Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электроники и электротехники

Паспорт экзамена

по дисциплине «Энергетическая электроника», 1 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет состоит из 2 вопросов и формируется по следующему правилу:

- первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1-10;
- второй вопрос из диапазона вопросов 11-20.

Таким образом, проверяются результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе индикаторами достижения компетенций.

На экзамене преподаватель вправе задавать студенту уточняющие и дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет РЭФ

Билет № _____
к экзамену по дисциплине «Энергетическая электроника»

---

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой ____ _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки результатов обучения, соотнесенных с уровнями освоения индикаторов достижения компетенций

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент проводит сравнительный комплексный анализ материала, выявляет проблемы, предлагает механизмы их решения, представляет количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры, не допускает ошибок.

Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций не содержит пробелов. Установленные в программе компетенции сформированы в полном объеме. Оценка составляет *от 87 до 100 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, способен представить количественные и качественные характеристики процессов. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит несущественные пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на базовом уровне. Оценка составляет *от 73 до 86 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит пробелы. Установленные в программе компетенции сформированы на пороговом уровне. Оценка составляет *от 50 до 72 баллов.*

Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным** (ниже порогового уровня), если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений. Совокупность результатов обучения по дисциплине и соотнесенных с ними индикаторов достижения компетенций содержит существенные пробелы. Установленные в программе компетенции не сформированы. Оценка составляет *менее 49 баллов.*

3. Шкала оценки

Студент допускается к экзамену, если рейтинг текущей деятельности студента в семестре составляет не менее 30 баллов (из 60 возможных). Балл, полученный студентом за экзамен, умножается на коэффициент 0,4, который приводит сумму баллов за экзамен к диапазону от 0 до 40.

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета составляет от 20 до 40 баллов включительно. Сумма менее 20 баллов признается неудовлетворительным результатом промежуточной аттестации по дисциплине.

Полученное значение суммируется с рейтингом студента за работу в течение семестра, который принимает значения от 30 до 60. Таким образом, суммарный балл общего рейтинга по дисциплине будет в диапазоне от 50 до 100 баллов.

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, установленными в НГТУ.

Итоговый рейтинг по дисциплине состоит из рейтинга текущей деятельности студента в семестре и экзаменационного рейтинга. Соотношение между этими рейтингами устанавливается в пропорции 60/40, то есть максимальный рейтинг равняется 100 баллам.

4. **Вопросы к** экзамену **по дисциплине «**Энергетическая электроника**»**

№	Теоретический вопрос	№ билета
1	Циклоконверторы: классификация, принцип действия, полоса пропускания	
2	Законы управления циклоконвертором	
3	Циклоконверторы: анализ электромагнитных процессов; метод переключающих функций.	
4	Циклоконверторы: выходное напряжение циклоконвертора, коэффициент усиления циклоконвертора, амплитудно-частотная характеристика	
5	Циклоконверторы: токи тиристоров; входной ток циклоконвертора; КПД.	
6	Циклоконверторы: входной коэффициент мощности и способы его повторения.	
7	Циклоконверторы. Алгоритмы управления циклоконвертером как источником напряжения и источником тока.	
8	Понятие результирующего (обобщенного) вектора. Преобразования Кларка и Парка – Горева. Годограф выходного напряжении инвертора напряжения в шестишаговом режиме.	
9	Инвертор напряжения в (ИН) "шестишаговом" режиме: принцип действия, метод переключающих функций для расчета токов, напряжений и КПД ИН.	
10	Широтно-импульсная модуляция. Измерения в системах с ШИМ. Полоса пропускания инвертора напряжения с ШИМ.	
11	Скалярная и векторная трехфазная ШИМ. SVPWM, DPWM.	
12	Понятие "мертвого" времени и способы его компенсации.	
13	Синфазное напряжение в инверторе напряжения с ШИМ. Токи в подшипниках в двигателях при питании от ШИМ инвертора. Способы уменьшения.	
14	Перенапряжения, вызванные ШИМ инверторами. Способы уменьшения перенапряжений.	
15	Многоуровневые высоковольтные выпрямители: технологии Н-мостов, NPC (переключаемой средней точки) и FCT (с плавающим напряжением на конденсаторе	
16	Однофазный активный выпрямитель напряжения.	
17	Трехфазный активный выпрямитель напряжения.	
18	Активные фильтры.	
19	Мощные накопители электрической энергии.	
20	Векторное управление ИН	

Задача №1

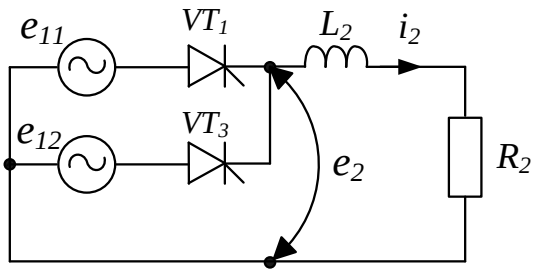


Рис.1

Дано: Двухполупериодный управляемый выпрямитель. Напряжения e_{11} и e_{12} изменяются по синусоидальному закону и в «противофазе» $e_{11} = E \cdot \sin \vartheta, e_{12} = E \cdot \sin(\vartheta - \pi), \vartheta = \omega t$.

СУФУ реализовано с линейно падающими опорными сигналами. Для произвольного значения угла регулирования α не равного нулю, полагая ток i_2 непрерывным, изобразить графически совместно с напряжениями e_{11} и e_{12} вид переключающих функций F_1 и F_3 тиристоров VT_1 и VT_3. С их помощью получить выражение для напряжения e_2 и изобразить его в виде графика.

Задача №2

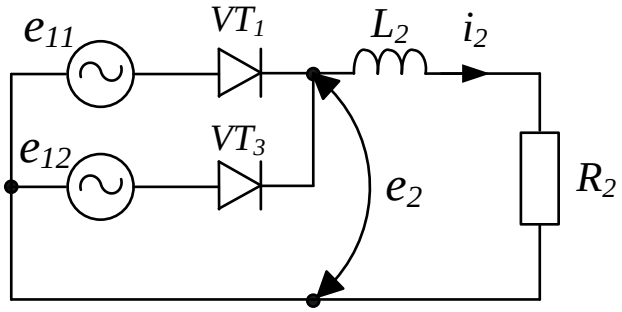


Рис.1

Дано: Двухполупериодный неуправляемый выпрямитель. Напряжения e_{11} и e_{12} изменяются по синусоидальному закону и в «противофазе» $e_{11} = E \cdot \sin \vartheta, e_{12} = E \cdot \sin(\vartheta - \pi), \vartheta = \omega t$.

Полагая ток i_2 непрерывным, изобразить графически совместно с напряжениями e_{11} и e_{12} вид переключающих функций F_1 и F_3 диодов VT_1 и VT_3. С их помощью получить выражение для напряжения e_2 и изобразить его в виде график.

Задача №3

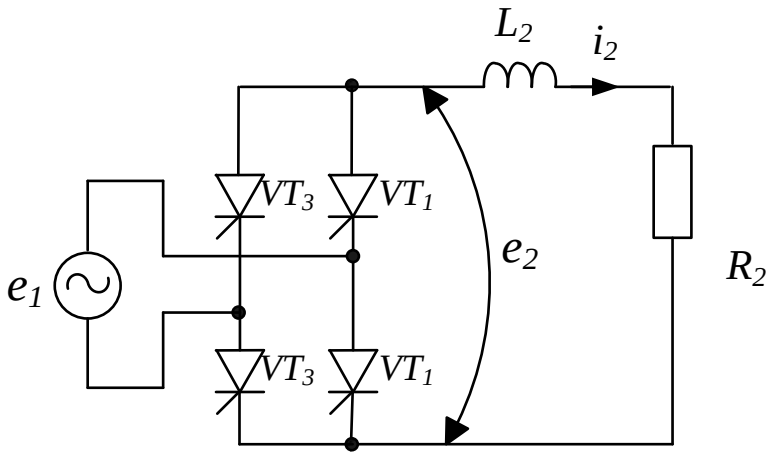


Рис.1

Дано: Двухполупериодный мостовой управляемый выпрямитель. Напряжение e_1 изменяется по синусоидальному закону $e_1 = E \cdot \sin\vartheta,\ \vartheta = \omega t$.

СУФУ реализовано с линейно падающими опорными сигналами. Для произвольного значения угла регулирования α не равного нулю, полагая ток i_2 непрерывным, изобразить графически совместно с напряжением e_1 вид переключающих функций $F_1 \div F_4$ тиристоров $VT_1 \div VT_4$. С их помощью получить выражение для напряжения e_2 и изобразить его в виде графика.

Задача №4

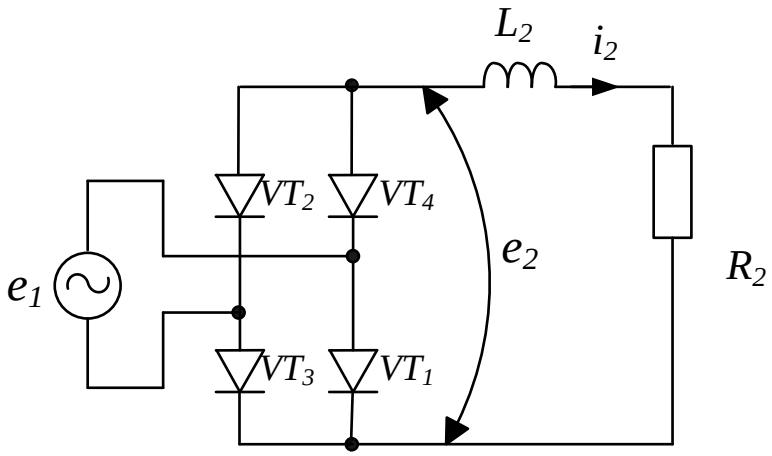
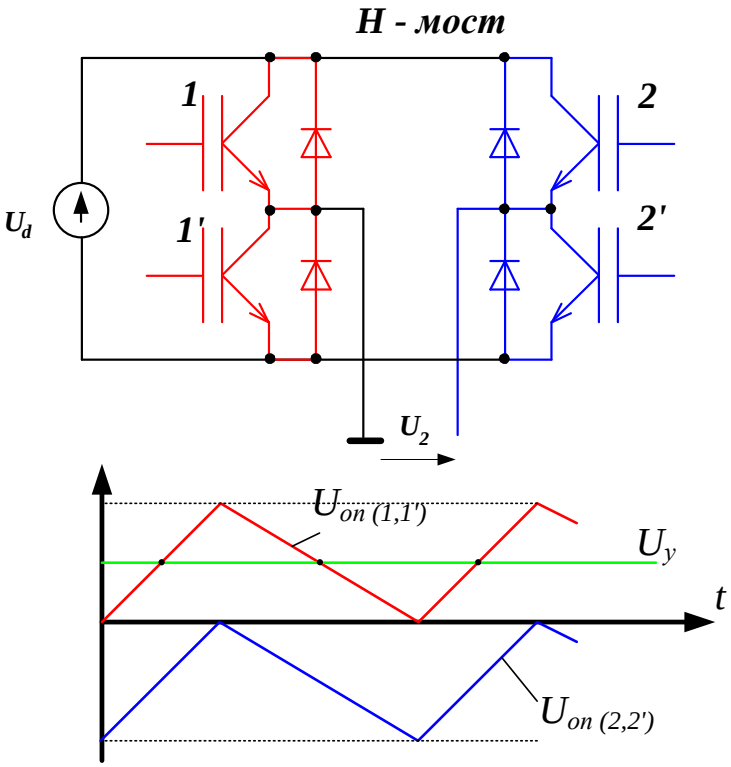


Рис.1

Дано: Двухполупериодный мостовой неуправляемый выпрямитель. Напряжение e_1 изменяется по синусоидальному закону $e_1 = E \cdot \sin\vartheta,\ \vartheta = \omega t$.

