

УДК 621.384.8

А.А. Связов, В.В. Солдатов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ УСТРОЙСТВА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЗНАКОСИНТЕЗИРУЮЩИХ ИНДИКАТОРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Исследовались принципы построения автоматизированных устройств научных исследований параметров газоразрядных знаков синтезирующих индикаторов постоянного тока. Цель исследования - разработка автоматизированного комплекса для измерения напряжения возникновения разряда, времени запаздывания возникновения разряда и напряжения поддержания разряда ГЗСИ индивидуального пользования. Создано устройство, позволяющее автоматизировать с помощью ПК процесс измерения параметров, что повышает скорость измерения параметров и их достоверность.

Введение. Одно из условий успешного внедрения и использования новых систем является наличие широкого набора периферийных устройств, важное место среди которых занимают устройства отображения информации (УОИ), скорость ее выдачи и простота пользования. Среди матричных индикаторов за последнее время наибольшее распространение получили матричные газоразрядные знаков синтезирующие индикаторы (ГЗСИ), имеющие достаточно высокую надежность, плоскую конструкцию, малые габариты, высокую яркость свечения, возможность получения полутоновых и цветных изображений. Однако рациональное проектирование УОИ на их основе возможно только при знании характеристик элементов отображения ГЗСИ. Надежное и быстрое измерение параметров ГЗСИ возможно при использовании цифровых методов представления и обработки информации.

Системы научных исследований параметров ГЗСИ. При создании матричных ГЗСИ первоначально измерение параметров осуществлялось с помощью осциллографа. Это не обеспечивает высокой точности измерений и требует большой трудоемкости. Рост информационной емкости матричных ГЗСИ и неуклонное совершенствование производственных процессов их изготовления привели к тому, что измерения параметров должны проводиться в реальном масштабе времени. Автоматизированные устройства научных исследований представляют собой сложное техническое средство, которое в наиболее общем случае осуществляет управление состоянием контролируемого объекта, измерение совокупности его первичных параметров, обра-

ботку измерительной информации, регистрация результатов измерений объекта контроля представлена на рисунке 1.

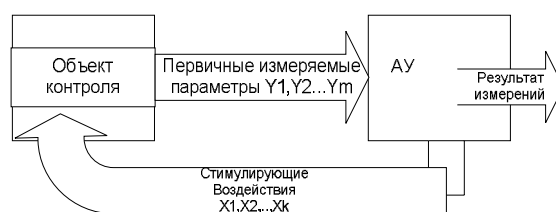


Рисунок 1 – Структурная схема автоматизированных устройств:

АУ – автоматизированное устройство

Истинное качество или состояние практически любого объекта контроля в полной мере определяется совокупностью контролируемых параметров Y_1, Y_2, \dots, Y_m и обработка этой первичной информации для оценки результирующих свойств контролируемого объекта. Общий объем обрабатываемой информации включает как последовательно устанавливаемые значения стимулирующих воздействий, так и соответствующие им значения первичных измеряемых параметров и составляет

$$n = k + m$$

значений на каждую точку области существования свойства объекта. Таким образом, возникает необходимость получения и обработки больших массивов информации. На практике ограничиваются неполной оценкой свойств объекта. Но при этом снижается достоверность результирующей оценки контролируемого объекта. Укрупненная структурная схема АУ на рисунке 2 содержит аппаратуру для измерения параметров

объекта контроля, обработки первичной измерительной информации, регистрации результатов измерений и источники стимулирующих воздействий. Определим число первичных измеряемых параметров газоразрядных знаковинтезирующих индикаторов (ГЗСИ) постоянного тока.

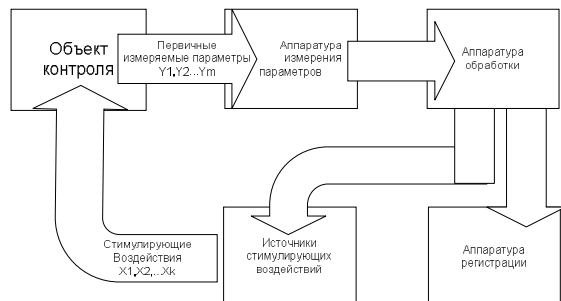


Рисунок 2 – Укрупненная структурная схема АУ

Из большого числа параметров газоразрядных знаковинтезирующих индикаторов наиболее важными являются:

- напряжение возникновения разряда $U_{в.р}$;
- напряжение поддержания разряда $U_{под.р}$;
- время запаздывания возникновения разряда $t_{зап.р}$;
- яркость свечения V .

