



Нач. отдела
АСУТП ФГУП «Гран»
Г.В. Лобынцев

Цифровой малогабаритный высоковольтный источник питания для электронно-оптического преобразователя с МКП

Г.В. Лобынцев

Расширение диапазона зрения для визуализации недоступной для глаз информации является одной из наиболее трудных задач, так как требует серьезной научной подготовки и значительной технико-экономической базы.

Первые успешные результаты в этом направлении были получены в 30-х годах XX века. Особенную актуальность проблема наблюдения в условиях низкой освещенности приобрела в ходе Второй мировой войны. Ее практическая реализация предоставила возможность действовать в сумерках и ночью без использования источников видимого света.

Первые успехи применения техники ночного видения, еще не осознанные общественностью, сделали войну при свете звезд мечтой военных специалистов. На достижение результатов были затрачены колоссальные средства, выделяемые как правительствами, так и ведущими фирмами развитых стран.

О «победе над ночью» заговорили уже во время войны в Персидском заливе. Последующие конфликты в Югославии и Чечне сделали ночной бой неизбежным атрибутом современной войны. Естественно, усилия, затраченные в этом направлении, привели к прогрессу в научных исследованиях, медицине, технике связи и других областях.

Адаптированные для индивидуального использования, аналоги военной техники находят все более широкое применение в правоохранительных органах, службах охраны, спасения, в навигации, среди любителей ночной охоты и т.п.

Изменение конъюнктуры рынка, ставшей следствием глобальной реструктуризации экономики из-за падения ряда политических барьеров в пос-

ледние десятилетия, привело к стремительной коммерциализации продукции современного высокотехнологичного производства.

В итоге результаты научно-технических работ, основанные на знаниях о волнах оптического диапазона не только видимой области спектра, но и инфракрасного (ИК) излучения, сегодня стали доступным потребительским товаром.

К сожалению, вопросы техники ночного видения, открыто обсуждавшиеся в широких кругах развитых стран, в СССР (России) были ориентированы только на представителей ВПК и непосредственных разработчиков.

Краткая ретроспектива истории приборов ночного видения (ПНВ) и обзор современного состояния данного сегмента рынка оптоэлектронной продукции призваны, отчасти, восполнить этот пробел.

Принцип действия классического ПНВ основан на преобразовании ИК-излучения, создаваемого на наблюдаемом объекте свечением ночного неба, звездами и луной, в видимый свет.

Функциональная блок-схема оптического тракта современного ПНВ представлена на *рис. 1*.

Изображение наблюдаемого объекта через объектив проецируется в перевернутом виде на входное стекло электронно-оптического преобразователя (ЭОП), представляющего собой «высоковакуумную лампу» с двумя плоскими торцами, входным и выходным окнами соответственно.

На внутренней стороне входного окна нанесен тонкий полупрозрачный слой светочувствительного материала (фотокатод), испускающий электроны при поглощении квантов света. На внутренней стороне входного окна находится слой лю-

1. Объект наблюдения.
2. Корпус ПНВ.
3. Объектив.
4. ЭОП со встроенными МКП, ВОЭ и ВИП.
5. Окуляр.
6. Элементы питания, обычно пальчиковые батарейки (типа АА).
7. Встроенная ИК-подсветка.

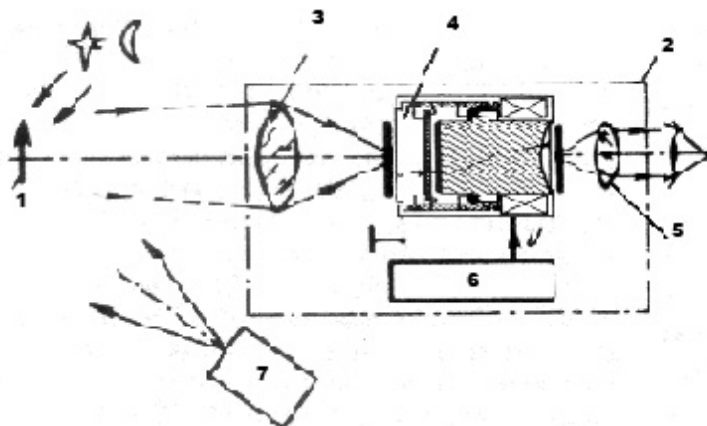


Рис. 1. Функциональная блок-схема оптического тракта современного ПНВ.

