

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6426652号  
(P6426652)

(45) 発行日 平成30年11月21日(2018.11.21)

(24) 登録日 平成30年11月2日(2018.11.2)

(51) Int. Cl.			F I		
<b>HO2M</b>	<b>1/00</b>	<b>(2007.01)</b>	HO2M	1/00	A
<b>GO5B</b>	<b>19/418</b>	<b>(2006.01)</b>	GO5B	19/418	Z
<b>HO2M</b>	<b>3/155</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2M	3/155	N
			HO2M	3/155	W

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-82318 (P2016-82318)	(73) 特許権者	390008235
(22) 出願日	平成28年4月15日 (2016.4.15)		ファナック株式会社
(65) 公開番号	特開2017-192274 (P2017-192274A)		山梨県南部留郡忍野村忍草字古馬場358
(43) 公開日	平成29年10月19日 (2017.10.19)		〇番地
審査請求日	平成29年6月15日 (2017.6.15)	(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100114018
			弁理士 南山 知広
		(74) 代理人	100165191
			弁理士 河合 章
		(74) 代理人	100151459
			弁理士 中村 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デジタル制御電源装置および生産管理システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

受信したゲート信号に応じてオンオフ駆動されることで、所定の入力電圧を変換して変換済電圧を出力するスイッチング素子と、

前記スイッチング素子から出力された前記変換済電圧を平滑化して、電源電圧として出力する平滑回路と、

前記平滑回路から出力された前記電源電圧をアナログデジタル変換して電源電圧デジタルデータを出力するアナログデジタル変換器と、

設定値と前記アナログデジタル変換器から出力された電源電圧デジタルデータとの偏差に対してPID制御演算を行うPID制御器と、

前記PID制御器の演算結果に基づいて、前記スイッチング素子をオンオフ駆動するためのゲート信号を生成するスイッチング駆動回路と、

前記電源電圧デジタルデータが示すサンプリング毎の変動履歴に基づいて、前記PID制御器によるPID制御演算で用いられる制御パラメータを動的に自動調整する制御パラメータ調整器と、

前記PID制御器によるPID制御演算で用いられた前記制御パラメータを出力する制御パラメータ出力部と、

前記制御パラメータ出力部から出力された前記制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、

を備えることを特徴とするデジタル制御電源装置。

## 【請求項 2】

前記制御パラメータ判定部が前記異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、  
をさらに備える、請求項 1 に記載のデジタル制御電源装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 に記載のデジタル制御電源装置を有する製造機械を複数含んで構築されている製造セルと相互通信可能に接続され、各前記製造機械を制御するセル制御装置と、

前記セル制御装置と相互通信可能に接続され、前記セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、

を備え、

各前記製造機械、前記セル制御装置および前記生産管理装置のうちの少なくともいずれかが、

前記制御パラメータ出力部から出力された前記制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、

前記制御パラメータ判定部が前記異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、

を有することを特徴とする生産管理システム。

## 【請求項 4】

製造セルを構築している複数の製造機械と相互通信可能に接続され、請求項 1 に記載のデジタル制御電源装置を有し、各前記製造機械を制御するセル制御装置と、

前記セル制御装置と相互通信可能に接続され、前記セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、

を備え、

前記生産管理装置は、

前記制御パラメータ出力部から出力された前記制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、

前記制御パラメータ判定部が前記異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、

を有することを特徴とする生産管理システム。

## 【請求項 5】

製造セルを構築している複数の製造機械と相互通信可能に接続され、各前記製造機械を制御するセル制御装置と、

前記セル制御装置と相互通信可能に接続され、前記セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、

を備え、

前記セル制御装置および前記生産管理装置のうちの少なくともいずれかが、請求項 2 に記載のデジタル制御電源装置を有することを特徴とする生産管理システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、デジタル制御電源装置およびこれを備える生産管理システムに関し、特に制御パラメータの自動調整機能を有するデジタル制御電源装置およびこれを備える生産管理システムに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

図 1 2 は、一般的な自動調整機能を有するデジタル制御電源装置を示す図である。一般に、安定した直流電圧出力のための自動調整機能を有するデジタル制御電源装置 5 0 1 は、スイッチング素子 5 1 1 と、平滑回路 5 1 2 と、アナログデジタル変換器 5 1 3 と、スイッチング駆動回路 5 1 5、デジタル制御部 5 3 1 とを有する。スイッチング素子 5 1 1 は、例えば F E T ( F i e l d E f f e c t T r a n s i s t o r : 電界効

10

20

30

40

50

果トランジスタ)であり、受信したゲート信号に応じてオンオフ駆動されることで、所定の入力電圧 $V_{in}$ を変換し、例えばPWM変調された電圧を出力する。平滑回路512は、スイッチング素子511から出力されたPWM変調された電圧を平滑化するためのものであり、チョークコイル $L$ と出力コンデンサ $C_{out}$ とからなる。この平滑回路512から出力される電圧が、デジタル制御電源装置501からの直流電源電圧 $V_{out}$ として出力され、デジタル制御電源装置501に接続された負荷(図示せず)に印加される。デジタル制御電源装置501から出力された電源電圧 $V_{out}$ は、直流電圧出力の自動調整のためにデジタル制御部531にフィードバックされる。アナログデジタル変換器513は、平滑回路512から出力された電源電圧をアナログデジタル変換して電源電圧デジタルデータを出力する。アナログデジタル変換器513から出力された電源電圧デジタルデータはデジタル制御部531に入力される。デジタル制御部531は、設定値とアナログデジタル変換器513から出力された電源電圧デジタルデータとの偏差に対してPID制御演算を行うPID制御器514と、電源電圧デジタルデータが示すサンプリング毎の変動履歴に基づいて、PID制御器514によるPID制御演算で用いられる制御パラメータ(比例ゲイン、微分ゲイン、積分ゲイン)を動的に自動調整する制御パラメータ調整器516と、を含む。スイッチング駆動回路515は、PID制御器514の演算結果に基づいて、スイッチング素子511をオンオフ駆動するためのゲート信号を生成し、スイッチング素子511のゲートへ出力する。

