

저전압 직류배전 표준화 동향

1960년대 트랜지스터의 발명 이후 최근 수십 년 동안 전자 제품의 출현으로 우리가 사용하는 장치는 멀티미디어 및 모바일 장비, LED 조명, IT 장비, 전기 자동차 등 직류(DC)와 함께 작동하도록 변화되었다. 최근에는 세탁기, 냉장고, 팬, 가열/냉각 시스템은 또한 DC 소스로 구동되는 전기 모터를 채택하여 속도 제어와 에너지 효율성이 향상되었다. 태양광 및 풍력 에너지를 사용하는 재생 가능 에너지 전력 시스템의 확산과 함께 전력생산의 형태도 DC로 이동되고 있다. 배터리 기술의 개선으로 직류는 또한 충전/방전 에너지의 기본적 형태로 널리 인식되었다. 이처럼 뛰어난 기술 발전은 DC 장치 비용의 대폭적인 절감과 함께 일어나고 있다.

이것이 이제 선진국에서 교류(AC)의 우세에 대한 재검토가 필요한 때가 된 이유이다. 대부분의 use case에서 DC 사용의 주요 동인은 경제적 이익(인프라 및 운영 비용 감소), 향상된 기술 성능 및 재생 가능 에너지원의 이용에 대한 기대에서 비롯된다. 또한 LVDC는 개발 도상국에서 전기를 공급받지 못하는 지구상의 11억 인구에게 급격한 생활 개선의 기회를 제공할 것이며, 이에 따른 사회 경제적 이익은 막대하다고 할 수 있다.

LVDC 기술은 매우 광범위하게 사회적 경제적 영향을 가져올 가능성이 높다. 그 이유는 LVDC의 특성이 약 130년 동안 전기에너지의 플랫폼으로 사용되어 온 LVAC와 비교하여 동등 이상의 기술적 가치가 있기 때문이다. 이러한 LVDC 기술이 시장에 전개되기 위하여는 관련 표준과 인증이 선행되어야 한다. 국내 산업통상자원부에서는 2021년 1월 1일자로 한국전기설비규정(KEC; Korea Electro-technical Code)을 개정하였으며, 대한전기협회에서 2021년 2월 개정된 KEC 전기설비규정에 따른 기술해설서를 발행하였다. 개정된 KEC 전기설비규정집에서는 LVDC에 관련한 규정이 다수 채택되어 있다. 한국전기산업진흥회(KOEMA)와 한국전자기술연구원(KETI)에서는 저압직류배전에 관련한 다수의 단체표준이 수립/진행되고 있다. 그러나 국내 LVDC 관련 규정은 거의 다 IEC 국제규정에 부합되어 있다. 따라서 본 글에서는 IEC SyC LVDC 시스템위원회를 중심으로 국제표준의 저전압직류 표준 동향을 알아보고자 한다.

1. LVDC관련 국제표준 조직

LVDC관련 국제표준 조직은 미국과 유럽에 기반하고 있다. IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)는 미국 엔지니어 협회(AIEE)와 라디오 엔지니어 협회(IRE)의 두 미국 공학 협회가 합병되면서 1963년에 설립. 이 조직은 전세계에 10개의 지역으로 나뉘어져 있으며, 회원 조직의 활동은 300개의 국가적 그룹에 의해 공유되며, 여러 지역 단체들로 구성된다. IEEE는 최근 직류배전에 관련한 국제표준 활동을 시작하고 있다.

유럽에서는 국제 표준화기구(ISO), 국제 전기 기술위원회(IEC) 및 국제 전기 통신 연합(ITU)은 모두 합의 기반의 국제적 수준의 표준을 제공하기 위해 협력하고 있다. 유럽내 지역에 적용하기 위한 관련 표준화기구는 유럽 표준화위원회(CEN), 독일 표준화기구(DIN), 유럽 전기 전자 표준화위원회(CENELEC), 유럽 전기 통신 표준 협회(ETSI)가 있다.

