



(11)

EP 3 109 125 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.12.2016 Patentblatt 2016/52

(51) Int Cl.:
B61L 19/06 (2006.01) **B61L 27/00** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 15173810.1

(22) Anmeldetag: 25.06.2015

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA

(71) Anmelder: **Siemens Schweiz AG**
8047 Zürich (CH)

(72) Erfinder:

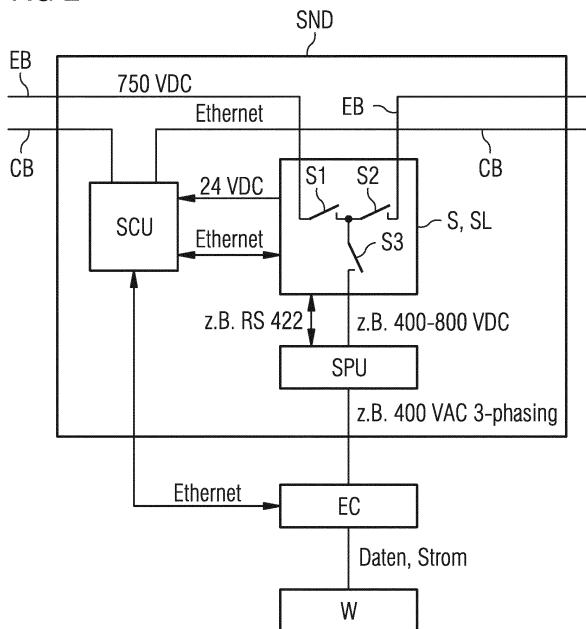
- HEDIGER, Martin**
8700 Küsnacht (CH)
- REICHLIN, Anton**
8400 Winterthur (CH)
- SIGG, Daniel**
8400 Winterthur (CH)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **SYSTEM UND VERFAHREN ZUM VERSORGEN VON DEZENTRALEN FUNKTIONSEINHEITEN MIT ELEKTRISCHER ENERGIE**

(57) Erfindungsgemäss sind ein System und ein Verfahren zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten (E) mit elektrischer Energie offenbart, wobei:
a) ein übergeordnetes Steuerungssystem (STW) vorgesehen ist, das mit den dezentralen Funktionseinheiten (E) mittels Datentelegrammen Informationen über einen Datenbus (CB, NB1, NB2) austauscht,
b) Netzknoteneinheiten (SND) sequentiell zwischen zwei Speisepunkten (PS1, PS2) eines ringartig aufgebauten Energiebusses (EB) angeordnet sind, die den dezentralen Funktionseinheiten (E) den Zugang zu dem Energiebus (EB) und optional zu dem Datenbus (CB) bereitstellen,
c) die Netzknoteneinheiten (SND) über ein steuerbares Schaltmodul (S) verfügen, das einen ersten Schalter (S1) und einem zweiten Schalter (S2) umfasst, wobei mit den beiden Schaltern (S1, S2) je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten (PS1, PS2) geschaltet wird,
d) der erste Schalter (S1) und/oder der zweite Schalter (S2) wahlweise geöffnet wird und eine über den Eingängen des Energiebusses in die Netzknoteneinheit abfallende Spannung messbar ist; und
e) ein Auswertemodul (CPU, SL) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung innerhalb einer Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) auf einen Unterbruch des Energiebusses (EB) und/oder ein fehlerhaftes Schaltmodul (S) hin auswertet.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System und ein Verfahren zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten mit elektrischer Energie.

[0002] Derartige dezentrale Funktionseinheiten werden im Besonderen in Schienenverkehrsnetzwerken z. B. wie die Eisenbahn eingesetzt, wo diese genutzt werden, um Fahrzeug beeinflussende und/oder Fahrzeug überwachende Einheiten zu steuern und bezüglich der Funktionalität zu überwachen und um Prozessdaten aufzunehmen und zurück an eine zentrale Steuerungs- und/oder Überwachungszentrale, wie zum Beispiel eine Leitstelle oder ein Stellwerk, zu melden. Als zugbeeinflussende Einheiten, die also Anweisungen an den Fahrzeugführer geben oder sogar direkt Eingriffe in der Fahrzeugsteuerung vornehmen oder direkt einen sicheren Fahrweg einstellen, können beispielsweise Signale, Weichen, Balisen, Linienleiter, Gleismagnete und dergleichen sowie auch Sensoren zum Erfassen von Prozessgrößen des fahrenden Zuges, wie Leistungsaufnahme, Geschwindigkeit und dergleichen, betrachtet werden. Als Zug- und Gleisabschnitt überwachende Einheiten können ebenfalls Balisen und Linienleiter, aber auch Achszähler und Gleisstromkreise und andere Gleisfreimeldesysteme genannt werden. Grundsätzlich betrifft die vorliegende Erfindung aber alle industriellen Anlagen, in denen funktionale Einheiten über grössere Strecken verteilt sind und dennoch zentral gesteuert werden müssen. Die zentrale Steuerung kann dabei von einer ortsfesten Leitstelle, aber auch durch eine nicht-ortsfeste virtuelle Leitstelle wahrgenommen werden.

[0003] Im Eisenbahnverkehr ist es üblicherweise so, dass diese dezentralen Funktionseinheiten von einem Stellwerk oder einem abgesetzten Stellwerkrechner gesteuert werden. Für den Datentransfer zwischen dem Stellwerk und den Funktionseinheiten im Gleisbereich sind heute in der Regel standardisierte Kupferkabel vorgesehen, für deren klassische Stelldistanzängen wegen der physikalischen Übertragungsparameter, den Kabelbelägen (RLC), bei 10 km in der Praxis die obere Grenze liegt. Bei gewissen Typen von Funktionseinheiten kann diese obere Limite jedoch auch nur bei maximal 6,5 km liegen.

[0004] Aus dem Projekt Sinet® der Siemens Schweiz AG und der dazu korrespondierenden europäischen Patentanmeldung EP 2 301 202 A1 sind eine Einrichtung und ein Verfahren zur Steuerung und/oder Überwachung von entlang eines Verkehrsnetzwerks angeordneten dezentralen Funktionseinheiten bekannt, welche folgenden Kernpunkte umfassen:

- a) ein übergeordnetes Steuerungssystem, das mit den dezentralen Funktionseinheiten mittels Daten-telegrammen Informationen austauscht,
- b) ein Datentransportnetzwerk mit einer Anzahl von Netzzugangspunkten, wobei das übergeordnete

Steuerungssystem über mindestens einen Netzzugangspunkt an dem Datentransportnetzwerk angekoppelt ist;

- c) Kommunikationseinheiten, die jeweils an einem Netzzugangspunkt angeschlossen sind, wobei:
 - d) die dezentralen Funktionseinheiten zu Untergruppen mit jeweils eigenem Subnetzwerk zusammengefasst sind; und wobei
 - e) das Subnetzwerk jeder der Untergruppen an jedem seiner beiden Ende jeweils über eine Kommunikationseinheit und über einem Netzzugangspunkt an dem Datentransportnetzwerk angekoppelt ist.

[0005] Auf diese Weise kann für die Ankopplung der dezentralen Funktionseinheiten ein digitales Datentransportnetzwerk genutzt werden, welches in jeder Weise robust gegen ein einfaches Fehlerereignis ist, dennoch eine sehr geschickte Verwendung von sehr breit in der Bahntechnik eingesetzten Cu-Kabeln, zum Beispiel bisher vorhandenen Stellwerkskabeln, erlaubt und schliesslich auch nur eine vergleichsweise geringe Zahl von Netzzugangspunkten benötigt.

[0006] Eine derartige Einrichtung ist dabei in besonders vorteilhafter Weise für ein Schienennetz für den Eisenbahnverkehr einsetzbar. Folglich ist dann in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung zweckmässig, mittels den dezentralen Funktionseinheiten verkehrsüberwachende und verkehrssteuernde Funktionseinheiten, wie insbesondere Signale, Weichen, Achszähler, Gleisstromkreise, punkt- und linienförmige Zugbeeinflussungselemente, an das Datentransportnetzwerk anzukoppeln.

