

ASIGNACIÓN DE IDENTIFICADOR DE DETONADOR

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] Esta invención se refiere a la generación y asignación de un identificador
5 único a cada detonador en un sistema de voladura que incluye una pluralidad de
detonadores.

[0002] En una técnica de voladura, los detonadores están conectados
secuencialmente a dos cables en un arnés de voladura que atraviesa un banco de
voladura. Un operador va a cada pozo y luego conecta un detonador al arnés. Es
10 posible que los identificadores se asignen a los detonadores de antemano.
Alternativamente, el operador asigna un identificador único, generado de cualquier
manera apropiada, a cada detonador en secuencia. El identificador de cada
detonador se marca luego, es decir, se recolecta en un instrumento, y,
posteriormente, los identificadores se emplean como parámetros de referencia,
15 como se conoce en la técnica, para establecer una secuencia de voladura
controlada.

[0003] El etiquetado de los detonadores de esta manera puede ser laborioso y
lento. El enfoque también es propenso al error humano, ya que un banco de
explosión puede ser difícil de atravesar y se puede pasar por alto un pozo de
20 perforación en el que se coloca un detonador.

RESUMEN DE LA INVENCION

[0004] La invención proporciona un método para asignar un identificador único respectivo a cada uno de una pluralidad de detonadores que están conectados, en paralelo entre sí, a puntos de conexión respectivos en dos conductores alargados que transmiten señales de un arnés que se extiende desde una locación de referencia a una pluralidad de perforaciones en las que los detonadores están colocados respectivamente, el método incluye los pasos de:

- (1) para cada detonador, medir directa o indirectamente un parámetro que está asociado con los dos conductores y que varía con la longitud de los dos conductores entre la ubicación de referencia y los dos puntos de conexión respectivos; y
- (2) utilizar la medición de parámetros para generar un identificador único para el detonador respectivo.

[0005] El identificador único puede transferirse a una unidad de memoria en el detonador en el momento en que se genera, o posteriormente. El identificador único puede grabarse en un dispositivo móvil para su uso posterior en el establecimiento de un sistema de voladura.

[0006] Los conductores de transmisión de señales pueden ser de cualquier tipo adecuado en el que el parámetro varíe con las longitudes de los conductores desde la ubicación de referencia. Por ejemplo, los conductores pueden ser eléctricamente conductores y el parámetro puede ser un valor de resistencia de los conductores. Otros parámetros que dependen del conductor incluyen valores eléctricos como la capacitancia y la inductancia.

[0007] En un enfoque alternativo, el parámetro puede depender de las longitudes de los conductores, ya que el parámetro puede ser, por ejemplo, un valor en una señal que se imprime en los conductores. Por ejemplo, un ángulo de fase de una señal alterna en los conductores varía con la distancia y es posible medir el ángulo de fase.

[0008] Convenientemente, como se indica, el parámetro es un valor de resistencia.

[0009] La resistencia de un conductor eléctrico, por ejemplo, aluminio, cobre, acero o cualquier combinación de materiales conductores, aumenta con la longitud siempre que el conductor tenga una sección transversal uniforme y una composición homogénea. A modo de ejemplo, un conductor de cobre del tipo utilizado en un sistema de voladura tiene una resistencia de aproximadamente 120 ohmios/km. Si se imprime una señal con voltaje conocido constante (un voltaje de referencia) en los conductores, por ejemplo, en la ubicación de referencia, entonces a medida que aumentan las longitudes de los conductores desde la ubicación de referencia, la tensión a través de los conductores generalmente disminuye linealmente. En cada par de puntos de conexión, se puede realizar una medición de tensión y una desviación de esta medición de tensión con respecto a la tensión de referencia depende de la longitud de los conductores entre los puntos de conexión y la ubicación de referencia, y está relacionada únicamente con la ubicación de los puntos de conexión respectivos.

[0010] De este modo, en una forma de la invención, la tensión en los dos conductores se mide en un par de puntos de conexión y la medición de tensión se usa en la generación de un identificador único para el detonador respectivo que está conectado al arnés en estos puntos de conexión.

[0011] Típicamente, la variación de voltaje a lo largo de las longitudes de los conductores es relativamente pequeña. Es posible hacer uso del voltaje reducido que prevalece en un par respectivo de puntos de conexión, o de la diferencia entre el voltaje reducido y el voltaje de referencia, para generar el identificador respectivo.

