

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50148/2012
(22) Anmeldetag: 26.04.2012
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2013

(51) Int. Cl. : **H02M 1/088** (2006.01)
G05F 1/613 (2006.01)
H02M 1/32 (2007.01)
H02M 7/17 (2006.01)
H02J 3/44 (2006.01)
H02M 5/257 (2006.01)

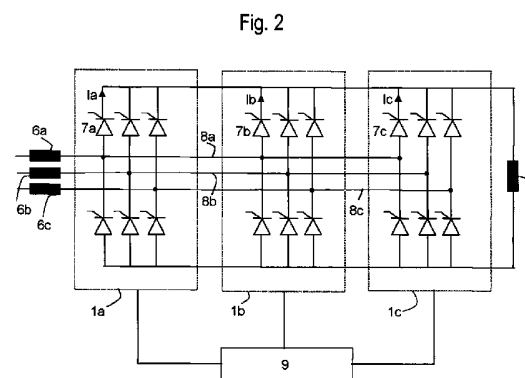
(56) Entgegenhaltungen:
DE 4038869 C1 US 5963441 A
US 2012086418 A1
JPH01185167 A
US 2012049813 A1
US 2009167080 A1
US 2010109621 A1
US 5576944 A AT 509828 A1

(73) Patentanmelder:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 MÜNCHEN (DE)

(72) Erfinder:
Damec Vladislav Dipl.Ing.
Hlohovec (CZ)
Trnka Alexander Dipl.Ing. (FH)
Gerasdorf bei Wien (AT)
Pürstl Gerrit
Wien (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung der Verzögerungszeit eines Halbleiterventils**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Einstellung der Verzögerungszeit zumindest eines Halbleiterventils (7a, 7b, 7c) einer Stromrichterparallelschaltung (1a, 1b, 1c) bei Änderung des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des Halbleiterventils. Um eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung auf alle parallel geschalteten Halbleiterventile (7a, 7b, 7c) zu erreichen, ist vorgesehen, dass nach Änderung des Zündwinkels eine neue Verzögerungszeit vorgegeben wird, die sich aus der alten Verzögerungszeit Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels, aus dem alten Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel an wie folgt ergibt: $\Delta t_n = \Delta t_a \cdot \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n)$.



Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung der
Verzögerungszeit eines Halbleiterventils

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur
Einstellung der Verzögerungszeit zumindest eines
Halbleiterventils (7a, 7b, 7c) einer

10 Stromrichterparallelschaltung (1a, 1b, 1c) bei Änderung des
Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des Halbleiterventils.

Um eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung auf alle
parallel geschalteten Halbleiterventile (7a, 7b, 7c) zu

15 erreichen, ist vorgesehen, dass nach Änderung des Zündwinkels
eine neue Verzögerungszeit vorgegeben wird, die sich aus der
alten Verzögerungszeit Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels,
aus dem alten Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel α_n
wie folgt ergibt: $\Delta t_n = \Delta t_a * \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n)$.

20

(Fig. 2)

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Einstellung der
Verzögerungszeit eines Halbleiterventils

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung
(Vorsteuerung) der Verzögerungszeit zumindest eines
10 Halbleiterventils einer Stromrichterparallelschaltung bei
Änderung des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des
Halbleiterventils, sowie eine entsprechende Vorrichtung. Die
Stromrichterparallelschaltung umfasst zumindest zwei parallel
zwischen einen Wechselstrom- bzw. Drehstromanschluss
15 einerseits und einen Gleichstromanschluss andererseits
geschaltete Halbleiterventile. Als Halbleiterventile kommen
beispielsweise Thyristoren, IGBTs oder GTOs zum Einsatz. Die
Halbleiterbauelemente können eine positive aber auch eine
negative Temperaturcharakteristik aufweisen. Die Erfindung
20 ist insbesondere anwendbar auf Halbleiterventile in
Gleichrichtern von Erregeranlagen für Synchronmaschinen,
wobei mehrere Gleichrichter parallel geschaltet sind.

Der Zündwinkel eines Halbleiterventils beschreibt die
25 Differenz zwischen dem Nulldurchgang der Wechselspannung, die
durch das Halbleiterventil gleichgerichtet werden soll, und
dem Zeitpunkt der Zündung des Halbleiterventils bezogen auf
die zu diesem Zeitpunkt vorliegende Phasenlage der
Wechselspannung. Der Zündwinkel wird zur Einstellung der
30 Ausgangsspannung des Stromrichters verwendet.

Eine Änderung des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des
Halbleiterventils wird auch als Zündwinkelsprung bezeichnet.
Dieser Zündwinkelsprung kann beispielsweise durch die
35 Regelung der Synchronmaschine vorgegeben sein. Wenn ein
Zündwinkelsprung stattfindet, verursacht dies eine veränderte
anliegende Spannung an der Kommutierungsinduktivität. Eine
Kommutierungsinduktivität oder Kommutierungsdrossel bewirkt

eine Verzögerung des Stromanstiegs im Einschaltmoment des Halbleiterventils. Eine zu hohe Stromanstiegsgeschwindigkeit könnte nämlich die Siliziumstruktur des Halbleiterventils zerstören. Durch die veränderte anliegende Spannung an der
5 Kommutierungsinduktivität ändert sich auch die Steilheit des zeitlichen Stromverlaufs.

Es können große Zündwinkelsprünge von mehr als 10° auftreten, etwa durch Stoßerregung aufgrund einer Änderung der Last der
10 Synchronmaschine, wo Zündwinkelsprünge von mehreren 10° , etwa von $40-70^\circ$, nicht ungewöhnlich sind. Durch große Zündwinkelsprünge kommt es bei sogenannten symmetrierten Systemen zu großen Stromabweichungen. In symmetrierten Systemen sind mehrere Halbleiterventile parallel geschaltet
15 und jedes Halbleiterventil liefert in etwa den gleichen Strom.

Ein Steuerungsverfahren für ein solches symmetriertes System ist etwa aus der AT 509 828 A1 bekannt. Die Stromaufteilung
20 parallel geschalteter Zweige von Halbleiterventilen hängt in erster Linie von den Halbleiterparametern, den thermischen Verhältnissen sowie parasitären Einflüssen, wie den Streuinduktivitäten einer Anlage, ab. Gemäß der AT 509 828 A1 wird jeweils ein durch das jeweilige Halbleiterventil
25 fließender Teilstrom über eine Dauer hinweg erfasst und einer Symmetrieregulierung zugeführt. Es erfolgt für jeden dieser erfassten Teilströme eine Mittelwertbildung und aus den resultierenden Mittelwerten, dem Iststrom und dem gemeinsamen Zündwinkel wird für jedes Halbleiterventil eine
30 jeweilige Zündwinkelkorrektur abgeleitet, sodass die Belastungen der Halbleiterventile einander angenähert werden. Damit liegt eine aktive Stromsymmetrierung vor, bei der die Zündimpulse der parallelgeschalteten Halbleiterventile durch die Art der Ansteuerung zeitlich so verschoben werden, dass
35 jeder Parallelzweig annähernd den gleichen Laststrom führt. Durch das zeitlich versetzte Zünden (Zeitversatz im Mikrosekundenbereich) wird also die Stromübernahme der einzelnen Ventile so beeinflusst, dass gegebenenfalls auch

ohne Ausgleichsdrosseln und ohne symmetrische Verschiebung oder Parameterselektion die parallelen Zweige gleichmässig belastet werden können.

