

Волоконно-оптические  
приемо-передающие  
устройства для специ-  
альных применений.

2  
0  
0  
9

---

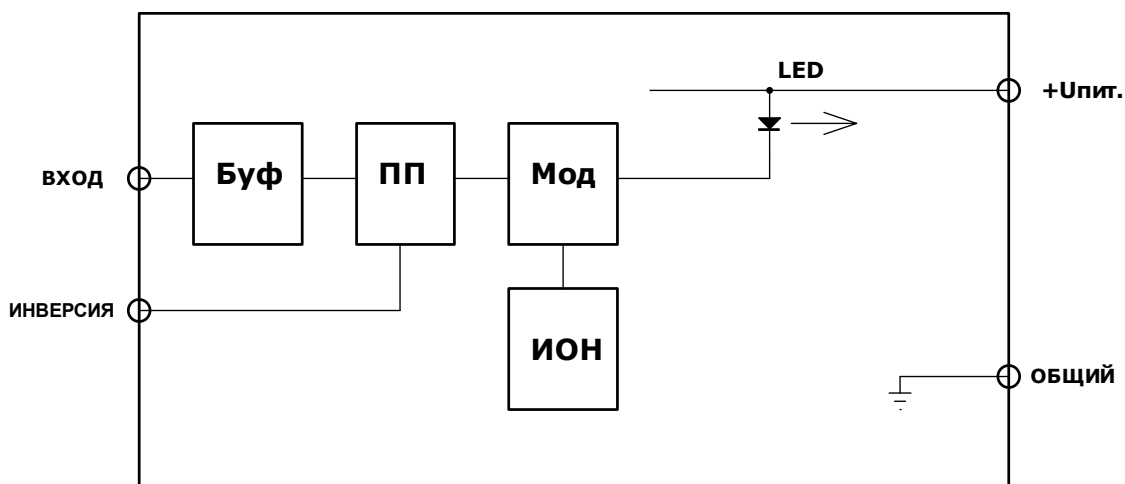
**Волоконно-оптические оптроны, передающие  
устройства для формирования одиночных сигналов и  
неуравновешенных цифровых последовательностей,  
прецизионные приемники для оптических сенсоров.**

## 1. Введение.

В связи с широким развитием автоматизированных систем управления технологическими процессами, использующими сильноточные источники питания, коммутаторы, переключатели, возникают проблемы электромагнитной совместимости оконечных исполнительных устройств с устройствами контроля. Кроме этого, часто исполнительные устройства находятся в зоне действия или высоких напряжений со значениями в десятки и сотни киловольт или агрессивных химических сред. В этих и других многочисленных случаях использование металлических шин, кабелей и проводов не позволяет разрешить вышеуказанные проблемы оптимальным образом. Это в полной мере относится и к сильноточным разрядным программируемым устройствам и к устройствам синхронизации (например: линейки газовых лазеров используемой при изотопном получении редкоземельных материалов), а также включению / выключению различных энергетических объектов на территориях железнодорожных станций, портов, аэродромов. Однако в последние годы, благодаря развитию волоконной оптики, многие задачи удается решить без значительных материальных затрат с высокими параметрами по электромагнитной совместимости оборудования и обеспечению электробезопасности обслуживающего персонала. В тоже время, основные усилия разработчиков компонентной базы в области волоконной техники, ограничивались созданием приемных, передающих и приемопередающих устройств для систем связи и компьютерных сетей. Это относится как к отечественным производителям, так и зарубежным. Попытки использовать эти изделия для целей запуска или синхронизации часто заканчиваются неудачей, так как они в основном предназначены для работы с уравновешенными цифровыми потоками. Кроме этого приемные модули таких устройств часто размещены в пластиковых корпусах, что резко ухудшает их помехозащищенность. На другом полюсе рассматриваемой проблематики располагаются прецизионные высокочувствительные приемники используемые в волоконно-оптических датчиках, микрофонах, гидрофонах, устройствах регистрации и т.п.. Конкретным разработкам для задач силовой электроники и волоконно-оптической сенсорики и посвящена данная статья.

## 2. Волоконно-оптические оптроны, дистанционные переключатели с использованием многомодового оптического волокна (MMF).

