

(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
2020年7月16日(16.07.2020)



(10) 国際公開番号

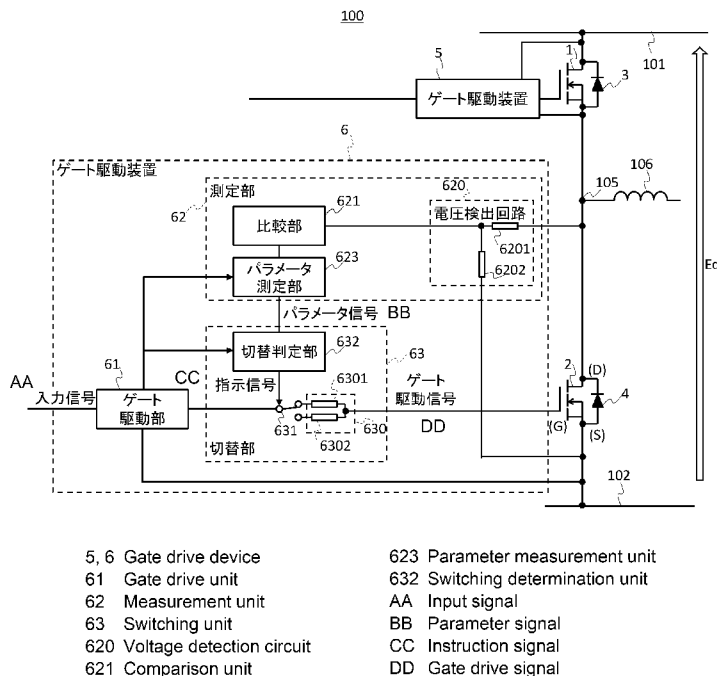
WO 2020/144883 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 1/08 (2006.01) *H02M 3/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/029162
- (22) 国際出願日: 2019年7月25日(25.07.2019)
- (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 2019-002610 2019年1月10日(10.01.2019) JP
- (71) 出願人: 富士電機株式会社 (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 松原 邦夫 (MATSUBARA Kunio); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
長野 剛 (NAGANO Tsuyoshi); 〒2109530 神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 龍華国際特許業務法人 (RYUKA IP LAW FIRM); 〒1631522 東京都新宿区西新宿1-6-1 新宿エルタワー22階 Tokyo (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: GATE DRIVE DEVICE AND SWITCHING DEVICE

(54) 発明の名称: ゲート駆動装置、スイッチング装置

[図1]



(57) Abstract: There is a case in which, if the changing speed of a gate voltage is uniformly reduced, the turn-off loss becomes larger. Provided is a gate drive device provided with: a gate drive unit for driving the gate of a switching element; a measurement unit for measuring a parameter changing in accordance with the current flowing through the switching element; and a switching unit for switching, on the basis of the parameter, the changing speed of the gate voltage of the switching element by the gate drive unit after a first reference time from the start of turning off the switching element.

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, 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))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(57) 要約：一律にゲート電圧の変化速度を小さくすると、ターンオフ損失が大きくなってしまう場合がある。スイッチング素子のゲートを駆動するゲート駆動部と、スイッチング素子に流れる電流に応じて変化するパラメータを測定する測定部と、パラメータに基づいて、スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降におけるゲート駆動部によるスイッチング素子のゲート電圧の変化速度を切り替える切替部とを備えるゲート駆動装置が提供される。

明 細 書

発明の名称： ゲート駆動装置、スイッチング装置

技術分野

[0001] 本発明は、ゲート駆動装置、スイッチング装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、スイッチング素子のゲートを駆動するゲート駆動装置では、ターンオフ時のサージ電圧を低減するべくゲート電圧の変化速度を小さくしている（例えば、特許文献１～３参照）。

特許文献１ 特許第６２９０１１８号明細書

特許文献２ 特許第６２６６４７８号明細書

特許文献３ 特許第４９３５２６６号明細書

解決しようとする課題

[0003] 一律にゲート電圧の変化速度を小さくすると、ターンオフ損失が大きくなってしまう場合がある。

一般的開示

[0004] 本発明の第１の態様においては、ゲート駆動装置が提供される。ゲート駆動装置は、スイッチング素子のゲートを駆動するゲート駆動部を備えてよい。ゲート駆動装置は、スイッチング素子に流れる電流に応じて変化するパラメータを測定する測定部を備えてよい。ゲート駆動装置は、パラメータに基づいて、スイッチング素子のターンオフ開始から第１基準時間以降におけるゲート駆動部によるスイッチング素子のゲート電圧の変化速度を切り替える切替部を備えてよい。

[0005] 切替部は、スイッチング素子のターンオフ期間中におけるスイッチング素子のターンオフ開始から第１基準時間以降でのゲート電圧の変化速度を切り替えてよい。

[0006] 切替部は、スイッチング素子のターンオフ期間中におけるスイッチング素子のターンオフ開始から第１基準時間以降でのゲート電圧の変化速度を小さく

くしてよい。

[0007] 切替部は、スイッチング素子の一のターンオフ期間中におけるスイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降でのゲート電圧の変化速度を、他のターンオフ期間中におけるスイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降でのゲート電圧の変化速度に対して変更してよい。

[0008] 切替部は、スイッチング素子の前回以前のスイッチング周期において測定されたパラメータに基づいて、スイッチング素子の次回以降のターンオフ期間におけるスイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降でのゲート電圧の変化速度を切り替えてよい。

[0009] 第1基準時間は、スイッチング素子のターンオフ開始から、遅くとも当該スイッチング素子の主端子間に生じる電圧がピークとなるタイミングまでの時間であってよい。

[0010] 第1基準時間は、スイッチング素子のターンオフ開始から、ゲート電圧のミラー期間が終了するタイミングまでの時間であってよい。

[0011] 切替部は、パラメータと基準値との比較結果に応じてゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する切替判定部を有してよい。

[0012] パラメータは、スイッチング素子がオン状態の場合の電流を示してよい。

パラメータは、スイッチング素子のターンオフ開始からスイッチング素子の主端子間に加わる電圧が基準電圧となるまでの時間を示してよい。

パラメータは、スイッチング素子のターンオフ開始から第2基準時間後においてスイッチング素子に加わる電圧を示してよい。

[0013] パラメータは、スイッチング素子をターンオフした場合に生じるサージ電圧を示してよい。切替部は、パラメータと、当該パラメータが測定されたスイッチング周期においてゲート電圧の変化速度を切り替えたか否かとに基づいてゲート電圧の変化速度を切り替えてよい。

[0014] 本発明の第2の態様においては、スイッチング装置が提供される。スイッチング装置は、第1の態様におけるゲート駆動装置を備えてよい。スイッチング装置は、ゲート駆動装置によってゲートが駆動されるスイッチング素子

を備えてよい。

[0015] スイッチング素子は、ワイドバンドギャップ半導体素子であってよい。

[0016] 上記の発明の概要は、本発明の特徴の全てを列挙したものではない。これらの特徴群のサブコンビネーションも発明となりうる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本実施形態に係るスイッチング装置100を示す。

[図2]スイッチング装置100の動作を示す。

[図3]主スイッチング素子2をターンオフする場合の動作波形を示す。

[図4]スイッチング装置100によるターンオフ時の動作波形を示す。

[図5]スイッチング装置100によるターンオフ時の他の動作波形を示す。

[図6]変形例に係るスイッチング装置100Aを示す。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は請求の範囲にかかる発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。なお、実施の形態を通して共通の構成には同一の符号を付すものとし、重複する説明は省略する。