Полагая ток i_2 непрерывным, изобразить графически совместно с напряжением e_1 вид переключающих функций $F_1 \div F_4$ диодов $VT_1 \div VT_4$. С их помощью получить выражение для напряжения e_2 и изобразить его в виде графика.

Задача №5



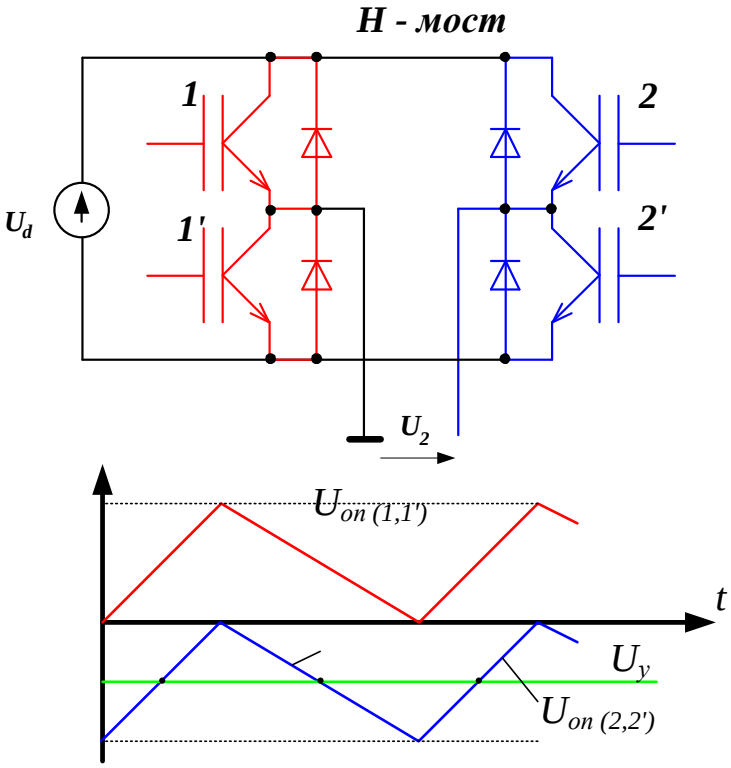
Управление ключами ШИМ осуществляется следующим образом: формируются два опорных напряжения $U_{on\ (1,1')}$ ***- для 1 и 1` транзисторов,***

$U_{on\ (2,2')}$ ***- для 2 и 2` транзисторов,***

Если $U_y > U_{on}$ ***, то всегда включен не штриховой транзистор.***

Дано: Однофазный инвертор напряжения. Полагая ток в нагрузке инвертора непрерывным, на одном рисунке с опорными напряжениями изобразить переключающие функции ($F_1 \div F_4$) всех 4-х транзисторов для указанного напряжения U_y. С их помощью получить выражение для напряжения U_2 и построить его график на вышеуказанном рисунке.

Задача №6



Управление ключами ШИМ осуществляется следующим образом: формируются два опорных напряжения $U_{on\ (1,1')}$ ***- для 1 и 1` транзисторов,***

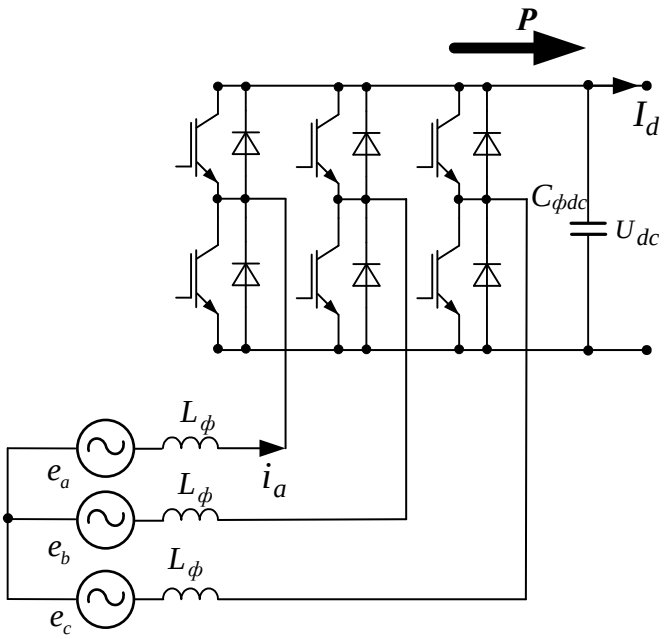
$U_{on\ (2,2')}$ ***- для 2 и 2` транзисторов,***

Если $U_y > U_{on}$ ***, то всегда включен не штриховой транзистор.***

Дано: Однофазный инвертор напряжения. Полагая ток в нагрузке инвертора непрерывным, на одном рисунке с опорными напряжениями изобразить переключающие функции ($F_1 \div F_4$) всех 4-х транзисторов для указанного напряжения U_y. С их помощью получить выражение для напряжения U_2 и построить его график на вышеуказанном рисунке.

Задача №7

Активный выпрямитель



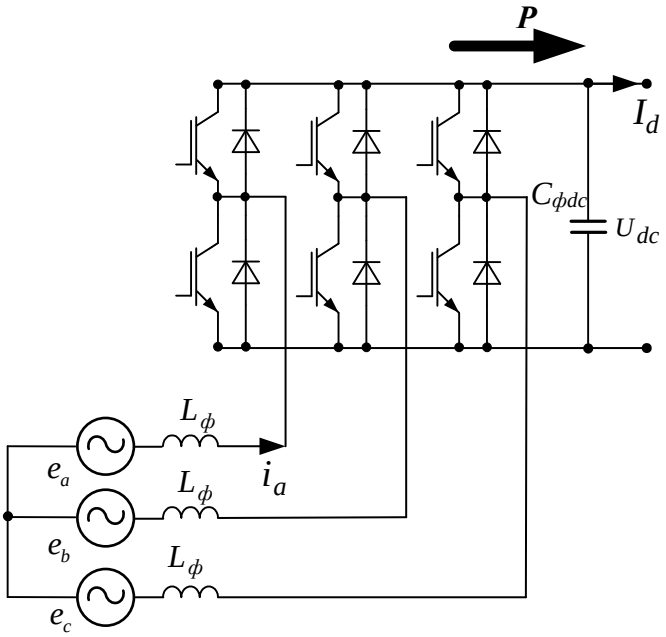
Дано: Активный выпрямитель на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ. Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону:

$$e_a = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \sin\vartheta, \quad e_b = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \left(\sin\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right), \quad e_c = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \left(\sin\vartheta - \frac{4\pi}{3}\right).$$

Определить величину напряжения U_{dc}, при котором основная гармоника тока i_a будет равна нулю, полагая, что глубина модуляции (M) инвертора напряжения равна единице (M=1).

Задача №8

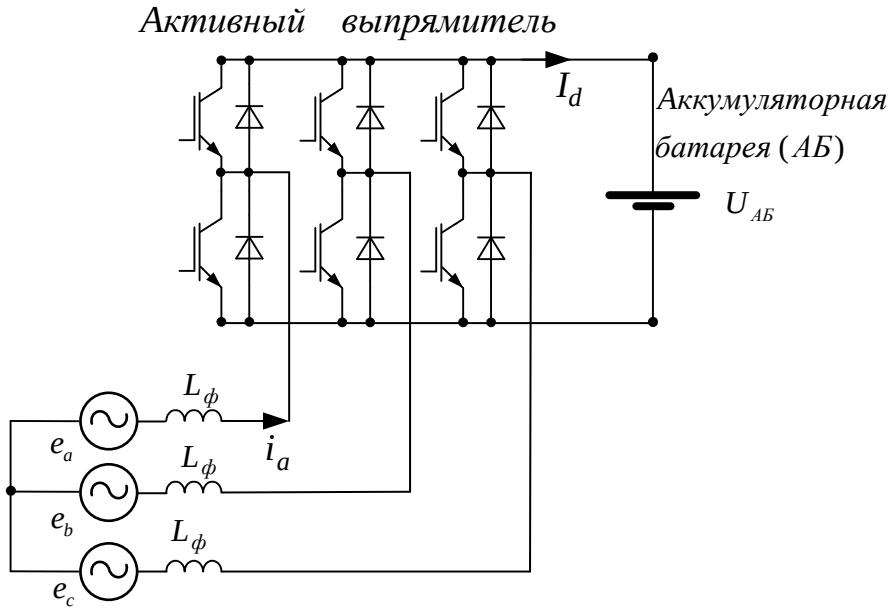
Активный выпрямитель



Дано: Активный выпрямитель на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью SVPWM (пространственно-векторной ШИМ). Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \sin \vartheta$, $e_b = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{2\pi}{3} \right)$, $e_c = \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{4\pi}{3} \right)$.

Определить величину напряжения U_{dc}, при котором основная гармоника тока i_a будет равна нулю, полагая, что глубина модуляции (M) инвертора напряжения равна единице (M=1).

Задача №9



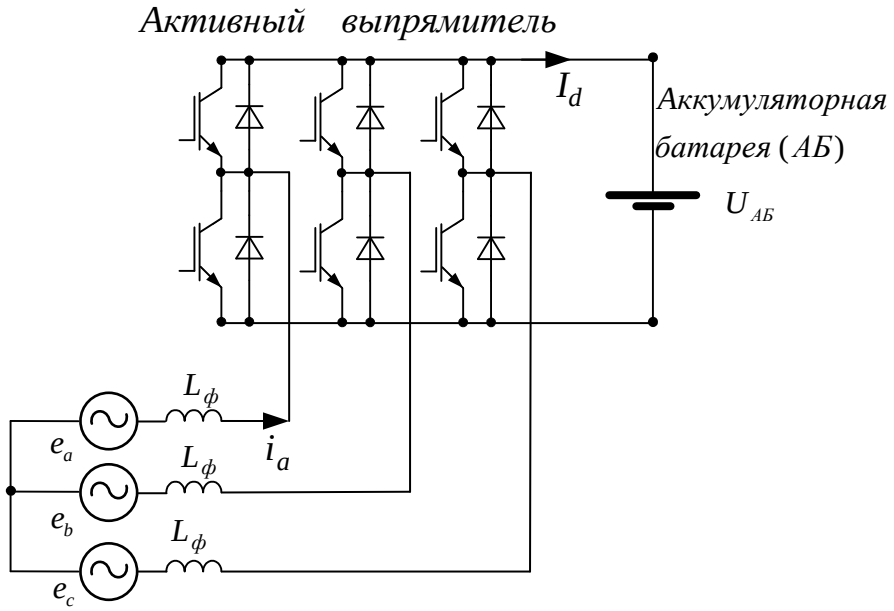
Дано: Активный выпрямитель на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ, осуществляет заряд аккумуляторной

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \sin \vartheta$, $e_b = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{2\pi}{3} \right)$, $e_c = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{4\pi}{3} \right)$, E_2 - действующее значение напряжения.

