

Erdungsschemas in der Niederspannung - Teil 9

Mit der Wahl des Erdungsschemas verbundene Geräte: Erdungsschema IT, "Isolierter Sternpunkt"; Schutz des Neutralleiters in Funktion des Erdungsschemas

Erdungsschema IT, "Isolierter Sternpunkt"

Bekanntlich wird bei einem Doppelfehler der Personenschutz durch die Kurzschlusschutzeinrichtungen sichergestellt. Beim ersten Isolationsfehler hat uns die Berechnung gezeigt, dass keine Gefahr besteht (Berührungsspannung wesentlich niedriger als die Sicherheitsspannung). Eine automatische Abschaltung ist deshalb nicht erforderlich. Dies ist der wesentliche Vorteil dieses Schemas. Zur Aufrechterhaltung dieses Vorteils empfehlen die Normen (IEC 364, Absatz 413.1.5.4) die Anordnung einer Isolationsüberwachungseinrichtung (CPI) und die Suche des ersten Fehlers, oder schreiben dies vor. Denn wenn ein zweiter Fehler auftritt, ist eine automatische Abschaltung unerlässlich, weil Elektrisierungsgefahr besteht. Dies ist die Aufgabe der Kurzschlusschutzeinrichtungen, eventuell vervollständigt durch Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen. Die Suche des ersten Fehlers, um ihn zu reparieren (Instandsetzung), wird durch ein Fehlerortungsgerät (DLD) wesentlich erleichtert.

Eine vorbeugende Wartung aufgrund der Überwachung (Aufzeichnung) der Veränderungen der Isolationsimpedanzen der einzelnen Stromkreise ist ebenfalls möglich.

Nach dem Schema IT betriebene NSNetze, die ihren Anfang bei einem MS/ NS-Transformator nehmen, müssen mit Hilfe eines Überspannungsableiters gegen die Gefahren eines Isolationsfehlers zwischen der MS und der NS geschützt werden. schließlich kann, um das Potential des NS-Netzes gegen Erde (von einem MS/ NS-Transformator gespeistes kurzes Netz) festzulegen und die Gefahr einer Ferroresonanz zu verhindern, zwischen dem Sternpunkt des Transformators und der Erde eine Impedanz geschaltet werden. Ihr Wert bei 50 Hz von der Größenordnung 1 500 W ist bei sehr niedrigen Frequenzen und bei Gleichstrom sehr hoch, um die Isolationsmessung sowie die Fehlersuche nicht zu beeinträchtigen.

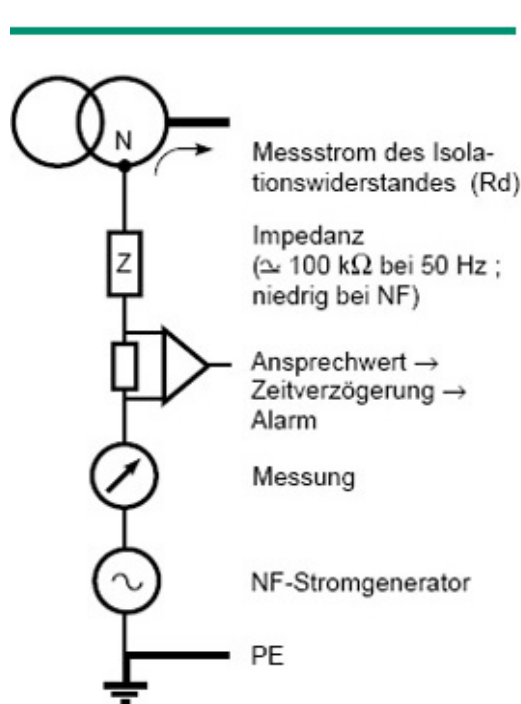


Abb. 25: Funktionsschema einer Isolationsüberwachungseinrichtung (CPI).

Funktionsprinzip der

Isolationsüberwachungseinrichtungen (CPI)

Ein Fehler in einem Stromkreis zeigt sich im Netz durch eine Reduktion des Isolationswiderstandes, genauer gesagt des Widerstandes des Netzes gegen Erde. Isolationsüberwachungseinrichtungen haben also die Aufgabe, diesen Isolationswiderstand zu überwachen. Sie arbeiten in der Regel nach dem Prinzip der Einspeisung eines Wechseloder Gleichstroms zwischen dem Netz und der Erde und der Messung seines Wertes (siehe Abb. 25). Durch die Einspeisung eines Gleichstroms kann der Isolationswiderstand des Netzes dauernd überwacht werden. Wenn dieser unter einen bestimmten Wert sinkt, signalisiert die Isolationsüberwachungseinrichtung einen Fehler.

