

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПИРОВИДИКОНА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОВИЗИОННОГО МОНИТОРИНГА

*П.А.Кондратов, И.Б.Боженко,  
В.Ф.Ткаченко*

Национальный университет  
“Львовская политехника”  
г.Львов, ул. Ст.Бандеры, 12  
E-mail: opanes@polynet.lviv.ua

*Применение тепловизоров на пировидиконах упрощает и удешевляет дистанционный мониторинг, но при этом часто возникает потребность повышения качества получаемых тепловых изображений. Предлагаемый многофазный цикл работы высокочувствительного пировидикона позволяет существенно улучшить качество изображений объектов мониторинга.*

**Введение.** Существенной составной частью дистанционного мониторинга является получение тепловой картины наблюдаемых объектов. Применение в этих целях тепловизионных камер (ТПК) на пировидиконах (ПВ) существенно упрощает и удешевляет процедуру мониторинга, обеспечивая тем самым его массовое внедрение в различных областях деятельности человека [1]. Вместе с тем применение таких ТПК предполагает выполнение ряда мероприя-

тий, направленных на повышение качества получаемых с их помощью изображений:

- первичную аппаратную (в частности, суммарно-разностную) и последующую программную обработку пиросигнала (ПС), а также формирование многодиапазонного изображения [2];

- совершенствование режимов работы ТПК, в частности, подготовки мишени;

- создание более чувствительных передающих телевизионных трубок, работающих в инфракрасном (ИК) диапазоне.

Последнее, в свою очередь, требует разработки новых специфических режимов работы, существенно отличающихся от применяемых для типовых ПВ [3].

Целью настоящей статьи является рассмотрение возможных рабочих режимов современных высокочувствительных ПВ.

**Новейшие образцы пировидиконов** (см. табл.) позволяют проектировать на их основе ТПК, по своей чувствительности не уступающие значительно более дорогим ТПК на микроболометрических и пироэлектрических матрицах [4]. Из них наибольшего внимания заслуживает экспериментальный ПВ типа РЕМЕТ (Pyroelectric Modulation Effect Tube – ПВ со считыванием сигнала на основе эффекта модуляции тока электронного пучка полем ячеек структурированной мишени) [5], чьи основные показатели на порядок выше, чем у типовых ПВ, а термодиффузия и сегнетоэлектрический эффект – существенно меньше.

Сравнительная характеристика лучших образцов современных ПВ

Тип	Производитель	Чувствительность (панорам./обтюр.), мка/Вт	Разрешающая способность, ТВЛ/растр	Глубина модуляции, %
S58XQ	Голландия, Philips	6	300	5
ЛИ492	Россия, ЦНИИ “Электрон”	5-7/1,5	200	30
			300	5
ЛИ505		10-12/1,5	200	30
			300	5
ЛИ513 РЕМЕТ	50-100/7	200	60	
		300	30	
		440	12	

Как и у типовых ПВ, его рабочий цикл предусматривает подготовку мишени и считывание потенциального рельефа. Подготовка состоит в формировании на мишени рабочего потенциала в диапазоне  $U_0 = 0 \dots -10$ В. Потенциал коллектора электронов (сигнальной пластины) выбирается в диапазоне  $+10 \dots 60$ В. При считыва-

нии мишень сканируется в режиме медленных электронов. Поскольку потенциал коллектора положительный, то часть электронов попадает на него, проходя между элементами мозаики. При этом ее электрическое поле модулирует поток электронов (ширину канала), что эквивалентно усилению ПС в  $5 \cdot 10^3$  раз. При достаточном отри-

цательном значении  $U_0$  электронный пучок не заряжает мишень (т.е. считывание потенциального рельефа не деструктивно), а коммутационная инерционность приближается к нулю. Вместе с тем анализ методов улучшения показателей такого ПВ еще не проводился, что обуславливает актуальность этих исследований.

