

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
02. Januar 2025 (02.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/002648 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 7/219 (2006.01) *H02M 1/12* (2006.01)
H02M 1/00 (2006.01) *C25B 1/04* (2021.01)
H02M 7/08 (2006.01) *C25B 9/65* (2021.01)
H02M 1/14 (2006.01)

(72) Erfinder: **LOBMEYER, Stefan**; Pointweg 7a, 94072 Irching (DE). **SCHWIMMBECK, Franz**; Mühlgang 1, 94099 Ruhstorf an der Rott (DE).

(74) Anwalt: **SIEMENS PATENT ATTORNEYS**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/063167

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Mai 2024 (14.05.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
23181667.9 27. Juni 2023 (27.06.2023) EP

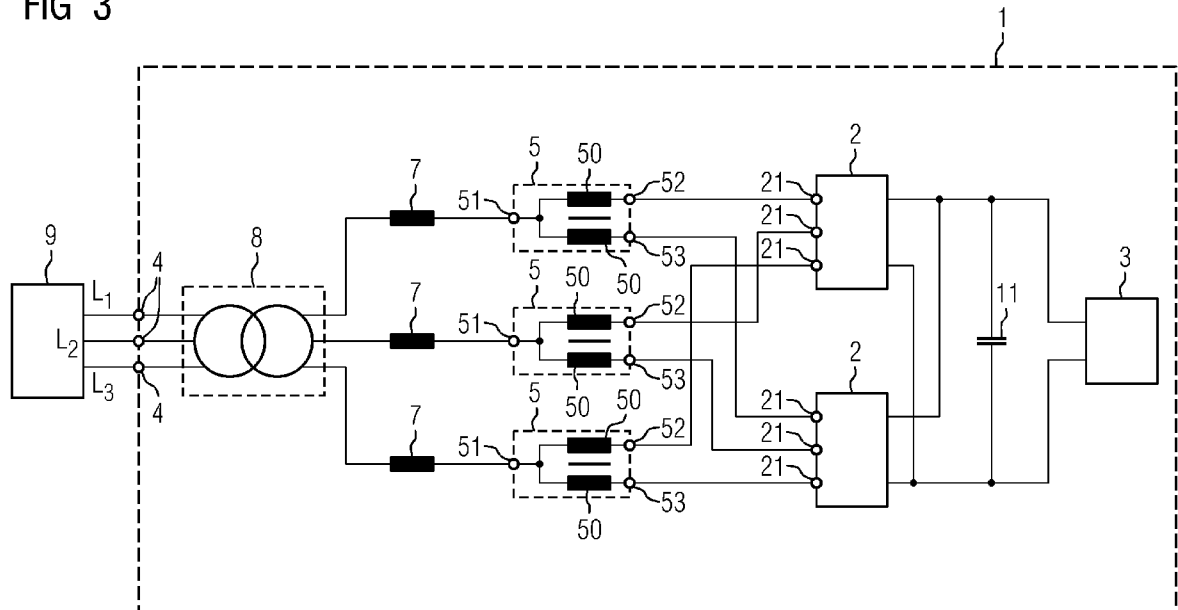
(71) Anmelder: **INNOMOTICS GMBH** [DE/DE]; Vogelweierstraße 1-15, 90441 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,

(54) Title: ELECTROLYSIS DEVICE

(54) Bezeichnung: ELEKTROLYSEVORRICHTUNG

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to an electrolysis device (1) comprising a converter (2), an electrolyzer (3), and network connections (4). In order to improve the properties of the electrolysis, the electrolysis device (1) comprises two converters (2), wherein the converters (2) are arranged in a parallel circuit on the DC voltage side, the electrolyzer (3) is electrically connected to the DC voltage side of the converter (2), each phase (21) of the converters (2) is electrically connected to one of the network connections (4) via a choke (5), and the electrolysis device (1) has a controller (6) which is designed to clock the converters (2) with time offsets. The invention additionally relates to a method for operating such an electrolysis device (1), wherein the converters (2) are clocked with time offsets.



WO 2025/002648 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Elektrolysevorrichtung (1) mit einem Stromrichter (2), einem Elektrolyseur (3) und Netzanschlüssen (4). Zur Verbesserung der Elektrolyseeigenschaften wird vorgeschlagen, dass die Elektrolysevorrichtung (1) zwei Stromrichter (2) umfasst, wobei die Stromrichter (2) gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet sind, wobei der Elektrolyseur (3) mit der Gleichspannungsseite des Stromrichters (2) elektrisch verbunden ist, wobei jede Phase (21) der Stromrichter (2) über eine Drossel (5) mit einem der Netzanschlüsse (4) elektrisch verbunden ist, wobei die Elektrolysevorrichtung (1) eine Steuervorrichtung (6) aufweist, die eingerichtet ist, die Stromrichter (2) versetzt zu takten. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Elektrolysevorrichtung (1), wobei die Stromrichter (2) versetzt getaktet werden.

