

太陽光発電システムにおける系統連系電力変換装置(GCPC)からのエミッション国際標準化動向

EHS&S 研究センター上級研究員 兼 エネルギー技術部担当部長 山根 宏

Keyword : 太陽光発電システム, EMC, エミッション, 系統連系電力変換装置, CISPR11, 国際標準化

1. はじめに

省エネルギーやエネルギー資源の安定供給の観点から、再生可能エネルギーへの期待が高まる状況下で、太陽光発電システムの大量導入が進められている。この大量導入は住宅用太陽光発電システムの導入に限らず、固定価格買取制度（FIT制度）の導入により、数MWクラスの太陽光発電所としての導入が急拡大してきている。

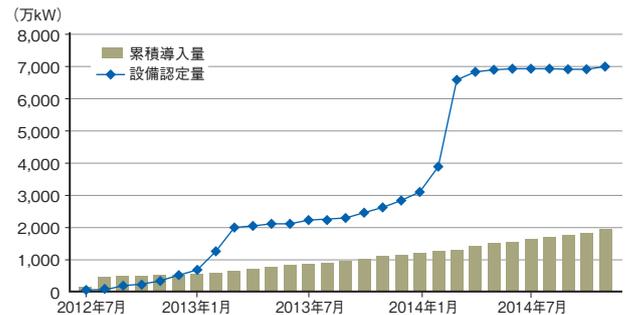
このように、太陽光発電システムが住宅内、あるいは発電所に設置された場合、他の家電機器をはじめとする電気・電子機器とのEMC (Electromagnetic Compatibility: 電磁両立性) 的な干渉や影響の可能性が懸念されることから、国際標準化機関において太陽光発電システムからの放射、伝導妨害波の許容値の議論がなされ、2015年6月にその国際規格 (CISPR11 Edition 6.0)¹⁾ が制定された。

本稿では、太陽光発電システムの導入量推移状況について述べるとともに、太陽光発電システムの構成機器である系統連系電力変換装置 (GCPC: Grid Connected Power Conditioners) に関する国際標準化機関での伝導・放射妨害波のエミッション規格に関して、その測定方法と許容値について述べる。また、系統連系電力変換装置に接続される対象装置が、拡大する動向についても述べる。

2. 太陽光発電システムの導入量

図1²⁾ に示すように、2012年7月より、「太陽光」の再生可能エネルギーについて、発電した電気を電力会社が一定価格で買い取るFIT制度がスタートし、太陽光発電は10kW以上の設備について40円/kWhと設定されたことで、認定・導入量が急速に拡大した。また、年度ごとに調達価格が見直されたため、特に年度末は認定申込みが急増した。

表1²⁾ は、2014年11月末時点の再生可能エネルギー発電設備の導入状況を示している。FIT制度開始後、2014年11月末時点で、新たに運転を開始した太陽光発電設備は1,455.9kWを占めており、このうち住宅用が279.8kW、非住宅用が1,176.1kWであり、非住宅用設備が急速に拡大していることがわかる。したがって、



出典：資源エネルギー庁「再生可能エネルギー各電源の導入の動向について」2015年3月

図1 太陽光発電設備の認定量と導入量の推移

表1 2014年11月末時点における再生可能エネルギー発電設備の導入状況

再生可能エネルギー発電設備の種類	設備導入量 (運転を開始したもの)				認定容量
	固定価格買取制度導入前	固定価格買取制度導入後			固定価格買取制度導入後
	2012年6月末までの累積導入量	2012年度の導入量 (7月~3月末)	2013年度の導入量	2014年度の導入量 (4月~11月末)	2012年7月~2014年11月末
太陽光(住宅)	約470万kW	96.9万kW	130.7万kW	52.2万kW	334万kW
太陽光(非住宅)	約90万kW	70.4万kW	573.5万kW	532.2万kW	6,688万kW
風力	約260万kW	6.3万kW	4.7万kW	10.7万kW	143万kW
地熱	約50万kW	0.1万kW	0万kW	0万kW	1万kW
中小水力	約960万kW	0.2万kW	0.4万kW	2.7万kW	34万kW
バイオマス	約230万kW	2.1万kW	4.5万kW	5.6万kW	148万kW
合計	約2,060万kW	175.8万kW	713.9万kW (866,272件)	603.4万kW	7,349万kW (1,482,411件)

