

## 수배전반용 개별식 자동소화장치를 위한 청정소화약제량 최적산정에 관한 연구

최영관\* · 윤병돈\*\* · 신명철\*\*  
한국수자원공사\* · 성균관대학교\*\*

**A Study to Determine the Quantity of Clean Agent  
in an Automatic Fire Extinguisher for Switchgear**  
Choi, Young Kwan\* · Yoon, Byeong Don\*\* · Shin, Myong Chul\*\*  
K-water\* · Sungkyunkwan University\*\*

### 요 약

설치의 법적규제가 없는 수배전반용 개별식 자동소화장치의 경우, 소화약제량 산정시 설계자마다 체적당 소요가스량, 개구부 면적, 개구면적당 가산량을 다르게 적용하여 같은 크기의 panel 인데도 소화약제량이 다르게 산정되는 경우가 있다.

따라서, 본 논문에서는 수배전반 및 진동기 기동반용 개별식 자동소화장치를 위한 청정소화약제량(HFC-227ea)을 산정하기 위해 NFPA, NFSC를 비교분석하여 최적의 소화약제량 산정식을 도출하였다.

### 1. 서 론

현재 NFSC(National Fire Protection Code) 및 NFPA(National Fire Protection Association)에서는 건물용도 및 면적별로 소화설비 설치를 의무화하고 있으나, 전기 panel에 대해서는 법적규제가 없는 실정이다. 이에 여러 산업플랜트에서는 전기화재에 대한 초기진화 및 화재 확산방지를 위해 특·고압 수배전반(ALTS, LBS반을 제외) 및 ACB, 리액터기동반, 정류기반과 사고위험이 있는 설비(CT, PT, 코일)에 대해서는 개별식 자동소화장치를 자진설치하여 운영 중에 있다. 또한, 소화약제 방출시 상위차단기를 차단하여 전력공급을 중단 할 수 있도록 제어회로를 구성하여 운영 중에 있다.

그러나, 자체 설계기준과 제작사에서 제시하는 약제량을 근거하여 소화약제량을 선정하여도 체적당 소요가스량, 개구부 면적, 개구면적당 가산량등의 선정이 모호하여 같은 크기의 panel 인데도 소화약제량이 다르게 산정되는 경우가 있다.

따라서, 본 논문에서는 수배전반 및 전동기 기동반용 개별식 자동소화장치를 위한 청정소화약제량(HFC-227ea)을 산정하기 위해 기존 산정방법 분석 및 NFPA, NFSC를 비교 분석하여 실무에 적용할 수 있는 최적의 소화약제량 산정식을 도출해 보고자 한다.

## 2. 소화약제량 산정기준

### 2.1 소화약제량 산정

전기panel의 방호체적에 대한 소화약제량을 결정함에 있어서 방호구역 체적의 가스량과 개구부의 약제량을 합산한 량으로 <표 1>과 같이 계산할 수 있다. 약제량 산정에 있어 개구부에 대한 가산량은 고려되어야 하고, 방호구역이 요구하는 농도지속시간 및 누설량 등을 고려하여 약제량을 가산하는 것이 안전성측면에서 바람직하다. 하지만, 개구면적당 가산량(HFC-227ea 4.0kg/m<sup>2</sup>)에 대한 적용근거가 불분명하고, 전기panel 이라는 소공간을 감안하면 그 적용여부 및 가산량에 대해 고려해 볼 필요가 있다.

표 1. 약제량 산정

구분	적용
관련식	{방호구역 체적(m <sup>3</sup> ) × 체적당 소요가스량(kg/m <sup>3</sup> )} + {개구부 면적(m <sup>2</sup> ) × 개구면적당 가산량(kg/m <sup>2</sup> )}
방호구역 체적	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 도면에서 계산</li> <li>- 특고압반(VCB)(W1,200×D2,500×H2,500) = 7.5m<sup>3</sup></li> <li>- 저압반(ACB)(W800×D2,500×H2,500) = 5m<sup>3</sup></li> </ul>
체적당 소요가스량	HFC-227ea 0.55kg/m <sup>3</sup>
개구부 면적	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 저압 또는 MCCB반 0.24(바닥면의 케이블 연결부분) 0.3×0.4×2</li> <li>■ 고압, 특고압반 1.25(BUS 연결 공간) 1.25×0.5×2</li> <li>■ 변압기반 1~2(점검창, 부직포 설치부분) 0.3×0.4×2</li> <li>- 1m<sup>2</sup> = 0.5×0.5×8개소(부직포설치는 50%감안)</li> <li>- 2m<sup>2</sup> = 0.5×0.5×8개소(상하, 앞뒤, 좌우 8개소)</li> </ul>
개구면적당 가산량	HFC-227ea 4.0kg/m <sup>2</sup>

