

# 저압직류전기설비 표준화 정책 도입의 필요성 및 제안에 관한 연구

(A Study on Proposal and Necessity to Adopt the LVDC Standardization Policy)

오두석\* · 강승진\*\*

(Du-Seok Oh · Seung-Jin Kang)

## Abstract

Recently, LVDC(Low Voltage Direct Current) has been came into the newly spotlight with HVDC(High Voltage Direct Current) and as increasing digital load, DC power supply and high quality of demand is also getting extended. In accordance with the report of EPRI(Electric Power Research Institute), they expect digital load will grow to 50% of whole load in 2020. Subsequently, the use of DC equipment will grow dramatically. Therefore, the careful adoption of LVDC standardization policy is urgently required for the safety of people, prevention of confusion and occupancy of the market.

Key Words : International Standard, LVDC, HVDC, International Electro-technical Commission

## 1. 서 론

세계의 에너지정책은 탈 원자력발전 중심의 '에너지 믹스'이며, 유럽연합에서는 2020년까지 온실가스 배출을 20% 감소, 에너지 효율을 20% 상승, 재생 가능한 에너지 비중의 20% 증가를 목표로 하는 정책인 '20-20-20 by 2020'을 추진 중에 있다[1]. 이미 화력 및 원자력발전, 송전선로 건설 등 중앙 전력공급체계의 한계를 인식하고 있으며, 전기생산과 공급, 사용의 양방

향·수평적 에너지네트워크 구축이 대세이다. 이와 연계하여 태양광발전, 풍력발전 및 전기저장장치(EES) 등 분산형전원의 확대 보급을 통하여 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 스마트그리드를 구축하고 있다.

이러한 분산형전원 확대에 따른 스마트그리드 구축은 교류전원 중심에서 직류전원으로 전기공급 및 사용 환경이 변화되고 있음을 나타내고 있다. 그러나 현재의 전기설비관련 국내 표준 및 기준은 교류전기설비 중심이며, 직류전기설비는 직류제품에 대해서만 중점적으로 연구가 진행되고 있는 상황으로 국민의 안전과 직결되는 전기설비 즉 시스템 안전에 대한 표준화 정책은 적절히 수행되고 있지 않다.

최근 직류전원을 사용하는 디지털 부하와 신재생 에너지원의 증가로 인해 교류전원 공급방식을 직류전원 공급방식으로 변경하는 연구가 전 세계적으로 진행되고 있다. 디지털 부하와 신재생 에너지를 직류전원으로 연계할 경우 전력 변환 손실을 저감할 수 있으며,

\* Main author : Course of Energy (Energy Economics and Policy) Graduate School of Knowledge-based Technology and Energy Korea Polytechnic University

\*\* Corresponding author : Prof. Ph.D Graduate School of Knowledge-based Technology and Energy Korea Polytechnic University

Tel : 02-514-9162, Fax : 02-544-1900

E-mail : ods7000@hanmail.net

Received : November 21, 2014

Accepted : December 2, 2014

전송용량 증대도 가능하다. 또한 고품질 전력 공급에 대한 수요증가에 대응이 용이한 장점이 있다.

이러한 장점 등에 의하여 직류전원은 가전기기 뿐만 아니라 통신, 선박, 항공기, 철도 등 다양한 분야에서 사용이 증가되고 있어 수용가의 직류전원 도입과 확대는 표준전압이 결정됨과 동시에 급속히 진행될 가능성이 높다.

그러나 아직까지 직류에 대한 감전특성, 전기화재, 전기부식 등 안전성 확보를 위한 연구는 초기단계로, 직류안전에 대한 기초연구가 지속적으로 수행되어야 한다. 또한 직류전기설비와 관련된 표준 및 기준이 미흡한 현실에서 현장적용 시 많은 혼선 및 안전상의 문제가 발생될 가능성이 높을 것으로 예상되고 있다.

