

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН КАСПИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА ИМ. Ш. ЕСЕНОВА**

ИНСТИТУТ МОРСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА «МОРСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ»

АНФЕРОВ В.А.

**МЕТОДКА РАСЧЕТА СУДОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МОРСКОЙ ТЕХНИКИ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ
ЗАНЯТИЙ**

**СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 050715 – МОРСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ)**

АКТАУ 2011

УДК 629.12.02.09

СОСТАВИТЕЛЬ: старший преподаватель Анферов В.А. Кафедра Морская техника и технологии Методические указания по проведению практических занятий по дисциплине «Электрооборудование морской техники» - Актау, КГУТ и И, 2011, с 27

РЕЦЕНЗЕНТЫ: ктн, зав. кафедрой МТТ

Султанов Т.Т.

В методических указаниях в качестве помощи студентам приведено описание 8 практических занятий для ознакомления с методами расчета судовой электрической станции, расчетами нагрузок и выбора генераторов и первичных двигателей, расчетом кабельных сетей, выбором шин Главного распределительного щита СЭС, расчетом и выбором кабелей фидеров силовой и осветительной сети, расчета провалов напряжения при пуске АД, выбор коммутационной аппаратуры на примере конкретного судна..

© КГУТиИ им. Ш Есенова

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания были созданы в соответствии с программой курса “Электрооборудование морской техники”.

В настоящих методических указаниях приведены материалы в виде 6 практических занятий для получения студентами практических навыков при расчетах судовых электрических станций конкретных судов.

Приведены методы расчета нагрузок судовой электростанции, приведен пример составления нагрузок СЭС и выбора первичных двигателей и генераторов судовой электростанции по рассчитанным нагрузкам. Так же приведена методика расчета кабельных линий СЭС и расчет и выбор кабелей силовой и осветительной нагрузок. Приведен расчет шин ГРЩ.

В методических указаниях приведены пример расчета электрической станции для конкретного судна, что должно помочь студентам при выполнении курсовых работ и дипломных проектов

Практическое занятие №1.

1.Методика расчета нагрузки судовой электростанции.

Характер изменения нагрузки, создаваемой судовыми ПЭЭ, является случайным процессом, подчиняющимся теории вероятности.

В инженерной практике при расчете нагрузки используют нетерминированный метод, по которому создаваемую нагрузку определяют только для наиболее характерных режимов работы судна.

1.1 Расчет нагрузки судовой ЭС

Возможно рассчитать двумя различными способами:

- аналитическим;
- табличным.

Для выбора того или иного метода расчета нужно располагать определенным набором данных. Табличный метод выполняют в том случае, когда разработчик располагает сведениями обо всем комплексе судовых ПЭЭ, и оформляют в виде таблиц нагрузок СЭС. Однако на начальной стадии проектирования, когда не определен весь комплекс судовых потребителей и режимы их работы, расчет мощности СЭС целесообразно производить аналитическим методом. С введением определенной коррекции этот метод может быть применен для нахождения мощности СЭС судов различных типов.

Расчет выполняют для **основных режимов работы судов**, которыми являются:

- ходовой,
- стоянка без грузовых операций;
- стоянка с грузовыми операциями,
- маневренный;
- аварийный.

Рассматриваются также **специальные режимы**, характерные для определенных типов судов, в частности:

- для промысловых - ходовой промысловый;
- для ледоколов - ход во льдах;
- для плавучих заводов - технологический режим;
- для буксиров и спасательных судов - ходовой буксировочный.

При расчете мощности судовой ЭС во всех режимах при наличии мощных потребителей следует вносить поправку. Кроме того надо учитывать потери мощности в электросетях судна, которые составляют 5 %. В отдельных случаях целесообразно предусмотреть мощность на модернизацию судового оборудования.

Итоговые значения нагрузки ЭС в различных режимах служат основанием для выбора количества и мощности судовых генераторов. Суммарная расчетная мощность режима СЭС состоит из максимальной мощности стандартных ПЭЭ электроэнергии в соответствующем основном

режиме и суммы добавочных мощностей, необходимых для обеспечения электроэнергией дополнительных потребителей в данном режиме судна.

1.2. Расчет нагрузки судовой электростанции аналитическим методом.

При использовании аналитического метода средняя расчетная мощность в ходовом режиме

$$P_x = 18 + 0,028 \cdot N + p^* = 18 + 0,028 \cdot 2200 + 190 = 220 \text{ кВт},$$

где N - мощность главного двигателя энергетической установки,

p^* - наибольшее значение $R_{эп}$ и $R_{бп}$,

$R_{эп}$ - мощность эпизодических включенных потребителей,

$R_{бп}$ - мощность бытовых потребителей.

Примерная мощность эпизодических потребителей

$$R_{эп} = R_{бн} + R_{пн} + R_{он} = 50 + 40 + 50 = 140 \text{ кВт},$$

где $R_{бн}$ - мощность электропривода балластного насоса,

$R_{пн}$ - мощность электропривода пожарного насоса,

$R_{он}$ - мощность электропривода осушительного насоса.

Расчетная мощность бытовых потребителей

$$R_{б.п} = R_k + R_v + R_{с.к} = 20 + 18 + 30 = 68 \text{ кВт}$$

где R_k - мощность электрического камбуза.

R_v - мощность бытовой вентиляции

$$R_v = (0,4 \text{ ч } 0,8) \cdot \sum P_{в1} = 0,8 \cdot 22 = 17,6 \text{ кВт},$$

где $(0,4 \text{ ч } 0,8)$ - коэффициент одновременности,

$R_{с.к}$ - суммарная мощность установок кондиционирования воздуха

$$R_{с.к} = 0,7 \cdot \sum P_{кв1} = 0,7 \cdot 18 = 10,8 \text{ кВт}$$

где $0,7$ - коэффициент одновременности.

Средняя расчетная мощность СЭС в стояночном режиме, без грузовых операций

$$P_{ст} = 11 + 0,002 \cdot D + R_{эп} = 11 + 0,002 \cdot 30000 + 140 = 211 \text{ кВт}.$$

Стояночный режим с грузовыми операциями

$$P_{ст.гр} = P_{ст} + R_{гр.м} = 251 + 40 = 291 \text{ кВт}$$

Мощность грузовых механизмов с учетом одновременности их работы

$$R_{гр.м} = k_o \cdot \sum P_{гр.м1} = 0,8 \cdot 50 = 40 \text{ кВт}$$

где $k_o = (0,4 \text{ ч } 0,8)$ - коэффициент одновременности.

