

Leitfaden über den Schutz - Teil 11: Generatorschutz

Das Betriebsverhalten eines Generators kann sowohl durch Fehler innerhalb der Maschine als auch durch Störungen im Netz, an das er angeschlossen ist, negativ beeinflusst werden.

Einleitung

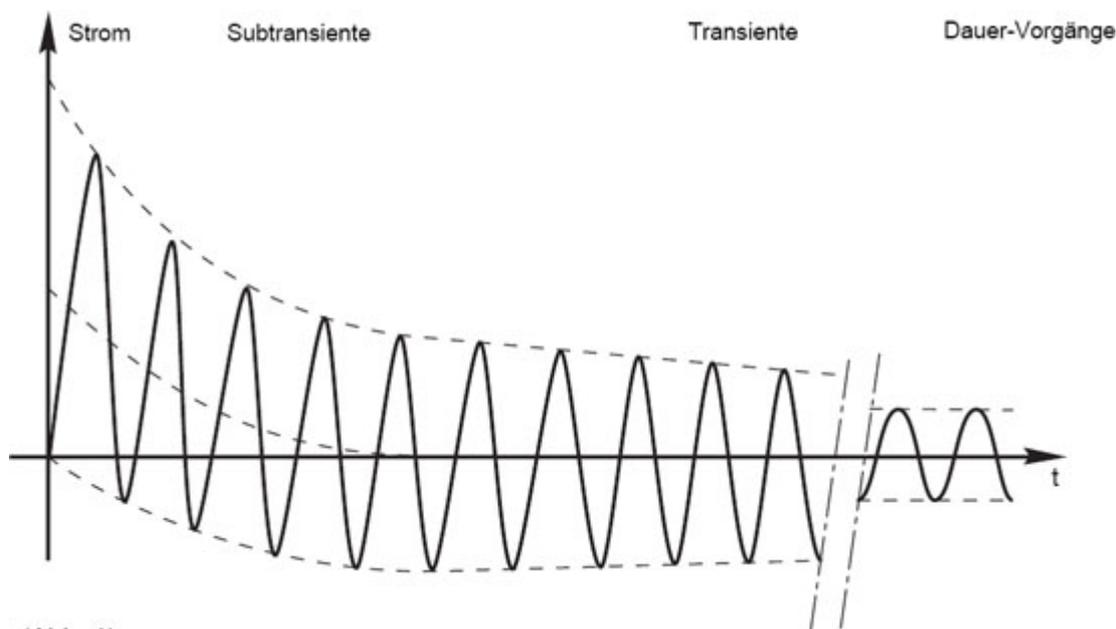
Das Betriebsverhalten eines Generators kann sowohl durch Fehler innerhalb der Maschine als auch durch Störungen im Netz, an das er angeschlossen ist, negativ beeinflusst werden. Eine Generatorschutzeinrichtung hat deshalb zwei Ziele: Schutz der Maschine und Schutz des Netzes.

Fehlerarten

Überlast, Unsymmetrie und interner Kurzschluss zwischen Phasen sind Fehler, die für Generatoren von derselben Art sind wie für Motoren. Es gibt jedoch Fehlerarten, die für Generatoren charakteristisch sind.

Äußerer Kurzschluss zwischen Phasen

Wenn in einem Netz nahe an einem Generator ein Kurzschluss auftritt, hat der Fehlerstrom den in der Abb. 1 dargestellten Verlauf. Der Maximalwert des Kurzschlussstroms muss unter Berücksichtigung der subtransienten Impedanz X''_d der Maschine berechnet werden. Der von einer sehr schwach (mit etwa 100 ms) verzögerten Schutzeinrichtung feststellbare Stromwert muss unter Berücksichtigung der transienten Impedanz X'_d der Maschine berechnet werden. Der Wert des Dauerkurzschlussstroms muss unter Berücksichtigung der synchronen Impedanz X berechnet werden. Letzterer Strom ist niedrig und beträgt in der Regel weniger als der Nennstrom des Generators. Unter dem Einfluss der Spannungsregler kann er bisweilen über dem Nennstrom gehalten werden.



