

Phasenausfallserkennung über den Leistungsfaktor

H. Reinolt, Wien

Viele Methoden zur Detektion eines Phasenausfalls haben eines gemeinsam: Sie können zwar erkennen, dass eine Phase ausgefallen ist, geben aber keinen Aufschluss darüber, welche betroffen ist. Eine Lösung bietet die Leistungsfaktorüberwachung mit zwei getrennten Schwellen. Ein Überwachungsbaustein schützt so Motoren vor Über- bzw. Unterlast.

1 Detektion des Phasenausfalls über die Spannung

Um den Ausfall einer Phase erkennen zu können, werden häufig Dreiphasen-Spannungsüberwachungsrelais eingesetzt. Diese bewerten die Spannungen der drei Phasen in Bezug auf Größe und Symmetrie. Innerhalb bestimmter Grenzen wird dann die Spannung für den Verbraucher freigegeben.

Im Falle der Überwachung des Phasenausfalls an einem Drehstrom-Asynchronmotor ist die Überwachung etwas komplizierter: Bei Ausfall einer Phase aus dem speisenden Netz liefert der Motor eine im Stator induzierte Spannung zurück. Diese ist – je nach Belastungsgrad der Maschine – der speisenden Spannung in Betrag und Phasenlage ähnlich. Grundsätzlich gilt, je geringer der Belastungsgrad der Maschine ist, umso ähnlicher sind sich die rückinduzierte und die speisende Spannung.

Überwachungsrelais mit einstellbarer zulässiger Asymmetrie können den Ausfall einer Phase zuverlässig detektieren. Sie werden überall dort eingesetzt, wo die Netzleitung zwischen Überwachungsrelais und Motor gesichert scheint. Sie erfüllen damit den primären Schutz des Antriebes.

Sollte die Zuleitung zwischen Überwachungsrelais und Motor beschädigt sein, ergibt sich durch diese Geräte jedoch keine Überwachungsfunktion.

2 Stromüberwachung

Die Stromüberwachung bietet eine Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen. Da bei Ausfall einer Phase der Strom in den beiden anderen Phasen beträchtlich ansteigt, kann dieser Effekt zum Detektieren des Phasenausfalls genutzt werden. Daher genügt es, eine Stromüberwachung in so genannter Window-Funktion (ein Fenster zwischen unterem und

oberem Schwellwert) in einer der drei Phasen anzubringen.

Warum die Window-Funktion verwendet wird, lässt sich leicht erklären: Fällt eine der beiden anderen Phasen aus, so steigt der Strom an. Wenn aber die zu messende Phase ausfällt, so sinkt der Strom auf den Wert Null.

Alle bisher angeführten Lösungen haben eines gemeinsam: Sie können zwar detektieren, dass eine Phase ausgefallen ist, jedoch nicht Aufschluss darüber geben, welche der drei Phasen.

3 Leistungsfaktorüberwachung

Die Erkennung der Phase ist besonders für das Antriebsproblem mit dem Asynchronmotor schwierig, da hier eine Ausfallserkennung nur durch eine Bewertung der Asymmetrie in der Spannung möglich ist.

Eine Lösung für diesen Fall bietet die Leistungsfaktorüberwachung mit zwei getrennten Schwellen.

Geht man gedanklich nochmals einen Schritt zurück und stellt sich einen ohmschen Verbraucher am Drehstromnetz vor: Dieser soll absolut symmetrisch sein und keinen Neutralleiteranschluss besitzen.

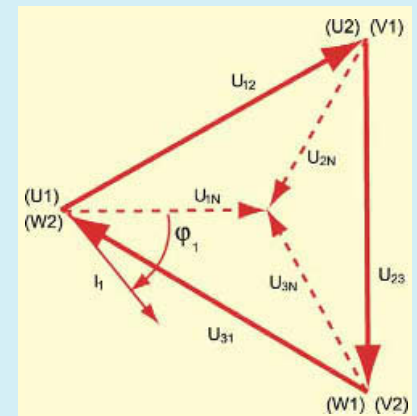
Betrachtet man nun den Phasenwinkel zwischen I_1 und U_{1N} , so ist dieser im normalen Betriebsfall gleich Null, so wie das für einen ohmschen Verbraucher sein muss.

Fällt nun die Phase L2 aus, so fließt durch die Impedanzen nur noch ein Strom von L1 nach L3. Die Richtung von diesem Strom wird durch die Außenleiterspannung U_{31} bestimmt. Es ergibt sich somit ein Phasenversatz von U_{1N} zu I_1 um $+30^\circ$.

