

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El sistema tratamiento de aguas residuales tiene un electroporador, donde el reactor electroporador consta de tres zonas: primaria, secundaria y terciaria, la zona primaria o de hidrogenación, es la encargada de la generación de hidrógeno y de la descontaminación primaria, un sistema de acondicionamiento de proceso especialmente diseñado para conseguir un nivel óptimo de generación de hidrógeno entra en funcionamiento, al igual que un set de electrónica de potencia, que se encarga de acondicionar un flujo de corriente continua o directa DC controlada para que se produzca electrólisis del agua y sean liberados átomos de hidrógeno y de oxígeno a un nivel importante y controlado. En esta zona, gran cantidad de material orgánico como bacterias y otros microorganismos son eliminados por la acción del flujo de la corriente eléctrica, la cual pasa a través de las bacterias y los microorganismos en suspensión en el agua.

Una de las consecuencias de liberar H_2 y O en el agua será la producción momentánea de radicales hidroxilos y (H_2O_2) peróxido de hidrógeno, los cuales son altamente oxidantes y desinfectantes, la aparición de estos oxidantes es momentánea, ya que el hidrógeno liberado en el efluente es utilizado en las dos siguientes zonas como combustible.

En las zonas, secundaria y terciaria, es donde los átomos de hidrógeno liberado y en suspensión, son bombardeados por electrones libres y ionizados por el efecto de un circuito de corriente alterna a tensión, corriente y frecuencia controladas, logrando hacer combustión controlada, con la consecuente liberación de energía en forma de plasma frío.

El equipo está diseñado para cambiar las características de un efluente contaminado al hacerlo pasar dentro del reactor electroporador, de manera que si tiene una alta carga microbiológica, estos seres vivos son eliminados y las características físico químicas del efluente son transformadas.

El reactor electroporador es el equipo que al hacer pasar un efluente, los contaminantes microbiológicos contenidos en él, tales como bacterias y cualquier organismo microscópico son eliminados por la acción de los fenómenos físicos y químicos que ocurren dentro del aparato, de igual manera, otros contaminantes son transformados por la acción de los procesos que ocurren dentro de él.

El equipo tiene una conexión de entrada del efluente a tratar y otra de salida del efluente, internamente el equipo tiene forma de S, donde el efluente entra por la conexión superior y sale por la inferior, con entrada por la zona dorsal y salida por la zona frontal, o si, tanto la entrada como la salida, se pueden definir por la misma cara o por una cara diferente de acuerdo a las solicitudes particulares de diseño.

Tanto en la cara frontal como en la cara lateral, los conductores utilizados son del calibre suficiente para conducir la corriente esperada en cada zona del circuito.

El equipo es fabricado en material dieléctrico y resistente a la corrosión, es fabricado en capas, de manera que en cada una hay elementos que están en contacto con el efluente a tratar, los cuales son fabricados preferentemente en acero inoxidable para las coronas y preferentemente titanio para las barras transversales, de todas forma se pueden usar otros materiales equivalentes en función para la fabricación del aparato.

En la parte interna del electroporador, se utilizan materiales diversos con disposiciones específicas, dependiendo el nivel de descontaminación que sea requerido para el efluente a tratar.

En condiciones de un efluente muy contaminado, como el de un sistema de re-inyección en la industria del petróleo, obteniendo una eliminación del 99.985% de los microorganismos e incrementando la temperatura del agua de 30°C a 95°C, como efecto secundario del proceso, a un flujo de 1200 GPM.

