

(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
2012 年 9 月 27 日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/128137 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 3/50 (2006.01) H02J 3/18 (2006.01)
G05F 1/70 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056506
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 14 日(14.03.2012)
- (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 2011-063776 2011 年 3 月 23 日(23.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 日新電機株式会社 (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町 4 7 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大類正洋 (ORUI Masahiro) [JP/JP]; 〒6610974 兵庫県尼崎市若王寺 3 丁目 1 1 番 2 0 号 関西電力株式会社

研究開発室エネルギー利用技術研究所内 Hyogo (JP). 河▲崎▼吉則(KAWASAKI Yoshinori) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町 4 7 番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP). 西村莊治(NISHIMURA Shoji) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町 4 7 番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP). 羽田儀宏(HADA Yoshihiro) [JP/JP]; 〒6158686 京都府京都市右京区梅津高畝町 4 7 番地 日新電機株式会社内 Kyoto (JP).

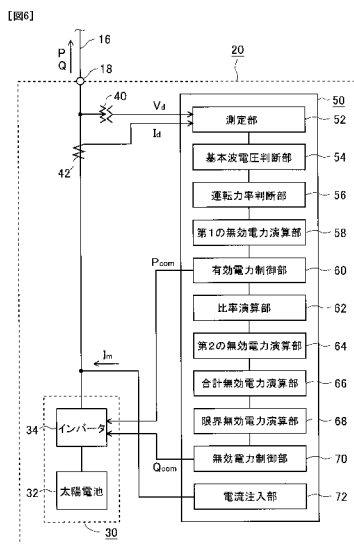
(74) 代理人: 山本恵二(YAMAMOTO Keiji); 〒5400026 大阪府大阪市中央区内本町 2 丁目 3 番 8 - 4 1 3 号 ダイアパレスビル本町 山本恵二特許事務所 Osaka (JP).

(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, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,

[続葉有]

(54) Title: VOLTAGE RISE SUPPRESSION DEVICE AND DISTRIBUTED POWER SUPPLY INTERCONNECTION SYSTEM

(54) 発明の名称: 電圧上昇抑制装置および分散電源連系システム



- 32 Solar cell
34 Inverter
52 Measurement unit
54 Fundamental wave voltage determination unit
56 Operational power factor determination unit
58 First reactive power calculation unit
60 Active power control unit
62 Ratio calculation unit
64 Second reactive power calculation unit
66 Total reactive power calculation unit
68 Limiting reactive power calculation unit
70 Reactive power control unit
72 Current injection unit

(57) Abstract: The purpose of the invention is to reduce an inequality caused by a position where a facility having a distributed power supply is connected to a distribution system and allow the distributed power supply to output an appropriate phase-advanced reactive power by correctly calculating a control parameter without giving disturbance to the distribution system. A voltage rise suppression device (50) comprises: a fundamental wave voltage determination unit (54) for determining a fundamental wave voltage at an interconnection point (18); an operational power factor determination unit (56) for determining the operational power factor of a distributed power supply (30); a reactive power calculation unit (58) for calculating a first phase-advanced reactive power corresponding to the difference between the fundamental wave voltage and a voltage upper limit value; and an active power control unit (60) for reducing the active power output from the distributed power supply (30). The voltage rise suppression device (50) further comprises: a current injection unit (72) for injecting injection current (I_m) of non-integral multiple orders (m); a ratio calculation unit (62) for, using voltage and current having an injection order (m), calculating the resistance and reactance of the fundamental wave component of a distribution system and the ratio (α_1) of the former to the latter; a reactive power calculation unit (64) for calculating a second phase-advanced reactive power by multiplying the active power output from the distributed power supply (30), the ratio (α_1), and a correction coefficient (β) to each other; a total reactive power calculation unit (66) for calculating a total phase-advanced reactive power by adding the first and second phase-advanced reactive powers to each other; a limiting reactive power calculation unit (68) for, using the active power output from the distributed power supply (30) and a power factor lower limit value, calculating a limiting phase-advanced reactive power for obtaining the power factor lower limit value when the active power is output; and a reactive power control unit (70) for suppressing the total phase-advanced reactive power and supplying to the distributed power supply (30) as a phase-advanced reactive power command value.

(57) 要約:

[続葉有]



MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

分散電源保有設備が配電系統に接続されている位置による不平等を軽減し、かつ配電系統に擾乱を与えることなく制御パラメータを正しく算出して、分散電源から適正な進相無効電力を出力させる。電圧上昇抑制装置 50 は、連系点 18 における基本波電圧を判断する基本波電圧判断部 54 と、分散電源 30 の運転力率を判断する運転力率判断部 56 と、基本波電圧と電圧上限値との差に応じた第 1 の進相無効電力を算出する無効電力演算部 58 と、分散電源 30 から出力する有効電力を減少させる有効電力制御部 60 とを備えている。更に、非整数倍次数 m の注入電流 I_m を注入する電流注入部 72 と、注入次数 m の電圧および電流を用いて配電系統の基本波成分の抵抗、リアクタンスおよび前者の后者に対する比率 α_1 を演算する比率演算部 62 と、分散電源 30 からの有効電力、比率 α_1 および補正係数 β を互いに掛け合わせて第 2 の進相無効電力を算出する無効電力演算部 64 と、第 1 と第 2 の進相無効電力を互いに加算して合計進相無効電力を算出する合計無効電力演算部 66 と、分散電源 30 からの有効電力および力率下限値を用いて当該有効電力のときに力率下限値を実現する限界進相無効電力を算出する限界無効電力演算部 68 と、合計進相無効電力を抑制して進相無効電力指令値として分散電源 30 に供給する無効電力制御部 70 とを備えている。

明 細 書

発明の名称 : 電圧上昇抑制装置および分散電源連系システム

技術分野

[0001] この発明は、配電系統に接続された分散電源保有設備の分散電源を制御して、当該配電系統の電圧上昇を抑制する電圧上昇抑制装置に関する。更に、当該電圧上昇抑制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が配電系統に接続された分散電源連系システムに関する。

背景技術

[0002] 例えば太陽光発電システム（略称PV）等の分散電源であって、逆潮流有り（即ち、分散電源から系統側へ向かう有効電力の流れ有り）の分散電源を有する分散電源保有設備を、配電系統に複数（例えば多数）接続して、分散電源連系システムを構成することが従来から行われている。

[0003] その一例を図1に示す。この分散電源連系システムは、上位系統1に、高圧配電線10、変圧器14および低圧配電線16を有する配電系統2が接続され、更にこの低圧配電線16に、分散電源（例えば図3、図4の分散電源202参照）を有する複数の分散電源保有設備200が接続された構成をしている。各分散電源保有設備200が配電系統2（この例では低圧配電線16）に接続されている箇所を連系点18と呼ぶ。

[0004] このような分散電源連系システムにおける主要な課題の一つに、逆潮流によって連系点18の電圧が上昇して、当該電圧が電気事業法等で定められている所定の上限値（例えば107V）を超える恐れがあるという課題がある。

[0005] そこで、上記電圧上昇を抑制するために、非特許文献1には、例えば図2に示すような機能を有する電圧上昇抑制装置を分散電源保有設備200に設けることが提案されている（例えば99頁参照）。

[0006] この電圧上昇抑制装置は、連系点18における電圧（具体的には基本波電圧）を測定し（ステップ301）、当該電圧が所定の上限値（例えば107

V) より高いか否かを判断する（ステップ302）。高ければ、更に運転力率が所定の下限值（例えば0.85）以上か否かを判断し（ステップ303）、運転力率が下限値以上の場合は自設備の分散電源を制御してそれから出力する進相無効電力Qを、上記電圧とその上限値との差に応じて増加させる（ステップ304）。運転力率が下限値よりも小さければ自設備の分散電源を制御してそれから出力する有効電力Pを、上記電圧とその上限値との差に応じて減少させる（ステップ305）。これによって、連系点18の電圧を上限値以下に抑えることができる。

[0007] その原理の要点を説明すると次のとおりである。なお、この出願では、分散電源保有設備200（または後述する20。以下同様）から配電系統2へ流れる有効電力をP、進相無効電力をQとしている。

[0008] 配電系統2のインピーダンスを $r + jx$ （ r は抵抗、 x はリアクタンス。図3等を参照）とすると、上記有効電力Pおよび進相無効電力Qが流れることによる電圧上昇値 ΔV は次式で表される。なお、上位系統1のインピーダンスは、配電系統2のインピーダンスに比べて遥かに小さいので、説明を簡略化するために、この出願では無視している。

[0009] [数1]

$$\Delta V = P \cdot r - Q \cdot x$$

[0010] これを電流で表現すると、分散電源保有設備200から配電系統2へ流れる有効電流を I_p 、進相無効電力を I_q とすると、電圧上昇値 ΔV は次式で表される。

[0011] [数2]

$$\Delta V = I_p \cdot r - I_q \cdot x$$

[0012] 上記数1から分かるように、進相無効電力Qの増加（ステップ304）または有効電力Pの減少（ステップ305）を行うことによって、電圧上昇値 ΔV を小さくすることができるので、連系点18の電圧上昇を抑えることができる。

[0013] なお、図2におけるステップ306～309の処理は、電圧が上限値以下

の場合のものであるので、ここではその詳しい説明を省略する。

[0014] 連系点 18 の電圧上昇を抑制する他の技術として、特許文献 1 および非特許文献 2 には、配電系統 2 の数 3 で表される制御パラメータ α （即ち、配電系統 2 の抵抗 r のリアクタンス x に対する比率）を、出力電流の変化による連系点 18 の基本波（例えば 60 Hz。以下同様）電圧の変化分を測定することによって求め、それを用いて、分散電源保有設備 200 から出力する進相無効電力 Q を数 4 となるように制御する技術が記載されている（後でもう少し詳しく説明する）。この数 4 は、簡単に言えば、上記数 1 の $\Delta V = 0$ と置いたものに等しい。

[0015] [数 3]

$$\alpha = r / x$$

[0016] [数 4]

$$Q = (r / x) P = \alpha \cdot P$$

[0017] 特許文献 2 および非特許文献 3 は、後で参照する。

先行技術文献

特許文献

[0018] 特許文献 1：特開 2006-158179 号公報（段落 0008-0009、0016）

特許文献 2：特開 2001-128366 号公報

非特許文献

[0019] 非特許文献 1：「系統連系規程」、J E A C 9701-2006、社団法人日本電気協会 系統連系専門部会、平成 18 年 8 月 30 日第 4 版第 2 刷発行、頁 99 他

非特許文献 2：内山倫行、他 3 名、「大規模太陽光発電システムの無効電力制御による電圧変動制御」、電学論 B、130 巻 3 号、2010 年、頁 297-304

非特許文献 3：山本文雄、外 3 名、「分散電源の単独運転検出装置の開発一次数間高調波注入方式」、電気設備学会誌、社団法人電気設備学会、平成 1

6年12月10日、第24巻、第12号、頁943(57)－952(66)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0020] 複数の分散電源保有設備200が上記非特許文献1に記載の機能を有する電圧上昇抑制装置をそれぞれ備えている場合、当該分散電源保有設備200が配電系統に接続されている位置（即ち上流側か下流側か）によって、自設備の分散電源から出力する電力に関して、電圧上昇抑制のために必要な進相無効電力 Q の増加量または有効電力 P の減少量に差が生じて不平等になるという課題がある。この出願において、「上流側」とは上位系統1（換言すれば系統電源、上位の変圧器）に近い側を言い、「下流側」とはその反対側を言う。

[0021] これは、簡単に言えば、自設備の連系点18の電圧は、変圧器14の2次電圧に、自設備よりも上流側の電圧上昇値 ΔV を合計した電圧が加算されるので、下流側端に近づくほど連系点18の電圧が高くなるからである。

[0022] 従って、下流側の分散電源保有設備200ほど、上流側の分散電源保有設備200に比べて、その連系点18の電圧が上限値を超えやすくなるので、連系点18の電圧上昇抑制のために、自設備内の分散電源から進相無効電力 Q を多く出力したり、有効電力 P を大きく減少させたりしなければならない。ちなみに、進相無効電力 Q は分散電源におけるロスを増加させるので、進相無効電力 Q を増加させるのには電源容量の観点から限りがある。

[0023] このように、分散電源保有設備200が配電系統2に接続されている位置によって、上記のような差が生じるのは不平等である。例えば、分散電源保有設備200が売電（有効電力 P を電力会社に売ること）をしている場合には、売電による収入に差が生じてしまう。自設備よりも上流側で既に電圧がほぼ上限値まで上昇している場合もあり、その場合はいくら自設備で頑張っても、連系点18の電圧を上限値以下に抑えることはできない。従って殆ど売電できないことも起こり得る。

[0024] 例えば分散電源が太陽光発電システムの場合、同一地域ではほぼ同様の日射量があり、ほぼ同量の発電ができるのに、下流側の分散電源ほど活用できる電力が減り、利用率が低下することが起こり得る。

[0025] 特許文献 1 および非特許文献 2 に記載の技術は、各分散電源保有設備 200 がそれぞれ、自設備が出力する有効電力 P に比例させて進相無効電力 Q を出力するので、大まかに言えば、非特許文献 1 に記載の技術のような不平等発生 of の課題は解決することができるけれども、制御パラメータ α を求めることに関してそれぞれ次の課題がある。

[0026] 特許文献 1 に記載の技術は、自設備から出力する有効電力（具体的には基本波有効電流）および無効電力（具体的には基本波無効電流）を人為的に変化させて上記制御パラメータ α を求める。この原理の概略を図 3 を参照して説明する。

[0027] 基本波有効電流 I_p の変化 ΔI_p による連系点 18 の基本波電圧の変化分 δV_p 、基本波無効電流 I_q の変化 ΔI_q による連系点 18 の基本波電圧の変化分 δV_q には、次式の関係がある。 r 、 x は、それぞれ、前述した配電系統 2 の抵抗、リアクタンスである。

[0028] [数 5]

$$\delta V_p = \Delta I_p \cdot r$$

$$\delta V_q = \Delta I_q \cdot x$$

[0029] この両者を用いて次式の演算を行って、制御パラメータ α_m を求める。

[0030] [数 6]

$$\alpha_m = (\delta V_p / \Delta I_p) / (\delta V_q / \Delta I_q) = r / x$$

[0031] このようにして算出された制御パラメータ $\alpha_m = r / x$ は、数 3 に示した真の制御パラメータ $\alpha = r / x$ と同じであるので、上記方法によって制御パラメータ α を正しく算出することができる。

[0032] しかし、この特許文献 1 に記載の技術には、配電系統の基本波電力に人為的な擾乱を与えることになるという課題がある。

[0033] 非特許文献 2 に記載の技術は、上記とほぼ同様の原理によって上記制御パ

ラメータ α を求めるけれども、自設備から出力する有効電力（具体的には基本波有効電流）および無効電力（具体的には基本波無効電流）の自然の変動を利用して制御パラメータ α を求めるので、配電系統に人為的な擾乱を与えずに済む。しかし、制御パラメータ α を正しく算出することができない場合がある。これを以下に説明する。

[0034] 図4に示す例のように、非特許文献2に記載の技術を採用している分散電源保有設備200a（これを自設備200aと呼ぶ）に着目すると、その近くに、通常の（即ち、上記非特許文献1の29頁にも記載されているように、力率100%運転を行う）分散電源保有設備200bが接続されている場合を取り上げる。両設備200a、200bの容量は、ここでは説明を簡単にするために、同一容量とする。両設備200a、200bの分散電源202が太陽光発電システムの場合、両方の太陽光発電システムは日射を同様に浴びるため、有効電流 I_{p1} と I_{p2} とは互いに同じように変化する。即ち両者の変化分 $\Delta I_{p1} = \Delta I_{p2}$ となる。自設備200aの無効電流の変化を ΔI_{q1} とする。

[0035] このような事態は、太陽光発電システムに限らず、近接する風力発電設備同士など、他の再生可能エネルギー利用発電でも一般に起こり得る。また、今後予想される、太陽光等の再生可能エネルギー電源の電力系統への大量連系が実現すると、このような事態が発生する可能性はより高まる。

[0036] このような場合、基本波有効電流の変化による自設備200aの連系点電圧の変化分 δV_{p1} は次式となる。上記のように $\Delta I_{p2} = \Delta I_{p1}$ だからである。

[0037] [数7]

$$\begin{aligned}\delta V_{p1} &= (\Delta I_{p2} \text{ による電圧上昇}) + (\Delta I_{p1} \text{ による電圧上昇}) \\ &= \Delta I_{p1} \cdot r + \Delta I_{p1} \cdot r \\ &= \Delta I_{p1} \cdot 2r\end{aligned}$$

[0038] 基本波無効電流の変化による自設備200aの連系点電圧の変化分 δV_{q1} は次式となる。

[0039] [数8]

$$\delta V_{q1} = \Delta I_{q1} \cdot x$$

[0040] 上記数6の場合と同様に、数7、数8の δV_{p1} 、 δV_{q1} を用いて次式の演算を行って、制御パラメータ α_m を求める。

[0041] [数9]

$$\alpha_m = (\delta V_{p1} / \Delta I_{p1}) / (\delta V_{q1} / \Delta I_{q1}) = 2 (r / x)$$

[0042] このようにして算出された制御パラメータ $\alpha_m = 2 (r / x)$ は、数3に示した真の制御パラメータ $\alpha = r / x$ の2倍となっている。つまりこの場合は、制御パラメータ α を正しく算出することができない。

[0043] 従ってこの場合は、非特許文献2に記載の技術を採用している自設備200aは、 $Q = \alpha \cdot P$ という前述した（数4参照）無効電力制御を行うに当たり、本来の2倍の量の進相無効電力Qを出力することになり、余計な無効電力負担を背負ってしまうことになる。それによって様々な不都合が生じる。例えば、自設備200a内の分散電源202の運転力率が非常に悪化する。また、上記量の進相無効電力Qを出力することができなければ、連系点18の電圧上昇値 ΔV を所定の上限值（例えば107V）以下に抑制することができなくなる。

[0044] 近在の分散電源保有設備200bの容量が自設備200aの容量と異なっても、上記と同様の事象が発生する。

[0045] なお、非特許文献2記載の技術は、実際は上記原理を少し変形して応用したものであるが、原理は同じであるので、ここではその詳細説明を省略する。

[0046] そこでこの発明は、連系点の電圧上昇抑制制御において、分散電源保有設備が配電系統に接続されている位置による不平等を軽減することができ、しかも、配電系統に擾乱を与えることなく制御パラメータを正しく算出して、分散電源から適正な進相無効電力を出力させることができる電圧上昇抑制装置を提供することを主たる目的としている。

課題を解決するための手段

[0047] この発明に係る電圧上昇抑制装置は、配電系統に接続された分散電源保有

設備の分散電源を制御して、当該配電系統の電圧上昇を抑制する電圧上昇抑制装置であって、

前記配電系統と前記分散電源保有設備との連系点における基本波電圧が所定の電圧上限値よりも高いか否かを判断する基本波電圧判断手段と、

前記基本波電圧判断手段における判断結果が肯定の場合に、前記分散電源の運転力率が所定の力率下限値以上か否かを判断する運転力率判断手段と、

前記運転力率判断手段における判断結果が肯定の場合に、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じた第1の進相無効電力を演算して出力する第1の無効電力演算手段と、

前記運転力率判断手段における判断結果が否定の場合に、前記分散電源を制御して当該分散電源から出力する有効電力を、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じて減少させる有効電力制御手段と、

前記配電系統の基本波の非整数倍次数の注入電流を前記配電系統に注入する電流注入手段と、

前記連系点における前記注入次数の電圧および電流を用いて、前記連系点から見た前記配電系統の基本波成分の抵抗 (r_1)、リアクタンス (x_1) および前者の后者に対する比率 ($\alpha_1 = r_1 / x_1$) を演算する比率演算手段と、

前記分散電源から出力される有効電力、前記比率および $0 < \beta < 1$ なる補正係数 β を互いに掛け合わせて、第2の進相無効電力を演算して出力する第2の無効電力演算手段と、

