

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7032049号

(P7032049)

(45)発行日 令和4年3月8日(2022.3.8)

(24)登録日 令和4年2月28日(2022.2.28)

(51)国際特許分類

F I

H 0 4 B 3/46 (2015.01)

H 0 4 B 3/46

G 0 1 R 31/11 (2006.01)

G 0 1 R 31/11

G 0 5 B 23/02 (2006.01)

G 0 5 B 23/02

3 0 2 Z

G 0 1 R 31/50 (2020.01)

G 0 1 R 31/50

請求項の数 20 (全28頁)

(21)出願番号 特願2017-38398(P2017-38398)

(22)出願日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(65)公開番号 特開2017-158185(P2017-158185
A)

(43)公開日 平成29年9月7日(2017.9.7)

審査請求日 令和2年3月2日(2020.3.2)

(31)優先権主張番号 201621007393

(32)優先日 平成28年3月2日(2016.3.2)

(33)優先権主張国・地域又は機関

インド(IN)

(31)優先権主張番号 15/136,058

(32)優先日 平成28年4月22日(2016.4.22)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(73)特許権者 512132022

フィッシャー・ローズマウント システ
ムズ, インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 テキサス 7 8 6 8 1 -
7 4 3 0 ラウンド ロック ウェスト ル
イス ヘナ ブルバード 1 1 0 0 ビルデ
イング 1 エマーソン プロセス マネー
ジメント

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳

(74)代理人 100084995

弁理士 加藤 和詳

(72)発明者 ダラル、 メフル ラジェシブハイ

インド マハーラーシュトラ プン - 4 1
1 0 2 7 ピンブル ソーダガー エー 5

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハンドヘルドメンテナンスツールによるプロセス制御通信ライン障害検出及び障害箇所特
定

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通信ライン及び前記通信ラインに接続される1つ以上のデバイスを有するプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法であって、
給電信号を前記通信ライン上にハンドヘルドデバイスから供給し、
前記通信ライン上の前記給電信号にตอบสนองして、前記ハンドヘルドデバイスで前記通信ライン上の電圧または電流の少なくとも一方を測定し、
前記ハンドヘルドデバイス内のコンピュータプロセッサで、測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析して、前記通信ラインの高インピーダンス障害を突き止め、
検出された高インピーダンス障害が発生していることをユーザに対して、前記ハンドヘルドデバイス上のユーザディスプレイを介して通知する、方法。

【請求項 2】

前記通信ライン上の前記電圧または電流の少なくとも一方を測定する際に、前記通信ライン上の前記電流を測定し、測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析する際に、前記通信ライン上の測定電流が閾値を下回るかどうかを判断する、請求項1に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 3】

測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析する際に、前記通信ライン上の前記測定電流が略ゼロであるかどうかを判断する、請求項2に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 4】

測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析する際に、前記通信ライン上の前記測定電流が前記通信ライン上の特定の数のデバイスについて予測される引き込み電流よりも小さいかどうかを判断する、請求項 2 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 5】

前記ハンドヘルドデバイスのメモリに、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの数の指示値を格納し、
前記デバイスの特定の数として、格納された前記通信ラインに接続されていることが判明する前記デバイスの数の指示値を使用する、
ことをさらに含む、
請求項 4 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

10

【請求項 6】

前記通信ラインをわたって既知の負荷を接続することをさらに含み、
測定された前記電圧または電流の少なくとも一方を分析することは、測定された前記通信ライン上の電流が前記既知の負荷を通して引き込まれる電流と等しいか否かを判定することを含む、
請求項 2 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 7】

前記ハンドヘルドデバイスのメモリに、前記通信ラインに接続されていることが判明する複数のデバイスの予測される引き込み電流の指示値を格納し、
前記閾値を判定するために、格納された前記通信ラインに接続されていることが判明する複数の前記デバイスの前記予測される引き込み電流の指示値を使用する、
ことをさらに含む、
請求項 2 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

20

【請求項 8】

第 1 時刻に前記ハンドヘルドデバイスで前記通信ライン上にパルス信号を生成し、第 2 時刻に前記ハンドヘルドデバイスで前記通信ライン上のエコーパルス信号を検出することを含む、前記通信ライン上の前記障害の箇所を検出することをさらに含み、
前記エコーパルス信号は前記障害での前記パルス信号の反射であり、
前記通信ライン上の前記障害の箇所を判定するために前記エコーパルス信号を使用する、
請求項 2 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

30

【請求項 9】

前記通信ライン上の前記障害の箇所を判定するために前記エコーパルス信号を使用することは、前記第 1 時刻と前記第 2 時刻との時間差を判定し、前記障害までの距離を判定するために前記時間差を使用する、ことを含む、
請求項 8 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 10】

前記通信ライン上の前記障害の箇所を判定するために前記エコーパルス信号を使用することは、前記エコーパルス信号の振幅を判定し、前記障害までの距離を判定するために判定された前記エコーパルス信号の振幅を使用する、ことを含む、
請求項 8 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

40

【請求項 11】

前記障害までの距離を判定するために判定された前記エコーパルス信号の振幅を使用することは、振幅低下を判定するために前記パルス信号の振幅と前記エコーパルス信号の振幅とを比較し、前記障害までの距離を判定するために前記振幅低下を使用する、ことを含む、
請求項 10 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 12】

前記障害までの距離を判定するために前記エコーパルス信号の振幅を判定することは、前記ハンドヘルドデバイスのメモリに 1 つ以上の信号伝播特性を格納し、前記障害までの距

50

離を判定するために前記振幅低下に加えて格納した 1 つ以上の前記信号伝播特性を使用する、ことを含む、

請求項 1 1 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 1 3】

前記通信ライン上にパルス信号を生成することは、前記通信ライン上に、第 1 振幅を有する第 1 パルス信号を生成し、特定期間に前記第 1 パルス信号に応じてエコーパルス信号が受信されたか否かを検出し、前記特定期間にエコーパルス信号が受信されていない場合、前記通信ライン上に、前記第 1 振幅より大きい第 2 振幅を有する第 2 パルス信号を生成し、第 2 期間に前記第 2 パルス信号に応じて、エコーパルス信号が受信されたか否かを検出する、

10

請求項 8 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 1 4】

前記パルス信号を生成することによる前記ハンドヘルドデバイスのバッテリー使用を追跡し、障害箇所を検出するための前記パルス信号の使用に関連する電力状態について前記ハンドヘルドデバイスのユーザに警告する、ことをさらに含む、

請求項 8 に記載のプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法。

【請求項 1 5】

プロセス制御システムの通信ラインの障害を検出するために使用されるハンドヘルドメンテナンスツールであって、

前記通信ラインに電子的に接続されるように構成される入力 / 出力インターフェースと、給電信号及び通信信号を前記通信ライン上に乗せる電源と、

20

1 つ以上の電子信号センサと、

ユーザインターフェースと、

プロセッサと、

前記プロセッサ上で実行されるプログラムを格納するコンピュータ可読メモリであって、1 つ以上の前記電子信号センサを使用して、前記電源により前記通信ライン上に乗せた給電信号に応答して、前記プログラムが前記プロセッサ上で実行されて前記通信ライン上の電圧または電流の少なくとも一方を測定することにより測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析して、前記通信ラインの高インピーダンス障害を突き止め、検出された高インピーダンス障害が発生していることをユーザに対して前記ユーザインターフェースを介して通知する、前記コンピュータ可読メモリと、を備える、ハンドヘルドメンテナンスツール。

30

【請求項 1 6】

前記 1 つ以上の電子信号センサは、前記通信ライン上の前記電流を測定する電流センサを含み、前記プログラムは測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を、前記通信ライン上の測定電流が閾値を下回るかどうかを判断することにより分析する、請求項 1 5 に記載のハンドヘルドメンテナンスツール。

【請求項 1 7】

前記プログラムは、測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を、前記通信ライン上の前記測定電流が、略ゼロであるか、前記通信ラインに接続されている特定の数のデバイスについて予測される引き込み電流よりも小さいか、を判断することにより分析する、請求項 1 6 に記載のハンドヘルドメンテナンスツール。

40

【請求項 1 8】

前記プログラムは、前記通信ライン上の測定電流が、前記通信ラインの伝送線路の両端に接続される既知のダミー負荷に引き込まれる電流に等しいかどうかを判断する、請求項 1 6 に記載のハンドヘルドメンテナンスツール。

【請求項 1 9】

前記プログラムは、前記通信ライン上の前記測定電流が前記通信ラインに接続された特定の数のデバイスについて予測される引き込み電流よりも小さいかどうかを判断することで、測定した前記電圧または電流の少なくとも一方を分析する、請求項 1 5 に記載のハンド

50

ヘルドメンテナンスツール。

【請求項 20】

前記コンピュータ可読メモリは、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの数の指示値を格納し、

前記プログラムは、前記デバイスの特定の数として、格納された前記通信ラインに接続されていることが判明する前記デバイスの数の指示値を使用する、請求項 19 に記載のハンドヘルドメンテナンスツール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、給電信号及び通信信号を通信ライン上の 1 つ以上のフィールドデバイスに選択的に供給する診断用ハンドヘルドメンテナンスツールに関するものであり、特に通信ラインの障害を検出して障害箇所特定することができるハンドヘルドメンテナンスツールに関するものである。

【背景技術】

【0002】

化学石油精製プロセスに使用されるプロセス制御システムのようなプロセス制御システムは通常、少なくとも 1 つのホストまたはオペレータワークステーションに通信可能に接続され、かつ 1 つ以上のフィールドデバイスにアナログバス、デジタルバス、または複合アナログ/デジタルバスを介して通信可能に接続される 1 つ以上のプロセスコントローラを含む。例えば、バルブ、バルブポジショナ、スイッチ、及びトランスミッタとすることができるフィールドデバイス（例えば、温度センサ、圧力センサ、及び流量センサ）は、機能をプロセスプラント内で実行し、例えばバルブを開閉し、プロセスパラメータを測定する。プロセスコントローラは、フィールドデバイスで採取されるプロセス測定値を表わす信号、及び/又はフィールドデバイスに関する他の情報を受信し、この情報を使用して制御ルーチンを実行し、続いてバスまたは他の通信ライン上に送信される制御信号を生成してフィールドデバイスの動作を制御する。情報がフィールドデバイス及びプロセスコントローラから収集されると、作業員または技術者は、1 種類以上のアプリケーションをオペレータワークステーションで実行することができ、これらのアプリケーションはプロセスに関するいずれの所望の機能も実行し、例えばプロセスを設定する、プロセスの現在状態を可視化する、及び/又はプロセスの動作を変更する。

【0003】

多くの場合、フィールドデバイスは、現地でのセットアップ、設定、試験、及びメンテナンスを必要とする。例えば、フィールドデバイスをプロセス制御プラントの特定の箇所に設置してしまう前に、フィールドデバイスをプログラムする必要がある、次にフィールドデバイスを設置する前と設置した後に試験する必要がある。既に設置されているフィールドデバイスは更に、メンテナンス上の理由から定期的にチェックする必要がある、または例えば障害が検出されてフィールドデバイスを稼働させるか、または修復するかについて診断する必要がある場合に定期的にチェックする必要がある。一般的に言えば、フィールドデバイスの設定及び試験は、現地で、ハンドヘルドポータブルメンテナンスツールを使用して行なわれる。多くのフィールドデバイスが遠く離れた到達困難な箇所に設置されるので、ユーザにとって、このような遠く離れた箇所に設置されるデバイスを、フル設定の試験用デバイスを使用するのではなく、ハンドヘルドポータブルツールを使用して試験することができるので一層便利であり、フル設定の試験用デバイスは、重量が重く、嵩張り、携行できないので普通、設置フィールドデバイスを診断装置がある箇所まで輸送する必要がある。

【0004】

フィールドデバイスが少なくとも部分的に動作し、ローカルバスを介して給電される場合、ハンドヘルドメンテナンスツールまたはポータブル試験デバイス（“PTD”）をフィールドデバイスの通信端子に接続することにより診断ルーチンを実行することができる。普

10

20

30

40

50

通、フィールドデバイス及びP T Dは通常、バス（bus）と表記される2線式通信接続線上で、または4線式通信接続線上で、もしくは2線式通信ライン上で、または4線式通信ライン上で通信する。例えば、FOUNDATION（登録商標）Fieldbusデバイス及びHART（登録商標）デバイスは通常、プラント環境に設置されると、2線式（または、幾つかの場合には4線式）接続線またはバスに接続される。ハンドヘルドデバイスを使用して、例えばFoundation FieldbusまたはHART通信ラインまたは他の通信バスに接続することにより、当該通信ラインまたは通信バスに接続されるデバイスと通信することが知られている。

