

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
28.12.2016 Patentblatt 2016/52

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

(21) Anmeldenummer: 15173814.3

(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:  

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

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

(54) **SYSTEM UND VERFAHREN ZUR AUTOMATISCHEN KURZSCHLUSSBESEITIGUNG IN EINEM ENERGIEBUS**

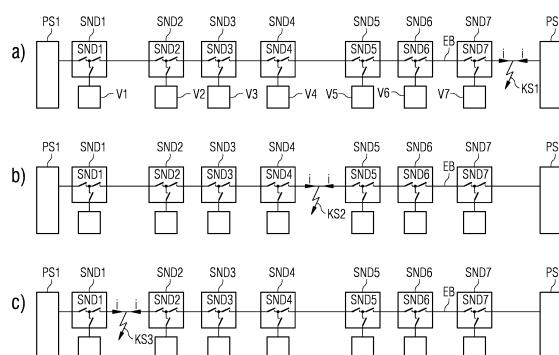
(57) Erfindungsgemäß sind ein System (Sys) und ein Verfahren zum automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus (EB) vorgesehen, über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten (E) mit elektrischer Energie versorgt werden, wobei:

- 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, SND1 bis SND7) sequentiell zwischen zwei Speisepunkten (PS1, PS2, Sp\_L, Sp\_R) eines ringartig aufgebauten Energiebusses (EB) angeordnet sind, die den dezentralen Funktionseinheiten (E) den Zugang zu dem Energiebus (EB) und optional auch zum Datenbus (CB) bereitstellen,
- c) die Netzknoteneinheiten (SND) über ein steuerbares Schaltmodul (S) verfügen, das einen ersten Schalter (S1) und einen zweiten Schalter (S2) umfasst, wobei mit den beiden Schaltern (S1, S2) je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten (PS1, PS2, Sp\_L, Sp\_R) schaltbar ist,
- d) ein Auswertemodul (CPU) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung und/oder den gemessenen Strom innerhalb einer Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) und/oder in mindestens einem der beiden Speisepunkte auf einen Kurzschluss des Energiebusses (EB) auswertet, wobei bei einer Detektion eines Kurzschlusses eine zeitlich gestaffelte Abschaltung mindestens eines Teils der Netzknoteneinheiten (SND) von dem Energiebus (EB) durch Öffnen des ersten oder des zweiten Schalters ausführbar

ist; und

- e) ein Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit (SND) in Abhängigkeit von einer in der Netzknoteneinheit (SND) vorherrschenden Stromrichtung und von der Position der Netzknoteneinheit (SND) im Energiebus (EB) vorgesehen ist.

FIG 3



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System und ein Verfahren zum automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus, über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten mit elektrischer Energie versorgt werden.

**[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-orts-feste 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 Stelldistanzlängen 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 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 offenbarten 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 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 an einem Netzzugangspunkt angeschlossen sind und den dezentralen Funktionseinheiten den Zugang zu dem Daten-transportnetzwerk 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]** Dennoch ist es an dieser Stelle bisher nur mit einer unzulässig langen Reaktionszeit möglich einen Kurzschluss zwischen zwei Netzknoteneinheiten und/oder zwischen einer Netzknoteneinheit und einer Einspeisestelle zu lokalisieren und in einer Weise zu beheben, dass alle dezentralen Funktionseinheiten aufgrund der Redundanz weiter mit Elektrizität versorgt werden können.

**[0014]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein System und ein Verfahren zur automatischen Beseitigung eines Kurzschlusses in einem Energiebus anzugeben, der in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten mit elektrischer Energie vorsorgt. Dabei soll der Kurzschluss im Energiebus zuverlässig und schnell detektierbar und lokalisierbar sein, 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 automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus, über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten mit elektrischer Energie versorgt werden, 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 auch zum Datenbus bereitstellen,
- c) die Netzknoteneinheiten über ein steuerbares Schaltmodul verfügen, das einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter umfasst, wobei mit den beiden Schaltern je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten schaltbar ist,
- d) ein Auswertemodul vorgesehen ist, das die gemessene Spannung und/oder den gemessenen Strom innerhalb einer Netzknoteneinheit und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten und/oder in mindestens einem der beiden Speisepunkte auf einen Kurzschluss des Energiebusses auswertet, wobei bei einer Detektion eines Kurzschlusses eine zeitlich gestaffelte Abschaltung mindestens eines Teils der Netzknoteneinheiten von dem Energiebus durch Öffnen des ersten oder des zweiten Schalters ausführbar ist; und
- e) ein Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit in Abhängigkeit von einer in der Netzknoteneinheit vorherrschenden Stromrichtung und von der Positi-

on der Netzknoteneinheit im Energiebus vorgesehen ist.

**[0016]** Bezuglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfundungsgemäss durch ein Verfahren zum automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus gelöst, über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten mit elektrischer Energie versorgt werden, 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 auch zum 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) ein Auswertemodul vorgesehen ist, das die gemessene Spannung und/oder den gemessenen Strom innerhalb einer Netzknoteneinheit und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten und/oder in mindestens einer der beiden Speisepunkte auf einen Kurzschluss des Energiebusses auswertet, wobei bei einer Detektion eines Kurzschlusses eine zeitlich gestaffelte Abschaltung zumindest eines Teils der Netzknoteneinheiten ausgeführt wird; und
- e) ein Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit in Abhängigkeit von einer in der Netzknoteneinheit vorherrschenden Stromrichtung und von der Position der Netzknoteneinheit im Energiebus vorgesehen ist.

