

ESS등에 사용되는 계통연계형 전력변환기의 전자파적합성(EMC) 표준 동향



송성근 · 신덕식 | 전자부품연구원 에너지변환연구센터
김용구 | 한국폴리텍 광주캠퍼스 전기과

1. 서론

2015년

11월 제21차 유엔기후 변화협약 당사국총회(COP21)에서 채택된

파리협정이 2016년 11월부터 발효될 예정인 가운데 전 세계적으로 온실가스 감축을 최소화하기 위해 신재생에너지 및 전기차 보급이 활성화할 것이다. 이번 협정은 지난 교토의정서와는 달리 미국, 중국, EU등 주요 선진국이 모두 참여하고 있

표 1. 교토의정서와 파리협정 차이

| 구분 | 교토의정서 | 파리협정 |
|-----------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 적용기간 | 2008~2020 (1기 : 2008~2012, 2기 : 2013~2020) | 2020~ (종료 시점 미정) |
| 목표 | 선진국의 온실가스 감축 (1기 : 평균 5.2%, 2기 : 평균 18%) | 지구표면평균온도 산업화 이전 대비 2°C 상승 억제, 1.5°C 억제 노력 |
| 의무국가 | 선진국 (*92년 당시 OECD 및 구 공산권 동유럽국가) | 모든 당사국 |
| 우리나라 의무적용 | 없음 | 있음 |
| 목표설정방식 | 하향식(top-down) | 상향식(bottom-up) |

으며 우리나라도 이번 협정부터는 의무 적용된다.

전 세계적으로 이와 같이 온실가스 감축을 위해 많은 노력을 하고 있으며, 그 방법으로 신재생에너지, ESS 활성화 및 전기차 보급을 추진하고 있다. 신재생에너지, ESS 및 전기차 보급 활성화를 위해서는 전력변환기의 사용이 증가할 수밖에 없으며 국제적으로 이들 전력변환기에의 표준들이 제정되고 있는 실정이다.

이에 대응하기 위해 국내에서도 태양광 인버터는 용량대 별로, 전기차 충전기 시스템의 경우 충전 방식별로 KS표준이 제정되어 있으며, ESS에 대해서는 UPS 표준을 기반으로 스마트 그리드협회에서 제안한 단계 표준만 있는 실정이다.

각 제품별 표준에는 다양한 내용이 포함되어 있으며 특히

표 2. 전력변환기 사용처별 표준

| 구분 | 표준 |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 태양광 인버터 | KS C 8560 : 마이크로인버터 KS C 8564 : 소형 태양광발전용 인버터 KS C 8565 : 중대형 태양광발전용 인버터 |
| 전기차 충전기 | KS R IEC 61851-22 : 전기자동차 전도성 충전시스템 - 교류 충전설비 KS R IEC 61851-23 : 전기자동차 전도성 충전시스템 - 전기자동차 직류 충전 스테이션 |
| ESS용 인버터 | SGSF-025-4 : 전기저장 시스템용 전력변환장치의 성능시험 요구사항 |

태양광 인버터의 경우 전자과적합성(EMC) 시험 중 방출시험에 대해 제품표준 혹은 제품군 표준이 존재하지 않아 일반표준인 IEC 61000-6-3, 4를 적용하고 있었으나, CISPR B소위원회에서는 CISPR 11 표준에 GCPC (Grid Connected Power Converter)라 정의하여 태양광 전력변환 장치에 대한 새로운 시험기준과 방출 허용기준을 정하는 작업을 하여, 2015년 6월 CISPR 11:Emdition 6.0을 공포 하였으며, 향후 다양한 형태의 전력변환기에 대해서도 논의할 예정이다.

이에 본 글에서는 계통연계형 전력변환기에 해당하는 태양광 인버터, 전기차 충전기 및 ESS용 인버터의 전자과적합성 시험의 현재 국내 표준을 살펴보고 최근 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 기기의 EMI(전자과 장애) 표준인 CISPR 11에서 정의한 계통연계형 인버터(GCPC)에 대한 EMC규격의 최근 동향에 대해 소개 하고자 한다.