Beschreibung

Elektrolysevorrichtung

5 Die Erfindung betrifft eine Elektrolysevorrichtung mit einem Stromrichter, einem Elektrolyseur und Netzanschlüssen. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Elektrolysevorrichtung.

10 Mit Hilfe eines Elektrolyseurs lässt sich eine Stoffumwandlung als chemische Reaktion herbeiführen. Dabei findet eine Elektrolyse statt. Der Elektrolyseur wird dazu aus einer Energiequelle oder einem Energieversorgungsnetz mit elektrischer Energie versorgt. Eine Wechselspannung der Energie-

15 quelle oder des Energieversorgungsnetzes wird dabei mittels eines Stromrichters in eine Gleichspannung für den Elektrolyseur umgewandelt. Daher wird dieser Stromrichter auch als Gleichrichter bezeichnet. Als Stromrichter kommen dazu netz-

20 geführte Stromrichter wie Diodengleichrichter oder Thyristorstromrichter, auch als thyristorgesteuerte Stromrichter bezeichnet, zum Einsatz. Darüber hinaus auch selbstgeführte Stromrichter, beispielsweise auf der Basis von IGBT Halbleitern, bekannt. Diese selbstgeführten Stromrichter werden aufgrund ihres gepulsten Betriebs auch als Pulsstromrichter be-

25 zeichnet.

Drosseln können als Gleichtaktdrossel, auch als Common Mode Drossel bezeichnet, ausgeführt sein. Dabei weist die Drossel mehrere Wicklungen auf, die magnetisch gekoppelt sind. Die

30 magnetische Kopplung führt dazu, dass Gleichtaktströme unterdrückt werden. Im Gegensatz dazu kann eine Drossel auch als Gegentaktdrossel ausgebildet sein. Dann führt die Kopplung dazu, dass Gegentaktströme unterdrückt werden.

35 Zukünftig wird die Elektrolyse bei der wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Erzeugung von Wasserstoff beispielsweise als synthetischer Kraftstoff an Bedeutung gewinnen. Dabei wird mittels eines Elektrolyseurs bzw. einer entsprechenden

Elektrolysevorrichtung Wasserstoff erzeugt. Dieser Kraftstoff auf der Basis von Wasserstoff kann signifikant zur Senkung von klimaschädlichen CO₂ Emissionen beitragen.

- 5 Aus der Veröffentlichung „Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter“ (Felix Jenni, Dieter Wüest; Zürich: vdf, Hochschulverl. an der ETH Zürich; Stuttgart: Teubner, 1995) ist eine versetzte Taktung von Stromrichtern bekannt.
- 10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Elektrolysevorrichtung zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch eine Elektrolysevorrichtung, aufweisend zwei Stromrichter, einen Elektrolyseur und Netzan-

15 schlüsse gelöst, wobei die Stromrichter gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet sind, wobei der Elektrolyseur mit der Gleichspannungsseite des Stromrichters elektrisch verbunden ist, wobei jede Phase der Stromrichter über eine Drossel mit einem der Netzanschlüsse elektrisch

20 verbunden ist, wobei die Elektrolysevorrichtung eine Steuervorrichtung aufweist, die eingerichtet ist, die Stromrichter versetzt zu takten. Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Elektrolysevorrichtung gelöst, wobei die Stromrichter versetzt getaktet werden.

25 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt unter anderem die Erkenntnis zugrunde,

30 dass sich die Wirkungsweise eines Elektrolyseurs deutlich verbessern lässt, wenn die Spannung an der Gleichspannungsseite des Stromrichters, die zur Speisung des Elektrolyseurs dient, idealerweise frei von Oberschwingungen ist. Auch eine Reduzierung von Oberschwingungen führt dabei schon zu einer

35 teilweise deutlichen Steigerung der Effizienz der Elektrolyse. Dazu wird die Ausbildung von Oberschwingungen verhindert oder zumindest unterdrückt.

Die Verwendung von selbstgeführten Stromrichtern erlaubt die Pulsfrequenz dieser Stromrichter vorzugeben und zu variieren. Dabei ist es auch möglich, parallel angeordnete Stromrichter versetzt zu Takten.

5

Ein großer Anteil von Oberschwingungen, insbesondere von niederfrequenten Oberschwingungen unterhalb von 1 kHz, kann dadurch beseitigt werden, dass der Stromrichter als selbstgeführter Stromrichter ausgebildet ist. Mit anderen Worten ist
10 der Stromrichter als Pulsstromrichter ausgebildet. Dabei hat es sich für eine gleichmäßige Energieaufnahme aus dem Energieversorgungsnetz und einer einfachen Übertragung der elektrischen Energie als vorteilhaft erwiesen, wenn der Stromrichter dreiphasig ausgebildet ist und damit die Energieübertragung zwischen den Netzanschlüssen und dem Stromrichter dreiphasig ausgebildet ist.
15

Zur weiteren Reduktion der Oberschwingungen werden für die Umwandlung der Wechselspannung einer Energiequelle oder eines
20 Energieversorgungsnetzes, wobei die Energiequelle auch ein Teil des Energieversorgungsnetzes sein kann, in die Gleichspannung für die Speisung des Elektrolyseurs mindestens zwei Stromrichter in der Elektrolysevorrichtung angeordnet, die gleichspannungsseitig parallel angeordnet sind. Die Netzanschlüsse der Elektrolysevorrichtung dienen zur Verbindung der
25 Elektrolysevorrichtung mit einem Energieversorgungsnetz.