[0019] [1. スイッチング装置100の構成]

図1は、本実施形態に係るスイッチング装置100を示す。なお、図中、白抜きの矢印記号は電圧を示す。

[0020] スイッチング装置100は、一例としてモータ駆動用または電力供給用に用いられる電力変換装置の1相分を示したものであり、正側電源線101および負側電源線102と、電源出力端子105との接続を切り換えて電源出力端子105から変換した電圧を出力する。

[0021] ここで、正側電源線101および負側電源線102の間には例えば600～800Vの直流電圧 E_d が印加され、負側電源線102はスイッチング装置100の全体の基準電位（一例としてグランド電位）に接続される。電源出力端子105には誘導負荷106が接続されてよい。スイッチング装置1

00は、正側の主スイッチング素子1および負側の主スイッチング素子2と、主スイッチング素子1、2に逆並列に接続された還流ダイオード3、4と、正側のゲート駆動装置5および負側のゲート駆動装置6とを備える。

[0022] [1-1. 主スイッチング素子1, 2]

主スイッチング素子1、2は、それぞれスイッチング素子の一例であり、ドレイン端子およびソース端子の間を電氣的に接続または切断する。例えば、主スイッチング素子1、2は、後述のゲート駆動装置5、6によってオン（接続とも称する）／オフ（切断とも称する）を切り換える。ここで、本実施形態では一例として、主スイッチング素子1、2は負側電源線102および正側電源線101の間に直列に順次接続され、電力変換装置における上アームおよび下アームを構成している。主スイッチング素子1、2の midpoint には電源出力端子105が接続される。

[0023] 主スイッチング素子1、2は、シリコンを基材としたシリコン半導体素子である。これに代えて、主スイッチング素子1、2の少なくとも一方はワイドバンドギャップ半導体素子であってもよい。ワイドバンドギャップ半導体素子とは、シリコン半導体素子よりもバンドギャップが大きい半導体素子であり、例えばSiC、GaN、ダイヤモンド、窒化ガリウム系材料、酸化ガリウム系材料、AlN、AlGaN、または、ZnOなどを含む半導体素子である。ワイドバンドギャップ半導体素子は、シリコン半導体素子よりもスイッチング速度を向上させることが可能である。なお、本実施例では主スイッチング素子1、2はMOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) であり、正側電源線101の側がカソードである寄生ダイオード（図示せず）を有してよい。

[0024] [1-2. 還流ダイオード3, 4]

還流ダイオード3、4は、主スイッチング素子1、2に逆並列に接続される。還流ダイオード3、4は、ショットキーバリアダイオードでもよいし、MOSFETの寄生ダイオードでもよい。還流ダイオード3、4は、シリコ

ン半導体素子でもよいし、ワイドバンドギャップ半導体素子でもよい。

[0025] [1-3. ゲート駆動装置5, 6]

ゲート駆動装置5、6は、外部から入力される入力信号に基づいて、対応する主スイッチング素子1、2のゲートを駆動する。入力信号は、PWM制御により主スイッチング素子1、2を制御して、電源出力端子105から概ね正弦波の交流電流を出力させてよい。入力信号は主スイッチング素子1と、主スイッチング素子2とに対して別々に入力されてよい。なお、本実施形態では一例として、入力信号はハイ（オン指令信号）の場合に主スイッチング素子2をオン状態にすることを指示し、ロー（オフ指令信号）の場合に主スイッチング素子2をオフ状態にすることを指示する。

[0026] 正側のゲート駆動装置5は主スイッチング素子1のゲートを駆動し、負側のゲート駆動装置6は主スイッチング素子2のゲートを駆動する。なお、ゲート駆動装置5、6は同様の構成であるため、本実施形態では負側のゲート駆動装置6について説明を行い、正側のゲート駆動装置5については説明を省略する。

[0027] ゲート駆動装置6は、ゲート駆動部61と、測定部62と、切替部63とを有する。本実施形態においては一例として、ゲート駆動装置6の各部をアナログ回路として説明する。

[0028] [1-3-1. ゲート駆動部61]

ゲート駆動部61は、外部からの入力信号に含まれるターンオン信号およびターンオフ信号に基づいて、主スイッチング素子2のゲートを駆動する。ゲート駆動部61は、主スイッチング素子2のゲート端子にオン／オフを指示するゲート駆動信号（オン指令信号／オフ指令信号）を供給する。ゲート駆動部61は、ゲート駆動信号を測定部62および切替部63にも供給してよい。ゲート駆動部61は、主スイッチング素子2のソース端子に接続され、ソース端子の電位をゲート駆動信号の基準電位として用いてよい。

[0029] [1-3-2. 測定部62]

測定部62は、主スイッチング素子2に流れる電流（例えばドレイン端子

に流れる電流 I_d) に応じて変化するパラメータを測定する。本実施形態では一例として、パラメータは、主スイッチング素子 2 のターンオフ開始から主スイッチング素子 2 の主端子間に加わる電圧（本実施形態では一例としてソース端子およびドレイン端子の間に加わる電圧 V_{ds} ）が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT を示してよい。主スイッチング素子 2 に流れる電流 I_d が大きくなると時間 ΔT は短くなる。基準電圧 V_{ref} は、直流電圧 E_d と、主スイッチング素子 2 のターンオフ期間におけるソースドレイン電圧 V_{ds} のピーク電圧との間で予め定められた電圧であってよい。測定部 62 は、電圧検出回路 620 と、比較部 621 と、パラメータ測定部 623 とを有する。

[0030] [1-3-2-1. 電圧検出回路 620]

電圧検出回路 620 は、電圧 V_{ds} を検出する。例えば、電圧検出回路 620 は、電圧 V_{ds} を分圧する抵抗 6201、6202 を有する。抵抗 6201、6202 の中点は比較部 621 に接続されており、検出される電圧を比較部 621 に供給する。なお、本実施形態では、検出電圧はソース端子側よりもドレイン端子側の電位が高い場合の電圧を正電圧とする。

[0031] [1-3-2-2. 比較部 621]

比較部 621 は、電圧検出回路 620 により検出された電圧 V_{ds} と、基準電圧 V_{ref} とを比較する。例えば、比較部 621 はコンパレータでよく、非反転入力端子には電圧 V_{ds} が入力され、反転入力端子には基準電圧 V_{ref} が入力されてよい。比較部 621 は、電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} よりも大きくなったことに応じてパラメータ測定部 623 にトリガ信号を供給する。

[0032] [1-3-2-3. パラメータ測定部 623]

パラメータ測定部 623 は、比較部 621 による比較結果に基づいてパラメータを測定する。測定部 62 は、主スイッチング素子 2 のターンオフ期間中にパラメータを測定してよい。例えば、パラメータ測定部 623 は、ゲート駆動部 61 からのゲート駆動信号に含まれるオフ指令信号の受信タイミングを主スイッチング素子 2 のターンオフの開始タイミングとして検出してよい。パラメータ測定部 623 は、検出した開始タイミングからトリガ信号を

受信するまでの経過時間をパラメータとして測定してよい。パラメータ測定部623は、測定したパラメータを示すパラメータ信号を切替判定部632に供給する。パラメータ測定部623は、オフ指令信号を受信する毎にリセットされてよい。

[0033] [1-3-3. 切替部63]

