



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101490573 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 12

(21) 申请号 200780027125. 1

(22) 申请日 2007. 06. 04

(30) 优先权数据

11/454, 922 2006. 06. 19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 01. 16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2007/013093 2007. 06. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02007/149205 EN 2007. 12. 27

(73) 专利权人 MRL 工业公司

地址 美国加利福尼亚

专利权人 山特维克知识产权股份有限公司

(72) 发明人 凯文·B·佩克 诺埃尔·约翰逊

比约恩·A·拉尔森

庞特斯·K·H·尼尔松

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限

责任公司 11219

代理人 孙志湧 安翔

(51) Int. Cl.

G01R 31/08 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004/0012498 A1, 2004. 01. 22, 说明书第 6-72 段、图 3C, D, E.

CN 1124846 A, 1996. 06. 19, 全文.

US 2004/0060026 A1, 2004. 03. 25, 全文.

US 2004/0108824 A1, 2004. 06. 10, 说明书第 10 段 - 第 331 段、图 1-10.

US 5514129 A, 1996. 05. 07, 说明书第 2 栏第 18 行 - 第 9 栏第 12 行、图 1.

US 5514129 A, 1996. 05. 07, 说明书第 2 栏第 18 行 - 第 9 栏第 12 行、图 1.

审查员 汤莎亮

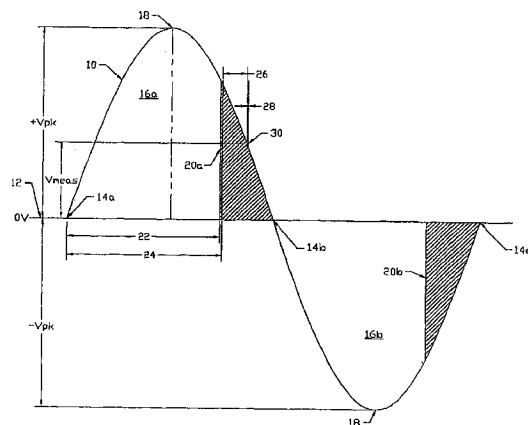
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

(54) 发明名称

高精度原位电阻测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种确定电路的瞬时电阻值的方法和一种确定电路的瞬时电阻值的测量系统。所述方法的示例性实施例测量电路的原位瞬时电压和原位瞬时电流,并且计算瞬时电阻。在所述方法中能够包括可选的温度测量,并且计算的瞬时电阻与测量的温度相关。所述方法能够应用于相角触发的负载和过零(时间成比例)负载。



1. 一种确定电路的瞬时电阻值的方法,所述方法包括:
在 AC 源波形的过零点产生同步事件;
等待延迟时段,所述延迟时段是基于所述 AC 源波形的频率;
同时测量所述电路的原位瞬时电压和测量所述电路的原位瞬时电流;以及
基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流,在由所述延迟时段选择的所述 AC 源波形的一部分处,为所述电路计算瞬时电阻。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中所述延迟时段是大约 6,250 微秒。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中测量所述原位瞬时电压是在所述 AC 源波形中已经出现峰值电压值之后。
4. 根据权利要求 2 或 3 所述的方法,包括在进行测量之前校验所述电路中电压的存在。
5. 根据权利要求 4 所述的方法,包括在校验和测量之间实施延迟以避免测量中的噪声。
6. 根据权利要求 5 所述的方法,其中所述延迟是大约 1,000 微秒。
7. 根据权利要求 1 所述的方法,其中测量所述原位瞬时电压是在所述 AC 源波形中的峰值电压点处。
8. 根据权利要求 1 所述的方法,所述方法包括:
测量所述电路的原位瞬时温度;
将计算的瞬时电阻与测量的原位瞬时温度关联。
9. 根据权利要求 8 所述的方法,其中所述测量的原位瞬时电压、所述测量的原位瞬时电流和所述测量的原位瞬时温度被同时测量。
10. 一种测量系统,包括:
待测量的电路;
电压-电流测量模块,包括微型控制器和同步输入检测器;以及
控制器,
其中所述电压-电流测量模块操作地连接到待测量的所述电路以测量所述电路的原位瞬时电压并同时测量所述电路的原位瞬时电流,
其中所述电压-电流测量模块操作地连接到所述控制器以经由所述微型控制器将测量值传送给所述控制器,
其中所述同步输入检测器检测与所有后续时序相关的过零点事件,
其中所述微型控制器执行全部测量定时,以及
其中所述测量系统基于所述测量的原位瞬时电压和所述测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻。
11. 根据权利要求 10 所述的测量系统,包括通信总线,其中所述电压-电流测量模块通过所述通信总线操作地连接到所述控制器以利于多个区的监测。
12. 根据权利要求 10 所述的测量系统,包括温度测量模块,其中所述温度测量模块操作地连接到所述电路以测量瞬时温度,并操作地连接到所述控制器以将测量值传送给所述控制器。
13. 根据权利要求 12 所述的测量系统,包括通信总线,其中所述温度测量模块通过所述通信总线操作地连接到所述控制器以利于多个区的监测。

