



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2023/195411**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜbkG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2023 001 779.4**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2023/013167**  
(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2023**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **12.10.2023**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **23.01.2025**

(51) Int Cl.: **H02P 25/064** (2016.01)

(30) Unionspriorität:  
**PCT/JP2022/017090 05.04.2022 JP**  
(71) Anmelder:  
**Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP**  
(74) Vertreter:  
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte  
Partnerschaft mbB, 80538 München, DE**

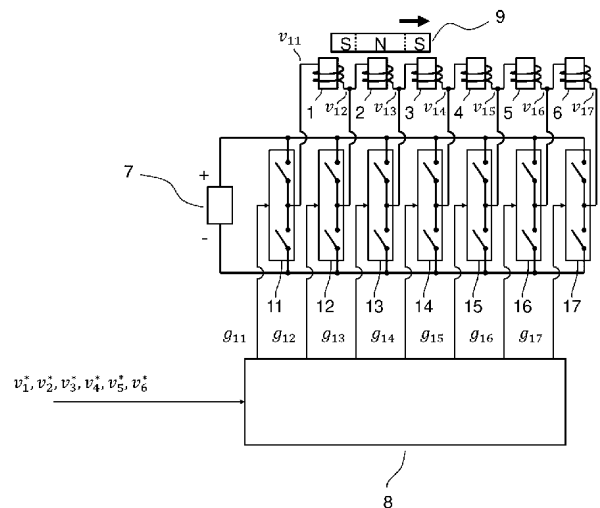
(72) Erfinder:  
**Satake, Akira, Tokyo, JP; Takahashi, Kenji, Tokyo,  
JP; Morikawa, Hiroki, Tokyo, JP; Kawase, Tatsuya,  
Tokyo, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Linearmotor-Antriebseinrichtung und Linearmotor**

(57) Zusammenfassung: Diese Linearmotor-Antriebseinrichtung weist Folgendes auf: einen Stator, an dem eine Mehrzahl von Spulen (1 bis 6), die in Reihe geschaltet sind, so angeordnet ist, dass sie arrayförmig angeordnet sind; eine Mehrzahl von Halbbrücken (11 bis 17); und eine Schalt-Steuerung (8), die einen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner (81) aufweist. Beide Enden einer Reihenschaltungs-Einheit der Spulen und Verbindungspunkte zwischen den Spulen sind jeweils mit einem Ausgabepunkt von verschiedenen Halbbrücken der Halbbrücken verbunden. AC-Spannungen werden an die jeweiligen Spulen (1 bis 6) angelegt. Der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner (81) erhält durch Berechnung Ausgangsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Halbbrücken (11 bis 17) auf der Basis von Anlegungsspannungs-Referenzen für Spannungen, die an die jeweiligen Spulen (1 bis 6) angelegt werden sollen. Die Schalt-Steuerung (8) erhält Schaltsignale zum Steuern von Schaltern der Halbbrücken (11 bis 17), indem sie die jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen verwendet, die erhalten wurden.



**Beschreibung**

## Literaturverzeichnis

## Technisches Gebiet

## Patentdokument

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Linearmotor-Antriebseinrichtung und einen Linearmotor.

Patentdokument 1: U.S.-Patentanmeldungs-Veröffentlichung US 2019/0386588 A

Patentdokument 2: Japanische Patentanmeldungs-Offenlegungsschrift JP 64- 1 466 A

## Stand der Technik

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0002]** Ein Linearmotor ist aus Folgendem gebildet: einem Stator, an dem eine Mehrzahl von Spulen arrayförmig angeordnet ist; und bewegliche Elemente, die mit Spalten zwischen dem Stator und den beweglichen Elemente angeordnet sind und jeweils durch einen Permanentmagneten implementiert werden, der in einer Richtung bewegt wird, in der die Spulen des Stators arrayförmig angeordnet sind. Eine Technologie hinsichtlich des Linearmotors wurde in Form von Produkten verkörpert.

## Mit der Erfindung zu lösendes Problem

**[0003]** Die bekannte Technologie schlägt vor, die Ströme, die durch die jeweiligen Spulen des Stators fließen, individuell zu steuern, so dass insbesondere eine Mehrzahl der beweglichen Elemente unabhängig gesteuert wird, um dem Linearmotor einen neuen Wert hinzuzufügen. Bei der herkömmlichen Technologie gilt Folgendes: Um die individuelle Steuerung der Ströme für die jeweiligen Spulen zu verwirklichen, wird ein Typ verwendet, bei dem Vollbrücken- oder Halbbrücken-Einzelphasen-Wechselrichter mit den jeweiligen Spulen verbunden sind und Spannungen individuell an die jeweiligen Spulen angelegt werden (siehe beispielsweise **Fig. 2a** und **Fig. 2b** im Patentdokument 1).

**[0005]** Bei dem Typ, der im Patentdokument 1 offenbart ist, ist der Freiheitsgrad in den Wellenformen der Spannungen hoch, die dazu imstande sind, an die jeweiligen Spulen angelegt zu werden. In einem Fall jedoch, in dem zwei Schalter für eine Spule verwendet werden, wie in einer Halbbrücke, ist der Maximalwert der Spannung, die dazu imstande ist, an die Spule angelegt zu werden, auf die Hälfte der Spannung der DC-Energieversorgung beschränkt.

**[0006]** Um die Spannung der DC-Energieversorgung an die Spule derart anzulegen, dass die Spannung positive und negative Polaritäten hat, sind außerdem vier Schalter für eine Spule nötig, wie in einer Vollbrücke, so dass die Anzahl der Schalter das Doppelte der Zahl in dem Fall beträgt, in dem eine Halbbrücke verwendet wird.

**[0004]** Außerdem ist der folgende Typ von Linearmotor-Antriebseinrichtung bekannt (siehe beispielsweise Patentdokument 2). Diese Linearmotor-Antriebseinrichtung ist für einen DC-Linearmotor vorgesehen, wobei: eine Mehrzahl von arrayförmig angeordneten Spulen elektrisch in Reihe geschaltet sind; und Ausgabepunkte von Halbbrückenschaltungen, bei denen jeweils Schalter in Reihe geschaltet sind, mit Verbindungspunkten zwischen den Spulen verbunden sind. Die Linearmotor-Antriebseinrichtung legt eine Spannung einer DC-Energieversorgung als eine Eingabe bzw. einen Eingang für jede Halbbrücken an und steuert - mittels einer Logikschaltung, die ein Signal von einem Positionssensor empfängt - jeden der Schalter, so dass dafür gesorgt wird, dass ein DC-Strom durch die entsprechende Spule fließt. Folglich treibt die Linearmotor-Antriebseinrichtung den DC-Linearmotor.

**[0007]** Indessen ist der Antriebstyp für den Linearmotor, der im Patentdokument 2 offenbart ist, ein Antriebstyp, bei dem eine Leitung zu einer positiven Energieversorgung oder einer negativen Energieversorgung durch eine Bürste im DC-Linearmotor bloß durch das Schalten einer Halbbrücke ersetzt wurde. Daher können beliebig bestimmte Spannungen nicht an die jeweiligen Spulen angelegt werden, und der Freiheitsgrad beim Steuern der Bewegung eines beweglichen Elements ist sehr niedrig.

**[0008]** Die vorliegende Erfindung wurde konzipiert, um die obigen Probleme zu lösen, und es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Linearmotor-Antriebseinrichtung anzugeben, bei der Folgendes gilt: Die Anzahl von Schaltern ist klein; der Freiheitsgrad in den Wellenformen der Spannungen, die an die jeweiligen Spulen angelegt werden sollen, ist hoch; die Spannung einer DC-Energieversorgung kann so angelegt werden, dass sie positive und negative Polaritäten hat; und der Freiheitsgrad beim Steuern der Bewegung eines beweglichen Elements ist hoch.

## Wege zum Lösen des Problems

**[0009]** Eine Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Linearmotor-Antriebseinrichtung, die Folgendes aufweist:

einen Stator, an dem eine Mehrzahl von Spulen so angeordnet sind, dass sie arrayförmig angeordnet sind; Halbbrücken, die jeweils aus einer Reihenschaltungs-Einheit einer Mehrzahl von Schaltern gebildet sind, wobei die Anzahl der Halbbrücken um Eins größer als die Anzahl der Spulen ist; und eine Schalt-Steuerung, die einen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner aufweist, wobei die Mehrzahl der Spulen elektrisch in Reihe geschaltet ist, beide Enden einer Reihenschaltungs-Einheit der Spulen, die in Reihe geschaltet sind, und Verbindungspunkte zwischen den Spulen jeweils mit einem Ausgabepunkt einer anderen (verschiedenen) der Halbbrücken verbunden sind, beide Enden jeder der Halbbrücken mit einer DC-Quelle verbunden sind, AC-Spannungen an die jeweiligen Spulen angelegt werden, der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner - durch Berechnung - Ausgangsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Halbbrücken erhält, und zwar auf der Basis von Anlegungsspannungs-Referenzen für Spannungen, die an die Mehrzahl der jeweiligen Spulen angelegt werden sollen, und die Schalt-Steuerung Schaltsignale zum Steuern der Schalter der Halbbrücken erhält, indem sie die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Halbbrücken verwendet, die durch den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner erhalten werden, und den Betrieb bzw. das Treiben der Schalter sämtlicher Halbbrücken steuert.

#### Wirkung der Erfindung

**[0010]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, eine Linearmotor-Antriebseinrichtung anzugeben, bei der Folgendes gilt: Die Anzahl von Schaltern ist klein; der Freiheitsgrad in den Wellenformen der Spannungen, die an die jeweiligen Spulen angelegt werden sollen, ist hoch; die Spannung einer DC-Energieversorgung kann so angelegt werden, dass sie positive und negative Polaritäten hat; und der Freiheitsgrad beim Steuern der Bewegung eines beweglichen Elements ist hoch.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**Fig. 1** ist ein schematisches Schaltungsdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt.

**Fig. 2** ist ein schematisches Diagramm, das eine Konfiguration eines allgemein verwendeten Linearmotors zeigt.

**Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt, wobei das Blockdiagramm auch ein bewegliches Element aufweist.

**Fig. 4** zeigt eine Struktur einer Schalt-Steuerung der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

**Fig. 5** zeigt Graphen eines Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 1.

**Fig. 6** zeigt - mit Wellenformen - ein Beispiel von Schaltvorgängen der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1.

**Fig. 7** ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 2 zeigt.

**Fig. 8** zeigt Graphen eines Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 2.

**Fig. 9** zeigt eine interne Struktur eines Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechners 81 einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 3.

**Fig. 10** zeigt Graphen eines Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 3.

**Fig. 11** zeigt Graphen eines weiteren Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 3.

**Fig. 12** zeigt Graphen noch eines weiteren Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 3.

**Fig. 13** ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 4 zeigt.

**Fig. 14** ist ein Blockdiagramm, das eine weitere Konfiguration der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 4 zeigt.

**Fig. 15** ist ein Blockdiagramm, das die interne Struktur eines Spulenstrom-Rechners in der Konfiguration gemäß **Fig. 14** zeigt, bei der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 4.

**Fig. 16** ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5 zeigt.

**Fig. 17** zeigt eine Struktur einer Schalt-Steuerung der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 18** zeigt Graphen eines Beispiels der Wellenformen von induzierten Spannungen, die in den Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 19** zeigt Graphen eines weiteren Beispiels bezüglich der Wellenformen der induzierten Spannungen, die in den Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 20** zeigt einen Graphen noch eines weiteren Beispiels bezüglich der Wellenformen der induzierten Spannungen, die in den Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 21** zeigt Graphen noch eines weiteren Beispiels bezüglich der Wellenformen der induzierten Spannungen, die in den Spulen der Linearmotor-Antriebseinrichtung erzeugt werden, gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 22** zeigt die interne Struktur einer Strom-Steuerungseinrichtung 100 in der Konfiguration - gemäß **Fig. 16** - der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 23** zeigt interne Strukturen von Integral-Rechnern 1030 bis 1035 in der Konfiguration - gemäß **Fig. 22** - der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 24** zeigt Graphen eines Beispiels der Wellenformen der Spannungen, die an die Spulen angelegt werden sollen, und der Wellenformen der Ströme in der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 25** zeigt Graphen eines weiteren Beispiels der Wellenformen der Spannungen, die an die Spulen angelegt werden sollen, und der Wellenformen der Ströme in der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5.

**Fig. 26** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer spezifischen Konfiguration der Schalt-Steuerung in der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### Beschreibung von Ausführungsformen

##### Ausführungsform 1

**[0011]** **Fig. 1** ist ein schematisches Schaltungsdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt, und **Fig. 2** ist ein schematisches Diagramm, das eine Konfiguration eines allgemein verwendeten Linearmotors zeigt. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ist der Linearmotor aus Folgendem gebildet: einem Stator 20; und beweglichen Elementen 9, die mit Spalten zwischen dem Stator 20 und den beweglichen Ele-

mente 9 angeordnet sind und jeweils mittels eines Permanentmagneten implementiert sind. Der Stator 20 hat eine Konfiguration, bei der eine Mehrzahl von Spulen so angeordnet ist, dass sie arrayförmig angeordnet sind. Die beweglichen Elemente 9 werden in einer Richtung bewegt, in der die Spulen des Stators 20 arrayförmig angeordnet sind.

**[0012]** In **Fig. 1** sind Spule 1 bis Spule 6 solche Spulen, die um den Stator 20 des Linearmotors gewickelt sind. Die Spule 1, die an dem Ende auf der einen Seite angeordnet ist, weist Folgendes auf: ein Ende, das mit dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 11a und einem Schalter 11b verbunden ist, die in Reihe geschaltet sind; und ein anderes Ende, das mit dem einen Ende der Spule 2 und mit dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 12a und einem Schalter 12b verbunden ist, die in Reihe geschaltet sind. Die Spule 2 weist ein anderes Ende auf, das mit dem einen Ende der Spule 3 und mit dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 13a und einem Schalter 13b verbunden ist, die in Reihe geschaltet sind.

**[0013]** Auf ähnliche Weise sind die Spulen 3, 4, 5 und 6 in Reihe geschaltet, und die Verbindungspunkte zwischen diesen Spulen sind mit dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 14a und einem Schalter 14b, die Reihe geschaltet sind, dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 15a und einem Schalter 15b, die in Reihe geschaltet sind, bzw. dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 16a und einem Schalter 16b verbunden, die in Reihe geschaltet sind. Die Spule 6, die an dem Ende auf der anderen Seite angeordnet ist, weist ein anderes Ende auf, das mit dem Verbindungspunkt zwischen einem Schalter 17a und einem Schalter 17b verbunden ist, die in Reihe geschaltet sind. Außerdem sind bei jedem Paar von Schaltern, die in Reihe geschaltet sind, beide Enden mit einer positiven (+) Seite und einer negativen (-) Seite einer üblichen DC-Energieversorgung 7 verbunden, und sie empfangen Energie von diesen.

**[0014]** Auf diese Weise sind in der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 die Spulen des Stators im Linearmotor in Reihe geschaltet, und die Ausgänge der Halbbrücken, bei denen jeweils eine Mehrzahl von entsprechenden Schaltern in Reihe geschaltet sind, sind mit beiden Enden einer Reihenschaltungs-Einheit der Spulen und den Verbindungspunkten zwischen den Spulen verbunden. Obwohl **Fig. 1** ein Beispiel der Linearmotor-Antriebseinrichtung zeigt, bei dem die Anzahl der Spulen des Stators sechs beträgt, hat die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Konfiguration, bei der Folgendes gilt: Die Anzahl der Spulen ist beliebig bestimmt; und N+1 Halbbrückenschaltungen sind mit N Spulen verbunden.

**[0015]** Im Allgemeinen sind jedoch vier oder mehr Spulen notwendig, um eine Wirkung zu zeigen, und zwar infolge des Vorhandenseins der Mehrzahl von unabhängigen Spulen des Stators bezüglich der tatsächlichen Bewegungsvorgänge der beweglichen Elemente. Folglich wird die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung wirksam, wenn Folgendes gilt: Die Anzahl der Spulen beträgt vier oder mehr; und die Anzahl der Halbbrückenschaltungen beträgt fünf oder mehr.

**[0016]** Der grundlegende Betrieb der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 wird nachstehend beschrieben. Die Spule 1, die Schalter 11a und 11b sowie die Schalter 12a und 12b bilden eine Vollbrückenschaltung. Wenn die Schalter 11a, 11b, 12a und 12b geschaltet werden, kann folglich eine Spannung  $V_{dc}$  der DC-Energieversorgung 7 an die Spule 1 in Vorwärts-/Rückwärts-Richtung angelegt werden. Wenn die Schalter mit einer hohen Geschwindigkeit geschaltet werden, kann außerdem eine Zwischenspannung an die Spule im Durchschnitt angelegt werden. Auf ähnliche Weise ist eine Vollbrückenschaltung für jede der Spulen aus den entsprechenden Schaltern gebildet, die mit beiden Enden der Spule verbunden sind.

**[0017]** Folglich kann die Antriebsschaltung bzw. Treiberschaltung in **Fig. 1** - an jede der Spulen - eine AC-Spannung mit einer Amplitude im Bereich von einem Minimalwert  $-V_{dc}$  bis zu einem Maximalwert  $+V_{dc}$  anlegen, und zwar auf die gleiche Weise wie eine herkömmliche Vollbrückenschaltung, wie z. B. jene, die im Patentdokument 1 beschrieben ist. Selbstverständlich kann auch eine Spannung nur auf der positiven Seite oder der negativen Seite der Wechselspannung an eine gewisse Spule angelegt werden, in Abhängigkeit der Bewegungen der zu steuernden beweglichen Elemente.

**[0018]** Indessen wird ein Vergleich bezüglich der Anzahl von Schaltern wie folgt vorgenommen. Die herkömmliche Konfiguration, bei der eine einzige Vollbrückenschaltung mit jeder der Spulen verbunden ist, muss mit Schaltern konfiguriert sein, deren Anzahl das 4-Fache der Anzahl der Spulen beträgt, wohingegen die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 mit Schaltern konfiguriert ist, deren Anzahl sich wie folgt berechnet:  $(\text{Anzahl der Spulen} + 1) \times 2$ . Beispielsweise in dem Fall, in dem die Anzahl der Spulen sechs beträgt, wie in **Fig. 1** gezeigt, muss die herkömmliche Vollbrückenschaltung mit 24 Schaltern konfiguriert sein, wohingegen es die Schaltung in **Fig. 1** ermöglicht, dass die Treiberschaltung mit 14 Schaltern konfiguriert ist. Folglich zeigt sich, dass die Anzahl der Schalter signifikant verringert werden kann.

**[0019]** Als Nächstes wird der grundlegende Betrieb der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 beschrieben.

**Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 zeigt, wobei das Blockdiagramm auch ein bewegliches Element 9 des Linearmotors aufweist. **Fig. 3** zeigt ein Beispiel, bei dem das bewegliche Element 9 des Linearmotors Permanentmagnet-Magnetpole aufweist (einen N-Pol und S-Pole). In diesem Beispiel werden die Spannungen, die an die jeweiligen Spulen 1 bis 6 angelegt werden sollen, gemäß der Position und der Geschwindigkeit des beweglichen Elements 9 und des Schubs bzw. Vortriebs geändert, der vom beweglichen Element 9 erzeugt werden soll. In **Fig. 3** sind der Schalter 11a und der Schalter 11b gemeinsam als eine Halbbrücke 11 gezeigt, und das gleiche gilt auch für die übrigen Halbbrücken 12 bis 17.

