

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6981132号
(P6981132)

(45) 発行日 令和3年12月15日 (2021.12.15)

(24) 登録日 令和3年11月22日 (2021.11.22)

(51) Int.Cl.

F 1

H05B 41/288 (2006.01)
G03B 21/14 (2006.01)H05B 41/288
G03B 21/14

A

請求項の数 11 (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2017-180309 (P2017-180309)
 (22) 出願日 平成29年9月20日 (2017.9.20)
 (65) 公開番号 特開2019-57391 (P2019-57391A)
 (43) 公開日 平成31年4月11日 (2019.4.11)
 審査請求日 令和2年7月29日 (2020.7.29)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区新宿四丁目1番6号
 (74) 代理人 100149548
 弁理士 松沼 泰史
 (74) 代理人 100140774
 弁理士 大浪 一徳
 (74) 代理人 100114937
 弁理士 松本 裕幸
 (74) 代理人 100196058
 弁理士 佐藤 彰雄
 (72) 発明者 鈴木 淳一
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放電灯駆動装置、光源装置、プロジェクター、および放電灯駆動方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、
 前記放電灯駆動部を制御する制御部と、
 前記駆動電流の複数の駆動パターンを格納する記憶部と、
 を備え、

前記駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、
 前記複数の駆動パターンは、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記
 駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを有し、
 前記制御部は、前記放電灯の電極間電圧が所定の1つの電圧値である場合、前記放電灯
 の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記第1駆動
 パターンおよび前記第2駆動パターンを実行することを特徴とする放電灯駆動装置。 10

【請求項 2】

前記制御部は、実行された前記駆動パターンを評価し、前記駆動パターンの評価結果を
更新可能な機械学習を行い、前記機械学習による前記駆動パターンの評価結果に基づいて
、前記複数の駆動パターンのうちいずれか1つの駆動パターンを選択し、選択した前記駆
動パターンを実行する、請求項1に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 3】

少なくとも前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行
 される実行期間において、前記実行期間の長さに対する前記第1駆動パターンが実行され

る実行時間の割合と、前記実行期間の長さに対する前記第2駆動パターンが実行される実行時間の割合と、は互いに異なる、請求項1または2に記載の放電灯駆動装置。

【請求項4】

少なくとも前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行される実行期間において、前記第1駆動パターンが実行される回数と、前記第2駆動パターンが実行される回数と、は互いに異なる、請求項1から3のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

【請求項5】

前記電極間電圧が前記所定の1つの電圧値である場合、前記第1駆動パターンが実行される確率と、前記第2駆動パターンが実行される確率と、は互いに異なる、請求項1から4のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。 10

【請求項6】

前記制御部は、

前記電極間電圧が前記所定の1つの電圧値であり、かつ、前記累積点灯時間が第1累積点灯時間である場合、前記第1駆動パターンを実行し、

前記電極間電圧が前記所定の電圧値であり、かつ、前記累積点灯時間が前記第1累積点灯時間とは異なる第2累積点灯時間である場合、前記第2駆動パターンを実行する、請求項1から5のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

【請求項7】

前記制御部は、

前記電極間電圧が前記所定の1つの電圧値であり、かつ、前記放電灯が第1個体である場合、前記第1駆動パターンを実行し、

前記電極間電圧が前記所定の1つの電圧値であり、かつ、前記放電灯が前記第1個体とは異なる第2個体である場合、前記第2駆動パターンを実行する、請求項1から6のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。 20

【請求項8】

前記駆動パターンの数は、20パターン以上、30パターン以下である、請求項1から7のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

【請求項9】

光を射出する放電灯と、

請求項1から8のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置と、

を備えることを特徴とする光源装置。 30

【請求項10】

請求項9に記載の光源装置と、

前記光源装置から射出される光を画像信号に応じて変調する光変調装置と、

前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学系と、

を備えることを特徴とするプロジェクター。

【請求項11】

第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動する放電灯駆動方法であって、

前記駆動電流の複数の駆動パターンに従って、前記放電灯に前記駆動電流を供給し、

前記複数の駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、

前記複数の駆動パターンは、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを有し、

前記放電灯の電極間電圧が所定の1つの電圧値である場合、前記放電灯の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンを実行することを特徴とする放電灯駆動方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放電灯駆動装置、光源装置、プロジェクター、および放電灯駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1に示すように、放電ランプに印加される印加電圧の値に応じて放電ランプに供給される交流電流のパルスを変化させる放電ランプ点灯装置が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2016-018746号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、放電ランプ（放電灯）には個体差があり、放電ランプに印加される印加電圧（電極間電圧）の変化は放電ランプの個体ごとに異なる。そのため、放電ランプの個体差を考慮できない駆動方法によっては、放電ランプの寿命を十分に向上できない場合があった。

【0005】

本発明の一つの態様は、上記事情に鑑みて、放電灯の個体差によらず、放電灯の寿命を向上できる放電灯駆動装置、そのような放電灯駆動装置を備えた光源装置、およびそのような光源装置を備えたプロジェクターを提供することを目的の一つとする。また、本発明の一つの態様は、放電灯の個体差によらず、放電灯の寿命を向上できる放電灯駆動方法を提供することを目的の一つとする。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様の放電灯駆動装置は、第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、前記放電灯駆動部を制御する制御部と、前記駆動電流の複数の駆動パターンを格納する記憶部と、を備え、前記駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、前記複数の駆動パターンは、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを有し、前記制御部は、前記放電灯の電極間電圧が所定の1つの電圧値である場合、前記放電灯の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンを実行することを特徴とする。

30

本発明の一態様の放電灯駆動装置は、第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、前記放電灯駆動部を制御する制御部と、前記駆動電流の複数の駆動パターンを格納する記憶部と、を備え、前記駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、前記制御部は、前記放電灯の電極間電圧が所定の電圧値である場合、前記放電灯の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行することを特徴とする。

40

【0007】

本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、制御部が累積点灯時間に応じて駆動パターンを実行する場合、同じ電極間電圧であっても、放電灯を駆動する時間によって、実行される駆動パターンを異ならせることができる。これにより、放電灯に個体差がある場合であっても、好適な駆動パターンを実行しやすい。一方、制御部が放電灯の個体に応じて駆動パターンを実行する場合、同じ電極間電圧であっても、放電灯の個体によって、実行される駆動パターンを異ならせることができる。これにより、放電灯に個体差がある場合であっても、好適な駆動パターンを実行しやすい。したがって、本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、放電灯の個体差によらず、放電灯の寿命を向上させることができる。

50

【0008】

前記制御部は、機械学習に基づいて、前記複数の駆動パターンのうちいずれか1つの駆動パターンを選択し、選択した前記駆動パターンを実行する構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯に個体差がある場合であっても、機械学習を行うことで、放電灯の個体差に応じて、第1駆動パターンと第2駆動パターンとのうちから好適な駆動パターンを選択することができる。したがって、この構成によれば、放電灯の個体差によらず、放電灯の寿命をより向上させることができる。

【0009】

少なくとも前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行される実行期間において、前記実行期間の長さに対する前記第1駆動パターンが実行される実行時間の割合と、前記実行期間の長さに対する前記第2駆動パターンが実行される実行時間の割合と、は互いに異なる構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の状態に応じて、より好ましい方の駆動パターンが実行される時間を長くできる。これにより、放電灯の寿命をより向上できる。

【0010】

少なくとも前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行される実行期間において、前記第1駆動パターンが実行される回数と、前記第2駆動パターンが実行される回数と、は互いに異なる構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の状態に応じて、より好ましい方の駆動パターンが実行される回数を多くできる。これにより、放電灯の寿命をより向上できる。

【0011】

前記電極間電圧が前記所定の電圧値である場合、前記第1駆動パターンが実行される確率と、前記第2駆動パターンが実行される確率と、は互いに異なる構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の状態に応じて、より好ましい方の駆動パターンを実行しやすくできる。これにより、放電灯の寿命をより向上できる。

【0012】

前記制御部は、前記電極間電圧が前記所定の電圧値であり、かつ、前記累積点灯時間が第1累積点灯時間である場合、前記第1駆動パターンを実行し、前記電極間電圧が前記所定の電圧値であり、かつ、前記累積点灯時間が前記第1累積点灯時間とは異なる第2累積点灯時間である場合、前記第2駆動パターンを実行する構成としてもよい。

この構成によれば、同じ電極間電圧であっても、放電灯を駆動する時間によって、実行される駆動パターンを異ならせることができる。これにより、放電灯の寿命を向上させることができる。

【0013】

前記制御部は、前記電極間電圧が前記所定の電圧値であり、かつ、前記放電灯が第1個体である場合、前記第1駆動パターンを実行し、前記電極間電圧が前記所定の電圧値であり、かつ、前記放電灯が前記第1個体とは異なる第2個体である場合、前記第2駆動パターンを実行する構成としてもよい。

この構成によれば、同じ電極間電圧であっても、放電灯の個体によって、実行される駆動パターンを異ならせることができる。これにより、放電灯の寿命を向上させることができる。

【0014】

前記駆動パターンの数は、20パターン以上、30パターン以下である構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の状態に応じた好適な駆動パターンを選択しやすく、放電灯の寿命をより向上できる。

【0015】

本発明の光源装置の一つの態様は、光を射出する放電灯と、上記の放電灯駆動装置と、を備えることを特徴とする。

【0016】

10

20

30

40

50

本発明の光源装置の一つの態様によれば、上記放電灯駆動装置を備えるため、上述したのと同様に、放電灯の寿命を向上できる。

【0017】

本発明のプロジェクターの一つの態様は、上記の光源装置と、前記光源装置から射出される光を画像信号に応じて変調する光変調装置と、前記光変調装置により変調された光を投射する投射光学系と、を備えることを特徴とする。

【0018】

本発明のプロジェクターの一つの態様によれば、上記光源装置を備えるため、上述したのと同様に、放電灯の寿命を向上できる。

【0019】

本発明の一態様の放電灯駆動方法は、第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動する放電灯駆動方法であって、前記駆動電流の複数の駆動パターンに従って、前記放電灯に前記駆動電流を供給し、前記複数の駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、前記複数の駆動パターンは、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを有し、前記放電灯の電極間電圧が所定の1つの電圧値である場合、前記放電灯の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記第1駆動パターンおよび前記第2駆動パターンを実行することを特徴とする。

10

本発明の一態様の放電灯駆動方法は、第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動する放電灯駆動方法であって、前記駆動電流の複数の駆動パターンに従って、前記放電灯に前記駆動電流を供給し、前記複数の駆動パターンは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、前記放電灯の電極間電圧が所定の電圧値である場合、前記放電灯の累積点灯時間および前記放電灯の個体のうちの少なくとも一方に応じて、前記複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの前記駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行することを特徴とする。

20

【0020】

本発明の放電灯駆動方法の一つの態様によれば、上述したのと同様に、放電灯の寿命を向上できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0021】

【図1】本実施形態のプロジェクターを示す概略構成図である。

【図2】本実施形態における放電灯を示す図である。

【図3】本実施形態のプロジェクターの各種構成要素を示すブロック図である。

【図4】本実施形態の放電灯点灯装置の回路図である。

【図5】本実施形態の制御部の一構成例を示すブロック図である。

【図6A】放電灯の電極先端の突起の様子を示す図である。

【図6B】放電灯の電極先端の突起の様子を示す図である。

【図7】本実施形態の交流駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

40

【図8A】本実施形態の直流駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

【図8B】本実施形態の直流駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

【図9】本実施形態において放電灯に供給される駆動電流の駆動パターンの一例を示す図である。

【図10】本実施形態の初期学習期間における制御部の制御手順の一例を示すフローチャートである。

【図11】本実施形態の定常学習期間における制御部の制御手順の一例を示すフローチャートである。

50

【図12A】本実施形態の片寄駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

【図12B】本実施形態の片寄駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

【図13】本実施形態の跳上駆動において放電灯に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係るプロジェクターについて説明する。

10

なお、本発明の範囲は、以下の実施の形態に限定されず、本発明の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。また、以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造と各構造における縮尺や数等を異ならせる場合がある。