切替部63は、測定部62から供給されるパラメータ信号に基づいて、主スイッチング素子2のターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降のゲート駆動部61による主スイッチング素子2のゲート電圧の変化速度を切り替える。切替部63は、主スイッチング素子2のターンオフ期間中における第1基準時間 ΔT_{ref1} の経過以降でのゲート電圧の変化速度を切り替えてよく、一例として変化速度を小さくしてよい。

[0034] 第1基準時間 ΔT_{ref1} は、主スイッチング素子2のターンオフ開始から、遅くとも当該主スイッチング素子2の電圧 V_{ds} がピークとなるタイミングまでの時間であってよい。切替部63は、ゲート抵抗630と、接続切替部631と、切替判定部632とを有する。また、第1基準時間 ΔT_{ref1} の終了タイミングは、ゲート電圧のミラー期間の終了タイミングと同じであってもよい。

[0035] [1-3-3-1. ゲート抵抗630]

ゲート抵抗630は、互いに抵抗値の異なる2つのゲート抵抗6301, 6302を有する。ゲート抵抗6301の抵抗値は、ゲート抵抗6302の抵抗値よりも大きくてよい。本実施形態では一例として、ゲート抵抗6301, 6302は、それぞれ一端が主スイッチング素子2のゲートに接続され、他端が接続切替部631に接続されている。なお、ゲート抵抗630は、主スイッチング素子2のターンオフ期間中に抵抗値を変更できる限りにおいて他の構成でもよい。

[0036] [1-3-3-2. 接続切替部631]

接続切替部631は、ゲート抵抗630の抵抗値を切り替える。これにより、ゲート電圧の変化速度が切り換えられる。本実施形態では一例として接

続切替部631は、2つのゲート抵抗6301、6302の何れか一方を一時的にゲートに電氣的に接続する。接続切替部631は、切替判定部632からの指示信号に従ってゲート抵抗6301、6302の何れかの他端（ゲート側とは反対側の端部）をゲート駆動部61に電氣的に接続してよい。なお、接続切替部631は、ゲート抵抗6301、6302にそれぞれオンオフ可能なスイッチを備える構成でもよい。この場合、切替判定部632によりそれぞれのスイッチのオンオフが制御されてもよい。一例として、ゲート電圧の変化速度を切り替える場合には、ゲート抵抗6301、6302に対応するスイッチがそれぞれオンされている状態から、いずれか一方がオフされてよい。

[0037] [1-3-3-3. 切替判定部632]

切替判定部632は、測定部62から供給されるパラメータ（本実施形態では一例として主スイッチング素子2のターンオフ開始から電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT ）と基準値との比較結果に応じてゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する。基準値は、主スイッチング素子2のターンオフにより生じるサージ電圧がスイッチング装置100における各素子の素子耐圧のうち最も低い素子耐圧となる場合のパラメータの値であってよい。本実施形態では一例として、基準値は、素子耐圧のサージ電圧が生じる場合にターンオフ開始から電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間（第3基準時間 ΔT_{ref3} とも称する）であってよい。切替判定部632は、時間 ΔT が第3基準時間 ΔT_{ref3} よりも短いことに応じて、ゲート電圧の変化速度を切り替えると判定してよい。これにより、素子耐圧よりも大きいサージ電圧が生じる場合に切り替えが行われる。なお、第3基準時間 ΔT_{ref3} は第1基準時間 ΔT_{ref1} と同じであってもよいし、異なってもよい。第3基準時間 ΔT_{ref3} と第1基準時間 ΔT_{ref1} とが異なる場合には、第3基準時間 ΔT_{ref3} は第1基準時間 ΔT_{ref1} より長くてもよいし、短くてもよい。

[0038] 切替判定部632は、切り替えを行うか否かを指示する指示信号を接続切替部631に供給する。切替判定部632は、ゲート駆動部61からのゲー

ト駆動信号に基づき、主スイッチング素子2のターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} が経過するタイミングで指示信号を出力してよい。

[0039] なお、切替判定部632は、ゲートへの接続対象がゲート抵抗6301に切り替えられた場合には、遅くとも次のターンオフ開始までにゲートへの接続対象をゲート抵抗6302に戻してよい。一例として、切替判定部632は、ターンオフ完了から予め定められた時間の経過後にゲートへの接続対象をゲート抵抗6302に戻してもよいし、ゲート駆動信号に含まれるオン指令信号を受信したことに応じてゲートへの接続対象をゲート抵抗6302に戻してもよい。

[0040] 以上のスイッチング装置100によれば、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d に応じて変化するパラメータに基づいて主スイッチング素子2のターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降における主スイッチング素子2のゲート電圧の変化速度が切り替えられる。従って、主スイッチング素子2のターンオフによりサージ電圧が素子耐圧よりも高く生じる場合にはゲート電圧の変化を遅くすることができるため、サージ電圧による素子破壊を防止することができる。また、主スイッチング素子2のターンオフによりサージ電圧が素子耐圧よりも低く生じる場合にはゲート電圧の変化を速くすることができるため、ターンオフ損失を低減することができる。よって、一律にゲート電圧を遅くする場合と異なり、サージ電圧を不必要に低減することによるターンオフ損失の増加を防止することができる。

[0041] また、主スイッチング素子2のターンオフ開始から電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT をパラメータとして測定するので、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d を間接的に測定することができる。従って、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d を直接測定する場合と比較して、スイッチング装置100のコストを低減することができる。

[0042] また、主スイッチング素子2のターンオフ期間中における主スイッチング素子2のターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降でのゲート電圧の変化速度が切り替えられるので、確実にターンオフ時のサージ電圧による素子

破壊を防止するとともに、ターンオフ損失を低減することができる。

[0043] また、第1基準時間 ΔT_{ref1} は主スイッチング素子2のターンオフ開始から遅くとも電圧 V_{ds} がピークとなるタイミングまでの時間、或いはゲート電圧のミラー期間が終了するタイミングまでの時間であるので、主端子間に生じるピーク電圧、ひいてはサージ電圧を低減することができる。従って、サージ電圧による素子破壊を確実に防止することができる。

[0044] また、互いに抵抗値が異なる2つのゲート抵抗6301, 6302の何れか一方が択一的に主スイッチング素子2のゲートに接続されるので、ゲート電圧の変化速度を確実に切り替えることができる。

[0045] [2. 動作]

図2は、スイッチング装置100の動作を示す。スイッチング装置100は、ステップS101～S111の処理を行うことにより主スイッチング素子2のターンオフ期間に駆動条件を変更する。

[0046] ステップS101においてゲート駆動部61は、外部からの入力信号に含まれるオフ指令信号を受信する。ステップS103においてゲート駆動部61は、ターンオフを指示するゲート駆動信号を出力して主スイッチング素子2のターンオフを開始する。

[0047] ステップS105において切替判定部632は、測定部62から供給されるパラメータと基準値との比較結果に応じてゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する。切替判定部632は、前回のスイッチング周期において測定されたパラメータに基づいて、次のターンオフ期間におけるゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定してよい。本実施形態においては一例として切替判定部632は、パラメータが基準値よりも大きい場合にはゲートへの接続対象をゲート抵抗6301に維持し、パラメータが基準値よりも小さい場合にゲートへの接続対象をゲート抵抗6302からゲート抵抗6301に切り替えるよう判定する。切替判定部632は、切り替えを行うと判定した場合（ステップS105；Yes）には処理をステップS107に移行し、切り替えを行わないと判定した場合（ステップS105；No）

