

<p>CISPR H(무선서비스 보호) EMC 표준화 동향(반도체 전력 변환기의 DC 전원 포트에 대한 한계값 결정 모델)</p>	<p>장 태 현 한국산업기술시험원</p>
---	----------------------------

I. 개 요

IEC CISPR SC H는 무선서비스 보호를 목표로 전기·전자 제품에서 발생하는 방해 전자파의 한계값을 다루는 기술위원회이다.

방해 전자파는 복사성과 전도성으로 구분되며, 각각의 한계값을 정하기 위하여 CISPR 16-4-4에 한계값 모델을 제시하고 있다. 최근에는 제품으로부터 30 MHz 이하의 복사성 방출 문제가 여러 분야에서 제시되고 있으므로 H 위원회에서는 이에 대한 한계값 모델을 도출하는 연구를 수행 중이며, 현재까지의 결과는 2013년 11월 8일에 CD 문서(CISPR/H/263/CD)로 발행되어 회람되고 있다.

이와 별도로 CISPR SC B에서는 전력망에 직접 연결되는 전력 변환기(GCPC)에 대하여 측정 방법과 한계값을 도출하였으며, 한계값 부분에 대하여는 해당 위원회인 SC H 위원회에 이를 검토하고, 향후 CISPR 16-4-4에 포함시킬 수 있도록 요청하였다. 이는 태양광 인버터 등 우리나라 산업과 밀접한 연계성이 있다고 생각되어 그 내용을 소개하고자 한다.

CISPR 11의 유지 보수를 담당하고 있는 CISPR SC B는 고차의 전력 전기/전자 시스템 및 고정형 설비용 부품들에 대한 형식시험의 적용을 위하여 DC 전력 포트의 한계값 결정을 위한 일반 모델을 개발하였다. SC B에서 제안된 모델은 CISPR/B/558/INF에 설명되어 있다.

또한 CISPR/B는 전력 전자 기기가 차기 개정될 CISPR 11의 형식시험 요구사항을 만족하게 되면 그것을 수용한 고정형 설비로부터의 150 kHz~30 MHz 범

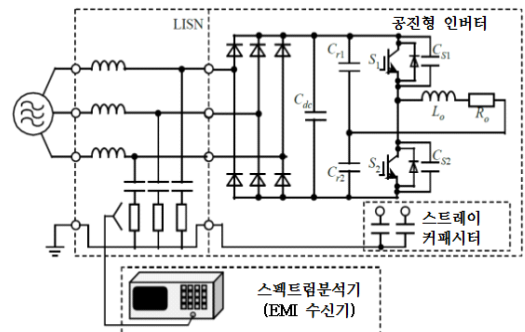
위의 복사성 방출에 대해서도 검증이 되는 것으로 판단할 수 있는 틀을 제공하고자 하였다.

그 틀은 안테나 이득, 전류-자기장 변환, 태양광 발전 시스템의 현장 특성과 시험장 조건과의 상관관계를 반영한 특성값이 될 것이다.

II. GCPC로부터 전도성 방출의 평가를 위한 모델 구성

2-1 LV AC 전원망에 의해 공급받는 전력전자 시스템의 모델 수립

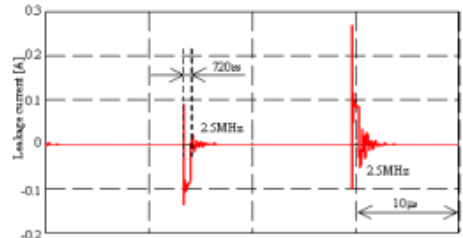
인버터로부터 전도성 방출을 정량적으로 평가하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 전력전자 분야의 모델이 수립되었다. [그림 1]은 전도성 방출을 정량적으로 평가하기 위한 시스템의 예를 보여준다. 이 예에서 시스템은 공진형 인버터로, IGBT 모듈과 다이오드 정류기로 구성되어 있다.



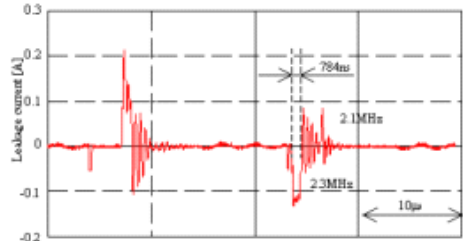
[그림 1] 전도성 방출의 정량적 평가를 위한 시스템의 예

[그림 2]는 IGBT 모듈을 나타내고, [그림 3]은 IGBT의 내부 구조와 등가 회로를 나타낸다. IGBT 칩이 절연된 보드에 장착되더라도 절연된 보드는 스트레이 커패시터를 갖는다. 이 스트레이 커패시터는 누설 전류의 경로가 된다. IGBT 모듈은 냉각판 위에 장착되고, 냉각판은 시스템의 함체에 장착된다. 시스템의 함체는 안전을 위하여 접지에 연결된다. 결과적으로 고주파 누설 전류는 냉각판과 함체를 통하여 접지로 흐르게 된다. 이 누설 전류 경로는 회로 모델에서는 스트레이 커패시터로서 구현된다. 다이오드 정류기의 스트레이 커패시터도 공진 회로를 시뮬레이션하기 위하여 구현되었다.