**[0020]** Anlegungsspannungs-Referenzen für die Spannungen, die an die jeweiligen Spulen 1, 2, 3, 4, 5 und 6 angelegt werden sollen, um den Linearmotor zu steuern, sind jeweils mit  $v_1^*$ ,  $v_2^*$ ,  $v_3^*$ ,  $v_4^*$ ,  $v_5^*$  und  $v_6^*$  bezeichnet. Eine Schalt-Steuerung 8 berechnet Schaltsignale  $g_{11}$ ,  $g_{12}$ ,  $g_{13}$ ,  $g_{14}$ ,  $g_{15}$ ,  $g_{16}$  und  $g_{17}$  auf der Basis dieser Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  und gibt diese Schaltsignale an die jeweiligen Halbbrücken 11 bis 17 aus. Wenn eines der Schaltsignale 1 angibt, schaltet die entsprechende Halbbrücke deren Schalter auf der oberen Seite ein und schaltet deren Schalter auf der unteren Seite aus. Wenn im Gegensatz dazu das Schaltsignal 0 angibt, schaltet die Halbbrücke deren Schalter auf der oberen Seite aus und schaltet deren Schalter auf der unteren Seite ein.

**[0021]** **Fig. 4** zeigt eine Struktur der Schalt-Steuerung 8 der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1. Die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen werden in einen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner 81 eingegeben und mittels interner Addierer in Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$ ,  $v_{12}^*$ ,  $v_{13}^*$ ,  $v_{14}^*$ ,  $v_{15}^*$ ,  $v_{16}^*$  und  $v_{17}^*$  umgewandelt, die durch die untenstehenden Ausdrücke dargestellt werden. Jede der Anlegungsspannungs-Referenzen ist so definiert, dass der Anschluss auf der rechten Seite der entsprechenden Spule als positiver Anschluss angesehen wird und der Anschluss auf der linken Seite der Spule als negativer Anschluss angesehen wird.

**[0022]** Hier ist die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz  $v_{11}^*$  für die Halbbrücke 11 (auch als erste Halbbrücke bezeichnet), mit der das eine Ende der Reihenschaltungs-Einheit der sechs Spulen verbunden ist, mit 0 als eine Referenz-Spannung vorgegeben. Jede der Anlegungsspannungs-Referenzen wird für die entsprechende Spule berechnet, indem Charakteristik-Parameter bzw. Kennlinien-Parameter des Linearmotors verwendet werden,

und zwar auf der Basis der Position und der Geschwindigkeit des beweglichen Elements relativ zur Spule, eines gewünschten Werts des Stroms, der durch die Spule zu fließen veranlasst werden soll, und dergleichen. Die berechneten Anlegungsspannungs-Referenzen werden dargestellt durch  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$ .

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^*$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^*$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^*$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^*$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^*$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^*$$

**[0023]** Ein Modulationsfaktor-Rechner 82 multipliziert die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  mit  $2/V_{dc}$ , was eine Verstärkung bzw. einen Verstärkungsfaktor darstellt, und berechnet so die jeweiligen Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$ . Hier ist  $V_{dc}$  eine Anlegespannung - für jede der Halbbrücken - die aus der DC-Energieversorgung 7 ausgegeben wird.

**[0024]** Ein Träger-Generator 84 erzeugt eine Trägerwelle  $c$  (z. B. eine Dreieckswelle) zum Durchführen der Pulsweitenmodulation. In dem Fall von **Fig. 4** schwankt die Dreieckswelle zwischen -1 und 1 gemäß der Relation mit der Verstärkung im Modulationsfaktor-Rechner 82. Ein Komparator 83 führt einen Vergleich - bezüglich der Stärke - zwischen jedem der Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$ , die vom Modulationsfaktor-Rechner 82 eingegeben werden, und der Trägerwelle  $c$  durch, die vom Träger-Generator 84 eingegeben wird. Wenn der Modulationsfaktor einen größeren Wert hat, gibt der Komparator 83 den Wert 1 als das entsprechende der Schaltsignale  $g_{11}$  bis  $g_{17}$  an die entsprechende Halbbrücke aus. Wenn indessen die Trägerwelle einen größeren Wert hat, gibt der Komparator 83 den Wert 0 als das entsprechende der Schaltsignale  $g_{11}$  bis  $g_{17}$  an die entsprechende Halbbrücke aus.

**[0025]** **Fig. 5** zeigt die Wellenformen von induzierten Spannungen, die, wenn das bewegliche Element 9 über die Spulen 1 bis 3 mit einer festen Geschwindigkeit bewegt wird, wie in **Fig. 3** gezeigt, in den Spulen erzeugt wurden, und zwar infolge der magnetische Flüsse der Permanentmagnete des beweglichen Elements 9. In **Fig. 5** ist die induzierte Spannung der Spule 1 mit  $v_1$  bezeichnet, die induzierte Spannung der Spule 2 ist mit  $v_2$  bezeichnet, die induzierte Spannung der Spule 3 ist mit  $v_3$  bezeichnet, und die

Horizontalachse bezeichnet den Zeitpunkt  $t$  (Zeitverlauf). Bei dem Linearmotor, der in **Fig. 3** gezeigt ist, ist das Magnetpol-Abstandsmaß (der Abstand zwischen dem Zentrum des N-Pols und dem Zentrum jedes der S-Pole) des beweglichen Elements 9 und der Abstand zwischen einander benachbarten der unabhängig gewickelten Spulen zueinander gleich groß.

**[0026]** In einem Fall, in dem angenommen wird, dass die induzierte Spannung, die erzeugt wird, wenn das bewegliche Element 9 eine gewisse der Spulen passiert, einer Periode einer Sinuswelle entspricht, hat die induzierte Spannung einer Spule, die der gewissen Spule benachbart ist, eine Wellenform mit einer Phase, die von der Phase der Sinuswelle um  $180^\circ$  verschoben ist, wie in **Fig. 5** gezeigt.

**[0027]** Um beispielsweise zu verhindern, dass das bewegliche Element 9 zu dieser Zeit irgendeinen Schub erzeugt, brauchen die Ströme, die durch die jeweiligen Spulen fließen, nur mit 0 vorgegeben zu sein.

**[0028]** Dazu brauchen nur Spannungen, die gleich groß wie die induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen sind, an die Spulen angelegt zu werden. In diesem Fall sind zu einem Zeitpunkt  $t_1$  in **Fig. 5**, die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen wie folgt. Obwohl in **Fig. 5** nicht dargestellt, haben sämtliche Anlegespannungen für die Spulen 4, 5 und 6 zum Zeitpunkt  $t_1$  einen Wert von 0.

$$v_1^* = a$$

$$v_2^* = -a$$

$$v_3^* = 0$$

$$v_4^* = 0$$

$$v_5^* = 0$$

$$v_6^* = 0$$

**[0029]** Die Anlegungsspannungs-Referenzen werden in den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner 81 der Schalt-Steuerung 8 eingegeben, und die folgenden Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  werden berechnet.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0030]** Fig. 6 zeigt - mit Wellenformen - ein Beispiel von Schaltvorgängen der oben beschriebenen Treiberschaltung. Der Modulationsfaktor-Rechner 82 berechnet Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  aus den jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$ , und der Komparator 83 erzeugt Schaltsignale  $g_{11}$  bis  $g_{17}$  aus den Modulationsfaktoren und der Trägerwelle  $c$ . Wie oben beschrieben, resultiert das Modulationsfaktor-Ergebnis aus einer Multiplikation der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen mit  $2/V_{dc}$ , was eine Verstärkung bzw. einen Verstärkungsfaktor darstellt, d. h. als Ergebnis aus der Division der jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen durch  $V_{dc}/2$ .

**[0031]** Ein Beispiel ist wie folgt. Eine Halbbrücke, deren Modulationsfaktor 0,5 ist, hält deren Schalter auf der positiven Seite im Einschaltzustand, und zwar für einen Zeitraum, der 50% der Periode der Trägerwelle beträgt, wohingegen eine Halbbrücke, deren Modulationsfaktor -0,5 beträgt, deren Schalter auf der negativen Seite im Einschaltzustand hält, und zwar für einen Zeitraum der 50 % der Periode der Trägerwelle beträgt. Ein weiteres Beispiel ist wie folgt. In einem Fall, in dem der Modulationsfaktor 1 beträgt, hält die Halbbrücke deren Schalter auf der positiven Seite im Einschaltzustand, und zwar für einen Zeitraum, während dessen der Modulationsfaktor 1 ist, wohingegen in einem Fall, in dem der Modulationsfaktor -1 beträgt, die Halbbrücke deren Schalter auf der negativen Seite im Einschaltzustand hält, und zwar für einen Zeitraum, während dessen der Modulationsfaktor -1 beträgt. In einem Fall, in dem der Modulationsfaktor größer als 1 ist, hält die Halbbrücke deren Schalter auf der positiven Seite im Einschaltzustand, und zwar für einen Zeitraum, während dessen der Modulationsfaktor größer als 1 ist, auf die gleiche Weise wie in dem Fall, in dem der Modulationsfaktor 1 ist.

**[0032]** In einem Fall indessen, in dem der Modulationsfaktor kleiner als -1 ist, hält die Halbbrücke deren Schalter auf der negativen Seite im Einschaltzustand, und zwar für einen Zeitraum, während dessen der Modulationsfaktor kleiner als -1 ist, auf die gleiche Weise wie in dem Fall, in dem der Modulationsfaktor -1 ist. Auf diese Weise ist jeder der Modulationsfaktoren die Proportion des Zeitraums, während dessen der Schalter auf der positiven oder negativen Seite der entsprechenden Halbbrücke im Einschaltzustand gehalten werden soll. Die Halbbrücken werden gemäß den Schaltsignalen auf der Basis dieser jeweiligen Modulationsfaktoren betrieben.

**[0033]** Demzufolge werden Spannungen  $v_{11}$  bis  $v_{17}$  von den Ausgabepunkten der jeweiligen Halbbrücken, die in Fig. 3 gezeigt sind, an beide Enden der Spulen 1 bis 6 angelegt. Fig. 6 zeigt die Spannungen aus den Ausgabepunkten der jeweiligen Halbbrücken. Die Spannung, die an jede der Spulen angelegt werden soll, ist die Differenz zwischen den Spannungen, die aus den entsprechenden Halbbrücken ausgegeben werden, die mit beiden Enden der Spule verbunden sind. An jede der Spulen wird eine Spannung entsprechend der Anlegungsspannungs-Referenz für die Spule, wie z. B. die Spulen-Anlegespannung  $v_1, v_2$ , die in Fig. 6 gezeigt ist, durchschnittlich angelegt.

**[0034]** Die Spulen 3, 4, 5 und 6 empfangen an ihren beiden Enden die gleiche Spannung von den Ausgabepunkten der jeweiligen Halbbrücken, und folglich haben die Spulen-Anlegespannungen der Spulen 3, 4, 5 und 6 einen Wert von 0. Obwohl oben der Fall beschrieben ist, in dem der mittels des beweglichen Elements 9 zu erzeugende Schub mit 0 vorgegeben ist, kann auch veranlasst werden, dass das bewegliche Element 9 einen gewünschten Schub erzeugt oder einen gewünschten Betrieb durchführt, indem die Anlegungsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Spulen angepasst bzw. eingestellt werden. Obwohl oben ein Verfahren zum Durchführen einer Pulsweitenmodulation mit einer Dreieckswelle bei der Erzeugung einer Zwischenspannung zwischen  $-V_{dc}$  und  $+V_{dc}$  beschrieben wurde, versteht es sich, dass die vorteilhaften Wirkungen auch erhalten werden, wenn ein anderes Spannungs-Erzeugungsverfahren verwendet wird.

**[0035]** Der obige Betrieb ermöglicht, dass die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 1 - verglichen mit einer herkömmlichen Antriebseinrichtung, bei der eine Vollbrückenschaltung verwendet wird (wie z. B. diejenige, die im Patentedokument 1 beschrieben ist) - die Anzahl von nötigen Schaltern signifikant verringert und eine beliebig bestimmte positive oder negative Spannung mit einer Stärke bis zur Spannung der DC-Energieversorgung an die Spulen anlegt, und zwar auf die gleiche Weise wie die herkömmliche Vollbrückenschaltung. Demzufolge ist es möglich, eine Linearmotor-Antriebseinrichtung mit einem Freiheitsgrad bei der Steuerung äquivalent zu jenem des herkömmlichen Typs zu verwirklichen, während die Größe und die Kosten für die Treiberschaltung verringert werden.

#### Ausführungsform 2

**[0036]** Fig. 7 ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 2 zeigt, und sie zeigt ein Beispiel, bei dem zwei bewegliche Elemente 9a und 9b angetrieben werden. Fig. 8 zeigt die Wellenfor-

men von induzierten Spannungen, die in den Spulen infolge der magnetischen Flüsse der Permanentmagneten der beweglichen Elemente erzeugt werden, wenn Folgendes gilt: Die bewegliche Elemente 9a und 9b sind an den Positionen vorhanden, die in **Fig. 7** gezeigt sind, und werden mit festen Geschwindigkeiten in der Richtung bewegt, die mit den Pfeilen angezeigt ist; und das bewegliche Element 9a wird mit einer Geschwindigkeit bewegt, die die Hälfte der Geschwindigkeit des beweglichen Elements 9b beträgt.

**[0037]** In **Fig. 8** gilt Folgendes: Die induzierte Spannung der Spule 1 ist mit  $v_1$  bezeichnet. Die induzierte Spannung der Spule 2 ist mit  $v_2$  bezeichnet. Die induzierte Spannung der Spule 3 ist mit  $v_3$  bezeichnet. Die induzierte Spannung der Spule 4 ist mit  $v_4$  bezeichnet. Die induzierte Spannung der Spule 5 ist mit  $v_5$  bezeichnet. Und die induzierte Spannung der Spule 6 ist mit  $v_6$  bezeichnet. Der Linearmotor, der in **Fig. 7** gezeigt ist, ist derart aufgebaut, dass Folgendes gilt: Die Relation zwischen dem Magnetpol-Abstandsmaß jedes der beweglichen Elemente und dem Abstand zwischen den Spulen ist die gleiche wie jene in **Fig. 3**; induzierte Spannungen, die in benachbarten Spulen erzeugt werden, indem das bewegliche Element mit einer festen Geschwindigkeit bewegt wird, haben die Formen von Sinuswellen, die Wellenformen haben, deren Phasen voneinander um  $180^\circ$  verschoben sind; und jede der Sinuswellen hat eine Amplitude proportional zur Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Elements. In **Fig. 8** ist die Amplitude der induzierten Spannung, die in einer Spule durch das bewegliche Element 9b erzeugt wird, mit  $a$  bezeichnet.

**[0038]** Um beispielsweise zu verhindern, dass die beweglichen Elemente 9a und 9b zu dieser Zeit irgendeinen Schub erzeugen, brauchen die Ströme, die durch die jeweiligen Spulen fließen, nur mit 0 vorgegeben zu werden. Dazu Spannungen brauchen nur Spannungen, die gleich groß wie die induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen sind, an die Spulen angelegt zu werden. In diesem Fall sind zu einem Zeitpunkt  $t_2$  in **Fig. 8** die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen wie folgt.

$$v_1^* = a/2$$

$$v_2^* = -a/2$$

$$v_3^* = 0$$

$$v_4^* = 0$$

$$v_5^* = a$$

$$v_6^* = -a$$

**[0039]** Die Anlegungsspannungs-Referenzen werden in den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rech-

ner 81 der Schalt-Steuerung 8 eingegeben, und die folgenden Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  werden berechnet.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/2$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = a$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0040]** Auf der Basis von Signalen, die von der Schalt-Steuerung 8 gemäß den obigen jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen auf die gleiche Weise wie in Ausführungsform 1 erzeugt werden, werden die jeweiligen Halbbrücken 11 bis 17 betrieben, so dass sie gewünschte Spannungen an die jeweiligen Spulen anlegen. Obwohl oben der Fall beschrieben wurde, in dem der Schub, der von jedem der beweglichen Elemente 9a und 9b erzeugt werden soll, mit 0 vorgegeben ist, kann veranlasst werden, dass jedes der beweglichen Elemente 9a und 9b einen gewünschten Schub erzeugt oder einen gewünschten Betrieb durchführt, indem die Anlegungsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Spulen eingestellt bzw. angepasst werden.

**[0041]** Obwohl in dem obigen Beispiel der Fall beschrieben ist, bei dem die Anzahl der beweglichen Elemente zwei beträgt und die Anzahl der Spulen sechs beträgt, versteht es sich, dass der Betrieb auch mit einer Kombination einer Mehrzahl von beweglichen Elementen und Spulen durchgeführt werden kann, deren Anzahlen größer als zwei bzw. sechs ist. Das heißt, die Steuerung wird unter Einschluss der Anlegungsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Spulen durchgeführt, die erhalten werden, wenn zumindest zwei bewegliche Elemente an Positionen entsprechend der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen vorhanden sind, die in Reihe geschaltet sind, so dass veranlasst werden kann, dass die Mehrzahl von beweglichen Elementen die gewünschten Vorgänge durchführt.

**[0042]** Die obigen Vorgänge ermöglichen es, dass bei der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 2 - verglichen mit einer herkömmlichen Antriebseinrichtung (wie z. B. jener, die im Patentdokument 1 beschrieben ist) - die Anzahl von notwendigen Schaltern signifikant verringert ist, ein hoher Freiheitsgrad beim Steuern der Bewegungen der beweglichen Elemente vorgegeben wird und veranlasst wird, dass die Mehrzahl von beweglichen Elementen die gewünschten Vorgänge auf die gleiche

Weise wie die herkömmliche Schaltung durchführt. Demzufolge ist es möglich, die gleichen Funktionen wie jene vom herkömmlichen Typ zu verwirklichen, während die Größe und die Kosten für die Treiberschaltung verringert werden.

### Ausführungsform 3

**[0043]** Fig. 9 zeigt eine interne Struktur eines Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechners 81 einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 3. Die übrigen Komponenten bei der Ausführungsform 3 sind die gleichen wie jene bei den Ausführungsformen 1 und 2. Um die vorteilhaften Wirkungen des Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechners 81 zu beschreiben, der in Fig. 9 gezeigt ist, werden zunächst die Charakteristiken der jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  in der vorliegenden Erfindung beschrieben.

**[0044]** Ein Linearmotor, bei dem das Magnetpol-Abstandsmaß (der Abstand zwischen dem Zentrum des N-Pols und dem Zentrum jedes der S-Pole) des beweglichen Elements 9 und der Abstand zwischen einander benachbarten der unabhängigen Spulen gleich groß zueinander ist, wie in Fig. 3 gezeigt, ist wie bei der Ausführungsform 1 beschrieben. Das heißt, wenn das bewegliche Element 9 über die Spulen mit einer festen Geschwindigkeit bewegt wird, werden induzierte Spannungen (wie jene, die in Fig. 5 gezeigt sind) in den jeweiligen Spulen erzeugt, und zwar infolge der magnetische Flüsse der Permanentmagnete des beweglichen Elements 9. Folglich müssen die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$ , die erneut wie folgt beschrieben werden, zum Zeitpunkt  $t_1$  wie folgt sein.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 0$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0045]** Der Zeitpunkt  $t_1$  ist einer der Zeitpunkte, bei denen die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  am größten wird. Der Maximalwert und der Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  sind jeweils  $a$  und  $0$ . Es zeigt sich, dass

- in diesem Fall - ide Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen ungleichmäßig auf der positiven Seite sind.

