System
»ELECTRIC«
doppelseitiger Präzisions-Rechenstab

für: Elektro-Ingenieure
Elektro-Fachlehrer
Elektro-Werkmeister
Elektro-Techniker
Energetiker
Elektro-Montagemeister
usw.

Nach Ing. F. Hösel

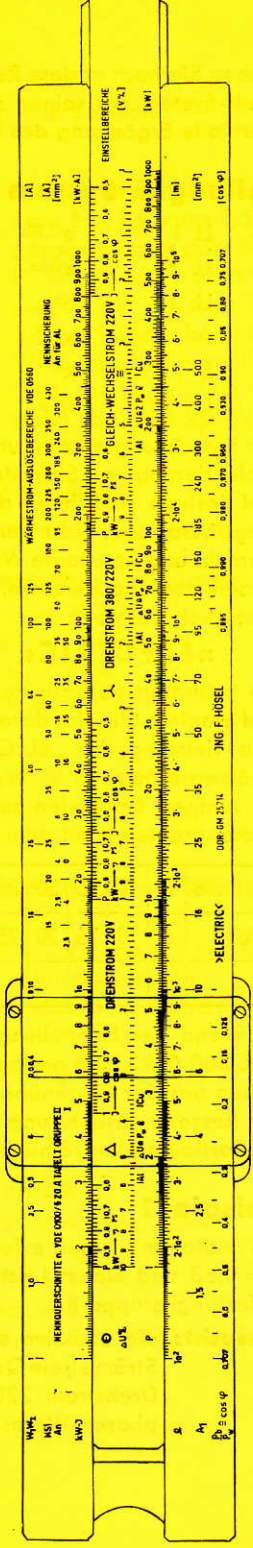
Dieser neue, fortschrittliche Rechenstab für den Elektro-Fachmann ist eine wirtschaftliche Hilfe bei der schnellen und sicheren Berechnung und Planung von elektrischen Starkstromanlagen. Alle vorkommenden Berechnungsformeln für Leistung jeder Art — Stromstärke — Nennsicherungen — Nennquerschnitte nach den geltenden Vorschriften für Al und Cu, unter Berücksichtigung von Wirkungsgrad und Leistungsfaktor, stehen in ihren mathematischen Verhältnissen zueinander.
Sofortige Ermittlung von Blindleistung — der zu kompensierenden Leistung in kVar und der sich daraus ergebende neue Leistungsfaktor cos φ.
Diese einmalige Kurzanleitung beinhaltete keineswegs alle weiteren Rechenmöglichkeiten, die sich aus den Anordnungen der Skalen noch ergeben.

Teilungen des »ELECTRIC«

W_1 W_2	Wärmestromauslösebereich	A
NSi	Nennsicherungen	A
An Gruppe	II Nennquerschnitte I	mm²
kW-J	Leistung und Stromstärke	kW — A
E	Einstellbereiche	
△ U %	Spannungsverluste in % für Cu und Al	V %
P	Leistung in kW	kW
l	Leitungslänge	m
A_1	Querschnitt z. Spannungsverlust	mm²
$\frac{P_b}{P_w}$ △ cos φ	Spezial-Kosinusteilung	cos φ

Einstellbereiche

1. Drehstrom 220 V in Dreieck
2. Drehstrom 380/220 V Sternschaltung
3. Gleich-Wechselstrom 220 V



Haben Sie noch andere Rechenarbeiten durchzuführen, so ist das bekannte Darmstadt-System mit seinen sehr günstigen Anordnungen der Skalen eine weitere wertvolle Ergänzung des Rechenstabes.

