

Stromaufteilung in parallel geschalteten Leitern

DIN VDE 0100-430 (VDE 0100 Teil 430) und
DIN VDE 0100-473 (VDE 0100 Teil 473)

FRAGESTELLUNG

In einem Industriebetrieb wurde zur Versorgung von Extruderanlagen eine 3000-A-Stromschiene montiert. Die Schaltanlagen der Extruder enthalten Thyristorsteller zum Regeln von Heizungen sowie Frequenzumformer. Die Einspeisung der Stromschiene erfolgt aus der Niederspannungs-Hauptverteilung (NSHV) über einen Leistungsschalter. An diese NSHV ist eine Zentralkompensationsanlage angeschlossen.

Die Verbindung zwischen Leistungsschalter und Stromschiene wurde aus Kostengründen nicht mit Schiene sondern mit Kabelverbindungen hergestellt. Für jede Phase wurden vier Kabel vom Typ N2XH-0 1x240 mm² (VPE-Isolierung) parallel geschaltet, für den PEN-Leiter wurden drei Kabel gleichen Typs verlegt. Die Anschlüsse am Leistungsschalter sowie am Einspeisekasten sind über Kabelschuhe hergestellt. Die Länge vom Abgang Leistungsschalter bis Einspeisekasten Stromschiene beträgt 26 m. Bei der Installation wurde genau darauf geachtet, dass die Längen der Kabel nicht mehr als 0,5 m voneinander abweichen. Die Leitungsverlegung erfolgte über eine senkrechte Steigetrasse sowie eine horizontale Kabelleiter. Die Kabel sind in vier Dreierbündeln mit gleicher Phasenlage – je Bündel L1, L2 und L3 – nebeneinander verlegt. Die drei PEN-Leiter sind mit Einzelschellen nebeneinander verlegt und liegen neben dem letzten Dreierbündel.

Im jetzigen Ausbauzustand fließt in der 3000-A-Schiene ein Betriebsstrom von rund 1000 A, der demnächst um weitere 1000 A erhöht wird.

Der Kunde wendet sich jetzt an uns und klagt über hohe Oberflächentemperaturen an der Kabelverbindung zwischen Leistungsschalter und Einspeisekasten der 3000-A-Schiene.

Strommessungen in den einzelnen Leitern – zeitgleich gemessen mit einer Messzange unmittelbar vor dem Anschluss an der 3000-A-Schiene – liefern die ungleichen Werte für die jeweiligen Außenleiter gemäß Tabelle. Weiter-

hin werden die Einzelkabel mit den höchsten Stromwerten theoretisch zu heiß. Der mögliche Nennstrom der Ader beträgt 606 A – ermittelt nach Belastungstabelle für 240 mm², Verlegeart: Bündel in Luft und VPE-Isolierung.

Haben Sie für die unterschiedlichen Stromwerte der Kabel für den jeweils gleichen Außenleiter eine Erklärung?

Warum werden die Kabel heiß?

Sind die Kabel fehlerhaft verlegt worden?

Kann eine Rückwirkung durch Oberschwingungen der Extruderanlage die hohe Erwärmung verursachen?

R. H., Nordrhein-Westfalen

ANTWORT

Stromschienen sind besser geeignet

Die Parallelschaltung von Kabel/Leitungen beinhaltet immer größere Probleme, insbesondere wenn es sich um Ströme in dieser Größenordnung handelt. Es wäre sicher sinnvoller gewesen, die Stromschienen bis zum Einspeisefeld weiter zu führen.

Für eine exakte Klärung der unterschiedlichen Ströme in den parallelgeschalteten Leiter wären zusätzlich Angaben bzw. eine genauere Kenntnis der Anlagenkonfiguration erforderlich. Ungeachtet dessen gilt Folgendes:

Derzeit gibt es in DIN VDE 0100-430 (VDE 0100 Teil 430) bezüglich der Parallelschaltung von Kabeln nur sehr allgemeine Festlegungen. Daher verstößt die geschilderte Anlage zwar nicht gegen gültige Normen, jedoch leider gegen physikalische Grundsätze.

Um die Induktionsflächen zu verkleinern, müsste eine symmetrische Verle-

gung erfolgen, d. h. zu jedem Dreierbündel (drei Außenleiter) müsste auch der PEN-Leiter im engen Kontakt zu den Außenleitern angeordnet werden.