[그림 4]는 인버터의 외함을 접지로 연결하는 접지선을 통하여 흐르는 누설 전류의 파형을 보여준다. [그림 4] (a)는 [그림 2]의 회로 모델을 가지고 시뮬레이션한 결과이고, [그림 4] (b)는 실험적 결과이

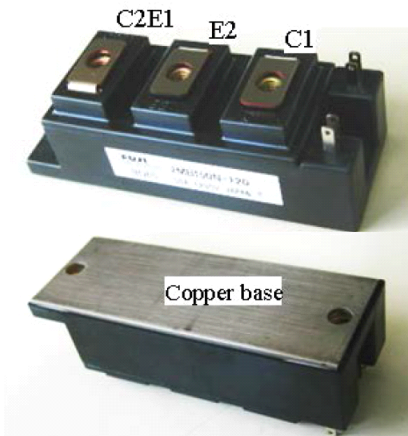


(a) 시뮬레이션 결과

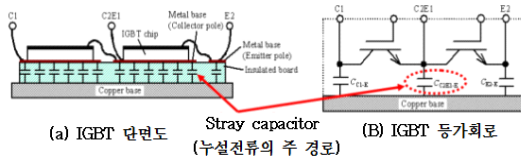


(b) 실험적 결과

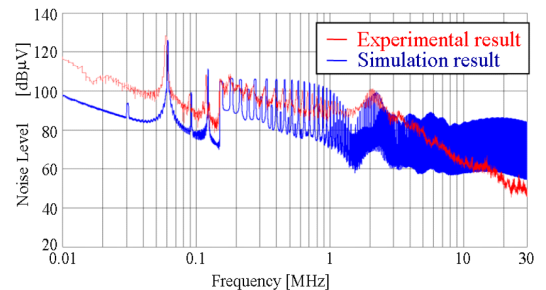
[그림 4] 누설 전류의 비교



[그림 2] IGBT 모듈의 예



[그림 3] IGBT 모듈 구조 및 등가 회로



[그림 5] 침투값 방해 전압

다. [그림 5]는 시뮬레이션 결과와 AC 전원 단자에서 LISN을 가지고 측정된 침투값 방해 전압의 실험적 결과를 나타낸다.

이 결과들로부터 주파수 범위 150 kHz~30 MHz에서도 AC 전원 단자에서의 방해 전압을 예측하기 위해 IGBT 모듈 자체가 가지고 있는 스트레이 커패시터와 냉각판과 인버터 외함에 의해 생성된 누설 전류의 경로를 모델화하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있다.

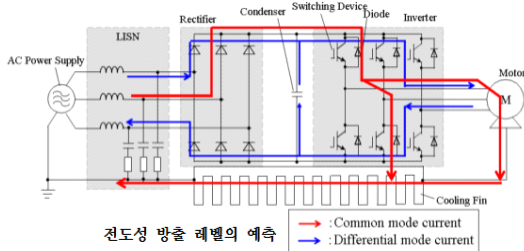
이 모델링 접근 방법은 [그림 6]에서 나타낸 것과 같이 전력 구동 시스템의 전도성 방출을 정량적으로 예측하는데 사용되었다.

전력 구동 시스템을 위한 EMI 필터의 초기 설계에서 이 모델링 접근 방법이 [그림 7]에서 나타낸 것과 같이 수행되었다.

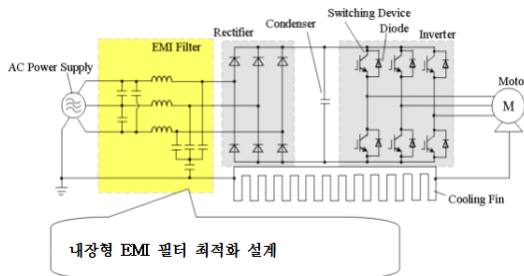
### 2-2 태양광 전력 발생 시스템에 대한 GCPC의 모델 수립

[그림 8]은 단상 태양광 전력 발생 시스템의 단순화한 구성도이다. 망 연결 전력 변환기(GCPC)는 DC-AC 인버터와 DC-DC 변환기로 구성된다. DC 입력 전원 포트는 태양광 패널에 연결되어 있다. 안전을 위하여 GCPC의 외함은 접지에 연결되어 있고, 태양광 패널의 프레임도 또한 접지에 연결되어 있다.

위에서 설명한 모델링 접근 방식에 따라서, 공통



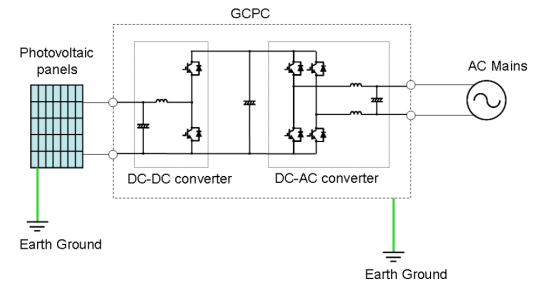
[그림 6] 전력 구동 시스템의 전도성 방출의 정량적 예측



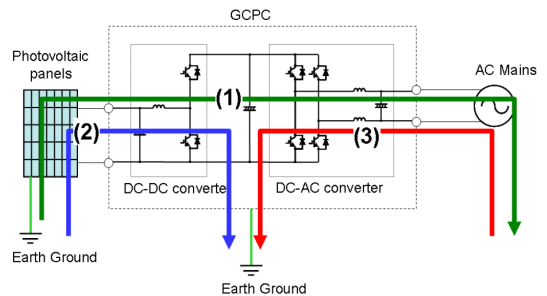
[그림 7] 인버터 유닛에 대한 EMI 필터 최적화 설계

모드(CM) 누설 전류의 경로는 [그림 9]와 같이 예측될 수 있다. CM 누설 전류는 다음과 같이 세 가지 경로가 있다.