- 5 Ein Zündwinkelsprung bewirkt nun, dass es zu Abweichungen von der symmetrischen Stromverteilung auf alle Halbleiterventile kommt. Diese Abweichungen können sogar im schlimmsten Fall größer sein als wenn alle Halbleiterventile gleichzeitig zünden.

10

Ist eine Kommutierungsinduktivität vorgesehen, so gilt: umso kleiner die Spannung an der Kommutierungsinduktivität ist, umso geringer ist die Stromsteilheit des Gesamtsystems und daher ist die benötigte Verzögerungszeit, die für eine

- 15 symmetrische Stromaufteilung benötigt wird, größer.

Stand der Technik

- 20 Aus der EP 0 664 613 A2 ist ein Verfahren zur Symmetrierung der Belastung parallel geschalteter Leistungshalbleitermodule bekannt, wo die Ein- und Ausschaltzeitpunkte der Schalter der Module so eingestellt werden, dass eine gleichmäßige Stromverteilung beim Schalten auf alle Module resultiert.
- 25 Dabei kann etwa ein Modul später eingeschaltet werden, falls die Differenz zwischen Soll- und Istwert des Stroms negativ ist, also der Ist-Strom größer ist als der Sollstrom.

- Um welches Ausmaß sich der Schaltzeitpunkt verschieben muss, 30 gibt die EP 0 664 613 A2 jedoch nicht an.

Darstellung der Erfindung

- 35 Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit welchem der Zeitpunkt der Zündung mindestens eines Halbleiterventils bei Änderung des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden vorab so

festgelegt wird, dass eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung auf alle parallel geschalteten Halbleiterventile weiterhin gegeben bleibt.

- 5 Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen definiert.
- 10 Anspruch 1 betrifft ein Verfahren zur Einstellung der Verzögerungszeit zumindest eines Halbleiterventils einer Stromrichterparallelschaltung bei Änderung des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des Halbleiterventils und sieht vor, dass nach Änderung des Zündwinkels eine neue
- 15 Verzögerungszeit vorgegeben wird, die sich aus der alten Verzögerungszeit Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels, aus dem alten Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel α_n wie folgt ergibt: $\Delta t_n = \Delta t_a \cdot \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n)$. Die neue Verzögerungszeit ist also das Produkt aus der alten
- 20 Verzögerungszeit und dem Quotienten des Sinus des alten Zündwinkels und des Sinus des neuen Zündwinkels.

In Simulationen hat sich bestätigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nach einem Zündwinkelsprung und

25 nach Änderung der Verzögerungszeit wieder eine zumindest annähernde Symmetrie der Ströme in den einzelnen Halbleiterventilzweigen der Stromrichter, insbesondere der Gleichrichter, hergestellt werden kann.

- 30 Eine Stromrichterparallelschaltung weist in der Regel zwei bis acht parallel geschaltete Stromrichter, im Fall von Erregeranlagen Gleichrichter, auf. Jeder Stromrichter weist wiederum mehrere Halbleiterventile auf, zwei pro Phase. Dabei weist nur ein Halbleiterventil bzw. eine Phase in der Regel
- 35 keine Verzögerungszeit auf. Für alle anderen Halbleiterventile mit Verzögerungszeit ist es sinnvoll, dass eine neue Verzögerungszeit vorgegeben wird. Es kann also vorgesehen sein, dass bei mehreren parallel geschalteten

Halbleiterventilen für alle Halbleiterventilen eine neue Verzögerungszeit vorgegeben wird, die vor Änderung des Zündwinkels eine Verzögerungszeit aufweisen.

- 5 Es besteht auch die Möglichkeit, zur Verminderung des Regelungsaufwands nur bei größeren Änderungen für einen oder mehrere Halbleiterventile eine neue Verzögerungszeit einzustellen. So kann etwa vorgesehen sein, dass erst ab einer Änderung des Zündwinkels von mehr als zum Beispiel 10°
10 eine neue Verzögerungszeit berechnet wird.

- Eine entsprechende erfindungsgemäße Vorrichtung umfassend eine Stromrichterparallelschaltung mit mehreren parallel geschalteten Halbleiterventilen und eine Steuereinrichtung
15 zur Einstellung der Verzögerungszeit zumindest eines Halbleiterventils sieht zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor, dass mit der Steuereinrichtung nach Änderung des Zündwinkels eine neue Verzögerungszeit vorgebar ist, die sich aus der alten
20 Verzögerungszeit Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels, aus dem alten Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel α_n wie folgt ergibt:

$$\Delta t_n = \Delta t_a * \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n).$$

- 25 Da die Steuerung der Halbleiterventile sowie die Berechnung der neuen Verzögerungszeiten der Halbleiterventile in der Regel mittels einer Anlage zur elektronischen Datenverarbeitung, also einem Computer, durchgeführt wird, umfasst die Erfindung auch ein Computerprogramm mit
30 Programmcode-Mitteln, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird. Entsprechend ist auch ein Computerprogrammprodukt vorgesehen, umfassend auf einem computerlesbaren Datenträger gespeicherte Programmcode-Mittel
35 eines Computerprogramms, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

Kurzbeschreibung der Figuren

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird im nachfolgenden
5 Teil der Beschreibung auf die Figuren Bezug genommen, aus der
weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, Einzelheiten und
Weiterbildungen der Erfindung zu entnehmen sind. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Prinzipschaltung von drei Gleichrichtern,
- 10 Fig. 2 den Schaltungsaufbau der drei Gleichrichter aus Fig.
1, auf die das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden
kann,
- Fig. 3 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
Halbleiterventile vor einem Zündwinkelsprung,
- 15 Fig. 4 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
Halbleiterventile nach einem positiven Zündwinkelsprung ohne
erfindungsgemäße Einstellung der Verzögerungszeit,
- Fig. 5 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
Halbleiterventile nach dem positiven Zündwinkelsprung mit
20 erfindungsgemäßer Einstellung der Verzögerungszeit,
- Fig. 6 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
Halbleiterventile nach dem positiven Zündwinkelsprung mit
idealer Einstellung der Verzögerungszeit,
- Fig. 7 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
25 Halbleiterventile nach einem negativen Zündwinkelsprung ohne
erfindungsgemäße Einstellung der Verzögerungszeit,
- Fig. 8 ein Diagramm des Stromverlaufs dreier
Halbleiterventile nach dem negativen Zündwinkelsprung mit
erfindungsgemäßer Einstellung der Verzögerungszeit.

30

Ausführung der Erfindung

- Zur Versorgung einer Last 2, beispielsweise eines
- 35 Erregerkreises eines Generators, sind in Fig. 1 an ein
Versorgungsnetz 3 über eine Netzanschlutung 5 und einen
Transformator 4 zum Beispiel drei Stromrichter 1a, 1b, 1c in
Parallelschaltung angeschlossen. Für jeden Gleichrichter 1a,

1b, 1c, ist eine Kommutierungsinduktivität (Kommutierungs-drossel) 6a, 6b, 6c vorgesehen, welche die Stromänderungen (di/dt -Werte) der parallelgeschalteten Zweige im Zeitintervall der Stromkommutierung begrenzen.

