

**СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»**  
**ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА, ЭНЕГООЭФФЕКТИВНЫЕ**  
**ТЕХНОЛОГИИ»**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ**  
**ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Суворова Н.В. - студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В., Суворов А.В.,

Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Для создания напряжений, питающих аппаратуру экспериментальной физики, для создания опорных напряжений компараторов и аналого-цифровых преобразователей (АЦП), а также создание напряжений, изменяющихся по требуемому математическому закону для имитации энергетического воздействия и т.д., нужны электрические источники ЭДС нового поколения – источники, управляемые микро-ЭВМ.

Наибольшую потребность представляют прецизионные источники питания с любым шагом и точностью выставляемых напряжений за счет применения цифровых технологий.

В основу таких источников положены многоразрядные цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), рисунок 1.

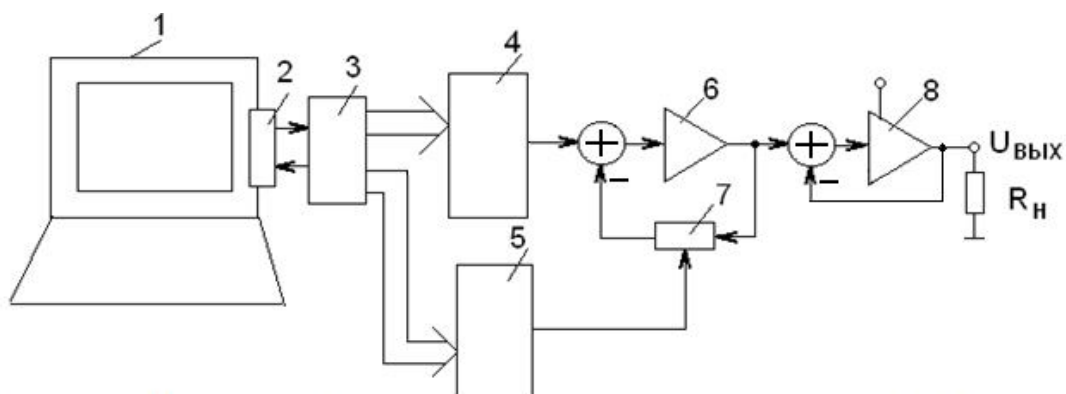


Рисунок 1. Упрощенная схема управляемого лабораторного источника питания.

Цифровой сигнал с микро-ЭВМ (рис. 1, поз. 1) через универсальный последовательный порт (поз. 2, USB-порт) поступает на контроллер (поз. 3). Цифро-аналоговый преобразователь (поз. 4) преобразует двоичный код в аналоговый сигнал, соответствующий выставляемому напряжению при коэффициенте усиления  $k_V = 1$  масштабного усилителя (поз. 6). Он задаёт коэффициент масштаба за счёт изменения коэффициента  $\gamma$  цепи обратной связи (поз. 7). Управляющий сигнал изменяет глубину обратной связи усилителя, который поступает через ЦАП (поз. 5) и USB-контроллер (поз. 3). Тогда напряжение на выходе  $U_{\text{вых}} = U_{(\text{цап})} \cdot k_V$ , где  $U_{(\text{цап})}$  – напряжение на выходе ЦАП,  $k_V$  – коэффициент усиления усилителя 6.

В качестве усилителя мощности 8 используется повторитель напряжения или транзистор, включенный по схеме с общим коллектором.

Шаг преобразования напряжения рассчитывается по формуле  $\Delta U = \frac{U_{\text{оп}}}{2^n}$ ,

где  $U_{\text{оп}}$  – опорное напряжение,

$n$  – количество разрядов ЦАП.

При разрядности ЦАП равной  $n = 10$  относительная точность выходного напряжения не менее 0,1%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коломбет Е.А. Применение аналоговых микросхем. М.: Радио и связь, 1990.
2. Мещеряков Ю.Г. Электротехника: Учебное пособие, Кн. Электроника.- Барнаул:Изд-во АлтГТУ, 2006.- 140 с.

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, РЕГИСТРИРУЕМЫХ ВИРТУАЛЬНЫМИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ПРИБОРАМИ

Суворова Н.В. - студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В., Суворов А.В.,

Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В быстропротекающих процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) необходимо оценивать не только саму динамику, но и температурно-энергетические параметры. Для решения задач связанных с регистрацией, анализом аналого-цифровых преобразований применяются несколько устройств: датчик, цифровой осциллограф, самописец [1]. Как правило, каждое устройство требует наличие свободного интерфейсного разъема (обычно LPT) и отдельного источника питания. К тому же профессиональная измерительная аппаратура, например, выпускаемая в США, Англии под маркой Techtronics и Adgilent, не по карману не только лабораториям разработчиков, но даже и не очень крупным фирмам. В тоже время появление новых микроконтроллеров с богатым набором периферии и поддержкой высокоскоростного канала обмена данными с компьютером, не требующих дополнительных источников питания, позволяет создать компактное устройство, сочетающие в себе выше перечисленные функции. Таким устройством может являться USB - осциллограф (BM8220), прибор, управляемый микро ЭВМ, с датчиком преобразования оптических величин в аналоговый электрический сигнал. Техническая характеристика аналого-цифрового преобразователя в режиме осциллографа и самописца представлена в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики

<b>Осциллограф</b>	
Количество каналов	2
Частота дискретизации	100 Гц ... 200 кГц
Глубина памяти	
Чтение через буфер	1126 отсчетов/канал(1канал), 563 отс/кан (2 канала)
Потоковое чтение	64К отсчетов/канал (1 и 2 канала)
Входное напряжение	-20...+20 В (аппаратно 2 поддиапазона)
Разрядность АЦП	10 бит Абсолютная (по нарастающему/спадающему фронту), дифференциальная (по разнице между соседними отсчетами)
Синхронизация	Внешняя (по нарастающему/спадающему фронту ТТЛ уровни)
Оконные функции	Хамминга, Ханнинга, Блэкмана, Блэкмана-Харриса
<b>Самописец</b>	
Частота дискретизации	0,01 Гц ...200 кГц
Максимальное время за-	24 часа при $F_d < 100\text{Гц}$

писи	
Входное напряжение	-20...+20 В (аппаратно 2 поддиапазона)
Разрядность АЦП	10 бит

На рисунке 1 приведена схема включения фотоприёмника [2] с  $S_1 = 17 \text{ мА/лм}$ ,  $I_y = 10 \text{ мкА}$ ,  $V_{\text{П}} = 12,6 \text{ В}$ ,  $\Phi_{\text{max}} = 0,035 \text{ лм}$  во вход интегрального операционного усилителя К140УД1Б с коэффициентом усиления 100 [3].

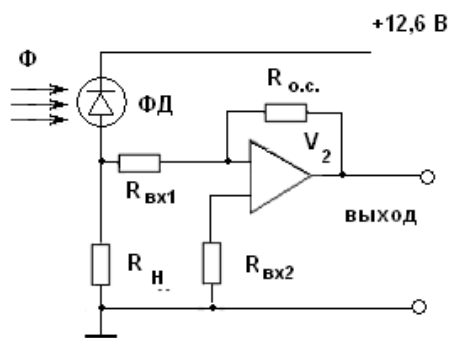
Сопротивление нагрузки при  $\Phi_{\text{max}} = 0,035 \text{ лм}$  согласно формуле

$$R_{\text{н max}} \leq \frac{V_{\text{П}}}{I_y + S_1 \Phi_{\text{max}}} = \frac{12,6}{10 \cdot 10^{-6} + 17 \cdot 10^{-3} \cdot 0,035} \approx 2 \cdot 10^4 \text{ Ом.}$$

Максимальная вольтовая чувствительность фотоприёмника

$$S_{\text{v max}} = S_1 R_{\text{н max}} = 17 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^4 = 340 \text{ В/лм.}$$

Параметры схемы по расчёту получили следующие значения:  $R_{\text{н}} = 20 \text{ кОм}$ ,  $R_{\text{вх1}} = R_{\text{вх2}} = 2 \text{ кОм}$ , сопротивление обратной связи  $R_{\text{о.с.}} = k R_{\text{вх1}} = 200 \text{ кОм}$ .



Используя 10-разрядный АЦП в измеряемом диапазоне напряжений от  $0 \div 20 \text{ В}$  и частоте дискретизации  $f_{\text{д}} = 200 \text{ кГц}$ , имеем соответственно диапазон регистрируемых оптических величин: световой поток от  $0 \div 5,9 \cdot 10^{-2} \text{ лм}$ , с шагом дискретизации  $\Delta \Phi = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ лм}$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

- Рисунок 1. Аналоговый тракт фотоприёмника**
1. Коротких В.М., Соснин С.А., Золотов О.В. Многофункциональный аналого-цифровой измеритель физических величин. Юбилейная 60-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвященная 60-летию АГТУ.- Барнаул, 2002. Г. Г.
  2. Г. Г. Ишанин. Приёмники излучения оптических и оптико-электронных приборов. - Л.: Машиностроение, 1986.- С. 57.
  3. Коломбет Е.А. Применение аналоговых микросхем. М.: Радио и связь, 1990.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОДВИЖНОСТИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПЛАЗМЕ

Лялин М.Е.- студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В.,  
Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Известно, что электрическое и магнитное поле влияет на заряженные частицы и вызывает изменение их скорости, которая во многом зависит от их массы, степени ионизации, концентрации, гетерогенности и т.д. [1]. Во многих технологических процессах, использующих нанесение покрытий, энергию переноса связывают с качеством и эффективностью. Вот почему, правильное выделение и интерпретация сигналов управления функционально определённых с подвижностью заряженных частиц является главным моментом в создании энергоэффективных электротехнологий.

