

S t e r n p u n k t - Erdungswiderstände

Zur dauernden oder vorübergehenden, niederohmigen Sternpunktterdung in Mittelspannungsnetzen



Zur dauernden oder vorübergehenden, niederohmigen Sternpunktterdung in Mittelspannungsnetzen

Sternpunktbehandlung

Die Sternpunktbehandlung in Drehstromnetzen bestimmt die Größe der betriebsfrequenten Spannungserhöhung auf den nicht fehlerbehafteten Außenleitern im Erdschlussfall.

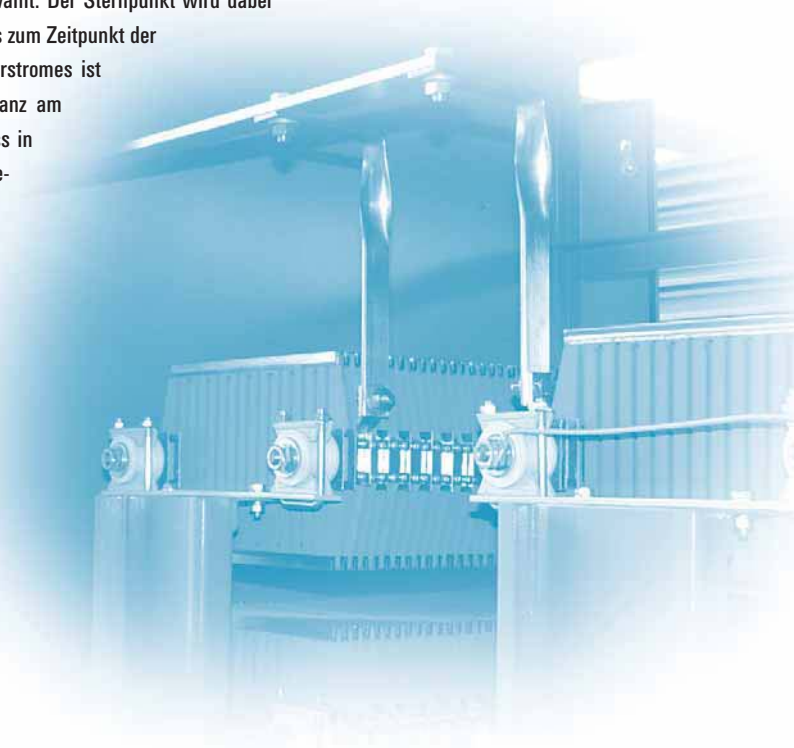
Das Verhältnis des Effektivwertes der höchsten betriebsfrequenten Leiter-Erd-Spannung U_{LF} , eines nicht vom Erdfehler betroffenen Außenleiters zum Effektivwert der Leiter-Erd-Spannung U_L , die ohne Fehler am betrachteten Ort vorhanden wäre, heißt Erdfehlerfaktor ε . Der Erdfehlerfaktor ist ein bestimmender Faktor für die Auswahl der Isolationspegel nach DIN57111/VDE0111.

Sternpunktbehandlung	$\varepsilon = U_{LF}/U_L$
Starr, $Z_0/Z_1 = 0$	1,0
Niederohmig $Z_0/Z_1 \sim 1..5$	1,1..1,4
Hochohmig $Z_0/Z_1 \sim 20..100$	1,75..1,8
Gelöscht \rightarrow unendlich	1,75..1,85
Isoliert $Z_0/Z_1 \sim 100..200$	1,75..1,85
Z_0 = Sternpunktimpedanz [1]	
Z_1 = Symmetrische Netzimpedanz	

Die starre Sternpunktterdung hat den Nachteil, dass ein einpoliger Erdschluss auch ein einpoliger Kurzschluss ist, der einen nur durch die Impedanz am Fehlerort begrenzten Kurzschlussstrom fließen lässt. Eine betriebsfrequente Spannungserhöhung in den nicht betroffenen Leitern tritt nicht auf. In Netzen mit isoliertem Sternpunkt überbrückt ein Erdschluss die Erdkapazität des betroffenen Leiters. Der auftretende Erdschlussstrom entspricht der Summe der kapazitiven Ströme der beiden anderen Außenleiter, welche gegen Erde den Wert der verketteten Spannung (Leiter-Leiter) annehmen. Wird der Sternpunkt über eine Drosselspule geerdet, deren induktive Impedanz dem Betrag der kapazitiven Leiterimpedanz gegen Erde entspricht, liegt ein gelöschtes Netz vor. Die Kompensation der Leiter-Erd-Kapazität erzeugt an der Löschsule einen Spannungsvektor, der der treibenden Spannung der fehlerhaften Phase entgegengerichtet ist und dadurch den Fehlerlichtbogen verlöschen lässt. Die automatische Löschung funktioniert jedoch nur bei annähernd vollständiger Kompensation und ist deshalb nur in Netzen mit begrenzter räumlicher Ausdehnung praktikabel. Ein dauernd anstehender Erdschluss lässt sich wegen der komplizierten Spannungsverhältnisse nur schwer orten.

