

高調波抑制対策 ガイドラインについて

参考文献:東京電力(株) 高調波抑制対策ガイドラインについて
(平成7年2月)

高調波の説明

交流と直流

電気には直流と交流の 2 種類があります。

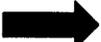
直流とは電池に代表される電気の種類で、電気の流れる方向が変化しないものです。一方交流とは家庭のコンセントにも使われている電気の種類で、電気の流れる方向が周期的に変化するものをいいます。

家庭のコンセントに使われている交流は東日本では 50Hz(ヘルツ)、西日本では 60Hz です。このヘルツは周波数と呼ばれるもので一秒間に繰り返される電気の流れる方向が変わる回数のことです。

昔は一部の製品を除き電気製品のほとんどが交流のまま使用されていました。

しかし一部の製品(ラジオ、電気蓄音機など)ではコンセントで得た交流を直流に変えて使用していました。これは中に真空管を使用して電波やレコードの微弱な信号をスピーカを鳴らす強い電気に変える必要があり、この真空管を正常に動作させるためには交流のように絶えず大きさや方向が変化する電気ではなく、電池のような一定した電気が必要だったからです。

やがて真空管はトランジスタに取って代われ、そしてトランジスタを集積した IC、マイクロコンピュータやメモリなどなど……

コンセント交流  電気製品交流 高調波発生なし

しかし、これらの部品が直流を必要とし、コンセントが交流であるということは、今でも変わりありません。

ただ真空管がICやトランジスタ、サイリスタなどの半導体部品に変わっただけで、これらの部品を正常に作動させるためにコンセントの交流を直流に変える必要があるのです。

コンセント交流  ^{電気製品}
交流  直流 高調波発生あり

これらの部品は、今までは家庭電化製品のほとんどに使用されており(使用していない製品を探すのが難しいほど)、私達が追い求める便利さの追求がこれらの部品を使用した製品類の発明普及を促進してきました。

高調波とは

高調波を考える時高調波に対し、50Hzまたは 60Hzのことを基本周波と呼びます。

高調波とは基本周波に対して 2 倍、3 倍 4 倍と整数倍にあたる周波数の電気のことです。本来電力会社から送られてくる電気にはほとんどこれら高調波は含まれていません。しかし後記するメカニズムにより、高調波が発生します。

地域	基本周波	第二周波	第三周波	第四周波	第五周波	第六周波
東日本	50Hz	100Hz	150Hz	200Hz	250Hz	300Hz
西日本	60Hz	120Hz	180Hz	240Hz	300Hz	360Hz

高調波流出の抑制

アクティブ平滑方式のような優れた平滑方式が考案されてきましたが、大電流分野ではまだまだ高調波の発生抑制は不十分です。そこで発生した高調波電流を送電線や配電線などに流出させない、「流出の抑制」が重要な対策方法になります。

高調波の流出抑制方法としては、12パルス化やアクティブフィルタなどのすぐれた方法もありますが、現時点でもっとも手軽に行えるのが進相コンデンサに高調波吸収作用を行わせる方法です。

進相コンデンサはもともと電気回路のむだな電流が流れるのをキャンセルするために使用される設備ですが、高調波電流を吸収しやすい性質を持っていますので、その性質を積極的に利用しようという方法です。

ただ低圧側に接続するとしても、低圧側に接続するコンデンサでも必ずコンデンサに流入する高調波電流を計算し安全か否かを判定する必要があります。

高調波発生抑制

防止策としては、

1. 高調波発生量を減じる
2. 高調波流出を減じる

の 2 点にあるといえます。ガイドラインでもこの 2 点に対して発せられています。

今日の高調波問題の多くは直流から交流への変換過程にあります。そのためアクティブ平滑方式と呼ばれる交換方式が考案実用化されています。たとえばインバータ方式蛍光灯などの小容量品には同方式の IC が採用され始めました。

また大電流品には、交流リアクトルや直流リアクトルなどを使用することで従来の約半分に高調波が低減されます。

高調波抑制対策ガイドラインにもとづく 高調波抑制対策のお願いについて

平成6年9月に
『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』が
通商産業省資源エネルギー庁により制定され、
平成6年10月3日付で通達として出されました。

近年、エレクトロニクスの発展に伴い、これらの電子応用機器などから発生する高調波電流が、
他のお客様の電気設備に影響を及ぼし問題になっています。
このガイドラインは、高調波電流の抑制を図るためにお客様がその対策を実施する上での技術要
件を示したものです。

このため、高圧又は特別高圧で電気を受電されるお客様は、今後ガイドラインに沿った設備形成
および対策の実施が必要となります。

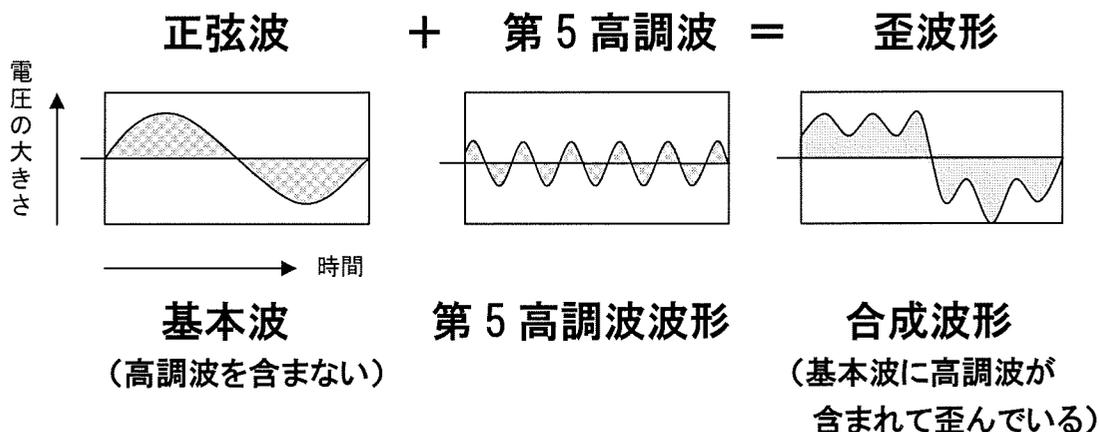
参考

高調波
とは？



基本波(50Hz)の整数倍の周波数の電圧・電流のことをいいます。高調波を含まない基本波のみ波形はきれいな正弦波であるのに対して高調波を含んだ波形は歪んだものとなります。

