

電源高調波電流の制限 — IEC 61000-3-2, -3-12 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2020 年 1 月 14 日

目次

1	はじめに	1
2	電源高調波電流	1
2.1	電源高調波電流の発生源	1
2.1.1	位相制御と高調波	2
2.2	電源高調波電流に伴う問題	4
3	IEC 61000-3-2	4
3.1	適用範囲	4
3.2	制御方式の制限	5
3.3	機器の分類	6
3.3.1	クラス A	6
3.3.2	クラス B	6
3.3.3	クラス C	6
3.3.4	クラス D	6
3.4	限度	6
3.4.1	クラス A	6
3.4.2	クラス B	7
3.4.3	クラス C	7
3.4.4	クラス D	7
3.5	限度の適用	8
3.6	測定	8
3.6.1	電源	8
3.6.2	高調波アナライザ	9
3.6.3	EUT の動作条件	9
3.6.4	観測時間	10
3.7	ラックやケースに入れられた機器	11
3.8	JIS C 61000-3-2	11
4	IEC 61000-3-12	11
4.1	適用範囲	11
4.2	制御方式の制限	12
4.3	機器の分類	12
4.3.1	ハイブリッド機器	12
4.4	短絡比 R_{Sce}	12
4.5	限度	13
4.6	限度の適用	14
4.7	測定	14
4.7.1	電源	14
4.7.2	高調波アナライザ	16
4.7.3	EUT の動作条件	16
4.7.4	観測時間	16
4.8	ラックやケースに入れられた機器	16
4.9	顧客への情報の提供	16
5	高圧での受電の場合	17
6	補足: 両立性レベル	17
7	参考資料	18

1 はじめに

本稿では電気機器の電源高調波電流の制限に関する規格である IEC 61000-3-2:2018^[1]、及び IEC 61000-3-12:2011^[3] の概要を述べる。

2 電源高調波電流

2.1 電源高調波電流の発生源

交流電源の波形は理想的には単一の周波数 (通常は 50 Hz か 60 Hz) の成分のみを含む正弦波で、このような交流電源に白熱電球や電熱器のような抵抗性の負荷を接続した時の電源電流は電源電圧と同様の正弦波の波形となる。

負荷が誘導性や容量性の場合には電圧と電流の位相角がずれるが、負荷が概ね線形であれば電流波形は同様に正弦波に近い波形となる (図 1)。^{†1}

だが、交流電源で動作する機器の多く、例えばコンデンサ・インプット型整流平滑回路^{†2†3}や位相制御回路^{†4}を含むものの電源電流は、図 2 のように、正弦波とは著しく異なったものとなることがある。

このような正弦波以外の繰り返し波形はその基本波 (繰り返し周波数) の整数倍の高調波を合成した

^{†1} 誘導性負荷の代表例には電動機があり、このような実際の負荷は磁気回路の非線形性やその他の変動要因によって電流波形の歪みを引き起こし得るが、これは通常の負荷状態ではそれほど著しいものとはならないであろう。

^{†2} 整流回路 (ダイオードなど) の直後にコンデンサを接続して直流を得る回路で、直流電源装置 (スイッチング電源など) やインバータなどもこれを含むことが多いため、現代ではこれは多くの機器に含まれていることになる。

^{†3} ある程度以上の容量のコンデンサ・インプット型整流平滑回路を何らかの高調波抑制手段 (力率改善と呼ばれることもある) なしでこの規格の限度に適合させることは困難だろう。伝統的な対策手段はリアクトル (チョーク) を挿入することであるが、これはかなり大きく、重いものとなり勝ちで、その代わりに電子的な高調波抑制手段が工夫されている。

^{†4} 通電角の制御によって電力の制御を行なうもので、しばしば調光や温度制御に用いられる。位相制御は高効率で、安価に実現できるものの、本質的に著しい高調波を発生するため、§3.2 や §4.2 のようにその手法そのものが制限されることもある。

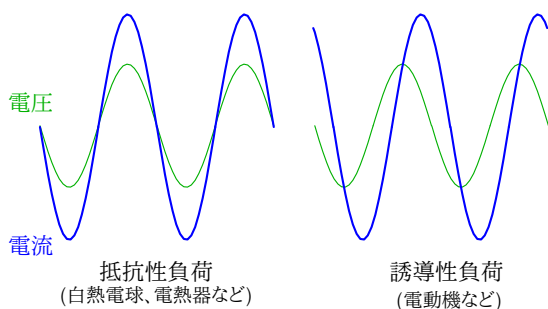


図 1: 高調波を含まない波形の例

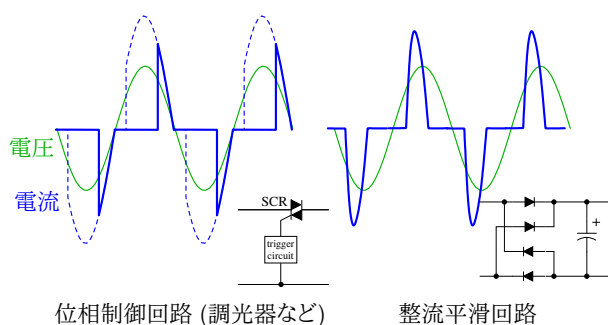


図 2: 高調波を含む波形の例

ものとして考えることができ、従ってその歪みの程度を高調波成分がどれだけ含まれているかとして表現することができる。

図2のようにプラス側とマイナス側が対称な繰り返し波形は奇数次高調波（基本波の3倍、5倍、...）のみを含む^{†5}。実際の機器の電流波形もプラス側とマイナス側が似た形状となることが多く、従って奇数次高調波が支配的となることが多い。だが、半波整流が用いられている場合（図3）のように、著しく非対称な波形となることもあり、このような非対称な繰り返し波形は偶数次高調波（基本波の2倍、4倍、...）も多く含んだものとなる^{†6}。

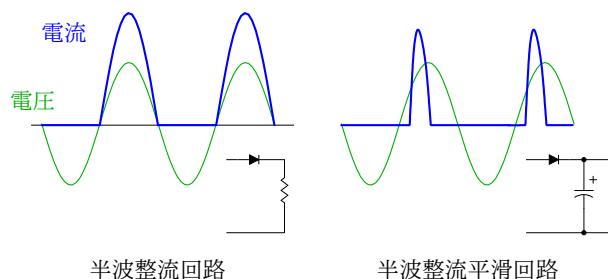


図 3: 偶数次高調波を含む波形の例

^{†5} 図2のような位相制御波形の各次数の成分（奇数次の成分のみを示している）は表1を参照。勿論、実際の波形は完全に対称ではなく、偶数次高調波もある程度含むであろう。

^{†6} 図3のような半波整流波形や半波位相制御波形の各次数の成分は表2を参照。

波形が基本波の整数倍以外の周波数成分を含む場合もあるが、このようなものも高調波の一種として扱われ、次数間高調波、あるいは中間高調波と呼ばれる（図4）。^{†7}

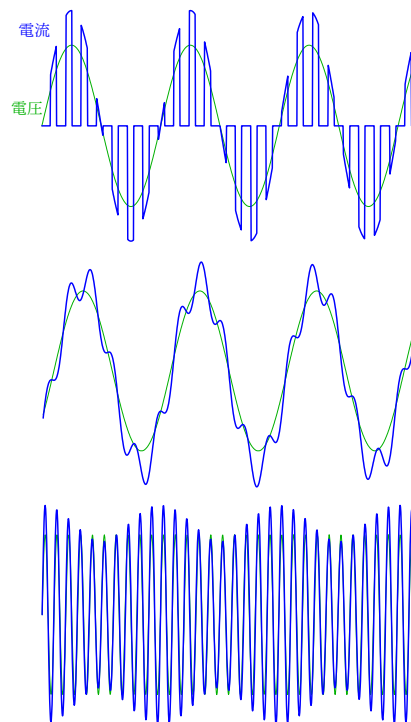


図 4: 次数間高調波を含む波形の例

2.1.1 位相制御と高調波

位相制御で発生する高調波のレベルをいくつかの点弧角について求めたものを表1に、また点弧角90°の時の値をグラフにしたものを図5に示す。^{†8}

図6は3Aの負荷を位相制御した場合の高調波電流を求めたものにIEC 61000-3-2のクラスA限度を重ねたものであるが、この条件でほぼ限度ぎりぎりとなっているのが見える。

また、半波のみを可変の点弧角で通電させた半波位相制御で発生する高調波のレベルを求めたものを表2と図8に示すが、これは低次の偶数次高調波を多く含んだものとなっている。

^{†7} 図4の最後のものは高調波の影響を示すものには見えないかも知れないが、これは電源周波数に近い周波数の次数間高調波の重畳に伴ってビートを生じているものである。この波形からも分かるように電源周波数に近い周波数の次数間高調波はフリッカ^[6]を引き起こすことがある。

^{†8} この波形はプラス側とマイナス側が対称で、偶数次高調波は含まないので、ここでは奇数次高調波のみを示している。

次数	点弧角					
	0°	30°	60°	90°	120°	150°
1	1.000	0.974	0.839	0.593	0.309	0.085
3	0.000	0.080	0.239	0.318	0.239	0.080
5	0.000	0.070	0.138	0.106	0.138	0.070
7	0.000	0.058	0.069	0.106	0.069	0.058
9	0.000	0.044	0.063	0.064	0.063	0.044
11	0.000	0.032	0.055	0.064	0.055	0.032
13	0.000	0.023	0.039	0.045	0.039	0.023
15	0.000	0.019	0.037	0.045	0.037	0.019
17	0.000	0.018	0.034	0.035	0.034	0.018
19	0.000	0.018	0.028	0.035	0.028	0.018
21	0.000	0.017	0.026	0.029	0.026	0.017
23	0.000	0.014	0.025	0.029	0.025	0.014
25	0.000	0.012	0.021	0.024	0.021	0.012
27	0.000	0.011	0.020	0.024	0.020	0.011
29	0.000	0.011	0.020	0.021	0.020	0.011
31	0.000	0.011	0.017	0.021	0.017	0.011
33	0.000	0.010	0.017	0.019	0.017	0.010
35	0.000	0.009	0.016	0.019	0.016	0.009
37	0.000	0.008	0.015	0.017	0.015	0.008
39	0.000	0.008	0.014	0.017	0.014	0.008
THC	0.000	0.147	0.317	0.386	0.317	0.147
I(rms)	1.000	0.985	0.897	0.707	0.442	0.170

