



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 1

1. Классификация и назначение автономных инверторов.
2. В схеме идеального однофазного инвертора (рис. 1) тиристоры заменены соединенными последовательно диодами и ключами. Это позволяет не рассматривать коммутационные емкость  $C_k$  и индуктивность  $L_k$ . Нагрузкой инвертора является реактор с индуктивностью  $L$ . Построить кривые токов  $i_d$ ,  $i$ ,  $i_{D1}$ ,  $i_{D2}$ ,  $i_{D3}$ ,  $i_{D4}$ ,  $i_{T1}$ ,  $i_{T2}$ ,  $i_{T3}$ ,  $i_{T4}$  и напряжения  $u$  и вычислить среднее значение тока тиристора  $I_{T,ср}$  и среднее значение тока диода  $I_{D,ср}$ , если  $E_d = 10$  В,  $L = 1$  мГн,  $f = 100$  Гц.

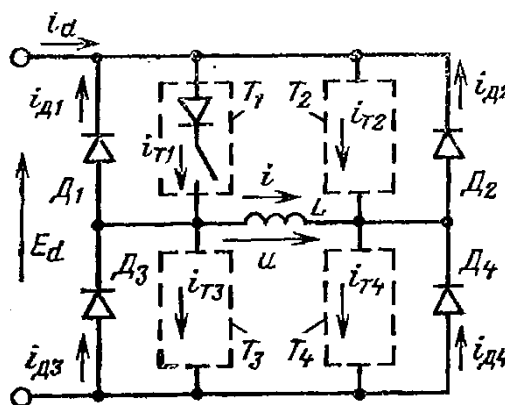


Рис. 1. Схема идеального однофазного мостового инвертора

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 2

1. Автономный инвертор напряжения (принципиальная схема, диаграмма напряжений и токов).
2. Нагрузкой однофазного прерывателя переменного тока со схемой соединений «тиристор–диод» является резистор (рис.3.10). Определить среднее значение тока, протекающего через тиристор. Напряжение источника питания  $U = 110$  В, активное сопротивление нагрузки  $R_d = 1,5$  Ом, угол управления тиристора  $\alpha = 90^\circ$ .

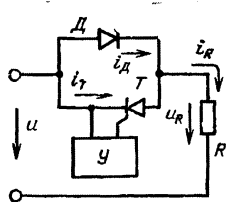


Рис. 3.10. Схема к задаче 3.2.

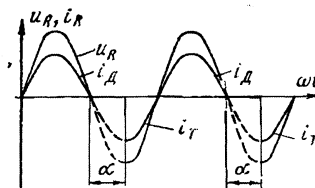


Рис. 3.11. Диаграммы мгновенных значений токов и напряжений в схеме на рис. 3.10.

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

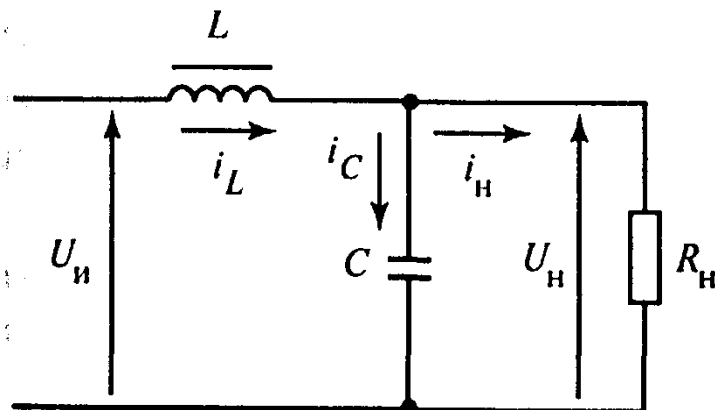
Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 3

1. Математическое описание тока в автономном инверторе напряжения при активно-индуктивной нагрузке.
2. На выходе автономного инвертора напряжения поставлен  $LC$ - фильтр (рисунок). Определить: а) параметры  $LC$ -фильтра, если  $R_n = 100$  Ом,  $\rho = R_n$ ,  $f_n = 50$  Гц; б) коэффициент передачи основной гармоники  $K_{\phi(1)}$  и коэффициенты передачи третьей  $K_{\phi(3)}$  и пятой  $K_{\phi(5)}$  гармоник.



Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 4

1. Трехфазные автономные инверторы напряжения (принципиальная схема, диаграмма напряжений и токов, эквивалентные схемы и расчет фазного напряжения трехфазного АИН).
2. Однофазный прерыватель переменного тока «тиристор–тиристор» включен в цепь резистора (рис 3.7). Определить среднее значение тока тиристоров.

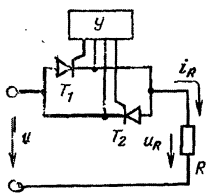


Рис. 3.7. Схема к задаче 3.1.

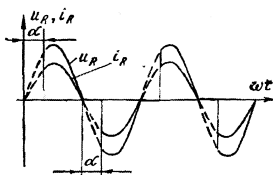


Рис. 3.8. Диаграмма мгновенных значений тока и напряжения на нагрузке в схеме на рис. 3.7.

Напряжение питания  $U = 220\text{В}$ , активное сопротивление нагрузки  $R = 2\text{ Ом}$ . Тиристоры имеют симметричное управление;  $\alpha = 60^\circ$ .

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.

26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 5

1. Широтно-импульсное регулирование выходного напряжения АИН и его влияние на гармонический состав выходного напряжения.
2. Однофазный прерыватель переменного тока «тиристор–тиристор» включен в цепь резистора (рис 3.7). Определить действующее значение тока тиристоров.

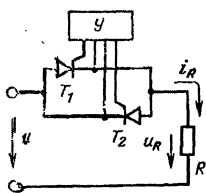


Рис. 3.7. Схема к задаче 3.1.

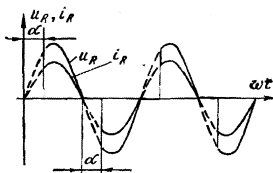


Рис. 3.8. Диаграмма мгновенных значений тока и напряжения на нагрузке в схеме на рис. 3.7.

Напряжение питания  $U = 220\text{В}$ , активное сопротивление нагрузки  $R = 2\text{ Ом}$ . Тиристоры имеют симметричное управление;  $\alpha = 60^\circ$ .

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 6

1. Автономный инвертор тока (принципиальная схема, диаграмма напряжений и токов, эквивалентная схема инвертора тока и ее математическое описание).
2. Однофазный прерыватель переменного тока «тиристор–тиристор» включен в цепь резистора (рис 3.7). Определить среднее и действующее значение токов нагрузки.

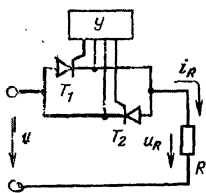


Рис. 3.7. Схема к задаче 3.1.

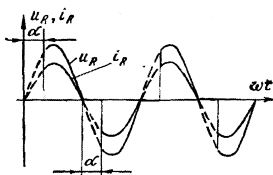


Рис. 3.8. Диаграмма мгновенных значений тока и напряжения на нагрузке в схеме на рис. 3.7.

Напряжение питания  $U = 220\text{В}$ , активное сопротивление нагрузки  $R = 2\text{ Ом}$ . Тиристоры имеют симметричное управление;  $\alpha = 60^\circ$ .

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.

26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 7

1. Широтно-импульсное регулирование выходного напряжения АИН и его влияние на гармонический состав выходного напряжения.
2. Однофазный АИН собран по схеме рис.1  $E_d = 100$  В,  $R_H = 10$  Ом,  $L_H = 0,064$  Гн,  $f_H = 50$  Гц. Определить максимальное и минимальное значение токов нагрузки  $I_{H,max}$ ,  $I_{H,min}$ .