Напряжение возникновения разряда $U_{в.р}$ может определяться в статическом и динамическом режимах. В статическом режиме напряжения $U_{в.р}$ рекомендуется определять при нарастании напряжения на ячейках со скоростью 50 В/с. В динамическом режиме напряжение $U_{в.р}$ больше, чем в статическом, и зависит от условий работы индикатора: длительности импульса, частоты регенерации, уровня внешней освещенности. Измерение напряжения возникновения разряда в динамическом режиме можно осуществлять подсчетом числа переходов ячеек в проводящее состояние при заданном напряжении. Время запаздывания возникновения разряда $t_{зап.р}$ содержит две составляющие: время формирования разряда и время статистического запаздывания [1]. Время $t_{зап.р}$ равно интервалу времени от момента подачи напряжения на ячейку до момента появления тока через нее. На величину $t_{зап.р}$ оказывает влияние: состав и давление наполняющего газа, материала катода, а также уровень внешней освещенности, частота регенерации, величина напряжения, подаваемого на ячейку. В соответствии со структурной схемой АУ было разработано устройство определения динамических параметров ГЗСИ. В устройстве измеряются время запаздывания возникновения разряда и напряжение поддержания разряда. В качестве стимулирующих воздействий выбраны напряжение питания, скважность следования импульсов, число сканирований, период

следования импульсов, освещенность. Устройство позволяет определить математическое ожидание времени запаздывания возникновения разряда $t_{зап}$, вероятность перехода в проводящее состояние $N_{пер}$ и числа переходов в проводящее состояние $N_{под.р}$. Измеряется напряжение поддержания разряда $U_{под.р}$. Структурная схема устройства измерения параметров ГЗСИ приведена на рисунке 3. Устройство содержит пульт управления ПУ, блок управления БУ, катодные ключи КК, анодные ключи АК, блок управления катодными ключами БУКК, блок управления анодными ключами БУАК, блок ступенчатого напряжения БСН, блок измерения параметров БИП, ПК и индикатор ГЗСИ.

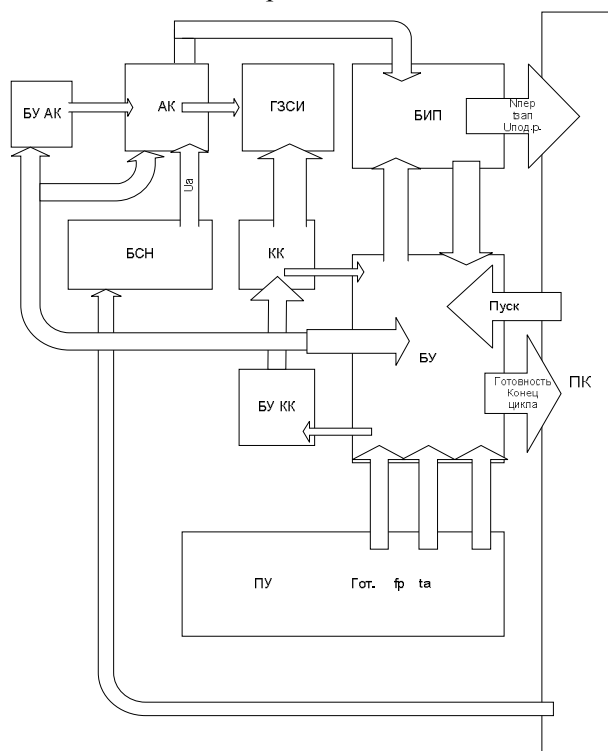


Рисунок 3 – Устройство измерения параметров ГЗСИ

С пульта управления ПУ выдаются значение частоты регенерации fp , длительность анодного импульса ta и сигнал "Готовность устройства". ПК после поступления сигнала "Готовность" подтверждает выдачей сигнала "Пуск" готовность принимать данные. Одновременно с этим с ПК на блок ступенчатого напряжения БСН выдается код начального значения напряжения питания U_a анодных АК и U_k катодных КК ключей. С блока управления БУ подается код развертки на катодные ключи КК, блок управления БУ, анодные ключи АК, блок управления анодными ключами БУАК. В соответствии со значением двоичного кода развертки осуществляется последовательное подключение катодов ГЗСИ и формируются БУАК сигналы управления анод-

