МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАСПИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТЕХНОЛОГИЙ И ИНЖИНИРИНГА

имени Ш. ЕСЕНОВА

Факультет «Транспорт и строительство»

Кафедра «Морской и наземный транспорт»

**КУРСОВАЯ РАБОТА**

**По дисциплине: «Судовые электроэнергетические комплексы»**

**Тема: «Расчет мощности судовой электрической станции судна «ASTANA»**

|  |
| --- |
| Выполнил: студент группы МТ-13-1Буркит К.С.Проверил: доцент Кабылбекова В.В. |

**АКТАУ 2015**

**Содержание**

[**Введение** 3](#_Toc417244668)

[**Исходные данные** 5](#_Toc417244669)

[**1. Технические характеристики судна** 8](#_Toc417244670)

[1.1 Общие сведения 8](#_Toc417244671)

[1.2 Главные размерения судна 9](#_Toc417244672)

[**2. Главная энергетическая установка** 10](#_Toc417244673)

[2.1 Вспомогательная энергетическая установка 11](#_Toc417244674)

[2.2 Основные параметры судовой СЭС 12](#_Toc417244675)

[**3. Расчет мощности СЭС и выбор генераторных агрегатов**  14](#_Toc417244676)

[3.1 Предварительные замечания 14](#_Toc417244677)

[3.2 Расчет мощности СЭС по режимам работы 14](#_Toc417244678)

[3.3 Выбор количества и мощности генераторных агрегатов 15](#_Toc417244679)

[**4. Разработка схемы СЭЭС и ГРЩ**  20](#_Toc417244680)

[4.1 Разработка ГРЩ и комплектация его аппаратуры 20](#_Toc417244681)

[4.2 Расчет основных элементов ГРЩ 24](#_Toc417244682)

[**5. Расчет переходных процессов в СЭЭС**  31](#_Toc417244685)

[5.1 Предварительные замечания 31](#_Toc417244686)

[5.2 Расчетная схема цепи короткого замыкания и определение ее параметров 33](#_Toc417244687)

[5.3 Расчет токов короткого замыкания на сборных шинах ГРЩ 34](#_Toc417244688)

[5.4 Расчет тока КЗ на зажимах генератора 37](#_Toc417244689)

[5.5 Расчет тока короткого замыкания на зажимах мощного потребителя 40](#_Toc417244690)

[5.6 Мероприятия по снижению токов КЗ 42](#_Toc417244691)

[**Заключение** 45](#_Toc417244695)

[**Список литературы** 46](#_Toc417244696)

**Введение**

Нефтеналивной танкер «ASTANA» относится к классу «река-море», оснащен двенадцатью грузовыми танками и одним отстойным танком, имеет балластные отсеки в двойных бортах и двойном дне.

Судно предназначено для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов, с температурой вспышки паров менее 60 С. Предусмотрена возможность одновременной загрузки нескольких сортов нефтепродуктов в одном рейсе. Судно способно работать в различных погодных условиях, в районах с умеренно-холодным климатом.

Развитие судостроения нефтеналивных танкеров происходит с учетом особенностей и преимуществ супертанкеров, так как при перевозке нефти на морском судне транспортные издержки ничтожно малы. Сегодня большие танкеры и супертанкеры полостью автоматизированы и обслуживаются сравнительно небольшим по численности экипажем. Даже самая длительная перевозка ценного груз обходится намного дешевле, чем при эксплуатации обычного судна.

**Актуальность работы.** Судовой электроэнергетической системой (СЭЭС) называется совокупность судовых электротехнических устройств, объединенных процессом производства, преобразования и распределения электроэнергии и предназначенных для питания судовых приемников электроэнергии. Любую СЭЭС условно можно считать состоящей из трех частей, в первую из которых входят судовые электростанции (основные и аварийные), во вторую – силовая электрическая сеть, в третью – сети одноименных потребителей. Судовой электростанцией принято называть совокупность источников электроэнергии с главным распределительным щитом (ГРЩ), к которому они подключены. Электрическая сеть состоит из линии электропередачи и электрораспределительных щитов. В качестве преобразователей электрической энергии применяются как электромашинные, так и статические агрегаты. Электрораспределительные щиты входящие в СЭЭС, в зависимости от назначения подразделяют на главные, аварийные, районные, отсечные, групповые и щиты электроснабжения с берега. Главным электрораспределительным щитом называется щит, предназначенный для присоединения источников электроэнергии к силовой судовой электрической сети и для управления работой источников электроэнергии. Аварийным электрораспределительным щитом называется щит, предназначенный для присоединения аварийного источника электроэнергии электрической аварийной сети и управления работой аварийного источника электроэнергии. Районным электрораспределительным щитом называется щит, предназначенный для распределения электроэнергии в пределах определенного района и обеспечивающий электроэнергией два и более отсечных щита. Отсечным электрораспределительным щитом называется щит, предназначенный для распределения электроэнергии в пределах определенного отека судна.

Применение на судах электрической энергии в корне изменило условия их эксплуатации, намного облегчив трудоемкие судовые работы, улучшило условия судовождения и управляемость судна, сделало возможным постоянную радиосвязь судна, находящегося в море, с отдаленными на большие расстояния объектами, а также определение местонахождения судна при отсутствии видимости. Намного улучшились условия обитаемости судна в целом.

Основными элементами всякой судовой электроэнергетической системы являются:

* Источники электроэнергии;
* Распределительные устройства;
* Электрические сети;
* Потребители электрической энергии.

**Цель работы** – разработка проекта модернизации судовой электроэнергетической системы танкера «ASTANA» дедвейтом 12368 т, Для этого был произведён расчет мощности СЭС, выбор генераторных агрегатов, разработаны схемы СЭС и ГРЩ, рассмотрены вопросы автоматизации СЭЭС и произведён расчет переходных процессов в СЭЭС.

**Научная новизна работы.**

**-** В дипломном проекте разработана СЭЭС танкера ASTANA дедвейтом DW = 12368т.

**-** Аналитическим методом рассчитана комплектация СЭС в ходовом, стояночном, маневренном и аварийных режимах.

**-** Был произведен расчет переходных процессов СЭЭС.

**-** Определены максимальные значения токов при коротком замыкании в различных точках сети, произведена проверка основных элементов СЭС на термическую и динамическую устойчивость, произведен расчет провала напряжения СГ при пуске мощного электродвигателя, разработаны мероприятия по снижению провалов напряжения.

**-** В курсовой работе проанализированы характерные неисправности при эксплуатации синхронных генераторов и способы их устранения.

**Исходные данные**

Основные характеристики: Валовая вместимость 7224 тонн, дедвейт 12368 тонн. Длина 149,3 метра, ширина 12,3 метров, осадка 7 метра. Максимальная записанная скорость 10,0 узла.

KM(\*) Основной тип класса судна или плавучего сооружения, построенного по правилам и под наблюдением Российского морского регистра судоходства.

«Ice1[1]» - Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное эпизодическое плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей и в сплошном льду в канале за ледоколом при при толщине льда до 0.4).

«R1» - Знак ограничения района плавания (плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 8,5 м с удалением от места убежища не более 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль).