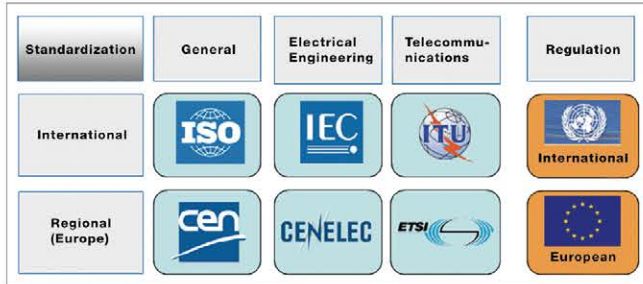


그림 1 유럽 표준기구

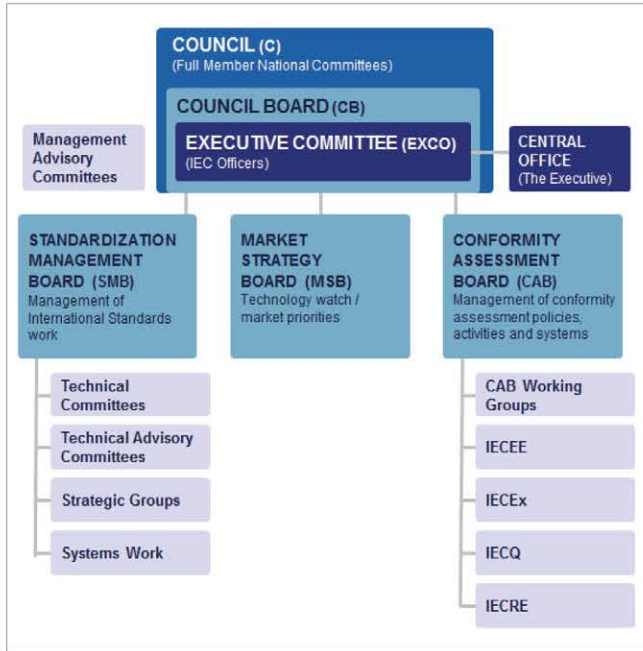


그림 2 IEC 조직도

2. IEC SyC LVDC 설립

기존의 IEC 기술위원회 (TC)에서 발간한 표준은 대부분 제품에 대하여 설계 · 제작 · 시험 · 안전 등의 표준화를 도모하고 있다. 그러나 현대사회에서는 자동차, 스마트폰과 같이 여러

러부품의 조합에 의하여 융합적인 기능을 창출하는 제품 또는 시스템이 출현하고 있다. IEC에서는 이러한 새로운 시장의 출현에 대하여 제품의 표준이 아닌 시스템의 표준을 수립하기 위한 시스템 위원회(SyC; system Committee)를 조직하고 있다. 저압직류 시스템 위원회 (IEC SyC LVDC)도 이러한 경향에 의하여 2017년 조직되었다. IEC SyC LVDC는“LVDC 표준에 관련한 제반 사항”과 전세계 지구인을 위한 “미전화지역 전기공급(Electricity Access)”이 주요 의제로 선정되었다. 표 1은 IEC SyC LVDC의 설립연혁을 보인다.

그러나 새로 발족한 시스템위원회(SyC)의 역무가 기존 기술위원회(TC)와 충돌하는 상황이 벌어지자, IEC SMB는 2019년 2월 19일 스위스 몽트뢰(Montreux)에서 열린 제164차 회의에서 SyC와 TC의 역할을 정의하고, SRD(System Reference Deliverable)의 가치에 대한 항목을 포함한 시스템위원회 운영 방법을 결의하였다.

IEC SMB가 정의한 System Committee(SyC)의 역할은 다음과 같다;

- IEC 및 TC/SC가 해당 기술영역의 특정 요구 사항의 식별에 집중하고 관련 TC/SC 표준을 식별 및 홍보함으로써 보다 광범위한 영역에 표준을 적용할 수 있도록 지원
- 특정 기술영역 요구사항에 해당되는 기존 표준/표준별 차이 등을 식별하여 제공
- 채워져야 할 표준격차 및 기존 표준에서 충족되지 않은 요구사항 등을 식별하여 기존의 표준 포트폴리오 항상 지원
- 추가 표준의 보다 일관된 개발 지원
- 최종 사용자가 어떤 표준을 사용해야 되는지, 활용할 수 있는 최선의 방법, 기존 표준이나 새로운 표준에서 어떤 사항들이 도출되었는지 등에 대해 파악한 정보를 제공함으로써 TC/SC 발간물의 시장 활용 확산 및 채택 촉진 지원