Определить в общем виде величину напряжения $U_{АБ}$, при превышении которого фаза основной гармоники тока сети i_a может совпадать с фазой напряжения сети e_a, полагая, что глубина модуляции (M) инвертора напряжения равна единице (M=1)

.

Задача №10



Дано: Активный выпрямитель на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью SVPWM (пространственно-векторной ШИМ), осуществляет заряд аккумуляторной.

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \sin \vartheta$, $e_b = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{2\pi}{3} \right)$, $e_c = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \left(\sin \vartheta - \frac{4\pi}{3} \right)$, E_2 - действующее значение напряжения сети.

Определить в общем виде величину напряжения $U_{АБ}$, при превышении которого фаза основной гармоники тока сети i_a может совпадать с фазой напряжения сети e_a, полагая, что глубина модуляции (M) инвертора напряжения равна единице (M=1).

Задача №11

Активный фильтр

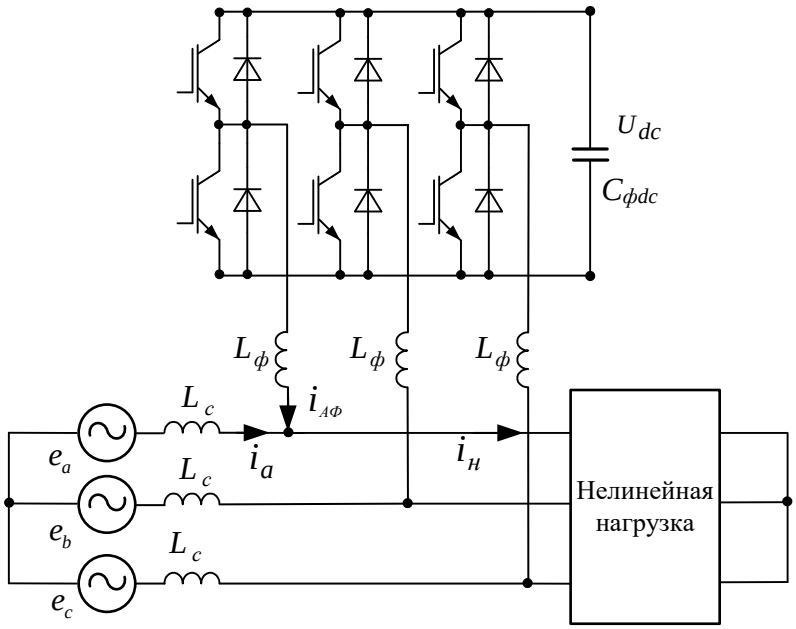


Рис.1

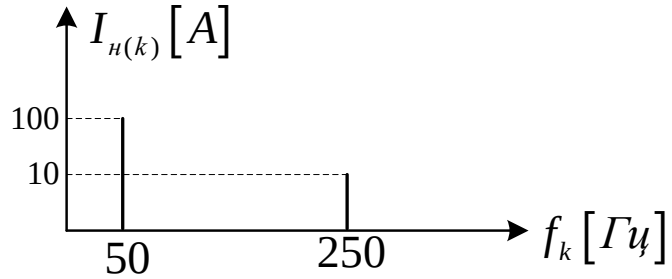


Рис.2

Дано: Активный фильтр на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ (Рис.1).

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \sin\vartheta$, $e_b = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right)$, $e_c = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{4\pi}{3}\right)$, $\vartheta = 2\pi\cdot 50$.

Нелинейная нагрузка потребляет ток, спектральный состав, которого представлен на рис.2, здесь $I_{н(k)}$ - действующее значение тока соответствующей гармоники. $L_c << L_\phi$.

Оценить величину напряжения U_{dc} и амплитудное значение тока $i_{A\Phi}$, при котором в токе сети i_a амплитуда гармоники с частотой 250Гц будет равна нулю.

Оценить необходимую частоту ШИМ.

Задача №12

Активный фильтр

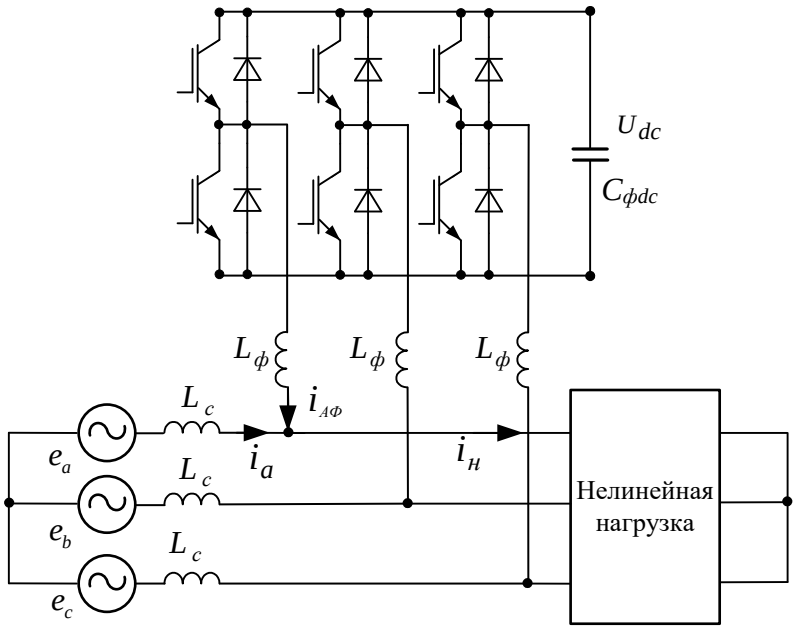


Рис.1

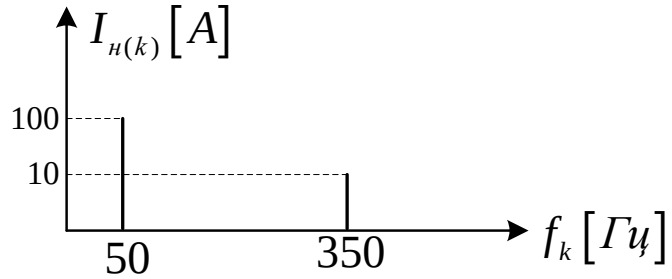


Рис.2

Дано: Активный фильтр на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ (Рис.1).

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \sin\vartheta$, $e_b = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right)$, $e_c = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{4\pi}{3}\right)$, $\vartheta = 2\pi\cdot 50$.

Нелинейная нагрузка потребляет ток, спектральный состав, которого представлен на рис.2, здесь $I_{н(k)}$ - действующее значение тока соответствующей гармоники. $L_c << L_\phi$.

Определить амплитуду и частоту напряжения основной гармоники АФ и амплитудное значение тока $i_{A\Phi}$, при котором в токе сети i_a амплитуда гармоники с частотой 350Гц будет равна нулю, а в токе $i_{A\Phi}$ амплитуда гармоники с частотой 50Гц будет равна нулю. **Оценить** необходимую частоту ШИМ.

Задача №13

Активный фильтр

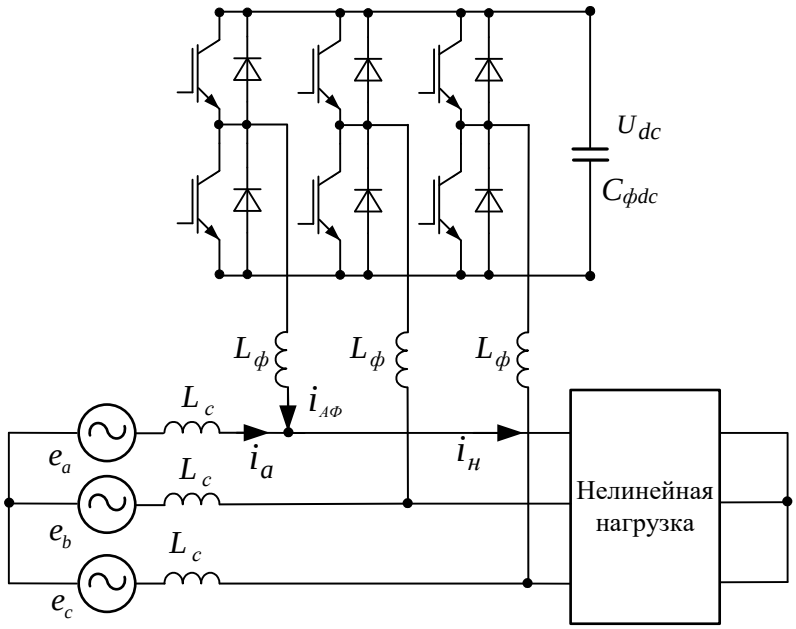


Рис.1

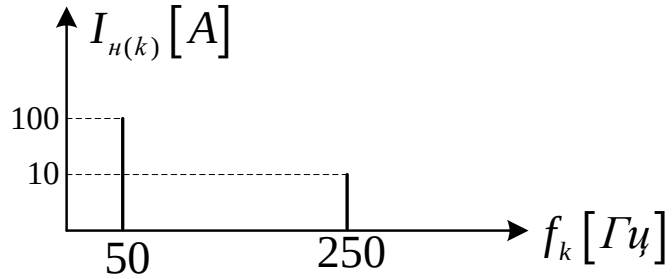


Рис.2

Дано: Активный фильтр на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью SVPWM (пространственно-векторной ШИМ), осуществляет заряд аккумуляторной. (Рис.1).

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону $e_a = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \sin\vartheta$, $e_b = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right)$, $e_c = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{4\pi}{3}\right)$, $\vartheta = 2\pi\cdot 50$.

Нелинейная нагрузка потребляет ток, спектральный состав, которого представлен на рис.2, здесь $I_{н(k)}$ - действующее значение тока соответствующей гармоники. $L_c << L_\phi$.

Оценить величину напряжения U_{dc} и амплитудное значение тока $i_{A\Phi}$, при котором в токе сети i_a амплитуда гармоники с частотой 250Гц будет равна нулю.

Оценить необходимую частоту ШИМ.