Асимметричный 4-полевой цикл с 4-фазным сканированием (рис.1), предлагаемый разработчиками РЕМЕТ-видикона, состоит в том, что в поле 1 после закрытия обтюлятора на катоде устанавливается потенциал  $U_c = 0$  и производится считывание накопленного в поле 4 (при открытом обтюраторе) потенциального рельефа. В поле 2 при  $U_c = -80 \dots 100$  В идет позитивная зарядка (компенсация) мишени вторично-эмиссионным методом. В поле 3 потенциал мишени выравнивается до заданного значения  $U_0$  ( $U_c = 0 \dots -10$  В). В поле 4 обтюратор открывается и производится экспозиция мишени и считывание сигнала сформированного пьедестала (темнового потенциального рельефа), который затем вычитается из ПС, что устраняет неоднородности пьедестала и структурные шумы мишени.

$$M(\nu) = \frac{16f_m}{3\gamma} \cdot \frac{\left(1 - \exp\left(-\frac{3 \cdot \gamma}{4f_m}\right)\right)}{1 + \exp\left(-\frac{\gamma}{4f_m}\right) + \exp\left(-\frac{2 \cdot \gamma}{4f_m}\right) + \exp\left(-\frac{3 \cdot \gamma}{4f_m}\right)}, \quad (1)$$

где  $\gamma = (2\pi \cdot \nu)^2 \cdot D$ ;

$f_m$  – частота обтюрации;

$\nu$  – пространственная частота;

$D$  – коэффициент термодиффузии.

Однако при всех его преимуществах этот рабочий цикл имеет и существенные недостатки:

– ПС формируется лишь каждое 4-ое поле развертки, что существенно ухудшает динамические характеристики ТПК;

– формирование ПС лишь при открытом обтюраторе ведет к тому, что при разностной обработке его амплитуда не удваивается, что ухудшает эквивалентную чувствительность ТПК;

– его МПФ недостаточна для передачи мелких деталей теплового изображения;

– асимметричная функция обтюрации (обтюратор должен быть открыт в течение развертки одного поля и закрыт в течение 3-х полей) ведет к увеличению габаритов обтюлятора и сложности его балансировки.

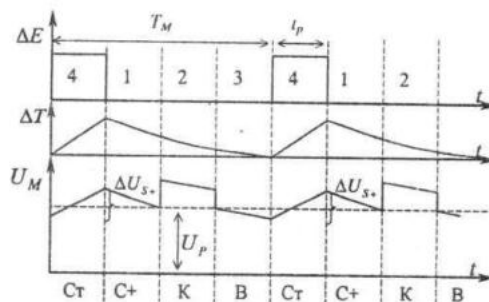


Рис. 1 – Временные диаграммы асимметричного 4-полевого 4-фазного цикла:

$\Delta E$  – модулированный поток ИК излучения;  $\Delta T$  – прирост температуры мишени;  $U_M$  – потенциал сканированной поверхности мишени;  $T_M$  – период обтюрации;  $t_p$  – продолжительность развертки поля;  $U_p$  – уровень пьедестала по завершении фаз компенсации (К) и выравнивания (В);  $\Delta U_{S+}$  – максимальный уровень потенциального рельефа, накопленного при открытом обтюраторе; С, Ст – фазы считывания пиросигнала и пьедестала (темнового потенциального рельефа)

родности пьедестала и структурные шумы мишени.

Проведенный авторами анализ показал, что, с учетом примененной разностной обработки, модуляционная передающая функция (МПФ) такого цикла составляет

Для устранения этих недостатков авторы предлагают использовать применяемый к типовому ПВ 6-полевой рабочий цикл [6].

Симметричный 6-полевой цикл с 3-фазным сканированием для применения к РЕМЕТ-видикону требует лишь изменения  $U_c$  в каждой из фаз сканирования (рис.2).

Здесь потенциальный рельеф накапливается не только при открывающемся ( $\Delta U_{S+}$ ),

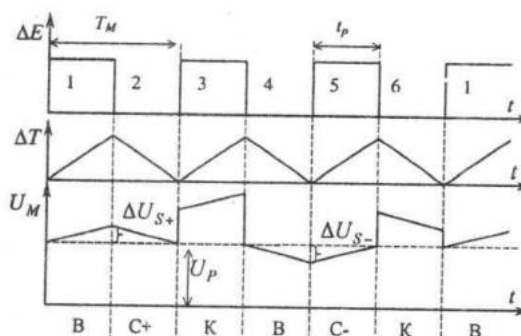


Рис. 2 – Временные диаграммы симметричного 6-полевого 3-фазного цикла РЕМЕТ-видикона

как при асимметричном цикле, но и при закрывающемся ( $\Delta U_s$ ) обтюраторе. МПФ такого цикла для РЕМЕТ-видикона составит

$$M(\nu) = \frac{\tanh((\pi \cdot \nu)^2 D / f_m)}{(\pi \cdot \nu)^2 D / f_m} \quad (2)$$

Как показало числовое моделирование, при этом чувствительность по току улучшится на  $\approx 25\%$ , а МПФ – на  $50+60$  ТВЛ/растр (рис.3).