- 5 **[0012]** En un enfoque, la medición de la tensión que prevalece en un par respectivo de puntos de conexión, o un valor derivado de la misma, se utiliza para controlar el funcionamiento de un oscilador controlado por tensión que está asociado con el detonador respectivo. La frecuencia del oscilador, que depende de la tensión, se puede utilizar de cualquier manera apropiada para generar un identificador único.
- 10 Por ejemplo, un valor digital de la frecuencia generada puede usarse como el identificador. Alternativamente, un valor digital que se determina por una variación de la frecuencia generada a partir de una frecuencia de referencia se puede usar como entrada de control para generar un identificador único. Estas técnicas son solo ejemplares y no limitativas.
- 15 **[0013]** El funcionamiento del oscilador controlado por voltaje puede verse afectado por las condiciones de temperatura ambiente. Los factores de corrección se pueden aplicar al oscilador controlado por voltaje para contrarrestar el efecto de la variación de temperatura en el funcionamiento del oscilador.

- [0014]** A medida que la resistencia de los conductores entre la ubicación de
20 referencia y cada conjunto de puntos de conexión aumenta con las longitudes de los conductores, la tensión en cada conjunto de puntos de conexión disminuye de una manera que generalmente depende linealmente de la longitud de los conductores. Por lo tanto, en cada conjunto de puntos de conexión prevalece un valor de voltaje único.

[0015] La invención también se extiende a un detonador que incluye al menos dos puntos de conexión para la conexión a conductores respectivos en un arnés, una unidad de memoria, un oscilador controlado por voltaje que genera una señal a una frecuencia de salida cuyo valor depende de una tensión aplicada a los dos puntos de conexión y un procesador que utiliza el valor de la frecuencia o un valor derivado de los mismos para generar un identificador único para el detonador que se transfiere a la unidad de memoria.

[0016] El detonador puede incluir un circuito de compensación de temperatura para controlar el funcionamiento del oscilador controlado por voltaje de una manera que es sustancialmente independiente de la temperatura ambiente.

[0017] Un mecanismo de conmutación, que responde al procesador, puede incluirse en el detonador. El mecanismo de conmutación puede ser operable para controlar el funcionamiento del oscilador controlado por voltaje, es decir, para apagar o encender el oscilador controlado por voltaje. El oscilador controlado por voltaje puede desconectarse efectivamente del resto del detonador cuando está apagado para minimizar el consumo de corriente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0018] La invención se describe adicionalmente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de voladura en el que se utilizan los principios de la invención;

La figura 2 es una configuración de diagrama de bloques de elementos en un detonador según la invención; y

La Figura 3 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra aspectos de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LA MODALIDAD PREFERIDA

[0019] La figura 1 de los dibujos adjuntos ilustra un sistema de voladura 10, según la invención, que incluye un arnés 12 que se extiende desde una máquina de voladura 14 sobre un banco de voladura 16 a cada uno de una pluralidad de perforaciones 18A, 18B ... 18N. Cada pozo contiene un detonador respectivo 22A, 22B ... 22N y material explosivo 24.

[0020] Los detonadores están conectados a dos conductores 30 y 32 en el arnés 12 por medio de pares respectivos de líneas de derivación 34A y 36A, 34B y 36B, ... y 34N y 36N, respectivamente.

[0021] Los conductores 30 y 32 son conductores alargados que transmiten señales. En la siguiente descripción, los conductores se describen como conductores de la electricidad y, típicamente, incluyen núcleos metálicos conductores de la electricidad, por ejemplo, de cobre. Sin embargo, debe entenderse que este ejemplo específico es solo ejemplar. En términos generales, los principios de la invención se pueden usar con cualquier conductor en el que un parámetro de cada conductor, o de una señal que esté asociada con el conductor, varíe de una manera única que depende de la longitud del conductor, por ejemplo, a medida que cambia la longitud del conductor de la máquina de voladura 14 (que se menciona aquí como una ubicación de referencia) a un punto de medición.

[0022] Cada una de las líneas de derivación 34, 36 está conectada a los conductores 30, 32 en los respectivos puntos de conexión 40A, 42A; 40B, 42B; ...; 40N, 42N.

