§ 4 1 非接触式水雷..... 14 3

§ 4 2 地磁..... 145

§ 4 3 艧船磁場及其分量..... 147

第十章 防非接触式水雷的方法..... 154—167

§ 4 4 艧船無捲綫消磁..... 154

§ 4 5 艧船有綫圈消磁..... 157

§ 4 6 PY 的供电和調整..... 161

§ 4 7 PY 的保养及使用規則..... 163

§ 4 8 非接触水雷的扫除..... 165

第四篇

舰艇照明与探照灯装置

第二十一章 概 說..... 168—182

§ 9 7 电光源的发展.....168

§ 9 8 舰艇照明的作用.....169

§ 9 9 光能与人眼的特性.....169

§100 光的数量及其测量单位.....170

§101 照度规律.....177

§102 光流的反射, 吸收和透射.....178

§103 光的测量.....180

第二十二章 舰艇照明..... 183—209

§104 白炽灯.....183

§105 发光剂.....188

§106 气光灯.....189

§107 荧光灯.....190

§108 舰用照明灯.....193

§109 舰艇照明的种类.....198

§110 照度计算.....200

§111 照明保养基本规则.....205

§112 舰艇探照灯介绍.....207

§113 白炽探照灯.....207

第一篇

艦艇上的发电与配电

第一章 概論

§ 1. 艦艇电气化的增長

通常都以艦艇一噸排水量的发电机額定功率的瓦特数來評價艦艇电气化程度，即

$$\sigma = \frac{\sum P_{ren}}{D_H}$$

式中 σ —— 艦艇电气化系数；

$\sum P_{ren}$ —— 艦用发电机的总功率瓦特計；

D_H 艦艇的标准排水量以噸計。

图1. 为兩次世界大战期間，祖國艦艇电气化系数增長的曲綫。由曲綫可知，僅在苏維埃政权年代里战列艦电气化系数增加了1.5倍，巡洋艦增加了3倍，驅击艦增加了4.5倍。目前，在裝設有最新电力裝置的現代制造的艦艇的艦艇电气化系数已超过了200瓦／噸。

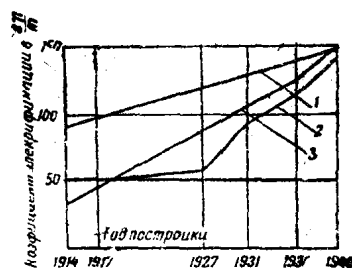


图1. 艦艇电气化增長图表

苏联艦艇的电工設備不僅在数量上增加了，而且在質量上也提高了。电机（电动机和发电机）在特性和結構方面都超过了外國的最好的產品。偉大的卫國战争的經驗証明，祖國的艦艇

網路具有很高的可靠性和生命力，因而能保證戰用電氣裝置及系統不斷的工作。操縱及防護用的電工裝置的自動化已得到高度的發展，使戰用電氣裝置在專門的艦艇條件下能廣泛地利用自動化，遠距離控制及檢查系統在艦上已確定地運用了。各種不同的艦內聯絡系統獲得了巨大的發展。艦艇照明裝置特別是艦艇的戰用探照燈，由於蘇聯學者們的出色的勞動，在世界上贏得了優越的地位。

整個來看，電工技術以及艦艇戰鬥設備的急速發展，使我們對艦艇電氣化的增長不能確定某一極限。這可以這樣來解釋，就是使艦艇戰術技術性能得以改進的很多技術上的改善和提高照例都是在使用新的電工裝置和系統的基礎上產生的。例如衛國戰爭時期出現的雷達裝置使我們能及時發現敵艦及其所在的位置。當時出現的消磁裝置減少了艦艇遭受非接觸水雷爆炸的危險性等等。

電氣化系數飛躍的增長要求艦艇向電動的方向過渡。在電動艦艇上，電氣化系數已不能用艦艇每噸排水量的幾百和幾千瓦特來表示了。現在電氣化的推進裝置主要還用在特种任務的艦艇上，例如用在潛水艦、浮動基地、破冰船等。電動推進裝置和透平齒輪的推進裝置相比較：前者在操縱方面具有很大的靈活性，可以保證艦艇機動性能的提高，而且在經濟航行時，在燃料的消耗方面經濟性也很高。但與透平齒輪的或者和內燃機的推進裝置比較起來，電動推進裝置的重量較高，佔據的容積較大。這一個缺點阻礙了電動推進裝置的更廣泛的使用。

