



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102959363 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201080014378. 7

代理人 潘剑颖

(22) 申请日 2010. 07. 08

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

G01D 21/00(2006. 01)

61/224, 177 2009. 07. 09 US

G05B 19/042(2006. 01)

G08C 19/02(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G05B 23/02(2006. 01)

2011. 09. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

(56) 对比文件

PCT/US2010/041338 2010. 07. 08

CN 101147181 A, 2008. 03. 19,

CN 1598722 A, 2005. 03. 23,

(87) PCT国际申请的公布数据

US 5481200 A, 1996. 01. 02,

W02011/005938 EN 2011. 01. 13

CN 101031852 A, 2007. 09. 05,

(73) 专利权人 罗斯蒙特公司

CN 1799013 A, 2006. 07. 05,

地址 美国明尼苏达州

CN 101454813 A, 2009. 06. 10,

US 2005/0072239 A1, 2005. 04. 07,

(72) 发明人 格雷戈里·J·莱库伊尔

审查员 王先泉

大卫·L·韦尔斯 杰西卡·洛

史蒂文·J·麦科伊

布赖恩·L·韦斯特菲尔德

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

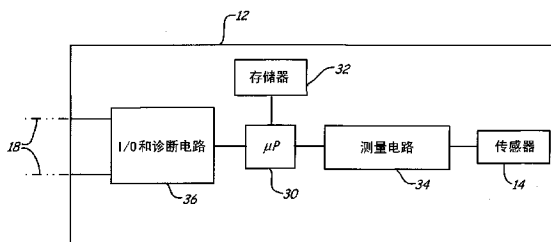
权利要求书2页 说明书5页 附图6页

(54) 发明名称

具有双线过程控制回路诊断的过程变量变送器

(57) 摘要

一种工业过程中使用的双线过程变量变送器(12),包括过程变量传感器(14),被配置为感测工业过程的流体的过程变量。输出电路(36)被配置为提供在双线过程控制回路(18)上的输出,其与感测到的过程变量有关。回路电流测量电路(36)测量流经双线过程控制回路(18)的电流,以及端电压测量电路(36)测量与过程变量变送器(12)的端电压有关的电压。端电压可以是在双线过程变量变送器(12)到双线过程控制回路(18)的电连接上测量的电压。输入电路(36)被配置为接收来自双线过程控制回路的诊断命令。微处理器(30)被配置为,响应于接收到来自双线过程控制回路的诊断命令,基于测量的回路电流和端电压执行对双线过程控制回路(18)的回路诊断。



1. 一种工业过程中使用的双线过程变量变送器,包括:
过程变量传感器,被配置为感测工业过程的过程流体的过程变量;
输出电路,被配置为在双线过程控制回路上提供输出,所述输出与感测到的过程变量有关;
回路电流测量电路,被配置为测量流经所述双线过程控制回路的回路电流;以及
端电压测量电路,被配置为测量与所述过程变量变送器的端电压有关的电压,所述端电压包括在所述双线过程变量变送器到所述双线过程控制回路的电连接上测量的电压;
输入电路,被配置为接收来自所述双线过程控制回路的诊断命令;
微处理器,被配置为响应于从所述双线过程控制回路对诊断命令的接收,基于测量的回路电流和端电压执行对在其上接收所述诊断命令的所述双线过程控制回路的回路诊断,所述诊断包括使用两个不同电流级别处的回路电流和端电压确定回路电阻。
2. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断命令使得所述微处理器执行回路表征。
3. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断包括确定所述双线过程控制回路的电源电压。
4. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断包括执行初步诊断检查。
5. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断包括确定基线诊断值。
6. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断包括确定静态电流值。
7. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,包括温度传感器,其中,基于感测到的温度对所述诊断进行补偿。
8. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,同步地执行回路电流和端电压的测量。
9. 根据权利要求 1 所述的双线过程变量变送器,其中,所述诊断命令依照于电子设备描述语言 (EDDL)。
10. 一种在工业过程的双线过程变量变送器中执行诊断的方法,包括:
感测工业过程的过程流体的过程变量;
在双线过程控制回路上提供输出,所述输出与感测到的过程变量有关;
将回路电流测量电路耦合到所述双线过程控制回路,所述回路电流测量电路被配置为测量流经所述双线过程控制回路的电流;
将端电压测量电路耦合到所述双线过程变量变送器的端子,所述端电压测量电路被配置为测量端子上的端电压,所述端子被配置为耦合到所述双线过程控制回路;
接收来自所述双线过程控制回路的诊断命令;
使用对所述诊断命令的响应,执行对在其上接收所述诊断命令的所述双线过程控制回路的诊断,所述诊断是使用所述回路电流测量电路和所述端电压测量电路来执行的,所述诊断包括使用两个不同电流级别处的回路电流和端电压确定回路电阻。
11. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述诊断包括确定双线过程控制回路的电源电压。
12. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述诊断包括执行初步诊断检查。

13. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述诊断包括确定基线诊断值。
14. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述诊断包括确定静态电流值。
15. 根据权利要求 10 所述的方法,包括感测温度,其中,基于感测到的温度对所述诊断进行补偿。
16. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,同步地执行回路电流和端电压的测量。
17. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,所述诊断命令依照于电子设备描述语言(EDDL)。
18. 根据权利要求 10 所述的方法,其中,表征包括测量回路电阻和回路电源电压的基线值。