高精度原位电阻测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电阻测量。更具体地,本发明涉及进行原位电阻测量的方法和用于基于所述测量监测设备的方法。例如,本公开能够涉及在炉中操作的同时对电阻加热元件进行测量的方法以及实时诊断法和预测故障机制。

背景技术

[0002] 在下面的背景讨论中,参考某些结构和/或方法。但是,下面的参考不应当被解释为认为这些结构和/或方法构成现有技术。申请人明确保留证明这些结构和/或方法不足以作为现有技术的权利。

[0003] 测量电阻元件的电阻的常规方法通常采用某种形式的 RMS 或其它时间平均方案,或者对电阻元件施加有效信号以便进行测量。在前者的情况中,通常对测量进行重度过滤以去除噪声,因此没有提供本发明的方法所提供的分辨率或跟踪速度。此外,在采用与时间成比例的(诸如在过零同步控制的情况中)控制方法的情况下,这些测量趋于不是很精确。在后者的情况中,测量通常需要在没有施加电源的情况下进行(这与在正常操作条件下施加电源时进行原位测量正相反),并且取决于启动测量所施加的信号,测量可能是系统噪声源。在电源是 DC 的情况中,可能不希望或不可能中断电压和电流源来进行测量。

[0004] 在美国专利 No. 6,956,489 和 No. 7,012,538 中公开了一种用于监测通电流的加热元件的条件的方法,其内容通过参考而并入这里。

发明内容

[0005] 确定电路的瞬时电阻值的方法的示例性实施例包括测量电路的原位瞬时电压,测量电路的原位瞬时电流,以及基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻。

[0006] 确定电路的瞬时电阻值的方法的另一示例性实施例包括测量电路的原位瞬时电压,测量电路的原位瞬时电流,测量电路的原位瞬时温度,以及基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻,并将计算得的瞬时电阻与测量的温度进行关联。

[0007] 测量系统的示例性实施例包括待测量的电路、EI 测量模块以及控制器,其中 EI 测量模块被操作地连接到待测量的电路以测量该电路的原位瞬时电压并测量该电路的原位瞬时电流,其中 EI 测量模块操作地连接到控制器以将测量传送到控制器,其中测量系统基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻。

[0008] 需要理解前面的概括性描述和如下的详细描述都是示例性和解释性的,意在提供要求保护的本发明的进一步解释。

附图说明

[0009] 结合附图能够理解以下的详细描述,附图中,相同的数字表示相同的元件,其中:

[0010] 图 1 示出应用于相角触发的负载的示例性测量技术。

- [0011] 图 2 示出一组周期的示例相角测量图案。
- [0012] 图 3 示出应用于过零（时间成比例的）负载的示例性测量技术。
- [0013] 图 4 示出一组周期的示例过零触发的测量图案。
- [0014] 图 5 是表示测量系统的示例性实施例的方块功能图。

具体实施方式

[0015] 在 AC 电源应用中，供电线之间的电压电势周期性地从零增加到峰值电压，并且一条供电线比另一条供电线正相，然后经过一段时间下降回零。电压然后再次增加到峰值电压，并且相对的供电线比另一条供电线正相。对于 USA 的大部分 AC 电源，这个周期以 60Hz 的频率持续地重复，而在一些其他国家，以 50Hz 的频率持续地重复。供电线之间的 AC 电势变为零的时间点被称为过零点。AC 电压一般是三角函数，其中瞬时电压约是峰值电压乘以 $\sin(\theta)$ ，这里 θ 是弧度，并且完整的 AC 周期（包括正半周和负半周）在 2π 弧度或 360 度的周期内出现。

[0016] 确定电路的瞬时电阻值的示例性方法包括测量电路的原位瞬时电压和测量电路的原位瞬时电流。基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻。测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流是被同时测量的。

[0017] 原位测量的示例性实施例是电路中的参数的测量，而该电路被电连接和操作，优选地，当该电路正常操作时，并且没有中断或修改操作条件。

[0018] 电路中的瞬时电压的测量点是周期的、在预定时间处并且是电压周期中距离参考点的一致点 (consistent point)。例如，能够使用参考过零点、电压峰值、电压最小值、最小或最大变化率、或时间周期的任意时段。同样，电路中的瞬时电流的测量点是周期的、在预定时间处并且是电流周期中距离参考点的一致点。例如，能够使用参考过零点、电流峰值、电流最小值、最小或最大变化率、或时间周期的任意时段。

