

Phasenwinkelmessung für Gleisstromkreise mit Motorrelais

Horst Meden / Frank Schubert

Die regelmäßige Überprüfung des Phasenwinkels ist eine wichtige Voraussetzung für den sicheren und ausfallfreien Betrieb von niederfrequenten Gleisstromkreisen. Gleisstromkreise können sich unzulässig beeinflussen, wenn der Phasenwinkel außerhalb des zulässigen Toleranzbereichs liegt und Isolierstoßüberbrückungen vorhanden sind.

Der Artikel beschreibt die Meßmethoden für den Phasenwinkel und zeigt mögliche Abweichungen zwischen den Meßmethoden.

Seit 1996 wird bei der DB Netz AG der Phasenwinkelprüfer PWP 1000 verwendet. Er vermeidet Meßfehler mittels der im Gerät vorhandenen Eingangstiefpässe, einer Meßwertmittelbildung und der galvanisch getrennten Eingänge. Das Gerät erlaubt wegen der guten Eingangsempfindlichkeit ab ca. 1 V_{eff} auch die Prüfung des Phasenwinkels am Isolierstoß.

Vorhandene Adapter zum Anschluß an unterschiedliche Gleisstromkreistypen sowie aufsteckbare Eingangfilter zur problemlosen Messung auch bei stark gestörten Spannungsverläufen garantieren eine zuverlässige und effektive Anwendung.

1 Einleitung

Die Zweilagenmotorrelais der Bauformen Siemens und WSSB sind nach dem Prinzip eines Asynchronmotors mit Kurzschlußläufer und zwei um 90° versetzten Statorwicklungen aufgebaut.

Befindet sich der Rotor in Ruhe, was auch beim langsamen Anziehen und Abfallen näherungsweise angenommen werden kann, so ist das Drehmoment eines solchen Motors bekanntlich maximal, wenn der Phasenwinkel zwischen den Strömen durch die beiden Wicklungen 90° beträgt. Aus konstruktiven

Gründen ist dann beim Motorrelais auch der Winkel zwischen den Spannungen an der Gleisphasenwicklung und der Hilfsphasenwicklung genau 90°.

Weshalb soll dieser Winkel aber in einem Gleisstromkreis möglichst genau 90° sein? Dieser Frage soll hier unter den Gesichtspunkten Führung des Sicherheitsnachweises und Wartung nachgegangen werden. Ferner werden Verfahren zur Phasenwinkelmessung verglichen und der Phasenwinkelprüfer PWP 1000 der Signal Concept GmbH vorgestellt.

2 Sicherheitsnachweis

Hier sind folgende Dinge nachzuweisen:

- Das Motorrelais zieht bei freiem Gleis an (Freimeldung).
 - Das Motorrelais fällt bei besetztem Gleis ab (Besetztmeldung).
 - Bei jedem anzunehmenden Fehler des Gleisstromkreises ist es unmöglich, daß ein besetzter Gleisstromkreis freimeldet.
- Die anzunehmenden Fehler des Gleisstromkreises werden sich nicht immer sofort offenbaren. Vergrößert sich zum Beispiel der Widerstand des relaisseitigen Kabels geringfügig, so verringert sich die Gleisphasenspan-

nung am Motorrelais. Deshalb wird aber bei freiem Gleis das Motorrelais nicht sofort abfallen. Erst wenn diese Widerstandsvergrößerung ein gewisses Maß überschreitet, weil zum Beispiel das Relaiskabel unterbrochen wird, fällt das Motorrelais auch bei freiem Gleis ab und diese unzeitige Besetztmeldung offenbart den anzunehmenden Fehler. Der Nachweis der sicheren Besetztmeldung hat unter den für den Abfall des Motorrelais ungünstigsten Bedingungen zu erfolgen. Diese Bedingungen sind unter anderem

- maximaler Bettungswiderstand (trockenes Gleis),
- maximaler Achsnebenschlußwiderstand,
- maximale Netzspannung des den Gleisstromkreis versorgenden Netzes und
- Phasenwinkel 90°.