**[0046]** Die Ungleichmäßigkeit der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen führt zu einer Zunahme der absoluten Werte der Modulationsfaktoren. Bei der Relation zwischen der Trägerwelle und dem Modulationsfaktor, die in Fig. 6 gezeigt sind, gilt Folgendes: Wenn einer der Modulationsfaktoren größer als  $1$  wird, was ein Scheitelpunkt der Trägerwelle ist, oder kleiner als  $-1$  wird, was ebenfalls ein Scheitelpunkt der Trägerwelle ist, dann folgt die entsprechende Halbbrücken-Ausgangsspannung nicht dem Modulationsfaktor, so dass eine korrekte Spannung nicht ausgegeben werden kann.

**[0047]** Um die Ungleichmäßigkeit der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen zu beseitigen und die Halbbrücken-Ausgangsspannungen maximal zu gewährleisten, braucht nur ein passender Wert anstelle von  $0$ , was eine Referenz-Spannung darstellt, an  $v_{11}^*$  angelegt zu werden, was eine Referenz für die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen ist. Da beispielsweise der Maximalwert und der Minimalwert unter  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  jeweils  $a$  und  $0$  sind, braucht nur ein Wert  $-a/2$  zum Aufheben von  $a/2$ , was der Durchschnittswert aus Maximalwert und Minimalwert ist, neu als eine korrigierte Referenz-Spannung an die Ausgangsspannungs-Referenz  $v_{11}^*$  für die Halbbrücke 11 angelegt zu werden.

**[0048]** Demzufolge sind korrigierte Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$ , die durch die Korrektur erhalten werden, wie folgt. Es versteht sich, dass durch den obigen Prozess der Maximalwert und der Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen jeweils zu  $a/2$  und  $-a/2$  korrigiert wurde, um die Ungleichmäßigkeit der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen zu beseitigen, während die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die Spulen beibehalten werden, wie in den folgenden Ergebnissen.

$$v_{11}^{**} = -a/2$$

$$v_{12}^{**} = v_{11}^{**} + v_1^* = a/2$$

$$v_{13}^{**} = v_{12}^{**} + v_2^* = -a/2$$

$$v_{14}^{**} = v_{13}^{**} + v_3^* = -a/2$$

$$v_{15}^{**} = v_{14}^{**} + v_4^* = -a/2$$

$$v_{16}^{**} = v_{15}^{**} + v_5^* = -a/2$$

$$v_{17}^{**} = v_{16}^{**} + v_6^* = -a/2$$

**[0049]** Der Betrieb des Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechners 81 (gezeigt in **Fig. 9**) gemäß Ausführungsform 3, der zusätzlich diese korrigierte Funktion hat, wird beschrieben. Unter den Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen wird die erste Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz  $v_1^*$  anfänglich mit 0 vorgegeben. Dann werden Vorkorrektur-Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{12}^*$  bis  $v_{17}^*$  nacheinander mittels der Addierer berechnet. Dann berechnet ein Spannungs-Korrektor 85 eine geeignete korrigierte Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz  $v_{11}^*$  aus den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_{17}^*$ .

**[0050]** Dann werden korrigierte Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{12}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$  nacheinander mittels Addierern auf der Basis der korrigierten Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz  $v_{11}^{**}$  als eine korrigierte Referenz-Spannung berechnet, und sie werden nacheinander ausgegeben.

**[0051]** Hier werden Änderungen der Wellenformen der induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen gemäß der Relation zwischen dem Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements und dem Abstand zwischen den Spulen im Linearmotor beschrieben. Die Spannungs-Wellenformen, die in **Fig. 5** gezeigt sind, werden in dem Fall eines Linearmotors erhalten, bei dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements und der Abstand zwischen benachbarten der unabhängig gewickelten Spulen zueinander gleich groß sind.

**[0052]** In diesem Fall haben die Sinuswellen, die in den benachbarten Spulen erzeugt werden, Wellenformen mit Phasen, die gegeneinander um  $180^\circ$  verschoben sind. Indessen zeigt **Fig. 10** ein Beispiel der Wellenformen der induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß das 1,5-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen zeigt, im Gegensatz zu **Fig. 5**. In diesem Fall sind die Vorkorrektur-Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  zu einem Zeitpunkt  $t_3$  wie folgt.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = a/2$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0053]** Außerdem zeigt **Fig. 11** ein Beispiel der Wellenformen der induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß das 2-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen zeigt. In diesem Fall sind die Vorkorrektur-Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  zu einem Zeitpunkt  $t_4$  wie folgt.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = a/\sqrt{2}$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = 2a/\sqrt{2}$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = a/\sqrt{2}$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = 0$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0054]** Ferner zeigt **Fig. 12** ein Beispiel der Wellenformen der induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß das 3-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen zeigt. In diesem Fall sind die Vorkorrektur-Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  zu einem Zeitpunkt  $t_5$  wie folgt.

$$v_{11}^* = 0$$

$$v_{12}^* = v_{11}^* + v_1^* = \sqrt{3}a/2$$

$$v_{13}^* = v_{12}^* + v_2^* = \sqrt{3}a$$

$$v_{14}^* = v_{13}^* + v_3^* = 0$$

$$v_{15}^* = v_{14}^* + v_4^* = \sqrt{3}a/2$$

$$v_{16}^* = v_{15}^* + v_5^* = 0$$

$$v_{17}^* = v_{16}^* + v_6^* = 0$$

**[0055]** In einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements und der Abstand zwischen benachbarten Spulen gleich groß zueinander sind, wie in **Fig. 5** gezeigt, ist die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  gleich groß wie die Amplitude  $a$  der induzierten Spannung jeder der Spulen. Auf ähnliche Weise ist in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements das 1,5-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen beträgt, wie in **Fig. 10** gezeigt, die Differenz

zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  gleich groß wie die Amplitude  $a$  der induzierten Spannung jeder der Spulen.

**[0056]** In diesen Fällen gilt Folgendes: Wenn der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner 81 verwendet wird, der den Spannungs-Korrektor 85 gemäß Ausführungsform 3 aufweist, folgen die Halbbrücken-Ausgangsspannungen den Modulationsfaktoren, bis eine Busspannung  $V_{dc}$  und die Amplitude  $a$  der induzierten Spannung jeder der Spulen gleich groß zueinander werden, so dass eine korrekte Spannung ausgegeben werden kann. Dies ist äquivalent zu einem Bereich von Spannungen, den die Vollbrückenschaltungen an die Spulen anlegen können.

**[0057]** Selbst wenn eine Mehrzahl der beweglichen Elemente bewegt werden, ist in einem Fall, in dem die beweglichen Elemente in der gleichen Richtung bewegt werden, die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den notwendigen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  - wie in Ausführungsform 2 beschrieben - gleich groß wie die Amplitude  $a$  einer induzierten Spannung, die vom beweglichen Element erzeugt wird, das mit der höchsten Geschwindigkeit bewegt wird, so dass die Spannungsausgabe nicht schwierig wird.

**[0058]** Indessen sind in einem Fall, in dem die beweglichen Elemente in entgegengesetzten Richtungen bewegt werden, die Vorzeichen der jeweiligen induzierten Spannungen einander entgegengesetzt, so dass der Ausgangsspannungs-Bereich beschränkt ist, aber unter dem Gesichtspunkt der tatsächlichen Bewegung der Einrichtung ist es unwahrscheinlich, dass eine Mehrzahl von beweglichen Elemente in entgegengesetzten Richtungen mit hohen Geschwindigkeiten auf derselben Route bewegt werden, die durch eine endliche Anzahl von Spulen gebildet wird, und folglich tritt die Beschränkung des Ausgangsspannungs-Bereichs im praktischen Fall nicht auf.

**[0059]** Indessen hat in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements das 2-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen beträgt, wie in **Fig. 11** gezeigt, die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  einen Wert von  $2a/\sqrt{2}$ , und in einem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements das 3-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen beträgt, hat die Differenz zwischen dem Maximalwert und dem Minimalwert unter den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  einen Wert von  $\sqrt{3}a$ .

**[0060]** Folglich wird die Amplitude  $a$  der induzierten Spannung bei jeder der Spulen überschritten. In diesen Fällen wird der Bereich der Amplituden der induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen, in dem die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung normal betrieben werden kann, schmaler als jener der herkömmlichen Vollbrückenschaltung. Demzufolge muss die maximale Bewegungsgeschwindigkeit des beweglichen Element verringert werden, oder andernfalls werden dem Betrieb Beschränkungen auferlegt. Insbesondere in dem Fall, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements das 3-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen beträgt, zeigt sich die vorteilhafte Wirkung der Erweiterung des Bereichs der Spulen-Anlegespannungen in der vorliegende Erfindung kaum, und zwar bezogen auf die Halbbrückenschaltungen.

**[0061]** Wenn das Ausmaß, in dem das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements länger als der Abstand zwischen benachbarten Spulen ist, größer wird, werden die Beschränkungen des Betriebs schwerwiegender. Folglich ist beim Linearmotor, mit dem die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet wird, ein geeigneter Entwurf derart, dass das Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements wünschenswerterweise so vorgegeben ist, dass es gleich groß wie oder kürzer als das 1,5-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen ist, und, unter Berücksichtigung der Vorteile in Form von Kosten und Größe, ist das Magnetpol-Abstandsmaß so vorgegeben, dass es gleich groß wie oder kürzer als das 2,5-Fache dieses Abstands ist.

**[0062]** Bei der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung können die Beschränkungen des Betriebs des beweglichen Elements infolge der oben beschriebenen Halbbrücken-Ausgangsspannungen auch beispielsweise dadurch vermieden werden, dass die Art und Weise der Verbindung zwischen der Treiberschaltung und den Spulen geändert wird, beispielsweise durch Wickeln von benachbarten Spulen in entgegengesetzten Richtungen, so dass die Vorzeichen der induzierten Spannungen invertiert werden, die erzeugt werden sollen, oder indem - in Hinblick auf die Reihenfolge der Verbindung zwischen den Halbbrücken und den Spulen - eine wechselweise Verbindung mit entfernten Spulen anstelle einer sequenziellen Verbindung vorgenommen wird, so dass die Vorzeichen der induzierten Spannungen der Spulen invertiert werden, die zwischen benachbarten Halbbrücken erzeugt werden. Mit einer solchen Art von Verbindung zwischen der Treiberschaltung und den Spulen nehmen die Ströme zu, die durch die Halbbrücken fließen, obwohl Beschränkungen auf die Spannung abgemildert werden. Diese Art von Verbindung kann als eine Wahl beim Entwurf enthalten sein.

**[0063]** Die obigen Vorgänge ermöglichen es, dass bei der Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 3 - verglichen mit einer herkömmlichen Antriebseinrichtung (wie z. B. jener die im Patentedokument 1 beschrieben ist) - die Anzahl von notwendigen Schaltern signifikant verringert ist und - für den Linearmotor, der geeigneten Entwurfs-Bedingungen unterworfen ist - Spannungen, die gleich groß wie oder nahe bei jenen in der herkömmlichen Einrichtung sind, an die jeweiligen Spulen anzulegen. Demzufolge ist es möglich, die gleichen Funktionen wie jene vom herkömmlichen Typ zu verwirklichen, während die Größe und die Kosten für die Antriebseinrichtung verringert werden.

#### Ausführungsform 4

**[0064]** Fig. 13 zeigt eine Konfiguration einer Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 4. Zusätzlich zu den Komponenten, die in Fig. 3 gezeigt sind, weist die vorliegende Konfiguration Folgendes auf: Stromsensoren 21 bis 26, die Ströme detektieren, die durch die jeweiligen Spulen 1 bis 6 fließen und jeweilige Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  ausgeben; und eine Strom-Steuerungseinrichtung 10, die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen auf der Basis von Stromreferenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  für die jeweiligen Spulen (nachfolgend als Spulenstrom-Referenzen bezeichnet) und den Spulenstrom-Messwerten  $i_1$  bis  $i_6$  berechnet und die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  ausgibt.

**[0065]** Hier ist eine Schalt-Steuerung 80 aus Folgendem gebildet: einer Steuerungseinrichtung 88 mit der gleichen Funktion wie jener der Schalt-Steuerung 8, die in Fig. 3 oder Fig. 7 gezeigt ist; und der Strom-Steuerungseinrichtung 10. Die Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  werden von einer Steuerungseinrichtung (nicht dargestellt) höherer Ordnung vorgegeben, um den Schub, der vom beweglichen Element 9 erzeugt werden soll, und die Position und die Geschwindigkeit des beweglichen Elements zu steuern.

**[0066]** Die Strom-Steuerungseinrichtung 10 ist eine Gruppe von Steuerungen, die eine Steuerung durch Einstellen der Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen 1 bis 6 steuern, so dass die Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  und die Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  jeweils gleich groß zueinander werden. Beispielsweise ist die Strom-Steuerungseinrichtung 10 eine Strom-Rückkopplungs-Steuerungseinrichtung, die - für den Strom jeder der Spulen - die Abweichung zwischen der entsprechenden Strom-Referenz und dem entsprechend Strommesswert berechnet und die eine Anlegungsspannungs-Referenz für die Spule über eine Proportional-Integral-Steuerungseinrichtung ausgibt.

**[0067]** In Fig. 14 haben sich die Ströme, die von den Stromsensoren 21 bis 26 detektiert werden sollen, von Strömen der jeweiligen Spulen 1 bis 6 in Ausgabeströme der jeweiligen Halbbrücken 11 bis 16 geändert, und die Stromsensoren 21 bis 26 geben jeweilige Halbbrücken-Stromsignale  $i_{11}$  bis  $i_{16}$  aus. Die Halbbrücken-Stromsignale  $i_{11}$  bis  $i_{16}$  werden in einen Spulenstrom-Rechner 101 eingegeben, der jeweilige Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  berechnet und ausgibt.

**[0068]** Hier ist die Schalt-Steuerung 80 aus Folgendem gebildet: der Steuerungseinrichtung 88 mit der gleichen Funktion wie jener der Schalt-Steuerung 8, die in Fig. 3 oder Fig. 7 gezeigt ist; der Strom-Steuerungseinrichtung 10; und dem Spulenstrom-Rechner 101. Fig. 15 zeigt die interne Struktur des Spulenstrom-Rechners 101. Auf der Basis der Relation in Verbindung zwischen den Spulen 1 bis 6 und den Halbbrücken 11 bis 16 werden die Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  aus den jeweiligen Halbbrücken-Stromsignalen  $i_{11}$  bis  $i_{16}$  gemäß den folgenden Ausdrücken berechnet.

$$i_1 = i_{11}$$

$$i_2 = i_1 + i_{12}$$

$$i_3 = i_2 + i_{13}$$

$$i_4 = i_3 + i_{14}$$

$$i_5 = i_4 + i_{15}$$

$$i_6 = i_5 + i_{16}$$

**[0069]** Wie oben beschrieben, werden die Spulenstrom-Messwerte aus den Halbbrücken-Stromsignalen berechnet, so dass die Verbindung zwischen den Spulen nicht in der Treiberschaltung vorgenommen zu werden braucht, und die Anzahl von Anschlüssen zur Verbindung zwischen der Treiberschaltung und den Spulen kann verringert werden.

**[0070]** Alternativ kann - anstatt die Stromsensoren auf den Ausgabeseiten der jeweiligen Halbbrückenschaltungen anzuordnen, wie in Fig. 14 gezeigt - ein Typ verwendet werden, bei dem Folgendes gilt: ein Strom-Detektionswiderstand ist an einem Verbindungsbereich zwischen jeder der Halbbrücken und einem negativen Anschluss der DC-Energieversorgung zwischengefügt, so dass eine Strom-Detektion ermöglicht wird; und die Strom-Detektion wird an einer Position durchgeführt, an der die entsprechende Spule mit dem negativen Anschluss der DC-Energieversorgung verbunden ist, indem die Halbbrückenschaltung umgeschaltet wird.

**[0071]** Mit diesem Typ wird ein Signal äquivalent zu jedem der Halbbrücken-Stromsignale erhalten, mit einem Spannungssignal, für das das Potential des

negativen Anschlusses der DC-Energieversorgung als gemeinsames Potential angesehen wird. Demzufolge ist es möglich, eine äquivalente Performanz zu verwirklichen, wobei weniger teure Teile verwendet werden.

**[0072]** Durch die obigen Vorgänge führt die Linear-motor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 4 eine Steuerung gemäß Stromreferenzen durch, so dass die Spulenströme gleich groß wie die jeweiligen Referenzwerte werden. Demzufolge kann der Linearmotor mit einer höheren Genauigkeit gesteuert werden. Außerdem ermöglicht die Verwendung des Spulenstrom-Rechners, der Spulenströme aus den jeweiligen Halbbrückenschaltung-Ausgabeströmen berechnet, eine Verwirklichung der gleichen Funktionen wie jene vom herkömmlichen Typ (wie z. B. jene, die im Patentedokument 1 beschrieben ist), während die Anzahl der Anschlüsse zur Verbindung zwischen der Treiberschaltung und den Spulen verringert wird.

#### Ausführungsform 5

**[0073]** Fig. 16 zeigt eine Konfiguration einer Linear-motor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5. Zusätzlich zu den Komponenten, die in Fig. 14 gezeigt sind, weist die vorliegende Konfiguration Folgendes auf: eine Steuerungseinrichtung 881, die die gleiche Funktion wie jene der Schalt-Steuerung 8 hat, die in Fig. 3 oder Fig. 7 gezeigt ist, und die ferner die Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  ausgibt; einen Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882, der die Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  detektiert und der jeweilige Modulationsfaktor Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$  ausgibt; und einen Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883, der die Modulationsfaktor-Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$  detektiert und der jeweilige Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  ausgibt.

**[0074]** Bei der vorliegenden Ausführungsform 5 weist eine Schalt-Steuerung 880 Folgendes auf: die Steuerungseinrichtung 881; den Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882; den Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883; den Spulenstrom-Rechner 101, der in Fig. 14 gezeigt ist; und eine Strom-Steuerungseinrichtung 100, die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen auf der Basis der jeweiligen Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$ , der jeweiligen Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  und der jeweiligen Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  berechnet, die vom Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883 detektiert werden.

**[0075]** Der Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882 hat die folgenden Funktionen: Detektieren der Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$ ; Ausgeben - wenn der Absolutwert irgendeines der Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  größer als 1 ist - des Werts 1 als das entsprechende der Modulationsfaktor-Sättigungssig-

nale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$ , auf der Basis der jeweilig Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$ ; und Ausgeben - wenn der Absolutwert irgendeines der Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  kleiner als 1 ist - des Werts 0 als das entsprechende der Modulationsfaktor-Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$ .

**[0076]** Der Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883 detektiert die Modulationsfaktor-Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$ , die aus dem Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882 ausgegeben werden, und konvertiert die Modulationsfaktor-Sättigungssignale in jeweilige Spulenspannung-Sättigungssignale und gibt jeweilige Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  aus, die jeweils 1 oder 0 sind. Die Strom-Steuerungseinrichtung 100 ist eine Gruppe von Steuerungseinrichtungen, die eine Steuerung durch Einstellen bzw. Anpassen der Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen 1 bis 6 durchführen, so dass die Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  und die Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  jeweils gleich groß zueinander werden, auf die gleiche Weise wie die Strom-Steuerungseinrichtung 100, die in Fig. 14 gezeigt ist.

