Оглавление

[1. Расчет мощности электростанции. Выбор источников электроэнергии и трансформаторов](#_Toc253658533)

[1.1 Выбор трансформаторов](#_Toc253658534)

[1.2 Расчёт мощности электростанции](#_Toc253658535)

[1.3 Выбор источников электроэнергии судовой электростанции](#_Toc253658536)

[1.4 Расчет мощности и выбор аварийного генератора](#_Toc253658537)

[2. Разработка схемы судовой электростанции и выбор электрооборудования](#_Toc253658538)

[2.1 Разработка схемы судовой электростанции](#_Toc253658539)

[2.2 Выбор шин ГРЩ](#_Toc253658540)

[2.3 Выбор кабеля](#_Toc253658541)

[2.4 Выбор коммутационных аппаратов](#_Toc253658542)

[2.5 Выбор электроизмерительных приборов](#_Toc253658543)

[2.6 Выбор измерительных трансформаторов](#_Toc253658544)

[3. Проверка оборудования электроэнергетической установки на работоспособность в условиях короткого замыкания](#_Toc253658545)

[3.1 Расчет токов короткого замыкания](#_Toc253658546)

[3.1.1 Расчёт токов К.З. для точки К1 на фидере генератора](#_Toc253658547)

[3.1.2 Расчёт токов К.З. для точки К2 на шинах ГРЩ](#_Toc253658548)

[3.1.3 Расчёт токов К.З. для точки К3 на фидере РЩ6](#_Toc253658549)

[3.2 Проверка коммутационно - защитной аппаратуры](#_Toc253658550)

[3.3 Проверка шин ГРЩ](#_Toc253658551)

[3.4 Проверка измерительных трансформаторов тока](#_Toc253658552)

[4. Определение изменения напряжения при пуске двигателя](#_Toc253658553)

[4.1 Графический метод расчета](#_Toc253658554)

[4.2 Аналитический метод расчета](#_Toc253658555)

[5. Выбор средств автоматизации электростанции](#_Toc253658556)

[6. Конструктивная разработка ГРЩ электростанции](#_Toc253658557)

[Список литературы](#_Toc253658558)

**1. Расчет мощности электростанции. Выбор источников электроэнергии и трансформаторов**

## 1.1 Выбор трансформаторов

По данным таблицы нагрузок 1.2 для приёмников 220В выбираем трансформатор.

Условие выбора:  где

 - число трансформаторов;

 - номинальная мощность трансформатора;

-коэффициент одновременности;

 кВт;  кВАр; кВА

Для АРЩ:

 кВт;  кВАр;  кВА

Выбираем четыре трансформатора ТС3М и их технические данные сведём в таблицу 1.1

Технические данные трансформаторов Таблица 1.1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность, кВА | Количество | Напряжение | | Потери К. З., кВт | Напряжение К. З.,% | КПД,% |
| первичное | вторичное |
| 250 | 2 | 380 | 230 | 4100 | 5,1 | 98 |
| 63 | 2 | 380 | 230 | 1475 | 4,75 | 97,5 |

Один трансформатор постоянно находятся в работе. Второй, в соответствии с правилами Регистра обеспечивает питание приемников взамен отказавшего. Трансформаторы подключаются к различным секциям ГРЩ.

## 1.2 Расчёт мощности электростанции

В соответствии с требованиями Регистра произведем расчет нагрузки СЭС в ходовом режиме. Воспользуемся табличным методом расчета.

При заполнении таблицы нагрузок в графы 2-4 вносят данные задания, в графы 5-8 - параметры двигателей, выбранных по условию , где  - мощность в графе 4.

Рассмотрим заполнение таблицы нагрузок:

Графа9. Коэффициент загрузки выбирается с учетом рекомендаций табл.2.3

[2, стр.8]. Максимальное значение его не должно превышать отношение 

Графа10. Коэффициент полезного действия принимают равным номинальному, если Кз>0,6. Если Кз<0,4 то КПД определяют по выражению:

,

где 

Графа11. Коэффициент мощности приемника определяют в зависимости от загрузки ЭД Кз ([4], рис.3.2)

Графа12. Коэффициент одновременности Ко работы приемников выбираем с учетом наличия резервных механизмов и условий плавания судна.