[0023] La Figura 2 ilustra algunos componentes que están incluidos en un detonador 22. El detonador 22 incluye un procesador 50 que incorpora o que está conectado a un temporizador 52. Utilizando técnicas de medición conocidas en la técnica, el procesador 50 puede controlar el encendido de un circuito de disparo 54 en el detonador. El detonador 22 incluye además un mecanismo de conmutación 56, una unidad de memoria 58, un oscilador 60 controlado por voltaje y un circuito 62 de compensación de temperatura.

[0024] Si los conductores 30 y 32 son cables metálicos, eléctricamente conductores respectivamente, entonces es posible mostrar la resistencia en cada cable, entre puntos de conexión predeterminados, como valores discretos R_1 , R_2 , R_3 , ... (Figura 1). Partiendo de la máquina de chorro 14 por los dos cables 30 y 32, la resistencia en los puntos de conexión 40A y 42A es R_1 ; la resistencia de los cables en los puntos de conexión 40B y 42B es $R_1 + R_2$; la resistencia en los puntos de conexión 40C y 42C es $R_1 + R_2 + R_3$; y así. R_{1X} y R_{1Y} indican los valores de las resistencias asociadas con los cables de derivación que conducen desde los puntos de conexión 40A y 42A de los conductores 30 y 32 hasta el detonador 22A, etc., es decir, las resistencias de línea descendente.

[0025] En este ejemplo, la invención se basa en la premisa de que a medida que las longitudes de los cables entre la máquina de voladura y cada par respectivo de los puntos de conexión aumentan la resistencia entre la máquina de voladura y los puntos de conexión, aumenta de una manera única.

[0026] Si el detonador está en la máquina de voladura 14, las longitudes de los cables 30 y 32 entre la máquina de voladura y el detonador son despreciables. Un voltaje de referencia V_R (designado 64 en la Figura 2) que se genera en la máquina

de voladura 14 se aplica al oscilador controlado por voltaje 60 del detonador al cerrar el interruptor 56. El oscilador 60 produce una frecuencia de referencia de salida f_R (66) cuyo valor depende directamente de la magnitud de la tensión de referencia V_R . Una señal que contiene datos que definen la frecuencia de referencia de salida 66 se puede enviar a cada detonador para su almacenamiento en la memoria respectiva 58.

[0027] Para hacer uso de este efecto, la tensión de referencia constante V_R (64) (ver Figura 3) queda impresa por la máquina de voladura 14 en las líneas 30 y 32. En cada conjunto de puntos de conexión, digamos los puntos de conexión 40P y 42P, se mide la tensión V_p (70) en los puntos de conexión. Como hay una caída de voltios a lo largo de la línea, V_p es menor que V_R . La medición de voltaje se realiza bajo el control del respectivo procesador 50P en el detonador 22P. La tensión medida V_p (70) se aplica al oscilador controlado por voltaje 60P en el detonador 22P que genera una frecuencia de salida f_p (74). El valor de f_p depende del valor de V_p y normalmente está vinculado linealmente a V_p . Una diferencia 76 entre los valores de frecuencia f_R y f_p se calcula a partir del valor de f_R almacenado en la memoria 58 y luego se aplica una medición del valor de f_p a un generador de códigos 78.

[0028] Alternativamente, pero menos preferiblemente, una medición de la frecuencia de referencia de salida 66 no se transmite a cada detonador, sino que se almacena en la máquina de voladura 14. Para cada detonador, los datos de la frecuencia de salida 74 se envían a la máquina de voladura que calcula un código que depende de la diferencia entre las frecuencias 66 y 74 y esto se usa como un identificador para el detonador en particular.

[0029] La naturaleza del generador de código 78 puede variar de acuerdo con el requisito. En un ejemplo, la diferencia de frecuencia 76 se usa directamente como un código para el detonador 22P respectivo. Es posible, por ejemplo, generar códigos en un orden secuencial numéricamente ascendente o descendente, pero en cada caso el código generado está vinculado directa y únicamente a la frecuencia f_p , posiblemente a la diferencia $f_R - f_p$.

[0030] Un código 80 generado por el generador de códigos 78 se almacena en la unidad de memoria 58P del detonador 22P.

