

明 細 書

発明の名称：

試験装置、ヘッジトリマー、及び電動アクチュエーター

技術分野

[0001] 本発明は、試験装置、ヘッジトリマー、及び電動アクチュエーターに関する。

背景技術

[0002] 一般に、機械製品や機械部品は、輸送時や使用時に繰り返し荷重を受ける。繰り返し荷重を受けた物体は、疲労によって破損したり、形状や特性が変化することがある。そのため、機械製品や機械部品を開発する際には、サンプル（試験片）に繰り返し荷重を加えて挙動を観察することが望ましい。

[0003] このような目的のために、振動試験装置が使用される。従来、油圧式アクチュエーターを備えた振動試験装置が用いられていた。しかし、油圧式の振動試験装置は、油圧式アクチュエーターに起因した課題（例えば、エネルギー効率が低い、オイルタンクや油圧配管等の大規模な油圧供給設備の設置を要する、定期的に大量の作動油の交換を要する、作動油の漏洩による作業環境・土壌汚染等等）があり、改善が求められていた。最近では、油圧式アクチュエーターの代わりにサーボモーターを採用した振動試験装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2009/011433号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] サーボモーター式の振動試験装置では、油圧式の振動試験装置に比べて消費電力を抑えることができるが、特許文献1に記載されるように短い周期でサーボモーターの回転方向を切り換える場合の電力消費についてはまだまだ

改善の余地がある。このような課題は、加振試験装置に限らず、電動機が繰り返し往復駆動される各種装置においても同様に生じうる。

[0006] 本発明は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、電動機を備えた装置の省電力性を改善することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様によれば、被加振物に取り付けられる振動テーブルと、前記振動テーブルを所定方向に加振する電動アクチュエーターと、前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、前記電動アクチュエーターは、正転と逆転を切り替え可能な電動機と、電源から電力が供給され、前記コントローラに制御されて前記振動テーブルを所望の振幅及び周波数で加振する駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置を含み、前記駆動装置は、前記振動テーブルを前記所望の振幅及び周波数で加振した際に、前記電動機から回生される電力のうち前記電動機の加速で消費されなかった電力を前記電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む、振動試験装置が提供される。

発明の効果

[0008] 本発明の一実施形態によれば、電動機を備えた装置の省電力性を改善することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の第1実施形態に係る振動試験装置の平面図である。

[図2]第1実施形態の第1アクチュエーターの側面図である。

[図3]第1実施形態の第1アクチュエーターの平面図である。

[図4]第1実施形態のテーブル及び第3アクチュエーターの側面図である。

[図5]第1実施形態のテーブル及び第3アクチュエーターの側面図である。

[図6]第1実施形態の制御システムの概略構成を示すブロック図である。

[図7]第1実施形態の給電システムの概略構成を示すブロック図である。

[図8]第1実施形態の給電システムの回路構成を示す図である。

[図9] (a) は本発明の第1実施形態のサーボモーターの1サイクルの駆動波

形であり、(b)は、サーボモーターの1サイクルのうちの前半におけるサーボモーターの回転数[rpm]を表したグラフであり、(c)は、サーボモーターの1サイクルのうちの後半におけるサーボモーターの回転数を表したグラフであり、(d)は、サーボモーターの1サイクルのうちの前半におけるサーボモーターのトルク[Nm]を表したグラフであり、(e)は、サーボモーターの1サイクルのうちの後半におけるサーボモーターのトルクを表したグラフである。

[図10]本発明の第1実施形態と従来のモーターの動作を対比する図である。

[図11]本発明の第2実施形態に係るタイヤ試験装置の外観図である。

[図12]本発明の第2実施形態に係るタイヤ試験装置の外観図である。

[図13]第2実施形態のトルク発生装置の内部構造を示した図である。

[図14]第2実施形態の給電システムの概略構成を示すブロック図である。

[図15]本発明の第3実施形態に係るねじり試験装置の側面図である。

[図16]第3実施形態の第1駆動部の側面図である。

[図17]第3実施形態の給電システムの概略構成を示すブロック図である。

[図18]本発明の第4実施形態の引張圧縮試験装置の側面図である。

[図19]第4実施形態の引張圧縮試験装置の正面図である。

[図20]第4実施形態の給電システムの概略構成を示すブロック図である。

[図21]本発明の第5実施形態に係る衝突模擬試験装置の斜視図である。

[図22]第5実施形態に係る衝突模擬試験装置の試験部及びベルト機構の構造を示す斜視図である。

[図23]第5実施形態に係る電動アクチュエーターの斜視図である。

[図24]第5実施形態に係る電動アクチュエーターの概略構造を示した平面図である。

[図25]第5実施形態の連接棒の側面図である。

[図26]第5実施形態のクランクシャフトの側面図である。

[図27]本発明の第6実施形態に係るユニフォーミティ及び動釣合複合試験装置の基本構成を示す側面図である。

[図28]第6実施形態においてスピンドルを回転駆動する方法を模式的に示したものである。

[図29]本発明の第7実施形態に係るバランス測定装置の測定部の正面図である。

[図30]第7実施形態に係るバランス測定装置の測定部の側面図である。

[図31]本発明の第8実施形態に係るヘッジトリマーの斜視図である。

[図32]第8実施形態に係るヘッジトリマーの側面図である。

[図33]第8実施形態に係るヘッジトリマーの平面図である。

[図34]第9実施形態に係る電動アクチュエーターの給電システムの概略構成を示したブロック図である。

[図35]本発明の第10実施形態に係る電動アクチュエーターの給電システムの概略構成を示したブロック図である。

[図36]本発明の第11実施形態に係る電動アクチュエーターの給電システムの概略構成を示したブロック図である。

[図37]本発明の第12実施形態に係るヘッジトリマーの側面図である。

[図38]第12実施形態に係るヘッジトリマーの平面図である。

[図39]電動アクチュエーターの給電システムの概略構成の変形例を示したブロック図である。

[図40]電動アクチュエーターの給電システムの概略構成の別の変形例を示したブロック図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態について説明する。なお、以下の説明において、同一の又は対応する構成要素には、同一の又は対応する符号を付して、重複する説明を省略する。また、各図において、符号が共通する事項が複数表示される場合は、必ずしもそれらの複数の表示の全てに符号を付さず、それらの複数の表示の一部について符号の付与を適宜省略する。

[0011] (第1実施形態)

図1は、本発明の第1実施形態に係る振動試験装置（加振装置）1000の平面図である。本実施形態の振動試験装置1000は、原動機として複数の電動機を備え、従来よりも少ない電力消費で動作可能な省電力電動機システムであり、当該省電力電動機システムを備えた省電力試験システムである。振動試験装置1000は、振動試験の対象であるワークをテーブル1100の上に固定し、第1、第2、第3アクチュエーター1200、1300、1400を用いてテーブル1100及びその上のワークを直交3軸方向に加振可能になっている。ワークは被加振物であり、テーブル1100は被加振物に取り付けられた振動テーブルの一例である。なお、以下の説明においては、第1アクチュエーター1200がテーブル1100を加振する方向（図1における上下方向）をX軸方向、第2アクチュエーター1300がテーブル1100を加振する方向（図1における左右方向）をY軸方向、第3アクチュエーター1400がテーブルを加振する方向、すなわち鉛直方向（図1において、紙面に垂直な方向）をZ軸方向と定義する。なお、X軸方向とY軸方向は、互いに直交する水平方向である。

[0012] 第1アクチュエーター1200、第2アクチュエーター1300及び第3アクチュエーター1400は、それぞれ振動テーブル1100を所定方向に加振する電動アクチュエーターであり、それぞれサーボモーター150（150X、150Y、150Z）を備えている。サーボモーター150は、例えば、超低慣性高出力タイプのACサーボモーターであり、正転と逆転を切り替え可能な電動機である。このような超低慣性かつ高出力のサーボモーター150を使用することにより、100Hz以上の高い周波数での繰り返し往復駆動（正逆反転駆動）が可能になっている。

[0013] 第1、第2、第3アクチュエーター1200、1300、1400は、夫々ベースプレート1202、1302、1402上にモーターや動力伝達部材等に取り付けられた構成となっている。このベースプレート1202、1302、1402は、図示されていないボルトによって、装置ベース1002上に固定されている。

- [0014] 次に、第1アクチュエーター1200の構成について説明する。図2は、本発明の第1実施形態に係る第1アクチュエーター1200をY軸方向に（図1における右側から左側へ向かって）見た側面図である。また、図3は、第1アクチュエーター1200の平面図である。図2及び図3において、内部構造を示すために一部が断面図で示されている。なお、以下の説明においては、第1アクチュエーター1200からテーブル1100に向かうX軸に沿った方向を「X軸正の方向」、テーブル1100から第1アクチュエーターに向かうX軸に沿った方向を「X軸負の方向」と定義する。
- [0015] 図2に示されるように、ベースプレート1202の上には、互いに溶接等（溶接、ろう付け、接着、ねじ固定、かしめ及びその他の固定方法。以下同じ。）で固定された複数のはり1222aや天板1222bからなるフレーム1222が溶接等によって固定されている。また、テーブル1100（図1）を加振するための駆動機構1210や駆動機構1210による加振運動をテーブル1100に伝達させるための連結機構1230を支持するための支持機構1240の底板1242が、フレーム1222の天板1222bの上に図示されていないボルトを介して固定されている。
- [0016] 駆動機構1210は、サーボモーター150X、カップリング1260、軸受部1216、ボールねじ1218及びボールナット1219を有している。カップリング1260は、サーボモーター150Xの駆動軸150aとボールねじ1218とを連結する。また、軸受部1216は、支持機構1240の底板1242に対して垂直に溶接等で固定された軸受支持プレート1244によって支持されており、ボールねじ1218を回転可能に支持している。ボールナット1219は、その軸回りに移動しないよう軸受支持プレート1244によって支持されつつ、ボールねじ1218と係合する。そのため、サーボモーター150Xを駆動すると、ボールねじが回転して、ボールナット1219がその軸方向（すなわちX軸方向）に進退する。このボールナット1219の運動が、連結機構1230を介してテーブル1100に伝達されることによって、テーブル1100はX軸方向に駆動される。そし

て、短い周期でサーボモーター１５０Ｘの回転方向を切り換えるようサーボモーター１５０Ｘを制御することによって、テーブル１１００を所望の振幅及び周期でＸ軸方向に加振することができる。

[0017] 支持機構１２４０の底板１２４２の上面には、モーター支持プレート１２４６が垂直に溶接等で固定されている。モーター支持プレート１２４６の一面（Ｘ軸負の方向側の面）には、駆動軸１５０ａがモーター支持プレート１２４６と垂直になるよう、サーボモーター１５０Ｘが片持ち支持されている。モーター支持プレート１２４６には、開口部１２４６ａが設けられており、サーボモーター１５０Ｘの駆動軸１５０ａはこの開口部１２４６ａを貫通し、モーター支持プレート１２４６の他面側でボールねじ１２１８と連結される。

[0018] なお、サーボモーター１５０Ｘがモーター支持プレート１２４６に片持ち支持されているため、モーター支持プレート１２４６には、特に底板１２４２との固定部において、大きな曲げ応力が加わる。この曲げ応力を緩和するために、底板１２４２とモーター支持プレート１２４６との間には、リブ１２４８が設けられている。

[0019] 軸受部１２１６は、一对の軸受（例えば、正面組合せで組み合わせられた一对のアンギュラ球軸受１２１６ａ、１２１６ｂ。Ｘ軸負の方向側にあるものが軸受１２１６ａであり、Ｘ軸正の方向側にあるものが軸受１２１６ｂである。）を有している。軸受１２１６ａ、１２１６ｂは、軸受支持プレート１２４４の中空部の中に収納されている。軸受１２１６ｂの一面（Ｘ軸正の方向側の面）には、軸受押圧プレート１２１６ｃが設けられており、この軸受押圧プレート１２１６ｃをボルト１２１６ｄを用いて軸受支持プレート１２４４に固定することによって、軸受１２１６ｂはＸ軸負の方向に押し込まれる。また、ボールねじ１２１８において、軸受部１２１６に対してＸ軸負の方向側に隣接する円筒面には、ねじ部１２１８ａが形成されている。このねじ部１２１８ａには、内周にめねじが形成されたカラー１２１７が取り付けられるようになっている。カラー１２１７をボールねじ１２１８に対して回

動させてX軸正の方向に移動させることによって、軸受1216aはX軸正の方向に押し込まれる。このように、軸受1216aと1216bが、互いに近づく方向に押し込まれるようになっているので、両者が互いに密着して好適なプリロードが軸受1216a、1216bに付与される。

[0020] 次に、連結機構1230の構成について説明する。連結機構1230は、直動部1232、一对のY軸レール1234、一对のZ軸レール1235、中間ステージ1231、一对のX軸レール1237、一对のX軸ランナーブロック1233（キャリッジ）及びランナーブロック取付部材1238を有している。なお、X軸レール1237と1つ以上のX軸ランナーブロック1233によりガイドウェイ形循環式リニア軸受（以下「リニアガイド」という。）が構成される。同様に、Y軸レール1234と1つ以上のY軸ランナーブロック1231a並びにZ軸レール1235と1つ以上のZ軸ランナーブロック1231bにより、それぞれリニアガイドが構成される。「ランナーブロック」は、「キャリッジ」とも呼ばれ、レールの延長方向へ走行可能にレールと係合する。

[0021] 直動部1232は、ボールナット1219に固定されている。また、一对のY軸レール1234は、共にY軸方向に伸びるレールであり、直動部1232のX軸正の方向側の端部に、上下方向に並べて固定されている。また、一对のZ軸レール1235は、共にZ軸方向に伸びるレールであり、テーブル1100のX軸負の方向側の端部に、Y軸方向に並べて固定されている。中間ステージ1231は、このY軸レール1234の各々と係合するY軸ランナーブロック1231aがX軸負の方向側の面に、Z軸レール1235の各々と係合するZ軸ランナーブロック1231bがX軸正の方向側の面に設けられているブロックであり、Y軸レール1234及びZ軸レール1235の双方に対してスライド可能に構成されている。

[0022] すなわち、中間ステージ1231は、テーブル1100に対してZ軸方向にスライド可能であり、且つ、直動部1232に対してY軸方向にスライド可能である。従って、テーブル1100に対して直動部1232はY軸方向

及びZ軸方向にスライド可能となっている。このため、他のアクチュエーター1300及び／又は1400によってテーブル1100がY軸方向及び／又はZ軸方向に加振されても、それによって直動部1232が変位することはない。すなわち、テーブル1100のY軸方向及び／又はZ軸方向の変位に起因する曲げ応力が、ボールねじ1218や軸受部1216、カップリング1260などに加わることはない。

[0023] 一对のX軸レール1237は、共にX軸方向に伸びるレールであり、支持機構1240の底板1242の上に、Y軸方向に並べて固定されている。X軸ランナーブロック1233は、このX軸レール1237の各々と係合し、X軸レール1237に沿ってスライド可能となっている。ランナーブロック取付部材1238は、Y軸方向両側に向かって張り出すように直動部1232の底面に固定された部材であり、X軸ランナーブロック1233はランナーブロック取付部材1238の底部に固定されている。このように、直動部1232は、ランナーブロック取付部材1238及びX軸ランナーブロック1233を介してX軸レール1237にガイドされており、これによって、X軸方向のみに移動可能となっている。

[0024] このように、直動部1232の移動方向がX軸方向のみに制限されているため、サーボモーター150Xを駆動してボールねじ1218を回動させると、直動部1232及びこの直動部1232に連結されたテーブル1100は、X軸方向に進退する。

[0025] また、支持機構1240の底板1242の上には、X軸ランナーブロック1233をX軸方向両側から挟むように配置された規制ブロック1236が設けられている。この規制ブロック1236は、直動部1232の移動範囲を制限するためのものである。すなわち、サーボモーター150Xを駆動させて直動部1232をX軸正の方向に向かって移動させ続けると、最終的には、X軸正の方向側に配置された規制ブロック1236とランナーブロック取付部材1238とが接触し、それ以上直動部1232はX軸正の方向に移動できなくなる。直動部1232をX軸負の方向に向かって移動させ続ける場合

も同様であり、X軸負の方向側に配置された規制ブロック1236とランナーブロック取付部材1238とが接触して、それ以上直動部1232はX軸負の方向に移動できなくなる。

[0026] 以上説明した第1アクチュエーター1200と第2アクチュエーター1300とは、設置される方向が異なる（X軸とY軸が入れ代わる）点を除いては同一の構造である。従って、第2アクチュエーター1300については詳細な説明は省略する。

[0027] 次に、本発明の実施形態による第3アクチュエーター1400の構成について説明する。図4は、テーブル1100及び第3アクチュエーター1400をX軸方向から（図4において下方から上方へ向かって）見た側面図である。この側面図も、内部構造を示すために一部が断面図で示されている。また、図5は、本発明の実施形態によるテーブル1100及び第3アクチュエーター1400をY軸方向から（図1の左側から右側へ向かって）見た側面図である。図5も、内部構造を示すために一部が断面図で示されている。なお、以下の説明においては、第2アクチュエーター1300からテーブル1100に向うY軸に沿った方向をY軸正の方向、テーブル1100から第2アクチュエーター1300に向うY軸に沿った方向をY軸負の方向と定義する。

[0028] 図4及び図5に示されるように、ベースプレート1402上には、鉛直方向に伸びる複数のはり1422aと、この複数のはり1422aを上から覆うように配置された天板1422bからなるフレーム1422が設けられている。各はり1422aは、下端がベースプレート1402の上面に、上端が天板1422bの下面に、それぞれ溶接等で固定されている。また、支持機構1440の軸受支持プレート1442が、フレーム1422の天板1422bの上に図示されていないボルトを介して固定されている。この軸受支持プレート1442は、テーブル1100（図1）を上下方向に加振するための駆動機構1410や、駆動機構1410による加振運動をテーブルに伝達させるための連結機構1430を支持するための部材である。

[0029] 駆動機構 1410 は、サーボモーター 150Z、カップリング 1460、軸受部 1416、ボールねじ 1418、及びボールナット 1419 を有している。カップリング 1460 は、サーボモーター 150Z の駆動軸 150a とボールねじ 1418 とを連結するものである。また、軸受部 1416 は、前述の軸受支持プレート 1442 に固定されており、ボールねじ 1418 を回転可能に支持するようになっている。ボールナット 1419 は、その軸回りに移動しないよう軸受支持プレート 1442 によって支持されつつ、ボールねじ 1418 と係合する。そのため、サーボモーター 150Z を駆動すると、ボールねじが回転して、ボールナット 1419 がその軸方向（すなわち Z 軸方向）に進退する。このボールナット 1419 の運動が、連結機構 1430 を介してテーブル 1100 に伝達されることによって、テーブル 1100 は Z 軸方向に駆動される。そして、短い周期でサーボモーター 150Z の回転方向を切り換えるようサーボモーター 150Z を制御することによって、テーブル 1100 を所望の振幅及び周期で Z 軸方向（上下方向）に加振することができる。

