

5.1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ГРЕБНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

Методические указания для выполнения курсовой работы для студентов
дневного отделения высших учебных заведений специальности 240600
"Эксплуатация электрооборудования и автоматики судов"

КАЛИНИНГРАД
1998

УДК 629.12.037.4 - 83(076)

УТВЕРЖДЕНО

Ректором Калининградского
государственного технического
университета 2 февраля 1998 г.

АВТОР - Богомолов В. С., профессор кафедры электрооборудования судов и электроэнергетики Калининградского государственного технического университета, доктор технических наук.

Методические указания для выполнения курсовой работы рассмотрены и одобрены на заседании кафедры электрооборудования судов и электроэнергетики Калининградского государственного технического университета 1 февраля 1998 года, протокол № 5

РЕЦЕНЗЕНТ - кафедра электрооборудования судов и электроэнергетики Калининградского государственного технического университета

© КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ, 1998 г.

АВТОР

ВВЕДЕНИЕ

При выполнении курсовой работы по дисциплине "Автоматизированные гребные электрические установки" студенты дневного отделения специальности 240600 "Эксплуатация электрооборудования и автоматики судов" получают навыки расчета и проектирования основных параметров гребных электрических установок (ГЭУ).

В курсовой работе производится расчет мощности гребных электродвигателей (ГЭД), главных генераторов (ГГ), приводных тепловых двигателей главных генераторов. Производится выбор главных машин и схемы главной цепи, а также системы возбуждения и управления, средств защиты и сигнализации. Производится построение механической характеристики ГЭД и внешней характеристики ГГ графо-аналитическим методом и согласование указанных характеристик с характеристиками возбудителей. Определяются также массо-габаритные характеристики ГЭУ.

Расчет основных параметров ГЭУ производится на основании методик, часть которых приведена в данных методических указаниях, а на другие известные методики приведены ссылки с указанием литературы.

Разработаны варианты заданий для выполнения курсовой работы. Номер варианта задания выдается студентам преподавателем.

В приложениях даны необходимые справочные данные для выполнения курсовой работы. В тексте методических указаний приведены ссылки для использования данных соответствующих приложений.

1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В курсовой работе студентом решаются следующие вопросы:

1. Определить теоретическую мощность, необходимую для движения судна с заданной скоростью.
2. Определить оптимальную скорость вращения гребного винта и его основные параметры.
3. Выбрать тип и основные параметры главных генераторов и ГЭД, определить их количество.
4. Выбрать систему возбуждения и управления главных генераторов и гребных электродвигателей.
5. Рассчитать статические характеристики системы возбуждения, главных генераторов и гребных электродвигателей.
6. Определить величины добавочных сопротивлений в цепях обмоток возбуждения и управления с выбором их по каталогу.
7. Разработать схемы защиты и сигнализации гребной электрической установки.
8. Составить описание работы схем главных цепей, систем возбуждения, сигнализации и защиты.

Графическая часть

Графическая часть выполняется на трех листах:

1. Схема главной цепи ГЭУ с таблицей замыканий контакторов и избирательных переключателей.
2. Схема возбуждения главного генератора и ГЭД.
3. Схема защиты и сигнализации ГЭУ.

Краткие методические указания

Расчеты рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. По параметрам судна и заданной скорости хода рассчитывается сопротивление воды движению судна в соответствии с методикой [1; 2; 3].
2. По сопротивлению судна определяется буксировочная (теоретическая) мощность. Ее можно также определить по формуле Э. Папмеля [4].
3. Определяется оптимальная скорость (частота) вращения винта в соответствии с зависимостями [2; 4; 10].
4. По буксировочному сопротивлению (силе тяги) определяется упор винта, а по упору - коэффициент упора. Определяется также относительная поступь винта по ориентировочному диаметру винта.
5. По вспомогательной диаграмме Э. Папмеля [2] определяется КПД изолированного винта, а затем - пропульсивный КПД.
6. По пропульсивному КПД и КПД валопровода определяется мощность на валу ГЭД.

