

## Erdungsschemas in der Niederspannung - Teil 5

### Die Erdungsschemas und die Gefahr eines Brandes oder der Nichtverfügbarkeit der elektrischen Energie

#### Gefahr eines Brandes

Es ist nachgewiesen und hierauf von den Normierungsstellen übernommen worden, dass eine Punktberührung zwischen einem Leiter und einem Metallteil in besonders empfindlichen Räumen einen Brand auslösen kann, wenn der Fehlerstrom 500 mA übersteigt. Beispiele:

- Räume mit hohem Risiko: Petrochemische Betriebe, landwirtschaftliche Betriebe
- Räume mit erhöhtem Risiko, wo jedoch die Auswirkungen sehr schwerwiegend sein können: Hochhäuser, die dem Publikum offen stehen usw.

Bei isoliertem Sternpunkt ist die Brandgefahr beim ersten Fehler sehr niedrig, beim zweiten Fehler ebenso groß wie beim Schema TN. Bei den Erdungsschemas TT und vor allem TN ist der Fehlerstrom  $I_d$  angesichts der entwickelten Leistung ( $P = R_d \cdot I^2$ ) bei den folgenden Werten gefährlich:

- Schema TT:  $5 \text{ A} < I_d < 50 \text{ A}$
- Schema TN:  $1 \text{ kA} < I_d < 100 \text{ kA}$

Die an der Fehlerstelle ins Spiel gebrachte Leistung ist insbesondere im Schema TN beträchtlich, weshalb es angebracht ist, bereits bei den niedrigsten Stromstärken möglichst schnell einzutreten, um die Durchlassenergie ( $\int R_d \cdot i^2 \cdot dt$ ) zu begrenzen. Dieser von der IEC vorgeschriebene Schutz wird durch eine unverzögert auslösende Fehlerstrom-Schutzeinrichtung mit einem Auslösestrom  $\leq 500 \text{ mA}$  gewährleistet, und dies unabhängig vom Erdungsschema. Wenn die Brandgefahr besonders groß ist (Herstellung bzw. Lagerung von entflammbarer Stoffen usw.), muss, eventuell obligatorisch, ein Erdungsschema mit geerdeten Massen angewendet werden, das diese Gefahr von Natur aus minimal hält (TT oder IT). Zu bemerken ist, dass TN-C in Frankreich verboten ist, wenn Brandgefahr (Bedingungen BE2) und/oder Explosionsgefahr (Bedingungen BE3) besteht. Da die Schutzleiter PE und der Neutralleiter miteinander verbunden sind, können keine Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen eingesetzt werden.

#### Gefahr der Nichtverfügbarkeit der elektrischen Energie

Diese Gefahr stellt für den Betreiber in Anbetracht der Kosten für den Produktionsausfall und für die Reparatur, die sehr hoch sein können, ein großes Risiko dar. Sie ist je nach dem gewählten Erdungsschema verschieden. Es sei daran erinnert, dass die Verfügbarkeit ( $V$ ) eine statistische Größe ist (siehe Abb. 16) und dem Verhältnis zwischen den beiden Größen:

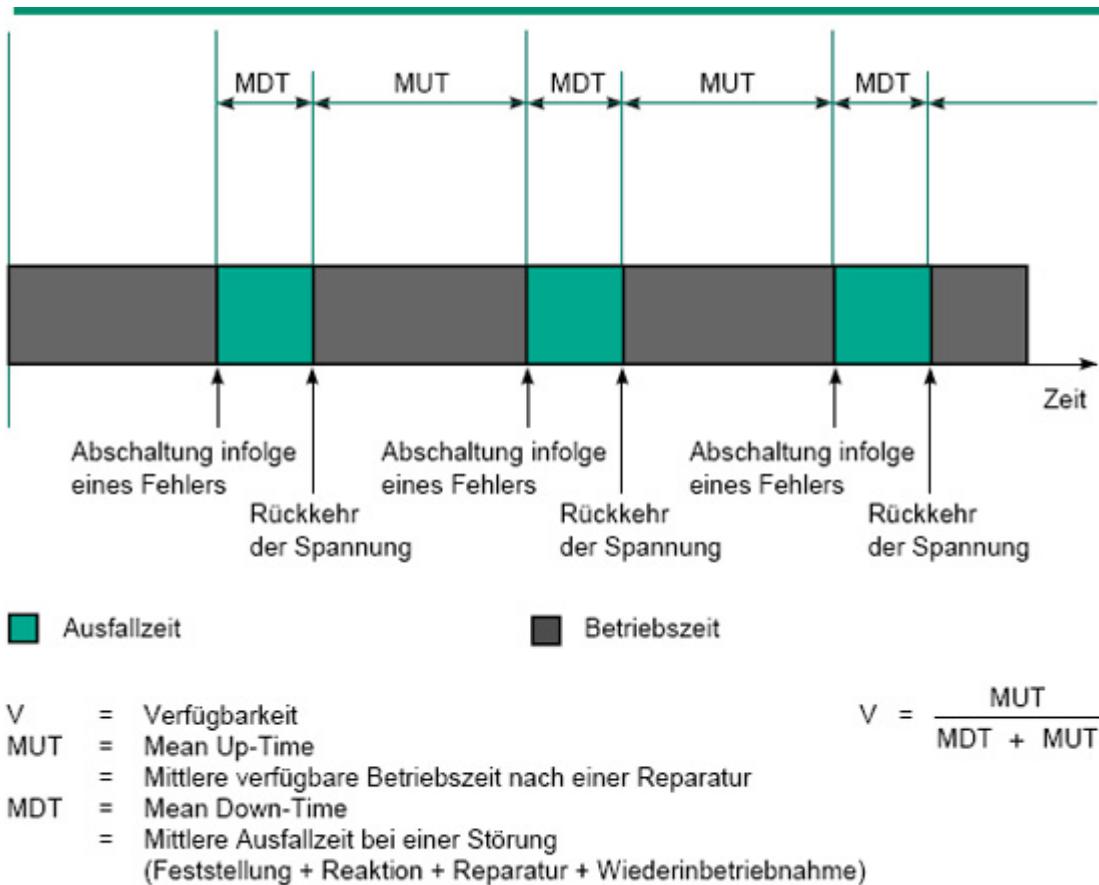


Abb. 16: Verfügbarkeit der elektrischen Energie.

- Zeit, während der das Netz verfügbar ist,
- Bezugszeit, die der Zeit, während der das Netz verfügbar ist, plus der Zeit, während der das Netz nicht verfügbar ist, entspricht.

Die mittlere verfügbare Betriebszeit (MUT) hängt vom allgemeinen Zustand der Isolation des Netzes ab, wobei die Güte der Isolation mit der Zeit infolge der thermischen Beanspruchung und der elektrodynamischen Kräfte, die insbesondere eine Folge von Fehlerströmen ist, abnimmt. Die mittlere Ausfallzeit (MDT) hängt ebenfalls vom Fehlerstrom ab, und insbesondere von dessen Stärke, die je nachdem

- mehr oder weniger große Zerstörungen in den Verbrauchern, Kabeln usw.,
- Brände,
- Funktionsstörungen der Schwachstromeinrichtungen der Leittechnik bewirken kann.

In Bezug auf die Verfügbarkeit der elektrischen Energie muss somit jedes Erdungsschema separat betrachtet werden. Das Schema IT verdient besondere Beachtung, da es das einzige Schema ist, das beim Auftreten eines Fehlers keine Abschaltung erfordert.

### Erdungsschema IT

Um alle Vorteile des Schemas IT aufrechtzuerhalten, die darin bestehen, die Elektrizitätsverteilung beim ersten Fehler nicht zu unterbrechen, muss ein zweiter Fehler verhindert werden, da dieser dieselben großen Gefahren wie beim Schema TN mit sich bringt. Zu diesem Zweck muss der erste Fehler beseitigt werden, bevor der zweite auftritt. Der Einsatz von leistungsfähigen Detektions- und Ortungsmitteln durch ein rasch reagierendes Wartungspersonal reduziert die Wahrscheinlichkeit eines "Doppelfehlers" ganz

wesentlich. Zudem stehen heute Überwachungseinrichtungen zur Verfügung, mit denen die Alterung der Isolation der einzelnen Abgänge überwacht und somit eine Fehlervorhersage gemacht und das Auftreten des ersten Fehlers vorhergesehen werden kann. Deshalb ist mit dem Erdungsschema IT eine maximale Verfügbarkeit möglich.