Pulsstromrichter mit Gleichspannungszwischenkreis arbeiten typischerweise mit Kondensatoren im Zwischenkreis als Energiespeicher. Durch die Schaltvorgänge im Stromrichter werden diese Kondensatoren mit einem Wechselstrom belastet. Die dabei entstehenden Verluste bzw. die zulässige Stromtragfähigkeit der Kondensatoren sind ein wesentliches Dimensionierungskriterium.
30

35

Die einzelnen Phasen der Stromrichter werden über jeweils eine Drossel mit einem der Netzanschlüsse verbunden. Die Drossel dient zur Entkopplung der beiden Stromrichter. Dabei

werden zur Verringerung von gleichspannungsseitigen Strömen und Spannungen die beiden Stromrichter versetzt getaktet. Durch die versetzte Taktung kompensieren sich die Oberschwingungen bei der Taktfrequenz.

5

Um den Effekt der versetzten Taktung ausnutzen zu können, sind mindestens zwei Stromrichter gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet.

10 Elektrolyseure werden heute größtenteils mit netzgeführten Stromrichtern, insbesondere mit Thyristorstromrichtern oder Diodenstromrichtern, gespeist. Diese weisen eine hohe Ener-

15 giedichte auf und können damit hohe Leistungen für den Prozess der Elektrolyse bereitstellen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass aufgrund der geringen Belastung mit Oberschwin-

20 gungen der Elektrolyseur weitaus effizienter betrieben werden kann. Für die gleiche Ausbeute bei der chemischen Reaktion im Elektrolyseur wird deutlich weniger elektrische Leistung be-

25 nötigt, so dass auf die hohe Leistungsdichte von netzgeführten Stromrichtern verzichtet werden kann. Auch mit einer ge-

30 ringeren Gesamtleistung von mindestens zwei selbstgeführten Stromrichtern, d.h. Pulsstromrichtern, ist eine gleiche Stoffmenge durch Elektrolyse erzeugbar.

25 Insbesondere für die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyse ist dieser Effekt deutlich zu beobachten. Auch mit geringerer elektrischer Leistung bei geringerem Ober-

30 schwingungsanteil in der Gleichspannung ist die gleiche, wenn nicht sogar eine größere Menge an Wasserstoff durch den Elektrolyseur erzeugbar. Dies ist insbesondere dann gegeben,

35 wenn durch die versetzte Taktung Oberschwingungen unterhalb von 50 kHz beseitigt werden. Auch bei einer Beseitigung von Oberschwingungen in einem Frequenzbereich bis zu 10 kHz ist eine deutlich verbesserte und effizientere Produktion von Wasserstoff gemessen an der benötigten elektrischen Leistung nachweisbar. Mit anderen Worten wird bei geringerem Ober-

schwingungsgehalt, insbesondere bei Oberschwingungen

unterhalb 10 kHz bzw. 50 kHz deutlich weniger elektrische Leistung für die Elektrolyse benötigt.

Bisher werden zur Wasserstoffproduktion vorwiegend netzgeführte Stromrichter mit Gleichstromzwischenkreis eingesetzt.
5 Es wird vorgeschlagen, zum einen selbstgeführte Pulsstromrichter mit Gleichspannungszwischenkreis zu verwenden. Weiter wird vorgeschlagen, diesen Gesamtstromrichter, ausgebildet als Pulsstromrichter, in mehrere Stromrichter aufzuteilen,
10 die gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet sind und die Schaltelemente der einzelnen Stromrichter phasenversetzt zu betreiben, um den Betrieb und die Dimensionierung dafür zu optimieren.

15 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Drossel zwei Wicklungen und drei Anschlüsse auf, wobei eine erste der Wicklungen zwischen einem ersten Anschluss der drei Anschlüsse und einem zweiten Anschluss der drei Anschlüsse angeordnet ist, wobei eine zweite der Wicklungen zwischen dem
20 ersten Anschluss der drei Anschlüsse und einem dritten Anschluss der drei Anschlüsse angeordnet ist, wobei der erste Anschluss mit einem der Netzanschlüsse elektrisch verbunden ist, wobei der zweite Anschluss mit einer Phase eines ersten Stromrichters der zwei Stromrichter elektrisch verbunden ist,
25 wobei der dritte Anschluss mit einer Phase eines zweiten Stromrichters der zwei Stromrichter elektrisch verbunden ist, wobei die Wicklungen derart magnetisch gekoppelt sind, dass Magnetfelder hervorgerufen durch einen Strom in einer Richtung vom ersten Anschluss zum zweiten Anschluss der Drossel
30 und durch einen Strom in Richtung vom ersten Anschluss zum dritten Anschluss sich zumindest teilweise kompensieren. Mit diesen gekoppelten Wicklungen kann eine besonders einfache und kostengünstige Entkopplung der beiden Stromrichter erreicht werden. Die magnetische Kopplung der beiden Wicklungen
35 kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass diese auf einem gleichen Kern angeordnet sind, der das Magnetfeld innerhalb der Drossel führt. Dabei sind die Wicklungen so zueinander ausgerichtet, dass ein Strom zwischen den beiden

