

**Wissensspeicher
für die
Berufsbildung**

W

**ELEKTRISCHE
BAUELEMENTE
UND
ANLAGEN**

HOYER · RAUCH



ELEKTRISCHE BAUELEMENTE UND ANLAGEN

WISSENSSPEICHER FÜR DIE BERUFSBILDUNG

ELEKTRISCHE BAUELEMENTE UND ANLAGEN

Von Oberlehrer Dipl.-Gwl. Hans-Friedrich Hoyer
und Ing. Waldemar Rauch

5. durchgesehene Auflage
174 Bilder, 27 Tafeln



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Als berufsbildende Literatur für die Ausbildung der Lehrlinge zum Facharbeiter und für Werktätige, die zum Facharbeiter ausgebildet werden, für verbindlich erklärt

1. 9. 1979

Ministerium für Elektrotechnik und Elektronik

Dieser Wissensspeicher wurde mit Unterstützung der Zentralstelle für Aus- und Weiterbildung am Institut für Rationalisierung des Industriebereichs Elektrotechnik/Elektronik entwickelt.

© VEB Verlag Technik, Berlin, 1976

Bearbeitete Auflage: © VEB Verlag Technik, Berlin, 1979

Unveränderter Nachdruck 1981

Lizenz 201 · 370/172/81

DK 621.658.2 · LSV 3512 · VT 5/4765-5

Lektor: Oberlehrer Dipl.-Gwl. Wolfgang Wosnizok

Printed in the German Democratic Republic

Schreibsatz: VEB Verlag Technik, Berlin

Druck und buchbinderische Verarbeitung: Tribüne Druckerei Berlin

Redaktionsschluß: 20. 6. 1980

Bestellnummer: 552 791 4

DDR 6, – M

Vorwort

Der Wissensspeicher „Elektrische Bauelemente und Anlagen“ wurde für die Berufsausbildung im Lehrgang „Elektrotechnische Anlagen“ zum Grundberuf Elektromonteur entwickelt. Er enthält Aussagen über die Verteilung der Elektroenergie, die Wirkungsweisen und die Arten der Bauelemente für elektrische Anlagen, die Grundsaltungen und Ausführungsformen der Anlagen sowie ihre Steuerungen.

Der Lehrstoff ist überwiegend in Form von Merksätzen, in tabellarischen Übersichten und schematischen Darstellungen wiedergegeben. Das in dieser Form gespeicherte Wissen soll bei der Erarbeitung und Festigung neuer Kenntnisse sowohl im Unterricht als auch in der praktischen Arbeit vom Lehrling genutzt werden. Die kurzen Darstellungen haben dabei hauptsächlich die Aufgabe, das Signal für den Prozeß des Erinnerns auszulösen.

Für die 5. Auflage wurden alle zeichnerischen Darstellungen nach den neuen Standards für elektrotechnische Schaltzeichen überarbeitet. Die vorausgegangene 4. Auflage ist neben der 5. Auflage im Unterricht nur bedingt verwendbar.

Allen, die an der Entwicklung des Wissensspeichers beteiligt waren, sei auf diesem Wege gedankt. Für Mitteilungen über die Erfahrungen mit dem Buch sind wir dankbar.

VEB Verlag Technik

Inhaltsverzeichnis

1. Bereitstellung und Verteilung der Elektroenergie	9
1.1. Elektroenergiebedarf	9
1.2. Elektroenergieerzeugung	11
1.3. Elektroenergiesystem	14
2. Kenngrößen elektrotechnischer Anlagen	21
2.1. Allgemeine elektrotechnische Anlagen	21
2.2. Kenngrößen im Kurzschlußbetrieb	22
2.2.1. Ursachen und Entstehung	22
2.2.2. Kurzschlußstrombegriff	23
2.2.3. Beispiel zur Berechnung von dreipoligen Kurzschlußströmen in einem Niederspannungsnetz	24
2.2.4. Kurzschlußfestigkeit elektrischer Anlagen und deren Bauelemente (TGL 200 - 0606)	26
2.3. Leistungsfaktor	28
2.4. Anschlußwert und Höchstlast einer elektrotechnischen Anlage	34
3. Bauelemente elektrischer Anlagen	37
3.1. Sammelschienen	37
3.2. Schaltelemente	42
3.2.1. Einteilung und Aufgaben der Schalter	42
3.2.2. Allgemeine Gesichtspunkte	43
3.2.3. Niederspannungsschalter	50
3.2.3.1. Paketnockenschalter	50
3.2.3.2. Schütze	51
3.2.3.3. Hilfsrelais	54
3.2.3.4. Zeitrelais	55
3.2.3.5. RELOG-System	58
3.2.4. Hochspannungsschalter	59
3.2.4.1. Allgemeines	59
3.2.4.2. Trennschalter	60
3.2.4.3. Lasttrennschalter	62
3.2.4.4. Leistungsschalter	63
3.3. Schutzelemente	68
3.3.1. Allgemeines	68
3.3.2. Überspannungsableiter	69
3.3.3. Strombegrenzungsdröseln	74
3.3.4. Sicherungen	76
3.3.5. Schutzschalter	79
3.3.6. Relaischutzeinrichtungen	84
3.3.6.1. Allgemeines	84
3.3.6.2. Schutzrelais	84
3.3.6.3. Überstromrelais	85
3.3.6.4. Distanzrelais	92
3.3.6.5. Differentialrelais	95
3.3.6.6. Einsatz der Schutzelemente als Selektivschutz in Nieder- und Hoch- spannungsnetzen	97
3.4. Melde- und Überwachungselemente	99

4. Grundsaltungen elektrischer Anlagen	107
4.1. Begriffe	107
4.2. Allgemeine Grundsaltungen	107
4.2.1. Sammelschienenschaltungen	107
4.2.2. Kupplungsschaltungen	108
4.2.3. Grundsaltungen der Schaltfelder	110
4.3. Grundsaltungen für Umspann- und Schaltwerke	112
4.4. Grundsaltungen für Umspann- und Schaltstationen	115
5. Ausführungsformen elektrischer Anlagen	117
5.1. Einheitliches Gefäßsystem (EGS) der Elektrotechnik/Elektronik	117
5.2. Schalt- und Verteilungsanlagen bis 1000 Volt	118
5.2.1. Innenraumschaltfelder nach TGL 76 - 093	119
5.2.2. Innenraumschützfelder nach TGL 76 - 099	120
5.2.3. Innenraumschaltanlage ISA 2000	122
5.2.3.1. Allgemeine Erläuterungen	122
5.2.3.2. Technische Daten	123
5.2.3.3. Schaltfelder	124
5.2.3.4. Schützfelder	125
5.2.3.5. Kondensatorenfelder	129
5.2.3.6. Transformatorenbox ISA 2000-ST.	131
5.2.3.7. Scherpunkt-Laststation	131
5.2.3.8. Energieverteiler	133
5.2.3.9. Unterverteilungen	135
5.2.4. Stahlblechgekapselte Niederspannungs-Verteilungsanlagen (SNV-System)	136
5.2.5. Installationsverteilungen	138
5.2.5.1. Stahlblechgekapselter Niederspannungs-Schrankverteiler	138
5.2.5.2. Schaltverteilungen	139
5.2.5.3. Zentralverteiler	139
5.2.5.4. Schalt- und Verteilerschränke für Freiluftaufstellung in Plastauf- führung	140
5.3. Mittelspannungsanlagen bis 30 kV	143
5.3.1. Einteilung	143
5.3.2. Offene Innenraumschaltanlage A2SIG	143
5.3.3. Gekapselte Innenraumschaltanlage	145
5.3.3.1. Allgemeines	145
5.3.3.2. Gekapselte Innenraumschaltanlage CSIM (TGL 26 055)	146
5.3.3.3. Halbboffene Innenraumschaltanlage BSIG (TGL 200-0858)	149
5.3.3.4. Feststoffisolierte Innenraumschaltanlage ASIF 36	150
5.4. Umspann- und Schaltwerke	151
5.4.1. Freiluftanlagen	151
5.4.2. Gasisolierte Schaltanlage GSAS1-123	152
5.4.2.1. Allgemeine Erläuterungen	152
5.4.2.2. Aufbau	153
5.4.2.3. Technische Daten	157
5.4.3. Luftisolierte Innenraumschaltanlagen ab 110 kV	157
5.5. Umspann- und Schaltstationen	158
5.5.1. Ausführungsformen	158
5.5.2. Umspannstationen der Typreihe UK nach TGL 29 003	158
6. Steuerung elektrischer Anlagen	162
6.1. Schaltwarte	162
6.2. Klassische Steuerung	162
6.3. Anwahlsteuerung	162
Anhang	169
Sachwörterverzeichnis	170

1. Bereitstellung und Verteilung der Elektroenergie

1.1. Elektroenergiebedarf

Der Elektroenergiebedarf eines Landes wird vom Entwicklungsstand seiner Produktivkräfte bestimmt.

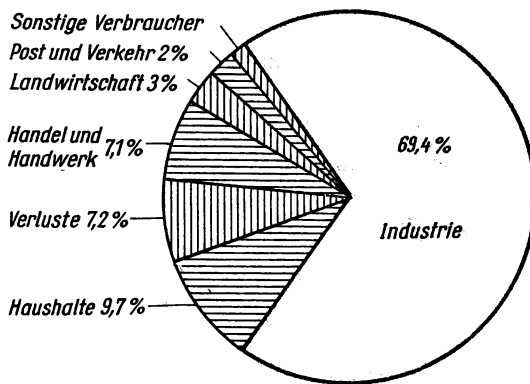


Bild 1.1. Elektroenergiebedarf in der DDR für das Jahr 1973

Entwicklungstendenzen des Elektroenergiebedarfs

Zuwachsrate im Weltmaßstab

Im Mittel muß bis zum Jahr 2000 mit einer Zuwachsrate von mindestens 7,2% jährlich gerechnet werden (Bild 1.2).

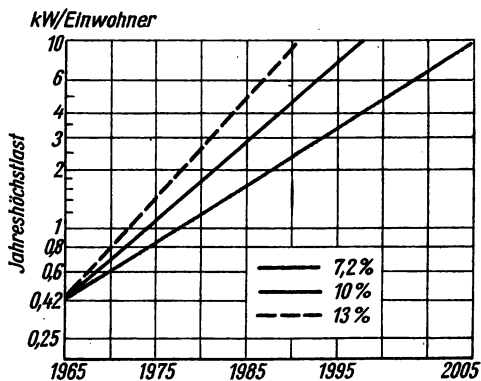


Bild 1.2. Entwicklung des Elektroenergiebedarfs in der Perspektive

In Industriezentren und Großstädten ist mit einer jährlichen Steigerung von 10 bis 13% zu rechnen.

Entwicklungstendenzen in der DDR

Schnelles Wachstum der Arbeitsproduktivität und ständige Erhöhung des Lebensniveaus sind mit einem schnellen Anstieg des Elektroenergiebedarfs verbunden. Der Anstieg wird sich voraussichtlich auf die einzelnen Bedarfsträgergruppen gleichmäßig verteilen. Besondere Aufmerksamkeit muß jedoch dem Bedarfsanstieg im Handel, Handwerk und in den Haushalten geschenkt werden, da für den zukunftsgerechten Ausbau der Niederspannungs-Ortsnetze ein hoher Anteil an Investitionen aufgewendet werden muß.

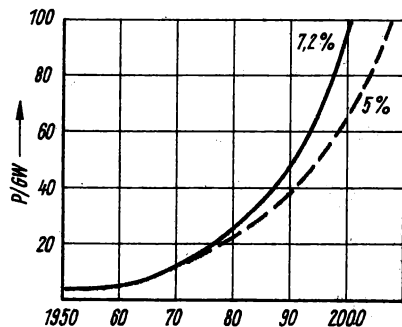


Bild 1.3. Prognosevarianten für den Elektroenergiebedarf in der DDR für Steigerungsraten 5% und 7,2%

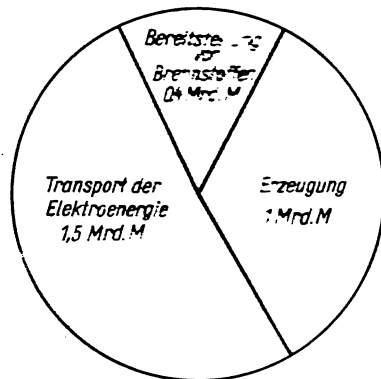
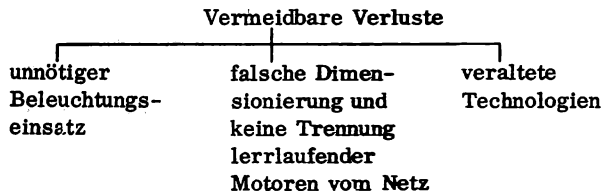


Bild 1.4. Jährliche Investitionen für die Elektroenergieerzeugung in der DDR auf Rohstoffbasis

Energieverluste

Von der den Verbrauchern zugeführten elektrischen Energie gehen 50 % dem vorgesehenen Verwendungszweck verloren. Von diesen Verlusten sind 10 % vermeidbar.



Vergleichsbasis

Maßnahmen zur rationalen Elektroenergieanwendung

$$\text{Energieintensität} = \frac{\text{aufgewendete Gebrauchsennergie}}{\text{erzeugte Warenproduktion}}$$

Industrie

- Senkung der Energieintensität durch exakte energie-wirtschaftliche Kennziffern (Energieplan). Damit ergibt sich die Möglichkeit, Verlustquellen, insbesondere von Verlustschwerpunkten, zu erfassen und zu beseitigen.

Energieplan ist wichtiger Bestandteil der Leitungstätigkeit, des sozialistischen Wettbewerbs und der Neuererbewegung.

- Schaffung eines angemessenen standardgerechten Beleuchtungsaufwands bei rationellem Energieeinsatz.
- Leistungsanpassung der Motoren an die Arbeitsmaschinen und Trennung leerlaufender Motoren vom Netz.
- Einsatz moderner Technologien.
- Einsatzverlagerung energieintensiver Maschinen aus den Spitzenbelastungszeiten.

Haushalte

- Einschränkung des Energieverbrauchs während der Spitzenbelastungszeiten,
- Vermeidung unnötigen Energieverbrauchs,
- Anwendung moderner, mit guten Wirkungsgraden verbundener Formen der Raumheizung (elektrische Wärmespeicheröfen),
- Beleuchtung der Räume nach lichttechnischen Gesichtspunkten.

1.2. Elektroenergieerzeugung

Stand und Tendenzen der Elektroenergieerzeugung in der DDR

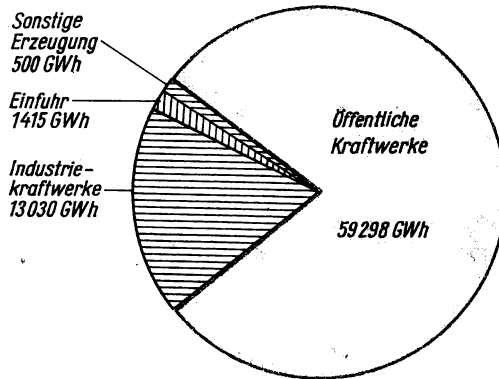


Bild 1.5. Leistungen der Elektroenergieerzeugung in der DDR im Jahr 1973

Die Erzeugung der Elektroenergie (Bild 1.5) erfolgt nahezu ausschließlich in Braunkohlekraftwerken. In den kommenden zehn bis zwanzig Jahren werden jedoch grundsätzlich 500-MW-Blöcke eingesetzt, die Kraftwerksleistungen von 3000 bis 4000 MW ermöglichen.

Vorteile größerer Generatorleistungen

- Geringerer Materialeinsatz für den Maschinenblock
- Höhere Wirkungsgrade
- Geringere Kosten für Generator und Turbine
- Geringere Investkosten für das gesamte Kraftwerk
- Geringerer Bedienungsfaktor des Kraftwerkes

Kraftwerksarten

Wasserkraft- werke	Wärmekraft- werke	klimatologische Kraftwerke
Laufwasser- kraftwerk	Dampfkraft- werk	Gezeiten- kraftwerk
Speicher- wasserkraft- werk	Kernkraft- werk	Sonnen- kraftwerk
Pumpspeicher- werk	Gasturbinen- kraftwerk	Windkraft- werk
	Dieselmacht- werk	
	MHD-Genera- toren	

Anteil der Kraftwerks-
arten an der Elektro-
energieerzeugung
(Bild 1.6)

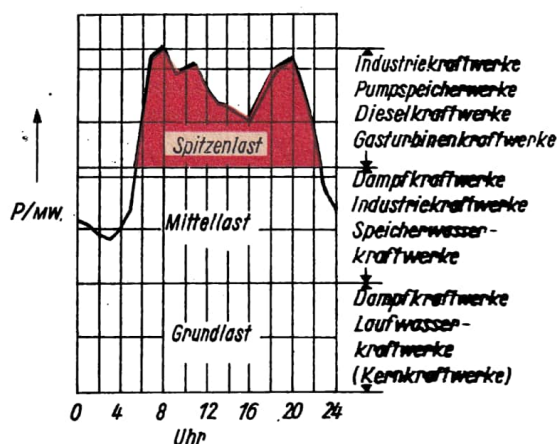


Bild 1.6
Aufgliederung der Tagesbelastung
auf die am Netz arbeitenden
Kraftwerksgruppen

Funktionsprinzip der Wasserkraftwerke

Speicherwasserkraftwerk

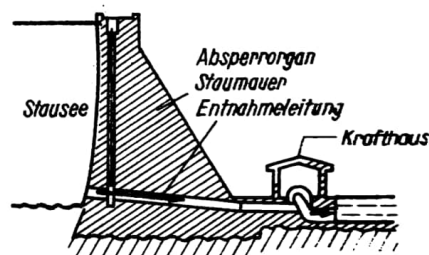
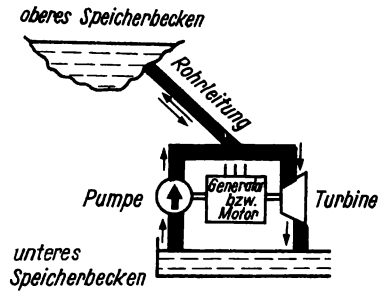


Bild 1.7

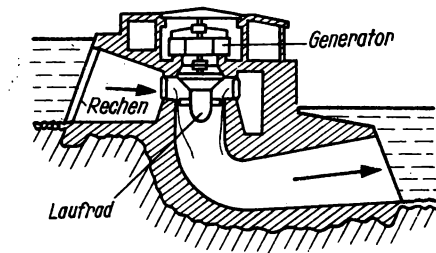
In Stauseen wird die potentielle Energie des Wassers gespeichert (Bild 1.7). Das zufließende Wasser braucht nicht unmittelbar ausgenutzt zu werden. Es kann während lastschwacher Zeiten gespeichert werden.

Pumpspeicherwerk



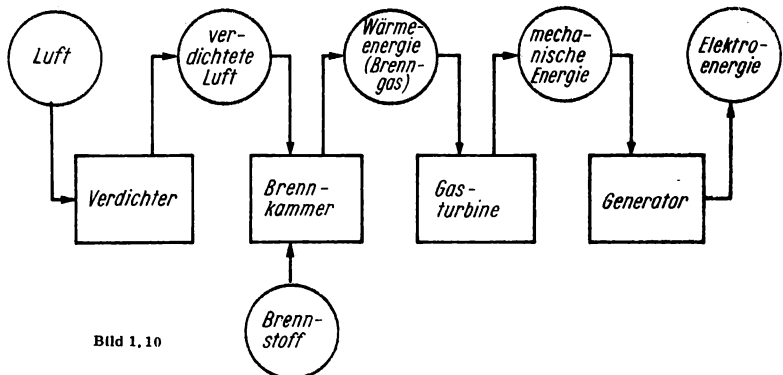
Zur Spitzenlastdeckung wird das von einem Oberbecken in ein Unterbecken strömende Wasser zur Energiegewinnung ausgenutzt. In lastschwachen Zeiten arbeitet der Generator als Pumpmotor und pumpt das Wasser wieder in das Oberbecken (Bild 1.8).

Laufwasserkraftwerk

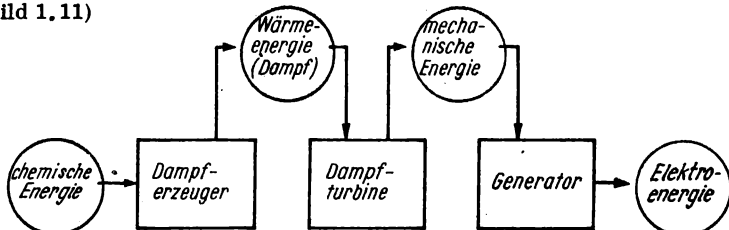


Zum Antrieb der Wasserturbinen wird unmittelbar das in einem Flußbett zufließende Wasser ausgenutzt (Bild 1.9).

Funktionsprinzipien der Wärmekraftwerke Gasturbinenkraftwerk (Bild 1.10)



Dampfkraftwerk (Bild 1.11)



MHD-Generator (magnetohydrodynamischer Generator)

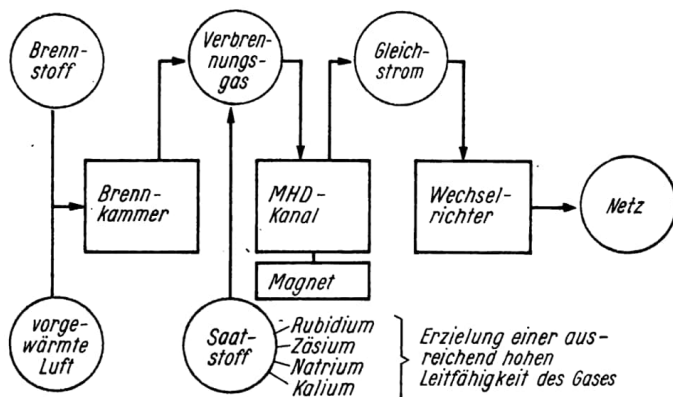


Bild 1, 12

Direkte Umwandlung von Wärmeenergie in Elektroenergie unter Umgehung der Umwandlung in mechanische Energie. Die elektromagnetische Induktion erfolgt nicht durch eine rotierende Wicklung im Magnetfeld, sondern durch das Strömen eines gasförmigen oder flüssigen Leiters im Magnetfeld.

Kernkraftwerk (Bild 1. 13)

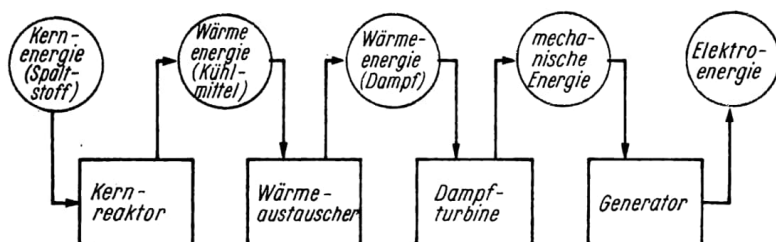


Bild 1, 13

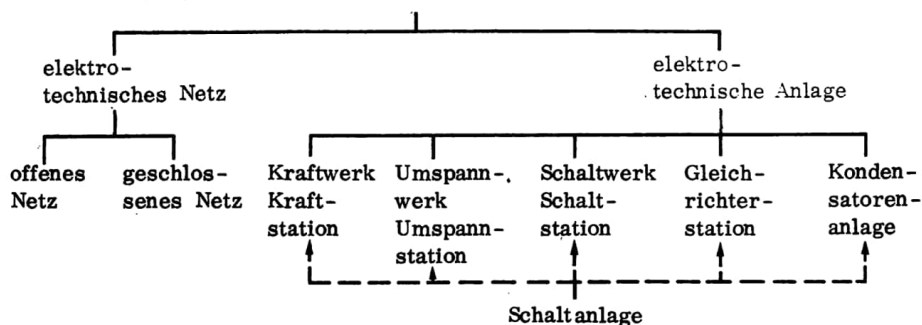
1.3. Elektroenergiesystem

Begriff

Gesamtheit aller elektrotechnischen Anlagen und Netze einschließlich aller erforderlichen Zusatzeinrichtungen zur Bereitstellung, zum Transport und zur Anwendung der Elektroenergie innerhalb einer territorialen Einheit.

Schematische Darstellung des Elektroenergiesystems

Elektroenergiesystem



- 1954: Aufbau des 220-kV-Netzes, da durch den schnellen Anstieg der Industrieproduktion in der DDR das vorhandene 110-kV-Netz nicht mehr ausreichte
- 1960: Beginn des planmäßigen Energieaustausches mit der CSSR und der Volksrepublik Polen, um Havarien oder Energieengpässe beseitigen zu können
- 1962: Inbetriebnahme der ersten 380-kV-Leitung von Ragow nach Lauchstädt, um die Kraftwerke Vetschau und Lübbenau mit dem Industriezentrum Halle zu verbinden
- 1978: Das Verbundnetz umfaßt etwa 2500 km 380-kV-Leitungen und 5200 km 220-kV-Leitungen. Hierbei werden etwa vierzig Umspannwerke und Großkraftwerke miteinander verbunden, die in zwölf regionale 110-kV-Netze mit über 6000 km Trassenlänge einspeisen.

In der weiteren Perspektive können die Übertragungsaufgaben in der DDR mit dem 380/220/110-kV-Netz nicht mehr wirtschaftlich bewältigt werden, so daß eine Erhöhung der Spannungsebenen und der Einsatz supraleitender Kabel notwendig wird.

Elektrotechnische Anlagen (Tafel 1.1)

Tafel 1. Elektrotechnische Anlagen

Schaltanlage

Teil einer elektrotechnischen Anlage, der zum Ein- und Ausschalten von Stromkreisen einer Nennspannung erforderlich ist. Es können verschiedene Stromkreise einer Spannungsebene untereinander verbunden werden. Die Schaltanlage ist somit Bestandteil der Gesamtausrüstung von Stationen und Werken

Kraftwerk	$> 1 \text{ kV}$	Bereitstellung elektrischer
Kraftstation	$\leq 1 \text{ kV}$	Energie
Umspannwerk	$\approx 110 \text{ kV}$	Umspannen zwischen zwei oder mehreren Betriebsspannungen und Verteilung der elektrischen Energie in Netzknotenpunkten
Umspannstation	$< 110 \text{ kV}$	
Schaltwerk	$\approx 110 \text{ kV}$	Verteilung elektrischer Energie in Netzknotenpunkten
Schaltstation	$< 110 \text{ kV}$	
Gleichrichteranlage	$\approx 3 \text{ kV}$	Umformung von Wechsel- bzw. Drehstrom in Gleichstrom sowie Verteilung dieses Gleichstroms
Kondensatorenanlage	$\leq 10,5 \text{ kV}$	Kompensation induktiver Blindströme zur Verbesserung des Leistungsfaktors

Begriff

Galvanisch zusammenhängendes Gebilde von Leitungen bestimmter Nennspannung.

Tafel 1.2. Netzarten

Tafel 1.1. Netzarten

Netzart	Schaltung	Vor- u. Nachteile	Einsatzbeispiele
Offene Netze (Strahlennetze)		einfache Schaltung, gute Übersicht, sehr einfache Schutz- technik. sehr einfache Planung, gute Ausnutzung, geringe Kosten, schlechte Betriebs- sicherheit, schlechte Spannungs- haltung, große Verluste	kleine Industrie- anlagen und Orts- netze mit geringem Umfang
			Lichtanlagen
Geschlossene Netze		einfache Schaltung	Ortsnetze für lang- gestreckte Siedlungen; langausgedehnte Fabrikhallen
		gute Übersicht	Fabrikanlagen, MS- Verteilungsnetze, übergeordnete Höchst-
		bessere Spannungshaltung, günstigere Verluste, einfache Planung, bessere Betriebssicher- heit, schlechte Ausnutzung, tragbare Kosten, anspruchsvolle Schutz- technik	Niederspannungs- verteilungsnetze in großen Industrieanlagen
		sehr gute Betriebssicher- heit, sehr gute Spannungshal- tung, geringe Verluste, sehr gute Ausnutzung, weniger einfache Schal- tung, erschwerter Übersicht, sehr anspruchsvolle Schutztechnik, erschwerter Planung, tragbare Kosten	Ortsnetze für Mittel- und Großstädte, NS- Netze für Großbetriebe

Höchstspannungsnetze

Finden zur Energieversorgung größerer Gebiete mit Übertragungsspannungen von 110, 220 und 380 kV Verwendung.

Mittelspannungsnetze

Dienen zur Energieversorgung kleinerer Gebiete (Städte, Stadtteile, Industriebetriebe usw.). Übertragungsspannungen 1 bis 30 kV.

Niederspannungsnetze

Versorgen den überwiegenden Teil der Verbraucher (Glühlampen, Rundfunk- und Fernsehgeräte, Haushaltsgeräte und Motoren kleinerer und mittlerer Leistung). Übertragungsspannungen bis 1 kV.

Spannungsebenen der elektrotechnischen Netze

Um hohe Leistungen wirtschaftlich über große Entfernungen übertragen zu können, wurden im Laufe der technischen Entwicklung immer höhere Übertragungsspannungen verwendet (Bild 1.14).

Entwicklung der Übertragungsspannungen im Weltmaßstab

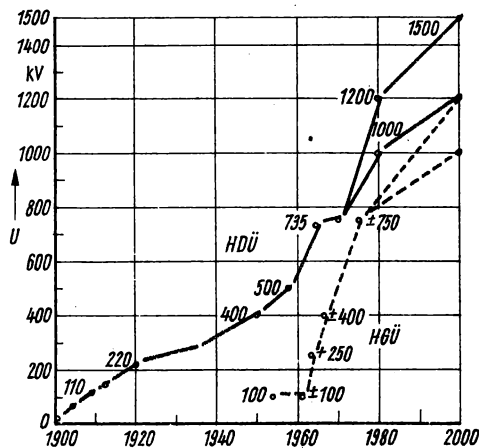


Bild 1.14. Entwicklung der Übertragungsspannung im Weltmaßstab

Wesentliche beeinflussbare Faktoren durch Übertragungsspannungen

Höhere Übertragungsspannungen haben folgende Auswirkungen:

- Geringere Kurzschlußleistungen
- Geringere Netzverluste (Bild 1.15)

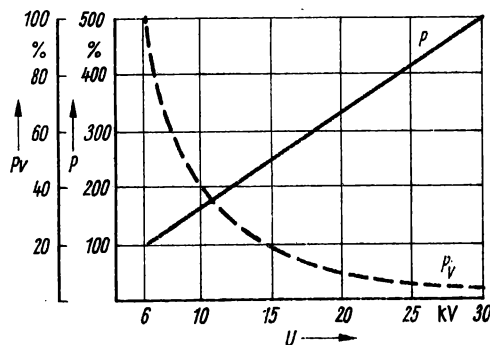


Bild 1.15. Abhängigkeit der Übertragungsleistung und der Verlustleistung von der Spannungshöhe

- Höhere Übertragungsleistungen (Bild 1.16)
- Längere Übertragungsleitungen (Bild 1.16)

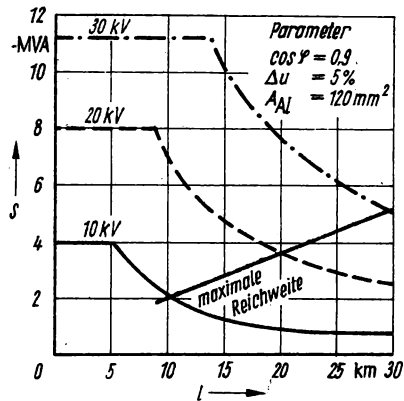


Bild 1.16. Übertragungsfähigkeit von Drehstromkabeln

- Geringe Investitionen

Nennspannungen
nach TGL 17 872
(Tafel 1.3)

Tafel 1.3. Nennspannungen nach TGL 17 872

Gleichstrom	110	<u>220</u>	440	<u>600</u>	750	<u>1200</u>	1500	<u>2400</u>	3000	V			
Wechsel- u.	127	<u>220</u>	<u>380</u>	500	<u>660</u>					kV			
Drehstrom	2	3	5	6	<u>10</u>	15	<u>20</u>	25	<u>30</u>	<u>110</u>	<u>220</u>	<u>380</u>	kV

Die unterstrichenen Werte sind Vorzugsspannungen.

Grundsätzlicher Aufbau
der Netze in der DDR
(Bild 1.17)

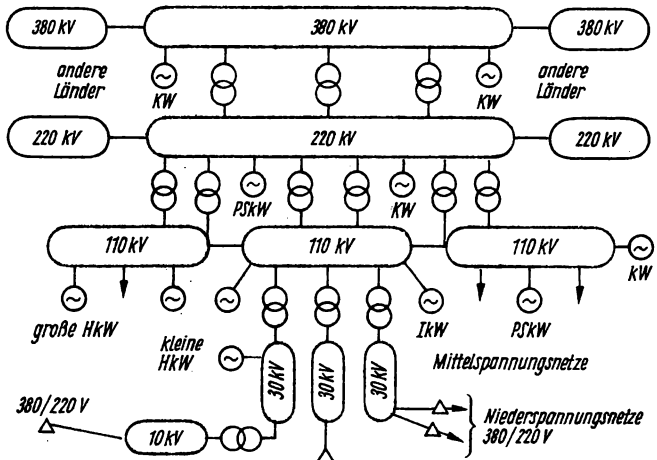


Bild 1.17. Grundsätzlicher Aufbau elektrischer Netze in der DDR

Grundsätzlicher Verteilungsplan
einer
Elektroenergie-
versorgungsanlage
(Bild 1.13)

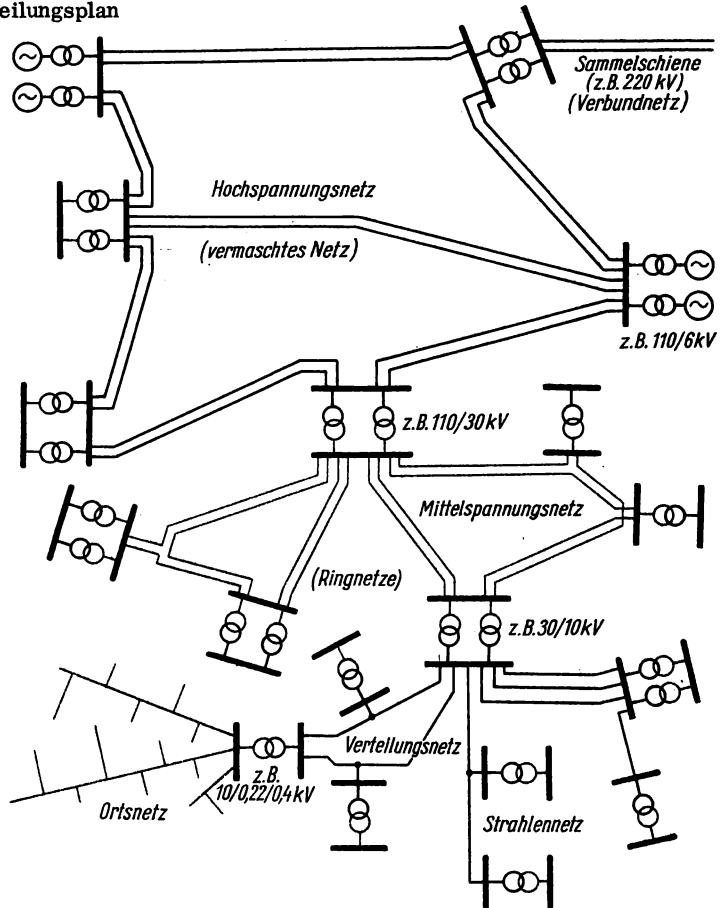


Bild 1.18

Verbundbetrieb in der
Elektroenergieversorgung

Inselbetrieb von
Kraftwerken

Nationaler Verbundbetrieb

Internationaler Verbund-
betrieb

Energiewirtschaftliche
Bedeutung des Verbund-
betriebes

Versorgung eines ganz bestimmten, festumrissenen
Verbrauchsgebiets (Insel) durch ein Kraftwerk.

Zusammenfassung verschiedener Kraftwerke und
Verbrauchszentren eines Landes zu einem umfang-
reichen Versorgungssystem (Verbundnetz).

Zusammenfassung von Erzeugern und Verbraucher-
zentren erstreckt sich über den Raum mehrerer Län-
der.

- Verminderung der Belastungsschwankungen im ge-
samten Verbundnetz gegenüber den Belastungs-
schwankungen der einzelnen Verbrauchsgebiete.
- Verringerung der Erzeugungs- und Investitions-
kosten durch den Einsatz großer Erzeugungsein-
heiten. Durch die Verlegung der Kraftwerke an die
Fundorte der Rohenergie wird der umständliche
und kostspielige Transport der Rohenergie umgan-
gen.

- Bessere Betriebszuverlässigkeit, da der Ausfall von Erzeugereinheiten durch den Einsatz von verfügbaren Leistungsreserven benachbarter Kraftwerke kompensiert werden kann.

