



SIEMENS

Ingenuity for life

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア

ポンプとコンプレッサーの能力を 最大限に引き出す

Simcenter Amesimを使用して、規制要件と市場
要件を効率的に満たす

エグゼクティブ・サマリー

今日の回転機械のサプライヤーは、騒音振動 (NVH) や排出ガス、安全性に関する規制の強化に対応しつつ、性能を維持しながらエネルギー消費を削減するなど、さまざまな基準を満たさなければなりません。この困難な状況下で大きな助けとなるのがシステムシミュレーション・ソリューションです。システムシミュレーション・ソリューションは、開発プロセスのできるだけ早い段階に設計の選択肢を正しく評価できるようユーザーをサポートします。

これによりユーザーは、信頼性の高い仮想モデルを使用して設計領域全体を探索し、規制と顧客の期待の両方を満たす新たなテクノロジーを設計してベンチマークすることができます。ポンプとコンプレッサーには複数の属性があり、それらはときに競合するものであるため、圧力とトルクの振動を低減すると同時に、高速で正確な流量調整を可能にする技術ソリューションが必要です。さらに、ポンプ/コンプレッサーとコンポーネント、および下流のシステムとの間の相互作用も理解しなければなりません。

概要

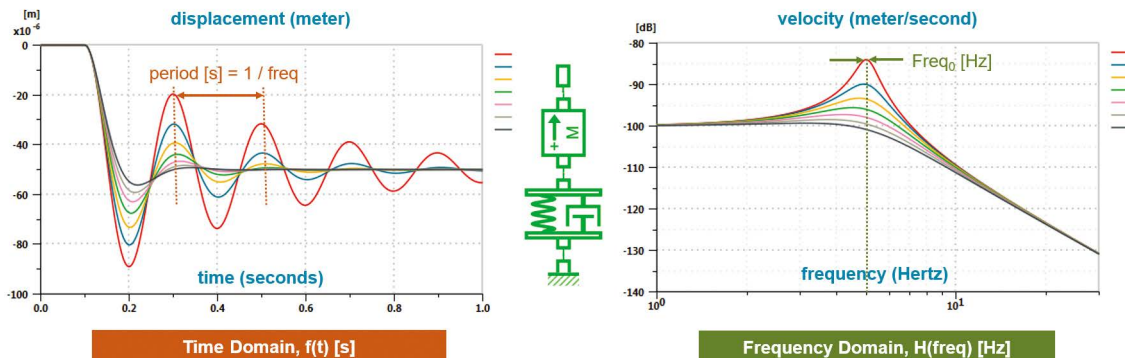
Optimize multiple (and sometimes conflicting) attributes to comply with standards and customer expectations

Assess the impact of new component technologies on systems and machines

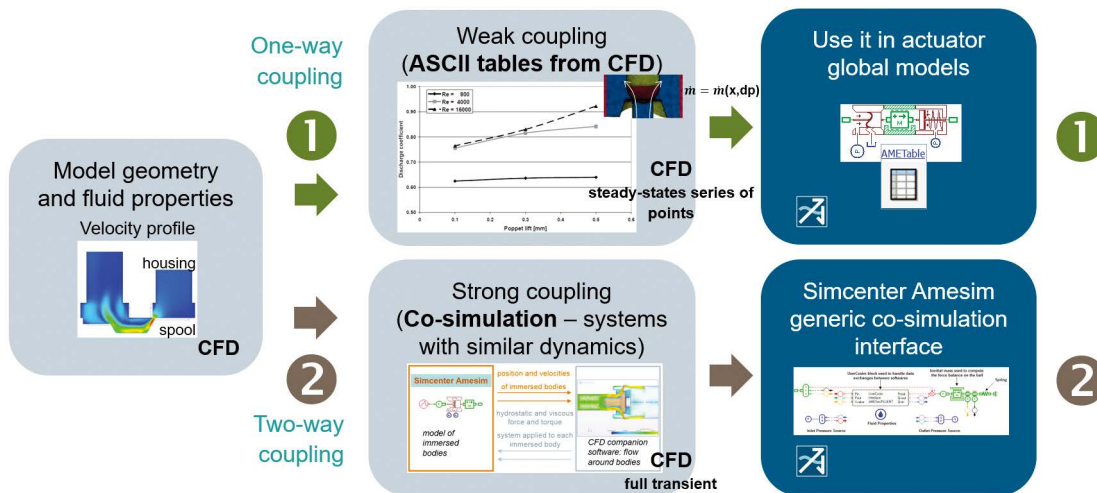
Fast and precise flow control	Smart displacement controls	Performance Reliability	Energy consumption & emissions
Leakage reduction	Reduced pressure oscillations	Energy consumption & emissions Performance	NVH Safety & reliability
Electric pumps / compressors	Interactions between supply units and system	Emissions	NVH Safety & reliability