出典：資源エネルギー庁「再生可能エネルギー各電源の導入の動向について」2015年3月

GCPCの規格も太陽光発電規模により、クラス分けして許容値を定めている。

3. 太陽光発電システムの国際標準化

3.1 国際規格化の組織体制

すべての電気・電子機器は、自ら電磁雑音を放出して周囲の機器に影響を与えると同時に、周囲の電磁環境に影響されて誤動作や性能が低下する可能性がある。そのような状態にならないようにするのがEMC規格である。EMC分野の国際規格は、図2に示すように、IEC (国際電気標準会議) 規格とその特別委員会であるCISPR (国際無線障害特別委員会) 規格が基本となっている。IEC

においては、TC (Technical Committee) 82で太陽光発電システムに対する規格に適合するための製品の要件や試験条件、試験手順等の製品規格を作成しており、CISPRでは、SC-B (Sub-Committee B) で無線周波妨害波の抑制に関する許容値および測定法の国際規格の制定を行っている。2008年から正式に、このSC-B内のWG-1内 (Working Group 1) でMT-GCPC (Maintenance Team GCPC) を結成して、太陽光発電システムに接続される系統連系電力変換装置による高周波電磁妨害国際規格CISPR11 (工業、科学、医療 (ISM) 向け高周波機器の特性の許容値および測定方法) の整備が開始された。

3.2 国際規格化の経緯

太陽光発電システムにおいて、CISPR11でのEMC規格を改定する内容の概要を図3に示す。この図で、太陽電池パネルから発電された直流電力はGCPCを介して商用の低電圧系統等に供給されることになるが、太陽電池パネルとGCPC間の直流 (DC) 伝導妨害波および放射妨害波、およびGCPCから低電圧系統間の交流 (AC) 伝導妨害波および放射妨害波がその対象となる。直流伝導妨害波について、太陽電池パネルは住宅用太陽発電システムからメガソーラーまでを対象にしている。また、対象装置は太陽光発電システムに直接接続される装置のみを対象にしており、蓄電池やその他直流電源は適用対象外としている。

表2は、当時、CISPR11 Edition 5.1やCISPR16においてすでに整備されている測定方法と許容値、未整備の測定方法と許容値を示したものである。

すなわち、交流ポート伝導妨害波④や放射妨害波③に関しては規格が存在していたが、直流ポート伝導妨害波②や太陽電池パネルからの放射妨害波①は存在していなかった。そこで、太陽光発電システムが普及拡大したことにより、GCPCからの直流伝導妨害波の測定法と許容値の規格を新たに制定する必要性が生じた。なお、放射妨害波測定では、当初、太陽電池パネル内の配線がアンテナになり、放射妨害波が周囲の機器に影響を及ぼすことが懸念されていたが、レベルが非常に小さいことから、太陽電池パネルは含まないこととなっている³⁾。

表3は、CISPR11で取り扱う機器の設置環境 (クラス別)、グループ (装置種類) 別分類を示しており、GCPCはグループ1機器であり、設置場所によりクラスA機器、クラスB機器にもなりうる。住宅内に構築

