

И.Б. ИСУПОВ
(Волгоград)

ПРИСТАВКА К ЧАСТОТОМЕРУ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ ЧАСТОТЫ СЛИЯНИЯ МЕЛЬКАНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ СВЕТОВОГО СПЕКТРА

Описан прибор для оценки лабильности зрительного анализатора человека методом определения критической частоты слияния мельканий, позволяющий исследовать этот параметр в зависимости от длины волны светового излучения.

Ключевые слова: лабильность зрительного анализатора, критическая частота слияния мельканий, светоизлучающий диод, спектр светового излучения, мультивибратор, частотомер электронносчетный.

Широкое применение персональных компьютеров в профессиональной и бытовой деятельности, интерес школьников и студентов к компьютерным технологиям обучения, а также проведение досуга в пространстве Интернета стали неотъемлемыми атрибутами современности. В связи с использованием электронных приборов (кинескопов, а в последнее десятилетие и матричных дисплеев), генерирующих синтетическое, мерцающее изображение орган зрения человека испытывает дополнительные специфические нагрузки, немислимые в «докомпьютерную» эпоху. Это может негативно влиять на здоровье молодежи.

Гигиенический контроль функционального состояния зрительного анализатора учащихся традиционно включает в себя оценку остроты зрения и определение поля зрения – периметрию. Однако длительные воздействия мерцающих электронных изображений могут отрицательно влиять и на лабильность зрительного анализатора – способность к различению отдельных световых эффектов (вспышек), следующих друг за другом с большой частотой без иллюзии их слияния в сплошной, непрерывный световой поток. Для оценки лабильности зрительного анализатора используется методика определения критической частоты слияния мельканий (КЧСМ), нашедшая широкое применение в физиологии спорта, в офтальмологии и неврологии. В большинстве случаев прибор для оценки КЧСМ представляет собой генератор электрических импульсов, частоту следования которых можно плавно изменять в пределах от 5 – 10 до 100 – 200 Hz. Электрические импульсы преобразуются в световые вспышки посредством специализированных светоизлучателей. Исследователь плавно увеличивает частоту световых импульсов до тех пор, пока у обследуемого не возникнет ощущения того, что световой поток является непрерывным. Частота следования световых импульсов в этом случае будет равна критической частоте слияния мельканий. Обычно для обследования используют белый (полихроматический) излучатель или (реже) монохроматический, генерирующий вспышки в красном участке светового спектра. В зависимости от функционального состояния зрительного анализатора, степени зрительного утомления лабильность органа зрения при восприятии монохроматических световых импульсов в коротковолновом участке спектра (синий цвет), средневолновом участке спектра (зеленый) и длинноволновом участке спектра (красный) может быть различной. Немалый интерес для ранней диагностики зрительного утомления человека представляет исследование КЧСМ при использовании комбинационных цветов (например, желтого).

Однако современные приборы, как правило, не позволяют выполнить расширенные и углубленные исследования лабильности зрительного анализатора человека в зависимости от спектрального состава излучения. В связи с этим целью настоящей работы являлось создание портативного прибора, позволяющего исследовать КЧСМ в зависимости от длины волны излучаемого светового импульса. Предпосылкой к его изобретению стало появление полупроводниковых источников света – светоизлучающих диодов (светодиодов). В настоящее время разработаны светодиоды, обладающие высокой светоотдачей и различным спектром излучения в зависимости от состава и организации полупроводника.

Светодиоды на основе фосфида галлия (GaP) в зависимости от наличия примесей излучают электромагнитные волны в красном или зеленом участках светового спектра. Полупроводниковые кристаллы на основе нитрида галлия (GaN) – в голубом участке, арсенида галлия (GaAs) – в инфракрасном диапазоне. Использование многослойных кристаллов (несколько светодиодов-«слоев» в одном корпусе) позволяет получать комбинационное излучение практически любого цвета. Светодиоды малоинерционны, имеют незначительное энергопотребление и большой срок службы.

Использование экономичных современных светодиодов позволило нам создать специализированный прибор для количественного определения КЧСМ в различных участках светового спектра – спектротахометр.

Основные технические характеристики прибора

1. Число светоизлучателей – 5 (красный – длина волны 0,66 мкм; зеленый – 0,56 мкм; сине-голубой – 0,45 мкм; желтый – 1-й комбинационный – 0,66 и 0,56 мкм; белый – 2-й комбинационный – смесь сине-голубого, зеленого и красного цветов).

2. Диапазон изменения частоты световых импульсов – 10 – 100 Hz.

3. Относительная нестабильность (самопроизвольный «уход») частоты – не более 1% от ее величины за 15 минут после включения при температуре окружающей среды 20°С.

4. Точность измерения КЧСМ – ± 1 Hz.

