

(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
25. Juni 2020 (25.06.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/125852 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02B 3/00 (2006.01) H01R 43/28 (2006.01)
G05B 19/418 (2006.01) H02B 1/20 (2006.01)
G05B 19/18 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/101019

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. November 2019 (27.11.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 133 337.4
21. Dezember 2018 (21.12.2018) DE

(71) Anmelder: RITTAL GMBH & CO. KG [DE/DE]; Auf dem Stützelberg, 35745 Herborn (DE).

(72) Erfinder: BÄCHLER, Andreas Michael; Beim Dalborn 11, 35708 Haiger (DE).

(74) Anwalt: BOEHMERT & BOEHMERT ANWALTS-PARTNERSCHAFT MBB; ANGERHAUSEN, Christoph, Hollerallee 32, 28209 Bremen (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, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: METHOD FOR WIRING ELECTRICAL COMPONENTS OF AN ELECTRICAL SWITCHGEAR INSTALLATION WHICH IS ARRANGED ON A MOUNTING PLATE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERDRAHTUNG VON ELEKTRISCHEN KOMPONENTEN EINER AUF EINER MONTAGEPLATTE ANGEORDNETEN ELEKTRISCHEN SCHALTANLAGE

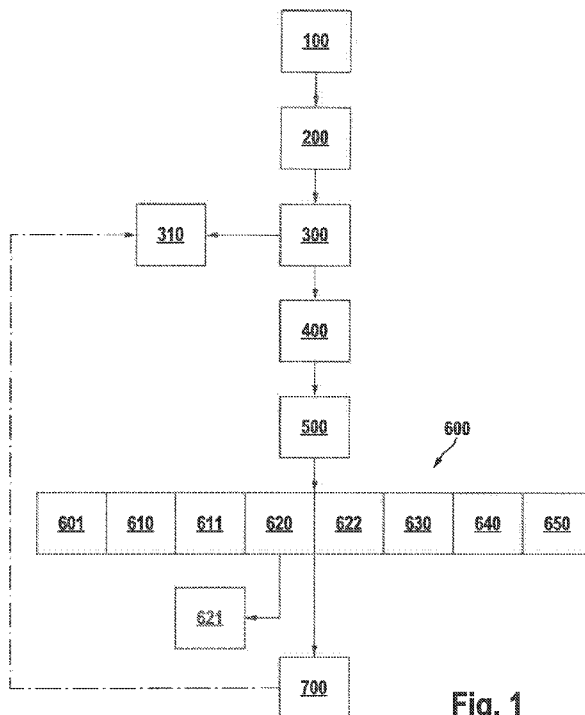


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for wiring electrical components (3) of an electrical switchgear installation (2) which is arranged on a mounting plate (1), which method comprises the steps of: - providing (100) a plan for a switchgear installation (2) which contains at least location information and orientation information about a plurality of electrical components (3) of the switchgear installation on a mounting plate (1) and wiring information about a plurality of electrical wiring arrangements (4) between in each case two of the electrical components (3); - optically detecting (400) an actual arrangement of the electrical components (3) on the mounting plate (1) and adapting (500) the location information and orientation information to the actual arrangement; and - wiring (600) the electrical components (3) in an automated manner in a wiring order and in accordance with the wiring information and the adapted location information and orientation information.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verdrahtung von elektrischen Komponenten (3) einer auf einer Montageplatte (1) angeordneten elektrischen Schaltanlage (2), das die Schritte aufweist: - Bereitstellen (100) einer Planung einer Schaltanlage (2), die zumindest Ortsinformation und Orientierungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Komponenten (3) der Schaltanlage auf einer Montageplatte (1) und Verdrahtungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Verdrahtungen (4) zwischen jeweils zweien der elektrischen Komponenten (3) aufweist; - optisches Erfassen (400) einer tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten (3) auf der Montageplatte (1) und



WO 2020/125852 A1

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)

Verfahren zur Verdrahtung von elektrischen Komponenten einer auf einer Montageplatte angeordneten elektrischen Schaltanlage

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verdrahtung von elektrischen Komponenten einer auf einer Montageplatte angeordneten elektrischen Schaltanlage.

Bei der Fertigung von Schalt- und Steuerungsanlagen ist die Verdrahtung der elektrischen Komponenten einer der zentralen und zeitintensivsten Arbeitsvorgänge, der bis heute weitestgehend manuell durchgeführt wird. Dabei stellt nicht nur die hohe Komplexität dieses Arbeitsvorgangs, sondern vor allem auch der Anspruch einer hundertprozentigen Fehlerfreiheit große Anforderungen an den die Verdrahtung durchführenden Mitarbeiter.

Für die Optimierung des Verdrahtungsvorgangs gibt es verschiedene technische Hilfsmittel in unterschiedlichen Unterstützungsstufen. Dies reicht von Handwerkzeugen und/oder Halbautomaten zur Kabelkonfektionierung bis hin zu vollautomatischen Anlagen, die einzelne Drähte vollständig konfektionieren, das heißt, ablängen, abisolieren, Aderendhülse aufbringen und vercrimpen. Die so hergestellten vorkonfektionierten Kabel können anschließend als loser und einzelner Draht, als sequentiell miteinander verbundene oder aufgereimte Drähte oder als Drahtbündel ausgegeben werden. Eine auf eine Rolle aufgewickelte Kabelsequenz ist aus der DE 10 2015 103 444 A1 bekannt. Die BE 101 965 1 A beschreibt einen multifunktionalen Bearbeitungskopf, der in den Endeffektor einer Verdrahtungsanlage integriert ist. Die DE 44 31 254 A1 und EP 0917259 B1 beschreiben jeweils ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verdrahten von Anschlussstellen von Komponenten elektrischer Geräte. Die EP 0259394 B1 beschreibt ein Werkzeug zum Verlegen von Kabeln.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art derart weiter zu entwickeln, dass es einen möglichst hohen Automatisierungsgrad aufweist.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen jeweils vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung.

Demgemäß weist das Verfahren die Schritte auf:

- Bereitstellen einer Planung einer Schaltanlage, die zumindest Ortsinformation und Orientierungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Komponenten der Schaltanlage auf einer Montageplatte und Verdrahtungsinformationen über eine Mehrzahl elektrischer Verdrahtungen zwischen jeweils zweien der elektrischen Komponenten aufweist;
- optisches Erfassen einer tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten auf der Montageplatte und Angleichen der Ortsinformation und Orientierungsinformation an die tatsächliche Anordnung; und
- automatisiertes Verdrahten der elektrischen Komponenten in einer Verdrahtungsreihenfolge entsprechend der Verdrahtungsinformation und der angeglichenen Ortsinformation und Orientierungsinformation.

Die Planung der Schaltanlage, das heißt insbesondere die Ortsinformation und Orientierungsinformation über die Mehrzahl elektrischer Komponenten der Schaltanlage sowie die die Verdrahtung der Komponenten betreffende Verdrahtungsinformation können beispielsweise direkt aus einem 3D-ECAD-System bereitgestellt werden. Über dieses System können auch ergänzende Informationen betreffend die elektrische Schaltanlage, soweit sie die Verdrahtung unterstützen können, bezogen werden. Diese Informationen können beispielsweise eine individuelle Konfektionierung einzelner Kabel der Verdrahtung umfassen. Das Bestimmen eines Automatisierungsgrades der Verdrahtung kann das Bestimmen einer Automatisierungstauglichkeit einzelner Verdrahtungsschritte, bei denen jeweils zwei elektrische Komponenten der elektrischen Schaltanlage miteinander verdrahtet werden, umfassen.

Das optische Erfassen kann eine Präsenzprüfung der Mehrzahl elektrischer Komponenten der Schaltanlage aufweisen, indem das optische Erfassen eine Komponentenerkennung der Komponenten der tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten und einen Abgleich der erkannten Komponenten mit der Mehrzahl elektrischer Komponenten der Schaltanlage gemäß der Planung aufweist.

Das Bereitstellen der Planung und das Anwenden der Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation sowie gegebenenfalls das Anpassen der Verdrahtungsinformation zur Maximierung des Automatisierungsgrades kann

computergestützt und daher grundsätzlich ortsungebunden ausgeführt werden und muss daher nicht zwangsläufig auf einem beispielsweise für die Verdrahtung vorgesehenen Verdrahtungsautomaten durchgeführt werden. Die angepassten Verdrahtungsinformationen können beispielsweise durch manuelles Aufrufen an einem Verdrahtungsautomaten oder durch automatische Identifikation mittels Einlesen eines Produktidentifizierungscode, beispielsweise eines RFID-Chips, auf die Verdrahtungsanlage importiert werden.

Das optische Erfassen einer tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten auf der Montageplatte kann das Abscannen einer Montageebene der Montageplatte, auf welcher die elektrischen Komponenten angeordnet sind, umfassen. Das Abscannen kann mit Hilfe eines Roboters durchgeführt werden, beispielsweise mit Hilfe eines Knickarmroboters, der einen multifunktionalen Endeffektor mit einer optischen Erfassungseinrichtung, beispielsweise einer Kamera oder eines Scanners aufweist. Der Knickarmroboter kann mit der Kamera die Montageplattenebene zeilenweise abscannen. Die Kamera kann auch unbeweglich oder beweglich über der Montageplatte angeordnet sein. Mit Hilfe der optisch erfassten tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten können Ist-Daten über die örtliche Anordnung der elektrischen Komponenten auf der Montageplattenebene erfasst und mit den in der Planung der Schaltanlage enthaltenen Soll-Daten, den Ortsinformation und Orientierungsinformation der Planung, abgeglichen werden. Es kann vorgesehen sein, dass bei Überschreiten eines Toleranzwertes für die örtliche Anordnung einer oder mehrerer Komponenten eine Anpassung der Ortsinformation und Orientierungsinformation an die tatsächliche Anordnung der Komponenten durchgeführt wird. Das optische Erfassen der tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten kann das optische Erfassen einer individuellen Kennzeichnung der elektrischen Komponenten umfassen. Die Identifizierung der elektrischen Komponenten kann jedoch auch mit Hilfe gängiger Methoden der Bilderkennung erfolgen, bei denen aus der Geometrie der erfassten Komponenten und einer relativen Anordnung verschiedener Komponenten zueinander auf der Montageebene auf individuelle Komponenten der elektrischen Schaltanlage geschlossen wird.

