

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年7月28日(28.07.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/116993 A1

- (51) 国際特許分類:
F02M 51/00 (2006.01) *F02D 41/34* (2006.01)
F02D 41/20 (2006.01) *F02M 45/00* (2006.01)
F02D 41/32 (2006.01) *F02M 51/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/006370
- (22) 国際出願日: 2015年12月22日(22.12.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-008331 2015年1月20日(20.01.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 丹羽 雅之(NIWA, Masayuki); 〒4450012 愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地株式会社日本自動車部品総合研究所内 Aichi (JP). 加藤 典嗣(KATO, Noritsugu); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 田中 誠(TANAKA, Makoto); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

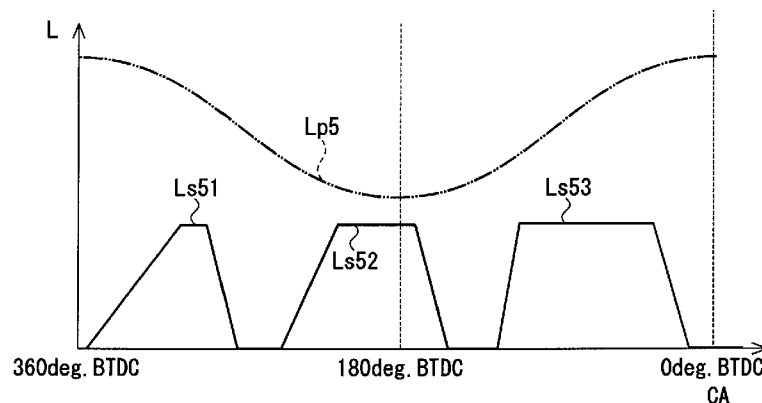
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FUEL INJECTION VALVE CONTROL DEVICE

(54) 発明の名称: 燃料噴射弁の制御装置

[図13]



(57) Abstract: This fuel injection valve control device (1) controls a fuel injection valve (10) for injecting fuel into a combustion chamber (110), and is provided with an operating condition calculation unit (241) which calculates a fuel injection condition of the fuel injection valve (10) on the basis of the crank angle detected by a crank angle sensor (22) for detecting the crank angle of the engine (11), and a current waveform configuration unit (242) which configures the current waveform of the current supplied to the fuel injection valve (10) on the basis of the fuel injection conditions calculated by the operating condition calculation unit (241). In the current waveform configuration unit (242), if the fuel injection start time is greater than or equal to 180° BTDC, then the current waveform is configured such that the time change of the pickup current of a needle of the fuel injection valve (10) set to less than or equal to a prescribed reference value. Further, if the fuel injection start time is less than 180° BTDC, then the current waveform is configured such that the time change of the pickup current of the needle becomes greater than the prescribed reference value.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/116993 A1



燃焼室（１１０）に燃料を噴射する燃料噴射弁（１０）を制御する燃料噴射弁制御装置（１）は、エンジン（１１）のクランク角を検出するクランク角センサ（２２）が検出するクランク角に基づいて燃料噴射弁（１０）の燃料噴射条件を算出する運転条件算出部（２４１）、運転条件算出部（２４１）が算出する燃料噴射条件に基づいて燃料噴射弁（１０）に供給する電流の電流波形を設定する電流波形設定部（２４２）などを備える。電流波形設定部（２４２）では、燃料の噴射開始時期が１８０度ＢＴＤＣ以上のとき、燃料噴射弁（１０）が有するニードルのピックアップ電流の時間変化を所定の基準値以下とするよう電流波形を設定する。また、燃料の噴射開始時期が１８０度ＢＴＤＣより小さいとき、ニードルのピックアップ電流の時間変化を所定の基準値より大きくなるよう電流波形を設定する。

明 細 書

発明の名称：燃料噴射弁の制御装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2015年1月20日に提出された日本特許出願番号2015-8331号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、内燃機関（以下、「エンジン」という）の燃焼室に燃料を噴射する燃料噴射弁の制御装置に関する。

背景技術

[0003] 従来、ニードルの往復移動によってハウジングの噴孔を開閉しハウジング内の燃料を噴射する燃料噴射弁の噴孔の開閉を制御する燃料噴射弁の制御装置が知られている。例えば、特許文献1には、エンジンから排出される粒子状物質の量が最小となる燃料噴射時期を算出するPM基準時期算出部と、排気に含まれる粒子状物質の量を検出する粒子状物質質量検出部と、燃料噴射弁における燃料の噴射時期を変更可能な噴射時期変更部と、を備え、粒子状物質質量検出部が検出する粒子状物質の量が所定の上限値を超えない範囲でPM基準時期算出部が算出する燃料噴射時期に基づいて燃費を向上するよう燃料の噴射時期を変更する燃料噴射弁の制御装置が記載されている。

[0004] しかしながら、特許文献1に記載の燃料噴射弁の制御装置では、粒子状物質質量検出部が検出する粒子状物質の量に基づいて噴射時期のみを変更しているため、燃費を向上するために変更可能な時期が比較的狭い。このため、燃費を十分に向上することができない。また、エンジンの燃焼サイクル間の燃料の噴霧変動による粒子状物質の生成量のロバスト性が低いため、燃料の噴射条件が変化すると粒子状物質の生成量が増えるおそれがある。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-44250号公報

発明の概要

- [0006] 本開示は、粒子状物質の生成量を低減しつつ燃費を向上する燃料噴射弁の制御装置を提供することを目的とする。
- [0007] 本開示は、ハウジングが有する噴孔の周囲に形成される弁座に当接または離間するニードル、及び、電流が供給されるとニードルと弁座とが離間するようニードルを駆動する駆動部を有する燃料噴射弁の噴孔の開閉を制御する燃料噴射弁の制御装置である。本開示の燃料噴射弁の制御装置は、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出部と、運転状態検出部が検出する内燃機関の運転状態に基づいて燃料噴射弁の燃料噴射条件を算出する噴射条件算出部と、噴射条件算出部が算出する燃料噴射条件に基づいて駆動部に供給する電流の電流波形を設定する電流波形設定部と、電流波形設定部が設定する電流波形に基づいて駆動部に電流を供給する電流供給部と、を備える。
- [0008] 本開示の燃料噴射弁の制御装置は、内燃機関のクランク角が所定のクランク角以上のときはニードルの開弁方向への移動速度が基準移動速度以下となるよう電流波形を設定し、内燃機関のクランク角が所定のクランク角より小さいときはニードルの開弁方向への移動速度が基準移動速度より速くなるよう電流波形設定部が電流波形を設定する。
- [0009] 本開示の燃料噴射弁の制御装置では、電流波形設定部は、内燃機関のクランク角に応じてニードルの開弁方向への移動速度を変更する。内燃機関のクランク角が所定のクランク角以上のとき、電流波形設定部は、ニードルの開弁方向への移動速度が基準移動速度以下となるよう電流波形を設定する。また、内燃機関のクランク角が所定のクランク角より小さいとき、電流波形設定部は、ニードルの開弁方向への移動速度が基準移動速度より速くなるよう電流波形を設定する。ここで、「所定のクランク角より大きい」クランク角とは、所定のクランク角に対して進角側のクランク角を指す。また、「基準移動速度」とは、所定のクランク角におけるニードルの開弁方向への移動速度を指す。
- [0010] 本開示の燃料噴射弁の制御装置では、これら設定された電流波形に基づい

て電流供給部から燃料噴射弁の駆動部に電流が供給される。これにより、燃料噴射弁の燃料噴射において噴射され霧状となった燃料が到達可能な距離である噴霧到達距離でみると、内燃機関のクランク角が所定のクランク角以上のとき、燃料噴射弁は、噴射開始直後の噴霧到達距離は短い、噴射時間は比較的長く噴霧終了後の噴霧到達距離は長くなる燃料噴射を行う。また、燃料噴射弁は、内燃機関のクランク角が所定のクランク角より小さいとき、噴射開始直後の噴霧到達距離は長い、噴射時間は比較的短く噴霧終了後の噴霧到達距離は短くなる燃料噴射を行う。これにより、ピストンの端面など燃焼室を形成する内燃機関の内壁に衝突する燃料を少なくすることができる。したがって、本開示の燃料噴射弁の制御装置は、内燃機関の内壁への燃料付着を低減し粒子状物質の生成を抑制しつつ、燃料噴射が可能な時期を広げ燃費を向上することができる。

図面の簡単な説明

[0011] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。

[図1]図1は、本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置を用いる内燃機関の模式図である。

[図2]図2は、本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置によって制御される燃料噴射弁の断面図である。

[図3]図3は、本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射制御のフローチャートである。

[図4]図4は、本開示の第一実施形態の燃料噴射弁の駆動部に供給される電流及びニードルのリフト量の時間変化を示す特性図である。

[図5]図5は、本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射後の経過時間と噴霧到達距離との関係を示す特性図である。

[図6]図6は、本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射後の経過時間と噴霧到達距離との関係を示す特性図である。

[図7]図7は、本開示の第一実施形態のエンジンのクランク角と粒子状物質の

発生量との関係を示す特性図である。

[図8]図 8 は、本開示の第二実施形態の燃料噴射弁の駆動部に供給される電流及びニードルのリフト量の時間変化を示す特性図である。

[図9]図 9 は、本開示の第三実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射制御のフローチャートである。

[図10]図 10 は、本開示の第三実施形態の燃料噴射弁の駆動部に供給される電流及びニードルのリフト量の時間変化を示す特性図である。

[図11]図 11 は、本開示の第四実施形態の燃料噴射弁の駆動部に供給される電流及びニードルのリフト量の時間変化を示す特性図である。

[図12]図 12 は、本開示の第五実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射制御のフローチャートである。

[図13]図 13 は、本開示の第五実施形態のエンジンのクランク角とニードルのリフト量との関係を示す特性図である。

[図14]図 14 は、本開示の第六実施形態による燃料噴射弁の制御装置によって制御される燃料噴射弁の断面図である。

[図15]図 15 は、本開示の第六実施形態の燃料噴射弁の駆動部に供給される電流及びニードルのリフト量の時間変化を示す特性図である。

[図16]図 16 は、本開示の第七実施形態による燃料噴射弁の制御装置における燃料噴射制御のフローチャートである。

[図17]図 17 は、本開示の第七実施形態の燃料噴射弁のニードルのリフト量及び噴霧到達距離の時間変化を示す特性図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本開示の複数の実施形態について図面に基づいて説明する。

[0013] (第一実施形態)

本開示の第一実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 1 ～ 7 に基づいて説明する。燃料噴射弁制御装置 1 は、供給される電流によって開弁しエンジン 11 の燃焼室 110 に燃料を噴射する燃料噴射弁 10 を制御する。

[0014] 最初に、燃料噴射弁制御装置 1 を備えるエンジンシステム 5 について、図

１に基づいて説明する。エンジンシステム５は、エンジン１１、吸気系１２、排気系１３、点火プラグ１４、燃料タンク１５、燃料ポンプ１６、燃料デリバリパイプ１７、燃料噴射弁１０、燃料噴射弁制御装置１などを備える。

[0015] エンジン１１は、シリンダ１１１、シリンダヘッド１１２、ピストン１１３、コネクティングロッド１１４、クランクケース１１５、クランクシャフト１１６など有する。

[0016] ピストン１１３は、シリンダ１１１及びシリンダヘッド１１２により区画形成される燃焼室１１０に往復移動に收容されている。ピストン１１３は、コネクティングロッド１１４を介してクランクケース１１５に回転可能に收容されているクランクシャフト１１６に連結されている。

[0017] 吸気系１２は、大気が流れる吸気通路１２０を有する。吸気通路１２０は、シリンダヘッド１１２が有する吸気ポート１２１を介して燃焼室１１０に連通可能である。吸気ポート１２１は、吸気弁１１７によって開閉される。

[0018] 排気系１３は、燃焼室１１０における燃料の燃焼によって発生する燃焼排ガスが流れる排気通路１３０を有する。排気通路１３０は、シリンダヘッド１１２が有する排気ポート１３１を介して燃焼室１１０に連通可能である。排気ポート１３１は、排気弁１１８によって開閉される。

[0019] 点火プラグ１４は、シリンダヘッド１１２に設けられている。点火プラグ１４は、燃焼室１１０に導入される空気と燃料噴射弁１０が噴射する燃料との混合気を点火する。

[0020] 燃料タンク１５は、燃焼室１１０に噴射される燃料を貯留する。

[0021] 燃料ポンプ１６は、燃料タンク１５の燃料を燃料噴射弁１０が噴射可能な圧力まで昇圧し吐出する。

[0022] 燃料デリバリパイプ１７は、燃料ポンプ１６が昇圧した燃料を一時貯留し燃料噴射弁１０が噴射する燃料の圧力を一定に保つ。

[0023] 燃料噴射弁１０は、シリンダ１１１に設けられている。燃料噴射弁１０は、燃料噴射弁制御装置１が電流を供給すると燃料を燃焼室１１０に噴射する。燃料噴射弁１０の詳細な構成は後述する。

- [0024] 燃料噴射弁制御装置 1 は、吸気圧センサ 2 1、クランク角センサ 2 2、噴射圧センサ 2 3、電子制御ユニット（以下、「ECU」という）2 4、「電流供給部」としての燃料噴射制御部 2 5、などを備える。吸気圧センサ 2 1、クランク角センサ 2 2 及び噴射圧センサ 2 3 は、「運転状態検出部」に相当する。
- [0025] 吸気圧センサ 2 1 は、吸気系 1 2 に設けられる。吸気圧センサ 2 1 は、ECU 2 4 と電氣的に接続している。吸気圧センサ 2 1 は、吸気通路 1 2 0 を流れる気体の圧力を検出する。吸気圧センサ 2 1 は、検出された圧力に基づく電気信号を ECU 2 4 に出力する。
- [0026] クランク角センサ 2 2 は、クランクケース 1 1 5 に設けられる。クランク角センサ 2 2 は、ECU 2 4 と電氣的に接続している。クランク角センサ 2 2 は、クランクシャフト 1 1 6 の回転角度を検出する。クランク角センサ 2 2 は、検出された回転角に基づく電気信号を ECU 2 4 に出力する。
- [0027] 噴射圧センサ 2 3 は、燃料デリバリパイプ 1 7 に設けられている。噴射圧センサ 2 3 は、ECU 2 4 と電氣的に接続している。噴射圧センサ 2 3 は、燃料デリバリパイプ 1 7 内の燃料の圧力を検出する。噴射圧センサ 2 3 は、検出された燃料の圧力に基づく電気信号を ECU 2 4 に出力する。
- [0028] ECU 2 4 は、演算部としての CPU、記憶部としての ROM や RAM などを含む小型のコンピュータである。ECU 2 4 は、「噴射条件算出部」としての運転条件算出部 2 4 1、「電流波形設定部」としての燃料噴射設定部 2 4 2、点火プラグ制御部 2 4 3 などを含む。
- [0029] 運転条件算出部 2 4 1 は、吸気圧センサ 2 1、クランク角センサ 2 2 及び噴射圧センサ 2 3 と電氣的に接続している。運転条件算出部 2 4 1 は、吸気圧センサ 2 1、クランク角センサ 2 2 及び噴射圧センサ 2 3 が出力する電気信号に基づいて燃料噴射弁 1 0 が燃料を噴射する燃料噴射条件を算出するとともに、点火プラグ 1 4 の点火タイミングを算出する。
- [0030] 燃料噴射設定部 2 4 2 は、運転条件算出部 2 4 1 が算出する燃料噴射条件に基づいて燃料噴射弁 1 0 に供給する電流の大きさや電流を供給するタイミ