前記第1および第2の進相無効電力を互いに加算して、合計進相無効電力を演算して出力する合計無効電力演算手段と、

前記分散電源から出力される有効電力および前記力率下限値を用いて、当該有効電力のときに前記力率下限値を実現する限界進相無効電力を演算する限界無効電力演算手段と、

前記合計進相無効電力を、その上限を前記限界進相無効電力の値に抑制して進相無効電力指令値として前記分散電源に供給して、前記分散電源から出力する進相無効電力を当該進相無効電力指令値に制御する無効電力制御手段

とを備えている、ことを特徴としている。

[0048] 上記補正係数 β は0.5～0.8の範囲に設定しておいても良い。

[0049] この発明に係る電圧上昇抑制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続された分散電源連系システムの場合は、各電圧上昇抑制装置間で、注入次数を互いに異ならせるか、または、注入および測定のタイミングを互いに異ならせるのが好ましい。

発明の効果

[0050] 請求項1に記載の発明によれば次の効果を奏する。

[0051] 前述した制御パラメータ α に相当する比率 α_1 を用いて、 $Q_0 = \alpha_1 \cdot \beta \cdot P$ なる演算を行って第2の進相無効電力 Q_0 を求めて、それを進相無効電力制御の一部に用いるので、進相無効電力制御に、自設備の分散電源から出力する有効電力 P に比例させて第2の進相無効電力 Q_0 を出力させる制御が加味されることになり、それによって非特許文献1に記載の技術のような不平等発生を軽減することができる。

[0052] 上記比率 α_1 を求めるために、この発明に係る電圧上昇抑制装置では、配電系統に自然には殆ど存在しない、基本波の非整数倍次数の注入次数の注入電流を電流注入手段から配電系統に注入するので、この注入電流は小さなもので良く、従って配電系統に擾乱を与えずに済む。

[0053] 比率演算手段によって、自設備の上記注入次数の電圧および電流を測定して上記比率 α_1 を求めるので、この発明に係る電圧上昇抑制装置を有している自設備の近くに、他の分散電源保有設備が存在していても、例えば上述した力率100%運転を行う他の分散電源保有設備が存在していても、その影響を受けることなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。また仮に、自設備の近くに、この発明に係る電圧上昇抑制装置を有している他の分散電源保有設備が存在している場合でも、その対策方法は幾つかある。例えば、注入次数は、配電系統の基本波の場合のような唯一の次数（即ち1次。例えば60Hz）とは違って、多数の次数の内から選択することができるので、自設備と他設備とが使用する注入次数を互いに異ならせることは容易で

あり、それによって相互の干渉を排除して、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。従っていずれの場合も、分散電源から適正な進相無効電力を出力させることができる。

[0054] また、分散電源が配電系統に複数連系されていると、他の分散電源の出力（有効電力）によって系統電圧が上昇する。また、 $0 < \beta < 1$ の補正係数 β により、進相無効電力 Q が上記数4で示される Q の値より小さくなるため、自設備の出力（有効電力 P ）によっても系統電圧が上昇する。これらによる電圧上昇が加算され、自設備の連系点の基本波電圧が所定の電圧上限値を超える事象が起こりうる。そこでこのことを考慮して、更に、連系点の基本波電圧および分散電源の運転力率を判断して、第1の進相無効電力の増加または有効電力の減少を制御する手段を備えているので、連系点の基本波電圧が所定の電圧上限値を超えることを防止することができる。また、分散電源の運転力率が所定の力率下限値より低下することを防止することができる。上記手段は、基本波電圧の測定、基本波出力電流の制御によって測定、制御を実施するため、上記比率 α_1 の測定のための電流注入および電圧測定に対して、相互に干渉しない。

[0055] 更に、分散電源から出力させる進相無効電力を限界進相無効電力の値に制限する手段を備えているので、分散電源の運転力率が所定の力率下限値より低下することを確実に防止することができる。

[0056] 請求項2に記載の発明によれば次の更なる効果を奏する。即ち、補正係数 β を上記範囲に設定しているので、第2の進相無効電力の出力量を適度に抑制して、運転力率の低下を小さくすることができる。しかもそのようにしても、連系点の基本波電圧および分散電源の運転力率を判断して、第1の進相無効電力の増加または有効電力の減少を制御する手段を備えているので、連系点の基本波電圧が所定の電圧上限値を超えたり、分散電源の運転力率が所定の力率下限値より低下したりすることを防止することができる。

[0057] 請求項3に記載の発明によれば、請求項1、2に記載の発明の効果に加えて、次の更なる効果を奏する。即ち、請求項1または2に記載の電圧上昇抑

制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続されていても、用いる注入次数が各設備の電圧上昇抑制装置で互いに異なるので、複数の分散電源保有設備の電圧上昇抑制装置が互いに干渉することなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。従って、各分散電源から適正な進相無効電力を出力させることができる。

[0058] 請求項 4 に記載の発明によれば、請求項 1、2 に記載の発明の効果に加えて、次の更なる効果を奏する。即ち、請求項 1 または 2 に記載の電圧上昇抑制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続されていても、注入電流の注入ならびにその注入次数の電圧および電流の測定のタイミングが各設備の電圧上昇抑制装置で互いに異なるので、複数の分散電源保有設備の電圧上昇抑制装置が互いに干渉することなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。従って、各分散電源から適正な進相無効電力を出力させることができる。

図面の簡単な説明

[0059] [図1]複数の分散電源保有設備が配電系統に接続された従来の分散電源連系システムの一例を示す単線接続図である。

[図2]非特許文献 1 に記載の電圧上昇抑制装置の機能の一例を示すフローチャートである。

[図3]基本波電圧および基本波電流を測定して制御パラメータ α を求める方法の従来例を説明するための図である。

[図4]基本波電圧および基本波電流を測定して制御パラメータ α を求める従来例の課題を説明するための図である。

[図5]この発明に係る分散電源連系システムの一例を示す単線接続図である。

[図6]各分散電源保有設備およびそれを構成する電圧上昇抑制装置の構成の一例を示す図である。

[図7]図 6 中の電圧上昇抑制装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図8]基本波電圧判断部および運転力率判断部の構成の一例を示すブロック図である。

[図9]第1の無効電力演算部の構成の一例を示すブロック図である。

[図10]有効電力制御部の構成の一例を示すブロック図である。

[図11]比率演算部の構成の一例を示すブロック図である。

[図12]第2の無効電力演算部、合計無効電力演算部、限界無効電力演算部および無効電力制御部の構成の一例を示すブロック図である。

[図13]各分散電源保有設備およびそれを構成する電圧上昇抑制装置の構成の他の例を示す図である。

[図14]分散電源保有設備が高圧連系用の連系変圧器を有する場合の例を示す図である。

[図15]シミュレーションに用いた分散電源連系システムのモデルを示す図である。

[図16]図2に示す機能を有する従来の電圧上昇抑制装置を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図17]図2に示す機能を有する従来の電圧上昇抑制装置を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図18]図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 1$ とした）を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図19]図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 1$ とした）を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図20]図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 0.5$ とした）を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図21]図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 0.5$ とした）を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシ

ミュレーション結果の一例を示す図である。

[図22]配電線の抵抗が大きい場合に、図2に示す機能を有する従来の電圧上昇抑制装置を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図23]配電線の抵抗が大きい場合に、図2に示す機能を有する従来の電圧上昇抑制装置を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図24]配電線の抵抗が大きい場合に、図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 1$ とした）を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図25]配電線の抵抗が大きい場合に、図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 1$ とした）を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図26]配電線の抵抗が大きい場合に、図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 0.5$ とした）を用いたときの変圧器至近電圧および各連系点電圧のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図27]配電線の抵抗が大きい場合に、図6に示す例の電圧上昇抑制装置（但し $\beta = 0.5$ とした）を用いたときの各分散電源から出力する有効電力、進相無効電力および運転力率のシミュレーション結果の一例を示す図である。

[図28]配電系統に注入電流を注入したときに連系点に発生する電圧を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0060] (1) 電圧上昇抑制装置50および分散電源連系システムの一実施形態

図5に、この発明に係る分散電源連系システムの一例を示す。この分散電源連系システムは、分散電源（図6の分散電源30参照）をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備20が配電系統2に（この実施形態では低圧配電線16に。以下同様）接続された構成をしている。その接続箇所を連系点18と呼ぶ。

- [0061] 配電系統 2 は、この例では、上位系統 1 に高圧配電線 10 が接続され、その高圧配電線 10 に変圧器 14 を介して低圧配電線 16 が接続された構成をしている。
- [0062] 低圧配電線 16 に、複数の分散電源保有設備 20 が接続されている。より具体例を挙げると、逆潮流有りの契約をしている低圧連系の分散電源保有設備 20 が多数高い密度で接続されている（これを低圧高密度連系と言う）。変圧器 14 は、例えば、6600V／200V の単相 3 線式の柱上変圧器である。
- [0063] 各分散電源保有設備 20 は、例えば、分散電源を有する発電設備、家庭、スーパーマーケット、工場、その他の設備である。
- [0064] 各分散電源保有設備 20 の構成の一例を図 6 に示す。この分散電源保有設備 20 は、連系点 18 に接続された分散電源 30 と、この分散電源 30 を制御する電圧上昇抑制装置 50 とを備えている。連系点 18 の電圧 V_d は計器用変圧器 40 によって測定されて電圧上昇抑制装置 50 に与えられる。連系点 18 を流れる電流 I_d は計器用変流器 42 によって測定されて電圧上昇抑制装置 50 に与えられる。
- [0065] 分散電源 30 は、この実施形態では、太陽電池 32 と、その出力を交流電力に変換するインバータ（逆変換装置）34 とを有している。即ち、太陽光発電システム（略称 PV）である。但しこれに限られるものではなく、他の例は後述する。
- [0066] インバータ 34 には、公知のインバータ（例えば上記非特許文献 1 の 16－17 頁参照）を利用することができる。外部からの制御信号（具体的には後述する有効電力指令値 P_{com} および進相無効電力指令値 Q_{com} ）によって、インバータ 34 から出力する有効電力 P および進相無効電力 Q を制御することができ、その技術は公知である（例えば上記特許文献 2 参照）。
- [0067] 電圧上昇抑制装置 50 は、この実施形態では、測定部 52、基本波電圧判断手段を構成する基本波電圧判断部 54、運転力率判断手段を構成する運転力率判断部 56、第 1 の無効電力演算手段を構成する第 1 の無効電力演算部

５８、有効電力制御手段を構成する有効電力制御部６０、比率演算手段を構成する比率演算部６２、合計無効電力演算手段を構成する合計無効電力演算部６６、限界無効電力演算手段を構成する限界無効電力演算部６８、無効電力制御手段を構成する無効電力制御部７０および電流注入手段を構成する電流注入部７２を備えている。この電圧上昇抑制装置５０における動作の一例を図７に示し、これも参照しながら、各制御部等の説明を以下に行う。なお、各制御部等の構成の具体例は後述する。

[0068] 測定部５２は、上記電圧 V_d および電流 I_d を用いて、分散電源３０から出力する有効電力 P および分散電源３０の運転力率 P_f を算出して、それを必要とする他の制御部に与える機能を有している（ステップ４０１、４０２）。但し、このような測定部５２を一括して設ける代わりに、上記有効電力 P 、運転力率 P_f を必要とする他の制御部に、それを算出する機能を持たせても良い。

[0069] 基本波電圧判断部５４は、自設備の連系点１８における基本波電圧（配電系統２の基本波周波数（例えば６０Ｈｚ）の電圧）を測定して（ステップ４０５）、それが所定の電圧上限値（例えば１０７Ｖ）よりも高いか否かを判断する（ステップ４０６）ものである。

[0070] 運転力率判断部５６は、基本波電圧判断部５４における判断結果が肯定の場合に、分散電源３０の運転力率 P_f の測定値が所定の力率下限値（例えば０．８５）以上か否かを判断する（ステップ４０７）ものである。

[0071] 第１の無効電力演算部５８は、運転力率判断部５６における判断結果が肯定の場合に、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じた第１の進相無効電力 Q_a を演算して出力する（ステップ４０８）ものである。

[0072] 有効電力制御部６０は、運転力率判断部５６における判断結果が否定の場合に、分散電源３０を制御して当該分散電源３０から出力する有効電力 P を、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じて減少させる（ステップ４０９）ものである。具体的には、有効電力指令値 P_{com} をインバータ３４に与えて制御する。

[0073] 電流注入部 7 2 は、配電系統 2 の基本波の非整数倍（即ち帯小数倍）次数 m の注入電流 I_m を出力してそれを配電系統 2（具体的にはその低圧配電線 1 6）に注入する（ステップ 4 0 3）ものである。注入次数 m は、例えば、2、2 次、2. 4 次、2. 6 次、2. 8 次等であるが、これに限られるものではない。

[0074] 上記注入電流 I_m を注入すると、図 2 8 に示すように、連系点 1 8 には、配電系統 2 の注入次数 m のインピーダンス Z_m に比例して、上記注入次数 m の電圧 V_m が発生する。これが連系点電圧 V_d に含まれている。比率演算部 6 2 は、自設備の連系点 1 8 における前記注入次数 m の電圧 V_m および電流 I_m を測定し、当該測定結果を用いて、連系点 1 8 から見た配電系統 2 の基本波成分の抵抗 r_1 、リアクタンス x_1 および前者の後者に対する、次式で表される比率 α_1 を演算する（ステップ 4 0 4 の一部）ものである。

[0075] [数 1 0]

$$\alpha_1 = r_1 / x_1$$

[0076] 第 2 の無効電力演算部 6 4 は、分散電源 3 0 から出力される有効電力 P の測定値、前記比率 α_1 および $0 < \beta < 1$ なる補正係数 β を互いに掛け合わせて、次式で表される第 2 の進相無効電力 Q_b を演算して出力する（ステップ 4 0 4）ものである。

[0077] [数 1 1]

$$Q_b = \alpha_1 \cdot \beta \cdot P$$

[0078] なお、ステップ 4 0 3 および 4 0 4 のフローチャート上での位置は、必ずしも図 7 に示す位置に限られるものではなく、他の位置に、例えばステップ 4 1 0 の直前に設けても良い。ステップ 4 1 0 における合計進相無効電力 Q_t の演算を行う前に、第 2 の進相無効電力 Q_b が算出できていれば良いからである。

[0079] 合計無効電力演算部 6 6 は、第 1 の進相無効電力 Q_a および第 2 の進相無効電力 Q_b を互いに加算して、次式で表される合計進相無効電力 Q_t を演算して出力する（ステップ 4 1 0）ものである。

[0080] [数 1 2]

$$Q_t = Q_a + Q_b$$

[0081] 限界無効電力演算部 68 は、分散電源 30 から出力される有効電力 P の測定値および前記力率下限値を用いて、当該有効電力 P のときに前記力率下限値を実現する限界進相無効電力 Q_{lim} を演算して出力する（ステップ 411 の一部）ものである。

[0082] 無効電力制御部 70 は、前記合計進相無効電力 Q_t を、その上限を前記限界進相無効電力 Q_{lim} の値に抑制して進相無効電力指令値 Q_{com} として分散電源 30（具体的にはそのインバータ 34）に供給して、分散電源 30 から出力する進相無効電力 Q を当該進相無効電力指令値 Q_{com} に制御する（ステップ 411）ものである。

[0083] なお、図 7 中のステップ 413～416 の処理は、図 2 中のステップ 306～309 の処理に相当しており、基本波電圧が上限値以下の場合のものである。このような処理機能は、本発明に必須のものではないので、ここではその詳しい説明を省略する。要は、ステップ 406 における判断が否定の場合に、ステップ 410 へ進めば良い。

[0084] 次に、上記各制御部等の構成の具体例を説明する。

[0085] 図 8 に示すように、基本波電圧判断部 54 は、減算器 80 および比較器 82 を備えている。運転力率判断部 56 は、比較器 84、NOT 回路 86 および AND 回路 88、89 を備えている。なお、複数の制御部に兼用する要素があるが（例えば、減算器 80、AND 回路 88、89）、説明を簡単にするために便宜的に、以下においてはどれか一つの制御部を構成するものとして説明している。

[0086] 減算器 80 は、上記連系点 18 の電圧 V_d から電圧上限値 V_{lim} （例えば 107 V）を減算して次式で表される差電圧 DV を出力する。電圧上限値 V_{lim} は電圧上昇抑制装置 50 に設定、保存される。なお、電圧 V_d に含まれる高調波電圧は基本波電圧に比べれば小さいので、以下の実施例では基本波電圧の代わりに電圧 V_d を用いており、このようにしても実用上差し支えはない。

[0087] [数 1 3]

$$DV = V_d - V_{lim}$$

[0088] 比較器 82 は、上記差電圧 DV が $0V$ より大きいかな否かを判断して（図 7 中のステップ 406 に相当）、 $0V$ よりも大きいときに論理値 1 の信号を出力してそれを AND 回路 88 および 89 に与える。

[0089] 比較器 84 は、自設備の分散電源 30 の運転力率 Pf が力率下限値 Pf_{lim} （例えば 0.85 ）以上かな否かを判断して（ステップ 407 に相当）、力率下限値 Pf_{lim} 以上のときに論理値 1 の信号を出力してそれを AND 回路 88 および NOT 回路 86 に与える。従って、ステップ 407 における判断が Yes のときに、AND 回路 88 から論理値 1 の信号が出力される。力率下限値 Pf_{lim} は電圧上昇抑制装置 50 に設定、保存される。

[0090] NOT 回路 86 は、比較器 84 からの信号の論理値を反転させてそれを AND 回路 89 に与える。従って、ステップ 407 における判断が No のときに AND 回路 89 から論理値 1 の信号が出力される。

[0091] 図 9 に示すように、第 1 の無効電力演算部 58 は、掛算器 90 および PI 制御部 91 を備えている。

[0092] 掛算器 90 は、上記減算器 80 からの差電圧 DV と上記 AND 回路 88 からの信号とを掛け算して出力する。即ち、AND 回路 88 から出力される信号が論理値 1 のときに、差電圧 DV を出力する。

[0093] PI 制御部 91 は、掛算器 90 からの差電圧 DV に係数 K_{p1} 、 K_{i1} をそれぞれ掛けて出力する増幅器 92、93 と、増幅器 93 からの出力を積分して出力する積分器 94 と、この積分器 94 の出力と増幅器 92 の出力とを加算して上記第 1 の進相無効電力 Q_a として出力する加算器 95 とを有している。例えば $K_{p1} = 2 \times 10^{14}$ 、 $K_{i1} = 4 \times 10^5$ であるが、これに限られるものではない。

[0094] 図 10 に示すように、有効電力制御部 60 は、掛算器 96、PI 制御部 97 および減算器 102 を備えている。

[0095] 掛算器 96 は、上記減算器 80 からの差電圧 DV と上記 AND 回路 89 か

らの信号とを掛け算して出力する。即ち、AND回路89から出力される信号が論理値1のときに、差電圧DVを出力する。

[0096] PI制御部97は、掛算器96からの差電圧DVに係数 K_{p2} 、 K_{i2} をそれぞれ掛けて出力する増幅器98、99と、増幅器99からの出力を積分して出力する積分器100と、この積分器100の出力と増幅器98の出力とを加算して有効電力減少量 P_{dn} を出力する加算器101とを有している。例えば $K_{p2} = 2 \times 10^{13}$ 、 $K_{i2} = 4 \times 10^4$ であるが、これに限られるものではない。

[0097] 減算器102は、自設備の分散電源30の最大有効電力出力 P_{max} （即ち有効電力抑制がない場合に出力可能な最大有効電力）から上記有効電力減少量 P_{dn} を減算して、次式で表される有効電力指令値 P_{com} を出力する。より具体的には、この有効電力指令値 P_{com} を分散電源30に（具体的にはそのインバータ34に）与えて、当該分散電源30から出力する有効電力Pをその値に制御する。

