



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월29일
(11) 등록번호 10-1862106
(24) 등록일자 2018년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 5/08 (2006.01) G01J 5/00 (2006.01)
G01J 5/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 5/0887 (2013.01)
G01J 5/0255 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0107316
(22) 출원일자 2017년08월24일
심사청구일자 2017년08월24일
(56) 선행기술조사문헌
KR200327382 Y1
JP2015510128 A
KR1020170050936 A

(73) 특허권자
오광석
서울특별시 송파구 올림픽로 99, 133동 1602호 (잠실동, 잠실엘스)
(72) 발명자
오광석
서울특별시 송파구 올림픽로 99, 133동 1602호 (잠실동, 잠실엘스)
(74) 대리인
특허법인이지

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 김창주

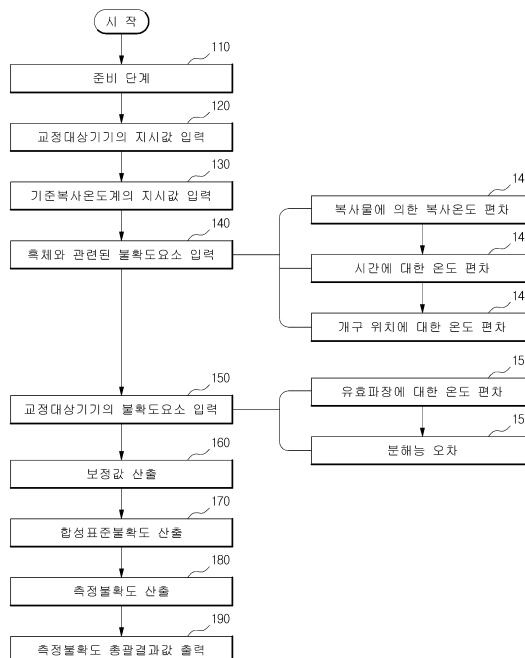
(54) 발명의 명칭 복사열 영상측정장치를 이용한 온도측정장치의 교정방법

(57) 요약

복사열 영상측정장치를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법은, 교정대상기기에 해당하는 복사열 영상측정장치를 이용한 온도측정장치, 기준복사 온도계, 교정용 복사열을 발생시키는 흑체 및 교정장치가 셋팅되는 준비단계; 상기 교정장치에 교정대상기기에 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계 및 상기 기준복사온도계에서 측정된 온

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



도 지시값이 입력되는 단계가 각각 순차적으로 n회 수행되는 단계; 상기 교정장치에 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계; 상기 교정장치에 상기 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계; 상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 상기 교정대상기기의 보정값을 산출하는 보정값 산출단계; 상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 각 불확도 요소값의 표준불확도를 산출하고, 각 표준불확도의 제곱의 합의 제곱근으로 상기 교정대상기기의 합성표준불확도를 산출하는 합성 표준불확도 산출단계; 상기 산출된 합성표준불확도에 신뢰수준과 유효 자유도의 결정에 따라 t분포에 의해 주어지는 상수로 산출되는 포함인자를 곱하여 측정불확도를 산출하는 단계; 및 측정불확도 총괄 결과값을 출력하는 단계; 를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G01J 2005/0048 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템을 이용하여 교정을 수행하는 교정방법에 있어서,

교정대상기기에 해당하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치, 기준복사 온도계, 교정용 복사열을 발생시키는 흑체 및 교정장치가 셋팅되는 준비단계;

상기 교정장치에 교정대상기기에서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계 및 상기 기준복사온도계에서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계가 각각 순차적으로 n회 수행되는 단계;

상기 교정장치에 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계;

상기 교정장치에 상기 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계;

상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 상기 교정대상기기의 보정값을 산출하는 보정값 산출단계;

상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 각 불확도 요소값의 표준불확도를 산출하고, 각 표준불확도의 제곱의 합의 제곱근으로 상기 교정대상기기의 합성표준불확도를 산출하는 합성 표준불확도 산출단계;

상기 산출된 합성표준불확도에 신뢰수준과 유효 자유도의 결정에 따라 t분포에 의해 주어지는 상수로 산출되는 포함인자를 곱하여 측정불확도를 산출하는 단계; 및 측정불확도 총괄 결과값을 출력하는 단계; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 교정장치에 순차적으로 입력되는 상기 교정대상기기에서 측정된 온도 지시값과 상기 기준 복사온도계에서 측정된 온도 지시값은 상기 흑체를 교대로 측정하여 입력되는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는,

복사율에 의한 복사온도편차 입력단계를 포함하며,

상기 복사온도편차 $(\Delta T)_{em}$ 는 다음 식으로 산출되는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

$$(\Delta T)_{em} = T_R^2 \cdot \frac{\lambda_T}{C_2} \cdot \frac{\delta_\epsilon}{\epsilon}$$

여기서 T_R 은 기준 복사온도계로 측정한 흑체의 기준 온도(K), λ_T 은 교정 대상기기인 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 유효파장, ϵ 는 흑체의 유효복사율, C_2 는 0.014388mK를 의미함.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는,

시간에 따른 온도편차 입력단계; 를 더 포함하며, 상기 온도 편차는 상기 교정대상기기로 상기 흑체를 일정시간 동안 측정하고 그 측정된 시간 동안의 온도 차이값으로 산출되는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는,

개구 위치에 따른 온도편차 입력단계를 더 포함하며, 상기 개구 위치에 따른 온도편차는 상기 교정대상기기의 조리개 면이 상기 흑체의 개구면과 정렬 시, 수회 측정에 따른 위치 변화에 의한 온도 편차값으로 산출되는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 보정값 산출단계는, 다음 식에 의하여 교정대상기기의 오차값(E_t)이 산출되는 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

$$E_t = t_s - t_x + \delta t_{sr} + \delta t_{bse} + \delta t_{bss} + \delta t_{bsu} - \delta t_{x\lambda} - \delta t_{xr} + \delta t_{fit}$$

여기서, t_s 는 기준 복사온도계의 지시값 평균, t_x 는 교정 대상기기의 지시값 평균, δt_{sr} 은 기준 복사온도계의 불확도,

δt_{bse} 는 흑체의 복사율에 의한 불확도, δt_{bss} 는 흑체의 안정도에 의한 불확도,

δt_{bsu} 는 흑체의 균일도에 의한 불확도, $\delta t_{x\lambda}$ 는 교정 대상기기의 유효파장 차이에 의한 불확도,

δt_{xr} 은 교정 대상기기의 분해능 불확도 δt_{fit} 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 불확도를 의미한다.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 합성 표준불확도 산출단계는, 다음 식에 의하여 합성표준불확도 $u_c(E_{tx})$ 가 산출되는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

$$u_c(E_{tx}) = \sqrt{(u_{ts})^2 + (u_{tx})^2 + (u(\delta t_{sr}))^2 + (u(\delta t_{bse}))^2 + (u(\delta t_{bss}))^2 + (u(\delta t_{bsu}))^2 + (u(\delta t_{x\lambda}))^2 + (u(\delta t_{xr}))^2 + (u(\delta t_{fit}))^2}$$