250Hz(第5高調波)を含んだ波形例



高調波が発生する理由

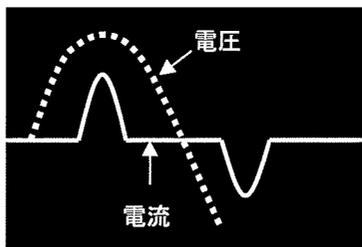
電力の供給設備は、発電機の50Hz正弦波電圧を源として、これにより負荷電流が定まり、良質な電力供給ができる設計としている。

したがって、供給電圧の瞬時・瞬時の大きさに比例して電流が流れる負荷、例えばヒーターや白熱電灯、電動機並びに力率改善用コンデンサ等のみで構成される負荷の場合には、電力系統や受電設備の電圧・電流は、50Hz正弦波(基本波)で波形歪は全く無視できる状態となる。

しかしながら、第1図、第2図に示すような、正弦波からずれて大きく歪んだ負荷電流となるテレビ等の整流機能を持つ半導体使用機器が多くなると、歪んだ負荷電流が増大し系統を通過する電流にも歪みが増大してしまう。

この歪電流は、供給設備や受電設備を通過している区間の瞬時・瞬時の電圧降下も歪み、供給設備や受電設備の各所の電圧も歪むこととなる。さらに、受電電圧が歪むと本来、正弦波負荷電流であったヒーターや白熱電灯、電動機並びに力率改善用コンデンサ等にもこの電圧歪みの影響を受けた歪電流が流れることとなってしまいます。

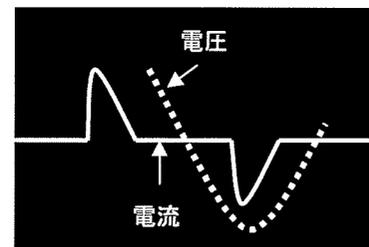
この供給設備や受電設備に生じる電圧歪ならびに電流歪の波形は、第3図に示すとおり、50Hz正弦波(基本波)の整数倍の周波数成分、すなわち高調波成分に分解できる。波形歪の度合いは、この高調波成分の大きさに比例することとなるため、波形歪を少なくすることは、高調波成分を抑制する対策となる。



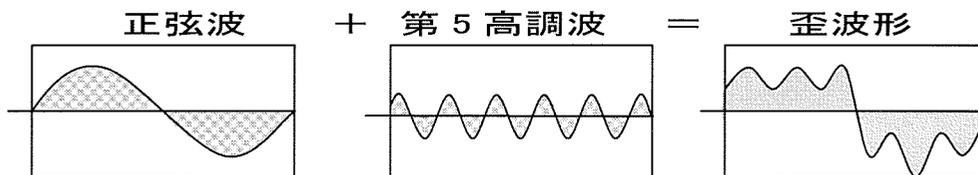
第1図 テレビの波形

基本波成分を100%とした場合の高調波電流含有率

次数	含有率%
第3次	86
第5次	66
第7次	44

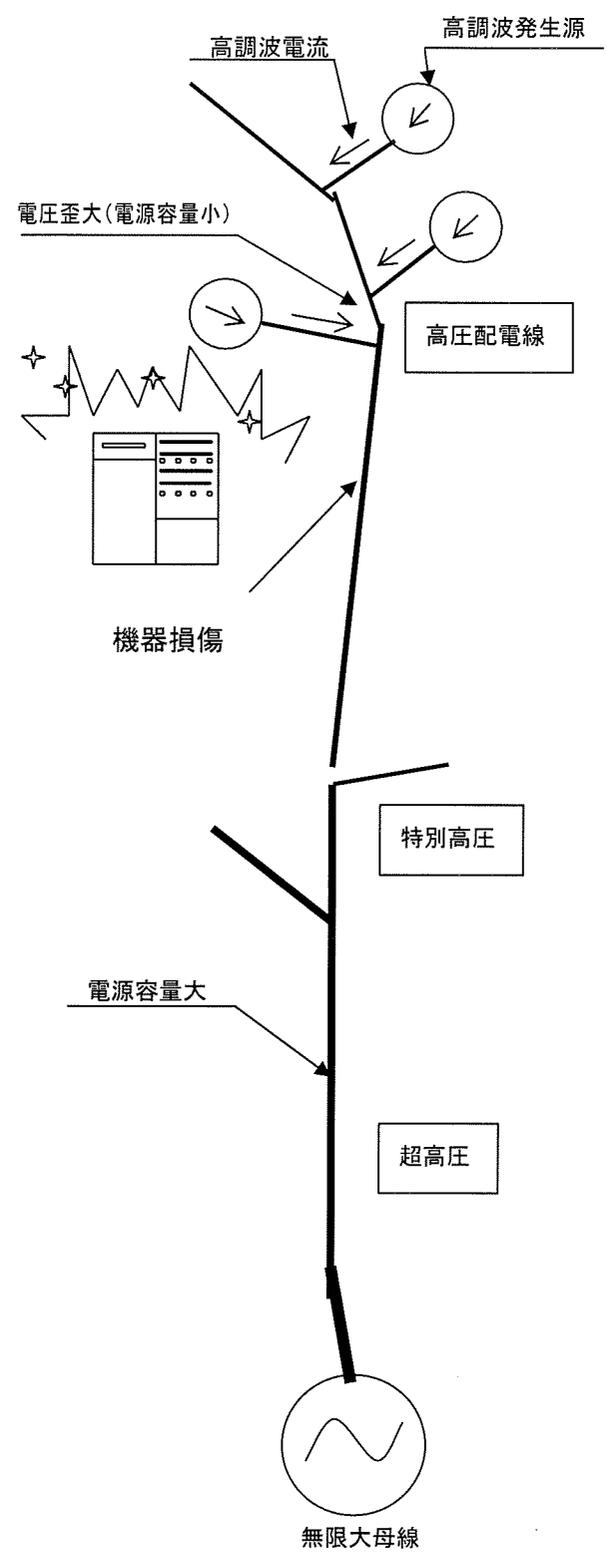
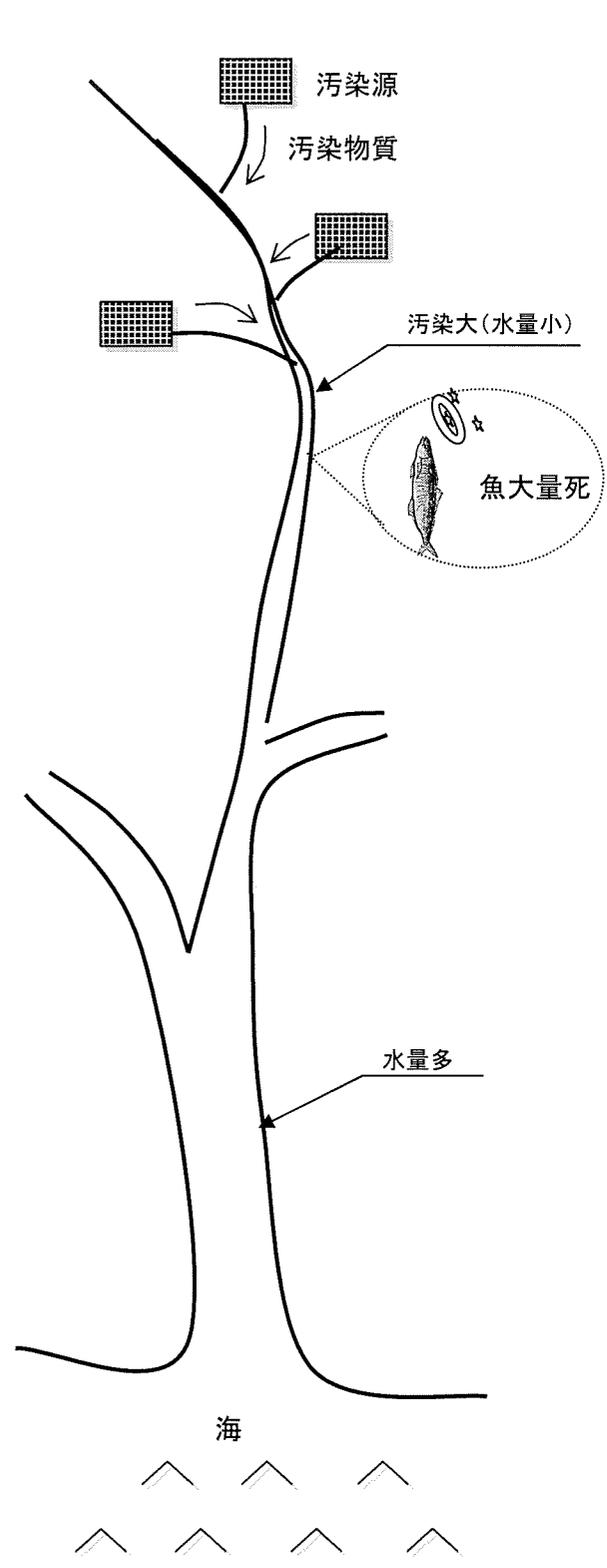


