

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторной работы
«Моделирование параллельного автономного инвертора тока»
по дисциплине «Методы расчета и моделирования преобразователей»
для студентов направления 050802
«Электронные устройства и системы»,
специализирующихся в силовой электронике

Харьков 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторной работы
«Моделирование параллельного автономного инвертора тока»
по дисциплине «Методы расчета и моделирования преобразователей»
для студентов направления 050802
«Электронные устройства и системы»,
специализирующихся в силовой электронике

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,

протокол № 1 от 23.06.2011

Харьков НТУ «ХПИ» 2011

Методические указания по выполнению лабораторной работы «Моделирование параллельного автономного инвертора тока» по дисциплине «Методы расчета и моделирования преобразователей» для студентов направления 050802 «Электронные устройства и системы», специализирующихся в силовой электронике /Состав. Г.Г. Жемеров, Н.О Ильина, О.И. Ковальчук, Д.С. Крылов. – Х.: – НТУ «ХПИ», 2011. – 20 с. – Рус. яз.

Составители: Г.Г. Жемеров
Н.О. Ильина
О.И. Ковальчук
Д.С. Крылов

Рецензент Ю.П. Гончаров

Кафедра промышленной и биомедицинской электроники

ВСТУПЛЕНИЕ

Настоящими методическими указаниями рекомендуется пользоваться при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Методы расчета и моделирования преобразователей» на виртуальном лабораторном стенде (ВЛС), представляющем собой персональный компьютер (PC) с установленным на нем пакетом программ *MatLab/Simulink/SimPowerSystems*.

Целью виртуальной лабораторной работы является закрепление теоретических знаний путем детального изучения электромагнитных процессов в параллельном автономном инверторе тока (ПИТ) в установившемся и переходных режимах, а также получение навыков моделирования в среде *MatLab*.

Виртуальный лабораторный стенд позволяет изменять в широких пределах параметры схемы и режимы ее работы.

1. СИЛОВАЯ СХЕМА ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА

Силовая схема однофазного параллельного инвертора тока представлена на рис. 1.

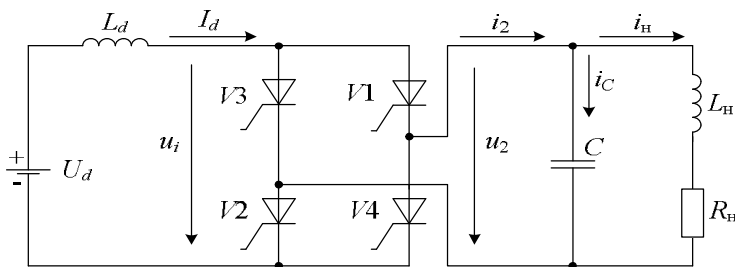


Рисунок 1 – Силовая схема однофазного параллельного инвертора тока

Инвертор питается от источника постоянного напряжения U_d через сглаживающий реактор L_d . Вентильная часть инвертора выполнена на однооперационных тиристорах $V1 - V4$, работающих попарно: в течение половины периода повторяемости кривой тока на выходе инвертора i_2 вклю-

чены и проводят ток тиристоры $V1, V2$, а в течение другой половины периода повторяемости включены и проводят ток тиристоры $V3, V4$. Нагрузка инвертора активно-индуктивная (см. рис. 1), параллельно нагрузке включен конденсатор C . Эта схемная особенность дала название инвертору: «параллельный инвертор». Конденсатор C часто называют «коммутирующим», поскольку под действием напряжения на конденсаторе u_2 происходит коммутация тока в тиристорах.

Соотношение между емкостью конденсатора C и индуктивностью нагрузки L должно быть таким, чтобы основная гармоника тока на выходе инвертора i_2 , показанная на рис. 2 пунктиром, опережала по фазе напряжение u_2 .

