

SISTEMA INTELIGENTE DE GENERACIÓN DE OZONO

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 Las enfermedades transmitidas por el aire se transmiten por la propagación de microorganismos principalmente a través de aerosoles. Las enfermedades transmitidas por el aire afectan la salud humana. Aunque la mayoría de los esfuerzos están dirigidos a proteger a las personas para que no se infecten, también es importante promover el mantenimiento de ambientes interiores limpios y controlados para mitigar la
10 contaminación del aire y reducir la propagación de enfermedades transmisibles transmitidas por el aire, por lo tanto la presente invención se refiere al campo de monitoreo de niveles de ozono en espacios cerrados a partir de la adición de elementos de medición del ozono existente, para realizar una desinfección inteligente mediante equipos generadores que se conectan en red para trabajar de forma paralela y
15 distribuida.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El sistema inteligente para la gestión de ozono caracterizado comprende un procesador
20 embebido, conectado uno o más módulos emisores inalámbricos, que envían datos de monitoreo de ozono, uno o más módulos receptores inalámbricos, que reciben los datos de monitoreo de ozono, una o más redes inalámbricas de comunicación que implementan un protocolo IoT, a través de las cuales se transmite información local o remota del monitoreo de ozono de un lugar específico, un sensor de calentamiento para determinar
25 la concentración de ozono, encargado de monitorear los niveles de ozono de un lugar específico y en comunicación con el emisor inalámbrico para generar una señal de activación o detección del generador de ozono dependiendo de los rangos de medida y del análisis inteligente de los datos de concentración, un generador de ozono conectado en red, encargado de recibir la señal de activación para suministrar ozono a una tasa
30 máxima de 80mg O₃/h a un lugar determinado, dicho generador estará activo hasta recibir una señal del sensor de concentración de ozono, un reactor cerámico de ozono, encargado de producir el ozono dentro del generador, un sistema de control para el reactor; un módulo de suministro de energía y un dispositivo móvil a través del cual se puede interactuar con cada uno de los elementos del sistema inteligente para la gestión
35 de ozono.

Adicionalmente el sistema inteligente para la gestión de ozono incluye un método implementado por computador para monitorear la concentración de ozono en un lugar determinado que consta de las siguientes etapas. Regulación del nivel de ozono mediante un modelo de inteligencia artificial basada en una red neuronal artificial, variabilidad de la cantidad de módulos a interconectar según la necesidad del usuario, intercomunicación modular por IoT, medición periódica mediante sensores de humedad, temperatura y porcentaje de ozono en aire y automatización controlada con aplicación móvil.

FUNCIONAMIENTO DE LA CORRIENTE EN EL DISPOSITIVO GENERADOR DE OZONO

Primer elemento: circuito generador

Cada circuito generador, consta de una fuente de potencia, tipo buck la cual reduce el voltaje de la red eléctrica de 220 voltios a 110 voltios a 24 voltios de operación, El convertidor reductor¹ o convertidor buck (del inglés buck converter) es un convertidor de potencia, DC-DC sin aislamiento galvánico, que obtiene a su salida una tensión menor que a su entrada. El diseño es similar a un convertidor elevador o Boost, también es una fuente conmutada con dos dispositivos semiconductores (transistor S y diodo D), un inductor L y opcionalmente un condensador C a la salida.

La forma más simple de reducir una tensión continua (DC) es usar un circuito divisor de tensión, pero los divisores gastan mucha energía en forma de calor. Por otra parte, un convertidor Buck¹² puede tener una alta eficiencia (superior al 95 % con circuitos integrados) y autorregulación.

El funcionamiento del conversor reductor es sencillo, consta de un inductor controlado por el diodo y por el transistor, como un MOSFET canal p, pero puede ser cualquier elemento que pueda conducir y aislar de manera controlada, los cuales alternan la

¹ https://es.wikipedia.org/wiki/Convertidor_reductor tomado 02 de mayo de 2022.

² <https://solectroshop.com/es/blog/convertidores-buckboost-step-upstep-down-n82#:~:text=El%20convertidor%20reductor%20%20convertidor,un%20condensador%20a%20la%20salida->

conexión del inductor bien a la fuente de alimentación o bien a la carga mediante un circuito oscilador PWM.