[0007] Der Aufbau von technischen Anlagen, besonders auch in der Bahninfrastruktur, ist aufgrund der über 100 jährigen Geschichte des Industrieanlagenbaus und des Eisenbahnwesens auf Robustheit und Zuverlässigkeit ausgelegt. In der damaligen Konzeption wurden besonders die Aussenelemente der Bahnsicherungsanlagen über relativ kräftige Kabeladern angeschlossen, um die Schaltzustände über die definierten Distanzen sicher detektieren zu können, d.h. die Auslegung erfolgt entsprechend der Spitzenbelastungen mit ausreichender Reserve. Mit dem Schaltvorgang der Aussenelemente wird über die Energiezuführung auch die Information übermittelt. Daraus folgt aber in naheliegender Weise auch, dass die möglichen Distanzen durch den detektierbaren Energiefluss begrenzt sind. Unter heutigen Flexibilitäts-, Kosten- und Ressourcenpolitischen -Aspekten sind diese etablierten Konzepte neben der durch die EP 2 301 202 A1 offenbarte Kommunikationsstruktur dringend auch im Bereich der Energiezuführung zu innovieren und so die bisherige Kopplung von Information und Energie aufzulösen.

[0008] Hierzu offenbart die internationalen Patentanmeldung WO 2013/013908 A1 eine Lösung. Diese Lösung sieht eine Einrichtung und ein Verfahren zum Betreiben von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten vor, umfassend:

- a) ein übergeordnetes Steuerungssystem, das mit den dezentralen Funktionseinheiten mittels Datentelegrammen Informationen austauscht,
- b) ein Datentransportnetzwerk mit einer Anzahl von Netzzugangspunkten, wobei das übergeordnete Steuerungssystem über mindestens einen Netzzugangspunkt an dem Datentransportnetzwerk angekoppelt ist;
- c) Kommunikationseinheiten, die an einem Netzzugangspunkt angeschlossen sind und den dezentralen Funktionseinheiten den Zugang zu dem Datentransportnetzwerk bereitstellen, und
- d) ein Energietransportnetz, an das die dezentralen Funktionseinheiten angeschlossen sind und das die dezentralen Funktionseinheiten mit elektrischer Energie versorgt. Auf diese Weise ist nun auch das Energietransportnetz vollkommen von einem Stellwerk entkoppelt.

[0009] Ausgehend von der heutigen Stellwerkarchitektur mit dezentralen Stationen, aber Punkt-zu-Punkt-Energiezuführung, wird hiermit ein neuer, innovativer Ansatz beschritten, der von der Siemens Schweiz AG unter dem Namen Sigrid® vertrieben. Die heutigen kabel- und arbeitsintensiven Punkt- zu Punkt-Verbindungen für die Stromversorgung bzw. die Energieversorgung der peripheren Elemente entlang dem Gleis (Element Controller oder auch dezentrale Funktionseinheit genannt) werden ersetzt durch adernsparende und einfach zu montierende Bus- oder Ringleitungen.

[0010] Die in der WO 2013/013908 A1 offenbare Lösung beschränkt sich aber längst nicht nur auf den beschriebenen Anwendungsfall der Stellwerksarchitektur von Bahnanlagen, sondern geht weit darüber hinaus. Als zukünftige Beispiele werden das Energiemanagement für Gebäude oder für Grossanlagen in der produzierenden oder verarbeitenden Industrie auf der Basis dezentraler Energieversorgung gesehen.

[0011] Wenn der Energiebus zwischen zwei Stellwerken oder sonstigen Einrichtungen mit Anschluss zu den Energieversorgungsnetzen verlegt wird, so kann die Versorgung der angeschlossenen Verbraucher (dezentrale Funktionseinheiten) von beiden Speiseseiten erfolgen. Dadurch wird eine bisher noch nicht verfügbare Redundanz der Energieversorgung geschaffen. Die dezentralen Funktionseinheiten - auch Element Controller oder kurz EC genannt) werden dabei durch netzknoteneinheiten - auch Buskoppler oder kurz SND - Smart Node Device genannt - an den Datenbus und den Energiebus angeschlossen, die Steuerungs-, Überwachungs- und Diagnosefunktionen übernehmen können. Die SND können beispielsweise den Energiebus unterbrechen bzw. durchschalten, sowie Ströme und Spannungen im Energiebus messen.

[0012] Einfache Defekte, also beispielsweise Kurzschlüsse oder Unterbrüche, im Energiebus führen bei korrekter Behandlung aufgrund der Redundanz nicht unmittelbar zu einem Ausfall von Elementen. Im Fall einer

ausfallenden Speiseseite würde die Versorgung aller dezentralen Funktionselemente von der zweiten Speiseseite übernommen.

[0013] Durch die Redundanz der Energieversorgung mit zwei Speiseseiten kann in gewissen Fällen ein Unterbruch verdeckt werden. Ein solcher Unterbruch führt, wie bereits erwähnt, in einem ersten Fehlerfall nicht zu Ausfällen von angeschlossenen Verbrauchern. Wenn jedoch bereits ein unentdeckter Unterbruch zwischen zwei dezentralen Funktionselementen oder in einer Netzknoteneinheit vorhanden ist, wird ein weiterer Unterbruch gezwungenermaßen dazu führen, dass alle zwischen den beiden Unterbrüchen liegenden dezentralen Funktionseinheiten von der Energieversorgung abgetrennt werden. Dies ist insbesondere im Bereich von Eisenbahnsicherungsanlagen zu vermeiden; es ist daher eine hohe Zuverlässigkeit der Speisung erforderlich. Deshalb müssen Unterbrüche im Bus innert nützlicher Frist erkannt und entsprechend behoben werden können, damit z.B. bei Montagearbeiten nicht aus Versehen ein Teil der Anlage vom Netz getrennt wird.

[0014] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System und ein Verfahren zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten mit elektrischer Energie anzugeben, bei dem Unterbrüche im Energiebus oder fehlerhafte Netzknoteneinheiten, insbesondere deren Schaltmodule, zuverlässig und schnell detektierbar sind, sodass umgehend Massnahmen zur Wiederherstellung der korrekten Funktion des Energiebusses eingeleitet werden können.

[0015] Die Aufgabe wird bezüglich des Systems erfindungsgemäß durch ein System zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten mit elektrischer Energie gelöst, wobei:

- a) ein übergeordnetes Steuerungssystem vorgesehen ist, das mit den dezentralen Funktionseinheiten mittels Datentelegrammen Informationen über einen Datenbus austauscht,
- b) Netzknoteneinheiten sequentiell zwischen zwei Speisepunkten eines ringartig aufgebauten Energiebusses angeordnet sind, die den dezentralen Funktionseinheiten den Zugang zu dem Energiebus und optional zu dem Datenbus bereitstellen,
- c) die Netzknoteneinheiten über ein steuerbares Schaltmodul verfügen, das einen ersten Schalter und einem zweiten Schalter umfasst, wobei mit den beiden Schaltern je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten schaltbar ist,
- d) der erste Schalter und/oder der zweite Schalter wahlweise offenbar sind und eine über den Eingängen des Energiebusses in die Netzknoteneinheit abfallende Spannung messbar ist; und
- e) ein Auswertemodul vorgesehen ist, das die gemessene Spannung innerhalb einer Netzknoteneinheit und/oder unter benachbarten Netzknotenein-

heiten auf einen Unterbruch des Energiebusses und/oder ein fehlerhaftes Schaltmodul hin auswertet.

