



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월05일
(11) 등록번호 10-1359232
(24) 등록일자 2014년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7000785
(22) 출원일자(국제) 2007년06월04일
심사청구일자 2012년05월08일
(85) 번역문제출일자 2009년01월14일
(65) 공개번호 10-2009-0054423
(43) 공개일자 2009년05월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/013093
(87) 국제공개번호 WO 2007/149205
국제공개일자 2007년12월27일
(30) 우선권주장
11/454,922 2006년06월19일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2006024537 A
US05514129 A
전체 청구항 수 : 총 22 항

(73) 특허권자
엠알엘 인더스트리즈, 인크.
미국 95370 캘리포니아주 소노라 너겟 불리바드 19500
산드빅 인터렉츄얼 프로퍼티 에이비
스웨덴 에스-811 81 산드비켄
(72) 발명자
팩, 케빈, 비.
미국, 95370 캘리포니아, 소노라, 리지우드 드라이브 15875
존슨, 노엘
미국, 95370 캘리포니아, 소노라, 크리스탈 폴스 드라이브 21862
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김윤배

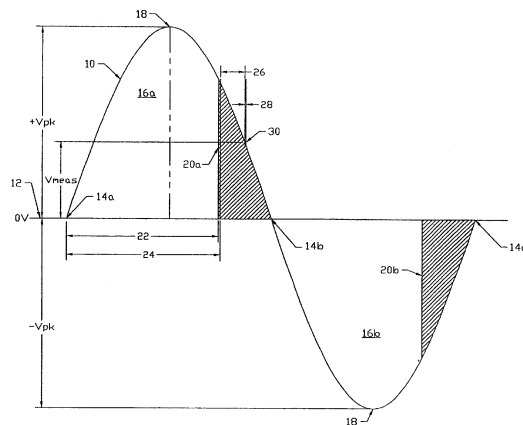
심사관 : 윤지영

(54) 발명의 명칭 고정밀 현장 저항 측정방법

(57) 요약

전기회로의 순간 저항값을 결정하는 방법과 전기회로의 순간 저항값을 결정하는 측정 시스템이 개시된다. 방법의 전형적 실시예는 회로의 현장 순간 전압과 회로의 현장 순간 전류를 측정하고, 순간 저항을 계산한다. 조건적 온도 측정이 방법에 포함되고 계산된 순간 저항이 측정된 온도와 관련된다. 방법은 위상각 파이어드 부하와 제로-크로스(시간 비례) 부하에 적용될 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

라슨, 비욘, 에이.

스웨덴, 에스-724 64 바스테라스, 10 어거스트 콰
스 바그

닐슨, 폰터스, 케이., 에이치.

미국, 95361 캘리포니아, 오클랜드, 그레이프 아버
로드 13301

특허청구의 범위

청구항 1

회로의 현장 순간 전압을 측정하고;

회로의 현장 순간 전류를 측정하며;

측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산하되;

측정 이전에 회로에 전압의 존재를 검증하는 것을 갖추어 이루어진 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류가 동시에 측정되는 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 순간 전압의 측정 포인트가 주기적, 소정 시간, 전압의 사이클에서의 기준 포인트로부터의 일차 포인트이고, 순간 전류의 측정 포인트가 주기적, 소정 시간, 전류의 사이클에서의 기준 포인트로부터의 일차 포인트인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 기준 포인트가 AC 파형의 제로 크로싱 포인트인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 소정 시간이 $6,250 \mu\text{sec}$ 인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 6

제3항에 있어서, 소정 시간은 피크 전압값이 사이클에서 발생된 후인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 측정에서의 잡음을 회피하도록 검증과 측정 사이에서 지연을 수행하는 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 지연이 $1,000 \mu\text{sec}$ 인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 10

제3항에 있어서, 소정 시간이 사이클에서의 피크 전압 포인트에서인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 11

회로의 현장 순간 전압을 측정하고;

회로의 현장 순간 전류를 측정하며;

회로의 현장 순간 온도를 측정하고;

측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산하고 계산된 순간 저항을 측정된 온도와 관련지우되;

측정 이전에 회로에 전압의 존재를 검증하는 것을 갖추어 이루어진 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 측정된 현장 순간 전압과, 측정된 현장 순간 전류 및, 측정된 현장 온도가 동시에 측정되는 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 순간 전압의 측정 포인트가 주기적, 소정 시간, 전압의 사이클에서의 기준 포인트로부터의 일치 포인트이고, 순간 전류의 측정 포인트가 주기적, 소정 시간, 전류의 사이클에서의 기준 포인트로부터의 일치 포인트인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 기준 포인트가 AC 파형의 제로 크로싱 포인트인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 소정 시간이 $6,250 \mu \text{sec}$ 인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 16

제13항에 있어서, 소정 시간은 피크 전압값이 사이클에서 발생된 후인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제11항에 있어서, 측정에서의 잡음을 회피하도록 검증과 측정 사이에서 지연을 수행하는 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 19

제18항에 있어서, 지연이 $1,000 \mu \text{sec}$ 인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 20

제13항에 있어서, 소정 시간이 사이클에서의 피크 전압 포인트에서인 것을 특징으로 하는 전기 회로의 순간 저항값 결정방법.

