ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНОГО ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ НА ВЕЛИЧИНУ ИХ ПАРАЗИТНОЙ ЁМКОСТИ

1. Сущность проволочных резисторов

Проволочные резисторы находят широкое применение в различной радиоэлектронной аппаратуре, измерительной технике, вычислительных и других устройствам, что обусловлено высокой стабильностью их электрических характеристик, незначительным уровнем собственных шумов, высокой точностью номинальной величина сопротивления, работоспособностью при высоких температурах и т.д.

Однако следует знать, что проволочные резисторы, как и все элементы, содержащие обмотки, имеют значительные собственные (паразитные) емкость и индуктивность, что ограничивает их применение в цепях высокой частоты. Наличие этих элементов может быть показано на эквивалентной схеме проволочного резистора (рис. 1).

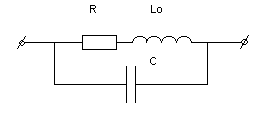


Рис.1

Здесь R - активное сопротивление резистора;

Lо -паразитная индуктивность;

Cо - паразитная емкость.

Полное сопротивление резистора на частоте W может быть определено по известной формуле

. (1)



Преобразовав (5.1) для выявления более наглядной зависимости от частоты его активной составляющей и полного сопротивления, получим

. (2)



Таким образом, хорошо видна зависимость полного сопротивления резистора от частоты. Частотные свойства резисторов характеризуется постоянной времени , которая определяется выражением



, (3)



где в сек.



Чем меньше значение , тем на более высокой частоте полное сопротивление резистора не отличается от его номинального значения. При проектировании резисторов это можно обеспечить решением прямой или обратной задачи. Прямая задача расчета частотных характеристик проволочных резисторов предполагает выбор конструкции и материалов, габаритных размеров, числа витков и диаметра резистивной проволоки, обеспечивающих необходимое значение или допустимую частотную погрешность. При решении обратной задачи следует определить Z и для предложенных конструктивных вариантов резисторов с целью выбора наиболее оптимального из них. Так как решение прямой задачи сопряжено со значительными трудностями, то на практике чаще применяют обратную задачу, когда определяют С0 и L0 резисторов для различных вариантов данного номинального сопротивления.



Следует иметь в виду, что при проектировании высокочастотных проволочных резисторов (с малым значением ) можно использовать два метода:



1) компенсации, когда составляющие от емкости и индуктивноcти компенсируют друг друга;

2) независимого уменьшения С0 и L0. Его применяют чаще, так как первый метод сложен и трудоемок, особенно если резистор работает в диапазоне частот.

В данной работе исследуют зависимость паразитной емкости от длины и диаметра намотки однослойного проволочного резистора методом теории многофакторного эксперимента.

Для таких резисторов с каркасами круглого сечения из диэлектрика со значением диэлектрической проницаемости е в пределах 1-2 величина паразитной емкости С0 может быть определена из выражения

, (4)



где - в пФ; D-диаметр намотки резистивного элемента, см; - шаг намотки, мм; - диаметр провода намотки без изоляции, мм;



В (4) значение материала каркаса в явном виде не входит, но величина резистора существенно зависит от нее. С учетом этого параметра полная собственная емкость резистора может быть определена по формуле



(5)



где С0 - в пФ; m- коэффициент, зависящий от типа намотки.

2. Описание лабораторной установки

В работе используется набор проволочных резисторов и измеритель добротности типа Е9 -4.

Принцип измерения проволочных резисторов заключается в следующем. К клеммам прибора " LX " подключают резистор, образующий с измерительным конденсатором прибора колебательный контур (резистор выполняет роль катушки индуктивности), который настраивается в резонанс на частоте при величине измерительной емкости внутреннего генератора =50пф. Затем устанавливают частоту /2 и измерительным конденсатором снова добиваются резонанса (емкость С2).



Паразитную емкость резистора определяют по формуле



(6)



где ; .



Набор резисторов состоит из пяти проволочных резисторов с однослойным резистивным элементом на сплошных цилиндрических каркасах из текстолита и сопротивлением 4 Ом каждый, причем один из них имеет "нулевые" диаметр и длину намотки (в каркасе выполнено отверстие).