Средняя расчетная мощность СЭС в маневровом режиме

$$P_m = [0,8 \cdot (R_{б.п} + R_{кп}) + P_x] \cdot 1,05 = [0,8 \cdot (22 + 15) + 220] \cdot 1,05 = 262 \text{ кВт},$$

где $R_{б.п}$ - мощность брашпиля

Ркп - мощность компрессов пускового воздуха.

Расчетная мощность СЭС при работе аварийном режиме, т.е. это мощность аварийной ЭС

$$P_{a.эс.} = (0,3 + 0,35) \cdot P_x \cdot 1,05 = 1,05 \cdot 0,35 \cdot 220 = 70 \text{ кВт},$$

Расчетная мощность в аварийном режиме при работе основной электростанции

$$P_{сэс} = 1,05 \cdot (1,3 - 1,5) \cdot P_x = 1,05 \cdot 1,3 \cdot 220 = 346 \text{ кВт}.$$

При расчетах мощности СЭС необходимо учитывать потери мощности в электросетях судна, который составляет 5%. Целесообразно предусматривать мощности идущие на планируемую модернизацию энергетического оборудования.

Выбор количество и единичный мощности генераторных агрегатов производится на основании расчетных данных полученных на всех эксплуатационных режимах судно с учетом требований Регистра.

Практическое занятие №2

Выбор количества и единичной мощности генераторных агрегатов СЭС.

Состав генераторных агрегатов выбирают с учетом теории системотехники, исследующей взаимосвязи сложных систем, рассматривая СЭС как подсистему, входящую в состав систем СЭЭС, СЭУ и судна в целом. Принятый вариант оценивают по степени экономичности и надежности на уровне старшей системы. Основанием для выбора количества и мощности генераторных агрегатов служат расчетные значения нагрузки СЭС по режимам работы, определяемым по таблице нагрузок СЭС (см. табл. №1.1.).

Выбор количества и единичной мощности ГА производят, используя следующие рекомендации:

1. По режиму минимальной нагрузки определяют единичную мощность ГА, по режиму максимальной расчетной нагрузки - общее количество, а по расчетной нагрузке остальных режимов ее разделяют по отдельным агрегатам в нескольких конкурирующих вариантах;

2. Загрузка агрегатов в ходовых, промысловых и стояночных режимах работы судна должна составлять 70—90 % номинальной с учетом резерва мощности для внедрения новых ПЭ в процессе эксплуатации судна. При работе в маневровом и аварийном режимах может снижаться:

- до 50 — 60 % — для дизель-генераторов,
- до 40 — 50 % — для турбогенераторов,
- до любого уровня — для ВГ и утилизационных ТГ.

3. На каждом судне с ответственными ПЭЭ должно быть предусмотрено не менее двух генераторов и дополнительно ВГ.

4. Мощность основных ГА должна быть такой, чтобы при выходе из строя любого из них -оставшиеся обеспечивали питание **ответственных ПЭЭ**.

Ответственные ПЭЭ - потребители, обеспечивающие нормальные эксплуатационные условия движения и безопасность судна, а также минимально необходимые условия обитаемости на нем в ходовом, маневровом, аварийном режимах. Кроме того, оставшиеся ГА должны обеспечивать работу устройств и систем, необходимых для пуска ГД при нерабочем состоянии судна.

5. Суммарная мощность и мгновенная перегрузочная способность СЭС при выходе из строя любого из имеющихся ГА должны обеспечить пуск самого мощного электродвигателя с наиболее тяжелым пуском без нарушения устойчивости СЭС и других ПЭЭ.

6. Генераторные агрегаты должны допускать возможность работы с перегрузкой не менее 10% от номинальной мощности в течении не менее 1 часа.

7. Число типов ГА, отличающихся по конструкции и мощности, должно быть минимальным:

- в СЭС, состоящих только из ДГ или ДГ и ТГ, - не более двух;
- в СЭС, состоящих из ДГ и других типов ГА (ВГ, НГ, УТГ, ВДГ), - не более трех.

8. При компоновке СЭС состоящей из ДГА, целесообразен вариант их равной мощности. При использовании ТГА (в качестве ходовых) и ДГА (в качестве резервных) мощность первых больше мощности вторых, а при использовании ДГА и ВГ мощность первых меньше мощности вторых.

1. Один ДГА постоянно находится в резерве, а остальные агрегаты могут длительно эксплуатироваться под нагрузкой.

Ввиду высокой стоимости береговой электроэнергии в некоторых портах и отсутствия соответствующих береговых источников электроснабжения для большинства судов, целесообразно обеспечение режима стоянки в порту с работой одного ДГА с высокой загрузкой. Это может повлечь дополнительное дробление мощности СЭС, так как установка стояночного ДГА не целесообразна.

Конкурирующие варианты состава СЭС сравнивают по экономическим показателям:

- среднегодовая наработка ГА;
- среднегодовые значения приведенных и эксплуатационных затрат;
- себестоимость электроэнергии;
- срок окупаемости.

Таблица нагрузок СЭЭС

Табл.№1.1.

Ходовой Режим, кВт	Стояночн. режим без груз. Операций. кВт	Стояночн. С груз. Операц кВт	Маневр. Режим кВт.	Аварийн. ЭС кВт	Авар.режим Основ. ЭС. кВт
220	211	291	262	70	346

Практическое занятие №3

Выбор генераторов и первичных двигателей из приведенных таблиц

После выбора генератора необходимо выбрать для нее первичные двигатели, чтобы они соответствовали основным параметрам генератора. Исходя из вышеизложенного по справочным данным выбираются генераторные агрегаты.

Технические характеристики судовых генераторов

Табл.№1.2

1	Генератор	Dk666-10/2	EFVB
2	Мощность, кВт	200	120
3	Частота вращения, об/мин	600	600
4	Напряжение, В	400	400
5	Ток статора, А	106	216
6	КПД, %	89	91
7	Масса, кг	1900	2880
8	Напряжения возбуждения, В	50	110
9	Ток возбуждения, А	60	25
10	Количество	2	1

**Выбор двигателей.
Технические характеристики первичных двигателей**

Табл.№1.3.