Графа13. Потребляемая активная мощность в ходовом режиме



Графа14. Потребляемая реактивная мощность в ходовом режиме



Результаты расчета сводим в таблицу 1.2

Для расчёта нагрузки СЭС других режимов работы воспользуемся пересчетными коэффициентами.

Маневренный: К=1,1

Аварийный: К=0,86

Стоянка без погрузки: К=0,58

Стоянка с погрузкой: К=1,05

Результаты пересчёта сводим в таблицу 1.3

Мощность СЭС в различных режимах Таблица 1.3

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Мощность | Ходовой | Маневренный | Аварийный | Стоянка без погрузки | Стоянка с погрузкой |
| Р, кВт | 803,2 | 884,2 | 691,44 | 466,32 | 844,2 |
| S, кВА | 872,39 | 959,62 | 750,25 | 505,98 | 916,01 |

## 1.3 Выбор источников электроэнергии судовой электростанции

При выборе комплектации СЭС учитываем тип энергетической установки, требования Правил Регистра. Рассчитываемое судно имеет турбинную энергоустановку. По данным таблицы 1.2 и 1.3 выбираем 3 турбогенератора [2, табл 2.6], а их технические данные сводим в таблицу 1.4

В соответствии с Регистром в составе СЭС должен быть резервный генераторный агрегат, мощность которого позволяла бы заменить любой из агрегатов СЭС при его отказе.

В качестве резервного ГА на нашем судне будет использоваться ДГ (см. табл.1.4).

Технические данные Т-Г и Д-Г Таблица 1.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Pд, кВт | Pг, кВт | Напряжение, В | n, об/мин | G, г/кВт\*ч | T, тыс. ч | Количество генераторов |
| ГМС-14-41-12 | 588 | 500 | 400 | 500 | 218 | 60 | 1 |
| ТГУ-500 | - | 500 | 400 | - | - | - | 3 |

Коэффициент загрузки генераторов определяется по формуле:

,

где  - потребляемая приемниками мощность в данном режиме;  - суммарная мощность работающих в данном режиме генераторов.

Расчёты сведём в таблицу 1.5

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Загрузка генераторов в различных режимах Таблица 1.5 | | | | | | |
| Мощность | Ходовой | Манёвренный | Аварийный | Стоянка без погрузки | Стоянка с погрузкой | |
| Рген. | 1000 | 1000 | 1000 | 500 | 1000 | |
| Рнагр. | 803,2 | 884,4 | 691,44 | 466,32 | 844,2 | |
| Nген. | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | |
| Кз | 0,8 | 0,88 | 0,69 | 0,93 | 0,84 | |

Примечание: таким образом мы видим, что генераторы во всех режимах работают с оптимальным коэффициентом загрузки (аварийный режим является кратковременным)

## 1.4 Расчет мощности и выбор аварийного генератора

Аварийный генератор должен обеспечивать питание приемников, обеспечивающих безопасность людей и судна. На основании этого составляем таблицу 1.6

Таблица 1.6. Нагрузки АДГ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование приёмников | Кол-во приём ников | Аварийный режим | | | | | |
| Мощность механизма, кВт | Мощность электро двигателя кВт | Коэф. загрузки электро двигателя | КПД приём ника с учётом загрузки | Коэф. одновре мённости | Общая потребляемая мощность |
| Pi, кВт |
| 1 | Рулевое устройство | 1 | 40 | 45 | 0,8 | 92 | 1 | 39 |
| 2 | Насосы пожарные | 1 | 42 | 45 | 1 | 87,5 | 1 | 51,4 |
| 3 | Насосы баластно-осушительные | 2 | 18 | 19 | 0,8 | 91 | 0,6 | 10 |
| 4 | Аварийное освещение |  | 14 |  | 1 |  |  | 14 |
| 5 | Прожекторы | 3 | 0,5 |  |  |  | 0,5 | 0,75 |
| 6 | Радиооборудование |  | 10 |  | 0,8 |  |  | 8 |
| 7 | Электронавигационные приборы |  | 10 |  | 0,8 |  |  | 8 |
| 8 | Сигнально-отличительные огни |  | 1 |  |  |  |  | 1 |
| 9 | Системы управления СЭС и ГЭД |  | 3 |  |  |  |  | 3 |
| Суммарная мощность приёмников электрической энергии  получающих питание в аварийном режиме | | | | | | | | 135,15 |

По данным таблицы 1.6 выбираем АДГ мощностью 200 кВт.