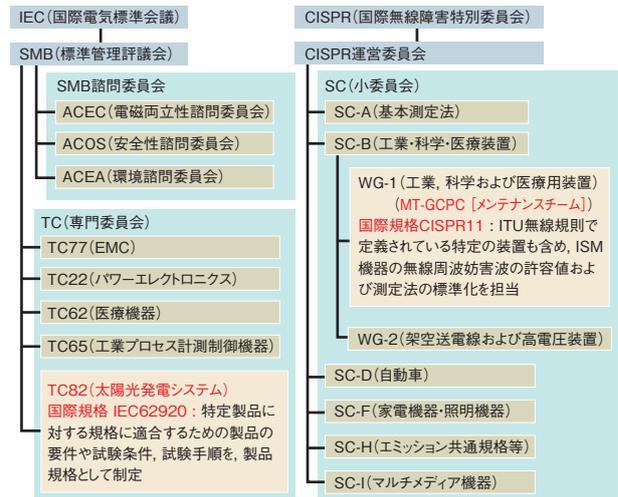


図2 IECにおけるEMC関連規格作成組織

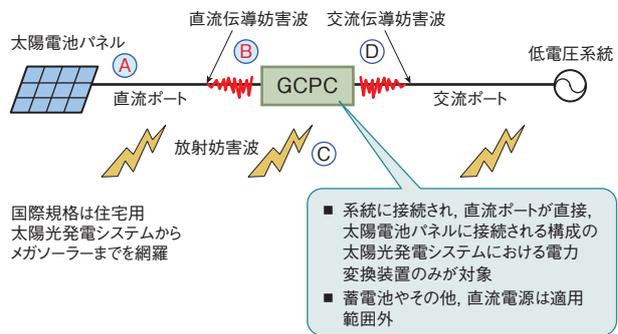


図3 CISPR11の改定内容概要

表2 GCPCの許容値と測定箇所・測定方法

	項目	測定方法	許容値	測定箇所
④	交流ポート伝導妨害波 (150kHz~30MHz)	CISPR16-2-1	CISPR11	GCPCの交流ポート
①, ②	直流ポート伝導妨害波 (150kHz~30MHz)	N/A	N/A	GCPCの直流ポート (①は太陽電池パネルからの放射妨害波を想定していたがレベルが低いため除外)
③	放射妨害波 (30MHz~1GHz)	CISPR16-2-3	CISPR11	太陽電池パネルを含まずGCPC本体のみ

表3 CISPR11における機器の分類

		クラスA	クラスB
		工業用環境	家庭用施設・住宅用電源に接続するもの
グループ1	グループ2以外のもの	試験装置、医療電気装置、科学用装置、半導体電力変換装置、動作周波数が9kHz以下の工業用電気加熱装置、機械工具、工業プロセス測定制御装置、半導体製造装置、スイッチング電源、半導体整流器/逆変換器	
グループ2	材料の処理、検査、分析のために高周波エネルギーを使用するもの、あるいは電磁エネルギーを伝送するもの	マイクロ波給電UV照射装置、マイクロ波照明機器、動作周波数が9kHzを超える工業用誘導加熱装置、家庭用誘導加熱調理器、誘電加熱装置、工業用マイクロ波加熱装置、家庭用電子レンジ、電気医療機器、電気溶接装置、放電加工装置、教育訓練用の実演模型、誘導充電装置	

表4 MT-GCPCにおける規格作成の経緯

CISPR	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年
	予備期間		評価検証期間		規格作成期間		規格提案期間	
	・MT発足	・方針提案 ・測定方法提案	・試験結果報告 ・規格化方針決定	・各国検証結果比較	・規格原案第1版発行	・規格原案第2版発行 ・投票用規格原案発行	・最終規格原案発行	・国際規格発行

する場合にはクラスB機器の要件を満足させなければならない。

さらに、2015年6月に国際規格発行に至るCISPRでのMT-GCPCの規格作成に関する検討経緯を表4に示す。この表から、MTが発足してから約8年で国際規格化にたどり着いたことになる。

4. 太陽光発電システムに関する国際規格の許容値および測定法

本章では、太陽光発電システムの国際規格で規制している具体的な許容値と測定法について住宅用太陽光発電システムを例として述べる。

図4に示すように、住宅用太陽光発電システムは、屋根に設置された太陽電池パネル、太陽電池パネルの発電量を最大化し、直流出力を交流に変換するGCPC、家庭内配線と接続する分電盤、交流側に設置された売電用の電力量計などで構成されている。

GCPCの主な構成要素であるインバータは、高周波スイッチングによりDC-AC変換するため、スイッチングノイズが発生する。そのノイズが太陽電池パネル側に伝導し(図4の⑧経路)、太陽電池がアンテナとして作用することにより電磁妨害波を放射し、周囲の電気・電子機器に影響を与える可能性があるため、太陽電池パネルの直流ポートに流れる伝導妨害波を規定する必要がある(図4の①ルート)。なお、太陽電池パネル内の配線からの放射妨害波が影響を及ぼすことが懸念されていたが、