5

In Fig. 2 ist vereinfacht die Erregeranlage für Synchronmaschinen mit drei parallelen Gleichrichtern 1a, 1b, 1c aus Fig. 1 zu sehen, und zwar die Ausbildung der Gleichrichter jeweils als sogenannte B6-Brücke.

10 Gleichstromseitig ist mit den Gleichrichtern 1a, 1b, 1c eine Last 2 verbunden. Wechselstromseitig sind die Stromrichter 1a, 1b, 1c an drei Phasen angeschlossen. Demnach umfasst jeder Stromrichter 1a, 1b, 1c sechs Halbleiterventile 7a, 7b, 7c. Der gleichgerichtete Strom jeder B6-Brücke wird einer
15 gemeinsamen Leitung zugeführt, die dann die Last 2, eine Erregerwicklung der Synchronmaschine, speist. Jedem Halbleiterventil 7a, 7b, 7c wird durch eine Steuereinrichtung 9 eine Steuerspannung zugeführt, welche sowohl den Zeitpunkt der Zündung als auch den Zündwinkel festlegt.

20

Die Abläufe werden anhand der drei Halbleiterventile 7a, 7b, 7c erläutert, welche während einer positiven Spannung der ersten Phase 8a zünden, das heißt, welche im positiven Stromzweig der ersten Phase 8a angeordnet sind. Durch jedes
25 dieser Halbleiterventile 7a, 7b, 7c fließt dabei ein Teilstrom I_a , I_b , I_c . Die drei Halbleiterventile 7a, 7b, werden gemäß einer Symmetrieregung, etwa jener der AT 509 828 A1, zu unterschiedlichen Zeitpunkten gezündet. Durch die zeitversetzten Zündungen ergeben sich für die Stromrichter
30 1a, 1b, 1c annähernd gleich große Belastungen.

Die Symmetrieregung erfolgt durch Bestimmung der Stromabweichungen der Teilströme I_a , I_b , I_c vom Mittelwert. Die Stromabweichungen bilden die Eingangsgrößen für die
35 eigentliche Symmetrieregung. Die jeweilige Stromabweichung wird beispielsweise einem jeweiligen Integralregler zugeführt. Zur Erlangung einer Zündwinkelkorrektur wird die jeweilige resultierende Stellgröße in eine Verzögerungszeit

umgerechnet. Dabei werden der gemeinsame Zündwinkel sowie der Iststromwert mitberücksichtigt. Diese Verzögerungszeit wird dann über die Steuereinrichtung 9 an jedes der hier achtzehn Halbleiterventile 7a, 7b, 7c weitergeleitet, sodass diese zum
5 vorgegebenen Zeitpunkt zünden. In Fig. 2 ist der Einfachheit halber nur die Verbindung der Steuereinrichtung 9 mit den Gleichrichtern 1a, 1b, 1c dargestellt.

Die Steuereinrichtung 9 umfasst einen Computer, der nun bei
10 einem Zündwinkelsprung erfindungsgemäß aus den vorgegebenen Werten der alten Verzögerungszeit(en) Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels, dem alten Zündwinkel α_a und dem neuen Zündwinkel α_n die neue(n) Verzögerungszeit(en) berechnet.

15 In den Fig. 3-8 ist der Stromverlauf dreier Halbleiterventile 7a, 7b, 7c über die Zeit dargestellt. Auf der waagrechten Achse ist die Zeit in Millisekunden aufgetragen, wobei jeweils etwa 7 Millisekunden dargestellt sind. Auf der senkrechten Achse ist der Strom in Ampere aufgetragen, im
20 Bereich von 0 bis maximal 250 Ampere.

Fig. 3 zeigt den Stromverlauf dreier Halbleiterventile 7a, 7b, 7c vor einem Zündwinkelsprung gemäß einer Simulationsberechnung. Der Strom I_a , I_b , I_c nach jedem
25 Halbleiterventil ist hier als Funktion der Zeit aufgetragen, und zwar während einer Leitperiode des Halbleiterventils. In dieser Ausgangslage sind alle drei Ströme im Mittel über die Zeit gleich, also symmetrisch, es liegt ein symmetriertes System vor. Das erste Halbleiterventil 7a liefert einen
30 zeitlichen Mittelwert von 132,1 A für I_a , das zweite Halbleiterventil liefert 132,2 A für I_b und das dritte Halbleiterventil 132,6 A für I_c .

Dabei startet das erste Halbleiterventil 7a mit einer
35 Verzögerungszeit von 216 μs und das zweite Halbleiterventil 7b mit einer Verzögerungszeit von 50 μs . Das dritte Halbleiterventil 7c weist keine Verzögerungszeit auf. Der

aktuelle (alte) Zündwinkel α beträgt für alle Halbleiterventilen 30° .

Was passiert, wenn der Zündwinkel ohne Vorsteuerung
5 (Einstellung) der Verzögerungszeit von 30° auf 87° springt, ist in Fig. 4 dargestellt: Das erste Halbleiterventil 7a liefert nur mehr 124,5 A als Ia, das zweite Halbleiterventil liefert nur 124,1 A als Ib und das dritte Halbleiterventil 144,3 A als Ic. Aufgrund der Verzögerung der einzelnen
10 Halbleiterventilzweige wäre im Realfall nicht gewährleistet, dass das erste Halbleiterventil 7a auch zündet, weil zum Zeitpunkt des Zündens die Kommutierung, also der Übergang des Stromflusses auf einen anderen Halbleiterventilzweig, bereits vollständig abgeschlossen ist.

15 Wenn das erste Halbleiterventil 7a aber nicht zündet, werden das zweite 7b und das dritte Halbleiterventil 7c extrem überlastet, was zu einer Abschaltung derselben oder gar zu einer Zerstörung führen würde. Deshalb wird erfindungsgemäß
20 die Verzögerungszeit des ersten Halbleiterventils von 0,000216 s auf

$\Delta t_n = 0,000216 \cdot \sin(30^\circ) / \sin(87^\circ) = 0,000108 \text{ s (108 } \mu\text{s)}$
geändert.

25 Die Verzögerungszeit des zweiten Halbleiterventils 7b beträgt dann erfindungsgemäß 15 μs . Aus Fig. 5 ist ersichtlich, dass der Strom Ia des ersten Halbleiterventils 7a in der Leitperiode 134,8 A beträgt, jener des zweiten
30 Halbleiterventils 130,4 A und jener des dritten Halbleiterventils 131,5 A. Es liegt somit wieder ein annähernd symmetriertes System vor.

Wie Fig. 6 entnommen werden kann, wäre für ein ideal
35 symmetriertes System eine Verzögerungszeit von 114 μs für das erste 7a und 24 μs für das zweite Halbleiterventil 7b notwendig. Dann würde der Strom Ia des ersten Halbleiterventils in der Leitperiode 132,3 A betragen, jener

des zweiten Halbleiterventils 131,4 A und jener des dritten Halbleiterventils 131,9 A.