[0098] [数14]

$$P_{com} = P_{max} - P_{dn}$$

[0099] なお、分散電源30が太陽光発電システムの場合は、そのインバータ34は通常、太陽電池32の出力電圧を制御して当該太陽電池32が出力する有効電力が最大になるように制御する（これは P_{max} 制御と略称されている）。分散電源30が太陽光発電システムの場合は、この P_{max} 制御による有効電力が上記最大有効電力出力 P_{max} であると言える。

[0100] 図11に示すように、比率演算部62は、離散フーリエ変換器104、105、割算器106、分離器108、増幅器110および割算器112を備えている。

[0101] 離散フーリエ変換器104、105は、上記連系点の電圧 V_d 、電流 I_d （共にベクトル量）をそれぞれ離散フーリエ変換して、自設備の連系点18における上記注入次数 m の電圧 V_m 、電流 I_m （共にベクトル量）をそれぞれ抽出して出力する。

[0102] 割算器106は、次式の割算を行って、自設備の連系点18から見た配電

系統 2 の上記注入次数 m のインピーダンス Z_m (ベクトル量) を演算して出力する。

[0103] [数 1 5]

$$Z_m = V_m / I_m$$

[0104] 図 2 8 も参照して、自設備の連系点 1 8 から見た配電系統 2 の上記注入次数 m の抵抗を r_m 、リアクタンスを x_m とすると、上記インピーダンス Z_m は次式で表すことができる。

[0105] [数 1 6]

$$Z_m = r_m + j x_m$$

[0106] そこで分離器 1 0 8 は、数 1 5 の演算結果から実数部 (抵抗分) と虚数部 (リアクタンス分) とを分離して、上記注入次数 m の抵抗 r_m およびリアクタンス x_m を分けて出力する。抵抗は周波数に依存しないので、この抵抗 r_m は、基本波成分の抵抗 r_1 と等しい。

[0107] 増幅器 1 1 0 は、上記リアクタンス x_m に $1/m$ を掛けて (換言すれば、上記リアクタンス x_m を注入次数 m で割って)、基本波成分のリアクタンス x_1 を演算して出力する。

[0108] 割算器 1 1 2 は、上記基本波成分の抵抗 r_1 およびリアクタンス x_1 を用いて、上記数 1 0 に示した演算を行って、上記比率 α_1 を出力する。なお、この割算器 1 1 2 の出力部に平均化フィルタを設けて、それを通して比率 α_1 を出力するようにしても良い。

[0109] 図 1 2 に示すように、第 2 の無効電力演算部 6 4 は、増幅器 1 1 4 および掛算器 1 1 6 を備えている。

[0110] 増幅器 1 1 4 は、上記比率演算部 6 2 からの比率 α_1 に上記補正係数 β を掛けて $\alpha_1 \cdot \beta$ を出力する。

[0111] 掛算器 1 1 6 は、自設備の分散電源 3 0 から出力する有効電力 P と上記 $\alpha_1 \cdot \beta$ とを掛け合わせて、上記数 1 1 に示した第 2 の進相無効電力 Q_0 を演算して出力する。

[0112] 合計無効電力演算部 6 6 は、加算器であり、上記無効電力演算部 5 8 から

与えられる第 1 の進相無効電力 Q_a と上記掛算器 116 から与えられる第 2 の進相無効電力 Q_b とを互いに加算して、上記数 12 に示した合計進相無効電力 Q_t を演算して出力する。

[0113] 限界無効電力演算部 68 は、上記有効電力 P および上記力率下限値 $P f_{lim}$ を用いて、次式の演算を行って、上記限界進相無効電力 Q_{lim} を出力する。例えば、力率下限値 $P f_{lim} = 0.85$ のときは、 $Q_{lim} = 0.62 P$ なる演算を行う。このとき、限界無効電力演算部 68 は単なる増幅器で良い。

[0114] [数 17]

$$Q_{lim} = \tan \{ \cos^{-1} (P f_{lim}) \} \cdot P$$

[0115] 無効電力制御部 70 は、上記合計無効電力演算部 66 から与えられる合計進相無効電力 Q_t を、その上限を上記限界無効電力演算部 68 から与えられる限界進相無効電力 Q_{lim} の値に抑制して上記進相無効電力指令値 Q_{com} として出力するリミッタ回路を有している。そしてこの進相無効電力指令値 Q_{com} を自設備の分散電源 30（具体的にはそのインバータ 34）に供給して、分散電源 30 から出力する進相無効電力 Q を当該進相無効電力指令値 Q_{com} に制御する。

[0116] 電流注入部 72 には、公知の電流注入装置、例えば上記非特許文献 3 に記載のような電流注入装置を用いることができる。

[0117] また、電流注入部 72 を独立して設ける代わりに、インバータ 34 に電流注入部 72 と同じ機能を持たせて、インバータ 34 に電流注入部 72 を兼ねさせても良い。インバータから基本波電力と共に高調波電流を出力させることは、例えば上記特許文献 2 に記載のような公知の技術を用いることができる。

[0118] この電圧上昇抑制装置 50 を用いることによる効果は次のとおりである。

[0119] (a) 上記係数 α_1 は、前述した制御パラメータ α に相当する。この電圧上昇抑制装置 50 では、当該比率 α_1 を用いて、 $Q_b = \alpha_1 \cdot \beta \cdot P$ なる演算を行って第 2 の進相無効電力 Q_b を求めて、それを進相無効電力制御の一部に用いるので、進相無効電力制御に、自設備 20 の分散電源 30 から出力する有効

電力 P に比例させて第2の進相無効電力 Q_b を出力させる制御が加味されることになり、それによって非特許文献1に記載の技術のような、配電系統2に接続されている位置による不平等発生を軽減することができる。

[0120] これをより詳しく説明すると、前述したように、非特許文献1に記載の機能を有する電圧上昇抑制装置を用いている場合は、上流側の分散電源保有設備200は、自設備の連系点18の電圧上昇値 ΔV が小さいのであまり進相無効電力 Q を出力せずに済むのに対して（逆の場合は逆）、この電圧上昇抑制装置50を用いている場合は、それを用いている全ての分散電源保有設備200が、自設備の連系点18の電圧上昇値 ΔV に関係なく、換言すれば配電系統2に接続されている位置に関係なく、自設備の有効電力 P に比例した上記第2の進相無効電力 Q_b を加味した進相無効電力 Q を出力することになる。この第2の進相無効電力 Q_b によって、この電圧上昇抑制装置50を有している全ての分散電源保有設備200が協力して電圧上昇を抑制することができる。上記第1の進相無効電力 Q_a は、非特許文献1に記載の技術の場合と同様であるけれども、この電圧上昇抑制装置50では、進相無効電力制御にこの第2の進相無効電力 Q_b を加味するぶん、配電系統2に接続されている位置による前述した不平等発生を軽減することができる。

[0121] (b) 上記比率 α_1 を求めるために、この電圧上昇抑制装置50では、配電系統2に自然には殆ど存在しない、基本波の非整数倍次数の注入次数 m の注入電流 I_m を電流注入部72から配電系統2に注入するので、この注入電流 I_m は小さなもので良く、従って配電系統2に擾乱を与えずに済む。

[0122] これをより詳しく説明すると、上記非特許文献3にも記載されているように（例えば994（58）頁右欄参照）、配電系統2に自然に存在する非整数倍次数成分の電圧は、基本波成分の0.01%以下であり、この電圧上昇抑制装置50では、この電圧と区別できる程度の電圧 V_m を発生させる注入電流 I_m を注入すれば良い。例えば、低圧配電線16が200V系の場合は、0.4A程度の注入電流 I_m を注入すれば良い。これによって、連系点18に表れる注入次数 m の電圧 V_m は、0.04V（0.02%）程度になる。近年の

測定技術では、この程度の電圧 V_m も十分に測定することができる。この程度の注入電流 I_m を注入しても、配電系統 2 に擾乱を与えることはない。

[0123] (c) 比率演算部 62 によって、自設備 20 の上記注入次数 m の電圧 V_m および電流 I_m を測定して上記比率 α_1 を求めるので、この電圧上昇抑制装置 50 を有している自設備 20 の近くに、他の分散電源保有設備が存在していても、例えば上述した力率 100% 運転を行う他の分散電源保有設備（図 4 の分散電源保有設備 200b 参照）が存在していても、その影響を受けることなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。これは、上述したように、注入次数 m の電圧 V_m は自然には殆ど存在しないからである。また他の分散電源保有設備（200b）は、注入次数 m の注入電流を注入するものではないからである。従って、分散電源 30 から適正な進相無効電力 Q を出力させることができる。

[0124] 仮に、自設備 20 の近くに、この電圧上昇抑制装置 50 を有している他の分散電源保有設備 20 が存在している場合でも、その対策方法は幾つかある。例えば、注入次数 m は、配電系統 2 の基本波の場合のような唯一の次数（即ち 1 次。例えば 60 Hz）とは違って、多数の次数の内から選択することができるので、自設備と他設備とが使用する注入次数 m を互いに異ならせることは容易であり、それによって相互の干渉を排除して、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。また、後でも説明するけれども、変圧器を介在している場合は、その大きなインピーダンスが介在することになるので、同じ注入次数 m の場合でも相互の干渉を排除することができる。従ってこの場合も、分散電源 30 から適正な進相無効電力 Q を出力させることができる。

[0125] なお、注入電流 I_m の次数として、上記特許文献 2 に記載のような、配電系統 2 の基本波の整数倍次数（例えば、2 次、4 次、5 次等）を用いることは、好ましくない。これは、整数倍次数の高調波源は配電系統 2 の各所に幾つも存在するので、自設備が注入した次数の電圧を正確に測定することが困難になるからである。また、現実的に使用できる整数倍次数の数は限られているので、自設備と他設備とが使用する注入次数が同じになって、相互の干渉

が起こりやすくなる。

[0126] (d) また、分散電源が配電系統 2 に複数連系されていると、他の分散電源の出力（有効電力）によって系統電圧が上昇する。また、 $0 < \beta < 1$ の補正係数 β により、進相無効電力 Q が上記数 4 で示される Q の値より小さくなるため、自設備 20 の出力（有効電力 P ）によっても系統電圧が上昇する。これらによる電圧上昇が加算され、自設備 20 の連系点 18 の基本波電圧が所定の電圧上限値を超える事象が起こりうる。そこでこのことを考慮して、この電圧上昇抑制装置 50 は、更に、連系点 18 の基本波電圧および分散電源 30 の運転力率 P_f を判断して、第 1 の進相無効電力 Q_a の増加または有効電力 P の減少を制御する手段（基本波電圧判断部 54、運転力率判断部 56、第 1 の無効電力演算部 58 および有効電力制御部 60）を備えているので、連系点 18 の基本波電圧が所定の電圧上限値 V_{lim} を超えることを防止することができる。また、分散電源 30 の運転力率 P_f が所定の力率下限値 $P_{f_{lim}}$ より低下することを防止することができる。上記手段は、基本波電圧の測定、基本波出力電流の制御によって測定、制御を実施するため、上記比率 α_1 の測定のための電流注入および電圧測定に対して、相互に干渉しない。

[0127] (e) この電圧上昇抑制装置 50 は、分散電源 30 から出力させる進相無効電力 Q を限界進相無効電力 Q_{lim} の値に制限する手段（限界無効電力演算部 68 および無効電力制御部 70）を備えているので、分散電源 30 の運転力率 P_f が所定の力率下限値 $P_{f_{lim}}$ より低下することを確実に防止することができる。

[0128] なお、上記補正係数 β を大きくすると、第 2 の進相無効電力 Q_b が大きくなり、分散電源 30 の運転力率 P_f が低下する恐れがある。補正係数 β を小さくすると、第 2 の進相無効電力 Q_b が小さくなり、上記不平等発生抑制の効果が小さくなる恐れがある。従って、補正係数 β は、 $0 < \beta < 1$ の内でも、 $0.5 \sim 0.8$ の範囲がより好ましい。この導出根拠を以下に説明する。

[0129] 一般的な低圧配電系統 2 の比率 α_1 ($= r/x$) は、概ね $0.7 \sim 1.1$ である。この α_1 範囲での分散電源 30 の運転力率 P_f は、次式より $0.67 \sim$

0.82となる。

[0130] [数18]

$$P_f = \tan^{-1}(Q/P) = \tan^{-1}\alpha_1$$

[0131] 上記非特許文献1に記載されているように（例えば96頁参照）、運転力率 P_f の下限を0.85とすると、そのときの比率 α_1 は0.62となる。

[0132] 従って、上記範囲の比率 α_1 に補正係数 β を掛けて、運転力率 P_f を0.85以上にする補正係数 β の範囲は次式となる。

[0133] [数19]

$$(0.62/1.1) < \beta < (0.62/0.7)$$

$$\therefore 0.56 < \beta < 0.89$$

[0134] 補正係数 β を大きくしておく方が、出力不平等軽減に対する大きな効果が得られるが、運転力率 P_f の低下を極力防ぐ目的で、数19の範囲の概ね中間値の0.8を補正係数 β の上限にするのが好ましい。また、以下に述べるシミュレーション結果から、補正係数 β の下限は0.5でも、電圧上昇抑制に効果のあることが確かめられている。従って、補正係数 β は0.5～0.8の範囲が好ましい。

[0135] 補正係数 β を上記範囲に設定しておくこと、第2の進相無効電力 Q_2 の出力量を適度に抑制して、運転力率 P_f の低下を小さくすることができる。しかもそのようにしても、連系点18の基本波電圧および分散電源30の運転力率 P_f を判断して、第1の進相無効電力 Q_1 の増加または有効電力 P の減少を制御する手段（基本波電圧判断部54、運転力率判断部56、第1の無効電力演算部58および有効電力制御部60）を備えているので、連系点18の基本波電圧が所定の電圧上限値 V_{lim} を超えたり、分散電源30の運転力率 P_f が所定の力率下限値 $P_{f,lim}$ より低下したりすることを防止することができる。

[0136] (2) 電圧上昇抑制装置50および分散電源連系システムの他の実施形態
図5に示す例のように、上記電圧上昇抑制装置50をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備20が、同じ変圧器の二次側の配電線（図5の例では同

じ変圧器 14 の二次側の低圧配電線 16。以下同様) に接続された分散電源連系システムの場合は、例えば、各電圧上昇抑制装置 50 は、上記非整数倍次数であって互いに異なる次数 m の注入電流 I_m を注入しかつ当該注入次数 m の電圧および電流を測定するものにするのが好ましい。例えば、注入次数 m を 2、2 次、2、4 次、2、6 次、2、8 次・・・などと、互いに異なる次数にする。

[0137] そのようにすると、上記電圧上昇抑制装置 50 をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備 20 が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続されていても、用いる注入次数 m が各設備の電圧上昇抑制装置 50 で互いに異なるので、複数の分散電源保有設備 20 の電圧上昇抑制装置 50 が互いに干渉することなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。従って、各分散電源 30 から適正な進相無効電力 Q を出力させることができる。

[0138] 同じ変圧器の二次側でない場合は、間に変圧器を介在させることになり、当該変圧器の大きなインピーダンスを介在させることになるので、上記のように注入次数 m を互いに異ならせなくても、複数の分散電源保有設備 20 の電圧上昇抑制装置 50 が互いに干渉するのを防止することができる。

[0139] あるいは、上記電圧上昇抑制装置 50 をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備 20 が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続された分散電源連系システムの場合は、各電圧上昇抑制装置 50 は、上記非整数倍次数であって互いに同じ次数 m の注入電流 I_m を注入しかつ当該注入次数の電圧および電流を測定するものとし、かつ各電圧上昇抑制装置 50 は、図 13 に示す例のように、上記注入電流 I_m の注入ならびに上記注入次数 m の電圧および電流の測定のタイミングが、各電圧上昇抑制装置 50 間で互いに重複することを防止する重複防止手段としての重複防止部 124 を備えているものにしても良い。

[0140] 重複防止部 124 は、電流注入部 72 および比率演算部 62 を制御して、上記注入および測定のタイミングが各電圧上昇抑制装置 50 間で互いに重複することを防止する。

[0141] 重複防止部 124 は、例えば、乱数発生手段を有していて、上記注入およ

び測定のタイミングを、乱数によって決めるものでも良い。

[0142] あるいは、重複防止部 124 は、LAN のような情報通信分野におけるアクセス制御に用いられている、CSMA/CD 方式（簡単に言うと、ネットワーク上でデータの衝突を監視し、衝突が検出されると、データを送信した機器は、一定時間を待ってからデータを再送信するという方式）やトークンリング方式（簡単に言うと、トークンと呼ばれる特殊なデータを巡回させ、トークンを取得した機器がデータの送信ができるという方式）と同様の機能を有するものでも良い。

[0143] 上記のようにすると、上記電圧上昇抑制装置 50 をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備 20 が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続されていても、注入電流 I_m の注入ならびにその注入回数 m の電圧および電流の測定のタイミングが各設備の電圧上昇抑制装置 50 で互いに異なるので、複数の分散電源保有設備 20 の電圧上昇抑制装置 50 が互いに干渉することなく、上記比率 α_1 を正しく算出することができる。従って、各分散電源 30 から適正な進相無効電力 Q を出力させることができる。

[0144] 図 14 に示す例のように、分散電源保有設備 20 が連系変圧器 126 を有していて高圧配電線 10 に連系している場合、連系点 18 の電圧 V_d を測定することが難しい場合がある。この場合、測定点 36 から見た配電系統 2 側のインピーダンスを測定し、その抵抗／リアクタンスの比率 α_2 を測定すると、連系変圧器 126 のインピーダンス $r_t + j x_t$ が加わるため、比率 α_2 は次式で示す値となる。

[0145] [数 20]

$$\alpha_2 = (r + r_t) / (x + x_t)$$

[0146] そこで、上記比率 α_2 から、連系変圧器 126 の一次側すなわち連系点 18 から見た配電系統 2 の比率 α_1 ($= r / x$) への変換係数として、次式で示す変換係数 γ を考える。

[0147] [数 21]

$$\gamma = \alpha_1 / \alpha_2$$

$$= \{r/x\} / \{(r+r_t)/(x+x_t)\}$$

$$= (1+x_t/x) / (1+r_t/r)$$

[0148] 測定点36における二次側電圧 V_{t2} を用いて、前述した方法によって、測定点36から配電系統2を見た全体のインピーダンス $(r+r_t) + j(x+x_t)$ ならびにその抵抗成分およびリアクタンス成分を測定することができる。かつ、連系変圧器126の抵抗 r_t およびリアクタンス x_t は既知である。これらを用いて、上記数21に従って、変換係数 γ を算出することができる。

[0149] その結果、上記比率 α_2 および変換係数 γ を用いて、前述した（数11参照）第2の進相無効電力 Q_b は、次式により算出することができる。従ってこの演算を、上記第2の無効電力演算部64（図7中のステップ404）において行えば良い。

[0150] [数22]

$$Q_b = \alpha_1 \cdot \beta \cdot P = \gamma \cdot \alpha_2 \cdot \beta \cdot P$$

[0151] （3）電圧上昇抑制のシミュレーション結果

図5に示した分散電源連系システムを模した図15のモデルを用いて、電圧上昇抑制制御のシミュレーションを行った結果を説明する。

[0152] 図15に示すモデルは、20kVAの単相3線式の変圧器（柱状変圧器）14の二次側の低圧配電線16に、定格出力5kWの分散電源30を有する分散電源保有設備20を3台接続した例である。変圧器14のインピーダンス Z_t は、 $0.016 + j0.021 \Omega$ とした。低圧配電線16のインピーダンス Z_d は、 $0.011 + j0.012 \Omega$ とし、線路抵抗が大のときは、 $0.017 + j0.013 \Omega$ とした。

[0153] 各分散電源保有設備20は、時刻2秒から1kW/秒で出力（有効電力P）を増加させ、時刻7秒以降は出力を5kWに固定した。これは、各分散電源保有設備20の分散電源30が太陽光発電システムであって、雲が晴れて日射量が5秒間で急増した場合を模擬したものである。

