

# Motorschutz

# Motorschutz

## Überströme – Übertemperaturen

Von

**Herbert Franken**

Direktor der Firma Klöckner-Moeller GmbH  
Bonn a. Rh.

Mit 138 Abbildungen



Springer-Verlag  
Berlin/Göttingen/Heidelberg  
1962

ISBN-13: 978-3-642-94847-3      e-ISBN-13: 978-3-642-94846-6  
DOI: 10.1007/978-3-642-94846-6

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten  
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es auch nicht gestattet,  
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege  
(Photokopie, Mikrokopie) oder auf andere Art zu vervielfältigen  
© by Springer-Verlag, OHG., Berlin / Göttingen / Heidelberg 1962  
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1962  
Library of Congress Catalog Card Number 61 – 18 362

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buche  
berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne  
der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von  
jedermann benutzt werden dürften

## Vorwort

Die Einrichtungen zum thermischen Schutz der Elektromotoren haben unter dem Begriff des „Motorschutzes“ seit fast 40 Jahren Eingang in die Schaltgerätetechnik gefunden. Der Motorschutz stellt nicht nur ein technisches, sondern auch ein wirtschaftliches Problem dar. Er erlaubt, von einer Überbemessung der Motoren abzusehen und den Ausfall durch Überlastung auszuschließen. Die Motorschutzeinrichtungen tragen ihr Teil dazu bei, die Einsatzbereitschaft der Fertigungsmittel zu sichern. Sie spielen deshalb im Rahmen der Fertigung von Schaltgeräten eine ganz bedeutende Rolle. Die durch Einführung des elektrischen Einzelantriebes außerordentlich gesteigerte Zahl der Elektromotoren hat auch zu großen Produktionsziffern auf dem Gebiete dieser Schutzgeräte geführt. Die Geräte sind heute preiswert und bei richtiger Anwendung zuverlässig. Dem einfachen Aufbau stehen zum Teil schwierigere Fragen hinsichtlich der Auswirkungen entgegen, deren Beantwortung oft weniger einfach ist. In den nachfolgenden Ausführungen sind die Begriffe und Elemente, die allgemein zur Schaltgerätetechnik gehören, wie Kontaktfragen, Schaltleistungsfragen und dergleichen nicht behandelt<sup>1</sup>, sondern nur die Dinge, die dem Motorschutzgerät eigentümlich sind. Das ist in erster Linie die Frage des zweckmäßigen Aufbaues der thermischen Auslöser und Relais. Der Gegenstand erforderte eine etwas breite Behandlung der Erwärmungsvorgänge, sowohl derer, die sich in den Stromverbrauchern als derer, die sich in den Schutzeinrichtungen abspielen. Wesentlich war dabei auch, die Zusammenhänge zwischen den Motorschutzeinrichtungen und den Netzvorgängen sowie den Erfordernissen des Antriebes zu schildern. Insbesondere erschien es notwendig, den Verhältnissen beim Drehstrommotor im gestörten Netz bei unsymmetrischer Belastung eine eingehendere Betrachtung zu widmen. Neben der seit Jahrzehnten durchgeführten Überwachung der Ströme in den Motorzuleitungen wird die in bestimmten Fällen jetzt weitgehend meist zusätzlich angewandte Überwachung der Wicklungstemperaturen behandelt. Die Fragen um den Motorschutz enthalten zahlreiche, oft schwierige Probleme, die wesentlich aus der Tatsache erwachsen, daß die Geräte Handelsware darstellen müssen und schlecht dem unterschiedlichen thermischen Verhalten der einzelnen Motoren angepaßt werden können.

<sup>1</sup> Hierzu sei auf das Buch des Verfassers, Schütze und Schützensteuerungen, Berlin: Springer 1959 verwiesen.