1.	Марка двигателя	16ЧШ5/34	6ЧСП18726
2.	Частота вращения, об/мин.	600	600
3.	Мощность, кВт.	220	147
4.	Размеры: мм.	3817x1460x2476	3625x1050x1732
5.	Масса, кг	9820	3000
6.	Р _e , МПа.	0,52	0,59
7.	Р _z , МПа.	5,8	5,7
8.	G _T , г/кВт*ч.	221	220
9.	G _M , г/кВт*ч.	4,1	2,1
10.	Количество, шт.	2	1

**Практическое занятие №4
Расчет кабельной сети**

Расчет Фидера от генератора до ГРЩ.

Важнейшими критериями правильности выбора кабеля (его сечения) являются:

- температура его жил в режиме, принятом для данного кабеля за расчетный,
- величина потери напряжения в нем.

Различают следующие режимы работы кабеля:

- длительный,
- кратковременный,
- повторно-кратковременный,
- ступенчатый.

Нормы электрических нагрузок установлены для одиночно проложенного кабеля и следующих условий:

- температура окружающей среды - 45С;
- режим нагрузки длительный;
- род тока постоянный или переменный частотой 50 ГЦ;

В зависимости от режима работы кабеля определяется значение допустимого тока с учетом поправочных коэффициентов (K1; K2; K3; K4), значение которых указаны в (K1-табл.2.5.1.; K2-табл.2.5.2.; K3-табл.2.5.3.) «Справочника электротехника».

Значение коэффициента, учитывающего ухудшение условий охлаждения кабелей, заключенных в трубы или кожухи длиной более 2м:

- K4 = 0,80 - для трубы;
- K4 = 0,85 - для кожуха.
- А - поправочный коэффициент, учитывающий отличие режима нагрузки кабеля от длительного табл. 2.5.4. «Справочника электротехника».

Сечение кабеля, необходимое для передачи заданного значения тока при одиночной прокладке кабеля, определяется сразу по таблицам допустимых токовых нагрузок, если режим нагрузки кабеля соответствует указанному режиму.

Расчетный ток для выбора сечения кабеля:

- для кабеля питающего двигатель переменного тока

$$I_{\text{рас}} = \frac{P_{\text{ном}} K_{\text{загр}} 10^3}{\eta \sqrt{3} U_{\text{ном}} \cos \varphi}; \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 360.8 \text{ А},$$

где K_0 - коэффициент одновременности работы потребителей, питающихся от одного фидера;

- $\sum I$ сумма полных токов всех потребителей, питающихся от данного фидера;

- $I_{\text{зап}}$ ток запасных ответвлений.

Расчет фидеров генераторов (выбор сечения) будем вести по расчетному току, определенному по допустимому длительному

$$I_{\text{расч.}} = \frac{I_{\text{раб}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4} = \frac{360.8}{0.1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 515.5 \text{ А}$$

где K_1 -коэффициент учитывающий число жил кабеля;

0,85-двухжильный;

0,7-трехжильный.

K_2 -коэффициент, учитывающий способ прокладки (при прокладке >6 кабелей в пучке равна 0,85; при прокладке <6 кабелей в пучке равна 1);

K_3 - коэффициент, учитывающий длительный режим работы;

K_4 -коэффициент, учитывающий отличие температуры окружающей среды, при температуре 45°C равна 1.

Выбор сечения кабеля производится по таблице длительных допустимых токов нагрузки:

Рассмотрим несколько вариантов выбора фидеров по количеству кабелей в пучке фидера. Выберем количество кабелей $n = 4; 5; 6$.

Рассчитаем ток в каждом кабеле в зависимости от количества кабелей в пучке

$$I_k = \frac{I_{\text{расч}}}{n};$$

$$I_{k1} = \frac{515.5}{4} = 128.9 \text{ А}$$

$$I_{k2} = \frac{515.5}{5} = 103.1 \text{ А}$$

$$I_{k3} = \frac{515.5}{6} = 86 \text{ А}$$

По расчетному току выбираем соответствующее сечение жилы, в зависимости от количества кабелей в пучке и допустимую нагрузку

$$I_{\text{доп1}} = 135(70 \times 3) \times 4$$

$$I_{\text{доп2}} = 110(50 \times 3) \times 5,$$

$$I_{\text{доп3}} = 90(35 \times 3) \times 6$$

Определим массу меди, требуемой для всех трех вариантов комплектации

$$m=V \cdot \rho \cdot n, \quad V= L \cdot s \cdot n;$$

где n -количество кабелей в фидере;

$\rho=8960\text{кг/м}^3$ удельная плотность меди;

V -объем меди кабеля;

$$V_1=25 \cdot 3 \cdot 70 \cdot 10^{-6} = 5,25 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

$$V_2=25 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 10^{-6} = 3,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_3=25 \cdot 3 \cdot 35 \cdot 10^{-6} = 2,625 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Где $L=25\text{м}$ - длина фидера; s -сечение выбранного кабеля;

Масса жилы кабелей

$$m_1=8960 \cdot 4 \cdot 5,25 \cdot 10^{-3} = 188,16\text{кг}$$

$$m_2 = 8960 \cdot 5 \cdot 3,75 \cdot 10^{-3} = 168\text{кг}$$

$$m_3 = 8960 \cdot 6 \cdot 2,625 \cdot 10^{-3} = 141,12\text{кг}$$

4.1 Расчет потерь напряжения в кабельной сети.

Величина потери напряжения в кабеле может быть определена: для трехфазного переменного тока

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_{расч} \ell}{U_n} (R \cos \varphi + X \sin \varphi) 100\%,$$

Значение величины потерь напряжения в кабельных трассах является необходимым, но недостаточным для оценки спроектированной системы распределения электроэнергии. Полученные значения потерь напряжения необходимо сравнить со значениями, установленными требованиями Правил Регистра. Определим потери напряжения в фидере

$$\Delta U_1 = I_r \cdot \frac{L}{n} \cdot \sqrt{r^2 + x^2}$$

$$\Delta U_1 = 360,8 \cdot \frac{25}{4} \cdot \sqrt{0,4^2 + 0,08^2} = 0,92\text{В}$$

$$\Delta U_2 = 360,8 \cdot \frac{25}{5} \cdot \sqrt{0,4^2 + 0,08^2} = 0,736\text{В}$$

$$\Delta U_3 = 360,8 \cdot \frac{25}{6} \cdot \sqrt{0,4^2 + 0,08^2} = 0,613\text{В}$$

$r = 0,4\text{Ом/кг}$ - удельное активное сопротивление,

$x = 0,08\text{Ом/кг}$ - удельное реактивное сопротивление.

