

5. Überstromschutzeinrichtungen

5.1 Allgemeines

Überstromschutzeinrichtungen sollen sowohl bei betriebsmäßiger Überlastung (Schutz bei Überlast) als auch bei Kurzschluss (Schutz bei Kurzschluss) durch Unterbrechung des Stromes das Auftreten zu hoher Temperaturen am Leiter verhindern.

Um die richtige Überstromschutzeinrichtung auszuwählen, die den Schutz eines Kabels oder einer Leitung gewährleisten soll, muss die Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung bekannt sein. Der Leiterquerschnitt ist so zu wählen, dass für eine vorgegebene Belastung der Leiter an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt über die zulässige Betriebstemperatur erwärmt wird. Überschreitet die Belastung der Kabel und Leitungen die jeweils zutreffende Strombelastbarkeit der angewendeten Tabellen aus DIN VDE 0298-4 nicht, so ist die Forderung erfüllt, dass für die vorgegebene Belastung der Leiter an keiner Stelle und zu keinem Zeitpunkt über die zulässige Betriebstemperatur erwärmt wird.

Die Erwärmung und damit die Strombelastbarkeit eines Kabels oder einer Leitung ist abhängig:

1. vom Aufbau
2. von den Werkstoffeigenschaften
3. von den Betriebsbedingungen

Darüber hinaus ist eine ggf. vorhandene zusätzliche Erwärmung des Kabels oder der Leitung bei Umgebungstemperaturerhöhung durch Verlustwärme, Häufung mit anderen Kabeln oder Leitungen, durch Heizungskanäle sowie durch Sonneneinstrahlung zu berücksichtigen.

5.2 Schmelzsicherungen

Bei Schmelzsicherungen erfolgt die Abschaltung eines Überstromes durch Abschmelzen des Schmelzleiters. Je höher der Überstrom ist, desto schneller erfolgt das Abschmelzen und damit die Trennung des Stromkreises.

Der Aufbau

Das D – System und das DO – System sind wie folgt aufgebaut:

Die Schmelzsicherung besteht aus Sicherungssockel, Passeinsatz (Passschraube bzw. Passring), Schmelzeinsatz (Sicherungspatrone) und Schraubkappe. Die vom Netz kommende Leitung ist stets mit dem Fußkontakt, die zum Verbraucher führende Leitung mit dem Gewinding des Sicherungssockels zu verbinden. In den Sockel wird die Passschraube oder der Passring eingesetzt. Schmelzeinsätze sind zylindrische Hohlkörper aus Porzellan, die mit Quarzsand gefüllt sind. Durch den Quarzsand führen ein oder mehrere Schmelzleiter, die am Kopfkontakt und am Fußkontakt befestigt sind. Der Schmelzleiter besteht aus Silber, Kupfer oder aus Legierungen dieser beiden Metalle. Neben dem Leiterdraht wird vom Fußkontakt aus noch ein Haltedraht, z. B. aus Konstantan, zum Kopfkontakt geführt. Am Haltedraht ist über eine kleine Feder der Unterbrechungsmelder befestigt. Beim Durchschmelzen des Schmelzleiters wird auch der Haltedraht unterbrochen und der farbige Unterbrechungsmelder abgeworfen.

Schmelzeinsätze :

Nennströme	Kennfarben	Nennströme	Kennfarben	Nennströme	Kennfarben
2 A	rosa	16 A	grau	50 A	weiss
4 A	braun	20 A	blau	63 A	kupfer
6 A	grün	25 A	gelb	80 A	silber
10 A	rot	35 A	schwarz	100 A	rot

Abb. 5.1: Kennfarben bei Schmelzsicherungen

Um eine fahrlässige oder irrtümliche Verwendung von Schmelzeinsätzen für zu hohe Ströme zu verhindern, haben die Fußkontakte der Patronen je nach den Nennströmen verschiedene Durchmesser. Deshalb passen Schmelzeinsätze für höhere Nennströme nicht in Pässeinsätze für niedrigere Nennströme.

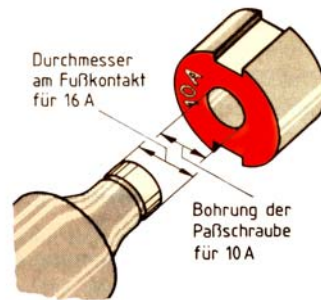


Abb. 5.2: Schmelzsicherung mit Pässeinsatz (siehe Anhang)

Durchgebrannte Sicherungen müssen gegen neue ausgewechselt werden. Flicken oder Überbrücken von Sicherungen ist verboten, weil dadurch der Schutz der Leitung bzw. des Stromkreises aufgehoben wird. Ist eine geflickte oder überbrückte Sicherung die Ursache eines Brandes, wird diese als fahrlässige Brandstiftung mit allen Folgen ausgelegt.

D – Sicherungen (D- System)

Das D-System (Diazed-Sicherungen) besteht aus Sicherungssockel, Passschraube, Sicherungseinsatz (Schmelzsicherungen) und Schraubkappe.

Die Fußkontakte der Sicherungseinsätze und die Pässeinsätze sind je nach Nennstrom mit unterschiedlichen Durchmessern versehen. Dadurch wird das Verwenden von Sicherungseinsätzen mit zu hohen Nennstromstärken verhindert. Ausgebrochene Pässeinsätze müssen deshalb ausgewechselt werden.

D II	(E 27)	= 2 - 25 A
D III	(E 33)	= 35 - 63 A
D IV	(R 1¼ Zoll)	= 80 - 100 A
D V	(R 2 Zoll)	= 125 - 200 A

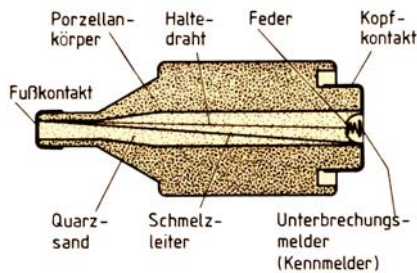


Abb. 5.3: Aufbau des Schmelzeinsatzes

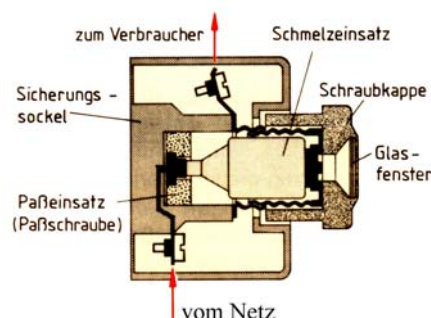


Abb. 5.4: Diazed System

DO – Sicherungen (DO – System)

Aufbau und Funktion des DO-Systems (Neozed) stimmen im Prinzip mit dem D-System überein. Durch die Verwendung des DO-Systems ergeben sich durch die kleineren Abmessungen erhebliche Platzeinsparungen (Abb. 5.5).