7. В соответствии с КПД ГЭД выбирается мощность и количество главных генераторов и тепловых двигателей.

8. Из [5; 6] выбираются типовой генератор и ГЭД действующих судов-электроходов, наиболее подходящие по своим параметрам к рассчитанным. Если не удастся подобрать машины, сходные по своим данным с полученными в результате расчета, производится приближенный расчет габаритов по методике профессора В. Т. Касьянова [7; 8; 10].

9. Определяется номинальный момент ГЭД, и заданные винтовые характеристики перестраиваются в именованных единицах. При этом необходимо помнить, что у рыболовных траулеров, зверобойных судов и производственных рефрижераторов номинальным моментом будет момент при работе на буксировочной характеристике, а номинальная частота вращения ГЭД - на характеристике хода в свободной воде.

10. Определяется мощность, необходимая на возбуждение генераторов и ГЭД, и по этой мощности с запасом выбирается возбудитель.

11. На пересечении винтовых характеристик строится гипербола постоянства мощности и, в соответствии с методикой [9], строятся точки внешней характеристики генератора при ходе судна в свободной воде и на швартовной (буксировочной) характеристике.

12. Для выбранной (студентом) системы возбуждения главного генератора и ГЭД строятся точки внешней характеристики возбудителя, соответствующие заданным токам возбуждения генератора (или ГЭД) в соответствии с [7].

13. В соответствии с одной из расчетных методик [7; 9] строится внешняя характеристика генератора.

14. Расчетным или графическим [1; 9] путем по внешней характеристике генератора строится механическая характеристика ГЭД.

2. РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ГЭД, ВЫБОР ГЛАВНЫХ МАШИН

Мощность гребного электродвигателя рассчитывается на основании буксировочной мощности судна, определяемой по формуле Э. Папмеля [2;4;10], полученной на основании многочисленных экспериментов. В ходе расчета используется основная диаграмма Э. Папмеля (см. Приложение 1) и вспомогательная диаграмма Э. Папмеля (см. Приложение 2).

На основании рассчитанного значения мощности гребного электродвигателя определяется мощность главных генераторов и приводных тепловых двигателей генераторов [1;8;9], выбирается количество ГЭД и главных генераторов.

Далее выбирается схема главной цепи гребной электроустановки и составляется таблица замыканий контактов главной цепи [1;8;9].

Выбор одноякорных или двухякорных ГЭД постоянного тока определяется соображениями технического и экономического характера. Двухякорные ГЭД целесообразно выбирать в тех случаях, когда необходимо обеспечить большую живучесть установки, когда размеры одноякорного электродвигателя настолько велики, что его размещение на судне становится затруднительным, а также, когда применение одноякорного ГЭД приводит к высоким значениям напряжения на коллекторе.

При выборе количества главных генераторов необходимо учитывать следующие требования: обеспечение высокого КПД установки, повышенную надежность, малую массу и стоимость. С учетом указанных требований в турбоэлектрических ГЭУ большой мощности переменного тока целесообразно устанавливать один генератор на каждый ГЭД. В дизель-электрических ГЭУ количество генераторов зависит от мощности установки, так как верхний предел мощности судовых быстроходных полутвердотельных дизелей ограничен. Как правило, число ГГ в установках переменного тока составляет четыре, шесть, восемь генераторов.

При выборе генератора в ГЭУ постоянного тока учитываются те же требования.

После определения параметров ГГ и ГЭД с учетом требований к их конструктивному исполнению производится выбор конкретных двигателей и генераторов по справочникам и каталогам.

3. ВЫБОР СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ, УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И СИГНАЛИЗАЦИИ

Определение мощности и выбор количества возбудителей главных машин зависят от следующих факторов:

- 1) количество генераторов и ГЭД;
- 2) система возбуждения генераторов;
- 3) величина и необходимость резерва возбуждения;
- 4) число гребных валов и машинных отделений.

Величину мощности возбудителей в первом приближении можно принять равной $(0,3 \div 1,5)\%$ от мощности генераторов переменного тока и $(1 \div 2)\%$ от мощности генераторов постоянного тока.