По Требованию Регистра потери напряжения в фидере не должны превышать 1%, следовательно полученные результаты удовлетворяют требованиям Регистра.

Рассчитанные комплектации фидеров сведем в таблицу и проведем сравнительный анализ вариантов.

Сравнительный анализ вариантов выбора фидеров

Табл. №3.1

Сечение, мм.	(70x3)x4	(50x3)x5	(35x3)x6
Допустимый ток кабеля, А.	135	110	90
Масса меди, кг.	188,16	168	141,12
Потери напряжения, В.	0,91	0,736	0,613

Так как варианты по массовым показателям имеют незначительные отличия, выбор производим по наименьшему значению потерь напряжения.

Практическое занятие №5

Расчет шин электrorаспределительных устройств.

Расчет шин ЭРУ заключается:

- в определении наибольшего длительного тока нагрузки на шинах,
- в выборе размеров шин исходя из допустимого тока;
- в проверке выбранных шин на динамическую и термическую стойкость,
- на возможность появления механического резонанса.

Наибольший ток определяют на основании схемы фактического подключения потребителей (ПЭЭ) к шинам ГРЩ. В этом случае учитывают коэффициенты загрузки ПЭЭ, коэффициент однородности их работы и выбирают наиболее тяжелый режим.

При достаточно большой мощности электростанции целесообразно определить наибольшие токи на различных участках шин с тем, чтобы применить шины с разной площадью поперечного сечения. Для ЭС малой мощности, имеющей короткие шины ГРЩ, их можно выбирать по номинальному току ГА.

После определения расчетного тока шины должны быть подобраны на основании условия

$$I \leq I_d;$$

Шины также можно подобрать по соответствующим таблицам по значению допустимой нагрузки

$$I_{доп\theta} = I_{доп40} \sqrt{\frac{90 - \theta}{50}};$$

Шины ГРЩ нуждаются в проверке на электродинамическую и, если время

отключения автоматических выключателей между ГРЩ и генераторами больше

0,5с, на температурную устойчивость.

Рабочий ток, протекающий по шинам

$$I_{\text{раб}} = \frac{\sum I_p}{2} = \frac{2 \cdot 369,8}{2} = 369,8 \text{ А},$$

Выбираем по таблице: «Нормы электрических нагрузок на медные шины, при температуре нагревания 90° С, ток 745А и размеры шин 50x15мм, а= 130мм, в =15 мм, h=50мм.

На основании этих данных и кривых определяем значения коэффициента формы Кф=0,96.

Определяем момент сопротивления шин для прямоугольного сечения при расположении на ребро

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{1,5^2 \cdot 5}{6} = 1,875 \text{ см}^3$$

Значение силы, приложенной к единице длины шин

$$F = k \cdot k_{\phi} \cdot i_{\text{уд}} \cdot \frac{1}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \cdot 0,96 \cdot 14695^2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 10^{-7} = 3,04 \text{ Н / см}$$

где $k = 1,76$ - коэффициент для трехфазного К.З.

$$I_{\text{max}} = (1,5 \text{ч} 20) \cdot I_{\text{ном}} = 18 \cdot 360,8 = 6494,4 \text{ А};$$

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,6 \cdot 6494,4 = 14695 \text{ А},$$

где $K_{\text{уд}} = (1,5 \text{ч} 1,8)$;

Рассчитаем допустимое наибольшее значение пролета между опорами шин, удовлетворяющие условию

$$U_{\text{расч}} < U_{\text{доп}}$$

где $u_{\text{доп}} = 1400 \text{ Н/см}$ - допустимое напряжение шин для меди

$$L_{\text{max}} = \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma_{\text{дон}} \cdot W}{F}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 14000 \cdot 1,875}{3,04}} = 293,8 \text{ см}$$

Принимаем $L = 293,8 \text{ см}$; при длине секции ГРЩ, например, равной 90см шины должны быть закреплены в трех точках каждой секции (при двух пролетах между точками крепления). Такое крепление обеспечивает динамическую стойкость шин выбранного размера.

5.1 Расчет термической стойкости.

Согласно кривым начальной температуры нагревания медных шин, равной 60° соответствуют значение $A_n = 1,7 \cdot 10^4$. Значение параметра A_n , характеризует конечную температуру нагревания шин

$$A_k = A_n + \frac{I_\infty^2}{S^2} \cdot t_\phi, \text{ где}$$

$$t_\phi = 2 \cdot t_{\text{к.з.}} = 2 \cdot 0,38 = 0,76 \text{ с}$$

$t_{\text{к.з.}}$ - время отключения секционного автомата при к.з.

Площадь сечения шины

$$S = b \cdot h = 15 \cdot 50 = 750 \text{ мм}^2$$

$$I_\infty = \sqrt{2} \cdot I_\sigma \cdot I_\infty^2 = \sqrt{2} \cdot 2706 \cdot 4,15 = 15881,5 \text{ А}$$

$$A_k = 1,7 \cdot 10^4 + \frac{15881,5^2}{750^2} \cdot 0,76 = 1,734 \cdot 10^4$$

Согласно кривым, значению $A_n = 1,734 \cdot 10^4$ соответствует температуре, примерно равная 100°С , это меньше 300°С - максимально допустимой кратковременной температуры для медных шин.

