

# アクティブ・フロント・エンド・ドライブ: 低次高調波、省エネルギーの促進



LISTEN.  
THINK.  
SOLVE.®

 Allen-Bradley • Rockwell Software

**Rockwell**  
**Automation**

## 1.0 可変周波数ドライブ(VFD)の進化

1950年代後半に産業界に登場した当時の可変周波数ドライブ(VFD)の評判は、扱いにくい、信頼性が低い、価格が高いというものでした。現在、VFDは、工場現場において電動モータの管理と制御を支援するのに欠かせない縁の下力持ちです。

低圧ACドライブの新世代アクティブ・フロント・エンド・ソリューションの登場によってVFDは進化し続けています。産業界のユーザにとって、アクティブ・フロント・エンド(AFE)技術は、生産管理、コスト削減、エネルギー回生、高調波緩和が大きく前進することを意味します。以上のようなメリットを評価するためには、モータ制御、可変周波数、および低圧ドライブの原理を理解することが役に立ちます。

## 2.0 基本的なモータ制御

VFDは、電気機械のさまざまな変動要素、例えば、動作速度および加速度、フロー、モニタ、圧力、温度、テンション、トルク、電力需要などの要件を制御します。VFDによって、産業のプロセスと品質の改善が急速に進んでいます。そのためVFDの導入が拡大しています。

VFDはおおむね、非回生型と回生型に分類されます。代表的な非回生VFDは、3相6パルスの整流用ブリッジをフロントエンドのAC-DC電力変換用のダイオードまたはSCRのいずれかと併用することで実現できます。非回生ドライブは、図1に示すように、回路内にDCリンクチョークとオプションの入力ラインリアクタ・キットを備えています。

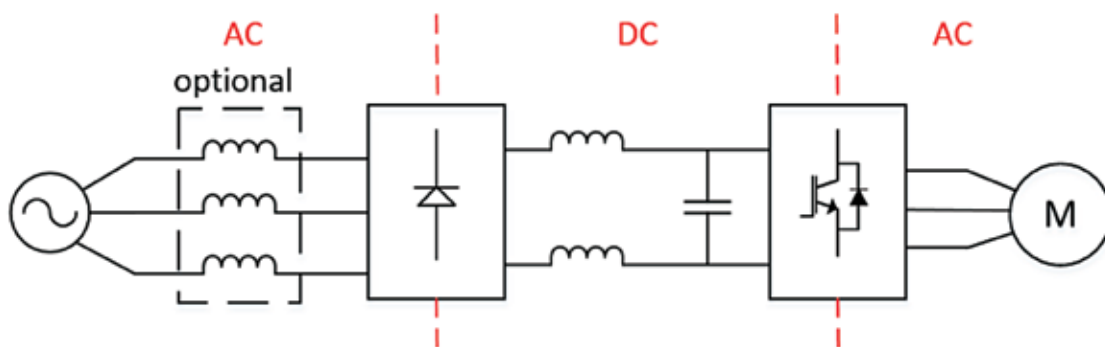


図1 : PowerFlex 755非回生ドライブのアーキテクチャ

VFDの伝統的なメリットは以下の通りです。

- ・ 始動/停止機能の調整、電流の制御、摩損の低減によるモータ寿命の延伸
- ・ モータトルクの調整による品質管理の向上
- ・ 機械的な駆動部品が不要
- ・ ファン、ポンプ、コンプレッサからの負荷需要の低減による省エネルギー化
- ・ 力率の向上、給電システムのリスク削減、業界規格の順守

アクティブ・フロント・エンド技術に支えられている最先端のドライブには、エネルギー回生、高調波緩和などの更なるメリットがあります。

### 3.0 高需要用途向けの低圧ドライブ

産業用途において最もエネルギー消費量が多いのは電動モータで、世界の電力量の約4分の1を消費しています。

この膨大な生産コストを削減しようと、アプライアンスからコンプレッサまでのあらゆる制御にVFDを導入する生産者が増加しています。

あらゆる産業部門がVFDから恩恵を受けます。低圧VFDは、モータ速度を需要に合わせて調整できるため、高需要産業または用途に貴重な存在です(水圧掘削方式や空圧掘削方式を使用するドライブなど)。

