**Техническое задание к курсовому проекту.**

**Разработать:**

Блок возбуждения для дефектоскопии плоской поверхности ферромагнитных объектов.

 Устройство включает в себя :

**1. Генератор дискретной (синусоидальной) частоты с параметрами:**

 макс. диапазон частот:1КГц-2,5МГц

 (рабочий диапазон частот задает оператор в пределах максимального);

 ток: 10 мА;

 число дискретов в диапазоне: от 10 до 20;

 коэффициент гармоник не более 1 % :

**2. Нагрузкой для генератора служит катушка размещенная на объекте контроля:**

 число витков возбуждающей катушки: 20;

 число витков измерительной катушки: задается оператором от 10 до 20;

 диаметр возбуждающей катушки: от 4 до 20 мм;

 диаметр измерительной катушки: задается оператором от 4 до 20 мм;

 длина катушек: от 2 до 15 мм:

**Свойства объектов контроля:**

=1-10;

=5-10 MCм/м;

 Площадь контролируемого участка S=5 см2;

**Основные технические характеристики**

**и условия эксплуатации:**

1. габариты: 100х50х100 (мм);
2. масса: не более 0,3 кг;
3. диапазон рабочих температур: от 5 до 45 оС;
4. влажность: от 30 до 90%;
5. давление: от 700 до 800 мм.рт.ст.;

**1.Введение.**

Вихретоковые методы контроля основаны на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля. В качестве преобразователя используют обычно индуктивные катушки. Синусоидальный ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электропроводящем объекте. Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на измерительную катушку преобразователя, наводя в ней ЭДС или изменяя ее полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на зажимах катушки, получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно него. Особенность вихретокового преобразователя в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Получение первичной информации в виде электрических сигналов, бесконтактность и высокая производительность определяют широкие возможности автоматизации вихретокового контроля. Одна из особенностей ВТМ состоит в том, что на сигналы преобразователя практически не влияют влажность, давление и загрязненность газовой среды, радиоактивные излучения, загрязнение поверхности объекта контроля непроводящими веществами. Однако им свойственна малая глубина зоны контроля, определяемая глубиной проникновения электромагнитного поля в контролируемую среду. Сильное влияние на полученные результаты оказывают нелинейные искажения сигнала, подаваемого на задающую катушку. Для обеспечения универсальности, установка начальных условий, а также обработка полученной информации современных преобразователей должна осуществляться при помощи компьютеров, тогда каждый режим работы преобразователя будет обрабатываться отдельной программой. В данной работе разрабатывался генератор синусоидального сигнала для накладного вихретокового преобразователя, амплитуда тока в котором порядка 10 мА, а нелинейные искажения порядка 1%. Частота сигнала должна задаваться программным путем, с использованием микропроцессорной техники.

Ниже приводятся типы уже существующих преобразователей:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Частота токавозбуждения, кГц | Скоростьконтроля  | Объект контроля | Вид дефекта |
| ВД‑30ПВД‑31П | 4; 16; 64; 300 | 0,5‑30,5‑4 | Ферро- и неферро-магнитные пруткии трубы 1‑47 мм | Трещины, раковины,плены и т.д. |
| ВД‑23П | 130; 1000; 20000 | 0,5‑5 | Проволока 0,02-5мм | Расслоения, трещинызаусенцы |
| Дефектомат2.189 | 0,2; 2,5; 10; 30; 90 | 1,2; 5; 15 | Трубы и прутки3‑135 мм | Трещины, раковины,плены |

**2. Структурная схема разрабатываемого устройства.**

БВ

ВТП

БО

АЦП

 Порты ввода/вывода

 ЭВМ

ОК

1. БВ - блок возбуждения; **(нужно разработать в этом семестре)**
2. ВТП - вихретоковый преобразователь;
3. БО - блок обработки;
4. АЦП - аналого-цифровой преобразователь;
5. ОК- объект контроля;

**3. Блок возбуждения (БВ).**

Блоком возбуждения в данном устройстве является широкополосный генератор напряжения синусоидальной формы. БВ состоит из синтезатора частот (СЧ) и

формирователя сигнала (ФС) заданной формы. Рассмотрим их структурные и электрические схемы более подробно.