Die niederohmige Sternpunktterdung wird bei ausgedehnten Netzen gewählt. Der Sternpunkt wird dabei über einen Widerstand geerdet, der den Erdschlussstrom im Fehlerfall bis zum Zeitpunkt der Abschaltung auf einen definierten Wert begrenzt. Die Größe des Fehlerstromes ist abhängig vom ohmschen Wert des Widerstandes und von der Impedanz am Fehlerort. Der maximale Erdschlussstrom kann nur bei einem Erdschluss in Transformatornähe fließen. Die Spannung des Sternpunktes nimmt in diesem Fall etwa die Höhe der Spannung Leiter-Erde an. Die übrigen betriebsfrequenten Leiterspannungen werden nicht beeinflusst.

Um in gelöschten Netzen einen dauernd auftretenden Erdfehler orten zu können, wendet man die kurzzeitige, niederohmige Sternpunktterdung an bei der, während einer kurzen Zeitspanne ein Transformatorsternpunkt mittels einer Schalteinrichtung über einen Widerstand geerdet werden kann. Im Gegensatz zur dauernden, niederohmigen Sternpunktterdung wird hier für mehrere Transformatoren oder Generatoren nur ein Widerstand benötigt.



Allgemeines

In Netzen mit Summenstromauslösung darf der maximale Erdfehlerstrom relativ klein gewählt werden, d.h. der Erdungswiderstand wird so bemessen, dass der Erdfehlerstrom auf einen Wert der kleiner als der Nennstrom ist, begrenzt wird. In Netzen mit Überstromauslösung muss der Erdschlussstrom größer als der Nennstrom sein, damit er sicher als Überstrom erkannt wird. Er wird vom ca. 1,5-fachen bis zum mehrfachen des Nennstromes festgelegt. Er sollte so groß gewählt werden, dass einerseits ein Erdschluss an der Netzperipherie noch sicher erkannt, andererseits ein unmittelbar am Generator oder Transformator auftretender Erdfehlerstrom noch problemlos beherrscht wird. Der Aufbau von Netz und Schutz spielt hier eine Rolle, so dass allgemeingültige Regeln nicht zur Verfügung stehen. Bei mehreren Generatoren oder Transformatoren im Netz haben zweckmäßig alle Erdungswiderstände den gleichen Wert, welcher der Einstellung des Schutzes entspricht.

Obwohl die Schutzeinrichtungen einen auftretenden Erdschluss oft in Bruchteilen einer Sekunde abschalten, wird für den Widerstand eine größere zulässige Einschaltdauer gewählt um mehrere Zuschaltversuche zu ermöglichen. Da die überwiegende Mehrheit der Erdschlüsse durch Überschläge an Freiluftisolatoren, deren Lichtbogen durch die Abschaltung gelöscht wird, entstehen, ist ein kurzfristiges Wiedereinschalten erforderlich, um die Betriebsunterbrechung abzukürzen. Ein Dauererdschluss führt dann zu einer erneuten Belastung des Widerstandes.

Übliche Werte für die zulässige Belastungsdauer eines Erdungswiderstandes sind 5...10...15...20...30 Sekunden, wobei 10 s am häufigsten eingeplant werden. Die Forderung nach 30 s Einschaltzeit stammt noch aus der Zeit der Flüssigkeitswiderstände, bei denen die Belastungsdauer u.a. durch die Menge des Elektrolyten bestimmt war. Für luftgekühlte Metallwiderstände sind 30 s Einschaltzeit nicht wirtschaftlich, da diese im Gegensatz zu den Flüssigkeitswiderständen relativ schnell abkühlen und die Einschaltdauer stark in den Preis des Widerstandes eingeht. Ölgekühlte Metallwiderstände sind nur zweckmäßig, wenn eine hohe Schutzart und/oder eine hohe Einschaltdauer gefordert wird, da sich durch die relativ niedrige zulässige Öltemperatur das Widerstandsmaterial nur unvollständig ausnutzen lässt.

