

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102022000006467
Data Deposito	01/04/2022
Data Pubblicazione	01/10/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	11	B	5	55

Titolo

Procedimento di funzionamento di unita a disco rigido, controllore, unita a disco rigido e dispositivo elaboratore corrispondenti

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Procedimento di funzionamento di unità a disco rigido, controllore, unità a disco rigido e dispositivo elaboratore corrispondenti"

di: STMicroelectronics S.r.l., di nazionalità italiana, via C. Olivetti, 2 - 20864 Agrate Brianza (MB) - Italia

Inventore designato: Ezio GALBIATI

Depositata il: 1° aprile 2022

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo tecnico

La descrizione è relativa alle unità a disco rigido (HDD, "Hard Disk Drive").

Una o più forme di attuazione possono essere applicate, per esempio, alle unità a disco rigido usate nei dispositivi di elaborazione come i computer, i server, i data center e simili.

Descrizione della tecnica relativa

La designazione motore voice coil o VCM ("Voice Coil Motor") è correntemente utilizzata per indicare i motori lineari usati per muovere le testine nelle unità a disco rigido (HDD).

Prestazioni adeguate nei termini del tempo di frenata e del recupero della velocità (per esempio, quando una retrazione delle testine è comandata subito dopo una ricerca veloce) sono una caratteristica desiderabile di un VCM.

Il fatto di frenare un VCM può comportare una modalità discontinua in cui la corrente attraverso il VCM è accesa e spenta alternativamente in modo tale che la corrente media del VCM sia influenzata dal duty-cycle (vale a dire, il

rapporto tra il tempo di "on" e la somma dei tempi di "on" e di "off") selezionato per tale azione di commutazione.

Questo non rappresenta un problema di rilievo per il controllo di velocità nel funzionamento normale. Per contro, il duty-cycle di funzionamento può limitare la capacità di frenata nel caso si desideri che il VCM sia rallentato rapidamente.

Il duty-cycle di funzionamento è di solito un parametro selezionabile dall'utilizzatore e l'utilizzatore può anche specificare un duty-cycle differente durante un controllo di velocità normale e durante la fase di frenata iniziale, per esempio se è comandata una ricerca veloce prima della retrazione delle testine.

Nei dispositivi tradizionali, una volta selezionato, il duty-cycle di funzionamento rimane fisso durante l'intera procedura di frenata (retrazione). Si nota che un funzionamento con duty-cycle fisso in una modalità discontinua è svantaggioso: a causa della capacità di frenata inferiore, l'utilizzatore è condotto a limitare la velocità di ricerca massima, il che ha in definitiva come risultato un rallentamento del rate di trasferimento dei dati dell'HDD.

Scopo e sintesi

Uno scopo di una o più forme di attuazione è di contribuire ad affrontare adeguatamente i problemi delineati in precedenza.

Secondo una o più forme di attuazione, tale scopo è raggiunto con un procedimento come esposto nelle rivendicazioni che seguono.

Una o più forme di attuazione sono relative a un controllore corrispondente.

Una o più forme di attuazione sono relative a una unità a disco rigido corrispondente.

Una o più forme di attuazione sono relative a un dispositivo di elaborazione corrispondente. Un computer, un server o un data center equipaggiati con un'unità a disco rigido sono esempi di un tale dispositivo.

Le rivendicazioni sono parte integrante dell'insegnamento tecnico sulle forme di attuazione come qui fornito.

Sostanzialmente, esempi come qui presentati prevedono un'auto-regolazione del duty-cycle di funzionamento secondo la velocità del VCM: quanto più la velocità è elevata, tanto più è elevato il duty-cycle di funzionamento, secondo una relazione monotona tra valori decrescenti della velocità del VCM misurata ("sensed") e valori decrescenti del duty-cycle applicati per attivare e disattivare la corrente attraverso il VCM.

Esempi come qui presentati forniscono la capacità di rallentare la velocità del VCM a un livello sicuro dopo una ricerca veloce, prima che i bracci del VCM possano colpire la rampa di parcheggio o l'arresto d'urto ("crash stop") interno.

Un duty-cycle variabile come usato in esempi come qui discusso può manifestarsi mediante una corrente del VCM e/o una tensione differenziale di uscita del VCM osservate quando è effettuata una retrazione delle testine (al power good e allo spegnimento). Al fine di controllare la velocità del VCM, lo stadio di potenza del VCM è (anche) controllato in una modalità discontinua: la corrente attraverso il VCM è interrotta periodicamente così da facilitare la lettura della forza controelettromotrice (BEMF, "Back ElectroMotive Force") del VCM generata in risposta al movimento.

Breve descrizione delle figure

Una o più forme di attuazione saranno descritte ora, a puro titolo di esempio, con riferimento alle figure annesse, nelle quali:

la Figura 1 è uno schema a blocchi di una circuiteria di controllo dell'alimentazione ("combo") usata in un'applicazione per disco rigido,

la Figura 2 è uno schema a blocchi semplificato che rappresenta la situazione della circuiteria della Figura 1 allo spegnimento, cioè quando l'energia per una procedura di retrazione delle testine è fornita raddrizzando la forza controelettromotrice (BEMF) del motore dell'alberino dell'HDD,

la Figura 3 comprende più diagrammi di temporizzazione che rappresentano un possibile comportamento delle tensioni e delle correnti nel caso di una retrazione di emergenza con un VCM pilotato in una modalità discontinua,

le Figure da 4A a 4C sono illustrative di profili di segnali del VCM in un'operazione di retrazione delle testine durante il tempo di frenata in un dispositivo tradizionale,

le Figure da 5A a 5C sono illustrative di profili di segnali del VCM in un'operazione di retrazione delle testine durante il tempo di frenata in un'operazione di retrazione delle testine in un primo esempio presentato qui,

le Figure 6A e 6B rappresentano una possibile relazione tra una velocità del VCM rilevata e un duty-cycle di frenata applicato al VCM secondo un primo esempio presentato qui,

le Figure da 7A a 7C sono illustrative di profili di segnali del VCM in un'operazione di retrazione delle testine durante il tempo di frenata in un secondo esempio presentato qui,

le Figure 8A e 8B rappresentano una possibile relazione tra una velocità del VCM rilevata e un duty-cycle di frenata applicato al VCM secondo un secondo esempio presentato qui, e

la Figura 9 è un esempio di un diagramma di flusso di fasi coinvolte nell'implementazione di esempi come qui presentati.

I numeri e i simboli corrispondenti nelle differenti figure fanno riferimento generalmente a parti corrispondenti a meno che sia indicato altrimenti.

Le figure sono disegnate per illustrare chiaramente gli aspetti rilevanti delle forme di attuazione e non sono disegnate necessariamente in scala.

I bordi delle caratteristiche disegnate nelle figure non indicano necessariamente i confini di estensione della caratteristica.

Inoltre, per semplicità e facilità di spiegazione, una stessa designazione può essere applicata in tutta questa descrizione per designare una linea o un nodo di un circuito così come un segnale che si manifesta in tale linea o in tale nodo.

Descrizione dettagliata

Nella descrizione che segue sono illustrati vari dettagli specifici, allo scopo di fornire una comprensione approfondita di vari esempi di forme di attuazione secondo la descrizione. Le forme di attuazione possono essere ottenute senza uno o più dei dettagli specifici, o con altri procedimenti, componenti, materiali, ecc. In altri casi, operazioni, materiali o strutture note non sono illustrate o descritte in dettaglio in modo tale che certi aspetti delle forme di attuazione non saranno resi poco chiari.

Un riferimento a "una forma di attuazione" nel quadro della presente descrizione intende indicare che una particolare configurazione, struttura, o caratteristica descritta con riferimento alla forma di attuazione è compresa in almeno una forma di attuazione. Per cui, le frasi come "in una forma di attuazione" o simili che possono essere presenti in vari punti della presente descrizione non fanno necessariamente riferimento esattamente proprio alla stessa forma di attuazione. Inoltre, particolari configurazioni, strutture o caratteristiche possono essere combinate in un modo adeguato qualsiasi in una o più forme di attuazione.

I riferimenti usati qui sono forniti semplicemente per convenienza e quindi non definiscono l'ambito di protezione o l'ambito delle forme di attuazione.

Come discusso nella parte introduttiva di questa descrizione, HDD è un acronimo per Hard Disk Drive. Inoltre, la designazione motore voice coil o VCM è usata correntemente per designare i motori lineari usati per muovere le testine nelle unità a disco rigido.

Un'unità a disco rigido è un componente basilare di vari tipi di dispositivi di elaborazione come i personal computer, i server, i data center o simili ed è il luogo fisico in cui sono memorizzate le informazioni.

Esempi come quelli qui discussi facilitano una procedura di frenata di un VCM per recuperare un valore di velocità del VCM adeguato prima che le testine si ritraggano con velocità costante.

Esempi come qui discusso hanno come obiettivo di migliorare le prestazioni di recupero di velocità di un motore voice coil o VCM, nei termini del tempo di frenata, per esempio nel caso in cui sia comandata una retrazione delle testine subito dopo una ricerca veloce.

Il fatto di ridurre il più velocemente possibile la velocità di un motore voice coil è desiderabile al fine di evitare di colpire la rampa di parcheggio o l'arresto d'urto interno ad alta velocità. Se la rampa o l'arresto d'urto interno è colpito a una velocità più elevata rispetto una velocità massima tollerata, l'affidabilità dell'HDD risulta penalizzata.

Procedure tradizionali note a tale scopo presentano limitazioni nei termini dell'efficienza di frenata.

Quando si effettua una retrazione (per es., di emergenza) a velocità costante, il VCM può essere pilotato in una modalità discontinua, in cui il VCM alterna una fase di pilotaggio e una fase di tri-state. La fase di pilotaggio è usata per generare una coppia che muove le testine alla posizione di parcheggio, e la fase di tri-state è usata per monitorare la forza controelettromotrice (BEMF) del VCM al fine di controllare la velocità di parcheggio.