**[0077]** Die Strom-Steuerungseinrichtung 100 ist eine Strom-Rückkopplungs-Steuerungseinrichtung, die - für jede der Spulen - die Abweichung zwischen der entsprechenden Strom-Referenz und dem entsprechend Strommesswert berechnet und die eine Anlegungsspannungs-Referenz für die Spule über einen Proportional-Rechner und einen Integral-Rechner ausgibt. Außerdem hat die Strom-Steuerungseinrichtung 100 die folgende Funktion: Detektieren, mittels des Integral-Rechners, der Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$ , die aus dem Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883 ausgegeben werden; und - wenn irgendeine der detektierten Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  den Wert 1 hat - Stoppen der Integral-Berechnung, die vom Integral-Rechner durchgeführt wird, oder Durchführen einer Aktualisierung.

**[0078]** Fig. 17 zeigt die interne Struktur der Steuerungseinrichtung 881, die in Fig. 16 gezeigt ist. Die Steuerungseinrichtung 881 hat die gleiche Funktion wie jene der Schalt-Steuerung 8, die in Fig. 3 oder Fig. 7 gezeigt ist, und hat ferner die Funktion, die Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  auszugeben, die vom Modulationsfaktor-Rechner 82 berechnet werden.

**[0079]** Um die vorteilhafte Wirkung der Strom-Steuerungseinrichtung 100 zu erläutern, die in Fig. 16 gezeigt ist, erfolgt die Beschreibung hinsichtlich eines Falls, in dem - wenn das bewegliche Element 9 die Spulen 1 bis 6 passiert und die Geschwindigkeit des beweglichen Elements das 3/2-Fache zum Zeitpunkt  $t_6$  wird - eine induzierte Spannung,

die in jeder der Spulen erzeugt wird, größer als die Spannung wird, die ausgegeben werden kann.

**[0080]** Fig. 18 zeigt die Wellenformen von induzierten Spannungen, die - wenn das bewegliche Element 9 die Spulen 1 bis 6 passiert und die Geschwindigkeit des beweglichen Elements das 3/2-Fache zum Zeitpunkt  $t_6$  wird - in den Spulen erzeugt wurden. In Fig. 18 gilt Folgendes: Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 1 ist mit  $v_1$  bezeichnet. Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 2 ist mit  $v_2$  bezeichnet. Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 3 ist mit  $v_3$  bezeichnet. Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 4 ist mit  $v_4$  bezeichnet. Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 5 ist mit  $v_5$  bezeichnet. Die Wellenform der induzierten Spannung der Spule 6 ist mit  $v_6$  bezeichnet. Und die Horizontalachse bezeichnet den Zeitpunkt  $t$  (Zeitverlauf).

**[0081]** Um beispielsweise zu verhindern, dass das bewegliche Element 9 irgendeinen Schub zu dieser Zeit erzeugt, brauchen nur Spannungen, die gleich groß wie die induzierten Spannungen der jeweiligen Spulen sind, an die Spulen angelegt zu werden, auf die gleiche Weise wie in Ausführungsform 3. In diesem Fall werden Anlegungsspannungs-Referenzen für diese Spannungen in den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner 81 der Steuerungseinrichtung 881 eingegeben, und Wellenformen der jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$ , gezeigt in Fig. 19, werden berechnet. Die berechneten Wellenformen der jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  werden in den Spannungs-Korrektor 85 eingegeben, der dann einen Spannungs-Korrekturwert berechnet, der in Fig. 20 gezeigt ist.

**[0082]** Korrigierte Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$ , gezeigt in Fig. 21, geben Wellenformen an, die aus dem Anwenden des Spannungs-Korrekturwerts, der in Fig. 20 gezeigt ist, auf die jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^*$  bis  $v_{17}^*$  durch den Spannungs-Korrektor 85 resultieren. Da der Spannungs-Korrekturwert verwendet worden ist, sind der Maximalwert und der Minimalwert unter den korrigierten Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$  jeweils  $a/2$  und  $-a/2$ , bevor die Geschwindigkeit des beweglichen Elements das 3/2-Fache zum Zeitpunkt  $t_6$  wird. Nachdem die Geschwindigkeit des beweglichen Element das 3/2-Fache zum Zeitpunkt  $t_6$  geworden ist, werden der Maximalwert und der Minimalwert unter den korrigierten Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$  jeweils  $3a/4$  und  $-3a/4$ .

**[0083]** In dieser Situation in Fig. 21 wird angenommen, dass sich die induzierten Spannungen zum Zeitpunkt  $t_6$  oder einem nachfolgenden Zeitpunkt

erhöht haben, und, einhergehend mit dieser Erhöhung, die korrigierten Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen  $v_{11}^{**}$  bis  $v_{17}^{**}$  erhöht worden sind und die absoluten Werte der jeweiligen Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$ , die vom Modulationsfaktor-Rechner 82 berechnet worden sind, der in Fig. 17 gezeigt ist, größer als 1 geworden sind.

**[0084]** In diesem Fall gibt der Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882, der in Fig. 16 gezeigt ist, den Wert 1 als jedes der Modulationsfaktor-Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$  aus, und zwar zum Zeitpunkt  $t_6$  oder einem nachfolgenden Zeitpunkt. Den Spulenspannung-Sättigungsdetektor 883 empfängt die Modulationsfaktor-Sättigungssignale  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$ , die aus dem Modulationsfaktor-Sättigungsdetektor 882 ausgegeben werden, und gibt die jeweiligen Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  aus. Die Eingabe-/Ausgabe-Relation zwischen den Modulationsfaktor-Sättigungssignalen  $fm_{11}$  bis  $fm_{17}$  und den Spulenspannung-Sättigungssignalen  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  ist wie folgt.

- In dem Fall  $fm_{11}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{11}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{12}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{11}=1$  und  $fc_{12}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{13}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{12}=1$  und  $fc_{13}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{14}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{13}=1$  und  $fc_{14}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{15}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{14}=1$  und  $fc_{15}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{16}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{15}=1$  und  $fc_{16}=1$ .
- In dem Fall  $fm_{17}=1$  ist die Ausgabe  $fc_{16}=1$ .

**[0085]** In Fällen, die von den obigen Fällen verschieden sind, wird 0 als jedes der Spulenspannung-Sättigungssignale ausgegeben. Obwohl oben als ein Beispiel der Fall beschrieben ist, in dem die absoluten Werte sämtlicher Halbbrücken-Modulationsfaktoren  $m_{11}$  bis  $m_{17}$  größer als 1 sind, gibt es auch den Fall, in dem der Absolutwert des Modulationsfaktors für nur eine der Halbbrücken größer als 1 ist. In diesem Fall wird das Spulenspannung-Sättigungssignal für eine Spule, die mit der Halbbrücke verbunden ist, deren Modulationsfaktor größer als 1 ist, als 1 vorgegeben.

**[0086]** Fig. 22 zeigt die interne Struktur der Strom-Steuerungseinrichtung 100 zum Erzielen der oben beschriebenen Funktion. Die Strom-Steuerungseinrichtung 100 hat die Funktion, Folgendes aufzuaddieren: eine Ausgabe, die von jedem der Proportional-Rechner 1020 erhalten wird, der eine proportionale Multiplikation der Abweichung zwischen der entsprechenden der Spulenspannung-Referenz

renzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  und dem entsprechenden der Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  durchführt; und eine Ausgabe, die von dem entsprechenden der Integral-Rechner 1030 bis 1035 erhalten wird, der eine Integral-Berechnung der Abweichung durchführt. Wie in **Fig. 22** gezeigt, werden die Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  in die Strom-Steuerungseinrichtung 100 eingegeben.

**[0087]** **Fig. 23** zeigt interne Strukturen der Integral-Rechner 1030 bis 1035, die in der Strom-Steuerungseinrichtung 100 vorhanden sind. In **Fig. 23** ist die Gruppe von Integral-Rechnern mit 100a bezeichnet. Hinsichtlich jedes der Integral-Rechner 1030 bis 1035 wird bestimmt, ob ein Integrator (der Block, der mit  $1/s$  in **Fig. 23** bezeichnet ist) des Integral-Rechners die Abweichung zwischen der entsprechenden der Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  und dem entsprechenden der Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  empfängt oder 0 empfängt, gemäß dem entsprechenden der Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  bestimmt.

**[0088]** Genauer gesagt: Wenn das Spulenspannung-Sättigungssignal für den Integrator unter den Spulenspannung-Sättigungssignalen  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  den Wert 1 hat, dann empfängt der Integrator 0 (d. h. er stoppt die Integral-Berechnung), wohingegen dann, wenn das Spulenspannung-Sättigungssignal für den Integrator unter den Spulenspannung-Sättigungssignalen  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  den Wert 0 hat, der Integrator die Abweichung zwischen der entsprechenden der Spulenstrom-Referenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  und dem entsprechenden der Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  empfängt. Da dann, wenn 1 als das Spulenspannung-Sättigungssignal für den Integrator unter den Spulenspannung-Sättigungssignalen  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  eingegeben wird, der Integrator den Wert 0 empfängt und so die Integral-Berechnung in einem Spannung-Sättigungsabschnitt stoppt, kann verhindert werden, dass ein Pendeln im Spulenstrom-Messwert auftritt, und zwar als ein Ergebnis der Ausgabe eines Strom-Integralwerts, der im Integrator akkumuliert ist, wenn das entsprechende der Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  von 1 zu 0 umgeschaltet wird. Als Pendeln wird das Phänomen bezeichnet, wenn der Strom oszilliert, wie in **Fig. 24** gezeigt.

**[0089]** **Fig. 24** zeigt Folgendes: Die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die jeweiligen Spulen, die Anlegungsspannungs-Referenz  $v_4^*$  für die und die Spulen-Anlegespannung  $v_4^{***}$  von der Spule 4, die Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  für die und den Spulenstrom-Messwert  $i_4$  von der Spule 4, und einen Strom-Integralwert, der vom Integral-Rechner 1033 berechnet wird, der in **Fig. 23** gezeigt ist, und zwar aus der Abweichung zwischen der Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  und dem Spulenstrom-Messwert  $i_4$  in einem Fall, in dem die Integral-Berechnung, die von der Strom-Steuerungseinrichtung durchgeführt

wird, in dem Abschnitt nicht gestoppt wird, in dem 1 als jedes der Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  ausgegeben wird.

**[0090]** Die Anlegungsspannungs-Referenz  $v_4^*$  für die Spule 4 ist größer als die Spannung, die ausgegeben werden kann. Folglich kann eine Spannung, die gleich groß wie diese Referenz ist, nicht angelegt werden. Demzufolge kann auch der Spulenstrom-Messwert  $i_4$  nicht auf einen Strom vorgegeben werden, der gleich groß wie der entsprechende Referenzwert ist. Außerdem gilt Folgendes: Da die Integral-Berechnung in dem Abschnitt nicht gestoppt wird, in dem 1 als das Spulenspannung-Sättigungssignal  $fc_{14}$  ausgegeben wird, wird die Abweichung zwischen der Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  und dem Spulenstrom-Messwert  $i_4$  weiterhin integriert.

**[0091]** Auf das Umschalten des Spulenspannung-Sättigungssignals  $fc_{14}$  von 1 auf 0 hin wird dann der Strom-Integralwert ausgegeben, der im Integral-Rechner 1033 ermittelt worden ist. Demzufolge tritt ein Pendeln im Strommesswert  $i_4$  auf, so dass der Spulenstrom-Messwert  $i_4$  die Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  später erreicht.

**[0092]** **Fig. 25** zeigt Folgendes: Die Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  für die Spulen, die Anlegungsspannungs-Referenz  $v_4^*$  für und die Spulen-Anlegespannung  $v_4^{***}$  von der Spule 4, die Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  für und den Spulenstrom-Messwert  $i_4$  von der Spule 4, und den Strom-Integralwert, der vom Integral-Rechner 1033 berechnet wird, der in **Fig. 23** gezeigt ist, und zwar aus der Abweichung zwischen der Spulenstrom-Referenz  $i_4^*$  und dem Spulenstrom-Messwert  $i_4$  in einem Fall, in dem die Integral-Berechnung, die von der Strom-Steuerungseinrichtung durchgeführt wird, in dem Abschnitt gestoppt wird, in dem 1 als jedes der Spulenspannung-Sättigungssignale  $fc_{11}$  bis  $fc_{16}$  ausgegeben wird.

**[0093]** Da die Integral-Berechnung in dem Abschnitt gestoppt wird, in dem 1 als das Spulenspannung-Sättigungssignal  $fc_{14}$  ausgegeben wird, wird der Strom-Integralwert verringert, der vom Integral-Rechner auf das Umschalten des Spulenspannung-Sättigungssignals  $fc_{14}$  von 1 auf 0 hin ausgegeben werden soll. Daher wird das Pendeln im Spulenstrom-Messwert  $i_4$  unterdrückt, und zwar verglichen mit dem Fall in **Fig. 24**.

**[0094]** In diesem Fall gilt Folgendes: Um das Pendeln des Strommesswerts  $i_4$  weiter zu verringern, ist es wünschenswert, anstatt den Integral-Rechner in dem Abschnitt zu stoppen, in dem 1 als das Spulenspannung-Sättigungssignal  $fc_{14}$  ausgegeben wird, den Integral-Berechnungswert auf einen Wert zu aktualisieren, der von dem Wert verschieden ist, der aus der vorher durchgeführten Integration resultiert,

so dass ein geeigneter Integral-Berechnungswert erhalten wird, wenn der Spannung-Sättigungsabschnitt endet. Indem diese Verarbeitung durchgeführt wird, kann ein Pendeln im Strommesswert, nachdem der Spannung-Sättigungsabschnitt endet, weiter unterdrückt werden, und das Erreichen des Spulenstrom-Messwerts  $i_4$  tritt früher auf.

**[0095]** Wie oben beschrieben, ist die Linearmotor-Antriebseinrichtung gemäß Ausführungsform 5 derart aufgebaut, dass - für jede der Spulen - die Anlegungsspannungs-Referenz für die Spule von einer Strom-Steuerungseinrichtung erzeugt wird, die einen entsprechenden Integral-Rechner aufweist, der die Abweichung zwischen dem Messwert des Stroms, der durch die Spule fließt, und der Strom-Referenz für die Spule empfängt, und, wenn der Modulationsfaktor für eine Halbbrücke unter der Mehrzahl von Halbbrücken einen Absolutwert größer als 1 hat, die Strom-Steuerungseinrichtung die Integral-Berechnung stoppt, die vom Integral-Rechner für eine Spule durchgeführt wird (entsprechend - in dem Fall einer Halbbrücke, mit der zwei Spulen verbunden sind, wie z. B. irgendeine der Halbbrücken 12 bis 16 - den zwei Spulen oder entsprechend - in dem Fall einer Halbbrücke, die sich an einem von beiden Enden befindet und mit der nur eine Spule verbunden ist, wie z. B. die Halbbrücke 11 oder 17 - der einen Spule), die mit der Halbbrücke verbunden ist, unter den Spulen oder einen Wert, der aus der Integration resultiert, die vorher vom Integral-Rechner durchgeführt wurde, auf einen anderen Wert aktualisiert. Demzufolge wird ein Pendeln des Stroms der Spule unterdrückt.

**[0096]** Wie in Fig. 26 gezeigt, weist jede der Schalt-Steuerungen in den obigen Ausführungsformen insbesondere Folgendes auf: eine arithmetische Verarbeitungseinrichtung 801 wie z. B. eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU); eine Speichereinrichtung 802, bei der Daten von der arithmetischen Verarbeitungseinrichtung 801 empfangen und an diese übertragen werden; eine Eingabe-/Ausgabe-Schnittstelle 803, durch die ein Signal zwischen der arithmetischen Verarbeitungseinrichtung 801 und außerhalb eingegeben/ausgegeben wird; und dergleichen. Als arithmetische Verarbeitungseinrichtung 801 können eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine integrierte Schaltung (IC), ein digitaler Signalprozessor (DSP), ein feldprogrammierbares Gate-Array (FPGA), irgendein Typ von Signal-Verarbeitungsschaltung usw. vorhanden sein.

**[0097]** Auch kann eine Mehrzahl von arithmetischen Verarbeitungseinrichtungen 801 vom gleichen Typ oder von verschiedenen Typen vorhanden sein, die die jeweils zugewiesenen Prozesse ausführen. Als Speichereinrichtung 802 kann ein Speicher mit wahlweisem Zugriff (RAM), der zum Lesen und Schreiben von Daten bezogen auf die arithmetische Verarbei-

tungseinrichtung 801 konfiguriert ist, ein Nur-Lese-Speicher (ROM), der zum Lesen von Daten von der arithmetischen Verarbeitungseinrichtung 801 konfiguriert ist, usw. vorhanden sein.

**[0098]** Die Eingabe-/Ausgabe-Schnittstelle 803 ist beispielsweise mit Folgendem konfiguriert: einer Schnittstelle zum Eingeben der Anlegungsspannungs-Referenzen  $v_1^*$  bis  $v_6^*$  oder der Stromreferenzen  $i_1^*$  bis  $i_6^*$  für die jeweiligen Spulen an die arithmetische Verarbeitungseinrichtung 801; einem A/D-Wandler zum Eingeben der Spulenstrom-Messwerte  $i_1$  bis  $i_6$  von den jeweiligen Stromsensoren 21 bis 26 in die arithmetische Verarbeitungseinrichtung 801; einer Treiberschaltung zum Ausgeben von Treiber-signalen an die jeweiligen Schaltelemente; und dergleichen.

**[0099]** Obwohl verschiedenartige beispielhafte Ausführungsformen und Beispiele in der vorliegenden Anmeldung beschrieben sind, sind die verschiedenartigen Merkmale, Aspekte und Funktionen, die in einer oder mehreren Ausführungsformen beschrieben sind, einer bestimmten Ausführungsform nicht inhärent, und sie können allein oder in deren verschiedenen Kombinationen auf jede Ausführungsform anwendbar sein. Demzufolge können zahlreiche Abwandlungen verwendet werden, die nicht dargestellt sind, und zwar innerhalb des Umfangs der Technik, die hier beschrieben ist. Beispielsweise sind der Fall, in dem zumindest eine Komponente modifiziert, hinzugefügt oder weggelassen ist, und der Fall enthalten, in dem zumindest eine Komponente extrahiert wird und mit einer Komponente in einer anderen Ausführungsform kombiniert wird.

#### Beschreibung der Bezugszeichen

1, 2, 3, 4, 5, 6	Spule
7	DC-Energieversorgung
8, 80, 880	Schalt-Steuerung
9	bewegliches Element
10, 100	Strom-Steuerungseinrichtung
11, 12, 13, 14, 15, 16, 17	Halbbrücke
21, 22, 23, 24, 25, 26	Stromsensor
81	Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner
85	Spannungs-Korrektor
101	Spulenstrom-Rechner
1030 bis 1035	Integral-Rechner

$i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6$	Spulenstrom-Messwert
$i_1^*, i_2^*, i_3^*, i_4^*, i_5^*, i_6^*$	Spulenstrom-Referenz
$v_1^*, v_2^*, v_3^*, v_4^*, v_5^*, v_6^*$	Anlegungsspannungs-Referenz
$v_{11}^*, v_{12}^*, v_{13}^*, v_{14}^*, v_{15}^*, v_{16}^*, v_{17}^*$	Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz
$m_{11}, m_{12}, m_{13}, m_{14}, m_{15}, m_{16}, m_{17}$	Halbbrücken-Modulationsfaktor

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- US 2019/0386588 A [0004]
- JP 64- 1 466 A [0004]

## Patentansprüche

1. Linearmotor-Antriebseinrichtung, die Folgendes aufweist:

einen Stator, an dem eine Mehrzahl von Spulen so angeordnet sind, dass sie arrayförmig angeordnet sind;

Halbbrücken, die jeweils aus einer Reihenschaltungs-Einheit einer Mehrzahl von Schaltern gebildet sind, wobei die Anzahl der Halbbrücken um Eins größer als die Anzahl der Spulen ist; und

eine Schalt-Steuerung, die einen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner aufweist, wobei die Mehrzahl der Spulen elektrisch in Reihe geschaltet sind,

beide Enden einer Reihenschaltungs-Einheit der Spulen, die in Reihe geschaltet sind, und Verbindungspunkte zwischen den Spulen jeweils mit einem Ausgabepunkt einer anderen der Halbbrücken verbunden sind,

beide Enden jeder der Halbbrücken mit einer DC-Quelle verbunden sind, AC-Spannungen an die jeweiligen Spulen angelegt werden,

der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner - durch Berechnung - Ausgangsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Halbbrücken erhält, und zwar auf der Basis von Anlegungsspannungs-Referenzen für Spannungen, die an die Mehrzahl der jeweiligen Spulen angelegt werden sollen, und

die Schalt-Steuerung Schaltsignale zum Steuern der Schalter der Halbbrücken erhält, indem sie die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen für die jeweiligen Halbbrücken verwendet, die durch den Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner erhalten werden, und das Treiben der Schalter sämtlicher Halbbrücken steuert.

2. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 1, wobei jede der Anlegungsspannungs-Referenzen als eine Wellenform einer Spannung gegeben ist.

3. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner durch Verwendung jeder der Anlegungsspannungs-Referenzen die jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen erhält, und zwar in der Reihenfolge von der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz für die Halbbrücke, mit der eines der Enden der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen verbunden ist.

4. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 3, wobei der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner

als eine Referenz-Spannung die Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz für die Halbbrücke vorgibt, mit der das eine der Enden der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen verbunden ist, und

durch Verwendung jeder der Anlegungsspannungs-Referenzen die jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen in der Reihenfolge von einer der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen zu einer anderen der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen erhält, wobei die eine Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz für die Halbbrücke ist, die mit einem anderen Ende der Spule verbunden ist, die mit der Halbbrücke verbunden ist, mit der das eine der Enden der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen verbunden ist, wobei die andere Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenz für die Halbbrücke ist, die mit dem anderen der Enden der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen verbunden ist.

5. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 4, wobei der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner die Referenz-Spannung mit 0 vorgibt.

6. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 4, wobei der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Rechner die Referenz-Spannung auf der Basis der Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen korrigiert, die jeweils erhalten werden, wenn die Referenz-Spannung mit 0 vorgegeben ist, und die jeweiligen Halbbrücken-Ausgangsspannungs-Referenzen erhält.

7. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei jede der Anlegungsspannungs-Referenzen auf der Basis eines Messwerts eines Stroms, der durch die entsprechende Spule fließt, und einer Strom-Referenz für die Spule erzeugt wird.

8. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach Anspruch 7,

wobei für jede der Mehrzahl von Spulen die entsprechende Anlegungsspannungs-Referenz von einer Strom-Steuerungseinrichtung erzeugt wird, die einen entsprechenden Integral-Rechner aufweist, der eine Abweichung zwischen dem Messwert des Stroms, der durch die Spule fließt, und der Strom-Referenz für die Spule empfängt, und, wenn ein Modulationsfaktor für eine Halbbrücke unter der Mehrzahl von Halbbrücken einen Absolutwert größer als 1 hat, die Strom-Steuerungseinrichtung die Integral-Berechnung stoppt, die vom Integral-Rechner für eine Spule, die mit der Halbbrücke verbunden ist, unter den Spulen durchgeführt wird, oder einen Wert, der aus der Integration resultiert, die vorher vom Integral-Rechner durchgeführt worden ist, auf einen anderen Wert aktualisiert.

9. Linearmotor-Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Anzahl der Spulen des Stators 4 oder mehr beträgt.

10. Linearmotor, der Folgendes aufweist:

- eine Linearmotor-Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9; und
- ein bewegliches Element, das beweglich mit einem Spalt zwischen dem Stator und dem beweglichen Element angeordnet ist, wobei ein Magnetpol-Abstandsmaß des beweglichen Elements gleich groß wie oder kürzer als das 2,5-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen des Stators ist.

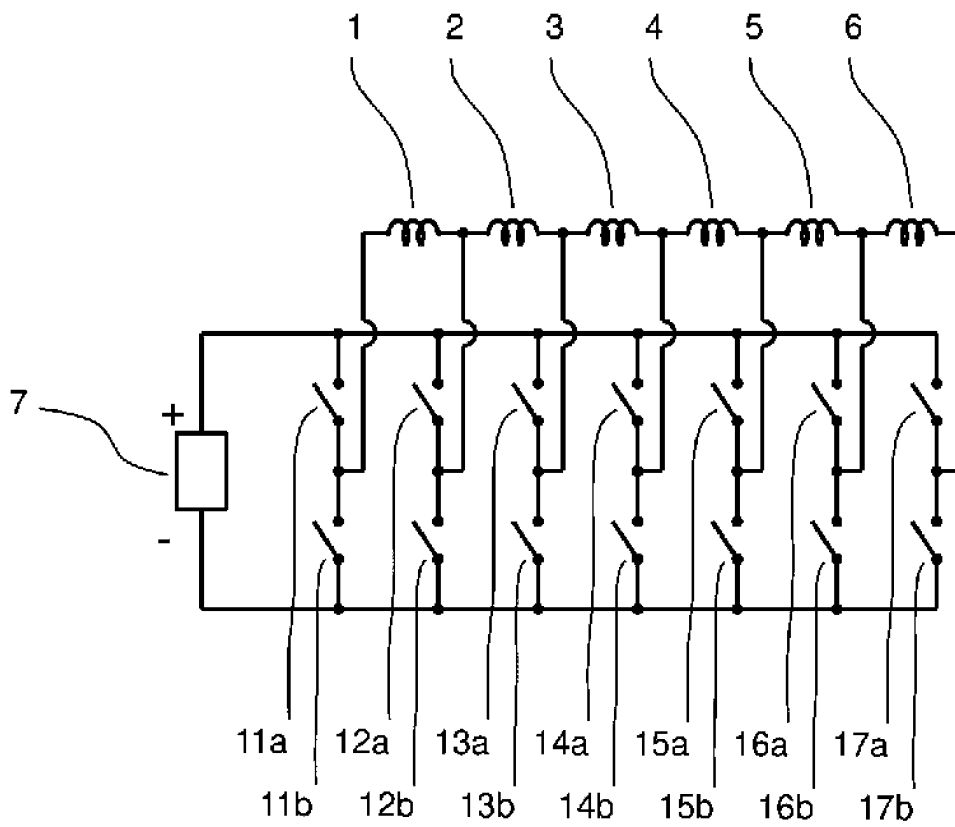
11. Linearmotor, der Folgendes aufweist:

- eine Linearmotor-Antriebseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9; und
- eine Mehrzahl von beweglichen Elementen, die beweglich mit Spalten zwischen dem Stator und den beweglichen Elementen angeordnet sind, wobei jede der Anlegungsspannungs-Referenzen jede der Anlegungsspannungs-Referenzen enthält, die erhalten werden, wenn mindestens zwei der beweglichen Elemente an Positionen entsprechend der Reihenschaltungs-Einheit der Spulen vorhanden sind.

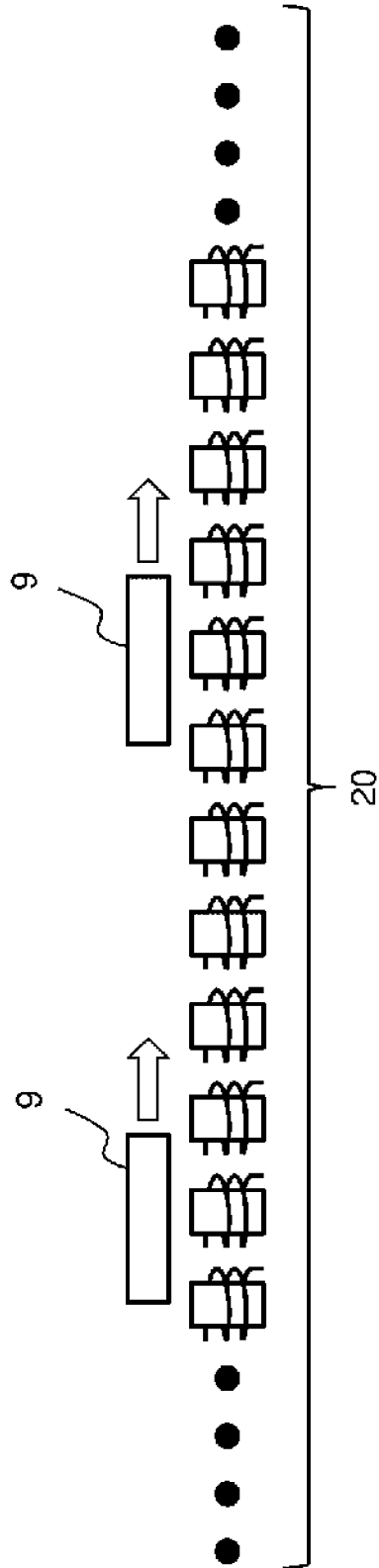
12. Linearmotor nach Anspruch 11, wobei das Magnetpol-Abstandsmaß von jedem der beweglichen Elemente gleich groß wie oder kürzer als das 2,5-Fache des Abstands zwischen benachbarten Spulen des Stators ist.

Es folgen 26 Seiten Zeichnungen

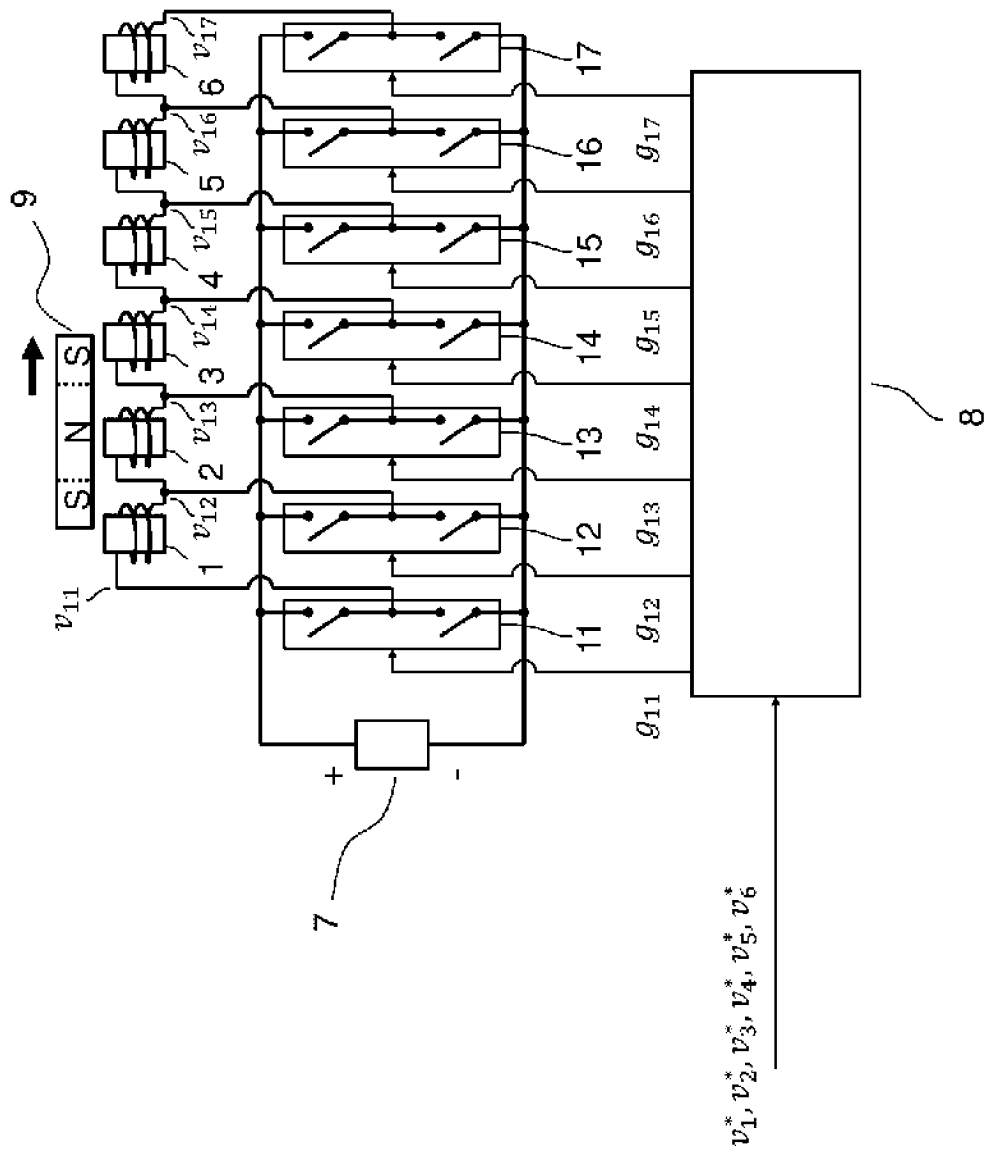
Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

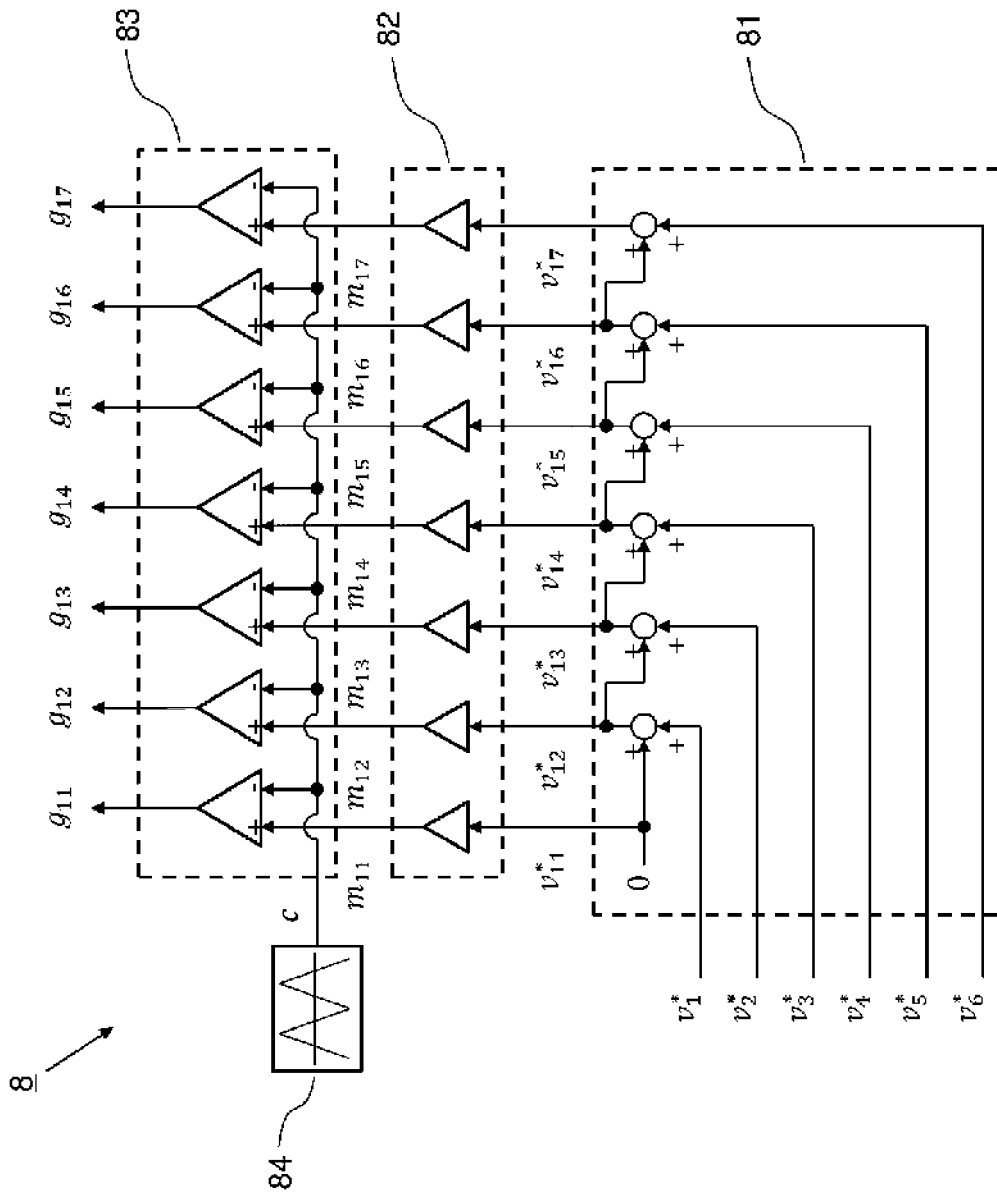
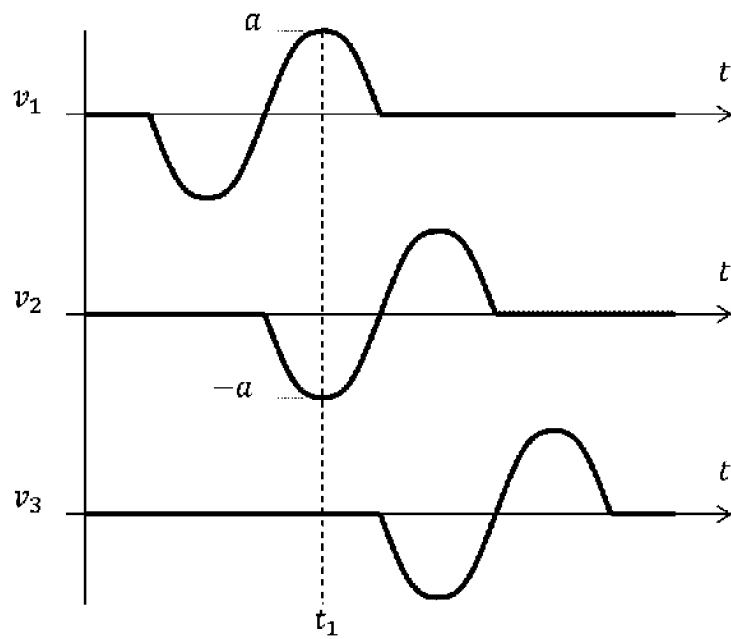
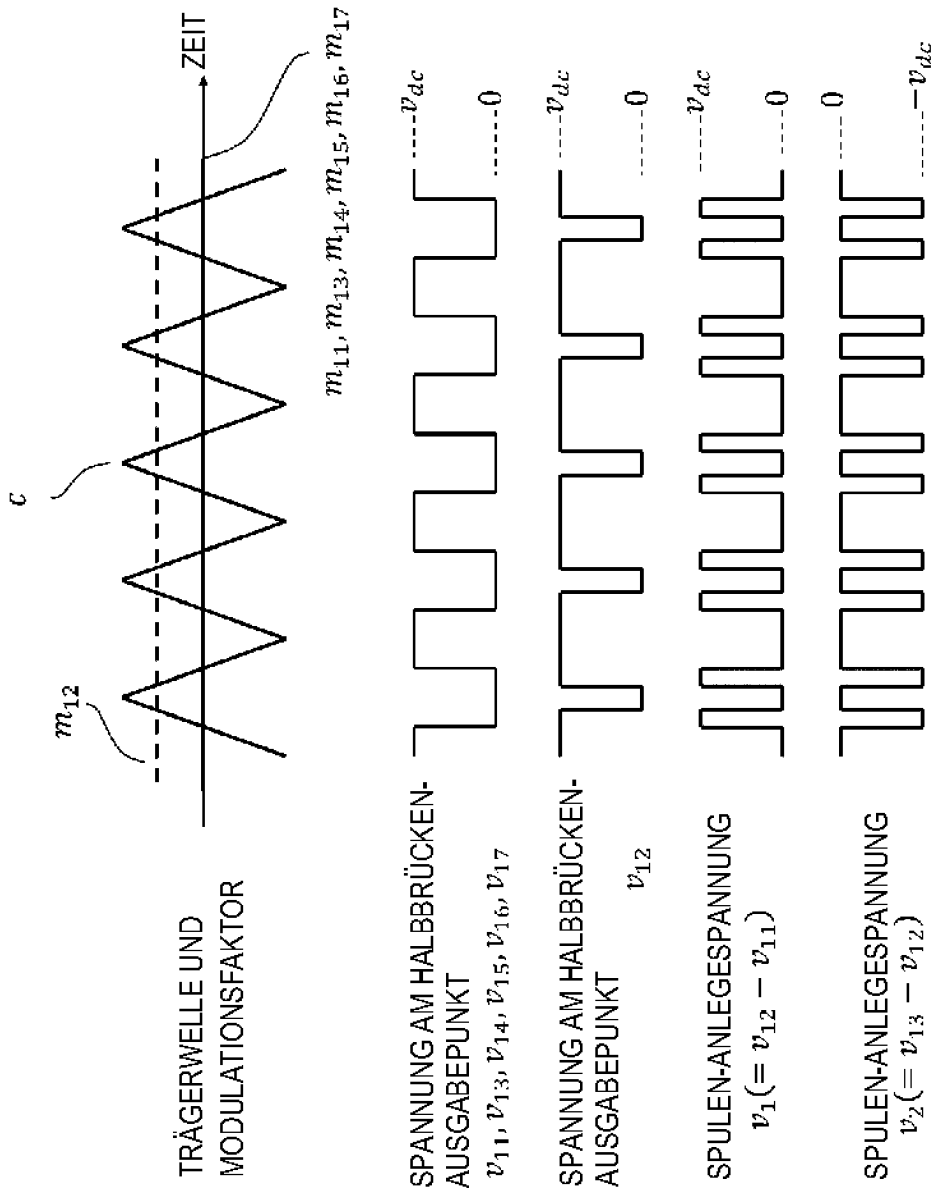


