

Phasenausfallempfindliche Bimetallrelais oder Phasensymmetriewächter?

Schutz von explosionsgeschützten Drehstrommotoren

Helmut Greiner

Die Norm, welche den Schutz elektrischer Maschinen im Ex-Bereich regelt, bedarf einer Erläuterung. Die Ursache liegt in der Übernahme der Formulierung aus der internationalen Fassung. Daher gibt es von der PTB einen klärenden Kommentar zugunsten des phasenausfallempfindlichen Bi-Relais.

Über den »Zweileiterbetrieb« durch »Phasenausfall« – seine Ursachen, Auswirkungen und die möglichen oder vorgeschriebenen Schutzmaßnahmen – gibt es eine Reihe von Veröffentlichungen [1, 2, 3]. Bei explosionsgeschützten elektrischen Maschinen – ganz besonders in Zündschutzart »e« – hängt der Explosionsschutz in hohem Maße von der Wirksamkeit des Motorschutzes auch bei vorhersehbaren Betriebsstörungen ab.

»Phasenausfall« kommt zwar selten vor, lässt sich aber nicht völlig ausschließen – deshalb befassen sich die »Bestimmungen für das Errichten elektrischer Ablagen in explosionsgefährdeten Bereichen« eingehend mit diesem Thema. Die derzeit gültige Norm [5] beinhaltet allerdings eine Formulierung, welche die Anwender der Norm unterschiedlich auslegen. Daher hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) einen klärenden Kommentar abgegeben.

Erste Festlegungen in deutschen Normen

In der Ausgabe 12.1980 der DIN 57165 A1/VDE 0165 A1 findet sich eine Formulierung, die sinngemäß auch noch in den letzten rein nationalen deutschen Errichtungsbestimmungen [4] unter 6.1.4.3.3 zu finden war:

»Bei Motoren sind Schutzeinrichtungen vorzusehen, die einen Motorschutz auch bei Ausfall eines Außenleiters si-

cherstellen. Stromabhängig verzögerte thermische Überstromrelais oder -auslöser sind z. B. geeignet, wenn sie mit Phasenausfallschutz nach DIN VDE 0660 Teil 104/09.82 versehen sind. Schutzeinrichtungen für Motoren in Dreieckschaltung müssen bei zwei-poliger Belastung ausgehend vom kalten Zustand bei Auslöseströmen $> 3 \times$ Einstellstrom bei dem 0,87fachen Anzugsstrom des Motors innerhalb der Erwärmungszeit t_E auslösen. Hierzu sind Kennlinien für die Schutzeinrichtungen für zwei-polige Belastung analog Abschnitt 6.1.4.3.2 (in DIN VDE 0165) zu beachten.«

Diese Formulierung lässt für den Anwender verschiedene Lösungsmöglichkeiten offen, soweit sie eine anerkannte Prüfstelle als ausreichend betrachtet. Beispielhaft wurde nur eine – relativ einfache und daher wahrscheinlich die ge-

bräuchlichste – Lösungsmöglichkeit genannt.

Die grundsätzlichen Untersuchungen nach [2] zeigen, dass besonders die Maschinen mit höheren Bemessungsleistungen, z. B. $> 15 \text{ kW}$ im Zweileiterbetrieb durch höhere Erwärmung gefährdet sind (Bild 1). Dies begründet sich vor allem durch die ausgeprägte Stromverdrän-

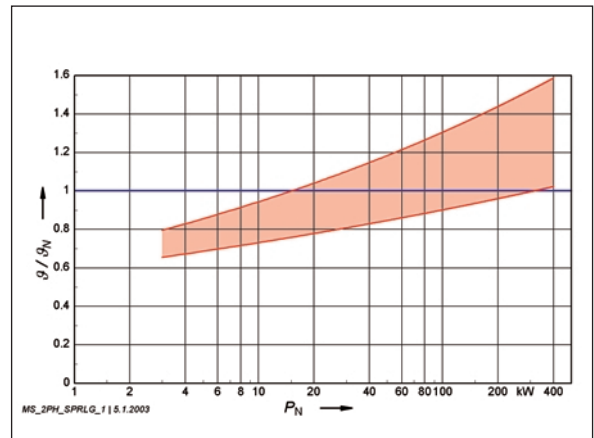


Bild 1: Relative Temperatur des wärmsten Stranges der Ständerwicklung, bezogen auf die Temperatur bei dreiphasigem Bemessungsbetrieb; im zweiphasigen Betrieb wurde die Belastung so eingerichtet, dass der Außenleiterstrom dem Bemessungsstrom entspricht; ein Motorschutz ohne Phasenausfallempfindlichkeit würde diese Betriebsweise nicht verhindern