Xcelerator™ ポートフォリオの一部である Simcenter™ Amesim™ ソフトウェアは、シーメンスデジタルインダストリーズのソフトウェアとサービスを統合した包括的なポートフォリオです。機械、電気、油圧、熱などのさまざまな物理領域を網羅するマルチフィジックスのライブラリを統合環境に提供することで、コストを抑えながら短い開発サイクルで高品質の製品を開発できるよう流体部品サプライヤーをサポートします。

時間領域シミュレーションを補完するSimcenter Amesimの周波数領域ツールを使用すると、自由応答と強制応答を識別して (固有値、自然モード、根軌跡、ボード/ナイキスト/ニコルス線図など)、入力変数 (ポンプのリップル励起など) とオブザーバー (回路内の圧カレベルなど) 間の伝達関数の振幅や位相を調べることができます。



Simcenter Amesimは、機能モデルから詳細なジオメトリベースのモデル、準静的シミュレーションから完全な動力学物理シミュレーションまで、製品開発のあらゆるシミュレーションのニーズに応えます。また、オープン性を備えているため、エンジニアはシステムシミュレーションモデルを3D数値流体力学 (CFD) ツールと組み合わせて、流体の流れをローカルスケールで解析できます。Simcenter Amesimは、複雑な配管や溝の圧力損失、具体的な制限下の流量係数、特定の流路と再循環でポペット / スプールのバルブに作用する流力の評価などにも使用されています。

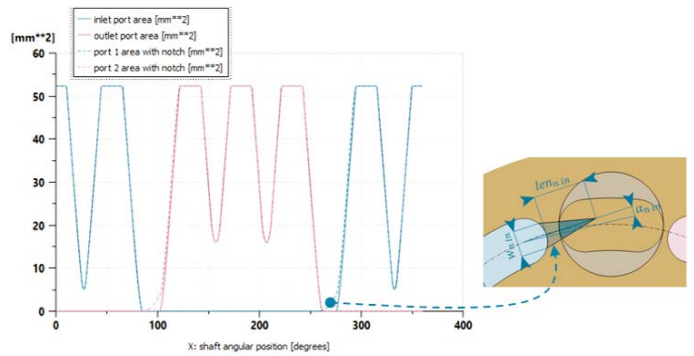


油圧モデリング

油圧アプリケーションでは、Simcenter Amesimは利用可能な入力データと動力学特性に応じて、シミュレーションのニーズを満たす3つのライブラリを提供します。

- ポンプ、バルブ、アキュムレーターなどのシステムレベルの全体的 / 支配的挙動の機能物理モデルには、データシートに記載の一般的なパラメーターを使用します。
- 油圧抵抗は、配管の曲げ、Tジャンクション、その他の突然の形状変化による局所的な圧力損失を考慮します。このライブラリは、ポンプの低圧入口の油圧パイプで必要になります。この場所は高流量で負の相対圧力が発生し、吸引時に強い空気混和とキャビテーションが発生する可能性があります。
- パイプ形状が複雑な場合も、エンジニアはシミュレーションプラットフォーム内でコンピューター支援設計 (CAD) のインポート機能を使用して、Simcenter Amesimモデルを容易に構築し、パラメーター化できます。
- コンポーネント設計ライブラリには、油圧スプール / ポペットバルブ、漏れ、ポンプの流路を完全に表現するための多様なジオメトリベース・モデルが含まれています。このライブラリは、コンポーネントの設計や油圧の最適化に適しています。