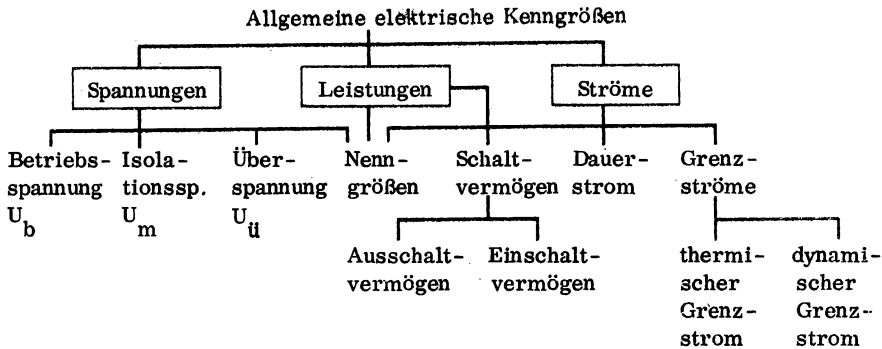
Energiesystem „Mir“

Seit 1968 besteht das gemeinsame Energiesystem, an dem alle europäischen RGW-Länder beteiligt sind. Die in den Kraftwerken dieses Systems erzeugte Energie überstieg 1973 bereits 400 Mrd. kWh, die Übertragungsleitungen haben eine Länge von über 4000 km.

Allein die Verminderung der Ausgaben für die Elektroenergieerzeugung brachte jedem der beteiligten Länder einen ökonomischen Nutzen von einigen zehn Millionen Rubel.

2. Kenngrößen elektrotechnischer Anlagen

2.1. Allgemeine elektrotechnische Anlagen



Nenngrößen	Kenngrößen, nach denen Betriebsmittel, Anlageteile und Netze bemessen und gebaut sind.
Betriebsspannung	Im Mittel zeitlich und örtlich zwischen den Leitern des gleichen Netzes herrschende Spannung, mit der das ungestörte Netz im Normalfall betrieben wird.
Isolationsspannung	Spannung, mit der ein Betriebsmittel unter normalen Bedingungen betrieben werden darf. Auf sie sind die Prüfspannungswerte der äußeren und inneren Isolation bezogen.
Überspannung	Spannung, deren Wert den Scheitelwert der Betriebsspannung übersteigt. Sie kann den Bestand oder Betrieb einer Anlage gefährden.
Einschaltvermögen	Wert des Einschaltstroms oder auch der Einschaltleistung, den ein Schalter ohne Beschädigung der Schaltstücke einschalten kann.
Ausschaltvermögen	Wert des Ausschaltstroms oder der Ausschaltleistung, den ein Schalter ausschalten kann.
Dauerstrom	Strom, der unbegrenzte Zeit geführt werden kann, ohne daß Teile eine unzulässige Temperatur annehmen.
Thermischer Grenzstrom	Zulässiger Effektivwert des Stroms, der während 1 s fließen kann, ohne daß eine unzulässig hohe thermische Beanspruchung auftritt.
Dynamischer Grenzstrom	Höchster Augenblickswert des Stroms, mit der Einrichtungen dynamisch beansprucht werden können, ohne daß Schäden entstehen.

2.2. Kenngrößen im Kurzschlußbetrieb

2.2.1. Ursachen und Entstehung

Überlast- und Kurzschlußströme

Sie entstehen, wenn die unter normalen Bedingungen vorhandene Isolation zwischen Anlagenteilen unterschiedlichen Potentials schadhaft wird.

Ursachen hierfür können Durchschläge der Isolation infolge Überspannungen, Alterung der Isolation, mechanische Beschädigung, Verschmutzung, Bildung von Kriechstrecken, vergessenes Werkzeug und dergleichen sein.

In Hochspannungsnetzen, bei denen die elektrische Energie mit Freileitungen übertragen wird, können beispielsweise Vogelflug, herabfallende Baumäste, starker Wind usw. einen vorübergehenden Kurzschluß hervorrufen.

Kurzschlußarten in Drehstromnetzen
(Bild 2.1)

- 3poliger Kurzschluß (a),
- 2poliger Kurzschluß ohne Erdberührung (b),
- 2poliger Kurzschluß mit Erdberührung (c),
- 1poliger Erdkurzschluß (d),
- Erdschluß (e).

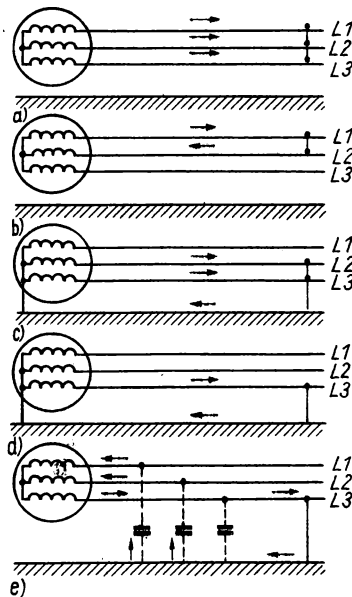


Bild 2.1. Fehler in Drehstromanlagen

Entwicklung der Kurzschlußströme

Der ständig steigende Ausbau des Elektroenergiesystems führt zwangsläufig zu einer Erhöhung der Kurzschlußströme durch:

- steigende Kraftwerkskapazitäten
- weitere Vermaschung des Netzes durch Neubau von Leitungen und Umspannwerken
- Erhöhung der Transformatorenleistungen in den Umspannwerken
- Vergrößerung der Systemleistung im RGW-Verbundsystem

2.2.2. Kurzschlußstrombegriff

Zeitlicher Verlauf des Kurzschlußstroms im asymmetrischen Kurzschlußfall

Im Augenblick des Kurzschlusses steigt der Strom stoßartig vom Nennstrom auf den Stoßkurzschlußstrom I_s (Bild 2.2).

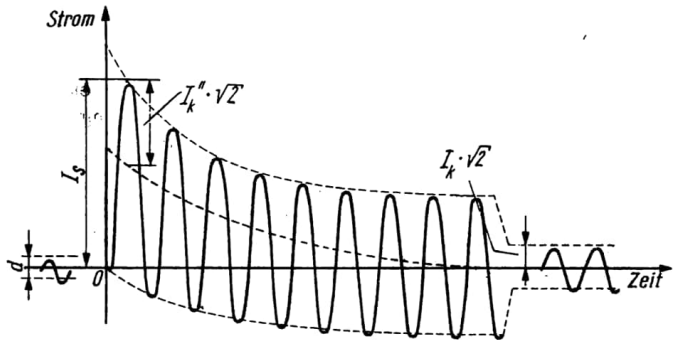


Bild 2.2. Oszillogramm des Kurzschlußstroms

Verlauf des Kurzschlußstroms endet nach einem Ausgleichsvorgang im Dauerkurzschlußstrom I_k .

Entwicklung des Ersatzschaltbildes der Kurzschlußstrombahn bei dreipoligem Netzkurzschluß (Bild 2.3)

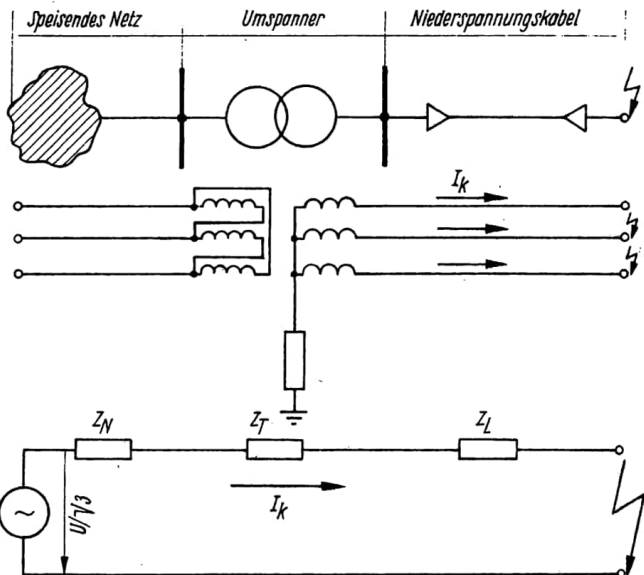


Bild 2.3. Entwicklung des Widerstandsersatzschaltbildes für den dreipoligen Kurzschluß

Kurzschlußimpedanz

$$Z = Z_N + Z_T + Z_L$$

Z_N Impedanz des vorgeschalteten Netzes

Z_T Impedanz des Umspanners

Z_L Impedanz zwischen der Unterspannungsseite des Umspanners und der Kurzschlußstelle (Kabel, Leitungen, Schalter, Sicherungen, Wandler, Verbindungsstellen)

Anfangskurzschluß-
wechselstrom I_k''

Effektivwert des Kurzschlußstroms im Augenblick des Kurzschlußeintritts (Bild 2.2).

$$I_{k(3)}'' = \frac{1,05 \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z}$$

Stoßkurzschlußwechsel-
strom I_s

Höchster Augenblickswert des Kurzschlußstroms nach dem Eintritt des Kurzschlusses (Bild 2.2). Er wird als Maximalwert angegeben und ist maßgebend für die dynamische Festigkeit einer elektrotechnischen Anlage.

$$I_{s(3)} = \chi \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k(3)}''$$

Stoßfaktor für Netze
unter 1000 V
(Bild 2.4)



Bild 2.4. Stoßfaktor für Netze bis 1000 V

Der Stoßfaktor χ ist das Verhältnis R/X . R und X sind die Wirk- und Blindwiderstände der Kurzschlußstrombahn.

Anfangskurzschluß-
wechselstromleistung
 S_k''

Bedeutsam für die Auswahl der Leistungsschalter hinsichtlich der Ausschaltleistung.

$$S_{k(3)}'' = \sqrt{3} \cdot I_{k(3)}'' \cdot U_n$$

Dauerkurzschluß-
strom I_k
(Bild 2.2)

Effektivwert des Wechselstromes, der nach dem Abklingen des Ausgleichsvorgangs bestehen bleibt.

$$\text{Im Niederspannungsnetz gilt } I_k'' = I_k.$$

2.2.3. Beispiel zur Berechnung von dreipoligen Kurzschlußströmen in einem Niederspannungsnetz

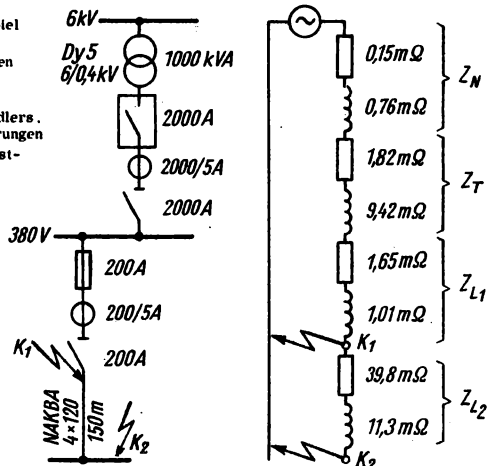
Für das 380-V-Netz sind die dreipoligen Kurzschlußströme an den Stellen K_1 und K_2 zu berechnen (Bild 2.5).

Bild 2.5. Schaltbild zum Berechnungsbeispiel des Kurzschlußstroms

Z_N Impedanz des vorgeschalteten speisenden Netzes (Umspanner, Leitungen)

Z_T Impedanz des Umspanners

Z_L Impedanz des Leistungsschalters, Wandlers, Trenners, der Sammelschienen, Sicherungen sowie des Wandlers 200/5 A und des Lastschalters 200 A



Wirk- und Blindwiderstände
(Tafel 2.1)

Tafel 2.1. Zusammenstellung der Wirk- und Blindwiderstände der Kurzschlußstrombahn

	R in mΩ	X in mΩ	R/X
speisendes Netz	0,15	0,76	-
Umspanner	1,82	9,42	-
Leistungs- bis Lastschalter	1,65	1,01	-
Kabelstrecke	39,80	11,30	-
Gesamtwider- stand an K ₁	3,62	11,19	0,32
Gesamtwider- stand an K ₂	43,42	22,49	1,90

$$\text{Impedanz am Kurz-} \quad Z_1 = \sqrt{3,62^2 + 11,19^2}$$

$$\text{schlußort K}_1 \quad Z_1 = 11,76 \text{ m}\Omega$$

$$\text{Impedanz am Kurz-} \quad Z_2 = \sqrt{43,42^2 + 22,49^2}$$

$$\text{schlußort K}_2 \quad Z_2 = 48,9 \text{ m}\Omega$$

$$\text{dreipoliger Anfangs-} \quad I_{k(3)}'' = \frac{1,05 \cdot 380 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 11,76 \cdot 10^{-3} \Omega}$$

$$\text{kurzschluß-} \quad I_{k(3)}'' = 19,8 \text{ kA}$$

$$\text{wechselstrom am} \quad$$

$$\text{Kurzschlußort K}_1 \quad$$

$$\text{dreipoliger Anfangs-} \quad I_{k(3)}'' = \frac{1,05 \cdot 380 \text{ V}}{\sqrt{3} \cdot 48,9 \cdot 10^{-3} \Omega}$$

$$\text{kurzschlußwechsel-} \quad I_{k(3)}'' = 4,68 \text{ kA}$$

$$\text{strom am Kurz-} \quad$$

$$\text{schlußort K}_2 \quad$$

$$\text{dreipoliger Stoß-} \quad I_{s(3)} = 1,37 \cdot \sqrt{2} \cdot 19,8 \text{ kA}$$

$$\text{kurzschlußwechsel-} \quad I_{s(3)} = 38,7 \text{ kA}$$

$$\text{strom am Kurz-} \quad$$

$$\text{schlußort K}_1 \quad$$

dreipoliger Stoß-
kurzschlußwechsel-
strom am Kurzschluß-
ort K_2

$$I_{s(3)} = 1,0 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,68 \text{ kA}$$

$$I_{s(3)} = \underline{6,63 \text{ kA}}$$

Anfangskurzschluß-
wechselstromlei-
stung am Kurz-
schlußort K_1 und K_2

$$S''_{k(3)} = \sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 19,8 \text{ kA}$$

$$S''_{k(3)} = \underline{13 \text{ MVA}}$$

$$S''_{k(3)} = \sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 4,68 \text{ kA}$$

$$S''_{k(3)} = \underline{3,08 \text{ MVA}}$$

2.2.4. Kurzschlußfestigkeit elektrischer Anlagen und deren Bauelemente (TGL 200-0606)

Allgemeines

- Da Kurzschlußströme ein Vielfaches der Nennströme der Betriebsmittel betragen (teilweise über 100 kA), sind im Bereich der Kurzschlußstellen erhöhte thermische und dynamische Beanspruchungen zu erwarten.
- Außerdem stellen die Kurzschlußströme eine mögliche Gefährdung für das Bedienungs- und Wartungspersonal dar.
- Eine weitere Begleiterscheinung von Kurzschlußströmen ist der Störlichtbogen. Er entsteht am Kurzschlußort und läuft etwa mit der Schallgeschwindigkeit das Sammelschienensystem entlang. Im ungünstigsten Fall kann er bei einer Kurzschlußdauer von 50 ms und einem Kurzschlußstrom von 60 kA die Anlage über eine Strecke von 40 m zerstören.

Thermische Kurzschlußfestigkeit

Kurzschlußströme rufen durch Umwandlung elektrischer Energie Wärmeenergie an den Wirkwiderständen der Kurzschlußstrombahn (Wandler, Relais, Schalter, Leiter, Kabel usw.) hervor. Die erzeugte Wärmemenge muß von allen Bauelementen aufgenommen werden können, ohne daß die Temperatur der stromdurchflossenen Leiterteile oder deren Umgebung unzulässig hohe Werte annimmt. Die thermische Beanspruchung ist dabei vom Quadrat der Stromstärke und der Kurzschlußdauer abhängig ($I^2 \cdot R \cdot t$).

Thermisch wirksamer Mittelwert des Kurzschlußstroms I_{mth}

- Begriff
Effektivwert des Stroms, der in einer Sekunde die gleiche Wärmemenge erzeugt, wie der in der Gesamtausschaltzeit veränderliche Kurzschlußstrom. Er ist ein Maß für die thermische Kurzschlußfestigkeit.
- Berechnungsgleichung für das NS-Netz

$$I_{mth} = I_k'' \cdot \sqrt{(m+1) t_k}$$

t_k Kurzschlußabschaltzeit

● Einflußgröße m (Bild 2.6)

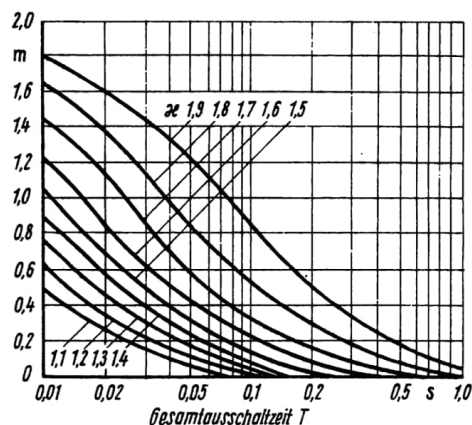


Bild 2.6. Einflußgröße m

Dynamische
Kurzschlußfestigkeit

Jeder vom Strom durchflossene Leiter erzeugt eine magnetische Ursprungung und somit einen Magnetfluß $\Phi = I \cdot w / R_m$. Da in elektrotechnischen Anlagen mehrere Leiter parallel verlaufen, entstehen durch Überlagerung der elektromagnetischen Felder Kraftwirkungen. Diese beanspruchen beispielsweise Stromleiter auf Biegung und die Befestigungselemente der Leiter (Stützer, Durchführungen) auf Zug, Druck und Biegung. Elektrotechnische Anlagen und Bauelemente müssen bei Kurzschlüssen den maximal möglichen dynamischen Beanspruchungen standhalten. Deshalb wird zum Nachweis der dynamischen Festigkeit der maximal zu erwartende Stoßkurzschlußstrom zugrunde gelegt.

Bestimmung der Kraftwirkung zwischen zwei Sammelschienen eines Drehstromsystems

$I_s = 130 \text{ kA}$ (Stoßkurzschlußstrom)
 $l = 1 \text{ m}$ (Länge der Sammelschiene)
 $a = 0,05 \text{ m}$ (Abstand der Sammelschienen)

Allgemein gilt:

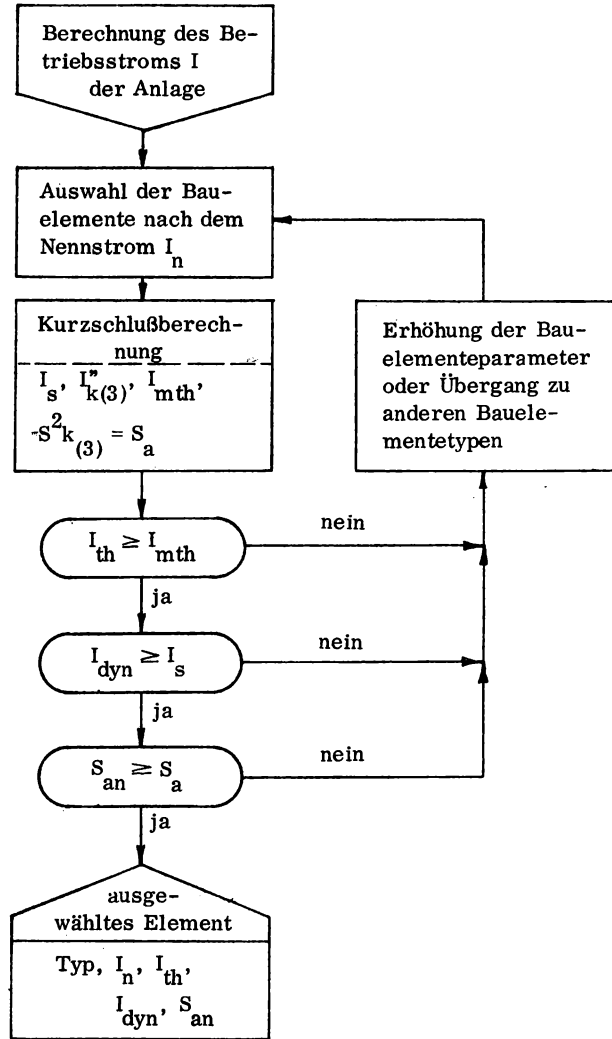
$$F = 2,04 \cdot 10^{-7} \cdot I_s^2 \cdot \frac{1}{a} \text{ in N}$$

Damit ergibt sich die Kraft F auf 1 m Sammelschiene:

$$F = 2,04 \cdot 10^{-7} \cdot 130\,000^2 \cdot \frac{1}{0,05} \text{ N}$$

$$F \approx 70\,000 \text{ N} = \underline{\underline{70 \text{ kN}}}$$

Auswahlkriterien für elektrotechnische Bauelemente hinsichtlich der Kurzschlußfestigkeit
(vereinfachte Darstellung)



I_n Nennstrom, I_{th} thermischer Grenzstrom, I_{dyn} dynamischer Grenzstrom, S_{an} Nennausschaltleistung

2.3. Leistungsfaktor

Begriff

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Blindleistungsverbraucher

Die gesamte elektrotechnische Anlage benötigt induktive Blindleistung. Alle induktiven Betriebsmittel brauchen zum Aufbau des magnetischen Feldes einen induktiven Blindstrom. Dieser belastet die Übertragungseinrichtungen zusätzlich, weil er keine echte elektrische Arbeit leistet. Die induk-

Asynchronmotoren	65 bis 80% der Blindleistung des Netzes
Transformatoren	10 bis 25%
Spulen	Spulen für Auslöser, Drosselspulen für Leuchtstoff- und Quecksilberhochdrucklampen
Auswirkungen des Leistungsfaktors (Tafel 2.2)	Der Leistungsfaktor ist entscheidend für die Wirtschaftlichkeit der Elektroenergie-Erzeugung und -Übertragung.

Tafel 2.2. Auswirkungen des Leistungsfaktors

Einflußfaktoren	Gleichung	Auswirkungen
Strombelastung der Übertragungsglieder	$I \uparrow = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi} \uparrow$	Niedrige Leistungsfaktoren erfordern größere Leitungsquerschnitte, höhere Transformatorenleistungen und Verstärkung aller stromleitenden Übertragungselemente
Leistungsverlust	$P_v \uparrow = \frac{P^2 \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \varphi} \uparrow$	Bei den Leistungsverlusten zeigen sich die Auswirkungen eines niedrigen Leistungsfaktors am deutlichsten. Sie steigen quadratisch mit fallendem Leistungsfaktor.
Spannungsabfall	$U_v \uparrow = \frac{R \cdot P}{U \cdot \cos \varphi} \uparrow$	Besonders in Mittel- und Hochspannungsfreileitungsnetzen wirkt sich die Abhängigkeit des Spannungsabfalls vom Leistungsfaktor sehr stark aus.
Energieerzeugung	Scheinleistung des Generators ist konst. $P \downarrow = S \cdot \cos \varphi \downarrow$	Bei fallendem Leistungsfaktor des Verbrauchernetzes muß der Generator seine Wirkleistung herabsetzen, da mehr Blindleistung geliefert werden muß. Es müssen zusätzliche Generatorleistungen oder Phasenschieber eingesetzt werden.

Ökonomische Betrachtungen

Um die Auswirkungen eines niedrigen Leistungsfaktors zu kompensieren sind zusätzliche Kosten notwendig.

Grundmittel

Für Netze und Energieerzeuger sind größere Anlageinvestitionen erforderlich.

Umlaufmittel

Durch zusätzlichen Einsatz von Generatoren erhöhen sich die Umlaufmittel (z.B. Brennstoffe und Schmiermittel).

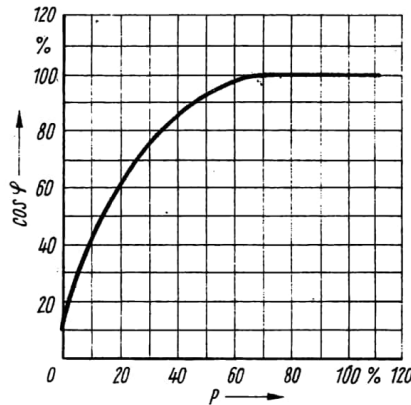
Energietarif

Die Verursacher von niedrigen Leistungsfaktoren müssen die zusätzlichen Kosten tragen. Für die industriellen Abnehmer wird deshalb der Blindleistungsverbrauch mit berücksichtigt. Als Verrechnungsleistung gilt die Scheinleistung. Je kleiner der Blindleistungsverbrauch ist, desto geringer ist auch die entsprechende Scheinleistung. Die Energieversorgung fordert mindestens einen Leistungsfaktor $\cos \varphi = 0,95$.

Verbesserung des Leistungsfaktors Nennbetrieb von Motoren

Der Leistungsfaktor eines Wechsel- bzw. Drehstrommotors ist lastabhängig (Bild 2.7).

Bild 2.7. Leistungsfaktor eines Drehstrom-Asynchronmotors in Abhängigkeit von der Belastung



Die Motorleistung ist optimal an die Leistung der Arbeitsmaschine anzupassen. Der Leerlauf der Motoren ist möglichst zu vermeiden.

Synchroner Phasenschieber

Siehe Lehrbuch „Rotierende Maschinen“ !

Kondensator

● Wirkungsprinzip

Siehe Wissenspeicher „Grundlagen der Elektrotechnik“ !

● Berechnungsgleichungen

$$Q_C = P \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$C = \frac{Q_C}{U^2 \cdot \omega}$$

● Kondensatoren werden in Einphasen- oder Drehstromausführung hergestellt. Niederspannungs-

kondensatoren werden vorzugsweise in Dreieck geschaltet, so daß in der obigen Gleichung die verkettete Netzspannung U einzusetzen ist.

Ermittlung der notwendigen
Kondensatorleistung
(Tafel 2.3)

Tafel 2.3. Ermittlung der Kondensatorleistung, bezogen auf 1 kW Wirkleistung

Vorhandener $\cos \varphi$	Gewünschter $\cos \varphi_2$					
	0,88	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98
0,50	1,20	1,25	1,31	1,37	1,44	1,53
0,52	1,11	1,16	1,22	1,28	1,35	1,44
0,54	1,02	1,08	1,14	1,20	1,27	1,36
0,56	0,94	1,00	1,05	1,12	1,19	1,28
0,58	0,87	0,92	0,98	1,04	1,11	1,20
0,60	0,80	0,85	0,91	0,97	1,04	1,13
0,62	0,73	0,78	0,84	0,90	0,97	1,06
0,64	0,67	0,72	0,78	0,84	0,91	1,00
0,66	0,60	0,66	0,71	0,78	0,85	0,94
0,68	0,54	0,60	0,65	0,72	0,79	0,88
0,70	0,49	0,54	0,60	0,66	0,73	0,82
0,72	0,43	0,48	0,54	0,60	0,67	0,76
0,74	0,37	0,43	0,48	0,55	0,62	0,71
0,76	0,32	0,37	0,43	0,50	0,56	0,65
0,78	0,27	0,32	0,38	0,44	0,51	0,60
0,80	0,21	0,27	0,33	0,39	0,49	0,55
0,82	0,16	0,22	0,27	0,33	0,40	0,49
0,84	0,11	0,16	0,22	0,28	0,35	0,44
0,86	0,06	0,11	0,17	0,23	0,30	0,39
0,88		0,06	0,11	0,17	0,25	0,33
0,90			0,06	0,12	0,19	0,28

Die abgelesene Zahl ist mit dem Wert der vorhandenen Wirkleistung in kW zu multiplizieren. Das Produkt stellt die notwendige Kondensatorleistung in kvar dar.

Richtwerte für die
Motoreinzelkompen-
sation (Tafel 2.4)

Die kapazitive Blindleistung soll nicht größer sein als 90% der Leerlauf-Blindleistung. Mit hinreichender Genauigkeit entspricht die Leerlauf-Blindleistung der Leerlauf-Scheinleistung. Die genannte Forderung soll verhindern, daß bei Teilbelastung des Motors eine Überkompensation eintritt.

Tafel 2.4. Richtwerte der Kondensatorleistung für die Motoreinzelkompensation

Nennleistung des Motors in kW	Kapazitive Leistung in % der Motor-Nennleistung (kvar)
1... 3	55 %
4... 10	50 %
11... 20	45 %
21... 100	40 %

Richtwerte für die Kompensation von Leuchtstoff- und Quecksilberhochdrucklampen
(Tafel 2.5)

Tafel 2.5. Kondensatorgrößen für Entladungslampen

Lampentyp	C in μF	$\cos \varphi$
LS 8/13	2	0,98
LS 20	3	0,71
LS 40	4	0,93
LS 65	7	0,97
NF 125	10	0,92
NF 250	18	0,92
NF 400	25	0,90
NF 1000	50	0,90

Typenübersicht von Leistungskondensatoren
(Tafel 2.6)

Tafel 2.6. NS-Leistungskondensatoren 1 bis 10 kvar für Innenraum

Nennleistung kvar Q_c	Nennspannung V	Kapazität μF	Nennstrom in A	
			Parallel-schaltung	Dreieck-schaltung
1	220	3 x 22	4,5	2,6
	380	3 x 7,3	2,6	1,5
	500	3 x 4,2	2,0	1,2
1,5	220	3 x 33	6,8	4,0
	380	3 x 11	4,0	2,3
2	220	3 x 44	9,1	5,2
	380	3 x 14,7	5,3	3,1
2,5	220	3 x 55	11,4	6,6
	380	3 x 18,4	6,6	3,8
3	220	3 x 66	13,6	7,9
	380	3 x 23	7,9	4,5
4	380	3 x 29,3	10,5	6,1
5	380	3 x 36,7	13,2	7,6
6	380	3 x 44	15,8	9,1
8	380	3 x 58,7	21,0	12,2
10	380	3 x 73,4	26,3	15,2

Schaltung von Kondensatoren
(Tafel 2.7)

(Hierzu Tafel 2.7, Seite 33)

Berechnungsbeispiel

Der Leistungsfaktor einer Lampengruppe von 48 Leuchtstofflampen Typ LS 40 ist von 0,53 auf 0,95 zu verbessern. Es handelt sich um eine Gruppenkompensation im Drehstromnetz, wobei die Kondensatoren in Dreieckschaltung betrieben werden. Der entsprechende Kondensator ist auszuwählen!

Tafel 2.7. Schaltung von Kondensatoren in NS-Anlagen

Kompensationsart	Schaltung	Bemerkungen
Einzelkompensation eines Motors mit Schalter		Motor und Kondensatoren sind zur Einsparung von Schaltern gemeinsam zu schalten. Einsatz bei Motoren im Langzeitbetrieb, da sonst die Kondensatoren nicht ausgenutzt werden.
Einzelkompensation bei Leuchtstofflampen		Jeder Leuchtstofflampe muß ein gesonderter Kondensator zugeordnet werden. Er wird mit der Lampe zusammen ein- und ausgeschaltet.
Gruppenkompensation in NS-Netzen		Aus Gründen des Unfallschutzes und des Entstehens von Ausgleichsströmen müssen die Kondensatoren in kürzester Zeit entladen sein. Deshalb sind Entladewiderstände (20 k - 100 k) parallel zum Kondensator fest eingebaut.
Gruppenkompensation von Leuchtstofflampen im Drehstromnetz		Zur Vermeidung des stroboskopischen Effekts werden Leuchtstofflampen im Drehstromnetz angeschlossen. Kompensation unterscheidet sich nicht von Einphasen-Wechselstromanlagen.

Kenn Daten der
Leuchtstofflampe

Leistungsaufnahme mit Vorschaltgerät: 50 W

Leistungsfaktor: 0,53

Stromaufnahme: 0,43 A

Gesamtwirkleistung

$P = 48 \cdot 50 \text{ W} = \underline{2,4 \text{ kW}}$

Kondensatorleistung

$$\cos \varphi_1 = 0,53 / \tan \varphi_1 = 1,6$$

$$\cos \varphi_2 = 0,95 / \tan \varphi_2 = 0,33$$

$$Q_C = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_C = 2,4 \text{ kW} (1,6 - 0,33)$$

$$Q_C = 2,4 \text{ kW} \cdot 1,27$$

$$Q_C = \underline{3,048 \text{ kvar}}$$

Gewählt wird ein Kondensator mit einer Blindleistung von 3 kvar, Drehstromausführung für 380 V.

Kondensatorkapazität

$$C = \frac{Q_C}{U^2 \cdot \omega}$$

$$C = \frac{3 \cdot 10^3 \text{ var}}{3,8^2 \cdot 10^4 \text{ V}^2 \cdot 3,14 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}}$$

$$C = \underline{66,16 \mu\text{F}}$$

In Dreieckschaltung ergibt sich je Strang die Kapazität

$$C = \underline{22 \mu\text{F}}$$

Kondensatortyp

NS-Leistungskondensator 3 kvar/ 3 X 23 μF

2.4. Anschlußwert und Höchstlast einer elektrotechnischen Anlage

Anschlußwert P

Summe der Nennleistungen sämtlicher Betriebsmittel einer elektrotechnischen Anlage

Ausnutzungsgrad a

Da beispielsweise nicht alle Motoren in einer elektrotechnischen Anlage voll belastet sind, wird für entsprechende Berechnungen der Anschlußwert P_A nicht voll eingesetzt.

Gleichzeitigkeitsfaktor g

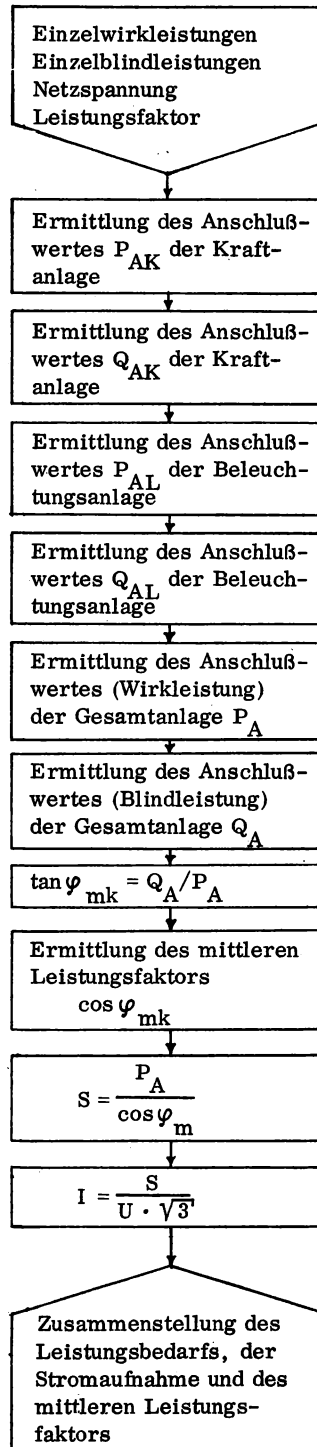
In einer elektrotechnischen Anlage sind nicht alle Betriebsmittel gleichzeitig eingeschaltet. Deshalb wird für Berechnungen der Anschlußwert P_A auch hier nicht voll eingesetzt. Die Blindleistung muß mit g multipliziert werden. Für mechanische Werkstätten beträgt $g = 0,7$ bis $0,8$. In Beleuchtungsanlagen ist fast immer $g = 1$ einzusetzen.

Höchstlast

Tatsächliche Leistung, die bei Spitzenbelastung aus dem Netz entnommen wird

Da in elektrotechnischen Anlagen nicht alle Betriebsmittel voll belastet und auch nicht gleichzeitig eingeschaltet sind, ergibt sich als tatsächliche Last die Höchstlast, die aus dem Netz entnommen wird. In kleinen elektrotechnischen Anlagen entspricht mit hinreichender Genauigkeit die Höchstlast dem Anschlußwert.

Berechnungsvorschrift
für die Bestimmung
des Leistungsbedarfs



Berechnungsbeispiel

Kraftanlage

Motor	P _{mech} in kW	η	P in kW	cos φ	tan φ	Q in kvar
1	5,5	86	6,4	0,87	0,57	3,65
2	1,5	82	1,83	0,83	0,67	1,23
3	10,5	87	12,1	0,88	0,54	6,52
4	28	88	31,8	0,89	0,51	16,20
Anschlußwert			52,13 kW			27,6 kvar

Anschlußwert P_{AK}

52,13 kW

Anschlußwert Q_{AK}

27,6 kvar

Beleuchtungsanlage

30 Leuchtstofflampen LS 65

Leistungsaufnahme mit Vorschaltgerät: 78 W

Blindleistungsaufnahme bei Kompensation mit einem
Kondensator 7 μ F: 19 var

Anschlußwert P_{AL}

P_{AL} = 30 · 78 W = 2,34 kW

Anschlußwert Q_{AL}

Q_{AL} = 30 · 19 var = 0,57 kvar

Höchstlast

P_A = P_{AK} + P_{AL}

P_A = 52,13 kW + 2,34 kW

P_A = 54,47 kW

Q = Q_{AK} + Q_{AL}

Q = 27,6 kvar + 0,57 kvar

Q = 28,17 kvar

Mittlerer Leistungs-
faktor

$\tan \varphi_m = \frac{Q}{P}$

$\tan \varphi_m = 0,5172$

cos $\varphi_m = \underline{0,89}$

Gesamtleistungs-
aufnahme

$S = \frac{P}{\cos \varphi_m}$

S = 61,2 kVA

Stromaufnahme

$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}$

I = 93 A

Zusammenfassung

P = 54,5 kW

S = 61,2 kVA

Q = 28,2 kvar

I = 93 A

cos $\varphi_m = 0,89$

⊗ Laschung (Bild 3.2).

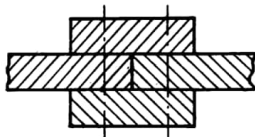


Bild 3.2

Schweißverbindungen

Übergangswiderstände werden herabgesetzt.

Kontaktstellen

Um die Bildung einer Oxidschicht zu verhindern, müssen die Kontaktstellen sorgfältig gereinigt werden. Sie können mit einer technischen Vaseline eingefettet werden.