## 2. Разработка схемы судовой электростанции и выбор электрооборудования

## 2.1 Разработка схемы судовой электростанции

При разработке СЭС учитываем число и тип генераторных агрегатов, трансформаторов, предусматриваем возможность параллельной и раздельной работы генераторов, питание ответственных приемников от основных и аварийных генераторов, питание от береговой сети при стоянке в порту.

При проектировании схемы предусматриваем параллельную работу генераторов на одну систему сборных шин, секционированных с помощью автоматических выключателей. Деление ГРЩ на секции позволяет поочередно проводить обслуживание секций при снятом напряжении. На фидеры, отходящие от ГРЩ, ставим автоматические выключатели.

При распределении приемников по схемам ГРЩ руководствуемся требованиями Регистра. Такие приемники, как рулевой электропривод, шпиль, брашпиль, пожарные насосы, балластно-осушительные насосы, компрессоры, радиооборудование, навигационное оборудование и др. получают питание по отдельным фидерам. Обеспечено подключение основных и резервных приемников одного назначения к разным секциям. Один из фидеров рулевого электропривода получает питание от аварийного распределительного щита.

Неответственные потребители, допускающие отключение при перегрузке генератора, группируем. Для уменьшения нагрева ГРЩ наиболее мощные источники подключаем ближе к источникам. На схеме показываем связь ГРЩ со ЩПБ, щитом аварийного генератора и подстанцией 220 В. При разработке схемы ГРЩ предварительно определяем число панелей ГРЩ.

На рисунке 2.1 приведена функциональная однолинейная схема СЭЭС.

С секции шин ГРЩ Ш1 получают питание следующие приемники 380 В:

1. Рулевое устройство

2. Насосы охлаждающей воды

3. Насосы масляные

4. Насосы циркуляционные

5. РЩ6-Компрессоров (главный и подкачивающий)

6. РЩ4-Насосов МО

7. РЩ8-Кондиционирования воздуха

8. РЩ2-Вентиляторов МО

9. РЩ9-Вентиляторов трюмов

10. РЩ5-Рефрижераторный

С секции шин ГРЩ Ш2 получают питание следующие приемники 380 В:

1. Подруливающее устройство

2. Брашпиль

3. Шпиль

4. Краны грузовые

5. Пожарный насос

6. Компрессор - главный

С секции шин ГРЩ Ш3 получают питание следующие приемники 380 В:

1. Лифт камбузный

2. Лифт грузовой

3. Лифт пассажирский

4. РЩ7-Камбузного оборудования

5. РЩ1-Котельного оборудования

6. РЩ3-Топливных насосов

С секции шин ГРЩ Ш4 получают питание следующие приемники 220 В:

1. Мастерская

2. РЩ12-освещения МО

3. РЩ13-освещения главной палубы

4. РЩ14-освещения шлюпочной палубы

С секции шин АРЩ Ш5 получают питание следующие приемники 380 В:

Пожарный насос

Балластно-осушительные насосы

Шлюпочные лебёдки

Рулевое устройство

С секций шин АРЩ Ш6 получают питание следующие приемники 220 В: РЩ10-радиооборудования, РЩ11-электронавигационного оборудования,

Аварийное освещение, РЩ16-сигнальноотличительных огней, Автоматическая сигнализация обнаружения пожара, РЩ15-освещения рулевой рубки и прожекторы.

## 2.2 Выбор шин ГРЩ

Т. к. распределение фидеров по длине шин ГРЩ производилось таким образом, что нагрузки слева и справа от турбогенераторов примерно равны, то ток, по которому будет производиться выбор шин ГРЩ (с учетом 20% неравномерности распределения нагрузки), можно определить по формуле: , где  - сумма номинальных токов всех генераторов, кроме резервного, А.

  А

 А

Выбираем шины ГРЩ [2, табл.3.1] из условия I < I доп, при этом желательно выполнение условия h>4b

h=80 мм - высота шины;

b=8 мм -ширина шины;

L=1000 мм - расстояние между опорами;

Произведем проверку шин на возможность динамического резонанса. Для этого определим частоту собственных колебаний:

 Гц.

Полученное частота не лежит в пределах от 40 до 60 и от 90 до 110 Гц, следовательно, механического резонанса не будет.

## 2.3 Выбор кабеля

Выбор кабеля включает в себя выбор марки, сечение кабеля, проверку выбранного кабеля на потерю напряжения. Сечение кабеля выбирается по расчетному току. Условие выбора:  Кабель генератора и трансформатора выбирают по номинальному току:

.