[0154] 上記条件における変圧器至近点17および各連系点18の電圧（これは接地間で100V級）、各設備20から出力する有効電力P、進相無効電力Q

および運転力率 P_f を、表 1 に示す各方式に分けて測定した結果を、図 16～図 27 に示す。図 6 に示す電圧上昇抑制装置 50 の各部の具体的構成は、図 8～図 12 を参照して説明したものを採用した。なお、進相無効電力 Q はこのシミュレーションでは負の値で表示している。また初期に運転力率 P_f が急増しているが、これは制御開始当初だけの現象であり、特に支障はない。

[0155] [表1]

方 式	連系点等の電圧	有効電力、無効電力、運転力率
図 2 に示す機能の従来の電圧上昇抑制装置使用	図 16	図 17
図 6 に示す電圧上昇抑制装置使用 ($\beta = 1$)	図 18	図 19
図 6 に示す電圧上昇抑制装置使用 ($\beta = 0.5$)	図 20	図 21
図 2 に示す機能の従来の電圧上昇抑制装置使用 (線路抵抗大)	図 22	図 23
図 6 に示す電圧上昇抑制装置使用 (線路抵抗大、 $\beta = 1$)	図 24	図 25
図 6 に示す電圧上昇抑制装置使用 (線路抵抗大、 $\beta = 0.5$)	図 26	図 27

[0156] 図 2 に示す機能の従来の電圧上昇抑制装置使用の場合、図 16、図 17 に示すように、各連系点 18 の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値 107 V 以下に抑えられている。末端の設備 20 に着目すると、時刻 t_1 で電圧 V_{d3} が電圧上限値 107 V に達し、それに応答して進相無効電力 Q_3 が増大し、時刻 t_2 で運転力率 P_{f3} が力率下限値 0.85 に達し、それに応答して有効電力 P_3 が減少を開始している。この方式では、図 17 に示すように、末端の設備 20 からの有効電力 P は約 2 kW しか出ておらず、電圧上昇抑制に伴って、低圧配電線 16 に接続されている位置によって、有効電力 P 等に不平等が生じている。

[0157] 図 6 に示す電圧上昇抑制装置使用 ($\beta = 1$) の場合は、図 18、図 19 に

示すように、有効電力 P の増大が始まると、それに伴って進相無効電力 Q も増大を始めている。これは、前述した第2の進相無効電力 Q_b が寄与しているからである。各連系点18の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値107V以下に余裕を持って抑えられている。この方式では、有効電力 P の不平等は解消されているけれども、電圧上昇抑制に伴って、運転力率 Pf_3 が3台とも力率下限値0.85まで低下している。従って、3台合わせた系統力率の低下も大きい。これは、補正係数 $\beta = 1$ の場合、有効電力 P の増大に伴う第2の進相無効電力 Q_b の増大が大きいからである。

[0158] 図6に示す電圧上昇抑制装置使用($\beta = 0.5$)の場合は、図20、図21に示すように、有効電力 P の増大が始まると、それに伴って進相無効電力 Q も増大を始めている。これは、前述した第2の進相無効電力 Q_b が寄与しているからである。しかし、進相無効電力 Q の増大は緩やかである。 $\beta = 0.5$ としたからである。各連系点18の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値107V以下に抑えられている。この方式では、電圧上昇抑制に伴う有効電力 P の不平等は解消されており、しかも有効電力 P の増大に伴う進相無効電力 Q の増大は緩やかで、運転力率 Pf は3台とも約0.95に良くなっている。従って、3台合わせた系統力率の低下も少ない。

[0159] 図2に示す機能の従来の電圧上昇抑制装置使用(線路抵抗大)の場合は、図22、図23に示すように、各連系点18の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値107V以下に抑えられている。末端の設備20に着目すると、時刻 t_3 で電圧 V_{d3} が電圧上限値107Vに達し、それに応答して進相無効電力 Q_3 が増大し、時刻 t_4 で運転力率 Pf_3 が力率下限値0.85に達し、それに応答して有効電力 P_3 が減少を開始している。この方式では、図23に示すように、末端の設備20の有効電力 P_3 はほぼ0であり、電圧上昇抑制に伴って、低压配電線16に接続されている位置によって、有効電力 P 等に大きな不平等が生じている。これは、線路抵抗が大きい場合に、電圧上昇値 ΔV がより大きくなるからである。

[0160] 図6に示す電圧上昇抑制装置使用(線路抵抗大、 $\beta = 1$)の場合は、図2

4、図25に示すように、有効電力 P の増大が始まると、それに伴って進相無効電力 Q も増大を始めている。これは、前述した第2の進相無効電力 Q_b が寄与しているからである。各連系点18の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値107V以下に余裕を持って抑えられている。この方式では、有効電力 P の不平等は解消されているけれども、電圧上昇抑制に伴って、運転力率 P_f が3台とも力率下限値0.85まで低下している。従って、3台合わせた系統力率の低下も大きい。これは、補正係数 $\beta = 1$ の場合、有効電力 P の増大に伴う第2の進相無効電力 Q_b の増大が大きいからである。

[0161] 図6に示す電圧上昇抑制装置使用（線路抵抗大、 $\beta = 0.5$ ）の場合、図26、図27に示すように、有効電力 P の増大が始まると、それに伴って進相無効電力 Q も増大を始めている。これは、前述した第2の進相無効電力 Q_b が寄与しているからである。しかし、進相無効電力 Q の増大は緩やかである。 $\beta = 0.5$ としたからである。各連系点18の電圧 $V_{d1} \sim V_{d3}$ は、電圧上限値107V以下に抑えられている。末端の設備20に着目すると、時刻 t_5 で電圧 V_{d3} が電圧上限値107Vに達し、それに応答して進相無効電力 Q_3 が増大し（これは前述した第1の進相無効電力 Q_a が増大するからである）、時刻 t_6 で運転力率 P_{f3} が力率下限値0.85に達し、それに応答して有効電力 P_3 の増大も止まっている。この場合も、線路抵抗が大きくて電圧上昇値 ΔV が大きくなりやすいけれども、電圧上昇抑制に伴う有効電力 P の不平等は解消されており、しかも運転力率 P_f は約0.95～0.85の範囲と、かなり良い。従って、3台合わせた系統力率の低下も少ない。このように、線路抵抗が大きくて、電圧上昇値 ΔV が大きくなりやすい場合でも、補正係数 β を0.5にしても効果のあることが確かめられた。

[0162] （4）分散電源30の他の例

分散電源30は、上記例の太陽光発電システム以外のものでも良い。例えば、インバータを用いる例を挙げると、分散電源30は、燃料電池と上記インバータ34のようなインバータとを有する燃料電池発電設備等でも良い。あるいは、交流発電機を有していてインバータを用いない例を挙げると、分

分散電源 30 は、コージェネレーション発電設備、風力発電設備等でも良い。
上記電圧上昇抑制装置 50 からの指令信号（具体的には上記有効電力指令値 P_{com} 、進相無効電力指令値 Q_{com} ）に応答して、交流発電機から出力する有効電力および／または無効電力を指令値に制御する技術は、公知の技術を利用することができる。簡単に説明すれば、交流発電機の出力電圧の位相を制御することによって、有効電力を制御することができる。交流発電機の界磁を制御して出力電圧の大きさを制御することによって、無効電力を制御することができる。

符号の説明

- [0163] 2 配電系統
- 16 低圧配電線
- 18 連系点
- 20 分散電源保有設備
- 30 分散電源
- 50 電圧上昇抑制装置
- 54 基本波電圧判断部
- 56 運転力率判断部
- 58 第1の無効電力演算部
- 60 有効電力制御部
- 62 比率演算部
- 64 第2の無効電力演算部
- 66 合計無効電力演算部
- 68 限界無効電力演算部
- 70 無効電力制御部
- 72 電流注入部
- 124 重複防止部
- P 有効電力
- Q 進相無効電力

α_1 、 α_2 比率

請求の範囲

[請求項1]

配電系統に接続された分散電源保有設備の分散電源を制御して、当該配電系統の電圧上昇を抑制する電圧上昇抑制装置であって、

前記配電系統と前記分散電源保有設備との連系点における基本波電圧が所定の電圧上限値よりも高いか否かを判断する基本波電圧判断手段と、

前記基本波電圧判断手段における判断結果が肯定の場合に、前記分散電源の運転力率が所定の力率下限値以上か否かを判断する運転力率判断手段と、

前記運転力率判断手段における判断結果が肯定の場合に、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じた第1の進相無効電力を演算して出力する第1の無効電力演算手段と、

前記運転力率判断手段における判断結果が否定の場合に、前記分散電源を制御して当該分散電源から出力する有効電力を、前記基本波電圧と前記電圧上限値との差に応じて減少させる有効電力制御手段と、

前記配電系統の基本波の非整数倍次数の注入電流を前記配電系統に注入する電流注入手段と、

前記連系点における前記注入次数の電圧および電流を用いて、前記連系点から見た前記配電系統の基本波成分の抵抗 (r_1)、リアクタンス (x_1) および前者の後者に対する比率 ($\alpha_1 = r_1 / x_1$) を演算する比率演算手段と、

前記分散電源から出力される有効電力、前記比率および $0 < \beta < 1$ なる補正係数 β を互いに掛け合わせて、第2の進相無効電力を演算して出力する第2の無効電力演算手段と、

前記第1および第2の進相無効電力を互いに加算して、合計進相無効電力を演算して出力する合計無効電力演算手段と、

前記分散電源から出力される有効電力および前記力率下限値を用いて、当該有効電力のときに前記力率下限値を実現する限界進相無効電

力を演算する限界無効電力演算手段と、

前記合計進相無効電力を、その上限を前記限界進相無効電力の値に抑制して進相無効電力指令値として前記分散電源に供給して、前記分散電源から出力する進相無効電力を当該進相無効電力指令値に制御する無効電力制御手段とを備えている、ことを特徴とする電圧上昇抑制装置。

[請求項2] 前記補正係数 β を0.5～0.8の範囲に設定している請求項1記載の電圧上昇抑制装置。

[請求項3] 請求項1または2に記載の電圧上昇抑制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続された分散電源連系システムであって、

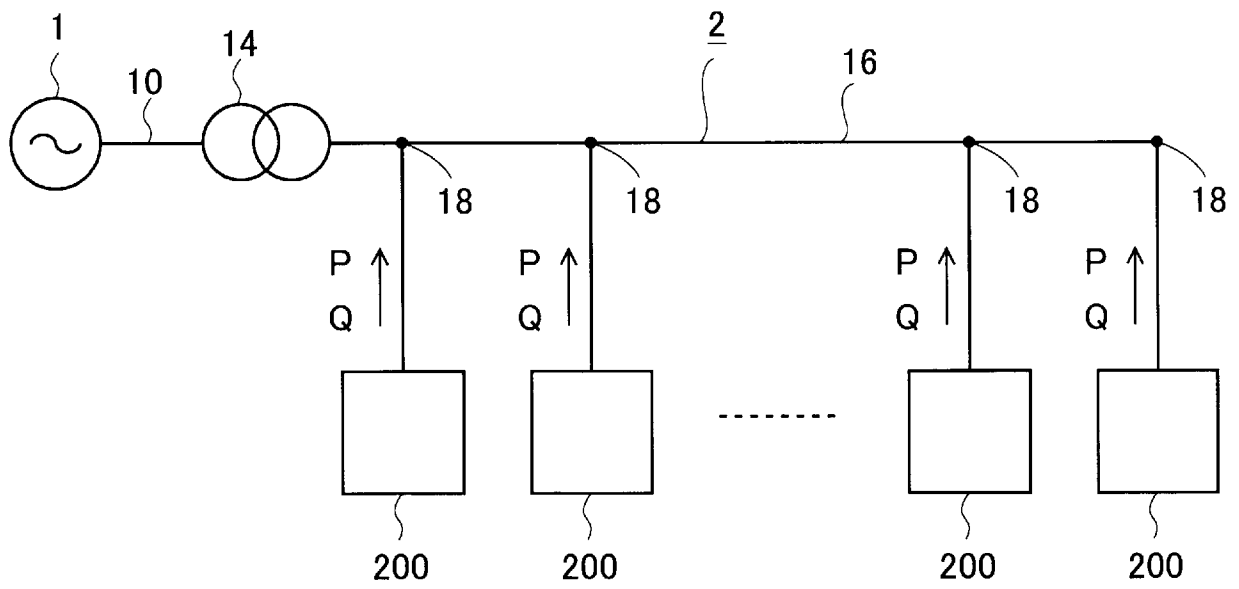
前記各電圧上昇抑制装置は、前記非整数倍次数であって互いに異なる次数の注入電流を注入しかつ当該注入次数の電圧および電流を測定するものである、ことを特徴とする分散電源連系システム。

[請求項4] 請求項1または2に記載の電圧上昇抑制装置をそれぞれ有する複数の分散電源保有設備が、同じ変圧器の二次側の配電線に接続された分散電源連系システムであって、

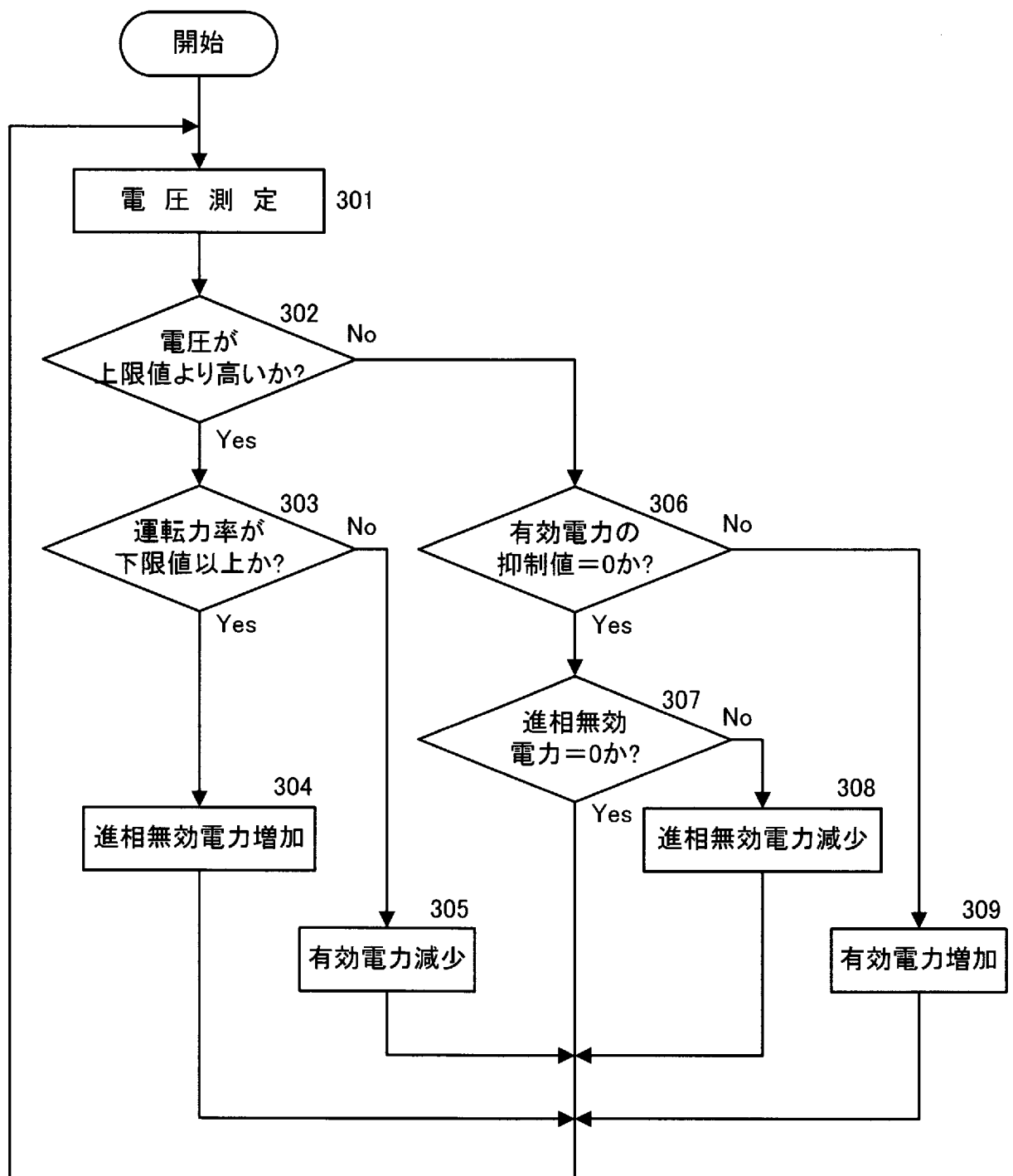
前記各電圧上昇抑制装置は、前記非整数倍次数であって互いに同じ次数の注入電流を注入しかつ当該注入次数の電圧および電流を測定するものであり、

更に前記各電圧上昇抑制装置は、前記注入電流の注入ならびに前記注入次数の電圧および電流の測定のタイミングが、各電圧上昇抑制装置間で互いに重複することを防止する重複防止手段を備えている、ことを特徴とする分散電源連系システム。

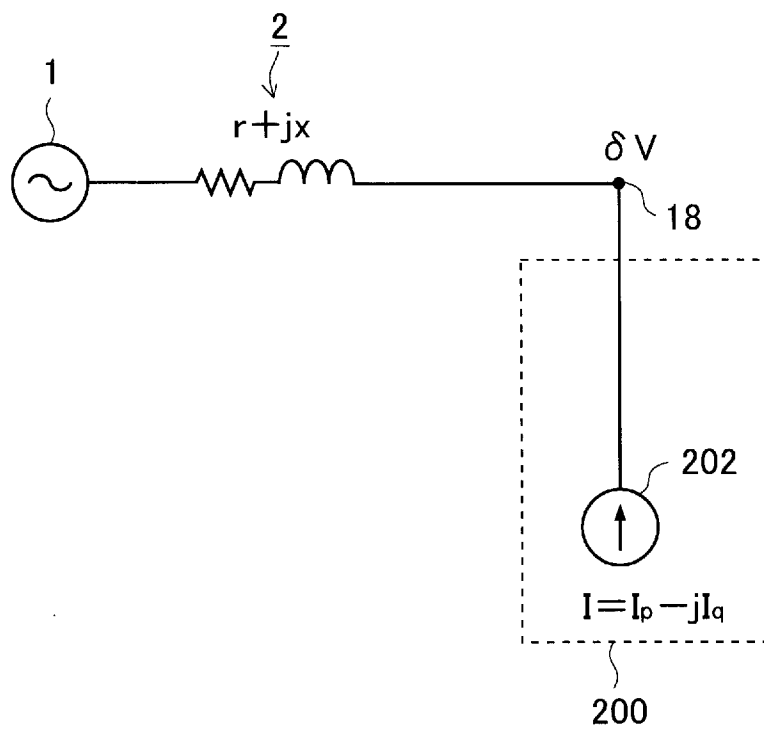
[図1]



