

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 150**

51 Int. Cl.:

A01G 25/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.05.2013 PCT/EP2013/061239**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2013 WO13178774**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2013 E 13726507 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.08.2018 EP 2854512**

54 Título: **Un sistema de control y monitorización de dos hilos para, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno**

30 Prioridad:

**31.05.2012 EP 12170174
31.05.2012 EP 13151061
31.05.2012 EP 13151075
31.05.2012 EP 13151083
31.05.2012 EP 13151081**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.01.2019

73 Titular/es:

**S-RAIN CONTROL A/S (100.0%)
Oldenvej 6
3490 Kvistgård, DK**

72 Inventor/es:

CHRISTIANSEN, TOM NØHR

74 Agente/Representante:

ILLESCAS TABOADA, Manuel

ES 2 695 150 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un sistema de control y monitorización de dos hilos para, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno

5 La presente invención se refiere a un sistema de control y monitorización de dos hilos para, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno y a un procedimiento de control y monitorización, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno.

Descripción de la técnica relacionada:

10 Los sistemas de control de riego de dos hilos más conocidos, como los sistemas de control descritos en las patentes US 4.007.458 y US 4.176.395 proporcionan el control de una serie de válvulas de riego o aspersores ubicados remotamente desde una ubicación central mediante señales de control codificadas en un solo par de líneas de transmisión de energía que unen un codificador central y varios decodificadores remotos.

El sistema de control de riego de dos hilos de acuerdo con el documento US 4.007.458 codifica y transmite una dirección de una válvula de riego específica ubicada remotamente y señales de encendido/apagado en una señal de corriente alterna (CA) al recortar la mitad de las porciones de la señal para representar valores cero.

15 De manera similar, el sistema de control de riego interactivo de dos hilos de acuerdo con el documento US 4.176.395 transmite datos mediante el recorte selectivo de la señal de frecuencia de potencia original durante ocho ciclos consecutivos, suprimiendo la señal de frecuencia de potencia durante el siguiente ciclo completo, durante el cual puede transmitirse una señal de retroalimentación desde sensores ubicados en áreas específicas, que luego transmiten ocho ciclos de frecuencia de potencia sin distorsión, y que suprimen la señal de frecuencia de potencia para un ciclo siguiente, durante el cual se puede transmitir una señal de retroalimentación relacionada con un operador portátil.

20 Ambos sistemas de control de riego de dos hilos de acuerdo con los documentos US 4.007.458 y US 4.176.395 se comunican con válvulas de riego o decodificadores ubicados remotamente mediante el recorte de las señales de potencia, mientras que la transmisión de la alimentación eléctrica a las válvulas de riego o decodificadores remotamente ubicados se reduce significativamente.

30 Además, los sistemas de control de riego de dos hilos de acuerdo con los documentos US 4.007.458 y US 4.176.395 utilizan señales sinusoidales para transmitir energía a válvulas o decodificadores de riego ubicados de forma remota. Las señales sinusoidales que son señales de CA generalmente se deben convertir a CC para accionar los circuitos electrónicos del microprocesador, lo que aumenta los costes totales de los sistemas de riego de dos hilos para la electrónica incorporada en las válvulas o decodificadores de riego ubicados de forma remota.

35 Se conocen otros sistemas similares a partir de, por ejemplo, las solicitudes de patente de EE. UU. anteriores y las patentes US 6.766.221, US 6.993.416, US 7.421.317, US 7.146.255, US 7.206.669, US 5.839.658, US 60/779.857 y US 12/281.968.

Sumario de la invención

40 Muchos sistemas de control y monitorización de 2 cables que se encuentran en la técnica anterior no hacen un uso completo de la anchura de banda de alimentación. Se entiende que la anchura de banda de alimentación significa la capacidad del cable de 2 hilos para entregar la alimentación desde el controlador/fuente de alimentación a las unidades de control de riego localizado. La máxima anchura de banda teórico de alimentación es el controlador/fuente de alimentación x el controlador/fuente de alimentación dividido por 2 x Rcable. Por lo tanto, la anchura de banda de alimentación teórico se puede aumentar utilizando cables más gruesos. Además, se puede usar una tensión efectiva más alto. Se debe tener en cuenta que los sistemas que operan con una tensión sinusoidal por sí mismos tendrán una anchura de banda de alimentación menor, que generalmente es aproximadamente el 50 % de la anchura de banda de alimentación de un sistema de CC equivalente. Además, el uso de electrónica de alimentación puede reducir aún más la anchura de banda de alimentación, ya que algunos circuitos electrónicos de alimentación solo consumen energía cerca de los picos de la tensión sinusoidal. De acuerdo con la presente invención, se utiliza una corriente continua/tensión (CC), que permite una anchura de banda de alimentación máxima, es decir, la potencia máxima suministrada desde el controlador/fuente de alimentación a las unidades de control de riego localizado. Sin embargo, la CC pura no es factible debido al riesgo significativo de corrosión dañina en el cable de 2 hilos en relación con las corrientes de fuga entre el cable y sus alrededores. Pueden producirse corrientes de fuga debido a pequeños huecos y daños en el aislamiento del cable. Para evitar la corrosión, se utiliza una corriente alterna. De esta manera, la tensión promedio en cada uno de los cables de 2 hilos se equilibra de tal manera que la tensión promedio está ligeramente por debajo de 0 voltios, de tal manera que se minimiza la corrosión dañina. Una corriente de fuga desde el cable a terreno es muy dañina, ya que el cobre en el cable se disuelve (Cu a Cu⁺⁺). Es un objeto de la presente invención permitir una comunicación bidireccional entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado, en las que la anchura de banda de alimentación es tan cercana al 100 % como sea posible.

- El cable de 2 hilos también se puede usar para transmitir paquetes de datos entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado, y viceversa. La señalización en el cable se realiza cambiando la frecuencia de alternancia de la CC. Las alternancias tienen una influencia mínima en la anchura de banda de alimentación total. Para asegurar una fuente de alimentación constante desde el controlador/fuente de alimentación a las unidades de control de riego localizado, el controlador/fuente de alimentación realiza las alternancias, incluso cuando se envía un paquete de datos desde la unidad de control de riego localizado al controlador/fuente de alimentación. Para lograr esto, hay períodos de tiempo predeterminados o ventanas de tiempo, en las cuales las unidades de control de riego localizado pueden cortocircuitar el cable para provocar una alternancia en el controlador/fuente de alimentación y así formar una secuencia de bits, que a su vez forman un paquete de datos. Estas ventanas de tiempo afectan la anchura de banda de alimentación. Estas pérdidas, junto con las pérdidas de potencia durante la alternancia, dependen de la red de cable, que forma el cable de 2 hilos. Los parámetros que influyen en la pérdida de potencia son la resistencia total del cable entre el controlador/fuente de alimentación y la unidad de control de riego localizado específica y la capacidad total de la red de cable. Por lo tanto, un objeto adicional de la presente invención es determinar los parámetros mencionados anteriormente y compensar la influencia en la anchura de banda de alimentación. Un objeto adicional de la presente invención es evitar la corrosión dañina debida a un cable de 2 hilos no equilibrado, que puede resultar de un alto uso de la anchura de banda de comunicación. Otro objeto más de la presente invención es optimizar la anchura de banda de información entre las unidades de control de riego localizado y el controlador/fuente de alimentación agrupando las unidades de control de riego localizado que transmiten el mismo tipo de información.
- En el presente contexto se entiende una alternancia como un cambio de polaridad de los cables, es decir, un cambio de la tensión máxima a la tensión mínima de uno de los dos hilos y el cambio de la tensión mínima a la tensión máxima en el otro de los dos hilos. Se entiende que la anchura de banda de comunicación es un número de bits que pueden transmitirse entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado por segundo. La anchura de banda de comunicación siempre se indica como un número promedio, ya que el número exacto de bits por segundo depende del número de "1 bit" y "0 bit" que se transmiten, ya que "1 bit" y "0 bit" requieren que diferentes frecuencias de alternancia se reconozcan como tal. Además, la longitud de los paquetes de datos individuales influye en la anchura de banda de la información, ya que cada paquete de datos debe iniciarse y terminarse con un bit de parada.
- Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de control y monitorización de dos hilos para controlar, en particular, una pluralidad de válvulas de riego o rociadores controlables ubicadas en áreas localizadas específicas, monitorizar parámetros de riego específicos en áreas localizadas específicas y comunicarse a través del cable de dos hilos con decodificadores de línea y sensor ubicados en áreas localizadas específicas, mientras que limita la pérdida de potencia descrita anteriormente debido a la señalización en el cable de dos hilos.
- Una ventaja particular de la presente invención es la utilización de una señal de fuente de alimentación para la operación de las válvulas de riego controlables, por lo que se realiza una transmisión de energía mejorada dentro de las especificaciones generales de seguridad.
- Un objeto adicional de la presente invención es poder registrar automáticamente todas las unidades de control de riego localizado en el controlador/fuente de alimentación. De esta manera, se puede implementar una llamada función fácil de conectar.
- Cuando se actualiza el sistema, es decir, el controlador/fuente de alimentación se intercambia para permitir una mayor velocidad de comunicación, el usuario generalmente tiene que reemplazar todas las unidades de control de riego localizado más antiguas y lentas por unidades nuevas y modernas que pueden comunicarse utilizando la mayor velocidad de comunicación. En algunos casos, el usuario puede estar interesado en conservar algunas de las unidades más antiguas. Por lo tanto, un objeto adicional de la presente invención es poder utilizar tanto la unidad nueva como la antigua junto con un nuevo controlador/fuente de alimentación.
- Todas las unidades de control de riego localizado están diseñadas para operar entre un valor de tensión máximo y mínimo. En una red ideal, la tensión en la unidad de control de riego localizado será igual a la tensión del cable y en la unidad de control. Sin embargo, siempre habrá una pérdida de tensión entre la fuente de alimentación y cada una de las unidades de control de riego localizado debido a la resistencia del cable de 2 hilos. En caso de que la carga del cable de 2 hilos sea grande, existe el riesgo de que la tensión para una o más de las unidades de control de riego localizado caiga fuera del rango aceptable. Dado que la pérdida de tensión en el cable depende de la carga instantánea, es decir, del número de válvulas activadas, etc., puede diferir dependiendo de la hora y de la posición del cable. Por lo tanto, un objeto de la presente invención es controlar la tensión de las unidades de control de riego localizado.
- Un cortocircuito no afecta necesariamente a ambos hilos del cable de 2 hilos. En caso de que uno de los hilos del cable de 2 hilos esté cortocircuitado, aún puede afectar la funcionalidad de todo el cable. En algunos casos, la unidad de control de riego localizado puede accionar su solenoide con una corriente demasiado alta. Esto puede ser tratado como un cortocircuito por la unidad de control. Dicho cortocircuito se clasifica como un cortocircuito funcional y normalmente se encontrará con la ayuda de un programa de prueba. El programa de prueba puede cambiar los parámetros de la unidad de control de riego localizado de modo que se extraiga menos corriente de la

unidad de control de riego localizado. En la presente realización, la tensión puede cortarse del cable y conectarse nuevamente al cable, donde después de todas las unidades de control de riego localizado se realiza una inicialización de energía y el fallo se elimina hasta la próxima vez que el solenoide de la unidad de control de riego localizado se activa. Un fallo no funcional es un cortocircuito que no se elimina con un encendido durante la inicialización. Por lo tanto, un fallo no funcional, si no se repara, afecta al sistema mientras exista. El fallo no funcional puede ser un fallo en el cable de 2 hilos o en una o más de las unidades de control de riego localizado. El fallo puede estar relacionado con un cortocircuito entre las dos unidades de control de riego localizado, un cortocircuito entre uno o más de los cables de 2 hilos a terreno. Tales cortocircuitos pueden ser causados por la humedad en las conexiones de los cables o un cortocircuito de los diodos de entrada de la unidad de control de riego localizado. Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar sistemas y procedimientos para desacoplar automática o manualmente las unidades de control de riego localizado fallidas, de modo que la parte restante de la red pueda continuar sin interrupciones.

El objeto anterior, la ventaja anterior y la necesidad anterior junto con otros numerosos objetivos, ventajas y necesidades que serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la presente invención de acuerdo con un primer aspecto de acuerdo con la presente invención obtenido por un sistema de control y monitorización de dos hilos para, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno y que comprende:

una tubería de agua que proporciona agua a las áreas localizadas de terreno,

una primera pluralidad de válvulas de riego controlables ubicadas cada una en un área específica de las áreas localizadas de terreno, cada una conectada a la tubería de agua para proporcionar riego o no riego del área específica de las áreas localizadas de terreno y teniendo cada una un par de entradas de control de válvula,

una segunda pluralidad de sensores de campo ubicados en áreas específicas de las áreas localizadas de terreno, que proporcionan parámetros de riego específicos y que tienen un par de salidas de sensores,

una tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado que comprenden cada una un decodificador de sensor que tiene un par de entradas de sensores conectadas al par de salidas de sensores de un sensor de campo específico de la segunda pluralidad de sensores de campo para proporcionar energía a la segunda pluralidad de sensores de campo y que graban los parámetros de riego específicos de la segunda pluralidad de sensores de campo y/o un decodificador de línea que tiene un par de salidas de control de válvula conectadas al par de entradas de control de válvula de una válvula de riego controlable específica de la primera pluralidad de válvulas de riego controlables para proporcionar señales de control de válvula a la primera pluralidad de válvulas de riego controlables, teniendo cada uno del decodificador de sensor y el decodificador de línea además un par de entradas de control y alimentación,

un controlador y una unidad de alimentación que tienen un primer conjunto de programas de instrucciones según un primer protocolo de comunicaciones y un segundo conjunto de programas de instrucciones según un segundo protocolo de comunicaciones, teniendo el controlador y la fuente de alimentación un par de salidas de control y de alimentación que suministran energía aplicando una primera señal de tensión de CC alterna que define un máximo de tensión que tiene una primera anchura de pulso y definiendo un mínimo de tensión que tiene una segunda anchura de pulso a uno de los pares de salidas de control y de alimentación, aplicando simultáneamente una segunda señal de tensión de CC alterna de forma similar pero de polaridad invertida en comparación con la primera señal de tensión de CC alterna a la otra del par de salidas de control y de alimentación y aplicando una corriente de CC alterna que define un máximo de corriente que tiene una tercera anchura de pulso y que define un mínimo de corriente que tiene una cuarta anchura de pulso al par de salidas de control y de alimentación,

un cable de dos hilos que interconecta el controlador y la unidad de alimentación y la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y que conecta el par de salidas de control y de alimentación del controlador y la unidad de alimentación a las entradas de control y de alimentación de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y que proporcionan alimentación desde el controlador y la unidad de alimentación a cada una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado,

el controlador y la unidad de alimentación transmiten una declaración tipo a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos usando el primer protocolo de comunicaciones, proporcionando la declaración tipo comunicación bajo el segundo protocolo de comunicaciones,

el controlador y la unidad de alimentación transmiten el segundo conjunto de programas de instrucciones a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos utilizando el segundo protocolo de comunicaciones, y

el controlador y la unidad de alimentación transmiten el primer conjunto de programas de instrucciones a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos utilizando el primer protocolo de comunicaciones.

Según la realización básica de la presente invención, la aplicación de dos señales de tensión de CC alternas que tienen polaridad invertida respectivamente en el cable de dos hilos proporciona una transmisión de potencia

mejorada con respecto a la aplicación de señales de tensión sinusoidales de la técnica anterior. La mejora de la utilización de CC en comparación con una CA sinusoidal como la utilizada en la técnica anterior es aproximadamente un factor 2. Las señales de tensión sinusoidal, aunque ideales para algunos propósitos, imponen una restricción en la transmisión de potencia máxima alcanzable durante un período de tiempo causado por la forma inherente de la señal de tensión cuadrada en comparación con una señal de tensión de onda cuadrada. Además, al confiar en señales de tensión de CC alternas y lentas para alimentar los decodificadores en lugar de confiar en señales de tensión sinusoidales que tienen frecuencias de red estándar de 50 Hz o 60 Hz, se puede implementar un circuito menos sensible al ruido y, posteriormente, más barato, ya que se debe prestar relativamente poca atención a consideraciones de ruido. Además, la estructura de onda cuadrada de la señal de tensión de CC alterna proporciona una plataforma ideal para transportar información binaria, que se describirá con más detalle a continuación.

La característica de la tubería de agua del sistema de control y monitorización de riego de dos hilos según el primer aspecto de la presente invención está total o parcialmente enterrada bajo terreno, o la tubería de agua se coloca en el terreno. Las partes de las tuberías que se encuentran sobre el nivel del suelo proporcionan secciones móviles que pueden moverse fácilmente a las posiciones de acuerdo con las condiciones de las áreas locales. Además, la tubería de agua se construye a partir de materiales plásticos o materiales metálicos como hierro, acero, cobre, plata, oro o cualquiera de sus aleaciones en cualquiera de sus combinaciones. En general, los tubos de plástico son favorables debido al bajo precio en comparación con los tubos de material metálico. Además, dado que los tubos de plástico son más flexibles que los tubos de metal, es posible reorganizar el diseño de las tuberías sin causar gastos severos.

La primera pluralidad de válvulas de riego controlables puede ser operada magnética, eléctrica, hidráulicamente o neumáticamente. La primera pluralidad de válvulas de riego controlables se accionan y se abren preferiblemente de manera eléctrica mediante la aplicación de una señal de corriente o tensión de entrada seguida por una señal de corriente o tensión de retención al par de entradas de control de la válvula y se cierran al no aplicar señal de corriente o tensión a las entradas de control del par de válvulas. Los decodificadores de línea proporcionan la tensión de arranque, la tensión de mantenimiento y la tensión cero a la primera pluralidad de válvulas de riego controlables al suministrar desde su par de salidas de control de las válvulas una señal de control de CC alterna pulsada al par de entradas de control de válvulas de acuerdo con los programas de instrucciones transmitidos. La señal de tensión de CC alterna pulsada define una tensión diferencial máximo en el rango de 25 V a 90 V, tal como los rangos de 27 V a 80 V o 30 V a 70 V o, preferiblemente, la tensión diferencial máxima es de 65 V, define una tensión diferencial mínima en el rango de 0 V a 5 V como rangos de 0 V a 3 V o de 0 V a 1 V o, preferiblemente, la tensión diferencial mínima es de 0 V y define una anchura de pulso de salida del decodificador de línea en el rango de 10 us a 0,1 s, tal como los rangos de 200 us a 2 ms u 800 us a 1,25 ms o preferiblemente la anchura de pulso de la salida de decodificación de línea es de 1 ms. La anchura de pulso de la salida del decodificador de línea define una primera parte que tiene la tensión diferencial máxima y una segunda parte que tiene la tensión diferencial mínima. La señal de tensión de CC alterna pulsada constituye la tensión de arranque al tener la primera parte más larga o igual que la segunda parte durante un período en el rango de 10 ms a 1 s, tal como de 30 ms a 100 ms, y constituye la tensión de retención al tener la primera parte más corta que la segunda parte durante un período determinado de acuerdo con el programa de instrucciones transmitidas a los decodificadores de línea por el controlador y la unidad de alimentación. Las partes pueden tener cualquier longitud particular para proporcionar cualquier composición de señales que genere una amplia variedad de tensiones promedio, sin embargo, la composición descrita anteriormente es óptima para accionar una válvula de riego accionada eléctricamente con respecto al consumo de energía del decodificador de línea.

La primera anchura de pulso de la primera y la segunda señales de tensión de CC alternas de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención es igual a la segunda anchura de pulso, es más pequeño que la segunda anchura de pulso o es mayor que la segunda anchura de pulso. Preferiblemente, la primera anchura de pulso es sustancialmente igual al segundo ancho de pulso que constituye una señal de tensión de onda cuadrada.

La primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención se alternan con una frecuencia menor que la frecuencia de CA de las redes de alimentación, como 50 Hz o 60 Hz. La primera anchura de pulso de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna están en el rango de 1 ms a 10 s, tal como rangos de 200 ms a 2 s, de 300 ms a 1 s, de 400 ms a 800 ms, de 450 ms a 550 ms, de 475 ms a 525 ms o 490 ms a 510 ms, o preferiblemente la primera anchura de pulso es de 500 ms y la segunda anchura de pulso de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna está en el rango de 1 ms a 10 s, tal como el rango de 200 ms a 2 s, 300 ms a 1 s, 400 ms a 800 ms, 450 ms a 550 ms, 475 ms a 525 ms o 490 ms a 510 ms, o preferiblemente la segunda anchura de es de 500 ms. Al reducir la frecuencia de alternancia, conmutación o inversión, la primera y la segunda señales alternas de tensión de CC, se reduce la sensibilidad al ruido de los circuitos y, además, las tolerancias en cuanto a la precisión aceptable de las anchuras de pulso se cambian de rango de us a rango de ms.

La primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna según el primer aspecto de la presente invención durante la primera anchura de pulso y la segunda anchura de pulso promedian tensiones mayores o iguales a tensión cero. Alternativamente, la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna durante la primera anchura de pulso y la segunda anchura de pulso promedian tensiones

menores o iguales a tensión cero. En particular, la primera señal de tensión alterna y la segunda señal de tensión alterna durante la primera anchura de pulso y la segunda anchura de promedian una tensión promedio en el rango de -5 V a -0,5 V, tal como rangos de -4 V a -1 V o -2,5 V a -1,5 V, o preferiblemente la tensión promedio es -2 V. La tensión máxima de la primera y segunda señales de tensión de CC alterna de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención está en un rango de +10 V a +30 V, tal como rangos de +13 V a +19 V o +14 V a +17 V, o preferible la tensión máximo es de +15 V y la tensión mínima en un rango de -15 V a -25 V, como rangos de -17 V a -23 V y -19 V a -21 V, o preferiblemente, la tensión mínima es de -20 V. Al aplicar una tensión mínima numéricamente más alta en comparación con la tensión máxima desplazando la tensión promedio por debajo de la tensión de terreno, el riesgo de deterioro del cable de dos hilos causado por la corrosión se reduce significativamente, ya que el deterioro del cable de dos hilos en lugares donde la presencia de una capa aislante alrededor del cable de dos hilos que se haya dañado se basará en un proceso alcalino. El proceso alcalino dona electrones al nivel de terreno debido a la diferencia de tensión y acepta una capa de iones que sustituye a los electrones faltantes y, por lo tanto, la capa de iones crea una capa de saturación en la parte expuesta del cable de dos hilos, lo que reduce la corrosión adicional de los dos hilos.

La corriente máxima de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención está en el rango de 0,5 A a 5 A tal como 0,75 A a 1,5 A y, por ejemplo, preferiblemente la corriente máxima es 1,1 A, y la corriente mínima está en el rango de 20 mA a 150 mA, tal como rangos de 30 mA a 100 mA o de 35 mA a 85 mA, o preferiblemente la corriente mínima es de 40 mA. Además, la tercera anchura de pulso que define una parte de la señal de corriente CC alterna es mayor que la cuarta anchura de pulso, y la cuarta anchura de pulso que define otra parte de la señal de corriente CC alterna está en el rango de 10 us a 10 ms, tal como rangos de 0,5 ms a 7 ms o, preferiblemente, la cuarta anchura de pulso es más corto que 5 ms. La señal de corriente continua alterna proporciona secuencias de baja corriente durante las cuales la comunicación puede realizarse desde las unidades de control de riego ubicadas en ubicaciones específicas al controlador y la unidad de alimentación.

La comunicación desde el controlador y la unidad de alimentación a las unidades de control de riego ubicadas en lugares específicos puede consistir en programas de instrucciones según el primer aspecto de la presente invención. Los programas de instrucciones se transmiten al sistema de dos hilos al volver a escalar la primera anchura de pulso o la segunda anchura de de la primera y la segunda señales de tensión de CC alternas a una quinta anchura de pulso en el rango de 100 a 49 ms, tal como rangos de 200 us a 10ms o 300 us a 5ms, o preferiblemente la quinta anchura de pulso es 2 ms, que indica un "1" binario, o al volver a escalar la primera anchura de pulso o la segunda anchura de pulso de la primera y segunda señales de tensión de CC alternas a una sexta anchura de pulso en el rango de 50 us a 9 ms, tal como el rango de 75 us a 2 ms o de 100 us a 1 ms, o preferiblemente la sexta anchura de pulso es 500 us, lo que indica un "0" binario. Al modular la anchura de pulso de la primera y la segunda señales de tensión de CC alternas en lugar de recortar porciones de las señales de tensión, se mejora significativamente la transmisión de energía desde el controlador y la unidad de alimentación a las unidades de control de riego, al tiempo que se proporcionan medios ingeniosos para la comunicación.

Los programas de instrucciones transmitidos según el primer protocolo de comunicación y los programas de instrucciones según el primer protocolo de comunicación comprenden una declaración tipo que determina el contenido adicional de una transmisión desde el controlador y la unidad de alimentación a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado, un declaración de dirección que especifica el contenido, tal como la dirección de una unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado, y, declaración de datos que especifica información sobre las acciones que debe tomar la unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y/o una primera comprobación y una segunda comprobación para garantizar que la recepción segura de la transmisión termina con una señal de parada que tiene una séptima anchura de pulso. La séptima anchura de pulso está en el rango de 2 ms a 70 ms, tal como de 5 ms a 65 ms, o preferiblemente dicha anchura de pulso es de 10 ms. El contenido de las transmisiones puede tener numerosos propósitos y lograr numerosas tareas y proporcionar medios para realizar una amplia variedad de transmisiones que comprenden una pluralidad de tipos de información.

La declaración tipo descrita anteriormente que comprende 4 bits proporciona 16 operaciones opcionales tales como Arbitraje, Datos, Control (Encendido/Apagado), Difusión, Prueba y Encuesta, dejando espacio para 10 posibles operaciones que, de acuerdo con las necesidades actuales, son suficientes. Sin embargo, un aumento del tamaño de transmisión de la declaración tipo a 8, 16 o 32 bits ampliará aún más la posible variedad de operaciones.

La dirección de la unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado comprende un tamaño de transmisión de dirección en el rango de 0 a 128 bits, tal como rangos de 0 a 64 bits o de 0 a 32, o el tamaño de transmisión de dirección es preferiblemente de 16 bits. El tamaño de transmisión de la dirección determina el número máximo de posibles unidades de control de riego comunicativas o direccionables conectadas al controlador y a la fuente de alimentación. Si se necesitan unidades de control de riego adicionales para la operación de los sensores o el control de las válvulas de riego, el tamaño de la transmisión de dirección se puede ampliar en consecuencia.

La información de divulgación de datos con respecto a las acciones a ser tomadas por la unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado comprende un tamaño de transmisión de datos en el rango de 0 a 64 Kbytes. Los datos contenidos en una transmisión pueden incluir información sobre el momento de apertura y cierre de las válvulas de riego controlables, sin embargo, los datos pueden incluir una amplia variedad de información.

La primera comprobación y la segunda comprobación que garantizan una recepción segura de la transmisión comprenden un tamaño de transmisión de comprobación en el rango de 0 a 128 bits, tal como rangos de 0 a 64 bits o de 0 a 32 bits o, preferiblemente, el tamaño de transmisión de comprobación es de 4 bits para cada una de la primera y segunda comprobaciones. La primera y segunda comprobaciones proporcionan medios para verificar si la información transmitida se ha recibido correctamente.

El controlador y la unidad de alimentación de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprenden un microprocesador, una unidad de almacenamiento para almacenar los programas de instrucciones, una sección de salida para suministrar energía al cable de dos hilos y transmitir los programas de instrucciones de los dos hilos y una sección de entrada para monitorizar la tensión del cable de dos hilos. Se inicia una ventana de interrupción después de una alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna y un período de alimentación. El período de alimentación se encuentra en el rango de 200 a 550 ms, tal como rangos de 500 a 200 ms o de 1 ms a 100 ms, o preferiblemente el período de tiempo de alimentación es de 5 ms y la ventana de interrupción está en el rango de 5 ms a 550 ms. El microprocesador controla la sección de salida para aplicar la corriente mínima al cable de dos hilos durante una ventana de interrupción. La ventana de interrupción permite que los decodificadores de sensor o decodificadores de línea realicen una interrupción durante la cual los decodificadores pueden comunicar información al controlador y a la unidad de alimentación.

Cada uno de los decodificadores de sensor y/o decodificadores de línea comprende un circuito de cortocircuito que proporciona una señal de interrupción durante la ventana de interrupción al controlador y la unidad de alimentación mediante un cortocircuito unidireccional del par de entradas de control y fuente de alimentación, lo que reduce la tensión diferencial del cable de dos hilos y ninguna señal de interrupción por el circuito abierto al par de entradas de control y fuente de alimentación. La señal de interrupción está constituida por una caída de tensión de la tensión diferencial del cable de dos hilos en el rango de 5 V a 65 V, tal como rangos de 15 V a 60 V, o preferiblemente la caída de tensión es de 50 V, por lo que la tensión diferencial puede ser de 10 V. Por lo tanto, la tensión del cable de dos hilos durante las señales de interrupción es negativa con respecto a la tensión de terreno, por ejemplo, -10 V y, por lo tanto, el proceso alcalino descrito anteriormente se mantiene durante las señales de interrupción. El microprocesador registra la señal de interrupción de al menos un decodificador de sensor y/o decodificador de línea de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través de la sección de entrada que monitoriza la tensión del cable de dos hilos y posteriormente opera la sección de salida para realizar una alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna y opera la sección de salida para terminar la ventana de interrupción y aplicar la corriente máxima al cable de dos hilos.

Además, el microprocesador después de una grabación de la señal de interrupción desde al menos un decodificador de sensor de interrupción y/o decodificador de línea de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado realiza una alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna y transmite la declaración tipo de arbitraje seguida por una serie de "1" binarios que incluyen una ventana de respuesta para al menos un decodificador de sensor de interrupción y/o decodificador de línea de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado para responder como se describe a continuación al "1" binario. La ventana de respuesta se inicia después de una alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna y un período de pausa, estando el período de pausa en el rango de 200 us a 10 ms, tal como rangos de 3 ms a 8 ms o de 4 ms a 6 ms, o preferiblemente el periodo de pausa es de 5 ms. La ventana de respuesta está en el rango de 0 ms a 20 ms o, preferiblemente, la ventana de respuesta es más corta que 2,5 ms. La serie de "1" binarios constituye una oportunidad para que el decodificador de interrupción responda sí o no durante una ventana de respuesta de acuerdo con la dirección del decodificador de interrupción. Al seleccionar una serie de "1" binarios para obtener la dirección del decodificador de interrupción, se logra la transmisión de arbitraje más corta, ya que, en el caso de varios decodificadores de interrupción, el decodificador con la dirección más baja se direccionará primero y los decodificadores con direcciones más altas se direccionarán posteriormente en la siguiente posible interrupción.

Los períodos de tiempo de comunicación forman un conjunto de parámetros de comunicación que se denominan protocolo de comunicación. El protocolo de comunicación básico que utiliza los períodos de tiempo más largos de los rangos anteriores constituye el primer protocolo de comunicación. Las unidades más antiguas pueden, debido a restricciones técnicas, solo ser capaces de usar el primer protocolo de comunicación, lo que permite períodos de tiempo más largos. Las unidades más nuevas deben comunicarse anteriormente bajo el primer protocolo de comunicación y además bajo el segundo protocolo de comunicación utilizando otro conjunto de periodos de tiempo de comunicación que pueden ser periodos de tiempo más pequeños. Los períodos de tiempo más pequeños son factibles utilizando las unidades más nuevas debido a las mejoras técnicas que permiten períodos de tiempo más cortos. El segundo protocolo de comunicación puede definirse de manera fija en las nuevas unidades o, alternativamente, los nuevos parámetros de tiempo de comunicación pueden descargarse desde el

controlador/fuente de alimentación. La propia descarga se realizará utilizando los parámetros de comunicación originales del primer protocolo de comunicación. Un requisito en relación con el conjunto alternativo de parámetros bajo el segundo protocolo de comunicación es que no debe ser capaz de formar paquetes válidos para unidades bajo el primer protocolo de comunicación. Como se indicó anteriormente, los periodos de tiempo en el primer protocolo de comunicación son mucho más largos que los periodos de tiempo bajo el segundo protocolo de comunicación, ya que la razón principal para usar el segundo protocolo de comunicación es un aumento en la velocidad de comunicación. Por lo tanto, las alternancias de tensión mucho más rápidas bajo el segundo protocolo de comunicación no podrán formar paquetes válidos bajo el primer protocolo de comunicación. Un procedimiento muy simple para iniciar una secuencia de comunicación utilizando el segundo protocolo de comunicación es usar un tipo inadmisibles, tal como se define en el primer protocolo de comunicación.