Das gemeinsame Auftreten aller dieser Bedingungen führt zu einem maximalen Drehmoment des Motorrelais bei besetztem Gleis. Fällt das Motorrelais unter diesen ungünstigsten Bedingungen ab, so fällt es bei besetztem Gleis immer ab. Es fällt also auch ab, wenn der Achsnebenschlußwiderstand statt 0,5 Ω zum Beispiel 0,01 Ω beträgt oder wenn der Phasenwinkel statt 90° nur 80° beträgt.

Der zuvor geschilderte Nachweis ist vom Entwickler des Gleisstromkreises theoretisch und meßtechnisch (für alle zulässigen Gleisstromkreislängen) im Rahmen des Zulassungsverfahrens zu führen. Dabei ist natürlich auch der Phasenwinkel zu messen, und dieser hat für die geschilderte Untersuchung (wie oben begründet) 90° zu sein.

3 Wartung

Dies hat aber zunächst nichts mit der Messung des Phasenwinkels im Rahmen der Wartung zu tun. Im praktischen Betrieb ist bei freiem Gleisstromkreis ein Phasenwinkel nahe bei 90° günstig, weil dadurch insbesondere ein ungünstiger (geringer) Bettungswiderstand unterhalb des eigentlich zugelassenen minimalen Bettungswiderstandes teilweise kompensiert wird.

Solche Unterschreitungen des zugelassenen minimalen Bettungswiderstandes können beispielsweise durch Starkregen oder durch die Schneeschmelze gelegentlich vorkommen und führen manchmal zu einer unzeitigen Besetztmeldung und einer damit verbundenen Betriebshemmung.

Bei zweischienig isolierten Gleisstromkreisen der Bauart Siemens (Bild 1) ist es möglich, durch Variation der Primäranszapfungen der speiseseitigen Gleisdrossel den Phasenwinkel zusätzlich zur Phasenwahl zu korrigieren. Bei einschienig isolierten Gleisstromkreisen besteht eine solche Möglichkeit in der Regel nicht.

Grundsätzlich betragen die zulässigen Phasenwinkel 60° bis 120° (Siemens) oder 75° bis 105° (WSSB). Phasenwinkel in diesen Bereichen sind nicht zu beanstanden.

Die Unterschiede zwischen den Phasenwinkeln der einzelnen Gleisstromkreise ergeben sich hauptsächlich aus den unterschiedlichen Längen der jeweiligen Überwachungsabschnitte. Stellt man innerhalb kurzer Zeit (bei

Die Autoren

Dr. rer. nat. Horst Meden

Jahrgang 1941. Studium an der Ingenieurschule für Eisenbahnwesen Dresden. Mathematikstudium. Promotion an der Universität Halle/Saale. Verschiedene Tätigkeiten in Projektierung und Ausbildung. Seit 1982 im Werk für Signal- und Sicherungstechnik Berlin, später Siemens Verkehrstechnik, verantwortlich für Sicherheitsnachweise verschiedener Elektronikentwicklungen und für niederfrequente Gleisstromkreise.

Anschrift:
Vorholzstraße 12, 14656 Brieselang

Dipl.-Ing. Frank Schubert

Jahrgang 1957. Studium an der Technischen Hochschule Ilmenau. Anschließend als Entwicklungsingenieur im Geräte- und Reglerwerk Leipzig an der Entwicklung von Gleisstromkreisen beteiligt. Seit 1993 bei Signal Concept GmbH mit der Entwicklung verschiedener Projekte für die Bahnsicherungstechnik und als Sachverständiger beschäftigt.

Anschrift:
Am Bahnhof 1
04416 Markkleeberg-Großstädteln

etwa gleichen Bettungsverhältnissen) starke Veränderungen des Phasenwinkels fest, so ist das natürlich ein Zeichen für die Veränderung der Gleisstromkreiskomponenten. Beispielsweise kann bei einem (zweischienig isolierten) Gleisdrosselkreis der zur Gleisdrossel gehörige Kondensator seine Kapazität verändert haben. Auch wenn ein solcher Fehler noch nicht zu Störungen führt, kann man ihn vorbeugend durch den Hersteller oder eine autorisierte Werkstatt beheben lassen.