«AUT1» - Знак автоматизации (объем автоматизации механической установки, за исключением пассажирских судов и судов специального назначения, имеющих на борту специальный персонал более 200 человек, позволяет ее эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и центральном посту управления).

“OMBO” – Знак управления одним вахтенным на мостике.

“Oil Tanker” – Тип судна

“(ESP)” – Знак освидетельствовния судов по расширенной программе

Тип судна – нефтеналивной танкер

D=15770т - водоизмещение судна;

N=2300 л.с. - мощность главных двигателей судна;

Рэн=80 кВт - мощность наибольшего из эпизодически включаемых потребителей;

Рпк=23 кВт - установленная мощность электроплит камбуза;

Рбв=25 кВт - мощность бытовой вентиляции;

Ркв=25 кВт - суммарная установленная мощность кондиционеров;

Ргм=81 кВт - суммарная мощность грузовых механизмов;

Рбр=60 кВт - установленная мощность электроприводов ЯШУ;

Ркп=60 кВт - установленная мощность компрессоров сжатого воздуха;

Рху=82 кВт - установленная мощность холодильной установки судна;

Рпв=131 кВт - суммарная мощность периодически включаемых потребителей;

Рно=30 кВт - установленная мощность электронавигационного оборудования;

Ргд=132 кВт суммарная мощность, потребляемая электромеханизмами обслуживания главных двигателей судна.

Технические данные сухогруза ASTANA приведены в таблице №1.

Таблица №1

**Технические данные нефтеналивного танкера ASTANA**

|  |  |
| --- | --- |
| Название судна | ASTANA |
| Рег. номер | 040101 |
| Номер ИМО | 9323091 |
| Позывной | 4JMR |
| Порт приписки | Актау |
| Флаг | Казахстан |
| Символ класса РС | KM(\*) Ice1[1] R1 AUT1 oil tanker(ESP) OMBO  |
| Основной тип | Нефтеналивное |
| Дата постройки | 2004 |
| Страна постройки | Россия |
| Строительный номер | 002 |
| Валовая вместимость | 7833 МК-1969 |
| Чистая вместимость | 3521 МК-1969 |
| Валовая ТМ | 0 |
| Чистая ТМ | 0 |
| Дедвейт | 13470 т |
| Водоизмещение | 17140 т |
| Длина габаритная | 149.35 м |
| Длина расчетная | 143.15 м |
| Ширина габаритная | 17.33 м |
| Ширина расчетная | 17.3 м |
| Высота борта | 10.5 м |
| Осадка | 7.14 м |
| Скорость | 10.0 |
| Тип силовой установки | Дизельная |
| Главный двигатель | Год постройки ГД: 2004; Страна постройки: Россия; Количество и мощность ГД: 1\*2300; Марка ГД: 6S26MC |
| Количество и тип движителя | 1 – Винт фиксированного шага цельнолитой |
| Количество лопастей | 4 |
| Количество и мощность генераторов | 3\*350 1\*100 |
| Количество главных котлов | 0 |
| Давление | 0.0 |
| Поверхность нагрева | 0 |
| Радионавигационное оборудование | Магнитный компас; Гирокомпас; Радиолокационная станция (тоже - РЛ); Эхолот; Лаг (тоже - ЛГЭ); Система управления курсом или траекторией судна (Авторулевой) (тоже - АРЛ); Средство автоматической радиолокационной прокладки; Приемоиндикатор радионавигационных систем; УКВ радиоустановка (УКВ радиотелефонная станция с цифровым избирательным вызовом); УКВ радиоустановка; ПВ/КВ радиоустановка (ПВ/КВ радиотелефонная станция с цифровым избирательным вызовом и УБПЧ); Судовая земная станция системы ГМССБ; Спутниковый аварийный радиобуй системы КОСПАС-САРСАТ; Приемник службы НАВТЕКС; Приемник цифрового избирательного вызова; Радиолокационный ответчик, Передатчик АИС для целей поиска и спасания; Радиолокационный ответчик, Передатчик АИС для целей поиска и спасания; УКВ аппаратура двусторонней радиотелефонной связи; УКВ аппаратура двусторонней радиотелефонной связи; УКВ аппаратура двусторонней радиотелефонной связи; Аппаратура автоматической идентификационной системы; Регистратор данных рейса; Судовая система охранного оповещения; Приемник цифрового избирательного вызова; |
| Морские районы ГМССБ | А1+А2+А3 |
| Количество палуб | 1 |
| Количество переборок | 12 |

Продолжение таблицы №1

|  |  |
| --- | --- |
| Число пассажиров коечные | 0 |
| Число пассажиров бескоечных | 0 |
| Спецперсонал | 0 |
| Краны | 0 |
| Собственник | **ТОО "Национальная Морская Судоходная Компания "КАЗМОРТРАНСФЛОТ"** Aдрес:Казахстан, 130000 Актау, микрорайон 14, здание № 70ИМО:5176886Email:info@kmtf.kz |

1. Технические характеристики судна

1.1 Общие сведения

Характеристики нефтеналивного танкера:

Водоизмещение D=17140 т;

Дедвейт (полная грузоподъемность судна), т;

DW = 0,71 \* D = 0,71 \* 15770 = 11196 т.

Скорость хода - 10 узлов;

Автономность - 200 суток;

Назначение судна – перевозка нефти и нефтепродуктов.

Район плавания – плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 8,5 м с удалением от места убежища не более 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль.

Судно удовлетворяет следующим Правилам, Конвенциям и нормам с учетом допущений и дополнений (принятых IMO):

- Международной Конвенции по охране человеческой жизни на море SOLAS-74/88;

- Международной Конвенции по предотвращению загрязнения с судов MARPOL-73/78;

- Международной Конвенции по созданию системы управления безопасностью плавания МКУБ (ISM-Code);

- Международной Конвенции по охране судов и портовых сооружений (ОСПС);

- Международной Конвенции по морскому праву UNCLOS;

- Международной Конвенции о грузовой марке LL-66.

1.2 Главные размерения судна

Длина между перпендикулярами, м;

м.

Наибольшая длина, м;

м.

Ширина по мидель шпангоуту, м;

м.

Осадка, м;

м.

2. Главная энергетическая установка

Энергетическая установка располагается в кормовой части судна.

Главная энергетическая установка (СЭУ) – основной механизм судна, преобразующий энергию топлива во вращательное движение гребного вала. В настоящее время на судах в основном используют дизельные установки. У рассматриваемого судна дизельная установка. Упрощенная схема ГЭУ представлена на рисунке 1.

Энергетическая установка располагается в кормовой части судна.

Главная энергетическая установка (СЭУ) – основной механизм судна, преобразующий энергию топлива во вращательное движение гребного вала. В настоящее время на судах в основном используют дизельные установки. У рассматриваемого судна дизельная установка. Упрощенная схема ГЭУ представлена на рисунке 1



Рисунок 1. Схема главной энергетической установки ГЭУ

Д – дизель; ВФШ – винт фиксируемого шага.

По заданной мощности N = 1050 кВт выбираем в качестве главного двигателя четырехтактный, нереверсивный, рядный, 6-ти цилиндровый дизельный двигатель с турбонадувом, промежуточным охлаждением и с прямым впрыском топлива фирмы «Wartsila Oyj Abp» марки 6L20.