第2図 電子式蛍光灯の波形



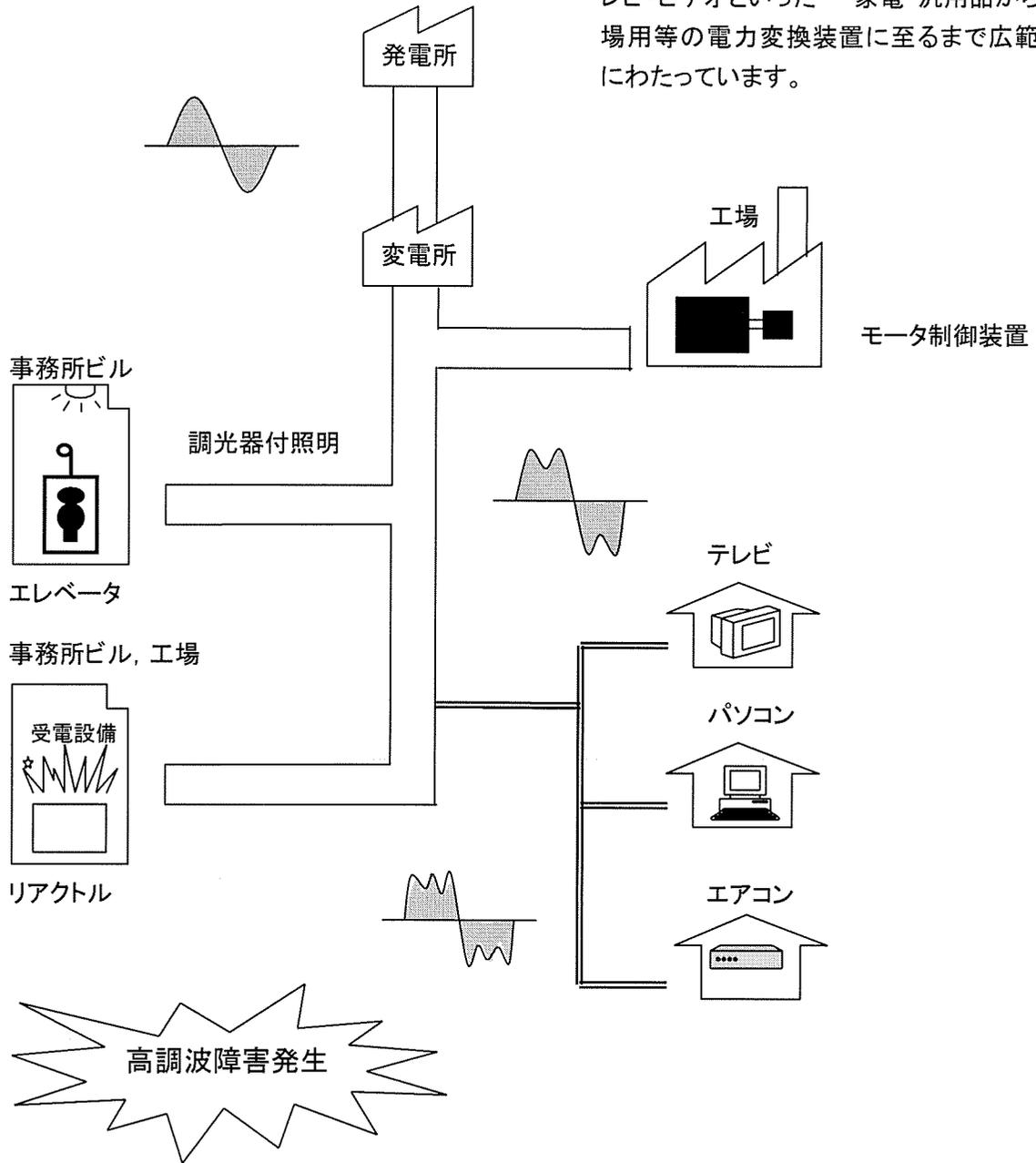
第3図 250Hz(第5高調波)を含んだ波形例

電気の公害＝高調波



高調波対策の必要性

高調波電流を発生する機器は、家庭用のテレビ・ビデオといった *1 家電・汎用品から工場用等の電力変換装置に至るまで広範囲にわたっています。



高調波発生機器の使用が増えるほど、電力系統の波形はどんどん歪んでいきます。

電気の波形の歪みが大きくなると *2 障害が発生する場合があります。高調波発生機器をご使用されるお客様は、高調波を出さない対策を実施していただく必要があります。

*1 家電・汎用品については同時に制定された「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」に基づき、順次高調波対策済のものが市販されますので、「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」の対象機器からは除かれます。

*2 機器への高調波電流の流入による異音・振動・発熱や誤動作などの障害が発生する恐れがあります。

高調波の概要説明

高調波とは	基本波(50 又は 60Hz)の整数倍の周波数をもつ電圧(電流)を高調波電圧(電流)と呼ぶ。また、この整数倍を次数という。	
高調波の次数は	2 次、3 次、4 次、5 次 ……………49 次	
高調波の周波数帯域	50Hz 系	100Hz、150Hz、 …………… 2450Hz
	60Hz 系	120Hz、180Hz、 …………… 2940Hz
高調波の性質	電子回路における「高周波」、「ノイズ」と比較して (1) パワー(電力)が大きい。数 kVA～数 100kVA を有する。 (2) 伝播距離が大きい。一般に数 10m～数 km に及ぶ。	
高調波の波形例	<p style="text-align: center;"> 5 次高調波 基本波 5 次高調波 含有率 35% 100% 35% </p>	
定義式	<電圧歪み率> <ul style="list-style-type: none"> ● n次高調波電圧歪み率 : $\varepsilon_n = \frac{V_n}{V_1} \times 100(\%)$ ● 総合電圧歪み率 : $\varepsilon_T = \sqrt{\varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_4^2 + \dots}(\%)$ 	
	<過負荷率> <ul style="list-style-type: none"> ● コンデンサ過負荷率 : $\frac{\sqrt{I_{c1}^2 + \sum_{n>1} I_{cn}^2}}{I_{c1}} \times 100(\%)$ ● リアクトル過負荷率 : $\sqrt{\sum_{n>1} (n/5 \cdot I_n/I_1)^2} \times 100(\%)$ 	
	<相互関係式> <ul style="list-style-type: none"> $V_n = \sqrt{3} \cdot Z_n \cdot I_n$ …… 三相回路 $V_n = Z_n \cdot I_n$ …… 単相回路 	

高調波流出電流の算出

1. 対象次数

特に高次高調波が問題とならない場合は、対象次数を5次、7次とする。

2. 高調波発生機器個別の高調波電流発生量

機器個別の高調波電流発生量は第2表による。

第2表-1 三相ブリッジ