Практическое занятие №6

Расчет силовой и осветительной системы

Порядок расчета:

- Определим рабочий ток кабеля

$$I_{\text{раб}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta \cdot \cos \mu}, \text{ где } \eta - \text{КПД потребителя}$$

- Определим расчетный ток кабеля с учетом поправочных коэффициентов

$$I_{\text{расч}} = \frac{I_{\text{раб}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4}$$

2) Расчет кабеля от РЩ №3 до М1 (4АН225М4У3) $P=60 \text{ кВт}$.

$$I_{\text{раб}} = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 108,25 \text{ А}$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{108,25}{0,7} = 154,76 \text{ А} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 108,25 \cdot 10 \cdot 0,8}{48 \cdot 400 \cdot 50} \cdot 100\% = 0,156\%$$

3) Расчет кабеля от РЩ №3 до М2 (4АН180С4У3) $P=30 \text{ кВт}$.

$$I_{\text{раб}} = \frac{30 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8} = 54,13 \text{ А} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 54,13 \cdot 12 \cdot 0,8}{48 \cdot 400 \cdot 16} \cdot 100\% = 0,292\%$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{54,13}{0,7} = 77,32 \text{ А}$$

4) Расчет кабеля от РЩ №3 до М3 (4АН160М4У3) $P=30 \text{ кВт}$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 54.13 \cdot 20 \cdot 0.8}{48 \cdot 400 \cdot 10} \cdot 100\% = 0.573\%$$

5) Расчет кабеля от РЩ №3 до М4 (4АШ8084У3) P=15кВт

$$I_{\text{раб}} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 27.06 \text{ A}$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{27.06}{0.7} = 38.66 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 27.06 \cdot 15 \cdot 0.8}{48 \cdot 400 \cdot 6} \cdot 100\% = 0.488\%$$

6) Расчет кабеля от РЩ №3 до М5 (4АШ8084У3) P=30кВт

$$I_{\text{раб}} = \frac{30 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 54.13 \text{ A}$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{54.13}{0.7} = 77.32 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 54.13 \cdot 20 \cdot 0.8}{48 \cdot 400 \cdot 16} \cdot 100\% = 0.488\%$$

7) Расчет кабеля от РЩ №3 до М6 (4А180S40M2) P=15кВт

$$I_{\text{раб}} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.8} = 27.06 \text{ A}$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{27.06}{0.7} = 38.66 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 27.06 \cdot 15 \cdot 0.8}{48 \cdot 400 \cdot 6} \cdot 100\% = 0.488\%$$

Рассчитаем кабели фидеров сети освещения. Для питания щита напряжением 230В используются трансформатор ТСЗМ-40. (S= 40кВА)

1) Расчет кабеля от ГРЩ до ТСЗМ-40.

$$S = 40 \text{ кВА} \quad z = 96.5\% \quad L = 15.$$

$$I_{\text{раб}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta} = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.965} = 59.85 \text{ A} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 59.83 \cdot 15 \cdot 1}{48 \cdot 400 \cdot 35} \cdot 100\% = 0.231\%$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{59.85}{0.7} = 85.47 \text{ A}$$

2) Расчет кабеля от EL1 до EL2 l=5м

$$I_{\text{раб}} = \frac{S}{U} = \frac{500}{220} = 2.27 \text{ A} \quad \Delta U = \frac{2 \cdot 2.67 \cdot 21.6 \cdot 10^{-3} \cdot 5}{220} \cdot 100\% = 0.26\%$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{2.27}{0.85} = 2.67 \text{ A}$$

3) Расчет кабеля от ЩО N13 до EL1: P=2x500=1000кВт. l=5.

$$I_{\text{раб}} = \frac{S}{U} = \frac{1000}{220} = 4.54 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 5.34 \cdot 21.6 \cdot 10^{-3} \cdot 15}{220} \cdot 100\% = 1.57\%$$

$$I_{\text{расч}} = \frac{4.54}{0.85} = 5.34 \text{ A}$$

4) Расчет кабеля от ГРЩО N3 до РЩ N3. $l=40\text{м.}$

$$I_{\text{раб}} = (I_{\text{м2}} + I_{\text{м3}} + I_{\text{м4}} + I_{\text{м5}} + I_{\text{м6}}) \cdot \text{Кодн}$$

$$= 1(108,25 + 54,13 + 39,7 + 54,13 + 27,06) = 283,27 \text{ A}$$

Кодн.=1 -коэффициент одновременности

$$I_{\text{расч}} = \frac{283.7}{0.7} = 404.67 \text{ A}$$

$$I_{\text{дон}} = 415 \cdot AS = 185 \cdot 3$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 283.27 \cdot 40}{48 \cdot 400 \cdot 185} \cdot 100\% = 0.55\%$$

Все кабели выбранного сечения марки КНР. Рассчитанные выше потери напряжения силовой и осветительной сети распределения удовлетворяют Правилам Регистра: для силовой сети $\Delta U < 6\%$, для сети освещения $\Delta U < 5\%$, значит выбор кабелей и расчет верен.

Практическое занятие №7

Расчет провалов напряжения при пуске АД.

Отличительной особенностью СЭС является наличие в них асинхронных, короткозамкнутых двигателей, мощность которых соизмерима с мощностью генераторов. При пуске таких двигателей пусковой ток их в 5-7 раз больше номинального и является в основном индуктивным. При наброске подобных индуктивных токов синхронные генераторы сильно размагничиваются и на некоторое время снижают напряжение, что принято называть провалом напряжения.

Согласно правилам Регистра, провалы напряжения в СЭС не должны превышать 15% номинального.

Рассмотрим режим стоянки в порту: $P_{\text{реж}} = 160 \text{ кВт}$. $Q_{\text{реж}} = 35 \text{ кВАр}$;

Для обеспечения необходимого провала напряжения будем считать, что при пуске АД работает генератор мощностью 500кВт, т.к. при работе генератора мощностью 180кВт и пуске АД наибольшей мощности, провал напряжения составляет значение, превышающее 15% номинального значения, что не соответствует правилам Регистра.

Параметры генератора:

$P_{нг}=500\text{кВт}$. $S_{нг}=625\text{кВА}$. $Q_{нг}=375\text{кВА}$ $X_b=1\text{о.с}$. $X_b=0,17\text{о.с}$
 $X''_b=X''_{g0,1}\text{о.с}$; $X_{g0,073}\text{о.с}$; $X_g=0,75\text{о.с}$

$$M_g = 1 - \frac{X''_g}{X_g} = 1 - \frac{0,11}{0,57} = 0,807\text{о.с}$$

Параметры двигателя:

$$P_n=75\text{кВт};$$
$$K_n=6,5;$$
$$S=0,925;$$
$$\cos\varphi=0,47$$

Мощность, потребляемая двигателем из сети:

$$P_{нюв} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{75 \cdot 10^{-3}}{0,92} = 81,52\text{кВт}$$
$$S_{нюв} = \sqrt{3} \cdot I \cdot U = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 131,49\text{кВА}$$
$$Q_{нюв} = \sqrt{3} \cdot I \cdot U \cdot \sin\varphi = \sqrt{3} \cdot 131,49 \cdot 400 \cdot 0,456 = 41,54\text{кВАр}$$
$$P_{ню} = P_{реж} - P_{нюв} = 180 - 81,52 = 98,48\text{кВт}$$
$$Q_{ню} = Q_{реж} - Q_{нюв} = 45 - 41,54 = 3,46\text{кВАр}$$
$$S_{ню} = \sqrt{P_{ню}^2 + Q_{ю}^2} = \sqrt{98,48^2 + 3,46^2} = 98,54\text{кВА}$$