표 1 IEC SyC LVDC 조직의 설립연혁

Committee	Title	Year
IEC SMB SG4	- Low Voltage Direct Current(LVDC) Distribution System up to 1500DC in Relation to Energy Efficiency - 의장(Convenor) : 벨기에 Wim De Kesel	2009
IEC SMB AhG54	- LV Direct Current Applications, Distribution, Safety and Markets : 독일 NC가 SG4에 관한 다수 문제를 해결하기 위해서 제안한 의제를 해결하기 위하여 설립 -의장(Convenor) : 호주 Kim Craig	2014
IEC SMB SEG4	- Low Voltage Direct Current Applications, Distribution and Safety for use in Development and Developing Economies - 의장(Convenor) : 인도 Vimal Mahendru	2014
IEC SyC LVDC	- Low Voltage Direct Current and Low Voltage Direct Current for Electricity Access - 의장(Convenor) : 인도 Vimal Mahendru	2017

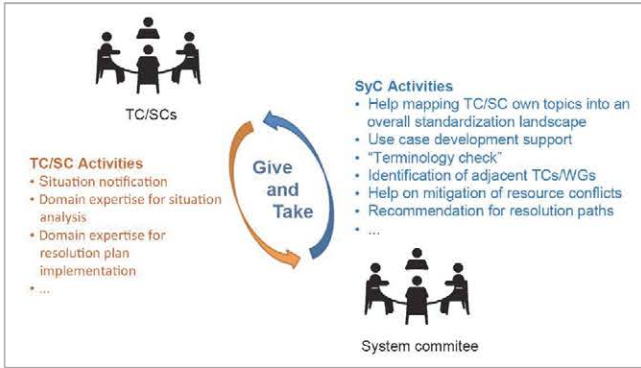


그림 3 TC와 SyC의 역할 및 협력체계

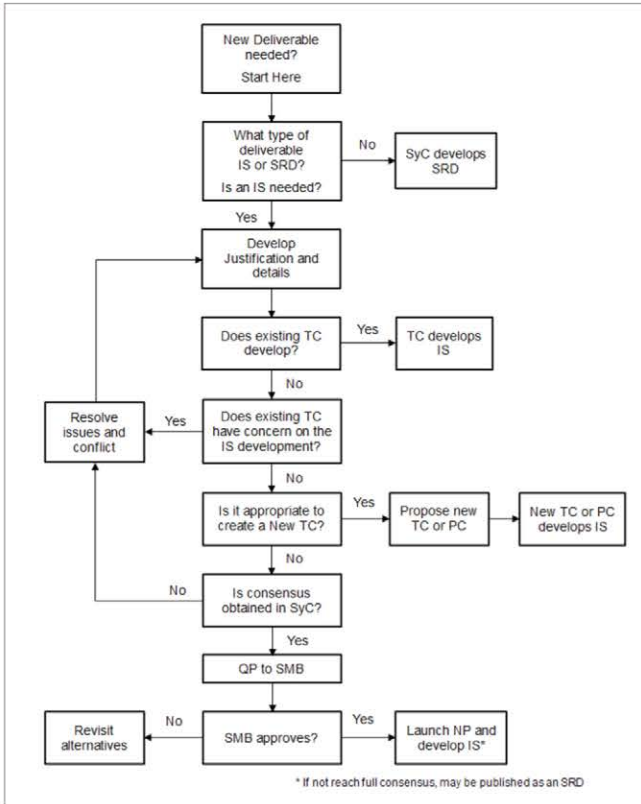


그림 4 SyC의 업무절차

[그림 4]는 IEC SMB가 정의한 System Committee (SyC)의 업무절차를 보인다. 이러한 업무절차의 기본개념은 표준문서작업은 기존의 기술위원회(TC)가 수행하도록 하며, 시스템위원회(SyC)는 기술위원회가 수행하기 어려운 새로운 영역의 시스템적인 표준화작업을 수행하거나 SRD(System Reference Deliverable)를 발간한다.