#### 【0003】

このようなデジタル制御電源装置501では、各種ノイズの影響や内部のアナログ回路の経年変化、あるいは、デジタル制御電源装置501に接続される負荷の状況など、種々の原因により、デジタル制御電源装置501から出力される電源電圧 $V_{out}$ に変動が生じ得る。制御パラメータ調整器516は、PID制御器514のPID制御演算で用いられる制御パラメータをリアルタイムに調整することにより、デジタル制御電源装置501から出力される電源電圧 $V_{out}$ が安定した直流電圧出力を維持できるようにしている。例えば平滑回路512内の出力コンデンサ $C_{out}$ が経年変化により静電容量が低下すると平滑回路512から出力される電圧(すなわちデジタル制御電源装置501から出力される電源電圧 $V_{out}$ )の変動が大きくなり得るが、PID制御器514のPID制御演算で用いられる制御パラメータが制御パラメータ調整器516によりリアルタイムに調整されることにより、デジタル制御電源装置501から出力される電源電圧 $V_{out}$ を略一定に保つことができる。

#### 【0004】

デジタル制御電源装置をはじめとした各種制御装置に広く用いられているPID制御器の制御パラメータを自動調整するための様々なアルゴリズムが知られている(例えば、特許文献1参照。)

#### 【0005】

一方、直流電源が組み込まれている各種電気装置において、直流電源に異常が発生すると当該電気装置およびこれに付随する機器に様々な影響を及ぼす恐れがあることから、直流電源の故障を検知することは重要である。

#### 【0006】

例えば、直流電源の出力電圧と基準電圧との偏差や直流電源のリプル電圧を監視して直流電源の異常を検知する電源監視装置がある(例えば、特許文献2参照。)

#### 【0007】

例えば、電源装置の寿命が電解コンデンサの寿命に起因し、電解コンデンサの寿命が装置の出力電圧のリプル電圧の増大として現れることを利用して、電源装置の寿命を判定する電源装置の寿命監視装置がある(例えば、特許文献3参照。)

#### 【0008】

例えば、産業用に使用される電力変換装置として、電力変換装置自身の保守点検情報を電力変換装置内部に設けた部品劣化検出回路より出力し、劣化の進行度(寿命)を推定する推定モデルと稼働状況とを照合して部品の残存寿命を推定するものがある(例えば、特

10

20

30

40

50

許文献4参照。 )。

【0009】

また、製造工場においては、工作機械、射出成形機、もしくはアーク溶接などのロボットといった製造機械により、工作物（ワーク）の加工や溶接などの作業が行われている。また、工作物を加工するために、複数の製造機械によって製造ライン、例えば製造セルが構築されている。この場合、製造セルを構築している各製造機械は、通信ネットワークを介してセル制御装置により制御されている。セル制御装置は、さらに上位にある生産管理装置によって、生産計画が指示される。このような生産管理システムにおいては、製造機械、セル制御装置および生産管理装置の各機器における制御系のための直流電源として、安定した直流電圧出力を供給可能で、かつ高い信頼性を有する電源装置が広く求められている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特表平11-510932号公報

【特許文献2】特開平2-145977号公報

【特許文献3】特開2005-172653号公報

【特許文献4】特開平5-56629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0011】

製造セルを構築している複数の製造機械を制御するセル制御装置およびこのセル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置を有する生産管理システムにおいては、1つの機器の異常がシステム全体に甚大な影響を及ぼし、工場の生産性が著しく低下する。特に、電源装置は、各機器の制御系のための直流電源として広く用いられていることから、電源装置の異常は制御系の故障に直結する。電源装置の一種である自動調整機能を有するデジタル制御電源装置の安定した直流出力電圧を維持できる性能を十分に生かすためにも、デジタル制御電源装置の異常が発生する前に、事前保守のためにデジタル制御電源装置の劣化を検知できることが望ましい。

【0012】

30

例えば特許文献2（特開平2-145977号公報）および特許文献3（特開2005-172653号公報）に係る技術によれば、出力電圧やリップル電圧などの物性値を監視することで電源異常を検知するが、物性値を監視するためのハードウェア回路を別途設ける必要があり、追加コストがかかる欠点がある。また、一般に電源性能は徐々に劣化していくものであるが、特許文献2および特許文献3に係る技術では、出力電圧やリップル電圧に変化が生じないと異常を検出することができないため、事前保守には適しておらず、電源の異常検知時では既に当該電源が組み込まれている機器やシステム全体に影響を及ぼしている可能性が高い。また、異常検知に用いる閾値の設定が適切でないと、過剰に早期に異常検出したり、異常検知が遅れて保守作業が間に合わない恐れがある。

【0013】

40

例えば特許文献4（特開平5-56629号公報）に係る技術も動作状況を監視するためのハードウェア回路を別途設ける必要があり、追加コストがかかる欠点がある。特に、詳細な動作状況を確認しようとするほどハードウェア回路を追加する必要がある。また、推定モデルを用いて寿命判定を行うため、推定モデルが的確でないと、判定した寿命が到来するよりも前に電源に異常が発生してしまい、当該電源が組み込まれている機器やシステム全体の動作が突然停止するといった事態が発生し得る。

【0014】

また、特許文献1（特表平11-510932号公報）は、PID制御器の制御パラメータを自動調整するアルゴリズムを開示するものの、事前保守のためにデジタル制御電源装置の異常発生を事前に検知する技術については開示していない。

50

## 【 0 0 1 5 】

デジタル制御電源装置の異常が実際に発生する前に当該デジタル制御電源装置に対する保守作業を行うことができる時間を確保するために、近いうちに異常が発生する可能性があることを事前に作業者が知ることができれば、安定した直流出力電圧を維持できるというデジタル制御電源装置の性能を十二分に生かすことができる。特に、製造機械、セル制御装置および生産管理装置からなる生産管理システムでは、各機器に組み込まれたデジタル制御電源装置の故障は、システム全体に甚大な影響を及ぼし、工場の生産性が著しく低下することから、デジタル制御電源装置に対する予防保全（事前保守）の重要度は高い。

## 【 0 0 1 6 】

従って本発明の目的は、上記問題に鑑み、異常発生前に保守を促す事前通知を確実に行うことができる、低コストのデジタル制御電源装置およびこれを備える生産管理システムを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 7 】

上記目的を実現するために、本発明の第1の態様においては、デジタル制御電源装置は、受信したゲート信号に応じてオンオフ駆動されることで、所定の入力電圧を変換して変換済電圧を出力するスイッチング素子と、スイッチング素子から出力された変換済電圧を平滑化して、電源電圧として出力する平滑回路と、平滑回路から出力された電源電圧をアナログデジタル変換して電源電圧デジタルデータを出力するアナログデジタル変換器と、設定値とアナログデジタル変換器から出力された電源電圧デジタルデータとの偏差に対してPID制御演算を行うPID制御器と、PID制御器の演算結果に基づいて、スイッチング素子をオンオフ駆動するためのゲート信号を生成するスイッチング駆動回路と、電源電圧デジタルデータが示すサンプリング毎の変動履歴に基づいて、PID制御器によるPID制御演算で用いられる制御パラメータを動的に自動調整する制御パラメータ調整器と、PID制御器によるPID制御演算で用いられた制御パラメータを出力する制御パラメータ出力部と、を備える。