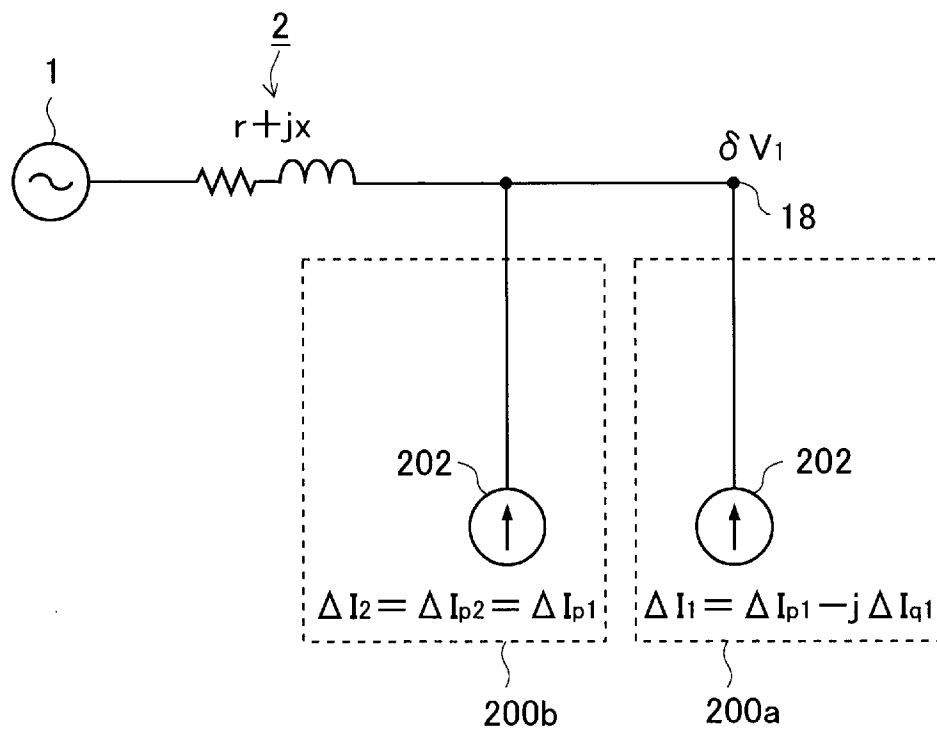
[図2]



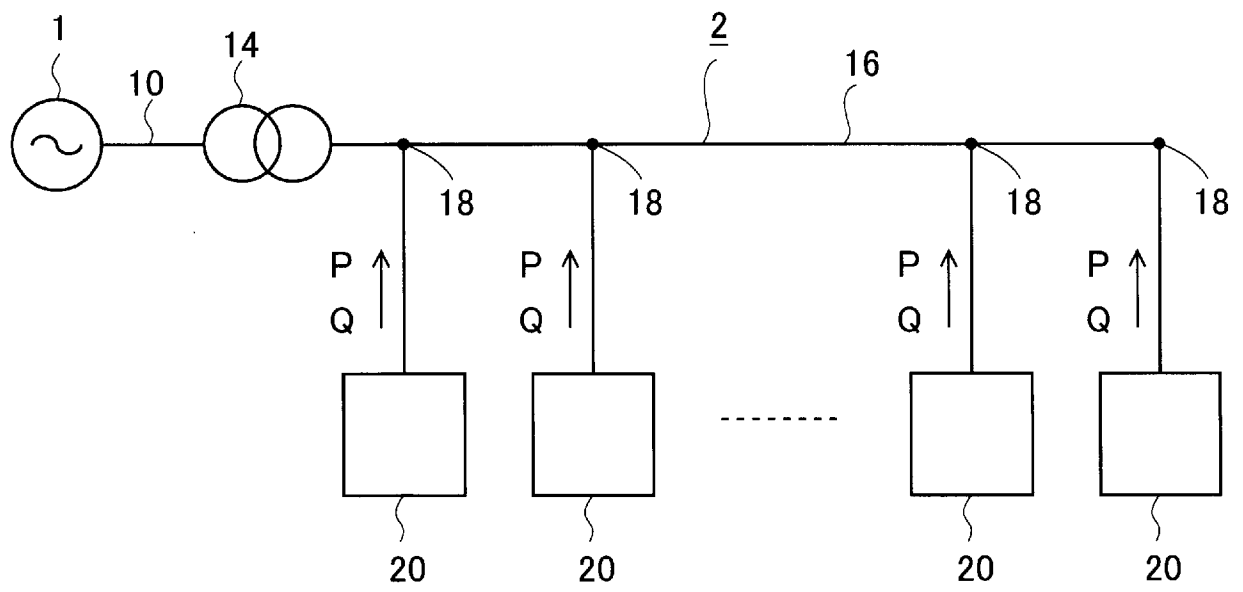
[図3]



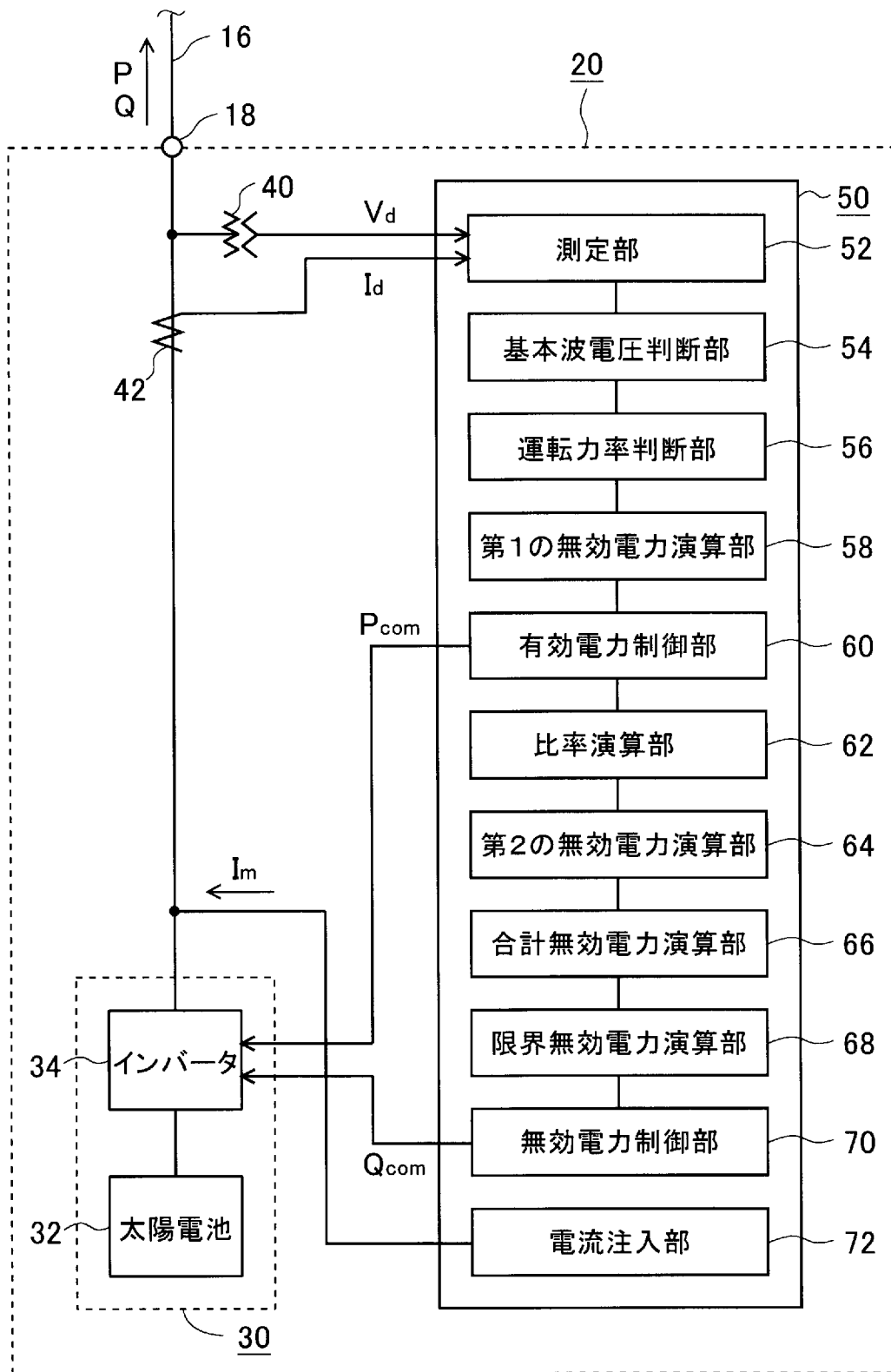
[図4]



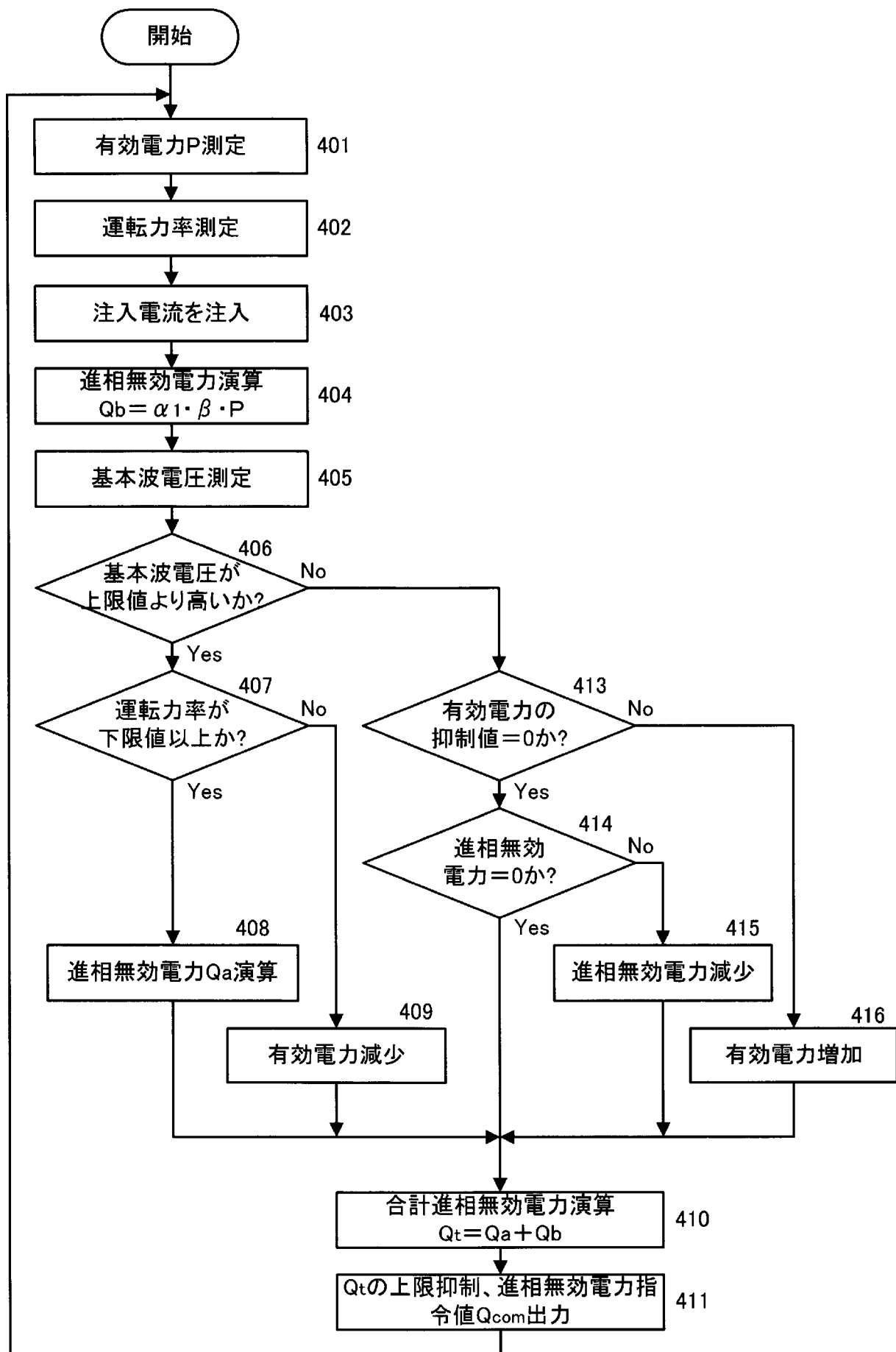
[図5]



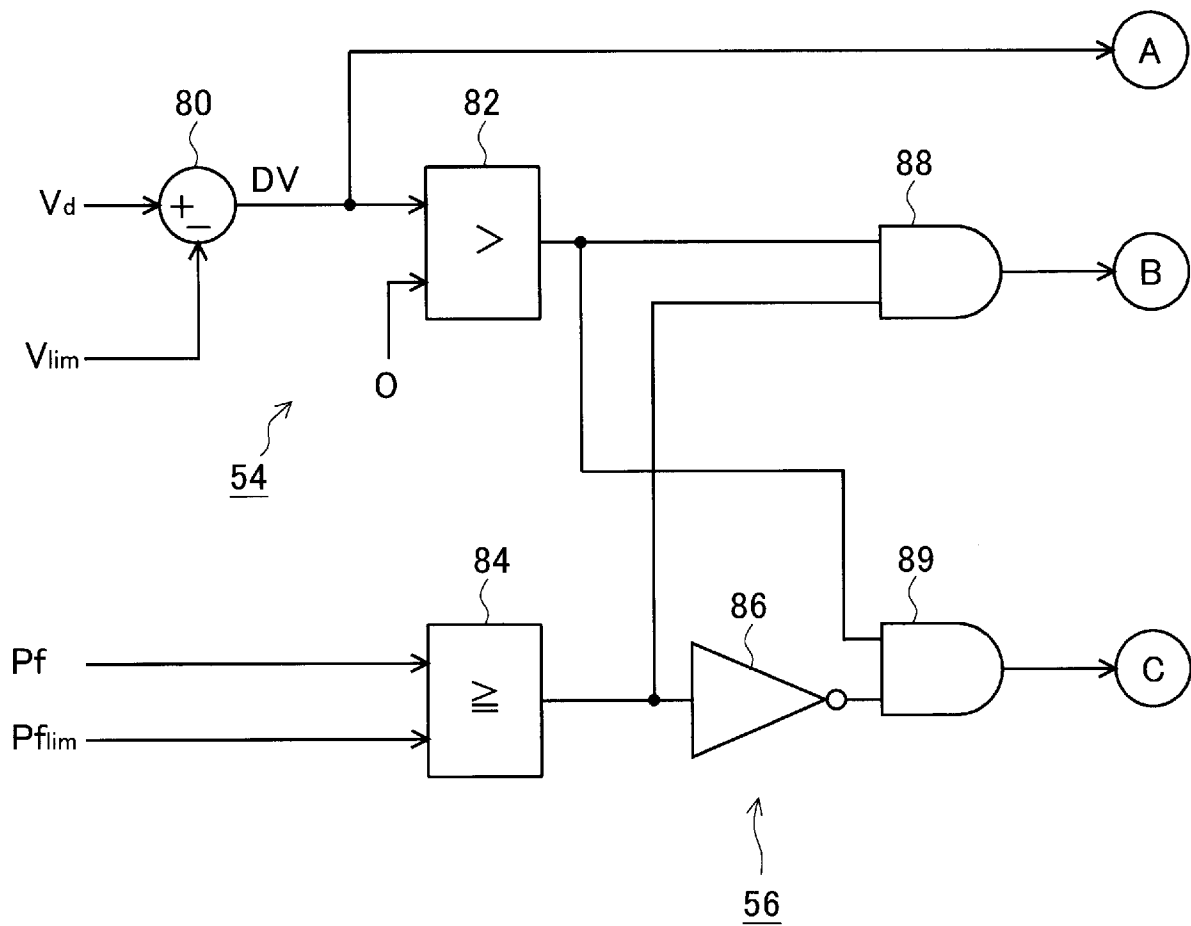
[図6]



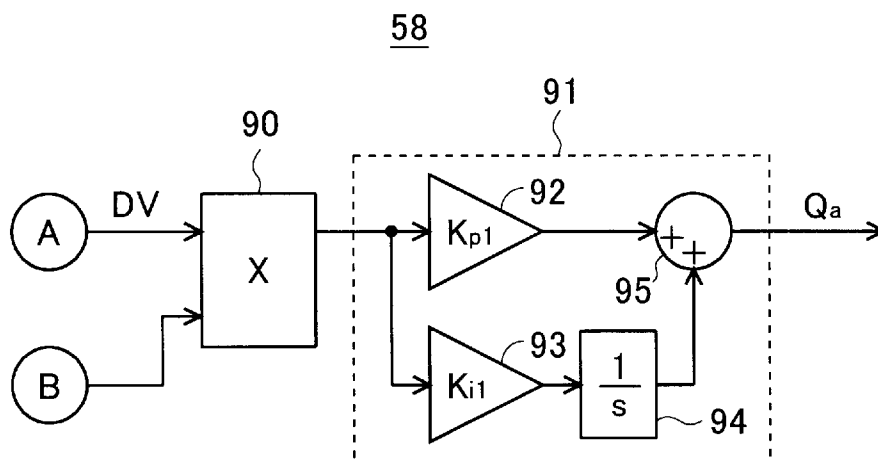
[図7]



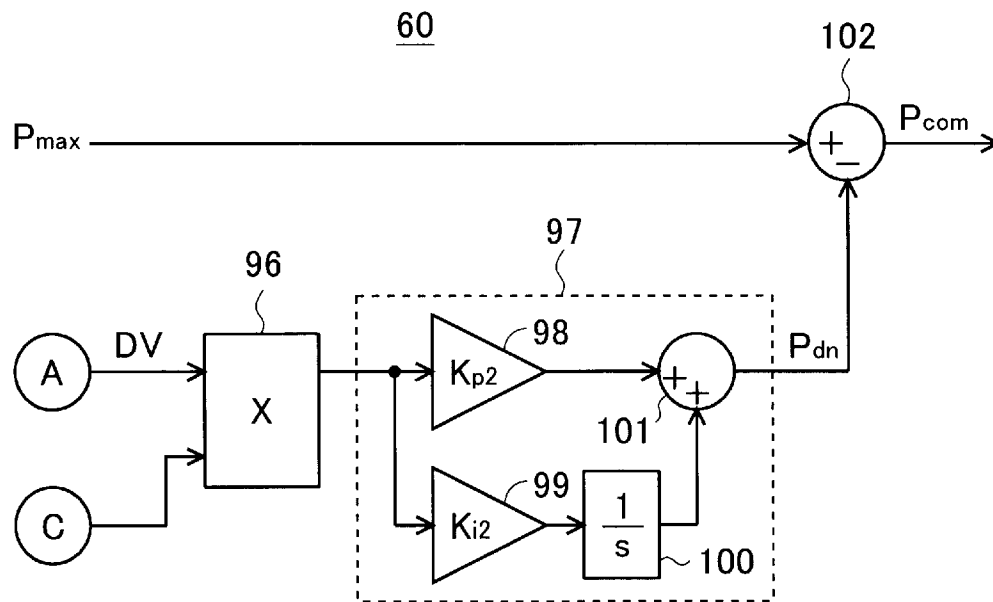
[図8]



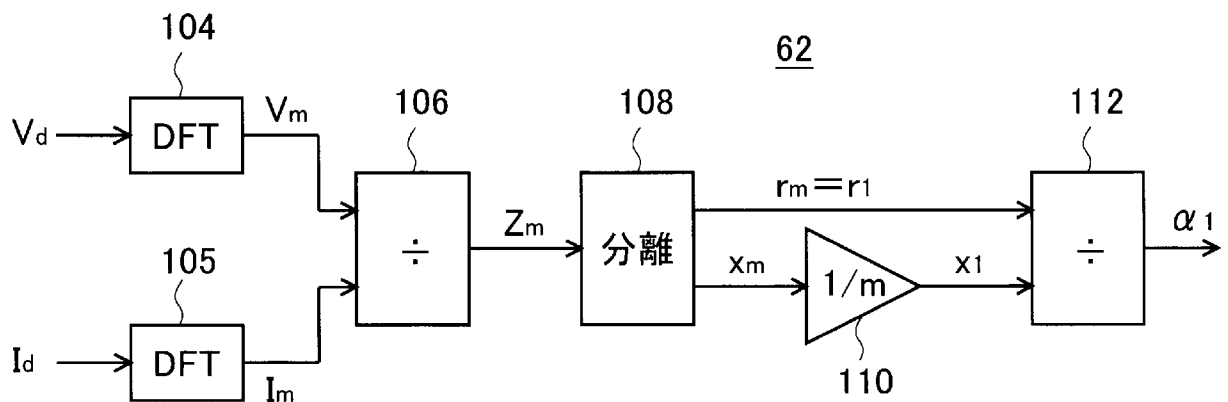
[図9]