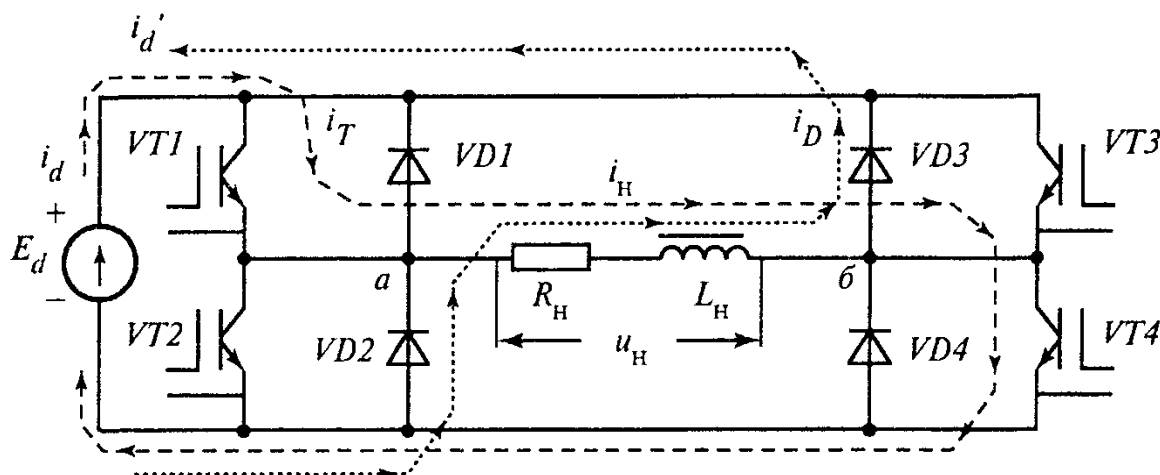


Рис.1

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

**Билет № 8**

1. Автономные резонансные инверторы без обратных диодов (принципиальная схема, диаграмма напряжений и токов, математическое описание).

2. Однофазный АИН собран по схеме рис.2 и формирует кривую выходного напряжения в виде меандра. Определить необходимое значение напряжения источника питания  $E_d$  и  $E'_d$  для получения действующего значения напряжения на нагрузке: а)  $U_H = 100$  В; б)  $U'_H = 50$  В.

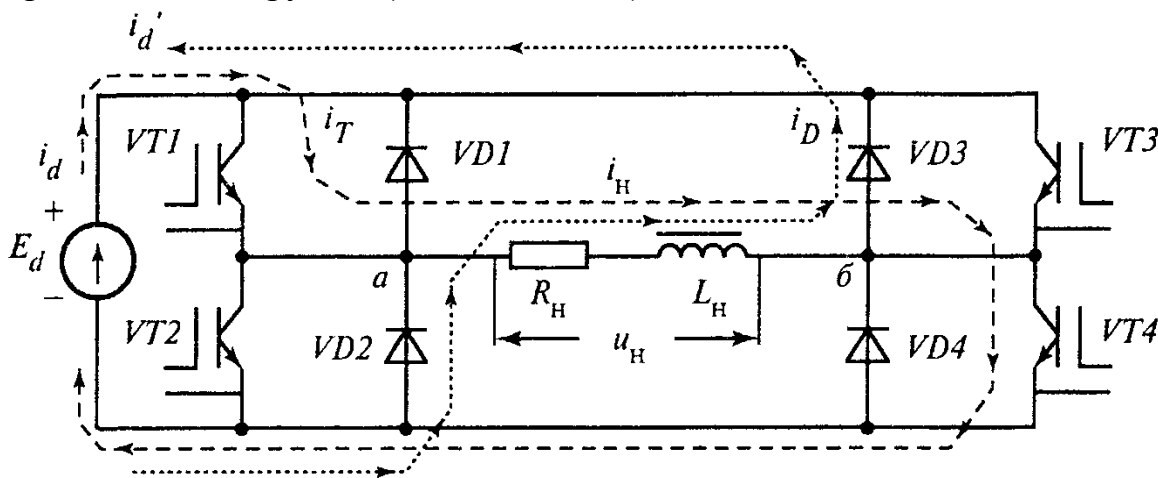


Рис.2

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Иванов Д.А.

26.12.2024





КГУУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 9

1. Простейший однофазный зависимый инвертор.
2. Однофазный АИН собран по схеме рис.3. Регулирование выходного напряжения осуществляется методом ШИР. Определить значение угла регулирования  $\alpha$  для уменьшения значения выходного напряжения в 2 раза по сравнению с максимально возможным значением.