§ 2 艦艇電工設備的分類

艦艇電工設備根據其用途的不同可分為下列三類：电站，电网及電能負荷（圖2）

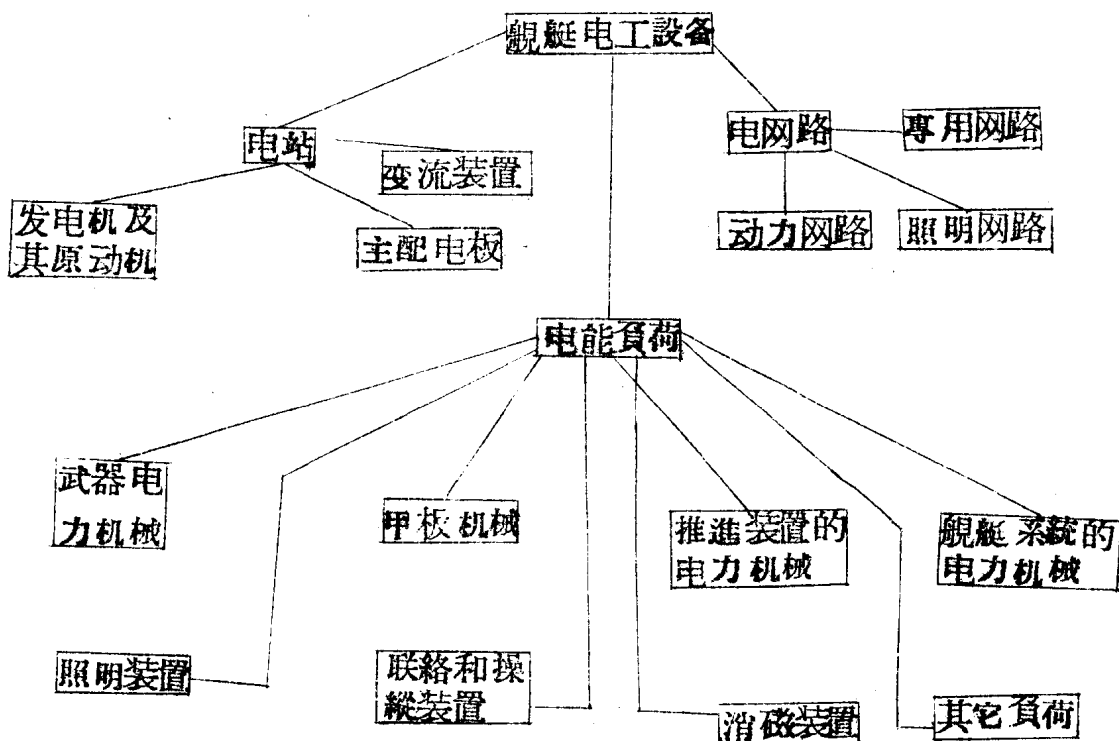


图2 艦艇電工設備的分类

这三类全部綜合起來就組成了艦艇電能裝置。

電站的功用是发电，并根据各种負荷的需要進行变流。它包括发电机及原动机，变流裝置和主配電板。

電網路用來給全艦輸送和分配電能，其中包括整个電網路的導線系統和各种配電裝置及其裝置。電網路又可分为電力網路（電動機的供電網路），照明網路及專用網路。如充電網路，緊急照明網路等。

使用電能的機械或裝置。从功用方面看，可用以变電能為機械能、光能、熱能、化學能及其他能量。它們可分为：

- a) 槍炮、魚水雷裝置的電力機械和電力系統；
- б) 甲板機械如舵、錨、系纜裝置及其他裝置；
- В) 推進裝置的電力機械：轉軸裝置、機器通風、唧筒等；
- Г) 艦艇系統的電力機械：通風、冷凝、灌注和暖氣系統等；
- Д) 照明裝置：電氣照明、探照燈、訊號標幟燈；
- е) 聯絡和操縱裝置：無線電站、車鐘、電航儀、電話、電鈴等；