ングなどの情報が含まれる電流波形を設定するとともに、燃料ポンプ１６の運転条件を設定する。

- [0031] 点火プラグ制御部２４３は、運転条件算出部２４１が算出する点火タイミングに基づいて点火プラグ１４を点火する。
- [0032] 燃料噴射制御部２５は、燃料噴射設定部２４２と電氣的に接続している。燃料噴射制御部２５は、「電流供給部」としての弁制御部２５１及びポンプ制御部２５２を有する。
- [0033] 弁制御部２５１は、燃料噴射弁１０と電氣的に接続している。弁制御部２５１は、燃料噴射設定部２４２が出力する電流波形に基づいて燃料噴射弁１０に電流を供給する。
- [0034] ポンプ制御部２５２は、燃料ポンプ１６と電氣的に接続している。ポンプ制御部２５２は、燃料噴射設定部２４２が出力する運転条件に基づいて燃料ポンプ１６の作動を制御するよう電流を出力する。ポンプ制御部２５２及び燃料ポンプ１６は、「噴射圧変更部」に相当する。
- [0035] 次に、燃料噴射弁１０の構成を図２に基づいて説明する。燃料噴射弁１０は、ハウジング３０、ニードル４０、可動コア４５、固定コア４６、コイル４７、スプリング４８、４９などを備える。なお、図２には、ニードル４０が弁座３４２から離間する方向である開弁方向、及び、ニードル４０が弁座３４２に当接する方向である閉弁方向を図示する。
- [0036] ハウジング３０は、第一筒部材３１、第二筒部材３２、第三筒部材３３及び噴射ノズル３４から構成されている。第一筒部材３１、第二筒部材３２及び第三筒部材３３は、いずれも略円筒状の部材である。第一筒部材３１、第二筒部材３２、第三筒部材３３の順に同軸となるよう配置され、互いに接合している。
- [0037] 噴射ノズル３４は、第一筒部材３１の第二筒部材３２とは反対側の端部に設けられ、第一筒部材３１に溶接されている。噴射ノズル３４は、有底筒状の部材である。噴射ノズル３４の底部３４１は、ハウジング３０の内部と外部とを連通する複数の噴孔３５を有する。底部３４１の内壁には環状の弁座

３４２が形成される。

[0038] ニードル４０は、ハウジング３０内に往復移動可能に收容されている。ニードル４０は、軸部４１、シール部４２、及び、鍔部４３などから構成されている。

[0039] 軸部４１は、円筒棒状の部位である。軸部４１とシール部４２との間には摺接部４４が設けられている。摺接部４４は、略円筒状の部位であって、外壁４４１の一部が面取りされている。摺接部４４は、外壁４４１の面取りされていない部分が噴射ノズル３４の内壁と摺接可能である。これにより、噴射ノズル３４は、ニードル４０の弁座３４２側の先端部の往復移動を案内する。軸部４１は、軸部４１の固定コア４６側の端部の内側と外側とを接続する孔４１１を有する。

[0040] シール部４２は、軸部４１の弁座３４２側の端部に弁座３４２に当接可能に設けられている。ニードル４０は、シール部４２が弁座３４２から離間または弁座３４２に当接すると噴孔３５を開閉し、ハウジング３０の内側と外側とを連通または遮断する。

[0041] 鍔部４３は、軸部４１のシール部４２とは反対側の端部の径方向外側に設けられている。鍔部４３の弁座３４２側の端面は、可動コア４５に当接可能である。

[0042] ニードル４０は、摺接部４４が噴射ノズル３４により支持され、かつ、軸部４１が可動コア４５を介して第二筒部材３２により支持されつつ、ハウジング３０の内部を往復移動する。

[0043] 可動コア４５は、軸部４１の径方向外側に設けられる略円筒状の部材である。可動コア４５は、磁気安定化処理が施されている。可動コア４５は、略中央に貫通孔４５１を有する。貫通孔４５１には、ニードル４０の軸部４１が挿通されている。

[0044] 固定コア４６は、可動コア４５の弁座３４２とは反対側に設けられる略円筒状の部材である。固定コア４６は、磁気安定化処理が施されている。固定コア４６は、ハウジング３０の第三筒部材３３と溶接され、ハウジング３０

の内側に固定されている。

[0045] コイル４７は、略円筒状の部材であって、主に第二筒部材３２及び第三筒部材３３の径方向外側を囲むよう設けられている。コイル４７は、弁制御部２５１から電流が供給されると磁界を発生する。コイル４７の周囲に磁界が発生すると、固定コア４６、可動コア４５、第一筒部材３１及び第三筒部材３３に磁気回路が形成される。これにより、固定コア４６と可動コア４５との間に磁気吸引力が発生し、可動コア４５は、固定コア４６に吸引される。このとき、可動コア４５の弁座３４２側とは反対側の面に当接しているニードル４０は、可動コア４５とともに固定コア４６側、すなわち、開弁方向へ移動する。可動コア４５、固定コア４６及びコイル４７は、「駆動部」に相当する。

[0046] スプリング４８は、一端が鏝部４３のスプリング当接面４３１に当接するように設けられている。スプリング４８の他端は、固定コア４６の内側に圧入固定されたアジャスティングパイプ３６の一端に当接している。スプリング４８は、軸方向に伸びる力を有している。これにより、スプリング４８は、ニードル４０を可動コア４５とともに弁座３４２の方向、すなわち、閉弁方向に付勢している。

[0047] スプリング４９は、一端が可動コア４５の段差面４５２に当接するように設けられている。スプリング４９の他端は、第一筒部材３１が有する環状の段差面３１１に当接している。スプリング４９は、軸方向に伸びる力を有している。これにより、スプリング４９は可動コア４５をニードル４０とともに弁座３４２とは反対の方向、すなわち開弁方向に付勢している。

[0048] 本実施形態では、スプリング４８の付勢力は、スプリング４９の付勢力より大きく設定されている。これにより、コイル４７に電流が流れていない状態では、ニードル４０のシール部４２は、弁座３４２に当接した状態、すなわち、閉弁状態となる。

[0049] 第三筒部材３３の第二筒部材３２とは反対側の端部には、略円筒状の燃料導入パイプ３７が圧入及び溶接されている。燃料導入パイプ３７の内側には

、フィルタ 371 が設けられている。フィルタ 371 は、燃料導入パイプ 37 の導入口 372 から流入した燃料に含まれる異物を捕集する。

[0050] 燃料導入パイプ 37 及び第三筒部材 33 の径方向外側は、樹脂によりモールドされている。当該モールドされている部分にはコネクタ 38 が設けられている。コネクタ 38 には、コイル 47 へ電力を供給するための端子 381 がインサート成形されている。また、コイル 47 の径方向外側には、コイル 47 を覆うよう筒状のホルダ 39 が設けられている。

[0051] 燃料導入パイプ 37 の導入口 372 から流入する燃料は、固定コア 46 の径内方向、アジャスティングパイプ 36 の内側、ニードル 40 の鍔部 43 及び軸部 41 の内側、孔 411、第一筒部材 31 とニードル 40 の軸部 41 との間の隙間を流通し、噴射ノズル 34 の内側に導かれる。すなわち、燃料導入パイプ 37 の導入口 372 から第一筒部材 31 とニードル 40 の軸部 41 との間の隙間までが噴射ノズル 34 の内部に燃料を導入する燃料通路 300 となる。

[0052] 次に、燃料噴射弁制御装置 1 による燃料噴射弁 10 の制御方法について、図 3 に基づいて説明する。図 3 には、燃料噴射弁 10 に供給される電流の電流波形の設定方法のフローチャートを示す。燃料噴射弁制御装置 1 では、エンジン 11 における吸気行程、圧縮行程、膨張行程及び排気行程の燃焼サイクルごとに図 3 に示すフローチャートに沿って燃料噴射弁 10 の駆動を制御する電流波形を設定する。

[0053] S101 において、エンジン 11 の運転状態を読み込む。運転条件算出部 241 は、吸気圧センサ 21、クランク角センサ 22 及び噴射圧センサ 23 が出力する電気信号に基づいてエンジン 11 の運転状態を読み込む。なお、第一実施形態では、吸気通路 120 を流れる気体の圧力、クランクシャフト 116 の回転角度、及び、燃料デリバリパイプ 17 内の燃料の圧力を「内燃機関の運転状態」として読み込んでいるが、エンジン 11 の運転状態を読み込むための数値はこれに限定されない。

[0054] 次に、S102 において、燃料噴射弁 10 の燃料噴射条件を算出する。運

転条件算出部241は、S101において読み込んだエンジン11の運転状態に基づいて一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射弁10の燃料噴射条件を算出する。第一実施形態では、当該一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射量 Q_{total} 、燃料の噴射開始時期 $SOI(i)$ 、燃料噴射圧 P_f 、噴射回数 N を算出する。また、運転条件算出部241は、当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数 N が二回以上の場合、一回ごとの燃料噴射における燃料噴射量 $Q(i)$ を算出する。ここでは、例えば、噴射回数 N を2として説明するが、一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射の回数はこれに限定されない。算出された燃料噴射条件は、ROM、RAMなどに一旦保存される。

[0055] 次に、S103からS110において、S102において算出された燃料噴射条件に基づいて、燃料噴射設定部242は、燃料噴射弁10のコイル47に供給される電流波形を設定する。

[0056] S102に続くS103において、燃料噴射設定部242は、これから設定する電流波形が一回の燃焼サイクルにおける第一次燃料噴射の電流波形であることを確認する。

[0057] 次に、S104において、燃料噴射設定部242は、S102において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 $SOI(1)$ がエンジン11の吸気行程と圧縮行程との間の下死点に当たる180度BTDC以上であるか否かを判定する。S102において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 $SOI(1)$ が180度BTDC以上の場合、すなわち、エンジン11が吸気行程であるかまたはピストン113がエンジン11の吸気行程と圧縮行程との間の下死点の位置にある場合、S105に移行する。S102において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 $SOI(1)$ が180度BTDCより小さい場合、すなわち、エンジン11が圧縮行程である場合、S106に移行する。180度BTDCは、「所定のクランク角」に相当する。

[0058] 次に、S105において、燃料噴射設定部242は、第一次燃料噴射におけるニードル40のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(1)$ が所定の基準値 ΔI_{std} 以下となるよう電流波形を設定する。また、S106におい

て、燃料噴射弁 10 に供給されるニードル 40 のピックアップ電流の時間変化が所定の基準値 ΔI_{std} より大きくなるよう電流波形を設定する。

[0059] ここで、第一実施形態におけるニードル 40 のピックアップ電流について図 4 に基づいて説明する。図 4 (a) に燃料噴射制御部 25 がコイル 47 に供給する電流 I の時間変化を示す。また、図 4 (b) に電流の供給によって開弁方向に移動するニードル 40 のリフト量 L の時間変化を示す。

[0060] 第一実施形態による燃料噴射弁制御装置 1 では、燃料噴射制御部 25 は、図 4 (a) に示すように、ニードル 40 のピックアップ電流の最大値を変更可能なよう設けられている。ここで、ニードル 40 の「ピックアップ電流」とは、燃料噴射弁 10 が閉弁している状態からニードル 40 が開弁方向に移動するためにコイル 47 に供給される電流であって、図 4 (a) では、時刻 0 から電流が最大となる時刻 t_{10} までの間に流れる電流を指す。

[0061] 第一実施形態では、図 4 (a) に示す実線 I_{s1} は、例えば、噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 BTD C のときの電流の時間変化を示している。実線 I_{s1} では、時刻 t_{10} における電流が最大のピーク電流 I_{ps} となるよう電流波形が設定されている。このときのピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ 、すなわち、単位時間当たりの電流の増減量を所定の基準値 ΔI_{std} とする。第一実施形態では、ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} のとき、燃料噴射弁 10 におけるニードル 40 のリフト量 L の時間変化は、図 4 (b) に示す実線 L_{s1} のようになる。ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} のときに時刻 0 からリフト量が最大のリフト量であるリフト量 L_m となる時刻 t_{11} までのニードル 40 の移動速度は、「基準移動速度」に相当する。

[0062] 一方、時刻 t_{10} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より小さいピーク電流 I_{po} とするよう電流波形を設定する（図 4 (a) の一点鎖線 I_{o1} ）と、ニードル 40 のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は、図 4 (a) に示すように、所定の基準値 ΔI_{std} より小さくなる。このとき、ニードル 40 は、図 4 (b) の点線 L_{o1} に示すように、リフト量 L_m とな

るまでの時間が実線 I_{s1} の時間 t_{11} に比べ時間 t_{13} と長くなる。すなわち、時刻 t_{10} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より小さいピーク電流 I_{po} とするよう電流波形を設定すると、ニードル 40 の移動速度は、基準移動速度に比べ遅くなる。

[0063] また、時刻 t_{10} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より大きいピーク電流 I_{ph} とするよう電流波形を設定すると（図 4（a）の点線 I_{h1} ）、ニードル 40 のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は、図 4（a）に示すように、所定の基準値 ΔI_{std} より大きくなる。このとき、ニードル 40 は、図 4（b）の点線 L_{h1} に示すように、リフト量 L_m となるまでの時間が実線 L_{s1} の時間 t_{11} に比べ時間 t_{12} と短くなる。すなわち、時刻 t_{10} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より大きいピーク電流 I_{ph} とするよう電流波形を設定すると、ニードル 40 の移動速度は、基準移動速度に比べ速くなる。

[0064] このように、S105 及び S106 では、S104 における判定結果に基づいてニードル 40 のピックアップ電流におけるピーク電流の大きさを変更し、ニードル 40 のピックアップ電流の時間変化を変更するよう電流波形を設定する。

[0065] 次に、S107 において、第一次燃料噴射の燃料噴射量に応じて電流を供給する時間、すなわち、第一次燃料噴射の噴射指令幅 $T_{inj}(1)$ を設定する。具体的には、図 4（a）に示すように、電流 I が 0 から大きくなり次に 0 となるまでの時間、例えば、図 4（a）の実線 I_{s1} では時間 t_i を噴射指令幅 $T_{inj}(i)$ として設定する。

[0066] 次に、S108 において、S105 から S107 において設定された電流波形の情報を第一次燃料噴射の情報 $I(1)$ として ROM、RAM などに保存する。

[0067] 次に、S109 において、今回設定された電流波形が当該一回の燃焼サイクルにおける N 回目の燃料噴射の電流波形であるか否かを判定する。例えば、S102 において設定された噴射回数 N は 2 であって今回の電流波形の設

定が第一次燃料噴射における電流波形の設定である場合、S 1 1 0に移行する。

[0068] 次に、S 1 1 0において、直前の電流波形の設定を行った燃料噴射の順番に1を加え、燃料噴射の順番を2とし、S 1 0 4に移行する。

[0069] 次に、S 1 0 4からS 1 0 8において、当該一回の燃焼サイクルにおける第二次燃料噴射における電流波形を第一次燃料噴射と同じように設定する。

[0070] 次に、S 1 0 9において、今回設定された電流波形が当該一回の燃焼サイクルにおけるN回目の燃料噴射の電流波形であるか否かを判定する。S 1 0 2において設定された噴射回数Nは2であって今回の電流波形の設定が第二次燃料噴射における電流波形の設定である場合、当該一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射の電流波形の設定を終了する。

[0071] 第一実施形態による燃料噴射弁制御装置1では、噴射開始時期S O I (i) が180度B T D Cより大きいかに否かに応じて、ニードル40のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ を変更し、ニードル40の移動速度を変更する。ここでは、ニードル40の移動速度を変更する効果について図5～7に基づいて説明する。

[0072] 最初に、図5に基づいてニードル40の移動速度と燃料の噴霧到達距離 D_{inj} との関係を説明する。ここで、「噴霧到達距離」とは、燃料噴射弁から噴射され霧状となった燃料が到達可能な距離を指す。図5には、ニードル40の移動速度が基準移動速度であるときの噴霧到達距離 D_{inj} と時間 t との関係を実線 D_{s1} で示す。

[0073] 燃料噴射弁10においてニードル40の移動速度が変化すると燃焼室110に噴射される燃料の噴霧到達距離 D_{inj} は変化する。具体的には、ニードル40の移動速度が基準移動速度より遅くなると、図5の点線 D_{o1} に示すように、噴射開始直後には、噴霧到達距離 D_{inj} は実線 D_{s1} に比べ短くなる(図5の時刻0から時刻 t_{15})。しかしながら、比較的長い時間燃料を噴射するため、時刻 t_{15} 以降では、噴霧到達距離 D_{inj} は実線 D_{s1} に比べ長くなる。

