(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)公表番号
特表2024-530469
(P2024-530469A)
(43)公表日　令和6年8月21日(2024.8.21)

(51)国際特許分類			FI		テーマコード（参考）
Ｆ０４Ｂ	*17/03*	*(2006.01)*	Ｆ０４Ｂ	17/03	３Ｈ０６９
Ｆ０４Ｂ	*19/22*	*(2006.01)*	Ｆ０４Ｂ	19/22	

審査請求　未請求　予備審査請求　未請求　（全35頁）

(21)出願番号　特願2024-506751(P2024-506751)
(86)(22)出願日　令和4年7月29日(2022.7.29)
(85)翻訳文提出日　令和6年3月11日(2024.3.11)
(86)国際出願番号　PCT/US2022/038880
(87)国際公開番号　WO2023/014612
(87)国際公開日　令和5年2月9日(2023.2.9)
(31)優先権主張番号　2111330.3
(32)優先日　令和3年8月5日(2021.8.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関
英国(GB)
(81)指定国・地域　AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,
最終頁に続く

(71)出願人　591203428
イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド
アメリカ合衆国，イリノイ ６００２５，グレンビュー，ハーレム アベニュ １５５
(74)代理人　100099759
弁理士　青木 篤
(74)代理人　100123582
弁理士　三橋 真二
(74)代理人　100153729
弁理士　森本 有一
(74)代理人　100211177
弁理士　赤木 啓二
(72)発明者　スティーブン ロバート スクワイアーズ
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　材料試験用油圧パワーユニット

(57)【要約】
本開示の一実施形態によれば、加圧された油圧流体を材料試験装置に提供する油圧パワーユニット（ＨＰＵ）であって、ＨＰＵは、油圧流体を貯蔵するリザーバーと、材料試験装置に接続可能な出口に油圧流体を圧送するポンプと、ポンプを駆動するように構成された交流（ＡＣ）電気モーターであって、電気モーターは、リザーバー内に位置する、ＡＣ電気モーターと、ＡＣ給電を電気モーターに提供する電気インバーターであって、電気インバーターは、電気モーターの動作点を制御するように構成される、電気インバーターとを備える、ＨＰＵが提供される。
【選択図】図１

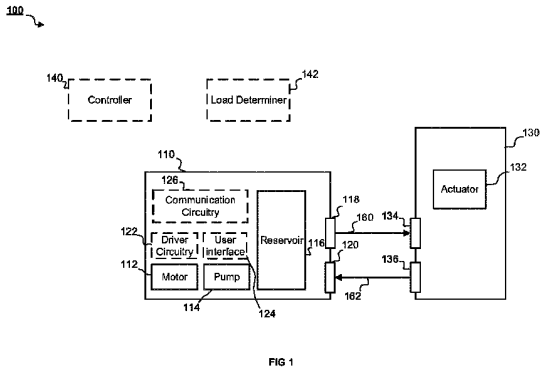

FIG 1

【特許請求の範囲】
【請求項１】
加圧された油圧流体を材料試験装置に提供する油圧パワーユニット（ＨＰＵ）であって、該ＨＰＵは、
油圧流体を貯蔵するリザーバーと、
前記材料試験装置に接続可能な出口に前記油圧流体を圧送するポンプと、
前記ポンプを駆動するように構成された交流（ＡＣ）電気モーターであって、前記電気モーターは、前記リザーバー内に位置する、ＡＣ電気モーターと、
ＡＣ給電を前記電気モーターに提供する電気インバーターであって、前記電気インバーターは、前記電気モーターの動作点を制御するように構成される、電気インバーターとを備える、ＨＰＵ。
【請求項２】
前記ＨＰＵは、目標圧力で前記出口に前記油圧流体を提供するように構成される、請求項１に記載のＨＰＵ。
【請求項３】
前記目標圧力は、受信された信号に基づいて設定される、請求項２に記載のＨＰＵ。
【請求項４】
前記電気インバーターは、前記ＡＣ給電の電圧、前記ＡＣ給電の電流、前記ＡＣ給電の周波数、及び前記ＡＣ給電の位相のうちのいずれか１つ以上を制御することによって、前記電気モーターの前記動作点を制御するように構成される、請求項１～３のいずれか一項に記載のＨＰＵ。
【請求項５】
前記電気インバーターは、前記動作点を維持するために前記電気モーターの動作効率が変更されるように、前記ＡＣ給電の前記電流、前記ＡＣ給電の前記周波数、及び前記ＡＣ給電の前記位相のうちの１つ以上を制御することによって前記電気モーターの前記動作点を制御するように構成される、請求項２又は請求項３のいずれかに従属する場合の請求項４に記載のＨＰＵ。
【請求項６】
前記ポンプは、前記出口からの前記油圧流体の流量を制御する可変容積式ポンプである、請求項１～５のいずれか一項に記載のＨＰＵ。
【請求項７】
前記電気モーターの回転速度を制御して、前記出口における前記油圧流体を前記目標圧力に維持するように構成されたコントローラーを備える、請求項２若しくは請求項３又はそれに従属するいずれかの請求項に従属する場合の請求項４～６のいずれか一項に記載のＨＰＵ。
【請求項８】
前記コントローラーは、前記ポンプの流体押しのけ容積を制御して、前記出口における前記油圧流体を前記目標圧力に維持するように構成される、請求項７に記載のＨＰＵ。
【請求項９】
前記ポンプは、調整可能な圧力設定点を有する圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能であり、前記コントローラーは、前記調整可能な圧力設定点を制御することによって前記ポンプの前記流体押しのけ容積を制御するように構成される、請求項７又は請求項８に記載のＨＰＵ。
【請求項１０】
前記コントローラーは、前記電気モーターの前記速度及び前記ポンプの前記流体押しのけ容積の両方を制御するように構成され、
前記ポンプの前記流体押しのけ容積及び前記電気モーターの前記回転速度の一方又は両方は、前記電気モーター及び前記ポンプの複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに依存して制御される、
請求項７～９のいずれか一項に記載の油圧パワーユニット。

【請求項１１】
前記コントローラーは、
前記ポンプを通って流れる油圧流体の流量を決定し、それに依存して前記ポンプの前記流体押しのけ容積及び前記電気モーターの前記回転速度の一方又は両方を制御するように構成され、
前記所定の特徴付けデータは、前記流量に依存して前記ポンプの目標流体押しのけ容積及び前記電気モーターの目標回転速度の一方又は両方を示す、
請求項１０に記載の油圧パワーユニット。
【請求項１２】
前記コントローラーは、前記目標流体押しのけ容積に基づいて前記ポンプの前記流体押しのけ容積を制御するか、又は
前記目標回転速度に基づいて前記電気モーターの前記回転速度を制御するように構成される、
請求項１１に記載の油圧パワーユニット。
【請求項１３】
前記電気モーターは、使用時に、前記リザーバー内の前記油圧流体内に浸漬されるように構成される、請求項１～１２のいずれか一項に記載の油圧パワーユニット。
【請求項１４】
前記ポンプは、前記リザーバー内に位置し、前記ポンプは、使用時に、前記リザーバー内の前記油圧流体内に浸漬されるように構成される、請求項１～１３のいずれか一項に記載の油圧パワーユニット。
【請求項１５】
システムであって、
請求項１～１４のいずれか一項に記載のＨＰＵと、
前記ＨＰＵから加圧された油圧流体を受け取るように構成された材料試験装置と、
を備える、システム。
【発明の詳細な説明】
【背景技術】
【０００１】
サーボ油圧材料試験機（構造試験機としても知られることがある）は、油圧アクチュエータを利用して材料試料に試験力を加えることによって、材料試料の物理的特性を試験するために使用されている。油圧アクチュエータは、典型的には加圧された油圧流体を材料試験機に提供するように構成された油圧パワーユニットによって駆動されている。
【０００２】
しかしながら、材料試験用途に使用される既存の油圧パワーユニットは、非効率的に動作し、過度に高い電力消費を引き起こす。
【０００３】
本開示の目的は、従来技術の１つ以上の問題を少なくとも軽減することである。
【発明の概要】
【０００４】
本開示によれば、加圧された油圧流体を材料試験装置に提供する油圧パワーユニット（ＨＰＵ）を制御する方法であって、ＨＰＵは、電気モーター及びポンプを有し、方法は、第１の材料試験プロセスを実施するために第１の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体の圧力を制御することと、材料試験装置によって実施される第２の材料試験プロセスの第２の圧力設定点の指示を受信することと、第２の材料試験プロセスを実施するために第２の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体の圧力を制御することとを含む、方法が提供される。
【０００５】
任意選択で、第２の圧力設定点は、第１の圧力設定点未満である。
【０００６】

任意選択で、（例えば、第１の圧力設定点及び第２の圧力設定点の一方又は両方に基づいて）圧力を制御することは、電気モーターの回転速度を制御することを含む。

【０００７】

任意選択で、電気モーターの回転速度を制御することは、電気モーターのエネルギー消費が第２の圧力設定点に応じて低減されるように、電気モーターの回転速度を低減することを含む。

【０００８】

任意選択で、（例えば第１の圧力設定点及び第２の圧力設定点の一方又は両方に基づいて）圧力を制御することは、ポンプの流体押しのけ容積を制御することを含む。

【０００９】

任意選択で、ポンプの流体押しのけ容積を制御することは、電気モーターのエネルギー消費が第２の圧力設定点に応じて低減されるように、ポンプの流体押しのけ容積を低減することを含む。

【００１０】

任意選択で、（例えば、第１の圧力設定点及び第２の圧力設定点の一方又は両方に基づいて）圧力を制御することは、ポンプの流体押しのけ容積及び電気モーターの回転速度の両方を制御することを含み、ポンプの流体押しのけ容積及び電気モーターの回転速度の一方又は両方は、電気モーター及びポンプの複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに応じて制御される。

【００１１】

任意選択で、方法は、ポンプを通って流れる油圧流体の流量を決定し、それに依存してポンプの流体押しのけ容積及び電気モーターの回転速度の一方又は両方を制御することを更に含み、所定の特徴付けデータは、当該流量に依存してポンプの目標流体押しのけ容積及び電気モーターの目標回転速度の一方又は両方を示す。

【００１２】

任意選択で、方法は、目標流体押しのけ容積に応じてポンプの流体押しのけ容積を制御することを更に含む。

【００１３】

任意選択で、方法は、目標回転速度に応じて電気モーターの回転速度を制御することを更に含む。

【００１４】

任意選択で、第２の圧力設定点の指示は、ユーザーインターフェイスにおいて受信されたユーザー入力に応じて決定される。

【００１５】

任意選択で、第２の圧力設定点の指示は、材料試験装置のコントローラーによって決定される。

【００１６】

任意選択で、第２の圧力設定点の指示は、通信ネットワークに通信可能に結合可能なリモートコンピューティングデバイスによって決定され、指示を受信することは、通信ネットワークを介してサーバーから指示を受信することを含む。

【００１７】

任意選択で、第２の圧力設定点の指示は、第２の材料試験プロセスに対する負荷要求の予測に基づく。

【００１８】

任意選択で、第２の材料試験プロセスの負荷要求の予測は、最大負荷要求の予測である。

【００１９】

本開示の一実施形態によれば、方法であって、材料試験装置によって実施される材料試験プロセスの試験構成の指示を取得することであって、材料試験装置は、油圧パワーユニット（ＨＰＵ）から加圧された油圧流体を受け取るように構成されることと、試験構成の

受信された指示に基づいて材料試験プロセスの負荷要求を決定することと、決定された負荷要求に基づいて圧力設定点の指示をコントローラーに提供することであって、コントローラーは、材料試験プロセスを実施するために加圧された油圧流体の圧力を制御するように構成されることとを含む、方法が提供される。

【００２０】

任意選択で、試験構成は、材料試験プロセスに対応する試料の材料組成、及び１つ以上の試験パラメーターの一方又は両方を含む。

【００２１】

任意選択で、負荷要求は、最大負荷要求である。

【００２２】

任意選択で、材料試験プロセスの負荷要求を決定することは、試験構成の取得された指示に基づいて負荷要求を予測することを含む。

【００２３】

任意選択で、方法は、複数の以前の材料試験プロセスに対応する（例えば、取得された）（例えば、結果）データに基づいて、材料試験プロセスの負荷要求を予測することを更に含む。

【００２４】

任意選択で、方法は、複数の以前の材料試験プロセスに対応する（例えば、結果）データを取得することを更に含む。

【００２５】

任意選択で、データは、複数の以前の材料試験プロセスに対する（例えば、最大）負荷要求のそれぞれの指示を含み、各以前の材料試験プロセスはそれぞれの試験構成を有する。

【００２６】

任意選択で、材料試験プロセスの負荷要求は、機械学習モデルに基づいて予測され、機械学習モデルは、複数の以前の材料試験プロセスに対応するデータに基づいて訓練される。

【００２７】

本開示の一実施形態によれば、処理回路によって実行されると、処理回路に上記のいずれかの方法による方法を実施させる機械可読命令が提供される。

【００２８】

本開示の一実施形態によれば、上記の機械可読命令を含むコンピュータープログラム製品が提供される。

【００２９】

本開示の一実施形態によれば、上記の機械可読命令を含む（例えば、非一時的）コンピューター可読媒体が提供される。

【００３０】

本開示の一実施形態によれば、電気モーター及びポンプを有する油圧パワーユニット（ＨＰＵ）を制御するコントローラーであって、ＨＰＵは、加圧された油圧流体を材料試験装置に提供するように構成され、コントローラーは、第１の材料試験プロセスを実施するために第１の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体の圧力を制御し、材料試験装置によって実施される第２の材料試験プロセスの第２の圧力設定点の指示を受信し、第２の材料試験プロセスを実施するために第２の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体の圧力を制御するように構成される、コントローラーが提供される。