ными ключами. С выходов соответствующих анодных ключей АК подаются сигналы на аноды ГЗСИ. На десяти анодных ключах это обеспечивает измерение 20 ячеек ГЗСИ. При этом анализируется значение сигнала на выходе анодного ключа. В момент перехода ячейки ГЗСИ в проводящее состояние. Напряжение на выходе АК снижается с уровня U_a до уровня напряжения поддержания разряда $U_{под.p}$. Сигнал с выходов анодных ключей коммутируется на одну линию и подается на блок измерения параметров БИП. В БИП по методу преобразования временного интервала в код [5] измеряется время запаздывания $\tau_{зап}$. Измерение напряжения поддержания разряда $U_{под.p}$ осуществляется аналого-цифровым преобразователем (АЦП) С учетом того, что измерение производится в течение короткого времени $t_{изм}$, составляющего единицы микросекунд, необходимо применение параллельного АЦП. Число переходов $N_{пер}$ определяется счетчиком. В момент времени t_5 измеренные значения $\tau_{зап}$ и $U_{под.p}$ записываются в буферные регистры, с выходов которых подаются на ПК. Полученные значения $\tau_{зап}$ и $U_{под.p}$ записываются в ячейки памяти ПК. После заданного числа сканирований на выходе блока управления БУ устанавливается сигнал "Конец цикла". По этому сигналу ПК начинает обработку измеренных значений. Из числовых характеристик определяются математическое ожидание времени запаздывания.

$$\tau_{зап} = \sum \tau_{зап} i / N_{пер}, \quad (1)$$

$$U_{под.p} = \sum_{i=1} U_{под.p} i / N_{пер} \quad (2)$$

и среднее квадратичное отклонение

$$\delta_{зап} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{N_{пер}} (\tau_{зап} - \bar{\tau}_{зап})^2 / N_{пер} \right)^{-1}}, \quad (3)$$

Для полученных значений времени запаздывания возникновения разряда $\tau_{зап}$ и напряжения поддержания разряда $U_{под.p}$ определялись минимальное $\tau_{зап} \min$ и $U_{под.p} \min$ и максимальное $\tau_{зап} \max$ и $U_{под.p} \max$ значения.

Диапазон значений от минимального до максимального разбивается на 12 интервалов и подсчитывается число значений параметра в каждом интервале. На основании полученных значений строится гистограмма распределения времени запаздывания возникновения разряда и напряжения поддержания разряда. После окончания расчетов увеличивается значение кода, поступающего с ПК на блок ступенчатого напряжения БСН. Напряжения U_a и U_k на выходе БСН увеличиваются на величину ΔU . После этого начинается измерение параметров ГЗСИ. Блок-схема алгоритма работы устройства приве-

дена на рисунке 4. Число значений напряжения питания U_a и U_k , при которых измеряются параметры ГЗСИ, величина увеличения напряжения питания ΔU , определяется аппаратно в блоке ступенчатого напряжения БСН. Для получения результатов исследования с заданной точностью необходимо определить требуемый объем выборки. Решение этого вопроса зависит от распределения выборочных значений, их автокоррелированности, заданного уровня значимости и от статистики, точность которой будет оцениваться. Обычно предполагают, что измеряемые параметры независимы и нормально распределены. Это предположение основано на применении центральной предельной теоремы теории вероятности. Для оценки параметров берут среднее значение дисперсии или среднеквадратичные отклонения. В условиях применимости центральной предельной теоремы и в отсутствие автокорреляции мы можем использовать для определения объема выборки, необходимой для оценивания параметров с заданной точностью, метод доверительных интервалов. Если оценивание проводить по среднему значению совокупности x истинного значения m , то

$$P \{m-d \leq x \leq m+d\} = 1-\alpha. \quad (4)$$

При исследовании параметров ГЗСИ необходимо обеспечить последовательное подключение его катодов. В этом случае необходимо обеспечить высокую надежность работы как катодных ключей, так и схемы управления катодными ключами, так как при останове развертки, т.е. постоянном подключении одного катода ГЗСИ, многократно возрастает ток через катодные ключи и исследуемые ячейки. Это приводит к выходу из строя как ГЗСИ, так и катодных ключей. Поэтому вопросы разработки высоконадежных схем защиты развертки являются актуальной задачей. В устройстве катодные ключи на транзисторах, $n-p-n$ - типа образуют высоковольтный дешифратор, управляемый с выхода блока развертки. При нарушении развертки прекращается формирование импульсов на выходах дешифратора. Определение момента "останова развертки" осуществляется с помощью порогового элемента, число входов которого равно числу катодов ГЗСИ. Это усложняет устройство. При обнаружении факта "останова развертки" с помощью ключевого элемента осуществляется отключение питающего напряжения анодных ключей. Схема ключевого элемента, коммутирующего высокое напряжение порядка 240 В при токе десятки миллиампер, сложна. Кроме того, возможен выход ГЗСИ из строя от обратных пробоев ячеек индикации. Для исключения этого в схему развертки вводят ограничительные