Stromrichtern eine hohe Induktivität erfährt, während ein gleich großer Strom zwischen erstem Anschluss der Drossel zu den beiden Stromrichtern eine geringe Induktivität erfährt. Eine derartige Drossel wird auch als Gegentaktdrossel bezeichnet. Das hat den Vorteil, dass diese Drossel, insbesondere der magnetische Kreis der Drossel, nur für die Oberschwingungen zwischen den Stromrichtern ausgelegt werden muss. Durch die Kompensationswirkung des Stroms vom Netzan-
schluss zu den beiden Stromrichtern spielt dieser für die
Auslegung keine oder nahezu keine Rolle. Da der Anteil der
Oberschwingungen im Vergleich zu dem aus dem Energieversor-
gungsnetz bezogenen Strom sehr gering ist, kann die Drossel
besonders klein, kompakt und kostengünstig ausgeführt werden.
Zudem ist mit dieser Drossel aufgrund der hohen Induktivität
eine besonders gute Entkopplung zwischen den Stromrichtern,
insbesondere falls die Elektrolysevorrichtung genau zwei
Stromrichter aufweist zwischen den beiden Stromrichtern, rea-
lisierbar. Zudem ist diese Entkopplung unabhängig von der
elektrischen Leistung der Elektrolysevorrichtung.

Dabei wird für jede Phase jeweils eine derartige Drossel vor-
gesehen, die jeweils mit einem der Netzanschlüsse, einer
Phase des ersten Stromrichters und einer Phase des zweiten
Stromrichters verbunden ist.

Bei der Verwendung von mehr als zwei Stromrichtern weisen die
Drosseln jeweils entsprechend viele Wicklungen, also über die
zwei Wicklungen hinaus weitere Wicklungen, auf. Die Anzahl
der Wicklungen pro Drossel entspricht der Anzahl der Strom-
richter. Dabei wird ein Anschluss der weiteren Wicklungen mit
dem Netzanschluss verbunden und der andere Anschluss mit ei-
ner Phase des weiteren Stromrichters.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung
ist zwischen den jeweiligen Netzanschlüssen und der Drossel
eine weitere Drossel angeordnet. Die mit zwei gekoppelten
Wicklungen ausgestatte Drossel wirkt in erster Linie auf die
Oberschwingungen, die sich aufgrund der Schaltheftungen

zwischen den Stromrichtern ergeben. Um darüber hinaus auch das Verhalten gegenüber dem Netzanschluss insbesondere für die Leistungsaufnahme aus dem Energieversorgungsnetz zu beeinflussen und zu optimieren, hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dafür ein entsprechendes Bauteil als weitere Drossel zwischen der Drossel und dem Netzanschluss anzuordnen. Damit kann das Regelverhalten bezüglich der Leistungsaufnahme und das Störverhalten bezüglich der Oberschwingungen getrennt voneinander ausgelegt, dimensioniert und verbessert werden. Die dabei entstehenden Drosseln sind entsprechend klein und kostengünstig herstellbar, da diese im Wesentlichen auf die Leistung der Elektrolysevorrichtung auszulegen sind. Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist zwischen den Netzanschlüssen und der Drossel ein Transformator angeordnet. Mit Hilfe des Transformators ist die Elektrolysevorrichtung galvanisch vom Energieversorgungsnetz bzw. der Energiequelle getrennt. Gerade bei der Elektrolyse hat sich diese Anordnung als vorteilhaft erwiesen, da mit den Elektroden immer die Gefahr von vagabundierenden Strömen gegeben ist. Diese können dazu führen, dass sich beispielsweise über das Erdpotential ein Strompfad schließt und zu unerwünschten Strömen innerhalb der Elektrolysevorrichtung oder des Elektrolyseurs führt. Mit Hilfe des Transformators können diese Ströme wirkungsvoll vermieden werden. Darüber hinaus erlaubt der Transformator, dass dieser das Spannungsniveau der Elektrolysevorrichtung an das Spannungsniveau des Energieversorgungsnetzes oder der Spannungsquelle anpasst.