[0019] 在一个示例性实施例中，参考点是 AC 波形的过零点。在另一示例性实施例中，预定时间是约 6,250 微秒 ($\pm 10\%$)。在又一示例性实施例中，预定时间是在周期中已经出现峰值电压值处或在峰值电压值已经出现之后。

[0020] 确定电路的瞬时电阻值的示例性方法能够根据需要包括在进行测量之前校验电路中电压的存在。校验电压的存在有助于避免通过将在电路空载时的测量包含到平均处理而可能发生的错误测量。能够通过例如，作为分离的电路或合并到 EI 测量模块的电压输入部分或者并入另一模块中的电路的比较器电路来实施校验。在一个示例性方法中，在校验和测量之间实施延迟以避免测量中的噪声。适宜的延迟的示例是约 1,000 微秒 ($\pm 10\%$)。

[0021] 如在此采用的，通过同时对瞬时电压和电流值采样而在正常操作条件下进行所有的测量。由于电压和电流测量同时进行，因此可以通过将瞬时电压除以瞬时电流测量值来计算精确的电阻测量值。

[0022] 根据需要，能够测量电路的温度。例如，确定电路的瞬时电阻值的示例性方法包括测量电路的原位瞬时电压，测量电路的原位瞬时电流，并测量电路的原位瞬时温度。基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流计算瞬时电阻，并将计算的瞬时电阻与测量的温度关联。在示例性方法中，测量的原位瞬时电压、测量的原位瞬时电流和测量的原位温度被同时测量。对于测量的原位瞬时电压、测量的原位瞬时电流，该方法类似于以上这里描述的

方法。对于测量的原位瞬时温度,能够通过靠近电路放置的热电偶进行测量。

[0023] **实施例**:用于加热元件的电路被电连接到电源以将 60Hz 的 120vac 提供到该电路。在 AC 过零点产生同步事件,并且在由可调时间延迟确定的时段之后进行测量。这确保测量总是在 AC 周期期间的相同时间点进行,并允许根据情况对连续测量的时间进行平均。与 AC 半周相比,测量窗口被设计为很小,例如,小于 1% (在一个示例性实施例中) 以便在测量时段期间使改变 AC 电压的影响最小。例如,对于 60Hz 的 8,333 微秒的 AC 半周,示例性实施例具有 50 微秒测量窗口,对于 50Hz 的 10,000 微秒的 AC 半周,示例性实施例具有 50 微秒测量窗口。

[0024] 对于过零同步负载,在完整的半周或整周期中施加功率,并且功率与时间成比例。由于 E (电压) 和 I (电流) 是周期的,当在控制分辨率 (单独全周期或半周) 检查时,合功率不会变化,因此功率的百分比可以通过以下的函数定义:

$$[0025] \quad f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

[0026] 在大多数情况中,循环时间 ($t_{on} + t_{off}$) 等于 20 个周期或 333 毫秒。在这种情况下,最小的施加的功率通常是 1/20 或 5%,如可以从下面等式看出的:

$$[0027] \quad f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} t_{on} = \frac{1}{60Hz} t_{off} = 19 \frac{1}{60Hz}$$

$$[0028] \quad f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = 5\%$$

[0029] 任何对电阻负载的功率的施加产生可测 (至少半周) 事件。对于过零触发的元件的优选测量点是在 AC 半周的峰值处,对于 60Hz AC 源 AC 半周的峰值出现在过零事件之后的 4,167 微秒。表示该点的另一方法是将其与弧度关联,使得峰值电压出现在 $\pi/2$ 弧度 (90 度) 和 $3\pi/2$ 弧度 (270 度),这里 $\sin(\theta)$ 分别等于 1 和 -1。在这些点处, $\frac{\partial V}{\partial T}$ (电压随时间的变化) 是最小值,获得最稳定测量。

[0030] 在相角可控负载的情况中,对电压被施加给负载的点的延迟正比于每个 AC 半周。AC 周期的电压被施加给负载的部分通常被称为导通角,而导通角开始的点被称为相角。导通角包含 AC 周期的从相角到下一个过零事件的部分。由于 R 是相对于 E 和 I 的常数,而 I 是 E 的函数 (在该示例性情况中负载主要是电阻),因此功率的百分比可以被表示为 $\frac{E_2^2}{E_1^2}$ 。在这种情况下,由于电压的波形是不规则的,因此能够通过将电压对时间积分来获得功率更精确的表示。那么,功率的百分比变为:

$$[0031] \quad f_{pac}(\theta_t) = \frac{\int_0^{\theta_t} \sin(\theta)^2 d\theta}{\int_0^{\pi} \sin(\theta)^2 d\theta}$$