и разделительные элементы [2] Для увеличения надежности работы схемы защиты осуществляется разбиение выходов высоковольтного дешифратора на четные и нечетные, к которым подключены делителя напряжения. Сигналы с выхода делителей напряжения ограничиваются и дифференцируются. Затем запускаются формирователи импульсов, длительность которых равна времени подключения катодов. Поэтому при правильной работе через ключевой элемент подается на анодные ключи напряжение питания. При "остановке развертки" прекращается подача напряжения питания на анодные ключи и тем самым размыкается цепь протекания тока через ГЗСИ.

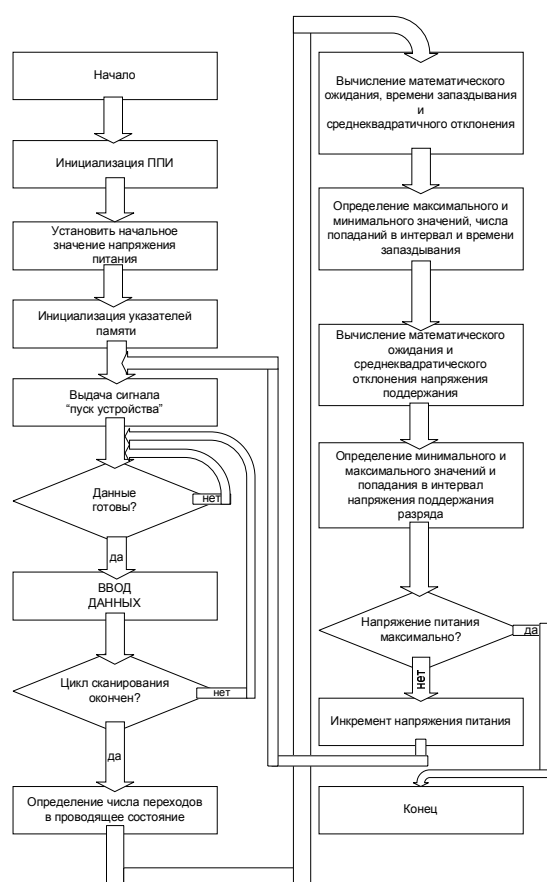


Рисунок 4 – Алгоритм измерения и обработки данных

Случайная погрешность измерения $Unod.p$ зависит от нестабильности блока источника питания +5 В, управляющего работой схемы сдвига уровня входного сигнала АЦП и нестабильности источника опорного напряжения АЦП.

Нестабильность выходного напряжения схемы сдвига уровня в блоке измерения параметров составляет 0,5 % от уровня выходного напряжения 1,024 В или 5,12 мВ, что меньше половины шага квантования АЦП, равного 32 мВ, и не влияет на точность измерения $Unod.p$. Нестабильность источника опорного напряже-

ния АЦП составляет 0,3 %, что приводит к увеличению погрешности измерения $Unod.p$. Суммарная погрешность измерения напряжения поддержания разряда составляет 3,4 %.

Передача массивов данных в ПК осуществлялась через USB (Universal Serial Bus) Универсальную последовательную шину. USB разрабатывалась как промышленный стандарт расширения архитектуры ПК, ориентированного на интеграцию с устройствами телефонии и бытовой электроники. Использование USB удобно тем, что в сигнальные кабели добавлены дополнительные провода, обеспечивающие подачу питания на устройство БУ рисунок(3). Пропускная способность USB в full-speed (полноскоростном) режиме составляет 12М бит/с, что вполне достаточно для обработки данных, поступающих с устройства измерения времени запаздывания возникновения разряда t_{zap} и напряжения поддержания разряда $Unod.p$. Вся информация передается по шине USB в виде пакетов. Каждый пакет начинается с поля синхронизации (SYNC), за которым следует идентификатор пакета (PID). Пакеты данных передавались по прерываниям (Interrupt transfers), т.к. требовалось гарантированно передавать одиночные пакеты данных небольшого размера за ограниченное время, а передачи носят спонтанный (случайный) характер. Алгоритм получения пакетов следующий:

1) на шину USB подается посылка без данных (NO-DATA CONTROL), необходимая для приведения устройства обработки данных в состояние готовности;

2) подтверждение готовности;

3) посылка записи данных (Control Write);

4) посылка чтения данных (Control Read).