Weiterhin ist die Verlustleistung und Erwärmung geringer als beim D-System. Neozed-Sicherungseinsätze lassen sich in Schalter/Sicherungskombinationen einsetzen (Lasttrennschalter). Ein Wechseln der Sicherungen ist dadurch nur in ausgeschaltetem Zustand des Schalters möglich.

Die Verwendung bietet sich durch die sichere Bedienung, insbesondere für die Wohnungsinstallation, an, z. B. ein dreipoliger DO-Sicherungslastschalter für die Trennung des Stromkreisverteilers.

D 01	(E 14)	= 2 - 16 A
D 02	(E 18)	= 20 - 63 A
D 03	(M 30*2)	= 80 - 100 A

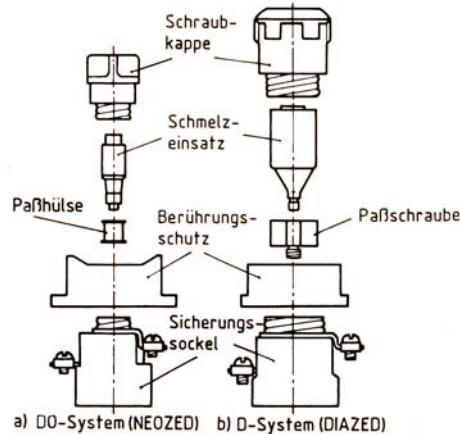


Abb. 5.5: Aufbau Sicherungseinsätze

5.3 NH-Sicherungen (NH-System)

Das NH-System (Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungssystem) hat keine Nennstrom-unverwechselbarkeit wie das D- bzw. DO-System. Anwendung findet das NH-System in der Regel in Gewerbe- und Industriebetrieben. Ab 63 A sollte das NH-System bevorzugt eingesetzt werden.



Abb. 5.6: Auswechseln von NH-Sicherungseinsätzen (siehe Anhang)

Das NH-System wird auch als Zählervorsicherung in Hauptverteilungen und Hausanschlusskästen in Wohngebäuden eingesetzt.

Das NH-System besteht aus dem Sicherungsunterteil und dem Sicherungseinsatz mit Griffflaschen.

Zu beachten ist, dass das Auswechseln von Sicherungseinsätzen nur durch Elektrofachkräfte oder unterwiesene Personen unter Verwendung des Sicherungsaufsteckgriffes mit Stulpe (Unterarmschutz) und eines Schutzhelmes mit Gesichtsschutz erfolgen darf. Diese Körperschutzmittel bzw. Werkzeuge müssen mit einem Isolator und der Spannungsangabe 1000 V gekennzeichnet sein.

Wegen der nicht unerheblichen Gefahren beim Umgang mit NH-Sicherungen sollten die Sicherungsunterteile mit NH-Trennwänden versehen werden. Vorzugsweise sollten jedoch NH-Sicherungslasttrennschalter eingesetzt werden. Hierbei ist ein gefahrloses Auswechseln von NH-Sicherungseinsätzen im spannungslosen Zustand möglich. Die Gefahr von Unfällen durch Lichtbogenbildung wird dadurch bei richtiger Bedienung verhindert.



Abb. 5.7: NH-Sicherungs-Lasttrennschalter
(siehe Anhang)

Zur Überwachung des Schaltzustandes kann der serienmäßig eingebaute Unterbrechungsmelder mit einem Schaltzustandsgeber versehen werden. Es gibt folgende Baugrößen des NH-Systems:

NH 00	= 6 - 100 A
NH 0	= 35 - 160 A
NH 1	= 80 - 250 A
NH 2	= 125 - 400 A
NH 3	= 315 - 630 A
NH 4	= 500 - 1000 A
NH 4a	= 500 - 1250 A Nennstrom

Aufbau und Wirkungsweise:

Ein NH-Sicherungseinsatz besteht aus einem Porzellan-, Kunststoff- oder Gießharzkörper, an dessen Stirnseiten Kontaktmesser angebracht sind. Im Innern des Körpers – Gießharzsicherungen ausgenommen – befinden sich ein oder mehrere in Quarzsand eingebettete Schmelzleiter, die aus Bandmaterial mit hoher Leitfähigkeit (Kupfer verzinkt oder versilbert, Neusilber) bestehen. Das möglichst genaue Einhalten der vom Hersteller angegebenen Strom-Zeit-Kennlinien wird durch die Fertigungsgenauigkeit der Schmelzleiter erreicht. Art, Form und Material des Schmelzleiters sind von Hersteller zu Hersteller unterschiedlich. Zur Auslösung der Sicherung bei Überlast (bis zum zweifachen Nennstrom) ist der Schmelzleiter mit einem Weichlotauftrag versehen, der bei Erwärmung durch einen Überstrom schmilzt, wobei Lot und Schmelzleiter eine schlechter leitende Legierung als der ursprüngliche Schmelzleiter darstellen, sodass der Schmelzleiter wärmemäßig immer höher beansprucht wird (Grenzstromgebiet). Durch Ausstanzungen, die gleichmäßig oder ungleichmäßig verteilt sein können, werden über die Länge des Schmelzleiters Querschnittschwächungen erreicht, die bei großen Strömen (ab zehnfachem Nennstrom) eine Aufteilung des Lichtbogens in mehrere kleine Teillichtbögen bewirken. Die Löschung der Teillichtbögen durch den Quarzsand ist dann wesentlich einfacher als die Löschung eines großen Lichtbogens (Kurzschlussstromgebiet).

Die Erwärmung des Schmelzleiters bei großen Kurzschlussströmen erfolgt so rasch, dass die Abschaltung erfolgt, bevor der Strom seinen Höchstwert erreicht (Stosskurzschlussstrom). Dieses bedeutet, dass eine Sicherung bei großen Strömen eine strombegrenzende Wirkung hat, die durch den Durchlassstrom ausgedrückt wird.