EMC는 EMI(전자과 장애) 발생이 적고, EMS(전자과 감수성)가 적거나 내성(Immunity)이 강한 상태

2. 국내 계통연계형 인버터의 EMC 표준동향

EMC는 어떤 기기가 기기외부로 전자과를 최소한 방출하여 다른 기기에 전자과 간섭을 일으키지 않고, 외부로부터의 전자과 간섭에 영향을 받아도 정상적으로 동작할 수 있는 상태. 즉, EMI(전자과 장애) 발생이 적고, EMS(전자과 감수성)가 적거나 내성(Immunity)이 강한 상태를 말하며, 표준에서는 EMI의 경우 한계값을 정의하고, EMS는 허용기준을 정의한다.

IEC에서 EMC관련 범주는 두 가지로 분류를 하고 있다. 첫 번째, 일반적으로 “EMC Basic Standard”는 기본 참조 규격으로 전자과 환경과 측정방법, 시험기술 등과 같은 포괄적인 내용을 다루고 있다.

두 번째는 제품들의 적용 규격으로 “EMC Generic Standard”나 “EMC Product Standard”를 말한다. 제품규격은 유사한 제품군을 포함하고 있으며, 이것을 “Product Family Standard”라고 칭하며, 별도로 정의되어 있지 않은 제품들

은 일반규격을 따른다.

본 장에서는 이상과 같이 IEC 위원회에서 EMC 관련 표준을 정립하고 있는 상황에서 국내에서 정의한 태양광 인버터, 전기차 충전기 및 ESS용 인버터의 전자과적합성(EMC) 시험 관련 규정을 살펴본다.

2.1 태양광 인버터

태양광 인버터는 용량에 따라 마이크로, 소형, 중대형으로 구분하여 KS표준을 각각 정의하고 있으나 제품에 대한 EMC 규격은 별도로 적용하지 않고 일반규격인 61000-6계열의 표준을 준수하고 있다.

EMI의 경우 마이크로, 소형 및 중대형 인버터들 모두에 대해 주거용, 상업용 및 경공업 산업 환경에 사용되는 제품의 잡음 한계값은 KS C CISPR 61000-6-3을 산업용 환경에 사용되는 제품은 KS C IEC 61000-6-4를 적용하고 있다.

전자과 내성(EMS)의 경우 마이크로, 소형 및 중대형 인버터들 모두에 대해 주거용, 상업용 및 경공업 산업 환경에 사용되는 제품의 잡음 한계값은 KS C IEC 61000-6-1을 산업용 환경에 사용되는 제품은 KS C IEC 61000-6-2를 적용하고 있으며, 중대형의 경우 정전기 내성 시험(KS C IEC 61000-4-2), 전자과 방사 내성 시험(KS C IEC 61000-4-3), 전기적 빠른 과도

표 3. KS C IEC 62040-2, C1급 UPS 최소 내성 요건

| 포트 | 현상 | 시험방법 표준 | 기준 값 | 성능(합격판정기준) |
|------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| 위험 포트 | ESD | KS C IEC 61000-4-2 | 4 kV CD 또는 8 kV AD(CD 불가의 경우) | B |
| | 진폭 변조된 라디오 주파수 전자장 | KS C IEC 61000-4-3 | 80 ~ 1 000 MHz 3 V/m 80 % AM(1 kHz) | A |
| 교류 입력 및 출력 포트 | 고속 과도-버스트 서지 ^o | KS C IEC 61000-4-4 | 1 kV/5 kHz ^a | B |
| | 1.2/50 us, 8/20 us | KS C IEC 61000-4-5 | 1 kV ^c 2 kV ^d | B |
| | 진도 라디오 주파수 공통모드 ^e | KS C IEC 61000-4-6 | 0.15 ~ 80 MHz 3 V 80 % AM(1 kHz) | A |
| 직류 출력 포트 | 고속 과도-버스트 ^o | KS C IEC 61000-4-4 | 1 kV/5 kHz 용량성 클램프 | B |
| | 신호 및 제어 포트 | 고속 과도-버스트 ^o | KS C IEC 61000-4-4 | 1 kV/5 kHz 용량성 클램프 |
| 진도 라디오 주파수 공통모드 ^e | | KS C IEC 61000-4-6 | 0.15 ~ 80 MHz 3 V 80 % AM(1 kHz) | A |