【0005】

幾つかの場合では、Intrinsic Safety（“IS”：本質的安全）規格は、特にフィールドデバイスが、野外の危機的な場所にある、または危険な場所にあるプロセス制御システムに設置される場合に給電信号及び他の通信信号をフィールドデバイスに供給することができる方式を制限している。一般的に、フィールドデバイスと通信するために使用される電圧よりも高い電圧を使用して電源をフィールドデバイスに供給する。更に、特定の安全対策は、野外のフィールドデバイスに給電する前に実行される必要がある。詳細には、ISガイドラインによれば、技術者は、フィールドデバイス自体の内部のフィールドデバイスの電源をスイッチオンすることができず、特定の所定レベルを超える電圧を発生するデバイスを使用することができない。ISガイドラインは、内部電源切り替え、及びより大きな電圧の発生を禁止しているが、その理由は、フィールドデバイスが多くの場合、揮発性物質または揮発性プロセスの近傍に設置され、従って高電圧または接続電源がフィールドデバイスに印加されると、アーク放電が生じて、または火花が飛んで爆発を起こす可能性がより高くなるからである。参考のため、内部スイッチは、フィールドデバイスの内部に一体的に接続される、または物理的に収容される、及び／又はフィールドデバイスに固定される任意のスイッチであると考えることができる。

【0006】

関連ISガイドラインは更に、フィールドデバイスに接続され、かつフィールドデバイスの近傍内に位置するP T Dの内部の電源をスイッチオンすることがないように推奨している。IS規格は普通、電源を野外に設置される非動作状態または非給電状態のフィールドデバイスに印加する場合に手動介入を要求する。既存のP T Dを、フィールドデバイスに給電する自動給電機能を持つように設定することが望ましいが、この設定は普通、IS規格では、特により高い給電信号をフィールドデバイスに供給して、フィールドデバイスに給電する、またはフィールドデバイスを試験する場合に禁止されている。

【0007】

IS規格に準拠するために、幾つかの既存のP T Dは、4本のラインまたは伝送線路をP T Dと試験対象のフィールドデバイスとの間に接続する4つの接続ポートを有するインターフェースを含む。一般的に、第1ラインペアを使用して通信信号を第1の電圧範囲で送信し、第2ラインペアを使用してフィールドデバイスに、第2の高電圧または第2の電圧範囲で給電する。第1ラインペアは主として、フィールドデバイスが試験対象になっているときに必ず使用され、第2ライン／伝送線路ペアは、電源をフィールドデバイスに供給して、フィールドデバイスが機能（例えば、試験機能または設定機能）を実行できる必要があるときにのみ使用される。このようにして、試験対象のフィールドデバイスへの追加給電を行なうためには必ず手動介入を必要とし、手動介入では、更に別の伝送線路をフィールドデバイスとP T Dとの間に接続する。つまり、IS規格は一般的に、フィールドデバイスのポータブル試験装置の開発を制限して、フィールドデバイスをポータブル試験装置に接続する2つの別々の一連のラインまたはリード伝送線集合体、及び3つ、または4つのポートが必要となるようにしている。

【0008】

いずれにせよ、不可能ではないにしても、通信ラインまたは通信バスが、短絡（低インピーダンス）障害または開放（高インピーダンス）障害のような障害を有している場合、ハンドヘルドデバイスを使用してフィールドデバイスと設置通信ラインまたは通信バスを介

10

20

30

40

50

して通信することは困難である。更に、このような障害が通信バスに発生する場合、障害がバスまたは通信ラインに第1の事例として発生していることを検出することは困難になってしまう。例えば、ハンドヘルドデバイスは、バスとの接続を行なうことができ、バス上で動作することができ、更には、バスに高インピーダンス障害が発生する場合にバス上のこれらのデバイスのうちの幾つかのデバイスと通信することもできる。これらの場合において、作業員が、バス上のフィールドデバイスとの通信不能が、バスの障害により、またはバス上のデバイス内の障害により生じているかどうかを認識することは困難である。更には、作業員が通信ラインまたは通信バスに障害が発生していることを認識する場合でも、作業員が、障害が発生している箇所を認識して、障害を容易に見つけ出して修復することができることは困難である。幾つかの場合では、プロセス制御通信バスの通信ライン及び給電ラインはプラント内で長大な距離を引き回され、これらのラインは、プラント内に設置されると、隠れてしまう、覆われてしまう、またはその他には、見え難くなる可能性がある。従って、作業員が、障害がライン内に発生していることを認識する場合でも、ラインを目視検査して障害を見つけ出すためには長時間を要する可能性がある。

【発明の概要】

【0009】

ハンドヘルドメンテナンスツールは、障害がプロセス制御ネットワークの通信ラインまたは通信バスに発生していることを検出するように動作し、更に、ライン内の、またはバス内の障害の箇所または概略箇所を検出するように動作することができる。ハンドヘルドメンテナンスツールは、短絡障害または他の低インピーダンス障害、開放障害または他の高インピーダンス障害などのような様々な種類のライン障害または通信バスネットワーク障害を検出することができる。更に、ハンドヘルドメンテナンスツールは、補助モードで動作してハンドヘルドデバイスに対する障害の概略箇所を検出することにより、作業員または保守要員が、検出された障害を一層容易に見つけ出して修復することができるようになっている。

【0010】

幾つかの場合では、ハンドヘルドメンテナンスツールを使用して給電信号及び制御信号及び通信信号を、一連の通信ラインに接続される1つ以上のフィールドデバイスを有する制御ループ上に、HARTプロトコル及びFoundation Fieldbusプロトコルのような1種類以上の既知のプロセス制御通信プロトコルを使用して供給することができる。更に、このプロセスの一部として、ハンドヘルドメンテナンスツールは、診断ハードウェア及び診断ソフトウェアを搭載することができ、診断ハードウェア及び診断ソフトウェアを使用して、ハンドヘルドデバイスが給電信号または通信信号を制御ループ内の1つ以上のフィールドデバイスに無事供給しているかどうかを検証することができる。1つの例では、ハンドヘルドデバイスは、電源（例えば、電圧信号の形態）をループ上に供給し、電源を数秒間かけて安定させた後、診断ハードウェア及び診断ソフトウェアは、ループの両端の電圧、及びループ上の電流を測定することができる。測定された電圧が給電電圧と同じ電圧であるが、電流が測定されない、または小さな電流しか測定されず、電源が消費されていないことを意味する場合、デバイスは、制御ループまたは制御バスの開放障害を検出することができる。この方法は、ダミー負荷をループに、例えばハンドヘルドデバイスとの接続部の近傍に付加することにより補強することができる。

【0011】

別の場合では、ハンドヘルドツールは電源を制御ループに特定の低電流入力及び高電流入力により供給することができる。高電流閾値は、例えば40mAとすることができる。ループ上のデバイスの数が特定の制限値を超えないことが判明する幾つかの場合では、ハンドヘルドデバイスは、引き込み電流が高電流制限値を超えるかどうかを検出することができる。引き込み電流が高電流制限値を超える場合、短絡障害または他の低インピーダンス障害を検出することができる。ループ上の作動状態のフィールドデバイスの数が判明しない他の場合では、ハンドヘルドデバイスは、引き込み電流を特定の制限値に制限することができ、引き込み電流がこの制限値に達するか、または制限値を超える場合、ハンドヘル

10

20

30

40

50

ドデバイスは、制限値を1つ以上のステップで新規の高電流制限値に増加させることができる。電流が新規の高電流制限値に達する場合、短絡障害状態または他の低インピーダンス障害状態を検出することができる。従って、この場合、高電流制限値は、ループに接続される負荷、または作動状態のデバイスの数に基づいて設定することができる。いずれの場合でも、電流が所定の高電流制限閾値または事前設定される高電流制限閾値に達するか、または高電流制限閾値を超える場合、ハンドヘルドデバイスは、電源を遮断してバス上の、またはループ上の短絡状態を検出することができる。

【0012】

更に別の場合では、ハンドヘルドメンテナンスツールは、開放障害のような障害の箇所を、電磁パルス信号を使用して検出することができる。例えば、ハンドヘルドデバイスは、電磁パルスまたは連続電磁パルスを発生させることができ、これらのパルスを通信ライン上に送信することができる。ハンドヘルドメンテナンスツールは、例えば1つ以上のオペアンプを使用して、例えば最大250mAで出力されるパルス電流を生成する回路を含むことができる。勿論、ハンドヘルドデバイスは通常、バッテリー動作するので、任意の特定の充電サイクル中に発生させることができるこのようなパルスの数を低く抑える必要があり、ハンドヘルドデバイスは、ユーザに対してユーザインターフェースを介して、現在のバッテリー充電量に応じて実行可能なこのような試験の回数の指示値のようなパルス信号発生器の使用状態を通知することができる。いずれにしても、ハンドヘルドデバイスはパルスを発生させることができ、次にパルスの反射パルスまたはエコーパルスを通信ライン上に検出して、開放障害または他の高インピーダンス障害の箇所を突き止めることができる。詳細には、ハンドヘルドデバイスは、初期パルスを通信ライン上に乗せた時刻と比較される、戻りパルスまたはエコーパルスを受信する時刻を検出することができ、ハンドヘルドデバイスは、障害までの概略距離を当該タイミング差に基づいて求めることができる。別の場合では、ハンドヘルドメンテナンスデバイスは、戻りパルスまたはエコーパルスの信号電力または振幅を検出することができ、障害までの距離を、通信ライン上に乗せた原パルスの振幅と比較されるエコーパルスの振幅低下に基づいて求めることができる。幾つかの場合では、ハンドヘルドデバイスから障害までの距離を求めるこの方法は、通信ライン上のいずれの未使用ノードまたはデバイス接続部も、特定の入力インピーダンスを有する所定の種類の終端装置で閉回路にして、試験パルスが発生すると、これらの箇所からの電磁反射を無くす、または最小限に抑える場合に、一層良好に機能することができる。この付加機能により、終端ノードからのいかなる反射もこのようにして検出することができる。

【0013】

更に、幾つかの場合では、電磁パルスは、本質的安全(IES)用途には適していないので(この方法において、大電力量または大電圧を発生させる可能性がある)、ハンドヘルドメンテナンスデバイスは、電磁パルスを特定の電力レベルまたは電圧レベルに制限して、このハードウェアを本質的安全用途に適正な電力変調を行なって組み込むことができるようにして、この方法では火花を全く生起しないように動作することができる。電磁パルスの発生が本質的に安全な環境において許可されない他の場合では、電磁パルスを発生させる回路は、ハンドヘルドデバイスに容易に接続することができる着脱可能なハウジングまたは別体のハウジングに収容することができる。この構成により、障害検出回路をハンドヘルドデバイスに接続することができ、障害検出回路を使用して、障害箇所を本質的に安全な環境以外の環境において検出することができ、障害検出回路をハンドヘルドデバイスから取り外すことにより、ハンドヘルドデバイスの他の機能を本質的に安全な方法で本質的に安全な環境において使用することができる。

【0014】

1つの実施形態では、通信ラインと、前記通信ラインに接続される1つ以上のデバイスと、を有するプロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では、第1電子信号を前記通信ライン上にハンドヘルドデバイスから供給し、前記通信ライン上の前記第1電子信号に応答して、前記ハンドヘルドデバイスで前記通信ライン上の第2電子信号を測定し、

10

20

30

40

50

前記ハンドヘルドデバイス内のコンピュータプロセッサで、前記測定第2電子信号を分析して、前記通信ラインの高インピーダンス障害を突き止める。前記方法では更に、検出された高インピーダンス障害が発生していることをユーザに対して前記ハンドヘルドデバイス上のユーザディスプレイを介して通知することができる。必要に応じて、前記通信ライン上の前記第2電子信号を測定する際に、前記通信ライン上の電流を測定することができ、前記測定第2電子信号を分析する際に、前記通信ライン上の前記測定電流が、ゼロまたは略ゼロのような閾値を下回るかどうかを判断する、または前記通信ライン上の特定の数のデバイスについて予測される引き込み電流よりも小さい閾値を下回るかどうかを判断することができる。後者の場合、前記方法では、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの数の指示値を前記ハンドヘルドデバイスのメモリに格納することができ、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの前記数の前記格納指示値をデバイスの特定の数として使用することができる。更には、プロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では、既知の負荷を前記通信ラインの両端に接続することができ、前記測定第2電子信号を分析する際に、前記通信ライン上の前記測定電流が前記既知の負荷に引き込まれる電流に等しいかどうかを判断することができる。同様に、プロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では更に、前記通信ラインに接続されていることが判明する複数のデバイスについて予測される引き込み電流の指示値を前記ハンドヘルドデバイスのメモリに格納することができ、前記通信ラインに接続されていることが判明する複数のデバイスについて予測される前記引き込み電流の前記格納指示値を使用して前記閾値を決定することができる。