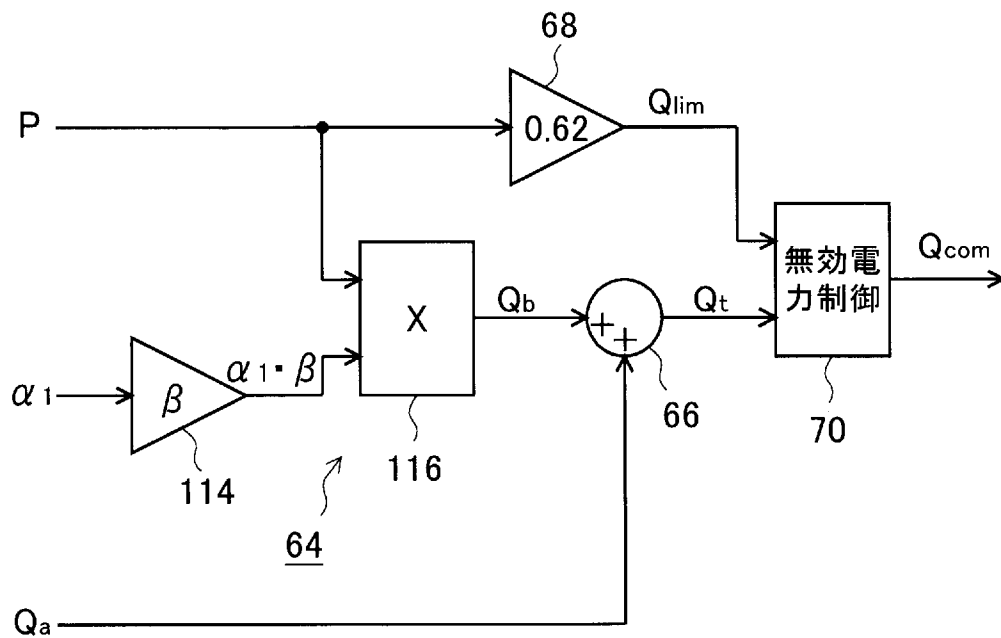
[図10]



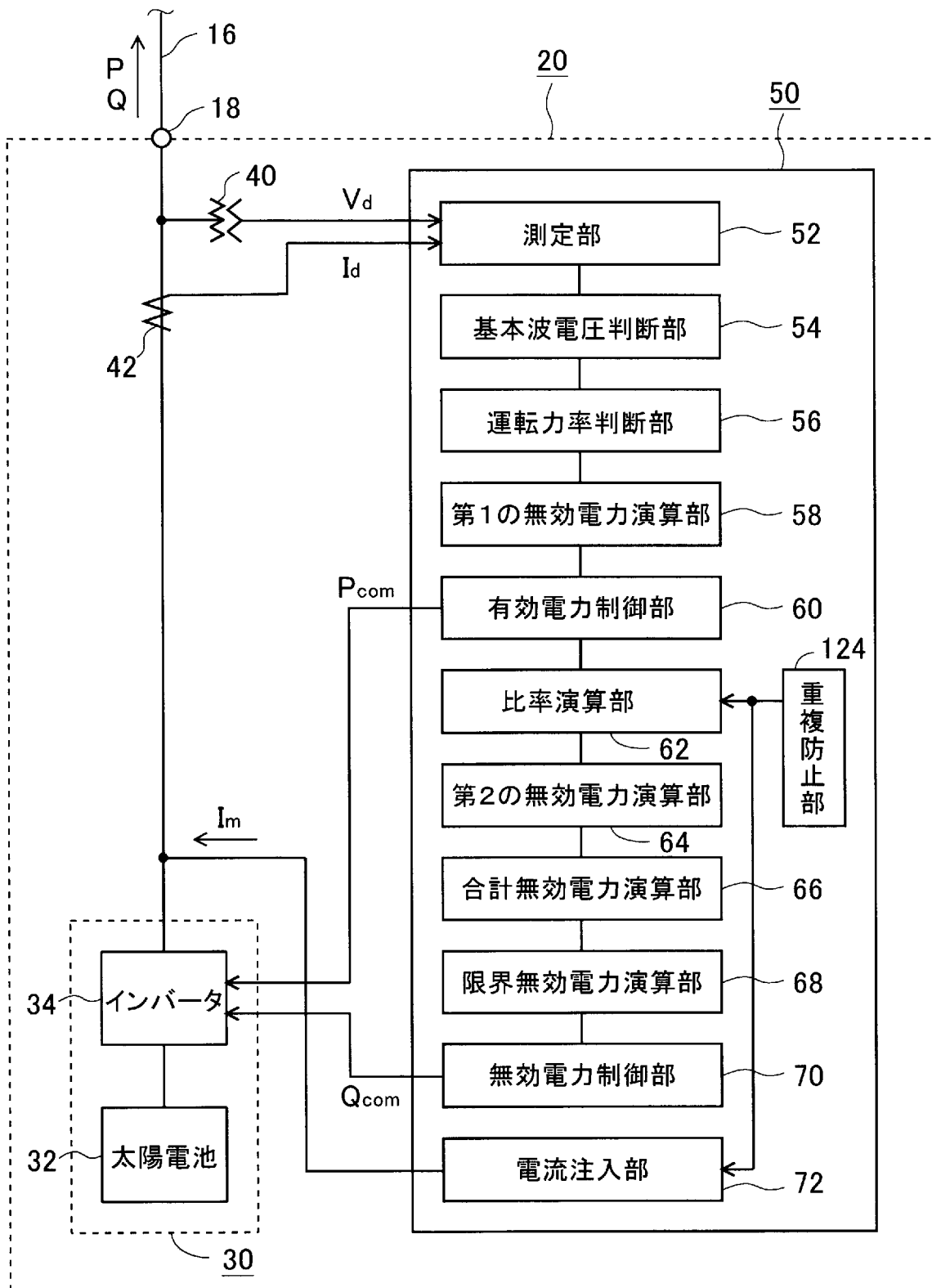
[図11]



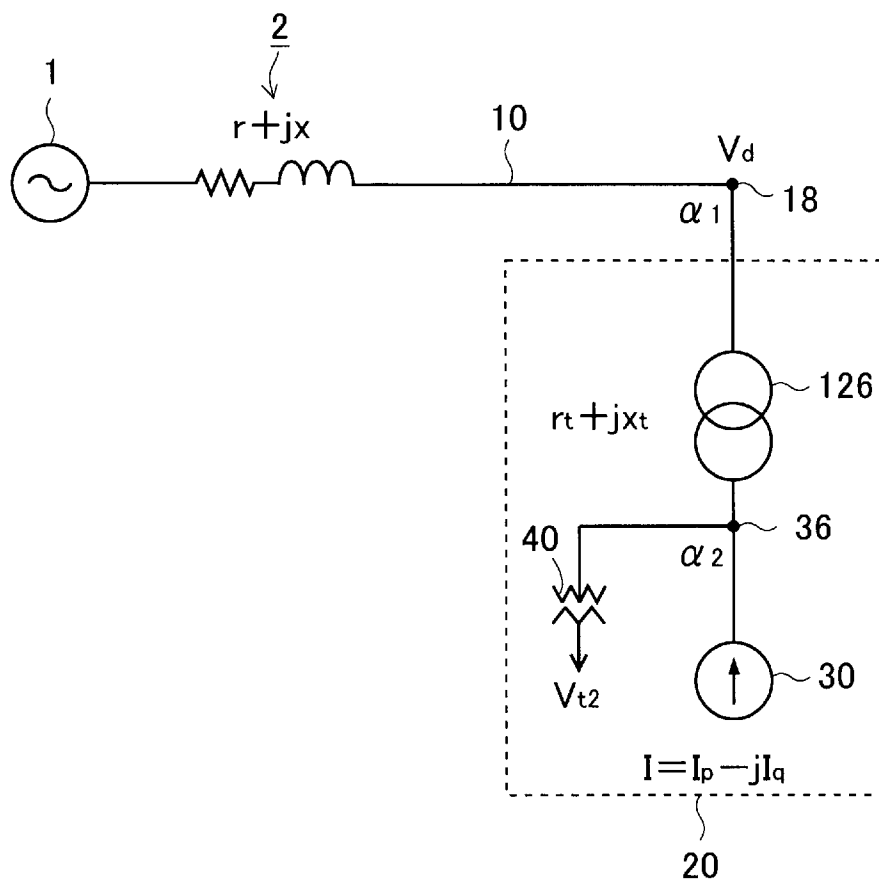
[図12]



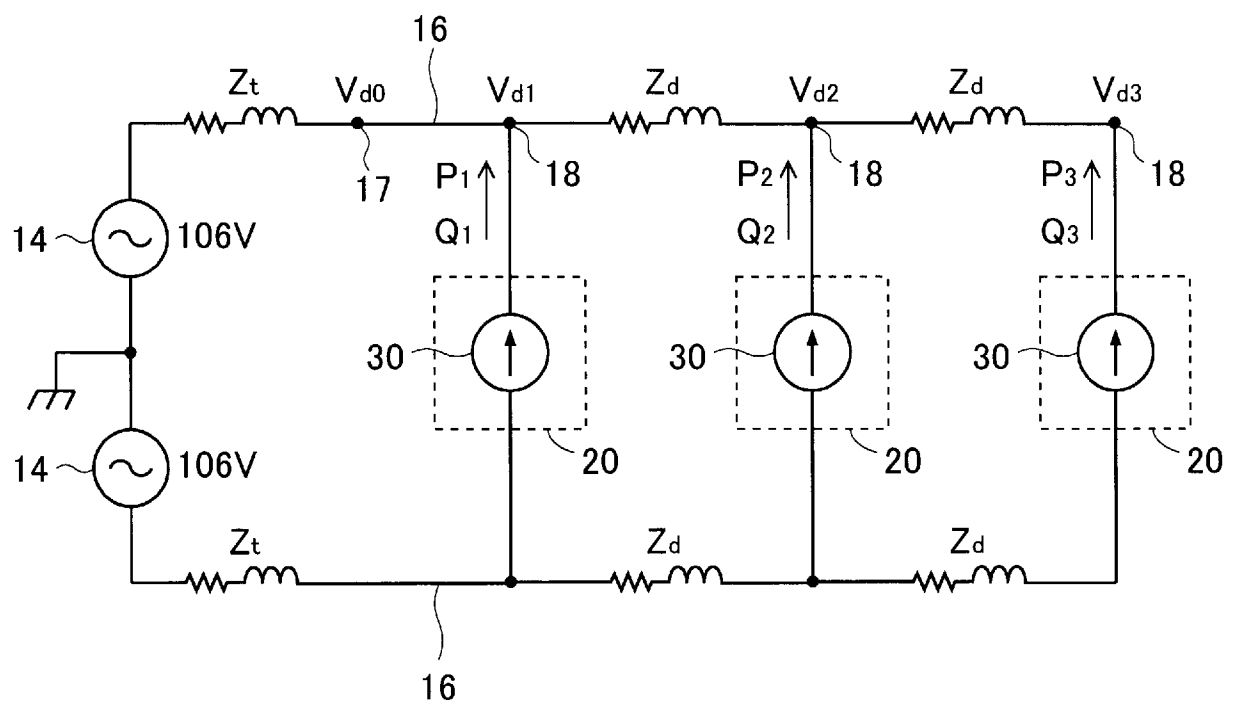
[図13]



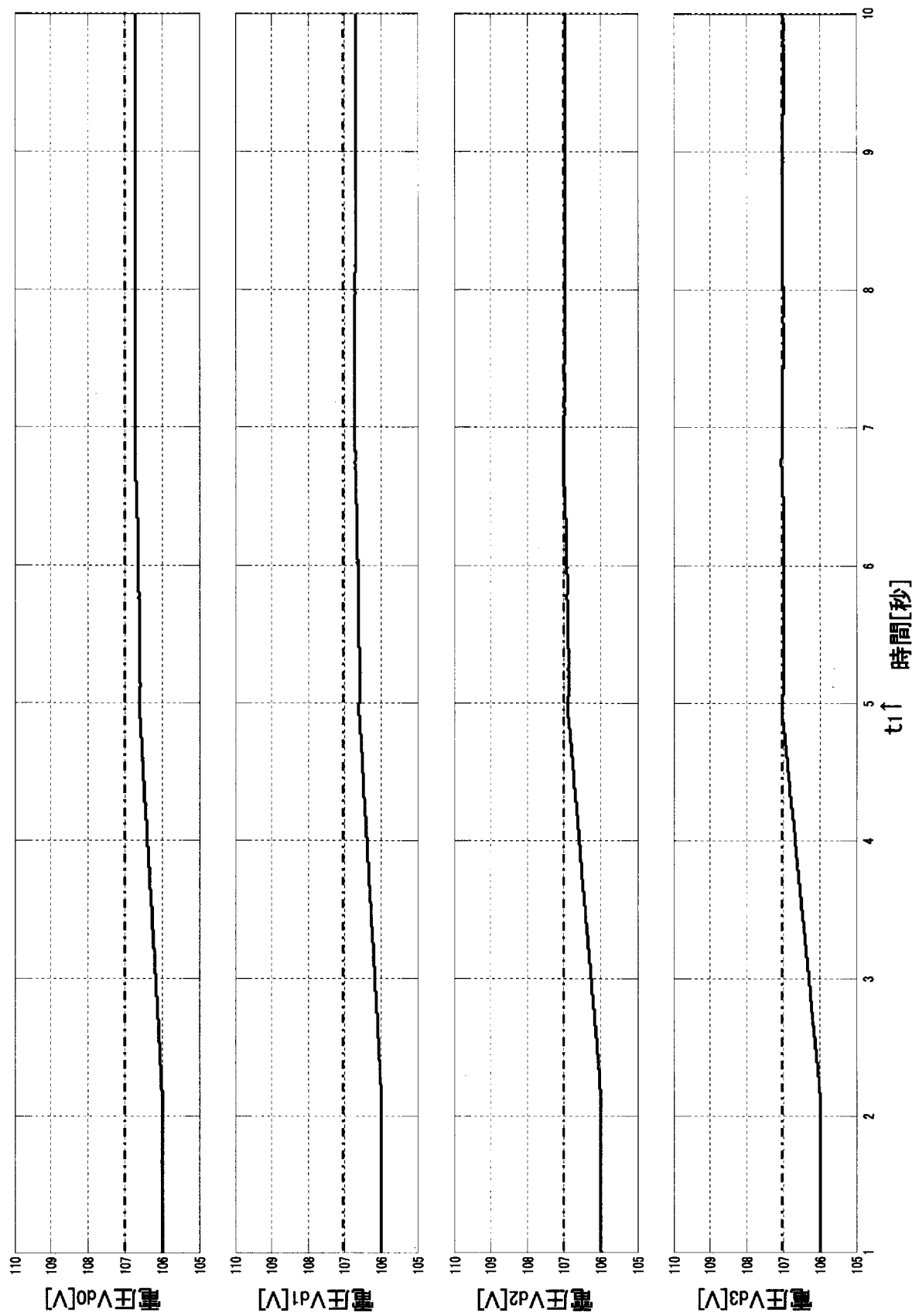
[図14]



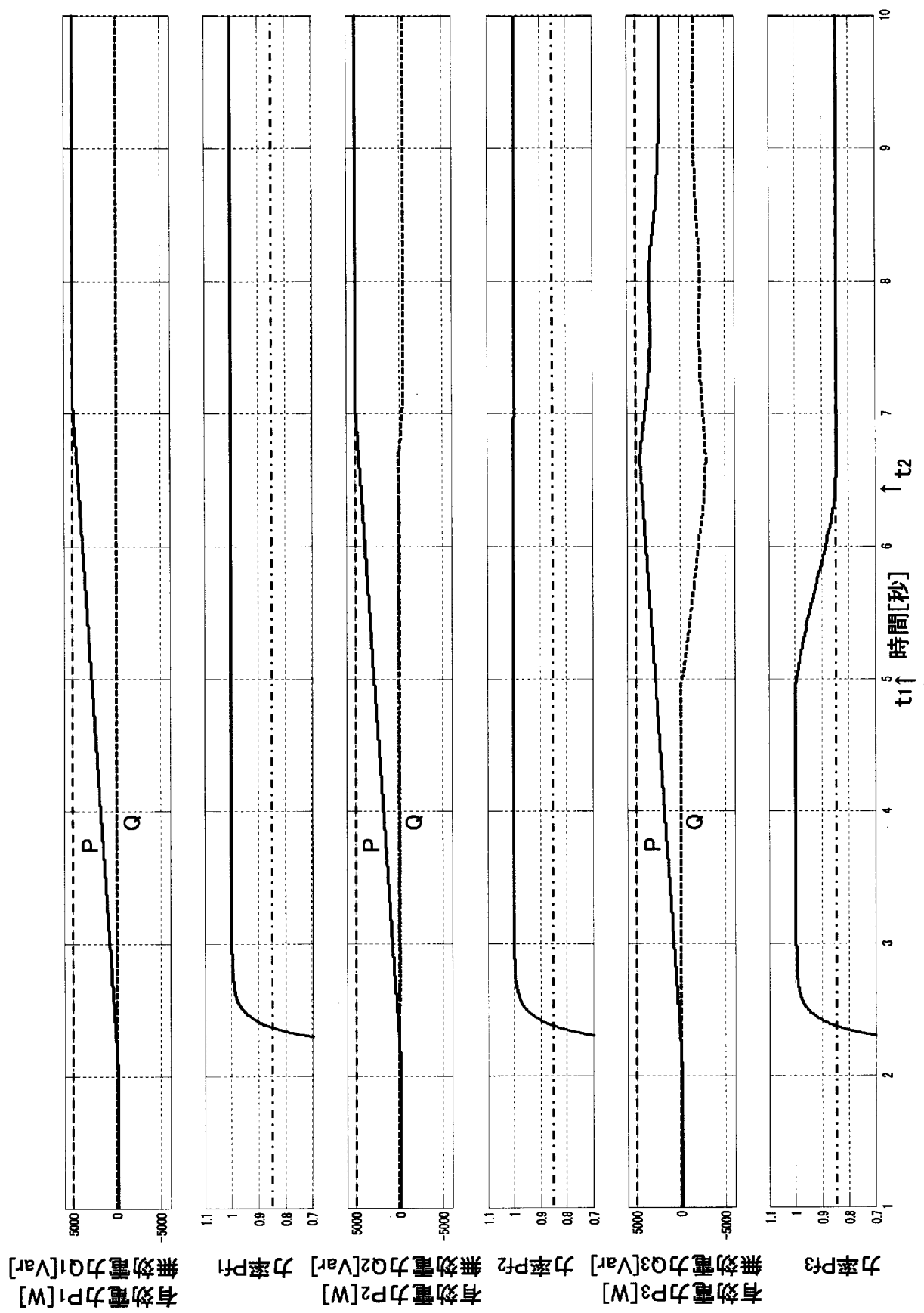
[図15]