CD = contact discharge(접점 방전) AD = air discharge(기중 방전)
AM = amplitude modulation(진폭 변조)

현상 내성 시험(KS C IEC 61000-4-4), 서지 내성 시험(KS C IEC 61000-4-5), 전자파 전도 내성 시험(KS C IEC 61000-4-6) 항목을 명시하고 있으나 이는 모두 KS C IEC 61000-6-1, 2에서 언급하고 있는 내용으로 별도 명기의 차이는 없다.

2.2 전기차 충전기

전기차 충전시스템의 충전기는 교류 충전설비와 직류 충전

스테이션으로 구분하고 있으며, 각각 KS R IEC 61851-22와 23에서 제품에 대한 표준이 있으며, 61851-22에서는 EMC 관련해서 61851-1을 참조하고, 61851-23에서는 IEC 61851-21-2를 참조하라고 되어 있으나 이 규격은 존재 하지 않으며, 교류/직류 전원 접속의 전기 자동차 요구사항(KS R IEC 61851-21)을 참조로 수정이 필요해 보인다.

61851-22에서 참조하고 있는 61851-1에서도 방출에 대해서는 IEC 61000-6-3을 내성에 대해서는 KS C CISPR 61000-6-1을 준수하라고 규정하고 있어 전기차 충전기 역시 제품에 대한 EMC 규격은 별도로 규정하지 않고 일반규격인 61000-6계열의 표준을 준수하고 있다.

2.3 전기저장 시스템용 전력변환장치

에너지저장장치의 경우 IEC에서 TC120을 중심으로 국제 표준이 제정 중에 있으며, '14년 국가기술 표준원이 의장으로 선출되었다. 현재 국내에서는 스마트그리드협회를 중심으로 SGSF-025 -4에서 전기 저장 시스템용 전력변환장치의 성능시험 요구사항을 단체표준으로 제정하고 있다.

새로 제정되는 ESS 표준의 EMC 성능의 경우 기존

표 4. SGSF-025-4, C1급 ESS용 PCS를 위한 최소 내성 요구사항

| 단자 | 현상 | 시험방법의 기본규격 | 레벨 | 성능기준 |
|-----------------------|-----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|------|
| 합계 단자 | ESD | KS C IEC 61000-4-2 | 8 kV CD 또는 CD 불가능하다면 15kV AD | B |
| | 무선주파수 전기자기장(AM) | KS C IEC 61000-4-3 | 80 MHz ~ 1 000 MHz 3 V/m 80 % AM(1 kHz) | A |
| 교류 입력 및 출력 전력단자 | 전기적 빠른과도현상 서지 ^a | KS C IEC 61000-4-4 | 2 kV / 5 kHz ² | B |
| | 1.2/50 μs 8/20 μs | KS C IEC 61000-4-5 | 1 kV ^c 2 kV ^d | B |
| 직류 전력 단자 | 전도 무선주파수 공통모드 ^e | KS C IEC 61000-4-6 | 0.15 MHz ~ 80 MHz 3 V 80 % AM (1 kHz) | A |
| | 전기적 빠른과도현상 ^e | KS C IEC 61000-4-4 | 1 kV / 5 kHz 용량성 플럼프 | B |
| 신호 및 제어단자 | 전기적 빠른과도현상 ^e 서지 ^a | KS C IEC 61000-4-4 | 1 kV / 5 kHz 용량성 플럼프 | B |
| | 1.2/50 μs 8/20 μs | KS C IEC 61000-4-5 | 1 kV ^{(e),(f)} | B |
| | 전도 무선주파수 | KS C IEC 61000-4-6 | 0.15 MHz ~ 80 MHz 3 V 80 % AM (1 kHz) | A |