具有双线过程控制回路诊断的过程变量变送器

技术领域

[0001] 本发明涉及用于监视工业过程中的过程变量的双线工业过程控制变送器。具体地,本发明涉及能够对上行过程控制回路执行诊断的过程变量变送器。

背景技术

[0002] 过程变量变送器用在工业过程中以测量远端位置处的“现场”的一个或多个过程变量,并且将与过程变量相关的信息发射给诸如控制室之类的中心位置。过程变量的例子包括压力、温度、流速、液面等等。

[0003] 在一个实施例中,过程变量通过双线过程控制回路进行传输。双线过程控制回路将过程变量变送器连接到控制室,并且除了承载通信之外,还用于向过程变量变送器供电。一个示例双线过程控制回路是 4-20mA 的控制回路,其中电流级别的范围在 4 和 20mA 之间,并且能够被控制以表示感测到的过程变量。另一个示例过程控制回路根据 HART® 通信协议进行操作。在使用 HART® 通信技术的过程控制回路中,数字信号被叠加在环路中承载的基本是 DC 的电流级别上。这允许过程控制回路承载模拟信号和数字信号二者。数字信号可以用于从过程变量变送器向控制室传输附加信息,或者从控制室向过程变量变送器传输数据。另一示例双线过程控制回路根据 Fieldbus 通信协议进行操作,其中典型地承载的所有数据都是数字格式。

[0004] 如果过程控制回路不是工作在最佳状态,则过程变量变送器的发射可能会出现错误,或者回路可能不提供供过程变量变送器操作的足够电力。由于与双线过程控制回路关联的问题,也可能出现其他错误,包括部分故障或者全部故障。因此,需要对双线过程控制回路执行诊断以确保正确操作。在 1996 年 1 月 2 日授予 Voegle 等人并且转让给 Rosemount 公司的、名为“FIELD TRANSMITTER BUILT-IN TEST EQUIPEMENT”的、美国专利 NO. 5, 481, 200 中示出和描述了这种诊断的一个示例。

发明内容

[0005] 一种工业过程中使用的双线过程变量变送器,包括过程变量传感器,被配置为感测工业过程的流体的过程变量。输出电路被配置为提供在双线过程控制回路上的输出,其与感测到的过程变量有关。回路电流测量电路测量流经双线过程控制回路的电流,以及端电压测量电路测量与过程变量变送器的端电压有关的电压。端电压可以是在双线过程变量变送器到双线过程控制回路的电连接上测量的电压。输入电路被配置为接收来自双线过程控制回路的诊断命令。微处理器被配置为,响应于对来自双线过程控制回路的诊断命令的接收,基于测量的回路电流和端电压执行对双线过程控制回路的回路诊断。

附图说明

[0006] 图 1 是示出包括过程变量变送器的工业控制系统的简化框图。

[0007] 图 2 是图 1 的变送器的部件的框图。

- [0008] 图 3 是示出图 1 的变送器的诊断电路的简化示意图。
- [0009] 图 4 是来自诊断软件的指示端电源电压太低的屏幕截图。
- [0010] 图 5 是来自诊断软件的指示端电源电压太高的屏幕截图。
- [0011] 图 6 是示出与图 1 的变送器中的诊断软件交互的操作员界面的屏幕截图。

具体实施方式

[0012] 本发明是一种双线过程控制回路中的变送器,其包括用于测量电流回路的电阻和对回路供电的电源电压的电子器件。当变送器电流具有高的泄露或者分流时,例如当湿气或者某种其他电导体接触内部变送器电路的供电线时,在过程回路中流动的电流会超过期望的过程回路电流值。这可能导致通信故障或者指示部件故障。

[0013] 图 1 是示出工业控制或监视系统 10 的简化框图。系统 20 包括过程变量变送器 12,其具有布置用于感测过程流体的过程变量的过程变量传感器。在该示例中,过程流体为示为容纳在过程管线 16 中。过程变量可以是与过程流体有关的任何合适的属性,诸如流率、温度、压力、pH,等等。过程变量变送器 12 耦合到双线过程控制回路 18,双线过程控制回路 18 承载回路电流 I。在示例安装中,过程变量变送器位于远端,即工业过程的“现场”中,并且通过双线过程控制回路 18 耦合到中心位置的控制室 20。在该示例中,控制回路 20 被示出为感测电阻器 22 和电压源 24。

[0014] 利用本发明,提供根据需要的回路特性函数,其被配置为存储电压的基线和回路电阻。该系统可以用于确定电源、关联的走线、和负载电阻器是否都正常工作,使得变送器 12 能够在用于指示告警条件的最小和最大输出级别上输出正确的电流值 I。该能力将确保变送器能够提供在电流 I 值的期望范围上的输出。

[0015] 图 2 是示出过程变量变送器 12 的简化框图。过程变量变送器 12 包括微处理器,其根据存储器 32 中存储的指令进行操作。微处理器 30 通过测量电路 34 接收过程变量传感器 14 的输出。测量电路 34 可被用于包括模拟部件和数字部件,以处理传感器 14 的输出。此外,过程变量变送器 12 包括 I/O 和诊断电路 36,诊断电路 36 耦合到双线过程控制回路 18。微处理器 30 耦合到 I/O 和诊断电路 36,并且被配置为使用电路 36 在双线过程控制回路 18 上通信。该通信可以是模拟的和 / 或数字的,并且可以可选地是双向的。示例通信技术包括 4-20mA 通信技术,其中过程控制回路 18 承载在 4-20mA 范围内的表示与过程变量 14 有关的值的信号。该范围外的电流级别被用于指示告警条件。该通信协议的变体是 HART® 通信协议,其中在双线过程控制回路 18 承载的模拟电流级别上调制数字信息。其他通信协议包括所有的数字通信协议,诸如基于 FieldBus 的协议。