【0023】

図1は、本実施形態のプロジェクター500を示す概略構成図である。図1に示すように、本実施形態のプロジェクター500は、光源装置200と、平行化レンズ305と、照明光学系310と、色分離光学系320と、3つの液晶ライトバルブ(光変調装置)330R, 330G, 330Bと、クロスダイクロイックプリズム340と、投射光学系350と、を備えている。

【0024】

光源装置200から射出された光は、平行化レンズ305を通過して照明光学系310に入射する。平行化レンズ305は、光源装置200からの光を平行化する。

20

【0025】

照明光学系310は、光源装置200から射出される光の照度を、液晶ライトバルブ330R, 330G, 330B上において均一化するように調整する。さらに、照明光学系310は、光源装置200から射出される光の偏光方向を一方向に揃える。その理由は、光源装置200から射出される光を液晶ライトバルブ330R, 330G, 330Bで有效地に利用するためである。

【0026】

照度分布と偏光方向とが調整された光は、色分離光学系320に入射する。色分離光学系320は、入射光を赤色光(R)、緑色光(G)、青色光(B)の3つの色光に分離する。3つの色光は、各色光に対応付けられた液晶ライトバルブ330R, 330G, 330Bにより、画像信号に応じてそれぞれ変調される。液晶ライトバルブ330R, 330G, 330Bは、後述する液晶パネル560R, 560G, 560Bと、偏光板(図示せず)と、を備えている。偏光板は、液晶パネル560R, 560G, 560Bのそれぞれの光入射側および光射出側に配置される。

30

【0027】

変調された3つの色光は、クロスダイクロイックプリズム340により合成される。合成光は投射光学系350に入射する。投射光学系350は、入射光をスクリーン700(図3参照)に投射する。これにより、スクリーン700上に画像が表示される。なお、平行化レンズ305、照明光学系310、色分離光学系320、クロスダイクロイックプリズム340、投射光学系350の各々の構成としては、周知の構成を採用することができる。

40

【0028】

図2は、光源装置200の構成を示す断面図である。光源装置200は、光源ユニット210と、放電灯点灯装置(放電灯駆動装置)10と、を備えている。図2には、光源ユニット210の断面図が示されている。光源ユニット210は、主反射鏡112と、放電灯90と、副反射鏡113と、を備えている。

【0029】

放電灯点灯装置10は、放電灯90に駆動電流Iを供給して放電灯90を点灯させる。

50

主反射鏡 112 は、放電灯 90 から放出された光を照射方向 D に向けて反射する。照射方向 D は、放電灯 90 の光軸 AX と平行である。

【0030】

放電灯 90 の形状は、照射方向 D に沿って延びる棒状である。放電灯 90 の一方の端部を第 1 端部 90e1 とし、放電灯 90 の他方の端部を第 2 端部 90e2 とする。放電灯 90 の材料は、例えば、石英ガラス等の透光性材料である。放電灯 90 の中央部は球状に膨らんでおり、その内部は放電空間 91 である。放電空間 91 には、希ガス、金属ハロゲン化合物等を含む放電媒体であるガスが封入されている。

【0031】

放電空間 91 には、第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の先端が突出している。第 1 電極 92 は、放電空間 91 の第 1 端部 90e1 側に配置されている。第 2 電極 93 は、放電空間 91 の第 2 端部 90e2 側に配置されている。第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の形状は、光軸 AX に沿って延びる棒状である。放電空間 91 には、第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の電極先端部が、所定距離だけ離れて対向するように配置されている。第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の材料は、例えば、タンゲステン等の金属である。

10

【0032】

放電灯 90 の第 1 端部 90e1 に、第 1 端子 536 が設けられている。第 1 端子 536 と第 1 電極 92 とは、放電灯 90 の内部を貫通する導電性部材 534 により電気的に接続されている。同様に、放電灯 90 の第 2 端部 90e2 に、第 2 端子 546 が設けられている。第 2 端子 546 と第 2 電極 93 とは、放電灯 90 の内部を貫通する導電性部材 544 により電気的に接続されている。第 1 端子 536 および第 2 端子 546 の材料は、例えば、タンゲステン等の金属である。導電性部材 534, 544 の材料としては、例えば、モリブデン箔が利用される。

20

【0033】

第 1 端子 536 および第 2 端子 546 は、放電灯点灯装置 10 に接続されている。放電灯点灯装置 10 は、第 1 端子 536 および第 2 端子 546 に、放電灯 90 を駆動するための駆動電流 I を供給する。その結果、第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の間でアーク放電が起きる。アーク放電により発生した光（放電光）は、破線の矢印で示すように、放電位置から全方向に向かって放射される。

30

【0034】

主反射鏡 112 は、固定部材 114 により、放電灯 90 の第 1 端部 90e1 に固定されている。主反射鏡 112 は、放電光のうち、照射方向 D と反対側に向かって進む光を照射方向 D に向かって反射する。主反射鏡 112 の反射面（放電灯 90 側の面）の形状は、放電光を照射方向 D に向かって反射できる範囲内において、特に限定されず、例えば、回転橢円形状であっても、回転放物線形状であってもよい。例えば、主反射鏡 112 の反射面の形状を回転放物線形状とした場合、主反射鏡 112 は、放電光を光軸 AX に略平行な光に変換することができる。これにより、平行化レンズ 305 を省略することができる。

【0035】

副反射鏡 113 は、固定部材 522 により、放電灯 90 の第 2 端部 90e2 側に固定されている。副反射鏡 113 の反射面（放電灯 90 側の面）の形状は、放電空間 91 の第 2 端部 90e2 側の部分を囲む球面形状である。副反射鏡 113 は、放電光のうち、主反射鏡 112 が配置された側と反対側に向かって進む光を主反射鏡 112 に向かって反射する。これにより、放電空間 91 から放射される光の利用効率を高めることができる。

40

【0036】

固定部材 114, 522 の材料は、放電灯 90 からの発熱に耐え得る耐熱材料である範囲内において、特に限定されず、例えば、無機接着剤である。主反射鏡 112 および副反射鏡 113 と放電灯 90 との配置を固定する方法としては、主反射鏡 112 および副反射鏡 113 を放電灯 90 に固定する方法に限らず、任意の方法を採用できる。例えば、放電灯 90 と主反射鏡 112 とを、独立にプロジェクター 500 の筐体（図示せず）に固定してもよい。副反射鏡 113 についても同様である。

50

【0037】

以下、プロジェクター500の回路構成について説明する。

図3は、本実施形態のプロジェクター500の回路構成の一例を示す図である。プロジェクター500は、図1に示した光学系の他、画像信号変換部510と、直流電源装置80と、液晶パネル560R, 560G, 560Bと、画像処理装置570と、CPU(Central Processing Unit)580と、を備えている。

【0038】

画像信号変換部510は、外部から入力された画像信号502(輝度・色差信号やアナログRGB信号など)を所定のワード長のデジタルRGB信号に変換して画像信号512R, 512G, 512Bを生成し、画像処理装置570に供給する。

10

【0039】

画像処理装置570は、3つの画像信号512R, 512G, 512Bに対してそれぞれ画像処理を行う。画像処理装置570は、液晶パネル560R, 560G, 560Bをそれぞれ駆動するための駆動信号572R, 572G, 572Bを液晶パネル560R, 560G, 560Bに供給する。

【0040】

直流電源装置80は、外部の交流電源600から供給される交流電圧を一定の直流電圧に変換する。直流電源装置80は、トランス(図示しないが、直流電源装置80に含まれる)の2次側にある画像信号変換部510、画像処理装置570およびトランスの1次側にある放電灯点灯装置10に直流電圧を供給する。

20

【0041】

放電灯点灯装置10は、起動時に放電灯90の電極間に高電圧を発生し、絶縁破壊を生じさせて放電路を形成する。以後、放電灯点灯装置10は、放電灯90が放電を維持するための駆動電流Iを供給する。

【0042】

液晶パネル560R, 560G, 560Bは、前述した液晶ライトバルブ330R, 330G, 330Bにそれぞれ備えられている。液晶パネル560R, 560G, 560Bは、それぞれ駆動信号572R, 572G, 572Bに基づいて、前述した光学系を介して各液晶パネル560R, 560G, 560Bに入射される色光の透過率(輝度)を変調する。

30

【0043】

CPU580は、プロジェクター500の点灯開始から消灯に至るまでの各種の動作を制御する。例えば、図3の例では、通信信号582を介して点灯命令や消灯命令を放電灯点灯装置10に出力する。CPU580は、放電灯点灯装置10から通信信号584を介して放電灯90の点灯情報を受け取る。

【0044】

以下、放電灯点灯装置10の構成について説明する。

図4は、放電灯点灯装置10の回路構成の一例を示す図である。

放電灯点灯装置10は、図4に示すように、電力制御回路20と、極性反転回路30と、制御部40と、動作検出部60と、イグナイター回路70と、を備えている。

40

【0045】

電力制御回路20は、放電灯90に供給する駆動電力Wdを生成する。本実施形態においては、電力制御回路20は、直流電源装置80からの電圧を入力とし、入力電圧を降圧して直流電流Idを出力するダウンショッパー回路で構成されている。

【0046】

電力制御回路20は、スイッチ素子21、ダイオード22、コイル23およびコンデンサー24を含んで構成される。スイッチ素子21は、例えば、トランジスターで構成される。本実施形態においては、スイッチ素子21の一端は直流電源装置80の正電圧側に接続され、他端はダイオード22のカソード端子およびコイル23の一端に接続されている。

50

【0047】

コイル23の他端にコンデンサー24の一端が接続され、コンデンサー24の他端はダイオード22のアノード端子および直流電源装置80の負電圧側に接続されている。スイッチ素子21の制御端子には、後述する制御部40から電流制御信号が入力されてスイッチ素子21のON/OFFが制御される。電流制御信号には、例えば、PWM(Pulse Width Modulation)制御信号が用いられてもよい。

【0048】

スイッチ素子21がONすると、コイル23に電流が流れ、コイル23にエネルギーが蓄えられる。その後、スイッチ素子21がOFFすると、コイル23に蓄えられたエネルギーがコンデンサー24とダイオード22とを通る経路で放出される。その結果、スイッチ素子21がONする時間の割合に応じた直流電流Idが発生する。

10

【0049】

極性反転回路30は、電力制御回路20から入力される直流電流Idを所定のタイミングで極性反転させる。これにより、極性反転回路30は、制御された時間だけ継続する直流である駆動電流I、もしくは、任意の周波数を持つ交流である駆動電流Iを生成し、出力する。本実施形態において、極性反転回路30は、インバーターブリッジ回路(フルブリッジ回路)で構成されている。

【0050】

極性反転回路30は、例えば、トランジスターなどで構成される第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33、および第4のスイッチ素子34を含んでいる。極性反転回路30は、直列接続された第1のスイッチ素子31および第2のスイッチ素子32と、直列接続された第3のスイッチ素子33および第4のスイッチ素子34と、が互いに並列接続された構成を有する。第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33、および第4のスイッチ素子34の制御端子には、それぞれ制御部40から極性反転制御信号が入力される。この極性反転制御信号に基づいて、第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33および第4のスイッチ素子34のON/OFF動作が制御される。

20

【0051】

極性反転回路30においては、第1のスイッチ素子31および第4のスイッチ素子34と、第2のスイッチ素子32および第3のスイッチ素子33と、を交互にON/OFFさせる動作が繰り返される。これにより、電力制御回路20から出力される直流電流Idの極性が交互に反転する。極性反転回路30は、第1のスイッチ素子31と第2のスイッチ素子32との共通接続点、および第3のスイッチ素子33と第4のスイッチ素子34との共通接続点から、制御された時間だけ同一極性状態を継続する直流である駆動電流I、もしくは制御された周波数をもつ交流である駆動電流Iを生成し、出力する。

