



Technische Erläuterungen

*Aufbau
Stahlgitter-
widerstandselemente
Baureihe S*

Stahlgitterwiderstandselemente (SG) werden aus chromlegierten, hitzebeständigen Stahlblechen der Legierung X10CrAl13 (Werkstoff Nr. 1.4724) mit hohem spezifischem Widerstandswert hergestellt. In die SG werden an beiden Längsseiten Schlitz gestanzt, so dass eine mäanderförmige Strombahn entsteht mit vom Ohmwert abhängiger Stegbreite. Sie werden durch Edelstahlstreifen mit Glimmereinlage mechanisch verstärkt.

Spektrum

Durch die Verwendung von SG mit einem großen Ohmbereich von 0,022 Ω bis 5,6 Ω und einer Typeistung von 500 W pro Stahlgitter kann durch Variation von Stahlgitterzahl und Ohmwert ein breiter Widerstandswerte- und Leistungsbereich abgedeckt werden.

*Widerstandswerte/
Fertigungstoleranz/
Temperaturabhängigkeit*

Stahlgitterwiderstandselemente haben eine kleinere Abhängigkeit des Widerstandswertes von der Stahlgittertemperatur als Gusswiderstände, jedoch eine merklich höhere als drahtgewickelte Widerstände. Zwischen kaltem und betriebswarmem Zustand kann sich der Widerstandswert um ca. 15% erhöhen. Die in der Tabelle auf Seite T620 angegebenen Nennwiderstandswerte der einzelnen SG liegen etwa 8% über dem Widerstandswert im kalten Zustand und ca. 7% unter dem Widerstandswert im betriebswarmen Zustand. Die Fertigungstoleranz beträgt ± 10%.

*Energieaufnahme-
vermögen/
Zeitkonstante*

Das Energieaufnahmevermögen pro SG beträgt bei einer Temperaturerhöhung von 300 K in Abhängigkeit vom Ohmwert zwischen 50 und 70 kW. Die mittlere thermische Zeitkonstante beträgt 100 s.

*Widerstandsblöcke
Baureihe FE*

Sollen größere Leistungen erzielt werden, werden mehrere SG mit Hilfe von M12-Gewindestäben und isolierenden Glimmerrohren zu einem Widerstandsblock zusammengebaut. Die Isolierung zwischen 2 benachbarten SG erfolgt durch glasierte Keramikrollen, die Stromweiterleitung durch Edelstahlrollen. Der Widerstandsblock wird mit Tellerfedern vorgespannt und so unter gleichmäßigem Anpressdruck gehalten. Darüber hinaus sind zusätzlich einzeln verschraubte Leitrollen zwischen 2 benachbarten SG möglich. Ein Widerstandsblock kann einheitlich aus gleichen SG oder aus unterschiedlichen SG bestehen, mit Fahnen als Anzapfungen.

*Widerstandsgeräte
Baureihe FK; FGF; FA; FS*

Um den Einbau zu erleichtern, bzw. andere Schutzarten zu erfüllen, kommen verschiedene Gehäusearten zum Einsatz. Die Gehäuse sind gefertigt aus bandverzinktem Stahl- und Lochblech und bieten damit einen guten Korrosionsschutz. Eine zusätzliche Lackierung in RAL 7032 ist gegen Mehrpreis möglich, ebenso eine Gehäuseausführung in Edelstahl (Legierung 1.4301).

Schutzarten

Zuordnung von Baureihen zu Schutzarten nach EN 60529 bzw. DIN VDE 0470 Teil 1

IP
00

IP
20^①

IP
20

IP
23

Bau- reihe	Schutz- art	erste Ziffer Berührungs- und Fremdkörperschutz	zweite Ziffer Wasserschutz
S FE FK..	IP 00	kein Schutz – d.h. es muss je nach Einbau bauseits ein Berührungsschutz vorgesehen werden	kein Schutz
FGF..	IP 20 ^①		kein Schutz
FA..	IP 20	Schutz gegen feste Fremdkörper mit einem Durchmesser von 12,5mm und größer und gegen Berührung aktiver und bewegter Teile durch den Prüffinger oder ähnliche Körper, die nicht länger als 80 mm sind.	kein Schutz
FS..	IP 23		Geschützt gegen Sprühwasser. Wasser, das in einem Winkel bis zu 60° beiderseits der Senkrechten gesprüht wird, darf keine schädliche Wirkung haben.

