

Schalt- und Schutzgeräte in Maschinensteuerungen

W. Esser, Bonn

Leistungsschalter und Lasttrennschalter mit Hauptschalter- und Trenneigenschaften sind besonders wichtige Schalt- und Schutzgeräte in den immer komplexeren Maschinensteuerungen. Der Beitrag beleuchtet die zusätzlichen Anforderungen an Hauptschalter (Netztrenneinrichtungen). Darüber hinaus werden die Schalter in Maschinensteuerungen natürlich auch für den Schutz leistungsstarker Betriebsmittel genutzt. Bei kleineren Stromstärken kommen häufig Motorschutzschalter zum Einsatz.

1 Maschine oder Anlage

Die Anforderungen an die gesamte elektrische Ausrüstung von Maschinen werden in der harmonisierten IEC/EN 60204-1, VDE 0113 Teil 1, beschrieben [1]. Die Anwendung dieser Normen dient auch dem Erreichen der Sicherheitsziele der EG-Maschinenrichtlinie [2]. Ihre Berücksichtigung ist Voraussetzung für die Kennzeichnung mit dem CE-Zeichen. Darüber hinaus kann es für bestimmte Maschinen zusätzliche Produktnormen geben [3, 4]. Die Definition der „Maschine“ im Sinne der Maschinenrichtlinie wurde in den letzten Jahren erweitert. Sie umfasst die Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines beweglich ist. Der Anhang A der IEC/EN 60204-1 enthält eine Auflistung von typischen Maschinen. Trotzdem kann es Grenzfälle geben, bei denen zwischen einer Maschine im Sinne der erwähnten Norm und einer Anlage, die nach DIN VDE 0100 ausgerüstet wird, zu unterscheiden ist. Im Zweifelsfall sollte IEC/EN 60204-1 angewendet werden. Der zusätzliche Aufwand dieser Norm gegenüber DIN VDE 0100 umfasst u. a.:

- Hauptschalter (Netztrenneinrichtung)
- Steuertransformator
- Risikobewertung
- definierte Leiterfarben
- Schutz gegen automatischen Wiederanlauf
- spezielle Anforderungen an Not-Aus-Einrichtungen.

2 Hauptschalter

Mit dem „Hauptschalter“ wird eine wesentliche, stückzahlstarke Anwendung der Leis-

tungsschalter und Lasttrennschalter genannt. Der Hauptschalter ist zum Freischalten der elektrischen Ausrüstung zwingend vorgeschrieben. Wichtige Merkmale sind die Hauptschalter- und Trenneigenschaften. Die Definitionen ergeben sich aus zwei verschiedenen Normen: Die Trenneigenschaften folgen aus der Gerätenorm IEC/EN 60947-3 [5] und die Hauptschaltereigenschaften aus der Errichtungsnorm IEC/EN 60204-1 [1] (Tafel 1). Der Hauptschalter darf nur die Schaltstellungen AUS und EIN besitzen und muss in der

AUS-Stellung abschließbar sein. Eine zusätzliche AUSGELÖST-Position der Handhabe (Schaltgriff) ist zulässig und gilt nicht als eine weitere Schaltstellung. Beispielsweise sind die Hauptkontakte der Moeller-Schalter in der AUSGELÖST-Position geöffnet. Die Trenneigenschaften sind bereits in dieser Position sichergestellt. Die Abschließbarkeit ist in dieser Stellung noch nicht gegeben. Ein wesentlicher Vorteil dieser Anzeige ist die leichte Identifikation eines ausgelösten Schalters.