表 1: 位相制御と各次数の成分

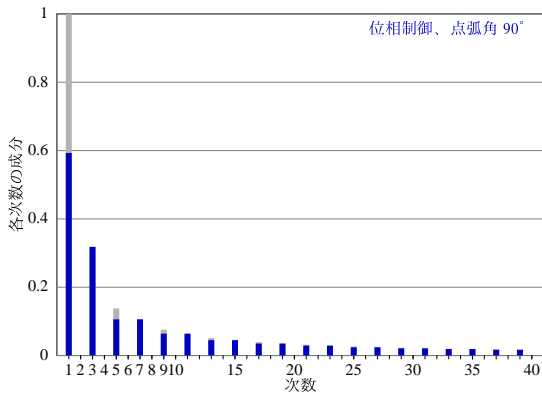


図 5: 位相制御と各次数の成分 (点弧角 90°)

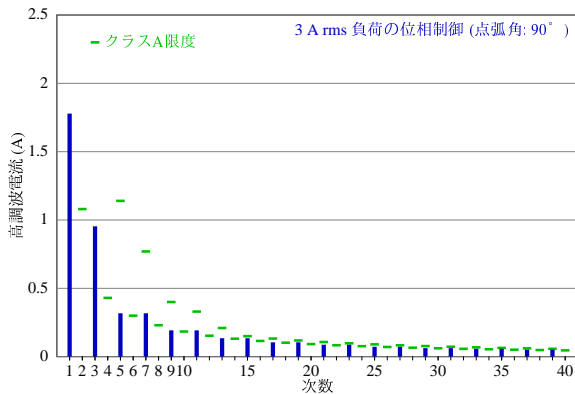


図 6: 3 A の負荷の位相制御時の高調波電流 (点弧角 90°)

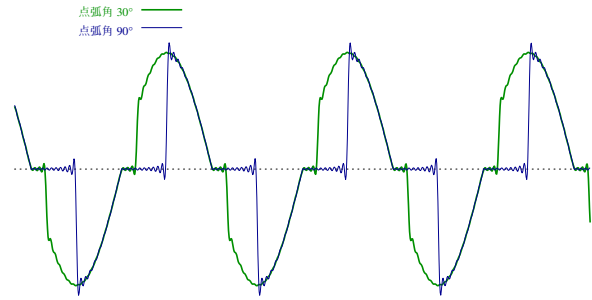


図 7: 40 次までの高調波から合成した位相制御波形

次数	点弧角					
	0°	30°	60°	90°	120°	150°
DC	0.450	0.420	0.338	0.225	0.113	0.030
1	0.500	0.487	0.420	0.296	0.154	0.042
2	0.212	0.245	0.276	0.237	0.140	0.041
3	0.000	0.040	0.119	0.159	0.119	0.040
4	0.042	0.061	0.055	0.087	0.094	0.038
5	0.000	0.035	0.069	0.053	0.069	0.035
6	0.018	0.027	0.049	0.055	0.047	0.032
7	0.000	0.029	0.034	0.053	0.034	0.029
8	0.010	0.016	0.039	0.041	0.031	0.026
9	0.000	0.022	0.032	0.032	0.032	0.022
10	0.006	0.014	0.025	0.032	0.031	0.019
11	0.000	0.016	0.028	0.032	0.028	0.016
12	0.004	0.014	0.023	0.027	0.023	0.013
13	0.000	0.011	0.020	0.023	0.020	0.011
14	0.003	0.013	0.021	0.023	0.018	0.010
15	0.000	0.009	0.019	0.023	0.019	0.009
16	0.002	0.011	0.016	0.020	0.018	0.009
17	0.000	0.009	0.017	0.018	0.017	0.009
18	0.002	0.009	0.015	0.018	0.015	0.009
19	0.000	0.009	0.014	0.018	0.014	0.009
20	0.002	0.007	0.015	0.016	0.013	0.009
21	0.000	0.008	0.013	0.014	0.013	0.008
22	0.001	0.007	0.012	0.015	0.013	0.008
23	0.000	0.007	0.013	0.014	0.013	0.007
24	0.001	0.007	0.012	0.013	0.012	0.007
25	0.000	0.006	0.011	0.012	0.011	0.006
26	0.001	0.007	0.011	0.012	0.010	0.006
27	0.000	0.005	0.010	0.012	0.010	0.005
28	0.001	0.006	0.010	0.011	0.010	0.005
29	0.000	0.005	0.010	0.011	0.010	0.005
30	0.001	0.005	0.009	0.011	0.009	0.005
31	0.000	0.005	0.009	0.011	0.009	0.005
32	0.001	0.005	0.009	0.010	0.008	0.005
33	0.000	0.005	0.008	0.009	0.008	0.005
34	0.001	0.004	0.008	0.009	0.008	0.005
35	0.000	0.005	0.008	0.009	0.008	0.005
36	0.000	0.004	0.008	0.009	0.008	0.004
37	0.000	0.004	0.007	0.008	0.007	0.004
38	0.000	0.004	0.007	0.008	0.007	0.004
39	0.000	0.004	0.007	0.008	0.007	0.004
40	0.000	0.004	0.007	0.008	0.007	0.004
THC	0.218	0.268	0.335	0.334	0.248	0.108
I(rms)	0.707	0.697	0.634	0.500	0.313	0.120

表 2: 半波位相制御と各次数の成分

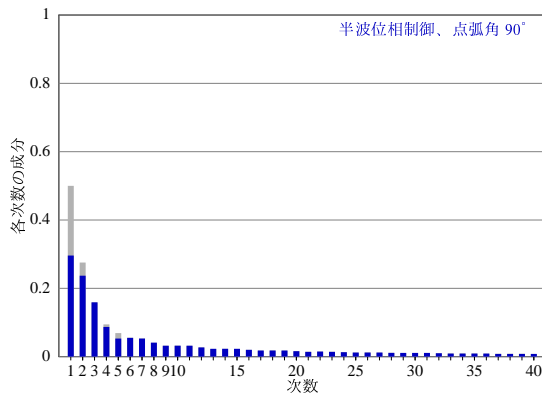


図 8: 半波位相制御と各次数の成分 (点弧角 90°)

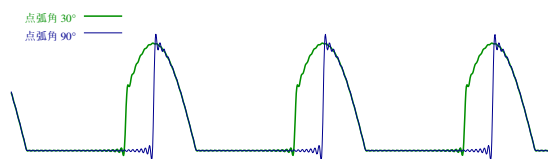


図 9: 40 次までの高調波から合成した半波位相制御波形

2.2 電源高調波電流に伴う問題

過大な電源高調波電流は、その電流そのもの、あるいはそれによって引き起こされる電源電圧波形の歪み^{†9}が、電力系統の無効電力を増大させる^{†10}とともに、他の機器や電力系統に、

1. 機器の誤動作
2. 電話や音響機器の雑音
3. 電力系統上の変圧器、リアクトル、コンデンサなどの異音、過熱、焼損、爆発
4. 配電系統の中性線の過熱、焼損

などの問題を引き起こすことがある。

現代ではこのような電源高調波電流を発生する可能性を持つ機器の使用が著しく増大しており、それに伴う様々な問題の防止のため、その抑制が求められるようになってきている。

^{†9} この典型的な例の 1 つは、電力系統にコンデンサ・インプット型整流平滑回路を用いた機器が接続された時、電源電圧波形のピーク付近でのみ高い電流が流れることから図 10 のように電源電圧波形のピークがつぶれたものとなるものである。

^{†10} 無効電力はエネルギーとして有効に利用されないが、電力設備はその分の電流も供給しなければならず、また配電線や変圧器などでの電力の損失を（従って発熱を）増加させるため、無効電力が大きいことは好ましくない。高い周波数の電流はより大きな銅損や鉄損をもたらすため、さらに不利となる。

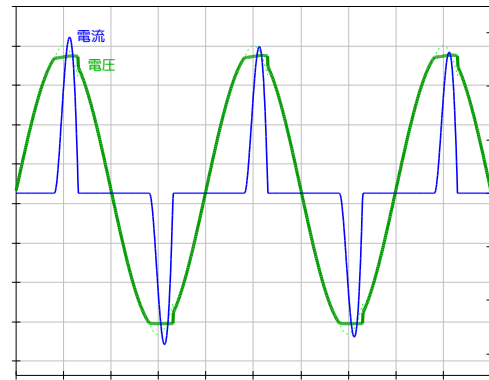


図 10: コンデンサ・インプット型整流平滑回路の入力電流に伴う電圧波形の歪みの例 (シミュレーション)

3 IEC 61000-3-2

3.1 適用範囲

IEC 61000-3-2^[1]、「高調波電流エミッションの限度 (相当たり ≤ 16 A の機器入力電流)」は、低压商用電源に接続される 16 A/相までの機器の電源高調波電流に関する要求事項を定めている。^{†11}