Задача №14

Активный фильтр

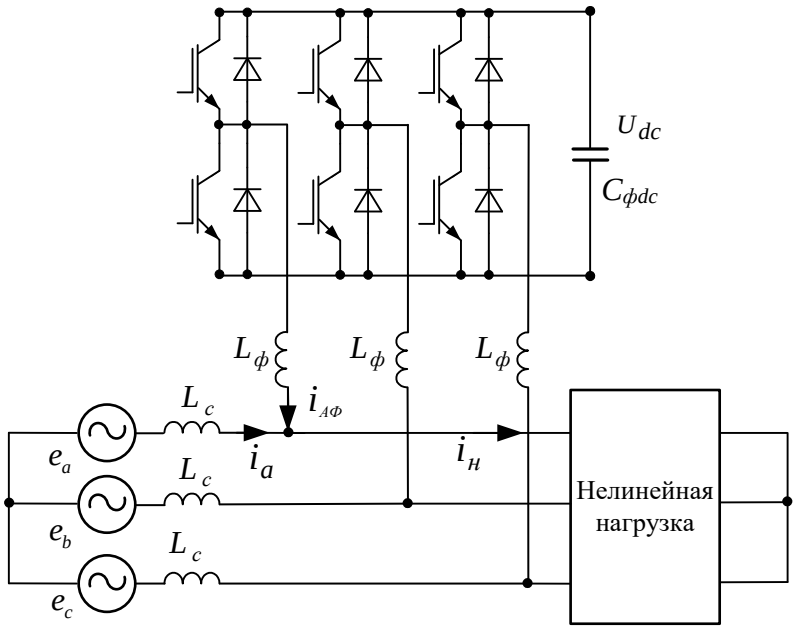


Рис.1

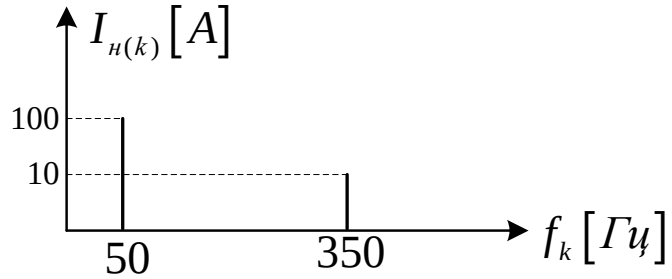


Рис.2

Дано: Активный фильтр на базе трехфазного инвертора напряжения, управляется с помощью SVPWM (пространственно-векторной ШИМ), осуществляет заряд аккумуляторной (Рис.1).

Напряжения сети e_a, e_b, e_c, изменяются по синусоидальному закону

$$e_a = \sqrt{2}\cdot 220\cdot \sin\vartheta,\quad e_b = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{2\pi}{3}\right),\quad e_c = \sqrt{2}\cdot 220\cdot\left(\sin\vartheta - \frac{4\pi}{3}\right),$$

$\vartheta = 2\pi\cdot 50$.

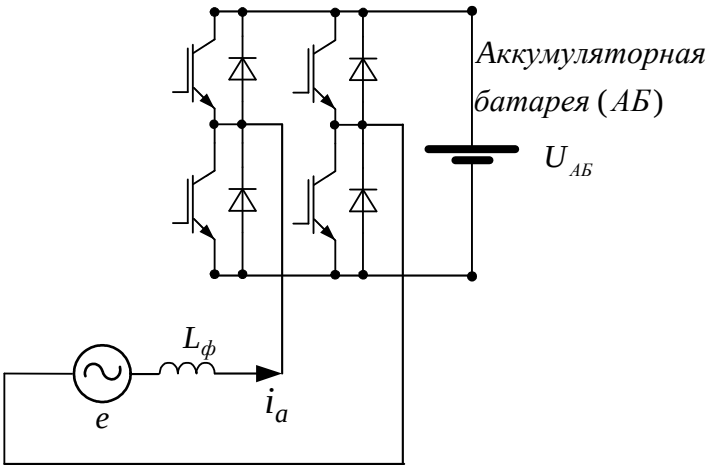
Нелинейная нагрузка потребляет ток, спектральный состав, которого представлен на рис.2, здесь $I_{н(k)}$ - действующее значение тока соответствующей гармоники.

$L_c << L_ф$.

Определить амплитуду и частоту напряжения основной гармоники АФ и амплитудное значение тока $i_{АФ}$, при котором в токе сети i_a амплитуда гармоники с частотой 350Гц будет равна нулю, а в токе $i_{АФ}$ амплитуда гармоники с частотой 50Гц будет равна нулю. **Оценить** необходимую частоту ШИМ.

Задача №15

Активныйвыпрямитель



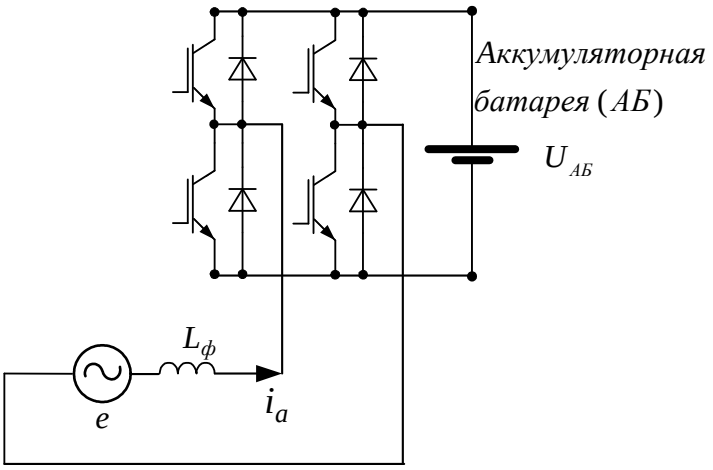
Дано: Активный выпрямитель на базе одногфазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ, осуществляет заряд аккумуляторной

Напряжение сети e_a изменяются по синусоидальному закону $e = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \sin \vartheta$, E_2 - действующее значение напряжения.

Определить в общем виде величину напряжения $U_{АБ}$, при превышении которого фаза основной гармоники тока сети i_a может совпадать с фазой напряжения сети e, полагая, что глубина модуляции (M) инвертора напряжения равна единице (M=1).

Задача №16

Активныйвыпрямитель



Дано: Активный выпрямитель на базе однофазного инвертора напряжения, управляется с помощью скалярной ШИМ, осуществляет заряд аккумуляторной

Напряжение сети e_a изменяются по синусоидальному закону $e = \sqrt{2} \cdot E_2 \cdot \sin \vartheta$, E_2 - действующее значение напряжения.

Определить в общем виде форму, величины и фазу управляющего сигнала активным выпрямителем при котором $i_a = 0$, если известна величина напряжения $U_{АБ}$.

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 1-2

По дисциплине "Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

1. Техническое задание на разработку системы генерирования одного борта летательного аппарата, выполняющего функцию системы «АВАКС».

Источник энергии. Механическая энергия вращающегося с переменной частотой вала ($n_{\min} \div n_{\max}$). Источник энергии маршевый двигатель летательного аппарата, мощность которого $\approx \infty$. $n_{\min} = 5000\ об/мин;\quad n_{\max} = 10000\ об/мин$.

Требования по назначению.

1 Система генерирования должна состоять из 3-х фазного генератора нестабильной частоты (частота изменяется в диапазоне $f_{\min} = 800 Гц;\quad f_{\max} = 1600 Гц$), устанавливаемого на маршевом двигателе и статического преобразователя.

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

- напряжение фазное - 115 В;
- частота - 400 Гц;
- мощность - 750кВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 0,8-1,0 (отстающий);
- соединение фаз - звезда с выведенной нейтралью на корпус;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения не более 8%.

4 Система должна обеспечивать нагрузки.

4.1Нагрузку до 750 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего ресурса.

4.2Нагрузку до 1100 кВА (cosφ=0,8) в течение 5 мин., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса.

4.3Нагрузку до 1500 кВА (cosφ=0,8) длительностью до 5 сек., 2 раза за ресурс.

5. В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

5.1 Защита от всех видов короткого замыкания в генераторе или его фидере, или в фидере преобразователя.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (121-127) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикойв течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (104...110) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (380…420) Гц.

5.5 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения или нейтрали с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 60 минус 60	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 85 плюс 120 плюс 85	плюс 60 плюс 70 плюс 85

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 3-4

По дисциплине "Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

2. Техническое задание на разработку системы генерирования одного борта авионесущего крейсера

Источник энергии. Механическая энергия вращающегося с переменной частотой вала ($n_{\min} \div n_{\max}$). Источник энергии маршевый двигатель летательного аппарата, мощность которого $\approx \infty$. $n_{\min} = 750\ об/мин; \quad n_{\max} = 1500\ об/мин$.

Требования по назначению.

1 Система генерирования должна состоять из 3-х фазного генератора нестабильной частоты (частота изменяется в диапазоне $f_{\min} = 25 Гц; \quad n_{\max} = 50 Гц$), устанавливаемого на маршевом двигателе и статического преобразователя.

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

- напряжение фазное - 6000 В;
- частота - 50 Гц;
- мощность - 2000кВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 0,8-1,0 (отстающий);
- соединение фаз - звезда без нулевого провода;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения не более 8%.

4 Система должна обеспечивать нагрузки.

4.1Нагрузку до 2000 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего ресурса.

4.2Нагрузку до 3000 кВА (cosφ=0,8) в течение 5 мин., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса.

4.3Нагрузку до 6000 кВА (cosφ=0,8) длительностью до 5 сек., 2 раза за ресурс.

6. В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

6.1 Защита от всех видов короткого замыкания в генераторе или его фидере, или в фидере преобразователя.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (6500-6700) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикой в течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (5000...5500) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (48…52) Гц.

5.5 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения или нейтрали с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 60 минус 60	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 85 плюс 120 плюс 85	плюс 60 плюс 70 плюс 85

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 5-6

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

3. Техническое задание на разработку электропривода гребного вала дизельной подводной лодки.

Источник энергии. Трехфазная сеть переменного тока без нулевого провода бесконечной мощности. Величина напряжения 10000В $\pm 1000B$, частота 50Гц $\pm 10Гц$.

Требования по назначению.

1 Электропривод состоит из трехфазного синхронного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов (8 пар полюсов, имеется датчик положения ротора), непосредственно соединенного с гребным валом и статического преобразователя.

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

- диапазон изменения скорости выходного вала электродвигателя

$$n_{\min} = 0 об/мин; \quad n_{\max} = 750 об/мин;$$

- мощность - 10МВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 0,8-1,0 (отстающий);
- соединение фаз - звезда без нулевого провода;
- закон регулирования электродвигателя $U/f = const$;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного тока не более 15%.

4 Система должна обеспечивать нагрузки.

4.1Нагрузку до 10000 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего ресурса.

4.2Нагрузку до 15000 кВА (cosφ=0,8) в течение 5 мин., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса.

4.3Нагрузку до 30000 кВА (cosφ=0,8) длительностью до 5 сек., 2 раза за ресурс.

5. В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

5.1 Защита от всех видов короткого замыкания в электродвигателя или его фидере, или в фидере преобразователя.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (12000-12700) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикой в течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (8000...8500) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (48…52) Гц.

5.5 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения или нейтрали с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 60 минус 60	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 85 плюс 120 плюс 85	плюс 60 плюс 70 плюс 85

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 7-8

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на разработку электропривода системы вентиляции цеха.

Источник энергии. Общепромышленная сеть трехфазного переменного тока без нулевого провода бесконечной мощности. Величина напряжения 6000В $\pm 500В$, частота 50Гц $\pm 2Гц$.

Требования по назначению.

1 Электропривод состоит из трехфазного синхронного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов (12 пар полюсов, имеется датчик положения ротора), непосредственно соединенного с вентилятором и статического преобразователя. Электропривод регулируется от диспетчерского пульта.