청구항 21

측정되어지는 회로와;

EI 측정 모듈 및;

컨트롤러를 구비하여 구성되고,

EI 측정 모듈은 회로의 현장 순간 전압을 측정하고 회로의 현장 순간 전류를 측정하도록 측정되어지는 회로에 동작적으로 연결되고,

EI 측정 모듈은 컨트롤러에 대해 측정을 통신하도록 컨트롤러에 동작적으로 연결되며,

측정 시스템은 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산하되, 측정 이전에 회로에 전압의 존재를 검증하는 것을 특징으로 하는 측정 시스템.

청구항 22

제21항에 있어서, 통신 버스를 구비하여 구성되고, EI 측정 모듈이 모니터링의 다중 구역을 용이하게 하도록 통신 버스를 통해 컨트롤러에 동작적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 측정 시스템.

청구항 23

제21항에 있어서, 온도 측정 모듈을 구비하여 구성되고, 온도 측정 모듈이 순간 온도를 측정하도록 회로에 동작적으로 연결되고 컨트롤러에 대해 측정을 통신하도록 컨트롤러에 동작적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 측정 시스템.

청구항 24

제23항에 있어서, 통신 버스를 구비하여 구성되고, 온도 측정 모듈이 모니터링의 다중 구역을 용이하게 하도록 통신 버스를 통해 컨트롤러에 동작적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 측정 시스템.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 저항 측정에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 현장 저항 측정을 이루는 방법 및 측정을 기초로 장비를 모니터링하기 위한 방법에 관한 것이다. 예컨대, 본 발명은 노(furnace)에서 동작하는 동안 저항성 가열 엘리먼트(resistive heating element) 상의 측정과, 고장 매카니즘을 실시간 진단 및 예측하는 것에 관한 것일 수 있다.

배경기술

[0002] 이하의 종래 기술의 논의에 있어서, 기준이 소정 구조 및/또는 방법에 대해 만들어진다. 그러나, 이하의 기준은 이들 구조 및/또는 방법이 종래 기술을 구성하는 것임을 승인하는 것으로서 구성되어지지 않아야 한다. 출원인은 분명히 이러한 구조 및/또는 방법이 종래 기술로서의 자격을 부여하지 않는 것임을 증명하는 권리를 보유한다.

[0003] 저항성 엘리먼트의 저항을 측정하는 종래의 방법은 전형적으로 측정을 수행하기 위해 RMS의 몇몇 형태나 다른

시간-평균 구조(time-averaging schemes)를 이용하거나 다루기 힘든 엘리먼트에 대해 능동 신호를 인가한다. 전자의 경우에는, 잡음을 제거하기 위해 측정이 통상적으로 심하게 필터링되고, 따라서 본 발명의 방법이 제공하는 해결이나 추적 속도를 제공하지 않는다. 더욱이, 이들 측정은 시간-비례(time-proportioned)[제로-크로스 동기 제어(zero-cross synchronous control)의 경우와 같은] 제어 방법에 따라 매우 정확하지 않은 경향이 있다. 후자의 경우에는, 측정은 전원이 인가되지 않을 때(정상 동작 조건 하에서 전원이 인가될 때 만들어지는 현장 측정에 직접 대비되는) 종종 취해질 필요가 있고, 측정을 가능하게 하도록 인가된 신호에 의존하여 시스템 잡음원으로 될 수 있다. 전원 공급이 DC인 경우에는, 측정을 취하도록 전압 및 전류 공급을 방해하는 것이 바람직하지 않거나 가능하지 않게 된다.

[0004] 전류-운반 가열 엘리먼트(electric current-carrying heating element)의 조건을 모니터링하기 위한 방법이 미국 특허 제6,956,489호 및 제7,012,538호 개시되어 있고, 그 내용은 여기서 참조로 된다.

발명의 상세한 설명

[0005] 전기 회로의 순간 저항값 결정방법의 전형적 실시예는, 회로의 현장 순간 전압을 측정하고, 회로의 현장 순간 전류를 측정하며, 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산하는 것을 갖추어 이루어진다.

[0006] 전기 회로의 순간 저항값 결정방법의 다른 전형적 실시예는, 회로의 현장 순간 전압을 측정하고, 회로의 현장 순간 전류를 측정하며, 회로의 현장 순간 온도를 측정하고, 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산하고 계산된 순간 저항을 측정된 온도와 관련지우는 것을 갖추어 이루어진다.

[0007] 측정 시스템의 전형적 실시예는, 측정되어지는 회로와, EI 측정 모듈 및, 컨트롤러를 구비하여 구성되고, EI 측정 모듈은 회로의 현장 순간 전압을 측정하고 회로의 현장 순간 전류를 측정하도록 측정되어지는 회로에 동작적으로 연결되고, EI 측정 모듈은 컨트롤러에 대해 측정을 통신하도록 컨트롤러에 동작적으로 연결되며, 측정 시스템은 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산한다.

실시예

[0013] 이하, 예시도면을 참조하면서 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다.