Durch die Einspeisung eines niederfrequenten Wechselstroms (Frequenz = einige Hz) kann der Fehlerwiderstand kontrolliert werden. Dies jedoch mit einer Verzerrung, die eine Folge der Streukapazitäten des Netzes sind. Dieser angesichts der niedrigen Frequenz unbedeutende Nachteil wird durch den Vorteil bei der Suche des

ersten Fehlers aufgehoben (eine einzige Einspeiseeinrichtung). Es gibt heute Geräte mit NF-Stromeinspeisung, die in der Lage sind den Isolationswiderstand und die Isolationsreaktanz des Netzes separat anzuzeigen. Mit diesen Geräten kann ferner, ohne einen Stromkreis zu öffnen und ohne Beeinträchtigung durch stark kapazitive Abgänge, der erste Fehler gesucht werden.

Funktionsprinzip der Fehlerortungsgeräte (DLD)

Die am häufigsten angewendete Lösung besteht darin, einen identifizierbaren Strom (mit einer vom Netz abweichenden Frequenz) einzuspeisen. Der Generator kann derjenige der Isolationsüberwachungseinrichtung (CPI) sein. Hierauf werden die Stromkreise mit magnetischen Gebern (Ringstromwandler und/oder Strommesszangen), die mit einem auf die Frequenz des eingespeisten Stromes abgestimmten Verstärker verbunden sind, abgesucht, bis die Fehlerstelle gefunden ist (siehe Abb. 26).

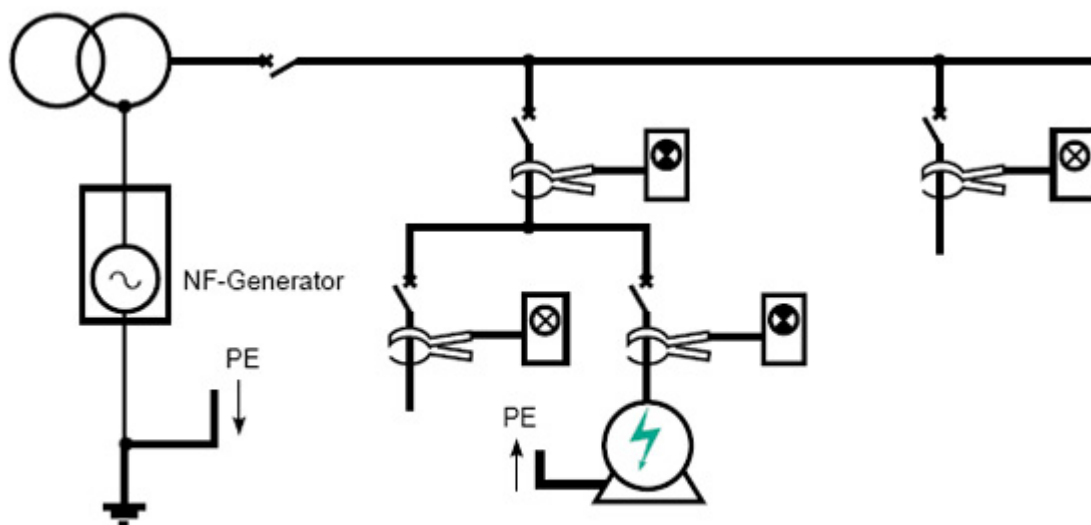
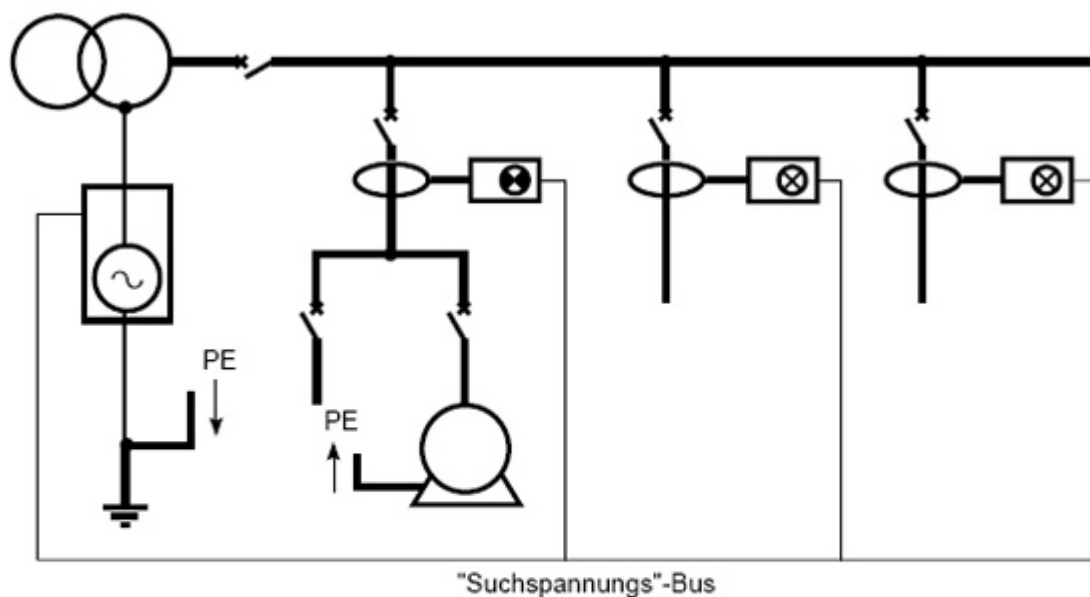