Многие задачи по включению/выключению исполнительных устройств малой и средней мощности могут быть решены с использованием разработанного комплекта, состоящего из волоконно-оптического передатчика OMTD-01(A,B), приемника оптического сигнала OMRD-02(A,B) и волоконно-оптического кабеля оконцованного разъемами того или иного типа. Функциональная схема оптического передатчика OMTD-01 приведена на рис.1.



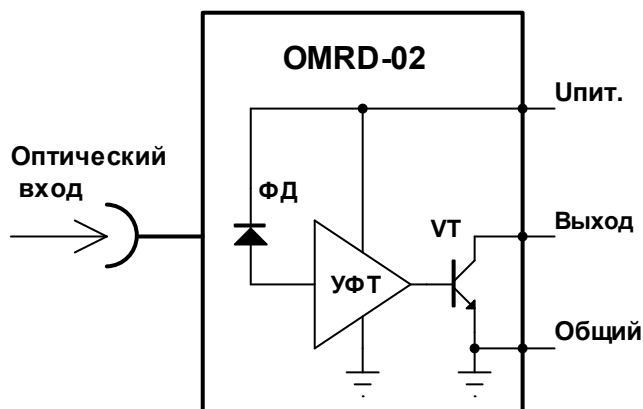
Перечень условных обозначений:

Буф - буферное устройство	ПП - переключатель полярности
Мод - модулятор	ИОН - источник опорного напряжения

Рис.1. Функциональная схема OMTD-01.

В состав входит буферное устройство нормирующее входные сигналы TTL/CMOS уровней, переключатель полярности, осуществляющий инверсию выходного оптического сигнала, а также модулятор и источник опорного напряжения. Модулятор представляет собой импульсный генератор тока (ГТ) и служит для накачки светоизлучающего элемента (в данном случае светодиода). Так как выходная оптическая мощность излучаемая светодиодом уменьшается с ростом температуры, ток ГТ имеет температурную компенсацию, что проявляется в некотором увеличении тока потребления передатчика. В зависимости от необходимой длины волны излучения  $\lambda_{\text{опт.}}$ , устройство комплектуется различными типами светодиодов с длиной волны 0.85 мкм или 1.3 мкм. Данное устройство имеет относительно широкий диапазон питающих напряжений и работоспособно от 3.3В до 6В. Быстродействие разработанных изделий в основном определяется типом используемых комплектующих. Длительность фронта и спада оптического излучения вводимого в оптическое волокно составляет  $\approx 2.5$  нс (нормируемое значение  $\leq 5$  нс). Отсутствие ограничения на формат входных сигналов, позволяет использовать устройства, как для формирования одиночных оптических импульсов, так и бесконечно длинных последовательностей "0" и "1". Все эти качества, совместно с достаточно высокими значениями вводимой в оптоволокно с диаметром  $\varnothing=50/125 \div 62/125$  оптической мощности, позволяют использовать вышеуказанные изделия не только в качестве составной части волоконно-оптического оптрона, но и в информационных сетях со скоростями передачи до 70 Мб/с и протяженностью до 10 км.

Приемник волоконно-оптического оптрона OMRD-02 выполнен по традиционной для оптронов схеме фотодиод + усилитель тока. Функциональная схема OMRD-02 приведена на рис. 2.



Перечень условных обозначений:

ФД - фотодиод    УФТ - усилитель фототока    VT - выходной транзистор (ОК)

Рис.2. Функциональная схема OMRD-02.

Фотодиод, размещенный в розетке оптического разъема, для увеличения скорости нарастания входного сигнала и быстродействия всего устройства в целом, подключен с обратным смещением через RC-фильтр к шине питания. Схема усилителя фототока трехкаскадная. Выход - открытый коллектор (ОК). Ток нагрузки до 40 Ма в диапазоне питающих напряжений от 3.3В до 12В. Данный приемник можно использовать для включения/выключения реле в схемах запуска, тиристорных ключей, транзисторов IGBT соответствующей мощности. Быстродействие этих приемников относительно невелико и рассчитано на работу в микросекундном диапазоне. Приемник и передатчик конструктивно выполнены в железоникелевых корпусах со штырьковыми выводами, что обеспечивает повышенную помехоустойчивость к внешним электромагнитным воздействиям. Изделия могут быть оснащены различными типами оптических разъемов, таких как FC, ST, Лист-Х. Внешний вид изделий показан на рис. 3.

