



ダイレクトドライブテクノロジーによる フレキソ印刷機の品質と速度の向上

KOLLMORGEN[®]

Because Motion Matters™

フレキソ印刷のテクノロジーは、印刷品質が高く、印刷開始に掛かる時間が短く、印刷ミスによる廃棄が少ないため、多くが市場に受け入れられています。

フレキソ印刷の品質は、各プリントデッキモジュールで使用されるアニロックローラとプレートシリンダの正確な同期により成り立っています。アニロックローラとプレートシリンダを歯車で繋ぎ、1台のインダクションモータで駆動するタイプや個別にギアボックスを介してサーボモータにより制御するタイプなど、正確な同期を実現する方法はさまざまです。しかし、印刷速度と品質に対する要求が高まるにつれて、ギアードシステムが持つ不正確さが、印刷速度と品質の向上の妨げになっています。

近年の技術的進歩により、クローズドループ制御のテクノロジーとダイレクトドライブロータリ (DDR) モータを使用して、アニロックローラとプレートシリンダの軸をメカニカルトランスミッションなしで、しかも、高い精度で同期させ駆動することが可能になりました。ダイレクトドライブロータリモータを使用し、ギアなどのメカニカルトランスミッション部品をなくすと、サーボループゲインを増加させることができます。また、サーボループゲインが増加することにより、サーボループの帯域幅を広く取ることが可能になり、その結果、アニロックローラとプレートシリンダ間の速度と位相調整を緊密に制御可能となり、フレキソ印刷機の高速度と高精度化が実現可能になります。この技術的資料では、フレキソ印刷機におけるDDRシステムの有効性を検証し、代替実装の方法を検討します。

アニロックローラとプレートシリンダの同期の重要性

フレキソ印刷のプロセスでは、アニロックローラが印刷画像を形成するドットパターンでできたプレート（版）が付けられているプレートシリンダに接触し、プレート上のドットが吸引カップのように作用し、アニロックローラからインクを受け取ります。安定的に適量のインクを供給することが重要で、アニロックローラとプレートシリンダ接触面が常に同期していなければなりません。プレートシリンダがアニロックローラよりも速い場合、プレートシリンダに乗るインクの量が少なくなり、印刷に擦れが生じます。プレートシリンダがアニロックローラよりも遅い場合、通常量より多い量のインクが乗り、印刷に滲みが生じてしまいます。

アニロックローラとプレートシリンダを同期させる方法の一つに、中央の印刷ドラムに取り付けられたブルギア（歯車）を介して、アニロックローラとプレートシリンダの両方を駆動する方法がありますが、この駆動方法の問題点は、歯車の摩耗によるバックラッシュの影響を受けやすく、発生するバックラッシュにより、ローラやシリンダに振動が発生します。印刷品質面への影響は、縞模様状の印刷むらとなって現れます。

ギア（歯車）レスの印刷機（図2）では、アニロックローラ、プレートシリンダ、インプレッションローラは個別にギアボックス付きのモータにより駆動されます。ギアボックスの問題点は、負荷に対してフィードバックが正確で無い点にあり、ギアレス印刷機における位置決め精度は±1分角から

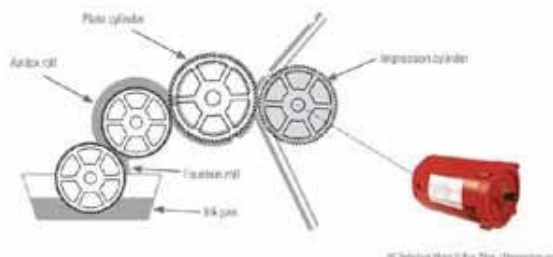


図1: このマシン構成では、1台のモータによって駆動される軸のギアを介して各ローラが運動しています。

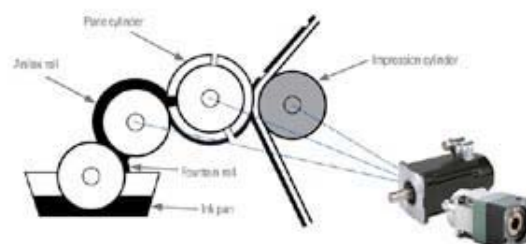


図2: ギア（歯車）レスのマシン構成では、各ローラは、それぞれギアボックス付きモータにより駆動しています。

±10分角程度になります。また、ギアードモータは、加減速がギア・トレインのバックラッシュによって制限されることから、指定範囲を超えた加減速を行うと、ギアボックスの摩耗を早めることとなります。このため、ギアレス印刷機では、週に1度程度、印刷機の反り緩衝制御システムの調整が必要になってきます。いずれのシステムにしてもギアや歯車で発生するバックラッシュが、印刷品質や印刷速度に影響を及ぼしていることが解ります。