Die formelmäßigen Angaben über die Zusammenhänge wurden auf das Notwendige beschränkt, aber andererseits so weit aufgeführt, daß auch der weitgehender interessierte Fachmann sich orientieren kann. Ihre Kenntnis hat nicht nur Bedeutung für den Aufbau der Schutzelemente, sondern auch für ihre Verwendung. Der Verfasser hat im Verlauf der letzten Jahrzehnte wohl alle beim Motorschutz aufgetauchten Fragen in zahlreichen Einzelveröffentlichungen behandelt, so daß eine zusammenfassende Darstellung nahe lag. Auch sind die Motorschutzelemente ein sehr häufiges Zusatzglied zu den Schützen. In dem genannten Werk des Verfassers (1) konnten sie aber nur in kurzen Andeutungen behandelt werden. Die Arbeit behandelt neben dem thermischen Schutz durch Stromüberwachungselemente und deren Einwirkung auf Schaltgeräte in Form des „Motorschutzschalters“ auch den Schutz durch „Temperaturüberwachungselemente“ in der Wicklung. Sie hat vornehmlich den Zweck, insbesondere den projektierenden und den Betriebsingenieur in die Probleme des Motorschutzes einzuführen und dabei die Grenzen des Einsatzes marktgängiger Erzeugnisse aufzuzeigen, sowie dem Studierenden und dem Entwicklungsingenieur Hinweise zu geben. Der Verfasser ist für Kritik und Anregungen dankbar.

Bonn, im April 1962

**H. Franken**

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Formelzeichen .....	VII
1. Aufgabenstellung .....	1
1.1 Entwicklungsgründe .....	1
1.2 Welche Gefahren drohen dem Motor? .....	3
1.2.1 Die Verhältnisse des Aufstellungsraumes — Zustand und Wartung des Motors .....	4
1.2.2 Überlastungen und Fehlschaltungen als Störungsursache .....	4
1.2.3 Die Gefahren durch Störungen im Drehstromnetz .....	6
1.3 Der Stand der Schutztechnik vor Einführung der Motorschutzgeräte ..	19
1.4 Grundsätzliche Lösungen — Schutzmethoden .....	25
2. Schutz durch Überwachung der Zuleitungsströme-thermische Auslöseelemente außerhalb des Motors .....	26
2.1 Begriffsbestimmungen und VDE-Anforderungen .....	27
2.2 Aufbauprinzipien .....	31
2.2.1 Arten der Stromeinwirkung auf die Auslöseelemente .....	32
2.2.2 Zwei verschiedene Grundprinzipien .....	37
2.2.3 Geräte beruhend auf Wärmedehnung .....	38
2.2.3.1 Dehnungsstreifen .....	38
2.2.3.2 Bimetallauslöser und -relais .....	43
2.2.4 Auslöser beruhend auf der Änderung des Aggregatzustandes. ...	75
2.2.4.1 Übergang vom festen zum flüssigen Zustand — Schmelzlot- element .....	75
2.2.4.2 Übergang vom flüssigen zum dampfförmigen Zustand — Dampfdruckkapseln .....	77
2.2.5 Das Zusammenwirken der Auslöser und Relais mit den Schalt- geräten .....	78
2.2.6 Polzahl der Auslöser und Relais .....	83
2.2.7 Anpassung an die Motorstromstärke (Einstellung) .....	83
2.3 Auslösecharakteristiken .....	90
2.3.1 Die Erwärmungsverhältnisse .....	90
2.3.2 Die Zeitkonstante .....	95
2.3.3 Die Zeitkonstante und die Auslösekennlinie .....	99
2.3.4 Die Darstellung der Auslösekennlinie .....	100
2.3.5 Auslösezeiten bei Überlastung im betriebswarmen Zustande ...	101
2.3.6 Temperaturverteilung bei mittelbar beheizten und beschwerten Auslösern .....	105
2.3.7 Nachauslösung .....	114
2.3.8 Auslösekennlinien bei Wandlerrelais .....	116
2.3.9 Die Auslösekennlinie in formelmäßiger Darstellung .....	118
2.3.10 Grenzerwärmung und Grenzweg .....	129
2.3.11 Einfluß der Raumtemperatur .....	131
2.3.12 Kompensation des Raumtemperatureinflusses .....	133
2.4 Zusätze bei Motorschutzgeräten .....	140
2.4.1 Vorgeschaltete Kurzschlußsicherungen .....	140
2.4.2 Verbindung der thermischen Elemente mit Überstromschnell- auslösern .....	141
2.4.3 Thermische Sonderschutzeinrichtungen bei Einphasenlauf .....	142
2.4.4 Motorschutz in explosions- und schlagwettergefährdeten Räumen	144