Основные характеристики:

1. Номинальная длительная эффективная мощность Nе = 1050 кВт.

2. Цилиндровая мощность Nец= 200 кВт.

3. Номинальная частота вращения n = 1040 об/мин.

4. Соотношение диаметра цилиндра к ходу поршня D/S = 20/28 см/см.

5. Число цилиндров I= 6.

6. Удельный расход масла gm = 0.5 кг/кВт∙ч.

7. Удельный расход топлива ge = 191 кг/кВт∙ч.

В качестве топлива для главной энергетической установки применено:

- легкое топливо – дизельное с температурой вспышки, определяемой в закрытом тигле, не ниже 393К.

- тяжелое топливо вязкостью не более 3000с при 38 0 C с содержанием серы не более 3 % и температурой вспышки, определяемой в закрытом тигле, не ниже 393К.

Применяемые масла соответствуют ТУ на поставку главного двигателя, дизель-генераторов, турбогенератора, вспомогательных механизмов и инструкциям по их обслуживанию.

Расположение механизмов и прокладка труб в МКО выполнены с учетом удобства и безопасности их обслуживания, осмотра и ремонта.

## 2.1 Вспомогательная энергетическая установка

Электрооборудование танкера включает в себя судовую электростанцию (СЭС), электрические сети и потребители электроэнергии.

В зависимости от назначения, СЭС делиться на основную и аварийную. По назначению потребители разделяются на следующие основные группы:

а) электромеханизмы судовой энергетической установки (СЭУ);

б) электромеханизмы судовых систем и устройств;

в) палубные электромеханизмы;

г) осветительные установки и устройства;

д) устройства связи, сигнализации и управления;

е) электромеханизмы технологических установок;

ж) бытовые потребители;

з) прочие электромеханизмы и приборы;

По степени важности все потребители электроэнергии делятся на три группы:

* особо ответственные (обеспечиваются питанием не менее чем от 2-х источников энергии).
* ответственные (радио- и гидролокационные устройства, приборы управления судном, водоотливные и противопожарные средства, сигнальные огни и т.д.);
* малоответственные (вентиляторы бытовых помещений, бытовые электроприборы и т.д.);

Мощности основных потребителей электроэнергии приведены в таблице 2.

Таблица №2

**Основные потребители судовой электроэнергосистемы.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование групп потребителей | Обозначение | Мощность, кВт | Группа |
| Электроплиты камбуза | Рк | 24 | 3 |
| Бытовая вентиляция | Рбв | 26 | 3 |
| Кондиционеры воздуха | Ркв | 26 | 3 |
| Грузовые механизмы | Ргм | 86 | 2 |
| Электроприводы ЯШУ | Рбр | 66 | 1 |
| Компрессоры пускового воздуха | Ркп | 60 | 2 |
| Холодильная установка | Рху | 86 | 2 |

Продолжение таблицы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Электронавигационное и радио - оборудование | Рно | 31 | 1 |
| Механизмы, обслуживающие ГД | Ргд | 132 | 1 |
| Периодическая нагрузка | Рпн | 129 | 2 |
| Эпизодическая нагрузка | Рэн | 80 | 3 |

2.2 Основные параметры судовой СЭС

В общем случае можно говорить о применении в судовых электроэнергетических системах постоянного или трехфазного переменного тока. Решающим фактором в этом вопросе являются требования потребителей электроэнергии. Если на данном судне устанавливаются в подавляющем количестве и по суммарной мощности потребители переменного тока, то основной род тока СЭС также должен быть переменным. При этом потребители постоянного тока будут получать питание посредством преобразователей. На переменном токе используются главным образом асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и очень редко - двигатели с фазным ротором и синхронные.

**Выбор напряжения**

Величина номинального напряжения электроэнергетических систем находится в прямой зависимости от их мощности, а также расстояний, на которые необходимо подавать электроэнергию от источника к потребителям.

Правилами Регистра по электрооборудованию судов в настоящее время допускается применение напряжений, приведенных в таблице 3.

Таблица №3

**Применяемые допустимые напряжения**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место применения | Шкала напряжений при постоянном токе | Шкала напряжений при переменном токе |
| В силовых установках (в электроэнергетической системе) | 24, 110, 220 | 127, 220,380 |
| В электроустановках освещения | 12, 24, 110, 220 | 12, 24, 127, 220 |

Основным критерием выбора величины напряжения СЭС является вес кабельной сети, который пропорционален площади поперечного сечения токопроводящих жил (пропорционален току нагрузки, который необходимо передать по кабелю для переменного трехфазного тока).

,

*P* - мощность, передаваемая по кабелю, Вт;

*U* - напряжение сети, В.

При данной мощности ток обратно пропорционален напряжению сети (линии передачи). Поэтому, чем выше напряжение, тем меньше масса кабельной сети. В связи с этим, следует стремиться к применению более высоких значений напряжений. Однако, ввиду отсутствия прямой пропорциональности между током нагрузки и массой кабелей увеличение напряжения дает существенное снижение массы только при значительной величине мощности СЭС.

На судах небольшого водоизмещения целесообразно применять СЭС напряжением 220 В, а на крупных и средних судах - напряжением 380 В.

Электроэнергия распределяется при следующих величинах напряжения:

- 380 вольт трехфазного тока для силовых потребителей;

- 220 вольт трехфазного и однофазного тока для основного и аварийного освещения, сигнально-отличительных огней, камбузного и бытового оборудования, нагревательных и отопительных электроприборов, средств радиосвязи и навигации;

- 127 вольт однофазного тока для приборов управления судном;

- 24 вольта однофазного тока для переносных инструментов, сигнализации, освещения: дегазированных танков, под настилом МКО, мест посадки и шлюпки;

- 12 вольт однофазного тока для подключения переносного низковольтного освещения.

**Выбор частоты**

В судовых электроэнергетических системах переменного тока, так же как и в береговых электросистемах, номинальную частоту тока принимают равной 50 Гц. Повышение номинальной частоты до 400 Гц ради снижения массогабаритных показателей не целесообразно. Некоторые судовые потребители электроэнергии, количество которых непрерывно увеличивается (например, радиолокационное и навигационное оборудование), рассчитаны на работу при частоте отличающейся от 50 Гц.

Питание этих потребителей осуществляется через специальные преобразователи частоты. Несмотря на преимущества повышенной частоты, выбираем промышленную частоту 50 Гц.

3. Расчет мощности СЭС и выбор генераторных агрегатов

3.1 Предварительные замечания

Существуют различные методы расчета мощности СЭС. Наибольшее распространение получили:

* табличный метод,
* аналитический метод расчета.

При выборе ГА основные затруднения заключаются в сложности определения потребляемых мощностей, большого количества потребителей электроэнергии, работающих с различными нагрузками во многих режимах работы судна.

Аналитический метод расчета исключает применение коэффициентов одновременности, которые в табличном методе расчетов могут привести к некоторым погрешностям при расчетах нагрузки генераторных агрегатов судовых электростанций.

При расчете мощности СЭС и выборе ГА будем использовать аналитический метод.

3.2 Расчет мощности СЭС по режимам работы

**3.2.1 Расчет мощности СЭС в ходовом режиме**

Расчет мощности СЭС в ходовом режиме производится с помощью данных формул:

 , (3.2)

кВт.