여기서, u_{ts} 는 기준 복사온도계 지시값의 표준불확도, u_{tx} 는 교정대상기기 지시값의 표준불확도,

$u(\delta t_{sr})$ 기준 복사온도계의 표준불확도, $u(\delta t_{bse})$ 는 흑체의 복사율에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bss})$

는 흑체의 안정도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bsu})$ 는 흑체의 균일도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{x\lambda})$ 는 교정 대

상기기의 유효과장 차이에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{xr})$ 은 교정 대상기기의 분해능의 표준불확도, $u(\delta t_{fit})$ 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 표준불확도를 의미한다.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 교정장치는 상기 기준온도계의 지시값과 상기 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 지시값이 입력되는 온도측정값 입력부, 오차가 발생할 수 있는 불확도 요소가 입력되는 오차성분 입력부, 상기 입력된 온도 측정값과 불확도요소로부터 상기 합성표준불확도와 측정불확도를 포함하는 측정불확도 산출인자 결과값을 산출하는 연산제어부; 및, 상기 연산제어부에서 연산된 측정불확도 산출인자 결과값을 출력하는 출력부; 를 포함하는 것을 특징으로 하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복사열 영상측정장치를 이용한 온도측정장치의 교정방법에 관한 기술이다.

배경 기술

[0002] 복사열은 물체에서 방출하는 전자기파를 직접 물체가 흡수하여 열로 변했을 때의 에너지를 말한다. 일반적으로 모든 물체는 온도의 높고 낮음에 상관없이 복사열을 방출한다.

[0003] 복사열은 열원으로부터 매질 없이 두 물체 사이의 에너지 이동에 의해 일어나며, 그 중에서 특히 온도 차이에 의해서만 열이 전달되는 것을 열복사라 한다. 흑체는 입사하는 복사선을 완전히 흡수하는 이상적인 물체로 가열되어 복사체로 작용할 때는 같은 온도의 어떤 물체보다 더 센 분광 복사 휘도를 방출한다. 여기서 분광복사 휘도(spectral radiance)는 광원의 표면에서 임의의 방향으로 단위면적당 단위입체각으로 방출되는 파장의 복사속으로 정의되는 데, 이는 복사체가 단위 시간 당 혹은 단위 입체각 당 복사방향에 수직한 단위 면적당과 당위 파장 당 방출하는 복사 에너지를 의미한다. 복사율은 이상적인 흑체 분광복사 휘도에 대한 같은 열역학적 온도의 물체가 방출하는 분광복사 휘도의 비를 말하는데 유효 복사율은 설치된 온도계로 측정된 온도를 이 흑체의 대표 온도로 간주 할 때 이 공동(cavity)의 복사율을 말한다. 공동은 흑체와 가깝게 동작하도록 불투명한 재료로 내부가 비어 있도록 만들어진 물체로 내부 재료의 복사율이 높을수록 비어 있는 내부의 표면적이 개구의 면적보다 넓을수록 완전한 흑체에 가까워진다. 흑체로(blackbody furnace)는 흑체와 같이 분광복사 휘도를 방출하도록 공동을 제작하고 그 공동의 내부 온도를 공간적으로 균일하고 시간적으로 일정하게 유지할 수 있도록 제작된 전기로의 일종이다.

[0004] 그리고 휘도 온도(radiance temperature)는 어떤 복사체가 한 파장에서 방출하는 분광 복사 휘도가 어떤 온도의 흑체와 같을 때 이 흑체의 온도를 그 복사체의 그 파장에서 휘도 온도라 한다. 이 휘도 온도는 정확한 복사열 영상측정 장비의 복사율 설정을 1로 하고 측정한 온도를 말하며 흑체의 경우 열역학적 온도와 일치하나 일반물체의 경우는 휘도 온도는 열역학적 온도보다 낮다.

[0005] 이에 따라 복사열 영상측정 장비에서 측정된 온도값이 얼마나 정확한 측정값인지를 평가할 수 있는 방법이 필요하다.

[0006] 종래에는 이러한 정확도를 나타내는 개념으로 주로 측정 오차가 사용되었다. 오차란 측정값과 참값의 차로 표현되는 것으로 정의된다. 측정대상의 참값은 현실적으로 정확히 알 수 없는 불확실한 부분이 항상 존재하게 된다.

[0007] 불확실한 것을 완전히 극복할 수는 없지만, 불확실한 정도의 크기를 적절한 기법을 사용하여 추정할 수 있으면 측정결과를 이용한 의사 결정에 많은 영향을 미칠 것이다.

[0008] 이에 따라 복사열 영상측정장치의 정확도를 산출할 수 있는 교정방법이 요구된다.

[0009] 본 발명 기술에 대한 배경기술에는 대한민국 등록특허공보 공보 1050170호에 적외선 검출기 교정을 위한 흑체 조립체에 대한 기술이 게시된 바 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허공보 공보 1050170호(적외선 검출기 교정을 위한 흑체 조립체)
- (특허문헌 0002) 2. 대한민국 공개특허공보 2014-0128792호(복사 센서 및 이를 포함하는 열상 촬영 장치)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치에서 온도측정의 정확도를 평가할 수 있는 교정방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명의 일 측면에 따르면, 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치에 대한 교정방법은, 교정대상기기에 해당하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치, 기준복사 온도계, 교정용 복사열을 발생시키는 흑체 및 교정장치가 셋팅되는 준비단계; 상기 교정장치에 교정대상기기에서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계 및 상기 기준복사온도계에서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계가 각각 순차적으로 n회 수행되는 단계; 상기 교정장치에 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계; 상기 교정장치에 상기 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계; 상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 상기 교정대상기기의 보정값을 산출하는 보정값 산출단계; 상기 교정장치에서 입력된 값들로부터 각 불확도 요소값의 표준불확도를 산출하고, 각 표준불확도의 제곱의 합의 제곱근으로 상기 교정대상기기의 합성표준불확도를 산출하는 합성 표준불확도 산출단계; 상기 산출된 합성표준불확도에 신뢰수준과 유효 자유도의 결정에 따라 t분포에 의해 주어지는 상수로 산출되는 포함인자를 곱하여 측정불확도를 산출하는 단계; 및 측정불확도 총괄 결과값을 출력하는 단계; 를 포함한다.

- [0015] 또한, 상기 교정장치에 순차적으로 입력되는 상기 교정대상기기에서 측정된 온도 지시값과 상기 기준 복사온도계에서 측정된 온도 지시값은 상기 흑체를 교대로 측정하여 입력되는 것을 특징으로 한다.

- [0016] 또한, 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는, 복사율에 의한 복사온도편차 입력단계를 포함하며, 상기 복사온도편차 $(\Delta T)_{em}$ 는 다음 식으로 산출되는 것을 특징으로 한다.

$$(\Delta T)_{em} = T_R^2 \cdot \frac{\lambda_T}{C_2} \cdot \frac{\delta_\epsilon}{\epsilon}$$

[0017]

- [0018] 여기서 T_R 은 기준 복사온도계로 측정한 흑체의 기준 온도(K), λ_T 은 교정 대상기기인 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치의 유효파장, ϵ 는 흑체의 유효복사율, C_2 는 0.014388mK를 의미함.

- [0019] 또한, 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는, 시간에 따른 온도편차 입력단계; 를 더 포함하며, 상기 온도 편차는 상기 교정대상기기로 상기 흑체를 일정시간 동안 측정하고 그 측정된 시간 동안의 온도 차이 값으로 산출되는 것을 특징으로 한다.