Die Abschließbarkeit ist ein wesentliches Merkmal der Hauptschaltereigenschaften. Es muss sichergestellt werden, dass ein Schalter in der AUS-Stellung nur dann abgeschlossen werden kann, wenn die Hauptschalterstücke auch wirklich offen sind (Trennstrecke sichergestellt). Aus dieser Forderung entstehen besondere Anforderungen an die Festigkeit der Handhabe, der Schalterachse und der u. U. eingesetzten Achsverlängerungen. Dies gilt besonders für die kraft- oder formschlüssige Übertragung der Kräfte. Steuerungen werden fast immer sehr individuell aufgebaut. Hier sind die Hauptkriterien die optimale Nutzung der Montagefläche im Schaltschrank und die günstige Führung der Hauptstromverbindungen. Für Maschinensteuerungen gibt es – unter ergonomischen Gesichtspunkten – empfohlene Einbauhöhen

Tafel 1 Anforderungen an Haupt- und Not-Aus-Schalter

Hauptschalter
ein handbetätigter Hauptschalter muss für jede Einspeisung vorhanden sein
bei zwei oder mehr Hauptschaltern müssen Schutzverriegelungen verwendet werden
als Hauptschalter sind zulässig: <ul style="list-style-type: none"> • Lasttrennschalter nach IEC/EN 60947-3 • Trennschalter mit Hilfskontakt, der veranlasst, dass Schaltvorrichtungen die Last vor dem Öffnen der Trenner-Hauptkontakte abschalten • Leistungsschalter nach IEC/EN 60947-2, die geeignet sind zum Trennen nach IEC/EN 60947-3
darf nur eine Ein- und nur eine Aus-Stellung besitzen, sie müssen deutlich mit 0 und I gekennzeichnet sein, zusätzlich ist eine Ausgelöst-Position zulässig
sichtbare Trennstrecke oder Stellungsanzeige, die Aus nicht anzeigen kann, bevor nicht alle Kontakte tatsächlich sicher offen sind
dient der Hauptschalter nicht gleichzeitig als Not-Aus-Schalter, darf die äußere Handhabe nicht rot sein (Empfehlung schwarz oder grau)
er muss in der Aus-Stellung abschließbar sein
alle aktiven Leiter sind von ihrem Netzanschluss zu trennen, bei TN-Systemen ist es zulässig, dass der N-Leiter getrennt oder nicht getrennt wird
das Ausschaltvermögen muss ausreichend sein, um den Strom des größten Motors im blockierten Zustand zusammen mit der Summe der Betriebsströme aller übrigen Motoren und/oder Verbraucher abzuschalten
Kraftbetriebene Leistungsschalter dürfen als Hauptschalter verwendet werden, sie müssen eine Vorrichtung für manuelle Betätigung haben; wenn sie in der Aus-Stellung verriegelt sind, müssen sowohl Hand- als auch Ferneinschaltungen verhindert sein
Hauptstrom-Not-Aus-Schalter
bei bestimmten Maschinen ... darf der Hauptschalter die Funktion einer Not-Aus-Einrichtung erfüllen
Bedienteile für Not-Aus-Einrichtungen müssen rot sein. Ist ein Hintergrund hinter dem Bedienteil vorhanden, muss er gelb sein
wo die Netz-Trenneinrichtung zum Ausschalten im Notfall direkt betätigt werden muss, muss sie leicht erreichbar sein

Autor

Dipl.-Ing. Wolfgang Esser ist Mitarbeiter der Fa. Moeller, Bonn.

1 Kompakt-Leistungsschalter

Wichtige Anwendungsgebiete sind der Einsatz als Hauptschalter (Netztrenneinrichtung) und der Einsatz als Not-Aus-Einrichtung. Bei Not-Aus-Schaltern müssen die rot/gelben Griffe wie in Bild 4 verwendet werden.

Fotos: Moeller



für Hauptschalter. Ein roter Handgriff darf nur verwendet werden, wenn der Schalter gleichzeitig als Not-Aus-Einrichtung eingesetzt wird (Bild 1).

Zusatzrüstungen, wie Unterspannungs- oder Arbeitsstromauslöser, bieten die Möglichkeit der manuellen oder ereignisgesteuerten Fernauslösung. Fernantriebe ermöglichen sogar ein komfortables Ein- und Ausschalten aus der Ferne. Eine Vielzahl von Hilfsschalterbausteinen liefert ggf. differenzierte Status- und Fehlermeldungen. Schließlich bieten einige Leistungsschalter auch eine bidirektionale Kommunikation über Bussysteme.