(Abb. 1)

Innerer Körperschluss

Dieser Fehler ist von der gleichen Art wie bei einem Motor, und seine Folgen hängen von der angewendeten Sternpunktbehandlung ab. Eine Besonderheit im Vergleich zum Motor ist jedoch die Tatsache, dass der Generator während der Perioden des Anlaufs und des Anhaltens sowie im Versuchsbetrieb und im Reservebetrieb vom Netz abgeschaltet läuft. Die Sternpunktterdung kann verschieden sein, je nachdem, ob der Generator an das Netz geschaltet ist oder nicht, wobei die Schutzeinrichtungen für diese beiden Fälle geeignet sein müssen.

Ausfall der Erregung

Der Ausfall der Erregung eines vorher an das Netz geschalteten Generators bewirkt, dass er nicht mehr netzsynchron läuft (außer Tritt fällt). Er läuft asynchron mit leichter Überdrehzahl und nimmt Blindleistung auf. Die Folgen sind eine Erwärmung des Stators, da der Blindstrom hoch sein kann, und eine Erwärmung des Rotors, da dieser nicht für die induzierten Ströme dimensioniert ist.

Lauf als Motor

Wenn der Generator vom Netz wie ein Motor angetrieben wird, liefert er mechanische Energie an die Welle, was einen Verschleiß und Beschädigungen an der Antriebsmaschine bewirken kann.

Spannungs- und Frequenzschwankungen

Spannungs- und Frequenzschwankungen im eingeschwungenen Betrieb sind die Folge eines schlechten Funktionierens der entsprechenden Regler und haben die folgenden nachteiligen Auswirkungen:

- Eine zu hohe Frequenz bewirkt eine abnormale Erwärmung der angetriebenen Motoren.
- Eine zu niedrige Frequenz bewirkt einen Leistungsverlust der angetriebenen Motoren.
- Frequenzschwankungen haben Drehzahlschwankungen der angetriebenen Motoren zur Folge, was zu mechanischen Beschädigungen führen kann.
- Eine zu hohe Spannung beansprucht die Isolation aller Betriebsmittel im Netz.
- Eine zu niedrige Spannung bewirkt einen Drehmomentabfall und eine Erhöhung des aufgenommenen Stroms und der Erwärmung der angetriebenen Motoren.

Schutzeinrichtungen

Überlast

Die Überlastschutzeinrichtungen des Generators sind dieselben wie für Motoren, nämlich:
- Maximalstromschutz mit stromabhängiger Verzögerung - Thermisches Abbild -
Temperaturfühler

Unsymmetrie

Der Schutz erfolgt wie bei den Motoren durch eine vom Strom abhängige oder unabhängige Erfassung der Gegenkomponente des Stroms.

Äußerer Kurzschluss zwischen Phasen

Da der Wert des Kurzschlussstroms mit der Zeit abnimmt und im Dauerzustand ungefähr dem Nennstrom entspricht oder sogar darunter liegt, kann eine einfache Erfassung des Stroms ungenügend sein. Diese Fehlerart wird mit einem Maximalstromschutz mit spannungsabhängigem (mit der Spannung zunehmendem) Ansprechwert (Abb. 2) wirksam erfasst. Das Ansprechen erfolgt verzögert.