3 Порядок выполнения работы

3.1 Получив допуск к работе и разрешение на включение прибора E9-4, включаем его в сеть и даём ему прогреться в течении 8-10 мин. За это время знакомимся с макетом и намечаем порядок измерения емкости проволочных резисторов.

Для этого заполняем таблицу исходных данных (табл. 1).

Таблица 1 - Таблица исходных данных

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фактор | Обозначе-ние | Исходный  нулевой  уровень | Интервал  варьиро-  вания | Верхний  уровень | Нижний  уровень |
| Диаметр намотки, мм | D | 18,5 | 6,5 | 25 | 12 |
| Длина намотки, мм |  | 25 | 7 | 32 | 18 |
| Сопротивле- ние резисто-  ров, Ом | R | 4 | 0 | 4 | 4 |

значение материала каркаса входит в Х0 .



Затем составляем таблицу, куда вносим результаты измерений и значения расчетных параметров (табл. 2).

Таблица 2 - Результаты эксперимента

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Измеряемый резистор | Факторы | | | | Измерение, фактическое значение | | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|  | + | - | - | + |  |  |  | 10 | 1 | 9,78 |
|  | + | - | + | - |  |  |  | 9,6 | 0,2 | 9,78 |
|  | + | + | - | - |  |  |  | 9,7 | 0,16 | 9,71 |
|  | + | + | + | + |  |  |  | 9,5 | 0,1 | 9,78 |

3.3 Определяем значения и по формулам



=; (7)



(8)



и записываем их в столбцы 9,10 табл.

=



= 9,6, = 0,2



=9,7



= 0,16



= 9,5



= 0,1



3.4 Исключаем грубые ошибки из результатов измерений.

; . (9)



= 1,15 =1,15 = 1,15 =1,15



= 0,72 =1,4



= 1,15 =1,15



3.6 Проверяем однородность построчных дисперсий по критерию (статистике) Корена по формуле



(10)



=0,68



где - наибольшая из всех N построчных дисперсий. При этом необходимо иметь в виду, что здесь и . По уровню значимости = 0,05 и значением и из распределения Корена находят табличное значение .



Для значений и N в данном эксперименте табличное значение статистики Корена = 0,41. Если окажется, что , то оценка считается однородной. В противном случае построчные дисперсии не однородны и не выполняется основное допущение регрессивного анализа равноточности измерений отклика во всех строках плана, что делает бессмысленной дальнейшую обработку результатов эксперимента и требует повторных измерений .



3.7 Определить дисперсии воспроизводимости no формуле



. (11)



= 0,365



В этом случае со статистикой связано число степеней свободы.



3.8. Для принятого в данной работе уравнения регрессии

(12)



определяем - коэффициенты в скалярной форме по формуле



, (13)



3.9 Проверяем статистическую значимость этих коэффициентов по критерию Стьюдента

, (14)



где - оценка среднеквадратичного отклонения коэффициента.



,



,



,



,



3.10 Проверяем адекватность модели с использованием критерия Фишера путем нахождения дисперсии адекватности по формуле

, (15)



n = 3

l = 3

=96



где - среднее значение отклика в n- точке плана;



- предсказанное значение отклика в той же точке плана



- общее число значимых коэффициентов в уравнении регрессии



n - число параллельных опытов во всех точках плана (n=3).

После этого определяют расчетное значение

, (16)



с которым связано число степеней свободы дисперсии адекватности число степеней свободы дисперсии воспроизводимости.



ВЫВОД

Была исследована зависимость собственной ёмкости проволочного резистора от конструктивного выполнения.

Выяснилось, что величина собственной ёмкости зависит от диэлектрической проницаемости каркаса, диаметра намотки резистивного элемента, шага намотки, диаметра провода намотки без изоляции. Увеличение диаметра намотки резистивного элемента приводит к увеличению собственной ёмкости. С увеличением шага намотки собственная ёмкость уменьшается.