In den Fig. 7 und 8 ist ein weiteres Beispiel zum
5 erfindungsgemäßen Verfahren ersichtlich. Es geht vom
vollständig symmetrierten System in Fig. 6 aus, wo der
Zündwinkel 87° beträgt und die Verzögerungszeiten für das
erste Halbleiterventil 7a 114 μs und für das zweite
Halbleiterventil 7b 24 μs . In Fig. 7 ist dargestellt, was
10 passiert, wenn der Zündwinkel von 87° ohne Vorsteuerung
(Einstellung) der Verzögerungszeit auf 30° zurückspringt. Das
erste Halbleiterventil 7a liefert nun 152,9 A als Ia, das
zweite Halbleiterventil 7b liefert 126,6 A als Ib und das
dritte Halbleiterventil 7c nur 117,4 A als Ic. Es liegt somit
15 eine große Unsymmetrie vor, die wieder zu einer Zerstörung
bzw. Abschaltung der Halbleiterventile 7a, 7b, 7c führen
kann.

Wenn die Verzögerungszeiten jedoch erfindungsgemäß geändert
20 werden, nämlich auf 228 μs für das erste Halbleiterventil 7a
und 48 μs für das zweite Halbleiterventil 7b, so ergeben sich
Stromverläufe wie in Fig. 8 dargestellt. Das erste
Halbleiterventil 7a liefert nun während einer Leitperiode im
Mittel 130,2 A als Ia, das zweite Halbleiterventil 7b liefert
25 134 A als Ib und das dritte Halbleiterventil 7c 132,5 A als
Ic. Es liegen wieder fast perfekt symmetrierte
Halbleiterventilzweige vor.

Was hier nur für eine Halbwelle einer Phase 8a beschrieben
30 worden ist, wird für die jeweils zweite Halbwelle und für
alle anderen Phasen 8b, 8c selbstverständlich auf die gleiche
Weise unter Verwendung der gleichen Steuereinrichtung 9
durchgeführt.

35

Bezugszeichenliste:

1a erster Gleichrichter

- 1b zweiter Gleichrichter
- 1c dritter Gleichrichter
- 2 Last
- 3 Versorgungsnetz
- 5 4 Transformator
- 5 Netzanschaltung
- 6a erste Kommutierungsinduktivität
- 6b zweite Kommutierungsinduktivität
- 6c dritte Kommutierungsinduktivität
- 10 7a erstes Halbleiterventil
- 7b zweites Halbleiterventil
- 7c drittes Halbleiterventil
- 8a erste Phase
- 8b zweite Phase
- 15 8c dritte Phase
- 9 Steuereinrichtung
- 1a erster Teilstrom
- 1b zweiter Teilstrom
- 1c dritter Teilstrom

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung der Verzögerungszeit zumindest
eines Halbleiterventils (7a, 7b, 7c) einer
5 Stromrichterparallelschaltung (1a, 1b, 1c) bei Änderung
des Zündwinkels zwischen zwei Leitperioden des
Halbleiterventils, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach
Änderung des Zündwinkels eine neue Verzögerungszeit
vorgegeben wird, die sich aus der alten Verzögerungszeit
10 Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels, aus dem alten
Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel α_n wie folgt
ergibt:
$$\Delta t_n = \Delta t_a * \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n).$$
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass
15 bei mehreren parallel geschalteten Halbleiterventilen
(7a, 7b, 7c) für alle Halbleiterventile (7a, 7b) eine
neue Verzögerungszeit vorgegeben wird, die vor Änderung
des Zündwinkels eine Verzögerungszeit aufweisen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch**
20 **gekennzeichnet**, dass erst ab einer Änderung des
Zündwinkels von mehr als 10° eine neue Verzögerungszeit
berechnet wird.
4. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem
der Ansprüche 1 bis 3, umfassend eine
25 Stromrichterparallelschaltung (1a, 1b, 1c) mit mehreren

parallel geschalteten Halbleiterventilen (7a, 7b, 7c)
und eine Steuereinrichtung (9) zur Einstellung der
Verzögerungszeit zumindest eines Halbleiterventils,
dadurch gekennzeichnet, dass mit der Steuereinrichtung

5 (9) nach Änderung des Zündwinkels eine neue
Verzögerungszeit vorgebbar ist, die sich aus der alten
Verzögerungszeit Δt_a vor der Änderung des Zündwinkels,
aus dem alten Zündwinkel α_a und aus dem neuen Zündwinkel
 α_n wie folgt ergibt:

10
$$\Delta t_n = \Delta t_a * \sin(\alpha_a) / \sin(\alpha_n).$$

5. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um das
Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3
durchzuführen, wenn das Computerprogramm auf einem
Computer ausgeführt wird.

15 6. Computerprogrammprodukt, umfassend auf einem
computerlesbaren Datenträger gespeicherte Programmcode-
Mittel eines Computerprogramms, um das Verfahren nach
einem der Ansprüche 1 bis 3 durchzuführen, wenn das
Computerprogramm auf einem Computer ausgeführt wird.

