

Leitfaden über den Schutz - Teil 2: Weitere Erdungsarten

Erdung über einen Widerstand - Erdung über eine Drossel - Erdung über eine Kompensationsdrossel - Direkte Erdung der Sternpunktes

Erdung über einen Widerstand

Bei diesem Schema begrenzt ein ohmscher Widerstand den Fehlerstrom I_d gegen Erde bei gleichzeitiger Ableitung der Überspannungen. Demzufolge müssen jedoch automatisch Schutzeinrichtungen in Aktion treten, die den ersten Fehler beseitigen. In Netzen, die rotierende Maschinen speisen, wird der Widerstand so festgelegt, dass ein I_d von 15 bis 50 A erhalten wird. Dieser niedrige Strom muss jedoch trotzdem gleich $I_d \geq I_c$ sein (I_c = gesamter kapazitiver Strom des Netzes), um die Schaltüberspannungen zu reduzieren und eine einfache Erfassung zu ermöglichen. In Verteilnetzen werden höhere Werte gewählt (100 bis 1000 A), die besser erfassbar sind und eine Ableitung von Blitzüberspannungen gestatten.

Vorteile

Dieses Schema ist ein guter Kompromiss zwischen einem **niedrigen Fehlerstrom und gut abgeleiteten Überspannungen**. Die Schutzeinrichtungen sind einfach und selektiv und der Strom wird begrenzt.

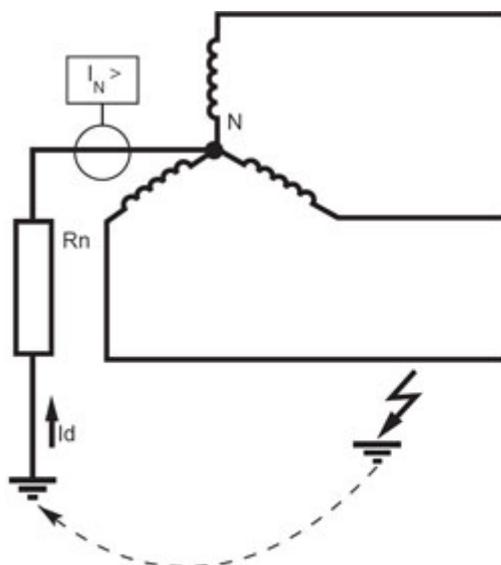
Nachteile

- **Keine Kontinuität der Versorgung.** Bei einem Erdschluss
- Die Kosten für den Erdungswiderstand steigen mit der Spannung und dem begrenzten Strom.

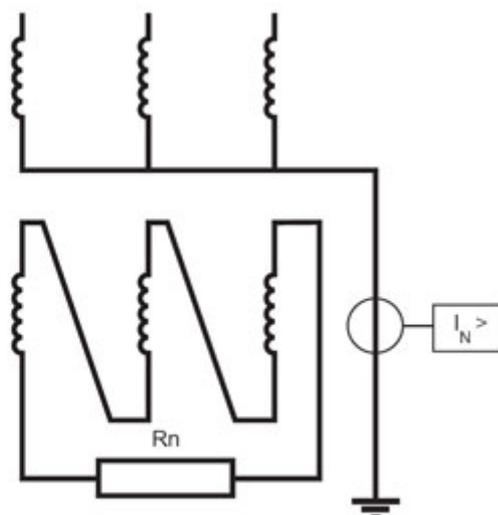
Anwendungen

Öffentliche und industrielle MS-Verteilnetze

Erdungswiderstand (R_n) Wenn der Sternpunkt zugänglich ist (Transformator in Sternschaltung), kann der Erdungswiderstand zwischen Sternpunkt und Erde geschaltet werden. Wenn der Sternpunkt nicht zugänglich ist oder wenn es sich aufgrund der Selektivitätsstudie als vorteilhaft erweist, realisiert man mit einer Spule oder einem Spezialtransformator mit sehr niedriger Nullreaktanz einen künstlichen Sternpunkt (Nullgenerator).