Widerstände für Innenraumaufstellung werden in Schutzart IP00 und IP20 gefertigt.

Für Außenaufstellung ist mindestens Schutzart IP23 erforderlich. Höhere Schutzarten sind im Hinblick auf die dabei eingeschränkte Belüftung wegen der thermischen Belastung von Bauteilen, Isolatoren und Gehäusen problematisch.

Die Isolation wird für die Systemspannungen 12, 24, 36, 52 kV ausgeführt, wobei im Einzelfall in Abhängigkeit vom Aufstellort wegen klimatischer Bedingungen, Verschmutzungsgefahr oder Aufstellhöhe auch vergrößerte Luft- und/oder Kriechstrecken erforderlich sind.

Anwendbare Normen und Vorschriften:

DIN 40050	Schutzarten
DIN 57101/VDE 0101	Errichten von Starkstromanlagen über 1 kV
DIN 57111/VDE 0111	Isolationskoordination für Betriebsmittel in Drehstromkreisen über 1 kV
DIN 57141/VDE 0141	Erdungen in Wechselstromanlagen über 1 kV
IEC 273	Characteristics of indoor and outdoor post insulators
IEEEStd 32-1972	Requirements, Terminology and Test Procedure for Neutral Grounding Devices

Bauart GINO Erdungswiderstände

GINO Erdungswiderstände bestehen aus den Widerstandspaketen mit Widerstandselementen aus siliziiertem Gusseisen mit oder ohne Oberflächenschutz (z.B. Zinkstaubprimer) oder Blechgitterelementen aus verschiedenen Widerstandsmaterialien. Mehrere Widerstandspakete können in einem gegen das Gehäuse isoliert aufgebauten Einschub eingebaut und bis zu drei Einschübe in einem Gehäuse angeordnet sein. Ein oder mehrere Einschübe können auch für den Einbau in bauseits vorhandenen Schaltanlagen auf einem Grundrahmen zu einem Widerstandsgerät der Schutzart IP00 zusammengebaut sein.

Für die Gehäuseausführung ist u.a. die Wahl des Aufstellortes maßgebend. GINO/ESE Erdungswiderstände in Schutzart IP23 sind nur für die Aufstellung auf elektrischem Betriebsgelände geeignet. Bei Aufstellung außerhalb elektrischer Betriebsgelände muss eine Kapselung derart erfolgen, dass mit einem geraden Draht keine gefahrbringenden Teile berührt werden können. An Orten mit Publikumsverkehr darf der Draht dabei beliebig dünn sein. Zusätzlich zu den in DIN 40050 formulierten Schutzarten müssen deshalb entsprechende Maßnahmen vorgesehen werden.

Ausführung der Erdungswiderstände

Geräte für Innenraumaufstellung sind nach sandstrahlen der Rahmenoberflächen grundiert und mit einer hochwertigen Kunstharzlackierung versehen.

Die Gehäuse für Freiluftaufstellung erhalten einen witterungsbeständigen 2Komponenten-PUR-Anstrich, bestehend aus 2K-PUR-Haftgrund und 2K-PUR-Decklack. Standardfarbton ist RAL7032.

Für die Aufstellung ist bauseits ein ebenes Fundament mit dem erforderlichen Kabelkanal bereitzustellen.

Der Boden der Gehäuse ist mit Maschengittern versehen und erhält an geeigneter Stelle abnehmbare Bodenbleche zwecks späterer Kabeleinführung.

Standardmäßig sind Anschlüsse mit Kupferschienen im Innenraum vorgesehen. Die Kabeleinführung erfolgt, wie vorher beschrieben durch den Boden oder durch seitliche PG-Einführungen. Gegen Mehrpreis werden die Geräte auch mit Innenraum Freiluftdurchführungen oder Winkelsteckvorrichtungen für den N-Anschluss ausgestattet.