5. Энергопотребление генератора световых импульсов – 5 В при токе 35 мА (около 0,2 Вт).

6. Электропитание генератора световых импульсов – от сетевого блока питания или от батареи (4 кадмиево-никелевых аккумулятора по 1,3 В, включенных в батарею последовательно).

Прибор состоит из следующих блоков:

1) генератор электрических импульсов плавно изменяемой частоты;

2) система коммутируемых светоизлучателей;

3) система регистрации полученных результатов – электронносчетный частотомер;

4) источник питания.

Генератор электрических импульсов плавно изменяемой частоты реализован на интегральной микросхеме (ИМС) K155ЛА3, представляющей собой четыре логических элемента 2И-НЕ, выполненных на основе транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Два элемента ИМС K155ЛА3 образуют часть несимметричного мультивибратора. Для повышения входного сопротивления первого логического элемента и, следовательно, расширения диапазона изменения частоты на входе этого элемента установлен транзисторный ключ (транзистор КТ315Б). Таким образом, применена «гибридная» (ИМС-транзистор) схема трехэлементного мультивибратора. Временязадающая цепь прибора образована конденсатором емкостью 1,47 мкФ (батарея конденсаторов 1 мкФ и 0,47 мкФ, соединенных параллельно; последовательно с конденсаторами включен ограничительный резистор 100 Ом) и переменным резистором (реостатом) номиналом 68 кОм, последовательно с которым включен ограничительный резистор 5,1 кОм. При указанных номиналах временязадающей цепи диапазон изменения частоты составляет около 10,4 – 105,6 Hz. Третий и четвертый логические элементы ИМС использованы в качестве буферов – инверторов для подключения электронносчетного частотомера и системы коммутируемых светоизлучателей. Подобный «гибридный» генератор электрических импульсов переменной частоты описан радиоинженером В.Г. Борисовым (1992).

Система коммутируемых светоизлучателей (СКС) представляет собой транзисторный ключ (транзистор КТ315Б), в коллекторную цепь которого введен механический переключатель галетного типа на пять положений. С помощью переключателя по выбору исследователя в коллекторную цепь транзистора СКС может быть подключен любой из пяти светоизлучающих диодов. Последние коммутируются через ограничительные резисторы, номиналы которых подобраны так, чтобы выровнять интенсивность светового потока всех излучателей.

Для измерения величины КЧСМ используется система регистрации – электронносчетный частотомер. Возможно применение различных приборов, например, профессионального отечественного


частотомера ЧЗ-35А. Мы использовали модификацию «клапанного» частотомера, подробно описанного В.Г. Борисовым, А.С. Партиным (1991). Наша модификация данного частотомера заключалась в увеличении разрядности его индикаторного табло (до 5 разрядов вместо 4), повышении мощности и коэффициента стабилизации блока питания частотомера, увеличении входного сопротивления его усилителя до 1 Мом, введении режима измерения *периода* следования импульсов наряду со стандартным режимом измерения *частот*, расширении диапазона измерения частот в сторону инфранизких колебаний (до 0,1 Hz вместо 1 Hz в базовой модели). Стабилизированный блок питания частотомера, обладая резервом мощности, служит для энергообеспечения спектротахометра.

Источник питания спектротахометра

В случае стационарной работы с использованием частотомера в качестве системы регистрации КЧСМ источником питающего напряжения прибора является блок питания частотомера, т.е. спектротахометр становится своеобразной медицинской приставкой к частотомеру.

При работе в неэлектрифицированном помещении или на открытом воздухе частотомер отключается. Питание спектротахометра осуществляется от батареи аккумуляторов напряжением 4,6 – 5,4 В (4 кадмиево-никелевых аккумулятора любой емкости). Однако при этом производится не реальное измерение КЧСМ, а ее приблизительный отсчет по предварительно отградуированной шкале на корпусе прибора, и качественные характеристики устройства несколько ухудшаются.

Применение спектротахометра особенно целесообразно в условиях гигиенических, диспансерных наблюдений за функциональным состоянием зрительного анализатора школьников, проводящих длительное время возле дисплея компьютера. Прибор полезен для оценки развития утомления зрения у программистов, операторов ЭВМ. Спектротахометр, на наш взгляд, является одним из элементов инновационного подхода к функциональной диагностике в физиологии сенсорных систем человека и может быть использован в качестве действующего наглядного пособия для студентов медицинских, физкультурных и педагогических университетов.



Attachment to frequency meter for examination of critical frequency of flicker confluence in different parts of the light spectrum

There is described the device for lability estimation of optic analyzer by way of defining the critical frequency of flicker confluence that allow examining this parameter depending on luminous radiation wave length.

Key words: lability of optic analyzer, critical frequency of flicker confluence, light-emitting diode, light spectrum, flip-flop, electronic counting frequency meter.