

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И
ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ

Кафедра теоретических основ электротехники

Л.И. Лукьянова

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИНДУКТИВНОМ ФИЛЬТРЕ

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
университета в качестве методических указаний к
лабораторным работам для студентов 2,3 курсов
электротехнических специальностей*

по дисциплине
«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

Москва - 2006

УДК 621.3

Л - 84

Лукьянова Л.И. Переходные процессы в индуктивном фильтре: Методические указания. М.: МИИТ, 2006 – 8 с.

В работе проводится исследование зависимости угла отсечки (продолжительности проводящей части периода) от обобщенного безразмерного параметра $r/\omega L$.

©Московский государственный университет
путей сообщения (МИИТ), 2006.

ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИНДУКТИВНОМ ФИЛЬТРЕ

Объект и цель исследования

Объектом исследования является выпрямительное устройство (преобразователь переменного тока в пульсирующий), в котором для уменьшения пульсации тока в ветви нагрузки применяется индуктивный фильтр. Подобные электрические цепи широко используются в электротехнической практике.

Целью работы является исследование зависимости угла отсечки θ (продолжительности проводящей части периода) от обобщенного безразмерного параметра $r/\omega L$.

Угол отсечки θ зависит от трех параметров: сопротивления r , индуктивности L и частоты ω . Можно изменять любой из параметров таким образом, чтобы обобщенный параметр $r/\omega L$, принимал различные значения.

Работа выполняется на универсальном стенде синусоидального тока. Принципиальная схема исследуемой электрической цепи показана на рис. 1.

Общие сведения

В схеме однополупериодного выпрямления индуктивный фильтр сглаживает пульсации тока. Сглаживающее действие индуктивного фильтра основано на том, что он представляет тем большее сопротивление для гармоник тока, чем больше частота. Эффективность сглаживающего действия этого фильтра увеличивается при двухполупериодной схеме. Процесс сглаживания выпрямленного тока с помощью индуктивного фильтра удобно рассматривать с точки зрения накапливания электромагнитной энергии в магнитном поле индуктивной катушки при увеличении тока в цепи и последующей отдаче запасенной энергии при уменьшении тока, благодаря чему проводящая часть периода ($0 \div \theta$) увеличивается. При этом диод поддерживается в открытом состоянии за счет ЭДС самоиндукции, наводимой в индуктивности уменьшающимся током.

Графики зависимости напряжения источника u , напряжения на диоде u_d и на нагрузке u_n тока нагрузки i от угла отсечки θ представлены на рис. 1. Дифференциальное уравнение, составленное по второму закону Кирхгофа для схемы однополупериодного выпрямления, имеет вид:

$$u_g + r \cdot i + L \frac{di}{dt} = U_m \sin \omega t \quad (1).$$

Это уравнение является нелинейным, так как напряжение на диоде u_g , нелинейно зависит от тока. Уравнение может быть решено достаточно просто в случае кусочно-линейной аппроксимации вольтамперной характеристики диода. В простейшем случае диод можно считать идеальным выпрямителем (рис.2,а).

Если вольтамперную характеристику диода аппроксимировать двумя прямыми линиями в соответствии с рис. 2,б, то сопротивление диода в проводящем направлении $R_g \equiv tg\alpha$ может быть добавлено к сопротивлению нагрузки.

Когда диод открыт, уравнение (1) становится линейным

$$r \cdot i + L \frac{di}{dt} = U_m \sin \omega t \quad *$$

Решение уравнения (2), как это известно из теории переходных процессов, имеет вид:

$$i = \frac{U_m}{r\sqrt{(\omega L/r)^2 + 1}} [\sin(\omega t - \varphi) + \sin\varphi \cdot e^{-\frac{r}{L}t}] \quad (3)$$

где: $\varphi = \arctg \omega L / r$.

Угол отсечки тока находится из условия, что при $\omega t = \theta$, $i = 0$. Следовательно

$$\sin(\theta - \varphi) + \sin\varphi \cdot e^{-\frac{r}{\omega L}\theta} = 0 \quad (4)$$

Решение уравнения (4) представлено кривой (рис.3), где угол отсечки θ определяется соотношением $r / \omega L$. Из графика (рис.3), а также из уравнения (4) видно, что чем меньше величина параметра $r / \omega L$, тем угол отсечки больше, т.е. увеличивается проводящая часть периода, а в пределе, когда $r / \omega L = 0$, ток будет протекать в течение всего периода и в зависимости от времени будет изменяться в соответствии с выражением:

* Принято, что $R_g = 0$ (рис.2,а) или R_g включено в состав сопротивления (рис.2,б)

$$i = \frac{U_m}{\omega L} \cdot (1 - \cos \omega t) \quad (5)$$

Он поддерживается за счет энергии, накопленной в магнитном поле индуктивной катушки. При уменьшении тока наводится э.д.с. самоиндукции, способствующая поддержанию диода в открытом состоянии.

Подготовка к работе

1. Нарисовать схему однополупериодного выпрямителя с индуктивным фильтром и резистивной нагрузкой.

2. Для предложенного преподавателем варианта исходных данных, приведенных в табл. 1, расчетным путем оценить возможный режим работы однофазного выпрямителя с индуктивным сглаживающим фильтром. Для этого определить:

а) угол отсечки θ ,

б) соответствующее θ мгновенное значение напряжения на диоде, если $u = 5 \sin \omega t$ (в).

Порядок проведения эксперимента

1. Собрать цепь по схеме, представленной на рис.4.