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

- диапазон изменения скорости выходного вала электродвигателя

$$n_{\min} = 0 об/мин; \quad n_{\max} = 1500\ об/мин;$$

- мощность - 3000кВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 0,8-1,0 (отстающий);
- соединение фаз - звезда без нулевого провода;
- закон регулирования электродвигателя $U/f = const$;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного тока не более 15%.

4 Система должна обеспечивать нагрузки.

4.1Нагрузку до 3000 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего ресурса.

4.2Нагрузку до 4500 кВА (cosφ=0,8) в течение 5 мин., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса.

4.3Нагрузку до 6000 кВА (cosφ=0,8) длительностью до 5 сек., 2 раза за ресурс.

5 В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

5.1 Защита от всех видов короткого замыкания в электродвигателя или его фидере, или в фидере преобразователя.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (3200-3700) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикой в течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (2000...2500) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения или нейтрали с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 40 минус 40	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 45 плюс 55 плюс 45	плюс 45 плюс 55 плюс 45

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 9-10

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на разработку системы генерирования ветроэнергетической установки мощностью 1МВт.

Источник энергии. Механическая энергия вращающегося с переменной частотой вала ($n_{\min} \div n_{\max}$) ветровая турбина, мощность которой изменяется по закону $P \equiv V^3$, где V - скорость ветра. $n_{\min} = 50\,об/мин;\quad n_{\max} = 100\,об/мин$. При $n_{\max} = 100\,об/мин\;\; P = 1000кВА.$

Требования по назначению.

1 Система генерирования должна состоять из 3-х фазного генератора нестабильной частоты (частота изменяется в диапазоне $f_{\min} = 25\,Гц;\quad n_{\max} = 50\,Гц$), устанавливаемого на ветровой турбине и статического преобразователя.

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

- напряжение фазное - 1500 В;
- частота - 50 Гц;
- мощность - 2000кВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 1,0 ;
- соединение фаз - звезда без нулевого провода;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения не более 5%.

4 Система должна обеспечивать нагрузки.

4.1Нагрузку до 750 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего ресурса при $n_{\max} = 100\,об/мин$.

4.2Нагрузку до 1000 кВА (cosφ=0,8) в течение 5 мин., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса при $n_{\max} = 100\,об/мин$.

5.В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

5.1 Защита от всех видов короткого замыкания в генераторе или его фидере, или в фидере преобразователя.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (2000-2100) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикой в течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (1000...1200) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (48…52) Гц.

5.5 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения или нейтрали с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 40 минус 40	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 45 плюс 55 плюс 45	плюс 45 плюс 55 плюс 45

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 11-12

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на разработку системы самовозбуждения (СВ) для турбогенератора мощностью (ТГ) 100МВА. СВ должна обеспечивать регулирование тока возбуждения, как при управлении от специального регулятора, так и ручную регулировку.

Источник энергии. Выходные зажимы ТГ, напряжение трехфазное, 0-6000В. Максимальная частот напряжения 50Гц $\pm 2Гц$.

Требования по назначению.

1Система возбуждения состоит из трехфазного понижающего трансформатора и статического преобразователя (СП).

2 Номинальные значения выходных параметров системы:

-выходное напряжение постоянного тока 250-500В;

- выходной постоянный ток - 2000-4000А.

.

3. В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:
   1. гашение поля генератора и отключение его от сети;
   2. съем управляющих импульсов с одного из работающих СП;
   3. переключение с работающего СП на находящийся в резерве;
   4. ограничение тока ротора на уровне номинального значения и запрет форсировки;
   5. разгрузка по току ротора до режима, соответствующего cosφ = 1 или до вступления в работу ограничения минимального возбуждения (ОМВ);
   6. включение защитного сопротивления параллельно обмотке возбуждения;
   7. включение звуковой и световой сигнализации, запоминания сигнала срабатывания защиты.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 40 минус 40	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 45 плюс 55 плюс 45	плюс 45 плюс 55 плюс 45

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

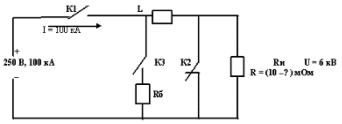
Форма У-16

Экзаменационный билет № 13-14

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на разработку системы электропитания (СЭ) для коммутатора многоразового действия электромагнитного ускорителя масс (ЭУМ).

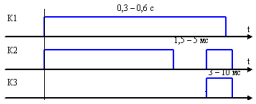
Электрическая схема СЭ для ЭУМ (рис. 1.)



Обозначение:

L – Катушка (32 мкГн, 4,6 Тл, 1 Мдж, 900 кА)
Rн – Нагрузка эквивалент ЭУМ
Rб – Резистор балластный (10^{-2} Ом)
К1,2,3 – Силовые коммутаторы (СК
Первичный источник – 250 В, 100 кА, внутреннее сопротивление 10^{-4} Ом.

Рис. 1



Обозначение:

К1 – замыкание – размыкание (насыщение L, длительность 0,3 – 0,6 с).

К2 – размыкание – замыкание (подключение нагрузки, длительность 0,5 – 5 мс). В исходном состоянии может быть нормально разомкнутым, в замкнутое состояние должен переходить одновременно с К1 или с опережением (мс)

К3 – замыкание – размыкание, сброс на Rб остатка энергии (3 – 10 мс).

Размыкание К1 одновременно со вторым замыканием К2 и замыканием К3 или с задержкой 2 – 3 мс.

Рис. 2 - Циклограмма работы

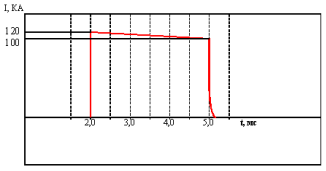


Рис. 3 – График тока в нагрузке

Требования по назначению.

1 Система электропитания должна обеспечивать 6 выстрелов в минуту.

2 Номинальные значения выходных параметров системы приведены на рис.1-3.

Задача. Разработать полупроводниковые ключи К1-К3 и систему управления ими, включая драйверы.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 60 минус 60	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 85 плюс 120 плюс 85	плюс 60 плюс 70 плюс 85

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 15-16

По дисциплине "Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на стартер – генератор (ЭМ), бесщеточную обратимую электрическую машину, стартер – генераторного устройства, предназначенного для установки на силовом агрегате автомобилей семейства ВАЗ-21ХХ. ЭМ стартер – генераторного устройства (далее СГУ) должена обеспечивать работу СГУ в следующих режимах:

- стоп – старт;
- бустерный разгон;
- генерирование электроэнергии в бортовую сеть с напряжением 42 В по ГОСТ
- гашение крутильных колебаний;
- управление потоками энергии.

Целью задания является разработка силовой схемы контроллера блока управления СГУ и функциональной схемы системы управления включая алгоритмы управления.

1. Состав СГУ.

3.1. Стартер – генераторное устройство состоит из:
1. бесконтактной обратимой электрической машины (ЭМ);
2. блока управления (БУ) электрической машиной.

3.2. Блок управления, в свою очередь, содержит две конструктивные единицы:
1. контроллер блока управления;
2. силовую часть блока управления.

2. Общие требования.

2.1. Подключение СГУ к бортовым источникам осуществляется замком зажигания.

2.2. Питание СГУ в стартерном режиме осуществляется от энергоемкого конденсатора (ЭК), с подзарядкой последнего от ЭМ (в режиме генератора), а при невозможности такой подзарядки – от аккумуляторной батареи 36 В, 55 Ач, через DC – DC Converter СГУ.

2.3. Продолжительность номинального режима работы:
- для генераторного режима – продолжительный;
- для стартерного режима – кратковременный, длительностью до 10 с.

2.4. Частота вращения ротора ЭМ равна частоте вращения вала ДВС, (0 – 6500 мин.$^{-1}$).

2.5. Номинальное напряжение в бортовой сети 36 В (42 В) – 42 В.

2.6. Суммарный КПД СГУ должен быть не менее 85 % в диапазоне 1000 – 6000 мин.$^{-1}$.

2.7. Режим стартера.

2.7.1. Номинальное напряжение в стартерном режиме, в бортовой сети 42 В - 36 В.

2.7.2. Рабочие характеристики СГУ в стартерном режиме, при температуре окружающей среды 20+5°С и питании ЭМ от ЭК посредством СЧБУ должны быть не ниже, указанной в таблице 2.7.1.

Таблица 2.7.1

Скорость вращения ротора, (мин.$^{-1}$)	0	300	800	1000	2000	3000

Момент, создаваемый ЭМ СГУ, (Нм)	150	150	38	30	15	10

2.7.3. Потребляемый от аккумуляторной батареи 42 В ток, во всех режимах не должен быть выше 200 А.

2.7.4. Для «холодного» двигателя точка перехода из стартерного режима в генераторный принята 800 мин.$^{-1}$. Для прогретого двигателя точка перехода из стартерного режима в генераторный – 500 ÷ 600 мин.$^{-1}$. В процессе разработки момент и условия перехода в стартерный режим уточняются.

2.8. Режим генератора.

2.8.1. Номинальное напряжение в сети 36 В (42 В) – 42 В.

2.8.2. Выходная электрическая мощность СГУ в диапазоне вращения коленчатого вала от 800 до 3000 мин.$^{-1}$ должна быть не ниже 4000 вт, в остальных случаях, не ниже 3500 вт.

2.8.3. Распределение мощности:

- по цепи 42 В – 3000 вт;
- по цепи 12 В – 1000 вт.

Температура окружающей среды в рабочих режимах:

- электрической машины – минус 40°С – плюс 150°С (уточняется). Для ЭМ возможно применение жидкостного охлаждения, с подключением к системе охлаждения ДВС;
- Силовая часть БУ – минус 40°С ÷ плюс 125°С (уточняется). Для СЧБУ возможно применение жидкостного охлаждения с подключением к системе охлаждения ДВС с $t_{ож}$ = минус 40°С ÷ плюс 115°С;
- Контроллер БУ –минус 40°С ÷ плюс85°С.

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 17-18

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

1. Техническое задание на разработку инверторов напряжения электротехнического модуля мощностью 300кВт для гравитационного накопителя электрической энергии

2. ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗРАБОТКИ

2.1 Разработка инверторов напряжения электротехнического модуля мощностью 300кВт (ЭМ-300) для накопителя электрической энергии мощностью 15МВт.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗДЕЛИЮ

3.1 Состав изделия:

- механотронной модуль (далее по тексту - ММ) - 8 шт.
- статический преобразователь (далее по тексту - СП) - 1 шт.
- микропроцессорная система управления электротехническим модулем (далее по тексту - $МПСУ_{ЭМ}$) – 1 шт.

3.1.1 В комплект ЭМ-300 должны входить:

- механотронные модули $ММ_1 \div ММ_8$ - 8 шт.
- статический преобразователь СП - 1 шт.
- система управления электротехническим модулем $МПСУ_{ЭМ}$ - 1 шт.

3.2 Требования назначения.

3.2.1 Электротехнический модуль предназначен для работы в трех режимах:

- режим подготовки;
- режим накопления энергии;
- режим хранения энергии;
- режим генерации электрической энергии.