単位:%

次数	5	7	11	13	17	19	23	25
6パルス	17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75
12パルス	2.0	1.5	4.5	3.0	0.2	0.15	0.75	0.75
24パルス	2.0	1.5	1.0	0.75	0.2	0.15	0.75	0.75

第2表-2 三相ブリッジ(コンデンサ平滑)

単位:%

次数	5	7	11	13	17	19	23	25
リアクトルなし	65	41	8.5	7.7	4.3	3.1	2.6	1.8
ACL付	38	14.5	7.4	3.4	3.2	1.9	1.7	1.3
DCL付	30	13	8.4	5.0	4.7	3.2	3.0	2.2
ACL+DCL	28	9.1	7.2	4.1	3.2	2.4	1.6	1.4

計算例 6.6kV 受電 契約電力 345kW

高調波発生機器 タワークレーン巻上 50kW 起伏 45kW

サイリスタレオナード制御(6パルス制御)

次 数	5	7	11	13	17	19	23	25
流出上限電流値	1.21	0.86	0.55	0.45	0.35	0.31	0.26	0.24
DCM95kW 流出電流値	1.93	1.21	0.50	0.33	0.17	0.14	0.08	0.08
判 定	×	×	○	○	○	○	○	○

計算例 ... 流出電流量 5th $345(\text{kW}) \times 3.5\text{mA} = 1.21(\text{A})$

DCM95(kW) 5th $95(\text{KW}) \div 0.75(\text{力率}) \div 6.6(\text{kV}) \div \sqrt{3} \times 0.175 = 1.93(\text{A})$

負荷機器に対する影響

コンデンサ及びリアクトル	高調波電流に対する回路のインピーダンスが共振現象等により減少し、過大電流が流入することによる過熱、焼損あるいは振動、唸りの発生
変圧器	<ul style="list-style-type: none"> ・高調波電流による鉄芯の磁気ひずみ現象による唸り(騒音)の発生 ・高調波電流・電圧による鉄損、銅損の増加に伴う容量の減少
蛍光灯	高調波電流に対するインピーダンスが減少し過大電流が力率改善用コンデンサやチョークコイルに流れることによる加熱焼損
ケーブル	三相 4 線式回路の中性線に高調波電流が流れることによる中性線の過熱
通信線	電圧誘導による雑音電圧の発生
誘導電動機	<ul style="list-style-type: none"> ・高調波電流による定常振動トルクの発生により回転数の周期的変動 ・鉄損、銅損などの損失の増加
電力量計	<ul style="list-style-type: none"> ・電圧、電流有効磁束が非線形特性により磁束変化が完全に対応しないことによる測定誤差 ・高調波電流の過大流入による電流コイルの焼損
音響機器 (テレビ、ラジオ、アンプ)	<ul style="list-style-type: none"> ・高調波電流・電圧によるダイオード、トランジスタ、コンデンサなど部品の故障、寿命の低下、性能の劣化 ・雑音、映像のちらつき
コンピュータ	コンピュータ動作に悪影響
整流器等の各種制御装置	制御信号の位相のずれによる誤制御
継電器	高調波電流・電圧による設定レベルの超過あるいは位相変化による誤・不要動作
電力ヒューズ	過大な高調波電流による溶断
配線用遮断器	過大な高調波電流による誤動作