メカニカルトランスミッションを無くす

この10年間の制御とモータテクノロジーの進歩により、フレキシ印刷機の精度は格段に向上できるようになりました。新しいダイレクトドライブロータリ(DDR)モータを導入することで、メカニカルトランスミッションによる損失を無くし、クローズドループ制御により高い精度で各ローラを電子的に同期させることが可能になります。(「図3:ダイレクトドライブモータによる構成」を参照して下さい)フレキシ印刷機の4つのローラは、独立したDDRモータにより駆動され、高分解能フィードバ

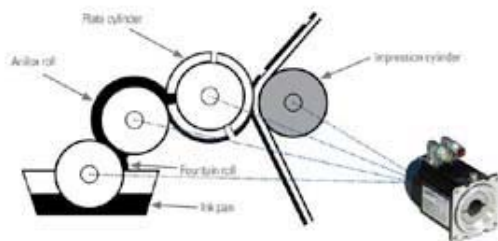


図3:ダイレクトドライブモータによる構成では、すべてのローラをダイレクトドライブロータリモータによって駆動することにより、ギア(歯車)やギアボックスを不要にしています。

ックにより位置と速度の情報がコントローラに送られ、コントローラは、プログラムされたモーションプロファイルに基づき現在位置と速度から必要な演算を行い、速度指令をモータを駆動するサーボドライブに送ります。フレキシ印刷機の4つのローラは、すべてモーションプロファイル上で同期が取られ、全てのローラの同期が保証されます。

制御とモータテクノロジーの進歩によるメリット

最新の制御技術の進歩とKollmorgen CartridgeDDR®モータテクノロジーと組み合わせることにより多くのメリットがもたらされます。

例えば、最新のサーボドライブは、プラグアンドプレイにより多くのフィードバックデバイスをサポート。標準的なサーボモータ、電気シリンダ、リニアポジショナの自動認識を実現しています。印刷機を組み立てる人は、単にモータとフィードバック装置をドライブに差し込むだけで、ドライブが自動的に接続されたモータとフィードバックデバイスに合うようにパラメータを調整します。

最新の制御とサーボドライブテクノロジーにより、フレキシ印刷機の同期多軸制御はもとより、各プリントステーションまたはデッキを含めたシステム全体で協調動作を行うプログラミングが可能になります。

また、業界標準のプログラミング言語IEC 61131-3や複雑なカム制御等に対応したカスタムソフトウェアを利用することができます。マルチカラー印刷システムでは、それぞれのカラーを扱う印刷機の各軸を一台のPAC(プログラマブルオートメーションコントローラ)によって制御することが可能な他、各プリントデッキを一つのモーションサブセットとして制御し、マスタコントローラに接続し協調動作させることもできます。このPACには、I/O、HMI、を始めさまざまなマシンデバイス用のブロックが用意され、ドラッグアンドドロップでプログラムに追加可能です。

最新世代のサーボドライブとDDRモータの組み合わせは、最大27ビットの分解能を持つフィードバック、64ビットの位置決め分解能、125 μ secのポジションループ、62.5 μ secの速度ループ、0.670の電流ループを実現可能としています。この組み合わせは、最高のアンチバックラッシュ制御システムを持つメカカルトランスミッションよりはるかに高精度です。また、従来型のギアードサーボシステムと比較した場合、最大20倍高い精度と、およそ ± 25 arc secのシステム精度を実現します。その結果、印刷品質が大幅に向上します。

印刷品質に重要な役割を果たすサーボドライブは、常にサーボループに必要な帯域幅を実現するために低いノイズと高いゲインを維持する必要があります。しかし、ギアボックスには機械的な利点がないためサーボループのゲインを高く保つことが難しいです。DDRシステムは非常に剛性の高いメカカルアセンブリを実現できますが、さらに良い帯域幅を実現するためには高度なオブザーバとバイクウッドフィルタを使用します。サーボドライブは、システム全体のパフォーマンスと優れた印刷品質を実現するために上記の機能をサポートしている必要があります。

印刷速度の向上

DDRモータと負荷が直接結合されることで剛性が上がり、セtringに掛かる時間が大幅に短縮され、サーボループのゲインを増加させることができます。これにより、アニロックス、プレート、中央のインプレッションシリンダ間における優れた速度調整と位相制御を達成するために必要なサーボ剛性を実現できます。ダイレクトドライブテクノロジーを使用した印刷機は速度と精度に優れ、従来のシステムに代わり、多くの用途で使用される可能性があります。

