

# СХЕМА ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА ВОЗБУЖДЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ДЛЯ ПОРТАТИВНОГО ДАТЧИКА ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННОГО В ВОДЕ КИСЛОРОДА

Д.А. Светличный

Федеральный исследовательский центр  
Южный научный центр РАН, г. Ростов-на-Дону;  
Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону  
DmitryuDAS@gmail.com

---

Своевременное и оперативное измерение концентрации растворенного кислорода в водоемах имеет приоритетное значение, поскольку это один из важнейших показателей качества воды. На современных рыбоводческих предприятиях ошибка в определении концентрации кислорода может привести к массовой гибели рыб и экономическому краху предприятия. Не так давно в подавляющем большинстве рыбоводных хозяйств измерение кислорода в воде проводилось точным, но трудоемким йодометрическим методом, требовавшим хорошо оснащенной лаборатории и опытного персонала. Но в рыбхозе трудно организовать гидрохимическую лабораторию, отвечающую всем необходимым условиям, поэтому результаты анализов часто имели низкую точность. В частности, систематические ошибки возникали при отборе проб воды непосредственно в кислородные емкости, а именно такой способ отбора практиковался в рыбхозах повсеместно. При низком содержании кислорода вода очень быстро насыщается им при контакте с воздухом, что и происходит при отборе пробы сразу в стеклянную емкость.

Существовали и другие проблемы: дефицит батометров для отбора проб с разных глубин, сложности с отбором проб зимой, и пр. Всё это привело к появлению специальных электронных устройств – оксиметров, причем импортные приборы из-за высокой цены занимают на рынке отнюдь не доминирующие позиции. В связи с этим возникла задача по разработке доступного отечественного прибора подобного класса. При этом использование датчика, основанного на эффекте гашения флуоресценции, представляется наиболее перспективным ввиду его долговечности и возможности ввести в конструкцию датчика автокалибровку.

Метод измерения концентрации за счет гашения флуоресценции основан на том, что при фотовозбуждении определенных химических соединений интенсивность их свечения оказывается обратно пропорциональной концентрации контактирующего с ними кислорода. Измеряя интенсивность свечения таких веществ фотодатчиком, можно с большой точностью оценивать концентрацию кислорода.

Для получения максимального отклика флуоресценции от сенсорного вещества требуется создать как можно более интенсивное свечение возбуждающего источника. В качестве такого источника применяются светоизлучающие диоды с максимумом излучения в области 440–460 нм (синий свет). Рабочий ток диода при излучении может достигать 20 А, что при работе в непрерывном режиме вызовет его перегрев и разрушение, а также существенный расход мощности всего устройства. Поэтому целесообразно организовать включение светоизлучающего диода в импульсном режиме – короткими интенсивными вспышками микросекундной длительности.

Так как светоизлучающий диод – это нелинейный элемент, для его питания требуется источник постоянного тока, а не напряжения. Это накладывает сложности при организации питания короткими импульсами, в частности, схема должна быстро (за единицы микросекунд) стабилизировать рабочий ток в момент включения диода и также быстро сбрасывать рабочий ток в паузах между импульсами. При этом точность измерений интенсивности флуоресценции напрямую зависит от стабильности импульсов света возбуждения. С этой целью разработана и исследована электронная схема (рис. 1), которая была собрана на макетной плате и протестирована, показав хорошую стабильность тока светодиода (относительное отклонение тока на стабильном участке составило не более 0,2 %), в импульсах длительностью 10–20 мкс.

Схема построена на принципе стабилизации тока с помощью обратной связи. Напряжение, падающее на шунтирующем сопротивлении (R22, R25) в цепи питания светоизлучающего диода (HL1), усиливается операционным усилителем OP4 и поступает на инвертирующий вход усилителя ошибки OP1. С его выхода, пройдя через нормирующий усилитель OP3 и усилитель тока на транзисторе VT2, напряжение подается на затвор силового транзистора VT3, управляющего током светоизлучающего диода. В свою очередь на неинвертирующий вход OP1 поступает сигнал модуляции импульсов. Есть возможность как аналоговой модуляции тока (вход Analog mod), так и цифровой модуляции длительности импульсов (вход TTL mod). Цифровой сигнал подается на вход формирователя, выполненного на инверторе 1 и транзисторе VT1. В качестве опе-

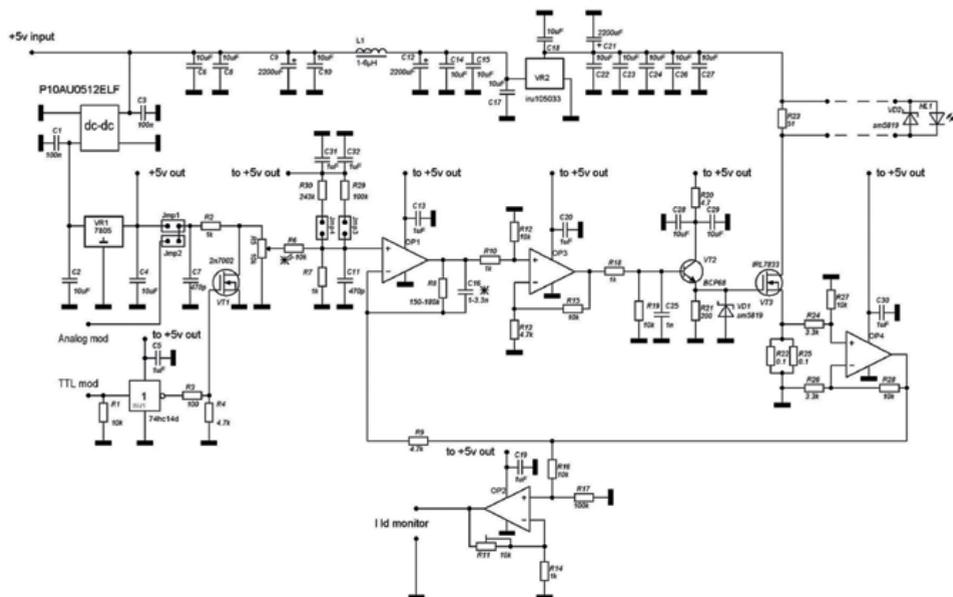


Рис. 1. Схема импульсного генератора возбуждения флуоресценции

рациональных усилителей могут быть использованы любые маломощные быстродействующие, с возможностью однополярного ТТЛ питания.

Данная схемотехника питания светоизлучающих диодов была успешно применена в прототипе датчика растворенного кислорода, получен патент на полезную модель [1].

## Список литературы

1. Датчик кислорода погружной: патент РФ на полезную модель № 200760. 11.11.2020 / Д.А. Светличный, П.С. Пляка. Заявка № 2020109991, приоритет от 06.03.2020. Зарег. 06.03.2020. Бюл. изобретения полезной модели № 32, 2020.