3 Netzanschluss/Einspeisung

Die Netzanschlussstelle bildet den Eingang für die elektrische Ausrüstung der Maschine. Die Speiseleitung sollte direkt an die Eingangsklemmen des Hauptschalters angeschlossen werden. Erfolgt der Anschluss zuerst über Reihenklammern, müssen diese abgedeckt und mit einem Warnschild versehen sein. Bei Direktanschluss ist eine Klemme für einen Schutzleiteranschluss in der Nähe des Hauptschalters vorzusehen.

Anzustreben ist nur eine einzige Netzeinspeisung. Zusätzlich erforderliche Spannungen sollten aus dieser Netzspannung erzeugt werden. Dieser Empfehlung kann nicht immer gefolgt werden. Bei mehreren Netzeinspeisungen müssen diese über einen gemeinsamen Hauptschalter oder über getrennte Hauptschalter ausgeschaltet werden. Eine elektrische oder mechanische Verriegelung der Hauptschalter untereinander ist erforderlich, wenn eine Gefährdung für Personen, die Maschine oder für das Produktionsgut eintreten kann. Die optimale, jedoch nicht zwingend vorgeschriebene Anordnung der Hauptschalter ist hinter dem gleichen Türflügel. Somit kann in Verbindung mit der Griffverriegelung die Tür nur geöffnet werden,

wenn beide Hauptschalter ausgeschaltet sind. Zweckmäßig ist die Abschaltung über einen gemeinsamen Antrieb oder die gemeinsame Abschaltung über Unterspannungsauslöser.

Zweck des Hauptschalters ist die komplette Abschaltung der elektrischen Ausrüstung, die jedoch nicht immer sinnvoll ist. Daher ist es erlaubt, bestimmte Stromkreise nicht über den Hauptschalter zu führen. Damit diese so genannten ungeschalteten Stromkreise als stromführend erkannt werden, müssen sie getrennt verlegt werden, z. B. in einem eigenen Leitungskanal. Werden die Leitungen gemeinsam verlegt, so sind sie farblich zu kennzeichnen. Dabei dürfen nicht die genormten Farben verwendet werden. Es sind Warnhinweise an der Außenseite der Schaltschränke erforderlich.

Eine Türverriegelung, durch die sich die Schaltschranktür nur bei ausgeschaltetem Hauptschalter öffnen lässt, ist nicht gefordert. Sie ist aber wegen der zusätzlichen gebotenen Sicherheit (Schutz gegen direktes Berühren) anzuraten. Wenn die Türverriegelung aufgehoben wurde, muss der Hauptschalter auch bei geöffneter Tür, also ohne Türkupplungsgriff, auszuschalten sein. Dies kann direkt über einen Zusatzgriff oder indirekt über einen Unterspannungsauslöser geschehen. Weitere Lösungsvarianten ergeben sich durch den Einsatz von Seitenwandantrieben, die auch bei geöffneter Schaltschranktür mit dem Schalter verbunden bleiben (Bild 2).

4 Unterspannungsauslöser

Für sicherheitsrelevante Fern-Auslösungen ist der Unterspannungsauslöser dem Arbeitsstromauslöser unbedingt vorzuziehen. Der Unterspannungsauslöser (und der gesamte Auslösestromkreis) steht im Normalfall immer unter Spannung und wird dadurch ständig auf seine Funktionsfähigkeit hin überwacht (Ruhe-



2 Schaltergriffe für den Seitenwandeinbau

Sie lassen sich vielfältig nutzen, wenn Schaltergriffe auf der Frontseite durch Beschädigungen gefährdet sind, oder wenn der Schalter auch bei geöffneter Tür betätigt werden soll.

strom-Prinzip). Ein Ausfall der Spannung oder ein Leiterbruch führen zu einem sicheren Versagen, dem Ausschalten („fail safe“). Darin ist die hohe Sicherheit dieser Auslöser begründet.