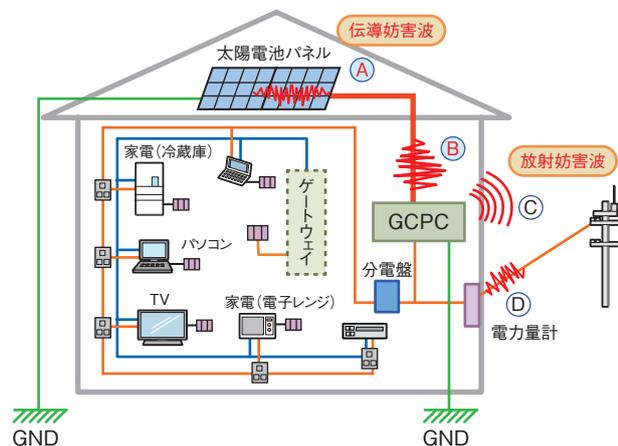


図4 住宅用太陽光発電システムの構成例

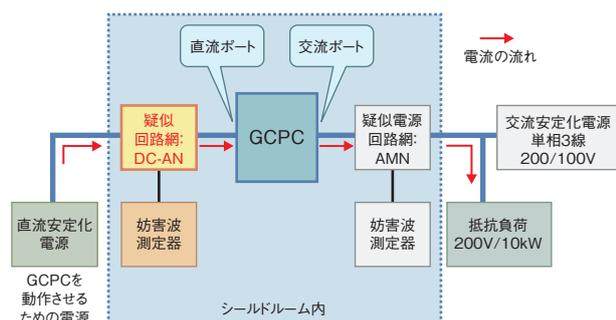


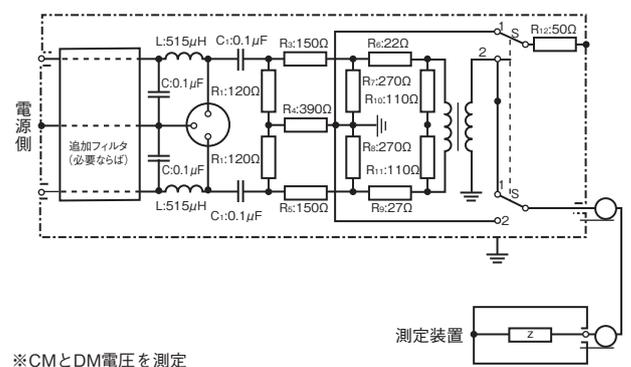
図5 GCPCからの伝導妨害波測定方法

前述のようにレベルが非常に小さいことから、太陽電池パネルからの放射妨害波は含まないこととした。一方、GCPCの他端の配電線に接続される交流ポートに発生する電源ノイズは、電源線伝導妨害波もCISPR11の規格に規定されている(図4の②ルート)。また、GCPCから直接放射される③ルートに関しては、表2に示したように、既存のCISPR11に規定されている。

4.1 直流伝導妨害波の測定方法および許容値

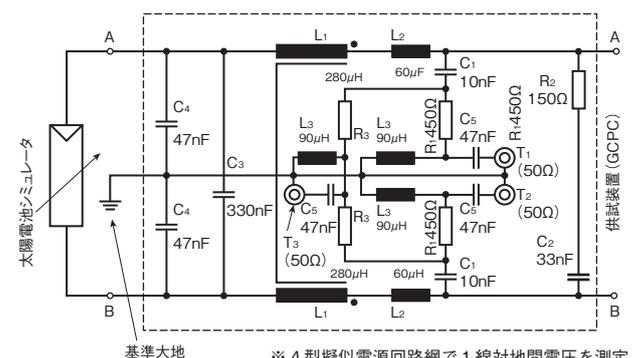
一般的に被試験対象機器(供試機器)であるGCPCの伝導妨害波測定は、設置場所でなく、電波暗室やシールドルーム等の測定室で測定する。

図5に示すように、グループ1機器における電源線からの150kHz~30MHzでの妨害波については、既存CISPR11の規定に従い擬似電源回路網(AMN:Artificial Mains Network)を使用して伝導妨害波端子電圧として許容値を設定している。直流回路に対しても、同様な考え方をすることができる。すなわち、GCPCの直流回路のインピーダンスに整合した擬似回路網(DC-AN:DC Artificial Network)を新たに設計して伝導妨害波を測定する。GCPCを動作させる直流電源は、太陽電池パネルの代替として直流安定化電源を使用して測定することができる。ここで、直流用擬似電源回路網の構成を図6(a)、(b)に示す。ただし、図6(a)ではCM(Common Mode)電圧とDM(Differential Mode)電圧を、図6(b)では1線対地間電圧を測定することになる。



※CMとDM電圧を測定

図6(a) 既存CISPR16-1-2で規定されている擬似電源回路網を応用したDC-AN(例)



※Δ型擬似電源回路網で1線対地間電圧を測定

図6(b) 新たに提案されたDC-AN(例)