## 【 0 0 1 8 】

また、本発明の第2の態様においては、デジタル制御電源装置は、上述の第1の態様における構成要素に加えて、制御パラメータ出力部から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、制御パラメータ判定部が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、をさらに備える。

## 【 0 0 1 9 】

生産管理システムは、第1の態様によるデジタル制御電源装置を有する製造機械を複数含んで構築されている製造セルと相互通信可能に接続され、各製造機械を制御するセル制御装置と、セル制御装置と相互通信可能に接続され、セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、を備え、各製造機械、セル制御装置および生産管理装置のうち少なくともいずれかが、制御パラメータ出力部から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、制御パラメータ判定部が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、を有してもよい。

## 【 0 0 2 0 】

また、生産管理システムは、製造セルを構築している複数の製造機械と相互通信可能に接続され、第1の態様によるデジタル制御電源装置を有し、各製造機械を制御するセル制御装置と、セル制御装置と相互通信可能に接続され、セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、を備え、生産管理装置は、制御パラメータ出力部から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、制御パラメータ判定部が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部と、を有してもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 1 】

また、生産管理システムは、製造セルを構築している複数の製造機械と相互通信可能に接続され、各製造機械を制御するセル制御装置と、セル制御装置と相互通信可能に接続され、セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置と、を備え、セル制御装置および生産管理装置のうちの少なくともいずれかが、第2の態様によるデジタル制御電源装置を有してもよい。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 2 2 】

本発明によれば、異常発生前に保守を促す事前通知を確実に行うことができる、低コストのデジタル制御電源装置およびこれを備える生産管理システムを実現することができる。

10

## 【 0 0 2 3 】

本発明によれば、安定した直流電圧出力のための自動調整機能を有するデジタル制御電源装置内に設けられたPID制御器における制御パラメータ（比例ゲイン、微分ゲイン、および積分ゲイン）の変化を監視し、その変化に基づいて、デジタル制御電源装置の異常発生の可能性を検知し、異常発生が予測される場合は、作業者にその旨通知するために事前保守アラームを出力するので、デジタル制御電源装置の異常が実際に発生する前に当該デジタル制御電源装置に対する保守作業を行うことができる時間を確実に確保することができ、また、当該保守直前まで、安定した直流出力電圧を維持できるというデジタル制御電源装置の性能を享受することができる。また、PID制御器における制御パラメータ（比例ゲイン、微分ゲイン、および積分ゲイン）の変化に基づいて異常発生を事前に予測するので、ハードウェア回路追加も不要であり、低コストである。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 2 4 】

【 図 1 】 本発明の第1の実施形態によるデジタル制御電源装置のブロック図である。

【 図 2 】 PID制御器および制御パラメータ調整器の動作を説明するブロック図である。

【 図 3 】 デジタル制御電源装置内に設けられたPID制御器における制御パラメータの変化を例示する図である。

【 図 4 】 本発明の第2の実施形態によるデジタル制御電源装置のブロック図である。

【 図 5 】 第2の実施形態によるデジタル制御電源装置を製造機械における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。

30

【 図 6 】 第1の実施形態によるデジタル制御電源装置を製造機械における電源として備える生産管理システムを示すブロック図（その1）である。

【 図 7 】 第1の実施形態によるデジタル制御電源装置を製造機械における電源として備える生産管理システムを示すブロック図（その2）である。

【 図 8 】 第1の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。

【 図 9 】 第2の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。

【 図 10 】 第2の実施形態によるデジタル制御電源装置を生産管理装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。

40

【 図 11 】 第2の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置および生産管理装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。

【 図 12 】 一般的な自動調整機能を有する電圧デジタル制御電源装置を示す図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 5 】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。以下の図面において、同様の部材には同様の参照符号が付けられている。理解を容易にするために、これらの図面は縮尺を適宜変更している。また、図面に示される形態は本発明を実施するための一つの例であり、本発明は図示された形態に限定されるものではない。

50

## 【0026】

図1は、本発明の第1の実施形態によるデジタル制御電源装置のブロック図である。以降、異なる図面において同じ参照符号が付されたものは同じ機能を有する構成要素であることを意味するものとする。

## 【0027】

本発明の第1の実施形態によるデジタル制御電源装置1は、スイッチング素子11と、平滑回路12と、アナログデジタル変換器13と、PID制御器14と、スイッチング駆動回路15と、制御パラメータ調整器16と、制御パラメータ出力部17と、を備える。PID制御器14と、制御パラメータ調整器16と、制御パラメータ出力部17とは、デジタル制御部31内に構成される。デジタル制御部31は、例えばASIC (Application Specific Integrated Circuit: 特定用途向け集積回路) やマイクロコントローラなどで実現される。

10

## 【0028】

スイッチング素子11は、例えばFET (Field Effect Transistor: 電界効果トランジスタ) であり、受信したゲート信号に応じてオンオフ駆動されることで、所定の入力電圧 $V_{in}$ を変換して変換済電圧(例えばPWM変調された電圧)を出力する。

## 【0029】

平滑回路12は、スイッチング素子11から出力された変換済電圧を平滑化して、電源電圧として出力するものであり、チョークコイルLと出力コンデンサ $C_{out}$ とからなる。この平滑回路12から出力される電圧が、デジタル制御電源装置1からの直流電源電圧 $V_{out}$ として出力され、デジタル制御電源装置1に接続された負荷(図示せず)に印加される。また、デジタル制御電源装置1から出力された電源電圧 $V_{out}$ は、直流電圧出力の自動調整のためにデジタル制御部31にフィードバックされる。

20

## 【0030】

アナログデジタル変換器13は、平滑回路12から出力された電源電圧をアナログデジタル変換して電源電圧デジタルデータを出力する。アナログデジタル変換器13から出力された電源電圧デジタルデータはデジタル制御部31に入力される。

## 【0031】

制御パラメータ調整器16は、電源電圧デジタルデータが示すサンプリング毎の変動履歴に基づいて、PID制御器14によるPID制御演算で用いられる制御パラメータを動的に自動調整する。