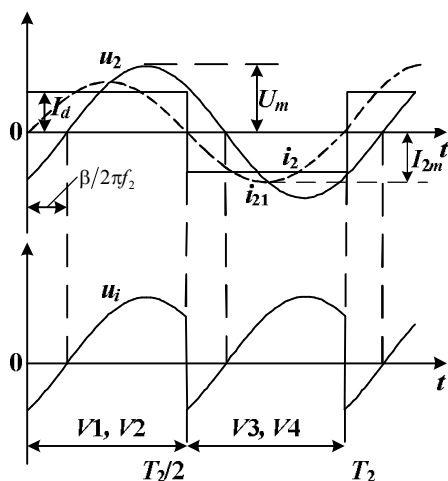


Рисунок 2 – Кривые тока и напряжения параллельного инвертора тока

Это условие – опережающий ток – является условием успешной коммутации тиристоров. Действительно, в момент времени $t = 0$, когда включаются тиристоры $V1, V2$ и выключаются $V3, V4$, напряжение на конденсаторе u_2 отрицательно (см. рис. 1, 2), вследствие чего анодные напряжения тиристоров $V1, V2$ положительны. Угол сдвига между основной гармоникой тока и напряжением на выходе инвертора обозначен на рис. 2 через β . Положительное значение угла β имеет место, если частота на выходе инвертора f_2 больше частоты резонансного контура, образуемого конденсатором

ром C и реактором L_n , то есть, если основная гармоника тока i_{21} опережает напряжение u_2 .

$$f_2 > \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L_n C}}. \quad (1)$$

На рис. 3 представлена силовая схема трехфазного параллельного инвертора тока.

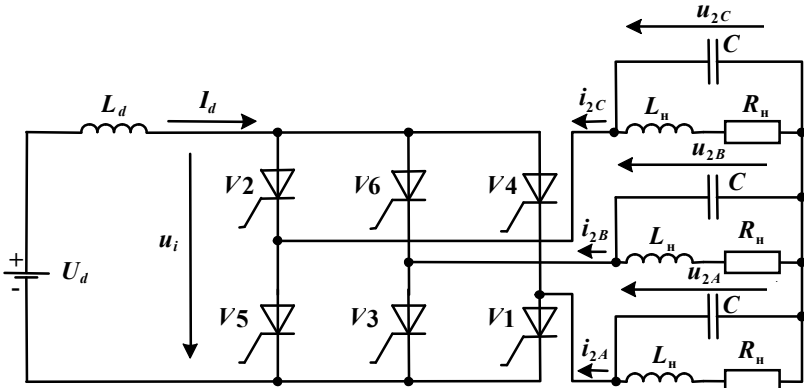


Рисунок 3 – Силовая схема трехфазного параллельного инвертора тока

Мгновенное напряжение на входе тиристорных мостов обозначены на рис.1 и 3 u_i , а соответствующие средние значения напряжений определяются из соотношения

$$U_i = \frac{1}{T_2} \int_t^{t+T_2} u_i dt = K_U U_m \cos \beta, \quad (2)$$

где

$$K_U = \begin{cases} \frac{2}{\pi} & \text{— для однофазной схемы,} \\ \frac{3\sqrt{3}}{\pi} & \text{— для трехфазной схемы,} \end{cases} \quad (3)$$

U_m – амплитуда фазного синусоидального напряжения на выходе инвертора.

В установившемся режиме работы при пренебрежении падением напряжения на активном сопротивлении реактора L_d справедливо равенство

$$U_i = U_d. \quad (4)$$

Допущение синусоидальности напряжения на нагрузке обуславливает соотношение:

$$U_m = zI_m, \quad (5)$$

где амплитуда основной гармоники тока нагрузки

$$I_m = K_I I_d, \quad (6)$$

$$K_I = \begin{cases} \frac{4}{\pi} & \text{— для однофазной схемы,} \\ \frac{2\sqrt{3}}{\pi} & \text{— для трехфазной схемы,} \end{cases} \quad (7)$$

z — модуль фазного сопротивления нагрузки.

Из (2), (3), (5) и (6) получаем:

$$U_i = K_U K_I z I_d \cos \beta. \quad (8)$$

Обозначив

$$K_U K_I z \cos \beta = R_E, \quad (9)$$

из (8), (9) получим:

$$U_i = R_E I_d. \quad (10)$$

В установившемся режиме работы инвертора угол β (см. рис. 2) не зависит от величины тока I_d . Если ток I_d изменяется медленно по сравнению с изменением амплитуды напряжения на нагрузке, то переходной процесс в звене постоянного тока инвертора описывается дифференциальным уравнением

$$U_d - U_i = L_d \frac{dI_d}{dt}. \quad (11)$$

Отметим, что в переходном режиме величины U_d и U_i являются медленно изменяющимися функциями времени, и равенство (4) не соблюдается.