 **Блок** **возбуждения**

ВТП

ФС

ФНЧ

СЧ

**3.1. Структурная схема СЧ.**

**M**

:М

ОГ

ГУН

∫

ФЧД

  

:N

**N**

fc - частота сигнала подающегося на вход формирователя сигнала

**3.1.1. Опорный генератор (ОГ).**

В качестве ОГ выбираем генератор с кварцевым резонатором на 16 МГц микросхема РК374.

**3.1.2. Счетчики -делители частоты M и N.**

Счетчик М служит для задания шага изменения частоты. Счетчик N необходим для обеспечения сетки частот изменяющихся с заданным шагом fог/M. Предполагается что счетчики управляются цифровым кодом с ЭВМ. Выбираем счетчики серии ***КР1554ИЕ10*** (аналог -74ALS161AN фирмы National ,USA). Микросхема КР1554ИЕ10 - это четырехразрядный двоичный синхронный счетчик. Счетчик запускается положительным перепадом (фронтом) тактового импульса на входе С. Сброс всех триггеров счетчика в нулевое состояние осуществляется по общему входу R(инв.). Режим параллельной загрузки информации устанавливается подачей напряжения низкого уровня на вход разрешения параллельной загрузки PE(инв.) , при этом предварительно установленная на входах D0...D3 информация по фронту импульса на входе С записывается в триггеры счетчика. Для синхронного каскадирования микросхема КР1554ИЕ10 имеет вход разрешения счет ЕСТ , вход разрешения переноса ЕСR и выход переноса CR. Счетчик считает тактовые импульсы , если на входах ECT и ECR подано напряжение высокого уровня. Вход ECR последующего счетчика соединяется со входом CR предыдущего счетчика.

Ucc

Rинв

PEинв

C

D0

D1

D2

D3

ECT

ECR

CT2

D00

D01

D02

D03

CR

01

09

02

03

04

05

06

07

10

14

13

12

11

15

Общий

 Условно-графическое обозначение

 КР1554ИЕ10

Таблица назначения выводов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 12345678910111213141516 | R(инв.)СD0D1D2D3ECTOVPE(инв.)ECRD03D02D01D00CRUcc | вход установки в состояние «лог. 0»вход тактовыйвход данныхвход данныхвход данныхвход данныхвход разрешения счетаобщий выводвход разрешения парал. загрузкивход разрешения переносавыход данныхвыход данныхвыход данныхвыход данныхвыход переносанапряжения питания |

*Предполагается что цифровые входы данных D0...D3 , а также входы R(инв.) , ECT , ECR и PE(инв.) будут управляться с ЭВМ , соответствующим программным и аппаратным обеспечением .*

**3.1.3. Фазово-частотный детектор (ФЧД).**

Если на схему ФЧД приходят равные частоты fог/M и fвых/N то из условия равенства этих частот получаем . В качестве ФЧД выбираем ИМС исключающее « или » серии ***К155ЛП5*** (Аналог 74ALS86).

**3.1.4. Генератор управляемый напряжением (ГУН).**

ГУН - генератор , частота которого пропорциональна управляющему напряжению. Выбираем ИМС ***К531ГГ1*** (Аналог 74S124N).

Микросхема 531ГГ1-представляет собой два генератора. Частота каждого генератора управляется напряжением. Каждый генератор представляет собой автомультивибратор , имеющий вход управления частотой (УЧ) выводы 1 и 2 и диапазоном частоты (Д) выводы 14 и 3. К выводам 12 и 13 подсоединим кварцевый резонатор КР374 на 16МГц. 16,15 - Uп; 9,8-общий вывод. Для обеспечения заданного диапазона частоты ко входам 4-5 присоединяем конденсатор емкостью с=2 пФ (**КД‑1‑2пФх100В**).