NFSC에서는 청정소화약제설비의 경우 개구부 가산량에 대하여 할론1301이나 CO<sub>2</sub>설비와 달리 별도의 기준을 규정하고 있지 않다. 청정소화약제설비의 경우 원칙적으로 개구부를 반드시 자동폐쇄가 되도록 하라는 개념이 반영되어 있는 것으로 볼 수 있다. 누설량에 대한 정확한 산정을 위해서는 Door Fan Test를 실시하여 개구부의 누설량을 정확히 측정하여야 하나, 할로겐화합물의 경우 억제소화를 주제로 하는 화학적 소화이므로 약제를 저농도로 단시간 방사하는 특징이 있고, 약제량 계산식에는 밀폐방호구역으로부터 통상적인 누설량에 대한 여유분이 포함되어 있어(NFPA 2001 2008 edition 5.5.1.1) 손실되는 양이 무시할 수 있는 정도이므로 오차의 범위로 간주할 수 있다.

또한, NFPA에서는 저장용기는 방호구역 내에 또는 방호구역에 가장 근접한 곳에 설치하여 소화약제 방사시 이송거리를 최대한 짧게 하여 신속하게 약제가 방호구역 내에 확산

되게 하고 있어, 국내에서도 모든 가스설비에 대해 방호구역 내부에 저장용기 설치를 인정하고 있다. 이처럼, 전기panel 이라는 소공간의 방호구역에 부착되어 있는 개별식 자동소화장치의 경우 개구부의 면적을 별도로 산정하여 과다 설계를 하지 않는 것이 바람직하다.

또한, 화재안전기준(NFSC 107A)의 계산식에 안전율 1.2를 감안하여 다음 (예)와 같이 소화약제량을 계산 할 수 있다. (예) 특고압 VCB panel의 경우,

$$\square \text{체적당 소요가스량} = 1 / (0.1269 + 0.0005 \times 21.111) \times [7 / (100 - 7)] = 7.5 \times 0.5476 \approx 4.1 [\text{kg/m}^3]$$

$$\square \text{소화약제량} = \text{방호구역의 체적} [\text{m}^3] \times \text{체적당 소요가스량} [\text{kg/m}^3] \times \text{안전율} \\ = 7.5 \times 0.55 \times 1.2 = 4.93 [\text{kg}]$$

그러나, 체적에 따른 소화약제의 설계농도(C(%))는 제조업체의 설계기준에서 정한 실험값이고, 여기에는 이미 소화농도(%)에 C급화재(전기화재) 안전계수인 1.2가 내포되어 있다. 또한, 전기panel 내부에는 전력기기가 설치되어 실제 소화하기 위한 방호체적은 panel 체적에 비하여 상당히 작아 질 수밖에 없는데, 특히 고압 전동기 기동반의 경우 전력기기의 크기가 panel의 대부분을 차지하여 소화약제량에 충분한 여유를 가지고 있다고 볼 수 있어 안전율 1.2는 과다설계의 요인으로 작용한다.

## 2.2 NFPA 및 NFSC

NFPA 2001의 청정소화약제량 산정방법은 다음 1), 2)와 같이 테이블을 이용하는 방법과 공식을 이용하는 방법이 있고, 이를 통해 NFSC 107A에 의한 방법과 같은 결과 값을 얻을 수 있다. 그러나, NFPA 2001에서는 고도에 따른 기압보정계수가 있어 1) 또는 2)에 의한 결과 값에 이를 곱하여 최종 소화약제량을 산정한다. panel체적이  $7.5\text{m}^3 (=264.86\text{ft}^3)$ 이고, 설계농도(C)가 7%인 특고압 panel의 경우 다음과 같이 소화약제량을 산정할 수 있다.