Verwendung finden verzinkte oder verkadmerte Stahlschrauben. Diese müssen mit Unterlegscheiben und Federringen versehen werden, um ein Fließen des unter Druck stehenden Aluminiums und ein Lockern der Kontaktschrauben zu vermeiden.

Kontrolle der Verbindungsstellen

Schraubenköpfe können mit Anlaßfarben gestrichen werden, die bei einem gefährlichen Temperaturanstieg an den Verbindungsstellen in eine andere Farbe umschlagen.

Belastbarkeit von Sammelschienen

Auswahl der Leiterquerschnitte

Nach folgenden Gesichtspunkten:

- Strombelastbarkeit,
- mechanische Festigkeit im Normalbetrieb,
- dynamische Beanspruchung im Kurzschlußfall,
- thermische Beanspruchung im Kurzschlußfall,
- Spannungsverlust, } treten wegen der kurzen Lei-
- Leistungsverlust } tungslängen kaum in Erschei-

nung.

Belastungstabellen

(s. Wissensspeicher „Leitungen und Kabel“)

Die Werte der Belastungstabellen gelten für:

- Umgebungstemperatur 30 °C,
- mittlere Erwärmung um 30 K,
- Hochkantverlegung bei Rechteckquerschnitten,
- waagerechte Leitungsführung,
- Frequenzen zwischen 40 und 60 Hz.

Belastungsverminderung

Erhöhte Umgebungstemperatur

Bei der in der Belastungstabelle vorgesehenen maximalen Umgebungstemperatur kann die Sammelschiene durch den Belastungsstrom um 30 K erwärmt werden, bis die zulässige Endtemperatur von 65 °C erreicht ist. Bei einer erhöhten Raumtemperatur darf die zulässige Endtemperatur nicht überschritten werden, deshalb muß der zulässige Belastungsstrom reduziert werden.

Berechnungsgleichung für
den reduzierten Belastungs-
strom

$$I_{zul} = I_{30} \cdot \sqrt{\frac{\Delta \vartheta}{30}} \quad \Delta \vartheta = 65^\circ\text{C} - t_m$$

- I_{zul} zulässiger Betriebsstrom für eine Erwärmung von $\Delta \vartheta$
- I_{30} der für eine Erwärmung von 30 K in den Belastungstabellen angegebene Wert
- t_m maximale Umgebungstemperatur
- $\Delta \vartheta$ zulässige Erwärmung durch den Strom in K

Beispiel

- Belastungsstrom $I_b = 780 \text{ A}$,
Werkstoff Aluminium/gestrichen,
maximale Umgebungstemperatur 45°C ;
- Belastungstabellenwert
 $50 \times 10 \text{ mm}^2$ (belastbar bis 820 A),
- reduzierter Belastungsstrom
 $\Delta \vartheta = 65^\circ\text{C} - 45^\circ\text{C}$
 $\Delta \vartheta = 20 \text{ K}$

$$I_{zul} = 820 \text{ A} \cdot \sqrt{\frac{20}{30}}$$

$$I_{zul} = \underline{\underline{670 \text{ A}}}$$

- Vergleich:

$$I_b \leq I_{zul}$$

$$\underline{\underline{780 \text{ A} > 670 \text{ A}}}$$

- Schlußfolgerung:
Einsatz der Sammelschiene $50 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ kann nicht erfolgen. Deshalb wird der nächsthöhere Querschnitt $60 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ (belastbar bis 960 A) gewählt.
- reduzierter Belastungsstrom:
 $I_{zul} = 960 \text{ A} \cdot 0,816$
 $I_{zul} = \underline{\underline{784 \text{ A}}}$

- Vergleich:

$$I_b \leq I_{zul}$$

$$\underline{\underline{780 \text{ A} < 784 \text{ A}}}$$

- Ergebnis:
Belastungsstrom ist kleiner als der bei der erhöhten Umgebungstemperatur zulässige Strom, so daß der Querschnitt $60 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ausreichend ist.
Belastungsminderungsfaktoren
In einigen Fällen ist eine Belastungsänderung gegenüber den in den Belastungstabellen aufgeführten Werten vorzunehmen. Tafelwerte sind mit folgenden Minderungsfaktoren zu multiplizieren:
- Leitungsschienen über 10 m bei Strömen über 10 kA
 $0,75 \dots 0,85$

- senkrechte Leitungsführung über 3 m
0,85...0,9
- horizontale Leitungsführung bei flachliegenden Rechteckschienen (Tafel 3.2).

Tafel 3.2. Minderungsfaktor bei Flachlage von Rechteckschienen

Schienenanzahl Stück	Schienenhöhe mm	Schienendicke mm	Belastungsminderungsfaktoren	
			gestrichen	blank
1	50...200	5...10	0,9...0,95	0,85...0,93
2			0,85...0,93	0,80...0,90
3	50...80	5...10	0,85	0,80
	100...120		0,80	0,75
4	160		0,75	0,70
	200		0,70	0,65

Längenänderung der
Schienen infolge
Temperaturänderungen

Vorgang

Durch die Stromwärme entsteht eine Längenänderung, die vom Belastungsstrom und von der Höhe des Kurzschlußstroms abhängig ist.

Berechnungsgleichung zur
Ermittlung der maximalen
Längenänderung

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_L \cdot \Delta \vartheta$$

l_0 Länge der Sammelschiene in m bei der Montage

α_L Längendehnungskoeffizient

$\Delta \vartheta$ Temperaturdifferenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur

Verlegen mit Dehnungs-
bändern

Durch zu hohe Erwärmung können Kräfte auftreten, die über die Grenzen der zulässigen Umbruchkraft der Stützer hinausgehen.

Damit die Möglichkeit des Gleitens der Schiene gegeben ist, erfolgt die Verlegung mit Gleitstützern (Bild 3.3) oder mit Dehnungsbändern (Bild 3.4).

Bild 3.3. Beispiel zur Verlegung von Sammelschienen zur Vermeidung von Dehnungsspannungen (F Feststützer, G Gleitstützer)

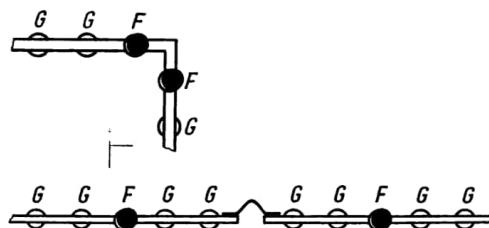


Bild 3.4
Verlegung von Sammelschienen mit Dehnungsbändern



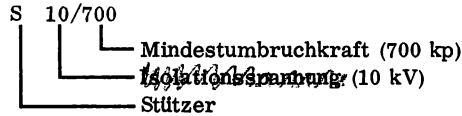
Stützisolatoren

Allgemeines

Zur Befestigung der Sammelschienen und zur Isolierung gegenüber anderen Bauteilen werden Stützer aus Porzellan verwendet. Der verwendete Werkstoff ist alterungsbeständig, korrosionsfest und besitzt vorzügliche mechanische und elektrische Eigenschaften.

Bei der Schienenverlegung durch nicht spannungsführende Anlagenteile hindurch ist der Einbau von Durchführungen notwendig.

Kurzzeichen



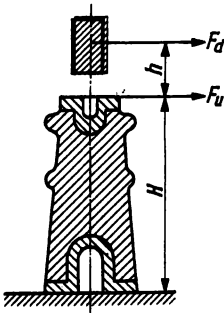
Typen

S 1/700 S 10/2200
S 10/400 S 20/700
S 10/700 S 30/700

Umbruchkraft F_u

An der Oberkante des Stützers angreifende Kraft (Bild 3.5).

Reduzierte Umbruchkraft F_x



Da zur Verbindung der Rechtecksammelschienen mit dem Stützer Leitungsträger verwendet werden, erfolgt der Angriff einer Kurzschlußkraft F_d im Abstand h von der Stützeroberkante (Bild 3.5). Um die Mindestumbruchkraft F_u durch den überhöhten Kraftangriff nicht zu überschreiten, muß die zulässige Kurzschlußkraft nach folgender Formel errechnet werden:

$$F_x \approx F_u \cdot \frac{H}{H + h} \quad (h \text{ bis } \approx 6 \text{ cm})$$

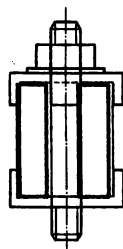
Bild 3.5. Zur Beanspruchung von Stützern

Halterung von Sammelschienen

Schienträger (Bild 3.6)

Typenbeispiel

Verlegung von **2H 60x10/400**
2 Schienen hochkant
Abmessung der Schiene
60 mm x 10 mm
vorgesehen für Stützer mit
400 kp Umbruchkraft



Typenbeispiel


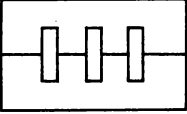
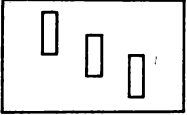
2H 60x10/400
vorgesehen für Stützer
mit 400 kp Umbruchkraft
Abmessung der Schiene
60 x 10 mm²
Verlegung von 2 Schienen
hochkant

Bild 3.6
Beispiel eines Schienträgers
für Hochkantverlegung
von Rechteckschienen

Hartpapierplatten (Tafel 3.3)

Sie werden in NS-Anlagen eingesetzt. Befestigung der mit Aussparungen versehenen Hartpapierplatten erfolgt am Schaltgerüst.

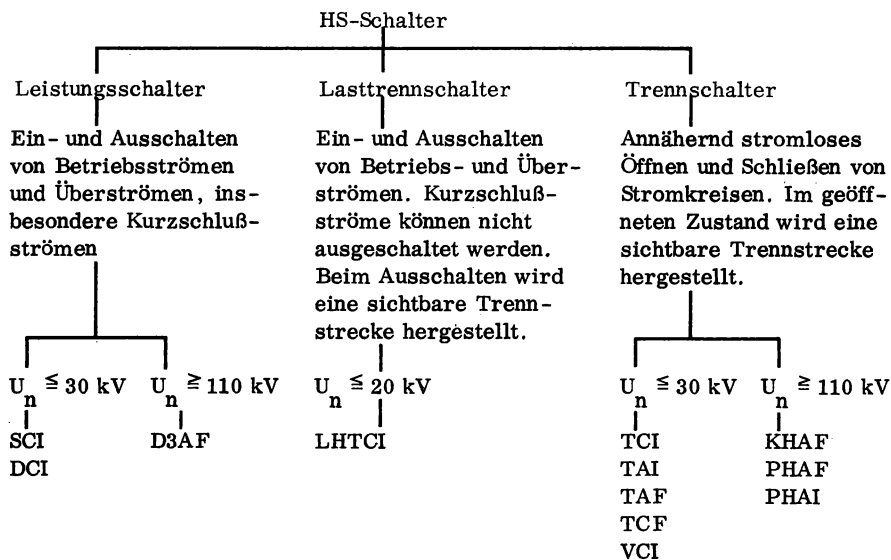
Tafel 3.3. Hartpapierplatten zur Befestigung von Sammelschienen

Bezeichnung	Aufbau	Bemerkungen
Hartpapierkamm		einfache Montage
Hartpapierkamm mit Abschlußleiste		größerer Halt gegenüber dem Kamm
Hartpapierplatte mit Aussparungen		Einsatz bei großen Biegebeanspruchungen (Kurzschlußfall)

3.2. Schaltelemente

3.2.1. Einteilung und Aufgaben der Schalter

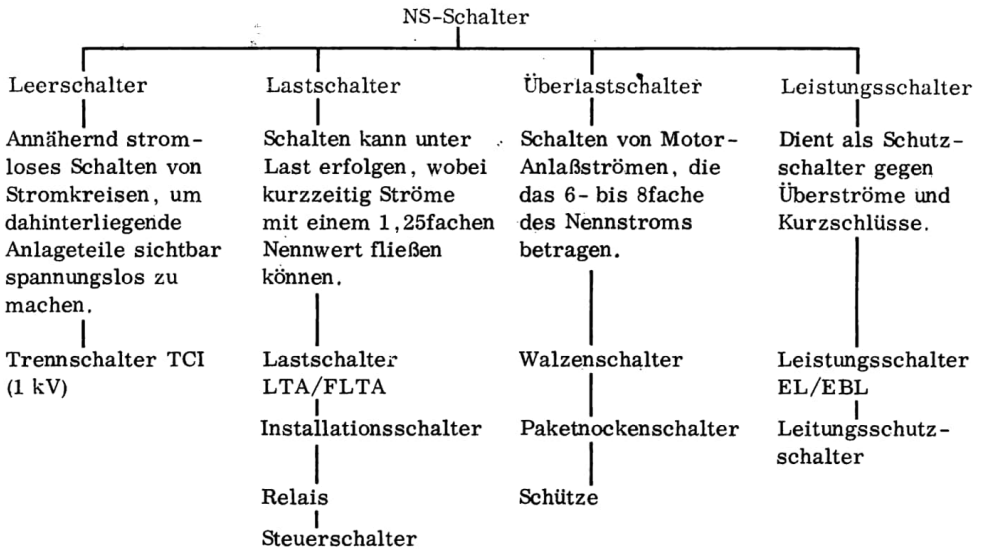
Hochspannungsschalter



• Erdungsschalter

Schalter zum Erden ausgeschalteter Anlageteile. Sie können mit Trenn- und Lasttrennschaltern kombiniert werden.

Niederspannungsschalter



3.2.2. Allgemeine Gesichtspunkte

Lichtbogen Ursachen und Entstehung

Beim Öffnen von Schaltern entsteht zwischen den Schaltstücken ein Lichtbogen. Diese Erscheinung wird bei geringer Schaltleistung als Schaltfunke und bei großer Schaltleistung als Schaltlichtbogen bezeichnet.

Beim Öffnen der Schaltstücke verringert sich die Berührungsfläche zwischen ihnen. Damit verbunden ist eine erhebliche Vergrößerung der Stromdichte. Die dadurch entstehende große Stromwärme hat eine Thermoemission zur Folge.

Durch die hohe Temperatur werden die Gasmoleküle infolge ihrer heftigen Bewegung ionisiert und zerfallen in Ionen und Elektronen.

Da am Lichtbogen eine Spannung anliegt, bewegen sich die Ladungsträger unter dem Einfluß des elektrischen Feldes. Dabei können im Lichtbogenraum durch Stoßionisation und Herausreißen von Elektronen an der Kathode weitere freie Ladungsträger entstehen.

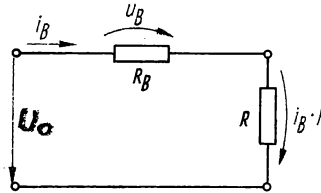
Leitfähigkeit des
Lichtbogens

Leitfähigkeit des Lichtbogens nimmt mit steigender Temperatur stark zu.

Lichtbogenspannung
(Bild 3.7)

Lichtbogen stellt im Stromkreis einen zusätzlichen Widerstand dar, an dem die Lichtbogenspannung u_B als Spannungsabfall bzw. als Spannungsverlust auftritt.

Bild 3.7. Ersatzschaltbild des Lichtbogenstromkreises



Abhängigkeit der Lichtbogenspannung von der Lichtbogenlänge

$$u_B = a + b l_B \quad (\text{vereinfachte Gleichung})$$

a, b Konstanten, die vom Werkstoff und von der Kontaktform abhängig sind

l_B Lichtbogenlänge

Lichtbogenlänge besitzt einen entscheidenden Einfluß auf die Lichtbogenspannung.

Abhängigkeit des Lichtbogenstroms von der Lichtbogenspannung

Aus Bild 3.7 folgt mit Hilfe des Maschensatzes:

$$l_B \downarrow = \frac{E - u_B \uparrow}{R_B} \quad R_B \text{ wird zur Vereinfachung als konstant angenommen}$$

Eine Vergrößerung der Lichtbogenspannung hat einen kleineren Lichtbogenstrom zur Folge (Bild 3.8).

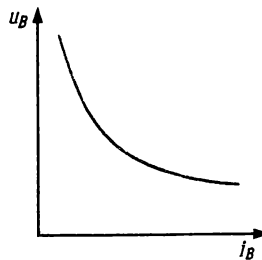


Bild 3.8

Löschung des Lichtbogens
Theoretische Löschmöglichkeiten

Lichtbogen erlischt, wenn der Lichtbogenstrom unter dem Wert von 1 A liegt.

Aus der Gleichung geht hervor, daß eine Lichtbogenlöschung nur durch eine Erhöhung der Lichtbogenspannung möglich ist.

Dies kann folgendermaßen erreicht werden:

- Verlängerung des Lichtbogens
(s. Abhängigkeit der Lichtbogenspannung von der Lichtbogenlänge)

- Intensive Kühlung des Lichtbogens durch Beblasung mit einem Gas oder Bespülung mit Öl. Durch die Temperaturabsenkung wird der Lichtbogenstrom kleiner und der Lichtbogenquerschnitt verringert sich. Um den Ladungsträgerfluß aufrecht erhalten zu können, muß die Lichtbogenspannung steigen. Erhöhung des Druckes im Lichtbogenraum. Dies hat eine Einengung des Lichtbogenquerschnitts zur Folge. Damit vergrößert sich die Lichtbogenspannung.

Gleichspannungsschalter
und Wechselspannungs-
schalter bis 660 V

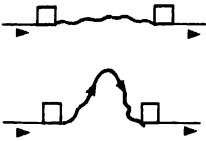
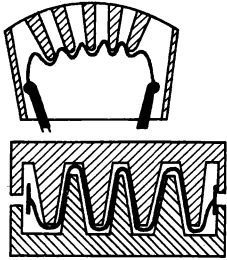
- Verlängerung des Lichtbogens
- Kühlung

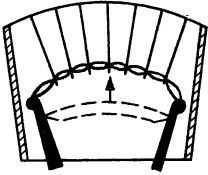
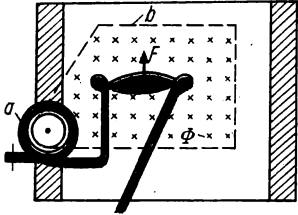
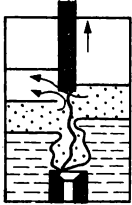
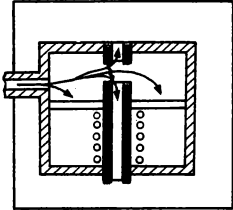
Mittel- und Hochspannungs-
wechselschalter

Eine Verlängerung des Lichtbogens ist bei Hochspannungs-Wechselstromschaltern nicht angebracht, da Lichtbögen mit großer Länge gezogen werden müßten. Dies würde zusätzliche hohe thermische Beanspruchungen zur Folge haben. Bei der Löschung wird die Eigenschaft ausgenutzt, daß auf Grund der Nulldurchgänge des Wechselstroms bei einer Frequenz von 50 Hz der Lichtbogen in der Sekunde einhundertmal erlischt und ebensooft wieder zündet. Aufgabe der Löscheinrichtungen besteht darin, den Lichtbogen entweder zu kühlen oder den Druck zu erhöhen und ihn nach dem natürlichen Erlöschen nicht wieder zünden zu lassen. In der Lichtbogenpause, die bei jedem Nulldurchgang des Lichtbogenstroms entsteht, wird die Schaltstrecke so entionisiert, daß keine leitenden Teilchen mehr vorhanden sind und der Lichtbogen nicht wieder zünden kann.

Lichtbogenlöscheinrichtungen (Tafel 3.4)

Tafel 3.4. Lichtbogenlöscheinrichtungen

Löschmöglichkeiten	Einsatzbeispiele	Konstruktiver Aufbau	Funktionsprinzip
Natürliche Lichtbogenlöschung	Niederspannungsschalter		Durch den thermischen Auftrieb der erhitzten Gassäule wird der Lichtbogen verlängert. Elektromagnetische Kräfte zwischen den beiden Lichtbogenästen unterstützen die Verlängerung.
Verlängerung und Kühlung des Lichtbogens durch die Form der Löschkammer	Schütze ES-Schütze		Durch die Berührung des Lichtbogens mit der Löschkammer tritt ein Wärmeentzug ein. Durch den Einbau von Stegen entstehen Teilkammern, in denen eine Kaminwirkung eintritt. In der Mäanderkammer wird der Lichtbogen stark verlängert.

Löschmöglich- lichkeit.	Einsatz- beispiele	Konstruktiver Aufbau	Funktionsprinzip
Deionkammer	Nieder- spannungs- Leistungs- schalter		Verkupferte Eisenbleche teilen den Gesamtlichtbogen in Teillichtbögen auf. Teillichtbogenspannungen werden unter 30 V gedrückt, gleichzeitig wird durch die Bleche die Wärme entzogen, wodurch der Lichtbogen erlischt.
Magnetische Beblasung	ES-Schütze		Durch die Blasspule a fließt, der zu unterbrechende Strom. Erzeugtes Magnetfeld wird auf die Blasbleche b, die sich an den Seiten der Löschkammer befinden, übertragen. Lichtbogen brennt im Magnetfeld zwischen den beiden Blechen, so daß auf ihn eine elektromagnetische Kraft F wirkt. Dadurch wird er nach oben bewegt, was gleichbedeutend ist mit einer Verlängerung und Kühlung.
Löschkammer von Strömungs- schaltern (Beispiel)	Leistungs- schalter SCI		Beim Öffnen der Kontakte entsteht ein Lichtbogen. Das dabei aus dem Öl entstehende Gas kühlt und entionisiert die Schaltstrecke.
Löschkammer von Druck- luftschaltern (Beispiel)	Hochspan- nungs- Leistungs- schalter D3AF, Leistungs- schalter DCI		Ein Gasstrom wird unter Druck konzentriert auf den Lichtbogen gerichtet, so daß eine Einengung des Lichtbogenquerschnitts und beim Nulldurchgang des Lichtbogenstroms eine Entionisierung der Schaltstrecke eintritt. Löschmittel: Druckluft und in modernen Schaltern Schwefelhexafluorid SF_6 . SF_6 hat die Eigenschaft, Lichtbogenelektronen „aufzusaugen“.

Kontakte

Begriff

Der elektrische Kontakt stellt eine lösbare Verbindung zwischen zwei Leitern dar, die geeignet ist, einen Strom zu führen.

Kontaktwiderstand

$$R_K = R_E + R_F$$

Widerstand an lösbaren Verbindungsstellen zweier elektrischer Leiter (Bild 3.9)

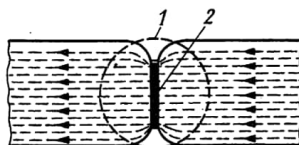


Bild 3.9. Zum Begriff des Kontaktwiderstandes
1 Eigenwiderstand R_E
(erhöhte Stromdichte);
2 Fremdschichtwiderstand R_F
(Oxide, Wasser, Öl, Staub, Fette)

Schweißen der Kontakte

Schwere oder keine Trennung von Kontakten.

Kaltschweißen

Haftkraft zwischen den Kontaktstücken durch Kohäsion der Metallionen.

Warmschweißen

Große plastische Verformung der Kontakte durch Stromwärme.

Schmelzschweißen

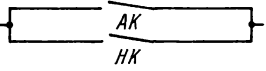
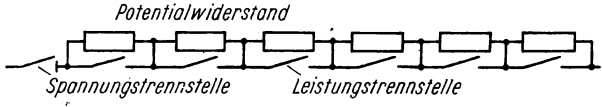
Schmelzen des Kontaktmaterials durch zu starke Erwärmung (Lichtbögen, Kurzschlußströme). Die Haftkräfte, die beim Kalt- und Warschweißen entstehen, lassen sich durch entsprechende Schaltkräfte überwinden. Beim Schmelzschweißen kann der Schalter nicht mehr geöffnet werden und somit seine Funktion nicht mehr erfüllen.

Kontaktanordnungen

(Tafel 3.5)

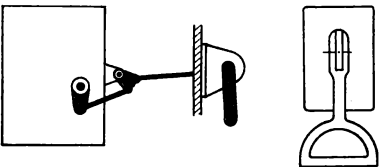
Tafel 3.5. Kontaktanordnungen

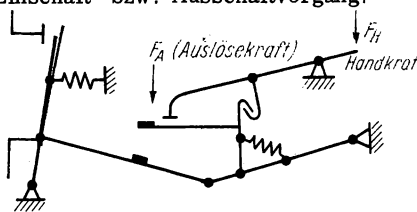
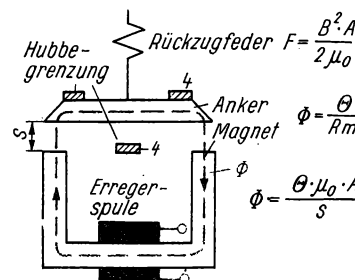
Kontaktanordnungen	Einsatzbeispiele	Konstruktiver Aufbau	Vor- und Nachteile
Einfachunterbrechung	ES-Schütze	Verbindung vom Anschluß des Schalters zum beweglichen Kontakt erfolgt über flexible Leitungen (Kupferfolie bzw. -litze).	Begrenzte Lebensdauer, weil die flexiblen Verbindungen immer an der gleichen Stelle mechanisch beansprucht werden.
Zweifachunterbrechung	Paketschalter Schütze NS-Leist.-Schalter Lastschalter	Verbindung von zwei festen Schaltstücken durch eine Kontaktbrücke.	Erleichterung der Lichtbogenlöschung, da zwei Teillichtbögen gezogen werden, an denen die halbe Spannung ansteht.

Kontaktanordnungen	Einsatzbeispiele	Konstruktiver Aufbau	Vor- und Nachteile
Parallelschaltung von Kontakten	NS-Leistungsschalter	 <p>Funktionsprinzip Beim Öffnen wird zunächst der Hauptkontakt geöffnet. Strom fließt über den Abreißkontakt weiter. Lichtbogen wird dann beim Betätigen des AK an diesem gezogen. Beim Einschalten wird zuerst der AK geschlossen.</p>	Hauptkontakt bleibt beim Öffnen und Schließen lichtbogenfrei. Oberflächengüte (Silber bzw. Silberlegierung) bleibt erhalten, so daß der Kontaktwiderstand klein gehalten wird. Abreißkontakte lassen sich bei erfolgter Abnutzung (Abbrand) leicht auswechseln.
Mehrfachunterbrechung mit Potentialsteuerung	Hochspannungsschalter ab 110 kV	 <p>Nach dem Öffnen der Leistungstrennstellen erfolgt die Lichtbogenlöschung. Die Widerstände rufen über jeder Leistungstrennstelle den gleichen Spannungsabfall hervor, so daß für jede Trennstelle gleiche Lösbedingungen vorliegen. Nach erfolgter Löschung fließt über die Widerstände ein geringer Strom, der durch die Spannungstrennstellen unterbrochen wird.</p> <p>Verbesserung der Lichtbogenlöschung, da an jeder Leistungstrennstelle nur ein Teil der gesamten Lichtbogenspannung anliegt. Hohe Schaltleistungen können bewältigt werden.</p>	

Schalterantriebe
(Tafel 3.6)

Tafel 3.6. Zusammenstellung der gebräuchlichsten Schalterantriebe

Antriebe	Einsatzbeispiele	Funktionsprinzip	Vor- und Nachteile
Handantrieb Druckknopf- und Hebelantrieb Steigbügelantrieb	Niederspannungsschalter Lasttrenner Trenner Erdungsschalter Leistungsschalter bis 30 kV	<p>Betätigungsorgan ist direkt an die Schaltwelle angebaut.</p> 	kostenmäßig günstig, keine hohe Schalthäufigkeit, bei Nennströmen über 1000 A zu große Schaltkräfte notwendig

Antriebe	Einsatzbeispiele	Funktionsprinzip	Vor- und Nachteile
		Schaltgestänge überträgt die Schaltkraft von der Vorderseite der Schaltzelle zum Schalter, der an der Rückwand befestigt ist.	
Sprungschaltung (Kniehebel-schloß)	EL-Leist. - Schalter	<p>Ab einem bestimmten Schaltwinkel übernehmen eingebaute Federn den Einschalt- bzw. Ausschaltvorgang.</p> 	einwandfreies Schalten hoher Ströme durch eine vom Bedienenden unabhängige Geschwindigkeit
Magnetantrieb	Schütze Relais		relativ hohe Leistungsaufnahme durch den Schaltmagneten; hoher Einschaltstromstoß kann das Netz belasten
Motorantrieb	EL-Leistungsschalter SCI-Leistungsschalter	Schaltwelle wird über ein Schneckengetriebe und einen Exzenter vom Motor direkt angetrieben. Beim Einsatz eines Kraftspeichers spannt der Motor die Einschaltfeder. Durch Entklinken dieser Feder wird der Schalter eingeschaltet und die Ausschaltfeder vorgespannt. Beim Ausschaltvorgang wird die Einschaltfeder vorgespannt.	gegenüber dem Magnetantrieb bei hohen Nennströmen wirtschaftlicher
Druckluftantrieb	Trenner Leistungsschalter der Typen DCI und D3AF	siehe Abschnitt 3.3.4.4.	Fernsteuerung möglich; gegenüber elektrischen Antrieben einfachere Bauart, höhere Schaltgeschwindigkeit und weiches Schalten

3.2.3. Niederspannungsschalter

3.2.3.1. Paketnockenschalter

Aufbau

Schaltkammern

Rasterwerk

Paketnockenschalter (Bild 3.10 a) sind nach dem Baukastenprinzip aufgebaut. Hauptbestandteile sind das Rasterwerk und je nach Schaltung eine bestimmte Anzahl von Schaltkammern.

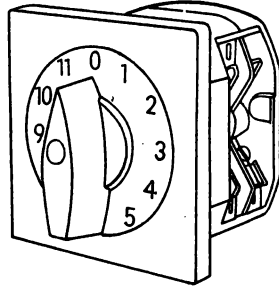


Bild 3.10a. Paketnockenschalter 100 A

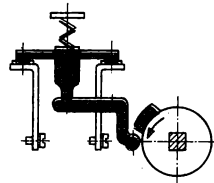


Bild 3.10b. Prinzip des Paketnockenschalters

Kontakte

Sind als Druckkontakte ausgeführt. Durch Nockenscheiben werden über Schaltstößel Kontaktbrücken bewegt, die eine Zweifachunterbrechung des entsprechenden Strompfads hervorrufen (Bild 3.10 b).

Tafel 3.7.1. Technische Daten der Paketnockenschalter

Kennwerte

Nennstrom in A	10	16	25	63	100	160
Einschaltvermögen in A	100	160	250	630	1000	1280
Ausschaltvermögen in A	80	128	200	504	800	960
Thermischer Grenzstrom in kA	0,25	0,32	0,43	1,5	2,0	3,6
Dynamischer Grenzstrom in kA	1,8	2,5	3,4	3,0	4,3	7,5
Schaltspiele	10^6			$5 \cdot 10^5$	10^5	
Schalzhäufigkeit in Sp. je min	500			320	50	

Tafel 3.7.2. Schaltungen von Paketnockenschaltern

Anzahl der Pole	Anzahl der Schaltkammern	Kenn-Nr. der Schaltung	Schaltung
3	03	29	<p>Drehrichtungsumkehrschalter</p>
3	04	33	<p>Stern-Dreieck-Schalter</p>

Einsatz

- Überlastschalter zum Schalten von Kurzschlußläufermotoren,
- Leerschalter,
- Lastschalter,
- Steuerschalter.

3.2.3.2. Schütze

Prinzipieller Aufbau

Schütze sind elektromagnetisch betätigte Schalter, die in ihre Ruhestellung zurückfallen, sobald der Steuerstromkreis geöffnet wird.

Kontakte sind so konstruiert, daß kurzzeitig Ströme geführt werden können, die über den Nennströmen liegen. Gebräuchlichste Luftschütze arbeiten mit Zweifachunterbrechung der Kontakte und einem Tauchanker. Neben den Hauptkontakten sind die Schütze mit mehreren Hilfskontakten ausgerüstet. Magnetsystem ist so ausgelegt, daß der Anker bei 85% der Nennspannung noch anziehen kann und bei 55% der Nennspannung selbsttätig abfällt.

Luftschütze des VEB Elektroschaltgerätekwerk Oppach (Bild 3.11)

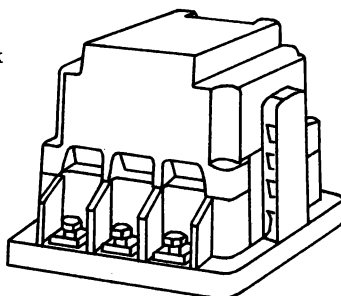


Bild 3.11
1D-Luftschütz 160 A

Gehäuse	Kriechstromfestes Plastgehäuse mit nach außen zugänglichen Anschlüssen für die Spule und die Haupt- und Hilfskontakte.
Kontaktsystem	Silberdruckkontakte mit Zweifachunterbrechung (drei Hauptkontakte und sechs Hilfskontakte).
Lichtbogenkammer	Schaltkammer mit Lichtbogenleit- und Löschblechen; ab 63 A Deionkammern.

Tafel 3.8.1. Schaltbilder für ID-Luftschütze 25 A

Ws-Antrieb	Gs-Antrieb (mit Vorwiderstand)
<p>1 Öffner 1 Schließer</p>	<p>1 Öffner 2 Schließer</p>
<p>2 Öffner 2 Schließer</p>	<p>1 Wechsler 2 Schließer</p>
<p>2 Wechsler 2 Schließer</p>	

Tafel 3.8.2. Kennwerte

		500 V					660 V	
Typ		ID 00	ID 1	ID 2	ID 3	ID 4	ID 5	ID 6
Nennstrom in A		10	25	40	63	100	100	160
Schaltvermögen in A	Ein	80	160	250	400	630	1000	1280
	Aus	80	128	200	320	510	800	960
Mechanische Lebensdauer		3 · 10 ⁶ Schaltspiele						
Schalthäufigkeit		maximal 3000 Sch./h						
Betätigungs- spannungen in V	Ws	24, 42, 127, 220, 380						
	Gs	24, 60, 110, 220						
Leistungs- aufnahme der Magnetspule in VA bzw. W	Ws Anzug		85	130	185	275	1000	1000
	Halten		8,5	10	11	12,5	30	30
	Gs Anzug		115	100	145	185	330	330
	Halten		8	10	11	11	25	25
Therm. Grenzstrom in A			260	300	580	1200		
Dyn. Grenzstrom in A			1650	1850	2000	2000		
Max. Kurzschluß- sicherung NH-träge	A		35	50	100	125		

Tafel 3.8.3.
Maximal zulässige
Motorleistung

Typ	Motorleistung in kW			
	220 V	380 V	500 V	660 V
ID 1	4,5	8	10,6	-
ID 2	7,1	12,5	16,6	-
ID 3	11,4	20	26,6	-
ID 4	16	31	42	-
ID 5	30	50	66	70
ID 6	41	81	106	105

Einsatz

- Schalten in Wechsel- und Drehstromkreisen,
- direktes Einschalten von Kurzschlußläufer-Motoren,
- Schalten von Schleifringläufer-Motoren (Läuferschütz).

Der Einsatz kann mit und ohne thermische Überstromrelais erfolgen.

Luftschütze für schwere elektrische und mechanische Betriebsbedingungen der Typenreihe ES
(Bild 3.12)

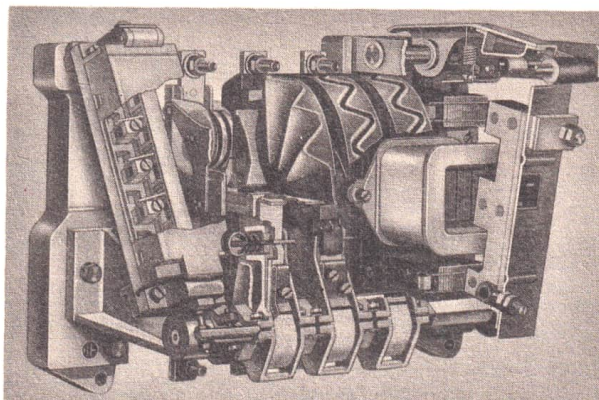


Bild 3.12. Luftschütz ES 250/3 (Foto)

Kontaktsystem

Klappanker mit Einfachunterbrechung der Kontakte (fünf Hilfs- und drei Hauptkontakte); Silberverbundwerkstoff garantiert große Schweißsicherheit und geringen Abbrand.

Lichtbogenkammer

Mäanderkammer, in die durch ein elektromagnetisches Blassystem der Lichtbogen geleitet wird.

Tafel 3.8.4. Kennwerte der Typenreihe ES

Typ			ES 100	ES 160	ES 250	ES 400	ES 630
Nennspannung in V			500				
Nennstrom in A			100	160	250	400	630
Schaltvermögen in A Leistungs- aufnahme der Magnetspule	Ein		1200	1600	2500	4000	6300
	Aus		1000	1280	2000	3200	5000
	Ws	Anzug	1200	1650	1850	3200	3800
	VA	Halten	140	180	190	310	330
	Gs	Anzug	125	190	230	325	330
	W	Halten	18	25	30	30	35

Einsatz

Geeignet für schwere elektrische und mechanische Betriebsbedingungen in Hütten- und Walzwerken, bei schweren Hebezeugen, Baggern, Werkzeug- und Schweißmaschinen.

- Direktes Schalten aller Motortypen,
- Anlassen von Schleifringläufer-Motoren,
- Schalten von Kondensatoren,
- Schalten von Bremslüftern.