Рабочие токи кабелей, соединяющих отдельные потребители с ГРЩ:

.

Рабочий ток фидера, питающего несколько приемников, определяется с учетом одновременности их работы по формуле:



Выбор кабелей оформлен в виде таблицы 2.1 Коэффициенты К1 и К2 учитывают температуру окружающей среды и условия прокладки кабеля.

Для генератора, трансформатора и механизмов МО Т0=50 0С К1=0,87

Для камбузных моторов и плит Т0=45 0С К1=1

Для остальных приемников Т0=40 0С К1=1,06

Коэффициент К2 выбираем 0,85-для двухжильных кабелей 0,7-для трех - и четырехжильных кабелей.

Проверку линии на потерю напряжения производим путем сравнения потери напряжения в ней с допускаемой Регистром величиной: .

Потеря напряжения в линии генератор - шины не должна превышать 1%.

Потерю напряжения в линии без учета падения напряжения в разделке и наконечниках определяем по формуле:

,

где  - длина кабеля (указывается в задании), м;

 - число параллельных кабелей в линии;

,  - активное и индуктивное сопротивление линии на единицу длины [2, табл.3.7], Ом/м.



Полученное значение меньше допускаемого Регистром.

Выбор кабеля Таблица 2.3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование фидера | Номинальные данные | | Данные рабочего режима | | | | Поправрчные коэффициенты | | | | Расчетный ток, А | | | | Кабель | | | | | |
| Мощность, кВТ | Режим работы | cos۴ | К3 | | Iраб, А | | К1 | | К2 | |  | Марка | | | | Сечение n\*S, мм | | Iдоп, А | | |
| Генератор №1 | 500 | длит | 0,85 | 1 | 849,04 | | 0,87 | | 0,7 | | 975,9 | | | КНР | | 6 (3\*120) | | 189 | |
| Рулевое устройство | 45 | длит | 0,9 | 0,6 | 49,276 | | 1 | | 0,85 | | 49,28 | | | КНРП | | 3\*10 | | 53,5 | |
| Трансф 1 стор | 250 | длит | 0,87 | 1 | 414,76 | | 0,87 | | 0,85 | | 476,7 | | | КНР | | 4 (3\*120) | | 133 | |
| Трансф 2 стор | 250 | длит | 0,87 | 1 | 414,76 | | 0,87 | | 0,7 | | 822,2 | | | КНР | | 6 (3\*95) | | 161 | |
| Брашпиль | 55 | крат | 0,79 | 0,7 | 79,617 | | 1 | | 0,85 | | 79,62 | | | КНРП | | 3\*25 | | 85 | |
| Шпиль | 55 | крат | 0,9 | 0,7 | 69,886 | | 1 | | 0,85 | | 69,89 | | | КНРП | | 3\*16 | | 71,4 | |
| Кран грузовой | 55 | крат | 0,89 | 0,6 | 60,575 | | 1 | | 0,85 | | 60,58 | | | КНРП | | 3\*16 | | 64,6 | |
| Пож. Насос | 45 | крат | 0,9 | 0,3 | 25,044 | | 1,1 | | 0,85 | | 22,77 | | | КНР | | 3\*4 | | 27,2 | |
| Лифт грузовой | 5,5 | крат | 0,85 | 0,5 | 5,783 | | 0,9 | | 0,85 | | 6,426 | | | КНРП | | 3\*1,5 | | 10,2 | |
| Насос циркуляц. | 30 | длит | 0,89 | 0,8 | 45,023 | | 0,9 | | 0,85 | | 50,03 | | | КНР | | 3\*10 | | 53,5 | |
| Насос маслян. | 11 | длит | 0,87 | 0,8 | 17,464 | | 0,9 | | 0,85 | | 19,4 | | | КНР | | 3\*2,5 | | 22,1 | |
| Насос охл. Воды | 55 | длит | 0,9 | 0,8 | 83,46 | | 0,9 | | 0,85 | | 92,73 | | | КНР | | 3\*35 | | 102 | |
| РЩ1 котельн. Оборудования | 67 | крат | 0,87 | 0,8 | 104,01 | | 0,89 | | 0,85 | | 116,9 | | | КНР | | 3\*50 | | 140,25 | |
| РЩ2 вентил. МО | 34,5 | длит | 0,87 | 0,9 | 60,25 | | 1 | | 0,85 | | 60,25 | | | КНР | | 3\*16 | | 64,6 | |
| РЩ3 Топл. Насосов | 16,5 | крат | 0,88 | 0,5 | 15,826 | | 0,87 | | 0,85 | | 18, 19 | | | КНР | | 3\*2,5 | | 20,4 | |
| РЩ4 Насосов МО | 76 | крат | 0,89 | 0,7 | 100,91 | | 0,89 | | 0,85 | | 113,4 | | | КНР | | 3\*70 | | 114,8 | |
| РЩ5 рефрижерат | 8,5 | длит | 0,9 | 0,6 | 9,5662 | | 1 | | 0,85 | | 9,566 | | | КНР | | 3\*1,5 | | 10,2 | |
| РЩ7 Камбузн. Обор. | 21,7 | длит | 1 | 0,8 | 29,306 | | 0,89 | | 0,85 | | 32,93 | | | КНР | | 3\*10 | | 34 | |