- [0020] 또한, 상기 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계는, 개구 위치에 따른 온도편차 입력단계를 더 포함하며, 상기 개구 위치에 따른 온도편차는 상기 교정대상기기의 조리개 면이 상기 흑체의 개구면과 정렬 시, 수회 측정에 따른 위치 변화에 의한 온도 편차값으로 산출되는 것을 특징으로 한다.

- [0021] 또한, 상기 보정값 산출단계는, 다음 식에 의하여 교정대상기기의 오차값(Et)이 산출되는 것을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022]
$$E_t = t_s - t_x + \delta t_{sr} + \delta t_{bse} + \delta t_{bss} + \delta t_{bsu} - \delta t_{x\lambda} - \delta t_{xr} + \delta t_{fit}$$

[0023] 여기서, t_s 는 기준 복사온도계의 지시값 평균, t_x 는 교정 대상기기의 지시값 평균, δt_{sr} 은 기준 복사온도계의 불확도, δt_{bse} 는 흑체의 복사율에 의한 불확도, δt_{bss} 는 흑체의 안정도에 의한 불확도, δt_{bsu} 는 흑체의 균일도에 의한 불확도, $\delta t_{x\lambda}$ 는 교정 대상기기의 유효파장 차이에 의한 불확도, δt_{xr} 은 교정 대상기기의 분해능 불확도, δt_{fit} 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 불확도를 의미한다.

[0024] 또한, 상기 합성 표준불확도 산출단계는, 다음 식에 의하여 합성표준불확도 $u_c(E_{tx})$ 가 산출되는 것을 특징으로 한다.

[0025]
$$u_c(E_{tx}) =$$

[0026]
$$\sqrt{(u_{ts})^2 + (u_{tx})^2 + (u(\delta t_{sr}))^2 + (u(\delta t_{bse}))^2 + (u(\delta t_{bss}))^2 + (u(\delta t_{bsu}))^2 + (u(\delta t_{x\lambda}))^2 + (u(\delta t_{xr}))^2 + (u(\delta t_{fit}))^2}$$

[0027] 여기서, u_{ts} 는 기준 복사온도계 지시값의 표준불확도, u_{tx} 는 교정대상기기 지시값의 표준불확도, $u(\delta t_{sr})$ 기준 복사온도계의 표준불확도, $u(\delta t_{bse})$ 는 흑체의 복사율에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bss})$ 는 흑체의 안정도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bsu})$ 는 흑체의 균일도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{x\lambda})$ 는 교정 대상기기의 유효파장 차이에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{xr})$ 은 교정 대상기기의 분해능의 표준불확도, $u(\delta t_{fit})$ 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 표준불확도를 의미한다.

[0028] 또한, 상기 교정장치는 상기 기준온도계의 지시값과 상기 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 지시값이 입력되는 온도측정값 입력부, 오차가 발생할 수 있는 불확도 요소가 입력되는 오차성분 입력부, 상기 입력된 온도 측정값과 불확도요소로부터 상기 합성표준불확도와 측정불확도를 포함하는 측정불확도 산출인자 결과값을 산출하는 연산제어부; 및, 상기 연산제어부에서 연산된 측정불확도 산출인자 결과값을 출력하는 출력부; 를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 일측면에 따르면, 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치에 대한 측정불확도를 산출하여 정확도를 평가할 수 있는 교정시스템 및 교정방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템에 대한 블록도 예를 도시한 것이다.

도 2는 표준 정규 분포 및 t분포의 예를 도시한 것이다.

도 3은 표준불확도 B형 평가에 이용되는 확률밀도함수의 예를 그래프로 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템에서 수행하는 교정방법의 순서도의 예를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치에서 나타난 복사원 크기 효과의 예를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0034] 본 출원에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서 전체에서, "상에"라 함은 대상 부분의 위 또는 아래에 위치함을 의미하는 것이며, 반드시 중력 방향을 기준으로 상 측에 위치하는 것을 의미하는 것이 아니다.
- [0035] 이하 본 발명의 구현에 따른 열화상카메라를 이용한 온도측정장치의 교정시스템 및 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0037] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상 측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템에 대한 블록도를 도시한 것이다.
- [0039] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상 측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템(1)은 기준복사 온도계(10), 교정대상기인 복사열 영상 측정장비를 이용한 온도측정장치(20), 교정용 복사열을 발생시키는 흑체(30) 및 교정장치(50)로 구성된다.
- [0040] 상기 교정장치(50)는 기준온도계(10)의 지시값과 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치(20)의 지시값이 입력되는 온도측정값 입력부(51), 오차가 발생할 수 있는 불확도 요소가 입력되는 오차성분 입력부(52), 상기 입력된 온도 측정값과 불확도요소로부터 합성표준불확도와 측정불확도를 포함하는 측정불확도 산출인자 결과값을 산출하는 연산제어부(53), 상기 연산제어부에서 연산된 측정불확도 산출인자 결과값을 출력하는 출력부(54)를 포함한다.
- [0042] 본 발명의 일 실시 예에 따른 교정방법은 측정항목이 입력된 후, 측정 오차 성분에 포함될 오차 변수들이 입력된다. 그리고 이들로부터 측정불확도를 산출하고, 신뢰도를 포함하는 합성불확도를 산출하는 단계를 포함한다.
- [0043] 표준불확도를 평가하기 위하여 먼저 불확도 평가에 영향을 주는 요소들의 모집단 확률밀도함수의 특성을 파악해야 한다. 표본의 크기가 충분히 클 때는 중심극한정리(Central Limit Theorem)에 의해 표본의 표준편차를 이용할 수 있으며 표본의 개수가 10개 미만이면 표본의 표준편차를 모집단의 표준편차 추정 값으로 사용할 수 없다. 이 경우 모집단의 표준편차를 알 수는 없지만 모집단이 라는 평균을 가진 정규 분포인 경우에는 이 모집단으로부터 추출한 10개 미만의 소 표본이라 하더라도 이들의 표본화 값의 분포는 정규 분포와 닮은 분포를 형성한다.
- [0044] A형 표준불확도 평가는 측정시스템으로부터 반복 측정된 결과를 통계적으로 분석하여 구할 수 있다. 측정대상의 참값에 가장 근접하는 기대치를 구하기 위하여 최대한 정확하게 무한히 많은 반복측정을 실시하여야 하지만 무한 측정이 불가능하므로 유한 횟수의 측정을 실시하고 유한 표본의 표준편차를 구한 후 모집단의 표준편차를 추정한다.
- [0046] A형 표준불확도 평가 시 모집단의 분포가 알려져 있지 않거나, 표본의 수가 10개 미만이면 t-분포가 사용된다. 표준 정규 분포는 평균이 0이고 표준편차가 1인 반면, t 분포는 평균이 0이고 표준편차는 식(3)의 관계를 가진다.

수학식 1

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n X_{i,k}$$

- [0047]
- [0048] 도 2는 표준 정규 분포 및 t분포의 예를 도시한 것이다.
- [0049] 또한, 표본의 자유도(Degree of Freedom: df)가 10 이상이면 표준편차가 1에 근접하여 표준 정규 분포로 본다.

