Набиев Р.Н., Гараев Г.И., Рустамов Р.Р.
Исследование схем автогенераторов для емкостных датчиков

*Национальная Академия Авиации
(Азербайджан, Баку)*

doi: 10.18411/sr-10-06-2019-16

idsp: sciencerussia-10-06-2019-16

Аннотация

В статье анализированы различные схемы автогенераторов на основе цифровых логических элементов для емкостных датчиков, используемых в охранно-извещательных системах периметров аэропортов, разработана электрическая схема, состоящая из двух автогенераторов, изменение частоты резонанса которых, обеспечивает необходимую чувствительность и стабильность и адаптированы к изменениям окружающей среды. Показано, что, используя математическое ожидание или дисперсию изменения частоты, можно значительно уменьшить ложные тревоги.

Ключевые слова: авиационная безопасность, охранно-извещательная система, емкостной датчик, автогенератор, чувствительный элемент, резонансная частота, микросхем, случайные величины, дисперсия.

Abstract

In article was analyzed different schemes of auto oscillators based on digital logic elements for capacitive sensors used in security and warning systems of airports perimeters, developed an electrical circuit consisting of two auto oscillators, which change of resonance frequencies is provides the necessary sensitivity and stability, and are adapted to environmental changes. It is shown that using math expectation or variance of the frequency change, it is possible to significantly reduce false alarms.

Keywords: aviation security, guarding-warning system, capacitive sensor, autogenerator, sensitive element, resonant frequency, microcircuit, random quantities, dispersion.

Одним из направлений обеспечения авиационной безопасности является охрана периметра. Используемые с этой целью в охранно-извещательных системах, емкостные датчики, являются одним из наиболее эффективных инструментов. Конструкции емкостных датчиков имеют малый вес и их чувствительные элементы сохраняют свою работоспособность в любых метеорологических условиях. В схемном решении и в рабочем алгоритме емкостных датчиков стараются, чтобы вероятность ложной тревоги была как можно меньше.

Для регистрации изменения емкости отслеживаются изменения частоты автогенераторов на основе полупроводниковых приборов. Диапазон изменения частоты автогенератора, достаточный для необходимой чувствительности емкостного датчика, в зависимости от веса объекта (человека) и расстояния его приближения к чувствительному элементу (охраняемой зоне), зависит от схемы подключения частото задающих элементов к автогенератору [1]. В емкостных датчиках используются различные схемы автогенераторов. Для получения необходимой частоту генерируемого сигнала применяются LC контуры или RC-цепи, а для получения опорную частоту используют кварцевые резонаторы [2, 3]. Частота генерируемого сигнала, которая зависит от емкости чувствительного элемента, сравнивается с опорной частотой и по их разности формируется сигнал тревоги. Частота генерируемого сигнала, изменяется также в зависимости от изменения условий окружающей среды. При определении частоты опорного кварцевого генератора, разница между частотами может достигать до предела фоновой помехи, который приводит к ложной тревоге, когда объект не приближается к чувствительному элементу. Следовательно, адаптируя к изменениям окружающей среды путем автоматического изменения частоты автогенератора, можно повысить функциональные возможности охранно-извещательных устройств и значительно уменьшить количество ложных срабатываний.

При построении автогенераторов на цифровых микросхемах, электрические схемы получаются простыми, их параметры становятся более стабильными и повторяемыми. С учетом этого, были исследованы меняющиеся во времени резонансные частоты автогенераторов на основе цифровых микросхем. Проведено сравнительное исследование изменений собственных резонансных частот двух автогенераторов, с сопротивлениями в цепи обратной связи, собранных на отдельных печатных платах, без чувствительных элементов.

Значения частот, полученные в ходе экспериментов, проведенных в разные дни, были случайными, при этом имелись различия между частотами в сторону увеличения и уменьшения. Была резкая разница между резонансными частотами автогенераторов при смене мест микросхем или замене одного из них на другую микросхему той же марки. Это свидетельствует о зависимости частотных характеристик автогенераторов от технологического разброса параметров используемых микросхем. Поэтому, для обеспечения равенства частот в такой схеме необходим тщательный выбор используемых микросхем.