**[0017]** Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die dem Kurzschluss am nächsten liegenden Netzknoteneinheiten zuerst den Energiebus unterbrechen, wobei dieser Unterbruch durch das Öffnen des jeweils zur Seite des Kurzschlusses gerichteten Schalters der Netzknoteneinheit erfolgt. Mit der Detektion des Kurzschlusses startet daher die Zeit bis zum jeweiligen Abschaltzeitpunkt der Netzknoteneinheit, wobei dieser Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit in Abhängigkeit von der Stromrichtung und der Position im Energiebus projektiert ist. Jede Netzknoteneinheit kennt daher ihren jeweiligen Abschaltzeitpunkt, sobald ein Kurzschluss detektiert wurde. Als Kurzschluss kann dabei beispielsweise ein Zustand des Energiebusses charakterisiert werden, der einen vorprojektierten Abschaltstrom überschreitet und/oder der die Spannung des Energiebusses unterhalb einer vorprojektierten Abschaltspannung fallen lässt.

**[0018]** Als besonders sinnvoll hat es dabei erwiesen, wenn bei einem Stromfluss durch einen der beiden Spei-

sepunkte die diesem Speisepunkt am entferntesten liegende Netzknoteneinheit den frühesten Abschaltzeitpunkt zur Auftrennung des Energiebusses zum anderen Speisepunkt aufweist und sich die weiteren Abschaltzeitpunkte sequentiell von Netzknoteneinheit zu Netzknoteneinheit mit einem vorgebbaren Zeitintervall gestaffelt in Richtung zum versorgenden Speisepunkt erhöhen.

**[0019]** Typischerweise kann dieses vorgebbare Zeitintervall im einstelligen Millisekundenbereich liegen, vorzugsweise zum Beispiel 1 ms betragen. Letztendlich hängt dieses Zeitintervall aber von der Dimensionierung des Energiebusses und der dezentralen Funktionseinheit ab. Beträgt beispielsweise die maximale Zahl von in dem Energiebus sequentiell angeordneten Netzknoteneinheiten 16 Netzknoteneinheiten, ergibt sich unter der Randbedingung, dass eine dezentrale Funktionseinheit E einen Versorgungsunterbruch für 20 ms puffern kann, der Wert von rund einer Millisekunde für dieses Zeitintervall (bei Bevorratung einer kleinen Reserve).

**[0020]** Grundsätzlich könnte auch eine kaskadierte Abschaltung der Netzknoteneinheiten vorgesehen sein, wobei dann die gestaffelte Abschaltung zur Auftrennung des Energiebusses von Netzknoteneinheiten solange ausführbar sein kann, bis das Auswertemodul das Vorliegen eines Kurzschlusses verneint.

**[0021]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung kann realisiert werden, wenn das Auswertemodul allen Netzknoteneinheiten nach der Detektion eines Kurzschlusses eine Mitteilung über das Vorliegen des Kurzschlusses zusammen mit einem Zeitstempel zusendet. Diese Variante erfordert jedoch eine hinreichend schnelle Kommunikation zwischen dem Auswertemodul und den Netzknoteneinheiten.

**[0022]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung, die diesbezüglich praktisch keine Kommunikation zwischen den Netzknoteneinheiten zur selekten Abschaltung des Energiebusses benötigt, kann erreicht werden, wenn jede Netzknoteneinheit selbst über das Auswertemodul verfügt. So kann jede Netzknoteneinheit selbsttätig das Vorliegen eines Kurzschlusses detektieren. Mit der Detektion des Kurzschlusses startet daher die Zeit bis zum jeweiligen Abschaltzeitpunkt der Netzknoteneinheit, wobei dieser Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit in Abhängigkeit von der Stromrichtung und der Position im Energiebus projektiert ist. Jede Netzknoteneinheit kennt daher ihren jeweiligen Abschaltzeitpunkt. Die Zeit bis zu diesem Abschaltzeitpunkt beginnt in dem Moment der Detektion des Kurzschlusses zu laufen.

**[0023]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0024]** Vorteilhafte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 in schematischer Ansicht eine Stellwerkarchitektur mit einem Datenbus und einem Ener-

giebus;

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

Figur 3 in schematischer Ansicht Beispiele für die Kurzschlussabschaltung des Energiebusses durch die Netzknoteneinheiten; und

Figur 4 in tabellarischer Ansicht die Staffelung der zeitlichen Abschaltzeitpunkte für die Netzknoteneinheiten in Abhängigkeit von der Position der Netzknoteneinheiten im Energiebus und von der Stromrichtung.

**[0025]** Figur 1 zeigt schematisch eine Stellwerkarchitektur mit einem System Sys, das u.a. ein Stellwerk STW, einen redundant abgebauten Daten backbone NB1, NB2, einen Datenbus CB und einen Energiebus EB mit zwei Speisestellen PS1 und PS2 aufweist. Das Stellwerk STW steuert einen Zugverkehr auf einem Gleisabschnitt G, in welchem Signale S, Weichen W, ein Bahnübergang Bue und Achszähler AC angeordnet sind. Diese Zugsicherungs- und Zugbeeinflussungskomponenten 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 entweder der Zugriff auf den Daten backbone NB1 bzw. NB2 gegeben ist. Der Datenbus CB koppelt dabei mit entsprechenden Routern/Switches SW an dem jeweiligen Daten backbone NB1, NB2 an. Zudem gewährleistet der sequentielle Anschluss der Element Controller Unit E an den ringförmigen Energiebus, dass jede Element Controller Unit E von beiden Seiten her und damit redundant mit elektrischer Energie versorgt werden kann.