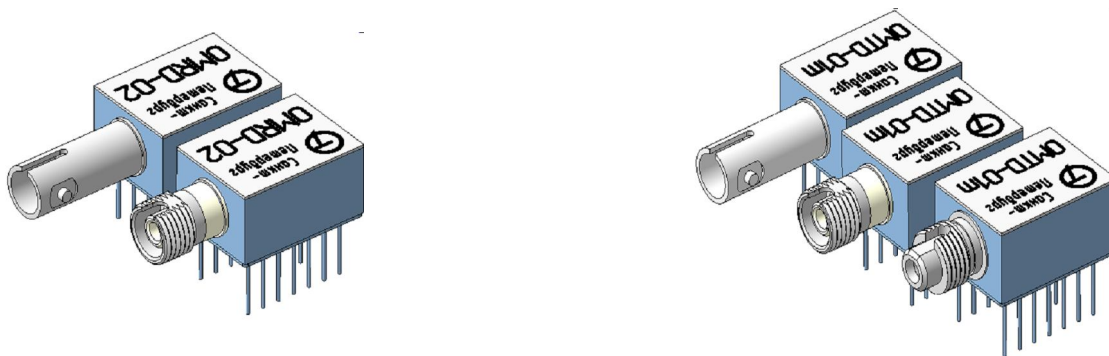


Рис.3. Внешний вид изделий OMTD-01m и OMRD-02.

Схема включения волоконно-оптического оптрона с многомодовым кабелем (MMF  $\varnothing 62.5/125$ ) длиной 10м показана на рис. 4.

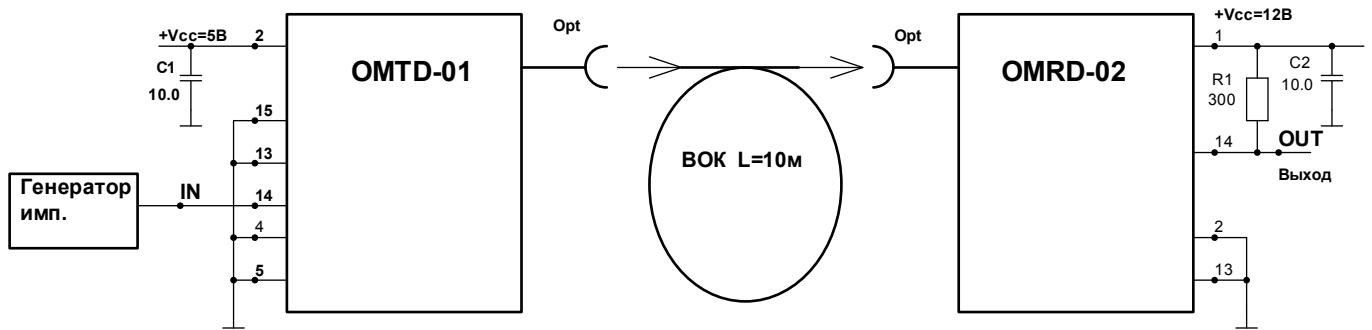


Рис.4. Схема включения волоконно-оптического оптрона.