2) 消磁裝置；

3) 其他負荷如修理間、洗衣間、厨房的电动机、电热器等。

祖國制造的艦艇在航行时从电能保証的程度來看，負荷分为三个等級。

第一級包括特別重要的負荷，其中有：主炮塔，炮火操縱仪器，舵机裝置，主無線电站及电罗徑。第一級負荷由彼此距离相当远的三个独立电源供电，而且两个电源（如图8所示）来自艙段配电板，或来自主配电板，第三个电源則直接来自最近的备用內燃发电机。在

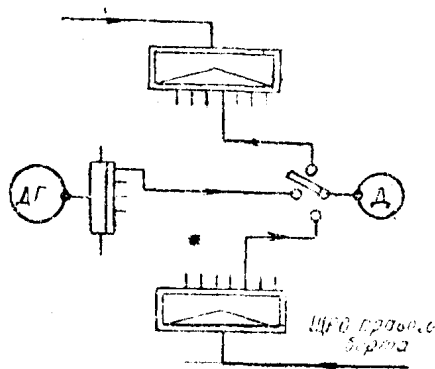


图8. 一級負荷的供电

新建的艦艇上，可能并未專門設置备用发电机，那末第三个电源不是必不可少的。

第二級包括所有其它具有战斗意义的負荷。这一級負荷具有二个电源，照例来自左右舷的艙段配电板。

第三級包括艦艇生活方面应用的負荷。其中有：生活用通訊，生活用电热器，厨房，洗衣間的电力机械。这些負荷在战斗情况下并不使用，因此只需由一个艙段配电板供电即可。

§ 3. 对艦艇电工設備提出的要求

电工設備在軍艦上的工作条件具有很多特点，它們由作为技術裝置的艦艇本身的特性所决定的。第一，軍艦用于战斗活动，很可能发生各种各样的破損，火災以及艙室的水淹。第二，艦艇是一种航海工具，这就决定了有經常性的橫傾和縱傾的存在，以及海水和湿空气的浸蝕。第三，軍艦上充滿了特別強力和多样的技術裝備，因此必然存在电工設備的布置及保养方面的困

難。

根据上述的特点，这就使我们对有些电工设备（係取决于各个电力裝置的用途）提出專門的更高的要求，并对所有电工设备（不管其構造和用途如何）提出共同性的要求，基本的要求如下：