Das Verfahren kann weiterhin das Anwenden einer Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation zur Bestimmung eines Automatisierungsgrades der Verdrahtungen und gegebenenfalls das Anpassen der Verdrahtungsinformation zur

Maximierung des Automatisierungsgrads aufweisen, wobei das automatisierte Verdrahten der elektrischen Komponenten entsprechend der angepassten Verdrahtungssituation erfolgt. Das Verfahren kann weiterhin das Rückmelden mindestens einer nicht automatisierbaren Verdrahtung an die Planung, beispielsweise ein ECAD-System aufweisen. Daraufhin kann nicht automatisierbare Verdrahtung derart angepasst werden, dass sie automatisierbar ist. Dies kann das Auswählen eines alternativen Kabelroutings oder einer alternativen elektronischen Komponenten umfassen, etwa einer Komponente, die eine für einen Knickarmroboter frei zugängliche Kabelanschlussklemme aufweist.

Das automatisierte Verdrahten kann weiterhin das Abnehmen eines vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter, vorzugsweise mit einem Knickarmroboter, von einer Übergabeschnittstelle zur Bereitstellung vorkonfektionierter oder unkonfektionierter Kabel aufweisen. Die Übergabeschnittstelle kann eine Ausgabe eines Kabelkonfektionierungsautomaten sein, oder eine gesonderte Einrichtung, auf oder an der eine Kabelsequenz aus einzelnen vorkonfektionierten Kabeln in einer Verdrahtungsreihenfolge definiert angeordnet sind oder bereitgestellt werden, um sie maschinell und vollautomatisch, etwa mit Hilfe eines Roboters, aus oder von der Einrichtung abnehmen zu können.

Alternativ oder zusätzlich kann das automatisierte Verdrahten das Abnehmen eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter, vorzugsweise mit einem Knickarmroboter, von einer Übergabeschnittstelle für die Übergabe der zumindest teilweise vorkonfektionierten oder unkonfektionierten Kabel aufweisen. Dabei kann das Abnehmen des zumindest teilweise vorkonfektionierten Kabels das Abnehmen eines auf eine bestimmte Länge abgelängten Kabels von der Übergabeschnittstelle eines Kabelablängautomaten aufweisen. Das Verfahren kann nach dem Abnehmen des Kabels von der Übergabeschnittstelle das Konfektionieren mindestens eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Endes des Kabels aufweisen, wozu das Kabelende mit dem Roboter einem Kabelendbearbeitungsautomaten zugeführt und von diesem nach erfolgter Kabelendbehandlung wieder entnommen wird.

Der Roboter kann einen multifunktionalen Endeffektor mit einem optischen System für die Lokalisierung der tatsächlichen Ist-Positionen von Kabeln und/oder elektrischen Komponenten beziehungsweise zur Erfassung von Verdrahtungspositionen auf der

Montageplatte aufweisen. Der Endeffektor kann weiterhin einen Greifer mit einer integrierten Sensorik für die Aufnahme einzelner Drähte sowie für das Kontaktieren, das Verlegen und für das Durchführen einer Abzugkontrolle aufweisen. Der Endeffektor kann weiterhin ein Werkzeug für die elektrische Prüfung der kontaktierten Drahtverbindung aufweisen, beispielsweise ein Ohmmeter oder einen Stromdurchgangsmesser.

Die Verwendung eines Knickarmroboters mit einem multifunktionalen Endeffektor ermöglicht die Aufnahme, Zuführung und Kontaktierung von Kabeln in vertikaler Richtung in Bezug auf die Montageebene der Montageplatte, in horizontaler Richtung, das heißt parallel zur Montageebene der Montageplatte, oder aber auch in jedem schrägen Winkel zwischen den beiden zuvor genannten Ausrichtungen, das heißt beispielsweise in einem Winkelbereich zwischen 1° und 89° in Bezug auf die Montageebene der Montageplatte. Der Knickarmroboter kann ein einarmiger oder ein zweiarmiger Knickarmroboter sein, wobei der zweiarmige Knickarmroboter als zwei separate Roboter realisiert oder ein einziger, zwei Arme aufweisender Roboter sein kann.

Das Bereitstellen der Planung der Schaltanlage kann das Beziehen eines entsprechenden Planungsdatensatzes aus einem ECAD-System aufweisen. Der Verdrahtung vorangestellt kann das Verfahren weiterhin einen gegebenenfalls ebenso automatisierten Bestückungsprozess aufweisen, bei dem die Montageplatte mit den zu verdrahtenden elektrischen Komponenten entsprechend der Planung der Schaltanlage, insbesondere entsprechend des ECAD-Datensatzes, bestückt wird.

Das Verfahren kann weiterhin das Ausgeben mindestens einer Verdrahtungsanweisung umfassen, wobei die Verdrahtungsanweisung eine Anweisung zur Durchführung eines manuellen Verdrahtungsschrittes ist, der bei dem Anwenden der Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation als ein Verdrahtungsschritt identifiziert worden ist, der nicht automatisierbar ist. Der manuelle Verdrahtungsschritt kann computergestützt erfolgen, wie es in der EP 3392987 A1 beschrieben ist.

Das automatisierte Verdrahten kann das sequenzielle Herstellen einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel in der Verdrahtungsreihenfolge, mit der die elektrischen Komponenten verdrahtet werden, und das Bereitstellen der individuell vorkonfektionierten Kabel über eine Übergabeschnittstelle zur Bearbeitung

vorkonfektionierter Kabel aufweisen. Das Verfahren kann vorzugsweise das Herstellen und Bereitstellen der vorkonfektionierten Kabel „in time“ aufweisen, so dass die Lagerhaltung von Kabelbündeln und anderen Kabelsequenzen sowie das Handling derselben bei dem Hersteller der Bündel sowie gegebenenfalls ein Transport zum Schaltanlagenbauer nicht erforderlich ist.

So kann es beispielsweise vorgesehen sein, dass zeitgleich zu einem ersten Verdrahtungsschritt, bei dem mit einem ersten der individuell vorkonfektionierten Kabel eine erste elektrische Verbindung zwischen zweien der elektrischen Komponenten hergestellt wird, ein zweites individuell vorkonfektioniertes Kabel für einen dem ersten unmittelbar nachfolgenden zweiten Verdrahtungsschritt hergestellt und über die Übergabeschnittstelle bereitgestellt wird.

Die Übergabeschnittstelle kann beispielsweise eine Ausgabe einer Kabelkonfektionierungsvorrichtung sein. Die Übergabeschnittstelle kann jedoch auch ein gesonderter Halter für vorkonfektionierte Kabel sein, in welchen die vorkonfektionierten Kabel der Reihe nach und mit definierter Ausrichtung und Abnahmeposition, etwa für einen Knickarmroboter, nach entsprechender Vorproduktion bereitgestellt werden.

Das Abnehmen kann das Greifen eines ersten vorkonfektionierten Kabelendes des vorkonfektionierten Kabels mit dem Roboter und das Zuführen sowie das elektrische Kontaktieren des ersten vorkonfektionierten Kabelendes an einer Kabelanschlussstelle einer ersten der elektrischen Komponenten aufweisen. Dazu kann der Roboter einen multifunktionalen Endeffektor mit einem Greifer aufweisen, der beispielsweise eine Aufnahmegeometrie aufweist, die an eine Außengeometrie einer Aderendhülse oder dergleichen des vorkonfektionierten Kabels angepasst ist und im Übrigen eine Einführhilfe aufweist, beispielsweise einen Konus, mit Hilfe welches das Kabelende in eine Buchse der Kabelanschlussstelle der elektrischen Komponente eingeführt wird.

Nach dem Kontaktieren des ersten vorkonfektionierten Kabelendes kann das zweite vorkonfektionierte Kabelende des Kabels einer Kabelanschlussstelle einer zweiten der elektrischen Komponenten zugeführt und an dieser kontaktiert werden.

Das Zuführen und das Kontaktieren des ersten und des zweiten Kabelendes kann mit demselben Roboter durchgeführt werden, wozu der Roboter das vorkonfektionierte Kabel an einem Greifer, mit dem er das erste Kabelende des Kabels gegriffen hat, freigibt oder löst, nachdem das erste Kabelende kontaktiert worden ist, um anschließend das vorkonfektionierte Kabel von dem ersten zu dem zweiten Kabelende durch den Greifer hindurch zu transportieren, um anschließend das zweite vorkonfektionierte Kabelende zu greifen und daraufhin beispielsweise einer weiteren elektrischen Komponente zwecks Kontaktierung zuzuführen.

Das sequentielle Herstellen einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel in der Verdrahtungsreihenfolge kann das Herstellen der individuell vorkonfektionierten Kabel mit mindestens einem Kabelkonfektionierungsautomat aufweisen. Dabei kann die Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel über eine Übergabeschnittstelle an den mindestens einen Roboter, vorzugsweise an den mindestens einen Knickarmroboter, sequentiell übergeben werden.

Das automatisierte Verdrahten kann das Vorkonfektionieren einer Mehrzahl von Kabeln in der Verdrahtungsreihenfolge und entsprechend der Verdrahtungsinformation aufweisen, wozu ein Roboter, vorzugsweise ein Knickarmroboter, ein unkonfektioniertes oder nur teilweise vorkonfektioniertes erstes Kabelende greift, das erste Kabelende einem Kabelkonfektionierungsautomat zuführt, woraufhin das erste Kabelende eine Konfektionierung, vorzugsweise eine Aderendbehandlung erhält, und wobei der Roboter anschließend das konfektionierte erste Kabelende einer ersten der elektrischen Komponenten zuführt und an dieser elektrisch kontaktiert.

Der Roboter kann nach dem Vorkonfektionieren des ersten Kabelendes und vor dem Zuführen und Kontaktieren des ersten Kabelendes das zweite Kabelende greifen und einem Kabelkonfektionierungsautomat zuführen, woraufhin das zweite Kabelende eine Konfektionierung, vorzugsweise eine Aderendbehandlung erhält.

Das Abnehmen eines vorkonfektionierten oder unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter kann das Abnehmen eines ersten Kabelendes des Kabels mit einem ersten Roboter und das Abnehmen eines zweiten Kabelendes des Kabels mit einem zweiten Roboter aufweisen, so dass das Kabel an seinen beiden Enden von unterschiedlichen Robotern gehalten wird.