Расчетная мощность  (бытовых потребителей) меньше, чем данная эпизодическая мощность ,то берем мощность эпизодической нагрузки.

кВт.

Проверочныйрасчет мощности ходового режима

 ; (3.2.1)

кВт;

кВт;

кВт;

кВт;

кВт,

> берем большую  кВт.

**3.2.2 Расчет мощности СЭС в режиме стоянки без грузовых операций**

кВт.

Проверка:

кВт,

т.к.> берем большую  кВт.

**3.2.3 Расчет мощности СЭС в режиме стоянки с грузовыми операциями**

кВт.

**3.2.4 Маневренный режим**

кВт.

**3.2.5 Аварийный режим с работой основной СЭС**

кВт.

**3.2.6 Аварийная станция**

кВт.

3.3 Выбор количества и мощности генераторных агрегатов

Генераторные агрегаты (ГА) выбирают на основе рассчитанных данных и следующих требований:

- загрузка ГА во всех эксплуатационных режимах должна быть не менее 60-90 % от номинальной;

- число типоразмеров ГА должно быть минимальным, что обеспечивает взаимозаменяемость, учитывает устойчивость параллельной работы СГ, равномерное распределение нагрузок между ними, упрощает эксплуатацию;

- с целью повышения надежности и живучести на судне необходимо устанавливать, как правило, не менее двух генераторных агрегатов;

- выбор ГА по типу первичного двигателя целесообразно производить так, чтобы моторесурс ГА не был меньше моторесурса главных двигателей;

- должен быть предусмотрен резервный ГА такой мощности, чтобы при выходе из строя одного из ГА суммарная мощность оставшихся агрегатов обеспечивала ответственные потребители электроэнергией;

- в качестве аварийного ГА необходимо устанавливать только дизель-генератор;

- на судах среднего и большого водоизмещения необходимо предусматривать установку приема энергии с береговой сети.

Расчет комплектаций ГА СЭС приведён в таблице 4.

Таблица №4

**Расчет комплектаций ГА СЭС**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Режим | , кВт | Потери сети 5%, кВт | Вращ. резерв 20%, кВт | , кВт |  | Коэф. загрузки |  | Коэф. загрузки |  |
| Ходовой Режим | 200.5 | 18 | 70 | 438 | 600 (3\*200) | 0.73 | 600 (4\*150) | 0.73 | 500 (1\*200) (2\*150) |
| Стоянка c грузовыми операциями | 282.3 | 13 | 57 | 356 | 400 (2\*200) | 0.87 | 450 (3\*150) | 0.79 | 400 (2\*200) |
| Стоянка без грузовых операций | 222.3 | 12 | 45 | 283 | 400 (2\*200) | 0.7 | 450 (3\*150) | 0.63 | 400 (2\*200) |
| Маневренный Режим | 300.5 | 22 | 90 | 548 | 600 (3\*200) | 0.9 | 600 (4\*150) | 0.9 | 700 (2\*150) (2\*200) |
| Аварийный Режим | 258.7 | 22 | 90 | 547 | 600 (3\*200) | 0.9 | 600 (4\*150) | 0.9 | 700 (2\*150) (2\*200) |
| Аварийная станция | 30 | 2 | 10 | 62 | 75 | 0.82 | 75 | 0.82 | 75 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рассмотрим три варианта при выборе числа и единичной мощности генераторных агрегатов:

Комплектация 1:

— 3 генератора МСК-103-4 (Р=200 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=90.5%);

— резервный генератор МСК-103-4 (Р=200 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=90.5%);

— аварийный генератор МСК-91-4 (Р=75 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=88.7%).

Комплектация 2:

— 4 генератора МСК-102-4 (Р=150 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=91.5%);

— резервный генератор МСК-102-4 (Р=150 кВт, U=400В, n=1500 об/мин, КПД=91.5%);

— аварийный генератор МСК-91-4 (Р=75 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=88.7%).

Комплектация 3:

— 2 генератора МСК-103-4 (Р=200 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=90.5%);

— 2 генератора МСК-102-4 (Р=150 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=90.5%);

— резервный генератор МСК-103-4 (Р=200 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=90.5%);

— аварийный генератор МСК-91-4 (Р=75 кВт, U=400/230В, n=1500 об/мин, КПД=88.7%).

Для каждого вида комплектации выбирается резервный генератор, мощностью, равной самому мощному генератору в комплектации.

В качестве оптимального выбираем комплектацию №1, по следующим причинам:

- лучшие коэффициенты загруженности во всех режимах;

- лучшая работа генераторов в параллель;

- взаимозаменяемость в работе;

- удобное обслуживание и ремонт;

- одинаковый ЗИП.

-минимальное количество ГА

Основные параметры судовых СГ приведены в таблице 5.

Таблица №5

**Основные параметры судовых СГ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Pн | ra | xq | xs | xd | xd` | хd`` | τd | τd` | τd`` | n | к.п.д |
| кВт | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. | о.е. | с | с | с | об/мин | % |
| МСК-103-4 | 200 | 0.013 | 0,93 | 0,055 | 1,8 | 0,23 | 0,176 | 1,96 | 0,233 | 0,0075 | 1500 | 90,5 |

Определяем мощность приводного двигателя для генератора МСК МСК-103-4 по формуле :

 кВт.

По полученной мощности выбираем дизель типа 12ЧСП15/18.

1. Номинальная длительная эффективная мощность Nе = 407 л.с.

2. Цилиндровая мощность Nец= л.с.

3. Номинальная частота вращения n = 1500 об/мин.

4. Соотношение диаметра цилиндра к ходу поршня D/S = 15/18 см.

5. Число цилиндров I= 12 штук.

6. Удельный расход масла gm = 0.012кг/кВт∙ч;

7. Удельный расход топлива ge = 0.237кг/кВт∙ч

Определяем мощность приводного двигателя для генератора МСК-102-4 по формуле :

 кВт.

По полученной мощности выбираем дизель типа 12ЧСП15/18.

1. Номинальная длительная эффективная мощность Nе = 407 л.с.

2. Цилиндровая мощность Nец= л.с.

3. Номинальная частота вращения n = 1500 об/мин.

4. Соотношение диаметра цилиндра к ходу поршня D/S = 15/18 см.

5. Число цилиндров I= 12 штук.

6. Удельный расход масла gm = 0.012кг/кВт∙ч;

7. Удельный расход топлива ge = 0.237кг/кВт∙ч

Определяем мощность приводного двигателя для аварийного генератора МСК-91-4 по формуле :

кВт.

По полученной мощности выбираю дизель типа 6ЧН15/18.

1. Номинальная длительная эффективная мощность Nе = 150 л.с.

2. Цилиндровая мощность Nец= 25 л.с.

3. Номинальная частота вращения n = 1500 об/мин.

4. Соотношение диаметра цилиндра к ходу поршня D/S = 15/18 см.

5. Число цилиндров I= 6 .

6. Удельный расход масла gm = 3,8 г/ч;

7. Удельный расход топлива ge = 243 г/кВт∙ч;

Два дизель-генератора расположены на правом борту, а третий и четвертый – на левом борту в кормовой части судна.

Каждый ДГ состоит из дизеля и генератора, соединенных между собой упругой муфтой и смонтированных на общей фундаментной раме, установленной на амортизаторах.