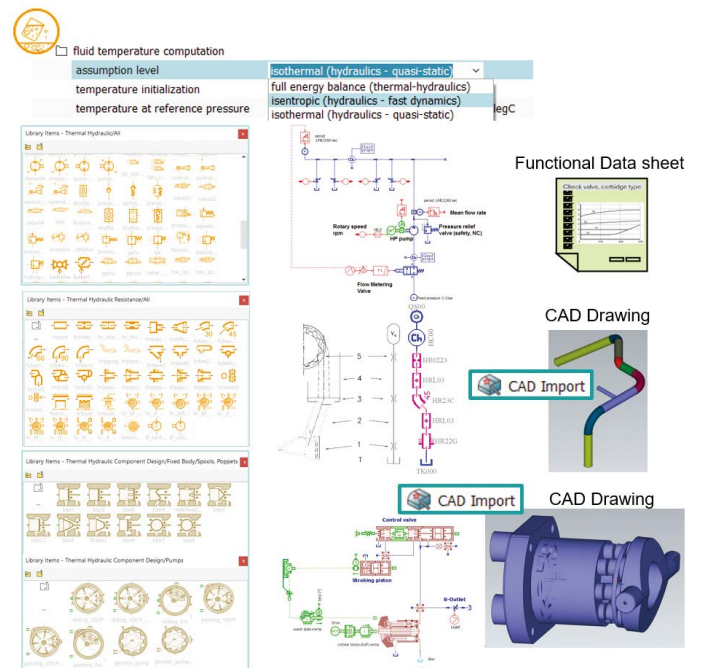
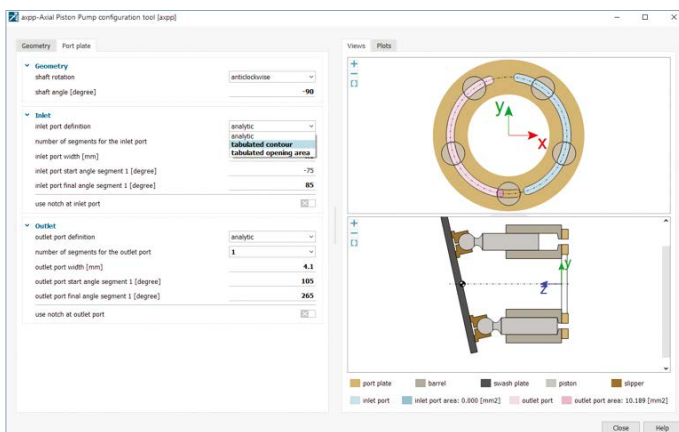
容積移送式ポンプの場合、モデルのパラメーター化を容易にする前処理アプリがあれば、CAD図面の完成前であっても、完全に統合されたモデルを使ってさまざまなジオメトリ案をベンチマーク評価することができます。



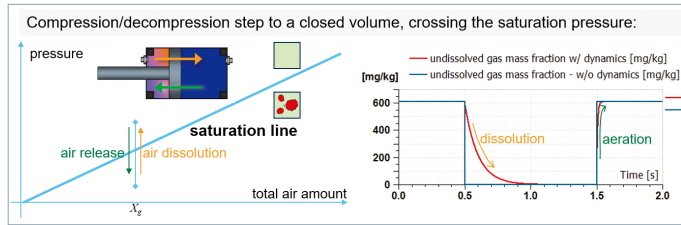
ポンプ図面が完成したらすぐに、CADインポート機能でスケッチを自動生成し、そのジオメトリを直接取得してポンプモデルをパラメーター化します。