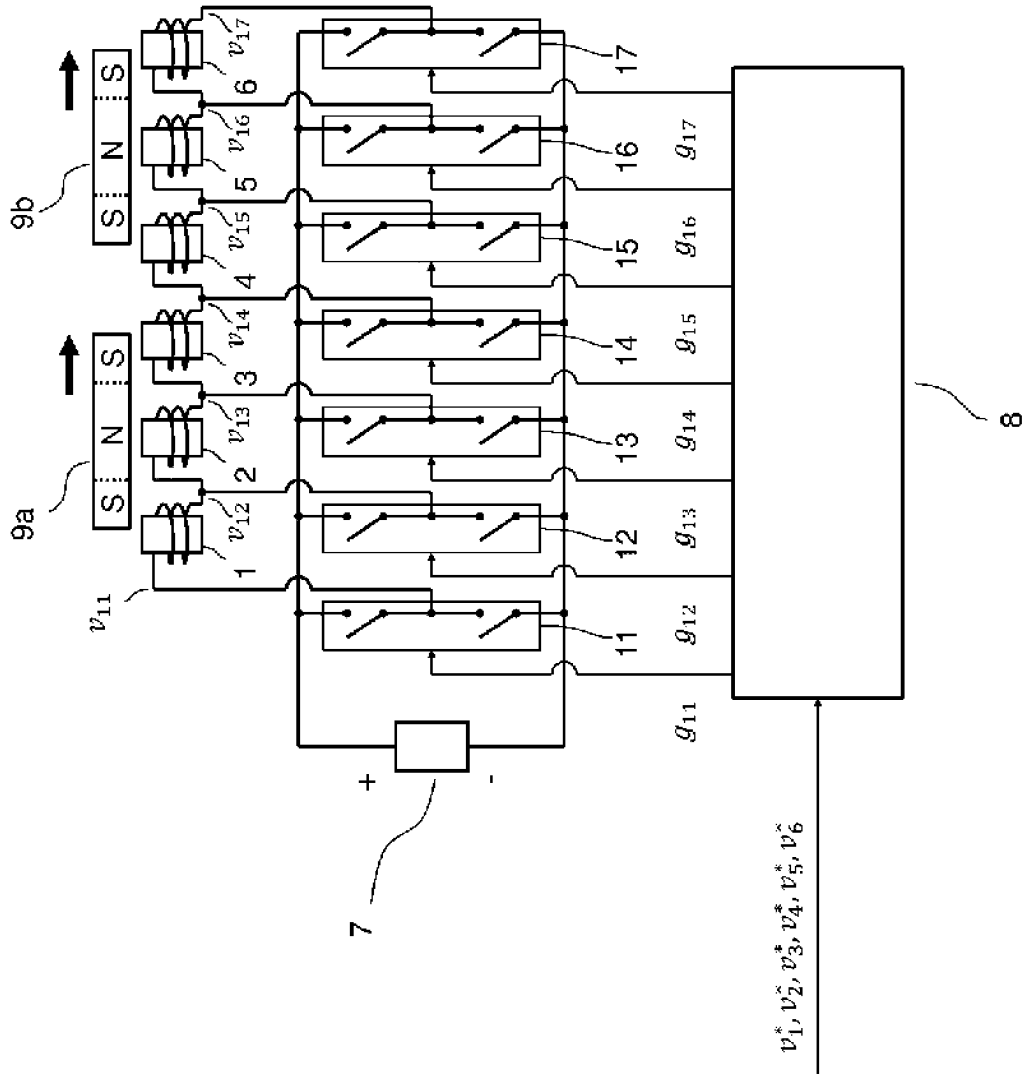
FIG. 4



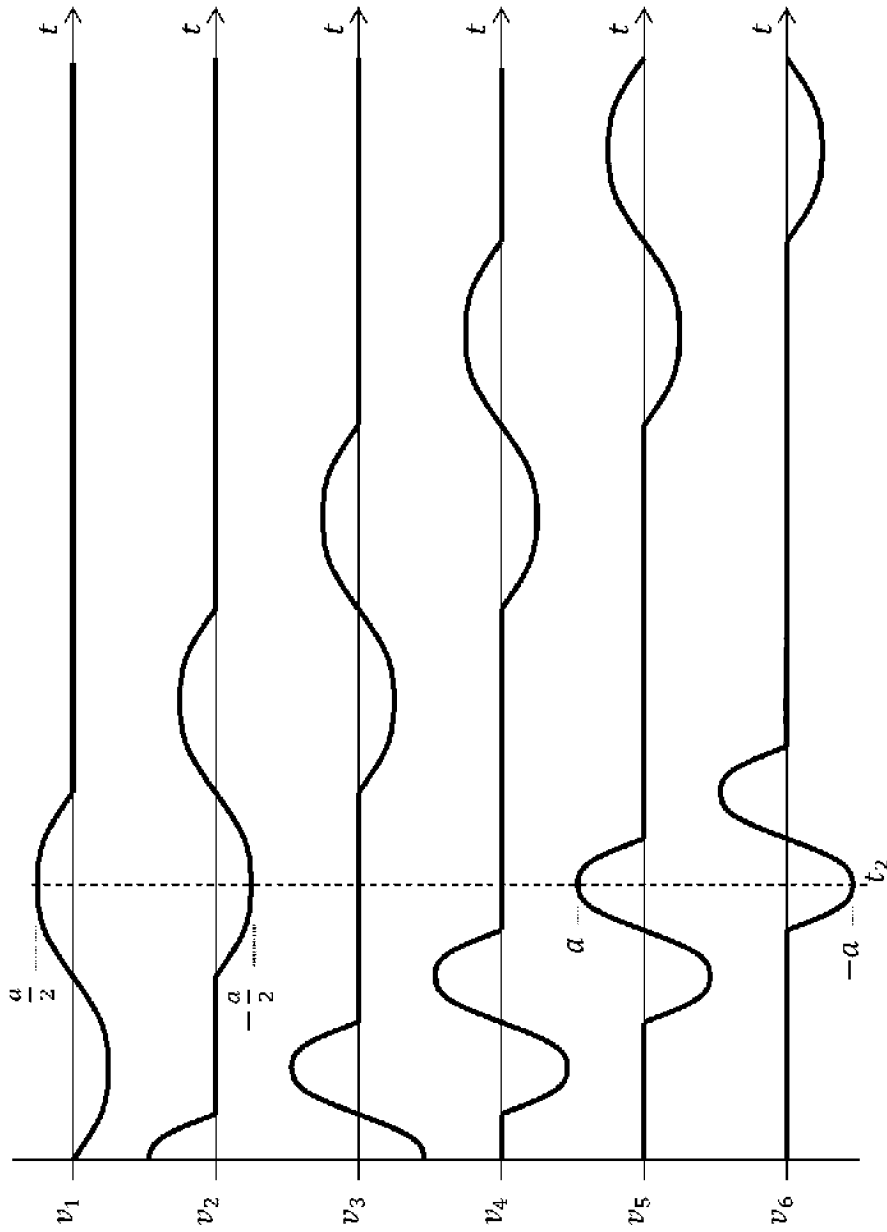
**FIG. 5**



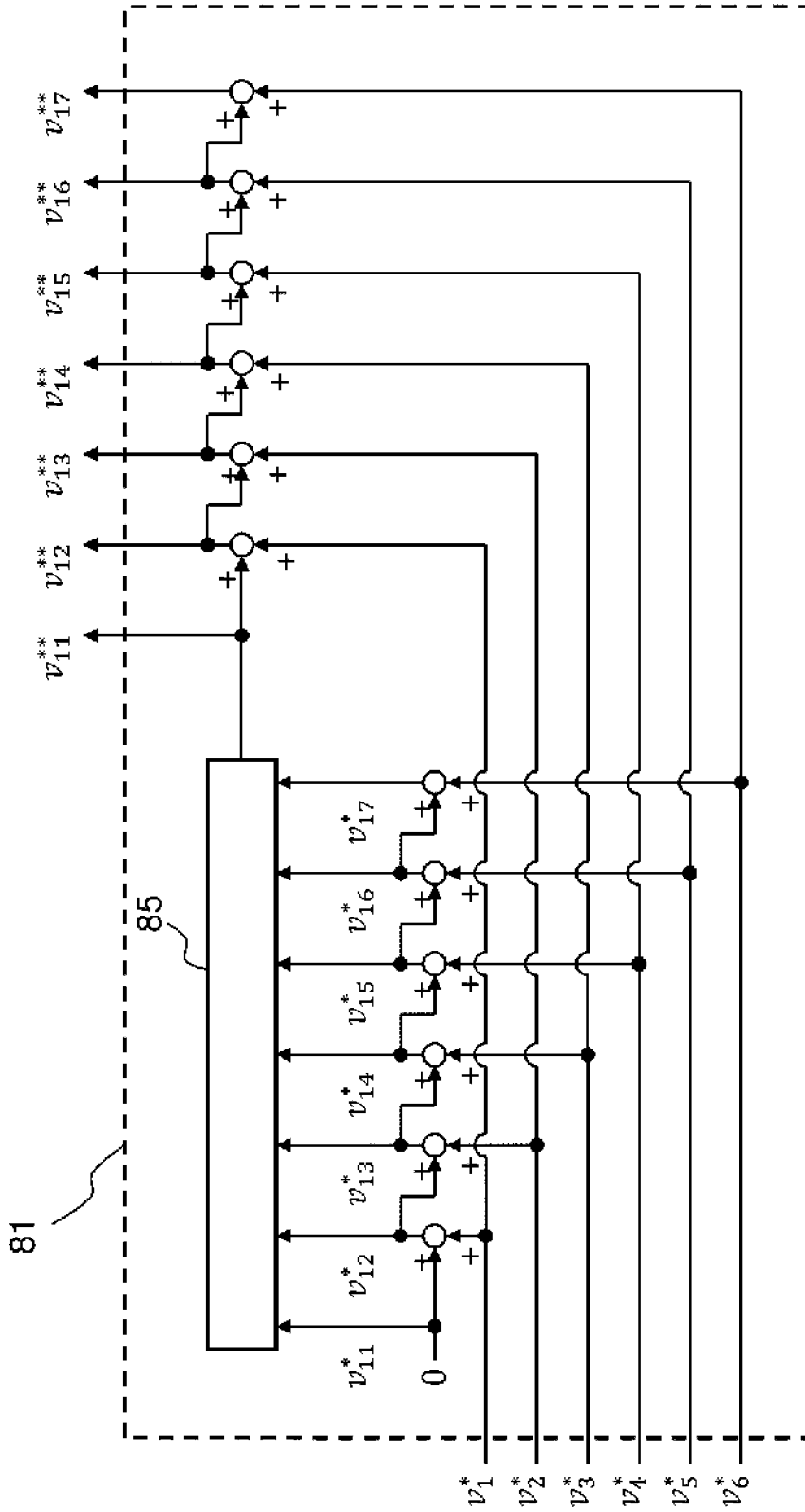
**FIG. 6**



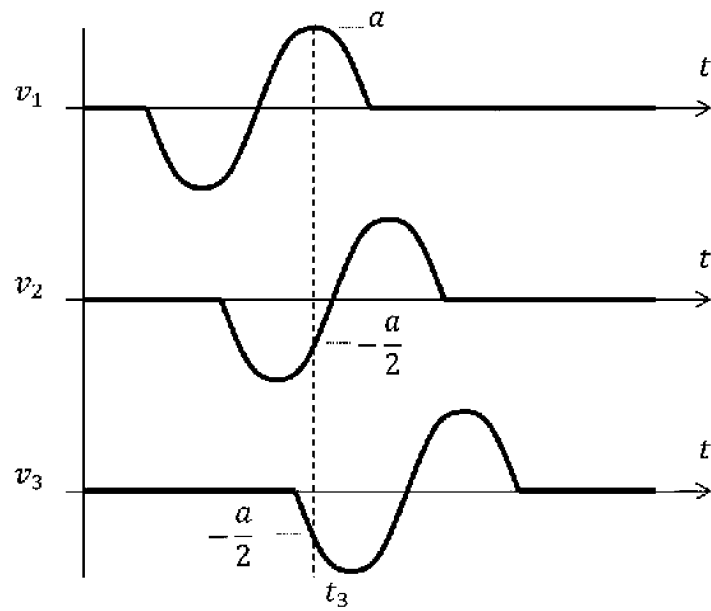
**FIG. 7**



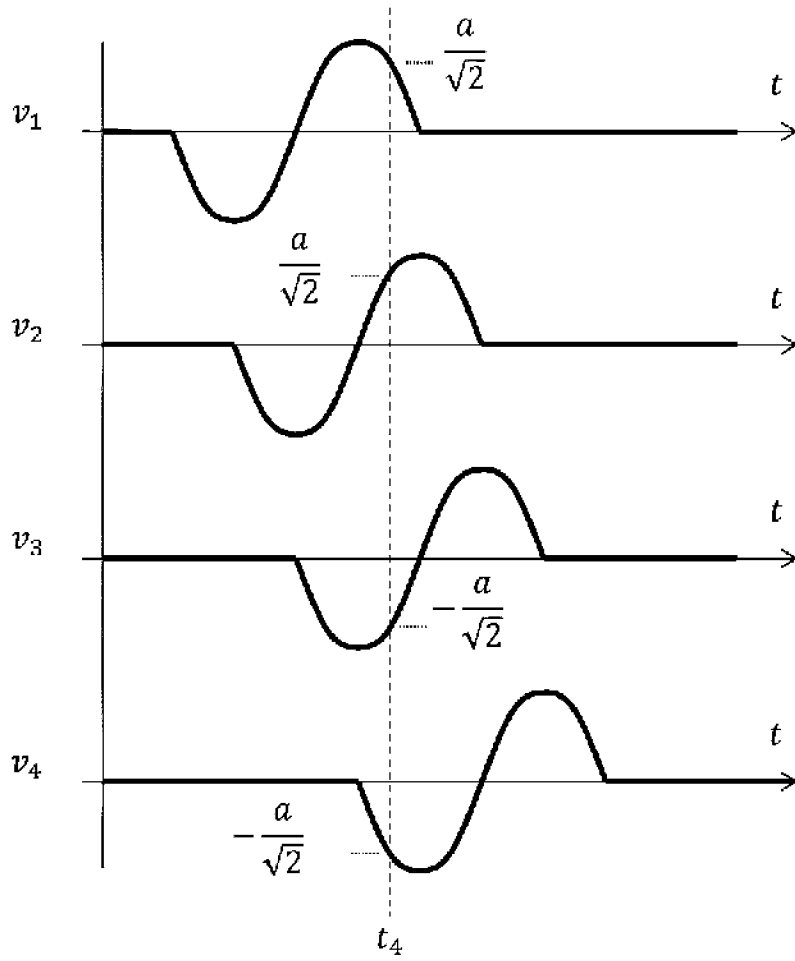
**FIG. 8**



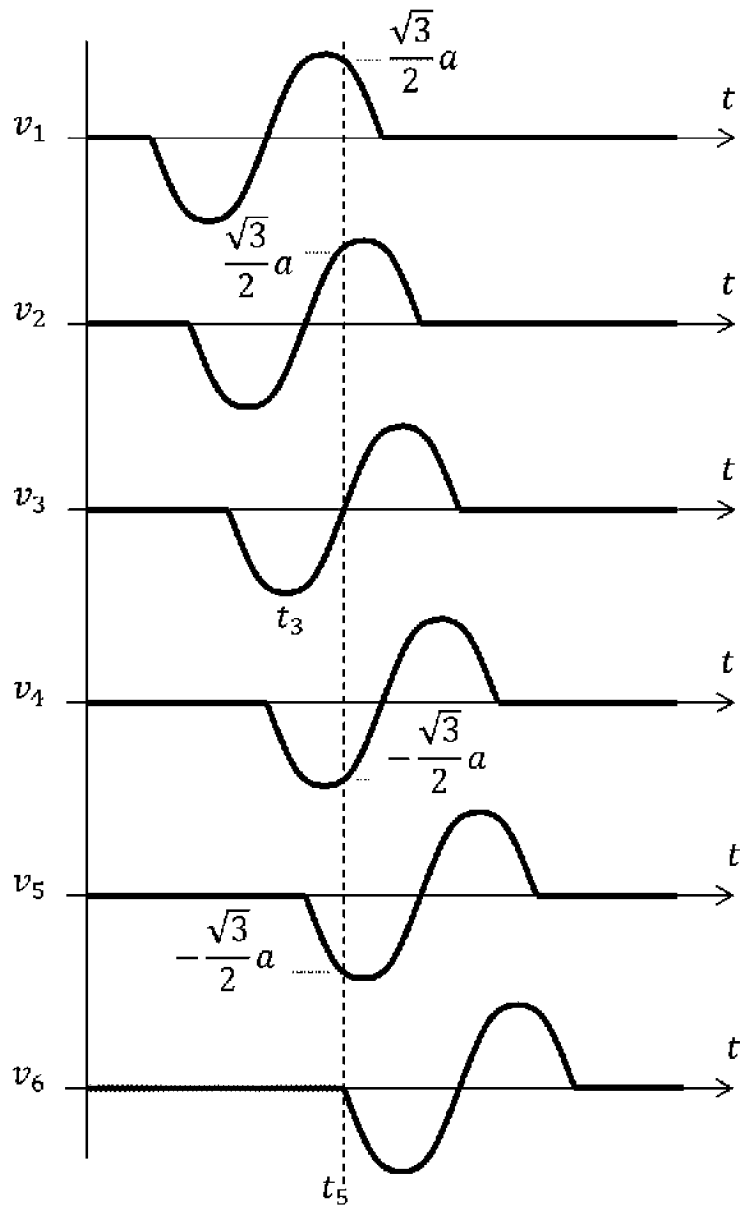