Como en el caso de la señal de interrupción, el circuito de cortocircuito proporciona una señal de respuesta durante la ventana de respuesta al controlador y la unidad de alimentación mediante un cortocircuito unidireccional del par de entradas de control y fuente de energía, lo que reduce la tensión diferencial del cable de dos hilos y no hay señal de respuesta por circuito abierto del par de entradas de control y fuente de alimentación. La señal de respuesta está constituida por una caída de tensión de la tensión diferencial en el cable de dos hilos en el rango de 5 V a 65 V, tal como un rango de 15 V a 60 V, o preferiblemente la caída de tensión es de 25 V o la tensión diferencial es de 10 V. Por lo tanto, la tensión del cable de dos hilos durante las señales de respuesta es negativa en relación con la tensión de terreno, por ejemplo, -10 V y, por lo tanto, el proceso alcalino descrito anteriormente se mantiene durante la ventana de respuesta. El microprocesador interpreta la señal de respuesta como una indicación de un "0" binario y la señal de no respuesta como un "1" binario.

El microprocesador de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención controla adicionalmente la sección de salida para suministrar la corriente mínima al cable de dos hilos durante la ventana de respuesta, para evitar una pérdida de potencia innecesaria causada por los decodificadores de respuesta de transmisión de "0" binarios. Tan pronto como la respuesta forma el decodificador de respuesta, se detecta por el controlador y la unidad de alimentación, el controlador y la fuente de alimentación aplican la corriente máxima al cable de dos hilos. Por lo tanto, la pérdida de potencia se reduce significativamente en comparación con las técnicas en los sistemas de riego de control del estado de la técnica.

La segunda pluralidad de sensores de campo de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprende una selección de sensores de temperatura, sensores de humedad, sensores de presión, sensores de campo magnético, sensores de movimiento mecánico, sensores de tensión mecánica, sensores de flujo, sensores de fertilizante o cualquier combinación de los mismos. El objetivo de estos sensores es proporcionar parámetros específicos que ofrezcan una imagen completa de las condiciones de las áreas localizadas específicas y se pueden implementar en una amplia variedad de formas para obtener información específica solicitada sobre las condiciones del terreno. Un objetivo adicional de estos sensores es proporcionar parámetros de riego que ofrezcan una imagen completa de las condiciones de trabajo, la funcionalidad y la operación de las válvulas de riego controlables.

El controlador y la unidad de alimentación de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención durante un tipo declarado de transmisión de programas de instrucciones solicitan los parámetros de riego específicos de un decodificador de sensor direccionado de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y, posteriormente, el controlador y la unidad de alimentación transmite una serie de "1" binario que incluye la ventana de respuesta para que el decodificador direccionado responda al "1" binario. El microprocesador registra la señal de respuesta de al menos un decodificador de sensor de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través de la sección de entrada que monitoriza la tensión del cable de dos hilos y opera la sección de salida para realizar una alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna y la segunda señal de tensión de CC alterna y posteriormente opera la sección de salida para terminar la ventana de respuesta y aplicar la corriente máxima al cable de dos hilos. El término alternancia de CC se debe concebir como un término genérico para alternar, invertir o cambiar entre las tensiones máxima y mínima de la primera y la segunda señales de tensión de CC alternas. Al implementar la comunicación desde las unidades de control de riego como se describe anteriormente, se logran una serie de ventajas. El sistema de control y monitorización de riego de dos hilos consume poca energía durante la operación normal y durante la transmisión de información entre el controlador y la unidad de alimentación y las unidades de control de riego. Al realizar la transmisión de información mediante una anchura de pulso que define un "1" binario y una anchura de pulso que define un "0" binario, el sistema de control y monitorización de riego de dos hilos proporciona una transmisión de potencia sin interferencias al mismo tiempo que el intercambio de información.

La unidad de control de riego localizado de la presente invención proporciona medios para irrigar las áreas localizadas, medios para medir parámetros de riego específicos que describen las condiciones de las áreas localizadas, medios para comunicarse con la unidad emisora de marcas y medios para realizar la comunicación con el controlador y la unidad de alimentación. Los circuitos de la unidad de control de riego localizado pueden implementarse para llevar a cabo la comunicación en un cable conductor de dos hilos, pero, sin embargo, pueden implementarse para llevar a cabo la comunicación en cables ópticos o para implementar la comunicación a través de señales transmitidas por radio. Las señales de entrada comprenden señales analógicas de tensión, señales analógicas de corriente, señales digitales de conteo de impulsos, señales digitales de modulación de anchura de impulsos o señales digitales de modulación de frecuencia de impulsos o cualquier combinación de las mismas. El

emisor de marcas ofrece la posibilidad de controlar manualmente la operación de las válvulas de riego controlables, independientemente de los programas de instrucciones transmitidas por el controlador y la unidad de alimentación. El emisor de marcas garantiza que un operador puede iniciar el riego en áreas localizadas transmitiendo señales de control a la válvula de riego controlable desde el emisor de marcas móvil.

5 El decodificador de sensor incluido en la unidad de control de riego localizado de la presente invención comprende una fuente de alimentación de sensor de campo y un amplificador de señal de sensor de campo que tiene un par de entradas de sensor conectadas a un par de salidas de sensor de un sensor de campo específico, una sección de control y entrada de fuente de alimentación con par de entradas de control y fuente de alimentación conectadas a un cable de dos hilos que interconecta el decodificador de sensor y el controlador y la unidad de alimentación, 10 teniendo un circuito de cortocircuito medios de conmutación conectados entre el par de entradas de control y fuente de alimentación, y una primera unidad de microprocesador que interconecta la fuente de alimentación del sensor de campo y el amplificador de señal del sensor de campo y el circuito de cortocircuito.

El decodificador de línea incluido en la unidad de control de riego localizado de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención comprende una sección de entrada de control y fuente de alimentación que tiene un par de 15 entradas de control y fuente de alimentación conectadas al cable de dos hilos que interconecta el decodificador de línea y el controlador y la unidad de alimentación, una etapa de salida de alimentación de control de válvula que tiene al menos un par de salidas de control de válvula conectadas a un par de entradas de control de válvula de una válvula de riego controlable específica, y una segunda unidad de microprocesador que interconecta la sección de entrada de control y la fuente de alimentación y la salida de control de válvula.

20 De acuerdo con una realización adicional de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, antes de transmitir la declaración tipo, el controlador y la unidad de alimentación transmiten el segundo protocolo de comunicaciones a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos utilizando el primer protocolo de comunicaciones. Una de las ventajas de descargar los parámetros para el segundo protocolo de comunicación desde el controlador/fuente de alimentación es que los parámetros del segundo 25 protocolo de comunicación pueden formarse de tal manera que estén optimizados en relación con la capacidad de la red de cable y la resistencia del cable, de tal manera que se puede alcanzar una velocidad de comunicación óptima. En otras palabras, el segundo protocolo de comunicación puede adaptarse dinámicamente en caso de que sea necesario, ya que todas las unidades también pueden reaccionar en una secuencia de datos correctamente emitida bajo el primer protocolo de comunicación.

30 En todos los sistemas que tengan un cable de 2 hilos, habrá una capacidad C_k entre los conductores individuales del cable de 2 hilos. La capacidad C_k es causada por el propio cable y varias capacidades de EMC dentro de las unidades de control de riego localizado individuales. En caso de que la capacidad C_k sea demasiado grande, reducirá la anchura de la banda de potencia en caso de que la frecuencia de la señal (período de tiempo entre las 35 alternancias) sea demasiado grande. Esto se debe al hecho de que toda la corriente que se origina en el controlador/fuente de alimentación se usa para recargar la capacidad total del cable durante la alternancia (dentro del período de tiempo T_{alt}) en lugar de alimentar las unidades de control de riego localizado. Cuanto menor sea la capacidad del cable y la resistencia del cable, más rápida será la señalización. Para optimizar la velocidad de la señal y, por lo tanto, poder optimizar de manera óptima los parámetros del segundo protocolo de comunicación, es importante poder medir C_k . La capacidad C_k influye en la velocidad de señalización entre el controlador/fuente 40 de alimentación y las unidades de control de riego localizado y, además, también influye en la anchura requerido de la ventana de arbitraje (la ventana, es decir, el período de tiempo en el que las unidades de control de riego localizado pueden provocar un cortocircuito en el cable y, por lo tanto, forzar el controlador/fuente de alimentación para alternar). Cuando la unidad de control de riego localizado cortocircuita el cable de 2 hilos, la capacidad completa C_k debe recargarse a una tensión por debajo de un nivel dado, en el cual el controlador/fuente de 45 alimentación puede registrar que debe alternar. En caso de que la resistencia del cable R_{li} de la unidad de control de riego localizado al controlador/fuente de alimentación sea demasiado grande, la recarga tomará demasiado tiempo en caso de que también la capacidad C_k sea grande, ya que el tiempo necesario para la recarga es aproximadamente $2 \times R_{li} \times C_k$. Para poder detectar un cortocircuito, se requiere que el controlador/fuente de alimentación mantenga la ventana de arbitraje durante un período de tiempo más largo y, por lo tanto, reducir aún 50 más la anchura de banda de alimentación.

Ahora se describirá cómo se pueden medir C_k y R_{li} desde el controlador/fuente de alimentación y, por lo tanto, cómo se puede establecer el T_{aw} mínimo (período de tiempo para la ventana de arbitraje) y la anchura de banda de alimentación. Además, se describirá cómo compensar los efectos de alto C_k y R_{li} , respectivamente. En los 55 cables enterrados, que se utilizan para instalaciones de campo, generalmente hay una capacidad de entre 60 pF/m y 160 pF/m. Traducido a kilómetros, corresponderá a aproximadamente 60 nF/km a 160 nF/km de cable. En las circunstancias actuales, las instalaciones de cable pueden ser más grandes que 1 km, como hasta 20 km de longitud total del cable, lo que correspondería a una capacidad total de hasta 3,2 uF. Además, las capacidades de la protección EMC en la unidad de control de riego localizado se agregan a la capacidad del cable. La capacidad de la protección EMC de la unidad de control de riego localizado es generalmente de aproximadamente 500 pF 60 por unidad. Por lo tanto, en un sistema grande con, por ejemplo, 1000 unidades de control de riego localizado sobre 20 km de cable, la capacidad total C_k puede ser de 3,7 uF. La capacidad completa C_k debe recargarse durante cada alternancia o descargarse en la ventana de arbitraje.

La capacidad C_k se mide de la siguiente manera: Durante la alternancia, el controlador/fuente de alimentación está midiendo la cantidad de carga Q_k , que se utiliza para recargar la capacidad C_k desde, por ejemplo, 0 V a + 20 V. La capacidad C_k se calcula simplemente como Q_k dividida por 20 V. La carga puede derivarse integrando la corriente en el cable durante la medición. Por lo tanto, en caso de que se use una IM de corriente constante y la alternancia tome T_M segundos, la capacidad $C_k = (IM \times T_M)/20$ V. Durante la medición, las unidades de control de riego localizado están o deberían estar desconectadas del cable de 2 hilos debido a la presencia de uno o más diodos y condensadores electrolíticos dentro de las unidades de control de riego localizado.

El controlador y la unidad de alimentación suministran una baja corriente constante específica, una tensión de fuga que se mide entre el par de control y las salidas de alimentación del controlador y la unidad de alimentación y una resistencia de fuga en el cable de dos hilos que se calcula al dividir la tensión de fuga por la baja corriente constante específica. En estas circunstancias, también puede ser necesario compensar la fuga total entre los cables individuales del cable de 2 hilos. Esta fuga puede ser sustituida en un diagrama de circuito equivalente por una resistencia R_{fuga} entre los cables individuales del cable de 2 hilos y simplemente puede ser medida por el controlador/fuente de alimentación utilizando una pequeña corriente conocida, es decir, 40 mA en el cable. Después de un corto período de tiempo, por lo general menos de 1 ms, la tensión en el cable se estabilizará en B_{fuga} y la resistencia de fuga equivalente se puede calcular como $R_{fuga} = V_{fuga}/40$ mA. Los diagramas de circuito para medir la tensión entre dos hilos de un cable de 2 hilos y para generar corrientes constantes se muestran en el documento US 2009/0222140. La resistencia total del cable R_{li} entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado individuales es importante para determinar la utilización de la anchura de banda de alimentación y la comunicación desde las unidades de control de riego localizado al controlador/fuente de alimentación, pero también para asegurar que la instalación general cumple con los requisitos básicos del sistema. Por ejemplo, la degeneración del cable de 2 hilos entre la unidad de control de riego localizado y el controlador/fuente de alimentación puede monitorizarse continuamente monitorizando R_{li} . Debe indicarse que R_{li} se determina individualmente para cada unidad de control de riego localizado.

Un solenoide se activa al usar una corriente alta (corriente de entrada) a través de la bobina del solenoide y luego usar una corriente baja (corriente de retención) para mover el solenoide y mantener el solenoide en la posición activada, respectivamente. Al final del período de arranque, toda la corriente del cable se envía al solenoide. El decodificador puede entonces medir la corriente en el solenoide I_s y al mismo tiempo medir la tensión real de la línea en el decodificador V_D y devolver ambos valores al controlador/fuente de alimentación. El controlador/fuente de alimentación puede entonces calcular la resistencia real en el cable para que sea $R_{le} = (V_{controlador/fuente de alimentación} - V_D)/I_D$. $V_{controlador/fuente de alimentación}$ es la tensión de salida del controlador/fuente de alimentación. En caso de que la unidad de control de riego localizado conozca $V_{controlador/fuente de alimentación}$, la unidad de control de riego localizado puede calcular la resistencia R_{le} y devolver el valor al controlador/fuente de alimentación. De esta manera, el propio decodificador puede, bajo una operación normal, poder monitorizar continuamente la R_{le} sin involucrar al controlador/fuente de alimentación. El controlador/fuente de alimentación puede ser contactado por una interrupción en caso de que haya un problema. La prueba se programa de la misma manera que cuando el solenoide se activa durante la operación.

La máxima corriente se compensa por el ciclo de trabajo utilizado. Entonces, se debe tener en cuenta que el solenoide se moverá durante un corto período de tiempo a la posición abierta y, por lo tanto, durante un breve período de tiempo abrirá la válvula. Los diagramas de circuitos para medir la corriente de la bobina I_s y la tensión del decodificador I_D se pueden encontrar en el documento US 7.421.317. En caso de que el decodificador no accione el solenoide con un ciclo de trabajo del 100 % durante la corriente de arranque, I_s debe compensarse (ver, por ejemplo, el documento US 7.146.255) de manera que el uso de I_s sea igual al factor N de ciclo de trabajo x medido. Por ejemplo, suponiendo que N sea el 70 % y que I_s sea 600 mA, la I_s que se usa para el cálculo con $0,7 \times 600 = 420$ mA.

Se usa un programa de prueba para calcular la resistencia del cable o, alternativamente, la resistencia del cable se calcula durante la operación normal. Para las unidades de control de riego localizado que incluyen solenoides, R_{li} puede monitorizarse durante la operación o durante un programa de prueba específico. La ventaja de medir R_{li} durante la operación es que no debe tenerse en cuenta si la válvula está activada o no.

La resistencia del cable se calcula durante la ventana de arbitraje. A continuación, se describe otro procedimiento para determinar R_{le} para todos los tipos de unidades de control de riego localizado:

Una unidad de control de riego localizado puede comunicarse con el controlador/fuente de alimentación cortocircuitando el cable de 2 hilos en un corto período de tiempo dentro de la ventana de arbitraje. Este cortocircuito se registra en el controlador/fuente de alimentación como una caída de tensión en la salida del controlador/fuente de alimentación, ya que el controlador/fuente de alimentación al mismo tiempo ha reducido la corriente en el cable a I_W . Al medir el controlador/fuente de alimentación en el controlador/fuente de alimentación en este período de tiempo, la resistencia puede ser calculada simplemente por $R_{li} = V_{controlador/fuente de alimentación}/I_W$. Esto se puede realizar para todas las unidades de control de riego localizado para determinar todas las R_{li} o se puede realizar como una verdadera secuencia de prueba.

En caso de que una unidad de control de riego localizado en un sistema con un C_k alto se ubique en una ubicación distante en relación con el controlador/fuente de alimentación, como la distancia del cable y, por lo tanto, R_{li} sea grande, el período de tiempo T_{AW} para la ventana de arbitraje puede ser irrazonablemente grande. Como ejemplo, en un sistema que tiene 20 km de cable de más de $2\frac{1}{2}$ m² e incluye una unidad de control de riego localizado LE1 que excepcionalmente se ubica a 6 km del controlador/fuente de alimentación, el C_k estará por encima de 3 uF y R_{le} entre el controlador/fuente de alimentación y LE1 será de unos 90 ohmios. Esto resulta en un período de tiempo mínimo de la ventana de arbitraje T_{AW} de $2 \times C_k \times R_{le} = 540$ us. En caso de que este período de tiempo de la ventana de arbitraje se use para toda la comunicación, dará como resultado una utilización reducida de la anchura de banda de alimentación y periodos de tiempo de comunicación más largos, es decir, un ancho de banda de comunicación más bajo.

En su lugar, el controlador/fuente de alimentación puede usar un T_{AW} de, por ejemplo, 150 us para todas las unidades de control de riego localizado excepto LE1, es decir, que corresponde a una distancia máxima entre el controlador/fuente de alimentación y todas las unidades de control de riego localizado excepto LE1 de aproximadamente 1,6 km. Cuando se establece la comunicación con LE1, el T_{AW} se puede extender a 540 us. Por lo tanto, habrá una anchura de banda de alimentación ligeramente menor durante la comunicación con LE1, sin embargo, dado que esta comunicación es de corta duración en relación con el depósito de energía obligatorio en el condensador de la unidad de control de riego localizado, el balance de energía se restablece rápidamente después del final de la comunicación. La comunicación entre el controlador/fuente de alimentación y las otras unidades de control de riego localizado, es decir, todas las unidades de control de riego localizado, excepto solo una, se utiliza el T_{AW} corto de 150 us y, por lo tanto, la anchura de banda de alimentación se utiliza de manera óptima.

Por lo tanto, se puede establecer un período de tiempo requerido T_{AW} para la ventana de arbitraje para cada una de las unidades de control de riego localizado. De esta manera, se puede establecer un T_{AW} individual para cada una de las unidades de control de riego localizado y, por lo tanto, se puede optimizar el uso de la anchura de banda de alimentación. El período de tiempo T_{AW} de la ventana de arbitraje puede establecerse midiendo la capacidad C_k y la resistencia R_{li} como se describió anteriormente. Cuando una unidad de control de riego localizada cortocircuita el cable de 2 hilos para señalar al controlador/fuente de alimentación, mantendrá abierta la ventana de arbitraje hasta que se alcance un nivel de tensión estable de la sección de salida del controlador/fuente de alimentación y de esta manera, el período de tiempo mínimo T_{AW} de la ventana de arbitraje se puede medir y almacenar para la unidad de control de riego localizado individual. Esta medición se puede realizar cuando la comunicación se establece por primera vez con la unidad de control de riego localizado individual bajo el protocolo de comunicación 1. Al utilizar el protocolo de comunicación 1, los períodos de tiempo son fijos, es decir, T_{AW} suele ser superior a 2 ms y, por lo tanto, el tiempo de arbitraje T_{AW} se establece para todas las longitudes posibles entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado.

La ventana de arbitraje es el período de tiempo en el cual el controlador/fuente de alimentación reduce la corriente suministrada para detectar una posible respuesta de las unidades de control de riego localizado.

Normalmente, la sección de salida del controlador/fuente de alimentación está limitada a una corriente máxima de, por ejemplo, 600 mA o 1,1 A. Estos valores dependen de las capacidades de transporte actuales del cable de 2 hilos. Una corriente demasiado grande resultará en grandes pérdidas de tensión. La corriente máxima suministrada por el controlador/fuente de alimentación, en lo sucesivo citada como la corriente máxima, depende de la corriente máxima permitida para los cables, en lo sucesivo citada como la corriente máxima del cable. Sin embargo, en caso de que el valor C_k sea alto, el período de tiempo de recarga T_{ALT} para C_k puede ser muy grande. En el caso de que C_k sea 2 uF y la corriente máxima se establezca en 600 mA, una alternancia de, por ejemplo, -0,5 V a + 0,5 V dará un período de tiempo total de recarga de $T_{ALT} = (2 \text{ uF} \times 2 \times 35) / 0,6 \text{ A} = 233$ us. Dado que el período de tiempo de recarga T_{ALT} se producirá en cada alternancia, es decir, alternancias de tensión mínima a tensión máxima o viceversa, habrá una reducción de la anchura de banda de alimentación. Al aumentar temporalmente la corriente máxima en el controlador/fuente de alimentación y el cable de 2 hilos a, por ejemplo, 3 A durante la alternancia real y luego reducir la corriente máxima a los valores mencionados anteriormente, el período de alternancia T_{ALT} se puede reducir a 46 us. El aumento de la corriente para recargar C_k se toma en el controlador/fuente de alimentación de los condensadores en la sección de salida del controlador/fuente de alimentación. Por lo tanto, la fuente de alimentación del controlador/fuente de alimentación no debe aumentarse en orden para el controlador/fuente de alimentación

para poder entregar las corrientes superiores. Por lo tanto, una alternancia más rápida se logra aumentando temporalmente la corriente durante la alternancia.

La corriente máxima del cable está en el rango de 0,5 A a 5 A, tal como 0,75 A a 1,5 A, y la corriente máxima está en el rango de 2-4 A, tal como 3 A. El valor anterior constituye valores típicos para la corriente máxima y la corriente máxima del cable.

Toda la transmisión de datos desde las unidades de control de riego localizado (unidades de control de riego) al controlador/fuente de alimentación está siendo controlada por el controlador/fuente de alimentación en forma de una secuencia de sondeo. Las unidades de control de riego localizado tienen la posibilidad de enviar una

interrupción al controlador/fuente de alimentación e identificarse durante la ventana de arbitraje utilizando una secuencia de arbitraje. La transmisión de datos desde las unidades de control de riego localizado al controlador/fuente de alimentación siempre está controlada por el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado pueden no comunicarse con el controlador/fuente de alimentación fuera de las ventanas de arbitraje designadas. Este tipo de comunicación se conoce como una secuencia de sondeo. Una secuencia de sondeo puede tener la siguiente estructura: "bit de parada"; "tipo = sondeo"; "dirección de la unidad de control de riego localizado"; "recuperar datos en unidades de control de riego localizado"; "comprobar"; "bit de parada". Los datos recuperados de las unidades de control de riego localizado suelen ser muy pequeños, tal como 16 bits o 32 bits. Por lo tanto, la sobrecarga, es decir, los bits de parada, el tipo y la dirección de la unidad de control de riego localizado, que se envían para cada secuencia de comunicación es muy grande en comparación con la cantidad muy pequeña de datos que se transmite. Especialmente en el caso de que una gran cantidad de unidades de control de riego localizado deseen enviar datos durante un período de tiempo pequeño, la anchura de banda de comunicación puede no ser suficiente. Para reducir la sobrecarga, varias unidades de control de riego localizado pueden agruparse en una dirección separada. De esta manera, los datos se pueden recuperar de todo el grupo de unidades de control de riego localizado al mismo tiempo sin requerir la sobrecarga para cada unidad de control de riego localizado individual. Esta función se conoce como sondeo de grupo. Cada unidad de control de riego localizado está designada por una dirección de sondeo de grupo y un número de secuencia. Todas las unidades de control de riego localizado dentro del mismo grupo tienen la misma dirección de sondeo de grupo, sin embargo, cada unidad de control de riego localizado se designa como un número de secuencia individual. Como ejemplo, se pueden comunicar 10 unidades de control de riego localizado LE1 a LE10 que tienen la misma dirección de encuesta grupal enviando la siguiente secuencia: "bit de parada"; "tipo = sondeo de grupo"; "dirección de sondeo de grupo"; "recuperación de datos"; "comprobar"; "bit de parada". La recuperación de datos es un período de tiempo en el que los datos se envían desde las unidades de control de riego localizado al controlador/fuente de alimentación. La recuperación de datos tiene la estructura de datos LE1; datos LE2; ... datos LE10. Cada unidad de control de riego localizado del grupo de unidades de control de riego localizado 1-10 se comunica automáticamente con el controlador/fuente de alimentación en el período de tiempo correspondiente al campo de datos correspondiente a cada número de secuencia. De esta manera, solo se utiliza una sobrecarga para recuperar información de las 10 unidades de control de riego localizado en el presente caso. La sobrecarga puede ser incluso menor usando la función de sondeo de grupo, ya que la dirección de sondeo de grupo puede incluir menos bits debido al hecho de que la cantidad de direcciones de sondeo de grupo será menor que la cantidad de direcciones de unidades de control de riego localizado. Esto es así porque cada unidad de control de riego localizado debe tener una dirección única, pero puede pertenecer a una dirección de encuesta de grupo que incluya una pluralidad de unidades de control de riego localizado. Normalmente, la dirección de la unidad de control de riego localizado es de 16 bits, mientras que la dirección de sondeo de grupo comprende entre 4 y 8 bits. Las unidades de control de riego localizado que regularmente entregarán el mismo tipo de datos de medición al controlador/fuente de alimentación se pueden agrupar, de modo que se puedan leer al mismo tiempo, es decir, utilizando solo una secuencia de datos generales. De esta manera, la recopilación de datos será más rápida y se reducirá el requisito de la anchura de banda de la información.

Los parámetros de riego específicos de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado incluyen la dirección del grupo designado específico de

unidades de control de riego localizado seguidas de parámetros de riego específicos de cada una de las unidades de control de riego localizado del grupo designado específico de unidades de control de riego localizado. De esta manera, incluso utilizando la dirección de sondeo de grupo, se puede acceder a una unidad de control de riego individual. En algunos casos, la sobrecarga puede reducirse enviando una encuesta de grupo que incluya varias direcciones individuales en comparación con el envío de un paquete separado a cada una de las unidades de control de riego.

La corrosión constituye un problema crítico en relación con los cables enterrados. En caso de que el cobre en el cable pueda intercambiar electrones e iones con el terreno circundante, puede producirse corrosión. Hay dos escenarios posibles. O bien, la corriente fluye desde el cable al terreno o la corriente fluye desde el terreno al cable. En caso de que la corriente fluya desde el cable al terreno, es decir, la tensión del cable es positiva en relación con el terreno, se puede producir una corrosión muy agresiva en el cable, lo que puede ocasionar que el cable falle dentro de unos días o incluso en casos extremos dentro de unas pocas horas. El registro almacena un valor de equilibrio de registro que representa la diferencia entre el tiempo acumulado de tensión máxima de la primera señal de tensión de CC alterna y el tiempo acumulado de tensión mínima de la primera señal de tensión de CC alterna o alternativamente la tensión promedio de la primera señal de tensión de CC alterna para evitar la forma agresiva de corrosión.

Para evitar esta forma agresiva de corrosión, se provoca que la tensión promedio de cada uno de los dos hilos del cable de 2 hilos sea inferior a 0 V, preferiblemente superior a -2,5 V en relación con el terreno circundante. Por lo tanto, en promedio, una corriente que puede estar fluyendo debido a un pequeño vacío o fallo en el aislamiento entre el cable de 2 hilos y el terreno fluirá desde el terreno al cable y no al revés. Un flujo de corriente desde el terreno al cable también resultará en corrosión, sin embargo, este tipo de corrosión es mucho menos grave que la corrosión causada por una corriente del cable al terreno.

Para que la tensión promedio de cada uno de los dos hilos del cable de 2 hilos sea inferior a 0 V y preferiblemente inferior o igual a -2,5 V, la tensión de cada uno de los cables del cable de 2 hilos debe asumir su tensión mínima y su tensión máxima aproximadamente en la misma cantidad de tiempo acumulado. Por lo tanto, se entiende que durante cada alternancia, un cable del cable de 2 hilos se cambia de la tensión máxima a la tensión mínima y el otro cable se cambia de la tensión mínima a la tensión máxima y el valor promedio de la tensión mínima y la tensión máxima es inferior a 0, tal como -2,5 V. En un sistema en el que se envían muy pocos o ningún bit de datos, las alternancias se decidirán esencialmente por la frecuencia básica del sistema y, por lo tanto, el valor de tensión promedio será el valor promedio de la tensión máxima y la tensión mínima para ambos hilos del cable de 2 hilos. Sin embargo, en un sistema en el que se envía una gran cantidad de datos, la tensión promedio de cada uno de los hilos del cable de 2 hilos puede ser diferente de la tensión promedio del valor de tensión máxima y del valor de tensión mínima. Esto es así porque cada bit, es decir, "0 bit", "1 bit" y "bit de parada" tienen una longitud diferente. Por lo tanto, las frecuencias de alternancia no son fijas y existe el riesgo de que se acumule una tensión promedio positiva en uno de los hilos, mientras que el otro hilo está acumulando una tensión negativa correspondiente. Aunque la tensión promedio de ambos cables está por debajo de 0, la tensión promedio de cada uno de los hilos no está controlado y, por lo tanto, uno de los cables puede tener una tensión promedio por encima de 0. Para poder controlar la tensión promedio de cada uno de los hilos del cable de 2 hilos, el controlador/fuente de alimentación puede en cada alternancia registrar el período de tiempo T_{AP} , que ha transcurrido desde la última alternancia y la tensión, es decir, máxima o mínima para cada uno de los dos hilos. Para cada uno de los hilos del cable de 2 cables, el período de tiempo acumulado en el que el cable individual ha estado en la tensión positiva R_{ACC1} y la tensión negativa R_{ACC2} se registra en un registro del controlador/fuente de alimentación. Como ejemplo, los siguientes cálculos se pueden hacer durante una serie de alternancias:

1. Conductor 1 +; Conductor 2 -; $T_{AP} = 1$ ms; $R_{ACC1} = R_{ACC1} + 1$ ms; $R_{ACC2} = R_{ACC2} - 1$ ms.
2. Conductor 1 -; Conductor 2 +; $T_{AP} = 0,7$ ms; $R_{ACC1} = R_{ACC1} - 0,7$ ms; $R_{ACC2} = R_{ACC2} + 0,7$ ms.
3. Conductor 1 +; Conductor 2 -; $T_{AP} = 0,7$ ms; $R_{ACC1} = R_{ACC1} + 0,7$ ms; $R_{ACC2} = R_{ACC2} - 0,7$ ms.

En caso de que los tiempos de alternancia estén equilibrados, R_{ACC1} y R_{ACC2} tendrán un valor similar por encima de 0. Sin embargo, en caso de que exista algún desequilibrio entre R_{ACC1} y R_{ACC2} , se sabrá en el registro por cuánto tiempo ha estado presente el desequilibrio. En la práctica, un resultado de una tensión positiva de uno o los hilos durante unos segundos no causará ninguna corrosión dañina, sin embargo, períodos de tiempo más largos resultarán en una corrosión dañina en el hilo que tenga una tensión positiva.

La primera y segunda anchuras de pulso se eligen de tal manera que el valor del equilibrio de registro sea igual o se aproxime a cero. En caso de que haya una baja utilización de la anchura de banda de comunicación, es decir, se ha enviado una pequeña cantidad de datos a través del cable de 2 hilos, el controlador/fuente de alimentación utilizará la frecuencia de alternancia básica. Por lo tanto, el controlador/fuente de alimentación puede compensar un pequeño desequilibrio entre los hilos del cable de 2 cables, ya que la frecuencia de alternancia básica se modifica ligeramente, de modo que uno de los hilos tiene una tensión positiva durante un período de tiempo ligeramente más largo que el otro de los hilos. En el caso de que R_{ACC1} sea positivo, el T_{AP} se hace un poco más corto cuando el primer conductor está en una tensión positiva y un poco más largo que el conductor que está en la tensión negativa. Aproximarse a cero en el presente contexto significa estar lo más cerca posible a cero teniendo en cuenta las restricciones del sistema.