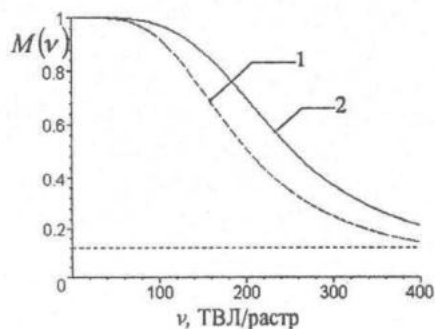


Рис. 3 – Расчетные МПФ для асимметричного 4-полевого (1) и симметричного 6-полевого (2) рабочих циклов РЕМЕТ-видикона

Кроме того, сравнительно с асимметричным 4-полевым применением 6-полевого цикла обеспечивает:

- более высокую частоту обновления изображения (каждое 3-е поле развертки);
- улучшение отношения сигнал/шум, поскольку дает возможность взаимовычитания сигналов, формируемых как при открытом, так и при закрытом обтюраторе, что удваивает ПС;

- симметричную конструкцию и, соответственно, малые габариты обтюратора;
- возможность изготовления малогабаритной ТПК, способной работать как с типовыми ПВ, так и РЕМЕТ-видиконами.

Дальнейшие улучшения рабочего цикла возможны, если учесть, что, поскольку процесс считывания в РЕМЕТ-видиконе не деструктивен, то потенциал его мишени изменяется только за счёт токов остаточных газов в трубке и собственной незначительной проводимости пирозлектрика, а постоянная времени разряда мишени существенно превышает длительность поля развертки.

Это позволяет организовать цикл, в котором после фаз компенсации и выравнивания будут следовать  $2n$  фаз считывания (где значение  $2n$  будет определяться постоянной времени разряда мишени, т.е.

конкретным экземпляром ПВ). Тогда частота обновления изображения приблизится к максимальной. А поскольку при таком  $(2+2n)$ -полевым цикле и 2-полевым периоде обтюрации шумы пьедестала станут коррелированными, то применение межкадровой разностной обработки позволит исключить их из полезного сигнала.

Кроме того, высокое разрешение РЕМЕТ-видикона и необходимость изменения  $U_c$  в каждой из фаз его рабочего цикла требуют совершенствования сканирующих растров с целью уменьшения растровой неоднородности мишени [7].

**Выводы.** Применение РЕМЕТ-видикона позволяет существенно улучшить качество формируемого теплового изображения. При этом наиболее оптимальным режимом его работы является предложенный авторами 3-фазный 6-полевой рабочий цикл при 2-полевым периоде обтюрации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Госсорг Ж. Инфракрасная термография. - М.: Мир, 1988. - 216 с.
2. Раженко И.Б., Гой В.М., Клушин Ю.С., Кондратов П.А. Процессорный тепловизионный комплекс с дополнительным каналом изображения в видимом диапазоне спектра// Системы контроля окружающей среды. Сборник научных трудов НАНУ. - Севастополь: МГИ, 2002. - С.272-273.
3. Криксунов Л.З., Рабышко В.А. Пириконы. - К.: Техніка, 1984. - 78 с.
4. Таубкин Н.И., Тришенков М.А. Предельная чувствительность тепловизоров и информативность систем технического зрения// Фотоэлектроника и приборы ночного видения. - М.: ОРИОН, 2000. - С.10.
5. Березкин Н.А., Дун А.З., Меркин С.Ю. Новая высокочувствительная телевизионная трубка с пирозлектрической мишенью, использующая эффект модуляции тока электронного луча - РЕМЕТ// Прикладная физика. - 1999. - №3. - 9 с. - <http://www.vimi.ru/applphys>
6. Кондратов П.А., Ткаченко В.Ф. Повышение качества тепловых изображений объектов при проведении дистанционного мониторинга// Системы контроля окружающей среды: Мониторинг и модели. - Севастополь: МГИ, 2003. - С.26-27.
7. Пат.58292 А Украина, МПК H04N5/33. Тепловізійна камера/ П.А.Кондратов (Україна). - №2002119176: Заявл. 18.11.2002; Опубл. 15.07.2003; Бюл. №7. - 4 с.