Электротехнический модуль должен состоять из восьми механотронных модулей ($ММ_1 \div ММ_8$), статического преобразователя (СП) и микропроцессорной системы управления ($МПСУ_{ЭМ}$) (см. рис.1).

Каждый из механотронных модулей состоит из трехфазного асинхронного двигателя (АД) с датчиком скорости и углового положения (ДСиУП), Статорная цепь АД подключена к инвертору напряжения (ИН) с микропроцессорной системой управления (МПСУ). Вал АД подключён к гидравлическому подъёмнику, при этом АД выполняет функции гидромотора и гидрогенератора.

Статический преобразователь (СП) содержит инвертор напряжения ($ИН_{СП}$), управляемый от микропроцессорной системы управления ($МПСУ_{СП}$), выпрямителя для режима накопления ($В_{СП}$).

В режиме подготовки по команде от СУ верхнего уровня осуществляется самотестирование всех агрегатов электротехнического модуля вплоть до конструктивной единицы. По его завершению выдается команда либо о неисправности с указанием агрегата или конструктивной единицы, либо, при положительном результате самотестирования, команда о начале режима подготовки, при этом выпрямитель $В_{СП}$ подключается к входам инверторов напряжения ММ и СП, происходит заряд конденсаторов в звене постоянного тока. С помощью МПСУ и ДСиУП осуществляется подготовка магнитной системы АД и ориентации координатной системы управления. Транзисторы $ИН_{СП}$ закрыты.

В режиме накопления энергии с помощью $МПСУ_{ЭМ}$, команд от СУ верхнего уровня, МПСУ и ИН осуществляется частотное регулирование скорости вращения валов асинхронных двигателей. В этом режиме ММ работает в качестве регулируемого асинхронного электропривода обеспечивая двигательный режим, и выполняют функцию гидромоторов. С помощью гидросистемы происходит подъем рабочего тела заданной массы на необходимую высоту. Закон изменения частоты вращения во времени каждого из валов АД определяется СУ верхнего уровня с учетом обеспечения равномерности (одновременности) работы гидроподъемников. Транзисторы $ИН_{СП}$ закрыты. Длительность режима накопления не менее 20 минут. Накопленная с помощью ЭМ-300 энергия не менее 0.3МДж.

В режиме хранения энергии по команде от СУ верхнего уровня ММ работают в двигательном режиме, обеспечивая нулевую скорость вращения валов АД. Потери в АД и ИН компенсируются за счет энергии, потребляемой от выпрямителя $В_{СП}$, либо за счет потенциальной энергии рабочего тела, при этом происходит медленное его опускание. Транзисторы $ИН_{СП}$ закрыты. Длительность данного режима не более 20 минут.

В режиме генерации электрической энергии по команде от СУ верхнего уровня ММ переводится в генераторный режим, при этом ИН работает в режиме активного выпрямителя, выполняя функции выпрямления и стабилизации напряжения АД. Инвертор статического преобразователя СП включается и осуществляет функцию преобразования постоянного напряжения в трёхфазное переменное напряжение

синусоидальной формы, кроме этого, по сигналу от СУ верхнего уровня осуществляет регулирование величины этого напряжения по требованию нагрузки. Время генерации не более 100сек. Максимальная генерируемая мощность 300кВт.
ЭМ-300 допускает совместную работу с аналогичными электротехническими модулями в количестве не более 50 шт.
3.2.2 Номинальные значения выходных параметров электротехнического модуля в режиме генерации электрической энергии:

- напряжение фазное - 220 В;
- частота - 50 Гц;
- мощность - 300кВА;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности - 0,8-1,0 (отстающий);
- соединение фаз - звезда без выведенной нейтрали;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3.2.3 Качество электроэнергии электротехнического модуля должно соответствовать требованиям п. 5. ГОСТ 13109- 97 во всех условиях эксплуатации электротехнического модуля, изложенных в настоящем ТЗ.

Примечания:
1. Точка регулирования выходного напряжения системы находится на выходных клеммах статического преобразователя.
2. Величина минимальной нагрузки и параметры выходного напряжения при холостом ходе уточняются к этапу РКД.
3.2.4 Система должна обеспечивать нагрузки.
3.2.4.1 Нагрузку до 300 кВА (cosφ=0,8-1,0) длительно в течение всего режима генерации.
3.2.4.2 Скачкообразные изменения нагрузки не должны превышать 10% от номинальной мощности электротехнического модуля.
3.2.4.3 Нагрузку до 330 кВА (cosφ=0,8) в течение 10 с., по 2 раза на каждые 100 часов ресурса.
3.2.4.4 При превышении тока нагрузке величины 1.1 от номинального значения инвертор статического преобразователя выключается и через 1 с. производится повторное включение и в случае сохранения в нагрузке тока более 1.1 от номинального значения осуществляется окончательное выключение инвертора статического преобразователя. Выдается команда о КЗ в нагрузке, выходные зажимы ЭМ-300 подключаются к общепромышленной сети, по команде от СУ верхнего уровня инвертор статического преобразователя переходит в режим параллельной работы с общепромышленной сетью и в течении 20 мин. отдает накопленную энергию в сеть, при этом генерируемая мощность не должна превышать 30кВт и cosφ=1.

3.2.5 Параметры синусоидальности напряжения переменного тока должны соответствовать требованиям п. 5.4 ГОСТ 13109- 97 при трехфазной двухполупериодной трансформаторно-выпрямительной нагрузке, равной 100% номинальной мощности электротехнического модуля.
3.2.6 В электротехническом модуле должны быть предусмотрены следующие виды защит:
3.2.6.1 Защита от всех видов короткого замыкания в асинхронных двигателях или его фидере, или в фидере статического преобразователя без выдержки времени.
3.2.6.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше 220В+10% с обратнозависимой вольт-секундной характеристикой, соответствующей пределу рис. 1 п.5.2 по ГОСТ 13109- 97 в течение времени до 6 с.
3.2.6.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до 220В-10% и ниже с выдержкой времени (5,...6) с.
3.2.6.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (49.6…50.4) Гц. Выдержка времени определяется только временем срабатывания исполнительного органа защиты электротехнического модуля.
3.2.6.5 Защита от обрыва одной или двух фаз выходного напряжения, если выходное фазное напряжение выходит за пределы, указанные в п.п. 3.2.6.2 и 3.2.6.3.

Требования к защитам асинхронных двигателей уточняются на этапе выпуска РКД.

Примечания:
1. Все виды защит по п.п. 3.2.6.1-3.2.6.5 должны быть необратимыми.
2 Разблокировка защит по п.п. 3.2.6.2-3.2.6.5 должна обеспечиваться выключателем статического преобразователя.
3.2.7 Статический преобразователь должен.

3.2.7.1 Выдавать сигнал на выключатели включения статического преобразователя.

3.2.7.2 Выдавать сигнал на включение линейного контактора выходной цепи переменного тока ($К_2$) при поступлении соответствующей команды от СУ верхнего уровня
3.2.7.3 Работоспособность статического преобразователя в режиме генерации должны быть независимой от наличия общепромышленной сети.
3.2.8 Механотронный модуль должен.
3.2.8.1 В режиме накопления энергии обеспечить плавное регулирование частоты вращения вала АД в диапазоне 0÷3000об/мин с постоянством момента при условии обеспечения мощности на валу АД 40кВт при частота вращения 3000об/мин. Длительность режима накопления 20 мин. Питание инвертора напряжения механотронного модуля производится от общепромышленной сети 0.4кВ через трехфазный мостовой выпрямитель.
3.2.8.2 В режиме генерации электрической энергии обеспечить перевод АД в генераторный режим, регулирование величины генерируемой мощности от нуля до максимальной, стабилизацию выходного постоянного напряжения U_{dc} на уровне необходимом для выполнения п.3.2.3, а также обеспечить параллельную работы восьми аналогичных механотронных модуля. Максимальная генерируемая мощность в звене постоянного тока не менее 40кВт. Длительность режима генерирования 100с.
3.2.8.3 В режиме хранения энергии по команде от СУ верхнего уровня должен обеспечить нулевую частоту вращения вала АД в течении не менее чем 20мин.
3.2.8.4 В режиме подготовки провести самотестирование до уровня конструктивного модуля и передать результаты в систему управления электротехническим модулем.
3.2.8.5 При отказе инвертора напряжения обеспечить динамическое торможение с использованием выпрямителя статического преобразователя $В_{СП}$.
3.2.9 Система управления электротехническим модулем должна.
3.2.9.1 Обеспечивать прием и передачу команд в систему управления верхнего уровня.
3.2.9.2 Анализировать команды системы управления верхнего уровня и передавать их в системы управления механотронных модулей и статического преобразователя.
3.2.9.3 Осуществлять постоянный режим самоконтроля электротехнического модуля. Сохранять виды отказов, выявленные в результате самотестирования.
3.2.9.4 По команде от системы управления верхнего уровня изменять режимы работы электротехнического модуля.
3.2.9.5 Сохранять протоколы срабатывания всех защит электротехнического модуля.
3.2.9.6 Анализировать срабатывание защит и формировать управляющие команды для предотвращения цепного нарастания аварийных процессов.
3.2.10 Длина жгутов, соединяющих механотронные модули и статический преобразователь, а также падение

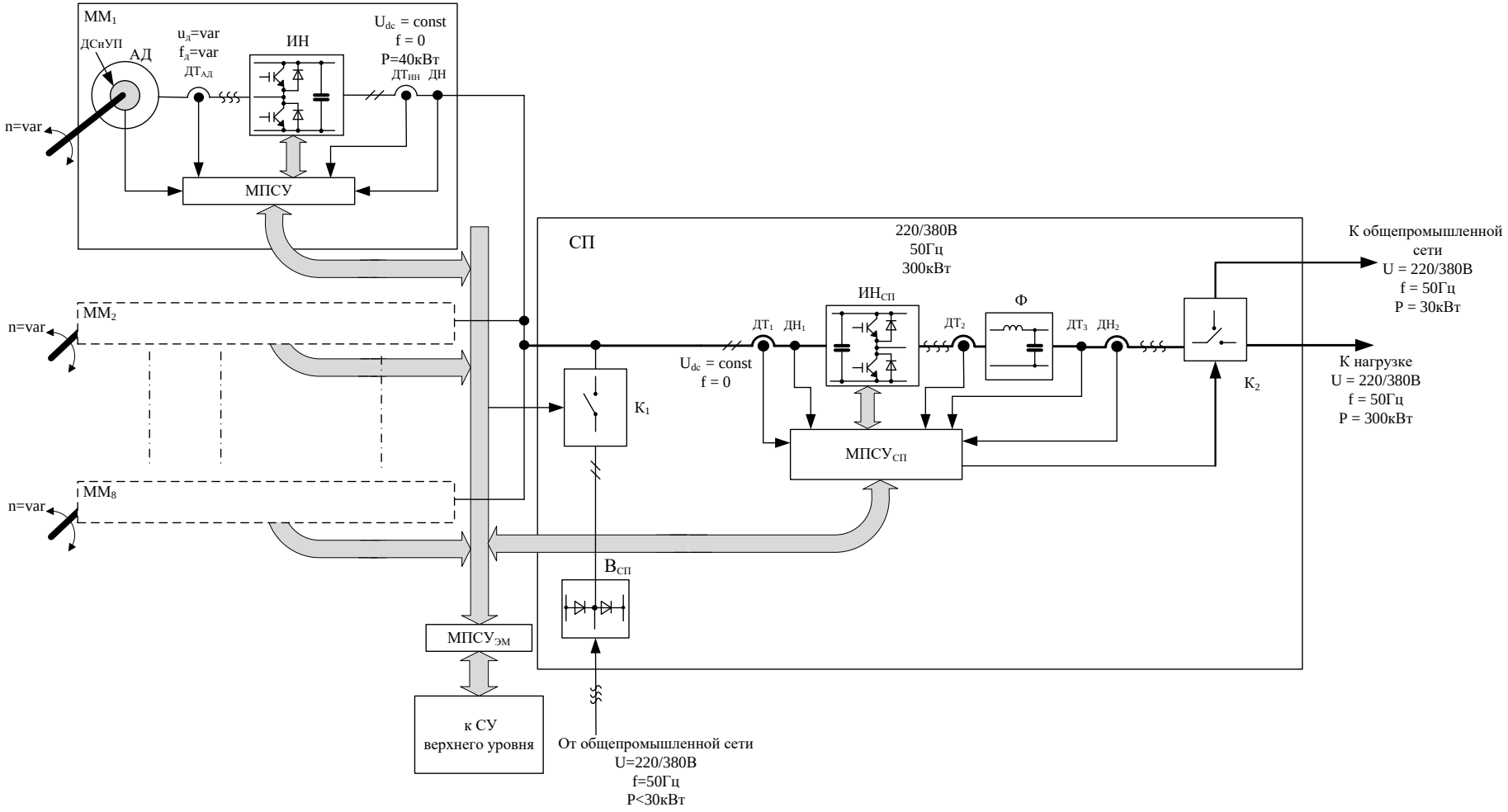
напряжения в жгутах оговаривается на этапе выпуска РКД.