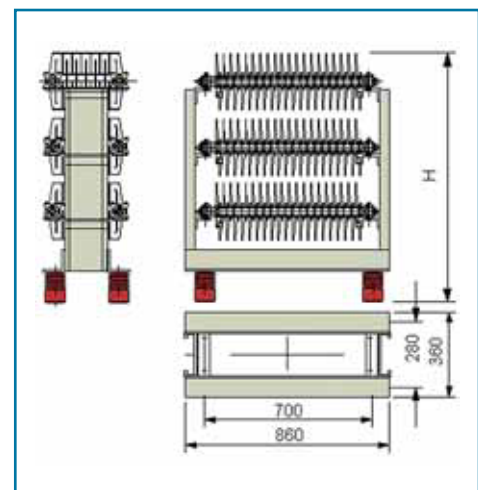
Die Isolation des Anschlusses für die Betriebserde hängt von den Voraussetzungen der Erdungsanlage ab. Kann eine Erdfehler-Spannung U_E am Anschlusspunkt nach VDE0141 Voraussetzung 4 (V4) 3000 V überschreiten, ist es sinnvoll auch den Erdungsanschluss für die Systemspannung oder das $1/\sqrt{3}$ -fache der Systemspannung zu isolieren. In allen anderen Fällen ist es sowohl möglich für geringere Spannungen zu isolieren, als auch bei Bedarf Niederspannungsstromwandler anstelle der teureren Mittelspannungsstromwandler zu verwenden. Die Bedingungen hierfür sind meist gegeben, wenn der zulässige Fehlerstrom nur einige hundert Ampère beträgt. Ein im Erdungswiderstand einzubauender Stromwandler nimmt den Platz eines (unteren) Widerstandspaketes ein, was bei der Gehäuseauswahl zu berücksichtigen ist.

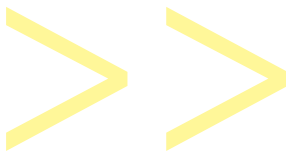
Gemäß den Bestimmungen VDE 0141 sind alle leitfähigen, nicht zum Betriebsstromkreis gehörenden Gehäuse- und Rahmenteile leitend miteinander verbunden. Türen und abnehmbare Bekleidungsbleche erhalten eine separate Erdungsverbindung.

Für den Anschluss der Schutzerde sind am Rahmen mindestens eine Erdungsschraube M10 oder mehrere M8 angebracht.

Widerstandseinschübe, Schutzart IP00, Einbau

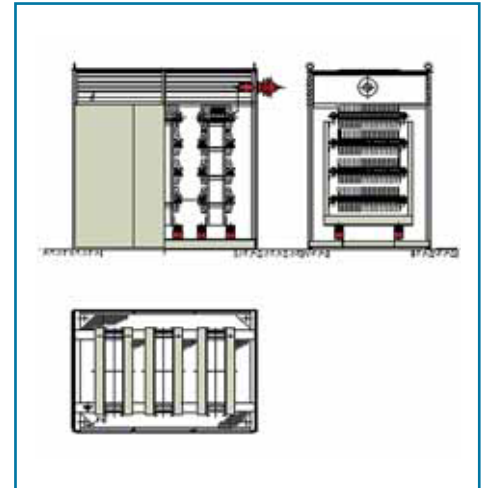
Größe	Anzahl Pakete 1)	Maß H	Gewicht ca. kg
Systemspannung 12 kV, maximal 4 kV je Paket			
1202	2	850	145
1203	3	1040	210
1204	4	1310	275
1205	5	1500	340
1206	6	1750	400
Systemspannung 24 kV, maximal 12 kV je Einschub, maximal 4 kV je Paket			
2402	2	940	150
2403	3	1130	215
2404	4	1400	280
2405	5	1590	345
2406	6	1840	405
Systemspannung 36 kV, maximal 12 kV je Einschub, maximal 4 kV je Paket			
3602	2	1050	155
3603	3	1240	220
3604	4	1510	285
3605	5	1700	350
3606	6	1950	410





Gehäusewiderstände für Freiluftaufstellung, Schutzart IP23

Größe	Einschübe	Paketzahl max.	Maße				Gewicht ca. kg
			W	D	H	H1	
Systemspannung 12 kV, maximal 4 kV je Paket							
12102	1	2	800	1200	1500	1250	390
12103		3			1700	1450	470
12104		4			1950	1750	550
12105		5			2150	1900	630
12106		6			2400	2150	710
12208		2			8	1400	1200
12210	10		2150	1900	1150		
12212	12		2400	2150	1300		
12312	3	12	1800	1200	1950	1750	1350
12315		15			2150	1950	1570
12318		18			2400	2150	1780
Systemspannung 24 kV, maximal 12 kV je Einschub, maximal 4 kV je Paket							
24104	1	4	900	1400	2100	1825	710
24105		5			2300	2025	800
24106		6			2550	2275	890
24208	2	8	1500	1400	2100	1825	1090
24210		10			2300	2025	1250
24212		12			2550	2275	1400
24312	3	12	2000	1400	2100	1825	1450
24315		15			2300	2025	1680
24318		18			2500	2275	1900
Systemspannung 36 kV, maximal 12 kV je Einschub, maximal 4 kV je Paket							
36104	1	4	1200	1700	2300	1900	840
36105		5			2500	2100	930
36106		6			2750	2350	1020
36208	2	8	1800	1700	2300	1900	1230
36210		10			2500	2100	1400
36212		12			2750	2350	1550
36312	3	12	2300	1700	2300	1900	1610
36315		15			2500	2100	1830
36318		18			2750	2350	2060