30

【0052】

すなわち、極性反転回路30は、第1のスイッチ素子31および第4のスイッチ素子34がONのときには第2のスイッチ素子32および第3のスイッチ素子33がOFFであり、第1のスイッチ素子31および第4のスイッチ素子34がOFFのときには第2のスイッチ素子32および第3のスイッチ素子33がONであるように制御される。したがって、第1のスイッチ素子31および第4のスイッチ素子34がONのときには、コンデンサー24の一端から第1のスイッチ素子31、放電灯90、第4のスイッチ素子34の順に流れる駆動電流Iが発生する。第2のスイッチ素子32および第3のスイッチ素子33がONのときには、コンデンサー24の一端から第3のスイッチ素子33、放電灯90、第2のスイッチ素子32の順に流れる駆動電流Iが発生する。

40

【0053】

本実施形態において、電力制御回路20と極性反転回路30とを合わせた部分が放電灯駆動部230に対応する。すなわち、放電灯駆動部230は、放電灯90を駆動する駆動電流Iを放電灯90に供給する。

【0054】

50

制御部40は、放電灯駆動部230を制御する。図4の例では、制御部40は、電力制御回路20および極性反転回路30を制御することにより、駆動電流Iが同一極性を継続する保持時間、駆動電流Iの電流値（駆動電力Wdの電力値）、周波数等のパラメーターを制御する。制御部40は、極性反転回路30に対して、駆動電流Iの極性反転タイミングにより、駆動電流Iが同一極性で継続する保持時間、駆動電流Iの周波数等を制御する極性反転制御を行う。制御部40は、電力制御回路20に対して、出力される直流電流Idの電流値を制御する電流制御を行う。

【0055】

本実施形態において制御部40は、例えば、交流駆動と、直流駆動と、を実行可能である。交流駆動は、放電灯90に交流電流が供給される駆動である。直流駆動は、放電灯90に直流電流が供給される駆動である。各放電灯駆動によって放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動電流波形については、後段において詳述する。

10

【0056】

制御部40の構成は、特に限定されない。本実施形態においては、制御部40は、システムコントローラー41、電力制御回路コントローラー42、および極性反転回路コントローラー43を含んで構成されている。なお、制御部40は、その一部または全てを半導体集積回路で構成してもよい。

【0057】

システムコントローラー41は、電力制御回路コントローラー42および極性反転回路コントローラー43を制御することにより、電力制御回路20および極性反転回路30を制御する。システムコントローラー41は、動作検出部60が検出したランプ電圧（電極間電圧）V1aおよび駆動電流Iに基づき、電力制御回路コントローラー42および極性反転回路コントローラー43を制御してもよい。

20

【0058】

本実施形態においては、システムコントローラー41には、記憶部44が接続されている。

システムコントローラー41は、記憶部44に格納された情報に基づき、電力制御回路20および極性反転回路30を制御してもよい。記憶部44には、駆動電流Iの複数の駆動パターンDWが格納されている。より具体的には、記憶部44には、例えば、各駆動パターンDWを構成する各駆動に関する、駆動が実行される時間の長さ、駆動電流Iの電流値、周波数、周期数、極性、波形、変調パターン等の駆動パラメーターに関する情報が格納されている。駆動電流Iの各駆動パターンDWは、上述した交流駆動と直流駆動とのうち少なくとも一方を含んでいる。駆動パターンDWの詳細については、後段において詳述する。

30

【0059】

電力制御回路コントローラー42は、システムコントローラー41からの制御信号に基づき、電力制御回路20へ電流制御信号を出力することにより、電力制御回路20を制御する。

【0060】

極性反転回路コントローラー43は、システムコントローラー41からの制御信号に基づき、極性反転回路30へ極性反転制御信号を出力することにより、極性反転回路30を制御する。

40

【0061】

制御部40は、機械学習を行う。制御部40は、機械学習に基づいて、記憶部44に格納された複数の駆動パターンDWのうちいずれか1つの駆動パターンDWを選択し、選択された駆動パターンDWを実行する。機械学習の詳細については、後段において詳述する。

【0062】

制御部40は、専用回路を用いて実現され、上述した制御や後述する処理の各種制御を行うようにすることができる。これに対して、制御部40は、例えば、CPUが記憶部4

50

4に記憶された制御プログラムを実行することによりコンピューターとして機能し、これらの処理の各種制御を行うようにすることもできる。

【0063】

図5は、制御部40の他の構成例について説明するための図である。図5に示すように、制御部40は、制御プログラムにより、電力制御回路20を制御する電流制御手段40-1、極性反転回路30を制御する極性反転制御手段40-2として機能するように構成されてもよい。

【0064】

図4に示した例では、制御部40は、放電灯点灯装置10の一部として構成されている。これに対して、制御部40の機能の一部をC P U 580が担うように構成されてもよい。

10

【0065】

動作検出部60は、本実施形態においては、放電灯90のランプ電圧V1aを検出して制御部40にランプ電圧情報を出力する電圧検出部を含む。また、動作検出部60は、駆動電流Iを検出して制御部40に駆動電流情報を出力する電流検出部などを含んでいてよい。本実施形態においては、動作検出部60は、第1の抵抗61、第2の抵抗62および第3の抵抗63を含んで構成されている。

【0066】

本実施形態において、動作検出部60の電圧検出部は、放電灯90と並列に、互いに直列接続された第1の抵抗61および第2の抵抗62で分圧した電圧によりランプ電圧V1aを検出する。また、本実施形態において、電流検出部は、放電灯90に直列に接続された第3の抵抗63に発生する電圧により駆動電流Iを検出する。

20

【0067】

イグナイター回路70は、放電灯90の点灯開始時にのみ動作する。イグナイター回路70は、放電灯90の点灯開始時に放電灯90の電極間（第1電極92と第2電極93との間）を絶縁破壊して放電路を形成するために必要な高電圧（放電灯90の通常点灯時よりも高い電圧）を、放電灯90の電極間（第1電極92と第2電極93との間）に供給する。本実施形態においては、イグナイター回路70は、放電灯90と並列に接続されている。

【0068】

30

図6Aおよび図6Bには、第1電極92および第2電極93の先端部分が示されている。第1電極92および第2電極93の先端にはそれぞれ突起552p, 562pが形成されている。図6Aは、第1電極92が陽極として動作し、第2電極93が陰極として動作する第1極性状態を示している。第1極性状態では、放電により、第2電極93（陰極）から第1電極92（陽極）へ電子が移動する。陰極（第2電極93）からは電子が放出される。陰極（第2電極93）から放出された電子は陽極（第1電極92）の先端に衝突する。この衝突によって熱が生じ、陽極（第1電極92）の先端（突起552p）の温度が上昇する。

【0069】

図6Bは、第1電極92が陰極として動作し、第2電極93が陽極として動作する第2極性状態を示している。第2極性状態では、第1極性状態とは逆に、第1電極92から第2電極93へ電子が移動する。その結果、第2電極93の先端（突起562p）の温度が上昇する。

40

【0070】

このように、放電灯90に駆動電流Iが供給されることで、電子が衝突する陽極の温度は上昇する。一方、電子を放出する陰極は、陽極に向けて電子を放出している間、温度は低下する。

【0071】

第1電極92と第2電極93との電極間距離は、突起552p, 562pの劣化とともに大きくなる。突起552p, 562pが損耗するためである。電極間距離が大きくなる

50

と、第1電極92と第2電極93との間の抵抗が大きくなるため、ランプ電圧V1aが大きくなる。したがって、ランプ電圧V1aを参照することによって、電極間距離の変化、すなわち、放電灯90の劣化度合いを検出することができる。

【0072】

なお、第1電極92と第2電極93とは、同様の構成であるため、以下の説明においては、代表して第1電極92についてのみ説明する場合がある。また、第1電極92の先端の突起552pと第2電極93の先端の突起562pとは、同様の構成であるため、以下の説明においては、代表して突起552pについてのみ説明する場合がある。

【0073】

以下、本実施形態の制御部40による放電灯駆動部230の制御について説明する。本実施形態において制御部40は、交流駆動および直流駆動うち少なくとも1つの駆動によって放電灯駆動部230を制御する。 10

【0074】

本実施形態において制御部40は、後述の1つ以上の駆動を組み合わせた駆動パターンDWを複数実行可能である。本実施形態において各駆動パターンDWは、駆動パターンDWを構成する各駆動における駆動パラメーターのうち少なくとも1つが互いに異なる駆動電流波形を有する。

【0075】

以下、各駆動について説明する。図7は、交流駆動において放電灯90に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。図8Aおよび図8Bは、直流駆動において放電灯90に供給される駆動電流波形の一例を示す図である。図7、図8Aおよび図8Bにおいて、縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。駆動電流Iは、第1極性状態である場合を正とし、第2極性状態となる場合を負として示している。 20

【0076】

図7に示す交流駆動において放電灯90に供給される駆動電流Iは、例えば、電流値Imと電流値-Imとの間で極性が複数回反転される矩形波交流電流である。図7に示す交流電流において、周期C1の長さは、一定である。図7に示す交流電流のデューティー比は、0.5(50%)である。

【0077】

図8Aに示す直流駆動において放電灯90に供給される駆動電流Iは、一定の電流値Imを有する第1極性の直流電流である。図8Bに示す直流駆動において放電灯90に供給される駆動電流Iは、一定の電流値-Imを有する第2極性の直流電流である。 30

【0078】

図9は、本実施形態において、放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動パターンDWの一例を示す図である。図9において縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。

【0079】

図9に示される駆動パターンDWは、交流駆動および直流駆動から構成される。より具体的には、図9の駆動パターンDWは、第1交流駆動AC1、第1直流駆動DC1、第2交流駆動AC2、および第2直流駆動DC2から構成される。そして、この駆動パターンDWは、各交流駆動および各直流駆動に関して複数の駆動パラメーターを有する。例えば、第1交流駆動AC1は、駆動パラメーターとして、交流駆動の実行時間の長さta1および交流電流の第1周波数f1を有する。第1直流駆動DC1は、駆動パラメーターとして、直流駆動の実行時間の長さtd1および第1極性を有する。第2交流駆動AC2は、駆動パラメーターとして、交流駆動の実行時間の長さta2および交流電流の第2周波数f2を有する。第2直流駆動DC2は、駆動パラメーターとして、直流駆動の実行時間の長さtd2および第2極性を有する。 40

【0080】

なお、図9の駆動パターンDWの場合、第1交流駆動AC1の実行時間の長さta1および第2交流駆動AC2の実行時間の長さta2は、同じとしており、また、第1交流駆

動 A C 1 の実行時間の長さ t_{a1} および第 2 交流駆動 A C 2 の実行時間の長さ t_{a2} も、同じとしている。さらに、図 9 の駆動パターン D W の場合、第 1 交流駆動 A C 1 における交流電流の第 1 周波数 f_1 および第 2 交流駆動 A C 2 における交流電流の第 2 周波数 f_2 は、同じとしている。

【 0 0 8 1 】

第 1 周波数 f_1 および第 2 周波数 f_2 は、例えば、100 Hz 以上、1 kHz 以下である。第 1 交流駆動 A C 1 の実行時間の長さ t_{a1} および第 2 交流駆動 A C 2 の実行時間の長さ t_{a2} は、例えば、10 ms (ミリ秒) 以上、10 s (秒) 以下である。第 1 直流駆動 D C 1 の実行時間の長さ t_{d1} および第 2 直流駆動 D C 2 の実行時間の長さ t_{d2} は、例えば、10 ms (ミリ秒) 以上、40 ms (ミリ秒) 以下である。

10

【 0 0 8 2 】

複数の駆動パターン D W は、例えば、上記各駆動における各駆動パラメーターの数値範囲のうちから選択された複数の数値が適宜組み合わされて構成される。例えば、組み合わせとして用いる各駆動における駆動パラメーターの種類の合計は、2種類以上、6種類以下が好ましく、駆動パラメーターの種類ごとに用意する数値は、2つ以上、6つ以下が好ましい。これらを組み合わせて複数の駆動パターン D W を構成することで、好ましい数の駆動パターン D W が得られる。

【 0 0 8 3 】

例えば、前述の図 9 に示される駆動パターン D W で説明された駆動パラメーターは、交流駆動の実行時間の長さ、交流駆動における交流電流の周波数、直流駆動の実行時間の長さ、および直流駆動の極性であり、この場合、各駆動における駆動パラメーターの種類の合計は、4種類である。