[0074] 一方、ニードル40の移動速度が基準移動速度より速くなると、図5の点線Dh1に示すように、噴射開始直後には、噴霧到達距離Dinjは実線Ds1に比べ長くなる（図5の時刻0から時刻t14）。しかしながら、比較的短い時間しか燃料を噴射しないため、時刻t14以降では、噴霧到達距離Dinjは実線Ds1に比べ短くなる。

[0075] 第一実施形態による燃料噴射弁制御装置1では、このニードル40の移動速度の変化による燃料の噴霧到達距離Dinjの変化を利用し、燃烧室110を形成するシリンダ111の内壁やピストン113のピストン面119に噴射した燃料が衝突しないよう燃料を噴射することができる。

[0076] 図6に、燃料の噴霧到達距離Dinjと時間tとの関係を示す。図6には、燃料噴射弁10の噴孔35から燃烧室110を形成するエンジン11の内壁、例えば、ピストン113が有するピストン面119までの距離の時間変化を二点鎖線Ep1で示す。図6には、ニードルの開弁方向への移動速度を制御しない燃料噴射弁における噴霧到達距離Dinjと時間tとの関係を実線Es1で示す。以下、ニードルの開弁方向への移動速度を制御しない燃料噴射弁を比較例の燃料噴射弁という。

[0077] 図6（a）には、クランク角が180度BTDCより大きいときの噴霧到達距離Dinjと時間tとの関係を示す。比較例の燃料噴射弁では、図6（a）に示す実線Es1のように、噴霧到達距離Dinjが燃料噴射弁の噴孔からピストン面までの距離より長くなる時間（図6（a）の時刻t16から時刻t17までの時間）があるため、時刻t16から時刻t17までの間、燃料が上死点から下死点に移動するピストンのピストン面に衝突するおそれがある。しかしながら、燃料噴射弁制御装置1によって燃料の噴射を制御される燃料噴射弁10では、図6（a）に示す点線Eh1のように、ニードル40の開弁方向への移動速度を遅くするため、噴霧到達距離Dinjが燃料噴射弁の噴孔からピストン面までの距離より長くない。これにより、燃料噴射弁10が噴射する燃料はピストン面119に衝突しない。

[0078] 図6（b）には、クランク角が180度BTDCより小さいときの噴霧到

達距離 D_{inj} と時間 t との関係を示す。比較例の燃料噴射弁では、図 6 (b) に示す実線 E_{s1} のように、噴霧到達距離 D_{inj} が燃料噴射弁の噴孔からピストン面までの距離より長くなる時間が比較的早い (図 6 (b) の時刻 t_{181}) ため、時刻 t_{181} から時刻 t_{19} までの間、燃料が下死点から上死点に移動するピストンのピストン面に衝突するおそれがある。しかしながら、燃料噴射弁制御装置 1 によって燃料の噴射を制御される燃料噴射弁 10 では、図 6 (b) に示す点線 E_{o1} のように、ニードル 40 の開弁方向への移動速度は、噴射開始直後では比較例の燃料噴射弁に比べ速いものの、このとき、ピストン 113 は燃料噴射弁 10 から比較的離れた位置にあり、ピストン 113 のピストン面 119 に燃料が衝突しにくい。また、ニードル 40 の開弁方向への移動速度を速くすると、比較的短い時間で燃料噴射が終了するため、噴霧到達距離 D_{inj} は短くなる。これにより、ピストン 113 のピストン面 119 に燃料が衝突するおそれがある時刻は、比較例の燃料噴射弁に比べて遅くなる (図 6 (b) の時刻 t_{182}) ため、ピストン 113 のピストン面 119 に衝突する燃料の量は、比較例の燃料噴射弁に比べると少ない。

[0079] 図 7 には、エンジン 11 における粒子状物質の排出粒子数 P_c とエンジン 11 のクランク角 CA との関係を示す。図 7 には、燃料噴射弁 10 の粒子状物質の排出粒子数 P_c とクランク角 CA との関係を点線 P_{c1} で示し、比較例の燃料噴射弁の粒子状物質の排出粒子数 P_c とクランク角 CA との関係を実線 P_{s0} で示す。

[0080] 図 5、6 で述べたように、第一実施形態による燃料噴射弁制御装置 1 では、燃料の噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 $BTD C$ より大きいとき、ニードル 40 の開弁方向への移動速度を遅くし、下死点に向かって燃料噴射弁 10 から離れるピストン 113 に噴射された燃料が燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁に衝突しないよう燃料噴射を制御する。これにより、例えば、図 7 の横軸に示すエンジン 11 のクランク角において 180 度 $BTD C$ より大きい 300 度 $BTD C$ では、比較例の燃料噴射弁における粒子状物

質の排出粒子数 P_{cs1} に比べ、燃料噴射弁 10 における粒子状物質の排出粒子数 P_{cv1} は少なくなる。

[0081] また、燃料の噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 B T D C 以下のとき、ニードル 40 の開弁方向への移動速度を基準移動速度と同じまたは速くし、上死点に向かって移動するピストン 113 が燃料噴射弁 10 に近づく前に燃料の噴射を終了し、噴射された燃料が燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁に衝突しないよう燃料噴射を制御する。これにより、例えば、図 7 の横軸に示すクランク角において 180 度 B T D C より小さい 90 度 B T D C では、比較例の燃料噴射弁における粒子状物質の排出粒子数 P_{cs2} に比べ、燃料噴射弁 10 における粒子状物質の排出粒子数 P_{cv2} は少なくなる。

[0082] このように、第一実施形態による燃料噴射弁制御装置 1 では、クランク角に応じてニードル 40 の開弁速度を変更し、噴射された燃料が燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁に衝突しにくくする。これにより、粒子状物質の生成量を低減しつつ燃料噴射が可能な時期を広げることができる。したがって、燃料噴射弁制御装置 1 は、燃焼室 110 における燃料の燃焼効率を向上し、エンジン 11 の燃費を向上することができる。

[0083] (第二実施形態)

次に、本開示の第二実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 8 に基づいて説明する。第二実施形態は、ニードルの開弁方向への移動速度を変更する方法が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0084] 第二実施形態による燃料噴射弁の制御装置では、第一実施形態における電流波形の設定方法のフローチャートに沿って燃料噴射ごとに電流波形を設定する(図 3 参照)。このとき、第二実施形態による燃料噴射弁制御装置では、S105、S106 においてニードル 40 のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ を変更するとき、ニードル 40 のピックアップ電流がピーク電流 I_{ps} に到達するまでの時間を変更する。以下、この制御内容について図 8 に基づいて説明する。

- [0085] 図8(a)に燃料噴射制御部25がコイル47に供給する電流 I の時間変化を示す。図8(a)には、噴射開始時期 SOI が180度BTDCのときの電流の時間変化を実線 I_{s2} で示している。また、図8(b)に電流の供給によってニードル40の開弁方向へのリフト量 L の時間変化を示す。図8(b)には、噴射開始時期 SOI が180度BTDCのときのニードル40のリフト量の時間変化を実線 L_{s2} で示している。
- [0086] S105において、燃料噴射設定部242は、図8(a)の点線 I_{o2} に示すように、ピーク電流 I_{ps} に到達するまでの時間を時間 t_{20} より長い時間 t_{22} とするよう電流波形を設定すると、ニードル40のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は所定の基準値 ΔI_{std} より小さくなる。このとき、ニードル40は、図8(b)の点線 L_{o2} に示すように、リフト量 L_m となるまでの時間が実線 L_{s2} の時間 t_{23} に比べ時間 t_{25} と長くなる。
- [0087] S106において、燃料噴射設定部242は、図8(a)の点線 I_{h2} に示すようにピーク電流 I_{ps} に到達するまでの時間を実線 I_s でピーク電流 I_{ps} に到達するまでの時間 t_{20} より短い時間 t_{21} となるよう電流波形を設定すると、ニードル40のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は所定の基準値 ΔI_{std} より大きくなる。このとき、ニードル40は、図8(b)の点線 L_{h2} に示すようにリフト量 L_m となるまでの時間が実線 L_{s2} の時間 t_{23} に比べ時間 t_{24} と短くなる。
- [0088] 第二実施形態による燃料噴射弁制御装置では、噴射開始時期 $SOI(i)$ が180度BTDC以上のとき、図8(a)に示す点線 I_{o2} のようにピーク電流 I_{ps} に到達する時間を180度BTDCの場合の時間以下にして、ニードル40の開弁方向への移動速度を基準移動速度以下とする。また、噴射開始時期 $SOI(i)$ が180度BTDCより小さいとき、図8(a)に示す点線 I_{h2} のようにピーク電流 I_{ps} に到達する時間を180度BTDCの場合の時間に比べ短くし、ニードル40の開弁方向への移動速度を基準移動速度より速くする。これにより、燃料噴射弁10が噴射する燃料が燃焼

室 1 1 0 を形成するエンジン 1 1 の内壁に衝突しにくくなる。したがって、第二実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏する。

[0089] (第三実施形態)

次に、本開示の第三実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 9、10 に基づいて説明する。第三実施形態は、ニードルの開弁方向への移動速度を変更する方法が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0090] 第三実施形態による燃料噴射弁制御装置では、図 9 に示すフローチャートに沿って燃料噴射ごとの電流波形を設定する。

[0091] 最初に、S 3 0 1 において、第一実施形態の S 1 0 1 と同様にエンジン 1 1 の運転状態を読み込む。次に、S 3 0 2 において、第一実施形態の S 1 0 2 と同様に燃料噴射弁 1 0 の燃料噴射条件を算出する。次に S 3 0 3 において、第一実施形態の S 1 0 3 と同様にこれから設定する電流波形が一回の燃焼サイクルにおける第一次燃料噴射の電流波形であることを確認する。

[0092] 次に、S 3 0 4 において、第一実施形態の S 1 0 4 と同様に S 3 0 2 において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 S O I (1) がクランク角 1 8 0 度 B T D C 以上であるか否かを判定する。S 3 0 2 において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 S O I (1) が 1 8 0 度 B T D C 以上の場合、S 3 0 5 に移行する。S 1 0 2 において算出された第一次燃料噴射の噴射開始時期 S O I (1) が 1 8 0 度 B T D C より小さい場合、S 3 0 6 に移行する。

[0093] 次に、S 3 0 5 において、燃料噴射設定部 2 4 2 は、プレチャージ電流をオフするよう電流波形を設定する。また、S 3 0 6 において、プレチャージ電流をオンするよう電流波形を設定する。

[0094] ここで、プレチャージ電流の有無によるニードル 4 0 の開弁方向への移動速度の変化について図 10 に基づいて説明する。図 10 (a) に燃料噴射制御部 2 5 がコイル 4 7 に供給する電流 I の時間変化を示す。また、図 10 (b) にニードル 4 0 のリフト量 L の時間変化を示す。

- [0095] 第三実施形態による燃料噴射弁制御装置 1 では、燃料噴射制御部 25 は、図 10 (a) に示すように、ニードル 40 のピックアップ電流を流す前に「前電流」としてのプレチャージ電流を流すことが可能なよう設けられている。
- [0096] S 305 において、燃料噴射制御部 25 がプレチャージ電流をオフする電流波形を設定すると、コイル 47 には、図 10 (a) の実線 I_{s3} のように時刻 t_{30} に電流値がピーク電流 I_{ps} となる電流が流れる。これにより、ニードル 40 のリフト量 L は、図 10 (b) の実線 L_{s3} のように変化し、時刻 t_{31} においてリフト量 L が最大となる。
- [0097] 一方、S 306 において、燃料噴射制御部 25 がプレチャージ電流をオンする電流波形を設定すると、コイル 47 には、図 10 (a) の点線 I_{h3} に示すように、時刻 0 より前に可動コア 45 が固定コア 46 に吸引されない程度のプレチャージ電流 I_{pc} が流れる。プレチャージ電流 I_{pc} が流れた後、実線 L_{s3} と同じ電流波形となる電流がコイル 47 に流れると、ニードル 40 のリフト量は、図 10 (b) の点線 L_{h3} のように、実線 L_{s3} に比べニードル 40 の移動速度が速くなるため、リフト量 L は、時間 t_{31} より短い時間 t_{32} で最大となる。
- [0098] S 305、S 306 の次に、S 307 において、第一実施形態の S 107 と同様に第一次燃料噴射の噴射指令幅 $T_{inj}(1)$ を設定する。次に、S 308 において、第一実施形態の S 108 と同様に S 305、S 306 及び S 307 において設定された電流波形の情報を第一次燃料噴射の情報 $I(1)$ として ROM、RAM などに保存する。次に、S 309 において、第一実施形態の S 109 と同様に今回設定された電流波形が当該一回の燃焼サイクルにおける N 回目の燃料噴射の電流波形であるか否かを判定する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数 N より小さい場合、S 310 に移行する。S 310 において、第一実施形態の S 110 と同様に直前の電流波形の設定を行った燃料噴射の順番に 1 を加え、S 304 に移行する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数

Nと同じ回数の場合、当該一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射の電流波形の設定を終了する。

[0099] 第三実施形態による燃料噴射弁制御装置では、噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 $BTD C$ より小さいとき、プレチャージ電流をオンする電流波形を設定し、ニードル 40 の開弁方向への移動速度を基準移動速度より速くする。これにより、噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 $BTD C$ より小さいとき、燃料噴射弁 10 が噴射する燃料が燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁に衝突しにくくなる。したがって、第三実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏する。

[0100] また、第三実施形態による燃料噴射弁制御装置では、プレチャージ電流のオンオフのみによってニードル 40 の開弁方向への移動速度を変更することができる。これにより、比較的な簡易な制御で粒子状物質の生成量を低減し、燃料噴射が可能な時期を広げることができる。

[0101] (第四実施形態)

次に、本開示の第四実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 11 に基づいて説明する。第四実施形態は、ニードルの開弁方向への移動速度が時間変化する点が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0102] 第四実施形態による燃料噴射弁制御装置では、第一実施形態における電流波形の設定方法のフローチャートに沿って燃料噴射ごとに電流波形を設定する(図 3 参照)。このとき、第四実施形態による燃料噴射弁制御装置では、 $S105$ 、 $S106$ において、ニードル 40 のピックアップ電流の時間変化を変化させる。以下、この制御内容について図 11 に基づいて説明する。図 $11(a)$ に燃料噴射制御部 25 がコイル 47 に供給する電流 I の時間変化を示す。図 $11(a)$ には、噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 $BTD C$ のときの電流の時間変化を実線 $Is4$ で示している。図 $11(b)$ にニードル 40 のリフト量 L の時間変化を示す。図 $11(b)$ には、噴射開始時期 $SOI(i)$ が 180 度 $BTD C$ のときのニードル 40 のリフト量 L の時間変

化を実線L s 4で示している。

[0103] S 1 0 5において、燃料噴射設定部2 4 2は、ニードル4 0のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} 以下となるよう電流波形を設定する。

[0104] このとき、第四実施形態では、図1 1 (a)の点線l o 4に示すように、ピックアップ電流を流し始めた直後にはピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} より比較的小さくなるよう電流波形を設定する。さらに、ピックアップ電流の電流値がピーク電流 I_{ps} に近くなるとピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ がピックアップ電流を流し始めた直後より大きくなるよう電流波形を設定する。これにより、ニードル4 0の開弁方向への移動速度は、図1 1 (b)の点線L o 4に示すように、移動直後には基準移動速度に比べ遅いもののリフト量が最大のリフト量 L_m に近づくと基準移動速度に比べ速くなる。

[0105] S 1 0 6において、燃料噴射設定部2 4 2は、ニードル4 0のピックアップ電流の時間変化が所定の基準値 ΔI_{std} より大きくなるよう電流波形を設定する。このとき、第四実施形態では、図1 1 (a)の点線l h 4に示すように、ピックアップ電流を流し始めた直後にはピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} より比較的大きくなるよう電流波形を設定する。さらに、ピックアップ電流の電流値がピーク電流 I_{ps} に近くなるとピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ がピックアップ電流を流し始めた直後より小さくなるよう電流波形を設定する。これにより、ニードル4 0の開弁方向への移動速度は、図1 1 (b)の点線L h 4に示すように、移動直後には比較的速いもののリフト量が最大のリフト量 L_m に近づくと比較的遅くなる。

