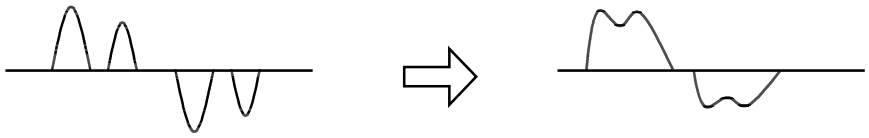
５．３ 力率改善対策

高調波電流

電源インピーダンスの大きさにより、インバータの入力電流波形は下図のように異なります。



a)電源インピーダンスが小さい場合　　b)電源インピーダンスが大きい場合

図５－２ インバータの入力電流波形

図 5-2 の電流波形をフーリエ展開し、電源インピーダンスの大きさによる高調波成分を下図に示します。
(注)電源インピーダンスは次式によりインバータ kVA に換算してください。

インバータ kVA 換算の電源インピーダンス＝
電源トランスのパーセントインピーダンス※（％）×$\frac{\text{インバータ容量（kVA）}}{\text{電源トランス容量（kVA）}}$

※パーセントインピーダンス：
トランス（変圧器）定格電流をインピーダンスとして表わしたもの。

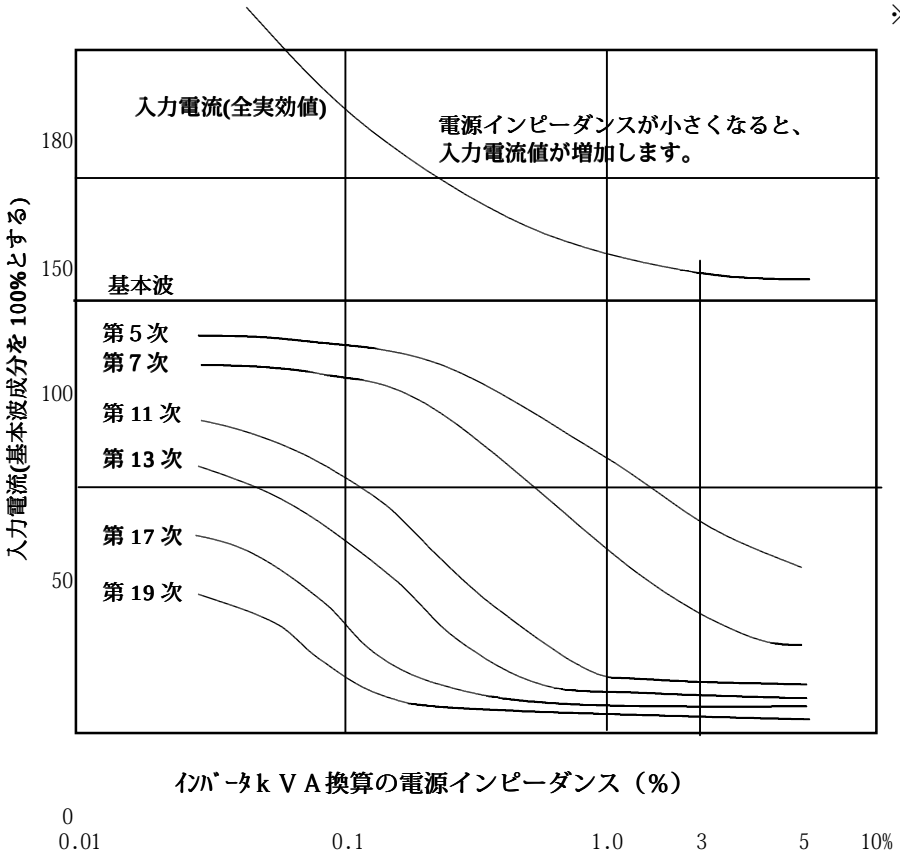
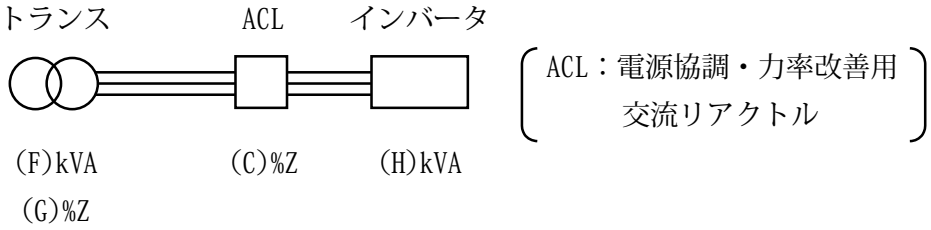