Из (9) и (11):

$$L_d \frac{dI_d}{dt} + R_E I_d = U_d, \quad (12)$$

где

$$R_E = \begin{cases} \frac{8}{\pi^2} z \cos \beta, \\ \frac{18}{\pi^2} z \cos \beta. \end{cases} \quad (13)$$

Решение дифференциального уравнения (12) при $U_d = \text{const}$:

$$I_d = \frac{U_d}{R_E} \left(1 - e^{-\frac{t}{L_d/R_E}} \right) + I_{d0} e^{-\frac{t}{L_d/R_E}}, \quad (14)$$

где I_{d0} – начальное значение тока.

Постоянная времени звена постоянного тока

$$\tau_d = L_d / R_E. \quad (15)$$

Уравнение (14) позволяет исследовать различные переходные процессы в схеме инвертора.

2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА

Структурная схема системы управления однофазного параллельного инвертора тока представлена на рис. 4.

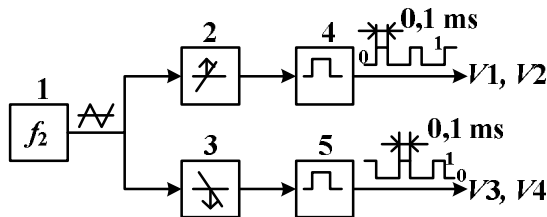


Рисунок 4 – Структурная схема системы управления параллельного инвертора тока

В блоке 1 системы управления формируется пилообразное напряжение с частотой, равной частоте напряжения на нагрузке f_2 . В блоках 2, 3 формируются короткие импульсы в моменты прохождения пилообразного напряжения через нуль. В блоках 4, 5 формируются две пары управляющих импульсов, подаваемых на входы пар тиристоров $V1, V2$ и $V3, V4$. Началь-

ный запуск схемы инвертора осуществляется за счет начального напряжения на конденсаторе C отрицательной полярности при первом включении пары тиристоров $V1$, $V2$. В реальном инверторе для пуска необходима специальная система управления, контролирующая угол β .

3. СИНТЕЗ MATLAB-МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНВЕРТОРА ТОКА

С использованием библиотеки пакета программ *MatLab/Simulink/SimPowerSystems* студент, выполняющий настоящую лабораторную работу, синтезирует *MatLab*-модель, соответствующую силовой схеме по рис. 1, системе управления по рис. 4 и заданному варианту исходных данных, приведенных в приложении А.

При первом варианте исходных данных в приложении А:

$$\left. \begin{aligned} U_d = 100 \text{ В}, \quad I_d = 10 \text{ А}, \quad P_d = P_n = 1000 \text{ Вт}; \\ \beta = \frac{\pi}{6}, \quad \varphi = \frac{\pi}{6}, \quad f_2 = 50 \text{ Гц}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

В соответствии с приложением Б, в котором приведена методика расчета параметров инвертора, амплитуда основной гармоники тока нагрузки

$$I_m = I_d \frac{4}{\pi} = 12,73 \text{ А}. \quad (17)$$

Из условия равенства активных мощностей на входе инвертора и в резисторе нагрузки

$$R_n = \frac{2U_d I_d}{I_m^2} = \frac{2000}{12,73^2} = 12,34 \text{ }\Omega. \quad (18)$$

Величины L_n , C , z и U_m рассчитаны по соотношениям, приведенным в приложении Б:

$$\left. \begin{aligned} L_n = 0,023 \text{ Г}, \\ C = 223 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}, \\ z = 14,25 \text{ }\Omega, \\ U_m = 181,4 \text{ В}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Всего рассчитано двадцать вариантов исходных данных. Блоки вариантов исходных данных – с первого по десятый и с одиннадцатого по два-

дцатый – приведенные в приложении А, соответствуют разным векторным диаграммам в приложении Б и рассчитаны по разным формулам.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ MATLAB-МОДЕЛИ

После синтеза модели студент запускает ее, проверяет соответствие токов и напряжений в работающей модели заданию и предъявляет ее преподавателю. Преподаватель принимает модель и выдает задание на исследование модели из следующего перечня:

- Оценить влияние на работу схемы изменения индуктивности L_d в пределах $\pm 50\%$ от расчетного значения;
- Оценить влияние на работу инвертора изменения величины емкости C в пределах $\pm 30\%$ от расчетного значения;
- Исследовать переходной процесс при включении инвертора;
- Исследовать переходной процесс при наброске нагрузки при неизменных значениях углов β и φ ;
- Исследовать переходной процесс при сбросе нагрузки при неизменных значениях углов β и φ ;
- Исследовать переходной процесс при скачкообразном изменении угла β в пределах $\pm 5-10^\circ$ от расчетного значения;
- Оценить влияние параметров модели на форму напряжения на выходе инвертора.

5. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ

Отчет по лабораторной работе составляется каждым студентом с соблюдением действующих стандартов. В отчете необходимо отразить цель лабораторной работы, описать схему и принцип действия параллельного инвертора тока, привести методику выполнения и результаты виртуального эксперимента, сопоставить их с теоретическими зависимостями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потёмкин В. Г. Система МАТЛАВ. Справочное пособие / В. Г. Потёмкин. – М.: Диалог-МИФИ, 1997. – 350 с.
2. Дьяконов В. Математические пакеты расширения MatLab. Специальный справочник. / В. Дьяконов, В. Круглов. – С-Пб.: Питер, 2001. – 480 с.
3. Толстов Ю.Г. Автономные инверторы тока / Ю.Г. Толстов. – М.: Энергия, 1978. – 208 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Варианты исходных данных при моделировании

Номер варианта	Мощность инвертора P_d, kW	Напряжение на входе U_d, V	Входной ток I_d, A	Индуктивность сглаживающего реактора L_d, H	Тиристоры	Омическое сопротивление противление нагрузки $R_{об}, \Omega$	Индуктивность нагрузки $L_{н}, H$	Емкость конденсатора C, F	Угол опережения β	Коэффициент сдвига нагрузки $\cos\varphi$	Частота на выходе инвертора f_2, Hz
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	100	10	1	Идеальные	12,34	$23 \cdot 10^{-3}$	$223 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	50
2	1	100	10	0,5	Идеальные	12,34	$11,5 \cdot 10^{-3}$	$111,5 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	100
3	1	100	10	0,25	Идеальные	12,34	$5,75 \cdot 10^{-3}$	$55,75 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	200
4	4	200	20	1	Идеальные	12,34	$23 \cdot 10^{-3}$	$223 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	50
5	4	200	20	0,5	Идеальные	12,34	$11,3 \cdot 10^{-3}$	$111,7 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	100
6	4	200	20	0,25	Идеальные	12,34	$5,67 \cdot 10^{-3}$	$55,85 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	200
7	10	500	20	2,5	Идеальные	30,84	$56,7 \cdot 10^{-3}$	$89,39 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	50
8	10	500	20	1,25	Идеальные	30,84	$28,3 \cdot 10^{-3}$	$44,69 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	100
9	15	500	30	0,417	Идеальные	20,56	$9,45 \cdot 10^{-3}$	$33,52 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	200
10	15	500	30	0,208	Идеальные	20,56	$4,72 \cdot 10^{-3}$	$16,76 \cdot 10^{-6}$	$\pi/6$	$\sqrt{3}/2$	400

Окончание приложения А – Варианты исходных данных при моделировании

Номер варианта	Мощность инвертора $P_{\text{д}}$, kW	Напряжение на входе $U_{\text{д}}$, V	Входной ток $I_{\text{д}}$, A	Индуктивность сглаживающего реактора $L_{\text{д}}$, H	Тиристоры	Омическое сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$, Ω	Индуктивность нагрузки $L_{\text{н}}$, H	Емкость конденсатора С, F	Угол опережения β	Коэффициент сдвига нагрузки $\cos\varphi$	Частота на выходе инвертора f_2 , Hz
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
11	1	100	10	1	Идеальные	3,31	$23 \cdot 10^{-3}$	$481 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	50
12	1	100	10	0,5	Идеальные	3,31	$11,5 \cdot 10^{-3}$	$240 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	100
13	1	100	10	0,25	Идеальные	3,31	$5,75 \cdot 10^{-3}$	$120 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	200
14	4	200	20	1	Идеальные	3,31	$23 \cdot 10^{-3}$	$481 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	50
15	4	200	20	0,5	Идеальные	3,31	$11,3 \cdot 10^{-3}$	$240 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	100
16	4	200	20	0,25	Идеальные	3,31	$5,67 \cdot 10^{-3}$	$120 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	200
17	10	500	20	2,5	Идеальные	8,26	$56,7 \cdot 10^{-3}$	$193 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	50
18	10	500	20	1,25	Идеальные	8,26	$28,3 \cdot 10^{-3}$	$96 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	100
19	15	500	30	0,417	Идеальные	5,51	$9,45 \cdot 10^{-3}$	$72 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	200
20	15	500	30	0,208	Идеальные	5,51	$4,72 \cdot 10^{-3}$	$36 \cdot 10^{-6}$	$\pi/12$	1/2	400