1) GCPC容量 $\leq 20\text{kVA}$ の直流/交流ポート妨害波電圧の測定方法と許容値

直流側擬似回路網のコモンモードインピーダンスが 150Ω 、交流側擬似電源回路網のコモンモードインピーダンスが 50Ω として、図7に示す回路構成にて妨害波電圧を測定することとし、その許容値を、図8(a)、(b)に示す。

この容量のGCPCは、第2章で述べたように、住宅用として用いられることが多く、住宅環境クラスBでの適用が強いられ、直流許容値は他の住宅用電気・電子機器に影響を与えないようにするために、比較的厳しい値が定められている。直流ポートの許容値は交流ポートの許容値より $+18\text{dB}$ となっており、これは直流側のコモンモードインピーダンス 150Ω と交流側の1線対地間インピーダンス 50Ω との差 10dB より 8dB 程度高い値となっている。

一方、交流側の許容値は見直しがなく、他の住宅用電子・電気機器であるクラスBの交流側許容値と同等となっている。

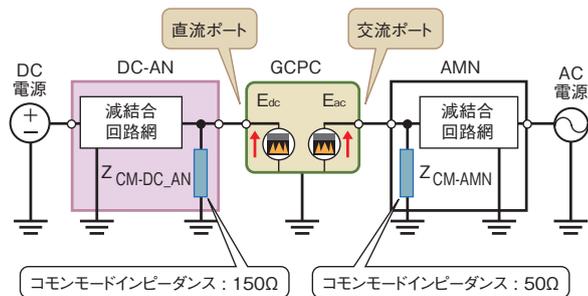


図7 GCPC容量 $\leq 20\text{kVA}$ の直流ポート妨害波電圧測定回路構成例

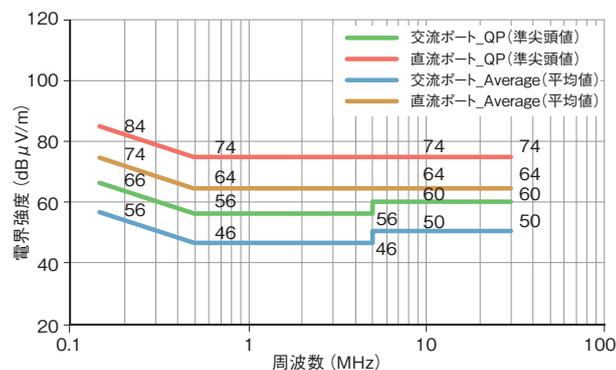


図8(a) クラスB環境下でのGCPC伝導妨害波許容値

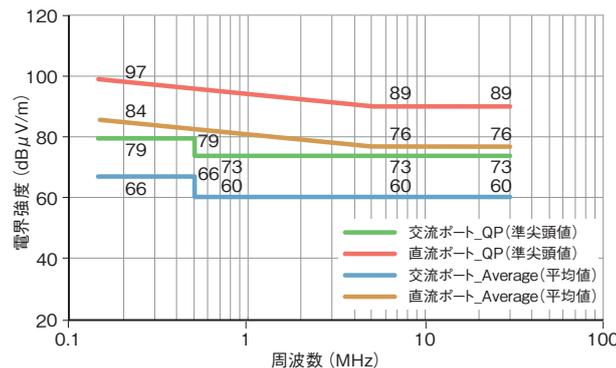


図8(b) クラスA環境下でのGCPC伝導妨害波許容値

2) GCPC容量 $> 20\text{kVA}$ の直流/交流ポート妨害波電圧の測定方法と許容値

メガソーラーや発電所レベルの太陽光発電システムに用いるGCPCで容量が 20kVA を超える場合の測定方法の回路構成を図9に、直流ポートおよび交流ポートの伝導妨害波電圧の許容値をそれぞれ、図10(a)、(b)に示す。

なお、GCPC容量が 20kVA を超える場合のクラスB環境(住宅用)下での許容値は規定されていない。また、交流ポートの伝導妨害波電圧許容値は、前バージョンであるCISPR11 Edition 5.1と同等であった。

直流ポートに関する伝導妨害波電圧許容値は、電圧/電流両方の値を設定しており、測定値は両方とも満足していなければならない。直流ポートの許容値は交流側のそれと比較して、周波数の比較的低い 150kHz 周辺は高くなっており、 10MHz 以上で逆に低くなっている。

