

А.Ж. ТОЙГОЖИНОВА, А.С. ТЕРГЕУСИЗОВА

(Алматинский университет энергетики и связи, г.Алматы)

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА В РАБОЧЕМ ПОМЕЩЕНИИ

Аннотация

Разработка высокоэффективных озонных технологий и озонирующих устройств имеет практическое значение для очистки и дезинфекции атмосферного воздуха в рабочих помещениях. В связи с этим был разработан опытный образец озонатора ОВИ-1 и изучена перспектива применения озона. Экспериментальное исследование опытного образца ОВИ-1 в лабораторных условиях проводилось в Казахской Республиканской санитарно - эпидемиологической станции (КРСЭС).

Ключевые слова: коронный разряд, озонирующий элемент, озонатор, производительность озона.

Кілт сөздер: тәжді разряд, озондаушы элемент, озонатор, озон өнімділігі.

Keywords: corona discharge, ozonated element, ozonizer, ozone performance.

Одним из новых направлений хранения плодов, овощей, зерна и технических культур является применение озона. Озонированный воздух с успехом применяется как средство для стерилизации, обеспечения сохранности пищевых продуктов и для устранения запаха (дезодорация) в холодильниках и овощехранилищах. Озон позволяет хранить в одной камере несовместимые продукты без риска испортить их из-за передачи запахов. Окисляя этилен, озон задерживает перезревание фруктов, уничтожает окись углерода и резко снижает содержание вредных, токсичных, дурно пахнущих веществ в воздухе [10].

Были исследованы вопросы обеззараживания воздуха на предприятиях агропромышленного комплекса с применением автоматического регулирования концентраций озона.

В работе авторы, изучая влияние озона на микрофлору продуктов животного происхождения (охлажденного говяжьего мяса и полукопченных колбас), рекомендует следующие условия озонирования:

- для дезинфекции воздуха холодильных камер – концентрация 12-14 мг/м³, время озонирования 10 ч.;

- для хранения говяжьего мяса (температура 0-1°C) – концентрация 10-20 мг/м³, ежедневное озонирование по 4 часа в начальный период хранения в 4 суток; сроки хранения мяса с начальным содержанием 10² – 10³ бактерий/см увеличиваются при этом до 5 суток;

- для хранения полукопченых мяс – концентрация 10-15 мг/м³, ежедневное озонирование по 3 ч. в начальный период хранения в течение 5 суток; сроки хранения при температуре 4 и -2°C составляют 25 и 70 суток соответственно.

При воздействии озоном на плодоовощную продукцию наблюдается резкое снижение обсемененности на ее поверхности гниelistой микрофлорой, снижение уровня метаболических процессов и препятствуется ее прорастание, т.е. устраняются основные причины порчи сельхозпродукции, что дает значительный экономический эффект.

Таким образом, при применении озона в пищевой промышленности большое внимание должно быть обращено на концентрацию выделяемого озона для обработки продукции. Также необходимо учитывать особенности технологического процесса, видовой состав микрофлоры, температуру, влажность и другие параметры, которые могут оказать влияние на действие озона.

В связи с этим, вопросы разработки устройств для озонирования с автоматизацией контроля и регулирования концентраций озона в помещениях агропромышленного комплекса являются актуальными.

Для оптимального подбора и регулирования концентраций озона для различных пищевых продуктов разработан генератор для выработки высоковольтных импульсов, подаваемых на озонаторные ячейки барьерного разряда и схема автоматического регулирования концентраций озона в закрытом объеме.

Из структурной технологической схемы видно, что экспериментальное устройство озонирования производственных помещений состоит из пяти основных частей:

1. Источник высоковольтных импульсов напряжения – генератор озона;
2. Коронно-разрядные ячейки, вырабатывающие озон;
3. Компрессор для выдува озона из озонаторных ячеек;
4. Озонометр;
5. Экспериментальный образец блока автоматического регулирования концентрации озона, иначе – блок автоматического регулирования частоты (БАРЧ) генератора.