図５－３ 電源側に流れる電流の高調波成分

1.回路例



2.計算例

インバータ kVA に換算した％Z を、前頁、図 5-3 を用いて求めることができます。

1)インバータ容量に対応した住友製 AC リアクトルを使用した場合、ACL の“インバータ kVA に換算した％Z”は 2～3％（＝C ％Z）となります。

2)トランスの“インバータ kVA に換算した％Z”は次式となります。

$$(B)\%Z \times \frac{(D)\ (kVA)}{(A)\ (kVA)}$$

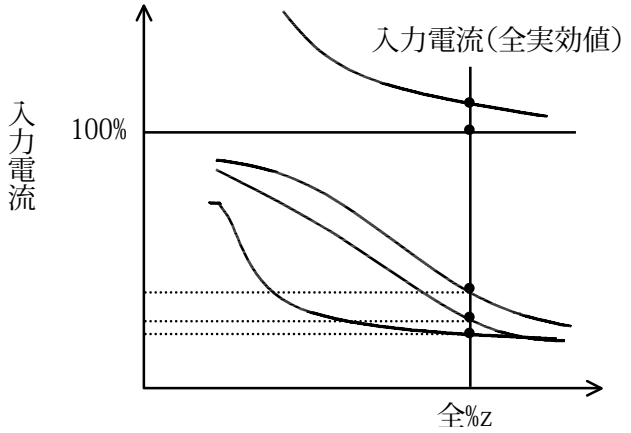
インバータ

電源

3)“インバータ kVA に換算した％Z”の総和は上記二式の和となります。

$$(2\sim3)+(B)\%Z \times \frac{(D)\ (kVA)}{(A)\ (kVA)} \Rightarrow 全\%Z$$

4)上記全％Z を前頁図 5-3「電源側に流れる電流の高調波成分」に記入する。



以上から、インバータが標準選定のモータを定格電流にて運転している時、インバータ入力電流中の基本波成分を 100％とした場合の前頁の図 5-3 より下記の電流成分の比率を読み取ることができます。

入力電流（全実効値）

基本波成分……100％

第 5 次、7 次、11 次、13 次、17 次、19 次成分

(注)・上記グラフはインバータ容量に関係なく使用できます。

・インバータ出力を低減して使用した場合、全％Z は小さくなり基本波に対する高調波成分の割合が大きくなります。ただし、絶対量は入力電流（全実効値）との割合いで決めてください。