最新世代のサーボドライブとDDRモータを採用した印刷機に切り替えると、セットアップとメンテナンスの時間が短縮され、トータルの印刷速度がさらに向上します。ギアボックスを備えた従来のフレキシ印刷機のサーボシステムは、ギア摩耗を補償するためにアンチバックラッシュ制御システムの周期的な調整が必要でした。しかし、新しいDDRシステムは、モータが負荷に直接接続されているため、定期的な調整は必要なくなります。また、バックラッシュが完全に無くなるため、アンチバックラッシュコントロールも不要です。年数が経過しても、新たにチューニングを見直す必要は無く、印刷機の試運転時にオペレータはただ1つのボタンを押すだけで、オートチューニング機能によりオブザーバを含むすべてのループ、フィルタ、ゲインを調整し、最適なパフォーマンスを秒単位で設定、すべてのモータを正確に制御し、負荷の変動を補償します。

使いやすいグラフィカルユーザインターフェイス（GUI）は、試運転とトラブルシューティングを行うのに適し、エンジニアや作業者は、ドライブやコントローラの問題をイーサネット経由で素早く診断できます。また、実際のマシンから離れたモーションコントロールのエキスパートによるリモートによる診断も可能です。マシンの設計者にとって必要なドライブソフトウェアツールは次のとおりです：

- 使いやすい多チャンネル・オシロスコープ
- ワンクリック・オートチューニング
- 多機能ボード線図
- 電子メールによるマシンパフォーマンスデータの共有機能

以上の機能は、予めサーボドライブ側に組み込まれており、DDRシステムの設定をより簡単に短時間で行えます。

部品点数、メンテナンスの削減

DDRシステムを採用した印刷機では、部品表の部品点数が、プリントデッキ毎に最大10点の削減が可能です。印刷機における機械的な構成部品点数を削減することにより、組立工数、メンテナンス工数、および部品購入費用の削減が見込まれます。表1は、ギアードシステムを使用した印刷機とDDRシステムを使用した印刷機を比較しています。10色刷りの印刷機を考えた場合、部品表から100以上の部品の削減が見込まれます。

アニロックスローラとプレートシリンダがギアシステムを介して1台のモータで駆動される場合、印刷スリーブまたはプレートの保守と交換のために2つの軸を分離することは困難です。しかし、DDRシステムによる構成では、アニロックス、プレート、および印刷ドラムをそれぞれ独立して動かすことができ、メンテナンス、クリーニング、プレートブランケットの交換も容易です。また、各ローラを独立して制御しているため、安全性の向上も見込めます。

以上のように、DDRシステムによる方式では、アライメントの調整、ギアの潤滑、定期的なメカカルトランスミッションシステムの交換などの必要が無くなります。

モータの小型化

DDRシステムのモータは装置の軸に直接取り付けられるため、ギアレス印刷機で必要とされていたイナーシャのマッチングは必要ありません。

ステッピングモータは、トルクのロールオフまたは特定の周波数で共振によって引き起こされる非線形特性があり、トルクが低いときに発生する外乱による影響を克服するために必要なトルクを得るため、負荷に適合するようなサイズになっています。コミュニケーション制御によるクローズドループ・サーボシステムでは、同じ非同期問題やトルク損失が発生しにくく、特別なコミュニケーションシーケンスや反共振制御を使用しなくてもリニアで、かつ予測可能な速度トルク曲線が維持できます。

DDRモータのサイズは、望まれる加速時間を達成するために必要なピークトルクに基づいています。また、DDRモータは、250対1のイナーシャ比が一般的であり、800対1のイナーシャが本体にあります。多くのフレキシソ印刷機におけるモータのサイズは、イナーシャとのマッチング条件によって決まりますが、以上の結果から、ほとんどのアプリケーションで、従来型と比較して小さくエネルギー効率の高いDDRモータを使用することができます。

昨今、工場における環境仕様において、多くの機械仕様に最大騒音レベルが記載されています。DDRシステムの騒音レベルは、ギアードシステムに比べて20dBも低くなる場合があります。これは、ギアードシステムのトランスミッション部品がかなりの騒音を発生させるからです。DDRシステムを導入することで、騒音を抑さえ、必要な環境仕様を達成することも可能になります。

ギアード印刷機	ギアレス印刷機	ダイレクトドライブ印刷機
モータ	サーボモータ	ダイレクトドライブロータリモータ
精密歯車	ギアボックス	
潤滑システム オイルパン フィルタ ポンプ シールドハウジング シャフト	ギアボックス取り付け金具	
ベアリング	シャフトカップリング	
フレームメンバと保持金具		
取り付け金具		