【００３１】

本開示の一実施形態によれば、上記のいずれかのコントローラーによるコントローラーを含む油圧パワーユニット（ＨＰＵ）が提供される。

【００３２】

本開示の一実施形態によれば、上記の油圧パワーユニットによる油圧パワーユニットと、油圧パワーユニットから加圧された油圧流体を受け取るように構成された材料試験装置

とを備えるシステムが提供される。

【００３３】

本開示の一実施形態によれば、装置であって、材料試験装置によって実施される材料試験プロセスの試験構成の指示を取得し、試験構成の取得された指示に基づいて試験プロセスの負荷要求を決定し、決定された負荷要求に基づいて圧力設定点の指示をコントローラーに提供するように構成され、コントローラーは、材料試験プロセスを実施するために加圧された油圧流体の圧力を制御するように構成される、装置が提供される。

【００３４】

本開示の一実施形態によれば、加圧された油圧流体を材料試験装置に提供する油圧パワーユニット（ＨＰＵ）であって、ＨＰＵは、油圧流体を貯蔵するリザーバーと、材料試験装置に接続可能な出口に油圧流体を圧送するポンプと、ポンプを駆動するように構成され、リザーバー内に位置する交流（ＡＣ：alternating current）電気モーターと、ＡＣ給電を電気モーターに提供する電気インバーターであって、電気モーターの動作点を制御するように構成される、電気インバーターとを備える、ＨＰＵが提供される。任意選択で、ＨＰＵは、目標圧力で出口に油圧流体を提供するように構成される。

【００３５】

任意選択で、ＨＰＵは、目標圧力で出口に油圧流体を提供するように構成される。

【００３６】

任意選択で、目標圧力は、受信した信号に基づいて設定される。

【００３７】

任意選択で、電気インバーターは、ＡＣ給電の電圧、ＡＣ給電の電流、ＡＣ給電の周波数、及びＡＣ給電の位相のうちの任意の１つ以上を制御することによって、電気モーターの動作点を制御するように構成される。

【００３８】

任意選択で、電気インバーターは、動作点を維持するために電気モーターの動作効率が変更されるように、ＡＣ給電の電流、ＡＣ給電の周波数、及びＡＣ給電の位相のうちの１つ以上を制御することによって、電気モーターの動作点を制御するように構成される。

【００３９】

任意選択で、ポンプは、出口からの油圧流体の流量を制御する可変容積式ポンプである。

【００４０】

任意選択で、ＨＰＵは、出口における油圧流体を目標圧力に維持するために電気モーターの回転速度を制御するように構成されたコントローラーを備える。

【００４１】

任意選択で、コントローラーは、目標圧力を示す圧力信号を受信する入力を有する。

【００４２】

任意選択で、コントローラーは、電気モーターの回転速度を制御するために電気インバーターにモーター制御信号を提供する第１の出力を有する。

【００４３】

任意選択で、モーター制御信号は、ＡＣ給電の１つ以上のパラメーターを示す。

【００４４】

任意選択で、モーター制御信号は、目標圧力を示す。

【００４５】

任意選択で、コントローラーは、ポンプの流体押しのけ容積を制御して、出口における油圧流体を目標圧力に維持するように構成される。

【００４６】

任意選択で、コントローラーは、ポンプの流体押しのけ容積を制御するためにポンプ制御信号をポンプに提供する第２の出力を有する。

【００４７】

任意選択で、ポンプ制御信号は、ポンプの目標押しのけ容積を示す。

【００４８】
任意選択で、ポンプ制御信号は、目標圧力を示す。
【００４９】
任意選択で、ポンプは、調整可能な圧力設定点を有する圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能であり、コントローラーは、当該調整可能な圧力設定点を制御することによってポンプの流体押しのけ容積を制御するように構成される。
【００５０】
任意選択で、コントローラーは、電気モーターの速度及びポンプの流体押しのけ容積の両方を制御するように構成され、ポンプの流体押しのけ容積及び電気モーターの回転速度の一方又は両方は、電気モーター及びポンプの複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに応じて制御される。
【００５１】
任意選択で、コントローラーは、ポンプを通って流れる油圧流体の流量を決定し、それに依存してポンプの流体押しのけ容積及び電気モーターの回転速度の一方又は両方を制御するように構成され、所定の特徴付けデータは、当該流量に依存してポンプの目標流体押しのけ容積及び電気モーターの目標回転速度の一方又は両方を示す。
【００５２】
任意選択で、コントローラーは、目標流体押しのけ容積に基づいてポンプの流体押しのけ容積を制御するように構成される。
【００５３】
任意選択で、コントローラーは、目標回転速度に基づいて電気モーターの回転速度を制御するように構成される。
【００５４】
任意選択で、電気モーターは、使用時にリザーバー内の油圧流体内に浸漬されるように構成される。
【００５５】
任意選択で、ポンプはリザーバー内に位置する。
【００５６】
任意選択で、ポンプは、使用時にリザーバー内の油圧流体内に浸漬されるように構成される。
【００５７】
任意選択で、ＨＰＵは、リザーバー内に配置された冷却ポンプを備え、モーターは、冷却ポンプを駆動して油圧流体を油圧パワーユニットの外部の冷却装置に圧送するように構成される。
【００５８】
任意選択で、冷却ポンプは、使用時にリザーバー内の油圧流体内に浸漬されるように構成される。
【００５９】
本開示の一実施形態によれば、上記のいずれかのＨＰＵと、ＨＰＵから加圧された油圧流体を受け取るように構成された材料試験装置とを備えるシステムが提供される。
【００６０】
ここで、本開示の実施形態を、添付の図面を参照して、単なる例として説明する。
【図面の簡単な説明】
【００６１】
【図１】本開示の一実施形態による、油圧パワーユニット及び材料試験装置を備える一例示のシステムを概略的に示す図である。
【００６２】
【図２】本開示の一実施形態による一例示の油圧パワーユニットを概略的に示す図である。
【００６３】

【図３】本開示の一実施形態による別の例示の油圧パワーユニットを概略的に示す図である。
【００６４】
【図４】本開示の一実施形態による別の例示の油圧パワーユニットを概略的に示す図である。
【００６５】
【図５】本開示の一実施形態による別の例示の油圧パワーユニットを概略的に示す図である。
【００６６】
【図６】本開示の種々の実施形態による一例示の装置を概略的に示す図である。
【００６７】
【図７】本開示の一実施形態による方法を概略的に示す一例示のフローチャートである。
【００６８】
【図８】本開示の一実施形態による方法を概略的に示す別の例示のフローチャートである。
【発明を実施するための形態】
【００６９】
図１は、本開示の一実施形態による一例示のシステム１００を概略的に示している。システム１００は、材料試料の物理的特性の試験を提供することができる。材料試料は、例えば、生産プロセスによって生産された材料の試料であってもよく、その物理的特性を試験することで、例えば、生産プロセスの品質を評価することができる。
【００７０】
システム１００は、油圧パワーユニット（ＨＰＵ）１１０（油圧パワーパックと称されることもある）と、（例えば、サーボ油圧）材料試験装置１３０とを備える。任意選択で、システム１００は、コントローラー１４０及び負荷決定器１４２の一方又は両方を更に備える。いくつかの例では、コントローラー１４０は、図７に関連して以下で説明するように、本開示の一実施形態による方法を実施するように構成することができる。いくつかの例では、負荷決定器１４２は、図８に関して以下で説明するように、本開示の一実施形態による方法を実施するように構成することができる。
【００７１】
材料試験装置１３０は、油圧作動手段を使用して、１つ以上の材料試験プロセスを実施して、材料試料の１つ以上の軸に沿って力及びトルクの一方又は両方を加えるように構成され、それにより、材料試料の物理的特性を評価することが可能になり得る。
【００７２】
材料試験プロセスは、例えば、任意のタイプの機械的な材料試験又は物理的な材料試験を含むことができる。いくつかの例では、材料試験プロセスは、１つ以上の対応する試験パラメーターに依存してもよく、該１つ以上の対応する試験パラメーターは、例えば、１つ以上の試験変数が材料試験プロセスに従って（例えば、材料試料の１つ以上の軸に対して）どのように制御されるかを示すことができる。
【００７３】
いくつかの例では、１つ以上の試験変数は、（例えば、線形又は回転）作動押しのけ容積、作動力、作動トルク、材料試料内に誘発される歪み、及び材料試料の温度（例えば、材料試料の自己加熱から生じ得る）のうちの任意の１つ以上を含むことができる。
【００７４】
いくつかの例では、材料試験プロセスは、例えば、上述した試験変数等の任意の１つ以上の試験変数が制御される任意のタイプの材料試験プロセスを含むことができる。いくつかの例では、材料試験プロセスは、例えば、高サイクル疲労試験（例えば、作動力及び作動押しのけ容積の一方又は両方が制御され得る）、低サイクル疲労試験（例えば、材料試料内に誘発される歪みが制御され得る）、及び複合疲労試験（例えば、作動力及び材料試料の温度が制御され得る）を含む疲労試験と、亀裂伝播試験（例えば、作動力が制御され

得る）と、破壊靭性試験（例えば、作動押しのけ容積及び作動力の一方又は両方が制御され得る）と、二軸試験（例えば、材料試料の第１の軸に沿った（例えば、直線）作動押しのけ容積又は作動力が制御され得て、材料試料の第１の軸に直交する第２の軸に沿った（例えば、回転）作動力又は作動トルクが制御され得る）と、変動振幅（スペクトル）荷重試験（例えば、作動力が制御され得る）と、静的試験（例えば、作動押しのけ容積、作動力、及び材料試料内に誘発される歪みのうちの任意の１つ以上が制御され得る）と、応力試験、引張試験、圧縮試験、ねじり試験、及び歪み試験を含むが、これらに限定されない任意の他の種類の機械的又は物理的試験と、のうちの任意の１つ以上を含んでもよい。

【００７５】

ＨＰＵ１１０は、材料試験装置１３０に接続可能であり、使用時に、加圧された油圧流体を材料試験装置１３０に提供して、材料試験装置１３０による１つ以上の材料試験プロセスの実施を可能にするように構成することができる。

【００７６】

ＨＰＵ１１０は、電気モーター１１２と、ポンプ１１４と、リザーバー１１６と、出口１１８（「圧力」として知られ得る）と、入口１２０（「戻り（return）」として知られ得る）とを備える。任意選択で、以下で更に説明するように、ＨＰＵ１１０は、モータードライバー回路１２２、ユーザーインターフェイス１２４、及び通信回路１２６のうちの任意の１つ以上を更に備えることができる。

【００７７】

電気モーター１１２は、ポンプ１１４を駆動するように構成され、ポンプ１１４は、油圧流体を貯蔵するように構成されたリザーバー１１６から出口１１８に油圧流体を圧送し、それによって加圧された油圧流体を出口１１８に提供するように構成される。ＨＰＵ１１０の出口１１８は、矢印１６０によって示されるように、１つ以上のパイプ等の流体結合手段を介して、加圧された油圧流体を材料試験装置１３０の入口１３４に提供するように構成することができる。ＨＰＵ１１０の入口１２０は、矢印１６２によって示されるように、流体結合手段を介して材料試験装置１３０の出口１３６から油圧流体を受け取るように構成することができる。ＨＰＵ１１０の入口１２０は、例えば、材料試験プロセスの実施中に、油圧流体が材料試験装置１３０の油圧作動手段を通って流れ、油圧作動手段によって利用された後に、例えば、材料試験装置１３０の出口１３６から当該油圧流体を受け取ることができる。ＨＰＵ１１０の入口１２０は、受け取った油圧流体をリザーバー１１６に戻すように更に構成されてもよい。

【００７８】

特に明記しない限り、電気モーター１１２は、例えば、１相又は３相等の任意の相数を有する任意のＡＣ電気モーターを含む任意のタイプの交流（ＡＣ）電気モーター、任意のタイプの直流（ＤＣ：direct current）電気モーター、及び任意の他のタイプの電気モーターを含む任意のタイプの電気モーターを含むことができる。

【００７９】

いくつかの例では、ＨＰＵ１１０は、本技術に従って電気モーター１１２に電力を提供するように構成され得るモータードライバー回路１２２を任意選択で備えることができる。電気モーター１１２が３相ＡＣ電気モーターを含み、モータードライバー回路１２２が存在しないいくつかの例では、ＨＰＵ１１０は、始動中に電気モーター１１２を制御するように構成された始動回路（例えば、スターデルタスターター、又は任意の他のタイプの始動回路等）（図示せず）を任意選択で備えてもよい。

【００８０】

いくつかの例では、モータードライバー回路１２２は、本技術に従って電気モーター１１２の回転速度を制御するように構成することができる。図２～図５に関連して以下で更に説明するように、いくつかの例では、モータードライバー回路１２２は、（例えば、選択的に調整可能な）圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように（例えば、ＨＰＵ１１０の出力圧力を目標圧力に維持し、目標圧力は圧力設定点に基づいており、例えば、目標圧力は圧力設定点以上である）、電気モーター１１２の回転速度を制御

