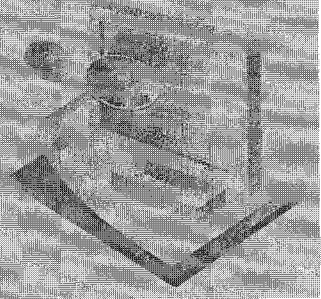


Busduct의 특징 및 개발 동향



박성희 과장 (LS전선 부스덕트사업팀)

1. 서론

최근 전력 수요의 폭발적인 증가와 더불어 각 수용가의 부하용량이 대형화됨에 따라 기존 Cable을 대체해 대용량의 에너지를 전송할 수 있는 간선의 필요성이 증대되고 있으며 또한 최근 몇 년간 구리를 포함한 원자재가의 지속적인 상승으로 보다 경제적인 간선의 필요성이 증대되어 가고 있다. 이에 대용량의 전류를 효과적으로 송전할 수 있는 Busduct 배전 시스템에 대한 수요가 지속적으로 증가되어 가고 있는 추세이다. 현재 1000 V 미만의 저압용 Busduct의 경우 7500 A까지 단일제품으로 전류를 전송할 수 있을 뿐만 아니라 도체를 구리에서 알루미늄으로 대체하여 경제적인 측면에서도 Cable에 비해 비교 우위를 차지함으로써 그 수요가 급속히 증가하는 추세에 있다.

Busduct는 각형의 Busbar에 절연을 보호하기 위한 금속물질로 구성되어 있는 것으로서 미국을 비롯한 서구 지역에서는 Busway 혹은 Busbar trunking system으로 불리고 있으며 일본과 국내에서는 Busduct로 불리고 있다. 국내의 Busduct system은 20~30년 전 80년대 초반에 Hitachi, Furukawa 등의 일본 업체와의 기술제휴를 통해 기술이 도입되어 국내에서 제작, 판매하고 있으나, 제품의 구성 요소들이 현재의 산업사회 환경에 부합되지 않고 있다. 또한 제품 자체도 수·배전반의 일부라는 인식으로 Busduct 자체에 대한 기초기술 및 설계기술은 미흡

한 상황에 있었다. 하지만 세계적인 주요 업체인 GE, Siemens, Square D가 철재의 외함 대신 알루미늄 외함을 적용함으로써 열발산 효율을 효과적으로 증대시켜 도체의 단면적을 축소시켜 경쟁우위를 점하면서 Cable에 비해 상대적인 비교우위를 점하게 되었다. 이에 국내에서도 세계적인 추세에 맞추어 LS전선이 2007년도에 세계 업체들과 동등 수준의 알루미늄 제품의 개발을 완료하여 현장에 적용하고 있다. 또한 최근의 시장에서의 상황은 제품의 경량화 저가화와 더불어 높아만 지는 각종 환경규제 등으로 인해 경제적이면서 친환경성 제품의 Needs가 필수적인 제품 사양으로 대두되어 있으며, 각 제조업체들도 이러한 추세에 맞추어 새롭게 제품을 출시하고 있는 상황이다.

보편적으로 Busduct system은 전압으로 구분해 보았을 때 배전급 고압 변압기와 배전반을 연결하는 고압용 Busduct (<36 kV)와 저압용 배전반과 부하를 연결하는 저압용 Busduct (<1 kV)로 구분되며, 전류량이 큰 저압용의 수요가 많지만 고압용의 수요도 지속적으로 증가되고 있는 추세이다.

2. Busduct의 구조와 특징

Busduct는 Cable과 비교해 도체와 절연물, 보호재로 구분된다는 것에서 동일하지만, 동일 단면적을 가정했을 때 전류 전송량이 상대적으로 크다는 장점이 있다. 그 이유는 Bar형태의 도체가 전류 전송에

의한 발열을 효과적으로 발산시키기 때문이다. 이런 이유로 인해 Cable은 설계 시 허용전류가 주된 설계 요소가 되지만, Busduct의 경우에는 Busbar 및 외함의 온도가 주된 설계요소가 된다. Cable의 경우 그림 2와 같이 도체를 PE 등의 절연물을 이용해 절연을 하고 PVC 등의 외피를 이용해 절연물을 보호하는 구조를 가진다. 반면 Busduct의 경우에는 그림 1에 보이는 바와 같이 Bar 혹은 파이프 같은 중공 형태의 도체를 PET Film 혹은 PVC 압출튜브, Epoxy 등으로 절연을 하고 철 혹은 알루미늄 재질의 외함을 이용하여 도체 및 절연물을 보호하는 구조로 되어 있다. Busduct는 대개 3 m 제품을 표준품으로 하여 접속을 해나가는 구조로서 각 제품 간 연결은 별도의 접속부 및 볼트체결로서 이루어진다.