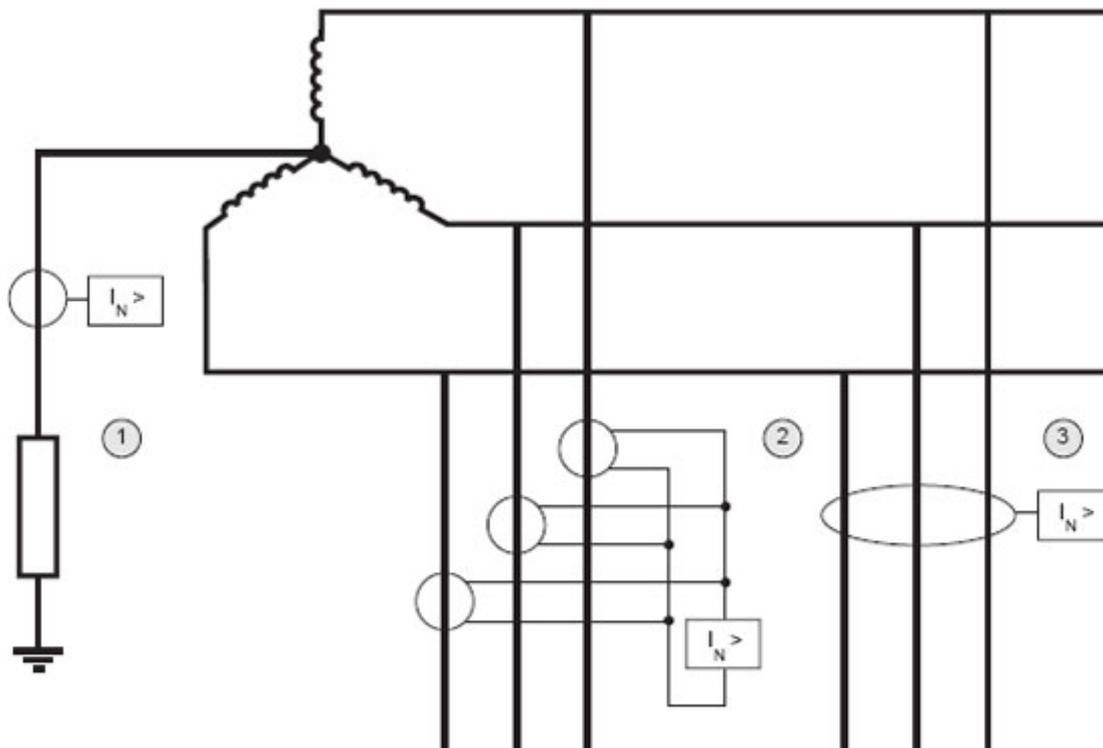
Zugänglicher Sternpunkt



Nicht zugänglicher Sternpunkt

Schutzeinrichtungen Die Erfassung eines schwachen Fehlerstroms I_d erfordert andere Schutzeinrichtungen als die Überstromrelais der Phasen. Diese «Erdschluss»-Schutzeinrichtungen erfassen den Fehlerstrom

- entweder direkt in der Verbindung zwischen Sternpunkt und Erde **(1)** ,
- oder im Netz durch Messung der Vektorsumme der 3 Ströme unter Verwendung
 - entweder von 3 Phasenstromwandlern, welche die Schutzeinrichtungen speisen **(2)**
 - oder eines Ringkernwandlers (vorzuziehen, da genauere Messung) **(3)** .



Die Ansprechwerteinstellung erfolgt in Funktion des unter Vernachlässigung der Quellen- und Verbindungs-Nullimpedanzen gegenüber der Impedanz R_n und unter Berücksichtigung der folgenden 2 Regeln berechneten Fehlerstroms I_d :

- Einstellung höher als das 1,3fache des kapazitiven Stroms des Netzes vor der Schutzeinrichtung,
- Einstellung auf ungefähr 20% des maximalen Erdschlussstroms.