[0032] 检查典型的半周,这里循环开始于 $\theta = 0$ ($t = 0$),在 $\theta = \pi$ (对于 60Hz, $\tau = 8,333$ 微秒) 结束,发现在 $\theta = \pi/2$ (相角),施加 50% 的功率。还能够用角度表示相角,其中 $\theta = 2\pi$ 与 $\phi = 360$ 度相同。这意味着 $\phi = 90$ 度是 50% 功率点。计算如下:

$$[0033] \quad f_{pac}(\theta_t) = \frac{\int_0^{\theta_t} \sin(\theta)^2 d\theta}{\int_0^{\pi} \sin(\theta)^2 d\theta} \quad f_{pac}(\theta_t) = 50\%$$

$$\theta_t = \frac{\pi}{2} = 1.571 \text{ rad}$$

[0034] 能够通过监测电路中位于能量调节装置前的 AC 电源来产生同步脉冲。例如,这个监测点可以是并联反接连接的一对 SCR。在由可调延迟确定的一段时间之后,测试输入电压以校验已经施加功率。在示例性实施例中,将从同步到测量的延迟调整到约 6,250 微秒 ($\pm 10\%$),获得大约 $\phi = 135$ 度的相角。检查在该相角的功率,我们发现:

$$[0035] \quad f_{pac}(\theta_t) = \frac{\int_0^{\theta_t} \sin(\theta)^2 d\theta}{\int_0^{\pi} \sin(\theta)^2 d\theta} \quad \theta_t = 135 \text{ deg} = 2.356 \text{ rad}$$

$$[0036] \quad f_{pac}(\theta_t) = 9.085\%$$

[0037] 这种构造允许在 10% 或更高的功率水平下容易地进行测量。由于操作期间的功率输出通常比 10% 大很多,因此这涵盖大多数应用。当然,如果需要,通过适当地调整延迟,测量点能够被调整为在更低的输出百分比处测量。

[0038] 在可调延迟之后(在一个示例性实施例中设置到 1,000 微秒),再次测试电压以校验其是否仍存在,所述延迟既用作避免触发噪声脉冲的机制还用作允许在开始施加电压后经过一段时间的机制,以允许在进行测量之前解决初始电压施加基础上的任何电压尖峰。如果电压仍然存在,则进行测量。在示例性实施例中,进行测量的相角是 $[(6,250 \text{ 微秒} + 1,000 \text{ 微秒}) / 8,333 \text{ 微秒}] \times 180 \text{ 度} = 156.6 \text{ 度}$ 。在该相角的瞬时电压, $f_{vpk}(\theta)$ 被定义为:

$$[0039] \quad f_{vpk}(\theta) = \sin(\theta) \quad \theta_t = 156.6 \text{ deg} \quad f_{vpk}(\theta_t) = 39.715\%$$

[0040] 因此,该瞬时电压大约等于峰值电压的 40%。

[0041] 在 DC 电压的情况中,示例性系统内部产生其自己的周期同步脉冲以对电压和电流与时间的乘积采样并对该读数平均。对该系统进行 DC 测量不会存在问题,因为不管怎样实质上是对峰值进行测量。

[0042] 图 1 示出应用于相角触发的负载的示例性测量方法的应用。检查图 1, AC 电源 10,具有为正弦曲线形状的 60Hz 的线路频率,具有 0 伏特的平均电压 12,重复出现的过零点 14a、14b、14c。AC 电源 10 由半周部分 16a、16b 组成,该半周部分 16a、16b 是 180 度或长度为 8,333 微秒,并且具有在 90 度或过零点之后 4,166 微秒出现的峰值电压 18。半周部分 16a、16b 成比例以便导通角 20a、20b 产生需要的输出功率。例如,需要的输出功率可以至少是最大功率的 10%。在该示例中,在 10% 的功率输出的情况中,通过将触发角 22 延迟到大约 133.4 度或 6176 微秒来实现功率的成比例。从过零点 14a、14b、14c 出现测量同步。能够选择诸如 2%、3%、8%、15%、25%、30%、50%、60%、80% 和以上的其它需要的输出功率。

[0043] 在延迟 24 之后测试电压的存在。如果如图 1 的情况中一样存在电压,实施额外的延迟 26 以允许在采样时段 28 期间对电压进行采样之前使通常在初始施加电压时出现的噪