[0014] AC 공급 적용에 있어서, 공급 라인 사이의 전위는 제로로부터 다른 라인 보다 더 포지티브로 되는 하나의 라인을 구비하는 피크 전압(Peak Voltage)으로 주기적으로 증가하고, 이어 얼마간의 시간에 걸쳐 제로로 되돌아가서 감소된다. 이어 전압은 다른 라인 보다 더 포지티브로 되는 대향하는 라인을 구비하는 피크 전압으로 다시 증가한다. 이 사이클은 미국에서 대부분의 AC 공급에 대해 60Hz, 그리고 몇몇 다른 국가에서는 50Hz의 율로 연속적으로 반복된다. 공급 라인 사이의 AC 전위가 제로로 되는 시간의 포인트는 제로 크로싱 포인트(Zero Crossing point)로서 언급된다. AC 전압은 순간 전압(instantaneous voltage)이 $\sin(\theta)$ 로 곱해지는 거의 피크 전압인 전형적으로 순환 함수이고, 여기서 θ 는 라디안 내에 있고 완료된 AC 사이클(포지티브 및 네가티브 하프 사이클 양쪽을 포함하는)은 2π 라디안(radians) 또는 360도의 주기에 관해 야기된다.

[0015] 전기 회로의 순간 저항값을 결정하는 전형적 방법은 회로의 현장 순간 전압(in-situ instantaneous voltage)을 측정하고, 회로의 현장 순간 전류(in-situ instantaneous current)를 측정하는 것을 갖추어 이루어진다. 측정된 현장 순간 전압과 현장 순간 전류를 기초로, 순간 저항이 계산된다. 측정된 현장 순간 전압과 현장 순간 전류는 동시에 측정된다.

[0016] 현장 측정의 전형적 실시예는 회로가 전기적으로 연결되어 동작하는 동안, 바람직하기는 회로가 정상적으로 동작하고 동작 조건을 방해하거나 변경시키는 것이 없을 때의, 회로의 파라미터의 측정이다.

[0017] 회로의 순간 전압의 측정 포인트는 주기적이고, 소정 시간에서 이며, 그리고 전압의 사이클의 기준 포인트로부터의 일치 포인트(consistent point)이다. 예컨대, 제로 크로싱 포인트, 전압 피크, 전압 최소, 변화의 최소 또는 최대 비율, 또는 시간 주기성에 대해 참조된 어떠한 시간 주기가 이용될 수 있다. 또한, 회로의 순간 전류의 측정 포인트는 주기적이고, 소정 시간에서 이며, 그리고 전류의 사이클의 기준 포인트로부터의 일치 포인트이다. 예컨대, 제로 크로싱 포인트, 전류 피크, 전류 최소, 변화의 최소 또는 최대 비율, 또는 시간 주기성

에 대해 참조된 어떠한 시간 주기가 이용될 수 있다.

[0018] 1실시예에 있어서, 기준 포인트(reference point)는 AC 파형의 제로 크로싱 포인트이다. 다른 실시예에 있어서, 소정 시간은 약 $6,250 \mu\text{sec} (\pm 10\%)$ 이다. 또 다른 실시예에 있어서, 소정 시간은 피크 전압값이 사이클에서 야기된 때나 야기된 후이다.

[0019] 전기 회로의 순간 저항값을 결정하는 전형적 방법은 측정에 앞서서 회로의 전압의 존재를 검증하는 것을 조건적으로 갖추어 이루어질 수 있다. 전압의 존재를 검증하는 것은 회로가 평균 처리(averaging process)에 대해 사용되지 않을 때의 측정을 포함함으로써 야기되는 잘못된 측정을 회피하는데 기여한다. 검증은, 예컨대, 분리 회로나 EI 측정 모듈의 전압 입력부나 다른 모듈에 통합된, 비교회로에 의해 수행되어질 수 있다. 1실시예 방법에 있어서, 측정에서의 잡음을 회피하도록 지연이 검증과 측정 사이에서 수행된다. 적절한 지연의 예는 약 $1,000 \mu\text{sec} (\pm 10\%)$ 이다.

[0020] 여기서 이용된 바와 같이, 모든 측정은 순간 전압 및 전류 값을 동시에 샘플링하는 것에 의한 정상적인 동작 조건 동안 취해진다. 전압 및 전류 측정이 동시에 취해지므로, 정확한 저항 측정은 순간 전압을 순간 전류 측정으로 나눔으로써 계산된다.

[0021] 조건적으로, 회로의 온도가 측정될 수 있다. 예컨대, 전기 회로의 순간 저항값을 결정하는 전형적 방법은 회로의 현장 순간 전압을 측정하고, 회로의 현장 순간 전류를 측정하며, 회로의 현장 순간 온도를 측정하는 것을 갖추어 이루어진다. 측정된 현장 순간 전압과 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항d1 계산되고 계산된 순간 저항이 측정된 온도와 관련된다. 전형적 방법에 있어서, 측정된 현장 순간 전압과, 측정된 현장 순간 전류 및, 측정된 현장 온도는 동시에 측정된다. 측정된 현장 순간 전압과, 측정된 현장 순간 전류와 관련하여, 방법은 상기 설명과 유사하다. 측정된 현장 순간 온도와 관련하여, 측정은 회로에 인접하게 위치한 서모커플(thermocouple)에 의해 취해질 수 있다.