■ 高調波電流低減のための交流リアクトルの効果

図 5-4 に ACL（交流リアクトル）なしの場合、図 5-5 に ACL ありの場合の高調波成分の例を示します。

インバータ ：HF3202-3A7　　電源仕様容量：800kVA　電 圧 ：200V

モータ　　：3.7kW 4P 汎用モータ　　％Z：5％　　周波数：50Hz

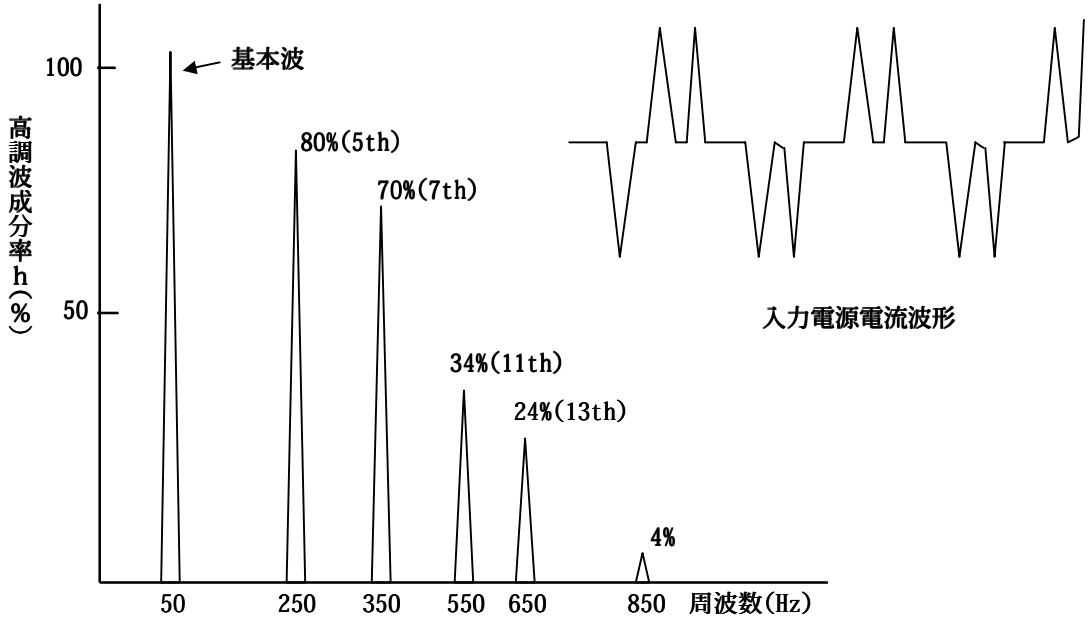


図５－４ ACL なしインバータ入力電流スペクトル

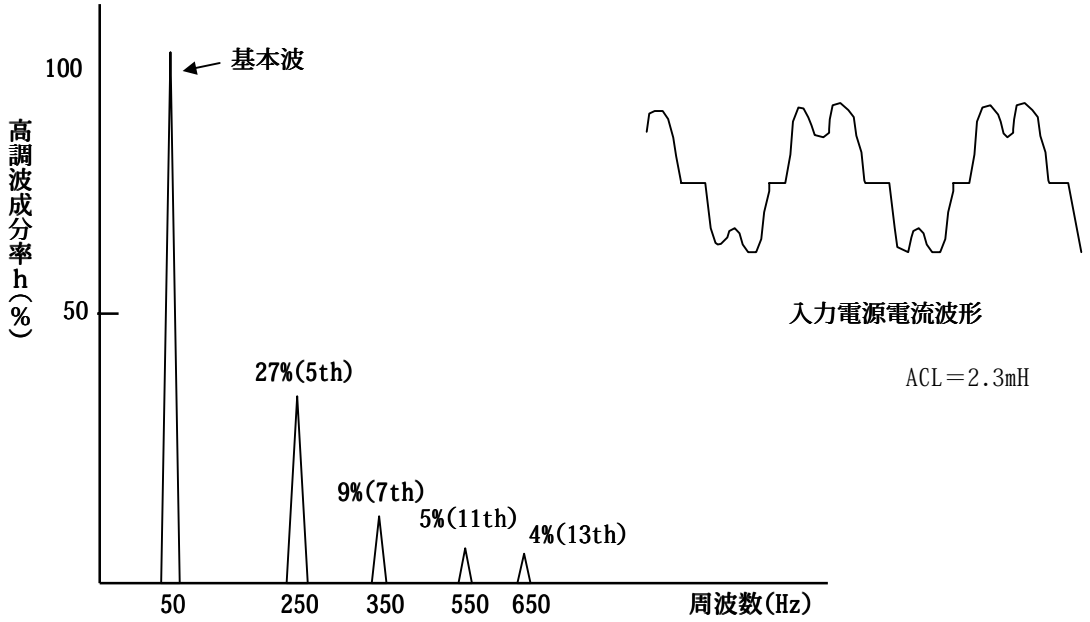


図５－５ ACL ありインバータ入力電流スペクトル

電源力率

インバータの入力電流には高調波を含みます。このひずみ波交流電力の力率 PF は次式で表わされます。

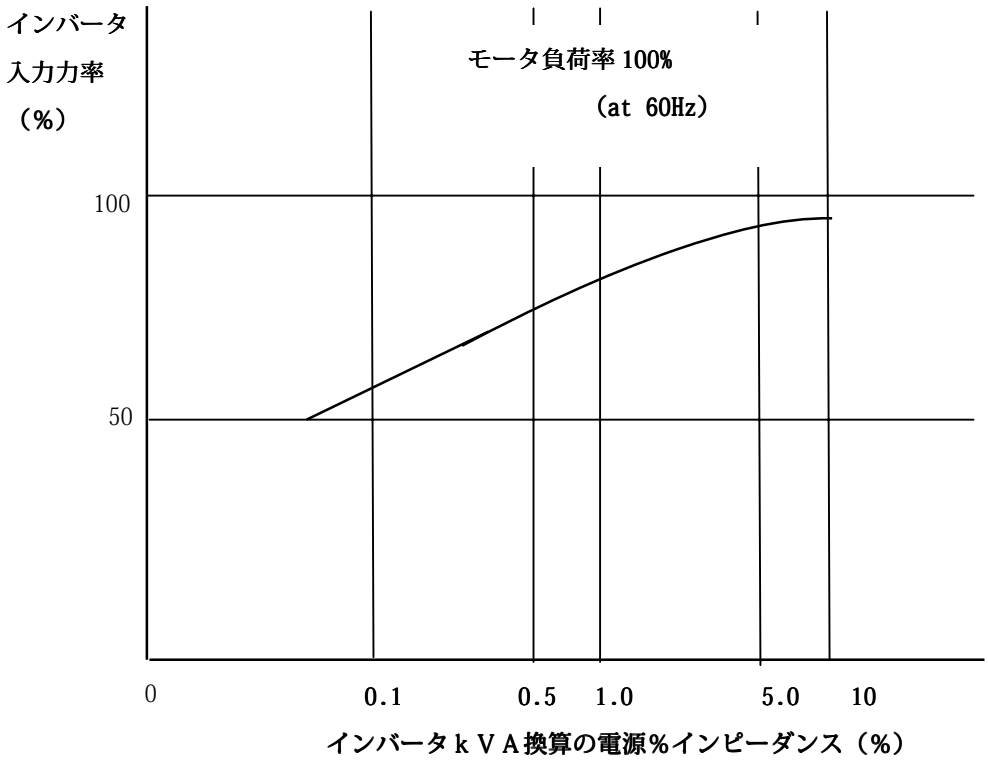
$$PF = \frac{P_o}{P_s} \fallingdotseq \frac{V_1 \times I_1 \times \cos\psi_1}{V_1 \times I_s} \fallingdotseq \frac{I_1}{I_s} \times \cos\psi_1 \cdots\cdots (1)$$

P_o：有効電力	I_s：ひずみ波電流実効値
P_s：無効電力	$I_s = \sqrt{\sum I_n^2}$
V_1：相電圧実効値	
I_1：基本波電流実効値	I_1 / I_s：ひずみ率
	$\cos\psi_1$：基本波力率

汎用インバータの基本力率は、ほぼ 1 であるため、高調波の低減が力率の改善になります。また、この対策では進み力率になることはありません。
電源インピーダンスの大きさに対するインバータ入力力率の変化を下表に示します。

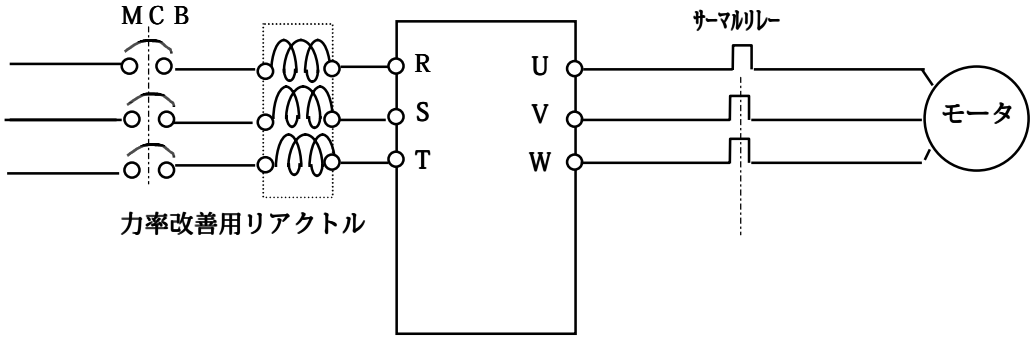
(注)電源インピーダンスは次式によりインバータ容量に換算してください。

$$\text{電源トランスのパーセントインピーダンス（\%）} \times \frac{\text{インバータ容量（kVA）}}{\text{電源トランス容量（kVA）}}$$