Teilungen System Darmstadt

LL 1	$e^{0,01x}$	CI	$\frac{1}{x}$
LL 2	$e^{0,1x}$	C	x
LL 3	e^{x}	D	x
A	x^2	P	$\sqrt{1-x^2}$
B	x^2	S	$\measuredangle$ sin
L	lg x	T	$\measuredangle$ tan

Mit Berechnungswerten und Formeln in der Elektrotechnik, im besonderen bei der Projektierung von Starkstromanlagen, wissen Sie umzugehen ...
und deshalb sind Ihnen die Zusammenhänge zwischen Spannung – Strom – Leistungsfaktor usw. nicht fremd. Es wiederholen sich also in Ihrer Rechnung gewisse Formeln und konstante Werte. Diese Konstanten, auf die drei z. Zt. angewandten Stromverteilungsbereiche, übernimmt einwandfrei und mit mathematischer Folgerichtigkeit der neue

»ELECTRIC«

Sie brauchen deshalb nur Ihre vorhandenen Werte gewissermaßen „eingeben" und erhalten alle sich daraus resultierenden Ergebnisse im richtigen Wertverhältnis. Wie vielseitig der „ELECTRIC" in der Anwendung ist, werden Sie sehr bald schätzen lernen.
An einigen Beispielen sehen Sie wie schnell, leicht und sicher sich bestimmte Rechenprobleme mit dem „ELECTRIC" lösen lassen.

VDE 0100/11.58	6	10	15	20	25	35	50	60	80	100	125	160	200	225	260	300	350	430	500	600
TGL 200-0613	6	10	16	20	25	36	50	63	80	100	125	160	200	224	250	300	355	429	500	600
Differenz			+1			+1		+3						–1	–10		+5	–1		

Während der Herstellung des Stabes wurde die VDE 0100 abgelöst durch die TGL 200-0613. Die geringfügigen Differenzen in der Belastung und Absicherung gehen aus der Gegenüberstellung hervor.
Zur besseren Erläuterung und Übersicht sind die Spezialskalen in der Anleitung mit fortlaufenden römischen Zahlen versehen.

Beispiel 1

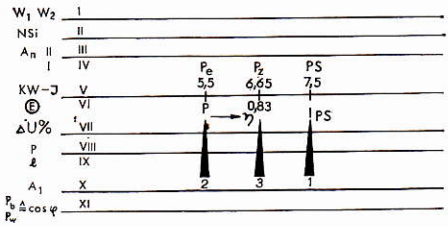
Ein Motor mit einer effektiven Leistung von 7,5 PS, einem Wirkungsgrad von $\eta = 0{,}83$ und einem Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0{,}84$ soll zur Aufstellung kommen. Belastungsgruppe II.

Gesucht: die effektive elektrische Leistung P_e; die zugeführte Leistung P_z; die Ströme I; die Querschnitte A_n und die Nennsicherungen für alle 3 Bereiche. Drehstrom 220 V in Dreieck; Drehstrom 380/220 in Stern- und Einphasen-Wechselstrom 220 V.

Lösung: gegeben: 7,5 PS; cos $\varphi = 0{,}84$ $\eta = 0{,}83$
ermittelt: $P_e = 5{,}5$ kW; $P_z = 6{,}65$ kW gilt für alle Bereiche

Lösungsweg:

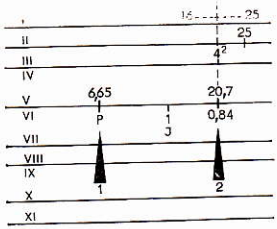
Bild 1a



Die Marke PS (VI/1) wird nach Bild 1a unter 7,5 (V) gezogen, dann steht über P (VI/2) die effektive elektrische Leistung mit 5,5 kW und über dem Wirkungsgrad von 0,83 (VI/4) die zugeführte Leistung von 6,65 kW (V/3).

Für die Querschnitte, Ströme usw. gelten folgende Bilder:

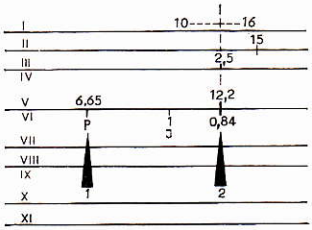
Bild 1b



Bereich I 220 V Drehstrom
J = 20,7 A
An = 4 qmm
NSi = 25 A
W_2 = 16—25 A

Einstellung nach Bild 1b P (VI/1) unter 6,65 kW (V/1) und dann stehen alle die gesuchten Werte über 2.

