

배전반류의 부스바 형태에 따른 온도상승 고찰

정흥수*
한국전기연구원*

Study for temperature rise on busbar of the switchgear and controlgear assemblies

Heung-Soo Jung*
K.E.R.I.*

Abstract - 여러 전력기기를 안전성과 편의성 등을 위하여 함(enclosure)에 설치하였을 때, 이러한 제품을 배전반(Switchgear and controlgear assemblies)이라고 한다. 내부에 설치되는 기기들을 서로 접속할 때 전선(cable) 또는 부스바(busbar)를 사용하고 있는데, 사용시 필연적으로 전력손실에 의한 발열로 인하여 배전반 내부온도 및 기기의 온도가 상승한다. 기기에 대한 온도상승 허용범위는 각 기기의 해당규격에 규정되어 있으며 배전반 규격(고압배전반 : IEC 62271-200 및 SPS-KEMC 2101-0609, 저압배전반 : IEC 61439 series 및 SPS-KEMC 2102-0610)에는 외부접속용 단자 등 배전반 내부에 사용되는 전선 또는 부스바의 온도상승 허용범위가 규정되어 있다. 본 고찰에서는 배전반의 각 정격전류에 따른 전선 또는 부스바의 사이즈, 특히 부스바의 사이즈 및 형상에 따른 온도상승의 영향을 살펴보고자 한다.

1. 서 론

고압기기가 설치된 고압배전반은 절연에 관련된 절연거리를 확보하여야 하며 고전압 소전류이므로 배전반 설계시 정격전류에 따른 온도상승이 큰 문제가 되지는 않지만, 저압기기가 설치된 저압배전반은 저전압 대전류이며, 절연에 관련된 공간거리 및 이격거리가 작으므로(수십 mm 내외)로 배전반 설계시 정격전류에 따른 온도상승이 주요 고려사항이 된다. 아래 표 1과 표 2는 저압배전반 규격에 규정된 도체 단면적이다.

<표 1> 소전류에서 도체단면적(IEC 61439)

전류의 범위 A	도체 단면적	
	mm ²	AWG/MCM
0	8	18
8	12	16
12	15	14
15	20	12
20	25	10
25	32	10
32	50	8
50	65	6
65	85	4
85	100	3
100	115	2
115	130	1
130	150	0
150	175	00
175	200	000
200	225	0000
225	250	250
250	275	300
275	300	350
300	350	400
350	400	500

<표 2> 대전류에서 도체단면적(IEC 61439)

전류의 범위 A	도체			
	전선		부스바	
	수량	단면적(mm ²)	수량	크기(mm)
400~ 500	2	150(16)	2	30×5(15)
500~ 630	2	185(18)	2	40×5(15)
630~ 800	2	240(21)	2	50×5(17)
800~ 1 000			2	60×5(19)
1 000~ 1 250			2	80×5(20)
1 250~ 1 600			2	100×5(23)
1 600~ 2 000			3	100×5(20)
2 000~ 2 500			4	100×5(21)
2 500~ 3 150			3	100×10(23)

2. 본 론

2.1 부스바의 성능

배전반 내부 전력기기를 상호접속하는 도체로서는 전선(cable)과 부스바(busbar)가 사용된다. 일반적으로 800 A 이하의 소전류는 전선과 부스바를 구분없이 사용되고 있으나, 800 A를 초과하는 대전류에서는 주로 부스바가 사용된다. 이는 배전반 내부에 단락/지락사고시 발생하는 사고전류에 대하여 내부 기기 보호, 전자력에 대한 내구성에 대해서 부스바가 효과적인 성능을 갖추고 있기 때문이다.

현재 배전반에 사용되는 부스바의 형태는 사각형, 원형, 반원형 등 다양하지만, 주로 사각형태의 부스바가 사용된다. 이는 다른 형태보다 사각형태가 부스바 생산 및 배전반 제조공정에서 매우 경제적이기 때문이다.