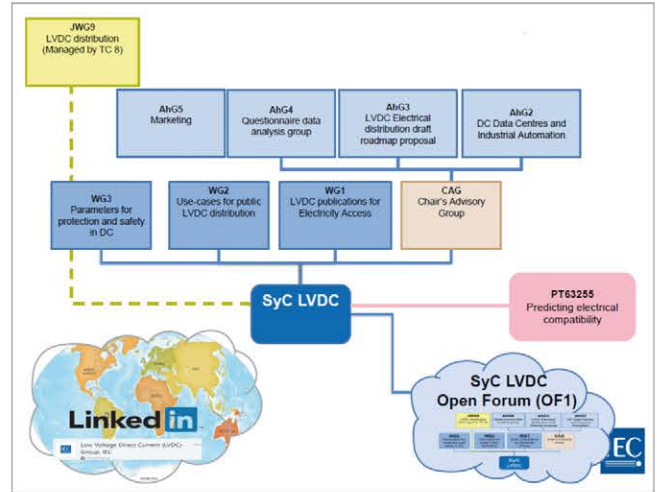


그림 5 SyC LVDC 조직(2021년 1월 기준)

3. IEC SyC LVDC 조직구성

현재 SyC LVDC의 주요 역무는 System Reference Deliverable (SRD)을 작성하는 것으로 정의되었고, 그에 따른 SRD들이 제안되고 있으며 다수의 Working Group과 Project Team이 새로이 생성되고 있다. 그림5에 2021년 1월 기준 SyC LVDC 조직의 구성을 보인다.

SyC LVDC의 업무목표와 조직구성은 다음과 같다.

- 미전화지역 전기공급(electricity access)을 위한 LVDC 및 LVDC 영역에서 시스템 수준의 표준, 조정 및 지침을 제공하기 위해 저전압 직류 (이하 LVDC 라고 함) 분야의 표준화
- IEC 커뮤니티 및 광범위한 이해 관계자 커뮤니티 내에서 폭넓게 협의하여 전체 시스템 수준의 가치, 지원 및 지침을 IEC 내부 및 외부의 TC 및 기타 표준 개발 그룹에 제공
- 모든 커뮤니티의 포괄적인 개발을 가능하게 하는 전기 액세스 표준 개발에 시급함을 가져옴

3.1 CAG: 의장 자문 그룹

다음 사항에 대한 권장 사항을 제공한다.

- 표준화가 필요한지 외부 환경 및 산업을 스캔하고 검토
 - 향후 외부 이해 관계자와의 외부 협력을 위한 하이라이트 영역 구분
 - IEC의 LVDC 표준화 작업 및 표준 홍보
 - 사용 사례 목록, 매핑 및 우선 순위 지정
 - 작업 프로그램 (PoW) 및 전략적 사업 계획 (SBP) 정의에 참여
 - WG 및 AhG에 대화를 위한 플랫폼 제공
 - 이해 관계자와의 조정을 위해 WG에 지원 및 감독 제공
- CAG 1 회의는 SyC LVDC 의장이 주재한다.

3.2 WG 1: 미전화지역 전기공급을 위한 LVDC 표준화

- 미전화지역 전기공급을 위한 사양 및 표준화 작업 연합
- 미전화지역 전기공급을 위한 시스템 수준 간행물 개발
- 기존 표준발간물에 미전화지역 전기공급을 위한 조항을 포함하기 위해 TC와 협력 및 조정
- 미전화지역 실무자를 참여시켜 지상 수준의 경험과 기대치를 찾음

WG 1의 의장은 Rajeev Sharma (IN)이다.

3.3 WG 2: 공공 LVDC 배전을 위한 Use case

공공 LVDC 배전 (POC (연결 지점)의 업스트림)에 대한 Use case의 편집 및 설명한다. WG의 임무는 다음과 같다.

- Use case 정보의 수집 및 공식 설명
- Reference Use case 결정
- Reference Use case를 기반으로 표준화 요구의 우선 순위 지정

현재 WG 2의 의장은 Mr Tero Kaipia (FI)와 Mr Harry Stokman (NL)이다.

3.4 WG 3: DC의 보호 및 안전을 위한 매개 변수

감전, 열 영향, 과전류, 전압 변동 및 전자기 호환성 현상에 대한 보호를 포함하여 안전 보호와 관련된 측면을 분석한다.

WG 3 회의는 의장 Mr Cristian Masini가 주재한다.

3.5 PT 63255: 전기적 호환성 예측

프로젝트 SRD (System Reference Deliverable) 63255- 전기적 호환성 예측-2부: 테스트 방법 및 데이터 패킷 코딩을 개발한다.

3.6 PT 63317: LVDC Industry

프로젝트 SRD (Systems Reference Deliverable) 63317 LVDC Industry 개발한다.

3.7 JWG 9 (TC 8에서 관리): LVDC 배전전압 평가

IEC TR 63282 준비 : LVDC 배전을 위한 표준 전압 및 전력 품질 요구 사항 평가, 예를 들어 다음과 같은 미래의 표준화 작업에 대한 정보를 제공한다.