La figura 1 muestra un sistema de tratamiento de aguas residuales (10) de agua de ciclo combinado por electroporación irreversible y degradación oxidativa, que tiene un electroporador (100) con un conducto (101) en forma de S preferentemente; el conducto (101) tiene una entrada de flujo (E) y una salida de flujo (S) donde se pueden acoplar bridas de tipo embebidas o integradas al electroporador (100); el electroporador (100) tiene tres zonas, zona primaria (110), secundaria (120) y terciaria (130), el electroporador podría tener más pasos o zonas, en el rango entre 2 a “n” zonas y preferentemente en el rango de 2 a 6 zonas; el sistema de tratamiento de aguas residuales (10) tiene líneas de entrada de voltaje trifásico (F), que alimentan a un rectificador trifásico (210) que preferentemente tiene una salida a 120-220 VDC con una tensión de entrada entre 120 a 600 VAC, con potencia entre 1 a 100kVA preferentemente 20kVA, con conexión de intercambio de datos con un sistema SCADA y una interfaz hombre máquina HMI, el rectificador trifásico (210) tiene conexiones de salida (220) hacia la zona primaria (110); las líneas de entrada de voltaje trifásico (F), están conectadas a un variador de frecuencia (320) conectado seguido a un transformador trifásico (310) con salida en estrella de 4 hilos, donde estas conexiones de salida del transformador trifásico (310) están conectadas hacia las zonas secundaria (120) y la zona terciaria (130); con rango de operación entre 400 Hz y 15 kHz, y potencia en el rango entre 10 a 100 kVA, preferentemente 60kVA, con núcleos de frecuencia variable de ferrita y refrigeración forzada.

El sistema de tratamiento de aguas residuales (10) tiene un transformador de servicios auxiliares (410) con rango de potencia entre 1 a 15 kVA preferentemente 8 kVA, con tensión de entrada 480 VAC entre 50 a 60 Hz, preferentemente 60 Hz, con tensión de salida en el rango de 120-220 VAC; el transformador de servicios auxiliares (410) alimenta de energía a una fuente de un circuito de control (420) con voltaje de entrada 120 a 220 VAC y salida de voltaje de corriente directa preferentemente 24 VDC y rango de operación entre 1 a 30 amperios, preferentemente 10 amperios; donde la fuente de circuito de control (420) alimenta un sistema SCADA (510) que es un sistema de supervisión, control y adquisición de datos, para efectuar monitoreo remoto del equipo; un PLC Controlador Lógico Programable (520) y a una HMI Pantalla de interface hombre máquina (530) HMI para efectuar monitoreo y control local; el

PLC Controlador lógico programable tiene conectado la instrumentación (P) asociada a las variables físicas a medir como son presiones de entrada y de salida, temperatura de entrada y de salida del efluente y flujo en galones por minuto, para este fin tiene medidores de presión, medidores de temperatura y medidores de flujo volumétrico o másico y válvulas sobre la que se ejerce control para regular las condiciones de operación del equipo. Como ejemplo se pueden acoplar transmisores de presión a la entrada y a la salida del electroporador, sensores de temperatura RTD PT100 a la entrada y a la salida, medidor de flujo ultrasónico en la línea de conexión del efluente a tratar.

La figura 2 muestra un diagrama esquemático más detallado de las conexiones eléctricas de potencia del electroporador y sus equipos anexos; donde las líneas de alimentación trifásica (F) están conectadas a un rectificador trifásico (210), compuesto por un transformador (211) con diodos, conectado desde el devanado secundario a un regulador de voltaje (212), a su vez conectado a un circuito de acoplamiento, como ejemplo de 1000 VDC Reactor 800 amperios y 0,046mH y a un monitor de corriente directa (213), conjuntamente tiene conexiones de salida de voltaje directo positivo conectado a las barras de la zona primaria y salidas de voltaje negativo hacia los electrodos de desgaste de las coronas de la zona primaria.

Las líneas de alimentación trifásica (F) están conectadas a un variador de frecuencia (320), como ejemplo con tensión de entrada 480VAC 60Hz 50Hp y tensión de salida ajustable entre 200 VAC y 380VAC 400Hz a 15KHz, conectado al sistema SCADA y a la interfaz de comunicación hombre maquina; el variador de frecuencia (320) está conectado a un transformador trifásico (310) con devanado primario (311) con conexión en triángulo y devanado secundario (312) con conexión en estrella de 4 hilos, con neutro (3120) y fases (3121) (3122) (3123).