В ГЭУ постоянного тока главные генераторы могут иметь систему возбуждения следующих четырех видов:

- 1) индивидуальную, при которой каждый генератор имеет свой собственный возбудитель, сидящий с ним на одном валу;
- 2) централизованную, при которой генераторы получают возбуждение от общих шин, на которые работают отдельные возбудители;
- 3) комбинированную, при которой возбудители навешены на валы генераторов, но питают при этом не только свой генератор;
- 4) автономную, при которой обмотки возбуждения отдельных генераторов или группы генераторов, работающих на один ГЭД, получают питание от отдельных автономных возбудителей.

Выбор того или иного вида возбуждения производится с учетом требований живучести и надежности.

Количество возбудителей зависит от принятого вида возбуждения. При индивидуальном и комбинированном возбуждении количество возбудителей равно количеству генераторов. При автономном возбуждении - равно числу гребных валов плюс резервный возбудитель. При централизованном возбуждении - равно двум.

При выборе схемы возбуждения ГЭУ постоянного тока учитывается необходимость обеспечения постоянства ее мощности при изменении режимов работы судна, т. е., выбор схемы возбуждения определяется видом внешней характеристики генератора и характера кривых изменения магнитного потока двигателя. Кроме того, учитывается способ резервирования ГЭД - изменением направления его магнитного потока или тока главной цепи.

Схема возбуждения строится таким образом, чтобы обеспечивалась высокая живучесть гребной электроустановки, т. е., при наличии нескольких ГЭД схемы возбуждения каждого из них должны быть самостоятельными. Выбор возбудителей производится с учетом освоения промышленностью новых

образцов машин постоянного тока, электромашинных усилителей (ЭМУ), магнитных усилителей (МУ) и полупроводниковых преобразователей.

В зависимости от мощности, необходимой для возбуждения главных машин, схемы могут быть одно- или двухкаскадными. В последних обмотки возбуждения главных машин питаются возбудителем, а все сигналы обратных связей по току или по напряжению, а также задающие сигналы суммируются на входе подвозбудителя.

Часто в ГЭУ в качестве подвозбудителей используются магнитные усилители, а в качестве возбудителей - двух- или трехобмоточные машинные возбудители или электромашинные усилители. В настоящее время целесообразно использовать индивидуальные тиристорные возбудители, что позволяет повысить надежность схем, уменьшить их массо-габаритные характеристики.

При выборе схемы возбуждения ГЭУ переменного тока необходимо учитывать схемы форсировок возбуждения генераторов при пуске ГЭД, особенно при использовании винтов регулируемого шага (ВРШ). Для этого могут быть использованы специальные возбудители, включаемые на время пуска ГЭД.

Схема управления ГЭД выбирается с учетом количества мест, из которых производится управление, его частотой вращения (ходовая рубка, верхний мостик, центральный пост управления (ЦПУ), кормовые оконечности судна и др.), а также с учетом количества требуемых постов управления (ПУ) в одном помещении. Например, в ГЭУ современных ледоколов-атомоходов может быть до трех ПУ каждым ГЭД вследствие большой ширины судна.

При выборе метода управления ГЭУ руководствуются данными о методах и средствах управления на эксплуатируемых электроходах. В настоящее время в ГЭУ переменного тока применяются системы простого местного управления, т. е. управление установкой в данном случае осуществляется из машинных отделений со специальных пультов путем воздействия на сервомоторы топливного устройства дизелей или паровые клапаны турбин.

В ГЭУ постоянного тока применяется система простого местного управления и дистанционного управления, т. е. управления установкой осуществляется или из машинного отделения, или из ходовой рубки с помощью специальных ПУ контроллерного или иного типа.

Схемы защиты и сигнализации выбираются с учетом принципов и рекомендаций, изложенных в [1;8;9]. Сведения о технических данных возбудителей можно получить в [6;11;12].