高度な流体特性の計算では、常に質量とエネルギー保存の熱力学的法則を遵守します。これにより、例えば、より高い角速度のポンプの入口で発生する空気混和やキャビテーションの現象を予測することができます。

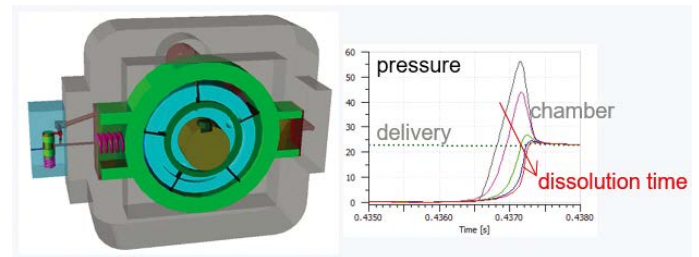
油圧ポンプの完全な動力学解析に適した最も複雑な空気混和モデルでは、総空気量と非溶解空気量は、質量分率保



存式で計算した独立変数です。非溶解気体の質量分率の変化は、ユーザー定義の時定数から導いた一次遅れを反映することで、もしくはより複雑な法則に則ることで、空気混和と溶解の動力学を考慮します。¹



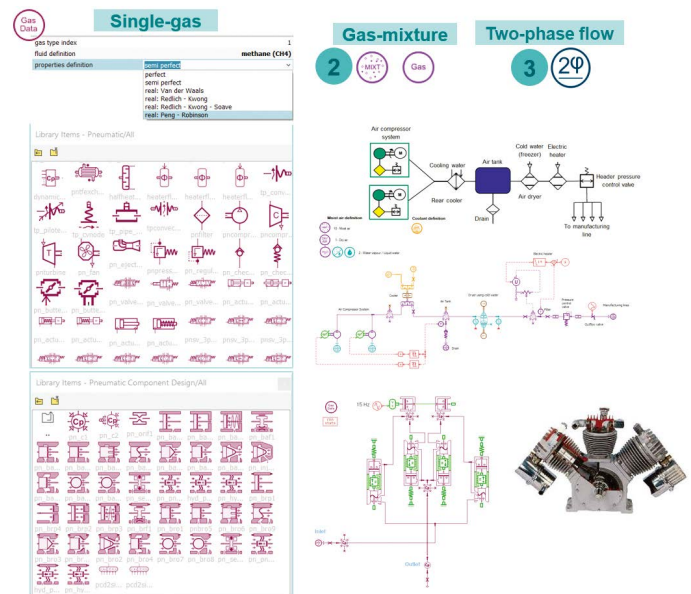
この論文²は、可変容量潤滑油ポンプの圧力設定を変えると、空気溶解力学がどう変わるかを解明したものです。空気溶解力学特性は、瞬間的な空気分離量に強い影響を及ぼします。これにより、空気 / 油混合液の等価体積弾性係数と圧力の変化率が決まります。



空気圧モデリング

Simcenter Amesimは、利用可能な入力データと表現する動力学特性に応じて、さまざまな空気圧シミュレーションのニーズを満たすライブラリを提供します。

- 単一の気体を使用するアプリケーションの場合、空気圧ライブラリは、完全気体、半完全気体、実在気体の特性に対応します。
- ガス混合ソリューションは、ガス分率の時間発展を伴う複数の種に適しています。
- 二相流の場合、蒸発器や凝縮器の流体相変化現象を解析するための特別なライブラリが利用可能です。