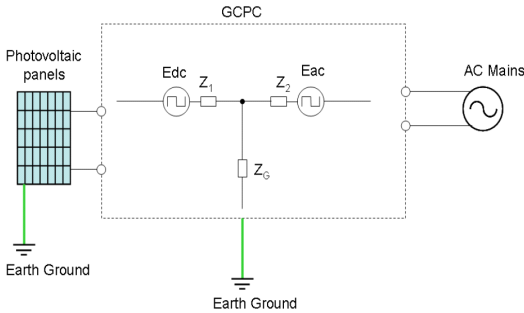
- (1) 태양광 패널에서 GCPC를 통하여 AC 전원까지의 경로
  - (2) 태양광 패널에서 GCPC에 연결된 접지까지의 경로
  - (3) AC 전원에서 GCPC에 연결된 접지까지의 경로
- 위에서 설명한 모델링 접근 방식에 따라서 [그림 9]에 나타낸 세 가지 CM 누설 전류 경로에 대한 등가 회로는 [그림 10]과 같이 나타낼 수 있다. 두 개의 노이즈원이 있는데, 하나는 DC 쪽에 있고, 다른 하나는 AC 쪽에 있다. 임피던스  $Z_1$ 과  $Z_2$ 는 IGBT 모듈, 인덕턴스, 스위칭 회로의 커패시턴스 즉, 방해원을 특징짓는다.  $Z_G$ 는 IGBT 모듈, 방열판과 GCPC 외함의 스트레이 커패시턴스 임피던스를 포함한다.



[그림 8] 태양광 전력 발생 시스템



[그림 9] 공통 모드 누설 전류의 경로



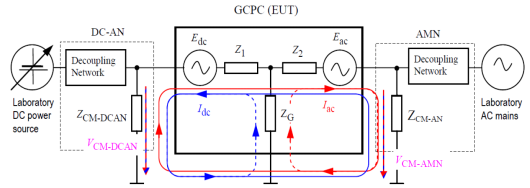
[그림 10] 공통 모드(CM) 누설 전류의 등가 회로

### 2.3 방해 전압 측정을 위한 GCPC의 일반 모델

[그림 11]은 방해 전압 측정을 위한 시험 셋업의 등가 회로를 나타낸다. 이 모델은 2011년 2월 MT-GCPC 비엔나 회의에서 일본 전문가에 의해 제안된 “확장된 모델”이다. 이 모델은 한계값을 도출하기 위한 일반적 모델로서 고려될 수 있다. CM 방해 전류  $I_{ac}$ 에 의해 생성된 AC 포트에서의 방해 전압은 AMN의 단자에 나타나게 되고, CM 방해 전류  $I_{dc}$ 에 의해 생성된 DC 포트에서의 방해 전압은 DC-AN의 단자에서 측정될 수 있다. 만일  $Z_G$ 가 무한 임피던스로 대표될 수 있다면,  $I_{ac}$ 과  $I_{dc}$ 가 중첩되어 DC-AN과 AMN 종단 임피던스 모두를 통해 흐르는 CM 방해 전류가 된다. 그러한 모델은 “단순 모델”이라고 부르며, 초기에 독일 전문가에 의해 제안되었다. 그러나 대부분의 경우에  $Z_G$ 가 일반적으로 유한값을 갖기 때문에, 특히 GCPC의 외함이 안전상의 이유로 접지되는 경우에  $I_{ac}$ 과  $I_{dc}$ 는 다르게 될 것이다.

[그림 11]은 전형적인 표준 형태의 EUT에 대한 시험 셋업을 나타낸다. EUT의 DC 및 AC 포트는 적절한 인공 회로망(AN)으로 종단된다. AN은 규정된 CM 종단 임피던스  $Z_{CM-DCAN}(150 \Omega)$ 과  $Z_{CM-AMN}(25 \Omega, 16.67 \Omega$  또는  $12.5 \Omega$ , 표 1 참조)을 제공한다. 감결합 회로망은 시험실 DC 전원 및 시험실 AC 전원에서 발생된 방해로부터 이러한 단자들을 보호한다.

GCPC의 기능상 각 방해원은 다소 낮은 내부 소스



[그림 11] 방해 전압의 측정에 대한 시험 셋업의 등가 회로

임피던스  $Z_1$ 과  $Z_2$  각각에 대하여 하나의 전압원으로 대표될 수도 있다. 또한, 두 방해원은 서로 상관되지 않는, 서로 독립적인 CM 방해를 발생시킬 수 있다.