5 Para entender su funcionamiento hay que hacer un análisis en dos estados, cuando el transistor conduce (Estado "ON") y cuando no lo hace (Estado "OFF") y, por tanto, aísla a la fuente.

10 Estado "ON": Cuando el transistor conduce, la corriente va desde la fuente de entrada hasta el condensador, cargando a su paso la bobina. Por el diodo por tanto no pasa corriente, no conduce, ya que está polarizado inversamente. La ecuación, siguiendo las leyes de Kirchhoff, queda: $V_i = V_{S_{on}} + V_{i_{on}} + V_o$. La función de este estado es cargar la bobina, el principal elemento de almacenamiento de energía, además de alimentar la carga con el voltaje suficiente gracias al condensador.

15 Estado "OFF": Cuando el transistor se pone en un estado de corte, es decir, no hay conducción porque está abierto, la fuente principal de energía no alimenta el circuito. En ese momento se aprovecha la energía del inductor, almacenada en forma de campo magnético, para hacer circular una corriente por el circuito. Esta corriente sigue alimentando al condensador y mantiene el nivel de voltaje a la salida.

20 Por lo tanto, entre estos dos estados de conducción y no conducción es como se transforma el voltaje de entrada al de salida. Al conmutar entre estados, a una frecuencia fija, la conversión dependerá de cuánto dura cada estado con respecto a la frecuencia. Por convención, usaremos el estado de conducción como base, será nuestro ciclo de trabajo. Por lo tanto, usaremos para conmutar el transistor un circuito oscilador en el que podamos cambiar su ciclo de trabajo, es decir un circuito de oscilación PWM.

30 Existen también dos situaciones de funcionamiento: Modo Continuo (si la corriente que pasa a través del inductor (I_L) nunca baja a cero durante el ciclo de conmutación) y Modo Discontinuo (la carga consume menos de lo que el circuito puede entregar en un ciclo). Pero para su explicación, entraríamos ya en ecuaciones más complejas, con integrales y derivadas.

Segundo elemento: Módulo microcontrolado

35

El segundo componente del sistema es un módulo microcontrolado, encargado de generar un conjunto de pulsos de alta frecuencia, los cuales son aplicados a la etapa de potencia que constituye el tercer componente del sistema.

El módulo microcontrolado puede estar constituido por **un procesador RP2040**³ más
5 un módulo de comunicaciones Wifi externo o por un solo modulo microcontrolado con capacidad wifi como el **ESP8266**⁴.

La conexión inalámbrica es la revolución que este dispositivo trajo ya que por medio de esta se pueden crear proyectos enfocados al Internet de las Cosas que van desde
10 encender luces hasta el monitoreo de distintos parámetros.

Desde el 2014, con la llegada del módulo ESP-01, este chip empezó a llamar la atención de los desarrolladores ya que el módulo antes mencionado permitía que los microcontroladores se conecten a una red Wi-Fi que haya sido proporcionada en la programación. A finales del mismo año la **empresa Espressif** lanzó un Kit de desarrollo
15 que permitía la programación de este módulo directamente en el chip, sin necesidad de hacer uso de un microcontrolador externo⁵.

Una ESP8266 tiene ventaja sobre otros dispositivos que también nos permiten conectar nuestros proyectos a internet debido al costo que esta tiene, para manejar cualquier
20 dispositivo electrónico debes tener cerca su datasheet u hoja de datos y si es del fabricante oficial mucho mejor. Aunque en el datasheet encuentras todas las características que este chip o microcontrolador posee, no está de más que conozcas algunas de las principales así no tendrás que leer toda la hoja de datos. Posee una CPU con una arquitectura de 32 bits. Funciona con voltajes de entre 3 V hasta los 3,6V. Opera
25 con protocolos de IPv4, TCP IP, UDP, HTTP y FTP. Para que acepte HTTPS debes hacer ciertas adecuaciones en el servidor con el cual estás trabajando. La corriente necesaria para operar es pequeña, son solo 80mA. Puede soportar hasta 125 °C de temperatura.