Wie bereits beschrieben, kann es bei dieser Anwendung kritisch sein, dass die Spannung

Anzeige

für den Unterspannungsauslöser üblicherweise auf der EinspeiseSeite des Schalters vom Versorgungsnetz abgegriffen wird. Das bedeutet, dass der gesamte Auslösestromkreis – auch bei ausgeschaltetem (Haupt-)Schalter – an einer Spannung liegt, die im Normalfall als Netzspannung berührungsfähig ist. Diese Problematik lässt sich entschärfen, indem man den Hauptschalter mit einem zweipoligen, voreilenden Hilfsschalter ausrüstet. Wird der Hauptschalter ausgeschaltet, wird nacheilend auch der überwiegende Teil des Unterspannungsauslöse-Stromkreises spannungsfrei geschaltet. Beim Einschalten wird zuerst der U-Auslöser über die – gegenüber den Hauptkontakten – voreilenden Hilfskontakte an Spannung gelegt. Erst dies ermöglicht das Einschalten (Bild 3). Statt die Spannung auf der Schaltereingangsseite abzugreifen, lässt sich auch eine beliebige, mit dem Auslöser übereinstimmende, externe Spannung verwenden (Warnhinweis erforderlich!). Man kann dann aber auch eine ungefährliche (Sicherheits-)Klein-spannung einsetzen.

Ferner ist die Frage zu klären, ob und wie der Auslösestromkreis gegen Kurzschluss geschützt werden muss. Wenn ein Not-Aus-Kreis weit durch eine Schaltanlage und außerhalb des Schaltschranks geschleift wird, ist ein Schutz sicherlich unumgänglich. Ein Ansprechen des Schutzorgans würde zum „sicheren Versagen“, zur Ausschaltung führen. Auch hier hat der Unterspannungsauslöser einen Vorteil gegenüber einem Arbeitsstromauslöser. Ein Arbeitsstromauslöser wird beim Ansprechen seines Überstromschutzorgans unwirksam. Bleibt der Stromkreis auf das enge Umfeld des Schalters begrenzt, kann eine kurzschlussfeste und kurzschluss-sichere Verdrahtung u. U. ausreichen.

5 Überstromschutz in der Maschinensteuerung

Überstromschutz ist ein Sammelbegriff, der sich in Kurzschluss- und Überlastschutz gliedert. Der Schutz wird durch Überstromschutzeinrichtungen wie Sicherungen, Motorschutzschalter oder Leistungsschalter gewährleistet. Für Sicherungen besteht die Forderung, dass sie sich im Einsatzland beschaffen lassen müssen. Da dies oft schwierig ist, werden häufig schmelzsicherungslose Stromkreise bevorzugt und empfohlen. Da der Hauptschalter an der Maschine obligatorisch ist, bietet es sich an, statt eines ausreichenden Lasttrennschalters einen höherwertigen Leistungsschalter einzusetzen, der gleichzeitig den Überstromschutz übernimmt. Gleichzeitig kann dieser Leistungsschalter bei richtiger Dimensionierung als „Back up“-Schutz für nachgeordnete Schutzgeräte verwendet werden, deren Schaltvermögen für die an der Einsatzstelle zu erwar-

tenden Kurzschlussleistungen nicht ausreicht.

Die Leistungsschalter bieten zudem noch weitere Vorteile:

- integrierter Überlastschutz
- allpoliges Freischalten

- bei allen Netzzuständen gefahrloses Schalten
- schnelle Wiederbereitschaft
- Verhinderung von Einphasenlauf.

6 Leistungsschalter als Not-Aus-Einrichtung

Jede Maschine muss mit einer Not-Aus-Einrichtung versehen sein. Sie muss die Maschine im Gefahrenfall so stillsetzen, dass Gefahren für Personen, Maschine und Produktionsgüter vermieden werden. Die Abschaltung erfolgt:

- hauptstrommäßig durch einen Not-Aus-Schalter oder
- steuerstrommäßig durch ein Not-Aus-Befehlsgerät.