In queste soluzioni note, la corrente attraverso il VCM è pilotata con un duty-cycle fisso durante una fase di pilotaggio selezionata (T_{on}) e una fase di tristate selezionata (T_{off}). In base ai tempi di T_{on} e di T_{off} , il duty-cycle di funzionamento definisce la corrente media del VCM così come il tempo di campionamento della BEMF (per es., in un intervallo di circa 1 ms).

Per esempio, se si verifica una fase di recupero di velocità veloce prima di un'operazione di retrazione delle testine, la corrente di frenata fornita al VCM sarà limitata dal duty-cycle selezionato. La corrente media del VCM sarà inferiore alla quantità totale disponibile teoricamente. Il tempo di frenata sarà più lungo, con il rischio di colpire la rampa di parcheggio a una velocità superiore a un valore massimo tollerato.

Il Documento US 6 542 324 B1 è un esempio di un tale approccio nel controllo di velocità del VCM in una modalità discontinua come usato in una retrazione di emergenza allo spegnimento.

In sintesi:

una modalità discontinua con una fase di pilotaggio (per generare una coppia di pilotaggio/frenata per il VCM) e una fase di tristate (per rilevare la BEMF del VCM) possono essere comandate al fine di controllare il parcheggio delle testine di un HDD a velocità costante;

un utilizzatore può selezionare il duty-cycle di funzionamento associato e può anche differenziare il duty-cycle durante un controllo di velocità normale e durante una fase di frenata iniziale, per esempio se è stata comandata una ricerca veloce prima della retrazione delle testine; e

una volta selezionato, il duty-cycle di funzionamento rimane fissato durante l'intera procedura di retrazione.

Gli esempi presentati qui forniscono miglioramenti nei termini del massimo duty-cycle di funzionamento, con la possibilità di pilotare una corrente media più elevata al fine di diminuire la velocità del VCM in un tempo più breve.

La Figura 1 è uno schema a blocchi di un circuito 10 configurato per controllare un motore dell'alberino SM e un VCM in un'unità a disco rigido HDD.

In breve, il circuito 10 è costruito intorno a un alberino e un controllore del motore VCM 12 configurato per pilotare:

il motore dell'alberino SM mediante uno stadio di potenza dell'alberino 121, e

il VCM mediante uno stadio di potenza del VCM 122.

I riferimenti 123 e 124 nella Figura 1 indicano un'interfaccia seriale e un regolatore più una circuiteria di monitor dell'alimentazione.

Come discusso finora, il dispositivo della Figura 1 è tradizionale nella tecnica, il che rende superfluo fornire qui una descrizione più dettagliata.

Inoltre, sebbene sia illustrato qui per semplicità un singolo VCM, più VCM possono essere compresi in un'unità a disco rigido HDD come qui illustrata.

Allo spegnimento dell'alimentazione (per es., 12 V) (per es., uno spegnimento di emergenza), uno switch come un transistor a effetto di campo isolatore ISO_FET (Figura 1, in alto) è immediatamente portato a off (disattivato) dal controllore 12 così da isolare una linea/nodo di VCV accoppiato all'alimentazione da una linea Vmotor che è prevista fornire l'alimentazione al motore dell'alberino SM.

Il regolatore 12, alimentato dalla linea (di tensione) Vmotor, ha integrata al suo interno una routine (per es., basata su SW) per implementare sia un raddrizzamento della forza contro elettromotrice (BEMF) del motore dell'alberino SM, sia un parcheggio delle testine dell'HDD mediante il VCM.

La Figura 2 è uno schema a blocchi semplificato che rappresenta la situazione allo spegnimento, in cui è data energia alla procedura di retrazione delle testine mediante raddrizzamento della BEMF del motore dell'alberino SM.

A tal fine, le tensioni attraverso gli avvolgimenti (le "fasi" PhaseU, PhaseV, PhaseW nelle Figure 1 e 2) del motore dell'alberino SM sono fornite al regolatore 12.

In base a ciò, il regolatore 12 (che può comprendere a tale scopo, per es., un modulo regolatore step-up sincrono che funziona a 40 kHz con un duty-cycle del 60%) produce una

corrente dell'alberino SC (raddrizzata). Questa corrente è usata per caricare un condensatore Cvm accoppiato a una linea Vmotor e riferito a un nodo di riferimento, come la massa GND.

L'energia accumulata sul condensatore Cvm può così essere usata per implementare, mediante uno stadio di potenza del VCM 122 controllato mediante un modulo 122A (che funziona, per es., a 1 kHz con un duty-cycle del 60%), una procedura di retrazione per il VCM.

Al fine di controllare la velocità del VCM, lo stadio di potenza del VCM 122 è controllato in una modalità discontinua.

La corrente attraverso il VCM è interrotta periodicamente così da potere "leggere" la forza controelettromotrice o BEMF del VCM generata dal suo movimento.

Questo tipo di funzionamento discontinuo è illustrato nella Figura 3. Tale figura riproduce vari diagrammi temporali che condividono una stessa scala del tempo (ascissa) indicativi di un possibile comportamento nel tempo:

- della tensione sulla linea VMotor,
- dell'azione di raddrizzamento SR della BEMF del motore dell'alberino SM,
- della corrente dell'alberino SC,
- del fatto che l'uscita del VCM differenziale (OUTP - OUTN) è portata a on (attivata) (Ton) e a off (Toff) alternativamente, e
- della corrente attraverso il VCM.

Si nota che - in termini generali - il valore medio della corrente attraverso il VCM è relativo al duty-cycle selezionato per la procedura di modalità discontinua.

Questa azione di controllo del duty-cycle (a un valore fisso, per es., al 60%) può essere effettuata dal controllore 12 in maniera nota agli esperti nella tecnica.

Ciò non rappresenta un problema per il controllo di velocità nel funzionamento normale.

Per contro, se si desidera che la velocità del VCM sia rallentata (frenata) rapidamente, il duty-cycle di funzionamento può agire come un fattore limitativo della capacità di frenata.

Le Figure 4A e 4B rappresentano possibili comportamenti nel tempo per la corrente attraverso il VCM durante una procedura di retrazione delle testine a velocità costante quando è stata comandata precedentemente una ricerca veloce nella direzione del diametro esterno (OD, "Outer Diameter").

L'area indicata come 1 è rappresentativa di un profilo di corrente di ricerca: una corrente (positiva) elevata, pilotata nel VCM, muove le testine con una velocità (molto) elevata in una direzione di rampa.

L'area indicata come 2 è rappresentativa di una procedura di frenata del VCM: la corrente attraverso il VCM è invertita così da frenare il VCM in un tempo che dovrebbe essere desiderabilmente il più breve possibile. Il duty-cycle di funzionamento limita la corrente media massima durante il tempo di frenata; questo è evidenziato nella rappresentazione "con zoom" della Figura 4B, dove la corrente attraverso il VCM è - per es., mediante lo stadio di potenza 122 - portata alternativamente a "on" (vale a dire, facilitata o ammessa) e a "off" (vale a dire, contrastata o interrotta).

L'area indicata come 3 è rappresentativa di un funzionamento a velocità costante: l'ampiezza della corrente

attraverso il VCM è regolata al fine di tenere sotto controllo la velocità.

L'area indicata come 4 è rappresentativa della fine della procedura di retrazione: quando le testine raggiungono la posizione di parcheggio, una procedura di fine corsa arresta il pilotaggio del VCM.

Più specificamente, il comportamento prima del punto 4 nella Figura 4A rappresenta un incremento di corrente programmato nel controllo di velocità per consentire il fatto che il VCM può avere raggiunto la sua posizione di parcheggio mentre il controllore della velocità non è ancora "consapevole" che la routine di parcheggio deve essere terminata. Il controllore tenta così di tenere sotto controllo la velocità aumentando la velocità del VCM pilotata finché una caratteristica di Fine Corsa ("End Of Travel") informa il controllore che la procedura di parcheggio deve essere terminata.

La rappresentazione "zoomata" della corrente attraverso il VCM nella Figura 4B evidenzia il tempo di frenata BT del VCM (tra i punti indicati come 6 e 7).

L'intervallo tra i punti indicati come 5 e 6 è un periodo di alta impedenza (Hi-Z) rappresentato puramente a titolo di esempio per mostrare una BEMF elevata generata dal VCM alla fine del tempo di ricerca; in applicazioni normali, questo periodo di tempo di Hi-Z può non essere richiesto e non sarà usato.

La porzione della Figura 4B dopo il punto 7 rappresenta l'aumento di corrente programmato dal controllo di velocità al fine di tenere conto del fatto che il VCM è stato rallentato durante la fase di frenata e ci si aspetta che entri in una fase di controllo di velocità costante a una velocità programmata. Durante la fase di frenata del VCM, la

corrente è invertita per ridurre (rapidamente) la velocità del VCM - dal punto 6 al punto 7 nella Figura 4B - al fine di potere fornire una corrente (ampiezza e polarità) adeguata a mantenere una velocità del VCM regolata durante il resto della procedura di retrazione.

Il diagramma inferiore nella Figura 4B rappresenta un possibile comportamento nel tempo della corrente nel VCM durante il pilotaggio in modalità discontinua.

Durante la fase di "off" (Toff), la corrente è azzerata per realizzare la misurazione della tensione della forza controelettromotrice (BEMF) attraverso il VCM. Durante la fase di Toff, la corrente impiega un certo tempo per scaricarsi a zero.

Il diagramma nella Figura 4C rappresenta un possibile comportamento nel tempo della tensione differenziale attraverso il VCM quando pilotato in una modalità discontinua.