일반적인 경우에 EUT-내부 감결합이 특정 유한 비율을 갖게 되어 각 방해원은 DC-AN과 AMN의 CM 종단 임피던스에서 나타나는 CM 방해 전압에 영향을 줄 것이다. 중첩의 원리를 사용하면  $Z_{CM-AMN}$ 과  $Z_{CM-DCAN}$ 을 계산할 수 있다. 두 전류 성분은 각 포트에서 CM 종단을 통하여 중첩된다.

## III. 한계값 유도 모델의 적용

### 3-1 일반사항

AC 전원선에서의 전자기 방해는 자기 집뿐만 아니라, 이웃집에 있는 무선 수신기와 같은 다른 기기에 간섭을 일으킬 수 있다. 그러므로 AMN을 가지고 측정된 방해 전압은 전자기 방해의 간섭 레벨에 대한 지표이다. 특히, 공통 모드(CM) 방해 전압은 AC 전원선을 통해 흐르는 CM 방해 전류에 의해 생성된 전자기 복사성 간섭에 대한 지표이다.

DC 전원선에서의 전자기 방해는 단순한 방식으로 기기에 간섭을 줄 수 있다. 만일 GCPC를 제외하고 DC 전원선에 연결되는 기기가 없는 경우, DC 전원선을 통해 흐르는 CM 방해 전류에 의해 생성된 복사성 방해만이 고려될 필요가 있다.

### 3-2 한계값을 도출하기 위한 접근 방법

[그림 11]에서 나타낸 일반 모델과 조화되도록 하기 위해 GCPC의 DC 단자 방해 전압의 한계값을 개발하기 위하여 두 가지 접근 방법이 이용되었다.

첫 번째 접근 방식은 AMN과 DC-AN의 CM 종단 임피던스에 대하여 취하는 비례적 관계 접근 방법이다. 가장 좋지 않은 경우(한계값 설계에서 제로 여유도)를 고려하여 독일 전문가들은  $Z_G$ 가 무한 임피던스를 갖고 GCPC의 AC 및 DC 전원 포트 사이에 완전 결합된다고 가정했다(단순 모델).

두 번째 접근 방식은 DC-AN 만의 CM 임피던스에 기초하여 전류-전압 변환 접근 방식이며, 일본 전문가에 의해 제안되었다. 이 접근 방식은 태양광 발전기 설비의 복사성 특성에 따라 한계값을 개발하는 방식을 제안하고 있으며, 이 방식은 GCPC를 블랙박스로 고려한다.

### 3-2-1 비례적 관계 접근 방법

비례적 관계 접근 방식은 [그림 11]에서 나타낸 것과 같이 GCPC의 확장된 모델을 사용하므로, DC 단자 방해 전압에 대한 한계값은 AC 전원 단자에 대하여 설정된 한계값으로부터 유도될 수 있다. DC 전원 포트에서의 방해 전압 한계값은 식 (1)을 이용하여 AC 전원 단자에서의 기존의 방해 전압 한계값에 대하여 유도될 수 있다.

$$V_{LimDC-AN} = V_{LimAMN} \cdot \frac{Z_{CM-DCAN}}{Z_{CM-AMN}} \quad (1)$$

비례적 관계 접근 방법에서 취해진 하나의 기본 가설은 설치된 태양광 발전기 시스템이 보통의 LV AC 전원 설비와 비슷한 유사 복사 특성을 보인다는 가정이다. 이 경우에 LV DC 전원 포트에서의 방해 전압에 대한 한계값은 [그림 11]의 시험 셋업에서 EUT(GCPC)의 가장 안 좋은 경우의 조건을 고려하여 LV AC 전원 포트에 대한 설정된 한계값으로부터

유도될 수 있다.

주목할 것은 위에서 설정한 가설이 참인 것처럼 보이나, 현장에서의 측정에 의하여 더 확고한 검증 작업이 필요하다.

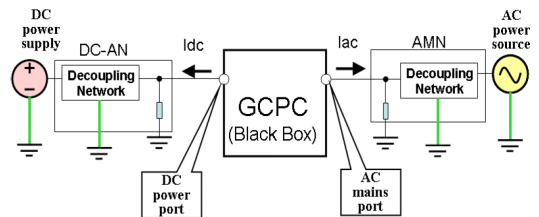
### 3-2-2 전류-전압 변환 접근 방법

3-2-1절에서 설명한 접근 방법과는 대조적으로 [그림 12]에서 나타낸 것과 같이, 전류-전압 변환 접근 방법은 GCPC를 하나의 블랙박스로 다루는 것이다. 그 다음, 이 접근 방법은 DC 전원 포트의 전도성 방출 한계값을 정의할 때 단지 DC 전원 포트에서의 CM 방해 전류( $I_{dc}$ )만을 고려한다. DC-AN으로 측정된 방해 전압은 GCPC의 DC 부분에 의해 발생된 전류  $I_{dc}$ 가 DC-AN의 CM 종단 임피던스를 통해서 흐르는 경우에 의해서만 생성된다고 생각할 수 있다. DC-AN은 DC 전원 포트에 표준 종단 임피던스를 제공하며, 전류-전압 변환 접근 방법은 식 (2)를 이용하여 CM 방해 전류의 한계값으로부터 CM 방해 전압 한계값을 유도하는데 적용된다.