10

20

【0015】

また、プロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では更に、前記通信ライン上の前記障害の箇所を、パルス信号を前記通信ライン上に前記ハンドヘルドデバイスで第1時刻に発生させ、エコーパルス信号を前記通信ライン上に前記ハンドヘルドデバイスで第2時刻に検出することにより検出することができ、前記エコーパルス信号は、前記障害からの前記パルス信号の反射パルス信号であり、前記方法では更に、前記エコーパルス信号を使用して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を突き止めることができる。1つの場合では、前記エコーパルス信号を使用して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を突き止める際に、前記第1時刻と前記第2時刻との時間差を求め、前記時間差を使用して前記障害までの距離を求めることができる。他の場合では、前記エコーパルス信号を使用して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を突き止める際に、前記エコーパルス信号の振幅を測定し、前記エコーパルス信号の前記測定振幅を使用して前記障害までの距離を求めることができる。更に詳細には、前記エコーパルス信号の前記測定振幅を使用して前記障害までの距離を求める際に、前記エコーパルス信号の前記振幅を前記パルス信号の振幅と比較して振幅低下を確認し、前記振幅低下を使用して前記障害までの距離を求めることができる。更に、前記エコーパルス信号の前記測定振幅を使用して前記障害までの距離を求める際に、1つ以上の信号伝搬特性を前記ハンドヘルドデバイスのメモリに格納することができ、前記1つ以上の格納信号伝搬特性を前記振幅低下の他に使用して前記障害までの距離を求めることができる。

30

【0016】

40

また、プロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では、第1振幅を有する第1パルス信号を前記通信ライン上に発生させることができ、前記第1パルス信号に応答して、エコーパルス信号が特定の期間内に受信されるかどうかを検出することができ、エコーパルス信号が前記特定の期間内に受信されない場合、前記第1振幅よりも大きい第2振幅を有する第2パルス信号を前記通信ライン上に発生させることができ、前記第2パルス信号に応答して、エコーパルス信号が第2期間内に受信されるかどうかを検出することができる。更には、プロセス制御通信ネットワークの障害を検出する方法では更に、前記パルス信号を発生させたことに伴う前記ハンドヘルドデバイスのバッテリー使用量を追跡し、前記ハンドヘルドデバイスのユーザに対して、障害箇所を検出するための前記パルス信号の使用に関連する電力状態について警告することができる。

50

【 0 0 1 7 】

別の場合では、プロセス制御システムの通信ラインの障害を検出するために使用されるハンドヘルドメンテナンスツールは、前記通信ラインに電子的に接続されるように構成される入力／出力インターフェースと、給電信号及び通信信号を前記通信ライン上に乗せる電源と、1つ以上の電子信号センサと、電子ディスプレイ及び／又は発話インターフェースのようなユーザインターフェースと、プロセッサと、前記プロセッサ上で実行されるプログラムを格納するコンピュータ可読メモリと、を含む。前記プログラムは、前記プロセッサ上で実行されると、前記通信ライン上に乗せた給電信号に応答して、前記通信ライン上の電子信号を測定し、前記測定電子信号を分析して、前記通信ラインの高インピーダンス障害を突き止め、検出された高インピーダンス障害が発生していることをユーザに対して前記ユーザインターフェースを介して通知する。

10

【 0 0 1 8 】

前記1つ以上の電子信号センサは、電圧センサを含むことができ、前記通信ライン上の電流を測定する電流センサを含むことができる。前記プログラムは前記測定電子信号を、前記通信ライン上の前記測定電流が、略ゼロのような閾値を下回るかどうかを判断することにより、または前記通信ラインに接続される特定の数のデバイスについて予測される引き込み電流よりも小さい閾値を下回るかどうかを判断することにより分析することができる。この場合、前記コンピュータ可読メモリは、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの数の指示値を格納することができ、前記プログラムは、前記通信ラインに接続されていることが判明するデバイスの前記数の前記格納指示値をデバイスの特定の数として具体的に使用することができる。同様に、前記コンピュータ可読メモリは、前記通信ラインに接続されていることが判明する複数のデバイスについて予測される引き込み電流の指示値を格納することができ、前記プログラムは、前記通信ラインに接続されていることが判明する複数のデバイスについて予測される前記引き込み電流の前記格納指示値を使用して前記閾値を決定することができる。前記プログラムは更に、前記通信ライン上の前記測定電流が、前記通信ラインの伝送線路の両端に接続される既知のダミー負荷に引き込まれる電流に等しいかどうかを判断することができる。

20

【 0 0 1 9 】

前記ハンドヘルドメンテナンスツールは更に、パルス信号を前記通信ライン上に発生させるように適合させたパルス信号発生器を含むことができ、前記プログラムは更に、前記パルス信号発生器に指示してパルス信号を前記通信ライン上に第1時刻に乗せることができ、前記1つ以上の電子信号センサを使用して前記通信ライン上のエコーパルス信号を前記ハンドヘルドデバイスで第2時刻に検出することができ、前記エコーパルス信号は、前記障害からの前記パルス信号の反射パルス信号であり、前記プログラムは前記エコーパルス信号を使用して、前記通信ライン上の前記障害の箇所を突き止めることができる。詳細には、前記プログラムは前記エコーパルス信号を使用して、前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を、前記第1時刻と前記第2時刻との時間差を測定し、前記時間差を使用して前記障害までの距離を求めることにより突き止めることができる。更に、または別の構成として、前記プログラムは前記エコーパルス信号の振幅を測定し、前記エコーパルス信号の前記測定振幅を使用して前記障害までの距離を求めることができる。例えば、前記プログラムは前記エコーパルス信号の前記振幅を前記パルス信号の振幅と比較して振幅低下を確認することができ、前記振幅低下を使用して前記障害までの距離を求めることができる。更に、前記プログラムは、前記パルス信号を発生させたことに伴う前記ハンドヘルドメンテナンスツールのバッテリー使用量を追跡することができ、前記ハンドヘルドメンテナンスツールのユーザに対して当該ユーザインターフェースを介して、前記パルス信号の使用に関連する電力状態について警告することができる。

30

40

【 0 0 2 0 】

別の実施形態によれば、一連の通信ラインと、前記一連の通信ラインに接続される1つ以上のデバイスと、を有するプロセス制御ネットワーク通信バスの障害の箇所を検出する方法では、パルス信号を前記通信ライン上に前記通信ラインに接続されるハンドヘルドデバ

50

イスを介して第 1 時刻に発生させ、エコーパルス信号を前記通信ライン上に前記ハンドヘルドデバイスで第 2 時刻に検出し、前記エコーパルス信号が、前記障害からの前記パルス信号の反射パルス信号であり、前記方法では更に、前記ハンドヘルドデバイスのコンピュータプロセッサを介して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を前記検出エコーパルス信号に基づいて突き止める。

【 0 0 2 1 】

更に別の実施形態によれば、プロセス制御システムの一連の通信ラインの障害を検出するために使用されるハンドヘルドメンテナンスツールは、前記通信ラインに接続されるように構成される入力／出力インターフェースと、パルス信号を発生させて前記通信ライン上に乗せるように構成されるパルス信号発生器と、1 つ以上の電子信号センサと、ユーザインターフェースと、プロセッサと、前記プロセッサ上で実行されるプログラムを格納するコンピュータ可読メモリと、を含む。前記プログラムは動作して、前記通信ライン上の前記パルス信号に応答して、前記通信ライン上の電子信号を測定することにより前記測定電子信号を分析して前記通信ラインの障害の箇所を突き止め、前記突き止めた箇所に前記障害が発生していることをユーザに対して前記ユーザインターフェースを介して通知する。必要に応じて、前記 1 つ以上の電子信号センサは、エコーパルス信号を前記通信ライン上に検出する電流センサまたは電圧センサを含む。前記プログラムは更に、前記パルス信号発生器に指示してパルス信号を前記通信ライン上に第 1 時刻に乗せることができ、前記 1 つ以上の電子信号センサを使用して、エコーパルス信号を前記通信ライン上に前記ハンドヘルドデバイスで第 2 時刻に検出することができ、前記エコーパルス信号が、前記障害からの前記パルス信号の反射パルス信号であり、前記プログラムは、前記エコーパルス信号を使用して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を突き止めることができる。詳細には、前記プログラムは前記エコーパルス信号を使用して前記通信ライン上の前記障害の前記箇所を、前記第 1 時刻と前記第 2 時刻との時間差を測定し、前記時間差を使用して前記障害までの距離を求めることにより突き止めることができる。更に、または別の構成として、前記プログラムは前記エコーパルス信号の振幅を測定し、前記パルス信号の前記測定振幅を使用して前記障害までの距離を求めることができる。例えば、前記プログラムは前記検出エコーパルス信号の前記振幅を前記パルス信号の振幅と比較して振幅低下を確認することができ、前記振幅低下を使用して前記障害までの距離を求めることができる。同様に、前記プログラムは、前記パルス信号を発生させたことに伴う前記ハンドヘルドデバイスのバッテリー使用量を追跡することができ、前記ハンドヘルドデバイスのユーザに対して当該ユーザインターフェースを介して、前記パルス信号の使用に関連する電力状態について警告することができる。更には、前記ハンドヘルドデバイスは、第 1 ハウジングと、前記第 1 ハウジングに着脱可能に接続される第 2 ハウジングと、を含むことができ、前記プロセッサ、前記 1 つ以上の電子信号センサ、及び前記ユーザインターフェースは前記第 1 ハウジング内に配置され、前記パルス信号発生器は前記第 2 ハウジング内に配置される。

【 0 0 2 2 】

別の実施形態では、通信ラインと、前記通信ラインに接続される 1 つ以上のデバイスと、を有するプロセス制御ネットワークの障害を検出する方法では、第 1 給電信号（電圧信号または電流制限給電信号のような）を前記通信ライン上に第 1 振幅レベルで前記通信ラインに接続されるハンドヘルドデバイスから供給し、前記通信ライン上の前記第 1 給電信号に応答して、前記通信ライン上の電流を前記ハンドヘルドデバイスで測定し、前記第 1 給電信号に応答して、前記測定電流信号を前記ハンドヘルドデバイス内のプロセッサを介して分析して、低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを確認する。低インピーダンス障害状態が、前記通信ライン上の前記第 1 給電信号に応答して確認されない場合、前記方法では、第 2 給電信号（電圧信号または電流制限給電信号のような）を前記通信ライン上に、前記第 1 振幅レベルよりも高い第 2 振幅レベルで供給し、前記通信ライン上の前記第 2 給電信号に応答して、前記通信ライン上の別の電流信号を測定し、別の前記測定電流信号を分析して、低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを確認する。低インピーダンス障害が、前記第 1 給電信号または前記第 2 給電信号のい

10

20

30

40

50

ずれかについて確認される場合、前記方法では、検出された障害が発生していることをユーザに対して前記ハンドヘルドデバイス上のユーザインターフェースを介して通知する。プロセス制御ネットワークの障害を検出する方法では更に、低インピーダンス障害が、前記第 1 給電信号または前記第 2 給電信号のいずれかについて確認される場合、前記第 1 給電信号または前記第 2 給電信号を前記通信ラインから取り出すことができる。更に、プロセス制御ネットワークの障害を検出する方法では、前記第 1 給電信号に 응답して、前記測定電流信号を分析して低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを、前記測定電流信号が閾値よりも高いかどうかを判断することにより確認することができる。同様に、プロセス制御ネットワークの障害を検出する方法では、前記第 1 給電信号に 응답して、前記測定電流信号を分析して低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを、前記測定電流信号が第 1 閾値よりも高いかどうかを判断することにより確認することができる。前記第 2 給電信号に 응답して、別の前記測定電流信号を分析して低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを、別の前記測定電流信号が、前記第 1 閾値よりも大きい第 2 閾値よりも高いかどうかを判断することにより確認することができる。更には、プロセス制御ネットワークの障害を検出する方法では更に、前記通信ライン上の 1 つ以上のデバイスについて予測される引き込み電流の指示値を前記ハンドヘルドデバイスのメモリに格納することができ、前記第 1 給電信号に 응답して、前記測定電流信号を分析して低インピーダンス障害が前記通信ラインに発生していることを、前記測定電流信号が、前記通信ライン上の 1 つ以上のデバイスについて予測される引き込み電流の前記指示値に基づいて導出される第 1 閾値よりも高いかどうかを判断することにより確認することができる。

10

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】図 1 は、給電信号及び通信信号を、試験対象のフィールドデバイスに供給する先行技術によるシステムを示している。

【図 2】図 2 は、プラント通信ネットワークに接続される場合に障害検出機能を有する例示的なハンドヘルド通信デバイスを示している。

【図 3】図 3 は、開放障害を有するプラント通信ネットワークに接続されるハンドヘルド通信メンテナンスデバイスを示している。

【図 4】図 4 は、短絡障害を有するプラント通信ネットワークに接続されるハンドヘルド通信メンテナンスデバイスを示している。

30

【図 5】図 5 は、図 2 のハンドヘルド通信メンテナンスデバイス内の例示的な障害検出回路のブロック図を示している。

【図 6 A】図 6 A 及び図 6 B は、プラント通信ライン上のパルス信号の反射を示すパルス発生図及びパルス反射図を示しており、当該反射を利用して通信ライン上の障害箇所を検出することができる。