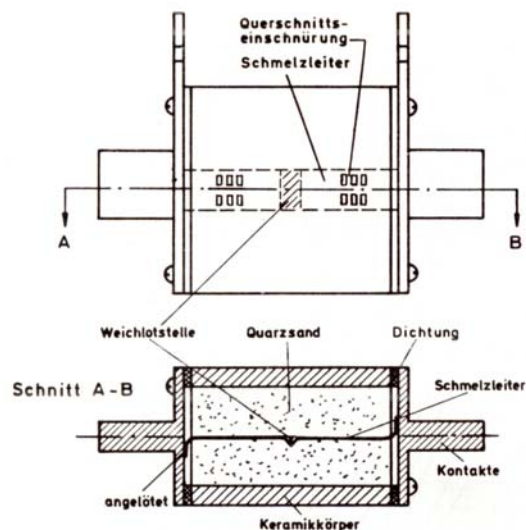


Abb. 5.8: Schnittbild einer NH 00-Sicherung



Abb. 5.9: NH-System (siehe Anhang)



Abb. 5.10: NH-Sicherungen (siehe Anhang)

5.4 Geräteschutzsicherungen bzw. Glassicherungen oder Feinsicherungen

Zu den Schmelzsicherungen zählen auch die Geräteschutzsicherungen bzw. Glassicherungen oder Feinsicherungen, z. B. zur Absicherung von Netzgeräten und Messinstrumenten. Man unterscheidet dabei die folgenden Auslöseverhalten:

- FF - superflink
- F - flink
- M - mittelträge (der 1,5-fache Nennstrom wird mindestens 1 Stunde ausgehalten)
- T - träge (beim 2,1-fachen Nennstrom wird zwischen 2 Stunden und 30 Minuten abgeschaltet)

Sie sind nur in der Lage, einen begrenzten Kurzschlussstrom abzuschalten.

Auf den Schmelzeinsätzen finden sich z. B. folgende Aufschriften:

T 630/250 V bzw. FF 1.25/250 V bzw. M2,5 E

Die Beispielzahlen bedeuten T = Träg; 630 mA; 250 V; bzw. FF = Superflink; 1,25 A; 250 V; bzw. M = mittelträge; 2,5 A; E Schaltvermögen = 1000 A

Es gibt Schutzkontaktsteckdosen mit eingebauten G-Schmelzeinsätzen. Auf diese Weise wird bei Fehlern im Gerät oder in der beweglichen Zuleitung nur das Gerät abgeschaltet, jedoch nicht der gesamte Stromkreis.

Zum Motorschutz sind Gerätesicherungen (Feinsicherungen) nicht geeignet, da sie nicht gegen Überlast schützen. Sie sind jedoch zum Einbau in elektronische Geräte, z. B. in der Rundfunkindustrie, sehr nützlich, weil dafür die Verteilersicherung zu groß ist.

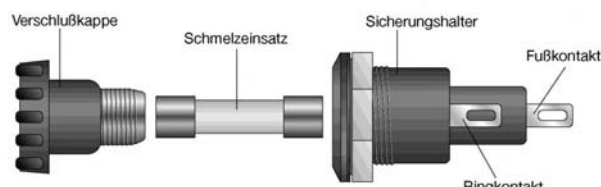


Abb. 5.11: Geräteschutzsicherung

Selektivität von Schmelzsicherungen

Nach den technischen Anschlussbedingungen muss grundsätzlich zu den unter Plombenverschluss liegenden Überstromschutzeinrichtungen Selektivität gewährleistet sein. Unter Selektivität ist das Abschalten eines fehlerbehafteten Stromkreises durch die unmittelbar vor der Fehlerstelle liegenden Überstromschutzeinrichtung zu verstehen. Bei Schmelzsicherungen nach VDE 0636 ist das selektive Abschalten gewährleistet, wenn die vorgeschaltete Sicherung zwei Nennstromstufen höher liegt (Verhältnis 1 : 1,6). Es wird daher jeweils eine Sicherungsstufe übersprungen.

Betriebsklassen von Schmelzsicherungen

Schmelzsicherungen schalten je nach Höhe eines Überstromes innerhalb einer bestimmten Zeit ab. Die früher üblichen Bezeichnungen für das Abschaltvermögen wie träge, flink und superflink sind durch die Unterteilung in Betriebsklassen ersetzt worden. Die Betriebsklasse ist durch zwei Buchstaben gekennzeichnet.

Der erste Buchstabe gibt die Funktionsklasse, der zweite das zu schützende Objekt an.

Funktionsklasse „g“ Ganzbereichssicherung
Sicherungen der Funktionsklasse g schützen vor Überlastung und Kurzschluss.

Funktionsklasse „a“ Teilbereichssicherung
Sicherungen der Funktionsklasse a schützen vor Kurzschluss

Die Schutzobjekte sind folgendermaßen unterteilt:

- L = Kabel- und Leitungsschutz
- M = Schaltgeräteschutz
- R = Halbleiterschutz
- B = Bergbau Anlagenschutz

Daraus ergeben sich folgende Betriebsklassen:

- gL = Ganzbereichs- Kabel- und Leitungsschutz
- aM = Teilbereichs – Schaltgeräteschutz
- aR = Teilbereichs – Halbleiterschutz
- gB = Ganzbereichs – Bergbau – Anlagenschutz

Auslöseströme bei Schmelzsicherungen

Aus Zeit – Strom – Kennlinien kann entnommen werden, bei welcher Stromhöhe und nach welcher Zeit die Schmelzsicherung auslöst. Die Abschaltzeiten werden durch Prüfströme überprüft. Beim kleinen Prüfstrom darf innerhalb einer festgelegten Zeit keine Ausschaltung erfolgen. Beim großen Prüfstrom muss innerhalb einer festgelegten Zeit abgeschaltet werden. Demnächst soll der große Prüfstrom einheitlich $1,45 \times I_n$ betragen. Um den Schutz bei Überlast von Leitungen und Kabel zu erfüllen kann dann der Nennstrom einer gL-Sicherung unmittelbar der zulässigen Strombelastbarkeit des Kabels oder der Leitung zugeordnet werden.

Hersteller von Schmelzsicherungen geben wegen der Fertigungstoleranzen (max. +/- 7 %) mittlere Zeit – Strom – Kennlinien an. Für den Praktiker ist die Kenntnis der Abschaltströme I_a bei Abschaltzeiten von 0,2 s und 0,5 s wichtig (Kurzschlusschutz von Leitungen und Kabel; Schutz bei indirektem Berühren durch Abschaltung).

5.5 Leitungsschutzschalter (LS – Schalter)

Der Leitungsschutzschalter wird auch landläufig als Sicherungsautomat bezeichnet. Leitungsschutzschalter nach DIN VDE 0660 haben einen großen Vorteil gegenüber Schmelzsicherungen; sie sind auch nach dem Auslösen des zu hohen Leiterstromes wieder einsetzbar. Sie besitzen einen thermischen und einen magnetischen Auslöser und schützen die Leitungen und Anlagen sowohl gegen Überlastung als auch gegen Kurzschluss.

Beide Auslöser liegen in Reihe. Beim Auftreten von Überlastströmen biegt sich ein Bimetallstreifen infolge der Stromwärme durch. Hat sich der Bimetallstreifen genügend weit gekrümmt, entriegelt er das Schaltschloss, das die Kontaktstücke mit Hilfe einer gespannten Feder trennt.

Das Abschalten von Kurzschlussströmen übernimmt der elektromagnetische Auslöser. Dieser besteht aus einer Spule, durch die auch der Laststrom fließt. Von einer bestimmten Stromstärke an, dem Ansprechstrom, wird die magnetische Kraft der Spule so groß, dass sie über ihren Anker (Schlaganker) das Schaltschloss unverzüglich entklinkt.