[0022] **예:** 가열 엘리먼트를 위한 회로는 회로에 대해 60Hz에서 120vac를 공급하도록 전원에 전기적으로 연결된다. 동기 이벤트(sync event)가 AC 제로-크로싱 포인트에서 발생되고, 측정이 조정가능한 시간 지연에 의해 결정된 주기 후에 취해진다. 이는 측정이 AC 사이클 동안 적절한 시간에 동일한 포인트에서 항상 취해지고 연속적인 측정의 시간에 경과에 따른 조건적 평균을 허용함을 보증한다. 측정 윈도우는 (하나의 전형적 실시예에서) 측정 기간 동안 변하는 AC 전압의 효과를 최소화하기 위해 AC 하프-사이클에 비해, 예컨대 1% 이하인, 매우 작아 지도록 설계된다. 예컨대, 전형적 실시예는 60Hz에 대해 $8,333 \mu\text{sec}$ 의 AC 하프-사이클을 위한 $50 \mu\text{sec}$ 측정 윈도우를 갖고 50Hz에 대해 $10,000 \mu\text{sec}$ 의 AC 하프-사이클을 위한 $50 \mu\text{sec}$ 측정 윈도우를 갖는다.

[0023] 제로-크로싱 동기화 부하(zero-crossing synchronized loads)에 대해, 전력이 완료 하프-사이클 또는 전체 사이클에 인가되고, 그리고 시간 경과에 따라 비례된다. E(전압)와 I(전류)가 주기적이고 제어 리솔루션(개별적으로 폴 또는 하프-사이클)에 관하여 살펴볼 때 최종 전력이 변하지 않으므로, 전력의 퍼센트는 식에 의해 정의된다:

[0024]
$$f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}}$$

[0025] 대부분의 경우에 있어서, 사이클 시간($t_{on} + t_{off}$)은 20사이클 또는 333msec와 동일하다. 이 경우에 있어서의 최소 인가 전력은 다음의 식에서 알 수 있는 바와 같이 통상 1/20 또는 5%이다.

[0026]
$$f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} \quad t_{on} = \frac{1}{60\text{Hz}} \quad t_{off} = 19 \frac{1}{60\text{Hz}} \quad f_{zcc}(t_{on}, t_{off}) = 5\%$$

[0027] 저항성 부하에 대한 전력의 소정 인가는 측정가능(적어도 하프-사이클) 이벤트를 생성한다. 제로-크로스 파이어드 엘리먼트를 위한 바람직한 측정 포인트는 60Hz AC 소스를 위한 제로-크로스 이벤트 후 $4,167 \mu\text{sec}$ 를 야기시키는 AC 하프-사이클의 피크에서이다. 이 포인트를 표현하는 다른 방법은 피크 전압이 $\pi/2$ 라디안(90도) 및 $3\pi/2$ 라디안 (270도)에서 야기되도록 그를 라디안에 관련시키는 것이고, 여기서 각각 $\sin(\theta) = 1$ 및 -1 이다. 이들 포인트에서, $\frac{\partial V}{\partial T}$ (시간 경과에 따른 전압의 변화)는 최소에서 이고, 가장 안정적인 측정을 산출한다.

[0028] 위상-각 제어 부하(phase-angle controlled loads)의 경우에 있어서, 전압이 부하에 인가되어지는 포인트를 지연시키는 것은 각 AC 하프 사이클을 적절한 비율이 되게 한다. 전압이 부하에 인가되는 동안의 AC 사이클의 부분은 컨덕션 각(conduction angle)으로서 통상적으로 언급되는 한편, 컨덕션 각이 시작되는 포인트는 위상각

(phase angle)으로서 언급된다. 컨덕션 각은 위상 각으로부터 다음의 제로-크로싱 이벤트까지의 AC 사이클의 부분을 포함한다. R은 E 및 I에 관해 일정하고 I가 E의 함수이므로(부하는 본 전형적 경우에서 첫 번째 저항

성이다), 전력의 퍼센트는 $\frac{E_2^2}{E_1^2}$ 로서 표현될 수 있다. 이 경우, 전압의 파형은 불규칙적이므로, 전력의 더욱 정확한 표현은 시간 경과에 따른 전압을 적분함으로써 얻어질 수 있다. 이 때 전력의 퍼센트는,

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

로 된다.

전형적인 하프-사이클을 살펴보면, 사이클은 $\theta = 0$ ($t = 0$)와 함께 시작하고 $\theta = \pi$ (60Hz에 대해 $\tau = 8,333 \mu \text{ sec}$)에서 종료되고, 50% 전력이 인가됨을 발견하는 바, 여기서 $\theta = \pi/2$ (위상각)이다. 또한, $\theta = 2\pi$ 가 $\phi = 360^\circ$ 와 동일한 정도의 위상각을 표현할 수 있다. 이는 $\phi = 90^\circ$ 가 50% 전력 포인트(power point)임을 의미한다. 계산은 다음과 같다.

$$f_{pac}(\theta_t) = \frac{\int_0^{\theta_t} \sin(\theta)^2 d\theta}{\int_0^{\pi} \sin(\theta)^2 d\theta} \quad \theta_t = \frac{\pi}{2} = 1.571 \text{ rad} \quad f_{pac}(\theta_t) = 50\%$$