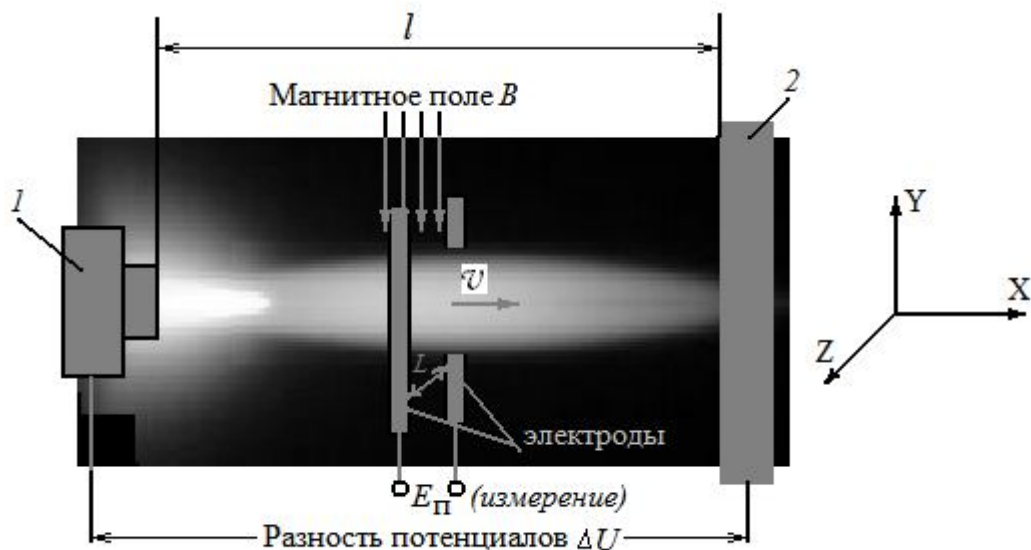


Рисунок 1. Практическая схема определения подвижности заряженных частиц

Если заряженную частицу массой  $m$  и зарядом  $q$  поместить в электрическое поле напряжённостью  $E$ , то разность потенциалов  $\Delta U = E \cdot l$ , где  $l$  – расстояние между электрическими потенциалами, придаст заряженной частице скорость  $x$ . Из уравнения:

$$q \cdot \Delta U = \frac{1}{2} m x^2 \quad (1)$$

находим скорость

$$x = \sqrt{\frac{2q\Delta U}{m}}. \quad (2)$$

В случае стационарности, частица приобретает постоянную скорость в постоянном электрическом поле, и подвижность  $K$  будет тоже постоянной. На основании формул (1) и (2) подвижность заряженной частицы запишется отношением скорости к напряжённости поля:

$$K = \frac{x}{E}. \quad (3)$$

Практическая схема для определения подвижности заряженных частиц изображена на рисунке 1. Прототипом метода послужил эффект Холла [1]. При подаче разности потенциалов на головку плазмотрона электрод -1 и электрод -2, произойдёт удлинение плазмы со скоростью  $x$ . Если приложить магнитное поле с индукцией  $B$  вдоль оси  $Y$ , а между электродами, расположенными по границе плоскости  $YZ$  вдоль оси  $Z$  и перпендикулярной оси  $X$  – направлению потока плазмы, то возникнет эдс  $E_{\pi}$ . Так как эдс  $E_{\pi}$  возникает при эффективном расстоянии между электродами  $L$  и если считать плазму проводником, то из формулы [2]

$$E_{\pi} = -x \cdot B \cdot L, \quad (4)$$

вытекает, что скорость потока  $E_{\pi}$

$$x = \frac{E_{\pi}}{B \cdot L}. \quad (5)$$

Подставляем в формулу (3) (5), получим:

$$K = \frac{E_{\pi}}{B \cdot L} \cdot \frac{l}{\Delta U}. \quad (6)$$

Если эдс  $E_{\pi}$  измеряемая величина, а остальные члены уравнения (6) постоянные величины, то формула подвижности заряженных частиц в плазме будет иметь вид:

$$K = C \cdot E_{\pi}.$$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дж.Лаутон и Ф. Вайнберг. Электрические аспекты горения. – М.: ЭНЕРГИЯ, 1976.
2. Мещеряков Ю.Г. Электротехника и электроника.// Учебное пособие. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.

### МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ И ПРИНЦИПЫ ИХ СОЗДАНИЯ

Гудалин О.А.- студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В.,  
Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Многие физические процессы, такие как химические и биохимические реакции сопровождаются изменением оптических свойств прозрачности растворов. Изменение оптических свойств наблюдается по причине образования взвешенных частиц, уменьшения или увеличения их концентрации в объеме раствора. Например, в очистных сооружениях для осаждения посторонних частиц применяются коагулянты, флокулянты, и биологические добавки. Существующие методы контроля определяют интегральную концентрацию в верхнем слое жидкости путем забора проб, что является трудоемким и неточным процессом измерения.

Таким образом встает вопрос об измерениях динамики воздействия коагулянтов в объеме отстойника, для оптимального их подбора по составу и концентрации. Отстой в очистных сооружениях может длиться от нескольких часов до нескольких суток. При этом необходимо контролировать концентрацию взвешенных частиц по всей глубине резервуара. Для контроля необходимо иметь зависимости  $K(p)$  и  $K(t)$  и совмещенный график. Где  $K$  – концентрация взвешенных частиц,  $P$  – давление (глубина),  $t$  – время.

График зависимости концентрации  $K(p)$  в момент времени  $t = 0$  имеет вид прямой проходящей параллельно оси давления (глубины). В любой другой момент времени в процессе осаждения график зависимости  $K(p)$  имеет вид кривой с максимумом концентрации на максимальной глубине. Таким образом для контроля изменения концентрации во времени требуется наблюдать зависимости  $K(p)$  через определенные промежутки времени  $t_0, t_1, t_2 \dots$  на осях координат  $K, P$ .

Динамика процесса выразится в изменении концентрации  $K(p_i) - K(p_{i-1})$  за время

$$t = t_i - t_{i-1} \text{ или}$$

$$g_{kj} = \frac{K(p_i) - K(p_{i-1})}{t_i - t_{i-1}}$$

где  $u_{ki}$  – скорость изменения концентрации на  $j$  – той глубине.

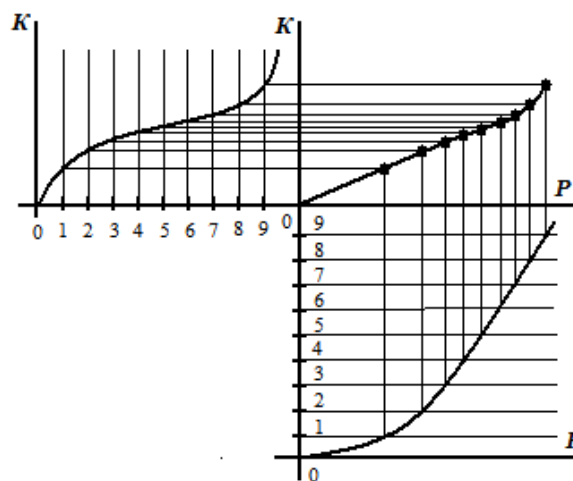


Рисунок 1. Зависимость  $K$  от  $P$  в момент времени  $t = t_i$

Для измерения вышеописанных процессов необходимо применить погружной датчик (рисунок 2), который представляет собой оптоэлектронный измерительный канал мутности и датчик глубины (давления) [1].

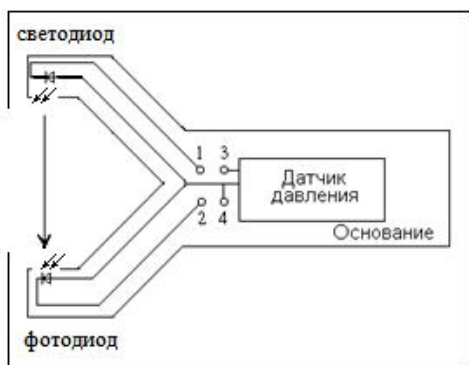


Рисунок 2. Датчик мутность - давление

Таким образом, измерение функциональной зависимости  $K$  от  $P$  в момент времени  $t_i$  производится за один измерительный цикл продолжительностью несколько секунд, что значительно снижает трудоемкость и время измерения. Кроме того, данная методика позволяет оптимизировать количество применяемых реагентов и получить экономический эффект.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коротких В.М., Долгов А.С. Оптико-электронный метод регистрации динамических параметров химических и биохимических растворов. Юбилейная 60-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава, посвященная 60 - летию АГТУ.- Барнаул, 2002.

## ДАТЧИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЛАЖНОСТИ В ЧАСТОТУ ДЛЯ СЫПУЧИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мироненко М.В. - студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В.,  
Коротких В.М. - к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Некоторые характеристики порошков в порошковых системах сильно влияют на конечный результат многих исследуемых процессов – это самораспространяющейся высокотемпературный синтез (СВС) [1]. Наряду с материалом порошка, размеров его гранул, ключевую роль играет влажность материала используемой системы. От значения данного параметра будет зависеть, например: количество дополнительной энергии требуемой для достижения конечного результата, т.е. вызывает рост энергии активации [2], а также поведение всей системы в процессе проведения эксперимента [3]. Поскольку материал и размерные характеристики вещества задаются изначально, то значение влажности является величиной переменной и носящей более случайный характер, нежели прогнозируемый. Из вышесказанного можно заключить, что одной из основных целей при определении факторов влияющих на протекание реакции будет контроль влажности в исследуемой системе.

Первым шагом на пути решения данной задачи является выбор метода позволяющего наиболее точно, просто и эффективно измерить значение данного параметра. Метод предполагает наличие соответствующего датчика, который собственно и будет давать выходной сигнал, интерпретированный в дальнейшем измерительной аппаратурой, которая, в доступном для понимания виде, отобразит полученные данные, на основе которых можно будет предпринимать те или иные действия.

В качестве метода определения влагосодержания предлагается использовать количественный перевод значения влажности в частотную характеристику сигнала [4]. Данный метод может быть реализован при использовании емкостных датчиков, который реагирует на изменение диэлектрической проницаемости при изменении влажности. Изменение емкости приводит к изменению частотных свойств системы, значение которой можно в дальнейшем со-

поставить с реальным значением влажности, определенным эмпирическим методом и получить точные значения влажности среды.

Устройство реализовано на мультивибраторе и двоичном счетчике импульсов с цифровым индикатором, рисунок 1. Повышение влажности заметно увеличивает диэлектрическую проницаемость порошка, который является, при использовании емкостного датчика, подобием диэлектрика, в образованном таким образом конденсаторе. Зависимость емкости датчика от величины влажности порошка в значительной степени описывается формулой:

$$C = \frac{\epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot S}{d}$$

где  $\epsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость среды, заключенной между обкладками,  $S$  и  $d$  – площадь поверхности рассматриваемых обкладок и расстояние между ними соответственно [5].

Поскольку емкостной датчик включен в цепь обратной связи, изменение его емкости приведет к изменению частоты автоколебаний мультивибратора. Датчик, калибруется на влажность и строится зависимость влажность-частота.

И чем большего значения будет достигать влажность, тем выше частоту будет генерировать мультивибратор. Подсчёт импульсов, их число будет в прямой пропорциональной зависимости, что и покажет цифровой индикатор, рисунок 1.

Определение функциональных связей между влажностью порошковых смесей и качеством получаемого СВС материала в дальнейших исследованиях даёт возможность использовать результат для создания энергоэффективных управляемых технологий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

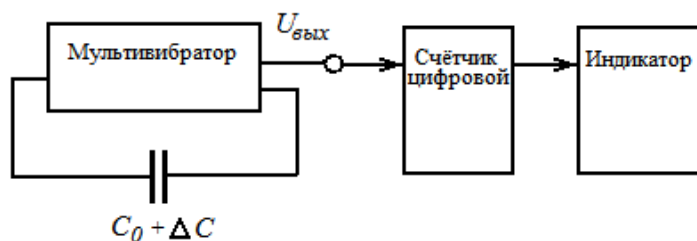


Рисунок 1. Схема устройства на мультивибраторе

1. Мержанов А.Г., Шкиро В.М., Боровинская И.П. «Авт. свид.». №255221, 1967г, «Бюл. изобр.», №10, 1971.

2. Евстигнеев В.В., Гуляев П.Ю., Коротких В.М., Рябов С.П. Способ определения энергии активации взаимодействия компонентов конденсированной электропроводной среды в волне горения фронтального самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Патент РФ N 2189032 от 10.09.2002.

3. Коротких В.М., Рябов С.П. Экспериментальное получение функциональной зависимости скорости распространения фронта горения от начальной температуры в технологиях СВ-синтеза // Самораспространяющейся высокотемпературный синтез. Материалы и технологии.- Новосибирск: Наука, 2001.- С. 132-136.

4. Коротких В.М., Гумиров М.А. Электронный преобразователь объёмного расхода газового потока в частоту. //Датчики электрических и неэлектрических величин. Доклады Второй Международной конференции («ДАТЧИК-95»).- Барнаул, 1995. - С.41-42.