**[0026]** Figur 2 zeigt nun schematisch die daten- und energieversorgungstechnische 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 und den eigentlichen Element Controller EC. Die Netzknoteneinheit SND umfasst eine Kommunikationseinheit SCU zum Datenaustausch über beide Äste des Datenbusses CB. Energieseitig ist die Netzknoteneinheit SND so ausgestaltet, dass sie an beiden Ästen des Energiebusses EB ankoppelt und damit immer, ggf. über andere Netzknoteneinheiten SND hinweg - ein Zugang zu beiden Einspeisepunkten PS1 und PS2 besteht (wie in Figur 1 gezeigt). Die Netzknoteneinheit SND verfügt weiter über eine Steuer- und Auswertelogik SL, die zum Beispiel in das Schaltmodul S integriert sein kann, und steuert und überwacht damit den Energiebus EB. Im Besonderen detek-

tiert die Steuer- und Auswertelogik Stromüberschreitungen und/oder Spannungseinbrüche innerhalb des Energiebusses EB und/oder beim angeschlossenen Verbraucher (SPU mit EC) und wertet diese Daten auf einen möglicherweise vorliegenden Kurzschluss aus.

**[0027]** Somit wird die Netzknoteneinheit immer in redundanter Weise von zwei Seiten her mit elektrischer Energie versorgt und verfügt daher im Rahmen eines Schaltmoduls S über einen linken Schalter S1 und einen rechten Schalter S2 sowie über einen Lastschalter S3 zur Versorgungseinheit SPU des Element Controllers EC.

**[0028]** 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. Aktivieren des Handbetriebs des SND über Fernzugriff und Betätigen der Schalter S1 bis S3, Abgabe von Diagnosedaten an das Stellwerk oder ein übergeordnetes Service- und Diagnosesystem, Abfrage der aktuellen Spannungen, Ströme, Energie- und Leistungswerte, Parametrierung des SND, Daten für Aufladung eines hier nicht weiter dargestellten Energiespeichers oder die Anmeldung eines zukünftigen Leistungsbedarfs).

**[0029]** 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 kann auch ein entsprechendes Auswertemodul repräsentieren, dass die empfangenen Daten bestimmungsgemäß auswertet. Vorliegend wird aber in diesem Ausführungsbeispiel der Schwerpunkt auf die in die Netzknoteneinheit integrierte Steuer- und Auswertelogik gelegt.

**[0029]** Figur 3 zeigt in schematischer Ansicht drei Beispiele a) bis c) für die Kurzschlussabschaltung des Energiebusses EB durch die jeweils betroffenen Netzknoteneinheiten. Ausgehend von drei Kurzschlussfällen KS1, KS2 und KS3 wird das Verhalten bei Kurzschlussabschaltungen näher erklärt. PS1 bzw. PS2 sind die Einspeisestellen für den Energiebus EB. Im weiteren Verlauf wird die Einspeisestelle PS1 auch als linke Einspeisestelle PS1 und entsprechend die Einspeisestelle PS2 als rechte Einspeisestelle PS2 bezeichnet. In der vorliegenden Darstellung sind sieben Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 sequentiell in den Energiebus EB

geschaltet. Die gesamten Stromverbraucher der Element Controller Unit E werden hier vereinfacht entsprechend als Verbraucher V1 bis V7 bezeichnet. Stromverbraucher in diesem Sinne sind dabei u.a. die Element Controller EC und die vorgeschaltete Versorgungseinheit SPU. Diese Notation wurde in der Figur 3 der besseren Übersichtlichkeit halber nur für das Beispiel a) eingefügt und gilt für die Beispiele b) und c) entsprechend.

**[0030]** Jede Netzknoteneinheit SND1 bis SND7 misst den Bussstrom  $i$  und die Richtung, in welcher der Bussstrom fliesst. Wenn nun der Grenzwert für den Kurzschlussstrom überschritten wird und/oder die Busspannung unter einen definierten Wert fällt, so geht die jeweilige Netzknoteneinheit in einen Kurzschlussmodus. Der Energiebus wird durch die Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 nicht sofort aufgetrennt, sondern die Reaktion der Busabschaltung erfolgt gestaffelt z.B. im ms Schritten wie in der Tabelle in Figur 4 gezeigt. Die Wartezeit der Netzknoteneinheit SND1 bis SND7 ist abhängig von der Position im Energiebus EB und von der Anzahl der im Energiebus EB vorhandenen Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7.

**[0031]** Im Kurzschlussfall KS1 in Figur 3a) befindet sich der Kurzschluss zwischen der Netzknoteneinheit SND7 und der rechten Speisestelle PS2. Hier fliesst der Strom von links nach rechts, und jede Netzknoteneinheit SND1 bis SND7 stellt mit ihrer jeweiligen Auswertelogik zu einem allen Netzknoteneinheiten gemeinsamen Zeitpunkt T0 das Vorliegen des Kurzschlusses fest. Da der Strom  $i$  in jeder der Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 von links nach rechts fliesst, öffnet die Netzknoteneinheit SND7 ihren rechten Schalter S2 zum Zeitpunkt T0+1ms. Diese Netzknoteneinheit SND7 ist somit die erste Netzknoteneinheit, die den rechten Ast des Energiebusses EB von den übrigen Netzknoteneinheiten separiert. Damit besteht für den ganzen übrigen linken Ast des Energiebusses der Kurzschlussfall KS1 nicht mehr fort. Es kommt daher zu keiner weiteren Abschaltung des rechten Astes des Energiebusses. Wäre der Strom  $i$  komplett in die andere Richtung geflossen, wäre die Netzknoteneinheit SND1 ganz links die erste Netzknoteneinheit gewesen, die durch Öffnen ihres linken Schalters S1 die Verbindung zum linken Ast des Energiebusses unterbrochen hätte. Durch das in Figur 4 tabellarisch angegebenen Verzögerungsschema schaltet die Netzknoteneinheit SND, die jeweils am nächsten beim Kurzschluss liegt, automatisch als erstes ab. Die auf dem jeweiligen Ast weiter entfernten Netzknoteneinheiten messen zu dem Zeitpunkt, an dem sie abschalten dürfen, bereits keinen Kurzschluss mehr. In einem Bus mit dem Maximalausbau von 16 Netzknoteneinheiten wäre also ein Kurzschluss spätestens nach 16ms vom Energiebus abgetrennt. Der Vollständigkeit halber sei zum Kurzschlussfall KS1 noch erwähnt, dass auch die linke Speisestelle PS2 hier nach spätestens 8ms die Einspeisung unterbricht, falls der Kurzschlussfall dann immer noch vorliegen sollte und somit durch die gestaffelte Abschaltung der betroffenen Netzknoteneinheiten nicht automa-

tisch von beiden Ästen des Energiebusses EB isoliert werden konnte.