[0016] 图 3 是 I/O 和诊断电路的更具体的框图。I/O 和诊断电路通过端子 40 耦合到双线过程控制回路 18。这提供了到双线过程控制回路 18 的回路 + 和回路 - 连接。微处理器 30 (图 3 中未示出) 耦合到 HART® 控制器 42 中的数模转换器,该控制器用于流经回路 18 的控制电流 I。数模转换和 HART® 控制器 42 提供了模拟控制信号。回读感测电阻器 (readback and sense resistance) 66 也与双线过程控制回路 18 串联耦合。保护二极管 70 跨接在回路端子 40 上。TERMINAL_VOLTAGE (端电压) 测量电路 80 被配置为耦合到端子 40,并且提供表示跨端子 40 的电压的 TERMINAL_VOLTAGE 输出。电路 80 包括由电阻器 82 和 84 形成的分阻器网络。部件 86、88 和 90 用于安全和滤波。放大器 92 连接到分阻器网络,

并且反馈网络 96 和 94 对输入给 210 的分压进行缩放。在操作期间,来自差分放大器 92 的 TERMINAL_VOLTAGE 输出表示跨端子 40 的电压。

[0017] 电路 36 还包括回读 (readback) 电路 120,其被配置为提供与流经双线过程控制回路 18 的电流 I 有关的 LOOP_READ_BACK(回路回读)输出。LOOP_READ_BACK 电路 120 包括跨接在回读感测电子 66 上的差分放大器 122。差分放大器 122 通过利用 126、132 和 136 设置的滤波向运放 124 提供输出。运放 124 布置为通过电阻器 130 进行负反馈以获得用于 210 的合适的值。

[0018] 提供 SHUNT_CURRENT(旁路电流)测量电路以测量流经电阻器 60 和 62 的 SHUNT_CURRENT。在图 3 示出的被配置中,运放 142 具有通过电阻器 144 耦合到 SHUNT_DX 的非反向输入端。非反向输入端还经电阻器 146 和电容器 148 耦合到电气地。通过电阻器 150 提供到反向输入端的负反馈,电阻器 150 还通过电阻器 152 耦合到电气地。SHUNT_CURRENT 测量电路 140 提供 SHUNT_OUTPUT(旁路输出)。还使用温度测量电路 160 测量过程变量变送器 12 的温度。温度测量电路 160 包括具有根据温度变化的电阻的 RTD 元件 162。元件 162 通过 164 耦合到电压源 VTD。电容器 166 跨接在元件 162 上。通过运放 168 来测量元件 162 上的压降。通过电阻器 170 和 172 以及电容器 174 来提供负反馈。运放 168 的反向输入端还通过电阻器 176 耦合到电气地。电路 160 提供指示元件 162 的温度的输出 TEMP。

[0019] 提供复用器 200,其输入耦合到电路 92、120、140 和 150 的输出。复用器 200 用于选择电路的 LOOP_READ_BACK、TERMINAL_VOLTAGE、SHUNT_CURRENT 或者 TEMP 输出之一。使用复用器的耦合到图 2 所示的微处理器 30 的输入端来控制复用器 200 的通道。复用器 200 的输出端 202 连接到模数转换器 210。模数转换器将输出端 202 上的模拟信号转换成数字格式,其被提供给图 2 所示的微处理器 30。在操作期间,微处理器 30 控制复用器 200,使得各种电压被选择和耦合到模数转换器 210,其然后可以被微处理器 30 读取。

[0020] 在操作期间,微处理器 30 允许的软配置为进行四个测量:

[0021] LOOP_READ_BACK:测量回路电流。

[0022] TERMINAL_VOLTAGE:测量变送器 12 的回路+与回路-端子之间存在的电压。

[0023] SHUNT_CURRENT:用于确定变送器 12 中的电路使用的静态电流的测量。

[0024] TEMP:用于温度补偿的测量。

[0025] 在一个配置中,微处理器定期(每隔 1 秒)测量这些值,并且使用这些测量进行回路诊断。另外,可以基于通过双线过程控制回路 18 接收的请求来执行回路诊断。

[0026] 该系统可以执行电特性表征。例如,在经由 HART®通信接收到请求时,通过确定回路电阻和回路电压来表征系统。可以通过利用电子设备描述语言(EDDL)实现的方法来发起该过程,EDDL 是用于与现场设备通信的语言和接口。

[0027] 最初,表征过程包括获得 TERMINAL_VOLTAGE 和 LOOP_READ_BACK 测量。可以利用 4mA 信号和 6mA 信号来执行第一预检查,以确定系统是否能够获得诸如 23mA 和 3. mA 之类的极值。最初,微处理器 30 将回路电流设为 4mA,并且等待电流级别稳定下来。接着,需要进行测量,并且微处理器在存储器 32 中存储在 4mA (LOOP_READ_BACK_4 和 TERMINAL_VOLTAGE_4) 值处的 LOOP_READ_BACK 值和 TERMINAL_VOLTAGE 值。接着,将回路电流调整到 6mA,并且系统等待电流级别稳定下来。测量 LOOP_READ_BACK_6 和 TERMINAL_VOLTAGE_6。使用等式计算回路电阻预检查:

[0028] 等式 1 :

$$\text{Loop_Resistance_preCheck}(\Omega)=$$

$$\frac{(\text{TERMINAL_VOLTAGE_4}-\text{TERMINAL_VOLTAGE_6})}{(\text{LOOP_READ_BACK_6}-\text{LOOP_READ_BACK_4})}$$

[0030] 接着,使用等式 2 获得电源电压预检查值 :