声脉冲消失。这里,延迟 24 是 6,250 微秒,额外延迟是 1,000 微秒,采样时段 28 是 50 微秒。在进行采样时,测量的电压 30 仍大约是其峰值 18 的 40%。在电压采样的同时,测量电流从而在相同时间点得到瞬时值。将电压测量值除以电流测量值以获得瞬时电阻测量值。

[0044] 图 2 示出一组周期的示例相角测量图案。参照图 2,示出如图 1 中所示的多个连续 AC 周期。多个连续 AC 周期 100a、100b、100c 具有多个过零点 102a、102b、102c、102d、102e、102f、102g 和多个导通角事件 104a、104b、104c、104d、104e、104f。

[0045] 在第一两个周期期间,触发角 106a、106b 是 133.4 度或 6,176 微秒,获得产生最大可用功率的大约 10% 的输出功率的导通角 104a、104b、104c、104d。在这些情况中,在测试点 108a、108b 存在电压,因此在延迟 110a、110b 之后,进行后续测量 112a、112b。

[0046] 在第三示例性周期期间,触发角 106c 是 143.8 度或 6,657 微秒,获得产生最大可用功率的大约 5% 的输出功率的导通角 104e、104f。在这些情况中,在测试点 108c 不存在电压,因此没有尝试测量。该方法的结果是在 AC 周期期间的一致点处同时进行电压和电流测量,由于在测量点的瞬时电压是一致的,允许后续测量对时间平均,从而减少噪声。

[0047] 需要注意可以调整延迟参数的每一个,因此如果需要可以适应小于 10% 的功率水平。相反地,在变化率 ($\frac{\partial V}{\partial T}$) 是较小值的情况下,能够选择更高的最小可测功率水平或者实施较短的噪声延迟来进行测量,这也可以提高总精度。此外,在线路频率不同,诸如 50Hz 的情况中,则能够适当调整时间延迟。

[0048] 图 3 示出应用于过零(时间成比例)负载的示例性测量技术。在图 3 的示例中,电压是过零触发的。示出处于三角函数曲线形状的具有线路频率 60Hz 的 AC 电源 200。AC 电源 200 具有 0V 平均电压,并具有重复出现的过零点 202a、202b、202c,以及为 180 度或长度 8,333 微秒的半周部分 204a、204b,并且具有在 90 度或过零点后 4,166 微秒出现的峰值电压 206。通过经过时间在交替周期或半周选择性施加电压出现功率的成比例。从过零点 202a、202b、202c 出现测量同步。在过零点 202a 测试电压的存在。在延迟 208 之后,在采样时段 210 期间对电压采样。这里,示出 4,166 微秒的延迟 208 和 50 微秒的采样时段 210。在进行采样时,测量的电压大约是其峰值的 100%,在该点,电压变化 ($\frac{\partial V}{\partial T}$) 大约是 0。对电压采样的同时,测量电流从而在相同时间点得到瞬时值。将电压测量值除以电流测量值来获得瞬时电阻测量值。

[0049] 图 4 示出一组周期的示例过零触发的测量图案。在图 4 的示例中,示出如图 3 中所示的多个连续 AC 周期。多个连续 AC 周期 300a、300b、300c 具有多个过零点 302a、302b、302c、302d、302e、302f、302g,并且电压与时间成比例。在第一两个周期期间,电压被选择性施加给负载。在这些情况中,在半周的波峰在峰值电压 306 进行后续测量 304a、304b。这里,峰值电压是 169.7V,电压变化 ($\frac{\partial V}{\partial T}$) 大约是 0。

[0050] 在第三示例性周期期间,电压没有被施加给负载,从而没有尝试测量。该方法的结果是在 AC 周期期间在一致点同时进行电压和电流测量,由于瞬时电压在测量点处是一致的,因此允许后续测量对时间进行平均,从而减少噪声。需要注意在线路频率不同,诸如 50Hz 的情况中,可以适当调整时间延迟。

[0051] 在前面引用的示例中(如图 1 到 4 中所示),选择 169.7V 峰值和 60Hz 来阐述典型

示例。但是,这些参数仅用于示例性目的,能够以类似方式适应诸如 60Hz 或 DC 电压的其它电压和构造。

[0052] 示例性测量系统包括待测量的电路、EI 测量模块和控制器。EI 测量模块操作地连接到待测量的电路以测量该电路的原位瞬时电压和测量该电路的原位瞬时电流。EI 测量模块还操作地连接到控制器以将测量值传送给控制器用于进一步分析。测量系统基于测量的原位瞬时电压和测量的原位瞬时电流来计算瞬时电阻。

[0053] 可选温度测量模块能够包括在该示例性测量系统中。温度测量模块操作地连接到电路以测量瞬时温度。可选通信总线也能够包括在该示例性测量系统中。例如,EI 测量模块和 / 或温度测量模块能够通过通信总线操作地连接到控制器以便于多个区的监测。