【図 6 B】同上。

【図 7】図 7 は、図 5 のシステムの障害検出回路に使用することができる例示的なパルス発生回路のブロック図を示している。

【図 8】図 8 は、パルス信号を発生させる方法に関連する信号図を示しており、当該方法は図 7 の回路に用いられる。

40

【図 9】図 9 は、着脱可能に取り付けることができる障害検出及び障害箇所検出ユニットを有するハンドヘルド通信メンテナンスデバイスを示している。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

本明細書において記載されるデバイス及び方法により普通、プロセス制御通信ネットワークのような通信ネットワーク内部の障害を検出することができ、これらの障害として、例えば短絡（低インピーダンス）障害及び開放（高インピーダンス）障害を挙げることができる。更に詳細には、1 つの例では、ハンドヘルドデバイス、及びポータブルデバイスまたはハンドヘルドデバイスを使用する方法は、有線通信ネットワークのようなネットワー

50

ク内のフィールドデバイスとの接続を行ない、給電信号及び／又は通信信号を、例えば２線式リード伝送線集合体上に、または２線式通信ライン上に、幾つかの場合では *Intrinsic Safety* (“IS”：本質的安全) 規格にも準拠しながら供給して、ネットワーク上の１つ以上のデバイスとのプロトコル通信だけでなく、通信ネットワーク上のデバイスに対する診断または他の操作を実行する。ハンドヘルドデバイス、及び当該デバイスを使用する方法は、現時点でフィールドデバイスと通信して、かつ電源をフィールドデバイスに供給するシステムよりも優れた多くの安全機能及び利点を提供するので、これらの公知のシステムについて簡単に説明することとする。

【 0 0 2 5 】

ポータブル設定ツール及びポータブル校正ツールは多くの場合、２線式接続線をハンドヘルドメンテナンスツールまたはポータブル試験デバイス (“PTD”) とフィールドデバイスとの間に必要とし、２線式接続線を使用して、これらの２つのデバイスの間の通信を可能にする。例えば、FOUNDATION (登録商標) Fieldbus デバイスは普通、２線式通信ラインまたは２線式リード伝送線集合体を PTD とフィールドバスデバイスとの間に接続してフィールドデバイスをセットアップする、設定する、または診断する必要がある。フィールドデバイスに既に給電されている場合、２線式通信ラインは、フィールドデバイスの設定及び試験を完了させるためにほぼ十分である。これとは異なり、FOUNDATION (登録商標) Fieldbus デバイスのようなフィールドデバイスが試験及び／又は設定に電源を必要とする場合に必要な電源を設定中または試験中に供給する PTD を使用すると一層便利になる場合がある、または PTD を使用することが一層必要となる場合がある。しかしながら、IS 規格は、電源を PTD の内部から、またはフィールドデバイス自体の内部からスイッチオンすることを許可していない (例えば、補助給電伝送線路または余分な給電伝送線路を利用できる場合) が、その理由は、このような PTD が多くの場合、危険な爆発環境で使用されるからである。

【 0 0 2 6 】

図 1 は、フィールドデバイス 10 及び PTD 12 を含む既存システムを示しており、PTD 12 は、フィールドデバイス 10 と通信する動作と、電源をフィールドデバイス 10 に供給する動作を設定状態、動作状態、及び試験状態で同時に行なう。一般的に、PTD 12 から取り出される第 1 伝送線路ペア 14 は、フィールドデバイス 10 の入力端子 18 及び出力端子 20 からなる端子ペアに接続されてフィールドデバイス 10 と通信する。例えば、PTD 12 は、情報をフィールドデバイス 10 から取り出す診断ルーチンを実行することができる、及び／又は PTD 12 はフィールドデバイス 10 を、プログラム命令をフィールドデバイス 10 に第 1 伝送線路ペア 14 の両端に送信することにより設定することができる。図 1 の既存システムでは、技術者は、PTD 12 が読み取り値をフィールドデバイス 10 から取得できない場合にフィールドデバイス 10 に給電されていないと判断することができる。幾つかの場合では、技術者は、フィールドデバイス 10 の給電状態を目視検査により、またはフィールドデバイス 10 自体に搭載されているインジケータにより確認することができる。フィールドデバイスが非給電状態になっている場合、技術者はその時点で、第 2 伝送線路ペア 16 を PTD 12 と試験対象のフィールドデバイス 10 との間に接続して、電源をフィールドデバイス 10 に供給することができる。一般的に、PTD 12 は入力／出力インターフェース 23 を有し、入力／出力インターフェース 23 は、ソケット、ジャック、または他の任意の種類の電気レセプタクルを提供して、２つの二股プラグ 30, 32 を PTD 12 に接続する。本明細書において使用されるように、*prong* とは、任意の種類の雄コネクタを指し、雄コネクタは、図 1 の PTD 入力／出力インターフェースまたは通信インターフェース 23 のジャックのような電気レセプタクルまたは雌コネクタと結合する。２つの二股プラグ 30, 32 の各二股プラグは、２つの伝送線路ペア 14, 16 の１つの伝送線路ペアにそれぞれ接続され、伝送線路ペア 14, 16 の各伝送線路は、各プラグ 30, 32 の別々の脚部に接続される。

【 0 0 2 7 】

PTD 12 の入力／出力通信インターフェース 23 は、４つのジャック 41, 42, 43

10

20

30

40

50

、44を含む。第1ジャックペア41、42は、第1二股プラグ30と電氣的に接続されて通信信号をフィールドデバイス10に供給するために使用することができる。本明細書において使用されるように、2つ以上の構成部材を電氣的に接続するとは、電気が2つ以上の構成部材の間に流れるようにすることができる接続を指している。第2ジャックペア43、44は、第2二股プラグ32と電氣的に接続されて電源をフィールドデバイス10に第2伝送線路ペア16を介して供給するために使用することができる。IS規格のような一般的な安全規則は、電源を伝達する全ての電気伝送線路は、電源を電気伝送線路に印加する前に、フィールドデバイス10に接続される必要があることを規定している。この規則は、第2伝送線路ペア16上のより高い給電電圧に適用されるだけでなく、第1伝送線路ペア14に沿って送信される通信信号のような低電圧通信信号にも拡張適用される。この指示を実行しないシステムは必ず、IS規格に違反することになる。更に、IS規格によれば、電源切り替え手段は必ず、フィールドデバイス10の外部に配置する必要がある。図1の構造は、既存のIS規格に準拠しているが、その理由は、フィールドデバイス10自体の内部では電源をスイッチオンすることができないからである。更に、図1の構造によりユーザは、プラグ30、32をPTDインターフェース23の対応するジャック41、42、43、44に接続する前に、コネクタアセンブリの端子18、20をフィールドデバイス10に手動で接続することができる。図1のシステムは、PTD12がフィールドデバイス10の端子に直接接続される様子を示しているが、PTD12はそのような構成ではなく、通信ラインまたは通信バス（Foundation FieldbusバスまたはHART通信ラインのような）の端子に接続することができ、バスまたはネットワーク伝送線路上の1つ以上のデバイスと通信することができる。

10

20

【0028】

図2は、障害検出機能及び障害箇所検出機能を有する例示的なハンドヘルド通信デバイスまたはメンテナンスツール100を示している。ハンドヘルド通信デバイス100は、例えば2線式通信ラインまたは4線式通信ラインもしくは2線式バスまたは4線式バスを使用するプラント通信ネットワークに接続することができ、デバイス100は通信信号を、バス上のデバイスの間に、例えばコントローラ、フィールドデバイス、入力/出力デバイスの間に供給することができる、またはバス上の、もしくはネットワーク上の他の種類のデバイスの間に供給することができる。更に、デバイス100は、補助電源をバス上の、またはネットワーク上のこれらのフィールドデバイスのうちの1つ以上のフィールドデバイスに必要に応じて供給することができる。

30

【0029】

図2の例示的なハンドヘルドデバイス100は、ユーザインターフェースディスプレイ104及び種々のユーザインターフェースボタン106を備える本体またはハウジング102を含み、ユーザインターフェースボタン106を使用して、ディスプレイ104上に表示される画面全体をスクロールすることができる、及び/又はユーザはディスプレイ104上に表示される情報に対して他の措置を採ることができる、及び/又はハンドヘルドデバイス100の機能を実行することができる。更に、ハンドヘルドデバイス100は、一連のポートを含む通信給電信号入力/出力インターフェース110を含み、これらのポートを使用してハンドヘルドデバイス100を、FOUNDATION（登録商標）Fieldbusデバイスまたはバス、HART（登録商標）フィールドデバイスまたはバス、CANフィールドデバイスまたはバス、Profibusフィールドデバイスまたはバスなどのような様々な異なる種類のフィールドデバイスまたはバスに接続することができる。幾つかの例では、異なるポート構造を入力/出力インターフェース110に設けることができ、これらのポート構造として、種々の異なるピン、ジャック、または他の種類の接続構造を挙げることができ、これらの接続構造を使用して、デバイス100を異なる種類のフィールドデバイスに電氣的に接続するか、または上に説明したプロトコルのいずれかのプロトコルのような異なるプロセス制御ネットワーク通信プロトコルに関連する通信ラインに、または通信バスに電氣的に接続することができる。更に、入力/出力インターフェース110によりデバイス100は、電源をハンドヘルドデバイス100から通信バス上の、または通信ライン上

40

50

のフィールドデバイスに供給することによりフィールドデバイスを試験することができる。インターフェース 110 のピン型接続構造またはポート接続構造は、例えば 2 ピン型接続構造、3 ピン型接続構造、4 ピン型接続構造などを含むことができる。例示目的に過ぎないが、2 つの 2 ピン型相互接続コネクタ 120 及び 121 が図 2 に、デバイス 100 のインターフェース 110 上の 3 ポート付きコネクタ構造に着脱可能に接続されるものとして図示されている。更に、ハンドヘルドデバイス 100 は、プロセッサ 190、1 つ以上のコンピュータ可読メモリ 191、信号発生検出回路 194、及びプロセッサ 190、メモリ 191、及び信号発生検出回路 194 に接続される他の関連回路（関連回路は、ハードウェア、ファームウェアなどとして行うことができる）を含む様々な電子装置及び電子回路を含む。メモリ 191 及びプロセッサ 190 は、ソフトウェア（または、ファームウェア）を格納して実行することができ、ソフトウェアは、計算機能を実行して給電信号発生回路 194 を制御することにより設定、メッセージング、分析を実行し、ユーザ入力/出力アクセス機能及びユーザディスプレイ機能を、ハンドヘルドデバイス 100 のディスプレイ 104 を介して可能とする。図 2 に明確には図示されないが、ハンドヘルドデバイス 100 は、1 つ以上のビーパー、スピーカ、音声アラームなどのような音声利用インターフェースコンポーネントを有するユーザインターフェースを含むことができ、音声利用インターフェースコンポーネントを使用してユーザと通信することができる。

【0030】

回路 194 は、様々な電源回路、電圧回路、及び/又は電流信号発生回路を含むことができ、電圧センサ、電流センサなどのような様々なセンサを含むことができ、これらのセンサは、給電信号及び通信信号を、インターフェース 110 を介して接続される通信ライン上に乗せるように動作し、インターフェース 110 を介して接続される通信ライン上の給電信号及び通信信号を測定または検出し、様々な試験及び分析を、インターフェース 110 に接続されるバスまたはネットワークから受信する信号に対して実行して診断をネットワークに対して実行し、例えば低インピーダンス障害または高インピーダンス障害の発生及び箇所を検出するように構成される。更に詳細には、回路 194 は、プロセッサ 190（メモリ 191 に格納されるコンピュータ命令を受けて動作する）に接続することができ、プロセッサ 190 により制御することができ、情報をプロセッサ 190 に供給してデバイス 100 の機能を実行することにより、例えばハンドヘルドデバイス 100 の出力を駆動して、プロトコル利用通信機能及び給電機能をバス上で、またはネットワーク上で実行し（上に説明したプロトコルのいずれかのプロトコルのような 1 種類以上のプロセス制御通信プロトコルにより規定されている通りに）、通信ライン障害発生検出及び通信ライン障害箇所検出を実行し、ユーザインターフェース入力/出力動作をユーザインターフェースディスプレイ 104、ユーザインターフェースボタン 106、及びユーザインターフェース音声コンポーネント（図示せず）を介して実行し、デバイス 100 の他の機能を実行することができる。更には、メモリ 191 は、プログラミング（例えば、1 種類以上のプログラム）を格納してプロセッサ 190 上で実行するだけでなく、データを格納してプログラムが使用することにより、本明細書において記載される様々な機能を実行することができる。詳細には、プログラムは、プロセッサ 190 上で実行され、給電信号発生回路 194 を制御するために使用されると、様々な開放検出機能、短絡検出機能、または他の種類の障害検出機能及び障害箇所検出機能を、1 つ以上のフィールドデバイスの接続先の通信バス上に、または通信ライン上に形成される制御ループ内で実行することができる。これらの試験は、電源を制御ループに供給する場合に、またはその他には、通信信号を制御ループ状態の通信バスまたは通信ラインを介して供給する場合に実行することができる。