минофора, материала, излучающего свет при попадании на него электрона (экран).

Перенос электронов, эмитированных фотокатодом, обеспечивается электростатическим полем, для чего к фотокатоду и экрану приложено напряжение в несколько кВ. Полученное на экране изображение рассматривается через окуляр.

В современных конструкциях ЭОП для усиления изображения используется вторично-эмиссионный усилитель или микроканальная пластина (МКП), устанавливаемая между фотокатодом и экраном. МКП позволяет получить усиление в десятки тысяч раз, а в некоторых ЭОП специального назначения – до 10^7 раз, что достаточно для регистрации единичных фотонов.

Входное и выходное окна ЭОП выполняются на плоском стекле или на волоконно-оптической пластине (ВОП).

Для оборота изображения на 180° в качестве выходной ВОП используется волоконно-оптический

оборачивающий элемент (ВОЭ), он же твистер, или электронная фокусирующая система.

В более сложных конструкциях для оборота изображения используется бинокулярный окуляр или дополнительный линзовый оборачивающий элемент.

Несмотря на простоту конструкции и минимальное количество узлов, к каждому элементу ПНВ предъявляются довольно высокие и часто противоречивые требования.

Очевидно, наиболее сложным и ответственным узлом ПНВ, определяющим как его предельные параметры, так и цену, является ЭОП.

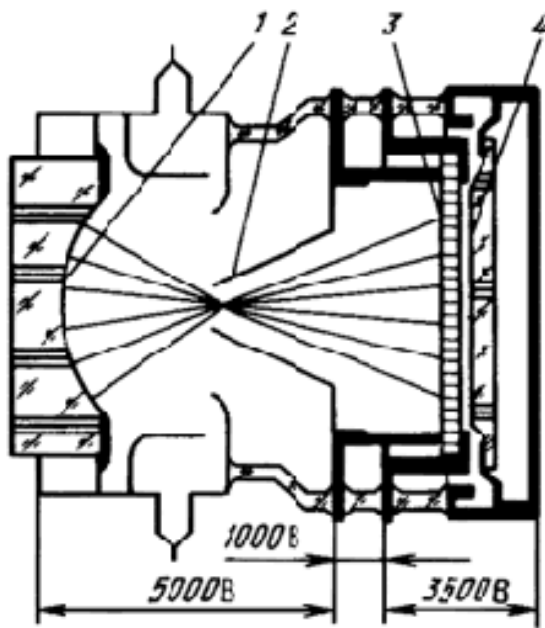
По мере совершенствования техники и технологии ЭОПы прошли несколько стадий своего развития от 0-го до 4-го поколения, что отражено в таблице 1.

Наиболее массовыми приборами, не требующими дополнительной подсветки в условиях освещенности «звездного неба» и обладающими малыми габаритами, стали ЭОПы со встроенным

Таблица 1

Основные характеристики ЭОП (выборочно*).

Поколения ЭОП	Тип фотокатода	Интегральная чувствительность, мкА/лм	Чувствительность на длинах волн 830-850 нм, мА/Вт	Коэффициент усиления, усл. ед.	Доступная дальность распознавания фигуры человека в условиях ЕНО***, м
0	“Стакан Холста”	S-1	20-40	около 1, ИК подсветка	--
	0	S-20	150-200	только при свете луны или ИК осветителя	До 100
	SUPER 0		100-200		40
I**	I	S-20	150-200	500-1000	60
	I+	S-25	150-200		90
	Super I ⁺	S-25R	250-350		110
II	II	S-25	220-300	(2,5-3,0)×10 ⁴	150
	II ⁺		18-25		200
	Super II ⁺ или II ⁺⁺	S-25R	350-500		30-40
III	III	Ga-As	1000-1350	(3,0-4,0)×10 ⁴	250
	Mil-Spec III	Ga-As	1550-1800		80-190



- 1 – Фотокаатод.
2 – Анод.
3 – Микроканальная пластина.
4 – Экран.