Все обслуживающие двигатель насосы и теплообменные аппараты навешены на двигатель. Двигатель охлаждается пресной водой по замкнутому циклу с помощью навешенных на двигатель радиатора и вентилятора.

Аварийный дизель-генератор оборудован системой автоматического стартерного запуска, срабатывающей при исчезновении напряжения в судовой электросети.

Предусмотрена возможность ручного электростартерного пуска со щита двигателя, а также местного ручного пуска дизель-генератора сжатым воздухом от баллона давлением 14,7 МПа (150 кгс/см2).

В помещении аварийного дизель-генератора установлены пусковой баллон, расходно-топливная система ёмкостью 0,5м3, цистерна запаса дизельного масла ёмкостью 0,2 м3, конторка, ящик для ветоши и огнетушитель.

4. Разработка схемы СЭЭС и ГРЩ

4.1 Разработка ГРЩ и комплектация его аппаратуры

Распределительным устройством (РУ) называют комплекс электрических аппаратов сборных и соединительных шин, приборов, предназначенных для приема и распределении энергии.

По назначению (РУ) подразделяют на следующие категории:

а) главные распределительные щиты (ГРЩ) предназначены для первичного распределения энергии к РЩ потребителей. Конструктивно ГРЩ собираются из отдельных секций: генераторных, распределительных и управления. Все секции ГРЩ комплектуются соответствующими приборами и аппаратурой;

б) распределительные щиты (РЩ) получают энергию от ГРЩ и распределяют ее между потребителями

в) групповые РЩ получают электроэнергию от РЩ и обеспечивают питание небольшой группы потребителей – преимущественно освещения;

г) аварийные РЩ (АРЩ) получают энергию от аварийного генератора и распределяют ее между потребителями, состав которых обусловлен Регистром, (сеть аварийного освещения, радиостанция и т.п.).

Распределение электроэнергии.

а) распределение электроэнергии производится по фидерно-групповой системе;

б) для распределения электроэнергии и контроля работы генераторов на судне установлены:

- в ЦПУ – главный распределительный щит (ГРЩ);

- в помещении аварийного дизель-генератора – аварийный распределительный щит (АРЩ);

в) дистанционное и автоматизированное управление и контроль работы электростанции осуществляется со щита управления ДАУ ЭЭУ, расположенного в ЦПУ, ручное – с секции управления ГРЩ;

г) схемой ГРЩ предусмотрены:

- длительная одиночная работа одного любого генератора;

- длительная параллельная работа двух или трех дизель-генераторов;

- кратковременная параллельная работа любого из генераторов с береговым источником электроэнергии на период перевода нагрузки;

- приём электроэнергии от берегового источника;

- передача электроэнергии с ГРЩ на шины АРЩ при неработающем состоянии последнего;

- распределение электроэнергии напряжением 380 и 220 в;

- секционирование шин ГРЩ в целях повышения надёжности установки;

- ручная синхронизация генераторов при помощи ламп синхронизации и с помощью синхроноскопа.

Параллельная работа генераторов с аварийным генератором не предусмотрена.

д) схемой щита аварийного дизель-генератора предусмотрено:

- распределение электроэнергии напряжением 380В и 220В потребителям, оговоренным Правилами регистра СССР;

- питание механизмов оживления главной установки (компрессора пускового воздуха, насоса забортной воды охлаждения вспомогательных механизмов главной установки), насоса пресной воды охлаждения дизель-генераторов и системы их дистанционного управления;

- приём электроэнергии с ГРЩ по кабельной перемычке, рассчитанной на передачу мощности 300кВт;

- автоматический запуск АДГ и прием нагрузки при исчезновении напряжения на стороне питания шин АРЩ от ГРЩ;

е) непосредственно от сборных шин ГРЩ получают питание потребители значительной мощности и наиболее ответственные потребители, обеспечивающие ход судна и безопасность его плавания;Остальные потребители получают питание через распределительные щиты или отсечные щиты от шин распределительных секций ГРЩ;

ж) основные электроприводы рулевого устройства получают питание по двум фидерам (каждый по своему фидеру) от разных секций ГРЩ, запасный электропривод получает питание от шин АРЩ;

з) рефрижераторная установка провизионных камер получает питание от распределительной секции ГРЩ и от распределительного щита;

и) в электромастерской установлен контрольно-испытательный щит с необходимой контрольно-измерительной и коммутационно-защитной аппаратурой. На щите предусмотрены все величины напряжения и родов тока, имеющихся на судне (за исключением тока частотой 400Гц), предусмотрена аппаратура, обеспечивающая испытание электродвигателей до 5кВт без нагрузки, проверку всех типов ламп и предохранителей.

**Схема судовой электростанции**



Рисунок 2.

Коммутация и система защиты.

Для расчета и выбора автоматов необходимо учитывать: род тока; конструктивные исполнение в соответствии с местом установки; номинальные параметры.

а) подключение генераторов к шинам ГРЩ и защита их от токов КЗ и минимального напряжения с выдержкой времени осуществляется селективными автоматическими выключателями типа АМ-М, снабженными приводом с местным и дистанционным управлением. Защита генераторов от обратной мощности обеспечивается посредством реле обратного тока;

б) сборные шины ГРЩ соединены между собой селективными автоматическими выключателями типа АМ-М;

в) на ГРЩ установлены минимально необходимые контрольно-измерительные приборы;

г) подключение потребителей, отсечных и распределительных щитов к щитам распределительных секций ГРЩ осуществляется автоматическими включателями;

д) не подключенных к сборным шинам и шинам распределительных секций ГРЩ фидерах потребителей, имеющих пусковую аппаратуру с тепловой защитой, а также рулевого устройства и пожарных насосов, применены автоматы с электромагнитными расцепителями, обеспечивающими защиту от токов КЗ, а на фидерах, питающих распределительные щиты – автоматы с комбинированными расцепителями, обеспечивающими защиту от токов КЗ и перегрузки фидера;

е) подключение потребителей к АРЩ, отсечным распределительным и распределительным щитам осуществляется автоматическими выключателями с комбинированными или электромагнитными расцепителями и автоматическими выключателями с электромагнитным расцепителем и гидравлическим замедлителем срабатывания;

ж) при нормальном режиме работы шины распределительной секции аварийного распределительного щита получают питание с ГРЩ. При исчезновении напряжения на фидере питания шин АРЩ от ГРЩ после запуска аварийного дизель-генератора производится автоматическое переключение шин распределительной секции к шинам аварийного дизель-генератора. Обеспечена возможность пробных запусков аварийного дизель-генератора без подключения генератора на свои распределительные шины.

Схема СЭС сухогруза состоит из систем генерирования, первичного распределения электроэнергии, систем управления, защиты и контроля параметров ГА. Схема разработана с учетом количества, мощности и типа ГА, числа и мощности ответственных и малоответственных потребителей, электрораспределительных щитов, подключенных к шинам ГРЩ. Схема СЭС состоит из четырех генераторных секций, станции аварийного генератора, четырёх распределительных секций, двух секций управления.

ГРЩ является центральным узлом СЭС. Конструкция ГРЩ обеспечивает удобство его обслуживания, возможность доступа к аппаратуре и измерительным приборам. ГРЩ выполнены из конструктивно законченных элементов – секций. На генераторных секциях установлены приборы и аппараты, обеспечивающие контроль и управление работой генераторов.