**FIG. 9**



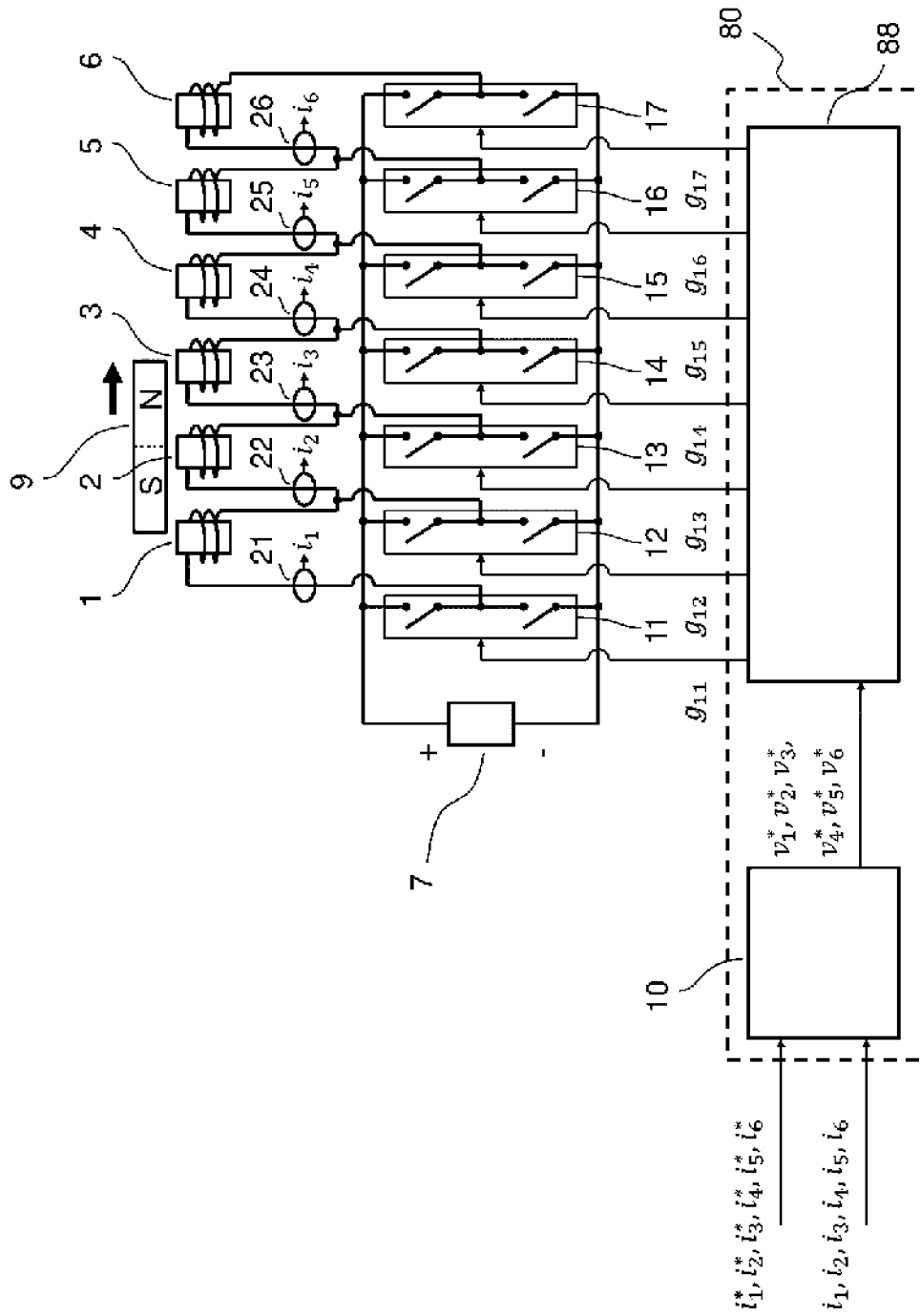
**FIG. 10**



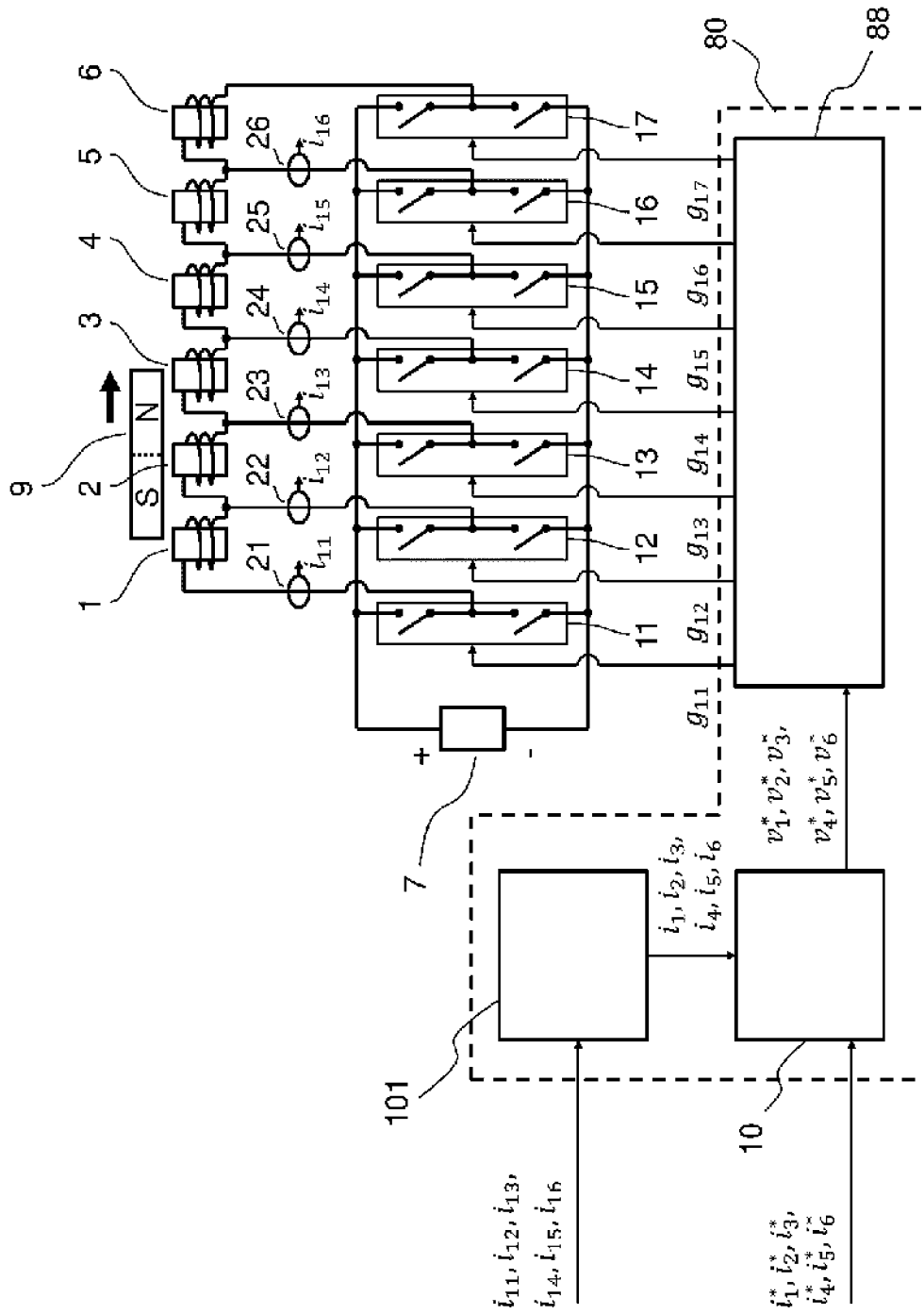
**FIG. 11**



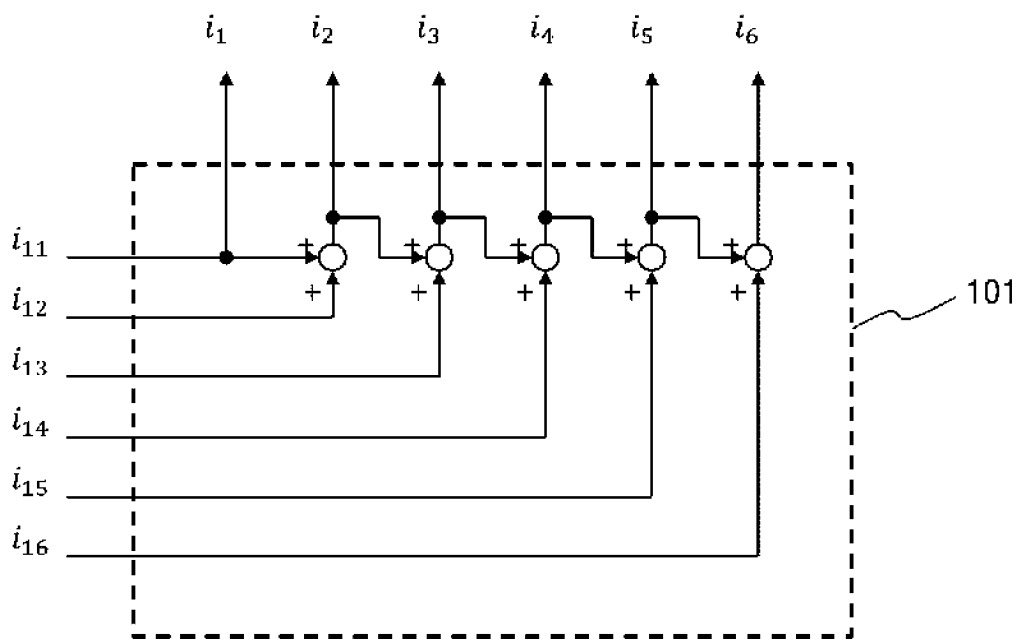
**FIG. 12**



**FIG. 13**



**FIG. 14**



**FIG. 15**

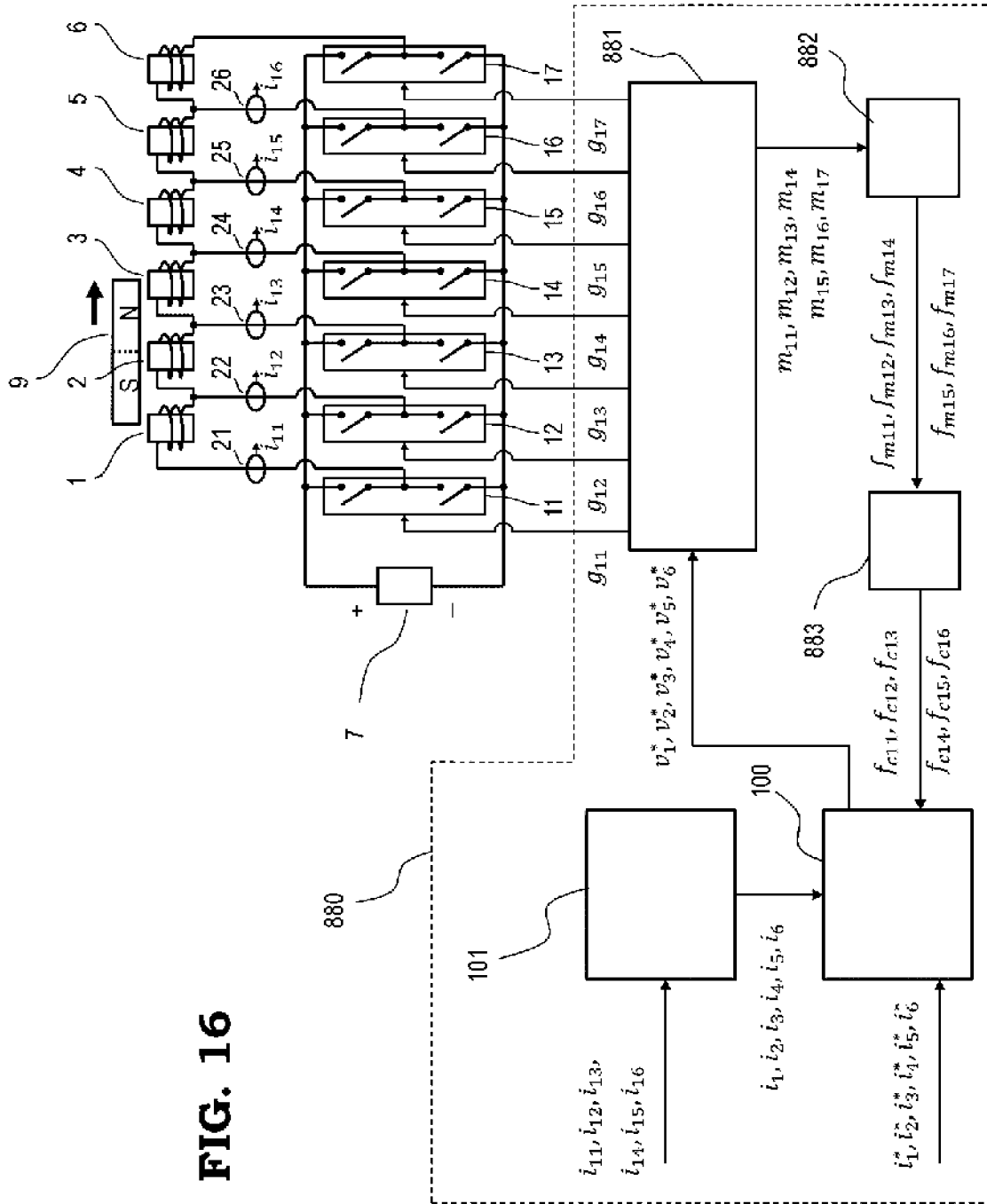
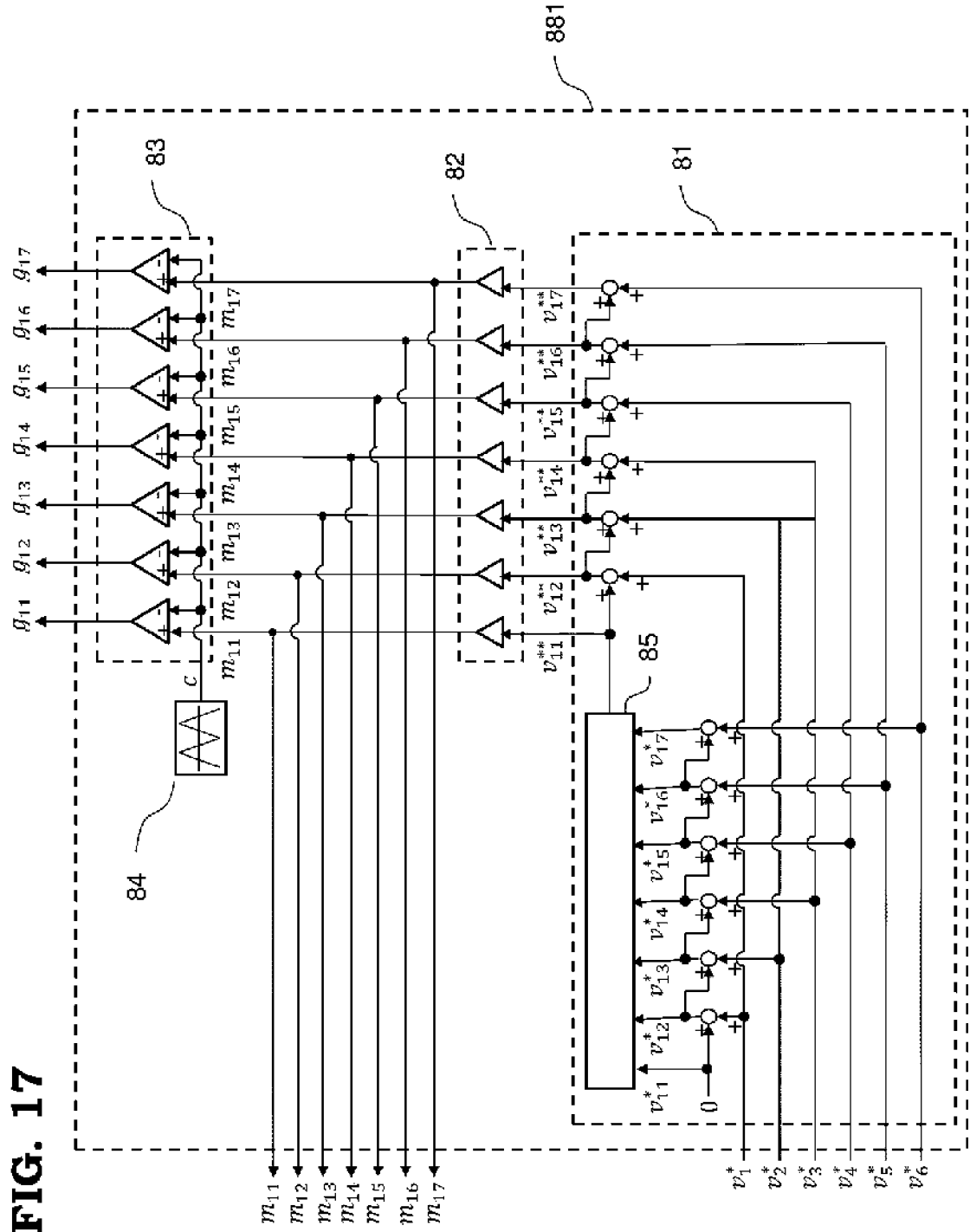
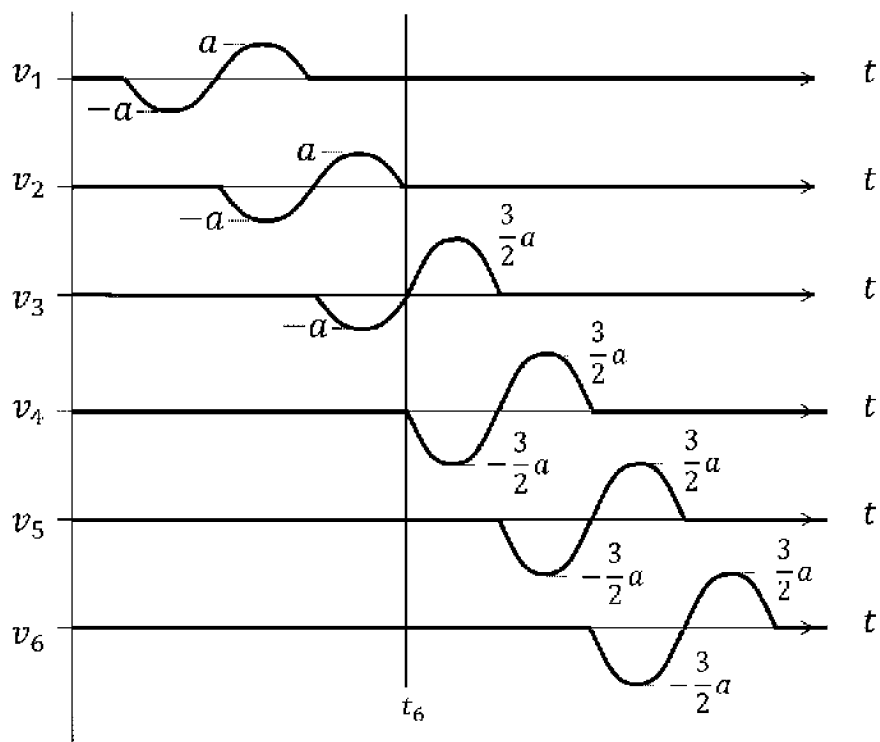