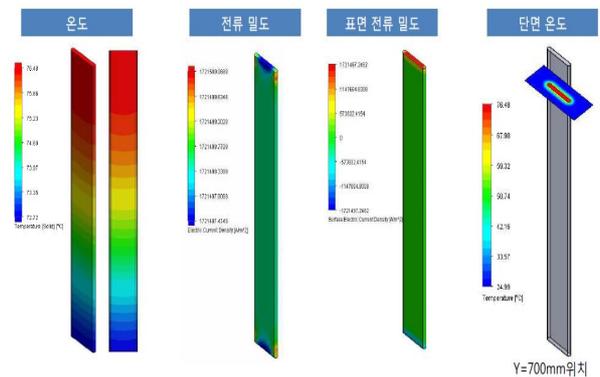
이러한 부스바에 대한 국내 KS 규격으로는 KS D 5530:2009 (2014확인)이 있으며, 두께 2.0 mm ~ 50 mm, 폭10 mm ~ 300 mm, 길이 5 m 이하로 규정하며, 주요 성능으로는 화학성분(Cu 99.96 % 이상 또는 99.90 % 이상), 기계적 성질(인장강도, 굽힘강도, 도전율, 수소취성(연마 및 부식)) 등이 규정되어 있다. 이러한 기본적인 성능을 갖는 부스바가 배전반에 사용되면, 정격전류가 통전될 때 발생하는 열에 의한 온도상승이 배전반 사용상의 제약조건이 된다. 따라서 배전반 제작회사는 배전반 정격전류에 따른 온도상승의 최소화를 위하여, 부스바의 배치, 형태등에 대하여 많은 연구를 하고 있는 실정이다.

2.2 부스바의 형태

배전반, 특히 저압배전반은 정격전류에 따른 내부 온도상승 최소화가 주요 관심사항이다. 전력기기, 부스바 등에서 발생하는 열을 효과적으로 방열시켜, 내부 온도상승을 최소화 하기 위하여 다양한 형태 및 재질의 부스바가 연구되고 있다. 본 고찰에서는 고효율사 히트싱크 역할을 하는 부스바의 형태에 대하여, 효율적인 방열(온도상승 최소화)에 대하여 살펴본다

2.2.1 사각형태의 부스바

그림 1은 가장 널리 사용되는 사각형태의 부스바에 대한 예상온도, 예상전류밀도의 한가지 예이다. 부스바의 사용조건, 배치, 설치상태에 따라 예상온도 및 예상전류밀도는 큰 차이가 있으므로, 실제 사용상태의 데이터와는 차이가 있을 수 있다.

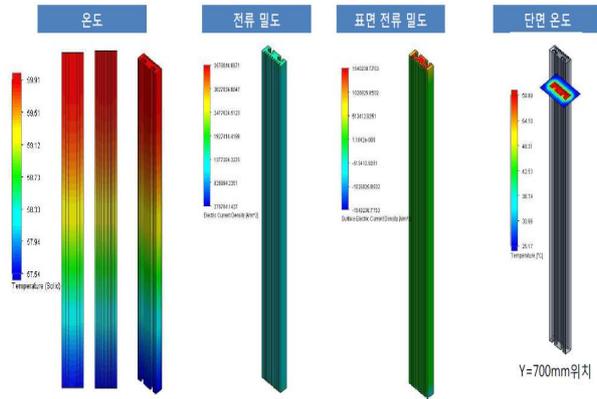


<그림 1> 사각형 부스바

2.2.2 고효율효율형태의 부스바

그림 2는 효율적인 방열을 하기 위하여 부스바를 가공하여 히트싱크 역할을 할 수 있도록 제작된 부스바의 예상온도, 예상전류밀도의 한가지

예이다. 부스바 가공형태, 사용조건, 배치, 설치상태에 따라 예상온도 및 예상전류밀도는 큰 차이가 있으므로, 실제 사용상태의 데이터와는 차이가 있을 수 있다.



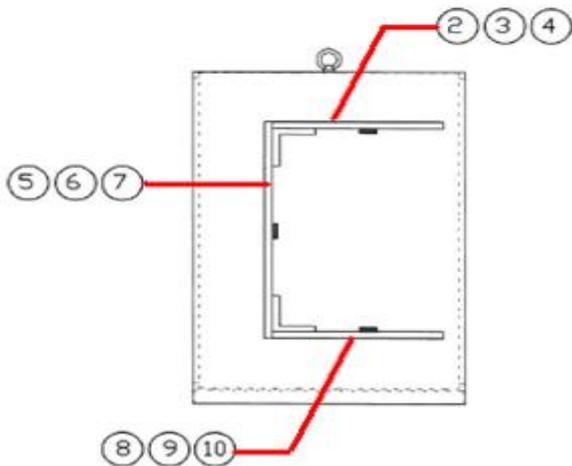
<그림 2> 고방열효율 부스바

2.2.3 방열효과(온도상승차이)