	Seite
2.5 Verhalten der Schutzelemente .....	146
2.5.1 Freiauslösung — „Pumpen“ der Motorschutzgeräte .....	146
2.5.2 Die Genauigkeit der Motorschutzauslöser .....	148
2.5.3 Der Temperaturanstieg und -abfall in elektrischen Maschinen, deren Zeitkonstanten und die Beziehungen zum Schutzauslöser .....	156
2.5.4 Schutzwirkung bei niedriger Auslöser-Zeitkonstante .....	165
2.5.5 Bei welcher Auslösekennlinie ist der Anlauf noch möglich? ....	167
2.5.6 Motorschutz bei aussetzendem Betrieb .....	169
2.5.7 Die „Höhereinstellung“ der Motorschutzgeräte .....	187
2.5.8 Motorschutz und Leitungsschutz .....	191
2.5.9 Die Wartepause .....	193
2.5.10 Die Kurzschlußfestigkeit von thermischen Auslösern und Relais .....	196
2.5.11 Das Zusammenwirken von thermischen Elementen, Sicherungen und Schnellauslösern .....	207
2.5.11.1 Thermische Elemente und Schnellauslöser .....	208
2.5.11.2 Thermische Elemente und vorgeschaltete Abschmelzsicherungen .....	211
2.6 Anwendung in Sonderfällen .....	218
2.6.1 Motorschutz bei schwer anlaufenden Maschinen .....	218
2.6.2 Motorschutzgeräte als Maschinen- und Werkzeugschutz sowie für andere Stromverbraucher als Motoren .....	220
2.6.3 Schutz gegen Bedienungsfehler bei Motoranlaßgeräten .....	221
2.6.4 Der Schutz von Motoren mit Stern dreieckschaltern, Polumschaltern und dergl. ....	222
2.6.5 Motorschutz bei Blindstrom-Einzelkompensation .....	224
2.6.6 Motorschutz bei Einphasen-Wechselstrommotoren .....	224
2.7 Zu den Motorschutzauslösern und -relais gehörende Hauptstrom- Schaltgeräte .....	226
2.7.1 Das Schaltvermögen (Motorschalter — Leistungsschalter) .....	227
2.7.2 Schloßschalter (Selbstschalter) .....	229
2.7.3 Schütze in Verbindung mit Motorschutzrelais .....	234
2.7.4 Spannungsrückgangsauslösung .....	238
2.7.5 Geräte für Mehrmotorenmaschinen und aussetzenden Betrieb ...	239
2.7.6 Geräte mit selbsttätiger Rückschaltung nach Überstromauslösung wegen Einphasenlauf .....	242
2.7.7 Motorschutzgeräte als Abzweigschalter an Verteilern .....	244
2.7.8 Die Lebensdauer der Geräte .....	245
2.8 Eichung und Prüfung von Motorschutz-Auslösern und Relais .....	245
3. Schutz durch Temperaturüberwachungs-Elemente im Motor ..	262
4. Schutz durch Überwachung sowohl des Stromes in der Zuleitung wie der Temperatur im Motor .....	269
5. Schutz durch Ermittlung von Strom- und Spannungsunterschieden in den Zuleitungen .....	273
6. Weitere Schutzmittel (Lastüberwachung, Phasenumkehrrelais) .....	279
7. Geschichtliches .....	280
8. Anhang ( $e^x$ , $e^{-x}$ , $x^{1,6}$ , $x^{-1,6} = f(x)$ ) .....	288
9. Schrifttum .....	289
Sachverzeichnis .....	296

## Benutzte Formelzeichen

soweit die Bedeutung nicht auf einen engbegrenzten Absatz beschränkt ist.