4.2 Расчет основных элементов ГРЩ

**4.2.1 Расчет тока сборной шины (СШ)**

Расчет тока сборной шины (СШ) определяем по формуле:

А.

По току нагрузки определяем сечение шины и допустимый ток.

Выбираем медные шины размером S = (80x6) мм на фазу.

Допустимый ток нагрузки

 А,

 мОм/м,

 мОм/м.

Проверка шины на термическую устойчивость в условиях тропической зоны.

 – максимальная температура для шин ГРЩ соответствует 90 градусам по Цельсию, т.к. шины не имеют легко плавящейся внешней защитной оболочки.

 - температура тропической зоны для шин составляет 65 градусов по Цельсию.

 А,

 A >  A – СШ удовлетворяют условию нагрева.

Секционные автоматы выбираются исходя из условия расчетного тока.

По току СШ ГРЩ выбираем автомат серии АМ25.

Расчет тока ГШ.

A.

По току нагрузки определяем сечение шины и допустимый ток.

Это медная шина размером S = (30x4) мм на фазу.

Допустимый ток нагрузки

 А,

 мОм/м,

 мОм/м.

Проверка шины на термическую устойчивость в условиях тропической зоны.

 – максимальная температура для шин ГРЩ соответствует 90 градусам по Цельсию, т.к. шины не имеют легко плавящейся внешней защитной оболочки.

 - температура тропической зоны для шин составляет 65 градусов по Цельсию.

 А,

 A >  A – ГШ удовлетворяют условию нагрева.

Секционные автоматы выбираются исходя из условия расчетного тока.

По току ГШ ГРЩ выбираем автомат серии АМ8-М.

Аварийный дизель-генератор

A.

По току нагрузки определяем сечение шины и допустимый ток.

Это медная шина размером S = (15x3) мм на фазу.

Допустимый ток нагрузки

 А,

 мОм/м,

 мОм/м.

Проверка шины на термическую устойчивость в условиях тропической зоны.

 – максимальная температура для шин ГРЩ соответствует 90 градусам по Цельсию, т.к. шины не имеют легко плавящейся внешней защитной оболочки.

 - температура тропической зоны для шин составляет 65 градусов по Цельсию.

 А,

 A >  A – АГШ удовлетворяют условию нагрева.

Секционные автоматы выбираются исходя из условия расчетного тока.

**4.2.2 Расчет генераторных фидеров**

Фидер вспомогательного генератора мощностью 200 кВт выбираем по А. Расчет токовой нагрузки ведем на одну фазу.

Расчётный ток в кабеле

 A,

 - коэффициент температуры среды(для кабелей из теплостойкой резины);

-коэффициент прокладки в кожухах;

-коэффициент температуры жилы;

-коэффициент частоты;

-коэффициент пучковой прокладки (группа II. 2 ряда);

-коэффициент, учитывающий число часов работы кабеля в сутки ;-коэффициент перегрузки по току при кратковременном режиме работы;

Выбираем три трёхжильных кабеля марки КНР сечением S = 3\*(3х70) ммІ с допустимым током нагрузки на фазу

,

=178A-допустимый ток для длительного режима

Суммарный допустимый ток

 А.

Площадь поперечного сечения на фазу

 мм.

Активное сопротивление фидера

.

Реактивное сопротивление фидера

.

Проверка фидера на потерю напряжения

 м – длина фидера

-коэффициент зависящий от сечения кабеля (70 мм) при частоте 50Гц и от коэффициента мощности нагрузки  м/Ом мм – удельная проводимость меди

 мм – площадь суммарного поперечного сечения фазы кабеля ВГ

 %,

 < 1 %, что удовлетворяет требованиям Морского Регистра по потере напряжения на фидерах генераторов.

Кабель аварийного генератора мощностью 75 кВт выбираем по А. Расчет токовой нагрузки ведем на одну фазу.

Расчётный ток в кабеле

 A,

- коэффициент температуры среды(для кабелей из теплостойкой резины);

-коэффициент прокладки в кожухах;

-коэффициент температуры жилы;

-коэффициент частоты;

-коэффициент пучковой прокладки (группа II. 2 ряда);

-коэффициент, учитывающий число часов работы кабеля в сутки ;

-коэффициент перегрузки по току при кратковременном режиме работы;

Выбираем три трёхжильных кабеля марки КНР сечением S = 3\*(3х50) мм с допустимым током нагрузки на фазу.

,

A-допустимый ток для длительного режима

Суммарный допустимый ток

 А.

Площадь поперечного сечения на фазу

 мм.

Активное сопротивление фидера

.

Реактивное сопротивление фидера

.

Проверка фидера на потерю напряжения

 м – длина фидера

- коэффициент, зависящий от сечения кабеля(50 мм) при частоте 50Гц и от коэффициента мощности нагрузки  м/Ом мм – удельная проводимость меди

%,

 < 1 %, что удовлетворяет требованиям Морского Регистра по потере напряжения на фидерах генераторов.

**4.2.3 Расчет тока фидера наибольшего мощного электродвигателя**

 кВт – мощность электродвигателя

A.

Расчетный ток в кабеле

 A,

- коэффициент температуры среды(для кабелей из теплостойкой резины);

-коэффициент прокладки в кожухах;

-коэффициент температуры жилы;

-коэффициент частоты;

-коэффициент пучковой прокладки (группа II. 2 ряда);

-коэффициент, учитывающий число часов работы кабеля в сутки ;

-коэффициент перегрузки по току при кратковременном режиме работы;

Выбираем три трёхжильных кабелей марки КНР сечением S = 3\*(3х35) мм с допустимым током нагрузки на фазу  А.

,

A-допустимый ток для длительного режима

Суммарный допустимый ток

 А.

Площадь поперечного сечения на фазу

 мм.

Активное сопротивление фидера

.

Реактивное сопротивление фидера

.

Проверка фидера на потерю напряжения

 м – длина фидера

-коэффициент, зависящий от сечения кабеля(50 мм) при частоте 50Гц и от коэффициента мощности нагрузки м/Ом мм – удельная проводимость меди

%,

 < 1 %, что удовлетворяет требованиям Морского Регистра по потере напряжения на фидерах генераторов.

 < 7 %, что удовлетворяет требованиям Морского Регистра по потере напряжения в силовой сети.

На генераторных секциях устанавливают приборы и аппараты, которые обеспечивают контроль и управление работой ГА. На распределительных секциях – автоматы и амперметры на ряд питающихся фидеров. На секциях управления – приборы для управления работой генераторов, контроля параметров при включении их на параллельную работу, аппараты для переключение на питание с берега. При выборе приборов учитываются: класс точности, назначение, предел измеряемых величин. Шкалы приборов должны иметь запас 30% от номинального значения измеряемой величины.

Основные параметры автоматов, установленных на ГРЩ приведены в таблице №6.