但し、少なくとも現時点ではこの規格では以下のものに対する限度は定められていない:^{†12}

- 220/380 V^{†13} ~ 240/415 V、50/60 Hz 以外の電源に接続される機器^{†14}
- 定格 5 W 未満の照明機器
- 定格 75 W 以下の照明機器以外の機器
- 定格 1 kW を超える専門家用機器
- 定格 200 W 以下の対称制御の加熱素子

^{†11} 低压商用電源に接続されない機器、例えば高圧受電や自家発電の施設でのみ使用される機器はこの規格の適用範囲から外れる。高圧受電の施設での使用を意図した機器については §5 も参照。なお、日本国内では高圧受電となるような施設であっても地域によっては低压での受電となるかも知れないことにも留意されたい。

^{†12} これらについては限度が定められていないだけで、この規格の他の要求、特に制御方式の制限 (§3.2) は適用される。また、いずれにしても機器が干渉問題を引き起こさないようにすることは必要となる。

^{†13} 220/380 V のような表記は、単相や三相のライン - 中性線間の電圧が 220 V、三相のライン - ライン間の電圧が 380 V であることを意味する。

^{†14} この理由、また各国の電源事情の違いなどもあり、この規格は他の多くの EMC 規格のように広く受け入れられてはいないが、少なくとも欧州においては、これらの規格と整合した欧州規格である EN 61000-3-2 が EMC 指令の整合規格となっており、この規格に適合する機器は通常は高調波に対する特別な注意を払うことなしに商用電源に接続できるものとみなされている。日本国内で適用される規格は §3.8 を参照。

- 以下の独立型調光器:
 - 定格 1 kW 以下の白熱電球用調光器^{†15}
 - 白熱電球以外の照明機器を動作させる、定格電力 200 W 以下の後縁調光器^{†16}、またデフォルトのモード設定が後縁である汎用位相制御調光器
 - 白熱電球以外の照明機器を動作させる、定格電力 100 W 以下の前縁調光器^{†17}、またデフォルトのモード設定が後縁でない汎用位相制御調光器

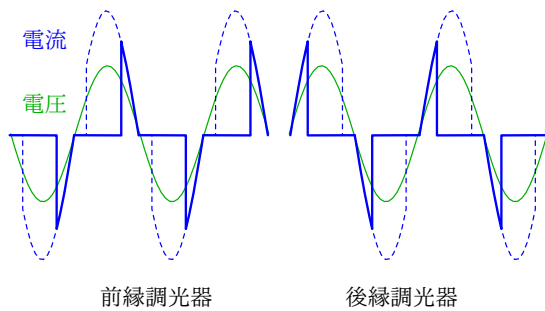


図 11: 前縁調光器と後縁調光器

- それが安全でない状況の検知を可能とする唯一の現実的な解決策である
- 制御された有効電力が 100 W 以下である、あるいは
- 制御される機器が 2 線の可撓コードが接続された短時間のみの使用が意図された可搬型機器である

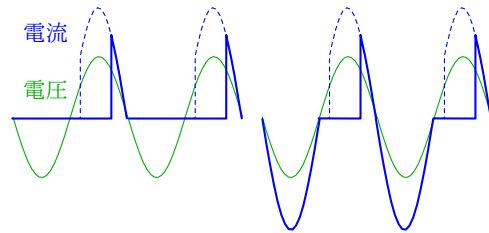


図 12: 非対称な位相制御の例

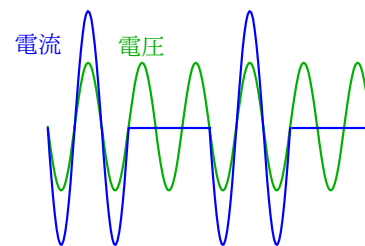


図 13: 非対称なマルチサイクル制御の例

3.2 制御方式の制限

この規格では高調波を発生する傾向がある制御方式の使用には制限が設けられている:^{†18}

- 非対称制御^{†19}や主電源上での半波整流は、以下のいずれかの場合に限り、非対称制御はモータの制御のために、また半波整流は任意の目的のために使用できる:^{†20}

^{†15} JIS C 61000-3-2:2018 では定格 1.7 kW 以下。

^{†16} 交流電圧波形の後側をカットすることで減光を行なう位相制御調光器 (図 11)。

^{†17} 交流電圧波形の前側をカットすることで減光を行なう位相制御調光器 (図 11)。典型的な位相制御調光器はサイリスタが電源電圧のゼロ・クロスで自然に遮断することを利用し点弧角を調整することで調光を行なうもので、このタイプとなる。

^{†18} 禁止された制御方式を用いていれば、高調波電流の測定結果が限度に適合していてもこの規格には不適合となる。また、この制限はこの規格で限度値が定められていない場合でも適用される。

^{†19} 正と負の半サイクルで異なる形で動作するように設計された制御 (図 12, 図 13)。

^{†20} 例えばヘア・ドライヤのヒータの弱への切り替えを半波整流で行なうことは、好ましくはないかも知れないものの、この規格上は許容範囲内となりそうである。勿論、高調波電流は該当する限度に適合しなければならず、半波整流では著しい偶数次高調波が発生する (表 2 参照) ことに注意が必要となるが、定格 1 kW (230 V 4.5 A 弱) 程度までであればクラス A 限度には入りそうである。だが、クラス C 限度の対象となる機器に関しては、この限度では特に 2 次高調波限度が厳しいことから、半波整流は使用できそうにない。

- 高調波を発生する対称制御^{†21}の加熱素子の制御のための使用は以下の場合に可能:

- 制御される負荷が 200 W 以下である、あるいは
- クラス D の限度を満足する

- 高調波を発生する対称制御^{†21}の専門家用機器での使用は以下の場合に可能:

- 制御される負荷が 200 W 以下である、
- クラス D の限度を満足する、あるいは
- 該当する限度を満足し、かつ 2 秒以内の熱時定数のヒータの制御を精密に行なう必要があり、経済的に可能な他の手法がない

^{†21} 図 11 のような対称な位相制御はこれに該当すると考えられる。

3.3 機器の分類

機器はその種類によってクラスに分けられ、限度はそれぞれのクラスに対して規定されている。

但し、照明機器はクラス C に分類されるものの、限度の適用に関しては追加のルールがある。

3.3.1 クラス A

他のクラスに分類されないもの
例えば:

- 平衡三相機器
- 他のクラスに該当しない家庭用機器
- 真空掃除機
- 高圧洗浄機
- 可搬型工具以外の工具
- 独立型位相制御調光器
- 音響機器
- 舞台照明用やスタジオ用の専門家用照明器具

3.3.2 クラス B

- 可搬型工具
- 専門家用機器以外のアーク溶接機

3.3.3 クラス C

- 照明機器

この規格では以下のようなものが照明機器として扱われる:

- ランプや照明器具
- その主機能の 1 つが照明である複合機能機器の照明部
- 独立型照明制御装置
- 紫外線/赤外線放射機器
- 広告灯
- 位相制御式以外の独立型調光器
- DLT 制御デバイス^{†22}

^{†22} DLT 制御デバイス (digital load side transmission lighting control device) は、路側の主電源配線上のデータ伝送を用いて照度などの照明パラメータを制御するデバイス。

但し、以下のものは除く:

- 複写機やプロジェクタなどの他の主目的を持つ機器に組み込まれた、あるいはスケールの照明や表示のために用いられる照明デバイス
- その主機能が光の発生や制御や分配ではない家庭用器具で、ランプが組み込まれたもの
- 独立型位相制御調光器
- 舞台照明用やスタジオ用の専門家用照明器具
- 緊急時にのみ光を放射する緊急用照明器具

3.3.4 クラス D

この規格に従って測定された電力が 600 W 以下の以下の機器:

- パーソナル・コンピュータ、及びパーソナル・コンピュータ用モニタ
- テレビ受信機
- 圧縮機モータの制御のための可変速ドライブを含む冷蔵庫と冷凍庫^{†23}

3.4 限度

3.4.1 クラス A

各次数の電流で規定されたクラス A 限度 (表 3, 図 14) を超えないこと。

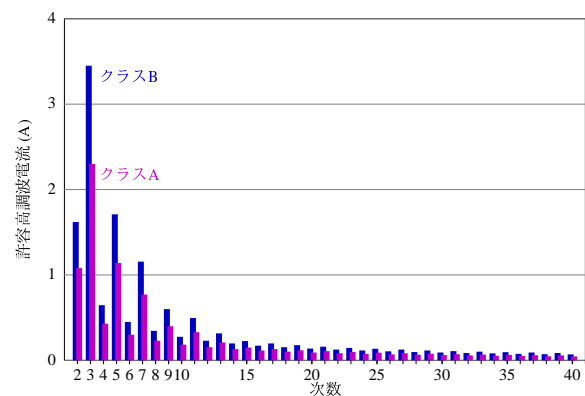


図 14: IEC 61000-3-2 クラス A / B 限度

^{†23} インバータ式のものはこれに該当する。

次数 h	最大許容高調波電流 (A)
奇数次高調波	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq h \leq 39$	$0.15 \times (15/h)$
偶数次高調波	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq h \leq 40$	$0.23 \times (8/h)$

表 3: IEC 61000-3-2 クラス A 限度

3.4.2 クラス B

クラス A の 1.5 倍の限度 (図 14) を超えないこと。

3.4.3 クラス C

照明機器はクラス C となるが、適用される限度は機器の仕様によって異なる。

- 白熱電球と組み込みの位相制御調光器を含む定格 25 W を超える照明器具はクラス A 限度 (表 3, 図 14) を超えないこと。
- 定格 25 W を超えるその他の任意の照明機器はクラス C 限度 (表 4, 図 15) を超えないこと。