$a$	= Verhältnis des obersten zum untersten Einstellwert der Skala für die Wegverstellung	
$b$	= Breite . . . . .	meist mm
$c$	= spezifische Wärme . . . . .	Ws · cm <sup>-3</sup> · °C <sup>-1</sup>
$c_b$	= spezifische Wärme des eigentlichen Wärmeelementes, z. B. des Bimetallstreifens . . . . .	Ws · cm <sup>-3</sup> · °C <sup>-1</sup>
$c_w$	= spezifische Wärme der Heizwicklung . . . . .	Ws · cm <sup>-3</sup> · °C <sup>-1</sup>
$d$	= Dicke, Durchmesser . . . . .	meist mm
$e$	= Verhältnis der Elastizitätsmoduln der beiden Komponenten von Bimetall $E_1 : E_2$	
$f_{1,3}$	= ein Maß für die Grenzstromfehler (S. 153), und zwar das Verhältnis des einpoligen zum dreipoligen Grenzstrom	
$f_{2,3}$	= desgleichen das Verhältnis des zweipoligen zum dreipoligen	
$f_d$	= desgleichen bedingt lediglich durch die Unterschiede in der mechanischen Verformung	
$f_g$	= ist der Gesamtfehler bedingt durch $f_d$ und $f_t$	
$f_{m o}$	= Gesamtfehler bei gleichzeitiger Steigerung von $m$ und $o$ . Der Fehler beim gleichen Auslöser und $m = 1$ sowie $o = 1$ ist mit $f_1$ bezeichnet	
$f_t$	= der Grenzstromfehler lediglich bedingt durch die Temperaturunterschiede bei ein- und dreipoliger Belastung	
$g$	= Grenzstrom zu Einstellstrom $I_g/I_e$	
$h$	= Höhe . . . . .	meist mm
$k$	= spezifische Ausbiegung eines Bimetallstreifens = $0,75 \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot f(E)$ . . . . .	°C <sup>-1</sup>
$k'$	= desgleichen für einen Streifen von 100 mm Länge und 1 mm Dicke ( $k' = k \cdot 10^4$ ) . . . . .	mm °C <sup>-1</sup>
$l$	= Länge . . . . .	meist mm
$m$	= Erhöhung der Einstellstromstärke durch Feinverstellung (Wegänderung) als Vielfachwert (beliebiger Skalenwert zu niedrigstem Wert); $m > 1$	
$o$	= Steigerung der Einstellstromstärke durch Nebenschlüsse als Vielfachwert (Einstellstrom mit Nebenschluß: ohne Nebenschluß)	
$q$	= Querschnittsfläche . . . . .	meist mm <sup>2</sup>
$r$	= Radius . . . . .	meist mm
$s$	= Weglänge . . . . .	meist mm
$s_d$	= siehe $s_m$	
$s_m$	= die durch die Einwirkung der Schaltkraft bedingte Rückbiegung der Bimetallstreifen — allgemein bei dreipoligem Eingriff $s_d$ . . . . .	mm
$s_m'$	= die Rückbiegung eines Streifens von 100 mm Länge, 10 mm Breite und 1 mm Dicke bei einer Schaltkraft von 100 g . . . . .	mm
$s_n$	= Nettoauslöseweg der Bimetallstreifen = $s_w - s_m$ . . . . .	mm