Solange der Phasenwinkel aber in den vorgegebenen Toleranzen bleibt, braucht man keine Sicherheitsbedenken zu haben.

Verläßt der Phasenwinkel allerdings den vorgeschriebenen Toleranzbereich, so sind unverzüglich Maßnahmen einzuleiten, weil sich in einem solchen Fall beim Hinzutreten von Isolierstoßüberbrückungen benachbarte Gleisstromkreise unzulässig beeinflussen könnten. Dies gilt nicht für benachbarte einschienig isolierte Gleisstromkreise, deren Erdschienen durch Diagonalverbinder verbunden sind.

4 Meßmethoden für den Phasenwinkel und ihre Fehler

Es gibt hauptsächlich zwei Methoden der Phasenwinkelmessung und entsprechende Geräte, die auf diesen Methoden beruhen.

Drei-Spannungs-Methode

Hilfsphase und Gleisphase werden am Motorrelais mit einer Brücke verbunden. Es werden Hilfsphasenspannung, Gleisphasenspannung und Gesamtspannung zwischen den Klemmen, wo die Brücke nicht angeschlossen ist, gemessen. Aus den drei Werten wird ein Dreieck gebildet. Der Phasenwinkel ist der Winkel gegenüber der Gesamtspannung.

Nulldurchgangsmethode

Zeitmessung zwischen den Nulldurchgängen von Hilfsphasenspannung und Gleisphasenspannung.

Bei sinusförmigen Blockspannungen, erd-freien Gleisstromkreisen (außer Erdschiene des Gleises oder Mitte der Gleiswicklung der Gleisdrossel) und ohne Beeinflussung zum Beispiel durch Traktionsströme führen beide Methoden zu gleichen Ergebnissen.

4.1 Drei-Spannungs-Methode

Zeitversatz

Mißt man die drei Spannungen nacheinander, so können durch die zeitlichen Schwankungen Fehler entstehen. Das heißt die drei Meßwerte passen nicht zueinander. Der Fehler ist vermeidbar, indem man mit drei separaten Meßgeräten gleichzeitig mißt.

Spannungsform

Die Methode ist genau, wenn alle drei Spannungen sinusförmig sind.

Sie würde auch genau sein, wenn alle drei Spannungen die gleiche Kurvenform hätten, zum Beispiel rechteckförmig wären. Die Bedingung der gleichen Kurvenform ist aber meist nicht gewährleistet, weil zwar die Hilfsphasenspannung und die