$$Z_{CM-DCAN} = I_{dc} \cdot Z_{CM-DCAN} \quad (2)$$

$V_{CMDCAN}$ 의 유도의 경우, CISPR 22의 통신 포트에 대하여 설정된 방해 전류 한계값은 다음 식과 같은 관계가 있다.

$$V_{LimDCAN} = I_{LimAAN} \cdot Z_{CM-DCAN} \quad (3)$$



[그림 12] 전류-전압 변환 접근 방법

또한 여기에서의 기본적인 가설도 설치된 태양광 발전기 시스템이 기타 보통의 가정용 전기 설비와 비슷한 유사 복사 특성을 보인다는 가정이다. 이 경우에 LV DC 전원 포트에서의 방해 전압에 대한 한계값은 예를 들면 통신 포트의 설정된 방해 전류 한계값으로부터 유도될 수 있다. 그 이유는 전도성 결합은 무시될 수 있기 때문이다.

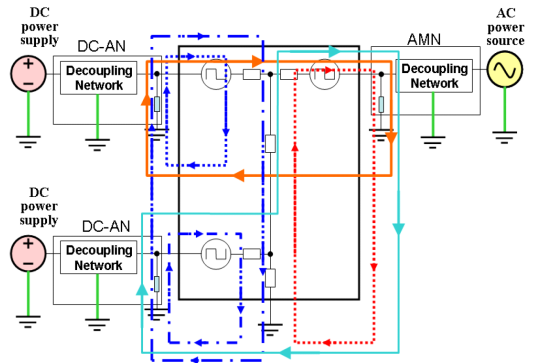
몇몇 GCPC는 [그림 13]과 같이 여러 개의 DC 전원 포트를 갖는데, [그림 14]와 같이 이들 DC 전원 포트 사이에서만 회전하는 전류가 흐를 것이 예상된다. 이러한 상황에서 조차도 각각의 DC-AN으로 측정된 방해 전압은 각 DC 포트에서 발생된 전류  $I_{dc}$ 에 의해서만 생성된 것으로 생각할 수 있다.

#### IV. 각 접근 방식에 기초하여 제안된 한계값

##### 4.1 비례적 관계 접근 방법

식 (4)를 사용하여 DC 전원 포트에서의 방해 전압 한계값을 계산하기 위해서, AMN과 DC-AN의 CM 종단 임피던스가 선택되어야 한다. <표 1>은 기존의 CISPR 50 Ω AMN의 CM 종단 임피던스를 나타낸다.

단상/2선 AMN의 CM 임피던스를 선택하고, 제안된 DC-AN의 CM 임피던스는 임의의 GCPC의 DC



[그림 14] 다중 DC 포트에 대한 전류-전압 변환 접근 방식

전원 포트에서의 방해 전압 한계값을 계산하는데 사용된다.

$$V_{Lim_{DCAN}} [dB\mu V] = V_{Lim_{AMN}} [dB\mu V] + 20 \lg \frac{150 \Omega}{25 \Omega} \approx V_{Lim_{AMN}} [dB\mu V] + 16 \text{ dB} \quad (4)$$

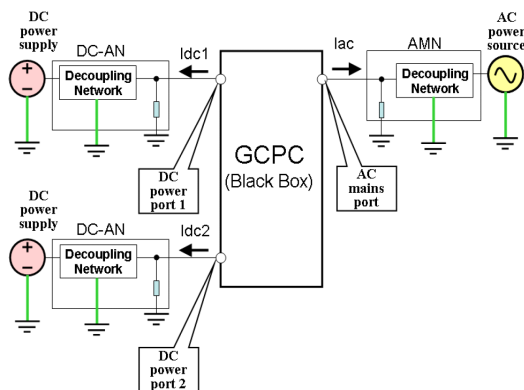
A급과 B급 GCPC에 대한 DC 전원 입력 포트에서의 단자 방해 전압을 위해 유도된 한계값은 [그림 15]에 그래프로 나타내었다. AMN의 CM 종단 임피던스가 줄어들면(예를 들어 16.67 Ω 또는 12.5 Ω)으로 인한 한계값의 추가적인 완화는 무시되었다.

B급 GCPC에 대한 방해 전압 한계값은 IEC 61000-6-3 Ed.1.0 부록 A(DC 전원 포트)에 따라 조정되었으며, [그림 16]의 그래프로 나타내었다.