$s_t$	= Zusatzweg zu $s_{w0}$ bedingt durch die Erwärmung der umgebenden Luft bei dreipoliger Belastung (s. $s_{w3}$ ) . . . . .	mm
$s_w$	= der durch die Erwärmung bedingte Bruttoweg des Auslöseelementes . . . . .	mm
$s_{w0}$	= Bruttoauslöseweg nur bedingt durch die Übertemperatur des Auslöseelementes gegenüber seiner Umgebung . . . . .	mm
$s_{w1}$	= der durch die Erwärmung bedingte gesamte Bruttoauslöseweg des Auslöseelementes bei einpoliger Belastung . . . . .	mm
$s_{w3}$	= desgleichen bei dreipoliger Belastung $s_{w3} = s_{w0} + s_t$ . . . . .	mm
$t$	= Zeit . . . . .	s
$t_a$	= Auslösezeit (soweit besonders betont) . . . . .	s
$t_b$	= Belastungszeit . . . . .	s
$t_e$	= Eigenzeit . . . . .	s
$t_k$	= Summe der Eigenzeiten von Schnellauslöser und Hauptschaltgerät (Kurzschlußausschaltverzug) . . . . .	s
$t_r$	= Ruhezeit (Pause) im periodischen aussetzenden Betrieb . . . . .	s
$t_s$	= Spieldauer im aussetzenden Betrieb . . . . .	s
$t_w$	= Wartezeit . . . . .	s
$t_x$	= Nacheilung der Erwärmung des eigentlichen Wärmeelementes bei mittelbar beheizten Auslösern . . . . .	s
$t_y$	= Voreilung der Erwärmung der Heizwicklung bei mittelbar beheizten Auslösern . . . . .	s
$t_z$	= Zeitkonstante der Übergangsexponentialfunktion für $t_x$ und $t_y$ von $t = 0$ an . . . . .	s
$u$	= Anteil der Wärmeentwicklung des eigentlichen Wärmeelementes an der gesamten eines mittelbar beheizten Auslösers	
$\ddot{u}$	= Überlaststrom zu Einstellstrom . . . . .	$I_{\ddot{u}}/I_e$
$\ddot{u}'$	= Überlaststrom zu Grenzstrom . . . . .	$I_{\ddot{u}}/I_g$
$\ddot{u}'_k$	= zulässiger Kurzschlußstrom zu Grenzstrom . . . . .	$I_k/I_g$
$\ddot{u}_A$	= Überlastungsfähigkeit bedingt durch den Schutzauslöser im aussetzenden Betrieb . . . . .	$I_{\ddot{u}}/I_d$
$\ddot{u}_M$	= zulässige Motorüberlastung . . . . .	$I_{\ddot{u}}/I_d$
$v$	= Vorbelastungsstrom zu Einstellstrom . . . . .	$I_v/I_e$
$w$	= Anteil der Wärmekapazität des eigentlichen Wärmeelementes an der gesamten eines mittelbar beheizten Auslösers, z. B. des Bimetallstreifens, der eine Zusatzheizwicklung trägt	
$w_{bb}$	= Warteverhältnis für die Wiederherstellung der Betriebsbereitschaft (s. S. 195)	
$x$	= Kühlungsanteil der umlaufenden Motorteile	
$y$	= Verhältnis der Zeitkonstanten $T_R$ und $T_L$ mit Bezug auf die Überlastungsfähigkeit im aussetzenden Betrieb	
$z$	= Verminderung der Einstellstromstärke durch Wegverstellung (beliebiger Skalenwert zu Skalenhöchstwert); $z < 1$	
$A$	= Festwert als Anteil an $\ddot{u}'^2 \cdot t$ bei der Gleichung der Auslösekenlinie	
$B$	= Multiplikator der Zeit als Anteil an $\ddot{u}'^2 \cdot t$ zur Berücksichtigung der Wärmeableitung bei der Gleichung der Auslösekenlinie	
$C$	= Multiplikator von $1/t$ zur Berücksichtigung der Wärmestauung als Anteil an $\ddot{u}'^2 \cdot t$ bei der Gleichung der Auslösekenlinie	
$D$	= Auslöserübertemperatur bei Skalenhöchstmarke . . . . .	°C