La scala della tensione nella Figura 4C (per es., 1 V/div) evidenzia l'ampiezza della BEMF generata dal VCM quando è campionata alla fine della fase di "off" (Toff). A causa della scala usata, durante la fase di "on" (Ton), la tensione differenziale attraverso il VCM va fuori scala e non è rappresentata nella sua interezza.

Il fatto di combinare i punti del valore della tensione differenziale del VCM alla fine delle fasi di Toff rende possibile rappresentare graficamente la tendenza della decelerazione della velocità del VCM durante la fase di recupero della velocità, per es., in seguito a una ricerca veloce.

Un funzionamento come rappresentato nelle Figure da 4A a 4C può essere considerato come peraltro tradizionale nella tecnica.

Le rappresentazioni "zoomate" della corrente attraverso il VCM nella Figura 4B evidenziano il tempo di frenata BT del VCM (tra i punti indicati come 6 e 7).

L'intervallo tra i punti indicati come 5 e 6 è un periodo di alta impedenza (Hi-Z) rappresentato puramente a titolo di esempio per rappresentare una BEMF elevata generata dal VCM alla fine del tempo di ricerca; in applicazioni normali, questo periodo di tempo di Hi-Z può non essere richiesto e non sarà usato.

In un funzionamento come rappresentato nelle Figure da 4A a 4C, il duty-cycle è fissato durante il tempo di frenata del VCM. Una riduzione di velocità (decelerazione) quasi costante ha luogo dalla velocità del VCM massima a zero (o a una velocità del VCM controllata per una retrazione).

Le Figure da 5A a 5C rappresentano per confronto diretto con le Figure da 4A a 4C, rispettivamente, profili di segnali durante una procedura di retrazione delle testine secondo la soluzione proposta. Questo esempio si riferisce di nuovo a un caso in cui è stata comandata prima una ricerca veloce nella direzione dell'OD.

Qui di nuovo, l'area indicata con 1 si riferisce a un profilo di corrente di ricerca in cui una corrente positiva elevata, pilotata nel VCM, muove le testine con una velocità (molto) elevata nella direzione di rampa.

L'area indicata con 2 è di nuovo rappresentativa di una procedura di frenata del VCM: la corrente del VCM è invertita così da frenare il VCM in un tempo più breve possibile. Qui di nuovo, il duty-cycle di funzionamento imposta un limite sulla corrente media massima, ma in questo caso il duty-cycle è variabile (vale a dire, da un valore superiore $D1$ a $D1 > D2 > D3 > D4$ con una durata decrescente del tempo di "on").

Quest'azione di controllo del duty-cycle (a un valore variabile, per es., $D1 > D2 > D3 > D4$) può essere controllata dal controllore 12 (per es., mediante lo stadio di potenza e il modulo 122, 122A nella Figura 2), in maniera nota agli esperti nella tecnica, in funzione della velocità del VCM rilevata (si vedano le Figure 6A, 6B in seguito).

Ciò può essere, per es., mediante una tabella di ricerca (LUT, "Look Up Table") che ha memorizzato al suo interno valori per il duty cycle da applicare in funzione della velocità del VCM ($V1 > V2 > V3 > V4$).

L'area indicata con 3 nella Figura 5A è di nuovo rappresentativa di un funzionamento a velocità costante: la corrente attraverso il VCM è regolata così da tenere sotto controllo la velocità.

L'area 4 nella Figura 5A è di nuovo rappresentativa della fine della procedura di retrazione: quando le testine arrivano alla posizione di parcheggio, una procedura di fine corsa nel controllore 12 arresta il pilotaggio del VCM.

La rappresentazione zoomata della corrente attraverso il VCM nella Figura 5B evidenzia un minore tempo di frenata del VCM in confronto all'approccio tradizionale rappresentato nelle Figure da 4A a 4C.

Il diagramma superiore nella Figura 5B è così il segnale digitale che definisce la fase di "on" (Ton) e la fase di "off" (Toff) di pilotaggio del VCM: quando il livello logico è alto (Toff), lo stadio di potenza 122 è pilotato ad alta impedenza, mentre quando il livello logico è basso (Ton) lo stadio di potenza 122 controlla la corrente pilotata nel VCM.

La Figura 5B illustra che, in esempi come qui presentati, durante il tempo di frenata del VCM, il duty-cycle di funzionamento è modulato mediante il controllore 12

ed è reso funzione della (proporzionale alla) velocità del VCM: quanto più la velocità del VCM è elevata, tanto più è elevato il duty-cycle di funzionamento $Ton/(Ton+Toff)$ applicato per la frenata, per es., con una relazione monotona di valori decrescenti del duty-cycle DC a valori decrescenti della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

In tale figura si può vedere che la fase di "on" (Ton) è variabile ed è proporzionale alla velocità, mentre la fase di "off" (Toff) è di durata costante.

Il diagramma nella Figura 5C rappresenta un possibile comportamento nel tempo della tensione differenziale attraverso il VCM quando pilotato in una modalità discontinua con un duty-cycle variabile.

Un tale approccio facilita l'ottenimento di una decelerazione di velocità almeno approssimativamente esponenziale partendo da una velocità del VCM massima a zero (o a una velocità del VCM controllata) per una retrazione, che ha come risultato la capacità di rallentare la velocità del VCM in un tempo più breve in confronto a un approccio tradizionale con "duty-cycle costante".

Le Figure 6A e 6B sono esempi dell'implementazione di una procedura di frenata di un VCM in base alla soluzione qui proposta, secondo una prima forma di attuazione.

Specificamente, il diagramma della Figura 6A è un esempio di possibili valori $V1$, $V2$, $V3$, $V4$ della velocità del VCM che possono essere applicati a un VCM, per es., durante una fase di ricerca (veloce). Questi valori possono essere misurati - per es. in una qualsiasi maniera tradizionale nota agli esperti nella tecnica - in modo tale che, durante una fase di frenata del VCM che segue una fase di ricerca veloce, il controllore 12 possa controllare il duty-cycle DC impostando il duty-cycle DC in modo variabile

(vale a dire, "modulando" il duty-cycle DC) in funzione della velocità del VCM rilevata come rappresentato a titolo di esempio dal diagramma della Figura 6B (per es. 90% per una velocità superiore a V1, 80% per una velocità tra V1 e V2, 65% per una velocità tra V2 e V3, 45% per una velocità tra V3 e V4, e così via).

In sintesi:

quando la velocità è elevata (per es., V1 nella Figura 6A), il duty-cycle $T_{on}/(T_{on}+T_{off})$ è più elevato (per es., 90% nella Figura 6B): una maggiore corrente di frenata è pilotata attraverso il VCM così da avere una decelerazione più veloce;

quando la velocità è bassa (per es., V4 nella Figura 6B) il duty-cycle è inferiore (per es., 45% nella Figura 6B): una decelerazione più dolce facilita l'entrata nella fase di regolazione della velocità (area indicata con 3 nella Figura 5A).

Una tale relazione monotona di valori decrescenti del duty-cycle DC (per es., Figura 6B) a valori decrescenti della velocità del VCM misurata (per es., Figura 6A) può essere memorizzata in una tabella di ricerca (LUT) associata al controllore 12.

In esempi come qui considerati, il tempo di campionamento della forza contro elettromotrice (BEMF) del motore dell'alberino SM può non essere reso più costante: per es., questo può essere più basso ad alta velocità e più alto a bassa velocità.

Una frequenza di campionamento più bassa ad alta velocità è vantaggiosa nel diminuire la velocità del VCM in misura maggiore quando le testine sono ancora lontane dalla rampa (o dalla posizione di arresto d'urto di ID).

Una frequenza di campionamento più elevata a bassa velocità è similmente vantaggiosa nella misura in cui ciò facilita un controllo più regolare nell'entrata nella regolazione di velocità.

Le Figure da 7A a 7C rappresentano per mezzo di un confronto diretto con le Figure da 4A a 4C e le Figure da 5A a 5C, rispettivamente, profili di segnali durante una procedura di retrazione delle testine secondo una possibile variante della soluzione proposta facendo riferimento di nuovo a un caso di esempio in cui è stata comandata prima una ricerca veloce nella direzione dell'OD.

Di nuovo, l'area indicata con 1 nella Figura 7A è rappresentativa di un profilo di corrente di ricerca in cui un VCM pilota le testine a una velocità (molto) elevata nella direzione di rampa.

L'area indicata con 2 nella Figura 7A è di nuovo rappresentativa di una procedura di frenata del VCM: la corrente attraverso il VCM è invertita così da frenare il VCM in un tempo più breve possibile. Qui di nuovo, il duty-cycle di funzionamento imposterebbe un limite alla corrente media massima.

L'area indicata con 3 nella Figura 7A è di nuovo rappresentativa di un funzionamento a velocità costante: la corrente attraverso il VCM è modulata così da tenere sotto controllo la velocità.

Infine, l'area indicata con 4 nella Figura 7A è rappresentativa della fine della procedura di retrazione.

Le rappresentazioni con zoom della corrente attraverso il VCM nella Figura 7B evidenziano ancora una volta un minore tempo di frenata del VCM in confronto a un dispositivo tradizionale come rappresentato dalle Figure da 4A a 4C.

Le Figure da 7A a 7C sono illustrative del fatto che una modulazione/variazione "a gradini" del duty-cycle (per es., 90%, 80%, 65%, 45% - si veda la Figura 6B) non è obbligatoria per il fatto che è possibile una modulazione/variazione continua in funzione della velocità del VCM.