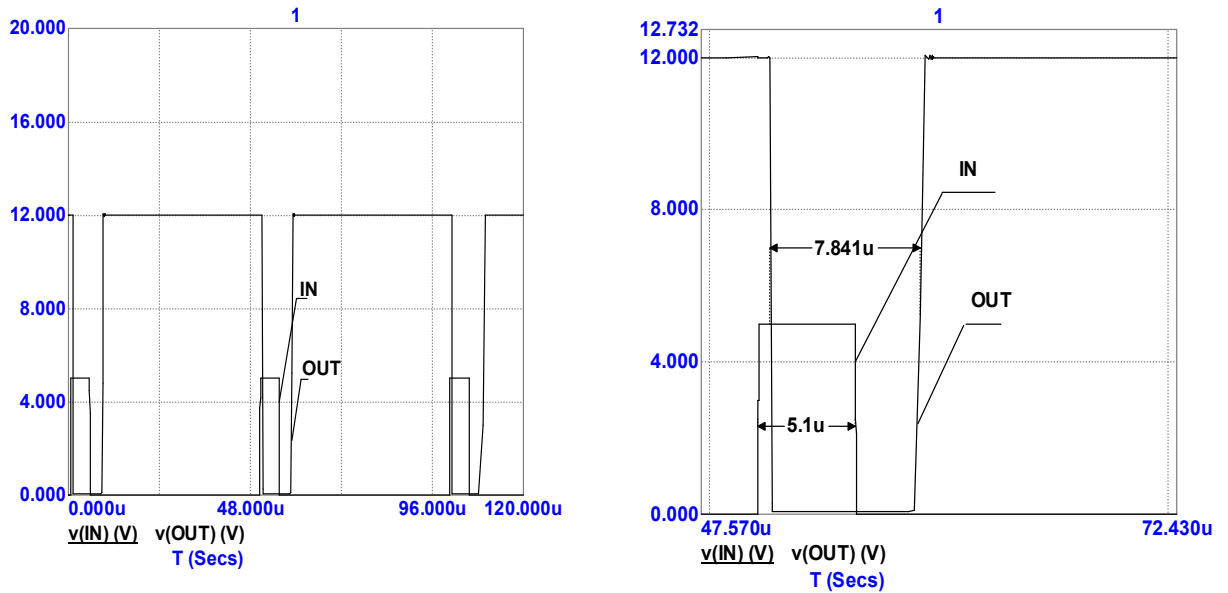
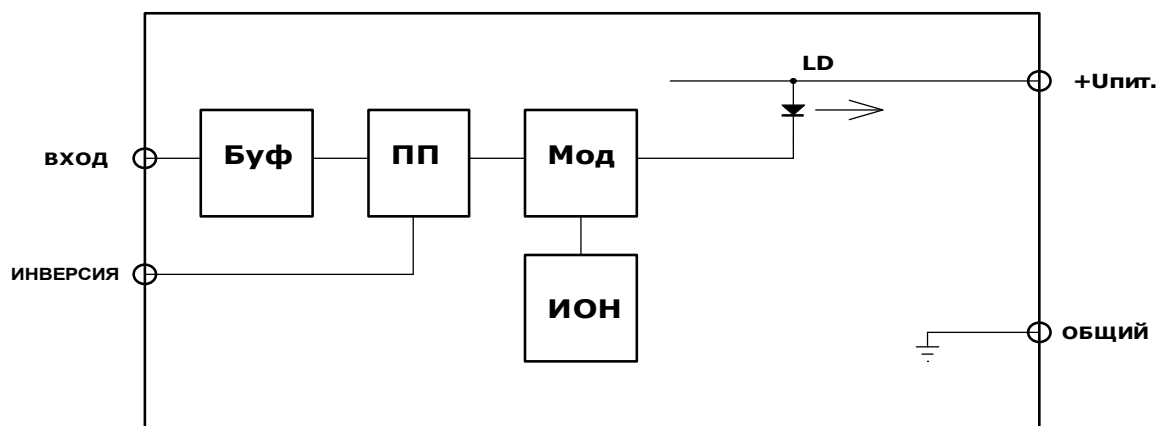


Рис.5.Эпюры входных и выходных напряжений волоконно-оптического оптрона ( $V_{in}=5B$ ,  $P_{opt}=50$  мквт,  $\lambda=1.3$ мкм,  $T_{имп.}=5$  мкс,  $Q=10$ ).

Подробные электрооптические и конструктивно-габаритные характеристики приведены в разделе информационных материалов.

### 3. Устройства запуска и синхронизации систем силовой электроники.

В устройствах со ступенчатой коммутацией токов порядка десятков, а то и сотен килоампер, первоочередное значение приобретает устойчивость приемника на входе первой ступени по отношению к обратным наводкам и помехам возникающим при включении оконечной ступени коммутатора. Устойчивость приемника во многом определяется величиной входного импеданса и экранирующими свойствами корпуса, а также типом выходного буфера. Величина входного импеданса в свою очередь будет определяться превышением значения входной оптической мощности и соответственно входного тока над значениями пороговых значений этих величин. Поэтому в разработанных комплектах изделий основное внимание уделялось с одной стороны уменьшению входного сопротивления усилителя тока, а с другой увеличению выходной оптической мощности передатчика. Комплект состоит из передатчика, в состав которого входит лазерный диод с длиной волны излучения  $\lambda_{\text{опт.}} = 0.85 \text{ мкм}$  и выходной оптической мощностью вводимой в многомодовое волокно  $\phi 62.5/125 \text{ мкм}$   $P_{\text{опт.}} \geq 2 \text{ мВт}$  (+3дБм), и приемника оптического сигнала, формирующего на выходе импульсы с амплитудой  $U_{\text{вых.}} = 20 \text{ В}$  и длительностью  $t_{\text{имп.}} \leq 100 \text{ мкс}$ . Питание передатчика и подключение к внешним устройствам осуществляется стандартными способами. Питание приемника осуществляется от любого источника с напряжением  $\geq 24 \text{ В}$  в том числе и от источника коммутируемого устройства через ограничительный резистор. Напряжение питания приемника ограничено внутренним стабилитроном с  $U_{\text{стаб.}} = 22 \text{ В}$ . Максимальный ток стабилизации = 5 мА. Внутренний накопительный конденсатор обеспечивает формирование импульсов тока в зависимости от типа приемника величиной 2А или 10А и длительностью 5 мкс. Для получения более длинных импульсов тока необходимо подключение внешних конденсаторов. Функциональная схема передатчика ОМТД-02м входящего в состав устройства приведена на рис.6.