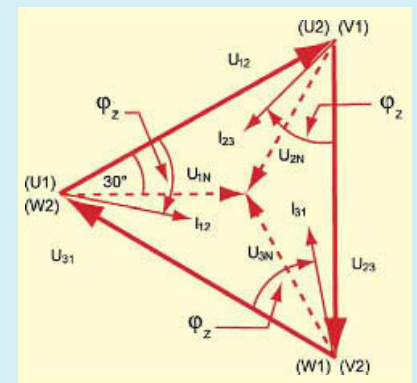
Fällt umgekehrt L3 aus, so ist U_{12} die treibende Spannung des Stromes durch die Impedanzen. Dadurch ergibt sich ein Versatz zwischen U_{1N} und I_1 um -30° .

Besitzt nun der Verbraucher selbst eine Phasenverschiebung, so bezieht sich die Phasenverschiebung der Leiterströme im symmetrischen Lastfall auf die Sternspannungen, wie Bild 1 zeigt.

Für den Fall, dass eine Phase ausfällt, addieren bzw. subtrahieren sich die Phasenlagen



1 Bezug des Leiterstromes auf die Sternspannung



2 Bezugnahme der Strangströme bei Dreiecksschaltung

von Außenleiterspannung zu Sternspannung zum Phasenwinkel der Last.

Bei Ausfall einer Phase ist es für die Phasenlage des Leiterstroms nun unerheblich, ob der Verbraucher in Stern oder Dreieck geschaltet wurde (Bild 2).

Dieser Effekt kann auch bei Asynchronmotoren ausgenutzt werden. Dort wird bei Ausfall einer Phase netzseitig die entsprechende Sternspannung – begleitet von einer gewissen Asymmetrie – vom Motor gebildet. Mit diesem, nun etwas unsymmetrischen Dreieck kann aber trotzdem gearbeitet werden.

4 Beispiel

Das verdeutlicht das Beispiel einer Asynchronmaschine mit 4 kW Nennleistung, die im Nennbetriebspunkt einen Leistungsfaktor $\cos \varphi$ von 0,84 besitzt. In der Phase L1 wird der Leistungsfaktor gemessen. Bei netzseitigem Ausfall von L2 wird ein $\cos \varphi_1$ von 0,61, bei Ausfall von L3 ein $\cos \varphi_1$ von 0,98 gemessen. Dass der Phasensprung im Strom nicht exakt 30° beträgt, lässt sich dadurch erklären, dass bei Rückspeisung durch den Motor das Dreieck der Spannungen etwas verzerrt wird. Diese Phasenausfälle lassen sich mit einem

Autor

Dipl.-Ing. (FH) Heinrich Reinolt ist Entwicklungsingenieur bei der TELE Haase Steuergeräte Ges.m.b.H., Wien.

Überwachungsrelais D24SC in Window-Funktion (Bild ③) detektieren. Der Betriebspunkt der Maschine sollte einen induktiven Phasenwinkel zwischen $+30^\circ$ und $+60^\circ$ bzw. einen Leistungsfaktor zwischen 0,5 und 0,86 aufweisen.

Der Fall, dass die Phase L1 selbst ausfällt wird zusätzlich überwacht. Hier wird die Stromnullerkennung vom Relais genutzt und beide Ausgänge schalten auf Fehler.

Somit ergibt sich eine Kodierung, welche Phase ausgefallen ist (Tafel ①). Diese Kodierung kann jetzt beispielsweise von einer SPS ausgewertet werden. Der Zustand des Überwachungsrelais wird direkt durch LED-Blinkkombinationen angezeigt.

Der $\cos\varphi$ -Überwachungsbaustein schützt über diese Methode Motoren vor Über- bzw. Unterlast. Bei dem $\cos\varphi$ -Wächter stehen sieben Funktionen zur Auswahl. Die zwei Schwellwerte lassen sich getrennt einstellen für Unterlast oder je ein Schwellwert für Unter- und Überlast (Window-Funktion). Die Ausgabe erfolgt über zwei Relais mit je einem Wechslerkontakt, AC/DC 250 V Schaltspannung, 8 A Dauerstrom sowie 2000 VA Schaltleistung. Die Anlaufüber-



Tafel ① Kodierung zur Weiterverarbeitung in der SPS

A1	A2	Interpretation
○	○	ordnungsgemäßer Betrieb
○	✗	L3 ausgefallen
✗	○	L2 ausgefallen
✗	✗	L1 ausgefallen
○	Ausgang in Normalstellung	
✗	Ausgang in Fehlerstellung	

③ Überwachungsrelais D24SC/SCT

Fotos: Tele

brückungszeit und Auslöseverzögerung sind einstellbar. Zudem lässt sich eine Fehler-speicherfunktion anwählen. Das Gerät in Industriebaumform eignet sich sowohl für das Ein- sowie das Dreiphasennetz. Zudem kann der Baustein im Frequenzumrichter-

betrieb bei Frequenzen zwischen 10 und 100 Hz eingesetzt werden. Um die Funktionalität zu erhöhen, gibt es den Wächter optional mit Thermistorschutzüberwachung (PTC). Die Montage erfolgt im Schaltschrank. ■