Контрольная работа

на тему:

«Основы радиоэлектроники и связи»

Санкт-Петербург 2008

**Введение**

*Радиотехника* – научно–техническая область, исследующая генерацию, излучение и прием электромагнитных колебаний и волн радиочастотного диапазона, а так же область техники, занимающейся разработкой, изготовлением и применением устройств и систем, генерирующих, излучающих и принимающих электромагнитные колебания и волны радиочастотного диапазона, задачами которой являются:

– изучение принципов генерации, усиления, излучения и приема электромагнитных колебаний и волн, относящихся к радиодиапазону;

– практическое использование этих колебаний и волн для цепей передачи, хранения и преобразования информации.

Проникновение радиотехники в смежные области (электронику, вычислительную технику) обусловило возникновение широкой научно-технической области, получившей название *радиоэлектроника*.

У истоков радиотехники лежат научные открытия М. Фарадея (закономерности взаимодействия электрического и магнитного пошлей), Дж. Максвелла (создание системы уравнений описывающих электромагнитное поле, предсказал новый вид электромагнитных явлений – электромагнитные волны, распространяющиеся в пространстве со скоростью света), Г. Герц (экспериментально доказал существование электромагнитных волн и их аналогию со светом), А.С Попов (изобрел, сконструировал и успешно испытал первый в мире радиоприемник).

Большой общепризнанный вклад в фундаментальные основы радиотехники, а теперь и радиоэлектроники, внесли отечественные ученые – академики Л.И. Мендельштам, Н.Д. Папалекси, В.А. Фок, А.И. Берг, В.А. Котельников и многие другие.

*Радиоэлектроника* решает проблемы, связанные с применением радиоволн и явлений движения электрического заряда для передачи, приема и обработки электрических сигналов. Современную радиоэлектронику применяют в системах радиосвязи, радиовещания, телевидения, радиолокации, радионавигации, радиоуправления, радиоизмерений, радиотелеметрии. Широко используют в медицине, в научных исследованиях, в космических вопросах.

В настоящее время получила успешное развитие *оптоэлектроника*, решающая задачи, аналогичные задачам радиоэлектроники. Главное отличие состоит в использовании оптического диапазона электромагнитных волн.

Как известно, передача сообщений от источника к получателю с помощью радиотехнических методов осуществляется по *радиоканалу*. Основными элементами радиоканала являются:

– передатчик,

– приемник,

– физическая среда, в которой происходит распространение электромагнитных волн (свободное пространство, волноводы, кабели и т.д.).

Применяют способы передачи сигналов, основанные на том, что низкочастотные колебания, содержащие исходное сообщение, с помощью специальных устройств управляют параметрами достаточно мощного несущего колебания, частота которого лежит в радиодиапазоне. Процесс подобного преобразования сигналов называют *модуляцией*несущего колебания.

Возбужденные магнитные волны вызывают появление в антенне приемника радиосигнала, уровень которого обычно весьма мал. После частотной фильтрации и усиления принятый сигнал должен быть подвергнут *демодуляции* (*детектированию*) – операции, обратной по отношению к модуляции. В результате на выходе приемника возникает колебание, являющееся копией переданного исходного сообщения.

*Электрическими колебаниями* называют переменный ток и напряжение, они описываются функцией S(t). Колебание, отображающее передаваемое сообщение или информацию о состоянии исследуемого объекта, называется *сигналом*. Колебание, мешающее принять сигнал или измерить состояние объекта, называется *помехой*.

Если функция S(t), описывающая сигнал, может принимать только дискретные значения Sn (0 и 1), то сигнал называют *дискретным* по состояниям (сигналы систем передачи данных). Если функция S(t) может принимать любые значения, то сигнал называют *непрерывным* по состояниям или *аналоговым* (передача речевой информации).

Сигналы, дискретные во времени и по состояниям, называют *цифровыми*. Электрическое колебание, которое описывается гармоническими (косинусоидальной и синусоидальной) функциями времени, называется *гармоническим*. Такое колебание можно записать используя функцию косинуса:

S(t) =; где

Am – амплитуда,

= 0 (t) – фаза, которую в момент времени (t = 0) называют начальной: 0 (t=0) = -.

Продолжительность периода колебания Т выражают в секундах. Число периодов за секунду называют частотой колебания f = 1/Т и выражают в герцах. Величину называют угловой частотой и выражают в радианах в секунду.