【0031】

一例として、図 3 は、通信ネットワーク 300（2 線式ネットワークとして図示されている）に接続されるハンドヘルドデバイス 100（ハンドヘルドデバイスは、図 2 のデバイス 100 とすることができる）を示しており、通信ネットワーク 300 は、通信ネットワーク 300 に接続される 3 つのフィールドデバイス 302、304、306 を有し、更にはネットワーク 300 の終端に接続される 1 つ以上の終端装置 308 を有する。通信ネッ

10

20

30

40

50

トワーク 300 は図 3 に、この場合はネットワーク 300 のバックボーン回線となって、3 つのフィールドデバイス 302, 304, 306 の接続先となるケーブルペア（例えば、ツイストケーブルペア）を有する有線通信ネットワークとして図示されている。この場合、点線円 310 で図示される開放障害は、ネットワーク 300 のツイストケーブルペアに発生しているものとして図示されている。開放は、終端装置が接続されていない方のネットワークの端子の一方の端子に位置するフィールドデバイスとの接続部分などにも発生し得る。しかしながら、図 3 の場合では、ツイストケーブルペア 300 のケーブル群または伝送線路群の一方または両方が分断される、または分離されることにより、開放がデバイス 304 とデバイス 306 との間に発生する。更に、図 3 の例では、ハンドヘルドデバイス 100 は、ネットワークバス 300 に接続されるものとして図示されているが、そうではなく、フィールドデバイス 302, 304, 306 のうちの 1 つのフィールドデバイスの適切な端子に直接接続されるようにすることもできる。いずれにせよ、デバイス 100 は、開放状態 310 または他の高インピーダンス障害を検出するために使用することができ、このような開放の相対的な箇所、または凡その箇所を検出するために使用することもできる。

10

【0032】

別の例として、図 4 は、ネットワーク 300 に接続されるハンドヘルドデバイス 100 を示しており、ネットワーク 300 はこの場合、点線円 320 で図示される短絡障害を有している。詳細には、図 4 のネットワーク 300 は、図 4 のネットワーク 300 が、開放状態または開放障害 310 ではなく、短絡状態 320 を含んでいることを除いて、図 3 に示すネットワークと同じネットワークとすることができる。この場合、ハンドヘルドデバイス 100 は、電源をネットワーク 300 に供給することができるが、電源を供給する際に、短絡 320 または他の低インピーダンス障害がネットワーク 300 内に発生していることを検出するように動作することもできる。

20

【0033】

図 5 は、信号発生検出回路 194 だけでなく図 2 のハンドヘルドデバイス 100 内に設けられるプロセッサ 190 の一部として使用することにより、標準プロトコル通信機能、バス機能、及びデバイス給電機能、及び障害検出動作、障害箇所確認動作、及び本明細書において記載される他の動作を実行することができる例示的な回路のブロック図を示している。図 5 に示すように、ハンドヘルドデバイス 100 は、ネットワーク 300 に通信インターフェース 110 を介して接続され、詳細には、ネットワーク 300 の 2 つの伝送線路またはケーブルに直接接続される 2 つのポートを含む。ハンドヘルドデバイス 100 は更に、生理学のプロセス信号ブロック 402 を含み、生理学のプロセス信号ブロック 402 は、1 つ以上の電圧センサ 402 A, 電流センサ 402 B、抵抗検出回路 402 C、インピーダンス検出回路 402 D などを含み、これらの構成要素は、ネットワーク 300 上の電圧、電流、電源、及び / 又は他の電気信号、またはネットワーク 300 の特性を測定することができる。生理学のプロセスブロック 402 は、例えば任意の数の電圧検出回路またはセンサ 402 A, 電流検出回路または電流センサ 402 B、インピーダンス検出回路または抵抗検出回路またはセンサ 402 C、402 D などを含むことができ、これらの構成要素は、公知の態様で動作して、ネットワーク 300 の、またはネットワーク 300 上の信号の電圧、電流、インピーダンス、抵抗、または他の電気特性を測定することができる。信号ブロック 402 内の様々なセンサ 402 A ~ 402 D が生成する信号は、1 つ以上のアンプ 404 に供給することができ、これらのアンプは、受信信号を増幅することができ、増幅後の信号をアナログ - デジタル変換回路 406 に供給することができる。アナログ - デジタル変換回路 406 は、1 つ以上のアナログ - デジタル変換器を含むことができ、これらのアナログ - デジタル変換器はアンプ 404 から受信するアナログ信号をデジタル信号に変換する。次に、アナログ - デジタル変換器 406 が生成するデジタル信号は、メモリ 191 に、及び / 又は信号処理ブロック 408 に供給することができ、信号処理ブロック 408 は、図 2 のプロセッサ 190 内に設けることができる。

30

40

【0034】

50

更には、図 5 のシステムは、信号処理ブロック 4 0 8 に接続される分析ブロック 4 1 0 と、制御インターフェース回路 4 1 5 と、制御インターフェース回路 4 1 5 に、かつネットワーク伝送線路 3 0 0 に接続される給電及び通信信号発生回路 4 2 0 と、パルス発生回路 4 3 0 と、タイミング回路 4 3 2 と、を含む。この場合、給電信号発生回路 4 2 0 及びパルス発生回路 4 3 0 は、バッテリー 4 4 0 に接続することができる、またはバッテリー 4 4 0 を含むことができ、バッテリー 4 4 0 は、エネルギーを供給して給電信号及び / 又は通信信号を生成することにより、通信ネットワーク 3 0 0 上に乗せることができる。給電信号及び / 又は通信信号は、電圧信号、電流信号などとすることができるので、電源回路 4 2 0 は、電圧源、電流源、または電圧源及び電流源の両方を幾つかの態様で組み合わせた複合電源を含むことができる。更には、給電及び通信信号発生回路 4 2 0 は、ネットワーク 3 0 0 に接続される出力を有することができる、給電信号及び / 又は通信信号を同じ一連の伝送線路（例えば、2 線式ネットワークの伝送線路）上に供給することができる、または給電信号及び通信信号をネットワーク 3 0 0 の異なる一連の伝送線路（例えば、図 5 に不図示の 4 線式ネットワークの伝送線路）上に供給することができる。同様に、給電及び通信信号発生回路 4 2 0 は、制御インターフェース回路 4 1 5 により駆動して、種々の異なる給電信号及び / 又は通信信号をバス上に、またはネットワーク 3 0 0 上に制御インターフェース回路 4 1 5 が指定する種々の時刻に供給することができ、制御インターフェース回路 4 1 5 は、デバイス 1 0 0 によりネットワーク 3 0 0 上で実行される通信及び試験を制御するように動作する。同様に、更に詳細に説明されるように、パルス発生回路 4 3 0 は、制御インターフェース回路 4 1 5 に従って動作して、1 種類以上のパルス（例えば、電圧パルスまたは電流パルス）をネットワーク伝送線路 3 0 0 上に発生させることができ、タイマー回路 4 3 2 は、信号をネットワーク 3 0 0 上に乗せる正確なタイミング、及び / 又は信号をネットワーク 3 0 0 から受信する正確なタイミングを追跡するクロックまたは他のタイマーを含むことができる。

【 0 0 3 5 】

理解できることであるが、制御回路 4 1 5（制御回路は、例えば図 2 のプロセッサ 1 9 0 上で実行される 1 種類以上のプログラムとして搭載することができる）は、Foundation Fieldbus プロトコル、HART プロトコル、CAN プロトコル、Profibus プロトコルなどのような 1 種類以上のプロセス制御通信プロトコルに関連する、またはプロセス制御通信プロトコルについて規定される設定機能、通信機能、試験機能、及び給電機能を実行することができる。従って、メモリ 1 9 1 は、データ及び情報を格納することができ、制御回路 4 1 5 は、当該データを使用して動作することにより、特定のプロセス制御通信プロトコルに準拠する 1 つ以上のデバイスとの通信を通信ライン 3 0 0 上で実行することができる。従って、制御回路 4 1 5 は、例えば命令を図 2 のユーザインターフェース 1 0 4 , 1 0 6 を介して受信した状態で、任意の事前格納設定手順及び通信手順を通信ネットワークまたは通信ライン 3 0 0 に接続されるデバイス上で、1 種類以上の特定のプロセス制御プロトコルにより規定される態様で、または 1 種類以上の特定のプロセス制御プロトコルに従って実行することができる。しかしながら、制御回路 4 1 5 は更に、本明細書において更に詳細に記載されるように、様々な通信ライン障害検出ルーチン及び障害箇所特定ルーチンまたは通信ライン障害検出手順及び障害箇所特定手順を実行することができる。

【 0 0 3 6 】

詳細には、例えばスタンドアローン型ハードウェアまたはファームウェアとして設けることができる、もしくは図 2 のプロセッサ 1 9 0 内のソフトウェアとして、またはプログラミングとして実行することができる信号処理ブロック 4 0 8 は、信号処理を、アナログ - デジタル変換器 4 0 6 から受信するデジタル信号に対して実行して、例えば信号を平滑化する、信号をフィルタ処理する、レベル、振幅、周波数などの検出を信号に対して実行するだけでなく、受信信号の様々な受信信号のタイミングを、タイミング回路 4 3 2 からの出力に基づいて比較する。例えばこれもまたスタンドアローン型ハードウェアまたはファームウェアとして実行することができる、もしくは図 2 のプロセッサ 1 9 0 内のソフトウェアとして、またはプログラミングとして実行することができる分析ブロック 4 1 0 は、

信号処理ブロック 4 0 8 により生成される信号を受信し、分析をこれらの信号に対して（制御ブロック 4 1 5 により制御された状態で）実行して、障害がネットワーク 3 0 0 内に発生していることを検出し、場合によっては、障害がネットワーク 3 0 0 内に発生している箇所を検出する。更に、制御ブロック 4 1 5 は、図 5 の他の構成要素に対する制御を実行して、ネットワーク 3 0 0 に関する 1 種類以上の障害検出手順を実行し、特にネットワーク 3 0 0 上の短絡障害状態または他の低インピーダンス障害状態を検出し、ネットワーク 3 0 0 上の開放障害状態または他の高インピーダンス障害状態を検出し、障害の箇所などを検出することができる。更には、制御インターフェース回路 4 1 5 は、ユーザインターフェース（例えば、図 2 のディスプレイ 1 0 4 及びインターフェースボタン 1 0 6）を介してユーザとのインターフェースとなっており、ユーザが種々の障害検出手順を開始して、ユーザに対してこれらの手順の結果を通知することができるようになっている。

10

【 0 0 3 7 】

詳細には、ネットワーク 3 0 0 上の開放状態を検出するために、分析ブロック 4 1 0 は、測定電圧を 1 つ以上の所定の格納電圧レベル（例えば、メモリ 1 9 1 に格納されている）と比較して、ネットワーク 3 0 0 上に供給されている電圧が、デバイス 1 0 0 内の給電回路 4 2 0 から供給される（または、その他には、外部電源からネットワーク 3 0 0 上に供給される）最大電圧になっているかどうかを判断することができる。ネットワーク 3 0 0 上を流れる電流を検出することができる。定格電圧がネットワーク上に現われる場合、例えばネットワーク電圧が定格電圧になっているか、またはほぼ定格電圧になっており、かつ電流がゼロになっているか、またはほぼゼロになっている場合、分析ブロック 4 1 0 は、開放がネットワーク 3 0 0 上に発生していると判断することができる。しかしながら、開放ネットワーク状態では、開放の箇所によって異なるが、これらのデバイスのうち、ネットワークに接続される幾つかのデバイスは供給電圧を受電し続けるので、電流を引き込むことができる。詳細には、ネットワーク 3 0 0 上に配置され、かつ開放箇所の上流に位置する（図 3 のデバイス 3 0 2 及び 3 0 4 が置かれた状況のような）デバイスは、電流を引き込み続けることができる。この場合、分析ブロック 4 1 0 は、プログラムされることにより、ネットワーク 3 0 0 上に位置しているか、またはネットワーク 3 0 0 に接続されていることが判明する、及び / 又はネットワーク 3 0 0 上のこれらのデバイスの各デバイスについて予測される引き込み電流（または、ネットワーク上のこれらのデバイスの全てのデバイスについて予測される引き込み電流）が判明するデバイスの数を認識することができる（すなわち、デバイスの数の指示値を格納することができる）、ネットワーク上の各デバイスまたはそれぞれのデバイスがネットワーク上で、当該デバイスの予測引き込み電流に従って動作しているように見えるかどうかを検出するように動作することができる。これらの例では、分析ブロック 4 1 0 は、実際には、予測引き込み電流を、実際の測定引き込み電流と比較して、1 つ以上のデバイスが電流をネットワーク 3 0 0 から引き込んでいないかどうかを検出することができる、すなわちハンドヘルドデバイス 1 0 0 から見たときに、ネットワーク 3 0 0 上の電流を引き込んでいないと予測される 1 つ以上のデバイスが、そのようには引き込んでいないので、ネットワーク 3 0 0 に接続されていないことを検出することができる。この状況は、高インピーダンス障害がネットワーク 3 0 0 内に、ネットワーク 3 0 0 上のこれらのデバイスのうちの 1 つ以上のデバイスに関して発生していることを示唆することができる。