[0050] 그리고 추정값 X_i 와 관련되는 표준불확도 $u(x_i)$ 는 평균의 추정 표준편차로 식 3과 같이 표현된다.

수학식 2

[0051]
$$u_A = \frac{\sigma_{est}}{\sqrt{n}}$$

[0052]
$$\sigma_{est} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_{i,k} - \bar{X}_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

[0053] 여기서, σ_{est} 는 추정표준편차임

[0054] B형 표준불확도 평가는 측정대상의 변화에 대한 활용 가능한 모든 정보를 근거로 하여 과학적인 판단 하에 산출되어야 한다. 활용 가능한 정보로는 과거의 측정 데이터, 생산자가 제공하는 규격, 교정검사 성적서 등에 기록된 데이터, 핸드북에서 인용된 참고 자료의 불확도 등을 들 수 있다. 이러한 정보들은 대부분 ±량으로 표시되며, B형 표준불확도의 평가는 대부분 기댓값이 일정구간 이내에서 똑같은 확률로 존재한다는 균등분포(Uniform Distribution)에 근거하여 기댓값을 추정할 수 있다.

[0055] 도 3은 표준불확도 B형 평가에 이용되는 확률밀도함수의 예를 그래프로 도시한 것이다.

[0056] 도 3에 의한 균등분포의 평균값과 분산은 수학식 3, 4이며, 표준불확도는 수학식 6으로 산출될 수 있다.

수학식 3

[0057]
$$E(x) = \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot f(x) dx = \frac{b+a}{2}$$

수학식 4

[0058]
$$Var(x) = \sigma_{est}^2 = E(x^2) - (E(x))^2 = \frac{1}{12}(b-a)^2$$

수학식 5

[0059]
$$u_B = (Var(x))^{\frac{1}{2}} = \frac{a}{\sqrt{3}},$$

$$(b = +a, a = -a)$$

[0061] 측정결과의 합성불확도는 u_c 로 표기하며, 측정대상의 추정 표준편차를 나타낸다. 출력 추정값 y 의 합성불확도는 $u_c(y)$ 로 표시하고 모든 입력량이 상관관계가 없는 경우 합성불확도는 불확도 전파법칙에 의해 다음 식 6과 같이 합성분산의 제곱으로 표현된다.

수학식 6

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) = \sum_{i=1}^n [c_i u(x_i)]^2$$

$$= \sum_{i=1}^n u_i^2(y)$$

[0062]

[0063] 여기서, $f(x)$ 는 측정항목의 확률밀도계수, $u(x_i)$ 는 A형 또는 B형 표준불확도, $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ 는 감도계수 (C_i)이다.

[0064] 입력 추정값 x_1, x_2, \dots, x_n 들이 서로 상관관계를 갖는다면 측정결과에 관계된 합성분산 $u_c^2(y)$ 에 대한 표현은 추정공분산을 포함하여 수학식 7과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 7

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^n c_i^2 u^2(x_i)$$

$$+ 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n c_i c_j u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j)$$

[0066]

[0068] 여기서, $-1 \leq r(x_i, x_j) \leq 1, \frac{\partial f}{\partial x_i} = c_i, \frac{\partial f}{\partial x_j} = c_j$ 이며,

$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i) u(x_j)}{\sigma_{x_i} \sigma_{x_j}}$ 는 상관계수를 의미한다.

[0070] 합성표준불확도 만으로 측정불확도를 표현할 수 있으나(국제 도량형 위원회), 신뢰도를 높이기 위하여 다음 수학적 식 8와 같이 합성표준불확도(u_c)에 포함인자(Coverage Factor) k를 곱하여 측정불확도(U)를 산출한다.

수학식 8

$$U = ku_c$$

[0071]

[0073] 포함 인자 k는 신뢰수준과 유효 자유도(Effective Degree of Freedom)의 결정에 따라 t분포에 의해 주어지는 상수이다. k를 찾기 위한 유효 자유도는 Welch Satterthwaite 공식에 의해 다음 수학식 9로 산출될 수 있다.

수학식 9

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=0}^n \frac{c_i^4 u^4(x_i)}{\nu_i}}$$

[0074]

[0075] 산출된 유효자유도 값이 11이상이면 ∞로 취급할 수 있다.

[0077] A형 표준불확도의 자유도는 측정횟수가 n개 일 때 n-1이 되고, B형 표준불확도의 자유도는 수학식 10으로 산출할 수 있다.

수학식 10

$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta u(x_i)}{u(x_i)} \right)^{-2}$$

[0078]

[0080] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템에서 수행하는 교정방법의 순서도의 예를 도시한 것이다.

[0081] 먼저 준비단계(110)에서는 기준복사 온도계(10), 교정대상기기에 해당하는 복사열 영상측정장비를 이용한 온도 측정장치(20), 교정용 복사열을 발생시키는 흑체(30) 및 교정장치(50)가 셋팅된다.

[0082] 이 때, 흑체는 일정한 분광 복사 휘도가 방출 되도록 흑체의 온도를 안정시킨다.

[0083] 그리고 복사원 크기 효과를 측정하여 교정대상기기를 정렬시킨다.

[0084] 복사원 크기 효과를 측정하기 위하여 조리개의 면이 흑체의 개구면과 나란하도록 조리개를 설치하고 흑체 개구와 조리개의 구멍이 동심원이 되도록 조리개를 광축에 정렬한다. 그리고 복사원 크기 효과를 측정할 온도를 정하고 전기로의 온도를 상승시켜 충분히 안정시킨다. 다음은 조리개의 직경을 흑체 개구의 최대 직경까지 조정하면서 교정 대상 복사열 영상측정 장비의 온도를 기록하여 조리개의 직경 대 온도의 관계를 기록한다.

[0085] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치에서 나타난 복사원 크기 효과의 예를 도시한 것이다.

[0086] 도 3을 참조하면, 표적인 흑체의 크기가 조리개의 지름과 일치하더라도 원하는 만큼의 온도가 나오지 않고 조리개를 늘려서 광원의 크기가 요구 표적보다 커질 때 신호가 포화하게 되고 포화된 후에도 광원의 크기가 커지면 신호가 천천히 증가하는 것으로 나타난다.

[0087] 조리개를 흑체의 개구만큼 열었는데도 포화 영역을 관측할 수 없으면 교정 대상 복사열 영상측정 장비와 흑체의

거리를 더 가까이 정렬하여 측정을 다시 한다.

- [0089] 다음은 상기 교정장치(50)에 교정대상기기에서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계(120) 및 기준복사온도계에 서 측정된 온도 지시값이 입력되는 단계(130)가 각각 순차적으로 n회 수행된다.
- [0090] 기준 복사온도계와 교정대상 복사열 영상측정 장비로 준비된 흑체를 교대로 측정함으로써 교정 대상 복사열 영 상측정 장비의 온도를 교정한다.
- [0091] 본 발명의 일 실시 예에서는 교정값 계산의 신뢰도를 높이기 위해 기준온도계의 지시값과 교정 대상기기의 지시 값을 각 10회씩 교대로 반복 측정하여 입력된다.
- [0092] 다음은 상기 교정장치(50)에 흑체와 관련된 불확도 요소값이 입력되는 단계(140)가 수행된다.
- [0093] 본 발명의 일 실시 예에 따른 흑체와 관련된 온도 편차값이 입력되는 단계는, 복사율에 의한 복사온도편차 입력 단계(141), 시간에 따른 온도편차 입력단계(142), 개구 위치에 따른 온도편차 입력단계(143)를 포함한다.
- [0094] 먼저 복사율에 의한 복사온도편차 입력단계(141)에서는 기준 복사온도계의 유효과장에서 흑체로의 복사율을 1로 보정하여 눈금을 옮긴다.