Fig. 1

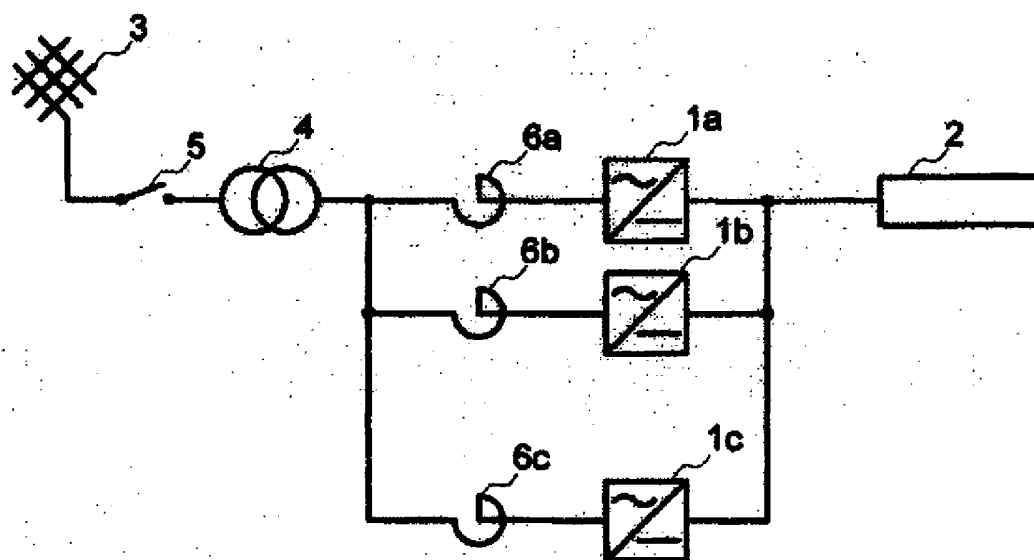


Fig. 2

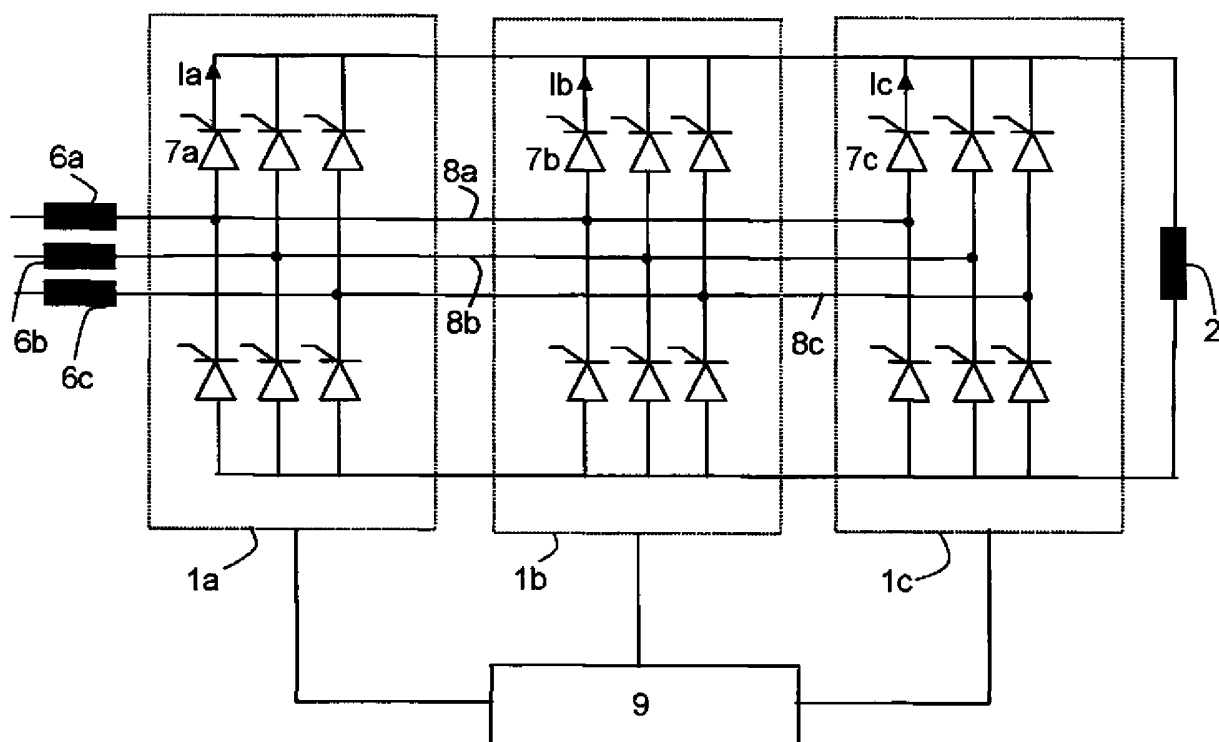