El controlador y la unidad de alimentación calculan un valor de equilibrio de instrucción que representa la diferencia entre el tiempo acumulado de tensión máxima de la primera señal de tensión de CC alterna y el tiempo acumulado de tensión mínima de la primera señal de tensión de CC alterna de acuerdo con los programas de las instrucciones. El desequilibrio resultante de cada uno de los programas de instrucciones se puede predecir de manera tal que los programas de instrucciones se envíen en un orden adecuado para minimizar la cantidad de corrosión.

El controlador y la unidad de alimentación transmiten los programas de instrucciones a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos y la tensión de la primera y la segunda señales de tensión de CC alterna antes del inicio de la transmisión se eligen de tal manera que el valor del equilibrio de registro después de la transmisión sea igual a cero o se aproxime a cero. En caso de una mayor utilización de la anchura de banda de comunicación, es decir, se envían uno o más paquetes de datos por el cable de 2 hilos, el paquete puede examinarse porque el período de tiempo acumulado de tensión máxima y tensión mínima en los cables respectivos se predice tal que los niveles de tensión al inicio de la transmisión están en una posición que permite que la suma de R_{ACC1} y R_{ACC2} sea igual a 0 o al menos se aproxime a 0. Normalmente, solo hay dos opciones posibles para iniciar la transmisión, a saber, cuando un cable específico del cable de dos hilos está en la corriente máxima o la corriente mínima. Por lo tanto, acercarse a cero en el presente contexto significa comenzar con la corriente máxima o mínima apropiada, de modo que el valor del balance de registro sea más bajo que usar la única otra posición inicial.

Los programas de instrucciones se transmiten al sistema de dos hilos al volver a escalar la primera anchura de pulso o la segunda anchura de pulso de a la quinta anchura de pulso en el rango de 100 us a 49 ms que indica un "1" binario, o al escalar la primera anchura de pulso o la segunda anchura de pulso a una sexta anchura de pulso en el rango de 50 us a 9 ms que indica un "0" binario, terminándose la transmisión por una señal de parada que tiene una séptima anchura de pulso en el rango de 2 ms a 70 ms, modificándose la anchura del quinto, sexto y

5 séptimo pulso en no más del 10 %, preferiblemente no más del 5 %, de modo que el valor del equilibrio de registro después de la transmisión sea igual a cero o se aproxime a cero. En caso de una utilización máxima de la anchura de banda de comunicación, es decir, los paquetes de datos se envían constantemente, los periodos de tiempo para el "1 bit", "0 bit" y "bit de parada" pueden modificarse ligeramente. Un ligero cambio del 5 % o del 10 % de la longitud del "1 bit", "0 bit" y "bit de parada" no tienen influencia para la decodificación de las señales, sin embargo, RACC1 y RACC2 pueden verse influidos y provocados a ser 0 o acercarse al valor de 0.

10 En un sistema de acuerdo con la técnica anterior, todas las unidades de control de riego localizado tienen una dirección de 16 bits, que se utiliza para la comunicación entre el controlador/fuente de alimentación y la unidad de control de riego localizado. Las unidades de control de riego localizado están típicamente provistas de una dirección preprogramada que se indica en una etiqueta en la unidad individual. A pesar del número relativamente grande de direcciones que pueden definirse utilizando 16 bits, aún es posible que ocasionalmente, durante la instalación, se asigne la misma dirección a dos unidades de control de riego localizado diferentes. En tales casos, una de las unidades de control de riego localizado en conflicto puede ser reprogramada a otra dirección. Alternativamente, la unidad de control de riego localizado en conflicto puede ser excluida. El riesgo de que las unidades de control de riego localizado en conflicto se puede minimizar, pero no excluirse por completo, al usar direcciones que tengan un tamaño de transmisión más largo, tal como una dirección de 32 bits o una dirección de 64 bits. Sin embargo, se considera que 36000 unidades de control de riego localizado son el número máximo de unidades, que pueden estar razonablemente conectadas a un solo controlador/fuente de alimentación y usar una dirección más larga que 16 bits por la única razón para minimizar el riesgo de dos unidades de control de riego localizado que tengan la misma dirección se considerarán un desperdicio de la anchura de banda de comunicación. Todas las unidades de control de riego localizado tienen una dirección primaria, por ejemplo, una dirección de 16 bits y una dirección secundaria es una dirección más larga, tal como una dirección de 32 bits o incluso de 64 bits. La dirección primaria puede reprogramarse en caso de conflicto, mientras que la dirección secundaria es constante. La dirección secundaria es única y está definida permanentemente dentro de la unidad individual. Los 64 bits permiten un gran número de direcciones y, por lo tanto, se puede garantizar que aunque la dirección sea única y permanente, es decir, ninguna otra unidad en el mundo puede tener la misma dirección, las direcciones nunca se agotarán. La dirección secundaria solo se usa en un programa de búsqueda específico, que se usa para identificar todas las unidades de control de riego localizado conectadas al cable. El controlador/fuente de alimentación también puede tener una dirección única, que se utiliza para verificar la sincronización entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado. Por lo tanto, cada unidad de control de riego localizado tiene una dirección primaria reprogramable, que se utiliza para la comunicación normal entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado y una dirección secundaria que se usa durante la instalación y en caso de reprogramación de las unidades de control de riego localizado conflictivas.

35 El controlador/fuente de alimentación utiliza la dirección secundaria cuando identifica todas las unidades de control de riego localizado y cuando recopila datos básicos de las unidades de control de riego localizado. Los datos básicos pueden incluir la dirección primaria, el tipo de la unidad y datos similares. La comunicación puede establecerse bajo el primer protocolo de comunicación (KP1) o el segundo protocolo de comunicación (KP2), sin embargo, dado que KP2 requiere menos capacitancia y resistencia del cable, lo que puede ser desconocido en el momento de la instalación, típicamente se usa KP1. Al usar los parámetros de comunicación típicos en KP1 y usar una dirección secundaria de 32 bits, la identificación tomará aproximadamente 1 segundo por unidad de control de riego localizado. Por lo tanto, una instalación típica de 500 unidades de control de riego localizado se puede instalar en aproximadamente 8 minutos utilizando KP1. De esta manera, se ofrece una descripción general de las unidades de control de riego localizado, incluidos los diversos parámetros, como la resistencia del cable y la capacitancia del cable, que se utiliza para iniciar la comunicación bajo KP2. El proceso de instalación e identificación se inicia cuando el controlador/fuente de alimentación envía su dirección como una transmisión a través de una red de cable de 2 hilos. La dirección del controlador/fuente de alimentación se almacena en las unidades de control de riego localizado.

50 Los programas de instrucciones comprenden una declaración tipo que determina los datos básicos de una unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado, los datos básicos incluyen, por ejemplo, la resistencia y la capacitancia del cable de dos hilos y/o las coordenadas GPS de la unidad específica designada de control de riego localizado. El programa de prueba que se ejecuta durante la instalación del sistema, además de determinar y, en caso de conflicto, reprogramar la dirección primaria de las unidades de control de riego localizado individuales, también tiene la función adicional de determinar la resistencia y la capacitancia del cable de dos hilos como se describe anteriormente. Además, el programa de prueba puede establecer automáticamente la ubicación de las unidades de control de riego localizado individuales al recibir una señal GPS como se describirá a continuación.

60 Los programas de instrucciones comprenden una declaración tipo que determina una dirección del controlador y de la unidad de alimentación. Para verificar qué unidades de control de riego localizado están conectadas a qué controlador y fuente de alimentación, la dirección del controlador conectado y la fuente de alimentación se pueden almacenar en la unidad de control de riego localizado individual. Durante la instalación, el controlador y la fuente de alimentación pueden enviar un programa de instrucciones para determinar a qué controlador y fuente de alimentación está conectada la unidad de control de riego localizado.

5 El controlador y la unidad de alimentación reciben la dirección primaria y/o la dirección secundaria a través del cable de dos hilos. Para evitar por completo el riesgo de que dos unidades de control de riego localizado tengan la misma dirección, las unidades de control de riego localizado pueden proporcionarse sin una dirección primaria y la dirección primaria puede ser asignada por el controlador y la fuente de alimentación durante la instalación, es decir, cuando se ejecuta el programa de prueba.

La unidad de comunicación inalámbrica comprende una unidad de comunicación Bluetooth. La unidad de comunicación inalámbrica puede configurarse para funcionar en rangos más largos, sin embargo, preferiblemente, se usa una unidad de corto alcance, tal como una unidad Bluetooth.

10 La unidad de comunicación inalámbrica comprende una unidad de comunicación RFID. Las unidades Bluetooth son unidades de comunicación por radio de corto alcance similares y requieren energía para funcionar. Por lo tanto, preferiblemente una unidad de identificación por radiofrecuencia (RFID) se usa como una unidad de comunicación inalámbrica.

15 La unidad de comunicación inalámbrica se comunica en el rango de frecuencia de 10 MHz a 20 MHz, tal como 13,45 MHz a 13,65 MHz. RFID está disponible en diferentes rangos de frecuencia, sin embargo, preferiblemente se usa el llamado rango de frecuencia media de alrededor de 13,56 MHz. Este rango de frecuencia es compatible con unidades de campo cercano tales como los teléfonos inteligentes. Sin embargo, otras unidades portátiles son igualmente factibles.

20 La unidad de comunicación inalámbrica transmite una dirección de la unidad de control de riego localizado designada específica de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado al dispositivo de comunicación portátil o viceversa.

25 La dirección comprende un tamaño de transmisión de dirección en el rango de 0 a 128 bits, tal como rangos de 0 a 64 bits o de 0 a 32; los datos transferidos son típicamente la dirección de 16 bits de la unidad de control de riego localizado o la dirección secundaria de 32-64 bits. También puede ser posible reprogramar la unidad de control de riego localizado, como establecer una nueva dirección primaria de 16 bits. La dirección de 16 bits también se puede reprogramar desde el controlador utilizando la dirección secundaria y el cable de 2 hilos como se describe anteriormente. Además, la identidad, es decir, el nombre utilizado en el nivel del usuario o la unidad de control de riego localizado puede enviarse desde el dispositivo de comunicación portátil a la unidad de control de riego localizado. El nombre de la unidad se puede dar directamente en la ubicación. El enlace lógico entre la identificación, la dirección y la ubicación se establece automáticamente utilizando el dispositivo de comunicación portátil. El controlador puede entonces recuperar esta información usando el cable de 2 hilos.

35 El dispositivo de comunicación portátil incluye un receptor de GPS y en el que el dispositivo portátil transmite las coordenadas GPS correspondientes al área específica de las áreas localizadas de terreno a la unidad de control de riego localizado. Durante la instalación de la unidad de control de riego localizado, es posible registrar la posición geográfica de la unidad, es decir, las coordenadas GPS utilizando un receptor GPS en el dispositivo de comunicación portátil. Un receptor GPS está incluido en casi todos los teléfonos inteligentes modernos. Típicamente, la válvula está ubicada en la misma posición que la unidad de control de riego localizado, sin embargo, en caso de que la válvula esté ubicada en una ubicación diferente, o en el caso de que varias válvulas estén conectadas a una única unidad de control de riego localizado, las coordenadas GPS o cada válvula debe estar registrada en la unidad de control de riego localizado. En la presente realización, se pretende que hasta siete conjuntos de coordenadas GPS se almacenen en una unidad de control de riego localizado, es decir, seis coordenadas que representan válvulas y un conjunto de coordenadas que representan la ubicación de la unidad de control de riego localizado. Las coordenadas GPS se transmiten desde el dispositivo de comunicación portátil mediante tecnología inalámbrica como RFID a la unidad de control de riego localizado. De aquí en adelante, todos los datos de ubicación relevantes se almacenan en la unidad de control de riego localizado y se pueden transmitir al controlador mediante un cable de 2 hilos. De esta manera, el dispositivo de comunicación de mano se utiliza como un dispositivo de programación y no para recuperar información. Se contempla además que para algunas realizaciones, que no requieren la transmisión de coordenadas GPS, es suficiente usar un código de barras, tal como códigos de barras 1D o 2D. A la inversa, los datos también pueden transmitirse desde la unidad de control de riego localizado al dispositivo de comunicación portátil.

55 El sistema de control y monitorización de dos hilos comprende además un controlador y una unidad de alimentación que tiene un par de salidas de control y de alimentación que suministran energía y un cable de dos hilos que conecta el controlador y la unidad de alimentación y la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y la conexión del par de salidas de control y de alimentación del controlador y la unidad de alimentación a las entradas de control y alimentación de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y proporciona la alimentación desde el controlador y la unidad de alimentación a cada una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado, las coordenadas GPS se transmiten a través del cable de dos hilos desde cada una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado al controlador y la fuente de alimentación. En el caso de la transmisión de datos entre la unidad de control de riego localizado y la unidad de control, generalmente se usa el cable de 2 hilos. Este es el caso durante la operación normal, sin embargo, durante la instalación y las pruebas, se puede usar un dispositivo portátil dedicado. Además de la comunicación que utiliza el cable de 2 hilos,

cada unidad de control de riego localizado también puede comunicarse mediante la unidad de comunicación inalámbrica en caso de mal funcionamiento del cable de dos hilos.

Las coordenadas GPS se muestran en una pantalla, preferiblemente junto con un software de mapas tal como Google Earth. Cuando todos los datos relacionados con la ubicación y la dirección se han recopilado para todas las unidades de control de riego localizado, el controlador puede visualizar la posición de cada unidad de control de riego localizado utilizando Google Earth o un software de mapas similar. De esta manera, el usuario puede determinar visualmente la ubicación de cada unidad de control de riego y/o válvula localizadas. Para lograr esto, el controlador debe almacenar al menos las coordenadas GPS y la dirección o identificación correspondiente de la unidad de control de riego localizado. Las coordenadas geográficas se mapean en el software de mapas, tal como Google Earth. Luego, el usuario puede establecer directamente una ID adecuada para una unidad de control de riego localizada específica. Además, las unidades pueden agruparse en un modo adecuado.

El solenoide en la válvula se degenera constantemente debido a, por ejemplo, humedad y rayos. Esta degeneración puede eventualmente afectar la función del solenoide y, por lo tanto, de la válvula. Por lo tanto, es un objeto monitorizar constantemente la calidad del solenoide. Esto se puede hacer en la unidad de control de riego localizado utilizando el decodificador, que controla el estado del solenoide conectado midiendo la autoinducción y la resistencia del solenoide. El solenoide, que está gravemente degenerado, no solo puede causar problemas relacionados con su propia función, es decir, dificultades para abrir y cerrar la válvula; también puede afectar a toda la red, por ejemplo, un solenoide parcialmente cortocircuitado puede requerir grandes cantidades de energía y posiblemente provocar una sobrecarga de la red. La degeneración de un solenoide puede ser repentina, tal como después de un rayo, sin embargo, la mayoría de las veces la degeneración es causada por la humedad, que entra lentamente en la válvula. El rendimiento de la válvula será peor con el tiempo. La monitorización de la degeneración de un solenoide que está parcialmente degenerado puede intercambiarse antes de que se produzca cualquier problema grave, tal como un mal funcionamiento completo. La monitorización y la información de la degeneración del solenoide se puede realizar en varios modos. Un modo es monitorizar la degeneración de manera autónoma dentro de la unidad de control de riego localizado y en caso de que la degeneración exceda ciertos niveles o rangos de activación, la unidad de control de riego localizado reacciona transmitiendo un paquete de datos al controlador/fuente de alimentación. Para esto se puede utilizar el sistema de interrupción. Alternativamente, la degeneración del solenoide se informa al controlador/fuente de alimentación mediante una solicitud del controlador/fuente de alimentación. La unidad de control de riego localizado también puede responder a una solicitud de, por ejemplo, abrir la válvula enviando un mensaje no confirmado, como se describe en, por ejemplo, el documento US 7.421.317. El control también puede ser controlado completamente por el controlador/fuente de alimentación, que recopila y evalúa continuamente la medición de las unidades de control de riego localizado relevantes y luego reacciona enviando una advertencia al usuario, por ejemplo. Los dos parámetros eléctricos más importantes del solenoide son su autoinducción y su resistencia, es decir, la resistencia eléctrica del cable de cobre del solenoide. Ambos valores deberían ser esencialmente constantes a lo largo del tiempo cuando se toma la debida atención a la temperatura (la resistencia del cobre variará aproximadamente un 0,43 % por centígrado) y que la autoinducción depende de la corriente que fluye a través del solenoide, la posición del núcleo del solenoide y la frecuencia utilizada para la medición. Cuando la humedad ingresa a la válvula, generalmente habrá un cortocircuito entre dos o más devanados del solenoide, que a su vez provoca una inducción tanto de la resistencia como de la autoinducción. En caso de que las conexiones entre la unidad de control de riego localizado y el solenoide se degeneren, por ejemplo, el agua que se acumula en los conectores, etc., la resistencia normalmente aumentará mientras que la autoinducción se mantiene sin cambios. De esta manera, se puede determinar el tipo de fallo. El modo de medir la resistencia y la autoinducción se puede encontrar en el documento US 2009/0222140.

La monitorización y la información del valor de tensión de la entrada de la unidad de control de riego localizado se puede realizar de varias maneras similares a la monitorización de la resistencia del solenoide y la autoinducción como se describió anteriormente. Puede ser autónomo dentro de la unidad de control de riego localizado que controla constantemente la tensión del condensador de entrada. En caso de que la tensión del condensador de entrada caiga por debajo de un punto específico de tensión o rango de tensión, la unidad de control de riego localizado envía el paquete de datos al controlador/fuente de alimentación, por ejemplo, utilizando el sistema de interrupción como se describe anteriormente, o alternativamente siguiendo una solicitud del controlador/fuente de alimentación. Opcionalmente, la unidad de control de riego localizado puede negarse a abrir una válvula y/o realizar cualquier tarea en caso de que la tensión no esté dentro del rango prescrito y, en cambio, puede emitir el comando: 'No reconocido', como se describe en, por ejemplo, el documento US 7.421.317. El control también puede ser controlado completamente por el controlador/fuente de alimentación, que recopila datos de medición regularmente desde una unidad de control de riego localizado relevante. Por lo general, solo las unidades de control de riego localizado al final de una red de cable deben ser monitorizadas, ya que dichas unidades se verán más afectadas por una red sobrecargada. El controlador/fuente de alimentación puede entonces reaccionar de manera adecuada a la medición de tensión, por ejemplo, emitiendo una advertencia al usuario o cerrando algunas de las válvulas para reducir el consumo de energía.

La red de cable se secciona incluyendo un conmutador en ubicaciones adecuadas en el cable de 2 hilos en la serie entre el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado. En una red, en la que uno de los cables del cable de 2 hilos tenga la misma tensión que el terreno circundante y, por lo tanto, no ayude

activamente a la señalización, será suficiente incluir un conmutador solo en el otro cable activo del cable de 2 hilos. En las redes, en las que ambos cables participan activamente en la señalización, se debe incluir un conmutador en cada uno de los dos hilos del cable de 2 hilos. Según el sistema, el conmutador representa una interrupción de uno o ambos cables del cable de 2 hilos. Los conmutadores deben operar automáticamente, es decir, cuando la corriente excede un punto de activación, el conmutador debe activarse. Algunos de los conmutadores utilizados en la técnica anterior solo pueden operarse manualmente y pueden no ser capaces de manejar las corrientes excesivas generadas durante un rayo. El conmutador en adelante se llamará Disyuntor de Circuito de Línea o LCB. El disyuntor de circuito de línea se puede considerar como una unidad de control de riego localizado, que es capaz de recibir y transmitir datos a través del cable de 2 hilos. El LCB puede colocarse en cualquier lugar de la red, es decir, también en la salida del controlador/fuente de alimentación entre el controlador/fuente de alimentación y una de las unidades de control de riego localizado o entre dos unidades de control de riego localizado.

El LCB es capaz de interrumpir la conexión eléctrica en el cable de 2 hilos en la ubicación del LCB. La ventaja de una configuración de bucle es que una sección fallida del bucle puede estar completamente aislada al abrir dos de los LCB. Para ello, se utiliza el LCB-L. El LCB-L no tiene una diferencia entre entrada y salida, es decir, es bidireccional. El LCB-L es más complejo y más caro de producir que el LCB-C. El LCB-C tiene un lado de entrada, que siempre está orientado hacia el controlador/fuente de alimentación y un lado de salida, que está orientado lejos del controlador/fuente de alimentación y hacia una unidad de control de riego localizado. Sin embargo, cualquier LCB-C también puede ser reemplazado por un LCB-L. Ambos tipos de LCB se activarán después de un encendido en la posición abierta.

El disyuntor de circuito de línea se interrumpe automáticamente en caso de que la corriente en el cable de dos hilos supere el nivel de disparo. Las unidades de control de riego localizado que causan una sobrecarga o un cortocircuito se desacoplarán automáticamente para que el resto del sistema continúe funcionando. El nivel de activación se elige para que se corresponda con la corriente máxima a la cual el cable de dos hilos y las unidades de control de riego localizado pueden operarse de manera segura, es decir, sin riesgo de sobrecalentamiento o daños en las unidades de control de riego localizado.

El disyuntor de línea constituye un LCB-C que tiene una entrada orientada hacia el controlador y la unidad de alimentación y una salida orientada contra al menos una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado. Como se indicó anteriormente, hay dos tipos de LCB, a saber, LCB-L y LCB-C. El tipo más básico es el LCB-C. Para poder utilizar LCB-C, la red debe tener una estructura de árbol, es decir, sin bucles. En caso de que un LCB-C se desconecte, el cable en el lado de salida del LCB-C se desconectará y se apagará. En otras instalaciones, en las que se utiliza un bucle, es decir, el cable de dos hilos comienza y termina en el controlador/fuente de alimentación, la apertura de un LCB-C no eliminará ninguna sobrecarga o cortocircuito del cable, ya que el cable está conectado al resto de la red a ambos lados del LCB.

El cable de dos hilos forma un bucle que comienza y termina en el par de salidas de control y alimentación del controlador y la unidad de alimentación. En el caso de que se use una estructura de árbol, una unidad de control de riego localizado que falla al comienzo del cable de 2 hilos causará que todas las unidades de control de riego localizado ubicadas aguas abajo de la unidad de control de riego localizado que fallan se excluyan cuando el LCB frente a la unidad defectuosa se cierra. Al usar una estructura de bucle, preferiblemente una estructura en la que el cable de dos hilos comienza y termina en el par de salidas de control de alimentación, al menos una unidad de control de riego localizado con fallos puede ser excluida del cable de dos hilos sin interrumpir ninguna de las otras unidades de control de riego conectadas al mismo cable de 2 hilos.

El cable de dos hilos que incluye al menos dos disyuntores de circuito de línea que tienen al menos una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado entre sí, el sistema de control y monitorización de dos hilos es capaz de detectar un fallo de la al menos una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado abriendo y cerrando los disyuntores automáticos de línea. En caso de que se detecte un cortocircuito en el cable de dos hilos, se abrirá todo el disyuntor de circuito de línea afectado. Los cortocircuitos de línea se cierran posteriormente desde el controlador/fuente de alimentación hacia fuera para determinar la ubicación de la unidad de control de riego localizado que falla.

El disyuntor de línea constituye un MOSFET o un relé de enclavamiento. Los MOSFET y/o relés de enclavamiento constituyen realizaciones prometedoras para el disyuntor de circuito de línea debido a que tienen un bajo consumo de energía.

El sistema de control y monitorización de dos hilos es capaz de encontrar la ubicación de un cortocircuito al suministrar desde el controlador y la fuente de alimentación una corriente que tiene una frecuencia de 40-100 HZ y encontrar la ubicación del cortocircuito utilizando un medidor de amperios de pinza. La ubicación exacta de un cortocircuito se puede encontrar utilizando un medidor de pinza y detectando la ubicación del cable de dos hilos en el que la corriente se acerca a cero.

El disyuntor de línea está protegido de la sobretensión por una bujía. Se puede conectar una bujía en paralelo con el disyuntor de circuito para conducir picos de alta tensión que no deben conducirse a través del conmutador de circuito de línea.

5 Cuando una unidad de control de riego localizado (decodificador) controla el solenoide de una válvula, la unidad de control de riego localizado no puede garantizar que la válvula conectada al solenoide funcione correctamente. La unidad de control de riego localizado puede informar al controlador/fuente de alimentación que se envía una corriente a través del solenoide y que el solenoide parece funcionar correctamente; sin embargo, la unidad de control de riego localizado no puede determinar si el agua es expulsada de la válvula o no. Para garantizar el correcto funcionamiento de la válvula, la unidad de control de riego localizado puede incluir un sensor que registra el funcionamiento de la válvula. La detección de una válvula activada se puede hacer de muchas maneras diferentes. Algunas de las formas posibles son:

10 El sensor de actividad comprende un sensor de presión ubicado en una salida de agua de la válvula de riego controlable. Se puede montar un sensor de presión en la salida de la válvula o en conexión con una servoválvula interna en la válvula. Cuando la válvula está abierta, la presión aumenta y cuando la válvula está cerrada, la presión disminuye. El sensor de presión puede ser de tipo analógico o de tipo externo.

15 El sensor de actividad comprende un sensor de humedad ubicado en una salida de agua de la válvula de riego controlable, el sensor de humedad se ve afectado por el agua de la salida de agua pero está protegido de los flujos naturales de agua, tal como la lluvia. Se puede montar un sensor de humedad adyacente a la abertura de la válvula, de manera que cuando la válvula esté abierta, parte del agua que sale de la válvula afectará al sensor de humedad y cuando la válvula esté cerrada, el sensor de humedad estará seco. Por lo tanto, el sensor de humedad debe protegerse de los flujos naturales de agua, tal como la lluvia. Esto se puede hacer, por ejemplo, encapsulando parcialmente el sensor de humedad.

20 El sensor de actividad comprende un detector de cuña o un acelerómetro. En caso de que la válvula tenga una boquilla que se esté moviendo, tal como las válvulas tipo impacto, se puede usar un detector de cuña o un acelerómetro para detectar cada movimiento de la boquilla o un contacto eléctrico para detectar el movimiento de la boquilla.

25 El sensor de actividad comprende un micrófono. Se puede usar un micrófono para registrar el ruido del agua que fluye a través de la válvula.

30 Los objetos anteriores, las ventajas anteriores y las características anteriores junto con otros numerosos objetivos, ventajas y características que serán evidentes a partir de la descripción detallada a continuación de una realización preferida de la presente invención, de acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención obtenido por un procedimiento para controlar y monitorizar, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno y que comprende las siguientes etapas de:

suministrar agua a las áreas localizadas de terreno a través de una tubería de agua,

35 controlar la descarga o el suministro de agua de la tubería de agua, proporcionando riego o no riego de un área específica de las áreas localizadas de terreno a través de una primera pluralidad de válvulas de riego controlables, cada una ubicada en el área específica de las áreas localizadas de terreno y teniendo la primera pluralidad de válvulas de riego controlables un par de entradas de control de válvula,

medir parámetros de riego específicos a través de una segunda pluralidad de sensores de campo ubicados en las áreas específicas de las áreas localizadas de terreno y la segunda pluralidad de sensores de campo que tienen un par de salidas de sensores,

40 transmitir señales de control a la primera pluralidad de válvulas de riego controlables y la segunda pluralidad de sensores de campo a través de una tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado que comprenden un decodificador de sensor y un decodificador de línea, proporcionando señales de control de la válvula a la primera pluralidad de válvulas de riego controlables y/o registrar los parámetros de riego específicos de la segunda pluralidad de sensores de campo, teniendo cada una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado un par de salidas de control de válvula conectadas al par de entradas de control de válvula de una válvula de riego controlable específica de la primera pluralidad de válvulas de riego controlables y/o un par de entradas de sensores conectadas al par de salidas de sensores de un sensor de campo específico de la segunda pluralidad de sensores de campo y que tienen un par de entradas de control y fuente de alimentación,

50 proporcionar un primer conjunto de programas de instrucciones según un primer protocolo de comunicaciones y un segundo conjunto de programas de instrucciones según un segundo protocolo de comunicaciones, mediante un controlador y unidad de fuente de alimentación que tiene un par de salidas de control y de alimentación que suministran energía aplicando una primera señal de tensión de CC alterna que define un máximo de tensión que tiene una primera anchura de pulso y definiendo un mínimo de tensión que tiene una segunda anchura de pulso a uno de los pares de salidas de control y de alimentación, aplicando simultáneamente una segunda señal de tensión de CC alterna de forma similar pero de polaridad invertida en comparación con la primera señal de tensión de CC alterna a la otra del par de salidas de control y de alimentación y aplicando una corriente de CC alterna que define un máximo de corriente que tiene una tercera anchura de pulso y que define un mínimo de corriente que tiene una cuarta anchura de pulso al par de salidas de control y de alimentación,

- proporcionar un cable de dos hilos que interconecta el controlador y la unidad de alimentación y la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través de un cable de dos hilos conectando el par de salidas de control y de alimentación del controlador y la unidad de alimentación a las entradas de control y de alimentación de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado y que proporcionan alimentación desde la unidad de control y de alimentación a cada una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado, y
- 5 transmitiendo una declaración tipo desde el controlador y la unidad de alimentación transmitiendo a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos usando el primer protocolo de comunicaciones, proporcionando la declaración tipo comunicación bajo el segundo protocolo de comunicaciones,
- 10 transmitir el segundo conjunto de programas de instrucciones desde el controlador y la fuente de alimentación a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos utilizando el segundo protocolo de comunicaciones, y
- transmitir el primer conjunto de programas de instrucciones desde el controlador y la fuente de alimentación a la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado a través del cable de dos hilos utilizando el primer protocolo de comunicaciones.
- 15 Para habilitar la funcionalidad de conexión fácil, se utiliza el procedimiento mencionado anteriormente para identificar y sincronizar el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado. El controlador/fuente de alimentación difunde la dirección del controlador/fuente de alimentación. En caso de que una de la tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado no reconozca la dirección del controlador/fuente de alimentación, la unidad es una unidad nueva o una unidad reemplazada y, por lo tanto, debe estar sincronizada.
- 20 Por lo tanto, debe responder durante la ventana de arbitraje enviando un comando NACK. En caso de que la unidad de control de riego localizado conozca la dirección del controlador/fuente de alimentación, la unidad de control de riego localizado no responde. En caso de que la unidad de control de riego localizado responda, el proceso de sincronización puede iniciarse, es decir, la dirección del controlador y la fuente de alimentación pueden almacenarse en el registro de la unidad de control de riego localizado y pueden intercambiarse más datos entre la
- 25 unidad de control de riego localizado y el controlador y la fuente de alimentación, tal como la dirección de la unidad de control de riego localizado que se puede almacenar en el controlador y la fuente de alimentación. Por lo tanto, solo las unidades de control de riego localizado no sincronizadas participan en el proceso de sincronización, que por lo tanto es capaz de encontrar inmediatamente unidades de control de riego localizado nuevas o reemplazadas. Debe notarse que, en caso de que se reemplace el controlador/fuente de alimentación, por ejemplo, debido a una
- 30 reparación, el nuevo controlador/fuente de alimentación utilizará una dirección diferente, que debe ser única y, por lo tanto, la nueva sincronización de la red completa se iniciará automáticamente.
- El procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención describe el funcionamiento de un sistema de control y monitorización de dos hilos que incluye cualquiera de las características discutidas anteriormente y proporciona un procedimiento para lograr reducciones significativas en el consumo de energía en relación con el estado actual de la técnica.
- 35
- Breve descripción de los dibujos
- La figura 1 muestra una vista general esquemática del sistema de control y monitorización de dos hilos.
- 40 La figura 2 muestra en perspectiva una unidad de control de riego localizado que interconecta un cable de dos hilos y una válvula de riego controlable en comunicación con una tubería de agua, y la unidad de control de riego localizado además está conectada a un sensor de campo.
- La figura 3 muestra señales de tensión de CC alternas en función del tiempo proporcionado por un controlador y una fuente de alimentación en el cable de dos hilos a al menos una de las unidades de control de riego localizado.
- 45 La figura 4 muestra la señal de corriente CC alterna en función del tiempo aplicado por el controlador y la fuente de alimentación al cable de dos hilos y recibida por al menos una de las unidades de control de riego localizado.
- La figura 5 muestra una señal de tensión de control en función del tiempo proporcionada por un decodificador de línea en una de las unidades de control de riego localizado a una de las válvulas de riego controlables.
- La figura 6 muestra una transmisión de los programas de instrucciones proporcionados por el controlador y la unidad de alimentación a las unidades de control de riego localizado.
- 50 La figura 7 muestra un ejemplo del contenido de una transmisión desde el controlador y la unidad de alimentación a las unidades de control de riego localizado.
- La figura 8 muestra una señal de línea de tensión de CC alterna transmitida por un conductor del cable de dos hilos y la correspondiente señal de corriente de CC alterna entre los conductores del cable de dos hilos.