Ein Festhalten des Schalters mit Hand in Ein-Stellung auf bestehende Überströme ist unmöglich, da die Mechanik des Schalters so gebaut ist, dass die Auslösung wirksam bleibt. Dies bezeichnet man als Freiauslösung.

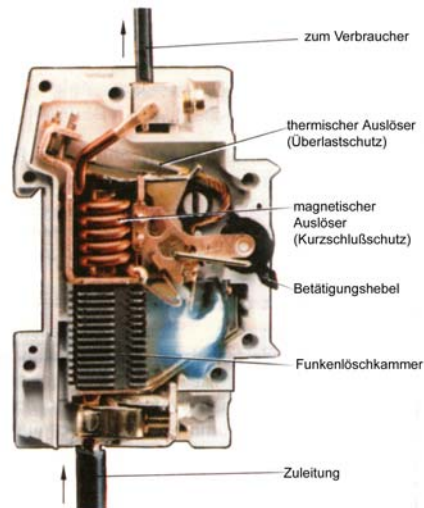


Abb. 5.12: Leitungsschutzschalter (siehe Anhang)

Auslösecharakteristiken und Bemessungsströme

Unabhängig von der Charakteristik regeln die jeweiligen nationalen Errichtungsbestimmungen, welche höchstzulässige Bemessungsstromstärke bzw. Kenngröße dem zu schützenden Leiterquerschnitt zugeordnet werden kann. (z. B. DIN VDE 0100 Teil 430)

B – Charakteristik 1,13 – 1,45 x I_n; 3 – 5 x I_n; Licht und Steckdosenstromkreise.
Max. 1 Std. bei 30°C < 0,1 s

C – Charakteristik siehe B – Charakteristik 5 – 10 x I_n wie B aber wo < 0,1 s (Stromspitzen)

K – Charakteristik 1,05 – 1,2 x I_n; 8 – 12 x I_n Einschalten von 2 Std. bei 20°C < 0,2 s (Motoren)

Z – Charakteristik 1,05 – 1,2 x I_n; 2 – 3 x I_n Schutz empfindlicher Bauelemente bei 20 °C < 0,2 s

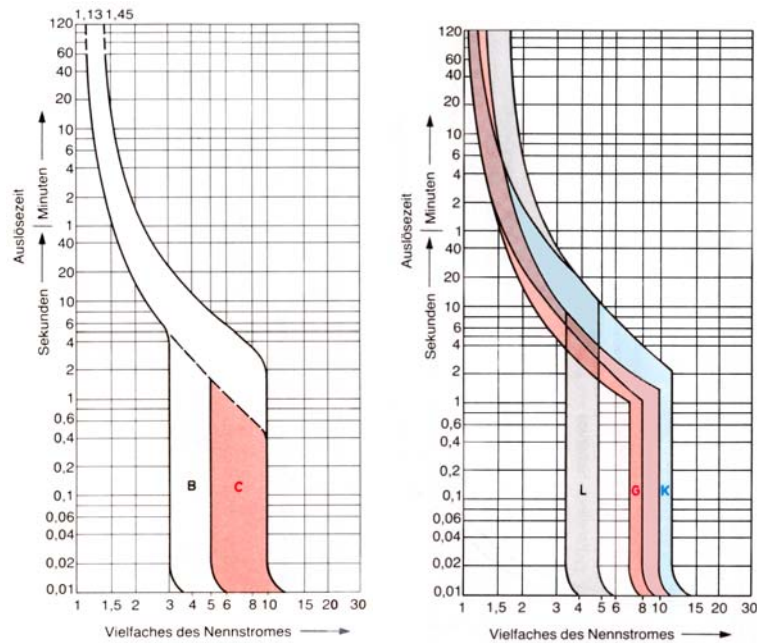


Abb. 5.13: Strom-Zeit-Kennlinien (siehe Anhang)

Die kleinen Werte geben das Verhalten der verzögerten Bimetallauslöser, die großen Werte der unverzögerten Elektromagnetauslöser an.

LS-Schalter werden in verschiedenen Bauformen und Nennströmen gefertigt. Sie sind in 1- bis 4-polig im Handel erhältlich. Die 4-poligen Ausführungen werden auch als allpolige Ausschalter in Drehstromkreisen genutzt.

LS-Schalter werden für Nennströme von 0,2 bis 100 A hergestellt. Das Nennschaltvermögen muss nach den technischen Anschlussbedingungen in Kundenanlagen mindestens 6000 A betragen. LS-Schalter der neuen Generation haben ein Schaltvermögen von 6000 A bis 25000 A, bei einigen Herstellern sogar bis 35000 A. Bei höheren Kurzschlussströmen wird durch Vorschaltung einer Schmelzsicherung < 100 A ein genügender Schutz (Backup – Schutz) erreicht.

Als Zubehör werden Hilfsschalter, Signalkontakte, Unterspannungsauslöser und Arbeitsstromauslöser angeboten, welche man seitlich an den Automaten befestigen kann.

5.6 Motorschutzschalter

Der Motorschutzschalter wird als Schaltgerät und Schutzgerät für Motorenstromkreise verwendet. In der einfachsten Form besteht dieser nur aus einer thermisch verzögerten Auslösung (Motorschutzrelais) oder in einer Kombination mit einer magnetischen Schnellauslösung (Motorschutzschalter).

Der hohe Anlaufstrom der Motoren, insbesondere bei Käfigläufermotoren, macht eine wirkungsvolle Absicherung durch flinke oder träge Sicherungen schwierig. Soll die Sicherung den Anlaufstrom sicher aushalten, so muss sie höher als der Nennstrom des Motors gewählt werden. Für die Auslegung der Absicherungen von Leitungen und Motoren sind Elektrofachkräfte verantwortlich.

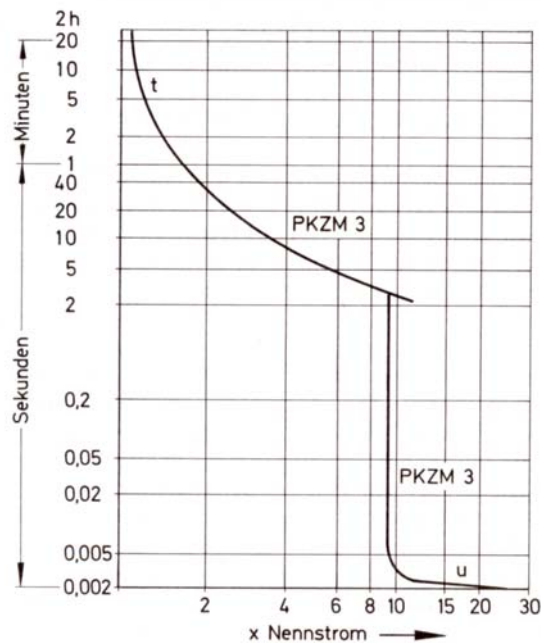


Abb. 5.14: Kennlinie der Abschaltzeiten

Wie in Abb. 5.14 zu sehen, spricht die thermische Auslösung beim 1,2-fachen Überstrom nach 2 Stunden an; beim 1,5-fachen Überstrom bereits nach 1,5 Minuten.