[0030] 支持機構 1440 の軸受支持プレート 1442 の下面から、2 枚の連結プレート 1443 を介して、水平方向（XY 平面）に広がるモーター支持プレート 1446 が固定されている。モーター支持プレート 1446 の下面には、サーボモーター 150Z が吊り下げられ、固定されている。モーター支持プレート 1446 には、開口部 1446a が設けられており、サーボモーター 150Z の駆動軸 150a はこの開口部 1446a を貫通し、モーター支持プレート 1446 の上面側でボールねじ 1418 と連結される。

[0031] なお、本実施形態においては、フレーム 1422 の高さよりもサーボモーター 150Z の軸方向（上下方向、Z 軸方向）の寸法が大きいため、サーボモーター 150Z の大部分は、ベースプレート 1402 よりも低い位置に配置される。このため、装置ベース 1002 には、サーボモーター 150Z を収納するための空洞部 1002a が設けられている。また、ベースプレート 1402 には、サーボモーター 150Z を通すための開口 1402a が設け

られている。

[0032] 軸受部 1 4 1 6 は、軸受支持プレート 1 4 4 2 を貫通するように設けられている。なお、軸受部 1 4 1 6 の構造は、第 1 アクチュエーター 1 2 0 0 における軸受部 1 2 1 6 (図 2、図 3) と同様であるので、詳細な説明は省略する。

[0033] 次に、連結機構 1 4 3 0 の構成について説明する。連結機構 1 4 3 0 は、可動フレーム 1 4 3 2、一对の X 軸レール 1 4 3 4、一对の Y 軸レール 1 4 3 5、複数の中間ステージ 1 4 3 1、二対の Z 軸レール 1 4 3 7、及び二対の Z 軸ランナーブロック 1 4 3 3 を有している。

[0034] 可動フレーム 1 4 3 2 は、ボールナット 1 4 1 9 に固定された枠部 1 4 3 2 a と、枠部 1 4 3 2 a の上端に固定された天板 1 4 3 2 b と、天板 1 4 3 2 b の X 軸方向両縁から下方に伸びるよう固定された側壁 1 4 3 2 c を有している。一对の Y 軸レール 1 4 3 5 は、共に Y 軸方向に伸びるレールであり、可動フレーム 1 4 3 2 の天板 1 4 3 2 b の上面に、X 軸方向に並べて固定されている。また、一对の X 軸レール 1 4 3 4 は、共に X 軸方向に伸びるレールであり、テーブル 1 1 0 0 の下面に、Y 軸方向に並べて固定されている。中間ステージ 1 4 3 1 は、X 軸レール 1 4 3 4 と係合する X 軸ランナーブロック 1 4 3 1 a が上部に、Y 軸レール 1 4 3 5 の各々と係合する Y 軸ランナーブロック 1 4 3 1 b が下部に設けられているブロックであり、X 軸レール 1 4 3 4 及び Y 軸レール 1 4 3 5 の双方に対してスライド可能に構成されている。なお、中間ステージ 1 4 3 1 は、X 軸レール 1 4 3 4 と Y 軸レール 1 4 3 5 とが交差する位置毎に一つずつ設けられている。X 軸レール 1 4 3 4 と Y 軸レール 1 4 3 5 は、夫々 2 つずつ設けられているので、X 軸レール 1 4 3 4 と Y 軸レール 1 4 3 5 とは 4 箇所 で交差する。従って、本実施形態においては、4 つの中間ステージ 1 4 3 1 が使用される。

[0035] このように、中間ステージ 1 4 3 1 の各々は、テーブル 1 1 0 0 に対して X 軸方向にスライド可能であり、且つ、可動フレーム 1 4 3 2 に対して Y 軸方向にスライド可能である。すなわち、テーブル 1 1 0 0 に対して可動フレ

ーム1432はX軸方向及びY軸方向にスライド可能となっている。このため、他のアクチュエーター1200及び／又は1300によってテーブル1100がX軸方向及び／又はY軸方向に加振されたとしても、それによって可動フレーム1432が変位することはない。すなわち、テーブル1100のX軸方向及び／又はY軸方向の変位に起因する曲げ応力がボールねじ1418や軸受部1416、カップリング1460などに加わることはない。

[0036] また、本実施形態においては、可動フレーム1432には比較的大重量のテーブル1100及びワークを支えるため、X軸レール1434及びY軸レール1435の間隔を、第1アクチュエーター1200のY軸レール1234及びZ軸レール1235と比べて広くとっている。このため、第1アクチュエーター1200と同様に一つの間ステージのみによってテーブル1100と可動フレーム1432とを連結させる構成とすると、中間ステージが大型化し、可動フレーム1432に加わる荷重が増大してしまう。このため、本実施形態においては、X軸レール1434とY軸レール1435とが交差する部分ごとに小型の中間ステージ1431を配置する構成として、可動フレーム1432に加わる荷重の大きさを必要最低限に抑えている。

[0037] 二対のZ軸レール1437は、Z軸方向に伸びるレールであり、可動フレーム1432の側壁1432cの夫々に、Y軸方向に並べて一対ずつ固定されている。Z軸ランナーブロック1433は、このZ軸レール1437の各々と係合し、Z軸レール1437に沿ってスライド可能となっている。Z軸ランナーブロック1433は、ランナーブロック取付部材1438を介してフレーム1422の天板1422bの上面に固定されるようになっている。ランナーブロック取付部材1438は、可動フレーム1432の側壁1432cと略平行に配置された側板1438aと、この側板1438aの下端に固定された底板1438bとを有しており、全体としてはL字断面形状となっている。また、本実施形態においては、特に重心の高く且つ大重量のワークをテーブル1100の上に固定すると、X軸回り及び／又はY軸回りの大きなモーメントが可動フレーム1432に加わりやすくなっている。そのた

め、ランナーブロック取付部材 1 4 3 8 は、この回転モーメントに耐えられるよう、リブによって補強されている。具体的には、ランナーブロック取付部材 1 4 3 8 の Y 軸方向両端における側板 1 4 3 8 a と底板 1 4 3 8 b とが成すコーナーに、一対の第 1 リブ 1 4 3 8 c が設けられ、さらに、この一対の第 1 リブ 1 4 3 8 c の間に渡された第 2 リブ 1 4 3 8 d が設けられている。

[0038] このように、Z 軸ランナーブロック 1 4 3 3 がフレーム 1 4 2 2 に固定されており、且つ Z 軸レール 1 4 3 7 に対してスライド可能となっている。従って、可動フレーム 1 4 3 2 は、上下方向にスライド可能であるとともに、可動フレーム 1 4 3 2 の上下方向以外の移動は規制される。このように、可動フレーム 1 4 3 2 の移動方向が上下方向のみに制限されているため、サーボモーター 1 5 0 Z を駆動してボールねじ 1 4 1 8 を回動させると、可動フレーム 1 4 3 2 及びこの可動フレーム 1 4 3 2 と係合するテーブル 1 1 0 0 は、上下方向に進退する。

[0039] 以上説明したように、本実施形態においては、駆動軸が互いに直交する各アクチュエーターとテーブル 1 1 0 0 との間に、二対のレールとこのレールに対してスライド可能に構成された中間ステージが設けられている。これによって、各アクチュエーターに対して、テーブル 1 1 0 0 はそのアクチュエーターの駆動方向に垂直な面上の任意の方向にスライド可能となっている。このため、あるアクチュエーターによってテーブル 1 1 0 0 が変位したとしても、この変位に起因する荷重やモーメントが他のアクチュエーターに加わることは無く、且つ他のアクチュエーターとテーブル 1 1 0 0 とが中間ステージを介して係合する状態が維持される。すなわち、テーブルが任意の位置に変位したとしても、各アクチュエーターがテーブルを変位させることが可能な状態が維持される。このため、本実施形態においては、3 つのアクチュエーター 1 2 0 0、1 3 0 0、1 4 0 0 を同時に駆動させてテーブル 1 1 0 0 及びその上に固定されるワークを 3 軸方向に加振可能である。

[0040] 本実施形態においては、前述のように、アクチュエーター 1 2 0 0、1 3

00、1400とテーブル1100の間には、レールとランナーブロックを組み合わせたガイド機構を備えた連結機構1230、1330、1430が設けられている。また、同様のガイド機構が、アクチュエーター1200、1300、1400に設けられており、このガイド機構は各アクチュエーターのボールねじ機構のナットをガイドするために使用される。

[0041] 図6は、本発明の第1実施形態に係る振動試験装置1000の制御システムの概略構成を示すブロック図である。サーボモーター150は、サーボアンプ1850を介して制御ユニットC1に接続される。制御ユニットC1には、例えばPLC (Programmable Logic Controller) やIPC (Industrial Personal Computer) が使用される。サーボモーター150は、駆動軸150aの回転位置を検出するロータリーエンコーダ150eを備える。ロータリーエンコーダ150eは制御ユニットC1に接続される。ロータリーエンコーダ150eの信号に基づいて制御ユニットC1が第1アクチュエーター1200、第2アクチュエーター1300及び第3アクチュエーター1400（具体的には、サーボモーター150X、150Y及び150Z）をフィードバック制御することによって、所望の振幅及び周波数（あるいは所定の振動波形）でテーブル1100及びその上に取り付けられたワークを加振することができる。

[0042] なお、図6では、3つのアクチュエーターとサーボアンプ1850を別々に構成として図示したが、3つのアクチュエーターとサーボアンプ1850の集合を、振動試験装置1000の一つの電動アクチュエーターとみなしてもよく、制御ユニットC1を、電動アクチュエーターを制御するコントローラとみなしてもよい。

[0043] 図7は、サーボモーター150に電力を供給する給電システム1800の概略構成を示すブロック図である。図8は、給電システム1800の回路構成を示す図である。

[0044] 一次電源1810（及び、以下の各実施形態の一次電源）は、市中電源又は電源装置（例えば交流発電機）であり、例えば3相交流の電力を供給する

。一次電源 1810 から供給される電力は、回路遮断器 1820、電磁開閉器 1830 及びリアクトル 1840 を介して、サーボアンプ 1850（駆動装置）に供給される。サーボアンプ 1850 の出力端子にはサーボモーター 150 が接続され、サーボモーター 150 に駆動電力を供給する。サーボアンプ 1850 は、制御ユニット C1 と通信可能に接続され、制御ユニット C1 の制御に従って動作する。

[0045] サーボアンプ 1850 は、電源回生コンバーター 1851、インバーター 1852、及び、電源回生コンバーター 1851 とインバーター 1852（サーボモーター 150）との間に設けられるキャパシター 1853（第 1 キャパシター）を備える。電源回生コンバーター 1851 は、例えば PWM（Pulse Width Modulation）制御により電源側電流を正弦波化する PWM コンバーターである。なお、電源回生コンバーター 1851 は、 120° 通電方式により電力変換を行うものでもよい。また、インバーター 1852 は、例えば PWM 制御により出力する電力を制御する PWM インバーターである。

[0046] インバーター 1852 を含むサーボアンプ 1850 は、一次電源 1810 から電力が供給され、コントローラである制御ユニット C1 に制御されて振動テーブル 1100 を所望の振幅及び周波数で加振する駆動電力を電動機であるサーボモーター 150 に供給する駆動装置である。サーボアンプ 1850 に含まれる電源回生コンバーター 1851 は、振動テーブル 1100 を所望の振幅及び周波数で加振した際に、電動機であるサーボモーター 150 から回生される電力のうちサーボモーター 150 の加速で消費されなかった電力を電源へ回生させる。

[0047] また、本実施形態の電源回生コンバーター 1851 は、力行動作（すなわち、サーボアンプ 1850 から供給される電力によってサーボモーター 150 を駆動する動作モード）時に一次電源 1810 から供給される交流を整流する機能と、回生動作（すなわち、サーボモーター 150 が回生電力を発生してサーボアンプ 1850 へ供給する動作モード）時に一次電源 1810 に帰還させる系統電力と同等の品質の交流を生成する機能を兼ね備えるが、力

行動作専用のコンバーターと電源回生専用のコンバーターを個別に設けてもよい。

- [0048] 電源回生コンバーター１８５１は、スイッチング素子SW１～S１４と、キャパシター（若しくはコンデンサ）Cと、トランスTrとを備える。各インバーター１８５２は、それぞれ、スイッチング素子SW１５～SW２０を備える。なお、スイッチング素子SW１～SW２０は、例えば、IGBTとする。
- [0049] 一次電源１８１０（例えば単相三線式商用電源または３相三線式商用電源）から供給される電力がサーボモーター１５０X、１５０Y、１５０Zに供給される場合、制御ユニットC１によりスイッチング素子SW１～SW６が一次電源１８１０から供給される交流電力の周波数に応じて繰り返しオン、オフされることで一次電源１８１０から供給される交流電力が整流される。
- [0050] また、一次電源１８１０から供給される電力がサーボモーター１５０X、１５０Y、１５０Zに供給される場合、スイッチング素子SW１～SW６により整流された電力がキャパシターCにより平滑される。
- [0051] また、一次電源１８１０から供給される電力がサーボモーター１５０X、１５０Y、１５０Zに供給される場合、制御ユニットC１によりスイッチング素子SW７、SW１０とスイッチング素子SW８、SW９とが交互に繰り返しオン、オフされることでキャパシターCにより平滑された電力がトランスTrの一次コイルL１から二次コイルL２に伝わる。
- [0052] また、一次電源１８１０から供給される電力がサーボモーター１５０X、１５０Y、１５０Zに供給される場合、制御ユニットC１によりスイッチング素子SW１１、SW１４とスイッチング素子SW１２、SW１３とが交互に繰り返しオン、オフされることで一次コイルL１から二次コイルL２に伝わった電力が整流される。
- [0053] また、一次電源１８１０から供給される電力がサーボモーター１５０X、１５０Y、１５０Zに供給される場合、スイッチング素子SW１１～SW１４により整流された電力はキャパシター１８５３により平滑される。

- [0054] また、一次電源 1810 から供給される電力がサーボモーター 150X、150Y、150Z に供給される場合、制御ユニット C1 によりスイッチング素子 SW15～SW20 がそれぞれ繰り返しオン、オフされることで、キャパシター 1853 により平滑された電力が、120度ずつ位相が異なる交流電力に変換されサーボモーター 150X、150Y、150Z に供給される。
- [0055] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力がサーボアンプ 1850 に供給される場合、スイッチング素子 SW15～SW20 に並列接続されている各ダイオードによりサーボモーター 150X、150Y、150Z からそれぞれ供給される 3 相の交流電力が整流される。
- [0056] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力がサーボアンプ 1850 に供給される場合、スイッチング素子 SW15～SW20 に並列接続されている各ダイオードにより整流された電力はキャパシター 1853 により平滑される。
- [0057] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力がサーボアンプ 1850 に供給される場合、制御ユニット C1 によりスイッチング素子 SW11、SW14 とスイッチング素子 SW12、SW13 とが交互に繰り返しオン、オフされることでキャパシター 1853 により平滑された電力がトランス Tr の二次コイル L2 から一次コイル L1 に伝わる。
- [0058] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力がサーボアンプ 1850 に供給される場合、スイッチング素子 SW7 から SW10 に並列接続されている各ダイオードにより二次コイル L2 から一次コイル L1 に伝わった電力が整流される。
- [0059] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力がサーボアンプ 1850 に供給される場合、スイッチング素子 SW7～SW10 に並列接続されている各ダイオードにより整流された電力がキャパシター C により平滑される。
- [0060] また、サーボモーター 150X、150Y、150Z から回生される電力

がサーボアンプ1850に供給される場合、制御ユニットC1によりスイッチング素子SW1～SW6がそれぞれ繰り返しオン、オフされることで、キャパシターCにより平滑された電力が交流電力に変換され一次電源1810に供給される。

[0061] サーボモーター150を駆動するとき（力行動作時）は、リアクトル1840から出力された交流電力は、電源回生コンバーター1851のブリッジ回路（例えばIGBTブリッジ回路）により直流に変換され、キャパシター1853により平滑化された後、インバーター1852により交流（例えばパルス列）の駆動電力に変換される。インバーター1852から出力される駆動電力は、サーボモーター150に入力され、サーボモーター150を回転駆動する。

[0062] サーボモーター150が回生電力を発生するとき（回生動作時）は、サーボモーター150から出力される回生電力は、インバーター1852によって直流に変換され、直流母線1854を介して、電源回生コンバーター1851に入力される。電源回生コンバーター1851は、直流母線1854から供給される直流電力を正弦波交流に変換し、リアクトル1840、電磁開閉器1830及び回路遮断器1820を介して、一次電源1810に出力される。より詳細には、制御ユニットC1は、サーボモーター150の駆動期間においてサーボモーター150が正転と逆転を所要周波数で繰り返すようにサーボモーター150を制御する。制御ユニットC1は、例えば、駆動期間ではサーボモーター150が正転と逆転を3Hz以上の所要周波数で繰り返されるようにインバーター1852を制御してもよい。電源回生コンバーター1851は、サーボモーター150の正転時及び逆転時のそれぞれの減速過程においてサーボモーター150から回生される電力の一部を一次電源1810に出力する。

[0063] 図9（a）は、正弦波で加振する場合のサーボモーター150の1サイクルの駆動波形を示すグラフである。図9（b）は、サーボモーター150の1サイクルのうちの前半におけるサーボモーター150の回転数[rpm]

の変化を簡略化して示したグラフであり、図9（c）は、サーボモーター150の1サイクルのうちの後半におけるサーボモーター150の回転数の変化を簡略化して示したグラフである。図9（d）は、サーボモーター150の1サイクルのうちの前半におけるサーボモーター150のトルク[Nm]の変化を簡略化して示したグラフであり、図9（e）は、サーボモーター150の1サイクルのうちの後半におけるサーボモーター150のトルクの変化を簡略化して示したグラフである。図9（a）において、横軸は時間 t を示し、縦軸は駆動軸150aの角度位置 θ を示す。図9（b）及び図9（c）において、横軸は時間 t を表し、縦軸はサーボモーター150の回転数を表す。図9（d）及び図9（e）において、横軸は時間 t を表し、縦軸はサーボモーター150のトルクを表す。図9（a）～図9（e）のそれぞれの時間幅は互いに一致する。

[0064] サーボモーター150は、時刻 t_0 から時刻 t_6 までの時間 t が繰り返して経過する間、駆動軸150aの角度位置 θ が $-\theta_a \sim \theta_a$ の範囲で正弦波の駆動波形に従って繰り返して変動するように駆動される。なお、サーボモーター150の駆動波形は正弦波に限定されるものではない。サーボモーター150の駆動波形が正弦波の駆動波形の場合、サーボモーターの回転速度（回転数）の波形は実際には余弦波形となる。ただし、図9（b）及び図9（c）では、説明の便宜上、サーボモーターの回転速度の波形を、回転速度の変化が大きい範囲については一定の速度変化に、回転速度の変化が小さい範囲は速度変化なし（一定の回転数）に、簡略化して示している。