[0016] Bezuglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäss durch ein Verfahren zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten mit elektrischer Energie gelöst, wobei:

- a) ein übergeordnetes Steuerungssystem vorgesehen ist, das mit den dezentralen Funktionseinheiten mittels Datentelegrammen Informationen über einen Datenbus austauscht,
- b) Netzknoteneinheiten sequentiell zwischen zwei Speisepunkten eines ringartig aufgebauten Energiebusses angeordnet sind, die den dezentralen Funktionseinheiten den Zugang zu dem Energiebus und optional zu dem Energiebus bereitstellen,
- c) die Netzknoteneinheiten über ein steuerbares Schaltmodul verfügen, das einen ersten Schalter und einem zweiten Schalter umfasst, wobei mit den beiden Schaltern je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten geschaltet wird,
- d) der erste Schalter und/oder der zweite Schalter wahlweise geöffnet wird und eine über den Eingängen des Energiebusses in die Netzknoteneinheit abfallende Spannung gemessen wird; und
- e) ein Auswertemodul vorgesehen ist, das die gemessene Spannung innerhalb einer Netzknoteneinheit und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten auf einen Unterbruch des Energiebusses und/oder ein fehlerhaftes Schaltmodul hin auswertet.

[0017] Auf diese Weise werden ein System und ein Verfahren geschaffen, mit denen es aufgrund der Auswertung der Spannungen über den Schaltern innerhalb einer Netzknoteneinheit oder benachbarter Netzknoteneinheiten ermöglicht ist, Unterbrüche des Energiebusses und/oder fehlerhafte Schalter von Netzknoteneinheiten sicher aufzuspüren.

[0018] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung können die für die beiden Eingänge des Energiebusses in einer Netzknoteneinheit gemessenen Spannungen derselben Netzknoteneinheit verglichen werden. Auf diese Weise lässt sich feststellen, ob die Verbindung zu beiden Speisepunkten intakt ist oder ob eine dieser Verbindungen unterbrochen ist oder ob einer der Schalter eine Störung aufweist.

[0019] Alternativ oder ergänzend hierzu können die für die zwei Eingänge des Energiebusses in zwei unmittelbar benachbarten Netzknoteneinheiten gemessenen Spannungen verglichen werden. Auf diese Weise lässt sich ebenfalls feststellen, ob die Verbindung zu beiden Speisepunkten intakt ist oder ob eine dieser Verbindungen zwischen den beiden Netzknoteneinheiten unterbrochen ist.

[0020] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die auf einer Netzknoteneinheit gemessenen Spannungswerte über den Datenbus an eine benachbarte Netzknoteneinheit und/oder das übergeordnete Steuerungssystem übertragbar sind. Auf diese Weise können die Daten in geeigneter Weise dort aufkumuliert werden, wo deren Auswertung mittels des Auswertemoduls vorgesehen ist. Das Auswertemodul ist dabei eher eine Auswerteinstanz, weil die Auswertung der Spannungswerte softwaremäßig erfolgt und die erforderliche Hardware hierfür daher an einem geeigneten Ort, wie zum Beispiel in dem übergeordneten Steuerungssystem (z.B. das Stellwerk) oder aber auch auf einer Master-Netzknoteneinheit angeordnet sein kann. Zur Überprüfung ist nun auch möglich die Netzknoteneinheiten der Reihe nach abzufragen. Hierzu kann ein Überwachungszyklus zum sukzessiven Öffnen der beiden Schalter für jede Netzknoteneinheit im Wege einer sukzessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten beginnend an einem der beiden Speisepunkte vorgesehen sein. Alternativ oder ergänzend kann ein Überwachungszyklus zum sukzessiven Öffnen der beiden Schalter für jede Netzknoteneinheit im Wege einer sukzessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten beginnend an der im Spannungsmittelpunkt des Energiebusses liegenden Netzknoteneinheit und dann in beidseitiger Ausdehnung zu den Speisepunkten hin vorgesehen sein. Somit kann systematisch von Netzknoteneinheit zu Netzknoteneinheit vorgegangen werden, bis alle innerhalb des Energiebusses sequentiell angeordneten Netzknoteneinheiten abgearbeitet sind.

[0021] Zur Sicherstellung der Speisung kann der Überwachungszyklus in geeigneten Abständen periodisch ausgeführt oder durch eine Netzknoteneinheiten oder durch das übergeordnete Steuerungssystem bedarfsweise angestoßen werden.

[0022] Ein typischer Ausführungsfall für die industrielle Anlage kann ein Eisenbahnnetzwerk sein. Entsprechend werden dann mittels der dezentralen Funktionseinheiten verkehrsüberwachende und verkehrssteuernde Einheiten, wie insbesondere Signale, Weichen (W), Achszähler, Gleisstromkreise, punkt- und linienförmige Zugbeeinflussungselemente, gesteuert.

[0023] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen. Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

50 Figur 1 in schematischer Ansicht eine Stellwerkarchitektur mit einem Datenbus und einem Energiebus;

55 Figur 2 in schematischer Ansicht eine Netzknoteneinheit zur Verbindung einer dezentralen Funktionseinheit mit dem Datenbus und Energiebus;

- Figur 3 in schematischer Ansicht den Spannungsverlauf über dem Energiebus im Normalbetrieb;
- Figur 4 in schematischer Ansicht den Spannungsverlauf über dem Energiebus für zwei Unterbruchsarten; und
- Figur 5 in schematischer Ansicht den Spannungsverlauf über dem Energiebus für zwei verdeckte Unterbrüche im Energiebus.

[0024] Figur 1 zeigt schematische eine Stellwerkarchitektur mit einem System Sys, das u.a. ein Stellwerk STW, einen redundant abgebauten Datenbackbone NB1, NB2, einem Datenbus CB und einen Energiebus EB mit zwei Speisestellen PS1 und PS2 aufweist. Das Stellwerk STW steuert den Zugverkehr auf einem Gleisabschnitt G, in welchem hier beispielhaft Signale S, Weichen W, ein Bahnübergang Bue und Achszähler AC angeordnet sind. Diese Zugsicherungs- und beeinflussungskomponenten koppeln jeweils mit einer dezentralen Funktionseinheit - auch Element Controller Unit E genannt - an dem Datenbus CB und dem Energiebus EB an. Die dezentralen Funktionseinheiten E sind dabei so an den ringförmigen Datenbus CB angeschlossen, dass über jede Seite des ringförmigen Datenbusses CB der Zugriff auf die Datenbackbones NB1 und NB2 gegeben ist. Der Datenbus CB koppelt dabei mit entsprechenden Routern/Switches SW an dem jeweiligen Datenbackbone NB1, NB2 an.

[0025] Figur 2 zeigt nun schematisch die daten- und energievorsorgungstechnische Anschaltung der Element Controller Unit E einer Zugbeeinflussungskomponente, hier zum Beispiel eine Weiche W, an den Datenbus CB und den Energiebus EB. Ein derartiger Anschaltpunkt umfasst eine Netzknoteneinheit SND, eine Kommunikationseinheit SCU und den eigentlichen Element Controller EC. Die Kommunikationseinheit SCU wird für den Datenaustausch über beide Äste des Datenbusses CB verwendet. Energeseitig ist die Netzknoteneinheit SND vorgesehen, die an beiden Ästen des Energiebusses EB ankoppelt. Die Netzknoteneinheit SND steuert und überwacht den Energiebus EB, detektiert Stromüberschreitungen innerhalb des Energiebusses und beim angeschlossenen Verbraucher (SPU mit EC). In redundanter Weise wird sie immer von zwei Seiten her mit elektrischer Energie versorgt und verfügt daher in einem Schaltmodul S über einen linken Schalter S1 und einen rechten Schalter S2 sowie über einen Lastschalter S3 zur Versorgungseinheit SPU des Element Controllers EC. Das Schaltmodul S umfasst im vorliegenden Ausführungsbeispiel auch eine Steuer-und/oder Auswertelogik SL, die beispielsweise zur Messung der Spannungen und/oder Ströme an den Eingängen des Energiebusses EB in der Netzknoteneinheit SND eingesetzt wird.

[0026] Die Netzknoteneinheit SND versorgt auch die Kommunikationseinheit SCU mit Spannung und kann mit dieser auch über eine Ethernet-Verbindung Daten austauschen und ist damit in den Datenbus CB eingebunden

(z.B. zum Aktivieren des Handbetriebs des SND über Fernzugriff und Betätigen der Schalter S1 bis S3, zur Abgabe von Diagnosedaten an das Stellwerk oder ein übergeordnetes Service- und Diagnosesystem, Abfrage der aktuellen Spannungen, Ströme, Energie- und Leistungswerte, Parametrierung des SND, zur Abgabe und/oder Empfang von Daten für die Aufladung/das Energiemanagement eines hier nicht weiter dargestellten Energiespeichers oder für die Anmeldung eines zukünftigen Leistungsbedarfs). In die Netzknoteneinheit SND ist hier über den Schalter S3 die Versorgungseinheit SPU integriert, die die Spannung des Energiebusses EB auf die für den Element Controller EC erforderliche Eingangsspannung konvertiert. Zudem ist eine Datenverbindung zwischen dem Schaltmodul S der Netzknoteneinheit SND und der Versorgungseinheit SPU, z.B. in Form einer serielle RS 422, vorgesehen. Energietechnisch typisch ist hier zum Beispiel eine dreiphasige Verbindung mit 400 VAC. Der Element Controller EC steuert und versorgt in Figur 2 vorliegend die Weiche W. Dabei empfängt der Element Controller EC Datentelegramme von einem übergeordneten Stellwerksrechner CPU via einer Ethernet-Verbindung von der Kommunikationseinheit SCU und gibt über diese Kommunikationseinheit SCU die Rückmeldungen an den Stellwerksrechner CPU. Der Stellwerksrechner CPU repräsentiert hier auch ein entsprechendes Auswertemodul, dass die empfangenen Daten bestimmungsgemäß auswertet.

[0027] Figur 3 zeigt nun den Spannungsverlauf über dem Energiebus EB, in den hier sieben Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 geschaltet sind, im Normalbetrieb. Im normalen Betrieb wird sich irgendwo auf dem Energiebus EB ein Energiemittelpunkt einstellen, an dem die Energie von beiden Speisestellen SP1 und SP2 bezogen wird. Bis zu diesem Mittelpunkt wird die Energie im Bus jeweils von nur einer Speisestelle SP1 oder SP2 geliefert; sie fliesst also nur in einer Richtung. Dadurch ergeben sich die folgenden Ausfallszenarien:

- a) Unterbrüche an einem beliebigen Punkt in dem Energiebus EB wie in Figur 4 mit dem Buchstaben A für einen Unterbruch zwischen SND2 und SND 3 bezeichnet; und
- b) Unterbrüche in den Schaltern S1, S2 einer Netzknoteneinheit SND wie in Figur 4 mit dem Buchstaben B für einen Unterbruch in SND2 bezeichnet.

[0028] Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 sowohl Strom und Spannung am Energiebus EB, als auch die Stromrichtung im Energiebus EB an beiden Buseingängen (Bus links, Bus rechts) misst. Es wird weiter angenommen, dass in die Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 eine Schaltfunktion im Schaltmodul S implementiert ist, wobei die Schalter S1 und S2 mittels unidirektional oder bidirektional leitenden Halbleiterbauelementen realisiert sind. Damit ist in jeder Netzknoteneinheit SND ein "Schalter links" vorhanden, durch den der Strom I von

rechts nach links fliessst, und ein "Schalter rechts", durch den der Strom nach rechts fliessst. Im Fall des bidirektional leitenden Halbleiterelements gibt es zwar dann nur einen Busschalter, der in beide Richtungen leitet. Zusätzlich wird hier davon ausgegangen, dass die angeschlossenen Versorgungseinheiten SPU einen Spannungsunterbruch von etwa 20ms überbrücken können.

[0029] Die vorliegende Erfindung löst das technische Problem der Überwachung des Energiebusses EB mittels einer segmentweisen Überprüfung der Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7. Es kann mit den sowieso für die Funktion notwendigen Mitteln auch ein versteckter Redundanzausfall aufgedeckt werden. Es muss also weder eine hochpräzise Strom- oder Spannungsmessung auf dem Energiebus EB implementiert werden, noch muss ein grosser Schaltungsaufwand betrieben werden, um Prüfsignale auf den Datenbus CB zu legen bzw. zu empfangen und auszuwerten. Natürlich könnten sämtliche Daten z.B. im Wege einer Power Line Communication über den Energiebus EB ausgetauscht werden.

[0030] Die im Energiebus EB vorhandenen Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 können den Prüfablauf autonom anhand einer festgelegten Zeitfolge durchführen. Dabei wird den Netzknoteneinheiten anhand der Position im Energiebus EB ein fixer Zeitpunkt zugewiesen, zu dem sie die Unterbruchsprüfung durchführen dürfen. Es ist auch möglich, den Prüfablauf über die Kommunikation zwischen den Netzknoteneinheiten synchronisiert ablaufen zu lassen, beispielsweise angestoßen von einem vordefinierten Master SND. Aus der kombinierten Messung von Strom, Stromrichtung und Spannung an beiden Schaltern S1, S2 kann die Netzknoteneinheit SND durch kurzzeitige Auffrennung der Schalter S1 und S2 eindeutig den Zustand des Energiebusses EB feststellen.

[0031] Zunächst wird hier die Reaktion des Energiebusses EB auf die beiden oben dargestellten Unterbruchsfälle (A) und (B) aus Figur 4 beschrieben. Die Netzknoteneinheiten werden nun nur noch SND oder mit ihrer Nummer referenziert.

[0032] Im Falle des Unterbruchs (A) wird im Energiebus ein Spannungssprung sichtbar. Die an den Unterbruch angrenzenden SND, hier SND2 und SND3, messen an ihren Buseingängen unterschiedliche Busspannungen. Über Austausch der Messwerte von SND2 und SND3 kann dieser Unterbruch (A) einfach erkannt werden, weil die beiden angrenzenden Netzknoteneinheiten SND2 und SND3 an ihren jeweils zugewandten Buseingängen unterschiedliche Spannungen messen.

[0033] Im Falle des Unterbruchs (B) misst das SND, dessen Schalter defekt ist, an den beiden Spannungsmesspunkten an den Buseingängen unterschiedliche Busspannungen. Der Unterschied ist grösser als der Spannungsabfall über den Schaltern S1, S2 selbst. Auch dieser Fall lässt sich im Betrieb ohne grossen Aufwand erkennen.

[0034] Schwieriger wird es, wenn der Unterbruch nahe am elektrischen Mittelpunkt im Energiebus liegt, was mit den Buchstaben (C) und (D) in Figur 5 gezeigt ist, oder

ein Schalter S1 bis S3 im Schaltmodul S betroffen ist, der nicht in die stromführende Richtung leitet Buchstabe (F) in Figur 5. Hier wird nun der im Folgenden beschriebene Unterbrucherkennungsalgorithmus aktiv.

[0035] Die Unterbruchserkennung sucht im Betrieb regelmässig nach offensichtlich auftretenden Unterbrüchen gemäss Buchstaben (A) und (B) im Energiebus EB. Dies kann zum Beispiel auch realisiert werden, indem benachbarte SND ihre Strom- / Spannungsmesswerte austauschen und bei Unregelmässigkeiten einen Unterbruch melden. Wenn zwischen den Messwerten an den beiden Schaltern eines SND oder zwischen zwei benachbarten SND ein erheblicher Spannungssprung festgestellt wird, muss ein Unterbruch im Energiebus EB vorliegen. Zusätzlich wird periodisch nach versteckten Unterbrüchen gesucht. Dazu gehen die SND im Falle der synchronisierten Unterbruchserkennung wie folgt vor:

Das SND in der elektrischen Busmitte, hier also SND4, trennt die Schalter S1 und S2 für beide Richtungen auf. Wenn an beiden Eingängen des Schaltmoduls S die Spannung nicht wesentlich ändert, sind die Kabel zu den beiden benachbarten SND intakt und das nächste SND kann geprüft werden.

