

Межрегиональное общественное учреждение
“Институт инженерной физики”
(научное, образовательное и производственное учреждение)

В НОМЕРЕ

**ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ**

2 А.В. Лучин, Г.С. Бут, Е.А. Строганов, С.В. Степанов. Распределение активных нагрузок в системе автономного электроснабжения с перестраиваемой структурой первичных источников электрической энергии

6 В.М. Дунилин, А.Г. Попов, А.А. Масликов. Математическая модель доказательства эффекта монотонного накопления заряда на дифференциальном конденсаторе при прохождении через него переменного тока

10 С.А. Лычагов, С.В. Антонов, А.С. Лычагов. Наведение летательного аппарата на основе метода линии аналитического визирования с требованием по углу пикированиям

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

14 В.П. Пашинцев, В.А. Шевченко, А.О. Наумов, А.Д. Скорик.

Модифицированная граница Рао-Крамера для дисперсии оценки задержки навигационных сигналов с ВОС-модуляцией

20 В.А. Коломбет, В.Н. Лесных, Е.В. Коломбет. Особенность проявления фрактальной системы утраивающихся периодов в телевидении и мобильной телефонии

25 К.Ю. Цветков, Е.С. Абазина, А.А. Ерунов. Алгоритм кодового уплотнения скрытых каналов с учетом приоритетов абонентов

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

32 А.К. Никитин, Н.С. Кукин. Извлечение уникальной информации из различных изображений объекта в одних и тех же условиях

36 А.Р. Мурадова, Н.С. Кукин. Детектирование перемещения объекта на расстоянии меньше одного пикселя по серии его изображений

40 А.И. Бочаров, В.А. Гапоненко. Разработка критерия выбора рационального набора типов инженерно-технических средств обнаружения для базовой структуры технических средств охраны

45 С.В. Суханов, А.М. Рязанцев, П.А. Сусакин, И.О. Глотова. Алгоритм генерации случайных последовательностей с прореживающей физически неклонированной функции на базе СОЗУ

50 Е.В. Умников. Виртуальный робототехнический полигон: от систем моделирования кинематики роботов к виртуальной среде управляемого симулирования изменчивого окружения роботов и природных процессов

54 Д.Б. Николаев, А.П. Мартынов, И.А. Мартынова. Криптографические системы и метод факториального сжатия информации

58 А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, В.А. Немонтов, А.В. Лекарева. Постановка задачи прогнозирующего управления мобильным гусеничным роботом

65 Т.Х. Ахмедов, А.С. Пономарёва. Особенности пограничного слоя быстромашущего крыла

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ

71 В.В. Редькин, А.А. Коробков, М.В. Кулик. Эмпирические уравнения состояния для определения термодинамических параметров и фазового равновесия смесей метана с его гомологами при расчетах систем регазификации сжиженного природного газа

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И РОБОТОТЕХНИКА

76 Е.В. Поезжаева, А.А. Новикова, К.Н. Поликарпова, В.А. Сайкинова. Робот для диагностики вредных примесей в воздухе

СОВРЕМЕННАЯ МЕДИЦИНА И ФАРМАЦЕВТИКА

79 В.К. Курочка, А.Н. Царьков. От медицины сегодняшнего дня до персонализированной медицины будущего

83 Г.Р. Иваницкий, Е.И. Маевский, С.В. Смууров, Е.П. Хижняк, Л.Н. Хижняк. Повышение диагностической информативности инфракрасных изображений с использованием методов нелинейного контрастирования

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

90 Д.В. Шугалей, Н.В. Паков. Формирование культуры здоровьесбережения курсантов военных вузов, факторы влияющие на сохранение их культуры здоровьесбережения

95 И.А. Бугаков, П.И. Медведев, А.Н. Царьков. Дополнительное профессиональное образование в условиях глобализации образовательного пространства

Научно-технический журнал

**ИЗВЕСТИЯ
Института инженерной физики**
№4(42)2016

Издается с апреля 2006 г. Выходит ежеквартально

Решением Президиума ВАК включен в
«Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий»

Главный редактор, председатель
редакционного совета
и редакционной коллегии

Алексей Николаевич Царьков
Президент – Председатель Правления МОУ «ИИФ»,
заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Редакционный совет

Геннадий Иванович Азаров
заместитель генерального директора – директор
Департамента телекоммуникационных систем
ФГУП «ЦНИИ ЭИСУ»,