Приложение Б – Методика расчета параметров силовой схемы ПИТ

Исходными данными при расчете параметров силовой схемы являются заданные в приложении А величины:

U_d – напряжение источника;

I_d – ток на входе инвертора;

β – угол опережения основной гармоники тока нагрузки относительно основной гармоники напряжения на нагрузке;

$\cos\varphi$ – коэффициент сдвига R - L нагрузки;

f_2 – частота напряжения на выходе инвертора.

С учетом перечисленных выше величин рассчитываются сопротивление нагрузки R_n , индуктивность нагрузки L_n , емкость конденсатора C , модуль полного сопротивления нагрузки с учетом параллельно включенного конденсатора z , индуктивность сглаживающего реактора L_d . Методику расчета R_n , L_n , C , z , L_d сначала рассмотрим для случая, когда угол $\beta = \pi/6$, а коэффициент сдвига $\cos\varphi = \sqrt{3}/2$ ($\varphi = \pi/6$). Для указанных выше значений углов β и φ справедлива векторная диаграмма, представленная на рис. Б. 1.

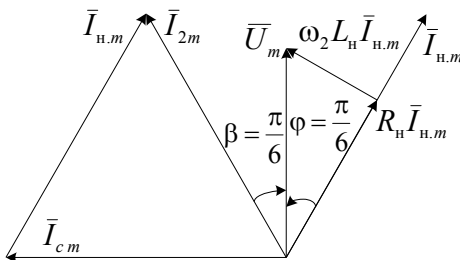


Рисунок Б. 1 – Векторная диаграмма токов и напряжений параллельного инвертора тока при $\beta = \pi/6$ и $\varphi = \pi/6$

В соответствии с рис. Б. 1

$$I_{2m} = I_{n.m} = I_{cm} = I_m = I_d \frac{4}{\pi}, \quad (\text{Б.1})$$

где I_{2m} – амплитуда основной гармоники тока на выходе инвертора;

$I_{н.м}$ – амплитуда основной гармоники тока нагрузки;

$I_{с.м}$ – амплитуда основной гармоники тока через конденсатор C .

Напряжение U_m на векторной диаграмме – это амплитуда основной гармоники напряжения на выходе инвертора.

Отметим, что равенство (Б. 1) имеет место при принятых на рис. Б. 1 углах β и φ , при других значениях углов равенство нарушается.

Амплитуда тока на выходе инвертора может быть определена через сопротивление нагрузки с параллельно включенным конденсатором z . В соответствии с рис. Б. 1:

$$R_n I_m = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m, \quad (\text{Б.2})$$

$$\omega_2 L_n I_m = \frac{1}{2} U_m, \quad (\text{Б.3})$$

$$\frac{I_m}{\omega_2 C} = U_m, \quad (\text{Б.4})$$

где угловая частота напряжения на выходе инвертора

$$\omega_2 = 2\pi f_2 \quad (\text{Б.5})$$

Из (Б.2), (Б.3), (Б.4) получаем:

$$\omega_2 L_n = \frac{1}{\sqrt{3}} R_n, \quad (\text{Б.6})$$

$$\frac{1}{\omega_2 C} = \frac{2}{\sqrt{3}} R_n. \quad (\text{Б.7})$$

Комплексное сопротивление нагрузки с параллельно включенным конденсатором определим, учитывая соотношения (Б.6), (Б.7):

$$\dot{Z} = \frac{-j \frac{2}{\sqrt{3}} R_n \left(R_n + j \frac{1}{\sqrt{3}} R_n \right)}{-j \frac{2}{\sqrt{3}} R_n + R_n + j \frac{1}{\sqrt{3}} R_n}. \quad (\text{Б.8})$$