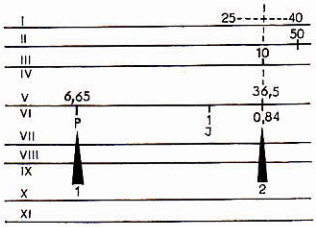
Bild 1c



Bereich II 380 V Drehstrom
J = 12,2 A
An = 2,5 mm gilt nur für kurze Leitungen (Optische Grenze)
NSi = 15 A
W_2 = 10—16 A

Lösungsweg wie nach Bild 1b

Bild 1d



Bereich III
220 V Wechselstrom
J = 36,5 A
An = 10 qmm
NSi = 50 A
W_2 = 25—40 A

Lösungsweg wie nach Bild 1b

Beispiel 2

Eine Leistung von 45 kW soll bei einer Spannung von 380/220 V Drehstrom und einer Länge von 400 m übertragen werden.

Welche Querschnitte sind erforderlich bei einem Spannungsverlust von $\triangle U$ 2% ...3% ...4% Al-Kabel, Belastung nach Gruppe II, wenn

a) der Leistungsfaktor $\cos \varphi_1 = 1$

b) der Leistungsfaktor $\cos \varphi_2 = 0{,}7$ beträgt.

Lösung zu a) $J\,1 = 68$ A $A_n\,1 = 25$ qmm $NSi_1 = 80$ A $P_{z1} = 45$ kVA

zu b) $J\,2 = 98$ A $A_n\,2 = 35$ qmm $NSi_2 = 100$ A $P_{z2} = 64$ kVA

Lösungsweg: $l = 400$ m; a) $\cos \varphi_1 = 1$ b) $\cos \varphi_2 = 0{,}7$

bei A =	95 qmm	120 qmm	150 qmm	185 qmm	240 qm	300 qm
zu a)	3,7	2,95	2,35	1,9	1,5	1,18%
zu b)	5,3	4,2	3,35	2,7	2,1	1,7 %

Bild 2a

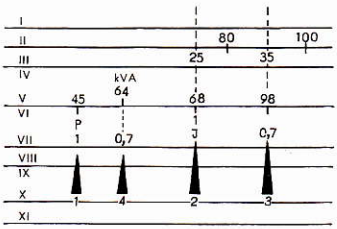


Bild 2b

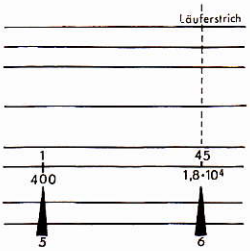


Bild 2c

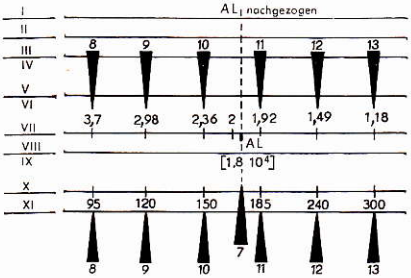
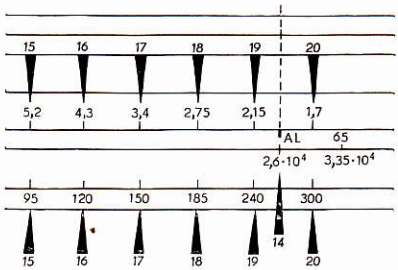


Bild 2d



Wie in den bisherigen Aufgaben ergibt sich nach Bild 2a mit der Einstellung auf Skala (V/1) der Strom J_1 mit 68 A (V/2), der Nennquerschnitt $A_n1 = 25$ qmm (III/2), die Nennsicherung mit 80 A (II/2). Strom bei $\cos \varphi_2 = 0{,}7$; J_2 mit 98 A (V/3) $A_n2 = 35$ qmm (III/3) und die NSi mit 100 A (II/3). Die kVA-Leistung über 0,7 ist bei $\cos \varphi_1 = 1$ gleich der kW-Leistung, bei $\cos \varphi_2 = 0{,}7$ kann man über 0,7 der Skala (VII/4) mit 64 kVA ablesen.