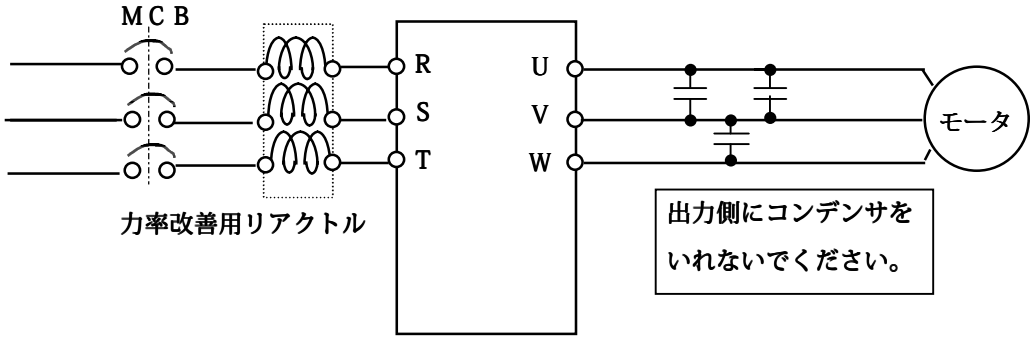


電源力率の改善方法

電源協調・力率改善用交流リアクトルをインバータの入力側に入れることで電源側力率は 80～95％程度に改善ができます。ただし、インバータ入力電圧は 2～3％程度低下します。



力率改善用コンデンサを電源側に入れても効果はありません。また、インバータの出力側（モータ側）にコンデンサを挿入しますと、コンデンサへ大きな充電電流が流れインバータトリップの原因となり、これを繰り返しますと素子破壊となりますので、コンデンサを挿入しないでください。



注）入力力率の測定 一般的にインバータの入力電流には、高調波が含有されているため力率計による測定では誤差が大きいため、従って下記により、計算で入力力率を求めます。

$$\text{入力力率（\%）} = \frac{\text{入力電力}}{\sqrt{3} \times \text{入力電圧} \times \text{入力電流（三相平均の実効値電流）}} \times 100\text{（\%）}$$

電源容量、電源電圧による影響の保護

汎用インバータにおいて、下記の場合にはコンバータモジュールにストレスが印加され、コンバータモジュール破損にいたる場合があります。

これらの状況が予測されたり、また特に高信頼性が要求される重要設備に対しては、電源協調・力率改善用交流リアクトルを使用してください。

なお、この場合、電源電圧の降下がありますのでご注意ください。

（インバータ定格電流時の電圧降下；約 2～3%）

(1)電源電圧の不平衡率が 3%以上の場合。
(2)電源容量がインバータ容量の 10 倍以上かつ 500kVA 以上の場合。
(3)急激な電源電圧変化が生じる場合。

なお、以下のような場合も、交流リアクトルを使用してください。

① 複数のインバータが互いに短い母線で併設されている場合。
② サイリスタ変換器と互いに短い母線で併設されている場合。
③ 進相コンデンサの投入、釈放がある場合。など

電圧不平衡率の計算例

$$電圧不平衡率＝\frac{線間電圧最大値(最小値)－線間電圧平均値}{線間電圧平均値}\times 100$$

(例)V_{RS}＝205、V_{ST}＝201、V_{TR}＝200V

$$＝\frac{V_{RS}－(V_{RS}＋V_{ST}＋V_{TR})／3}{(V_{RS}＋V_{ST}＋V_{TR})／3}\times 100$$

$$＝\frac{205-202}{202}\times 100＝1.5\%$$

V_{RS}：RS 相線間電圧　　V_{ST}：ST 相線間電圧　　V_{TR}：TR 相線間電圧