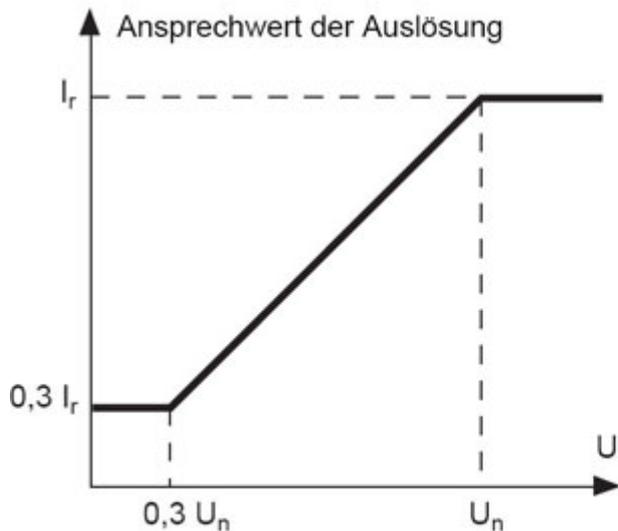
Innerer Kurzschluss zwischen Phasen

Der Hochimpedanz- oder Prozent- Differentialschutz bietet einen empfindlichen und schnellen Schutz. In bestimmten Fällen und insbesondere bei einem Generator mit im Verhältnis zum Netz niedriger Leistung kann der Schutz gegen einen inneren Kurzschlusschutz zwischen Phasen mit den folgenden Einrichtungen realisiert werden (Abb. 3):

- Einem unverzögerten Maximalstromschutz (A), der berücksichtigt wird, wenn der Generator- Leistungsschalter offen ist, dessen Stromwandler sich auf der

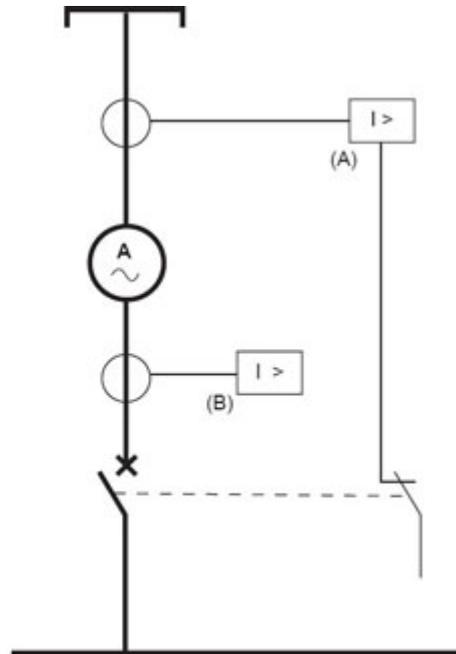
Sternpunktseite befinden und der auf einen Wert unterhalb des Nennstroms eingestellt wird.

- Einen unverzögerten Maximalstromschutz (B), dessen Stromwandler sich auf der Schalterseite befindet und der auf einen Wert oberhalb des Kurzschlussstroms des Generators eingestellt wird.



[Abb. 2)

I_r = Einstellstrom



(Abb. 3)

Mit anderen Quellen gekuppelter Generator

Stator-Körperschluss

Wenn der Sternpunkt am Sternpunkt des Generators geerdet ist, wird ein Maximalerdschlussstromschutz oder ein beschränkter Erdschlussschutz verwendet.

Wenn der Sternpunkt im Netz geerdet ist und nicht am Sternpunkt des Generators, wird ein Körperschluss wie folgt erfasst:

- Mit einem Maximalerdschlussstromschutz beim Leistungsschalter des Generators, wenn dieser an das Netz geschaltet ist.
- Durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung für nicht geerdeten Nullpunkt, wenn der Generator nicht an das Netz geschaltet ist.

Wenn der Sternpunkt nicht geerdet ist, wird der Körperschlusschutz durch eine Isolationsüberwachungseinrichtung gewährleistet. Diese Einrichtung arbeitet entweder nach dem Prinzip der Erfassung der Restspannung oder durch Einspeisung eines Gleichstroms zwischen Sternpunkt und Erde. Wenn diese Einrichtung auf Netzebene vorhanden ist, überwacht sie den Generator, wenn dieser an das Netz geschaltet ist, während zur Überwachung der Isolation des vom Netz getrennten Generators eine eigene Isolationsüberwachungseinrichtung erforderlich ist, die berücksichtigt wird, wenn der Generator-Leistungsschalter offen ist.

Rotor-Körperschluss

Wenn der Erregerkreis zugänglich ist, wird ein Körperschluss mit einer Isolationsüberwachungseinrichtung (Vigilohm) überwacht.

Ausfall der Erregung

Dieser Fehler wird entweder durch Messung der aufgenommenen Blindleistung oder durch

Überwachung des Erregerkreises, falls dieser zugänglich ist, durch Impedanzmessung an den Generatorklemmen erfasst.