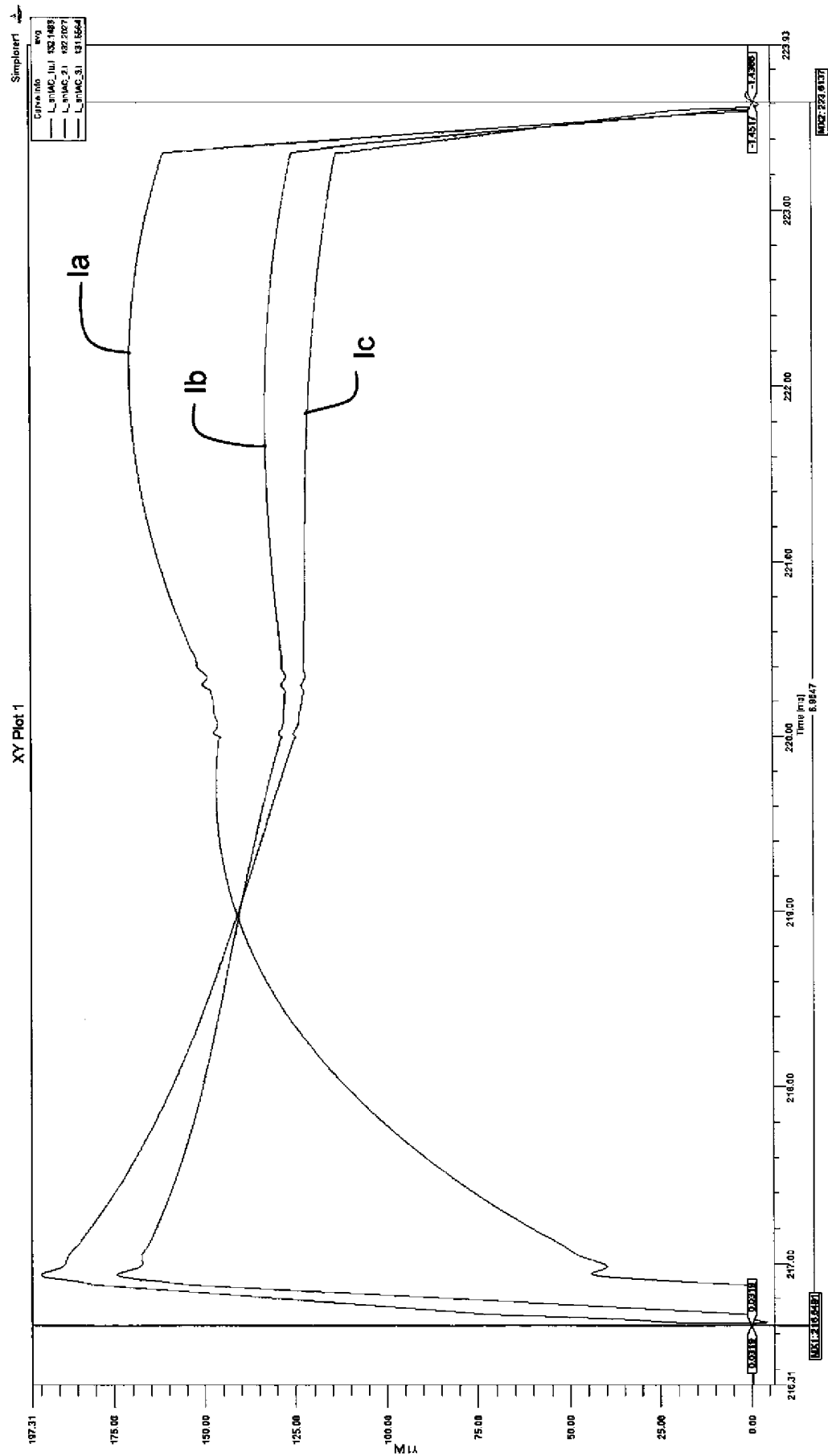
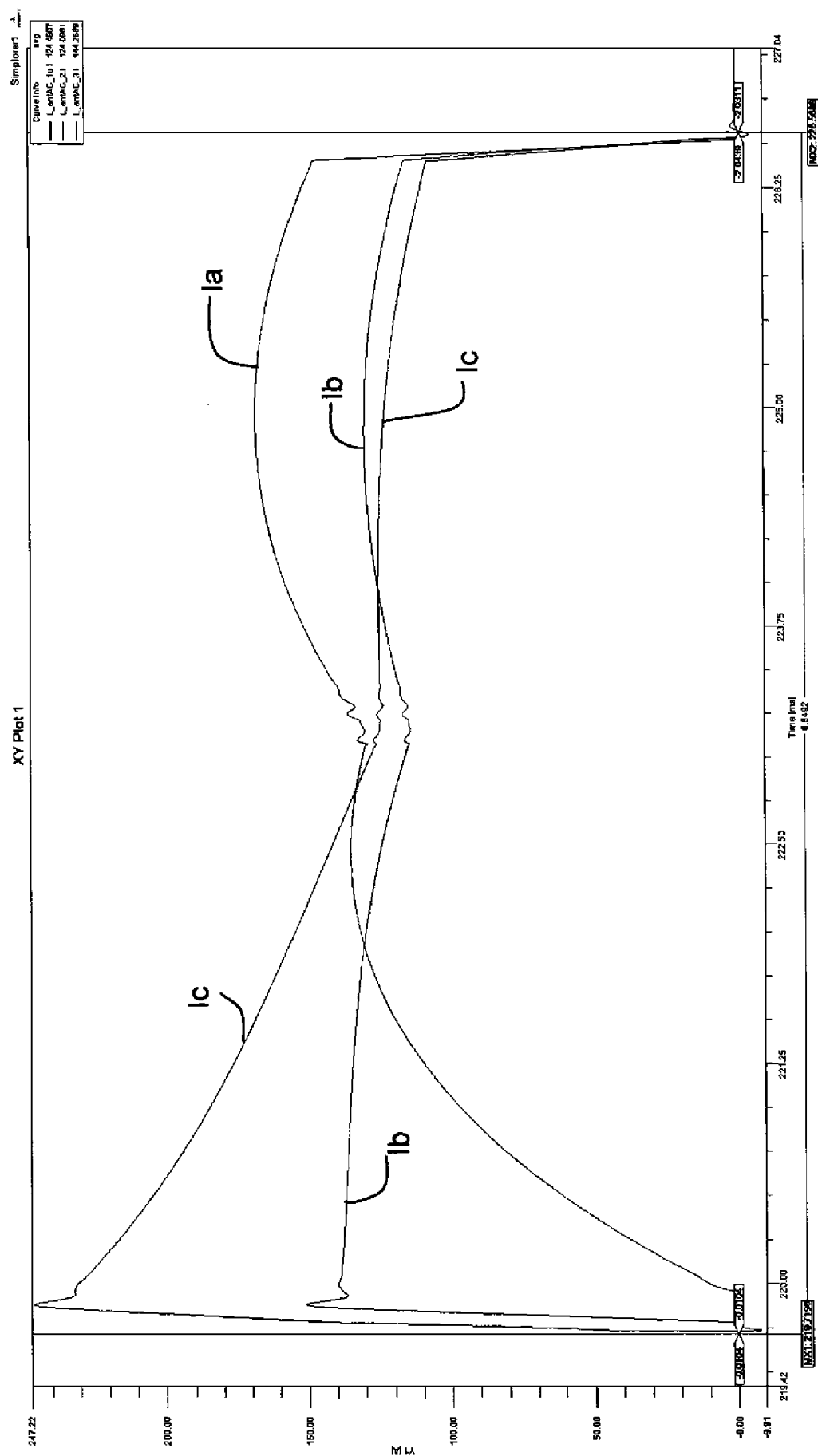