##### 4.2 전류-전압 변환 접근 방법

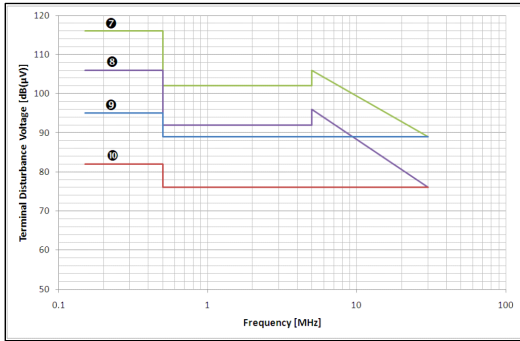
<표 1> 기존의 여러 가지 50 Ω CISPR AMN의 공통 모드 임피던스

AMN 유형	단상 2선	단상 3선	삼상 3선	삼상 4선
공통모드 임피던스	25 Ω	16.67 Ω	16.67 Ω	12.5 Ω



[그림 13] 다중 DC 전원 포트를 갖는 GCPC

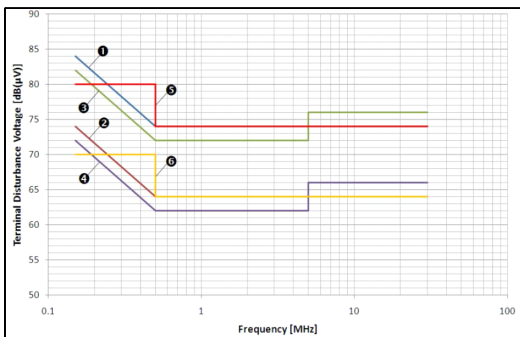




[그림 15] A급 GCPC에 대한 DC 전원 입력 포트 단자 방해 전압 한계값

범례

- ⑦ QP, ⑧ AV: 단순 모델: CISPR 11의 AC 주전원 포트에 대한 한계값으로부터 유도(그룹 1, A급, 정격 입력전력 > 20 kVA)
- ⑨ QP, ⑩ AV: 단순 모델: CISPR 11의 AC 주전원 포트에 대한 한계값으로부터 유도(그룹 1, A급, 정격 입력전력 ≤ 20 kVA)



[그림 16] B급 GCPC에 대한 DC 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값

범례

- ① QP, ② AV: 단순 모델: IEC/CISPR 61000-6-3 Ed.1.0 부록 A(정보)에 따른 DC 전원 포트에서의 CM 방해 전류에 대한 한계값으로부터 유도
- ③ QP, ④ AV: 단순 모델: CISPR 11(그룹 1/B급)에서 AC 주전원 포트에 대한 한계값에서 유도
- ⑤ QP, ⑥ AV: 가정용 기기의 부하 및 보조 단자에 대한 한계값, CISPR 14-1(정보)

CM 방해 전류의 한계값이 방해 전압 한계값을 도출하기 위해 필요하기 때문에 CISPR 22의 <표 3>과

<표 4>에서의 통신 포트 전도성 공통 모드(비대칭 모드) 방해 한계값이 <표 2> 및 <표 3>과 같이 GCPC의 DC 전원 포트에서의 전도성 방해 전압 한계값으로 참조되었다.

통신 포트의 종단을 위해 사용된 일반적인 AAN의 CM 종단 임피던스는 150 Ω이기 때문에 이 한계값의 사용이 적절하다.

## V. 한계값 합의도출을 위한 활동

### 5-1 2011년 2월 비엔나 MT-GCPC 회의

비엔나 회의에서 합의된 사항은 B급 GCPC와 20 kVA 이하의 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대하여는 DC 전원 포트 단자 방해 전압 한계값의 의견

<표 2> DC 전원 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값, A급 GCPC, 시험실 측정

Frequency range (MHz)	Quasi-peak (dB(μV))	Average (dB(μV))
0.15~0.50	97 decreasing linearly with logarithm of frequency to 87	84 decreasing linearly with logarithm of frequency to 74
0.50~30	87	74

<표 3> DC 전원 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값, B급 GCPC, 시험실 측정

Frequency range (MHz)	Quasi-peak (dB(μV))	Average (dB(μV))
0.15~0.50	84 decreasing linearly with logarithm of frequency to 74	74 decreasing linearly with logarithm of frequency to 64
0.50~30	74	64

일치를 보였다. 20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대한 한계값은 좀 더 고려하기로 했다.

#### 5-1-1 B급 GCPC

B급 GCPC에 대하여 전문가들은 <표 4>의 한계값에 동의했으며, 이 한계값은 독일에서 제안한 한계값과 일본에서 제안한 <표 3>의 한계값과 동일하다.

#### 5-1-2 20 kVA 이하의 정격 전력 처리 용량을 갖는 A급 GCPC

20 kVA 이하의 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대하여 절충안을 찾던 전문가들은 합의할 수 있는 한계값을 위해 모든 이해 당사자들의 기대를 만족할 수 있도록 최종적으로 조정했다. 결과적으로 A급 GCPC 한계값은 <표 5>와 같이 정해졌다.

#### 5-1-3 20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC

20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대하여 독일 전문가들은 초기에 <표 6>과 [그림 15]의 ⑦ QP와 ③ AV의 그래프가 나타내는 한계값을 제안했다. 이 한계값은 비례적 관계 접근방법만을 사용하고, CISPR 11의 <표 2> 정격 입력 전력이 20 kVA를 초과하는 A급 기기의 AC 주전원 포트 단자 방해 전압 한계값을 참고하여 유도되었다.