본 연구는 저압직류전기설비의 표준화의 필요성 및 제안에 관한 연구로 최근 재조명 되고 있는 저압직류 전기설비에 대하여 연구를 수행하고자 한다. 직류를 송배전하는 방식에는 HVDC(High Voltage Direct Current), LVDC(Low Voltage Direct Current)으로 구분된다.

HVDC의 경우 기술 선도국 및 국내 한국전력공사 등에서 활발히 개발되어 상용화하여 적용하고 있으며, 전기분야의 국제표준인 IEC(International Electrotechnical Commission)에서도 고압분야와 관련된 상세기준은 자국의 전력회사 등의 표준 및 기준을 적용하도록 하고 있다.

최근 IEC에서는 직류 수용가에 대한 표준화를 위해 IEC SMB SG4(저압직류배전시스템 전략그룹)를 운영 중에 있다. 따라서 본 연구에서는 저압직류배전을 중심으로 저압직류전기설비의 국제 표준화 동향, 표준 전압 선정 동향 및 직류에 대한 위험성을 분석하고 실제 시공적용현장 근로자 등의 인지도 등을 조사·분석하여 직류전기설비의 합리적인 표준화 정책을 제안하고자 한다.

## 2. 표준화 동향 및 위험성 분석

### 2.1 국제 표준화 동향 분석

2009년에 IEC는 IEC Strategic Groups에 저압직류

배전시스템(1,500V DC 이하)에 대한 국제표준화 제정 및 조정을 위한 IEC SMB SG4를 설립하여 운영 중에 있다. 그림 1을 참고한다[2].



그림 1. IEC SMB SG4 위원회  
Fig. 1. SG4 Strategic Groups in the IEC organization

IEC SMB SG4에서는 저압직류배전을 상용화하기 위해 회원국의 적용기술 및 표준화 기술 등을 종합하고, 합리적이고 안전성이 있는 기술을 조정 또는 보완하여 IEC의 해당 기술위원회(TC)에 적절한 시설표준에 대한 의견을 제안하는 기능을 수행하고 있다.

최근 IEC SMB SG4의 주요 안건은 저압직류배전의 적용에 대한 방법론적 논의보다는 저압직류배전의 효율성, 안전성, 위험성 등의 적용기술에 대한 시설기준 표준화의 논의가 활발히 진행되고 있다.

저압직류배전의 표준전압은 현재 선정 중이고, 미국, 일본이 주도적으로 표준전압을 선정하기 위하여 노력하고 있으며, 관련 시설기준도 유럽, 미국, 일본이

선도적으로 국제표준화를 주도하고 있다[3].

그림 2는 IEC SMB SG4 Workshop(2011)에서 발표된 직류전원공급 국제표준화 동향으로 국내의 경우 서울대학교에서 직류배전 실증에 대한 연구가 수행되고 있지만, 국내의 관련 표준 및 기준 제·개정 기관의 참여는 전무한 실정으로 국제표준에 대한 대응이 제대로 수행되지 못하고 있다[3].

기술 선도국에서는 저압직류배전의 상용화를 위해 표준전압 선정 등 시설기준에 대한 국제표준에 대응하여 자국의 기술 경쟁력을 확보하고, 세계시장을 선점하기 위한 정책적 전략을 적극 추진하고 있으나 이에 대한 국내의 대응 정책은 미흡한 실정이다.

