

## Motorschutzschalter [3]

### Abschlussarbeit

**Thema:** Konstruktion, Bau und Erprobung einer Hilfsvorrichtung für die Justage des Auslöseweges beim Motorschutzschalter Ms(m) 500/16

**Gliederung:**

- 1. Erzeugnisse des Betriebes**
  1. 1 Nebenerzeugnisse
  1. 2 Verschiedene Ausführungen des Haupterzeugnisses Motorschutzschalter
    1. 2. 1 Aufbau
    1. 2. 2 Wirkungsweise
    1. 2. 3 Prüfung
      1. 2. 3. 1 Alterung
      1. 2. 3. 2 Kurzzeit- Überstrom- Eichung
      1. 2. 3. 3 Langzeit- Grenzstrom- Eichung
      1. 2. 3. 4 Prüfbedingungen
      1. 2. 3. 5 Schaltung zur Prüfung
    1. 2. 4 Funktion des Motorschutzschalters
    1. 2. 5 Technische Daten des Motorschutzschalters
- 2. Arbeitsgang- Justieren**
  2. 1 Vergleich der Arbeitsgänge beim Justieren des Ms(m) 500/16
  2. 2 Werte für die Auslösekennlinie des Motorschutzschalters
  2. 3 Derzeitige Justage in der Fertigung für das Überstromeichen – Beispiel
  2. 4 Eichung
    2. 4. 1 Eichung Gesetze
    2. 4. 2 Einfluss von Fehlern
- 3. Konstruktion der Hilfsvorrichtung**
  3. 1 Grundgedanke
  3. 2 Verschieden Modelle einer Hilfsvorrichtung
  3. 3 Endtyp der Hilfsvorrichtung
  3. 4 Erprobung der Hilfsvorrichtung
  3. 5 Bestimmung der entsprechenden Beilage
  3. 6 Aussagen zur Reproduzierbarkeit der Justage
  3. 7 Schlussbetrachtungen

**1. Erzeugnisse des Betriebes**

1. 1 Nebenerzeugnisse

... schutzkontaktlose Steckdosen ... Steuer- und Befehlsgeräte wie ... Kleinendschalter ... Das ist ein Schalter für den Steuerstromkreis an halb- und vollautomatischen Maschinen. ... Der Reihenendschalter ist ebenfalls ein Steuergerät. Er wird bei automatisch arbeitenden Maschinen eingesetzt. Der Steuerstromstößelschalter wird ebenfalls als Steuergerät bei automatisch arbeitenden Maschinen eingesetzt. ... Tafeln und Gehäuse ... Aber auch handbetätigte Befehlsgeräte, Tast- und Schaltvorsätze, sowie Meldevorsätze, -geräte und Zubehörteile.

## 1. 2            Verschiedene Ausführungen des Hauptzeugnisses Motorschutzschalter

Von den im Betrieb hergestellten Motorschutzschaltern existieren verschiedene Typen. Zurzeit werden drei Ausführungen hergestellt:

**Ms 500/10**            nach TGL 16 563            ELN 136 33 132            (alte Produktion)

**Ms 500/16**            nach TGL 20 457 Blatt 1- 3    ELN 136 33 132            (neue Produktion)

**Ms(m) 500/16**        nach TGL 20 457 Blatt 1- 3    ELN 136 33 132

## 1. 2. 1 Aufbau

**Bestandteile:** Dies sind drei Bimetalle, die auf der Auslösewippe aufsitzen. Deren Auslöseweg wird von der auf der Rückwand befindlichen Einstellskala bestimmt. Der Schalter kann ebenfalls durch manuelle Betätigung (Ein- bzw. Ausschalter) ein- bzw. ausgeschaltet werden. Bei bestimmten Typen gibt es auch drei magnetische Schnellauslöser als Zusatz. Im Plastikgehäuse befinden sich die drei Schaltkontakte. Vorn, sowie hinten befinden sich die Anschlussklemmen. Der Motorschutzschalter ist mit einem Gehäuse oder mit einer Frontplatte versehen.

**Begriff- Auslöser:** Sie werden durch physikalische Größen beeinflusst und so weitere Einrichtungen mechanisch steuern. Diese Auslöser sind hier die Bimetalle.

**Begriff- Bimetall:** Das sind Verbundwerkstoffe, die aus zwei etwa gleich starken, fest miteinander verbundenen Schichten aus Metallen oder Legierungen mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten bestehen. Dieser Ausdehnungskoeffizient stellt eine Längenänderung dar.

## 1. 2. 2 Wirkungsweise

Die Wirkungsweise besteht aus den thermischen Auslösern. Aus dem Unterschied der thermisch induzierten Änderung der Komponenten resultiert die Wirkungsweise des Metalls.