Zur Querschnittsermittlung auf die Länge von 400 m stellt man nach Bild 2b über l = 400 m die (VIII/5), Läuferstrich über 45 kW; Marke Al unter Läuferstrich, Bild 2c (VIII/7). Nun stehen alle genormten Querschnitte den Spannungsverlusten gegenüber. Siehe Skala (X/8—13) und entsprechend Skala (VII/8 · — · 13).

Analog erfolgt die Läufereinstellung über 64 kVA und darunter dann die Marke für Al, so ergibt sich ebenfalls die Spannungsverlustreihe zu den Querschnitten, Bild 2d, Skala (X und VII/15 — 20).

Mit einer Einstellung des ELECTRIC stehen das Produkt aus Länge und Leistung und unter Berücksichtigung des Leitungsmaterials, nunmehr alle genormten Querschnitte mit den entsprechenden Spannungsverlusten gegenüber.

Beispiel 3

In einem Institutsgebäude mit überwiegend Leuchtstoffröhren ergibt sich bei einer Leistung von $P_W = 120$ kw ein Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}64$. Spannung 380/220 V.

Die Leitungslänge bis zur Trafostation beträgt 170 m. Ein Spannungsverlust von 2% soll nicht wesentlich überschritten werden. Die Blindleistung ist örtlich durch einen automatischen Grenzwertregler auf einen Leistungsfaktor von ca. $\cos \varphi = 0{,}98$ zu kompensieren.

Zur Lösung der Aufgabe sind folgende Daten der Anlage zu ermitteln

Gegeben: $P_W = 120$ kW $\cos \varphi = 0{,}64$ l = 170 m Kabel Al

Lösung:

			Bild	Skala
1. Strom	J	= 286 A	3a	V/1; V/2
2. Wirkstrom	J_W	= 182 A		V/5
3. Nennquerschnitt Gr. II	A_n	= 185 qmm	3a	III/3
4. Nennsicherung	NSi	= 300 A	3a	II/4
5. Scheinleistung	P_s	= 188 kVA	3a	VII/6 und V/7
6. Blindleistung	P_b	= 145 BkW	3b	VIII/9 u. V/10

			Bild	Skala
7.	Blindstrom	J_b = 218 A	3b	VIII/11 u. V/12
8.	Kondensatorleistung	P_c = ca. 80 % = 8 × 15 kVA = 120 kVar		
9.	Rest Blindleistung	$P_{b1} = P_b - P_c$ = 145—120 = 25 kVar		
10.	neuer Leistungsfaktor	$\cos \varphi_1$ = 0,978	3c	V/13, XI/17
11.	Rest Blindstrom	J_{b1} = 38 A	3c	VIII/15 u. V/16
12.	Strom	J_1 = 186 A	3d	V/20 u. V/19
13.	Nennquerschnitt	A_{n1} = 95 qmm	3d	III/20
14.	Nennsicherung	NSi = 200 A	3d	II/20
15.	Scheinleistung	P_{s1} = 123 kVA	3e	V/21; V/22

16. Querschnitte A_1 und A_2 auf Spannungsverlust l = 170 m; P_s = 188 kVA; P_{s1} = 123 kVA

A_1 = 300 qmm bei 2,1 % U	3f	VII/26
A_2 = 185 qmm bei 2,2 % U	3g	VII/32

Bild 3a

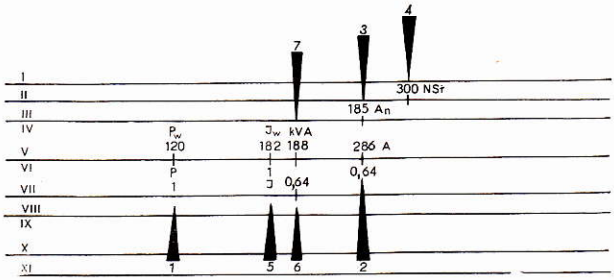
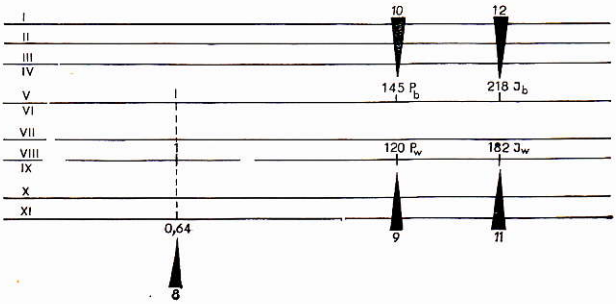