Таблица №6

**Основные параметры автоматов, установленных на ГРЩ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение | Расчетный ток, А | Тип | , А | , А | Ударный , кА | , кА2с | , с |
| СШ | 1083 | АМ25М | 1500 | 1250 | 110 | 3000 | 0,38 |
| Шина ДГ | 360 | АМ8-М | 800 | 500 | 70 | 580 | 0,63 |
| Шина АДГ | 135 | АМ8-М | 800 | 260 | 55 | 170 | 0,63 |
| Кабель ЭД | 114 | АМ8-М | 800 | 130 | 30 | 51 | 0,18 |

5. Расчет переходных процессов в СЭЭС

5.1 Предварительные замечания

В электрических цепях различают установившиеся и неустановившиеся режимы работы. Первые характеризуются установившимися значениями тока и напряжения, то есть неизменными или периодически изменяющимися по определенному закону, а вторые – переходными, то есть значениями проявляющиеся только при переходе от одного установившегося режима к другому.

Неустановившиеся режимы наблюдаются при включении и отключении цепей (коммутация), коротких замыканиях, а так же при всяких изменениях параметров цепей, то есть это переход от одного энергетического состояния к другому. Такой переход всегда длится определенное время, так как изменение энергии магнитной и электрической, связанный с цепями всегда происходит с конечной скоростью. Длительность переходных процессов, как правило, составляет десятые или сотые доли секунды.

Основной причиной КЗ является нарушение изоляции электрического оборудования. Значительная величина тока, текущего при КЗ через машины, аппараты, кабели, шины, оказывает на них сильное механическое и тепловое воздействие. Аппараты защиты, которые предназначены отключать КЗ, должны быть рассчитаны на ожидаемые токи КЗ по разрывной способности, в противном случае они могут оказаться разрушенными. Несвоевременное отключение КЗ может привести к пожару.

Во избежание подобных фактов, аппараты, шины и кабели проверяют на динамическую и термическую устойчивость по ожидаемым токам КЗ.

Вследствие снижения при КЗ напряжения, может произойти затормаживание асинхронных двигателей или срабатывание нулевой защиты, которая отключает двигатели от сети. Возможно нарушение параллельной работы генераторов.

В СЭС переменного тока (трехфазных системах) можно рассматривать одно, двух, и трехфазное КЗ.

Однофазное КЗ может происходить в электроэнергетических системах с заземленной нулевой точкой (одна фаза соединена с корпусом судна). Поэтому случай такого замыкания является нехарактерным (нейтраль СГ не заземляют). Исключение составляют четырехпроводные СЭС с изолированным нулем.



Рисунок 3.1 Однофазное КЗ

Двухфазное КЗ (несимметричное) – замыкание, при котором соединены две фазы. Как правило, двухфазное КЗ переходит в трехфазное КЗ из-за тока КЗ.



Рисунок 3.2 Двухфазное КЗ

Трехфазное КЗ (симметричное) – замыкание, при котором все фазы соединены. zA = zB = zC

Расчет КЗ СЭС сводится главным образом к определению максимальных значений тока при КЗ в различных точках сети. Это дает возможность произвести правильный выбор аппаратов, проверить динамическую устойчивость шин, правильно построить защиту СЭС.



Рисунок 3.3 Трехфазное КЗ

На судне часто происходит включение электроприводов сравнительно большой мощности. В связи с этим возникает необходимость расчета провалов (снижений) напряжения генераторов судовых электростанций.

5.2 Расчетная схема цепи короткого замыкания и определение ее параметров

Расчетная схема включает в себя три генераторных агрегата, эквивалентный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, шины передач и коммутационную аппаратуру, схема приведена на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 Расчетная схема СЭС

Параметры генераторных агрегатов приведены в таблице №7.

Таблица №7

**Параметры элементов схемы**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы схемы | l, м. | Участок | S, мм2 | Сопротивление, мОм |
| Активное | Реактивное |
| Фидер СГ | 20 | 1-2 | 3\*(3х70) | 2,06 | 0,54 |
| Переходное сопротивление от фидера к шинам | - | 2 | - | 0,087 | - |
| Шина СГ | 2 | 2-7 | 4х30 | 0,192 | 0,139 |
| Переходное сопротивление автоматов | - | 5,6,8,9 | - | 0,13 | - |
| Трансформатор тока | - | 3-4 | - | 0,03 | - |
| Автоматический выключатель АМ15 | - | 8-9 | - | 0,045 | 0,9 |
| Автоматический выключатель АМ8-М | - | 5-6 | - | 0,06 | 0,105 |
| СШ – КЗ-1 | 0,8 | 7-9\*, 7-13 | 80х6 | 0,048 | 0,079 |
| ИТОГО | 2,65 | 1 |

5.3 Расчет токов короткого замыкания на сборных шинах ГРЩ



Рисунок 3.5. Эквивалентная схема замещения исходной схемы

Приведение всех величин к базисным

Базисная мощность, кВА:

.

Базисное напряжение, В:

.

Базисный ток, А:

.

Расчет сопротивлений эквивалентных ветвей

Индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).

Переходное индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).

Сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).



Рисунок 3.6 Полное сопротивление генераторных ветвей







Расчетное сопротивление цепи КЗ-1

,

 (Ом),

,

(Ом),

,

(Ом).

Определение ударного коэффициента

,

.

Определение ударного тока КЗ на сборных шинах ГРЩ

(А).

Определение номинального тока подпитки от эквивалентного АД

(А).

Ударный ток подпитки от эквивалентного АД

(А).

Полный ударный ток на сборных шинах ГРЩ

 (А).

Построение графика Iкз = f(t)

.

График токов короткого замыкания на сборных шинах ГРЩ представлен на рисунке 3.7



Рисунок 3.7 График токов короткого замыкания на СШ ГРЩ

5.4 Расчет тока КЗ на зажимах генератора

Эквивалентная схема замещения для тока короткого замыкания на зажимах мощного генератора (КЗ-2)



Рисунок 3.8 Эквивалентная схема замещения для КЗ-2

Установим базисные величины

Базисная мощность, кВА:

.

Базисное напряжение, В:

.

Базисный ток, А:

.

Расчет сопротивления эквивалентных ветвей

Индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).

Переходное индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).

Сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси СГ:

 (Ом).

Определение сопротивления в цепи КЗ







Определение полного расчетного сопротивления цепи

;

 (Ом);

;

(Ом);

;

(Ом).

Определение ударного коэффициента

;

;

Определение ударного тока КЗ в точке КЗ-2

(А).

Определение номинального тока подпитки от эквивалентного АД

(А).

Ударный ток подпитки от эквивалентного АД

(А).

Полный ударный ток в точке КЗ-2

 (А).

Построение графика Iкз = f(t)

.

График токов короткого замыкания в точке КЗ-2 представлен на рисунке 3.9



Рисунок 3.9 График токов короткого замыкания в точке КЗ-2

5.5 Расчет тока короткого замыкания на зажимах мощного потребителя

Эквивалентная схема замещения для тока короткого замыкания на зажимах мощного потребителя (КЗ-3)



Рисунок 3.10 Схема замещения для КЗ-3

Установим базисные величины

Базисная мощность, кВА:

.

Базисное напряжение, В:

.

Базисный ток, А:

.

Сопротивления схемы замещения КЗ-3

Параметры схемы замещения для КЗ-3 соответствуют приведенным параметрам схемы замещения для КЗ-1:







Расчетное сопротивление цепи КЗ-3

;

 (Ом);

;

(Ом);

;

(Ом).