- Zwei Streifen aus verschiedenen Metallen bzw. Legierungen haben bei der Temperatur  $t_1$  gleiche Länge.
- Die Metallstreifen werden miteinander verschweisst und können sich nicht mehr unabhängig voneinander ausdehnen. Die Aktivkomponente wird bei Temperaturänderungen durch die Passivkomponente in ihrem Bestreben, sich in allen Richtungen zu verlängern bzw. zu verkürzen behindert. Das Gesamtsystem weicht diesem äußeren Zwang durch Krümmung aus.
- Krümmung – Bildung der Kugelschalenform. Der Behinderung längs und quer der Walzrichtung kann man vorbeugen, indem man die Breite des Elements gegenüber der Länge ziemlich klein hält. Es gibt auch Anwendungsgebiete, wo diese Behinderung der Krümmung bewusst ausgenutzt wird, um über die Aufspeicherung von Kräften Sprungschaleneffekte zu erreichen. Für die Anwendung ist es wichtig, dass die Ausbiegung eine eindeutige Funktion der Temperatur ist, damit das Thermobimetall bei Abkühlung seine ursprüngliche Form wieder annimmt. Besonders gut geeignet sind Nickelstähle.
- Physikalische Kenngrößen: Die bezogene thermische Ausdehnung „ $\alpha[\text{K}^{-1}]$ “ (Zusammenhang zwischen Erwärmung des Bimetallstreifens und der Ausbiegung) bei einer einheitlichen Dicke und Länge, ausgehend von einer Temperaturänderung von 1K oder die spezifische thermische Ausdehnung „ $\alpha \cdot x[\text{mK}^{-1}]$ “. Der spezifische elektrische Widerstand „ $\rho \cdot x[\Omega\text{m}^{-1}]$ “ ist im Falle der direkten elektrischen Beheizung von großer Bedeutung.

1. 2. 3 Prüfung

Die Motorschutzschalter werden zuerst thermisch gealtert. Danach findet die Kurzzeit-Überstromsicherung statt unter Berücksichtigung des Einflussfaktors „H“ ↑ siehe 2. 4. 1 oder es erfolgt die Langzeit- Grenzstromsicherung- mit Raumtemperaturstabilisation.

## 1. 2. 3. 1 Alterung

Die zum Herstellen von thermischen Bimetallen verwendeten Metalle und Legierungen bestehen aus einem Haufwerk nicht orientierter Einzelkristalle. Durch die Formgebung bei der Herstellung von Thermobimetallen treten unvermeidbar neben plastischen Verformungen auch elastische Verformungen und interkristalline Gefügestörungen auf, die auch nach Abschluss der Formgebungsarbeit im Thermobimetal erhalten bleiben. Die verschiedenen beanspruchten Querschnittszonen, wie auch die zur Krafrichtung verschieden orientierten Einzelkristalle behindern sich gegenseitig am vollständigen Ausgleich der elastischen Spannungen. Dieser Spannungszustand bedingt eine Instabilität der einbaufertigen, aus Feuchtigkeitsgründen fast ausschließlich kaltverformten Thermobimetallementen. Werden die Thermobimetalle innerhalb des zulässigen Temperaturbereiches erwärmt (Alterung), so werden die Instabilitäten abgebaut oder es tritt eine Entspannung ein. Hierbei wird zwar keine Gefügeänderung sichtbar, aber die Reste der in den Thermobimetallen zurückgebliebenen elastischen Verformungen und interkristallinen Gefügestörungen werden durch Kristallerholung aufgehoben. Dieser Vorgang führt zur Änderung gewisser Eigenschaften, welche meist unerwünscht sind.

1. 2. 3. 2 Kurzzeit- Überstrom- Eichung

Bei der Überstrom-eichung wird jeder Bimetallstreifen vom kalten Zustand aus mit dem 3 bis 4- fachen Wert des Bimetallstromes belastet und so eingestellt, dass die Auslösezeit vorgeschriebenen Werten entspricht. Die Werte selbst werden an Geräten gleicher Bauart mit Kontrollzeitabnahme festgestellt (Geprüft mit dem doppelten Wert des Nennstroms. Die Motorschutzschalter sind in Reihe geschaltet und jede Phase wird einzeln geprüft.)



1. 2. 3. 3 Langzeit- Grenzstrom- Eichung

Die Bimetallstreifen müssen so eingestellt werden, dass sie beim 1,05- fachen Einstellstrom vom kalten Zustand aus innerhalb von 2 Stunden nicht auslösen und bei Belastung mit dem 1,20- fachen Einstellstrom vom betriebswarmen Zustand aus, innerhalb von 2 Stunden ansprechen.