[0106] 第四実施形態による燃料噴射弁制御装置では、ニードル4 0のピックアップ電流の時間変化を変化させる。これにより、ニードル4 0の開弁方向への移動速度を一回の燃料噴射において自由に変更することができる。したがって、第四実施形態は、第一実施形態の効果を奏するとともに燃料の噴霧到達

距離 D_{inj} をエンジン 11 の状態に応じて調整することができる。

[0107] (第五実施形態)

次に、本開示の第五実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 12、13 に基づいて説明する。第五実施形態は、ニードルの開弁方向への移動速度が燃料噴射毎に異なる点が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0108] 第五実施形態による燃料噴射弁制御装置では、図 12 に示すフローチャートに沿って燃料噴射ごとの電流波形を設定する。

[0109] 最初に、S401において、第一実施形態のS101と同様にエンジン11の運転状態を読み込む。次に、S402において、第一実施形態のS102と同様に燃料噴射弁10の燃料噴射条件を算出する。次にS403において、第一実施形態のS103と同様にこれから設定する電流波形が一回の燃焼サイクルにおける第一次燃料噴射の電流波形であることを確認する。

[0110] 次に、S404において、ニードル40のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ を設定する。第五実施形態では、以下の式(1)を用いてピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ を設定する。

$$[0111] \quad \Delta I_{up}(i) = \Delta I_{std} - [a \times \{SOI(i) - 180\}] \cdots (1)$$

なお、式(1)の定数 a は、任意に設定可能な係数である。

[0112] ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ を算出すると、S405に移行する。

[0113] 次に、S405において、第一実施形態のS107と同様に噴射指令幅 $T_{inj}(i)$ を設定する。次に、S406において、第一実施形態のS108と同様にS404及びS405において設定された電流波形の情報を第一次燃料噴射の情報 $I(1)$ としてROM、RAMなどに保存する。次に、S407において、第一実施形態のS109と同様に今回設定された電流波形が当該一回の燃焼サイクルにおけるN回目の燃料噴射の電流波形であるか否かを判定する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴

射回数Nより小さい回数の場合、S408に移行する。S408において、第一実施形態のS110と同様に直前の電流波形の設定を行った燃料噴射の順番に1を加え、S404に移行する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数Nと同じ回数の場合、当該一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射の電流波形の設定を終了する。

[0114] 図13に、第五実施形態の燃料噴射弁10におけるエンジン11のクランク角CAとニードル40のリフト量Lとの関係を示す。図13には、ピストン面119の位置を二点鎖線Lp5で示す。ここでは、一回の燃焼サイクルにおいて三回の燃料噴射を行う場合のニードル40のリフト量のクランク角変化を実線Ls51、Ls52、Ls53で示すが、第五実施形態における燃料噴射の回数はこれに限定されない。実線Ls51が示す第一次燃料噴射は、「最初の燃料噴射」に相当する。実線Ls53で示す第三次燃料噴射は、「最後の燃料噴射」に相当する。

[0115] 図13に示すように、第一次燃料噴射（図13の実線Ls51）は、クランク角が比較的大きいため、式（1）の右辺から算出される値は、比較的小さな値となる。これにより、ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ は比較的小さくなり、第一次燃料噴射ではニードル40の開弁方向への移動速度は比較的遅くなる。一方、第三次燃料噴射（図13の実線Ls53）では、クランク角が比較的小さいため、式（1）の右辺から算出される値は、第一次燃料噴射に比べ大きな値となる。これにより、ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ は、第一次燃料噴射に比べ大きくなり、第三次燃料噴射では開弁時のニードル40の移動速度は第一次燃料噴射に比べ速くなる。また、第二次燃料噴射（図13の実線Ls52）では、クランク角が第一次燃料噴射と第三次燃料噴射との間の値となるため、式（1）の右辺から算出される値は、第一次燃料噴射と第三次燃料噴射との間の値となる。これにより、ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ は第一次燃料噴射と第三次燃料噴射との間の大きさとなり、第二次燃料噴射ではニードル40の開弁方向への移動速度は第一次燃料噴射に比べ速くかつ第三次燃料噴射に比べ遅くな

る。

[0116] 第五実施形態による燃料噴射弁制御装置では、噴射開始時期 $SOI(i)$ の大きさに応じてピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ を変更する。具体的には、噴射開始時期 $SOI(i)$ が進角側であるほどピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{up}(i)$ を小さくし、ニードル 40 の開弁方向への移動速度を遅くする。これにより、第五実施形態では、燃料噴射弁 10 が噴射する燃料が燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁にさらに衝突しにくくなる。したがって、第五実施形態は、第一実施形態と同じ効果を奏するとともに、さらに燃料と燃焼室 110 を形成するエンジン 11 の内壁との衝突を少なくし、粒子状物質の生成量をさらに低減しつつ燃費をさらに向上することができる。

[0117] (第六実施形態)

次に、本開示の第六実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 14, 15 に基づいて説明する。第六実施形態は、制御される燃料噴射弁の構成が第一実施形態と異なる。なお、第一実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0118] 第六実施形態による燃料噴射弁制御装置によって制御される燃料噴射弁 50 を図 14 に示す。燃料噴射弁 50 は、シール部がハウジングの外側に飛び出すことによって開弁する外開方式の燃料噴射弁である。燃料噴射弁 50 は、ハウジング 60、「駆動部」としてのピエゾ駆動体 70、ニードル 80などを備える。なお、図 14 には、シール部 82 が弁座 606 から離間する方向である開弁方向、及び、シール部 82 が弁座 606 に当接する方向である閉弁方向を図示する。

[0119] ハウジング 60 は、筒状に形成されている。ハウジング 60 は、流入口 601、第一燃料通路 602、背圧室 603、第二燃料通路 604、及び、噴孔 605 を有している。ハウジング 60 の内部を流れる燃料は、流入口 601、第一燃料通路 602、背圧室 603、第二燃料通路 604、噴孔 605 の順に流れ、燃焼室 110 に噴射供給される。

- [0120] 流入口 601 は、ハウジング 60 の外側と第一燃料通路 602 とを連通している。第一燃料通路 602 には、ピエゾ駆動体 70 が収容されている。背圧室 603、第二燃料通路 604、及び、噴孔 605 には、ニードル 80 が往復移動可能に収容されている。
- [0121] 噴孔 605 は、第二燃料通路 604 側からハウジング 60 の外側に向かって内径が広がるよう形成されている。噴孔 605 を形成するハウジング 60 の内壁は、後述するシール部 82 が当接可能な弁座 606 を有する。
- [0122] ピエゾ駆動体 70 は、略円柱状に形成されている。ピエゾ駆動体 70 は、固定部 71、可動部 72、複数のピエゾ素子 73、及び、ベローズ 74 を有している。
- [0123] 固定部 71 及び可動部 72 は、ピエゾ駆動体 70 の両端に設けられている。固定部 71 は、第一燃料通路 602 を形成する内壁のうち噴孔 605 とは反対側の内壁に固定されている。
- [0124] 複数のピエゾ素子 73 は、固定部 71 及び可動部 72 に挟まれつつ積層されている。複数のピエゾ素子 73 は、電圧が印可され充電されると固定部 71 と可動部 72 とが離れる方向に伸長する。一方、電圧が印可されないとき、放電により固定部 71 と可動部 72 とが近づく方向に収縮する。
- [0125] ベローズ 74 は、複数のピエゾ素子 73 の外周を覆うように設けられている。ベローズ 74 は、蛇腹状に形成され、ピエゾ素子 73 の伸縮に合わせて伸縮可能である。ベローズ 74 は、一端が固定部 71 に液密に接合し、他端が可動部 72 に液密に接合している。これにより、ベローズ 74 は、ピエゾ素子 73 が第二燃料通路 604 を満たしている燃料に晒されることを防止する。
- [0126] ニードル 80 は、軸部 81、シール部 82、摺接部 83、鰐部 84 などを含む。
- [0127] 軸部 81 は、第一燃料通路 602、背圧室 603、及び、第二燃料通路 604 に収容されている棒状の部材である。軸部 81 の噴孔 605 とは反対側は、可動部 72 と接合している。これにより、軸部 81 は、可動部 72 と一

体となって往復移動可能である。軸部 8 1 の噴孔 6 0 5 側の端部には、シール部 8 2 が設けられている。

[0128] シール部 8 2 は、軸部 8 1 側の端部から軸部 8 1 とは反対側の端部に向かって外径が大きくなるよう形成されている。シール部 8 2 の径方向外側の外壁 8 2 1 は、弁座 6 0 6 に当接可能なよう形成されている。

[0129] 摺接部 8 3 は、第二燃料通路 6 0 4 に位置する軸部 8 1 の径方向外側に設けられている筒状の部位である。摺接部 8 3 の外壁 8 3 1 は、第二燃料通路 6 0 4 を形成するハウジング 6 0 の内壁 6 0 7 に摺動可能なよう形成されている。これにより、ニードル 8 0 の往復移動が案内される。

[0130] 鏑部 8 4 は、背圧室 6 0 3 に位置する軸部 8 1 の径方向外側に設けられている環状の部位である。鏑部 8 4 の噴孔 6 0 5 側には、スプリング 8 6 が設けられている。スプリング 8 6 は、一端を鏑部 8 4 に支持され、他端を背圧室 6 0 3 の内壁に支持されている。スプリング 8 6 は、ニードル 8 0 を閉弁方向に付勢する。

[0131] また、ピエゾ駆動体 7 0 の噴孔 6 0 5 側には、スプリング 8 7 が設けられている。スプリング 8 7 は、一端を可動部 7 2 に支持され、他端を第一燃料通路 6 0 2 と背圧室 6 0 3 とを区画する隔壁 6 0 8 に支持されている。スプリング 8 7 は、ピエゾ駆動体 7 0 を閉弁方向に付勢する。

[0132] 燃料噴射弁 5 0 では、ピエゾ駆動体 7 0 に電圧が印可されると、ピエゾ駆動体 7 0 は、ハウジング 6 0 の中心軸 C 6 0 の方向に伸長する。このとき、ニードル 8 0 は、ピエゾ駆動体 7 0 の伸長に応じて開弁方向に移動する。スプリング 8 6 の付勢力とスプリング 8 7 の付勢力との差に抗してニードル 8 0 が開弁方向に移動すると、シール部 8 2 と弁座 6 0 6 とが離間し、噴孔 6 0 5 が開く。これにより、第二燃料通路 6 0 4 を満たしている燃料が噴孔 6 0 5 から燃焼室 1 1 0 に噴射される。

[0133] ピエゾ駆動体 7 0 に電圧が印可されないと、ピエゾ駆動体 7 0 は中心軸 C 6 0 の方向に収縮する。このとき、ニードル 8 0 はスプリング 8 6 の付勢力とスプリング 8 7 の付勢力との差によって閉弁方向に移動すると、シール部

82は弁座606に当接し、噴孔605は閉じる。これにより、噴孔605からの燃料の噴射は停止される。

[0134] 第六実施形態による燃料噴射弁の制御装置では、第一実施形態における電流波形の設定方法のフローチャートに沿って燃料噴射ごとに電流波形を設定する(図3参照)。このとき、第六実施形態による燃料噴射弁制御装置では、S105、S106においてニードル80のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ を変更するとき、ニードル80のピックアップ電流のピーク電流 I_{ps} の大きさを変更する。以下、この制御内容について図15に基づいて説明する。

[0135] 図15(a)に燃料噴射制御部25がピエゾ素子73に供給する電流 I の時間変化を示す。また、図15(b)に開弁方向に移動するニードル80のリフト量の時間変化を示す。

[0136] 第六実施形態による燃料噴射弁制御装置では、燃料噴射制御部25は、図15(a)に示すように、ニードル80のピックアップ電流の最大値を変更可能なよう設けられている。ここで、ニードル80の「ピックアップ電流」とは、燃料噴射弁50が閉弁している状態からニードルが開弁方向に移動するためにピエゾ素子73に供給される電流であって、図15(a)では、時刻0から最大電流を維持している時刻 t_{60} までの間に流れる電流を指す。

[0137] 第六実施形態では、図15(a)に示す実線 I_{s6} は、例えば、噴射開始時期 $SOI(i)$ が180度BTDCのときの電流の時間変化を示している。実線 I_{s6} では、時刻 t_{60} における電流が最大のピーク電流 I_{ps} となるよう電流波形が設定されている。このときのピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は所定の基準値 ΔI_{std} である。第六実施形態では、ピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ が所定の基準値 ΔI_{std} であるとき、燃料噴射弁50におけるニードル80のリフト量 L の時間変化は、図15(b)に示す実線 L_{s6} のようになる。時刻0からリフト量が最大のリフト量であるリフト量 L_m となる時刻 t_{61} までのニードル80の移動速度は、「基準移動速度」に相当する。

[0138] 一方、時刻 t_{60} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より大きいピーク電流 I_{ph} とするよう電流波形を設定すると（図 15（a）の点線 I_{h6} ）、ニードル 80 のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は、図 15（a）に示すように、所定の基準値 ΔI_{std} より大きくなり、ニードル 80 は、図 15（b）の点線 L_{h6} に示すように、リフト量 L_m となるまでの時間が実線 L_{s6} の時間 t_{61} に比べ時間 t_{62} と短くなる。すなわち、ニードル 80 の移動速度は、基準移動速度に比べ速くなる。

[0139] また、時刻 t_{60} におけるピーク電流をピーク電流 I_{ps} より小さいピーク電流 I_{po} とするよう電流波形を設定すると（図 15（a）の一点鎖線 I_{o6} ）、ニードル 80 のピックアップ電流の時間変化 $\Delta I_{pu}(i)$ は、図 15（a）に示すように、所定の基準値 ΔI_{std} より小さくなり、ニードル 80 は、図 15（b）の点線 L_{o6} に示すように、リフト量 L_m となるまでの時間が実線 L_{s1} の時間 t_{61} に比べ時間 t_{63} と長くなる。すなわち、ニードル 80 の移動速度は、基準移動速度に比べ遅くなる。

[0140] 第六実施形態による燃料噴射弁制御装置では、噴射開始時期 $SOI(i)$ が $180^\circ BTD C$ 以上であるか否かに応じて、ピエゾ素子 73 に供給される電流のピーク電流の大きさを変更することによってニードル 80 の開弁方向への移動速度を変更し、燃料の噴霧到達距離 D_{inj} を変更することができる。これにより、ピエゾ素子 73 を「駆動部」として備える燃料噴射弁 50 を制御する第六実施形態でも第一実施形態と同じ効果を奏する。

[0141] （第七実施形態）

次に、本開示の第七実施形態による燃料噴射弁の制御装置を図 16、17 に基づいて説明する。第七実施形態は、燃料噴射開始時期に応じて燃料の噴射圧を制御する点が第三実施形態と異なる。なお、第三実施形態と実質的に同一の部位には同一の符号を付し、説明を省略する。

[0142] 第七実施形態による燃料噴射弁制御装置では、燃料噴射設定部 242 が設定する燃料ポンプ 16 の運転条件に基づいて燃料ポンプ 16 の作動を制御し、燃料噴射弁 10 が噴射する燃料の噴射圧を調整する。