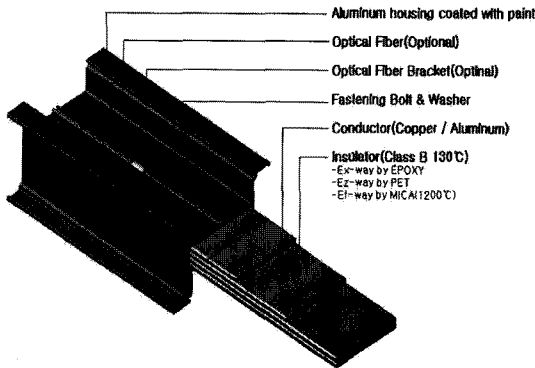


그림 1. Busduct의 구조.

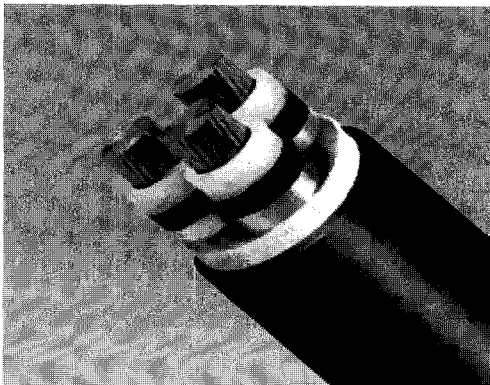


그림 2. Cable의 구조.

따라서 Busduct는 접속부의 구조적, 전기적인 안정적 설계가 제품성능을 좌우하게 된다.

실제적으로 중용량의 경우 점유면적이 Cable 대비 60% 수준이며, 용량이 증대될수록 점유면적은 상대적으로 감소한다.

Busduct가 Cable에 비해 현장 적용상 우수하게 평가 받고 있는 것은 Cable은 포설시 다수의 Cable tray (그림 4)를 이용해 포설이 되어야 하는 반면에 Busduct는 제품 한 라인으로 포설(그림 3)이 가능하다는 것이다. 이렇게 되면 건축물에서 공간 점유율을 축소시킬 수 있을 뿐 아니라 설치 후 외관도 미려해지게 된다.

또한 Cable은 전류용량이 증가함에 따라 설치를 위한 비용과 시간이 급격하게 증가되는 반면



그림 3. Busduct 포설 사진.

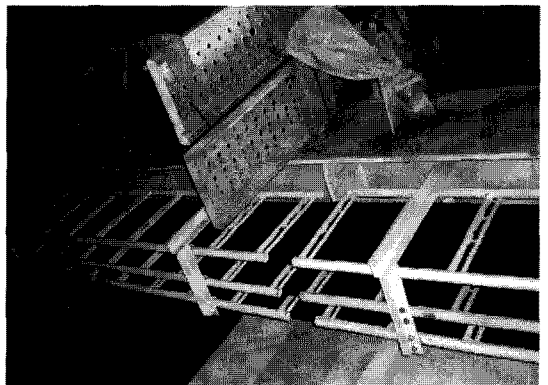


그림 4. Cable tray 포설사진.

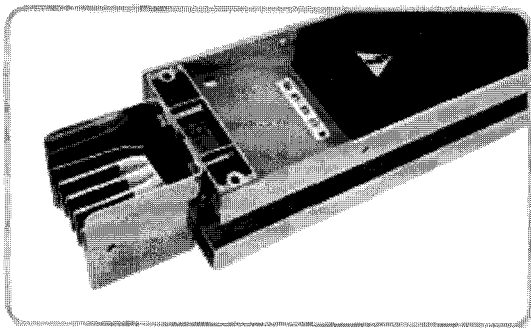


Busduct는 전류용량에 따라 그 증가 추이가 크지 않다는 것도 특징 중 하나이다.