동기 펄스(sync pulses)는 회로에서 에너지 레귤레이션 장치 전에서 AC 공급을 모니터링함으로써 발생될 수 있다. 예컨대, 이 모니터링 포인트는 평행하게 반대로 연결된 SCR의 쌍으로 될 수 있다. 조정 가능 지연에 의해 결정된 시간의 주기 후에, 도입 전압(incoming voltage)은 전력이 인가됨을 검증하도록 테스트된다. 전형적 실시예에 있어서, 동기(sync)로부터 측정까지의 지연은 약 $\phi = 135^\circ$ 의 위상각을 산출하는 약 $6,250 \mu \text{ sec}$ ($\pm 10\%$)로 조정된다. 이 위상각에서의 전력을 살펴보면,

$$f_{pac}(\theta_t) = \frac{\int_0^{\theta_t} \sin(\theta)^2 d\theta}{\int_0^{\pi} \sin(\theta)^2 d\theta} \quad \theta_t = 135 \text{ deg} = 2.356 \text{ rad} \quad f_{pac}(\theta_t) = 9.085\%$$

을 찾게 된다.

이러한 구성은 10% 또는 그 보다 더 높은 전력 레벨을 용이하게 취하도록 측정을 허용한다. 이는 동작 동안 출력된 전력이 통상적으로 10% 보다 많이 더 높기 때문에 적용의 대부분을 커버한다. 물론, 측정 포인트는, 필요하다면 적절히 지연을 조정함으로써, 출력의 더 낮은 퍼센트에서도 측정하도록 조정되어질 수 있다.

(전형적 실시예 상에서 $1,000 \mu \text{ sec}$ 로 설정된)조정 가능 지연 후 전압이 여전히 존재하는가를 검증하도록 다시 테스트된다. 이 지연은 잡음 임펄스 상의 트리거링을 회피하고, 측정 전에 안정되도록 초기 전압 인가에 따른 소정의 전압 스파이크를 허용하도록 전압이 초기에 인가된 후 지나가도록 얼마간의 시간을 허용하는 메카니즘으로서 기능한다. 전압이 여전히 존재하면, 측정이 취해진다. 전형적 실시예에 있어서, 측정이 취해진 위상각은 $[(6,250 \mu \text{ sec} + 1,000 \mu \text{ sec}) / 8,333 \mu \text{ sec}] \times 180^\circ = 156.6^\circ$ 이다. 이 위상각에서의 순간 전압, $f_{vpk}(\theta)$ 는,

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

에 의해 정의된다.

따라서, 순간 전압은 피크 전압의 약 40%와 동일하다.

DC 전압의 경우, 전형적 시스템은 전압 및 전류 승산 시간을 샘플하고 관독을 평균하도록 그 자신의 주기 동기 펄스(own period sync pulses)를 내부적으로 발생시킨다. 기본적으로 어쨌든 피크 값을 측정하므로 이 시스템 상에서 DC 측정을 취함에 따른 문제점은 없다.

도 1은 위상각 파이어드 부하에 인가된 전형적 측정 기술의 적용을 나타낸다. 도 1을 살펴보면, 정현파 형상인

60Hz의 라인 주파수를 갖춘 AC 전원(10)은 제로-크로싱 포인트(14a,14b,14c)를 갖는 0볼트의 평균 전압(12)을 갖는다. AC 전원(10)은 길이에서 180도 또는 $8,333\mu\text{sec}$ 이고 제로 크로싱 포인트 후 90도 또는 $4,166\mu\text{sec}$ 에서 야기되는 피크 전압(18)을 갖춘 하프-사이클부(16a,16b)로 구성된다. 하프-사이클부(16a,16b)는 컨덕션의 각(20a,20b)이 원하는 출력 전력을 발생시키도록 비례적(proportioned)으로 된다. 예컨대, 원하는 출력 전력은 최대 전력의 적어도 10%로 될 수 있다. 본 예에 있어서, 전력의 비율은 10% 전력 출력의 경우에 약 133.4도 또는 $6,176\mu\text{sec}$ 에 대해 파이어링 각(22; firing angle)을 지연시킴으로써 달성된다. 측정 동기화는 제로 크로싱 포인트(14a,14b,14c)로부터 야기된다. 다른 원하는 출력 전력은 2%, 3%, 8%, 15%, 25%, 30%, 50%, 60%, 80% 등과 같이 선택될 수 있다.

[0043] 전압의 존재는 지연(24) 후에 테스트된다. 만약, 도 1의 경우와 같이, 전압이 존재하면, 부가적 지연(26)이 샘플링 주기(28) 동안 전압을 샘플링하기 이전에 소산하도록 전압의 초기 적용에서 통상적으로 야기되는 잡음 임펄스를 위해 허용되도록 실행된다. 여기서, 지연(24)이 $6,250\mu\text{sec}$ 이고, 부가적 지연이 $1,000\mu\text{sec}$ 이며, 샘플링 주기(28)가 $50\mu\text{sec}$ 이다. 샘플링 시에, 측정된 전압(30)은 여전히 그 피크값(18)의 약 40%이다. 전압 샘플링과 동시에, 순간값이 적절한 시간에서 동일한 포인트에서 취해지도록 전류가 측정된다. 전류 측정에 의한 전압 측정의 나눗셈(division)은 순간적인 저항 측정을 산출한다.