**[0032]** Bei dem zweiten Kurzschlussfall KS2 tritt der Kurzschluss zwischen den Netzknoteneinheiten SND4 und SND5 (Fall b) auf. Der Strom  $i$  fliesst hier für die Netzknoteneinheiten SND1 bis SND4 von links und für die Netzknoteneinheiten SND5 bis SND7 von rechts. Gemäss der Tabelle in Figur 4 ist die Netzknoteneinheit SND4 die erste Netzknoteneinheit im Energiebus EB, die nach der Detektion des Kurzschlusses zum Zeitpunkt T0 für den Fall "Strom von links" ihren rechten Schalter S2 zum Zeitpunkt T0 + 4ms öffnet. Damit ist der Kurzschlussfall KS2 für die Netzknoteneinheiten SND1 bis SND4 nach 4ms behoben. Die Netzknoteneinheit SND5 öffnet zum Zeitpunkt T0 + 5ms ihren linken Schalter S1, wie dies in der Tabelle für die Netzknoteneinheit SND5 bei "Strom von rechts" vorgesehen ist. Damit ist der Kurzschlussfall KS2 für die Netzknoteneinheiten SND5 bis SND7 nach 5ms behoben. Wenn nun die beiden Netzknoteneinheiten SND4 und SND5 ihre Schalter S2 bzw. S1 geöffnet haben, ist der Kurzschluss vom Energiebus EB abgetrennt und die Ströme und Spannungen normalisieren sich augenblicklich wieder, sodass die übrigen Netzknoteneinheiten, hier SND1 bis SND3, SND6 und SND7 gar nicht mehr schalten.

**[0033]** Für den in Figur 3c) gezeigten Kurzschlussfall KS3 tritt der Kurzschluss zwischen den Netzknoteneinheiten SND1 und SND2. Hier fliesst der Kurzschlussstrom nur für die Netzknoteneinheit SND1 von links (also Versorgung von linken Speisestelle PS1) und für die Netzknoteneinheiten SND2 bis SND7 rechts (also Versorgung von der rechten Speisestelle SP2). Gemäss der Tabelle in Figur 4 ist die Netzknoteneinheit SND2 die erste Netzknoteneinheit im Energiebus EB, die nach der Detektion des Kurzschlusses zum Zeitpunkt T0 für den Fall "Strom von rechts" ihren linken Schalter S1 zum Zeitpunkt T0 + 2ms öffnet. Damit ist der Kurzschlussfall KS3 für die Netzknoteneinheiten SND2 bis SND7 nach 2ms behoben. Die Netzknoteneinheit SND1 öffnet zum Zeitpunkt T0 + 7ms ihren rechten Schalter S2, wie dies in der Tabelle für die Netzknoteneinheit SND1 bei "Strom von links" vorgesehen ist. Damit ist der Kurzschlussfall KS3 für die Netzknoteneinheit SND1 nach 7ms behoben. Wenn nun die beiden Netzknoteneinheiten SND2 und SND1 ihre Schalter S1 bzw. S2 geöffnet haben, ist der Kurzschluss nach 7ms vom Energiebus EB abgetrennt und die Ströme und Spannungen normalisieren sich augenblicklich wieder, sodass die übrigen Netzknoteneinheiten, hier SND3 bis SND7, gar nicht mehr schalten.

**[0034]** Die im vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispiele erläutern so ein System und ein Verfahren, welche im Falle eines Kurzschlusses am Energiebus EB den Energiebus selektiv an jenem Streckenteil derart auftrennt, dass nur derjenige Streckenteil, an welchem der Kurzschluss tatsächlich stattfindet, abgetrennt wird. Die selektive Auftrennung des Busses erfolgt dabei über die Netzknoteneinheiten SND (Sigrid Node Device), welche entlang dem Energiebus EB eingesetzt werden. Da

die Einspeisung des Energiebusses EB redundant erfolgt, bleiben damit alle am Energiebus EB angeschlossenen Verbraucher V1 bis V7 verfügbar und es ergeben sich keine Einschränkungen für die industrielle Anlage, hier für den Bahnverkehr. Mit der Detektion des Kurzschlussfalles KS1 bis KS3 wird eine Diagnosemeldung abgegeben, sodass der defekte Streckenteil repariert werden kann und das System wieder instand gestellt werden kann. Als Verbraucher V1 bis V7 am Energiebus EB werden die Element Controller (z.B. Steuer- und Meldegeräte für Gleisfreimeldung, Signalsteuerung, Bahnübergangssteuerung und Weichensteuerung) mit ihren vorgeschalteten Speisegeräten PSU (Power Supply Unit) bezeichnet.

**[0035]** Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Vorliegen eines Kurzschlussfalles bejaht, wenn wenn der Busstrom i einen vorprojektierten Abschaltstrom überschreitet und optional die Busspannung unterhalb einer bestimmte Limite von z.B. nominal 750 VDC auf unter 500 VDC fällt. Diese Werte können aber auch noch tiefer oder höher liegen.

**[0036]** Ebenso wurde hier angenommen, dass die Netzknoteneinheiten und ihre Verbraucher V1 bis V7 mit ihren vorgeschalteten Spannungskonvertern PSU robust für einen Spannungsunterbruch von bis zu ca. 20 ms sind. Auch dieser Werte kann für andere Ausführungsbeispiele auch anders dimensioniert sein, wie z.B. 30ms oder 50 ms.