Abb. 26: Ortung des Isolationsfehlers durch Absuchen des Verlaufs eines am Kopf der Anlage eingespeisten niederfrequenten Stromes.

schließlich wird noch eine weitere Lösung angewendet. Diese besteht darin, den Widerstandswert jedes Abgangs dauernd mit einem festen oder programmierbaren Grenzwert zu vergleichen. Letztere Lösung wird mit Informatik-Mitteln betrieben und gestattet gleichzeitig lokal und auf Distanz,

- den ersten Fehler zu signalisieren (CPI-Funktion),
- ihn hierauf zu orten (DLD-Funktion), um ihn zu reparieren (Instandsetzung) (siehe Abb. 27) und
- die zeitliche Entwicklung des Isolationswiderstandes für jeden Abgang zu kennen, um an den Abgängen etwas zu unternehmen, deren Isolationswiderstand abnormal abnimmt (vorbeugende Wartung).



Der Durchgang des Suchstromes durch die Leiter wird mit magnetischen Gebern (Ringkernen) festgestellt. Jeder Empfänger, der mit einem selektiven (auf die Frequenz und Phase des Suchstromes abgestimmten) Verstärker ausgerüstet ist, berechnet den Widerstand und die Kapazität des Stromkreises (mit Hilfe der Spannung und Phase, deren Bezugswerte einem Bus entnommen werden) und signalisiert das Vorhandensein eines Fehlers.

Abb. 27: Funktionsprinzip eines Fehlerortungsgerätes mit NF-Impedanzmessung.

Überspannungsableiter

Diese werden zwischen einen aktiven Leiter (Phasen- oder Neutraleiter) der Anlage und Erde geschaltet. Ihre Ansprechspannung U_e muss auf die vorgesehene Einbaustelle abgestimmt werden, weshalb für ein 230/400-V-Netz mit 50 Hz zwei Modelle zur Verfügung stehen:

- 250 V für den Anschluss an den Neutraleiter ($400 \text{ V} < U_e \leq 750 \text{ V}$)
- 400 V für den Anschluss an eine Phase ($700 \text{ V} < U_e \leq 1\,100 \text{ V}$).

Überspannungsableiter haben eine zweifache Aufgabe:

- Begrenzung der Spannung im NS-Netz bei einem MS/NS-Überschlag im Verteiltransformator. In diesem Fall muss der Ableiter den Differenzstrom des MS-Netzes gegen Erde ableiten.
- Begrenzung der Blitzüberspannungen.

Daraus ergeben sich z.B. für das 250-V-Modell die folgenden technischen Daten:

- U_n : 250 V
- Ansprechspannung bei 50 Hz: min. 400 V, max. 750 V
- Ansprechspannung bei einer Stosswelle der Form 1,2/50 ms: $\hat{u} < 1\,570 \text{ V}$
- $\hat{I}_{\text{Blitz}}$: 20 x 2 500 A (Welle 8/20 ms), ohne sich in den Kurzschlusszustand zu versetzen
- $\hat{I}_{50 \text{ Hz}}$:
20 000 A / 0,2 s
5000 A / 5 s
1200 A / 3 min

Dieses Verhalten beim Spitzenstrom $\hat{i}_{50\text{ Hz}}$ ist wesentlich besser als der Wert des Differenzstroms des MS-Netzes. Es erklärt sich aus der Tatsache, dass ein Überspannungsableiter, der bei einer sehr hohen Überspannung "gezündet" hat, im Kurzschlusszustand bleiben kann. Er muss somit noch in der Lage sein, einen NS-Kurzschlussstrom als Folge eines ersten Isolationsfehlers des geschützten NS-Netzes auszuhalten. Die unter der Marke Merlin Gerin verkauften Überspannungsableiter können 40 kA/0,2 s aushalten.