### **Erdungsschemas TN und TT**

Diese erfordern eine selektive Abschaltung. Im Schema TN wird diese mit den Kurzschlusschutzeinrichtungen erreicht, wenn der Schutzplan der Anlage gut überlegt ist (Stromselektivität). Im Schema TT kann diese auf einfache Weise mit Hilfe der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen erreicht werden, mit denen eine Strom- oder Zeitselektivität möglich ist. Es sei daran erinnert, dass im Schema TN die Reparaturzeit angesichts des  $\int i^2 dt$  die Tendenz hat, schwerwiegender zu sein als im Schema TT, was auch für die Verfügbarkeit gilt.

### **Für alle Erdungsschemas**

Es ist immer von Interesse, Isolationsfehler vorauszusehen, insbesondere Isolationsfehler bestimmter Motoren während des Anlaufs. Man darf nicht vergessen, dass 20% des Motorstörungen die Folge eines Isolationsfehlers sind, der sich beim Einschalten auswirkt. Selbst ein schwacher Verlust der Isolationsfestigkeit an einem warmen Motor, der sich in feuchter Umgebung abkühlt (Kondensation) entwickelt sich beim Wiederanlauf zu einem satten Fehler, wodurch einerseits die Wicklungen stark beschädigt werden und andererseits eine Betriebsunterbrechung erfolgt, wenn nicht sogar größere Gefahren auftreten, wenn es sich um einen sicherheitsrelevanten Motor handelt (Entwässerungspumpe, Löschwasserpumpe, Ventilator usw.). Solche Störungen können unabhängig vom Erdungsschema mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung verhindert werden, die den ausgeschalteten Verbraucher überwacht. Wenn ein Fehler vorliegt, wird ein Anlauf verhindert. Aus diesem Kapitel folgt klar, dass für eine hohe Verfügbarkeit der elektrischen Energie die Erdungsschemas die folgende Rangfolge einnehmen: IT, TT, TN.

### **Anmerkung:**

Wenn aus Gründen der Kontinuität der Versorgung die Anlage ein Notstromaggregat oder eine USV – Unterbrechungsfreie Stromversorgung – enthält, besteht beim Übergang auf die Ersatzstromquelle die Gefahr, dass die Kurzschlusschutzeinrichtungen DPCC nicht oder nur verzögert funktionieren (niedrigerer Icc, siehe Abb. 17). In den Erdungsschemas TN und IT ist es somit aus Gründen des Personen und Güterschutzes unerlässlich, sich zu vergewissern, dass die Schutzbedingungen (Auslösestrom und Abschaltzeit) insbesondere für lange Abgänge immer eingehalten werden. Wenn dies nicht der Fall ist, ist es ratsam, Fehlerstrom- Schutzeinrichtungen einzusetzen.

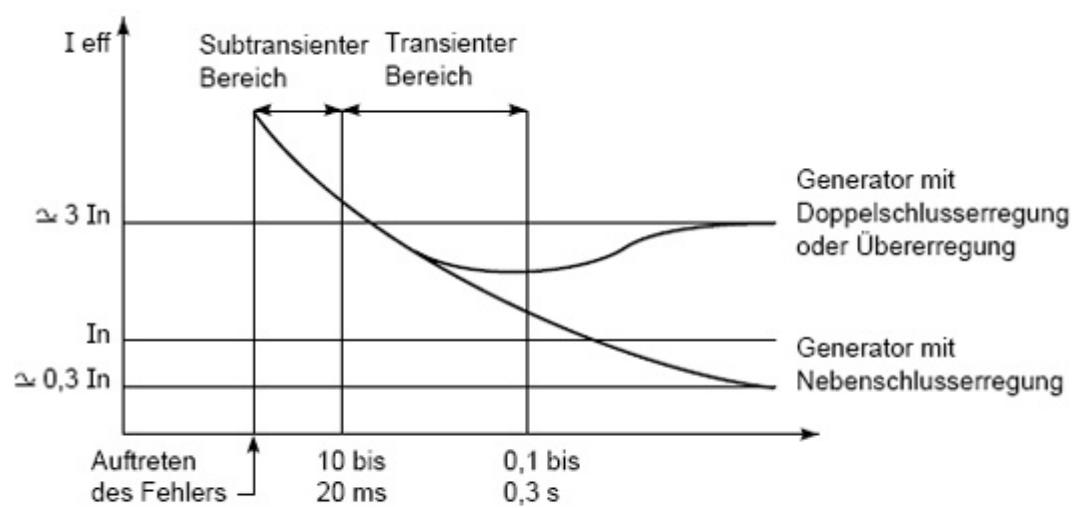


Abb. 17: Auftreten eines Kurzschlussstroms in einem von einem Dieselnotstromaggregat gespeisten Netz.