Lauf als Motor

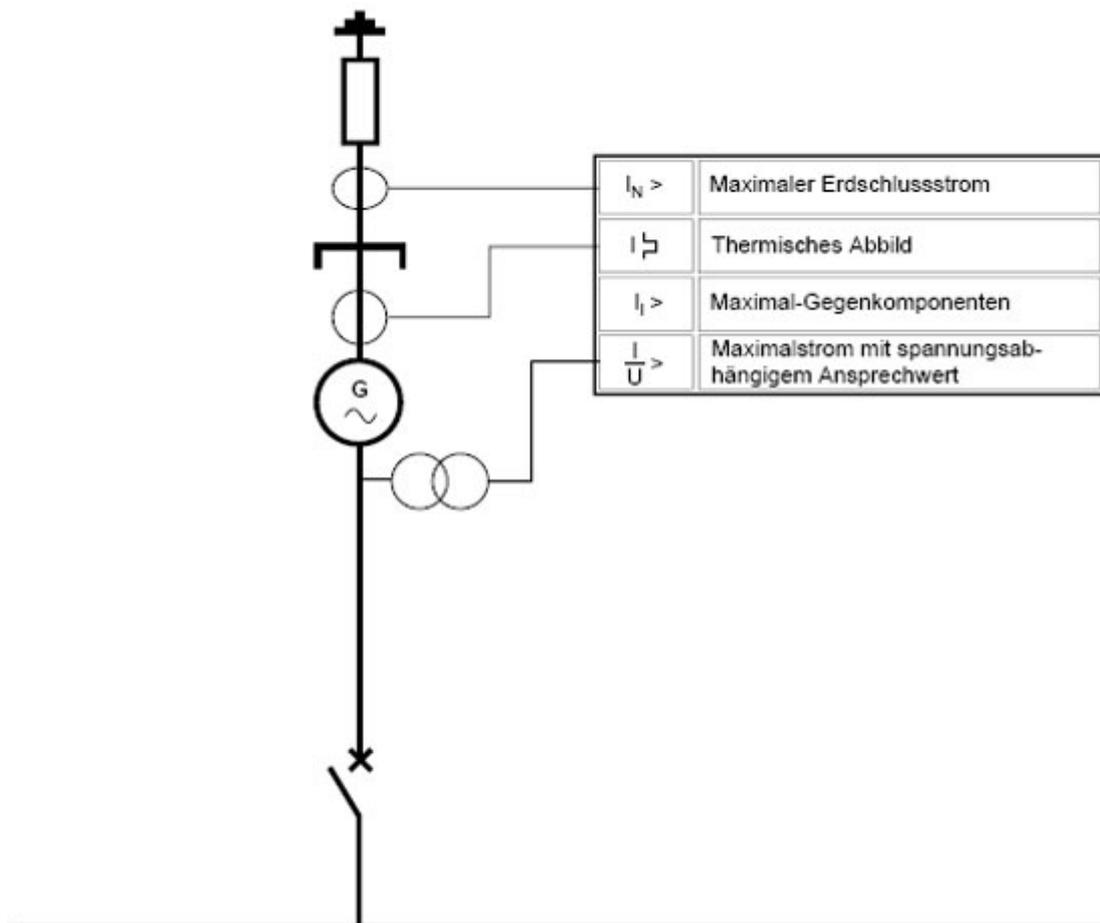
Dieser wird mit einem Wirkleistungsrückflussrelais festgestellt, das die vom Generator aufgenommene Wirkleistung erfasst.

Spannungs- und Frequenzschwankungen

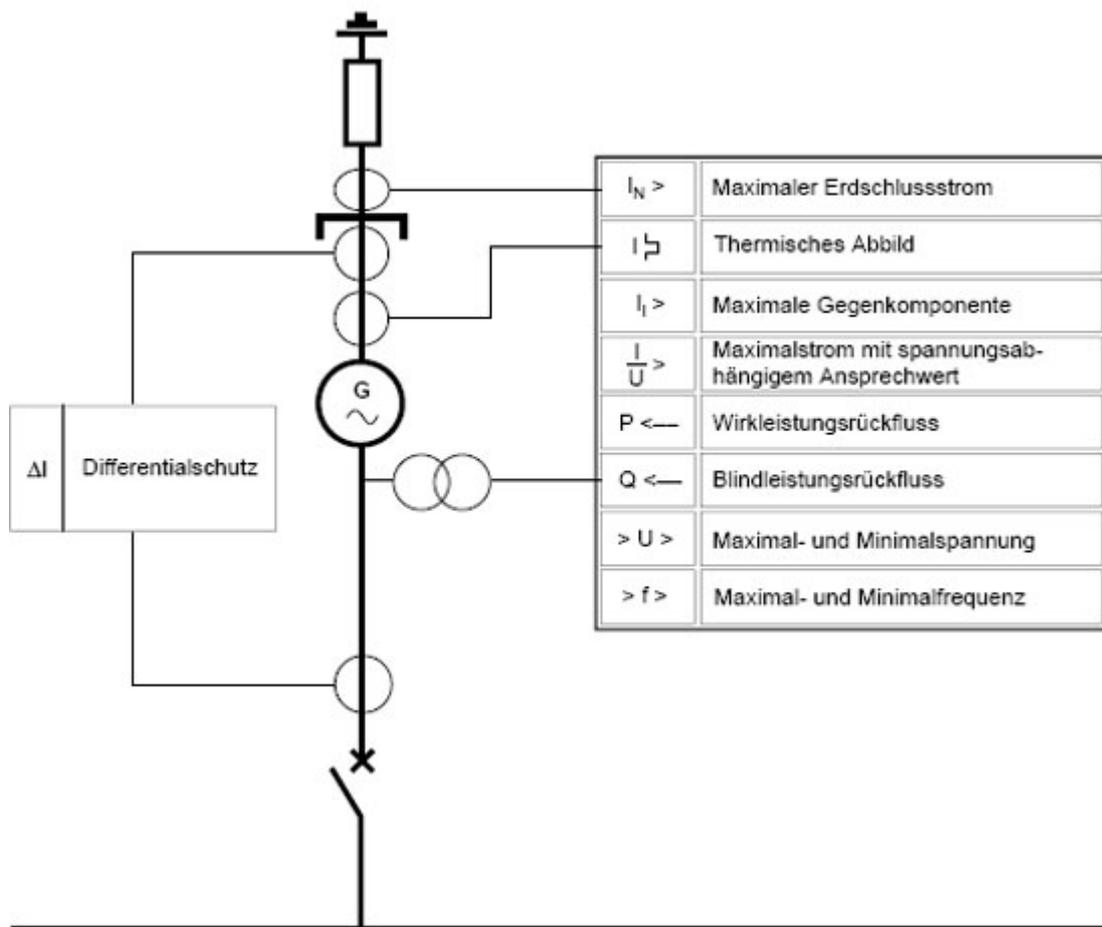
Diese werden einerseits durch einen Maximal- und Minimalspannungsschutz und andererseits durch einen Maximal- und Minimalfrequenzschutz festgestellt. Diese Schutzeinrichtungen arbeiten verzögert, da diese Erscheinungen kein sofortiges Eingreifen erfordern und da den Schutzeinrichtungen des Netzes und den Spannungs- und Drehzahlreglern Zeit gelassen werden muss, um zu reagieren.

Anwendungsbeispiele

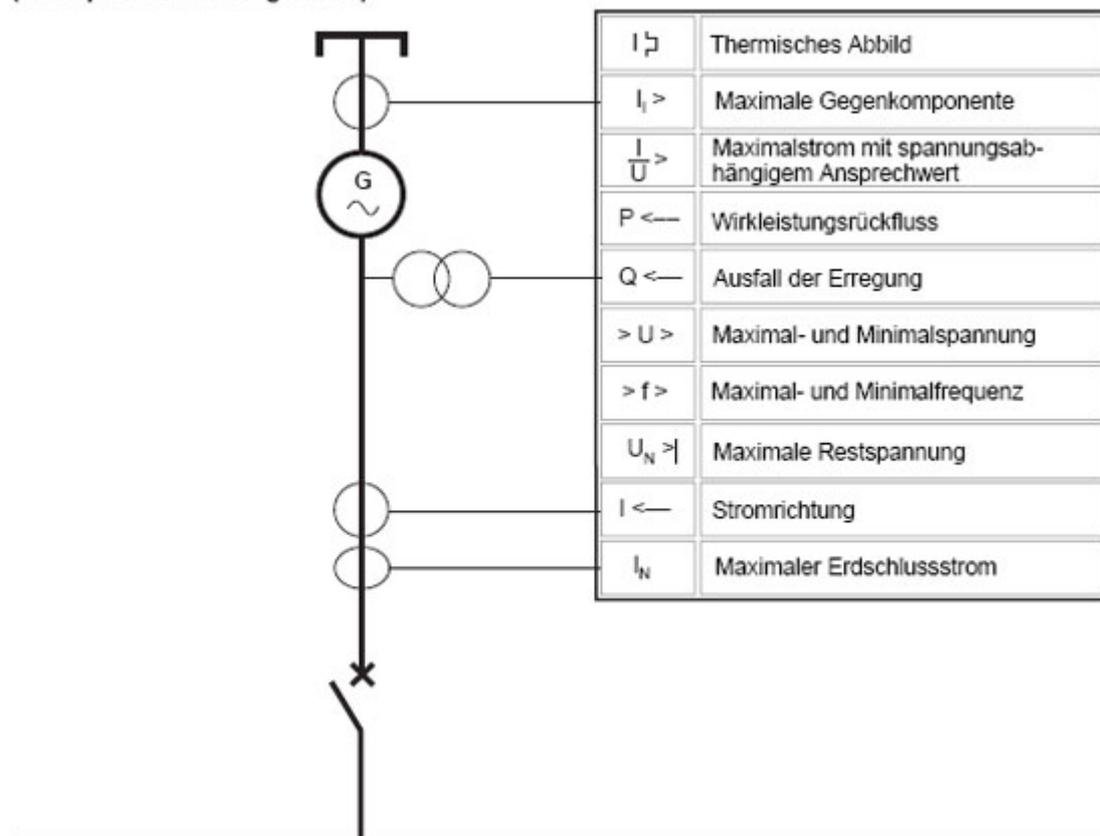
Generator niedriger Leistung



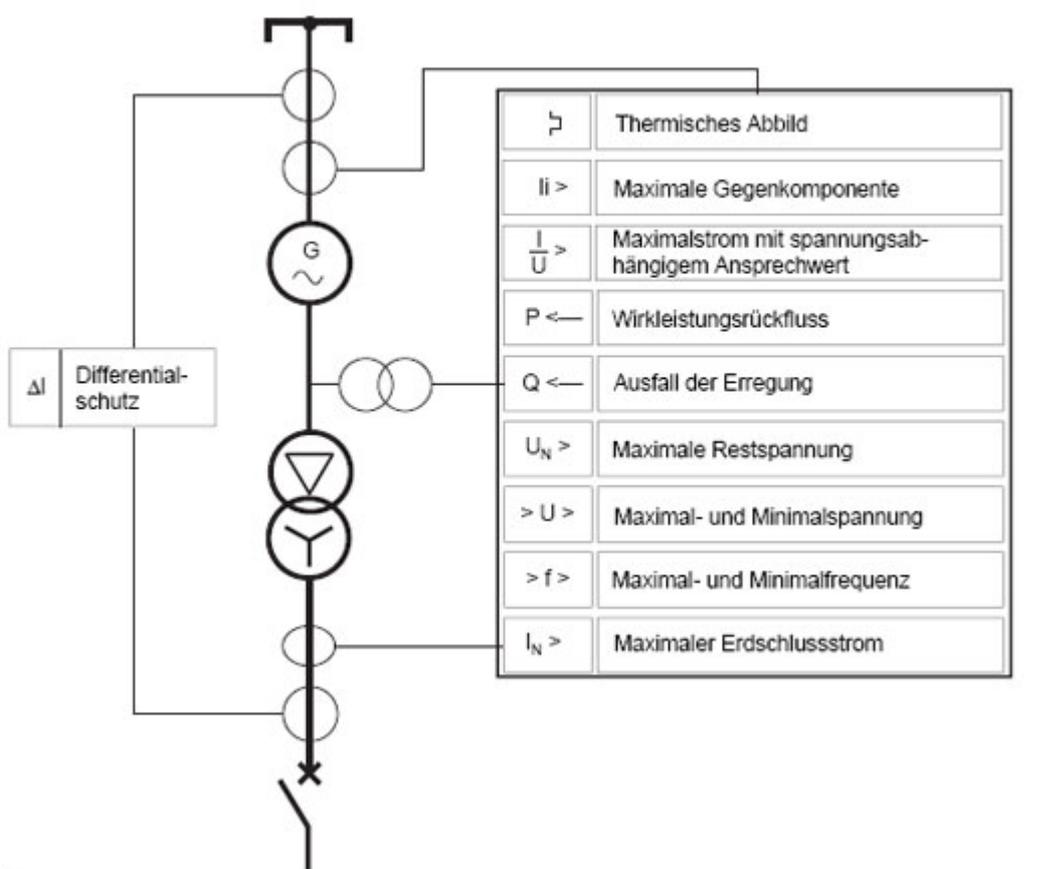
Generator mittlerer Leistung



Generator mittlerer Leistung
(Sternpunkt im Netz geerdet)



Blockgruppe mittlerer Leistung



Einstellangaben

Fehlerart

Einstellungen

Überlast

- Thermisches Abbild.
Muss auf die Nenndaten abgestimmt werden (Zeitkonstante ungefähr 10').

Unsymmetrie

- Maximale Gegenkomponente.
Auf die Daten abstimmen (bei fehlenden Angaben Ansprechwert 15% In, stromabhängige Verzögerung).

Äußerer Kurzschluss

- Maximalstrom mit spannungsabhängigem Ansprechwert.
Ansprechwert 1,2 bis 2 In..

Innerer Kurzschluss

- Hochimpedanz-Differentialschutz.
Ansprechwert ungefähr 10% In.

Körperschluss

- Sternpunkt im Netz geerdet:
Maximalerdschlussstromschutz. Ansprechwert 10% bis 20% des maximalen Erdschlussstroms. Verzögerung: unverzögert oder 0,1 s.
- Sternpunkt am Sternpunkt des Generators geerdet:
Maximalerdschlussstromschutz. Ansprechwert ungefähr 10% In. Verzögerung aufgrund der Selektivität.
- Nicht geerdeter Sternpunkt.
Maximalrestspannungsschutz. Ansprechwert ungefähr 30% Un.

Ausfall der Erregung

- Blindleistungsrückflussschutz.
Ansprechwert 30% von Sn. Verzögerung einige Sekunden.

Lauf als Motor

- Wirkleistungsrückflussschutz.
Ansprechwert 1 bis 20% von Pn. Verzögerung ≥ 1 s.

Spannungsschwankungen

- Maximal- und Minimalspannungsschutz.
 $0,8 U_n < U < 1,1 U_n$. Verzögerung ungefähr 1 s.

Drehzahlschwankungen

- Maximal- und Minimalfrequenzschutz
 $0,95 f_n < f < 1,05 f_n$. Verzögerung einige Sekunden.



Maximalstromschutz



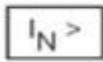
Minimalspannungsschutz



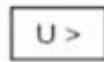
Stromrichtungsschutz



Maximal- und
Minimalfrequenzschutz



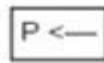
Maximalerdschlussstromschutz



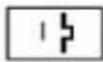
Maximalspannungsschutz



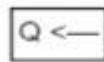
Maximal-
Gegenkomponentenschutz



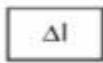
Wirkleistungsrückflussschutz



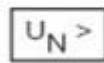
Thermisches Abbild



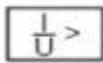
Blindleistungsrückflussschutz



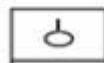
Differentialschutz



Maximalrestspannungsschutz



Maximalstromschutz mit
spannungsabhängigem
Ansprechwert



Buchholz-Schutz