Durante il tempo di frenata del VCM, il controllore 12 può controllare il duty-cycle DC variando il duty-cycle DC (vale a dire, "modulando" il duty-cycle DC) in funzione della velocità del VCM rilevata come rappresentato a titolo di esempio dal diagramma delle Figure 8A e 8B, vale a dire in maniera continua (non a gradini) in funzione della (per es., direttamente proporzionale alla) velocità del VCM in base a una relazione come:

$$DC(\%) = VCMspeed * Kv$$

dove:

DC(%) è il duty-cycle $Ton / (Ton + Toff)$ applicato al VCM durante il funzionamento in modalità discontinua,

VCMspeed è la velocità reale rilevata del VCM, e

Kv è un coefficiente costante (che può essere selezionabile dall'utilizzatore).

Una tale relazione monotona di valori decrescenti del duty-cycle DC (per es., Figura 8B) a valori decrescenti della velocità del VCM misurata (per es., Figura 8A) si presta a essere calcolata dinamicamente a ciascun campionamento della velocità del VCM effettiva. Per esempio, alla fine di (ciascuna) fase di Toff in cui è rilevata la BEMF del VCM, il controllore 12 calcola un valore per il duty-cycle DC da applicare in una successiva fase di Ton. In tal caso, si può fare a meno di una tabella di ricerca nella misura in cui il duty-cycle è calcolato ogni volta in funzione della velocità del VCM rilevata.

Il diagramma di flusso della Figura 9 è un esempio di una possibile sequenza di fasi nell'implementare la soluzione qui proposta.

Per il resto si apprezzerà che la sequenza di fasi della Figura 9 è puramente a titolo esemplificativo: una o più fasi illustrate nella Figura 9 possono essere effettuate in maniera differente (con altri strumenti HW e/o SW, per esempio) e/o possono essere sostituite da altre fasi con aggiunte eventualmente fasi aggiuntive.

Il blocco 100 è un esempio di un funzionamento "normale" di un VCM in un HDD come peraltro tradizionale nella tecnica. Tale tipo di funzionamento può comprendere un comando di ricerca veloce 100A (si vedano le aree indicate con 1 nelle Figure 4A, 5A e 7A).

Il blocco 102 è indicativo di una verifica fatta per quanto riguarda se è ricevuto (per es., dal controllore 12) un comando di rallentare il VCM riducendo la sua velocità, per es., in vista di una fase di retrazione.

Se non si riceve alcun comando di questo tipo (esito negativo, "N", del blocco 102), il funzionamento normale è continuato/ripreso come rappresentato a titolo di esempio dal blocco 100.

Un esito positivo, "Y" del test del blocco 102 indica che è stato ricevuto (per es., dal controllore 12) un comando di rallentare il VCM riducendo la sua velocità.

Un tale comando può seguire un comando di ricerca veloce 100A (si vedano le aree indicate con 1 nelle Figure 4A, 5A e 7A).

A tale riguardo si apprezzerà che, sebbene concepiti prestando specifica attenzione a un comando di rallentare il VCM in seguito a un comando di ricerca veloce, gli esempi presentati qui non sono strettamente limitati a tale

possibile situazione. Gli esempi come qui presentati possono in effetti essere applicati vantaggiosamente ogni volta che si desidera rallentare la velocità del VCM a un livello sicuro, per es., prima che i bracci del VCM colpiscano la rampa di parcheggio o l'arresto d'urto interno.

Il blocco 102 nella Figura 9 è così un esempio della ricezione (per es., dal e/o nel controllore 12) di un comando di rallentare la velocità di un motore voice coil, VCM in un'unità a disco rigido HDD.

Il blocco 104 è un esempio della capacità dell'esempio qui descritto - una volta che si è ricevuto un comando di "rallentare" (esito positivo, "Y" del blocco 102) - di auto-regolare il duty-cycle di funzionamento DC, cioè, $Ton/(Ton+Toff)$ nelle Figure 5B e 7B, in base alla velocità effettiva del VCM (VCMspeed).

Il blocco 104 è così un esempio del fatto che il VCM è fatto funzionare - in risposta al comando di rallentamento ricevuto in 102 - in una modalità discontinua accendendo e spegnendo (per es., mediante il modulo 122) la corrente attraverso il VCM con un duty-cycle in cui fare funzionare il VCM in una modalità discontinua conduce a una riduzione della velocità VCMspeed del VCM.

Il blocco 104 è anche un esempio di una misurazione (per es., nel controllore 12) della velocità VCMspeed del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua, e di una variazione del duty-cycle di accensione e di spegnimento della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità del VCM misurata fatto funzionare nella modalità discontinua. Il duty-cycle $Ton/(Ton+Toff)$ può così essere ridotto in risposta a una riduzione della velocità del VCM misurata.

Come discusso nella parte introduttiva della descrizione (e come per il resto tradizionale nella tecnica), durante la fase di rallentamento (aree indicate come 2 nelle Figure 5A e 7A e porzioni tra i punti 6 e 7 nelle rappresentazioni con zoom delle Figure 5B e 7B) il controllore 12 commuta periodicamente la corrente attraverso il VCM alternativamente a "on" e a "off" in modo tale che la corrente attraverso il VCM sia interrotta durante i tempi di "off" e che la BEMF del VCM generata dal movimento (residuo) del VCM (e così la velocità VCMspeed) possa essere "letta".

In dispositivi tradizionali (si veda l'area indicata come 2 nella Figura 4A e la porzione tra i punti 6 e 7 nelle rappresentazioni con zoom della Figura 4B) questa azione di "on-off" (vale a dire, PWM) ha luogo con un duty-cycle costante (rapporto tra il tempo di "on" e la somma dei tempi di "on" e di "off").

In dispositivi come qui presentato (aree indicate come 2 nelle Figure 5A e 7A e la porzione tra i punti 6 e 7 nelle rappresentazioni con zoom delle Figure 5B e 7B) questa azione di "on-off" (vale a dire, PWM) ha luogo con un duty-cycle $T_{on}/(T_{on} + T_{off})$ che è variato in funzione della velocità del VCM rilevata, in cui il duty-cycle DC è ridotto in risposta a una riduzione della velocità del VCM misurata, per es. secondo una relazione monotona di valori decrescenti di detto duty-cycle DC a valori decrescenti della velocità del VCM misurata.

Come discusso, questo può avvenire per mezzo di una regolazione a gradini (come rappresentato a titolo di esempio nella Figura 6B, per es., con il controllore 12 che legge i valori di duty-cycle da una LUT) o per mezzo di una regolazione continua (come rappresentato a titolo di esempio

nella Figura 8B, per es., mediante una relazione $DC(\%) = VCMspeed * Kv$ implementata dal controllore 12).

Quale che sia l'opzione adottata, i dispositivi presentati stabiliscono una relazione (monotona) di valori decrescenti di detto duty-cycle DC a valori decrescenti della velocità del VCM misurata in modo tale che quanto più la velocità è elevata, tanto più elevato è il duty-cycle applicato (si vedano, per es., le Figure 6A-6B e 8A-8B).

Comunque implementati, i dispositivi qui presentati facilitano un rallentamento veloce della velocità del VCM come rappresentato a titolo di esempio dal blocco 104 finché una verifica in una fase 106 indica (esito positivo, "Y" nel blocco 106) che la velocità del VCM è stata in definitiva ridotta come desiderato al fine di facilitare l'entrata in una fase di pilotaggio a velocità costante (si vedano l'etichetta "Exit/Uscita" nelle Figure 6B e 8B e le fasi di regolazione della velocità indicate come 3 nelle Figure 5A e 7A) fino alla fine della procedura di retrazione (aree indicate come 4 nelle Figure 5A e 7A): quando le testine raggiungono la posizione di parcheggio, una procedura di fine corsa arresta il pilotaggio del VCM.

Vale a dire, nei dispositivi qui presentati, la velocità del motore voice coil, VCM può essere ridotta a un valore di valle (per fare partire il funzionamento controllato rappresentato dalle aree 3 nelle Figure 5A e 7A) e, in risposta al fatto che la velocità del VCM è ridotta al valore di valle (verifica del blocco 106 nella Figura 9), il VCM è fatto funzionare in una modalità a velocità costante.

Un funzionamento come presentato qui (si vedano, per es., le Figure da 5A a 5C, 6A e 6B, da 7A a 7C, 8A e 8B e 9) ha come risultato una capacità di frenata più elevata, con un doppio vantaggio conseguente:

l'affidabilità dell'HDD è migliorata,

il tempo di ricerca massimo in una possibile fase di ricerca veloce precedente può essere aumentato in confronto ai dispositivi tradizionali.

Come discusso, durante la retrazione delle testine in un HDD, la regolazione della velocità del VCM, sia all'accensione sia allo spegnimento, è effettuata attualmente con una tecnica di modalità discontinua PWM. Prima di entrare in una fase di regolazione della velocità (per es., nel caso in cui sia stata effettuata una ricerca veloce appena prima della retrazione delle testine) è fatta partire una procedura di frenata al fine di rallentare il VCM (riducendo rapidamente la sua velocità) e di evitare che colpisca la rampa o l'arresto d'urto interno a una velocità superiore al valore tollerato per un problema di affidabilità dell'HDD.

Nelle soluzioni tradizionali, con un funzionamento con duty-cycle fisso in una modalità discontinua, l'utilizzatore deve prendere in considerazione, per es., un vincolo sulla massima velocità di ricerca risultante da una capacità di frenata ridotta, che si traduce a sua volta in un rate di dati di trasferimento dell'HDD inferiore.

In soluzioni come qui discusse, durante la fase di frenata il duty-cycle PWM applicato durante la procedura di modalità discontinua è regolato automaticamente in base alla velocità del VCM rilevata: quanto più la velocità è elevata, tanto più è elevato il duty-cycle applicato (si vedano, per es., le Figure 6A e 6B e 8A e 8B). In tal modo, una corrente (media) risultante più elevata è pilotata attraverso il VCM per produrre (in base a una relazione monotona: si vedano, di nuovo, le Figure 6A e 6B e 8A e 8B) una decelerazione più

forte quando la velocità è elevata, riducendo più rapidamente la velocità.