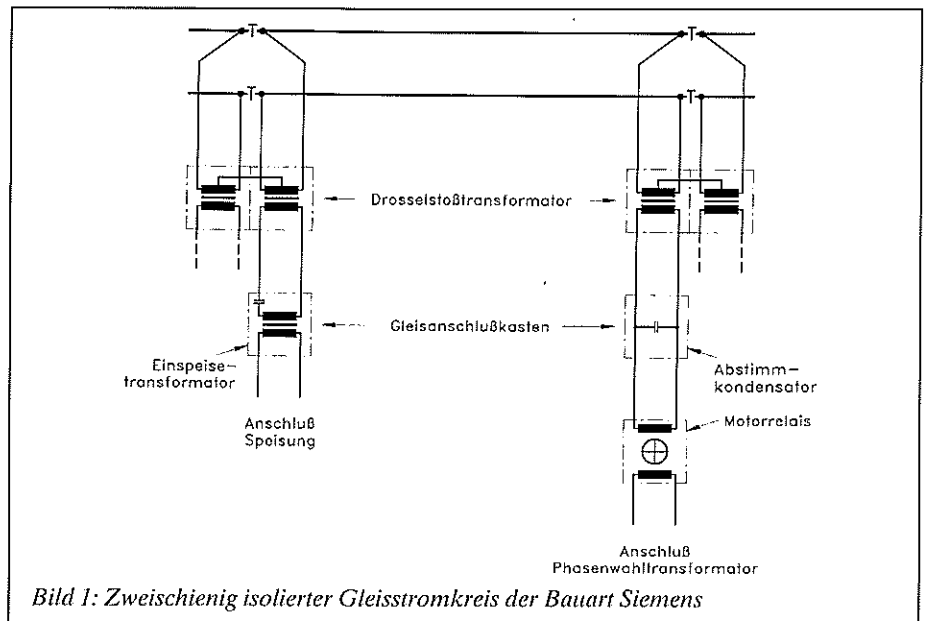


Bild 1: Zweischienig isolierter Gleisstromkreis der Bauart Siemens

zum Gleisstromkreis gespeiste Gleisphasenspannung gleiche Kurvenform haben, aber die Oberwellen der Gleisphasenspannung auf ihrem Weg durch den Gleisstromkreis stärker geschwächt werden als die Grundwelle.

Brücke

Wenn durch die zwischen Hilfsphasenspannung und Gleisphasenspannung anzubringende Brücke ein Strom fließt, kann der Phasenwinkel gegenüber den Verhältnissen ohne Brücke verändert werden. Sofern Gleisphasenstromkreis und Hilfsphasenstromkreis absolut erdfrei sind, ist dies nicht möglich. Tatsächlich sind aber beide Stromkreise zumindest kapazitiv mehr oder weniger geerdet und zwischen den Erdungspunkten werden Störspannungen eingekoppelt. Dieser Effekt ist besonders bei sehr großen Entfernungen zwischen Stellwerk und Gleisstromkreis nicht zu vernachlässigen (Kabelkapazität).

Störspannungen

Die Gleisphasenspannungen werden besonders durch vom Triebstrom verursachte Störspannungen überlagert. Da diese Spannungen in der Regel andere Frequenzen haben als die Blockfrequenz, erzeugen sie zwar kein Drehmoment am Motorrelais, vergrößern aber die gemessene Gleisphasenspannung.

4.2 Nulldurchgangsmethode (potentialfreie Meßeingänge)

Diese Methode führt im wesentlichen nur zu Verfälschungen durch Störspannungen. Diese Verfälschungen werden durch Mittelwertbildung weitgehend unterdrückt. Wenn dies in extremen Fällen nicht ausreicht, kann durch Bandpaßfilter für die Blockfrequenz Abhilfe geschaffen werden.

4.3 Vergleich beider Methoden

Die Drei-Spannungs-Methode ist im allgemeinen ungenauer als die Nulldurchgangsmethode.

Fehler durch Störspannungen können sich bei beiden Methoden unterschiedlich auswirken. Wegen der geringen Sicherheitsrelevanz ist ein Meßfehler von $\pm 5^\circ$ in der Wartung zulässig. Für die Führung des Sicherheitsnachweises muß genauer gemessen werden ($\pm 1^\circ$).

5 Analyse der Fehlerursachen

In der Praxis stimmen beide Methoden in der Regel gut überein. Wenn Abweichungen auftreten, dann in der Regel nicht an den Grenzen des zulässigen Winkelbereichs, so daß die Abweichungen keine Sicherheitsbedeutung haben.

Zur Aufklärung der Ursachen der Abweichungen zwischen beiden Methoden können folgende Tests durchgeführt werden.

5.1 Brücke

Bei der Nulldurchgangsmethode wird zusätzlich die für die Drei-Spannungs-Methode erforderliche Brücke zu und abgeschaltet. Unter Umständen verschwindet bei zugeschalteter Brücke der Unterschied zur Drei-Spannungs-Methode. In der Regel wird das jedoch nicht der Fall sein. Schwankungen der Meßwerte bei angeschalteter Brücke sind ein Hinweis auf eine Störspannung zwischen den in der Regel kapazitiven Erden von Gleisphasen- und Hilfsphasenstromkreis. Zusätzlich kann der Strom durch die Brücke gemessen werden.