Schutz des Neutralleiters in Funktion des Erdungsschemas

Der Neutralleiter muss durch ein allpoliges Gerät abgeschaltet werden:

- im Schema TT und TN, wenn der Querschnitt des Neutralleiters kleiner ist als der Querschnitt der Phasenleiter,
- in der Endverteilung angesichts der Gefahr einer Verwechslung Neutralleiter/Phasenleiter.

Der Neutralleiter muss geschützt und unterbrochen werden:

- im Schema IT für das Eingreifen des Schutzes bei einem Doppelfehler, indem einer der Fehler sich am Neutralleiter befinden kann,
- im Schema TT und TN-S, wenn der Querschnitt des Neutralleiters kleiner ist als der Querschnitt der Phasenleiter,
- unabhängig vom Erdungsschema, wenn die Anlage Oberwellenströme 3. Ordnung erzeugt (insbesondere, wenn der Querschnitt des Neutralleiters reduziert ist).

Im Schema TN-C darf der Neutralleiter, der zugleich der Schutzleiter PE ist, nicht unterbrochen werden, da dies wegen der Potentialschwankungen infolge der Lastströme und der Isolationsfehlerströme gefährlich ist. Um diese Risiken zu umgehen, muss für jeden Bereich/Abonnenten ein lokaler Potentialausgleich und ein Erder vorhanden sein. Die Abbildung 28 zeigt die je nach dem Erdungsschema einzusetzenden Leistungsschalter-Typen. Zu bemerken ist, dass für die Erdungsschemas TT und TN dieselben Geräte (mit zusätzlich einem Fehlerstromauslöser im Schema TT) verwendet werden können.

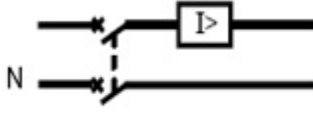
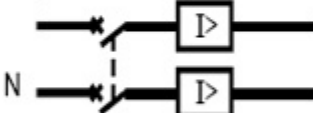
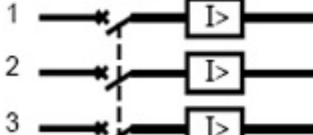
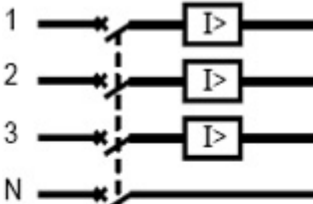
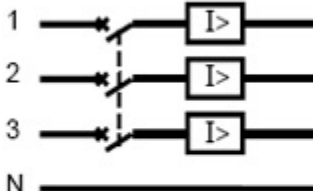
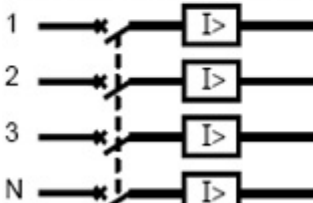
Stromkreis	Schema			
	TN-C	TN-S	TT	IT
Einphasenstromkreis				
Einphasenstromkreis mit einpoligem Schutz	nein	ja	ja	nein
 2poliger Leistungsschalter (1 geschützter Pol, 2 geschaltete Pole)				
Einphasenstromkreis mit zweipoligem Schutz	nein	ja	ja	ja
 2poliger Leistungsschalter (2 geschützte Pole)				
Drehstromkreis ohne Neutralleiter				
Mit zweipoligem Schutz	ja	ja	ja	ja
 3poliger Leistungsschalter				
Drehstromkreis mit Neutralleiter				
Ohne Überstromerfassung am Neutralleiter	nein	ja	ja	nein
 4poliger Leistungsschalter mit 3 geschützten Polen				
 3poliger Leistungsschalter	ja	ja	ja	nein
Mit Überstromerfassung am Neutralleiter	nein	ja	ja	ja
 4poliger Leistungsschalter mit 4 geschützten Polen				

Abb. 28: Anwendung von Leistungsschaltern in Abhängigkeit vom Erdungsschema.