高調波障害による被害が顕著に見られるのは高圧 6.6kV 受配電コンデンサ設備であり、全被害機器のうち約 8 割を占めている。

高調波抑制対策ガイドラインについて

近年、ダイオード、トランジスタ、サイリスタなどのパワーエレクトロニクス技術の急速な進歩により、TV、VTRなどの家電機器、ワープロ、パソコンなどの汎用OA機器から産業用機器に至るまで、広く半導体応用機器が普及してきている。

これに相まって、TVをはじめとする不特定多数の家電汎用品から発生する高調波電流と大容量の産業用機器から発生する高調波電流が電力系統に流れ込み、電力系統の電圧をひずませ一部機器に障害を引き起こすなどの問題が顕在化してきている。

このため、欧米の先進国では、電気機器から電力系統へ流出する高調波電流を抑制するための高調波管理基準を設けているところが多い。

わが国でも、近年、「電力利用基盤強化懇談会」(通商産業省資源エネルギー庁長官の私的諮問委員会)(昭和61年7月～昭和62年5月)において、

- ① 電力系統における「高調波環境目標レベル」を高調波の実態、機器の高調波耐量および海外の規制値を参考に電圧歪率として6kV配電系統で5%、特別高圧系統で3%とする。
- ② 高調波問題は、電力利用基盤における環境的な問題として認識し、高調波電流発生源での抑制を基本とする。

との基本方針が示され、更に「高調波対策専門委員会」((社)電気協同研究会(昭和63年～平成2年6月)において、

- ① 2010年頃までの高調波発生源の増加とそれに伴う高調波環境(電圧歪率)を予測し、これをもとに発生源での高調波電流流出抑制目標を設定した。
具体的には、
 - ・ 特定需要家(ビル、工場など) : 業種によらず現状発生量の50%分を抑制
 - ・ 家電・汎用品 : 機器の種類によらず現状発生量の25%分を抑制
- ② 機器の高調波耐量を第5調波の電圧歪率で8%程度まで耐えられるようにすべきことを提言

以上のような検討結果を踏まえ、通産省では(社)日本電気協会の中に高圧・特別高圧の需要家から発生する高調波の抑制基準を定めるガイドラインを策定する「高調波抑制対策特別調査委員会」(委員長、正田英介東京大学教授)と、家電・汎用品から発生する高調波の抑制基準を定めるガイドラインを策定する「高調波専門部会」(委員長、正田英介東京大学教授)を設置し、海外調査も含め検討し、平成6年10月3日に

- ・ 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
- ・ 家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン

として制定し、通達された。

以下に各ガイドラインの概要を記述する。

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

1. 目的

このガイドラインは、電気事業法に基づく技術基準を遵守したうえで、商用電力系統(以下「系統」という。)の高調波環境目標レベルを踏まえて、系統から高圧又は特別高圧で受電する需要家において、その電気設備を使用することにより発生する高調波電流を抑制するための技術要件を示すものである。

(説明)

高調波環境目標レベル

高調波環境目標レベルは、総合電圧歪率で、6.6kV 配電系統 5%、特別高圧系統 3%

2. 適用範囲

(1) このガイドラインの適用対象となる需要家は、次のいずれかに該当する需要家(以下「特定需要家」という。)とする。

- ① 6.6kV 系統から受電する需要家であって、その施設する高調波発生機器の種類毎の高調波発生率を考慮した容量(以下「等価容量」という。)の合計が 50kVA を超える需要家
- ② 22kV 又は 33kV の系統から受電する需要家であって、等価容量の合計が 300kVA を超える需要家
- ③ 66kV 以上の系統から受電する需要家であって、等価容量の合計が 2,000kVA を超える需要家

(2) (1)の等価容量を算出する場合に対象とする高調波発生機器は、「家電・汎用品高調波抑制対策ガイドライン」の適用対象となる機器以外の機器とする。

(3) このガイドラインは、特定需要家が(2)に該当する高調波発生機器を新設、増設又は更新する等の場合に適用する。

なお、(2)に該当する高調波発生機器を新設、増設又は更新する等によって特定需要家に該当することになる場合においても適用するものとする。

(説明)

(1) 等価容量

「等価容量」とは、需要家が有する高調波発生機器の容量を 6 パルス変換装置容量に換算し、それぞれの機器の換算容量を総和したものとし、次式により算出する。

$$P_o = \sum K_i P_i$$

ここに

P_o : 等価容量(kVA)(6 パルス変換装置換算)

K_i : 換算係数(第 1 表による。)

P_i : 定格容量(kVA)

i : 変換回路種別を示す数

- (2) 家電・汎用品高調波抑制対策ガイドラインの適用範囲
家電・汎用品高調波抑制ガイドラインで「300V以下の商用電源系統に接続して使用する定格電流 20A／相以下の電気・電子機器(家電・汎用品)に適用する。」としている。
- (3) 更新する等の場合
「更新する等の場合」とは、既設設備の全部又は一部を更新する場合並びに契約電力又は契約種別を変更する場合をいう。

3. 高調波流出電流の算出

特定需要家から系統に流出する高調波流出電流の算出は次によるものとする。

- (1) 高調波流出電流は、高調波発生機器毎の定格運転状態において発生する高調波電流を合計し、これに高調波発生機器の最大の稼働率を乗じたものとする。
- (2) 高調波流出電流は、高調波の次数毎に合計するものとする。
- (3) 対象とする高調波の次数は 40 次以下とする。
- (4) 特定需要家の構内に高調波流出電流を低減する設備がある場合は、その低減効果を考慮することができるものとする。

(説明)