Sofern der Transformator separate Wicklung für die Verbindung mit den jeweiligen Stromrichtern vorsieht, ist auch eine galvanische Entkopplung zwischen den Stromrichtern gegeben. Dadurch können auch Ausgleichsströme, insbesondere Wechselstromanteile bei den Ausgleichsströmen, zwischen den Stromrichtern vermieden oder reduziert werden. Dies kann zu einem effizienten Betrieb der Elektrolysevorrichtung maßgeblich beitragen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

5 FIG 1 bis FIG 3 Ausführungsbeispiele einer Elektrolysevorrichtung

Die FIG 1 zeigt eine Elektrolysevorrichtung 1. Diese umfasst einen Elektrolyseur 3, der von zwei gleichspannungsseitig in
10 einer Parallelschaltung angeordneten Pulsstromrichtern 2 gespeist wird. Zur Stützung der Eingangsspannung des Elektrolyseurs 3 ist im Zwischenkreis ein Kondensator 11 angeordnet. Bei den beiden Pulsstromrichtern 2 handelt es sich um selbstgeführte Stromrichter 2 mit abschaltbaren Halbleitern. Gesteuert und/oder geregelt werden diese Stromrichter 2 von einer
15 Steuervorrichtung 6, die es ermöglicht, die beiden Stromrichter 2 versetzt zu takten. Eingangsseitig, d.h. wechselfspannungsseitig, sind die Stromrichter 2 dreiphasig ausgebildet. Zur Aufnahme von elektrischer Energie sind die Stromrichter 2
20 wechselfspannungsseitig über einen Transformator 8 und Drosseln 5 mit Netzanschlüssen 4 verbunden. Aufgrund der Dreiphasigkeit sind drei Netzanschlüsse 4 vorhanden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist jedoch nur einer dargestellt und die drei Phasen über entsprechende Striche an der elektrischen
25 Verbindung angedeutet. Ebenso hat der Stromrichter 2 drei Eingänge, die auch als Phasen bezeichnet werden und in der FIG 1 nicht näher dargestellt sind. Die Netzanschlüsse 4 sind ebenfalls dreiphasig mit einer Energiequelle 9 oder einem Energieversorgungsnetz verbunden. Dabei kann die Energie-
30 quelle 9 Teil eines Energieversorgungsnetzes sein.

Mit Hilfe der Drosseln 5 ist die Leistung der Energieversorgungsvorrichtung einfacher und genauer regel- und steuerbar. Mit Hilfe des Transformators 8 kann das Spannungsniveau der
35 Elektrolysevorrichtung 1, d.h. der darin angeordneten Stromrichter 2, an das Spannungsniveau der Energiequelle 9 angepasst werden. Darüber hinaus können durch separate Wicklungen des Transformators 8 die Stromrichter 2

wechselspannungsseitig entkoppelt werden. Darüber hinaus tragen auch die Drosseln 5 zur Entkopplung der Stromrichter 2 bei.

5 Alternativ kann die Elektrolysevorrichtung 1 auch mit einer einphasigen Energiequelle 9 verbunden sein. Dann sind sowohl die Stromrichter 2 als auch der Transformator 8 einphasig ausgeführt. In diesem Fall sind dann zwei Netzanschlüsse 4 vorhanden, einer für die Phase und einer für den Neutralleiter,
10 ter, der als Bezugspunkt dient.

Die FIG 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Elektrolysevorrichtung 1. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird auf die Beschreibung zur FIG 1 sowie auf die eingeführten Bezugszeichen verwiesen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit
15 wurde auf die Darstellung der Steuervorrichtung 6 zur Steuerung bzw. Regelung der Stromrichter 2 verzichtet.

Die Drossel 5 ist bei diesem Ausführungsbeispiel mit zwei
20 Wicklungen 50 ausgeführt, die magnetisch gekoppelt sind und eine Gegentaktdrossel bilden. Für jede Phase 21 des Stromrichters 2 weist die Elektrolysevorrichtung 1 eine derartige Drossel 5 auf. Dabei ist ein erster Anschluss 51 der Drossel 5 mit einem der Netzanschlüsse 4 verbunden, ein zweiter Anschluss 52 der Drossel 5 mit einem ersten der Stromrichter 2
25 verbunden und ein dritter Anschluss 53 der Drossel 5 mit einem zweiten der Stromrichter 2 verbunden. Die Kopplung der Wicklungen 50 ist dabei so ausgeführt, dass sich für einen Strom zwischen dem zweiten Anschluss 52 und dritten Anschluss
30 53 eine größere Induktivität ergibt als für einen Strom zwischen dem ersten Anschluss 51 und dem zweiten Anschluss 52 bzw. zwischen dem ersten Anschluss 51 und dem dritten Anschluss 53, da sich die in der Drossel 5 entstehenden Magnetfelder durch einen Strom vom ersten Anschluss 51 zum zweiten
35 Anschluss 52 und einen Strom vom ersten Anschluss 51 zum dritten Anschluss 53 zumindest teilweise kompensieren. Eine derartige Drossel 5 wird auch als Gegentaktdrossel bezeichnet. Die Energieversorgung erfolgt, wie dargestellt,