[0095] 흑체가 가질 수 있는 복사율의 최대 편차를 δ_{ϵ}^i 라 하면 이것에 의한 복사온도편차 $(\Delta T)_{em}$ 은 다음 수학 식 11로 주어진다.

수학식 11

$$(\Delta T)_{em} = T_R^2 \cdot \frac{\lambda_T}{C_2} \cdot \frac{\delta_{\epsilon}}{\epsilon}$$

- [0096]
- [0097] 여기서 T_R 은 기준 복사온도계로 측정한 흑체의 기준 온도(K), λ_T 은 교정 대상기기인 복사열 영상측정 장비의 유효과장, ϵ 는 흑체의 유효복사율, C_2 는 0.014388mK를 의미한다.
- [0099] 시간에 따른 온도편차 입력단계(142)에서는 일정 시간 동안의 온도 편차를 입력하는 단계이다.
- [0100] 본 발명의 일 실시 예에 의하면 측정시간에 따라 온도편차가 발생될 수 있다.
- [0101] 상기 온도 편차는 상기 교정대상기기로 상기 흑체를 일정시간 동안 측정하고 그 측정된 시간 동안의 온도 차이 값으로 산출되는 것을 특징으로 한다.
- [0102] 본 발명의 일 실시 예에서는 측정점 500.0℃ 에서 10분 동안 측정할 경우 온도편 차가 0.21℃ 발생된다.
- [0103] 개구 위치에 따른 온도편차 입력단계(143)가 수행된다. 교정대상기기인 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정 장치의 조리개 면이 흑체의 개구면과 정렬되더라도 수회 측정하면 위치변화가 발생하게 되어 오차요인으로 작용 될 수 있다.
- [0104] 개구 위치에 따른 온도편차 입력단계(143)에서는 측정점 500.0℃에서 흑체로 개구의 위치에 따른 온도편차는 0.22℃인 것으로 측정되었다.
- [0106] 다음은 상기 교정장치(50)에 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계(150)가 수행된다.
- [0107] 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계(150)에서는 교정 대상기기의 유효과장 차이에 의한 유효과장에 대한 온도편차 입력단계(151)와 교정 대상기기의 분해능에 의한 분해능 오차 입력단계(152)가 포함된다.
- [0108] 또한, 교정대상기기의 불확도 요소값이 입력되는 단계(150)에는 교정결과와 곡선 맞춤에 의한 오차변수가 입력 되는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0110] 다음은 상기 교정장치(50)에서 상기 입력된 교정대상기기인 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치(20)의 지시값, 기준복사온도계(10)의 지시값 및 입력된 불확도 요소값들로부터 교정대상기기의 보정값 산출단계(160)가 수행된다.

[0111] 교정대상기기의 보정값 산출단계(160)에서 복사열 영상측정 장비의 측정불확도 평가를 위한 교정대상기기의 보정값(E_t)의 수학적 모델식은 다음 수학식 12과 같이 측정값과 참값의 차로 나타낼 수 있다.

[0112] 교정대상기기의 오차값(E_t)의 수학적 모델식에서 교정대상기기에 관련된 지시값 및 오차값은 감산요인으로 계산되며, 나머지는 가산요소로 계산된다.

수학식 12

[0113]
$$E_t = t_s - t_x + \delta t_{sr} + \delta t_{bse} + \delta t_{bss} + \delta t_{bsu} - \delta t_{x\lambda} - \delta t_{xr} + \delta t_{fit}$$

[0114] 여기서, t_s 는 기준 복사온도계의 지시값 평균, t_x 는 교정 대상기기의 지시값 평균, δt_{sr} 은 기준 복사온도계

의 불확도, δt_{bse} 는 흑체의 복사율에 의한 불확도, δt_{bss} 는 흑체의 안정도에 의한 불확도,

δt_{bsu} 는 흑체의 균일도에 의한 불확도, $\delta t_{x\lambda}$ 는 교정 대상기기의 유효파장 차이에 의한 불확도,

δt_{xr} 은 교정 대상기기의 분해능 불확도 δt_{fit} 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 불확도를 의미한다.

[0116] 다음은 각 불확도 요소값 들로부터 표준불확도를 산출하고, 이를 이용하여 각 표준불확도의 제곱의 합의 제곱근으로 상기 교정대상기기의 합성표준불확도를 산출하는 합성 표준불확도 산출단계(170)가 수행된다.

[0117] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정장치의 합성표준불확도는 다음 수학식 13으로 산출될 수 있다.

수학식 13

[0118]
$$u_c^2(E_{tx}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial E_{tx}}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

[0119] 이를 다시 풀면, 합성표준불확도 $u_c(E_{tx})$ 는 다음 수학식 14로 나타낼 수 있다.

수학식 14

[0121]
$$u_c(E_{tx})$$

[0122]
$$\sqrt{(u_{t_s})^2 + (u_{t_x})^2 + (u(\delta t_{sr}))^2 + (u(\delta t_{bse}))^2 + (u(\delta t_{bss}))^2 + (u(\delta t_{bsu}))^2 + (u(\delta t_{x\lambda}))^2 + (u(\delta t_{xr}))^2 + (u(\delta t_{fit}))^2}$$

[0123] 여기서, u_{ts} 는 기준 복사온도계 지시값의 표준불확도, u_{tx} 는 교정대상기기 지시값의 표준불확도, $u(\delta t_{sr})$ 기준 복사온도계의 표준불확도, $u(\delta t_{bse})$ 는 흑체의 복사율에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bss})$ 는 흑체의 안정도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{bsu})$ 는 흑체의 균일도에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{x\lambda})$ 는 교정 대상기기의 유효파장 차이에 의한 표준불확도, $u(\delta t_{xr})$ 은 교정 대상기기의 분해능의 표준불확도, $u(\delta t_{fit})$ 는 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 표준불확도를 의미한다.

[0124] 다음은 합성 표준불확도 산출단계(170)에서 산출한 합성 표준불확도 값에 다음 수학적 식 15와 같이 포함인자를 곱하여 측정불확도(U)를 산출하는 측정불확도 산출단계(180)가 수행된다.

[0125] 상기 측정불확도를 산출하는 단계는 상기 합성 표준불확도에 신뢰수준과 유효 자유도(Effective Degree of Freedom)의 결정에 따라 t분포에 의해 주어지는 상수로 산출되는 포함인자(coverage factor)을 곱하여 산출하는 것을 특징으로 한다.

수학적 식 15

$$U = k \times u_c(E_{t,x})$$

[0127]

[0128] 다음은 측정불확도 총괄결과값 출력단계(190)가 수행된다.

[0129] 표 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 측정불확도 총괄 결과값의 예를 나타낸 것이다.