## 1. 2. 3. 4. Prüfbedingungen

- Die Nennspannung darf eine Abweichung von  $\pm\%$  haben.
- Beim Nachweis des Schaltvermögens darf die Nennspannung eine Abweichung von  $\pm 3\%$  vorweisen.
- Die Nennfrequenz liegt in einem Intervall bei  $\pm 2\%$ .
- Der Effektivwert der Summe der Oberwellen der Wechselspannungen darf höchstens  $\pm 5\%$  des Effektivwertes der Grundwelle betragen.
- Die zulässige Welligkeit der Gleichspannung darf höchstens  $3\%$  betragen, beim Nachweis des Schaltvermögens maximal  $6\%$ .
- Die Nenntemperatur ist mit  $20^{\circ}\text{C}\pm 2\text{K}$  angeben und beim Nachweis des Schaltvermögens  $20^{\circ}\pm 10\text{K}$ .
- Die relative Feuchte liegt im Bereich von  $50\%$  zu  $90\%$ .
- Eine Bedingung ist auch die Nennlage des Prüflings und die zulässige Abweichung von  $2^{\circ}$  in alle Richtungen.
- Die Prüfung ist mit solchen Prüf- und Messmitteln durchzuführen, deren zulässiger Fehler kleiner ist als der zulässige Fehler der Messgröße.

1. 2. 3. 5 Schaltung zur Prüfung

Die Schaltung besteht aus einem Sparstelltrafo, einem Trenntrafo, ... , einem Vorwiderstand, einem Zeitmesser, dem Amperemeter und einer Aufnahmevorrichtung für den Motorschutzschalter.

## 1. 2. 4 Funktion des Motorschutzschalters

Motorschutzschalter dienen zum Schutz von Motoren vor Überlastung. Beim Einschalten von Motoren kann der 6 bis 8- fache Nennstrom des Einschaltstromes auftreten. So entsteht eine unzulässige thermische Belastung des Motors. Deshalb ist es erforderlich Motorschutzschalter einzusetzen. Die Motorschutzschalter können mit Bimetall- und Schnellauslösern ausgestattet werden. Sie wirken als Schutzschalter. Die Schnellauslöser dienen dem Kurzschlusschutz des Motors, der Leitungen und des Schalters selbst.

## 1. 2. 5 Technische Daten des Motorschutzschalters

Technische Daten des Motorschutzschalters			
	Ms 500/10	Ms 500/16	Ms(m) 500/16
Nennspannung [V]	500	500	500
Frequenz [Hz]	40 – 60	40 – 60	50
Nennstrom [V]	10 (16)	16	16
Nennbetriebsstrom [A]	0,16 – 10 (16)	0,16 – 16	0,16 – 16
Minimale Schaltspannung [V]	220 bei 0,16[A]	220 bei 0,16[A]	220 bei 0,16[A]
Polzahl [-]	3	3	3
Lebensdauer [h]	100 000	100 000	100 000
Maximale Schaltungen [h <sup>-1</sup> ]	≥ 25	-	-

Frequenz hat nur Bedeutung für den Unterspannungsauslöser Ms(m) 500/16.

**2. Arbeitsgang- Justieren**

## 2. 1 Vergleich der Arbeitsgänge beim Justieren des Ms(m) 500/16

Vergleich der Arbeitsgänge Justage eines Motorschutzschalters	
Ms(m) 500/16	Ms 500/16
Einstellen des kleinsten Einstellwertes	Einstellen des kleinsten Einstellwertes
Unterlegen des Justierblättchens	-
Prüfen auf Fehler	Prüfen auf Fehler
Einschalten	Einsetzen der Feder
Stellen der Madenschraube bis zur Auslösung	Stellen der Madenschraube bis zum Aufsitzen des Bimetalls auf die Wippe
Eine viertel Umdrehung zurück	-

Gründe der unterschiedlichen Handhabung:

- Behinderung durch Schnellauslöser
- Unterschiede in den Genauigkeitsklassen
- Unterschiede in den darauffolgenden Eichmethoden (Weiterverarbeitung)
- Ökonomische Gründe
- Verfahrenstechnologien
- Unterschiedliche Einsatzbereiche

## 2. 2 Werte für die Auslösekennlinie des Motorschutzschalters

Ausgewählte Werte für die Kennlinie bei $f = 50[\text{Hz}]$		
I [A]	Kennlinie Typ I [s]	Kennlinie Typ II [s]
1,15	7200	7200
1,20	2400	2400
1,30	600	600
1,50	237	237
1,70	109	109
2,00	55,2	55,2
2,50	31,0	29,4
3,00	22,0	18,0
4,00	12,0	9,60
6,00	6,50	4,00
8,00	4,50	2,15
10,0	3,80	1,30
10,0		0,1378
10,5		0,0731
11,0		0,0520
12,0		0,0380
15,0		0,0147
20,0		0,0081
30,0		0,0004

Kennlinie Typ I    Leichte Anlaufbedingungen  
 Kennlinie Typ II    Schwere Anlaufbedingungen  
 Kennlinie Typ III    Schwerste Anlaufbedingungen

Bilder extern abgelegt !