[0054] 图 5 是表示测量系统 400 的示例性实施例的方块功能图。虚线的部件 402、404、406、408 是被测电路的一部分,该被测电路本身是诸如加热元件或热处理系统的更大系统的一部分。虚线的部件 402、404、406、408 实质上是代表性的,本身不包含在测量系统中,而被包含在图 5 中以示出测量系统 400 与被测量的系统的界面。

[0055] 在图 5 的示例性实施例中,AC 电压 402 被降低到需要的电压并通过变压器 404 与负载隔离。降低的电压通过功率比例装置 406 与电阻负载 408 成比例。测量系统 400 由 EI(电压-电流)测量模块 410 组成,EI 测量模块 410 由在功率比例装置 406 之前监测降低的电压的同步输入检测器 412 组成。该同步输入检测器检测与所有后续时序相关的过零点事件。电压输入部分 414 通过比较仪提供存在的信号电压的确认,还为电压输入测量提供实际信号调节。通过电流输入部分 416 从电流变压器 418(或替代地电阻分流-未示出)获得瞬时电流输入。双 S&H 电路(采样和保持电路)420 同时测量瞬时电压和电流信号,并将其输出提供给 A/D 转换器 422。微型控制器 424 执行电阻计算以及全部测量定时、按比例缩放和跨过电流隔离隔栅 440 经由通信总线 450 与主控制器 430 通信。

[0056] 通过温度测量模块 460 同步测量可选温度测量。温度测量模块 460 包括一个或多个 TC 输入放大器 462,TC 输入放大器 462 调节由热电偶 464 提供的温度测量信号。A/D 转换器 466 将温度测量值数字化,之后通过微型控制器 468 将其缩放,继而,微型控制器 468 将温度值跨过电流隔离隔栅经由通信总线传送给主控制器 430,所述电流隔离隔栅可以是与电流隔离隔栅 440 相同或不同,所述通信总线可以是与通信总线 450 相同或不同。提供第二线性输入 470 以利于下述情况,即能够提供诸如 0-5vdc 的线性输入,其指示电阻元件温度,诸如来自光学高温计或其它类似源的信号。

[0057] 在此公开的元件可以按比例缩放以适应连接到单主控制器以及集成的多个主控制器的电阻加热元件的多个区以构建许多测量点的网络。

[0058] 虽然结合其优选实施例对本发明进行了描述,但本领域的技术人员应当理解在不偏离如所附权利要求书限定的本发明的精神和范围的前提下,可以对没有具体描述的内容实施添加、删除、修改和替代。