Перечень условных обозначений:

- |                           |                                    |
|---------------------------|------------------------------------|
| Буф - буферное устройство | ПП - переключатель полярности      |
| Мод - модулятор           | ИОН - источник опорного напряжения |

Рис.6. Функциональная схема ОМТД-02м.

Функциональная схема приемника ФПУ-Э входящего в состав устройства приведена на рис.7. Внешний вид комплекта представлен на рис.8. Схема включения устройства приведена на рис.9. Основные технические параметры изделий входящих в состав устройства их габаритные и присоединительные размеры приведены в разделе информационных материалов.

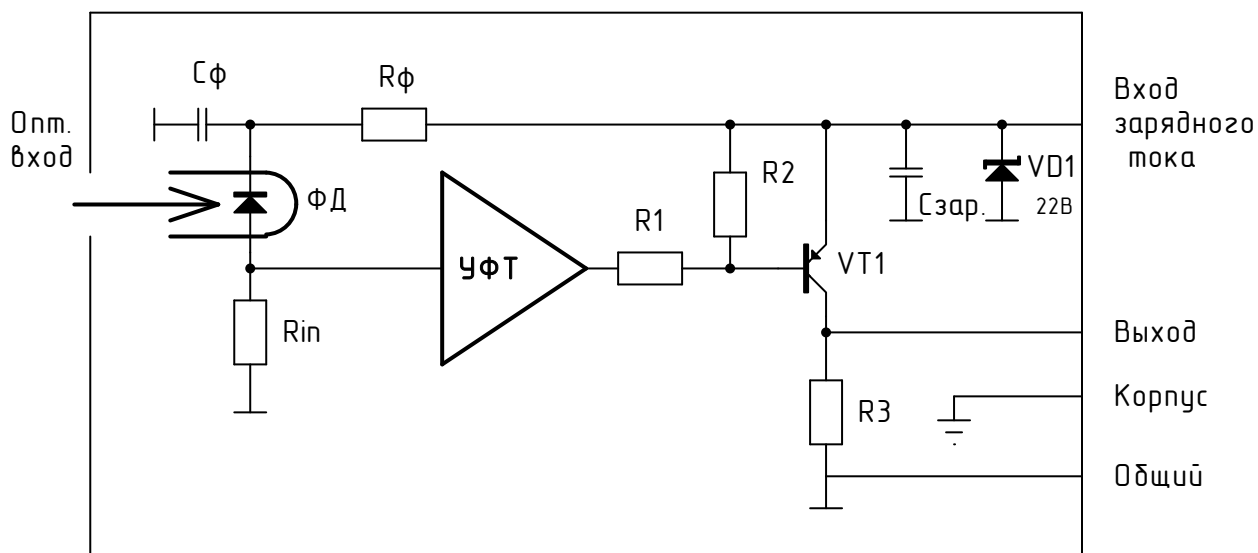


Рис.7.Функциональная схема ФПУ-Э.

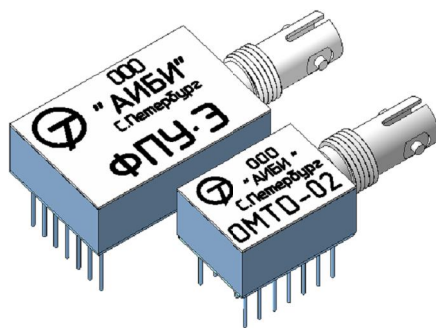


Рис.8.Внешний вид комплекта OMTD-02+ФПУ-Э.