Este microcontrolador ESP8266, permite la conexión directa con otros módulos idénticos
30 mediante el protocolo WifiDirect y a su vez una conexión wifia del tipo cliente servidor con una aplicación móvil de monitoreo externa.

³ <https://www.raspberrypi.com/products/rp2040/>

⁴ <https://microcontroladoress.com/esp8266/>

⁵ <https://microcontroladoress.com/esp8266/>

El principal argumento para la elección de un microcontrolador con estas características es la necesidad de gran capacidad de cálculo para la ejecución de algoritmos inteligentes basados en redes neuronales para determinar la potencia requerida en generación, en función de la concentración de ozono existente en el ambiente, el cual es monitoreado por una o varios generadores inteligentes trabajando en paralelo.

La etapa de potencia emplea un mosfet como componente principal, Los MOSFET de potencia son muy populares para aplicaciones de baja tensión, baja potencia y conmutación resistiva en altas frecuencias, como fuentes de alimentación conmutadas, motores sin escobillas y aplicaciones como robótica, CNC y electrodomésticos.

La mayoría de los sistemas como lámparas, motores, drivers de estado sólido, electrodomésticos, etc. utilizan dispositivos de control, los cuales controlan el flujo de energía que se transfiere a la carga. Estos dispositivos logran alta eficiencia variando su ciclo de trabajo para regular la tensión de salida. Para realizar la parte de conmutación, existen varios dispositivos semiconductores, a continuación, se muestra una tabla con algunos de ellos.

El funcionamiento del transistor MOSFET en conmutación implica que la tensión de entrada y salida del circuito posee una excursión de tensión, elevada (de 0 a VDD) entre los niveles lógicos alto H (asociada a la tensión VDD) y bajo L (asociada a la tensión 0). Para el nivel bajo, se persigue que $V_{GS} > V_t$ y que el transistor se encuentre trabajando en la *región óhmica*, con lo cual $V_{DS} \ll 1$. Mientras que para en el nivel alto, se persigue que la tensión de salida sea elevada, y en general, que el transistor esté funcionando en la *región de corte*, con $V_{DS} \gg 1$. Se puede considerar que, el transistor MOSFET es capaz de funcionar como un interruptor.

El funcionamiento como inversor del transistor MOSFET N se basa en sus características en conmutación: pasando de la *región de corte* a la *región óhmica*. El transistor MOSFET en conmutación, basado en un interruptor con resistencia de Drenador, es fundamental en circuitos digitales, puesto que la conmutación de corte a saturación y viceversa, implica unos tiempos de retardo de gran importancia en estos sistemas.

Inversor con carga pasiva. La palabra pasiva se refiere a una resistencia normal como RD. En este circuito V_{in} puede ser alta o baja.

Cuando V_{in} esta en nivel bajo, el MOSFET está en corte y V_{out} es igual a la tensión de alimentación. Cuando V_{in} esta en nivel alto, el MOSFET está en conducción y V_{out} cae a un nivel bajo. Para que este circuito funcione la corriente de saturación $I_{D(sat)}$ tiene que ser menor que $I_{D(on)}$. $R_{DS(on)} \ll R_D$ ^{6, 7}.

La carga de la etapa de potencia está constituida por una bobina elevadora, la cual permite generar el alto voltaje requerido por la etapa final, reactor cerámico, cuyos voltajes de operación oscilan alrededor de los 3Kv. De esta forma la etapa de potencia permite convertir 12 voltios a más de 3000 voltios pasando de corriente continua a continua pulsante. Con alrededor de 3 amperios de consumo en el lado de los 12 vdc.

Un reactor cerámico generador de ozono es capaz de producir ozono -una molécula triatómica que contiene tres átomos de oxígeno- artificialmente, mediante la generación de una alta tensión eléctrica (llamada "Efecto corona") que produce ozono, y, colateralmente, iones negativos. La generación de ozono tiene aplicación en la eliminación de malos olores y desinfección del aire, en el tratamiento y purificación de aguas, y en electromedicina -ozonoterapia-.