La figura 9 muestra una señal de tensión diferencial entre los conductores del cable de dos hilos y las dos señales de línea de tensión de CC alternas correspondientes.

La figura 10 muestra una transmisión de una declaración tipo seguida de una secuencia de "1" binarios que incluye una ventana de respuesta.

5 La figura 11 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida de un decodificador de sensor.

La figura 12 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida de un decodificador de línea que tiene una salida de control de válvula.

La figura 13 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida de un decodificador de línea que tiene al menos una salida de control de válvula.

10 Las figuras 14a y 14b muestran un diagrama de circuito de un microprocesador y una sección de almacenamiento incluidos en un controlador y una unidad de alimentación.

Las figuras 15a y 15b muestran un diagrama de circuito de una etapa de salida de alimentación incluida en un controlador y una unidad de alimentación.

Las figuras 16a y 16b muestran un diagrama de circuito de un emisor de marcas.

15 La figura 17 muestra una secuencia de comunicación que utiliza tanto el primer protocolo de comunicación (KP1) como el segundo protocolo de comunicación (KP2).

La figura 18 muestra un sistema de control y monitorización de dos hilos.

La figura 19 muestra una secuencia de gráficos que muestran la alternancia de las tensiones en el cable de dos hilos.

20 La figura 20 muestra un sistema de control y monitorización de dos hilos que incluye disyuntores de circuito de línea.

La figura 21 muestra un diagrama de circuito equivalente para un circuito de protección contra rayos.

La figura 22 muestra una gráfica de la tensión en el controlador/fuente de alimentación cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos.

25 La figura 23 muestra un diagrama de circuito equivalente de la medición de la resistencia de la línea durante la prueba.

La figura 24 muestra un diagrama de circuito equivalente de la medición de la resistencia de la línea durante la operación.

30 La figura 25 muestra un diagrama de circuito equivalente para el cable de dos hilos cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos.

La figura 26 muestra una gráfica de la tensión en el controlador/fuente de alimentación cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos.

La figura 27 muestra una vista lateral de un sistema de control y monitorización de dos hilos.

Descripción detallada de los dibujos:

35 El sistema de control y monitorización de dos hilos designado por el número 10 en su totalidad y mostrado en la figura 1, proporciona riego de áreas localizadas, por ejemplo, un campo de golf que tiene ciertas áreas que necesitan una cantidad particular de riego y otras una cantidad menor de riego, parques que tienen secciones de árboles, césped o macizos de flores, todos con cantidades particulares de riego, líneas de producción en invernaderos con una serie de etapas de producción para plantas, flores o vegetales, todas con una cantidad particular de riego o campos de cultivo con una variedad de productos que necesitan una variedad de cantidades de riego.

40 El sistema de control y monitorización de dos hilos 10 tiene una conexión de entrada 12 que suministra agua desde una estación de bombeo de agua doméstica general o un tanque de agua a una bomba 14. La bomba 14 es accionada mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica o magnéticamente o accionada por combinaciones de las mismas y proporciona una presión de agua en una tubería de agua 16 que permite que la tubería de agua 16 suministre agua a una pluralidad de unidades de control de riego localizado 18 colocadas en una serie de áreas localizadas de terreno 20.

La tubería de agua 16 puede construirse a partir de tuberías metálicas producidas en materiales tales como hierro, acero, cobre, aluminio, plata u oro o cualquiera de sus aleaciones y/o tuberías plásticas producidas en materiales tales como PVC, PP o PE o cualquier combinación de las mismas.

5 Las unidades de control de riego localizado 18 están ubicadas en la serie de áreas localizadas de terreno 20 y proporcionan riego a áreas específicas de cada una de las áreas localizadas de terreno 20 a través de una pluralidad de tuberías locales 22 posiblemente montadas con dispositivos de rociado 24. Las unidades de control de riego localizado 18 utilizan conexiones 40 y la bomba 14 utiliza conexiones 26 para comunicarse a través de un cable de dos hilos 28 que interconecta un controlador y una unidad de alimentación 30 con la pluralidad de unidades de control de riego localizado 18 y la bomba 14. El controlador y la unidad de alimentación 30 transmiten energía y programas de instrucciones a la pluralidad de unidades de control de riego localizado 18.

15 El controlador y la unidad de alimentación 30 comprenden un teclado 32 para que un usuario comunique los programas de las instrucciones, es decir, el control del tiempo de riego y la posición del riego para ser almacenado y ejecutado por un ordenador 34. El controlador y la unidad de alimentación 30 comprenden además un monitor 36 para mostrar la operación del sistema de control y monitorización de dos hilos 10 y una impresora 38 para imprimir información desde el ordenador 34. El ordenador 34 puede incluir un módem interno o externo a través del cual se logra la monitorización y el control remotos del ordenador 34 y, por lo tanto, la monitorización y el control remotos del controlador y la unidad de alimentación 30. El ordenador 34 también puede tener acceso a instalaciones de Internet que, de manera similar, ofrecen la posibilidad de monitorizar y controlar de forma remota el ordenador 34 y, por lo tanto, el controlador y la unidad de alimentación 30. Además, una serie de ordenadores, por ejemplo, que operan sistemas de monitorización y control de riego, como el ordenador 34, pueden ser monitorizados y controlados desde una unidad central ubicada en cualquier posición del mundo conectada a Internet o conectándose a la serie de ordenadores mediante el uso de módems.

25 Las unidades de control de riego localizado 18 están situadas en un alojamiento o armario 46, como se muestra en la figura 2, hechas de un material resistente al desgaste, tal como metales como aluminio o acero o plásticos como PVC, PP o PE. El alojamiento 46 protege las unidades de control de riego localizado 18 de cualquier entorno hostil en el que se encuentra el alojamiento.

30 Cada una de las unidades de control de riego localizado 18, como se muestra en la figura 2, puede comprender una válvula de riego controlable 42 que controla la liberación de agua de la tubería de agua 16 y un decodificador de línea 44 que transmite los programas de instrucciones necesarios a la válvula de riego controlable 42.

35 La válvula de riego controlable 42 puede ser operada magnética, eléctrica, hidráulicamente o neumáticamente o una combinación de las mismas, sin embargo, preferiblemente la válvula de riego controlable 42 es operada eléctricamente a través de conectores colocados en una caja de conectores 48 en el alojamiento 46. La caja de conectores 48 comprende un solenoide, que controla la válvula en una posición abierta o cerrada. Las variaciones de corriente aplicadas al solenoide provocan la inducción de campos magnéticos, que posteriormente activan la válvula.

40 El decodificador de línea 44 recibe transmisiones de programas de instrucciones desde el controlador y la unidad de alimentación 30 a través del cable de dos hilos 28. Un par de entradas de control y alimentación 40 conectan el decodificador de línea 44 al cable de dos hilos 28. Un par de salidas de control de válvula 50 conecta la caja de conectores 48 al decodificador de línea 44. El decodificador de línea 44 aplica las señales de control 100 a la caja del conector 48 a través del par de salidas de control de la válvula 50, cuyas señales de control 100, que se describen con más detalle a continuación con referencia a la figura 5, se comunican adicionalmente por la caja del conector 48 a la válvula de riego controlable 42. Alternativamente, el decodificador de línea 44 puede recibir instrucciones de inicio a través de transmisiones de radio producidas por un emisor de marcas de mano móvil que brinda la oportunidad de iniciar el riego en áreas localizadas específicas, independientemente de los programas de instrucciones. Esto permite el control manual de las válvulas de riego controlables 42.

50 La unidad de control de riego localizado 18 comprende además un decodificador de sensor 52, como se muestra en las figuras 1 y 2, que registra un parámetro de riego específico desde un sensor de campo 54 a través de un par de salidas de sensores 56 y proporciona una conversión del parámetro de riego específico medido por el sensor de campo 54 a un número binario y además realiza una transmisión del número binario al controlador y a la unidad de alimentación 30. El decodificador del sensor 52 está conectado al cable de dos hilos 28 a través de un par de entradas de control y alimentación 58. Los parámetros específicos de riego pueden ser la temperatura del terreno o del aire, la humedad del terreno o del aire, la presión del agua en la tubería de agua 16, el flujo de agua en la tubería de agua 16 o el flujo de agua a través de una de las válvulas de riego controlables 42. Además, los parámetros de riego específicos pueden ser movimiento mecánico, tensión mecánica o campos magnéticos que pueden utilizarse para determinar la funcionalidad o la operación de las válvulas de riego controlables 42.

60 El decodificador de línea 44 y el decodificador de sensor 52 reciben alimentación a través del cable de dos hilos 28 desde el controlador y la unidad de alimentación 30. La figura 3 muestra las curvas de tensión en función del tiempo de una primera señal de tensión de CC alterna, designada por LA, y una segunda señal de tensión de CC

alterna, designada por LB, proporcionadas simultáneamente por el controlador y la unidad de alimentación 30 al cable de dos hilos 28 para alimentación del decodificador de línea 44 y del decodificador de sensor 52.

5 La primera señal de tensión de CC alterna LA tiene un pulso positivo con una anchura de pulso 64 en el rango de 1 ms a 10 segundos y un pulso negativo con una anchura de pulso 66 en el rango de 1 ms a 10 segundos. La anchura de pulso 64 es sustancialmente igual a 500 ms, y la anchura de pulso 64 y la anchura de pulso 66 son sustancialmente iguales.

La primera señal de tensión de CC alterna LA tiene una tensión máxima de 146 en el rango de + 10 V a + 30 V y tiene una tensión mínima de 148 en el rango de -15 V a -30 V. La tensión máxima 146 es +15 V y la tensión mínima 148 es igual a -20 V.

10 La primera señal de tensión de CC alterna LA es simétrica alrededor de una línea 142 que indica una tensión de ajuste negativo de la primera señal de tensión de CC alterna LA, la tensión de ajuste de apagado es aproximadamente -2 V.

15 La segunda señal de tensión de CC alterna LB se invierte en comparación con la primera señal de tensión de CC alterna LA y tiene un pulso negativo con una anchura de pulso 68 en el rango de 10 ms a 10 s y un pulso positivo con una anchura de pulso 70 en el rango de 10 ms a 10 s. La anchura de pulso 68 es sustancialmente igual a 500 ms y la anchura de pulso 64, la anchura de pulso 66, la anchura de pulso 68 y la anchura de pulso 70 son sustancialmente iguales.

El término invertido en este contexto significa un cambio de fase entre la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB de aproximadamente 180°.

20 La segunda señal de tensión de CC alterna LA tiene una tensión máxima de 60 en el rango de + 10 V a + 30 V y tiene una tensión mínima de 62 en el rango de -15 V a -25V. La tensión máxima 60 es igual a la tensión máxima 146 de la primera señal de tensión continua alterna LA, y la tensión mínima 62 es igual a la tensión mínima 148 de la primera señal de tensión continua alterna LA.

25 La segunda señal de tensión de CC alterna LA es simétrica alrededor de una línea 144, cuya línea 144 indica una tensión de desconexión negativa de la segunda señal de tensión de CC alterna LB. En la realización actualmente preferida de la invención, la tensión de compensación de la segunda señal de tensión de CC alterna es aproximadamente igual a la tensión de compensación de la primera señal de tensión de CC alterna.

30 Al desactivar la primera y la segunda señales alternas de tensión de CC LA, LB con una tensión negativa en relación con el terreno 140, se logra una corrosión sustancialmente más lenta del cable de dos hilos 28. En el caso de un conjunto negativo, la corriente pasará desde el nivel del terreno 140 hasta el material de cobre del cable de dos hilos 28, lo que resultará en un proceso alcalino, que es menos peligroso para el material de cobre que el proceso de donación de un receptor de electrones en relación con el nivel del terreno 140, logrado en el caso de un conjunto de compensación positivo que obliga a la corriente a desplazarse desde el material de cobre hasta el nivel del terreno 140.

35 La figura 4 muestra una curva de corriente en función del tiempo de una señal de corriente CC alterna 80 proporcionada por el controlador y la unidad de alimentación 30 entre los hilos del cable de dos hilos 28. La señal de corriente continua alterna 80 tiene una corriente máxima de 78 en el rango de 0,5 A a 5 A, y tiene una corriente mínima 76 en el rango de 20 mA a 150 mA. La corriente máxima 78 es 1,1 A y la corriente mínima 76 es 40 mA.

40 La señal de corriente CC alterna 80 además tiene una anchura de pulso 72 que define el período de corriente mínima 76 de la señal 80 de corriente CC alterna, cuya anchura de pulso 72 está en el rango de 25 a 10 ms, y tiene una anchura de pulso 74 que define el período de corriente máxima 78 de la señal de corriente CC alterna 80. La anchura de pulso 72 es más corto que 5 ms y la anchura de pulso 74 es menor que 500 ms. La longitud de la anchura de pulso 74 depende de la operación que realice el controlador y la unidad de alimentación 30. En el caso de una transmisión de arbitraje o transferencia de datos que consiste en una serie de "1" binarios, entonces
45 la anchura de pulso 74 es más corto que 20 ms. Durante la operación normal, la anchura de pulso 74, sin embargo, es más corto que 500 ms.

50 La figura 5 muestra una curva de tensión en función del tiempo de la señal de control 100 proporcionada por el decodificador de línea 44 a la válvula de riego controlable 42. La señal de control 100 consiste en una señal de entrada 102 y una señal de retención 104. La señal de entrada 102 proporciona una tensión máxima 82 para operar la válvula de riego controlable 42 en una posición abierta permitiendo que el agua fluya desde la tubería de agua 16 a la tubería local 22 ubicada en las áreas localizadas 20. La señal de entrada 102 define una anchura de pulso 88 en el rango de 10 ms a 1 s, la anchura de pulso 88 está en el rango de 30 ms a 100 ms. Cuando la válvula de riego controlable 42 está completamente abierta, el decodificador de línea 44 cambia la señal de control 100 de la señal de entrada 102 a la señal de retención 104. La señal de retención 104 tiene una tensión máxima reducida
55 84. El decodificador de línea 44 continúa transmitiendo la señal de retención 104 siempre que lo establezcan los programas de instrucciones. Tan pronto como se desactiva la señal de control 106 que proporciona la tensión del

terreno 86 a la válvula de riego controlable 42, la válvula de riego controlable 42 se cierra y, por lo tanto, se desactiva el flujo de agua desde la tubería de agua 16 a la tubería local 22.

Para reducir el consumo de energía de las válvulas de riego controlables 42, la señal de control 100 se construye a partir de una serie de pulsos de onda cuadrada 114 que constituyen una señal de entrada pulsada 110 y que constituyen una señal de retención pulsada 112. El pulso de onda cuadrada 114 define una tensión máxima 92 que tiene una anchura de pulso 94 y define una tensión mínima 90 que tiene una anchura de pulso 96 en la señal de entrada pulsada 110 y define la tensión máxima 92 que tiene una anchura de pulso 99 y define la tensión mínima 90 que tiene una anchura de pulso 98 en la señal de retención pulsada 112. La anchura de pulso 94 y la anchura de pulso 96 y la anchura de pulso 99 son de 1 ms, pero puede ser cualquier valor en el rango de 10 us a 0,1 s. La anchura de pulso 98 es de 10 ms, pero puede tener cualquier valor en el rango de 6 ms a 30 ms. La tensión promedio de la señal de entrada pulsada 110 es igual a la tensión máxima 82 de la señal de entrada 102 y la tensión promedio de la señal de mantenimiento pulsada 112 es igual a la tensión máxima reducida 84 de la señal de mantenimiento 104. Como se muestra en la figura 5, la suma de las anchuras de pulso 94 y 96 y la suma de las anchuras de pulso 98 y 99 son 1 ms, pero puede ser cualquier valor en el rango de 100 us a 0,1 s. Durante la señal de entrada pulsada 110, la anchura de pulso 94 es sustancialmente mayor que la anchura de pulso 96, constituyendo así una tensión promedio de la señal de entrada pulsada 110 igual a la tensión máxima 82 de la señal de entrada 102. Durante la señal de retención pulsada 112, la anchura de pulso 98 es sustancialmente más pequeño que la anchura de pulso 99, constituyendo así una tensión promedio de la señal de retención pulsada 112 igual a la tensión máxima reducida 84 de la señal de retención 104.

La tensión máxima 92 de la señal de control 100 es 65 V, pero puede tener cualquier valor en el rango de 5 V a 75 V. La tensión mínima 90 de la señal de control 100 es 0 V igual al nivel de terreno 86, pero puede estar en el rango de 0 V a 5 V.

El controlador y la unidad de alimentación 30 transmiten programas de instrucciones simultáneamente a la transmisión de energía a través del cable de dos hilos 28 al decodificador de línea 44. Los programas de instrucciones se transmiten a las unidades de control de riego 18 en un patrón binario secuencial 118 construido a partir de alternancias o variaciones de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB. La figura 6 muestra una curva de tensión en función del tiempo 116 que tiene un patrón normal 126, donde la primera señal de tensión de CC alterna LA tiene la anchura de pulso 64, la tensión máxima 146 y la tensión mínima 148 y el patrón binario 118. El patrón binario secuencial 118 se proporciona mediante alternancias simultáneas de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB. La figura 6 muestra solo la primera señal de tensión de CC alterna por simplicidad.

El patrón binario 118 define un "1" binario que tiene una anchura de pulso 120 en el rango de 100 us a 49 ms y define un "0" binario al tener una anchura de pulso 122 en el rango de 50 us a 9 ms. La anchura de pulso 120 que define el "1" binario es 20 ms y la anchura de pulso 122 que define el "0" binario es aproximadamente 5 ms.

Una transmisión del patrón binario 118 se concluye con una anchura de pulso 124 que define una señal de parada en el rango de 2 ms a 70 ms. La anchura de pulso 124 es de 60 ms.

La transmisión de los programas de instrucciones en forma del patrón binario 118 desde el controlador y la unidad de alimentación 30 a la unidad de control de riego 18 se muestra como un ejemplo en la figura 7 y la transmisión consiste en una declaración tipo 128 que define el tipo de operación necesaria por la unidad de control de riego 18. Las declaraciones de tipo pueden ser "Arbitraje" usado para priorizar funciones, "Datos" usados para transmitir datos a la unidad de control de riego 18, "Control" usado para cambiar los decodificadores de línea 44 en las unidades de control de riego 18 encendidas y apagadas, "Difusión" usado para transmisión de datos a todas las unidades de control de riego 18 en el sistema de control y monitorización de dos hilos 10, "Prueba" utilizada para probar la funcionalidad de una de las unidades de control de riego 18 y "Encuesta" utilizada para extraer parámetros de riego específicos de uno de los decodificadores de sensores 52 en las unidades de control de riego 18.

Dependiendo de la declaración tipo 128 que se transmite, el patrón binario 118 puede consistir además en una dirección 130 que tiene un tamaño de transmisión en el rango de 0 a 128 bits, datos que tienen un tamaño de transmisión en el rango de 0 a 1 Gbits, una primera comprobación que tiene una transmisión tamaño en el rango de 0 a 128 bits, una segunda comprobación que tiene un tamaño de transmisión en el rango de 0 a 128 bits y finalmente la transmisión concluye con la señal de parada definida por la anchura de pulso 124. La declaración tipo consiste en 4 bits, la dirección consiste en 16 bits, los datos consisten de hasta 64 Kbytes (1 byte igual a 1024 bits), la primera comprobación consiste en 4 bits y la segunda comprobación consiste en 4 bits.

La figura 8 muestra una curva de tensión en función del tiempo de la primera señal de tensión de CC alterna LA y, simultáneamente, una curva de corriente en función del tiempo de la señal de corriente CC alterna 80. Durante el pulso positivo que tiene la anchura de pulso 64, el controlador y la unidad de alimentación 30 proporcionan una ventana de interrupción 154 durante la cual la señal de corriente continua alterna aplica la corriente mínima 76 al cable de dos hilos 28 hasta que se detecta una interrupción de las unidades de control de riego 18. La anchura de pulso 72 de la parte de la corriente mínima 76 de la señal de corriente CC alterna 80 determina el período de tiempo activo de la ventana de interrupción 154. El período de tiempo activo de la ventana de interrupción es más

corto que 5 ms. La longitud precisa de la anchura de pulso 72 se determina de acuerdo con la detección por el controlador y la fuente de alimentación 30 de una interrupción de las unidades de control de riego 18. Tan pronto como se detecta una interrupción durante la ventana de interrupción 154, la señal de corriente alterna de CC cambia de estado y proporciona la corriente máxima de 78 al cable de dos hilos.

- 5 La ventana de interrupción 154 sigue una alternancia 150 de la primera señal de tensión de CC alterna LA y un período de tiempo activo de alimentación 152. El período de tiempo activo de alimentación 152 es de 400 ms.

El decodificador sensor 52 comprende un circuito de cortocircuito para un cortocircuito unidireccional del par de entradas de control y alimentación 58. El decodificador del sensor 52 puede solicitar una interrupción del sistema de riego de control y monitorización de dos hilos 10 cortocircuitando unidireccional el par de entradas de control y alimentación 58 durante la ventana de interrupción 154 y, por lo tanto, proporcionan una caída de tensión 158 de una tensión diferencial 156 entre la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB, mostradas en la figura 9. La figura 9 muestra una curva de tensión en función del tiempo de la tensión diferencial 156 durante la transmisión de la solicitud de una interrupción. La tensión máxima de la tensión diferencial 156 está en el rango de 25 V a 60 V o preferiblemente de 35 V y durante la solicitud de una interrupción, la tensión diferencial puede caer a un valor en el rango de 15 V a 30 V. Sin embargo, la tensión diferencial puede caer hasta un máximo de 25 V o una tensión de -10 V en relación con la tensión del terreno.

Además, la figura 9 muestra las curvas de tensión en función del tiempo de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB durante la solicitud de una interrupción. Como muestra la figura 9, durante la solicitud de una interrupción realizada en la ventana de interrupción 154, la diferencia de tensión entre la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB se reduce significativamente, cuya reducción es detectada por el controlador y la unidad de alimentación 30. En respuesta a la solicitud de una interrupción, el controlador y la unidad de alimentación 30 realizan una alternancia 160 de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB y realiza un cambio en el estado de la señal de corriente alterna de CC 80 desde la corriente mínima 76 a la corriente máxima 78. Dado que el cortocircuito es unidireccional, el efecto del cortocircuito se evita siguiendo la alternancia de CC de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB. Al mismo tiempo, la alternancia de CC indica a la pluralidad de unidades de control de riego 18 que el controlador y la unidad de alimentación 30 han recibido una interrupción de una de la pluralidad de unidades de control de riego 18 y, por lo tanto, la pluralidad de unidades de control de riego 18 están preparadas para el inicio de la transmisión del controlador y la unidad de alimentación 30 de la declaración tipo "Arbitraje" 162 en el cable de dos hilos 28.

La figura 10 muestra una curva de la segunda señal de tensión de CC alterna LB que transmite la transmisión 162 que comprende una declaración tipo. Si la declaración tipo transmitida es "Arbitraje", entonces el controlador y la fuente de alimentación 30 continúan con su transmisión aplicando una serie de "1" binarios 168 al cable de dos hilos 28 para obtener una dirección de la unidad de control de riego de interrupción 18 que tiene la dirección más baja. Cada uno de estos "1" binarios incluye una ventana de respuesta 166 durante la cual se aplica la corriente mínima 76 al cable de dos hilos 28. Si al menos una de las unidades de control de riego de interrupción 18 durante la primera ventana de respuesta 166 realiza un cortocircuito unidireccional del par de entradas de control y de alimentación 58, entonces el controlador y la fuente de alimentación 30 interpretan la caída de tensión resultante como un "0" binario que indica que el bit más significativo de la dirección de al menos una de las unidades de control de riego de interrupción 18 es "0". Por otro lado, si ninguna de las unidades de riego de interrupción 18 realiza un cortocircuito del par de entradas de control y de alimentación 58 durante la ventana de respuesta 166, entonces el controlador y la unidad de alimentación 30 interpretan un "1" binario que indica que el bit más significativo de las direcciones de todas las unidades de control de riego de interrupción 18 es "1". Posteriormente, el controlador y la unidad de alimentación 30 inician la transmisión de un segundo "1" binario que incluye una segunda ventana de respuesta 166 al realizar una nueva alternancia de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB y aplica la corriente máxima 78 al cable de dos hilos 28. Este proceso se repite hasta que el controlador y la unidad de alimentación 30 hayan localizado la unidad de control de riego de interrupción 18 que tiene la dirección más baja. En efecto, las unidades de control de riego de interrupción 18 responden "sí" o "no" a la transmisión de la serie de "1" binarios 168 de acuerdo con la dirección propia de las unidades de control de riego de interrupción 18. Cuando el controlador y la unidad de alimentación 30 han identificado, por ejemplo, el decodificador 52 del sensor de interrupción al detectar las respuestas del decodificador 52 en la ventana de respuesta 166, entonces el controlador y la unidad de alimentación 30 continúan una nueva transmisión de "1" binarios, incluyendo las ventanas de respuesta 166 para que el decodificador 52 del sensor de interrupción transmita datos desde el decodificador del sensor 52 al controlador y la unidad de alimentación 30 respondiendo "sí" o "no".

Técnicas de comunicación similares a las descritas anteriormente entre el controlador y la unidad de alimentación 30 y las unidades de control de riego individuales 18 se utilizan durante la solicitud del controlador y de la unidad de alimentación 30 para obtener datos de las unidades de control de riego 18 y durante cualquier declaración tipo en la cual se requiere la obtención de información de las unidades de control de riego 18.

- 60 Las caídas de tensión fuera de una ventana de interrupción 154 designada o la ventana de respuesta 166 o caídas de tensión por debajo de una tensión aceptable mínima durante dicha ventana (154, 166) pueden deberse a un

- equipo erróneo. Por lo tanto, las caídas de tensión pueden mostrar si el sistema de control y monitorización de dos hilos tiene un equipo defectuoso. Alternativamente, el controlador y la unidad de alimentación 30 pueden establecer una ventana de prueba separada en pulsos tanto altos como bajos de la primera señal de tensión de CC alterna LA y la segunda señal de tensión de CC alterna LB. La ventana de prueba puede iniciarse después de un cambio o alternancia de la primera y la segunda señales de tensión de CC alterna LA y LB. La ventana de prueba se inicia 100 ms después de una alternancia preseleccionada específica y tiene una longitud de 10 ms. Al reducir la señal de corriente continua alterna 80 a la corriente mínima 76 durante la ventana de prueba, se evita la señalización errónea de la unidad de control de riego 18.
- La señal de corriente de CC alterna 80 durante la ventana de respuesta 166 se reduce a la corriente mínima 76, cuya corriente mínima 76 dura la anchura de pulso 72. La longitud de la anchura de pulso 72 se determina de acuerdo con la respuesta más temprana de una de las unidades de control de riego de respuesta 18 y se limita a una longitud máxima de 2,5 ms. La ventana de respuesta 166 durante una transmisión de una serie de "1" binarios se inicia después de un período de tiempo no activo de aproximadamente 5 ms. Estos períodos de tiempo son de acuerdo con el primer protocolo de comunicación (KP1).
- En términos generales, la comunicación entre el controlador y la unidad de alimentación 30 y las unidades de control de riego 18 se implementa utilizando un circuito de cortocircuito unidireccional en las unidades de control de riego 18 para transmitir una solicitud de interrupción al controlador y la unidad de alimentación 30 y para transmitir respuestas al controlador y a la fuente de alimentación 30. La reacción del controlador y la unidad de alimentación 30 es una alternancia inmediata y, en consecuencia, un tiempo más corto con una corriente mínima 76 aplicada al cable de dos hilos 28. Incluso si la reacción del controlador y la unidad de alimentación 30 durante el proceso de obtener información de las unidades de control de riego 18 durante las ventanas de respuesta 166 no está restringida en el sentido de que un "0" binario debe ser de 5 ms, sino más bien que un "0" binario se indica completamente mediante una señal de cortocircuito de las unidades de control de riego 18 en cualquier momento dentro de la ventana de respuesta. Sin embargo, cuanto más rápido el controlador y la fuente de alimentación detectan la señal de cortocircuito, mejor se hace la transferencia de energía a las unidades de control de riego 18.
- El sistema de control y monitorización 10 de dos hilos puede configurarse de varias maneras. La realización actualmente preferida de la electrónica del sistema de control y monitorización de dos hilos 10 se muestra en las figuras 11 a 16.
- La figura 11 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida del decodificador de sensor 52. El diagrama del circuito muestra el circuito de cortocircuito 170, una sección de entrada de control y fuente de alimentación 186 que tiene un par de entradas de control y fuente de alimentación designadas por la Línea A y la Línea B, un suministro de tensión constante 172, un microprocesador 174 y una fuente de alimentación de sensor de campo y amplificador de señal de sensor de campo 176.
- El circuito de cortocircuito 170 comprende un amplificador diferencial que controla la polaridad de las líneas Línea A y Línea B y la información de comunicación con respecto a la polaridad de las líneas Línea A y Línea B al microprocesador 174. El circuito de cortocircuito 170 comprende además dos transistores para un cortocircuito unidireccional de las líneas Línea A y Línea B. Los transistores son controlados por el microprocesador 174 y operados para abrirse o cerrarse durante las ventanas de interrupción 154 y las ventanas de respuesta 166.
- La sección de entrada de control y fuente de alimentación 186 proporciona una separación eléctrica entre el cable de dos hilos 28 y el decodificador de sensor 52. Esto se logra empleando circuitos de puente en combinación con un condensador de reserva. Durante las ventanas de interrupción 154 y las ventanas de respuesta 166, la corriente suministrada al cable de dos hilos 28 se reduce significativamente y, por lo tanto, para mantener el funcionamiento del decodificador del sensor durante estos cortos períodos, el condensador de reserva suministra la corriente necesaria para operar el decodificador del sensor 52.
- La figura 12 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida del decodificador de línea 44 que tiene una salida de control de válvula. El diagrama del circuito muestra una sección de entrada de control y fuente de alimentación 186 que tiene un par de entradas de control y fuente de alimentación designadas por LA y LB, un microprocesador 178 y una etapa de alimentación de salida 180 para operar las válvulas de riego controlables 42 en las posiciones abierta y cerrada.
- La figura 13 muestra un diagrama de circuito de la realización actualmente preferida del decodificador de línea 44 que tiene al menos una salida de control de válvula. El diagrama del circuito muestra el microprocesador 178 y una pluralidad 182 de la etapa de salida de alimentación 180 para operar una serie de válvulas de riego controlables 42 en las posiciones abierta y cerrada.
- De manera similar al diagrama de circuito para el decodificador del sensor 52 representado en la figura 11, el decodificador de línea 44 mostrado en la figura 12 y el decodificador de línea mostrado en la figura 13 comprenden secciones de entrada de fuente de alimentación 186 que separan eléctricamente el cable de dos hilos 28 del circuito interno de los decodificadores de línea 44 en las figuras 12 y 13. La sección de entrada de la fuente de alimentación 186 consiste en un circuito puente y un condensador de reserva.