Радиотехническое устройство независимо от конструкции и технологии его изготовления представляет собой некоторое соединение элементов – резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, транзисторов, диодов, источников электрической энергии и т.д. совокупность соединенных определенным образом элементов устройства называется *радиоэлектронной цепью*.

Элементы цепи подразделяются на активные и пассивные. Основной признак активного элемента – это его способность отдавать электрическую энергию (источник электрической энергии). К пассивным элементам относятся потребители и накопители электрической энергии.

*Сопротивление* – идеализированный элемент, в котором электрическая энергия преобразуется в тепловую, механическую или световую. Сила тока в сопротивлении связана с напряжением на нем. Количественно сопротивление выражается в Омах (Ом).

*Емкость* – идеализированный элемент, обладающий свойством записать энергию электрического поля. Количественно емкость выражается в Фарадах (Ф).

*Индуктивность* – идеализированный элемент, обладающий способностью запасать энергию магнитного поля. Количественно индуктивность выражается в Генри (Гн).

Активные фильтры построены из резисторов, конденсаторов и усилителей (обычно операционных) и предназначены для того, чтобы из всех подаваемых на их вход сигналов пропускать на выход сигналы лишь некоторых заранее заданных частот. Эти обладающие частотной избирательностью схемы используются для усиления или ослабления определенных частот в звуковой аппаратуре, в генераторах электромузыкальных инструментов, в сейсмических приборах, в линиях связи и т.п.

Фильтры нижних частот пропускают на выход все частоты, начиная от нулевой (постоянный ток) и до некоторой заданной частоты среза  и ослабляют все частоты, превышающие . Диапазон частот, начинающийся от нуля до  называется полосой пропускания, а диапазон частот, превышающий  – полосой подавления (или заграждения). Интервал частот между  и  называется переходным участком. Частота среза  – это частота, при которой напряжение на выходе фильтра падает до уровня 0,707 от напряжения в полосе пропускания (т.е. падает на 3 дБ), частота  – это частота, при которой выходное напряжение на 3 дБ выше, чем выходное напряжение в полосе подавления.

Фильтр верхних частот ослабляет все частоты, начиная с нулевой и до частоты  и пропускает все частоты, начиная с  и до верхнего частотного предела схемы.

Полосовой фильтр пропускает, как показано на рис. 2в все частоты в полосе между нижней частотой среза  и верхней частотой среза . Все частоты ниже  и выше  ослабляются. Диапазон частот от  до  и от  до  являются переходными участками. Геометрическое среднее частот  и  называется средней центральной частотой , т.е.

.

По сравнению с пассивными, активные фильтры имеют следующие преимущества:

– в них используются только сопротивления и конденсаторы, т.е. компоненты, свойства которых ближе к идеальным, чем свойства катушек индуктивности;

– они относительно дешевы;

– они могут обеспечивать усиление в полосе пропускания и (в отличие от пассивных фильтров) редко вносят существенные потери;

– использование в активных фильтрах операционных усилителей обеспечивает развязку входа от выхода;

– активные фильтры относительно легко настраивать;

– активные фильтры невелики по размерам и массе.

Активные фильтры имеют и недостатки. Они нуждаются в источниках питания, а их рабочий диапазон частот ограничен сверху максимальной рабочей частотой операционного усилителя.

**1. Эквивалентная схема цепи по переменному току**

Заданная схема активного фильтра является активным фильтром нижних частот первого порядка, с отрицательной обратной связью.

Построим эквивалентную схему заданного активного фильтра с учетом того, что для идеального ОУ принято считать ,  (вследствие чего, ток через входы идеального ОУ не протекает, т.е. равен 0) и .

Тогда эквивалентная схема заданного активного фильтра будет иметь вид:

Uвых

Uвх

(1)

I1

I2

R3

C

R1

R2

**2. Комплексный коэффициент передачи по напряжению Кu(јω) двумя способами**

Применив первый закон Кирхгофа к узлу (1) эквивалентной схемы, получим: Ι1 = Ι2, при этом по закону Ома: Ι1 = , а I2 = , где



Так как Ι1 = Ι2 и =  то К(u)= = .

Полярность выходного напряжения, противоположна полярности входного (фазовый сдвиг на ).

Тогда комплексный коэффициент передачи равен:

, где .

**3. Тип операционного усилителя, подходящего для реализации требуемых характеристик схемы**

Согласно данных предложенной сводной таблицы по операционным усилителям выбираем ОУ К140УД10:

– коэффициент усиления 50000

– входное сопротивление 1000 кОм

– выходное сопротивление 200 Ом

– единичная частота 15 МГц

Определим fсрОУ: fсрОУ = f1\*0.707 ≈ 11,55 МГц

Определим максимальный коэффициент усиления по напряжению.