^① bei Montage auf einer geeigneten Oberfläche – d.h. bei Montage auf einer Fläche, die der Schutzart IP 20 oder höher entspricht



Schutzmaßnahmen

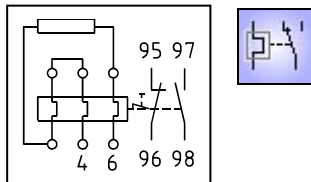


Alle Leistungswiderstände der Schutzart IP 20^① oder höher, entsprechen der Schutzklasse I, d.h. Schutzleiteranschlüsse gemäß EN 61140 sind vorhanden.

Geräte der Schutzart IP 20 oder höher, sind gemäß Niederspannungsrichtlinie CE konform.

Da Leistungswiderstände passive elektronische / elektrische Bauelemente darstellen, sind sie nicht von den einschlägigen EMV-Bestimmungen betroffen. Sie erzeugen selbst keine Störstrahlungen und werden davon auch nicht beeinflusst.

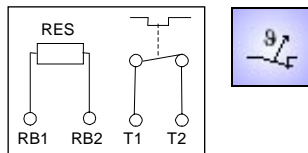
Überstromschutz



Ein Schutz der Widerstandsgeräte gegen Überlastung oder Übertemperatur - wie in Normen gefordert - kann mit Hilfe eines kundenseitigen thermischen Überstromrelais realisiert werden. Der Einstellstrom muss dann dem Nennstrom des Widerstandes entsprechen, der nach dem Ohm'schen Gesetz aus Dauerleistung und Widerstandswert berechnet wird. (Formel: siehe „Angaben zu Klemmen“ S. T618)

Bei der Baureihe FGFT ist das thermische Überstromrelais Bestandteil des Gerätes – bei Überschreiten des Nennstromes wird ein Meldekontakt ausgelöst. Es erfolgt keine Abschaltung des Widerstandes. Rückstellung per Hand.

Übertemperaturschutz



Eine weitere Art der Übertemperaturüberwachung, besonders geeignet wenn es um Langzeitüberlastungen geht, stellt die Ausrüstung mit einem Temperaturschalter dar. Dieser ist bei IP20/IP23-Widerstandsgeräten auf Klemmen verdrahtet, bei IP 00 Widerständen direkt anschliessbar und löst bei Überschreiten der Nenntemperatur einen Meldekontakt aus. Es erfolgt keine Abschaltung des Widerstandes. Siehe Baureihe FE / FKE / FG / FK / FA / FS

Schaltleistungen

Schaltleistungen der Meldekontakte von Temperaturschalter und Überstromrelais:

- 2 A / 24 VDC (DC11)
- 2 A / 230 VAC (AC11)

Luft- und Kriechstrecken

Die Luft- und Kriechstrecken sind nach IEC 664 (DIN EN 0110 Teil 1) für die Überspannungskategorie III und Verschmutzungsgrad 3 für geerdete Drehstromnetze bis 3 x 500 V bemessen. Prüfspannung 2,5 kV AC.

Diese Angaben gelten für alle Geräte, die an Netzspannung oder an daraus abgeleiteten Spannungen, wie beispielsweise der Zwischenkreisspannung bei Frequenzumrichtern, angeschlossen sind.

Es darf nicht aus dem rechnerischen Zusammenhang zwischen Nennleistung und dem maximalen zu fertigenden Ohmwert auf die Bemessungsspannung geschlossen werden!