するようにコントローラー１４０によって制御され得る。本明細書で使用される場合、ＨＰＵ１１０の出力圧力は、ＨＰＵ１１０の出口１１８に提供される加圧された油圧流体の圧力を指すために使用され、該圧力は、材料試験装置１３０に提供される加圧された油圧流体の圧力に実質的に対応することができる。

【００８１】

いくつかの例では、モータードライバー回路１２２は、圧力設定点の指示を受信し、電気モーター１１２の回転速度を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように動作可能な制御手段（図示せず）を備えることができる。当該制御手段は、モータードライバー回路１２２内に一体化されてもよく、又はモータードライバー回路１２２の外部にあり、それと動作可能に結合されてもよい。当該制御手段は、例えば、比例積分微分（ＰＩＤ：proportional-integral-derivative）ベースの制御アルゴリズム、又は任意の他のタイプの制御アルゴリズム等の制御アルゴリズムを実装するように動作可能な処理回路を備える電子制御手段、又は任意の他のタイプの制御手段を含むことができる。いくつかの例では、モータードライバー回路１２２の当該制御手段は、圧力設定点とＨＰＵ１１０の測定された出力圧力の指示との両方に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように動作可能であり得て、測定された出力圧力は、例えば、ＨＰＵ１１０の出力圧力を示す１つ以上のメトリックを測定するように動作可能な圧力センサー（図示せず）又は任意の他のタイプのセンサーによって提供される。換言すれば、当該制御手段は、ＨＰＵ１１０の出力圧力の指示を含むフィードバックに基づいて閉ループ制御を実装するように構成することができる。他の例では、以下で更に説明するように、コントローラー１４０は、すぐ上で説明した制御手段の機能を実装することができる。

【００８２】

いくつかの例では、電気モーター１１２の回転速度は、モーター制御信号（図示せず）をモータードライバー回路１２２に提供することによって、本技術に従って制御することができる。モータードライバー回路１２２が上述したような制御手段を含む例では、モーター制御信号は、例えば、圧力設定点の指示を含むことができる。代替的に、他の例では、モーター制御信号は、例えば、モータードライバー回路１２２によって電気モーター１１２に提供される給電の１つ以上のパラメーターの指示を含んでもよい。

【００８３】

モータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２のタイプに依存し得る。例えば、電気モーター１１２がＡＣ電気モーターである例では、モータードライバー回路１２４は、電気インバーター（例えば、可変周波数ドライブ、ＡＣドライブ、又は可変速度ドライブとも称され得る）を含むことができる。これらの例では、モータードライバー回路によって電気モーター１１２に提供される給電は、ＡＣ給電であってもよい。電気インバーターは、当該ＡＣ給電の電圧、当該ＡＣ給電の電流、当該ＡＣ給電の周波数、及び当該ＡＣ給電の位相のうちの任意の１つ以上を制御するように構成することができる。

【００８４】

電気モーター１１２がＤＣモーターである例では、モータードライバー回路１２２は、例えば、ハーフブリッジモータードライバー、フルブリッジモータードライバー、又は可変回転速度でＤＣモーターを駆動するのに適した任意の他のタイプのドライバー回路を含むことができる。これらの例では、電気モーター１１２に提供される給電は、パルス幅変調ＤＣ給電を含むことができ、モータードライバー回路１２２は、例えば、給電のパルス幅変調（ＰＷＭ：pulse width modulation）デューティサイクルを制御するように構成することができる。

【００８５】

材料試験の目的で使用される既存のシステムは、典型的には、ＨＰＵの電気モーターを非効率的かつ無駄の多い方法で動作させるため、ＨＰＵの過度に高い電力消費を引き起こすことが観測されている。有利には、以下で更に説明されるように、いくつかの実施形態では、本開示は、ＡＣ電気モーターを有するＨＰＵを提供し、その動作点は、電気インバ

ーターによって制御され、これにより、いくつかの例では、ＡＣ電気モーターが改善された動作効率を有することを可能にし得る。

【００８６】

いくつかの例では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２の動作点を制御するように構成することができる。理解されるように、電気モーターの動作点は、電気モーター１１２が動作している回転速度出力トルク点を指すことができる。動作点は、電気モーター１１２のトルク速度曲線と、電気モーター１１２によって駆動されるシステム、例えばポンプ１１４のトルク速度曲線との交点に、それに流体結合された対応する油圧回路に応じて対応することができる。（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御することによって、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２のトルク速度曲線を制御し、それによって、システムの所与のトルク速度曲線に対するその動作点を制御するように動作可能であり得る。

【００８７】

いくつかの例では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、動作点を維持するために電気モーター１１２の動作効率が変更されるように、（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御することによって電気モーター１１２の動作点を制御するように構成することができる。電気モーターの動作効率は、入力電力（例えば、電気モーター１１２に提供される電力）と出力電力（例えば、負荷に提供される電力）との比に依存し得る。出力電力は、電気モーター１１２の動作点に依存し得る。電気モーター１１２の所与の動作点に対して、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、動作点、したがって出力電力を維持し、入力電力を低減し、それによってその動作点に対する電気モーター１１２の動作効率を高めるように、電気モーター１１２に提供される（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御するように構成することができる。そうするために、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、例えば、電気モーター１１２に関連する電力損失（例えば、電気モーター１１２のステーター巻線及びローター巻線における銅損、又は任意の他の損失）を低減するように、ＡＣ給電の１つ以上のパラメーターを制御することができる。動作点を維持するために動作効率を変更する際に、電気インバーターは、例えば、いわゆるスカラー制御、いわゆるベクトル制御、又は任意の他のタイプの制御技術を含む、任意のタイプの制御技術を使用することができる。電気インバーターは、開ループ制御、又は電気モーター１１２の動作点を示す１つ以上のメトリックを測定するように動作可能な１つ以上のセンサー（図示せず）によって提供されるフィードバックに基づく閉ループ制御を利用することができる。

【００８８】

特に明記しない限り、ポンプ１１４は、例えば、機械エネルギー又は電気エネルギーを流体動力に変換するように動作可能な任意のタイプのポンプを含む、任意のタイプのポンプを含むことができる。いくつかの例では、ポンプ１１４は、例えば、遠心ポンプ、又は任意の他のタイプの非容積式ポンプ等の非容積式ポンプ、容積式ポンプ、及び任意の他のタイプのポンプのうちのいずれか１つを含むことができる。

【００８９】

ポンプ１１４が容積式ポンプを含む例では、ポンプ１１４は、例えば、往復ポンプ、回転ポンプ、外部ギアポンプ、内部ギアポンプ、ローブポンプ、ジローターポンプ、任意の他のタイプのギアポンプ、スクリューポンプ、ベーンポンプ、アキシャルピストンポンプ及びラジアルピストンポンプを含むピストンポンプ、又は任意の他のタイプの容積式ポンプのうちのいずれか１つを含むことができる。いくつかの例では、ポンプ１１４は、流体押しのけ容積（ポンプサイクルごとに押しのけられる流体の体積）が固定されている固定容積式ポンプを含むことができ、又は別様で固定容積式ポンプとして動作可能であり得る。代替的に、ポンプ１１４は、流体押しのけ容積が制御可能であり得る可変容積式ポンプであってもよい。例証的な例として、ポンプ１１４は、調整可能な斜板を有するアキシャル可変容積式ポンプを含むことができ、該斜板の角度は、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように調整することができる。しかしながら、これは可変容積式ポンプの単

なる一例であり、本開示はそのように限定されない。

【００９０】

ポンプ１１４が可変容積式ポンプである例では、ポンプ１１４は、その流体押しのけ容積を制御して、その出力圧力を圧力設定点に実質的に対応するように調節するように構成された圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能であり得る。圧力設定点は、固定されていても調整可能であってもよい。いくつかの例では、ポンプ１１４は、ポンプ１１４の圧力設定点を設定するために圧力設定点の指示を受信するように構成されてもよい。

【００９１】

ポンプ１１４が可変容積式ポンプである例では、ポンプ１１４は、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように動作可能な圧力補償制御手段（図示せず）を備えることができる。圧力補償制御手段は、ポンプ１１４内に一体化されてもよく、又はポンプ１１４の外部にあって、それと動作可能に結合されてもよい。圧力補償制御手段は、例えば、圧力補償弁等の油圧制御手段、機械制御手段、電子制御手段、それらの任意の組み合わせ、又は任意の他のタイプの制御手段を含むことができる。いくつかの例では、圧力補償制御手段は、固定圧力設定点に基づいてポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御することができる。他の例では、圧力補償制御手段は、圧力設定点の指示を受信し、受信した指示に基づいてポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように構成することができる。いくつかの例では、圧力補償制御手段は、例えば、比例積分微分（ＰＩＤ）ベースの制御アルゴリズム、又は任意の他のタイプの制御アルゴリズム等の制御アルゴリズムを実装するように動作可能な処理回路を備える、例えば、電子制御手段を備えてもよい。いくつかの例では、圧力補償制御手段は、圧力設定点とＨＰＵ１１０の測定された出力圧力の指示との両方に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御することができ、測定された出力圧力は、例えば、ＨＰＵ１１０の出力圧力を示す１つ以上のメトリックを測定するように動作可能な圧力センサー（図示せず）又は任意の他のタイプのセンサーによって提供される。いくつかの例では、圧力センサーは、ポンプ１１４内に一体化されてもよい。他の例では、圧力センサーは、ポンプ１１４の外部にあり、その圧力補償制御手段に動作可能に結合されてもよい。

【００９２】

いくつかの例では、以下で更に説明するように、コントローラー１４０は、上述した圧力補償制御手段の機能を実装することができる。

【００９３】

ポンプ１１４が可変容積式ポンプである例では、ポンプ１１４の流体押しのけ容積は、ポンプ制御信号をポンプ１１４に提供することによって、本技術に従って制御することができる。ポンプ１１４が上述したような圧力補償制御手段を備える例では、ポンプ制御信号は、例えば、圧力設定点の指示を含むことができる。代替的に、他の例では、ポンプ制御信号は、例えば、ポンプ１１４の流体押しのけ容積の指示を含むことができる。

【００９４】

いくつかの例では、電気モーター１１２及びポンプ１１４の一方又は両方は、リザーバー１１６（図示せず）内に位置することができる。これらの例では、少なくとも使用時に、電気モーター１１２及びポンプ１１４の一方又は両方は、リザーバー１１６に貯蔵された油圧流体に少なくとも部分的に浸漬され得る。これらの例では、リザーバー１１６に貯蔵された油圧流体は、電気モーター１１２及びポンプ１１４の一方又は両方によって生成された音響ノイズを少なくとも部分的に減衰させることができる。有利には、これらの例は、ＨＰＵを材料試験装置１３０と同じ部屋に許容可能に配置することを有利に可能にし得る、比較的静かなＨＰＵ（例えば、高価な音響クラッディングを使用しない）を提供することができ、これにより、例えば、材料試験装置１３０とは別の部屋にＨＰＵを配置する油圧インフラストラクチャの使用を回避することができる。さらに、リザーバー１１６に貯蔵された油圧流体は、電気モーター１１２及びポンプ１１４の一方又は両方に熱冷却を提供することができる。かかる熱冷却は、例えば、油圧流体が以下に説明されるように能動的に冷却される例において、特に効果的であり得る。