20

【 0 0 8 4 】

複数の駆動パターン D W は、上述した複数の駆動パラメーターのうちの少なくとも 1 つの駆動パラメーターの値が互いに異なる。駆動パターン D W の数は、例えば、3パターン以上、150 パターン以下である。好ましくは、駆動パターン D W の数は、10 パターン以上、100 パターン以下である。より好ましくは、駆動パターン D W 数は、20 パターン以上、30 パターン以下である。このように駆動パターン D W の数を設定することで、放電灯 90 の寿命をより向上できる。

【 0 0 8 5 】

30

次に、本実施形態の制御部 40 による各駆動パターン D W の切り換えについて説明する。制御部 40 は、機械学習に基づいて、駆動パターン D W を切り換える。本実施形態において制御部 40 は、ランプ電圧 V_{1a} の変化に基づいて駆動パターン D W の評価を行い、この駆動パターン D W の評価に基づいて、駆動パターン D W の選択を行う。

【 0 0 8 6 】

本実施形態においては、複数の駆動パターン D W の初期評価が行われる初期学習期間と、初期学習期間の後に設けられる定常学習期間と、が設けられる。図 10 は、初期学習期間における制御部 40 の制御手順の一例を示すフローチャートである。なお、以下の説明においては、駆動パターン D W は、N 個設けられ、各駆動パターン D W には、それぞれ 1 番～N 番までの番号が振られているとする。

40

【 0 0 8 7 】

図 10 に示すように、制御部 40 は、初期学習期間を開始した (ステップ S 1 1) 後、1 番～N 番までの駆動パターン D W のうちから、初期学習期間において選択していない駆動パターン D W を選択する (ステップ S 1 2)。制御部 40 は、例えば、選択していない駆動パターン D W をランダムで選択する。初期学習期間を開始した直後においては、いずれの駆動パターン D W も選択していないため、制御部 40 は、1 番～N 番までの駆動パターン D W のうちから 1 つの駆動パターン D W を選択する。次に、動作検出部 60 の電圧検出部は、放電灯 90 のランプ電圧 V_{1a1} を検出し (ステップ S 1 3)、制御部 40 は、検出されたランプ電圧 V_{1a1} を記憶部 44 に記憶する。そして、制御部 40 は、選択された駆動パターン D W を実行する (ステップ S 1 4)。

50

【 0 0 8 8 】

駆動パターンDWの実行を開始した後、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWの実行が開始されてから初期学習時間が経過したか否かを判断する（ステップS15）。初期学習時間の長さは、例えば、10min（分）以上、120min（分）以下である。現在選択されている駆動パターンDWの実行が開始されてから初期学習時間が経過していない場合（ステップS15：NO）、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWを実行し続ける。

【 0 0 8 9 】

一方、現在選択されている駆動パターンDWの実行が開始されてから初期学習時間が経過した場合（ステップS15：YES）、動作検出部60の電圧検出部は、放電灯90のランプ電圧V1a2を検出し（ステップS16）、制御部40は、検出されたランプ電圧V1a2を記憶部44に記憶する。そして、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWを評価する（ステップS17）。

10

【 0 0 9 0 】

本実施形態において駆動パターンDWの評価は、ランプ電圧V1aの変化に基づいて行われる。具体的には、制御部40は、選択された駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2の値と、選択された駆動パターンDWを実行する前のランプ電圧V1a1に対する、駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2の差と、に基づいて、駆動パターンDWを評価する。以下の説明においては、駆動パターンDWを実行する前のランプ電圧V1a1に対する、駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2の差を、第1変動電圧値と呼ぶ。

20

【 0 0 9 1 】

ここで、ランプ電圧V1aには、目標数値範囲が設定されている。制御部40は、可能な限りランプ電圧V1aを目標数値範囲に維持できるように、各駆動パターンDWの選択・実行を行う。目標数値範囲は、例えば、60V以上、65V未満である。駆動パターンDWの評価が比較的高くなる場合は、例えば、1つの駆動パターンDWを実行したことでランプ電圧V1a（1つの駆動パターンDWが初期学習時間実行された後のランプ電圧V1a2）が目標数値範囲内となった場合、1つの駆動パターンDWを実行したことでランプ電圧V1aが目標数値範囲に近づいた場合、および1つの駆動パターンDWを実行する前後でランプ電圧V1aを目標数値範囲内に維持できた場合等である。また、駆動パターンDWの評価が比較的低い場合は、例えば、1つの駆動パターンDWを実行したことでランプ電圧V1aが目標数値範囲から外れた場合、および1つの駆動パターンDWを実行したことでランプ電圧V1aが目標数値範囲から遠ざかった場合等である。

30

【 0 0 9 2 】

一例として、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2が目標数値範囲よりも大きい場合、かつ、第1変動電圧値が負の値である場合、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的高い。また、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2が目標数値範囲よりも大きい場合、かつ、第1変動電圧値が正の値である場合、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的低い。一方、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2が目標数値範囲よりも小さい場合、かつ、第1変動電圧値が負の値である場合、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的低い。また、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2が目標数値範囲よりも小さい場合、かつ、第1変動電圧値が正の値である場合、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的高い。さらに、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実行した後のランプ電圧V1a2が目標数値範囲内である場合には、第1変動電圧値の絶対値が小さいほど、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的高く、一方で、第1変動電圧値の絶対値が大きいほど、選択された1つの駆動パターンDWの評価は比較的低い。

40

【 0 0 9 3 】

なお、第1変動電圧値が負の値であるとは、1つの駆動パターンDWを初期学習時間実

50

行したことでランプ電圧 V_{1a} が低下したことを意味する。第 1 变動電圧値が正の値であるとは、1 つの駆動パターン DW を初期学習時間実行したことでランプ電圧 V_{1a} が上昇したことを意味する。

【0094】

選択されている駆動パターン DW を評価した後、制御部 40 は、初期学習期間において 1 番～N 番までの駆動パターン DW を全て実行したか否かを判断する（ステップ S18）。1 番～N 番までの駆動パターン DW のうちで初期学習期間において実行していない駆動パターン DW がある場合（ステップ S18：NO）、制御部 40 は、別の駆動パターン DW を選択して実行し、評価する（ステップ S12～S17）。一方で、初期学習期間において 1 番～N 番までの N パターンの駆動パターン DW を全て実行した場合（ステップ S18：YES）、制御部 40 は、初期学習期間を終了して、定常学習期間に移行する（ステップ S19）。初期学習期間の長さは、例えば、10 h（時間）未満である。

10

【0095】

本実施形態において、選択された駆動パターン DW を実行する前のランプ電圧 V_{1a1} として、ステップ S12において複数の駆動パターン DW のうちから選択していない駆動パターン DW を選択した後に、動作検出部 60 の電圧検出部によって放電灯 90 のランプ電圧 V_{1a1} を検出することとしたが、これに限られない。選択された X 番目の駆動パターン DW を実行する前のランプ電圧 V_{1a1} は、例えば、選択された X 番目の駆動パターン DW の 1 つ前に選択された（X-1）番目の駆動パターン DW が初期学習時間実行された後に検出されたランプ電圧 V_{1a2} としてもよい。このように制御することで、ステップ S13 におけるランプ電圧 V_{1a1} の検出が不要となり、初期評価の処理をより簡略化できる。

20

【0096】

図 11 は、定常学習期間における制御部 40 の制御手順の一例を示すフローチャートである。図 11 では、定常学習期間における 1 サイクルを示している。定常学習期間において制御部 40 は、図 11 に示すような 1 サイクルを繰り返し実行する。図 11 に示すように、制御部 40 は、定常学習期間を開始した（ステップ S21）後、1 番～N 番までの駆動パターン DW の中から、定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW と比較的評価の高い駆動パターン DWとのうち一方の駆動パターン DW を選択する（ステップ S22～S24）。なお、制御部 40 は、例えば、1 番～N 番までの駆動パターン DW の中から駆動パターン DW をランダムで選択する。

30

【0097】

より具体的には、例えば、制御部 40 は、1 番～N 番までの駆動パターン DW の中から、定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW と比較的評価の高い駆動パターン DWとのうち前者（定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW）を選択するか否かを判断し（ステップ S22）、比較的評価の高い駆動パターン DW を選択する場合（ステップ S22：NO）、1 番～N 番までの駆動パターン DW の中から比較的評価の高い駆動パターン DW を選択する（ステップ S23）。制御部 40 は、例えば、1 番～N 番までの駆動パターン DW のうち、評価が最も高い駆動パターン DW、すなわち、ランプ電圧 V_{1a} をランプ電圧 V_{1a} の目標数値範囲（所定電圧値）に最も近付ける駆動パターン DW を選択する。そして、制御部 40 は、ステップ S23 において選択された駆動パターン DW を実行する（ステップ S26）。

40

【0098】

一方で、制御部 40 は、定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW である前者を選択する場合（ステップ S22：YES）、1 番～N 番までの駆動パターン DW の中から定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW を選択する（ステップ S24）。そして、定常学習期間において選択されていない駆動パターン DW が選択された場合、制御部 40 は、選択された駆動パターン DW が実行条件を満たすか否かを判断する（ステップ S25）。実行条件は、例えば、選択された駆動パターン DW が前回選択され実行された際に、後述するステップ S28 において他の駆動パターン DW へ切り換えら

50

れていいないことを含む。

【0099】

ステップS24において選択された駆動パターンDWが実行条件を満たす場合（ステップS25：YES）、ステップS26に移行し、制御部40は、選択された駆動パターンDWを実行する。一方、選択された駆動パターンDWが実行条件を満たさない場合（ステップS25：NO）、ステップS22に移行し、制御部40は、1番～N番までの駆動パターンDWの中から他の駆動パターンDWを選択し、上述したのと同様の判断を行う。

【0100】

次に、選択された駆動パターンDWの実行を開始した後、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWの実行を開始してから定常学習時間が経過したか否かを判断する（ステップS27）。ステップS27において判断する定常学習時間は、例えば、初期学習期間におけるステップS15で判断する初期学習時間と同じである。すなわち、定常学習時間の長さは、例えば、10min（分）以上、120min（分）以下である。現在選択されている駆動パターンDWの実行が開始されてから定常学習時間が経過していない場合（ステップS27：NO）、制御部40は、現在の駆動パターンDWが切換条件（第1所定条件）を満たすか否かを判断する（ステップS28）。

10

【0101】

切換条件は、例えば、第1切換条件と、第2切換条件とのいずれか1つを満たすことを含む。第1切換条件は、現在の駆動パターンDWの実行中に、定常学習時間内で検出されたランプ電圧V1aの変化（変動電圧値）の絶対値が第1所定値以上となり、かつ、検出されたランプ電圧V1aが目標数値範囲から外れることである。第2切換条件は、現在の駆動パターンDWの実行が開始してから経過した時間が第1時間以下の場合に、ランプ電圧V1aの変化の絶対値が第2所定値以上となることを含む。第1時間は、定常学習時間よりも小さく、例えば、5min（分）である。第2所定値は、第1所定値よりも小さい。第1所定値は、例えば、5Vである。第2所定値は、例えば、3Vである。

20

【0102】

すなわち、第1時間以下においてはランプ電圧V1aの変化の絶対値が第1所定値よりも小さい第2所定値以上となつた場合でも切換条件（第2切換条件）を満たすこととし、第1時間を超えた場合においてはランプ電圧V1aの変化が第2所定値よりも大きい第1所定値以上とならなければ切換条件（第1切換条件）を満たさないこととする。このような関係とすることで、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWの実行時間とランプ電圧V1aとに基づいて、現在選択されている駆動パターンDWの切換を段階的に判断する。

30

【0103】

現在選択されている駆動パターンDWが切換条件を満たす場合（ステップS28：YES）、制御部40は、現在の放電灯90の状態においては、現在選択されている駆動パターンDWが放電灯90の寿命を向上させるために好ましくない駆動パターンDWであると判断する。そして、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWの評価を下げる。