CD = 접촉방전, AD = 기중방전, AM=진폭변조
a. 경계전류가 100 A 미만의 전력단자 : 결함/감결함 피로당을 사용하여 괴질결함.

표 5. 측정 Site에서 Class A, Group 1 기기의 전도방해 허용기준 (DC 전력 포트)

| Frequency range MHz | Rated power of ≤ 20 kVA | | Rated power of > 20 kVA to ≤ 75 kVA | | | | Rated power of > 75 kVA | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|----------------|-----------|-------------------------|------------|----------------|-----------|
| | Voltage limits | | Voltage limits | | Current limits | | Voltage limits | | Current limits | |
| | QP dB(μV) | AV dB(μV) | QP dB(μV) | AV dB(μV) | QP dB(μA) | AV dB(μA) | QP dB(μV) | AV dB(μV) | QP dB(μA) | AV dB(μA) |
| 0.15 to 5 | 97 to 89 | 84 to 76 | 116 to 106 | 106 to 96 | 72 to 62 | 62 to 52 | 132 to 122 | 122 to 112 | 88 to 78 | 78 to 68 |
| 5 to 30 | 89 | 76 | 106 to 89 | 96 to 76 | 62 to 45 | 52 to 32 | 122 to 105 | 112 to 92 | 78 to 61 | 68 to 48 |

표 6. 측정 Site에서 Class B, Group 1 기기의 전도방해 허용기준 (DC 전력 포트)

| Frequency range MHz | Quasi-Peak dB(μV) | Average dB(μV) |
|---------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 0.15 - 0.5 | 84 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 74 | 74 Decreasing linearly with logarithm of frequency to 64 |
| 0.5 - 30 | 74 | 64 |

K S C IEC 62040-2 : 2008, 무정전 전원장치(UPS) - 제 2 부 : 전자기 접합성(EMC) 요구사항을 준수 하는 것으로 규정하고 있으며, 사용 환경 및 출력 전류 용량에 따라 UPS에서 규정한 C1, C2, C3 분류에 따른 관련 규정을 준수하는 것으로 하였으나 내성의 경우 UPS에 비해 보다 강화한 형태를 취하고 있다.

CISPR11은 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 기기의 EMI 표준에 대한 것

력 포트에서의 0.15MHz에서 30MHz 사이의 주파수 대역 전도성 방해전압 허용기준이다.

이상과 같은 전도성 방해전압을 측정하기 위해 기존에는 DC 전력포트에 대한 DC-AN을 새롭게 정의하였으며, DC-AN이 EUT의 DC포트에 연결되고 시험장의 DC전력 소스에 표준화된 150 Ω 공통모드 종단과 감결합(Decoupling)

3. 계통연계형 인버터의 EMC 표준 국제 동향(CISPR11: Edition 6.0)

CISPR11은 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 기기의 EMI 표준에 대한 것으로 태양광 전력변환기의 경우 EMI를 규정하는 제품표준 혹은 제품군 표준이 존재하지 않아 앞의 국내 표준들에서 언급한 바와 같이 일반표준인 IEC 61000-6-4를 적용하고 있었으나, CISPR B소위원회에서 CISPR 11표준에 GCPC라 정의하고 시험 방법 및 배출 허용기준을 규정하였다.