- TC8 MT1 (전압)
- TC8 WG11 (PQ 요구 사항)
- SC77A WG8 (EMC-LF / 호환성 수준)
- SC77A WG9 (EMC-LF / 측정 방법)

표 2 2021년 기준 IEC SyS LVDC 조직과 업무목록

Name	Convenor	Activity
CAG1	Vimal Mahendru (India)	Control and Coordinate SyC LVDC
WG1	Rajeev Sharma (India)	Electricity access requirement with SELV DC for Tier II and Tier III of ESMAP multitier framework for household electricity supply
WG2	Harry Stokman (Netherlands)	Use-cases for public LVDC distribution
WG3	Cristian Mansini (Italy)	Parameters for protection and safety in DC
TG2	Wim De Kezel (Belgium)	Hold LVDC Forum
ahG1	Harry Stokman (Netherlands)	Use-cases for public LVDC distribution
ahG2	Keichi Hirose (Japan)	Use-cases in DC datacenters and industrial automation
ahG3	Jaques Peronet (France)	Low-Voltage Direct Current Electrical Distribution Roadmap
ahG3/PT	Chris Moller (England)	SRD: Predicting Electrical Compatibility-Part2 : Test method and data packet coding

3.8 AhG 2: DC 데이터 센터 및 산업 자동화

AhG 2의 업무 범위는 다음과 같다.

- 사용 사례 정의
- 종합적인 이해 관계자와 시장 요구
- 시스템 수준의 작업이 필요한지 여부 및 방법을 평가하고 조언
- 산업 자동화를 위한 DC 공급

3.9 AhG 3: LVDC 배전 로드맵 제안 초안

AhG 3의 업무 범위는 다음과 같다.

- 저전압 직류 배전 초안 로드맵 제안에 대한 합의 분석 및 구축
- IEC SyC LVDC의 나아갈 길 제안

4. SyC LVDC 표준활동 전략

IEC SyC LVDC 시스템위원회는 LVDC 시장을 앞당기기 위하여 관련표준의 수립이 시급함을 인지하며 다음과 같은 표준활동의 기본전략을 고려하고 있다.

- 전압 표준화는 중요하고 시급한 문제이며, 전압을 정의하기 전에 전압 선택을 위해 고려할 기준을 설정해야 한다. 주된 기준은 전달되는 전력이다. 주어진 전력에 대한 전압이 선택되면 전류 및 케이블 크기가 주어진 배선 길이에서 전력 효율을 정의한다. 케이블 크기도 비용에 영향을 미친다.

- 특정 조건에서 120V의 임계값은 직류가 안전한 것으로 간주되는 한계로 전 세계적으로 동의를 얻고 있다. 감전으로부터 보호하기 위해 IEC 61140을 적용하여 전압 임계값을 정의해야 한다.
- LVDC 안전 원칙이 알려져 있으며 관련 표준을 제품 요구 사항에 적용할 수 있다. 과전압 보호, 전력 품질, 보호 장치 (예; 감전보호용 RCD 또는 아크보호용 AFDD), 장치 조정 및 선택, 배선 규칙 및 단독 설치와 관련하여 표준화 작업을 고려해야 한다.
- 사용 사례에 관계없이 LVDC가 오늘날 LVAC보다 안전하지 못해서는 안 된다는 것에 대하여 의견일치가 있다.
- 직류는 교류와 비교하여 전압, 플러그, 소켓, 인체에 미치는 영향 등 약간의 차이가 있으며, 이것들은 달리 다루어야 할 것이다.
- 과전압 및 과전류 보호, 접지 원리, 오류 감지 및 부식을 포함한 다른 측면도 재고해야 한다.
- 필요한 대부분의 표준화 작업은 기존 AC 표준 위에 DC에 대한 조항 및 요구 사항을 추가하는 것이다.
- 기존 AC 고정 설비의 일부를 재사용할 수 있는 활용의 필요성을 요구한다.