次数 h	最大許容高調波電流 (基本周波数での電流に対する %)
2	2
3	$30 \times \lambda$ (λ : 力率 ^{†24})
5	10
7	7
9	5
$11 < h < 39$ (奇数次のみ)	3

表 4: IEC 61000-3-2 クラス C 限度

調光などの制御手段がある場合、測定は以下の双方の条件で行ない、適用する限度は最大有効電力 (P_{max}) の条件で算出する:

- 最大有効電力 (P_{max}) となる設定、及び
- 下記の P_{min} から P_{max} までの範囲で THC が最大となる設定:

^{†24} 力率 λ = 有効電力 P (W) / 皮相電力 (VA)

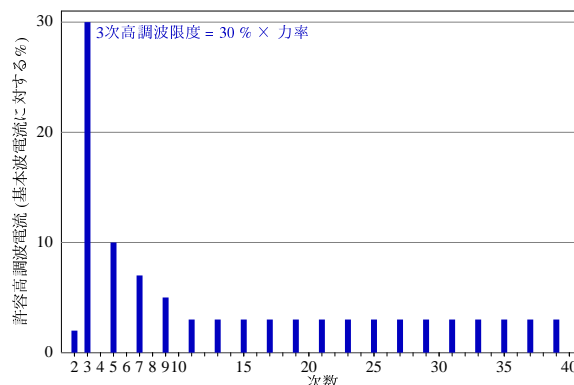


図 15: IEC 61000-3-2 クラス C 限度

P_{max}	P_{min}
≤ 50 W	5 W
50 ~ 250 W	P_{max} の 10 %
250 W <	25 W

- 定格 5 W 以上 25 W 以下の照明機器は以下のいずれかの条件を満たすこと:^{†25}
 - 電力当たりの電流 (mA/W) で規定されたクラス D 限度 (表 5, 図 16) を超えない、
 - 3 次高調波電流が基本波電流の 86 %、5 次高調波電流が 61 % を超えず、電流波形が 60° かそれよりも前にピーク電流の 5 % に達し、65° かそれよりも前にピークに達し、90° かそれよりも後までピーク電流の 5 % を下回らない、あるいは
 - THD^{†26} が 70 % を超えず、3 次高調波電流が基本波電流の 35 %、5 次高調波電流が 25 %、7 次高調波電流が 30 %、9 次と 11 次の高調波電流が 20 %、2 次高調波電流が 5 % を超えない。

3.4.4 クラス D

電力当たりの電流 (mA/W)、及び電流 (A) で規定されたクラス D 限度 (表 5, 図 16) を超えないこと。

前者の限度の算出に用いる電力は観測期間中の 1.5 秒平滑有効入力電力の最大値であるが、製造業

^{†25} 定格 5 W 未満の照明機器に対する限度はない。

^{†26} THD (total harmonic distortion; 総高調波歪) は、 I_h を h 次の高調波電流として、 $THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (I_h/I_1)^2}$ と定義されている。

次数 h	W 当たりの最大許容高調波電流 (mA/W)	許容高調波電流 (A)
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
$13 < h < 39$ (奇数次のみ)	$3.85/h$	クラス A 限度参照

表 5: IEC 61000-3-2 クラス D 限度

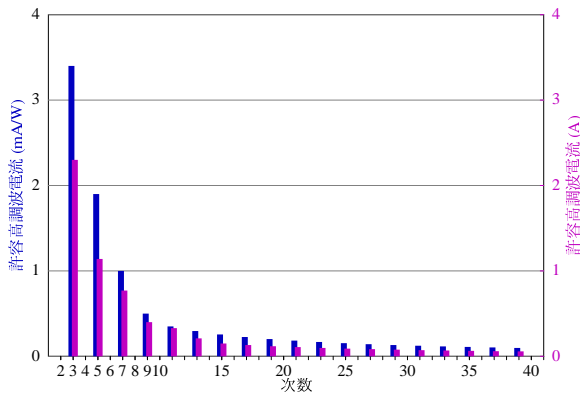


図 16: IEC 61000-3-2 クラス D 限度

者がその $\pm 10\%$ 以内の値を指定した場合は代わりにその値を用いることができる。

3.5 限度の適用

測定で得られた結果に機器の種類などから決まる限度を次のように適用する (図 17):^{†27}

- 観測期間内での高調波電流の平均値
各次数の高調波電流の観測期間中の平均値が該当する限度を超えないこと。
但し、21 次以上の奇数次高調波は、以下の場合は該当する限度の 150 % 以下であれば良い:
 - 測定された POHC^{†28} が該当する限度から求めた POHC を超えない、かつ

^{†27} 高調波アナライザは 1.5 秒毎に周波数分析を行ない、さらにその 1.5 秒毎の結果から観測期間全体での平均値を算出する。ここで述べるように、その平均値は該当する限度を超えてはならない (一部例外あり) が、1.5 秒毎に得られた個々の値は限度をある程度超えることが許容される。従って、例えば顕著な高調波を発生する機能が間欠的に動作するような場合、その機能が動作している時の高調波電流が限度をある程度超えていてもこの規格の要求に適合している可能性がある。

^{†28} POHC (partial odd harmonic current; 部分奇数次高調波電流) は 21 ~ 39 次の奇数次高調波電流の実効値で、 I_h を h 次の高調波電流として、 $POHC = \sqrt{\sum_{h=21,23,\dots}^{39} I_h^2}$ によって求められる。

- 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流全てが該当する限度の 150 % 以下
- 観測期間中の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流
全観測期間中の各次数の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流が以下のいずれかの条件を満たすこと:
 - 全観測期間中の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流が該当する限度の 150 % 以下、あるいは
 - 以下の条件を満たす場合、全観測期間中の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流が該当する限度の 200 % 以下:
 1. EUT がクラス A で、
 2. 該当する限度の 150 % を超える期間の合計が観測期間の 10 % か 10 分のいずれか短い方以下、かつ
 3. それぞれの高調波電流の全観測期間中の平均値が該当する限度の 90 % 以下

これらの評価に際して、入力電流の 0.6 %、あるいは 5 mA のいずれか大きい方よりも小さい電流は無視する。

3.6 測定

高調波電流の測定は、機器の電源電流を周波数分析し、それぞれの次数の高調波電流の値を求めるものとなる (図 18)。

3.6.1 電源

測定に用いる電源に関する要求は EUT に給電している状態での EUT の電源端子での電圧で規定されている:

- 電圧: 公称電圧 $\pm 2.0\%$

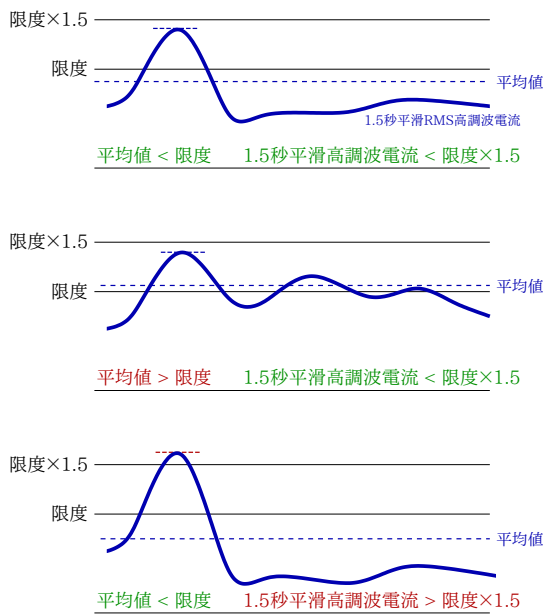


図 17: 高調波限度の適用

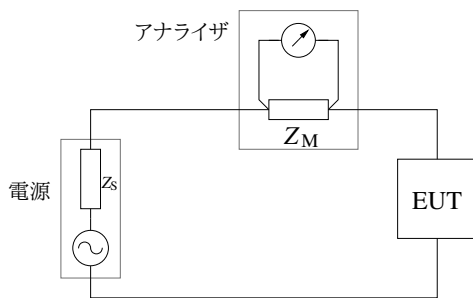


図 18: IEC 61000-3-2 測定系 (単相)

- 周波数: 公称周波数 $\pm 0.5\%$
- 三相電源の位相差: $120^\circ \pm 1.5^\circ$
- 高調波含有率:

3 次	$\leq 0.9\%$
5 次	$\leq 0.4\%$
7 次	$\leq 0.3\%$
9 次:	$\leq 0.2\%$
2, 4, ..., 10 次	$\leq 0.2\%$
11 ~ 40 次	$\leq 0.1\%$
- ピーク電圧: 実効値の 1.40 ~ 1.42 倍、ゼロ・クロスから $87^\circ \sim 93^\circ$ の範囲
(クラス A とクラス B ではこの条件は不要)

一般に、商用電源ではこの条件の担保は困難^{†29}で、規格に従った評価のためにはこの条件を満たす安定化電源が必要となるだろう。

この規格では電源 (また電源から EUT の電源端子までの配線) のインピーダンスに関する要求はない^{†31}が、EUT に給電している状態での EUT の電源端子での電圧がこれらの条件を維持するために十分に小さいことが必要となる。^{†32}

3.6.2 高調波アナライザ

高調波電流の分析の方法や測定器 (高調波アナライザ) の特性は IEC 61000-4-7^[4] で規定されており、その規格への適合を謳った測定器が市販されている。

このような測定器は周波数分析の結果を整数次の高調波として示すが、これは規格で定められた方法で次数間高調波を含めたものとなる。

3.6.3 EUT の動作条件

機器の種類によっては IEC 61000-3-2 の Annex B で試験時の EUT の動作条件^{†33}が具体的に規定されており、その場合はその規定に従う。