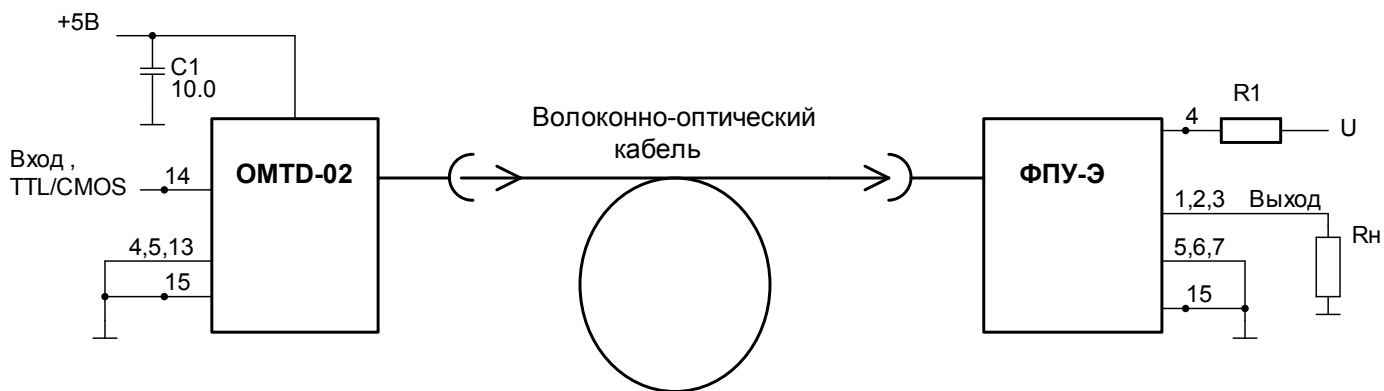


Рис.9.Схема включения комплекта OMTD-02+ФПУ-Э.

#### 4. Передающие устройства для формирования оптических сигналов в волоконно-оптических системах с различными требованиями по скважности входных сигналов.

В различных автоматизированных системах управления часто возникает необходимость получения оптических импульсов различной длительности и скважности (синхронизация нескольких объектов разнесенных территориально, включение и выключение различных устройств размещенных в труднодоступных с точки зрения электромагнитной совместимости местах и т.д.). В тоже время наметившаяся в последние годы тенденция к использованию волокон с диаметром световедущей жилы = 10/125 мкм предполагает использование в качестве источников оптического излучения полупроводниковых одномодовых лазерных диодов (ЛД). Как правило, ЛД в своем составе содержит фотодиод обратной связи используемый для стабилизации рабочей точки. В зависимости от назначения устройства рабочая точка выбирается или в середине характеристики  $P(I_d)$  – точка А или на изгибе – точка В (рис.10.)