[0065] 図9（a）に示す区間A、より詳細には、例えば、時刻 t_0 から時刻 t_1 までの第1期間において、駆動軸150aは正の回転方向において加速される。つまり、第1期間において、正転するサーボモーター150の回転数が上昇し、このときに発生するトルクを正のトルク（加速トルク）とする。また、このとき、サーボアンプ1850からサーボモーター150に電力が供給される（力行動作）。例えば、第1期間において、キャパシタ1853やキャパシタCに蓄積された電力がサーボモーター150に供給されると

ともに、不足分の電力が一次電源 1810 から（サーボアンプ 1850 を介して）サーボモーター 150 に供給される。

[0066] 図 9（a）に示す区間 B、より詳細には、例えば、時刻 t 2 から時刻 t 3 までの第 2 期間において、駆動軸 150 a は正の回転方向において減速される。つまり、第 2 期間において、正転するサーボモーター 150 の回転数が減少し、負のトルク（減速トルク）が発生する。このとき、サーボモーター 150 からサーボアンプ 1850 に回生電力が供給される（回生動作）。例えば、第 2 期間において、サーボモーター 150 から回生される電力がキャパシター 1853 やキャパシター C に蓄積され、これらのキャパシターの容量を超えて回生された電力は一次電源 1810 に出力される。つまり、電源回生コンバーター 1851 がサーボモーター 150 から回生される電力の一部をキャパシター 1853 やキャパシター C を介して一次電源 1810 へ回生する。

[0067] 図 9（a）に示す区間 C、より詳細には、例えば、時刻 t 3 から時刻 t 4 までの第 3 期間において、駆動軸 150 a は負の回転方向において加速される。つまり、第 3 期間において、逆転するサーボモーター 150 の回転数が上昇し、このときに発生するトルクを正のトルク（加速トルク）とする。また、このとき、サーボアンプ 1850 からサーボモーター 150 に電力が供給される（力行動作）。例えば、第 3 期間において、キャパシター 1853 やキャパシター C に蓄積された電力がサーボモーター 150 に供給されるとともに、不足分の電力が一次電源 1810 から（サーボアンプ 1850 を介して）サーボモーター 150 に供給される。

[0068] 図 9（a）に示す区間 D、より詳細には、例えば、時刻 t 5 から時刻 t 6 までの第 4 期間において、駆動軸 150 a は負の回転方向において減速される。つまり、第 4 期間において、逆転するサーボモーター 150 の回転数が減少し、負のトルク（減速トルク）が発生する。このとき、サーボモーター 150 からサーボアンプ 1850 に回生電力が供給される（回生動作）。例えば、第 4 期間において、サーボモーター 150 から回生される電力がキャ

パシター 1853 やキャパシター C に蓄積され、これらのキャパシターの容量を超えて回生された電力は一次電源に出力される。つまり、電源回生コンバーターがサーボモーター 150 から回生される電力の一部をキャパシター 1853 やキャパシター C を介して一次電源 1810 へ回生する。

[0069] 以上のように、振動試験装置 1000 では、連続的に繰り返されるサーボモーター 150 の正転期間（区間 A 及び区間 B）と逆転期間（区間 C 及び区間 D）のうちの正転期間において振動テーブル 1100 が正方向に移動し、逆転期間において振動テーブル 1100 が逆方向に移動する。正転期間は、図 9（b）に示すように、振動テーブル 1100 の移動開始時点（時刻 t_0 ）を始点とするサーボモーター 150 の第 1 加速期間（第 1 期間）と、振動テーブル 1100 の移動停止時点（時刻 t_3 ）を終点とするサーボモーター 150 の第 1 減速期間（第 2 期間）とを含み、逆転期間は、図 9（c）に示すように、振動テーブル 1100 の移動開始時点（時刻 t_3 ）を始点とするサーボモーター 150 の第 2 加速期間（第 3 期間）と、振動テーブル 1100 の移動停止時点（時刻 t_6 ）を終点とするサーボモーター 150 の第 2 減速期間（第 4 期間）とを含む。

[0070] 制御ユニット C1 は、図 9（d）に示すように、第 1 加速期間（第 1 期間）においてサーボモーター 150 のトルクが正のトルクになるようにサーボモーター 150 を加速させ、第 1 減速期間（第 2 期間）においてサーボモーター 150 のトルクが負のトルクになるようにサーボモーター 150 を減速させる。また、制御ユニット C1 は、図 9（e）に示すように、第 2 加速期間（第 3 期間）においてサーボモーター 150 のトルクが正のトルクになるようにサーボモーター 150 を加速させ、第 2 減速期間（第 4 期間）においてサーボモーター 150 のトルクが負のトルクになるようにサーボモーター 150 を減速させる。

[0071] また、制御ユニット C1 は、例えば、第 1 減速期間においてサーボモーター 150 から回生されキャパシターに蓄積されたエネルギーが第 2 加速期間において一次電源 1810 から供給されるエネルギーよりも優先されてサー

ボモーター１５０に供給され、第２減速期間においてサーボモーター１５０から回生されキャパシターに蓄積されたエネルギーが第１加速期間において一次電源１８１０から供給されるエネルギーよりも優先されてサーボモーター１５０に供給されるように、インバーター１８５２を制御する。

[0072] また、制御ユニットＣ１は、例えば、サーボモーター１５０の上述した駆動期間において、第１加速期間（第１期間）、第１減速期間（第２期間）、第２加速期間（第３期間）、及び第２減速期間（第４期間）からなるエネルギー循環を繰り返す。第１加速期間では少なくとも前回のエネルギー循環における第２減速期間でキャパシターに蓄積されたエネルギーがサーボモーター１５０に供給される。第１減速期間ではサーボモーター１５０から回生されたエネルギーがキャパシターに蓄積される。第２加速期間では少なくとも今回のエネルギー循環における第１減速期間でキャパシターに蓄積されたエネルギーがサーボモーター１５０に供給される。第２減速期間ではサーボモーター１５０から回生されたエネルギーがキャパシターに蓄積される。

[0073] 振動試験装置１０００では、力行動作と回生動作が繰り返されることで、回生時にキャパシター１８５３やキャパシターＣに蓄積された電力を次の力行時にサーボモーター１５０の駆動に使用することができるため、次の力行動作時に一次電源１８１０からサーボモーター１５０に供給される電力を低減することができる。これにより、給電システム１８００の省電力化を図ることができる。また、加速（力行動作）と減速（回生動作）とを向きを交互に換えながら繰り返すことにより、サーボモーター１５０の駆動軸１５０ａが往復回転する。このような往復回転が、例えば最大で５００Ｈｚの繰り返し周波数で繰り返される。

[0074] このように、本実施形態では、サーボモーター１５０に加速と減速を繰り返す動作を行わせるために、サーボモーター１５０への電力の供給と、サーボモーター１５０による回生電力の発生が交互に繰り返される。サーボモーター１５０との電力の授受に伴う直流母線１８５４の短時間（例えば、サーボモーター１５０の１サイクル程度）の電圧変動は、主にキャパシター１８

５３によって調整される。そのため、区間Ａ、Ｃにおいてサーボモーター１５０に供給される電力量の大半が区間Ｂ、Ｄにおいて回生電力として回収されるため、一次電源１８１０から供給される電力をほとんど消費することなくサーボモーター１５０を駆動させることが可能となっている。

[0075] 振動試験装置１０００の省エネルギー性能を調べる実験を行った。表１は、実験条件及び実験結果の一覧である。なお、本実験においては、サーボモーター１５０のみを作動させた。

[0076] [表１]

No.	周波数 F	トルク T_0	消費電力値 W_A	出力電力値 W_B	省エネルギー率 $R=100(1-W_A/W_B)$
1	10 Hz	23.5 %	0.354 kW	7.808 kW	95.5 %
2	25 Hz	70.0 %	1.093 kW	26.959 kW	95.9 %
3	50 Hz	76.0 %	0.971 kW	15.777 kW	93.8 %
4	75 Hz	76.0 %	0.870 kW	10.539 kW	91.7 %
5	100 Hz	64.0 %	0.843 kW	5.641 kW	85.1 %
6	125 Hz	77.0 %	0.991 kW	6.449 kW	84.6 %
7	150 Hz	62.7 %	0.781 kW	3.598 kW	78.3 %
8	175 Hz	74.0 %	1.037 kW	4.267 kW	75.7 %
9	200 Hz	83.0 %	1.338 kW	4.672 kW	71.4 %

[0077] 「周波数 F」は、図 9 に示す 1 サイクルの駆動を 1 秒間あたりに繰り返す回数である。

本実験では、周波数 F を最大 200 Hz まで 25 Hz 間隔で変化させ、各周波数 F における消費電力値 W_A と出力電力値 W_B を測定した。但し、0 Hz 又はその近傍の周波数 F においては測定不能又は測定精度が低下するため、最小周波数は 10 Hz とした。

[0078] 「トルク T_0 」は、サーボモーター 150 の駆動軸 150 a の相対トルク（定格トルクに対する割合を百分率で表記したもの。）の最大値（振幅）である。

「消費電力値 W_A 」は、回路遮断器 1820（図 7）の上流において電力測定器 PM により測定した、給電システム 1800 全体としての消費電力の平均値である。

「出力電力値 W_B 」は、サーボアンプ1850からサーボモーター150に出力された電力の平均値である。

「省エネルギー率 R 」は、回生電力の再利用によって削減された消費電力の割合であり、 $R = 100 \times (1 - W_A / W_B)$ によって計算される。

[0079] 本実施形態の振動試験装置1000（具体的には、給電システム1800）を使用することにより、200Hz以下の周波数 F において70%を超える省エネルギー率が達成される。特に、75Hz以下の低周波数域においては、90%を超える省エネルギー率が達成される。

[0080] 本実施形態の給電システム1800による消費電力の削減効果は、サーボモーター150の往復回転の繰り返し周波数を1Hzとした場合でも得られるが、繰り返し周波数を3Hz以上（より好ましくは5Hz以上）とした場合に、回生電力がサーボモーター150自身によって効率的に再利用されるため、良好な省エネルギー率が得られる。

[0081] 図10（a）は従来の典型的なモーターの駆動波形を概略的に示したグラフであり、図10（b）は本実施形態におけるサーボモーター150の駆動波形を概略的に示したグラフである。

[0082] 図10（a）に示されるように、従来の典型的なモーターの駆動においては、区間 T_1 において所定の回転数まで加速された後、一定の回転数で連続的に駆動され（区間 T_2 ）、終了時に減速されて停止する（区間 T_3 ）。このような駆動においては、回生電力は区間 T_3 においてのみ発生する。従って、回生電力の利用による消費電力の低減効果は僅かなものとなる。

[0083] 一方、本実施形態においては、図10（b）に示されるように、駆動の開始から終了までの全区間に亘って、サーボモーター150の加速と減速が高い周波数で繰り返される。回生電力は、サーボモーター150の減速のタイミングで、高い周波数で繰り返し発生する。すなわち、駆動の開始から終了まで、回生電力が定常的に発生する。従って、本実施形態においては、回生電力の利用による消費電力の低減効果は極めて大きなものとなっている。

[0084] （第2実施形態）

次に、本発明をタイヤ試験装置に適用した例について説明する。以下に説明する本発明の第2実施形態に係るタイヤ試験装置は、タイヤの摩耗試験、耐久試験、走行安定性試験等を行うことが可能な試験装置である。

[0085] 図11及び図12は、それぞれ異なる方向から見た、本発明の第2実施形態に係るタイヤ試験装置2000の斜視図である。本実施形態のタイヤ試験装置2000は、外周面に模擬路面が形成された回転ドラム2010と、タイヤTを模擬路面に所定の姿勢で接地させた状態で回転可能に保持するアライメント調整機構2160と、タイヤTに与えるトルクを発生するトルク発生装置130（スリップ率制御装置）と、回転ドラム2010及びトルク発生装置130のケーシングを回転駆動するインバータモーター80を備えている。

[0086] 回転ドラム2010は一对の軸受2011aによって回転自在に支持されている。インバータモーター80の出力軸にはプーリー2012aが取り付けられ、回転ドラム2010の一方の軸にはプーリー2012bが取り付けられている。プーリー2012aとプーリー2012bとは駆動ベルト2015（例えば歯付ベルト）により連結されている。回転ドラム2010の他方の軸は、中継軸2013を介して、プーリー2012cが取り付けられている。なお、中継軸2013は、プーリーが取り付けられる一端部付近において軸受2011bにより回転自在に支持されている。プーリー2012cは、駆動ベルト2016によってプーリー2012dに連結されている。プーリー2012dは、プーリー2012eに同軸に固定されており、プーリー2012eと共に軸受2011c（図12）によって回転自在に支持されている。また、プーリー2012eは、駆動ベルト2017によってトルク発生装置130の後述するケーシング131の軸部131aに連結されている。

[0087] 図13は、トルク発生装置130の内部構造を示した図である。トルク発生装置130は、ケーシング131と、ケーシング131内に固定されたサーボモーター150及び減速機133を備えている。なお、本実施形態では

、第1実施形態と同一構成のサーボモーター150が使用される。ケーシング131の軸方向両端部に筒状の軸部131a、131bが形成されている。ケーシング131は、軸部131a、131bにおいて、軸受部2020、2030により回転可能に支持されている。また、一端側（図13における右端側）の軸部131aの外周には、プーリー2012fが取り付けられている。

[0088] 減速機133は入力軸133aと出力軸133bを有しており、入力軸133aに入力された回転運動を減速して出力軸133bに出力する。減速機133の入力軸133aは、カップリング134によってサーボモーター150の駆動軸150aと連結されている。また、減速機133の出力軸133bには、連結軸135が接続される。なお、減速機133は任意選択的にトルク発生装置130に設けられる。トルク発生装置130に減速機133を設けずに、サーボモーター150の駆動軸150aに連結軸135を直接接続してもよい。

[0089] 減速機133は入力軸 連結軸135は、ケーシング131の筒状の軸部131aの中空部に通され、軸部131aの内周に設けられた一对の軸受136により回転可能に支持される。連結軸135の先端部は、軸部131aの先端部から突出している。軸部131aから突出した連結軸135は、等速ジョイント2014（図11）を介して、アライメント調整機構2160のスピンドルに接続される。アライメント調整機構2160のスピンドルには、タイヤTが装着されたホイールが取り付けられる。即ち、サーボモーター150は、タイヤTの中心軸に連結される回転軸（駆動軸150a）を有している。

[0090] これにより、インバータモーター80を駆動すると、回転ドラム2010が回転すると共に、回転ドラム2010を介してインバータモーター80に連結されたトルク発生装置130のケーシング131が回転するようになっている。また、トルク発生装置130が作動しないときに、回転ドラム2010とタイヤTが、接触部における周速が同一となるよう、逆方向に回転す

るようになっている。また、トルク発生装置 130 を作動させることで、タイヤ T に動的又は静的な駆動力及び制動力を与えることができる。

[0091] 本実施形態においては、インバータモーター 80 から出力された動力は、回転ドラム 2010、中継軸 2013、トルク発生装置 130、等速ジョイント 2014、アライメント調整機構 2160 のスピンドル及びタイヤ T を介して、再び回転ドラム 2010 に伝達される。すなわち、回転ドラム 2010、中継軸 2013、トルク発生装置 130、等速ジョイント 2014、アライメント調整機構 2160 のスピンドル及びタイヤ T からなる動力伝達路は、動力循環系を構成している。そのため、インバータモーター 80 の動力が効率的に利用され、少ない消費電力で動作できるようになっている。

[0092] 本実施形態のアライメント調整機構 2160 は、供試体であるタイヤ T をホイールに装着した状態で回転可能に支持して、タイヤ T のトレッド部を回転ドラム 2010 の模擬路面に押し当てると共に、模擬路面に対するタイヤ T の向きやタイヤ荷重（接地圧）を設定された状態に調整する機構である。アライメント調整機構 2160 は、タイヤ T の回転軸の位置を回転ドラム 2010 の半径方向に移動してタイヤ荷重を調整するタイヤ荷重調整部 2161 と、タイヤ T の回転軸を模擬路面の垂線の周りに傾けて模擬路面に対するタイヤ T のスリップ角を調整するスリップ角調整部 2162 と、タイヤ T の回転軸を回転ドラム 2010 の回転軸に対して傾斜させてキャンバー角を調整するキャンバー角調整部 2163 と、タイヤ T を回転軸方向に移動させるトラバース装置 2164 を備えている。タイヤ荷重調整部 2161、スリップ角調整部 2162、キャンバー角調整部 2163 及びトラバース装置 2164 は、それぞれサーボモーター M1、M2、M3 及び M4 を備えている。サーボモーター M1、M2、M3 及び M4 は、例えば AC サーボモーターである。

[0093] 図 14 は、サーボモーター 150 及びインバータモーター 80 に電力を供給する本発明の第 2 実施形態に係る給電システム 2800 の概略構成を示すブロック図である。

[0094] 本実施形態の給電システム2800は、電磁開閉器2830の後段から分岐したインバータモーター80へ電力を供給する給電系統2860（リアクトル2870、ドライバ2880）、アライメント調整機構2160のサーボモーターM1、M2、M3、M4へ電力をそれぞれ供給する給電系統2891（リアクトルR1、サーボアンプA1）、2892（リアクトルR2、サーボアンプA2）、2893（リアクトルR3、サーボアンプA3）、2894（リアクトルR4、サーボアンプA4）を有する点と、サーボアンプ2850にインバータ2852が1系統のみ設けられた点で第1実施形態の給電システム1800と異なっている。なお、ドライバ2880は、インバータモーター80の駆動電力を発生する装置であり、図示しないインバータ回路を備えている。また、ドライバ2880及びサーボアンプA1～A4は、それぞれ制御ユニットC2と通信可能に接続され、制御ユニットC2の制御に従って動作する。なお、サーボアンプA1、A2、A3、A4は、サーボアンプ2850と同一の構成を有している。

[0095] 本実施形態のタイヤ試験装置2000を使用した試験においては、インバータモーター80が出力する回転数とトルク発生装置130（具体的には、サーボモーター150）が発生するトルクを合成した回転運動がタイヤTに与えられる。タイヤ試験装置2000を使用した試験の一例においては、インバータモーター80が一定の回転数を出力し、サーボモーター150が変動トルク（例えばランダムな振動トルク）を出力するように制御される。具体的には、サーボモーター150は、所定の振動波形データに基づいて、振幅及び周期を変えながら往復回転駆動される。すなわち、制御ユニットC2によりサーボモーター150が正転と逆転を繰り返すように制御される。これにより、サーボモーター150の加速と減速が繰り返されるため、サーボアンプ2850からサーボモーター150への駆動電力の供給と、サーボモーター150からサーボアンプ2850への回生電力の供給が繰り返される。