Рис. 2.

микроканальным усилителем (МКП) и волоконно-оптической пластиной (ВОП) на входе.

Изготовление МКП, как и ВОП, относят к высоким технологиям, обеспечивающим выпуск малогабаритных и энерго-экономичных ЭОП, пригодных для применения в наголовных ПНВ, то есть очках и монокулярах.

Оборот изображения в ЭОП с МКП, относимых к 2-му поколению, по-прежнему осуществляется за счет электростатической фокусировки (рис. 2).

Прологом удачного применения бинокулярных очков для обеспечения действий спецподразделений армий стран НАТО стала модель AN/PVS-5В фирмы Litton (США) (рис 2).

Для обеспечения работы такого ЭОП необходим встроенный высоковольтный источник питания (ВИП).

ВИП должен обладать следующими основными техническими характеристиками:

1. Малыми габаритами.

2. Вырабатывать и стабильно поддерживать напряжения, указанные на рис. 1, при изменении напряжения источника питания ВИП от 2 В до 3,2 В (две батарейки типа А).

3. Обеспечивать автоматическую регулировку яркости экрана, то есть изменять напряжение МКП по изменению тока экрана.

4. Обеспечивать защиту фотокаатода от засветок.

5. Иметь небольшой ток потребления от источника питания, порядка 30...40 мА.

6. Работать при температуре окружающей среды $-40...+50^{\circ}\text{C}$ и выдерживать высокие ударные нагрузки.

В настоящее время разными фирмами разработан целый ряд ВИП с разными конструктивными особенностями и на различных электронных элементах.

Но, несмотря на все различия разрабатываемых ВИП, в принципе они мало чем отличаются друг от друга.

Во-первых, они все основаны на аналоговом способе регулирования и преобразования необхо-

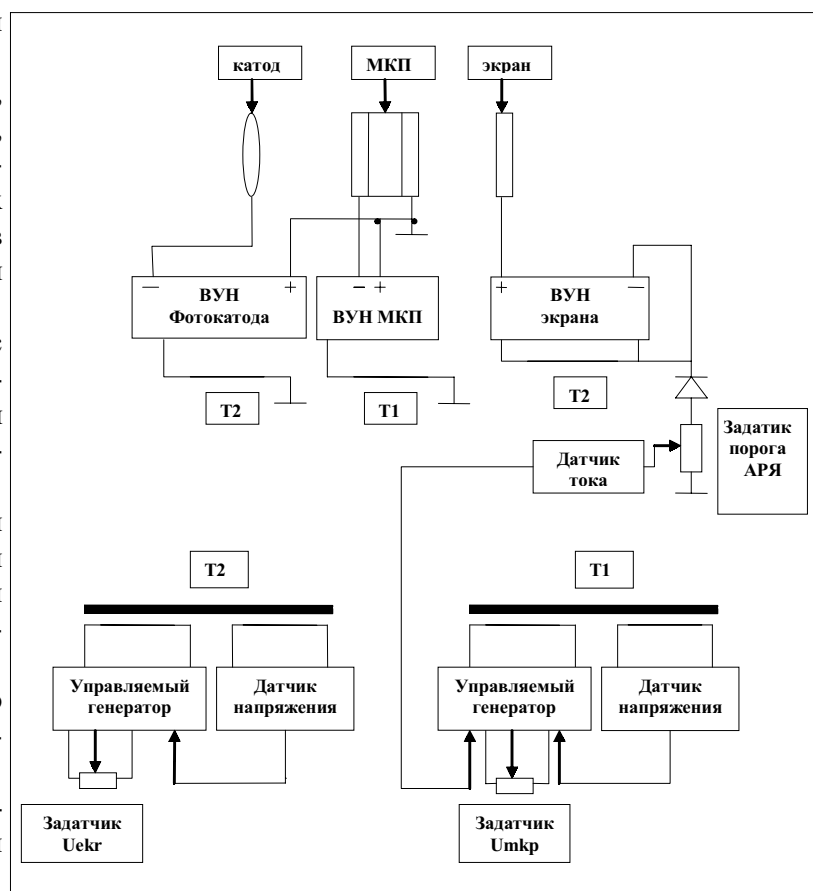


Рис. 3.