Fermi restando i principi di fondo, i dettagli e le forme di attuazione possono variare, anche in modo apprezzabile, rispetto a quanto è stato descritto in precedenza, puramente a titolo di esempio, senza uscire dall'ambito di protezione.

L'ambito di protezione è definito dalle rivendicazioni annesse.

RIVENDICAZIONI

1. Procedimento, comprendente:

ricevere (102) un comando di rallentare la velocità di un motore voice coil, VCM in un'unità a disco rigido (HDD),
in risposta al comando di rallentamento ricevuto (102),
fare funzionare il VCM in una modalità discontinua accendendo e spegnendo (122) la corrente attraverso il VCM con un duty-cycle ($DC; Ton/(Ton+Toff)$), in cui fare funzionare il VCM in una modalità discontinua ha come risultato una riduzione della velocità del VCM (VCMspeed),

misurare (12) la velocità del VCM (VCMspeed) fatto funzionare nella modalità discontinua, e

variare (104; 12) il duty-cycle ($DC; Ton/(Ton+Toff)$) di accensione e di spegnimento (122) della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua, in cui detto duty-cycle ($DC; Ton/(Ton+Toff)$) è ridotto in risposta a una riduzione della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui variare (104; 12) il duty-cycle ($DC; Ton/(Ton+Toff)$) di accensione e di spegnimento (122) della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua comprende ridurre a gradini detto duty-cycle (DC) in risposta a una riduzione ($V1, V2, V3, V4$) della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, in cui variare (104; 12) il duty-cycle ($DC; Ton/(Ton+Toff)$) di accensione e di spegnimento (122) della corrente attraverso

il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua comprende impostare detto duty-cycle (DC) come:

$$DC(\%) = VCMspeed * Kv$$

dove:

DC(%) è il duty-cycle applicato al VCM durante il funzionamento in modalità discontinua,

VCMspeed è la velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua, e

Kv è un coefficiente di proporzionalità, detto coefficiente di proporzionalità (Kv) essendo preferibilmente un coefficiente regolabile.

4. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui ricevere (102) detto comando di rallentare la velocità del motore voice coil, VCM è successivo alla ricezione (100) di un comando di ricerca veloce (100A) di aumentare la velocità di detto VCM.

5. Procedimento secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, comprendente:

rallentare (104) la velocità del motore voice coil, VCM a un valore di valle, e

in risposta al fatto che la velocità del motore voice coil, VCM è ridotta al valore di valle (106), fare funzionare (108) il VCM in una modalità a velocità costante (3).

6. Controllore (12) per un motore voice coil, VCM in un'unità a disco rigido (HDD), il controllore (12) configurato per fare funzionare il VCM in una modalità discontinua accendendo e spegnendo (122) la corrente attraverso il VCM con un duty-cycle (DC; $Ton / (Ton + Toff)$) in

risposta a un comando di rallentamento ricevuto (102), in cui fare funzionare il VCM in una modalità discontinua ha come risultato una riduzione della velocità del VCM (VCMspeed),

il controllore (12) configurato inoltre per:

misurare (12) la velocità del VCM (VCMspeed) fatto funzionare nella modalità discontinua, e

variare (104; 12) il duty-cycle (DC; $Ton/(Ton+Toff)$) di accensione e di spegnimento (122) della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua, in cui detto duty-cycle (DC; $Ton/(Ton+Toff)$) è ridotto in risposta a una riduzione della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

7. Controllore (12) secondo la rivendicazione 6, il controllore (129) essendo configurato per variare (104; 12) il duty-cycle (DC; $Ton/(Ton+Toff)$) on e off della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua riducendo a gradini detto duty-cycle (DC) in risposta a una riduzione (V1, V2, V3, V4) della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

8. Controllore (12) secondo la rivendicazione 6, il controllore (129) essendo configurato per variare (104; 12) il duty-cycle (DC) di accensione e di spegnimento (122) della corrente attraverso il VCM in funzione della velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua impostando detto duty-cycle (DC) come:

$DC(\%) = VCMspeed * Kv$

dove:

DC(%) è il duty-cycle applicato al VCM durante il funzionamento in modalità discontinua,

VCMspeed è la velocità (VCMspeed) misurata (12) del VCM fatto funzionare nella modalità discontinua, e

Kv è un coefficiente di proporzionalità, detto coefficiente di proporzionalità (Kv) essendo preferibilmente un coefficiente regolabile.

9. Controllore (12) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 8, il controllore (12) essendo configurato per:

rallentare (104) la velocità del motore voice coil, VCM a un valore di valle, e

in risposta al fatto che la velocità del motore voice coil, VCM è ridotta a un valore di valle (106), fare funzionare (108) il VCM in una modalità a velocità costante (3).

10. Controllore (12) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 9, il controllore (12) avendo memorizzato al suo interno una relazione monotona di valori decrescenti di detto duty-cycle ($DC; \text{Ton}/(\text{Ton}+\text{Toff})$) a valori decrescenti della velocità del VCM (VCMspeed) misurata.

11. Unità a disco rigido (HDD), comprendente:

almeno un motore voice coil, VCM, e

un controllore (12) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 6 a 10.

12. Dispositivo di elaborazione comprendente un'unità a disco rigido (HDD) per memorizzare segnali al suo interno,

l'unità a disco rigido (HDD) essendo secondo la rivendicazione 11.