Проводимость двигателя в момент включения

$$I_{\partialв} = \frac{S_{нюв} \cdot K_{II}}{S_{нз}} \cdot \left(\frac{U_r}{U_{\partialв}} \right)^2 = \frac{91,06 \cdot 6,5}{625} \cdot \left(\frac{400}{400} \right)^2 = 0,94\text{о.с}$$

$$\partial_{\partialв} = I_{\partialв} \cdot \cos\varphi = 0,94 \cdot 0,47 = 0,441\text{о.с}$$

$$е_{\partialв} = I_{\partialв} \cdot \sin\varphi = 0,94 \cdot 0,882 = 0,829\text{о.с}$$

Проводимость предварительной нагрузки

$$I_{ню} = \frac{P_{ню}}{S_{нз} \cdot \cos\varphi} = \frac{98,54}{625} = 0,157\text{о.с}$$

$$g_{ню} = I_{ню} \cdot \cos\varphi = \frac{98,54}{625} = 0,157\text{о.с}$$

$$b_{ню} = I_{ню} \cdot \sin\varphi = \frac{3,46}{625} = 0,0055\text{о.с}$$

Суммарная активная и реактивная проводимость момента включения
 $q_{не}=q_{но}+q_{дв}=0,157+0,411=0,598\text{о.с}$ $вне=вно+вдв = 0,0055 + 0,829 = 0,839\text{о.с}$.

Параметры генератора в исходном статическом режиме

$$U_{do} = \frac{x_q \cdot q_{HO}}{\sqrt{(1 + x_q \cdot b_{HO})^2 + (x_q \cdot q_{HO})^2}} = \frac{0,57 \cdot 0,157}{\sqrt{(1 + 0,57 \cdot 0,0055)^2 + (0,57 \cdot 0,157)^2}} = 0,080.c$$

$$U_{qo} = \frac{1 + x_q \cdot b_{HO}}{\sqrt{(1 + x_q \cdot b_{HO})^2 + (x_q \cdot q_{HO})^2}} = \frac{1 + 0,57 \cdot 0,157}{\sqrt{(1 + 0,57 \cdot 0,0055)^2 + (0,57 \cdot 0,157)^2}} = 0,990.c$$

$$ido = q_{HO} \cdot U_{qo} + U_{do} \cdot b_{HO} = 0,157 \cdot 0,99 + 0,0055 \cdot 0,08 = 0,0180.c$$

$$Iq_{ij} = \frac{U_{do}}{x_q} = \frac{0,08}{0,57} = 0,150.c \quad o = U_{qo} + x_d \cdot ido = 0,99 + 1 \cdot 0,018 = 1,0080.c$$

Составляющее напряжений генератора с учетом демпферных обмоток

$$U_{d1} = \frac{x_q'' \cdot g_{HO} [i_{go} - (x_\alpha - x_\alpha'') \cdot i_{do}] + (1 + x_d'' \cdot b_{HO}) \cdot M_g \cdot x_q \cdot I_{qo}}{(1 + x_d'' \cdot b_{HO}) \cdot (1 + x_q'' \cdot b_{HO}) + x_d'' \cdot x_q'' \cdot q_{HO}^2} =$$

$$= \frac{0,11 \cdot 0,598 [1,008 - (1 - 0,11) \cdot 0,018] + (1 + 0,11 \cdot 0,834 \cdot 0,807 \cdot 0,57 \cdot 0,14)}{(1 + 0,11 \cdot 0,834) \cdot (1 + 0,11 \cdot 0,834) + 0,11 \cdot 0,11 \cdot 0,598^2} = 0,110.c$$

$$U_{q1} = \frac{1 + x_q'' \cdot b_{HO} \cdot [i_{fo} - (x_\alpha - x_\alpha'') \cdot i_{do}] - x_d'' \cdot q_{HO} \cdot M_g \cdot x_q \cdot i_{qo}}{(1 + x_d'' \cdot b_{HO}) \cdot (1 + x_q'' \cdot b_{HO}) + x_d'' \cdot x_q'' \cdot q_{HO}^2} =$$

$$= \frac{1 + 0,11 \cdot 0,834 [1,008 - (1 - 0,11) \cdot 0,018] - 0,11 \cdot 0,598 \cdot 0,807 \cdot 0,57 \cdot 0,14}{(1 + 0,11 \cdot 0,834) \cdot (1 + 0,11 \cdot 0,834) + 0,11 \cdot 0,11 \cdot 0,598^2} = 0,9420.c$$

$$U_1 = \sqrt{U_{d1}^2 + U_{q1}^2} = \sqrt{0,11^2 + 0,942^2} = 0,853$$

Провал напряжения при учете демпферных обмоток

$$\Delta U = (1 - U_2) \cdot 100\% = (1 - 0,853) \cdot 100\% = 4,7\%$$

Составляющая напряжения генератора без учета демпферных обмоток в 1-ый моменте после включения АД.

$$U_{d1} = \frac{x_q \cdot g_{HO} [i_\alpha - (x_\alpha - x_\alpha'') \cdot i_{do}]}{(1 + x_d \cdot b_{HO}) \cdot (1 + x_q \cdot b_{HO}) + x_d \cdot x_q \cdot q_{HO}^2} = \frac{0,57 \cdot 0,598 [1,008 - (1 - 0,11) \cdot 0,018]}{(1 + 0,17 \cdot 0,834) \cdot (1 + 0,57 \cdot 0,834) + 0,17 \cdot 0,57 \cdot 0,598^2} = 0,470.c$$

$$U_{q1} = \frac{1 + x_q \cdot b_{HO} \cdot [i_{fo} - (x_\alpha - x_\alpha'') \cdot i_{do}]}{(1 + x_d \cdot b_{HO}) \cdot (1 + x_q \cdot b_{HO}) + x_d \cdot x_q \cdot q_{HO}^2} =$$

$$= \frac{1 + 0,57 \cdot 0,834 [1,008 - (1 - 0,17) \cdot 0,018]}{(1 + 0,17 \cdot 0,834) \cdot (1 + 0,57 \cdot 0,834) + 0,17 \cdot 0,57 \cdot 0,598^2} = 0,9170.c$$