Die beiden Roboter, die wiederum vorzugsweise Knickarmroboter sind, können bis zur Kontaktierung eines der beiden Kabelenden in einem Master-Slave-Modus betrieben werden, wobei der Master-Roboter das vor dem anderen Kabelende zuerst zu verdrahtende Kabelende einer der elektrischen Komponenten zuführt, während der Slave-Roboter das nachfolgend zu verdrahtende Kabelende nachführt. Die beiden Roboter können als ein einziger zweiarmiger Roboter oder als zwei separate Roboter realisiert sein.

Das Nachführen kann das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes unter Einhaltung eines Mindestabstands zu der Montageebene der Montageplatte und/oder das Straffen des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes, wenn das Kabel biegeschlaff ist, und/oder das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes unter einer mechanischen Vorspannung aufweisen.

Das automatisierte Verdrahten kann, nachdem ein Kabelende einer elektrischen Komponente zugeführt und mit dieser elektrisch kontaktiert worden ist, das Durchführen einer Abzugskontrolle aufweisen. Dazu kann ein Roboter mit einem zugkraftsensitiven Greifer, der beispielsweise im Funktionsumfang eines multifunktionalen Endeffektors eines Knickarmroboters realisiert ist, an dem kontaktierten Kabelende angreifen und das Kabelende mit einer vorgegebenen Abzugskraft entgegen einer Kontaktierungsrichtung des Kabelendes beaufschlagen, wobei eine ordnungsgemäße Kontaktierung des Kabelendes angenommen wird, wenn die Kontaktierung der vorgegebenen Abzugskraft standhält. Der zugkraftsensitive Greifer kann über einen Flansch an einem Roboterarm befestigt sein, wobei der Flansch einen Kraft-Momenten-Sensor aufweist. Alternativ kann der Roboter in mindestens einem Roboterarmgelenk einen Drehmomentsensor aufweisen.

Die Verdrahtungsinformation kann je Verdrahtung zweier der elektrischen Komponenten mindestens ein Kabelrouting, einschließlich einer Kabelquellkoordinate, einer Kabelzielkoordinate und einem Verlegeweg zwischen der Kabelquellkoordinate und der Kabelzielkoordinate, und mindestens eine Kabelbeschaffenheit, vorzugsweise eine Kabellänge, einen Kabelquerschnitt, eine Kabelfarbe, eine Aderendbehandlung und/oder eine Kabelmarkierung oder dergleichen aufweisen.

Bei dem Bereitstellen einer Planung der Schaltanlage kann weiterhin Komponenteninformation aus der Planung bereitgestellt werden, vorzugsweise

mindestens eine Abmessung der Montageplatte, ein Typ mindestens einer der elektrischen Komponenten oder einer weiteren Komponente der elektrischen Schaltanlage, mindestens eine Anschlussart mindestens einer der elektrischen Komponenten, einer Anschlusskoordinate mindestens einer der elektrischen Komponenten, oder eine Geometrie mindestens einer der elektrischen Komponenten.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden anhand der nachstehenden Figuren erläutert. Dabei zeigt:

- Figur 1 schematisch ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 2 eine erste Ausführungsform einer beispielhafte Vorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 3 eine zweite Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 4 eine dritte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 5 eine vierte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 6 eine fünfte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 7 eine sechste Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
- Figur 8 eine siebte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 9 eine achte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Figur 10 eine neunte Ausführungsform einer beispielhaften Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren gemäß Figur 1 wird in einem ersten Schritt 100 eine Planung einer Schaltanlage bereitgestellt, die zumindest Ortsinformation und Orientierungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Komponenten der Schaltanlage auf einer Montageplatte und Verdrahtungsinformationen über eine Mehrzahl elektrischer Verdrahtungen zwischen jeweils zweien der elektrischen Komponenten aufweist.

In einem nachfolgenden Schritt 200 wird eine Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation angewendet, um etwa unter Berücksichtigung des Funktionsumfangs einer zur Verfügung stehenden Vorrichtung zur Durchführung des Verdrahtungsverfahrens einen maximal realisierbaren Automatisierungsgrad der Verdrahtung zu bestimmen. Daraufhin kann die Verdrahtungsinformation gegebenenfalls angepasst werden, um beispielsweise unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Vorrichtung für die Durchführung des Verdrahtungsverfahrens eine Maximierung des Automatisierungsgrads zu erreichen. Das Anpassen der Verdrahtungsinformation ist in dem Schritt 300 beschrieben. Nicht automatisierbare Verdrahtungsschritte können für die manuelle Verdrahtung 310 ausgesondert werden, so dass sie bei der automatisierten Verdrahtung unberücksichtigt bleiben. Der manuelle Verdrahtungsschritt 310 kann computergestützt erfolgen, wie es in der EP 3392987 A1 beschrieben ist. Das manuelle Verdrahten 310 kann nach dem Durchführen einer Abzugskontrolle 700 durchgeführt werden, bzw. nachdem die Verdrahtung, soweit sie automatisierbar ist, vollständig abgeschlossen ist.

Das Verfahren kann weiterhin das optische Erfassen 400 einer tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten auf einer für die Verdrahtung bereitgestellten Montageplatte mit einer an dem Roboter 8 oder einer über der Montageplatte 1 montierten Kamera 13 und das Angleichen 500 der Ortsinformation und Orientierungsinformation an die tatsächliche Anordnung aufweisen. Das optische Erfassen 400 kann das Abscannen der Montageebene der Montageplatte mit einem Laser-Profilmesssystem und/oder die Anwendung gängiger Bilderkennungsverfahren

umfassen. Das Verfahren kann weiterhin das Erzeugen mindestens eines Codes bzw. mindestens einer Roboter- oder Maschinensteuerung zur Ausführung der Verdrahtung aufweisen.

Daran anschließend kann in einem Schritt 600 das automatische Verdrahten der elektrischen Komponenten in einer vorgegebenen Verdrahtungsreihenfolge und unter Berücksichtigung der - gegebenenfalls angepassten - Verdrahtungsinformation und der angeglichenen Ortsinformation und Orientierungsinformation durchgeführt werden. Das Verdrahten 600 kann das Abnehmen 610 eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter von einer Übergabeschnittstelle aufweisen. Das Verdrahten 600 kann alternativ oder zusätzlich das sequentielle Herstellen 620 einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel in der Verdrahtungsreihenfolge aufweisen, gegebenenfalls „in-time“ mit dem Verdrahten 600, so dass an der Übergabeschnittstelle immer gerade das als nächstes zu verdrahtende Kabel für die Abnahme bereitgestellt ist.

Das automatisierte Verdrahten 600 kann das Abnehmen 610 eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter, vorzugsweise mit einem Knickarmroboter, von einer Übergabeschnittstelle für die Übergabe der zumindest teilweise vorkonfektionierten oder unkonfektionierten Kabel aufweisen.

Das Abnehmen 610 eines zumindest teilweise vorkonfektionierten Kabels kann das Abnehmen eines auf eine bestimmte Länge abgelängten Kabels von der Übergabeschnittstelle eines Kabelablängautomaten aufweisen.

Nach dem Abnehmen 610 des Kabels von der Übergabeschnittstelle kann das Verfahren weiterhin das Konfektionieren 611 mindestens eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Endes des Kabels aufweisen, wozu das Kabelende mit dem Roboter einem Kabelendbearbeitungsautomaten zugeführt und von diesem nach erfolgter Kabelendbehandlung wieder entnommen wird.

Das Abnehmen 610 kann das Greifen 630 eines ersten vorkonfektionierten Kabelendes des vorkonfektionierten Kabels und das Zuführen 640 sowie das elektrische

Kontaktieren 650 des ersten vorkonfektionierten Kabelendes an einer Kabelanschlussstelle einer ersten elektrischen Komponente aufweisen.

Das Verfahren kann weiterhin das sequentielle Übergeben 622 einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel über eine Übergabeschnittstelle an mindestens einen Roboter aufweisen, der vorzugsweise als ein Knickarmroboter ausgebildet ist.

Ebenso kann das automatisierte Verdrahten 600 das Vorkonfektionieren 601 einer Mehrzahl von Kabeln in der Verdrahtungsreihenfolge sowie unter Berücksichtigung von Verdrahtungsinformation aufweisen. Die Verdrahtungsinformation kann beispielsweise je Verdrahtung zweier elektrischer Komponenten mindestens ein Kabelrouting und mindestens eine Kabelbeschaffenheit, vorzugsweise eine Kabellänge, einen Kabelquerschnitt, eine Kabelfarbe, eine Aderendbehandlung und/oder eine Kabelmarkierung aufweisen.

Nachdem ein Kabelende einer elektrischen Komponente zugeführt und mit dieser elektrisch kontaktiert worden ist, kann das Verfahren das Durchführen einer Abzugskontrolle 700 aufweisen, wozu ein Roboter beispielsweise mit einem zugkraftsensitiven Greifer an dem kontaktierten Kabelende angreift und das Kabelende mit einer vorgegebenen Abzugskraft entgegen einer Kontaktierungsrichtung des Kabelendes beaufschlägt. Eine ordnungsgemäße Kontaktierung des Kabelendes kann angenommen werden, wenn die Kontaktierung der vorgegebenen Abzugskraft standhält und insbesondere eine Dekontaktierung des Kabelendes unterbleibt. Das Verfahren kann in dem Schritt 700 oder in einem separaten Schritt neben der Abzugskontrolle weiterhin eine elektrische Prüfung einer der erzeugten Drahtverbindungen aufweisen. Dies kann die Ermittlung eines elektrischen Kontaktwiderstands aufweisen.

Das Abnehmen 610 eines vorkonfektionierten oder unkonfektionierten Kabels mit einem Roboter kann das Abnehmen 610 eines ersten Kabelendes des Kabels mit einem ersten Roboter und das Abnehmen 610 eines zweiten Kabelendes des Kabels mit einem zweiten Roboter aufweisen. Mithin wird das Kabel an seinen beiden Enden von unterschiedlichen Robotern gehalten. Bei dieser Ausführungsform können die beiden Roboter bis zur Kontaktierung eines der beiden Kabelenden in einem Master-Slave-Modus betrieben werden, im Rahmen welches der Master-Roboter das vor dem anderen Kabelende zuerst zu verdrahtende Kabelende einer der elektrischen

Komponenten zuführt während der Slave-Roboter das nachfolgend zu verdrahtende Kabel in dem zeitgleich ausgeführten Schritt 621 nachführt.

