



Рис. 1. Изменение давления во времени: — в надплунжерной полости; ···· в полости штуцера; --- в полости распылителя; -·-·- в центре трубы

Литература

1. Малиованов М.В. Динамическая теория ДВС (целесообразность создания и этапы разработки) // Изв. ТулГУ. Сер. "Автомобильный транспорт". Вып. 2. – Тула: ТулГУ, 1998. – С. 189-196.
2. Грехов Л.В. Использование линеаризованного распада разрыва для расчета топливоподачи в дизелях // Автомобильные и тракторные двигатели: Межвузовский сборник научных трудов. Вып. XVI. – М.: МАМИ, 1999. – С 81 – 85.

РЕЗОНАНСНАЯ МОДЕЛЬ ОБРАТИМОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРОБОЯ ПОЗИСТОРА

Богомольный В.М., Матвеев А.В. (Московский Государственный Университет Инженерной Экологии);

Сформулирована модель начальной обратимой стадии электротермического пробоя позистора. На основе анализа вольт-амперных характеристик (ВАХ), дано обоснование выбора параметров позисторов, используемых для нагрева дизельного топлива, в терморегуляторах (типа ТРП-16, ТС5-1) и для защиты от перегрузок. Если в цепь пусковой обмотки электродвигателя ввести позистор, обеспечивается не только бесконтактность автоматического управления, но также появляется возможность поддерживать постоянный момент на валу ротора с помощью остаточного тока [1].

При прохождении тока через позистор возможны следующие нелинейные физические явления: джоулев и диэлектрический нагрев, инжекция в полупроводник электронов из металлических электродов, фазовый переход. Этот комплекс нелинейных эффектов приводит к образованию N – образного участка на ВАХ позистора [1,2].

Экспериментально установлено, что в случае нагрева позистора током, его сопротивление оказывается меньше, чем при нагревании внешней средой [1], так

как сопротивление позисторов зависит не только от температуры, но и от величины приложенного к позистору напряжения.

В системах автоматического управления электрическими машинами и приборами в качестве терморегуляторов и источников тепла используются позисторы на основе полупроводниковой керамики – титаната бария ($BaTiO_3$). В двигателях внутреннего сгорания позисторная керамика может быть использована для подогрева масла зимой и в карбюраторах для более эффективного сгорания топлива. Конструкция позистора представляет собой тонкослойную структуру металл-диэлектрик-металл (МДМ), для которых сформулирована в этой работе математическая модель.

Недостатком позисторов является сравнительно большое время срабатывания (порядка нескольких минут) [3,4]. Для увеличения пускового момента электрических двигателей, а также лучшего переключения и регулирования скорости вращения целесообразно использовать резонансный LRC колебательный контур. Если в качестве нелинейного сопротивления с положительным температурным коэффициентом сопротивления (ПТКС) использовать позистор, то одновременно с улучшением пусковых характеристик можно обеспечить защиту электродвигателя по току и напряжению [1,4].

Резонансный режим увеличивает пусковой момент примерно в 2,0 – 3,2 раза, однако КПД при этом не увеличивается. Резонансный режим в RLC контуре выгодно отличается от других способов параметрического возбуждения тем, что вектор тока опережает вектор ЭДС источника питания. Это обеспечивает «захват» резонансной частоты.

При параллельном соединении позистора и линейного резистора их суммарная ВАХ значительно отличается от ВАХ одного позистора. Подбирая величину линейного резистора, можно создать на ВАХ участок отрицательной дифференциальной проводимости, когда элемент цепи «позистор - линейный резистор» ведет себя как активный элемент – автогенератор и усилитель тока. При этом ВАХ может быть аппроксимирована кубической параболой. Для параллельно-соединенных позисторов ТС5-1 ($R_{020} = 50 \text{ Ом}$) и линейного резистора с сопротивлением $r = 6R_{020}$ ВАХ имеет вид [1]:

$$I = aU - gU^3, \quad (1)$$

где $a = 2,15$, $g = 13,2$ известные из эксперимента постоянные величины.

В соответствии с законом Кирхгофа имеет:

$$I = I_R + I_L + I_C, \quad (2)$$

где I_R - ток в элементе цепи «позистор–линейное сопротивление», I_L , I_C - токи в индуктивности и конденсаторе, которые определяются следующими выражениями

$$I_R = \frac{U}{R}, \quad I_L = \frac{dI_L}{dt}, \quad I_C = \frac{dU}{dt}. \quad (3)$$

Подставляя (1) в (2) с учетом (3) получим дифференциальное уравнение колебаний LRC – контура

$$U \left[\frac{a}{C} + \frac{1}{RC} + \frac{3gU^2}{C} \right] + \frac{1}{LC} U = 0. \quad (4)$$

Из последнего выражения получим нелинейное уравнение генератора Ван-дер-Поля

$$C\ddot{U} + (a + bU^2)\dot{U} + w_0U = 0, \quad (5)$$

$$\text{где } a = \frac{a}{C} + \frac{1}{RC}, \quad b = \frac{3g}{C}, \quad w_0 = \frac{1}{LC}.$$

Теория нелинейных динамических систем и представление о предельных циклах в фазовой плоскости (в системе координат t, U) объясняют возникновение устойчивых автоколебаний.