## 2.4 Выбор коммутационных аппаратов

При выборе коммутационных аппаратов номинальный ток выключателя Iнв определяется номинальным током расцепителя Iнр, который выбирают по рабочему току Iраб приемника из условия: .

Выключатели генераторов и трансформаторов выбирают по номинальному току (Серия АМ). Для сети освещения предпочтительно использовать пакетные выключатели с предохранителями. Iраб для генераторов и трансформаторов принимаем равным номинальному. Для Рулевого привода - защита от к. з. по току, превышающему номинальный на 25%. Для остальных приемников Iсраб перегруз=Iнрасц, Iсраб к. з. = (5-10) Iнрасц.

Установки по времени срабатывания выбираем для построения избирательности зашиты.

Выбор коммутационных аппаратов [1, стр 30-34] оформим в виде таблицы 2.2

Выбор коммутационных аппаратов. Таблица 2.2

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование фидера | Тип аппарата | Номинальные данные | | | |
| I, A | Iнр, А | Iу, кА | I2\*t, кA2\*c |
| 1 | Генератор | АМ15 | 1500 | 1250 | 110 | 3000 |
| 2 | Рулевое устройство | А3724СР | 80 | 50 | 15 |  |
| 3 | Брашпиль | А3713БР | 80 | 80 | 75 |  |
| 4 | Шпиль | А3713БР | 80 | 80 | 75 |  |
| 5 | Пожарный насос | А3724СР | 80 | 50 | 15 |  |
| 6 | Кран грузовой | А3713БР | 80 | 63 | 30 |  |
| 7 | Трансформатор | А3743СР | 630 | 500 | 60 |  |
| 8 | Прожектор | ПВМ3-25 | 16 | - | - |  |
| 9 | РЩ6 компрессор ГСУ | А3713БР | 160 | 100 | 75 |  |

Проверку на динамическую и термическую стойкость производим после расчета токов КЗ.

## 2.5 Выбор электроизмерительных приборов

По требованию Регистра для каждого генератора переменного тока должны устанавливаться на ГРЩ и АРЩ следующие приборы:

а) амперметр с переключателем для измерения тока в каждой фазе Iном+30%;

б) вольтметр с переключателем для измерения фазных или линейных напряжений Uном+20%;

в) частотомер (допускается применение сдвоенного частотомера для параллельно работающих генераторов fном±10%);

г) ваттметр Рном+30% -15%

В цепях ответственных потребителей с током от 20 А и более - рулевое устройство, брашпиль, шпиль, пожарный насос, трансформатор - ставят отдельные амперметры. Эти амперметры допускается устанавливать на ГРЩ или у постов управления.

Для синхронизации генераторов на панели управления ГРЩ размещают синхроноскоп вместе с вольтметром, частотомером с переключателями. Выбор электроизмерительных приборов [2, стр 34-36] оформим в виде таблицы 2.3

Для панели управления

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Класс точности | Предел измерения | Род тока | Рпотр, Вт | Тип |
| Амперметр | 1,5 | 1,5 кА | Перем. | 3,5 | Д 1500 |
| Вольтметр | 1,5 | 500 В | Перем. | 4,5 | Д 1500 |
| Частотомер | 1,5 | 45-50 Гц | Перем. | 9 | Д 1506 |
| Синхроноскоп | - | - | Перем. | 8,1 | Э 1505 |
| Мегометр | 1,5 | 0-5 МоМ | Перем. | 1,1 | М 1503 |