3.2.3.3. Hilfsrelais

Aufbau

(Bild 3.13)

Relais besitzen ein Magnetsystem mit Klappanker und eine Reihe von Kontakten (Öffner, Schließer und Umschalter), die durch den Anker betätigt werden.

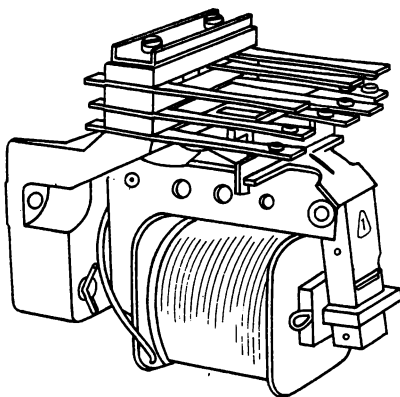


Bild 3.13
Relais RH 94
als Baustein
mit 3 Umschaltern

Technische Daten

	Erreger- spannung	Schalt- spannung	Schaltstrom
RH 23			30 A
RH 53	24 ... 220 V Gs	250 V Gs	10 A
RH 95e	110 ... 380 V Ws	380 V Ws	10 A

Tafel 3.9. Schaltungen und Einsatz der gebräuchlichsten Relais

Typ	Schaltung	Einsatz
RH 95e		Automatisierte Steuerungen für Werkzeugmaschinen, Taktstraßen der Serienfertigung usw.
RH 53		Verstärkung und Weitergabe schwacher Steuerimpulse, die durch Kontaktthermometer oder Kontaktinstrumente geliefert werden.
RH 23		Steuerglied in elektrotechnischen Anlagen zur direkten Steuerung von Magneten, Schaltern usw.

3.2.3.4. Zeitrelais

Aufbau und Funktions-
prinzipien

Kurzzeitrelais mit
Hemmwerk der Typen
RZk 3 und RZf 2
(Bild 3.14)

Relais besteht aus einem Klappankermagneten und einem Hemmwerk. Durch die Erregung der Magnetspule wird ein Kontakthebel mit konstanter Geschwindigkeit bewegt.

Kontakthebel trifft auf einen einstellbaren Gegenkontakt und schaltet den Auslösestromkreis. Nach Fortfall der Spannung geht das Relais unverzüglich in seine Ausgangsstellung zurück.

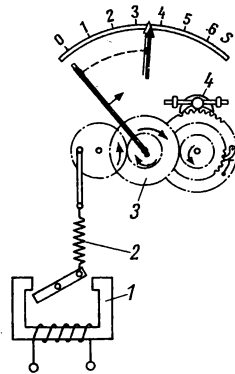


Bild 3.14
Aufbau und
Funktionsprinzip des
Zeitrelais mit Hemmwerk
1 Antriebsmagnet;
2 Feder; 3 Hemmwerk; 4 Hemmregler

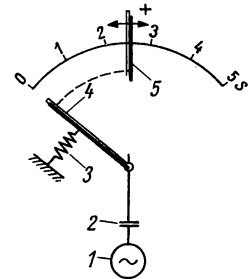


Bild 3.15
Aufbau und
Funktionsprinzip des
Zeitrelais mit Synchronmotor
1 Synchronmotor; 2 Kupplung;
3 Rückzugfeder; 4 Laufkontakt;
5 Gegenkontakt

Zeitrelais mit Synchron-
motor vom Typ RZw
(Bild 3.15)

Beim Anlegen einer Spannung läuft der Synchronmotor an. Mit Hilfe eines Kupplungsmagneten wird der Motor mit dem Zeitrad gekuppelt, welches bis zur Kontaktabgabe einen Winkel durchläuft, der der eingestellten Zeit verhältnismäßig ist. Nach Fortfall der Spannung öffnen sich die entsprechenden Schaltglieder sofort.

Elektronisches Zeitrelais
ZB 3 (Bild 3.16)

Zeitbaustein ZB 3 arbeitet nach dem Prinzip der Einschaltverzögerung. Das heißt, die Aufladung eines Kondensators erfolgt über einen Widerstand nach einer Exponentialfunktion (siehe Aufladekurve eines Kondensators). Durch den Schwellwertschalter (Schmitt-Trigger)

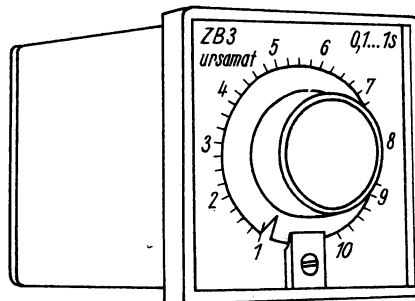


Bild 3.16
Zeitbaustein ZB 3

wird bei einer bestimmten Höhe der Aufladekondensatorspannung das Relais betätigt.

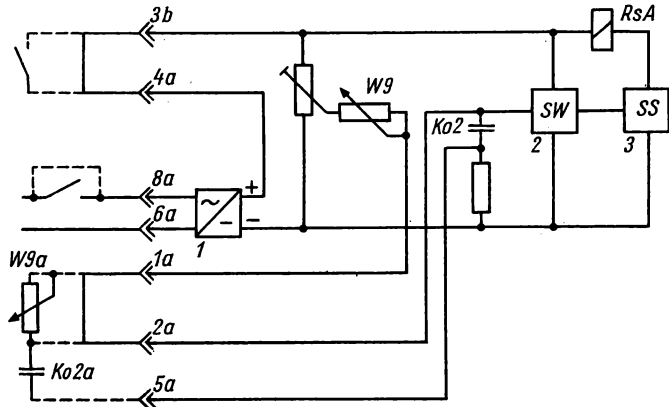


Bild 3.17. Schaltung des Zeitbausteins ZB 3
1 Stromversorgung; 2 Schwellwertschalter; 3 Schaltstufe

Bei der Normalsteuerung (Brücke zwischen 3b und 4a) beginnt der Zeitablauf mit dem Anlegen der Betriebsspannung an die Kontakte 6a und 8a. Nach Ablauf der mit W9 eingestellten Zeit wird das Relais erregt und geht in Wirkstellung. Gleichzeitig wird der Kondensator entladen. Bei Unterbrechung der Betriebsspannung geht das Relais in seine Ruhelage zurück.

Tafel 3.10.1. Technische Daten

Kennwerte

	RZk 3	RZw	RZf 2	ZB 3
Nennspannungen	24/110/ V 220 V Gs	110/220 V Ws	24/110/220 V Gs	42/127/220 V Ws 24/48/60 V Gs
Einstellbereiche	0,3...3 s 0,5...6 s 2,0...20 s	0,3...3 s 0,5...6 s 1,0...12 s 3,0...30 s 10...120 s 0,5 min...6 h	0,3...3 s 0,5...6 s 1,0...12 s	0,1...1 s 0,3...6 s 0,6...12 s 1,0...30 s 2,0...60 s 4,0...120 s
Maximaler Einschaltstrom	5 A Gs oder Ws	10 A Gs oder Ws	25 A Gs oder Ws bei 220 V	0,2 A bei 250 V Gs 0,35 A bei 250 V Ws
Maximaler Dauerstrom	2 A Gs oder Ws	5 A Gs oder Ws	6 A Gs oder Ws bei 220 V	5 A

Tafel 3.10.2. Schaltungen und Einsatz der gebräuchlichsten Zeitrelais

Typ	Schaltung	Einsatz
RZw		Verwendung für Schaltvorgänge, die eine Ein- oder Abschaltverzögerung zwischen 0,3 s und 6 h erfordern. In Verbindung mit Überstromrelais können verzögert wirkende Schutzeinrichtungen aufgebaut werden.
RZk 3		Verwendung für die Steuer- und Regelungstechnik und für verzögert wirkende Schutzeinrichtungen mit verhältnismäßig kurz einstellbaren Zeitverzögerungen.
RZf 2		Durch die hohe Zeitgenauigkeit wird das Zeitrelais vorwiegend in Verbindung mit Überstrom- und Unterspannungsrelais für verzögert wirkende Schutzeinrichtungen eingesetzt.

3.2.3.5. RELOG-System

Allgemeines

Bausteinsystem der Relaischnik zum Aufbau von Steuerungsanlagen und Einrichtungen der Relaischutztechnik. Es faßt die verschiedenen elektromechanischen Relais zu einem sinnvoll aufeinander abgestimmten System nach einheitlichen elektrotechnischen und konstruktiven Gesichtspunkten zusammen. Dadurch ist der Aufbau kompletter Steuerungen mit den einheitlich gestalteten Bausteinen möglich.

Aufbau

(Bild 3.1.8)

Geschlossene Gehäuse mit Steckanschluß. Die Kappen sind zur Beobachtung der Schaltglieder mit Sichtfenstern versehen.

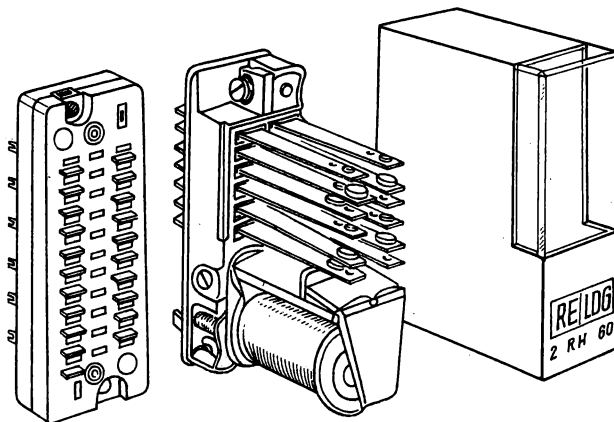
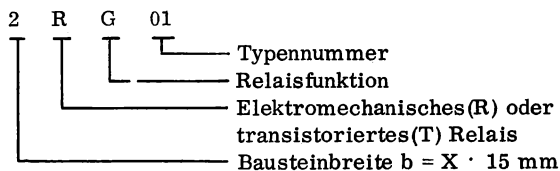


Bild 3.18. Relog-Baustein des Kombimates VEB EAW Berlin-Treptow

Es gelten folgende einheitliche Parameter:

- Höhe max. 81 mm
- Tiefe max. 80 mm (einschl. Messer)
- Breite $X \cdot 15$ mm

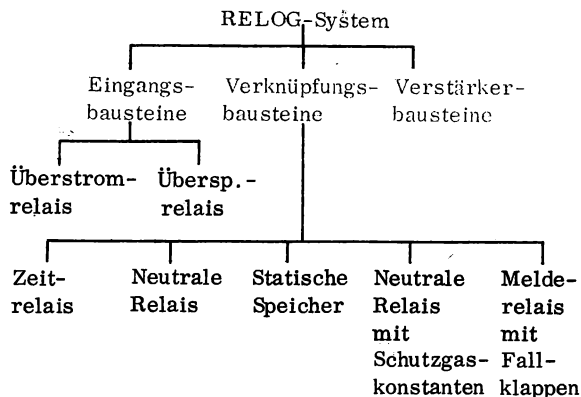
Bezeichnungen



Relaisfunktion

- A Melderelais
- G Neutrales Relais mit Schutzgaskontakten
- H Neutrales Relais mit offenen Schaltgliedern
- S Meßglied für Strom
- U Meßglied für Spannung
- Z Zeitrelais

Bausteine



Kennwerte

Nennspannungen	Alle Normspannungen bis 220 V Gs oder Ws nach TGL 17 872	
Dauerstrom	5 A \approx	} Kennwerte gelten für neutrale Relais mit offenen Kontakten
Nenneinschaltstrom	10 A \approx	
Schaltglieder	8 bis 4 Wechsler	

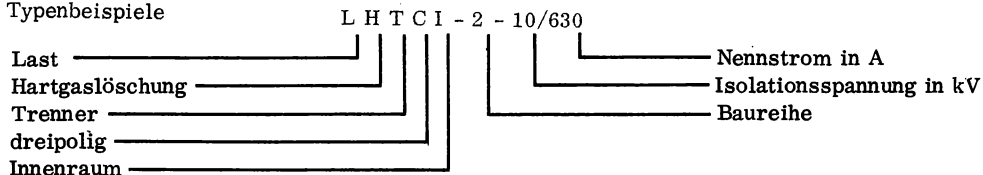
3.2.4. Hochspannungsschalter

3.2.4.1. Allgemeines

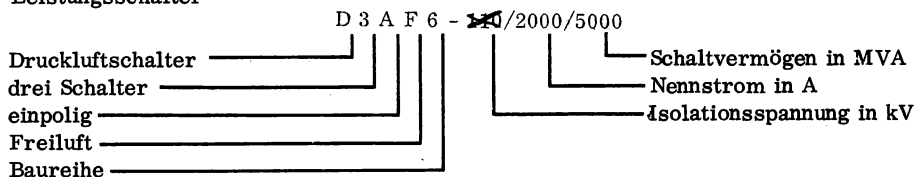
Kennbuchstaben

- A einpoliger Schalter
- B zweipoliger Schalter
- C dreipoliger Schalter
- D Druckluftschalter/Druckluftbetrieb
- E mit angebautem Erdungsschalter
- F Freiluftschalter
- H horizontale Trennstrecke (Trenner)
Hartgaslöschprinzip (Lasttrenner)
- I Innenraumschalter
- K Klapptrenner
- L Lasttrenner
- P Pantografentrenner
- S Strömungsschalter

Typenbeispiele



Leistungsschalter



3.2.4.2. Trennschalter

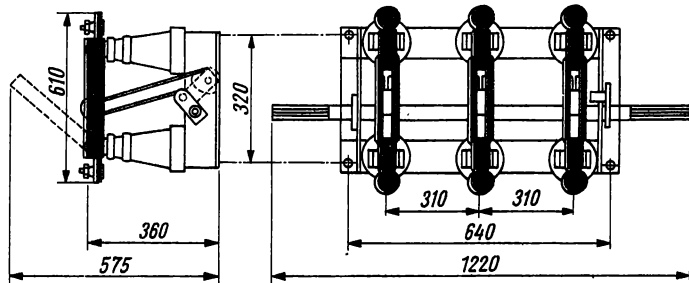
Trennschalter TAI/TCI

Aufbau und Funktions-
prinzip

Die Trenner mit Welle sind auf geschweißten Profil-
stahlrahmen, die einpoligen Trenner ohne Welle sind
auf Profilstahlplatten aufgebaut.

Strombahn wird von Porzellanstützern getragen, die
auf der Grundplatte aufgeschraubt sind (Bild 3.18).

Bild 3.19
Dreipoliger
Innenraumtrenner TCI



Schubstangen bestehen aus hochwertigem Isolierstoff.

Betätigung erfolgt mittels Schaltstange, Handantriebs
oder Druckluftantriebs.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennstoßstrom kA
1	400, 630	25, 50, 100
10	1250, 2500	125, 150
20	4000	
30		

Einsatz

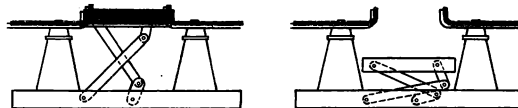
Einfache und übersichtliche Bauart gestattet eine viel-
fältige Verwendung in allen Schaltanlagen. Sie eignen
sich besonders für Anlagen mit hohen Kurzschlußströ-
men und starken mechanischen Beanspruchungen.

Absenktrenner VAI/VC1

Aufbau

Absenktrenner werden auf geschweißten Profilstahlrah-
men aufgebaut. Kontakte mit Flachsammelschienen-
anschluß werden durch Stützer getragen, die auf dem
Rahmen aufgeschraubt sind (Bild 3.20).

Bild 3.20. Schematische Darstellung
des Absenktrenners



Funktionsprinzip

Durch spezielle Konstruktion der Betätigungsmechanik
werden die Trennmesser in den Schalter abgesenkt.
Äußere Maße bleiben bei beliebiger Schaltstellung un-
verändert.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennstoßstrom kA
10, 20, 30	630, 1250	25, 50, 75

Einsatz

Da die Trennmesser auch im ausgeschalteten Zustand nicht über die im eingeschalteten Zustand auftretenden Einbaumaße hinausragen, werden sie dort eingesetzt, wo ein kleines Bauvolumen verlangt wird (gekapselte Schaltzellen).

Trenner TCF/TAF

Aufbau

Ähnlich den Trennertypen TCI bzw. TAI. Als Stützer werden Freiluftstützer eingesetzt. An Stelle der Schubstange wird ein Freiluftisolator eingesetzt. Hand- und Druckluftantrieb sind möglich.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennstoßstrom kA
10, 20, 30	600, 1000, 2000	25, 50, 75

Einsatz

Die genannten Typen zeichnen sich durch einen robusten Aufbau und durch Wartungsarmut aus. Sie werden hauptsächlich in Freiluftstationen eingesetzt.

Pantografentrenner PHAF

Aufbau (Bild 3.21)

Als Kontaktbahn dient eine Pantografenkonstruktion, die den Einschlagstützer mit dem Stützisolator im eingeschalteten Zustand verbindet.

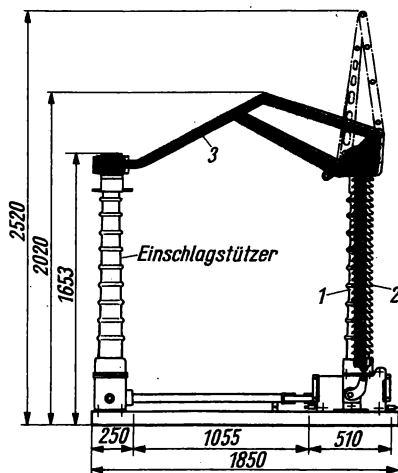


Bild 3.21. Horizontalschaltender Pantografentrenner PHAF 1-110/2000
1 Stützisolator; 2 Antriebsisolator;
3 Kontaktbahn; 4 Einschlagstützer

Funktionsprinzip

Beim Einschalten wird mittels Druckluft der Antriebsisolator nach oben bewegt. Ausschalten erfolgt in umgekehrter Weise.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennstoßstrom kA
110, 132, 150, 165	2000	75

Klapptrenner KHAF

Funktionsprinzip

Der hintere Stützer des Bündelisolators ist drehbar. Er überträgt die Schaltbewegung vom Druckluftantrieb

zum Schaltkopf. Im Schaltkopf wird die Drehbewegung in die vertikale Klappbewegung der Strombahnteile umgewandelt.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennstoßstrom kA
110, 220	2000	100

Einsatz

Pantografen- und Klapptrenner können in allen Hochspannungsanlagen eingesetzt werden.

Aufbau (Bild 3.22)

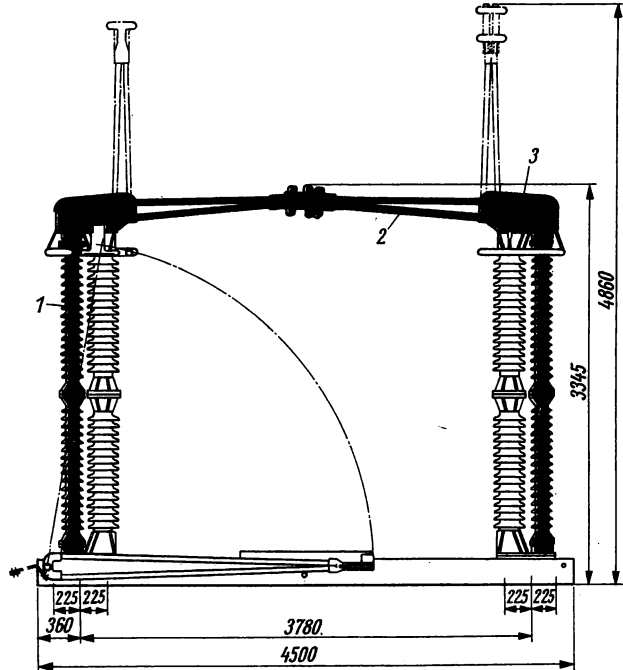


Bild 3.22

Klapptrenner KHA 20 - 220 E/2000

1 drehbarer Stützer;

2 Strombahn; 3 Schaltkopf

3.2.4.3. Lasttrennschalter

Lasttrennschalter LHTCI

Aufbau

(Bild 3.23)

Als Grundscharter dient ein Trenner, der eine Sprungschaltung und eine Löscheinrichtung, die nach dem Hartgasprinzip arbeitet, besitzt. Als Antrieb verwendet

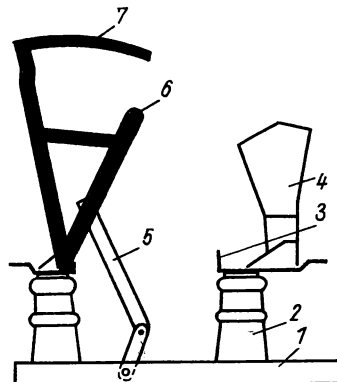


Bild 3.23, Lasttrennschalter LHTCI

1 Rahmen; 2 Stützer; 3 Hauptkontakt;

4 Löschkammer; 5 Schubstange;

6 Hauptstrombahn; 7 Hilfsstrombahn

man einen Federkraftspeicherantrieb mit Handaufzug oder einen Druckluftantrieb.

Funktionsprinzip

Arbeitet wie ein normaler Trenner. Im Gegensatz zu diesem besitzt er allerdings einen Federkraftspeicher, der so ausgeführt ist, daß sowohl eine Schnelleinschaltung als auch eine Schnellausschaltung möglich ist. Die zusätzliche Löschkammer aus Plast sondert bei Hitze-einwirkung durch den Lichtbogen ein Gas ab, das den Lichtbogen löscht.

Technische Daten

Nenn- spannung	Nenn- strom	Nennaus- schalt- vermögen	Nenneinschalt- vermögen
kV	A	A	kA
12, 24	400	300, 400	25, 32, 36

Einsatz

Lasttrenner ersetzt einen Leistungsschalter mit vorge-schaltetem Trenner, wenn er mit einer Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherung kombiniert wird.

Durch den Einsatz des Lasttrenners können die Ver-riegelungselemente zwischen Leistungsschalter und Trenner entfallen, weil beim Lasttrenner die prinzipielle Funktion eines Trenners beibehalten wurde und er als solcher auch eingesetzt werden kann.

Lasttrenner kann unter Last gezogen und auch auf Kurzschlüsse geschaltet werden.

3.2.4.4. Leistungsschalter

Leistungsschalter SCI

Bereiche der zu schal-
tenden Ströme
(Bild 3. 25)

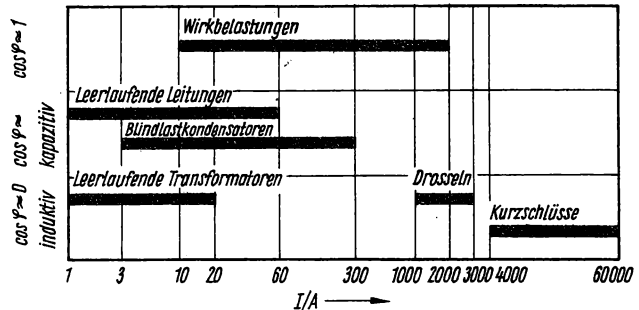


Bild 3. 24a. Bereich der zu schaltenden Ströme

Aufbau

Beim SCI 2 wird die Schaltbewegung durch die Isolier-stangen von der oben im Antriebsgehäuse befindlichen Schaltwelle auf die Schalterpole übertragen. Der obere Anschluß erfolgt am Lagerdeckel, der untere Anschluß am Kontaktträger. Der bewegliche Schaltstift ist über ein Stromband mit dem Lagerdeckel verbunden. Der feststehende Kontakt besteht aus auswechselbaren Kon-taktsegmenten. Durch den Löschkammermantel werden die Löschkammereinsätze zusammengehalten. Der Löschkammermantel ist mit dem Kontaktträger ver-schraubt. Als Löschmittel dient Isolieröl.

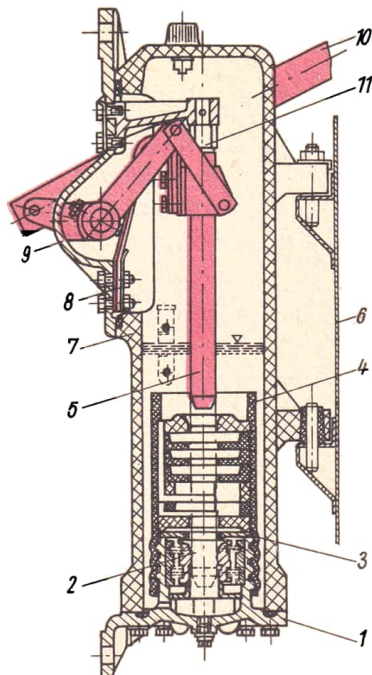


Bild 3.24b. Seitenansicht des Leistungsschalters SCI 4
 1 Kontaktträger; 2 Kontaktsegment; 3 Abbrandring;
 4 Löschkammermantel; 5 Schaltstift; 6 Antriebsgehäuse;
 7 Polgehäuse; 8 Stromband; 9 Lagerdeckel;
 10 Isolierschaltstange;
 11 Stab zur Führung des Schaltstiftes

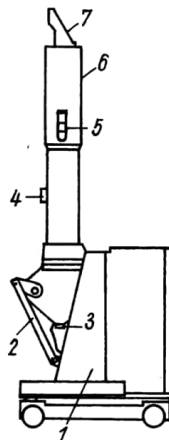


Bild 3.24c. Seitenansicht des Leistungsschalters SCI 4
 1 Schaltergestell; 2 Schaltstange; 3 Ölablaßschraube;
 4 unterer Anschluß; 5 Ölstandsanzeiger; 6 Schalterpol;
 7 oberer Anschluß

Funktionsprinzip

Leistungsschalter SCI wird durch eine Einschaltfeder eingeschaltet und durch die beim Einschalten gespannten Ausschaltfedern ausgeschaltet.

● Einschalten

Beim Einschaltvorgang durch den „Ein“-Druckknopf bzw. durch den „Ein“-Auslöser wird eine Halteklinke entklinkt. Dadurch entspannt sich der Federkraftspeicher, und es wird über die Isolierschaltstange der Schalter eingeschaltet. Dabei werden gleichzeitig die Ausschaltfedern gespannt.

● Ausschalten

Vorgang kann durch Betätigen des „Aus“-Druckknopfes oder des „Aus“-Auslösers eingeleitet werden. Auslösekraftspeicher wird entklinkt. Ausschaltfedern entspannen sich und schalten dabei den Schalter aus. Gleichzeitig wird der Auslösekraftspeicher gespannt und ver-
 klinkt.

● Löschvorgang

Kleine Lichtbogenleistung

Lichtbogen verdampft einen Teil des Öles und zersetzt es. Es entsteht eine Gasblase mit hohem Wasserstoffanteil. Der Lichtbogen wird durch das Gas abgeköhlt, so daß er nach dem Nulldurchgang nicht wieder zünden kann.

Große Lichtbogenleistung

Der hohe Druck der Gasblase hat zur Folge, daß bei der Bewegung des Schaltstiftes in der Löschkammer eine intensive Längs- und Querbepflung der Lichtbogenstrecke erfolgt. Im Nulldurchgang wird die Strecke dadurch entionisiert.

Technische Daten

Nennspannung kV	Nennstrom A	Nennausschaltleistung MVA	Nennausschaltstrom kA
12	630, 800 1250, 2500	250, 350 500	14, 4... 28, 9
24	630 1250	350, 500 750, 600	10, 1... 23, 1
36	800, 630 1250	750	12, 5... 14

Einsatz

SCI-Leistungsschalter ermöglichen neben dem Ein- und Ausschalten von Betriebs- und Kurzschlußströmen auch das Schalten von Kondensatoren und Motoren. Sie werden verwendet in offenen Anlagen und Innenraumanlagen sowie in gekapselten Zellen vom Typ BSIG, CSI und CSIM.

Leistungsschalter DCI Funktionsprinzip

Beim Einschalten wird über die Schaltschwinge der Kontaktstift nach unten bewegt. Durch das gleichzeitige Öffnen des Blasventils gelangt die Druckluft auch in die Schaltkammer. Sie strömt ins Freie, wenn der Schaltstift den Düsenkontakt verläßt. Dabei wird der Lichtbogen direkt beblasen. Es tritt eine Kühlung und Entionisierung ein. Nach dem Löschen des Lichtbogens schließt sich das Blasventil wieder. Der Druckluftbehälter füllt sich.

Aufbau

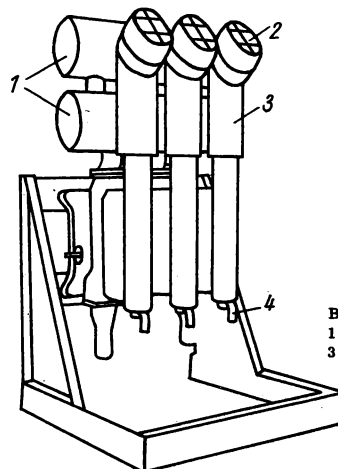


Bild 3. 25. Druckluftschalter DCI
1 Druckluftbehälter; 2 Schalldämpfer;
3 Polsäule; 4 unterer Anschluß

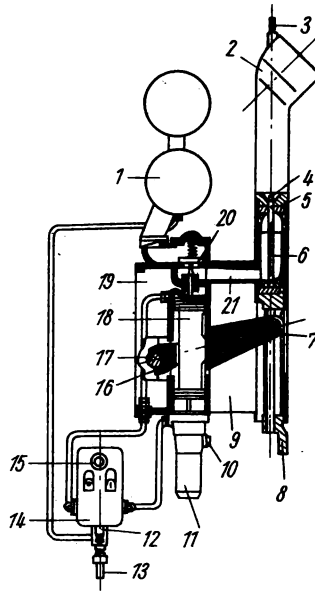


Bild 3. 26. Schematische Schnittdarstellung des Leistungsschalters DCI
 1 Druckluftbehälter; 2 Schalldämpfer; 3 oberer Anschluß; 4 Kontaktspitze;
 5 Düsenkontakt; 6 Kontaktsange; 7 Schaltschwinge; 8 unterer Anschluß;
 9 Tragisolation; 10 Ölstandsanzeiger; 11 Geschwindigkeitsregler; 12 Entwer-
 rungsventil; 13 Erzeugerluftrohr; 14 Betätigungsventil; 15 Manometer; 16 An-
 triebshebel; 17 Schaltwelle; 18 Druckluftantrieb; 19 Grundplatte; 20 Blasluft-
 ventil; 21 Druckrohr

Technische Daten

Nenn- spannung kV	Nenn- strom A	Nenn- ausschalt- leistung MVA	Nenn- ausschalt- strom kA
10	1250, 2500 4000	150, 350 750, 1000	8,7...58
20	1250	750, 1000	21,5...29
30	1250, 2500	750, 1500 350	6,7...29

Einsatz

Anwendung in allen Innenraumanlagen. Das hohe Ausschaltvermögen erlaubt den Einsatz in Verteileranlagen von Kraftwerken oder großen Industrieanlagen.

Leistungsschalter D3AF

Aufbau

Der dreipolige Schalter besteht aus drei einander gleichen Einzelpolen. Der Einzelpol enthält je nach der zu schaltenden Ausschaltleistung einen oder mehrere in Reihe geschaltete Doppelschaltköpfe (Bild 3.28). Als Untergestell dient der Druckluftbehälter. Auf ihm ist der Steuerblock befestigt, der einen Hohlstützer-Zwillingisolator (Steuer- und Nachfüllisolator) trägt. Vom genannten Stützer wird jeweils ein Schaltkopf getragen.

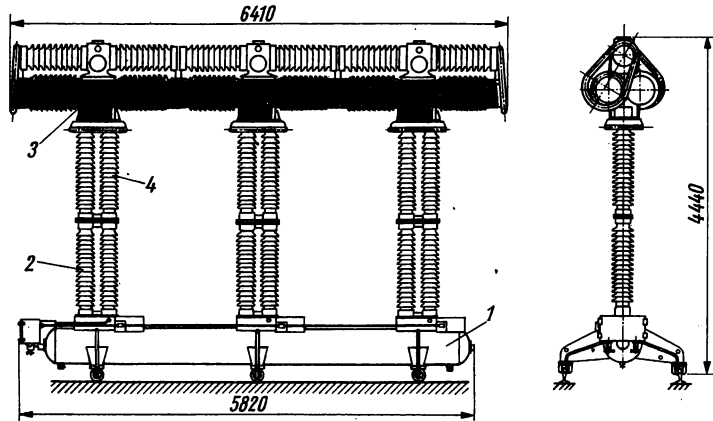


Bild 3. 27. 220-kV-Druckluftschalter D3AF6 für 15 000 MVA
1 Druckluftbehälter; 2 Nachfüllisolator; 3 Schaltkopf; 4 Steuerisolator

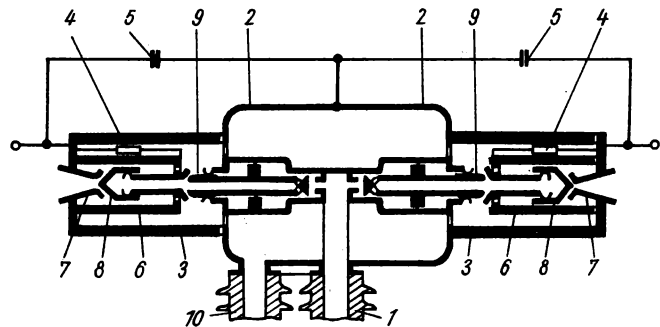


Bild 3. 28. Schematische Darstellung des Doppelschaltkopfes vom D3AF6
1 Steuerisolator; 2 Potentialkessel; 3 Druckzylinder; 4 Widerstand; 5 Kondensator; 6 Isolierzylinder; 7 Gegenkontakt; 8 Leistungstrennstellenstift; 9 Spannungstrennstelle; 10 Nachfüllisolator

Anzahl der Doppelschaltköpfe

Nennspannung kV	Anzahl der Schaltköpfe	Ausschaltleistung MVA
110	1	5 000
220	2	10 000
220	3	15 000
380	4	20 000
380	5	25 000

Funktionsprinzip

Alle Räume des Schaltkopfes stehen unter Druck. Im eingeschalteten Zustand wird deshalb der Leistungstrennstellenstift in den Gegenkontakt gedrückt. Durch pneumatische Steuerungsvorgänge werden Druckunterschiede zwischen den Hohlräumen der Leistungs- und Spannungstrennstellenstifte sowie dem Druckzylinder und dem Potentialkessel erzeugt, so daß folgende Schaltabläufe entstehen:

Ausschaltvorgang

Betätigung des Aus-Magneten

- Leistungstrennstellenstift hebt vom Gegenkontakt ab,
- Beblasung und Löschung des Lichtbogens beim Rückwärtsbewegen des Leistungstrennstellenstiftes,
- Öffnen der Spannungstrennstelle nach dem Erreichen der Endstellung des Leistungstrennstellenstiftes und
- Unterbrechung des Reststroms über dem Widerstand,
- Schließen der Leistungstrennstelle.

Einschaltvorgang

Betätigung des Ein-Magneten

- Schließen der Spannungstrennstelle,
- Alle Räume stehen wieder unter Druck.

Technische Daten (D3AF8)

Nennspannung	Nennstrom	Nennausschaltstrom	Neneinschaltstrom
kV	A	kA	kA
245, 420	2000	50	125

Einsatz

Als Typenreihen werden zur Zeit D3AF6, D3AF7 und als Ergänzung im Verbundnetzbetrieb der kommenden Jahre D3AF8 in allen Hochspannungsanlagen eingesetzt.

3.3. Schutzelemente

3.3.1. Allgemeines

Aufgaben der Schutzelemente

Kurzschlußschutz

Die Zeit, die zur Reparatur von Anlagen nach einem aufgetretenen Kurzschluß benötigt wird, ist unmittelbar von der Höhe und der Dauer des Kurzschlußstroms abhängig. Ziel der Schutzelemente ist, durch Begrenzung des Kurzschlußstroms sowohl in seiner Höhe als auch in seiner Dauer und durch die Abschaltung entsprechender Anlageteile die Schäden auf ein Minimum zu reduzieren.

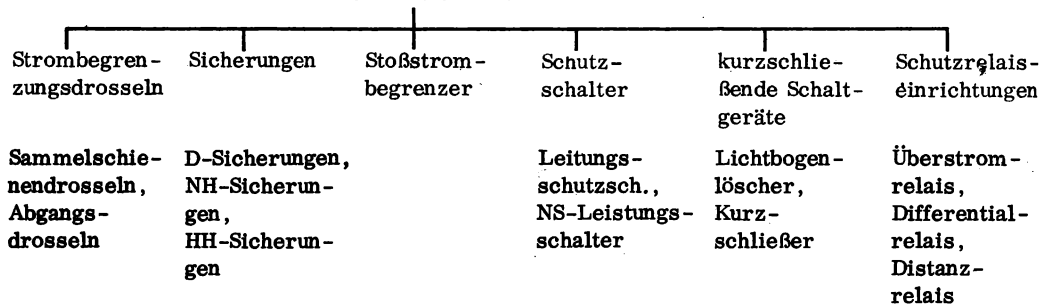
Überspannungsschutz

Überspannungsschutzgeräte sollen die Spannungshöhe und die Steilheit von einfallenden Ladewellen auf ein zulässiges Maß herabsetzen.