**3.1.5. Интегратор.**

Для управления работой ГУН служит интегратор на операционном усилителе



Параметры R и С выбираем из условия , что постоянная времени интегрирования должна быть больше максимальной длительности сигнала в 10 раз.

т.е. RC>10 мс.
и=R\*C >10\*T;

T=1/f=1/1КГц=1мс ;

Выбираем R=100 КОм (МЛТ-0.25-100 кОм ±5%) ;
С=1 мкФ (**К50‑6‑1мкФх6.3 В**);

Таким образом постоянная времени интегратора будет и=R\*C=100 мс;

Интегратор выполним на основе быстродействующего ОУ 544**УД2**:

Ku=20000;

Uсм=30 мВ;

Iвх=0.1 нА;

f1=15 МГц

Выходное напряжение интегратора будем рассчитывать по формуле:

 (1)

 , где (2)

Посчитаем погрешность интегрирования, связанную с дополнительным напряжением на входе ОУ из-за неидеальности его свойств.

Uвх=IвхR=1.10-3 В

Uвх=Uвх/Uвх=2.10-4%

Относительная ошибка интегрирования:

=tи/2C=10-5



**3.2. Формирователь сигнала (ФС).**

Формирователем сигнала заданной формы является восьмиразрядный сдвиговый регистр с последовательной загрузкой и параллельной выгрузкой ***КР1533ИР8*** (Аналог 74ALS164). Микросхема КР1533ИР8 представляет собой восьмиразрядный сдвиговый регистр с последовательной загрузкой и параллельной выгрузкой. Наличие двух входов последовательной загрузки A и B позволяет использовать один из них в качестве управляющего загрузкой данных: низкий уровень напряжения хотя бы одном из них по положительному фронту тактового импульса устанавливает первый триггер регистра в состояние низкого уровня напряжения , в то же время высокий уровень напряжения на управляющем входе позволяет по другому входу осуществлять ввод данных в последовательном коде. Частота следования импульсов по входу С - не более 50 МГц , т.е. вполне пригодно т.к. максимальная частота дискретного синусоидального сигнала будет на выходе fвых = 50/16 ≈ 3МГц , что соответствует техническому заданию.

Таблица назначения выводов

|  |  |
| --- | --- |
| ABCLКCLRQAQBQCQDQEQFQGQHVccGND | вход информационныйвход информационныйвход тактовыйвход сбросавыходвыходвыходвыходвыходвыходвыходвыходнапряжение питанияобщий вывод |

КР1533ИР8 формирует дискретный периодический сигнал аппроксимированный функцией  , где



 - период ;

16-16 дискретов на периоде ;

n - номер текущего дискрета ;



 При однополярном питании данный сигнал сдвинут относительно нулевой точки на постоянную составляющую Eп/2.

**3.2.1. Расчет номиналов резисторов.**

Данная схема может обеспечить Rвых=5КОм ;

Запишем систему уравнений для нахождения номиналов резисторов: (3)

После расчета и округления до ближайших номинальных значений получаем:

R1=R8=150КОм (МЛТ-0.25-150 кОм ±5%);

R2=R7=47КОм (МЛТ-0.25-47 кОм ±5%) ;

R3=R6=33КОм (МЛТ-0.25-33 кОм ±5%) ;

R4=R5=27КОм (МЛТ-0.25-27 кОм ±5%);

**3.2.2 Анализ сигнала на выходе ФС.**

Полезный сигнал на выходе регистра аппроксимируется ступенчато, что соответственно вносит свои погрешности и искажения. Возьмем сигнал для примера с частотой f=1000 Гц и числом дискретов N=16 ;



Рассмотрим погрешность на половине периода

Для аппроксимации данного сигнала рассмотрим функцию:

 , где floor(x) - функция , возвращающая ближайшее целое число меньшее или равное аргументу (х вещественный).