UL-Recognition



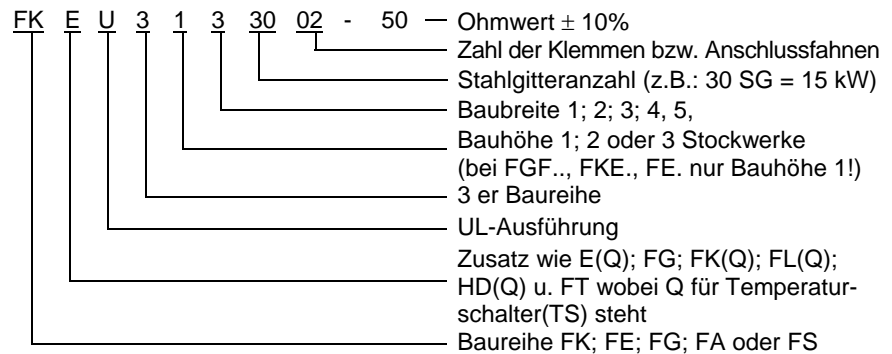
Alle wichtigen Baureihen haben eine UL-Recognition sowohl für den amerikanischen als auch für den canadischen Markt. Die Geräte wurden nach UL 508 unter der Nummer E212934 zugelassen. Diese Zulassung ist gleichbedeutend mit einer Zulassung nach CSA C22.2 No.14. Für mehr Informationen steht Ihnen unser UL-Beiblatt mit Hinweisen zur Verfügung.
(Bitte anfordern oder einfach downloaden unter www.frizlen.com)



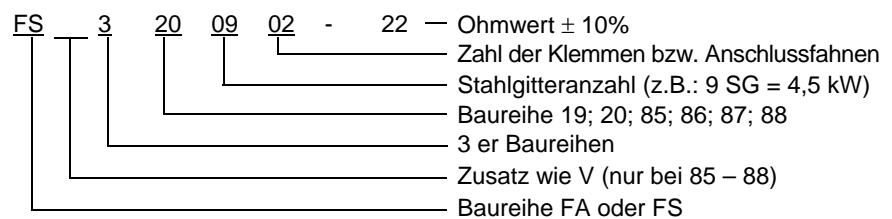
Auswahl von Baureihe u. Größe

Die Tabellen auf den folgenden Datenblättern enthalten eine Auswahl der möglichen Gerätebestückungen bzw. die der jeweiligen Gerätegröße entsprechende maximale Bestückung. Weniger Stahlgitter(SG) sind möglich.
Für alle Baureihen, außer S, sind zur Verdeutlichung der vollständigen Typenbezeichnung nachfolgende Typenschlüssel abgebildet.

Typenschlüssel 1



Typenschlüssel 2



Bei der Baureihe S handelt es sich um Einzelelemente deren vollständige Typenbezeichnung aus der Tabelle auf S. T620 zu entnehmen ist.



Geräte die nach UL Standard gebaut werden, bekommen als Kennzeichnung zusätzlich ein „U“ als letztes Zeichen der Buchstabenfolge – siehe Typenschlüssel 1 und folgendes Beispiel

Geräteauswahl/Beispiel Gegeben:

- Dauerleistung des Widerstandes: $P = 9,0 \text{ kW}$
- Widerstandswert: $R = 27 \Omega$
- Dauerstrom des Widerstandes: $I = 18 \text{ A}$
- Ausführung mit berührungsgeschützten Klemmen
- Schutzart IP 20 (Montage auf Schaltschrank)
- mit Temperaturschalter (TS)
- Ausführung nach UL

Gesucht: Widerstandsgerät

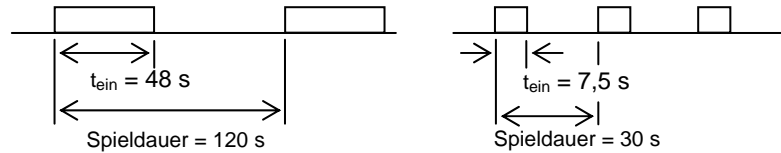
- Stahlgitterzahl = Dauerleistung : Leistung pro SG = $9,0 \text{ kW} : 0,5 \text{ kW} = 18 \text{ SG}$
- Auswahl der Baureihe aus Übersicht auf S. T612
- Mögliche Baureihen: FGF..; FA
- Bei Montage auf einem Schaltschrank – also auf einer Oberfläche der Schutzart IP 20 kann die im Vergleich zur Baureihe FA kleinere und preiswertere Variante FGF.. gewählt werden. Sollen die Klemmen im angebauten Klemmenkasten sein, ist aufgrund des benötigten TS die Type FGFKQ möglich
- Bei 18 SG kann bei der Gehäusegröße die Bauhöhe 1 und die Baubreite 2 gewählt werden (max. mögl. 24 SG)
- Ausführung nach UL508 – Typenbezeichnungsergänzung mit „U“
- Type dann z.B. FGFKQU 3121802 – 27 (mit 2 Geräteklemmen bis 65 A) Typenbeschreibung s.S. T623ff