димых напряжений, что значительно дестабилизирует работу ВИПа в жестких внешних условиях его эксплуатации; и, во-вторых, имеют практически одинаковые функциональные схемы прибора.

Принцип работы такого ВИПа рассмотрим на базе функциональной схемы ВИПа для электронно-оптических преобразователей 2-го и 3-го поколений (зарубежный патент US Patent 3.816.744), *рис. 3*.

ВИП состоит из двух управляемых высокочастотных генераторов (УВГ), нагруженных на повышающие трансформаторы Т1, Т2. Переменное напряжение со вторичных обмоток трансформаторов подается на высоковольтные умножители напряжения, которые вырабатывают необходимые для работы ЭОПа напряжения ($U_{fk} = 5 \text{ kV}$, $U_{ekr} = 4 \text{ kV}$, $U_{mkp} = 1 \text{ kV}$).

Для стабилизации заданных напряжений на УВГ поступает обратная связь с датчиков напряжения. Изменение заданных напряжений производится с помощью задающих подстроечных резисторов (датчиков напряжения экрана и напряжения МКП).

При достижении тока экрана значения, заданного датчиком порога срабатывания АРЯ, пропорционального яркости экрана, срабатывает система ограничения тока экрана, путем снижения напряжения на МКП.

Миниатюризация микропроцессорной техники с одновременным увеличением быстродействия и способностью работать в широком диапазоне питающих напряжений и температур дала возможность разработчикам из отдела АСУТП завода ФГУП «Гран» попытаться разработать цифровой ВИП (ЦВИП) для малогабаритного ЭОПа 2-го поколения «Цэй».

В настоящее время завершается разработка миниатюрного цифрового высоковольтного источника питания (ЦВИПа), готовятся к испытаниям опытные образцы.

Данный ЦВИП обладает уникальными характеристиками, значительно превышающими характеристики существующих аналоговых ВИП, и имеет ряд дополнительных возможностей, невыполнимых в этих ВИПах.

1. Конструкция.

Конструктивно ВИП состоит из следующих узлов: Циф-

рового инвертора со стабилизацией выходных напряжений и стабилизацией яркости экрана по току экрана, включающий ВУН МКП; высоковольтного умножителя фотокатода и экрана, соединенных с инвертором гибкими выводами.

Конструктивно ВИП может располагаться на цилиндрической поверхности вакуумного блока и заполнять рельефные поверхности ЭОП, с тем чтобы диаметр описанной окружности не превышал 41 мм.

Конструкция ВИП позволяет отстыковывать ЭОП от ВИП без их разрушения.

2. Технические характеристики.

2.1. ЦВИП питается от элементов постоянного тока напряжением – 2,2...3,2 В.

2.2. ЦВИП вырабатывает три стабилизированных напряжения:

напряжение фотокатода – – 5 кВ,

напряжение экрана – + 5 кВ,

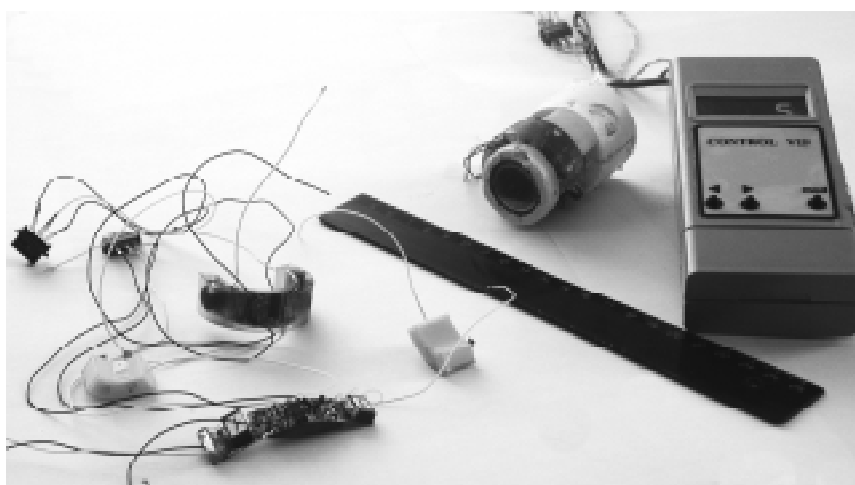
напряжение МКП – – 1 кВ.