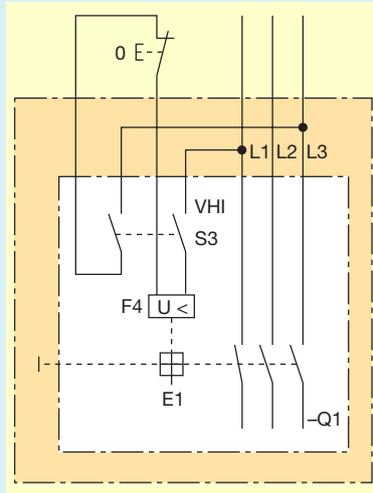
Da in vielen Fällen eine totale Abschaltung der Maschinenausrüstung zu vertreten ist, lässt sich die Not-Aus-Funktion zweckmäßigerweise mit dem für Maschinen obligatorischen Hauptschalter kombinieren. Neben den für den Hauptschalter geforderten Eigenschaften muss die Handhabe rot mit gelber Kontrastfarbe sein.

Not-Aus-Schalter wirken nicht nur gegen die Gefahren, die von der elektrischen Energie selbst ausgehen („Ausschalten im Notfall“), sondern in erster Linie gegen die Gefahren, die durch die Nutzung dieser Energie (z. B. Gefahren durch Maschinen-Bewegungen) entstehen können („Stillsetzen im Notfall“). Viele Jahre war es eine übliche Praxis, im Gefahrenfall einen Hauptschalter mit rot-gelber Handhabe manuell auszuschalten oder ihn mit einem Not-Aus-Befehlsgerät und einem Unterspannungsauslöser auszulösen, wenn der Schalter vom Gefahrenbereich aus nicht leicht erreichbar war.

Bei der Not-Aus-Projektierung hat sich in den letzten Jahren durch umfangreiche neue Normen Einiges geändert. Die richtige Projektierung ist eine Voraussetzung für die Erfüllung der EG-Maschinen-Richtlinie und zur Erlangung des CE-Zeichens. Obwohl die Realisierung dieser Schutz-Funktion im Einzelfall sehr aufwändig sein kann, ersetzt sie nicht die sicherheitsgerichtete Konstruktion der gesamten Maschine. Die Not-Aus-Funktion wird nach der EN 292-1 [6] lediglich an 4. Stelle als eine zusätzliche Vorsichtsmaßnahme eingestuft. Vorrang haben auf jeden Fall

1. die Risikominderung durch die Konstruktion der Maschine,
2. technische Schutzmaßnahmen (z. B. Abdeckungen, Schutzgitterüberwachungen),
3. die Benutzerinformation (z. B. über Restgefahren).

Die Not-Aus-Funktion dient nach der EN 418 [7] nicht nur der Personensicherheit, sondern soll auch Schäden an der Maschine oder dem Arbeitsgut abwenden oder mindern. Ein Grundgedanke der Normen für die elektrische Ausrüstung von Maschinen, IEC/EN 60204-1 [1] und der Gruppennorm



3 Der Unterspannungsauslöser wird über zwei voreilende Hilfsschalter an Spannung gelegt.

Dadurch wird einerseits der Auslöser rechtzeitig an Spannung gelegt, um das manuelle Einschalten des Schalters zu ermöglichen und andererseits der Auslösestromkreis bei ausgeschaltetem Hauptschalter vom Netz getrennt.

F4: Unterspannungsauslöser;
VHI S3: voreilender Hilfsschalter



4 Zur Maschinenausrüstung können auch gekapselte Lasttrennschalter als lokale Sicherheits- oder Wartungsschalter gehören.

Der abschließbare Schalter dient der Personensicherheit, z. B. in der Nähe von Betriebsmitteln, die zur Reinigung von Personen bestiegen werden müssen. Hier abgebildet mit der Zusatzfunktion Not-Aus.