最大の省エネルギーの恩恵を受けるのは、金属および鋳業、廃水処理プラント、クレーンおよびホイスト、遠心分離機、タイヤおよびゴム、石油およびガスで使用される高需要またはエネルギー集約型の用途や機械などです。この用途で、低圧ACドライブはモータ速度およびトルクを制御して応力による機械の損傷を軽減します。

VFDは、さまざまな電圧と定格で利用できます。標準的なACモータの速度とトルクの調整に最も一般的に使用されるのが690V未満で動作する低圧ドライブです。このドライブは、低電圧および低周波で機械から高効率性能を引き出し、機械のエネルギー効率を向上させたい産業利用者に役立ちます。

### 4.0 省エネルギー、高調波緩和を推進するAFEドライブ

近年、パワーエレクトロニクス技術、トポロジ、制御ハードウェアおよびソフトウェアの多方面にわたる技術的発展に伴い、低圧VFDの性能および精度が大幅に向上しました。

回生ドライブとも呼ばれる、AFE技術が組み込まれたVFDは新しいテクノロジーを最大限活用して産業用エネルギー回生機能および入力電流高調波緩和を実現します。今日の産業ユーザの間では、12パルス整流器の代替品としてAFEを設置する傾向が見られます。

大部分のAFE駆動方式は、専用のACドライブとアクティブ・フロント・エンド・コントローラで構成されます。この駆動方式は、従来の整流器よりも入力電流の高調波歪みが少ないEMCフィルタ機能も備えています。

12パルス整流器は全高調波歪みを10%まで削減するのが一般的ですが、それに対してAFEドライブはおよそ3%です。しかし、その値は電源電圧の歪み、不均衡、およびインピーダンスによって異なります。それは、従来の整流器は、事後に高調波をフィルタするという受動的な方式をとっていることが理由です。

それとは対照的に、AFEドライブは、ドライブ内で検出された高調波歪みがより広範な電気システムに侵入して影響を及ぼさないよう先手を打ちます。ドライブ内で発生した非線形電流による高調波を連続的に中和することにより、入力電圧が変動してもアクティブフィルタリング機能が高調波を必要範囲内に抑えます。

以下に示す図2は、非回生ドライブの高調波歪みと回生ドライブで制御される歪みの比較サンプルを示します。フィールドアプリケーションの場合、負荷の種類から電源電圧までのさまざまな変数が実際の結果に影響します。

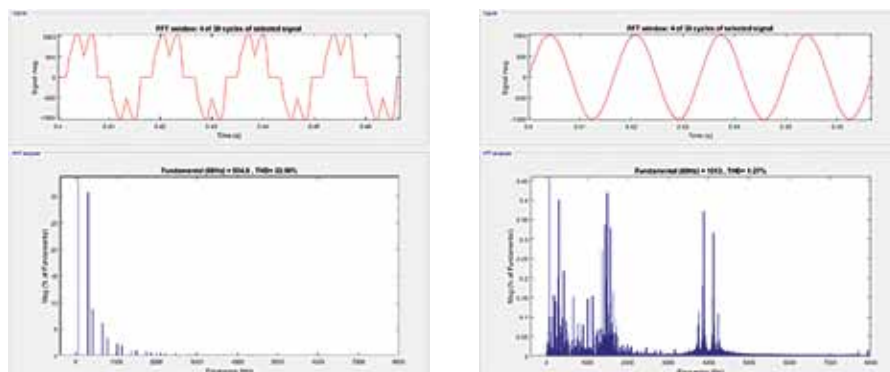


図2: 非回生VFD(左)と回生VFD(右)の入力電源の高調波プロフィール

AFEドライブでは、整流器はアクティブ・スイッチング・ステージを使用して実装されます。通常、IGBTベースドライブでは2つの電力部を使用します。アクティブ整流器は、ほぼ正弦波の電流を電力システムから引き込むことで高調波歪みを緩和します。ほとんどの非アクティブドライブは歪みを発生させる高調波を生成するのに対し、AFEドライブのアクティブ整流器は相殺高調波を生成します。