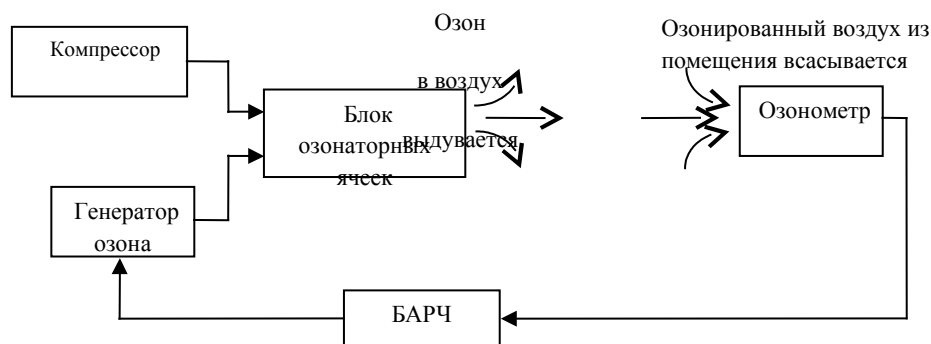


Рисунок 1 – Общая структурная технологическая схема озонирования воздуха в производственных помещениях

Генератор озона представляет собой источник высоковольтных импульсов, построенный на основе управляемого тиристорного высоковольтного электронного ключа с нагрузкой в виде силового трансформатора. Импульсы высокого напряжения подаются на озонаторные ячейки, где и происходит коронный разряд, вызывая образование озона в продуваемом промежутке. Концентрация озона измеряется озонометром, который переводит содержание озона в постоянный ток, значение которого измеряется выходным микроамперметром с нулевой точкой, т.е. микроамперметр показывает как положительные, так и отрицательные изменения тока выхода озонометра. Идея автоматического регулирования содержимого озона в озонаторных ячейках основано на том факте, что при нормальном содержании озона ток через микроамперметр озонометра равен «0», а любое его повышение (как положительное, так и отрицательное) должно компенсироваться соответствующим изменением плотности импульсов высокого напряжения в озонаторных ячейках. В свою очередь высокое напряжение определяется частотой подачи импульсов поджига тиристорного ключа, поэтому реально блок автоматического регулирования напряжения представляет собой блок автоматической регулировки частоты (АРЧ). Изначально устанавливается частота f_0 управляемого генератора импульсов поджига тиристора, которая соответствует заданному значению содержимого озона. Блок АРЧ сконструирован так, что любое отклонение тока в микроамперметре компенсируется противоположным значением вырабатываемого генератором озонатора высоким напряжением.

Напряжение, подаваемое на генератор озонатора, регулируется лабораторным автотрансформатором (ЛАТР). Переменное напряжение, снимаемое с ЛАТРа, выпрямляется диодным мостом, фильтруется конденсатором $C1$ и дросселем и подается на емкостной накопитель энергии, состоящий из высоковольтного трансформатора $Tr2$ с повышающей второй обмоткой и конденсатора $C2=3,0$ мкФ, подключенное к первичной обмотке $Tr2$.

Если ЛАТРОм установить определенные значения напряжения питания емкостного накопителя, тогда увеличить значение накопленной энергии можно за счет увеличения частоты отпирания тиристорного ключа, тем самым увеличивается концентрация вырабатываемого озона.

Концентрация озона измеряется с помощью экспериментального образца озонометра. Не вдаваясь в подробности самого озонометра, следует обратить внимание на его выходные параметры, которое в электрическом виде представлено в виде двуполярного микроамперметра, которое имеет собственное внутреннее сопротивление, с которого и есть возможность снимать приращение напряжения с озонометра, как следствие закона

Ома, т.е. приращение тока микроамперметра вызывает приращение напряжения на сопротивлении микроамперметра.

Так как выход озонометра является высокоомным (сотни кОм), а сопротивление самого микроамперметра достаточно мало (единицы кОм), необходимо предварительно усилить значение выходного тока, а потом его подавать на микроамперметр.