2. 3            Derzeitige Justage in der Fertigung für das Überstromschieben – Beispiel

- Skala auf anderen Wert einstellen
- Beilage zwischen Kurvenscheibe und Wippenhalterung
- Schalter einschalten
- Auslöser mit Hilfe der Madenschraube an Auslösepunkt stellen
- Eine viertel Umdrehung zurück (Schalter muss schalten können)
- Andere Auslöser müssen genauso eingestellt werden.
- Entfernen der Beilage.
- Prüfen auf Fehler



## 2. 4 Eichung

Eichmethoden								
	A	B	C	D	E	F	G	H
Mechanische Einstellung				X	X	X		
Kurzzeiteichung					X	X		X
Langzeit-Temperatureichung	X			X	X	X		
Langzeit-Grenzstrom Eichung, ohne Raumstabilisierung	X	X	X		X	X	X	
Langzeit-Grenzstrom Eichung, mit Raumstabilisierung	X	X	X	X	X	X	X	

- A ≡ Kennzeichnet Äquivalenz zwischen Temperatur und Ausbiegung  
 B ≡ Wärmethoretische Grundlagen des Bimetalls  
 C ≡ Kennzeichnet Äquivalenz zwischen Stromstärke und Ausbiegung  
 D ≡ Kennzeichnet Einfluss des Gehäuses auf die vorhandene Wärmemenge (Isolierung, Kapselwirkung)  
 F ≡ Kennzeichnet Einfluss der Anschlussquerschnittskräfte auf die Ausbiegung  
 G ≡ Kennzeichnet den Eigeneinfluss der Phasen bei mehrphasiger Belastung  
 H ≡ Kennzeichnet den Einfluss der entgegen wirkenden Kraft des Auslösers auf die Ausbiegung  
 X ≡ Wird bei dieser Eichmethode berücksichtigt

## 2. 4. 1 Eichung Gesetze

Auszug aus der TGL 216 46 / 01- 02 Seite 6; 7; 8

Ausgewählte Punkte der Kennlinie			
Ansprechwert als ein Vielfaches des Nennstromes	Ansprechzeit	Temperatur des Triebsystems bei Beginn der Ansprechzeit	Bedingungen des elektromotorischen Antriebes
1,05	> 2 [h]	$T_u \pm 2\%$	
1,20	< 2 [h]	Endtemperatur nach Vorbelastung mit dem Einstellstrom	
1,50	< 2 [min]		
6,00	$5 [s] > t > 2 [s]$	$T_u \pm 2\%$	Leichte Anlaufbedingungen Trägheitsgrad I
	$15 [s] > t > 5 [s]$		Schwere Anlaufbedingungen Trägheitsgrad II
	$t > 15 [s]$		Schwerste Anlaufbedingungen Trägheitsgrad III

2. 4. 2 Einfluss von Fehlern

Fehlerquellen:

- Physikalische Eigenschaften des Bimetalls (Alterung).
- Wärmemengen die das Bimetall belasten (Widerstandsheizung).
- Durchfluss der Stromstärke (Stromdichte).
- Widerstand des gesamten Gerätes ( $\pm 3\%$  des Meterwiderstandes).
- Raumtemperatur
- Einfluss des Gehäuses (Wärmedämmung).
- Gegenseitige Beeinflussung der Bimetalle.