^{†29} 例えば高調波歪みについて考えると、低圧配電網の電圧の高調波に関する両立性レベルは 3 次: 5%、4 次: 1%、5 次: 6%、... (IEC 61000-2-2:2002) となっている。電源供給源では電源電圧波形の歪みが非常に小さかったとしても、電源のインピーダンスを $0.4 \Omega + 0.8 \text{ mH}$ ^{†30} と仮定すると、例えば 5 次高調波電流が 1.14 A (IEC 61000-3-2 クラス A 限度; クラス B ではこれよりも限度が高くなり、また短時間であれば 1.5 秒平均で該当する限度の 200% までの高調波電流が許容されるので、これはこの規格に適合する機器で予期される最悪のケースではない) 流れればその電流による電圧降下は 1.5 V となり、これは 230 V に対して 0.65% となり、EUT の電源入力での 5 次高調波含有率 $\leq 0.4\%$ という要求を超える高調波歪みを生じる可能性が予期される。

^{†30} IEC 61000-3-3 の Z_{ref} 、 $(0.24 \Omega + j0.15 \Omega) + (0.16 \Omega + j0.10 \Omega)$ より。

^{†31} 但し、JIS C 61000-3-2 では、測定結果にばらつきが生じるおそれがある場合の代替手段として電源と EUT のあいだにインピーダンスを挿入する方法が規定されており、この場合はこのインピーダンス (電源、配線、測定器のインピーダンスを含む) は単相 100 V の場合で $(0.4 \Omega \pm 0.032 \Omega) + (0.37 \text{ mH} \pm 0.0296 \text{ mH})$ 、単相 200 V の場合で $(0.38 \Omega \pm 0.0304 \Omega) + (0.46 \text{ mH} \pm 0.0368 \text{ mH})$ となる。

^{†32} JIS C 61000-3-2 で許容されたインピーダンスを意図的に挿入した場合もそのインピーダンスは EUT の電源端子での電源品質に影響するが、この規格では電源電圧の高調波歪みの要求は無負荷状態と抵抗負荷を接続した状態で適用するように定められている。

^{†33} 例えば、洗濯機の場合、乾燥質量が $140 \sim 175 \text{ g/m}^2$ の $70 \times 70 \text{ cm}$ 程度の木綿布を入れ、温水の供給が意図されている場合は $65 \pm 5^\circ\text{C}$ 、その他の場合は $10 \sim 25^\circ\text{C}$ の水を給水して通常の洗濯サイクルで動作させる、など。

その他の場合で、機器の動作条件によって高調波の発生量が変化する場合、測定は THC (総高調波電流)^{†34}が最大となる条件で行なう。

THC は消費電力が大きい時に高くなるとは限らないことに注意が必要である。例えば、位相制御式の電力調整器 (ある種の調光器や温度調節器のような) の場合、最大出力時の電流波形は正弦波に近付き、THC は小さくなる (表1)。

どの条件で THC が高くなるかわからない場合、試験条件の決定のため、高調波アナライザで実際の THC を確認しながら動作条件を変えることなどが必要となるかも知れない。

3.6.4 観測時間

この規格の高調波電流限度は 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流とその十分に長い時間での平均値に対して適用される (図 17)。

後者の測定は適切な期間の観測を行なってその期間中の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流の平均値を求めことで行なえる。高調波電流の変動が少ない場合にはこの観測時間の選択はそれほど重要ではないが、装置が間欠的に動作する場合のように高調波に大きな変動がある場合は観測時間や観測のタイミングによって測定結果が有意な変動を生じる可能性がある (図 19)^{†35}。このため、高調波に大きな変動がある場合はこの観測時間と観測のタイミングの選択が重要となる。

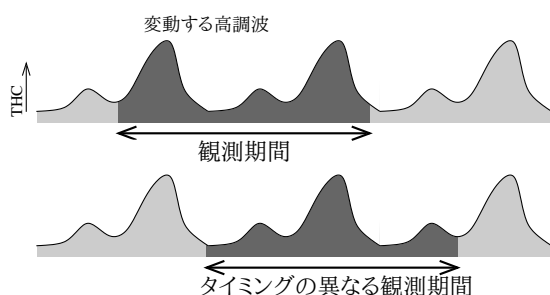


図 19: 高調波の変動と観測期間

^{†34} THC (total harmonic current; 総高調波電流) は、概念的には電流の高調波成分全ての実効値だが、この規格では 40 次までの高調波成分を考慮することになっており、 I_h を h 次の高調波電流として、 $THC = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} I_h^2}$ と定義されている。

^{†35} 例えば高調波のレベルが周期的に高くなる機器について 1.5 周期分程度の観測を行なった場合、図 19 に示すように高調波のレベルが高くなる期間が観測期間内に 2 回入った場合と 1 回入った場合とで大きく異なった測定結果が得られることが、また後者では評価が有意に甘くなることが予想される。

高調波電流の変動が周期的な場合、変動の周期よりも十分に長い時間 (例えば 10 倍以上) の観測を行なうようにすれば、このようなタイミングのずれがあったとしても測定結果の変動はかなり小さくなる (図 20)。^{†36}

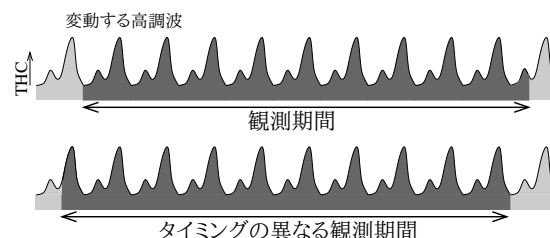


図 20: 変動の周期が短い場合の観測期間

高調波電流の変動の周期が長い場合にはこのような長い時間^{†37}の観測を行なうことは実際的ではないかも知れないが、変動の周期が既知の場合、丁度 1 周期 (あるいはその整数倍)^{†38}の期間の観測を行なうことができればその全期間での平均的な高調波のレベルを得ることができる。あるいは、その代わりに、高調波のレベルが高くなる期間を含む短い期間の観測の結果が限度を超えないことを確認できれば、それでも充分である (図 21)。

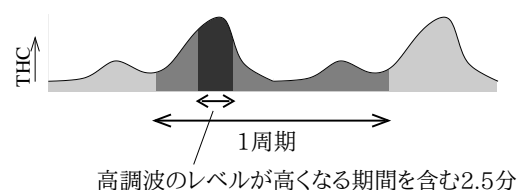


図 21: 変動の周期が長い場合の観測期間

高調波電流に有意な変動があるが、変動の周期やパターンが予想できないような場合には、非常に長い時間の測定を行なうか、あるいは測定を繰り返して確認を行なうことが必要となるかも知れない。

この規格では観測期間 T_{obs} は測定の繰り返し性^{†39}が該当する限度の $\pm 5\%$ よりも良くなるよう

^{†36} 例えば高調波のレベルが周期的に高くなる機器について変動の周期の 10 倍程度以上の観測を行なった場合、高調波のレベルが高くなる期間が観測期間内に入る回数が ± 1 増減しても測定結果への影響はそれほど大きいものとはならない (図 20)。

^{†37} 例えば変動の周期が 1 時間の場合で 10 時間以上の。

^{†38} 1 周期以上ではない。例えば高調波のレベルが低くなる期間が観測期間に余計に含まれた場合、その測定で得られた平均値は低くなる。

^{†39} 測定の繰り返し性 (repeatability) は、同一の EUT、同一の試験システム、同一の試験条件で試験を繰り返した時の測定結果の変動に関係するものであり、試験の再現性 (reproducibility) とは異なる。

に決めることが求められており、この決定に関して、高調波の変動のパターンに応じて表6のような形で述べられている。

機器の挙動	観測期間
準静的	再現性の要求を満足させるために十分な期間の T_{obs}
短周期 (周期 ≤ 2.5 分)	$T_{obs} \geq 10$ サイクル (基準の方法)、再現性の要求を満足させるのに十分な期間の T_{obs} 、もしくは同期させる
ランダム	再現性の要求を満足させるために十分な期間の T_{obs}
長周期 (周期 > 2.5 分)	機器の全プログラム・サイクル (基準の方法)、あるいは製造業者が THC が最大となる動作期間とみなした代表的な 2.5 分間

表 6: 観測期間の決定

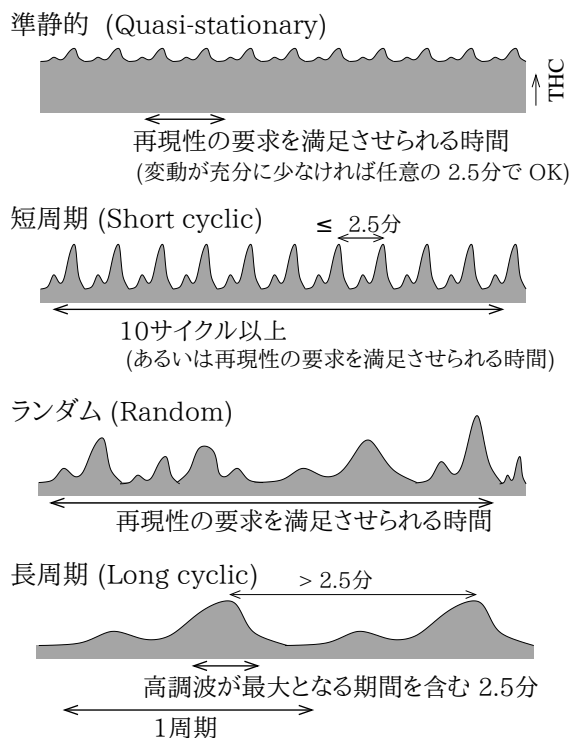


図 22: 表 6 のイメージ

機器の始動や停止がある場合、機器の動作の始動や停止の後 10 秒間は測定から除外する。機器は観測期間の 10 % よりも長いあいだ待機状態となつてはならない。

3.7 ラックやケースに入れられた機器

複数の独立した機器がラックやケースに組み込まれる場合、それらは別々に主電源に接続されるものとみなし、それぞれについて評価を行なう。

3.8 JIS C 61000-3-2

国内での IEC 61000-3-2 に相当する規格としては JIS C 61000-3-2^[2] がある。^{†40}

JIS C 61000-3-2 は IEC 61000-3-2 をベースとしているが、300 V 以下、20 A/相までの機器をカバーするとともに、その限度は 100 V や 200 V などのものを含む 300 V 以下の任意の電源電圧の機器に適用できるようになっている。