- [0143] 第七実施形態による燃料噴射弁制御装置では、図16に示すフローチャートに沿って燃料噴射ごとに電流波形を設定する。
- [0144] 最初に、S701において、第三実施形態のS301と同様にエンジン11の運転状態を読み込む。次に、S702において、第三実施形態のS302と同様に燃料噴射弁10の燃料噴射条件を算出する。このとき、燃料の噴射圧として基準噴射圧 P_{base} を算出する。
- [0145] 次に、S703において、エンジン11の今回の燃焼サイクルの燃料噴射に圧縮行程における燃料噴射があるか否かを判定する。具体的には、S702において算出した燃料噴射条件を参照して圧縮行程における燃料噴射があるか否かを判定する。今回の燃焼サイクルの燃料噴射に圧縮行程における燃料噴射がある場合、S704に移行する。今回の燃焼サイクルの一連の燃料噴射に圧縮行程における燃料噴射がない場合、S705に移行する。
- [0146] S703に続くS704において、今回の燃焼サイクルにおける燃料噴射圧 P_f を基準噴射圧 P_{base} より高い燃料噴射圧 P_{up} とする設定を行う。
- [0147] また、S703に続くS705において、今回の燃焼サイクルにおける燃料噴射圧 P_f を基準の燃料噴射圧 P_{base} とする設定を行う。
- [0148] ここで、第七実施形態における燃料噴射圧 P_f の変更について図17に基づいて説明する。図17(a)に電流の供給によってニードル40の開弁方向へのリフト量 L の時間変化を示す。また、図17(b)に燃料の噴霧到達距離 D_{inj} の時間変化を示す。
- [0149] 第七実施形態による燃料噴射弁制御装置では、ポンプ制御部252及び燃料ポンプ16は、燃料噴射弁10の燃料噴射圧 P_f を変更可能なよう設けられている。
- [0150] 図17(a)に示す実線 L_s は、圧縮行程において燃料噴射がないときのニードル40のリフト量 L の時間変化を示している。実線 L_s に示すように、時刻 t_70 においてニードル40のリフト量が最大のリフト量 L_{ms} となるようニードル40は駆動する。

- [0151] 一方、図17(a)に示す実線 L_{h7} は、圧縮行程において燃料噴射があるときのニードル40のリフト量 L の時間変化を示している。実線 L_{h7} に示すように、時刻 t_{71} においてニードル40のリフト量がリフト量 L_{ms} より大きいリフト量 L_{mh} となるようニードル40は駆動する。
- [0152] 図17(b)に示す実線 D_{s7} は、圧縮行程において燃料噴射がないときの燃料噴射弁10の噴霧到達距離 D_{inj} の時間変化を示している。これに比べ、図17(b)の点線 D_{h7} に示すように、燃料噴射圧 P_f を基準噴射圧 P_{fbase} より高い燃料噴射圧 P_{fup} とすると、噴射開始直後には、噴霧到達距離 D_{inj} は実線 D_{s7} に比べ長くなる(図17の時刻0から時刻 t_{72})。しかしながら、時刻 t_{72} 以降では、噴霧到達距離 D_{inj} は実線 D_{s7} に比べ短くなる。
- [0153] このように、S704及びS705では、S703における判定結果に基づいて燃料噴射圧 P_f を変更する。
- [0154] S704、S705に続くS706において、第三実施形態のS303と同様にこれから設定する電流波形が一回の燃焼サイクルにおける第一次燃料噴射の電流波形であることを確認する。
- [0155] 次に、S707において、第三実施形態のS304と同様にS702において算出された噴射開始時期 $SOI(i)$ がクランク角180度BTDC以上であるか否かを判定する。S702において算出された噴射開始時期 $SOI(i)$ が180度BTDC以上の場合、S708に移行する。S702において算出された噴射開始時期 $SOI(i)$ が180度BTDCより小さい場合、S709に移行する。
- [0156] 次に、S708において、第三実施形態のS305と同様にプレチャージ電流をオフするよう電流波形を設定する。また、S709において、第三実施形態のS306と同様にプレチャージ電流をオンするよう電流波形を設定する。
- [0157] S708、S709に続くS710において、第三実施形態のS307と同様に噴射指令幅 $T_{inj}(i)$ を設定する。

[0158] 次に、S 7 1 1 において、S 7 0 4 及びS 7 0 5 において設定された燃料噴射圧 P f の情報、並びに、S 7 0 8、S 7 0 9 及びS 7 1 0 において設定された電流波形の情報 I (i) を第一次燃料噴射の情報として R O M、R A M などに保存する。次に、S 7 1 2 において、第三実施形態の S 3 0 9 と同様に今回設定された電流波形が当該一回の燃焼サイクルにおける N 回目の燃料噴射の電流波形であるか否かを判定する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数 N より小さい場合、S 7 1 3 に移行する。S 7 1 3 において、第三実施形態の S 3 1 0 と同様に直前の電流波形の設定を行った燃料噴射の順番に 1 を加え、S 6 0 7 に移行する。今回の電流波形の設定が当該一回の燃焼サイクルにおける噴射回数 N と同じ回数の場合、当該一回の燃焼サイクルにおける燃料噴射の電流波形の設定を終了する。

[0159] 第七実施形態による燃料噴射弁制御装置では、燃焼サイクルの一連の燃料噴射に圧縮行程における燃料噴射を含む場合、燃料噴射圧 P f を基準噴射圧 P f b a s e より高い燃料噴射圧 P f u p とする設定を行う。燃料噴射圧 P f を高くすると、ニードル 4 0 の開弁方向への移動速度がさらに速くなるため、燃料を噴射する期間を短くすることができる。これにより、噴霧到達距離を更に短くすることができる。したがって、第七実施形態は、第三実施形態と同じ効果を奏するとともに、粒子状物質の生成量をさらに低減しつつ燃費をさらに向上することができる。

[0160] (他の実施形態)

上述の実施形態では、「所定のクランク角」をエンジンの吸気行程と圧縮行程との間の下死点に当たる 1 8 0 度 B T D C とした。しかしながら、「所定のクランク角」はこれに限定されない。

[0161] 第一〜三実施形態では、ピックアップ電流は直線的に増加するとした。しかしながら、第四実施形態のように、ピックアップ電流の時間変化を変化させてもよい。

[0162] 第三実施形態では、ピックアップ電流のピーク電流及びピーク電流に到達するまでの時間は 1 8 0 度 B T D C の場合と同じであるとした。しかしなが

ら、第一、二実施形態のように、エンジンのクランク角の大きさに応じてピーク電流またはピーク電流に到達するまでの時間を変更してもよい。

[0163] 第七実施形態では、プレチャージの有無によってニードルのピックアップ電流の時間変化を変更するとした。しかしながら、ピックアップ電流のピーク電流の大きさを変更する第一実施形態の方法やピーク電流に到達するまでの時間を変更する第二実施形態の方法によってピックアップ電流の時間変化を変更してもよい。

[0164] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 燃料を噴射可能な噴孔（３５、６０５）を有するハウジング（３０、６０）、前記噴孔の周囲に形成される弁座（３４２、６０６）に当接または離間するニードル（４０、８０）、及び、電流が供給されると前記ニードルと前記弁座とが離間するよう前記ニードルを駆動する駆動部（４５、４６、４７、７０）を有する燃料噴射弁（１０、５０）の前記噴孔の開閉を制御する燃料噴射弁の制御装置（１）であって、
- 前記燃料噴射弁が燃料を噴射する燃焼室（１１０）を有する内燃機関（１１）の運転状態を検出する運転状態検出部（２１、２２、２３）と、
- 前記運転状態検出部が検出する前記内燃機関の運転状態に基づいて前記燃料噴射弁の燃料噴射条件を算出する噴射条件算出部（２４１）と、
- 前記噴射条件算出部が算出する燃料噴射条件に基づいて、前記内燃機関のクランク角が所定のクランク角以上のときは前記ニードルの開弁方向への移動速度が基準移動速度以下となるよう、前記内燃機関のクランク角が所定のクランク角より小さいときは前記ニードルの開弁方向への移動速度が前記基準移動速度より速くなるよう前記駆動部に供給する電流の電流波形を設定する電流波形設定部（２４２）と、
- 前記電流波形設定部が設定する電流波形に基づいて前記駆動部に電流を供給する電流供給部（２５１）と、
- を備えることを特徴とする燃料噴射弁の制御装置。
- [請求項2] 前記所定のクランク角は、前記内燃機関の吸気行程と圧縮行程との間の下死点におけるクランク角であることを特徴とする請求項１に記載の燃料噴射弁の制御装置。
- [請求項3] 前記電流波形設定部は、前記燃料噴射弁の燃料の噴射開始時期が進角側であるほど前記ニードルの開弁方向への移動速度を遅くするよう

電流波形を設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の燃料噴射弁の制御装置。

[請求項4] 前記電流波形設定部は、前記燃料噴射弁が前記内燃機関の一回の燃焼サイクルにおいて複数回の燃料噴射を行うとき、当該一回の燃焼サイクルの最初の燃料噴射における前記ニードルの開弁方向への移動速度を前記最初の燃料噴射以降の燃料噴射における前記ニードルの開弁方向への移動速度に比べ遅くするよう電流波形を設定し、当該一回の燃焼サイクルの最後の燃料噴射における前記ニードルの開弁方向への移動速度を前記最後の燃料噴射以前の燃料噴射における前記ニードルの開弁方向への移動速度に比べ速くするよう電流波形を設定することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

[請求項5] 前記電流波形設定部は、前記ニードルと前記弁座とが離間するよう前記駆動部に電流を供給する前に前記ニードルが前記弁座に当接した状態を維持可能な前電流を前記駆動部に供給するよう電流波形を設定することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

[請求項6] 前記電流波形設定部は、前記ニードルのリフト量が最大となるときの電流値であるピーク電流値、及び、前記駆動部に供給される電流の電流値が前記ピーク電流値になるまでの時間の少なくとも一方を変更する電流波形を設定可能であることを特徴する請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

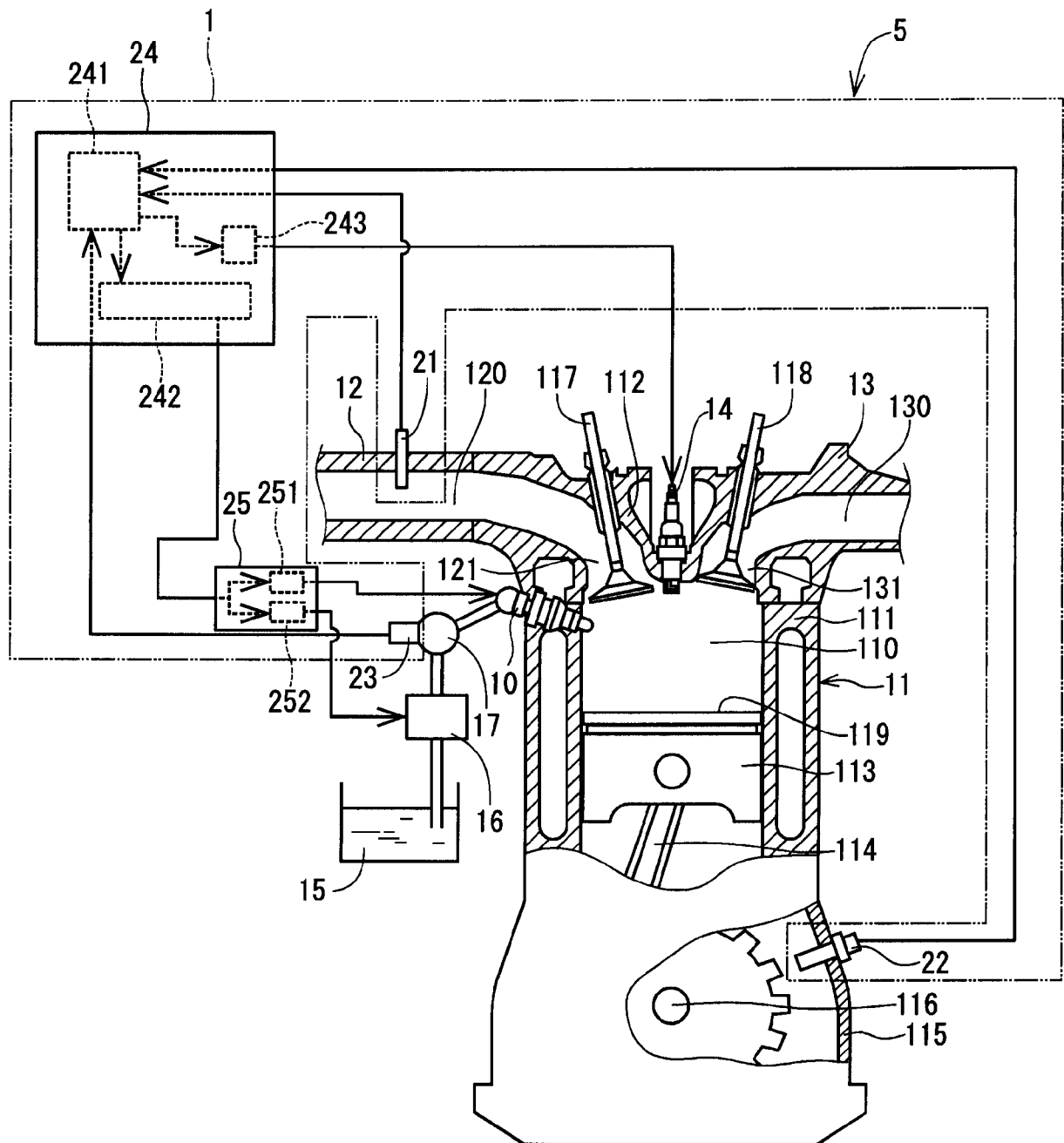
[請求項7] 前記電流波形設定部は、前記駆動部に供給される電流の電流値が前記ニードルのリフト量が最大となるときの電流値であるピーク電流値となるまでの電流値の時間変化を変更する電流波形を設定可能であることを特徴する請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

[請求項8] 前記燃料噴射弁が噴射する燃料の噴射圧を変更可能な噴射圧変更部

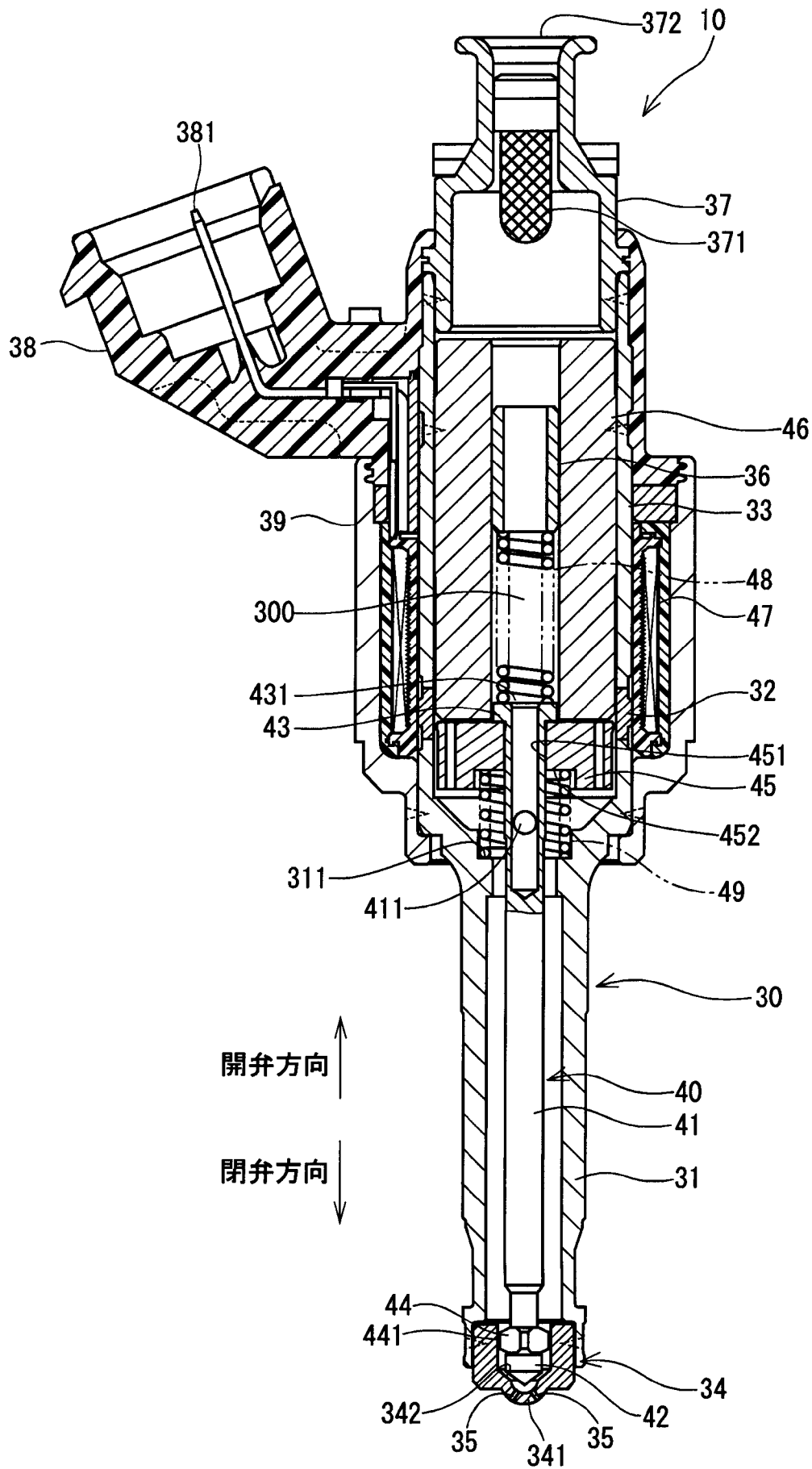
(16、252)をさらに備え、

前記噴射条件算出部が前記内燃機関の圧縮行程において前記燃料噴射弁が燃料を噴射する燃料噴射条件を算出すると、前記噴射圧変更部は、前記燃料噴射弁が噴射する燃料の噴射圧を圧縮行程を除く他の行程のみで噴射するサイクルの前記燃料噴射弁が噴射する燃料の噴射圧より高くすることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載の燃料噴射弁の制御装置。