Kurzzeitleistung/ Spieldauer/ Einschaltdauer

Bei vielen Anwendungen werden Widerstände nicht im Dauer-, sondern im Kurzzeitbetrieb belastet. Nachstehend finden Sie Hinweise, wie mit Hilfe der relativen Einschaltdauer (ED) und eines Überlastfaktors (ÜF) die zulässige Kurzzeitleistung aus der Dauerleistung berechnet werden kann. Ist der ED-Wert nicht bekannt, kann er wie folgt berechnet werden:

$$\text{Einschaltdauer}(ED) = \frac{\text{Einschaltzeit}(t_{\text{ein}})}{\text{Spieldauer}}$$



$$ED_1 = \frac{48\text{s}}{120\text{s}} = 0,4 = 40\%$$

$$ED_2 = \frac{7,5\text{s}}{30\text{s}} = 0,25 = 25\%$$

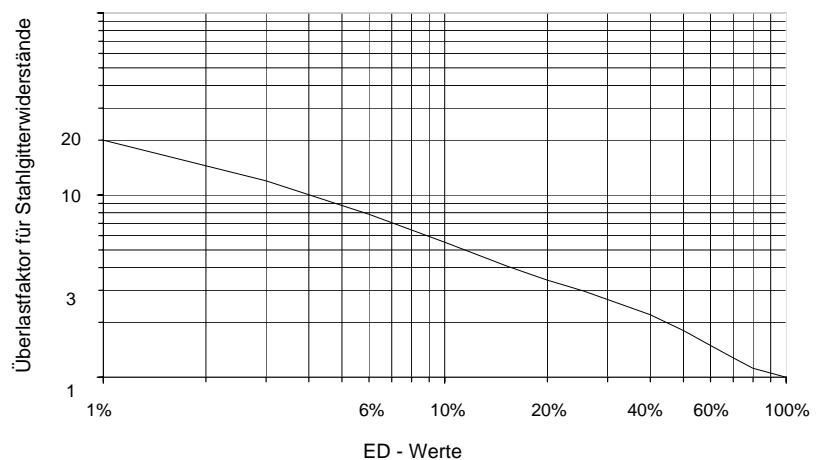
Bitte beachten Sie:

Die Spieldauer darf **maximal 120 s** betragen - kürzere Spieldauerwerte sind möglich. Spieldauerwerte für Motoren sind meistens größer als 120 s!

Überlastfaktor(ÜF)

Durch Vergleich des bekannten ED-Wertes mit nachfolgender Grafik oder Tabelle kann dann der Überlastfaktor, und damit die Dauer- bzw. die Kurzzeitleistung ermittelt werden.

Überlastfaktor in Abhängigkeit der Einschaltdauer
(Spieldauer 120s)



ED	1%	3 %	6%	15%	25%	40%	60%	80%	100%
ÜF	20	12	7,6	4,0	3,0	2,2	1,5	1,12	1,0

Die Dauer- bzw. die Kurzzeitleistung lassen sich dann wie folgt berechnen:

$$\text{Kurzzeitleistung} = \text{Dauerleistung} \times \text{Überlastfaktor}(\text{ÜF})$$

$$\text{Dauerleistung} = \frac{\text{Kurzzeitleistung}}{\text{Überlastfaktor}(\text{ÜF})}$$

Berechnungsbeispiel Gegeben:

Gesucht: Dauerleistung

- Widerstand mit einer Kurzzeitleistung von 100 kW für 48 s bei einer Spieldauer von 120 s
- rel. Einschaltdauer (ED) entspricht 48 s : 120 s x 100% = 40%
- Überlastfaktor bei 40% ED laut Tabelle = 2,2
- Dauerleistung entspricht 100 kW : 2,2 = 45,5 kW;
- Ein Widerstand mit einer Dauerleistung von mindestens 45,5 kW ist erforderlich!