Einteilung der Schutzelemente

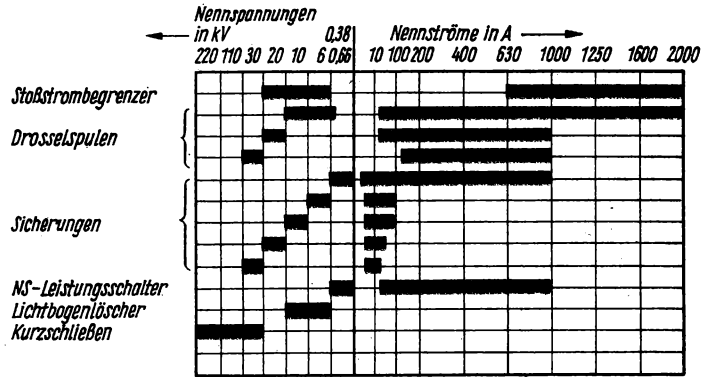
Überstromschutz

Überstromschutzelemente

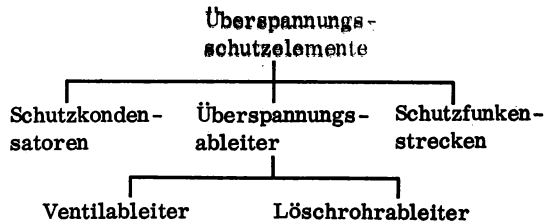


Einsatzbereiche der
Überstromschutz-
elemente
(Bild 3.29)

Bild 3.29. Einsatzbereiche der
Überstromschutzelemente



Überspannungsschutz



3.3.2. Überspannungsableiter

Ursachen und Entstehung

Blitzüberspannungen

Zwischen positiv oder negativ aufgeladenen Wolken und bestimmten Erdpunkten wird ein elektrisches Feld aufgebaut, so daß durch die elektrostatischen Kräfte im Raum des Feldes ein negativer Ladungstau auf der Leitung entsteht (Bild 3.30 a). Durch das plötzliche Zusammenbrechen des elektrostatischen Feldes nach der Blitzentladung werden die gestauten Ladungen freigegeben (Bild 3.30 b). Diese „weglaufende“ Ladung hat eine „flache“ Stirn und Scheitelwerte um 50 kV, selten

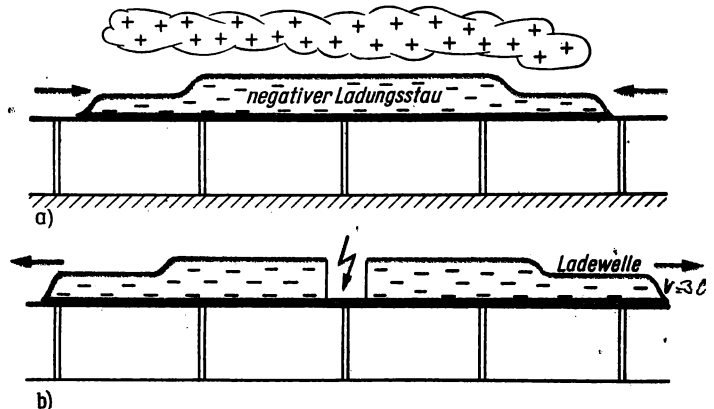


Bild 3.30. Entstehung der atmosphärischen Überspannungen

	<p>mehr als 200 kV. Bei Blitzentladungen in der Nähe der Leitung können Spannungsspitzen um 400 kV (bis 3 MV möglich) mit einer Dauer von etwa $6 \mu\text{s}$ auftreten.</p>
Schaltüberspannungen	<p>Bei Schalthandlungen ändert sich plötzlich der Energiezustand des Netzes. Im Einschaltmoment erzeugt die plötzlich angelegte Spannung eine mit Lichtgeschwindigkeit längs der Leitung wandernde Ladewelle. Diese beansprucht beim Auftreffen auf elektrische Betriebsmittel die Isolation. Auftretende Überspannung kann bis zu 4- oder 5fachen Größe der normalen Betriebsspannung betragen.</p> <p>Schaltüberspannungen entstehen aber vor allem beim Ausschalten von Stromkreisen, insbesondere beim Abschalten leerlaufender Transformatoren, Asynchronmotoren und Leitungen (leerlaufende Kabel). Auch ein einpoliger Leiterbruch kann zu Überspannungen führen.</p>
Isolationsniveau	
Allgemeines	<p>Um aus wirtschaftlichen Gründen den Aufwand für die Isolation in tragbaren Grenzen zu halten, ist bezüglich der nicht zu vermeidenden Überspannungen eine Koordination der Anlageisolation notwendig. Dadurch sollen Durchschläge an solche Stellen geleitet werden, an denen die Schäden in wirtschaftlich vertretbaren Grenzen liegen.</p>
Unterer Stoßpegel	<p>Er ist für die äußere Isolation zwischen spannungsführenden Teilen und Erde (Stützer, Isolatoren und Durchführungen) maßgebend.</p>
Oberer Stoßpegel	<p>Er ist für die innere Isolation (Generatoren, Umspanner und Meßwandler) maßgebend, die unter keinen Umständen beschädigt werden soll.</p>
Elektrische Größen	
Nennlöschspannung U_{ln}	<p>Höchste, dauernd zulässige Spannung, angegeben als Effektivwert, die an den Klemmen des Ableiters anliegen darf.</p>
Ansprechwechselspannung U_{aw}	<p>Effektivwert der Wechselspannung, bei der der Ableiter anspricht.</p>
Ansprechstoßspannung U_{as}	<p>Scheitelwert der Stoßspannung am Ableiter während der Ansprechzeit.</p>
Nennrestspannung U_{rn}	<p>Höchstzulässiger Wert der Restspannung am Ableiter, der beim Fließen des Nennableitstoßstroms auftreten darf.</p>
Ableitstoßstrom i_{s}	<p>Scheitelwert des Stoßstroms durch den Ableiter während des Ableitvorgangs.</p>
Grundsätzliche Aufgaben	<p>Schutz der Isolation elektrotechnischer Betriebsmittel vor übermäßiger Spannungsbeanspruchung, durch</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ableitung der Überspannung (Überschlag) bzw. ● Speicherung der Energie der Überspannung an dafür vorgesehenen Stellen.

Kondensatoren

Verminderung der Steilheit der Ladewellen durch Energiespeicherung.

Überspannungsableiter

Absenkung der Spannungshöhe durch Ableiten der Energie zur Erde.

Ventilableiter

Aufbau

Ventilableiter bestehen aus der Reihenschaltung einer Funkenstrecke und einem spannungsabhängigen Widerstand (Bild 3.31).

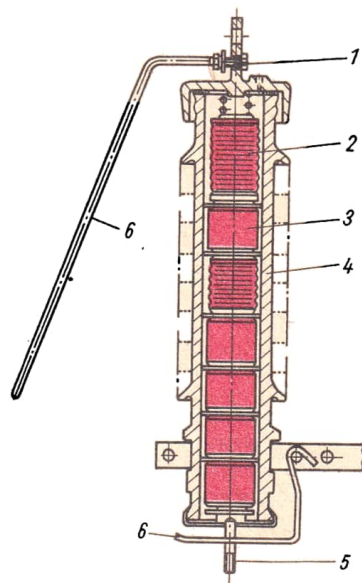


Bild 3.31

Innerer Aufbau eines Ventilableiters
1 Spannungsanschluss; 2 Funkenstrecke;
3 Ableitwiderstand;
4 Porzellangehäuse; 5 Erdungsanschluss;
6 Lichtbogenleiteinrichtung

Funkenstrecke

Aufgaben:

- Abtrennen des Widerstandes vom spannungsführenden Leiter im normalen Betriebszustand, um einen ständigen Stromfluß durch den Ableitwiderstand zu verhindern.
- Ansprechen des Ableiters erst beim Ansteigen der Überspannung über einen bestimmten Wert.
- Selbsttätige Unterbrechung des dem Stoßstrom folgenden Betriebsstroms in möglichst kurzer Zeit. Die Funkenstrecke ist deshalb bei Mittel- und Hochspannungsableitern in mehrere in Reihe geschaltete Teilfunkenstrecken unterteilt.

Ableitwiderstand

Ableitwiderstand besteht aus Widerstandsscheiben (Bild 3.31), deren Werkstoff eine von der Spannung abhängige Leitfähigkeit aufweist. Mit steigender Spannung verkleinert sich der Widerstandswert. Bei fallender Spannung ergibt sich ein umgekehrtes Verhältnis.

Funktionsprinzip

Bei Überspannung zünden die Funkenstrecken. Abbau der Überspannungswelle vollzieht sich mit dem Abfließen des Ladewellenstroms über die Verbindung „Lei-

tung - Funkenstrecken - Widerstände - Erde". Der am Ableiter als Produkt von Ableitstrom und Ableiterwiderstand entstehende Spannungsabfall (Spannungsverlust) U_r wird als Spannungsbegrenzung des Ableiters bezeichnet. Die Station, die der Ableiter schützen soll, kann nun mit keiner höheren Spannung beansprucht werden, als sie dieser Spannungsbegrenzung entspricht.

Löschrohrableiter (Bild 3.32)

Technische Daten Typenbezeichnung

V A 0,250 / 2,5

└─ Nennableitstoßstrom in kA
└─ Nennlöschspannung in kV
└─ Ventilableiter

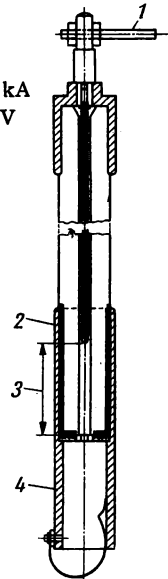


Bild 3.32. Innerer Aufbau eines Löschrohrableiters
1 Spannungsanschluß; 2 Isolierrohr; 3 Löschfunkenstrecke; 4 Auspuffelektrode

Kennwerte

Typ	U_{ln} kV	i_{sn} kA	U_{aw} kV	U_{as} kV	U_{rn} kV
NS-Ableiter	0,25...1,035	2,5	1,0...2,8	2,0...5,0	2,0...5,0
MS-Ableiter	1,4...36	2,5...5,0	2,4...75	6,0...120	6,0...138
HS-Ableiter	48...390	10	75...270	130...360	123...438

Kennlinien

Schutzkennlinie $U_r = f(U_{ü})$ (Bild 3.33)

Beträgt beispielsweise der Scheitelwert der Ladewelle 300 kV, so wird nach dem Ansprechen des Ableiters die Überspannung auf die Restspannung von 2 kV gesenkt.

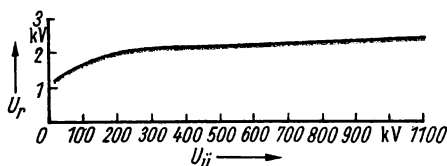


Bild 3.33. Schutzkennlinie eines Überspannungsableiters

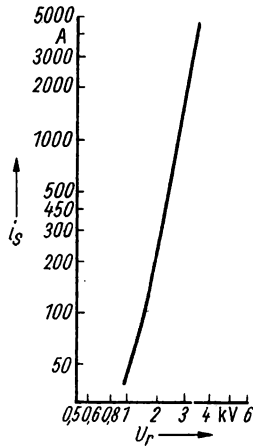


Bild 3.34. Restspannungskennlinie eines Überspannungsableiters

Restspannungskennlinie $i_s = f(U_r)$ (Bild 3.34)

Bei einer Restspannung von 2 kV fließt ein Ableitstoßstrom von rund 1,5 kA.

Einsatz

Anordnung der Ableiter
(Bild 3.35)

Allgemeine Richtlinien
zum Einbau

Alle Freileitungseingänge sollten mit Ventilableitern ausgerüstet und besonders wertvolle Betriebsmittel zusätzlich mit Ableitern geschützt werden.

Für Kabel, die mit Freileitungen direkt verbunden sind, macht sich ein Überspannungsschutz notwendig.

- Ist die Länge der Kabel größer als etwa 125 m, so sind am Kabelanfang und am Kabelende Ableiter einzubauen.

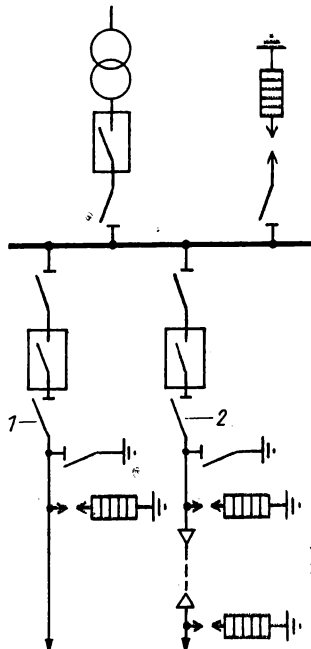


Bild 3.35. Zweckmäßige Anordnung von Überspannungsableitern
1 Freileitungstrenner; 2 Kabeltrenner

- Mittelspannungs-Freileitungen, die auf Holzmasten verlegt sind und zwischendurch Eisen-Gittermaste aufweisen, werden betriebssicherer, wenn die Gittermaste mit Ventilableitern ausgerüstet werden.

Erdung

Ableiter sind auf kürzestem Wege direkt zu erden. Eine leitende Verbindung zwischen der erdseitigen Zuleitung des Ableiters und dem Gehäuse des Schutzobjektes ist herzustellen. Gehäuse ist dann nicht nochmals mit der Schutzerdungsanlage zu verbinden.

3.3.3. Strombegrenzungsdrosseln

Aufgabe

Sie haben die Aufgabe, alle nachgeschalteten Anlagenteile vor der Wirkung eines zu großen Kurzschlußstroms zu schützen.

Aufbau

Drosseln mit Holzabstützung

Strangwicklungen bestehen aus einer Serienschaltung von Scheibenspulen. Die drei Phasenwicklungen sind nebeneinander mit gegenseitigen Abstützungen auf Stützisolatoren und gemeinsamem Grundrahmen fest montiert.

Drosseln mit Betonabstützung

Wicklungen werden aus Aluminiumleitung mit Asbestumspinnung hergestellt. Diese sind in die radial angeordneten Betonpfeiler eingegossen.

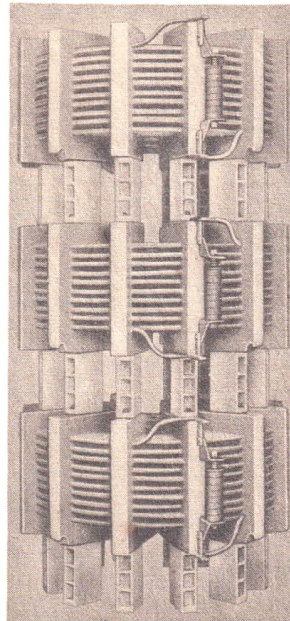


Bild 3.36. Strombegrenzungsdrossel

Wirkungsweise

Drosselspulen bewirken eine Erhöhung der Impedanz der Kurzschlußstrombahn.

Dadurch wird der Kurzschlußstrom in allen zeitlichen Phasen erniedrigt. Eine Drosselspule begrenzt bei einem Kurzschlußwechselstrom I''_{kv} vor der Drosselspule den Kurzschlußstrom auf I''_{kh} hinter der Drosselspule.

$$I''_{kh} = \frac{110 I_n \cdot I''_{kv}}{110 I_n + u_n \cdot I''_{kv}}$$

**Technische Daten
Kennwerte**

Nennspannung $\frac{U_n}{\sqrt{3}} / \text{kV}$	Nennspannungs- abfall %	Nennstrom A
6, 10, 20, 30	3, 6, 10	25... 2000

**Kurzschlußstrombegren-
zungskennlinie**

$I''_{kh} = f(I''_{kv})$ (Bild 3.37)

Begrenzungskennlinie ermöglicht das Ablesen der Werte für den Kurzschlußwechselstrom hinter der Drosselspule in Abhängigkeit von den Werten vor der Drosselspule mit den Nennspannungsabfällen.

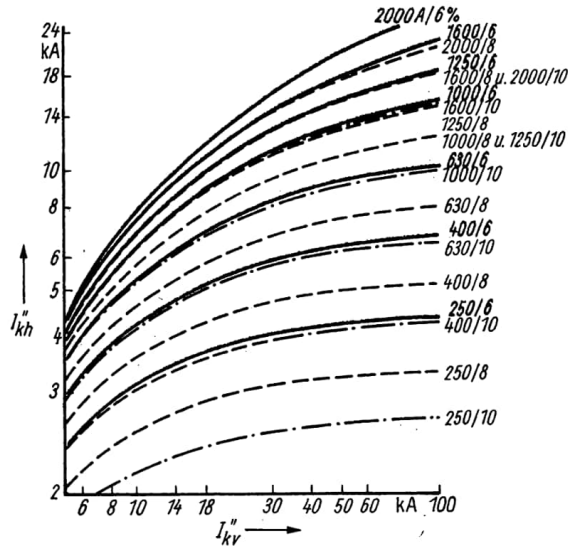


Bild 3.37. Kennlinie für die Begrenzung des Kurzschlußstroms durch Strombegrenzungsdrosseln

**Spannungsabfall-Netzleistungs-
faktor-Kennlinie**

$u = f(\cos \varphi_N)$ (Bild 3.38)

Aus der Kennlinie (Bild 3.38) ist bei vorgegebenen Nennspannungsabfällen der Drosseln der jeweilige Spannungsabfall an den Drosselspulen in Abhängigkeit vom Netzleistungsfaktor abzulesen.

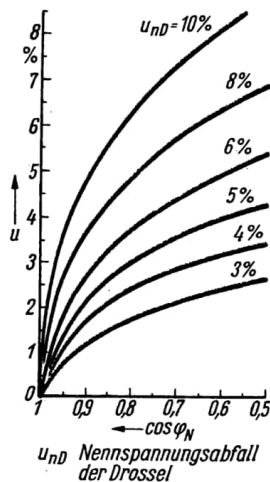


Bild 3.38

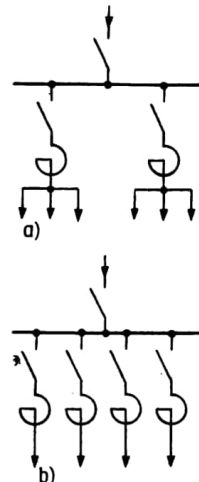


Bild 3.39
Anordnung von
Abzweigdrosseln

Einsatz

Einbau der Drosseln kann als **Sammelschienen-, Abzweig- oder Gruppendrossel** erfolgen (Bild 3.39). Man erreicht durch den Einbau von Gruppen- bzw. Abzweigdrosseln, daß abzweigende Leitungen, vor allem Kabel und Geräte, vor hohen Kurzschlußströmen geschützt werden können. Außerdem soll vermieden werden, daß zu hohe Kurzschlußströme in der nachfolgenden Anlage Zerstörungen anrichten können.

3.3.4. Sicherungen

Aufbau und Funktionsprinzip

Sicherungen sind Elemente, die Stromkreise bei Überlastung oder Kurzschlüssen selbsttätig unterbrechen, indem ein stromführender Teil - der sogenannte Schmelzleiter - durch die Stromwärme aufgetrennt wird.

Sicherungen bestehen aus einem in Quarzsand gebetteten Schmelzleiter, der aus einer Metallegierung mit einer bestimmten Wärmezeitkonstante aufgebaut ist. Vor dem Erreichen des Stoßkurzschlußstroms verdampft der Schmelzleiter durch die hohe Stromwärme ($W = I^2 \cdot R \cdot t$). Die den Schmelzleiter umgebenden Quarzsandkörner werden durch die Wärmeenergie und die sich niederschlagenden Metaldämpfe elektrisch leitend und bilden heißleitfähige Sinterraupen. Der gesinterte Quarzsand wird durch die Wärmeabfuhr an die Umgebung sofort abgekühlt. Der elektrische Widerstand des geschmolzenen Quarzsandes wird stark erhöht. Es erfolgt entweder beim ersten Nulldurchgang oder spätestens 0,04 s nach dem Eintritt des Kurzschlusses die Unterbrechung des Kurzschlußstroms. Je nach Aufbau und Verwendungszweck unterscheidet man LS-, NH- und HH-Sicherungen.

Technische Daten

Kennfarben

Nennstrom	Farbe	Nennstrom	Farbe
A	—	A	—
2	Rosa	50	Weiß
4	Braun	63	Kupfer
6	Grün	80	Silber
10	Rot	100	Rot
16	Grau	125	Gelb
20	Blau	160	Kupfer
25	Gelb	200	Blau
35	Schwarz		

D-Sicherungen

Nennspannung V	Nennstrom A	Gewinde- durchmesser	Schraub- kappe
500	bis 25 A	E 16	K I
660		E 27	K II
750	bis 63 A	E 33	K III
	bis 100 A	R 1 1/4"	K IV
	bis 200 A	R 2"	K V

NH-Schmelzeinsätze mit träger Zeit-Strom-Kenn- linie

Nennspannung V	Nennstrom A	Größen- bezeichnung	Ausfüh- rung
500 Ws	10...100 A	00	mit Schraub- kontakten
660 Ws	36...200 A	1	
440 Gs	(500 V) 36...125 A (660 V)		
500 Ws	160...355 A	2	mit Kontakt- messern
660 Ws	(500 V) 160...250 A		
440 Gs	(660 V) 300...600 A	3	
	1000 A (500 V)	4	

NH-Schmelzeinsätze mit flinker Zeit-Strom- Kennlinie und Kontakt- messern sowie Form- stoffkörper (660 V Ws)

Größe 1	36...125 A
Größe 2	160...250 A
Größe 3	300...600 A

Strombegrenzungs- vermögen

Begriff

Begrenzung des Kurzschlußstroms, wenn die
Schmelzzeit der Sicherung unter 5 ms liegt.

Sicherung spricht an, bevor der Kurzschlußstrom, der
sich bei überbrückter Sicherung einstellen würde,
seinen Maximalwert erreicht hat (Bild 3.40).

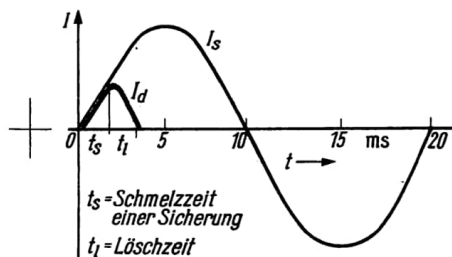


Bild 3. 40. Begrenzung des Kurzschlußstroms durch Sicherungen

Berechnungsgleichung

Begrenzter Kurzschlußstrom (Durchlaßstrom I_d) beträgt:

$$I_d = \sqrt{2} \cdot I_k'' \cdot \sin\left(18^\circ \cdot \frac{t_s}{2s}\right)$$

t_s ist die Schmelzzeit der Sicherung, die aus der Zeit-Strom-Kennlinie entnommen werden muß.

Schutzwertkennlinie

$I_d = f(I_k'')$
 einer NH-Sicherung
 (Bild 3. 41)

Ablesebeispiel

● Vorhandener Anfangskurzschlußwechselstrom:

$$I_k'' = 30 \text{ kA}$$

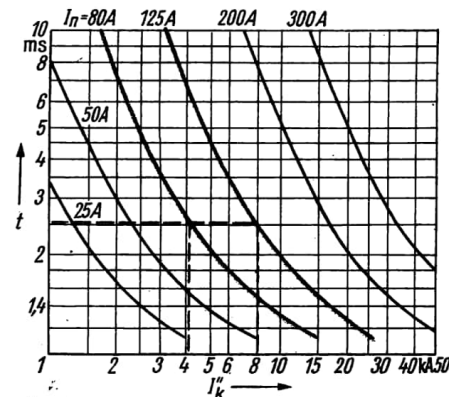
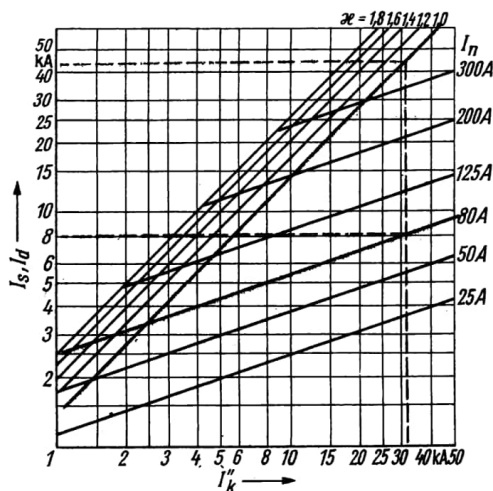


Bild 3. 42

Bild 3. 41. Schutzwertkennlinien von NH-Sicherungen

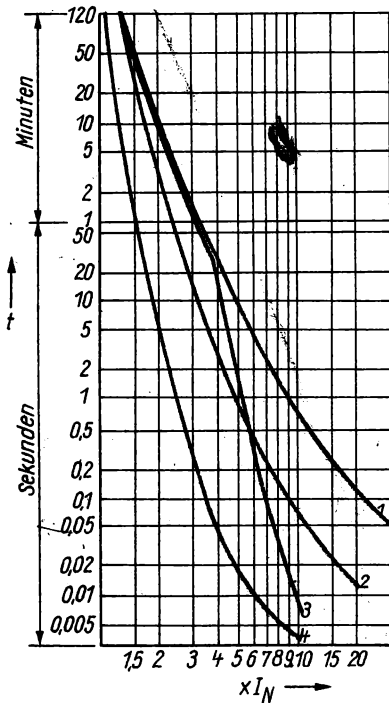
● Ohne Sicherung würde sich ein Stoßkurzschlußstrom ($\kappa = 1$)

$$I_s = 42,5 \text{ kA} \text{ ergeben.}$$

● Die Sicherung 80 A begrenzt I_k'' auf den Durchlaßstrom

$$I_d = 8 \text{ kA}$$

Zeit-Strom-Kennlinie
 $t = f(I)$ einer NH-Sicherung
 (Bild 3.42)



Ablesebeispiel

- Vorhandene Schmelzzeit $t_s = 2,5$ ms
- Sicherung 80 A $I_k'' = 4$ kA
- Sicherung 125 A $I_k'' = 8$ kA

Es werden träge, flinke, trügflinke und überflinke Schmelzeinsätze unterschieden (Bild 3.43).

Bild 3.43. Zeit-Strom-Kennlinien
 1 träge; 2 flink; 3 trügflink; 4 überflink

Einsatz

D-Sicherungen
 NH-Sicherungen

Installationsanlagen, Steueranlagen u. ä.
 Schutz von Leitungen und Kabeln in größeren Verteilungsanlagen.

HH-Sicherungen

Überstromschutz in Mittelspannungsanlagen (Ortsnetze, Industrie-Transformatorstationen), besonders als Kurzschlußschutz in Verbindung mit Lasttrennschaltern.

3.3.5. Schutzschalter

Aufgaben

- Verbinden und Trennen von Stromkreisen,
- Schutz von Niederspannungsanlagen und Geräten vor Überlast- und Kurzschlußströmen.

Hauptbestandteile

Schnellauslöser

Für den Kurzschlußschutz ist ein elektromagnetisch arbeitender Schnellauslöser vorhanden, der eine mechanische Verriegelung auslöst. Seine Einstellbereiche liegen für den Leitungsschutz zwischen dem 3- und 6fachen Nennstrom und für den Motorschutz beim 8- bis 16fachen Nennstrom. Mit Hilfe des in jedem der drei Schalterpole befindlichen Schnellauslösers ist der Schutzschalter in der Lage, bei Kurzschlüssen unverzüglich auszuschalten.

Wärmeauslöser

Er stellt eine verzögernd wirkende Auslöseeinrichtung dar. Er arbeitet im Überlastbereich mit Bimetallen, die auf eine Auslösekinke wirken.

Unterspannungsauslöser

Er arbeitet elektromagnetisch und spricht auf das Absinken der Betriebsspannung an.

Aufbau und Funktionsprinzipien

EIA-Leitungsschutzschalter AW (Bild 3.44)

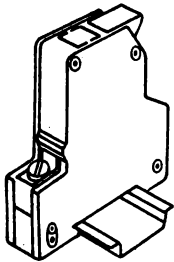


Bild 3.44

Betätigung erfolgt mittels Kippschalters. Durch eine Freiauslösung erfolgt auch bei festgehaltenem Bedienteil eine ungehinderte Auslösung. Leitungsschutzschalter wird mit Hilfe einer Klemmvorrichtung auf Tragschienen geklemmt.

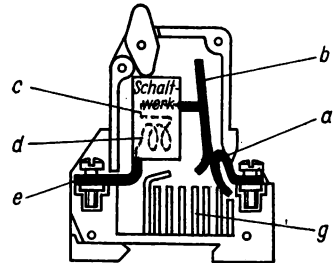
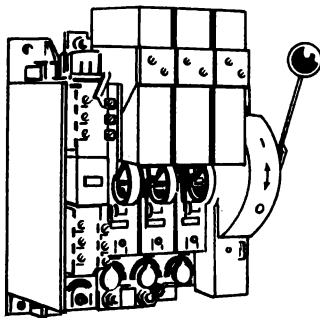


Bild 3.45. Schematischer Aufbau des Leitungsschutzschalters AW

Strombahn (Bild 3.45) verläuft über die Polklemme a zum beweglichen Schaltkontakt b, von da über ein flexibles Kupferseil zum Bimetall c, von dort zur Spule d des magnetischen Schnellauslösers und von dort zur Abgangsklemme e. Bei der Löschkammer g handelt es sich um eine Deionkammer. Alle funktionswichtigen Bauteile (Magnetauslöser, thermischer Auslöser und Verrastungseinrichtung) sind zum Baustein „Schalt-system“ zusammengefaßt.

NS-Leistungsschalter der Typenreihe EL 250-2500 (Bild 3.46)



Schalter besteht im wesentlichen aus dem Grundscharter und den Auslöserbausteinen.

Grundscharter (Bild 3.47)

- Strombahnen,
- Haupt- und Abbrennschaltstücke,
- Lichtbogenlöschkammer,
- Hilfsschalter für Steuer-, Melde- und Verriegelungszwecke,
- Antriebssystem (Hebel-, Lochscheiben-, Motor- und Handantrieb).

Auslöserbausteine

- thermisches Überstromrelais,
- magnetischer Überstromauslöser,
- Unterspannungsauslöser,
- Arbeitsstromauslöser.

Auslöser sind als selbständige Bausteine ausgeführt, um eine vielseitige Einsetzbarkeit der Leistungsschalter zu gewährleisten.

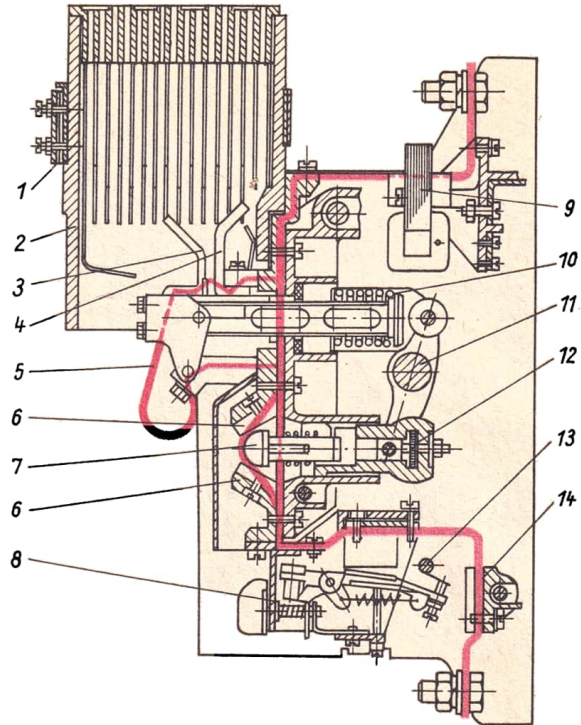


Bild 3.47. Schnittbild des Leistungsschalters EL 400
 1 Polblech; 2 Löschkammer; 3 beweglicher Kontakt; 4 fester Vorkontakt; 5 flexibles Band; 6 fester Hauptkontakt; 7 beweglicher Hauptkontakt; 8 Schnellauslöser; 9 Stromwandler; 10 Kontakt-druckfeder; 11 Schaltwelle; 12 Hauptkontakteinstellung; 13 Auslösewelle; 14 Lagerbock

NS-Leistungsschalter der Typenreihe EBL 25-1000

Aufbau und Funktion dieser modernen Schalter zeigen die Bilder 3.48 und 3.49. Funktion wird am EBL 1000 erläutert.

Liegt der Kurzschlußstrom unter 20 kA, wird der Schnellauslöser 8 betätigt, dessen Anker angezogen wird. Dabei verdreht er eine Auslösewelle, die ihrerseits das Schaltschloß zum Auslösen bringt. Das be-

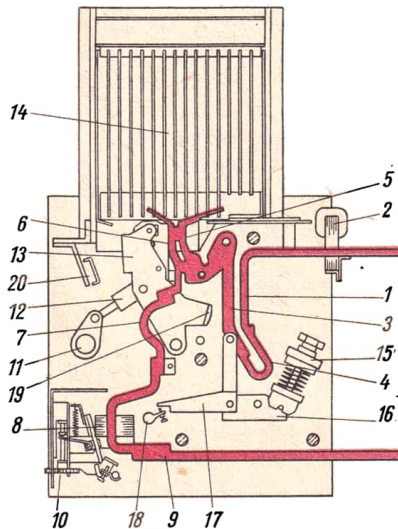
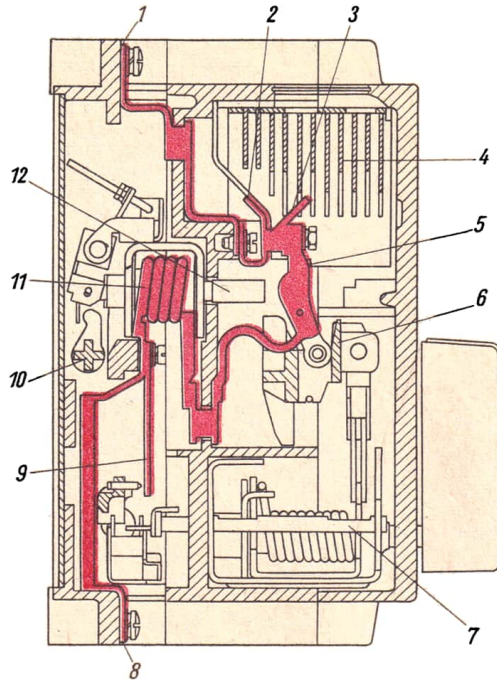


Bild 3.48. Schnittbild des strombegrenzenden Leistungsschalters EBL 1000

Bild 3.49. Schnittbild des strombegrenzenden Leistungsschalters EBL 63
 1 Anschlußwinkel; 2 Schaltstück; fest;
 3 Schaltstück, beweglich; 4 Löschkammern;
 5 Kontakthebel; 6 Schaltwelle;
 7 Schaltschloß; 8 unteres Anschlußstück;
 9 Paketbimetall; 10 Auslöswelle;
 11 Schnellauslösespule; 12 Magnetanker



wegliche Schaltstück wird über die Schaltwelle 11 und das Gestänge 12 durch Federkraft vom feststehenden Schaltstück entfernt.

Liegt der Kurzschlußstrom über 25 kA, wird die elektrodynamische Kraft an der Kontaktengestelle des Hauptkontaktpaares so groß, daß die Kraft der Kontaktfeder überwunden wird und die Kontaktstücke etwas abgehoben werden. Strom fließt deshalb über die Abreißkontakte, wobei die Schaltstücke 5 und 6 eine gegensinnig stromdurchflossene Schleife bilden. Dadurch wird das bewegliche Schaltstück 6 mit hoher Geschwindigkeit abgestoßen. Somit wird ein strombegrenzender wirkender Lichtbogen in den Stromkreis eingeschaltet. Parallel zu diesem Vorgang treten zwischen den Strombahnteilen 1 und 3 ebenfalls elektrodynamische Kräfte auf. Diese werden von der Feder 15 unterstützt, so daß der bewegliche Schleifenweig 3 auf den Kontaktkäfig 13 zugeschleudert wird. Dadurch wird Ausschaltvorgang beschleunigt. Kontaktöffnung tritt bereits vor dem Erreichen des Strommaximums ein.