Der alleinige Schutz von Motoren durch Sicherungen ist nicht möglich, weil Sicherungen den 1,5-fachen Überstrom ca. 1 bis 2 Stunden halten; diese Dauerüberlastung führt zur Zerstörung der Wicklungen.

Mit dem Motorschutzschalter wird die gesamte Motorleistung geschaltet. Er hat daher auch die Funktion eines Hauptschalters. Damit der Schalter diese Leistungen schalten kann ist er mit Funkenlöschkammern ausgerüstet. Bei den Schaltern für kleinen Leistungen ist die Kurzschlussleistung so hoch, dass die Vorsicherungen entfallen können. Der fest eingestellte Kurzschlussauslöser schaltet bei 7,5 bis 17,5 x I_n , je nach Typ und Fabrikat. Bei manchen Typen ist der Kurzschlussauslöser auch frei einstellbar.

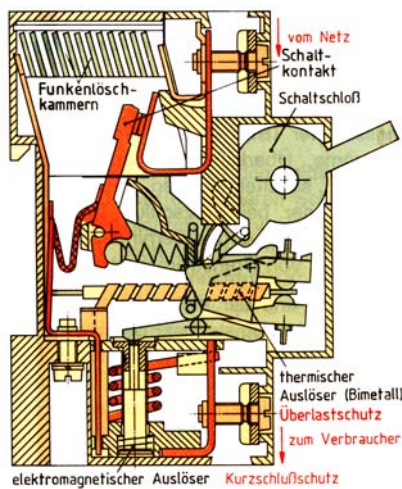


Abb. 5.15: Schnitt durch Motorschutzschalter (siehe Anhang)



Abb. 5.16: Motorschutzschalter (siehe Anhang)

Thermisches Überlastrelais

Thermische Überlastrelais werden in Verbindung mit Schützen zum Schutz von Motoren bis 690 V Wechselstrom verwendet. Sie haben Bimetallauslöser (1 pro Phase), die vom Motorstrom durchflossen und indirekt beheizt sind. Unter dem Einfluss der Erwärmung biegen sich die

Bimetalle und rufen die Auslösung des Relais hervor. Die Hilfskontakte ändern ihre Schaltstellung und schalten das Schütz sicher ab.

Die Relais haben eine Einstellskala in Ampere. Der Einstellstrom ist der Motorstrom. Die Auslösung erfolgt nach Auslösekurven. Diese unterscheiden sich, je nachdem, ob aus dem kalten oder warmen Zustand heraus oder ob 3 Phasen vorhanden sind oder nur 2 (Phasenausfallschutz, in der Regel unter 10 Sekunden).

Die Relais haben ein Schaltschloss mit Freiauslösung. Man kann sie nicht wieder einschalten, so lange die Störung nicht beseitigt ist, z. B. bei Kurzschluss. Das Auslösen des Schalters wird auch nicht verhindert, wenn der Schaltknebel des Relais von Hand in der EIN-Stellung festgehalten wird.

Die Rückstellung ist einstellbar auf „Hand“ oder „Automatik“. Auf Hand muss das Relais immer von Hand zurück gestellt werden; dies geht erst nach dem Erkalten der Bimetallstreifen. Auf Automatik schaltet sich das Relais selbsttätig nach der Erkaltung wieder zu; hierbei kommt es zu Flatterschaltungen mit den bekannten, unerwünschten Nebeneffekten. Bei Motoren, die ohne Aufsicht laufen, muss das thermische Überlastrelais immer auf Hand stehen.

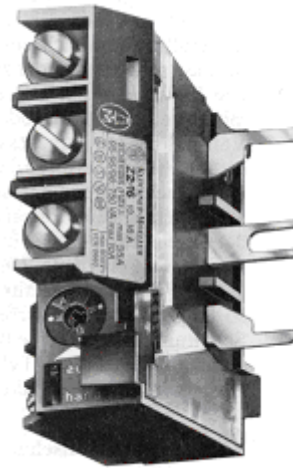


Abb. 5.17: Überlastrelais

Thermistor - Maschinenschutz

Der Maschinenschutz mit Thermistoren ist vollkommen anders aufgebaut. Bei den vorhergehenden Möglichkeiten wurde immer der Strom in der Zuleitung überwacht. Bei dem Thermistor-Motorschutz wird direkt die Temperatur in der Wicklung überwacht. Im Motor werden in den Wickelköpfen PTC – Widerstände mit eingebaut und deren Anschlüsse mit auf das Klemmbrett geführt. Ein PTC – Widerstand ist ein Widerstand mit einem positiven Temperaturkoeffizienten. Er steigt mit einer zunehmenden Erwärmung ab ca. 80 °C sehr schnell bis auf einen unendlich hohen Wert an. Für diesen Schutz braucht man immer eine Kabelverbindung zwischen Motor und Schaltschrank, weil sich im Schaltschrank das Auswertegerät für die Widerstandsveränderung befindet. Diese Auswertegeräte haben dann potenzialfreie Kontakte und unterbrechen den Steuerstromkreis für den Motor.

Diese Auslösegeräte müssen von Hand zurück gestellt werden. Man sollte nur Auslösegeräte mit Kontrollleuchten einbauen, damit man sofort erkennen kann, ob das Gerät ausgelöst hat.

Der Motor ist so zwar gegen erhöhte Erwärmung geschützt, nicht aber gegen Sicherheitsfall, Phasenausfall und Unterspannungen, da das Auswertekriterium, die Temperatur, träge reagiert.

Motorvollschutz

Von verschiedenen Firmen werden in den letzten Jahren sogenannte Motorvollschutzrelais angeboten. Bei diesen Relais kann man aus mehreren Kurven die passende Kurve auswählen. Für Erdschlussfehler kann man diese Relais mit einem Summenstromwandler ausrüsten. Durch den integrierten Thermistoranschluss lässt sich das Relais zum Motorvollschutzrelais ausbauen.