この規格のクラス C 以外の限度は、公称電圧を V_{nom} として IEC 61000-3-2 の限度に $230 V/V_{nom}$ (クラス A 三相機器の場合は $400 V/V_{nom}$) を掛けることで、すなわち公称電圧 V_{nom} が 100 V の場合は限度を 2.3 倍とすることで求められる。

また、有効入力電力 600 W を超えるエアコンディショナの限度が別に規定されており、該当する機器については、有効入力電力に応じて限度値を上げられるようになっている。^{†41}

4 IEC 61000-3-12

4.1 適用範囲

IEC 61000-3-12^[3]、「公共低圧系統に接続される入力電流 $> 16 A$ かつ $\leq 75 A$ の機器が発生する高調波の限度」は、50 Hz か 60 Hz、单相 240 V、三相 690 V までの低圧商用電源に接続される^{†11} 16 ~ 75 A/相の機器の電源高調波電流に関する要求事項を定めている。

^{†40} この規格への適合は法的な要求とはなっていないが、平成 16 年 9 月 6 日の経済産業省からの通達に基づいて JEITA (電子情報技術産業協会) や JBMIA (ビジネス機械・情報システム産業協会) などの各工業会が規則を定めて高調波の抑制を励行しており、国内で低圧配電網に接続される機器はこの規格に適合させることが望まれる。

^{†41} 例えば单相電源のエアコンディショナの 3 次高調波電流の限度は $[2.30 + 0.00283(P - 600)] \times (230/V_{nom})$ で、 $V_{nom} = 100 V$ の場合、 $P = 600 W$ であれば 5.29 A、 $P = 2000 W$ であれば 14.4 A となる。

但し、現時点では 230/400 V 50 Hz 以外の電源に接続される機器に対する限度は定められていない。
†42†43

4.2 制御方式の制限

- 対称制御のみが許容される
- マルチサイクル制御以外の対称制御†44の加熱素子の制御のための使用は、該当する限度を満足し、かつ 2 秒以内の熱時定数のヒータの制御を精密に行う必要があり、経済的に可能な他の手法がない場合に限り許容される

4.3 機器の分類

この規格では IEC 61000-3-2 と異なり機器の種類に応じた分類はないが、機器は電源の使い方に応じて以下のように分類される：

- 平衡三相機器以外の機器
- 平衡三相機器
- 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 a, b, c)
 - a. 全観測期間中の 5 次と 7 次の高調波電流が I_{ref} †45の 5 % 未満
 - b. 5 次高調波電流の位相角が偏らないように設計されており、0 ~ 360° の任意の位相角となり得る、あるいは
 - c. 全観測期間中の 5 次高調波電流の位相角が 90 ~ 150° の範囲内にある
- 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 d, e, f)
 - d. 全観測期間中の 5 次と 7 次の高調波電流が I_{ref} の 3 % 未満
 - e. 5 次高調波電流の位相角が偏らないように設計されており、0 ~ 360° の任意の位相角となり得る、あるいは

f. 全観測期間中の 5 次高調波電流の位相角が 150 ~ 210° の範囲内にある

この規格では「三相機器」は 3 つの導体に接続された機器と定義されており、3 つの導体と中性線に接続され中性線を電流を流すために用いる機器は三相機器ではなく 3 つの単相機器とみなされる (図 23)。

「平衡三相機器」は 3 相の電流の大きさや波形が等しくなるように設計された三相機器であり、負荷が 3 つの導体と中性線に接続された機器や 3 相の負荷が同等でない三相機器は平衡三相機器以外の機器として分類される。

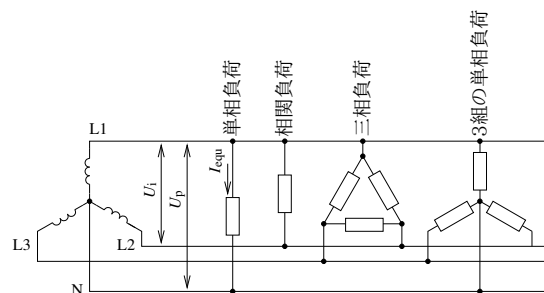


図 23: IEC 61000-3-12 の負荷の種類

4.3.1 ハイブリッド機器

平衡三相の部分と平衡三相以外の部分を含む機器 (「ハイブリッド機器」) は、

- 3 次高調波電流が I_{ref} の 5 % 未満であれば、該当する平衡三相の限度を適用できる。
- 平衡三相の部分と平衡三相以外の部分を分離することができれば、それらを別々に評価することができる。

この場合、機器全体の R_{sce} は大きい方の S_{sc} と機器全体の定格皮相電力とから求める。

4.4 短絡比 R_{sce}

短絡比 R_{sce} は機器を接続する電力系統の短絡電力と機器の定格皮相電力の比率で、 I_{equ} を機器の定格電流、 U_p を電力系統の相電圧、 U_i を電力系統

†42 高圧受電の施設での使用を意図した機器については §5 も参照。

†43 国内ではこれに対応する JIS 規格は発行されていないが、そのような機器を使用する施設は低圧ではなく高圧が特別高圧での受電となる可能性が高い。

†44 位相制御はこれに該当する。

†45 I_{ref} は観測期間中の入力電流の実効値の平均値。

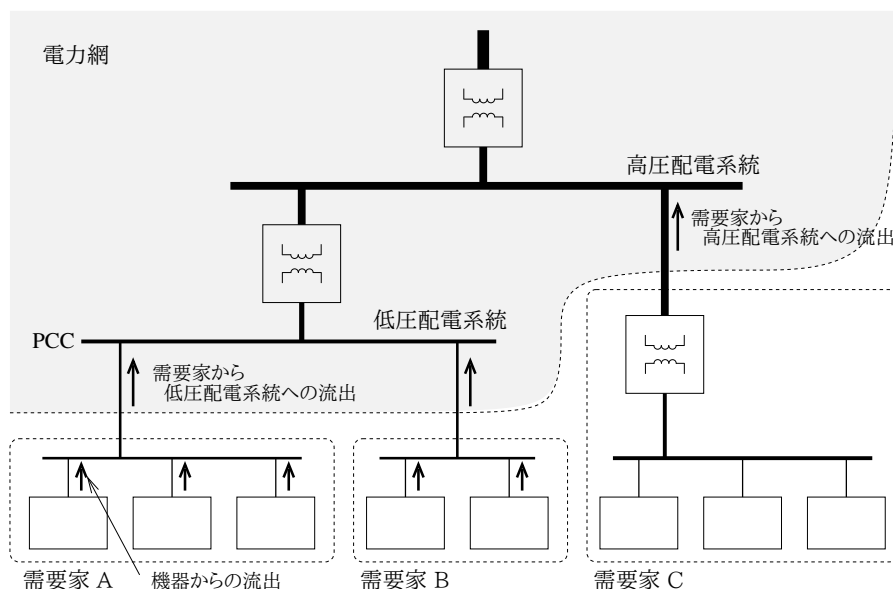


図 24: 配電系統の概観

の相間電圧^{†46}、 S_{Sc} を PCC^{†47}の位置での短絡電力として、次のように定義されている:^{†48}

- 単相機器

$$S_{equ} = U_p I_{equ}$$

$$R_{sce} = S_{sc} / (3 S_{equ})$$

- 相間機器

$$S_{equ} = U_i I_{equ}$$

$$R_{sce} = S_{sc} / (2 S_{equ})$$

- 平衡三相機器

$$S_{equ} = \sqrt{3} U_i I_{equ}$$

$$R_{sce} = S_{sc} / S_{equ}$$

- 不平衡三相機器

$$S_{equ} = \sqrt{3} U_i I_{equ \max}$$

$$R_{sce} = S_{sc} / S_{equ}$$

短絡電力 S_{Sc} は PCC の位置で短絡させた場合に電源から供給される筈の電力で、定格相間電圧を $U_{nominal}$ 、PCC から見た電力系統のライン・インピーダンスを Z として、 $S_{Sc} = U_{nominal}^2 / Z$ となる。^{†49}

短絡比 R_{sce} が高ければ (すなわち S_{Sc} が高ければ) 電力系統のインピーダンスは低くなり、従って高調波電流が系統に流れた時に PCC に生じる高調波電圧も低くなり、その高調波電流が他の需要家に問題を与えるリスクは低くなると考えられる。^{†50†51}

このため、この規格では、必要な場合は高い R_{sce} を指定することで高調波電流限度を上げられるようになっている。

4.5 限度

限度は機器の分類 (§4.3) と短絡比 R_{sce} (§4.4) によって決まり、各次数の高調波電流と THC ^{†34}、及

^{†46} 典型的には、 $U_p = 230 \text{ V}$ 、 $U_i = \sqrt{3} U_p = 400 \text{ V}$ 。

^{†47} PCC (point of common coupling; 共通接続点) は、他の需要家が接続されるかも知れない、その需要家に最も近い公共系統のポイント。簡単には低圧配電系統から需要家への引き込みのあたりと考えれば良いだろう。図 24 参照。