Das Nachführen 621 kann das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes unter Einhaltung eines Mindestabstandes zu einer Montageebene der Montageplatte und/oder das Straffen des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes, wenn das Kabel biegeschlaff ist, aufweisen und/oder das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelende unter einer mechanischen Vorspannung.

Die Figuren 2 bis 10 zeigen beispielhafte Ausführungsformen für Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verdrahtung von elektrischen Komponenten 3 einer auf einer Montageplatte 1 auszubildenden elektrischen Schaltanlage 2. Die Montageplatte 1 ist von einem Montageplattenhandlingwagen 12 beispielhaft horizontal ausgerichtet gehalten, so dass über einen Roboter 8 von oben auf die Komponenten 3 zwecks Kabelzuführung und Kabelanschluss zugegriffen werden kann. Die Montageplatte 1 kann je nach Ausführungsform alternativ unter einem Winkel zur Horizontalen angeordnet sein.

Die beispielhaft beschriebenen Vorrichtungen zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens können mit einem ECAD-System in Verbindung stehen, über welches eine Planung der Schaltanlage bereitgestellt wird, gegebenenfalls die Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation angewendet und daraufhin die Verdrahtungsinformation zur Maximierung des Automatisierungsgrades angepasst wird. Die Anwendung der Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation sowie die Anpassung der Verdrahtungsinformation zur Maximierung des Automatisierungsgrades können auch unabhängig von dem ECAD-System auf einem gesonderten Computersystem durchgeführt werden, das eine Schnittstelle sowohl zu dem ECAD-System als auch zu der Vorrichtung für die Verdrahtung der elektrischen Komponenten aufweist. Das Computersystem kann von dem ECAD-System dann die Planung der Schaltanlage beziehen, die Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation anwenden und gegebenenfalls eine Anpassung der Verdrahtungsinformation vornehmen.

Die Vorrichtung für die Durchführung des Verdrahtungsvorgangs kann einen multifunktionalen Endeffektor mit einer optischen Erfassungseinrichtung aufweisen für die optische Erfassung der tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten

auf der Montageplatte. Nachdem die tatsächliche Anordnung der elektrischen Komponenten mit Hilfe der optischen Erfassungseinrichtung des multifunktionalen Endeffektors erfasst worden ist, kann diese Information dazu verwendet werden, um gegebenenfalls einer Angleichung der Ortsinformation und Orientierungsinformation an die tatsächliche Anordnung mit Hilfe des Computersystems durchzuführen. Das Computersystem sendet daraufhin eine entsprechend angepasste Planung der Schaltanlage beziehungsweise ein daraus erzeugtes Maschinensteuerungsprogramm an die Vorrichtung zur Verdrahtung der elektrischen Komponenten, so dass die Vorrichtung das automatisierte Verdrahten der elektrischen Komponenten in einer vorgegebenen Verdrahtungsreihenfolge, die gegebenenfalls von dem Computersystem im Rahmen der Anpassung der Verdrahtungsinformation zur Maximierung des Automatisierungsgrads überarbeitet worden ist, durchführen kann.

Bei der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform der Vorrichtung werden mit einer Mehrzahl Kabelablängautomaten 9.1 jeweils Kabel eines bestimmten Typs A-D und jeweils einer bestimmten Länge bereitgestellt. Die Kabeltypen A-D können sich etwa im Kabelquerschnitt, in der Kabelfarbe, oder in einem anderen Kabelmerkmal unterscheiden. Grundsätzlich ist die Erfindung nicht auf eine bestimmte Anzahl Kabeltypen beschränkt. Es sollen vorzugsweise jedoch mindestens zwei sich in mindestens einem Kabelmerkmal unterscheidende Kabeltypen vorgesehen sein. Sämtliche Kabelmerkmale, einschließlich der Kabellänge, können der Planung der Schaltanlage, etwa in Form einer von dem ECAD-System bereitgestellten Planungsdatei entnommen werden.

Der Ein-Arm-Knickarmroboter 8 nimmt unmittelbar von einer Schnittstelle 6 des das Kabel 5 des gewünschten Typs bereitstellenden Kabelablängautomats 9 ab, um das abgelängte Kabel 5 für die Aderendbehandlung bestimmungsgemäßer Art dem Aderendbehandlungsautomat 9.2 nacheinander mit beiden Enden 7 für die jeweils erforderliche Nachbehandlung zuzuführen. Das Nachbehandeln kann insbesondere das Abisolieren, das Aufbringen einer Aderendhülse und das Crimpen der Aderendhülse aufweisen.

Nach der Aderendbehandlung kann der Ein-Arm-Knickarmroboter 8 das so erhaltene, vorkonfektionierte Kabel 5 auf der Montageplatte 1 entsprechend der Planung der Schaltanlage 2 in der in Bezug auf Figur 1 beschriebenen Weise verarbeiten,

insbesondere entsprechend einer Planung der Schaltanlage 2 Komponenten 3 der Schaltanlage 2 verdrahten .

Die in Figur 3 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform darin, dass anstelle eines einarmigen Knickarmroboters 8 ein zweiarmiger Knickarmroboter 8 verwendet wird. Der zweiarmiger Knickarmroboter 8 kann, wie dargestellt, als zwei separate Roboter realisiert oder ein einziger, zwei Arme aufweisender Roboter sein. Soweit in der vorliegenden Anmeldung einem ersten und einem zweiten Roboter, insbesondere von einem ersten und zweiten Knickarmroboter 8 gesprochen wird, kann dies auch durch den in Figur 3 gezeigten zweiarmigen Knickarmroboter 8 realisiert sein. Die beiden Arme des/der Knickarmroboter(s) 8 können kooperativ zusammenarbeiten wie dies mit Bezug auf Figur 1 beschrieben ist. Insbesondere indem die beiden Roboterarme in einem Master-Slave-Modus betrieben werden, bei dem ein Master-Roboterarm 8 für die Verdrahtung eines ersten Kabelendes 7 vorgesehen ist, während der Slave-Roboterarm 8 für eine Nachführung des gegenüberliegenden Kabelendes 7 vorgesehen ist, etwa derart, dass ein bestimmter Mindestabstand des gegenüberliegenden Kabelendes 7 von der Montageplatte 1 eingehalten wird, um ein Verheddern des Kabels 5 mit auf der Montageplatte 1 angeordneten elektrischen Komponenten 3 zu vermeiden, oder um das Einlegen des Kabels 5 in einen Kabelkanal während der von den Robotern durchgeführten Kabelführung zwischen den beiden miteinander elektrisch zu kontaktierenden Komponenten 3 zu begünstigen.

Die in Figur 4 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 3 gezeigten Ausführungsform darin, dass ein weiterer Knickarmroboter 8 dazu vorgesehen ist, um mithilfe der Kabelkonfektionierungsautomaten 9.1, 9.2 in der zuvor beschriebenen Weise in-time vorkonfektionierte Kabel zu erzeugen und an den zweiarmigen Knickarmroboter 8 zu übergeben.

Die in Figur 5 gezeigte Ausführungsform zeigt die Verwendung eines Drahtwechslers 10, mit Hilfe welches einem einzigen Kabelablängautomaten 9.1 verschiedenartige Kabel der Typen A-D, die aus unterschiedlichen Quellen, etwa aus den dargestellten Kabelfässern, bezogen werden, bedarfsweise zugeführt sind. Ein Transportsystem 11 des Kabelablängautomats 9.1 entnimmt ein jeweils bedarfsweise an dem Drahtwechsler 10 bereitgestelltes Drahtende von dem Drahtwechsler 10. Der Drahtwechsler 10 ist in Bezug auf das Transportsystem 11 zwischen seinen unterschiedlichen Abnahmestellen

beweglich ist (durch den vertikalen Doppelpfeil verdeutlicht), so dass bedarfsweise ein gewünschter Drahttyp A-D dem Kabelablängautomaten 9.1 zugeführt werden kann.

Die Ausführungsform gemäß Figur 6 zeigt eine Variante der Ausführungsform gemäß Figur 5, bei der anstelle eines einarmigen Knickarmroboters 8 ein zweiarmiger Knickarmroboter 8 bzw. zwei einarmige Roboter 8 verwendet wird/werden. Die Führung der Kabelenden kann unter den Maßgaben erfolgen, wie sie mit Bezug auf die Figur 3 beschrieben worden sind.

Die Figur 7 zeigt eine Variante der Ausführungsform gemäß Figur 6, bei der zur Abnahme der abgelängten Kabel 5 von dem Kabelablängautomaten 9.1 und zur Aderendbehandlung der abgelängten Kabel 5 mithilfe des Aderendbehandlungsautomaten 9.2 ein separater einarmiger Knickarmroboter 8 vorgesehen ist. Dieser gibt die aderenbehandelten Kabel 5 an zwei weitere für die Verdrahtung kollaborierende einarmige Knickarmroboter 8 weiter. Der kollaborierende Verdrahtungsprozess ist mit Bezug auf Figur 3 beschrieben worden.

Die Figur 8 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der ein einarmiger Knickarmroboter 8 über eine Kabelkonfektionierungsanlage 9 bereitgestellte vorkonfektionierte Kabel 5 bezieht. Die Kabelkonfektionierungsanlage 9 weist einen Kabelablängautomaten 9.1 auf, dem über einen Drahtwechsler 10 wahlweise Kabel 5 des Typs A-D zugeführt ist. Das abgelängte Kabelstück 5 wird einem Aderendbehandlungsautomaten 9.2 zugeführt, der eine Ausgabe aufweist, über welche die fertig vorkonfektionierten Kabel 5 einzeln, das heißt sequentiell in einer vorgegebenen Verlegereihenfolge ausgegeben werden. Die vorkonfektionierten Kabel 5 sind biegeschlaff und werden von der Kabelkonfektionierungsanlage 9 an einer Schnittstelle 6 in einer U-förmigen Geometrie bereitgestellt. Die Kabel 5 sind an ihren Enden 7 gehalten, so dass der Knickarmroboter 8 das konfektionierte Kabel 5 bei definierter Anordnung der Kabelenden 7 über die Kabelenden 7 von der Kabelkonfektionierungsanlage 9 abnehmen kann.