20

30

40

【 0 0 3 8 】

この分析を実行するために、ハンドヘルドデバイス 1 0 0（及び、詳細には制御回路 4 1 5）は、電源 4 2 0 に指示して、既知の給電信号をループ上に、またはネットワーク 3 0 0 上に、もしくはループまたはネットワーク 3 0 0 の両端に供給することができる。電源 4 2 0 が給電を数秒のような時間に亘って安定させた後、診断ハードウェア及びソフトウェア（例えば、ブロック 4 0 2、4 0 4、4 0 6、及び 4 0 8、及び分析ブロック 4 1 0）は、ネットワーク伝送線路の両端の測定電圧、及びネットワーク伝送線路上の電流（例えば、ブロック 4 0 2 により測定され、かつ信号処理ブロック 4 0 6 及び 4 0 8 により調整される）を検出することができる。測定電圧が給電電圧と同じ電圧であるが、電流が流

50

れていない、または僅かな電流しか流れていないと測定されて、電源が消費されていないことを意味する場合、分析ブロック 410 は、開放障害をネットワーク 300 の制御ループまたはバスに検出することができる。この方法は、ダミー負荷を制御ループの伝送線路の両端に付加する、例えばハンドヘルドデバイス 100 との接続部分の近傍に付加することにより補強されて、電源 420 から引き込まれる電流が、ダミー負荷または既知の負荷を通して流れると予測される電流に等しいかどうかを判断することができる。デバイスから流れ出す測定電流が、給電電圧が印加されているダミー負荷または既知の負荷を通して流れることが判明する電流に等しい、または略等しい場合、分析ブロック 410 は、開放障害または他の高インピーダンス障害を検出することができる。

【0039】

同様に、分析ブロック 410 は、図 4 に図示される状況のようなネットワーク 300 の短絡を、電源 420（制御回路 415 により制御されている状態の）から電圧がネットワーク 300 のケーブルまたはラインの両端に印加されると、高い引き込み電流がネットワーク 300 上に検出されるかどうかを判断することにより検出することができる。このような高い引き込み電流は、ネットワーク 300 内の短絡状態または他の低インピーダンス状態を示唆することができる。この場合、制御回路 415 は、制御回路がフィードバック系を使用して給電回路 420 を制御することにより、特定のレベルの電圧及び/又は電流をネットワーク 300 のライン上に繰り返し供給して、電源が短絡箇所に接続される現象が発生することにより電流が大きくなってネットワーク 300 が損傷することがないようにネットワーク 300 を保護するように動作することができる。詳細には、制御回路 415 は、電源 420 に指示して、まず微小電圧をネットワークケーブルの両端に供給して、低インピーダンス状態または短絡状態がネットワーク 300 上に発生している可能性があるかどうかを最初に検出することができるが、ネットワーク 300 への損傷が、引き込み電流が極めて高くなる形態で生じるのを抑えるように指示することができる。例えば、制御回路 415 は、電源 420 に指示して電源を、電流リミッタを介して、または電流源を介して供給することにより、既知量の電流または小量の電流を通信ライン 300 上に供給することができる。制御回路 415 は、給電信号が供給されると、ネットワーク上の測定引き込み電流を検出する（分析ブロック 410 または信号処理ブロック 408 により）ことができ、次にネットワーク 300 上のデバイスの予測数によって異なるが、電源 420 から供給される電圧（または、最大許容電流）をステップで段階的に上昇させることができる。従って、電源 420 がまず、電圧をネットワーク 300 に供給すると、電源 420 は制御されて、非常に低い電圧信号及び/又は低電流制限信号をネットワーク 300 上に供給することができる。この場合、分析ブロック 410 は、入力検出電流信号に基づいて、ネットワーク 300 の伝送線路の両端に高い引き込み電流が流れているかどうかを（すなわち、ネットワーク 300 に引き込まれる電流が、電源 420 に課された電流制限値に達するかどうかを）直ちに検出することにより、低インピーダンス状態または短絡状態が発生している可能性があるかどうかを検出することができる。1つの場合では、高い引き込み電流が、現在の（低）電圧振幅レベルで検出されない場合、分析ブロック 410 は、電圧を様々な繰り返しステップで段階的に上昇させて、低インピーダンス状態または短絡状態が、より高い電圧で発生して、ネットワーク 300 上の種々のデバイスに引き込まれると予測される電流を上回る過剰電流が流れることになるかどうかを判断することができる。すなわち、分析ブロック 410 は、実際にネットワーク伝送線路の両端に供給される（または、ネットワーク 300 上のデバイスに引き込まれる）測定電流を予測引き込み電流と、ネットワーク 300 に実際に接続されるデバイスの数に基づいて比較することができる。引き込み電流がより高い場合、例えば予測引き込み電流よりも高い所定の閾値電流量になっている場合、分析ブロック 410 は、短絡状態または他の低インピーダンス状態がネットワーク 300 上に発生していることを検出することができ、制御インターフェースブロック 415 は、ユーザに対して同じことを、ディスプレイ 104（図 2）を介して通知することができる。更に、制御回路 415 は、電源 420 を遮断して、ネットワーク 300 への給電を停止することができる。別の場合では、制御回路 415 は、電源 420 に

10

20

30

40

50

指示して電流制限電圧をネットワーク伝送線路 3 0 0 の両端に供給し、電源 4 2 0 に課された電流振幅制限値をステップで経時的に繰り返し上昇させることができる。制御回路 4 1 5 は、ネットワークに引き込まれる電流を測定することができ、この引き込み電流を電源 4 2 0 に課された電流制限値と比較することができる。引き込み電流が制限値に達していない場合、短絡状態は発生していないものとして検出される。しかしながら、引き込み電流が、電源 4 2 0 に課された電流制限値に達する場合、制御回路 4 1 5 は、電流制限値を増加させて、新規の引き込み電流が、電流制限値に達するかどうかを、または等しいかどうかを確認することができる。このプロセスは、電流制限値が所定の最大閾値に設定されるまで繰り返すことができ、所定の最大閾値に設定される時点で、制御回路 4 1 5 または分析ブロック 4 1 0 は、短絡が通信ライン 3 0 0 に発生していることを検出する。

10

【 0 0 4 0 】

従って、この場合、ハンドヘルドツール 1 0 0 は電源を制御ループに特定の低電流入力及び高電流入力により供給することができる。高電流閾値は、例えば 4 0 m A とすることができる。ループ上のデバイスの数が特定の制限値を超えないことが判明する幾つかの場合では、ツール 1 0 0 は、ネットワーク上に実際に引き込まれる電流が、高制限値を超えるかどうかを検出することができる。高制限値を超える場合、短絡障害または他の低インピーダンス障害を検出することができる。ループ上の作動状態のデバイスの数が未知である他の場合では、デバイス 1 0 0 は引き込み電流を特定の制限値に制限することができ、引き込み電流がこの制限値に達するか、または制限値を超える場合、ハンドヘルドデバイスは、制限値を 1 つ以上のステップで増加させて新規の高制限値とすることができる。電流が新規の高制限値に達する場合、短絡障害状態または他の低インピーダンス障害状態を検出することができる。従って、この場合、高電流制限値は、ループに接続される負荷の数、または作動状態のデバイスの数に基づいて設定することができる。いずれにしても、電流が所定の、または事前に設定される高制限閾値に達するか、または高制限閾値を上回る場合、制御回路 4 1 5 は、短絡状態をバス上に、またはループ上に検出することができ、電源 4 2 0 を遮断して、ユーザに対してディスプレイ 1 0 4 を介して警告することができる。この段階的な電流制限手法を使用して、通信ネットワーク 3 0 0 を保護することができる。幾つかの場合では、ネットワーク 3 0 0 が設置されているプロセスプラントを高電流が短絡状態で発生することにより生じる過酷な損耗から保護することができる。

20

【 0 0 4 1 】

更には、図 5 に示すように、デバイス 1 0 0 は、パルス発生器 4 3 0 及びタイマー 4 3 2 だけでなく、他の測定ブロック及び処理ブロック 4 0 2 ~ 4 1 0 を使用して、ネットワーク 3 0 0 内の開放及び/又は短絡の箇所を、このような障害の発生を検出すると検出することができる。多くの場合、検出箇所は、ハンドヘルドユニット 1 0 0 の位置、すなわちハンドヘルドユニット 1 0 0 がネットワーク 3 0 0 に接続される箇所から障害箇所までとして測定される距離、特にハンドヘルドユニット 1 0 0 がネットワーク 3 0 0 に接続される箇所から障害箇所までの通信ネットワークの伝送線路に沿った距離に基づいて検出されることになる。詳細には、動作状態では、パルス発生器 4 3 0 は、1 つの電子パルスまたは連続する電子パルス（例えば、電圧パルス）を発生させることができ、これらのパルスを既知の時刻に、または測定時刻にネットワーク 3 0 0 上に乗せることができる。パルスをネットワーク 3 0 0 上に乗せるときに、または乗せた直後に、タイマー 4 3 2 がカウンタを始動させて、パルスをネットワーク 3 0 0 の伝送線路上に乗せてから経過する時間を求めることができる。パルスを伝送線路上に乗せた後、分析ブロック 4 1 0 は、ネットワーク 3 0 0 の伝送線路上の電流信号または電圧信号（例えば、プロセスブロック 4 0 2 により測定されて、ブロック 4 0 4 , 4 0 6 , 及び 4 0 8 で採取される電流測定値または電圧測定値を表わすデジタル信号に変換される電圧信号または電流信号）を受信または検出し始めることができる。パルスをネットワーク伝送線路上に乗せた後の所定の時刻において、分析ブロック 4 1 0 は、高インピーダンス障害または開放障害により反射される原パルスの反射パルスであるネットワーク伝送線路上のパルスの受信を検出することができる。この反射パルスは、本明細書では、エコーパルスと表記される場合がある。分析ブロッ

30

40

50

ク 4 1 0 は更に、タイマー 4 3 5 の出力を受信することができ、原パルスネットワーク 3 0 0 上に乗せる第 1 時刻と、反射パルスまたはエコーパルスを受信する遅い第 2 時刻とのタイミング差を求めることができる。このようなエコーパルスは、開放状態に起因して発生し、更に詳細には、終端装置 3 0 8 が開放箇所を設置されていないので発生する。詳細には、開放状態は、終端装置が設置されていないことから、終端抵抗が伝送線路のインピーダンスと整合するようになって、パルス信号が開放障害箇所には到達すると、電子パルス信号から普通、大きな反射成分が発生することを意味する障害である。別の表現をすると、開放箇所のインピーダンス不整合により、原パルスの反射パルスが発生することになり、ネットワーク 3 0 0 の伝送線路に沿ってハンドヘルドデバイス 1 0 0 に返送されることになる。

10

【 0 0 4 2 】

この点を例示するために、図 6 A は、連続パルス 5 0 0 を発生させて、ネットワーク 3 0 0 にパルス信号発生器 4 3 0 により、そのように所望される場合に周期的に、または場合によっては非周期的に乗せる際のタイミング図を示している。図 6 B のタイミング図は、ネットワーク 3 0 0 に発生する開放状態（すなわち、接続線のインピーダンスに整合する適正な終端抵抗が設置されていない状態の開放障害または高インピーダンス障害）に応じて図 6 A のパルス 5 0 0 から派生したパルスとして受信する可能性のあるエコーパルス 5 0 2 を示している。図 6 B は更に、パルス 5 0 0 の送信時刻とエコーパルス 5 0 2 の受信時刻との時間差 t を示している。更に、図 6 B は、パルス 5 0 0 と受信するエコーパルス 5 0 2 との振幅差を示している。図 6 B の図に示すエコーパルス 5 0 2 は、ブロック 4 0 2 の位置で、エコーパルス 5 0 2 を発生するパルス 5 0 0 が送信された時刻から特定の時間経過したときの時刻に遅れて検出される、またはオフセット時間 t だけ遅れて検出される。