La figura 3 muestra la forma de conexión del electroporador (100) conectado en la zona primaria con terminales de entrada (221) negativo conectado a los electrodos de desgaste (111) que son mostrados de manera esquemática, los

cuales están embebidos y además conectables, este tipo de electrodos de desgaste o sacrificio, de una gran masa se han diseñado para que puedan ser reemplazados cada vez que se evidencie que se han desgastado a su nivel de reemplazo por la acción de la corriente DC, como parte del proceso de electrólisis y otro lado los terminales de entrada (222) positivos están conectado a la barras internas (12) de material de titanio sólidas de diámetro en el rango de 15mm a 45mm, preferentemente de 30 mm de diámetro y con longitud en el rango de 500 mm a 1500 mm preferentemente 900mm.

La conexión del neutro (3120) proveniente del devanado secundario (312) en configuración de estrella del transformador trifásico (310) está conectado a la carcasa (101); las conexiones de fase (3121) (3123) están conectadas a las coronas (121) de alta frecuencia de zona secundaria (120) y a las coronas (131) de alta frecuencia de la tercera zona (130). Las coronas (121) (131) están diseñadas para que se conecten a una fuente de tensión AC y a un rango de frecuencias entre 50Hz a 150Khz, preferentemente entre 300Hz y 20kHz, se han creado para que sus aristas de conexión faciliten o propicien la creación de un efecto corona dentro del electroporador (100).

La figura 4 muestra un detalle de conexiones del electroporador en una vista de corte lateral A-A, el electroporador (100) tiene dos placas seccionadas (101A) y (101B), que son unidas por medio de elementos de fijación de placas no mostrados en las figuras, que comprenden un inserto metálico embebido y un manguito con anillos sellantes para cada cara de las placas a fijar, fabricados en material de plástico de ingeniería de ultra alto peso molecular con una perforación central por la cual atraviesa un perno de rosca corrida, el cual atraviesa las dos placas y se aprietan la una a la otra. Estos pernos no se observan a simple vista por que después de que el equipo ha pasado las pruebas de alta presión se aplica una capa adicional en material con aislamiento para radiaciones ionizantes. Las placas seccionadas tienen en medio empaquetaduras (140) de teflón para alta temperatura y caucho exterior para evitar fugas de efluente.

Los conectores (103) (104) dispuesto a lo largo de todo el cuerpo del electroporador (100) están embebidos para conexión de núcleos y de coronas, los núcleos de titanio se han previsto conectores diseñados para disminuir las pérdidas por efecto skin con una capacidad de conducción de hasta 2400 amperios simétricos y están fabricados en material de cobre electrolítico de extra alta pureza.

Las conexiones de la zona primaria (110) de generación de hidrógeno se realizan de la siguiente manera: el terminal positivo a las barras (112) o núcleos de titanio y el terminal negativo a los electrodos de desgaste (111) embebidos removibles sobre los conectores. La conexión se realiza de tal manera que no se requiere la desconexión de conector alguno para reemplazar los elementos de desgaste, ya que el electrodo se pone en contacto con la corriente eléctrica sobre la cara embebida de fijación a través de pernos de apriete.

Las coronas que están dispuestas diametralmente, separadas unas de otras y aisladas eléctricamente, son fabricadas en secciones de acero inoxidable las cuales están en contacto con el líquido fluyendo, conectan con el exterior por medio de conexiones de potencia soldadas y acopladas a conectores macizos, fabricados en cobre electrolítico de extra alta pureza, con una capacidad de conducción por contacto de hasta 2000 amperios simétricos.