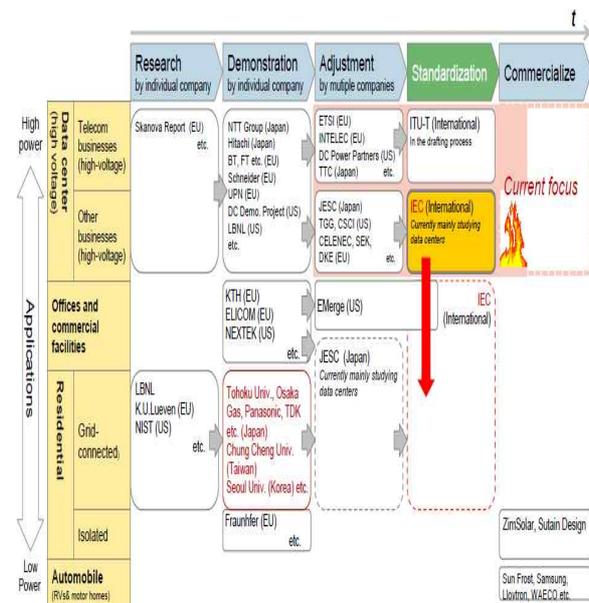


그림 2. 직류전원공급 국제표준화 동향  
Fig. 2. Standardization trend for DC

## 2.2 DC 표준전압 동향 분석

미국전기연구원(EPRI)과 일본의 NTT는 직류전기설비 표준화의 주도권을 잡기 위하여 최근 IEC SMB SG4에서 표준전압으로 380V DC를 제시하였으며, 이미 이에 대한 실증을 진행하였다[4].

380V DC를 표준전압으로 선정할 경우의 효율성을 IEC SMB SG4에서는 다음과 같이 제시하고

있다[5].

- a) IEC 61000-3-2(전기기기의 고조파방출 제한) 표준을 만족시키기 위해 역률제어(PFC)단계에 이 전압이 일반적으로 존재하며 380V DC에서 역률 개선이 용이
- b) 실증결과 신뢰성(200-1000%) 있고 15% 이상의 경제적인 부하전원장치(PSU)를 만들 수 있음
- c) 직류배전에서는 에너지효율을 7-15% 개선할 수 있음(안전한계 내 가능한 높은 DC 전압을 사용하는 것이 낮은 전압보다 에너지효율을 높일 수 있음)
- d) 태양광발전, 소형풍력발전, 전기자동차 충전설비 등과의 연계가 용이함

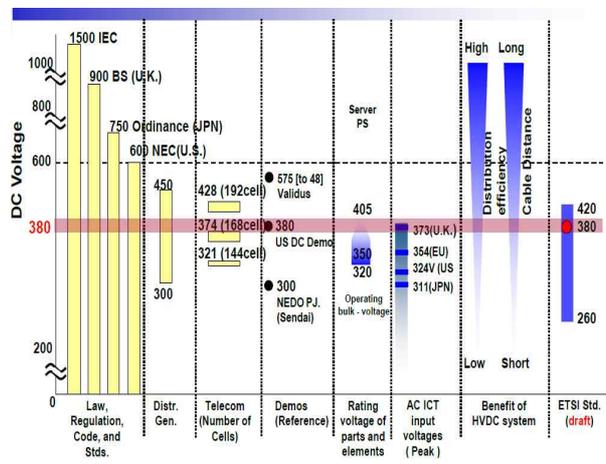


그림 3. 380V DC 표준전압 선정근거  
Fig. 3. Sweet Spot of 380V DC

국내의 경우 K사에서 220-230V AC를 정류하여 나오는 전압인 300V DC를 국제 표준전압으로 제시한 바 있으나[6], 현재 IEC에서는 표준전압으로 380V DC에 대한 투표를 마감하였으며, 이에 대한 여유율 조정만 남은 단계로 380V DC가 표준전압으로 채택될 것으로 예상된다.

따라서 향후 저압직류배전에서 전체 시스템의 에너지효율을 위해 추진 중인 표준전압 380V DC에 대응하는 전기설비 시설기준을 마련하여 직류전기설비가 국내환경 및 국제표준에 부합하도록 시급히 표준화 방안을 마련해야 할 것이다.