[0096] サーボモーター150が発生する回生電力の大部分は、一時的にキャパシ

ター２８５３に蓄積された後、サーボモーター１５０の駆動に使用される。回生電力の余剰分は、電源回生コンバーター２８５１及びリアクトル２８４０を介して、給電系統２８６０、２８９１、２８９２、２８９３、２８９４に供給され、インバータモーター８０及びサーボモーターＭ１、Ｍ２、Ｍ３、Ｍ４の駆動に使用される。そのため、サーボモーター１５０が発生する回生電力のほとんどがサーボモーター１５０、Ｍ１～Ｍ４及びインバータモーター８０の駆動に再利用され、サーボモーター１５０の駆動のために使用される一次電源２８１０の電力消費量が僅かに抑えられる。また、インバータモーター８０及びサーボモーターＭ１、Ｍ２、Ｍ３、Ｍ４が発生する回生電力も、他のモーター（すなわち、サーボモーター１５０、Ｍ１、Ｍ２、Ｍ３、Ｍ４及びインバータモーター８０）の駆動に再利用され、一次電源２８１０の電力消費量が更に抑えられる。

[0097] 以上説明した構成のタイヤ試験装置２０００にタイヤＴをセットして、回転駆動用のインバータモーター８０を駆動することによって、タイヤＴ及び回転ドラム２０１０が同じ周速で回転する。その状態で、トルク発生装置１３０のサーボモーター１５０を駆動して、タイヤＴに駆動力や制動力を与えることによって、実際の走行状態をシミュレートしたタイヤの摩耗試験、耐久試験、走行安定性試験等を行うことが可能となる。

[0098] タイヤ試験装置２０００は、タイヤＴのトルクを与える電動アクチュエーターと、制御ユニットＣ２を備えている。そして、タイヤ試験装置２０００の電動アクチュエーターは、図１４に示すように、サーボモーター１５０と、インバーター２８５２と、電源回生コンバーター２８５１を備えており、この点は、振動試験装置１０００と同様である。

[0099] タイヤ試験装置２０００では、インバーター２８５２を含むサーボアンプ２８５０は、電源からエネルギーが供給され、制御ユニットＣ２に制御されてサーボモーター１５０に変動トルクを生じさせる駆動電力をサーボモーター１５０に供給する駆動装置である。さらに、サーボアンプ２８５０に含まれる電源回生コンバーター２８５１は、制御ユニットＣ２がサーボアンプ２

８５０（インバーター２８５２）を制御してサーボモーター１５０に変動トルクを生じさせた際に、サーボモーター１５０から回生されるエネルギーのうちサーボモーター１５０の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。

[0100] タイヤ試験装置２０００は、以上のように構成されることで、タイヤＴに変動トルク（駆動力、制動力）を与えて行われる各種試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。

[0101] （第３実施形態）

次に、本発明ねじり試験装置に適用した例について説明する。以下に説明する本発明の第３実施形態に係るねじり試験装置は、供試体に所定の回転数及びトルクの回転運動を与える所謂回転ねじり試験を行うことが可能な装置であり、例えば、自動車用の動力伝達装置（例えば、クラッチ、プロペラシャフト、ディファレンシャルギア、トランスミッション、トルクコンバーター等）の性能や耐久性の試験に使用することができる。

[0102] 図１５は、本発明の第３実施形態に係るねじり試験装置３０００の側面図である。本実施形態のねじり試験装置３０００は、２つの回転軸を有する供試体Ｗ（例えばＦＲ車用トランスミッションユニット）の回転ねじり試験を行うことが可能な装置である。具体的には、ねじり試験装置３０００は、供試体Ｗの２つの回転軸を同期回転させながら２つの回転軸の回転に位相差を与えることで、供試体Ｗの２つの回転軸を回転させながら各回転軸にトルクを与えることができる。本実施形態のねじり試験装置３０００は、第１駆動部３０１０、第２駆動部３０２０、及びねじり試験装置３０００の動作を統合的に制御する制御ユニットＣ３を備えている。

[0103] 先ず、第１駆動部３０１０の構造について説明する。図１６は、第１駆動部３０１０の側面図である。なお、図１６において、ケース３０１４内の構造を示すため、ケース３０１４は断面図で示されている。第１駆動部３０１０は、本体３０１０ａと、この本体３０１０ａを所定の高さで支持するベア

ス 3010b を備えている。本体 3010a は、サーボモーター 150、減速機 3013、ケース 3014、スピンドル 3015、チャック装置 3016、トルクセンサ 3017、スリップリング 3019a 及びブラシ 3019b を備えており、本体 3010a はベース 3010b の最上部に水平に配置された可動プレート 3011 上に組み立てられている。サーボモーター 150 は、第 1 実施形態と同じものである。サーボモーター 150 は、出力軸（不図示）を水平方向に向けて、可動プレート 3011 上に固定されている。また、ベース 3010b の可動プレート 3011 は、サーボモーター 150 の出力軸方向（図 15 における左右方向）にスライド移動可能に設けられている。

[0104] サーボモーター 150 の出力軸（不図示）は、カップリング（不図示）により減速機 3013 の入力軸（不図示）に連結されている。減速機 3013 の出力軸（不図示）は、トルクセンサ 3017 の一端部に連結されている。トルクセンサ 3017 の他端部は、スピンドル 3015 の一端部に連結されている。スピンドル 3015 は、ケース 3014 のフレーム 3014b に固定された軸受 3014a により回転自在に支持されている。スピンドル 3015 の他端部には、供試体 W の一端部（回転軸の一つ）を第 1 駆動部 3010 に取り付ける為のチャック装置 3016 が固定されている。サーボモーター 150 を駆動すると、サーボモーター 150 の出力軸の回転運動が、減速機 3013 によって減速された後、トルクセンサ 3017、スピンドル 3015 及びチャック装置 3016 を介して、供試体 W の一端部に伝達されるようになっている。即ち、サーボモーター 150 は、供試体 W に結合される回転軸（出力軸）を有している。また、スピンドル 3015 には、スピンドル 3015 の回転角を検出するロータリーエンコーダ（不図示）が取り付けられている。

[0105] 図 16 に示されるように、減速機 3013 は、ケース 3014 のフレーム 3014b に固定されている。また、減速機 3013 は、ギアケースと、軸受を介してギアケースにより回転自在に支持されたギア機構とを備えている。

(不図示)。すなわち、ケース３０１４は、減速機３０１３からチャック装置３０１６に至る動力伝達軸を覆うと共に、この動力伝達軸を減速機３０１３及びスピンドル３０１５の位置で回転自在に支持する装置フレームとしての機能も有する。すなわち、トルクセンサ３０１７の一端部が接続される減速機３０１３のギア機構と、トルクセンサ３０１７の他端部が接続されるスピンドル３０１５は、いずれも軸受を介してケース３０１４のフレーム３０１４ｂに回転自在に支持されている。そのため、トルクセンサ３０１７には、減速機３０１３のギア機構やスピンドル３０１５（及びチャック装置３０１６）の重量による曲げモーメントが加わらず、試験荷重（ねじり荷重）のみが加わるため、高い精度で試験荷重を検出することができる。

[0106] トルクセンサ３０１７の一端側の円筒面には、複数のスリップリング３０１９ａが形成されている。一方、可動プレート３０１１には、スリップリング３０１９ａを外周側から囲むようにブラシ保持フレーム３０１９ｃが固定されている。ブラシ保持フレーム３０１９ｃの内周には、それぞれ対応するスリップリング３０１９ａと接触する複数のブラシ３０１９ｂが取り付けられている。サーボモーター１５０が駆動して、トルクセンサ３０１７が回転している状態では、ブラシ３０１９ｂは、スリップリング３０１９ａとの接触を保ちつつ、スリップリング３０１９ａ上でスリップする。トルクセンサ３０１７の出力信号はスリップリング３０１９ａに出力されるよう構成されており、スリップリング３０１９ａと接触するブラシ３０１９ｂを介して、トルクセンサ３０１７の出力信号を第１駆動部３０１０の外部に取り出せるようになっている。

[0107] 第２駆動部３０２０（図１５）は、第１駆動部３０１０と同一の構造となっており、サーボモーター１５０を駆動するとチャック装置３０２６が回転する。チャック装置３０２６には、供試体Ｗの他端部（回転軸の一つ）が固定される。なお、供試体Ｗのハウジングは、支持フレームＳに固定されている。

[0108] 本実施形態のねじり試験装置３０００は、ＦＲ車用のトランスミッション

ユニットである供試体Wの出力軸Oと入力軸I（エンジン側）を、夫々第1駆動部3010と第2駆動部3020のチャック装置3016、3026に固定した状態で、サーボモーター150、150によって同期させて回転駆動すると共に、両チャック装置3016、3026の回転数（あるいは回転の位相）に差を持たせることにより供試体Wにねじり荷重を加えるものである。例えば、第2駆動部3020のチャック装置3026を等速回転駆動させると共に、第1駆動部3010のトルクセンサ3017が検出するトルクが所定の波形に従って変動するようにチャック装置3016を回転駆動して、トランスミッションユニットである供試体Wに周期的に変動するトルクが加わるようにする。

[0109] このように、本実施形態のねじり試験装置3000は、トランスミッションユニットの入力軸Iと出力軸Oの双方をサーボモーター150、150によって精密に駆動することが可能であるため、トランスミッションユニットを回転駆動させながら、トランスミッションユニットの各軸に変動トルクを加えることにより、自動車の実際の走行状態に近い条件で試験を行うことができる。

[0110] トランスミッションユニットのように、入力軸Iと出力軸Oがギアなどを介して連結されている装置の回転ねじり試験を行う場合、入力軸Iと出力軸Oに加わるトルクの大きさは必ずしも一致しない。そのため、ねじり試験時の供試体Wの挙動をより正確に把握する為には、入力軸I側と出力軸O側とで個別にトルクを計測できるようにすることが好ましい。本実施形態においては、上記のように第1駆動部3010と第2駆動部3020の双方にトルクセンサが設けられているため、トランスミッションユニット（供試体W）の入力軸I側と出力軸O側とでトルクを個別に計測することができる。

[0111] なお、上記の例ではトランスミッションユニットの入力軸I側を等速回転駆動し、出力軸O側でトルクを付与する構成としているが、本発明は上記の例に限定されるものではない。すなわち、トランスミッションユニットの出力軸O側を等速回転駆動すると共に、入力軸I側に変動トルクを加える構成

としてもよい。或いは、トランスミッションユニットの入力軸I側と出力軸O側の双方を、それぞれ変動する回転数で回転駆動させる構成としてもよい。また、回転数では制御せず、各軸のトルクのみを制御する構成としてもよい。また、トルクや回転数を所定の波形に従って変動させる構成としてもよい。トルクや回転数は、例えばファンクションジェネレータで発生させた任意の波形に従って変動させることができる。また、実際の走行試験で計測したトルクや回転数の波形データに基づいて、供試体Wの各軸のトルクや回転数を制御することもできる。

[0112] 本実施形態のねじり試験装置3000は、様々な寸法のトランスミッションユニットに対応できるように、チャック装置3016と3026との間隔を調整可能となっている。具体的には、可動プレート駆動機構（不図示）により、第1駆動部3010の可動プレート3011が、ベース3010bに対してチャック装置3016の回転軸方向（図15中左右方向）に移動可能となっている。なお、回転ねじり試験を行っている間は、図示されていないロック機構によって可動プレート3011はベース3010bに強固に固定されている。また、第2駆動部3020も、第1駆動部3010と同一構成の可動プレート駆動機構を備えている。

[0113] 図17は、第1駆動部3010及び第2駆動部3020のサーボモーター150に電力を供給する本発明の第3実施形態に係る給電システム3800の概略構成を示すブロック図である。

[0114] 本実施形態の給電システム3800は、サーボアンプ3850に設けられたインバーター3852の数が2つである点を除いては、第1実施形態の給電システム1800の構成と共通する。

[0115] 本実施形態のねじり試験装置3000を使用した試験の一例においては、供試体Wの出力軸Oを一定の回転数で回転させながら変動トルク（例えばランダムな振動トルク）を与えるように第1駆動部3010のサーボモーター150が駆動される。具体的には、第1駆動部3010のサーボモーター150は、所定の回転数で回転しつつ、所定の波形データに基づいて出力軸O

に振動トルクが加わるように回転の位相が変化するように制御される。すなわち、第1駆動部3010のサーボモーター150の加速と減速が繰り返されるため、サーボアンプ3850から第1駆動部3010のサーボモーター150への駆動電力の供給と、第1駆動部3010のサーボモーター150からサーボアンプ3850への回生電力の供給が繰り返される。

[0116] 同様に、供試体Wの入力軸Iを一定の回転数で回転させながら変動トルク（例えばランダムな振動トルク）を与えるように第2駆動部3020のサーボモーター150が駆動される。具体的には、第2駆動部3020のサーボモーター150は、所定の回転数で回転しつつ、所定の波形データに基づいて回転の位相を変化させて入力軸Iに振動トルクが加わるように制御される。すなわち、第2駆動部3020のサーボモーター150の加速と減速が繰り返されるため、サーボアンプ3850から第2駆動部3020のサーボモーター150への駆動電力の供給と、第2駆動部3020のサーボモーター150からサーボアンプ3850への回生電力の供給が繰り返される。

[0117] 各サーボモーター150が発生する回生電力のほとんどが、一時的にキャパシタ3853に蓄積された後、第1駆動部3010及び第2駆動部3020のサーボモーター150の駆動に再利用される。そのため、サーボモーター150の駆動のために使用される一次電源3810の電力消費量が僅かに抑えられる。回生電力の余剰分は、電源回生コンバーター3851により正弦波交流に変換され、リアクトル3840、電磁開閉器3830及び回路遮断器1820を介して、一次電源に出力される。

[0118] ねじり試験装置3000は、供試体Wに所定の回転数及びトルクの回転運動を与える電動アクチュエーターと、制御ユニットC3を備えている。そして、ねじり試験装置3000の電動アクチュエーターは、図17に示すように、サーボモーター150と、インバーター（インバーター3852）と、電源回生コンバーター（電源回生コンバーター3851）を備えており、この点は、振動試験装置1000と同様である。

[0119] ねじり試験装置3000では、インバーター3852を含むサーボアンプ

３８５０は、電源からエネルギーが供給され、制御ユニットＣ３に制御されてサーボモーター１５０に変動トルクを生じさせる駆動電力をサーボモーター１５０に供給する駆動装置である。さらに、電源回生コンバーター３８５１は、制御ユニットＣ３がサーボアンプ３８５０（インバーター３８５２）を制御してサーボモーター１５０に変動トルクを生じさせた際に、サーボモーター１５０から回生されるエネルギーのうちサーボモーター１５０の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。

[0120] ねじり試験装置３０００は、以上のように構成されることで、供試体Ｗに変動トルク（所定の回転数及びトルクの回転運動）を与えて行われるねじり試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。

[0121] 以上説明した本発明の第３実施形態に係るねじり試験装置３０００は、ＦＲ車用のトランスミッションユニットを対象に回転ねじり試験を行うものであるが、本発明は上記の第３実施形態の基本例の構成に限定されるものではなく、他の動力伝達機構の回転ねじり試験を行うための装置も又、本発明に含まれる。

[0122] （第４実施形態）

次に、本発明を引張圧縮試験装置に適用した例について説明する。以下に説明する本発明の第４実施形態に係る引張圧縮試験装置４０００は、供試体に引張力または圧縮力を繰り返し与える疲労試験を行うことが可能な装置である。

[0123] 図１８は、本発明の第４実施形態に係る引張圧縮試験装置４０００の側面図である。図１９は、第４実施形態に係る引張圧縮試験装置４０００の正面図である。

[0124] 引張圧縮試験装置４０００は、水平面に固定されるフレーム４００１と、フレーム４００１に固定された支持体４００２及び台座４００３と、電動アクチュエーター４０１０と、を備える。電動アクチュエーター４０１０は、フレーム４００１上面から立設した支持体４００２に固定される。

- [0125] 台座4003は、支持体4002に固定された電動アクチュエーター4010の鉛直下方において、フレーム4001に固定される。台座4003には、供試体Wを保持する保持部材4004が固定される。保持部材4004の構成は、保持部材4004を介して供試体Wに引張力や圧縮力を加えることができる構成であればよく、具体的な構成は特に限定しない。
- [0126] 電動アクチュエーター4010は、正転と逆転を切り替え可能な電動機であるサーボモーター150と、サーボモーター150の回転運動を直線運動に変換するボールねじ部4011と、ボールねじ部4011の先端（ナット）に取り付けられたピストン4012と、後述するサーボアンプ4850（図20参照）を備えている。ボールねじ部4011は、サーボモーター150の正転と逆転に応じて往復直線運動を出力する運動変換器の一例である。ピストン4012は、ボールねじ部4011の往復直線運動を受けて供試体Wに対して圧縮力または張力を伝える可動部の一例である。
- [0127] 電動アクチュエーター4010が支持体4002に固定される高さは、電動アクチュエーター4010と支持体4002の間に設けられた昇降機構4005によって調整可能である。電動アクチュエーター4010の高さは、昇降機構4005によって、例えば、図18に示すように、供試体Wを保持した保持部材4004の上面にピストン4012が接するように調整される。その後、ピストン4012と保持部材4004が固定される。
- [0128] 以上のように構成された引張圧縮試験装置4000では、第1の実施形態と同様に、サーボモーター150を往復回転駆動させることで、ピストン4012が往復直線運動を行い、その結果、供試体Wに対して圧縮力と引張力を繰り返し加えることができる。
- [0129] 図20は、電動アクチュエーター4010のサーボモーター150に電力を供給する本発明の第4実施形態に係る給電システム4800の概略構成を示すブロック図である。
- [0130] 本実施形態の給電システム4800は、サーボアンプ4850に設けられたインバーター4852の数が1つである点を除いては、第1実施形態の給

電システム 1800 の構成と共通する。電動アクチュエーター 4010 は、制御装置 C4 によって制御される。

[0131] 引張圧縮試験装置 4000 では、インバーター 4852 を含むサーボアンプ 4850 は、電源からエネルギーが供給され、制御装置 C4 に制御されてボールねじ部 4011 を所望の振幅及び周波数で往復直線運動する駆動電力をサーボモーター 150 に供給する駆動装置である。さらに、電源回生コンバーター 4851 は、制御装置 C4 がサーボアンプ 4850（インバーター 4852）を制御してボールねじ部 4011 を所望の振幅及び周波数で往復直線運動させた際に、サーボモーター 150 から回生されるエネルギーのうちサーボモーター 150 の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。