【００９５】
いくつかの例では、ＨＰＵ１１０は、任意選択で冷却ポンプ（図示せず）を備えることができる。冷却ポンプは、リザーバー１１６内に配置することができる。電気モーター１１２は、冷却ポンプを駆動して、油圧流体をＨＰＵ１１０の外部の冷却装置（図示せず）に圧送するように構成することができる。これらの例では、少なくとも使用時に、冷却ポンプは、リザーバー１１６内に貯蔵された油圧流体中に少なくとも部分的に浸漬されてもよく、これにより、有利には、電気モーター１１２及びポンプ１１４に関連して上述したものと同様の利点を提供することができる。
【００９６】
システム１００全体を再び参照すると、材料試験装置１３０は、油圧アクチュエータ１３２と、入口１３４と、出口１３６とを備える。
【００９７】
油圧アクチュエータ１３２は、材料試験プロセスの材料試料の１つ以上の軸に沿って力及びトルクの一方又は両方を加えるように構成することができる。油圧アクチュエータ１３２は、例えば、限定されないが、油圧シリンダーを含む線形油圧アクチュエータ、回転油圧アクチュエータ、油圧モーター、二軸油圧アクチュエータ、任意の他のタイプの油圧アクチュエータ、及びそれらの任意の組み合わせを含む、任意のタイプの油圧アクチュエータを含むことができる。いくつかの例では、材料試験装置１３０の油圧アクチュエータ１３２は、１０ＭＮ未満、５ＭＮ未満、又は１０ｋＮ～５ＭＮの力の範囲で動作するように構成され得るが、他の力の範囲も可能であり得る。材料試験装置１３０の入口１３４は、矢印１６０によって示されるように、流体結合手段を介してＨＰＵ１１０の出口１１８から加圧された油圧流体を受け取るように構成することができる。材料試験装置１３０の入口１３４は、ＨＰＵ１１０の出口１１８から受け取った加圧された油圧流体の少なくとも一部を油圧アクチュエータ１３２に提供して、材料試験プロセスに従って材料試料の試験を可能にするように更に構成することができる。材料試験装置１３０の出口１３６は、矢印１６２によって示されるように、流体結合手段を介してＨＰＵの出口１２０に油圧流体を提供するように構成することができる。材料試験装置１３０の出口１３６は、例えば、油圧流体が材料試験装置１３０の油圧アクチュエータ１３２を通って流れ、それによって利用された後に、当該油圧流体を出口１２０に提供することができる。
【００９８】
材料試験の目的のために使用される既存のシステムは、典型的には、電気モーター及びポンプを有するＨＰＵを利用しており、所与の負荷に対して、電気モーター及びポンプは、非効率的に動作し、電気モーター及びポンプの複合動作効率が所与の負荷に対して非最適又は非効率的になることが観測されている。
【００９９】
さらに、かかる既存のシステムのＨＰＵは、典型的には、実施される材料試験プロセスの圧力要求に関係なく、固定された（すなわち、調整不可能な）出力圧力で加圧された油圧流体を材料試験装置に提供するように構成されている。かかるシステムでは、所与の材料試験プロセスの圧力要求を満たすために、ＨＰＵから生じる油圧流体の圧力がＨＰＵの下流の材料試験装置によって調整される場合がある。
【０１００】
したがって、かかる既存のシステムのＨＰＵの固定された出力圧力が、所与の材料試験プロセスの圧力要求を超える状況では、かかるＨＰＵは、材料試験プロセスを正常に行うために必要な圧力を超えて、その出力において油圧流体を不必要かつ無駄に加圧する場合がある。さらに、かかる状況では、材料試験プロセスの要件を満たすために、ＨＰＵの下流でＨＰＵによって出力される油圧流体の圧力を（例えば、圧力逃し弁を使用して）低減する必要がある場合があり、それには、更なる関連するエネルギーコストが生じる可能性があり、例えば、圧力逃し弁によって排出された油圧流体の熱を処理するために必要とされる関連するエネルギー消費を有する冷却システムを実装することが必要となる可能性がある。したがって、既存の解決策は非効率的であり、特にＨＰＵの出力圧力よりも（例え

ば、実質的に）低い圧力要求を有する材料試験プロセスを実施するときに、過度に高い電力消費を引き起こすことになる。

【０１０１】

有利には、以下で更に説明されるように、本開示は、加圧された油圧流体を材料試験装置に提供するように構成された電気モーター及びポンプを有するＨＰＵを提供し、電気モーター及びポンプの一方又は両方は、目標ＨＰＵ出力圧力を維持しながら、それらの動作効率を改善するように制御することができる。さらに、ＨＰＵの出力圧力は、制御可能とすることができ、特定の材料試験プロセスの圧力要求を満たすように調整し、それによって、材料試験の目的のためにより効率的なＨＰＵを提供することができる。

【０１０２】

図１に戻ると、いくつかの例では、システム１００は、本技術に従ってＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように構成され得るコントローラー１４０を備えることができる。

【０１０３】

いくつかの例では、コントローラー１４０は、（例えば、選択的に調整可能な）圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように構成することができる。例えば、コントローラー１４０は、ＨＰＵ１１０の出力圧力を目標圧力に維持するように構成することができ、目標圧力は、圧力設定点に基づく（例えば、目標圧力は圧力設定点以上である）。

【０１０４】

いくつかの例では、コントローラー１４０は、圧力設定点の指示（例えば、それを含む信号）を受信するように構成された第１の入力（図示せず）を有することができる。追加的又は代替的に、図２～図５に関連して以下で更に説明されるように、コントローラー１４０は、ＨＰＵ１１０の測定された出力圧力の指示（例えば、それを含む信号）を受信するように構成された第２の入力（図示せず）を有することができる。

【０１０５】

以下で更に説明するように、圧力設定点の指示は、材料試験装置１３０によって実施される材料試験プロセスの試験構成に基づいて決定することができる。いくつかの例では、当該決定は、材料試験プロセスに対する（例えば、最大）負荷要求の予測を含むことができる。圧力設定点の指示は、例えば、ＨＰＵ１１０のユーザーインターフェイス１２４等のユーザーインターフェイス、又は材料試験装置１３０に関連付けられたユーザーインターフェイスを含むがこれに限定されない、コントローラー１４０と通信可能に結合可能な任意の他のユーザーインターフェイス、例えば負荷決定器１４２等の装置、例えば材料試験装置１３０に関連付けられたコンピューティングデバイス（例えば、材料試験装置１３０のコントローラー）を含むコンピューティングデバイス、又はコントローラー１４０に通信可能に結合可能なリモートコンピューティングデバイスから受信することができる。

【０１０６】

いくつかの例では、圧力設定点の指示は、材料試験プロセスに関する（例えば、デフォルトの）圧力設定点に対応することができる。いくつかの例では、コンピューティングデバイスは、例えば、材料試験プロセスに基づいて、圧力設定点の指示を決定することができる。例えば、コンピューティングデバイスは、それぞれの試験構成に応じて圧力設定点の１つ以上の（例えば、デフォルトの）指示を記憶するように構成された（コンピューティングデバイス内に含まれるか、又はそれに通信可能に結合され得る）メモリにアクセスすることができ、コンピューティングデバイスは、メモリから指示を取得することによって圧力設定点の指示を決定することができる。いくつかの例では、コンピューティングデバイスは、材料試験装置１３０と関連付けることができる（例えば、その中に含まれる、又は例えば、そのコントローラーに通信可能に結合される）。他の例では、コンピューティングデバイスは、例えば、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）又はワイドエリアネットワーク（ＷＡＮ）等の通信ネットワーク（図示せず）を介してコントローラー１４０に通信可能に結合可能なリモートコンピューティングデバイスを含むことができる。通信ネットワークは、有線若しくは無線、又は有線及び無線の組み合わせであってもよい。

【０１０７】
いくつかの例では、圧力設定点の指示は、例えば、圧力設定点の値、又はそれに基づく、若しくは別様に圧力設定点を示す任意の他の値を含むことができる。いくつかの例では、圧力設定点の指示は、例えば、（例えば、材料試験プロセスの材料試験装置１３０の油圧アクチュエータ１３２の）力要求の指示を含むことができる。これらの例では、コントローラー１４０は、任意の適切な方法又は技術を使用して、力要求を圧力設定点に変換する（例えば、力要求に基づいて圧力設定点を決定する）ように構成することができる。いくつかの例では、コントローラー１４０は、例えば、所定の油圧アクチュエータ特徴付けデータに基づいて、力要求を圧力設定点に変換することができる。所定の油圧アクチュエータ特徴付けデータは、（例えば、油圧アクチュエータ１３２に提供される油圧流体の）入力圧力と油圧アクチュエータ１３２によって出力される力との間の関係を示すことができる。例えば、油圧アクチュエータ特徴付けデータは、第１の入力圧力に対する油圧アクチュエータ１３２の第１の作動力を示してもよい。これらの例では、力要求は、第１の作動力に対する力要求の比に基づいて第１の入力圧力をスケーリングすることによって、圧力設定点に変換することができる。例証的な例として、第１の作動力は、油圧アクチュエータ１３２のフルスケール力量（例えば、１００ｋＮ）に対応してもよく、第１の入力圧は、最大定格入力圧（例えば、２１０バール）に対応してもよい。力要求が、例えば、油圧アクチュエータ１３２のフルスケール力量の半分（例えば、５０ｋＮ）であった場合、力要求は、最大定格入力圧を半分の係数でスケーリングすることによって（例えば、１０５バールの圧設定点を与えるために）、対応する圧設定点に変換することができる。しかしながら、これは単に１つの例証的な例であり、本開示はそのように限定されない。いくつかの例では、所定の油圧アクチュエータ特徴付けデータは、任意の対応する入力圧力に対する油圧アクチュエータ１３２の任意の所与の作動力を示すことができ、力要求は、当該所与の作動力に関連する任意の値とすることができる。他の例では、所定の油圧特徴付けデータは、入力圧力と油圧アクチュエータ１３２によって出力される力との間の関係を示す任意の他のデータを含むことができる。

【０１０８】
いくつかの例では、上述したものと同様の変換プロセスを利用して、圧力要求を力要求に変換することができる。他の例では、任意の他の方法又は技術が、力要求を圧力要求（又は設定点）に、又はその逆に変換するために使用されてもよい。

【０１０９】
いくつかの例では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２の回転速度を制御して、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するように構成することができる。これらの例では、コントローラー１４０は、上述のモーター制御信号をモータードライバー回路１２２に提供し、それに応じて電気モーター１１２の回転速度を制御するように構成された第１の出力（図示せず）を有することができる。

【０１１０】
ポンプ１１４が可変容積式ポンプを含む例では、コントローラー１４０は、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するために、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように構成することができる。これらの例では、コントローラー１４０は、上述のポンプ制御信号をポンプ１１４に提供し、それに応じてポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように構成された第２の出力（図示せず）を有することができる。

【０１１１】
ポンプ１１４が可変容積式ポンプを含む例では、コントローラー１４０は、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するために、（例えば、モーター制御信号を介して）電気モーター１１２の回転速度と、（例えば、ポンプ制御信号を介して）ポンプ１１４の流体押しのけ容積との両方を制御するように構成することができる。これらの例では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２及びポンプ１１４の複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに応じてポンプ１１４の流体押しのけ容積及び電気モーター１１２の回転速度の一方又は両方を制御するように構成することができる。

【０１１２】
所定の特徴付けデータは、例えば、ポンプを通って流れる（例えば、出口１１８に提供される）油圧流体の流量に応じたポンプ１１４の目標流体押しのけ容積を示すことができる。追加的又は代替的に、所定の特徴付けデータは、例えば、当該流量に応じた電気モーター１１２の目標回転速度を示すことができる。目標流体押しのけ容積及び目標回転速度は、所与の流量を提供することができると同時に、電気モーター１１２及びポンプ１１４の複合動作効率がその流量に対して実質的に最適化されることを可能にする。所定の特徴付けデータは、例えば、ポンプ１１４及び電気モーター１１２の特徴付け測定値、又はポンプ１１４及び電気モーター１１２のモデリング、又は任意の他の方法に基づき得る。
【０１１３】
いくつかの例では、コントローラー１４０は、ポンプ１１４を通って流れる油圧流体の流量を決定し、当該決定された流量に応じてポンプ１１４の流体押しのけ容積及び電気モーター１１２の回転速度の一方又は両方を制御するように構成することができる。流量は、任意の方法で決定され得る。例えば、流量は、任意のタイプの流量センサー（図示せず）を使用して測定されてもよい。他の例では、流量は、例えば、電気モーター１１２の回転速度及びポンプ１１４の流体押しのけ容積を含む、測定され得るか又は他の方法で知られ得る流量を示す他のパラメーターに基づいて推測されてもよい。
【０１１４】
いくつかの例では、コントローラー１４０は、所定の特徴付けデータ及び決定された流量に基づいて、ポンプ１１４の流体押しのけ容積及び電気モーター１１２の回転速度の一方又は両方を制御するように構成することができる。いくつかの例では、コントローラー１４０は、特徴付けデータによって示される上述の目標流体押しのけ容積に基づいて、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように構成することができる。追加的又は代替的に、コントローラー１４０は、特徴付けデータによって示される上述の目標回転速度に基づいて、電気モーター１１２の回転速度を制御するように構成することができる。
【０１１５】
いくつかの例では、コントローラー１４０は、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御し（例えば、ＨＰＵの出力圧力を第１の目標圧力に維持し、第１の目標圧力は第１の圧力設定点に基づいており、例えば、第１の目標圧力は第１の圧力設定点以上である）、材料試験装置１３０によって実施される第２の材料試験プロセスの第２の圧力設定点の指示を受信し、第２の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御する（例えば、ＨＰＵの出力圧力を第２の目標圧力に実質的に維持し、第２の目標圧力は第２の圧力設定点に基づいており、例えば、第２の目標圧力は第２の圧力設定点以上である）ように構成することができる。
【０１１６】
いくつかの例では、第１の圧力設定点は、例えば、デフォルト圧力設定点に対応するか、又は別様にそれに基づいてもよく、例えば、ＨＰＵ１１０は、最初に給電投入されたときのデフォルト圧力設定点、又は例えば、コントローラー１４０によって以前に受信された第１の設定点の指示に基づいて制御するように構成される。
【０１１７】
いくつかの例では、第２の圧力設定点は、第１の圧力設定点未満であり得る。したがって、第２の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御することは、第１の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御することと比較して、ＨＰＵ１１０のエネルギー消費を低減することができる。
【０１１８】
第１の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御することは、例えば、本明細書に開示される上述の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御する任意の方法を含む、圧力設定点に基づいてＨＰＵの出力圧力を制御する任意の方法を含むことができる。同様に、第２の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御することは、例えば、本明細書に開示される上述の圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を

制御する任意の方法を含む、圧力設定点に基づいてＨＰＵの出力圧力を制御する任意の方法を含むことができる。

【０１１９】

コントローラー１４０は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はそれらの任意の組み合わせのいずれかで実装され得る。いくつかの例では、コントローラー１４０は、例えば、マイクロコントローラー、プログラマブルロジックコントローラー、又は任意の他のタイプの処理回路等の処理回路を備えてもよい。