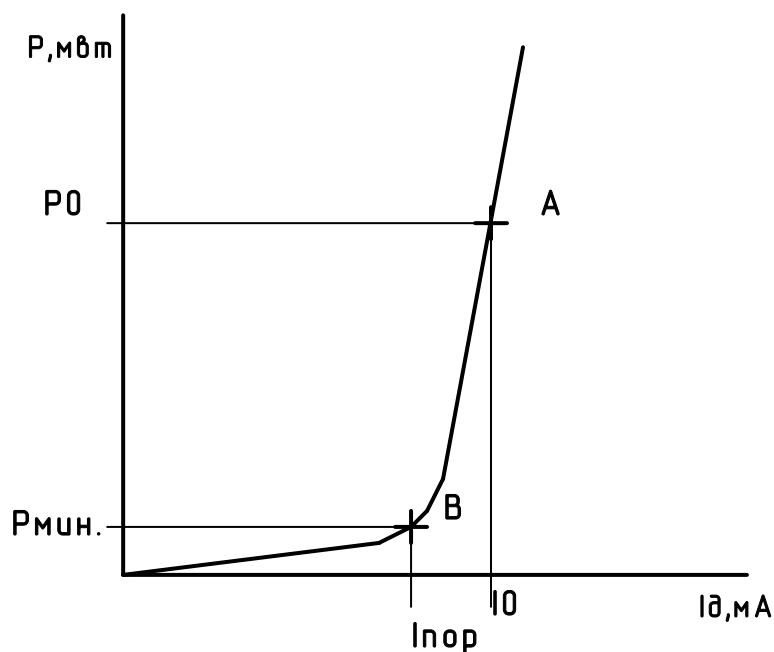
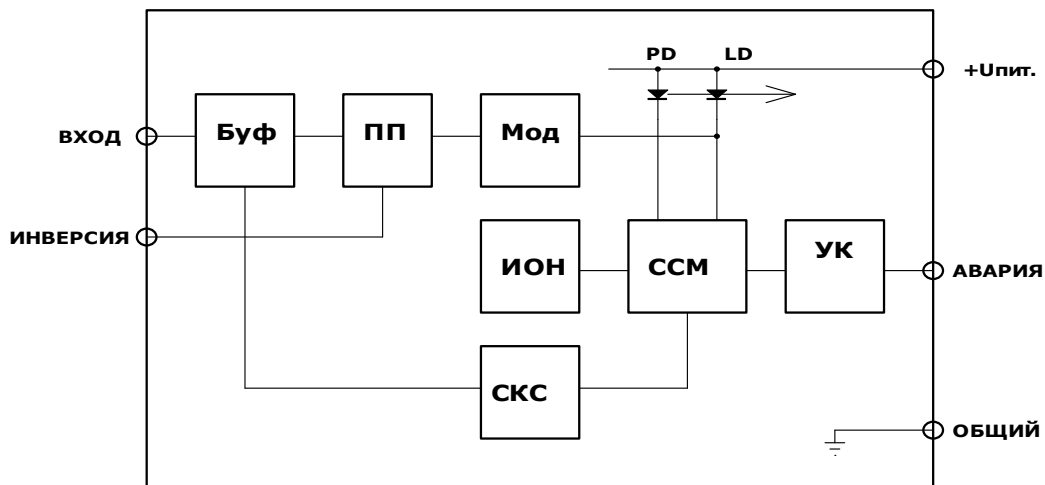


Рис.10. Зависимость выходной оптической мощности ЛД от тока диода.

При выборе в качестве рабочей точки ЛД- точки А и при использовании устройства в связанной аппаратуре с уравновешенными кодами нет необходимости в слежении за скважностью входного сигнала, так как ток фотодиода практически не изменяется в полосе частот выше некоторой, определяемой параметрами схемы. В случае выбора в качестве рабочей точки – точки В появляется возможность формировать оптические импульсные сигналы с различной скважностью в т.ч. и одиночные. Платой за это является необходимость в дополнительной схеме, следящей за скважностью входного сигнала и компенсирующей в зависимости от неё ток фотодиода в обратной связи. Для решения подобных задач, разработано передающее устройство - МТДС-01 для одномодовых (SMF) приложений, использующих существенно неуровновешенные входные сигналы. Функциональная схема ОМТД-01s приведена на рис.11. Внешний вид изделий показан на рис.12. Электрооптические характеристики, габаритные и конструктивные размеры содержатся в разделе информационных материалов. Схема включения ОМТД-01s приведена на рис.13.





**Перечень условных обозначений:**

- Буф** - буферное устройство
- ПП** - Переключатель полярности
- М** - модулятор
- ИОН** - источник опорного напряжения
- ССМ** - схема стабилизации мощности
- УК** - устройство контроля
- СКС** - схема компенсации скважности

Рис.11. Функциональная схема OMTD-01s.

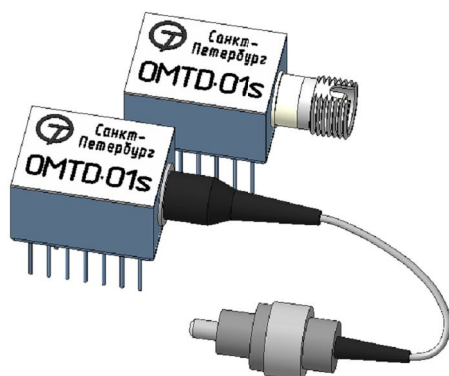


Рис.12. Внешний вид изделий OMTD-01s.