2015년 개정된 Edition 6.0의 주요 내용은 기존에 없던 DC 포트의 전도성 방해전압 측정을 할 수 있도록 DC 의사 회로망인 DC-AN(Artificial Network)을 개발하여 구체적인 회로와 사양을 규정하였고, GCPC(Grid Connected Power Converter)를 기기 그룹 1 기기로 정의하고 용량별로 20kVA 이하, 20 ~ 75kVA이하, 75 kVA 초과 용량을 구분하였으며, 기존에는 없던 DC 전력 포트의 허용기준을 규정한 것으로 다음 표 5, 6은 Group 1기기 중 Class A 및 Class B기기의 DC 전

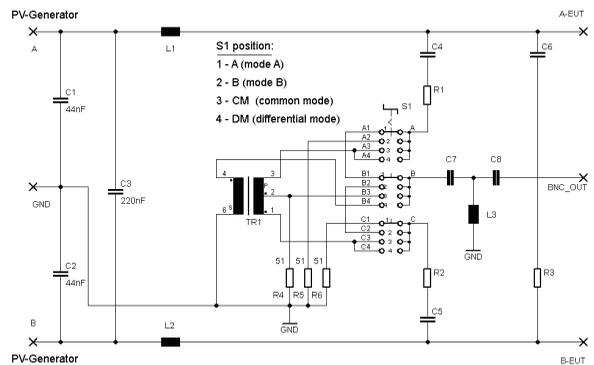


그림 2. DC-AN의 실제 구성 예(PVDC 8301)

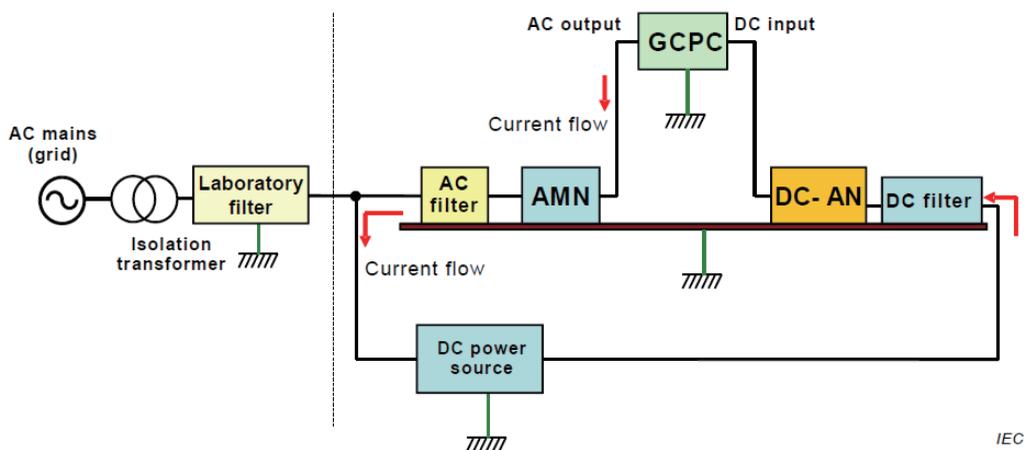


그림 1. DC전원과 감결합을 사용한 DC-AN의 DC전력 포트 전도성 방해전압 측정 배치

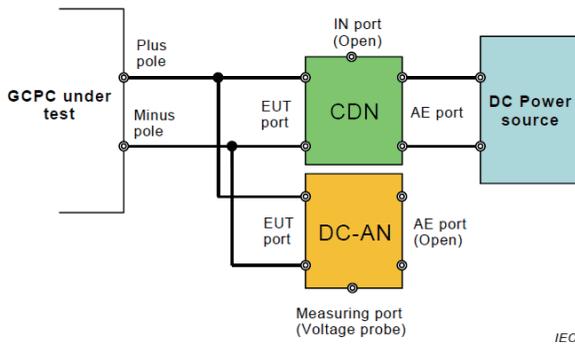


그림 3. 20kVA이상의 EUT의 전도성 방해전압 측정 배치 방법

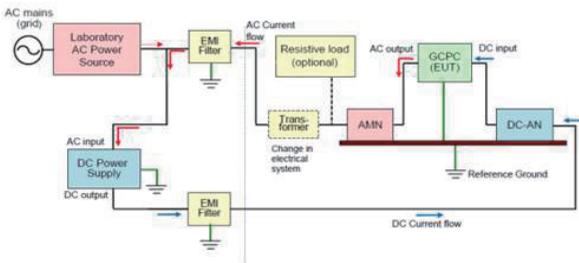


그림 4. 시험 Site에서의 GPCP 측정 배치 예(Case1)