4. РАСЧЕТ МАССОГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛАВНЫХ МАШИН

Одним из важных элементов проектирования ГЭУ является определение массы и габаритов главных генераторов и ГЭД. Расчет массо-габаритных характеристик главных машин ГЭУ производится на основании методики профессора В. Г. Касьянова [7;8;10] как для машин постоянного, так и для машин переменного тока. Данные о значениях машинного коэффициента Арнольда, необходимые для указанных расчетов, для машин постоянного и переменного тока приведены в Приложении 3.

В курсовой работе необходимо произвести расчет массо-габаритных характеристик как для главных генераторов, так и для ГЭД. При этом требуется также рассчитать маховый момент машины.

Выполнение расчета массо-габаритных характеристик машин в практике проектирования необходимо в том случае, когда невозможно подобрать по каталогам или справочникам типовые серии машин, выпускаемые промышленностью. Однако в данной курсовой работе расчет массо-габаритных характеристик машин необходимо выполнить в учебных целях в любом случае, даже если рассчитанная мощность машин соответствует мощности типовых серий машин.

5. ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Исходные данные судна, для которого проектируется ГЭУ приведены в табл. 1. Винтовые характеристики (для хода в свободной воде, буксировочная или швартовная) заданы в относительных единицах и приведены в табл. 2. Варианты заданий выдаются преподавателем каждому студенту индивидуально.

При выборе типа ГЭУ предпочтение желательно отдавать ГЭУ переменного тока, ГЭУ двойного рода тока, а также ГЭУ неизменного тока, т.е. постоянного тока с поддержанием неизменного значения тока в главном контуре установки.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ		НОМЕР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тип судна		А	Б	В	Г	Д	А	Б	В	Г	Д
Длина, м		90,0	64,0	133,0	131,0	106,0	78,0	54,0	165,4	130,0	90,0
Ширина, м		13,0	9,5	18,9	16,8	14,6	14,0	10,0	21,3	19,0	14,0
Осадка, м		6,8	4,5	8,8	6,9	6,55	5,0	4,2	8,08	7,6	5,5
Водоизмещение, т		4300	1300	13500	10650	6681	4000	1250	16800	12000	5215
Скорость судна, м		12,0	16,5	15	16,0	13,5	13,0	16,2	15,0	14,0	14,0

Примечание. А - траулер, Б - зверобойное судно, В - плавбаза, Г - транспортный рефрижератор, Д - производственный рефрижератор.

Варианты винтовых характеристик														Таблица 2
I				II			III			IV			V	
n	M	M _{штв}	n	M	M _{штв}	n	M	M _{штв}	n	M	M _{штв}	n	M	M _{штв}
0,2	0,06	0,12	0,2	0,04	0,06	0,2	0,05	0,09	0,2	0,08	0,18	0,2	0,06	0,25
0,4	0,18	0,3	0,4	0,16	0,26	0,4	0,16	0,27	0,4	0,24	0,5	0,4	0,19	0,56
0,6	0,36	0,58	0,6	0,37	0,57	0,6	0,34	0,555	0,6	0,45	1,03	0,6	0,38	0,94
0,8	0,62	0,96	0,8	0,64	1,0	0,8	0,62	0,97	0,8	0,70	1,75	0,8	0,66	1,55
1,0	1,0	1,54	0,0	1,0	1,52	1,0	1,0	1,6	1,0	1,0	-	1,0	1,0	-
1,2	1,5	-	1,2	1,2	-	1,2	1,52	-	1,2	1,33	-	1,2	1,38	-