표 1

구분	불확도	1	2	3	4	5	6
	성분 (Xi)	추정값 (xi) (°C)	표준불확도 u(xi)(°C)	확률분포	감도 계수 ci	불확도기여량 u(xi)×ci (°C)	자유도 vi
A	t _s	499.7	0.013	t 분포	1	0.013	9
B	t _x	497	0.13	t 분포	-1	-0.013	9
C	δt _{sr}	-1.7	0.60	정규	1	0.60	∞
D	δt _{bse}	0	0.69	직사각형	1	0.69	∞
E	δt _{bss}	0	0.12	직사각형	1	0.12	∞
F	δt _{bsu}	0	0.13	직사각형	1	0.13	∞
G	δt _{xλ}	1.43	0.012	직사각형	-1	-0.012	∞
H	δt _{xr}	0	0.29	직사각형	-1	-0.29	∞
I	δt _{fit}	0	0.06	직사각형	1	0.06	∞
J	E _x	-0.4				0.97	27 111
K	k						2
L	U (신뢰수준 약 95 %)						1.94

[0130]

[0131] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 측정불확도 총괄 결과값의 예는 다음과 같이 산출된 것이다.

[0132] A : 기준 복사온도계의 지시값 : t_s

[0133] A1 : 기준기용 복사온도계의 n회(n=10) 지시값의 평균은

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 499.7$$

[0135] A2 : 기준 복사온도계 지시값의 불확도는 다음과 같다.

$$\text{추정표준편차 } \sigma_{est} = \sqrt{V(x_i)} = 0.042^\circ\text{C}$$

[0137] A 형 불확도

$$u_A = \frac{\sigma_{est}}{\sqrt{n}} = \frac{0.042}{\sqrt{10}} = 0.013^\circ\text{C}$$

[0139] A3 : t-분포, 신뢰수준 약 95 % , k=2

[0140] A4 : 1(수학적 모델식 수학적 식 12의 E_t 을 t_s 미분하여 구한 것임)

$$c_{t_s} = \frac{\partial E_t}{\partial t_s} = 1$$

[0141]

[0142] A5 : 0.013 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수의 곱으로 구한 것임)

[0143] A6 : 자유도= $n-1=10-1=9$

[0145] B : 교정 대상기기의 지시값: t_x

[0146] B1 : 교정 대상기기인 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 지시값의 n 회($n=10$) 평균은 다음과 같다.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i = 497$$

[0147]

[0148] B2 : 0.13

[0149] 교정 대상기기인 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 표준불확도는

[0150] 표준편차 $\sigma_{est} = \sqrt[3]{V(x_i)} = 0.42^\circ\text{C}$

[0151] B3 : t-분포

[0152] B4 : -1(수학적 모델 식 E_t 을 t_x 로 미분하여 구한 것임)

$$c_{t_x} = \frac{\partial E_t}{\partial t_x} = -1$$

[0153]

[0154] B5 : -0.13 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수의 곱으로 구한 것임)

[0155] $0.13 \times -1 = -0.13$

[0156] B6 : A 형 표준불확도의 자유도

[0157] $n-1=10-1=9$

[0158] C : 기준 복사온도계의 불확도

[0159] C1 : -1.7 (기준 복사온도계 성적서 보정값을 적용한 것으로 성적서의 보정값은 -1.7°C 이다.)

[0160] C2 : 측정점 5000°C에서 교정한 성적서로부터 확장불확도가 $\pm 1.2^\circ\text{C}$ 로 제시되었다. . 이를 적용하면 표준불확도는 $1.2/2 = 0.6^\circ\text{C}$ 가 적용될 수 있다..

[0161] C3 : 정규(기준 복사온도계의 교정성적서의 확률분포를 적용함)

[0162] C4 : 1(수학적 모델 식 E_t 을 δt_{sr} 로 미분하여 구한 것임.)

$$c_{\delta t_{sr}} = \frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{sr}} = 1$$

[0163]

[0164] C5 : 0.6 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 1의 곱으로 구한 것임)

[0165] $0.6 \times 1 = 0.6^\circ\text{C}$

[0166] C6 : 자유도= ∞ (추정값 범위 내에 충분히 존재하므로 자유도는 ∞ 임)

[0167] D : 흑체로의 복사율에 의한 불확도

[0168] D1은 복사율은 불확도에만 기여하는 것으로 추정하여 0으로 적용하였음..

[0169] D2 : 0.69

[0170] 복사온도계를 기준온도계로 사용할 때 기준온도계와 교정 대상 복사열 영상측정 장비를 이용한 온도측정장치 (20)의 유효과장이 다를 경우에 이 차이에 의한 효과를 보정해야 한다. 흑체의 복사율도 완전한 1 이 아니기 때문에 보정에 따른 불확도가 발생한다. 그러므로 흑체로의 복사율에 의한 표준불확도는 수학식 11을 적용하여 산출한다.

$$u(\delta t_{bse}) = \frac{(\Delta T)_{em}}{\sqrt{3}}$$

$$= \frac{(273.15 + 499.7)^2}{\sqrt{3}} \frac{10.75 * 10^{-6} - 3.9 * 10^{-6}}{0.014388} \frac{0.005}{0.995}$$

[0171]

[0172] = 0.69℃

[0173] D3 : 확률분포는 직사각형으로 형성됨.

[0174] D4 : 1(수학적 모델 식을 δt_{bse} 로 미분하여 구함.)

$$c_{\delta t_{bse}} = \frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{bse}} = 1$$

[0175]

[0176] D5 : 0.69 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 1의 곱으로 구함.)

[0177] D6 : 자유도=∞

$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty, \quad R=0$$

[0178]

[0179] E : 흑체로의 안정도에 의한 불확도

[0180] E1: 0

[0181] E2 : 0.12℃

[0182] 측정점 500.0℃ 에서 10분 동안 측정하면, 온도편차가 ±0.21℃ 발생되었다. 이에 대한 표준 불확도는 다음과 같이 산출된다.

$$u(\delta t_{bss}) = \frac{0.21}{\sqrt{3}} = 0.12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0183]

[0184] 단 흑체로의 안정도에 의한 온도편차의 추정값은 0을 적용함.

[0185] E3 : 확률분포는 직사각형으로 형성됨.

[0186] E4 : 1(수학적 모델 식을 δt_{bss} 로 미분하여 구함.)

$$\frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{bss}} = 1$$

[0187]

[0188] E5 : 0.12 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 1의 곱으로 구함.)

[0189] E6 : 자유도=(편차 값은 ±0.12 , R=0 임)

$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty$$

[0190]

[0191] F : 흑체로의 균일도에 의한 불확도

[0192] F1: 0

[0193] F2 : 0.13

[0194] 측정점 500.0℃에서 흑체로 개구의 위치에 따른 온도편차가 ±0.22로 측정되었다. 이를 적용한 표준 불확도는 다음과 같다.

$$u(\delta t_{bsu}) = \frac{0.22}{\sqrt{3}} = 0.13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0195]

[0196] F3 : 확률분포는 직사각형으로 형성됨.

[0197] F4 : 1(수학적 모델 식을 δt_{bsu} 로 미분하여 구한 것임)

$$\frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{bsu}} = 1$$

[0198]

[0199] F5 : 0.13 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 1의 곱으로 구한 것임)

[0200] F6 : 자유도=∞

$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty, R = 0$$

[0201]

[0203] G : 교정 대상기기의 유효과장 차이에 의한 불확도

[0204] G1 : 1.43

[0205] 교정 대상기기의 유효과장 차이에 의한 불확도의 추정값은 1.43으로 구해진다.

[0206] G2 : 0.012

[0207] 교정대상 복사열 영상측정 장비의 유효과장에 대한 정보가 불확실하여 흑체의 복사율에 의한 불확도를 계산할 때 생기는 불확도를 적용하였다.

$$(\Delta T)_{em} = (273.15 + 499.7)^2 \frac{1 \times 10^{-7}}{0.014388} \ln 0.995$$

[0208]

$$= 0.021K$$

$$u(\delta t_{x\lambda}) = \frac{0.021}{\sqrt{3}} = 0.012 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0209]

[0210] G3 : 확률분포는 직사각형으로 형성됨.

[0211] G4 : -1(수학적 모델 식을 $\delta t_{x\lambda}$ 로 미분하여 구한 것임)

[0212]
$$\frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{x\lambda}} = -1$$

[0213] G5 : -0.012

[0214] 불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 -1의 곱으로 구할 수 있다.

[0215] G6 : 자유도= ∞

[0216]
$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty, R = 0$$

[0218] H : 교정 대상기기의 분해능 불확도

[0219] H1= 0(교정 대상기기의 분해능 추정값은 0를 적용하였음.)

[0220] H2 : 0.29

[0221] 교정 대상기기로 사용한 복사열 영상측정 장비의 분해능은 측정점 500.0℃ 에서 1℃(눈금간격)이므로 표준불확도는 다음과 같이 산출하여 0.29℃ 가 적용됨.

[0222]
$$\frac{1}{2\sqrt{3}} = 0.29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0224] H3 : 확률분포는 직사각형으로 형성됨.

[0225] H4 : -1(수학적 모델 식을 δt_{xr} 로 미분하여 구한 것임)

[0226]
$$\frac{\partial E_t}{\partial \delta t_{x\lambda}} = -1$$

[0227] H5 : -0.29 (불확도 기여량은 표준불확도와 감도계수 -1의 곱으로 구한 것임.)

[0228] H6 : 자유도= ∞

[0229]
$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty, R = 0$$

[0231] I : 교정결과의 곡선 맞춤에 의한 불확도

[0232] I1 : 불확도 추정 값은 0.0 이다.

[0233] I2 : 0.06

[0234] 곡선 맞춤할 때 발생하는 표준불확도는 0.06℃ 이다.

[0235] I3 : 확률분포는 정규분포로 형성됨.

[0236] I4 : 1(수학적 모델 식을 로 미분하여 구한 것임)

[0237] I5 : 0.06

[0238] I5 : 자유도=∞

$$\nu_i = \frac{1}{2} \left(\frac{100}{R} \right)^2 = \infty, R = 0$$

[0239]

[0241] J1 : 교정 대상기기의 보정값

$$E_t = t_s - t_x + \delta t_{sr} + \delta t_{bse} + \delta t_{bss} + \delta t_{bsu} - \delta t_{x\lambda} - \delta t_{xr} + \delta t_{fit}$$

[0242]

$$= 499.7 - 497 - 1.7 - 1.4 = -0.4$$

[0243]

[0244] J5 : 합성표준불확도 : 0.99

$$u_c^2(E_{ix}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial E_{ix}}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

$$= \sqrt{(0.013)^2 + (-0.13)^2 + (0.60)^2 + (0.69)^2 + (0.12)^2 + (0.13)^2 + (-0.012)^2 + (-0.29)^2 + (0.06)^2}$$

$$= 0.97 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0245]

[0246] J6 : 유효자유도=∞ (유효자유도가 11이상이면 ∞로 계산함)

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(P_c)}{\sum_{i=1}^n \frac{[c_i \times u(x_i)]^4}{\nu_i}} = \frac{(1.0)^4}{\frac{(0.04)^4}{9} + \frac{(0)^4}{9}} = 27111$$

[0247]

[0249] K5= 포함인자(k =2)

[0250] 유효자유도가 ∞일때, 신뢰수준 약 95 %에 대한 포함인자를 t-분포표에서 찾으면 포함 인자 k는 = 2 로 구해진다.

[0251] L5 : 측정불확도(U)

$$U = k \times u_c = 2 \times 0.97 \text{ } ^\circ\text{C} = 1.94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

[0252]

[0253] 본 발명의 일 실시 예에 따른 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정방법은 흑체로를 500℃ 로 맞추고 흑체로 개구의 온도를 기준으로 10번 측정하고, 교정 대상기기로는 10번 측정하여 비교 교정 자료에 의해 산출된 것이다.

[0254] 교정결과에 따르면, 각 불확도 요소들을 합성한 합성표준불확도 0.97℃로 계산되었다.

[0255] 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 측정불확도는 각 불확도 요소들을 도출하여 입력하고 이들에 대한 수학적 오차 모델 식을 이용하여 구한 측정불확도는 약 1.94℃이며, 신뢰범위는 95%, 포함인자는 k=2 이다.

[0256] 기준 복사온도계와 교정 대상 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 유효과장이 다를 경우 나타나는 온도 편차에 대한 보정값은 -1.43℃로 나타난다.

[0257] 또한, 복사 온도 500℃로 하였을 때 최종 기준온도계로 측정된 온도는 교정 대상기기의 유효과장 차이에 의한 보정을 하면 498.3℃로 적용될 수 있다.

[0258] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템은 교정 대상 장비인 온도계와 표준흑체 및 기준복사 온도계로 구성되며 본 발명에서는 교정기법과 세부 교정절차 및 측정불확도를 제시하여 사용 중인 복사열 영상측정 장비의 정확도와 신뢰도를 밝히는데 활용할 수 있는 새로운 교정기법을 제시할 수 있다.