DDRモータへの代替案

DDRテクノロジーは、常に進化的な方法により発展してきました。オリジナルのフレームレスダイレクトドライブモータ（図4）は、フィードバックデバ



図4：フレームレスDDRモータテクノロジーは、マシンのアーキテクチャに合わせ設計されています

イスを含め、完全にマシンと一体化する様にマシンアーキテクチャに合わせ設計されていました。このアプローチは、モータの取り付けが最小限のスペースで済むという利点があります。一方で、フレームレスモータの取り付けには、基礎となるマシンの設計に実質的な変更が必要となるため、導入に掛かるコストが比較的高価になることがあります。また、フレームレスモータは、マシンに直接組み込まれるため、サービスを行うことが困難です。しかし、初期の開発コストは高いですが、高性能、高品質、小スペースのメリットは、一部のアプリケーションでは有効な選択肢になります。



図5：フルフレームDDRシステムは、ロータ、ステータ、ベアリング、フィードバックデバイスなどのコンポーネントをモータハウジング内に全て組み込んだ製品です。

フルフレームシステム（図5）と呼ばれる次世代のDDRテクノロジーは、ロータ、ステータ、ベアリング、フィードバックデバイスなどのコンポーネントをモータハウジング内に全て組み込んでいます。また、マシン側シャフトがモータの中心を通り、ロータに取り付けられる様に設計されています。このアプローチでは、モータがマシンに完全に組み込まれるため、開発コストを大幅に削減できます。このアプローチの欠点は、モータとマシン側ベアリングの正確な位置合わせが必要な点に

あり、この作業自体が複雑で時間が掛かることで、モータのベアリングと負荷は一直線上に取り付けられることが理想ですが、マシンの回転に伴う早期のベアリング故障を起こさないようにシステムコンポーネントを適切に配置し、調整することはほとんど不可能です。



図6：Kollmorgen Cartridge DDRサーボモータは全てが完全に組み込まれた状態にあり、マシンに取り付ける準備ができています。この5年間で、DDRシステムは、従来のギアードサーボシステムと比較して、動作軸あたり最大10,000ドルのオペレーションコストを削減することが可能です。

ダイレクトドライブロータリ (DDR) システムの最新のアプローチでは、Kollmorgen Cartridge DDR®サーボモータ（図6）で示す通り、全てが完全に組み込まれた状態にあり、マシンに取り付ける準備ができています。モータ側にベアリングはなく、モータのロータを直接マシン側に既存するベアリングに取り付けます。このアプローチにより、ベアリングが既に存在しているマシン、特にローラが高耐久性の精密ベアリングを使用している印刷などの用途で、ダイレクトドライブテクノロジーを導入することが容易になります。アニロックローラ、プレートシリンダ、印刷ドラムなどの各軸には、モータハウジングをマシンフレームにボルト止めする穴が既に中央にあります。

最新のDDRモータの取り付けは5分程度で済み、モータ側パイロットがマシン側パイロットに完全に噛み合うまでモータをシャフト上で移動させて、ハウジングをボルトで固定します。モータロータは、指定トルクで締め付けられる圧縮カップリングによってマシン側のローラシャフトに固定されます。これで、ロータがマシン側シャフトにしっかりと固定されます。エンコーダのアライメントは、調整を行う必要がないように予め設定されていますし、ケーブルも既に接続されていることから、モータを何時でも動かすことが可能です。

Kollmorgen Cartridge DDR[®]モータを搭載したサーボシステムのマシンは、10年間メンテナンスなしで動作することが期待されます。導入時のコストは、従来のギアードサーボシステムに比べて高いかもしれませんが、数年間に渡り、修理費用、定期的なメンテナンス費用を考慮した場合、DDRシステムの導入による全体的なコストは低くなります。導入時のコストが若干高くても、5年間でカートリッジDDRモータは、ギアードサーボシステムと比較して動作軸あたり最大10,000ドルのオペレーションコストを削減できます。

ダイレクトドライブテクノロジーが多くの新しい印刷機の開発で使用されるようになってきた理由は秘密ではありませんが、印刷機の場合、DDRシステムがもたらす高い印刷品質とスループットは、より高い収益につながります。また、印刷機の製造業者にとってのダイレクトドライブテクノロジーの導入は、現在既にある印刷機をアップグレードし、新しい印刷機と容易に統合可能になるだけでなく、市場における競争に実質的な優位性が持てることとなります。

KOLLMORGENについて

Kollmorgenは、世界中のお客様にオートメーション機器やドライブシステムを供給するメーカーです。100年以上の歴史を数え、モーションコントロールの設計やアプリケーションの構築などにその経験を活かしたソリューションの提供と性能、品質、信頼性、使いやすさを追求した各種製品の販売を行っています。

Kollmorgenの製品の詳しい情報に付きましては、ia-info@kollmorgen-japan.jpにお問い合わせいただくか、Kollmorgenのウェブサイト www.kollmorgen-japan.jp をご覧下さい。