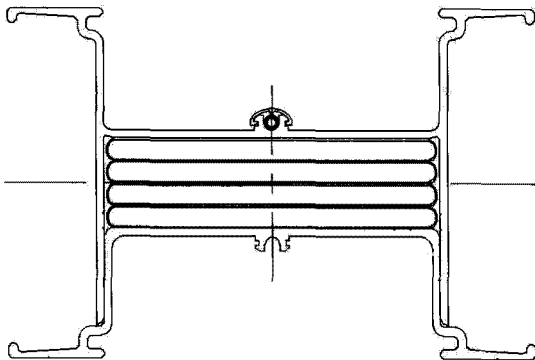
이외에도 Busduct는 부하가 이설 혹은 증설이 될 경우 Cable에 비해 시공이 간편하고, 사고 발생 시 사고 부위만 절개하여 교체하면 되는 반면 사고 발생이 될 경우 Busduct와 연결된 전체 부하가 정전이 되는 단점이 있다.

3. Busduct의 종류별 특징

Busduct는 크게 절연물에 의해 절연이 되는 밀착



(a)



(b)

그림 5. 밀착형 Busduct의 구조 및 단면.

형 제품과 공기절연을 기본절연으로 하는 공기절연형으로 구분할 수 있다. 보편적으로 밀착형 제품은 저압용에 널리 적용이 되고 있으며, 공기절연형은 고압용에 적용이 되고 있지만, 특수 환경에 적합한 저압용 공기절연형도 상용화되거나 개발이 이루어지고 있다. 공기절연형의 경우에도 크게 NSPB (Non-segregated phase bus), SPB (Segregated phase bus), IPB (Isolated phase bus)로 구분이 되고 있으며 보편적으로는 NSPB Type과 IPB Type이 가장 널리 적용되고 있다.

밀착형과 공기절연형의 경우 절연방식 뿐만 아니라 도체를 지지하기 위한 방식에서도 큰 차이점을 보이는데, 밀착형의 경우 도체에 대해 구조적인 안정성은 외함에 의존하지만, 공기절연형의 경우 애자와 같은 도체를 지지하기 위한 절연물에 의해 모든 특성이 좌우가 된다. 따라서 단락사고 발생 시 밀착형의 경우 외함의 구조와 강도가 주요 인자가 되지만 공기절연형의 경우 지지절연물의 강도와 지지개소가 주요 인자가 된다.

또한, 밀착형의 경우 열전달을 위한 주요 메커니즘이 전도인 반면 공기절연형은 대류와 복사이다. 상간 이격이 될 경우 Electromagnetic loss로 인해 공기절연형이 동일한 전류등급일 경우 단면적이 밀착형에 비해 상대적으로 다소 증가해야만 하는 것이 특징이다.

무엇보다 공기절연형의 경우 상간의 이격 거리와

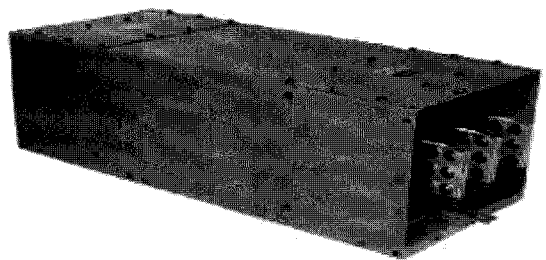


그림 6. 공기절연형 Busduct의 구조 (NSPB Type).

상 외함간 이격 거리가 필요하기 때문에 제품의 크기가 커지게 되는데 이런 이유로 복합적인 열 해석 Mechanism을 정확하게 해석하고 분석하여 설계에 반영하는 것이 주요한 설계요소가 되며, 이를 통해 경제적이고 콤팩트한 제품을 개발할 수 있다.