Tafel 3.11. Technische Daten, Kennwerte (Auswahl)

Schaltertyp		EL	M 25	EBL	LS-Schalter AW
Nennstrom	A	250, 400, 630, 1000, 2500	25	25, 63, 160, 250 400, 630, 1000	6, 10, 16, 20, 25
Nennspannung	V	660, 500	500	660, 500	380
Thermisches Überstrom- relais	A	50 bis 1000	0,4 bis 25	0,4 bis 160	
Magnetischer Schnell- auslöser	A	400 bis 5000	$10 \cdot I_{EO}^{(x)}$	$10 \cdot I_{EO}$	
Nenneinschaltvermögen kA		24 bis 132	2, 25	30 bis 220	Schaltvermögen 2, 0/3, 0
Nennausschaltvermögen kA		12 bis 60	1, 5	10 bis 100	

x) oberer Einstellwert des thermischen Überstromrelais

Strom-Zeit-Kennlinien
 $t = f(x \cdot I_n)$ des
 Leistungsschalters
 (Bild 3.50)

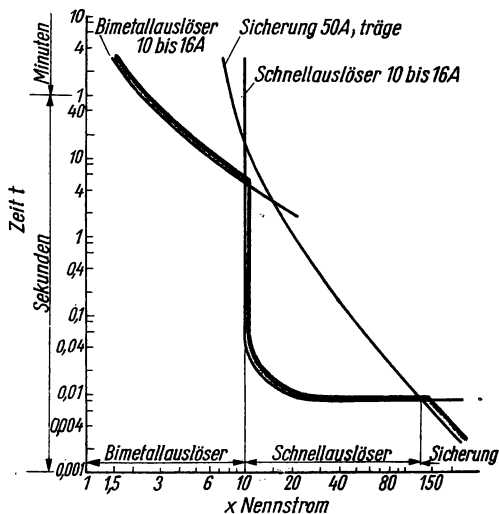


Bild 3.50
Leistungsschalter M 25

Strombegrenzungskennlinien des strombegrenzenden Leistungsschalters EBL (Bild 3.51)

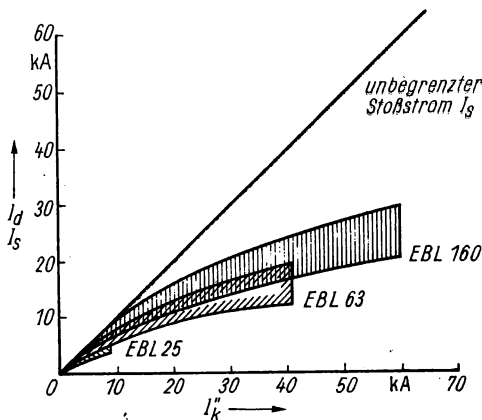


Bild 3.51

3.3.6. Relaischutzeinrichtungen

3.3.6.1. Allgemeines

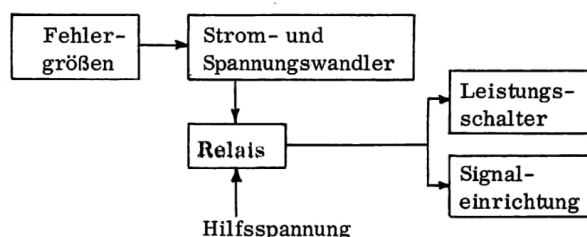
Aufgaben

Erfassen von Fehlern und Erteilung des Auslösebefehls zur automatischen Abschaltung eines fehlerhaften Anlage- oder Netzteils, z.B. nach dem Auftreten eines Kurzschlusses, um Sachwerte zu schützen und eine weitgehend störungsfreie Energieversorgung sicherzustellen.

Prinzipieller Aufbau

Komplette Einheit, die beim Meßwandler beginnt und über die Schutzrelais zu den Auslöseorganen der Leistungsschalter führt.

Blockschaltbild



3.3.6.2. Schutzrelais

Funktionsprinzip

Die Entscheidung über die Funktion des Schutzrelais fällt, nachdem ein eingestellter elektrischer Wert über- oder unterschritten wurde.

Auftreten einer Fehlergröße,
Zuführung zum Relais

Wert liegt außerhalb der zulässigen Grenzen: Ansprechwert überschritten

nein

ja

Relais arbeitet entsprechend den Einstelldaten

Relais zeigt keine Reaktion, verbleibt im Ruhezustand

Auslösebefehl wird vom Relais erteilt und weitergeleitet

Leistungsschalter unterbricht den Fehlervorgang, Fehlergröße wird Null

Relais kehrt in den Ruhezustand zurück

Relaisarten

Elektromagnetisches Relais (Bild 3.52)

Ein bzw. mehrere Relais bilden den Hauptbestandteil. Sie arbeiten in den meisten Fällen nach dem elektromagnetischen Prinzip. Eine stromdurchflossene Spule erregt einen Eisenkern, der einen beweglichen Schenkel besitzt. Dieser betätigt Kontakte.

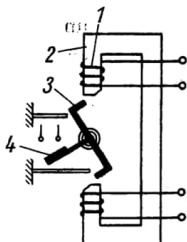


Bild 3.52. Elektromagnetisches Relais
1 Erregerspule; 2 Weichkern; 3 Anker; 4 Kontaktarm

Drehspulrelais (Bild 3.53)

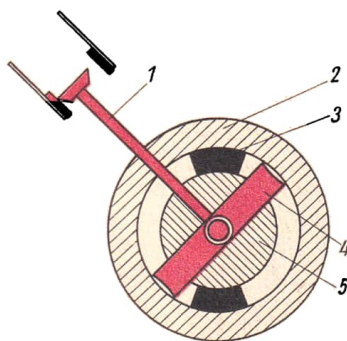


Bild 3.53. Drehspulrelais
1 Kontaktarm;
2 magnetisch weicher Rückschluß;
3 unmagnetische Stege;
4 Rähmchen; 5 Dauermagnet

Es besteht aus einem Innenmagnetsystem, in dessen Luftspalt das bewegliche Organ drehbar angeordnet ist. Rähmchen mit der Drehschule trägt die Schaltstücke des Wechslers, Stromzuführungen zur Drehschule und zu dem Schaltstück erfolgen über Spiralfedern.

Thermisches Relais

Heizwicklung erwärmt bei Überstrom einen Bimetallstreifen. Dieser verformt sich und klinkt ein Kontaktglied aus.

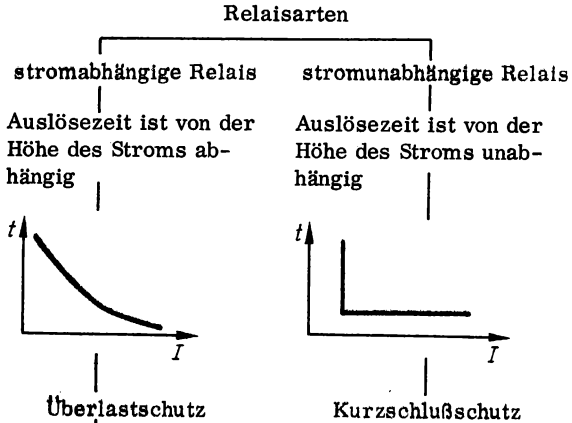
3.3.6.3. Überstromrelais

Fehlerkriterium

Ein Fehler liegt vor, wenn der Fehlerstrom größer als der Betriebsstrom ist:

$$I_{k \min} > I_{b \max}$$

Relaisarten



Wirkungsprinzip
(Bild 3.54)

Beim Überschreiten des durch die Federspannung der Rückzugfeder einstellbaren Ansprechwertes wird der Strommagnet angezogen und schließt dabei die Arbeitskontakte. Dadurch erfolgt dann die Auslösung des zugehörigen Leistungsschalters.

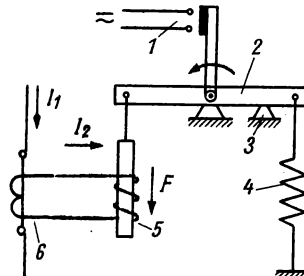


Bild 3.54. Grundprinzip des Unterimpedanzrelais

1 Arbeitskontakt; 2 Waagebalken; 3 Anschlag; 4 Spannungsmagnet; 5 Spannungswandler; 6 Stromwandler; 7 Strommagnet

Thermische Überstromrelais
(K-) R 16 (Sp)... (K-) R 63 (Sp)

Aufbau

In einem Gehäuse sind das Triebsystem und das Auslösesystem (Bild 3.55) untergebracht.

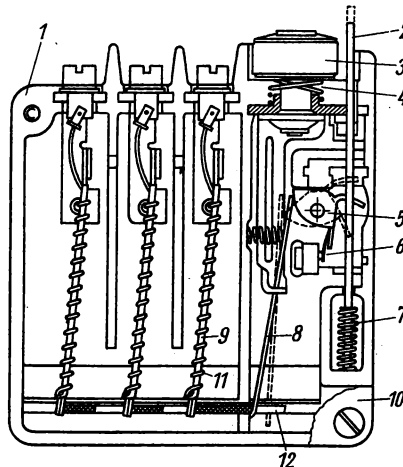


Bild 3.55. Thermisches Überstromrelais im geöffneten Zustand

1 Gehäuse; 2 Entsperrungsdrücker;
3 Einstellknopf; 4 Anschlußschraube;
5 Klinke; 6 Befehlskontakt; 7 Druckfeder; 8 Temperaturkompensationsstreifen; 9 Bimetallstreifen; 10 Deckel;
11 Heizleiter; 12 Auslöseleiste

Triebssystem besteht aus drei Trägern mit geheizten Bimetallstreifen, den Anschlußverbindungen und der Auslöseleiste.

Öffnerkontaktsystem mit oder ohne Einschaltsperrleiste und die Einstellvorrichtung bilden das Auslösesystem.

Funktionsprinzip

Durch den im Hauptstromkreis einer Schützschaltung fließenden Strom erwärmen sich die Bimetallstreifen, biegen sich durch und betätigen bei Überschreiten des Einstellwertes das Auslösesystem über die Auslöseleiste.

Stromzuführung zur Schützspule wird durch den Öffnerkontakt unterbrochen.

Kennwerte

Tafel 3.12. Technische Daten

Typ	Höchster Einstellstrom	Einstellbereich	Vorzuschaltende Kurzschlußsicherung	
	A		flink A	träge A
R 16	16	0,25 ... 0,43	2	T 1,6
		0,4 ... 0,68	2	T 2
		0,65 ... 1,1	4	T 4
		1,0 ... 1,7	6	
		1,6 ... 2,8		10
		2,6 ... 4,5		16
		4,3 ... 7,5		20
		7,2 ... 12,5		35
		10,0 ... 16		35
R 25	25	0,25 ... 0,43	2	T 1,6
		0,4 ... 0,68	2	T 2
		0,65 ... 1,1	4	T 4
		1,0 ... 1,7	6	
		1,6 ... 2,8		10
		2,6 ... 4,5		16
		4,3 ... 7,5		20
		7,5 ... 12,5		35
		10 ... 16		35
		16 ... 25		50
R 40	40	4 ... 6,4		16
		6,4 ... 10		20
		10 ... 16		35
		16 ... 25		50
		25 ... 40		80
R 63	63	4 ... 6,4		16
		6,4 ... 10		20
		10 ... 16		35
		16 ... 25		50
		25 ... 40		80
		40 ... 60		80

Auslösekennlinien
(Bild 3.56)

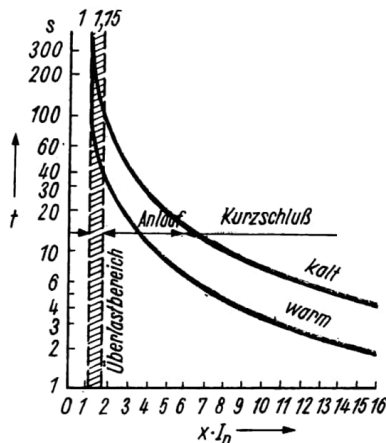


Bild 3.56. Auslösekennlinien eines thermischen Überstromrelais im warmen und kalten Zustand

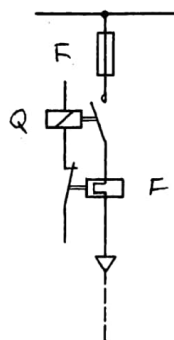


Bild 3.57. Schalterschütz mit Überstromrelais

Einsatzort

Häufig als Überlastschutz von Motoren in Verbindung mit Schützen verwendet; dienen zum Schutz vor thermischen Überbeanspruchungen durch zu hohe Stromaufnahme bei Überlast bzw. bei Nichtanlauf.

Einstellung

Thermische Relais werden auf den Nennstrom des Motors eingestellt und dürfen bei dieser Belastung nicht auslösen. Eine Auslösung muß aber bei mindestens

$$I_a = 1,2 \cdot I_n$$

erfolgen.

Einstellung bei einzeln kompensierten Motoren

Kondensatoren werden direkt mit den Klemmen des Motors verbunden und gemeinsam mit dem Motor geschaltet. Motor nimmt dann gegenüber dem unkompenzierten Betrieb einen kleineren Strom auf, da der Blindstrom bereits zum größten Teil von den Kondensatoren kompensiert wird.

Der tatsächlich über das thermische Relais fließende Strom I_e wird mit Hilfe der Formel

$$I_e = a \cdot I_n$$

I_e Einstellwert des Relais

a Faktor aus Bild 3.58

I_n Motornennstrom

und des Diagramms (Bild 3.58) ermittelt.

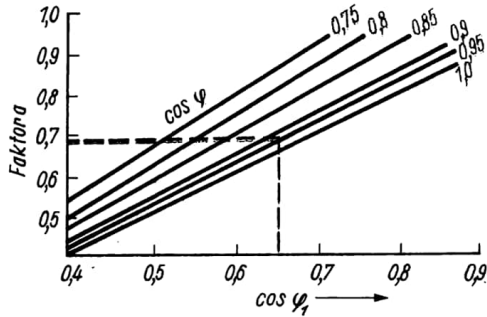


Bild 3.58. Faktor a in Abhängigkeit von $\cos \varphi_1$ und $\cos \varphi_2$

Beispiel:

Ein Motor hat $I_n = 50 \text{ A}$, $\cos \varphi_1 = 0,65$. Er soll auf $\cos \varphi_2 = 0,95$ kompensiert werden. $a = 0,68$,
 $I_e = 0,68 \cdot 50 = 34 \text{ A}$.

Kurzschlußschutz

Im Kurzschlußfall ist das thermische Relais zu träge. Für den Kurzschlußschutz sind den thermischen Relais Sicherungen vorzuschalten, deren zulässige Höchstwerte in den technischen Daten und auf den Relais angegeben sind.

Kombiniertes thermisches und elektromagnetisches Überstromrelais RSZ t

Aufbau/Funktionsprinzip

Relais ist mit zwei Meß- bzw. Anregegliedern je Leiter versehen. Durch das thermische Glied werden Überlastungen und durch das elektromagnetische Glied werden Kurzschlußströme erfaßt.

Thermischer Auslöser

Bimetallstreifen werden mit Hilfe einer Heizwicklung vom Betriebsstrom indirekt erwärmt und schalten bei entsprechender Durchbiegung schlagartig den Auslösekontakt (Bild 3.59).

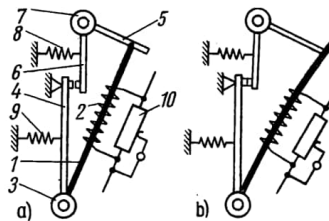


Bild 3.59. Thermorelais des thermischen Überstromzeitrelais RSZ t

- 1 Bimetallstreifen; 2 Heizwicklung; 3 Drehachse;
 4 Kompensationsstreifen; 5 Klinke; 6 Kontaktehebel;
 7 Drehachse; 8 Feder; 9 Feder; 10 Widerstand
 a) vor dem Auslösen; b) nach dem Auslösen

An einem Stellwiderstand kann der für die Auslösung des Relais erforderliche Ansprechwert eingestellt werden.

Kurzschlußauslöser

Kurzschlußglieder sind Klappankerrelais, deren Anker durch eine Federkraft in der Ausgangsstellung gehalten werden. Durch Veränderung des Ankerhubes wird der Ansprechwert eingestellt.

Bei Kurzschluß betätigt das elektromagnetische Relaisglied ein Schaltglied, das den Leistungsschalter auslöst.

Kennwerte

Tafel 3.13. Technische Daten

	Nennstrom	Einstellbereich Ansprechwert	Polzahl	Leistungs- verbrauch	Kontakt- glieder
RSZ 2t	5; 3,2 A	4/5... 8 A	2	3... 7 VA	1 Öffner oder 1 Schließer
RSZ 3t		2,5/3,2... 5 A	3		
		25... 60 A 15... 35 A			

Einsatzort

Relais vom Typ RSZt dienen vorwiegend zum Schutz von Motoren und Transformatoren kleinerer Leistung.

Schaltung (Bild 3.60)

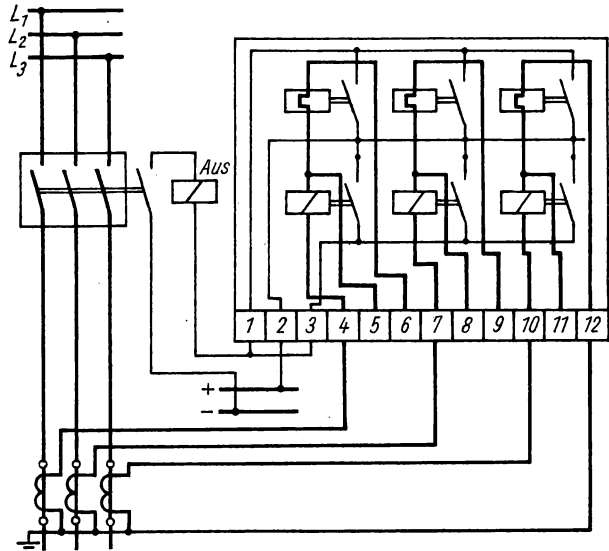


Bild 3.60. Schaltung des thermischen Überstromzeitrelais RSZ t

Auslösekennlinien (Bild 3.61)

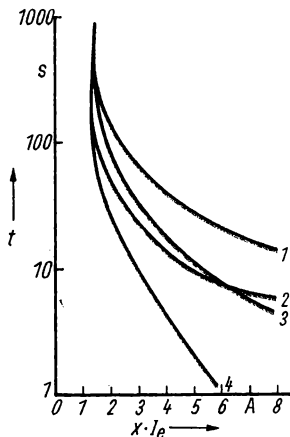


Bild 3.61. Auslösekennlinien des thermischen Überstromzeitrelais RSZ t

Einstellung

Beim Einstellen des Kurzschlußglieds müssen die Anlaufströme beachtet werden, die normalerweise rund das 5- bis 8fache des Nennstroms betragen.

Anwendung	Kurzschluß-glied	Überstrom-glied
Generatoren	$5 I_n / 1 \dots 3 \text{ s}$	I_n
Transformatoren	$5 I_n / 1 \dots 3 \text{ s}$	I_n
Motoren	$7 \dots 9 I_n$	I_n

Elektromagnetisches Überstromrelais für verzögerte Auslösung
(Überstromzeitrelais)
RSZ 3f2

Aufbau
(Bild 3.62)

Zugeführte Hilfsspannung dient zur Speisung des Zeitglieds sowie zum Erteilen des Auslösebefehls.

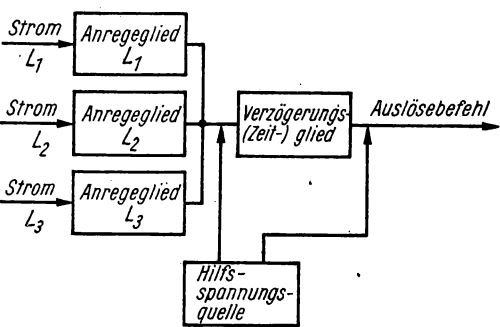


Bild 3.62. Übersichtsschaltplan eines Überstromzeitrelais

Funktionsprinzip

Anregeglier sprechen bei Erreichen eines einstellbaren Stromwertes an und erteilen für den zugehörigen Leistungsschalter über das nachgeschaltete Zeitglied den verzögerten Auslösebefehl. Dieses Relais ist ein stromunabhängiges Überstromzeitrelais.

Kennwerte

Tafel 3.14. Technische Daten

Typ	Nennstrom	Einstellbereich	Polzahl	Leistungs- verbrauch	Kontakt- glieder
RSZ 2f2	5; 1 A	0,8... 2 I _n	2	1,15 VA	1.Schließer
RSZ 3f2		0,3... 3 s	3	32 W	
		0,5... 6 s			
		1 ... 12 s			

Auslösekennlinie
 $t = f(x \cdot I_n)$
(Bild 3.63)

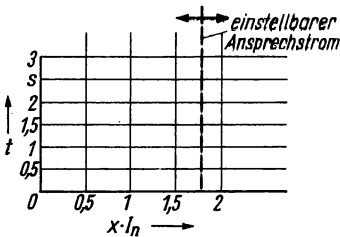


Bild 3.63. Auslösekennlinien des Überstromzeitrelais RSZ 3f2

Schaltung (Bild 3.64)

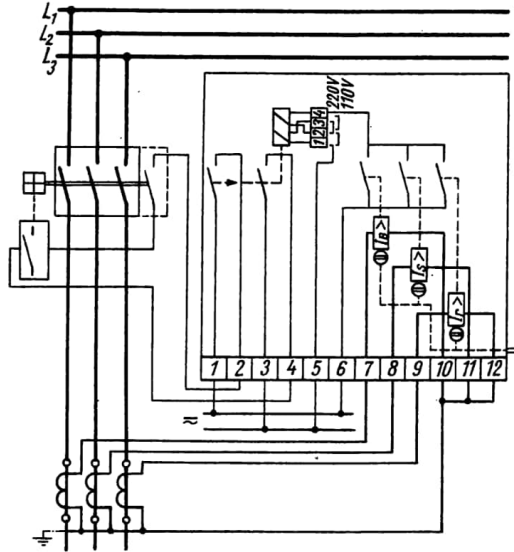


Bild 3.64. Schaltung des Überstromzeitrelais RSZ 3F2

Einsatzort

Vorwiegender Einsatz zum Schutz für Generatoren und Transformatoren sowie als Zeitstaffelschutz (Selektivschutz) in Netzen.

Einstellung

Anwendung	Strom-einstellung	Zeit-einstellung
Generatoren	$1,4 \dots 1,8 I_n$	$2 \dots 8 \text{ s}$
Transformatoren	$1,5 \dots 2,0 I_n$	$1 \dots 4 \text{ s}$
Kabel/Freileitungen	$1,2 \dots 1,5 I_n$	$1 \dots 3 \text{ s}$

3.3.6.4. Distanzrelais

Fehlerkriterium

Im Kurzschlußfall wird die Spannung am Kurzschlußort gleich Null.

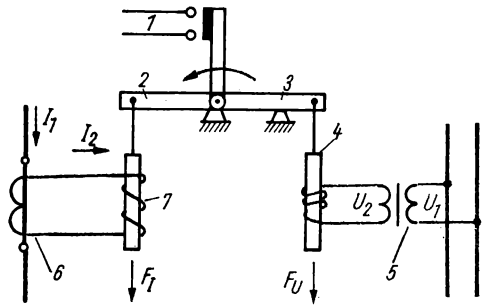
Die Gesamtimpedanz setzt sich aus der Summe der Einzelimpedanzen zwischen Erzeuger und Betriebsmittel zusammen. Bei einem Kurzschluß wird die Gesamtimpedanz durch die relativ hohe Betriebsmittelimpedanz und einen Teil der Leitungsimpedanz reduziert.

Im Kurzschlußfall vermindert sich deshalb die Betriebsimpedanz sehr stark auf den Wert der Kurzschlußimpedanz.

Funktionsprinzip der Unterimpedanzanregung (Bild 3.65)

Die Anregung erfolgt beim Unterschreiten eines bestimmten vom Distanzrelais gemessenen Widerstandswertes.

Bild 3.65. Grundprinzip des Unterimpedanzrelais



Spannungsspule wird im störungsfreien Betrieb mit der vollen Spannung erregt, wobei deren Einfluß gegenüber dem Strommagneten überwiegt. Dadurch ruht der Waagebalken auf dem Anschlag. Bei einem Kurzschluß erreicht der Betriebsstrom den Wert des Kurzschlußstroms, und die Betriebsspannung vermindert sich. Die Kraftwirkung des Strommagneten vergrößert sich. Der Waagebalken kippt nach links und betätigt den Arbeitskontakt.

Da das beschriebene Relais aus einem Spannungs- und Stromrelais besteht, wird die Impedanz $Z = \frac{U}{I}$ gemessen. Im Störfall ist das die Impedanz zwischen dem Einbauort des Schutzrelais und dem Fehlerort. Da dieser gemessene Widerstand bei Leitungen der Entfernung proportional ist, wird vom Relais eigentlich die Entfernung vom Einbauort des Relais bis zur Fehlerstelle bestimmt.

Aufbau/Funktionsprinzip der Relais-schutzeinrichtung (Bild 3.66)

- Bestandteile:
- Stromwandlergruppe
 - Spannungswandlergruppe
 - Distanzrelais

Auslöseorgane des Leistungsschalters
 Beim Auftreten eines Kurzschlusses im Schutzbereich wird ein Zeitglied angeregt. Das Distanzrelais vergleicht die Kurzschlußimpedanz mit den nach den Stufenkennlinien (Bild 3.66) eingestellten Werten. Ist die gemessene Impedanz kleiner als die eingestellte Impedanz, so wird der „Aus“-Impuls nach Ablauf des Zeitgliedes in jeder Zeitstufe von t_1 bis t_e an den Leistungsschalter gegeben, der dann ausgeschaltet wird.

Kennwerte

		RD 10	RD 310
Nennstrom	A	5	
Nennspannung	V	110/100	
Kürzeste Kommanodzeit	ms	< 80	< 60
Kleinster Impedanzwert	Ω	0,05/Leiter	
Impedanzeinstellbereich		1 : 200	
Einstellbereich der Überstromanregung		4...10 A = 0,8 I_n bis 2 I_n	

Leitungsplan des Distanzrelais RD 10 (Bild 3.66)

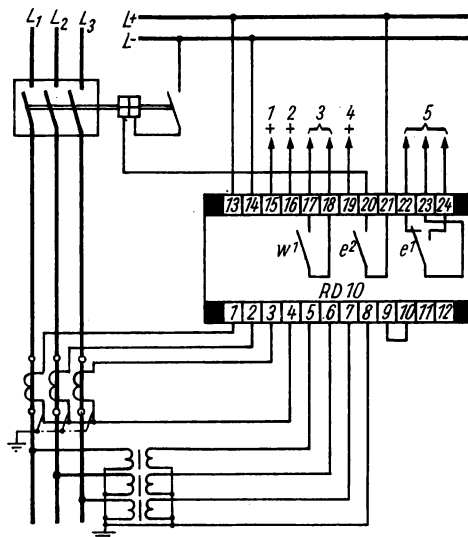


Bild 3.66. Leitungsplan des Distanzrelais RD 10

1 Meldung „Anregung R“; 2 Meldung „Anregung T“; 3 Meldung „Anregung allgemein“; 4 Meldung „Sperrende Energierichtung“; 5 Meldung „Auslösung“

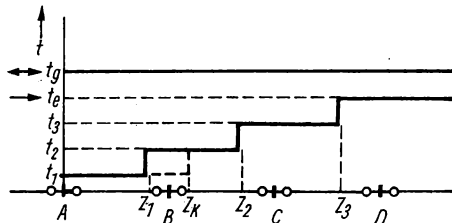


Bild 3.67. Auslösekennlinie des Distanzrelais RD 10

Auslösekennlinie
 $t = f(Z)$ (Bild 3.67)

Auswertung der
Auslösekennlinie

Trägt man die Auslösezeiten, die sich bei einem Kurzschluß an jedem beliebigen Punkt der zu schützenden Leitung ergeben, in Abhängigkeit über der Leiterimpedanz auf, so erhält man bei den zur Zeit gefertigten Distanzrelais eine stufenförmige Kennlinie.

Erste Widerstandsstufe Z_1 umfaßt etwa 85 % der zu schützenden Leitungsstrecke vom Einbauort des Relais her gesehen. Entsteht in diesem Leitungsabschnitt ein Kurzschlußstrom ($Z_k < Z_1$), spricht das Distanzrelais mit der Schnellzeit t_1 an. Liegt dagegen der Fehler zwischen den Stationen C und D ($Z_2 < Z_k < Z_3$), so werden die erste und zweite Zeitstufe des Distanzrelais durchlaufen, ohne daß eine Auslösung stattfindet. Anschließend wird die am Distanzrelais eingestellte dritte Widerstandsstufe Z_3 mit der Zeit t_3 freigegeben, und eins der beiden Relais der Station C löst je nach Richtung des Leistungsflusses aus oder nicht. Letzte Zeitstufe ist die Grenzzeit t_0 . Sie ist richtungs- und impedanzunabhängig sowie den widerstandsabhängigen Auslösezeiten überlagert, so daß in jedem Fall eine Auslösung stattfindet.

Einsatz

Die vom VEB EAW Berlin-Treptow hergestellten Distanzrelais RD 10, RD 110 und RD 310 werden als Netzschutz für Mittelspannungsnetze, für Netze von 60...110 kV und für Höchstspannungsnetze eingesetzt.

3.3.6.5. Differentialrelais

Fehlerkriterium
(Stromdifferenz)

Beim Kurzschluß innerhalb eines bestimmten Leitungsbereichs sind die Ströme am Anfang und Ende verschieden (Bild 3.68). Es gilt der Knotenpunktsatz:

$$I_{\Delta} = I_1 - I_2$$

Ein Fehler liegt bei folgenden Bedingungen vor:

$$\begin{aligned} I_1 &> I_2 \\ I_{\Delta} &> 0 \end{aligned}$$

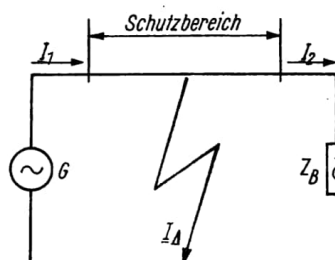


Bild 3.68.
Leitung mit einem Kurzschluß

Funktionsprinzip
(Bild 3.69)

Die Primärströme I_1 und I_2 werden infolge der Reihenschaltung der Wandler als I_1' und I_2' in einem gemeinsamen Stromkreis fließen. Im fehlerfreien Zustand des zu schützenden Objekts bleibt das Differentialrelais R stromlos. Erst im Kurzschlußfall fließt durch die Wicklung des Relais ein Strom, der beim Überschreiten des Ansprechwertes zur Betätigung des Schließers führt. Der Leistungsschalter trennt das Schutzobjekt aus dem Leitungszug heraus.

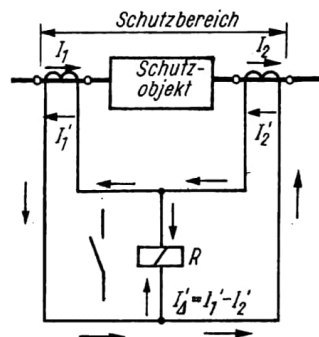


Bild 3.69

Aufbau/Funktionsprinzip der Relaischutzeinrichtung
(Bild 3.70)

Bestandteile:

- Zwei Stromwandlergruppen
- Ausgleichswandler
- Differentialrelais
- Auslöseorgane des Leistungsschalters

Treten innerhalb des Schutzbereiches Kurzschlüsse auf, erfolgt über das Distanzrelais eine praktisch unverzögerte Auslösung der beiden Leistungsschalter.

Kennwerte

Nennstrom	5 A
Einstellbereich des Ansprechwertes bei Kontaktgliedern	$I_n = 0$ von 1,5...3 A
Zulässiger Einschaltstrom	10 A
Zulässiger Dauerstrom	5 A

Schaltung(Bild 3.70)

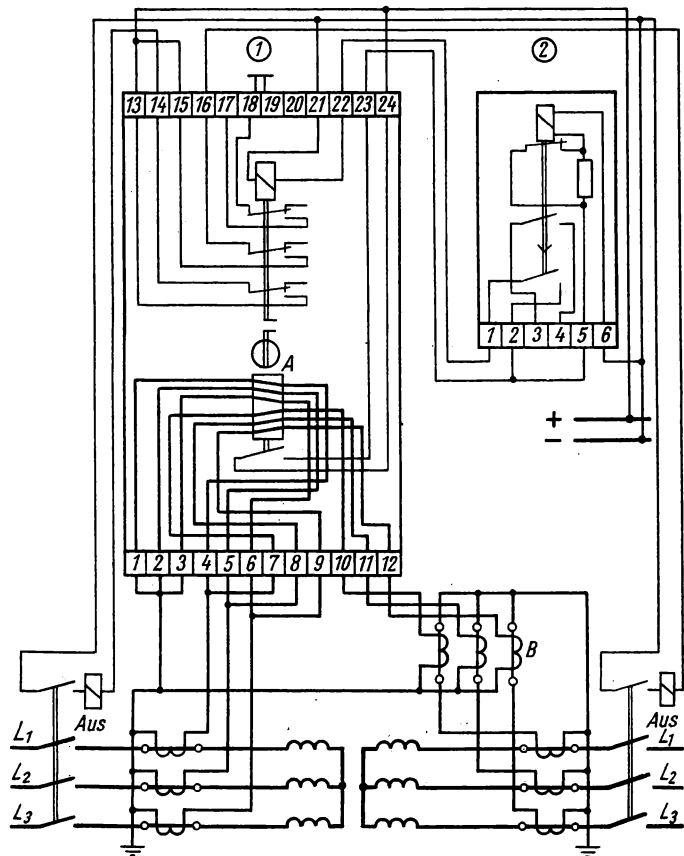


Bild 3.70. Schaltung des Differentialrelais RQS 2
1 Quotientendifferentialrelais; 2 Feinzeitrelais;
A Meßwahl; D Ausgleichswandler

Einsatz

Für Transformatoren ab etwa 4 MVA wird neben dem Temperatur- und Buchholzschutz der Differentialschutz eingesetzt. Er erfaßt Windungs- und Wicklungsschlüsse innerhalb des Umspanners. Daneben wird das Differentialrelais als wirksamster Schutz gegen Wicklungskurzschlüsse in Generatoren verwendet.

3.3.6.6. Einsatz der Schutzelemente als Selektivschutz in Nieder- und Hochspannungsnetzen

Begriff

Abstimmung aller in Reihe liegenden Elemente (Sicherungen, Leistungsschalter, strombegrenzende Leistungsschalter, Überstromzeitrelais und Distanzrelais), um im Fall eines Kurzschlusses das der Fehlerstelle am nächsten liegende Schutzelement zum Ausschalten zu bringen.

Damit wird gewährleistet, daß nur der direkt vom Kurzschluß betroffene Leitungsabgang oder Leitungsabschnitt herausgeschaltet wird, während die Versorgung aller anderen Netzabschnitte und Verbraucher aufrechterhalten bleibt.

Selektivitätsbedingung

Staffelung der Auslösekennlinien

Beim Aneinanderreihen von mehreren Schutzbereichen (Wirkungsbereichen) müssen die Auslösekennlinien der jeweiligen Schutzelemente gegeneinander gestaffelt werden. Dies ist notwendig, weil der Kurzschlußstrom in einem geschlossenen Stromkreis in allen Punkten gleich groß ist und somit beim Überschreiten der entsprechenden Ansprechwerte alle Schutzelemente gleichermaßen ansprechen würden.

Art der Staffelung

Alle in Reihe liegenden Schutzelemente arbeiten nur dann selektiv, solange die Strom-Zeit-Kennlinien untereinander liegen und sich in keinem Punkt schneiden (Bild 3. 71).

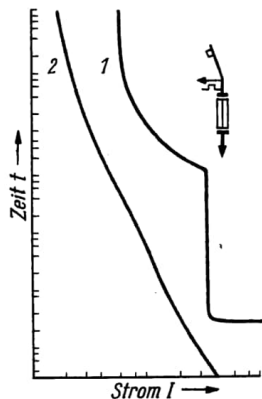


Bild 3. 71. Selektivität zwischen Leistungsschalter und nachgeschalteter NH-Sicherung.

1 Schalterkennlinie; 2 Sicherungskennlinie

Beispiel eines Selektivitätsprogramms im Niederspannungsnetz

Schaltung und Auslösekennlinien

(Bilder 3.74 und 3.75)

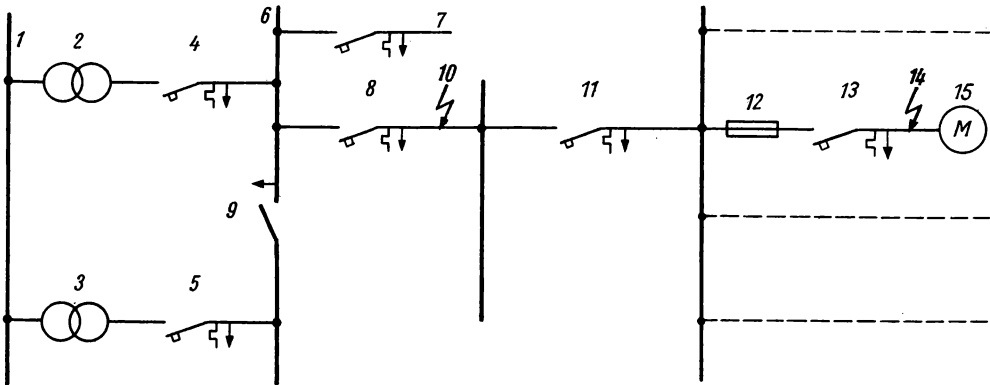


Bild 3.72. Selektive Staffelung in einer Niederspannungsanlage

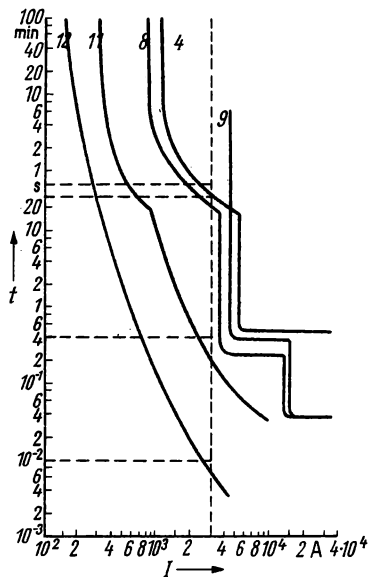


Bild 3.73. Selektivitätsprogramm der Schutzelemente des Bildes 3.82

Kurzschlußort 14

Bei einem Kurzschlußstrom von 3000 A wird die Sicherung 12 nach 10 ms ansprechen, ohne daß der Leistungsschalter 11 auslöst. Weitere in der Unterverteilung liegende Verbraucher bleiben hinsichtlich der Energieanlieferung ungestört.