Разработка блока автоматического регулирования частоты

Таким образом, применение озонометра и введение обратной связи между генератором озона и озонометром создает возможность введения автоматического регулирования концентрации озона в овощехранилищах. Для реализации этой идеи служит блок автоматического регулирования частоты (БАРЧ), входным сигналом которого служит меняющийся во времени малый ток, измеряемый микроамперметром озонометра, а выходным сигналом является меняющаяся обратно пропорционально измеряемому току выходная частота импульсов, подающиеся на управляющий электрод тиристора емкостного накопителя энергии [11].

Техническое описание БАРЧ по структурной схеме

Так как образец БАРЧ является макетом экспериментального назначения, предназначенным в основном для опробования разных режимов работы генератора озона и озонометра, конструктивно он выполнен в модульном варианте и состоит из 5 различных модулей:

1. Предусилитель с микроамперметра как входной каскад БАРЧ.
2. Основной регулируемый усилитель, сопряженный с генератором импульсов, управляемый напряжением (ГУН).
3. Модуль микроконтроллера с электронным обрамлением и соединенный с аналого-цифровым преобразователем усиленного входного сигнала медленно меняющегося во времени в соответствующий цифровой код с ТТЛ-уровнями (диапазон 0 +5В).
4. Модуль цифро-аналогового преобразователя, преобразующий цифровой код в соответствующее аналоговое постоянное напряжение, подаваемое на вход управляемое частотой ГУН.
5. Подвешенный независимый источник вторичных напряжений (+5В, ±15В), применяемый для питания интегральных схем и полупроводниковых приборов БАРЧ, необходимость изготовления которого вызвана разницей между «землями» собственно озонометра, БАРЧ и генератора озона.

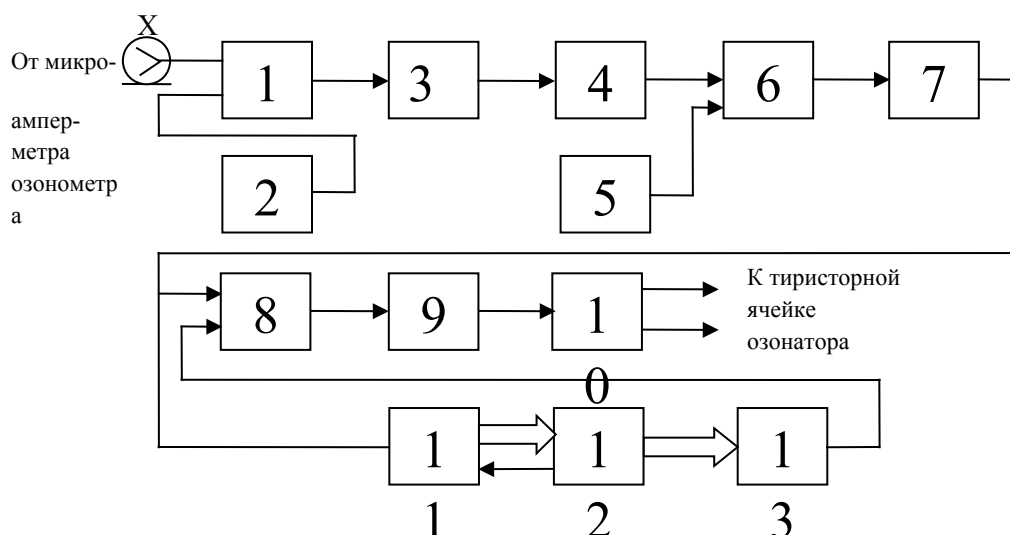


Рисунок 2 – Структурная схема БАРЧ

Наименование	№	Наименование
Входной разъем СР-50-І	7	Эмиттерный повторитель
Двухпозиционный переключатель	8	Двухпозиционный переключатель
Ручной задатчик постоянного напряжения	9	Генератор, управляемый напряжением
Предварительный усилитель МДМ	10	Импульсный усилитель-формирователь
Основной усилитель на ОУ	11	Аналого-цифровой преобразователь
Схема сдвига уровня напряжения	12	Микроконтроллер PIC16F84A
Сумматор	13	Цифро-аналоговый преобразователь