5. Мещеряков Ю.Г. Теоретические основы электротехники: Учебное пособие, Кн. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2004. - 140 с



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЭЛЕКТРОДНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ  
ИНИЦИАЛИЗАЦИИ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА  
В РЕЖИМЕ ТЕПЛОВОГО ВЗРЫВА

Лялин М.Е. - студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В.,  
Халина Т.М. - д.т.н., профессор, Коротких В.М. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

При восстановлении и создании рабочих поверхностей инструмента, машин и механизмов, работающих в режиме повышенных температур и износа имеет место применения энергоэффективных электротехнологий использующих самораспространяющейся высокотемпературный синтез (СВС) [1]. СВС – продукты образуются с выделением тепла и заданными свойствами. Свойства регулируются стехиометрией и режимами реакции. При высоких энергиях активации образования продукта, имеем эффект наноструктурирования и получения более высоких эксплуатационных выходных характеристик.

Инициализация реакции во всём объёме и получения высоких энергий использует режим теплового взрыва. Для этого необходимо создать условия, т.е. нагреть систему реакционных ячеек одновременно до характерной температуры – температуры начала реакции. Так как теплопроводность и электропроводность в порошковых смесях практически отсутствуют, то нагреть смесь «ансамблем» можно применив многоэлектродные нагреватели, пропуская электрический ток соосно или под углом  $90^0$  к предполагаемому фронту горения (рисунок 1).

Нагреватель представляет собой один или несколько эквидистантных слоёв стальной

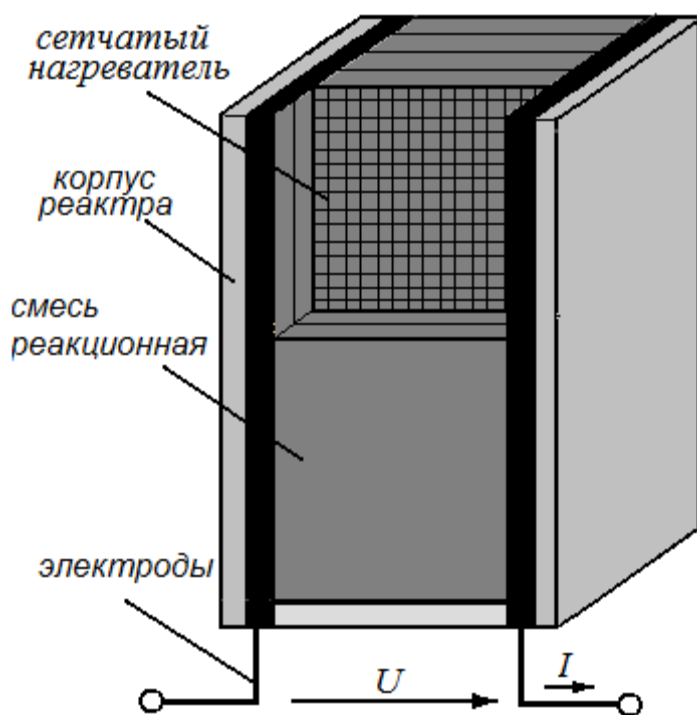


Рисунок 1. Экспериментальный реактор

сетки, расположенных вдоль реактора и окруженной смесью порошков свободной насыпки. Распределённое тепло рассеиваемое нагревателем передаётся реакционным ячейкам, которые образуют реакционные слои толщиной  $\delta$  и площадью  $F$ . Если масса слоя  $m$  и его средняя удельная теплоёмкость  $c_m$ , то требуемое тепло  $Q_p$  для слоя, до характерной температуры  $T^*$  при начальных условиях  $T_0$  будет выражена формулой:

$$Q_p = m \cdot c_m \cdot (T^* + T_0). \quad (1)$$

или для всех слоёв с учетом коэффициента использования  $k$ ,

$$\sum Q_p = \sum k \cdot m \cdot c_m \cdot (T^* + T_0). \quad (2)$$

Подведенное тепло, на основании закона Джоуля-Ленца, свяжется функциональной зависимостью с формулой (2) и будет иметь вид:

$$I^2 \cdot R \cdot t = \sum k \cdot m \cdot c_m \cdot (T^* + T_0),$$

где  $I$  – ток нагревателя,  $R$  – электрическое сопротивление нагревателя,  $t$  – время нагрева смеси реагентов до температуры начала реакции.



Для инициализации СВС в режиме теплового взрыва возможно использование многоэлектродных нагревателей. Они после завершения процесса образования наноструктурированного материала становятся арматурой, что усиливает механические и эксплуатационные характеристики изделия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мержанов А.Г. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез // Физ. Химия. Современные проблемы. М.: химия, 1983. 5с.
2. Лыков А.В. Теория теплопроводности.- М: “Высшая школа”, 1967.- с. 421-427.
3. Мещеряков Ю.Г. Электротехника и электроника.// Учебное пособие. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.

## ПИКОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ В УСТРОЙСТВАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПИТАЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ

Дыбайло А.В. - студент, Коротких А.В., Дорожкин М.В., Суворов А.В.,  
Коротких В.М.- к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Популярность микро и мини – ГЭС в последнее время продолжает расти из-за уменьшения дефицита электроэнергии в труднодоступных местах. Однако появляется проблема качества. Во многих случаях требуется определить пиковое значение амплитуды и частоту получаемых напряжений и автоматически произвести подстройку этих параметров. В простейшем случае для выделения этих составляющих можно использовать диод и конденсатор. Наибольшее значение входного сигнала, пропорционального исследуемому напряжению заряжает конденсатор, который сохраняет заряд до тех пор, пока диод смещен в обратном направлении.

Такой метод имеет недостатки - входной импеданс является переменной величиной, схема нечувствительна к пикам, меньшим 0,6 В., падение напряжения на диоде зависит от температуры и протекающего через диод тока.

Недостатки можно устранить, используя схемное решение рисунок 1. Необходимо: первое - использование повторителей, имеющих большое входное и малое выходное сопротивление, второе - использование обратной связи, позволяющей снимать сигнал с конденсатора, что устраняет влияние падения напряжения на диоде. При замкнутом ключе  $K_1$  конденсатор разряжается и выходное напряжение падает до нуля. Когда ключ разомкнут в течение определенного времени, емкость заряжается до максимального входного напряжения. Время заряда конденсатора должно быть значительно меньше периода частоты входного сигнала.

В процессе автоматического сброса пикового детектора к конденсатору  $C$  подключён электронный ключ на  $n$  - канальном полевом МОП – транзисторе  $VT_1$ , срабатывающий в тот момент, когда потенциал затвора становится положительным за счет поданно-

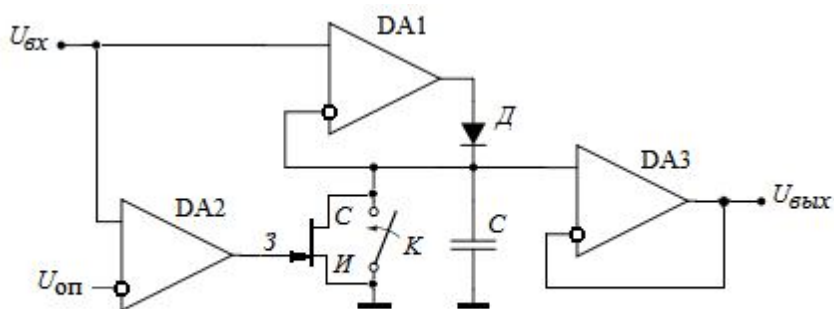


Рисунок 1. Схема пикового детектора на операционном усилителе

го сигнала.

го на затвор короткого импульса и конденсатор сбрасывается в нуль. Опорное напряжение  $U_{оп}$  выставляют равным нулю и компаратор, выполненный на DA2, управляет, работой электронного ключа в моменты перехода исследуемого синусоидального напряжения через временную ось.

Выходное напряжение  $U_{вых}$  представляет импульсный сигнал с периодом повторения питающей сети и величиной пропорциональной питающему напряжению. Его отклонение задаёт сигнал управления регулятору тока обмотки подмагничивания синхронного генератора и стабилизирует амплитуду, а отклонение частоты повторения, задаёт подстройку частоты вращения электрической машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коломбет Е.А. Применение аналоговых микросхем. М.: Радио и связь, 1990.
2. Мещеряков Ю.Г. Электротехника и электроника.// Учебное пособие. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.

### АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВЕТВЛЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА Сазанов А.Б. - к.т.н., Копытин А.И. - адъюнкт «Военный авиационный инженерный университет» (г. Воронеж)

Повышение эффективности и обеспечение длительного ресурса систем электроснабжения (СЭС) автономных объектов СЭС осуществляется путем совершенствования структуры системы и ее оптимизации.

При построении СЭС с длительным сроком активного функционирования используется блочно-модульный принцип. В этом случае СЭС представляет собой разветвленную структуру, состоящую из ряда первичных и вторичных источников электропитания. Вторичные источники являются импульсными преобразователями, структурно выполненными в виде замкнутых систем автоматического регулирования и характеризуются статическими и динамическими показателями - точностью регулирования, запасом устойчивости, полосой пропускания.

Объединение преобразователей в энергетический комплекс требует решения ряда задач по обеспечению их согласованной работы в системе, поскольку оно нередко сопровождается потерей устойчивости системы в целом, в то время, как каждый из приборов обеспечивает устойчивую работу в автономном режиме во всем диапазоне изменения входных-выходных параметров.

Проблема анализа устойчивости разветвленных систем обусловлена сложностью создания общей математической модели.

На практике целесообразно использовать способ, в котором исследование системы в целом производится на основе сопоставления входных и выходных характеристик каждого из входящих в систему приборов и выполнения необходимых условий для обеспечения устойчивости связки источник-потребитель.