[0044] 도 2는 사이클의 세트에 관한 전형적 위상각 측정 패턴을 나타낸다. 도 2를 집중하여 살펴보면, 도 1에서 설명한 바와 같은 다중 연속 AC 사이클이 도시되어 있다. 다중 연속 AC 사이클(100a,100b,100c)은 다중 제로 크로싱 포인트(102a,102b,102c,102d,102e,102f,102g) 및 다중 컨덕션 각 이벤트(104a,104b,104c,104d,104e,104f; multiple conduction angle events)를 갖는다.

[0045] 첫 번째 2사이클 동안, 파이어링 각(106a,106b)은 최대 가능 전력의 약 10%의 출력 전력을 생산하는 컨덕션의 각(104a,104b,104c,104d)을 산출하는 133.4도 또는 $6,176\mu\text{sec}$ 이다. 이들 경우에 있어서, 전압은 테스트 포인트(108a,108b)에서 존재하고, 따라서 지연(110a,110b) 후 이어지는 측정(112a,112b)이 취해진다.

[0046] 제3 전형적 사이클 동안, 파이어링 각(106c)은 최대 가능 전력의 약 5%의 출력 전력을 생산하는 컨덕션의 각(104e,104f)을 산출하는 143.8도 또는 $6,657\mu\text{sec}$ 이다. 이들 경우에 있어서, 전압은 테스트 포인트(108c)에 존재하지 않고 따라서 측정이 시도되는 것이 없다. 이러한 방법의 결과는 전압 및 전류 측정이 순간 전압이 측정의 포인트에서 일치되므로 잡음을 감소시키도록 시간 경과에 따라 평균화되어지는 연속적인 측정을 허용하는 AC 사이클 동안 일치 포인트(consistent points)에서 동시에 취해진다는 것이다.

[0047] 각 지연 파라미터가 조정되어지고 따라서 원한다면 10% 이하의 전력 레벨이 수용되어짐을 주지하여야 한다. 반대로, 더 높은 최소 측정가능 전력 레벨이 선택되거나 더 짧은 잡음 지연이 측정을 취하도록 실행되고, 여기서 변화 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)$ 의 비율이 더 낮은 값에 있고, 이는 또한 전체 정밀도를 증가시킨다. 더욱이, 50Hz와 같이 라인 주파수가 다른 경우에는 시간 지연이 적절히 조정될 수 있다.

[0048] 도 3은 제로-크로스(시간 비율) 부하에 인가된 전형적 측정 기술을 나타낸다. 도 3에 있어서, 전압은 제로 크로스 파이어드(zero cross fired)이다. 정현파 형상인 60Hz의 라인 주파수를 갖춘 AC 전원(200)이 도시된다. AC 전원(200)은 길이에서 180도 또는 $8,333\mu\text{sec}$ 이고 제로 크로싱 포인트 후에 90도 또는 $4,166\mu\text{sec}$ 에서 야기되는 피크 전압(206)을 갖춘 순환되는 제로-크로싱 포인트(202a,202b,202c)를 구비하는 0v의 평균 전압을 갖는다. 전력의 비율은 시간 경과에 따른 사이클이나 하프-사이클 상에서 선택적으로 인가되는 전압에 의해 야기된다. 측정 동기화는 제로 크로싱 포인트(202a,202b,202c)로부터 야기된다. 전압의 존재는 제로 크로싱 포인트(202a)에서 테스트된다. 지연(208) 후, 전압이 샘플링 주기(210) 동안 샘플링된다. 여기서, $4,166\mu\text{sec}$ 의 지연(208)과 $50\mu\text{sec}$ 의 샘플링 주기(210)가 도시된다. 샘플링 시에, 측정된 전압은, 전압에서의 변화 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)$ 가 약 제로인 포인트에서, 그 피크 값의 약 100%이다. 전압 샘플링과 동시에, 순간 값이 적절한 시간에 동일한 포인트에서 취해지도록 전류가 측정된다. 전류 측정에 의한 전압 측정의 나눗셈은 순간 저항 측정을 산출한다.

[0049] 도 4는 사이클의 세트에 관한 전형적 제로-크로스 파이어드 패턴을 나타낸다. 도 4에 있어서, 도 3에 도시된 바와 같은 다중 연속 AC 사이클이 도시된다. 다중 연속 AC 사이클(300a,300b,300c)은 시간 경과에 따라 비례하는 전압을 구비하는 다중 제로 크로싱 포인트(302a,302b,302c,302d,302e,302f,302g)를 갖는다. 첫 번째 2사이클 동안 전압이 선택적으로 부하에 인가된다. 이들 경우에 있어서, 이어지는 측정(304a,304b)이 피크 전

압(306)에서 하프-사이클의 피크에서 취해진다. 여기서, 피크 전압은 169.7볼트이고, 전압에서의 변화 $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)$ 는 거의 제로이다.