Las figuras 14a y 14b muestran un diagrama de circuito de una sección de controlador de la realización actualmente preferida del controlador y la unidad de alimentación 30.

Las figuras 15a y 15b muestran un diagrama de circuito de una sección de fuente de alimentación de la realización actualmente preferida del controlador y la unidad de alimentación 30.

5 Las figuras 16a y 16b muestran un diagrama de circuito de un emisor de marcas para transmitir información de inicio a las válvulas de riego controlables 42, independientemente de los programas de instrucciones del controlador y la fuente de alimentación 34. El emisor de marcas brinda la oportunidad de controlar manualmente las válvulas de riego controlables 42 para abrir o cerrar y, por lo tanto, brinda al operador la posibilidad de ajustar manualmente el riego durante la inspección de, por ejemplo, un campo de golf.

10 La figura 17 muestra la comunicación entre el controlador/fuente de alimentación, también llamada "interfaz", y una unidad de control de riego localizado, también llamada "unidad de control de riego localizado", utilizando un segundo protocolo de comunicación. Cuando se actualiza el sistema, es decir, para permitir una mayor velocidad de comunicación, las unidades nuevas y antiguas pueden coexistir para que las nuevas funciones se incluyan gradualmente en las configuraciones más antiguas. Todas las comunicaciones entre el controlador/fuente de alimentación y la pluralidad de unidades de control de riego localizado utilizan secuencias de 1 bits y 0 bits organizadas en paquetes. Esta estructura básica será la misma para las unidades más nuevas y más antiguas. Todos los paquetes tienen la siguiente estructura: "Bit de parada"; "tipo"; "dirección"; "datos"; "comprobación"; "bit de parada". Se utiliza un "bit de parada" para abrir y cerrar el paquete. Para que una unidad pueda reaccionar en un paquete, el paquete deberá:

20 Tener la estructura como se muestra arriba.

Tener un "tipo" conocido.

Tener una "dirección" que corresponda a la dirección de la unidad (solo aplicable en caso de que el tipo requiera una dirección, por ejemplo, en caso de que el "tipo" sea "difusión", no se requiere "dirección").

La longitud de los datos debe corresponder al "tipo".

25 El valor de "comprobación" recibido debe corresponder al valor de comprobación calculado para el paquete en cuestión.

En caso de que no se cumplan los criterios anteriores, se debe ignorar el paquete. Un ejemplo de un paquete ignorado es el paquete formado por el modo en el que el controlador/fuente de alimentación que alterna la tensión con una frecuencia de aproximadamente 50 Hz. Este modo se usa para detectar la corriente en el cable usando una pinza de corriente. Las señales de comunicación aparentes son rechazadas por todas las unidades, ya que la alternancia de 50 Hz no puede formar un paquete válido. En un sistema existente, todos los periodos de tiempo de comunicación ("1 bit", "0 bit", "bit de parada", "ventana de arbitraje", "ventana de interrupción", etc.) están bien definidos. Los periodos de tiempo de comunicación forman un conjunto de parámetros de comunicación que se denominan protocolo de comunicación. El protocolo de comunicación básico descrito anteriormente se llamará a continuación KP1. Tanto las unidades más nuevas como las antiguas deben poder comunicarse utilizando KP1, es decir, un nuevo controlador/fuente de alimentación debe poder comunicarse con una unidad de control de riego localizado antigua. Además del primer protocolo de comunicación KP1, un nuevo controlador/fuente de alimentación puede comunicarse utilizando otro conjunto de parámetros de tiempo de comunicación, es decir, un segundo protocolo de comunicación, que a continuación se llamará KP2. Los nuevos periodos de tiempo de comunicación bajo KP2 son típicamente más pequeños para permitir una comunicación más rápida. KP2 puede definirse de manera fija en las nuevas unidades o, alternativamente, los nuevos parámetros de tiempo de comunicación KP2 pueden descargarse desde el controlador/fuente de alimentación. La propia descarga se realizará utilizando los parámetros de comunicación originales bajo KP1.

45 Un requisito en relación con el conjunto alternativo de parámetros KP2 es que la comunicación que utiliza KP2 no debe poder formar paquetes válidos para unidades bajo KP1. Normalmente, los periodos de tiempo en KP1 son mucho más largos que los periodos de KP2, ya que la razón principal para usar KP2 es un aumento en la velocidad de comunicación. Por lo tanto, las alternancias de tensión mucho más rápidas bajo KP2 no podrán formar paquetes válidos bajo KP1. Un procedimiento muy simple para iniciar una secuencia de comunicación utilizando KP2 es mediante el uso de un tipo de KP1 inadmisibles, por ejemplo, un tipo igual a 1111. Una señal de comunicación KP2 se inicia así enviando un "bit de parada" KP1 seguido de un bit de "tipo" KP1 que tiene un "tipo" que no se reconoce en KP1. La secuencia de comunicación es seguida por un "bit de parada" KP2 y un paquete KP2 que puede incluir un "tipo", "dirección" y "comprobación" como se definió anteriormente. El paquete KP2 se termina con un "bit de parada" KP2. Además, los paquetes KP2 pueden enviarse o la comunicación KP2 puede finalizar enviando un bit de parada KP1. Opcionalmente, puede seguir un paquete KP1 y la secuencia de comunicación finaliza enviando un "bit de parada" KP1. Por lo tanto, es un requisito que el "bit de parada" KP1 sea más largo que el "bit de parada" KP2. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que los paquetes KP2 no tienen que seguir la estructura mencionada anteriormente de acuerdo con KP1. Una de las ventajas de descargar los parámetros KP2 desde el controlador/fuente de alimentación es que los parámetros KP2 pueden formarse de tal manera que se optimicen

en relación con la capacidad de la red de cable y la resistencia del cable, de modo que se pueda lograr una velocidad de comunicación óptima. En otras palabras, el KP2 no debe ser fijo, sino que puede adaptarse dinámicamente en caso de que sea necesario, ya que todas las unidades también pueden reaccionar ante un KP1 emitido correctamente. KP2 se puede descargar fácilmente a todas las unidades relevantes utilizando el tipo "difusión" en KP1.

En la figura, se muestra esquemáticamente una secuencia de paquetes de izquierda a derecha. Primero, se envía un bit de parada bajo KP1 para iniciar la comunicación. Luego, se envía un tipo "ilegal" bajo KP1, es decir, un tipo que no tiene un significado bajo KP1, aparte de indicar a las unidades de control de riego localizado que son compatibles con KP2 que el próximo bit estará bajo KP2. Las unidades de control de riego localizado que solo operan bajo KP1 ignorarán el tipo "ilegal" y el resto de la comunicación. Las unidades de control de riego localizado compatibles con KP2 entenderán el tipo "ilegal", por ejemplo, la secuencia 1111, y habilitarán la comunicación bajo KP2, que se inicia y finaliza con un bit de parada bajo KP2. Entre ellos, se envía un paquete de datos bajo KP2. La comunicación bajo KP2 se finaliza enviando un bit de parada bajo KP1, donde después de un paquete bajo KP1 se puede enviar seguido de un bit de parada.

La figura 18 muestra un diagrama de circuito de un sistema básico de riego y monitorización de dos hilos 200. El sistema 200 incluye un controlador/fuente de alimentación 202, que está conectado a una unidad de control de riego localizado 204 por medio de un cable de dos hilos que se ilustra esquemáticamente bajo el número de referencia 206. La unidad de control de riego localizado típicamente constituye una unidad de control de riego localizado. Puede haber más de una unidad de control de riego localizado conectada a cada controlador/fuente de alimentación 202, como se explicará más adelante.

El controlador/fuente de alimentación 202 incluye una fuente de corriente 208 que tiene un diodo Zener 210 en paralelo para proporcionar una tensión constante. El controlador/fuente de alimentación 202 incluye además un conmutador (S1) que de hecho constituye dos conmutadores designados 212a y 212b. Los dos conmutadores 212a y 212b pueden constituir MOSFET y operar sincrónicamente para cambiar la polaridad de cada uno de los dos hilos VA y VB del cable de dos hilos 206. El cable de dos hilos 206 tiene una capacidad de cable 214, que se ilustra con un condensador. La unidad de control de riego localizado 204 tiene un decodificador de línea 216 que decodifica las señales de control de la válvula y proporciona una tensión de CC no alterna para activar el solenoide (no mostrado) de la válvula (no mostrada) a controlar. La entrada del decodificador de línea 216 está constituida por un puente rectificador o un circuito de Graetz que comprende un condensador grande 218 para alimentar la unidad de control de riego localizado durante la comunicación y proporcionar un depósito de energía local. Sigue algunos valores típicos que se utilizan en el presente sistema 200.

Las frecuencias de alternancia máximas deben estar por debajo de cinco kHz, lo que corresponde a un período de tiempo entre las alternaciones por debajo de 100 us. El período de tiempo básico de alternancia, es decir, el período de tiempo entre alternaciones cuando no se está transmitiendo información, está entre 1 ms y 10 segundos. Esto es para asegurar que no se acumule corrosión dañina. La tensión de línea positiva en relación con el terreno debe estar entre + 10V y + 30V. La tensión de línea negativa en relación con el terreno debe ser de -15 V a -30 V. La tensión promedio de las líneas debe tener un sesgo ligeramente negativo para evitar una corrosión dañina. La corriente máxima de línea está entre 0,5 A y 5 A. De esta manera, una gran cantidad de unidades de control de riego localizado 204 pueden ser accionadas mientras aún permiten el uso de tamaños de cable delgado. La comunicación en el cable de 2 hilos se realiza definiendo un período de tiempo en el rango de 100 us a 49 ms para que corresponda al "1 bit", un período de tiempo en el rango de 50 us a 9 ms para que corresponda a un "0 bit" y un período de tiempo en el rango de 2 ms a 70 ms para corresponder a un "bit de parada". Para permitir que el decodificador decodifique con éxito los bits y evitar errores en la decodificación, preferiblemente hay un margen de 5-10 % cuando se decodifica la señal. Inicio de la ventana de interrupción de 5 ms a 550ms. Inicio de la ventana de arbitraje de 200 us a 10 ms.

El controlador/fuente de alimentación 202 está identificando automáticamente todas las unidades de control de riego localizado 204 conectadas al cable de 2 hilos para que el controlador/fuente de alimentación pueda establecer un registro que incluya información sobre el tipo de unidad de control de riego localizado, la dirección de la unidad de control de riego localizado y diversos datos de la unidad de control de riego localizado, tales como coordenadas GPS, etc. La recuperación de dichos datos se denomina en lo sucesivo sincronización. La recuperación de información se puede enviar a una unidad de control centralizada para tener una visión general completa de la instalación. El controlador/fuente de alimentación 202 también puede registrar el estado de las unidades de control de riego localizado individuales 204 y de la red de cable y, opcionalmente, transmite esta información a una unidad de control centralizada. El controlador/fuente de alimentación 202 y las unidades de control de riego localizado 204 siempre deben estar sincronizadas, es decir, en caso de que se agregue o quite una unidad de control de riego localizado 204 o en el caso de que se cambie el controlador/fuente de alimentación 202, el registro debe actualizarse.

En el sistema de la técnica anterior, todas las unidades de control de riego localizado 204 tienen una dirección de 16 bits, que se utiliza para la comunicación entre el controlador/fuente de alimentación 202 y la unidad de control de riego localizado 204. Las unidades de control de riego localizado están típicamente provistas de una dirección preprogramada que se indica en una etiqueta en la unidad individual. A pesar del número relativamente grande de

direcciones que pueden definirse utilizando 16 bits, aún es posible que ocasionalmente, durante la instalación, se use la misma dirección para dos unidades de control de riego localizado diferentes. En tales casos, una de las unidades de control de riego localizado en conflicto puede ser reprogramada a otra dirección. Alternativamente, la unidad de control de riego localizado en conflicto puede ser excluida. El riesgo de que las unidades de control de riego localizado en conflicto se puede minimizar, pero no excluirse por completo, al usar direcciones que tengan un tamaño de transmisión más largo, tal como una dirección de 32 bits o una dirección de 64 bits. Sin embargo, una dirección más larga que 16 bits correspondiente a más de 36000 unidades de control de riego localizado, que se considera el número máximo de unidades, que pueden estar razonablemente conectadas a un solo controlador/fuente de alimentación, se considerará un desperdicio del valor de comunicación. Todas las unidades de control de riego localizado tienen una dirección primaria, por ejemplo, una dirección de 16 bits y una dirección secundaria es una dirección de 32 bits o incluso de 64 bits. La dirección primaria puede reprogramarse en caso de conflicto, mientras que la dirección secundaria es única y está definida permanentemente dentro de la unidad individual. Los 64 bits permiten un gran número de direcciones y, por lo tanto, se puede garantizar que aunque la dirección sea única y permanente, es decir, ninguna otra unidad en el mundo puede tener la misma dirección. Las direcciones nunca se agotarán. La dirección secundaria se usa en un programa de búsqueda específico, que se usa para identificar todas las unidades de control de riego localizado conectadas al cable. El controlador/fuente de alimentación también puede tener una única, que se utiliza para verificar la sincronización entre el controlador/fuente de alimentación 202 y las unidades de control de riego localizado 204. Por lo tanto, cada unidad de control de riego localizado 204 tiene una dirección primaria reprogramable, que se utiliza para la comunicación normal entre el controlador/fuente de alimentación 202 y las unidades de control de riego localizado 204 y una dirección secundaria que se usa durante la instalación y en caso de reprogramación de las unidades de control de riego localizado conflictivas 204.

El controlador/fuente de alimentación 202 utiliza la dirección secundaria cuando identifica todas las unidades de control de riego localizado 204 y cuando recopila datos básicos de las unidades de control de riego localizado 204. Los datos básicos pueden incluir la dirección primaria, el tipo de la unidad y datos similares. La comunicación se puede establecer bajo el protocolo de comunicación 1 (KP1) o el protocolo de comunicación 2 (KP2), sin embargo, dado que KP2 requiere menos capacitancia y resistencia del cable, lo que puede ser desconocido en el momento de la instalación, típicamente se usa KP1. Al usar los parámetros de comunicación típicos en KP1 y usar una dirección secundaria de 32 bits, la identificación tomará aproximadamente 1 segundo por unidad de control de riego localizado. Por lo tanto, una instalación típica de 500 unidades de control de riego localizado se puede instalar en aproximadamente 8 minutos utilizando KP1. De esta manera, se ofrece una descripción general de las unidades de control de riego localizado, incluidos los diversos parámetros, como la resistencia del cable y la capacitancia del cable, que se utiliza para iniciar la comunicación bajo KP2. El proceso de instalación e identificación se inicia cuando el controlador/fuente de alimentación envía su dirección como una transmisión a través de una red de cable de 2 hilos. La dirección del controlador/fuente de alimentación se almacena en las unidades de control de riego localizado. Las direcciones y la información adicional de todas las unidades de control de riego localizado se determinan a continuación como se describe anteriormente.

Durante la operación normal, no es práctico utilizar el procedimiento mencionado anteriormente para identificar y sincronizar el controlador/fuente de alimentación y las unidades de control de riego localizado. Sin embargo, después de cada encendido o en intervalos regulares, el controlador/fuente de alimentación difunde la dirección del controlador/fuente de alimentación. En caso de que una unidad no reconozca la dirección del controlador/fuente de alimentación, la unidad es una unidad nueva o una unidad reemplazada y, por lo tanto, debe estar sincronizada. Por lo tanto, debe responder durante la ventana de arbitraje. En caso de que la unidad de control de riego localizado conozca la dirección del controlador/fuente de alimentación, la unidad de control de riego localizado no responde. En caso de que la unidad de control de riego localizado responda, se puede iniciar el proceso de sincronización como se definió anteriormente. Por lo tanto, solo las unidades de control de riego localizado no sincronizadas participan en el proceso de sincronización, que por lo tanto es capaz de encontrar inmediatamente unidades de control de riego localizado nuevas o reemplazadas. Debe notarse que, en caso de que se reemplace el controlador/fuente de alimentación, por ejemplo, debido a una reparación, el nuevo controlador/fuente de alimentación utilizará una dirección diferente, que debe ser única y, por lo tanto, la nueva sincronización de la red completa se iniciará automáticamente.

La figura 19A muestra una gráfica de una alternancia de la tensión de uno de los cables de los dos hilos desde la tensión positiva VZ a la tensión negativa -VZ y de nuevo a la tensión positiva VZ. Aunque los MOSFET en el controlador/fuente de alimentación se conmutarán muy rápidamente, el cable y la capacitancia de EMC y el cable de 2 hilos no se conmutarán inmediatamente, por lo que habrá un tiempo de subida y un tiempo de caída correspondiente de la tensión antes de que se asuma el nuevo valor.

El tiempo de subida/caída de la tensión puede usarse para calcular la capacitancia del cable Ck. Se puede realizar una medición del tiempo requerido para que la tensión aumente de, por ejemplo, 0 V a 20 V. La capacitancia del cable se puede calcular de acuerdo con $C_k = (I_m * T_m) / 20 \text{ V}$.

La figura 19B muestra la operación del conmutador S1 en la misma escala de tiempo que la gráfica de la figura 19A. Idealmente, como se muestra, el conmutador cambia instantáneamente entre los dos hilos del cable de dos hilos. Es evidente que, dependiendo del tipo de conmutador, la operación de conmutación en sí llevará algún

tiempo. En cualquier caso, la alternancia de los hilos del cable de dos hilos hará que la tensión comience a subir desde el nivel de baja tensión al nivel de alta tensión, o caiga del nivel de alta tensión al nivel de baja tensión, como se describe anteriormente. Como se ve en la figura, el hilo está asumiendo el nuevo nivel de tensión algún tiempo después de que se haya producido la alternancia del conmutador.

- 5 La figura 19C muestra la anchura de banda de alimentación en la misma escala de tiempo que en las figuras 19A y B. Debido al uso de una tensión de CC, la anchura de banda de alimentación está constantemente al 100 %, excepto durante la operación de conmutación. Durante la operación de conmutación, en la que la tensión está entre VZ y -VZ, la anchura de banda de alimentación es cero, ya que la electrónica de alimentación del decodificador de línea no puede hacer un uso efectivo de una tensión que sea más baja que el pico de tensión. La
10 anchura de banda de alimentación total depende, por lo tanto, del número de alternaciones y, por lo tanto, de un valor inferior al 100 %.

La figura 20 muestra un sistema de control y monitorización 200 de dos hilos que incluye los disyuntores de circuito de línea 220, 222, 224, 226, 228, 230. En un sistema de riego de dos hilos 200, como el descrito anteriormente, en el que un controlador 200 se comunica con las unidades descentralizadas de control de riego localizado 232, 234, 236, 238, 240 para que las unidades de control de riego localizado operen como la activación una válvula, las unidades de control de riego localizado están típicamente conectadas al cable de dos hilos, es decir, a una conexión paralela. De esta manera, un cortocircuito de una de las unidades de control de riego localizado afectará a la operación de todas las demás unidades de control de riego localizado. El cortocircuito hará que la unidad de control de riego localizado extraiga una cantidad desproporcionada de corriente del cable de 2 hilos, de modo que las
15 otras unidades de control de riego localizado sufran una escasez de energía. Esto puede afectar tanto a la función de la unidad de control de riego localizado como a la capacidad de comunicarse con la unidad de control de riego localizado.

Se muestra una red muy simple que incluye LCB, constituyendo dos subredes. En la primera subred, se utiliza una estructura de bucle, en la que el controlador/fuente de alimentación 202 está conectado directamente a una sección de cable que incluye el disyuntor 220. La red continúa en serie por la unidad de control de riego localizado 232, el disyuntor de circuito de línea 222, la unidad de control de riego localizado 234, el disyuntor de circuito de línea 224, la unidad de control de riego localizado 236, el disyuntor de circuito de línea 226 y de regreso al controlador/fuente de alimentación 202. La segunda subred, se utiliza una estructura de árbol, en la que el controlador/fuente de alimentación 202 está conectado directamente a una sección de cable que incluye el disyuntor 228. La red continúa en serie mediante la unidad de control de riego localizado 238, el disyuntor de circuito de línea 230 y la unidad de control de riego localizado 240 sin regresar al controlador/fuente de alimentación 202. Los LCB 220, 222, 224 y 226 son todos LCB-L, mientras que los LCB 228, 230 son todos LCB-C.
25

En la presente realización, puede haber una sobrecarga o un cortocircuito de, por ejemplo, la unidad de control de riego localizado 240. El fallo se detecta mediante el controlador/fuente de alimentación, ya que la red de cable tendrá un consumo de energía muy alto. El controlador/fuente de alimentación 202 no puede determinar inmediatamente la ubicación del fallo. Por lo tanto, el controlador/fuente de alimentación 202 interrumpe la corriente a toda la segunda subred durante un período de tiempo de, por ejemplo, 60 segundos, de manera que todos los LCB inician el reinicio de encendido. Cuando se aplique nuevamente la energía a los LCB, su conmutador estará abierto y la segunda subred, es decir, la sección del cable que incluye el disyuntor de circuito 228, la unidad de control de riego localizado 238, el disyuntor de circuito de línea 230 y la unidad de control de riego localizado 240 tendrán ninguna energía. La fuente del controlador/alimentación 202 solicitará el disyuntor de circuito de línea 228 para cerrar el conmutador para aplicar energía a la unidad de control de riego localizado 238. La tensión caerá inmediatamente a 0 V para toda la red, ya que la unidad de control de riego localizado o las unidades de control de riego localizado en la sección 2 del cable deben recargar sus condensadores de entrada. Cabe señalar que cada sección de cable puede incluir una o más unidades de control de riego localizado. La recarga puede demorar de 1 a 30 segundos, dependiendo del número de unidades de control de riego localizado de la sección 2 del cable y del número de condensadores de entrada. Cuando la tensión en la sección del cable 2 se reestablece completamente, el disyuntor de circuito de línea 228 informará al controlador/fuente de alimentación 202 que la operación se ha realizado. En lo sucesivo, el controlador/fuente de alimentación activa el conmutador en el disyuntor de circuito de línea 230 para aplicar energía a la unidad de control de riego localizado 240. Nuevamente, la tensión en el cable de 2 hilos cae a 0 V, sin embargo, el disyuntor de circuito de línea 230 está registrando que se ha producido un fallo, ya que la tensión del cable de 2 hilos no vuelve al valor original. Después de un período de tiempo específico, el disyuntor de circuito de línea 230 se abre de nuevo, donde la tensión del cable de 2 hilos adyacente al controlador/fuente de alimentación vuelve a su valor total. El LCB2 informa al controlador/fuente de alimentación que la sección 3 del cable está defectuosa y que se ha desconectado de la red. El controlador/fuente de alimentación aún puede realizar operaciones en la primera y parte de la segunda subred que no se vean afectadas por el fallo.
35
40
45
50
55

Si, por el contrario, el fallo se produjo en la unidad de control de riego localizado 238, el procedimiento se realiza de acuerdo con el ejemplo anterior. El controlador/fuente de alimentación 202 primero interrumpe la alimentación del cable para permitir que todas las unidades realicen el reinicio de encendido. La primera y segunda subredes se reconectan como se describe anteriormente. En lo sucesivo, la unidad de control de riego localizado 238 está conectada. El disyuntor de circuito de línea 228 señala que la segunda subred no se puede recargar y desconecta
60

la unidad de control de riego localizado 238. Ambas unidades de control de riego localizado 238 y 240 permanecen desconectadas por la segunda subred 228. El orden en el que se activan las señales del LCB puede establecerse manual y/o automáticamente por el controlador.

5 La primera subred constituye un bucle en el que algunos de los LCB-C son intercambiados por los LCB-L. En el ejemplo anterior, el cortocircuito en la unidad de control de riego localizado 238 dio como resultado que la segunda subred completa, incluida la unidad de control de riego localizada operativa 240, estuviera desconectada por el disyuntor de circuito de línea 230. Por lo tanto, aunque la unidad de control de riego localizado 240 funciona, está fuera de alimentación. De acuerdo con la presente realización, se genera un bucle porque se usa una LCD-L adicional en comparación con la estructura de árbol de la segunda subred. Todos los LCB en el bucle, es decir, los números de referencia 220, 222, 224 y 226 ahora son LCB-L. La segunda subred, incluidos los disyuntores de circuito de línea 228, 230, constituye una estructura de árbol y, por lo tanto, utiliza LCB-C. El procedimiento de puesta en marcha puede ser que los disyuntores de circuito de línea 220, 222 estén cerrados mientras que los disyuntores de circuito de línea 224, 226 estén abiertos. El disyuntor de circuito de línea 222 no puede alimentar la unidad de control de riego localizado 234 debido a un cortocircuito y se informa a la fuente de alimentación/controlador de la existencia de un cortocircuito. Por lo tanto, el disyuntor de circuito de línea 222 se abre de nuevo. Posteriormente, la unidad de control de riego localizado 234 y 236 se está conectando cerrando el disyuntor de circuito de línea 226 y 224. El disyuntor de circuito de línea 224 no puede alimentar la unidad de control de riego localizado 234 debido al mismo cortocircuito y nuevamente, se informa a la fuente de alimentación/controlador 202 y se abre el disyuntor de circuito 222. A partir de entonces, las unidades de control de riego localizado 232 y 236 reciben alimentación, por lo tanto, toda la primera subred ahora recibe energía, excepto la unidad de control de riego localizado 234, que está completamente aislada. El controlador/fuente de alimentación puede determinar que hay un cortocircuito en la unidad de control de riego localizado 234 y que está desconectada y que las operaciones normales pueden continuar en todas las secciones de cable restantes. En caso de que se haya producido un cortocircuito en lugar de la unidad de control de riego localizado 234 en la unidad de control de riego localizado 232, el procedimiento sería que el disyuntor de circuito de línea 220 no pudiera alimentar la unidad de control de riego localizado 234 y el controlador/fuente de alimentación 202 habría sido informado. Posteriormente, las unidades de control de riego localizado 234 y 236 habrían sido activadas, donde el disyuntor de circuito de línea 222 no sería capaz de alimentar la unidad de control de riego localizado 232. El disyuntor de circuito de línea 222, por lo tanto, se abriría de nuevo. Nuevamente, la unidad de control de riego localizado 232 que tiene un cortocircuito se aislará mientras que el resto de la red operará normalmente. Todas las unidades de control de riego localizado están conectadas en una conexión paralela en relación con el cable de 2 hilos, mientras que los LCB que están conectados en una conexión en serie en relación con el cable de 2 hilos. Cada cable de 2 hilos puede alojar una pluralidad de LCB. Por lo tanto, la caída de tensión en cada LCB debería ser muy pequeña. La pérdida de potencia cuando el LCB está cerrado debe ser muy baja. El LCB también debe ser capaz de manejar altas corrientes causadas por rayos en el terreno circundante. Incluso cuando se usan circuitos protegidos, que pueden acoplar las altas corrientes de rayos alrededor del conmutador cerrado durante un corto período de tiempo, pueden producirse corrientes de más de 100 A. A continuación, se mostrará una tabla en la que se describen los diferentes tipos de conmutadores que se pueden usar para los LCB.

Tipo de conmutador	Ventajas	Desventajas
Transistor bipolar	Ninguna	Mínimo 2 transistores en serie en cada conductor. Más de 0,3 V de caída de tensión sobre cada transistor. Corriente de conducción relativamente alta. Costoso de implementar debido a la cantidad de elementos que deben realizarse
MosFet	Muy baja corriente de conducción Muy baja Ron Muy robusta en relación con los impulsos de corriente	Mínimo 2 transistores en serie en cada conductor. Costoso de implementar debido a la cantidad de elementos que deben realizarse
Triax	Corriente de conducción muy baja una vez que la corriente fluye a través de la unidad. Robusto en relación a los impulsos de corriente. Barato de implementar	Más de 0,6 V de caída de tensión sobre el conmutador.
Relés, tipo estándar (sin enclavamiento)	Ron muy baja. Muy robusto en relación a los impulsos de corriente. Barato de implementar.	Requiere algo de potencia para conducir
Relés, enclavamiento	Ron muy baja. Muy robusto en relación a los impulsos de corriente. No se requiere ninguna corriente para mantener los contactos cerrados. Barato de implementar.	Ninguna

De la tabla anterior es evidente que el relé de tipo de enclavamiento es la realización más prometedora para el LCB. Alternativamente, se puede usar un MosFet. La presente realización utiliza una implementación de LCB utilizando un relé de retención como un LCB.

5 En caso de que la red de cable esté en cortocircuito, el procedimiento más eficiente para encontrar la ubicación del cortocircuito es seguir la corriente del controlador/fuente de alimentación hacia la red hasta que se encuentre la ubicación del cortocircuito. El cortocircuito se encuentra en la ubicación en la que la corriente es 0 o muy cercana a 0. Esto se hace enviando una corriente de 40 a 100 Hz desde el controlador/fuente de alimentación a la red y siguiendo la corriente en una red mediante el uso de un medidor de amperios de pinza para medir la corriente en los cables del cable de 2 hilos. La corriente puede ser generada por un generador externo o por el controlador/fuente de alimentación. Al utilizar el controlador/fuente de alimentación, se ingresa la frecuencia deseada y se usa la limitación de corriente en la etapa de salida del controlador/fuente de alimentación para proporcionar el valor de corriente apropiado. En caso de que se utilicen LCB, el LCB desconectará automáticamente la sección del cable defectuoso y, por lo tanto, el controlador/fuente de alimentación no se puede usar para encontrar la posición exacta del cortocircuito. Se puede utilizar uno de los siguientes procedimientos. Procedimiento 1: Los LCB están utilizando un relé de enclavamiento como un conmutador. De acuerdo con el procedimiento de operación, el LCB debe abrirse cuando desaparezca la tensión del cable. De esta manera, el LCB siempre está abierto cuando la tensión regresa. Se solicita a todos los LCB que estén cerrados antes de que se registrara su primer cortocircuito que no se abran cuando desaparezca la tensión. Además, se solicita al LCB que vuelva a conectar la unidad de control de riego localizado por defecto y no la vuelva a desconectar cuando desaparezca la tensión. De esta manera, se establece un contacto directo desde el controlador/fuente de alimentación a través de los LCB. Cuando se encuentra el cortocircuito, la operación normal de los LCB volverá a ser tal que la tensión pueda subir nuevamente a un nivel normal. Debe tenerse en cuenta que si el cortocircuito se encuentra en la unidad de control de riego localizado 234, el disyuntor de circuito de línea 226 en el presente ejemplo está abierto, de modo que solo el disyuntor de circuito de línea 224 está conectado a la unidad de control de riego localizado 236, que está en cortocircuito, a través de los disyuntores de circuito de línea 220 y 222. Se entiende que el cortocircuito puede estar ocurriendo en la propia unidad de control de riego localizado o en la parte circundante del cable de dos hilos.

El procedimiento anterior solo se puede utilizar para los LCB que no requieren ninguna potencia activa. Los LCB involucrados pueden estar sin energía durante un período prolongado. En tales casos, el LCB puede configurarse de tal manera que sea capaz de accionar el conmutador durante un corto período de tiempo, tal como 10 segundos sin alimentación activa. En tales casos, se puede usar un ciclo para que el conmutador se mantenga cerrado durante 10 segundos y luego se vuelva a abrir durante, por ejemplo, 3 segundos. En este período, los LCB se recargarán durante otros 10 segundos. El ciclo puede continuar hasta que se haya eliminado el fallo o la fuente de alimentación/controlador detenga el ciclo. En el nivel de usuario, el ciclo puede notarse por un cortocircuito durante 10 segundos y un no cortocircuito durante 3 segundos, y así sucesivamente. Un tercer procedimiento es implementar una limitación de corriente en los LCB. La limitación de corriente puede ser activada por el controlador/fuente de alimentación. Cuando se activa la limitación de corriente, el LCB limitará la corriente que transmite a la sección del cable defectuoso. Por lo tanto, la influencia de la sección de defectos, es decir, el cortocircuito o la sobrecarga, se reducirá y el controlador/fuente de alimentación puede continuar funcionando en condiciones normales. El controlador/fuente de alimentación puede entonces activar los LCB relevantes hasta que llegue a la sección que falla. Sin embargo, se le indicará al LCB adyacente a la sección defectuosa que cierra, a través de la limitación actual. A partir de entonces, el controlador/fuente de alimentación puede comenzar a alternar con una frecuencia de detección de fallos deseada y se puede usar un medidor de amperios de pinza para encontrar el fallo como se describe anteriormente. Un modo simple de implementar la limitación de corriente en los LCB puede ser conectar resistencias en serie con un conmutador. Se puede realizar una limitación de corriente de, por ejemplo, 200 mA con una resistencia total de $35V/0,2 A = 175 \text{ Ohmios}$. Un inconveniente de usar el procedimiento actual es que hay una pérdida de potencia debido a la limitación de corriente. En el presente caso, la pérdida de potencia es de $35 V \times 0,2 A = 7 W$.