には処理をステップS 1 0 9に移行する。

[0048] ステップS 1 0 7において切替部6 3は、ゲート電圧の変化速度を切り替える。本実施形態では一例として、切替判定部6 3 2がゲート電圧の変化速度を小さくするように切り替える旨の指示信号、つまりゲートへの接続対象をゲート抵抗6 3 0 2からゲート抵抗6 3 0 1に切り替える旨の指示信号を出力して接続切替部6 3 1に切り替えを実行させる。これにより、ゲート抵抗6 3 0 2がゲートに接続される場合と比較して主スイッチング素子2のゲートに対する電荷の注入速度、ひいてはゲートの変化速度が小さくなり、ターンオフに伴うサージ電圧が低減される。切替部6 3は、ターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} の経過タイミングで切り替えを行ってよい。一例として切替部6 3は、今回のターンオフの開始タイミングから、今回のターンオフ期間において主スイッチング素子2の電圧 V_{ds} がピークとなるタイミングまでの何れかのタイミングで切り替えを行ってよい。

[0049] このように、ステップS 1 0 5での判定結果が肯定的であった場合（ステップS 1 0 5 ; Y e s）には主スイッチング素子2のターンオフ期間中におけるゲート電圧の変化速度が変更され、判定結果が否定的であった場合（ステップS 1 0 5 ; N o）には変化速度が変更されない。そのため、主スイッチング素子2の一のターンオフ期間中におけるターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降でのゲート電圧の変化速度が、他のターンオフ期間中におけるターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降でのゲート電圧の変化速度に対して変更されることとなる。

[0050] ステップS 1 0 9において測定部6 2はパラメータを測定する。本実施形態では一例として、測定部6 2は、主スイッチング素子2のターンオフ開始から電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT をパラメータとして測定する。

[0051] そして、ステップS 1 1 1において主スイッチング素子2のターンオフが完了すると、スイッチング装置1 0 0はターンオフに関する動作を終了する。なお、パラメータを測定するステップS 1 0 9の処理は、ステップS 1 0

3～ステップS107の間の何れかのタイミングで行われてもよい。また、ステップS107でゲート抵抗の変化速度を切り替えた場合には、切替部63は次のターンオフ開始までに変化速度を切り替え前の状態に戻してもよい。

[0052] 以上の動作によれば、主スイッチング素子2の一のターンオフ期間中におけるゲート電圧の変化速度が他のターンオフ期間中におけるゲート電圧の変化速度に対して変更されるので、各ターンオフ期間においてサージ電圧による素子破壊を防止するとともに、ターンオフ損失を低減することができる。

[0053] また、主スイッチング素子2の前のスイッチング周期において測定されたパラメータに基づいて、次のターンオフ期間におけるゲート電圧の変化速度が切り替えられる。従って、同じスイッチング周期内に測定されたパラメータに基づいてゲート電圧の変化速度が切り換えられる場合と異なり、スイッチング周期が短い場合であっても、確実に切り替えを行うことができる。

[0054] [3. 動作波形]

[3-1. 電流 I_d と時間 ΔT との関係]

図3は、主スイッチング素子2をターンオフする場合の動作波形を示す。図中、実線で示されたゲートソース電圧 V_{gs1} 、ドレインソース電圧 V_{ds1} 、ドレイン電流 I_{d1} のグラフは、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d が大きい場合の動作波形を示す。破線で示されたゲートソース電圧 V_{gs2} 、ドレインソース電圧 V_{ds2} 、ドレイン電流 I_{d2} のグラフは主スイッチング素子2に流れる電流 I_d が小さい場合の動作波形を示す。なお、図中の横軸は時間を示し、縦軸は主スイッチング素子2のゲートソース間電圧 V_{gs} 、ドレインソース間電圧 V_{ds} 、ドレイン電流 I_d を示す。なお、ドレイン電流 I_d は、主スイッチング素子2の定格電流値に対して、50%以上の値であれば大きい、50%以下であれば小さいとしてよいが、これに限らない。また、定格電流値に対してドレイン電流 I_d は実際の動作におけるサージ電圧値から決定してもよい。

[0055] 主スイッチング素子2に対する入力信号がハイ（オン指令）からロー（オ

フ指令)に切り替わることに応じてゲート駆動部61からのゲート駆動信号がローとなり、負のゲート電流 I_g が流れ始めると、主スイッチング素子2にゲート電荷の逆バイアス方向への注入が開始される。そして、主スイッチング素子2のゲート入力容量 C_{gs} が逆バイアス方向に充電され、ゲートソース電圧 V_{gs} が減少し始める(時点 t_1)。

[0056] 続いて、ゲートソース電圧 V_{gs} がミラー電圧まで減少すると(時点 t_2)、帰還容量(ゲートドレイン容量) C_{gd} の充電が始まり、ゲートソース電圧 V_{gs} の変化がフラットとなり(いわゆるミラー期間)、主スイッチング素子2のドレインソース電圧 V_{ds} が急激に増加する。これに伴い、主スイッチング素子2と対向する主スイッチング素子1のドレインソース間電圧 V_{ds} が低下し、その寄生容量 C_{ds} から放電電流が流れるため、主スイッチング素子2のドレイン電流 I_d が減少する。

[0057] 次に、時点 t_3 、 t_3' において主スイッチング素子2ではミラー期間が終了して、ドレイン電流 I_d が急激に減少する。これにより、正側電源線101の配線インダクタンスに印加される電圧が瞬間的に増加して、主スイッチング素子2のドレインソース間電圧 V_{ds} は時点 t_4 、 t_4' で基準電圧 V_{ref} を超えてピーク電圧 V_p 、 $V_{p'}$ まで増加する。その後、ドレインソース間電圧 V_{ds} は減少して直流電圧 E_d となり、ゲートソース電圧 V_{gs} がゲート閾値電圧 V_{th} を下回る。そして、主スイッチング素子2のゲート入力容量 C_{gs} への逆バイアス方向への充電が終了して、主スイッチング素子2のターンオフが完了する。

[0058] ここで、ターンオフ開始から電圧 V_{ds2} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT_2 は、ターンオフ開始から電圧 V_{ds1} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT_1 よりも長い。このことから分かるように、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d が小さいと、主スイッチング素子2のターンオフ開始から電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT は長くなる。また、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d が小さいと、ピーク電圧は小さくなる。

[0059] [3-2. 実施形態のスイッチング装置100による動作波形(1)]

図4は、スイッチング装置100によるターンオフ時の動作波形を示す。

[0060] 第 n 回目のスイッチング周期における時点 t_{11} において主スイッチング素子2に対する入力信号がハイ（オン指令）からロー（オフ指令）に切り替わると、電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT_n （本動作例では時点 $t_{11} \sim t_{12}$ の期間）がパラメータとして測定される。この動作例では、素子耐圧よりも大きいサージ電圧が生じ得る程度に電流 I_d が大きく、時間 ΔT_n は第3基準時間 ΔT_{ref3} よりも短くなっている。これにより、第 $n+1$ 回目のスイッチング周期では、切替判定部632からの指示信号によりターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降のゲート電圧の変化速度が切り替えられて小さくなる。このように、ターンオフによりサージ電圧が素子耐圧よりも高く生じ得る場合にはゲート電圧の変化が遅くなり、サージ電圧による素子破壊が防止される。