El ozono no puede ser almacenado ni transportado -es mucho menos estable que el oxígeno diatómico- como otros gases industriales. El motivo es que rápidamente se reconvierte en oxígeno, y por ello debe ser producido en el lugar en donde será empleado. Los generadores más comunes son los que trabajan por medio del efecto corona, con frecuencias que van de 600 Hz hasta 2 kHz, y con voltajes que oscilan entre los 4 kV y 20 kV. Debido a la alta reactividad del ozono, solo unos pocos materiales pueden ser usados para entrar en contacto con él; entre estos estarían el acero inoxidable 316L, el vidrio, PVDF, EPDM, PVC. Sus propiedades antisépticas son de aplicación tanto a nivel doméstico como industrial, estando demostradas y certificadas por laboratorios.

Desde hace años gracias a que se puede trabajar en alta frecuencia y al avance de la electrónica se ha pasado de utilizar grandes transformadores en baja frecuencia y

⁶ Bakshi, U.A.; Godse, A.P. (2007) «8.2The depletion mode MOSFET». Electronic Circuits ISBN 978-81-8431-284-3.

⁷ 1960 – Metal Oxide Semiconductor (MOS) Transistor Demonstrated»: John Atalla and Dawon Kahng fabricate working transistors and demonstrate the first successful MOS field-effect amplifier (issued in 1963)

válvulas a fabricar equipos de ozono de menor tamaño, menor consumo energético y muy baja disipación de calor inferior a 60 °C, siendo innecesario la refrigeración por agua de equipos con producciones incluso superiores a los 100g/h y con un precio considerablemente más bajo.

5

Desde la pandemia de COVID-19 se ha incrementado el empleo del ozono como método de desinfección en diferentes medios del transporte público y otros espacios de alta concurrencia de personas.

- 10 La solicitud patente **CO2017012961** divulga procesos de generación de ozono para el tratamiento de aguas residuales industriales y aguas con cierto grado de tratamiento previo o potable mediante un dispositivo a escala milimétrica generador de ozono, el cual, está conformado por un contenedor que contiene un conjunto de electrodos, un material difusor poroso con forma de disco, un sistema de alimentación de gases y un
- 15 sistema de alimentación eléctrica. Los electrodos (2) están conectados a una fuente de electricidad la cual proporciona el nivel de tensión eléctrica necesario para crear un campo eléctrico entre los electrodos. Dicho campo eléctrico es el requerido para iniciar y sostener una descarga eléctrica (plasma) en la cual un gas (oxígeno, aire) es transformado en ozono.

20

De acuerdo con lo anterior, se observa que las soluciones existentes en el estado de la técnica son deficientes en lo que se refiere a conservar niveles idóneos de ozono para evitar la supervivencia de virus en el aire al interior de recintos cerrados

- 25 La presente invención proporciona una solución al problema técnico al compartir información sobre la concentración de ozono en el aire y al comparar las mediciones con los rangos establecidos tomar una decisión para activar o desactivar la generación de ozono e incorporar inteligencia y paralelismo a la red de generadores de ozono instalados en los sitios de desinfección del aire. Técnicamente el ozono es producido por reactor
- 30 cerámico de ozono completamente controlable en parámetros como alimentación eléctrica, flujo de aire, tiempo de operación entre otros.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención presenta un sistema inteligente para la gestión de ozono caracterizado comprende un procesador embebido, conectado uno o más módulos

5 emisores inalámbricos, que envían datos de monitoreo de ozono, uno o más módulos receptores inalámbricos, que reciben los datos de monitoreo de ozono, una o más redes inalámbricas de comunicación que implementan un protocolo IoT, a través de las cuales se transmite información local o remota del monitoreo de ozono de un lugar específico,

10 un sensor de calentamiento para determinar la concentración de ozono, encargado de monitorear los niveles de ozono de un lugar específico y en comunicación con el emisor inalámbrico para generar una señal de activación o detección del generador de ozono dependiendo de los rangos de medida y del análisis inteligente de los datos de concentración, un generador de ozono conectado en red, encargado de recibir la señal de activación para suministrar ozono a una tasa máxima de 80mg O₃/h a un lugar

15 determinado, dicho generador estará activo hasta recibir una señal del sensor de concentración de ozono, un reactor cerámico de ozono, encargado de producir el ozono dentro del generador, un sistema de control para el reactor; Un módulo de suministro de energía y un dispositivo móvil a través del cual se puede interactuar con cada uno de los elementos del sistema inteligente para la gestión de ozono.