- (1) 高調波発生機器の最大稼働率
「高調波発生機器の最大稼働率」とは、高調波発生機器の総容量に対する実稼働としている機器が最大となる容量との比とする。実稼働している機器の容量は、30 分間の平均値とする。
- (2) 高調波の次数毎に合計
「高調波の次数毎に合計」とは、高調波電流の算出に当っては、一般的には高調波電流の各次数毎に各高調波発生機器の高調波電流を合計することであるが、本ガイドラインでは、各次数内での高調波電流の位相差を考慮せず大きさを合計することとしてよい。
- (3) 対象次数
「対象次数」は、高次の高調波が特段の支障とならない場合は、5 次及び 7 次とする。
- (4) 高調波流出電流を低減する設備
「高調波流出電流を低減する設備」とその効果とは、
 - ① フィルター、自家発電設備、力率改善用コンデンサ(低圧も含む)、電動機等による吸収効果
 - ② スターデルタ(直近の変電所の同一母線を介して形成されるものを含む)の組合せ、アクティブフィルター等によるキャンセル効果
 - ③ アーク炉の稼働台数によるキャンセル効果等をいう。

第1表 換算係数

回路分類	回路種別		換算係数 Ki	主な利用例
1	三相ブリッジ	6パルス変換装置	K11=1	・直流電鉄変電所 ・電気化学 ・その他一般
		12パルス変換装置	K12=0.5	
		24パルス変換装置	K13=0.25	
2	単相ブリッジ	直流電流平滑	K21=1.3	・交流式電気鉄道車両
		混合ブリッジ	K22=0.65	
		均一ブリッジ	K23=0.7	
3	三相ブリッジ (コンデンサ平滑)	リアクトルなし	K31=3.4	・汎用インバータ ・エレベータ ・冷凍空調機 ・その他一般
		リアクトルあり(交流側)	K32=1.8	
		リアクトルあり(直流側)	K33=1.8	
		リアクトルあり(交・直流側)	K34=1.4	
4	単相ブリッジ (コンデンサ平滑)	リアクトルなし	K41=2.3	・汎用インバータ ・冷凍空調機 ・その他一般
		リアクトルあり(交流側)	K42=0.35	
5	自励三相ブリッジ (電圧型 PWM 制御) (電流型 PWM 制御)	—————	K5=0	・無停電電源装置 ・通信用電源装置 ・エレベータ ・系統連系用分散電源
6	自励単相ブリッジ (電圧型 PWM 制御)	—————	K6=0	・通信用電源装置 ・交流式電気鉄道車両 ・系統連系用分散電源
7	交流電力調整装置	抵抗負荷	K71=1.6	・無効電力調整装置 ・大型照明装置 ・加熱器
		リアクタンス負荷 (交流アーク炉用を除く)	K72=0.3	
8	サイクロコンバータ	6パルス変換装置相当	K81=1	・電動機(圧延用、セメント用、交流式電気鉄道車両用)
		12パルス変換装置相当	K82=0.5	
9	交流アーク炉	単独運転	K9=0.2	・製鋼用
10	その他		K10: 申告値	—————

※Ki=変換回路種別毎の $\sqrt{\sum(n \times \%In)^2} / 6$ パルス変換装置の $\sqrt{\sum(n \times \%In)^2}$

n: 高調波の次数 %In: n次の高調波電流の基本波電流に対する比率

※PWM: pulse width modulation

4. 高調波流出電流の上限値

特定需要家から系統に流出する高調波流出電流の許容される上限値は、高調波の次数毎に、第2表に示す需要家の契約電力1kW当りの高調波流出電流の上限値に当該需要家の契約電力(kWを単位とする。)を乗じた値とする。

第2表 契約電力1kW当りの高調波流出電流上限値

(単位:mA/kW)

受電電圧	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	23次超過
6.6kV	3.5	2.5	1.6	1.3	1.0	0.9	0.76	0.70
22kV	1.8	1.3	0.82	0.69	0.53	0.47	0.39	0.36
33kV	1.2	0.86	0.55	0.46	0.35	0.32	0.26	0.24
66kV	0.59	0.42	0.27	0.23	0.17	0.16	0.13	0.12
77kV	0.50	0.36	0.23	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10
110kV	0.35	0.25	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.07
154kV	0.25	0.18	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05
220kV	0.17	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
275kV	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02

(説明)

(1) 契約電力

「契約電力」が電力会社との需給契約等の時点で定まらず、後に定まる需要家又は複数ある需要家の場合の契約電力は次によることとする。

- ① 高圧電力甲又は契約電力500kW未満の業務用電力で「実量制」が適用される需要家の契約電力は、契約設備電力を適用する。
- ② 時間帯別調整契約等複数の契約電力がある場合は、契約電力のうち最大の契約電力を適用する。

5. 高調波流出電流の抑制対策の実施

特定需要家は、上記3.の高調波流出電流が、上記4.の高調波流出電流の上限値を超える場合には、高調波流出電流を高調波流出電流の上限値以下となるよう必要な対策を講ずるものとする。

(説明)

高調波流出電流の抑制対策の実施に当っては、高調波流出電流を高調波流出電流の上限値以下にする対策の実施が原則であるが、増設又は既設設備の一部を更新する場合に当該設備を次のいずれかによって施設する場合には、当該の変更については、対策を実施したものとしてよい。

- ① 当該高調波発生機器の高調波流出電流(ガイドラインに基づき算出したもの)が、ガ

イドラインの第2表の「契約電力」を当該高調波発生機器の「定格入力(kVAを単位とする。)」に置き換えて算出(低圧機器の場合は受電電圧 6.6kV の欄の値を電圧換算したうえで適用)した高調波発生電流の上限値以下となる機器又は回路を増設又はこれに更新して施設する。