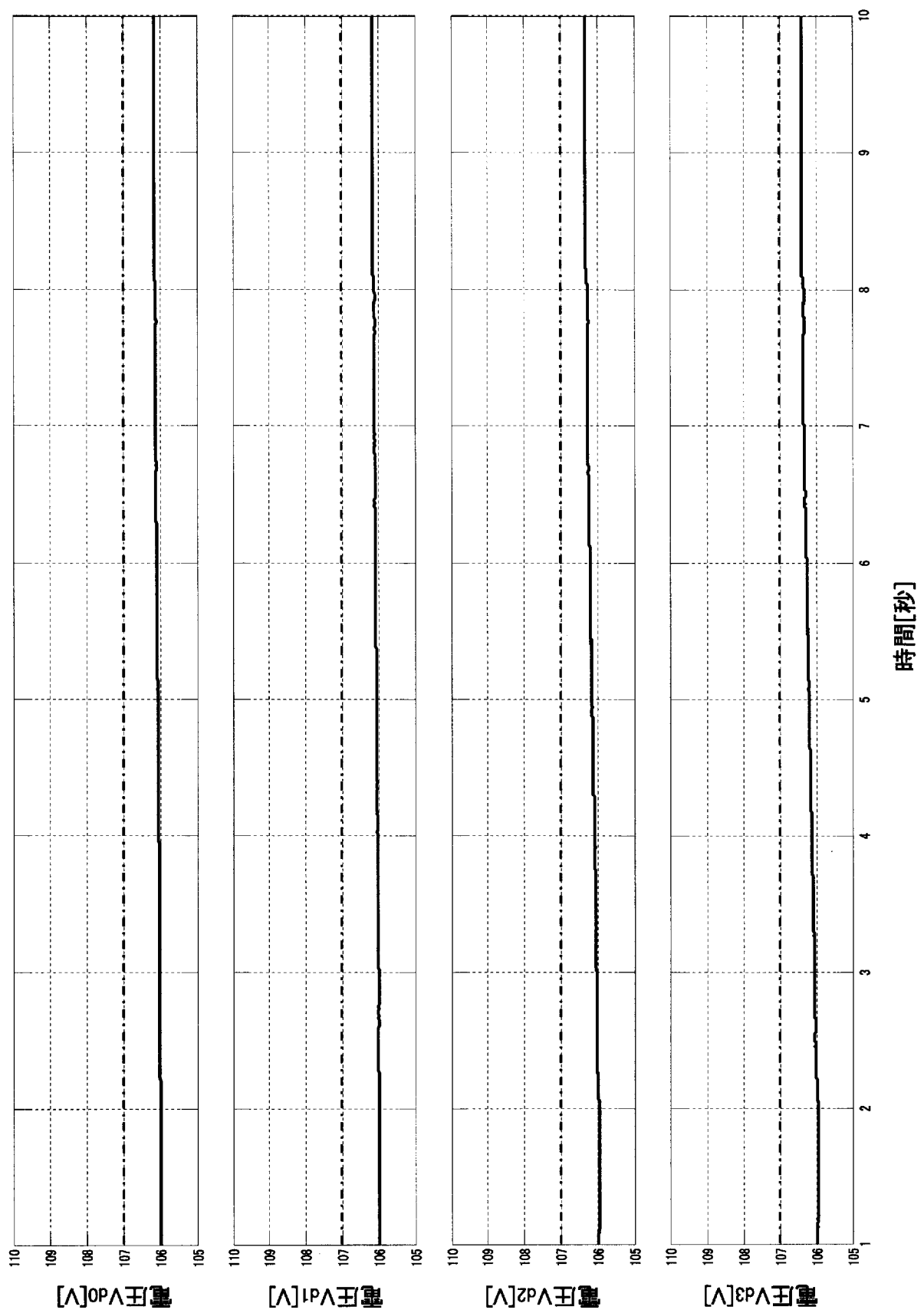
[図16]



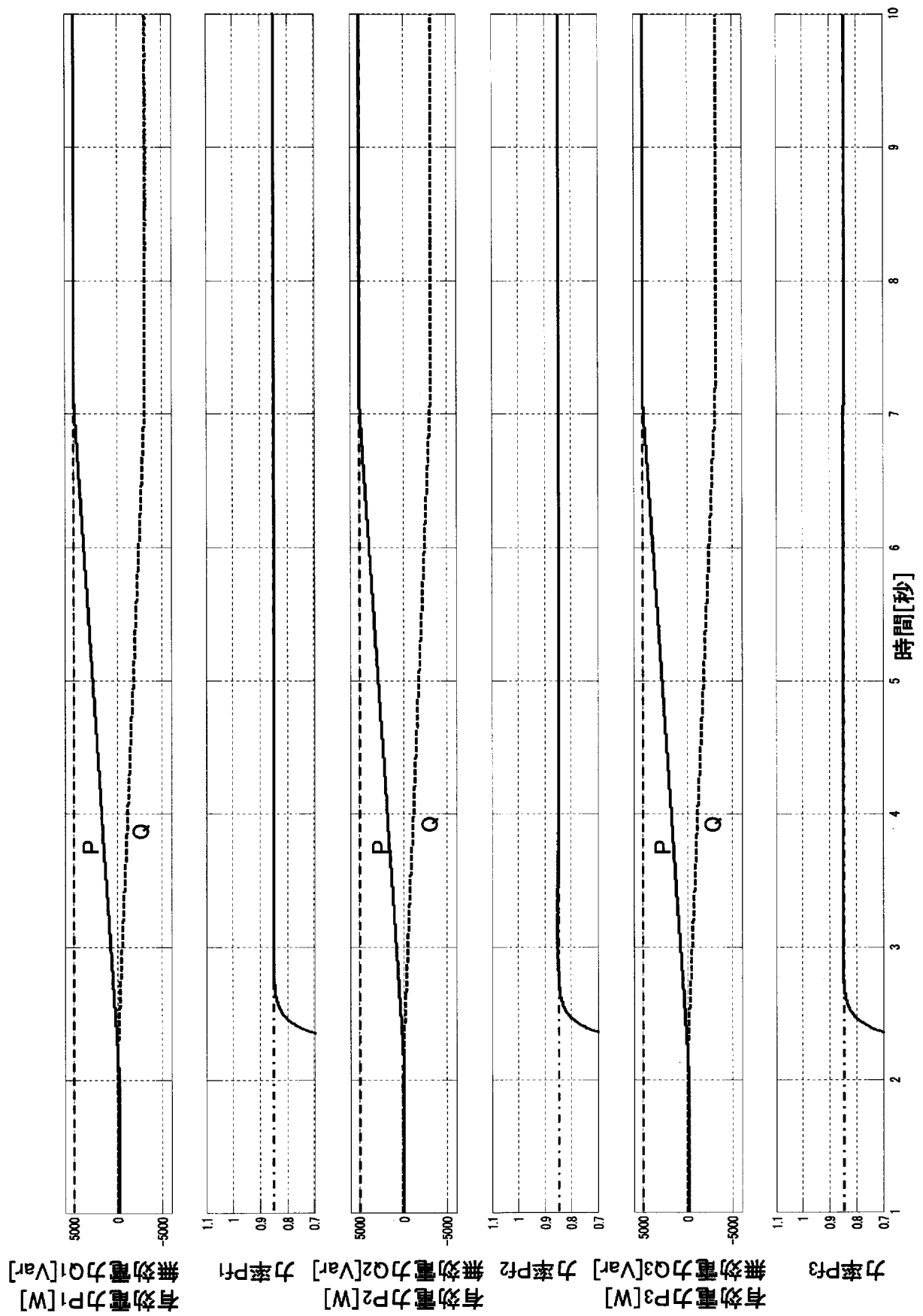
[図17]



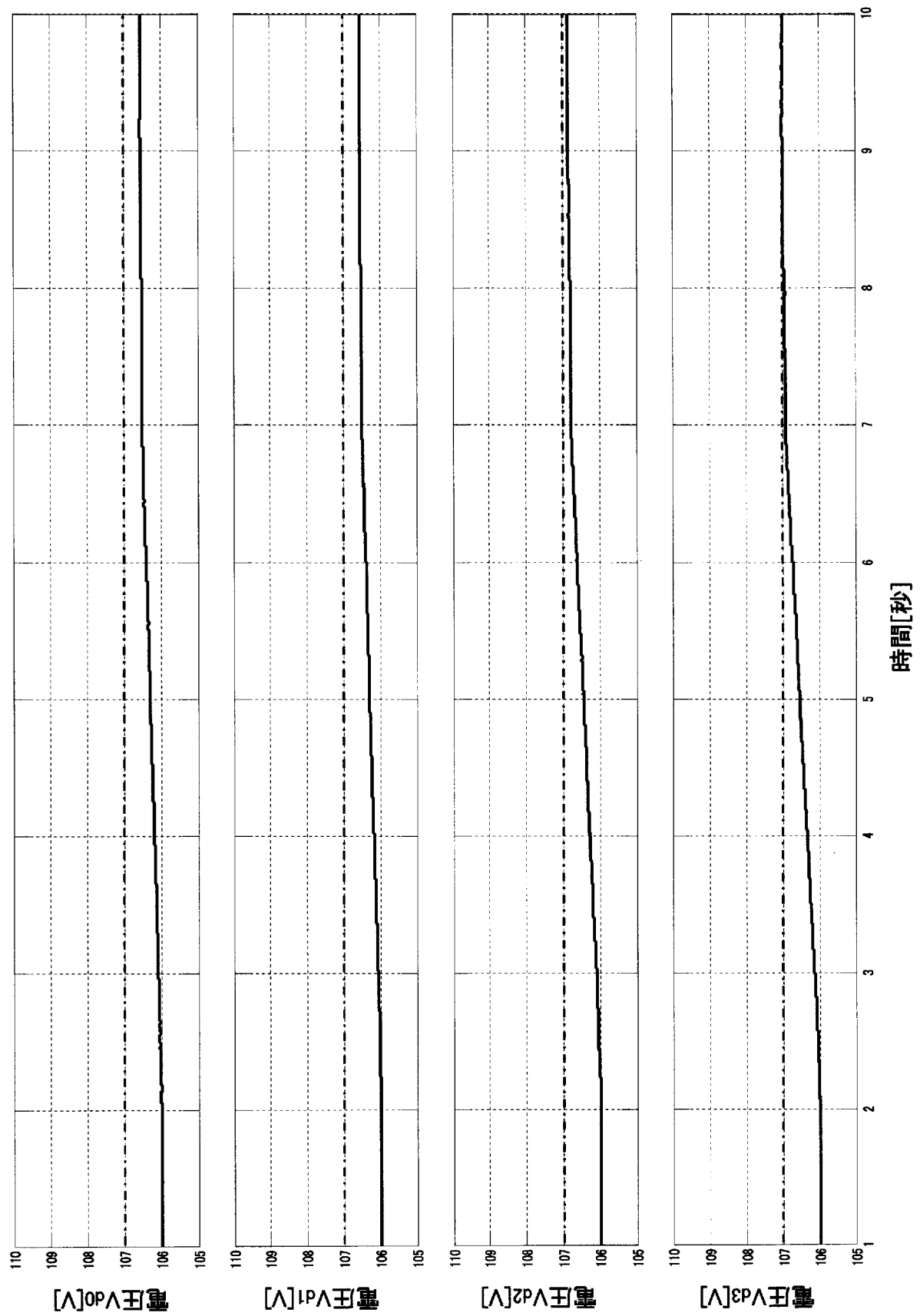
[図18]



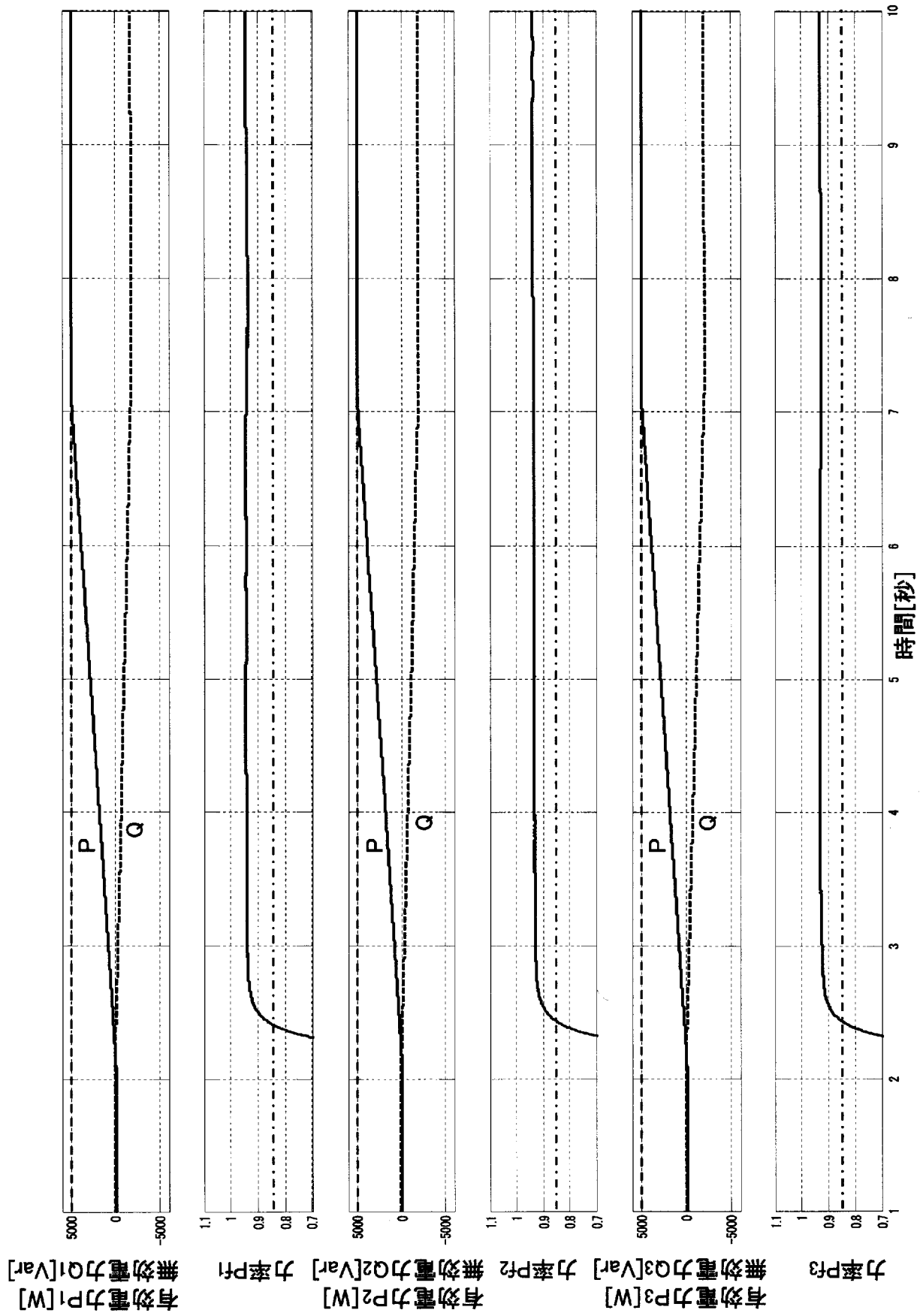
[図19]



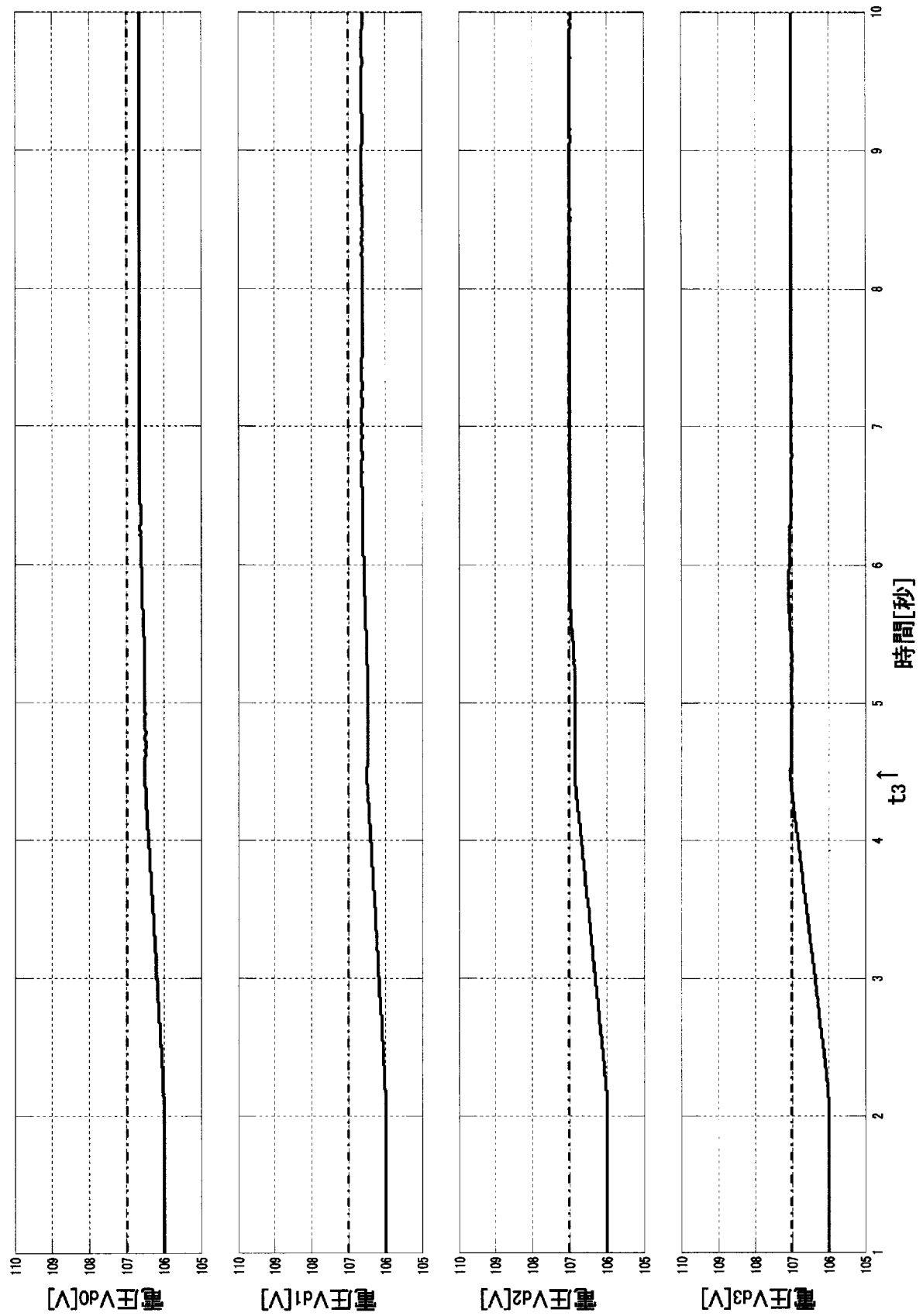
[図20]



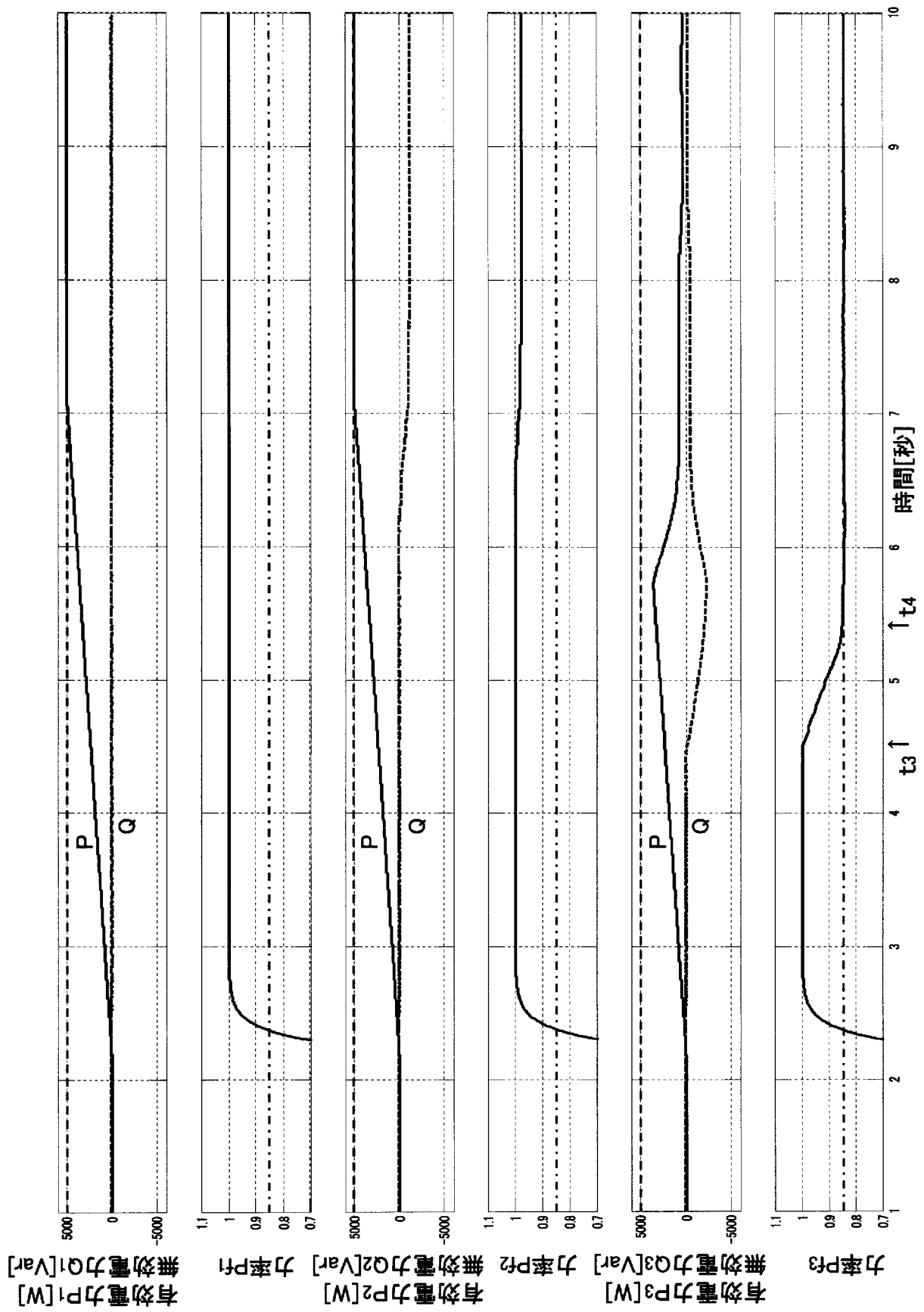
[図21]