30

## 【0032】

PID制御器14は、予め規定された設定値とアナログデジタル変換器13から出力された電源電圧デジタルデータとの偏差に対してPID制御演算を行う。ここで、「予め規定された設定値」とは、デジタル制御電源装置1がその機能として出力することが求められる電源電圧 $V_{out}$ を出力することができるよう、設定されるものである。PID制御器14によるPID制御演算は、制御パラメータ調整器16によって調整された制御パラメータ(比例ゲイン $K_p$ 、微分ゲイン $K_d$ 、積分ゲイン $K_i$ )を用いて行われる。

## 【0033】

スイッチング駆動回路15は、PID制御器14の演算結果に基づいて、スイッチング素子11をオンオフ駆動するためのゲート信号を生成し、スイッチング素子11のゲートへ出力する。

40

## 【0034】

制御パラメータ出力部17は、PID制御器14によるPID制御演算で用いられた制御パラメータである比例ゲイン $K_p$ 、微分ゲイン $K_d$ 、および積分ゲイン $K_i$ を出力する。

## 【0035】

図2は、PID制御器および制御パラメータ調整器の動作を説明するブロック図である。ここで、図1におけるスイッチング駆動回路15、スイッチング素子11、平滑回路12およびアナログデジタル変換器13を、図2ではまとめて制御対象20として表す。

50

制御対象 20 からの出力値は、平滑回路 12 から出力される電圧、すなわちデジタル制御電源装置 1 からの直流電源電圧  $V_{out}$  である。また、図 1 における「予め規定された設定値」は、図 2 では「目標値」として表記され、目標値と出力値との偏差が、PID 制御器 14 への入力値  $e(t)$  となる。PID 制御器 14 は、式 1 に従って、入力値  $e(t)$  に対する PID 制御演算に対して操作量  $u(t)$  を出力する。比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  は制御パラメータ調整器 16 によって調整され、設定されたものが用いられる。

【0036】

【数 1】

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad \dots (1)$$

10

【0037】

制御パラメータ調整器 16 は、電源電圧デジタルデータが示すサンプリング毎の変動履歴に基づいて、PID 制御器 14 による PID 制御演算で用いられる制御パラメータである比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  を動的に自動調整する。制御パラメータ調整器 16 による制御パラメータの調整に用いられるアルゴリズムは本発明を特に限定するものではなく、公知の制御パラメータ調整アルゴリズムを用いればよい。各種ノイズの影響や内部のアナログ回路の経年変化、あるいは、デジタル制御電源装置 1 に接続される負荷の状況など、種々の原因により、デジタル制御電源装置 1 から出力される電源電圧  $V_{out}$  に変動が生じ得るが、制御パラメータ調整器 16 は、PID 制御器 14 の PID 制御演算で用いられる制御パラメータである比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  をリアルタイムに調整することにより、デジタル制御電源装置 1 から出力される電源電圧  $V_{out}$  が安定した直流電圧出力を維持できるようにする。

20

【0038】

制御パラメータ調整器 16 によって調整され、PID 制御器 14 によって PID 制御演算に用いられた制御パラメータである比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  は、制御パラメータ出力部 17 によって外部に出力される。

30

【0039】

本発明では、制御パラメータ出力部 17 によって出力された制御パラメータの変化を監視し、その変化に基づいて、デジタル制御電源装置 1 の異常発生の可能性を検知し、異常発生のある場合は、作業者にその旨通知するために事前保守アラームを出力する。

【0040】

特に、本発明の第 1 の実施形態では、制御パラメータの変化に基づくデジタル制御電源装置 1 の異常発生の可能性の検知処理およびアラーム出力処理を、デジタル制御電源装置 1 の外部装置（図示せず）にて行う。このため、制御パラメータ出力部 17 から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する制御パラメータ判定部と、この制御パラメータ判定部が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力するアラーム出力部とを、当該外部装置に設ける。この外部装置として、デジタル制御電源装置 1 が組み込まれる機器が有する演算処理装置を用いればよい。

40

【0041】

図 3 は、デジタル制御電源装置内に設けられた PID 制御器における制御パラメータの変化を例示する図である。制御パラメータ調整器 16 により、各種ノイズの影響や内部のアナログ回路の経年変化、あるいは、デジタル制御電源装置 1 に接続される負荷の状況など、種々の環境変化があっても、PID 制御器 14 の制御パラメータである比例ゲイ

50

ン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  は適宜調整されるが、例えばアナログ回路において将来的には故障につながる大幅な劣化があると、PID制御器 14 により調整される制御パラメータは大きく変化する。そこで、PID制御器 14 により調整される制御パラメータを常に監視し、制御パラメータが大きく変化した場合、近い将来に異常（故障）が発生し得ると判断し、この時点で、作業者に保守を促す事前通知として、事前保守アラームを出力するようにする。例えば図 3 では、時刻  $T_1$  で制御パラメータが大きく変化するの、この時点で近い将来に異常（故障）が発生し得ると判断して、作業者に保守を促す事前通知として事前保守アラームを出力する。

【0042】

ここで、監視すべき制御パラメータは、比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  のいずれでもよいが、特に微分ゲイン  $K_d$  に種々の環境変化に伴う値の変動が大きく表れるので、微分ゲイン  $K_d$  を異常判定処理に用いるのが好ましい。またあるいは、式 2 に示すように、比例ゲイン  $K_p$ 、微分ゲイン  $K_d$ 、および積分ゲイン  $K_i$  に対して「 $a < b - c$ 」または「 $a < c - b$ 」となる重み付けして得られる関数  $f(K_p, K_d, K_i)$  を用いてもよい。

【0043】

【数 2】

$$f(K_p, K_i, K_d) = a \cdot K_p + b \cdot K_i + c \cdot K_d \quad \dots(2)$$

【0044】

デジタル制御電源装置 1 の外部に設けられた制御パラメータ判定部は、制御パラメータ出力部 17 から出力された制御パラメータ（式 2 で重み付けされた関数を含む）が、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する。異常判定条件を満たすか否かの判定は、例えば、制御パラメータ（式 2 で重み付けされた関数を含む）が所定の閾値（絶対値）を超えたか否かに基づいて行えばよい。この場合、制御パラメータ（式 2 で重み付けされた関数を含む）が所定の閾値（絶対値）を超えたと判定された場合が、「異常判定条件を満たす」場合となる。またあるいは、異常判定条件を満たすか否かの判定を、例えば、制御パラメータ（式 2 で重み付けされた関数を含む）の相対的な変化量が、所定の範囲を超えたか否かで行ってよい。変化量の算出は、時間、日、月、あるいは年で区切られる期間ごとに行えばよい。この場合、制御パラメータ（式 2 で重み付けされた関数を含む）の変化量が所定の範囲（絶対値）を超えたと判定された場合が、「異常判定条件を満たす」場合となる。異常判定条件を満たすと判定されると、デジタル制御電源装置 1 の外部に設けられたアラーム出力部は、事前保守アラームを出力する。この事前保守アラームは、各種ディスプレイ装置における表示や、各種音響機器による警報音やブザーに連動させるのがより好ましく、これにより、作業者は容易に、デジタル制御電源装置を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。