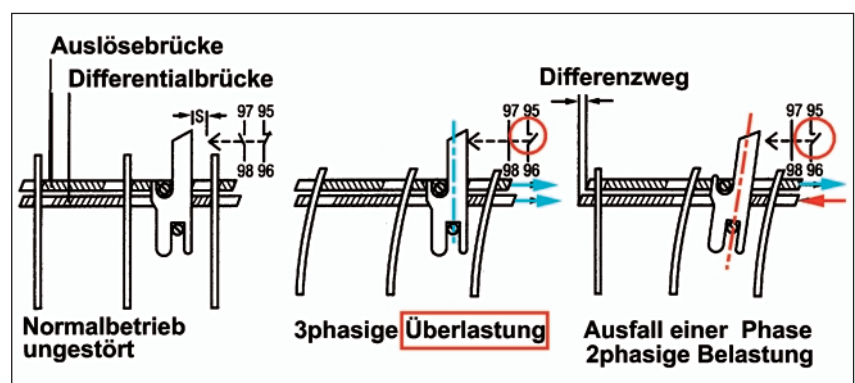


Bild 2: Funktion eines Bi-Relais [6]: Wenn sich die Bimetalle im Hauptstromteil des Relais infolge einer dreiphasigen Motorüberlastung ausbiegen, wirken sie alle drei auf eine Auslöse- und eine Differentialbrücke; ein gemeinsamer Auslösehebel schaltet bei Erreichen der Grenzwerte den Sprungschalter um, die Auslöse- und die Differentialbrücke liegen eng und gleichmäßig an den Bimetallen an; wenn nun z. B. bei einem Phasenausfall ein Bimetall nicht so stark ausbiegt wie die beiden anderen oder zurückläuft, dann legen die Auslöse- und die Differentialbrücke unterschiedliche Wege zurück, dieser Differenzweg wird im Gerät durch eine Übersetzung in einen zusätzlichen Auslöseweg umgewandelt und die Auslösung erfolgt schneller

Obering, Helmut Greiner, Aichwald

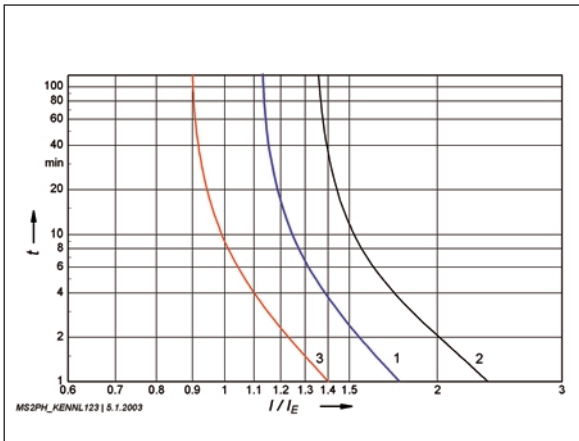


Bild 3: Die Mittelwerte der Auslösezeiten bei symmetrischer dreipoliger Belastung aus kaltem Zustand nach Kennlinie 1 erhöhen sich deutlich bei zweipoliger Belastung, wenn keine Phasenausfallempfindlichkeit vorgesehen ist (Kennlinie 2); bei Relais mit Phasenausfallempfindlichkeit (Kennlinie 3) hingegen gehen die Auslösezeiten sehr stark zurück

gung im Läufer. Eine zunächst diskutierte, entsprechende Leistungsbegrenzung gelangte dann aber nicht in die Vorschriften.

Prinzip und Wirkung der Phasenausfallempfindlichkeit

Der Begriff »Phasenausfallschutz« wird heute meist durch »Phasenausfallempfindlichkeit« ersetzt, weil die Einrichtung ja nicht gegen den Ausfall einer Phase schützen kann, sondern ihn nur registriert. Das Beispiel des Fabrikats Moeller [7] verdeutlicht die Wirkungsweise (Bild 2). Diese einfache und relativ kostengünstige Einrichtung gehört heute meist zur Standardausrüstung von Bimetallrelais und handbetätigten Motorschutzschaltern. Die Auslösekennlinien nach [8] stellen die Auswirkungen der Phasenausfallempfindlichkeit prägnant dar (Bild 3).

Phasenausfallempfindliche Relais reagieren also vor allem in dem kritischen Bereich der Überlastungen bis etwa 2fachem Bemessungsstrom sehr sensibel.

Die konsequente Einführung der phasenausfallempfindlichen Bi-Relais hat eine positive Auswirkung auf die Ausfallquoten, wie eine langjährige Statistik aufzeigt (Bild 4).