[0031] 等式 2 :

$$\text{Vps_preCheck}(\text{volts}) = \text{TERMINAL_VOLTAGE_4}+(\text{LOOP_READ_BACK_4}*\text{Loop_Resistance})$$

[0033] 回路电阻和电源电压的这些预检查值被分别用于验证在输出被设置到其最小值 (VTmin) 和最大值 (VTmax) 时,例如在 3.6mA 和 23.0mA 时,系统能够操作。这些值根据等式 3 和 4 进行计算 :

[0034] 等式 3 :

$$\text{VTmin}(\text{volts}) = \text{Vps_PreCheck}-\text{LOOP_RESISTANCE_preCheck}*0.023$$

[0036] 等式 4 :

$$\text{VTmax}(\text{volts}) = \text{Vps_PreCheck}-\text{LOOP_RESISTANCE_preCheck}*0.0036.$$

[0038] 如果 VTmin 低于针对该系统指定的 TERMINAL_VOLTAGE 的最小值,例如 12V,或者 VTmax 大于针对该系统指定的 TERMINAL_VOLTAGE 的最大值,例如 42.4V,则微处理器可以被配置为例如通过经由双线处理回路 18 发射数据或者通过提供可视输出等等向用户提供告警,该告警指示用户根据需要调整图 1 示出的电源 24。该警告可以通过双线过程控制回路 18 发射给手持现场维护设备,或者可以发射给位于控制室 200 中的资产管理系统,等等。可以根据电子设备描述语言 (EDDL) 来进行所述发射。图 4 和图 5 示出了来自分别指示低的回路电源电压或高的回路电源电压的计算机屏幕的输出。

[0039] 接着,一旦回路电路已经稳定,则表征过程继续进行,通过设置输出到 20mA 级别并且存储值 LOOP_READ_BACK_20 和 TERMINAL_VOLTAGE_20。在已经获得这些测量之后,回路的操作返回常规操作。在整个操作范围 (4mA 和 20mA) 上重新计算电源电压 Vps 和回路电阻值。可以定期检查 TERMINAL_VOLTAGE。根据等式 5 来计算回路电阻并且存储 :

[0040] 等式 5 :

[0041]

$$\text{Loop_Resistance}(\Omega)=\frac{(\text{TERMINAL_VOLTAGE_4}-\text{TERMINAL_VOLTAGE_20})}{(\text{LOOP_READ_BACK_20}-\text{LOOP_READ_BACK_4})}$$

[0042] 还可以使用回路电阻来验证满足通信所需的最小电阻,即,250 欧姆。

[0043] 在正常操作期间,微处理器 30 还可以如下计算并存储电源电压 Vps :

[0044] 等式 6 :

$$\text{Vps}(\text{volts}) = \text{TERMINAL_VOLTAGE_4}+(\text{LOOP_READ_BACK_4}*\text{LOOP_RESISTANCE})$$

[0046] 一旦已经计算出回路电阻和回路电源电压,系统可以返回常规的运行时的操作。

[0047] 在正常操作时,微处理器 30 可以通过测量 LOOP_READ_BACK、TERMINAL_VOLTAGE 和 SHUNT_CURRENT 值来执行定期诊断。这些值可以通过施加合适的增益或者偏移电压进行缩放以及进行温度补偿。LOOP_READ_BACK 电流值可以与电流参考输出进行比较。如果两者的

差大于预定的阈值，（例如，跨度的 2%），则可以在双线通信回路上发送警告，例如通过使用 HART® 通信协议发送，或者可以根据需要生成本地警告。测量 TERMINAL_VOLTAGE，并且将其与期望计算值（使用回路电阻和电源基线计算的）进行比较。对于该计算，测试电流值使用持续进行的电流值（以 mA 为单位）。根据等式 7 来计算 TERMINAL_VOLTAGE：

[0048] 等式 7

[0049] $VT_calculated = Power_Supply_Voltage - (Loop_Resistance * LOOP_READ_BACK)$

[0050] 如图 5 所示，如果测量的 TERMINAL_VOLTAGE 不符合 VT_Calculated 大于用户可选的值（“最大 TERMINAL_VOLTAGE”），则可以在双线过程控制回路上发送告警，以及根据需要生成本地告警。

[0051] 通常，双线变送器通过包含二极管和电阻器的接线板耦合到过程控制回路。然而，在本配置中，获得了温度测量，其可以用于补偿二极管和电阻器基于温度改变的所产生的电子特性变化。这可以提高测量的精确性，并且具体地提高 TERMINAL_VOLTAGE 和 LOOP_READ_BACK 测量的精确性。

[0052] 静态电流被定义为变送器 12 的电路的操作所需的电流。静态电流在执行诊断中可以是有益的。静态电流可以使用 SHUNT_CURRENT 读数和同步回路电流值（输出电流参考）来测量。静态电流计算如下：

[0053] 等式 8：

[0054] $Quiescent_Current = Loop_Current_Reference - SHUNT_CURRENT_Read$

[0055] 如果静态电流超过预定值，例如如果静态值大于 3.4mA，则在双线过程控制回路上发送告警，并且根据需要生成本地告警。此外，可以将动态阈值与静态电流进行比较以验证满足通信要求。例如，告警设置下限减去静态电流应大于 0.5mA。

[0056] 可以根据需要，使用测量的温度补偿诊断电路的各种部件。该补偿可以例如通过多项式曲线拟合技术来实现。可以在存储器 32 中存储温度表征信息。例如，存储器 32 可以包括非易失性存储器，以便延迟这种值的存储期。可以在变送器 12 的制造期间完成温度表征。在 4-20mA 输出的校准期间，微处理器还可以同时执行 LOOP_READ_BACK 校准，并且将所得到系数存储在存储器 32 中。可以存储在存储器 32 的非易失性部分中的其他信息包括各种阈值级别，并且用户可以通过 HART® 通信技术来存取其他信息。