После несложных преобразований (Б.8) получим:

$$\dot{Z} = j \frac{2}{\sqrt{3}} R_n, \quad (\text{Б.9})$$

откуда

$$z = \frac{2}{\sqrt{3}} R_H. \quad (\text{Б.10})$$

Выполним расчет параметров для первого варианта исходных данных в приложении А:

$$\left. \begin{aligned} U_d &= 100 \text{ V}, \\ I_d &= 10 \text{ A}, \\ f_2 &= 50 \text{ Hz}, \\ \beta &= \frac{\pi}{6}. \end{aligned} \right| \quad (\text{Б.11})$$

Амплитуда основной гармоники тока i_2 :

$$I_m = I_d \frac{4}{\pi} = 12,73 \text{ A}. \quad (\text{Б.12})$$

Поскольку тиристоры приняты идеальными, имеет место равенство активной мощности на входе и выходе инвертора:

$$P = U_d I_d = R_H \frac{I_m^2}{2}. \quad (\text{Б.13})$$

Из (Б.13), (Б.12):

$$R_H = \frac{2000}{12,73^2} = 12,34 \text{ } \Omega. \quad (\text{Б.14})$$

Из (Б.5), (Б.6) и (Б.14):

$$L_H = \frac{R_H}{2\sqrt{3}\pi f_2} = 0,023 \text{ H}. \quad (\text{Б.15})$$

Из (Б.5) и (Б.7):

$$C = \frac{\sqrt{3}}{2\omega_2 R_H} = 0,000233 \text{ F}. \quad (\text{Б.16})$$

Дополнительно по (Б.10) определим

$$z = \frac{2}{\sqrt{3}} R_H = 14,25 \text{ } \Omega \quad (\text{Б.17})$$

и по (Б.12) и (Б.17)

$$U_m = z I_m = 181,4 \text{ V}. \quad (\text{Б.18})$$

Рассчитанные в настоящем приложении величины R_n , L_n и C приведены в первом варианте исходных данных приложения А.

Индуктивность L_d будем выбирать исходя из условия, что постоянная времени τ_d равна пяти периодам выходного напряжения. При $f_2 = 50$ Hz получаем:

$$\tau_d = \frac{L_d}{U_d/I_d} = \frac{5}{f_2}, \quad (\text{Б.19})$$

откуда

$$L_d = 1 \text{ Н.} \quad (\text{Б.20})$$

Выполним теперь расчет параметров для одиннадцатого варианта исходных данных в приложении А:

$$\left. \begin{aligned} U_d &= 100 \text{ В,} \\ I_d &= 10 \text{ А,} \\ f_2 &= 50 \text{ Hz,} \\ \beta &= \frac{\pi}{12}, \\ \varphi &= \frac{\pi}{3}. \end{aligned} \right| \quad (\text{Б.21})$$

В рассматриваемом варианте угол опережения основной гармоники тока нагрузки относительно основной гармоники напряжения на нагрузке $\beta = \pi/12$, а коэффициент сдвига R - L нагрузки $\cos\varphi = 1/2$. Для указанных выше значений углов β и φ справедлива векторная диаграмма, представленная на рис. Б. 2.

В соответствии с рис. Б. 2:

$$U_{2m} = U_m, \quad (\text{Б.22})$$

$$I_m = I_{n.m} = I_{c.m} = 1,932I_{2m} = 1,932I_d \frac{4}{\pi} = 24,6 \text{ А,} \quad (\text{Б.23})$$

$$I_{2m} = \frac{U_m}{z} = 0,518I_m = 12,74 \text{ А,} \quad (\text{Б.24})$$

$$U_{Rm} = R_n I_m = \frac{1}{2} U_m, \quad (\text{Б.25})$$

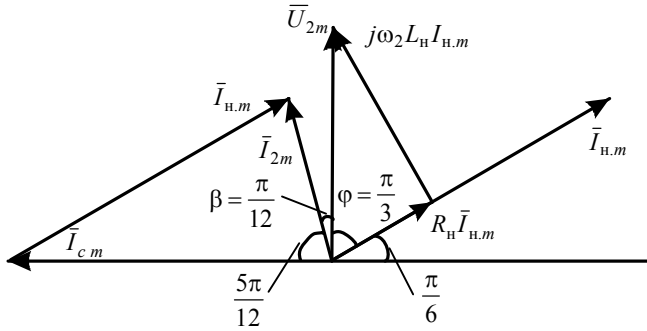


Рисунок Б. 2 – Векторная диаграмма токов и напряжений параллельного инвертора тока при $\beta = \pi/12$ и $\varphi = \pi/3$