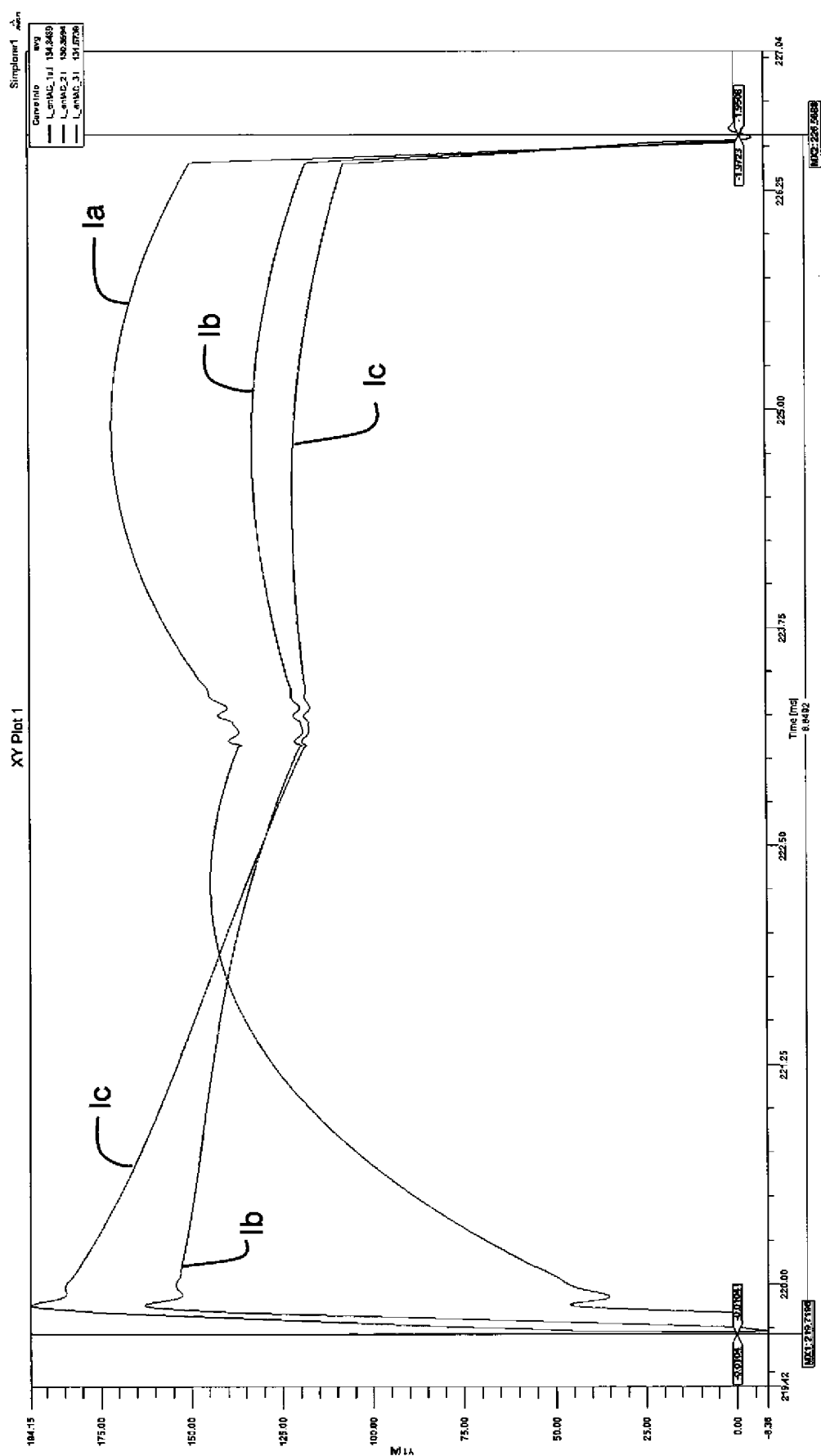
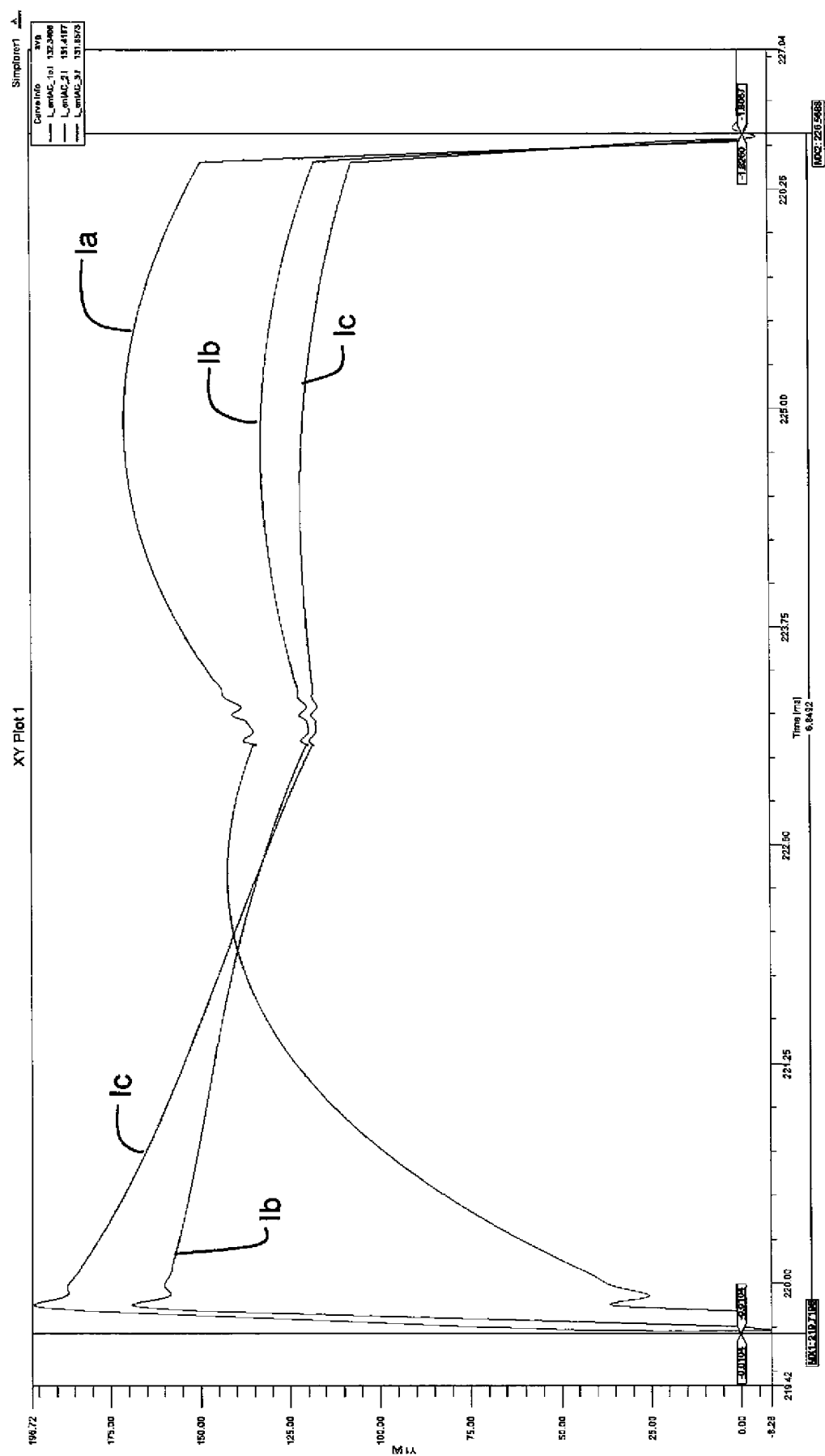