Эквивалентная схема системы электропитания представляет собой соединение источника и потребителя с отрицательным входным сопротивлением, представленных в виде активного и пассивного двухполюсников. Такая замкнутая система может быть описана как

система автоматического регулирования с единичной обратной связью и передаточной функцией разомкнутой системы  $W(j\omega)$ . Известно, что такая система будет устойчивой, если все корни характеристического уравнения  $1 + W(j\omega)$  лежат слева от мнимой оси комплексной плоскости. Это значит, что для устойчивой системы модуль входного импеданса потребителя должен быть больше модуля выходного импеданса источника во всем диапазоне частот.

В энергетических системах это условие выполняется не всегда. На постоянном токе и очень низких частотах трудностей с согласованием нет. В остальной полосе частот выполнение такого условия не гарантировано, что объясняется резонансными всплесками (провалами) импедансов сглаживающих LC-фильтров, входящих в состав источников и потребителей. Для оценки устойчивости системы в этих случаях пользуются дополнительным сравнением фаз импедансов, которые проводят на частотах, где модули импедансов равны между собой или близки друг к другу. В устойчивых системах разность фаз импедансов не должна приближаться к значению  $\pm 180^\circ$  ближе, чем на  $45^\circ$ - $60^\circ$ . По степени удаленности разности фаз от указанного значения говорят о запасе по фазе.

При анализе устойчивости разветвленных систем электроснабжения процедура сопоставления входных и выходных импедансов повторяется многократно. Так в системе, в которой один источник питает несколько потребителей, исследование устойчивости проводят следующим образом.

На первом этапе определяют входные импедансы нагрузок и выходные импедансы преобразователей (вторичных источников питания). На основе их сопоставления делают вывод об устойчивости каждого из вторичных источников питания при работе на автономную нагрузку. Если запасы устойчивости недостаточны - проводят мероприятия по их увеличению.

На втором этапе определяют характеристики входных импедансов каждого из вторичных источников питания, нагруженных на соответствующие нагрузки. После этого проводят векторное суммирование входных проводимостей потребителей и получают эквивалентные амплитудно-фазовые характеристики импедансов, всех потребителей в целом.

На завершающем этапе определяют параметры выходного импеданса источника и проводят их сопоставление с параметрами суммарного входного импеданса потребителей. Результатом является вывод об устойчивости системы и запасах по модулю и фазе. Достоинством описанного метода является возможность использования при анализе как расчетных, так и экспериментальных характеристик, что во многих случаях упрощает задачу анализа. В рассматриваемом примере достаточно экспериментально снять общую характеристику входного импеданса всех потребителей, и, сравнив ее с характеристикой выходного импеданса источника, сделать вывод об устойчивости всего соединения.

Достоинство метода сопоставления характеристик импедансов состоит в его наглядности и возможности использования при анализе результатов, полученных экспериментальным путем.

При анализе устойчивости систем электропитания определенную трудность представляет получение характеристик входного или выходного импеданса группы параллельно включенных (по входу или выходу) преобразователей. Необходимость векторного суммирования входных (выходных) проводимостей и обратный переход к модулям и фазам сопротивлений

существенно загромождает расчеты и вносит в них дополнительные погрешности, особенно на резонансных частотах. Далеко не всегда можно учесть влияние кабелей, поскольку их внутренние импедансы зависят не только от длины, сечения, но и особенностей взаимного расположения. Пренебречь влиянием кабелей нельзя, ибо на частотах свыше 10 кГц именно они формируют вид амплитудно-фазовых частотных характеристик вторичных источников питания.

В этих условиях практически единственно достоверным путем получения исходных характеристик подсистем остается экспериментальный.

Для экспериментального исследования частотных характеристик при разработке приборов СЭС используется специальный прибор ИЧХ-С для снятия частотных характеристик вторичных источников и систем электропитания большой мощности. Прибор совместно с ПЭВМ позволяет получить характеристики входных и выходных импедансов в любых точках объединения преобразователей или подсистем и провести, тем самым, анализ устойчивости всей системы.

Процесс экспериментального определения входного сопротивления заключается в формировании заданного тестирующего сигнала тока нагрузки и, параллельно с этим по времени, измерении тока нагрузки и сигнала изменения на выходе исследуемого прибора. Результаты измерений обрабатываются математическими методами, в результате чего вычисляется комплексное выходное сопротивление в форме функций зависимости амплитудной и фазовой характеристик от частоты  $A(\omega)$  и  $P(\omega)$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.437-81 ГСИ. Системы информационно-измерительные. Метрологическое обеспечение. Основные положения
2. ГОСТ 8.508-84 ГСИ. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля