

Leitfaden über den Schutz - Teil 9: Transformatorschutz

Der Transformator ist ein besonders wichtiger Teil eines Netzes. Er muss wirksam gegen alle Fehler mit innerer oder äußerer Ursache geschützt werden, durch die er beschädigt werden könnte.

Einleitung

Der Transformator ist ein besonders wichtiger Teil eines Netzes. Er muss wirksam gegen alle Fehler mit innerer oder äußerer Ursache geschützt werden, durch die er beschädigt werden könnte. Die Wahl einer Schutzeinrichtung beruht oft auf technisch-wirtschaftlichen Überlegungen und hängt von seiner Leistung ab.

Fehlerarten

Die Fehler, denen ein Transformator hauptsächlich unterworfen sein kann, sind:

- Überlast
- Kurzschluss
- Körperschluss

Überlast kann die Folge einer Erhöhung der Anzahl der gleichzeitig gespeisten Lasten oder einer Erhöhung der von einer oder mehreren Lasten aufgenommenen Leistung sein. Sie wirkt sich als lang andauernder Überstrom aus, der eine Temperaturerhöhung bewirkt, die einen nachteiligen Einfluss auf das Verhalten der Isolationen und die Lebensdauer des Transformators hat.

Ein **Kurzschluss** kann transformatorintern oder -extern sein.

- **Innerer Kurzschluss:**

Dabei handelt es sich um einen Fehler zwischen verschiedenen Phasenleitern oder zwischen Windungen derselben Wicklung. Der Fehlerlichtbogen beschädigt die Transformatorwicklung und kann einen Brand zur Folge haben. In einem Öltransformator bewirkt der Lichtbogen die Entwicklung von Zersetzungsgasen. Wenn der Fehler klein ist, tritt eine schwache Gasentwicklung auf, wobei die entstehende Gasansammlung gefährlich ist. Ein starker Kurzschluss bewirkt sehr große Schäden. Dabei kann die Wicklung zerstört werden, jedoch auch der Kessel, wobei brennendes Öl ausfließt.

- **Äußerer Kurzschluss:**

Hier handelt es sich um einen Fehler zwischen Phasen der nachgeschalteten Verbindungen. Der Kurzschluss auf der Verbraucherseite bewirkt im Transformator elektrodynamische Kräfte, welche die Wicklung beschädigen und sich hierauf zu einem inneren Fehler entwickeln können.

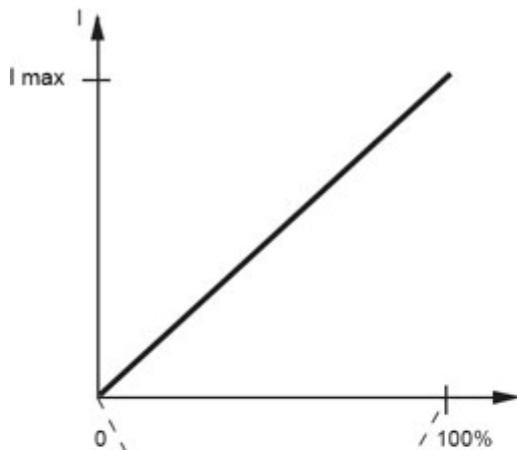
Ein **Körperschluss** ist ein innerer Fehler. Er kann zwischen der Wicklung und dem Kessel oder zwischen der Wicklung und dem Eisenkern auftreten. Bei einem Öltransformator bewirkt er eine Gasentwicklung. Wie der innere Kurzschluss kann er eine Zerstörung der Transformators und einen Brand zur Folge haben.

Die Stärke des Fehlerstroms hängt von der Sternpunktbehandlung der vor- und nachgeschalteten Netze ab, sowie vom Ort des Fehlers in der Wicklung.

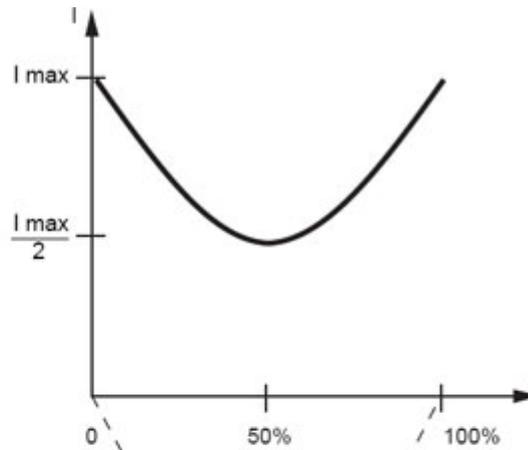
Bei der Sternschaltung (Abb. 1) variiert der zur Masse fließende Strom zwischen 0 und dem Maximalwert je nachdem, ob sich die Fehlerstelle näher am sternpunktseitigen oder am phasenseitigen Ende der Wicklung befindet.

Bei der Dreieckschaltung (Abb. 2) variiert der zur Masse fließende Strom zwischen 50% und

100% des Maximalwertes je nachdem, ob sich die Fehlerstelle näher an der Mitte oder an einem Ende der Wicklung befindet.



(Abb. 1)



(Abb. 2)

Schutzeinrichtungen

Überlast

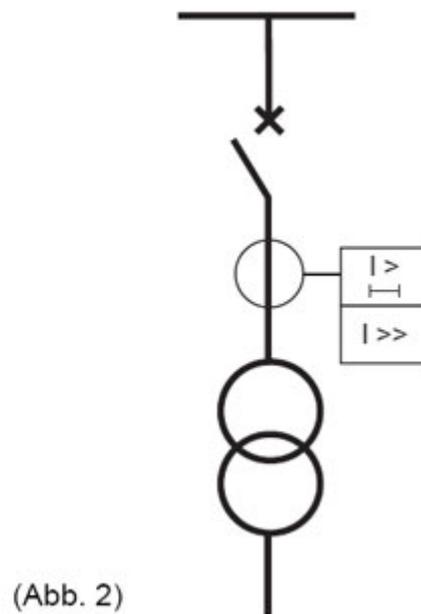
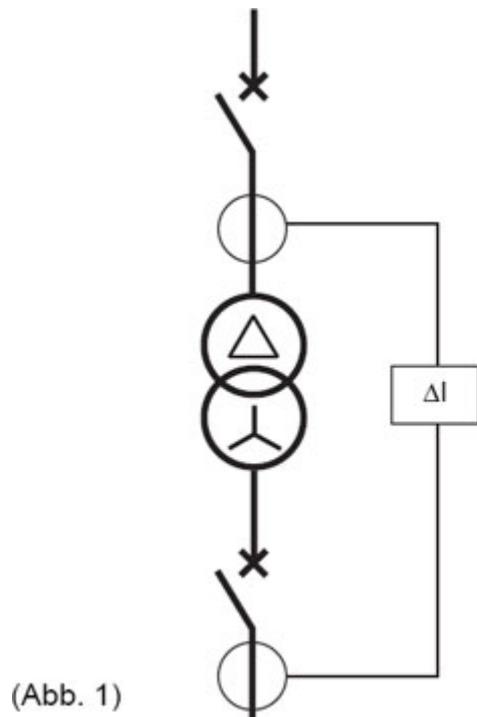
Ein lang andauernder Überstrom wird in der Regel von einem Maximalstromschutz mit stromunabhängiger oder stromabhängiger, in Bezug auf die sekundärseitigen Schutzeinrichtungen selektiven Verzögerung erfasst. Man verwendet einen Schutz mit thermischem Abbild, um Temperaturerhöhungen mit möglichst hoher Empfindlichkeit zu überwachen. Dabei wird die Erwärmung durch Simulation der Wärmeabgabe in Funktion des Stroms und der thermischen Trägheit des Transformators bestimmt.

Kurzschluss

Für Öltransformatoren verwendet man

- den Buchholz-Schutz genannten Gasfang- und Ölströmungsschutz, der auf Gasentwicklungen sowie Ölströmungen reagiert, die von einem Kurzschluss zwischen Windungen derselben Phase bzw. einem Kurzschluss zwischen Phasen verursacht werden,
- den Transformator-Differentialschutz (Abb. 1), der für einen schnellen Schutz gegen Kurzschlüsse zwischen Phasen sorgt, empfindlich ist und für Großtransformatoren eingesetzt wird,
- einen unverzögerten Maximalstromschutz (Abb. 2) in Verbindung mit einem auf der Primärseite des Transformators angeordneten Leistungsschalter, der den Schutz gegen starke Kurzschlüsse sicherstellt. Der Strom-Ansprechwert wird auf einen Wert oberhalb des durch einen Kurzschluss auf der Sekundärseite verursachten Stroms eingestellt. Dadurch wird eine Stromselektivität gewährleistet.

- Eine HS-Sicherung kann den Schutz von Transformatoren kleiner Leistung sicherstellen.



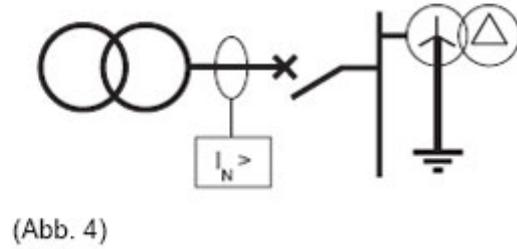
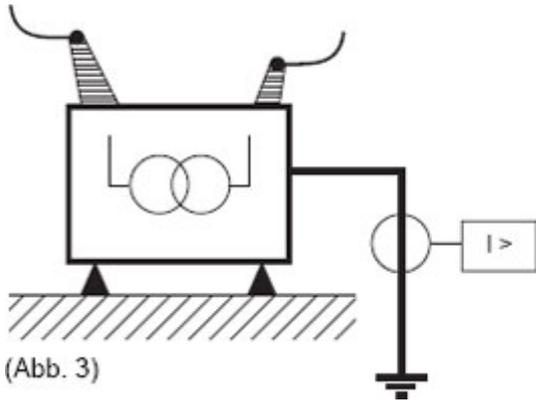
Körperschluss

Kesselmassen-Erdschlussschutz (Abb. 3):, Dieser an die Erdungsverbinding der Kesselmasse des Transformators angeschlossene unverzögerte Maximalstromschutz stellt (wenn seine Einstellung mit der Sternpunktbehandlung kompatibel ist) eine einfache und wirksame Lösung für den Schutz gegen innere Kurzschlüsse zwischen einer Wicklung und der Masse dar. Er erfordert eine Isolation des Transformators gegen Erde.

Dieser Schutz ist selektiv, indem er nur auf Fehlerströme gegen die Masse reagiert. Die Einstellwerte sind jedoch hoch.

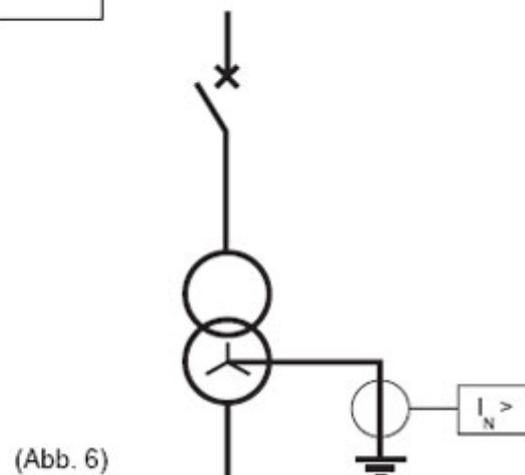
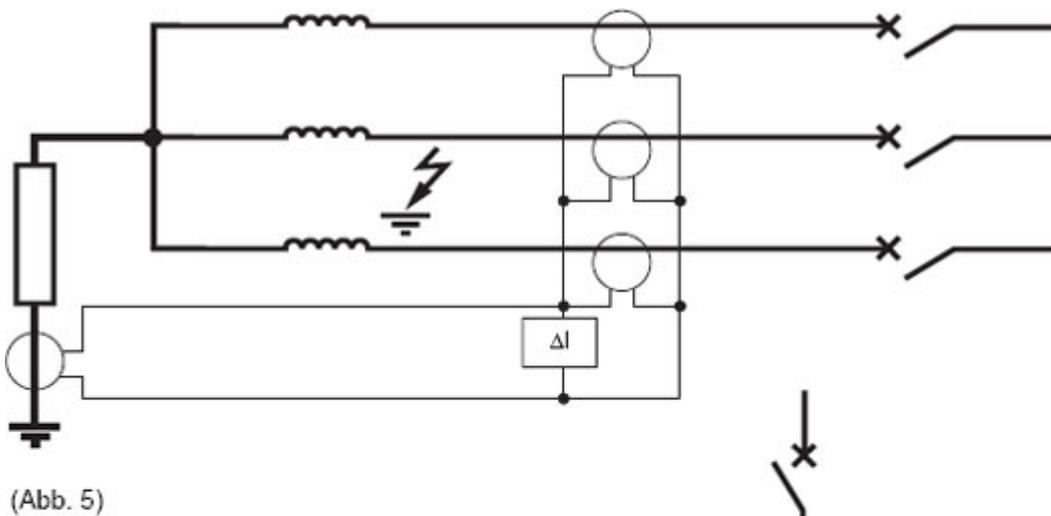
Eine andere Lösung besteht in der Sicherstellung des Schutzes gegen Erdschlüsse wie folgt:

- Durch den Erdschlussschutz im vorgeschalteten Netz für einen die Primärseite des Transformators betreffenden Körperschluss.
- Durch den Erdschlussschutz an der Einspeisung der gespeisten Schalttafel, wenn die Sternpunktterdung des nachgeschalteten Netzes an den Sammelschienen erfolgt (Abb. 4).



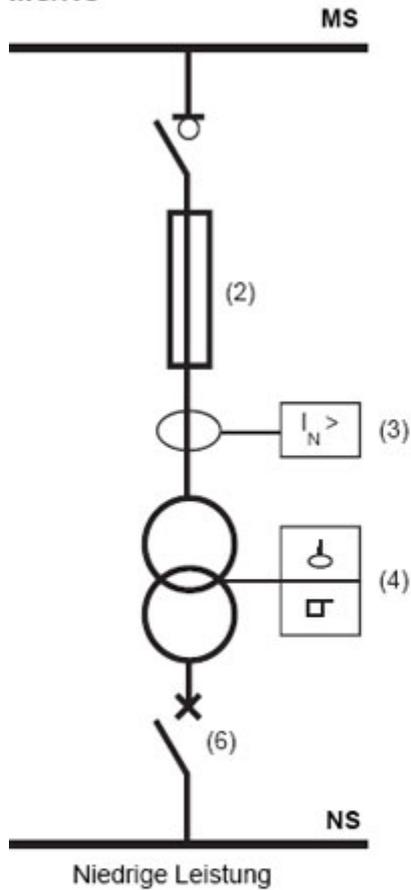
Diese Schutzrichtungen sind selektiv, indem sie nur auf Kurzschlüsse zwischen Phasen und Erde im Transformator oder an den vor- und nachgeschalteten Verbindungen reagieren.

- Durch einen beschränkten Erdschlussschutz, wenn die Sternpunktterdung des vorgeschalteten Netzes am Transformator erfolgt (Abb. 5). Dabei handelt es sich um einen Hochimpedanz-Differentialschutz, der die Differenz der einerseits an der Sternpunktterdung und andererseits am dreiphasigen Ausgang des Transformators gemessenen Restströme feststellt.
- Durch einen Sternpunkterdschlussschutz, wenn die Sternpunktterdung am Transformator erfolgt (Abb. 6).