[0036] SND5 trennt "Schalter links" auf, was bewirkt, dass SND4 nur noch von links gespeist wird und die beiden Eingänge auf SND5 unterschiedliche Spannungswerte messen müssen. Fällt die Spannung am linken Eingang von SND5 komplett zusammen, bzw. unter die minimal erlaubte Schwelle, ist "Schalter rechts" von SND4 defekt (Defekt (D)). Ansonsten kann das nächste SND geprüft werden.

[0037] SND6 trennt "Schalter links" auf, was bewirkt, dass SND5 nur noch von links gespeist wird und die beiden Eingänge des Schaltmoduls auf SND6 unterschiedliche Spannungswerte messen müssen. Fällt die Spannung am Eingang links von SND6 komplett zusammen, ist "Schalter rechts" von SND5 defekt. Ansonsten kann das nächste SND geprüft werden.

[0038] Sobald die Prüfroutine den "Schalter links" des SND ganz rechts geöffnet hat und so die gesamte rechte Seite des Energiebusses EB geprüft ist, kann bei SND3 in Richtung links weitergearbeitet werden, wobei im ersten Schritt SND3 "Schalter rechts" öffnen würde. Defekt (F) würde so offenbart, wenn "Schalter links" von SND1 geöffnet wird. Die Prüfroutine kann auch mit bidirektional leitfähigen Halbleiterelementen angewendet werden. Dann gibt es nur einen Busschalter, der in beide Richtungen leitet. Entsprechend fällt in diesem Fall die Ausfallart "der Schalter, der nicht in die stromführende Richtung leitet, fällt aus" weg. Nur die Ausfälle A, B, C und D müssten für diesen Fall betrachtet werden. F würde nicht mehr existieren.

[0039] Wird irgendwo ein Unterbruch festgestellt, so wird dieser Prüfdurchlauf sofort gestoppt und der Fehler wird von den SND durch Datentelegramme angezeigt und an die anderen SND und/oder das Stellwerk STW

und/oder eine andere diesbezügliche Diagnoseeinreichung gemeldet. Bis eine Reparatur erfolgt ist, sind Manipulationen im Energiebus EB dann zu unterlassen.

[0040] Es ist auch möglich, den Ablauf nur zeitgetriggert ohne explizite Synchronisation zwischen den SND anlaufen zu lassen. Abhängig von der vorherrschenden Stromrichtung öffnet so ein SND nach dem anderen seine Schalter S1, S2. In diesem Falle würde SND1 als Erstes seinen über die Projektierung vordefinierten Zeitslot (Zeitsynchronisation über NTP) erhalten und den "Schalter rechts" öffnen (der Strom fliesst von links nach rechts, also wird dieser Strompfad unterbrochen um die andere Stromrichtung zu prüfen). Als nächstes ist SND 2 dran, und so weiter. Das SND, das von beiden Seiten Strom erhält, öffnet beide Schalter, die SND, in denen der Strom nur von rechts fliesst, öffnen die "Schalter links". Die Unterbruchsdetektion funktioniert analog zum oben beschriebenen Ablauf, ein bereits bestehender Unterbruch führt aber in diesem Fall zu einem kurzen Spannungsunterbruch in den Element Controller Units E, die zwischen dem gerade prüfenden SND und dem Unterbruch liegen. Die Schalter dürfen deshalb in Rahmen der weiter oben gemachten Annahme einer für 20ms sichergestellten Spannungsversorgung nicht länger als 10ms geöffnet bleiben. Zur exakten Lokalisierung des Unterbruchs muss auch der gesamte Energiebus EB durchlaufen werden, jedes SND muss kurz seine Schalter S1 und/oder S2 öffnen. Der Unterbruch wird gemeldet, und auch hier darf keine Manipulation ausser der Reparatur am Energiebus EB erfolgen.

Patentansprüche

1. System (Sys) zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktions-einheiten (E) mit elektrischer Energie, wobei:
 - a) ein übergeordnetes Steuerungssystem (STW) vorgesehen ist, das mit den dezentralen Funktionseinheiten (E) mittels Datentelegrammen Informationen über einen Datenbus (CB, NB1, NB2) austauscht,
 - b) Netzknoteneinheiten (SND) sequentiell zwischen zwei Speisepunkten (PS1, PS2) eines ringartig aufgebauten Energiebusses (EB) angeordnet sind, die den dezentralen Funktions-einheiten (E) den Zugang zu dem Energiebus (EB) und optional auch zum Datenbus (CB, NB1, NB2) bereitstellen,
 - c) die Netzknoteneinheiten (SND) über ein steuerbares Schaltmodul (S) verfügen, das einen ersten Schalter (S1) und einem zweiten Schalter (S2) umfasst, wobei mit den beiden Schaltern (S1, S2) je ein Zugang zu den beiden Speise-punkten (PS1, PS2) schaltbar ist,
 - d) der erste Schalter (S1) und/oder der zweite Schalter (S2) wahlweise offenbar sind und eine

am Eingang der Netzknoteneinheit (SND) abfallende Spannung messbar ist; und
e) ein Auswertemodul (CPU, SL) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung innerhalb ei-ner Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter be-nachbarten Netzknoteneinheiten (SND) auf ei-nen Unterbruch des Energiebusses (EB) und/oder ein fehlerhaftes Schaltmodul (S) hin auswertet.

- 10 2. System nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die für die beiden Eingänge des Energiebusses (EB) in einer Netzknoteneinheit (SND) gemessenen Spannungen derselben Netzknoteneinheit (SND) verglichen werden.
- 15 3. System nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
die für die zwei Eingänge des Energiebusses (EB) in zwei unmittelbar benachbarten Netzknoteneinhei-ten (SND) gemessenen Spannungen verglichen werden.
- 20 4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
die auf einer Netzknoteneinheit (SND) gemessenen Spannungswerte über den Datenbus (CB) an eine benachbarte Netzknoteneinheit (SND) und/oder das übergeordnete Steuerungssystem (STW) übertrag-bar sind.
- 25 5. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Überwachungszyklus zum sukzessiven und/oder gleichzeitigen Öffnen der beiden Schalter für jede Netzknoteneinheit (SND) im Wege einer sukzessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten beginnend an einem der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) vorgesehen ist.
- 30 6. System nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Überwachungszyklus zum sukzessiven und/oder simultanen Öffnen der beiden Schalter für jede Netzknoteneinheit (SND) im Wege einer suk-zessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten (SND) beginnend an der im Spannungsmittelpunkt des Energiebusses (EB) liegenden Netzknotenein-heit (SND4) und dann in beidseitiger Ausdehnung zu den Speisepunkten (PS1, PS2) hin vorgesehen ist.
- 35 7. System nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Überwachungszyklus periodisch ausgeführt oder durch eine Netzknoteneinheiten (SND) oder durch das übergeordnete Steuerungssystem (STW)