[0132] 引張圧縮試験装置 4000 は、以上のように構成されることで、供試体 W に引張力または圧縮力を繰り返し与えて行われる引張圧縮試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。

[0133] （第 5 実施形態）

図 21 は、本発明の第 5 実施形態に係る衝突模擬試験装置 5000 の斜視図である。衝突模擬試験装置 5000 は、自動車等の輸送機械（鉄道車両、航空機、船舶を含む。）の衝突時に自動車等や乗員、自動車等の装備品等に加わる衝撃を再現可能な装置である。

[0134] 衝突模擬試験装置 5000 は、自動車の車両のフレームに見立てたテーブル 5240 を備えている。テーブル 5240 には、例えば乗員のダミーを載せたシートや電気自動車用の高電圧バッテリー等の供試体に取り付けられる。即ち、テーブル 5240 は、供試体に取り付けられる取付部の一例である。設定された加速度（例えば、衝突時に車両のフレームに加わる衝撃に相当する加速度）でテーブル 5240 が駆動されると、テーブル 5240 に取り付けられた供試体に実際の衝突時と同様の衝撃が加わる。このときに供試体が受けた損傷（あるいは、供試体に装着された加速度センサ等の計測結果が

ら予測される損傷)によって、乗員の安全が評価される。

- [0135] 本実施形態の衝突模擬試験装置5000は、テーブル5240を水平方向の1方向のみに駆動可能に構成されている。図21に座標軸で示すように、テーブル5240の可動方向をX軸方向、X軸方向と垂直な水平方向をY軸方向、鉛直方向をZ軸方向と定義する。また、模擬する車両の進行方向を基準に、X軸正方向を前方、X軸負方向を後方、Y軸負方向を右方、Y軸正方向を左方と呼ぶ。また、テーブル5240が駆動されるX軸方向を「駆動方向」と呼ぶ。なお、衝突模擬試験においては、車両の進行方向とは逆向き(すなわち後方)に大きな加速度がテーブル5240に加えられる。
- [0136] 衝突模擬試験装置5000は、テーブル5240を備えた試験部5200と、テーブル5240を駆動する前方駆動部5300及び後方駆動部5400と、各駆動部5300、5400が発生する回転運動をX軸方向の並進運動に変換してテーブル5240に伝達する4つのベルト機構5100(ベルト機構5100a、5100b、5100c、5100d)と、制御ユニットC3を備えている。4つのベルト機構5100の各々は、各駆動部5300、5400が出力する一方向回転運動を直線運動に変換して取付部であるテーブル5240に伝達する伝達機構の一例である。
- [0137] 試験部5200は、衝突模擬試験装置5000のX軸方向における中央部に配置され、前方駆動部5300及び後方駆動部5400は、試験部5200の前方及び後方にそれぞれ隣接して配置されている。
- [0138] 図22は、試験部5200及びベルト機構5100の構造を示す斜視図である。なお、説明の便宜のため、図22においては、試験部5200の構成要素であるテーブル5240及びベースブロック5210(後述)の図示が省略されている。
- [0139] 試験部5200は、テーブル5240の他に、ベースブロック5210(図21)と、ベースブロック5210上に取り付けられたフレーム5220と、フレーム5220上に取り付けられた一対のリニアガイド5230(ガイドウェイ形循環式リニア軸受)を備えている。一対のリニアガイド5230

0によって、テーブル5240がX軸方向（駆動方向）のみに移動可能に支持されている。

[0140] 図22に示すように、フレーム5220は、Y軸方向に延びる複数の連結バー5220Cによって連結された左右一对のハーフフレーム（右フレーム5220R、左フレーム5220L）を有している。右フレーム5220Rと左フレーム5220Lは同一構造（より正確には鏡像関係）を有するため、左フレーム5220Lのみについて詳細を説明する。

[0141] 左フレーム5220Lは、それぞれX軸方向に延びる取付部5221及びレール支持部5222と、取付部5221とレール支持部5222とを連結する3つのZ軸方向に延びる連結部5223（5223a、5223b、5223c）を有している。図21に示すように、取付部5221は、その長さがベースブロック5210のX軸方向における長さに略等しく、ベースブロック5210によって全長が支持されている。また、連結部5223aによって、取付部5221とレール支持部5222の後端部同士が連結されている。

[0142] レール支持部5222は、取付部5221よりも（すなわち、ベースブロック5210よりも）長く、その先端部が、ベースブロック5210よりも前方に突出して、前方駆動部5300の上方に配置されている。

[0143] リニアガイド5230は、X軸方向に延びるレール5231と、転動体を介してレール5231上を走行する二つのキャリッジ5232を備えている。一对のリニアガイド5230のレール5231は、右フレーム5220R及び左フレーム5220Lのレール支持部5222の上面にそれぞれ固定されている。レール5231の長さは、レール支持部5222の長さと同略等しく、レール支持部5222によってレール5231の全長が支持されている。キャリッジ5232の上面には複数の取付穴（螺子穴）が設けられていて、テーブル5240には、キャリッジ5232の取付穴に対応する複数の貫通孔が設けられている。キャリッジ5232は、テーブル5240の各貫通孔に通されたボルト（不図示）をキャリッジ5232の各取付穴に嵌めるこ

とによってテーブル５２４０に締め付けられている。なお、テーブル５２４０と４つのキャリッジ５２３２により台車（スレッド）が構成される。

[0144] また、テーブル５２４０には、シート等の供試体（不図示）を取り付けるための螺子穴等の取付構造が形成されていて、テーブル５２４０に供試体を直接取り付けることができるようになっている。これにより、供試体を取り付けるための取付板等の部材が不要となるため、衝撃が加えられる可動部分の重量を軽くことができ、高い周波数成分まで忠実度の高い衝撃を供試体に与えることが可能になっている。

[0145] 図２２に示すように、各ベルト機構５１００は、歯付ベルト５１２０と、歯付ベルト５１２０が巻掛けられた一対の歯付プーリー（第１プーリー５１４０、第２プーリー５１６０）と、歯付ベルト５１２０をテーブル５２４０に固定するための一対のベルトクランプ５１８０を備えている。

[0146] 右フレーム５２２０Ｒと左フレーム５２２０Ｌの間には、４つの歯付ベルト５１２０が平行に配置されている。歯付ベルト５１２０は、それぞれ長さ方向の２箇所において、ベルトクランプ５１８０によってテーブル５２４０に固定されている。

[0147] 図２１に示すように、前方駆動部５３００は、ベースブロック５３１０と、ベースブロック５３１０上に設置された４つの電動アクチュエーター５３２０（５３２０ａ、５３２０ｂ、５３２０ｃ、５３２０ｄ）を備えている。また、後方駆動部５４００は、ベースブロック５４１０と、ベースブロック５４１０上に設置された４つの電動アクチュエーター５４２０（５４２０ａ、５４２０ｂ、５４２０ｃ、５４２０ｄ）を備えている。計８つの電動アクチュエーターは、設置する位置や向き、構成要素の長さや配置間隔にわずかな相違があるものの、基本的な構成は共通している。また、前方駆動部５３００と後方駆動部５４００の基本的な構成も共通している。

[0148] 制御ユニットＣ３は、入力された加速度波形に基づいて、各電動アクチュエーター５３２０ａ～ｄ、５４２０ａ～ｄのモーター１０の駆動を同期制御することにより、上記加速度波形に従ってテーブル５２４０に加速度を与え

ることができる。なお、本実施形態では、8つのサーボモーターの全てを同位相でそれぞれ往復回転駆動させる。

[0149] 本実施形態では、電動アクチュエーター5420として後述する一方向回転運動を出力する電動アクチュエーター100を用いることで、回生エネルギーを利用しながら歯付プーリーを回転させることができる。これにより、電力消費を抑制しながらテーブル5240を加速させて、衝突模擬試験を行うことができる。

[0150] 図23は、電動アクチュエーター100の概略構造を示した斜視図である。図24は、電動アクチュエーター100の概略構造を示した平面図である。図25は、電動アクチュエーター100に含まれる連接棒60の側面図である。図26は、電動アクチュエーター100に含まれるクランクシャフト70の側面図である。

[0151] 図23に示すように、電動アクチュエーター100は、駆動ユニット100d及びクランクシャフト70を備える。

[0152] 駆動ユニット100dは、モーター10（電動機）、軸受30、ボールねじ40（送りねじ機構）、直動部50（以下「ピストン50」という。）及び連接棒60を備える。

[0153] モーター10は、例えば、超低慣性高出力型のACサーボモーターである。このような超低慣性かつ高出力のモーター10を使用することにより、例えば100Hz以上の高い周波数での往復反転駆動が可能になっている。

[0154] ボールねじ40のねじ軸41は、ベースブロック5410又は5310に固定される軸受30により回転可能に支持される。ねじ軸41は、軸継手20によってモーター10の軸11と連結される。

[0155] ピストン50は、軸線A×1方向に延びる中空部50aが形成された筒状の部材である。なお、軸線A×1は、駆動ユニット100dの中心線であり、モーター10及びボールねじ40の回転軸と共通する直線である。ボールねじ40のナット42は、例えばピストン50の中空部50aの一端部（図24における左端部）に収容され、ピストン50に固定される。

- [0156] ピストン50の他端部（図24における右端部）には、ピストン50の軸線と垂直に（言い換えれば、クランクシャフト70と平行に）ピン52が取り付けられる。
- [0157] 図25は、連接棒60の側面図である。連接棒60は、小径のピン穴62aが形成された小端部62と、大径のピン穴64aが形成された大端部64と、小端部62と大端部64をつなぐロッド部66を有する。ピン穴62a及び64aは、互いに平行に形成されている。
- [0158] 小端部62のピン穴62aには、例えばブッシュ（不図示）を介して、ピン52が挿入される。また、ピン52の両端部は、ピストン50の他端部に形成された一对のピン穴50b（図24）に差し込まれ、ピストン50に固定される。これにより、連接棒60は、小端部62において、ピン52を介して、ピストン50の他端部に、ピン52を回転中心軸として一定の角度範囲で回転可能に連結される。なお、連接棒60は、ピン52（第1のピン）に加えて、後述するクランクピン72（第2のピン）にも回転可能に連結される。
- [0159] 図26は、クランクシャフト70の側面図である。クランクシャフト70は、一对の同軸に（すなわち、回転軸又は中心線が一致するように）配置されたクランクジャーナル71と、クランクジャーナル71の軸線（すなわち、クランクシャフト70の回転軸である軸線A×2）に対して偏心して配置されたクランクピン72と、クランクジャーナル71とクランクピン72とを連結する一对のクランクアーム73と、軸線A×2に対して各クランクアーム73の反対側に設けられた一对のバランスウェイト74と、クランクジャーナル71の一つと同軸に結合した出力軸75を有する。バランスウェイト74は、軸線A×2に対して偏心したクランクピン72及びクランクアーム73によって生じる不釣り合いを打ち消すように形成されている。
- [0160] クランクシャフト70は、一对のクランクジャーナル71において、ベースブロック5410又は5310に固定される不図示の一对の軸受（例えば転がり軸受）によって回転可能に支持される。

- [0161] クランクピン72は、連接棒60の大端部64のピン穴64aに、例えばブッシュ（不図示）を介して挿入される。これにより、クランクシャフト70は、連接棒60と回転可能に連結される。
- [0162] なお、連接棒60のピン穴62a及び64aと嵌合するブッシュには例えば無給油ブッシュが使用される。また、ブッシュに替えて、例えば転がり軸受等の別の種類の軸受を使用してもよい。
- [0163] モーター10は、正転と逆転を切り替え可能な電動機であり、軸11が所定の角度範囲で繰り返し往復回転するように駆動される。モーター10の回転は、ボールねじ40によって直線運動に変換されて、ピストン50に伝達される。その結果、ピストン50は所定のストロークで軸線A×1上を往復直線運動する。すなわち、ボールねじ40は、モーター10の往復回転運動を往復直線運動に変換する第1の運動変換器として機能する。
- [0164] ピストン50の軸線A×1方向の往復直線運動は、連接棒60によってクランクシャフト70の偏心したクランクピン72に伝達され、クランクシャフト70の回転運動に変換される。すなわち、連接棒60とクランクシャフト70（並びに、連接棒60を旋回可能に支持するピン52及びクランクシャフト70を回転可能に支持する不図示の軸受）により、往復運動（往復直線運動）を一方向の回転運動（以下「一方向回転運動」という。）に変換する第2の運動変換器としてのクランク機構（より具体的には、スライダクランク機構）が構成される。
- [0165] このように、電動アクチュエーター100は、モーター10の正逆回転を一方向回転運動に変換する運動変換器を備えていて、この運動変換機は、ボールねじ40と、ピストン50と、連接棒60と、クランクシャフト70によって構成されている。
- [0166] 電動アクチュエーター100のサーボモーター10に電力を供給する本発明の第5実施形態に係る給電システム5800は、インバーター3852の数が8個である点を除き、図17に示す給電システム3800と同一構成のものである。電動アクチュエーター100は、図17に示す制御ユニットC

3によって制御される。

- [0167] 衝突模擬試験装置5000では、インバーター3852を含むサーボアンプ3850は、電源からエネルギーが供給され、制御ユニットC3に制御されてテーブル5240に所望の加速度を与える駆動電力をモーター10に供給する駆動装置である。さらに、電源回生コンバーター3851は、制御ユニットC3がサーボアンプ3850（インバーター3852）を制御してテーブル5240に所望の加速度を与えた際に、モーター10から回生されるエネルギーのうちモーター10の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。
- [0168] 衝突模擬試験装置5000は、以上のように構成されることで、供試体に所望の加速度を与えて実際の衝突時と同様の衝撃を加える模擬衝突試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。
- [0169] 本実施形態の衝突模擬試験装置5000は、製品や部品に対して強い衝撃波を与えて、衝撃に対する耐久性や信頼性を評価する衝撃試験装置として使用することもできる。また、本実施形態の衝突模擬試験装置5000は、製品や部品に振動を与える振動試験装置として使用することもできる。
- [0170] 本実施形態では、前方駆動部5300の電動アクチュエーター5320及び後方駆動部5400の電動アクチュエーター5420に電動アクチュエーター100が使用されているが、電動アクチュエーター100に替えてモーター10を単体で使用してもよい。特に、本実施形態の衝突模擬試験装置5000を振動試験装置として使用する場合には、加速と減速が短い周期で繰り返されるため、キャパシター3853に蓄積された回生電力がモーター10によって効率的に再利用されるため、試験に要する電力消費量を抑えることができる。
- [0171] （第6実施形態）

以下に説明する本発明の第12実施形態に係る複合試験装置は、タイヤのユニフォーミティ試験と動釣合試験を行うことが可能な試験装置である。図

27は、本発明の実施形態のユニフォーミティ及び動釣合複合試験装置6000（以下、複合試験装置6000とする）の基本構成を示す側面図である。図28は、複合試験装置6000のスピンドル6120を回転駆動する方法を模式的に示したものである。

- [0172] 複合試験装置6000は、図27に示すように、タイヤTを下部リム6010と上部リム6020とで上下に挟みこんで保持するよう構成されている。より詳細には、複合試験装置6000は、上端部に上部リム6020が固定されたロックシャフト6300を、スピンドル6120に挿入して固定することにより、下部リム6010と上部リム6020との間でタイヤTを挟み込んで保持する。
- [0173] ユニフォーミティ試験では、スピンドル6120の側方に設けられた回転ドラム6030を用いる。回転ドラム6030は、タイヤに当接する回転ドラムの一例である。回転ドラム6030は、タイヤTに対して近接／離間する方向に延びるレール6031の上をスライド可能な可動ハウジング6032に搭載され、図示しないモーターにより駆動されるラックピニオン機構6035（ピニオン6036・ラック6038）によってタイヤTに対して近接／離間方向に移動する。また、回転ドラム6030は図示しない電動アクチュエーター（以降、電動アクチュエーター100aと記す。）によって任意の回転数で回転可能である。なお、電動アクチュエーター100aの構成は、第5実施形態において上述した電動アクチュエーター100と同じである。
- [0174] ユニフォーミティ試験を実施する際には、ラックピニオン機構6035によってこの回転ドラム6030をタイヤTに当接させ、さらに回転ドラム6030をタイヤTに数百kgf以上の力で押し付ける。次いで、この状態で回転ドラム6030を回転させ（従って回転ドラム6030に当接しているタイヤTも回転ドラム6030に伴って回転する）、そのときの負荷の変動から回転しているタイヤに発生する力のばらつきをスピンドルハウジング6110の側面に設置された3軸圧電素子によって計測する。

- [0175] 本実施形態では、この回転ドラム6030を電動アクチュエーター100aを用いて回転させる。より具体的には、複合試験装置6000は、図17に示す給電システム3800と同一構成の給電システムを有していて、制御ユニットC3が電動アクチュエーター100aを制御し、電動アクチュエーター100aが回転ドラム6030に一方向回転運動を行わせる。これにより、回生エネルギーを利用しながら回転ドラム6030を回転させて、ユニフォームリティ試験を行うことができる。
- [0176] 一方、動釣合試験は回転ドラム6030をタイヤTから離間させた状態でスピンドル6120ごとタイヤTを回転させ、そのときにタイヤTの不釣合いから生じる加振力からタイヤの偏心状態を測定する試験である。スピンドル6120は、タイヤが取り付けられるスピンドルの一例である。
- [0177] スピンドル6120の下端には、動釣合試験時にスピンドル6120を回転駆動するためのプーリー6140が取り付けられている。また、スピンドル6120が固定されたベース6050には図示しないラックピニオン機構によってスピンドル6120に向かって水平に進退可能な電動アクチュエーター100bが設置されていて、この電動アクチュエーター100bによってスピンドル6120を回転させる。なお、電動アクチュエーター100bの構成は、第5実施形態において上述した電動アクチュエーター100と同じである。これにより、回生エネルギーを利用しながらスピンドル6120を回転させて、動釣合試験を行うことができる。
- [0178] 電動アクチュエーター100bの出力回転軸には駆動プーリー6144がスピンドル6120のプーリー6140と同じ高さに取り付けられている。また、図28に示すように、駆動プーリー6144およびスピンドル6120のプーリー6140と同じ高さに対の従動プーリー6143が回転可能に設置されている。なお、従動プーリー6143は上記の図示しないラックピニオン機構によって電動アクチュエーター100b（駆動プーリー6144）と共に進退する。ここで無端ベルト6142が駆動プーリー6144および従動プーリー6143に掛け渡されており、電動アクチュエーター100