アプリケーション例

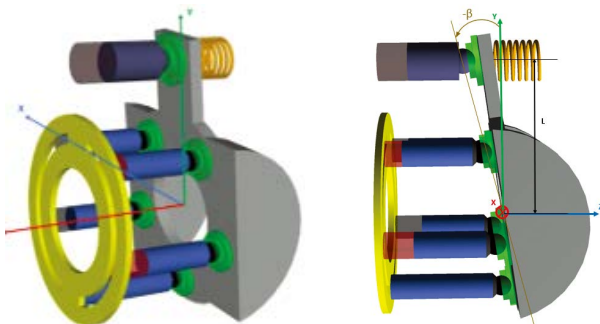
このセクションでは、あらゆる業界セグメントで使用されているポンプ/コンプレッサー技術の中から、アキシアルピストンポンプとレシプロコンプレッサーに焦点を当てます。

アキシアルピストンポンプ

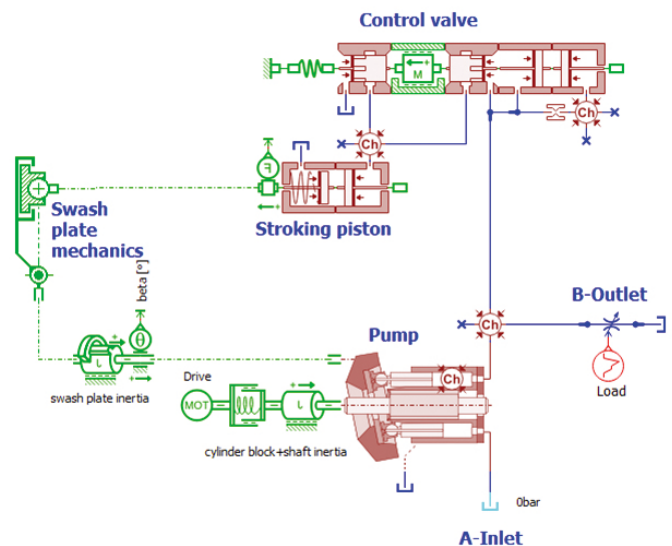
アキシアルピストンポンプは、ジェット機の油圧システムに動力を供給するだけでなく、輸送および産業部門全体で広く使用されています。最高の油圧でも高い容積効率を達成するこのポンプは、固定または可変のいずれの設計にも適しています。

次の図は、斜板設計の可変容量アキシアルピストンポンプです。

ポンプの吐出圧力が制御弁のクラッキング圧力に対応する最大値に達するとすぐに、斜板に作用するストロークピストンが加圧されて(左から右へ)移動し始め、スワッシュ角度 β が小さくなってポンプの移送量と流量が減少します。



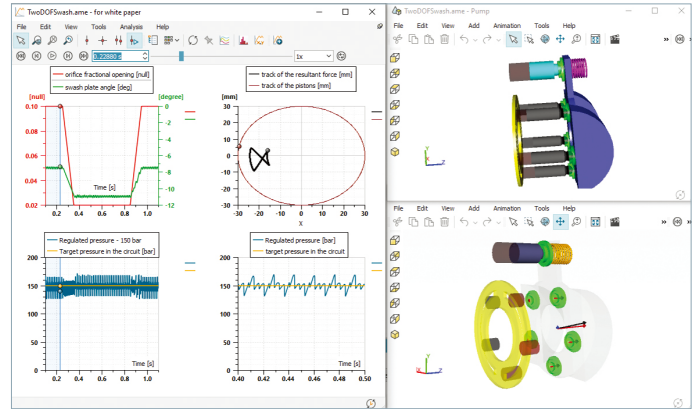
ポンプモデルが自動で生成され、パラメーターが付与された後、そのCADファイルが直接Simcenter Amesimへインポートされます。また、制御バルブ、ストロークピストン、斜板の機構が追加されているため、吐出圧力がばねの予圧と同等の値に達したときにポンプの移送量を減らす斜板調整が実現します。



ポンプモデルは、影響を受けるさまざまな現象を統合します。

- ポンプピストンの運動学特性
- ポートプレートの開口部 (ノッチが含まれるケースもある)
- 特に最高シャフト速度で空気混和とキャビテーション現象が発生したときに増大する流体の圧縮率と、内部漏れ、粘性摩擦力