Typ- / Dauerleistung Belüftung / Temperaturen

Die angegebenen Typleistungswerte gelten für 100% Einschaltdauer (Dauerleistung) unter folgenden Voraussetzungen:

- Temperaturerhöhung von 200 K an der Widerstandsgehäuseoberfläche bei (Schutzart > IP00)
- Temperaturerhöhung von 300 K an der Widerstandselementoberfläche bei (Schutzart IP00)
- maximale Umgebungstemperatur 40°C
- ungehinderter Zutritt von Kühlluft
- ungehindertes Abströmen der erwärmten Luft (dazu ist ein Mindestabstand von ca. 200 mm zu benachbarten Bauteilen/Wänden und von ca. 300 mm zu darüber befindlichen Bauteilen/Decken einzuhalten)
- Achtung: Liegt die Umgebungstemperatur höher als 40°C, so ist die Dauerleistung um 4% pro 10 K Temperaturerhöhung herabzusetzen!

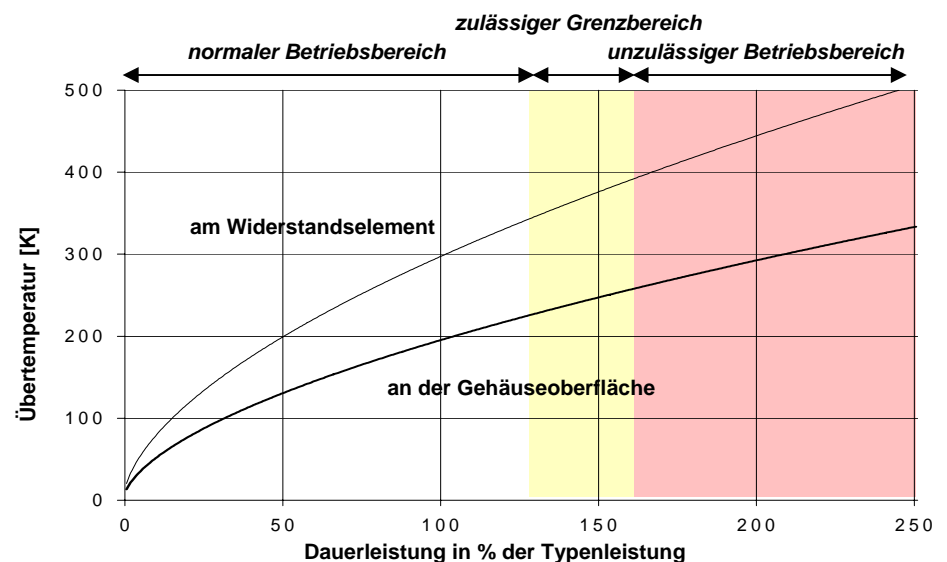
Da in Widerständen elektrische Energie in Wärme umgesetzt wird, ist eine Erwärmung der Abluft und der Gehäuseteile am Luftaustritt unvermeidlich. Die höchste Temperatur kann z.B. bei Typleistung maximal 200°C über der Umgebungstemperatur liegen. Da die Kühlung der Geräte durch Konvektion bzw. Fremdbelüftung (Baureihen FAV / FSV) erfolgt, sind o.g. Punkte unbedingt zu beachten.



Bei unzureichender Kühlluft oder falscher Montage kann es zur Überhitzung oder Zerstörung des Widerstandes oder umliegender Bauteile kommen!

Entsprechend dem Einsatzfall kann es möglich sein, die Dauerleistung der Widerstände zu erhöhen, wenn höhere Temperaturen akzeptiert werden. Bei Erhöhung auf z.B. 130% der Typleistung ergibt sich eine Temperaturerhöhung an der Widerstandsfläche von 350K. Bei anderen Einsatzfällen muss die Leistung reduziert werden, beispielsweise wenn wegen wärmeempfindlichen Bauteilen die Temperaturbeeinflussung niedriger gehalten werden muss. Der Zusammenhang zwischen Übertemperatur und tatsächlicher Dauerleistung kann dem folgenden Diagramm entnommen werden.