20 Adicionalmente el sistema inteligente para la gestión de ozono incluye un método implementado por computador para monitorear la concentración de ozono en un lugar determinado que consta de las siguientes etapas. Regulación del nivel de ozono mediante un modelo de inteligencia artificial basada en una red neuronal artificial, variabilidad de la cantidad de módulos a interconectar según la necesidad del usuario,

25 intercomunicación modular por IoT, medición periódica mediante sensores de humedad, temperatura y porcentaje de ozono en aire y automatización controlada con aplicación móvil.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

A continuación, se describen las figuras que componen la invención.

5 **La figura 1**, muestra el dispositivo inteligente (100) para la gestión de ozono.

La figura 2, muestra el método (200) para la gestión de ozono.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El sistema inteligente para la gestión de ozono (100) de acuerdo con la figura 1, compuesto por un procesador embebido (101), conectado a uno o más módulos emisores inalámbricos (102), que envían datos de monitoreo de ozono uno o más
15 módulos receptores inalámbricos (103), que reciben los datos de monitoreo de ozono, una o más redes inalámbricas de comunicación que implementan un protocolo IoT (104), a través de las cuales se transmite información local o remota del monitoreo de ozono de un lugar específico, un sensor de calentamiento (105) para determinar la concentración de ozono, encargado de monitorear los niveles de ozono de un lugar
20 específico y en comunicación con el emisor inalámbrico para generar una señal de activación o detección del generador de ozono dependiendo de los rangos de medida, un generador de ozono (106) conectado en red, encargado de recibir la señal de activación para suministrar ozono a una tasa máxima de 80mg O₃/h a un lugar determinado, dicho generador estará activo hasta recibir una señal del sensor de
25 concentración de ozono, un reactor cerámico de ozono (107), encargado de producir el ozono dentro del generador, un sistema de control para el reactor (108), un módulo de suministro de energía (109) y un dispositivo móvil (110) a través del cual se puede interactuar con cada uno de los elementos del sistema inteligente para la gestión de ozono.

30

El método (200) implementado por computador para monitorear la concentración de ozono en un lugar determinado, caracterizado por las etapas de medir (201) a través del sensor de concentración de ozono, temperatura, humedad del aire, establecer (202) área volumétrica del lugar a controlar, establecer límites (203) de concentración de
35 ozono para controlar la señal de encendido/apagado del generador de ozono, enviar

señales (204) de concentración a través de la IoT, recibir señales (205) de concentración a través de la red IoT, procesar la información (206) reportada por la red de sensores, reportar en tiempo real (207) los resultados de monitoreo a la nube y a la aplicación móvil.

5

El sistema para mantener los niveles de ozono dentro de rangos establecidos emplea un procesador rp2040, con capacidad de comunicaciones Bluetooth o wifi para comunicarse con otros dispositivos dentro de una red IoT. El objetivo de este sistema es compartir información sobre la concentración de ozono en el aire y al comparar las mediciones con los rangos establecidos tomar una decisión para activar o desactivar la generación de ozono. Técnicamente el ozono es producido por reactor cerámico de ozono completamente controlable en parámetros como alimentación eléctrica, flujo de aire, tiempo de operación entre otros.

10

El sensor por su parte es un sensor por calentamiento que señala la cantidad de ozono presente, envía información a los módulos de comunicaciones y el procesador establece los rangos de operación y a través de la red IoT carga información a la nube para que pueda que el proceso pueda ser monitoreado de forma remota. La red de comunicación IoT se emplea para el monitoreo de la producción de ozono del sistema en su totalidad pudiendo acceder y controlar cada uno de los elementos que conforman el sistema de monitoreo de ozono.

15

20