[0031] El oscilador 60P controlado por voltaje puede, por ejemplo, funcionar a un voltaje de entrada que oscila, por ejemplo, entre 8 y 12V y producir una frecuencia de salida en el rango de kilohercios o megahercios. Por lo tanto, pequeñas variaciones de voltaje podrían producir variaciones sustanciales de frecuencia que sean medibles y que estén unidas de manera única a las resistencias en los cables entre los puntos de conexión y la ubicación de referencia, es decir, la máquina de voladura 14.

[0032] En la práctica, el funcionamiento del oscilador controlado por voltaje normalmente depende de la temperatura, es decir, la desviación de la frecuencia se produce debido a las variaciones de la temperatura ambiente. Para compensar esta deriva, el circuito de compensación de temperatura 62 se utiliza para regular el funcionamiento del oscilador 60 controlado por voltaje.

[0033] El oscilador 60 controlado por voltaje solo funciona durante el proceso de generación de la identificación del detonador. Su consumo de corriente es relativamente alto en comparación con el consumo de su detonador 22 cuando está

en modo de espera. Para limitar el consumo de corriente innecesario, el mecanismo de conmutación 56 se controla mediante una señal de la máquina de voladura 14 para encender el oscilador controlado por voltaje 60 de modo que se pueda iniciar el ejercicio de generación del identificador y apagar el oscilador controlado por voltaje una vez que el identificador para un detonador en particular se ha generado y almacenado en la unidad de memoria respectiva 58.

[0034] Un beneficio significativo de la invención radica en el hecho de que una vez que los detonadores están conectados al arnés, no es necesario que un operador vaya a cada detonador para etiquetar cada identificador o para cargar un identificador en el detonador. Esto se traduce en un ahorro sustancial de tiempo en el establecimiento de una red de detonadores y también ayuda a eliminar errores humanos.

[0035] La invención, por lo tanto, hace uso de una medición que depende de la longitud. Esta característica no solo permite la generación de un identificador único para cada detonador sino que también se pueden producir otras ventajas o beneficios. Por ejemplo, es posible obtener una medida de la distancia entre detonadores adyacentes. Si la medición de la distancia es demasiado alta, esto indicaría que uno o más detonadores no se habían colocado en sus respectivos orificios. Si una medición es baja, esto indicaría que los detonadores adyacentes están cerca uno del otro. Si se sabe que este no es el caso, entonces la medición de baja distancia podría estar asociada con la fuga de corriente a tierra. Si las características de los conductores son conocidas, entonces, con un grado razonable de precisión, es posible predecir qué tipo de medición debe producirse cuando se

está implementando el proceso de generación de identificadores. Las salidas de este tipo de predicción son indicativas de una falla de un tipo u otro.

[0036] Según se indica, los cálculos que determinan un identificador para un detonador se pueden realizar en el detonador, o en la máquina de voladura 14
5 utilizando datos transmitidos desde el detonador.

[0037] Cada detonador extrae la corriente de la máquina de voladura a través de los conductores a los que está conectado el detonador. Este consumo de corriente afecta a la naturaleza de la caída de voltaje en el arnés, que no es lineal. Para abordar este aspecto, el equipo de control en la máquina de voladura 14 se puede
10 usar para disminuir el voltaje que se imprime en el arnés para invertir la polarización de un puente provisto en cada detonador, un proceso que resultará en un consumo de corriente insignificante en cada detonador, y que por lo tanto establecerá una caída de voltaje que sea esencialmente lineal con respecto a la longitud de la máquina de voladura.

15 **[0038]** Otros factores que deben tenerse en cuenta para establecer una relación precisa de variación de voltaje (en el arnés) con la distancia desde la máquina de voladura dentro del consumo de corriente de cada oscilador controlado por voltaje (VCO), y el consumo de corriente de los cables de línea descendente (dependientes de los valores RN_X y RN_Y que a su vez están relacionados con la longitud de los
20 cables de la línea descendente), calibraciones de los VCO, etc.

[0039] Los valores de calibración adecuados se almacenan en la memoria respectiva 58 de cada detonador, o en otro lugar si es necesario, y se utilizan según

sea necesario para obtener una medición de longitud precisa y, por lo tanto, una generación de identificadores confiable para cada detonador.

5

10

15

20