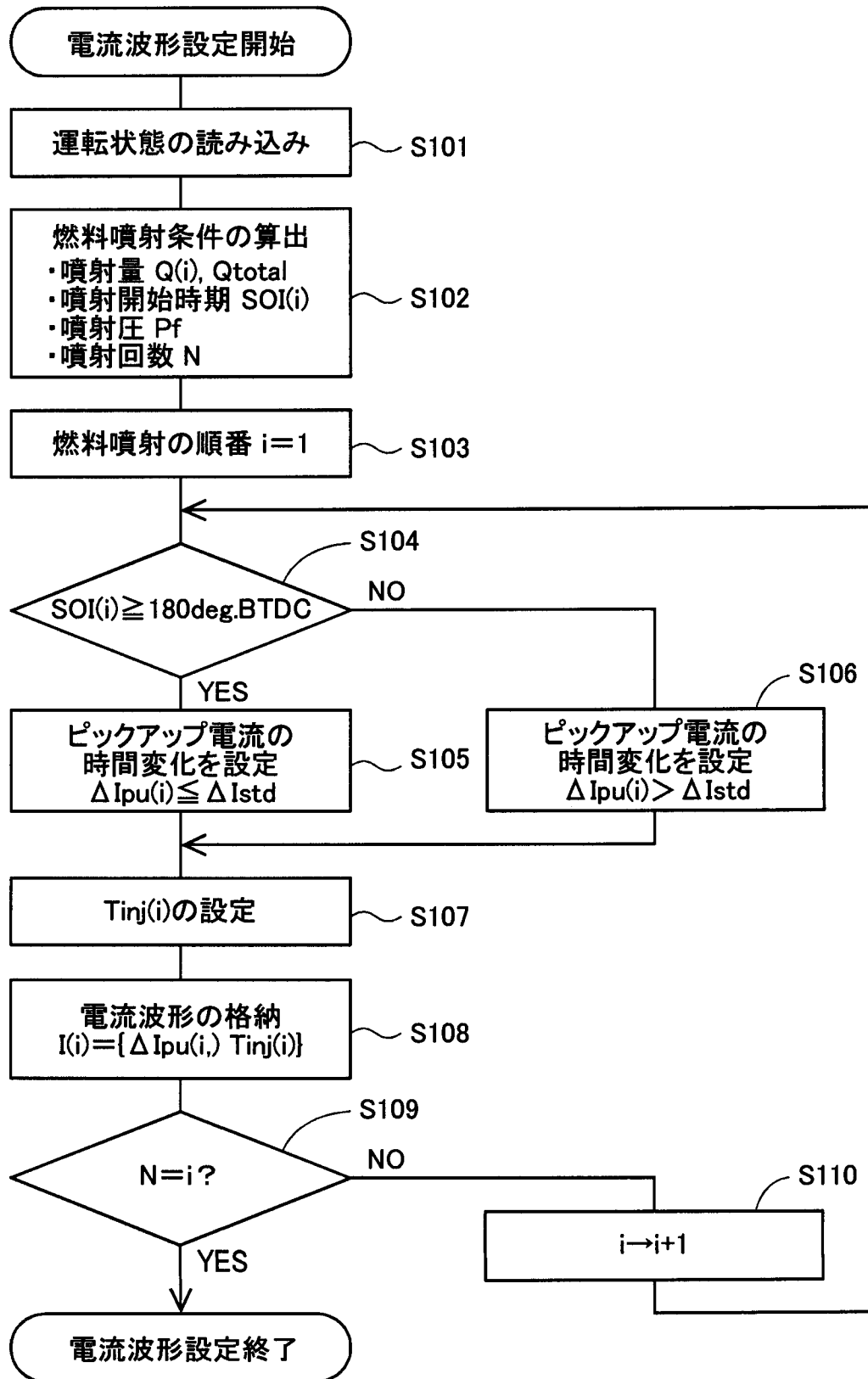
[図1]



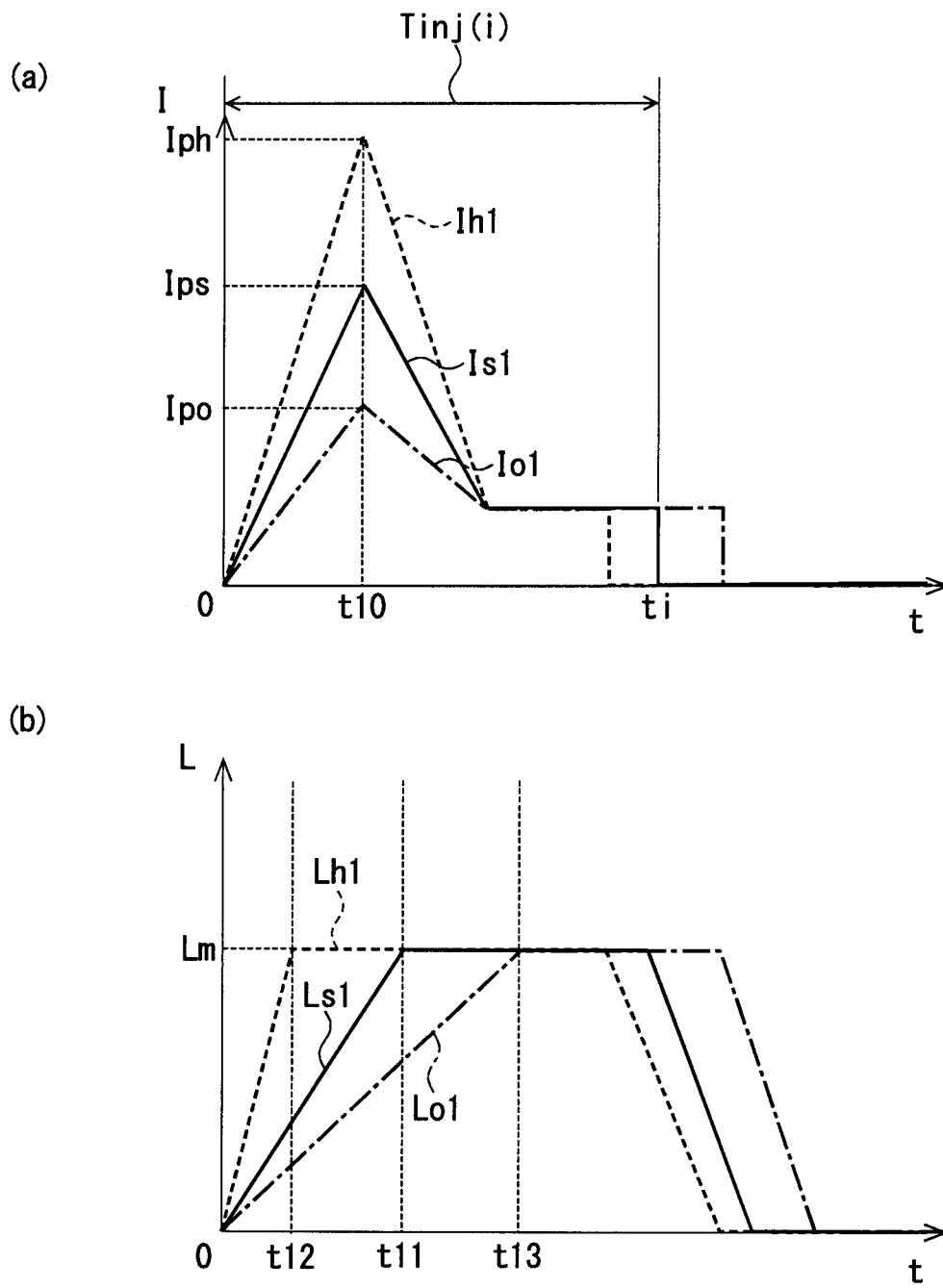
[図2]



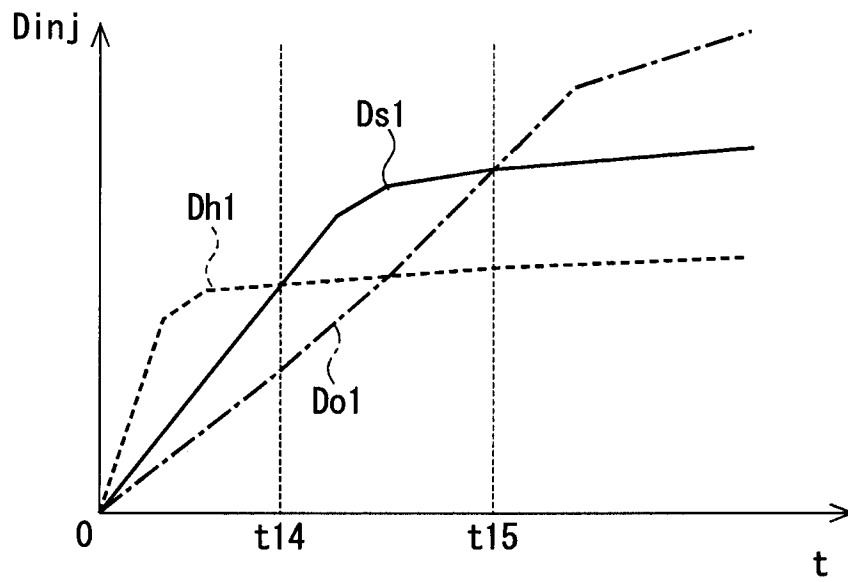
[図3]



[図4]

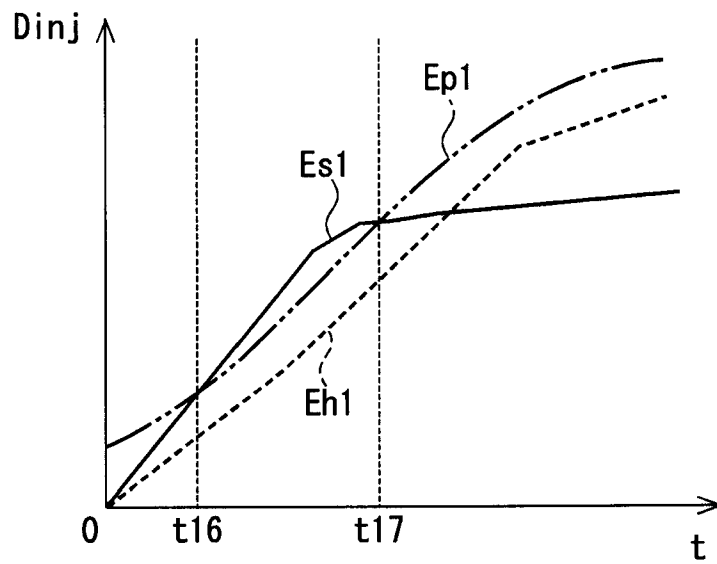


[図5]

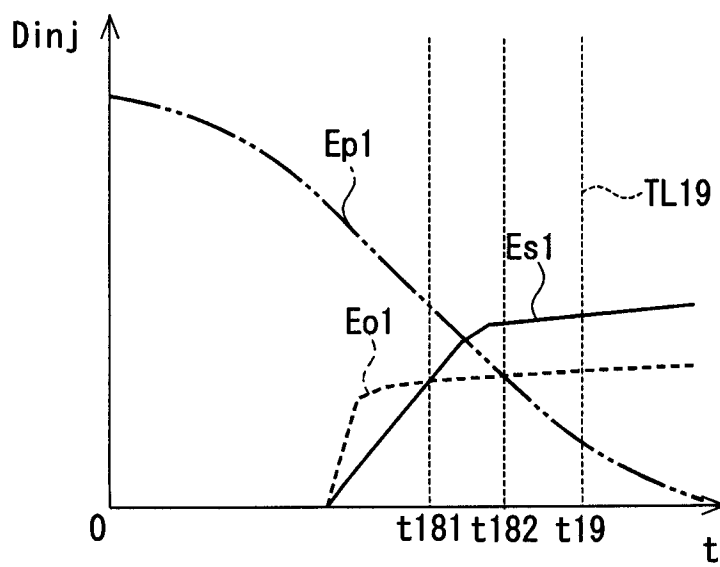


[図6]

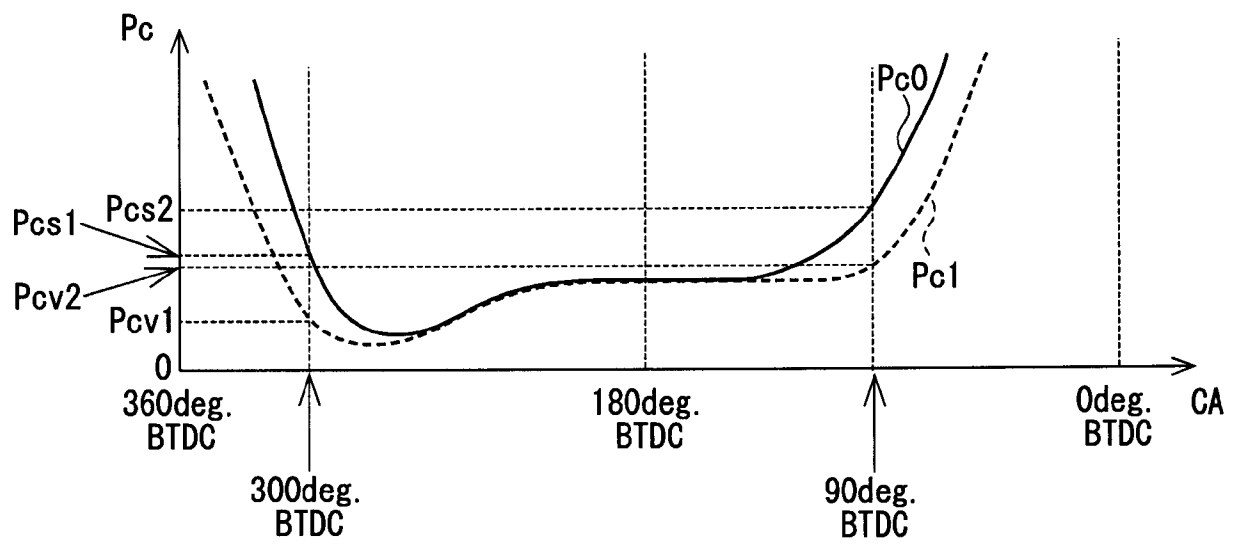
(a)



(b)

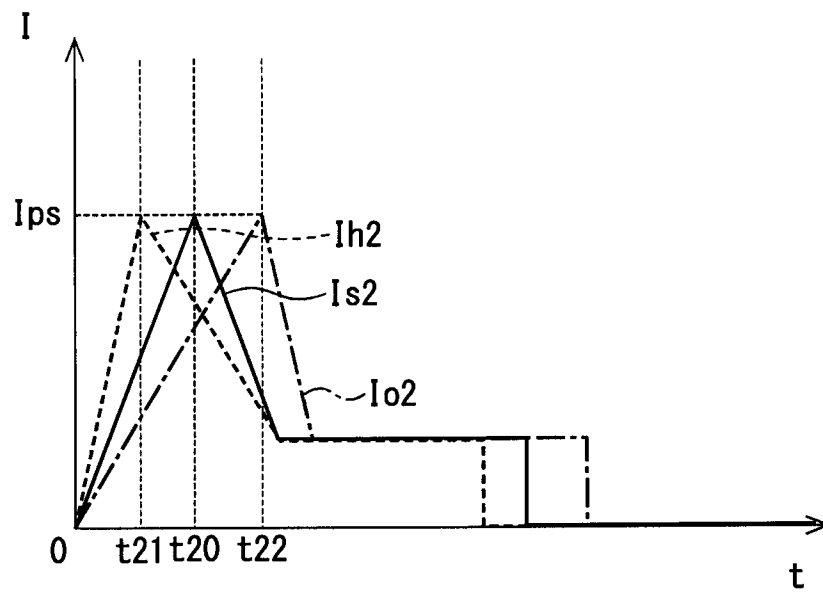


[図7]

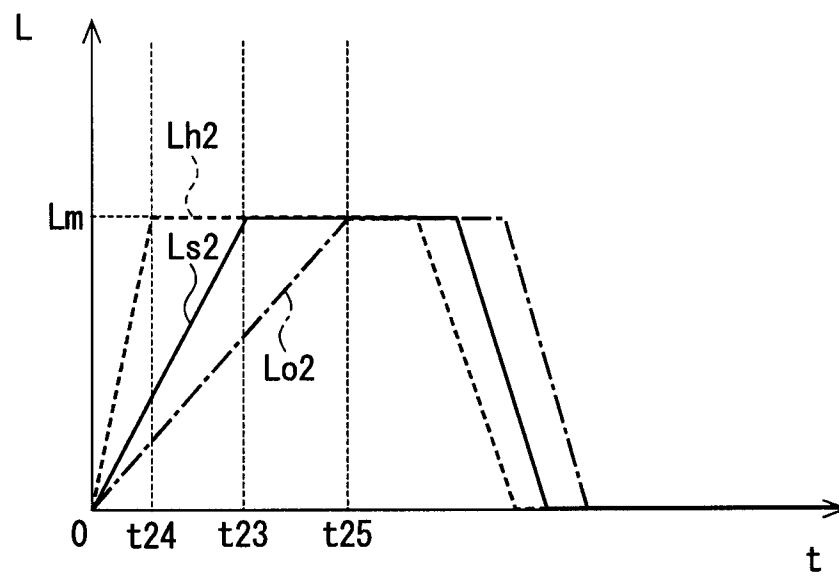


[図8]

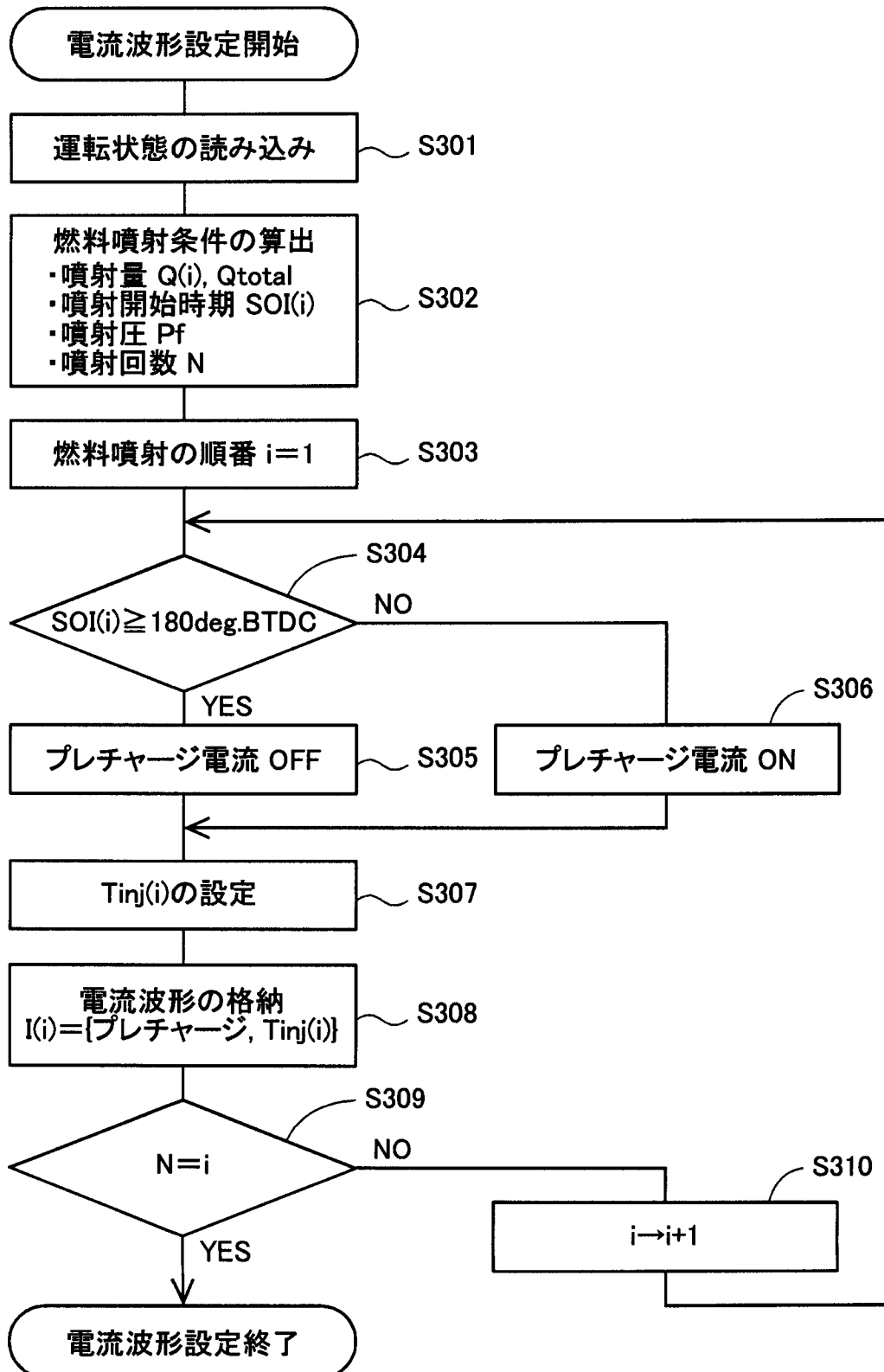
(a)



(b)

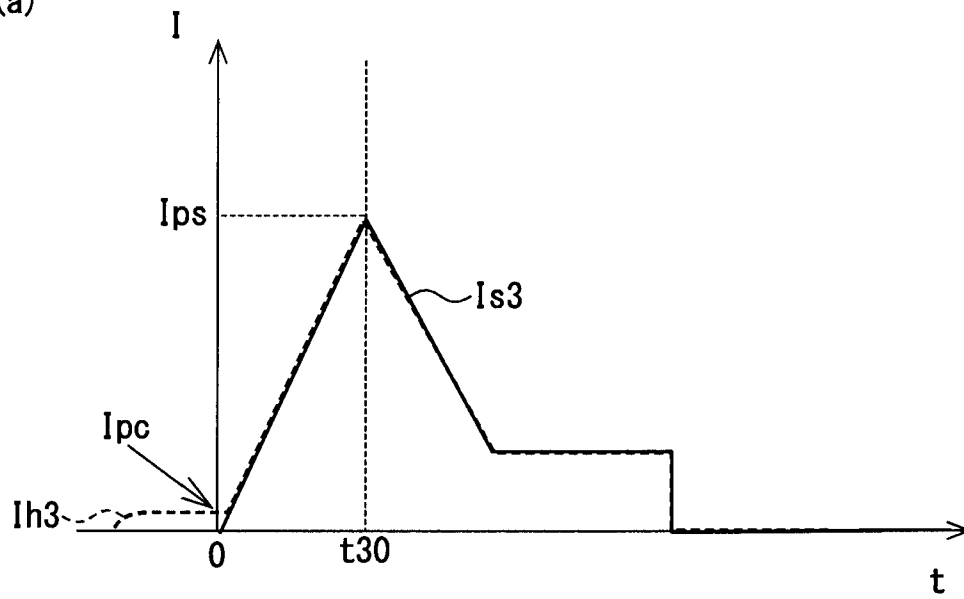


[図9]

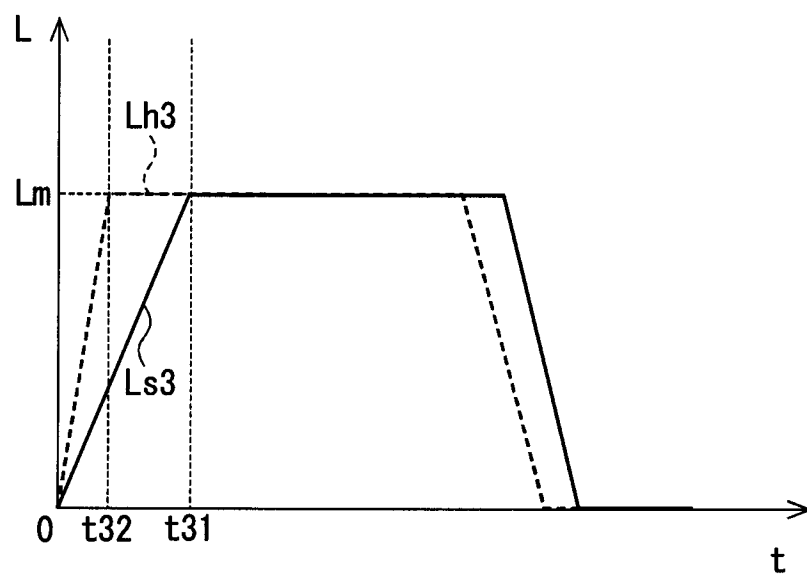


[図10]

(a)

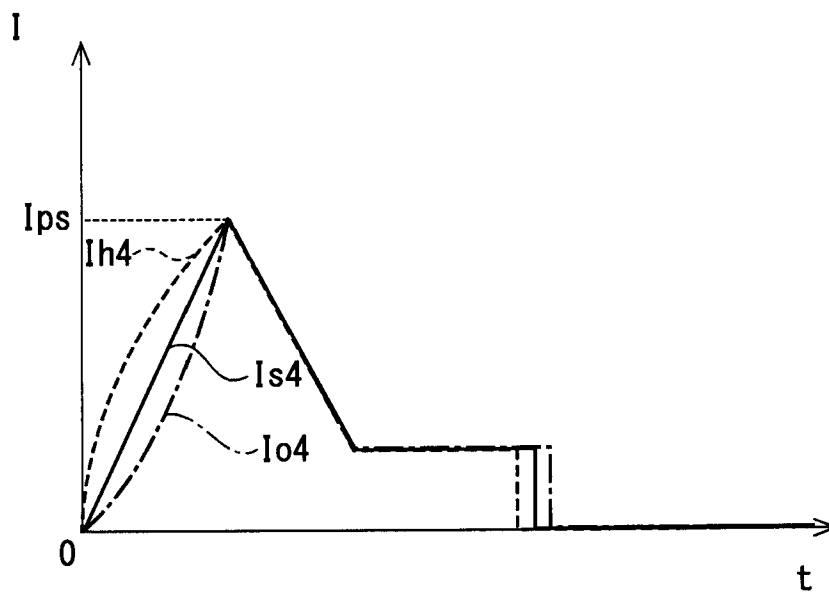


(b)

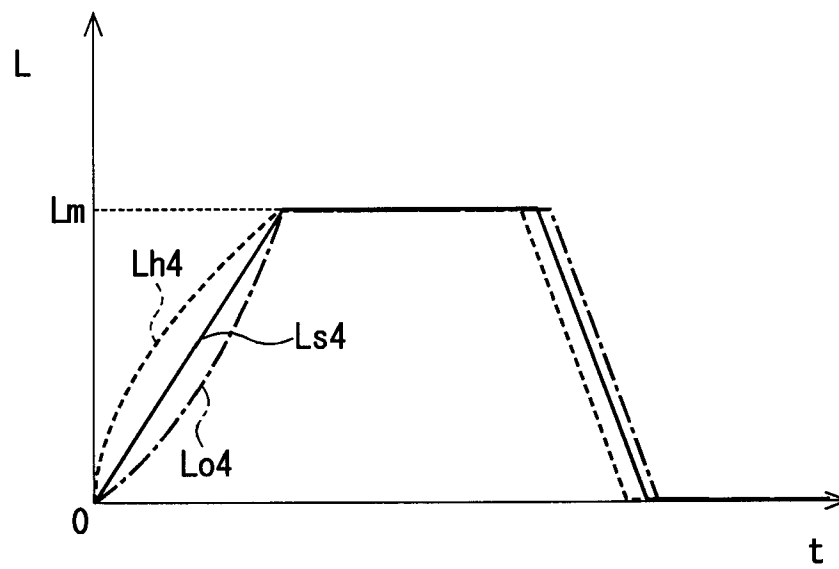


[図11]

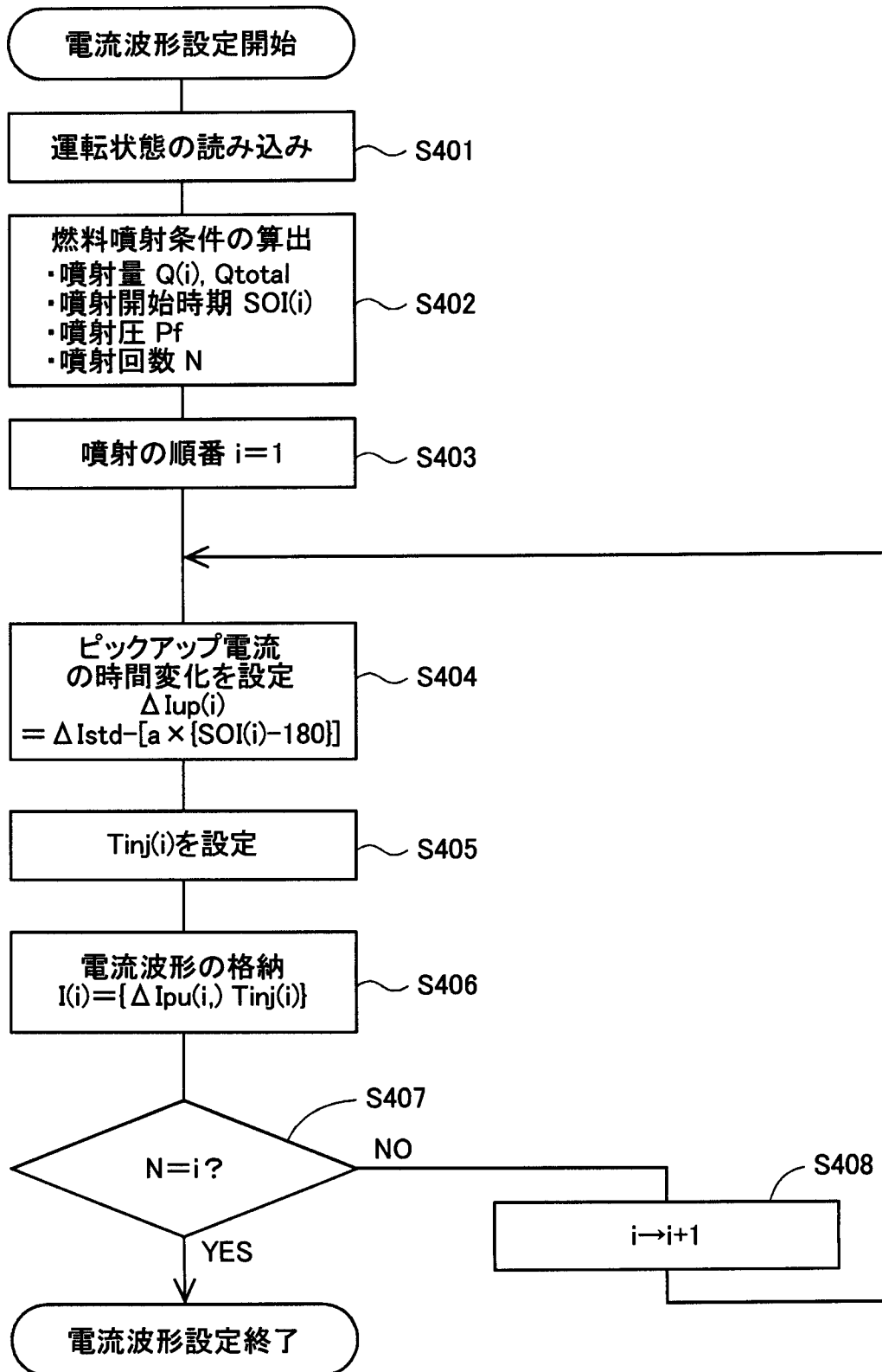
(a)