^{†48} 結線によって式が異なり、また式の中に 3 や $\sqrt{3}$ という係数が現れているが、単相の場合は $R_{sce} = S_{sc} / (3 S_{equ}) = S_{sc} / (3 U_p I_{equ})$ 、三相の場合は $R_{sce} = S_{sc} / S_{equ} = S_{sc} / (\sqrt{3} U_i I_{equ \max}) = S_{sc} / (\sqrt{3} \sqrt{3} U_p I_{equ \max}) = S_{sc} / (3 U_p I_{equ \max})$ で、これらの単相と三相の R_{sce} の式は実質的には同一である。但し、相間機器の式はこれとは別である。

^{†49} これは相電圧 $U_p (= U_{nominal} / \sqrt{3})$ で表現すれば $S_{sc} = U_{nominal}^2 / Z = (\sqrt{3} U_p)^2 / Z = 3 U_p^2 / Z$ となる。

^{†50} R_{sce} や S_{sc} は電源周波数でのインピーダンスに関係するものであるが、このインピーダンスが低ければ高調波に対するインピーダンスも低くなると期待できる。

^{†51} PCC^{†47} における高調波電圧を両立性レベル (§6) 以下に抑えることがこの規格の 1 つの目標となる。ここでは PCC よりも下流のインピーダンスは考慮されていないので、これがその需要家自身の設備内での問題を防止するとは限らない。また、施設内に似た形で高調波を発生する機器が複数あるような場合、機器 1 台の定格相電力から求めた S_{sc} は十分な保護を与えないかも知れない。

び PWHC^{†52} の上限^{†53} が定められている:

- 平衡三相機器以外の機器 — 表 7, 図 25
- 平衡三相機器 — 表 8, 図 26
- 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 a, b, c) — 表 9, 図 27
- 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 d, e, f) — 表 10, 図 28

IEC 61000-3-12 の Table 2~5 の $R_{Sce} = 33$ の場合の 13 次までの限度の比較を 図 29 に示すが、Table 3~5 には 3 次と 9 次の高調波の限度がない^{†54} ことを除き、これらの限度値は同等となっている。また、Table 2~5 の R_{Sce} を最大とした場合の 13 次までの限度の比較を 図 30 に示すが、Table 3 と Table 4 では特に 5 次と 7 次の高調波の限度が Table 2 よりも有意に高くなっていること、また Table 3 で $R_{Sce} \geq 350$ の場合と Table 4 で $R_{Sce} \geq 120$ の場合でこれらの限度が同一となっていることが目につく。

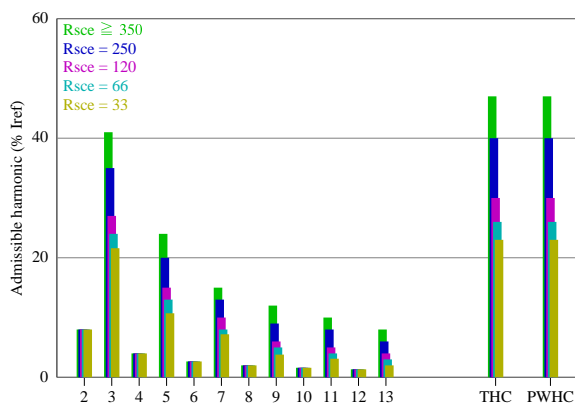


図 25: IEC 61000-3-12 Table 2 — 平衡三相機器以外の機器

^{†52} PWHC (partial weighted harmonic current; 部分加重高調波電流) は、この規格では 14~40 次の高調波電流を次数によって重み付けをした上で RMS を求めたもので、 I_h を h 次の高調波電流として、 $PWHC = \sqrt{\sum_{h=14}^{40} h \cdot I_h^2}$ と定義されている。次数 h での重み付けを行なうことで、高い次数の高調波電流が大きく評価され、高い次数の高調波に対する限度を小さくするのとある程度似た効果が得られる。Table 2~Table 4 (表 7~表 9, 図 25~図 27) では 14 次以上の高調波の限度が定められていないが、それらは PWHC で考慮される。

^{†53} 限度は IEC 61000-3-12:2005 では基本周波数での電流 I_1 に対する割合で規定されていたが、IEC 61000-3-12:2011 では入力電流の実効値 I_{ref} に対する割合に変更された。

^{†54} 平衡三相の場合は 3 の整数倍の次数の高調波は問題とならない。

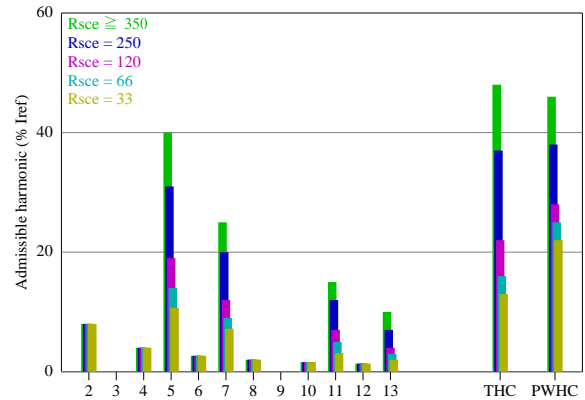


図 26: IEC 61000-3-12 Table 3 — 平衡三相機器

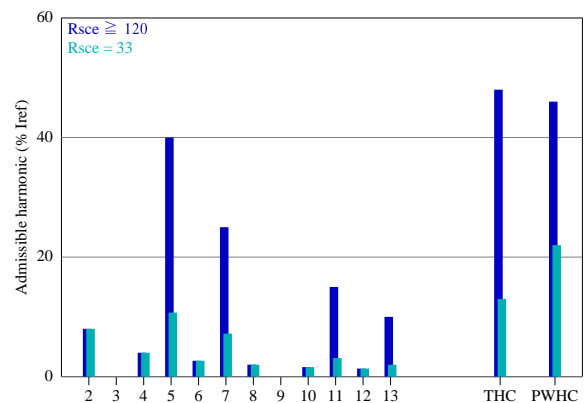


図 27: IEC 61000-3-12 Table 4 — 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 a, b, c)

4.6 限度の適用

測定で得られた結果に機器の種類などから決まる限度を次のように適用する (図 17):

- 観測期間内での高調波電流の平均値
各次数の高調波電流の観測期間中の平均値が該当する限度を超えないこと
- 観測期間中の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流
全観測期間中の各次数の 1.5 秒平滑 RMS 高調波電流が該当する限度の 150% を超えないこと

4.7 測定

4.7.1 電源

測定に用いる電源に関する要求は IEC 61000-3-2 の要求 (§3.6.1) よりもかなり緩和されており、以下のようなものになっている:

- 電圧: 公称電圧 $\pm 2.0\%$

最大 R_{sce}	許容個別高調波電流 I_h/I_{ref} (%)						許容高調波パラメータ (%)	
	I_3	I_5	I_7	I_9	I_{11}	I_{13}	THC/ I_{ref}	PWHC/ I_{ref}
33	21.6	10.7	7.2	3.8	3.1	2	23	23
66	24	13	8	5	4	3	26	26
120	27	15	10	6	5	4	30	30
250	35	20	13	9	8	6	40	40
≥ 350	41	24	15	12	10	8	47	47

12 次までの偶数次高調波は $\leq 16/h$ %

表 7: IEC 61000-3-12 Table 2 — 平衡三相機器以外の機器

最大 R_{sce}	許容個別高調波電流 I_h/I_{ref} (%)				許容高調波パラメータ (%)	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THC/ I_{ref}	PWHC/ I_{ref}
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
66	14	9	5	3	16	25
120	19	12	7	4	22	28
250	31	20	12	7	37	38
≥ 350	40	25	15	10	48	46

12 次までの偶数次高調波は $\leq 16/h$ %

表 8: IEC 61000-3-12 Table 3 — 平衡三相機器

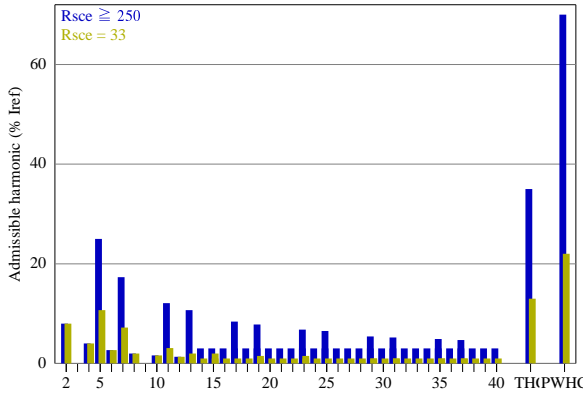


図 28: IEC 61000-3-12 Table 5 — 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 d, e, f)

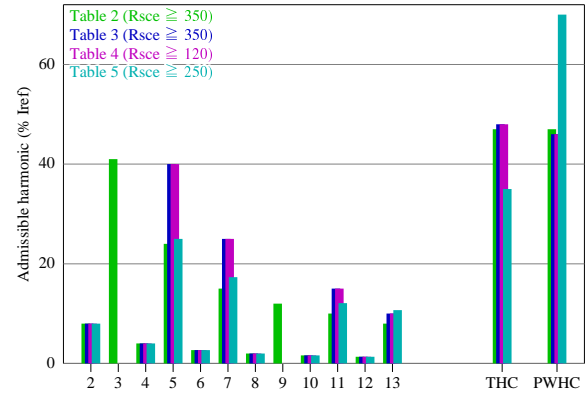


図 30: IEC 61000-3-12 の 13 次までの限度値の比較 (最大の R_{sce})