电工设备的生命力

所謂 艦艇电工技術设备的生命力应了解为它們对于破損的堅韌性以及在 艦員有組織的与破損斗争时，儘快地恢复其动作的能力。

偉大的卫国战争的經驗說明，在战争中最可能出現的破損是由于彈片及震动的影响所引起的机械破損，在艙室被水淹时由海水的作用所引起的破損以及由火災引起的破損。

提高电工设备的生命力的要求是主要的要求之一，因为在现代化艦艇所具有的高度电气化的情况下，艦上所有战斗部門的动作效果在很大程度上都取决于电力裝置及系統的連續工作。

提高 艦艇电工设备生命力所采取的基本措施应包括：

а) 电源（发电机、蓄電池）功率的儲备，

б) 对战用負荷及最重要电力裝置双重供給电源，例如，通訊設備，操縱仪器等，

в) 发电机功率的分配，配电裝置，最重要的負荷配置以及同类电力裝置在艦上的分布其距离应超过破損区域，

г) 比較重要的电工设备布置于 艦艇防护底最好的部份，例如，布置在外有裝甲的艙室內，

д) 对于有遭受水浸危險的最在要的电工设备，如航机裝置，排水唧筒的电工设备等，採用防水及封閉式構造，

е) 採取防护措施以提高电工设备的耐震能力，

з) 教育和訓練 艦員学会破損的防禦，并設置有效的防禦設備。

卫国战争的經驗說明，凡能充分执行上述措施的所有舰艇，其电工設備的生命力是高的。

电工設備工作的可靠性

对舰艇电工設備工作的可靠性应了解为在遵守了所有的管理規則的情况下，电工設備在舰上不断工作的能力。

舰艇电工設備动作的可靠性在很大程度上决定于在設計和安裝电工設備时，对其在舰上工作条件的特点的估計准确程度。

这些特点中最主要的如下：

1. 在具有蒸汽机及蒸汽管路的艙室内电工設備受到高温的作用。

在这些艙室内，空气的温度有时大大的超过了标准所規定的 40°C 的温度，过高的发热温度对絕緣材料起着最大的破坏作用，由于高温的影响，絕緣材料迅速陈老，且失掉絕緣性能，所以对于裝設在高温艙室内的电工設備导电部份的絕緣都採用最能抗热的絕緣材料，例如，雲母制品、石棉、耐热橡皮等。

以斯大林獎金獲得者，技術科学博士安德列耶諾夫为首的一些苏联学者以矽混合物为基本材料制成的新的絕緣材料，它們能長時間地忍受远超过現有絕緣材料的标准发热温度，为提高舰艇电工設備的耐热性能開闢了廣闊的远景。

2. 电工設備受湿空气海水及石油產物的作用。

海水及石油產物对絕緣有極大的破坏作用。所以舰艇电工設備的絕緣都用耐水及耐油的材料制成。制成品都用絕緣化合物浸漬，且塗有防护油漆。此外还可選擇最合適的構造形式，从而在一定程度上防禦湿空气及石油產物向电工設備的絕緣及导电部份渗透。电工設備構造形式的選擇取決于安裝地点及战斗功用。电工設備採用下列構造形式：开啓式、防护式（防止滴水）防濺式（防止水濺），防水式（在澆水时能防止水

的透入)，封閉式（能保證电工設備在艙室進水的條件下正常的工作），以及防爆式（裝置在有爆炸危險的艙室內，並防止爆炸擴展到設備的外部）。

為了防禦电工設備的金屬部份的腐蝕，廣泛地使用着防蝕油漆及金屬覆蓋物，如對導電部份：鍍銀、鍍錫、鍍鎳；對非導電部份：鍍鎳，鍍鉻。

8. 受搖擺的作用

在小于 4.5° 的周期性的橫傾及小于 7° 的周期性的縱傾情況下，艦艇电工設備能可靠地工作的保證，是要使其固定得很堅實，使活動部件平衡性很好，在布置方面能適應搖擺的最大影響，以及採取其它的專門措施。

电工設備的重量和體積

要得到艦艇的良好航海性能和戰鬥性能，必須降低整個艦艇設備的重量並減小其體積，电工設備也包括在內。

雖然电工設備與艦艇排水量的重量比並不大（不超過 5%）但重量的降低仍然能部份地改善艦艇的戰鬥性能，這樣可使燃料和彈藥的儲備量增多，或者用來加強武器裝備，或用於加強局部裝甲。同樣，設備布置方面的困難，特別是在小型艦艇上，迫使我們對电工設備的體積提出特別嚴格的要求。最常見的是給定的體積比，給定的體積會在很大程度上限制电工設備安裝的可能性。电工設備滿足重量與體積均最小的要求，必須採用專門的結構，質量高的材料，提高運轉速度，以及採取其他一系列措施。現在，採用新的耐熱絕緣材料的遠景為全面地減小电工設備的重量和體積具備了巨大的可能性，但所有這些減小重量及體積的措施都不應該損害电工設備的工作可靠性和生命力。

电工設備管理簡便

电工设备管理的概念包括日常和战时的保养与操纵。电工设备在构造和动作方面越简单，其管理也就越简便，电工专业人员的编制就越小，构造的简单照例能提高电工设备的可靠性和生命力。但在很多情况下，采用自动装置，即使因之会使操纵装具复杂化，但也能提高装置工作的可靠性。既能简化日常保养，又能简化战时的操纵，而主要的是在很大程度上能改善装置的工作性能。

电工设备工作中的经济性

适用于舰艇动力装置的经济性的要求通常是与燃料的最小单位消耗量合而为一的，如能满足后一个要求，就能增大舰艇的航区，因为燃料的储备总是有限的，同时又能减少国家对舰艇供应方面的消耗。减少舰艇电工装置中的燃料单位消耗量的方法有：选择最好的电机，提高交流装置中的功率因数，在管理过程中合理地使用电工设备，以及其他很多措施。如成批地制造舰艇，必须从国家的利益出发，既要尽量降低电工设备的价格，又要减少装配工作的费用，但又不能损害舰艇的战斗性能。