заслуженный деятель науки РФ, заслуженный
изобретатель РФ, лауреат Государственной
премии РФ, лауреат премии Правительства РФ,
доктор технических наук, профессор

Сергей Владимирович Дворянкин
начальник департамента Государственной
корпорации «РОСТЕХ» ОАО КРЭТ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Анатольевич Донченко
заместитель начальника Главного научно-
исследовательского испытательного центра
робототехники по научно-исследовательской и
испытательной работе Министерства обороны РФ,
доктор технических наук, профессор

Николай Михайлович Емелин
заместитель директора ФГБНУ «Госметодцентр»
по научной работе,
заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук, профессор

Валерий Иванович Николаев
научный референт ОАО «Концерн “Созвездие”»,
доктор технических наук, профессор

Владимир Георгиевич Редько
заместитель руководителя Центра
оптико-нейронных технологий НИИ
системных исследований РАН,
доктор физико-математических наук

Юрий Александрович Романенко
заместитель главы администрации города
Протвино, заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор

Анатолий Васильевич Тодосийчук
заместитель руководителя аппарата Комитета
Государственной Думы по науке
и наукоемким технологиям,
почетный работник науки и техники РФ,
доктор экономических наук, профессор

Игорь Анатольевич Шерemet
заместитель директора Российского фонда
фундаментальных исследований по науке,
доктор технических наук, профессор

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.382.8

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭФФЕКТА
МОНОТОННОГО НАКОПЛЕНИЯ ЗАРЯДА
НА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ КОНДЕНСАТОРЕ
ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ НЕГО
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА**

**THE MATHEMATICAL MODEL IS EVIDENCE
OF THE EFFECT OF THE MONOTONOUS
ACCUMULATION OF CHARGE
ON THE DIFFERENTIAL CAPACITOR
DURING THE PASSAGE THROUGH
IT OF ALTERNATING CURRENT**

Виктор Михайлович Дунилин

старший научный сотрудник
Управление прочностных исследований
и технической диагностики
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04
E-mail: upitd@iifmail.ru

Алексей Геннадьевич Попов

кандидат технических наук
начальник Управления прочностных
исследований и технической диагностики
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04
E-mail: upitd@iifmail.ru

Александр Альбертович Масликов

доцент
филиал «Протвино» Университета «Дубна»
старший научный сотрудник
Управление прочностных исследований
и технической диагностики
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов,
Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)12-80-04
E-mail: upitd@iifmail.ru

Аннотация

В статье приводится математическая модель эффекта накопления заряда переменным напряжением на емкости дифференциального конденсатора.

Ключевые слова: дифференциальный конденсатор, емкость, накопление заряда, нелинейная зависимость.

Summary

The article presents a mathematical model of the effect of the accumulation of the charge AC voltage on the capacitance of the differential capacitor.

Keywords: the differential capacitor, capacitance, charge accumulation, nonlinear dependence.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Интерес к исследованию данного эффекта был вызван публикациями [1] с предложением использования его как выпрямителя тепловых шумов в проводниках и перевода кинетической энергии тепловых шумов зарядов проводников в потенциальную энергию разности потенциалов на конденсаторе.

В статье представляется математическая модель для подтверждения наличия физического эффекта накопления заряда на емкости дифференциального конденсатора путем сравнения времени заряда и разряда емкости на заданную величину напряжения через постоянный резистор R .

Дифференциальный конденсатор представляет собой емкость, величина которой меняется от приложенного напряжения. Такой эффект наблюдается, например, при использовании полимерной или полупроводниковой изоляции между обкладками конденсатора. Изменение величины емкости происходит нелинейно относительно приложенного напряжения (рисунк 1).