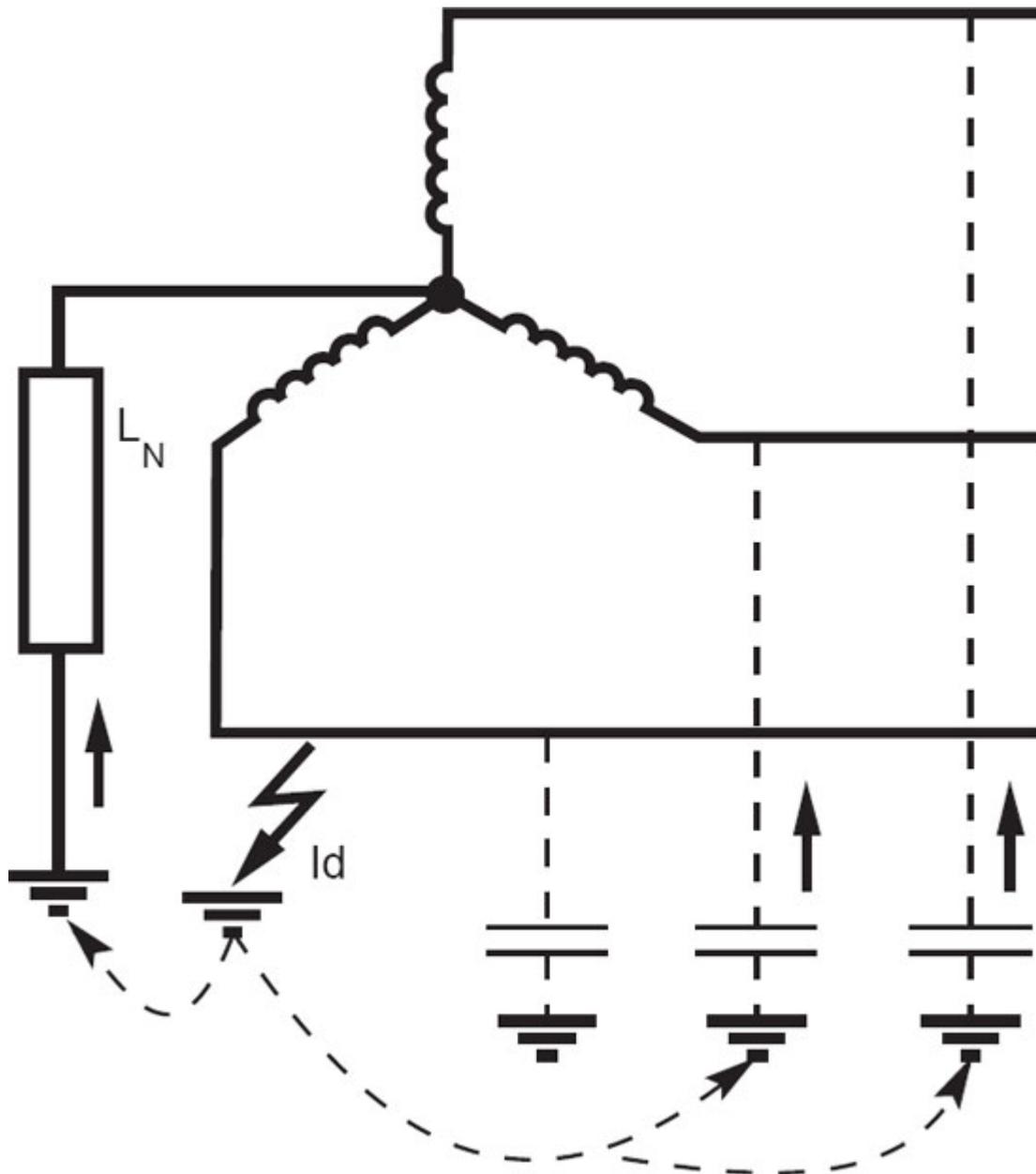
Zudem darf die Einstellung, wenn die Erfassung mit 3 Stromwandlern erfolgt, nicht niedriger sein als 10% der Baugröße der Stromwandler, um die mit

- der Asymmetrie der Ausgleichsströme,
- der Streuung der Kennlinien verbundenen Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Erdung über eine Drossel

Für Netzspannungen über 40 kV zieht man wegen der Probleme, die mit der Wärmeentwicklung beim Auftreten eines Fehlerstroms verbunden sind, die Verwendung einer Drossel anstelle eines Widerstandes vor.