[0061] なお、本動作例では一例として、指示信号は第1基準時間 ΔT_{ref1} の経過タイミングからターンオフ完了後までハイレベルに維持されている。また、第 $n-1$ 周期、第 $n+1$ 周期でも、パラメータとしての時間 ΔT_{n-1} 、 ΔT_{n+1} は第3基準時間 ΔT_{ref3} よりも短くなっている。

[0062] [3-2. 実施形態のスイッチング装置100による動作波形(2)]

図5は、スイッチング装置100によるターンオフ時の他の動作波形を示す。

[0063] 第 n 回目のスイッチング周期における時点 t_{11} において主スイッチング素子2に対する入力信号がハイ（オン指令）からロー（オフ指令）に切り替わると、電圧 V_{ds} が基準電圧 V_{ref} となるまでの時間 ΔT_n （本動作例では時点 $t_{11} \sim t_{12}'$ の期間）がパラメータとして測定される。この動作例では、素子耐圧よりも大きいサージ電圧が生じない程度に電流 I_d が小さく、時間 ΔT_n は第3基準時間 ΔT_{ref3} よりも長くなっている。これにより、第 $n+1$ 回目のスイッチング周期ではターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降でもゲート電圧の変化速度が切り替えられずに大きく維持される。このように、ターンオフによりサージ電圧が素子耐圧よりも高く生じない場合にはゲ

ート電圧の変化が早く維持され、ターンオフ損失が低減される。なお、本動作例では一例として、第 $n-1$ 周期、第 $n+1$ 周期でも、パラメータとしての時間 ΔT_{n-1} 、 ΔT_{n+1} は第3基準時間 ΔT_{ref3} よりも長くなっている。

[0064] [4. 変形例]

図6は、変形例に係るスイッチング装置100Aを示す。スイッチング装置100Aは測定部62Aと、切替部63Aとを備える。本実施形態においては一例として、測定部62Aおよび切替部63Aの各部をアナログ回路として説明する。

[0065] 測定部62Aは、主スイッチング素子2に流れる電流 I_d に応じて変化するパラメータとして、主スイッチング素子2がオン状態の場合の電流 I_d を示す値を測定する。測定部62Aは電流センサ620Aと、パラメータ測定部623Aと、電圧検出回路620Aとを有する。

[0066] 電流センサ620Aは電流 I_d を測定する。本変形例においては一例として、電流センサ620Aは主スイッチング素子2のドレイン端子側に設けられているが、ソース端子側に設けられてもよい。電流センサ620Aは、測定した電流値をパラメータ測定部623Aに供給してよい。

[0067] パラメータ測定部623Aは、電流センサ620Aからの電流値に基づいてパラメータを測定する。例えば、パラメータ測定部623Aは、ゲート駆動信号に含まれるオフ指令信号を受信したタイミングでの電流 I_d をパラメータとして測定してよい。

[0068] 電圧検出回路620Aは、電圧検出回路620と同様の抵抗6201、6202を有する。電圧検出回路620Aは、抵抗6201、6202により検出される電圧を切替部63Aに供給する。

[0069] 切替部63Aの切替判定部632Aは、測定部62から供給されるパラメータ（本変形例では一例として主スイッチング素子2がオン状態の場合の電流 I_d ）と基準値との比較結果に応じてゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する。基準値は、主スイッチング素子2のターンオフにより生じるサージ電圧がスイッチング装置100における最も低い素子耐圧となる場

合のパラメータ（電流 I_d ）の値であってよい。切替部63Aは、ターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} の経過タイミングで切り替えを行ってよい。一例として切替部63Aは、電圧検出回路620Aから供給される電圧に基づいて、今回のターンオフの開始タイミングから、今回のターンオフ期間において主スイッチング素子2の電圧 V_{ds} がピークとなるタイミングまでの何れかのタイミングで切り替えを行ってよい。

[0070] 以上のスイッチング装置100Aによっても、サージ電圧による素子破壊を防止するとともに、ターンオフ損失を低減することができる。

[0071] [5. その他の変形例]

なお、上記の実施形態においては、切替部63はゲート抵抗630の抵抗値を切り替えることでゲート電圧の変化速度を切り替えることとして説明したが、他の手法によって切り換えを行ってもよい。例えば、切替部63は、ゲート駆動信号の電流を小さくしてもよい。ゲート駆動信号の電流を小さくするには、例えば、ゲートに向かうゲート駆動信号の内部経路を分岐させて分流すればよい。

[0072] また、電流 I_d に応じて変化するパラメータを時間 ΔT 等として説明したが、他の値としてもよい。例えば、パラメータは、主スイッチング素子2のターンオフ開始から第2基準時間 ΔT_{ref2} 後において主スイッチング素子2に加わる電圧を示してよい。第2基準時間 ΔT_{ref2} は、ターンオフ開始からターンオフ完了までの時間以下の長さであってよい。この場合、切替部63は電圧を示すパラメータが基準値より大きいことに応じてスイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降におけるゲート電圧の変化速度を切り替えてよい。この場合であっても、サージ電圧による素子破壊を防止するとともに、ターンオフ損失を低減することができる。なお、第2基準時間 ΔT_{ref2} は、第1基準時間 ΔT_{ref1} と同じであってもよいし、異なってもよい。第2基準時間 ΔT_{ref2} と第1基準時間 ΔT_{ref1} とが異なる場合には、第2基準時間 ΔT_{ref2} は第1基準時間 ΔT_{ref1} より長くてもよいし、短くてもよい。

[0073] また、パラメータは、主スイッチング素子2をターンオフした場合に生じるサージ電圧を示してもよい。サージ電圧は一例として電圧検出回路620により検出されてよい。この場合には、切替部63は、サージ電圧を示すパラメータと、当該パラメータが測定されたスイッチング周期においてゲート電圧の変化速度を切り替えたか否かとに基づいてゲート電圧の変化速度を切り替えてよい。例えば、切替部63は、次の表1に示すように、前回のスイッチング周期でサージ電圧を示すパラメータが基準値より大きかったか否かと、ゲート電圧の変化速度を切り替えたか否かとに基づいて、次のスイッチング周期におけるターンオフ開始から第1基準時間 ΔT_{ref1} 以降での変化速度を切り替えてよい。この場合であっても、サージ電圧による素子破壊を防止するとともに、ターンオフ損失を低減することができる。また、サージ電圧を示すパラメータのみに基づいて切り替えを実行するか否かを判断する場合と異なり、1つのスイッチング周期おきに素子耐圧を超えるサージ電圧が生じてしまうのを防止することができる。

[0074] [表1]

		前回のスイッチング周期で ゲート電圧の変化速度を切り替えた。	
		切り替えた。	切り替えなかった。
前回のスイッチング 周期でのサージ電圧 の大きさ。	大	切り替える。	切り替える。
	小	切り替える。	切り替えない。

[0075] また、前回のスイッチング周期において測定されたパラメータに基づいて次のターンオフ期間におけるゲート電圧の変化速度を切り替えることとして説明したが、前々回以前のスイッチング周期において測定されたパラメータに基づいて次回以降のターンオフ期間における変化速度の切り換えを行ってもよい。この場合には、測定部62は、パラメータ測定部623により測定

されたパラメータをラッチする n 個のパラメータ記憶部を有してよい。 n 個のパラメータ記憶部は測定されたパラメータを順に記憶して切替判定部 6 3 2 に供給してよい。パラメータ記憶部の個数 n は、パラメータを測定した周期から、変化速度を切り替える周期までの周期数と等しくてよい。