【0045】

続いて、本発明の第 2 の実施形態について説明する。上述の第 1 の実施形態では、PID制御器の制御パラメータの変化に基づくデジタル制御電源装置の異常発生の可能性の検知処理およびアラーム出力処理を、デジタル制御電源装置の外部装置にて行ったが、本発明の第 2 の実施形態は、これらの処理を、デジタル制御電源装置内のデジタル制御部で実行するようにする。

【0046】

図 4 は、本発明の第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置のブロック図である。本発明の第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置 2 は、図 1 ~ 図 3 を参照して説明した第 1 の実施形態によるデジタル制御電源装置 1 内のデジタル制御部 31 に、制御パラメータ判定部 21 およびアラーム出力部 22 をさらに設けて、これをデジタル制御

10

20

30

40

50

部 3 2 として構成したものである。制御パラメータ判定部 2 1 は、制御パラメータ出力部 1 7 から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する。アラーム出力部 2 2 は、制御パラメータ判定部 2 1 が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力する。制御パラメータ判定部 2 1 およびアラーム出力部 2 2 の各処理は、上述の第 1 の実施形態においてデジタル制御電源装置 1 の外部装置の処理として説明したものがそのまま適用される。アラーム出力部 2 2 によって出力される事前保守アラームは、各種ディスプレイ装置における表示や、各種音響機器による警報音やブザーに連動させるのがより好ましく、これにより、作業者は容易に、デジタル制御電源装置を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。なお、制御パラメータ判定部 2 1 およびアラーム出力部 2 2 以外の回路構成要素については図 1 に示す回路構成要素と同様であるので、同一の回路構成要素には同一符号を付して当該回路構成要素についての詳細な説明は省略する。

10

**【 0 0 4 7 】**

続いて、上述した第 1 の実施形態によるデジタル制御電源装置 1 または第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置 2 を、製造セルを構築している複数の製造機械と相互通信可能に接続され、各製造機械を制御するセル制御装置と、セル制御装置と相互通信可能に接続され、セル制御装置に生産計画を指示する生産管理装置を備える生産管理システムに適用した場合について説明する。以下で説明する図 5 ~ 図 1 1 の生産管理システムにおける製造機械およびセル制御装置の各個数は一例であり、その他の個数であってもよい。

**【 0 0 4 8 】**

20

製造機械の例としては、NC 工作機械、射出成形機、アーク溶接などの産業用ロボット、PLC、搬送機、計測器、試験装置、プレス機、圧入器、印刷機、ダイカストマシン、食品機械、包装機、溶接機、洗浄機、塗装機、組立装置、実装機、木工機械、シーリング装置、または切断機などがあるが、製造機械の種類自体は本発明を特に限定するものではない。

**【 0 0 4 9 】**

製造セルは、製品を製造する複数の製造機械をフレキシブルに組合せた集合である。製造セルは、例えば各種工作機械やロボットといった複数個もしくは複数種類の製造機械により構築されているが、製造セルにおける製造機械の個数は限定されない。例えば、製造セルは、あるワークが複数の製造機械により順次に処理されることによって最終的な製品となる製造ラインでありうる。また例えば、製造セルは、2 つ以上の製造機械の各々により処理された 2 つ以上の工作物（部品）を製造工程の途中で別の製造機械によって組み合わせることにより最終的な工作物（製品）を完成させる製造ラインであってもよい。また例えば、2 以上の製造セルにより処理された 2 つ以上の工作物を組み合わせることにより、最終的な工作物（製品）を完成させてもよい。製造セルは、製品を製造する工場に配置されている。これに対して、セル制御装置は、製造セルが配置された工場に配置されてもよく、あるいは工場とは異なる建屋に配置されてもよい。例えば、セル制御装置は、製造セルが配置された工場の敷地にある別の建屋に配置されていてもよい。

30

**【 0 0 5 0 】**

セル制御装置の上位には生産管理装置が設けられる。生産管理装置は、セル制御装置と相互通信可能に接続され、セル制御装置に生産計画を指示する。生産管理装置は、例えば、工場から遠隔地にある事務所に配置されていてもよい。この場合には、セル制御装置と生産管理装置とは、例えばインターネットのネットワークを介して通信可能に相互接続される。

40

**【 0 0 5 1 】**

図 5 は、第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置を製造機械における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。生産管理システム 1 0 0 0 は、複数の製造機械 4 0 A - 1 ~ 4 0 A - 3、4 0 B - 1 ~ 4 0 B - 3 および 4 0 C - 1 ~ 4 0 C - 3 と、各製造機械 4 0 A - 1 ~ 4 0 A - 3、4 0 B - 1 ~ 4 0 B - 3 および 4 0 C - 1 ~ 4 0 C - 3 と相互通信可能に接続され、各製造機械を制御するセル制御装置 1 0 0 A ~ 1

50

00Cと、セル制御装置100A～100Cと相互通信可能に接続され、セル制御装置100A～100Cに生産計画を指示する生産管理装置200と、を備える。

【0052】

各製造セル50A～50Cを構築している複数の製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3は、それぞれ、図4を参照して説明した第2の実施形態におけるデジタル制御電源装置2を備える。デジタル制御電源装置2のデジタル制御部32は、各製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3内のCPUやLSI内に構成される。デジタル制御電源装置2内のアラーム出力部22から出力された事前保守アラームは、各セル制御装置100A～100Cを通じて生産管理装置200へ送られる。生産管理装置200は、受信した事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置2を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置200は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。

10

【0053】

図6および図7は、第1の実施形態によるデジタル制御電源装置を製造機械における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。図6および図7において、各製造セル50A～50Cを構築している複数の製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3は、それぞれ、図1～図3を参照して説明した第1の実施形態におけるデジタル制御電源装置1を備える。デジタル制御電源装置1のデジタル制御部31は、各製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3内のCPUやLSI内に構成される。

20

【0054】

図6に示す例では、各セル制御装置100A～100C内のCPUやLSI内に、制御パラメータ判定部21およびアラーム出力部22が設けられる。各セル制御装置100A～100C内の制御パラメータ判定部21は、各製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3内の制御パラメータ出力部17から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する。アラーム出力部22は、制御パラメータ判定部21が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを生産管理装置200へ出力する。