<표 4> DC 전원 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값, B급 GCPC, 시험실 측정

Frequency range (MHz)	Quasi-peak (dB(μV))	Average (dB(μV))
0.15~0.50	84 decreasing linearly with logarithm of frequency to 74	74 decreasing linearly with logarithm of frequency to 64
0.50~30	74	64

<표 5> DC 전원 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값, 정격 전력 20 kVA 이하 A급 GCPC

Frequency range (MHz)	Quasi-peak (dB(μV))	Average (dB(μV))
0.15~0.50	97 decreasing linearly with logarithm of frequency to 89	84 decreasing linearly with logarithm of frequency to 76
0.50~30	89	76

일본 전문가들은 이 범주의 GCPC의 한계값에 대한 자신들의 제안을 가지고 있지 않았기 때문에, 비엔나 회의 동안에 독일 전문가들이 만든 다른 제안에 동의했다. 그 제안은 더 큰 정격 처리 용량을 갖는 GCPC에 대한 한계값은 더 완화될 수 있도록 한 것이다. 그 이유는 시리즈로 생산되는 GCPC의 경제적 구성을 감안했기 때문이다. 그러나 일본 전문가들은 20 kVA 이하의 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대한 한계값에 기초하여 절충안을 찾을 것을 제안

<표 6> DC 전원 입력 포트, 단자 방해 전압 한계값, 정격 전력 20 kVA 초과 A급 GCPC

Frequency range (MHz)	Initial German proposal	Compromise suggested during the meeting in Vienna
	Quasi-peak (dB(μV))	Quasi-peak (dB(μV))
0.15~0.5	116	116 decreasing linearly with logarithm of frequency to 106
0.5~5	102	
5~30	106 decreasing linearly with logarithm of frequency to 89	106 decreasing linearly with logarithm of frequency to 89



했다.

〈표 6〉은 20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대한 한계값에 관하여 초기 독일 전문가들의 제안과 회의 중 제안된 절충안을 보여준다.

최종적으로 일본 전문가들은 0.5~5 MHz 주파수 범위에서의 완화에 대한 절충안에 동의했다. 그러나 5~30 MHz의 범위에 대한 절충안에는 동의하지 않았다. 그 이유는 주파수는 대수적으로 증가하는데 반해서, 한계값은 선형적으로 증가하는 것은 20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대하여 특히 너무 제한적인 요구사항이 될 수 있기 때문이다.

2011년에는 독일과 일본 전문가들은 20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대하여 5~30 MHz의 범위의 한계값에 대하여 합의할 수 없었다.

## 5-2 2012년 런던 MT-GCPC 회의

### 5-2-1 CISPR/B/533/CD의 준비

런던의 회의에서 B급 GCPC와 20 kVA 이하의 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC의 DC 전원 포트에서의 방해 전압에 대한 한계값을 CD에 포함시키기로 결정하였다. 결과적으로 CISPR/B/533/CD의 〈표 x1〉과 〈표 x2〉의 한계값은 각각 이 문서의 〈표 3〉 및 〈표 2〉와 같게 되었다.

### 5-2-2 CISPR/B/534/DC의 준비

20 kVA를 초과하는 정격 처리 용량을 갖는 A급 GCPC에 대한 한계값에 대하여 존재하는 불일치와 측정 방법과 적절한 DC 전원 전압 및 전류 용량을 갖는 DC-AN의 준비 등의 문제로 인해 MT-GCPC는 먼저 의견 수렴을 위하여 DC를 발간하기로 결정하였다.

이 회의는 A급 GCPC에 대한 대체 측정 방법으로

전압 프로브와 적절한 전류 프로브가 연계된 형태에 DC-AN을 사용하도록 결정하였다. 또한 피시험 GCPC에 대하여 그것이 최대 방출을 내는 경우라면 부분 처리 용량의 사용에 대하여도 고려하기로 하였다.

비엔나 회의에서 합의한 한계값과 함께 이러한 측정 방법에 관한 모든 내용이 CISPR/B/534/DC에 포함하였다. 대체 측정 방법, 방해 전압 한계값이 방해 전류 및 전력 한계값에 대하여 보강되었다.(CISPR/B/534/DC의 〈표 y1〉을 참고할 것)

정립된 측정 방법을 사용하는 방법 A의 경우에, 〈표 y1〉의 두 번째, 세 번째 칸의 방해 전압 한계값이 통상적인 방법에서 사용된 DC-AN과 함께 적용한다.

대체 측정 방법을 사용하는 방법 B의 경우에, 두 번째와 세 번째 칸의 한계값이 DC-AN 또는 기타 150 Ω CM 종단을 사용하여 전압 프로브로 측정된 결과에 적용된다. 그 다음, 네 번째와 다섯 번째 칸에 제시된 방해 전류 한계값이 전류 프로브로 측정된 결과에 추가로 적용된다.