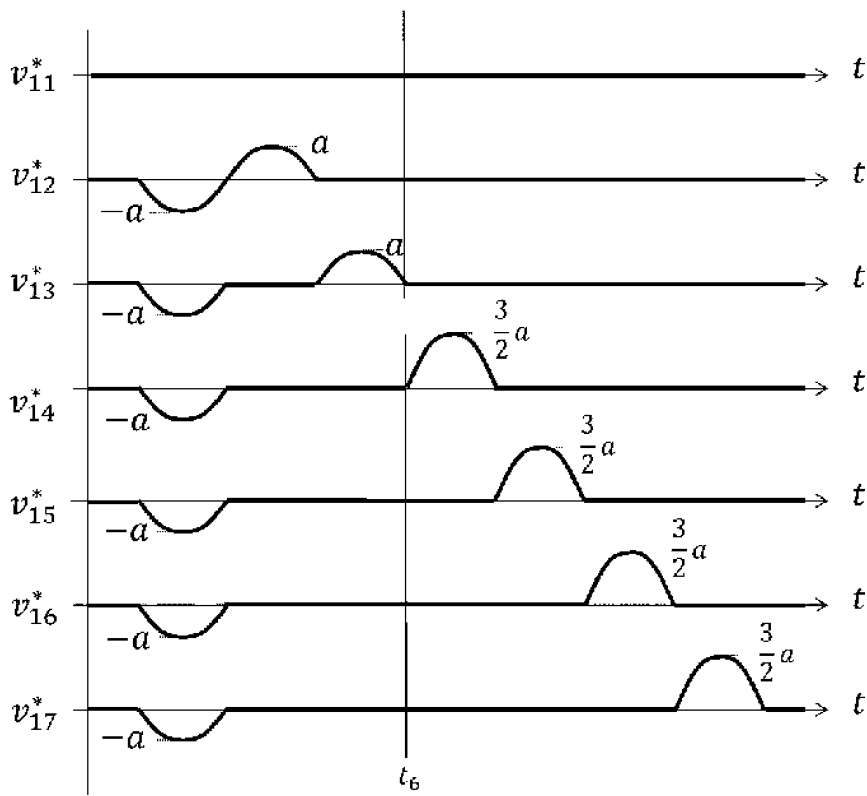
FIG. 16

**FIG. 17**

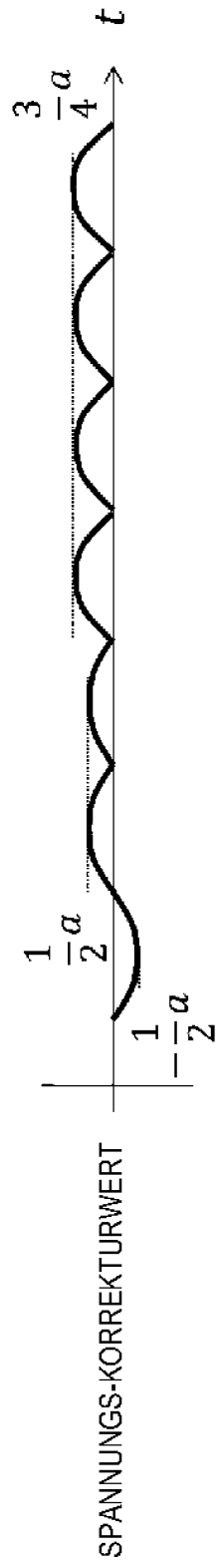




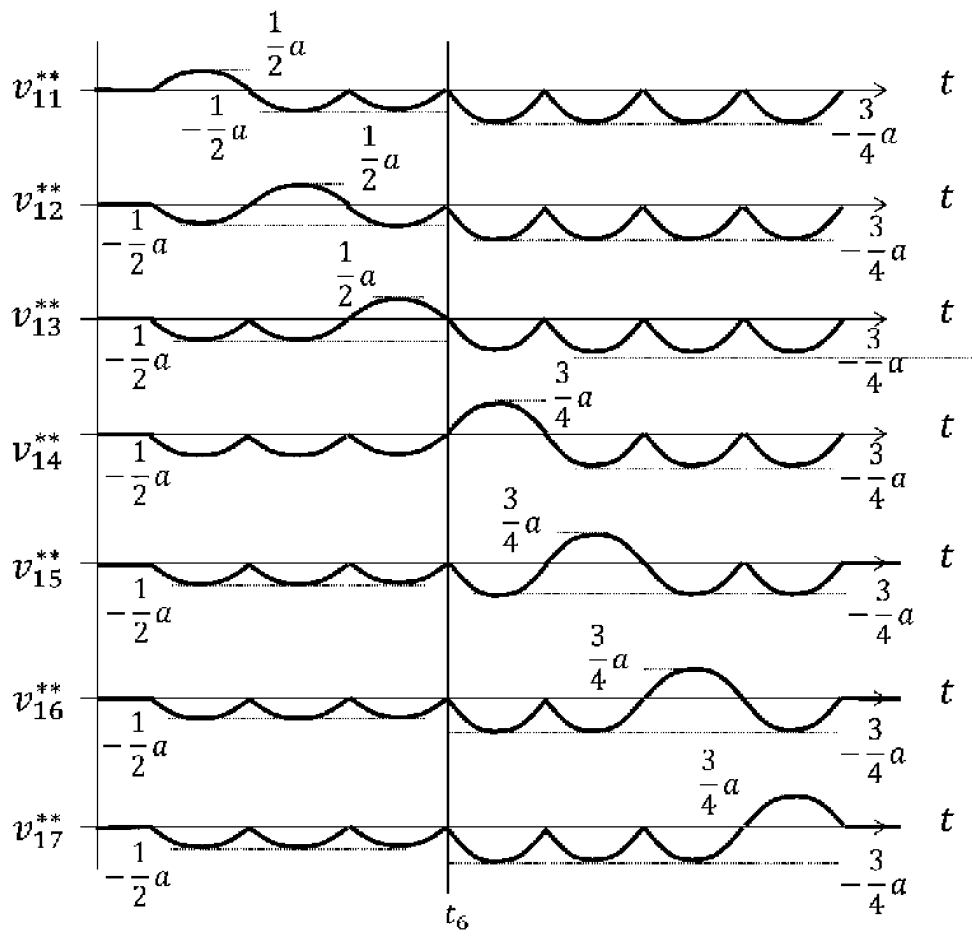
**FIG. 18**



**FIG. 19**

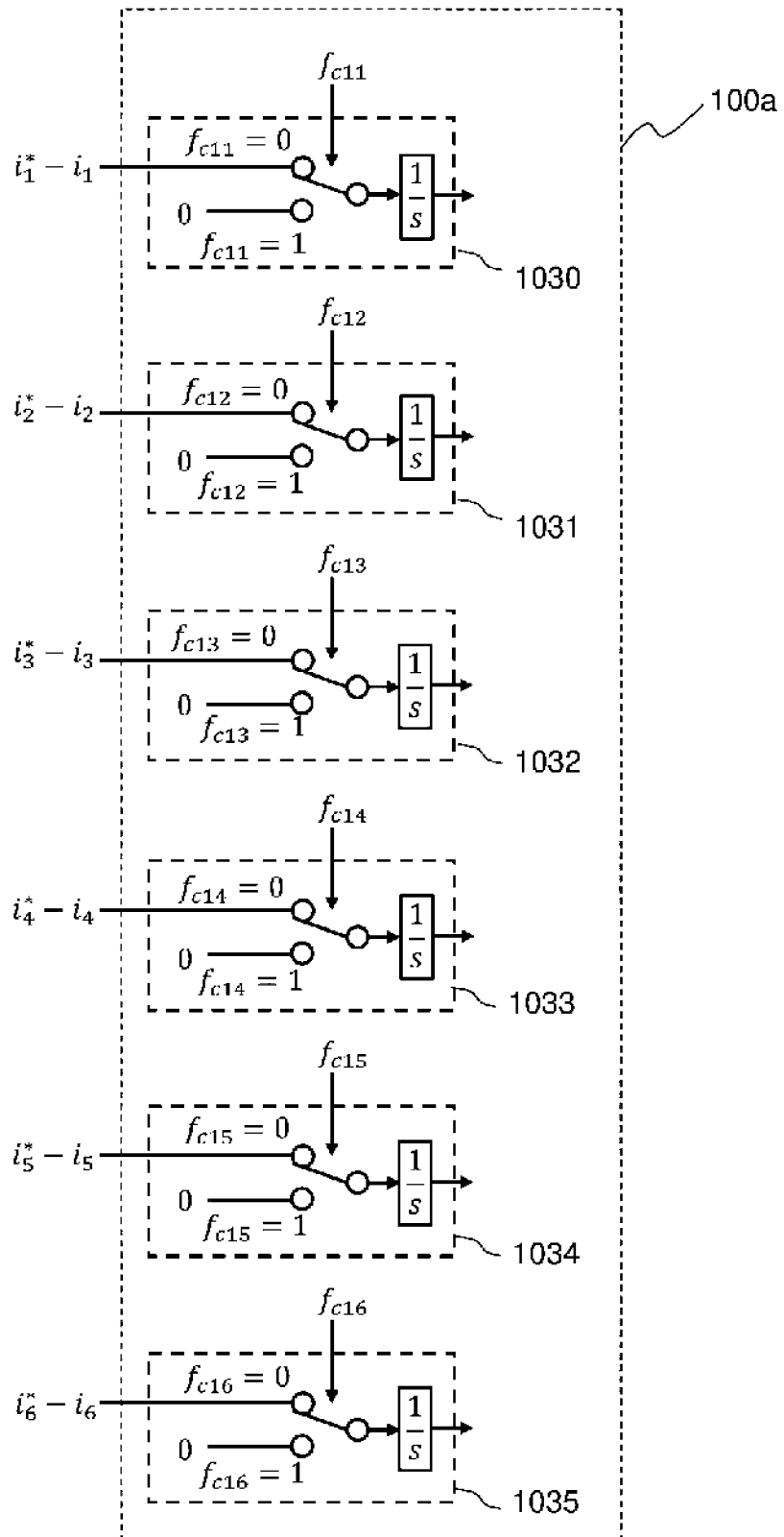


**FIG. 20**



**FIG. 21**





**FIG. 23**

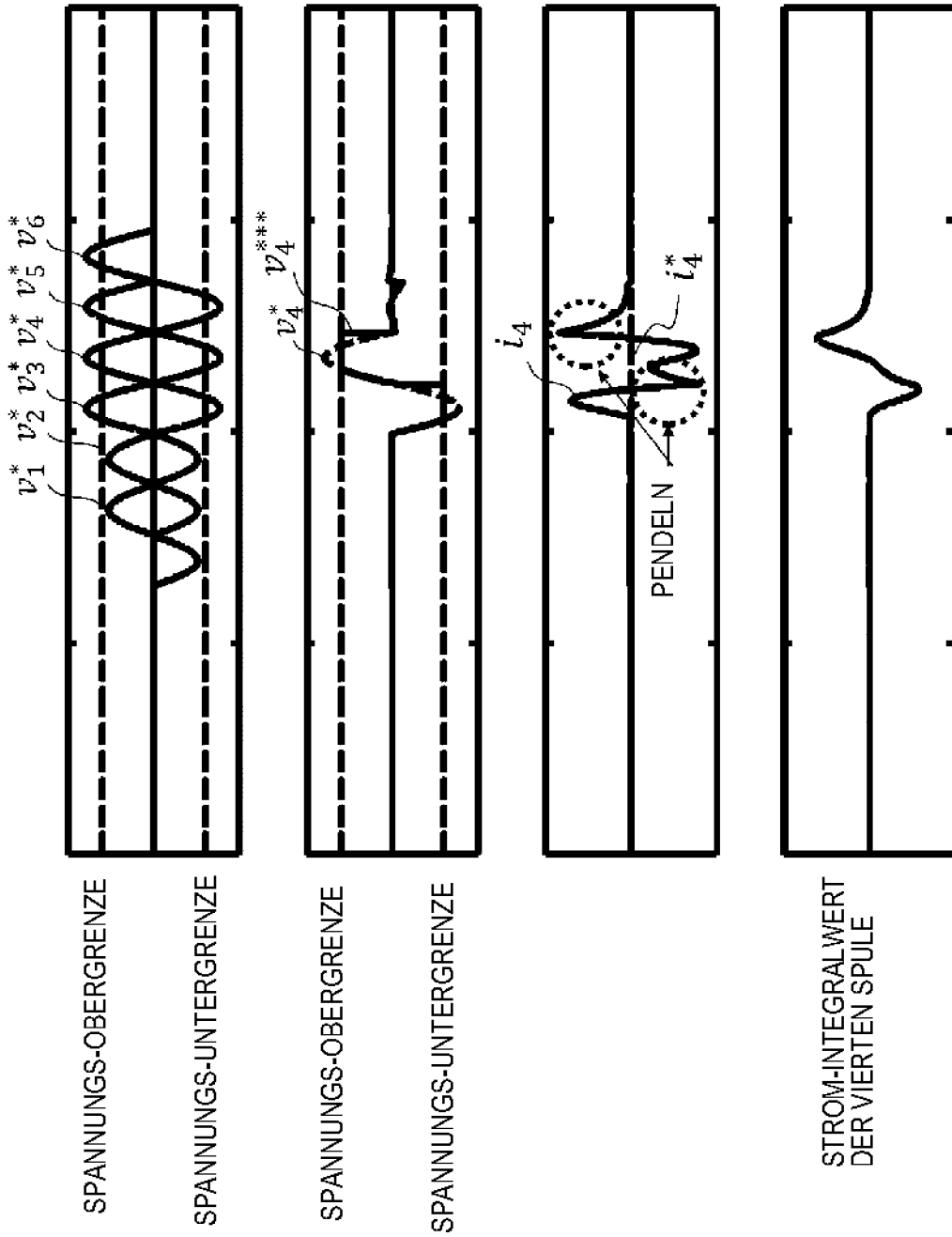


FIG. 24

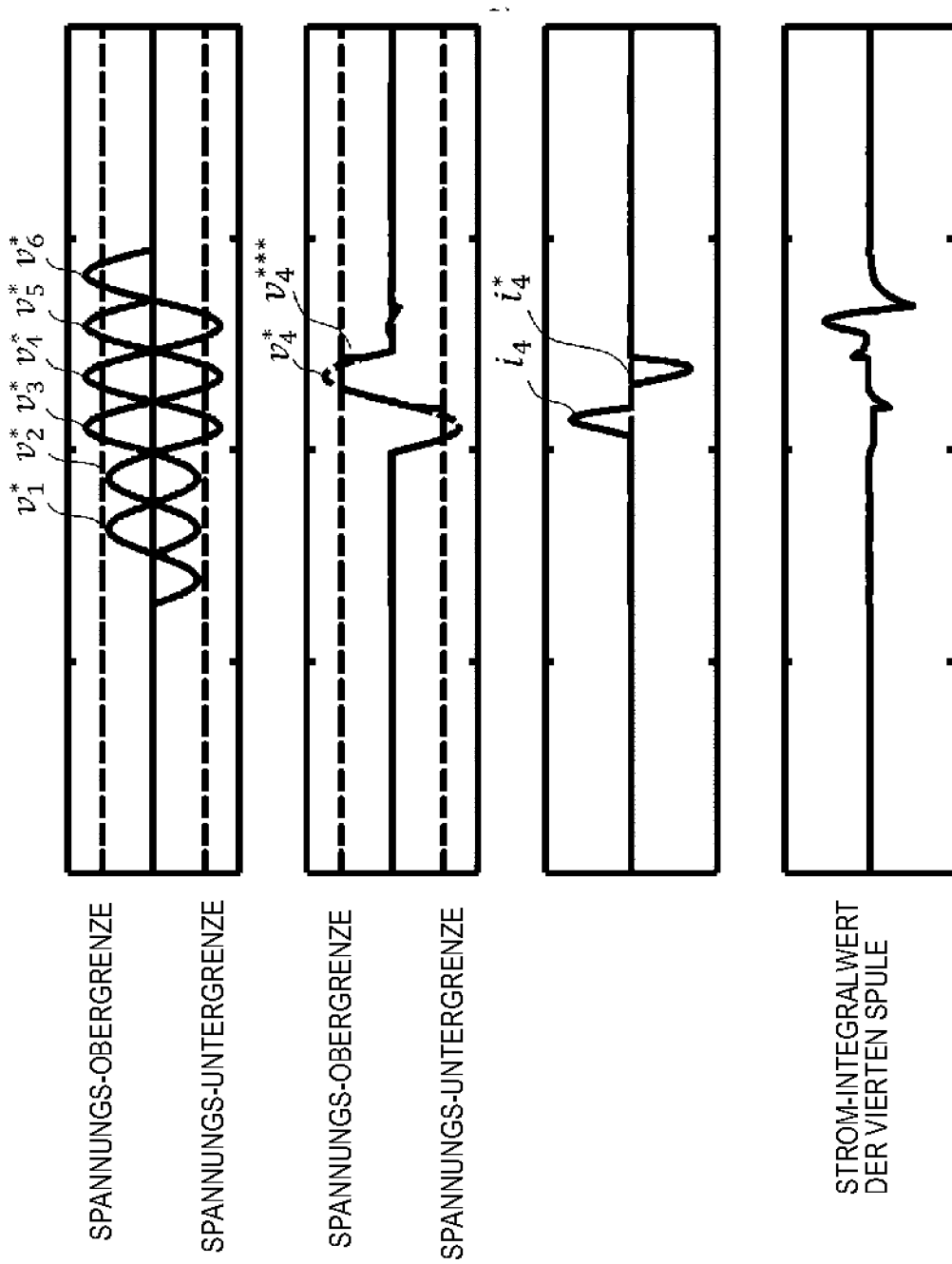
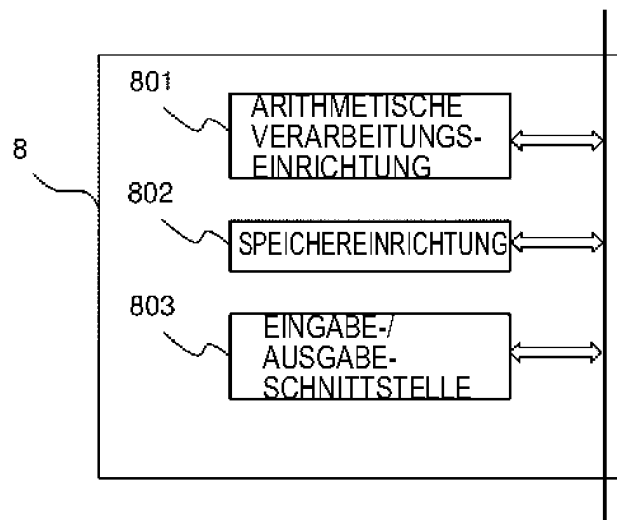


FIG. 25



**FIG. 26**