Bei einem Ausgleichsstrom größer 10 mA kann die Drei-Spannungs-Methode kein genaues Ergebnis garantieren.

5.2 Verzerrungen

Führt eine Maßnahme nach Ziffer 5.1 zu keinem Ergebnis, sollte man Gleisphasenspannung und Hilfsphasenspannung am Motorrelais oszillografieren.

Haben beide Oszillogramme die gleiche Form und enthalten sie keine Störungen mit Frequenzen, die nicht Vielfache der

Blockfrequenz sind, so müssen beide Verfahren das gleiche Ergebnis liefern.

5.3 Störungen

Sind Störungen mit Frequenzen vorhanden, die nicht Vielfache der Blockfrequenz sind, so müssen die Unterschiede verschwinden, wenn beide Meßverfahren frequenzselektiv mit der Blockfrequenz durchgeführt werden. Durch die gegebenenfalls eingesetzten Filter darf natürlich keine zusätzliche Phasendrehung erzeugt werden.

6 Phasenwinkelprüfer PWP 1000

6.1 Funktionsprinzip

Der von Signal Concept GmbH, Marktleeburg, entwickelte Phasenwinkelprüfer PWP 1000 (Bild 2) arbeitet nach der Nulldurchgangsmethode. Um Verfälschungen durch Störspannungen zu unterdrücken, erfolgt eine geräteinterne Mittelwertbildung und eine Schwächung der Oberwellen des Triebstromes durch Tiefpässe. Die unverfälschte Messung des Phasenwinkels wird durch galvanisch getrennte Meßeingänge garantiert. Eine Brücke zwischen Gleisphasenspannung und Hilfsphasenspannung (wie bei der Bestimmung des Phasenwinkels mittels der Drei-Spannungs-Methode) ist nicht erforderlich.

6.2 Technik und Anwendung

Der Phasenwinkelprüfer PWP 1000 ist geeignet zur Prüfung und Inbetriebnahme von niederfrequenten Gleisstromkreisen mit Phasenauswertung (zum Beispiel Zweilagen- und Dreilagen-Motorrelais Bauformen Siemens und WSSB; Röhrengleisrelais und Transistorgleisrelais der Alcatel SEL AG)

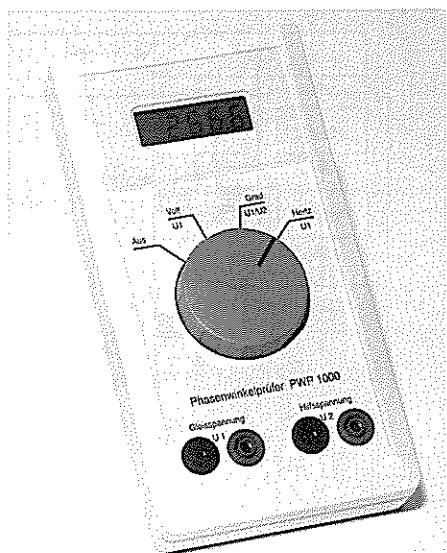


Bild 2: Phasenwinkelprüfer PWP 1000

Mit dem Gerät können ermittelt werden:

- Phasenwinkel,
- Betrag von Gleisphasenspannung und Hilfsphasenspannung,
- Gleisstromkreisfrequenz.

Schnell und zuverlässig können Messungen durch die direkte LCD-Meßwertanzeige durchgeführt werden. Das Gerät stellt sich automatisch auf die Arbeitsfrequenz ein. Das Handgehäuse und die Bedienung des Gerätes über nur einen Betriebsschalter gewährleisten einen unkomplizierten Gebrauch.