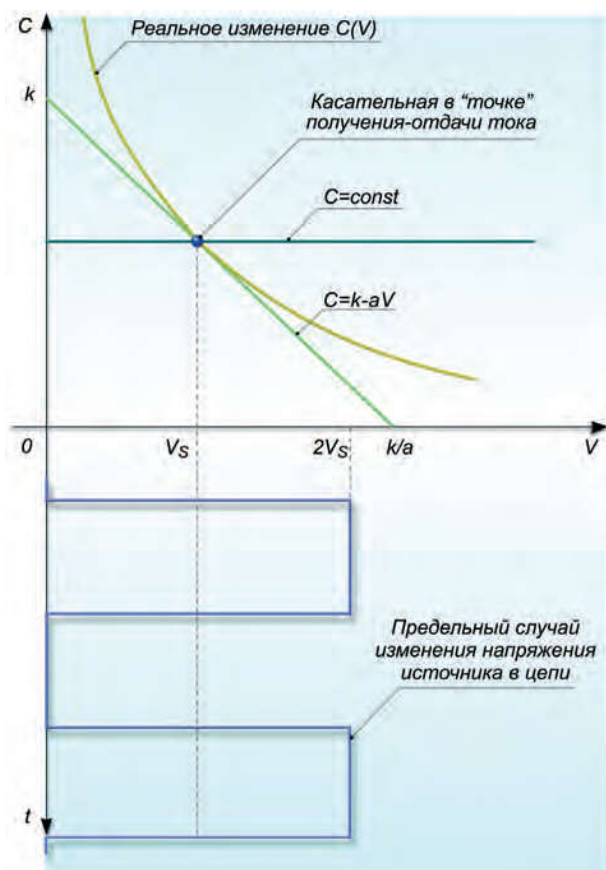


Рис. 1. Зависимости емкости дифференциального конденсатора от напряжения и эпюры напряжения источника в цепи

Схема подключения конденсатора к переменному напряжению амплитудой V_S представлена на рисунке 2.

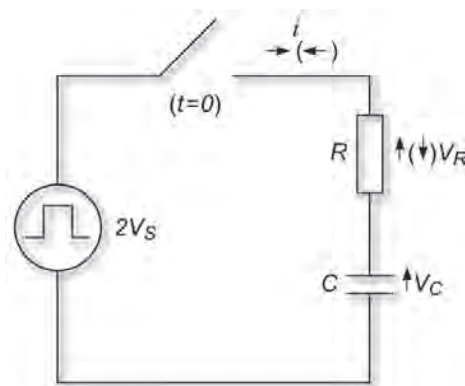


Рис. 2. Схема подключения конденсатора к источнику переменного напряжения

Уравнение Кирхгофа для этой цепи имеет вид:

$$2V_S = V_R + V_C$$

или

$$2V_S = iR + V_C \quad (1)$$

где V_S – амплитуда переменного напряжения; V_R – напряжение на балластном резисторе; V_C – напряжение на дифференциальной емкости; i – ток заряда дифференциальной емкости; R – величина балластного резистора.

Считаем, что от момента появления напряжения $2V_S$ в цепи с разряженной емкостью ($V_C=0$) проходит достаточное время для ее полного заряда. Напряжение на заряженном конденсаторе достигает величины $V_C=2V_S$.

Считаем, что от момента снятия напряжения $2V_S$ в цепи с заряженной емкостью ($V_C = 2V_S$) проходит достаточное время для ее полного разряда до величины напряжения $V_C=0$. Рассмотрим последовательно процессы заряда и разряда дифференциального конденсатора.

Заряд емкости дифференциального конденсатора

Определим время заряда конденсатора согласно уравнению (1).

Аппроксимируем нелинейность емкости линейной зависимостью ее от приложенного напряжения (рисунк 1). Линейная зависимость выражается уравнением касательной к нелинейной зависимости в некой точке с величиной емкости C и напряжением на ней V_S . Уравнение для емкости конденсатора имеет вид:

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

$$C = k - aV, \quad (2)$$

где k, a – коэффициенты уравнения аппроксимирующей касательной в зависимости емкости от приложенного напряжения;
 V – напряжение на конденсаторе.

Зависимость тока в цепи с конденсатором имеет вид:

$$i = \frac{dQ}{dt}, \quad (3)$$

где Q – заряд на емкости C .

Учитывая, что $Q = CV$ имеем:

$$i = \frac{d(CV)}{dt}. \quad (4)$$

Определяя производную (4) с учетом (3) получаем:

$$i = (k - 2aV) \frac{dV}{dt}. \quad (5)$$

Подставляя значение тока (5) в (1) получаем дифференциальное уравнение:

$$\frac{dV}{dt} R(k - 2aV) + V - 2V_s = 0. \quad (6)$$

Решая, полученное дифференциальное уравнение с учетом начальных условий, получаем уравнение зависимости времени заряда емкости от напряжения:

$$t = 2aR \left[V + (2V_s - \frac{k}{2a}) \ln(1 - \frac{V}{2V_s}) \right]. \quad (7)$$