FIG. 1

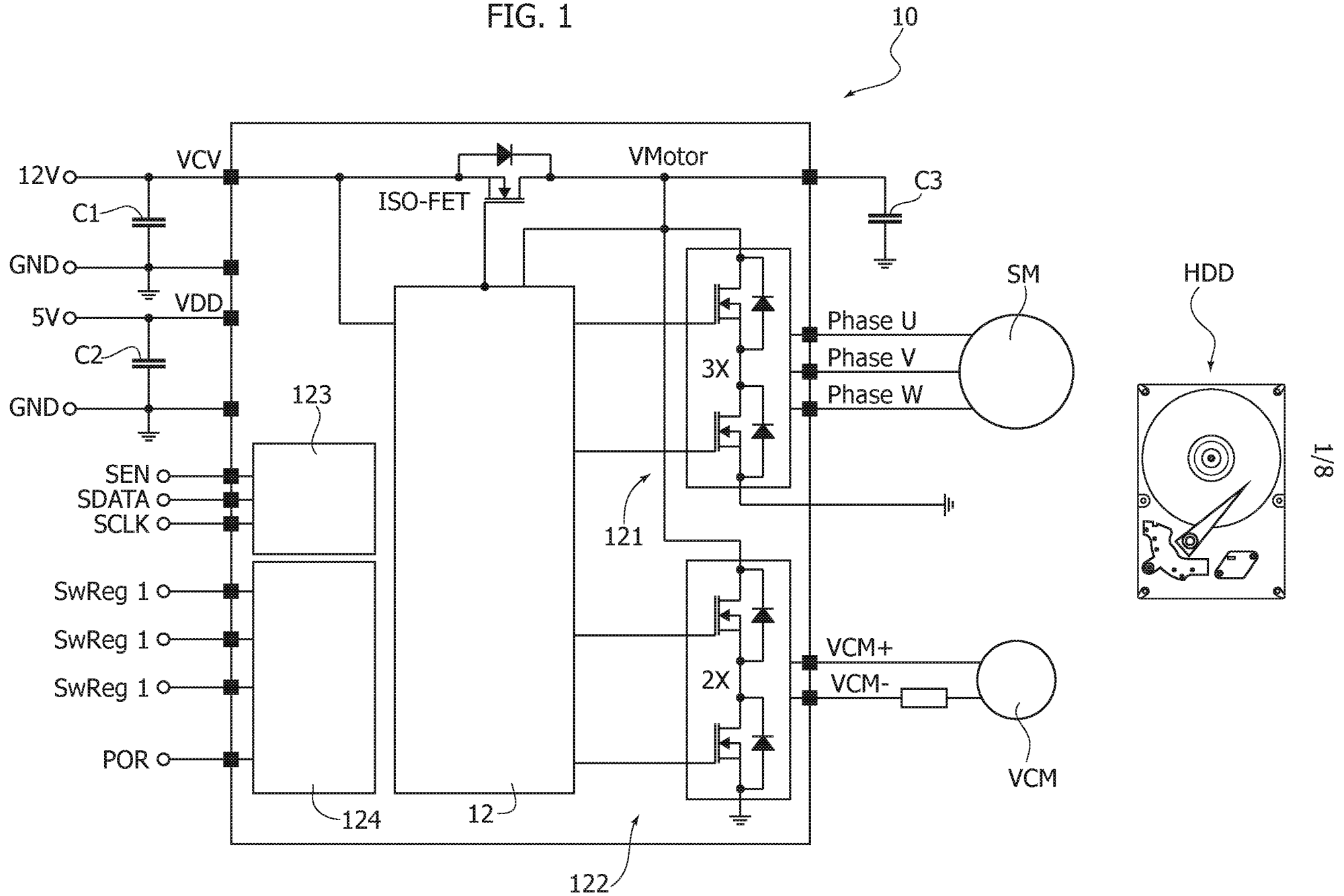


FIG. 2

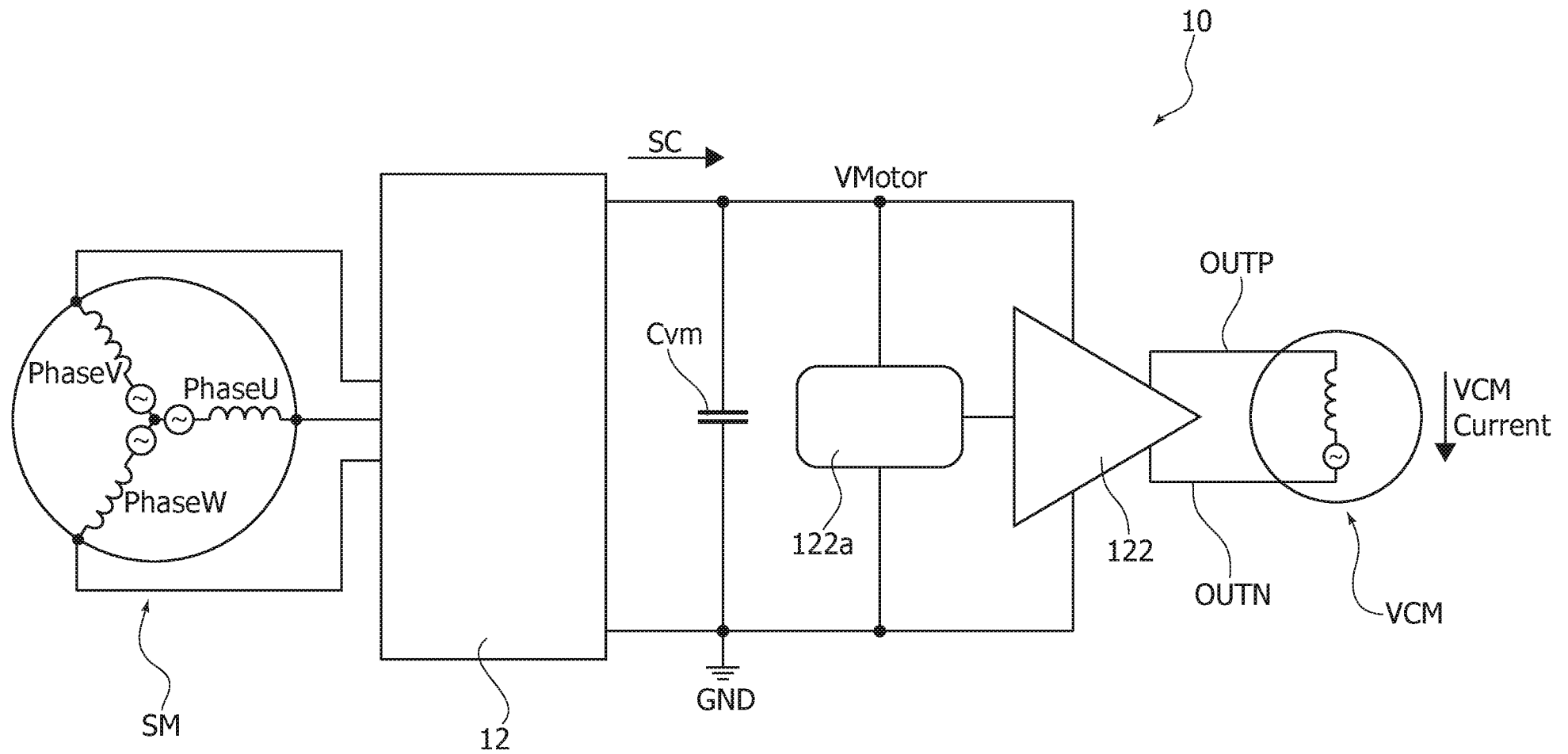
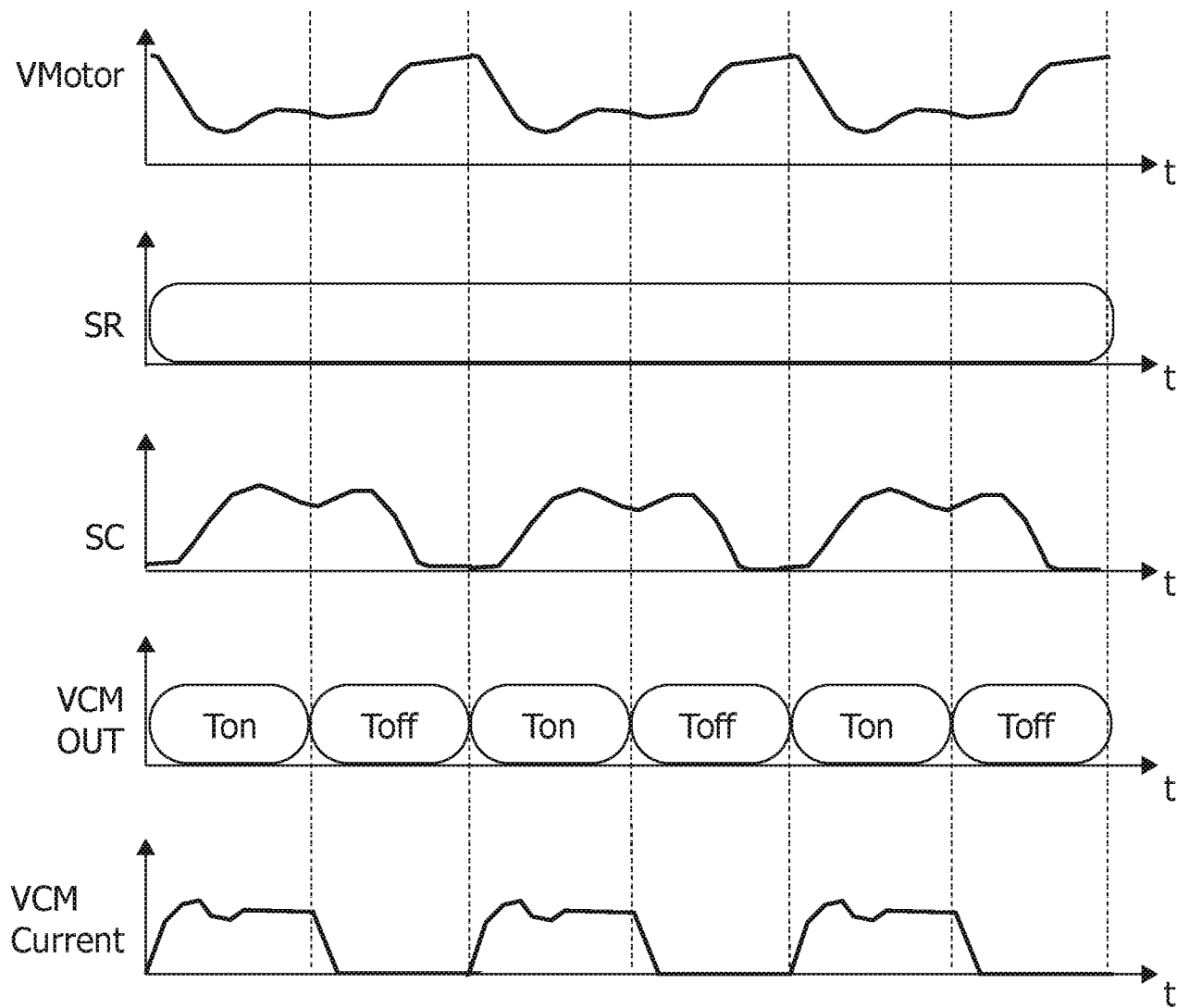
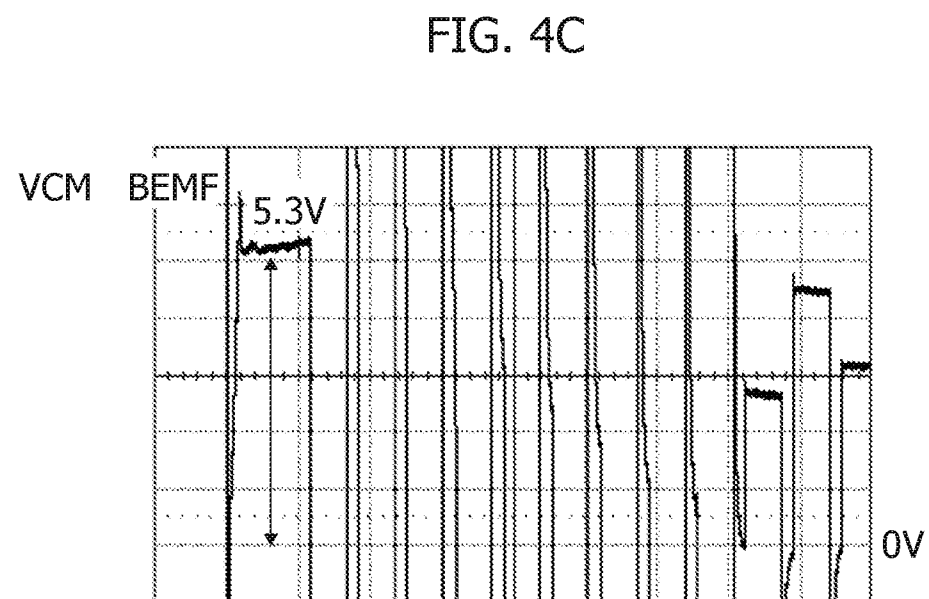
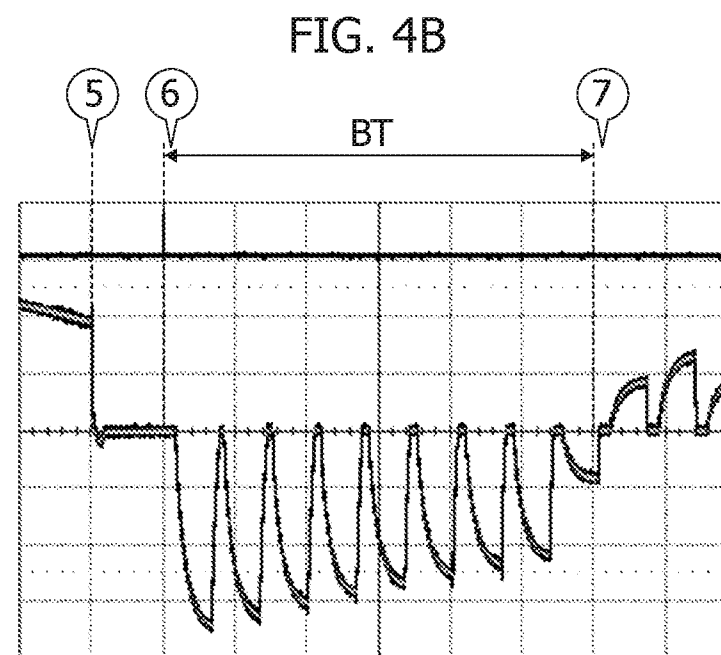
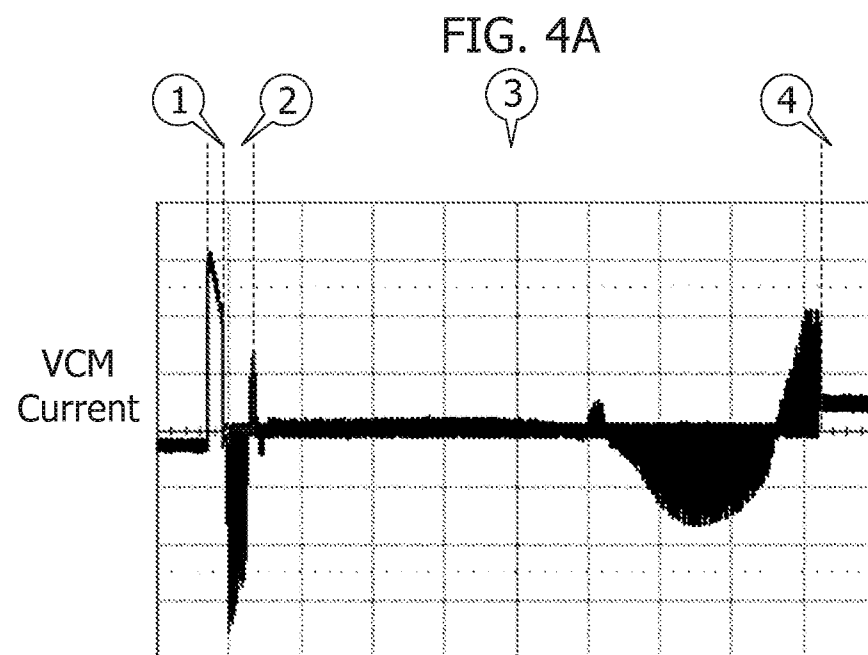