Neutralleiter besser nicht reduzieren

Unter dieser Voraussetzung hätte die nach Norm zulässige Reduzierung des PEN-Leiter-Querschnittes nicht mit 3 x 240 mm², sondern mit vier Leitern – z. B. 4 x 120 mm² – durchgeführt werden müssen. Diese Reduzierung ist jedoch zweifelhaft. Wegen der sehr wahrscheinlich vorhandenen Oberschwingungen – insbesondere die dritte Oberschwingung, die angeschlossene Thyristorsteller und Frequenzrichter häufig verursachen –, könnte es aber notwendig werden, dass der PEN-Leiter-Querschnitt nicht reduziert werden darf. Im Extremfall muss der PEN-Leiter-Querschnitt sogar größer als der Außenleiterquerschnitt dimensioniert werden. Die Ursache hierfür ist, dass im Neutralleiter durch die dritte Oberschwingung Ströme auftreten können, die wesentlich größer als die Außenleiterströme sind – auch bei symmetrischer Belastung.

Richtige Anordnung von Einzelkabeln

Bezüglich einer symmetrischen Anordnung bei parallelgeschalteten Leitern werden in der in Kürze zu erwartenden deutschen Fassung von HD 384.4.473 hierzu die Festlegungen gemäß der Darstellung im Bild enthalten sein. Anmerkung: Diese Norm wird später voraussichtlich als DIN VDE 0100-430 (VDE 0100 Teil 430) veröffentlicht. Für zwei

Einzelströme

	Bündel 1	Bündel 2	Bündel 3	Bündel 4
L1	290 A	195 A	205 A	245 A
L2	190 A	215 A	250 A	220 A
L3	230 A	215 A	200 A	265 A

Zuordnung der Ströme der Einleiterkabel zum jeweiligen Bündel

parallel geschaltete Leiter wird es Varianten geben.

Bei drei parallelen Leitern ist für die Strombelastbarkeit ein Unsymmetriefaktor von 0,8 zu berücksichtigen. Mehr als vier Leiter sollten nicht parallel geschaltet werden.

Diese Ausführung ist auch für die Konfiguration in der Fragestellung anzuwenden, selbst wenn anstelle eines Neutralleiters ein PEN-Leiter verwendet wird. Bei 5-Leiter-Ausführungen (TN-System) muss der Schutzleiter ebenso möglichst in engen Kontakt mit den aktiven Leitern verlegt werden.

Unsymmetrie und Erwärmung

Aufgrund des o.g. »Unsymmetriefaktors« kann davon ausgegangen werden, dass sich die gemessene ungleichmäßige Stromaufteilung hauptsächlich aus der unsymmetrischen Anordnung der einzelnen Systeme in der ausgeführten Anlage ergibt. Weitere mögliche Einflussfaktoren der Stromunsymmetrie:

- Die Anschlüsse der Einleiterkabel an den Schienen bzw. an den Geräten



oder:



Vier Kabel/Leitungen pro Außenleiter mit Neutralleiter in zwei Anordnungsvarianten – die Zahlen 1 bis 3 beziehen sich auf die Leiter L1, L2 und L3

wurden nicht mit dem erforderlichen Drehmoment angezogen.

- Die vorhandene Längendifferenz von bis zu 0,5 m.

Die erwähnte »zu hohe« Temperatur ist eine subjektive Angabe. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass nach Norm an den Anschlüssen von Niederspannungs-Schaltgeräten eine Übertemperatur von 70 K (bei Bemessungsstrom) auftreten darf. Dies entspricht einer absoluten Temperatur von 105 °C, was sicher als sehr »warm« angesehen werden kann. VPE-Kabel dürfen übrigens bis 90 °C »warm« werden, Temperaturen die man üblicherweise nicht mehr berühren darf und kann.

Thyristorsteller und Frequenzumrichter können je nach Ausführung – z. B. mit oder ohne Netzfilter oder Art des Netzfilters – Oberschwingungen erzeugen, die zu einer höheren Erwärmung der Kabel/Leitungen führen können. Messgeräte einfacher Ausführung erfassen diese Oberschwingungsströme häufig nicht.

Unter Umständen könnte auch eine »Überkompensierung« zu einer zusätzlichen Erwärmung der Zuleitungskabel/Leitungen mit beitragen.

Für den weiteren Anschluss von Verbrauchern sollte berücksichtigt werden, dass sich durch die parallel geschalteten Adern eine Häufung ergibt, für die ein Reduktionsfaktor zu berücksichtigen ist.

W. Hörmann