Входной сигнал с резисторного высокоомного делителя поступает на предварительный усилитель МДМ, собранный на ОУ К140УД13 с цепями коррекции. Такой прецизионный УПТ позволяет избавиться от недостатка обычных ОУ – нестабильности составляющей выходного напряжения, вызванный изменением температуры окружающей среды. Поэтому в усилителях с МДМ происходит преобразование медленно изменяющегося выходного напряжения в короткие импульсы, повторяющейся с неизменной частотой f_0 . Амплитуда этих импульсов пропорциональны мгновенным значениям входного напряжения. Такое преобразование осуществляет балансный модулятор (БМ), на вход которого подаются напряжения сигнала с частотой $f = 0 \dots f_v$ и более высокое напряжение несущей частоты $f_0 \geq 10 f_v$ от местного генератора-мультипликатора [11].

Техническое описание модулей БАРЧ

Модуль предусилителя с микроамперметром

Изменение тока в озонOMETре, вызванное изменениями концентрации озона, на выходе озонOMETра исчисляется долями и единицами микроампер, что требует применения спирального варианта усилителя малых токов. Кроме того, такой усилитель необходим для сопряжения высокоомного сопротивления озонOMETра с низкоомным (сотни Ом) внутренним сопротивлением микроамперметра. Основным недостатком обычных ОУ, применяющихся для усиления малых медленно изменяющихся напряжений, это то, что при изменениях температуры окружающей среды у них возникает температурный дрейф, т.е. изменение напряжения смещения, относительное по входу, может составлять от 10 ? 50 мкВ/°С. При коэффициенте усилителя равном $K_u = 200$ на выходе это изменение исказит выходное напряжение на величину $\Delta U = 2 \text{ мВ} \cdot 10 \text{ мВ на } 1^\circ\text{С}$, что исключает их применения в чувствительной измерительной технике [12].

Для борьбы с таким температурным дрейфом применяется преобразование медленно изменяющегося входного напряжения в переменное напряжение, которое затем усиливается и снова преобразуется медленно изменяющееся (но уже усиленное) напряжение с помощью фазочувствительного демодулятора. Такой усилитель называется усилитель с модуляцией-демодуляцией или усилитель МДМ.

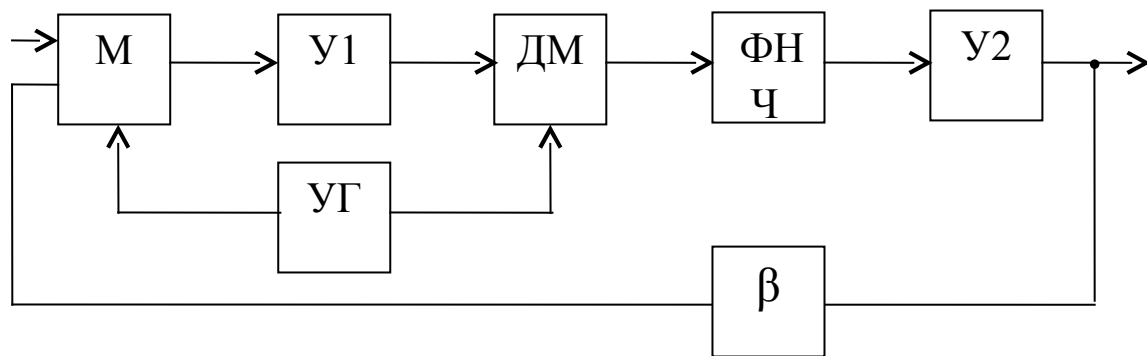


Рисунок 3 - усилитель с модуляцией-демодуляцией

В этой структуре символами обозначены следующие узлы:

М – модулятор,

У1 – усилитель переменного напряжения,

ДМ – демодулятор,

ФНЧ – фильтр низких частот,

УГ – управляющий генератор,

У2 – усилитель постоянного напряжения

β – делитель обратной связи

Модулятор и демодулятор управляется напряжением, вырабатываемым управляющим генератором (УГ).