【0104】

40

その後、制御部40は、上述したのと同様にして、ステップS22～ステップS26を実行し、次の駆動パターンDWの選択・実行を行う。このように、制御部40は、駆動パターンDW実行時において、ランプ電圧V1aの変化が切換条件を満たす場合、現在選択されている駆動パターンDWから他の駆動パターンDWに切り換える。

【0105】

一方で、現在の駆動パターンDWが切換条件を満たさない場合（ステップS28：NO）、制御部40は、定常学習時間が経過するまで現在選択されている駆動パターンDWを実行する。そして、現在の駆動パターンDWの実行を開始してから定常学習時間が経過した場合（ステップS27：YES）、動作検出部60の電圧検出部は、放電灯90のランプ電圧V1aを検出し（ステップS29）、制御部40は、検出されたランプ電圧V1a

50

を記憶部 44 に記憶する。その後、制御部 40 は、現在選択されている駆動パターン DW を評価する（ステップ S30）。

【0106】

ステップ S30 における駆動パターン DW の評価は、例えば、初期学習期間のステップ S17 における駆動パターン DW の評価と同様である。すなわち、制御部 40 は、選択された駆動パターン DW を定常学習時間実行した後のランプ電圧 V1a の値と、選択された駆動パターン DW を実行する前のランプ電圧 V1a に対する駆動パターン DW を定常学習時間実行した後のランプ電圧 V1a の差と、に基づいて、駆動パターン DW を評価する。以下の説明においては、駆動パターン DW を実行する前のランプ電圧 V1a に対する駆動パターン DW を定常学習時間実行した後のランプ電圧 V1a の差を、第2変動電圧値と呼ぶ。10

【0107】

ステップ S30 において制御部 40 は、定常学習期間において選択された駆動パターン DW の再評価を行う。すなわち、制御部 40 は、各駆動パターン DW に対し、初期学習期間において行われた評価、および現時点よりも前の定常学習期間において行われた評価を更新する。

【0108】

続いて、制御部 40 は、現在選択されている駆動パターン DW が連続実行条件（第2所定条件）を満たすか否か判断する（ステップ S31）。連続実行条件は、第1連続実行条件と、第2連続実行条件と、第3連続実行条件とのいずれか1つを満たすことを含む。第1連続実行条件、第2連続実行条件、および第3連続実行条件の各々は、連続実行回数が所定回数以下であることを含む。連続実行回数に関する所定回数は、例えば、2回以上、15回以下である。20

【0109】

そして、第1連続実行条件は、選択された駆動パターン DW を定常学習時間実行した後のランプ電圧 V1a が目標数値範囲よりも大きく、かつ、第2変動電圧値が負の値であることである。第2連続実行条件は、選択された駆動パターン DW の実行前後でランプ電圧 V1a が目標数値範囲内に含まれていることである。第3連続実行条件は、選択された駆動パターン DW を定常学習時間実行した後のランプ電圧 V1a が目標数値範囲よりも小さく、かつ、第2変動電圧値が正の値であることである。30

【0110】

現在の駆動パターン DW が連続実行条件を満たす場合（ステップ S31：YES）、制御部 40 は、現在の放電灯 90 の状態においては、現在選択されている駆動パターン DW が放電灯 90 の寿命を向上させるために好ましい駆動パターン DW であると判断する。そして、制御部 40 は、現在選択されている駆動パターン DW を、次に実行する駆動パターン DW として再び選択する（ステップ S32）。そして、ステップ S26 へ移行し、制御部 40 は、今回実行する駆動パターン DW として選択された前回の駆動パターン DW を連続して実行する。

【0111】

以上に説明したように、本実施形態において制御部 40 は、選択された1つの駆動パターン DW を定常学習時間実行した前後のランプ電圧 V1a の変化が連続実行条件を満たす場合、同じ駆動パターン DW を複数回連続して実行する。40

【0112】

一方で、現在の駆動パターン DW が連続実行条件を満たさない場合（ステップ S31：NO）、制御部 40 は、ステップ S22～S26 において駆動パターン DW の選択および実行を所定回数実行したか否かを判断する（ステップ S33）。

【0113】

駆動パターン DW の選択および実行を所定回数実行していない場合（ステップ S33：NO）、ステップ S22 へ移行して、再び駆動パターン DW の選択を行う。1サイクルの定常学習期間における駆動パターン DW の選択および実行に関する所定回数は、例えば、50

駆動パターンDWの個数Nよりも大きい。

【0114】

駆動パターンDWの選択および実行を所定回数実行した場合(ステップS33: YES)、制御部40は、定常学習期間の1サイクルを終了する(ステップS34)。制御部40は、以上のような1サイクルを繰り返して、定常学習期間を実行し続ける。次の1サイクルは、駆動パターンDWの選択および実行の回数がリセットされること以外は、定常学習期間の前回のサイクルから各パラメーターを引き継いだ状態で実行される。

【0115】

以上のようにして、制御部40は、初期学習期間と定常学習期間とによって機械学習を行い、実行する駆動パターンDWを選択する。初期学習期間は、例えば、プロジェクト500が初めて点灯された後に1回のみ行われる。定常学習期間は、例えば、初期学習期間が終了した後、プロジェクト500が点灯している間、常時設けられる。例えば、プロジェクト500の電源がOFFにされた後、再びONにされた際には、制御部40は、前回電源がOFFにされた際に実行していた期間を、中断されたところから再開する。

【0116】

例えば、従来においては、ランプ電圧V1aの値と駆動電力Wdの値とに対応した駆動パターンDWが予め設定されていたため、ランプ電圧V1aおよび駆動電力Wdが同じ値である場合には、実行される駆動パターンDWは、予め設定された1つの駆動パターンDWであった。

【0117】

これに対して、本実施形態では、機械学習によって駆動パターンDWが選択されるため、例えば、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり駆動電力Wdが所定の電力値である場合、少なくとも1つの駆動パラメーターが互いに異なる複数の駆動パターンDWが実行される。すなわち、例えば、制御部40、放電灯90に供給される駆動電力Wdが所定の電力帯であり、かつ、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合に、少なくとも2つ(本実施形態では、例えば少なくとも3つ)の駆動パターンDWを実行する。この少なくとも2つの駆動パターンDWは、1つの駆動パターンDWを構成する駆動における複数の駆動パラメーターのうちの少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる駆動パターンDWである。すなわち、ランプ電圧V1aを一定とし、かつ、駆動電力Wdの電力帯を一定として放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動パターンDWを検出する場合、少なくとも2つ以上の異なる駆動パターンDWを検出可能である。なお、所定の電力帯とは、例えば、幅が10W以内程度の駆動電力Wdの数値範囲である。

【0118】

本実施形態においては、放電灯90に供給される駆動電力Wdが所定の電力帯であり、かつ、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合に、例えば少なくとも3つの駆動パターンDWが実行される。例えば、3つの駆動パターンDWは、第1駆動パターン、第2駆動パターン、および第3駆動パターンであり、それぞれが図9に示されるように、交流駆動および直流駆動から構成されるとする。この場合の駆動パラメーターを、交流電流の周波数、交流駆動の実行時間の長さ、および直流駆動の実行時間の長さの3種類とした場合、例えば、第1駆動パターンについて、交流電流の周波数は400Hzであり、交流駆動の実行時間の長さは100msであり、直流駆動の実行時間の長さは10msである。第2駆動パターンについて、交流電流の周波数は400Hzであり、交流駆動の実行時間の長さは50msであり、直流駆動の実行時間の長さは10msである。第3駆動パターンについて、交流電流の周波数は300Hzであり、交流駆動の実行時間の長さは100msであり、直流駆動の実行時間の長さは10msである。第1駆動パターン、第2駆動パターン、および第3駆動パターンは、これら3つの駆動パターンDWのうちの各2つの駆動パターンDWの間で、複数の駆動パラメーターのうちの少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる駆動パターンDWである。

【0119】

また、上述したように機械学習によって駆動パターンDWの選択・実行を行うと、放電

10

20

30

40

50

灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、放電灯90の累積点灯時間あるいは放電灯90の個体が異なることで、選択・実行される駆動パターンDWが異なる。すなわち、制御部40は、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、放電灯90の累積点灯時間および放電灯90の個体のうちの少なくとも一方に応じて、少なくとも2つの駆動パターンDW、例えば第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行する。この場合、この2つの駆動パターンDWにおける駆動電力Wdの電力帯は、所定の電力値であってもよいし、異なってもよい。

【0120】

第1駆動パターンと第2駆動パターンとは、複数の駆動パターンDWのうちの任意の2つの駆動パターンDWである。第1駆動パターンと第2駆動パターンとは、各駆動パターンを構成する駆動における複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる。なお、累積点灯時間は、放電灯90が点灯された時間の総計である。すなわち、累積点灯時間は、放電灯90が初めて点灯したときから積算された放電灯90の点灯時間である。

【0121】

具体的には、例えば、制御部40は、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり、かつ、累積点灯時間が第1累積点灯時間である場合、第1駆動パターンを実行し、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり、かつ、累積点灯時間が第1累積点灯時間とは異なる第2累積点灯時間である場合、第2駆動パターンを実行する。すなわち、ランプ電圧V1aを一定として放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動パターンDWを検出する場合、放電灯90の累積点灯時間が変わると、異なる駆動パターンDWを少なくとも2つ以上検出可能である。

【0122】

また、例えば、制御部40は、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり、かつ、放電灯90が第1個体である場合、第1駆動パターンを実行し、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり、かつ、放電灯90が第1個体とは異なる第2個体である場合、第2駆動パターンを実行する。すなわち、ランプ電圧V1aを一定として放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動パターンDWを検出する場合、放電灯90の個体が変わると、異なる駆動パターンDWを少なくとも2つ以上検出することが可能である。

【0123】

上述した制御を行う制御部40を備える放電灯点灯装置10は、放電灯駆動方法としても表現できる。すなわち、本実施形態の放電灯駆動方法の一つの態様は、第1電極92および第2電極93を有する放電灯90に駆動電流Iを供給して、放電灯90を駆動する放電灯駆動方法であって、駆動電流Iの複数の駆動パターンDWに従って、放電灯90に駆動電流Iを供給し、複数の駆動パターンDWは、それぞれ複数の駆動パラメーターを有し、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、放電灯90の累積点灯時間および放電灯90の個体のうちの少なくとも一方に応じて、複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行することを特徴とする。

【0124】

なお、複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なるとは、例えば2つの駆動パターンDWの間で、各駆動パターンDWを構成する駆動が異なる場合を含む。より具体的には、例えば、第1駆動パターンが交流駆動で構成され、第2駆動パターンが直流駆動および交流駆動で構成され、かつ、第1駆動パターンにおける交流駆動に関する各駆動パラメーターと第2駆動パターンにおける交流駆動に関する各パラメーターとが同じである場合も、第1駆動パターンと第2駆動パターンとは、少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる駆動パターンDWとする。この場合、第1駆動パターンには直流駆動が含まれないため、第1駆動パターンにおける直流駆動に関する駆動パラメーターをゼロとみなす。これにより、この場合において第1駆動パターンと第2駆動パターンとは、直流駆動に関する駆動パラメーターが互いに異なる。

10

20

30

40

50

【0125】

本実施形態によれば、上述したようにして、制御部40は、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、放電灯90の累積点灯時間および放電灯90の個体のうちの少なくとも一方に応じて、複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行する。そのため、制御部40が累積点灯時間に応じて駆動パターンDWを実行する場合、同じランプ電圧V1aであっても、放電灯90を駆動する時間によって、実行される駆動パターンDWを異ならせることができる。これにより、放電灯90に個体差がある場合であっても、好適な駆動パターンDWを実行しやすい。一方、制御部40が放電灯90の個体に応じて駆動パターンDWを実行する場合、同じランプ電圧V1aであっても、放電灯90の個体によって、実行される駆動パターンDWを異ならせることができる。これにより、放電灯90に個体差がある場合であっても、好適な駆動パターンDWを実行しやすい。したがって、本実施形態によれば、放電灯90の個体差によらず、放電灯90の寿命を向上させることができる。10