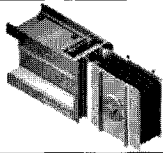
4. Busduct 개발 히스토리

Busduct는 1910년경 나무로 된 Busduct의 개념을 가진 것이 효시이며, 1925년 경 지금과 같은 형태인 금속덕트로 도체를 보호하는 형태가 개발되었다. 이를 아시아 지역에서는 일본 Hittachi 등이 주도적으로 공기절연형 방식으로 제작해 판매해 왔으나, 1980년대부터 밀착형 제품이 개발이 되면서 효율적인 제품제작과 콤팩트화에 힘입어 빠르게 수요가 증가되고 있는 추세이다. 20세기에 접어들면서 상업화가 된 Busduct는 대용량의 System에서의 장점이 인식되면서 급속하게 수요가 증가되었으며, 예전에 비해 건축물의 용적도 대형화되고 부하사용량도 증가됨에 따라 안전하고 에너지의 손실이 적은 장점으로 인해 그 적용이 확대되어가고 있다.

초기 Busduct의 경우 철재의 외함과 구리도체의 적용으로 제품이 무거웠으며, 특히 고압제품 뿐만

아니라 저압제품에서도 접속부의 볼트체결을 위한 최소공간의 확보가 필요해 제품의 외형이 커져 공간 점유율이 증가된다는 단점이 있었다. 이 시기에는 부하 사용량이 적었고 Busduct의 적용 구간이 상대적으로 짧아 효율적인 배전 시스템으로 각광을 받지 못했으며, 80년대 밀착형 제품이 개발되기 까지 일반적인 현장에서 적용이 되었다. 현재까지도 이 시기에 Busduct를 사용했던 경험이 있는 작업자들은 Busduct에 대한 인식을 '매우 큰, 매우 무거운' 이라는 수식어를 통해 기억하고 있다. 이렇듯 초기 Busduct는 경쟁자인 Cable에 비해 큰 특징 및 장점이 부각될 수가 없었지만, 대용량 전류를 전송할 수 있다는 점에서 사용은 지속적으로 이루어지고 있었다. 하지만, 80년대 접어들면서 Busduct는 획기적인 전환점을 맞이하게 되었는데 밀착형 Busduct의 개발 및 적용이 그것이다. 밀착형 Busduct는 미국과 일본을 중심으로 발달이 되었는데, 지속적인 전류사용량의 증가와 더불어 빌딩 및 공장 등의 대형화 추세에 맞춰 Cable 사용에 한계성이 대두되면서 본격적인 개발 검토가 이루어졌다고 할 수 있다. 밀착형 제품의 첫 번째 특징은 공기절연이 주 절연이 아닌 도체를 직접 절연하여 상과 상의 이격 거리가 없어졌다는 것이다. 이렇게 함으로써 열발산을 위한 열전달 Mechanism이 대류, 복사가 아니라 보다 효율적

표 1. 부스닥트의 기술개발사.

| 구분 | | 1세대 | 2세대 | 3세대 | 4세대 |
|------|-------|---|---|---|-------|
| 기간 | | ~1960 | ~2000 | ~2006 | 2007~ |
| 제품구성 | |  |  |  | |
| 특성 | 절연 | 공기절연 | PE Tube | PET/Epoxy, 컴팩트형 공기절연 | |
| | 외함재질 | Steel | Steel | Aluminum | |
| | 도체재질 | Copper | Aluminum/Copper | Aluminum/Copper | |
| | 접속 | Bolting | One bolting | 접속 kit, 양면접속 | |
| | 무게/크기 | 무거움 | 무거움 | 작고, 가벼움 | |
| 특이사항 | | | | 내진동성, 내진성, 내화성, 방수성, 온도감시 요구 | |



인 외함에 의한 전도로 되었으며, 이로 인해 제품의 크기가 대폭 축소될 수 있었다. 또한, 도체를 무게가 무겁고 고가인 구리에서 경량이고 저가인 알루미늄으로 대체함으로써 획기적인 원가절감이 가능해졌다. 이 시점부터 2000 A가 넘는 대용량의 배전시스템에서 Busduct가 활발하게 적용이 되기 시작하였다. 하지만 제품의 획기적인 전환에도 불구하고 Busduct에 대한 고가 및 여전히 중량물이라는 인식으로 인해 대용량의 설비인 공장을 제외하고는 수요는 한정적이 될 수밖에 없었다.