【０１２０】

システム１００全体を再び参照すると、システム１００は、材料試験装置１３０によって実施される材料試験プロセスの負荷要求を決定し、ＨＰＵ１１０が決定された負荷要求に基づいてその出力圧力を制御することを可能にするように構成され得る負荷決定器１４２を備えることができる。本明細書で使用される場合、材料試験プロセスの負荷要求は、例えば、材料試験プロセスの（例えば、材料試験装置１３０に提供される加圧された油圧流体の）圧力要求、又は材料試験プロセスの（例えば、油圧アクチュエータ１３２の）力要求に対応することができる。

【０１２１】

いくつかの例では、負荷決定器１４２は、材料試験装置によって実施される材料試験プロセスの試験構成の指示を取得し、材料試験構成の受信された指示に基づいて試験プロセスの負荷要求を決定し、決定された負荷要求に基づいて圧力設定点の指示をコントローラー１４０に提供するように構成することができる。負荷要求は、例えば、材料試験プロセスの最大負荷要求、例えば、その材料試験プロセスが正常に実施されるために必要とし得る最高圧力又は最高作動力に対応することができる。換言すれば、負荷要求は、材料試験プロセスが正常に実施されるために必要とされるＨＰＵ１１０の少なくとも最小出力圧力を示すことができる。圧力設定点の指示は、例えば、圧力設定点の値、又はそれに基づく、若しくは別様で、例えば、力要求の指示を含む圧力設定点を示す任意の他の値を含んでもよい。

【０１２２】

いくつかの例では、試験構成は、材料試験試料の材料組成のうちの任意の１つ以上と、例えば、本明細書に開示される任意の試験変数を含むが、それらに限定されない、１つ以上の試験変数が、材料試験プロセスに従ってどのように制御されるかを示し得る１つ以上の試験パラメーターとを含むことができる。

【０１２３】

いくつかの例では、負荷決定器１４２は、材料試験プロセスの試験構成の指示を含む信号を受信するように構成された入力（図示せず）を有することができる。試験プロセスの試験構成の指示は、例えば、ＨＰＵ１１０のユーザーインターフェイス１２８又は負荷決定器１４２と通信可能に結合可能な任意の他のユーザーインターフェイス等のユーザーインターフェイス、例えば、本明細書に開示される材料試験装置１３０に関連付けられた任意のコンピューティングデバイス等の材料試験１３０装置に関連付けられたコンピューティングデバイスを含むコンピューティングデバイス、例えば、本明細書に開示される任意のリモートコンピューティングデバイスを含むリモートコンピューティングデバイス、又は任意の他のコンピューティングデバイスから受信され得る。

【０１２４】

いくつかの例では、負荷決定器１４２は、圧力設定点の指示を含む信号をコントローラー１４０に提供するように構成された出力（図示せず）を有することができる。

【０１２５】

いくつかの例では、材料試験プロセスは、材料試験装置１３０の油圧アクチュエータ１３２の作動力が制御変数である、いわゆる力制御試験プロセスに対応することができる。これらの例では、力要求は既知であってもよく、したがって、その材料試験プロセスに対する負荷要求は、試験構成のみから決定可能であってもよい。

【０１２６】

いくつかの例では、作動力は、材料試験プロセスの制御された変数でなくてもよい。例えば、材料試験プロセスは、いわゆる歪み制御試験、又は作動力が制御された変数ではない任意の他のタイプの試験プロセスに対応することができる。これらの例では、材料試験プロセスの負荷要求は、例えば、試験される材料試料の材料組成又は試験パラメーターに依存し得る。これらの例では、負荷要求は、同じ試験構成を有する以前の試験に対応する結果データに基づいて決定されてもよく、結果データは、その試験構成に対する負荷要求の指示を含む。他の例では、負荷要求は、試験構成に基づいて予測することができる。例えば、負荷要求は、１つ以上の以前の試験プロセスに対応する結果データに基づいて予測することができる。結果データは、例えば、１つ以上の以前の試験プロセスのそれぞれについての（例えば、最大）負荷要求のそれぞれの指示を含むことができ、各試験プロセスは、それぞれの試験構成を有する。

【０１２７】

いくつかの例では、結果データは、取得された試験構成とは異なるそれぞれの試験構成を有する１つ以上の試験プロセスに対応することができる。これらの例では、試験構成に対する負荷要求は、結果データと、取得された試験構成と結果データの試験構成（複数の場合もある）との間の単数又は複数の差とに基づいて決定することができる。

【０１２８】

例証的な例として、取得された試験構成は、第１の材料組成及び第１の試験パラメーターを含むことができ、結果データは、第１の試験パラメーターを含むが第２の材料組成を含む以前の試験構成に対応するデータを含むことができ、第２の材料組成は第１の材料組成と異なる。第１の試験パラメーターと、第１の材料組成と第２の材料組成との間の差とに基づいて、取得された試験構成の負荷要求を予測することができる。例えば、第１の材料組成と第２の材料組成との間の差が材料試料の物理的特性にどのように影響を及ぼすかを（例えば、モデリングを介して）知るか又は決定することができ、それに基づいて負荷要求を予測することができる。しかしながら、これは単に１つの例証的な例であり、本開示はそのように限定されない。

【０１２９】

いくつかの例では、取得された試験構成の負荷要求は、機械学習モデル（例えば、ニューラルネットワーク等）に基づいて予測されてもよく、機械学習モデルは、複数の以前の試験プロセスに対する（例えば、最大）負荷要求のそれぞれの指示を含む結果データに基づいて訓練され、各以前の試験プロセスは、それぞれの試験構成を有する。これらの例では、負荷決定器１４２は、訓練された機械学習モデルを含むことができる。いくつかの例では、負荷決定器１４２は、機械学習モデルを訓練するように構成することができる。他の例では、機械学習モデルは、限定はしないが、本明細書で開示する任意のコンピューティングデバイスを含む、負荷決定器１４２に通信可能に結合されたコンピューティングデバイスによって訓練することができる。

【０１３０】

いくつかの例では、負荷決定器１４２は、負荷決定器１４２によってアクセス可能なメモリからデータ（例えば、結果データ）を取得することができる。メモリは、負荷決定器１４２内に含まれてもよく、又は負荷決定器１４２の外部にあり、それと通信可能に結合されてもよい。メモリは、例えば、本明細書に開示される任意のコンピューティングデバイス内に含まれてもよい。いくつかの例では、負荷決定器１４２は、本明細書に開示される任意の例に従って、圧力要求を力要求に、又はその逆に変換するように動作可能であり得る。

【０１３１】

負荷決定器１４２は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はそれらの任意の組み合わせのいずれかで実装され得る。いくつかの例では、負荷決定器１４２は、例えば、マイクロコントローラー、プログラマブルロジックコントローラー、又は任意の他のタイプの処理回路等の処理回路を備え得る。

【０１３２】

システム１００全体を再び参照すると、コントローラー１４０及び負荷決定器１４２は、図１では、ＨＰＵ１１０及び材料試験装置１３０とは別個であるように示されているが、これは、単に、１つの例証的な例であり、本開示はそのように限定されない。いくつかの例では、ＨＰＵ１１０は、コントローラー１４０及び負荷決定器１４２の一方又は両方を備えることができる。他の例では、コントローラー１４０及び負荷決定器１４２の一方又は両方は、ＨＰＵ１１０の外部にあり、ＨＰＵ１１０と通信可能に結合可能であり得る。例えば、コントローラー１４０及び負荷決定器１４２の一方又は両方は、１つ以上のコンピューティングデバイスによって実装されてもよい。いくつかの例では、当該１つ以上のコンピューティングデバイスのうちの１つ以上は、ＨＰＵ１１０に対してローカルであり、例えば、限定はしないが、コントローラーエリアネットワーク（ＣＡＮ）バス規格、ユニバーサルシリアルバス規格、Ｂｌｕｅｔｏｏｔｈ規格、Ｗｉ－Ｆｉダイレクト規格、又は任意の他のタイプの通信規格を含む任意の通信規格に従って、有線通信手段又は無線通信手段によってＨＰＵ１１０に直接結合可能であり得る。いくつかの例では、当該１つ以上のコンピューティングデバイスのうちの１つ以上は、材料試験装置１３０内に含まれるか、又はそれに関連付けられ得る（例えば、通信可能に結合可能である）。例えば、当該１つ以上のコンピューティングデバイスのうちの１つ以上は、材料試験装置を制御して試験プロセスを実施するように構成されてもよい。かかるコンピューティングデバイスは、例えば、それぞれの試験構成に応じて１つ以上の（例えば、デフォルトの）圧力設定点を記憶するように構成することができる。いくつかの例では、当該１つ以上のコンピューティングデバイスのうちの１つ以上は、例えば、ローカルエリアネットワーク（ＬＡＮ）又はワイドエリアネットワーク（ＷＡＮ）等、例えば、通信ネットワーク（図示せず）を介してＨＰＵ１１０と通信可能に結合可能なリモートコンピューティングデバイスであり得る。通信ネットワークは、有線若しくは無線、又は有線及び無線の組み合わせであってもよい。

【０１３３】

ＨＰＵ１１０がコントローラー１４０を備える例では、通信回路１２６は、圧力設定点の指示を受信し、圧力設定点の指示をコントローラー１４０に提供するように構成することができる。

【０１３４】

コントローラー１４０がＨＰＵ１１０の外部にある例では、通信回路１２６は、例えば、上述のポンプ制御信号の指示を受信し、それをポンプ１１４に提供するように構成することができる。追加的又は代替的に、いくつかの例では、通信回路１２６は、コントローラー１４０から上述のモーター制御信号を受信し、それをモータードライバー回路１２２に提供するように構成することができる。

【０１３５】

図２～図５は、本開示の種々の実施形態による例示の油圧パワーユニットを概略的に示している。図２～図５に示す例示の油圧パワーユニットは、例えば、図１に示すＨＰＵ１１０に対応することができる。したがって、ＨＰＵ１１０の上記の説明は、図２～図５に示す例示の油圧パワーユニットにも適用可能である。図１及び図２～図５の対応する特徴には、同じ参照番号が使用される。簡単にするために、ユーザーインターフェイス１２４及び通信回路１２６は、図２～図５から省略されているが、図２～図５に示される例示の油圧パワーユニットは、ユーザーインターフェイス１２４及び通信回路１２６の一方又は両方を任意選択で備えてもよく、また、図１に示されるＨＰＵ１１０に関して説明される任意の他の特徴を任意選択で備えてもよく、これは図２～図５の説明から省略されている場合がある。

【０１３６】

図２～図５に示される油圧パワーユニット、実際には図１に示されるＨＰＵ１１０は、明確にするために簡略化されており、本明細書に開示される任意の油圧パワーユニットは、図１～図５に示されない油圧パワーユニットの従来の構成要素を備えてもよく、例えば、給電（複数の場合もある）、マニホールド（複数の場合もある）、圧力逃し弁（複数の

場合もある）、圧力補償弁（複数の場合もある）、及び任意の他のタイプの弁を含む弁（複数の場合もある）、任意の他の従来の油圧構成要素、並びにそれらの任意の組み合わせを含むが、それらに限定されないことを理解されたい。

【０１３７】

図２は、本開示の一実施形態による一例示の油圧パワーユニット（ＨＰＵ）２００を概略的に示している。ＨＰＵ２００は、ＨＰＵ２００によって圧送される油圧流体の流量を制御することによって、加圧された油圧流体をその出口に一定の目標圧力で提供するように動作可能である。後述するように、流量は、ＨＰＵのポンプの流体押しのけ容積を制御することによって制御することができる。

【０１３８】

ＨＰＵ２００は、電気モーター１１２と、ポンプ１１４と、リザーバー１１６と、出口１１８と、入口１２０と、モータードライバー回路１２２と、圧力センサー２１０とを備える。

【０１３９】

図２に示される実施形態では、モータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２に、それらの間の電気的結合を介して、給電２０２を提供するように構成される。

【０１４０】

図２に示される実施形態では、電気モーター１１２は、ポンプ１１４を、それらの間の機械的結合を介して駆動するように構成され、機械的結合は、矢印２０４によって示されている。

【０１４１】

図２に示される実施形態では、ポンプ１１４は、リザーバー１１６から、それらの間の流体結合を介して油圧流体を受け取るように構成され、当該流体結合は、矢印２０６によって示されている。ポンプ１１４は更に、リザーバー１１６から受け取った油圧流体を、出口１１８に、それらの間の流体結合を介して圧送するように構成され、当該流体結合は、矢印２０８によって示されている。入口１２０は、矢印２１４によって示されるように、（例えば、材料試験装置１３０等の材料試験装置から受け取った）油圧流体を、リザーバー１１６に、それらの間の流体結合を介して提供するように構成される。

【０１４２】

図２に示される実施形態では、電気モーター１１２は、実質的に固定された（例えば、実質的に一定の）回転速度で動作するように構成されたＡＣ電気モーターであり、ポンプ１１４は、固定された圧力設定点を有する圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能である。圧力センサー２１０は、ＨＰＵ２００の出力圧力を測定し、矢印２１２によって示されるように、測定された出力圧力の指示をポンプ１１４に提供するように構成される。ポンプ１１４は、本明細書に開示される例に従って、出力圧力を圧力設定点に実質的に維持するために、その固定された圧力設定点及び受信された測定された圧力に基づいてその流体押しのけ容積を制御するように構成される。