上記のシミュレーションモデルを使用してポンプ設計を最適化し、流れとトルクのリップルを低減できます。また、NVH特性と効率を改善して、フル稼働時の移送量の安定調整を確保できます。



アキシャルピストンポンプの設計と最適化にSimcenter Amesimを活用した事例は多くの論文で採り上げられています。3, 4, 5, 6, 7

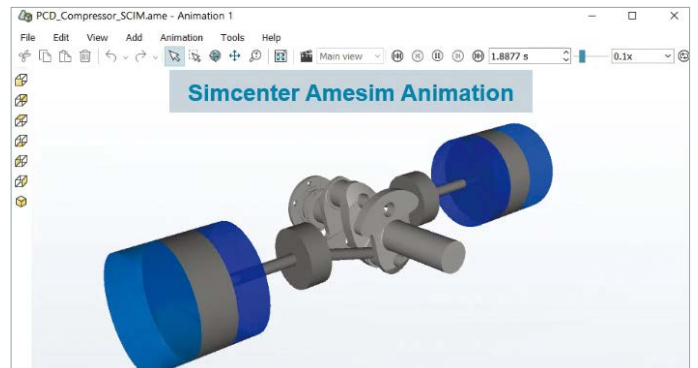
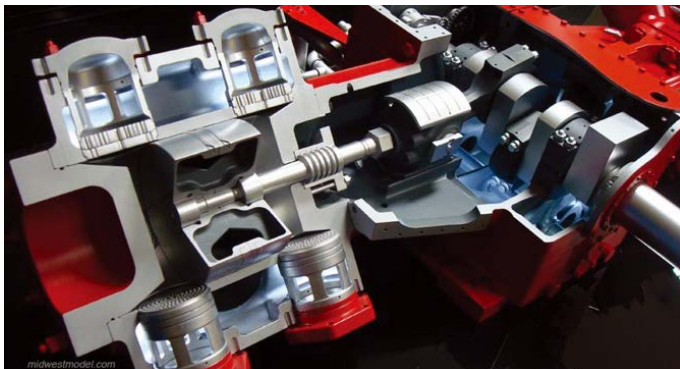
レシプロコンプレッサー

レシプロコンプレッサーは、気体を圧縮して高圧で吐出するストロークピストンを備えた容積移送式機械です。ピストンはクランク機構で駆動します。

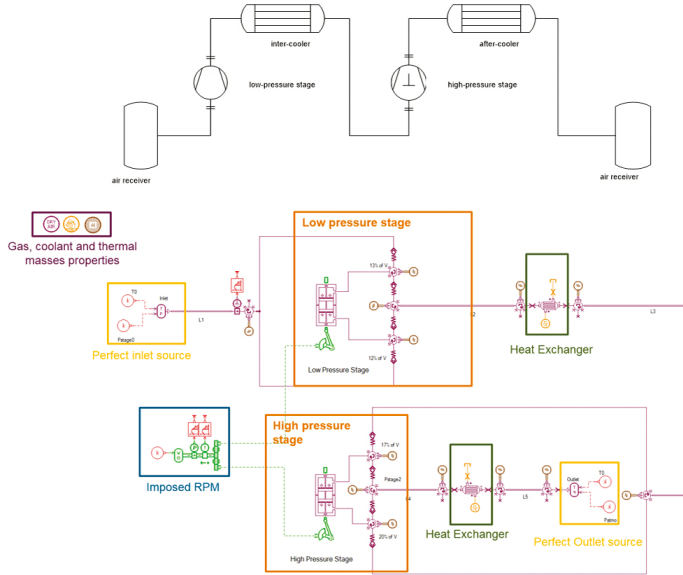
コンプレッサーは、ほぼすべての産業プラントで使用されており、石油 / ガスをはじめとする業界のさまざまな工作機械、ガス貯蔵 / 輸送システムの圧縮空気を生成します。コンプレッサーには、単動式または複動式があります。複動式に