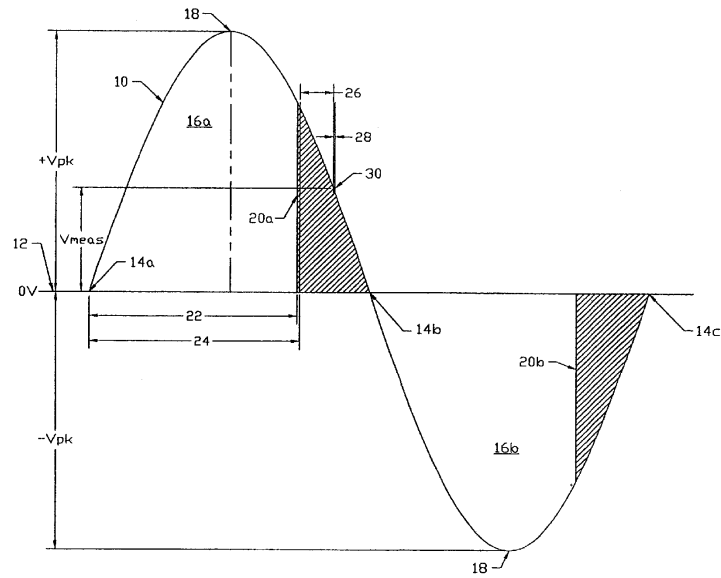
- [0050] 제3실시에 사이클 동안, 전압이 부하에 인가되지 않고 따라서 측정이 시도되는 것은 없다. 이 방법의 결과는 전압 및 전류 측정이 순간 전압이 측정의 포인트에서 일치하므로 잡음을 감소시키도록 시간 경과에 따라 평균화되어지는 연속적인 측정을 허용하는 AC 사이클 동안 일치 포인트에서 동시에 취해진다는 것이다. 50Hz와 같은 라인 주파수가 다른 경우에는 시간 지연이 적절히 조정되어야함을 주지하여야 한다.
- [0051] (도 1 내지 도 4에 도시된 바와 같이)이전에 인용된 예에 있어서, 169.7v 피크 및 60Hz가 전형적인 예를 설명하도록 선택된다. 그러나, 이들 파라미터는 단지 설명 목적을 위한 것이고, 60Hz 또는 DC 전압과 같은, 다른 전압 및 구성은 동일한 방법으로 수용된다.
- [0052] 전형적 측정 시스템은 측정되어지는 회로, EI 측정 모듈 및, 컨트롤러를 구비하여 구성된다. EI 측정 모듈은 회로의 현장 순간 전압을 측정하고 회로의 현장 순간 전류를 측정하도록 측정되어지는 회로에 동작적으로 연결된다. 또한, EI 측정 모듈은 분석을 더욱 수행하기 위해 컨트롤러에 대한 측정을 통신하도록 컨트롤러에 동작적으로 연결된다. 측정 시스템은 측정된 현장 순간 전압 및 측정된 현장 순간 전류를 기초로 순간 저항을 계산한다.
- [0053] 조건적 온도 측정 모듈은 전형적 측정 시스템에 포함될 수 있다. 온도 측정 모듈은 순간 온도를 측정하도록 회로에 동작적으로 연결된다. 또한, 조건적 통신 버스가 전형적 측정 시스템에 포함될 수 있다. 예컨대, EI 측정 모듈 및/또는 온도 측정 모듈은 모니터링의 다중 구역을 용이하게 하도록 통신 버스를 통해 컨트롤러에 동작적으로 연결될 수 있다.
- [0054] 도 5는 측정 시스템(400)의 전형적 실시예를 나타낸 블록 기능도이다. 대시 기호로 된 구성요소(402,404,406,408)는 측정되어지는 회로의 부분으로, 그 자체는 가열 엘리먼트(heating element) 또는 열처리 시스템과 같은 더 큰 시스템의 부분이다. 대시 기호로 된 구성요소(402,404,406,408)는 속성을 대표하는 것으로, 원래 측정 시스템을 포함하지는 않고, 측정 하에서 시스템에 대해 측정 시스템(400)의 인터페이스를 나타내도록 도 5에 포함된다.
- [0055] 도 5의 전형적 실시예에 있어서, AC 전압(402)은 바람직한 전압에 대해 감소되고 트랜스포머(404)에 의해 부하로부터 분리된다. 감소된 전압은 전력-비례 장치(406; power-proportioning device)에 의해 저항성 부하(408; resistive load)에 비례한다. 측정 시스템(400)은 전력-비례 장치(406) 이전에 감소된 전압을 모니터링하는 동기 입력 검출기(412; sync input detector)를 갖추어 이루어진 EI(전압-전류) 측정 모듈(410)로 구성된다. 동기 입력 검출기는 모든 연속 타이밍이 관련된 제로-크로싱 이벤트를 검출한다. 전압 입력부(414)는 비교기를 매개로 주어지는 신호 전압의 확인과 전압 입력 측정을 위한 실제 신호 조건을 제공한다. 순간 전류 입력은 전류 트랜스포머(418)(또는 양자택일적으로 저항성 셉트-도시되지 않았음)로부터 전류 입력부(416)에 의해 얻어진다. 이중 S & H 회로(420; sample and hold circuit)는 순간 전압 및 전류 신호를 동시에 측정하고 A/D 컨버터(422)로 그 출력을 제공한다. 마이크로 컨트롤러(424)는 저항 계산 뿐만 아니라 통신 버스(450)를 매개로 갈바니 분리 장벽(440; galvanic isolation barrier)을 가로지르는 메인 컨트롤러(430)에 대해 측정 시간, 스케일링 및 통신을 수행한다.
- [0056] 조건적 온도 측정이 온도 측정 모듈(460)에 의해 동기적으로 측정된다. 온도 측정 모듈(460)은 서머커플(464; thermocouple)에 의해 제공된 온도 측정 신호를 조절하는 하나 이상의 TC 입력 증폭기(462)를 포함한다. A/D 컨버터(466)는, 통신 버스(450)와 동일하거나 다른, 통신 버스를 매개로, 갈바니 분리 장벽(440)과 같거나 다른, 갈바니 분리 장벽을 가로지르는 메인 컨트롤러(430)에 대해 온도 값을 차례로 통신하는 마이크로 컨트롤러(468)에 의해 축적(scaled)된 후 온도 측정을 디지털화한다. 제2선형 입력(470)이 광학 고온계(optical pyrometer)나 다른 유사한 소스로부터의 신호와 같은 저항성 엘리먼트 온도를 나타내는 0-5vdc와 같은 선형 입력이 제공될 수 있는 경우를 용이하게 하도록 제공된다.
- [0057] 여기에 개시된 엘리먼트는 단일 메인 컨트롤러에 연결된 저항성 가열 엘리먼트의 다중 구역 뿐만 아니라 많은 측정 포인트의 네트워크를 생성하도록 통합된 다중 메인 컨트롤러를 수용하도록 축적될 수 있다.
- [0058] 한편, 본 발명은 상기한 실시예로 한정되는 것은 아니고, 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형하여 실시할 수 있음은 물론이다.