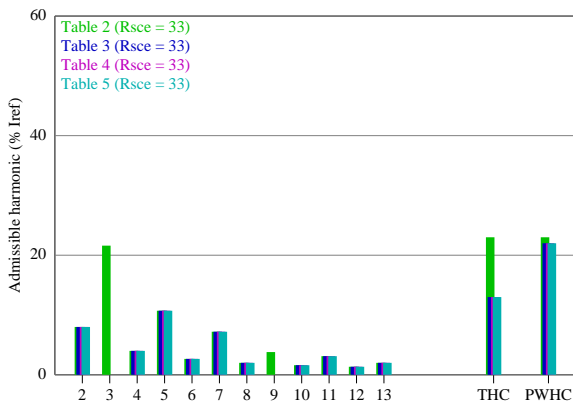


図 29: IEC 61000-3-12 の 13 次までの限度値の比較 ($R_{sce} = 33$)

- 周波数: 公称周波数 ± 0.5 %
- 三相電源の不均衡: IEC 61000-2-2 の両立性レベルの 50 % 未満^{†55}

^{†55} 両立性レベルは逆相分が正相分の 2 % となっているので、この規格での要求は逆相分が正相分の 1 % 未満ということになる。各相の位相差が正確に 120° であればいずれか 1 つの相の電圧が 3 % 程度ずれれば、また各相の電圧が正確に同一であればいずれかの相の位相差が 120° から 2° ずれれば逆相分が 1 % 強となる。

最大 R_{Sce}	許容個別高調波電流 I_h/I_{ref} (%)				許容高調波パラメータ (%)	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	THC/ I_{ref}	PWHC/ I_{ref}
33	10.7	7.2	3.1	2	13	22
≥ 120	40	25	15	10	48	46

12次までの偶数次高調波は $\leq 16/h$ %

表 9: IEC 61000-3-12 Table 4 — 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 a, b, c)

最大 R_{Sce}	許容個別高調波電流 I_h/I_{ref} (%)												許容高調波パラメータ (%)	
	I_5	I_7	I_{11}	I_{13}	I_{17}	I_{19}	I_{23}	I_{25}	I_{29}	I_{31}	I_{35}	I_{37}	THC/ I_{ref}	PWHC/ I_{ref}
33	10.7	7.2	3.1	2	2	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1	13	22
≥ 250	25	17.3	12.1	10.7	8.4	7.8	6.8	6.5	5.4	5.2	4.9	4.7	35	70

12次までの偶数次高調波は $\leq 16/h$ %
 その他の 14 ~ 40 次高調波は、 $R_{Sce} = 33$ では ≤ 1 %、 $R_{Sce} \geq 250$ では ≤ 3 %

表 10: IEC 61000-3-12 Table 5 — 規定の条件を満たす平衡三相機器 (条件 d, e, f)

● 無負荷状態における高調波含有率:

- 3次 ≤ 1.25 %
- 5次 ≤ 1.5 %
- 7次 ≤ 1.25 %
- 9次 ≤ 0.6 %
- 11次 ≤ 0.7 %
- 13次 ≤ 0.6 %
- 2, 4, ..., 10次 ≤ 0.4 %
- 12次, 14 ~ 40次 ≤ 0.3 %

- 電源の R_{Sce} が、Table 2 (表7, 図25) か Table 3 (表8, 図26) を適用する場合は適用する R_{Sce} よりも、Table 4 (表9, 図27) か Table 5 (表10, 図28) を適用する場合は適用する R_{Sce} の 1.6 倍よりも高い

4.7.2 高調波アナライザ

測定には IEC 61000-3-2 と同様のアナライザを使用する (§3.6.2 参照)。

4.7.3 EUT の動作条件

測定は THC (総高調波電流)^{†34} が最大となる条件で行なう。

エアコンディショナと瞬間湯沸器については IEC 61000-3-12 の Annex A に追加の規定がある。

4.7.4 観測時間

観測時間は IEC 61000-3-2 と同様に決定する (§3.6.4 参照)。

4.8 ラックやケースに入れられた機器

複数の独立した機器がラックやケースに組み込まれる場合、そのシステム全体として評価を行なうか、あるいはそれらは別々に主電源に接続されるものとみなしてそれぞれについて評価を行なう。

4.9 顧客への情報の提供

高い R_{Sce} とすることでこの規格へ適合させた機器は、実際の使用に際して所定の条件を満たす電力システムに接続することが必要となる。

このため、この規格は使用指示書にこれに関する情報を記載することも要求している:

- $R_{Sce} = 33$ の限度に適合する場合

Equipment complying with IEC 61000-3-12

- $R_{Sce} > 33$ の限度に適合する場合

This equipment complies with IEC 61000-3-12 provided that the short-circuit power S_{Sc} is greater than or equal to $\langle R_{Sce}$ から求められた S_{Sc} の値) at the interface point between the user's supply and the public system. It is the responsibility of the installer or user of the equipment to ensure, by consultation with the distribution network operator if necessary, that the equipment is connected only to a supply with a short-circuit power S_{Sc} greater than or equal to $\langle R_{Sce}$ から求められた S_{Sc} の値).

短絡電力 S_{Sc} は、単相機器や平衡三相機器の場合は、機器の定格電流 (相によって異なる場合はその最大値) を I_{equ} 、相電圧 (ライン - 中性線間の電

圧) を U_p として、

$$S_{Sc} = 3 U_p I_{equ} R_{Sce}$$

で、関連機器の場合は相間電圧を U_i として、

$$S_{Sc} = 2 U_i I_{equ} R_{Sce}$$

で求めることができる (§4.4 参照)。

5 高圧での受電の場合

高圧で受電する施設での使用のみが意図された機器は IEC 61000-3-2 や IEC 61000-3-12 の適用範囲からは外れるが、

- 考慮が必要となるルールやガイドラインなどがあるかも知れない:

例えば:

- 日本 — 高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン (経済産業省資源エネルギー庁 原子力安全・保安院 発行)
- アメリカ — IEEE 519^{†56}
- UK — G5/4-1^{†57}

- そのようなルールの有無に関わらず、施設内の他の機器への悪影響を防ぐために適切な配慮が必要となるかも知れない。

このような施設での使用を意図した機器についても、IEC 61000-3-2 に、あるいは大き過ぎない R_{Sce} で IEC 61000-3-12 に適合させることは良い考えかも知れない。

6 補足: 両立性レベル

IEC 61000-2-2^[5] では低圧電源の品質に関する両立性レベルが示されており、これには電圧の高調波歪みの情報も含まれている (表 11, 図 31)。

高調波に関しては、PCC^{†47} における電圧波形の高調波歪みをこれよりも小さく抑えることが 1 つの目標となり、IEC 61000-3-2 や IEC 61000-3-12 の高調波電流エミッション限度もその目的で定められている。

3 の倍数以外の奇数次高調波	
次数 h	高調波電圧 (%)
5	6
7	5
11	3.5
13	3
$17 \leq h \leq 49$	$2.27 \times (17/h) - 0.27$
3 の倍数の奇数次高調波	
次数 h	高調波電圧 (%)
3	5
9	1.5
15	0.4
21	0.3
$21 < h \leq 45$	0.2
偶数次高調波	
次数 h	高調波電圧 (%)
2	2
4	1
6	0.5
8	0.5
$10 \leq h \leq 50$	$0.25 \times (10/h) + 0.25$

表 11: 個別高調波電圧の両立性レベル (IEC 61000-2-2 より)

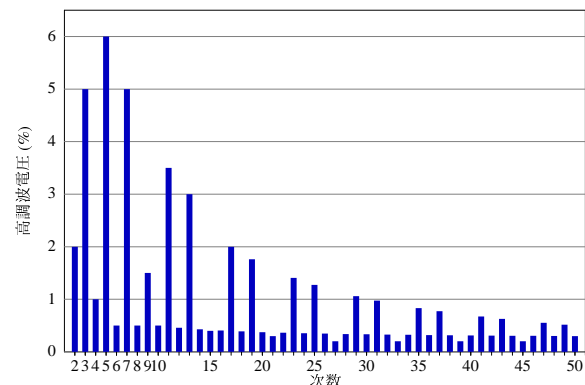


図 31: 個別高調波電圧の両立性レベル (IEC 61000-2-2 より)

上では整数次の高調波に関する情報のみを示したが、これは低い次数の高調波に関してはかなり大きい値となっており、図 32 で例示するようにこの両立性レベル以下の高調波でも電圧波形はかなり歪んだものとなるかも知れない。

^{†56} IEEE 519, *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*

^{†57} G5/4-1, *Planning Levels for harmonic Voltage Distortion and the Connection of Non-Linear Equipment to Transmission Systems and Distribution Networks in the United Kingdom*

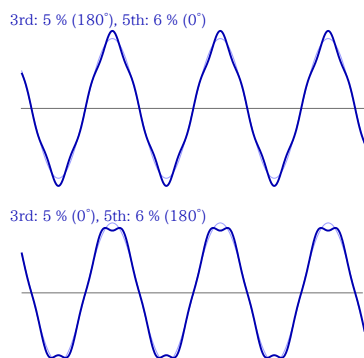


図 32: 3 次高調波を 5 %、5 次高調波を 6 % 重畳させた波形の例

7 参考資料

- [1] IEC 61000-3-2:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*
- [2] JIS C 61000-3-2:2019, 電磁両立性 – 第 3-2 部: 限度値 – 高調波電流発生限度値 (1 相当たりの入力電流が 20 A 以下の機器)
- [3] IEC 61000-3-12:2011, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase*
- [4] IEC 61000-4-7:2002+A1:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-7: Testing and measurement techniques – General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*
- [5] IEC 61000-2-2:2002+A1:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Environment – Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems*
- [6] 電圧変動やフリッカの制限 — IEC 61000-3-3、-3-11 の概要, 株式会社 e・オートマ, 佐藤, 2020, <http://www.emc-ohatama.jp/emc/reference.html>