さらに、許容値を表記している表¹⁾(CISPR11 Edition 6.0)には、以下の注意書きが記載されている。

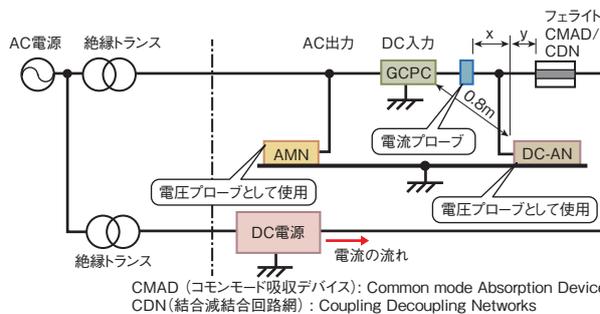


図9 GCPC容量 $> 20\text{kVA}$ の直流ポート妨害波電圧測定回路構成例

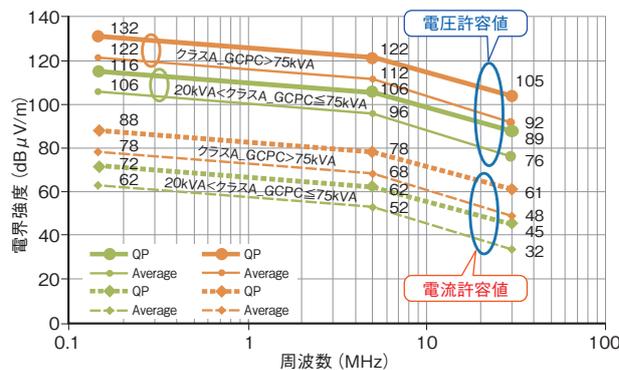


図10(a) GCPCの直流ポートでの伝導妨害波許容値

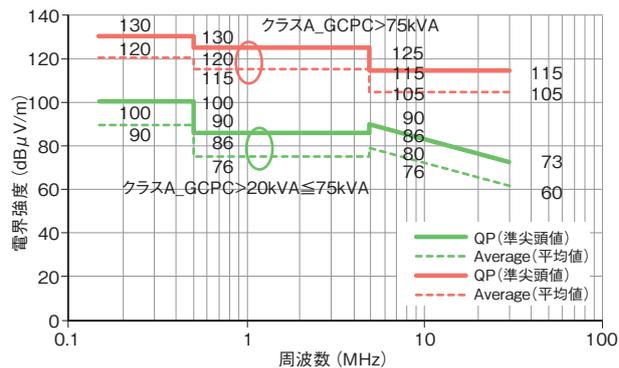


図10(b) GCPCの交流ポートでの伝導妨害波許容値

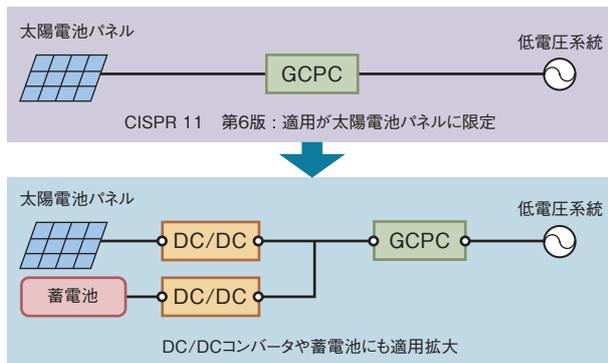


図11 GCPCに接続された他機器へのEMC規格拡大を検討

“製造者あるいは提供者は製品に付属する説明書に、施設から30mの距離において無線受信への影響を防ぐことを目標に、装置からのエミッションを低減する方法についての情報を提供する必要がある、またこの装置は追加のフィルタを設置することができること、およびこの施設は住宅環境から物理的に30m以上離れた場所に設置することを指示しなくてはならない。設置業者は本規格の6.4項に示された設置場所測定により対策ができたことをチェックすることが望ましい。”

この注意書きは本規格で新しく記載された項目であり、この規模の太陽光発電システムにおいては、発電所と同様に安全柵を設けるような対応が必要になることを示している。

4.2 放射妨害波の測定方法および許容値

太陽光発電システムの系統連系電力変換装置からの放射妨害波の規格値は、前バージョンであるCISPR11 Edition 5.1と同等となっている。また、GCPC容量 $\leq 20\text{kVA}$ に対する放射妨害波許容値に関しては、家電製品や情報技術装置の許容値と同等である。