도면의 간단한 설명

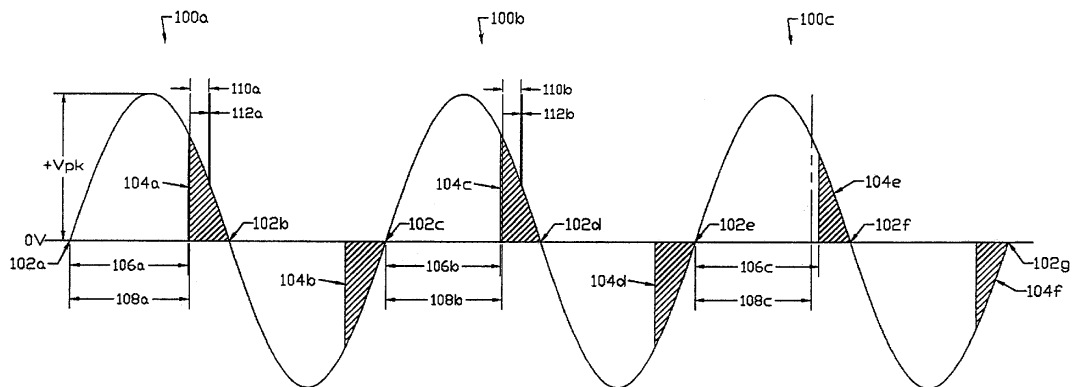
- [0008] 도 1은 위상각 파이어드 부하(phase angle fired load)에 인가된 전형적 측정 기술을 나타낸 도면,
 [0009] 도 2는 사이클의 세트에 관한 위상각 측정 패턴의 예를 설명하는 도면,
 [0010] 도 3은 제로-크로스(시간 비례) 부하에 적용된 전형적 측정 기술을 나타낸 도면,
 [0011] 도 4는 사이클의 세트에 관한 전형적 제로-크로스 파이어드 측정 패턴을 나타낸 도면,
 [0012] 도 5는 측정 시스템의 전형적 실시예를 나타낸 블록 기능도이다.

도면

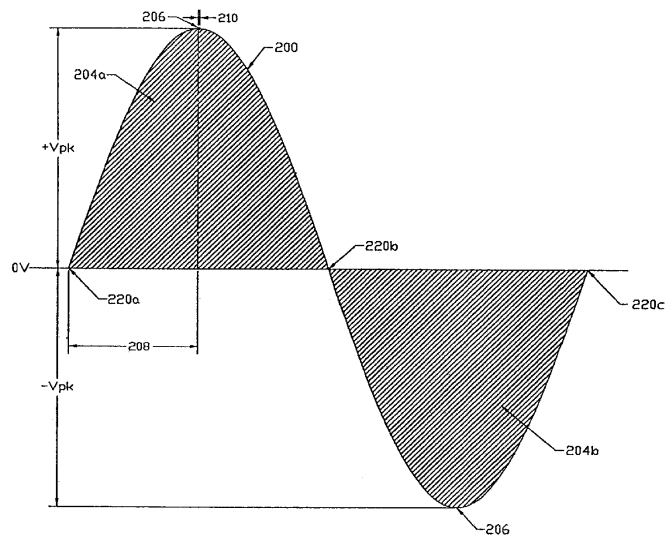
도면1



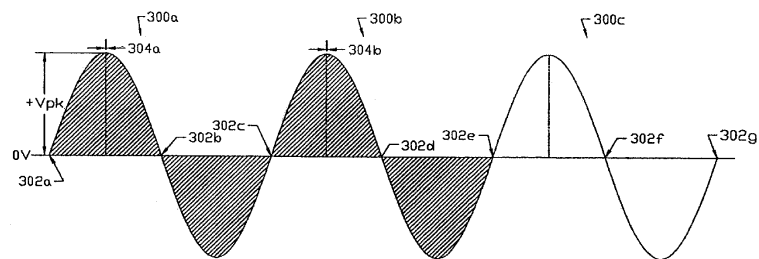
도면2



도면3



도면4



도면5