电工设备保养的安全

在舰艇的条件下，特别在摇摆时，舰员们很难避免与处在电压下的电工设备的金属部份不发生接触。此情况不利（湿手和湿鞋金属铺板）这些意外的接触可能导致致命的电伤。加强电工设备保养安全的一般性措施包括：

- а) 采用防护和封闭式的电工设备，以隔绝人员与导电部份的接触；
- б) 降低公用装置的电压（如照明，生活用具）；
- в) 舰员学习电工设备管理的安全规则。

§ 4 舰上采用的电流种类

为了舰艇电气化而在舰上采用的基本电流有直流电，三相交流电，或

兩者同時採用，後一種情況指的是採用混合電流，或直流。軍艦電氣化問題的複雜性，彼此在構造和動作原理上都不同的艦艇負荷的多样化，不容許在複雜的艦艇電能裝置中的所有環節只採用一種電流，原因是有些負荷只能以直流電工作如消磁裝置；有些負荷則只能用交流電工作如操縱和聯絡系統的自整步儀器。但當談及電流基本種類時所指的就是發配電系統以及基本負荷供電系統中所採用的電流。在這種情況下，如有些負荷需要供給別種電流，則可經變流設備進行供電。為了應用混合電流，則在艦上裝設兩種電能裝置，各有其發電配電以及應用電能的設備。

採用混合電流能夠更好地滿足對電氣化機械和裝置所提出的要求，因為不是所有的電氣化問題都能在同樣的質量指標上既用直流電又用交流電來解決。例如，對於通風機的拖动，可採用直流電動機，也可採用交流電動機。但交流電動機在構造保養方面都比較簡單。如採用了混合電流，則可根據電氣化機械的需要，雖無變流設備也可在同等程度上既採用直流電，又採用交流電。在具有混合電流的典型電能裝置的“塞瓦斯德堡”戰列艦上，根據電流的種類，負荷分為：在複雜的情況下工作的電力機械，如槍炮裝置，甲板設備的電力機械，由直流網路供電；在簡單情況下工作的電力機械，如唧筒和通風機，由交流網路供電。

雖然採用混合電流具有上述優點，但由此帶來的電能裝置的結構和保養方面的複雜性，在所有環節上都加倍地增加了，這就限制了它們使用的可能性。特別是在中、小排水量的艦艇上。所以在艦上被廣泛地用來作為基本電流的是直流電，或者是交流電。1949年的艦艇電工設備規則（ПЗК-49）禁止在艦艇的發電系統中採用兩種電流。

要確定某種電流具有顯著的優點是困難的，這就使得在艦上選取單一電流的任務格外複雜。歐洲各國在製造艦艇的實踐中照例都採用直流電，英國、德國、意大利和法國等國家參加第二次世界大戰的大部份艦艇都以直流電為基本電流，美國海軍的小型艦艇具有使用混合電流的電能裝置，

但就数量和功率上来看，交流电的负荷仍属多数。

不论是工业中用的装置，或是舰艇上的电力装置在使用交流电方面起主导作用的是我们的祖国，在俄国时代我们首创了交流装置的基本组成元件——变压器及三相异步电动机。在1882年的全俄工业展览会上成功地展览了世界上第一个工业变压器，它的创造是俄国的电工技术人员乌萨金。以后在1891年俄国学者多利沃-多勃劳沃利斯基创制了世界上第一个三相异步电动机，直到现在它还是所有电动机中最简单的品种。只有在这些具有世界意义的发明以后，交流电技术才能成功地发展，而且能与直流电技术相抗衡，俄国学者多利沃-多勃劳沃利斯基的名字同样与世界上第一条三相交流电的输电线路的创立相联系着，他的成就保证了电站的飞速发展以及交流电工装置电气化的增长。