ФНЧ необходим для сглаживания выбросов выходного напряжения, являющихся следствием коммутации ключей модулятора.

Усилитель У2 необходим для увеличения общего коэффициента усиления, обеспечения низкого выходного сопротивления.

Если коэффициент усиления У1 достаточно большой, то дрейф нуля усилителя У2 практически не увеличивает нестабильности начального уровня предусилителя в целом.

ФНЧ и усилитель У2 могут быть выполнены в виде активного фильтра. Усилители МДМ выпускаются и в виде интегральных схем, нами был выбран промышленный интегральный усилитель МДМ типа К140УД13, содержащий МОП-транзисторов, с внешней стороны требующий только дополнительно конденсатора для управляемого внутреннего генератора и ФНЧ на выходе, подключаемого через второй конденсатор.

При $C_{y2} = 1000\text{нФ}$ несущая частота такого усилителя равна ≈ 1000 Гц. Для повышения коэффициента усиления и выходного напряжения к ОУ К140УД13 добавлен ОУ типа К157УД2, содержащий в одном корпусе 2 обычных операционных усилителя.

Принципиальная электрическая схема предусилителя МДМ, состоящая из трех ОУ, представлена на рисунке 15. Входным каскадом является первый ОУ на ИС К140УД13, второй ОУ служит для усиления переменного напряжения, третий ОУ используется как активный фильтр ФНЧ, общий коэффициент усиления определяется соотношением точных резисторов $R2/R1$. Вход модуля предусилителя подключен к выходному резистору R_0 озонметра, а выход подключен к входу основного усилителя через кабель связи и в той же точке выхода подключен микроамперметр для визуальной индикации.