- angestossen wird.
8. System nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die industrielle Anlage ein Eisenbahnnetzwerk ist. 5
9. System nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels der dezentralen Funktionseinheiten (E) verkehrsüberwachende und verkehrssteuernde Einheiten, wie insbesondere Signale (S), Weichen (W), Achszähler (AC), Gleisstromkreise, punkt- und liniенförmige Zugbeeinflussungselemente, steuerbar sind. 10
10. Verfahren zum Versorgen von in einer industriellen Anlage angeordneten dezentralen Funktionseinheiten (E) mit elektrischer Energie, wobei: 15
- a) ein übergeordnetes Steuerungssystem (STW) vorgesehen ist, das mit den dezentralen Funktionseinheiten (E) mittels Datentelegrammen Informationen über einen Datenbus (CB, NB1, NB2) austauscht, 20
 - b) Netzknoteneinheiten (SND) sequentiell zwischen zwei Speisepunkten (PS1, PS2) eines ringartig aufgebauten Energiebusses (EB) angeordnet sind, die den dezentralen Funktionseinheiten (E) den Zugang dem Energiebus (EB) und optional auch zu dem Datenbus (CB) bereitstellen, 25
 - c) die Netzknoteneinheiten (SND) über ein steuerbares Schaltmodul (S) verfügen, das einen ersten Schalter (S1) und einem zweiten Schalter (S2) umfasst, wobei mit den beiden Schaltern (S1, S2) je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten (PS1, PS2) geschaltet wird, 30
 - d) der erste Schalter (S1) und/oder der zweite Schalter (S2) wahlweise geöffnet wird und eine dem Eingang der Netzknoteneinheit (SND) abfallende Spannung gemessen wird; und 35
 - e) ein Auswertemodul (CPU, SL) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung innerhalb einer Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) auf einen Unterbruch des Energiebusses (EB) und/oder ein fehlerhaftes Schaltmodul (S) hin auswertet. 40
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für die beiden Eingänge des Energiebusses (EB) in einer Netzknoteneinheit (SND) gemessenen Spannungen derselben Netzknoteneinheit (SND) verglichen werden. 50
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die für die zwei Eingänge des Energiebusses (EB) in zwei unmittelbar benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) gemessenen Spannungen verglichen werden. 55
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die auf einer Netzknoteneinheit (SND) gemessenen Spannungswerte über den Datenbus (CB) an eine benachbarte Netzknoteneinheit (SND) und/oder das übergeordnete Steuerungssystem (STW) übertragbar sind. 60
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Überwachungszyklus zum sukzessiven und/oder simultanen Öffnen der beiden Schalter (S1, S2) für jede Netzknoteneinheit (SND) im Wege einer sukzessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten (SND) beginnend an einem der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) vorgesehen ist. 65
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Überwachungszyklus zum sukzessiven und/oder simultanen Öffnen der beiden Schalter (S1, S2) für jede Netzknoteneinheit (SND) im Wege einer sukzessiven Abarbeitung der Netzknoteneinheiten (SND) beginnend an der im Spannungsmittelpunkt des Energiebusses (EB) liegenden Netzknoteneinheit (SND4) und dann in beidseitiger Ausdehnung zu den Speisepunkten (PS1, PS2) hin vorgesehen ist. 70