[0076] また、パラメータに基づいてゲート電圧の変化速度を小さくするか、維持することとして説明したが、変化速度を維持せずに大きくしてもよい。この場合には、ターンオフ損失をいっそう低減することができる。

[0077] また、スイッチング装置 1 0 0、1 0 0 A は正側の主スイッチング素子 1 およびゲート駆動装置 5 の組と、負側の主スイッチング素子 2 およびゲート駆動装置 6 の組とを備えることとして説明したが、何れか一方の組のみを備えることとしてもよい。

[0078] また、ゲート駆動装置 6 の各部をアナログ回路として説明したが、比較部 6 2 1、パラメータ測定部 6 2 3、切替判定部 6 3 2 の少なくとも 1 つがデジタル回路であってもよい。同様に、測定部 6 2 A および切替部 6 3 A の各部をアナログ回路として説明したが、パラメータ測定部 6 2 3 A および切替判定部 6 3 2 A の少なくとも 1 つがデジタル回路であってもよい。

[0079] 以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更または改良を加えることが可能であることが当業者に明らかである。その様な変更または改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、請求の範囲の記載から明らかである。

[0080] 請求の範囲、明細書、および図面中において示した装置、システム、プログラム、および方法における動作、手順、ステップ、および段階等の各処理の実行順序は、特段「より前に」、「先立って」等と明示しておらず、また、前の処理の出力を後の処理で用いるのでない限り、任意の順序で実現しうることに留意すべきである。請求の範囲、明細書、および図面中の動作フローに関して、便宜上「まず、」、「次に、」等を用いて説明したとしても、この順で実施することが必須であることを意味するものではない。

符号の説明

[0081] 1 主スイッチング素子、 2 主スイッチング素子、 3 還流ダイオード、 4 還流ダイオード、 5 ゲート駆動装置、 6 ゲート駆動装置、 61 ゲート駆動部、 62 測定部、 63 切替部、 100 スwitching装置、 101 正側電源線、 102 負側電源線、 105 電源出力端子、 106 誘導負荷、 620 電圧検出回路、 621 比較部、 623 パラメータ測定部、 630 ゲート抵抗、 631 接続切替部、 632 切替判定部、 6201 抵抗、 6202 抵抗、 6301 ゲート抵抗、 6302 ゲート抵抗

請求の範囲

- [請求項1] スイッチング素子のゲートを駆動するゲート駆動部と、
 前記スイッチング素子に流れる電流に応じて変化するパラメータを
測定する測定部と、
 前記パラメータに基づいて、前記スイッチング素子のターンオフ開
始から第1基準時間以降における前記ゲート駆動部による前記スイッ
チング素子のゲート電圧の変化速度を切り替える切替部と
 を備えるゲート駆動装置。
- [請求項2] 前記切替部は、前記スイッチング素子のターンオフ期間中における
前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前
記ゲート電圧の変化速度を切り替える、請求項1に記載のゲート駆動
装置。
- [請求項3] 前記切替部は、前記スイッチング素子のターンオフ期間中における
前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前
記ゲート電圧の変化速度を小さくする、請求項2に記載のゲート駆動
装置。
- [請求項4] 前記切替部は、前記スイッチング素子の一のターンオフ期間中にお
ける前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降で
の前記ゲート電圧の変化速度を、他のターンオフ期間中における前記
スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲ
ート電圧の変化速度に対して変更する、請求項2または3に記載のゲ
ート駆動装置。
- [請求項5] 前記切替部は、前記スイッチング素子の前回以前のスイッチング周
期において測定された前記パラメータに基づいて、前記スイッチング
素子の次回以降のターンオフ期間における前記スイッチング素子のタ
ーンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度を
切り替える、請求項1から4のいずれか一項に記載のゲート駆動装置
。

- [請求項6] 前記第1基準時間は、前記スイッチング素子のターンオフ開始から、遅くとも当該スイッチング素子の主端子間に生じる電圧がピークとなるタイミングまでの時間である、請求項1から5のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項7] 前記第1基準時間は、前記スイッチング素子のターンオフ開始から、ゲート電圧のミラー期間が終了するタイミングまでの時間である、請求項1から5のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項8] 前記切替部は、前記パラメータと基準値との比較結果に応じて前記ゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する切替判定部を有する、請求項1～7のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項9] 前記パラメータは、前記スイッチング素子がオン状態の場合の前記電流を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項10] 前記パラメータは、前記スイッチング素子のターンオフ開始から前記スイッチング素子の主端子間に加わる電圧が基準電圧となるまでの時間を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項11] 前記パラメータは、前記スイッチング素子のターンオフ開始から第2基準時間後において前記スイッチング素子に加わる電圧を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項12] 前記パラメータは、前記スイッチング素子をターンオフした場合に生じるサージ電圧を示し、
前記切替部は、前記パラメータと、当該パラメータが測定されたスイッチング周期において前記ゲート電圧の変化速度を切り替えたか否かに基づいて前記ゲート電圧の変化速度を切り替える、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。
- [請求項13] 請求項1から12のいずれか一項に記載のゲート駆動装置と、
前記ゲート駆動装置によってゲートが駆動される前記スイッチング

素子と、

を備えるスイッチング装置。

[請求項14] 前記スイッチング素子は、ワイドバンドギャップ半導体素子である
請求項13に記載のスイッチング装置。

補正された請求の範囲
[2020年5月8日(08.05.2020)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後)
- スイッチング素子のゲートを駆動するゲート駆動部と、
前記スイッチング素子がターンオフする以前の前記スイッチング素子に流れる電流に応じて変化するパラメータを測定する測定部と、
前記パラメータに基づいて、前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降における前記ゲート駆動部による前記スイッチング素子のゲート電圧の変化速度を切り替える切替部と
を備えるゲート駆動装置。
- [請求項2] 前記切替部は、前記スイッチング素子のターンオフ期間中における前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度を切り替える、請求項1に記載のゲート駆動装置。
- [請求項3] 前記切替部は、前記スイッチング素子のターンオフ期間中における前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度を小さくする、請求項2に記載のゲート駆動装置。
- [請求項4] 前記切替部は、前記スイッチング素子の一のターンオフ期間中における前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度を、他のターンオフ期間中における前記スイッチング素子のターンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度に対して変更する、請求項2または3に記載のゲート駆動装置。
- [請求項5] 前記切替部は、前記スイッチング素子の前回以前のスイッチング周期において測定された前記パラメータに基づいて、前記スイッチング素子の次回以降のターンオフ期間における前記スイッチング素子のタ

ーンオフ開始から第1基準時間以降での前記ゲート電圧の変化速度を切り替える、請求項1から4のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項6] 前記第1基準時間は、前記スイッチング素子のターンオフ開始から、遅くとも当該スイッチング素子の主端子間に生じる電圧がピークとなるタイミングまでの時間である、請求項1から5のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項7] 前記第1基準時間は、前記スイッチング素子のターンオフ開始から、ゲート電圧のミラー期間が終了するタイミングまでの時間である、請求項1から5のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項8] 前記切替部は、前記パラメータと基準値との比較結果に応じて前記ゲート電圧の変化速度を切り替えるか否かを判定する切替判定部を有する、請求項1～7のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項9] 前記パラメータは、前記スイッチング素子がオン状態の場合の前記電流を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項10] 前記パラメータは、前記スイッチング素子のターンオフ開始から前記スイッチング素子の主端子間に加わる電圧が基準電圧となるまでの時間を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項11] 前記パラメータは、前記スイッチング素子のターンオフ開始から第2基準時間後において前記スイッチング素子に加わる電圧を示す、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