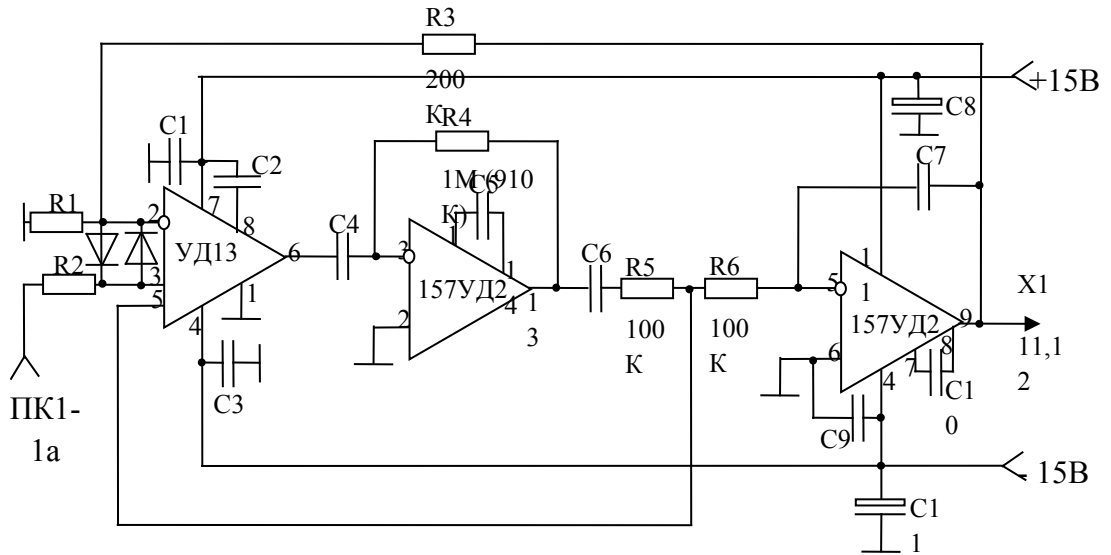


Рисунок 4 – Предварительный усилитель МДМ на К140УД13

Краткое описание работы модуля УС-ГУН

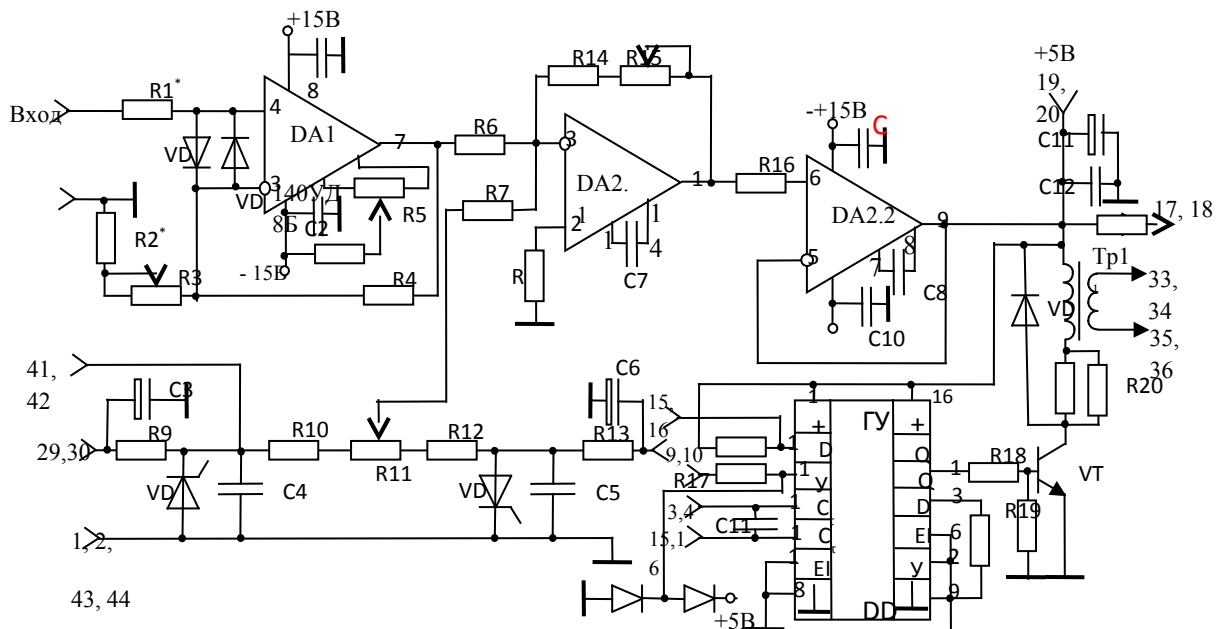


Рисунок 5 – Модуль усилителя ГУН

Входным каскадом модуля основного усилителя служит неинвертирующий усилитель DA1 на ИС ОУ типа К140УД8Б, коэффициент усиления которого задается отношением резисторов $R_4/(R_3+R_1)$, где R_3 является переменным. За входным каскадом следует сумматор на ОУ DA2.1, применяемый в режиме инвертирующего усилителя.

На инвертирующем входе ОУ DA2.1 (DA2 – ИС К157УД2) происходит сложение усиленного входного сигнала и напряжения смещения, подаваемого с делителя напряжения, выполненного на резисторах R_{10} , R_{11} , R_{12} , в которых резистор R_{11} является переменным, со среднего вывода которого и снимается напряжения смещения. Этот делитель напряжения подключен между стабилизированными напряжениями $\pm 9В$, где стабилизаторы $\pm 9В$ является параметрическими и выполнены на прецизионных стабилитронах типа Д818Е. Напряжение смещения необходимо для сдвига уровней в случае отрицательного входного напряжения. Так как диапазон напряжения управления частотой ГУН в пределах (0 +5В), т.е. положительный.

Вторая половина ИС ОУ DA2.2 используется как эмиттерный повторитель (ЭП), его вход подключен к выходу сумматора, а выход выведен на контакт 17, 18 разъема платы УС-ГУН. С этого контакта [см.рис. 17] в режиме ручного управления выходное напряжение ЭП поступает через переключатель ПК2 на вход управления частотой (УЧ1) генератора, управляемого напряжением выполненного на ИС К531ГГ1 (ГУН) [5].