20

【 0 0 4 3 】

このオフセット時間、すなわちパルス 5 0 0 を伝送線路上に乗せる時刻（例えば、パルスの立ち上がりエッジ、パルスの立ち下がりエッジ、パルスの中心など）とエコーパルス 5 0 2 を伝送線路上で受信する時刻（例えば、パルスの立ち上がりエッジ、パルスの立ち下がりエッジ、パルスの中心など）との間の時間は、ネットワーク 3 0 0 内の短絡箇所を突き止める 1 つの方法の根拠として使用することができる。詳細には、分析ブロック 4 1 0 は、タイミング差 t を、パルス 5 0 0 の発生時のタイマー出力 4 3 2、及びエコーパルス 5 0 2 の立ち上がりエッジまたはそれに続くエッジの受信時のタイマー出力 4 3 2 に基づいて検出することができる。一般的に言うと、パルス 5 0 0 に関連する電磁波のような電磁波は、既知の速度（光の速度）で伝送線路を下流側に伝搬し、パルスを発生させるハンドヘルドデバイスの箇所と短絡箇所（エコーパルスを発生させる）との間の距離は、パルス 5 0 0 の発生時刻とエコーパルス 5 0 2 の受信時刻とのタイミング差に基づいて求めることができる。この場合、分析ブロック 4 1 0 は、当該距離をタイミング差 t に基づいて計算することができ、障害箇所（例えば、伝送線路を下流側に進んだ箇所）までの推定距離を提示することにより、ユーザが、図 3 の開放箇所 3 1 0 のような障害箇所を、的を絞りながら突き止め易くすることができる。次に、制御回路 4 1 5 は、ユーザインターフェース 1 0 4 を介して、検出された障害までの計算距離を表示することができる。

30

40

【 0 0 4 4 】

更に、必要に応じて、分析ブロック 4 1 0 は、ネットワーク 3 0 0 全体の概略図（ハンドヘルドデバイス 1 0 0 がネットワーク 3 0 0 上に位置する、またはネットワーク 3 0 0 に接続される箇所に対してデバイスがネットワーク 3 0 0 内に概略位置する箇所を含む）を格納することができる（例えばメモリ 1 9 1）、または分析ブロック 4 1 0 に対して概略図を付与することができる。この場合、分析ブロック 4 1 0 は、ユーザインターフェースディスプレイ 1 0 4 に、疑わしい障害の箇所、または疑わしい障害の概略箇所を、ネットワーク 3 0 0 全体及びネットワーク上のデバイスに関する情報に基づいて提示するか、または表示することができる。従って、この例では、分析ブロック 4 1 0 は、ネットワーク 3 0 0 に既に接続されている、またはネットワーク 3 0 0 上に位置していることが判明する

50

他のデバイスに対する障害の箇所、または他のデバイスを基準とする障害の箇所を、エコーの受信タイミングに基づいて突き止めるように動作することができる。

【 0 0 4 5 】

別の例では、分析ブロック 4 1 0 は、開放障害のような障害の箇所を、送信パルス 5 0 0 の振幅と比較されるエコーパルス 5 0 2 の検出振幅に基づいて突き止めることができる。この場合、測定回路 4 0 2 は、エコーパルス 5 0 2 を検出すると、当該信号（例えば、電圧信号）の振幅を検出することもできる。アンプ 4 0 4 及び信号処理ブロック 4 0 8 は、測定信号を拡大する、ノイズを低減させる、リップルなどをフィルタリングすることができ、アナログ - デジタル変換器 4 0 6 は、アナログ信号をデジタル形式に変換してデジタル化信号を生成することができ、このデジタル化信号は、分析ブロック 4 1 0（例えば、プロセッサ 1 9 0 上で実行される）で、信号が入力されると直ちに分析することができるので、オンライン処理を実行することができる。この場合、パルス信号の振幅は、所定の形式でデジタル値に基づいて特徴付けることができ、好適には受信パルス信号の振幅は、mV（頂点間振幅）形式に変換される。

【 0 0 4 6 】

いずれにしても、分析ブロック 4 1 0 は、受信エコーパルス信号 5 0 2 の検出振幅をネットワーク 3 0 0 上に乗せた原パルス信号 5 0 0 の振幅と比較することにより、振幅低下を確認することができる。例えば、分析ブロック 4 1 0 は、振幅の差、振幅の比などを求めることができる。分析ブロック 4 1 0 は、ネットワーク 3 0 0 上の信号の概略抵抗及び伝搬特性、及び信号をネットワーク 3 0 0 に沿った既知の距離に亘って送信するために必要な電力量を格納するか、または認識することができる。この情報は、基本ネットワークまたは試験ネットワークで確認することができ、ハンドヘルドデバイス 1 0 0 のメモリ 1 9 1 に格納することができる、または既知の電気信号伝搬特性に基づいて推定することができる、またはそうではなく、ネットワーク 3 0 0 上をネットワーク 3 0 0 上の 2 つの既知の箇所の間で送信されるパルスの劣化を測定することによりネットワーク 3 0 0 について実験的に把握することができる。このように実験的に把握される値は、ネットワーク 3 0 0 に障害が全く発生していないことが判明する場合に確認することができ、パルスをネットワーク 3 0 0 上に乗せて、エコーパルスをネットワーク上の既知の終端箇所（終端点に終端装置が接続されていない状態の終端点のような）から受信することにより測定することができる。このような系を用いる場合、発生パルス及び検出エコーパルスの振幅の差及び変化を利用して、ハンドヘルドデバイス 1 0 0 から遠ざかる方向の障害箇所までの相対距離を導出するか、または求めることができる。更には、必要に応じて、分析ブロック 4 1 0 は、上に説明した振幅測定手法及び時間差測定手法の両方または任意の組み合わせを利用して、障害の箇所を突き止めることができる。

【 0 0 4 7 】

図 7 は、図 5 に示すパルス信号発生器 4 3 0 について考えられる 1 つの構成を示している。詳細には、パルス信号発生器 4 3 0 は、三角波信号発生器（または、正弦波発生器または他の傾斜波信号もしくは交流周期信号）5 5 0 と、DC レベル電圧信号発生器 5 5 2 と、を含むことができ、これらの信号発生器は、これらの信号発生器の出力をオペアンプ（op - amp）5 5 4 のプラス入力及びマイナス入力にそれぞれ供給する。従って、図 7 に示すように、オペアンプ 5 5 4 の正相入力に、三角波発生器または正弦波発生器 5 5 0 の出力を入力させ、オペアンプ 5 5 4 の負相入力に、DC レベル 5 5 2 の出力を入力させる。動作状態では、オペアンプ 5 5 4 は、これらの 2 つの入力への入力に基づいて出力されるパルス幅変調信号を生成する。生成パルスの時間長（及び、場合によっては振幅）（例えば、パルスの幅及び振幅）は、DC レベル発生器 5 5 2 の出力のレベルまたは振幅により決まり、DC レベル発生器出力の振幅を変えることにより変更するか、または変化させることができる。オペアンプ 5 5 4 の特定の動作を図 8 に、2 つの信号図を用いて例示する。図 8 の上側の信号図は、三角波信号発生器 5 5 0 の出力 6 5 0 を DC 電圧レベル発生器 5 5 2 の出力 6 5 2 に重ねたときの様子を示している。オペアンプ 5 5 4 は基本的に、信号 6 5 0 が DC レベル信号 6 5 2 よりも低くなると必ずゼロ出力電圧を生成し、オペ

10

20

30

40

50

アンプ 554 は、三角波信号発生器 550 の出力 650 が DC レベル信号 652 よりも大きくなると必ず、正の一定電圧または一定レベル電圧を出力する。オペアンプ 554 が生成するパルス幅変調信号は、図 8 の下側の信号図のパルス幅変調信号 664 として図示されている。図 8 のこれらの信号図は従って、傾斜波形 650 を DC レベル 652 と比較して、診断目的に必要なパルス幅変調波形信号を生成する方法を示している。理解できることであるが、使用される DC レベルを大きくすると、発生器 430 が生成するパルスの幅が広がる。要求信号である DC レベルは、三角波の最小電圧と最大電圧の範囲で変化させることにより、異なる幅のパルスを生成することができる。図から分かるように、三角波形電圧 650 が DC レベル 652 よりも大きくなると、オペアンプ 554 の出力 654 がハイ (high) に振れ、三角波形電圧 650 が DC レベル 652 よりも小さくなると、オペアンプ 554 の出力 654 がロー (low) に振れる。勿論、パルス幅変調信号 654 のパルスの振幅は、特定のレベルに設定することができ、DC 電圧 652 のレベルに等しくなるようにしてもよく、または DC 電圧 652 のレベルにより設定してもよく、もしくはは任意の他の方法で設定してもよい。

【0048】

更に、オペアンプ 554 を使用してパルスを通信ライン上に発生させることにより、図 5 の制御回路 415 は、出力パルスのパルス強度 (パルス電力またはパルス振幅) を変化させてエコーパルスの検出を可能にする。詳細には、エコーパルスの強度 (振幅) は、このパルスが障害箇所から伝搬する距離とともに減少する。往々にして、制御回路 415 は、例えば制御系から第 1 パルスが第 1 強度で送出されるが、第 1 パルスに応答して制御系がエコーパルスを検出しない場合に、発生電磁パルス強度または振幅を大きくすることによりエコーパルスの強度を高める必要がある。制御回路 415 は、制御回路 415 (または、分析ブロック 408) がエコーパルスを検出するまで (または、所定の高レベル閾値に達してしまうまで)、パルス強度を繰り返し大きくすることができる。1 つの実施形態では、パルス信号発生器 430 は、1 つの最小レベルから別の最大レベルに増加させることができる、例えば 100 mA から 250 mA に増加させることができる出力を生成する一連のオペアンプを含むことができる。更に、理解できることであるが、エコーパルスの強度は、障害までの距離に反比例する。障害までの距離を計算するために使用することができる係数の計算は、主として、ネットワーク 300 に関連する種々の信号伝搬特性によって異なってくる。一例として、以下の信号伝搬特性は、Foundation (登録商標) Fieldbus ラインについて用いることができる。

ケーブルインピーダンス: $100 \pm 20\%$

減衰率: 3 dB/km

遮断キャパシタンス: $< 4 \text{ nF/km}$

同様の信号伝搬特性は、他の通信プロトコルまたは通信ラインについて考慮に入れることができ、例えば HART 制御ラインについて考慮に入れることができ、計算した係数は、確認した振幅低下と一緒に使用することにより、パルスを発生するハンドヘルドデバイスから障害までの距離を計算することができる。

【0049】

図 9 は、図 2 のハンドヘルドデバイス 100 の回路及び機能の殆どを含むことができるが、パルス信号発生回路を同じハウジングに含まないハンドヘルドデバイス 700 の別の例を示している。その代わり、この回路は、別のハウジングまたは筐体、もしくは第 2 ハウジングまたは第 2 筐体 710 に設けられ、第 2 ハウジングまたは第 2 筐体は、デバイス 700 の第 1 ハウジングに、例えばピンを介して着脱可能に接続することができ、これらのピンは、デバイス 700 の入力/出力インターフェース 720 (入力/出力インターフェース 720 は、図 2 のインターフェース 110 の一部とすることができる) 上の入力に接続される。詳細には、例えば図 5 に示すパルス信号発生回路 420 だけでなく、場合によっては、図 5 の測定ブロック 402、アンプ 404、信号処理ブロック 408、及び分析ブロック 410 の全部または一部は、筐体 710 内に配置することができ、デバイス 700 のプロセッサ 410 に、ハンドヘルドデバイス 700 の入力/出力インターフェース 7