30

【0055】

また、図7に示す例では、生産管理装置200内のCPUやLSI内に、制御パラメータ判定部21およびアラーム出力部22が設けられる。生産管理装置200内の制御パラメータ判定部21は、各製造機械40A-1～40A-3、40B-1～40B-3および40C-1～40C-3内の制御パラメータ出力部17から出力されかつ各セル制御装置100A～100Cを通じて受信した制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する。アラーム出力部22は、制御パラメータ判定部21が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力する。

40

【0056】

図6および図7に示す例ともに、生産管理装置200は、事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置1を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置200は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。

【0057】

図8は、第1の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。セル制御装置100A～100Cは、それぞれ、図1～図3を参照して説明した第1の実施形態におけるデジタル制御電源装置1を備える。デジタル制御電源装置1のデジタル制御部31は、各セル制御装

50

置 100A ~ 100C 内の CPU や LSI 内に構成される。生産管理装置 200 内の CPU や LSI 内には、制御パラメータ判定部 21 およびアラーム出力部 22 が設けられる。生産管理装置 200 内の制御パラメータ判定部 21 は、各セル制御装置 100A ~ 100C 内の制御パラメータ出力部 17 から出力された制御パラメータが、予め設定された異常判定条件を満たすか否かを判定する。アラーム出力部 22 は、制御パラメータ判定部 21 が異常判定条件を満たすと判定した場合、事前保守アラームを出力する。生産管理装置 200 は、事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場で働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置 1 を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置 200 は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。

10

#### 【0058】

図 9 は、第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。セル制御装置 100A ~ 100C は、それぞれ、図 4 を参照して説明した第 2 の実施形態におけるデジタル制御電源装置 2 を備える。デジタル制御電源装置 2 のデジタル制御部 32 は、セル制御装置 100A ~ 100C 内の CPU や LSI 内に構成される。デジタル制御電源装置 2 内のアラーム出力部 22 から出力された事前保守アラームは、生産管理装置 200 へ送られる。生産管理装置 200 は、受信した事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場で働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置 2 を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置 200 は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。

20

#### 【0059】

図 10 は、第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置を生産管理装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。生産管理装置 200 は、図 4 を参照して説明した第 2 の実施形態におけるデジタル制御電源装置 2 を備える。デジタル制御電源装置 2 のデジタル制御部 32 は、生産管理装置 200 内の CPU や LSI 内に構成される。生産管理装置 200 は、デジタル制御電源装置 2 内のアラーム出力部 22 から出力された事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場で働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置 2 を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置 200 は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。

30

#### 【0060】

図 11 は、第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置をセル制御装置および生産管理装置における電源として備える生産管理システムを示すブロック図である。セル制御装置 100A ~ 100C および生産管理装置 200 は、それぞれ、図 4 を参照して説明した第 2 の実施形態におけるデジタル制御電源装置 2 を備える。デジタル制御電源装置 2 のデジタル制御部 32 は、セル制御装置 100A ~ 100C および生産管理装置 200 内の CPU や LSI 内に構成される。セル制御装置 100A ~ 100C 内の各デジタル制御電源装置 2 内のアラーム出力部 22 から出力された事前保守アラームは、生産管理装置 200 へ送られる。生産管理装置 200 は、セル制御装置 100A ~ 100C から受信した事前保守アラームまたは生産管理装置 200 自身において出力された事前保守アラームに基づいて、各種ディスプレイ装置に表示させ、あるいは各種音響機器にて警報音やブザーを発生させる。工場で働く作業者は容易に、デジタル制御電源装置 2 を保守すべき時期が到来したことを、実際の異常発生前に、知ることができる。また、生産管理装置 200 は、受信した事前保守アラームを、生産計画の立案に利用してもよい。なお、図 11 のさらなる変形例として、製造機械 40A - 1 ~ 40A - 3、40B - 1 ~ 40B - 3 および 40C - 1 ~ 40C - 3 内に、図 4 を参照して説明した第 2 の実施形態におけるディ

40

50

デジタル制御電源装置 2 を備えてもよく、この場合は、図 5 を参照して説明したように、各製造機械 40A - 1 ~ 40A - 3、40B - 1 ~ 40B - 3 および 40C - 1 ~ 40C - 3 から出力された事前保守アラームは、各セル制御装置 100A ~ 100C を通じて生産管理装置 200 へ送られる。

【0061】

以上、図 5 ~ 図 11 を参照して、上述した第 1 の実施形態によるデジタル制御電源装置 1 または第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置 2 を生産管理システムに適用した場合について説明したが、図示した例以外にも、第 1 の実施形態によるデジタル制御電源装置 1 または第 2 の実施形態によるデジタル制御電源装置 2 を適宜組み合わせ、各製造機械 40A - 1 ~ 40A - 3、40B - 1 ~ 40B - 3 および 40C - 1 ~ 40C - 3、セル制御装置 100A ~ 100C、ならびに生産管理装置 200 の各電源として用いてもよい。

10

【符号の説明】

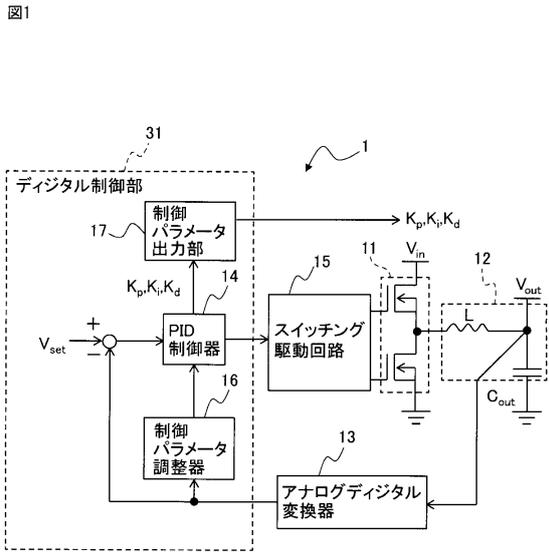
【0062】

- 1、2      デジタル制御電源装置
- 11      スイッチング素子
- 12      平滑回路
- 13      アナログデジタル変換器
- 14      PID 制御器
- 15      スイッチング駆動回路
- 16      制御パラメータ調整器
- 17      制御パラメータ出力部
- 20      制御対象
- 21      制御パラメータ判定部
- 22      アラーム出力部
- 31、32    デジタル制御部
- 40A - 1 ~ 40A - 3    製造機械
- 40B - 1 ~ 40B - 3    製造機械
- 40C - 1 ~ 40C - 3    製造機械
- 50A ~ 50C    製造セル
- 100A ~ 100C    セル制御装置
- 200      生産管理装置
- 1000      生産管理システム