以上のように、太陽光発電システムの主要機器であるGCPCの測定方法や許容値が国際標準化されたことにより、各国、特に欧州や米国等ではEN規格やUL規格等が作成される動きが出てくることが予想される。また、国内では認証制度化や国内答申等の動きが出てくることが予想される。

5. GCPCに対する今後のEMC的要件標準化動向

以上述べてきたように、系統に接続されるGCPCは太陽光発電システムにのみ適用されてきたが、図11に示すように、DC/DCコンバータを介して接続される蓄電池や太陽光発電システムにも適用範囲を拡大するようにCISPR/B/WG1のTF (Task Force) で議論がはじめられている。

特に、UPS (無停電電源装置) やHVDC (高電圧直流) 給電装置等のスイッチング電源機器を搭載した装置が一般的にも普及してきているが、この装置にもEMC的な規格を作成する動きが出始めている。

6. まとめ

省エネルギーやエネルギー資源の安定供給の観点から、再生可能エネルギーへの期待が高まる状況下で、太陽光発電システムの大量導入が進められている。

FIT制度をきっかけとしたこの大量導入により、2014年11月末時点での認定量は、住宅用の場合750万kWで、非住宅用の場合は6,770万kWにも及んでいる。

住宅用太陽光発電システムや大規模太陽光発電システムの他の電気・電子機器へのEMC的影響の可能性から、国際標準化機関で太陽光発電システムの系統連系電力変換装置からの放射、伝導妨害波許容値が示された。具体的には、① $20\text{kVA} \geq \text{GCPC容量}$ 、② $20\text{kVA} < \text{GCPC容量}$ の直流伝導妨害波測定方法と許容値についてであり、 20kVA 以下の場合、DC許容値は他の住宅用家電製品に影響を与えないようにするため、比較的厳しい値となっている。

GCPC容量 $>20\text{kVA}$ では、電圧/電流許容値を設定しており、測定値は電圧/電流の両方とも、満足していただければならない。直流ポートの許容値は交流側のそれと比較して、周波数の比較的低い150kHz周辺は高くなっており、10MHz以上で逆に許容値が低くなっている。

また、GCPCに接続される他装置へのEMC規格の適用の検討が開始されていることを述べた。

〔参考文献〕

- 1) CISPR 11:2015 “Edition 6.0 (2015-06-09) Industrial scientific and medical equipment – Radio-Frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement”
- 2) 資源エネルギー庁：再生可能エネルギー各電源の導入の動向について、2015.3
- 3) 「妨害波委員会の活動 (2) 太陽光発電システムに起因する電磁妨害波測定法の調査」EMCCレポート、第25号、2008



やまね ひろし
山根 宏

EHS&S 研究センター上級研究員 兼 エネルギー技術部担当部長
通信EMC(放射妨害波、イミュニティ、過電圧)評価、対策技術、太陽光発電システム評価に従事
日本電気協会渋沢賞受賞
博士(工学)
電気学会、電子情報通信学会会員

Synopsis

Trends in International Standardization of Emissions from Grid Connected Power Conditioners (GCPC) in Photovoltaic Power Generation Systems

Hiroshi YAMANE

As hopes grow for renewable energy from the perspective of energy conservation and the stable supply of energy resources, advances are being made in the large-scale introduction of photovoltaic power generation systems. This large-scale introduction comprises not only the introduction of photovoltaic power generation systems for homes, but also the dramatically growing introduction of such systems as the several-MW class PV power stations through application of the FIT system.

Because of the potential impact of photovoltaic power generation systems for homes and large-scale photovoltaic power generation systems, in terms of EMC, on other electrical and electronic devices, international standardization organizations have set out limits for conducted disturbances for conducted emissions from grid connected power conditioners (GCPC) in photovoltaic power generation systems. Specifically, measurement methods and limits for conducted emissions are set for the cases where (1) $20 \text{ kVA} \geq \text{GCPC capacity}$ and where (2) $20 \text{ kVA} < \text{GCPC capacity}$. In the case where GCPC capacity is 20 kVA or less, to ensure that other home appliances are not affected, the DC limits for conducted disturbances is set to a comparatively stringent level. In the case where GCPC capacity is more than 20 kVA, limits of voltage and current values are set and, measured values must satisfy both voltage and current values. Compared to the AC side, the limits DC port value is high in the region of the comparatively low frequency of around 150 kHz, while, conversely, the tolerable value is low at 10 MHz or higher.

Furthermore, it is also noted that studies have begun into the application of EMC standards to other devices connected to GCPCs.