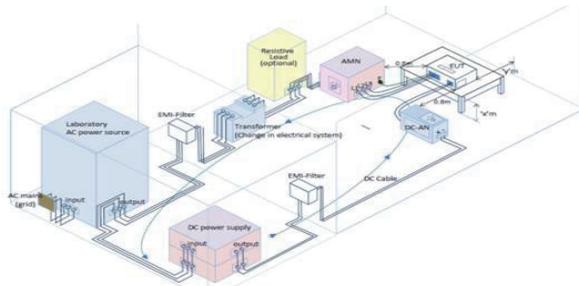


그림 5. 시험 Site에서의 GPCP 측정 배치 3차원 예(Case1)

망으로 사용 되어져 있는 전형적인 측정 배치이다. GPCP의 AC 주전원 포트는 CISPR 16-1-2에서 정한 V형 의사전원회로망(AMN)을 연결하고 DC 포트에는 DC-AN을 연결하여 전도성 방해전압을 측정한다.

태양광 모듈이 접속되는 DC 포트 측정을 위한 DC-AN은 공통모드(CM: Common mode) 150Ω, 차동모드(DM: Difference mode) 100Ω으로 선정 9kHz ~ 150kHz 주파수 범위를 측정하는 DC-AN과 150kHz ~ 30MHz 주파수 범위 전도성 방해전압 측정 DC-AN이 구분 되어 파라미터를 정하고 있다.

DC-AN의 구조는 Delta형 회로망과 V형 회로망이 제안되었고, 2가지 형태의 DC-AN은 Round Robin Test를 거쳐 Delta형 의사회로망으로 결정하여 국제표준 초안에 반영되었다.

EUT의 정격용량이 커서 DC-AN을 직결할 수 없는 경우

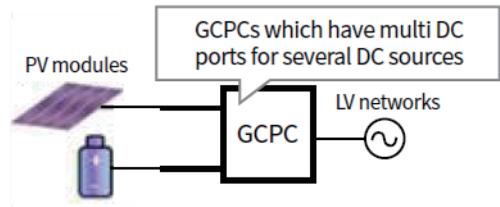
DC-AN을 직렬 연결하지 않고 병렬 연결하여 전압프로브로 사용할 수 있으며, EUT의 감결합을 위해서는 실험실 DC전력 소스는 90μH ~ 150μH의 공통모드 인덕턴스를 EUT의 DC 포트에 접속해야 한다. 공통모드 인덕턴스는 페라이트, 공통모드 흡수제 또는 IEC61000-4-6에서 정의하는 CDN의 사용이 가능하며, CDN을 사용하는 경우 RF 전력 입력 포트(IN port)는 그림 3에서와 같이 50Ω 저항부하를 종단하지 않아야 한다.

측정 Site에서 GPCP 시험 시 AC 포트와 DC 포트의 측정 배치 예로 AC 파워소스의 출력을 DC 파워소스의 전원 입력으로 사용하므로 AC 파워서스가 전체 시스템의 손실만 담당하면 되는 구조이며, 파워소스를 챔버 외부에 두어 소스원에서 발생하는 노이즈를 감소시킬 수 있는 방법이다.