### 1) Table 이용방법

Table A.5.5.1(i) HFC-227ea Total Flooding Quantity에서 온도 및 설계농도에 의한 계수 값에 방호구역의 체적( $\text{ft}^3$ )을 곱하여 간단히 소화약제량( $\text{lb}$ )을 구할 수 있다.

$$\square W = 264.86(\text{ft}^3) \times 0.0341(\text{lb}/\text{ft}^3) = 9.031726(\text{lb}) (=4.096722(\text{kg}))$$

표 2. 온도 및 설계농도에 따른 계수 (NFPA 2001 Table A.5.5.1(i))

HFC-227ea Total Flooding Quantity					
C(%)	6	7	8	...	15
Temp.(°F)					
10	0.0331	0.0391	0.0451	...	0.0916
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
60	0.0295	0.0348	0.0402	...	0.0817
<b>70</b>	0.0289	<b>0.0341</b>	0.0394	...	0.0799
80	0.0289	0.0334	0.0386	...	0.0783
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	0.0228	0.0269	0.0311	...	0.0631

2) 공식을 이용하는 방법(NFSC 107A와 동일)

□  $S = 1.885 + 0.0046t = 1.885 + 0.0046 \times 70^{\circ}F = 2.207$

□  $W = V/S \times [C/(100-C)] = (264.86/2.207 \times [7/(100-7)]) = 9.03294(lb) (=4.097273(kg))$

3) 고도에 따른 기압보정계수 적용

표 3. 기압보정계수 (NFPA 2001, Table 5.5.5.3)

고도(ft)	-3,000	-2,000	-1,000	0	1,000	<b>2,000</b>	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000	8,000	9,000	10,000
보정계수	1.11	1.07	1.04	1.00	0.96	<b>0.93</b>	0.89	0.86	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.66

설치지역의 고도를 표에서 찾을 수 없을 경우 다음 식을 이용한다.

표 4. 기압보정계수 (NFPA 2001)

고도(X)[ft]	보정계수(Y)	비고
-3,000 ~ 5,500	$Y = (-0.000036 \times X) + 1$	X=2,000[ft] 일때, $(-0.000036 \times 2,000) + 1 = \mathbf{0.928}$
5,501 ~ 10,000	$Y = (-0.00003 \times X) + 0.96$	

따라서, 소화약제 최소설계량(W)은 다음과 같이 1)과 2)의 결과에 3)의 기압보정계수(Y)를 곱하여 산정한다.

□  $4.096722(kg) \times \mathbf{0.93}$  (또는 **0.928**) = 3.8(kg)

국내·외 수력발전소의 경우 해발고도가 높은 지역에 건설되는 경우가 많으므로 수배전반용 개별식 자동소화장치의 소화약제량 산정시 고도에 대한 적용이 필요하다.

3. 결 론

자진설비로써 정확한 산정기준이 없어 설계에 어려움이 있었던 수배전반 및 기동반용 개별식 자동소화장치를 위한 청정소화약제량(HFC-227ea)에 대해 NFPA 2001 및 NFSC 107A를 분석하여 산정방법을 도출하였다.

수배전반 개별식 자동소화장치의 청정소화약제량은 『방호구역의 체적[m³]×체적당 소요가스량[kg/m³]』으로 산정한 후, 이 값에 산업플랜트의 건설위치를 고려하여 고도에 따른 기압보정계수를 적용하여 『 $W = \{V/S \times [C/(100-C)]\} \times Y[kg/m³]$ 』의 식 적용할 수 있다. 이는 수배전반의 개구부 가산량 및 안전율 120%에 의한 과잉설계를 막고, 고도에 따른 기압보정계수(Y)를 적용한 최소 소화약제량 산출식이다.

참고문헌

1. 남상욱 (2008). “소방시설의 설계 및 시공” 정안당.
2. NFSC 107A. 청정소화약제소화설비의 화재안전기준.
3. NFPA 2001. (2008). Clean Agent, National Fire Protection Association.
4. 한국수자원공사 전기패널 소화설비 설계기준. (2004)