Определение ударного коэффициента

;

.

Определение ударного тока КЗ на зажимах мощного потребителя

(А).

Определение номинального тока подпитки от эквивалентного АД

(А)

Ударный ток подпитки от эквивалентного АД

(А).

Полный ударный ток в точке КЗ-3

 (А).

Построение графика Iкз = f(t)

.

График токов короткого замыкания на зажимах мощного потребителя представлен на рисунке 3.11



Рисунок 3.11 График токов короткого замыкания в точке КЗ-3

**5.6 Мероприятия по снижению токов КЗ**

Мощности современных энергетических систем непрерывно повышаются, а токи короткого замыкания растут; при этом электрические аппараты, шины и кабели, устойчивые при коротком замыкании, становятся все более экономически дорогими. **Ограничитель тока** короткого замыкания - устройство, препятствующее возрастанию выше допустимых или заданных амплитуды или действующего значения силы тока короткого замыкания в электрической сети. Ограничение токов короткого замыкания позволяет снизить требования к термической и динамической устойчивости электропередачи.

Существуют следующие методы и средства ограничения тока однофазного КЗ: увеличение переходных сопротивлений генераторов, разземление части нейтралей трансформаторов; заземление нейтралей через реакторы; заземление нейтралей через резисторы; применение реакторов нулевой последовательности, реже — плавкие предохранители с мелкозернистым наполнителем или взрывного типа. Потери мощности при номинальных токах в реакторах невелики: менее 1% от мощности, пропускаемой реактором. Ограничение токов однофазных КЗ с помощью резисторов или реакторов, включаемых в нейтраль, менее эффективно, чем частичное разземление нейтралей, и требует дополнительных затрат.

Схемные способы ограничения токов КЗ:

1. Деление СЭС на две независимые части.

2. Секционирование шин ГРЩ, причем в каждой секции подключается определенная группа генераторов.

К началу 2006 г. в Германии, Японии и США были завершены работы по созданию реальных прототипов коммерческих сверхпроводящих ограничителей тока (СОТ) для сетей 6-10 кВ. Одним из наиболее успешно реализованных проектов СОТ на напряжение 10 кВ является трехфазный полупромышленный СОТ CULR-10 мощностью 10 МВА созданный в Германии. СОТ состоит из 90 токоограничивающих элементов на основе плавленой ВТСП керамики Bi2212. Годичные испытания CURL-10 в 2004 г. в энергосистеме показали его высокую надежность, глубокое ограничение токов короткого замыкания и хорошее быстродействие в 3-5 мс. СURL-10 стал первым в мире СОТ, который можно считать реальным прототипом будущих коммерческих устройств. Однако следует отметить высокую стоимость этого СОТ: цена одного (из 90 элементов) составляет 3000-5000 евро.

С 2003 г. в США компания Nexans ведет работы по созданию матричного токоограничителя (MFCL), состоящего из большого числа сверхпроводящих токоограничивающих элементов, шунтированных индуктивностями. Конечной целью проекта является создание СОТ для сетей 110-220 кВ. Компания Siemens в 2005 г. создала и успешно испытала модельный трехфазный 1 МВА, 10 кВ СОТ на основе иттриевых ВТСП пленок (YBCO), быстродействие СОТ составило менее 2 мс, что позволило почти полностью ограничить ударный ток. Аналогичный проект был реализован в Ю.Корее. В Японии фирма Toshiba ведёт разработку токоограничивающих элементов для СОТ с током до 5 кА.

После появления в 2006 г. коммерческих ВТСП проводов 2-го поколения и проводов на основе MgB2 (диборида магния) можно ожидать их широкого использования для изготовления токоограничивающих элементов СОТ. Токонесущая способность проводов на основе MgB2 выше, чем у всех ныне существующих ВТСП материалов, а их ожидаемая цена составляет 5 долл./кАЧм (при рабочей температуре 25 К). Работы по созданию резистивного токоограничителя на основе MgB2 (6,6 кВ, 400А) ведутся в Англии компанией Rolls Royce.

Заключение

В курсовой работе разработана СЭЭС танкера «ASTANA» дедвейтом DW = 12368 т.

Аналитическим методом рассчитана комплектация СЭС в ходовом, стояночном, маневренном и аварийных режимах. По полученным данным выбраны четыре генератора МСК 103-4. Для генераторов МСК 103-4 выбран приводной двигатель типа 12 ЧСП15/18.

В качестве аварийного генератора выбран генератор МСК 91-4 с приводным двигателем 6ЧН15/18.

Схема СЭС разработана с учетом количества, мощности и типа генераторных агрегатов.

Для ГРЩ выбраны приборы и аппаратура, обеспечивающие контроль и управление за работой генераторов.

Произведен расчет основных элементов ГРЩ и проверка их на термическую и динамическую устойчивость.

В курсовой работе рассмотрен вопрос автоматизации технических средств судна, выполняющей **централизованное управление и контроль**:

Объем автоматизации сухогруза соответствует классу АUT 3.

В курсовой работе произведен расчет переходных процессов СЭЭС.

Определены максимальные значения токов при коротком замыкании в различных точках сети, произведена проверка основных элементов СЭС на термическую и динамическую устойчивость, произведен расчет провала напряжения СГ при пуске мощного электродвигателя, разработаны мероприятия по снижению провалов напряжения.

Задание на проектирование выполнено в полном объёме и разработанная СЭЭС со знаком автоматизации АUT 3 соответствует требованиям Морского Регистра судоходства.

Список литературы

1. Баранов А.П. Автоматическое управление электроэнергетическими установками- М.: Транспорт, 1981. – 246 с.

2. Вагущенко Л.Л., Цимбал Н.Н. – Системы автоматического управления движением судна. – Одесса: Латстар, 2002. – 310с.

3. Исаков Л.И. Справочник по устройству, обслуживанию и ремонту судовой автоматики. –М.: Транспорт, 1988. – 203 с.

4. Коноплев К.Г. Трехфазные короткие замыкания в судовых и береговых электроэнергетических системах. – Севастополь: СНТУ, 2007 – 173с.

5. Коноплев К.Г., Конева С.А. Системы автоматического регулирования напряжения синхронных генераторов – Севастополь: СНТУ, 2007 – 87с.

6. Лейкин В.С. Судовые электростанции и сети. - М.: Транспорт, 1982 – 256 с.

7.Лейкин В.С., Михайлов В.А. Автоматизированные электроэнергетические системы промысловых судов. - М.: Агропромиздат, 1987 - 328 с.

8. Мещанинов П.А. Автоматизация СЭЭС. – Л.: Судостроение, 1970 – 265 с.

9. Михайлов В.А. Автоматизированные электроэнергетические системы судов. - Л.: Судостроение, 1977-508 с.

10. Михайлов В.С. Судовая электроавтоматика. – Л.: Судостроение, 1970. – 496с.

11. Никифоровский Н.Н, Норневский Б.И. Судовые электрические станции.– М.: Транспорт, 1974 – 362 c.

12. Правила классификации и постройки морских судов. Морской регистр Судоходства. С-ПБ- Регистр России 2012-843 с

13.Яковлев Г.С. Судовые электроэнергетические системы. – Л.: Судостроение 1987 – 213 с.