Las capa (105) del electroporador están de las fabricadas en material plástico de ingeniería con refuerzo cerámico para incrementar su capacidad térmica. Además tiene una capa de aislamiento termo-fusionada fabricada en material plástico de ingeniería reforzada con boro para aislar radiaciones ionizantes. Las capas envuelven el núcleo radialmente del centro hacia el exterior. La capa de aislamiento de radiaciones ionizantes, la cual está fabricada en un material cargado densamente con boro. La siguiente capa es la de terminales eléctricos montados sobre una capa de aisladores para uso industrial. Los terminales son fabricados en cobre electrolítico, la siguiente capa es un envoltente metálico que conforma una jaula de Faraday, todo lo anterior está cubierto por el envoltente exterior que conforma la parte visible del electroporador, haciendo parte a su vez de la jaula de Faraday, todo el sistema está cubierto por una cubierta metálica

que le permite al equipo tener un apantallamiento contra descargas atmosféricas.

El sistema de tratamiento de aguas residuales (10) con dispositivo electroporador (100) puede ser dispuesto sobre un patín de montaje tipo petrolero, para que pueda ser transportado de manera cómoda hacia cualquier lugar, el sistema tiene cubiertas de apantallamiento metálico que funcionan como envoltorio primario, el sistema de tratamiento de aguas residuales con dispositivo electroporador tiene carretes de acoplamiento a proceso y toma de muestras sobre las líneas del efluente, se puede adecuar un equipo de aire acondicionado industrial y protección con cubierta metálica exterior como techo para protección de la intemperie.

La salida de potencia alterna que es sinusoidal, pero se prevé el uso de otras formas de onda como cuadrada, rectangular, triangular, sierra, periódicas y no periódicas, es claro que la forma de la onda ayudará en un futuro, a optimizar la aplicación, para disminuir el consumo de potencia eléctrica requerida.

Es concluyente que no se encuentran oxidantes a la salida del efluente, lo que indica que el hidrógeno liberado por efectos de la electrólisis es consumido en la zona secundaria y terciaria.

En el electroporador el factor de potencia se encuentra en el orden de 0.5 y que el circuito se encuentra balanceado. De allí la importancia que se use un transformador puro para el acoplamiento a alta frecuencia y que el devanado secundario de éste sea en estrella circuito aislado, al que se le conecten los cuatro hilos, incluyendo la conexión del neutro.

El electroporador no se debe aterrizar, la corriente en el circuito se balancea perfectamente, la corriente circula únicamente cuando en el electroporador hay un efluente.

El flujo de corriente dependerá de la densidad de corriente de diseño del circuito y de la capacidad resonante en relación directa con la resistividad del efluente contaminado.

Los equipos aquí revelados son equipos de gran tamaño que constan de un sistema que utilizan para su fabricación los principios de funcionamiento de una extrusora, una inyectora y un equipo de termo-formado de plástico a alta presión. El plástico de ingeniería, resistente a la corrosión, logra una rigidez dieléctrica de 500V por milésima, el equipo se ensambla un molde en el cual están montados todos y cada uno de los elementos de acuerdo con el diseño, el material es previamente tratado, a los materiales de refuerzo se les remueve la humedad y se pulverizan hasta conseguir un grano muy fino, luego se mezclan y se mantiene el control de la temperatura y humedad; al pasar al proceso de plastificación se dosifica de acuerdo con las necesidades propias de la aplicación, una vez está listo, se procede a hacer fluir en forma de una colada caliente hasta llenar y compactar el material fluido dentro del molde.

Posterior a esto se detiene el llenado y se comienza un proceso de normalización de la temperatura del sólido inyectado, es de aclarar que hay un molde por cada cara del reactor electroporador y que, una vez el molde se ha llenado, el peso del conjunto supera los 800kg, una vez se completa el periodo de normalización inicial de la temperatura es sacado de esta unidad y se lleva con el uso de una grúa hasta a una prensa hidráulica de 500 toneladas y se termina de formar el cuerpo, hasta que la cara fabricada alcanza la temperatura ambiente, posterior a esto, se realizan los mecanizados de pulido y acabado hasta obtener el producto final deseado.