【0126】

また、本実施形態によれば、上述したようにして、制御部40は、機械学習に基づいて、複数の駆動パターンDWのうちからいずれか1つの駆動パターンDWを選択して、選択した駆動パターンDWを実行する。そのため、放電灯90に個体差がある場合であっても、機械学習を行うことで、放電灯90の個体差に応じて、第1駆動パターンと第2駆動パターンとのうちから好適な駆動パターンDWを選択することができる。したがって、本実施形態によれば、放電灯90の個体差によらず、放電灯90の寿命をより向上させることができる。20

【0127】

また、放電灯90に供給される駆動電力Wdが変化すると、第1電極92の突起552pの溶融度合い、および成長度合いが変化する。そのため、従来では、放電灯90に供給される駆動電力Wdごとに、ランプ電圧V1aに応じて、放電灯90に供給される駆動電流Iの好適な駆動パターンDWを決め、記憶部44に格納しておく必要があった。したがって、全ての駆動電力Wdごとにランプ電圧V1aに応じた駆動パターンDWを設定しておくことは困難であり、予め決められた複数種類の駆動電力Wdにしか、放電灯90に供給される駆動電力Wdを変更できない仕様となっていた。30

【0128】

これに対して、本実施形態によれば、機械学習に基づいて駆動パターンDWが選択されるため、駆動電力Wdを変化させた場合であっても、駆動電力Wdの変化に応じて、好適な駆動パターンDWを選択することができる。これにより、放電灯90に供給される駆動電力Wdを容易に多段階で変化させることができるとなる。したがって、例えば、使用者が、駆動電力Wdを任意に変化させて、プロジェクター500から投射される映像の輝度を自由に変更することができる。そのため、例えば、駆動電力Wdを比較的小さくして、プロジェクター500の消費電力を好適に抑えつつ、放電灯90の寿命を向上させることも可能となる。

【0129】

また、駆動電力Wdを任意に変更することができるため、放電灯90の寿命を向上させる際に変化させる駆動パターンDWの駆動パラメーターの一つとして、駆動電力Wdを用いることも可能となる。これにより、放電灯90の寿命をより向上させることができる。例えば、プロジェクター500の筐体には、駆動電力Wdを変化させるための操作部を設けてもよい。

【0130】

また、本実施形態によれば、制御部40は、ランプ電圧V1aの変化に基づいて駆動パターンDWの選択を行う。そのため、ランプ電圧V1aを検出することで、駆動パターンDWの選択を行うことができ、機械学習を好適かつ容易に行うことができる。

【0131】

50

また、本実施形態によれば、制御部40は、選択された駆動パターンDWの実行時において、検出されたランプ電圧V1aの変化が切換条件を満たす場合、選択された駆動パターンDWから他の駆動パターンDWに切り換える。そのため、選択された駆動パターンDWが、そのときの放電灯90の状態に対して寿命を向上させるのに好ましくない駆動パターンDWである場合に、駆動パターンDWを他の好適な駆動パターンDWへ切り換えられる。したがって、放電灯90の寿命が低下することを抑制できる。

【0132】

また、上述したように、切換条件を満たした駆動パターンDWは、評価を下げられ、かつ、ステップS24において次に当該切換条件を満たした駆動パターンDWが選択され、ステップS25において当該切換条件を満たした駆動パターンDWが実行条件を満たすか判断される際に、実行条件を満たさないと判断される。すなわち、制御部40は、所定期間の間、当該切換条件を満たした駆動パターンDWを実行しない。そのため、本実施形態によれば、放電灯90の寿命を低下させる可能性が高い駆動パターンDWが実行されることを抑制でき、放電灯90の寿命をより向上させることができる。

10

【0133】

上述したように制御部40は、選択された駆動パターンDWの実行を開始してから定常学習時間が経過した場合に、次の駆動パターンDWを選択するため、駆動パターンDWの実行時間（所定時間）の長さは基本的には、定常学習時間の長さと同じになる。しかし、定常学習期間において選択された駆動パターンDWは、放電灯90の状態によって、定常学習時間が経過する前に途中で他の駆動パターンDWへ切り換えられることがあるため、同じ駆動パターンDWであっても、1つの駆動パターンDWの実行を開始してから次の駆動パターンDWに切り換えられるまでの、選択された1つの駆動パターンDWの実行時間（所定時間）が変化する場合がある。

20

【0134】

すなわち、制御部40は、ランプ電圧V1aに基づいて、複数の駆動パターンDWのうちの所定の駆動パターンDWが実行される実行時間（所定時間）の長さを変化させる。そのため、ランプ電圧V1aの変化に応じて、適宜駆動パターンDWを切り換えることができ、放電灯90の寿命をより向上できる。

【0135】

また、複数の駆動パターンDWのうちの所定の駆動パターンDWが実行される実行時間の長さは、上述したようにして変化するため、放電灯90の累積点灯時間に応じて変化する。また、複数の駆動パターンDWのうちの所定の駆動パターンが実行される実行時間の長さは、上述したようにして変化するため、放電灯90の個体に応じて変化する。選択された駆動パターンDWが途中で他の駆動パターンDWへ切り換えられた場合、当該選択された駆動パターンDWの実行時間（所定時間）は、定常学習時間よりも短い。

30

【0136】

また、例えば、評価が最も高い駆動パターンDW、すなわち、放電灯90のランプ電圧V1aを目標数値範囲に最も近付ける駆動パターンDWであっても、常に同じ駆動パターンDWを実行する場合には、第1電極92の突起552pが成長しにくくなる場合があり、放電灯90の寿命を十分に向上させにくくなる場合がある。また、例えば、放電灯90の第1電極92の突起552pの溶融度合いおよび成長度合いは、放電灯90の劣化、すなわち累積点灯時間の増加に伴って変化する。そのため、ある時点において放電灯90の寿命を向上させるために好適な駆動パターンDWであっても、別の時点において放電灯90の寿命を向上させるために不適な駆動パターンDWとなることがある。

40

【0137】

これに対して、本実施形態によれば、制御部40は、定常学習期間の1サイクルにおいて、N個の駆動パターンDWの中から選択されていない駆動パターンDWおよび比較的評価の高い駆動パターンDWのうち一方を選択・実行する。そのため、1サイクル内において、評価の最も高い駆動パターンDWを含む比較的評価の高い駆動パターンDWと、それ以外の駆動パターンDWと、の両方が実行される。すなわち、本実施形態の制御部40は

50

、一定の期間内において、複数の駆動パターンDWのうち評価の最も高い駆動パターンDWを含む比較的評価の高い駆動パターンDW（以下、高評価駆動パターンDWmと呼ぶ）と、複数の駆動パターンDWのうち高評価駆動パターンDWmよりも評価の低い駆動パターンDW（以下、他の駆動パターンDWeと呼ぶ）と、の両方を実行する。これにより、評価の高い高評価駆動パターンDWmの間に、高評価駆動パターンDWmよりも評価が低い他の駆動パターンDWeを実行することができ、第1電極92に対して加えられる熱負荷の刺激を大きく変動させやすい。したがって、突起552pを成長させやすく、放電灯90の寿命をより向上させやすい。

【0138】

また、本実施形態によれば、制御部40は、選択された駆動パターンDWが実行された前後のランプ電圧V1aの変化が連続実行条件を満たす場合、当該選択された駆動パターンDWを複数回、連続して実行する。ここで、本実施形態は、ランプ電圧V1aが所定の電圧値であり駆動電力Wdが所定の電力値である場合、少なくとも1つの駆動パラメーターが互いに異なる複数の駆動パターンDWが実行される構成である。すなわち、本実施形態は、1つの条件下で2つ以上の駆動パターンDWのうち1つが選択され実行されるというランダム性を有する一方で、選択された駆動パターンDWが連続実行条件を満たした場合には、1つの同じ駆動パターンが連続して実行されることになる特性も有する。そのため、放電灯90の寿命を向上させるのに好適な駆動パターンDWを複数回、連続して実行することができ、放電灯90の寿命をより向上させやすい。また、本実施形態において連続実行条件は、連続実行回数が所定回数以下であることを含む。そのため、放電灯90の状態が大きく変化しない程度の実行時間で、好適な駆動パターンDWを複数回、連続して実行することができる。したがって、放電灯90の寿命をより向上させやすい。

【0139】

また、本実施形態によれば、制御部40は、ステップS25で示したように実行条件を満たすか否かの判断を行い、実行条件を満たさない場合には、その駆動パターンDWを実行しない。これにより、評価が比較的低い駆動パターンDWが実行されにくい。したがって、放電灯90の寿命をより向上させやすい。

【0140】

以上のような機械学習に基づいて駆動パターンDWが選択・実行されるため、本実施形態においては、ランプ電圧V1aによらず、各駆動パターンDWが実行される確率は互いに異なる。すなわち、放電灯90のランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、第1駆動パターンが実行される確率と、第2駆動パターンが実行される確率と、は互いに異なる。

【0141】

このように、本実施形態によれば、第1駆動パターンが実行される確率と第2駆動パターンが実行される確率とが互いに異なる。そのため、放電灯90の状態に応じて、より好みの方の駆動パターンDW（例えば、高評価駆動パターンDWm）を実行しやすくなる。これにより、放電灯90の寿命をより向上できる。

【0142】

また、少なくとも第1駆動パターンおよび第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行される実行期間において、実行期間の長さに対する第1駆動パターンが実行される実行時間の割合と、実行期間の長さに対する第2駆動パターンが実行される実行時間の割合と、は互いに異なる。実行期間とは、例えば、定常学習期間の1サイクルに相当する。

【0143】

このように、本実施形態によれば、実行期間において、第1駆動パターンが実行される実行時間の割合と、第2駆動パターンが実行される実行時間の割合とが互いに異なる。そのため、放電灯90の状態に応じて、より好みの方の駆動パターンDW（例えば、高評価駆動パターンDWm）が実行される時間を長くできる。これにより、放電灯90の寿命をより向上できる。

【0144】

10

20

30

40

50

また、少なくとも第1駆動パターンおよび第2駆動パターンがそれぞれ1回以上実行される実行期間、すなわち例えば定常学習期間の1サイクルにおいて、第1駆動パターンが実行される回数と、前記第2駆動パターンが実行される回数とは互いに異なる。第1駆動パターンを、評価の最も高い駆動パターンDWを含む高評価駆動パターンDWmとし、第2駆動パターンを、他の駆動パターンDWeのうちの1つの駆動パターンDWとする場合、第1駆動パターンが実行される回数は、第2駆動パターンが実行される回数よりも多い。

【0145】

このように、本実施形態によれば、実行期間において、第1駆動パターンが実行される回数と、第2駆動パターンが実行される回数とが互いに異なる。そのため、放電灯90の状態に応じて、より好ましい方の駆動パターンDW（例えば、高評価駆動パターンDWm）が実行される回数を多くできる。これにより、放電灯90の寿命をより向上できる。

【0146】

また、例えば、選択される複数の駆動パターンDWの個数（N）が少なすぎると、放電灯90の状態に応じた好適な駆動パターンDWが含まれていない場合がある。一方、駆動パターンDWの個数が多すぎると、初期学習期間に時間が掛かり、好適な駆動パターンDWを選択するまでに時間が掛かる。また、定常学習期間において好適な駆動パターンDW以外の実行する割合が大きくなる。また、例えば、制御部40が機械学習を行わない場合であっても、駆動パターンDWの数が多すぎると、複数の駆動パターンDWの中から好適な駆動パターンDWが選択される確率が低くなる場合がある。

【0147】

これに対して、駆動パターンDWの個数を10パターン以上、100パターン以下とすれば、放電灯90の状態に応じた好適な駆動パターンDWを選択しやすく、初期学習期間の時間も短くできる。また、定常学習期間において好適な駆動パターンDWの割合を大きくなるため、より放電灯90の寿命を向上できる。また、制御部40が機械学習を行わない場合であっても、好適な駆動パターンDWを選択しやすくでき、放電灯90の寿命をより向上できる。また、駆動パターンDWの個数を20パターン以上、30パターン以下とすれば、これらの効果をより高く得られる。