[0057] 图 6 是来自允许用于根据电子设备描述语言 (EDDL) 与变送器 12 通信的计算机软件的屏幕输出。如图 6 中所示，可以查看和配置各种参数，包括告警模式、电源咨询诊断等等。可以在屏幕上查看变送器获得的各种测量和基线测量，并且可以指示系统发起执行回路表征的请求。

[0058] 在测量各种电流和电压期间，优选地是在同步进行各种测量。例如，如果利用电压和电流测量来计算电阻，则优选地，同步进行电压和电流测量。为了改进测量的同步，软件可以被配置为使用同步感测存储技术中的资源锁定。此外，软件可以优选地操作在优先级模式以提高其优先级。具体地，在执行诊断的同时，诊断软件可以锁定模拟输出资源。

[0059] 尽管已经参考优选实施例描述了本发明，但是本领域技术人员将认识到可以在不偏离本发明的精神和范围的情况下在形式和细节方面进行改变。在一个配置中，在接收到诊断命令时，微处理器执行回路表征并且确定回路电源和回路电阻的基线值。在表征期间，微处理器还可以进行确保现场设备的端电压在 12v 和 42.4v 之间的检查。

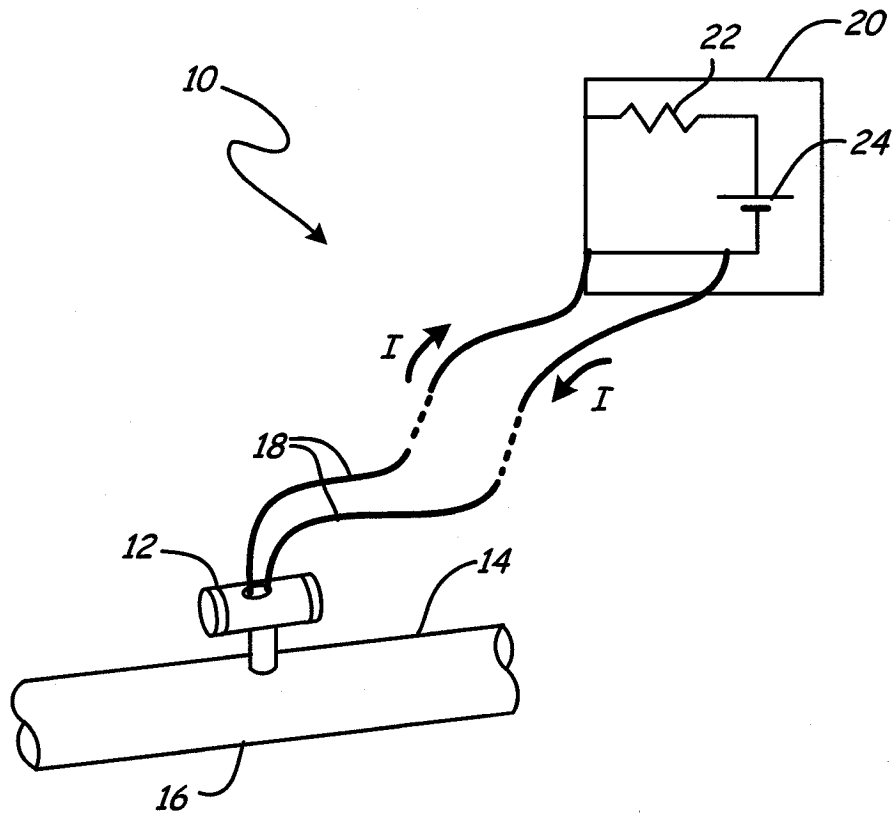


图 1

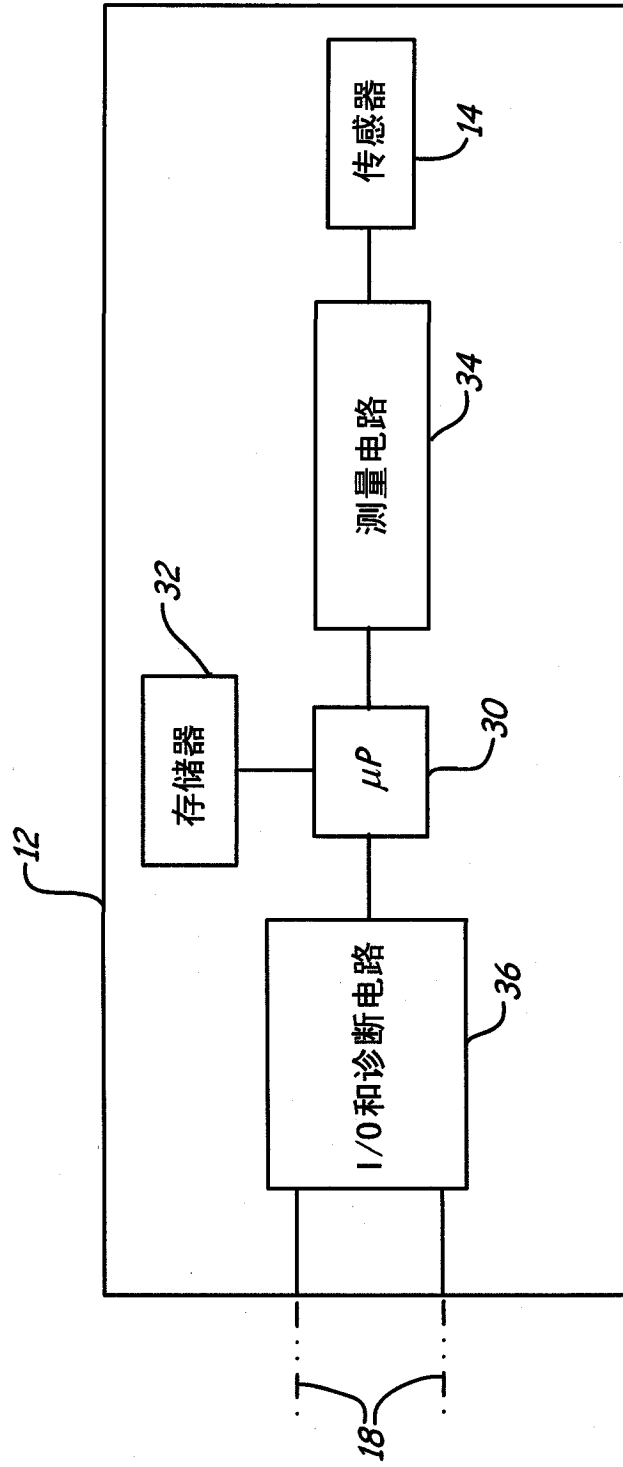


图 2