; при ,  отсюда следует, что ZC > R3.

Поскольку общее сопротивление цепи, состоящей из параллельно включенных сопротивлений с разными номиналами стремится к значению меньшего из сопротивлений, то в области низких частот сопротивление обратной связи заданной цепи стремится к значению R3.

Отсюда максимальный коэффициент усиления по напряжению определяется соотношением:

Кmax = 

**4. Расчет номиналов элементов, позволяющих реализовать заданные параметры активного фильтра**

Определим модуль и аргумент коэффициента передачи:

,

.

При , выходное напряжение не ослабляется () и не сдвигается по фазе (). При  получаем , .

Отсюда следует, что по мере увеличения частоты  значит данная цепь пропускает без ослабления колебания низких частот и подавляет колебания высоких частот.

Частота среза (ωср) определяется по формуле:

К(ωср) =  = ,

в этом случае:

1+(ωсрR3C)2 = 2 отсюда

ωср =  рад/с.

По условию задачи частота среза составляет 900 кГц = 9\*105 Гц, = 9\*105 Гц. Отсюда получим соотношение:

≈ 2,74\*10-6 с.

Приняв величину емкости *С = 100 нФ* получим, что в этом случае требуется сопротивление номиналом *R3 = 270 кОм*

Для определения номинала сопротивления *R1* переведем заданное значение максимального коэффициента передачи по напряжению (Кmax=20 дБ) к числовому значению, используя формулу  получим: соотношение = 10 отсюда значение *R1* будет равно *27 кОм.*

Определим номинал резистора , для чего используем принципиальную схему активного фильтра. Эквивалентное сопротивление на узле (1) схемы соответствует сопротивлению параллельного соединения  и . когда коэффициент усиления активного фильтра достигает максимального значения, эквивалентное сопротивление узла (1) может быть представлено выражением:

.

Далее, исходя из тех соображений, что токи на положительном и отрицательном входах ОУ равны между собой, можно сделать вывод, что сопротивление  должно быть равно сопротивлению узла (1). Тогда

 = ≈ 24 кОм

**5. Модуль и фазу коэффициента передачи Ku(јω) (АЧХ и ФЧХ) активного фильтра в зависимости от частоты**

Поскольку, *К* =  = 20\* *дБ*, то можно сделать заключение, что исходный фильтр является фильтром Баттерворта.

Расчет АЧХ заданного ФНЧ: Расчет ФЧХ заданного ФНЧ:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| f (Гц) = | 10000 | К (дБ) = | 20,00 |
| f (Гц) = | 20000 | К (дБ) = | 20,00 |
| f (Гц) = | 30000 | К (дБ) = | 19,99 |
| f (Гц) = | 50000 | К (дБ) = | 19,97 |
| f (Гц) = | 70000 | К (дБ) = | 19,94 |
| f (Гц) = | 100000 | К (дБ) = | 19,88 |
| f (Гц) = | 200000 | К (дБ) = | 19,52 |
| f (Гц) = | 300000 | К (дБ) = | 18,97 |
| f (Гц) = | 500000 | К (дБ) = | 17,48 |
| f (Гц) = | 700000 | К (дБ) = | 15,79 |
| f (Гц) = | 1000000 | К (дБ) = | 13,38 |
| f (Гц) = | 2000000 | К (дБ) = | 8,21 |
| f (Гц) = | 3000000 | К (дБ) = | 5,75 |
| f (Гц) = | 5000000 | К (дБ) = | 3,54 |
| f (Гц) = | 7000000 | К (дБ) = | 2,55 |
| f (Гц) = | 10000000 | К (дБ) = | 1,79 |
| f (Гц) = | 20000000 | К (дБ) = | 0,90 |
| f (Гц) = | 30000000 | К (дБ) = | 0,60 |
| f (Гц) = | 50000000 | К (дБ) = | 0,36 |
| f (Гц) = | 70000000 | К (дБ) = | 0,26 |
| f (Гц) = | 100000000 | К (дБ) = | 0,18 |
| f (Гц) = | 200000000 | К (дБ) = | 0,09 |
| f (Гц) = | 10000 | α (рад/с) = | -1,56709 |
| f (Гц) = | 20000 | α (рад/с) = | -1,56894 |
| f (Гц) = | 30000 | α (рад/с) = | -1,56956 |
| f (Гц) = | 50000 | α (рад/с) = | -1,57006 |
| f (Гц) = | 70000 | α (рад/с) = | -1,57027 |
| f (Гц) = | 100000 | α (рад/с) = | -1,57043 |
| f (Гц) = | 200000 | α (рад/с) = | -1,57061 |
| f (Гц) = | 300000 | α (рад/с) = | -1,57067 |
| f (Гц) = | 500000 | α (рад/с) = | -1,57072 |
| f (Гц) = | 700000 | α (рад/с) = | -1,57074 |
| f (Гц) = | 1000000 | α (рад/с) = | -1,57076 |
| f (Гц) = | 2000000 | α (рад/с) = | -1,57078 |
| f (Гц) = | 3000000 | α (рад/с) = | -1,57078 |
| f (Гц) = | 5000000 | α (рад/с) = | -1,57079 |
| f (Гц) = | 7000000 | α (рад/с) = | -1,57079 |
| f (Гц) = | 10000000 | α (рад/с) = | -1,57079 |
| f (Гц) = | 20000000 | α (рад/с) = | -1,57079 |
| f (Гц) = | 30000000 | α (рад/с) = | -1,5708 |
| f (Гц) = | 50000000 | α (рад/с) = | -1,5708 |
| f (Гц) = | 70000000 | α (рад/с) = | -1,5708 |
| f (Гц) = | 100000000 | α (рад/с) = | -1,5708 |
| f (Гц) = | 200000000 | α (рад/с) = | -1,5708 |