は、伸長時と収縮時の両方でピストンの両側に圧縮が発生するという特徴があります。

圧縮比が高い場合は、複数のコンプレッサーを直列に使用することで、多段圧縮が実現します。圧縮中、温度は急激に上昇するため、熱交換器は過熱を避けるために相応のサイズにする必要があります。

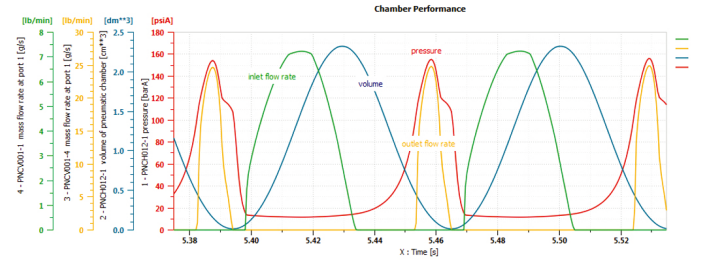


現行のSimcenter Amesimアプリケーションは、温度冷却用に2つの熱交換器（インタークーラーとアフタークーラー）を備えた複動の2段階コンプレッサーです。

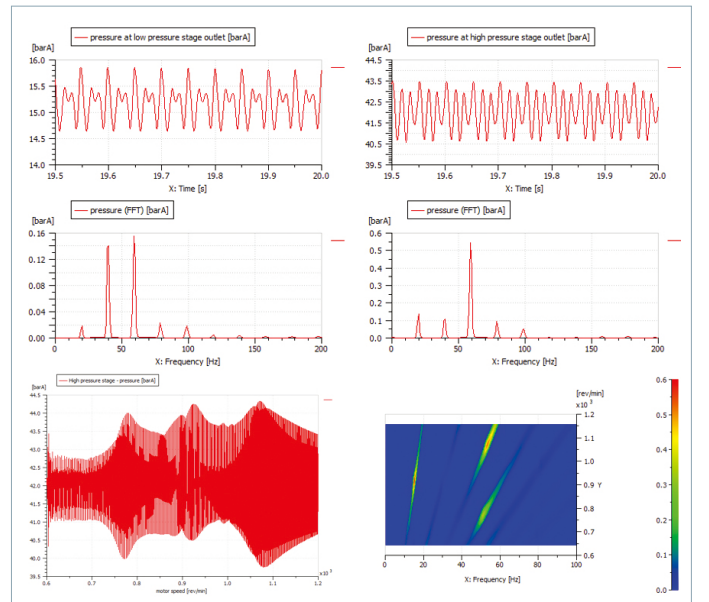


上記のシミュレーションモデルを使用してトルク需要を予測し、気体ラインの動力学特性を理解することができます。それによりポンプ損失（摩擦、漏れ）を減らし、コンプレッサーのドライブラインの動力学特性（モーダル形状、周波数応答）を改善してコンプレッサーの性能を高めます。