Подробно алгоритм работы показан на рисунке 4. При выполнении транзакции передачи команды признак синхронизации данных должен быть сброшен в ноль. После каждой транзакции признак синхронизации данных инвертируется. Первый блок данных имеет идентификатор DATA 1, второй DATA 0, третий DATA 1 и т.д. Пустой пакет должен иметь идентификатор DATA 1. Фрагмент листинга программы для работы с устройством обработки данных по шине USB:

```

DATASEG
; Признак успешного завершения поиска
SearchResult DB 0
: Индекс хост-контроллера
USB_HostIndex DW 0
: ПАРАМЕТРЫ КОНТРОЛЛЕРА USB
; Координаты устройства PCI
USB_BusNum DB ? :номер шины

```

USB_DevNum DB ? ; номер устройства и номер функции
; Идентификаторы устройства PCI
USBVendorID DW ? ; идентификатор изготовителя
USBDeviceID DW ? идентификатор устройства
; Адрес блока регистров контроллера PCI USB
USB_BaseAddr DW ?
: Номер используемого прерывания IRQ
USBIntLine DB ?
; Сообщения об ошибках
BadRg DB LIGHTRED,12,28."Неверный номер регистра",0
NoPCI DB 12,24,"Система не поддерживает PCI BIDS",0
NoUSB DB 12,2B,"Контроллер USB не найден",0
NoDev DB 12,26,"Устройство USB не обнаружено",0
TmOut DB 12,21,"Превышен допустимый интервал ожидания",0
BfErr DB 12,28,"Буфер данных переполнен",0
DsErr DB 12.25,"Список дескрипторов переполнен",0
; ПАРАМЕТРЫ УСТРОЙСТВА
: Номер используемого устройством порта USB
USB_PortNum DB ?
; Адрес регистра состояния используемого порта
USBPortReg DW 0
; Тип устройства:
; 0 - полноскоростное, 1 - низкоскоростное
USB_Device_Type DB 0

Экспериментальные исследования влияния режимных факторов на параметры ГЗСИ. С помощью разработанного устройства проводилось измерение параметров ГЗСИ, отличающихся газовым наполнением и величиной давления газового наполнения, Измерение параметров осуществлялось при подаче напряжения

210 В через резисторы 1,2 МОм на 1, 11,21,31,41,51,61,71,81,91 аноды. Измеряемые ячейки были расположены в середине между постоянно светящимися анодами, т.е. было смоделировано реальное подключение ГЗСИ в матричных индикаторах. Сопротивление резистора в цепи измеряемых ячеек составляло 470 кОм.

Заключение. В ходе измерения параметров ГЗСИ:

- проведен выбор исследуемых параметров ГЗСИ и стимулирующих воздействий;
- проведен выбор структурной схемы автоматизированной системы научных исследований ГЗСИ индивидуального пользования и управляющего ПК, на основании которого разработано и изготовлено устройство;
- определено число исследуемых ячеек и их размещение по полю ГЗСИ;
- разработана программа вычислений числовых характеристик измеряемых параметров;
- проведено экспериментальное исследование с помощью разработанного устройства параметров ГЗСИ с различным конструктивным исполнением.

Разработанное устройство позволяет оперативно измерять параметры ГЗСИ.

С помощью разработанного устройства можно определить влияние на параметры ГЗСИ различных конструктивных и режимных факторов.

Библиографический список

- 1 Страхов А.Ф. Автоматизированные измерительные комплексы. М.: Энергоиздат, 1982. – 216 с.
- 2 Орлов Ю.И. Характеристики газоразрядных матричных индикаторов постоянного тока.- М.: ЦНИИ "Электроника", 1983.-32 с Обзоры по электронной технике. Сер.4. Электровакуумные и газоразрядные приборы: Вып.4 1975.
- 3 Мирский Г.Я. Электровакуумные измерения.- М.: Радио и связь,1986.-440 с.