[請求項12] 前記パラメータは、前記スイッチング素子をターンオフした場合に生じるサージ電圧を示し、

前記切替部は、前記パラメータと、当該パラメータが測定されたスイッチング周期において前記ゲート電圧の変化速度を切り替えたか否かとに基づいて前記ゲート電圧の変化速度を切り替える、請求項1から8のいずれか一項に記載のゲート駆動装置。

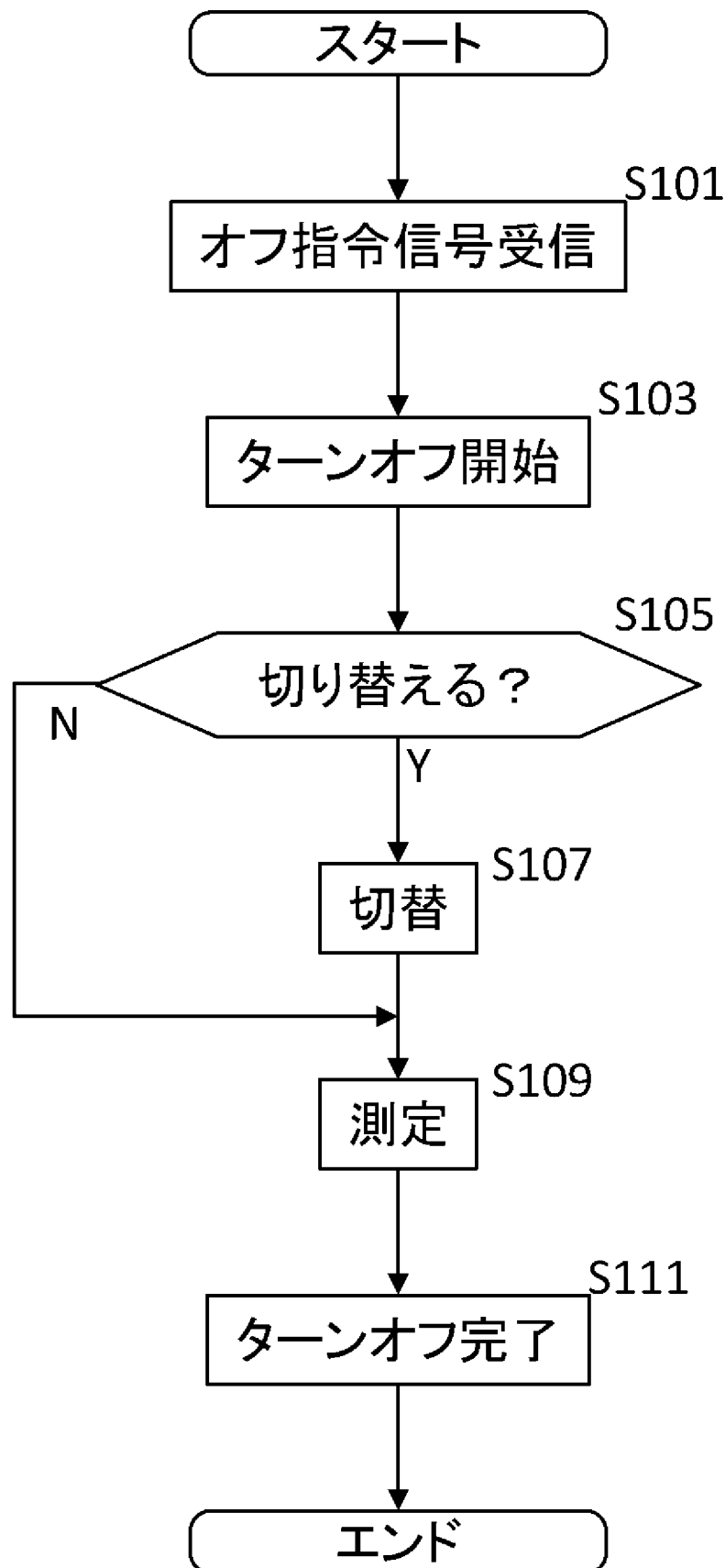
[請求項13] 請求項1から12のいずれか一項に記載のゲート駆動装置と、前記ゲート駆動装置によってゲートが駆動される前記スイッチング