$E$	= Elastizitätsmodul . . . . .	i. allg. $\text{kg} \cdot \text{mm}^{-2}$
$ED$	= Prozentuale Einschaltdauer . . . . .	%
$G$	= Faktor bei Höhereinstellung; $G'$ desgleichen (s. S. 188, 191)	
$I$	= elektrische Stromstärke . . . . .	A
$I_b$	= Belastungsstrom . . . . .	A
$I_d$	= Dauerstrom . . . . .	A
$I_e$	= Einstellstrom . . . . .	A
$I_e'$	= desgleichen bei Höhereinstellung . . . . .	A
$I_g$	= Grenzstrom (niedrigster Auslösestrom) bei thermischen Relais und Auslösern . . . . .	A
$I_k$	= Kurzschlußstrom . . . . .	A
$I_m$	= Motorstrom . . . . .	A
$I_n$	= Nennstrom . . . . .	A
$I_{nm}$	= Motornennstrom . . . . .	A
$I_{\bar{u}}$	= Überlaststrom . . . . .	A
$I_v$	= Vorbelastungsstrom . . . . .	A
$I_{ED}$	= Strom bei der prozentualen Einschaltdauer ( $ED$ ) . . . . .	A
$J$	= Trägheitsmoment . . . . .	meist $\text{mm}^4$
$K$	= spezifischer Wert für die Bewegung von Bimetallstücken unter Wärmeeinwirkung $1,5 \cdot (\alpha_1 - \alpha_2) \cdot \Delta \vartheta / d \cdot f(E) = 2 \cdot k \cdot \Delta \vartheta / d$	$\text{mm}^{-1}$
$M$	= Masse . . . . .	meist $\text{kg m}^{-1} \text{s}^2$
$M_d$	= Drehmoment	
$M_n$	= Nenndrehmoment	
$N$	= Leistung . . . . .	W
$O$	= Oberfläche . . . . .	$\text{cm}^2$
$P$	= Kraft (z. B. Schaltkraft) . . . . .	g u. kg
$P_b$	= Beschleunigungskraft . . . . .	g u. kg
$P_r$	= Reibkraft (allgemein Gegenkraft) . . . . .	g u. kg
$Q$	= Wärmeentwicklung . . . . .	W
$Q_b$	= Wärmeentwicklung im eigentlichen Wärmeelement, z. B. dem Bimetallstreifen . . . . .	W
$Q_g$	= Wärmeentwicklung bei Grenzstrom . . . . .	W
$Q_n$	= Wärmeentwicklung bei Nennstrom . . . . .	W
$Q_w$	= Wärmeentwicklung in der Heizwicklung . . . . .	W
$R$	= elektrischer Widerstand . . . . .	$\Omega$
$RT$	= Raumtemperatur . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$S$	= Zahl der Schaltspiele	
$S/h$	= Schalthäufigkeit (Zahl der Schaltspiele je Stunde) . . . . .	$\text{h}^{-1}$
$T$	= Zeitkonstante . . . . .	s
$T_A$	= Auslöser-(Relais-) Zeitkonstante . . . . .	s
$T_L$	= Motorzeitkonstante bei Lauf . . . . .	s
$T_M$	= Motorzeitkonstante . . . . .	s
$T_R$	= Motorzeitkonstante bei Stillstand . . . . .	s
$\dot{U}T$	= Übertemperatur — Erwärmung . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$V$	= Volumen . . . . .	meist $\text{cm}^3$
$V_b$	= Volumen des eigentlichen Wärmeelementes, z. B. des Bimetallstreifens . . . . .	$\text{cm}^3$
$V_w$	= Volumen der Heizwicklung . . . . .	$\text{cm}^3$
$\alpha$	= Längenausdehnungszahl bei Erwärmung . . . . .	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
$\bar{\alpha}$	= Wärmeübergangszahl (-Abgabeziffer) . . . . .	$\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$
$\beta$	= Winkel, den die Tangente am Ende eines gekrümmten Bimetallstreifens mit der Ursprungsrichtung bildet . . . . .	meist Bogenmaß

$\gamma$	= Dichte . . . . .	$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
$\vartheta$	= Temperatur (im allgemeinen Erwärmung) . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_b$	= Erwärmung des Bimetalls bei mittelbar beheizten Auslösern und Relais . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_{bg}$	= Erwärmung des Bimetalles bei mittelbarer Beheizung durch Grenzstrom . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_e$	= Erwärmung bei Einstellstrom . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_g$	= Erwärmung bei Grenzstrom . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_m$	= Höchsttemperatur (im allgemeinen Erwärmung), die ein Körper bei Dauerbelastung erreicht . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_{m\ddot{u}}$	= desgl. bei Überlast $\ddot{u}$ . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_{\text{max}}$	= Höchstzulässige Erwärmung bei Kurzschlußabschaltung . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_n$	= Erwärmung bei Nennstrom — also größtem Einstellstrom . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_o$	= obere Erwärmungsgrenze im periodischen Betrieb . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_u$	= untere Erwärmungsgrenze im periodischen Betrieb . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\vartheta_w$	= Erwärmung der Heizwicklung bei mittelbar beheizten Relais und Auslösern . . . . .	$^{\circ}\text{C}$
$\lambda$	= Verhältnis der Schichtstärken bei Bimetall	
$\varrho$	= spezifischer elektrischer Widerstand. . . . .	$\Omega \cdot \text{cm}$
$\varphi$	= Zentriwinkel entsprechend dem Kreisbogen eines Bimetallstreifens . . . . .	meist Bogenmaß
$\varphi_1$	= desgleichen im warmen Zustand, wenn zu $\varphi$ im kalten im Gegensatz . . . . .	meist Bogenmaß
$\psi$	= Winkel, den die Sehne eines gebogenen Bimetallstreifens mit der Tangente bei Bogenanfang bildet. . . . .	Bogenmaß