2.3. Стабилизация напряжений осуществляется по изменению напряжения питания и тока нагрузки с точностью 0,5 % во всем диапазоне изменения напряжения питания.

2.4. ЦВИП обладает возможностью регулировки вышеуказанных напряжений в широком диапазоне без механического вмешательства (с помощью электронного устройства через инфракрасный порт).

2.5. ЦВИП осуществляет автоматическую регулировку яркости экрана с учетом тепловых утечек тока экрана, что обеспечивает высокую стабильность поддержания яркости экрана.

2.6. ЦВИП осуществляет автоматическую за-



Конструкция ЦВИП в разобранном и в состыкованном виде с прибором ЭОП «Цей».

щиту фотокатода при попадании прямого света на фотокатод путем кратковременного снятия напряжения на фотокатоде, что практически не достижимо в аналоговых ВИП, имеющих миниатюрное исполнение.

2.7. ЦВИП позволяет автоматически управлять яркостью подсветки прицельной марки в зависимости от яркости экрана.

2.8. ЦВИП можно наделить различными дополнительными сервисными возможностями по управлению ПНВ, такими как: контроль за раз-

рядом батареи, сигнализация о недопустимой засветке ЭОПа, включение/выключение питания и т.д. по предложению заказчика.

ЦВИП дает возможность разработчику унифицировать принципиальную схему и свести разработку новых ЦВИПов под другие ЭОПы только к разработке новой программы для микроконтроллера.

Ниже в *таблице 2* приведены сравнительные характеристики аналогового и цифрового ВИПов.

Таблица 2

Таблица сравнительных характеристик аналогового ВИП и цифрового ВИП

№ п.п	Наименование характеристики ВИПа	Аналоговый ВИП	Цифровой ВИП
1.	Диапазон стабилизации выходных напряжений по напряжению источника питания	3,2...2,5В	3,2...2,0В
2.	Точность поддержания выходных напряжений $U_{фк}$, $U_{экр}$	1%	0,5%
3.	Точность поддержания выходных напряжений $U_{мпкп}$	0,7%	0,5%
4.	Точность поддержания яркости экрана по току АРЯ	$\pm 5\%$	$\pm 1\%$
5.	Температурный диапазон	$-40...+50^{\circ}\text{C}$	$-40...+50^{\circ}\text{C}$
6.	Диапазон задания напряжений $U_{фк}$, $U_{экр}$	5кВ $\pm 20\%$	0...5кВ
7.	Диапазон задания напряжений $U_{мпкп}$	1кВ $\pm 20\%$	0...1,2кВ
8.	Диапазон задания порога срабатывания АРЯ	$\pm 20\%$	0...100%
7.	Точность задания напряжений и порога срабатывания АРЯ	$\pm 2\%$	$\pm 0,5\%$
8.	Способ задания напряжений и порога срабатывания АРЯ в ВИПе	Механический	Электронный через ИК порт
9.	Защита фотокатода от засветок	нет	есть
10.	Компенсация токов утечек по току экрана	нет	есть
11.	Управление подсветки марки	нет	есть

Литература

1. Саликов В.Л. Приборы ночного видения: история поколений // Специальная техника.
2. Источник питания для электронно-оптической аппаратуры. Патент: US Patent 4.166.213 Aug 28.1979.
3. Источник питания для электронно-оптического преобразователя 2-го и 3-го поколения. Патент: US Patent 3.816.744 June 11.1974