素子と、

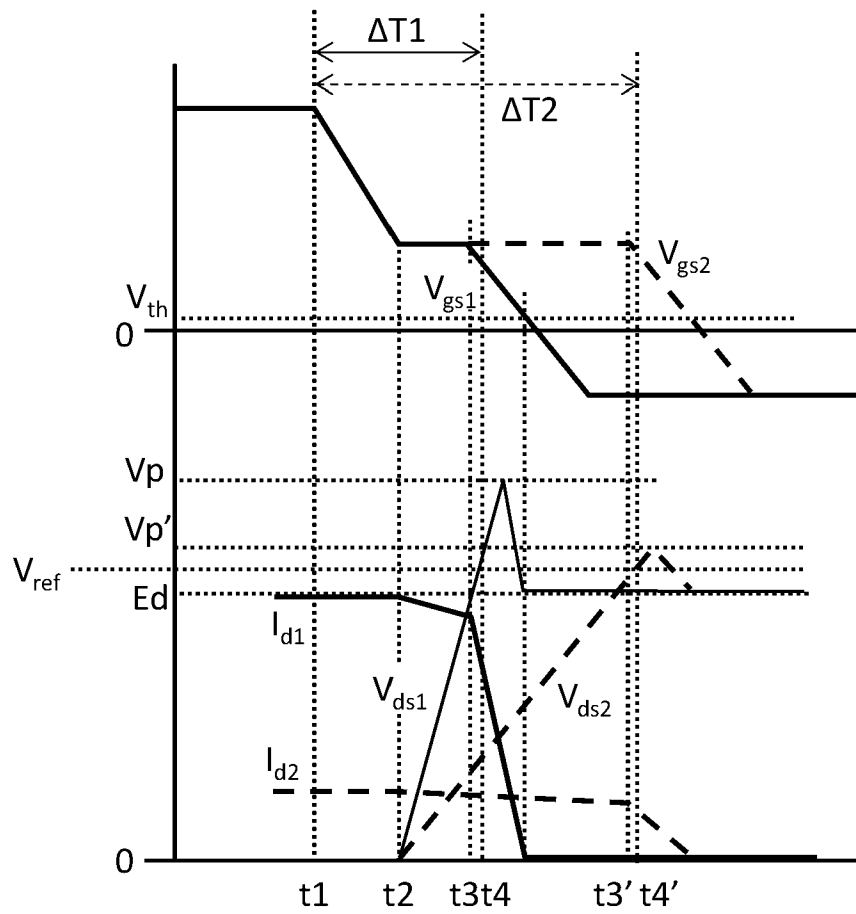
を備えるスイッチング装置。

[請求項14] 前記スイッチング素子は、ワイドバンドギャップ半導体素子である
請求項13に記載のスイッチング装置。

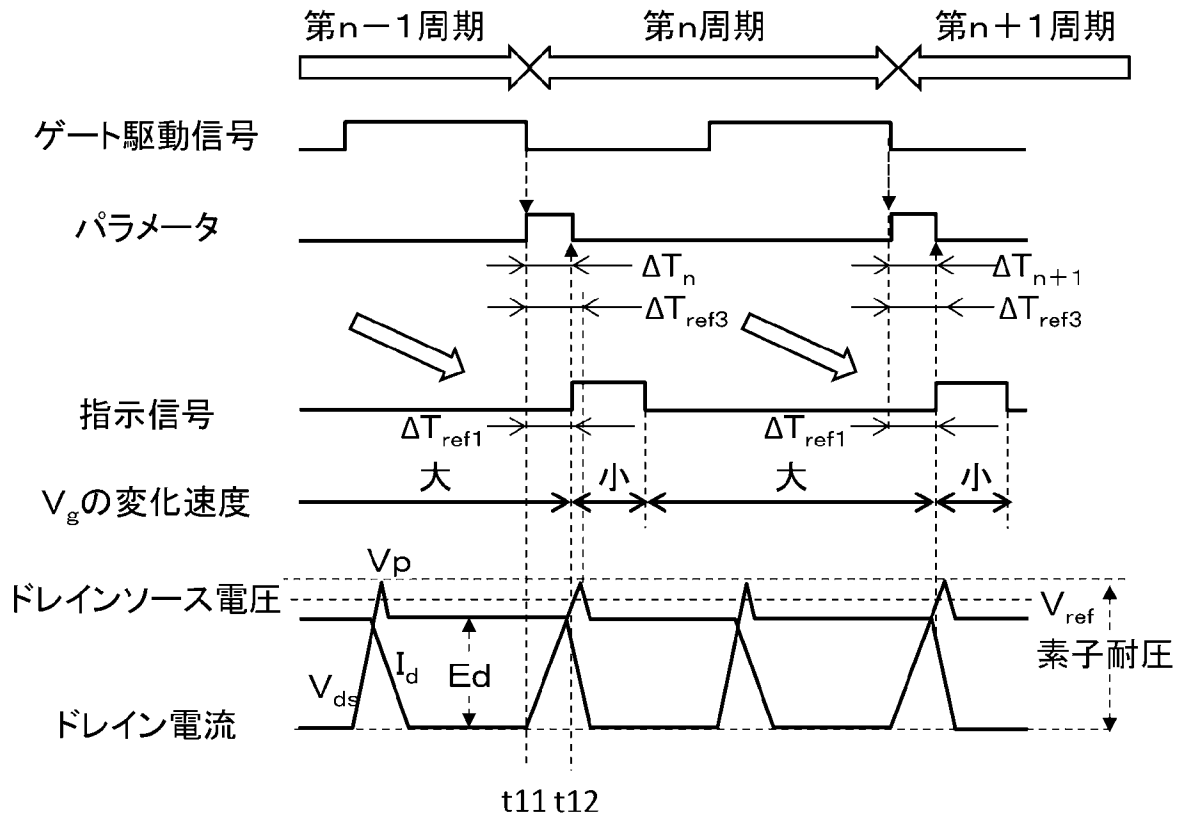
[図2]



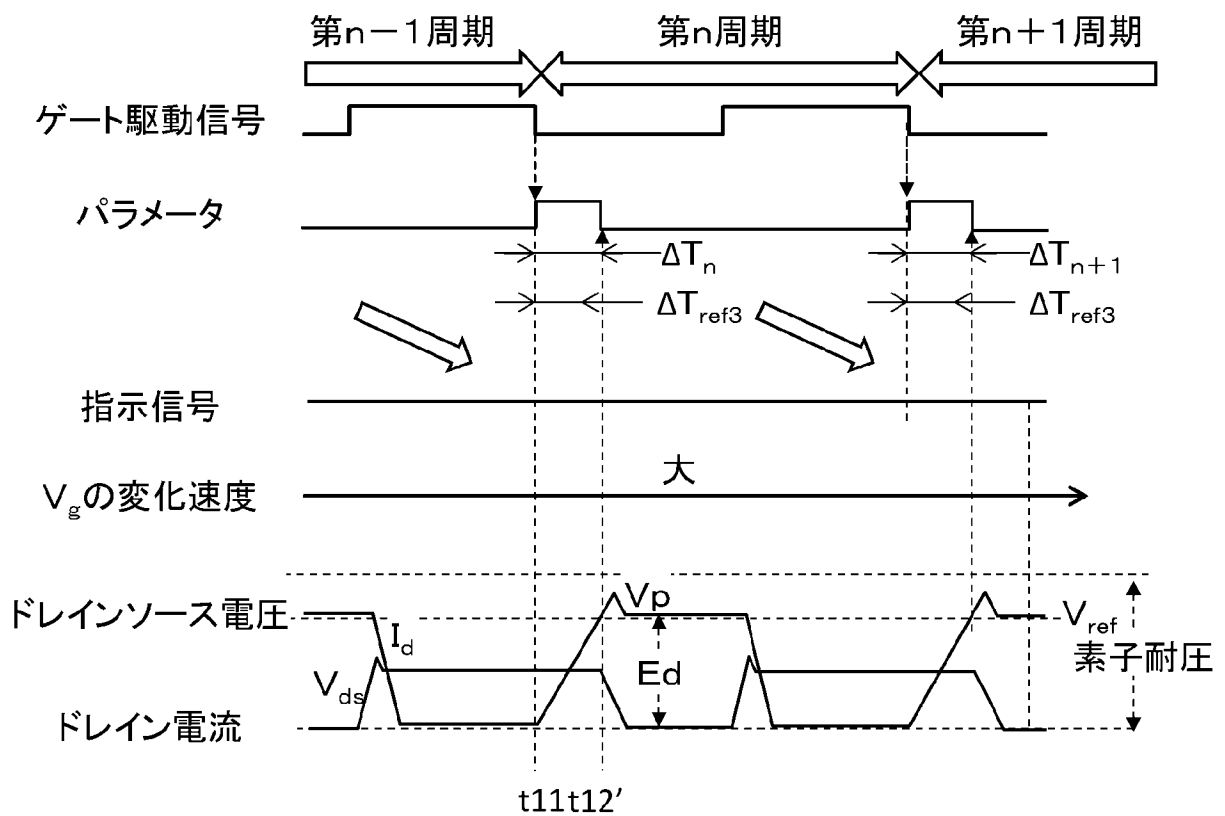
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/029162

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02M1/08 (2006.01) i, H02M3/00 (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)

Int.Cl. H02M1/08, H02M3/00

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
X	JP 2001-346376 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 14 December 2001, claim 1, paragraphs [0002]-[0025], fig. 1-6 (Family: none)	1-4, 8-9, 12-14 5-7, 10-11
A	JP 2009-118650 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 28 May 2009, entire text, all drawings (Family: none)	1-12
A	JP 2008-182835 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 07 August 2008, entire text, all drawings (Family: none)	1-12



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
29.08.2019

Date of mailing of the international search report
10.09.2019

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H02M1/08 (2006.01)i, H02M3/00 (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. H02M1/08, H02M3/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
X	JP 2001-346376 A (富士電機株式会社) 2001.12.14, 請求項 1, [0002]-[0025], 図 1-6 (ファミリーなし)	1-4, 8-9, 12-14
A		5-7, 10-11
A	JP 2009-118650 A (三菱電機株式会社) 2009.05.28, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-12
A	JP 2008-182835 A (三菱電機株式会社) 2008.08.07, 全文, 全図 (フ ァミリーなし)	1-12

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

29.08.2019

国際調査報告の発送日

10.09.2019

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)

遠藤 尊志

5G

3052

電話番号 03-3581-1101 内線 3526