Nach etwa 20 s wird der Kurzschlußort durch den Abgangsschalter 8 von der Einspeisung abgetrennt, während 4, 5 und 9 nicht ansprechen, da ihre Auslösekennlinien über der von 8 liegen. Damit wäre eine weitere Energieeinspeisung, beispielsweise über 7 gesichert.

Strom-Zeit-Staffelung mit stromunabhängigen Überstrom-Zeitrelais im Hochspannungsnetz (Bild 3. 74)

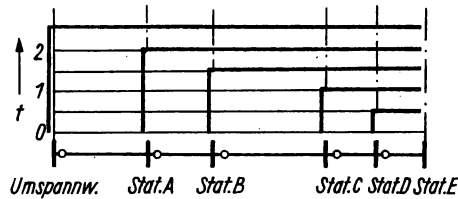


Bild 3. 74. Staffelung des Überstromschutzes mit stromunabhängiger Zeitkennlinie

Grundprinzip

Die höchsten Kommandozeiten liegen in der Nähe des Speisungspunkts (Bild 3. 74). Durch die gestaffelte Relaiseinstellung wird auch gewährleistet, daß beim Versagen eines Relais oder des Leistungsschalters das nächst vorgeordnete Relais den Fehler abtrennt.

Beispiel (Bild 3. 74)

Bei einer einfach gespeisten Ringleitung oder Doppelleitung müssen zusätzlich Richtungsrelais eingebaut werden.

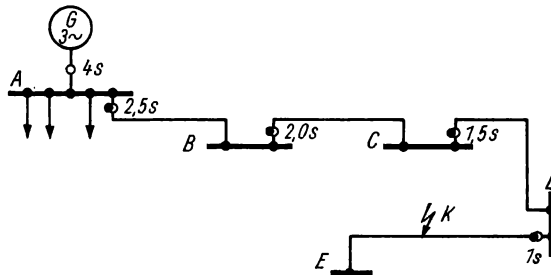
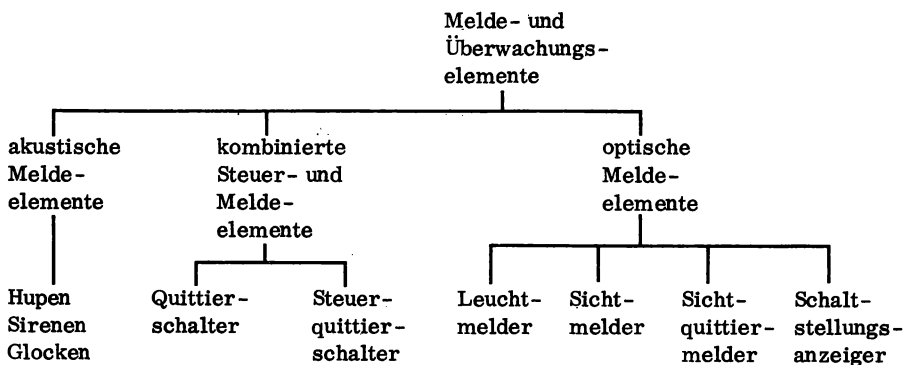


Bild 3. 75. Einseitig gespeiste Leitung mit Staffelschutz durch stromunabhängige Überstromzeitrelais

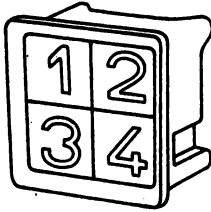
3.4. Melde- und Überwachungselemente



Akustische Melde- elemente

Leuchtmelder M 5

Aufbau (Bild 3.76)



Funktionsprinzip

Technische Daten

Kennwerte

Ein Magnetsystem bringt bei der Hupe eine Membran zum Schwingen und bei der Glocke einen Klöppel in Bewegung. Es entsteht ein hörbares Signal.

Leuchtmelder besteht aus einem Blechgehäuse mit Formstoffrahmen mit den Frontabmessungen 72 mm x 72 mm, vier unbeschrifteten Bezeichnungsfeldern und vier Fernspreckleinlampen, die die Bezeichnungsfelder beleuchten. Durch Herausnehmen von Trennstreifen ist auch die Ausführung mit ein oder zwei Feldern möglich.

Bild 3.76

Lampen sind so angeordnet, daß je eine Lampe ein Feld beleuchtet. Lampenanschluß kann so erfolgen, daß sie einzeln oder in beliebiger Reihenfolge und Anzahl aufleuchten.

Nennspannung	24 V oder 60 V
Nennstrom	80 mA je Lampe bei 24 V 50 mA je Lampe bei 60 V
Leistungsaufnahme	2 W je Lampe bei 24 V 3 W je Lampe bei 60 V

Schaltungen

(Bilder 3.77 a bis b)

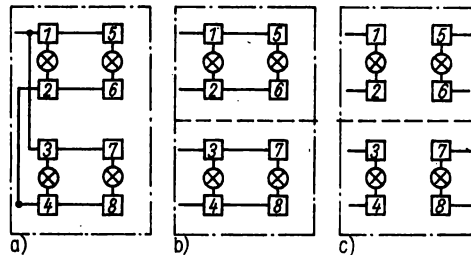


Bild 3.77
Schaltungen des Leuchtmelders M 5

Einsatz

Optisches Anzeigeelement für bestimmte Schaltzustände oder Fehlermeldungen. Einbau kann in Schalttafeln oder Schaltpulven erfolgen.

Sicht- und Sichtquittier- melder

RA 5, RA 6 und RA 7

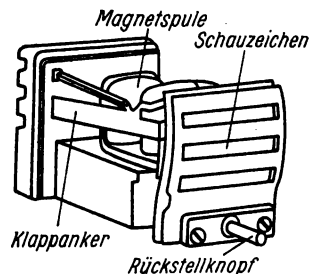


Bild 3.78, Sichtmelder RA 6

Hauptbestandteile:

- Formstoffgehäuse mit abnehmbarer Kappe und Glasfenster,
- Magnetsystem mit Klappanker und Schauzeichen (rot-weiße Meldestellung),
- Schaltglieder,
- Rückstellknopf beim RA 6 und RA 7.

Funktionsprinzip in Arbeitsstromausführung

In der Ausgangsstellung ist das Magnetsystem nicht erregt. Das Sichtzeichen (schwarzes Feld im Fenster) befindet sich in der Ruhelage.

Bei Erregung, z. B. im Störfungsfall, wird der Anker angezogen. Er gibt die Fallklappe frei, die ihrerseits die Schaltglieder betätigt. Im Gehäusefenster erscheinen die rot-weißen Streifen des Sichtzeichens.

Typ RA 5

Nach Beseitigung der Meldeursache fällt der Anker ab und bewegt dabei das Sichtzeichen unter Betätigung der Schaltglieder wieder in die Ausgangsstellung.

Typ RA 6

Nach dem Rückgang des Melders in die Ausgangsstellung bleibt die Fallklappe bis zur Rückstellung von Hand in der Meldelage.

Typ RA 7

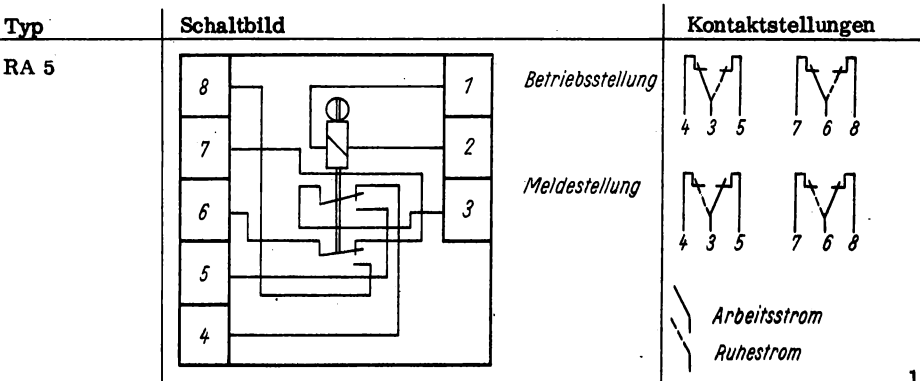
Werden während der Dauer der Störung die Schaltglieder und die Fallklappe von Hand zurückgestellt, so geht die Fallklappe in die Warnstellung (drei weiße Streifen) über. Erst nach dem Fortfall der Störungsursache erfolgt das Zurückfallen in die Ausgangsstellung.

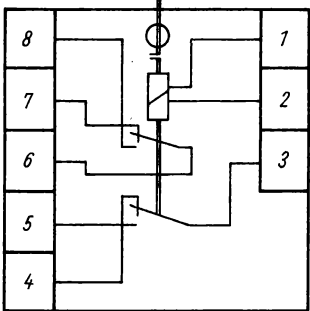
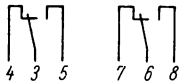

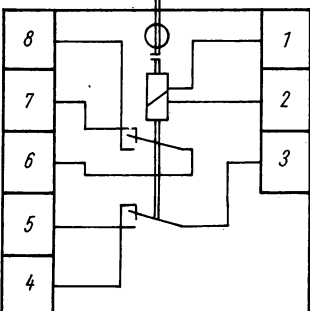

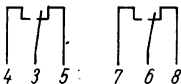

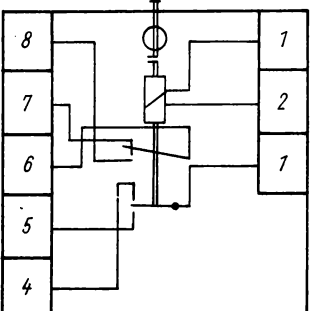

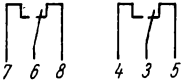

Technische Daten

Kennwerte

Nennspannung V		Leistungs- aufnahme	Nenneinschalt- u. Dauerstrom A
Gs	Ws		
24	127	2,5 W	3 (RA 5)
110	220	5,5 VA in der Ausgangs- stellung	5 (RA 6/7)
220	380	4,5 VA in der Wirkstellung	

Tafel 3.15. Schaltungen der Sichtmelder (Auswahl)



Typ	Schaltbild	Kontaktstellungen
RA 6		<div>Ruhestellung</div>  <div>Meldestellung</div> 
RA 7 2 Umschalter		<div>Ruhestellung</div>  <div>Meldestellung</div>  <div>Quittierstellung</div> 
RA 7 1 Umschalter 1 Schließer in Mittelstellung		<div>Ruhestellung</div>  <div>Meldestellung</div>  <div>Quittierstellung</div> 

Einsatz

Anzeige von Betriebsstörungen, Schalterstellungen, Betriebszuständen usw. Durch Umschalter oder Wischerkontakte können außerdem akustische Signale oder andere Schaltvorgänge eingeleitet werden.

Schaltstellungsanzeiger (Rückmelder)

Aufbau

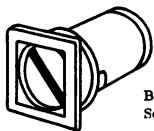


Bild 3, 79
Schaltstellungsanzeiger

Hauptbestandteile:

- zwei elektromagnetische Spulen,
- drehbar gelagerter Anker,
- schwarzer Anzeigebalken vor einer weißen Blende, der sich auf der Achse des Ankers befindet.

Funktionsprinzip

Durch die Erregung einer der elektromagnetischen Spulen wird auf den Anker ein Drehmoment ausgeübt. Bleibt infolge eines Drahtbruches oder eines sonstigen Fehlers die Spannung am Rückmelder aus, so bewegt sich der Balken in die schräge Ruhestellung (Bild 3. 89).

Schaltungen
(Bild 3. 80)

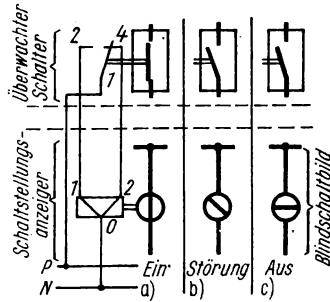


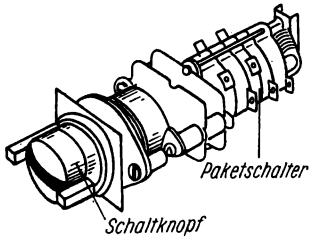
Bild 3. 80. Schaltstellungen des Schaltstellungsanzeigers

Einsatz

Stellungsanzeige von Hochspannungsschaltern in Schaltwarten.

Quittierschalter BM 2

Aufbau (Bild 3. 81)



Hauptbestandteile:

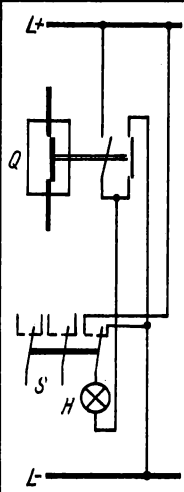

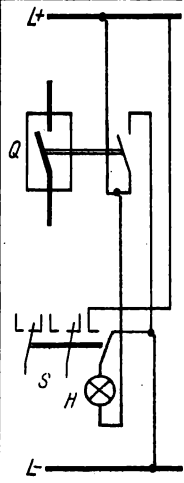
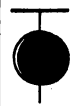
- Paketschalter mit drei Schalteebenen (drei Umschalter),
- Schaltknopf, ausgebildet als Schaltersinnbild mit Beleuchtungseinrichtung.

Bild 3. 81

Funktionsprinzip als
Quittierschalter zur
Überwachung eines
Leistungsschalters
(Tafel 3. 16)

Tafel 3. 16. Funktionsprinzip des Quittierschalters BM 2

	Schaltzustand	Vorgang	Schaltung
Q	Aus	Die Stellung des Leistungsschalters entspricht der des Quittierschalters. Lampe bleibt stromlos.	
S	Aus		
H	dunkel		

	Schaltzustand	Vorgang	Schaltung
Q	Ein	siehe Bild	
S	Ein		
			
H	dunkel		
Q	Aus	Durch Stellungs- änderung des L. - Schalters wird der Stromkreis der Meldelampe geschlossen. Die Quittierung erfolgt durch Umstellen des Quittier- schalters.	
S	Ein		
			
H	leuchtet		

Kennwerte

Nennspannung		Nenn- strom	Leistungsauf- nahme für Bel.
Schalter	Beleuchtung		
bis 250 V	24 V	9 A	3 W bei 24 V
Gs	110 V		13 W bei 110 V
bis 380 V	220 V		25 W bei 220 V
Ws			

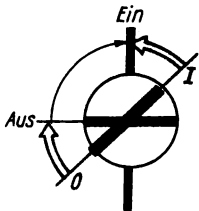
Einsatz

Anzeige und Überwachung der Schalterstellung in Blind- und Leuchtschaltbildern,
Anzeige der Stellung von Ventilen in Rohrsystemen,
Anzeige von Fehlern und Störungen,
kombinierter Befehlsschalter mit gleichzeitiger Anzeige der Schaltstellung.

Steuerquittierschalter SM 2

Aufbau

Meldeteil



Steuerteil

Hauptbestandteile:

- Paketschalter mit neun Schaltebenen,
- Schaltknopf, ausgebildet als Schaltersinnbild mit
- Beleuchtungseinrichtung.

Meldeswitcher besitzt zwei gerastete, um 90° ver-setzte Stellungen und wird durch Drehen am Schalt-knopf betätigt (Bild 3.82).

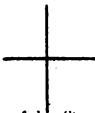


Bild 3.82. Schaltknopf des Steuerquittierschalters SM 2

Zum Steuern muß aus den genannten Stellungen der Schaltknopf gedrückt und in gleicher Richtung um 45° weitergedreht werden (Bild 3.92). Beim Loslassen springt der Schalter in die jeweilige 90°-Stellung zu-rück.

Tafel 3.17. Funktionsprinzip des Steuerquittierschalters in Vorwahlschaltung

	Schaltzustand	Vorgang	Schaltung
Q	Aus	Übereinstim-mung zwischen Leistungsschal-ter Q und Steuerquittier-schalter S.	
S	Aus		
H	dunkel		a)
Q	Aus	Vorwahl durch Drehen von S zum Schließen von Q. Keine Übereinstim-mung zwischen beiden Schal-tern.	
S	Ein		
H	leuchtet		b)

	Schaltzustand	Vorgang	Schaltung
Q	Ein	Schließen von Q durch kurzzeitiges Drücken und Weiterdrehen von S um 45° . Übereinstimmung zwischen Q und S.	<p>c)</p>
S	Ein		
H	dunkel		
Q	Aus	Eine Änderung der Schaltstellung von Q bringt H zum Leuchten. Durch Drehen von S um 90° wird die Meldung quittiert und H erlischt.	<p>d)</p>
S	Aus		
H	dunkel		

4. Grundsaltungen elektrischer Anlagen

4.1. Begriffe

Netzknotenpunkt	Eine Stelle im Elektroenergiesystem, an der mehr als zwei Stromkreise (Leitungen) miteinander verbunden werden können.
Abzweig	Gesamtheit aller Leitungen, die in einem Netzknotenpunkt zusammenlaufen.
Schaltfeld	Räumliche Zusammenfassung der zu einem Abzweig gehörenden Bauelemente.
Primärteil	Er dient zur unmittelbaren Verteilung der elektrischen Energie. Zu ihm gehören alle an der direkten elektrischen Energieübertragung beteiligten Bauelemente.
Sekundärteil	Zu ihm gehören alle Einrichtungen, die für den Schutz, die Steuerung, Überwachung, Messung und Zählung erforderlich, aber nicht unmittelbar an der elektrischen Energieübertragung beteiligt sind.
Sammelschienensystem	Sie sind dadurch gekennzeichnet, daß sie über alle Schaltfelder verlaufen (Bild 4.1) und daß die Mehrzahl aller Abzweige an jedes dieser Systeme angeschlossen ist.

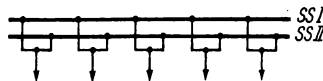


Bild 4.1

Sammelschienenabschnitt	Unterteilungen von Sammelschienen oder auch einzelner Systeme. Jeder Abschnitt verläuft nur über einen Teil der Schaltfelder.
-------------------------	---

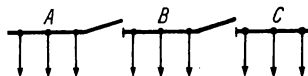


Bild 4.2

Kupplung	Zusammenschaltung oder Auftrennung zweier Netze unter Last.
----------	---

4.2. Allgemeine Grundsaltungen

4.2.1. Sammelschienenschaltungen

Einfachsammelschienen-
system

Schaltung

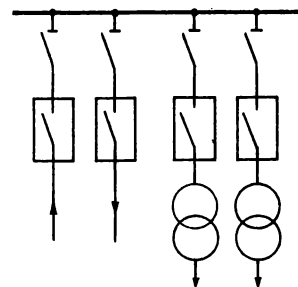


Bild 4.3

Einsatz

Häufige Anwendung für Niederspannung und mittlere Spannungen, beispielsweise in Transformatorenstationen für Siedlungen, kleine Ortschaften, einfache landwirtschaftliche oder industrielle Anlagen mit nur einer Energiequelle.

Vorteile

- Einfache Gliederung und gute Übersichtlichkeit
- Niedriger Kostenaufwand

Nachteile

- Geringe Betriebssicherheit, da ein Schaden an der Sammelschiene einen völligen Netzausfall zur Folge haben kann.
- Ohne Betriebsunterbrechung ist eine Wartung und Überholung der Anlage nicht möglich.

Mehrfachsammelschienen-system

Schaltung (Bild 4. 4)

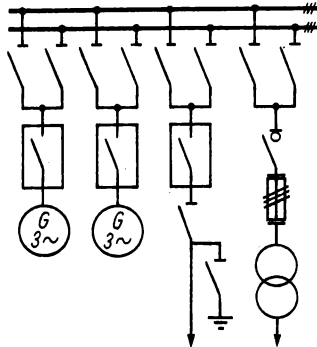


Bild 4. 4
Doppelsammelschienen-system

Einsatz

Anwendung erfolgt vorwiegend im Hochspannungsbereich und teilweise bei Mittelspannungen in den offenen ortsmontierten Anlagen.

Vorteile

- Durch Umschaltung besteht die Möglichkeit, die eine oder andere Sammelschiene abzuschalten, um Störungen zu beseitigen und Wartungsarbeiten durchführen zu können.
- Verbesserung der Versorgungssicherheit der angeschlossenen Verbraucher durch die vorhandenen Umschaltmöglichkeiten.
- Es besteht die Möglichkeit der Netzaufteilung.

Nachteile

- Erhöhter Kostenaufwand

4.2.2. Kupplungsschaltungen

Notwendigkeit der Kupplung

Ergibt sich bei

- Kontroll- und Überwachungsarbeiten an einzelnen Sammelschienen,
- Reinigungsarbeiten,
- Zusammenschaltung von zwei asynchronen Netzen nach vorheriger Synchronisation,
- Auftrennung von zwei Netzen,
- Aufspaltung des Netzes bei eintretenden Kurzschlüssen zwecks Verminderung der Ausschaltleistung,
- automatischer Umschaltung auf eine andere Zuleitung bei Störungen an der normalen Einspeisung.

Tafel 4.1. Kupplungsschaltungen für Doppelsammelschienen

Kupplungsart	Schaltung	Kupplungsmöglichkeiten
Querkupplung		I - II
Vollkupplung mit acht Trennern		A - B; C - D; A - C; B - D; A - D; B - C
Vereinfachte Längs- Querkupplung (Variante I)		A - B; C - D; A - D; B - C
Vereinfachte Längs- Querkupplung (Variante II)		A - D; A - C; B - C; B - D; (A - C) - (B - D)
Vereinfachte Längs- Querkupplung (Variante III)		A - C; B - D; A - B; C - D

Kupplungsschaltungen
für Dreifachsam-
schienen

Es existieren folgende Schaltungen:

- Querkupplung mit drei und vier Trennern.
- vereinfachte Längs-Querkupplung mit sechs Trennern,
- Vollkupplung mit dreizehn Trennern.

4.2.3. Grundsaltungen der Schaltfelder

Prinzipielle Grundkonzeption
des Schaltfeldes (Bild 4.5)

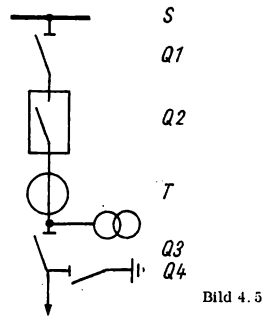
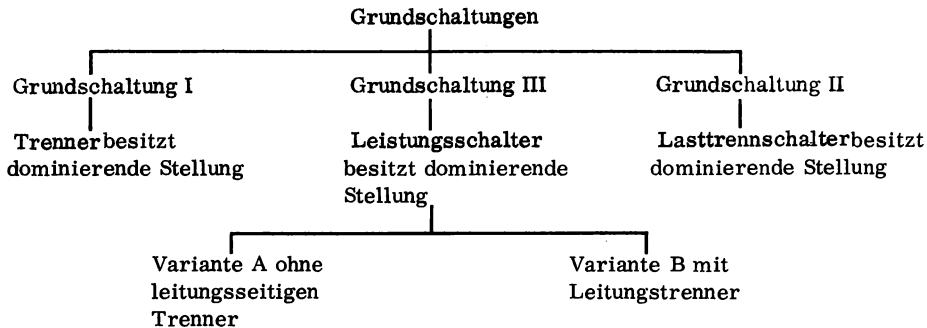


Bild 4.5

Hauptelemente des
Schaltfeldes

- S Sammelschiene,
- Q1 Trenner zum Freischalten des Schaltfeldes
gemäß TGL 200-0601,
- Q2 Leistungsschalter zur Aus- und Einschaltung
aller Leistungen,
- T Strom- und Spannungswandler
Zur Lieferung des Sekundärstromes und der
Sekundärspannung für Messung, Zählung,
Schutzeinrichtungen usw.
- Q3 Trenner für die Abtrennung der Zuleitung und
Freischaltung,
- Q4 Erdungstrenner zum Erden und Kurzschließen
bestimmter Teile des Schaltfeldes

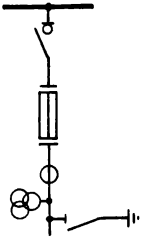
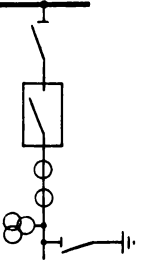
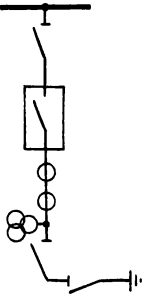
Einteilung der Grund-
schaltungen



Tafel 4.2. Grundsaltungen der Schaltfelder

Haupttypen	Varianten	Einsatz
Grundsaltung I 	Trenner	Einsatz erfolgt ausschließlich als Trennstelle, oder es ist die Gewähr der nahezu stromlosen Ausschaltung gegeben, oder die zu schaltenden Leistungen liegen im Rahmen der Schaltreserve des Trenners.
	Trenner, Erdungstrenner	
	Trenner, Sicherung	
	Trenner, wahlweise Sicherung und Stromwandler	
	Sicherung	

Tafel 4.2 (Fortsetzung)

Haupttypen	Varianten	Einsatz
Grundschialtung II 	Lasttrenner, Sicherung	Dient für Lastabschaltungen in den Größenordnungen der Nennwerte des Lasttrenners und gestattet den Kurzschlußschutz durch die Sicherung. In Niederspannungsanlagen wird der Lasttrenner durch den Lastschalter ersetzt, und der Erdungstrenner entfällt.
	Lasttrenner, Sicherung, Erdungstrenner	
	Kombination mit dem Stromwandler und Spannungswandler	
Grundschialtung III (Variante A) 	Trenner bzw. Trennkontakt, Leistungsschalter	Außer dem Freischalten der Leitung bei anstehender Rückspannung können praktisch alle Aufgaben erfüllt werden. Ohne Erdungstrenner und Spannungswandler erfolgt der Einsatz auch in Niederspannungsanlagen.
	Die übrigen Varianten sind im wesentlichen durch die zusätzliche Anordnung des Erdungstrenners bedingt. Hinzu kommen je nach Bedarf Wandler.	
Grundschialtung III (Variante B) 	Gegenüber der Variante A wird zusätzlich ein Leitungstrenner mit angebau-tem Erdungstrenner verwendet.	Geeignet für alle vorkommen-den Aufgaben. Einsatz auch in Niederspannungsanlagen möglich.

Gebräuchliche Varianten der Grundschialtungen für Niederspannungsanlagen (Bild 4.6)

1. Schraubsicherung
2. NH-Sicherung
3. NH-Sicherung und Trenner

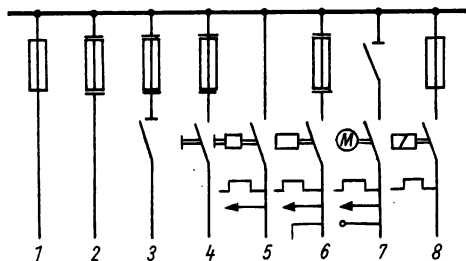


Bild 4.6

4. NH-Sicherung und Lastschalter
5. Leistungsschalter mit Handantrieb
6. NH-Sicherung und Leistungsschalter mit Magnetantrieb
7. Trenner und Leistungsschalter mit Motorantrieb
8. Sicherung, Schütz und thermisches Relais

Tafel 4.3. Ausgewählte Grundsaltungen für Nennspannungen 110 kV und 220 kV

	110 kV nach TGL 190-163	220 kV nach TGL 200-0754	
	Transformator- abzweig	Leitungs- abzweig	Transformator- abzweig
Abzweige			

1.) TFH-Koppelgeräte nach Bedarf

 kombinierte Strom-Spannungswandler

4.3. Grundsaltungen für Umspann- und Schaltwerke

Begriffe

Einschleifung

Netzanschlußschaltung in einen aufgetrennten Stromkreis einer vorbeiführenden Leitung.

Stichanschluß

Netzanschlußschaltung an einer vorbeiführenden Leitung ohne Auftrennung der Stromkreise.

Umspannwerke mit Einschleifungen

Umspannwerk 110 kV mit Transformatorenleistungsschalter (Bild 4.7)

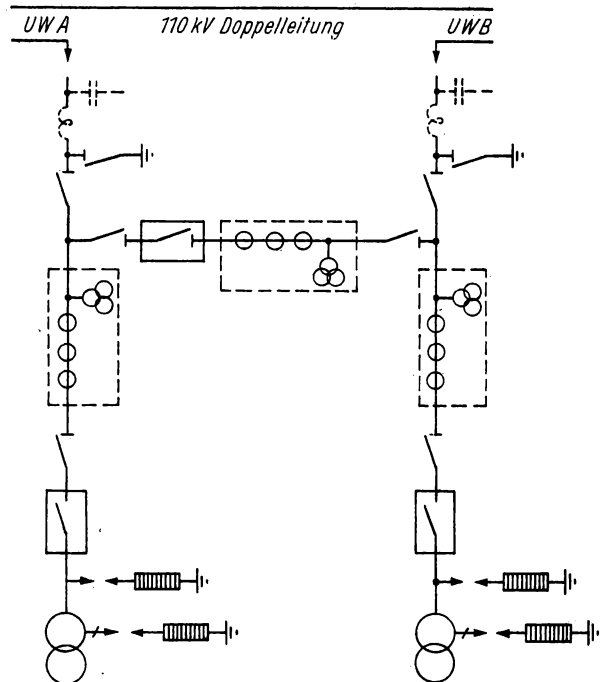


Bild 4.7

Vollausgebaute H-Schaltung mit Kurzschließern (Bild 4.8)

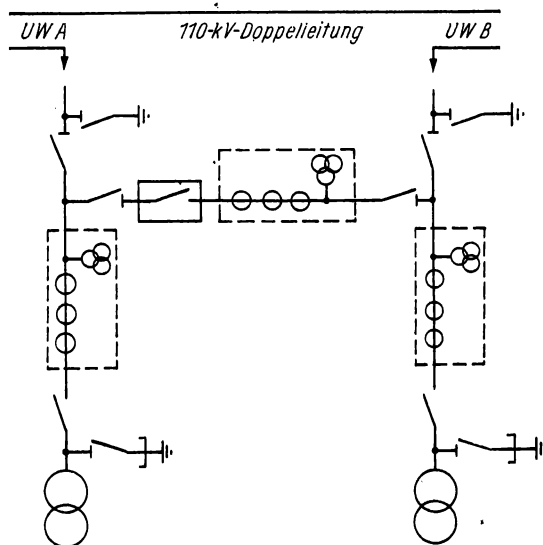


Bild 4.8

Umspannwerke mit Stich- anschlüssen

Umspannwerk 220 kV
(Bild 4. 9)

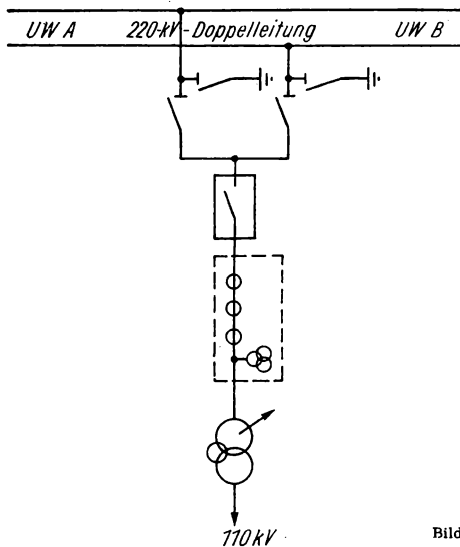


Bild 4. 9

Umspannwerk 380 kV
(Bild 4. 10)

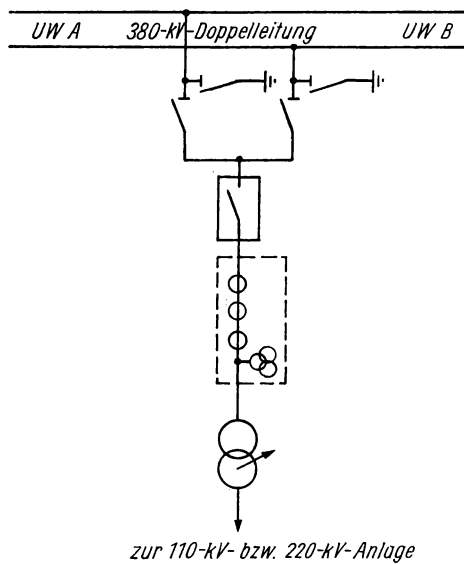


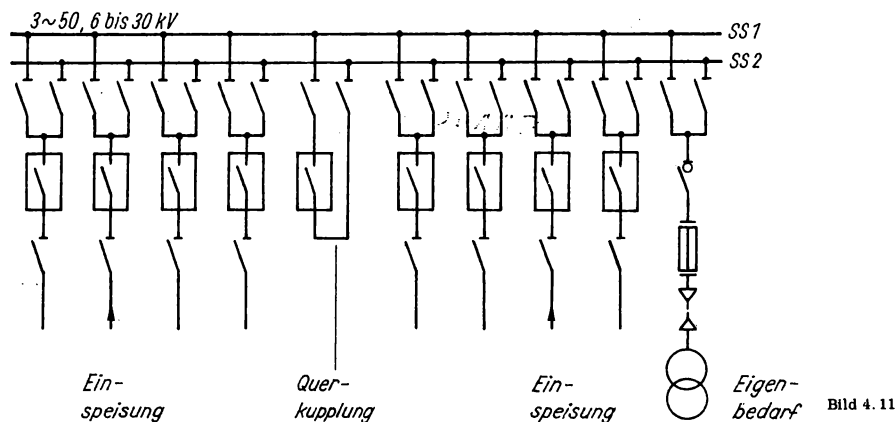
Bild 4. 10

4.4. Grundsaltungen für Umspann- und Schaltstationen

Schaltstation für Spannungen

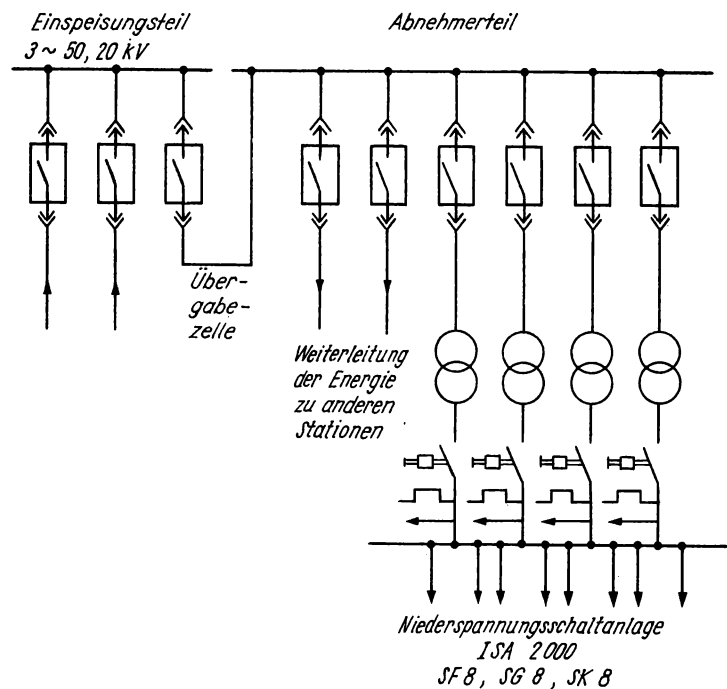
6 bis 30 kV

Schaltung (Bild 4.11)



Einsatz

Geeignet für zweifach stichgespeiste Strahlen- oder Ringnetze mit zentraler Energiebereitstellung.



Einsatz

Vorwiegend für zentrale Energiebereitstellung von Industriebetrieben (siehe Abschnitt 5.5.2.)

10/0,4-0,23-kV-Umspann-
station mit geringem
Geräteaufwand

(Bild 4.13)

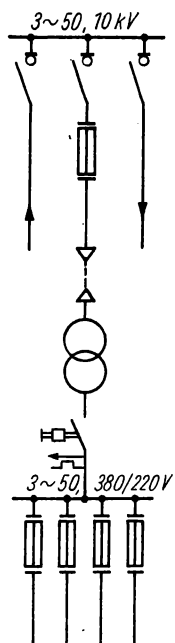


Bild 4.13

Umspannstation mit
zwei Transformatoren

Schaltung (Bild 4.14)

Einsatz

Geeignet für stich- oder ringgespeiste Strahlennetze mit dezentraler Energiebereitstellung. Eine zusätzliche Trennstelle zwischen Niederspannungsleistungsschalter und nachgeschaltetem Sammelschienensystem ist beim Einsatz in mehrfach gespeisten Ring- und Maschennetzen der Niederspannungsseite notwendig.

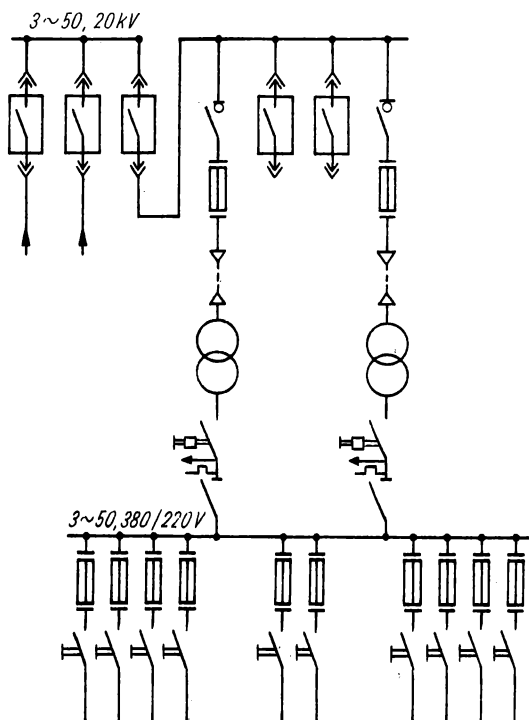


Bild 4.14

Einsatz

Verwendung für zweifach stichgespeiste Strahlennetze sowie mehrfach gespeiste Ringnetze mit vorwiegend zentraler Energiebereitstellung.