Для генераторной панели

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Класс точности | Предел измерения | Род тока | Рпотр, Вт | Тип |
| Амперметр | 1,5 | 1,5 кА | Перем. | 3,5 | Д 1500 |
| Вольтметр | 1,5 | 500 В | Перем. | 4,5 | Д 1500 |
| Частотомер | 1,5 | 45-50 Гц | Перем. | 9 | Д 1506 |
| Ваттметр | 2,5 | 600 кВт | Перем. | 7 | Д 1503 |

Для панели питания с берега

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Прибор | Класс точности | Предел измерения | Род тока | Рпотр, Вт | Тип |
| Амперметр | 1,5 | 1 кА | Перем. | 3,5 | Д 1500 |
| Вольтметр | 1,5 | 450 В | Перем. | 4,5 | Д 1500 |
| Частотомер | 1,5 | 45-50 Гц | Перем. | 9 | Д 1506 |
| Фазоуказатель | 1,5 | - | Перем. | 2 | Д-145 |

Для панели потребителей

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Приемник | Iраб, А | Тип амперметра | Класс точности | Предел измер. | Рпотр, Вт |
| Пож. Насос | 22,77 | Д1500 | 2,5 | 75 | 3,5 |
| РЩ камбузного обор. | 32,93 | Д1500 | 2,5 | 75 | 3,5 |
| Насос охл. Воды | 82,73 | Д1500 | 2,5 | 150 | 3,5 |
| Насос циркуляц. | 50 | Д1500 | 2,5 | 100 | 3,5 |
| Насос маслянный | 19,4 | Д1500 | 2,5 | 75 | 3,5 |

Схемы включения приборов.

## 2.6 Выбор измерительных трансформаторов

Трансформаторы тока выбираем по номинальному току и напряжению с последующей проверкой соответствия его нагрузки заданному классу точности. Условия выбора ИТТ: ; ; , где

-рабочий ток в цепи;  - рабочее напряжение в цепи;  - мощность нагрузки вторичной цепи.

Нагрузка трансформатора тока:

,

Где  - сопротивление контактов;

 - сопротивление проводов, где  - удельное сопротивление меди; Т - температура окружающей среды, Т=45 оС;

 - длина проводов в один конец,  =5м; k=2 - коэффициент при установке трансформатора в каждую из трех фаз; S=2,5мм2 - сечение провода; ;  - мощность потребляемая токовой обмоткой прибора. Выбор трансформаторов тока [2, табл.3.22] сводим в таблицу 2.4

Выбор трансформаторов тока Таблица 2.4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Тип | f, Гц | Iн, А | Класс точности | Sн2, ВА | Uн, В | Iн, А | кол-во |
| Амперметр генератора | ТШС-0,66 ОМ3 | 50 | 1000 | 1 | 40 | 660 | 5 | 4 |
| Амперметр ПБ | ТШС-0,66 ОМ3 | 50 | 1000 | 1 | 40 | 660 | 5 | 1 |
| Амперметр брашпиля | ТКС-0,66 ОМ3 | 50 | 100 | 1 | 40 | 660 | 5 | 1 |
| Амперметр рулев. устр. | ТКС-0,66 ОМ3 | 50 | 100 | 1 | 40 | 660 | 5 | 1 |
| Амперметр РЩ топл. насосов | ТКС-0,66 ОМ3 | 50 | 20 | 1 | 40 | 660 | 5 | 1 |
| Амперметр РЩ рефрижерат. | ТКС-0,66 ОМ3 | 50 | 10 | 1 | 40 | 660 | 5 | 1 |

Выбор измерительных трансформаторов напряжения (ИТН)

ИТН выбираем для вольтметров: генераторных панелей, панели ПБ, сети 220В, мегомметра.

На судах применяются ИТН типа ОСС - 0,16, понижающие напряжение с 380 до 127 В, номинальная мощность 160 ВА. Класс точности 1. С первичной и вторичной стороны ИТН защищают предохранителями. ИТН проверяют по условию работы в заданном классе точности.

Выбираем 8 измерительных ТН ОСС-0,16 для 4-и генераторов.