Weitere Motorschutzschalter sind:

- Elektronische Überlastrelais
- Überlastrelais mit Stromwandler
- Motorschutz mit Sanftanlasser

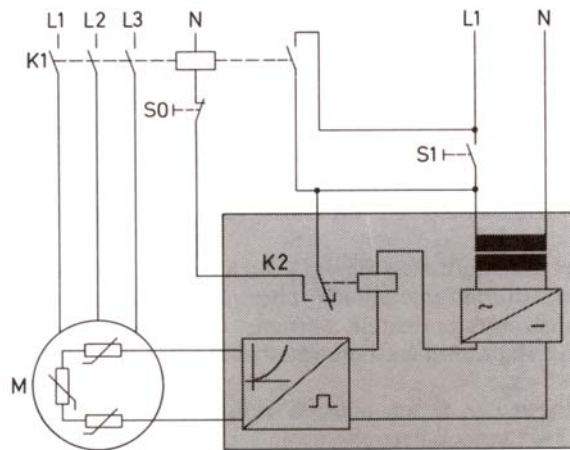


Abb. 5.18: Motorvollschutz

5.7 Anordnung der Motorschutzschalter

Der Motorschutz bei der Stern – Dreieck- Schaltung

Bei der Stern – Dreieck – Schaltung wird das thermische Bimetallrelais in den Wicklungsstrang geschaltet und vom Strangstrom durchflossen. Da im Dreieck $I_{str} = I/1,73$ ist, wird das Relais nicht vom vollen sondern nur vom $1/1,73$ -fachen Motorstrom (entspricht dem 0,58-fachen des Nennstromes) durchflossen. Daraus folgt eine Relaiseinstellung $I_r = 0,58 \times I_n$

Den Kurzschlusschutz übernehmen auch hier vorgeschaltete Sicherungen.

Bei Antrieben, bei denen während des Anlaufs in der Sternschaltung des Motors das Relais bereits auslöst, kann dann das für den Motornennstrom bemessene Relais in der Netzzuleitung geschaltet werden. Die Auslösezeit verlängert sich auf das etwa 4- bis 6-fache. In der Sternschaltung wird das Relais zwar auch vom Strom durchflossen, bietet aber in dieser Schaltung keinen vollwertigen Schutz, da sein Grenzstrom auf den 1,73-fachen Phasenstrom verschoben ist. Es bietet aber einen Schutz gegen Nichtanlauf. Bei ganz schweren, langandauernden Anläufen (Zentrifugen) kann man das Relais auch vor dem Dreieckschütz einbauen. Der Einstellstrom ist hier wieder das 0,58-fache. Während der Einschaltphase in der Sternschaltung wird das Relais nicht vom Strom durchflossen. Beim Anlauf ist also kein Motorschutz vorhanden. Diese Schaltung wird immer dann verwendet, wenn ein ausgesprochener Schwer- oder Langzeitanlauf vorliegt und thermische Relais der Gattung T2 oder Sättigungswandlerrelais noch zu schnell ansprechen.

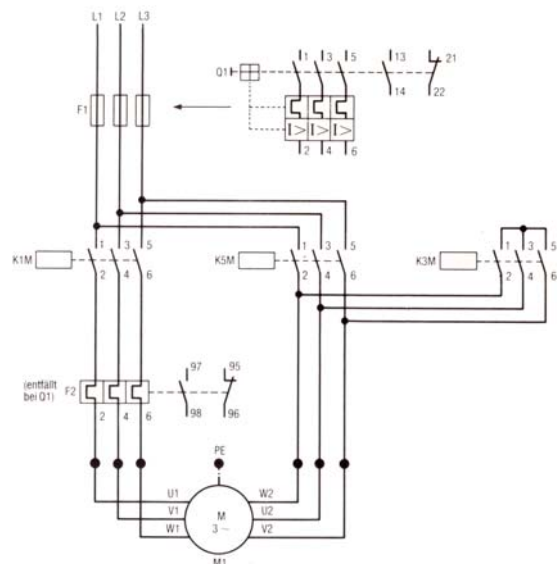


Abb. 5.19: Automatische Stern-Dreieck-Schalter

Anordnung in der Motorleitung

Stern-Dreieck-Schalter mit Motorschutzrelais, also mit thermisch verzögertem Überstromrelais, haben in der normalen Schaltung das Motorschutzrelais in den Ableitungen zu den Motorklemmen U1, V1, W1 oder V2, W2, U2.

Das Motorschutzrelais wirkt auch in der Sternschaltung, denn es liegt in Reihe mit der Motorwicklung und wird vom Relaisbemessungsstrom = Motorbemessungsstrom \times 0,58 durchflossen.

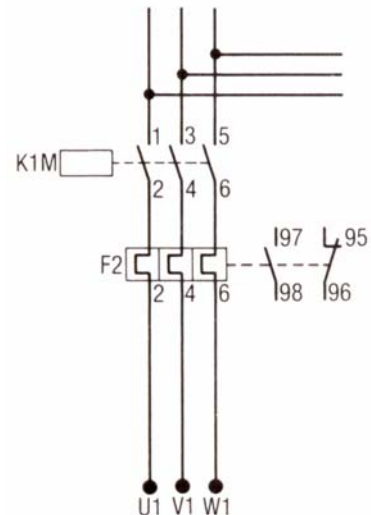


Abb. 5.20: Anordnung in der Motorleitung

Anordnung in der Netzzuleitung

Abweichend von seiner Anordnung in der Motorleitung kann das Motorschutzrelais auch in der Netzzuleitung liegen. Der hier gezeigte Ausschnitt (Abb. 5.21) zeigt das abgewandelte Schaltbild 5.19. Für Antriebe, bei denen während des Anlaufs in der Sternschaltung des Motors das Relais F2 bereits auslöst, kann das für den Motorbemessungsstrom bemessene Relais F2 in die Netzzuleitung geschaltet werden. Die Auslösezeit verlängert sich dann etwa auf das vier- bis sechsfache. In der Sternschaltung wird zwar auch das Relais vom Strom durchflossen, es bietet aber in dieser Schaltung keinen vollwertigen Schutz, da sein Strom auf den 1,73-fachen Phasenstrom verschoben ist. Es bietet aber Schutz gegen Nichtanlauf.

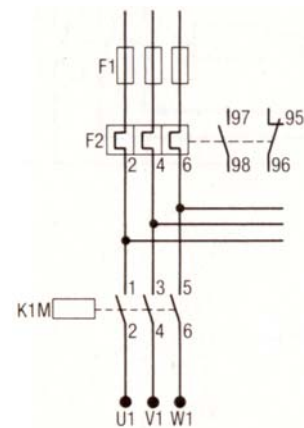


Abb. 5.21: Anordnung in der Netzzuleitung

Anordnung in der Dreieck-Schaltung

Abweichend von der Anordnung in der Motorleitung oder in der Netzzuleitung kann das Motorschutzrelais in der Dreieck-Schaltung liegen. Der gezeigte Ausschnitt (Abb. 5.22) zeigt das abgewandelte Schaltbild 5.19. Bei sehr schweren, langandauernden Anläufen (z. B. in Zentrifugen) kann das für den Relaisbemessungsstrom = Motorbemessungsstrom \times 0,58 bemessene Relais F2 auch in die Verbindungsleitungen Dreieckschütz K5M – Sternschütz K3M geschaltet werden. In der Sternschaltung wird dann das Relais F2 nicht vom Strom durchflossen. Beim Anlauf ist also kein Motorschutz vorhanden. Diese Schaltung wird immer dann angewendet, wenn ein ausgesprochener Schwer- oder Langzeitanlauf vorliegt und Sättigungswandler- Relais noch zu schnell ansprechen.