Примечание. n, M, M_{штв} - частота вращения, момент в свободной воде, момент на швартовной (буксировочной) характеристике в относительных единицах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин А. Б., Васильев В. Н., Полонский В. И. Автоматизированные ГЭУ. - М.: Транспорт, 1986.
2. Полонский В. И. Электрооборудование и электродвижение судов. - М.: Транспорт, 1965.
3. Дорогостайский Д. В. и др. Теория и устройство судна. - Л.: Судостроение, 1976.
4. Чекунов К. А. Судовые электроприводы и электродвижение судов. - Л.: Судостроение, 1983.
5. Горбунов Б. А., Савин А. С., Сержантов В. В. Современные и перспективные ГЭУ судов. - Л.: Судостроение, 1979.
6. Айзенштадт Е. Б., Гилерович Ю. М. и др. ГЭУ: Справочник. - Л.: Судостроение, 1985.
7. Сержантов В. В., Спешников В. С. ГЭУ. - Л.: Судостроение, 1970.
8. Кузнецов, Куропаткин, Хайкин, Хомяков Основы проектирования ГЭУ. - Л.: Судостроение, 1972.
9. Рукавишников С. Б. Автоматизированные ГЭУ. - Л.: Судостроение, 1983.
10. Гребные электрические установки. Методические указания к практическим занятиям для студентов специальности 180900 "Электрооборудование и автоматика судов" - Калининград: КГТУ, 1994.
11. Хайкин А. Б. Современные и перспективные электроходы. - Л.: Судостроение, 1968.
12. Полонский В. И., Хайкин А. Б. Электроходы и перспективы их развития. - Л.: Судпромиз, 1960.

Основная диаграмма Э. Папмеля

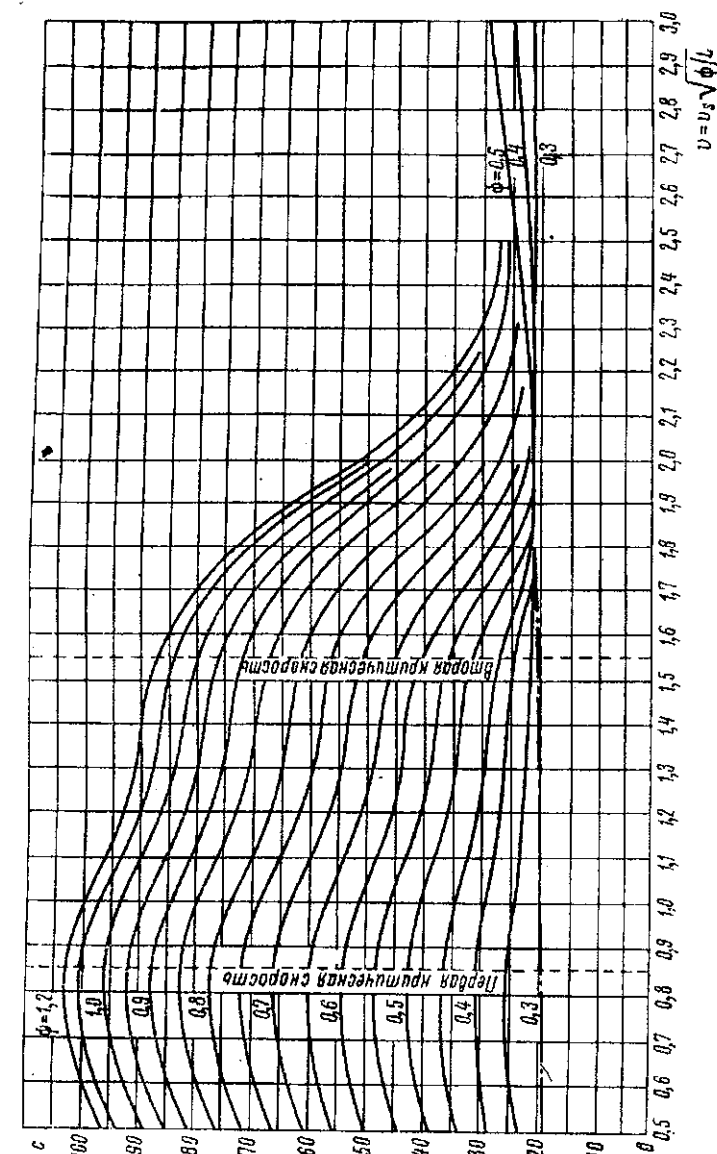
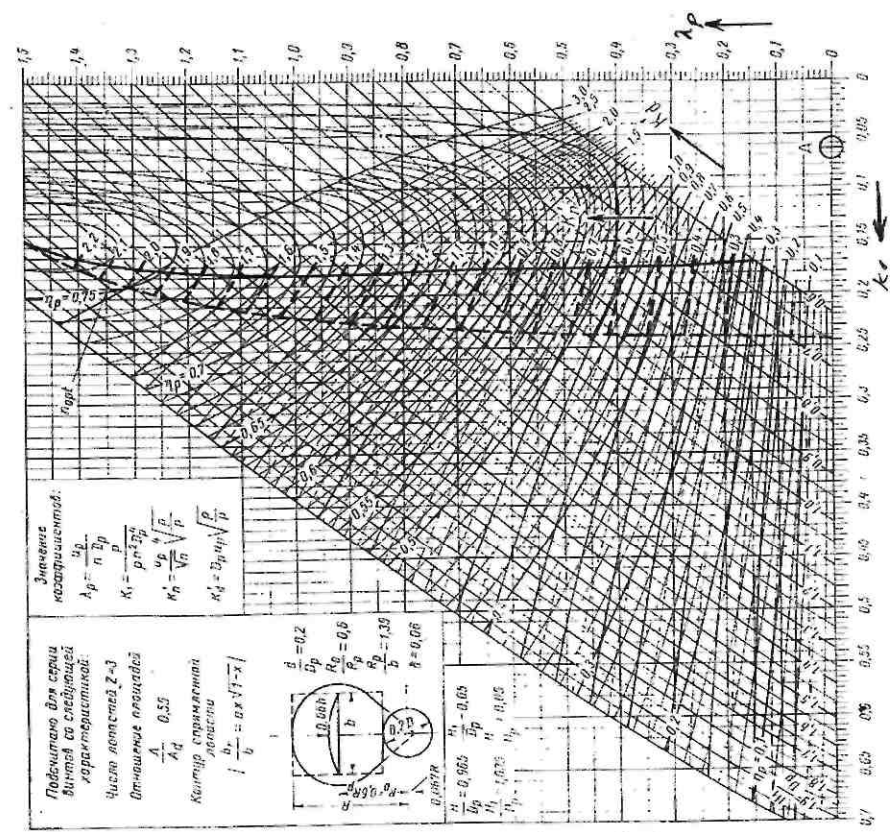