Выбор ИТН Таблица 2.5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| приемники | Тип | U1, В | U2, В | S1, ВА | S2, ВА |
| генератор | ОСС-0,16 | 380 | 127 | 0,16 | 0,16 |

## 3. Проверка оборудования электроэнергетической установки на работоспособность в условиях короткого замыкания

## 3.1 Расчет токов короткого замыкания

Расчетным видом КЗ при проверке оборудования является трехфазное металлическое короткое замыкание.

В качестве расчетного режима принимаем режим работы СЭС при котором работает наибольшее количество источников и приемников электроэнергии и возможны наибольшие токи КЗ.

Используя схему СЭС составляем однолинейную расчетную схему.

На основании расчетной схемы составляется схема замещения для каждой точки КЗ, получаемая путем замены элементов расчетной схемы их активными и индуктивными сопротивлениями.

Дальнейшие расчеты ведем в относительных единицах, поэтому введем базисные величины:

Базисное напряжение: ;

Базисная мощность: ;

Базисный ток: ;

Базисное сопротивление элемента: .

Далее определяем сопротивление элементов схемы, используя справочные материалы, приведенные в таблицах. Пренебрегаем сопротивлением трансформаторов, шин и автоматических выключателей.

Асинхронную нагрузку СЭС показываем на схеме замещения в виде эквивалентного АД, подключенного к шинам ГРЩ. Мощность эквивалентного двигателя:

 

Расчет сопротивлений цепи генератора.



Сопротивление кабеля генератора:



Сопротивление кабельных наконечников.



Токовая обмотка трансформатора фазового компаудирования:



Электродвижущая сила ЭД 



## 3.1.1 Расчёт токов К.З. для точки К1 на фидере генератора

Сопротивление кабеля генератора:



При 2-х параллельно работающих генераторах с одинаковым отношением XG/RG













Условные сопротивления:



Действующие значения сверхпереходных токов:



Ударный ток КЗ:



## 3.1.2 Расчёт токов К.З. для точки К2 на шинах ГРЩ

При К.З. на шинах =0

Сопротивление кабеля генератора:



При 3-х параллельно работающих генераторов с одинаковым отношением XG/RG



Условные сопротивления:





Действующие значения сверхпереходных токов:



Ударный ток КЗ:



## 3.1.3 Расчёт токов К.З. для точки К3 на фидере РЩ6

Необходимо учесть сопротивление дуги: RД= Ом [2, табл.3.7]. Контактным сопротивлением перехода *шина - кабельный наконечник* пренебрегаем.



Условные сопротивления:



Действующие значения сверхпереходных токов:



Ударный ток КЗ:



## 3.2 Проверка коммутационно - защитной аппаратуры

Выключатели, выбранные по номинальным данным, проверяем на включающую способность по условию: , где  - наибольшее мгновенное значение тока КЗ выключателя, выбираемое из справочника.

АВ генератора: iу доп=110 кА

iу=14,25 кА

Секционные выключатели: iу доп. =110 кА

iу=31,65 кА

АВ РЩ6 компрессор ГСУ: iу доп=75 кА

iу=1,29 кА

Все выбранные аппараты удовлетворяют условию проверки.

## 3.3 Проверка шин ГРЩ

Проверяем шины ГРЩ на динамическую стойкость по условию:

, где

 - допустимое напряжение в материале медных шин;

 - расчетное напряжение в материале шин;

 - максимальный изгибающий момент;

 - момент сопротивления сечения шины относительной оси;

h=80 мм - высота шины;

b=8 мм -ширина шины;

а=0,04 м;

=1 м - расстояние между опорами;

Коэффициент формы определяется из [3,рис.10.23]

; Тогда ;

;

; ; ;

Расчетное максимальное напряжение меньше допустимого: .

## 3.4 Проверка измерительных трансформаторов тока

ИТТ проверяем на динамическую стойкость при прохождении тока КЗ по условию: , где  для трансформаторов типа ТШС

Проведём проверку ИТТ амперметра генератора ;

;   - условие выполнено.

## 4. Определение изменения напряжения при пуске двигателя

Изменение напряжения в сети, возникающее при пуске мощного асинхронного двигателя, не должно приводить к уменьшению напряжения на клеммах приемников электроэнергии более, чем на 35%. Это требование выполняется если изменение U на шинах ГРЩ не превышает 20%. Для расчета первоначального провала напряжения будем применять графический метод расчета. Рассчитывая величину изменения напряжения, выбираем электропривод компрессора главной силовой установки, пуск которого вызовет наибольшее изменение напряжения.