50 En la figura 21, se muestra un circuito para proteger los disyuntores de circuito de línea de los rayos. Como se mencionó anteriormente, un rayo en el terreno circundante puede causar corrientes excesivas en el cable de 2 hilos. Dichas corrientes tienen una forma característica de diente de sierra con un tiempo de subida típicamente de 2 us y un valor de corriente máxima de 10 kA. Una vez que se ha alcanzado el valor máximo, la corriente generalmente vuelve a 0 en un período de 50 a 1 ms. Dichas corrientes altas pueden dañar fácilmente el conmutador en el LCB y, por lo tanto, un objeto adicional es proteger el conmutador del LCB de las altas corrientes inducidas por rayos.

El pico de corriente de iluminación tiene un tiempo de subida generalmente de 2 us y un valor pico de IP. La corriente inducida constituirá una corriente de modo común en el cable de 2 hilos y, por lo tanto, será la mitad del valor máximo en cada uno de los hilos del cable de 2 hilos. Una bujía, tal como un tubo de descarga SG, puede colocarse paralela al conmutador. Una bobina L_s con una resistencia de cobre equivalente de R_s se coloca en serie con el conmutador. El conmutador está cerrado, es decir, la peor situación. El aumento del impulso de corriente puede generar una tensión sobre el $LS+RS$ +conmutador de aproximadamente $V_B = IP/2us \times L$. Esta tensión se aplicará sobre la bujía SG. En caso de que la tensión aplicada sea más alta que la tensión de encendido del SG, el SG activará y reducirá la tensión a aproximadamente 20 V. Después de la activación del SG,

sustancialmente toda la corriente del rayo fluirá a través del SG en lugar del conmutador. Una bujía no se activa al instante. Los tiempos de activación típicos para las bujías serán inferiores a 100 ns, asumiendo una tensión de ignición de más de 1000 V en el SG. El retraso aumentará para tensiones más bajas. Esto estipulará un valor mínimo para el L_S en caso de que se alcancen al menos 100 V. $L_{min} = 1000 \text{ V} \times 2 \text{ us/IP}$. Por lo tanto, en caso de que IP sea 5 kA, la inductancia mínima L_S es de 0,4 uH. La corriente que se acumula en L_S antes de la activación de SG es $IP \times \text{Tactivación}/2 \text{ us}$. Suponiendo 5 kA y 100 ns, la corriente será máxima de $5 \text{ kA} \times 100 \text{ ns}/2 \text{ us} = 250 \text{ A}$. Durante el tiempo que sigue a la activación del SG, hay una tensión constante de aproximadamente 20 V sobre el SG y, por lo tanto, como los conmutadores LS y RS están conectados en paralelo con el SG, la misma tensión se aplica al conmutador+LS+RS. La corriente que fluye sobre el conmutador será $20 \text{ V}/RS$. Suponiendo que RS es igual a 50 miliohmios, la corriente a través del conmutador será de 400 A. Este valor suena muy alto, sin embargo, al calcular la integral actual $I_2 \times S = 400 \text{ A} \times 400 \text{ V} \times 1 \text{ ms} = 160 \text{ A}^2\text{S}$. Dichos valores no serán críticos para los conmutadores utilizados en el contexto presente, tal como Triax o relés.

La bujía SG utilizada puede ser de un tipo doble con una pata central común. Esto significa que en comparación con la bujía básica, la tensión inicial deseada de 1 kV se ha incrementado a 2 kV y la tensión restante que se encuentra sobre el conmutador+LS+RS aumenta de 20 V a 40 V. Por lo tanto, el LS se ha cambiado de 4 uH a 8 uH y RS de 50 mOhmios a 100 mOhmios. Sin embargo, al establecer la integral de corriente permitida del conmutador, se puede alcanzar una combinación adecuada de IP máxima y R_S . R_S puede implementarse como una resistencia discreta como parte de un diseño del PCB o simplemente como la resistencia de cobre inherente en L_S . L_S actúa como una bobina en serie con el cable que puede influir en el tiempo que toma alternar el cable. Sin embargo, esta influencia puede reducirse fácilmente haciendo que los enlaces de los dos conductores se enrollen como una bobina de carga común. Por lo tanto, el L_S efectivo y la operación normal se reducirán en al menos un 90 % sin afectar el LS real durante la situación del rayo. La pata central de las dos bujías se puede conectar al terreno por medio de una barra de puesta a tierra externa. De este modo, el LCB forma parte de la protección contra rayos del sistema. Sin embargo, esto no es necesario para proteger las características.

Las direcciones y la información adicional de todas las unidades de control de riego localizado se determinan a continuación como se describe anteriormente.

La figura 22A muestra un diagrama de circuito equivalente que representa la fuente de alimentación 202, la unidad de control de riego localizado 204 y el cable de dos hilos 206. El cable de dos hilos 206 está representado por una serie de resistencias acopladas en serie y una serie de condensadores acoplados en paralelo.

La figura 22B muestra una gráfica de la tensión en el controlador/fuente de alimentación cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos. Cuando el conmutador SW en la unidad de control de riego localizado 204 se está cerrando, la tensión cae a 0 V en el controlador/fuente de alimentación 202. La tensión disminuye lentamente debido a la presencia en el cable 206 de dos hilos de la capacitancia y la resistencia de la línea, que se ha ilustrado mediante resistencias y capacitancias. El controlador/fuente de alimentación 202 interpreta la caída de tensión como una interrupción.

La figura 23 muestra un diagrama de circuito equivalente de la medición de la resistencia de la línea R_{LI} durante la operación. La tensión V_D se puede medir preferiblemente sobre el condensador de entrada C_1 de la unidad de control de riego localizado. La unidad de control de riego localizado 204 también incluye un diodo de entrada D_1 . La monitorización y la información del valor de tensión de la entrada de la unidad de control de riego localizado se puede realizar de varias maneras similares a la monitorización de la resistencia del solenoide y la autoinducción como se describió anteriormente. Puede ser autónomo dentro de la unidad de control de riego localizado que controla constantemente la tensión del condensador de entrada. En caso de que la tensión del condensador de entrada caiga por debajo de un punto específico de tensión o rango de tensión, la unidad de control de riego localizado envía el paquete de datos al controlador/fuente de alimentación, por ejemplo, utilizando el sistema de interrupción como se describe anteriormente, o alternativamente siguiendo una solicitud del controlador/fuente de alimentación. Opcionalmente, la unidad de control de riego localizado puede negarse a abrir una válvula y/o realizar cualquier tarea en caso de que la tensión no esté dentro del rango prescrito y, en cambio, puede emitir el comando: 'No reconocido'. El control también puede ser controlado completamente por el controlador/fuente de alimentación, que recopila datos de medición regularmente desde una unidad de control de riego localizado relevante. Por lo general, solo las unidades de control de riego localizado al final de una red de cable deben ser monitorizadas, ya que dichas unidades se verán más afectadas por una red sobrecargada. El controlador/fuente de alimentación puede entonces reaccionar de manera adecuada a la medición de tensión, por ejemplo, emitiendo una advertencia al usuario o cerrando algunas de las válvulas para reducir el consumo de energía.

Para determinar la resistencia de la línea, el decodificador de línea puede medir la corriente en el solenoide I_D y simultáneamente medir la tensión real de la línea en el decodificador de línea V_d . Estos valores pueden devolverse al controlador/fuente de alimentación. La resistencia de línea R_{LI} se calcula como $R_{LI} = (V_{INTF} - V_D)/I_D$, donde V_{INTF} es la tensión en el controlador/fuente de alimentación 202, V_D es la tensión sobre C_1 , es decir, el condensador de entrada del control de riego localizado de la unidad, I_D es la corriente a través del solenoide R_{SOL} . La resistencia de la línea se mide preferiblemente al final del período de arranque, momento en el cual toda la corriente para el solenoide se alimenta a través de R_{SOL} y la inductancia es despreciable.

La figura 24 muestra un diagrama de circuito equivalente de la medición de la resistencia de la línea durante la prueba. La medición durante la prueba es similar a la medición durante la operación, excepto que el circuito ahora incluye un conmutador S_1 , un segundo diodo D_2 y una inductancia de solenoide L_{SOL} . Cuando comienza la medición, el conmutador S_1 se cierra y la tensión V_D se mide sobre el condensador de entrada C_1 y la corriente I_S se mide en el solenoide.

La figura 25 muestra un diagrama de circuito equivalente para el cable de dos hilos cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos cerrando el conmutador SW. Esto normalmente se hace en la ventana de arbitraje para emitir una interrupción. Al medir la corriente I_W y la tensión V_{INTF} en el controlador/fuente de alimentación 202, la resistencia de línea R_{LI} puede derivarse fácilmente como $R_{LI} = V_{INTF}/I_W$.

La figura 26A muestra una gráfica de la corriente en el controlador/fuente de alimentación cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos. En todos los sistemas que tengan un cable de 2 hilos, habrá una capacidad C_k entre los conductores individuales del cable de 2 hilos. Cuando la unidad de control de riego localizado cortocircuita el cable de 2 hilos, la capacidad completa C_k debe recargarse a una tensión por debajo de un nivel dado, en el cual el controlador/fuente de alimentación puede registrar que debe alternar.

La figura 26B muestra una gráfica de la tensión en el controlador/fuente de alimentación cuando la unidad de control de riego localizado produce una interrupción cortocircuitando el cable de dos hilos. La ventana de arbitraje se inicia con una disminución de la corriente I_W del controlador/fuente de alimentación.

La figura 26C muestra el movimiento del conmutador SW. La unidad de control de riego localizado cortocircuita posteriormente el cable de dos hilos cerrando el conmutador SW. Esto hace que la tensión V_Z en el controlador/fuente de alimentación caiga hacia una tensión más baja V_1 . La tasa de caída de tensión está determinada por la capacitancia de la línea y la resistencia de la línea. El nivel de tensión V_m representa el nivel de tensión que el controlador interpreta como una interrupción. Por lo tanto, la ventana de arbitraje mínimo T_{aw} puede determinarse como el período de tiempo indicado, es decir, desde la reducción de la corriente hasta alcanzar V_m .

La figura 27 muestra una vista lateral de una unidad de control de riego localizado 202 de un sistema de control y monitorización de dos hilos 200. La unidad de control de riego localizado 202 está instalada en el terreno 220 y está conectada a una tubería de agua 222. La unidad de control de riego localizado 202 comprende un decodificador de línea 224 que está conectado al cable de dos hilos 206. Cuando las unidades de control de riego localizado se instalan en el terreno, existe la necesidad de proporcionar un enlace lógico entre la ubicación física de la unidad de control de riego localizado y la identidad de la unidad de control de riego localizado. En el presente caso, la identidad se entiende como el nombre que se utiliza en el controlador para identificar las unidades de control de riego localizado a nivel de usuario. La identidad es única y está acoplada a la dirección única de la unidad de control de riego localizado. En lugar de una identidad separada, la dirección puede usarse como la identidad, por ejemplo, una estructura de código de 16 bits. Sin embargo, por lo general, se desea un nombre más explicativo, por ejemplo, la unidad de control de riego localizado número 8 en el séptimo green puede tener la identidad G7B8. Cuando el controlador está transmitiendo paquetes de datos desde el controlador/fuente de alimentación a las unidades de control de riego localizado, se usa la dirección en lugar de la identidad. En el pasado, se hacía una tabla en un pedazo de papel, en el que se anotaba a mano la identidad, la posición y la dirección de cada unidad de control de riego localizado. Esta información también fue incluida en la base de datos del controlador. Se han derivado varios sistemas, como el suministro de etiquetas adicionales en las unidades de control de riego localizado, que pueden eliminarse y sujetarse a la tabla, de tal manera que la dirección no debe anotarse manualmente para reducir el riesgo de que se cometan errores. Además, las etiquetas de códigos de barras y los códigos de barras se pueden usar para simplificar el registro de la identidad de la dirección y la ubicación de las unidades de control de riego localizado. Por lo tanto, es un objeto adicional simplificar el establecimiento del enlace lógico entre la ubicación física de la unidad de control de riego localizado y la identidad de la unidad de control de riego localizado.

La antena RFID 226 puede realizarse como una bobina impresa en la PCB, sin embargo, también puede ser una antena RFID separada 226. Usando un lector RFID adecuado 234, tal como un teléfono inteligente o un dispositivo de programación dedicado o cualquier otra unidad de comunicación portátil adecuada, los datos pueden transferirse entre la unidad de control de riego localizado y una unidad de comunicación portátil sin necesidad de ninguna fuente de alimentación externa.

La unidad de control de riego localizado 202 puede incluir además una antena GPS 228 para establecer automáticamente la posición exacta de la unidad de control de riego localizado 202. La información sobre la posición se puede enviar al controlador/interfaz a través del cable de dos hilos.

La actividad de la válvula 232 puede ser detectada por un sensor de cuña 230 ubicado adyacente a la válvula 232 de la unidad de control de riego localizado 202. Cuando se activa la válvula, el sensor de cuña 230 detecta el movimiento de la válvula 232 debido al flujo de agua. Alternativamente, se puede usar un sensor de humedad.

ES 2 695 150 T3

Resistencias:

R1	46R4	R14	39R2	R27	470K
R2	46R4	R15	10K	R28	470K
R3	100K	R16	39K	R29	56K
R4	86K6	R17	39K	R30	39K
R5	100K	R18	10K	R31	27K1
R6	100K	R19	39K	R32	39K
R7	100K	R20	39K	R33	56K
R8	10K	R21	86K6	R34	100K
R9	150K	R22	4R7	R35	2K49
R10	768K	R23	10K	R36	825R
R11	22K1	R24	10K	R37	2R2
R12	100K	R25	10K	R38	39K
R13	39K	R26	10K		

Condensadores:

C1	1000u	C6	33p	C11	1n
C2	10n	C7	1n	C12	1n
C3	100n	C8	1n	C13	1n
C4	10u	C9	100n		
C5	33p	C10	100n		

5

Diodos:

D1	DF04S	D6	BYD17D	D11	22V
D2	10V	D7	6V8	D12	22V
D3	BYD17D	D8	LL4148	D13	15V
D4	BYD17D	D9	LL4148		
D5	BYD17D	D10	3V2		

Transistores:

Q1	TIP122	Q4	BC856	Q6	MJD6039
Q2	BC856	Q5	BC846	Q7	MJD6039
Q3	BC846				

Circuitos integrados y Cristal

IC1	ST6220	IC3	LM317LM	IC5	LMC662C
IC2	93C05	IC4	LM358N	X1	6.144MHz

10

El decodificador de línea 44 que se muestra en la figura 12 y como se describió anteriormente se implementó en una versión prototipo a partir de los siguientes componentes.

Fusible:

P1 200mA

15

Resistencias:

R1	470K	R6	68K	R11	1M
R2	100K	R7	56K	R12	470K
R3	100K	R8	470K	R13	1K
R4	680K	R9	1K	R18	1K
R5	100K	R10	33K	R19	3K3

ES 2 695 150 T3

Condensadores:

C1 3n3	C4 10u	C6 1000u
C2 3n3	C5 10u	C7 3n3
C3 3n3		

Diodos:

D1 DF04S	D3 LL4148	D5 BYD17D
D2 BZX84-10V	D4 MLL4690	D6 BYD17D

5

Transistores

Q1 BC856B	Q3 2SB1214	Q4 2SB1817
Q2 BC856B		

Circuitos integrados

IC1 uPD7556	IC2 93C06
-------------	-----------

10

El decodificador de línea 44 que se muestra en la figura 12 y como se describió anteriormente se implementó en una versión prototipo a partir de los siguientes componentes.

Resistencias:

R1 470K	R8 470K	R14 3K3
R2 100K	R9 1K	R15 3K3
R3 100K	R10 33K	R16 3K3
R4 680K	R11 1M	R17 3K3
R5 100K	R12 68K	R18 1K
R6 68K	R13 1K	R19 3K3
R7 56K		

Condensadores:

C1 3n3	C3 2200u	C5 1u
C2 3n3	C4 10u	

15

Diodos:

D1 DF04S	D7 BYD17D	D13 BYD17D
D2 BZX84-10V	D8 BYD17D	D14 BYD17D
D3 LL4148	D9 BYD17D	D15 BYD17D
D4 MLL4690	D10 BYD17D	D16 BYD17D
D5 BYD17D	D11 BYD17D	D17 BYD17D
D6 BYD17D	D12 BYD17D	

Transistores:

Q1 BC856B	Q4 2SB1214	Q7 MJD6039
Q2 BC855B	Q5 2SB1214	Q8 2SB1214
Q3 2SB1214	Q6 2SB1214	Q9 2SB1214

20

Circuitos integrados:

IC1 uPD7556	IC2 93C06
-------------	-----------

El microprocesador y la sección de almacenamiento que se muestran en la figura 14a y 14b y como se describió anteriormente se implementaron en una versión prototipo a partir de los siguientes componentes.

Resistencias:

R105 4K7	R14 1M	R102 PTC4.3
R104 1K	R4 680K	R101 0R

25

ES 2 695 150 T3

Condensadores e Inductores:

C101	100u	C108	22n	C6	33p
C103	100n	C109	22n	C7	33p
C104	100n	C110	22n	L101	10u
C105	100n	C111	22n	L102	10u
C106	100n	C112	10u	L103	10u
C107	100n	C113	22n		

Diodos:

D1	ICTE5	D104	BZW06P6V8B	D105	BZW06P6V8B
----	-------	------	------------	------	------------

5

Circuitos integrados y cristal:

IC101	27256	IC108	74HC573	IC4	PC812
IC102	62256	IC110	75175	IC5	PC813
IC103	6264	IC111	74HC02	IC6	PC910
IC104	6264	IC112	74HC08	X1	11.0592
IC106	74HC138	IC115	4548		
IC107	8031	IC116	74HC366		

La etapa de salida de alimentación que se muestra en las figuras 15a y 15b y como se describió anteriormente se implementó en una versión prototipo de los siguientes componentes.

10

Resistencias:

R1	390R	R17	487K	R34	1K
R2	1K	R18	10K	R35	20K
R3	Not Used	R19	110K	R36	1M
R4	390R	R20	53K6	R37	68R
R5	Not Used	R21	365K	R38	270R
R6	100R	R22	4R7	R39	47R
R7	100R	R23	470R	R40	100K
R8	10K	R24	470R	R51	390K
R9	18K	R25	27R	R52	10K
R10	390K	R26	27R	R53	1K
R11A	2R	R27	1K	P1	S10K25
R11B	2R	R28	47R	P2	S10K25
R11C	2R	R29	10K	P3	S10K25
R11D	2R	R30	100K	P5	S10K25
R12	1K	R31	100K	P6	S10K25
R13	1M	R32	100K	P7	S10K25
R15	10K	R33	100R		
R16	14K				

Condensadores e Inductores:

C1	Not Used	C12	10u	C51	100n
C2	Not Used	C13	10u	C52	1u
C3	Not Used	C14	10u	L1	25u
C4	Not Used	C15	22n	L2	25u
C5	1n	C16	22n	RE1	Relay
C8	1000u	C20	Not Used		
C9	100u	C21	Not Used		
C10	100u	C50	100n		

ES 2 695 150 T3

Diodos:

D1	BYW98	D6	1N4148	D10	1N4002
D2	BYW98	D8	1N4002	D11	1N4002
D4	Z6V8	D9	1N4002	D103	1N4148
D5	Z15V/1W				

Transistores:

T1	BC637	T4	BC637	T8	TIP100
T2	BDW74D	T5	BDW74D		
T3	IRFD02	T6	IRFD02		

5

Circuitos integrados:

IC1	LM7812	IC9	4001	IC13	ADC0834
IC2	CA3240A	IC10	4053	IC14	44111
IC3	LM340LA	IC11	4094	IC15	TCA365A
IC7	LM3395	IC12	4094		

El emisor de marcas que se muestra en las figuras 16a y 16b y como se describió anteriormente se implementó en una versión prototipo de los siguientes componentes.

Resistencias:

R1	12R	R9	100K	R17	10K
R2	10K	R10	100K	R18	56K
R3	5K6	R11	270K	R19	27K
R4	22R	R12	270K	R20	10K
R5	2K2	R13	10K	R21	1K
R6	10K	R14	3K3	R22	100K
R7	680R	R15	10K	R23	10K
R8	330R	R16	2K2		

10

Condensadores e Inductores:

C1	10u	C6	47n	C11	10u
C2	220u	C7	47n	C12	100n
C3	100n	C8	47n	C13	220u
C4	220p	C9	47n	L1	100u
C5	100u	C10	100n		

Diodos:

D1	DFO4M	D3	10V	D5	3V9
D2	P6KE47A	D4	BYW100	D6	1N4148

15

Transistores:

T1	IRF9120	T3	IRF110	T4	IRF110
T2	BC337				

Circuitos integrados y cristal:

IC1	80C31	IC5	74HC541	IC8	LM324
IC2	26G256	IC6A	74HC95	IC9	7555
IC3	74HC573	IC6B	74HC352	IC10	LM317
IC4	X2444	IC7	74HC86	X1	6.144MHz

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar y monitorizar en particular el riego de áreas localizadas de terreno y que comprende las siguientes etapas de:

suministrar agua a dichas áreas localizadas de terreno a través de una tubería de agua (16),

5 controlar la descarga o el suministro de agua de dicha tubería de agua (16), proporcionando riego o no riego de un área específica de dichas áreas localizadas de terreno a través de una primera pluralidad de válvulas de riego controlables, cada una ubicada en dicha área específica de dichas áreas localizadas de terreno y teniendo dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) un par de entradas de control de válvula,

10 medir parámetros de riego específicos a través de una segunda pluralidad de sensores de campo (54) ubicados en dichas áreas específicas de dichas áreas localizadas de terreno y dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54) que tienen un par de salidas de sensores,

15 transmitir señales de control a dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) y dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54) a través de una tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) que comprenden un decodificador de sensor (52) y un decodificador de línea (44, 216, 224), que proporcionan señales de control de la válvula a dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) y/o registran dichos parámetros de riego específicos de dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54), teniendo cada una de dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) un par de salidas de control de válvula conectadas al par de entradas de control de válvula de una válvula de riego controlable específica (42) de dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) y/o un par de entradas de sensor conectadas a dicho par de salidas de sensor de un sensor de campo específico (54) de la segunda pluralidad de sensores de campo (54) y que tienen un par de entradas de control y fuente de alimentación,

25 proporcionar un primer conjunto de programas de instrucciones según un primer protocolo de comunicaciones (KP1) y un segundo conjunto de programas de instrucciones según un segundo protocolo de comunicaciones (KP2), mediante un controlador y unidad de fuente de alimentación que tiene un par de salidas de control y de alimentación que suministran energía aplicando una primera señal de tensión de CC alterna que define un máximo de tensión que tiene una primera anchura de pulso y definiendo un mínimo de tensión que tiene una segunda anchura de pulso a uno de los pares de salidas de control y de alimentación, aplicando simultáneamente una segunda señal de tensión de CC alterna de forma similar pero de polaridad invertida en comparación con dicha primera señal de tensión de CC alterna a la otra de dicho par de salidas de control y de alimentación y aplicando una corriente de CC alterna que define un máximo de corriente que tiene una tercera anchura de pulso y que define un mínimo de corriente que tiene una cuarta anchura de pulso a dicho par de salidas de control y de alimentación,

35 proporcionar un cable de dos hilos (28, 206), interconectando dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) y dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de un cable de dos hilos (28, 206) que conecta dicho par de salidas de control y alimentación de dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) a dichas entradas de control y alimentación de dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) y proporcionar dicha alimentación desde dicha unidad de control y alimentación a cada una de dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240), y

40 transmitir una declaración tipo desde dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) transmitiendo a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho primer protocolo de comunicaciones (KP1), proporcionando dicha declaración tipo comunicación bajo dicho segundo protocolo de comunicaciones,

45 transmitir dicho segundo conjunto de programas de instrucciones desde dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho segundo protocolo de comunicaciones (KP2), y

transmitir dicho primer conjunto de programas de instrucciones desde dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho primer protocolo de comunicaciones (KP1).

50 2. Un sistema de control y monitorización de dos hilos para, en particular, el riego de áreas localizadas de terreno, y que comprende:

una tubería de agua (16) que proporciona agua a dichas áreas localizadas de terreno,

una primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) ubicadas cada una en un área específica de dichas áreas localizadas de terreno, cada una conectada a dicha tubería de agua (16) para proporcionar riego o no riego

del área específica de dichas áreas localizadas de terreno y teniendo cada una un par de entradas de control de válvula,

una segunda pluralidad de sensores de campo (54) ubicados en áreas específicas de dichas áreas localizadas de terreno, que proporcionan parámetros de riego específicos y que tienen un par de salidas de sensores,

5 una tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240), cada una de las cuales incluye un decodificador de sensor (52) que tiene un par de entradas de sensor conectadas a dicho par de salidas de sensor de un sensor de campo específico (54) de dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54) para proporcionar energía a dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54) y registrar dichos parámetros de riego específicos de dicha segunda pluralidad de sensores de campo (54) y/o un decodificador de línea (44, 216, 224) que tienen un par de salidas de control de válvula conectadas a dicho par de entradas de control de válvula de una válvula de riego controlable específica (42) de dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42) para proporcionar señales de control de válvula a dicha primera pluralidad de válvulas de riego controlables (42), teniendo cada uno de dicho decodificador de sensor (52) y dicho decodificador de línea (44, 216, 224) además un par de entradas de control y alimentación,

15 un controlador y una unidad de alimentación (30, 202) que tienen un primer conjunto de programas de instrucciones según un primer protocolo de comunicaciones (KP1) y un segundo conjunto de programas de instrucciones según un segundo protocolo de comunicaciones (KP2), teniendo dicho controlador y la fuente de alimentación un par de salidas de control y de alimentación que suministran energía aplicando una primera señal de tensión de CC alterna que define un máximo de tensión que tiene una primera anchura de pulso y definiendo un mínimo de tensión que tiene una segunda anchura de pulso a uno de dichos pares de salidas de control y de alimentación, aplicando simultáneamente una segunda señal de tensión de CC alterna de forma similar pero de polaridad invertida en comparación con dicha primera señal de tensión de CC alterna a la otra de dicho par de salidas de control y de alimentación y aplicando una corriente de CC alterna que define un máximo de corriente que tiene una tercera anchura de pulso y que define un mínimo de corriente que tiene una cuarta anchura de pulso a dicho par de salidas de control y de alimentación,

30 un cable de dos hilos (28, 206) que interconecta dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) y dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) y que conecta dicho par de salidas de control y alimentación de dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) a dichas entradas de control y alimentación de dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) y proporcionar dicha alimentación desde dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) a cada una de dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240),

35 dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) que transmite una declaración tipo a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho primer protocolo de comunicaciones (KP1), proporcionando dicha declaración tipo comunicación bajo dicho segundo protocolo de comunicaciones,

dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) transmiten dicho segundo conjunto de programas de instrucciones a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho segundo protocolo de comunicaciones (KP2), y

40 dicho controlador y unidad de alimentación (30, 202) transmiten dicho primer conjunto de programas de instrucciones a dicha tercera pluralidad de unidades de control de riego localizado (18, 202, 204, 234, 236, 238, 240) a través de dicho cable de dos hilos (28, 206) utilizando dicho primer protocolo de comunicaciones (KP1).