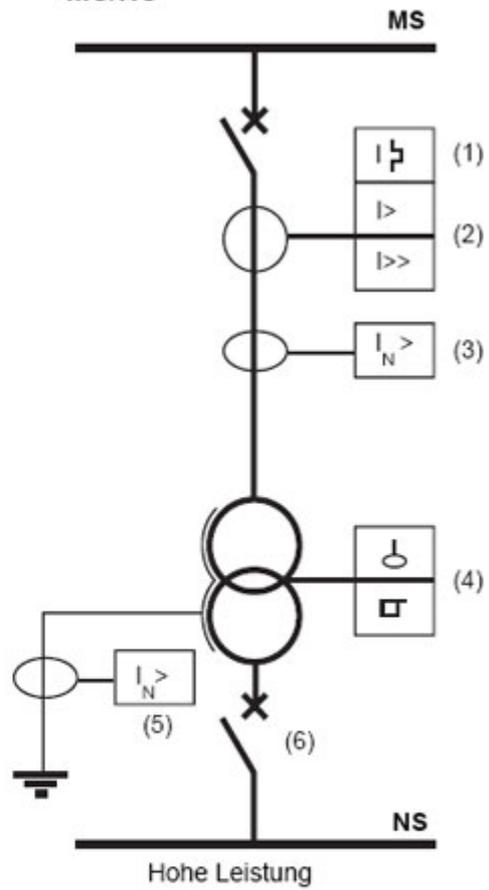


Beispiele für den Transformatorschutz

MS/NS

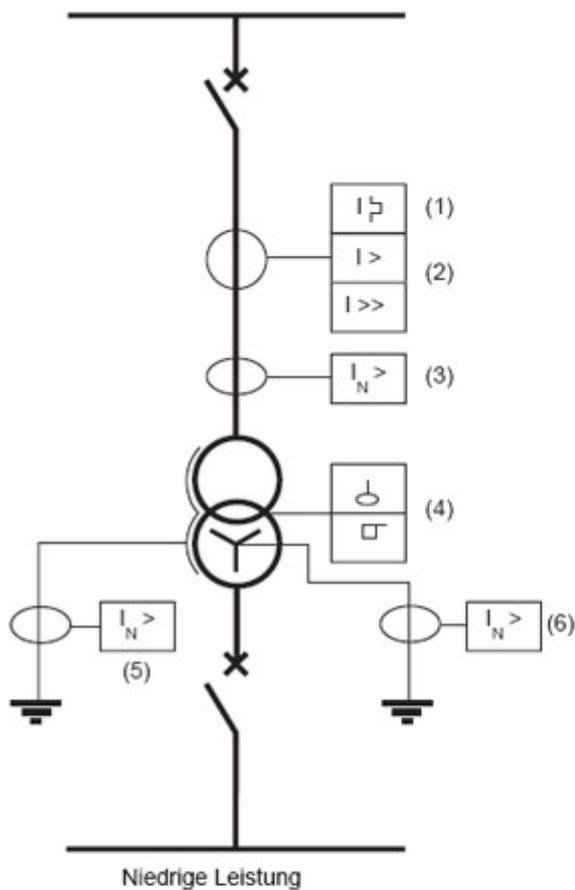


MS/NS

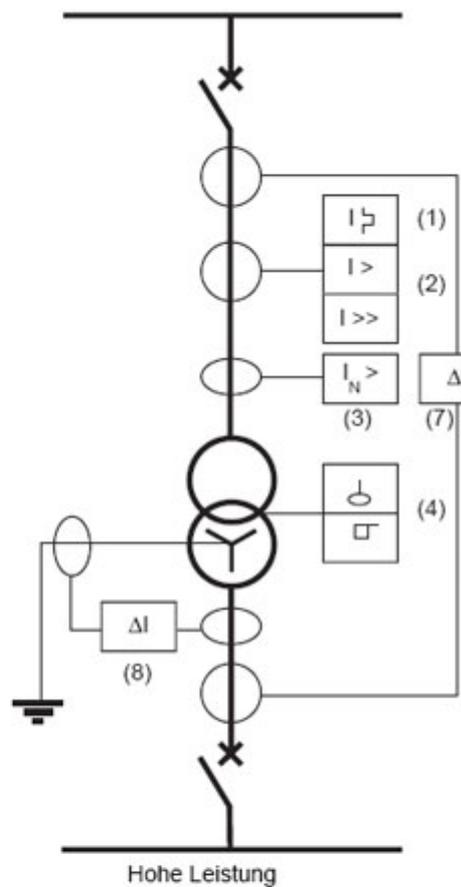


- (1) Thermisches Abbild
- (2) Sicherung oder Maximalstromschutz mit zwei Ansprechwerten
- (3) Maximalerdschlussstromschutz
- (4) Buchholz-Schutz
- (5) Kesselmassen-Erdschlusschutz
- (6) NS-Leistungsschalter

MS/MS



MS/MS



- (1) Thermisches Abbild
- (2) Maximalstromschutz mit zwei Ansprechwerten
- (3) Maximalerdschlussstromschutz
- (4) Buchholz-Schutz
- (5) Kesselmassen-Erdschlusschutz
- (6) Sternpunkterdschlusschutz
- (7) Transformator-Differentialschutz
- (8) Beschränkter Erdschlusschutz

Einstellangaben

Fehlerart Einstellungen

- | | |
|--------------------|---|
| Überlast | <ul style="list-style-type: none">• NS-Leistungsschalter; I_n (für MS/NS-Transformator).• Thermisches Abbild: Zeitkonstante ungefähr 10'. |
| Kurzschluss | <ul style="list-style-type: none">• Sicherung: Baugröße $> 1,3 I_n$.• Maximalstromschutz mit stromunabhängiger Verzögerung. Unterer Ansprechwert $< 6 I_n$; Verzögerung $\geq 0,3$ s (in Bezug auf die Verbraucherseite selektiv). Oberer Ansprechwert $> I_{cc}$ auf der Verbraucherseite, unverzögert.• Maximalstromschutz mit stromabhängiger Verzögerung. Unterer Ansprechwert stromabhängig (in Bezug auf die Verbraucherseite selektiv). Oberer Ansprechwert $> I_{cc}$ auf der Verbraucherseite, unverzögert. |

- Transformator-Differentialschutz. Steilheit: 25% bis 50%.

Erdschluss

- Kesselmassen-Erdschlussschutz. Ansprechwert $> 20 \text{ A}$ (Verzögerung $0,1 \text{ s}$).
- Maximalerdschlussstromschutz. Ansprechwert $\leq 20\%$ des maximalen Erdschlussstroms und $\geq 10\%$ der Baugröße der Stromwandler, wenn mit 3 Stromwandlern gespeist; Verzögerung $0,1 \text{ s}$, wenn im Netz geerdet, Verzögerung in Funktion der Selektivität, wenn die Erdung am Transformator erfolgt.
- Beschränkter Erdschlussschutz. Ansprechwert ungefähr $10\% I_n$, wenn eine Summierschaltung mit 3 Stromwandlern verwendet wird.
- Sternpunkterdschlussschutz. Ansprechwert ungefähr 10% der maximalen Erdschlussstroms.

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