Провал напряжения при учете демпферных обмоток

$$\Delta U_2 = (1 - U_1) \cdot 100\% = (1 - 0,957) \cdot 100\% = 4,3\%$$

Максимальный провал напряжения

$$\Delta U_{\max} = \frac{\Delta U + \Delta U_2}{2} = \frac{4,7 + 4,3}{2} = 4,5 \leq 15\%$$

Полученный максимальный провал напряжения удовлетворяет Правилами Регистра и не превышает 15% номинального напряжения

7.1 Устройство разгрузки генераторов (У Р Г).

Устройство осуществимей автоматическое отключение части потребителей электроэнергии при перегрузке генераторного агрегата, и рассчитано для работы по активному и полному току.

Подключения УРГ к генератору осуществляется через измерительный трансформатор напряжения, со вторичным $U=127В$, 50Гц и трансформатор тока, с током во вторичной обмотке $I=5 А$.

Установка срабатывания регулируется:

- по активному току 2,4 - 4А;
- по полному току 3 - 5 А;

Схема устройства обеспечивает при последовательности ступени срабатывания с выдержкой времени от 4 до 8 с.

Практическое занятие №8

Выбор коммутационно-защитной аппаратуры и расчет уставок

Аппараты защиты выбирают по номинальному напряжению и конструктивному исполнению.

По номинальному напряжению аппараты защиты выбирают исходя из условий

$$u_{уст.н} < u_{ап.н}$$

Где $u_{уст.н}$ - номинальное напряжение установки.

$u_{ап.н}$ - номинальное напряжение аппарата.

По номинальному току аппарата выбирают исходя из условия

$I_{н.мах} \leq I_{ап.ном}$ $I_{н мах}$ - максимальный ток нагрузки (длительный),

$I_{ап.ном}$ - номинальный ток аппарата.

По конструктивному исполнению аппарата выбирают так, чтобы они могли надежно работать в специфических условиях данной энергетической установки.

Выбор аппаратов защиты АВ, для фрагмента СЭС производим по условию:

$$I_{н.р} \geq I_{ф},$$

Где $I_{н.р}$ номинальный ток расцепителя;

$I_{ф}$ - номинальный ток фидера потребителя.

8.1.В качестве генераторных автоматов выбираем автоматы типа АМ-БМ.

1. В качестве QF1, QF2 выбираем автоматы типа: АМ8-М.

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном} = 800А$.

Номинальный ток расцепителя: $I_{нр} = 375А$.

Допустимый ударный ток к.з.: $I = 63000А$

Коэффициент установки: $K_{уст} = 2$

Время срабатывания: $t = 0,68\text{с}$

2. В качестве QF3 выбираем автоматы АМ8П.

Номинальный ток выключателя $I_{\text{ТМИ}} = 800\text{А}$.

Номинальный ток расцепителя $I_{\text{н.р}} = 190\text{А}$

Допустимый ударный ток к.з. $I_{\text{уд}} = 500000\text{А}$

Коэффициент установки $k_{\text{уст}}=2$

Время срабатывания: $t = 0,38\text{с}$

3. В качестве QF3 выбираем автоматы АМ8П.

Номинальный ток выключателя $I_{\text{ав.ном}} = 800\text{А}$.

Номинальный ток расцепителя $I_{\text{нр}}=130\text{А}$.

Допустимый ударный ток к.з. $I_{\text{уд}} = 30000\text{А}$

Коэффициент установки: $k_{\text{уст}} = 2$

Время срабатывания: $t = 0,18\text{с}$

4. В качестве QF5 выбираем автоматы АМ8.2А.

Номинальный ток выключателя $I_{\text{ав.ном}} = 800\text{А}$

Номинальный ток расцепителя $I_{\text{нр}}=1300\text{А}$

Допустимый ударный ток к.з. $I = 30000\text{А}$

Коэффициент установки: $k_{\text{уст}} = 2$

Время срабатывания: $t = 0,18\text{с}$

5. В качестве секционного автомата QF5 выбираем автоматы АМ300-5М.

Номинальный ток выключателя $I_{\text{ав.ном}} = 3000\text{А}$

Номинальный ток расцепителя $I_{\text{н.р.}} = 2000\text{А}$

Допустимый ударный ток к.з. $I_{\text{уд.}} = 120000\text{А}$

Коэффициент установки $k_{\text{уст}} = 2$

Время срабатывания $t = 0,38\text{с}$

8.2. В качестве автоматов для потребителей выбираем АВ А3000.

1. Автомат QF6, так как он номинирует ДПТ управляемый резисторным приводом, то пусковой ток прием равным номинальному $I_{\text{ном.м}} = 83,56\text{А}$
Установка по току срабатывания выключатель фидеров питания определяется из условия отстройки срабатываний в режиме пуска

$$k_{\text{уст}} \geq \frac{k_{\text{д}} k_{\text{а}} k_{\text{н}} I_{\text{н.р.}}}{I_{\text{ном.м}}}$$

Выберем автомат типа А3120:

Номинальный ток выключателя: $I_{\text{ном}} = 200\text{А}$;

Номинальный ток расцепителя: $I_{\text{н.р.}} = 200\text{А}$;

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{\text{уд}} = 18000\text{А}$;

Коэффициент установки: $k_{\text{уст}} = 2$;

Время срабатывания: $t = 0,15\text{с}$.

2. Автомат QF7 типа А3130:

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном}=200A$.

Номинальный ток расцепителя $I_{н.р.}=180A$;

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{уд} = 21000A$;

Коэффициент установки: $k_{уст.}=2$;

Время срабатывания: $t = 0,15с$

3. Автомат QF8 типа А3140:

Номинальный ток выключателя $I_{ав.ном}=600A$; Нормальный ток расцепителя: $I_{н.р.}=500A$;

Допустимый ударный ток к.з. $I_{уд.} = 6000A$;

Коэффициент установки: $k_{уст.} = 2$;

Время срабатывания: $t = 0,3с$.