Такая ИС ГУН содержит два мультивибратора–автогенератора, у каждого из них имеются входы управления частотой (УЧ1 и УЧ2) и диапазоном регулирования частоты (Д1 и Д2). Для данной работы используется первый мультивибратор–автогенератор, имеющий входы Д1 и УЧ1. Для выработки определенной (единственной) частоты на вход Д1 надо подать логическую «1», а на вход УЧ1 – логический «0», а ко входам 12 и 13 ИС К531ГГ1 подключить прецизионный конденсатор C_{τ} (рис.17), тогда $f_0 \approx (5 \cdot 10^{-4}) / C_{\tau}$.

Экспериментальное исследование работы автогенератора такого типа показало, что максимальный размах диапазона частоты достигается при $D1 = 4,5$ В при питании ИС ТТЛ напряжением +5В. Тогда, изменяя напряжение на УЧ1 от 0 до +4,5В, диапазон частоты ≈ 2 кГц. В то же время диапазон регулирования частоты генератора озонатора составляет ≈ 3 кГц (от 150 Гц до 3000 Гц), поэтому от 12 и 13 контакта ИС выведены провода на контакты внешнего разъема МРН-44. Это сделано для возможности подключения при необходимости дополнительной емкости, т.е. диапазон регулирования частоты автогенератора делится на 2 поддиапазона:

а) от 150 Гц до 1500 Гц

б) от 1500 до 3000 Гц

С выхода Q1 ИС автогенератора импульсы ТТЛ-уровня поступают на транзисторный ключ, выполненный на транзисторе средней мощности типа КТ608Б, с трансформаторным выходом (используется импульсный маломощный трансформатор МИТ-4В), со вторичной обмотки через переключатель они поступают на усилитель-формирователь, импульсы с которого отпирают тиристор озонатора (КУ202Н). Тем самым обеспечивается гальваническая развязка «земли» озонатора и низковольтной «земли» озонатора.

К модулю УС-ГУН на вход УЧ1 ГУН может поступать аналоговое изменяющееся напряжение в двух вариантах:

а) в ручном режиме – это напряжение с ЭП модуля УС-ГУН, обратно пропорциональное входному напряжению.

б) в автоматическом режиме – это напряжение с выхода модуля ЦАП, компенсирующее входное напряжение с УС-ГУН.

ЛИТЕРАТУРА

1 *Абишев М.А., Бахтаев Ш.А., Кожаспаев Н.К., Боканова А.А.* Озонная технология и охрана окружающей среды. Алматы, КазгосЖенПИ, 2001, 120с.

2 Предпатент РК №12180. Способ получения озона и устройство для его осуществления // Бахтаев Ш.А. и др. Оpubл.Бюлл. №11, 15.11.2002.

3 *Бахтаев Ш.А. и др.* Озонаторы на коронном разряде //Новости науки Казахстана, Научно-техн.сб.МНАН РК, Алматы, 1998, №6, С.19-21.

4 *Бахтаев Ш. А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К.* Физика и техника короноразрядных приборов. – Алматы, 2007г., – 213с.

5 *Бойко В.И.* и др. Схемотехника электронных систем. Аналоговые и импульсные устройства.- СПб.: БХВ-Петербург, 2004. - 496 с.

6 *Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж.* Разработка источника высоковольтных импульсов для озонаторной ячейки // Межд. Науч-практ. конф. «Перспективные направления альтернативной энергетики и энергосберегающие технологии» – Шымкент: 2010. – Том 2. С.63-65.

7 *Бахтаев Ш.А., Бокова Г.И., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж.* Озонная стерилизация и дезинфекция закрытых объемов //Казахский национальный пед. университет. «Вестник», 2005. – №2(13). С.48-51.

8 Предпатент РК № 19274. Способ усиления электрического тока в озонаторе. Бахтаев Ш.А., Дюсебаев М.К., Нурпеисова К.М. Тойгожинова А.Ж. Оpubл. Бюлл. №4, 15.04.2008.

9 Инновационный патент РК №24373. Озонатор. Бахтаев Ш.А., Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж., Амантаев К.О. Оpubл. Бюлл. № 8, 15.08.2011.