Разряд емкости дифференциального конденсатора

Рассмотрим процесс разряда конденсатора для оценки величины времени разряда. Уравнение Кирхгофа для процесса разряда примет вид:

$$0 = V_R + V_C$$

или

$$0 = iR + V_C. \quad (8)$$

Подставляя (2) и (5) в (8) получаем дифференциальное уравнение:

$$\frac{dV}{dt} R(k - 2aV) + V = 0. \quad (9)$$

Решая дифференциальное уравнение с учетом начальных условий, получаем зависимость времени разряда конденсатора от напряжения:

$$t = 2aR \left[V - 2V_s + \frac{k}{2a} \ln(\frac{2}{V} V_s) \right]. \quad (10)$$

Для наглядности полученных результатов подставим в формулы для времен следующие значения параметров: $k = 9, a = 1, R = 1, V_s = 2$.

Графики процессов заряда-разряда в одном цикле приложения-снятия напряжения представлены на рисунке 3.

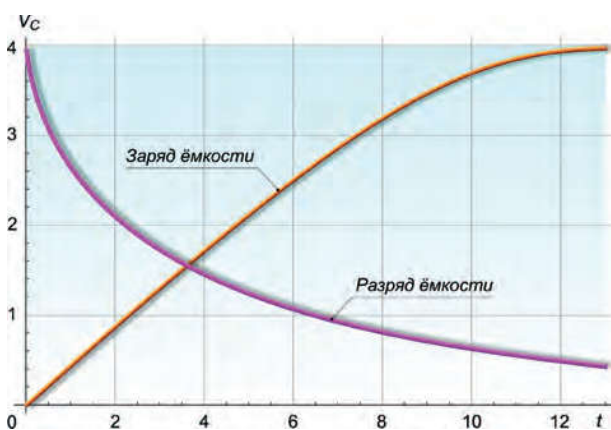


Рис. 3. Графики заряда и разряда дифференциального конденсатора

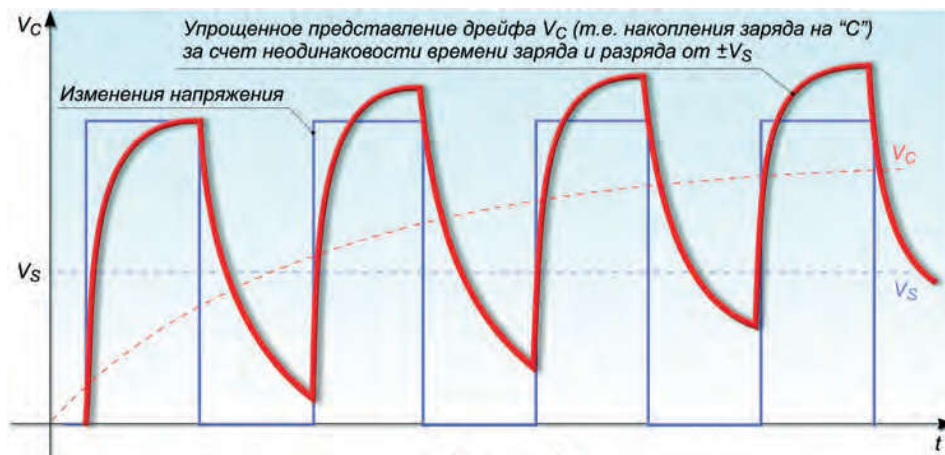


Рис. 4. Представление накопления разности потенциала на емкости дифференциального конденсатора

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

Иллюстрация изменения разности потенциалов на емкости дифференциального конденсатора при приложении периодического сигнала со «скважностью» 2 представлена на *рисунке 4*.

Подобная упрощенная модель необходима для подтверждения существования эффекта накопления заряда на емкости дифференциального конденсатора в электрических цепях подобных представленной на *рисунке 2*.

Выводы

Приведенное математическое моделирование доказывает наличие эффекта накопления заряда на дифференциальном конденсаторе при

заряде его переменным напряжением через балластный резистор.

Данный эффект не проявляется при заряде-разряде обычного конденсатора, емкость которого не зависит от приложенного напряжения.

Для практического применения эффекта необходимо построение более точной математической модели дифференциального конденсатора для дальнейшего исследования и оптимизации параметров электрической цепи для конкретных практических применений.

Литература

1. Виноградов Ю.Е. Другая энергетика // ЭКО, 2006. №3. С. 21-42.