6.3 Zubehör für den Einsatz

Anschlußadapter

Die Adapter garantieren einen einfachen Anschluß des PWP 1000 an

- Motorrelais der Bauart Siemens (Adapter SICO 1109, Bild 3)

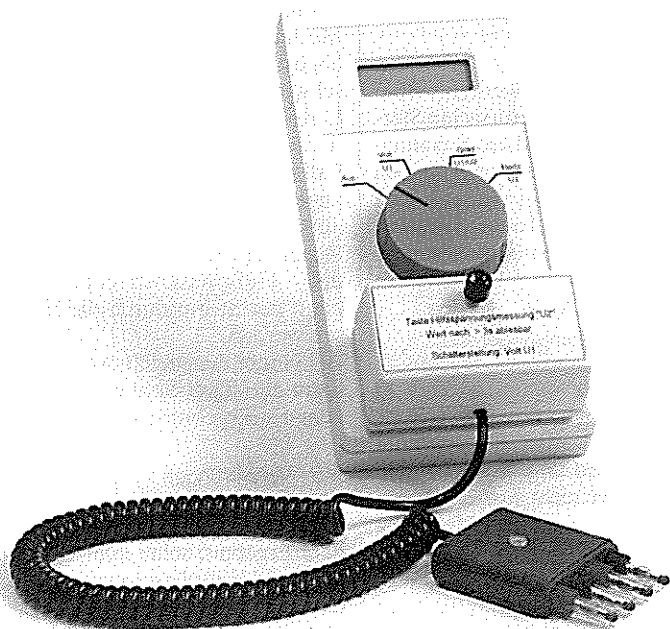


Bild 3: Phasenwinkelprüfer PWP 1000 mit Adapter SICO 1109 für Siemens-Motorrelais

- Motorrelais der Bauart WSSB (Adapter SICO 1110) und
- Röhrengleisrelais der Alcatel SEL AG (Adapter SICO 1113/V1).

Die Adapter werden direkt auf die Eingangsbuchsen des PWP 1000 gesteckt, der Anschluß an den Gleisstromkreis erfolgt über die Zuleitung mit jeweils passendem Spezialstecker. Mitgelieferte gehärtete Meßspitzen dienen der Kontaktierung am Schienenkopf bei Messungen am Isolierstoß.

Signalformer

Der Signalformer SICO 1108-1.100 ist als Vorschaltgerät zum Phasenwinkelprüfer PWP 1000 für Messungen des Phasenwinkels an 100-Hz-Gleisstromkreisen Siemens mit stark gestörten Gleis- und Hilfsspannungen geeignet.

Der Signalformer garantiert auch bei Hilfsspannungen mit Signalverzerrungen durch ruhende Frequenzwandler älterer Bauart eine genaue Messung des Phasenwinkels mit dem PWP 1000. Die bislang angewandte Drei-Spannungs-Methode oder ein Umschalten auf Motorgenerator zur Phasenwinkelmessung kann entfallen. Der Signalformer SICO 1108-1.100 wird direkt auf die Eingangsbuchsen des PWP 1000 gesteckt, der Anschluß an den Gleisstromkreis erfolgt mit einem Spezialstecker für Siemens-Motorrelais. Der Signalformer wird auf Wunsch auch für andere Gleisstromkreisfrequenzen und Anschlußmöglichkeiten an den Gleisstromkreis geliefert.

SUMMARY

Phase Angle Tests for Low-frequency Track Circuits

Regular phase angle tests are a precondition for the safe and no-fail function of low-frequency track circuits. Track circuits may effect each other intolerably if the phase angle is outside the allowed tolerance limit and joint faults exist.

The paper describes the methods of measuring the phase angle and highlights possible differences between measuring methods.

The PWP 1000 Phase Angle Meter has been used by DB Netz AG (German railways) since 1996. It avoids measuring faults by means of input low passes, averaging of the measuring values, and use of electrically isolated inputs. Due to the high input sensitivity from about 1 V_{rms}, the meter can be used for phase angle tests on insulated rail joints (across-joint testing).

Available adapters for connection to different types of direct-current circuits and snap-on input filters for easy testing even in the presence of voltage characteristics with strong interference ensure reliability and efficiency of application.