Übertemperatur in Abhängigkeit der Dauerleistung



Normaler Betriebsbereich (bis 130%):

Empfohlener Betriebsbereich für maximale Lebensdauer und fehlerfreien Betrieb

Zulässiger Grenzbereich (bis 160%):

Zulässiger Betriebsbereich, Gefahr einer verringerten Lebensdauer und höheren Ausfallwahrscheinlichkeit

Unzulässiger Betriebsbereich (größer 160%):

Gefahr einer Überhitzung und Zerstörung des Widerstandes und umliegender Bauteile



Angaben zu Klemmen

Nennstrom und Anschlussquerschnitt von Klemmen

Type	Kurzbezeichnung	Nennstrom in A bei 100% ED	Nennstrom in A bis zu 40% ED	Maximaler Anschlussquerschnitt
Porzellan-klemme	PK	16		bis 2,5 mm ²
Keramik-Flachklemme	FK	35	44	2,5 - 10 mm ²
Geräte-klemme aus Polyamid (PA)	G 5	30	38	0,5 – 2,5 (4) mm ² AWG 24 - 12
	G 10	60	75	0,5 – 10 (16) mm ² AWG 20 - 6
Bolzenklemme aus Keramik	BK M6	60	75	Anschlussquerschnitt abhängig von Kabelschuhgröße bei entsprechender Bohrung
	BK M8	115	143	
	BK M10	220	287	
	BK M12	400	536	
Durchführ-ungsklemme aus PA	HDFK4	30	38	bis 4,0 mm ² ; AWG 24 - 12
	HDFK10-HV	65	82	bis 10 mm ² ; AWG 20 - 6
Federzug-klemme aus PA	ST2,5	20	25	bis 2,5 mm ² ; AWG 26 - 12
	ST 4	30	38	bis 4,0 mm ² ; AWG 20 - 10

Der jeweils zugehörige Nennstrom errechnet sich aufgrund des Ohm'schen Gesetzes wie folgt:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

wobei

P die Leistung des Widerstandes und
R den Widerstandswert angibt

Verdrahtung

Sofern Klemmen vorgesehen sind, werden die Anschlüsse mit flexibler, wärmebeständiger, silikonisierter Litze auf eine im unteren bzw. vorderen Teil des Gerätes im Bereich der eintretenden Kühlluft liegenden Klemmleiste verdrahtet. Bei UL-Ausführungen werden Litzen mit UL-Zulassung verwendet (andere Litzenisolierungen auf Anfrage).

Bei den Baureihen FK /FA /FS 3.. sowie bei F.V 38.. befindet sich im unteren Teil eine ungebohrte Kabeleinführungsleiste. Sie kann kundenseitig mit entsprechenden Bohrungen für Kabelverschraubungen zur Zugentlastung versehen werden.

Montage

Bitte beachten Sie die Montagehinweise der jeweiligen Baureihen!
Folgende Pictogramme finden Sie in den Datenblättern wieder.



Zulässig: Auf waagerechten Flächen



Zulässig: An senkrechten Flächen Klemmen unten



Nicht zulässig: An senkrechten Flächen Klemmen oben, links oder rechts



Dimensionierungsbeispiel

Bremswiderstand

- Gegeben:**
- Maximale Zwischenkreisspannung: $U_{ZK} = 650 \text{ V}$
 - Kleinster zulässiger Widerstand:
(aus Datenblatt des Frequenzumrichters) $R_{min} = 25 \Omega$
 - maximaler zulässiger Chopperstrom: $I = \frac{U_{ZK}}{R_{min}} = \frac{650 \text{ V}}{25 \Omega} = 26 \text{ A}$
 - Einschaltdauer für den Bremsbetrieb (diese geht aus der Anwendung hervor),
für einen Hubantrieb z.B. 40 % ED bezogen auf eine Spieldauer von 120 s
 $ED = 40\%$
 - Schutzart IP 20 bei Montage auf einer geeigneten Oberfläche