Derzeitige Festlegungen in IEC und EN

Seit einigen Jahren hat die internationale elektrotechnische Normenarbeit bei IEC Vorrang. Die Ergebnisse werden im so genannten Parallelverfahren bei CE-NELEC in die europäische Normung (EN) übernommen und gelangen von dort unverändert in das deutsche Nor-

menwerk von DIN und VDE. Auch die derzeit gültigen Errichtungsbestimmungen [5] entstanden im weltweiten Konsens. Auf Grund dieser Prozedur konnten die neuen Festlegungen zum Zweileiterbetrieb missverständlich interpretiert werden.

Im Abschnitt 7 von DIN EN 60079-14/VDE 0165 Teil 1 heißt es:

»Es müssen Vorkehrungen getroffen werden, die den Betrieb eines Drehstrommotors bei Ausfall einer Phase verhindern.«

Bei strenger Auslegung dieser Anforderung müsste der Betrieb eines Motors unabhängig von seinem Belastungs- und Erwärmungszustand sofort unterbrochen werden, wenn ein Netzleiter ausfällt. Die im vorigen Abschnitt beschriebenen phasenausfallempfindlichen Bimetallrelais können diese Anforderung bei Leerlauf oder Teillast nicht erfüllen. Sie erreichen lediglich das in den früheren Bestimmungen formulierte Schutzziel, nämlich den Motorschutz auch bei Ausfall eines Außenleiters sicherzustellen.

Da die Installation eines Phasensymmetriewächters im Vergleich zu den seit

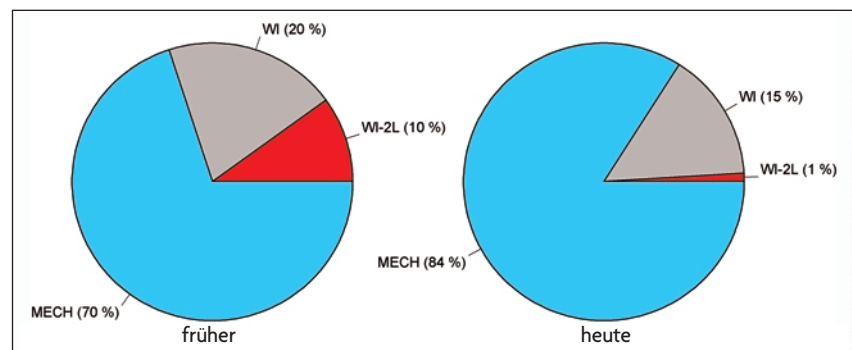


Bild 4: Die konsequente Einführung der phasenausfallempfindlichen Bi-Relais reduziert die Ausfälle aufgrund von Wicklungsschäden wegen Zweileiterbetrieb (MECH = mechanische Schäden, WI = Wicklungsschäden, WI-ZL = Wicklungsschäden wegen Zweileiterbetrieb)



Bild 5: Die PTB betrachtet das phasenausfallempfindliche Motorschutzrelais als normgerechten und ausreichenden Schutz auch im Ex-Bereich

langer Zeit bewährten phasenausfallempfindlichen Bi-Relais einen erheblichen Mehraufwand bedeutete, hat die Fachabteilung eines Betreibers der Chemie bei der PTB eine Stellungnahme eingeholt, die beim 22. Sachverständigenseminar von Ceag vorgestellt wurde [9].

Die PTB sieht also in praxisgerechter Auslegung die Anforderungen der EN 60079-14/VDE 0165 Teil 1, Abschnitt 7 durch die Verwendung von phasenausfallempfindlichen Motorschutzrelais als erfüllt an (Bild 5).

Literaturhinweise:

- [1] Greiner, H.: Überlastungsschutz bei elektrischen Maschinen der Zündschutzarten »d« und »e«, de-Jahrbuch »Elektromaschinenbau« (2003)
- [2] Sperling, P.-G.: Betrieb eines Drehstrommotors bei Ausfall einer Phase, Siemens-Zeitschrift 43 (1969) Heft 2
- [3] Greiner, H.: Schutzmaßnahmen bei Drehstromantrieben, Hüthig Verlag Heidelberg (1999)
- [4] DIN VDE 0165 (1991), Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen (überholt)
- [5] DIN EN 60079-14/VDE 0165 Teil 1 (1998), Elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen
- [6] Esser, H.-W.: Schaltgeräte für den Schutz elektrischer Motoren, Klöckner-Moeller GmbH, Bonn (1998)
- [7] IEC/EN 60947-4-1/DIN VDE 0660 Teil 102, Niederspannungsschaltgeräte Teil 4-1, elektromechanische Schütze und Motorstarter
- [8] Autorenkollektiv: Schalten, Schützen, Verteilen in Niederspannungsnetzen, Siemens-Handbuch, Publicis MCD Verlag (1997)
- [9] Lamprecht, D.: Beitrag zum 22. CEAG-Sachverständigen-Seminar (2002), www.ceag.de