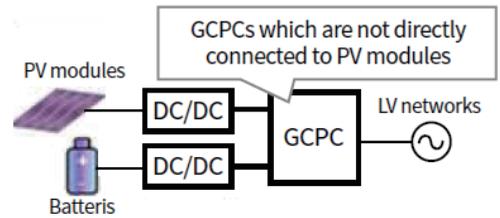
4. 국제 EMC 표준 방향 및 국내 대응

4.1 GPCP의 EMI 국제표준 향후 계획

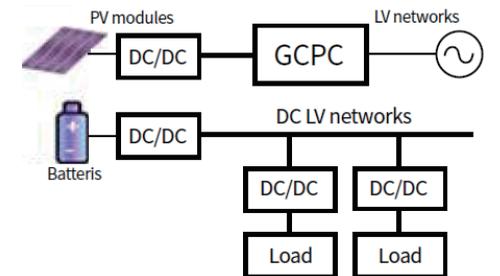
GPCP 방해과 측정 표준의 향후 계획으로는 그림6과 같이 태양광 인버터 이외에 배터리 저장장치와 풍력 등 다양한 DC



(a) 태양광 및 ESS가 혼용되는 장치



(b) DC/DC 컨버터를 이용하는 장치



(c) 저압직류(LVDC)용 장치

그림 6. 향후 진행예정인 DC포트 예

5. 결 론

아직까지 국내 태양광 인버터의 표준에는 EMC에 대해 일 반표준인 IEC 61000-6 계열의 표준을 준수하게 되어있어 최 근 표준을 바탕으로 하는 개정이 필요하며, 향후 전기차 충전 기 및 ESS에 대한 제품 표준에 대해서도 IEC규정을 바탕으로 논의가 되어야 할 것으로 사료된다.

또한, 현재 GCPC 측정 및 허용기준 표준에서 DC포트에 대 한 요구사항을 정립함으로써 어느 정도 완성도 있는 표준이 되었으나, 아직도 배터리 등이 접속되는 여러 가지 형태 DC 포트와 DC/DC 컨버터가 접속 되는 포트의 방해 전압 허용 기준과 시험 방법에 대해 계속 작업이 이루어질 것이므로 관 련 전문가들의 연구와 적극적인 국제표준화 활동 참여가 필 요하다. 

참고문헌

- [1] 성관영, “ISM(산업·과학·의료)기기 전자파 장해 국제표 준화 동향(1)”, WEBZINE, Vol.30, pp. 30 ~ 53, 2015.04.
- [2] “전기 자동차 전도성 충전 시스템”관련 표준, KS C IEC 61851-1, 22, 23, 산업통상자원부
- [3] 태양광 발전용 인버터 표준, KS C 8560, 8564, 8565, 산업통상자원부
- [4] “전기저장 시스템용 전력변환장치의 성능시험 요구사 항”, SGSF-025-4 (Ed2.0), 스마트그리드 협회, 2015.12
- [5] IEC, <http://www.iec.ch>
- [6] 김연석, “전기차(EV) 충전시스템과 전자기 적합성 (EMC)”, News letter, 전파기술원, 2011.09



그림 7. 차세대 DC 전기전자 기반구축 내용

입출력 포트를 가지고 있는 기기, DC/DC 포트를 가지는 기기 및 저압 DC배전용 전력변환기에 대해서 확대 연구하기로 하 였고 2015년 CISPR위원회에서 추가 연구 및 표준화 작업결과 를 논의하기로 하였다.

4.2 국내 DC 포트에 대한 EMC 동향

현재 전자부품연구원에서는 2014년 부터 “차세대 DC 전 기전자 산업육성 연구기반 구축”사업으로 DC전원을 사용하 는 장비의 전자기 신뢰성 향상 및 관련 산업 활성화를 위한 네 트워킹 지원이 이루어지고 있으며, 현재 IEC의 최신 EMC 규 정인 CISPR11:Edition6.0에 대응하기 위한 1,500V DC 전원용 DC-AN 및 챔버를 구성하고 있으며, DC 전원환경 구성을 위 해 태양광, ESS 시뮬레이션이 가능한 전원설비등을 구축하 고 있다.