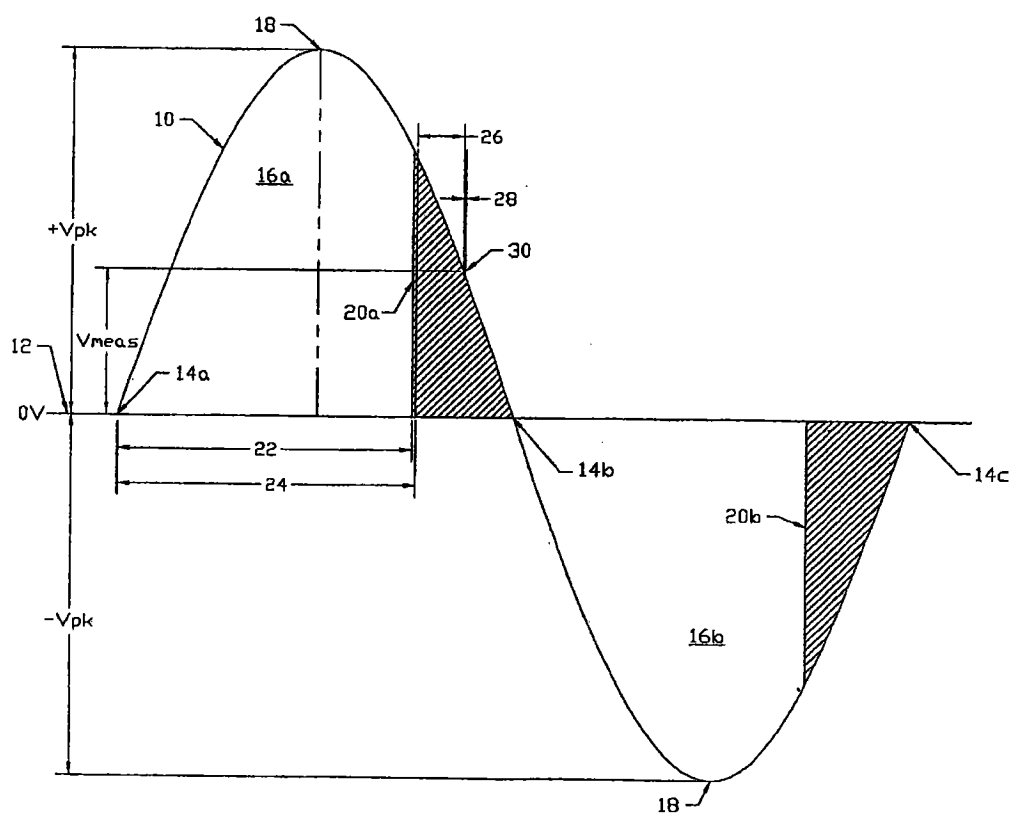


图 1

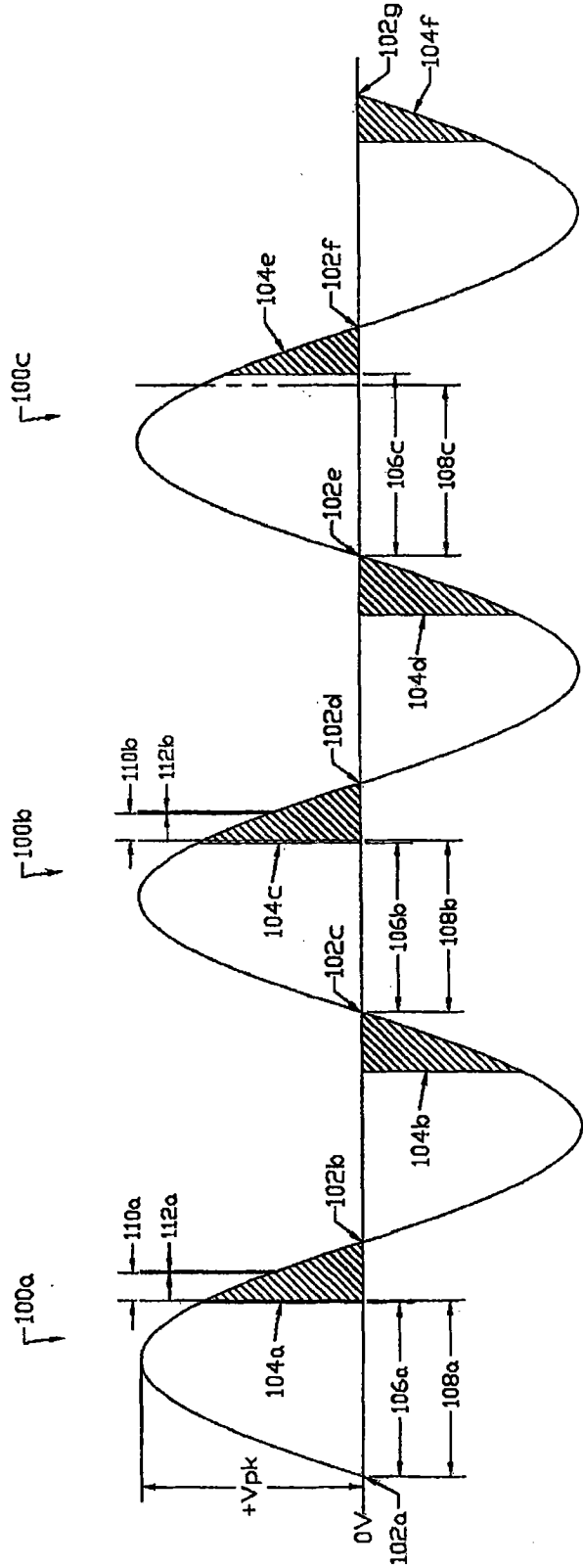


图2

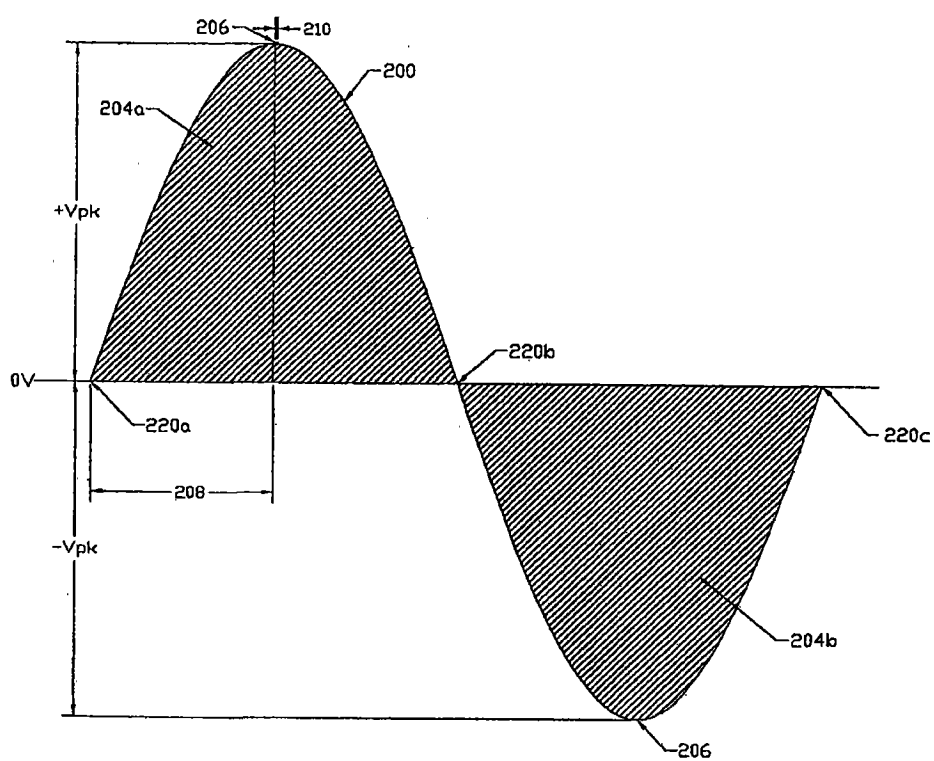