### 2.3 직류전기설비 위험성 분석

표 1. 직류전기설비의 잠재 위험성

Table 1. Risk of LVDC

Potential risk factors	Countermeasure and research direction
Prevention of electric shock	<ul style="list-style-type: none"> <li>DC is safe for human than AC (but concerned about ventricular fibrillation occurring).</li> <li>TT grounding system is hard to micro grounding current interruption. So, it is necessary to development of DC circuit breaker.</li> </ul>
Electrical fire	<ul style="list-style-type: none"> <li>Overheated electrical joint due to loose connection is often precursors of electric fires. So, it is necessary to preparation plan for tracking.</li> </ul>
Electric corrosion	<ul style="list-style-type: none"> <li>There are dangers on corrosion of grounding pole from grounding current and leakage current. So, it is necessary to preparation plan for corrosion of grounding pole and structural elements from circulating current.</li> </ul>
Over current	<ul style="list-style-type: none"> <li>Need to study on arc extinguishing apparatus due to difficulty of over-current block from over-loads and short-circuits, due to the arcing fault when current is interrupted</li> </ul>
Insulation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Further study is needed because there is danger in insulation aging on electromagnetic field of unidirection</li> </ul>
Wiring device	<ul style="list-style-type: none"> <li>Need to study on DC/AC plug and the construction method for preventing connection error of concert</li> <li>Need to study on current polarity determination</li> </ul>
Identification of cable	<ul style="list-style-type: none"> <li>Need to define identification of the phase conductor, line conductor, neutral conductor, middle wire and protective conductor</li> <li>Need to clearly mark on current capacity of allowable current and short-circuit current</li> </ul>

교류전기설비의 대한 전기안전 확보 기술은 이미 체계화가 구축되어 있으나, 직류전기설비는 현재 도입을 하기 위한 연구 단계로 전기안전에 대한 기술 확보가 체계화 되지 않았으며, 이에 따른 잠재 위험성이 내재하고 있다. 표 1은 예상되는 잠재 위험성 대해 요약 정리한 내용으로 향후 이에 대한 시설기준 마련 등의 대

책이 필요하다.

특히 사망사고에 가장 큰 영향을 주는 감전사고와 관련하여 일반적으로 DC가 AC에 비해 안전한 것으로 알려져 있으나, DC 감전에 대한 실험적 결과가 부족하므로 이에 대한 안전대책을 마련할 필요가 있다. 감전에 대한 국제표준인 IEC 60479-1에 의하면 일반적으로 50V AC, 120V DC를 초과하는 전압의 충전된 부위에 직접적인 인체의 접촉은 위험하다고 규정하고 있다.

그림 4 및 그림 5는 IEC 60479-1를 제정하는데 있어 기술적 근간이 된 Biegelmeier의 실험결과이다[7].

본 실험은 2Hz-2,000Hz의 주파수 영역대에서의 주파수별 근육수축에 대한 실험값으로 현재 2Hz 이하의 주파수별 근육수축에 대한 실험값이 없으며, 2,000Hz 이상의 영역대에 관하여 실험적 연구가 부족하며, DC 주파수 강도에 대해서는 알려지지 않은 상태이다. 따라서 이에 대한 위험성이 잠재되어 있다.

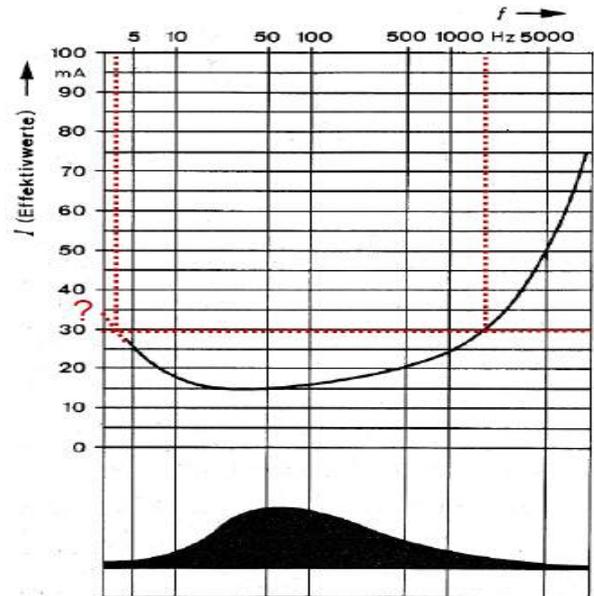


그림 4. 주파수 별 근육수축

Fig. 4. Impact on muscle cramp vs frequency

그림 5는 동물(개)의 DC와 AC의 20Hz 노출시간에 대한 심실세동전류 나타난 것으로 DC가 AC보다 심실세동에 대하여 위험성이 적지만, DC의 경우도 일