Die in Figur 9 gezeigte Ausführungsform unterscheidet sich von der in Figur 8 gezeigten Ausführungsform darin, dass die Kabelkonfektionierungsanlage 9 separat von der Vorrichtung für die Durchführung des Verfahrens bereitgestellt ist. Mithin produziert die Kabelkonfektionierungsanlage 9 eine als Magazin ausgebildete Übergabeschnittstelle 6 mit mehreren vorkonfektionierten Kabeln 5, die in der

Übergabeschnittstelle 6 in einer vorbestimmten Verdrahtungsreihenfolge zueinander und mit vorgegebener Ausrichtung angeordnet sind, so dass der Knickarmroboter 8 die Einzeldrähte 5 aus dem Magazin definiert entnehmen kann, wozu das Magazin in einer vorbestimmten Anordnung und Ausrichtung in Bezug auf den Knickarmroboter 8 ausgerichtet wird. Der Knickarmroboter 8 kann weiterhin eine Erkennungseinrichtung, beispielsweise eine optische Erkennungseinrichtung aufweisen, um die Einzelkabel 5 in dem Magazin zu unterscheiden.

Abweichend von der in Figur 9 gezeigten Ausführungsform weist die in Figur 10 gezeigte Ausführungsform eine Kabelkonfektionierungsanlage 9 auf, bei der das Kabel 5 an seinen beiden gegenüberliegenden Enden 7 in der als Magazin ausgebildeten Übergabeschnittstelle 6 gehalten und damit definiert angeordnet ist, wodurch die Abnahme der Kabel 5 mithilfe des Knickarmroboters 8 erleichtert wird.

Die in der vorstehenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

- 1 Montageplatte
- 2 Schaltanlage
- 3 Elektrische Komponente
- 4 Elektrische Verdrahtung
- 5 Kabel
- 6 Übergabeschnittstelle
- 7 Kabelende
- 8 Roboter
- 9 Kabelkonfektionierungsautomat
 - 9.1 Kabelablängautomat
 - 9.2 Aderendbehandlungsautomat
- 10 Drahtwechsler
- 11 Transportsystem
- 12 Montageplattenhandlingwagen
- 13 Kamera
- 100 Bereitstellen
- 200 Anwenden
- 300 Anpassen
- 310 manuelles Verdrahten
- 400 Optisches Erfassen
- 500 Angleichen
- 600 Automatisiertes Verdrahten
- 601 Vorkonfektionieren
- 610 Abnehmen
- 611 Konfektionieren
- 620 Herstellen
- 621 Nachführen
- 622 Sequentielles Übergeben
- 630 Greifen
- 640 Zuführen
- 650 Kontaktieren
- 700 Durchführen einer Abzugskontrolle und/oder elektrischen Prüfung

Ansprüche:

1. Verfahren zur Verdrahtung von elektrischen Komponenten (3) einer auf einer Montageplatte (1) angeordneten elektrischen Schaltanlage (2), das die Schritte aufweist:
 - Bereitstellen (100) einer Planung einer Schaltanlage (2), die zumindest Ortsinformation und Orientierungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Komponenten (3) der Schaltanlage auf einer Montageplatte (1) und Verdrahtungsinformation über eine Mehrzahl elektrischer Verdrahtungen (4) zwischen jeweils zweien der elektrischen Komponenten (3) aufweist;
 - optisches Erfassen (400) einer tatsächliche Anordnung der elektrischen Komponenten (3) auf der Montageplatte (1) und Angleichen (500) der Ortsinformation und Orientierungsinformation an die tatsächliche Anordnung; und
 - automatisiertes Verdrahten (600) der elektrischen Komponenten (3) in einer Verdrahtungsreihenfolge und entsprechend der Verdrahtungsinformation und der angeglichenen Ortsinformation und Orientierungsinformation.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das optische Erfassen (400) eine Präsenzprüfung der Mehrzahl elektrischer Komponenten (3) der Schaltanlage aufweist, indem das optische Erfassen (400) eine Komponentenerkennung der tatsächlichen Anordnung der elektrischen Komponenten (3) und einen Abgleich der erkannten Komponenten (3) mit der Mehrzahl elektrischer Komponenten (3) der Schaltanlage gemäß der Planung aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, das das Anwenden (200) einer Prüfroutine auf die Verdrahtungsinformation zur Bestimmung eines Automatisierungsgrades der Verdrahtungen (4) und gegebenenfalls das Anpassen (300) der Verdrahtungsinformation zur Maximierung des Automatisierungsgrads aufweist, wobei das automatisierte Verdrahten (600) der elektrischen Komponenten (3) entsprechend der angepassten Verdrahtungssituation erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das automatisierte Verdrahten (600) das Abnehmen (610) eines zumindest teilweise

- vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels (5) mit einem Roboter (8), vorzugsweise mit einem Knickarmroboter, von einer Übergabeschnittstelle (6) für die Übergabe der zumindest teilweise vorkonfektionierten oder unkonfektionierten Kabel (5) aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem das Abnehmen (610) eines zumindest teilweise vorkonfektionierten Kabels (5) das Abnehmen eines auf eine bestimmte Länge abgelängten Kabels (5) von der Übergabeschnittstelle (6) eines Kabelablängautomaten (9.1) aufweist.
 6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem nach dem Abnehmen (610) des Kabels (5) von der Übergabeschnittstelle (6) das Verfahren weiterhin das Konfektionieren (621) mindestens eines zumindest teilweise vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Endes (7) des Kabels (5) aufweist, wozu das Kabelende (7) mit dem Roboter (8) einem Kabelendbearbeitungsautomaten (9.2) zugeführt und von diesem nach erfolgter Kabelendbehandlung wieder entnommen wird.
 7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das automatisierte Verdrahten (600) das sequenzielle Herstellen (620) einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel in der Verdrahtungsreihenfolge, mit der die elektrischen Komponenten (3) verdrahtet werden, und das Bereitstellen (100) der individuell vorkonfektionierten Kabel (5) über eine Übergabeschnittstelle (6) zur Bereitstellung vorkonfektionierter Kabel (5) aufweist.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem zeitgleich zu einem ersten Verdrahtungsschritt, bei dem mit einem ersten der individuell vorkonfektionierten Kabel eine erste elektrische Verbindung zwischen zwei der elektrischen Komponenten (3) hergestellt wird, ein zweites individuell vorkonfektioniertes Kabel (5) für einen dem ersten unmittelbar nachfolgenden zweiten Verdrahtungsschritt hergestellt und über die Übergabeschnittstelle (6) bereitgestellt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem das Abnehmen (610) das Greifen (630) eines ersten vorkonfektionierten Kabelendes (7) des vorkonfektionierten Kabels (5) mit dem Roboter (8) und das Zuführen (640) sowie das elektrische Kontaktieren (650) des ersten vorkonfektionierten Kabelendes (7) an einer Kabelanschlussstelle einer ersten der elektrischen Komponenten (3) aufweist.
10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem nach dem Kontaktieren (650) des ersten vorkonfektionierten Kabelendes (7) das zweite vorkonfektioniertes Kabelende des Kabels (7) einer Kabelanschlussstelle einer zweiten der elektrischen Komponenten (3) zugeführt und an dieser kontaktiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem das Zuführen (640) und Kontaktieren (650) des ersten und des zweiten Kabelendes (7) mit demselben Roboter (8) durchgeführt wird, wozu der Roboter (8) das vorkonfektionierte Kabel (5) an einem Greifer, mit dem er das erste Kabelende des Kabels (5) gegriffen hat, freigibt oder löst, nachdem das erste Kabelende (7) kontaktiert worden ist, um anschließend das vorkonfektionierte Kabel (5) von dem ersten zu dem zweiten Kabelende (7) durch den Greifer hindurch zu transportieren, um anschließend das zweite vorkonfektionierte Kabelende zu greifen (630).
12. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das sequenzielle Herstellen (620) einer Mehrzahl individuell vorkonfektionierter Kabel (5) in der Verdrahtungsreihenfolge das Herstellen (620) der individuell vorkonfektionierten Kabel (5) mit mindestens einem Kabelkonfektionierungsautomat (9) aufweist, wobei das Verfahren weiterhin das sequenzielle Übergeben (622) der Mehrzahl individuell vorkonfektionierten Kabel über eine Übergabeschnittstelle (6) an den mindestens einen Roboter (8), vorzugsweise an den mindestens einen Knickarmroboter, aufweist.
13. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das automatisierte Verdrahten (600) das Vorkonfektionieren (660) einer Mehrzahl von Kabeln (5) in der Verdrahtungsreihenfolge und entsprechend der Verdrahtungsinformation aufweist, wozu ein Roboter (8), vorzugsweise ein Knickarmroboter, ein unkonfektioniertes oder nur teilweise vorkonfektioniertes erstes Kabelende (7) greift, das erste Kabelende einem Kabelkonfektionierungsautomat (9) zuführt,

- woraufhin das erste Kabelende (7) eine Konfektionierung, vorzugsweise eine Aderendbehandlung erhält, und wobei der Roboter (8) anschließend das konfektionierte erste Kabelende (7) einer ersten der elektrischen Komponenten (3) zuführt und an dieser kontaktiert.
14. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem der Roboter (8) nach dem Vorkonfektionieren (660) des ersten Kabelendes (7) und vor dem Zuführen (640) und Kontaktieren (650) des ersten Kabelendes (7) das zweite Kabelende (7) greift und einem Kabelkonfektionierungsautomat (9) zuführt, woraufhin das zweite Kabelende (7) eine Konfektionierung, vorzugsweise eine Aderendbehandlung erhält.
 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 14, bei dem das Abnehmen (610) eines vorkonfektionierten oder eines unkonfektionierten Kabels (5) mit einem Roboter (8) das Abnehmen (610) eines ersten Kabelendes (7) des Kabels (5) mit einem ersten Roboter (8) und das Abnehmen (610) eines zweiten Kabelendes (7) des Kabels (5) mit einem zweiten Roboter (8) aufweist, sodass das Kabel (5) an seinen beiden Enden von unterschiedlichen Robotern (8) gehalten wird.
 16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die beiden Roboter (8) bis zur Kontaktierung eines der beiden Kabelenden in einem Master-Slave-Modus betrieben werden, von denen der Master-Roboter (8) das vor dem anderen Kabelende (7) zuerst zu verdrahtende Kabelende (7) einer der elektrischen Komponenten (3) zuführt, während der Slave-Roboter (8) das nachfolgend zu verdrahtende Kabelende (7) nachführt (611).
 17. Verfahren nach Anspruch 16, bei dem das Nachführen (611) das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes (7) unter Einhaltung eines Mindestabstands zu einer Montageebene der Montageplatte (1) und/oder das Straffen des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes (7), wenn das Kabel biegeschlaff ist, und/oder das Halten des nachfolgend zu verdrahtenden Kabelendes (7) unter einer mechanischen Vorspannung aufweist.
 18. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem das automatisierte Verdrahten (600), nachdem ein Kabelende (7) einer elektrischen