**[0037]** Die Vorteile, die sich mit der vorliegenden Erfindung und ihren vorteilhaften Ausgestaltungen ergeben, können nachfolgend wie folgt zusammengefasst werden:

- a) es erfolgt eine gezielte Abschaltung des Energiebusses EB im Falle eines Kurzschlusses so, dass durch die redundante Buseinspeisung kein Verbraucher V1 bis V7 vom Energiebus EB weggetrennt wird und damit die dezentralen Verbraucher für den (Bahn-)Betrieb verfügbar bleiben;
- b) das Verfahren und das System kommen ohne Kommunikation zwischen den Netzknoteneinheiten SND1 bis SND7 aus, die selektive Busabschaltung vorzunehmen; es genügt an dieser Stelle eine vorgängige Projektierung in den Netzknoteneinheiten, d.h. im Besonderen kennt die Netzknoteneinheit ihren Abschaltzeitpunkt für den Fall, dass im Zeitpunkt T0 ein Kurzschluss detektiert wird;
- c) die Abschaltung des Teiles des Energiebusses EB mit dem Kurzschluss erfolgt elektronisch, d.h. es müssen keine Sicherungen gewechselt werden;
- d) die Lokalisation des Kurzschlusses bzw. des Teilsegmentes im Energiebus, innerhalb welchem der Kurzschluss stattfindet, ist sehr einfach möglich;
- e) die Möglichkeit der automatischen Wiederan-

schaltung des durch den Kurzschluss gestörten Abschnitts des Energiebusses besteht; die Anzahl erlaubter Versuche kann in den Netzknoteneinheiten SND entsprechend projektierbar werden;

f) es besteht zudem die Möglichkeit mit einem Remote-Eingriff auf die Netzknoteneinheiten einzuwirken und den Kurzschluss-gestörten Abschnitt manuell wieder anzuschalten, z.B. nach Beseitigung der Kurzschlussursache.

**[0038]** Der besondere erfinderische Pfiff liegt damit darin, dass die im Energiebus EB sequentiell eingebundenen Netzknoteneinheiten SND ein abhängig von der Position der Netzknoteneinheit im Energiebus EB und der Stromrichtung in der Netzknoteneinheit zeitlich gestaffelte Bus-Abschaltzeiten aufweisen. Diese Abschaltzeiten sind abhängig von der Stromrichtung des Energiebusses EB im betrachteten Netzknoteneinheit SND. Die Benutzung der Position der Netzknoteneinheit SND im Energiebus EB in Kombination mit der Stromrichtung auf dem Energiebus EB, ist der Schlüssel für die Bestimmung der individuellen Abschaltverzögerung der am Energiebus EB beteiligten Netzknoteneinheiten SND sowie für die Ortung der Teilstrecke, auf der zwischen zwei Netzknoteneinheiten SND liegend der Kurzschluss aufgetreten ist. Das Verfahren und das System Sys brauchen so keine Kommunikation zwischen den Netzknoteneinheiten SND, um die selektive Busabschaltung vorzunehmen, es genügt eine vorgängige Projektierung in der Netzknoteneinheit SND bzgl. der Position der Netzknoteneinheit SND am Energiebus EB (Nummer in der Busreihenfolge) und der Anzahl SND am gleichen Energiebus.

**[0039]** Anstelle der Anzahl SND im Energiebus EB kann alternativ auch die max. Anzahl SND für die Berechnung der Abschaltzeiten berücksichtigt werden. Die Reaktion auf einen Kurzschluss erfolgt dann etwas verzögter; sie kann aber unter 20 ms (Millisekunden) gehalten werden, falls für die Schrittfolge pro SND 1 ms angenommen wird (wenn die max. Anzahl der SND in einem Energiebus EB - wie in diesem Ausführungsbeispiel - auf 16 begrenzt ist).

**[0040]** Bei der Projektierung der Netzknoteneinheit muss der Netzknoteneinheit SND also mitgeteilt werden, wie viele SND im Bus vorhanden sind und an welcher Position es liegt. Aus diesen Informationen kann das SND sich dann auch die notwendigen Reaktionszeiten für das Abschalten beim Kurzschlussfall berechnen, wobei mit durch die Bereitstellung der entsprechenden Formel der Abschaltzeitpunkt ebenfalls vorbestimmt ist. Ein Kurzschluss eines an der Netzknoteneinheit SND angeschlossenen Verbrauchers V1 bis V7 hat für die restlichen Netzknoteneinheiten SND am Energiebus EB die gleiche Wirkung wie ein Kurzschluss im Energiebus EB. Hier schaltet aber die betroffene Netzknoteneinheit SND ohne Verzögerung den Verbraucher V1 bis V7 ab, sodass es zu keinen Busabschaltungen kommt. Sollte in diesem

Fall einen Netzknoteneinheit nicht unverzüglich den Verbraucher abschalten, würden die unmittelbar benachbarten Netzknoteneinheit die fehlerhafte Netzknoteneinheit mit ihrem den Kurzschluss auslösenden Verbraucher vom Energiebus beidseitig abtrennen.