Erdung über eine Kompensationsdrossel



Mit diesem System kann der kapazitive Strom des Netzes kompensiert werden. Denn der Fehlerstrom ist die Summe der Ströme, die durch die folgenden Kreise fließen:

- Erdung über die Drossel.
- Kapazitäten der gesunden Phasen gegen Erde.

Diese Ströme heben sich gegenseitig auf, da der eine (derjenige in der Erdung) induktiv und der andere (derjenige in den Kapazitäten der gesunden Phasen) kapazitiv ist. Die Addieren sich somit gegenphasig.

Vorteil

Dieses System gestattet eine Verminderung der Fehlerströme, selbst wenn die Kapazität der Phasen gegen Erde groß ist.

Nachteil

Die Kosten für die Erdungsdrossel können hoch sein, weil man den Wert der Reaktanz verändern können muss, um die Kompensation anzupassen.

Schutzeinrichtungen

Die Fehlerstromerfassung beruht auf der Wirkkomponente des Reststroms. Der Fehler bewirkt im gesamten Netz das Fließen von Restströmen, aber nur der fehlerhafte Kreis wird

von einem ohmschen Reststrom durchflossen. Zudem berücksichtigen die Schutzeinrichtungen sich wiederholende, selbstlöschende Fehler.

Wenn die Erdungsreaktanz und die Kapazität des Netzes aufeinander abgestimmt sind ($3L_N C \omega^2 = 1$)

- ist der Fehlerstrom minimal,
- ist der Fehlerstrom ein Wirkstrom,
- 03.08.2011 ist der Fehler selbstlöschend.

Deshalb wird die Kompensationsdrossel **Löschspule** oder **Petersen-Spule** genannt.

Direkte Erdung der Sternpunkte

Wenn der Sternpunkt ohne dazwischengeschaltete Impedanz geerdet ist, ist der Fehlerstrom I_d zwischen Phase und Erde praktisch ein Kurzschluss zwischen Phase und Sternpunkt und somit hoch. Dieses zum Ableiten von Überspannungen ideale Schema bringt sämtliche Nachteile und Gefahren eines hohen Erdschlussstroms mit sich. Es besteht **keine Kontinuität der Versorgung** und es gibt keine spezifischen Schutzeinrichtungen, indem die **normalen Überstromschutz**einrichtungen in Aktion treten, um den Fehler zu beseitigen.

Anwendungen

Dieses Schema wird in Europa für MS Freileitungs- und -Kabelnetze nicht angewendet, ist jedoch in den nordamerikanischen Verteilnetzen üblich. In diesen (Freileitungs-) Netzen rechtfertigen andere Besonderheiten diese Wahl:

- Vorhandensein eines verteilten Neutralleiters,
 - Verteilung 3 P, 2 P+N oder 1 P+N,
 - Verwendung des Neutralleiters als Schutzleiter mit genereller Erdung an jedem Mast.
- Dieses Schema kann angewendet werden, wenn die Kurzschlussleistung der Quelle niedrig ist.

	Maximalstromschutz		Minimalspannungsschutz
	Stromrichtungsschutz		Maximal- und Minimalfrequenzschutz
	Maximalerdschlussstromschutz		Maximalspannungsschutz
	Maximal-Gegenkomponentenschutz		Wirkleistungsrückflussschutz
	Thermisches Abbild		Blindleistungsrückflussschutz
	Differentialschutz		Maximalrestspannungsschutz
	Maximalstromschutz mit spannungsabhängigem Ansprechwert		Buchholz-Schutz
			