- Gesucht:**
- Kurzzeitleistung des Widerstandes bei 40% ED $P = \frac{U^2}{R} = \left(\frac{650 \text{ V}^2}{25 \Omega} \right) = 19,6 \text{ kW}$
 - Dauerleistung = Kurzzeitleistung : Überlastfaktor (s. S. T616)
 - Dauerleistung = 19,6 kW : 2,2 = 8,9 kW
 - Stahlgitterzahl = Dauerleistung : Leistung pro SG
 - Stahlgitterzahl = 8,9 kW : 0,5 kW $\approx 18 \text{ SG}$

- Stahlgitterauswahl:**
- Widerstandswert eines SG = R_{min} : SG-Anzahl = $25 \Omega : 18 = 1,39 \Omega$
Der Ohmwert sollte insgesamt nicht kleiner sein als R_{min} , da sonst der zulässige Chopperstrom überschritten wird!
 - SG-Auswahl s. S. T620 = 18 Stück S 23 – 1,5 Ω ; Gesamtohmwert somit 27 Ω

- Geräteauswahl:**
- Bei Schutzart IP 20 bei Montage auf einer geeigneten Oberfläche – Baureihe FGF..
 - Mit 18 Stahlgittern – Baugröße 312 18..
 - Mit 2 Klemmen bis 35 A, ohne Temperaturschalter – Type FGFG
 - Die volle Typenbezeichnung lautet dann FGFG 3121802 - 27 (s.S. T623ff)

Dimensionierungsbeispiel

Belastungswiderstand

- Gegeben:**
- Nennspannung U der Spannungsquelle: $U = 3 \times 230/400 \text{ V}$
 - Nennleistung: $P = 15 \text{ kW}$
 - Sternschaltung, Sternpunkt im Gerät
 - Einschaltdauer: $ED = 100\%$
 - Schutzart IP 23

- Gesucht:**
- Nennstrom pro Phase bei Sternschaltung: $I_N = \frac{P_N}{\sqrt{3} \times U_N} = \left(\frac{15 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 400 \text{ V}} \right) = 21,7 \text{ A}$
 - Sollwiderstandswert pro Phase bei Sternschaltung: $R_{Soll} = \frac{U_N}{\sqrt{3} \times I_N} = \left(\frac{400 \text{ V}}{\sqrt{3} \times 21,7 \text{ A}} \right) = 10,7 \Omega$
 - Kaltwiderstandswert: $R_{kalt} = 0,95 \times R_{Soll} = 0,95 \times 10,7 \Omega = 10,2 \Omega$
Soll auch im betriebswarmem Zustand des Widerstandes die geforderte Nennleistung im Rahmen der Widerstandstoleranz erreicht werden, empfiehlt es sich, für die Stahlgitterauswahl den Kaltwiderstandswert $R_{kalt} = 0,95 \times R_{Soll}$ heranzuziehen.

- Stahlgitterauswahl:**
- Stahlgitterauswahl aus T620 anhand des Nennstromes von 21,7 A: S 21 – 1,0 Ω
 - Anzahl der SG pro Phase = Kaltwiderstandswert : Ohmwert pro SG
 - Anzahl SG = 10,2 Ω : 1,0 $\approx 10 \text{ SG}$ pro Phase – dreiphasig somit 30 S 21 – 1
 - Kaltwiderstandswert damit 3 x 10 Ω
 - Resultierende Nennleistung: 3 x 10 SG je 0,5 kW = 15 kW

- Geräteauswahl:**
- Bei Schutzart IP 23 – Baureihe FS..
 - Mit 30 Stahlgittern – Baugröße 313 30.. oder 322 30..
(die Baugröße 313.. ist niedriger, die Baugröße 322.. ist schmaler)
 - Mit 3 Klemmen (Sternpunkt im Gerät) – Klemmenzahl ...03
 - Mit 4 Klemmen (Sternpunkt auf 1 Klemme geführt) – Klemmenzahl ...04
 - Vollständige Typenbezeichnung FS 313 30 03 – 3 x 10,7
(niedrigeres Gerät, Sternpunkt im Gerät) (Baureihe FS s. S. T628)