La figura 5 muestra el método para tratamiento de aguas residuales

- a. Etapa 610. Proporcionar fluido contaminado de entrada para tratamiento de aguas residual en el rango de 0 a 20 psi de presión manométrica y temperatura de entrada entre 15° a 35°.
- b. Etapa 620. Fijar y controlar variables de presión temperatura y flujo másico a valores prefijados.
- c. Etapa 630. Suministrar corriente directa en la zona primaria (110) del electroporador (100) para producir hidrogenación en el fluido, en el rango de voltaje entre 120 a 5000 VCD y potencia suministrada en el rango entre 1 a 100kVA.
- d. Etapa 640. Suministrar corriente alterna para combustión controlada de hidrógeno en las zonas secundaria (120) y terciaria (130) del electroporador (100) a una frecuencia entre 400Hz y 15KHz y potencia suministrada entre 10 a 100kVA y consumir el hidrogeno total producido en la zona primaria (110), con calentando del fluido tratado.
- e. Etapa 650. Generar de manera simultánea con la etapa 640, plasma frio aplicando corriente alterna en las zonas secundaria (120) y terciaria (130) del electroporador (100) a una frecuencia entre 400Hz y 15KHz y potencia suministrada entre 10 a 100kVA.
- f. Etapa 660. Descargar el fluido descontaminado.

Pruebas realizadas y resultados de la eliminación de microorganismos fueron los siguientes:

Agua cruda antes de ser pasada por el electroporador

Población de bacterias originalmente observada: 11.100.000.000 UFC (Unidad formadora de colonias) / 100 mL
(11,1X10E10/100 mL)

Prueba 1: 349 VAC, 20 Amperios, 310 Hz, 10.8kW

Población de bacterias sobrevivientes observada: 22.000.000 UFC / 100 mL

(22X10E6/100 mL)

Prueba 2: 390 VAC, 30 Amperios, 400 Hz, 17 kW

Población de bacterias sobrevivientes observada: 3.400.000 UFC / 100 mL

(3,4X10E6/100 mL)

En términos de eliminación de poblaciones de UFC se encontró:

La prueba 1 eliminó el 99.801 % de microorganismos.

La prueba 2 eliminó el 99.969 % de microorganismos.

Un segundo análisis del agua fue efectuado mediante pruebas BART ® en el exterior, donde se analizaron bacterias sulfato reductoras SBR y productoras de ácido BPA.

Resultados de la eliminación de microorganismos

Los resultados de las pruebas BART® fueron los siguientes:

Agua cruda antes de ser pasada por el electroporador

Población de bacterias originalmente observada:

SBR: 500.000 UFC / ml (5X10E5/mL)

BPA: 475.000 UFC / ml (4,75X10E5/mL)

Prueba BART1: 349 VAC, 20 Amperios, 310 Hz, 10.8kW

Población de bacterias sobrevivientes observada:

SBR: 75 UFC / mL (En términos de % de eliminación: 99,985%)

BPA: 0 UFC / mL (En términos de % de eliminación: 100%)

Prueba BART2: 390 VAC, 30 Amperios, 400 Hz, 17 kW

Población de bacterias sobrevivientes observada:

SBR: <1 UFC / mL (En términos de % de eliminación: 100%)

BPA: 0 UFC / mL (En términos de % de eliminación: 100%)

La anterior descripción solo puede ser tomada como referencia y no limitativa en sus componentes ni en su relación explícita, sino que han sido descritos para proporcionar una idea clara sobre la conformación general de la materia de la invención reclamada.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características técnicas del invento, se acompaña a la presente memoria descriptiva como parte integrante de la misma, un conjunto de figuras definidas así:

Figura 1. Diagrama esquemático general del sistema de tratamiento de aguas residuales con dispositivo electroporador.

Figura 2. Diagrama esquemático detallado del sistema eléctrico y conexiones.

Figura 3. Diagrama esquemático de conexiones y distribución estructural del electroporador.

Figura 4. Diagrama esquemático de sección transversal de corte A-A.

Figura 5. Diagrama esquemático de etapas de método de tratamiento de aguas residuales.