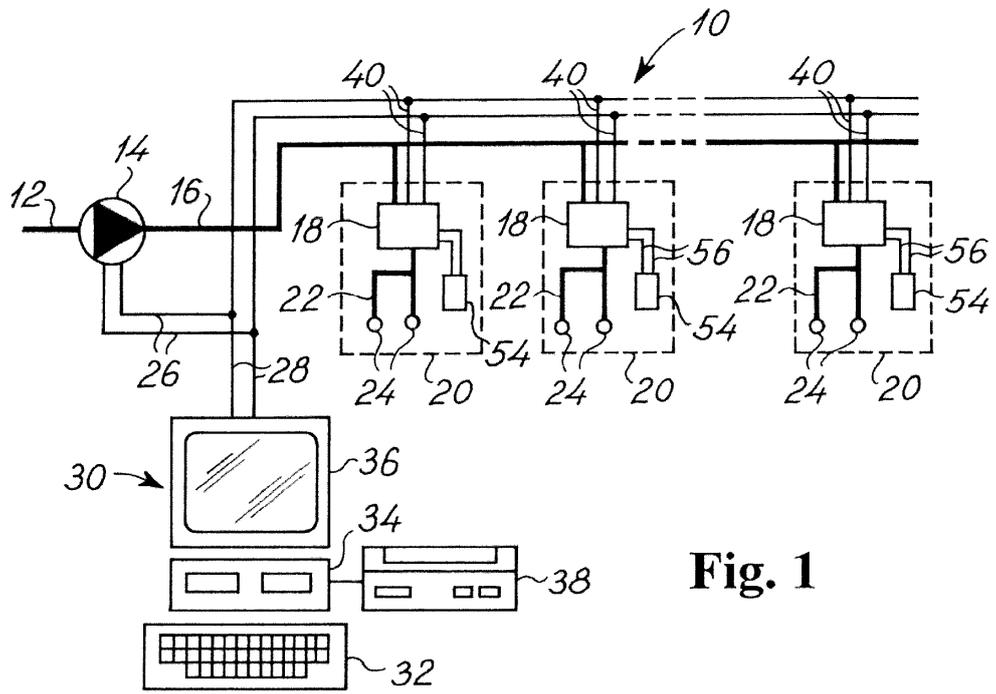


Fig. 1

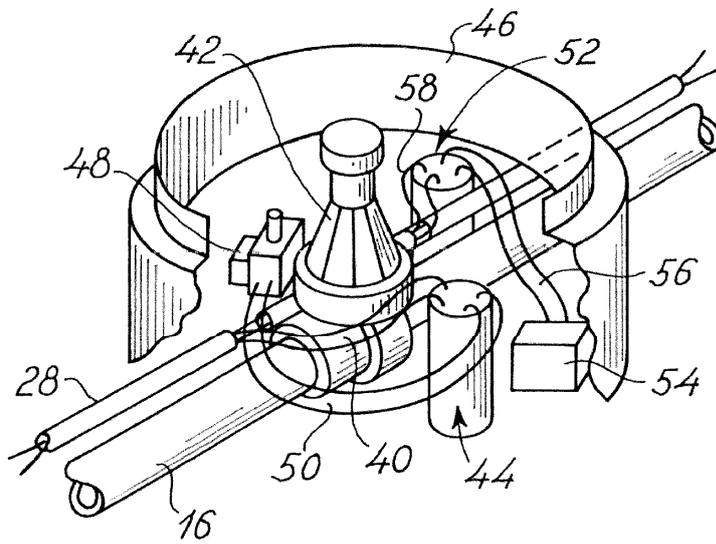


Fig. 2

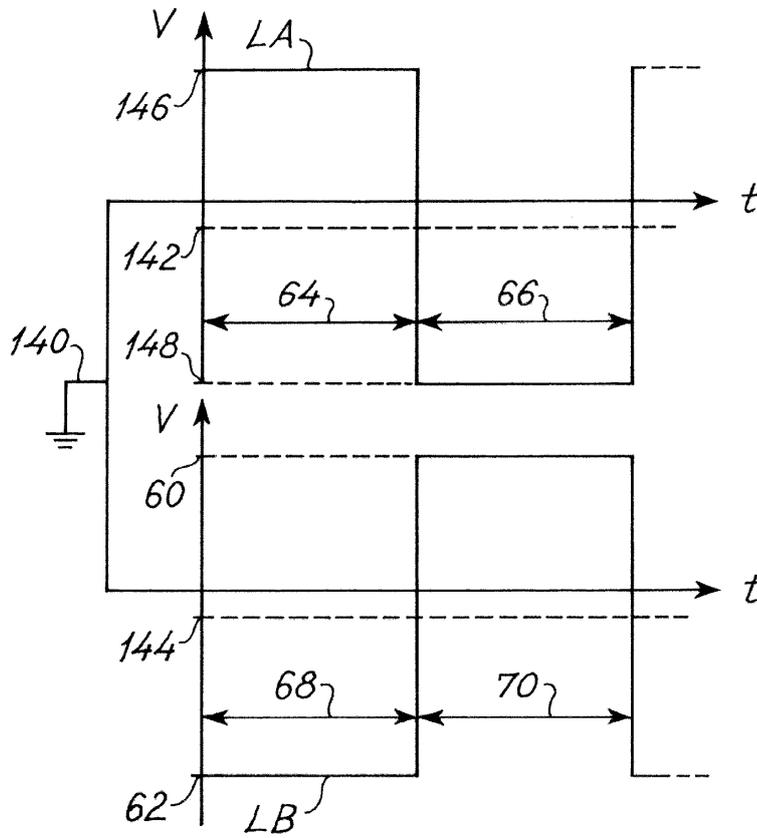


Fig. 3

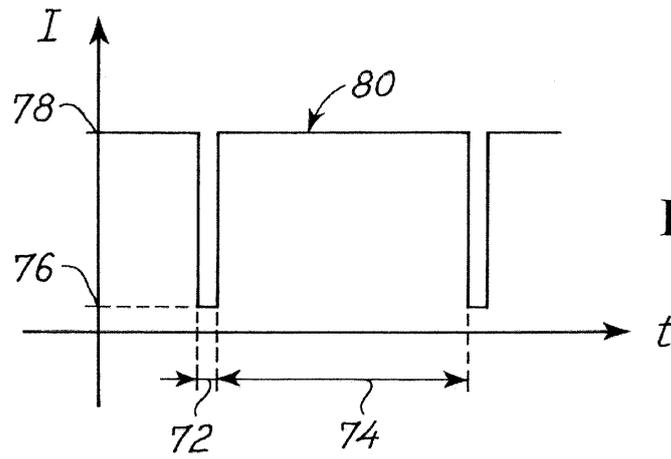


Fig. 4

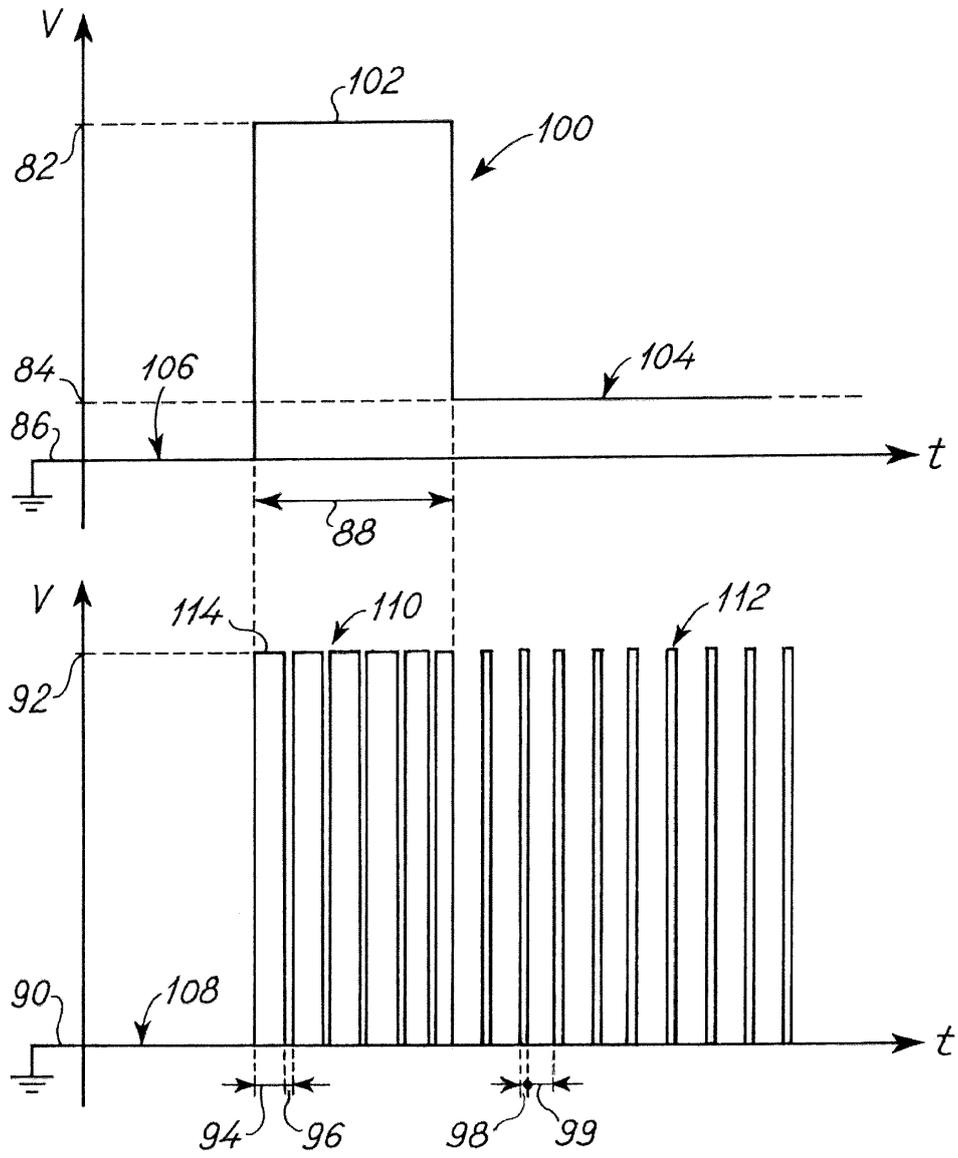


Fig. 5

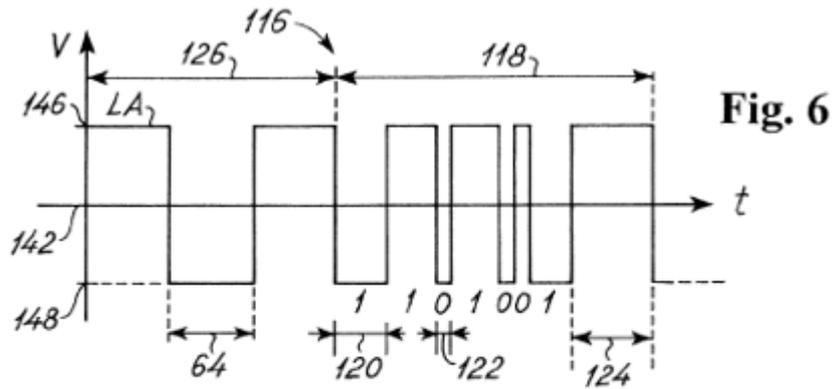


Fig. 6

118

TIPO	DIRECCIÓN	DATOS	CHECK1	CHECK2	PARADA
	A ₀	D ₀			
	⋮	⋮			
	A ₃	D _N			

128 130 132 134 136 138

Fig. 7

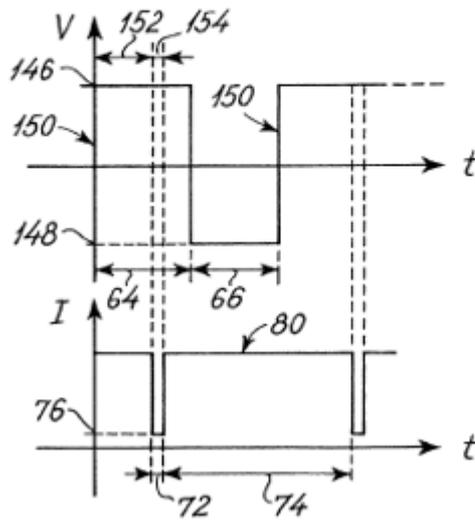


Fig. 8

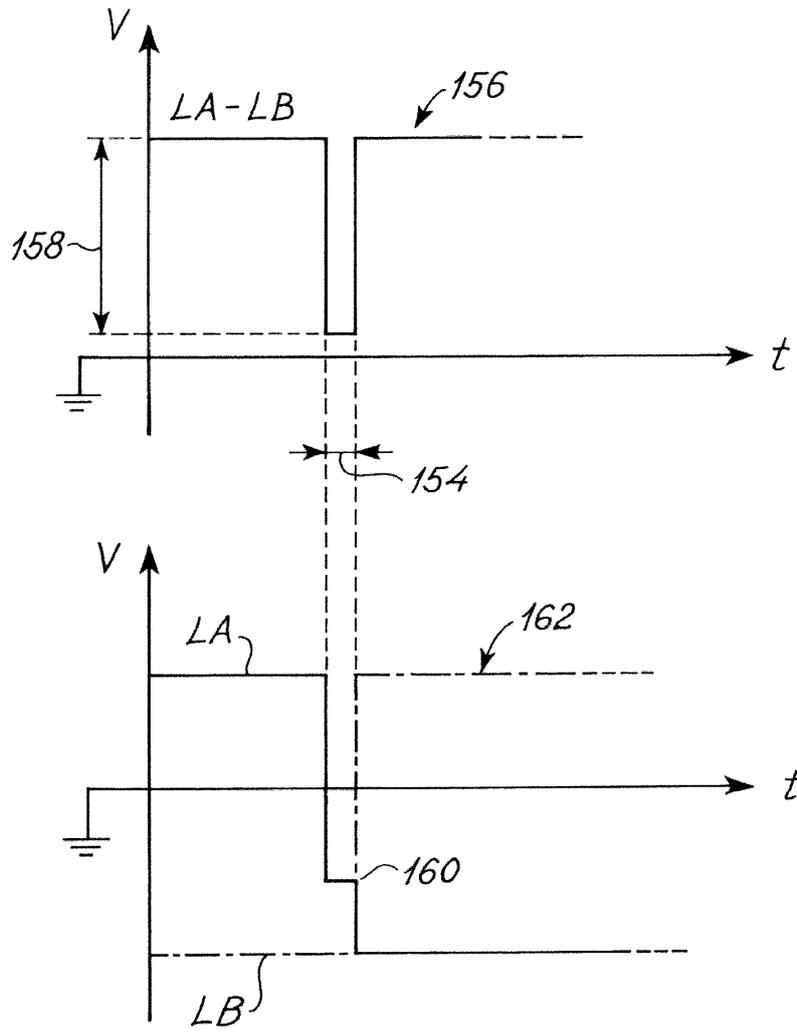


Fig. 9

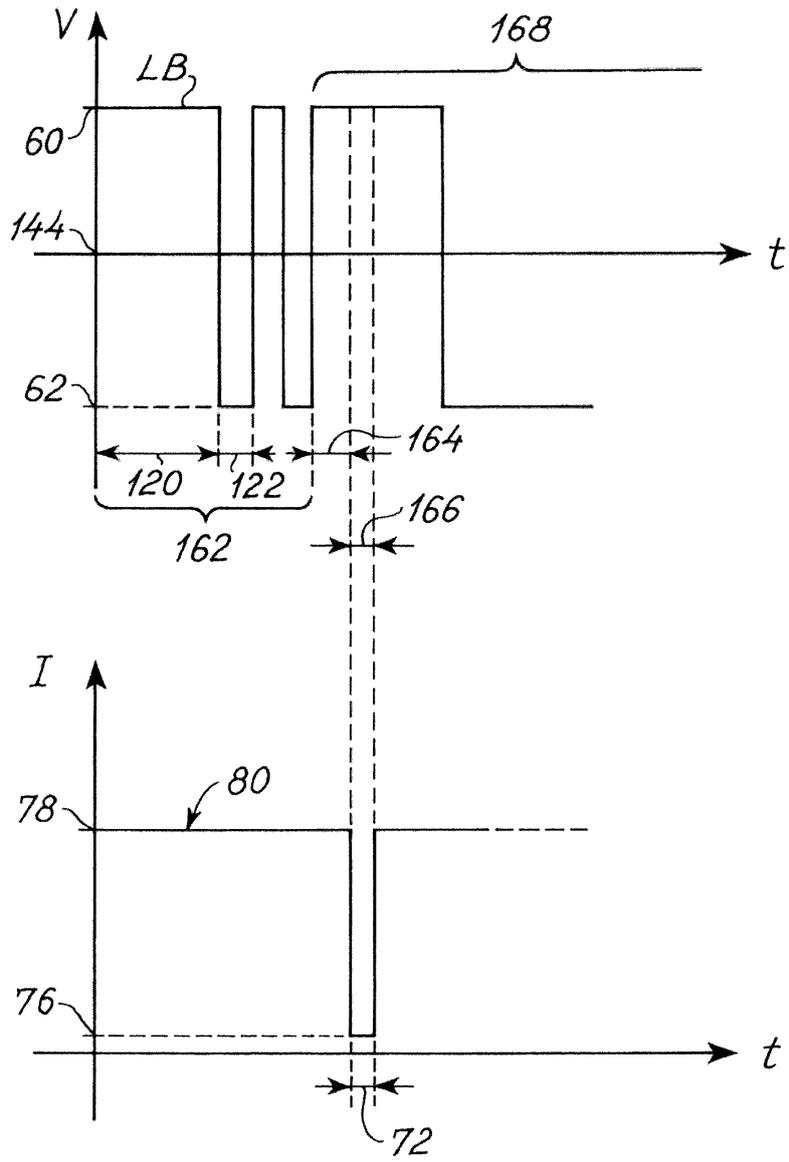


Fig. 10

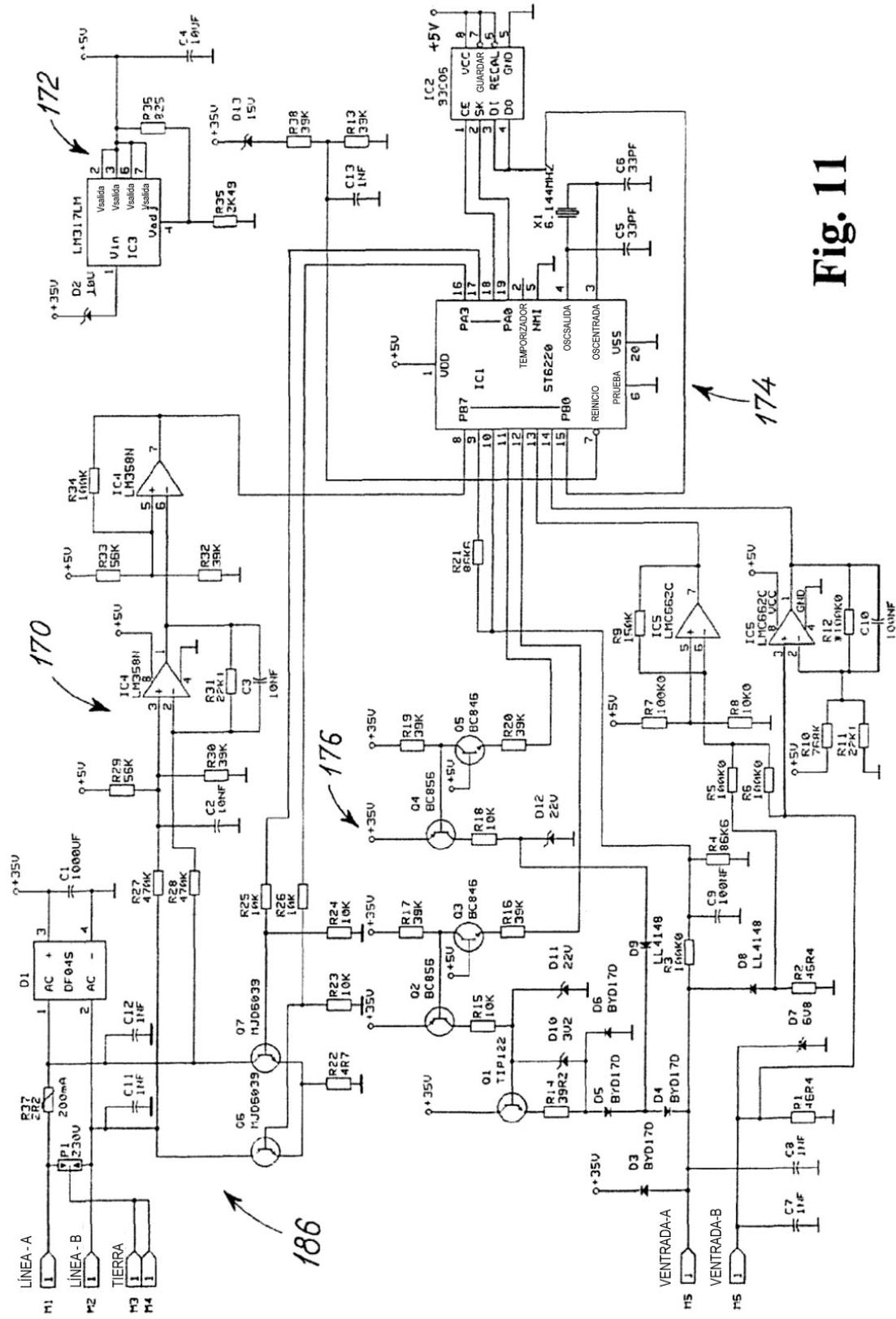


Fig. 11

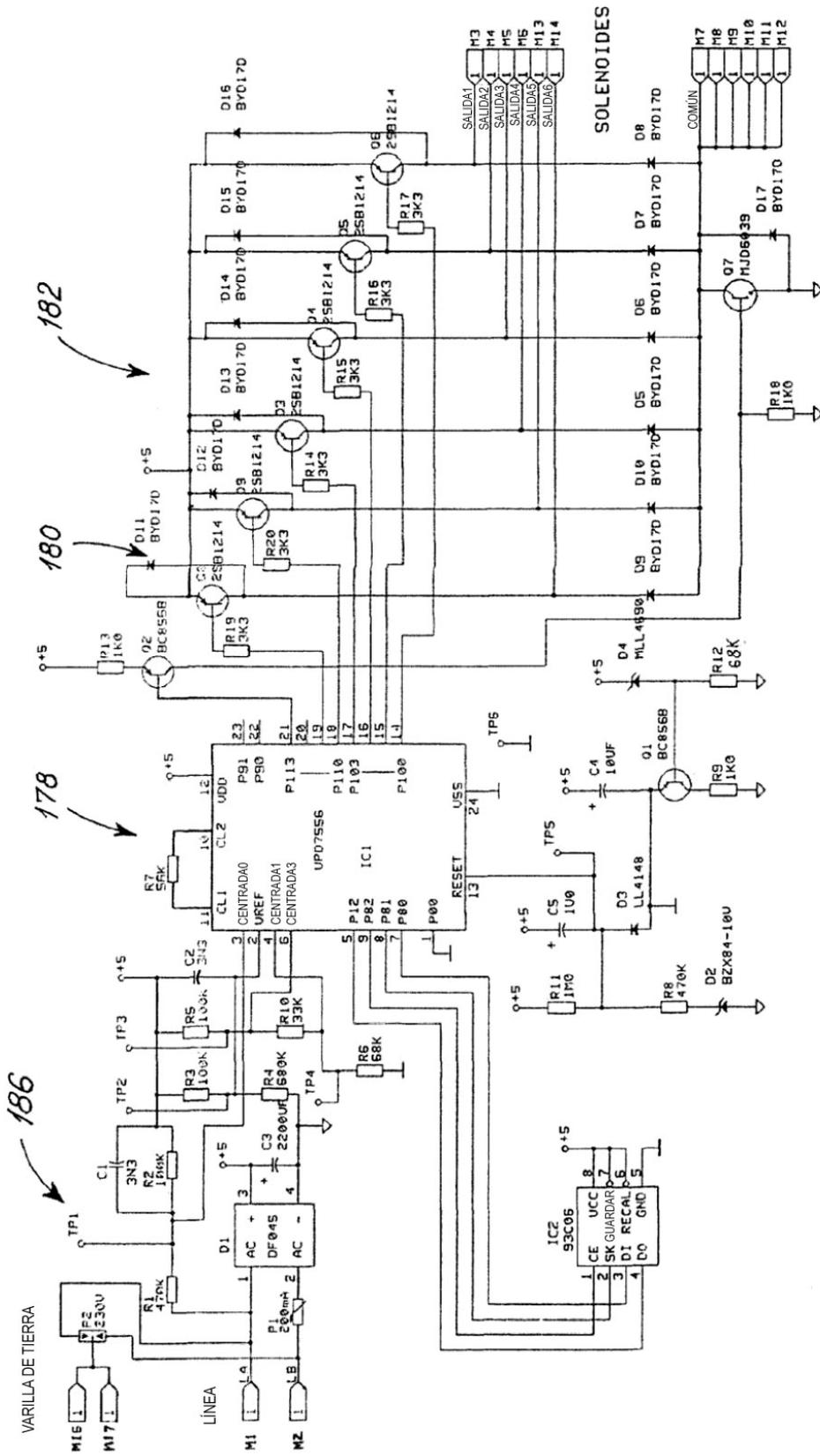


Fig. 13

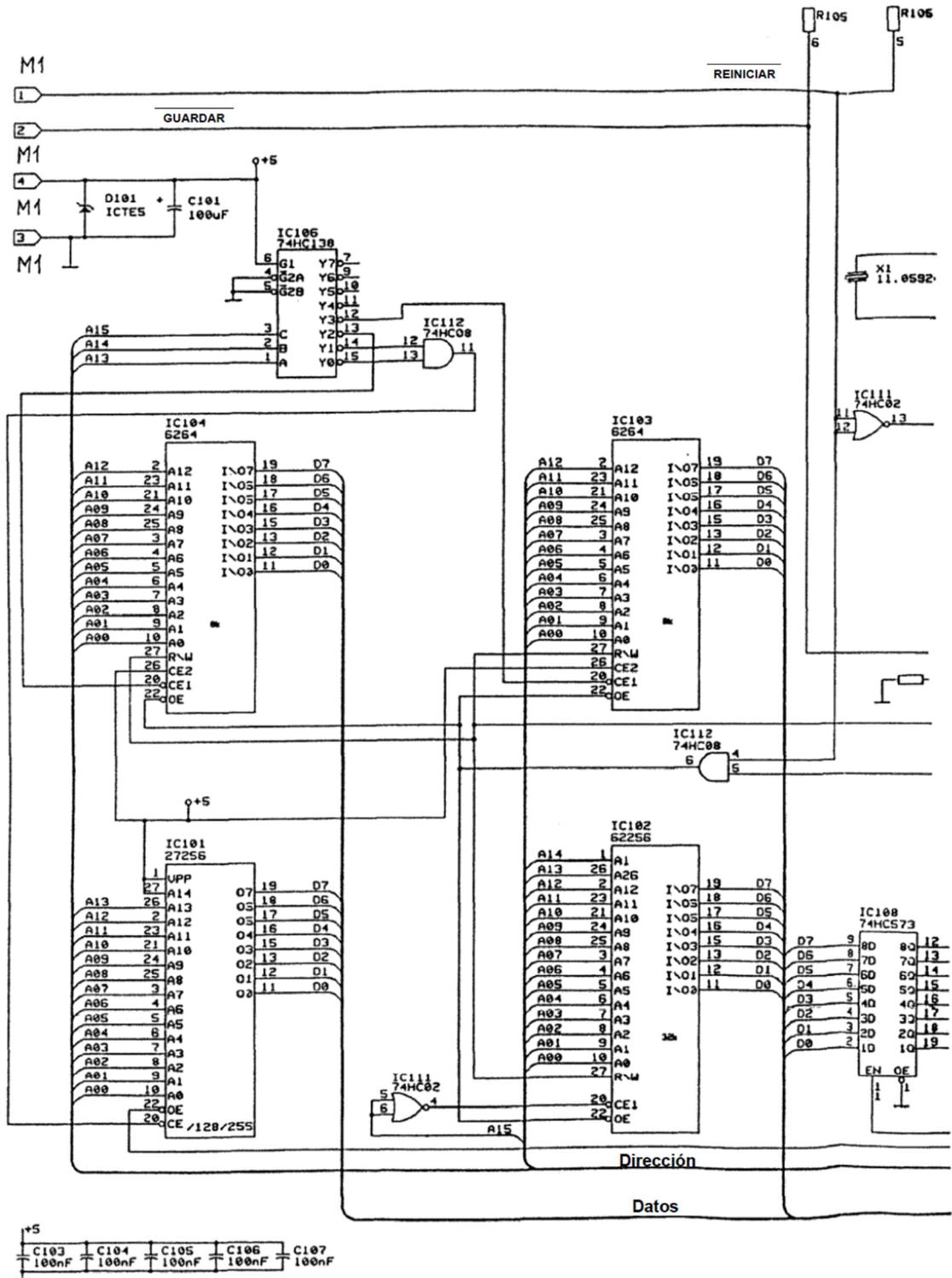


Fig. 14a

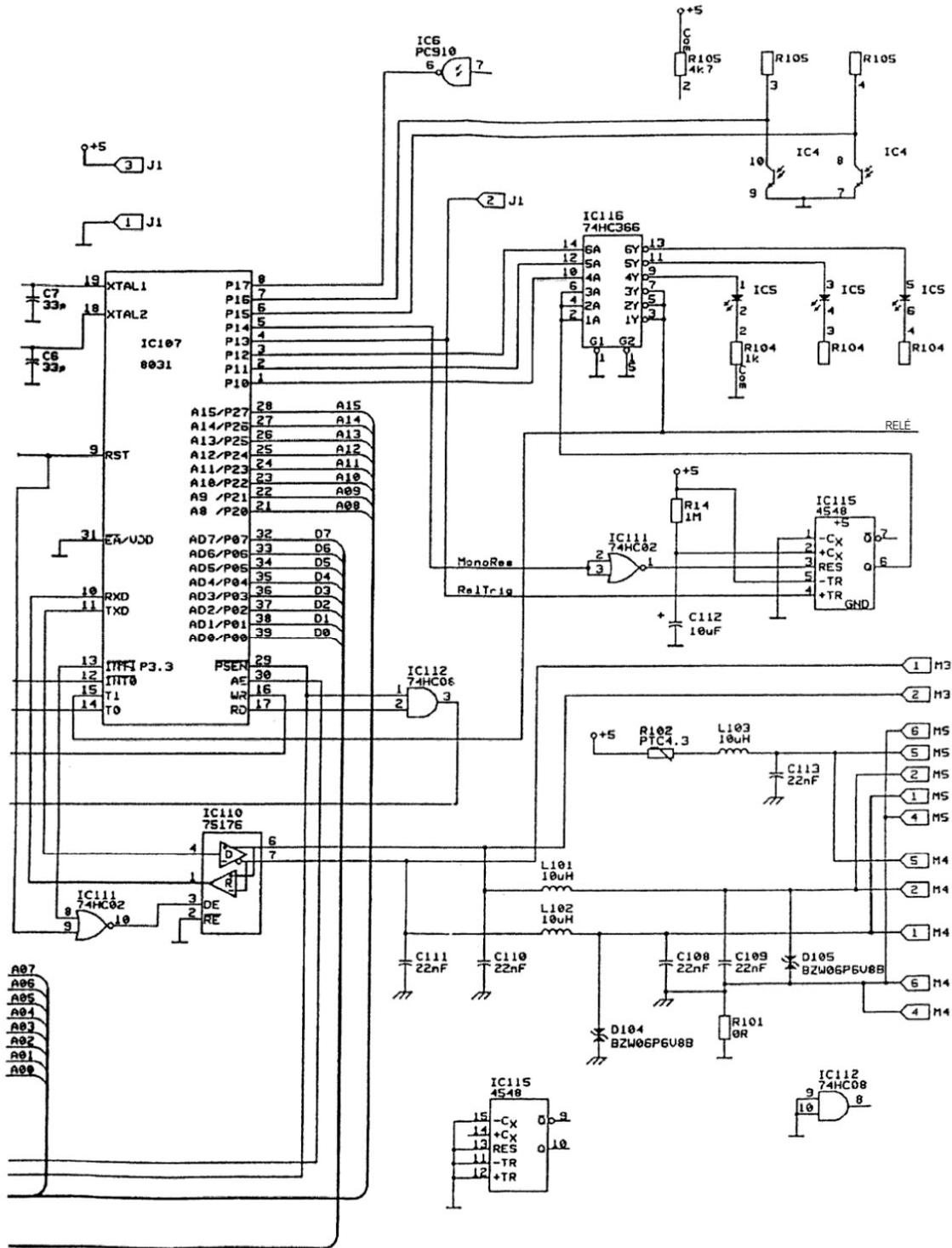


Fig. 14b

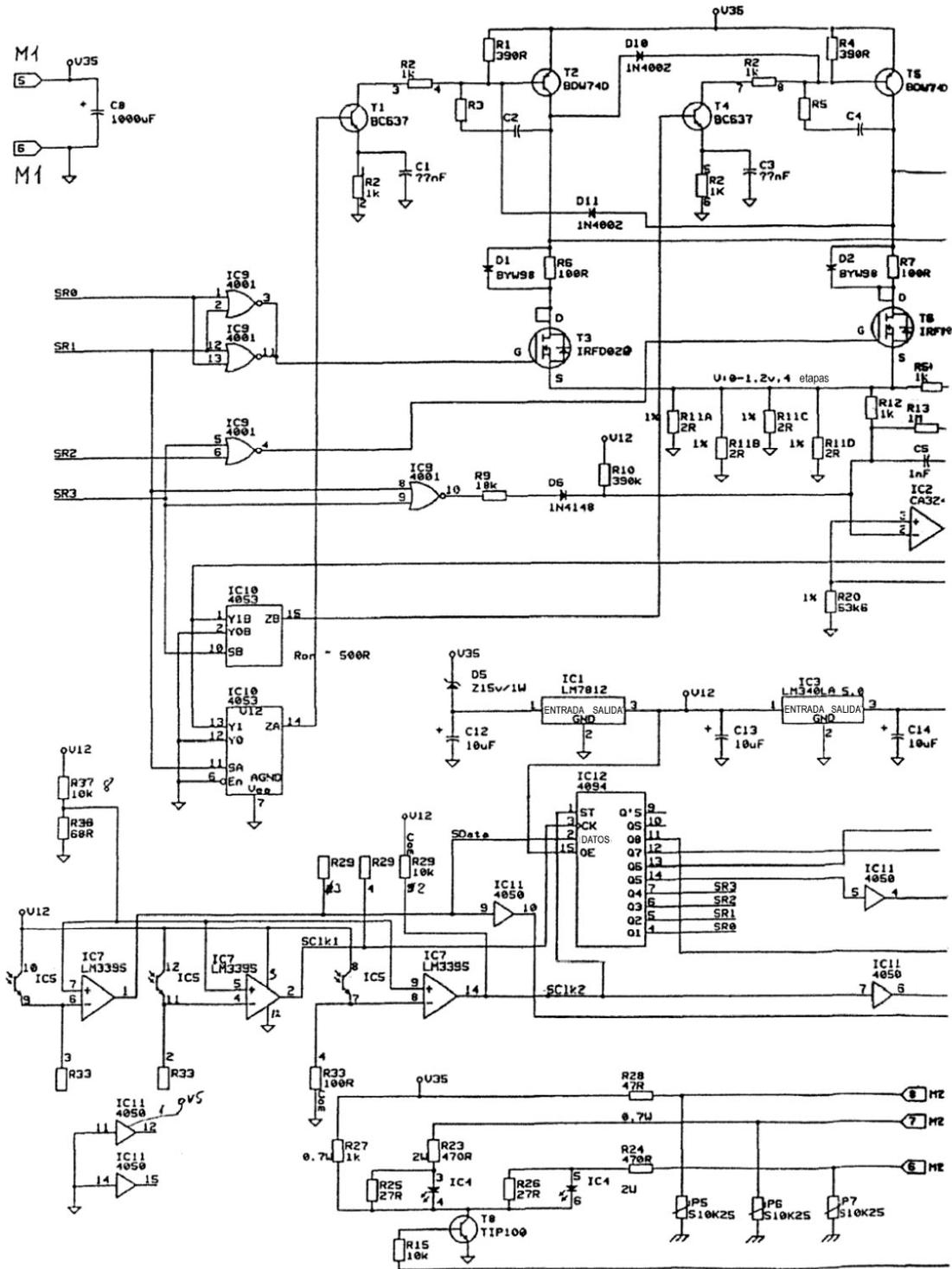


Fig. 15a

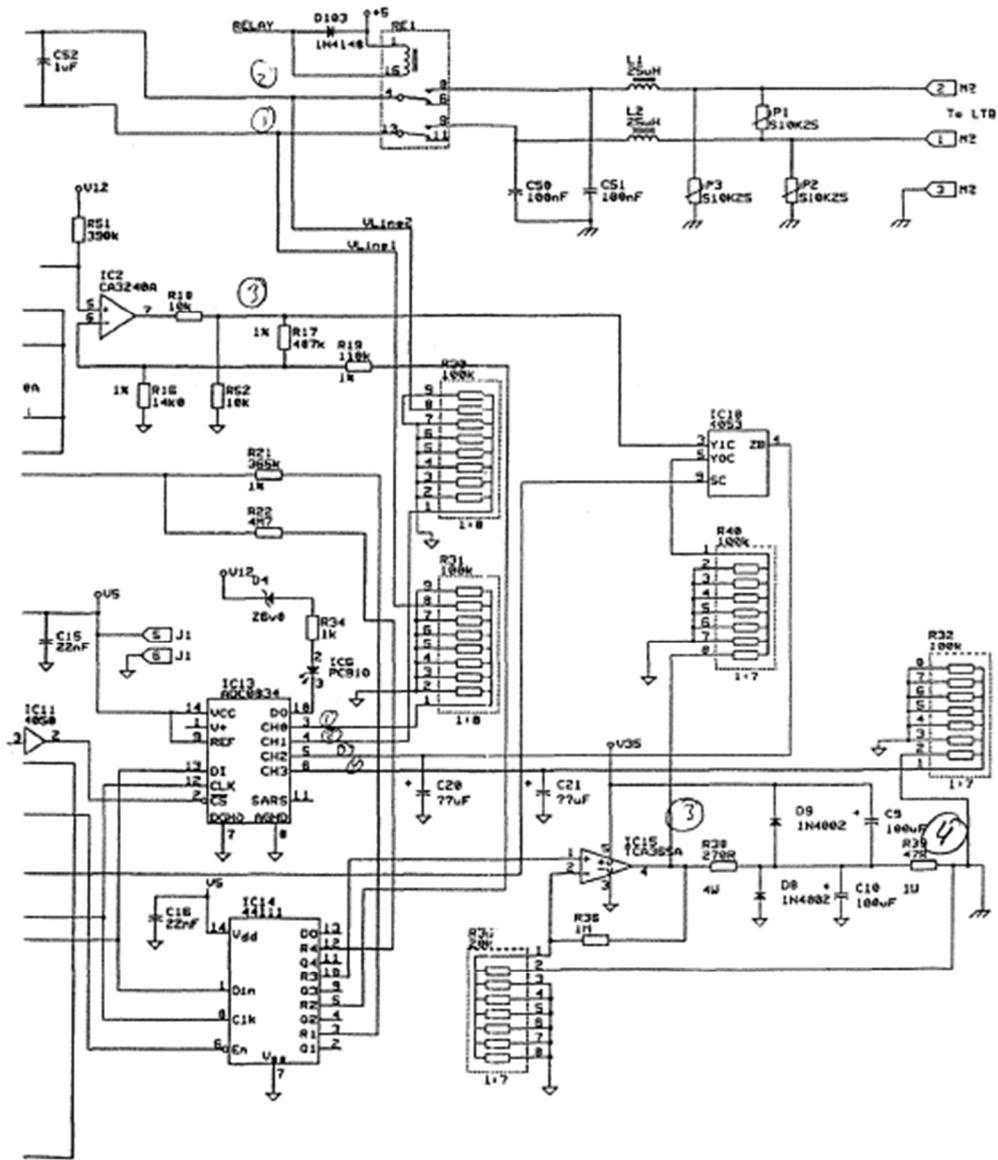


Fig. 15b

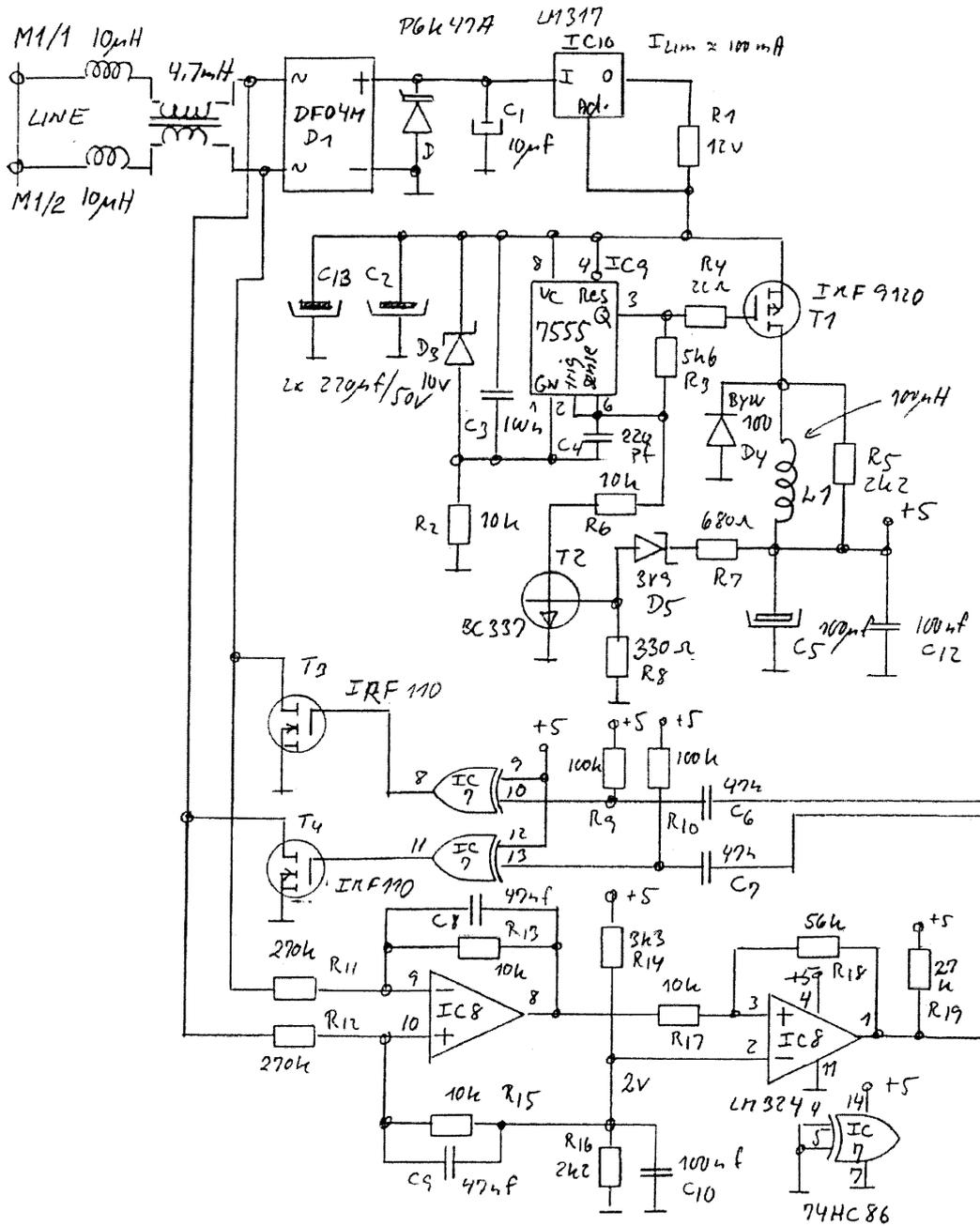


Fig. 16a

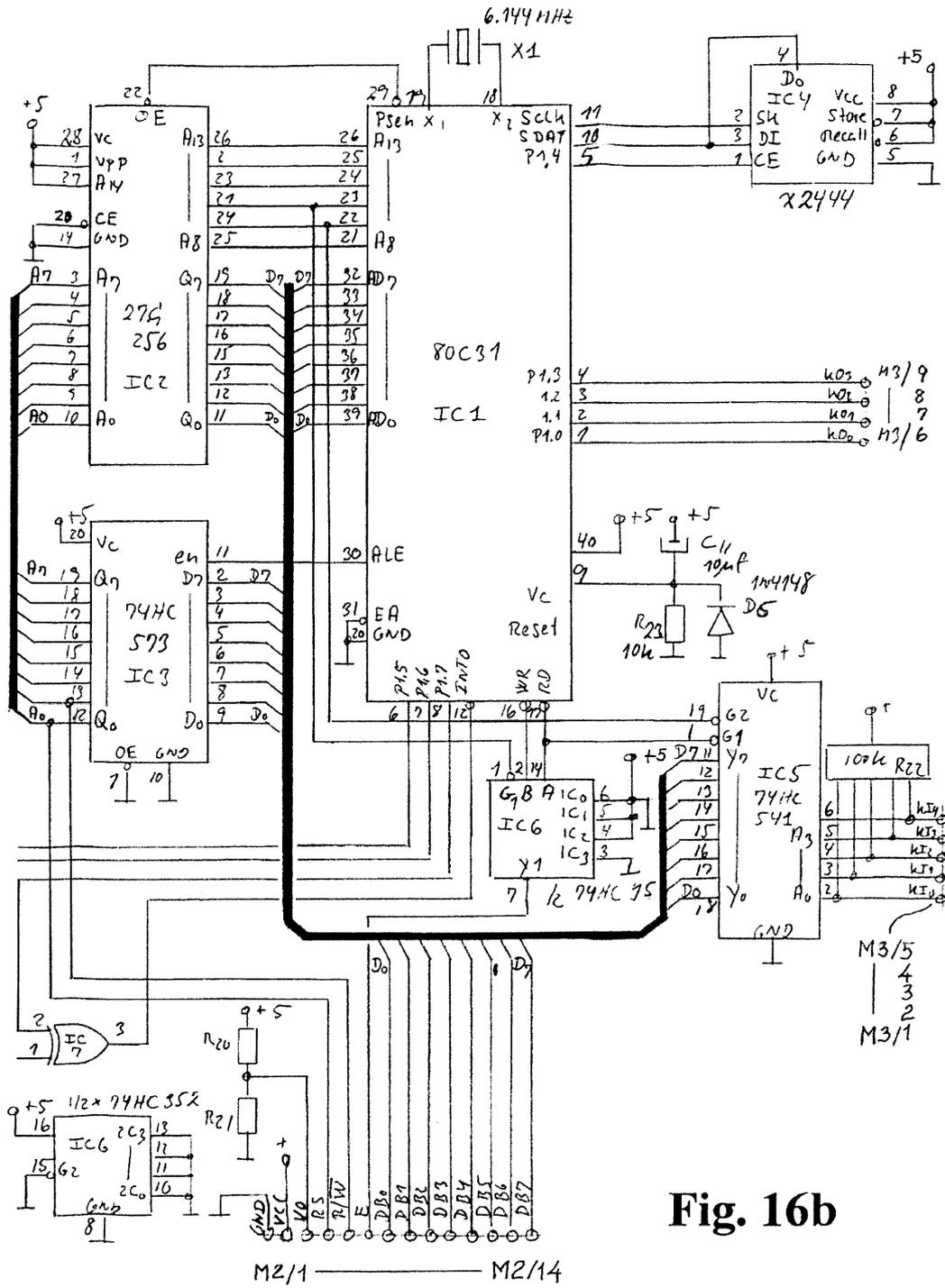


Fig. 16b

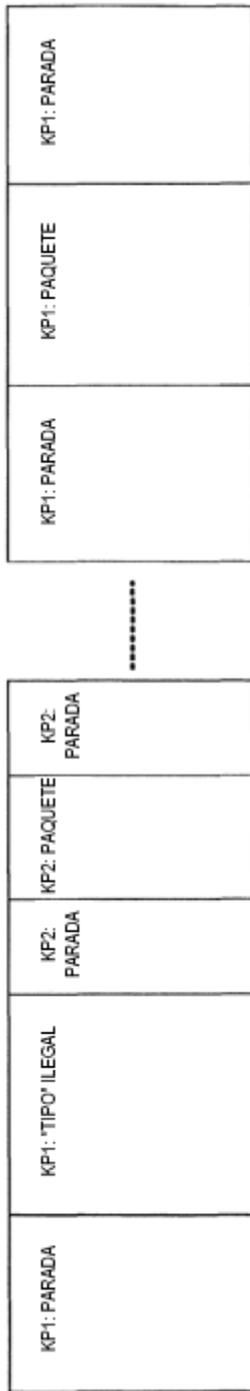


FIG. 17

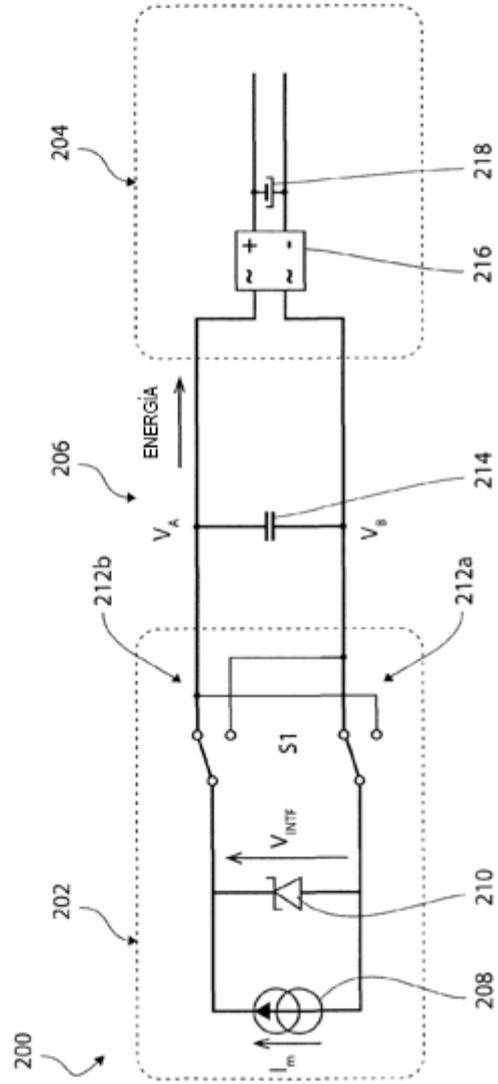


FIG. 18

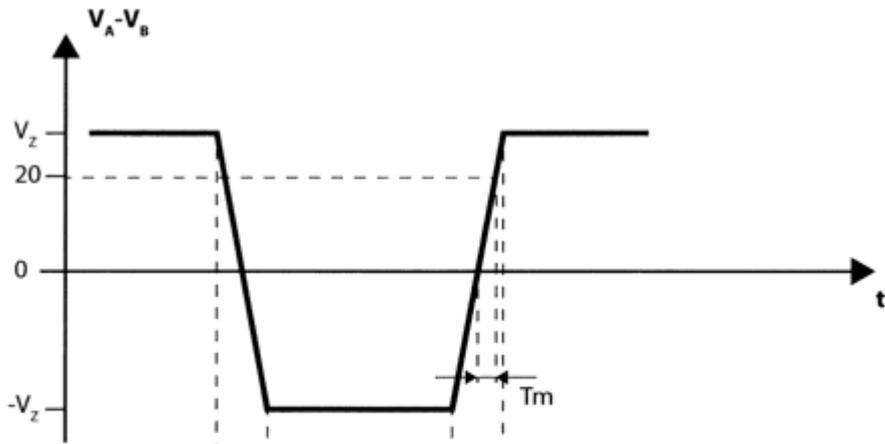


FIG. 19A

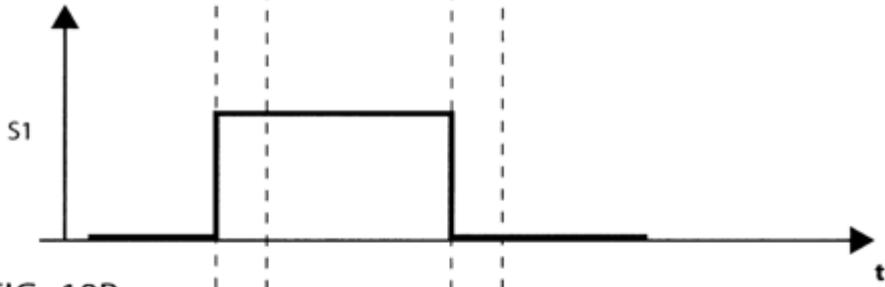


FIG. 19B

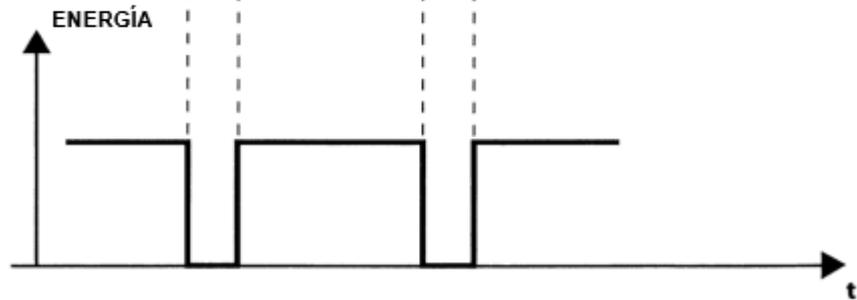


FIG. 19C

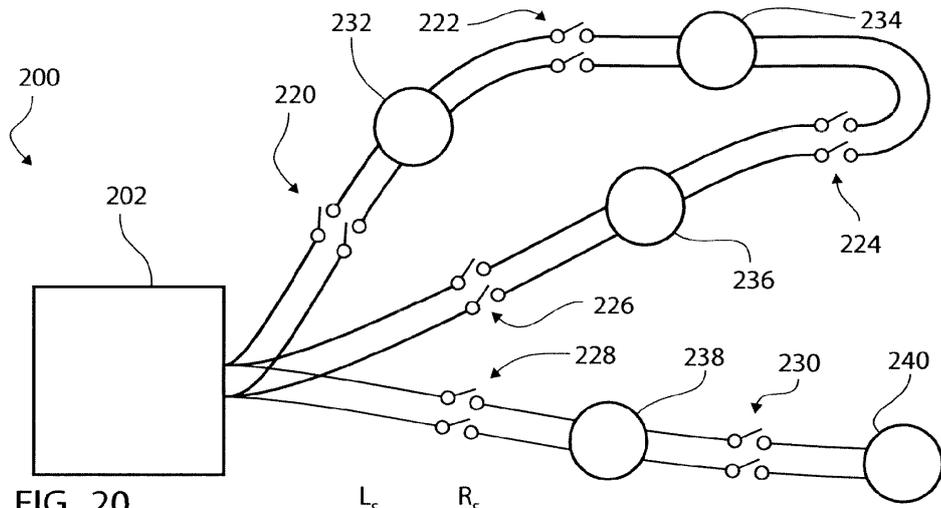


FIG. 20