2000년대 중반에 접어들면서 Busduct는 또 한 번의 특징적인 변화가 일어나는데 그것은 철재에 비해 상대적으로 열전도율이 우수한 알루미늄 외함을 적용함으로써 인한 것이었다. 이렇게 됨으로써 도체의 단면적은 축소가 되었고 그로 인한 제품의 크기도 축소되었으며, 철재에 비해 알루미늄이 상대적으로 비중이 작아 제품의 무게가 현저히 줄어들게 되었다. 또한 제품 간 연결을 위한 접속방식도 크게 변화가 되었는데, 상간 단면접속을 하던 방식에서 별도의 접속부들 Kit 형태로 제작해 양면접속을 하여 안정적인 전류 전송과 효과적인 열발산을 할 수 있게 되었다. 또한 세계적으로 구리 가격이 지속적으로 상승하여 Cable에 대비한 경쟁력의 확보가 더욱 용이해 진 것도 호재로 작용하고 있다.

절연물의 관점에서 살펴보면 초기에 공기절연형에서 밀착형으로 기술이 진보되면서 절연물 또한 필름 형태 혹은 PVC 등의 압출 형태가 주를 이루게 되었다. 하지만 초기의 절연재질들은 절연등급이 낮아(대부분 Class E - 최대 110℃) 온도에 대한 제한이 있어 상대적으로 도체 단면적을 증가시킬 수밖에 없었다. 하지만 내열성이 우수한 절연재질의 개발과 더불어 Epoxy (Class B-130℃)의 적용이 선진국에서부터 이루어지면서 우수한 절연성능의 확보와 더불어 단면적의 축소도 가능하게 되었다.

절연재료로서 Epoxy를 사용함으로써 생기는 이 점은 성능이 우수하며 검증된 절연재료라는 것과 대량생산 및 자동화 설비의 구축이 가능하다는 것이다. 널리 알려져 있듯이 Epoxy는 전기절연재료로서 가장 널리 적용되고 있으며 관련 규격의 정립과 필요 기술들이 상당히 확보되어 있는 상황이다. 또한, 장

기신뢰성적인 측면에서도 일부 외국업체에서는 30년 이상의 수명을 보장하고 있으며, 국내의 Epoxy를 주절연 재료로 사용하고 있는 업체의 경우에도 Film 혹은 PVC 튜브를 사용하는 국내 경쟁사의 제품과는 차별적으로 30년 이상의 성능 보장을 주요 특성으로 제시하고 있다.

에폭시를 사용하게 될 경우 자동화 설비의 구축으로 대량생산이 가능해 설비 가동을 위한 원재료 등의 절감과 불량 발생이 될 경우 도체를 재사용할 수 있다는 장점이 부각되어 친환경적인 제품 적용 트렌드에 부합할 수 있다는 특징도 있다.

제품 외관적인 특성에서 살펴보았을 때 알루미늄을 이용한 압출형 외함의 적용으로 인해 방수/방진에 대한 기본 성능이 기존의 42(IEC 60529)에서 54 성능으로 향상되었으며, 옥외용 제품을 위한 65형의 제품도 보다 쉽게 구현할 수 있다는 특징이 있다.

현재에는 기본적인 Busduct의 기능을 만족하면서도 사용 환경에 따라 다양한 기능을 탑재한 Multi-function의 Busduct가 출시되고 있다. 대표적인 Multi-function으로서 광 Fiber를 이용한 Busduct 포설 라인의 온도 감시, 내화성능을 향상 시킨 내화형, 지진에 내구성이 강한 내진형, 방수성 등 다양하며, 친환경적인 재료 및 공정에 대한 개발도 지속적으로 이루어지고 있다.

이렇듯 제품의 안정적인 성능 확보와 더불어 Busduct의 적용이 확대 될 수밖에 없는 이유는 기존에는 공장에 국한되어 적용이 되던 것이 현재는 빌딩 및 일반건물, 아파트 등이 고층화 및 대형화되어 전력의 사용량이 증가된 건물에 적용되고 있기 때문이다.