10 *Бахтаев Ш. А., Боканова А.А., Бочкарева Г.В., Сыдыкова Г.К.* Физика и техника коронноразрядных приборов. – Алматы, 2007г., – 213с.

11 *Сыдыкова Г.К., Тойгожинова А.Ж., Амантаев К.О.* Разработка системы автоматического регулирования концентраций озона // Материалы 7-ой Юбилейной международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях» –Алматы: АИЭС, 2010. – С. 39-43.

12 *Колодязная В.С., Супонина Т.А.* Хранение пищевых продуктов с применением озона// Холодильная техника. 1975. №6. С.39-41.

REFERENCES

- 1 Gabrielyants M.A., Rezgo G.Y. // Food commodity. - M., 1976. No. 5. Pp. 124 -128.
- 2 Bologna M.K., Litinsky G.A. – Ed. Shtinitza: 1988. P. 180.
- 3 Bahtaev S. A. Analit.obzor /KazgosINTI.-1998.-30p.
- 4 Abishev M.A., Bahtaev S.A., Kozhaspaev N.K., Bokanova A.A. Almaty, KazgosZhenPI, 2001, 120p.
- 5 Andersen T., Vad E. // International Journal biometeorology. 1965. Vol. 9. N5. P. 211.
- 6 Predpatent RK № 12180. // Bahtaev S.A. Opubl.Byull. № 11, 15.11.2002.
- 7 Bahtaev S.A., Greenman I.G. Alma-Ata, Science, 1975. 212p.
- 8 Bahtaev S.A. // News Science of Kazakhstan, Sci-tehn.sb.MNAN, Almaty, 1998, № 6, p.19-21.
- 9 Bahtaev S.A., Bokanova A.A., Bochkarev G.V., Sydykova G.K. - Almaty, 2007., - 213p.
- 10 Boiko V.I. - St.: BHV-Petersburg, 2004. – 496p.
- 11 Bahtaev S.A., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z. // Int. Scientific-practical conference. - Shymkent: 2010. - Volume 2. P.63-65.
- 12 Bahtaev S.A., Bokova G.I., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z. // Kazakh National Pedagogical. University. "Bulletin", 2005. - № 2 (13). P.48-51.
- 13 Predpatent RK № 19274. Bahtaev S.A., Dyusebaev M.K., Nurpeisova K.M., Toygozhinova A.Z. Publ. Bull. № 4, 15.04.2008.
- 14 RK innovative patent number 24,373. Bahtaev S.A., Sydykova G.K., Toygozhinova A.Z., Amantaiev C.O. Publ. Bull. № 8, 15.08.2011.

А.Ж. Тойгожинова, А.С.Тергеусізова

(Алматы энергетика және байланыс университеті)

**ЖҰМЫС БӨЛМЕСІНДЕГІ ОЗОН КОНЦЕНТРАЦИЯСЫН АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ
БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРУ**
Резюме

Тиімділігі жоғары озондық технологиялар мен озондаушы құрылғыларды жетілдіре түсуінің жұмыс жайының атмосфералық ауасын тазалауда және дезинфекциялауда практикалық мәні зор. Осыған байланысты озонатордың тәжірибелік үлгісі ОВИ-1 өңделіп жасалды және де озонның қолданыста болу келешегі оқып танылды. ОВИ-1 тәжірибелік үлгісін зертханалық жағдайда эксперименталды зерттеу Қазақ Республикасының санитарлы-эпидемиологиялық станциясында (ҚР СЭС) жүргізілді.

A. J. Toygozhinova, A.S.Tergeusizova

**DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONCENTRATION OF OZONE IN THE
WORKROOM**

(Almaty University of Power Engineering & Telecommunications)

Summary

Development of high ozone technology and ozonated device is particularly useful for cleaning and disinfection of air in work environments. In this regard, a prototype was developed ozonator JVI-1 and to explore the prospects of ozone. Experimental study of a prototype AMI-1 was conducted in the laboratory in the Kazakh Republican Sanitary - Epidemiological Station (KRSES).

Поступила 31.07.2013 г.