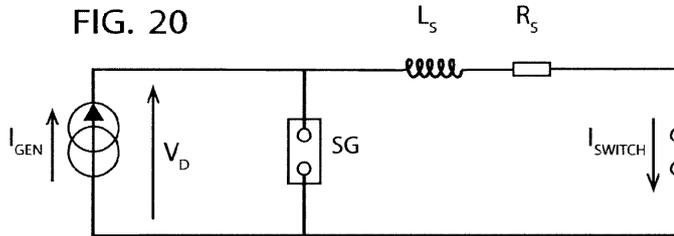


FIG. 21

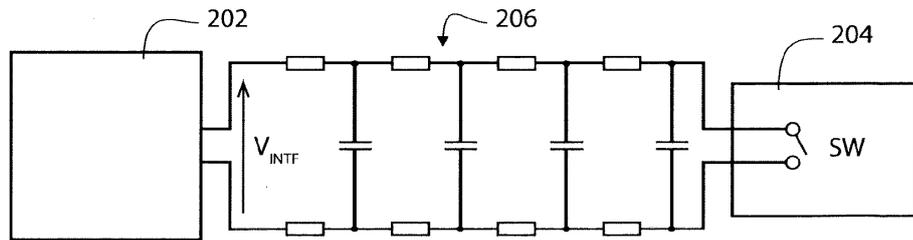


FIG. 22A

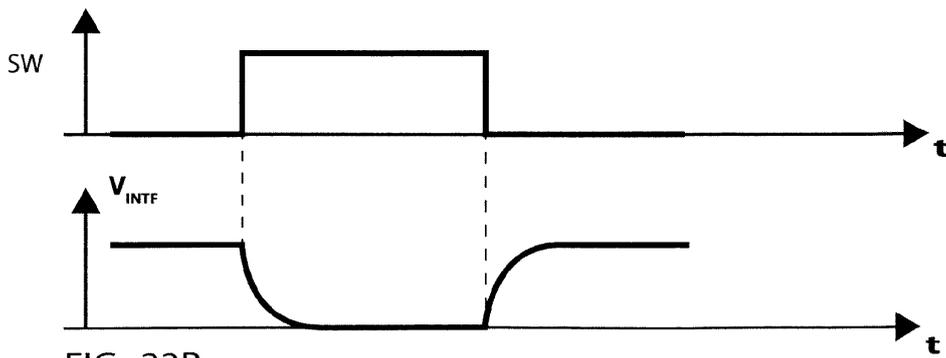


FIG. 22B

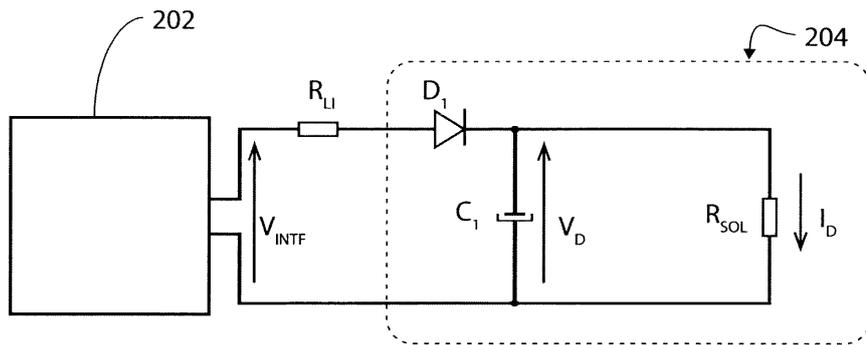


FIG. 23

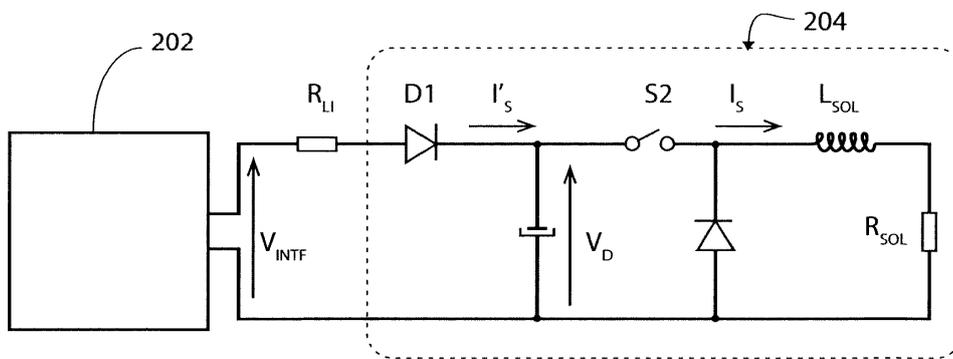


FIG. 24

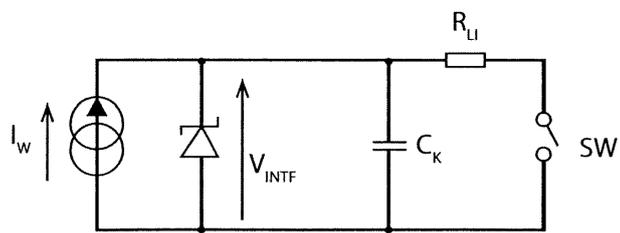


FIG. 25

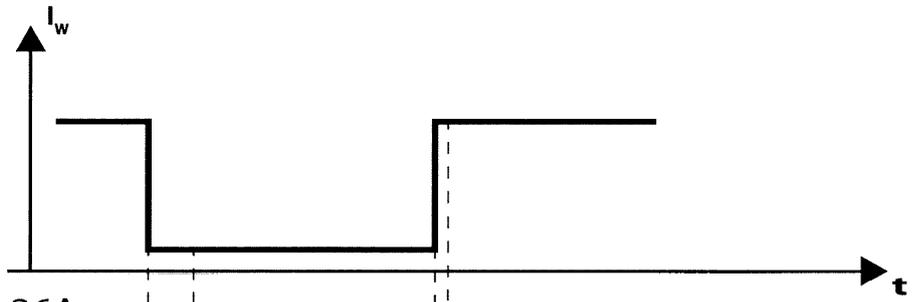


FIG. 26A

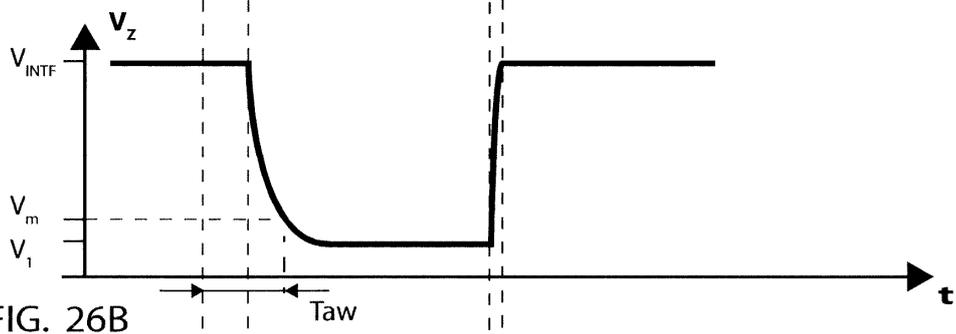


FIG. 26B

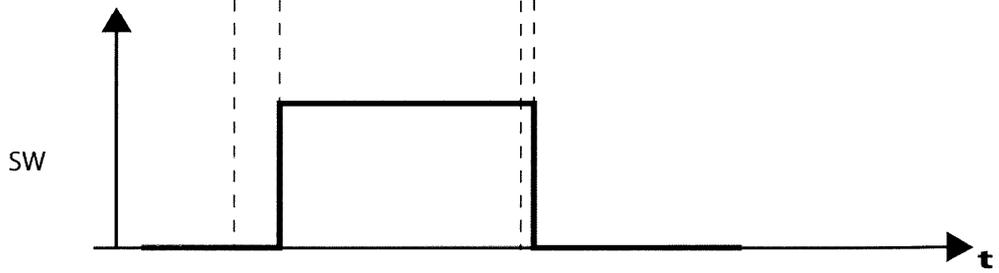


FIG. 26C

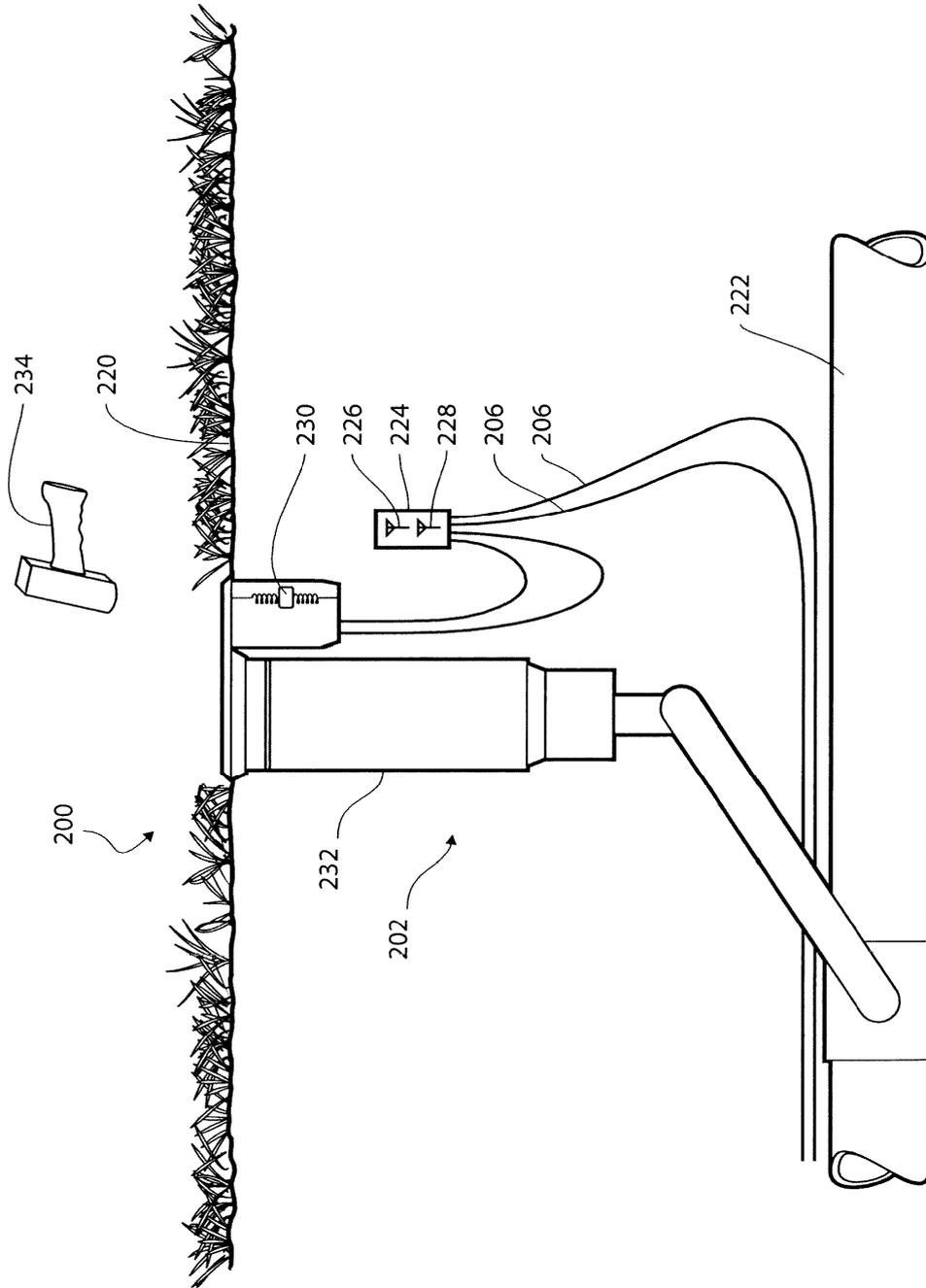


FIG. 27

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

La lista de referencias citadas por el solicitante es para la conveniencia del lector solamente. No forma parte del documento de patente europea. Aunque se ha puesto gran cuidado para la recopilación de las referencias, no se puede excluir la existencia de errores u omisiones y la Oficina de Patentes Europea declina toda responsabilidad al respecto.

5

Documentos de patente citados en la descripción

- US 4007458 A [0002] [0003] [0005] [0006]
- US 4176395 A [0002] [0004] [0005] [0006]
- US 6766221 B [0007]
- US 6993416 B [0007]
- US 7421317 B [0007] [0048] [0080] [0081]
- US 7146255 B [0007] [0048]
- US 7206669 B [0007]
- US 5839658 A [0007]
- US 60779857 B [0007]
- US 12281968 B [0007]
- US 20090222140 A [0046] [0080]