Komponente (3) zugeführt und mit dieser elektrisch kontaktiert worden ist, das Durchführen einer Abzugskontrolle (700) aufweist, wozu ein Roboter (8) mit einem zugkraftsensitiven Greifer an dem kontaktierten Kabelende (7) angreift und das Kabelende (7) mit einer vorgegebenen Abzugskraft entgegen einer Kontaktierungsrichtung des Kabelendes (7) beaufschlagt, wobei eine ordnungsgemäße Kontaktierung des Kabelendes (7) angenommen wird, wenn die Kontaktierung der vorgegebenen Abzugskraft standhält.

19. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem die Verdrahtungsinformation je Verdrahtung zweier der elektrischen Komponenten (3) mindestens ein Kabelrouting, einschließlich einer Kabelquellkoordinate, einer Kabelzielkoordinate und einem Verlegeweg zwischen der Kabelquellkoordinate und der Kabelzielkoordinate, und mindestens eine Kabelbeschaffenheit, vorzugsweise eine Kabellänge, einen Kabelquerschnitt, eine Kabelfarbe, eine Aderendbehandlung und/oder eine Kabelmarkierung aufweist.
20. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, bei dem bei dem Bereitstellen (100) einer Planung der Schaltanlage (2) weiterhin Komponenteninformation aus der Planung bereitgestellt wird, vorzugsweise mindestens eine Abmessung und/oder Kontur der Montageplatte (1), ein Typ mindestens einer der elektrischen Komponenten (3) oder einer weiteren Komponente der elektrischen Schaltanlage (2), eine Anschlussart mindestens einer der elektrischen Komponenten (3), einer Anschlusskoordinate mindestens einer der elektrischen Komponenten (3), oder eine Geometrie mindestens einer der elektrischen Komponenten (3).