- ② 12 パルス変換装置相当以上の機器又は回路(容量が極めて大きい変換器の場合を除く。)を増設又はこれに更新して施設する。

高調波発生機器からの高調波流出電流計資料

<計算資料>

1. 機器明細・発生量算定計算諸元

回路分類 No.	主な適用例	回路種別(i)		回路分類細分 No.	換算係数Ki	高調波電流発生率(%)							
						5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
1	直流電鉄変電所 電気化学用 ほか一般	三相ブリッジ	6パルス	11	1.0	17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75
			12パルス	12	0.5	2.0	1.5	4.5	3.0	0.2	0.15	0.75	0.75
			24パルス	13	0.25	2.0	1.5	1.0	0.75	0.2	0.15	0.75	0.75
2	交流車両用	単層ブリッジ	直流電流平滑	21	1.3	19.0	13.0	7.0	5.5	3.0	—	—	—
			混合ブリッジ	22	0.65	6.3	8.7	3.2	1.0	2.3	—	—	—
			均一ブリッジ	23	0.7	8.8	6.2	3.8	2.6	2.2	—	—	—
3	汎用インバータ エレベータ 冷凍空調機 ほか一般	三相ブリッジ (コンデンサ平滑)	リアクトルなし	31	3.4	65.0	41.0	8.5	7.7	4.3	3.1	2.6	1.8
			ACL付	32	1.8	38.0	14.5	7.4	3.4	3.2	1.9	1.7	1.3
			DCL付	33	1.8	30.0	13.0	8.4	5.0	4.7	3.2	3.0	2.2
			ACL+DCL付	34	1.4	28.0	9.1	7.2	4.1	3.2	2.4	1.6	1.4
4	汎用インバータ 冷凍空調機ほか一般	単相ブリッジ (コンデンサ平滑)	リアクトルなし	41	2.3	50.0	24.0	5.1	4.0	1.5	1.4	—	—
			ACL付	42	0.35	6.0	3.9	1.6	1.2	0.6	0.1	—	—
5	UPS 通信用電源装置 エレベータ 系統連系用分散電源	自励三相ブリッジ (電圧形PWM制御)	—	5	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—
		自励三相ブリッジ (電流形PWM制御)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	通信用電源装置 交流車両用 系統連系用分散電源	自励単相ブリッジ (電圧形PWM制御)	—	6	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—
		自励単相ブリッジ (電流形PWM制御)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	無効電力調整装置 大型照明装置 加熱器	交流電力調整装置	抵抗負荷	71	1.6	12.9	12.7	7.6	5.5	4.2	4.1	3.4	2.9
			リアクタンス負荷 (アーク炉用を除く)	72	0.3	5.1	2.6	1.1	0.75	0.44	0.35	0.24	0.2
			サイクロコンバータ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	電動機駆動用 (圧延用、セメント用交流車両用)	サイクロコンバータ	6パルス相当	81	1.0	17.5	11.0	4.5	3.0	1.5	1.25	0.75	0.75
			12パルス相当	82	0.5	2.0	1.5	4.5	3.0	0.2	0.15	0.75	0.75
9	製鋼用	アーク炉	単独運転	9	0.2	4.3	1.7	—	—	—	—	—	
10		その他		10	製作者申告値								

2. 契約電力1kW当りの高調波流出電流上限値

次数別高調波流出電流上限値(mA/kW)								
受電電圧	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
6.6kV	3.5	2.5	1.6	1.3	1.0	0.9	0.76	0.70
22kV	1.8	1.3	0.82	0.69	0.53	0.47	0.39	0.36
33kV	1.2	0.86	0.55	0.46	0.35	0.32	0.26	0.24
66kV	0.59	0.42	0.27	0.23	0.17	0.16	0.13	0.12
77kV	0.50	0.36	0.23	0.19	0.15	0.13	0.11	0.10
110kV	0.35	0.25	0.16	0.13	0.10	0.09	0.07	0.07
154kV	0.25	0.18	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05
220kV	0.17	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03
275kV	0.14	0.10	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02

3. 受電電圧換算の定格電流算定のための換算係数

受電電圧換算の(機器)定格電流(mA)

$$=k \times (\text{機器}) \text{ 定格容量(kVA)}$$

受電電圧	k	受電電圧	k
6.6kV	87.5 (152)	110kV	5.25 (9.10)
22kV	26.2 (45.5)	154kV	3.75 (6.49)
33kV	17.5 (30.3)	220kV	2.62 (4.55)
66kV	8.75 (15.2)	275kV	2.10 (3.64)
77kV	7.50 (13.0)	—	—

()内は単相機器の場合

高調波発生機器からの高調波流出電流計算書(その1)

記入例

申込年月日	年 月 日
申込No.	
受付年月日	年 月 日

お客様名義	〇〇化学(株)	業種	化学工場	受電電圧	6.6 kV	契約電力	1700 kW
-------	---------	----	------	------	--------	------	---------

ステップ1 高調波発生機器明細										ステップ2 高調波電流発生量算定												
高調波発生機器				相数	定格容量 (kVA)	台数	合計容量 Pi (kVA)	回路分類 細分No.	6パルス 換算係数 Ki	0パルス等価容量 [Ki × Pi] (kVA)	受電電圧換算 定格電流値 (mA)	機器最大 稼働率 (%)	次数別高調波流出電流(mA) [定格電流値 × 稼働率 × 高調波電流発生率]									
No.	機器名称	製造業者	型式										5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次		
1	三相整流器	富士	REC-3	3	200	2	400	11	1.00	400	35000	100	6125	3850	1575	1050	525	438	263	263		
2	速度制御用インバータ	日立	MIV-205	3	10	20	200	32	1.80	360	17500	80	5320	2030	1036	476	448	266	238	182		
3	貨物用エレベータ	東芝	BE-3512	3	20	2	40	50	0.00	0	3500	60	0	0	0	0	0	0	0	0		
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						

換算定格電流(17500mA) × 稼働率(80%) × 流出量(7.4%) = 1036mA

受電電圧6.6kVの換算係数(87.5) × 合計容量Pi(200kW) = 17500mA

<記入方法>

ステップ1

- 高調波発生機器明細を記入する。回路分類細分No.等は計算資料により記入する。
- 回路分類細分No.が10である機器については、<様式-3>の申告書を記入する。
- P₀>50kVA(6kV受電), 300kVA(22, 33kV受電), 2000kVA(66kV以上受電)
- ステップ2へ (そうでない場合はステップ2記入不要)

ステップ2

- 各次数について、流出電流 > 流出電流上限値 ならば、
 - 構内に高調波を低減する設備がある場合、抑制対策を実施している場合→計算書(その2)へ
 - 上記以外の場合→別途対策要

6パルス等価容量合計 P ₀	760	合計	11445	5880	2611	1526	973	704	501	445
上限値 > 合計の時は対策"要"⇒		対策要否判定	要	要	否	否	否	否	否	否

高調波流出電流上限値(契約kW当りの高調波流出上限値 × 契約電力)										
次数	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次		
電流上限値(mA)	5950	4250	2720	2210	1700	1530	1292	1190		

設計者	電気工事店
契約電力(1700kW) × 次数別上限値(2.5mA) = 4250mA	

※ 部分がお客様の記入していただく欄です。

高調波発生機器からの高調波流出電流計算書(その1)