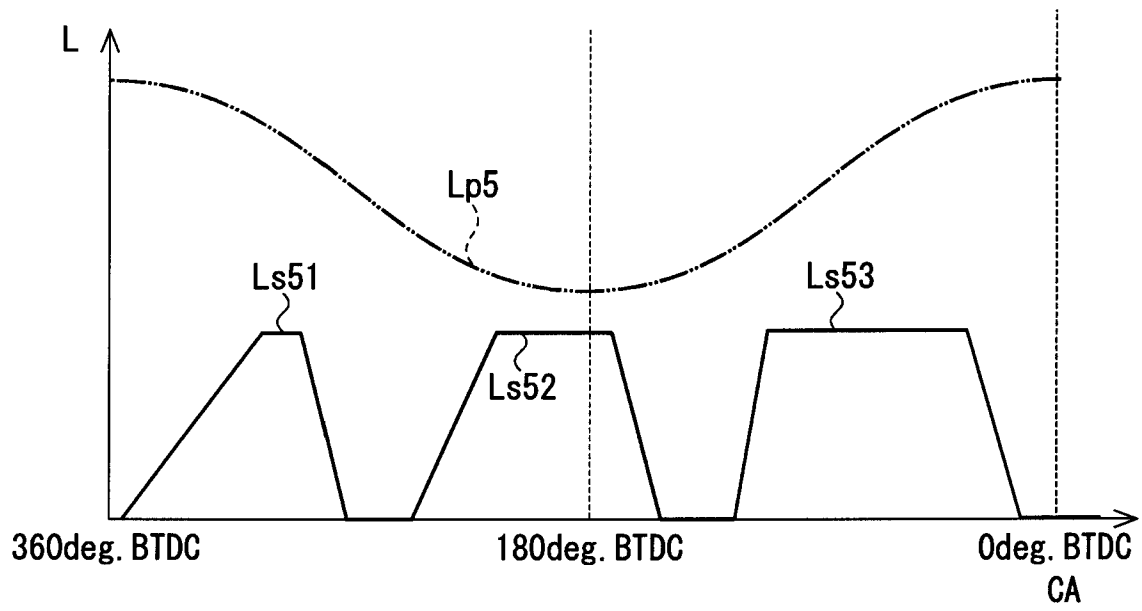
(b)



[図12]

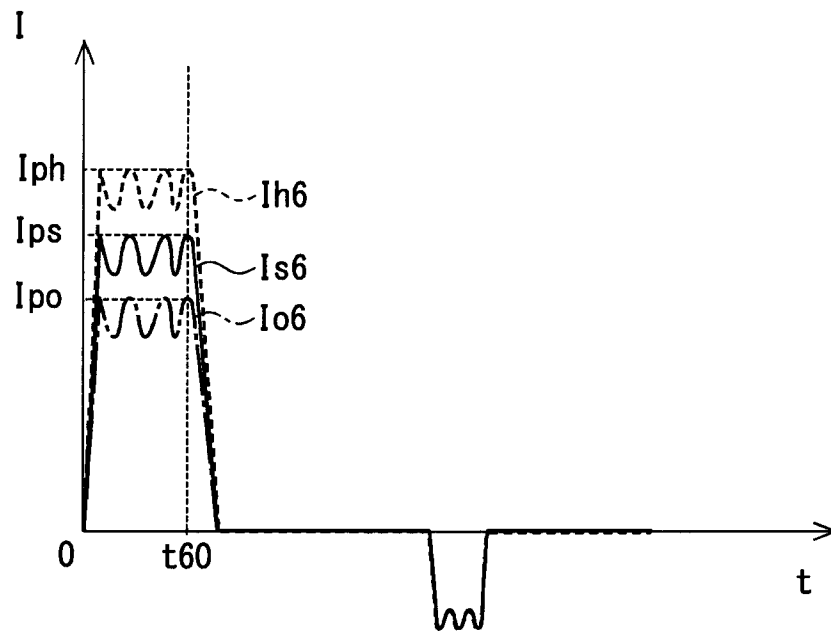


[図13]

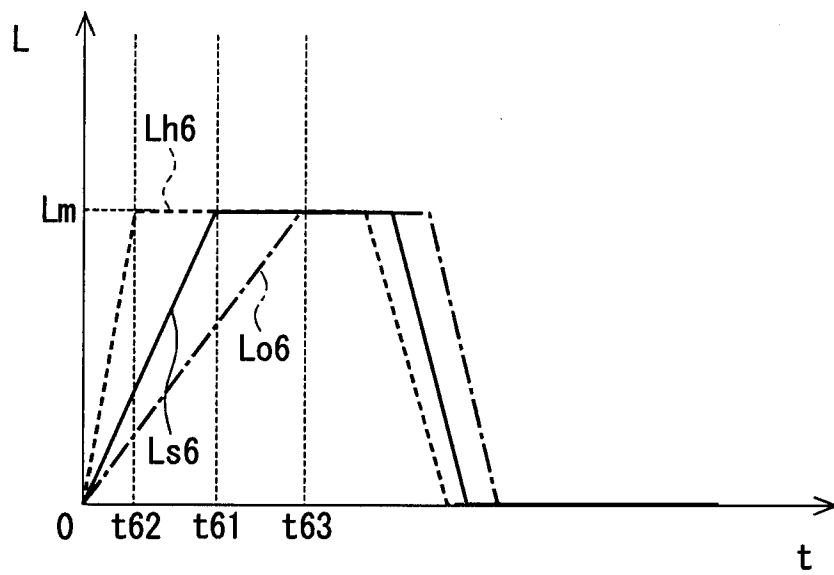


[図15]

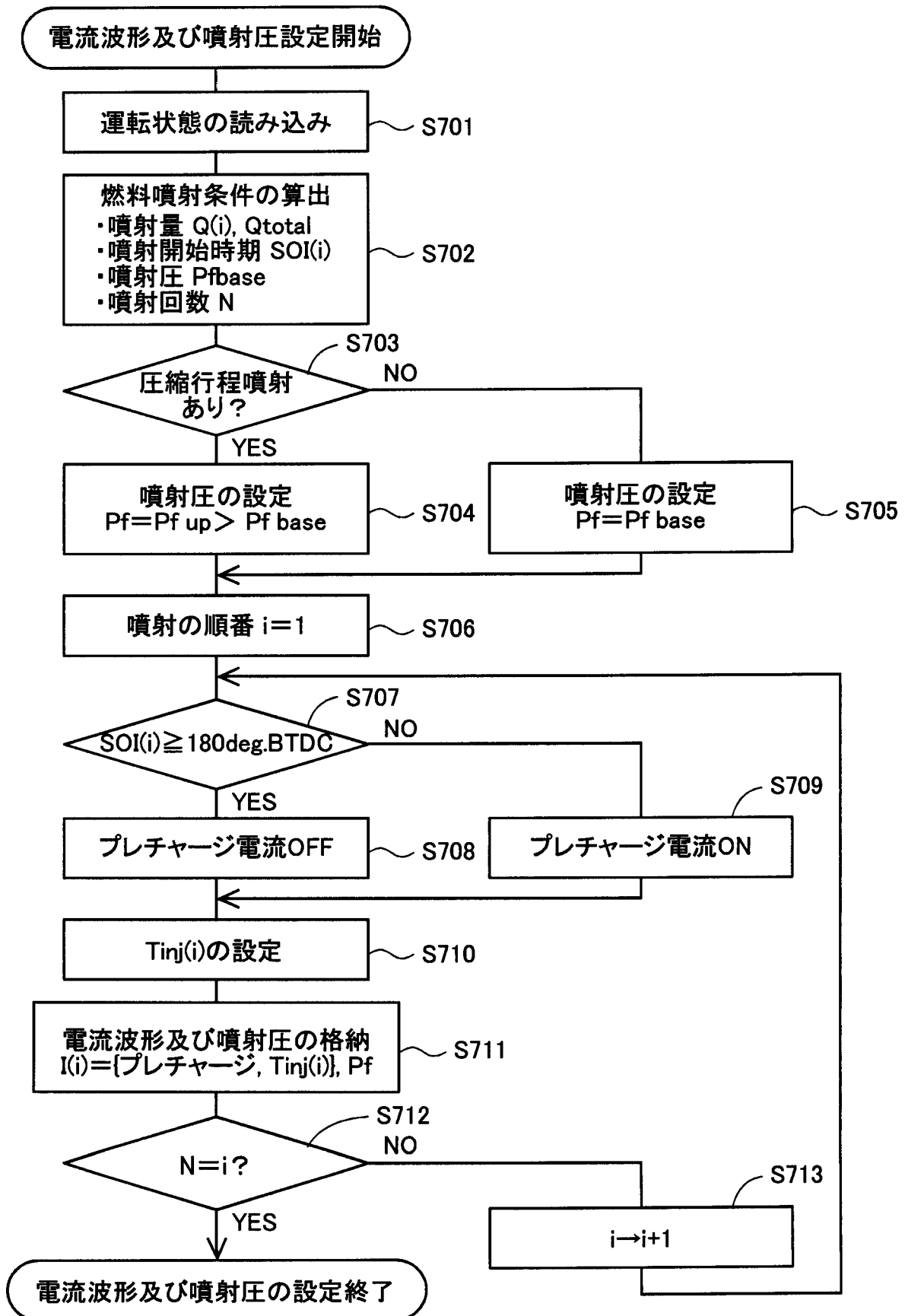
(a)



(b)

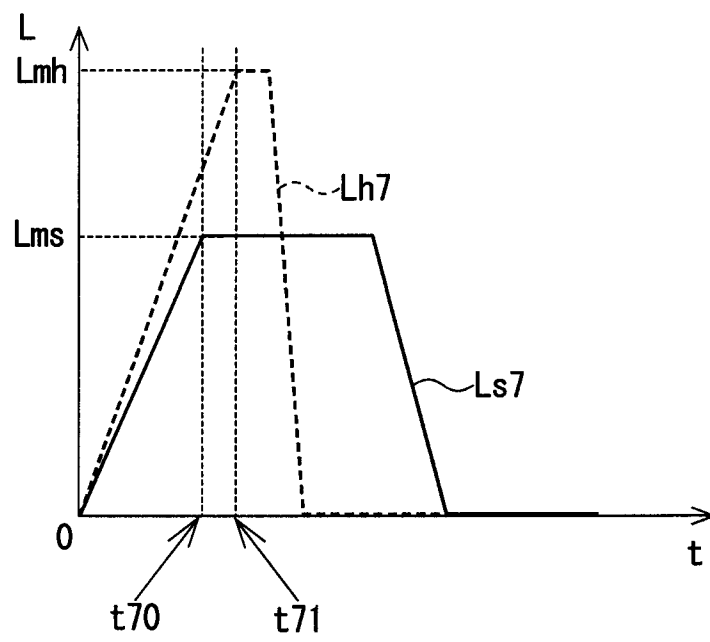


[図16]

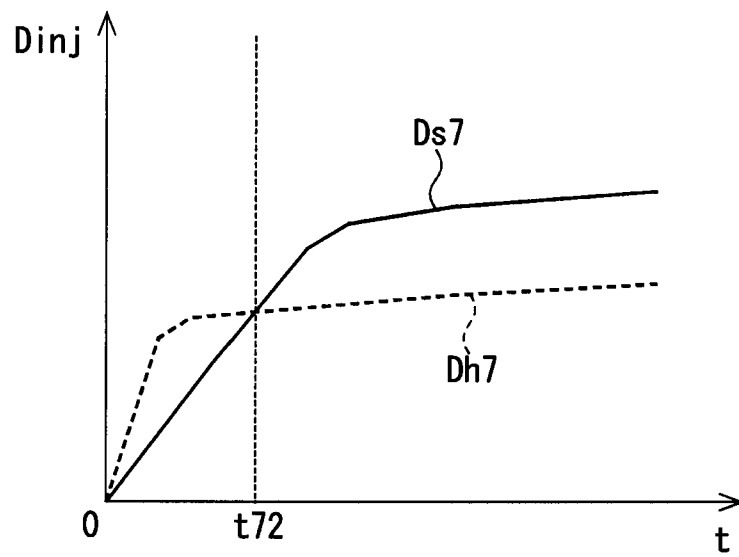


[図17]

(a)



(b)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/006370

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F02M51/00(2006.01)i, F02D41/20(2006.01)i, F02D41/32(2006.01)i, F02D41/34(2006.01)i, F02M45/00(2006.01)i, F02M51/06(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02M51/00, F02D41/20, F02D41/32, F02D41/34, F02M45/00, F02M51/06

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-74373 A (Hitachi, Ltd.), 09 April 2009 (09.04.2009), paragraphs [0012] to [0022]; fig. 1 to 9 & US 2009/0071443 A1 paragraphs [0051] to [0063]; fig. 1 to 9 & EP 2039918 A1 & CN 101392709 A	1-8
A	JP 2004-508481 A (International Engine Intellectual Property Company, L.L.C.), 18 March 2004 (18.03.2004), paragraphs [0010] to [0048]; fig. 1 to 4 & US 6378487 B1 column 3, line 35 to column 12, line 13; fig. 1 to 4 & WO 2002/020956 A1 & AU 8091001 A & CA 2421164 A & BR 113673 A & KR 10-2003-0036741 A & MX PA03001806 A	1-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 March 2016 (03.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/006370

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-27725 A (Isuzu Motors Ltd.), 25 January 2000 (25.01.2000), paragraphs [0021] to [0036]; fig. 1 to 14 & EP 971119 A2 paragraphs [0024] to [0047]; fig. 1 to 14 & DE 69920338 T	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F02M51/00(2006.01)i, F02D41/20(2006.01)i, F02D41/32(2006.01)i, F02D41/34(2006.01)i,
F02M45/00(2006.01)i, F02M51/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F02M51/00, F02D41/20, F02D41/32, F02D41/34, F02M45/00, F02M51/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-74373 A (株式会社日立製作所) 2009.04.09, 段落【0012】～【0022】、図1～9 & US 2009/0071443 A1 段落[0051]～[0063]、FIG.1～9 & EP 2039918 A1 & CN 101392709 A	1-8
A	JP 2004-508481 A (インターナショナル エンジン インテレクト ュアル プロパティーズ カンパニー リミテッド ライアビリティ カンパニー) 2004.03.18, 段落【0010】～【0048】、図1～4	1-8

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03.03.2016

国際調査報告の発送日

29.03.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

赤間 充

3G

3926

電話番号 03-3581-1101 内線 3355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	& US 6378487 B1 第3欄35行目～第12欄13行目、Fig.1～4 & WO 2002/020956 A1 & AU 8091001 A & CA 2421164 A & BR 113673 A & KR 10-2003-0036741 A & MX PA03001806 A JP 2000-27725 A (いすゞ自動車株式会社) 2000.01.25, 段落【0021】～【0036】、図1～14 & EP 971119 A2 段落[0024]～[0047]、FIG.1～14 & DE 69920338 T	1-8