1909年在黑龙江号布雷舰上十分成功地试验了异步电动机以后，交流电才开始在俄国海军的舰艇装置中使用，当时把电动机用作排水透平的拖动机器来试验，其中一个甚至于在海水中浸了两昼夜（意外被淹）以后，未经任何修理，又被接通开动起来，且能继续正常的工作。良好的试验结果，使海军技术委员会因此作出在舰上容许使用交流电的决议。在已建的“塞瓦斯德堡”型战列舰上部份地应用了交流电。稍后，又在黑海舰队的“玛丽雅皇后”号型战列舰上采用单一的交流电，因此黑海舰队的“玛丽雅皇后”号型的战列舰是世界上第一批利用交流电作为电气化的军舰之一。在利用交流电的俄国军舰出现后经过了二十年，美国的军舰才开始采用交流电。

苏维埃政权在解决创立强大的苏联海军的课题之前，在胜利地完成了斯大林五年计划的基础上，在确定新的舰艇装置和系统中的交流电工设备的性能方面进行过巨大的试验工作。因为自从第一次世界大战以后，在舰艇电气化的程度方面以及对舰艇电工设备的要求方面都发生了巨大的变化

艦艇交流電工設備試驗的優良結果，以及管理和戰爭使用方面的豐富經驗為使用交流電的軍艦的電氣化開闢了廣闊的遠景。

與直流電阻比較，使用交流電的基本優點主要是交流電機的構造十分簡單，特別是在短路式異步電動機。使用交流電能保證：

а) 電動機的巨大生命力，例如提高了在爆炸時對沖擊作用以及水淹時對海水作用方面的堅忍力；

б) 電機工作的可靠性，特別是短路式異步電動機；

в) 能長時間工作而不需要特別看管及修理，電動機在保養方面較簡單；

г) 整個來說，電機的价格低；

д) 電動機及其操縱裝置的重量小，特別是能直接啟動的短路式電動機；

е) 在節省銅、鉛等市上所缺少的材料的條件下，採用更高電壓以降低電工設備的重量及其價格的可能性大。

交流電附帶的十分重要的優點是：

ж) 變壓簡單，能使基本網路內用高壓，而在次級網路內用低壓，例如，在照明網路，可移負荷的供電網路中都可用低壓等；

з) 斷開小的短路電流（在交流電路中短路電流下降得快）及熄滅穩定性較差的交流電弧，其所需的防護裝置在工作中的可靠性大；

и) 不需要使用均衡連接綫的交流發電機並聯工作的穩定性大。

使用交流電的主要缺點有：

а) 由於電制動的困難和在寬廣的範圍內均勻調節轉速的困難所限制，電動機操縱的靈活性較差；

б) 由於電子的電樞反應的去磁作用的加強，在負荷變化時，同步發電機的端電壓的振蕩大；

B) 在交流網路中存在着引起附加損耗的無功功率;

上述的第一个缺点, 在極大程度上限制了交流电在艦上的廣泛使用, 因为交流电动机操縱中的灵活性差, 会使炮火射击的速度和艦艇的机动性能降低, 这是不能容許的。

現在随着交流电动机及操縱裝置的改善, 随着船用电动机專門的成批的制造, 交流电的上述缺点在很大程度上被排除了, 因而也就消除了阻碍交流电在海軍艦艇上使用的基本原因。

同样, 为了减少同步发电机在負荷剧烈变化时的电压振蕩, 現在採用动作迅速的自动电压調整器。而最后的一个缺点, 即無功功率裝置經濟性的不良影响, 是用比直流电动机效率高的交流电动机來抵消的。

因此, 現在已为軍艦使用交流电作电气化的电源創設了廣闊的远景。

ПЗ К-49 主要等級的軍艦推荐三相交流电。

§ 5 艦艇电工裝置中採用的电压

艦艇发电机与負荷間的距离小, 因而直到現在在艦艇还不用高压, 而且电源及大部份的电能負荷都有着相同的較低的电压。除了称之为基本电压的这种公有电压以外, 在交流設備及蓄電池供电的某些負荷採用与基本电压数值相異的其他电压。

艦艇網路的电压特点及其艰难的工作条件使我們必需採用較低的电压, 亦即不超过 500 伏的电压。負荷及电源的标准額定电压的範圍列于表 1: