'2000 춘계학술발표회 논문집
한국원자력학회

계측기 교정전 측정치에 대한 허용기준 결정방법에 관한 연구

A Study on Methodology Determining Acceptance Criteria for Instrument As-found Data

하재홍, 윤재희, 한희환, 한재복

한국전력기술(주)
대전광역시 유성구 덕진동 150

요 약

교정전 측정치는 계측기가 운전중 공정의 동적 변화에 따라 고유의 기능을 제대로 수행했는지에 대한 판단기준이 된다. 현재 교정전 측정치에 대한 허용기준은 계측기의 기준정확도, 측정장비 오차 및 드리프트를 적용하여 산정하고 있으나 실질적인 허용기준을 마련하기 위해서는 계측기가 운전 중에 받는 환경영향, 교정시 온도영향 및 인적오류 등도 고려되어야 한다. 본 논문에서는 현재 교정전/후 측정치에 대한 허용기준을 검토하고 실제 교정전 측정치에 대한 허용오차에 고려해야 할 오차들을 평가한 다음 한국형표준원전에 적용할 수 있는 교정전 측정치에 대한 허용기준 결정방법을 제안하였다.

Abstract

"As-found" data provides the indication that the instruments have performed their desired function in process dynamic changes. The present acceptance criteria for "as-found" data error includes reference accuracy, measuring & test effect and drift, but there are other errors to be taken into account of acceptance criteria for "as-found" data such as environmental effect under operation, temperature difference effects between two calibrations and human errors. In this paper, the present acceptance criteria for as-left/as-found data was reviewed, and the errors which have an effect on "as-found" data were evaluated. Finally the methodology determining acceptance criteria for as-found data was proposed applicable to Korea Standard Nuclear Power Plant (KSNP).

1. 서 론

원자력 발전소에서 사용되는 계측기는 입력신호에 대해 요구하는 출력범위와 정확도내에서 동

작하도록 주기적으로 교정을 수행하여야 한다. 특히 안전관련 기능을 수행하는 계측기는 그 정확도가 발전소 안전에 직접 관련이 있으므로 더욱 중요하다.

계측기 교정시 운전원은 교정전 (As-found)과 교정후(As-left) 측정치를 기록 및 검토하게 된다. 교정전 측정치는 계측기가 한 주기동안 운전 후 재 교정하기 이전 측정된 값으로써 운전중 공정의 동적인 변화에 따라 고유의 기능을 제대로 수행했는지에 대한 판단기준이 된다.[1] 교정후 측정치는 입력에 따라 원하는 정확한 출력을 나타내도록 교정한 후 측정된 값이다. 교정전/교정후 측정치의 차이는 주기 운전기간동안 발생할 수 있는 계측기 드리프트, 계측기 드리프트의 변화경향 및 허용기준에 대한 타당성 검토 등에 적용되어 왔다. 또한 발전소 고유의 계측기 드리프트 산출에 사용함으로써 계측기 교정기간의 연장 등의 목적으로 사용되기도 하였다.[2,3]

현재 가동중인 원자력발전소는 정해진 허용기준에 따라 교정전 및 교정후 측정치를 평가하고 있다. 이 허용기준은 너무 크게 설정되면 계측기가 운전 중 기능을 제대로 수행했는지에 대해 정확하게 평가할 수 없으며, 너무 작게 설정되면 계측기는 지속적으로 허용기준을 벗어나게 되어 불필요한 교정작업 및 유지보수를 요구하게 되므로 이에 따른 소요인력 및 비용이 증가하게 된다. 기존의 교정후 측정치에 대한 허용오차로는 기기 제작자가 제공하는 기준정확도를 적용하고 있으며 교정전 측정치는 기준정확도, 측정 및 시험오차와 드리프트 항목을 사용하여 적용하고 있다. 그러나, 교정전 측정치에 대한 허용기준은 위의 항목 외에도 환경의 영향, 교정온도차에 대한 영향 및 인적오류 등의 영향을 고려하여 설정해야 한다.

본 논문에서는 현재 교정전/후 측정치에 포함된 오차에 대한 허용기준을 검토하고, 실제 교정전 측정치에 대한 허용오차에 고려해야 할 오차들을 평가한 다음 한국형표준원전에 적용할 수 있는 교정전 측정치의 허용기준 결정방법을 제안하였다.

2. 교정전 측정치에 대한 허용기준 결정방법

1) 교정 허용오차

교정 허용오차는 계측기 교정과 관련하여 주어진 입력에 대해 원하는 출력의 허용 가능한 상한/하한값을 나타낸다. 이 교정 허용오차는 교정전 측정치와 교정후 허용오차로 구분된다.

교정후 허용오차는 제작자가 제공하는 계측기 기준정확도 및 측정시 발생할 수 있는 오차인 측정 및 시험 오차를 확률론적인 오차산정방법인 SRSS(Square Root Sum of Square)를 적용하여 다음과 같이 산정한다.

$$\text{교정후 허용오차} = \mathrm{SRSS}[\mathrm{RA}, \mathrm{MTE}]$$

여기서, RA(Reference Accuracy)는 기준정확도를 나타내며 이 기준정확도는 계측기가 특정 운전조건하에서 동작하더라도 초과하지 않는 오차를 나타낸다. MTE(Measuring and Test Error)는 측정 및 시험 오차를 나타내며 측정장비에 대한 기준정확도 및 측정장비 교정오차 등을 포함한다.

일반적으로 교정후 허용오차는 기준정확도만으로 이루어진다. 이는 교정후 허용오차를 작게 설

정할수록 계측기가 더 정확하게 동작하도록 요구하는 것이며 또한, MTE가 교정하려는 계측기의 기준정확도에 비해 대체로 작은 값이므로 두 오차를 SRSS하면 기준정확도와 유사한 값을 나타내기 때문이다. 그러나 만일 측정장비의 오차가 크게 되면 교정후 허용오차 결정에 반드시 MTE를 고려해야 한다.

교정전 측정치에 대한 허용기준은 계측기가 한 주기의 운전동안 다양한 환경하에서 동작하게 되고 이 영향은 오차의 증가요인으로 작용하므로 교정후 허용오차 설정 기준과는 다르게 적용해야 한다. 현재 가동중인 발전소에서 교정전 측정치에 대한 허용오차는 계측기의 기준정확도, MTE 및 드리프트(Drift)를 SRSS한 값을 적용하여 산출하고 있다.

$$\text{교정전 허용오차} = \mathrm{SRSS}[\mathrm{RA}, \mathrm{MTE}, \mathrm{Drift}]$$

여기서, Drift는 시간에 따른 출력측의 원하지 않는 변화이며 이 변화는 입력, 환경 또는 부하와 무관하다. 계측기의 드리프트에 의한 오차는 일반적으로 제작자가 제공한다.[3] 그러나, 제작자가 제공하는 드리프트는 실제 발전소에서 교정자료를 통해 산출한 값은 아니므로 실제 발전소의 교정전/교정후 측정치를 사용한 계측기 드리프트의 영향평가에 대한 많은 연구가 수행되었고, 그 연구결과는 계측기 교정주기 연장(장주기 운전)을 위한 자료 혹은 교정주기 연장에 대한 영향평가 자료로 사용되기도 하였다.[4]

2) 교정전 허용오차 산출을 위한 오차의 평가

계측기에 영향을 미치는 오차는 표 1과 같으며 이들 오차의 평가를 통해 교정전 측정치의 허용오차 산정시 포함여부를 표시하였다. 오차의 종류는 한국형표준원전의 핵증기공급계통(NSSS)을 위해 공급된 Rosemount사의 전송기를 기준으로 나타내었다.

표 1. 계측기 오차 종류 및 교정전 측정치 허용오차 포함여부

오차종류	평가결과	포함여부
진동	계측기 설치위치에 따라 진동에 의한 오차가 달라지게 된다. 만일 전송기가 벽이나 바닥에 부착된 지지물에 설치된다면 진동에 의한 오차는 무시할 수 있으나 진동에 영향을 주는 구조물(i.e. 파이프)에 설치된 전송기는 진동에 의한 오차를 고려해야 한다.	불필요
주변온도	주변온도에 의한 오차는 계측기 설치위치에 따라 영향을 받는다. 오차는 교정 당시의 온도와 운전 중 주변온도와의 차에 의해 산출되며 제작자는 온도차에 따른 오차를 제공하고 있다. 교정전 측정치에 주변온도의 영향은 고려할 필요가 없으며 교정전/교정후 온도차에 의한 오차산출은 별도로 고려해야 한다.	불필요
습도	습도에 의한 오차도 주변온도와 마찬가지로 교정전 측정치에서 고려할 필요가 없다.	불필요

표 1. 계측기 오차 종류 및 교정전 측정치 허용오차 포함여부(계속)

오차종류	평가결과	고려여부
과압	과압에 의한 오차는 계측기가 설계압력을 초과한 환경에 노출되었을 때 발생하는 오차이다. 그러나 일반적으로 설치된 계측기는 계통의 설계 압력범위를 초과해도 동작할 수 있도록 선정되므로 교정전 측정치의 허용오차 산출에서 과압에 의한 오차를 고려할 필요는 없다.	불필요
방사선	방사선에 의한 오차는 설치장소에 따라 영향을 받으며 교정주기동안 계측기가 방사선에 노출되는 방사선량을 TID(Total Integrated Dose)에 따라 오차를 산출하게 된다. 방사선의 영향은 누적되어 계측기에 영향을 미치게 되어 교정전 측정치에도 영향을 미치게 되므로 교정전 측정치의 허용오차 산출시 방사선의 영향을 고려해야 한다. 일반적으로 교정주기동안 계측기의 방사선 영향에 의한 오차는 제작자가 기기검증보고서를 통해 제공하거나 제작자가 제공하는 기술자료(Technical Manual)를 통해 제공된다.	필요
정압/ 정압교정	정압에 의한 오차는 차압전송기에서만 발생하는 오차로써 상온에서 교정된 전송기가 운전 중 고압의 영향에 의해 발생되는 오차이다. 정압에 의한 오차 교정은 제작자 기술자료에서 제공하는 절차에 따라 수행하므로 정압에 의한 오차는 정압교정을 통해 보상된다. 그러나 이러한 별도의 교정작업은 정압 교정오차를 발생시키게 되며 일부 제작자는 정압 교정에 따른 오차를 제공하고 있다. 그러므로 정압 보상을 위한 교정작업에 따른 오차는 교정전 측정치의 허용오차에 고려해야 한다.	필요
MTE	측정에 따른 오차는 교정전 측정치에 영향을 미치게 되며 이전 교정시 MTE와 현재 교정시 MTE 모두 고려해야 한다.	필요
설치	계측기 설치에 따른 오차는 교정작업에 포함시킬 수 있으므로 무시할 수 있다.	불필요
인적오류	인적오류에 의한 오차는 교정전 측정치 허용오차 산정에 고려되어야 한다.	필요
기준정확도	기준정확도는 교정전 측정치에 영향을 미치므로 고려되어야 한다.	필요

표 1에서 교정전 측정치의 허용오차산정을 위해 필요한 오차들을 파악하였다. 계측기 설치에 따른 오차는 교정전 측정치에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 일반적으로 설계단계에서 계측기 설치에 대한 요건이 제공되므로 설치에 따른 오차는 이전 교정작업시 교정오차에 포함된다고 가정할 수 있다.

표 2. 교정전 측정치 허용오차 산출에 고려되어야 할 오차

전송기 기능	고려해야할 오차
압력전송기	● 이전 교정시 교정오차 ● 이전 교정시 MTE ● 교정전 측정시 MTE ● 교정 기간동안 발생한 드리프트 ● 교정전/교정후 측정시의 온도차에 의한 영향 ● 방사선에 의한 오차 ● 인적오류에 의한 영향
차압전송기	● 압력전송기에 고려되는 오차 ● 정압교정에 의한 오차

3) 제안된 교정전 측정치 허용오차 산출방법 및 적용

표 2에서는 표 1의 평가결과에 따라 교정전 측정치의 허용오차 산출시 고려되어야 할 오차를 요약하였다. 정압교정에 의한 오차는 차압전송기에서만 발생되는 오차이므로 교정전 측정치에 대한 허용오차 계산시 기능에 따라 적용되는 오차는 달라지게 된다. 그러므로 현장에서 교정전 측정치에 대한 허용기준을 정할 때 전송기 기능을 파악한 다음 허용오차를 결정해야 한다. 표 2에 따라 교정전 측정치 허용오차를 산출할 수 있지만 실제 허용오차 산정은 여러 가지 여건들을 고려하여 공학적인 판단에 따라 적용해야 한다. 다음은 표 2의 결과를 토대로 한국형표준원전에 적용할 수 있는 교정전 측정치 허용오차 산출방법을 나타내었다.

- 교정오차

교정오차는 교정후 전송기 교정오차를 나타내며 전송기별로 각각 독자적인 값을 가지게 된다. 그러나 교정기간 중 각 전송기의 교정오차를 각각 계산하여 적용하는 것은 많은 소요인력을 요구하게 된다. 현재 현장에서 교정할 때 발생하는 교정오차는 대략 ±0.2 - 0.25% span 정도이며 Rosemount사가 제공하는 전송기의 기준정확도가 ±0.25% span임을 고려할 때 교정오차는 전송기 기준정확도인 ±0.25%를 적용해도 무방하다.

- MTE

MTE는 이전 교정과 현재 측정시 발생하는 MTE를 고려해야 하며 설계단계에서 가정에 의해 ±0.05%span를 적용하였으므로 각각 ±0.05% span을 적용한다.

● **드리프트**

드리프트에 의한 오차는 제작자가 제공하는 드리프트 오차를 적용해야 하며 이때 오차는 ±0.2% URL(Upper Range Limit)**이다.** URL**을** span**으로 변환하기 위해서는** TDF(Turn Down Factor, URL/span)**을 적용하여 구할 수 있다. 그러므로** span**으로 변환하면** ±(0.25 * TDF)% span**이 된다.**

● **교정 온도차에 의한 영향**

교정시 주변온도는 반드시 기록되어야 하며 이전 교정시 온도와 교정전 측정시 온도의 차이에 따른 오차를 산출해야 한다. 온도차에 의한 오차산출은 온도차 및 전송기 종류를 고려하여 수행하게 되어 많은 소요시간이 요구되므로 교정전 측정시 온도는 가능한 이전 교정시 온도와 동일하게 유지하는 것이 바람직하다. 교정온도차에 의한 오차산출은 온도차를 특정 값 이내로 한정시킨다면 오차산출에 따른 소요시간을 줄일 수 있다. 즉, 공학적 판단에 의해 최대 온도차를 가정하고 이 온도차를 교정온도차에 의한 오차계산에 일괄적으로 적용한다면 전송기 종류에 따른 온도차에 의한 오차는 쉽게 산출할 수 있다. 이때 최대 온도차는 가능한 적게 적용되어야 하며 현장 작업시 이 온도차도 고려되어야 한다. Rosemount**사의 압력/차압전송기의 온도차에 의한 영향은 다음과 같다.**

- 1152 Series
  (1) ±(0.5%URL+0.5%span)*온도차/100(°F) : Code Range 4-0
  (2) ±(1.0%URL+1.0%span)*온도차/100(°F) : Code Range 3

- 1153 Series
  (1) ±(0.75%URL+0.5%span)*온도차/100(°F) : Code Range 4-9
  (2) ±(1.5%URL+1.0%span)*온도차/100(°F) : Code Range 3

- 1154 Series
  (1) ±(0.75%URL+0.5%span)*온도차/100(°F) : Code Range 4-9
  (2) ±(1.13%URL+1.0%span)*온도차/100(°F) : Code Range 0

- 1154 Series H
  ±(0.15%URL+0.35%span)*온도차/50(°F) : Code Range 4-9

● **방사선에 의한 오차**

보조건물 및 건물 외부에 설치된 전송기의 방사선에 의한 영향은 무시할 수 있으나 격납건물 내에 설치된 전송기의 방사선에 의한 오차는 제작자가 제공하는 오차를 적용해야 한다.

각 전송기에 대한 방사선 오차는 표 3, 4에 나타내었다.

- 인적오류에 의한 영향

인적오류에 의한 영향은 교정전 측정치에 영향을 미칠 수 있지만 그 영향은 작업자의 숙련도 및 주위환경에 따라 변하게 되므로 정량적으로 산출하기가 어렵다. 따라서 인적오류에 의한 영향이 정량적으로 결정되지 못한다면 공학적 판단에 의해 결정되어야 한다. 본 논문에서 적용되는 인적오류에 의한 영향은 교정작업시 교정오차와 MTE에 포함되는 것으로 가정하여 무시한다.

한국형표준원전에 설치된 전송기에 제안된 교정전 측정치 허용오차 산정방법을 전송기 기능 및 모델에 따라 적용하면 표 3, 4와 같이 요약할 수 있다.

표 3 압력전송기에 대한 실제 허용오차 산출

I. 압력전송기(격납건물내)[1]			
오차	전송기 모델		
	Rosemount 1152	Rosemount 1153	Rosemount 1154/1154 Series H
(a) 기준정확도	±0.25%span	±0.25%span	±0.25%span
(b) 이전 교정시 MTE[2]	±0.05%span	±0.05%span	±0.05%span
(c) 교정후 측정시 MTE	±0.05%span	±0.05%span	±0.05%span
(d) 드리프트	±0.2%URL	±0.2%URL	±0.2%URL
(e) 교정 온도차에 의한 영향	[3]	[3]	[3]
(f) 방사선에 의한 오차	±0.5%URL	±0.5%URL	±(0.2%URL+0.2%span)
교정전 측정치 허용오차 = SRSS[a, b, c, d, e, f]			

4) 한국형표준원전에의 적용 예

한국형표준원전(KSNP)인 울진3,4호기를 비롯한 영광5,6호기 및 울진5,6호기에서 사용중인 전송기는 수백 개에 달하며 설계목적 및 기능에 따라 다양하게 적용되고 있다. 본 논문에서는 현재 한국형표준원전에서 사용중인 현장 전송기 중 Rosemount사 제품을 중심으로 교정전 측정치 허용오

표 4 차압전송기에 대한 실제 허용오차 산출

II. 차압전송기(격납건물내)(1)			
오차	전송기 모델		
	Rosemount 1152	Rosemount 1153	Rosemount 1154/1154 Series H
(a) 기준정확도	±0.25%span	±0.25%span	±0.25%span
(b) 이전 교정시 MTE(2)	±0.05%span	±0.05%span	±0.05%span
(c) 교정후 측정시 MTE	±0.05%span	±0.05%span	±0.05%span
(d) 드리프트	±0.2%URL(3)	±0.2%URL	±0.2%URL
(e) 교정 온도차에 의한 영향	(3)	(3)	(3)
(f) 방사선에 의한 오차	±0.5%URL	±0.5%URL	±(0.2%URL+0.2%span)
(g) 정압교정에 의한 오차	±0.5%span of reading/1000psi	±0.5%span of reading/1000psi	±0.5%span of reading/1000psi

교정전 측정치 허용오차 = SRSS[a, b, c, d, e, f, g]

Note : (1) 격납건물, 핵연료건물 이외 지역에 설치된 전송기의 방사선 오차는 적용되지 않음.
(2) MTE는 장비에 따라 다를 수 있으며 실제 장비오차가 이보다 더 크면 더 증가된 오차를 적용해야 함.
(3) "제안된 교정전 측정치 허용오차 산출방법 및 적용"중 "교정온도차에 의한 영향" 참조

차를 산출하였다. 그 외 대부분의 전송기는 기계적인 구조를 가지므로 교정전 측정치 허용오차를 위한 특별한 산출방법이 요구되지 않는다. 현재 사용중인 전송기 종류 및 교정전 측정치에 대한 영향은 다음과 같다.

- 전송기 종류

대부분의 압력, 차압전송기는 Rosemount사에서 제공하는 전송기로 구성되며, 현장에서 직접 지시, 경보 및 제어를 수행하는 전송기는 ITT Barton사에서 제공하는 기계적인 구조로 이루어진 전송기도 사용되고 있다. Rosemount사에서 제공하는 전송기는 기기검증 수준에 따라 표 3, 4에서와 같이 1152, 1153 및 1154/1154 Series H로 분류되며 종류에 따라 적

용되는 오차도 달라지게 된다.

- 전송기에 따른 교정전 측정치에 미치는 영향

단순한 기계적인 구조를 가진 ITT Barton 전송기는 운전 중 환경에 의한 영향이 없으므로 교정전 측정치에 영향을 주는 오차는 교정후 허용오차에 포함되는 오차인 기준정확도와 MTE이다. Rosemount사에서 제공하는 전송기는 공정압력을 다이어프램을 통해 전달하는 물리적 계통과 공정압력을 4-20 mA의 전기적 신호로 변환하는 전기적 계통의 이중구조로 이루어지져 있어 운전 중 외부로부터 다양한 영향을 받게 되며 결국 교정전 측정치에 영향을 미치게 된다.

- 적용

제안된 방법을 적용하여 가동중인 한국형표준원전의 일부 전송기에 적용하였다. 전송기는 설치위치 및 종류를 고려하여 선택적으로 적용하였으며 교정 온도차는 임의로 3℃(4.8℉)로 가정하였다.

A : Rosemount 1152 압력전송기 P-225 Volume Control Tank Pressure Transmitter	
설치위치	보조건물
전송기 URL	7031.00 cmH_2O
전송기 0%	0.00 cmH_2O
전송기 100%	7000.00 cmH_2O
전송기 span	7000.00 cmH_2O
오차종류	**오차**
기준정확도	± 0.250% span
드리프트	± 0.200% URL
교정 온도차에 의한 영향(T_e)	± (0.5%URL+0.5% span)*4.8/100 = 0.05% span
MTE_{old}	± 0.05% span
MTE_{new}	± 0.05% span

교정전 측정치 허용오차 = SRSS[기준정확도, 드리프트, T_e, MTE_{old}, MTE_{new}]
= SRSS[0.25, 0.20, 0.05, 0.05, 0.05]
= ± 0.332% span

B. Rosemount 1152 차압전송기 PD-124W Reactor Vessel Differential Pressure Transmitter	
설치위치	**격납건물**
전송기 URL	7031.00 cmH_2O
전송기 0%	0.00 cmH_2O
전송기 100%	5000.00 cmH_2O
전송기 span	5000.00 cmH_2O

오차종류	**오차**
기준정확도	± 0.250% span
드리프트	± 0.200% URL
교정시 온도차에 의한 영향(T_e)	± (0.5%URL + 0.5%span)*4.8/100 = ± 0.06% span
방사선에 의한 영향(R_e)	± 0.703% span
정압에 의한 영향(ST_e)	± 0.25% reading/1000psi @2360psia = ± 0.590%span
MTE_{old}	± 0.050% span
MTE_{new}	± 0.050% span

교정전 측정치 허용오차 = SRSS[**기준정확도**, **드리프트**, T_e, R_e, ST_e, MTE_{old}, MTE_{new}]
= SRSS[0.250, 0.281, 0.060, 0.703, 0.590, 0.050, 0.050]
= ± 0.996% span

C. Rosemount 1154 Series H 압력전송기 P-1013A Steam Generator 1 Pressure Transmitter	
설치위치	**격납건물**
전송기 URL	210.90 Kg/cm^2G
전송기 0%	0.00 Kg/cm^2G
전송기 100%	107.10 Kg/cm^2G
전송기 span	107.10 Kg/cm^2G

오차종류	**오차**
기준정확도	± 0.250% span
드리프트	± 0.200% URL
교정 온도차에 의한 영향(T_e)	± (0.15%URL + 0.35%span)*4.8/50 = ±0.062% span
방사선에 의한 영향(R_e)	± (0.20%URL + 0.2%span) = ±0.594% span
MTE_{old}	± 0.050% span
MTE_{new}	± 0.050% span

교정전 측정치 허용오차 = SRSS[**기준정확도**, **드리프트**, T_e, R_e, MTE_{old}, MTE_{new}]
= SRSS[0.250, 0.394, 0.062, 0.594, 0.050, 0.050]
= ± 0.761% span

D. Rosemount 1154 Series H 차압전송기 L-1114A Steam Generator 1 Level(NR) Transmitter	
설치위치	격납건물

전송기 URL	381.00 cmH_2O
전송기 0%	98.65 cmH_2O
전송기 100%	363.52 cmH_2O
전송기 span	264.87 cmH_2O

오차종류	오차
기준정확도	± 0.250% span
드리프트	± 0.200% URL
교정 온도차에 의한 영향(T_e)	± (0.15%URL + 0.35%span)*4.8/50 = ±0.054% span
방사선에 의한 영향(R_e)	± (0.20%URL + 0.2%span) = 0.488% span
정압에 의한 영향(ST_e)	± 0.25% reading/1000 psi @1076psia = ±0.734% span
MTE_{old}	± 0.050% span
MTE_{new}	± 0.050% span

교정전 측정치 허용오차 = SRSS[기준정확도, 드리프트, T_e, R_e, ST_e, MTE_{old}, MTE_{new}]
= SRSS[0.250, 0.288, 0.054, 0.488, 0.734, 0.050, 0.050]
= ± 0.964% span

3. 결 론

현재 발전소에 적용되는 교정전 측정치에 대한 허용기준은 계측기의 기준정확도, MTE 및 드리프트만 고려하여 설정하였다. 이는 외부환경에 따른 오차가 적절히 고려되지 않아 지나치게 엄격하게 적용하게 되었으며 불필요한 교정평가 및 유지보수에 따른 소요인력 및 비용의 증가요인이 된다. 그러므로 실질적인 교정전 측정치의 허용기준은 운전기간동안/후에 발생 가능한 오차 및 계측기 특성을 고려한 평가가 수행된 후 설정되어야 한다.

본 논문에서는 교정전 측정치 허용기준에 포함되어야 하는 오차들을 정의하고, 운전기간동안 발생하는 환경에 의한 영향, 교정과정에서 발생하는 영향(온도차) 및 인적오류 등을 고려한 실질적인 허용기준 설정방법을 제안하였다. 또한 제안된 방법을 적용하여 한국형표준원전의 일부 계측기에 대한 허용오차를 산출하였다. 운전동안/후 교정전 측정치에 영향을 미치는 모든 오차를 100% 고려하여 정량화된 허용기준을 확립하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그러므로 필요에 따라 공학적 판단에 의한 가정이 요구된다. 인적오류에 의한 오차는 정량화가 어려운 오차로써 공학적 판단에 따라 교정오차에 포함되는 것으로 가정하였으므로 허용오차 산출에 포함하지 않았다.

제안된 방법은 교정전 측정치에 포함되어야 하는 오차들을 현실에 맞도록 반영하여 허용기준을 설정하였으므로 한국형표준원전에 적용시 이러한 문제점들을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. "Methodologies for the Determination of Setpoints for Nuclear Safety-Related Instrumentation", ISA-RP67.04-Part II, 1994.

2. "Guidelines for Instrument Calibration Extension/Reduction Programs", EPRI TR-103335, 1994.

3. "Rosemount Instrument Manual", Rosemount Nuclear Instruments, Inc., 1995.

4. "Instrument Setpoint/Loop Accuracy Calculation Methodology", SONGS JS-123-103C, 1993.