5. IEC TC들의 LVDC 관련 표준 문서 현황

참고로, 기존 IEC TC에서 작업한 LVDC 관련 표준 문서들은 다음과 같다. 📄

표 3 현재 IEC TC들의 LVDC 관련 표준문서 현황

No.	Standard code	Standard title
1	IEC 60269-6	Low-voltage fuses – Part 6: Supplementary requirements for fuse-links for the protection of solar photovoltaic energy systems
2	IEC 60898-2	Electrical accessories – Circuit-breakers overcurrent protection for household and similar installations – Part 2: Circuit breakers for AC and DC operations
3	IEC 60898-3	Electrical accessories – Circuit-breakers for d.c. operation having a rated DC voltage not exceeding 440V, a rated current not exceeding 125 A and a rated short-circuit capacity not exceeding 10,000 A
4	IEC 60947-1	Low-voltage switchgear and control gear – Part 1: General rules
5	IEC 60947-2	Low-voltage switchgear and control gear – Part 2: Circuit-breakers
6	IEC 60947-3	Low-voltage switchgear and control gear – Part 3: Switches, disconnectors, switch disconnectors and fuse-combination units

No.	Standard code	Standard title
7	IEC 60269-6	Low-voltage surge protective devices – Part 31: Surge protective devices for specific use including d.c. – Requirements and test methods for SPDs for photovoltaic installations
8	IEC 60898-2	Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices for specific use including d.c. – Selection and application principles for SPDs connected to photovoltaic installations
9	IEC 60898-3	Electrical accessories – Circuit-breakers for d.c. operation having a rated DC voltage not exceeding 440V, a rated current not exceeding 125 A and a rated short-circuit capacity not exceeding 10,000 A
10	IEC 61660-1	Short-circuit currents in d.c. auxiliary installations in power plants and substations – Part 1: Calculation of short-circuit currents
11	IEC 61851-23	Electric vehicle conductive charging system – Part 23: DC electric vehicle charging station
12	IEC 62040-5-3	Uninterruptible power systems (UPS) – Part 5-3: DC output UPS – Performance and test requirements
13	IEC 62053-41	Electricity metering equipment (DC direct current) – Particular requirements – Part 41 – Static meter for active energy (class 0,5 and 1)
14	IEC 62196-3	Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets – Conductive charging of electric vehicles – Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers
15	IEC TS 62735-1	Direct current (DC) plugs and socket-outlets for information and communication technology (ICT) equipment installed in data centres and telecom central offices – Part 1: plug and socket-outlet systems for 2.6kW
16	IEC TS 62735-2	Direct current (DC) plugs and socket-outlets for information and communication technology (ICT) equipment installed in data centres and telecom central offices – Part 2: plug and socket-outlet systems for 5.2kW
17	IEC 62772	Composite hollow core station post insulators for substations with a.c. voltage greater than 1,000 V and d.c. voltage greater than 1,500 V – Definitions, test methods and acceptance criteria
18	IEC TS 62896	Hybrid insulators for a.c. and d.c. for high-voltage applications – Definitions, test methods and acceptance criteria
19	IEC 62924	Railway applications – Fixed installations – Stationary energy storage system for DC traction systems
20	IEC TS 63053	General requirements for residual current operated protective devices for DC systems
21	ITU-T L.1200	Specification of d.c. power feeding system interface Issued 29 dated May 24, 2010
22	ITU-T L.1201	Architecture of power feeding systems of up to 400 VDC, Issued March, 2014 –
23	ITU-T L.1202	Methodologies for evaluating the performance of an up to 400 VDC power feeding system and its environmental impact, Issued April, 2015
24	ITU-T L.1203	Colour and marking identification of up to 400VDC power distribution for ICT systems, Issued February, 2016
25	ETSI EN 300 132-3-1	Power supply interface at the input to telecommunications and datacom (ICT) equipment; Part 3: Operated by rectified current source, alternating current source or direct current source up to 400 V; Sub-part 1: Direct current source up to 400 V

No.	Standard code	Standard title
26	ETSI EN 301 605	Earthing and bonding for 400 VDC systems
27	ETSI EN 301 610	Earthing and bonding of 400 VDC data and telecom (ICT) equipment
28	ATIS- 0600315	Voltage Levels for 380V d.c.-Powered Equipment Used in the Telecommunications Environment

김효성 공주대 전기전자제어공학부 교수

1981년 서울대 전기공학과 졸업. 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
 1995년 충북대 전기공학과 졸업(공학박). 1996년~1997년 일본 오까야마대 방문교수.
 1999년~2000년 덴마크 연구부교수. 1987년~현재 공주대 전기전자제어공학부 교수.