FIG. 3





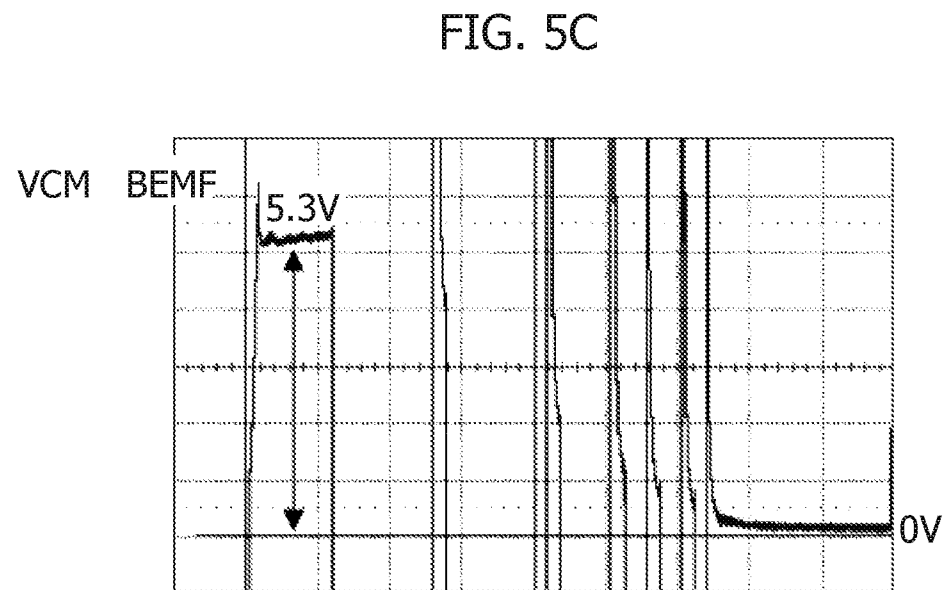
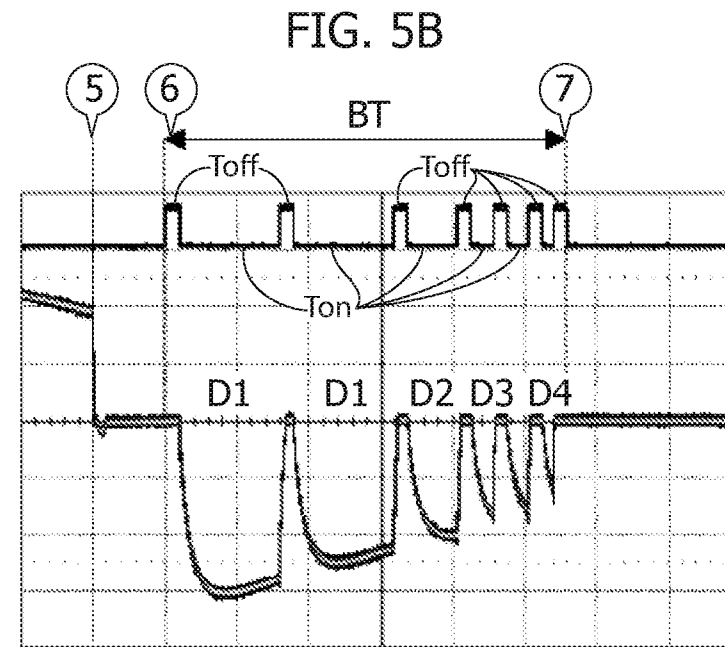
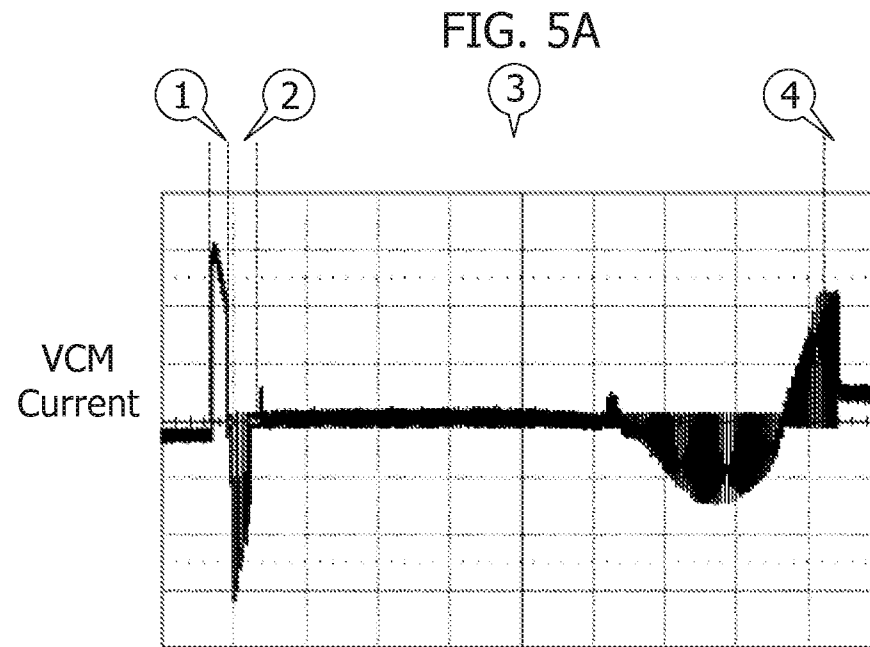