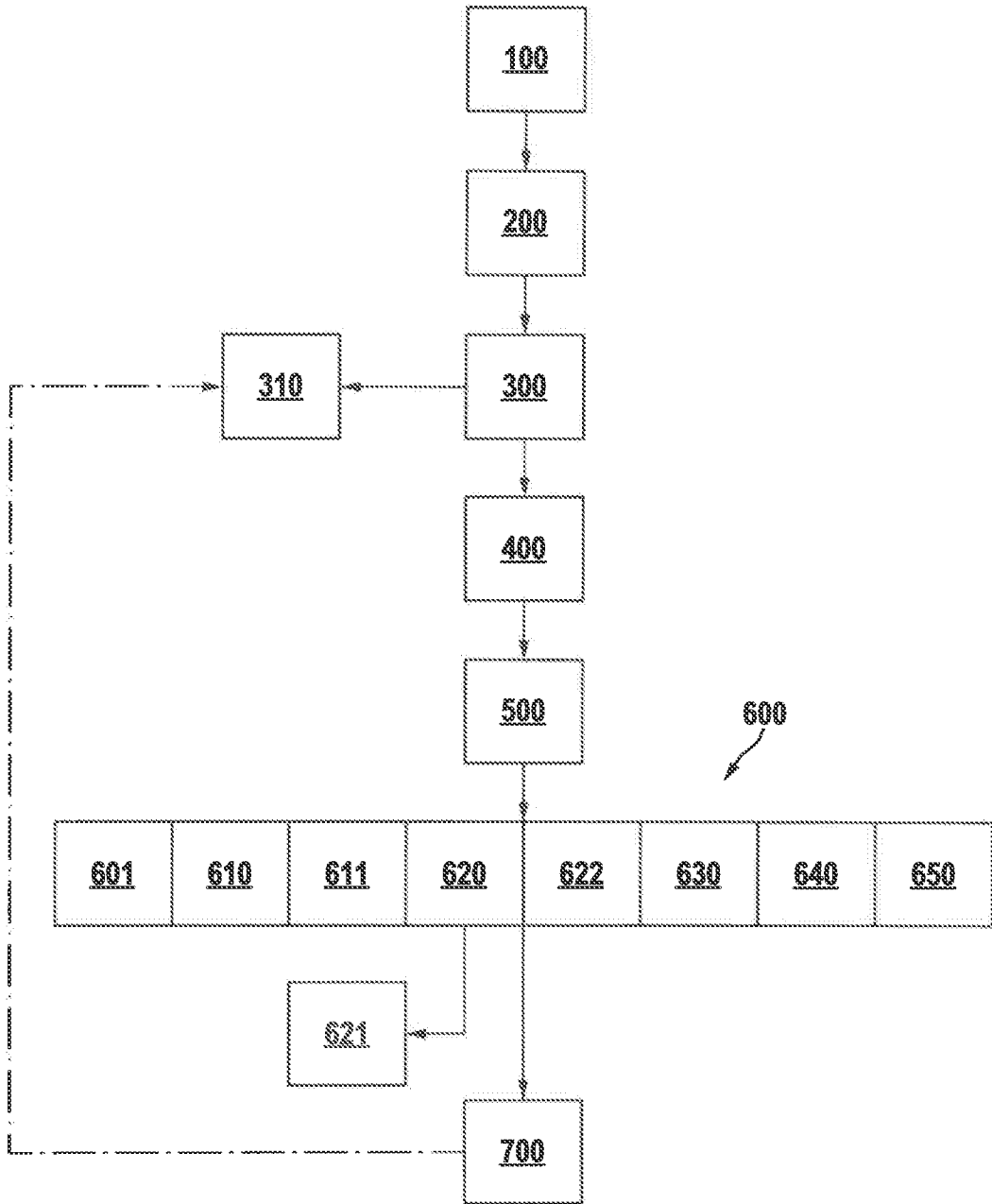


Fig. 1

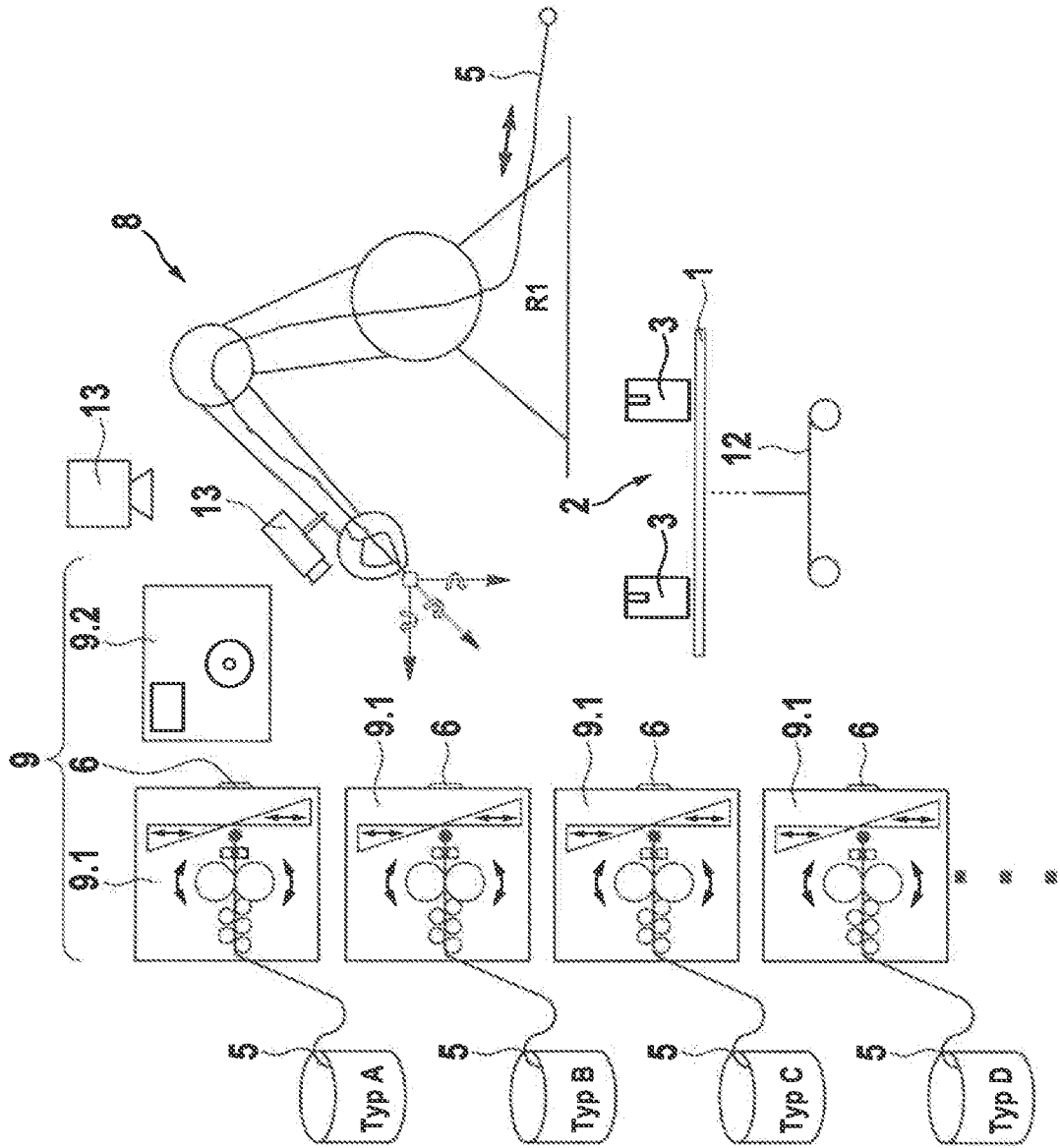


Fig. 2

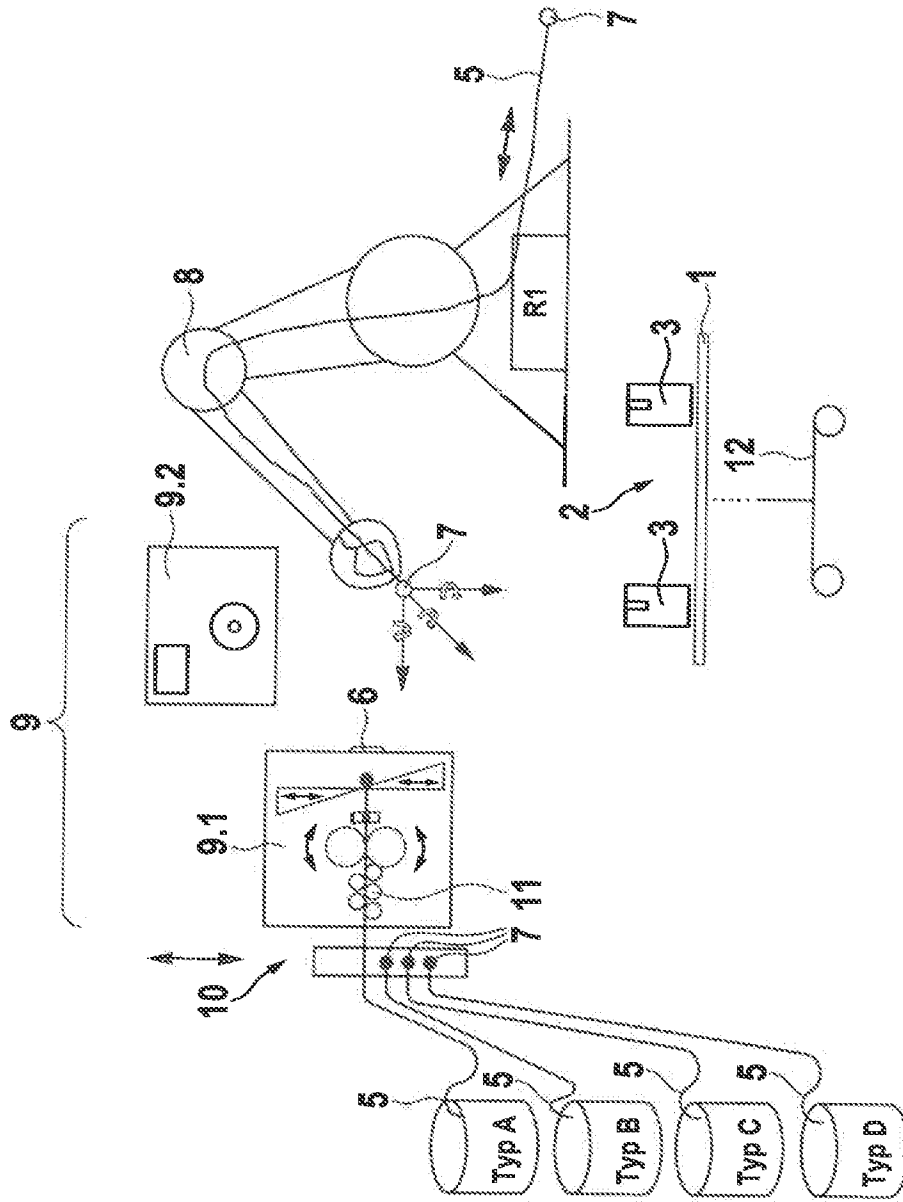


Fig. 5

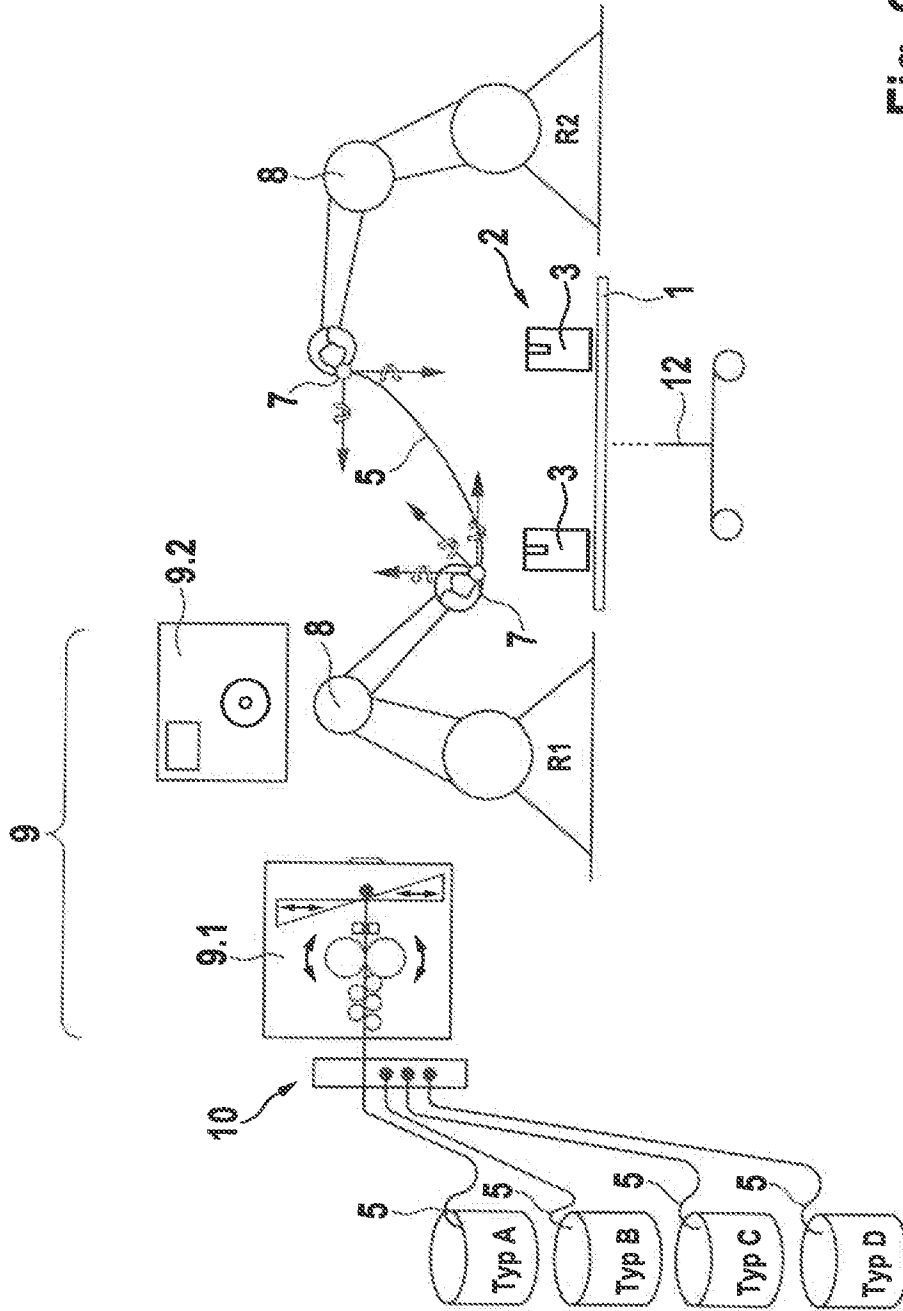


Fig. 6

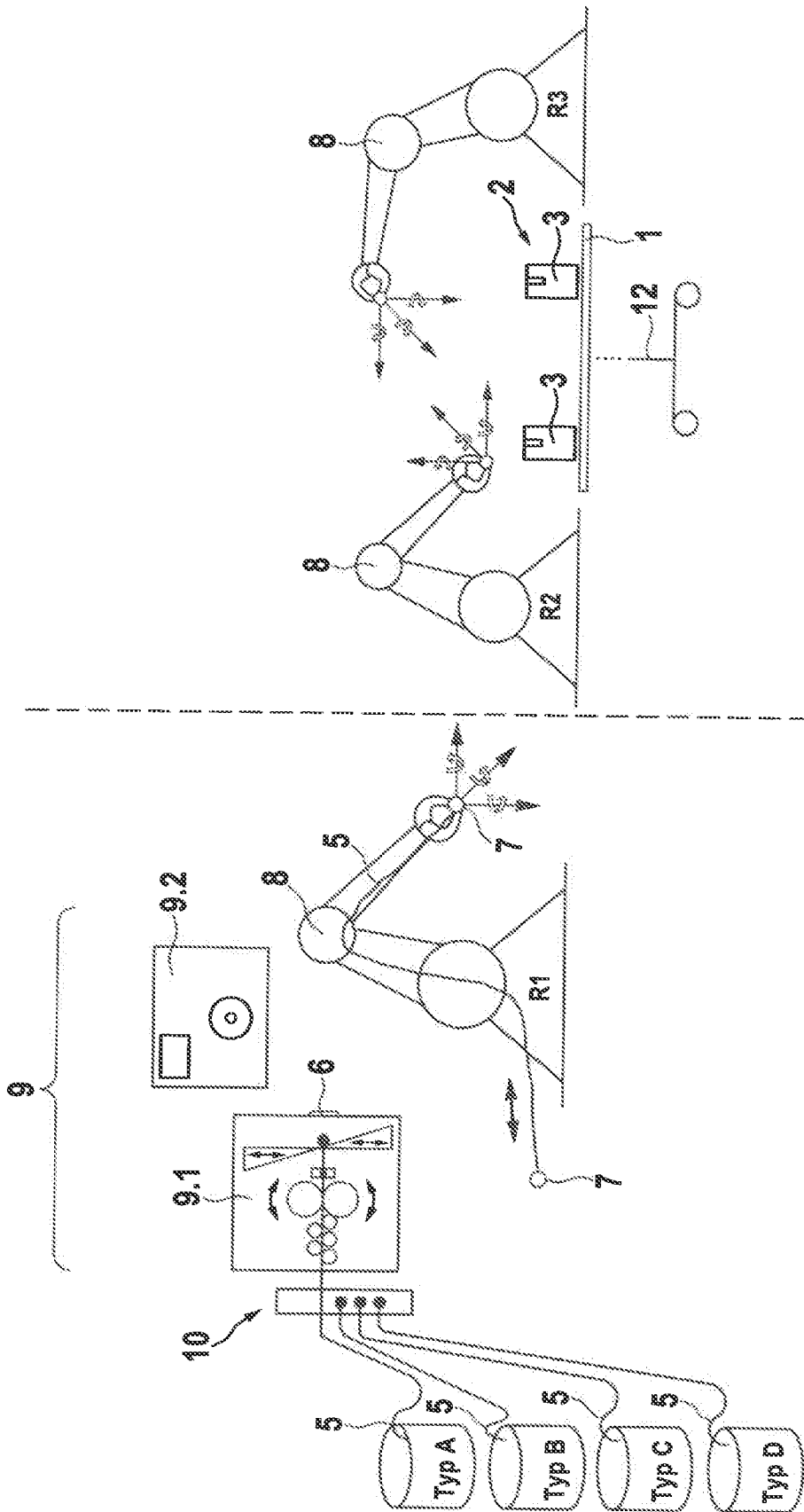


Fig. 7

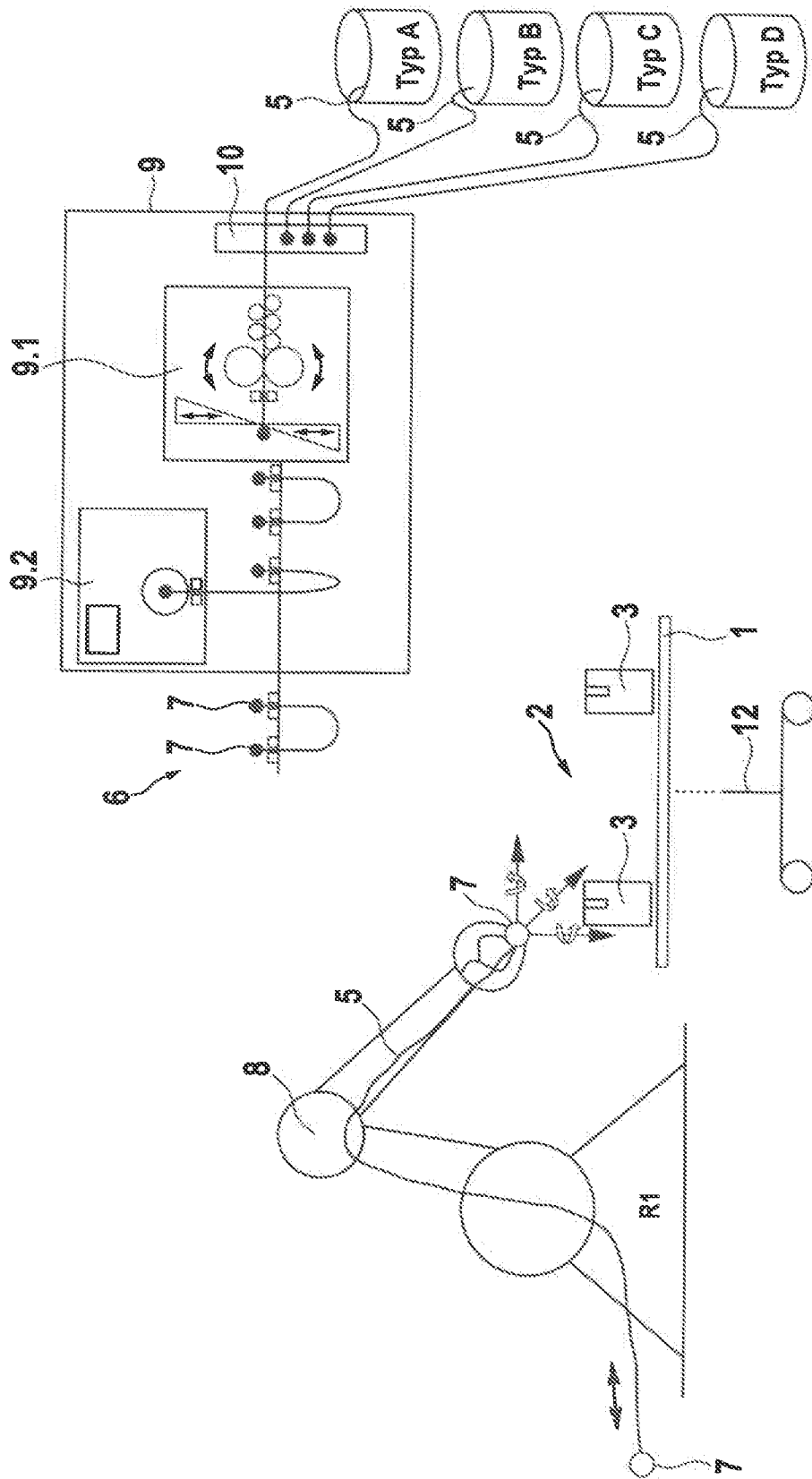


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/101019

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02B 3/00 (2006.01)i; G05B 19/418 (2006.01)i; G05B 19/18 (2006.01)i; H01R 43/28 (2006.01)i; H02B 1/20 (2006.01)n		
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) H02B; G05B; H01R; H02G; H05K		
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.
X	M. BUSI ET AL. "The WIRES Experiment: Tools and Strategies for Robotized Switchgear Cabling" <i>PROCEDIA MANUFACTURING</i> , 43rd North American Manufacturing Research Conference, NAMRC 43, 8-12 June 2015, UNC Charlotte, North Carolina, United States, Vol. 11, 01 January 2017 (2017-01-01), pages 355-363 DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.118 ISSN: 2351-9789, XP055539776 the whole document	1-20
X	System Robot Automazione. "Syndy, The independent solution" , Visano, Italy, 31 March 2012 (2012-03-31), pages 1-16, Retrieved from the Internet: http://www.systemrobot.it/en/crlines/wiring-syndy [retrieved on 2019-01-09] XP055539797 pages 9, 13, 1	1-20
A	WO 2018184832 A1 (WEIDMUELLER INTERFACE GMBH & CO KG [DE]) 11 October 2018 (2018-10-11) page 6, line 20 - page 8, line 2; figure 3	1,2,19,20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 27 January 2020		Date of mailing of the international search report 04 February 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Starck, Thierry Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/DE2019/101019

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 102015103444 A1 (KIESLING MASCHINENTECHNIK GMBH [DE]) 15 September 2016 (2016-09-15) cited in the application abstract; figures	7,8
A	EP 0924818 A2 (BROEKELMANN JAEGER & BUSSE [DE]; WAGO KONTAKTTECHNIK GMBH [DE]) 23 June 1999 (1999-06-23) the whole document	1,11
A	US 2018108458 A1 (MAKI TOMOHIDE [JP] ET AL) 19 April 2018 (2018-04-19) paragraph [0140]; figure 12	15-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/DE2019/101019

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2018184832	A1	11 October 2018	DE	102017107580	A1	11 October 2018
				WO	2018184832	A1	11 October 2018
DE	102015103444	A1	15 September 2016	NONE			
EP	0924818	A2	23 June 1999	DE	19756750	C1	19 August 1999
				EP	0924818	A2	23 June 1999
				JP	H11317119	A	16 November 1999
				US	6079097	A	27 June 2000