【０１４３】

有利には、圧力設定点における流量要求が特に低い状況では、ポンプ１１４の流体押しのけ容積は、それに対応して低い流体押しのけ容積の値に制御することができる。したがって、モーターに対する負荷要求が減少し、それによって、モーターの電力消費及びＨＰＵ２００の電力消費が低減される。さらに、ポンプ１１４の流体押しのけ容積、したがって、圧力設定点でＨＰＵ２００によって提供される流量は、流量要求を満たすように調整することができるため、関連するエネルギーコストを伴う関連する冷却要件を有し得る、例えば、安全弁を介して過剰な油圧流体流を排出する必要がなくなり得る。

【０１４４】

モータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２に提供される（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御することによって電気モーター１１２の動作点を制御するように構成された、図１に関連して説明した電気インバーターを備える。図２に示される実施形態では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、本明細書に開

示される例によれば、動作点を維持するために電気モーター１１２の動作効率が変更されるように、ＡＣ給電の１つ以上のパラメーターを制御するように構成される。例えば、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、動作点を維持し、例えば、入力電力を低減し、それによって、その動作点に対する電気モーター１１２の動作効率を高めるように、電気モーター１１２に提供されるＡＣ給電の１つ以上のパラメーターを制御するように構成されてもよい。したがって、ＨＰＵ２００は、エネルギー効率の良いＨＰＵを提供することができる。

【０１４５】

圧力センサー２１０及び測定された出力圧力の指示２１２は、ポンプ１１４の外部にあるように示されているが、これは単なる一例であり、本開示はそのように限定されない。他の例では、ポンプ１１４は、圧力センサー２１０を備えることができる。

【０１４６】

図３は、本開示の一実施形態による一例示の油圧パワーユニット（ＨＰＵ）３００を概略的に示している。

【０１４７】

ＨＰＵ３００は、電気モーター１１２と、ポンプ１１４と、リザーバー１１６と、出口１１８と、入口１２０と、モータードライバー回路１２２と、圧力センサー３１０と、コントローラー１４０とを備える。

【０１４８】

ＨＰＵ３００は、ＨＰＵ３００によって圧送される油圧流体の流量を制御することによって、加圧された油圧流体をその出口に可変目標圧力で提供するように動作可能である。後述するように、流量は、ＨＰＵ３００の電気モーター１１２の回転速度を制御することによって制御することができる。

【０１４９】

図３に示される実施形態では、電気モーター１１２は、可変速度で動作するように構成され、ポンプ１１４は、実質的に固定された流体押しのけ容積を有する容積式ポンプとして動作可能である。

【０１５０】

図３に示される実施形態では、モータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２に、それらの間の電気的結合を介して、給電３０２を提供するように構成される。

【０１５１】

図３に示される実施形態では、電気モーター１１２は、矢印３０４によって示されるように、ポンプ１１４を、それらの間の機械的結合を介して駆動するように構成される。

【０１５２】

図３に示される実施形態では、ポンプ１１４は、矢印３０６によって示されるように、リザーバー１１６から、それらの間の流体結合を介して油圧流体を受け取るように構成される。ポンプ１１４は、矢印３０８によって示されるように、リザーバー１１６から受け取った油圧流体を、出口１１８に、それらの間の流体結合を介して圧送するように更に構成される。入口１２０は、矢印３１４によって示されるように、（例えば、材料試験装置１３０等の材料試験装置から受け取った）油圧流体を、リザーバー１１６に、それらの間の流体結合を介して提供するように構成される。

【０１５３】

図３に示される実施形態では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２の回転速度を制御して、例えば、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点、又は任意の他の圧力設定点等の圧力設定点に基づいてＨＰＵ３００の出力圧力を制御する（例えば、ＨＰＵ３００の出力圧力を目標圧力に維持し、目標圧力は圧力設定点に基づいており、例えば、目標圧力は圧力設定点以上である）ように構成される。

【０１５４】

図３に示される実施形態では、コントローラー１４０は、圧力設定点（例えば、第１の

材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点、又は例えば、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点）の指示３１８を受信するように構成された入力３１６を備える。指示３１８は、例えば、本明細書で開示する任意の例に従って受信され得る。

【０１５５】

図３に示される実施形態では、コントローラー１４０は、モーター制御信号３２２をモータードライバー回路１２２に提供するように構成された出力３２０を有し、コントローラー１４０の出力３２０は、モーター制御信号を受信するように構成されたモータードライバー回路１２２の入力に電気的に結合される。モーター制御信号３２２は、例えば、本明細書に開示される任意の例に従って電気モーター１１２を制御するように動作可能であってもよい。

【０１５６】

図３に示される実施形態に関して、いくつかの例では、図１に示される実施形態に関連して説明したように、モータードライバー回路１２２は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）の指示を受信し、電気モーター１１２の回転速度を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ３００の出力圧力を制御するように動作可能な制御手段（図示せず）を備えることができる。これらの例では、モーター制御信号３２２は、例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等の圧力設定点の指示を含むことができる。他の例では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２の回転速度を直接制御して、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）に基づいてＨＰＵ３００の出力圧力を制御するように構成することができる。これらの例では、モーター制御信号３２２は、給電の１つ以上のパラメーターの指示を含んでもよく、モータードライバー回路１２２は、モーター制御信号３２２に従って給電の１つ以上のパラメーターを制御するように構成することができる。

【０１５７】

図３に示される実施形態では、ＨＰＵ３００は、閉ループ制御を利用してＨＰＵ３００の出力圧力を維持するように構成される。圧力センサー３１０は、ＨＰＵ３００の出力圧力を測定し、電気モーター１１２の回転速度を制御するフィードバックとして、測定された出力圧力の指示を提供するように構成される。モータードライバー回路１２２が上述の制御手段を備える例では、圧力センサーは、矢印３２４によって示されるように、測定された出力圧力の指示をモータードライバー回路１２２に提供するように構成することができる。コントローラー１４０が電気モーター１１２の回転速度を直接制御するように構成される例では、圧力センサーは、矢印３２８によって示されるように、測定された出力圧力の指示をコントローラー１４０の入力３２６に提供するように構成することができる。

【０１５８】

有利には、ＨＰＵ３００は、材料試験プロセスの圧力要求に従って、その出力圧力を調整するように動作可能なＨＰＵを提供し、それによって、電力消費を低減したＨＰＵを可能にする。

【０１５９】

図３に示される実施形態に関して、いくつかの例では、電気モーター１１２は、ＡＣ電気モーターを含むことができ、モータードライバー回路１２２は、本明細書で開示される例による電気インバーターを備えることができる。これらの例では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、本明細書に開示される任意の例に従って、動作点を維持するために電気モーター１１２の動作効率が変更されるように、（ＡＣ）給電３０２の１つ以上のパラメーターを制御することによって、電気モーター１１２の動作点を制御するように構成されてもよい。有利には、これは、ＨＰＵ３００が更により効率的に動作することを可能にし得る。

【０１６０】

図４は、本開示の一実施形態による一例示の油圧パワーユニット（ＨＰＵ）４００を概略的に示している。

【０１６１】

ＨＰＵ４００は、電気モーター１１２と、ポンプ１１４と、リザーバー１１６と、出口１１８と、入口１２０と、圧力センサー４１０と、コントローラー１４０とを備える。任意選択で、いくつかの例では、ＨＰＵ４００は、モータードライバー回路１２２を備える。

【０１６２】

ＨＰＵ４００は、ＨＰＵ４００によって圧送される油圧流体の流量を制御することによって、加圧された油圧流体をその出口に可変目標圧力で提供するように動作可能である。以下に説明するように、流量は、ＨＰＵ４００のポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御することによって制御することができる。

【０１６３】

図４に示される実施形態では、電気モーター１１２は、矢印４０４によって示されるように、ポンプ１１４を、それらの間の機械的結合を介して駆動するように構成される。

【０１６４】

図４に示される実施形態では、ポンプ１１４は、矢印４０６によって示されるように、リザーバー１１６から、それらの間の流体結合を介して油圧流体を受け取るように構成される。ポンプ１１４は、矢印４０８によって示されるように、リザーバー１１６から受け取った油圧流体を、出口１１８に、それらの間の流体結合を介して圧送するように更に構成される。入口１２０は、矢印４１４によって示されるように、（例えば、材料試験装置１３０等の材料試験装置から受け取った）油圧流体を、リザーバー１１６に、それらの間の流体結合を介して提供するように構成される。

【０１６５】

図４に示される実施形態では、電気モーター１１２は、例えば、本明細書に開示される任意のタイプの電気モーター又は任意の他のタイプの電気モーターを含む、任意のタイプの電気モーターを含む。

【０１６６】

図４に示される実施形態では、電気モーター１１２は、実質的に固定された速度で動作するように構成され、ポンプ１１４は、本明細書に開示される例に従って、調整可能な圧力設定点を有する圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能である。

【０１６７】

図４に示される実施形態では、コントローラー１４０は、例えば、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点、又は任意の他の圧力設定点等の圧力設定点に基づいてＨＰＵ４００の出力圧力を制御する（例えば、ＨＰＵ４００の出力圧力を目標圧力に維持し、目標圧力は圧力設定点に基づいており、例えば、目標圧力は圧力設定点以上である）ように構成される。いくつかの例では、コントローラー１４０は、第１の材料試験プロセスを実施する圧力設定点に基づいてポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するように構成される。

【０１６８】

図４に示される実施形態では、コントローラー１４０は、圧力設定点（例えば、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点、又は例えば、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点）の指示４１８を受信するように構成された入力４１６を備える。指示４１８は、例えば、本明細書で開示する任意の例に従って受信され得る。

【０１６９】

図４に示される実施形態では、コントローラー１４０は、ポンプ制御信号４２２をポンプ１１４に提供するように構成された出力４２０を備え、コントローラー１４０の出力４２０は、ポンプ制御信号４２２を受信するように構成されたポンプ１１４の入力に電気的に結合される。ポンプ制御信号４２２は、例えば、本明細書で開示する任意の例に従ってポンプ１１４を制御するように動作可能であり得る。

【０１７０】

図４に示される実施形態に関して、いくつかの例では、図１に示される実施形態に関連して説明したように、ポンプ１１４は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２

の圧力設定点等）の指示を受信し、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ４００の出力圧力を制御するように動作可能な圧力補償制御手段（図示せず）を備えることができる。これらの例では、ポンプ信号４２２は、例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等の圧力設定点の指示を含むことができる。他の例では、コントローラー１４０は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）に基づいてＨＰＵ４００の出力圧力を制御するために、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を直接制御するように構成することができる。これらの例では、ポンプ制御信号４２２は、ポンプ１１４の流体押しのけ容積の指示を含むことができ、ポンプ１１４は、ポンプ制御信号４２２に従ってその流体押しのけ容積を制御するように構成することができる。

【０１７１】

図４に示される実施形態では、ＨＰＵ４００は、閉ループ制御を利用してＨＰＵ４００の出力圧力を維持するように構成される。圧力センサー４１０は、ＨＰＵ４００の出力圧力を測定し、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御するフィードバックとして、測定された出力圧力の指示を提供するように構成される。ポンプ１１４が上述の圧力補償制御手段を備える例では、圧力センサー４１０は、矢印４２４によって示されるように、測定された出力圧力の指示をポンプ１１４に提供するように構成することができる。コントローラー１４０がポンプの流体押しのけ容積を直接制御するように構成される例では、圧力センサー４１０は、矢印４２８によって示されるように、測定された出力圧力の指示をコントローラー１４０の入力４２６に提供するように構成することができる。

【０１７２】

有利には、ＨＰＵ４００は、材料試験プロセスの圧力要求に従って、その出力圧力を調整するように動作可能なＨＰＵを提供し、それによって、電力消費を低減したＨＰＵを可能にする。

【０１７３】

図４に示される実施形態に関して、いくつかの例では、電気モーター１１２は、ＡＣ電気モーターを含むことができ、ＨＰＵ４００は、電気モーター１１２に、それらの間の電気結合を介して（ＡＣ）給電４０２を提供するように構成された電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２を更に備えることができる。これらの例では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、本明細書に開示される任意の例に従って、動作点を維持するために電気モーター１１２の動作効率が変更されるように、（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御することによって電気モーター１１２の動作点を制御するように構成することができる。有利には、これは、ＨＰＵ４００が更により効率的に動作することを可能にし得る。

【０１７４】

図５は、本開示の一実施形態による一例示の油圧パワーユニット（ＨＰＵ）５００を概略的に示している。

【０１７５】

ＨＰＵ５００は、電気モーター１１２と、ポンプ１１４と、リザーバー１１６と、出口１１８と、入口１２０と、モータードライバー回路１２２と、圧力センサー５１０と、コントローラー１４０とを備える。

【０１７６】

ＨＰＵ５００は、ＨＰＵ５００によって圧送される油圧流体の流量を制御することによって、加圧された油圧流体をその出口に可変目標圧力で提供するように動作可能である。後述するように、流量は、ＨＰＵ５００の電気モーター１１２の回転速度とポンプ１１４の流体押しのけ容積との両方を制御することによって制御することができる。ポンプ１１４の流体押しのけ容積及び電気モーター１２２の回転速度の一方又は両方は、電気モーター及びポンプの複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに応じて制御することができる。