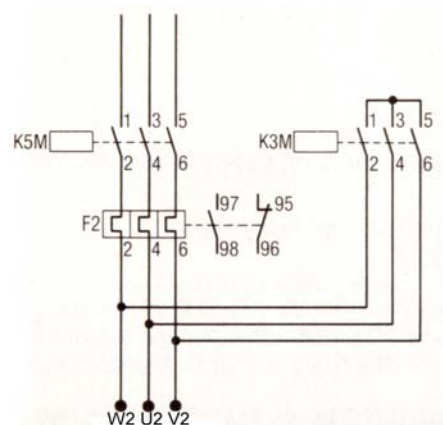


Abb. 5.22: Anordnung in der Dreieckschaltung

Der Motorschutz bei Frequenzumrichtern

Weil mit dem Frequenzumrichter (FU) die Drehzahl des Motors herabgesenkt und auch über die Nenn Drehzahl hinaus gesteuert werden kann, und von der Drehzahl die Motorkühlung direkt abhängig ist, kommt dem Motorschutz eine ganz andere Bedeutung zu. Will man einen Motor an

einem FU betreiben, so sollte man vorher beim Werk anfragen, ob das möglich ist und wo die niedrigste Frequenz bzw. Drehzahl liegt. Ab einer bestimmten Frequenz bzw. Drehzahl schafft es die eigene Kühlung nicht mehr, die Temperatur in den Wicklungen zu kühlen. Aus diesem Grund sollen unbedingt im Motor Thermistoren eingebaut sein. Die Auswertung erfolgt meist im FU. Da der FU passend zum Motor sein muss, kann dieser auch Schutzfunktionen für den Motor übernehmen, z. B.:

- Überspannungs- und Unterspannungsschutz
- Übertemperaturschutz des Umrichters
- PTC – Anschluss für den Motor
- Schutz vor Erdschluss und Kurzschluss
- Thermischer Motorschutz
- Einstellbarer Parameterzugriffsschutz

Diese Liste ist abhängig vom Hersteller des FU. Der FU wird entweder mit Sicherungen für Halbleiterschutz oder mit Leistungsschutzschalter abgesichert.

Steuertransformatoren

IEC 204-3 bzw. VDE 0113 fordern bei mehr als zwei elektromagnetischen Betätigungsspulen die Verwendung eines Steuertransformators. Übliche Kleintransformatoren sind hierfür ungeeignet, weil der Spannungsabfall bei der stark induktiven Last ($\cos \varphi$ 0,3 - 0,4) von Schützspulen unzulässig hoch würde.

Vorteile:

- Steuerspannung standardisierbar, unabhängig von der jeweiligen Netzspannung,
- geerdeter oder ungeerdeter Betrieb möglich,
- Begrenzung des sekundären Kurzschlussstromes,
- Dämpfung leitungsgebundener Störspannungen im Sekundärteil,
- Geringere Überspannungskategorie hinter Transformatoren,
- Erleichterung bei Spannungs- und Isolationsprüfungen.

Transformatoren können zwischen Außenleiter und N- Leiter, bevorzugt aber zwischen zwei Außenleitern angeschlossen werden. Den Standardanschluss von Transformatoren zeigt Abb. 5.23. Bei dem Anschluss zwischen zwei Außenleitern sind unbedingt zwei- oder dreipolige Motorschutzschalter zu verwenden, um im Fall eines Isolationsfehlers oder Erdschlusses eine allpolige Abschaltung zu erreichen.

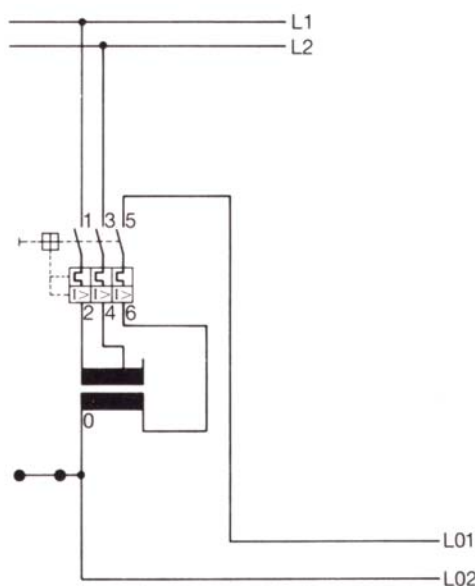


Abb. 5.23: Standardanschluss eines Generators

5.8 Testfragen

1. Welche Aufgaben haben Überstromschutzeinrichtungen?
2. Woran erkennt man eine defekte Schmelzsicherung?
3. Ordnen Sie den vorgegebenen Sicherungsgrößen die entsprechende Farbe zu.

Bemessungsstrom	/	Farbe
35 A	/	
6 A	/	
10 A	/	
20 A	/	
50 A	/	

4. Warum dürfen Schmelzeinsätze nicht geflickt bzw. überbrückt werden?
5. Weshalb befinden sich in den Schraubsicherungssystemen Pässeinsätze?
6. Welche Bedeutung haben folgende Angaben auf einem Schmelzeinsatz:
35 A, 500 V, gL?
7. Welchen Vorteil haben LS-Schalter gegenüber Schmelzsicherungen?
8. Welche Möglichkeiten gibt es, Motoren gegen Überlastung zu schützen?
9. Wie müssen Bimetallrelais eingestellt werden?

5.9 Übungen

1.: Wechsel von NH-Sicherungen mit Aufsteckgriff (400 V~/ 63 A)

Lernziele

Die Auszubildenden sollen **mit Auftrag** NH-Sicherungen wechseln können. (Auch im späteren Berufsleben sind regelmäßige UVV-Belehrungen und Unterweisungen durch besonders geeignete Elektrofachkräfte für diese Arbeit notwendig.)

Besondere Gefahren bestehen durch direktes Berühren unter Spannung stehender aktiver Teile und Verbrennungen durch Lichtbogen.