Bild 3b



Erfahrungsgemäß sind ca. 80 % zu kompensieren und auf eine in gleichen Stufen teilbare Größe zu bringen; 8 × 15 kVar = 120 kVar = P_c

$P_{b1} = P_b - P_c$ = 145 — 120 = 25 kVar Rest-Blindleistung

Bild 3c

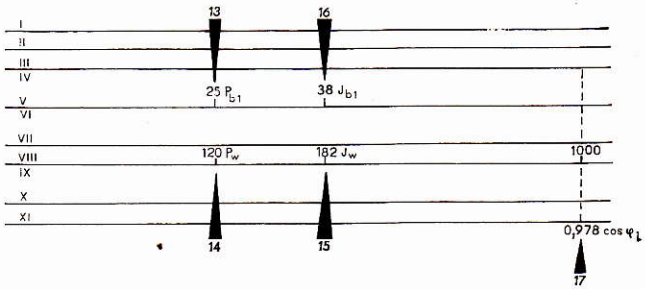


Bild 3d

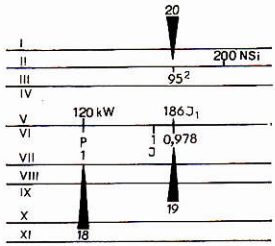
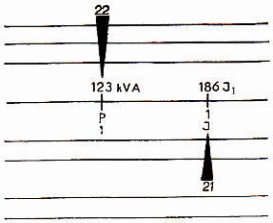


Bild 3e



Querschnitte A_1 und A_2 auf Spannungsverlust.
$l = 170$ m; $P_s = 188$ kVA; $P_{s1} = 123$ kVA.

Bild 3f

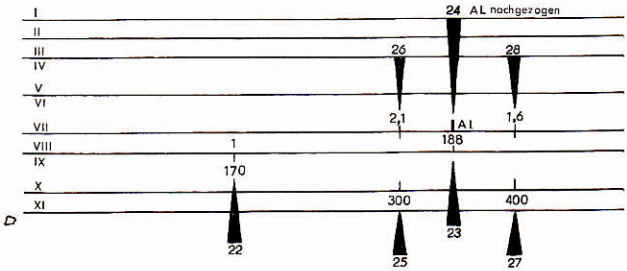
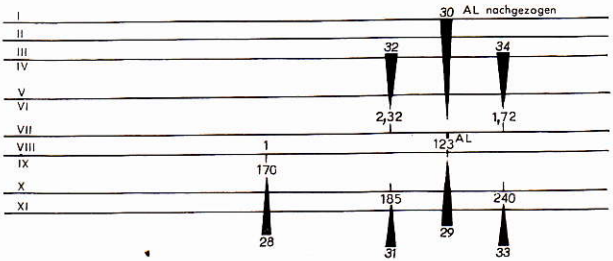


Bild 3 g



Im ersten Fall wird also ein Querschnitt von $A_1 = 300$ qmm und für die kompensierte Anlage ein Querschnitt von $A_2 = 185$ qmm benötigt. Die Blindleistung wird örtlich ausgeglichen und belastet die Zuleitung nicht mehr. Die Einsparung allein an Kabelmaterial beträgt ca. 40%. Der wirtschaftliche Nutzen tritt klar hervor.

Der Lösungsweg ist aus den Bildern 3a — 3g erkennbar, analog den vorausgegangenen Aufgaben.

Die Aufgaben lassen die Vorteile einer schnellen und gleichzeitig gewissenhaften Berechnung elektrischer Leitungen usw. deutlich erkennen.

Bestell-Nummer: Rechenstab 1731/591, Ersatzläufer 1732/591

VEB MANTISSA · DDR 808 DRESDEN

GOETHESTRASSE 9 · FERNSPRECHER 584347

Exporteur: Intermed-Export-Import
102 Berlin, Schicklerstraße 7

Deutsche Demokratische Republik

III-9-141 Jt 4459/72