FIG. 6A

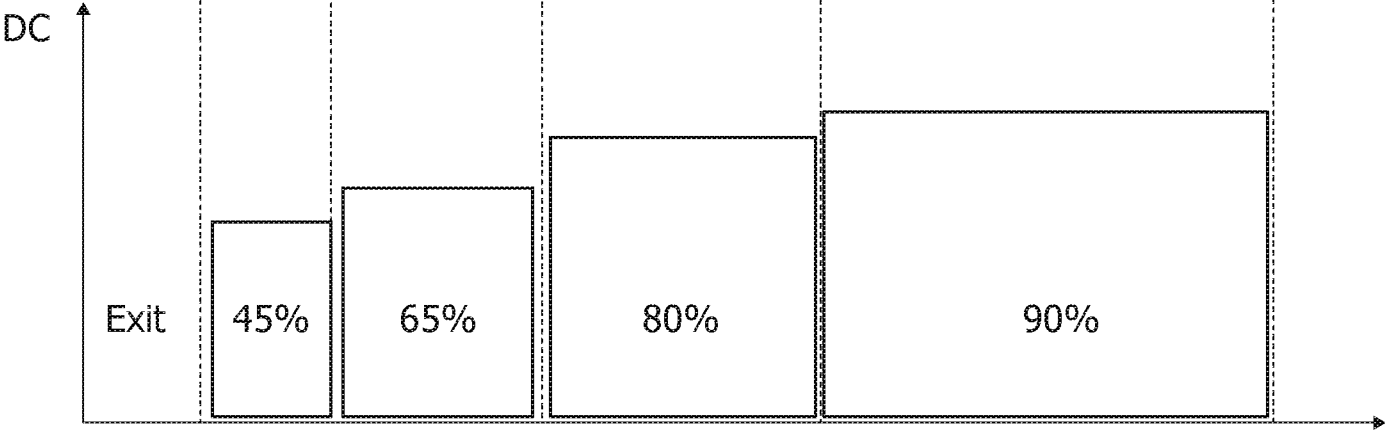
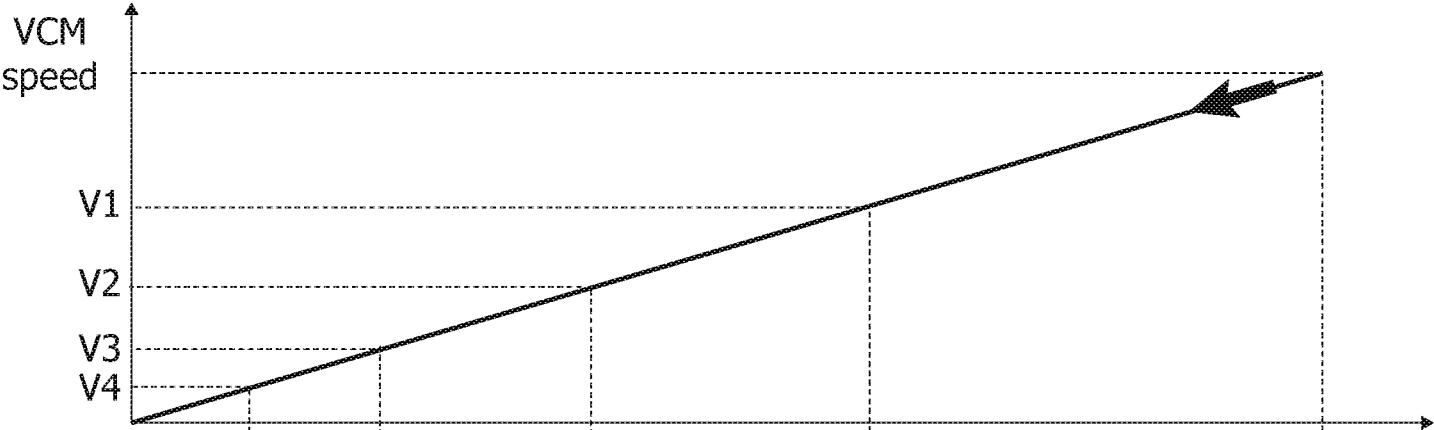


FIG. 6B

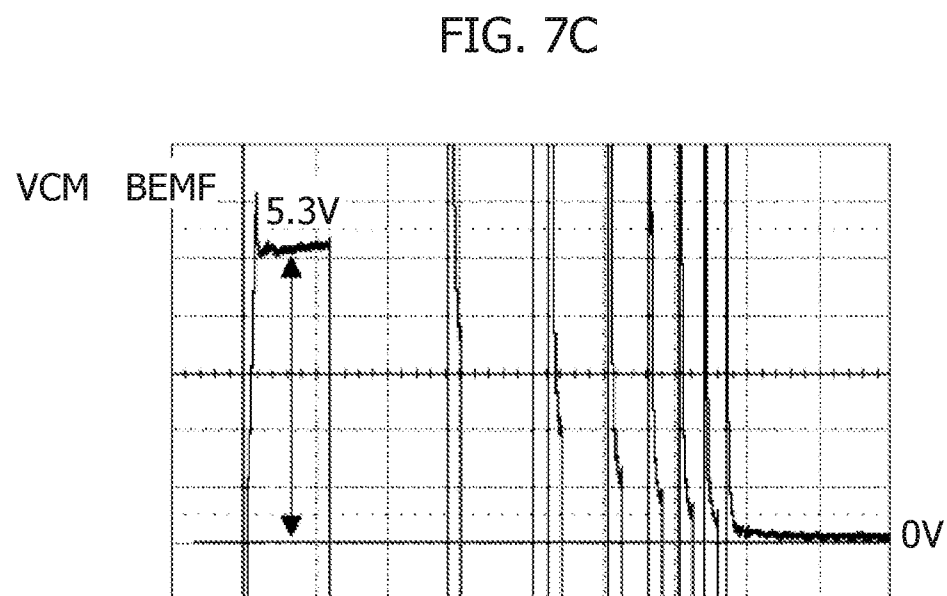
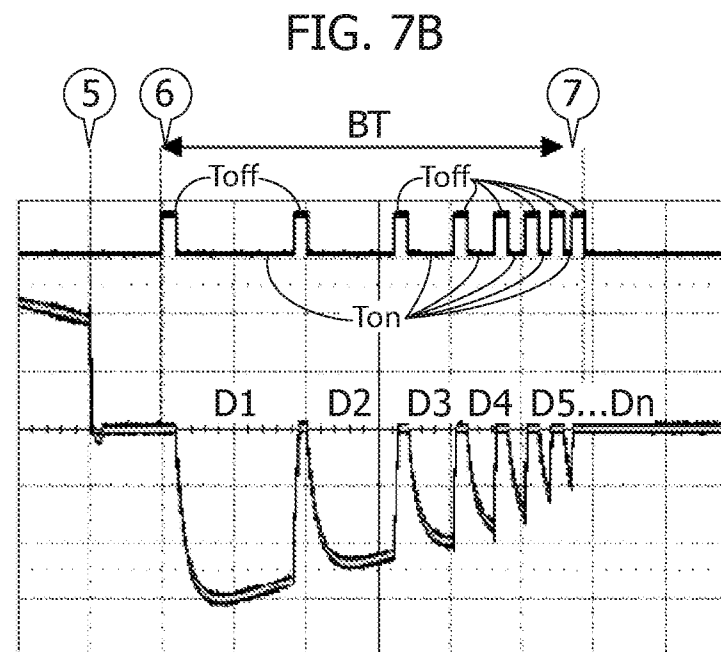
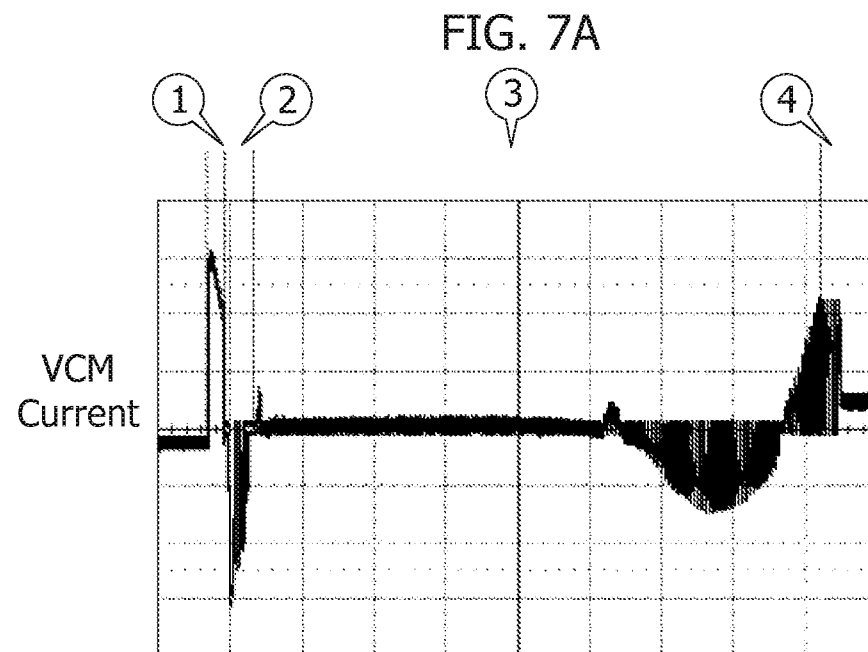


FIG. 8A

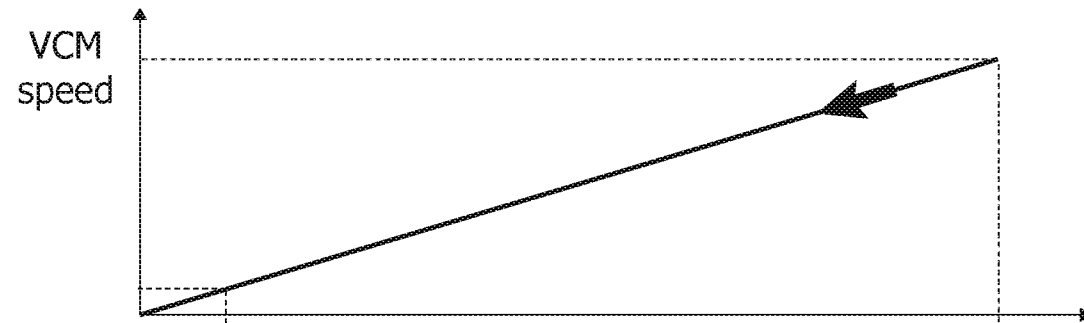


FIG. 8B

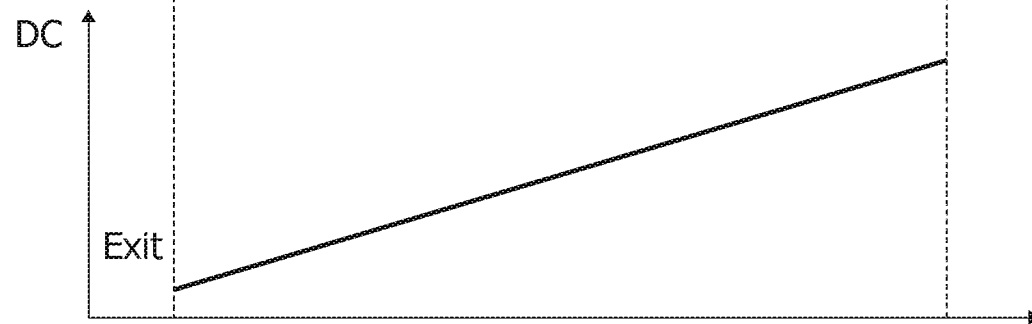


FIG. 9