**6. Выражение для операторного коэффициента передачи Ku(P) с помощью теоремы разложения**

Выражение для операторного коэффициента передачи получается из комплексного коэффициента передачи путем замены  на :

*К(р)* = .

Переходная характеристика  представляет собой реакцию цепи на единичный скачок напряжения или тока на входе цепи. Предполагается, что изначально в цепи нет запаса энергии, т.е. в момент скачкообразного воздействия на цепь напряжения на емкостях и токи в индуктивностях равны нулю. Математической моделью такого ступенчатого скачка является функция Хевисайда:

.

Функция Хевисайда, смещенная вправо на интервал , принимает вид .

Для того, чтобы сформировать из функции единичного скачка ступенчатый перепад напряжения, необходимо умножить его на соответствующий сомножитель, имеющий размерность . В исследуемом случае можно принять этот сомножитель за .

В случае линейной цепи отклик на входной прямоугольный видеоимпульс пропорционален разности переходных характеристик, взятых в моменты  и .

В операторном анализе изображение функции Хевисайда определяется как . Тогда, в нашем случае, на выходе цепи появится операторный сигнал

*Sвых (p) = К(p)\* =* 11,55*\*,* оригинал которого:

*Sвых(t)* = 11,55*\*(1 – e-t/RC)*.

При τ R3C, выходное напряжение в момент t = τ равно входному. А при t ≥ τ становится равным *Sвых(t)* = 11,55 \* (*e*-(t-τ)/RC).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| t (мкс) = | 1,00E-06 | Sвых(t) = | 428,0401504 |
| t (мкс) = | 5,00E-06 | Sвых(t) = | 2140,042127 |
| t (мкс) = | 1,00E-05 | Sвых(t) = | 4279,687737 |
| t (мкс) = | 1,50E-05 | Sвых(t) = | 6418,936902 |
| t (мкс) = | 2,00E-05 | Sвых(t) = | 8557,789696 |
| t (мкс) = | 2,50E-05 | Sвых(t) = | 10696,24619 |
| t (мкс) = | 3,00E-05 | Sвых(t) = | 12834,30647 |
| t (мкс) = | 3,50E-05 | Sвых(t) = | 14971,97059 |
| t (мкс) = | 4,00E-05 | Sвых(t) = | 17109,23863 |
| t (мкс) = | 4,50E-05 | Sвых(t) = | 19246,11068 |
| t (мкс) = | 5,00E-05 | Sвых(t) = | 21382,58679 |


### Библиографический список

1. Радиотехнические цепи и сигналы. Рабочая программа, задание на контрольную и курсовую работы, методические указания к их выполнению. – СПб.: СЗТУ, 2004.
2. Каяцкас А.А Основы радиоэлектроники – М; «Высшая школа», 1988;
3. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы – М; «Высшая школа», 2003;
4. Г.И. Волович Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств: М; ИД «Додека-ХХI», 2005;
5. Ресурсы интернет: www.mit.edu