КПД и номинальный коэффициент мощности АД: ; ;

Сопротивление двигателя при пуске в о. е.:

; ;

где  - кратность пускового тока, ;

 - коэффициент мощности АД при пуске;

 - полная мощность генератора;

 - мощность электродвигателя;



L=105 м - длина кабеля.

 Ом;  Ом;

Определяем сопротивление кабеля от ГРЩ до двигателя:

;

;

Определяем результирующие сопротивление и проводимость цепи в о. е.:

; ;

;

;

## 4.1 Графический метод расчета

Полная проводимость цепи двигателя, о. е.

;

 находим по графику 14 [2, стр.59] =9,5% Величина не превышает допустимую величину (20%).

## 4.2 Аналитический метод расчета









## 5. Выбор средств автоматизации электростанции

Средства автоматизации СЭС современных судов обеспечивают регулирование напряжения и частоты, синхронизацию, распределение активных и реактивных нагрузок между генераторами, разгрузку генераторов при перегрузке, защиту от обрыва фазы и понижения напряжения, защиту от токов КЗ и работы в двигательном режиме.

В соответствии с Правилами Регистра (Правила классификации и постройки морских судов Т.2 ч. ХI-505 стр):

1. Технические свойства судовой электростанции должны обеспечивать непрерывность питания электроэнергией согласно требованиям:

на судах, на которых нормальное снабжение электрической энергией обеспечивается двумя и более генераторами, работающими параллельно, следует применять средства, не допускающие при аварии перегрузки одного из генераторов, оставшихся для сохранения хода, управляемости и безопасности судна.

2. При восстановлении напряжения судовой сети после обесточивания включение ответственных механизмов, необходимых для управления судном, должно осуществляться автоматически по заданной программе, причем не должна возникать перегрузка сети.

3. В тех случаях, когда при снижении нагрузки электростанции предусматривается автоматическое отключение агрегатов, необходимо, чтобы оно не происходило также и при кратковременных колебаниях нагрузки.

4. Приводные механизмы генераторов с автоматическим пуском должны быть подготовлены к немедленному пуску.

5. Если предусматривается автоматический пуск находящихся в резерве ГА при перегрузке работающих, должно обеспечиваться следующее:

автоматическая синхронизация и подключение.

автоматическое распределение нагрузки.

предварительный выбор очередности пуска агрегатов и их подключение к сборным шинам ГРЩ.

6. Автоматизированные СЭС должны обеспечивать автоматическое или дистанционное включение электрических агрегатов с автоматической синхронизацией, принятием нагрузки и автоматическим распределением нагрузки.

Согласно 1 пункту произведем группировку менее ответственных потребителей по двум ступеням, подлежащим отключению при перегрузке генератора в случае их параллельной работы и отказе одного ГА. В ходовом режиме Рпотр. сетью=1324 кВт, Рген. =400 кВт;

Рс-Рген. = 492,08-400=92,08 кВт

1 ступень - 10% Рген=40 кВт,

2 ступень - 52,8 кВт.

1 ступень.

|  |  |
| --- | --- |
| Плиты камбуза | 26,8 |
| Моторы камбуза | 3,94 |
| Мастерская | 4,05 |
| Насос опреснит. установки | 3,98 |
| Суммарная Р | 38,8 |

2 ступень.

|  |  |
| --- | --- |
| Система кондицион. Воздуха | 55,22 |
| Вентиляторы машинного отделения | 25,71 |
| Вентиляторы котельного отделения | 8,42 |
| Вентиляторы общесудовые | 17,88 |
| Суммарная Р | 107,23 |

## 6. Конструктивная разработка ГРЩ электростанции

При конструктивной разработке ГРЩ исходными данными являются выбранная схема коммутации и оборудования ГРЩ с учётом распределения фидеров по секциям сборных шин ГРЩ.

## Список литературы

1. Справочник судового электромеханика / Под ред. Г.И. Китаенко: В 3 т. - Л.: Судостроение, 1980. - Т.1. - 923 с.
2. Методические указания к курсовому проектированию для курсантов 4-го курса и студентов заочного обучения ЭМФ / Л.А. Лёмин, А.А. Пруссаков - Санкт-Петербург, 2004 - 72 с.
3. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: Учеб. для вузов. - М.: Транспорт, 1988. - 328 с.