5. 국내·외 주요 Busduct 업체 동향

국의 Busduct 업체는 미국 및 중동 시장을 중심으로 형성되었으며, 근래에는 중국, 동남아시아, 남미, 러시아 및 주변국가에 의해 발전이 되고 있는 추세이다. 세계적으로 Siemens, GE, Square-D가 주요 제작 업체로서 시장을 점유하고 있으며, 기타 몇 개의 업체들이 후발 주자로서 추격을 하고 있는 형국이

| 미주 | 유럽 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> GE* Square-D USA* Westing House Eaton (구 : Cutler-Hammer) Star Line Power Flex Electro-Mechanical Industries | <ul style="list-style-type: none"> ITE Siemens / 독일* Moeller → 05년 Siemens 인수 TE (Telemecanique) / 프랑스, 벨기에 Busduct / 영국 → 05년 Siemens 인수 Betolar / 영국 → 05년 Siemens 인수 Zucchini / 이탈리아 EAE electronic / 터키 |
| 기타 | 아시아 |
| <ul style="list-style-type: none"> Schneider (TE, S-D) / 미국계 SQ-D / 중국광주 태양 / 중국 심천 BICC Group / 호주 성영 Electra / 대만 Power bus / 싱가포르 | <ul style="list-style-type: none"> Hitachi / 일본 KyoTeck / 일본 Furukawa / 일본 Megaduct / 말레이시아 S & C / 인도 LS Cable / 한국 LS선전, 광명전기 / 한국 |

그림 7. 국내·외 Busduct 생산 업체 현황.

다. 이 Major 업체들은 Busduct 뿐만 아니라 수배전반 및 변압기 등 중전기 분야를 모두 제작 및 납품하고 있어 상대적으로 시장 점유율을 높게 가져갈 수 있는 이점이 있으며, 무엇보다 필요한 곳에 현지 공장을 건립해 제품을 생산하고 있다는 것이 경쟁력 제고의 토대이다.

이 업체들은 세계의 Busduct 기술력을 선도하고 이끌어 오고 있으며, 오랫동안의 Know-how를 통해 새로운 응용분야에의 개척에도 앞장서고 있다.

현재 주요 업체들은 알루미늄 외함에 Epoxy를 절연재료로 적용해 대량생산 체계를 갖추고 있다. 또한, IP54를 기본 구조로 자동화된 설비를 적극적으로 활용하여 원가경쟁력을 갖추고 있으며, 무엇보다 필요한 곳에 공장 설립을 하여 Delivery 및 고객을 위한 대응에 심혈을 기울이고 있다.

국내에서는 LS전선, 광명, 현대중공업, LS산전이 주요 생산 업체인데, LS전선이 기술을 선도하고 있고, 기타 업체들이 추격하고 있는 상황이다. LS전선은 세계 주요 업체의 기술력을 분석하고 제품 개발에 적극적인 역량을 집중하여 국내에서는 최초로 콤팩트형 부스닥트를 출시하였으며, 알루미늄 외함 적용도 국내 최초로 개발하여 적용하고 있으며, 후발로 광명전기 및, LS산전도 알루미늄 타입의 제품을 출시하였지만, 해외 선진업체의 기술수준에는 미치지 못하고 있다. 해외 업체들이 도체의 주절연으로서 Epoxy coating을 하고 있는 반면에 LS전선을

표 2. 주요업체 부스닥트 제품 특징 비교.

| 시장 | 주요업체 | 제품기술동향 | |
|-----|----------|----------|-------------|
| | | 접속방식 | 외함 구조/IP 등급 |
| 미주 | SQ-D | Kit | IP 54 기본형 |
| | GE | Kit | IP 54 기본형 |
| | W/H | Kit | IP 54 기본형 |
| 유럽 | Siemens | Kit | IP 54 기본형 |
| | TE | Kit | IP 54 기본형 |
| | EAE | Kit | IP 42 기본형 |
| | Zucchini | Kit | IP 42 기본형 |
| 아시아 | Henikwon | One-Bolt | IP 42 기본형 |
| | Megaduct | Kit | IP 42 기본형 |
| 중국 | SQ-D | Kit | IP 42 기본형 |
| | Siemens | | |

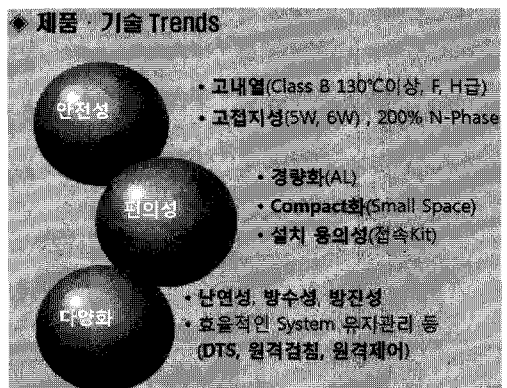


그림 8. Busduct 제품 기술 Trends.