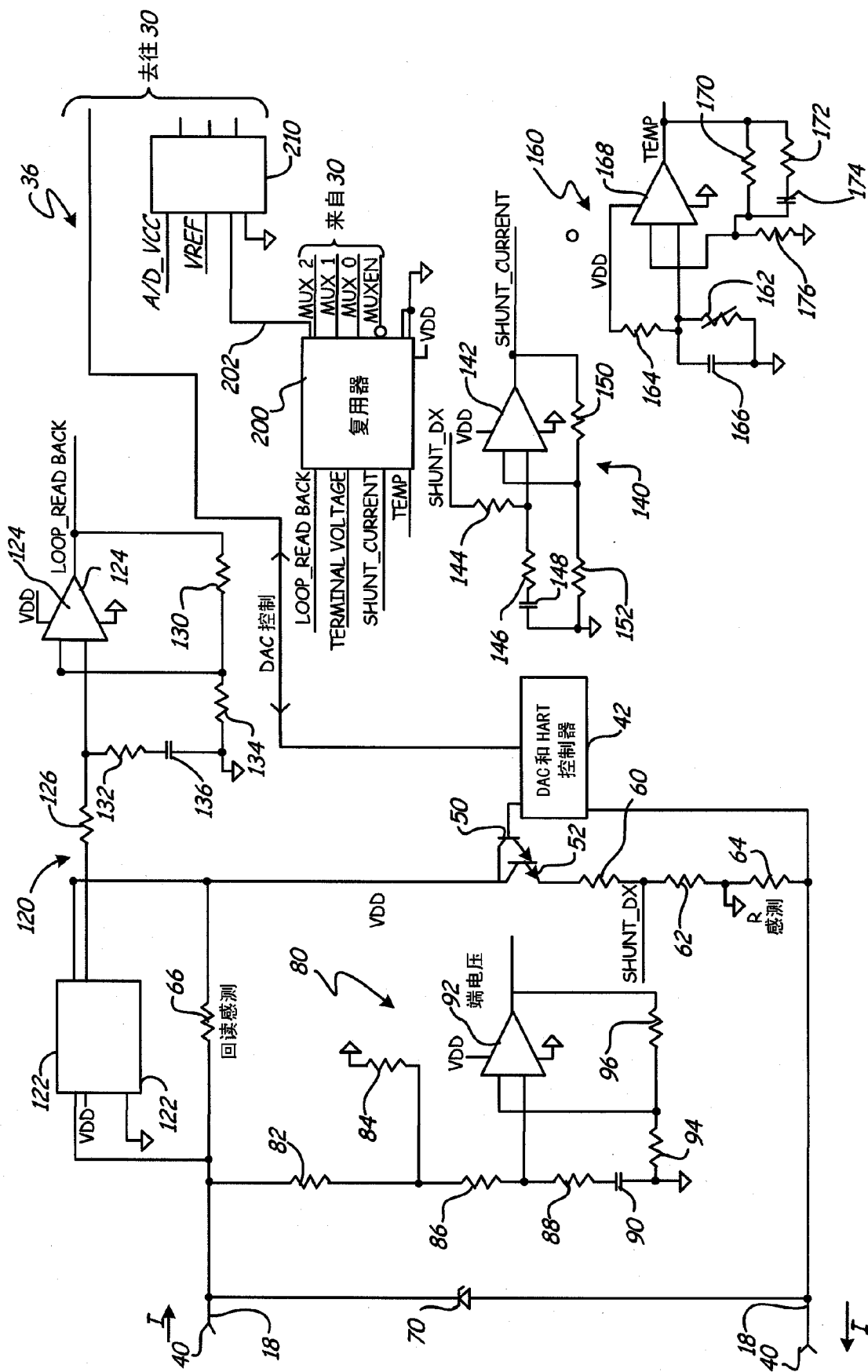


图 3

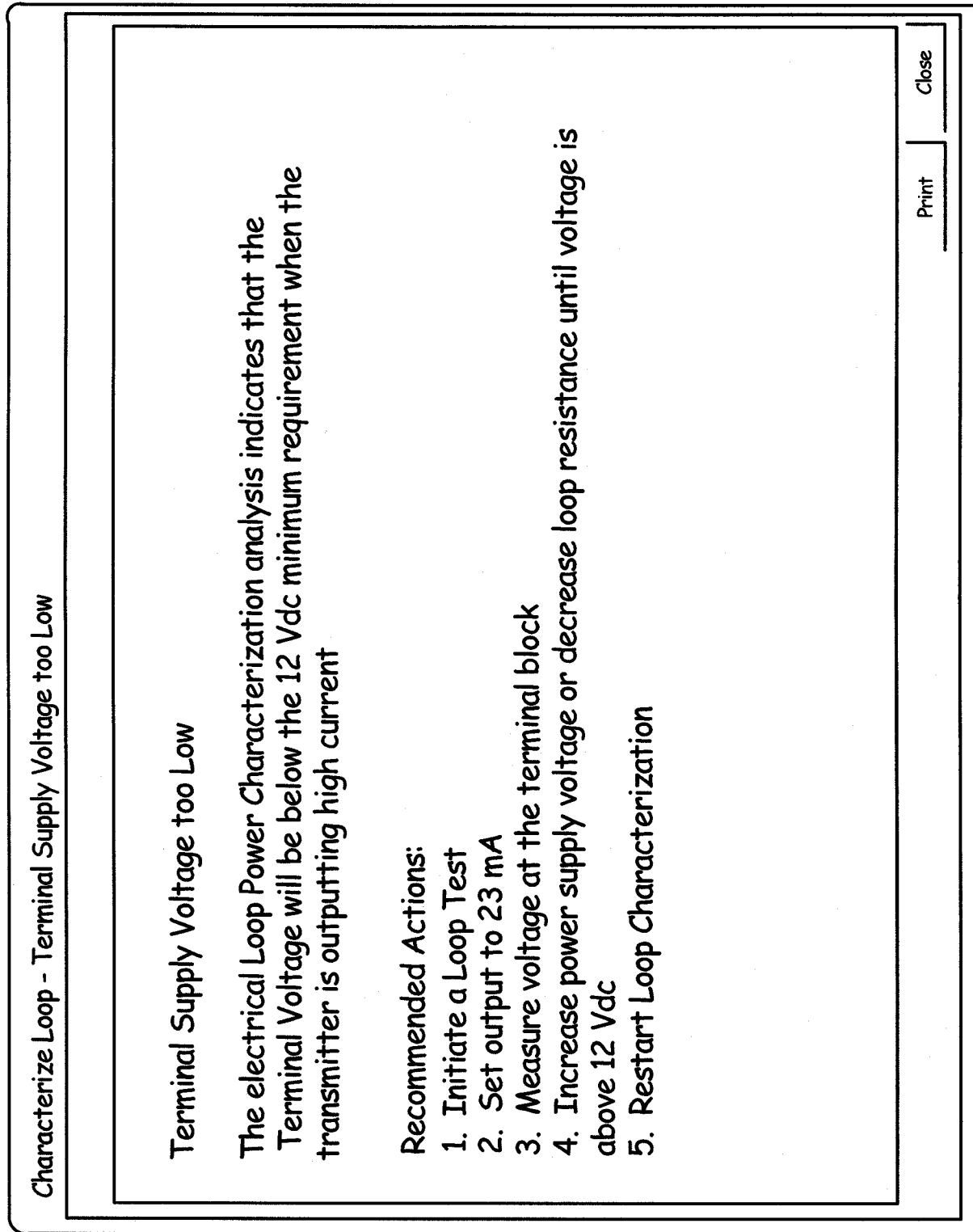


图 4

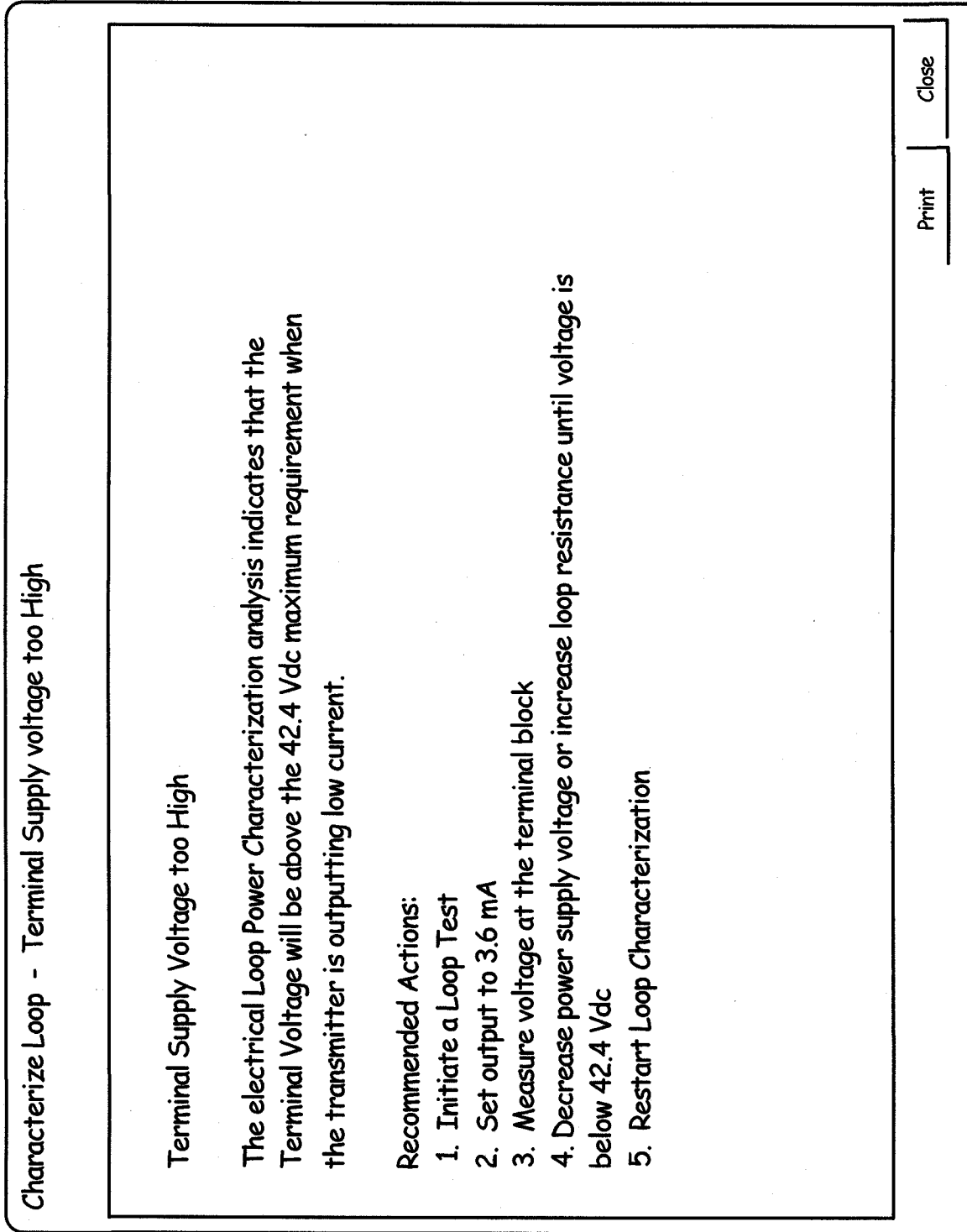


图 5

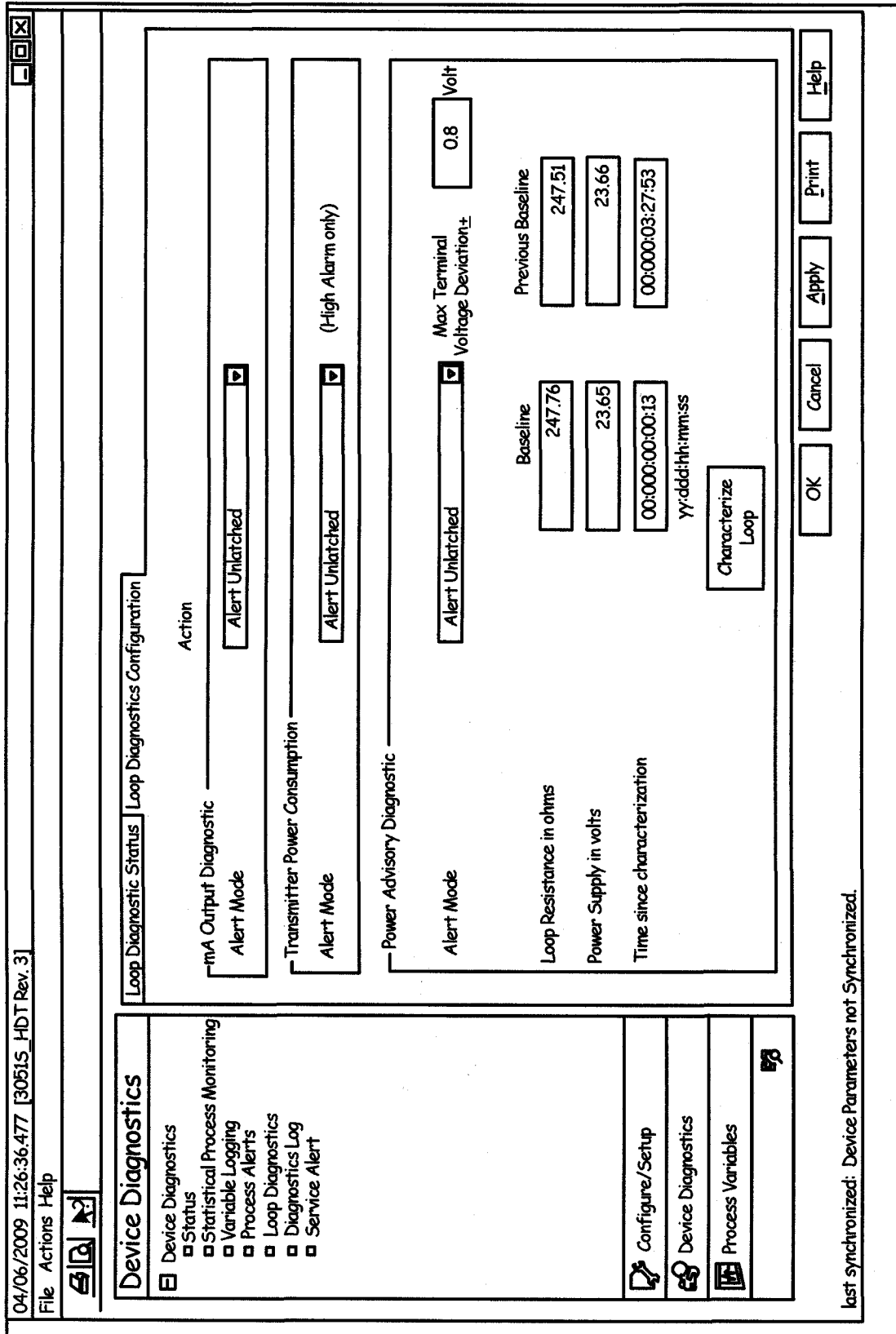


图 6