【0148】

なお、本実施形態においては、下記の構成および方法を採用することもできる。

【0149】

制御部40は、ランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合、放電灯90の累積点灯時間および放電灯90の個体のうちの少なくとも一方に応じて、複数の駆動パラメーターのうち少なくとも1つの駆動パラメーターの値が互いに異なる第1駆動パターンおよび第2駆動パターンを実行するならば、駆動パターンDWの選択方法等は、特に限定されない。例えば、制御部40は、機械学習を行わなくてもよい。この場合、例えば、所定の条件のみに基づいて駆動パターンDWを選択・実行してもよいし、ランダムに駆動パターンDWを選択・実行してもよい。

【0150】

また、制御部40は、機械学習に基づいて駆動パターンDWを選択・実行する場合、機械学習の方法は、特に限定されない。上述した駆動パターンDWの評価方法は、特に限定されない。初期学習時間と定常学習時間は、互いに異なってもよい。

【0151】

また、制御部40は、ランプ電圧V1aが第3所定値（所定値）以上低下した場合、駆動パターンDWを前回実行された駆動パターンDWに切り換えるてもよい。より具体的には、例えば、選択された1つの駆動パターンDWが実行されている際に、制御部40は、定常学習時間内に検出されたランプ電圧V1aに基づき、ランプ電圧V1aが第3所定値以上低下しているか否かを判断し、ランプ電圧V1aが第3所定値以上低下している場合には、前回実行した駆動パターンDWに切り換える。この構成によれば、例えば、突起552pが移動してランプ電圧V1aが急激に低下した場合に、突起552pが移動する前の

10

20

30

40

50

駆動パターンDWに切り換えることができる。これにより、突起552pの位置を移動する前の位置に修正しやすい。また、制御部40は、ランプ電圧V1aが第3所定値（所定値）以上低下した場合、駆動パターンDWを前回実行された駆動パターンDWとは異なる駆動パターンDWに切り換えてよい。

【0152】

また、制御部40は、ランプ電圧V1aに基づいて、定常学習時間の長さを変化させてよい。例えば、放電灯90が劣化すると、駆動パターンDWによるランプ電圧V1aの変化が発生するまでの時間が長くなる場合がある。この場合、駆動パターンDWの実行時間が短いと、駆動パターンDWを適正に評価できない場合がある。これに対して、ランプ電圧V1aに基づいて、定常学習時間の長さを変化させることで、放電灯90が劣化した場合に定常学習時間を長くして、駆動パターンDWの実行時間（所定時間）を長くすることができる。したがって、駆動パターンDWを適正に評価しやすく、結果として放電灯90の寿命を向上できる。

【0153】

また、制御部40は、ランプ電圧V1aに基づいて、駆動パターンDWの個数を変化させてもよいし、駆動パターンDWの各駆動における駆動パラメーターの種類を変化させてよい。これらの場合、制御部40は、ランプ電圧V1aに基づいて、複数の駆動パターンDWにおいて互いに異なる駆動パラメーターの種類の数を変化させてもよい。例えば、制御部40は、ランプ電圧V1aが第1電圧よりも大きい場合に、複数の駆動パターンDWにおいて互いに異なる駆動パラメーターの種類の数を多くしてもよい。この構成によれば、放電灯90が劣化した場合に、第1電極92に加えられる熱負荷の変化による刺激を大きくしやすく、放電灯90の寿命をより向上させることができる。

【0154】

また、制御部40は、直前までのランプ電圧V1aの変化に基づいて、駆動パターンDWを選択してもよい。また、制御部40は、定常学習期間の1サイクルにおいて必ず1回ずつ以上、全ての駆動パターンDWが実行されるようにしてもよい。また、制御部40は、予め設定された複数の駆動パターンDW以外の駆動パターンDWを定常学習期間中に作り出してもよい。この場合、制御部40は、予め設定されている各駆動パターンDWの評価値に基づいて、駆動パラメーターを組み合わせて新たな駆動パターンDWを作ってよい。

【0155】

また、制御部40は、初期学習期間でのステップS15において、定常学習期間でのステップS28のように、現在選択されている駆動パターンDWが切換条件を満たすか否かを判断してもよい。例えば、現在選択されている駆動パターンDWが切換条件を満たす場合、制御部40は、現在選択されている駆動パターンDWの評価を下げ、現在選択されている駆動パターンDWから他の駆動パターンDWへ切り換えてよい。一方で、現在選択されている駆動パターンDWが切換条件を満たさない場合、制御部40は、初期学習時間が経過するまで現在選択されている駆動パターンDWを実行してもよい。なお、この場合の切換条件は、ステップS28における切換条件と同じでもよいし、異なっていてよい。

【0156】

また、駆動パターンDWの駆動電流波形は、特に限定されない。例えば、駆動パターンDWの駆動電流波形は、図12A、図12Bおよび図13に示す駆動電流波形を含んでもよい。図12A、図12Bおよび図13は、交流駆動において放電灯90に供給される駆動電流波形の他の一例を示す図である。図12A、図12Bおよび図13において、縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。駆動電流Iは、第1極性状態である場合を正とし、第2極性状態となる場合を負として示している。

【0157】

図12Aおよび図12Bに示す交流駆動は、デューティー比が0.5(50%)よりも小さい片寄駆動である。図12Aおよび図12Bに示す片寄駆動において放電灯90に供

10

20

30

40

50

給される駆動電流 I は、例えば、電流値 I_m と電流値 $-I_m$ との間で極性が複数回反転される矩形波交流電流である。

【0158】

図12Aに示す片寄駆動において、周期C2の長さは、一定である。周期C2においては、第1極性状態となる第1極性期間C21と、第2極性状態となる第2極性期間C22と、が設けられる。第1極性期間C21の長さは、第2極性期間C22の長さよりも小さい。すなわち、図12Aに示す片寄駆動は、駆動パラメーターとして、周期数、周期C2の長さ、デューティー比、第1極性期間C21の長さ、および第2極性期間C22の長さを有する。

【0159】

図12Bに示す片寄駆動において、周期の長さは、変化する。図12Bの例では、第1周期C3と、第2周期C4と、第3周期C5と、が設けられる。第1周期C3の長さは、第2周期C4の長さよりも大きい。第3周期C5の長さは、第1周期C3の長さよりも大きい。

【0160】

第1周期C3においては、第1極性状態となる第1極性期間C31と、第2極性状態となる第2極性期間C32と、が設けられる。第2極性期間C32の長さは、第1極性期間C31の長さよりも小さい。第2周期C4においては、第1極性状態となる第1極性期間C41と、第2極性状態となる第2極性期間C42と、が設けられる。第2極性期間C42の長さは、第1極性期間C41の長さよりも小さい。第3周期C5においては、第1極性状態となる第1極性期間C51と、第2極性状態となる第2極性期間C52と、が設けられる。第2極性期間C52の長さは、第1極性期間C51の長さよりも小さい。

【0161】

第1極性期間C31の長さは、第1極性期間C51の長さよりも大きい。第1極性期間C41の長さは、第1極性期間C31の長さよりも大きい。第2極性期間C32の長さと第2極性期間C42の長さと第2極性期間C52の長さとは、互いに同じである。第1極性期間C31, C41, C51の長さは、例えば、5.0ms(ミリ秒)以上、20ms(ミリ秒)以下である。第2極性期間C32, C42, C52の長さは、0.5ms(ミリ秒)よりも小さい。

【0162】

すなわち、図12Bに示す片寄駆動は、駆動パラメーターとして、図12Aの片寄駆動と同様に、周期数、各周期の長さ、各デューティー比、各第1極性期間の長さ、および各第2極性期間の長さを有する。

【0163】

図13に示す交流駆動は、各極性状態において駆動電流 I の絶対値が大きくなる跳上駆動である。図13に示す跳上駆動において放電灯90に供給される駆動電流 I は、例えば、電流値が I_m1 , I_m2 , $-I_m1$, $-I_m2$ の間で変化する矩形波交流電流である。 I_m2 および $-I_m2$ の絶対値は、 I_m1 および $-I_m1$ の絶対値よりも大きい。図13に示す跳上駆動において、周期C6の長さは、一定である。図13に示す交流電流のデューティー比は、0.5(50%)である。

【0164】

周期C6においては、第1極性状態となる第1極性期間C61と、第2極性状態となる第2極性期間C62と、が設けられる。第1極性期間C61の長さと第2極性期間C62の長さとは、互いに同じである。第1極性期間C61は、低電流期間C61aと、高電流期間C61bと、を含む。低電流期間C61aは、駆動電流 I が電流値 I_m1 となる期間である。高電流期間C61bは、駆動電流 I が電流値 I_m2 となる期間である。高電流期間C61bの長さは、低電流期間C61aの長さよりも小さい。

【0165】

第2極性期間C62は、低電流期間C62aと、高電流期間C62bと、を含む。低電流期間C62aは、駆動電流 I が電流値 $-I_m1$ となる期間である。高電流期間C62b

10

20

30

40

50

は、駆動電流 I が電流値 $-I_{m2}$ となる期間である。高電流期間 $C62b$ の長さは、低電流期間 $C62a$ の長さよりも小さい。低電流期間 $C61a$ の長さと低電流期間 $C62a$ の長さとは、互いに同じである。高電流期間 $C61b$ の長さと高電流期間 $C62b$ の長さとは、互いに同じである。

【0166】

すなわち、図13に示す跳上駆動は、駆動パラメーターとして、周期数、周期 $C6$ の長さ、電流値 I_{m1} および $-I_{m1}$ の絶対値、電流値 I_{m2} および $-I_{m2}$ の絶対値、第1極性期間 $C61$ の長さ、第2極性期間 $C62$ の長さ、第1極性期間 $C61$ における低電流期間 $C61a$ の長さおよび高電流期間 $C61b$ の長さ、第2極性期間 $C62$ における低電流期間 $C62a$ の長さおよび高電流期間 $C62b$ の長さ、第1極性期間 $C61$ における低電流期間 $C61a$ または高電流期間 $C61b$ の割合、第2極性期間 $C62$ における低電流期間 $C62a$ または高電流期間 $C62b$ の割合、電流値 I_{m1} および $-I_{m1}$ の絶対値に対する電流値 I_{m2} および $-I_{m2}$ の絶対値の割合等を有する。
10

【0167】

なお、上記の説明においては、図12A、図12Bおよび図13に示す駆動を交流駆動の一例として説明したが、これに限られない。例えば、図12A、図12Bおよび図13に示す駆動を、直流駆動の一例としてみなしてもよい。この場合、直流駆動の極性、および直流駆動の実行時間の長さが適宜変化することで、各図に示す駆動電流波形が作られる。
20

【0168】

また、上記実施形態において、透過型のプロジェクターに本発明を適用した場合の例について説明したが、本発明は、反射型のプロジェクターにも適用することも可能である。ここで、「透過型」とは、液晶パネル等を含む液晶ライトバルブが光を透過するタイプであることを意味する。「反射型」とは、液晶ライトバルブが光を反射するタイプであることを意味する。なお、光変調装置は、液晶パネル等に限られず、例えばマイクロミラーを用いた光変調装置であってもよい。
20

【0169】

また、上記実施形態において、3つの液晶パネル $560R$, $560G$, $560B$ (液晶ライトバルブ $330R$, $330G$, $330B$) を用いたプロジェクター 500 の例を挙げたが、本発明は、1つの液晶パネルのみを用いたプロジェクター、4つ以上の液晶パネルを用いたプロジェクターにも適用可能である。
30