vorzugsweise dreiphasig, kann allerdings alternativ auch einphasig ausgeführt sein. Die drei Phasen der Energiequelle 9 sind mit L_1 , L_2 und L_3 bezeichnet. Die Kopplung der Wicklungen 50 und die Wicklungen 50 selbst werden dabei so ausgelegt, dass sich für die Energieversorgung des Elektrolyseurs 3 und die Entkopplung der beiden Stromrichter 2 das gewünschte Verhalten ergibt. Auch in diesem Ausführungsbeispiel werden die Stromrichter 2 vorzugsweise versetzt getaktet. Durch die kompensierende Wirkung der Ströme vom ersten Anschluss 51 zum zweiten Anschluss 52 und vom ersten Anschluss 51 zum dritten Anschluss 53 muss der magnetische Kreis der Drossel 5 nur auf das Störströmverhalten der Oberschwingungen ausgelegt werden. Für das Verhalten in Bezug auf die Energieaufnahme kann, wie in FIG 3 dargestellt, eine weitere Drossel 7 in die Verbindung zwischen Netzanschluss 4 und Drossel 5 angeordnet sein, die das Verhalten der Energieaufnahme insbesondere hinsichtlich der Regelbarkeit und/oder Steuerbarkeit verbessert. Dann braucht auch nur diese weitere Drossel 7 in ihrer magnetischen Auslegung auf den Strom zur Energiequelle 9 ausgelegt zu werden. Des Weiteren kann zu einer Anpassung der Spannungsniveaus von Energieversorgungsnetz 9 und Elektrolysevorrichtung 1 wie in FIG 3 dargestellt ein Transformator 8 in der Elektrolysevorrichtung 1 zwischen den Netzanschlüssen 4 und der weiteren Drossel 7 angeordnet werden. Zur Vermeidung von Wiederholungen bei der Beschreibung des Ausführungsbeispiels der FIG 3 wird auf die Beschreibung zu den Figuren 1 und 2 sowie auf die dort eingeführten Bezugszeichen verwiesen.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung eine Elektrolysevorrichtung 1 mit einem Stromrichter 2, einem Elektrolyseur 3 und Netzanschlüssen 4. Zur Verbesserung der Elektrolyseeigenschaften wird vorgeschlagen, dass die Elektrolysevorrichtung 1 zwei Stromrichter 2 umfasst, wobei die Stromrichter 2 gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet sind, wobei der Elektrolyseur 3 mit der Gleichspannungsseite des Stromrichters 2 elektrisch verbunden ist, wobei jede Phase 21 der Stromrichter 2 über eine Drossel 5 mit einem der

Netzanschlüsse 4 elektrisch verbunden ist, wobei die Elektrolysevorrichtung 1 eine Steuervorrichtung 6 aufweist, die eingerichtet ist, die Stromrichter 2 versetzt zu takten. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Elektrolysevorrichtung 1, wobei die Stromrichter 2 versetzt getaktet werden.

Patentansprüche

1. Elektrolysevorrichtung (1), aufweisend

- zwei selbstgeführte Stromrichter (2),

5 - einen Elektrolyseur (3) und

- Netzanschlüsse (4),

wobei die Stromrichter (2) gleichspannungsseitig in einer Parallelschaltung angeordnet sind, wobei der Elektrolyseur (3) mit der Gleichspannungsseite des Stromrichters (2) elektrisch verbunden ist, wobei jede Phase (21) der Stromrichter (2) über eine Drossel (5) mit einem der Netzanschlüsse (4) elektrisch verbunden ist, wobei die Elektrolysevorrichtung (1) eine Steuervorrichtung (6) aufweist, die eingerichtet ist, die Stromrichter (2) versetzt zu takten.

15

2. Elektrolysevorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die Drossel (5) zwei Wicklungen (50) und drei Anschlüsse

(51,52,53) aufweist, wobei eine erste der Wicklungen (50) zwischen einem ersten Anschluss (51) der drei Anschlüsse

20 (51,52,53) und einem zweiten Anschluss (52) der drei Anschlüsse (51,52,53) angeordnet ist, wobei eine zweite der

Wicklungen (50) zwischen dem ersten Anschluss (51) der drei Anschlüsse (51,52,53) und einem dritten Anschluss (53) der drei Anschlüsse (51,52,53) angeordnet ist, wobei der erste

25 Anschluss (51) mit einem der Netzanschlüsse (4) elektrisch verbunden ist, wobei der zweite Anschluss (52) mit einer

Phase (21) eines ersten Stromrichters der zwei Stromrichter (2) elektrisch verbunden ist, wobei der dritte Anschluss

(53) mit einer Phase (21) eines zweiten Stromrichters der zwei Stromrichter (2) elektrisch verbunden ist, wobei die

30 Wicklungen (50) derart magnetisch gekoppelt sind, dass Magnetfelder hervorgerufen durch einen Strom in einer Richtung vom ersten Anschluss (51) zum zweiten Anschluss (52) der

Drossel (5) und durch einen Strom in Richtung vom ersten Anschluss (51) zum dritten Anschluss (53) sich zumindest teilweise kompensieren.

35

3. Elektrolysevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei zwischen den jeweiligen Netzanschlüssen (4) und der Drossel (5) eine weitere Drossel (7) angeordnet ist.
- 5 4. Elektrolysevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zwischen den Netzanschlüssen (4) und Drossel (5) ein Transformator (8) angeordnet ist.
- 10 5. Verfahren zum Betreiben einer Elektrolysevorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Stromrichter (2) versetzt getaktet werden.