0により無端ベルト6142を所定速度で進行させることができる。

- [0179] ラックアンドピニオン機構により無端ベルト6142がプーリー6140に当接した状態（図28の実線の状態）で電動アクチュエーター100bを駆動させることで、プーリー6140が回転して、下部リム6010と上部リム6020の間でタイヤTを保持したままスピンドル6120が回転する。このときにスピンドルハウジング6110の側面に設置された3軸圧電素子によって加振力を計測する。なお、電動アクチュエーター100bとスピンドル6120の間の構成（プーリー6140、駆動プーリー6144、従動プーリー6143、及び、無端ベルト6142）は、電動アクチュエーター100bが出力する一方向回転運動をスピンドル6120に伝達する伝達機構の一例である。
- [0180] 複合試験装置6000は、上述したように、図17に示す給電システム3800と同一構成の給電システムを有している。制御ユニットC3が電動アクチュエーター100bを制御し、電動アクチュエーター100bが出力する一方向回転運動を伝達機構がスピンドル6120に伝達する。これにより、回生エネルギーを利用しながらスピンドル6120を回転させて、動釣合試験を行うことができる。
- [0181] このように、複合試験装置6000には、第5実施形態の電動アクチュエーター100と同じ構成の2つの電動アクチュエーター100a、100bが設けられていて、電動アクチュエーター100aが回転ドラム6030を回転させるために、電動アクチュエーター100bがスピンドル6120を回転させるために、用いられる。これにより、ユニフォーミティ試験と動釣合試験のどちらにおいても回生エネルギーを利用しながら、試験を実施することができる。
- [0182] より詳細には、複合試験装置6000では、インバーター3852を含むサーボアンプ3850は、電源からエネルギーが供給され、制御ユニットC3に制御されて回転ドラム6030を所定速度で回転させる駆動電力をモーター10に供給する駆動装置である。電源回生コンバーター3851は、制

御ユニットC3がサーボアンプ3850（インバーター3852）を制御して回転ドラム6030を所定速度で回転させた際に、モーター10から回生されるエネルギーのうちモーター10の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。さらに、インバーター3852を含むサーボアンプ3850は、電源からエネルギーが供給され、制御ユニットC3に制御されてスピンドル6120を所定速度で回転させる駆動電力をモーター10に供給する駆動装置でもある。電源回生コンバーター3851は、制御ユニットC3がサーボアンプ3850（インバーター3852）を制御してスピンドル6120を所定速度で回転させた際に、モーター10から回生されるエネルギーのうちモーター10の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。

[0183] 複合試験装置6000は、以上のように構成されることで、タイヤのユニフォームティ試験と動釣合試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。

[0184] （第7実施形態）

以下に説明する本発明の第7実施形態に係るバランス測定装置7000は、回転体のバランスを測定可能な試験装置である。図29及び図30は、それぞれ本発明の実施形態に係るバランス測定装置7000の正面図と側面図である。なお、以降の記載においては図29中の上下方向をY軸方向、上下方向と回転体の回転軸方向の双方に垂直な方向をX軸方向と定義する。本実施形態の回転体7100は、例えば、クランク軸であり、バランス測定装置7000は、例えば、クランク軸のバランスを測定可能な装置である。

[0185] バランス測定装置7000の装置フレームは、ベース7013と、ベース7013から鉛直上方に延びる複数のばね7014と、それらばね7014に支えられたテーブル7015とから成っている。テーブル7015の下面には駆動シャフト用軸受7012aおよび7012bが取り付けられている。駆動シャフト7005はこの駆動シャフト用軸受7012aおよび7012bに回転可能に支持される。また、図30に示されるように、ベース70

13のX軸方向両端からは鉛直上方にほぼ剛体と見なすことのできる第1の側壁7013aおよび第2の側壁7013bが延出している。

[0186] ベース7013には一方向回転運動を出力する第1実施形態に係る電動アクチュエーター100が取り付けられている。電動アクチュエーター100の駆動軸にはプーリー7003が取り付けられている。一方、駆動シャフト7005の一端部には第1のプーリー7006が取り付けられており、この第1のプーリー7006と電動アクチュエーター100の駆動軸に取り付けられたプーリー7003とは第1の無端ベルト7004が渡されており、電動アクチュエーター100を駆動することにより駆動シャフト7005を第1の無端ベルト7004を介して回転駆動することができる。

[0187] また、テーブル7015の上面から鉛直上方に互いに平行な第1のテーブル側壁7017aおよび第2のテーブル側壁7017bが固定されている。第1のテーブル側壁7017aおよび第2のテーブル側壁7017bはばね7014のばね定数と比べてきわめて高い剛性を有する剛体である。第1のテーブル側壁7017aには従動シャフト用軸受7016aおよび7016cが、また、第2のテーブル側壁7017bには従動シャフト用軸受7016bおよび7016dがそれぞれ固定されている。なお、図29には従動シャフト用軸受7016aおよび7016bのみ記載されており、従動シャフト用軸受7016cおよび7016dはそれぞれ従動シャフト用軸受7016aおよび7016bの図29の奥側に配置されている。従動シャフト用軸受7016a、7016b、7016c、7016dはそれぞれ従動シャフト7010a、7010b、7010c、7010d（図29には7010a、7010bのみ記載）を回転可能に支持する。

[0188] 従動シャフト7010a、7010b、7010c、7010dの一端部にはそれぞれプーリー7009a、7009b、7009c、7009dが取り付けられている。また、駆動シャフト7005の一端部のプーリー7006に隣接した箇所および駆動シャフト7005の他端部には第2のプーリー7007aおよび7007bが取り付けられている。第2のプーリー70

07 aと従動シャフト7010 aに取り付けられたプーリー7009 aおよび従動シャフト7010 cに取り付けられたプーリー7009 c、第2のプーリー7007 bと従動シャフト7010 bに取り付けられたプーリー7009 bおよび従動シャフト7010 dに取り付けられたプーリー7009 dにはそれぞれ第2の無端ベルト7008 aおよび7008 bが渡されている。従って、駆動シャフト7005が回転すると、その動力が第2の無端ベルト7008 aを介して従動シャフト7010 a及び7010 cに伝達され、この結果、従動シャフト7010 a及び7010 cが回転する。また、駆動シャフト7005からの動力は、第2の無端ベルト7008 bを介して従動シャフト7010 bおよび7010 dにも伝達され、この結果、従動シャフト7010 b及び7010 dも回転する。

[0189] 従動シャフト7010 a、7010 b、7010 c、7010 dの他端部にはそれぞれローラ7011 a、7011 b、7011 c、7011 dが取り付けられている。ローラ7011 a、7011 cの上には回転体7100の回転軸の一端部7110 aが、またローラ7011 b、7011 dの上には回転体7100の回転軸の他端部7110 bがそれぞれ載置される。回転体7100はこのローラ7011 a、7011 b、7011 c、7011 dの回転に従動して回転する。即ち、電動アクチュエーター100を駆動することによって回生エネルギーを利用しながら回転体7100を回転させることができる。

[0190] なお、電動アクチュエーター100と回転体7100の間の構成（シャフト、プーリー、ローラ、ベルト）は、電動アクチュエーター100が出力する一方向回転運動を供試体である回転体7100に伝達する伝達機構の一例である。

[0191] 回転体7100の他端部7110 bには、キー溝7102が形成されている。また、バランス測定装置7000には、さらに、キー溝7102を検出するためのセンサSが配置されている。

[0192] また、図29および図30に示されるように、ベース7013の第1の側

壁 7 0 1 3 a とテーブル 7 0 1 5 との間には振動ピックアップ V D L および V D R が取り付けられている。動的につり合いを有するクランク軸である回転体 7 1 0 0 は、回転すると振動する。本実施形態のバランス測定装置では、回転体 7 1 0 0 (クランク軸) の振動が、ローラ 7 0 1 1 a、7 0 1 1 b、7 0 1 1 c、7 0 1 1 d、第 1 及び第 2 のテーブル側壁 7 0 1 7 a、7 0 1 7 b 等を介しテーブル 7 0 1 5 に伝達される。振動ピックアップ V D L 及び V D R は、回転している回転体 7 1 0 0 (クランク軸) からテーブル 7 0 1 5 に伝達された振動を検出する。換言すれば、振動ピックアップ V D L および V D R は、回転する回転体 7 1 0 0 (クランク軸) がローラ 7 0 1 1 a、7 0 1 1 b、7 0 1 1 c、7 0 1 1 d に加える負荷の変動を検出する。

[0193] 振動ピックアップ V D L および V D R はそれぞれ回転体 7 1 0 0 の回転軸に垂直な 2 成分 (X 軸方向および Y 軸方向) の加速度を計測可能な加速度センサである。振動ピックアップ V D L は第 1 のテーブル側壁 7 0 1 7 a と同じ X Y 平面上に、また振動ピックアップ V D R は第 2 のテーブル側壁 7 0 1 7 b と同じ X Y 平面上に取り付けられている。

[0194] また、ベース 7 0 1 3 の第 2 の側壁 7 0 1 3 b とテーブル 7 0 1 5 との間には圧電アクチュエーター V L および V R が取り付けられている。圧電アクチュエーター V L は第 1 のテーブル側壁 7 0 1 7 a と同じ X Y 平面上に、また圧電アクチュエーター V R は第 2 のテーブル側壁 7 0 1 7 b と同じ X Y 平面上に取り付けられている。圧電アクチュエーターは印加される電圧の大きさに応じて伸縮して接触する物体に変位を与えることが可能な部材であり、従って、圧電アクチュエーター V L および V R に入力する信号を制御することにより、テーブル 7 0 1 5 を自在に加振することができる。

[0195] バランス測定装置 7 0 0 0 は、図 2 0 に示す給電システム 4 8 0 0 と同一構成の給電システムを有している。制御装置 C 4 が電動アクチュエーター 1 0 0 を制御し、電動アクチュエーター 1 0 0 が出力する一方向回転運動を伝達機構が供試体である回転体 7 1 0 0 に伝達する。これにより、回生エネルギーを利用しながら回転体 7 1 0 0 を回転させて、動釣合試験を行うことが

できる。

[0196] より詳細には、バランス測定装置 7000 では、インバーター 4852 を含むサーボアンプ 4850 は、電源からエネルギーが供給され、制御装置 C4 に制御されて回転体 7100 を所定速度で回転させる駆動電力をモーター 10 に供給する駆動装置である。電源回生コンバーター 4851 は、制御装置 C4 がサーボアンプ 4850（インバーター 4852）を制御して回転体 7100 を所定速度で回転させた際に、モーター 10 から回生されるエネルギーのうちモーター 10 の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる。

[0197] バランス測定装置 7000 は、以上のように構成されることで、クランクシャフトなどの回転体の動釣合試験において回生エネルギーを有効に利用することが可能であり、試験に要する電力消費量を抑えることができる。

[0198]（第 8 実施形態）

図 31、図 32 及び図 33 は、それぞれ本発明の第 8 実施形態に係るヘッジトリマー 8000 の斜視図、側面図及び平面図である。なお、図 32 及び図 33 において、後述するピストン 8050 を断面図で示している。また、図 33 において、後述するフレーム 8002 の図示を省略している。

[0199] ヘッジトリマー 8000 は、生垣や樹木の剪定に使用する電動の農機具（すなわち、電機機器）である。ヘッジトリマー 8000 は、フレーム 8002 と、本発明の一実施形態に係る電動アクチュエーター 8100 と、一対のブレード 8060（8060A、8060B）を備える。電動アクチュエーター 8100 は、軸線 A×方向の直線運動を発生するリニアアクチュエーターであり、後述するようにブレード 8060 を往復直線運動させる。

[0200] なお、ヘッジトリマー 8000 は、電動アクチュエーター 8100 の内部構造を覆うカバー、ヘッジトリマー 8000 を保持するための例えばフレーム 8002 に取り付けられたハンドル、ヘッジトリマー 8000 を操作するための例えば操作ボタンや操作スイッチ等を含む操作部を備えるが、説明の便宜上、これらの構成要素の図示は省略する。

- [0201] フレーム8002は、電動アクチュエーター8100を支持するベース8002aと、ベース8002aの一端部に立てられたロッド8002bを有する。
- [0202] 電動アクチュエーター8100は、モーター8010（駆動部）と、モーター8010が出力する動力（回転運動）を直線運動に変換する運動変換器であるボールねじ8030（送りねじ機構）と、ボールねじ8030によって軸線A×方向に駆動されるピストン8050（直線運動部）と、ピストン8050を軸線A×方向に可動に支持するリニアガイド8040を備える。モーター8010及びリニアガイド8040は、ベース802a上に取り付けられている。
- [0203] モーター8010は、正転と逆転を切り替え可能な電動機であり、例えば、超低慣性高出力型のACサーボモーターである。超低慣性かつ高出力の電動機を使用することにより、例えば100Hz以上の高い周波数での繰り返し往復反転駆動が可能になっている。
- [0204] ボールねじ8030は、転動体である複数のボール（不図示）と、外周面に螺旋状の第1のねじ溝が形成されたねじ軸8031と、ねじ軸8031が通される円柱状の貫通孔（不図示）が形成されたナット8032を備える。ナット8032の貫通孔の内周面には、第1のねじ溝と対向する位置に第2のねじ溝（不図示）が形成されていて、第1のねじ溝と第2のねじ溝とで囲まれた転動路に複数のボールが充填され、ボールを介してねじ軸8031とナット8032に係合する。転動路の両端は還流路に接続されて、ボールが循環する循環路（閉路）が形成される。なお、ボールに替えてローラを転動体として使用してもよい。
- [0205] ボールねじ8030のねじ軸8031は、軸継手8012によってモーター8010の軸8011と同軸に（すなわち、回転軸又は中心線が一致するように）連結される。なお、本実施形態の電動アクチュエーター8100の軸線A×は、モーター8010の軸8011及びボールねじ8030のねじ軸8031の中心線である。

- [0206] ピストン8050は、軸線Axを中心とする円柱状の中空部8050aが形成された部材である。ボールねじ8030のナット8032は、中空部8050aに收容され、ピストン8050に固定される。
- [0207] 本実施形態のリニアガイド8040は、ガイドウェイ形循環式リニア軸受であり、レール8041と、レール8041上を走行可能なキャリッジ8042を備える。なお、リニアガイド8040に別の方式のリニア軸受（例えば、転がり軸受や滑り軸受）その他の直線案内機構を使用してもよい。
- [0208] ブレード8060は、軸線Ax方向に長い鋼板の両側の縁に複数の歯8062（図33）を形成したものである。一对のブレード8060は重ねられ、一方（ブレード8060A）がピストン8050の軸線Ax方向の一端部に固定され、他方（ブレード8060B）がロッド8002bの先端部に固定される。すなわち、固定されたブレード8060Bに対して、ブレード8060Aが電動アクチュエーター8100により軸線Ax方向に駆動可能に構成されている。
- [0209] モーター8010は、軸8011が所定の角度範囲で繰り返し往復回転するように駆動される。軸8011の回転は、ボールねじ8030によって直線運動に変換されて、ピストン8050に伝達される。すなわち、ピストン8050及びブレード8060Aは、所定のストロークで軸線Ax方向に繰り返し往復直線運動する。そして、固定されたブレード8060Bに対してブレード8060Aが軸線Ax方向に繰り返し往復移動することにより、一对のブレード8060A、8060Bの歯8062の間で枝葉等の被切断物が挟まれて切断される。
- [0210] モーター8010に駆動電力を供給する給電システムの構成は、図20に示す第4の実施形態の給電システム4800と同一構成のものであるが、ここで、改めて説明する。
- [0211] 一次電源4810は、商用電源又は電源装置であり、例えば単相交流又は三相交流の電力（以下「系統電力」という。）を供給する。一次電源4810から供給される系統電力は、任意選択的に設けられた回路遮断器4820

、電磁開閉器 4830 及びリアクトル 4840 を介して、サーボアンプ 4850（駆動装置）に供給される。サーボアンプ 4850 は、一次電源 4810 から供給される交流をモーター 8010 の駆動電力に変換するインバーター装置である。サーボアンプ 4850 の出力端子にはモーター 8010 が接続され、サーボアンプ 4850 からモーター 8010 に駆動電力が供給される。サーボアンプ 4850 は、制御装置 C4 と通信可能に接続され、制御装置 C4 の制御に従って動作する。なお、サーボアンプ 4850 とモーター 8010 は、電動アクチュエーター 8100 を構成し、電動アクチュエーター 8100 は制御装置 C4 によって制御される。

[0212] サーボアンプ 4850 は、電源回生コンバーター 4851、インバーター 4852 及びキャパシター 4853 を備える。電源回生コンバーター 4851 は、電源回生に適したコンバーターであり、例えば PWM (Pulse Width Modulation) 制御により電源側電流を正弦波化する PWM コンバーターである。なお、電源回生コンバーター 4851 は、120° 通電方式により電力変換を行うものでもよい。また、インバーター 4852 は、例えば PWM 制御により出力する電力を制御する PWM インバーターである。

[0213] インバーター 4852 は、電源である一次電源 4810 から電力が供給され、コントローラである制御装置 C4 に制御されてブレード 8060A を往復直線運動させる駆動電力を電動機であるモーター 8010 に供給する駆動装置である。電源回生コンバーター 4851 は、ブレード 8060A を往復直線運動させた際に、電動機であるモーター 8010 から回生される電力のうちサーボモーター 150 の加速で消費されなかった電力を電源へ回生させる。

[0214] また、本実施形態の電源回生コンバーター 4851 は、力行動作時に一次電源 4810 から供給される交流を整流する機能と、回生動作時に一次電源 4810 に帰還させる系統電力と同等の品質の交流を生成する機能を兼ね備えるが、力行動作専用のコンバーターと電源回生専用のコンバーターを個別に設けてもよい。

- [0215] モーター8010を駆動するとき（力行動作時）は、リアクトル4840から出力された交流電力は、電源回生コンバーター4851により直流に変換され、キャパシター4853により平滑化された後、インバーター4852により交流（例えばパルス列）の駆動電力に変換される。インバーター4852から出力される駆動電力は、モーター8010に輸入され、モーター8010を回転駆動する。
- [0216] モーター8010が回生電力を発生するとき（回生動作時）は、モーター8010から出力される回生電力は、インバーター4852によって直流に変換され、直流母線4854を介して、電源回生コンバーター4851に輸入される。なお、正負一對の導線から1系統の直流母線4854が構成される。電源回生コンバーター4851は、直流母線4854から供給される直流電力を正弦波交流に変換し、リアクトル4840、電磁開閉器4830及び回路遮断器4820を介して、一次電源4810に出力する。
- [0217] モーター8010の1サイクルの駆動波形は、図9に示すとおりである。即ち、モーター8010は、軸8011の角度位置 θ が $-\theta_a \sim \theta_a$ の範囲で正弦波の駆動波形に従って繰り返し変動するように駆動される。加速（力行動作）と減速（回生動作）とを向きを交互に換えながら繰り返すことにより、モーター8010の軸8011が往復回転する。このような往復回転が、例えば最大で500Hzの繰り返し周波数で繰り返される。なお、モーター8010の駆動波形は正弦波に限定されるものではない。
- [0218] このように、本実施形態では、モーター8010に加速と減速を繰り返す動作を行わせるために、モーター8010への電力の供給と、モーター8010による回生電力の発生が交互に繰り返される。モーター8010との電力の授受に伴う直流母線4854の短時間（例えばモーター8010の1サイクル程度）の電圧変動は、主にキャパシター4853によって調整（言い換えれば、平準化）される。そのため、図9（a）に示す区間A、Cにおいてモーター8010に供給される電力量の大半が区間B、Dにおいて回生電力として回収されて（すなわち、キャパシター4853に蓄積されて）再利