【0170】

また、上記説明した各構成は、相互に矛盾しない範囲内において、適宜組み合わせることができる。

【実施例】

【0171】

実施例1, 2と比較例1, 2と比べて本発明の有用性について確認した。実施例1, 2において、複数の駆動パターン DW は、図9に示される駆動電流波形を有する駆動パターン DW に基づくものとした。また、複数の駆動パターン DW における交流駆動および直流駆動の各駆動パラメーターは、第1周波数 $f1$ および第2周波数 $f2$ と、交流駆動の実行時間の長さ t_{a1} , t_{a2} と、直流駆動の実行時間の長さ t_{d1} , t_{d2} と、の3種類とした。さらに、駆動パラメーターの種類ごとの数値として、第1周波数 $f1$ および第2周波数 $f2$ を、 200Hz , 300Hz , 400Hz のうちから選び、交流駆動の実行時間の長さ t_{a1} , t_{a2} を、 0.1ms (ミリ秒), 0.2ms (ミリ秒), 0.5ms (ミリ秒) のうちから選び、直流駆動の実行時間の長さ t_{d1} , t_{d2} を、 10ms (ミリ秒), 20ms (ミリ秒), 30ms (ミリ秒) のうちから選ぶものとした。そして、複数の駆動パターン DW の個数は、前述の3種類の駆動パラメーターとその各数値とをそれぞれ組み合わせた全 27 パターンを用意した。
40

【0172】

実施例1においては駆動パターン DW の実行時間を 20min (分) とし、駆動パター
50

ンDWを20min(分)実行したことによるランプ電圧V1aの変化が、+3V未満であれば再度同じ駆動パターンDWを実行し、+3V以上であれば異なる駆動パターンDWを実行することとした。ただし、同じ駆動パターンDWが6回連続して実行された場合には、ランプ電圧V1aの変化によらず、異なる駆動パターンDWに切り換えられるように放電灯駆動部を制御した。このように駆動パターンDWを実行することで、同じランプ電圧V1aの場合に、累積点灯時間に応じて、異なる駆動パターンDWが実行される。

【0173】

実施例2においては、上述した実施形態の機械学習を用いて、27パターンの駆動パターンDWを適宜選択・実行させた。比較例1においては、27パターンの駆動パターンDWのうちから5Vごとにランプ電圧V1aに対して好適な駆動パターンDWを予め1つずつ設定して、実行させた。比較例2においては、27パターンの駆動パターンDWのうちから5Vごとにランプ電圧V1aに対して好適な駆動パターンDWを予め2つずつ設定し、2つの駆動パターンDWのうちから1つの駆動パターンDWを適宜選択させて実行させた。

10

【0174】

放電灯は、定格200Wの高圧水銀ランプとした。放電灯に供給される駆動電力Wdは、200Wとした。実施例1, 2および比較例1, 2ともに、2h(時間)の点灯と、15min(分)の消灯と、を交互に繰り返させて、累積点灯時間が500h(時間)経過するごとに放電灯の照度の計測を行った。計測した照度から照度維持率を算出し、算出した照度維持率が50%未満となった場合に、前回計測を行ったときの累積点灯時間を寿命の値として得た。照度維持率は、初めて点灯した際の放電灯の照度に対する現在の放電灯の照度の割合である。

20

【0175】

以上の計測・算出を、実施例1, 2および比較例1, 2ともに、10本の放電灯について行い、それぞれ得られた寿命の平均値を比較した。その結果、比較例1, 2では、寿命が5000h(時間)だったのに対して、実施例1では、寿命が7000h(時間)であり、実施例2では、寿命が10000h(時間)であった。したがって、ランプ電圧V1aが所定の電圧値である場合に、累積点灯時間に応じて、異なる駆動パターンDWが実行されることで、放電灯の寿命を向上できることが確かめられた。また、実施例2における寿命が実施例1における寿命よりも長いことから、機械学習を行うことによって、放電灯の寿命をより効果的に向上できることが確かめられた。以上により、本発明の有用性を確認できた。

30

【符号の説明】

【0176】

10…放電灯点灯装置(放電灯駆動装置)、40…制御部、44…記憶部、90…放電灯、92…第1電極、93…第2電極、200…光源装置、230…放電灯駆動部、330R, 330G, 330B…液晶ライトバルブ(光変調装置)、350…投射光学系、500…プロジェクター、502, 512R, 512G, 512B…画像信号、DW…駆動パターン、DW_e…他の駆動パターン(第2駆動パターン)、DW_m…高評価駆動パターン(第1駆動パターン)、I…駆動電流、V1a…ランプ電圧(電極間電圧)

40

【図1】

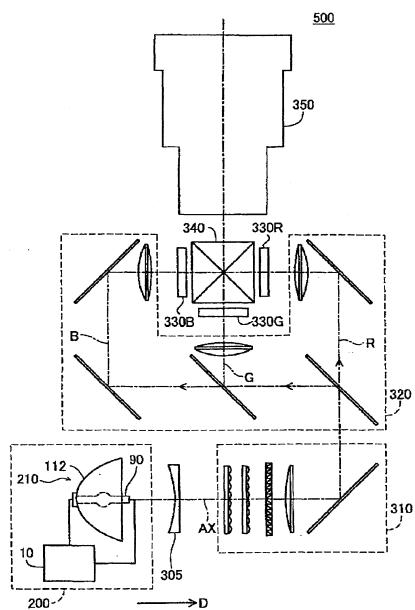


図1

【図2】

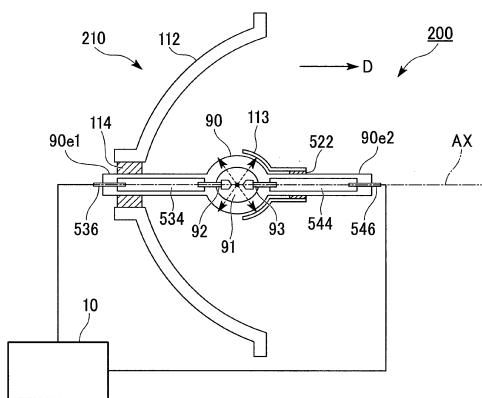


図2

【図3】

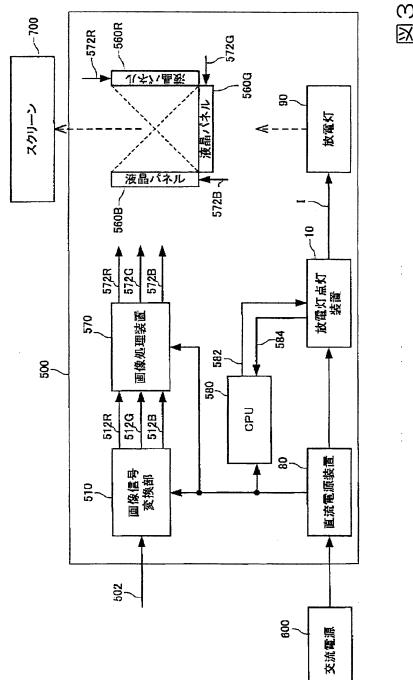


図3

【図4】

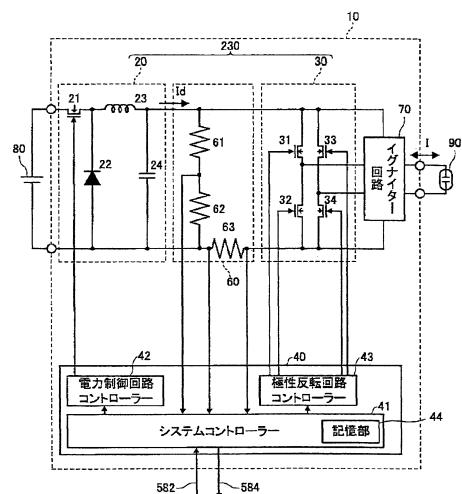


図4

【図5】

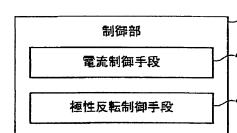


図5

【図 6 A】

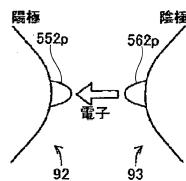


図6A

【図 6 B】

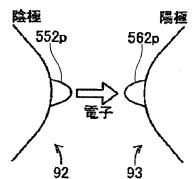


図6B

【図 7】

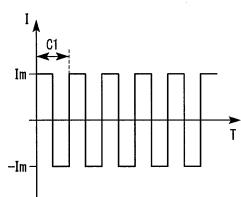


図7

【図 8 A】

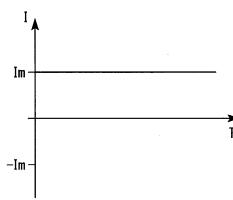


図8A

【図 8 B】

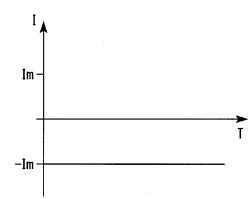


図8B

【図 9】

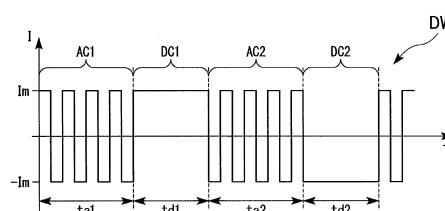


図9

【図 10】

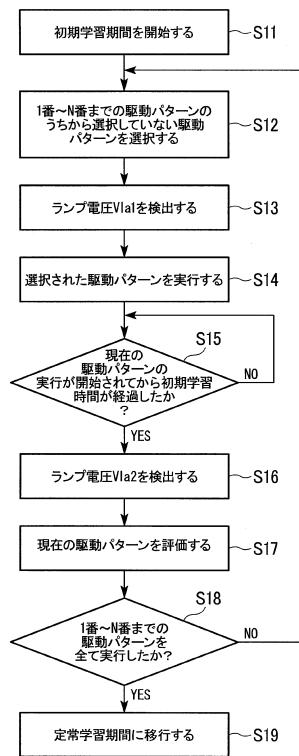


図10

【図 11】

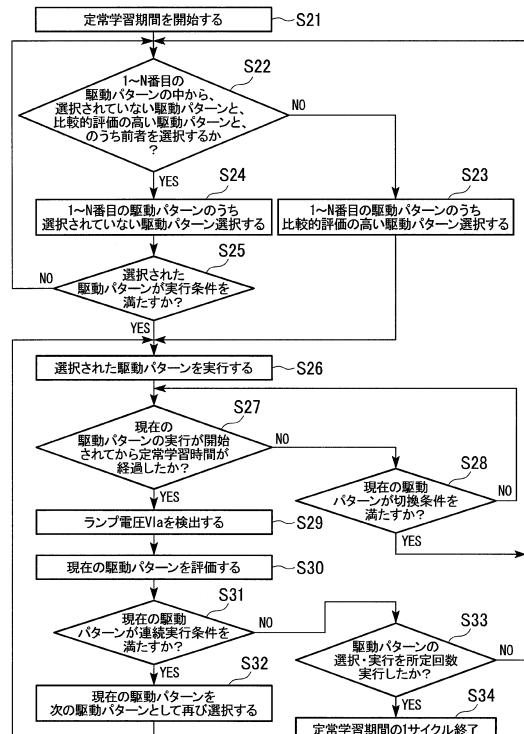


図11

【図 1 2 A】

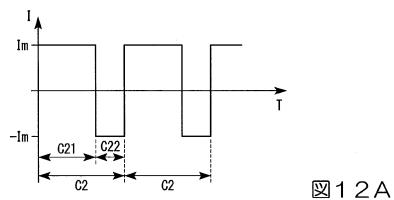


図 1 2 A

【図 1 2 B】

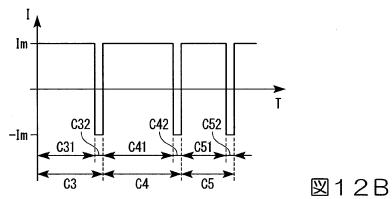


図 1 2 B

【図 1 3】

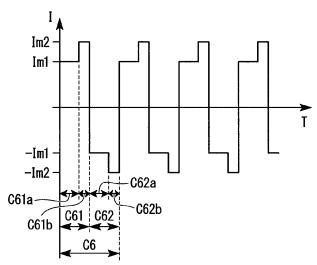


図 1 3

フロントページの続き

(72)発明者 河野 勝
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 安食 泰秀

(56)参考文献 特開2017-139081(JP, A)
特開2014-149965(JP, A)
国際公開第2013/042171(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 05 B 41/288
G 03 B 21/14