В целом, для RC-генератора емкостного датчика характерны следующие основные недостатки: параметры элементов (R и C), с одинаковыми номинальными значениями, трудно выбрать равными с высокой точностью; конденсаторы имеют эффект старения; наличие дополнительных конденсаторов в цепи снижает чувствительность емкостного датчика; применение RC цепи требует использования прецизионных элементов, что усложняет и увеличивает стоимость схемы.

Чтобы устранить эти недостатки, было решено использовать схему дифференциального емкостного датчика с двумя автогенераторами, в которых в качестве частото-задающих элементов, RLC элементы с сосредоточенными параметрами не используются. При этом, были построены схемы автогенераторов, исключив сопротивление R из цепи обратной связи в каждой схеме, что позволило микросхемам возбуждаться до максимально возможной частоты. Оба автогенератора были собраны на одной печатной плате в двух цифровых микросхемах, в каждой их схеме использовались по три логических элемента. В таком случае, при подключении к автогенераторам, симметричные чувствительные элементы, равенство их резонансных частот обеспечивается с высокой точностью, несмотря на то, что значения этих частот зависят также, от технологии изготовления микросхем.

Основное преимущество схемы состоит в том, что когда внешние воздействия меняются, характеристики автогенераторов изменяются одинаково. Потому, что логические элементы, которые находятся в одном корпусе микросхемы в четном количестве, распределены в равных количествах в каждой схеме. Это обеспечивает синхронную работу автогенераторов при изменении окружающей среды и напряжения питания, а также позволяет использовать одного из них в качестве эталонного генератора, без кварца. В то же время отпадает необходимость использовать варикап, который применяется для изменения частоты в емкостных датчиках, для адаптации к изменениям окружающей среды [4].

По результатам экспериментов были рассчитаны математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение всех вероятных значений случайной величины Δf и их соответствующие значения приведены ниже:

$$M_1(\Delta f) = 0,00270; D_1(\Delta f) = M_1[\Delta f_1] - (M_1[\Delta f])^2 = 0,000048; \sigma_1(\Delta f) = 0,0069;$$

$$M_2(\Delta f) = -0,00064; D_2(\Delta f) = M_2[\Delta f_2] - (M_2[\Delta f])^2 = 0,0000059; \sigma_2(\Delta f) = 0,00243.$$

Сравнение дисперсии случайных величин показывает, что ее значение во втором эксперименте, примерно восемь раз меньше, чем в первом ($D_2(\Delta f)/D_1(\Delta f) \approx 0,123$). Дисперсия случайной величины Δf показывает меру разброса ее значений. Возможные значения случайной величины Δf сходятся вокруг его математического ожидания, при сильно низкой дисперсии. Когда дисперсия очень высокая, концентрация этих значений вокруг одного числа невозможна.

Заключение

В двух автогенераторных схемах дифференциального емкостного датчика, используемого в охранно-извещательных системах, целесообразно уменьшить количество, или исключить полностью, элементы RLC с сосредоточенными параметрами, которые применяются в качестве частото-задающих элементов. Автогенераторы на основе логических элементов имеют более стабильные параметры. При этом изменение

частоты автогенераторов, а также адаптация емкостного датчика к изменениям окружающей среды, обеспечивается автоматически за счет изменения емкости чувствительного элемента.

Можно уменьшить ложные тревоги, при определении приближения нарушителя к чувствительному элементу, используя математическое ожидание или дисперсию изменения частоты, вместо значения разности частот между сигнальным и опорным генераторами.

1. Набиев Р.Н., Гараев Г.И., Рустамов Р.Р. Сравнительный анализ электрических схем ёмкостных датчиков // Известия ЮФУ. Технические науки. 2017, - № 3 (188). с. 51-64.
 2. Елимов С. Генераторы прямоугольных импульсов на микросхемах КМОП // Радио. 2000, -№1. с. 44, 45.
 3. Генераторы на микросхемах ТТЛ. <http://esxema.ru/?p=1084>.
 4. Галков А., Хомутов О., Якунин А. «Ёмкостная адаптивная охранная система» патент РФ № 2297671 с.2, с приоритетом от 23. 06. 2005 г. - Бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2007, №11.
-