【０１７７】

図５に示される実施形態では、本明細書に開示される例に従って、電気モーターは、可変速度で動作するように構成され、ポンプ１１４は、調整可能な圧力設定点を有する圧力補償可変容積式ポンプとして動作可能である。

【０１７８】

図５に示される実施形態では、モータードライバー回路１２２は、電気モーター１１２に、それらの間の電気的結合を介して、給電５０２を提供するように構成される。

【０１７９】

図５に示される実施形態では、電気モーター１１２は、矢印５０４によって示されるように、ポンプ１１４を、それらの間の機械的結合を介して駆動するように構成される。

【０１８０】

図５に示される実施形態では、ポンプ１１４は、矢印５０６によって示されるように、リザーバー１１６から、それらの間の流体結合を介して油圧流体を受け取るように構成される。ポンプ１１４は、矢印５０８によって示されるように、リザーバー１１６から受け取った油圧流体を、出口１１８に、それらの間の流体結合を介して圧送するように更に構成される。入口１２０は、矢印５１４によって示されるように、（例えば、材料試験装置１３０等の材料試験装置から受け取った）油圧流体を、リザーバー１１６に、それらの間の流体結合を介して提供するように構成される。

【０１８１】

図５に示される実施形態では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２の回転速度及びポンプ１１４の流体押しのけ容積の両方を制御して、例えば、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点、又は任意の他の圧力設定点等の圧力設定点に基づいてＨＰＵ５００の出力圧力を制御する（例えば、ＨＰＵ５００の出力圧力を目標圧力に維持し、目標圧力は圧力設定点に基づいており、例えば、目標圧力は圧力設定点以上である）ように構成される。いくつかの例では、コントローラー１４０は、圧力設定点に基づいて、電気モーター１１２の回転速度及びポンプ１１４の流体押しのけ容積の両方を制御するように構成される。

【０１８２】

図５に示される実施形態では、コントローラー１４０は、圧力設定点（例えば、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点、又は例えば、第２の材料試験プロセスを実施する第２の圧力設定点）の指示５１８を受信するように構成された入力５１６を備える。指示５１８は、例えば、本明細書で開示する任意の例に従って受信され得る。

【０１８３】

図５に示される実施形態では、コントローラー１４０は、モーター制御信号５２２をモータードライバー回路１２２に提供するように構成された第１の出力５２０を備え、コントローラー１４０の第１の出力５２０は、モータードライバー回路１２２の入力に電気的に結合される。モーター制御信号５２２は、例えば、本明細書に開示される任意の例に従って電気モーター１１２を制御するように動作可能であってもよい。

【０１８４】

図５に示される実施形態では、コントローラー１４０は、ポンプ制御信号５２５をポンプ１１４に提供するように構成された第２の出力５２３を備え、コントローラー１４０の出力５２３は、ポンプ１１４の入力に電気的に結合される。ポンプ制御信号５２５は、例えば、本明細書で開示する任意の例に従ってポンプ１１４を制御するように動作可能であり得る。

【０１８５】

図５に示される実施形態に関して、いくつかの例では、図１に示される実施形態に関連して説明したように、モータードライバー回路１２２は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）の指示を受信し、電気モーター１１２の回転速度を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ５００の出力圧力を制御するように動作可能な制御手段（図示せず）を備えることができる。これらの例では、モーター制御信号５２２は、例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等の圧力設定点の指示を含

むことができる。他の例では、コントローラー１４０は、電気モーター１１２の回転速度を直接制御して、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）に基づいてＨＰＵ５００の出力圧力を制御するように構成することができる。これらの例では、モーター制御信号５２２は、給電の１つ以上のパラメーターの指示を含んでもよく、モータードライバー回路１２２は、モーター制御信号５２２に従って給電の１つ以上のパラメーターを制御するように構成することができる。

【０１８６】

図５に示される実施形態に関して、いくつかの例では、図１に示される実施形態に関連して説明したように、ポンプ１１４は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）の指示を受信し、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を制御することによって、圧力設定点に基づいてＨＰＵ５００の出力圧力を制御するように動作可能な圧力補償制御手段（図示せず）を備えることができる。これらの例では、ポンプ制御信号５２５は、例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等の圧力設定点の指示を含むことができる。他の例では、コントローラー１４０は、圧力設定点（例えば、第１の圧力設定点又は第２の圧力設定点等）に基づいてＨＰＵ５００の出力圧力を制御するために、ポンプ１１４の流体押しのけ容積を直接制御するように構成することができる。これらの例では、ポンプ制御信号５２５は、ポンプ１１４の流体押しのけ容積の指示を含むことができ、ポンプ１１４は、ポンプ制御信号５２５に従ってその流体押しのけ容積を制御するように構成することができる。

【０１８７】

図５に示される実施形態では、ＨＰＵ５００は、閉ループ制御を利用してＨＰＵ５００の出力圧力を維持するように構成される。圧力センサー５１０は、ＨＰＵ５００の出力圧力を測定し、電気モーター１１２の回転速度及びポンプ１１４の流体押しのけ容積の両方を制御するフィードバックとして、測定された出力圧力の指示を提供するように構成される。

【０１８８】

モータードライバー回路１２２が上述の制御手段を備える例では、圧力センサー５１０は、矢印５３０によって示されるように、測定された出力圧力の指示をモータードライバー回路１２２に提供するように構成することができる。

【０１８９】

ポンプ１１４が上述の圧力補償制御手段を備える例では、圧力センサー５１０は、矢印５３２によって示されるように、測定された出力圧力の指示をポンプ１１４に提供するように構成することができる。

【０１９０】

コントローラー１４０が、電気モーター１１２の回転速度の直接制御、及びポンプ１１４の流体押しのけ容積の直接制御の一方又は両方を行うように構成される例では、圧力センサー５１０は、矢印５３４によって示されるように、測定された出力圧力の指示をコントローラー１４０の入力５３２に提供するように構成することができる。

【０１９１】

有利には、ＨＰＵ５００は、材料試験プロセスの圧力要求に従って、その出力圧力を調整するように動作可能なＨＰＵを提供し、それによって、電力消費を低減したＨＰＵを可能にする。

【０１９２】

いくつかの例では、コントローラー１４０は、圧力設定点に基づいてＨＰＵ１１０の出力圧力を制御するために、（例えば、モーター制御信号５２２を介して）電気モーター１１２の回転速度及び（例えば、ポンプ制御信号５２５を介して）ポンプ１１４の流体押しのけ容積の両方を制御するように構成されてもよく、コントローラー１４０は、本明細書に開示される任意の例に従って、電気モーター１１２及びポンプ１１４の複合動作効率が制御されるように、所定の特徴付けデータに依存してポンプ１１４の流体押しのけ容積及び電気モーター１１２の回転速度の一方又は両方を制御するように構成される。有利には

、これは、ＨＰＵ５００が更により効率的に動作することを可能にし得る。

【０１９３】

図５に示される実施形態に関して、いくつかの例では、電気モーター１１２は、ＡＣ電気モーターを含むことができ、モータードライバー回路１２２は、（ＡＣ）給電５０２を電気モーター１１２に提供するように構成された電気インバーターを備えることができる。これらの例では、電気インバーターを備えるモータードライバー回路１２２は、本明細書に開示される任意の例に従って、動作点を維持するために電気モーター１１２の動作効率が変更されるように、（ＡＣ）給電の１つ以上のパラメーターを制御することによって電気モーター１１２の動作点を制御するように構成することができる。有利には、これにより、ＨＰＵ５００の効率を更に改善することができる。

【０１９４】

図６は、本開示の種々の実施形態による装置６００を概略的に示している。いくつかの例では、装置６００は、例えば、コントローラー１４０等、例えば、コントローラーに対応することができる。いくつかの例では、装置６００は負荷決定器１４２に対応することができる。

【０１９５】

図６に示されるように、装置６００は、プロセッサ６１０と、コンピュータープログラム命令６２４を含むコンピュータープログラム６２２を含むメモリ６２０とによって実装され得る。装置６００は、プロセッサ６１０内に含まれるか、又はそれに動作可能に結合され得る出力インターフェイス６３０を備えることができ、それを介して、制御信号の形態のデータ及び／又はコマンドが、プロセッサ６１０によって出力される。装置６００は、プロセッサ６１０内に含まれ得るか、又はそれに動作可能に結合され得る入力インターフェイス６４０を備えることができ、それを介して、データ及び／又はコマンドがプロセッサ６１０に入力される。装置６００の実施態様は、ハードウェアのみ（回路）であってもよく、ファームウェアのみを含むソフトウェアで或る特定の態様を有してもよく、又はハードウェアとソフトウェア（ファームウェアを含む）の組み合わせであってもよい。コンピュータープログラム６２２は、（例えば、非一時的）コンピューター可読記憶媒体（ディスク、メモリ等）に記憶されてもよい。コンピュータープログラム６２２は、実行されたときに、すなわちプロセッサ６１０によって、図７及び図８のうちの１つ以上に関連して以下で説明する方法に従って方法を実施するように構成されたコンピューターソフトウェアであってもよい。

【０１９６】

図７は、本開示の一実施形態による油圧パワーユニットを制御することを概略的に示す一例示のフローチャート７００を示している。油圧パワーユニットは、例えば、油圧パワーユニット１１０、油圧パワーユニット３００、油圧パワーユニット４００、及び油圧パワーユニット５００のうちのいずれか１つを含むことができる。フローチャート７００は、例えば、コントローラー１４０等の油圧パワーユニットを制御するように動作可能なコントローラーによって実施されてもよい。

【０１９７】

ブロック７１０において、材料試験装置に提供される加圧された油圧流体の圧力は、第１の材料試験プロセスを実施する第１の圧力設定点に基づいて制御される。第１の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体を制御することは、本明細書に開示される任意の例に従ってもよい。

【０１９８】

ブロック７２０において、材料試験装置によって実施される第２の材料試験プロセスの第２の圧力設定点の指示が受信される。第２の圧力設定点の指示を受信することは、本明細書に開示される任意の例に従ってもよい。

【０１９９】

ブロック７３０において、材料試験装置に提供される加圧された油圧流体の圧力は、第２の圧力設定点に基づいて制御される。第２の圧力設定点に基づいて加圧された油圧流体

を制御することは、本明細書に開示される任意の例に従ってもよい。

【０２００】

図８は、本開示による方法を概略的に示す一例示のフローチャートを示している。

【０２０１】

ブロック８１０において、材料試験装置によって実施される試験プロセスの試験構成の指示が取得され、材料試験装置は、油圧パワーユニット（ＨＰＵ）から加圧された油圧流体を受け取るように構成される。材料試験装置は、例えば、材料試験装置１３０又は任意の他の材料試験装置に対応することができる。油圧パワーユニットは、例えば、油圧パワーユニット１１０、油圧パワーユニット３００、油圧パワーユニット４００、及び油圧パワーユニット５００のうちのいずれか１つを含むことができる。材料試験プロセスは、例えば、本明細書に開示される任意の材料試験プロセスを含む、任意の材料試験プロセスに対応することができる。試験構成の指示は、本明細書で開示される任意の例に従って取得され得る。

【０２０２】

ブロック８２０において、試験プロセスの負荷要求が、試験構成の受信された指示に基づいて決定され得る。負荷要求は、本明細書で開示される任意の例に従って決定され得る。

【０２０３】

ブロック８３０において、決定された負荷要求に基づいて圧力設定点の指示がコントローラーに提供され、コントローラーは、材料試験プロセスを実施するために加圧された油圧流体の圧力を制御するように構成される。コントローラーは、例えば、コントローラー１４０に対応してもよい。指示は、本明細書に開示される任意の例に従って、コントローラーに提供され得る。

【０２０４】

本開示の実施形態はハードウェア、ソフトウェア、又はハードウェア及びソフトウェアの組み合わせの形において実現できることは理解されよう。任意のそのようなソフトウェアは、例えば、消去可能であるか否か、又は書き換え可能であるか否かは別として、ＲＯＭのような記憶デバイス等の揮発性記憶装置若しくは不揮発性記憶装置の形で、又は例えばＲＡＭ、メモリチップ、デバイス若しくは集積回路等のメモリの形で、又は例えば、ＣＤ、ＤＶＤ、磁気ディスク若しくは磁気テープ等の光学的若しくは磁気的に読み取り可能な媒体上に記憶することができる。それらの記憶デバイス及び記憶媒体は、実行されるときに本開示の実施形態を実施する単数又は複数のプログラムを記憶するのに適している機械可読記憶装置の実施形態であることは理解されよう。したがって、複数の実施形態が、任意の先行する請求項において請求されるようなシステム又は方法を実施するコードを含むプログラムと、そのようなプログラムを記憶する機械可読記憶装置とを提供する。またさらに、本開示の実施形態は、有線接続又は無線接続を介して搬送される通信信号等の任意の媒体を介して電子的に伝達することができ、複数の実施形態がそれを適切に含む。

【０２０５】

本明細書（任意の添付の特許請求の範囲、要約書及び図面を含む）に開示された特徴の全て、及び／又はそのように開示された任意の方法若しくはプロセスのステップの全ては、かかる特徴及び／又はステップの少なくとも一部が相互に排他的である組み合わせを除いて、任意の組み合わせで組み合わせることができる。