제외한 국내 대다수의 업체는 필름 혹은 PVC Tube를 이용해 절연을 하고 있는 실정이다. LS전선은 대규모의 설비 투자를 통해 자동화 된 Epoxy coating 설비를 갖추고 있으며, 기술의 선도를 통해 해외 업체들의 국내시장 침입 배제와 수출을 통한 수익확대에 주력을 하고 있다.

6. 향후 전망

Busduct의 수요는 20년 전에 비해 크게 성장을 하였으며, 시장 규모 또한 점차적으로 증대되고 있는 상황이다. 기술의 진보적인 측면에서 모든 전기제품



이렇듯이 다른 업종에 비해 상대적으로 더딘 기술개발 속도를 보이는데 Busduct 또한 기술적인 진보가 느리게 진행되고 있지만, 획기적인 몇 개의 기술개발로 현재 Cable과의 경쟁에서 우위를 점하는 결과를 보이고 있다. 기술적인 진보가 약간은 늦더라도 Busduct의 수요 증가는 향후에도 점차적으로 증가될 것으로 사료되며, 이에 대한 이유는 다음과 같다.

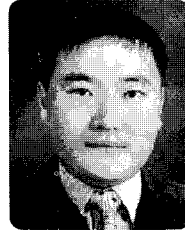
우선, Cable의 주도체인 구리 가격의 지속적인 상승에 반해 Busduct의 주도체인 알루미늄은 상대적으로 원자재가의 변화가 심하지 않다는 것이다. 현재 국제 동가는 LME를 기준으로 환율과 세계적인 경제흐름에 민감하게 반응하고 있어, 변동의 추이가 심하지만 6개월간의 주기로 보았을 때 동가는 지속적으로 상승이 되어 현재는 알루미늄의 원자재가에 비해 200% 이상의 가격대를 형성하고 있다. 이렇듯 Cable은 동가의 지속적인 상승으로 경쟁력이 저하되고 있으며 상대적으로 Busduct는 경쟁력이 높아지고 있다.

다음으로 건물의 대형화와 고층화의 추세가 이어지고 있다는 것이다. 현재 금융위기로 인한 건설경기가 침체가 되어 있는 상황이지만, 경제가 회복되고 토목/건축의 신축이 활발해지게 되면 대형화되는 건물이 증가될 것이고 상대적으로 대용량 전류에 적합한 Busduct의 수요는 증가될 것이다.

마지막으로 Application 면에서 우수한 장점을 보인다는 것이다. 앞서서도 설명했듯이 Busduct는 기본적인 제품의 특성과 더불어 한 제품으로 내화, 내진, 온도감시 등의 다양한 Multi-function의 탑재가 가능하다. 이는 다양한 기능을 요구하고 있는 시장 상황에 대해 탄력적으로 대응이 가능하다는 의미이며, 이 기능을 토대로 새로운 사업의 진출에도 적극적인 응용을 할 수 있다는 의미이기도 하다.

이렇듯 Busduct의 수요는 꾸준히 증가가 될 것으로 예상되지만, 현재까지 해외 업체에 비해 국내 업체들의 경쟁력이 떨어지는 경향이 있다. 그러나 지속적인 연구개발 및 연구 인력의 양성으로 세계 시장에서 인정받는 국내 Busduct 업체가 되기를 기대해 본다.

저자약력



성명 : 박성희

◆ 학력

- 2000년
충북대학교 공과대학 전기공학과
공학사
- 2004년
충북대학교 대학원 전기공학과
공학석사
- 2007년
충북대학교 대학원 전기공학과
공학박사

◆ 경력

- 2007년 - 현재

LS전선 부스닥트사업팀 과장