2. Подключить сеть переменного тока к звуковому генератору и подать в цепь напряжение звуковой частоты, поддерживая действующее значение его постоянным; величина его указывается преподавателем.

3. Снять зависимость $\theta = f(r/\omega L)$ для различных значений частоты при неизменных r и L , охватив диапазон изменения обобщенного параметра $r/\omega L$ от 0,1 до 1,0 (и по возможности от 0,05 до 5). Результаты эксперимента занести в табл.1.

4. Снять зависимость $\theta = f(r/\omega L)$ для различных значений L и f , охватив диапазон изменения обобщенного параметра $r/\omega L$ от 0,1 до 1,0 (и по возможности от 0,05 до 5). Результаты эксперимента занести в табл.2.

Таблица 1.

| | $L = 0,02 \text{ Гн} = \text{const}, r = \dots \text{ Ом} = \text{const}, f = \dots \dots \text{ Гц} = \text{var}$ | | | | |
|---------------------------|--|--|--|--|--|
| $f, \text{ Гц}$ | | | | | |
| $\omega L/r$ | | | | | |
| $\theta, \text{ эл.град}$ | | | | | |

Таблица 2.

| | $L = 0,02 \text{ Гн} = \text{const}, f = \dots \text{ Гц} = \text{const}, r = \dots \text{ Ом} = \text{var}$ | | | | |
|---------------------------|--|--|--|--|--|
| $r, \text{ Ом}$ | | | | | |
| $\omega L / r$ | | | | | |
| $\theta, \text{ эл.град}$ | | | | | |

Зарисовать на кальку осциллограммы тока для углов отсечки, близких к $200^\circ, 250^\circ, 300^\circ$. Кроме того, зарисовать осциллограмму напряжения на диоде.

Обработка результатов эксперимента

1. Построить график зависимости $\theta = f(r / \omega L)$ на основании измерений для двух случаев:

а) $r, L = \text{const}; f = \text{var}$,

б) $L, f = \text{const}; r = \text{var}$.

2. Сопоставить с этим графиком теоретическую кривую $\theta = f(r / \omega L)$ (рис.4).

3. Дать заключение о причинах расхождения опытных и теоретических кривых.

4. Приложить осциллограммы напряжения на нагрузке для углов отсечки, близких к $200^\circ, 250^\circ$ и 300° .

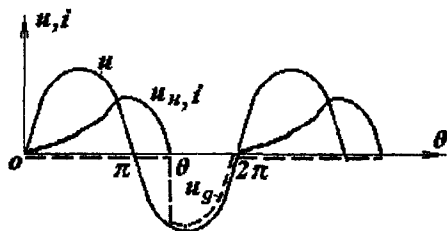


Рис.1.



Рис. 2,а.

Рис. 2,б.

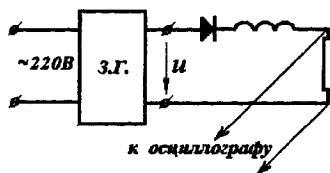


Рис.4.

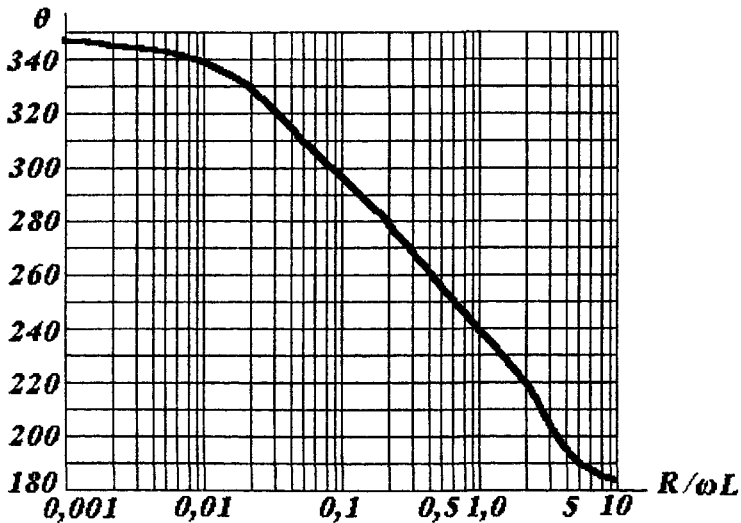


Рис.3.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Каково назначение индуктивного фильтра?
2. Из каких элементов состоит индуктивный фильтр?
3. Что называется углом отсечки?
4. От каких параметров зависит угол отсечки?
5. Какой вид имеют кривые тока в нагрузке фильтра и напряжения на диоде?

ЛИТЕРАТУРА

1. Теоретические основы электротехники. 4.2. Нелинейные цепи / Г.И. Атабеков, А.Б. Тимофеев, С.С. Хухриков. - М.: Энергия, глава 3, с.88-91.
2. Техническая электротехника./Д. Райдер. - Л.: Судпромиздат, 1961. - глава 10, с. 409-414.
3. Бенилов С.Б., Климов В.Ф. Руководство к лабораторным работам по теоретическим основам электротехники. Часть 3. Издание 3-е. М.: МИИТ, 1971, - 108.: Лабораторная работа №49, с.86-90.

Учебно-методическое издание

Лукьянова Лидия Ивановна

Переходные процессы в индуктивном фильтре

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Теоретические основы электротехники»
для студентов 2,3 курсов электротехнических специальностей

Подписано в печать - *09.10.06.*
Заказ - *441.*
Усл. печ. л. 0,5

Тираж *100.*
Формат 60x84/16.
Изд. № 64-06

127994, Москва, ул Образцова, 15 Типография МИИТ.