5

### Patentansprüche

1. System (Sys) zum automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus (EB), über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten (E) mit elektrischer Energie versorgt werden, 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, SND1 bis SND7) 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 auch zum Datenbus (CB) bereitstellen,
    - c) die Netzknoteneinheiten (SND) über ein steuerbares Schaltmodul (S) verfügen, das einen ersten Schalter (S1) und einen zweiten Schalter (S2) umfasst, wobei mit den beiden Schaltern (S1, S2) je ein Zugang zu den beiden Speisepunkten (PS1, PS2) schaltbar ist,
    - d) ein Auswertemodul (CPU, SL) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung und/oder den gemessenen Strom innerhalb einer Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) und/oder in mindestens einem der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) auf einen Kurzschluss des Energiebusses (EB) auswertet, wobei bei einer Detektion eines Kurzschlusses eine zeitlich gestaffelte Abschaltung mindestens eines Teils der Netzknoteneinheiten (SND) von dem Energiebus (EB) durch Öffnen des ersten oder des zweiten Schalters (S1, S2) ausführbar ist; und
    - e) ein Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit (SND) in Abhängigkeit von einer in der Netzknoteneinheit (SND) vorherrschenden Stromrichtung und von der Position der Netzknoteneinheit (SND) im Energiebus (EB) vorgesehen ist.
  2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Stromfluss durch einen der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) die diesem Speisepunkt (PS1, PS2) am entferntesten liegende Netzknoteneinheit
- 5
3. System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das vorgebbare Zeitintervall im einstelligen Millisekundenbereich liegt, vorzugsweise 1 ms beträgt.
  4. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gestaffelte Abschaltung zur Auftrennung des Energiebusses (EB) von Netzknoteneinheiten (SND, SND1 bis SND7) solange ausführbar ist, bis das Auswertemodul (CPU, SL) das Vorliegen eines Kurzschlusses verneint.
  5. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Auswertemodul (CPU, SL) allen Netzknoteneinheiten (SND, SND1 bis SND7) nach der Detektion eines Kurzschlusses eine Mitteilung über das Vorliegen des Kurzschlusses zusammen mit einem Zeitstempel zusendet.
  6. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) für beide Richtungen des Stromflusses den jeweiligen Abschaltzeitpunkt kennt.
  7. System nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) über ein Auswertemodul (SL) verfügt.
  8. Verfahren zum automatischen Beseitigen eines Kurzschlusses in einem Energiebus (EB), über den in einer industriellen Anlage angeordnete dezentrale Funktionseinheiten (E) mit elektrischer Energie versorgt werden, 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 auch zum Datenbus (CB,
- 50
- 30
- 25
- 40
- 45
- 50
- 55
- (SND, SND1 bis SND7) den frühesten Abschaltzeitpunkt zur Auftrennung des Energiebusses (EB) zum anderen Speisepunkt (PS1, PS2) aufweist und sich die weiteren Abschaltzeitpunkte sequentiell von Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) zu Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) mit einem vorgebaren Zeitintervall gestaffelt in Richtung zum versorgenden Speisepunkt (PS1, PS2) erhöhen.

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 Speisepunkten (PS1, PS2) schaltbar ist,  
 d) ein Auswertemodul (CPU, SL) vorgesehen ist, das die gemessene Spannung und/oder den gemessenen Strom innerhalb einer Netzknoteneinheit (SND) und/oder unter benachbarten Netzknoteneinheiten (SND) und/oder in mindestens einer der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) auf einen Kurzschluss des Energiebusses (EB) auswertet, wobei bei einer Detektion eines Kurzschlusses eine zeitlich gestaffelte Abschaltung zumindest eines Teils der Netzknoteneinheiten (SND, SND1 bis SND7) ausgeführt wird; und  
 e) ein Abschaltzeitpunkt für jede Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) in Abhängigkeit von einer in der Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) vorherrschenden Stromrichtung und von der Position der Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) im Energiebus (EB) vorgesehen ist.

15

20

25

9. Verfahren nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

bei einem Stromfluss durch einen der beiden Speisepunkte (PS1, PS2) die diesem Speisepunkt (PS1, PS2) am entferntesten liegende Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) den frühesten Abschaltzeitpunkt zur Auftrennung des Energiebusses zum anderen Speisepunkt (PS1, PS2) aufweist und sich die weiteren Abschaltzeitpunkte sequentiell von Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) zu Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) mit einem vor gebaren Zeitintervall gestaffelt in Richtung zum versorgenden Speisepunkt (PS1, PS2) erhöhen.

35

40

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

das vorgebbare Zeitintervall im einstelligen Millise kundenbereich liegt, vorzugsweise 1 ms beträgt.

45

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die gestaffelte Abschaltung zur Auftrennung des Energiebusses (EB) von Netzknoteneinheiten (SND, SND1 bis SND7) solange ausgeführt wird, bis das Auswertemodul (CPU, SL) das Vorliegen eines Kurzschlusses verneint.

50

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Auswertemodul (CPU, SL) allen Netzknoteneinheiten (SND, SND1 bis SND7) nach der Detektion eines Kurzschlusses eine Mitteilung über das Vor-

liegen des Kurzschlusses zusammen mit einem Zeitstempel zusendet.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) für beide Richtungen des Stromflusses den jeweiligen Abschaltzeitpunkt kennt.

10 14. System nach einem der vorangehenden Ansprüche 8 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Netzknoteneinheit (SND, SND1 bis SND7) über eine Auswertemodul (SL) verfügt.