Hinweis

Erforderliche Angaben:

- > Systemspannung
- > Ohmwert R
- > Bemessungserdschlussstrom $[I_f] = A$
- > Einschaltdauer s
- > Ggf. Dauerstrom $[I_{d1}] = A$
- > Schutzart IPxx
- > Anschlussart (Kabel, Durchführung)

Dimensionierung:

- > Stromzeitintegral errechnen: $[i^2 t] = kA^2s$
- > Elementtyp GWE.. auf Seite 1.19 auswählen
- > Anzahl Elemente errechnen $n_{Elemente} = R / R_{Element}$
- > Anzahl Pakete errechnen $n_{Pakete} = n_{Elemente} / 48$
auf volle Paketzahl aufrunden, gerade Elementzahl je Paket wählen, Längsspannung $I_f \cdot R_{Paket}$ je Paket maximal 4 kV, evtl. Paketzahl erhöhen.
- > Einschub bzw. Gehäusegröße auswählen, Kriterien für die Systemspannung beachten $I_f \cdot R_{Einschub} \leq 4 kV$
- > Weitere Hinweise im Sonderprospekt „Sternpunkt-Erdungswiderstände“

Lieferbare Sonderausführungen und Zusatzausrüstung

- > Verzinktes Gehäuse, Rahmen feuerverzinkt, Bekleidung feuerverzinktes Feinblech, 2K-PUR-Lackierung
- > Stahlgitterelemente aus Chromnickelstahl anstelle Gusseisen
- > Höhere Schutzart IP3x, IP4x, IP5x
- > Innenraum- / Freiluftdurchführung HV-Seite
- > Stromwandler
- > Vergrößerte Luft- und Kriechstrecken mit C-Stützern
- > Trennschalter 1-polig, verschiedene Antriebe
- > Niederspannungsnische oder Klemmenleiste

Routinetests

Jedes Widerstandsgerät wird einer Stückprüfung unterzogen bei der neben der visuellen Überprüfung der Ausführung, Kontrolle der Abmessungen und Lackschichtdicken auch die nachstehenden elektrischen Prüfungen durchgeführt und protokolliert werden:

- > Prüfung der Widerstandspakete gemäß IEEE Std 32-1972 mit dem 2,25-fachen der an ihnen auftretenden Längsspannung + 2kV, 1 Minute
- > Messung des Gleichstromwiderstandes bei Umgebungstemperatur
- > Das Isolationsvermögen gilt durch die Verwendung geprüfter Isolatoren und Einhaltung der Mindestluftstrecken nach VDE 0101 und VDE 0111 als nachgewiesen

Lieferbare Sonderausführungen und Zusatzausrüstungen

- > Verzinktes Gehäuse, Rahmen feuerverzinkt, Bekleidungen sendzimerverzinkt, mit 2K-PUR-Lackierung
- > Widerstände mit gestanzten Blechelementen aus rost- und säurebeständigem Chrom-Nickelstahl 18 9, Wkst.-Nr. 1.4301/AISI304
- > Höhere Schutzart, IP3x, IP4x, IP5x
- > Stromwandler, Stützerstromwandler oder Niederspannungswandler auf der Erdanschlussseite
- > Sonderausführung mit vergrößerten Luft- und Kriechstrecken durch Verwendung von C-Stützern gemäß IEC 773
- > Trennschalter 1-polig, Ringösenantrieb
- > Trennschalter 1-polig, Drehkurbelantrieb
- > Trennschalter 1-polig, mit Motorantrieb
- > Separate Niederspannungsnische oder Klemmenkasten

SEW_dt_07/2005

**GINO-Generalvertretung für Österreich:
BARTH GMBH E-Motoren & Trafos**

A-1100 WIEN, NEILREICHGASSE 45

T: +43(0)1 / 604 22 98 - 0

F: +43(0)1 / 604 22 98 - 50

SERVICE-LINE: 0820 - 988 070

info@barth-gmbh.at

www.barth-gmbh.at