부호의 설명

[0260] 1: 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치의 교정시스템

10: 기준복사 온도계

20: 복사열 영상측정장비를 이용한 온도측정장치

30: 흑체

50: 교정장치

51: 온도측정값 입력부

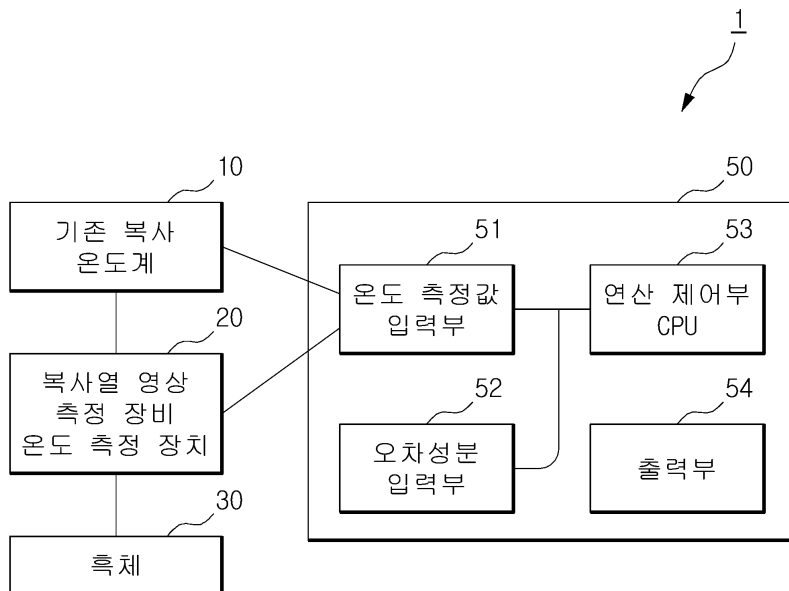
52: 오차성분 입력부

53: 연산제어부

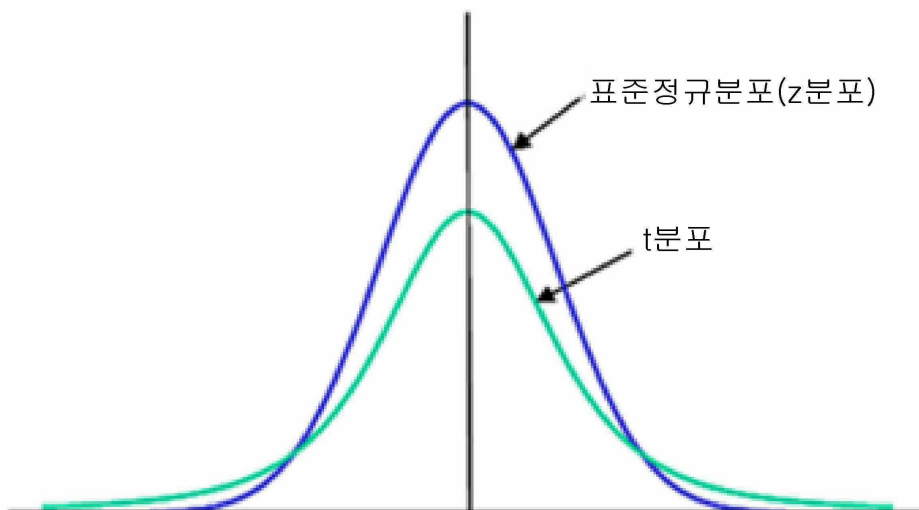
54: 출력부

도면

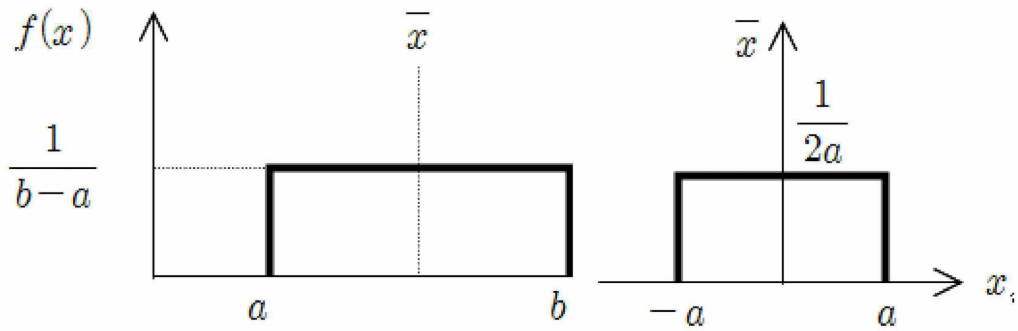
도면1



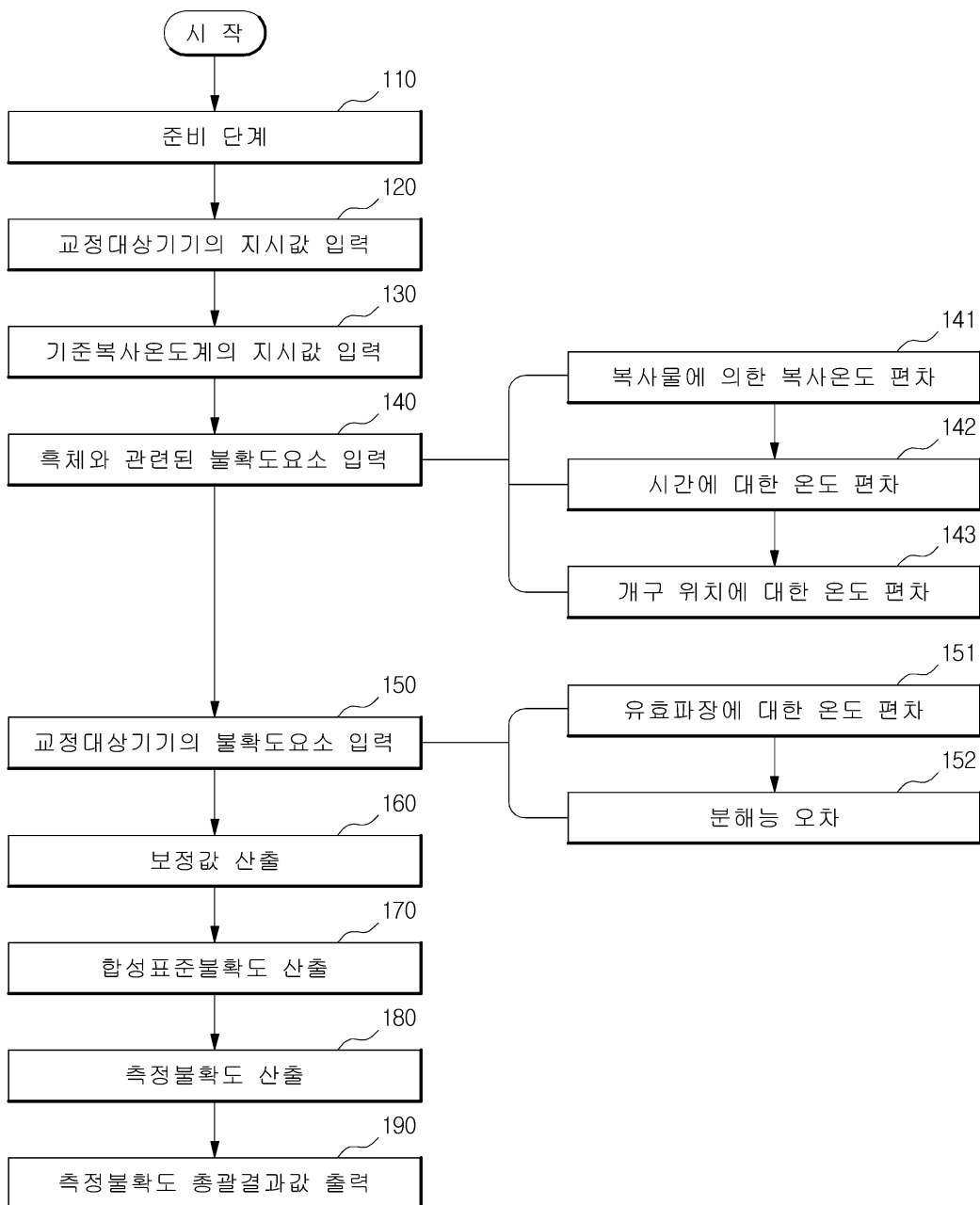
도면2



도면3



도면4



도면5