15

20

25

35

40

45

50

55

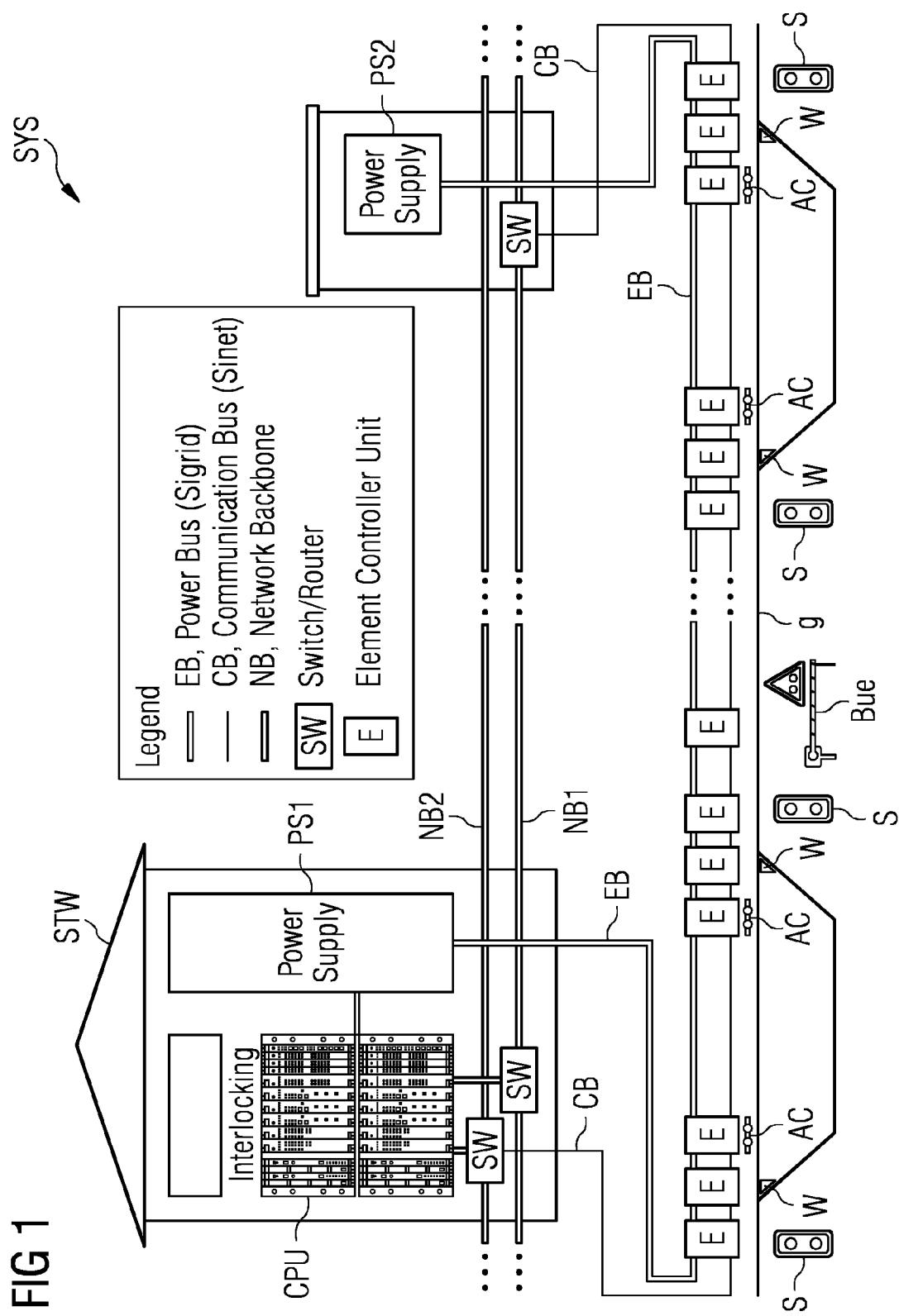


FIG 2

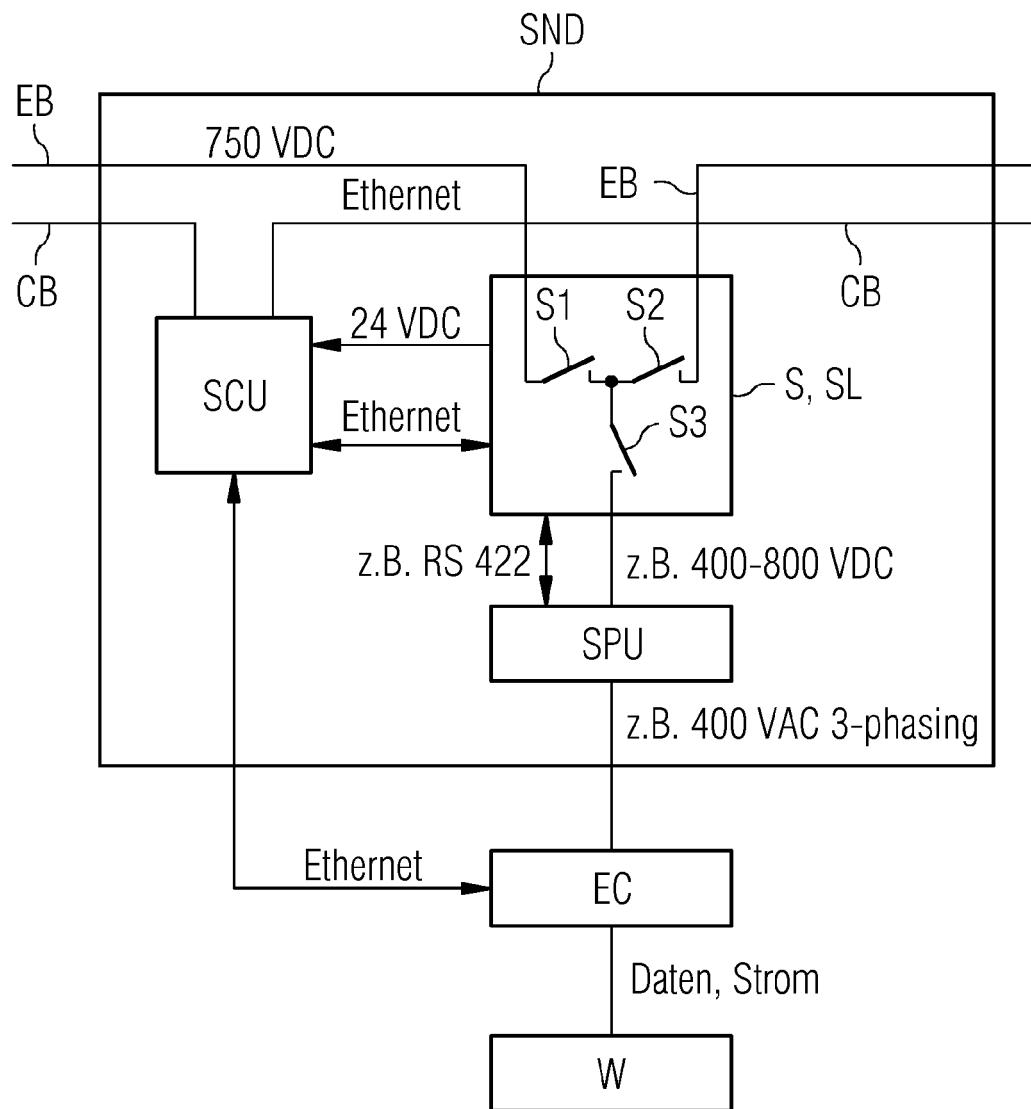
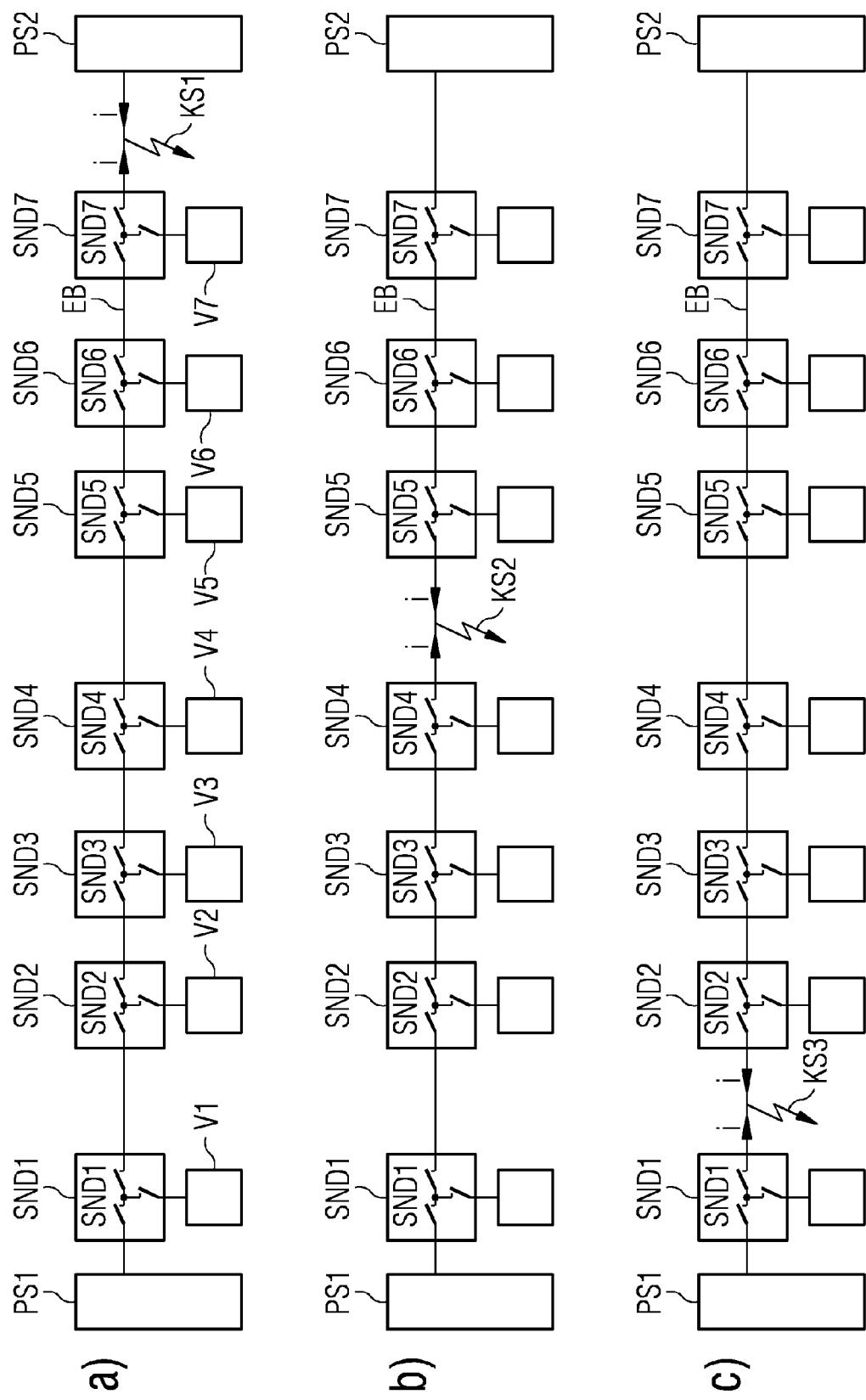


FIG 3



**FIG 4**

Abschaltzeitpunkt nach Detektion Kurzschluss für den Strom von:	SND1	SND2	SND3	SND4	SND5	SND6	SND7
Links	7ms	6ms	5ms	4ms	3ms	2ms	1ms
Rechts	1ms	2ms	3ms	4ms	5ms	6ms	7ms



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 15 17 3814

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	A 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 *	1-14	INV. B61L27/00 B61L19/06
15	A EP 2 821 313 A2 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 7. Januar 2015 (2015-01-07) * Absatz [0024] - Absatz [0028] * * Abbildungen 2-7 *	1-14	
20	A EP 2 674 346 A1 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 18. Dezember 2013 (2013-12-18) * Absatz [0026] - Absatz [0030] * * Abbildung 1 *	1-14	
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 *	1-14	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
30			B61L
35			
40			
45			
50	1 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 7. 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 3814

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.

07-12-2015

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]