用されるため、一次電源４８１０から供給される電力をほとんど消費することなくモーター８０１０を駆動させることが可能となっている。

[0219] （第９実施形態）

図３４は、本発明の第９実施形態に係る電動アクチュエーターの給電システム２９０の概略構成を示したブロック図である。

[0220] 第９実施形態の給電システム２９０は、一次電源のコンセント（不図示）に差し込まれるプラグ２９１を備える点、及び、サーボアンプ２９５の構成において、第４実施形態の給電システム（図２０）と異なる。なお、図３４の回路遮断器９２、電磁開閉器９３、リアクトル９４、電源回生コンバーター９５ａ、インバーター９５ｂ、キャパシター９５ｃ、直流母線９５ｄは、それぞれ図２０の回路遮断器４８２０、電磁開閉器４８３０、リアクトル４８４０、電源回生コンバーター４８５１、インバーター４８５２、キャパシター４８５３、直流母線４８５４に対応する。

[0221] 第９実施形態のサーボアンプ２９５は、バッテリー２９５ｅを備えている。第９実施形態の電動アクチュエーターは、バッテリー２９５ｅを備えたことにより、一次電源から切り離された状態でもバッテリー２９５ｅに蓄積された電力により作動可能となっている。バッテリー２９５ｅは、電源回生コンバーター９５ａ及びインバーター９５ｂと並列に、一対の導線からなる直流母線９５ｄに接続される。

[0222] プラグ２９１が一次電源に接続されている場合は、一次電源から供給された系統電力は、電源回生コンバーター９５ａにより整流された後、キャパシター９５ｃ及びバッテリー２９５ｅにより蓄電・整流される。力行動作時に、キャパシター９５ｃ及びバッテリー２９５ｅから直流母線９５ｄを介して供給される直流電力は、インバーター９５ｂにより駆動電力に変換されて、モーター８０１０に供給される。プラグ２９１が一次電源に接続されていない場合は、バッテリー２９５ｅに蓄積された電力によって駆動電力が生成される。

[0223] 回生動作時にモーター８０１０から供給される回生電力は、インバーター

95bによって直流に変換された後、キャパシター95c及びバッテリー295eにより蓄電・整流される。キャパシター95c及びバッテリー295eにより蓄電された回生電力は、力行動作時にインバーター95bによる駆動電力の生成に再使用される。プラグ291が一次電源に接続されている場合は、余剰の回生電力は、電源回生コンバーター95aにより系統電力に相当する正弦波交流に変換され、一次電源に戻される。

[0224] (第10実施形態)

図35は、本発明の第10実施形態に係る電動アクチュエーターの給電システム390の概略構成を示したブロック図である。

[0225] 第10実施形態の給電システム390は、発電機8080と、発電機8080が発生した電力を系統電力に相当する正弦波交流に変換して一次電源側に供給するインバーター装置97を備えた点において、第4実施形態の給電システム4800と異なる。発電機8080は、例えば、モーター8010とボールねじ8030の間に接続される。また、インバーター装置97は、制御装置96と通信可能に接続され、制御装置96の制御に従って動作する。

[0226] インバーター装置97は、コンバーター97a、インバーター97b及びキャパシター97cを備える。コンバーター97aは、例えばダイオードブリッジ回路を含む全波整流方式の整流器を備える。コンバーター97aの入力側にPWMコンバーターを設け、コンバーター97aの入力電流を正弦波化してもよい。インバーター97bは、例えばPWM制御により出力する電力を制御するPWMインバーターである。

[0227] 発電機8080が発生した電力は、コンバーター97aによって直流に変換され、キャパシター97cによって平滑化された後、インバーター97bに入力される。なお、正負一對の導線から1系統の直流母線97dが構成される。インバーター97bは、直流母線97dから供給される直流電力を系統電力と同等の品質の正弦波交流に変換し、一次電源91側に出力する。

[0228] 発電機8080は、モーター8010が発生する動力の一部を使用して電

力を発生する。発電機 8080 が発生した電力は、サーボアンプ 95 による駆動電力の生成に使用され、余剰分は一次電源に戻される。

[0229] 本実施形態の構成によれば、回生動作時だけでなく力行動作時にも発電機 8080 により発電が行われて一次電源 91 側に電力が供給されるため、電力エネルギーをより効率的に利用することができる。

[0230] 本実施形態の発電機 8080 は交流発電機であるが、直流発電機を使用してもよい。この場合、発電機が発生する電力の整流が不要とるため、インバーター装置 97 のコンバーター 97a は不要となり、例えば、直流発電機の出力端子は、コンバーター 97a を介さずに、直流母線 97d に接続される。

[0231] インバーター装置 97 にバッテリーを設けて、バッテリーをキャパシター 97c と並列に直流母線 97d に接続する構成としてもよい。

[0232] また、発電機 8080 とモーター 8010 との間にクラッチを設けて、発電機 8080 による動力吸収を行うタイミングをクラッチの断続によって制御する構成としてもよい。

[0233] また、インバーター装置 97 の直流母線 97d、キャパシター 97c 及びインバーター 97b を、サーボアンプ 95 の直流母線 95d、キャパシター 95c 及び電源回生コンバーター 95a とそれぞれ共通化してもよい。

[0234] (第 11 実施形態)

図 36 は、本発明の第 11 実施形態に係る電動アクチュエーター 400 の給電システム 490 の概略構成を示したブロック図である。

[0235] 第 11 実施形態の給電システム 490 は、第 9 実施形態の給電システム 290 に第 10 実施形態の発電機 8080 を追加し、更に、サーボアンプ 295 に第 10 実施形態のインバーター装置 97 の機能を組み込んだ（具体的には、第 10 実施形態のコンバーター 97a を追加した）サーボアンプ 495 を採用したものである。

[0236] 第 10 実施形態の給電システム 390 では、サーボアンプ 95 とインバーター装置 97 が分離し、それぞれが一次電源 91 に接続されるため、一次電

源 9 1 とのインターフェース（電源回生コンバーター 9 5 a、インバーター 9 7 b）と直流回路（直流母線 9 5 d、9 7 d、及び、キャパシター 9 5 c、9 7 c）が個別に設けられている。これに対して、第 1 1 実施形態の給電システム 4 9 0（具体的には、サーボアンプ 4 9 5）では、サーボアンプ 9 5 とインバーター装置 9 7 とを統合することにより、重複するインバーター 9 7 b、直流母線 9 7 d 及びキャパシター 9 7 c が取り除かれている。

[0237] （第 1 2 実施形態）

図 3 7 及び図 3 8 は、それぞれ本発明の第 1 2 実施形態に係るヘッジトリマー 9 0 0 0 の側面図及び正面図である。なお、図 3 7 及び図 3 8 において、ピストン 8 0 5 0 が断面図で示されている。また、図 3 8 において、フレーム 8 0 0 2 の図示が省略されている。

[0238] 上述した第 8 実施形態のヘッジトリマー 8 0 0 0 では一対のブレード 8 0 6 0 のうち的一方のみが駆動されるが、本実施形態のヘッジトリマー 9 0 0 0 は、一対のブレード 8 0 6 0 の双方が互いに逆方向に駆動されるよう構成されたものである。

[0239] 本発明の第 1 2 実施形態に係る電動アクチュエーターは、一対のブレード 8 0 6 0（8 0 6 0 A、8 0 6 0 B）のそれぞれに対応して、一対のボールねじ 8 0 3 0（8 0 3 0 A、8 0 3 0 B）、リニアガイド 8 0 4 0（8 0 4 0 A、8 0 4 0 B）及びピストン 8 0 5 0（8 0 5 0 A、8 0 5 0 B）を備えている。本実施形態では、ボールねじ 8 0 3 0 A、リニアガイド 8 0 4 0 A 及びピストン 8 0 5 0 A により第 1 の運動変換部が形成され、ボールねじ 8 0 3 0 B、リニアガイド 8 0 4 0 B 及びピストン 8 0 5 0 B により第 2 の運動変換部が形成される。また、第 2 の運動変換部は、ボールねじ 8 0 3 0 B を一端部において回転可能に支持する軸受 8 0 3 6 を備える。

[0240] ブレード 8 0 6 0 A は第 1 の運動変換部のピストン 8 0 5 0 A に固定され、ブレード 8 0 6 0 B は第 2 の運動変換部のピストン 8 0 5 0 B に固定される。

[0241] 本実施形態のフレーム 8 0 0 2 は、ブレード 8 0 6 0 B を固定するロッド

8002bを有していない。すなわち、ブレード8060Bは、フレーム8002に固定されず、ピストン8050Bと共に移動可能になっている。また、ベース8002a（フレーム8002）には、モーター8010、一対のリニアガイド8040A、8040Bのレール8041及び軸受8036が固定されている。

[0242] 電動アクチュエーターは、一対のボールねじ8030A、8030Bのねじ軸8031とそれぞれ同軸に結合した一対の歯車8020（8020A、8020B）を備えている。なお、歯車8020は、ねじ軸8031の支持部8031a（ボール溝が形成されていない部分）に取り付けられる。一対のボールねじ8030A、8030Bのねじ軸8031は、歯車8020A、8020Bが互いに噛み合うように、互いに平行に並べられている。また、歯車8020Aと歯車8020Bは、同じ仕様のもの（例えば、歯数が同じ平歯車）である。そのため、ボールねじ8030Aのねじ軸8031が回転すると、ボールねじ8030Bのねじ軸8031が同じ回転数で逆向きに回転する。

[0243] また、ボールねじ8030Aとボールねじ8030Bも同じ仕様のものであるため、ボールねじ8030Aのねじ軸8031とボールねじ8030Bのねじ軸8031が同じ回転数で互いに逆向きに回転すると、ボールねじ8030Aのナット8032とボールねじ8030Bのナット8032は各ねじ軸8031に沿って互いに逆向きに同じ速度で直線運動する。そのため、ピストン8050Aに固定されたブレード8060Aと、ピストン8050Bに固定されたブレード8060Bも、互いに逆向きに同じ速度で直線運動する。

[0244] 上述した第12実施形態のヘッジトリマー9000によれば、一対のブレード8060の双方が互いに逆方向に駆動されるため、第8実施形態のヘッジトリマー8000よりも効率的に剪定を行うことができる。また、被切断物が各ブレード8060A、8060Bから受ける軸線A×方向の運動量が相殺されるため、切り屑の軸線A×方向への飛散が抑えられる。

- [0245] 以上が本発明の例示的な実施形態の説明である。本発明の実施形態は、上記に説明したものに限定されず、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。例えば明細書中に例示的に明示される実施形態等又は自明な実施形態等を適宜組み合わせた内容も本発明の実施形態に含まれる。
- [0246] 上記の第1から第7実施形態は、本発明を試験装置に適用したものであるが、本発明は、これに限定されず、例えば電動モビリティ等の電動機を使用する任意の電動機システムに適用することができる。
- [0247] 上記の第8から第12実施形態は、本発明をヘッジトリマーに適用したものであるが、本発明は、これに限定されず、例えば電動のこぎり（レシプロソー）、電動ハンマー、電動歯ブラシ等のリニアアクチュエーターを使用する電気機器に適用することができる。また、本発明の電動アクチュエーターは、各種電気機器に組み込まずに単体でも使用することができる。
- [0248] 上記の第8から第12実施形態では、回転運動を直線運動に変換する運動変換器として送りねじ機構が使用されるが、他の方式の運動変換器（例えば、特許文献1に記載のような偏心カムを使用する機構やスライダ・クランク機構、ラックアンドピニオン機構等）を使用してもよい。
- [0249] 上記の第8から第12実施形態では、ボールねじ8030のねじ軸8031がモーター8010の軸8011と直接連結しているが、駆動部に減速機を設け、減速機を介してモーター8010とボールねじ8030（又は、その他の運動変換器）を連結する構成としてもよい。
- [0250] 第4実施形態の給電システム（図20）や第10実施形態の給電システム（図35）にも、第9実施形態と同様にプラグ291及びバッテリー295eを設けた構成としてもよい。
- [0251] また、第9実施形態の給電システム（図34）や第11実施形態の給電システム（図36）からプラグ291及びバッテリー295eを除去して、回路遮断器92を一次電源91に直結する構成としてもよい。
- [0252] 第9実施形態の給電システム（図34）や第11実施形態の給電システム（図36）において、バッテリー295eを取り除き、静電容量の大きなキ

ャパシター 95 c を使用して、キャパシター 95 c がバッテリー 295 e の蓄電機能も担う構成としてもよい。また、バッテリー 295 e に加えて、大容量のキャパシター 95 c を給電システムに設けても良い。

[0253] 上記の第 10、11 の実施形態において、給電システムに発電機を備える構成を例示したが、発電機は、第 10、11 の実施形態に限らず、他の実施形態の給電システムに設けられてもよい。

[0254] 上記の各実施形態において、モーターは AC サーボモーターであるが、DC サーボモーターやステッピングモーター等、駆動量（回転角）の制御が可能な別の種類の電動機をモーターとして使用してもよい。

[0255] 上記の各実施形態では、リニアアクチュエーターが回転モーターと運動変換器から構成されるが、回転モーター及び運動変換器に替えてリニアアクチュエーターとしてリニアモーターを使用してもよい。

[0256] また、上記の各実施形態において、トルク発生装置に超低慣性サーボモーターが使用されているが、本発明の構成はこれに限定されない。回転子の慣性モーメントが小さく、高加速度あるいは高加加速度で駆動可能な他の形式の電動機（例えば、インバータモーター）を使用した構成も本発明に含まれる。この場合、上記の各実施形態と同様に、電動機にエンコーダを設けて、エンコーダが検出した電動機の出力軸の回転状態（例えば回転数や角度位置）によるフィードバック制御を行う構成が採用され得る。

[0257] また、上記の実施形態は、主に自動車用の動力伝達装置の耐久試験装置に本発明を適用した例であるが、本発明はこれに限定されず、産業全般において様々な用途に使用することができる。例えば、自動車（2 輪車、3 輪車、4 輪車、バス、トラック、トラクター）、農業機械、建設機械、鉄道車両、船舶、航空機、発電システム、給排水システム、若しくは、これらを構成する各種部品（電動機システム）、又は、これらの機械特性や耐久性の評価に適した試験システムに本発明を使用することができる。

[0258] また、本発明の実施形態に係る電動アクチュエーターは、建設機械、農業機械、木工機械、工作機械、鍛圧機械、射出成形機、ロボット、運搬機械（

例えば、クレーン、昇降機、コンベア等）等の各種産業機械の電動機システムとしても使用することができる。

[0259] また、本発明の実施形態に係る電動アクチュエーターは、各種家電機器（洗濯機、冷蔵庫、エアコンディショナー、コンプレッサー等）の原動機としても使用することができる。

[0260] 上記の各実施形態においては、サーボアンプから余剰の回生電力を一次電源側へ戻すことが可能な電源回生コンバーターが使用されているが、余剰電力を一次電源側へ戻す電源回生機能を有しないコンバーターを使用してもよい。電源回生機能を有しないコンバーターを使用する場合は、回生電力を吸収する回生抵抗をサーボアンプに設けずに、余剰電力を貯留する装置（例えば大容量キャパシターや大容量バッテリー等）をサーボアンプに設けることが望ましい。

[0261] また、上記の各実施形態では、一次電源から供給される電力を変換して電動機を駆動するシステムを例示したが、電源からシステムへ供給される電力は交流電力に限らない。図34、図36に示すようにバッテリーから供給される直流電力を変換して電動機を駆動してもよい。この場合、回生電力は、バッテリーに蓄電されてもよい。

[0262] 図39及び図40は、各実施形態に係る電動アクチュエーターに電力を供給する給電システムの変形例を示した図である。上記の各実施形態では、一次電源から供給される電力を変換して電動機を駆動するシステムを例示したが、電源からシステムへ供給される電力は交流電力に限らない。図39、図40に示すようにバッテリー791から供給される直流電力を、コンバーターを介してインバーターへ供給することでモーター10を駆動してもよい。この場合、回生電力は、一次電源へ出力される代わりに、バッテリー791に蓄電される。

[0263] なお、図39に示す給電システム790は、コンバーターとして双方向DCDCコンバーター795aを備える。まず、バッテリー791に充電器792が接続され、一次電源のコンセント（不図示）に差し込まれるプラグ2

91から充電器792を介して供給される電力によりバッテリー791が充電される。次に、サーボアンプ795にバッテリー791が接続され、バッテリー791からの電力を双方向DCDCコンバーター795aを介してインバーター95bへ供給してモーター10を駆動するとともに、インバーター95bからの回生電力を双方向DCDCコンバーター795aを介してバッテリー791に出力する。

[0264] また、図40に示す給電システム890は、電源回生コンバーター95aの上流に双方向DCACコンバーター895aを備える。まず、バッテリー791に充電器792が接続され、一次電源のコンセント（不図示）に差し込まれるプラグ291aから充電器792を介して供給される電力によりバッテリー791が充電される。次に、サーボアンプ895にバッテリー791が接続され、バッテリー791からの電力を双方向DCACコンバーター895aと電源回生コンバーター95aを介してインバーター95bへ供給してモーター10を駆動するとともに、インバーター95bからの回生電力を電源回生コンバーター95aと双方向DCACコンバーター895aを介してバッテリー791に出力する。また、電源回生コンバーター95a及び双方向DCACコンバーター895aは、プラグ291bに接続されている。一次電源のコンセント（不図示）に差し込まれるプラグ291bからの電力は、電源回生コンバーター95aを介してインバーター95bへ供給され、この電力によりモーター10を駆動することもできる。また、プラグ291bから供給される電力は、双方向DCACコンバーター895aを介してバッテリー791へ供給され、この電力によりバッテリー791を充電することもできる。

[0265] 上記の各実施形態では、モーター10からインバーター95b及び電源回生コンバーター95aを介して一次電源に電力を回生させていたが、モーター10からインバーター95b及び電源回生コンバーター95aを介さずに一次電源に電力を回生させてもよい。

[0266] 本明細書には、下記の発明も記載されている。

[付記 1]

電動機と、
前記電動機に駆動電力を供給する駆動装置と、
前記駆動装置を制御する制御装置と、
を備え、
前記駆動装置が、
電源から供給される交流電力を直流電力に変換するコンバーターと、
前記直流電力から駆動電力を生成するインバーターと、を備え、
前記制御装置が、前記電動機を繰り返し往復駆動するように前記駆動装置
を制御する、
省電力電動機システム。