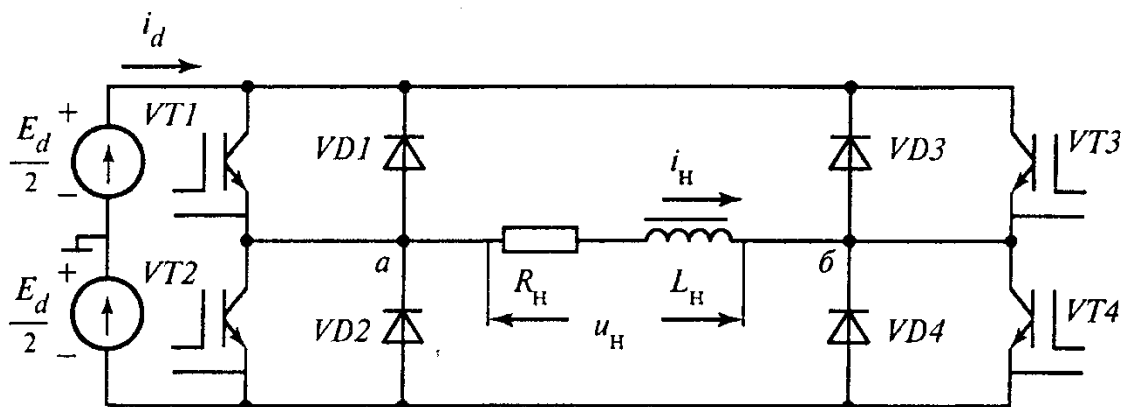


Рис. 3

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 10

1. Автономные резонансные инверторы с обратными диодами (принципиальная схема, диаграмма напряжений и токов, математическое описание).

2. Нагрузкой однофазного прерывателя переменного тока со схемой соединений «тиристор–диод» является резистор (рис.3.10). Определить среднее значение тока, протекающего через тиристор. Напряжение источника питания  $U = 110$  В, активное сопротивление нагрузки  $R_d = 1,5$  Ом, угол управления тиристора  $\alpha = 90^\circ$ .

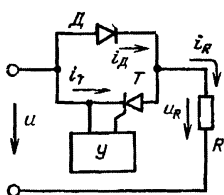


Рис. 3.10. Схема к задаче 3.2.

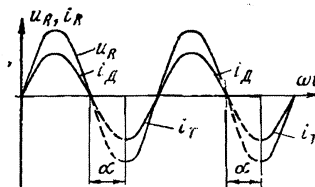


Рис. 3.11. Диаграммы мгновенных значений токов и напряжений в схеме на рис. 3.10.

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Иванов Д.А.

26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

## Билет № 11

1. Принцип инвертирования. Простейший однофазный зависимый инвертор.
2. Нагрузкой однофазного прерывателя переменного тока со схемой соединений «тиристор–диод» является резистор (рис.3.10). Определить действующее значение тока, протекающего через тиристор. Напряжение источника питания  $U = 110$  В, активное сопротивление нагрузки  $R_d = 1,5$  Ом, угол управления тиристора  $\alpha = 90^\circ$ .

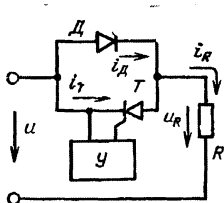


Рис. 3.10. Схема к задаче 3.2.

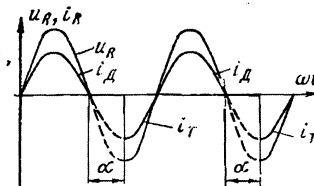


Рис. 3.11. Диаграммы мгновенных значений токов и напряжений в схеме на рис. 3.10.

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

**Билет № 12**

1. Принцип расчета автономного инвертора напряжения методом основной гармоники.
2. Нагрузкой однофазного прерывателя переменного тока со схемой соединений «тиристор–диод» является резистор (рис.3.10). Определить среднее и действующее значение токов, протекающих через диод. Напряжение источника питания  $U = 110$  В, активное сопротивление нагрузки  $R_d = 1,5$  Ом, угол управления тиристора  $\alpha = 90^\circ$ .

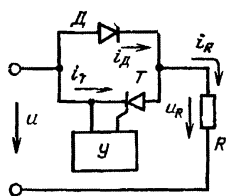


Рис. 3.10. Схема к задаче 3.2.

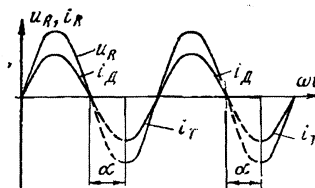


Рис. 3.11. Диаграммы мгновенных значений токов и напряжений в схеме на рис. 3.10.

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Иванов Д.А.