【０２０６】

本明細書（任意の添付の特許請求の範囲、要約書及び図面を含む）に開示された各特徴は、明示的に別段の定めをした場合を除き、同じ、同等の、又は同様の目的を果たす代替の特徴によって置き換えることができる。したがって、明示的に別段の定めをした場合を除き、開示される各特徴は、一般的な一連の同等又は類似の特徴の一例にすぎない。

【０２０７】

本発明は、任意の前述の実施形態の詳細に限定されない。本発明は、本明細書（任意の添付の特許請求の範囲、要約書及び図面を含む）に開示された特徴の任意の新規な１つ、

若しくは任意の新規な組み合わせ、又はそのように開示された任意の方法若しくはプロセスのステップの任意の新規な１つ、若しくは任意の新規な組み合わせに及ぶ。特許請求の範囲は、単に前述の実施形態を網羅すると解釈されるべきではなく、特許請求の範囲内に入る任意の実施形態も網羅すると解釈されるべきである。

【図面】

【図１】

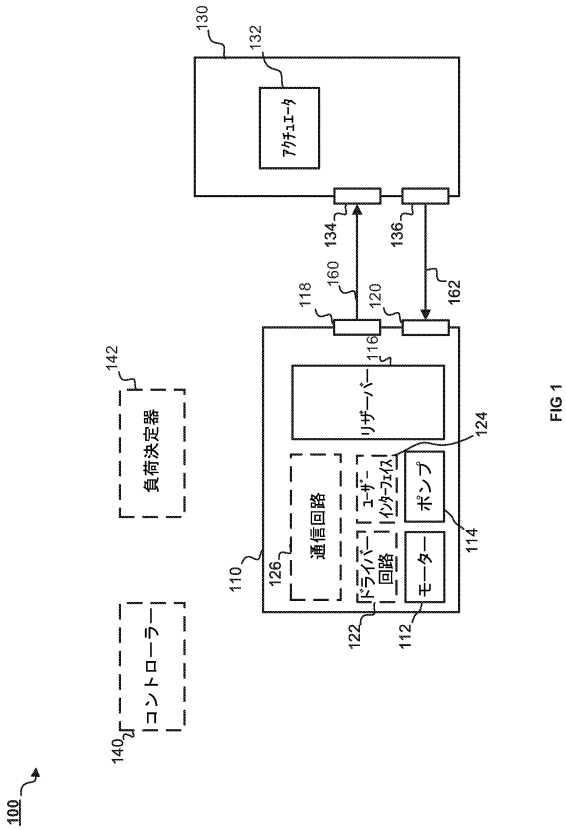

FIG 1

【図２】

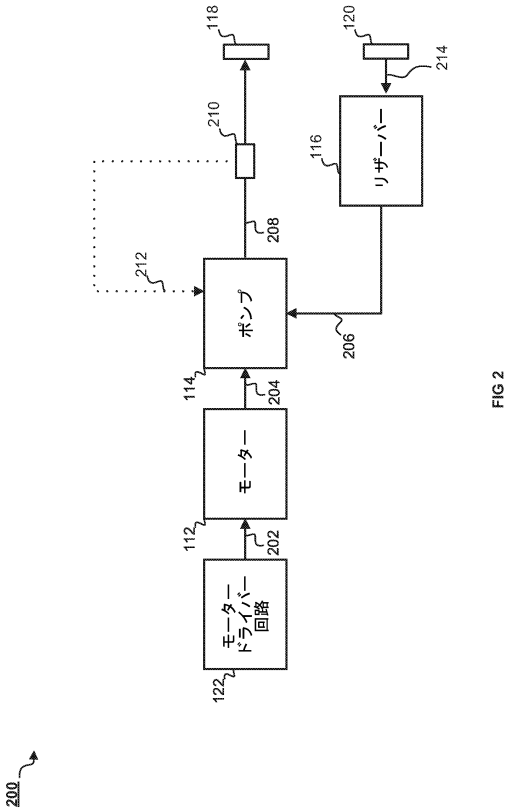

FIG 2

【図３】

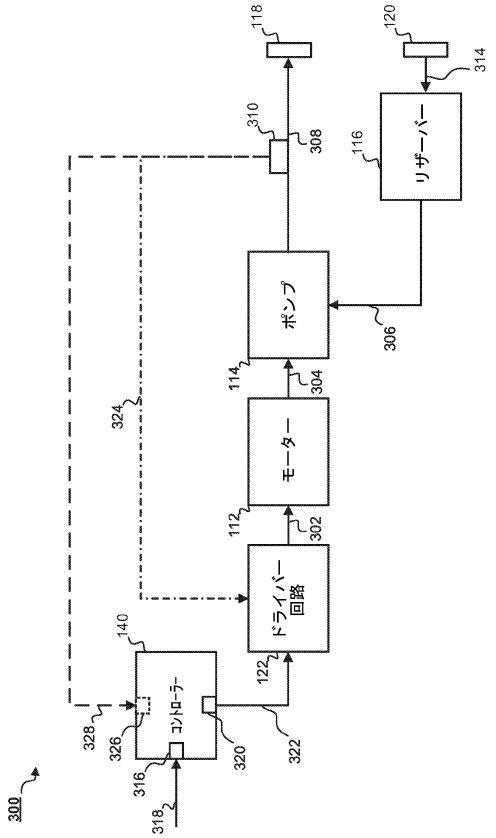

FIG 3

【図４】

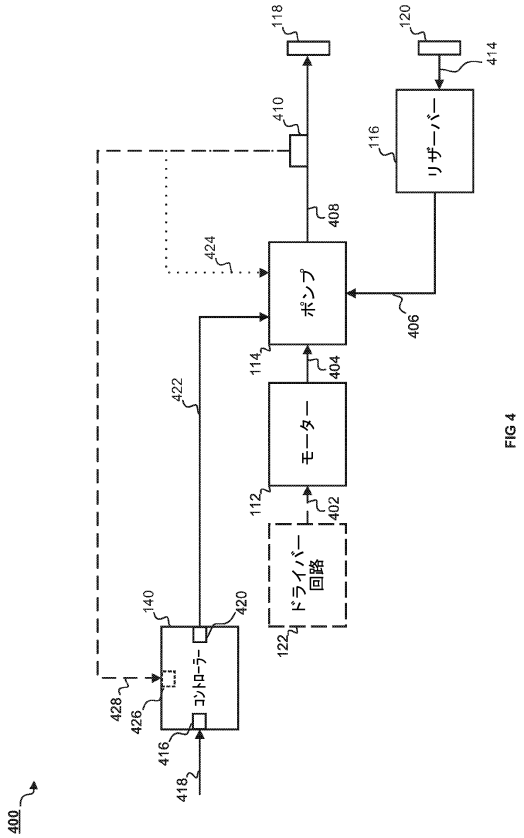

FIG 4

【図５】

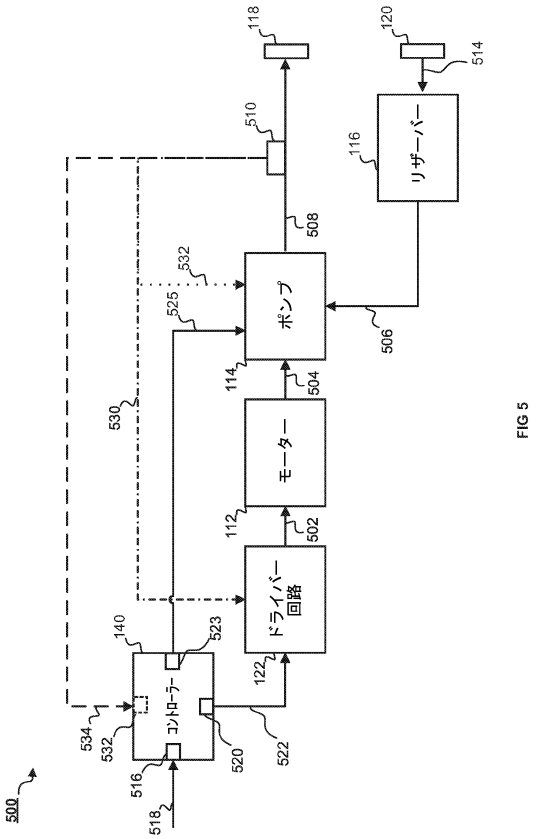

FIG 5

【図６】

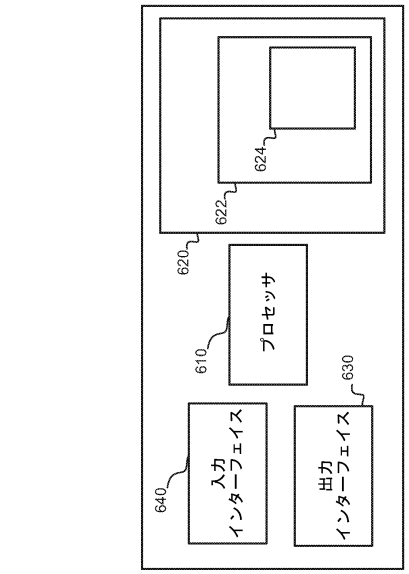

FIG 6

【図７】

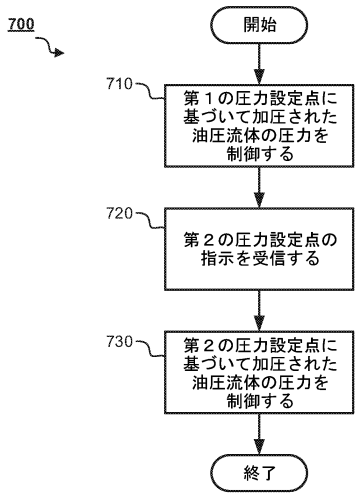

FIG 7

【図８】

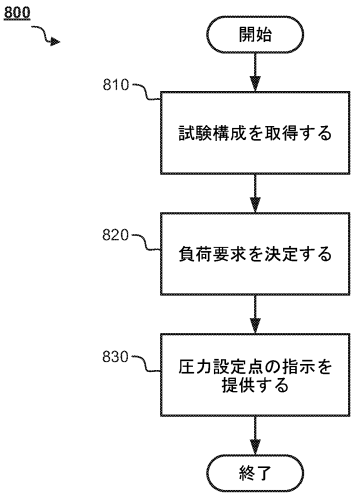

FIG 8

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/038880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F15B11/042 F15B21/08 F04B23/02
ADD. F15B1/26 G01N3/00 F04B17/03 F04B49/06 F04B49/08
F04B49/20
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F15B G01N F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	US 2018/274526 A1 (GUENDER ANDREAS [DE]) 27 September 2018 (2018-09-27) figures 1-5	1-5,7,8, 10-12,15 6,9-12
Y	DE 10 2009 055979 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 June 2010 (2010-06-02) figure 1	1-15
Y	DE 10 2013 005416 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 October 2014 (2014-10-02) figure 1	1-8, 10-15
Y	WO 2012/176132 A1 (APP S ET BANCS HYDRAULIQUES CHATELLERAUDAIS [FR] ET AL.) 27 December 2012 (2012-12-27) figure 1	1-8, 10-15

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance;; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
14 October 2022	25/10/2022

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bindreiff, Romain

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/038880

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2012 009136 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7 November 2013 (2013-11-07) figures 1-2	1-15
X	US 5 988 989 A (HOBSON NICHOLAS M [GB]) 23 November 1999 (1999-11-23) figures 1-5	1-5, 13-15
X	US 2021/180577 A1 (KING CHUN NIEN [US] ET AL) 17 June 2021 (2021-06-17)	1-5, 13-15
Y	abstract; figures 1-6	1-15

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/US2022/038880

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2018274526 A1	27-09-2018	CN 108138756 A	08-06-2018
		DE 102015219091 A1	06-04-2017
		EP 3356675 A1	08-08-2018
		JP 6820326 B2	27-01-2021
		JP 2018530699 A	18-10-2018
		KR 20180063100 A	11-06-2018
		TW 201725324 A	16-07-2017
		US 2018274526 A1	27-09-2018
		WO 2017055145 A1	06-04-2017
DE 102009055979 A1	02-06-2010	DE 102009055979 A1	02-06-2010
		EP 2192308 A2	02-06-2010
DE 102013005416 A1	02-10-2014	CN 104074843 A	01-10-2014
		DE 102013005416 A1	02-10-2014
WO 2012176132 A1	27-12-2012	EP 2721308 A1	23-04-2014
		ES 2582085 T3	09-09-2016
		FR 2976632 A1	21-12-2012
		WO 2012176132 A1	27-12-2012
DE 102012009136 A1	07-11-2013	DE 102012009136 A1	07-11-2013
		WO 2013167248 A1	14-11-2013
US 5988989 A	23-11-1999	NONE	
US 2021180577 A1	17-06-2021	US 2021180577 A1	17-06-2021
		US 2022260064 A1	18-08-2022

フロントページの続き

MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

（特許庁注：以下のものは登録商標）

１．ＢＬＵＥＴＯＯＴＨ

アメリカ合衆国，イリノイ ６００２５，グレンビュー，ハーレム アベニュ １５５，シー／オー イリノイ トゥール ワークス インコーポレイティド

Ｆターム（参考） 3H069 AA03 BB01 CC03 DD05 DD06 DD14 DD17 EE41