Simcenter Amesimを使用すると、容量の変動、入口と出口の流量、内圧の観点から各チャンバーの性能を評価できます。



各圧縮段階の出口で、温度レベル、圧力脈動、空気圧ラインが及ぼす振動減衰 / 増幅への影響を確認できます。

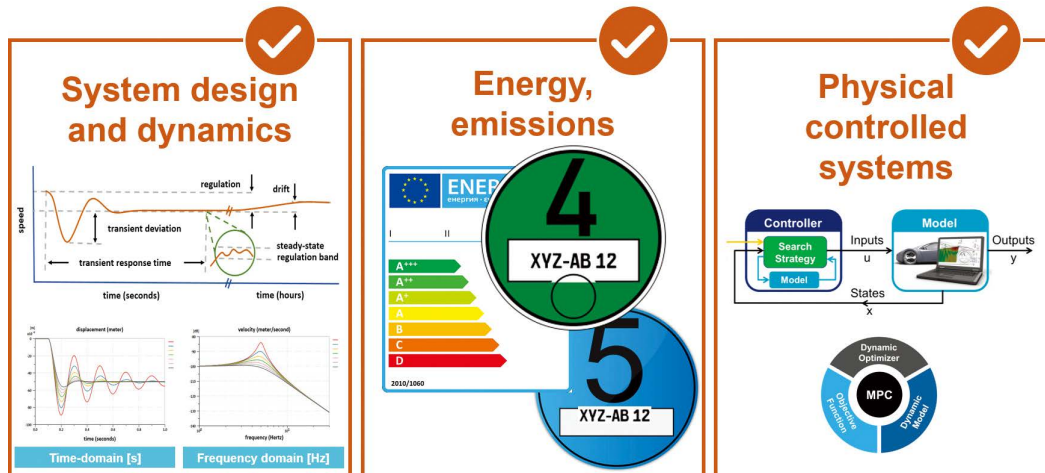


まとめ

Simcenter Amesimは、流体コンポーネントのモデリングを支援することで、開発時間とコストを制御しながら高性能でスマートなメカトロニクスシステムを開発できるようエンジニアをサポートします。

エンジニアはシステムシミュレーションを使用して、流体供給ユニット、バルブ、熱交換器、アクチュエーター、およびそ

の他の接続コンポーネントの動力学性能を最適化し、正しくサイジングできます。また、さまざまな動作条件と動作サイクルで熱的挙動を検証して、製品設計サイクルの冒頭からスマート制御戦略を統合することができます。このため、既存 / 新規の設計への変更は初期段階に行われるようになります。



参考文献

1. J. Zhou, A. Vacca, B. Manhartgruber. "A novel approach for the prediction of dynamic features of air release and absorption in hydraulic oils," Journal of Fluids Engineering, ASME, September 2013, Vol. 135.
2. M. Rundo et al. "Modelling of a variable displacement lubricating pump with air dissolution dynamics," SAE Int. J. Engines 2018, ISSN 1946-3936.
3. S. Stoll et al. "Simulation of hydraulic drive system using library elements," Bosch Rexroth, Elchingen, Mobile Conference 2006.
4. N. Timo et al. "Active systems for noise reduction and efficiency improvement of axial piston pumps," Bosch Rexroth, Fluid Power Motion and Control Conference 2008.
5. P. Achten et al. "A four-quadrant hydraulic transformer for hybrid vehicles," Innas BV, 11th Scandinavian International Conference on Fluid Power 2009.
6. M. Borghi et al. "Displacement control in variable displacement axial piston swashplate type pumps," 12th Scandinavian International Conference on Fluid Power 2011.
7. M. Rigosi et al. "Optimization of a low noise hydraulic piston pump," Newsletter Engisoft Year 11 n°4, https://www.engisoft.com/assets/pdf/specialissue/newsletter_modeFRONTIER.pdf

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア

本社

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

米州

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

ヨーロッパ

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

アジア / 太平洋

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hong Kong
+852 2230 3333

シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアについて

エンジニアリング、製造、そしてエレクトロニクス設計を未来につなげるデジタル・エンタープライズ。それを実現するのがシーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアが進めている変革です。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアの包括的なソフトウェア / サービス統合ポートフォリオによって、あらゆる規模の企業の皆さまがデジタル・ツインを作成、活用し、新たな知見と機会を開拓して、より高いレベルの自動化を実現できるため、イノベーションが推進されます。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェアの製品とサービスについての詳細は、[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) をご覧ください。または、[LinkedIn](#)、[Twitter](#)、[Facebook](#)、[Instagram](#) をフォローして情報をご確認ください。シーメンスデジタルインダストリーズソフトウェア – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2021 Siemens. 関連するシーメンスの商標は[こちら](#)に記載されています。その他の商標はそれぞれの所有者に帰属します。

82757-83420-C3-JA 2/21 LOC