4. Автомат QF9 типа А3710БОА:

Номинальный ток выключателя $I_{ав.ном}=160A$;

Номинальный ток расцепителя $I_{нр}=600A$;

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{уд.} = 45000A$;

Коэффициент установки: $k_{уст} = 2$;

Время срабатывания: $t = 0,28с$

5. Автомат QF10 типа А3740Б:

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном}=630A$.

Номинальный ток расцепителя: $I_{н.р}=630A$

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{уд} = 48000A$

Коэффициент установки: $k_{уст} = 2$

Время срабатывания: $t = 0,38с$

6. Автомат QF11 типа А3710Ф:

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном}=160A$;

Номинальный ток расцепителя: $I_{н.р}=160A$;

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{уд.}=25000A$;

Коэффициент установки: $K_{уст} = 2$;

Время срабатывания: $t = 0,3с$.

7. Автомат QF12 типа А3110:

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном}= 100A$ Номинальный ток расцепителя: $I_{н.р}=100A$

Допустимый ударный ток к л.: $I_{уд.} = 10000A$ Коэффициент установки: $k_{уст} = 2$

Время срабатывания: $t = 0,15с$

8. Автомат QF13 типа А3730Ф:

Номинальный ток выключателя: $I_{ав.ном}= 630A$,

Номинальный ток расцепителя: $I_{н.р}=600A$.

Допустимый ударный ток к.з.: $I_{уд.}=50000\text{А}$

Коэффициент установки: $K_{уст}=2$;

Время срабатывания: $t=0,3\text{с}$.

8.1 Расчет провалов напряжения на клеммах АД.

Правилами Регистра допускаемый провал напряжения на клеммах АД до 25% при его пуске. Падение напряжение на фидере составляет 6,5 В, поэтому падение напряжение в фидере составит

$$\Delta U_{ад} = 0,6 \cdot 6,5 = 3,95\text{В}$$

Падение напряжение в фидере РЩ составляет 1,32В в номинальном режиме.

При пуске оно составляет

$$U_{РЩ} = 6,5 \cdot 1,32 = 8,58\text{В}$$

На обоих фидерах

$$\Delta U_{\Sigma} = \Delta U_{ад} + \Delta U_{РЩ} = 3,9 + 8,58 = 12,48\text{В}, \text{ что составляет } 3,12\%.$$

На генераторе провал напряжения 4,5%.

Провал напряжения на клеммах АД

$3,12\% + 4,5\% = 7,62\%$, что соответствует Требованиям Регистра.

10. Заключение.

В данном курсовом проекте мы ознакомились с требованиями Морского Регистра к САЭЭС. Выбрали количество и мощности генераторных агрегатов. Выполнили расчет фидеров от генераторов до ГРЩ. Сделали расчет шин ГРЩ. Рассчитали и выбрали кабели фидеров силовой и осветительной сети. Выбрали коммутационно-защитную аппаратуру и выполнили расчет уставок. Рассчитали провал напряжения при пуске асинхронного двигателя. Произвели расчет провала напряжения на клеммах асинхронного двигателя. Выбрали устройство разгрузки генераторов.

11. Список литературы

1. Правила Речного Регистра России (в 4-х томах) том 3/Речной Регистр России. - Транспорт.2003
2. Генераторы трёхфазного переменного тока типа МСК. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ОБН.460.071 ТО.
3. Методика расчёта и выбора защиты судовых электроэнергетических систем переменного тока от коротких замыканий, перегрузок и других ненормальных режимов. РС - 674 - 66.
4. Правила техники безопасности и промышленной санитарии для судостроительных работ - М.: Транспорт, 1987, - 320 с.
5. Методика расчёта надёжности простых систем автоматики и электрооборудования простых судов. РТМ 50 - 62 - 71.
6. Лейкин В.С., Михайлов В.А. Автоматизированные электроэнергетические системы промысловых судов. - М.; Агропромиздат, 1987. - 327 с.
7. Константинов В. Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. - М.: Транспорт, 1982, - 220 с.
8. Справочник судового электротехника. Том 1. Судовые электроэнергетические системы и устройства./ Под ред. Г. И. Китаенко. - 2-е изд., Перераб. и доп. - Л.; Судостроение, 1980. - 528 с.
9. Монтаж и ремонт судового электрооборудования. Вагнерубов А. М., Зеленецкий В. А. Изд-во «Транспорт», 1973. - 232 с.
10. Ю.Роджеро Н. И. Справочник судового электромеханика и электрика. -2-е изд. Перераб. и доп. - М.; Транспорт, 1986. - 319 с.
11. П.Дьяконов В., Круглое В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. - СПб; Питер, 2002. - 448 с.
12. Правила устройства электроустановок/ Минэнерго РФ /-6-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 2000. - 648 с: ил.
13. Белоруссов Н.И., Саакян А.Е., Яковлева А.И. – « Электрические кабели, провода, шнуры» М. Энергоатомиздат, 2000. – 648 стр.

14.«Справочник по электрическим машинам» под редакцией Орлова И.Н. М.
Энергоиздат. 1989. – 679 стр. Том 1, том 2.

Содержание

1. Введение.....	3
2. Практическое занятие №1 “Методика расчета нагрузки СЭС”.....	4
3. Практическое занятие №2 “Выбор количества и единичной мощности генераторных агрегатов СЭС”.....	6
4. Практическое занятие №3 “Выбор первичных двигателей и генераторов из приведенных таблиц”.....	8
5. Практическое занятие №4 ”Расчет кабельной сети”.....	9
6. Практическое занятие №5 ”Расчет шин Главного распределительного щита.”.....	12
7. Практическое занятие №6 “Расчет силовой и осветительной сети”.....	14
8. Практическое занятие №7 “Расчет провалов напряжения при пуске АД”.....	16
9. Практическое занятие №8 “Выбор коммутационно-защитной аппаратуры и расчет уставок”.....	19
10. Заключение.....	23
9. Список литературы.....	24

Формат 60x84 1/12
Объем 27 стр. 2,25 печатный лист
Тираж 20 экз., Отпечатано
в редакционно-издательском отделе
КГУТиИ им. Ш Есенова
г.Актау, 32 мкр.