3.2.11 Охлаждение всех агрегатов электротехнического модуля воздушное.

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Структурная схема электротехнического модуля мощностью 300кВт (ЭМ-300) для гравитационного накопителя электрической энергии



Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 17-18

По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

1. Техническое задание на разработку преобразователей электрической энергии для системы накопления и электропитания мощностью 350квт (СНЭП-350)

2 Цель выполнения работ

2.1 Целью выполнения работ является разработка преобразователей электрической энергии для системы накопления и электропитания мощностью 350кВт.

2.2 Наименование - система накопления и электропитания СНЭП-350.

2.3 Система предназначена для:

- накопления электрической энергии не менее 60кВт·ч;
- обеспечения питанием электроэнергией переменного тока потребителей мощностью 350кВт.

3. Тактико-технические требования к изделию

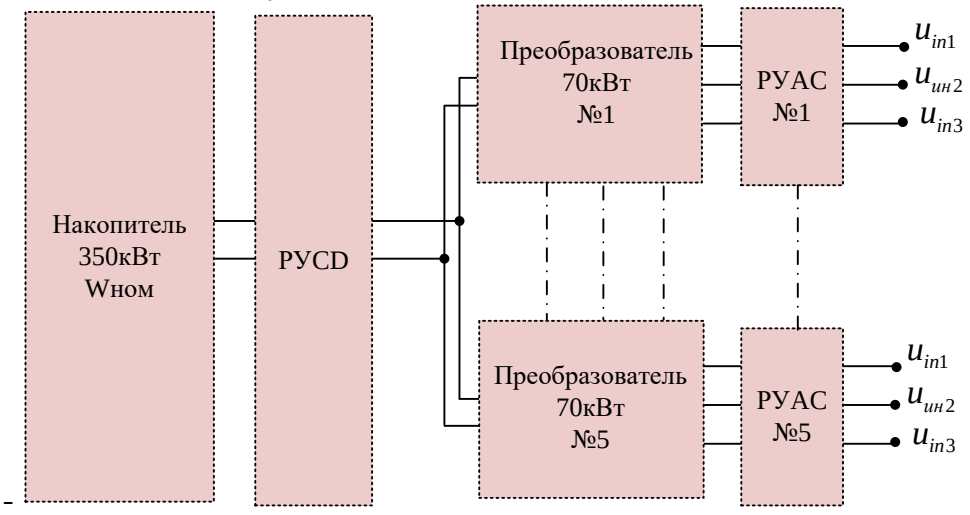
3.1 Состав изделия

3.1.1 В состав системы входят (рис.1):

- накопитель электрической энергии (НЭЭ), 1шт;
- преобразователи электрической энергии мощностью 70кВт (П), 5шт;
- система управления и защиты (СУЗ), 1шт;
- распределительное устройство переменного тока (РУ АС), 5шт;
- распределительное устройство постоянного тока (РУ DC), 1шт.

В комплект поставки входит эксплуатационная документация в составе:

- паспорт;
- руководство по технической эксплуатации;
- регламент технического обслуживания.



- Рис.1 Структурная схема СНЭП-350

3.2 Назначение устройств СНЭП-350.

3.2.1 Накопитель электрической энергии (НЭЭ).

– НЭЭ предназначен для накопления, хранения электрической энергии постоянного тока и электропитания преобразователя электрической энергии.

– В качестве накопительных элементов используются литий-ионные аккумуляторные ячейки LT-LYP240 с разрядным током до 3С.

– Накопитель собирается из последовательно соединенных ячеек.

– В накопителя входит система управления (BMS), предназначенная для обеспечения нормальных режимов ее работы, а также отключение батареи в случае возникновения аварийной ситуации. Параметры аккумуляторной ячейки представлены в таблице 1. Характеристики накопительного элемента представлены в таблице 2.

Таблица 1. Характеристики литий ионной аккумуляторной батареи

Материал ячейки	LiFePO4
Емкость ячейки, А-ч	240
Емкость ячейки, кВт-ч	0.768
Номинальное напряжение DC, В	3.2
Диапазон напряжений DC, В	2.75 – 3.7
Вес модуля, кг	9.5
Плотность энергии, Вт-ч/кг	100
Количество циклов, не менее	3000*
Возможность параллельного подключения стрингов	да
Наличие системы управления	да
охлаждение	естественное
Размещение	В шкафу, на стеллажах



Таблица 2. Характеристики накопительного элемента

Количество ячеек, шт.	254
Количество параллельных цепочек	1
Наличие системы управления	да
Общий вес системы, кг	2600
Рабочий диапазон напряжения DC, В	780 - 890
Допустимый диапазон напряжения DC, В	736 - 940
охлаждение	естественное
Размещение	В шкафу, на стеллажах
Размеры накопителя ВхШхГ	2200x800x600
Количество шкафов	5

3.2.2 Преобразователь электрической энергии (П).

– П предназначен для преобразования трехфазного переменного напряжения в постоянный ток заряда литий-ионные аккумуляторных ячеек в режиме накопления и для преобразования постоянного напряжения в трехфазное напряжение переменного тока в режиме генерирования.

– П состоит из пяти идентичных инверторов напряжения с силовыми LC фильтрами для подавления пульсаций с частотой широтно-импульсной модуляцией рис.2.

– Параметры инвертора приведены в таблице 3.

Таблица 3. Параметры инвертора напряжения

Наименование параметра	Значение
Напряжение фазы (на нагрузке), не менее, В	220
Частота Гц	50/60
Ток фазы (нагрузки) максимальный пусковой, А	70
Номинальная мощность, кВт	350
Коэффициент мощности	1,0 -0,8 (опережающий)
Число фаз	3
Входное напряжение, В	780 - 890
Входной ток, А	110

Соединение фаз	звезда с выведенной нейтралью
Порядок чередования фаз	прямой (A-B-C)
Охлаждение	воздушное принудительное
Размеры преобразователя, мм	750x300x600
Масса преобразователя, кг	менее 70

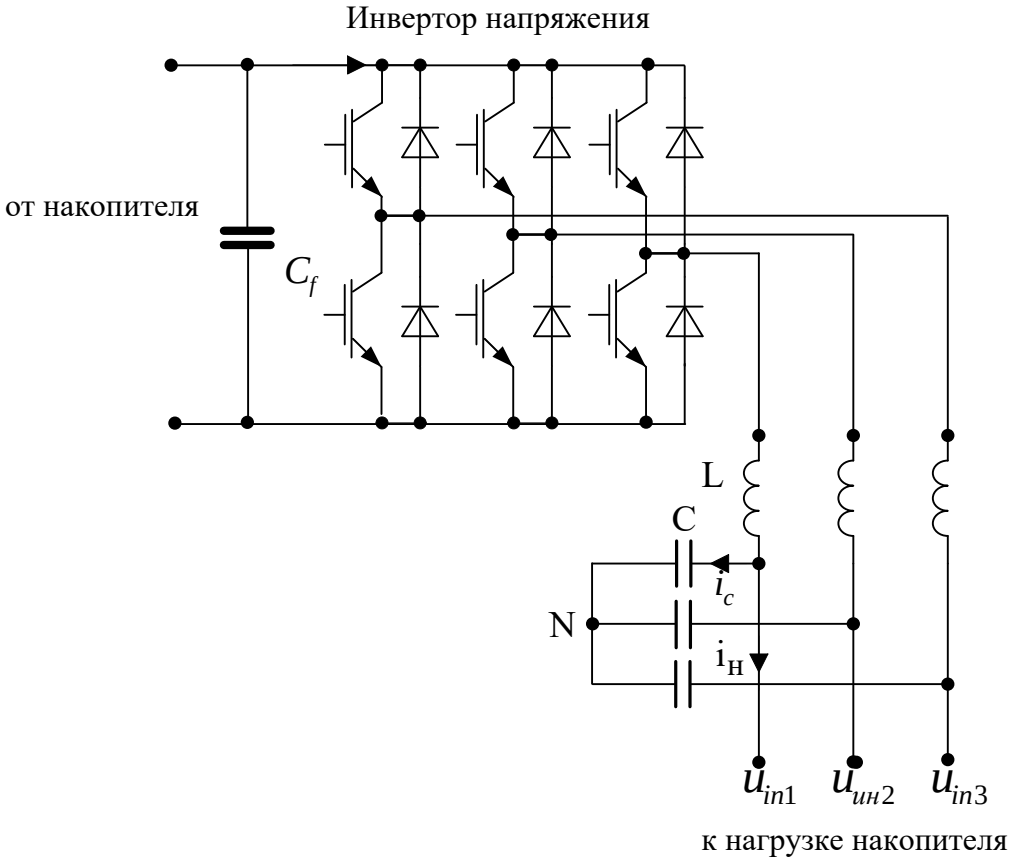


Рис.2 Схема инвертора напряжения

3.2.3 Распределительные устройства (РУАС, РУDC).

Распределительное устройство переменного тока должно обеспечивать:

– подключение к электрической сети переменного тока;
– подключение нагрузок;
– защиту от перегрузок и короткого замыкания.

Распределительное устройство постоянного тока должно обеспечивать:

– подключение преобразователей к накопительному элементу;
– обеспечение предварительно заряда звена постоянного тока преобразователей;
– параллельное подключение к звену постоянного тока нескольких преобразователей;
– защиту от перегрузок и короткого замыкания в звене постоянного тока;
– контроль изоляции.