$$U_{Lm} = 2\pi f_2 L_n I_m = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{2m}, \quad (\text{Б.26})$$

$$\frac{I_m}{2\pi f_2 C} = U_m. \quad (\text{Б.27})$$

Из условия равенства активных мощностей на входе и выходе ПИТ

$$U_d I_d = R_n \frac{I_m^2}{2}. \quad (\text{Б.28})$$

Из (Б.23) и (Б.28) получаем:

$$R_n = \frac{2U_d I_d}{I_m^2} = 3,31 \text{ } \Omega. \quad (\text{Б.29})$$

Из (Б.25) и (Б.29):

$$U_m = 2R_n I_m = 162,9 \text{ V}. \quad (\text{Б.30})$$

Из (Б.23), (Б.26) и (Б.30):

$$L_n = \frac{\sqrt{3}U_{2m}}{4\pi f_2 I_m} = 18,26 \cdot 10^{-3} \text{ H}. \quad (\text{Б.31})$$

Из (Б.23), (Б.27) и (Б.30):

$$C = \frac{I_m}{2\pi f_2 U_m} = 481 \cdot 10^{-6} \text{ F}. \quad (\text{Б.32})$$

Рассчитанные в настоящем приложении величины R_H , L_H и C приведены в одиннадцатом варианте исходных данных приложения А. Индуктивность L_d определяется по выражению (Б.19).

В соответствии с рис. Б. 2:

$$R_H I_m = \frac{1}{2} U_m, \quad (\text{Б.33})$$

$$2\pi f_2 L_H I_m = \frac{\sqrt{3}}{2} U_m, \quad (\text{Б.34})$$

$$\frac{I_m}{2\pi f_2 C} = U_m, \quad (\text{Б.35})$$

$$U_m = 0,518zI_m. \quad (\text{Б.36})$$

Из (Б.33) – (Б.36):

$$\omega_2 L_H = \sqrt{3} R_H, \quad (\text{Б.37})$$

$$\frac{1}{\omega_2 C} = 2R_H, \quad (\text{Б.38})$$

$$\dot{Z} = \frac{-j2R_H(R_H + j\sqrt{3}R_H)}{-j2R_H + R_H + j\sqrt{3}R_H} = 4R_H \frac{1-2j+\sqrt{3}j}{1+(2-\sqrt{3})^2}, \quad (\text{Б.39})$$

Откуда модуль z равен:

$$z = 4R_H \frac{\sqrt{1^2 + (2-\sqrt{3})^2}}{1+(2-\sqrt{3})^2} = 3,86R_H = 12,78 \text{ } \Omega. \quad (\text{Б.40})$$

Для всех других вариантов исходных данных расчет выполняется аналогично. Результаты расчетов сведены в приложении А.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Силовая схема параллельного инвертора тока.....	3
2. Система управления параллельного инвертора тока	7
3. Синтез <i>MatLab</i> -модели параллельного инвертора тока.....	8
4. Исследование <i>MatLab</i> -модели.....	9
5. Оформление результатов исследования <i>MatLab</i> -модели.....	9
Список литературы.....	10
Приложения.....	11
Приложение А. Варианты исходных данных при моделировании.....	11
Приложение Б. Методика расчета параметров силовой схемы ПИТ...	13

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Моделювання паралельного автономного інвертора струму» з дисципліни «Методи розрахунку та моделювання перетворювачів»

для студентів напрямку 05.08.02 «Електронні пристрої та системи», що спеціалізуються в силовій електроніці

Російською мовою

Укладачі

ЖЕМЕРОВ Георгій Георгійович
ІЛЬІНА Наталія Олександрівна
КОВАЛЬЧУК Ольга Ігорівна
КРИЛОВ Денис Сергійович

Відповідальний за випуск
Роботу рекомендував до друку

Є. І. Сокол
В. Т. Долбня
В авторській редакції

План 2011, поз. 114/

Підп. до друку

Друк – ризографія.

Ум. друк. арк. 2,3.

Зам. №

Формат 60x84 1/16. Папір офсет. №2.

Гарнітура – Times New Roman.

Обл. – вид. арк. 2,6. Тираж 100 прим.

Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ"ХП", 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 3557 від 24.12.2009р.

Центр оперативної поліграфії "Рейтинг"
61022, Харків, вул. Сумська, 37.