1
FIG

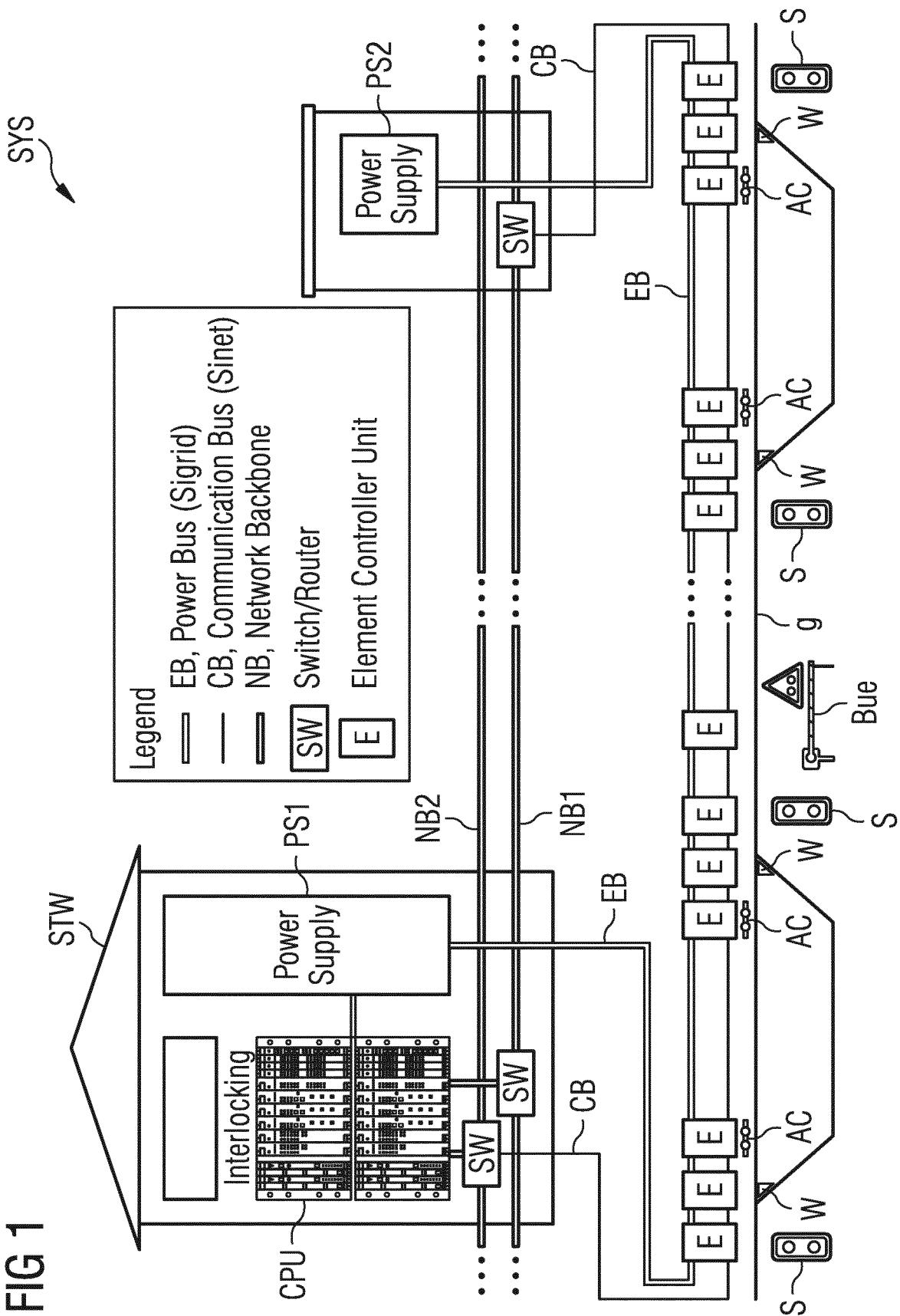
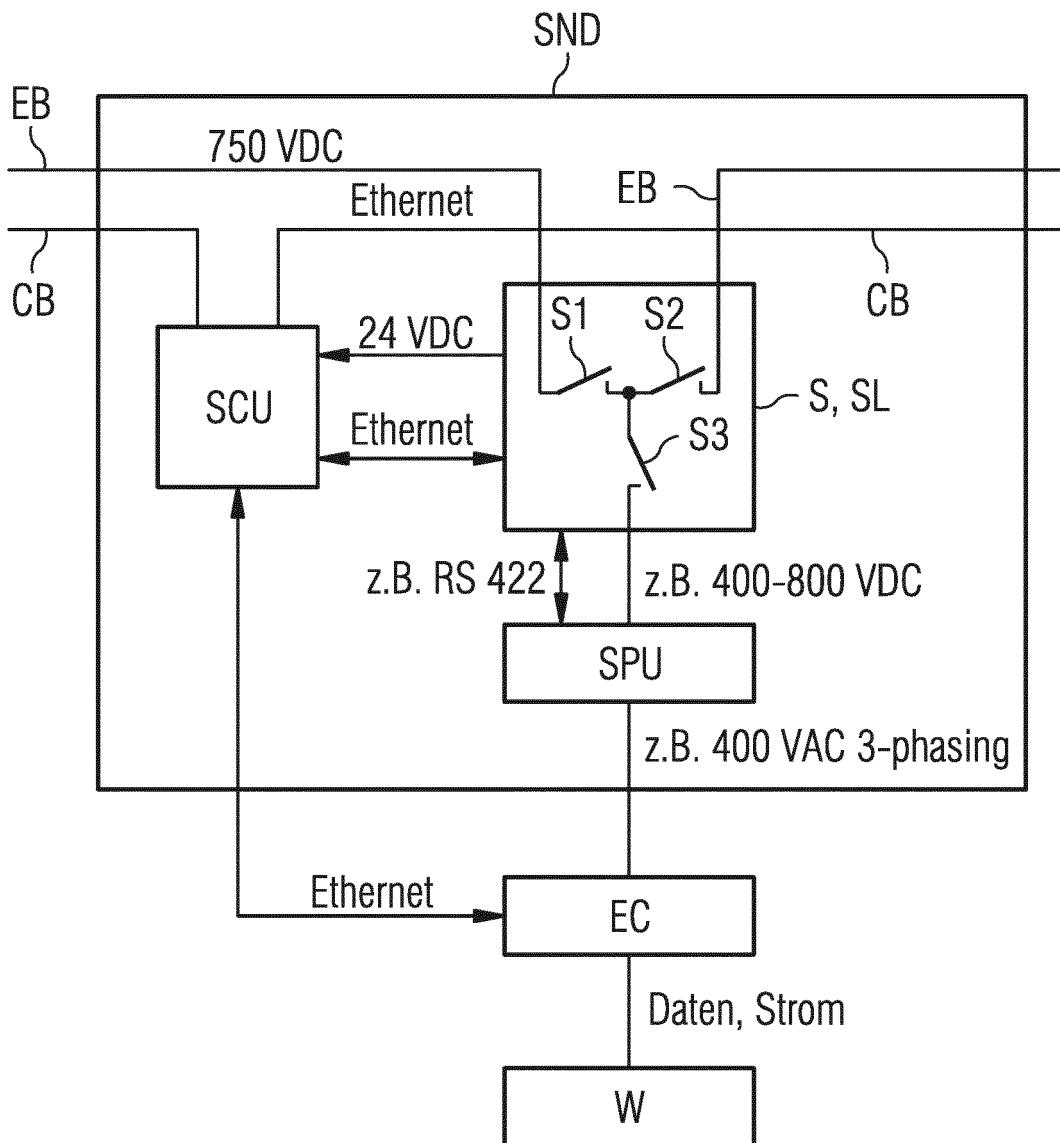
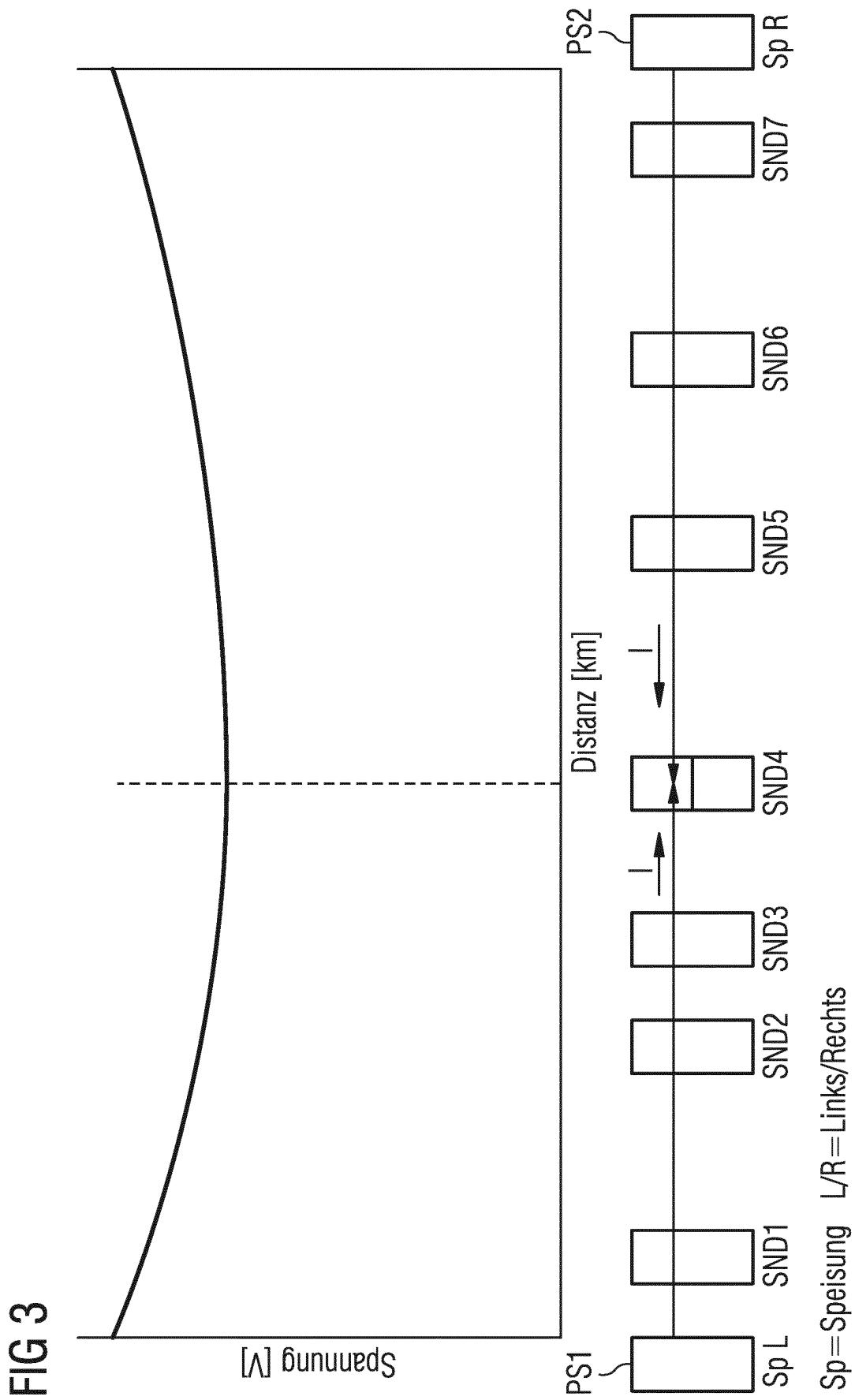
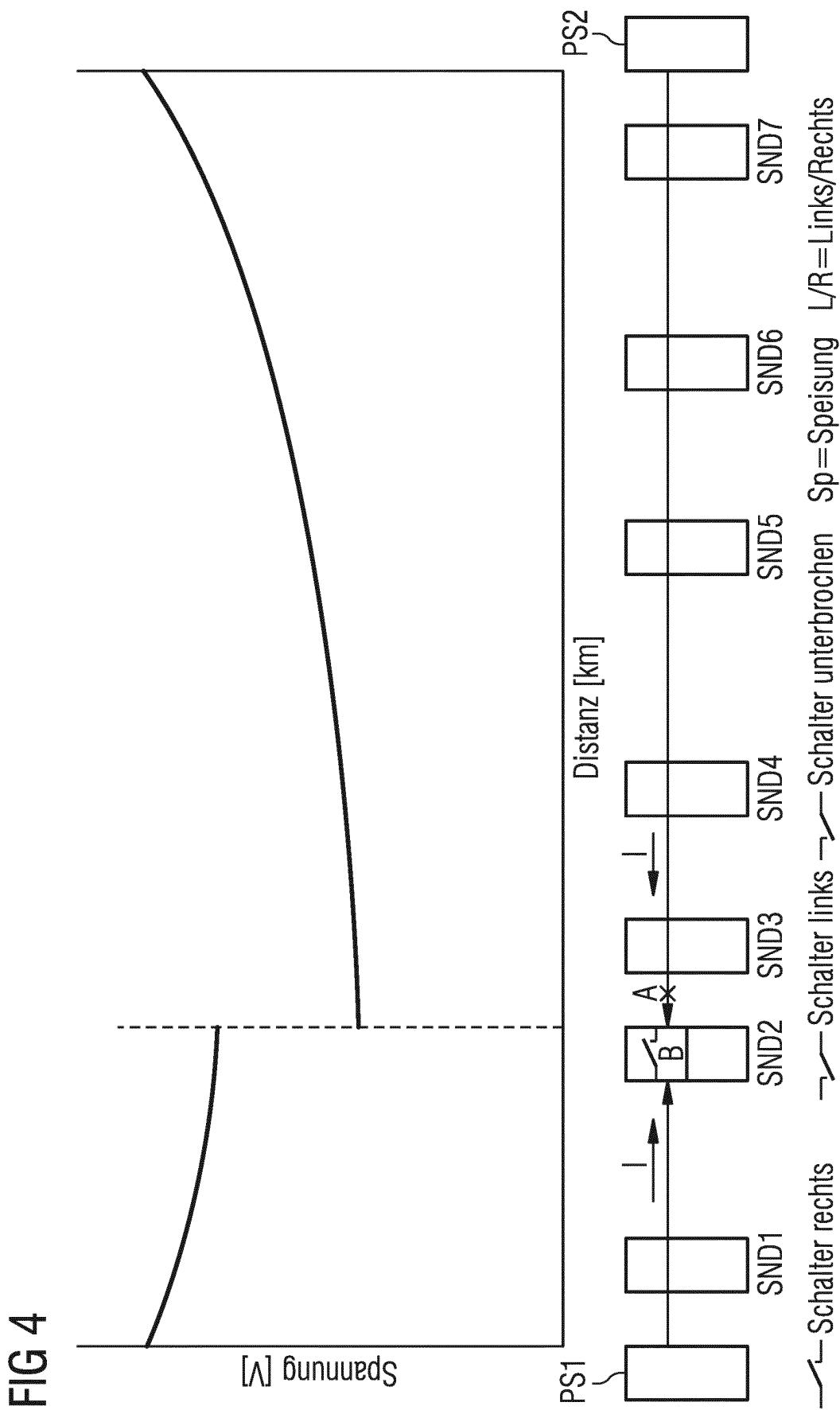
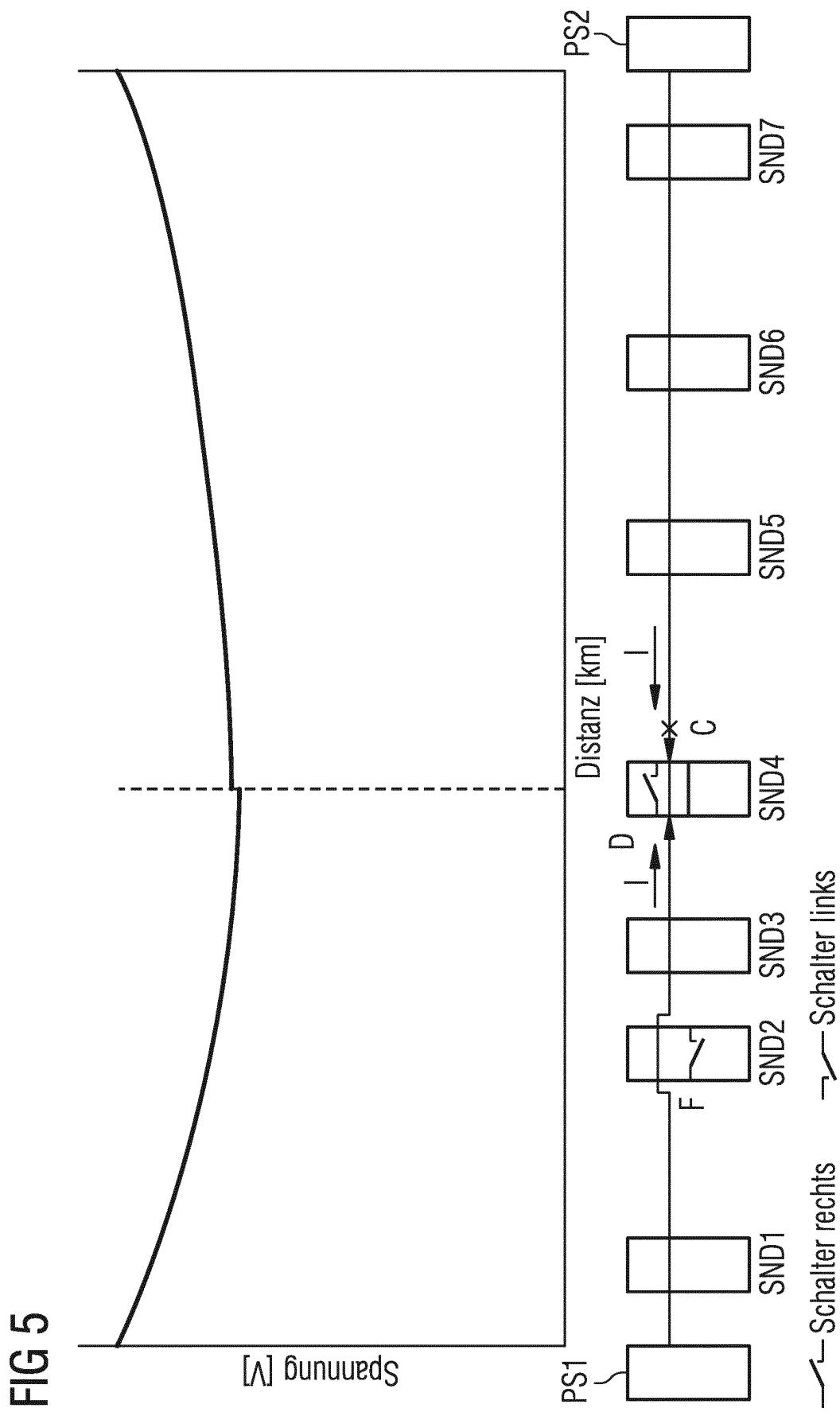