20を介して接続される接続部を介して接続することができる。必要に応じて、パルス発生回路420には、筐体710内の別体のバッテリーから給電することができる、またはハンドヘルドデバイス700内のバッテリーから給電することができる。パルス発生回路430を包み込む、または保持する別体の筐体710の使用は、幾つかの場合において望ましいが、その理由は、火花を生起させる虞がある、または火花が飛ぶ虞がある特定の電圧レベルを超えるパルスをパルス発生回路430が発生する可能性があるので、パルス幅発生回路430が本質的に安全な環境において使用されるためには適していないからである。このようなことから、パルス発生回路430が別体のハウジング内に、またはモジュール710内に配置される場合、モジュール710は、デバイス700のハウジングから必要に応じて取り外すことができるので、ハンドヘルドデバイス700は、本質的に安全な環境においてパルス信号発生回路430が無い状態で使用することができる。しかしながら、パルス発生機能はデバイス700の診断機能に、例えば本質的に安全な環境以外の環境において必要とされる場合に、単にモジュール710をデバイス700に入力/出力インターフェース720を介して接続することにより追加することができる。勿論、必要に応じて、モジュール710は、別体の入力/出力インターフェース740を含むようにしてもよく、入力/出力インターフェース740は、フィールドデバイスに対する、またはネットワーク300のようなネットワークに対する標準的な接続インターフェースを、任意の標準インターフェース接続回路または公知のインターフェース接続回路を使用して実現することができる。この場合、デバイス710は、信号の全てを供給するか、またはデバイス700をネットワーク300に、またはネットワーク300内のフィールドデバイスに接続するために必要な接続部の全てを有することができるので、パルス信号発生器430を含む完全な診断システムを形成することができ、パルス信号発生器430を使用してネットワーク300内の障害の箇所を突き止めることができる。別の実施形態では、モジュール710はデバイス700に、パルス発生回路430をデバイス700の診断機能に組み込むことができるように設計される別体の入力/出力接続部または専用の入力/出力接続部を介して接続することができるが、ネットワーク300との、またはネットワーク300内のフィールドデバイスとの入力/出力接続部は、デバイス700側の他の入力/出力接続部110を介して設けるようにしてもよい。他の場合では、パルス発生回路430からの給電出力（または、パルス発生回路430の最大電圧レベル）は、本質的に安全な環境において許容できる給電出力に制限することにより、パルス信号発生器430を本質的に安全な方法で 사용할 ことができる。

【0050】

いずれにしても、ブロック710を使用することにより、ユーザは、パルス信号発生回路430と、従ってパルス信号発生回路430に接続される障害箇所検出回路とが、デバイス700に使用されているかどうかを容易に目で確認することができる。この表示により、デバイス700がパルス発生機能を、使用されているときに含んでいるかどうかを容易に理解することができるので、ハンドヘルドデバイス700を本質的に安全な環境において使用することができるかどうかを容易に決定することができる。更には、必要に応じて、本明細書において記載される障害検出機能及び障害箇所特定機能と、障害検出コンポーネント及び障害箇所特定コンポーネントと、を含む、本明細書において記載される障害検出回路及び障害検出機能の全ては、着脱可能モジュール710に設けることにより、ハンドヘルドデバイス700を通常のデバイスから、障害検出機能及び障害箇所決定機能を含むデバイスに変換することができる。

【0051】

更には、パルス信号発生回路430は、非常に多いバッテリー電力量を使用して、障害箇所検出を実行するために必要なパルスを発生させることができることを理解できるであろう。このようなことから、制御回路415は、パルス発生機能の使用に関するバッテリー（例えば、図5のバッテリー440）の状態表示を追跡する必要がある。例えば、制御回路415は、パルス信号発生回路430が動作する回数、例えば1回のバッテリー充電で発生するパルスの数、パルス発生回路430を使用していた時間長などを追跡して、少なくとも全

10

20

30

40

50

体として、診断を実行するために残っているバッテリー電力量、またはバッテリーの所定の他の状態表示を確認する必要がある。他の場合では、制御回路 4 1 5 は、バッテリー充電量を直接監視して、バッテリー 4 4 0 に残っているバッテリー電力量をいずれの特定の時点でも確認することができ、今回の充電で発生させることができるパルスの回数またはパルス数を状態指示値として推定するように動作する必要がある。制御回路 4 1 5 は、例えばユーザが、バッテリーが無くなる前にパルス発生器 4 3 0 を使用して障害箇所を検出することができる回数の指示値を供給することができる、またはユーザに対して、パルス信号発生器 4 3 0 を使用することによりバッテリー 4 4 0 が無くなっているかどうかについて、または殆ど無くなっているかどうかについて警告することができる。

【 0 0 5 2 】

このように、上に説明したように、ハンドヘルドメンテナンスツールは、障害が通信ラインに、または通信バスに発生していることを検出するように動作し、更に障害の箇所または概略箇所を検出するように動作する。ハンドヘルドメンテナンスツールは、短絡障害または他の低インピーダンス障害、及び開放障害または他の高インピーダンス障害のような様々な種類の伝送線路障害または通信ネットワーク障害を検出することができる。更に、ハンドヘルドメンテナンスツールは、障害の概略箇所を検出することにより、作業員または保守要員が障害を一層容易に見つけ出して修復することができるようになっている。

【 0 0 5 3 】

これまでの文章では、非常に多くの実施形態についての詳細な説明を提示してきたが、本特許の範囲は、本特許文書の最後に提示される特許請求の範囲の文言によって規定されることを理解されたい。詳細な説明は、例示としてのみ解釈されるべきであり、全ての考えられる実施形態について記述している訳ではない。更に、FOUNDATION (登録商標) Fieldbus及びHARTタイプのフィールドデバイス接続部について詳細に説明してきたが、記載のアセンブリ及びデバイスは、他のプロセス制御システム及びフィールドデバイス、及び通信バスタイプに使用してもよい。非常に多くの別の実施形態は、現時点の技術、または本特許文書の出願日の後に開発され、しかも特許請求の範囲に含まれることになる技術のいずれを用いても実現することができる。

【 0 0 5 4 】

従って、多くの変形及び変更は、本明細書において記載され、かつ例示される方法及び構造に対して、本特許請求の趣旨及び範囲から逸脱しない限り加えることができる。従って、本明細書において記載される方法及び装置は例示に過ぎず、特許請求の範囲を限定するものではないことを理解されたい。

10

20

30

40

50

【図面】

【図 1】

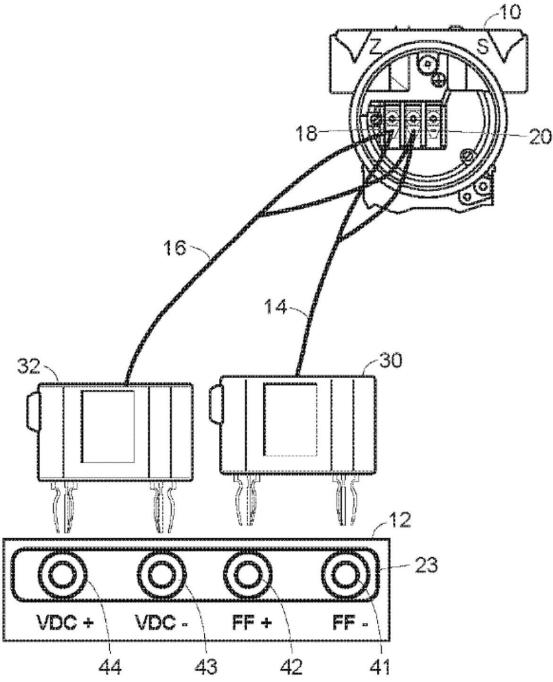


図 1

先行技術

【図 2】

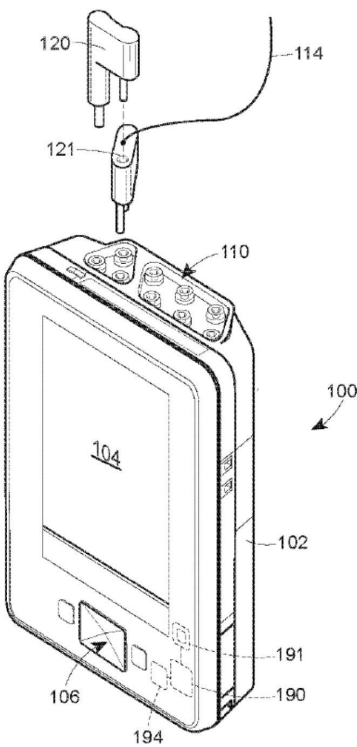


図 2

【図 3】

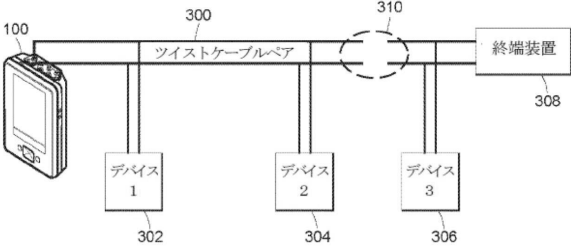


図 3

【図 4】

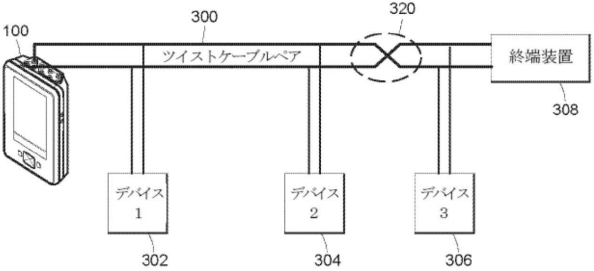


図 4

10

20

30

40

50

【図 5】

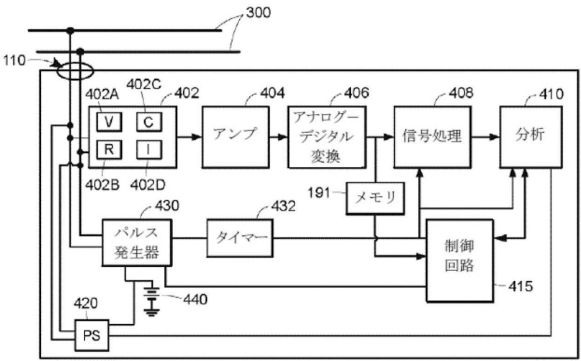


図 5

【図 6 A】

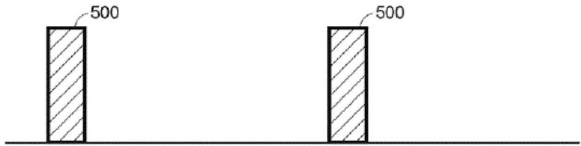


図 6 A

10

【図 6 B】

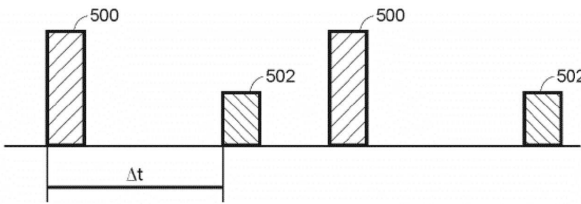


図 6 B

【図 7】

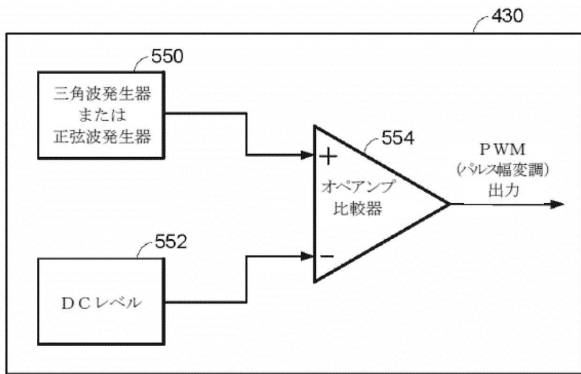


図 7

20

30

40

50

【図 8】

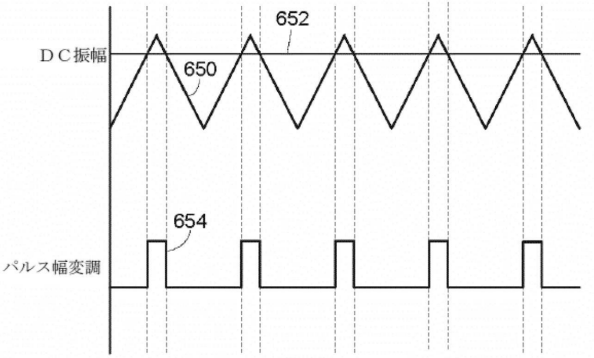


図 8

【図 9】

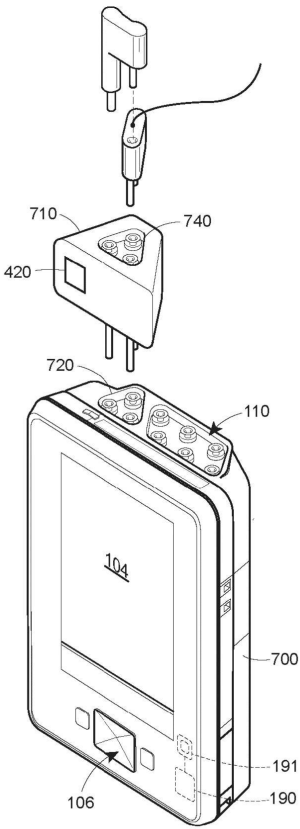


図 9

10

20

30

40

50

フロントページの続き

04 - アルコブ

審査官 前田 典之

- (56)参考文献 米国特許第05461318 (US, A)
特開平06 - 223290 (JP, A)
特開2007 - 280005 (JP, A)
特開平10 - 097693 (JP, A)
中国特許出願公開第1177160 (CN, A)
特開平05 - 327564 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H04B 3 / 46
G01R 31 / 11
G05B 23 / 02
G01R 31 / 50