정 접촉시간과 전류에서 심실세동이 발생하는 것으로 나타났다[6]. 반면 이 연구 결과는 1986년에 발표된 것으로 이 연구에 대한 신뢰성을 검증하기 위하여 독일의 DKE(독일전기전자기술협회)에서 Dr. U. Haverkamp 교수와 Uni Freiburg 교수가 최근에 연구를 수행 중에 있으므로 이 연구결과를 주목하여 감전방지대책을 마련할 필요가 있다.

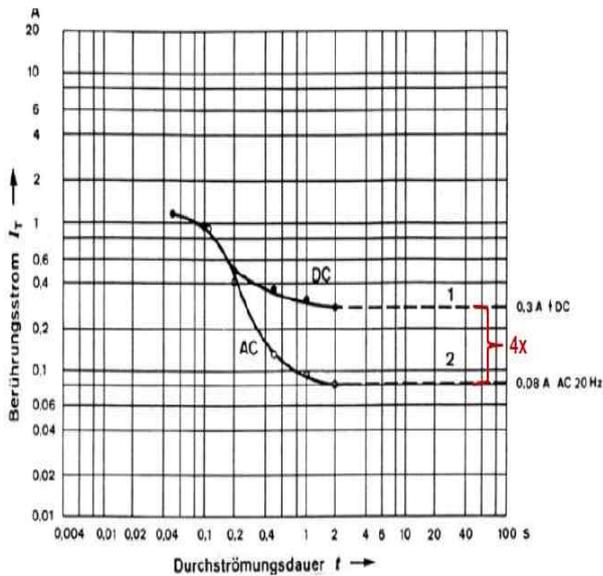


그림 5. 개의 DC와 AC의 20Hz 노출시간에 대한 심실세동전류  
Fig. 5. Fibrillation threshold current vs exposure time of dogs for DC and AC (20Hz)

### 3. 설문조사 및 분석

#### 3.1. 설문개요

저압직류전기설비에 대한 실제 시공현장에서의 국제표준에 대한 인식도 및 현장시공의 애로사항, 적용시 예상되는 문제점 등을 조사하여 향후 저압직류전기설비에 대한 합리적인 표준화 정책 방향을 제시하기 위하여 2014.05.26.~2014.06.13.(약3주)까지 한국전기공사협회에 등록된 전체 전기공사업체의 대표 및 대리인을 대상으로 설문결과와 객관성을 확보하기 위해 전기관련 근로자 12,326명에 이메일 발송하여 설문

조사를 실시하였다. 참여자수 1,034명(유효응답 604명), 참여율 8.38%이다.

#### 3.2 국제표준 인지도 분석

IEC에 대한 인지도 분석결과는 그림 6과 같이 조사되었다. 현재 전기설비에 대한 국제표준인 IEC에 대해 전체 응답자의 약 27%만이 알고 있는 것으로 조사되어 국제표준에 대한 교육 및 홍보 정책 마련이 시급한 것으로 판단된다.

또한 IEC를 업무에 활용한다는 응답은 약 42%로 조사되었으며, 업무에 활용을 못하는 이유로는 국제표준에 적합한 기자재의 부재→전기설비기술기준(이하, 기술기준)과 상충→상세규격 미흡 순으로 조사되었고, 응답자의 27%만이 IEC의 적용범위를 알고 있는 것으로 조사되었다. 이는 국제표준의 현장 적용을 기피 또는 무관심 현상으로 나타나 향후 저압직류전기설비의 활성화 단계에 도입하는 데에 안전상의 심각한 문제를 야기할 수 있다.