Температуру нагрева позистора можно вычислить по формуле

$$\Delta T = I_e E t / C_0 r, \quad (6)$$

где I_e - ток электронов, E - напряженность электрического поля, t - время «пробега» электронов, C_0 - теплоемкость полупроводниковой керамики на основе титаната бария.

Ток электронов вычисляем по формуле

$$I_e = e m n E, \quad (7)$$

где e, m - заряд и подвижность электронов, n - концентрация электронов.

Величина n вычисляется по формуле

$$n = C_{II} U / e h q, \quad (8)$$

где C_{II} - емкость позистора, U - напряжения на его электродах, h - толщина позистора, функция q характеризует процесс освобождения электронов из «ловушек» и определяется выражением

$$q = 1 + \frac{N_t}{N_C} \exp\left(\frac{\Delta E}{RT}\right), \quad (9)$$

где N_t - концентрация ловушек («центров захвата» электронов), N_C - концентрация инжектированных из металлических электродов в полупроводниковую керамику электронов, ΔE - энергия активации титаната бария, R - постоянная Больцмана, T - температура.

Напряженность электрического поля и время «пробега» электронов вычисляются по формулам

$$E = \frac{U}{h}, \quad t = \left(\frac{h^2}{mU}\right) q, \quad (10)$$

Из выражения (6) с учетом (7) – (10) следует

$$\Delta T = \frac{x}{4prC_0} \left(\frac{U}{h}\right)^2.$$

Выводы:

Приведенные формулы дают теоретическое обоснование выбора конструктивных параметров позисторов. Термоупругие механические напряжения определяют ресурс работы позисторов и их оптимальные геометрические параметры, методика их расчета дана в [5].

Из асимптотического решения уравнения (5) следует, что в фазовой плоскости существует устойчивый предельный цикл, анализ которого позволяет выбрать параметры LRC – колебательного контура. Температура позистора при прохождении переменного тока является основной рабочей характеристикой и в точной постановке определяется в [6].

Литература.

1. Минкин С.Б., Шашков А.Г. Позисторы / М.: Энергия, 1973.
2. Полупроводники на основе титаната бария. / Пер. с яп. М.: Энергия, 1982.
3. Материалы для изготовления позисторов / Андреев Ю.В., Лейкина Б.Б., Текстер-Проскуракова и др. / Электронная промышленность / 1986. №5. с. 67-69.
4. Кустов Т.В. Разработка технологии материалов и позисторов на их основе для защиты от электрических перегрузок // Автореф. дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. СПб.: СПб. гос. электротехн. ун-т им. В.И. Ульянова-Ленина. 1997. 15с.
5. Шут В.Н., Гаврилов А.В. Температурные напряжения в терморезисторе // И.Ф.Ж. 2009. Т.82. №5. с. 981-983.
6. Богомольный В.М. Преобразователи информации / М.: МГУС. 2003.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ПНЕВМОКЛАПАНА БОЛЬШОГО РАСХОДА ГАЗА В КОНСТРУКЦИИ SMART AIRBAG

Булович С.В., Виколайнен В.Э., Гончарова Е.Ю., Григорьев В.В., Петров Р.Л. (Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, СПбГПУ);
Исаков С.Н., Юркин С.В. (ООО НПП «ИСТА»);

Первую подушку безопасности для автомобиля в 1953 году запатентовал американский инженер Джон Хэттрик. Ее наполнение производилось при помощи сжатого воздуха из баллона. С тех пор практически на всех серийных автомобилях устанавливается от 2 до 6 подушек безопасности. При этом постоянно совершенствуются как отдельные элементы, так и концепция устройства в целом. Например, запатентованы подушки безопасности для аварийной посадки вертолета в режиме авторотации, на железнодорожном транспорте, препятствующие опрокидыванию цистерн.

Перечислим наиболее существенные недостатки в современных конструкциях подушек безопасности. В первую очередь они связаны с применением в качестве газогенератора твердотопливных высокоэнергетических материалов. Во-первых, при использовании порохового заряда в качестве газогенератора трудно, даже при наличии компьютера в системе управления процесса наполнения газом подушки безопасности, обеспечить требуемый закон изменения давления в «мешке» в зависимости от времени. Это касается как стадии наполнения подушки безопасности, так и последующей стадии сброса давления. Известны случаи, когда срабатывание подушки безопасности причиняло больший ущерб пассажирам, чем последствия от экстренного торможения и деформации корпуса автомобиля. Во-вторых, использование для наполнения подушки безопасности продуктов горения приводит к нежелательному контакту открытых участков тела пассажиров с высокотемпературной средой. Наличие в газе, наполняющем подушку безопасности, дисперсионной фазы может приводить к серьезным ожогам.

В настоящее время выработана концепция так называемого «умного airbag». В зависимости от массы пассажира, положения его тела и информации с датчиков