以下に示す図3は、DCバスコンデンサにより隔離された続けて接続されたPowerFlex® 755Tドライブのアーキテクチャ例を示します。通常、AFEドライブの入力にLCLフィルタを使用してノイズフィルタを行ないます。

AFEドライブは、省スペースと設置の簡素化にも役立ちます。パッシブフィルタ装置は227kg (500ポンド)もあり、パネルであれ工場現場であれ、そのスペースは頭の痛い問題となります。また、設置および移動も困難です。AFEドライブは自己密閉型のフィルタ機能を装備しており、高コストで扱いにくい外部デバイスへの投資の必要性が減ります。

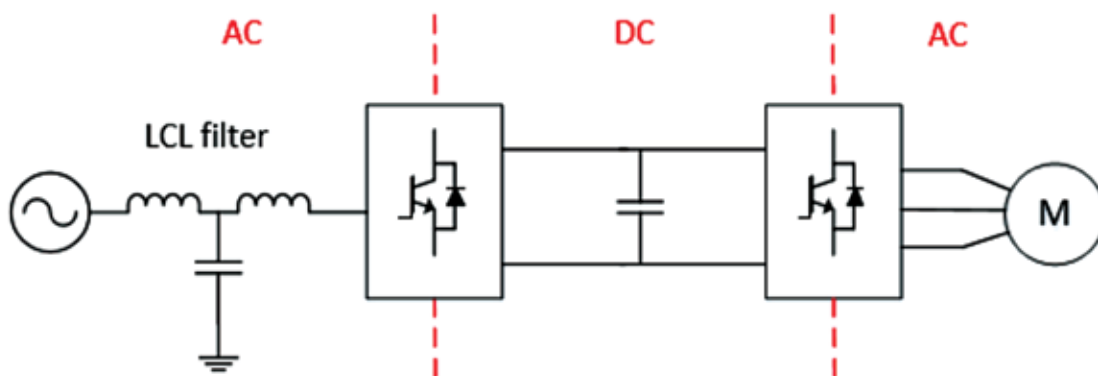


図3: PowerFlex 755Tドライブのアーキテクチャ

## 5.0 歪みの緩和、規格順守

VFDは、継続時間の短い非連続的なバーストで電流を引き込む、電力システムへの非線形負荷です。この不揃いな形式の電流は電源に返還され、これがAC入力正弦波エンベロープの変形の原因となります。つまり、オリジナルの信号の倍数(高調波)である新しい波形に重ね書きされます。

高調波緩和の最有力候補は、大きな高調波電流が発生する産業用途(ポンプ装置や掘削など)です。この電流は装置の寿命と性能に悪影響を及ぼし、印加電圧を変化させます。

高調波歪みおよび電圧歪みを効率的に低減し、施設内および電気事業システム全体の電力品質を最適化するには、高調波源の近く、例えば、負荷の近くか、または装置と電気システムが接続されている地点から上流近くに実装します。

高調波電流の影響は、工場現場から遠く離れた場所でも感知され、電力システムを共有している他の電力会社の顧客にも悪影響がでることがあります。そのため、電力会社は、VFD製造メーカーなどの顧客に対して高調波歪みの制限を課しているのが一般的です。

高調波に関するガイドラインはIEC規格またはIEEE規格に基づいて作成されています。IEEE規格519では、電力システムの高調波制御に向けた業界推奨慣行および要件を規定しています。製造メーカーは、電圧および電流の全高調波歪み(THD)の最大規定水準を超えてはなりません。IEEE規格では、個々の高調波の最大推奨影響度も定義しています。

この規格で規定する電圧および電流制限を表1および2にまとめます。

PCCにおけるバス電圧(V)	個々の高調波(%)	全高調波歪み(THD)(%)
$V \leq 1.0kV$	5.0	8.0
$1kV < V \leq 69kV$	3.0	5.0
$69kV < V \leq 161kV$	1.5	2.5
$161kV < V$	1.0	1.5

表1: IEEE-519-2014に基づく電圧歪み制限

$I_L$ の割合で表した最大高調波電流歪み						
個々の高調波次数(奇数次高調波)						
$ISC/I_L$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h \leq 50$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