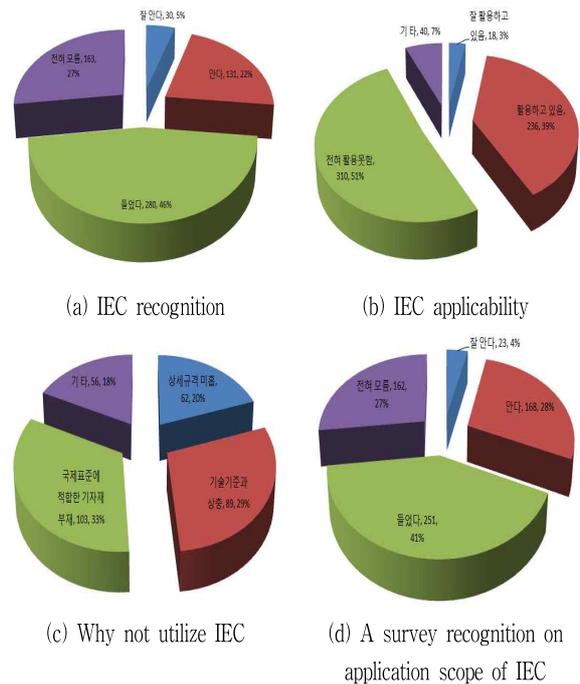


그림 6. 국제표준의 인지도  
Fig. 6. Recognition for International Standard

### 3.3 직류전기설비 시공 관련 분석

직류전기설비 시공에 대한 인지도 분석결과는 그림 7과 같이 조사되었다. 저압직류전기설비의 안전성 확보를 위한 기본 기술인 공통접지, 통합접지 신설에 대하여 응답자의 약 35%만이 알고 있는 것으로 조사되었고, 국내 전기시설기준인 기술기준과 IEC의 접지방식에 차이가 있음을 응답자의 약 30%만이 알고 있는 것으로 조사되어 전반적으로 시공업계 교육 및 홍보 정책이 필요하다.

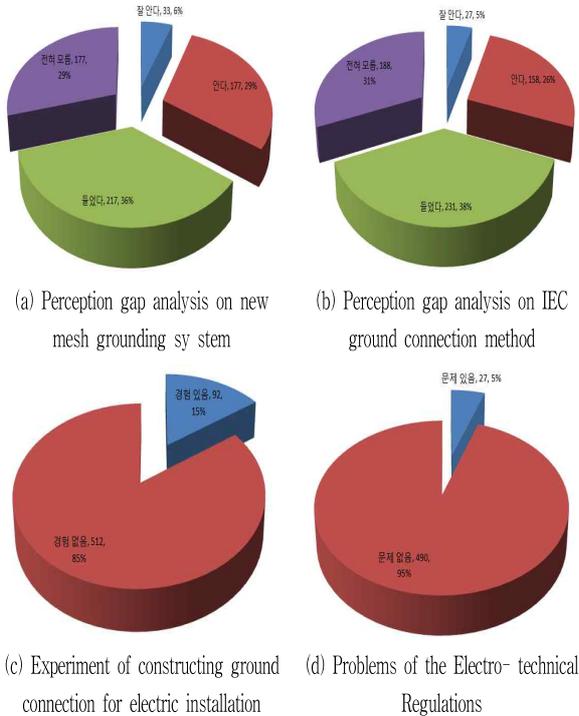


그림 7. 직류전기설비 시공 인지도  
Fig. 7. Recognition for LVDC erection

또한 태양광발전(PV), 전기저장장치(EES) 등 저압 직류전기설비 접지시공 경험은 응답자의 약 15%만이 있는 것으로 조사되었고, 저압직류전기설비 접지시공 시 현행 기술기준 적용에 응답자의 약 29%는 문제점이 있다고 응답하였으며, 그 이유로는 상세하고 정확한 접지 시공기준 미비 등의 의견이 조사되어 이에 대한 표준 및 기준의 제·개정이 시급한 것으로

판단된다.