2가지 형태의 부스바에 대하여 전산유체해석(CFD)을 수행한 결과(동일한 전류값으로 수행) 동일한 단면적 및 통전전류인 경우, 그림 1에서 최대 온도상승치는 51.6 ℃로 예측되었으며, 그림 2는 35 ℃로 예측되었다. 그림 2와 같은 형태의 부스바가 효율적으로 방열되어, 배전반 내부의 온도상승을 약 16.6 ℃ 낮출 수 있을 것으로 기대되었다. 이는 임의의 조건에서 일정전류를 흘린다는 조건에서 소프트웨어로 시뮬레이션한 결과이므로, 실제 사용조건에서 예상온도 상승치와 차이가 있을 수 있다.

<표 3> 실험데이터

측정 위치	사각형태 부스바 온도상승 (1 200 mm ²)	고방열효율 부스바 온도상승 (1 150 mm ²)	온도상승 차이
1	51.2	41.4	9.8
2	50.5	41.7	8.8
3	47.5	43.3	4.2
4	47.1	42.1	5.0
5	49.5	41.5	8.0
6	50.6	42.7	7.9
7	49.3	41.1	8.2
8	46.2	37.8	8.4
9	48.0	38.7	9.3
10	46.2	35.6	10.6



<그림 3> 측정위치

위의 실험결과는 사각형태 부스바(1 200 mm², (10 × 120) mm의 사각형 부스바)와 고방열효율 부스바(1 150 mm², (20 × 84) mm의 사각형 부스바를 히트싱크역할 할 수 있도록 가공한 부스바)에 대하여 각각 2 000 A를 통전시켜 별도로 실험한 데이터이므로, 부스바 가공형태 등에 따라서 실험데이터는 달라질 수 있다(모든 부스바는 온도급을 하였으며, 실험설비와 접속 조건 등에서 약간의 차이가 있음).

3. 결 론

위와 같은 실험결과는 일반적인 사각형태의 부스바보다는 히트싱크 역할을 할 수 있도록 가공된 부스바의 방열효율이 우수하여, 배전반 내부의 온도상승을 낮추는데 효율적임을 보여준다. 히트싱크의 형상, 부스바 재질, 부스바 접속방법 등에 따라 온도상승 차이값은 편차가 크게 된다.

전력수요의 증가로 인하여 대응방화 되어가는 전기기기의 상호접속을 위하여 사용되는 부스바의 크기를 소형화하면서 온도상승을 낮추는데 효율적인 방법은 부스바의 재질개선과 형태개선의 2가지 측면에서 연구가 되고 있는데, 재질개선은 동(Cu)과 알루미늄(Al) 이외의 재질은 경제적인 측면에서 연구의 한계가 있는 것이 현실이지만, 형태개선을 통한 부스바 소형화 및 효율화 연구는 활발히 진행되고 있다. 히트싱크형 부스바 뿐만 아니라, 파이프형(중심부분이 비어 있는 원형 부스바), 반원형(부스바 상호접속의 용이성을 위하여 반원형태 부스바), 이중접합형(동 부스바와 알루미늄 부스바를 접합시킨 경제적인 부스바) 등의 다양한 형태를 갖는 부스바에 효과 등에 대한 연구가 진행중이다.

현재 연구중인 모든 형태의 부스바가 실제 전력기기 및 배전반에 적용시 각각의 장점과 단점을 가지고 있기 때문에 장점을 살리고 단점을 보완할 수 있는 추가 연구를 통하여 전력기기의 소형화 및 배전반의 소형화를 통한 경제적인 전기에너지 사용방법에 대한 추가연구가 절실히 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] IEC TC 17, "IEC 60439-1 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1 : Type-tested and partially type-tested assemblies)", 2004
- [2] IEC TC 17, "IEC 61439-1 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 1 : General rules)", 2011
- [3] IEC TC 17, "IEC 61439-2 (Low-voltage switchgear and controlgear assemblies - Part 2 : Power switchgear and controlgear assemblies)", 2011