FIG 2











EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 15 17 3810

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	EP 2 549 620 A2 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 23. Januar 2013 (2013-01-23) * Absatz [0024] - Absatz [0029] * * Absatz [0034] - Absatz [0038] * * Absatz [0045] - Absatz [0049] * * Abbildungen 1,2A,5 *	1-4,8-13	INV. B61L19/06 B61L27/00
15 A	EP 2 821 313 A2 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 7. Januar 2015 (2015-01-07) * Absatz [0024] - Absatz [0028] * * Abbildungen 2-7 *	5-7,14, 15	1-15
20 A	EP 2 674 346 A1 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 18. Dezember 2013 (2013-12-18) * Absatz [0026] - Absatz [0030] * * Abbildung 1 *	1-15	1-15
25 A	PETER HEFTI ET AL: "Die neue dezentrale Stellwerksarchitektur Sinet im kommerziellen Betrieb der SBB", SIGNAL + DRAHT, TELZLAFF VERLAG GMBH. DARMSTADT, DE, Bd. 106, Nr. 1/2, 1. Januar 2014 (2014-01-01), Seiten 36-40, XP001586600, ISSN: 0037-4997 * Kapitel 1 und 2.1 sowie Bild 1; Seite 36 * * Kapitel 3.8; Seite 39 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30			B61L
35			
40			
45			
50 2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 9. Dezember 2015	Prüfer Janhsen, Axel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 17 3810

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-12-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	EP 2549620 A2	23-01-2013	EP	2549620 A2	23-01-2013
			EP	2735082 A2	28-05-2014
			US	2014191089 A1	10-07-2014
			WO	2013013908 A2	31-01-2013
20	EP 2821313 A2	07-01-2015	EP	2821313 A2	07-01-2015
			WO	2015000757 A1	08-01-2015
25	EP 2674346 A1	18-12-2013	EP	2674346 A1	18-12-2013
			ES	2528736 T3	12-02-2015
			WO	2013185969 A1	19-12-2013
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2301202 A1 [0004] [0007]
- WO 2013013908 A1 [0008] [0010]