Fig. 3









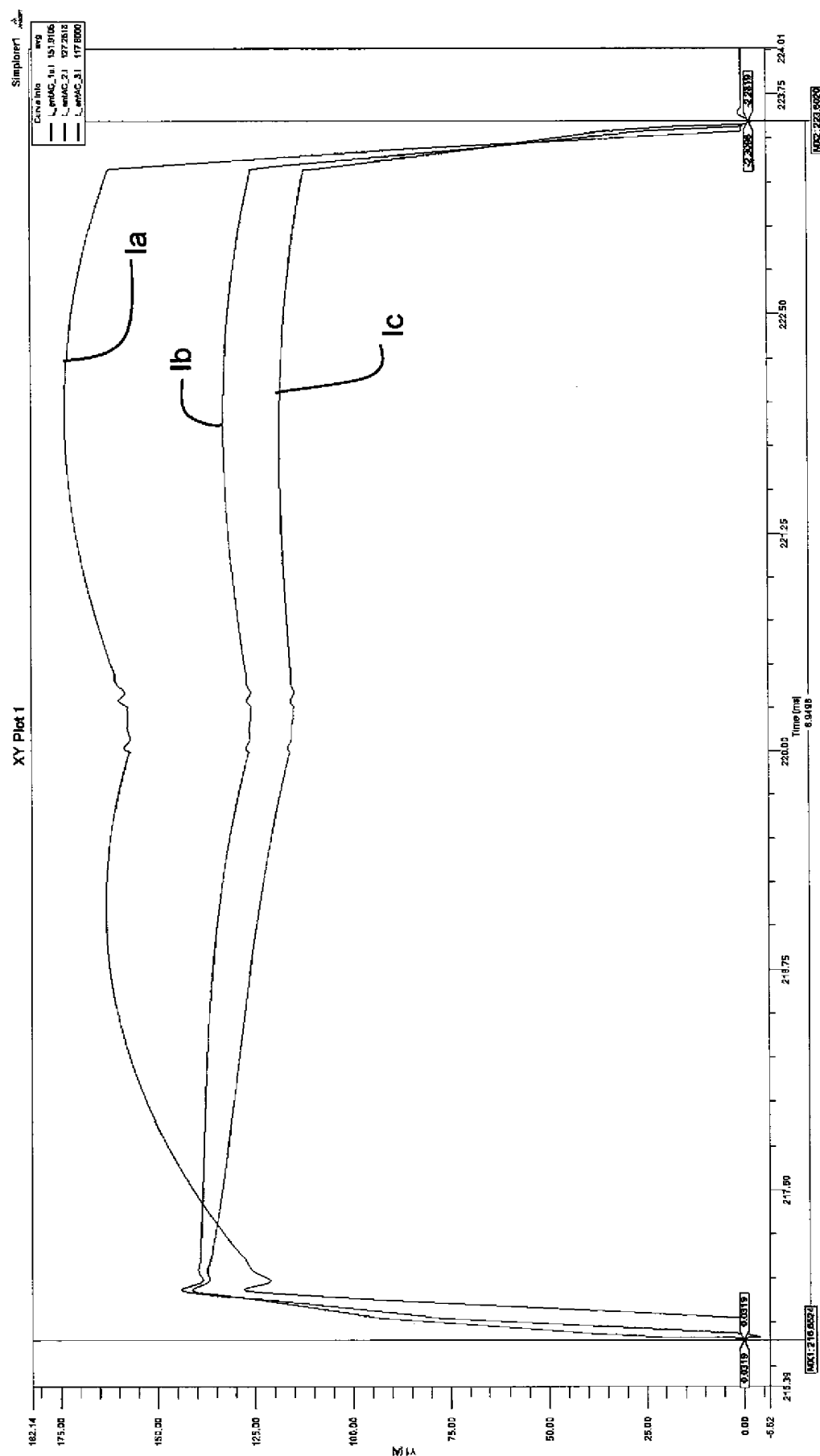
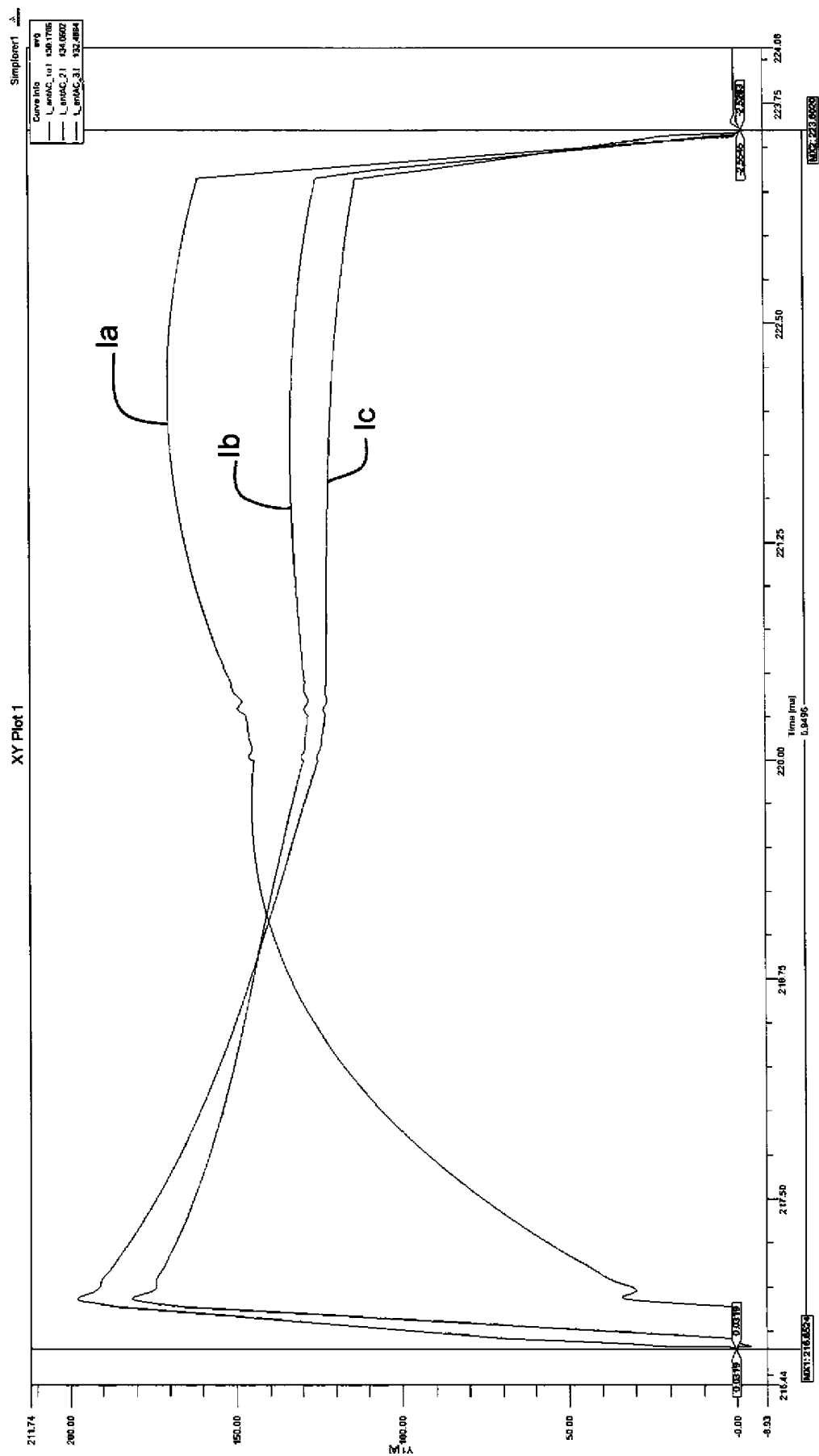


Fig. 8



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC: H02M 1/088 (2006.01); G05F 1/613 (2006.01); H02M 1/32 (2007.01); H02M 7/17 (2006.01); H02J 3/44 (2006.01); H02M 5/257 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß ECLA: H02M 1/088; G05F 1/613; H02M 1/32; H02M 7/17; H02J 3/44; H02M 5/257C2		
Recherchierter Prüfstoß (Klassifikation): G05F, H02J, H02M		
Konsultierte Online-Datenbank: WPI, EPODOC		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 26. April 2012 eingereichten Ansprüchen 1-6 erstellt.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	DE 4038869 C1 (LICENTIA PATENT-VERWALTUNGS-GMBH) 01. August 1991 (01.08.1991) Das ganze Dokument.	1-6
A	US 5963441 A (GIBBS, IRVING A, MORSE, C. ALLAN, MARTINEZ, ROLANDO F) 05. Oktober 1999 (05.10.1999) Spalte 3, Zeile 14 - Spalte 4, Zeile 37.	1-6
A	US 2012086418 A1 (LEE CHIA-JUNG, CHENG YUAN-HUANG, WANG TING-HUNG) 12. April 2012 (12.04.2012) Absätze [0030-0035].	1-6
A	JPH01185167 A (TOSHIBA CORP) 24. Juli 1989 (24.07.1989) Zusammenfassung.	1-6
A	US 2012049813 A1 (HUANG HUA-CHIANG, CHANG CHIH-LIEN, WANG HAN-PANG) 01. März 2012 (01.03.2012) Absätze [0025-0031].	1-6
Datum der Beendigung der Recherche: 24. Juni 2013		☒ Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): MEHLMAUER A.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Fortsetzung des Recherchenberichts - Blatt 2/2

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	US 2009167080 A1 (CARPENTER BRIAN A, SANZO CHRISTOPHER J, SAHU BIRANCHINATH, TATEISHI TETSUO) 02. Juli 2009 (02.07.2009) Absätze [0028 - 0033].	1-6
A	US 2010109621 A1 (LEE KISUN) 06. Mai 2010 (06.05.2010) Anspruch 1.	1-6
A	US 5576944 A (UCHINO, HIROSHI) 19. November 1996 (19.11.1996) Spalte 2, Zeile 28 - Spalte 3, Zeile 15.	1-6
A	AT 509828 A1 (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT) 15. November 2011 (15.11.2011) Anspruch 1.	1-6