26.12.2024



КГЭУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 13

1. Регулятор переменного тока на основе встречно-параллельных тиристоров, работающий на активную и активно-индуктивную нагрузки. Принципы реализации автономных инверторов.
2. В схеме идеального однофазного инвертора (рис. 8) тиристоры заменены соединенными последовательно диодами и ключами. Это позволяет не рассматривать коммутационные емкость  $C_k$  и индуктивность  $L_k$ . Нагрузкой инвертора является реактор с индуктивностью  $L$ . Построить кривые токов  $i_d$ ,  $i$ ,  $i_{D1}$ ,  $i_{D2}$ ,  $i_{D3}$ ,  $i_{D4}$ ,  $i_{T1}$ ,  $i_{T2}$ ,  $i_{T3}$ ,  $i_{T4}$  и напряжения  $u$  и вычислить среднее значение тока тиристора  $I_{T, \text{cp}}$  и среднее значение тока диода  $I_{D, \text{cp}}$ , если  $E_d = 10 \text{ В}$ ,  $L = 1 \text{ мГн}$ ,  $f = 100 \text{ Гц}$ .

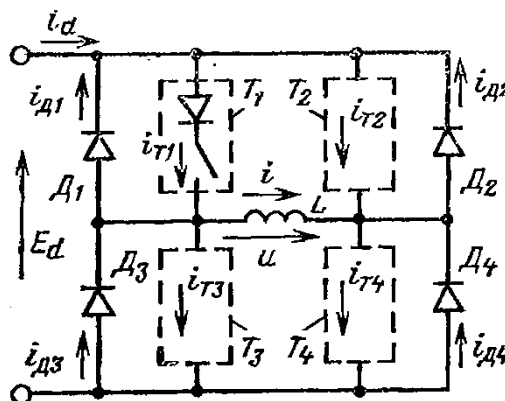


Рис. 8. Схема идеального однофазного мостового инвертора

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_

Иванов Д.А.

26.12.2024



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Электроэнергетики и электроники  
Кафедра «ПЭ»

Дисциплина «Энергетическая электроника»

Направление подготовки: 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Образовательная программа: «Промышленная электроника»

### Билет № 14

1. Способы регулирования переменного напряжения с использованием полностью управляемых ключей и вольтодобавки на основе встречно-параллельных тиристоров. Улучшение гармонического состава кривой выходного напряжения (выходные фильтры).
2. Однофазный АИН собран по схеме рис.3. Регулирование выходного напряжения осуществляется методом ШИР. Определить значение угла регулирования  $\alpha$  для уменьшения значения выходного напряжения в 3 раза по сравнению с максимально возможным значением.

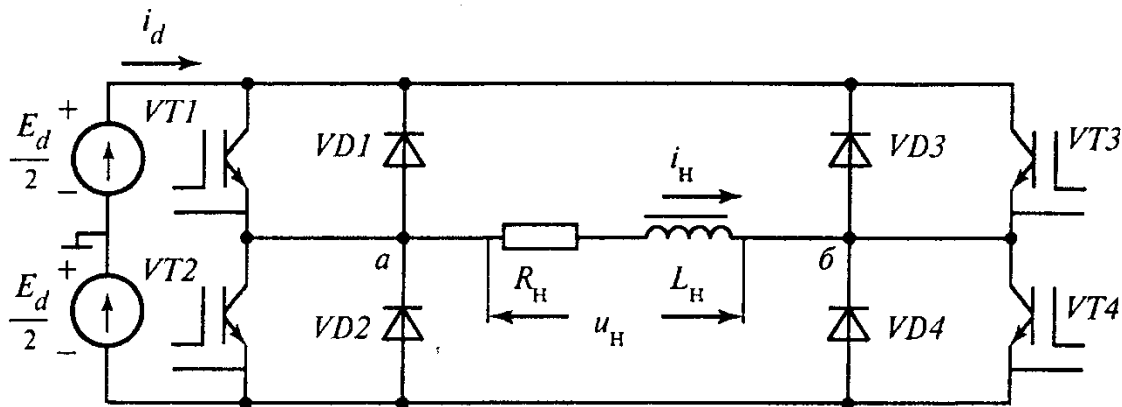


Рис. 3

Утверждаю:

Заведующий кафедрой, д.т.н., доцент \_\_\_\_\_ Иванов Д.А.  
26.12.2024