US	2018108458	A1	19 April 2018	CN	108028505	A	11 May 2018
				JP	2017050194	A	09 March 2017
				US	2018108458	A1	19 April 2018
				WO	2017038479	A1	09 March 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02B3/00 G05B19/418 G05B19/18 H01R43/28 ADD. H02B1/20		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02B G05B H01R H02G H05K		
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.
X	M. BUSI ET AL: "The WIRES Experiment: Tools and Strategies for Robotized Switchgear Cabling", PROCEDIA MANUFACTURING, Bd. 11, 1. Januar 2017 (2017-01-01), Seiten 355-363, XP055539776, 43rd North American Manufacturing Research Conference, NAMRC 43, 8-12 June 2015, UNC Charlotte, North Carolina, United States ISSN: 2351-9789, DOI: 10.1016/j.promfg.2017.07.118 das ganze Dokument ----- -/-	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "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) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "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 "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "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 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
27. Januar 2020	04/02/2020	
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 Starck, Thierry	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>System Robot Automazione: "Syndy, The independent solution", 31. März 2012 (2012-03-31), Seiten 1-16, XP055539797, Visano, Italy Gefunden im Internet: URL:http://www.systemrobot.it/en/crlines/wiring-syndy [gefunden am 2019-01-09] Seiten 9, 13, 1</p>	1-20
A	<p>WO 2018/184832 A1 (WEIDMUELLER INTERFACE GMBH & CO KG [DE]) 11. Oktober 2018 (2018-10-11) Seite 6, Zeile 20 - Seite 8, Zeile 2; Abbildung 3</p>	1,2,19,20
A	<p>DE 10 2015 103444 A1 (KIESLING MASCHINENTECHNIK GMBH [DE]) 15. September 2016 (2016-09-15) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen</p>	7,8
A	<p>EP 0 924 818 A2 (BROEKELMANN JAEGER & BUSSE [DE]; WAGO KONTAKTTECHNIK GMBH [DE]) 23. Juni 1999 (1999-06-23) das ganze Dokument</p>	1,11
A	<p>US 2018/108458 A1 (MAKI TOMOHIDE [JP] ET AL) 19. April 2018 (2018-04-19) Absatz [0140]; Abbildung 12</p>	15-17

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2019/101019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2018184832 A1	11-10-2018	DE 102017107580 A1 WO 2018184832 A1	11-10-2018 11-10-2018

DE 102015103444 A1	15-09-2016	KEINE	

EP 0924818 A2	23-06-1999	DE 19756750 C1 EP 0924818 A2 JP H11317119 A US 6079097 A	19-08-1999 23-06-1999 16-11-1999 27-06-2000

US 2018108458 A1	19-04-2018	CN 108028505 A JP 2017050194 A US 2018108458 A1 WO 2017038479 A1	11-05-2018 09-03-2017 19-04-2018 09-03-2017