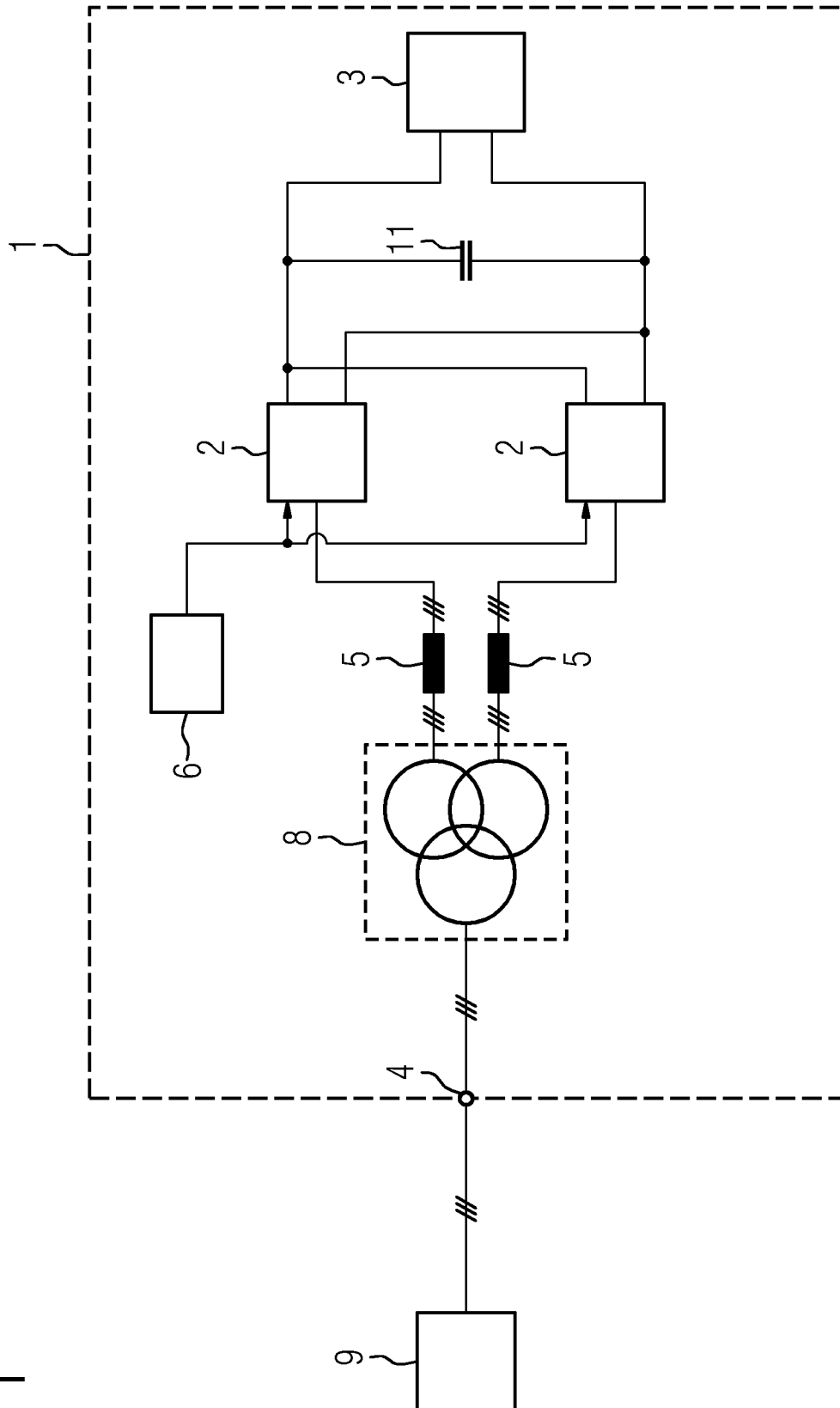
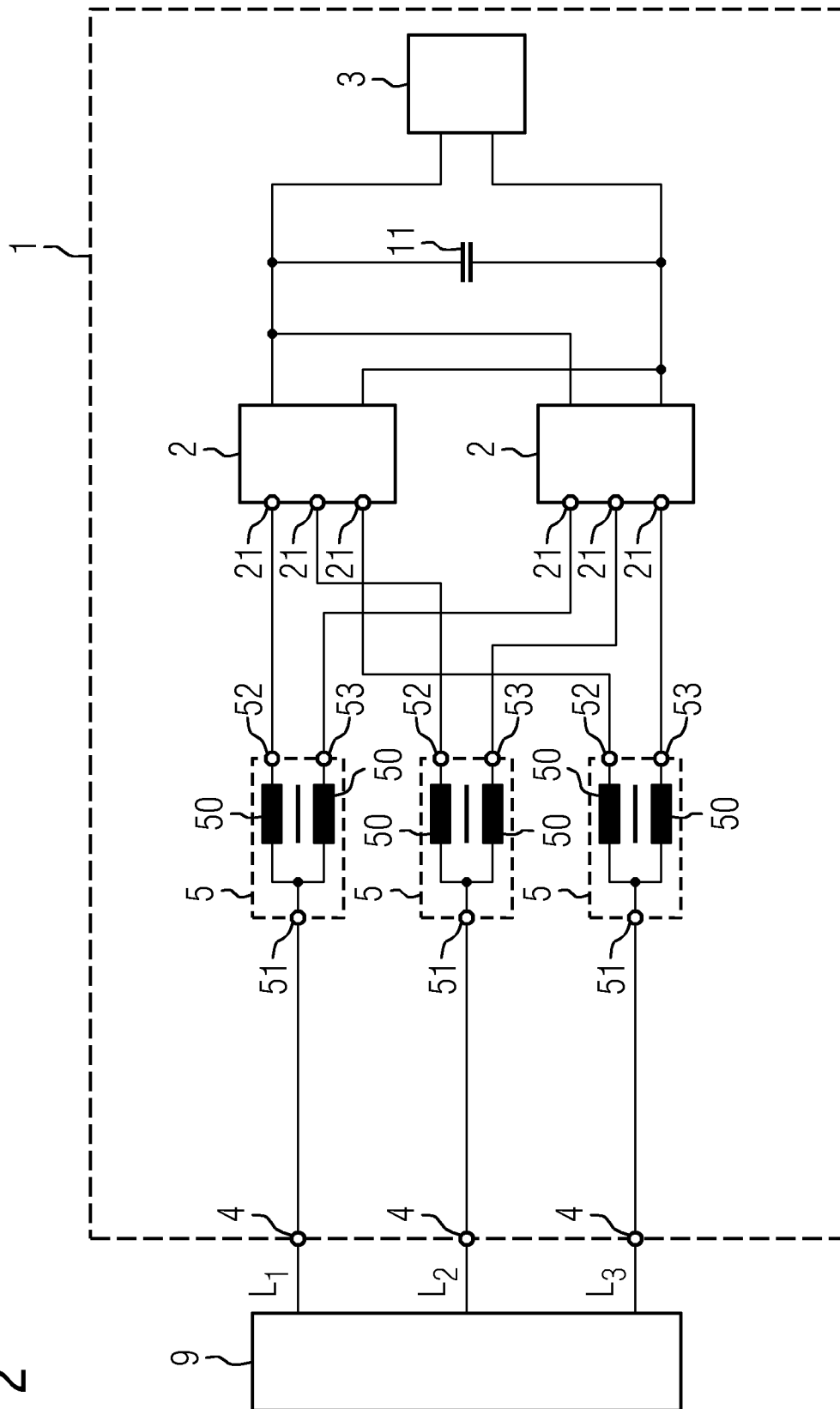