여섯 번째와 일곱 번째 칸에 제시된 방해 전력 한계값은 만일 다른 측정값은 해당 한계값에 대하여 여유가 있는 반면에, 측정값 중 하나가 한계값을 초과한다면 EUT가 그 시험에 합격인지 불합격인지를

CISPR/B/534/DC의 〈표 y1〉 DC 전원 입력 포트, 정격 전력 20 kVA 초과 1종 A급 GCPC의 전도성 방출 한계값

1	2	3	4	5	6	7
Frequency range MHz	Disturbance voltage		Disturbance current		Disturbance power	
	Quasi-peak dB(μV)	Average dB(μV)	Quasi-peak dB(μA)	Average dB(μA)	Quasi-peak dB(pW)	Average dB(pW)
0.15 - 5	118	108	72	62	84	74
	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to
5 - 30	106	96	62	52	84	74
	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to	decreasing linearly with logarithm of frequency to
	89	76	45	32	67	54

결정하는 문제를 극복하기 위해 도입되었다. CISPR/B/534/DC의 조사 결과에서 방해 전력 한계값은 아마도 삭제될 예정이며, 해당 평가 방법은 CISPR 32에서 사용된 평가 방법으로 대체될 예정이다. 2013년 MT-GCPC 셀턴함 회의의 결과로 확정되었다.

## Ⅵ. 향후 전망

이 문서는 태양광 발전기 설비에 적용되는 전력망에 연결되는 전력 변환기의 DC 전원 포트에 나타나는 150 kHz~30 MHz 범위의 전도성 방해에 대한 한계값을 결정하는 모델을 제시하고 있다.

이 모델은 CISPR 11 f1 Ed.6.0의 유지 보수 프로젝트(태양광 발전기 시스템용 GCPC에 대한 방출 요건의 추가)에 관한 임무를 맡은 MT-GCPC에 의해 검증되어 유효성이 검증되었다. 이 모델은 CISPR/H에서 확정하여 추후 CISPR 16-4-4의 유지 보수에 포함시키도록 하기 위해 CISPR/H로 제출되었다.

이 문서의 <표 2~4>는 1절에서 설명된 모델을 사용하여 유도된 한계값을 포함한다. 한계값 유도에서 30 MHz 이하의 범위에서 전력전자 기기의 전도성 방해를 완화하기 위한 비용 효과적 EMI 필터 및 기타 방법의 실현 가능한 기술적 제약과 경제적인 제약을 고려하여 도출되었다. 이 한계값은 태양광 발전기 시스템에 적용된 용량이 다른 저, 중, 고 전력 GCPC에 대하여 비교시험(RRT) 측정을 통해 검증되었다. 측정은 CISPR 16-1-2와 CISPR/B/533/CD 부록 X에 따라서 AC 주전원 포트의 방해 전압 측정 방법과 최신 기술로 구현된 150 Ω 공통모드 종단 임피던스를 갖는 V-회로망과 델타 회로망 원형을 가지고 수행되었다.

MT GCPC는 다음 단계의 문서를 준비 중이며, 전체 프로젝트가 정해진 기간 내에 성공적으로 마무리될 수 있을 것으로 확신한다.

모든 모델링 연구는 태양광 발전기 시스템이 임

의의 가정용 전기 설비, 예를 들면, AC 주전원 설비, 유선 LAN, 신호 전송 및 제어 버스, 통신 선로 등과 같이 거의 유사한 복사 특성을 갖는 것으로 가정하였다. 이 가설은 여전히 더 고려해야 할 주제이다. 그 이유는 이 문서에서 제시된 모델이 EUT의 구조만을 나타낼 뿐, 설치된 태양광 발전기 시스템의 DC 전력 케이블의 실제 복사 특성을 다루고 있지는 않기 때문이다.

추가적인 실제 측정이 필요하며, 수집된 데이터는 공통 모드 임피던스와 그러한 설비가 갖는 안테나 이득 및 안테나 인자에 대한 통계적 평균값, 표준편차를 결정하는데 사용될 것이다. 이러한 파라미터들에 대하여 알게 됨으로써 CISPR 11 적용 범위의 반도체 전력 변환기의 형식시험 요구사항에 기초하여, 설치된 PV 시스템으로부터의 전형적인 복사 방출에 대한 유효한 평가가 가능하게 된다.

## Ⅶ. 결 론

CISPR SC B에서 작성하여 제출되고, CISPR SC H에서 발행한 전력망에 연결되는 전력 변환기(GCPC)에 대한 DC포트의 전도성 방출 한계값을 도출하기 위한 모델과 이를 적용하여 도출한 한계값을 소개하였다. 아직은 표준으로서 완성된 것이 아니라 표준화가 진행되고 있는 부분이지만, 전력변환기의 DC 포트에 대한 한계값 표준화 방향을 가늠해 볼 수 있는 기회가 되기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

- [1] EMC(전자파 적합성) 표준화 동향, 국립전파연구원, RRA-2013-ETC-504, 2013.
- [2] CISPR/H/250/DC, Rationale for the limits proposed for grid connected power converters (GCPC) - A model for determination of limits for DC power ports

of power converters, *IEC CISPR SC H*, 2013. 2. 15.

≡ 필자소개 ≡

장 태 현



1996년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 아주대학교 정보전자공학과 (공학석사)

2008년 2월~현재: 한양대학교 전자제어 계측공학과 박사과정

1996년 5월~현재: 한국산업기술시험원

전자과기술센터 센터장

2012년~현재: CISPR H 국제간사

2007년~현재: 한국정보통신기술협회(TTA) 주관 IT 국제표준화전문가

[주 관심분야] EMI/EMC/EMP 측정 표준화