申込年月日	年 月 日
申込No.	
受付年月日	年 月 日

お客様名義		業種		受電電圧	kV	契約電力	kW
-------	--	----	--	------	----	------	----

ステップ1 高調波発生機器明細											ステップ2 高調波電流発生量算定								
高調波発生機器				定格容量	台数	合計容量	回路分類 細分No.	6パルス 換算係数 Ki	6パルス等価容量 [Ki × Pi] (kVA)	受電電圧換算 定格電流値 (mA)	機器最大 稼働率 (%)	次数別高調波流出電流(mA)							
No.	機器名称	製造業者	型式	(kVA)		Pi (kVA)						[定格電流値 × 稼働率 × 高調波電流発生率]	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次
1	インバータ盤 55kW	流機eng	FVR055	7.2	1	7.2	31	3.4	24.48	630	70	286.7	181						
2	" 7.5kW	"	FVR075	10	1	10	31	3.4	34	875	70	398.1	251						
3	" "	"	"	10	2	20	31	3.4	68	1750	70	796.3	502						
4	" 15kW × 2	"	FVR150	20	2	40	31	3.4	136	3500	70	1593	1005						
5	" "	"	FRN15	20	2	40	31	3.4	136	3500	70	1593	1005						
6	" 22kW	"	FRM022	29	1	29	31	3.4	98.6	2537.5	70	1155	728.3						
7	" 30kW × 2	"	FRN030	39	2	78	31	3.4	265.2	6825	70	3105	1959						
8	" 37kW	"	FRN037	47	1	47	31	3.4	159.8	4112.5	70	1871	1180						
9	" 37kW × 2	"	"	47	2	94	31	3.4	319.6	8225	70	3742	2361						
10	" 45kW	"	FRN045	57	1	114	31	3.4	387.6	9975	70	4539	2863						
11	" 55kW	"	FRN055	69	1	69	31	3.4	234.6	6037.5	70	2747	1733						
12	" 55kW × 2	"	"	69	2	138	31	3.4	469.2	12075	70	5494	3466						
13	" 75kW	"	FRN075	87.2	1	87.2	33	1.8	157	7630	70	1602	695						
14	" 90kW × 2	"	FRN090	134	2	268	33	1.8	482.4	23450	70	4925	2134						
15	" 110kW × 2	"	FRN110	160	2	320	33	1.8	576	28000	70	5880	2548						
16																			

<記入方法>

ステップ1

- 高調波発生機器明細を記入する。回路分類細分No.等は計算資料により記入する。
- 回路分類細分No.が10である機器については、<様式-3>の申告書を記入する。
- $P_0 > 50kVA$ (6kV受電), $300kVA$ (22, 33kV受電), $2000kVA$ (66kV以上受電)
- ステップ2へ (そうでない場合はステップ2記入不要)

ステップ2

- 各次数について、流出電流 > 流出電流上限値 ならば、
 - 構内に高調波を低減する設備がある場合、抑制対策を実施している場合 → 計算書(その2)へ
 - 上記以外の場合 → 別途対策要

6パルス等価容量合計 P

合計

対策要否判定

高調波流出電流上限値(契約kW当りの高調波流出上限値 × 契約電力)

次数	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
電流上限値(mA)								

設計者	電気工事店
-----	-------

高調波発生機器からの高調波流出電流計算書(その2)

記入例

申込年月日	年	月	日
申込No.			
受付年月日	年	月	日

お客様名義	〇〇化学(株)	業種	化学工場	受電電圧	6.6 kV	契約電力	1700 kW
-------	---------	----	------	------	--------	------	---------

構内単線結線図

高調波発生機器, 受電用変圧器, 高調波電流を低減(分流)させる機器等の設置位置・諸元・電気定数等を明記すること。

系統側インピーダンス(pu, 10MVAベース)
 基本波 j0.07
 第5調波 j0.07 × 5 = j0.35
 第7調波 j0.07 × 7 = j0.49

受電点

三相整流器
 $I_{51} = 6125\text{mA}$
 $I_{71} = 3850\text{mA}$

速度制御用インバータ
 $I_{52} = 5320\text{mA}$
 $I_{72} = 2030\text{mA}$

貨物用エレベータ
 $I_{53} = 0\text{mA}$
 $I_{73} = 0\text{mA}$

一般負荷 (インピーダンス無限大)

力率改善用コンデンサ 300kVA × 2
 6%リアクトル

高調波流電流の詳細計算

高調波電流を低減する設備や、分流による抑制対策効果を考慮し、受電点における高調波流出電流を計算する過程を具体的に記述する。

力率改善用コンデンサによる流出電流抑制効果例

〇力率改善用コンデンサのインピーダンス(pu, 10MVAベース)

	コンデンサ	リアクトル	総インピーダンス
基本波	$-j \frac{10000}{300} = -j33.33$	$j33.33 \times 0.06 = j2.0$	$\frac{j(-33.32+2)}{2} = -j15.67$
第5調波	$-j \frac{33.33}{5} = -j6.67$	$j2 \times 5 = j10$	$\frac{j(-6.67+10)}{2} = -j1.67$
第7調波	$-j \frac{33.33}{7} = -j4.76$	$j2 \times 7 = j14$	$\frac{j(-4.76+14)}{2} = -j4.62$

〇流出電流

$$I_{50} = (6125 + 5320 + 0) \times \frac{1.67}{0.35 + 1.67} = 9462(\text{mA})$$

$$I_{70} = (3850 + 2030 + 0) \times \frac{4.62}{0.49 + 4.62} = 5316(\text{mA})$$

条件

- 〇高調波発生機器は定電流源にみなす。
- 〇一般負荷のインピーダンスは無無限大とみなす。
(分流効果に関係ない部分は省略して構いません。)

	5次	7次	11次	13次	17次	19次	23次	25次
計算書(その1)での高調波流出電流 (mA)	11,445	5,880						
低減効果を考慮した後の高調波流出電流 (mA)	9,462	5,316						
高調波流出電流上限値 (mA)	5,950	4,250						
対策要否判定	要	要						

※注 構内単線結線図, 高調波流出電流の詳細計算が本様式により難しい場合は、別添資料をつけることにより説明資料としても良い。

<高調波対策要否判定>

□各次数にて、低減効果を考慮した後の高調波流出電流 > 高調波流出電流上限値 → 追加対策要