FIG 1

FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/063167**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02M 7/219**(2006.01)i; **H02M 1/00**(2006.01)i; **H02M 7/08**(2006.01)i; **H02M 1/14**(2006.01)i; **H02M 1/12**(2006.01)i;
C25B 1/04(2021.01)i; **C25B 9/65**(2021.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02M; C25B

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 3839102 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 23 June 2021 (2021-06-23) paragraph [0036] - paragraph [0088]; figure 2	1-5
Y	US 2021211037 A1 (TIAN KAI [CN] ET AL) 08 July 2021 (2021-07-08) paragraph [0022] - paragraph [0032]; figure 1B	1-5

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 August 2024

Date of mailing of the international search report

16 August 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Kruij, Stephan

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/EP2024/063167

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
EP	3839102	A1	23 June 2021	EP 3839102 A1	23 June 2021
				FR 3105266 A1	25 June 2021

US	2021211037	A1	08 July 2021	CN 112771777 A	07 May 2021
				EP 3857698 A1	04 August 2021
				US 2021211037 A1	08 July 2021
				WO 2020061905 A1	02 April 2020
				WO 2020063010 A1	02 April 2020

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/063167

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. H02M7/219 H02M1/00 H02M7/08 H02M1/14 H02M1/12
 C25B1/04 C25B9/65

ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

H02M C25B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	<p>EP 3 839 102 A1 (AIR LIQUIDE [FR]) 23. Juni 2021 (2021-06-23) Absatz [0036] - Absatz [0088]; Abbildung 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1 - 5
Y	<p>US 2021/211037 A1 (TIAN KAI [CN] ET AL) 8. Juli 2021 (2021-07-08) Absatz [0022] - Absatz [0032]; Abbildung 1B</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1 - 5

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. August 2024	16/08/2024

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Kruij, Stephan
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/063167

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung	
EP 3839102	A1	23-06-2021	EP 3839102 A1	23-06-2021
			FR 3105266 A1	25-06-2021

US 2021211037	A1	08-07-2021	CN 112771777 A	07-05-2021
			EP 3857698 A1	04-08-2021
			US 2021211037 A1	08-07-2021
			WO 2020061905 A1	02-04-2020
			WO 2020063010 A1	02-04-2020