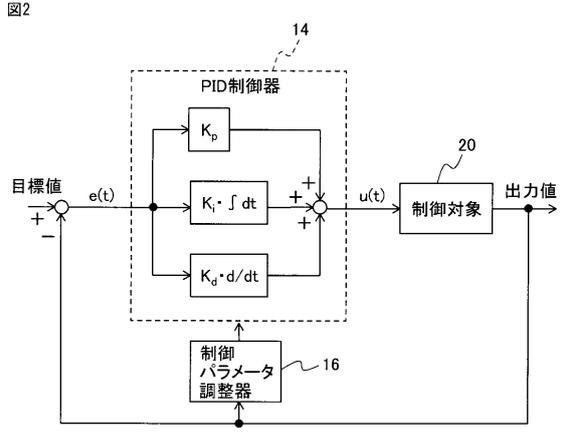
20

30

【図1】

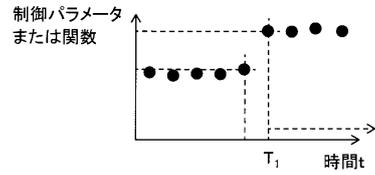


【図2】

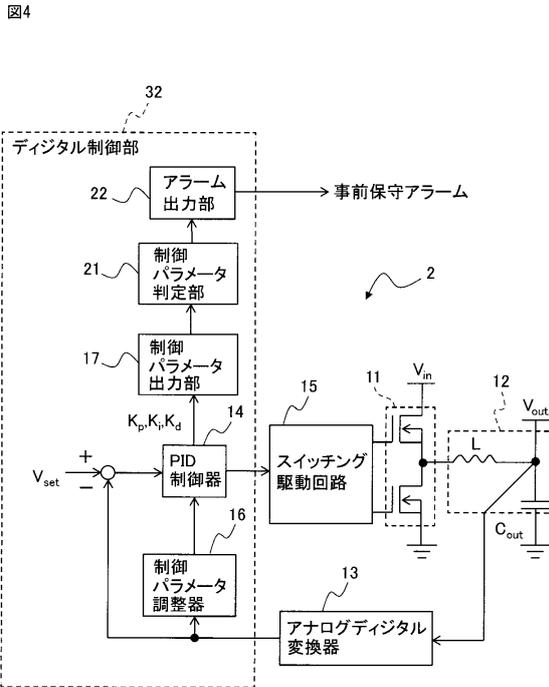


【図3】

図3

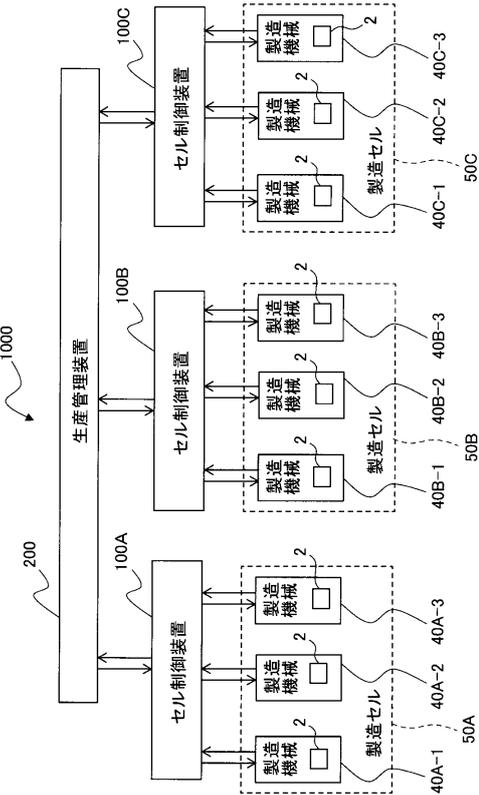


【図4】



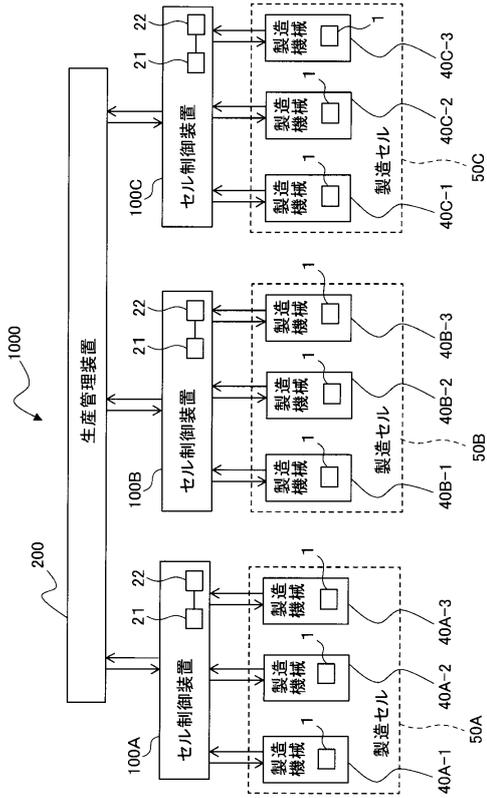
【図5】

図5



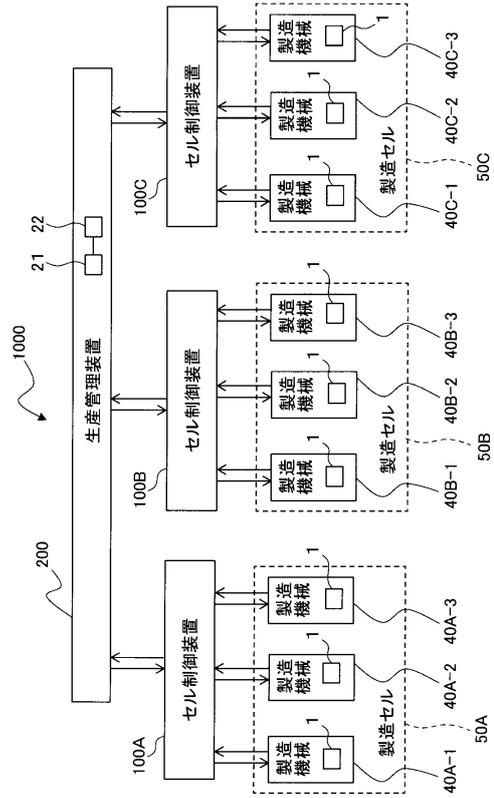
【 図 6 】

図6



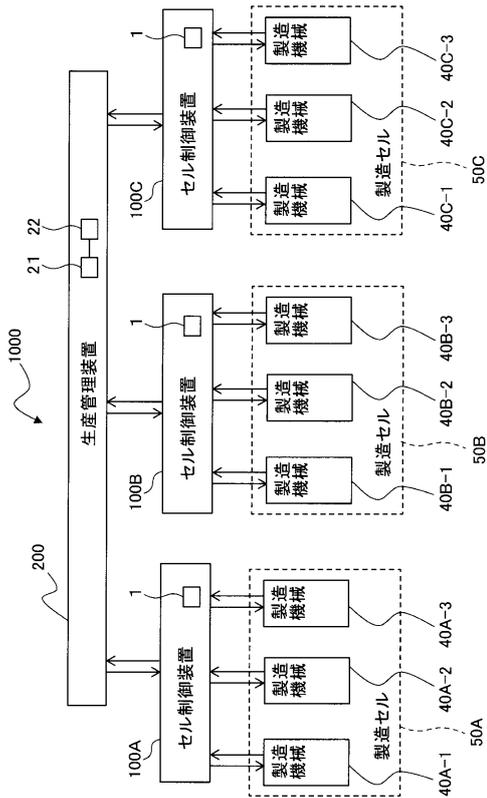
【 図 7 】

図7



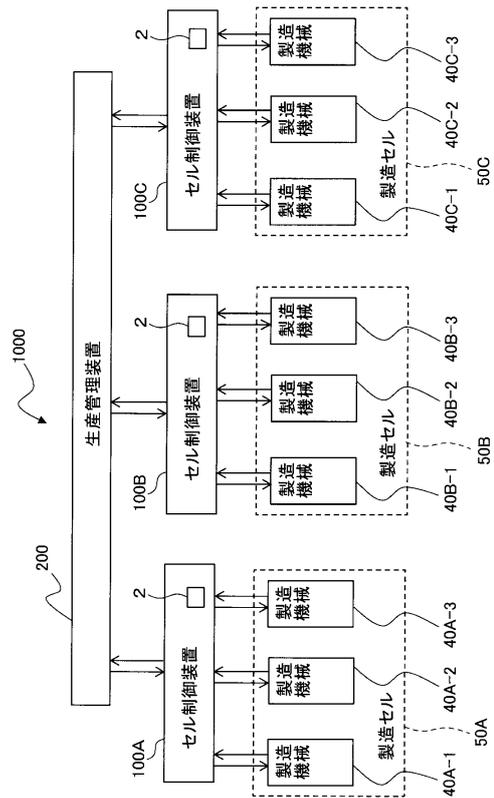
【 図 8 】

図8



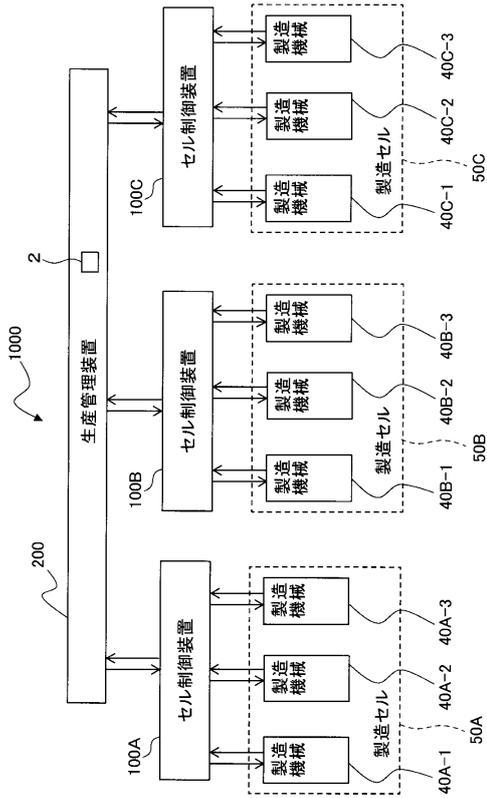
【 図 9 】

図9