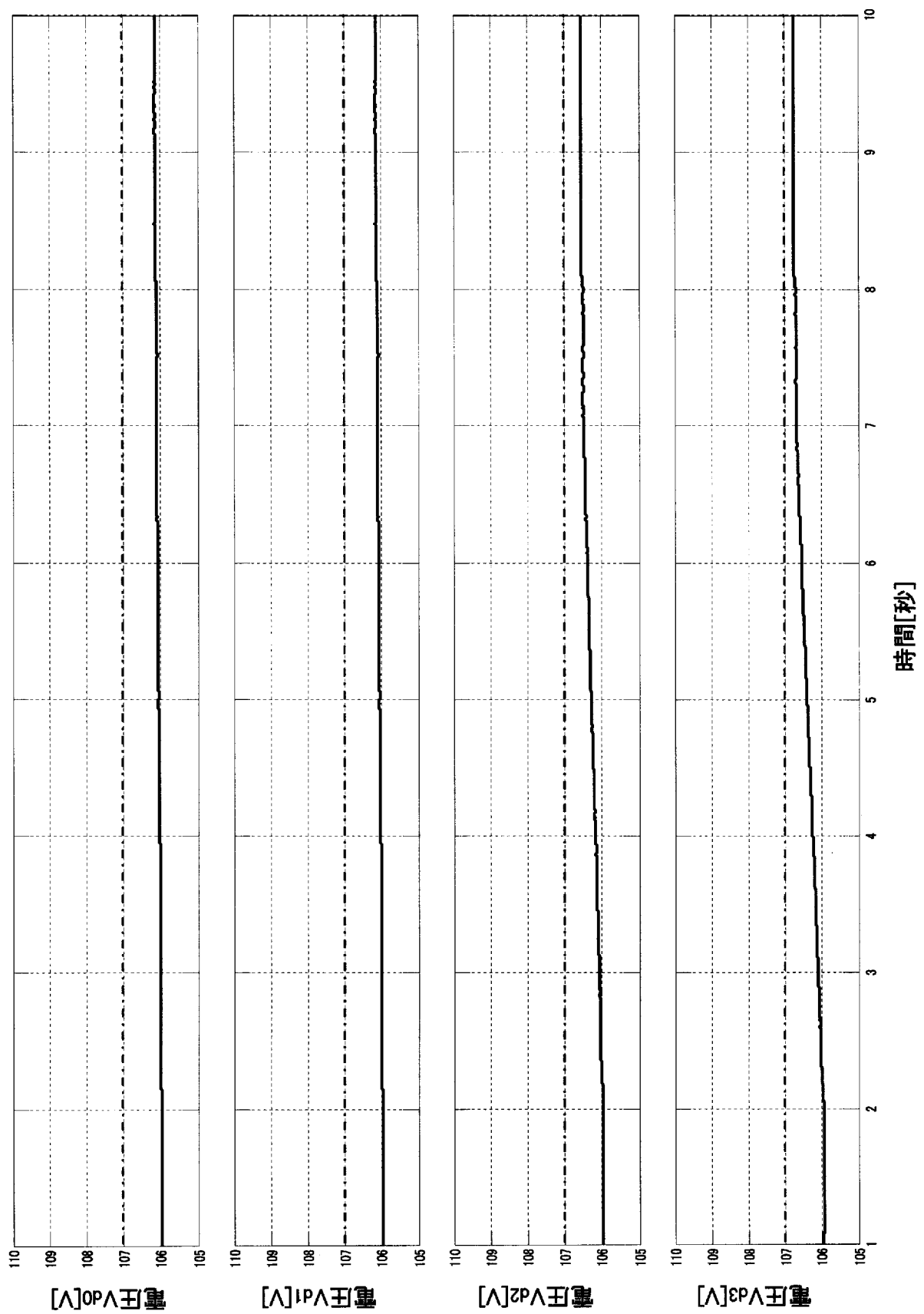
[図22]



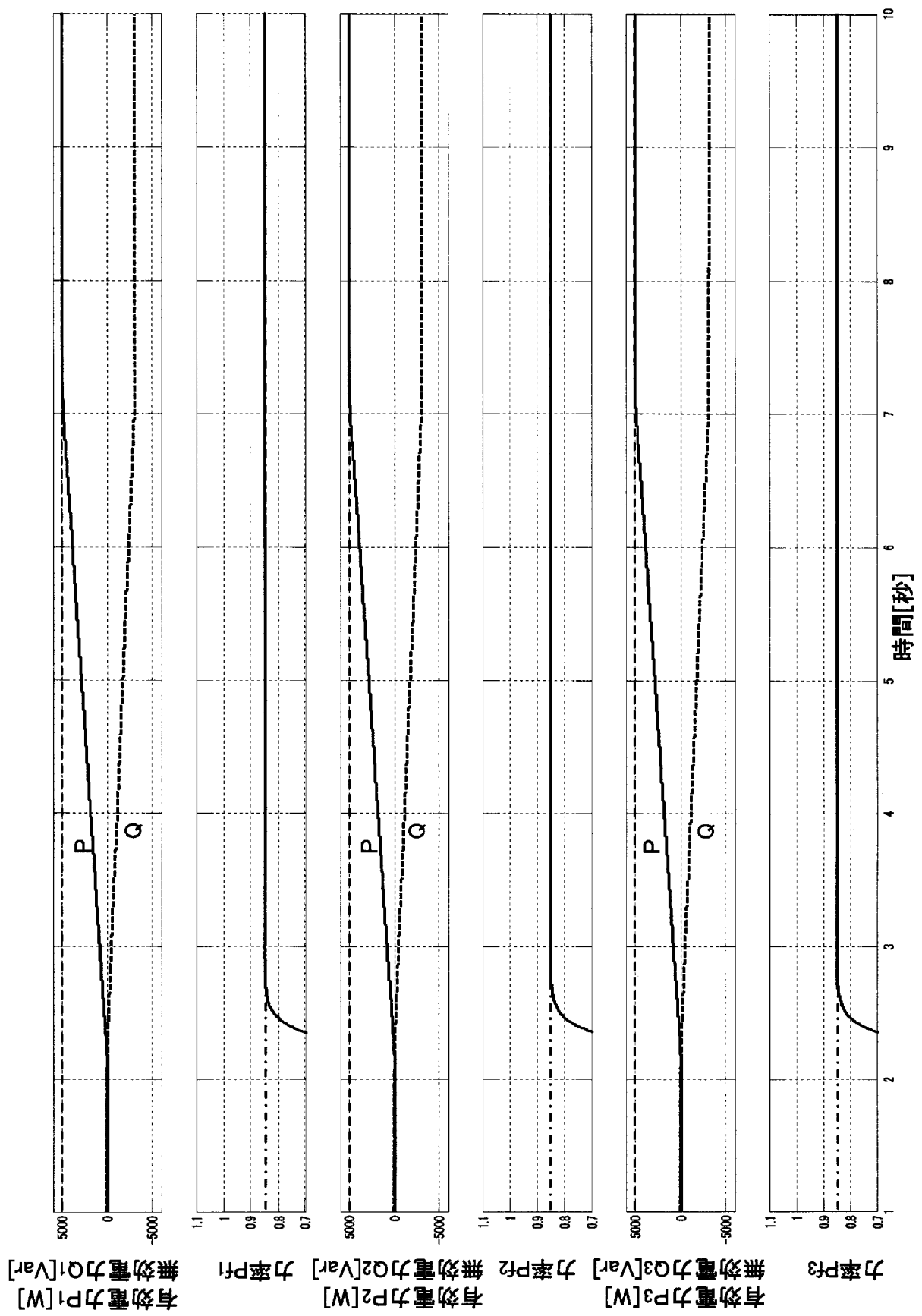
[図23]



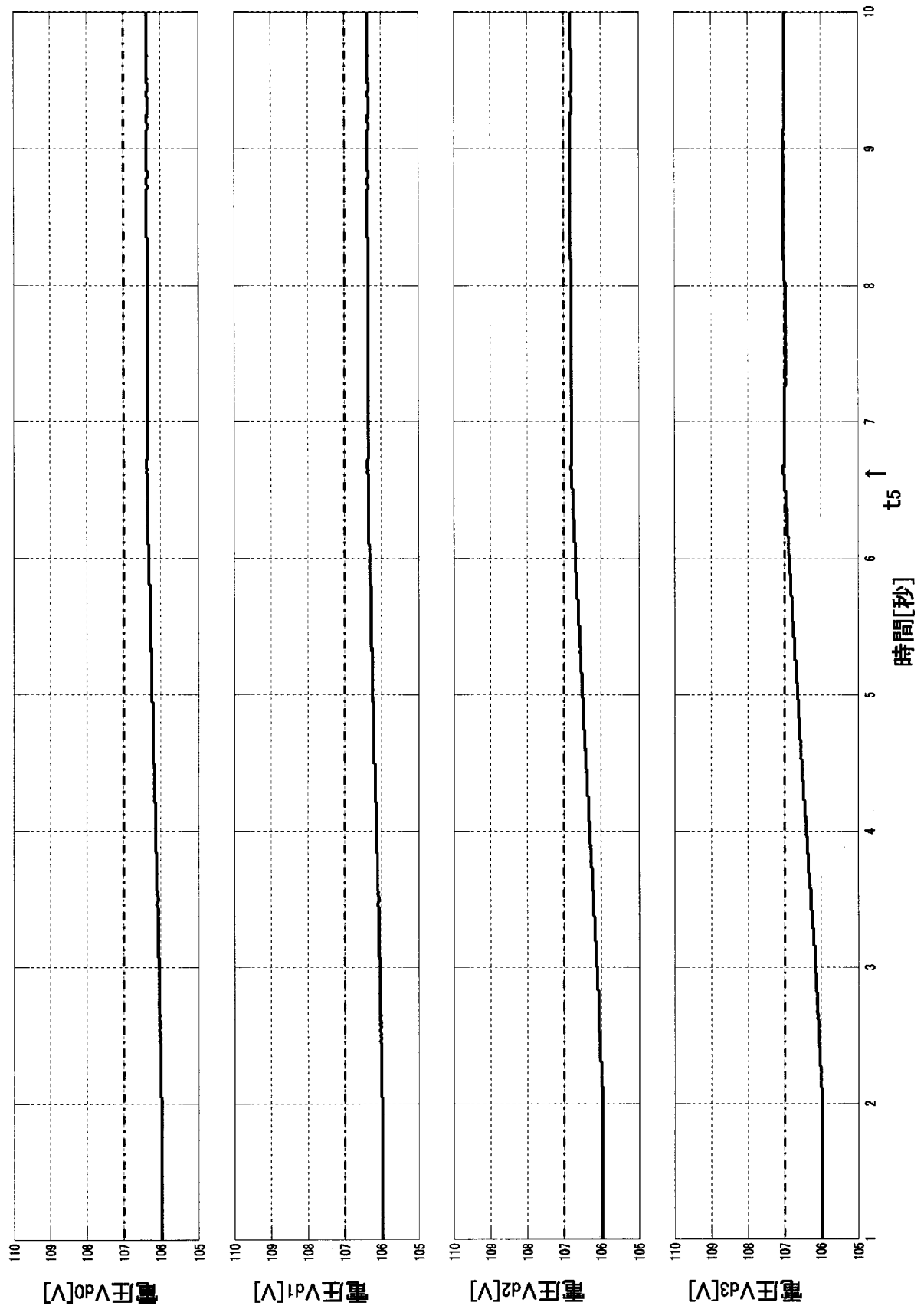
[図24]



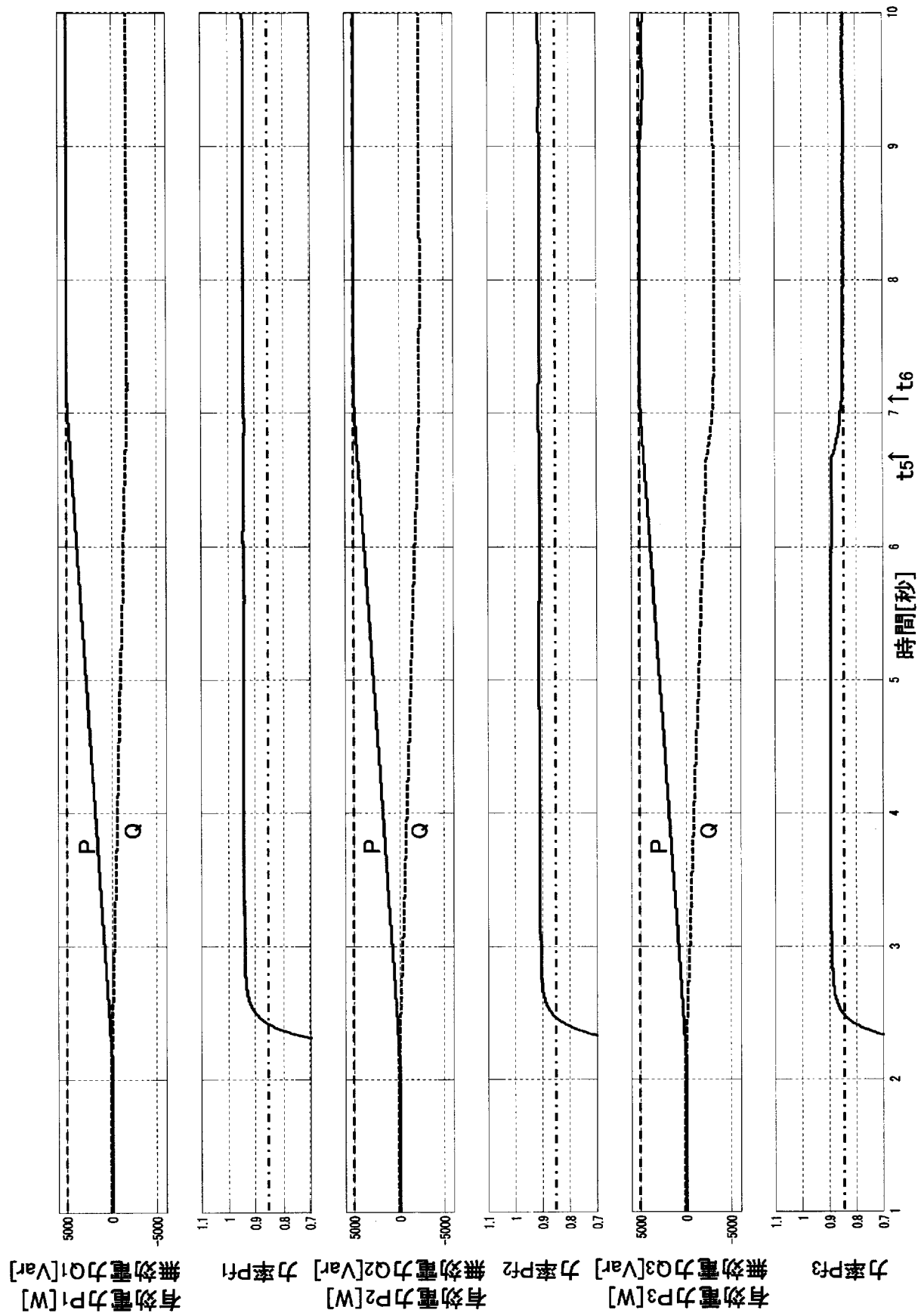
[図25]



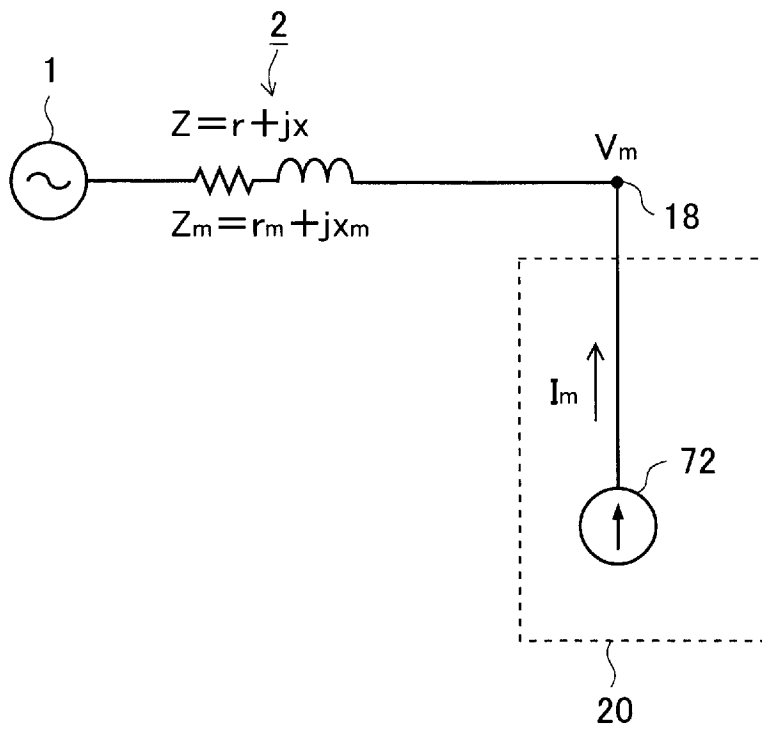
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J3/50(2006.01) i, G05F1/70(2006.01) i, H02J3/18(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)

H02J3/50, G05F1/70, H02J3/18

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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 2011-36066 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 17 February 2011 (17.02.2011), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2010-166759 A (The Kansai Electric Power Co., Inc.), 29 July 2010 (29.07.2010), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2009-177882 A (Hitachi, Ltd.), 06 August 2009 (06.08.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4



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
29 May, 2012 (29.05.12)

Date of mailing of the international search report
05 June, 2012 (05.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056506

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 2009-17758 A (Toshiba Corp.) , 22 January 2009 (22.01.2009) , entire text; all drawings (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H02J3/50(2006.01)i, G05F1/70(2006.01)i, H02J3/18(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（I P C）） Int.Cl. H02J3/50, G05F1/70, H02J3/18			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 2 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 2 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 2011-36066 A（関西電力株式会社） 2011.02.17, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4	
A	JP 2010-166759 A（関西電力株式会社） 2010.07.29, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4	
A	JP 2009-177882 A（株式会社日立製作所） 2009.08.06, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-4	
☒ 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 2 9 . 0 5 . 2 0 1 2		国際調査報告の発送日 0 5 . 0 6 . 2 0 1 2	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 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） 佐藤 智康 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8	5 T 9 0 5 9

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 2009-17758 A (株式会社東芝) 2009.01.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4