[付記 2]

前記駆動装置が、
前記コンバーターと前記インバーターとを接続する一対の導線からなる
直流母線と、
前記一対の導線を連結するキャパシターと、を備えた、
付記 1 に記載の省電力電動機システム。

[付記 3]

複数の前記電動機を備え、
前記駆動装置が、
前記コンバーターに接続された一対の導体からなる 1 系統の直流母線と
、
前記 1 系統の直流母線に接続された複数の前記インバーターと、
前記一対の導線を連結するキャパシターと、を備えた、
を備えた、
付記 1 に記載の省電力電動機システム。

[付記 4]

前記コンバーターが PWM コンバーターである。

付記 1 から付記 3 のいずれかに記載の省電力電動機システム。

[付記 5]

前記制御装置が、3 Hz 以上の周波数で繰り返し往復駆動するように前記電動機を制御する、

付記 1 から付記 4 のいずれかに記載の省電力電動機システム。

[付記 6]

付記 1 から付記 5 のいずれかに記載の前記省電力電動機システムと、
前記電動機が出力する回転運動を直線運動に変換する運動変換器と、
前記直線運動によって加振されるテーブルと、を備えた、
振動試験装置。

[付記 7]

前記運動変換機がボールねじであり、
前記ボールねじが、
前記電動機の軸に接続されたねじ軸と、
前記ねじ軸と係合し、該ねじ軸の回転に伴って軸方向に移動するナット
と、を備え、
前記テーブルが前記ナットと連結し、該ナットと共に前記軸方向に移動する
ように構成された、
付記 6 に記載の振動試験装置。

[付記 8]

付記 1 から付記 5 のいずれかに記載の前記省電力電動機システムを備えた
、
省電力試験システム。

[付記 11]

電動機と、
前記電動機に駆動電力を供給する駆動装置と、
前記駆動装置を制御する制御装置と、
前記電動機が出力する回転運動を直線運動に変換する運動変換器と、

を備え、

前記駆動装置が、

電源から供給される交流電力を直流電力に変換するコンバーターと、

前記直流電力から前記駆動電力を生成するインバーターと、を備え、

前記制御装置が、前記電動機が繰り返し往復回転運動を出力するように、
前記駆動装置を制御する、

電動アクチュエーター。

[付記 1 2]

前記駆動装置が、

前記コンバーターと前記インバーターとを接続する一対の導線からなる
直流母線と、

前記一対の導線を連結するキャパシターと、を備えた、

付記 1 1 に記載の電動アクチュエーター。

[付記 1 3]

前記コンバーターが P W M コンバーターである。

付記 1 1 又は付記 1 2 に記載の電動アクチュエーター。

[付記 1 4]

前記制御装置が、前記電動機を 3 H z 以上の周波数で繰り返し往復駆動す
るように前記駆動装置を制御する、

付記 1 1 から付記 1 3 のいずれかに記載の電動アクチュエーター。

[付記 1 5]

前記電動機が発生する動力によって電力を発生する発電機を備えた、

付記 1 1 から付記 1 4 のいずれかに記載の電動アクチュエーター。

[付記 1 6]

前記発電機が発生する電力を系統電力に相当する交流に変換して電源側に
供給するインバーター装置を備えた、

付記 1 5 に記載の電動アクチュエーター。

[付記 1 7]

前記運動変換器がボールねじであり、
前記ボールねじが、
前記電動機の軸と連結したねじ軸と、
転動体である複数のボールを介して前記ねじ軸と係合し、該ねじ軸の回転に伴って軸方向に移動するナットと、を備えた、
付記 16 に記載の電動アクチュエーター。

[付記 18]

付記 11 から付記 17 のいずれかに記載の電動アクチュエーターを備えた、
電気機器。

さらに、本願の出願当初の請求の範囲の記載を以下に付記する。

[付記 21]

被加振物が取り付けられる振動テーブルと、
前記振動テーブルを所定方向に加振する電動アクチュエーターと、
前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、
前記電動アクチュエーターは、
正転と逆転を切り替え可能な電動機と、
電源から電力が供給され、前記コントローラに制御されて前記振動テーブルを所望の振幅及び周波数で加振する駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、
前記駆動装置は、前記振動テーブルを前記所望の振幅及び周波数で加振した際に、前記電動機から回生される電力のうち前記電動機の加速で消費されなかった電力を前記電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む
振動試験装置。

[付記 22]

前記コントローラは、前記電動機の駆動期間において前記電動機が正転と逆転を所要周波数で繰り返すように前記駆動装置を制御し、
前記電源回生コンバーターは、前記電動機の正転時及び逆転時のそれぞれ

の減速過程において前記電動機から回生される電力を前記電源に出力する
付記 2 1 に記載の振動試験装置。

[付記 2 3]

連続的に繰り返される前記電動機の正転期間と逆転期間のうちの前記正転期間において前記振動テーブルが正方向に移動し、前記逆転期間において前記振動テーブルが逆方向に移動し、

前記正転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第 1 加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第 1 減速期間とを含み、

前記逆転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第 2 加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第 2 減速期間とを含み、

前記コントローラは、

前記第 1 加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、

前記第 1 減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させ、

前記第 2 加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、

前記第 2 減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させる

付記 2 1 に記載の振動試験装置。

[付記 2 4]

前記駆動装置は、前記電源回生コンバーターと前記電動機との間に設けられるキャパシターをさらに含み、

前記コントローラは、前記第 1 減速期間において前記電動機から回生され前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記第 2 加速期間において前記電源から供給されるエネルギーよりも優先されて前記電動機に供給され、前

記第2減速期間において前記電動機から回生され前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記第1加速期間において前記電源から供給されるエネルギーよりも優先されて前記電動機に供給されるように、前記駆動装置を制御する

付記23記載の振動試験装置。

[付記25]

前記駆動装置は、前記電源回生コンバーターと前記電動機との間に設けられるキャパシターをさらに含み、

前記コントローラは、前記駆動期間において前記第1加速期間、前記第1減速期間、前記第2加速期間、及び前記第2減速期間からなるエネルギー循環を繰り返し、

前記第1加速期間では少なくとも前回のエネルギー循環における前記第2減速期間で前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記電動機に供給され、

前記第1減速期間では前記電動機から回生されたエネルギーが前記キャパシターに蓄積され、

前記第2加速期間では少なくとも今回のエネルギー循環における前記第1減速期間で前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記電動機に供給され、

前記第2減速期間では前記電動機から回生されたエネルギーが前記キャパシターに蓄積される

付記23記載の振動試験装置。

[付記26]

前記コントローラは、前記駆動期間では前記電動機が正転と逆転を3Hz以上の所要周波数で繰り返されるように前記駆動装置を制御する

付記22に記載の振動試験装置。

[付記27]

前記電源は、交流電源で構成され、

前記電源回生コンバーターは、双方向ＡＣＤＣコンバーターで構成される
付記２１に記載の振動試験装置。

[付記２８]

前記電源は、直流電源で構成され、
前記電源回生コンバーターは、双方向ＤＣＤＣコンバーターで構成される
付記２１に記載の振動試験装置。

[付記２９]

電動アクチュエーターと、
前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、
前記電動アクチュエーターは、
タイヤの中心軸に連結される回転軸を有する電動機と、
電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記電動機に変動トルクを生じさせる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、
を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記電動機に変動トルクを生じさせた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを前記電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

タイヤ試験装置。

[付記３０]

電動アクチュエーターと、
前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、
前記電動アクチュエーターは、
供試体に結合される回転軸を有する電動機と、
電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記電動機に変動トルクを生じさせる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、
を含み

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記電動機

に変動トルクを生じさせた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ねじり試験装置。

[付記 3 1]

電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正転と逆転に応じて往復直線運動する運動変換器と、

前記運動変換器の往復直線運動を受けて供試体に対して圧縮力または引張力を伝える可動部と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記運動変換器を所望の振幅及び周波数で往復直線運動する駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記運動変換器を前記所望の振幅及び周波数で往復直線運動した際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

引張圧縮試験装置。

[付記 3 2]

タイヤが取り付けられるスピンドルと、

一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、

前記一方向回転運動を前記スピンドルに伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記スピンドルを所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記スピンドルを前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

動釣合複合試験装置。

[付記 3 3]

タイヤに当接する回転ドラムと、

前記回転ドラムに一方向回転運動を行わせる電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記回転ドラムを所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記回転ドラムを前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ユニフォーミティ試験装置。

[付記 3 4]

一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、

前記一方向回転運動を供試体に伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、
前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、
電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記供試体を所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、
を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記供試体を前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

バランス測定装置。

[付記 3 5]

供試体に取り付けられる取付部と、
一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、
前記一方向回転運動を直線運動に変換して前記取付部に伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記取付部に所望の加速度を与える駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、
を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記取付部に所望の加速度を与えた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

衝突模擬試験装置。

[付記 3 6]

ブレードと、

前記ブレードを往復直線運動させる電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記ブレードを往復直線運動させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記ブレードを往復直線運動させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ヘッジトリマー。

[付記 37]

少なくとも 1 つの電動機と、

前記電動機に駆動電力を供給する駆動装置と、

前記電動機が加速と減速を繰り返されるように前記駆動装置を制御するコントローラと、を備え、

前記駆動装置は、前記電動機の減速過程において前記電動機から回生される電力が蓄積される第 1 キャパシターを含む

電動アクチュエーター。

[付記 38]

前記コントローラは、前記電動機の駆動区間において前記電動機が正転と逆転を所要周波数で繰り返されるように前記駆動装置を制御し、

前記第 1 キャパシターは、前記電動機の正転時及び逆転時のそれぞれの減速過程において前記電動機から回生される電力が蓄積される

付記 37 に記載の電動アクチュエーター。

[付記 39]

前記電動機の正転期間と逆転期間とを連続的に繰り返し、
前記正転期間において振動テーブルが正方向に移動し、
前記逆転期間において前記振動テーブルが逆方向に移動し、
前記正転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第1加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第1減速期間とを含み、
前記逆転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第2加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第2減速期間とを含み、
前記コントローラは、
前記第1加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、
前記第1減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させ、
前記第2加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、
前記第2減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させる
付記37に記載の電動アクチュエーター。

[付記40]

前記駆動装置は、前記電動機から回生される電力を、前記第1キャパシターを介して、前記電源へ回生する電源回生コンバーターを含む
付記37に記載の電動アクチュエーター。

符号の説明

[0267] 10、150 : サーボモーター

91、1810、2810、3810、4810 : 一次電源

95a、1851、2851、3851、4851 : 電源回生コンバーター

95 b、185 2、285 2、385 2、485 2 : インバーター
95 c、185 3、285 3、385 3、485 3 : キャパシター
96 : 制御装置
100、400、4010、5320、5420、8100 : 電動アク
チュエーター
295 e : バッテリー
1000 : 振動試験装置
1100 : 振動テーブル
1200、1300、1400 : アクチュエーター
2000 : タイヤ試験装置
3000 : ねじり試験装置
4000 : 引張圧縮試験装置
5000 : 衝突模擬試験装置
6000 : 動釣合複合試験装置
7000 : バランス測定装置
8000、9000 : ヘッジトリマー
8080 : 発電機
C1、C2、C3 : 制御ユニット

請求の範囲

- [請求項1] 被加振物が取り付けられる振動テーブルと、
前記振動テーブルを所定方向に加振する電動アクチュエーターと、
前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、
前記電動アクチュエーターは、
正転と逆転を切り替え可能な電動機と、
電源から電力が供給され、前記コントローラに制御されて前記振動テーブルを所望の振幅及び周波数で加振する駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、
前記駆動装置は、前記振動テーブルを前記所望の振幅及び周波数で加振した際に、前記電動機から回生される電力のうち前記電動機の加速で消費されなかった電力を前記電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む
振動試験装置。
- [請求項2] 前記コントローラは、前記電動機の駆動期間において前記電動機が正転と逆転を所要周波数で繰り返すように前記駆動装置を制御し、
前記電源回生コンバーターは、前記電動機の正転時及び逆転時のそれぞれの減速過程において前記電動機から回生される電力を前記電源に出力する
請求項1に記載の振動試験装置。
- [請求項3] 連続的に繰り返される前記電動機の正転期間と逆転期間のうちの前記正転期間において前記振動テーブルが正方向に移動し、前記逆転期間において前記振動テーブルが逆方向に移動し、
前記正転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第1加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第1減速期間とを含み、
前記逆転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第2加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点

とする前記電動機の第2減速期間とを含み、

前記コントローラは、

前記第1加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、

前記第1減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させ、

前記第2加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、

前記第2減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させる

請求項1に記載の振動試験装置。

[請求項4]

前記駆動装置は、前記電源回生コンバーターと前記電動機との間に設けられるキャパシターをさらに含み、

前記コントローラは、前記第1減速期間において前記電動機から回生され前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記第2加速期間において前記電源から供給されるエネルギーよりも優先されて前記電動機に供給され、前記第2減速期間において前記電動機から回生され前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記第1加速期間において前記電源から供給されるエネルギーよりも優先されて前記電動機に供給されるように、前記駆動装置を制御する

請求項3に記載の振動試験装置。

[請求項5]

前記駆動装置は、前記電源回生コンバーターと前記電動機との間に設けられるキャパシターをさらに含み、

前記コントローラは、前記駆動期間において前記第1加速期間、前記第1減速期間、前記第2加速期間、及び前記第2減速期間からなるエネルギー循環を繰り返し、

前記第1加速期間では少なくとも前回のエネルギー循環における前記第2減速期間で前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記電

動機に供給され、

前記第 1 減速期間では前記電動機から回生されたエネルギーが前記キャパシターに蓄積され、

前記第 2 加速期間では少なくとも今回のエネルギー循環における前記第 1 減速期間で前記キャパシターに蓄積されたエネルギーが前記電動機に供給され、

前記第 2 減速期間では前記電動機から回生されたエネルギーが前記キャパシターに蓄積される

請求項 3 記載の振動試験装置。

[請求項 6] 前記コントローラは、前記駆動期間では前記電動機が正転と逆転を 3 Hz 以上の所要周波数で繰り返されるように前記駆動装置を制御する請求項 2 に記載の振動試験装置。

[請求項 7] 前記電源は、交流電源で構成され、
前記電源回生コンバーターは、双方向 A C D C コンバーターで構成される

請求項 1 に記載の振動試験装置。
[請求項 8] 前記電源は、直流電源で構成され、
前記電源回生コンバーターは、双方向 D C D C コンバーターで構成される

請求項 1 に記載の振動試験装置。
[請求項 9] 電動アクチュエーターと、
前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、
前記電動アクチュエーターは、
タイヤの中心軸に連結される回転軸を有する電動機と、
電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記電動機に変動トルクを生じさせる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、
前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記

電動機に変動トルクを生じさせた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを前記電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

タイヤ試験装置。

[請求項10]

電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

供試体に結合される回転軸を有する電動機と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記電動機に変動トルクを生じさせる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記電動機に変動トルクを生じさせた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ねじり試験装置。

[請求項11]

電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正転と逆転に応じて往復直線運動する運動変換器と

、

前記運動変換器の往復直線運動を受けて供試体に対して圧縮力または引張力を伝える可動部と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記運動変換器を所望の振幅及び周波数で往復直線運動する駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記

運動変換器を前記所望の振幅及び周波数で往復直線運動した際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

引張圧縮試験装置。

[請求項12]

タイヤが取り付けられるスピンドルと、

一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、

前記一方向回転運動を前記スピンドルに伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記スピンドルを所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記スピンドルを前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

動釣合複合試験装置。

[請求項13]

タイヤに当接する回転ドラムと、

前記回転ドラムに一方向回転運動を行わせる電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換

器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記回転ドラムを所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記回転ドラムを前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ユニフォーミティ試験装置。

[請求項14]

一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、

前記一方向回転運動を供試体に伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記供試体を所定速度で回転させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記供試体を前記所定速度で回転させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

バランス測定装置。

[請求項15]

供試体に取り付けられる取付部と、

一方向回転運動を出力する電動アクチュエーターと、

前記一方向回転運動を直線運動に変換して前記取付部に伝達する伝達機構と、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

前記電動機の正逆回転を前記一方向回転運動に変換する運動変換器と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記取付部に所望の加速度を与える駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記取付部に所望の加速度を与えた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

衝突模擬試験装置。

[請求項16]

ブレードと、

前記ブレードを往復直線運動させる電動アクチュエーターと、

前記電動アクチュエーターを制御するコントローラと、を備え、

前記電動アクチュエーターは、

正転と逆転を切り替え可能な電動機と、

電源からエネルギーが供給され、前記コントローラに制御されて前記ブレードを往復直線運動させる駆動電力を前記電動機に供給する駆動装置と、を含み、

前記駆動装置は、前記コントローラが前記駆動装置を制御して前記ブレードを往復直線運動させた際に、前記電動機から回生されるエネルギーのうち前記電動機の加速で消費されなかったエネルギーを電源へ回生させる電源回生コンバーターを含む

ヘッジトリマー。

[請求項17]

少なくとも1つの電動機と、

前記電動機に駆動電力を供給する駆動装置と、

前記電動機が加速と減速を繰り返されるように前記駆動装置を制御するコントローラと、を備え、

前記駆動装置は、前記電動機の減速過程において前記電動機から回生される電力が蓄積される第1キャパシターを含む電動アクチュエーター。

[請求項18] 前記コントローラは、前記電動機の駆動区間において前記電動機が正転と逆転を所要周波数で繰り返されるように前記駆動装置を制御し、

前記第1キャパシターは、前記電動機の正転時及び逆転時のそれぞれの減速過程において前記電動機から回生される電力が蓄積される請求項17に記載の電動アクチュエーター。

[請求項19] 前記電動機の正転期間と逆転期間とを連続的に繰り返し、
前記正転期間において振動テーブルが正方向に移動し、
前記逆転期間において前記振動テーブルが逆方向に移動し、
前記正転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第1加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第1減速期間とを含み、
前記逆転期間は、前記振動テーブルの移動開始時点を始点とする前記電動機の第2加速期間と、前記振動テーブルの移動停止時点を終点とする前記電動機の第2減速期間とを含み、
前記コントローラは、
前記第1加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、
前記第1減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになるように前記電動機を減速させ、
前記第2加速期間において前記電動機のトルクが正のトルクになるように前記電動機を加速させ、
前記第2減速期間において前記電動機のトルクが負のトルクになる

ように前記電動機を減速させる

請求項 17 に記載の電動アクチュエーター。

[請求項20] 前記駆動装置は、前記電動機から回生される電力を、前記第 1 キャパシターを介して、電源へ回生する電源回生コンバーターを含む
請求項 17 に記載の電動アクチュエーター。