EN 418 [7] in Bezug auf die Not-Aus-Funktionen ist aber, dass das bloße Abschalten der Energiezuleitung nicht immer oder nicht immer schnell genug die bestehende Gefährdung beseitigt. Es muss sichergestellt werden, dass durch die Not-Aus-Betätigung keine zusätzlichen Gefahren entstehen und dass die Wirksamkeit von Sicherheitseinrichtungen oder von Einrichtungen mit sicherheitsbezogenen Funktionen nicht beeinträchtigt wird. Man muss jetzt bezüglich der Energieversorgung stärker unterscheiden, welche Betriebsmittel sofort abgeschaltet werden dürfen und bei welchen die Energieversorgung aufrechterhalten werden muss. In Einzelfällen müssen mit der Not-Aus-Betätigung aktive Maßnahmen zur Minderung der Gefährdung eingeleitet werden. Beispielsweise müssen Antriebe gebremst oder sogar reversiert werden.

6.1 Stillsetzen einer Maschinenbewegung

Aus der IEC/EN 60204-1 [1] stammen die Begriffe „gesteuertes Stillsetzen“ und „ungesteuertes Stillsetzen“ und die Stop-Kategorien:

- **ungesteuertes Stillsetzen (Stop-Kategorie 0)** einer Maschinenbewegung erfolgt durch Abschalten der Energiezufuhr für Maschinenantriebe, Betätigen aller Bremsen (Einfallbremsen) oder anderer mechanischer Stillsetzeinrichtungen
- **gesteuertes Stillsetzen (Stop-Kategorie 1)** einer Maschinenbewegung erfolgt durch das Zurücksetzen des Befehlssignals auf „0“, sobald das Signal von der Steuerung erkannt worden ist. Die Speisepannung für die erforderlichen Maschinenstellglieder bleibt während des Stillsetzvorganges erhalten.

Weitere Informationen zu diesem speziellen Thema stellt das Sicherheitshandbuch „Sicherheitstechnik an Maschinen und Anlagen“ [3] zur Verfügung.

schaltet werden soll. Durch Einhängen seines eigenen Bügelschlusses kann sich jeder Mitarbeiter davor schützen, dass ein Kollege den Antrieb einschaltet. Es gelten die Anforderungen wie an Hauptschalter. Sicherheitsschalter werden auch Reparatur- oder Wartungsschalter genannt. Sie werden z. T. durch berufsgenossenschaftliche Vorschriften gefordert.

Literatur

- [1] IEC/EN 60204-1, DIN VDE 0113 Teil 1 „Sicherheit von Maschinen, Elektrische Ausrüstung von Maschinen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen“ (IEC 204-1: 1997 + Corrigendum 1998)
- [2] EU-Richtlinie 98/37/EG (Maschinenrichtlinie) vom 22.6.1998
- [3] J. Behrens: „Elektrische Ausrüstung von Maschinen“. Technische Information TI 50-006, Moeller GmbH, Bonn, 1997
- [4] Sicherheitshandbuch, Sicherheitstechnik an Maschinen und Anlagen, Technisches Buch TBO-009 D, Moeller GmbH, Bonn, 2000
- [5] IEC/EN 60947-3, DIN VDE 0660 Teil 107 „Niederspannungs-Schaltgeräte, Teil 3: Lastschalter, Trennschalter, Lasttrennschalter und Schalter-Sicherungs-Einheiten“ (1992)
- [6] EN 292-1, DIN EN 292 Teil 1 „Sicherheit von Maschinen, Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze, Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodik“ (1991)
- [7] EN 418, DIN EN 418 „Sicherheit von Maschinen, NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte, Gestaltungsleitsätze“ (1993)
- [8] IEC/EN 60947-2, VDE 0660 Teil 101 „Niederspannungs-Schaltgeräte, Teil 2: Leistungsschalter“ (1995 bis 1997)

7 Sicherheitsschalter

Unter den Begriffen „Sicherheitsschalter oder Wartungsschalter“ versteht man gekapselte lokale Netztrenneinrichtungen (Bild 4) in unmittelbarer Nähe eines Antriebes oder Betriebsmittels, zum Freischalten während Wartungs- und Reparaturarbeiten. Ein Sicherheitsschalter ist vor allem dann erforderlich, wenn die Zugehörigkeit eines Betriebsmittels zu einem zentralen Hauptschalter nicht eindeutig ist oder wenn der Anlagen-Hauptschalter nicht abge-