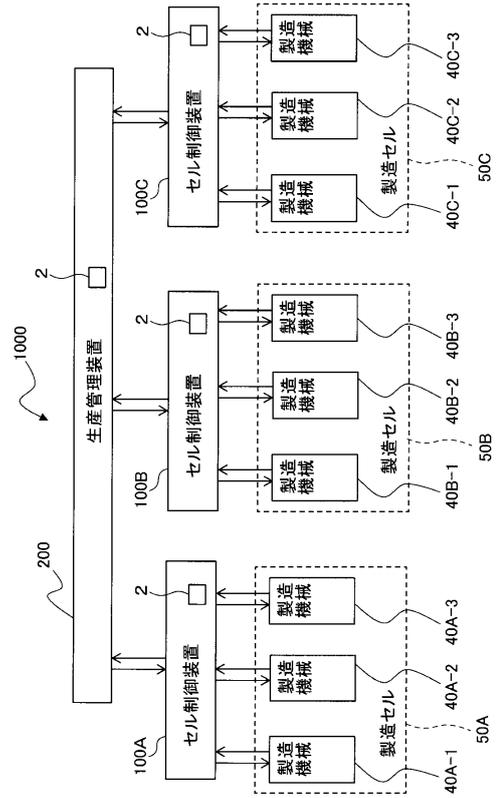
【図10】

図10



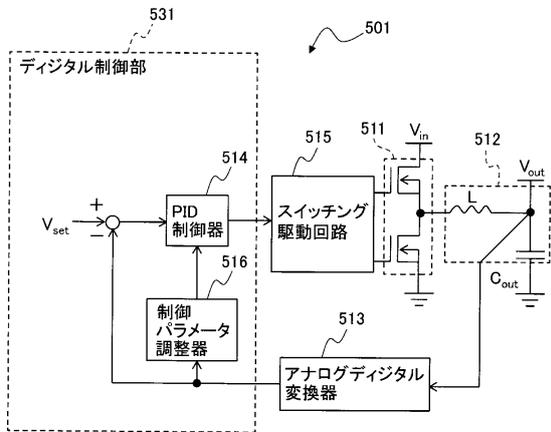
【図11】

図11



【図12】

図12



---

フロントページの続き

(72)発明者 五嶋 数哉  
山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

審査官 小林 秀和

(56)参考文献 国際公開第2016/043262(WO, A1)  
特開2010-284055(JP, A)  
特開平07-295604(JP, A)  
特表2003-504750(JP, A)  
特表平11-510932(JP, A)  
国際公開第2013/171875(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G05B	19/418
G05B	23/00 - 23/02
H02M	1/00 - 3/44
H02M	7/00 - 7/98