Диаграмма Папмеля для расчета буксировочной мощности судов

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вспомогательная диаграмма Э. Папмеля



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Значения машинного коэффициента Арнольда C_A

Для судовых синхронных явнополюсных машин переменного тока при $\cos\phi=1$

P/n, кВт/(об/мин)	0,5	0,7	0,9	1,0	1,4	1,8	2,5	3,0	3,5	4,0
C_A	0,38	0,35	0,33	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28	0,278	0,275
P/n, кВт/(об/мин)	5,0	6,0	7,0	10,0	14,0	18,0	25,0	50,0	70,0	100,0
C_A	0,273	0,272	0,271	0,27	0,268	0,263	0,26	0,257	0,253	0,25

Для судовых машин постоянного тока

P/n, кВт/(об/мин)	0,5	0,7	0,9	1,0	1,4	1,8	2,0
C_A	0,3	0,28	0,275	0,27	0,26	0,25	0,24
P/n, кВт/(об/мин)	3,0	4,0	5,0	8,0	10,0	18,0	25,0
C_A	0,234	0,23	0,227	0,222	0,22	0,218	0,215
P/n, кВт/(об/мин)	35,0	50,0	70,0	80,0	100,0		
C_A	0,213	0,21	0,207	0,203	0,2		

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Содержание работы	4
2. Расчет мощности ГЭД, выбор главных машин	6
3. Выбор системы возбуждения, управления, сигнализации и защиты	7
4. Расчет массо-габаритных характеристик главных машин	9
5. Варианты заданий	10
Литература	12
Приложение 1. Основная диаграмма Э. Папмеля	13
Приложение 2. Вспомогательная диаграмма Э. Папмеля	14
Приложение 3. Значения коэффициента Арнольда	15