3.2.4 Система управления и защиты (СУЗ).

– Совместную работу преобразователей и накопительного элемента;
– Равномерное распределение мощности между преобразователями при параллельном включении;
– Удобный интерфейс пользователя;
– Реализацию различных алгоритмов работы СНЭ;
– Контроль изоляции в звене постоянного тока;
– Автономную работу системы согласно заданной программе или по команде оператора;
– Дистанционное управление работой системы и мониторинг;
– Оперативный анализ информации о параметрах системы.

На рис.3 представлены примеры рабочих окон типовой системы мониторинга.

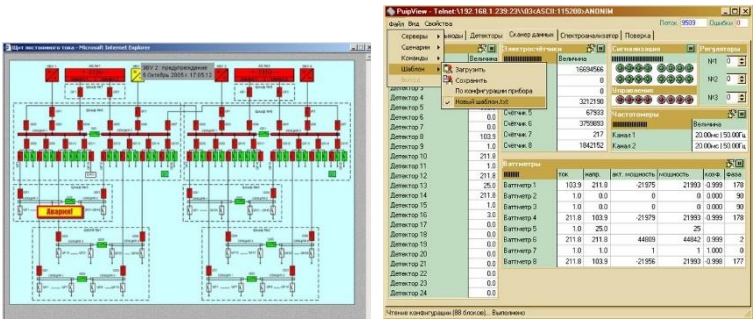


Рис.3 Примеры рабочих окон типовой системы мониторинга.

3.3 Требования по назначению.

3.2.1 Система должна иметь два режима работы: режим накопления и режим генерации.

3.2.1.1 Режим накопления.

– Параметры источника электропитания для накопления электрической энергии: трехфазная четырех проводная электрическая сеть с напряжением 380/220В с частотой 50/60Гц. (Требования к установленной мощности источника определяются на стадии технического проекта).

– Время накопления электрической энергии не менее 4-х часов.

– Энергия накопителя не менее 60кВт·ч (при условии 10-ти тактов потребления от Системы мощности 350кВт и суммарной длительностью не более 10 минут). На стадии эскизного проекта рассматривается возможность увеличения длительности потребления электрической энергии.

– Время хранения электрической энергии на уровне 95% 48 часов.

– Ресурс, не менее (циклов заряд-разряд) при оставшемся заряде 80% 3000.

– КПД в цикле разряд/заряд 90%.

– Тип батареи Li+.

3.2.1.1 Режим генерирования.

- Номинальная мощность системы - 350 кВт.

- Выходное напряжение: трехфазное с выводом нулевого провода величиной 380/220В с частотой 50/60Гц с качественными показателями по ГОСТ 13109-97.

- Продолжительность каждого такта генерации электрической энергии 1 минута.

- Максимальный линейный ток потребления 300А.

- Линейный пусковой ток 350А.

- Характер нагрузки: выпрямительная с опережающим углом сдвига потребляемого тока относительно напряжения.

3.2.2 Система должна иметь встроенные источник автономного питания постоянным током функциональных цепей, необходимых для работы.

3.2.3 В системе должна быть обеспечена возможность включения и выключения, после ручного включения система должна функционировать автоматически.

3.2.4 В системе предусмотрена система встроенного автоматического контроля состояния отдельных конструктивных блоков.

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

ПРИЛОЖЕНИЯ

Преимущества литий ионных аккумуляторов (Для общего развития)

В таблице П1 представлены сравнительные характеристики литий-полимерных аккумуляторных батарей, в которых в качестве катодного материала используется литий-железо-фосфат, и традиционных свинцово-кислотных аккумуляторов.

Таблица П1

Параметр	Li+	PbSO4
Плотность запасаемой энергии, Втч/кг	80 - 100	30 - 40
Плотность запасаемой энергии, Втч/л	150 - 180	60 - 75
Количество циклов заряда/разряда*	>3000	500 - 800
Номинальное напряжение, В	3.2	2.0
Выходное сопротивление, мОм**	0.3	0.5
КПД в цикле Заряд/Разряд	>0.9	0.7 – 0.8
Наличие системы мониторинга	да	нет

* - При разряде до 20%

** - Значение приведено к емкости батареи 500Ач

По сравнению с традиционными свинцово-кислотными аккумуляторами литий-ионные аккумуляторы имеют следующие преимущества:

– повышенный ресурс количества циклов заряд/разряд;
– низкое значение выходного сопротивления;
– высокий КПД в цикле заряд/разряд;
– высокая плотность запасаемой энергии;

Эти особенности обусловили хорошие перспективы их использования в различных типах оборудования, использующегося в промышленности и энергетике.

Сравнение литий-полимерных аккумуляторных батарей отечественного производства.

Таблица П2

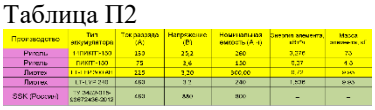
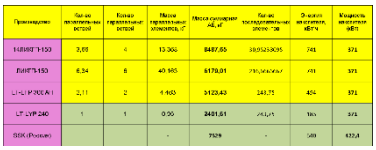


Таблица П3



Как следует из таблиц П1 и П2 аккумуляторные батареи LT-LYP 240 производства компании Лиотех (г. Новосибирск) имеют меньшую массу.

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 21-22

По дисциплине "Специальные главы энергетической электроники "

Факультет РЭФ РПМ-01

Техническое задание на разработку солнечной электростанции (солнечная фотовольтаика) мощностью 45кВт.

Место расположения. Республика Крым РФ.

Источник энергии. Солнечная энергия в дневное время. Накопленная в литий-ионных аккумуляторах энергия в ночное время.

Состав электростанции. Фотопанели (конструкция, тип и количество выбирается при проектировании), литий-ионные аккумуляторные батареи производство «Лиотех» г. Новосибирск (номинальное значение и количество выбираются при проектировании), преобразователь частоты с силовым фильтром (проектируются), микропроцессорная система управления (проектируется функционально с отражением алгоритмов работы). Структурная схема станции проектируется.

Требования по назначению.

1 Солнечная электростанция должна обеспечить генерирование трехфазного напряжения с выводом нулевого провода.

2 Номинальные значения выходных параметров станции:

- напряжение фазное - 220 В;
- частота - 50 Гц;
- мощность - 45кВт в дневное время; 5кВт – в ночное время;
- число фаз - 3;
- коэффициент мощности нагрузки - 0,8-1,0 ;
- соединение фаз - звезда с нулевым проводом;
- порядок чередования фаз - прямой (А-В-С).

3 Коэффициент нелинейных искажений выходного напряжения не более 5%.

4 Станция должна обеспечивать наведение панелей на солнце и максимальную мощность генерирования при каждом уровне солнечного излучения.

5.В системе должны быть предусмотрены следующие виды защит:

5.1 Защита от всех видов короткого замыкания в фотопанелях и преобразователе.

5.2 Защита от повышения любого фазного выходного напряжения системы выше (240) В с обратно-зависимой вольт-секундной характеристикой в течение времени до 6,9 с.

5.3 Защита от снижения любого фазного выходного напряжения до (150...170) В и ниже с выдержкой времени (5,1...6,9) с.

5.4 Защита от изменения частоты напряжения при уходе частоты за пределы (48…52) Гц.

Пониженная температура окружающей среды	Рабочая, °С Предельная, °С	минус 40 минус 40	
Повышенная температура окружающей среды	Рабочая, °С Рабочая кратковременная, °С Предельная, °С	плюс 45 плюс 55 плюс 45	плюс 45 плюс 55 плюс 45

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____

Министерство общего
и профессионального
образования РФ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Форма У-16

Экзаменационный билет № 23-24

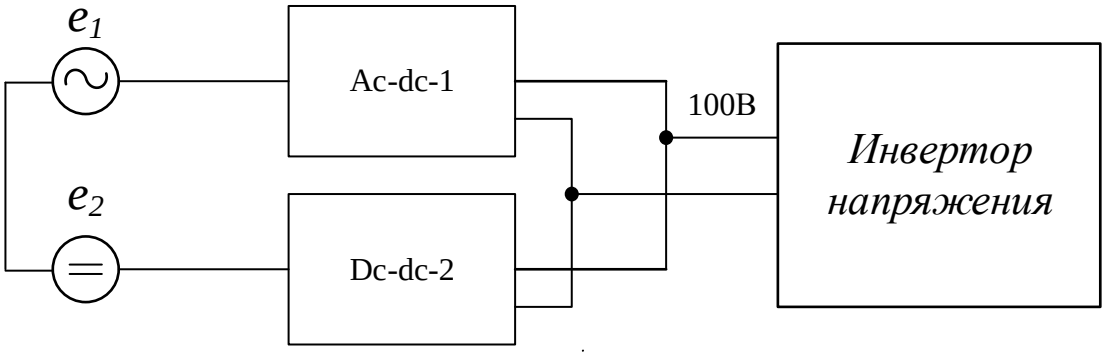
По дисциплине " Специальные главы энергетической электроники"
Факультет РЭФ

Техническое задание на разработку источника непрерывного электропитания постоянного тока (ИНЭПТ) прецизионных систем позиционирования с цифровым управлением для установки класса мегасайенс «СКИФ»

Уникальная научная установка класса мегасайенс – Сибирский кольцевой источник фотонов «СКИФ» является флагманским научным проектом новосибирского Академгородка, реализуемым в рамках программы «Академгородок 2.0» по развитию научного центра как территории с высокой концентрацией исследований и разработок.

Разрабатываемый источник постоянного тока предназначен для обеспечения непрерывного электропитания прецизионной электромеханической системы позиционирования с цифровым управлением, предназначенной для фокусирования луч элементарных частиц.

Структурная схема ИНЭПТ



Назначение ИНЭПТ.

ИНЭПТ предназначен для формирования постоянного напряжения 100В, для электропитания трехфазного инвертора напряжения мощностью 100Вт.

Состав ИНЭПТ.

В состав ИНЭПТ входят:

-Ac-dc-1 – преобразователь переменного напряжения в постоянное напряжение;

- Dc-ac-2 – преобразователь постоянного напряжения в постоянное напряжение.

Технические требования.

1. Источник переменного напряжения e_1: величина напряжения эффективное значение –(220±15)В, частота 50Гц, источник «бесконечной мощности».
2. Источник постоянного напряжения e_2: литий ионная аккумуляторная батарея на элементах LT–LYP200 с суммарным напряжением 55-96В.
3. Выходное напряжение постоянного тока 100±1В при изменении тока нагрузки 0.1-1.2 $I_{ином}$, $I_{ином}$ = 1А, размах пульсаций в диапазоне частот от 0,03 до10000 кГц не более 200мВ, время переходного процесса при сбросе-набросе тока нагрузки нагрузки 0.1-1.2 $I_{ином}$ не более 6-10мс, «всплеск» и «провал» выходного напряжения не более ±10Вэфф.
4. Условия эксплуатации: температура окружающей среды -10÷40C^0, требования к механическим воздействиям и конструктивному оформлению не предъявляются.

Составил Дата

Утверждаю: **Зав. кафедрой** _____