Относительную погрешность пронормируем по истинному значению сигнала

 (4)



Изобразим в процентном отношении

Рассмотрим спектр сигнала на выходе ФС. Для этого применим разложение в ряд Фурье для периодического сигнала dcos(t). Найдем коэффициенты для разложения в ряд по косинусам:

 **bk=**0 (5)

Так как значение напряжения на выходе ФС между отсчетами времени

постоянно , то заменим интеграл на сумму :

 (6)

 (7)

 (8)

Где k - номер гармоники в сигнале

Определим коэффициент гармоник в процентах :

 (9)

Спектр сигнала на выходе ФС выглядит следующим образом:

Таким образом видно , что коэффициент гармоник достаточно велик и нужно применить ФНЧ, отсекающий высшие гармоники спектра сигнала.

**3.2.3. Перестраиваемый фильтр управляемый цифровым кодом.**

 **Электрическая схема ФНЧ:**

 

Коэффициент передачи К(f) такой схемы равен:

 (11)

R1=1КОм ; R2=R1 ; C=5 нФ.

 ЛАЧХ фильтра

Рассчитаем подавление гармоник спектра сигнала в децибелах Kпод :

 где к -номер гармоники ;

Найдем коэффициент гармоник после ФНЧ , амплитуды гармоник станут соответственно:

 (12)

 % (13)



что соответствует техническому задания (Кгарм < 1 %)

Но нам нужен перестраиваемый фильтр следовательно вместо резисторов будем использовать токовый ЦАП ***572ПА1***.

 1 - аналоговый выход 1

 2 - аналоговый выход 2

3 - общий 4 - цифровой вход 1

**572ПА1**

4

 **.**

 **.**

 **.**

 **.**

 **.**

13

15 14

 16

 1

 2

 3

5 - цифровой вход 2

6 - цифровой вход 3

7 - цифровой вход 4

8 - цифровой вход 5

9 - цифровой вход 6

10- цифровой вход 7

11- цифровой вход 8

12- цифровой вход 9

13- цифровой вход 10

14- питание Uип (+)

15- опорное напряжение Uоп

16- вывод резистора обратной связи

Для реализации динамических свойств ЦАП на выходе нужно использовать быстродействующий ОУ с коэффициентом усиления по напряжению не менее 104.

В качестве ОУ выбираем быстродействующий **К544УД2**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**Схема фильтра управляемого цифровым кодом:**



R=10 КОм ; n=10 (разрядность ЦАП).

 Rmin=10 КОм (14)

 Rmax=10 МОм (15)

Так как время установления выходного напряжения после подачи кода на

вход ЦАП уст равно 5 мкс, соответственно частота дискретизации fдискр должна быть не более 200 кГц, а с учетом того что по теореме Котельникова синусоиду можно восстановить лишь при наличии двух дискретов на период, то максимальная частота не может быть выше 100 кГц. То есть С равно:

 ; С= 1нФ (**К50‑6‑1нФх6.3 В**);



Данный фильтр управляется цифровым двоичным кодом N (этот код соответствует коду из синтезатора частот) следовательно изменяя код N будет изменяться

частота сигнала fc , сопротивление резистивной матрицы ЦАП , постоянная времени интегратор и  и соответственно частота среза фильтра fср.

**4. Вывод.**

Т.о. блок возбуждения для вихретокового преобразователя обеспечивает подачу на накладной вихретоковый датчик синусоидального сигнала амплитудой 10 мА во всем диапазоне частот 1КГц-2.5 МГц , коэффициент гармоник сигнала при этом около 0.6%, что соответствует техническому задания.

**5. Список используемой литературы.**

1) Справочник "Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы", Москва, "Радио и связь" 1989 г.

2) Справочник "Изделия электронной техники. Цифровые микросхемы. Микросхемы памяти. Микросхемы ЦАП и АЦП", Москва, "Радио и связь" 1994 г.

3) Справочник "Резисторы", Москва, "Радио и связь" 1991 г.

4) Справочник "Расчет индуктивностей", Ленинград, "Энергия" 1970 г.

5) Справочник "Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий" том 2, Москва, "Машиностроение" 1986 г.

3) В.Н. Гусев, Ю.М. Гусев "Электроника", Москва, "Высшая школа" 1991г.