Weitere Fehlerquellen:

- Konstruktionsfehler
- Produktionsfehler
- Mechanische Fehler (z. B. unterschiedliche Federspannungen)

Wirkungen:

- Veränderung der Auslösezeit
- Veränderung des Auslöseweges
- Funktionsuntüchtigkeit
- Veränderung des Kippunktes

### 3. Konstruktion der Hilfsvorrichtung

#### 3. 1 Grundgedanke

Der Grundgedanke war eine Vorrichtung zu bauen, welche die Justagegenauigkeit verbessert. Die alte Methode bestand darin, dass die Madenschrauben, welche auf den thermischen Auslösern aufsitzen, eine viertel bis halbe Umdrehung zurück gedreht wurden. So entstand eine Ungenauigkeit im Auslöseweg jedes einzelnen Auslösers. Deshalb sollte eine Möglichkeit gefunden werden, die viertel bis halbe Umdrehung zu verringern oder ganz wegzulassen bzw. zu beseitigen. Es gibt nur eine Möglichkeit diesen Fehlerweg zu verhindern, man muss die außenliegenden Auslöser schon während des Justierens aus den bereits eingestellten Auslösepunkten anheben. So kann eine ungehinderte Justage des mittleren Auslösers erfolgen und die viertel bis halbe Umdrehung bliebe weg. Die Genauigkeit würde damit wesentlich verbessert.

3. 2 Verschieden Modelle einer Hilfsvorrichtung

- Modell 1:  
...
- Modell 2:  
...
- Modell 3:  
...

## 3. 3 Endtyp der Hilfsvorrichtung

Scharnier und kurvenförmiger Verlauf werden durch seitliches Einschieben der Hebel verhindert. Diese Lösung stellt vom Aufwand der Herstellung hier die günstigste Variante dar. Die notwendige Haltbarkeit im ständigen Produktionseinsatz ist gewährleistet. Die Justagehilfsvorrichtung besteht aus einem Grundkasten, in dem sich zur Überprüfung der Funktion eine Meldevorrichtung befindet. Der Motorschutzschalter wird auf der Grundplatte durch zwei Stifte befestigt. Die Hebel werden durch Schieben betätigt. Ein auftretendes Problem ist die durch die Toleranz des Motorschutzschaltergehäuses entstehende Schwierigkeit beim Einlegen.

## 3. 4 Erprobung der Hilfsvorrichtung

Die Erprobung wurde bei Normalbedingungen durchgeführt. Dabei wurden unjustierte, justierte Motorschutzschalter nach alter und solche nach neuer Methode durchgeführt. Dabei ergab sich eine Durchschnittsverbesserung von:

Durchschnittsverbesserung der Zeitdauer der Auslösung gegenüber der Justage nach neuer Methode	
Unjustierte Motorschutzschalter	Justierte Motorschutzschalter alte Methode
40 %	12 %

3. 5 Bestimmung der entsprechenden Beilage

Entfällt mit der neuen Methode.



## 3. 6 Aussagen zur Reproduzierbarkeit der Justage

Bei der Justage von Motorschutzschaltern ohne die Hilfsvorrichtung ergaben sich Unterschiede beim Vergleich derselben nach der Justage (Streuung des Justagefehlers). Dies beeinträchtigt die Genauigkeit wesentlich. Selbst bei nochmaliger Justage konnten diese Ungenauigkeiten nicht beseitigt werden. Bei der Justage mit der Hilfsvorrichtung konnte eine wesentliche höhere Genauigkeit = Reproduzierbarkeit = Verkleinerte Justagefehlerstreuung erreicht werden. Diese wurde auch bei mehrmaliger hintereinander erfolgreicher Justage des gleichen Motorschutzschalters nicht beeinträchtigt. Hier wird der Vorteil der Hilfsvorrichtung sehr deutlich (Hohe Reproduzierbarkeit, hohe Zuverlässigkeit).

## 3. 7 Schlussbetrachtungen

Es sind noch zu klärende Fragen offen:

- Durch die Toleranz der Gehäuse kann der Motorschutzschalter nicht immer problemlos eingelegt werden.
- Die Meldevorrichtung arbeitet nur auf der mittleren Phase (S bzw. Y).

Der wesentlich größte Vorteil besteht im Wegfall der viertel bis halben Umdrehung, damit der besseren Reproduzierbarkeit und des phasengerechten Einstellens des Auslöseweges. Daraus ergibt sich absolut eine sehr hohe Genauigkeit des Auslöseweges. Weiter kann für jeden beliebigen Auslöseweg eine entsprechende Beilage gewählt werden. Der benötigte Justagezeitraum je Motorschutzschalter veränderte sich nicht wesentlich.

Eine noch genauere Untersuchung mehrerer Prototypen der Hilfsvorrichtung unter robusten Produktionsbedingungen ist unbedingt erforderlich, verspricht jedoch jetzt schon positive Ergebnisse.

Literatur [3]: Gabi Karst, Björnstjerne Zindler

„Konstruktion, Bau und Erprobung einer Hilfsvorrichtung für die Justage des Auslöseweges beim Motorschutzschalter Ms(m) 500/16“  
WPA- Abschlussarbeit - 1984



Ein alter Motorschutzschalter von wahrscheinlich Siemens