Werkzeuge: NH-Sicherungsaufsteckgriff mit Unterarmstulpe, Schutzhelm mit Gesichtsschutz, Arbeitsanzug nach DIN 66083, Spannungsprüfer 2-polig

Arbeitsschritte:

1. Kontrolle der Werkzeuge, Schutz- und Hilfsmittel; z. B. Funktion des Rastmechanismus des Aufsteckgriffes.
2. Kenntnis über die angeschlossenen Abgänge gewinnen. Welche Folgen hat die Abschaltung? Ausfall der Beleuchtung, Ausfall notwendige Maschinen, laufen Notstromaggregate an (Rückspannung) usw..
3. Vor dem Wechseln der NH-Sicherungen ist ein **lastfreier Zustand** herzustellen. Dazu sind vorgelagerte Lasttrenner zu betätigen oder angeschlossene Betriebsmittel werden ausgeschaltet (Achtung: gegen Wiedereinschalten sichern).
4. Beim Wechseln von NH-Sicherungen sind NH-Sicherungsaufsteckgriffe nach DIN VDE 0680 (Aufsteckgriff mit Hand- und Unterarmschutzstulpen) und ein Schutzhelm mit Gesichtsschutz zu verwenden. Schwer entflammbare Kleidung und Schutzschuhe benutzen. Auf trockenem Untergrund achten. Bei Stahlboden Isoliermatten verwenden!
5. Aufsteckgriff sicher und fest einhängen, beim Herausziehen reißend waagrecht ziehen. Freie ungeschützte Hand nicht in den Gefahrenbereich bringen.
6. Beim Wiedereinsetzen ist die NH-Sicherung am unteren Kontakt einzustecken und dann ruckartig einzudrücken.

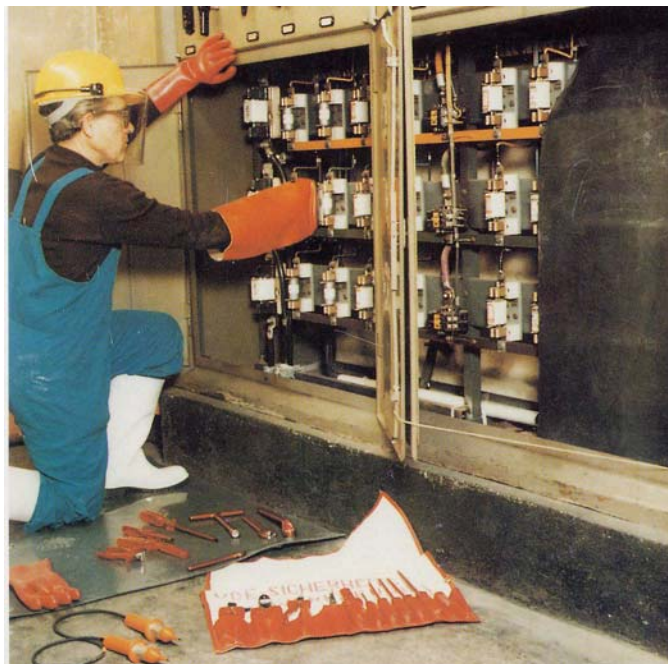


Abb. 5.24: Ziehen einer NH-Sicherung (siehe Anhang 5.6)

2.: Auswechseln eines Motorschutzschalters

Lernziel

Die Auszubildenden sollen selbstständig Geräteeinbauteile (hier Motorschutzschalter) auswechseln können. Voraussetzung ist, dass die Fehlersuche und Identifizierung der Bauteile mit Hilfe der Dokumentation abgeschlossen ist.

Feinlernziele

theoretisch:

Die Auszubildenden sollen die dabei zu beachtenden Regeln nennen können, das passende Geräteeinbauteil auswählen.

praktisch:

Die fünf Sicherheitsregeln sind anzuwenden. Anschlussleitungen sind zu beschriften. Ein- und Ausbau des Motorschutzschalters ist zu beherrschen.

Die Auszubildenden sollen von der Notwendigkeit und Bedeutung des sorgfältigen und qualitätsbewussten Arbeitens überzeugt sein und die nötige Sorgfalt anwenden.

Werkzeuge, Material:

Spannungsmesser 2-polig, NH-Sicherungshandschuh, Helm mit Gesichtsschutz, Schraubendreher, Beschriftungsmaterial, Spitzzange, Abdeckmaterial und Befestigungszangen, identischer Motorschutzschalter.

Oft ist die Mechanik im Schalter beschädigt. Er lässt sich nicht mehr einschalten. Eine Reparatur des Schalters ist verboten, daher kommt nur eine Auswechslung in Frage.

Arbeitsschritte:

1. Freischalten (Siehe Übung: Wechseln von NH-Sicherungen)
Die Hauptstrombahnen sind in der Regel einfach. Vorsicht bei den Steuerstromkreisen, es können mehrere Hilfsstromkreise angeschlossen sein, oftmals auch mit anderen Spannungen.
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
Es gibt verschiedene Möglichkeiten je nach Bauart, z. B. Sicherungen mitnehmen, Vorhängeschloss anbringen, speziell beschriftete Klebestreifen über die Betätigungshebel kleben, Verbotsschilder aufhängen.
3. Spannungsfreiheit feststellen
Es muss konsequent auf allen Leitungen nachgemessen werden.
4. Erden und Kurzschließen
Kann entfallen, da Anlage im Schaltschrank unter 1000 Volt.
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken.
Wenn der Schaltschrank ganz abgeschaltet ist, kann diese Position entfallen. Ansonsten nach Bedarf durchführen.
6. Eindeutige Beschriftung der Adern, die abgeklemmt werden sollen
Sinnvollerweise werden dazu die Anschlussklemmbezeichnungen des Motorschutzschalters verwendet (Kontrolle mit der Dokumentation vornehmen).

7. Abklemmen der Adern, Ausbau des Motorschutzschalters.
8. Vergleich des alten Motorschutzschalters mit dem neuen Motorschutzschalter
Stimmen die Gerätedaten überein? Sind die Anordnung und die Bezeichnung der Anschlussklemmen gleich? Wenn nicht alles identisch ist, ist eine Elektrofachkraft einzusetzen.
9. Einbau des Schalters, Anschluss der Adern entsprechend der Beschriftung.
(Kontrolle mit der Dokumentation vornehmen)
10. Das Wichtigste ist die neue Einstellung des Schalters. Normalerweise wird der Wert für die Einstellung vom Typenschild des Motors genommen. Da die Motoren von der Planung der Anlage her häufig überdimensioniert sind, erreichen die Motoren den I_n selten. Will man den Motor aber genau einstellen, so muss man während der Inbetriebnahme den Motornennstrom mit einem Zangen-Amperemeter nachmessen und auf diesen Wert einstellen. Der Schutzschalter reagiert dann sofort auf evtl. Überlast vom Verfahren her, obwohl der Motor selbst noch gar nicht überlastet ist.
11. Rücknahme der fünf Sicherheitsregeln, sinngemäß in umgekehrter Reihenfolge.
12. Überprüfung der Drehrichtung, Probelauf durchführen.