图 3

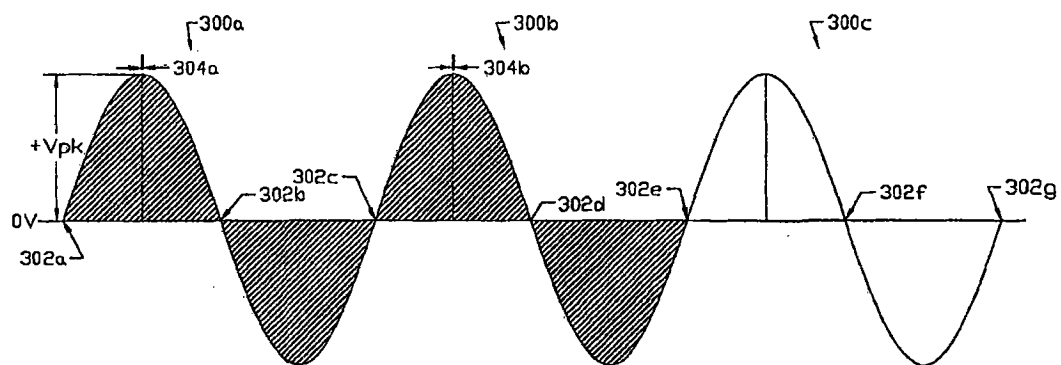


图 4

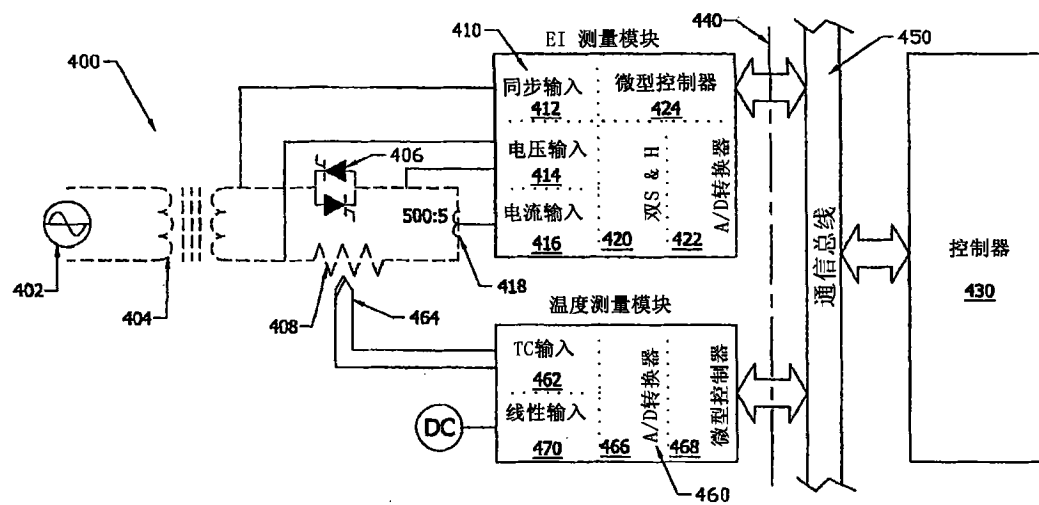


图 5