表2: IEEE 519-2014に基づいた $I_L$ の割合(%)で表す最大高調波電流歪み

許容される電流歪みの量は、配電システムで利用可能な最大短絡電流(ISC - 共通結合PCCの場所で利用可能な最大短絡電流)と、プラントの最大負荷電流( $I_L$ -PCCにおける最大負荷電流)との比率に依存することを念頭においてください。

## 6.0 AFEとエネルギー回生

高調波歪みの緩和効率の点からAFEを好む生産者がいる一方、回生ブレーキを通じて入力電源にエネルギーをフィードバックする機能からAFEを選択する生産者も存在します。

モータ・ブレーキ・プロセス中、負荷によって同期速度よりも速くモータが駆動します。その結果、モータが実質的なエネルギー生成要素になります。これまで、生産者はブレーキによって発生した熱を消散させるために大がかりな抵抗器バンクを設置し保守してきました。レジスタブレーキ自体が望ましくない熱源となる可能性があり、頻繁なメンテナンスと清掃が必要になります。

しかし、回生機能が組み込まれたドライブなら、本来失われるはずの余剰エネルギーを回収することができ、ブレーキレジスタと冷却装置の必要性が減ってこれに伴う配線コストや人件費、メンテナンスコストが低減します。

モータおよび接続負荷により発生した力学的エネルギーを電氣的エネルギーへ変換することで、回生ドライブは余分な電氣的エネルギーを電源に戻すことができます。産業界のユーザは、回収されたエネルギーをACモータや施設に戻したり、このエネルギーを動力ポンプや冷却ファンの給電に再利用できます。AFE技術は、ほとんどの力率を維持しながらモータ電力と回生電力の両方を実現することができます。

回生ドライブは、オーバーホール荷重と高イナーシャの負荷を必要とする用途に有用です。その代表例として、積み込み中に頻繁にブレーキをかける必要があるクレーンおよびホイスト操作や部品組立で使用するコンベヤ・ベルト・ドライブなどがあります。

回生ドライブは、モータ・ブレーキ・エネルギーを回収することにより、生産者がエネルギー消費を削減することを支援し、抵抗ブレーキよりもはるかにエネルギー効率が改善されます。

## 7.0 PowerFlex® AFEドライブ

PowerFlex® 755Tドライブおよびバスサプライは、アクティブ・フロント・エンド技術の採用によって組み込み高調波緩和および力率補正、エネルギー回生、および共通バスソリューションを提供します。共通バスシステムにより、多様なVFD、サーボドライブ、その他のパワー部品を同じDCバスに接続することができます。

PowerFlex 755Tドライブは、産業用途におけるエネルギー効率の向上、エネルギーコストの削減、配電問題の緩和を図るように設計されています。CEおよびIEEE 519規格にも準拠しています。

## お問い合わせ先





詳細は、以下までお問合せください。

### Rockwell Automation

6400 W Enterprise Drive  
Mequon, WI 53290  
(262) 512-8200

[www.rockwellautomation.com](http://www.rockwellautomation.com)

Allen-Bradley, LISTEN. THINK. SOLVE., PowerFlex, およびRockwell Softwareは、Rockwell Automation, Inc.の商標です。Rockwell Automationに属さない商標は、それぞれの企業に所有されています。

Connect with us.    

**rockwellautomation.com** ————— **expanding human possibility™**

**Americas:** Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA, Tel: (1) 414.382.2000, Fax: (1) 414.382.4444  
**Europe/Middle East/Africa:** Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium, Tel: (32) 2 663 0600, Fax: (32) 2 663 0640  
**Asia Pacific:** Rockwell Automation, Level 14, Core F, Cyberport 3, 100 Cyberport Road, Hong Kong, Tel: (852) 2887 4788, Fax: (852) 2508 1846  
ロックウェルオートメーションジャパン株式会社 本社営業部 東京都中央区新川1-3-17新川三幸ビル・中部支店 名古屋市中区錦1-6-5名古屋錦シティビル・関西支店 大阪市淀川区宮原4-1-14住友生命新大阪北ビル・製品に関するお問い合わせ TEL: 03-3206-2784 (カスタマケア)