저압직류전기설비관련 표준 및 기준으로 우선적으로 도입이 필요하다고 생각되는 분야에 대한 조사결과 태양광(29%)→전력IT(18.2%)→피뢰설비(16.2%)→EES(13.1%)→풍력(9.4%)→연료전지(7.3%)→IGCC(3.1%)→조력(1.8%)→기타(1.7%)순으로 조사되었으며, 기타의견으로 배전설비, 접지, 변전, 조명, 계측제어, LED, 스마트그리드 등의 의견이 제기되어 이에 대한 저압직류전기설비의 시설표준 및 기준 마련이 조속히 수행되어야 할 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

국내의 경우 저압직류전기설비 관련 상세표준 및 기준은 제정되어 있지 않다. 표준 및 기준이 마련되어야 관련 설비산업의 발전이 더욱 활발히 이뤄질 것으로 예상되나 아직 관련 표준 및 기준이 미흡하고, 저압직류전기설비에 대한 사회적 인식도 부족으로 인한 설비를 적용하는데 있어 거부감이 발생되고 있다. 또한 저압직류전기설비에 대한 안정성 검증을 위한 검사기준도 없는 실정이며, 교육 및 홍보도 미비한 실정으로 이러한 미비점 등을 조속히 선결해야 된다.

우선적으로 국제 표준전압으로 선정이 예상되는 380V DC를 표준전압으로 조속히 결정하여 관련 업계의 혼선을 최소화 하고, 저압직류전기설비의 잠재위험성을 파악하고 이에 대한 명확한 기술적 대책이 마련되어야 한다. 현재 국내에서 법적기준으로 적용되고 있는 전기설비의 안전기준인 전기설비기술기준에 규정된 저압전기설비에 관한 설계, 시공, 검사 및 유지관리 기술 등을 제·개정하여야 할 것으로 판단된다.

현재 저압직류전기설비의 명확한 기준이 없어 감전이나 화재방지 등 안전을 확보하기 위한 수단으로 교류용 누전차단기를 그대로 적용하고 있는 실정이며, 전기안전에서 가장 중요한 접지방식의 선정에 대한 명확한 기준도 없는 상황으로 국민의 안전이 위협받고 있는 상황이다. 따라서 안전성 확보를 위한 저압직류전기설비의 시설기준을 마련하고 이에 대한 교육 및 홍보 등 표준화 정책을 시급히 추진해야 할 것이다.

## References

- [1] EREC, Renewable Energy Technology Roadmap, 2008.
- [2] Legrand, Introduction to the IEC SMB SG4,workshop on LVDC, 2011.
- [3] Takehiro Uesugi, “Quantitative Simulation of Energy Saving Impacts through DC Power Supply at Residential Sector”, IEC/SG4 Workshop, 2011.
- [4] EPRI, “DC Distribution In Buildings Including Homes, Commercial Buildings, Data Centers And Telecom Central Offices”, 2011.
- [5] K. H. Lee, “Study on LVDC distribution system for green buildings”, The Journal of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 15, No. 5, pp. 36, 2010.
- [6] J. Y. Kim, “Effective Implementing Measures and Current Status of LVDC Technology”, Journal of the Electrical Word, Vol. 454, pp. 28-31, 2011.
- [7] VDE, “Wirkungen des elektrischen Stroms auf Menschen und Nutztiere”, 1986.

## ◇ 저자소개 ◇



### 오두석(吳斗錫)

2013년 2월 한국산업기술대학교 지식기반 기술·에너지대학원 에너지정책박사과정 수료. 현재 (주)오성전기 대표이사. 한국 전기공사협회 이사. 전기공사공제조합 10대, 11대 이사장 및 전기위원회 전기위원.

Tel : (02)514-9162

Fax : (02)544-1900

E-mail : ods7000@hanmail.net



### 강승진(姜升振)

1999년 1월 프랑스 Grenoble 대학교 응용 경제학 박사, 현재 한국산업기술 대학교 지식기반기술·에너지대학원장.

전문분야 : 에너지수급분석 및 전망-에너지/환경경제분석모형

Tel : (031)8041-0321

Fax : (031)8041-0349

E-mail : sjkang@kpu.ac.kr