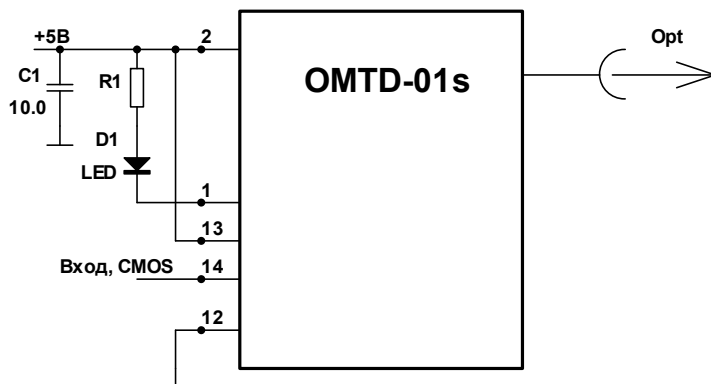


Рис.13 Схема включения OMTD-01s

#### 4. Фотоприемные модули для высокочувствительных волоконно-оптических датчиков.

Как уже отмечалось, другим полюсом, в предлагаемом спектре разработанных изделий, являются устройства, работающие с предельными параметрами по чувствительности к входным оптическим сигналам. Чувствительность здесь ограничена шумовыми характеристиками используемых фоточувствительных элементов и достигает  $\geq -70$ Дбм в определенной полосе частот. Самыми простыми из них являются фотодиодные модули для различных спектральных диапазонов ФПД-А ( $\lambda=0.85$  мкм) и ФПД-В ( $\lambda=1,3\div 1,55$  мкм). Внешний вид модулей показан на рис.14. Фоточувствительные элементы размещены в корпусе типа "housing" и снабжены разъемами типа ST или FC. Электрооптические характеристики, габаритные и конструктивные размеры модулей содержатся в разделе информационных материалов.

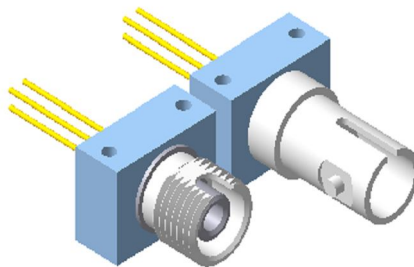


Рис 14. Внешний вид фотоприемных модулей ФПД-А/В.

Более совершенным изделием является фотоприемное устройство - OMRA-01(A/B), в состав которого, кроме фоточувствительного элемента, входит малошумящий трансимпедансный линейный усилитель. Так как данное устройство предназначено для обнаружения сигналов сравнимых с собственными шумовыми характеристиками фоточувствительных элементов, вся электронная схема размещена в металлическом корпусе, экранирующем воздействие внешних паразитных воздействий. Корпус снабжен оптическим разъемом типа FC, облегчающим присоединение устройства к волоконно-оптическому датчику. Внешний вид изделия приведен на рис. 15.

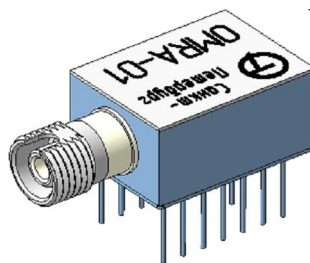


Рис.15 Внешний вид изделия OMRA-01(A/B).

Схема включения OMRA-01(A/B) приведена на рис.16. Электрооптические характеристики, конструктивные и габаритные размеры изделия приведены в разделе информационных материалов.

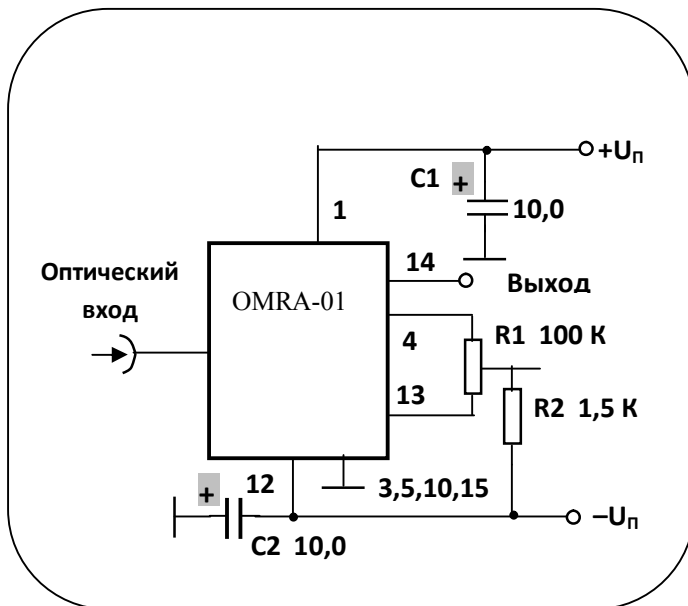


Рис.16 Схема включения OMRA-01(A/B)