5. Ausführungsformen elektrischer Anlagen

5.1. Einheitliches Gefäßsystem (EGS) der Elektrotechnik/Elektronik

Grundsätzliches

Das einheitliche Gefäßsystem löst die Vielzahl unterschiedlichster Gestaltung und Anordnung der Anlagen ab und legt in verbindlichen Vorschriften einheitliche Abmessungen fest.

Begriffe

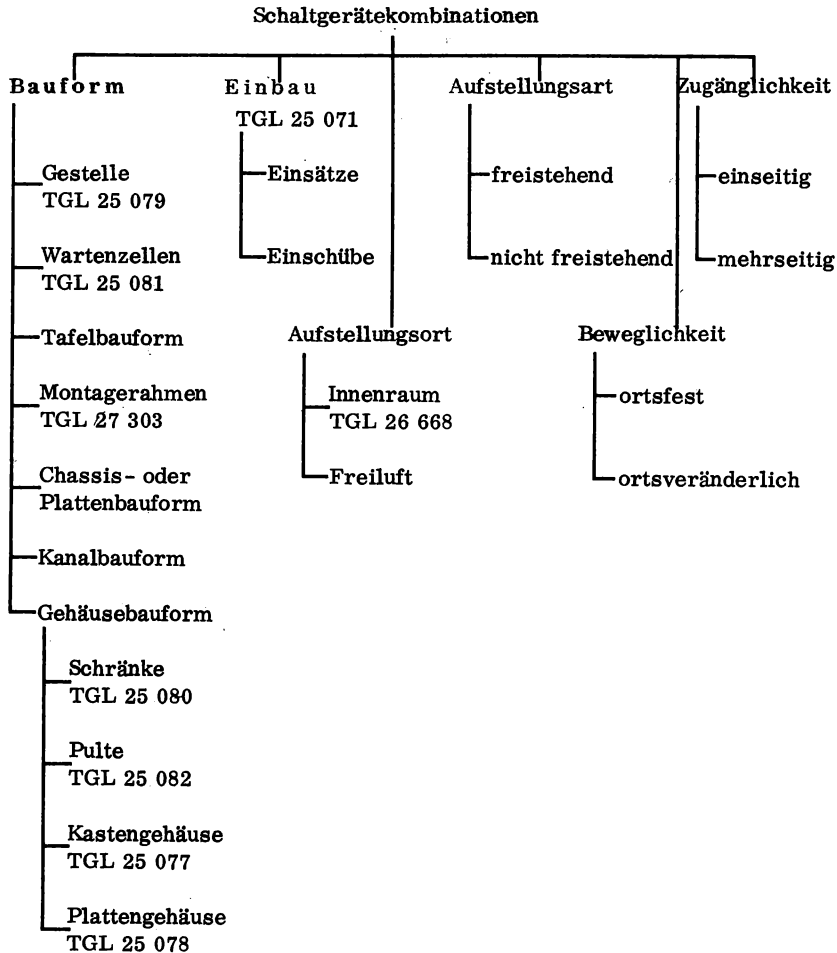
Gefäße	Sie dienen zur Verkleidung und/oder zur Aufnahme von Bauelementen, Bausteinen, Baugruppen, Geräten und Einrichtungen, die in vier Ordnungsgruppen gegliedert sind.
Gefäßsystem	Es umfaßt aufeinander abgestimmte Einzelgefäße mit möglichst gleichen gestalterischen und technologischen Merkmalen.
Gefäße 0. Ordnung	Sind noch keine Gefäße im eigentlichen Sinne (einfache Karteneinsätze oder -einschübe).
Gefäße 1. Ordnung	Geschützte oder geschirmte Karteneinsätze oder Karteneinschübe.
Gefäße 2. Ordnung	Baugruppenträger oder Einsätze. Diese Gefäße beinhalten die Gefäße 0. und 1. Ordnung und sind unter Umständen selbst wieder in Gefäßen 3. Ordnung zusammengefaßt.
Gefäße 3. Ordnung	Kasten- oder Plattengehäuse, Gestelle, Schränke, Wartenzellen und Pulte, die für den Anlagenbau in der Leistungselektrotechnik von Bedeutung sind.
Wesentliche Gefäße	
Kastengehäuse TGL 25 077	Sie sind mit einer Frontplatte versehen und dienen zur Aufnahme von Einsätzen und sonstigen Einbauten.
Plattengehäuse TGL 25 078	Sind nicht selbsttragende Verkleidungen für Baugruppen- oder Kasteneinsätze.
Gestelle TGL 25 079	Sind für die Aufstellung in geschlossenen Räumen in Anlagen unter 1000 V Nennspannung vorgesehen. Sie sind allseitig offen und dienen zur Aufnahme von Einschüben, Einsätzen oder sonstigen Einbauten (vgl. ISA 2000).
Schränke TGL 25 080	Sind für die Aufstellung in geschlossenen Räumen für Anlagen unter 1000 V Nennspannung vorgesehen. Sie sind mindestens mit einer Tür an der Frontseite versehen und für die Aufstellung auf dem Fußboden bestimmt. Bei Bedarf können Lüftungsöffnungen vorgesehen werden.

Wartenzellen
TGL 25 081

Sind für die Aufstellung in geschlossenen Räumen für Anlagen unter 1000 V Nennspannung vorgesehen. Es sind offene Gefäße in Rahmenkonstruktion mit einer Fronttafel zur Aufnahme von Schalttafelgeräten und sonstigen Einbauten (vgl. ISA 2000).

5.2. Schalt- und Verteilungsanlagen bis 1000 Volt

Einteilung der Schaltgerätekombinationen nach allgemeinen technischen Kennwerten (Bild 5.1)



Einsatz

- Haupt- und Unterverteilungen für Industriebetriebe,
- Eigenbedarfsanlagen für Kraft- und Umspannwerke,
- Schützfelder für umfangreiche Steuerungsanlagen,
- Kraft- und Beleuchtungsanlagen,
- Kondensatorenanlagen.

5.2.1. Innenraumschaltfelder nach TGL 76-093

Schaltfelder nach TGL 76-093 werden nur noch in geringen Stückzahlen gefertigt und in absehbarer Zeit durch die Schaltfelder der Innenraumschaltanlage ISA 2000 abgelöst.

In vielen Betrieben befinden sich jedoch solche Anlagen im Einsatz.

Aufbau

Mechanischer Teil

Schränkbauform mit vertikaler Bedienungsfront, die aus einer oder mehreren Türen besteht.

Elektrischer Teil
(Bild 5.1)

Primärteil

- Sammelschienen,
- Trenner,
- Leistungsschalter,
- Lastschalter,
- NH-Sicherungen,
- Stromwandler.

Sekundärteil

- Schutzelemente,
- Steuerungselemente,
- Meßinstrumente,
- Zähler,
- Meldeelemente,
- Sicherungen für Meß- und Steuereinrichtungen.

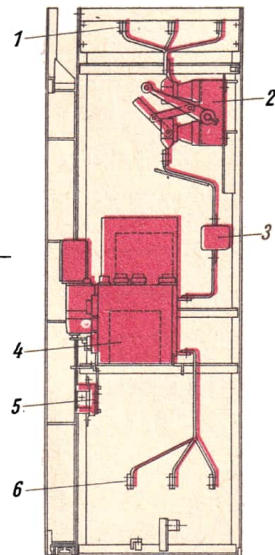


Bild 5.1. Innenraumschaltfeld 660 V. Einspeisefeld mit Leistungsschalter EBL 1000
1, 6 Sammelschienen; 2 Trenner; 3 Stromwandler;
4 Leistungsschalter; 5 NH-Sicherungen

Kennwerte (Auswahl)

Nennspannungen
Steuerspannungen
Nennströme
(Schaltgeräte)

220 V, 380 V, 500 V, 660 V
110 V, 220 V Gs, 220 V Ws
Lastschalter: 400 A, 630 A
Leistungsschalter: 250 A, 400 A, 630 A,
1000 A, 2000 A, 3000 A

Beispiel einer Schaltanlage aus drei Schaltfeldern (Bild 5.2)

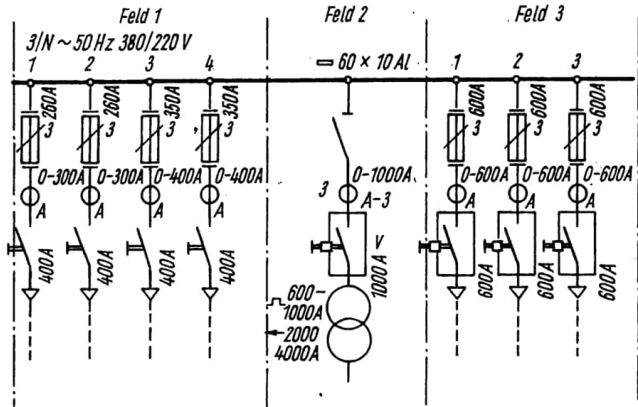


Bild 5.2

5.2.2. Innenraumschützfelder nach TGL 76-099

Schützfelder nach TGL 76-099 werden ebenfalls nur noch in geringen Stückzahlen gefertigt und auch in absehbarer Zeit durch die Schützfelder der Innenraumschaltanlage ISA 2000 abgelöst.

Aufbau

Selbsttragende, verschweißte Profilkonstruktion, in der einzelne Grundrahmen befestigt werden, die die Schaltungsbausteine aufnehmen. Schaltungsbausteine (Bild 5.3) sind Einsätze in Form vorgefertigter Montagebleche in Chassisbauweise.

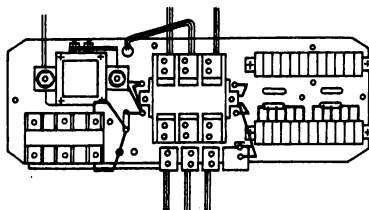


Bild 5.3
Schaltungsbaustein für Innenraumschützfelder

Schützfelder dienen nur als Fernbedienungsanlagen. Deshalb werden Meßinstrumente, Taster, Paketschalter usw. nicht eingebaut.

Standardschaltungen

Die verwendeten Standardschaltungen entsprechen im allgemeinen denen der Schützfelder im Schaltanlagen-system ISA 2000.

Einbau erfolgt grundsätzlich als Festeinbau.

Schaltungsbeispiel

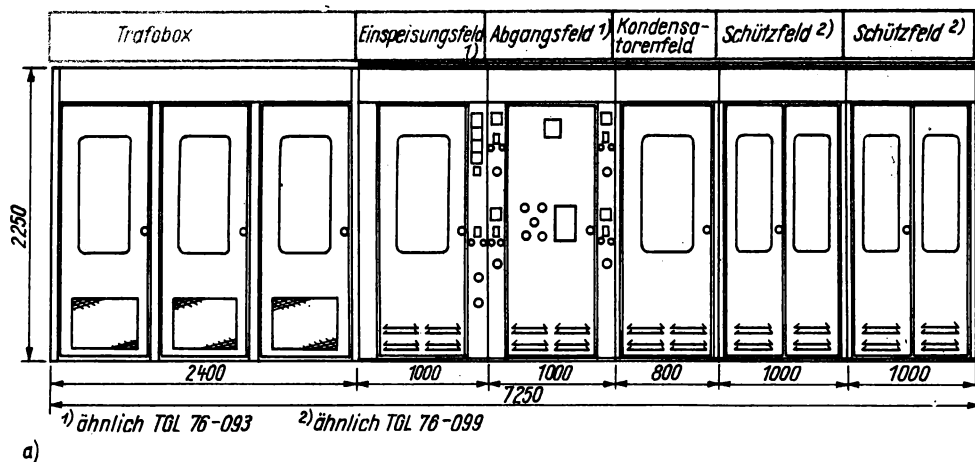
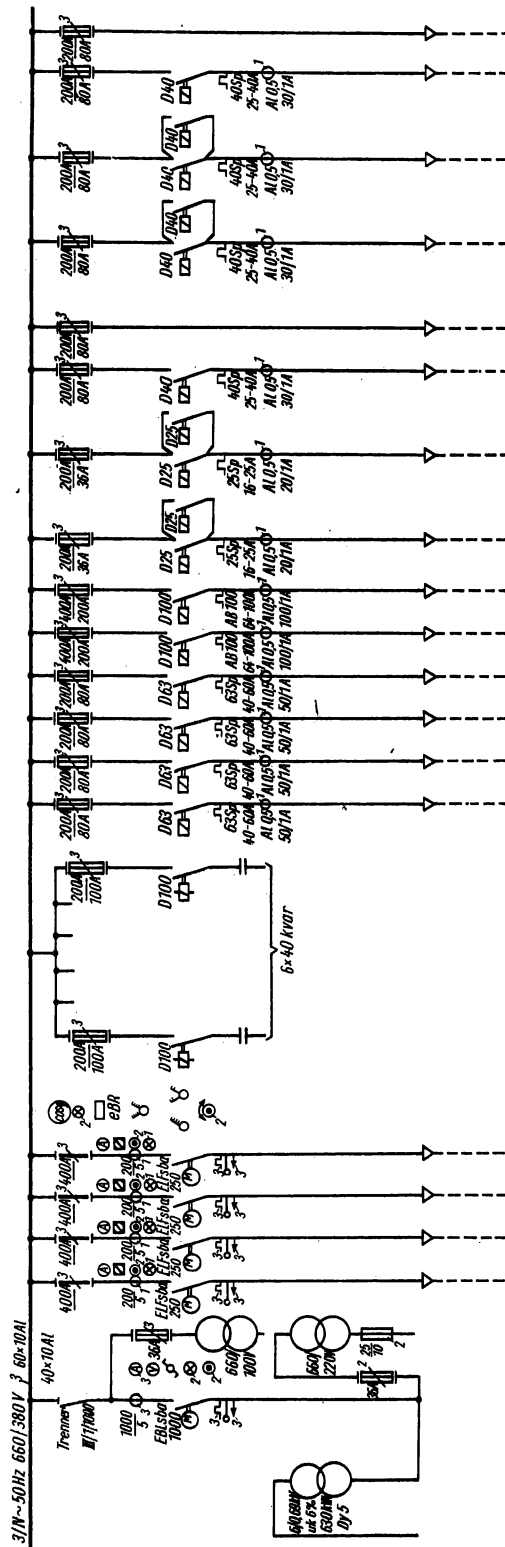


Bild 5.4. Beispiel einer 660 V Schaltanlage bestehend aus Trafobox, Schaltfelder, Kondensatoren-feld und Schütz-felder (Schwerpunktlaststation)

a) Vorderansicht b) Schaltung



5.2.3. Innenraumschaltanlage ISA 2000-ST

5.2.3.1. Allgemeine Erläuterungen

Einsatz

Die Einheitsschaltanlage ISA 2000 ist ein System von Niederspannungs-Schalt- und -Verteilungsanlagen, das die zur Zeit nach unterschiedlichen Standards, Konstruktionen und Technologien in der Produktion befindlichen Anlagentypen

- Schaltfelder nach TGL 76-093,
- Schützfelder nach TGL 76-099,
- Schaltfelder nach TGL 200-0753,
- Einschubanlage UNIBOX

ablöst. Das System ISA 2000 ist in TGL 26 668 standardisiert.

Vorteile

- Problemloses Aneinanderreihen von Feldern unterschiedlicher Bestückung,
- geringer Projektierungsaufwand,
- gute Ausnutzung des umbauten Raums,
- erhöhte Kurzschlußfestigkeit,
- geringer Montageaufwand durch fabrikfertige Lieferung,
- gute Anschluß- und Erweiterungsmöglichkeiten,
- rasche Auswechselbarkeit von Baugruppen durch Einschubtechnik.

Äußerer Aufbau

Gerüst aus kaltgewalztem Stahlblechprofil, bestehend aus vorderem und hinterem Rahmen und Tiefenstreben. Ein Schenkel ist mit einem umlaufenden Lochraster versehen, an dem die Einbauten befestigt werden. Je nach Schutzgrad sind die Gerüste mit Türen, Rückwänden, Seiten- und Dachabdeckungen versehen, so daß bei höheren Schutzgraden als IP 00 die Gerüste zu Schränken werden.

Geräteeinbau Typenreihe S

Gerätebaueinheiten werden untereinander im Geräte-raum (Bild 5.9) angeordnet. Entsprechend ihrer Größe

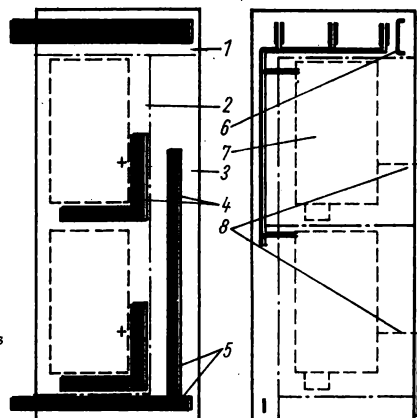


Bild 5.5. Aufbauprinzip eines Abgangsfeldes
1 Sammelschienenraum; 2 Geräteraum;
3 Kabelraum; 4 Kabelanschlüsse;
5 Nullschiene; 6 Schleifenleitungsbaustein;
7 Gerätebaustein; 8 Handantrieb

belegen sie einen oder mehrere Einbauplätze. Energiezuführung erfolgt über vertikale Stromschienen in je-

dem Feld. Die Anschlußkabel werden im Kabelanschlußraum bis auf die Höhe der Gerätebaueinheit geführt und dort angeschlossen. Geräte und Schaltungen werden zu Bau- und Funktionseinheiten zusammengefaßt. Ihr Einbau in dem Geräteraum der Schaltfelder erfolgt auf Einschüben, Teileinschüben oder fest.

Einschübe

Einschübe können mit wenigen Handgriffen und ohne Werkzeug ausgewechselt werden.

Hauptstrombahnen sind in der Zu- und Ableitung mit Einschubkontakten ausgeführt. Einschub kann in eine Teststellung gebracht werden, bei der er von der Hauptstrombahn getrennt ist. Steuerleitungen sind ebenfalls steckbar ausgeführt, können aber bei der Teststellung im Eingriff bleiben und ermöglichen so eine Funktionsprüfung der Baueinheit.

Teileinschübe

Nehmen konstruktiv eine Mittelstellung zwischen Festeinbau und Einschub ein. Teileinschübe sind in der Hauptstrombahn zuleitungsseitig steckbar ausgeführt. Nach Lösen der Kabelanschlüsse und Arretierungsschrauben kann die gesamte Baueinheit ausgewechselt werden.

Meß- und Betätigungsgeräte

Einbau erfolgt in Türen, wobei die Schalterhandantriebe über ausrückbare Kupplungen mit den Schaltern in Verbindung stehen.

Antrieb

Leistungsschalter ab 160 A können wahlweise Fern- oder Handantrieb erhalten. Für Schalter bis 63 A erfolgt der Antrieb nur von Hand.

5.2.3.2. Technische Daten

Typenreihen

- ISA 2000-SF Schaltfelder,
- ISA 2000-SG Schützfelder,
- ISA 2000-SK Kondensatorenfelder,
- ISA 2000-ST Transformatorenboxen,
- ISA 2000-EV Energieverteiler,
- ISA 2000-UV Unterverteilungen,
- ISA 2000-SL Schwerpunkt-Laststation.

Tafel 5.1. Daten der Typenreihe ISA 2000

	EV		SF		SG		SK		UV
Betriebsspannung V	220		220		220		380		220
	380		380		380		500		380
	500		500		500		660		500
	660		660		660				660
Schutzgrad	IP 00		IP 00 IP 20 IP 40		IP 00 IP 20 IP 40		IP 00 IP 20 IP 40		IP 00 IP 20 IP 40
Nenngröße	0	1	4	8	4	8	4	8	4
Nennstrom A	≤ 1000	≤ 1000	≤ 2500	≤ 2500	≤ 1000	≤ 2500	≤ 1000	≤ 2500	≤ 630
Stoßkurzschlußstr. kA	≤ 70	≤ 70	≤ 79	≤ 120	≤ 70	≤ 120	≤ 70	≤ 120	

Einspeisungsfelder

Nennströme (Tafel 5.2) **Tafel 5.2. Nennströme für Einspeisungsfelder**

Schaltgerät in der Einspeisung	Typ	Nenngröße	Nennstrom in A					
			250	400	600	630	1000	2500
Strombegrenzende Leistungsschalter	UV	4	1	1		1		
Nicht strombegrenzende Leistungsschalter	EV	1			1		1	
	SF	4			1		1	
	SF	8		3		3	3	3
Lastschalter	SF	4				1		
	SF	8				1		
	UV	4				1		

Tafel 5.3. Abgänge

Schaltgerät im Abgang	Typ	Nenn- größe	Nennstrom in A										
			10	16	25	40	63	100	160	250	400	630	1000
Nicht strombegren- zende Leistungs- schalter	SF	8								2 3	2 3	2 3	3
Strombegrenzende Leistungsschalter	SF	4					1		1	1	1		
	SF	8					2		2	2 3	2 3	2 3	3
	UV	4					1		1	1	1		
Lastschalter	SF	4								2	2		
	SF	8								2	2	2	
Schütze	SG	4	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3				
	SG	8	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3	2 3				
Schütze für schwere Betriebsbedingungen	SF	4						2	2				
	SF	8						2	2	2	2		
Sicherungen	EV	1									1		
	EV	0									1		
	SF	4						1				1	
	SF	8						1			1	1	
	SG	4			1		1						
	SG	8			1		1						
	UV	4			1		1						

- 1 Festeinbau
2 Teileinschub
3 Einschub

5.2.3.3. Schaltfelder

Steuerung

Steuerspannung

Es sind drei Möglichkeiten der Entnahme der Steuerspannung aus dem Netz vorgesehen:

- direkte Entnahme ohne Steuertransformator,
- direkte Entnahme mit Steuertransformator,
- Fremdspannung.

Eine Anlage besitzt meistens die gleiche Steuerspannung.

Steuerung der
Leistungsschalter

Jedes Schaltfeld mit Leistungsschaltern > 63 A ist bei Motor- bzw. Magnetantrieb für Direktsteuerung vor Ort und Fernsteuerung geeignet.

Auf den Türen der Schaltfelder sind dafür die erforderlichen Betätigungselemente aufgebaut.

Steuerung der
Schütze für schwere
Betriebsbedingungen

Bei diesen Feldern ist nur eine Fernsteuerung möglich. Um eine hohe Leistungsaufnahme aus dem Steuerstromkreis zu vermeiden, werden die Magnetspulen der ES-Schütze über Hilfsschütze geschaltet. Die erforderliche Energie wird hierbei einem gesonderten Stromkreis entnommen.

Meldung und
Überwachung

Für die Meldung ist die Lampenspannung 24 V Ws vorgesehen. Die Spannung liefert ein Transformator (220/20 V; 0,25 kVA), der im Einspeisefeld eingebaut ist.

Bei Anlagen, die mit Gleichstrom gesteuert und gemeldet werden müssen, ist auch die Meldespannung 110 V bzw. 220 V Gs möglich. In diesen Fällen werden an den Lampenfassungen Vorwiderstände eingebaut.

Leistungsschalter

Schaltstellungen der handbetätigten Schalter sind an den Griffstellungen der jeweiligen Schalter erkennbar.

Eine Ausnahme bildet der EL 2500, der eine Ein/Aus-Anzeige auch bei Handbetätigung besitzt, da der Drehantrieb keine eindeutige Schalterstellungsanzeige ermöglicht. Bei fernbetätigtem Leistungsschalter zeigen je eine Leuchttaste die Ein/Aus-Stellungen an. Bei Störungsmeldung wird durch ein Blinkrelais das Störungssignal auf die Ein-Leuchttaster gegeben.

Lastschalter und
Schütze für schwere
Betriebsbedingungen

Meldung bzw. Überwachung sind nicht möglich.

5.2.3.4. Schützfelder

Einsatz

Besonders in Betrieben mit einem hohen Mechanisierungs- und Automatisierungsgrad oder dort, wo die Energieversorgung von einer zentralen Stelle erfolgen soll, geeignet.

Bestückung und
Aufstellung

Schützfelder SG 4 sind für einseitige Bestückung, vorwiegend als Wandaufstellung vorgesehen.

Schützfelder SG 8 können bei freistehender Aufstellung vorder- und rückseitig bestückt werden. Vorder- und Rückseite sind dabei nur in einer Ausführung, Teileinschübe oder Einschübe, bestückbar. Eine Kombination von Teileinschüben und Einschüben in einem Feld und auf einer Feldseite ist nicht möglich.

Feldaufbau

Jede Feldseite eines Schützfeldes ist wie folgt aufgeteilt: Im links angeordneten Geräteraum sind vertikal 12 Einbauplätze für Bausteine vorhanden. Rechts ist der Kabelraum mit den erforderlichen Konstruktionselementen zur Befestigung der Kraft- und Steuerkabel angeordnet. Im oberen Teil des Grundfeldes sind die Horizontal-Sammelschiene und davor der Steuerschleifenkanal untergebracht.

Bausteine	
H-Baustein	Enthält die Horizontal -Sammelschiene mit den dazugehörenden konstruktiven Befestigungs- und Isolations-elementen.
V-Baustein	Enthält die Vertikal -Stromschienen, die an die Horizontal-Sammelschienen angeschlossen werden und zur Stromzuführung zu den 12 untereinander angeordneten Einbauplätzen der Schützbausteine dienen. Die Vertikal-Stromschienen bestehen aus einer Al-Legierung und speziellen Schubkontakten.
R-Baustein	Der Rahmenbaustein kann in mehreren Ausführungsvarianten an Stelle eines V-Bausteins eingebaut werden.
T-Baustein	Teileinschübe enthalten komplette Schützsaltungen mit den dazu erforderlichen Geräten, wie Eingangsschubkontakt, Sicherungen, Schütz, Bi-Relais, Steckerleiste zum Anschluß der Steuerleitungen, Stromwandler und Abgangsklemmen für die Kraftleitungen.
E-Baustein	Einschübe unterscheiden sich gegenüber den Teileinschüben dadurch, daß die Kraftabgangsklemmen ebenfalls als Schubkontakte ausgeführt sind.
K-Baustein	Der Verknüpfungsbaustein kommt in Verbindung mit Einschüben und wahlweise auch mit Teileinschüben zum Einsatz. Dadurch ist eine anlagenindividuelle Verdrahtung, z. B. die Verriegelung mehrerer Antriebe untereinander, möglich.
Steuer- und Meßbausteine (SMB)	Einschübe erhalten prinzipiell einen Steuer- und Meßbaustein, der mit den erforderlichen Tastern bzw. Taster und Strommesser ausgerüstet ist.
Sicherungsbausteine	Sie werden nur auf Rahmenbausteinen als Einsatz montiert und verdrahtet. Zum Einsatz kommen nur D-Sicherungssockel für Ring-Paßeinsatz.
Montageblech	Montagebleche dienen zum individuellen Ausbau

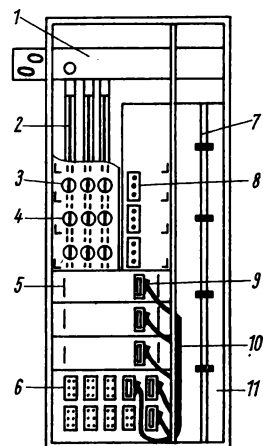


Bild 5.6. Schematische Darstellung eines Schützfeldes
1 H-Baustein; 2 V-Baustein; 3 Aussparungen für Einschubkontakte;
4 Hartpapierabdeckung der Vertikalstromschienen; 5 E-Baustein;
6 K-Baustein; 7 Nullschiene; 8 Gegenstücke für Abgange-Schubkontakte;
9 Steckverbindung zum K-Baustein; 10 Steuerleitung zwischen E- und K-Baustein;
11 Raum für Kabelanschlüsse

Relaisbausteine

Dienen zur Lösung kleinerer Steuerungsabläufe, wie Anlaufwarnung, und können nach den Erfordernissen bestückt und verdrahtet werden.

Hilfsschützenbaustein

Dient zur Ergänzung von Schützschaltungen und kann mit zwei oder drei Hilfsschützen bestückt werden.

Schaltungen

Schaltungsausführung entspricht den Standards „Grundschaltungen für Drehstromantriebe“. Dazu gehören:

- Einfachschaltungen 10...160 A,
- Doppelseinfachschaltungen 16 A,
- Wendeschaltungen 10...160 A,
- Stern-Dreieck-Anlaßschaltungen 40...160 A,
- Kusa-Anlaßschaltungen 25...160 A,
- Dahlanderschaltungen 2 Drehzahlen 25...160 A,
- Dahlanderschaltungen 3 Drehzahlen 25...160 A.

Schaltungsbeispiele

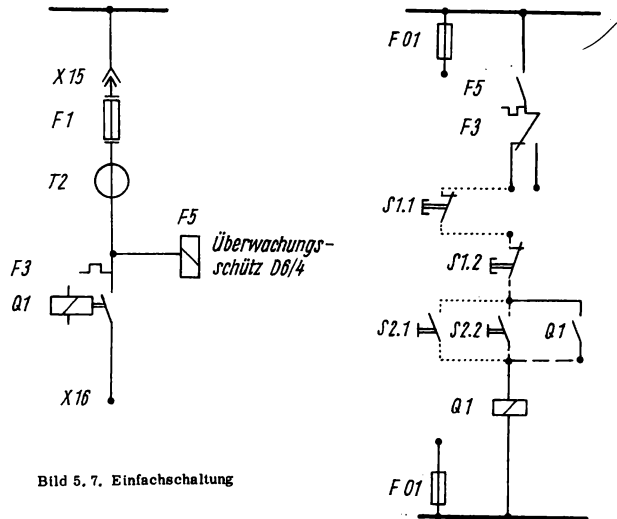


Bild 5, 7, Einfachschtaltung

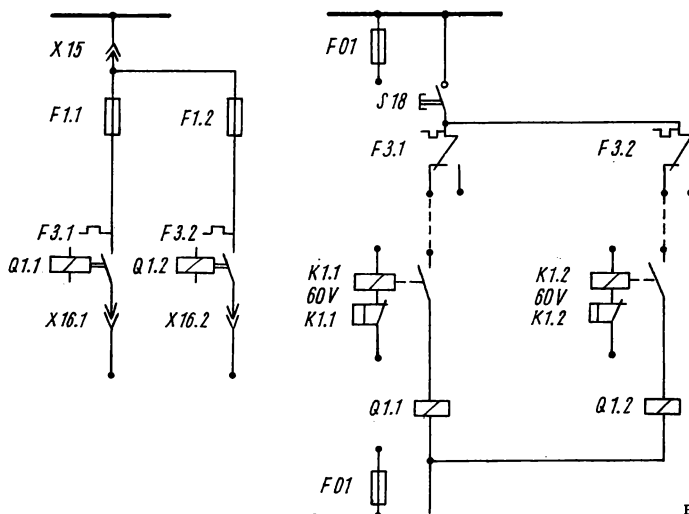


Bild 5, 8, Doppel-Einfachschtaltung

Bild 5.9. Wendeschaltung

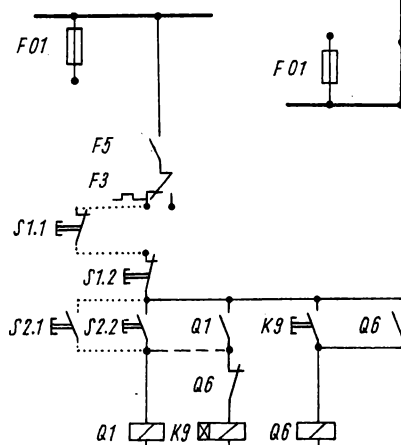
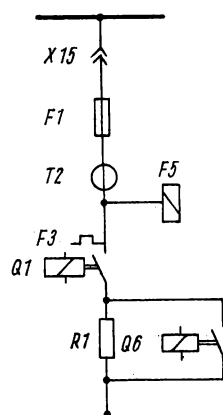
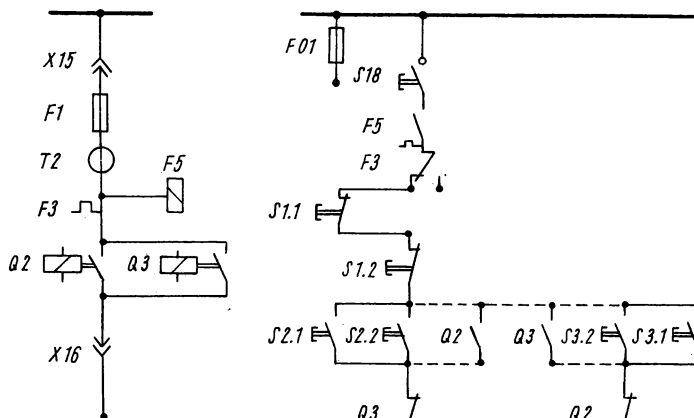


Bild 5.10. Kusa-Anlaßschaltung

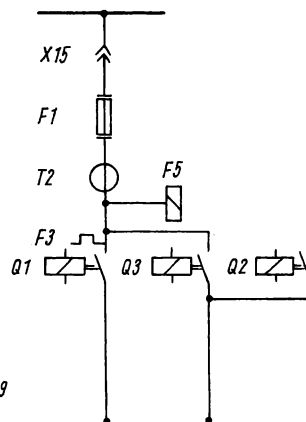
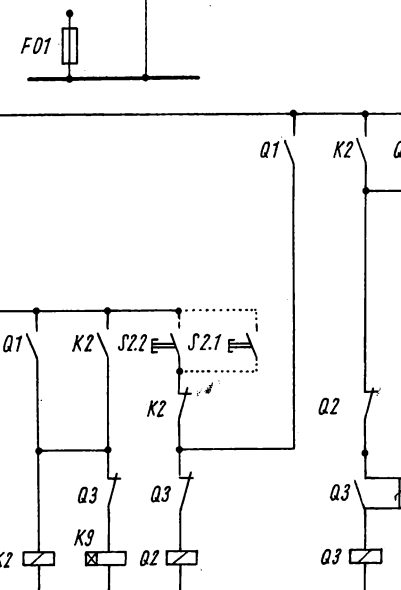
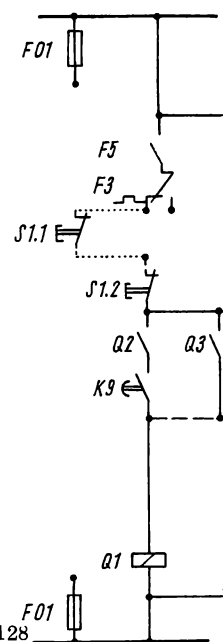


Bild 5.11. Stern-Dreieck-Schaltung

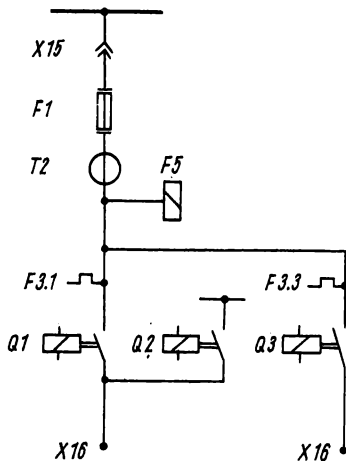
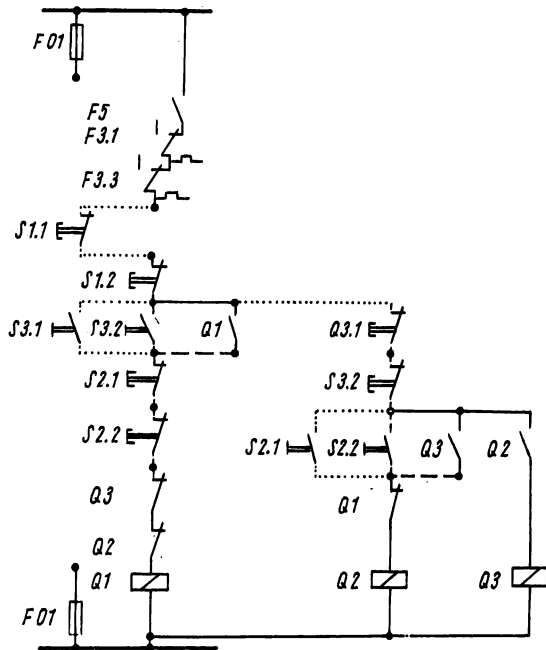


Bild 5.12, Dahlanderschaltung



5.2.3.5. Kondensatorenfelder

Anschluß der
Leistungskondensatoren

Die in den Kondensatorenfeldern eingebauten Leistungskondensatoren sind über NH-Sicherungen und Luftschütze an der Sammelschiene angeschlossen und können automatisch geregelt oder manuell gesteuert werden.

Regel- und Steuer-
einrichtungen

Ist in einem Kondensatorenfeld eingebaut und kann während des Betriebes von der Vorderseite des Feldes bedient und kontrolliert werden.

Leistung

Kondensatorenfeld
SK 4

Die Leistung eines Kondensatorenfeldes SK 4 mit Steuer- und Regeleinrichtung beträgt 140 kvar. Es können weitere Felder mit je einer Nennleistung von 80 bzw. 160 kvar angebaut werden, so daß eine Gesamtleistung von maximal 380 kvar erreicht werden kann.

Kondensatorenfeld
SK 8

Die Leistung eines Kondensatorenfeldes SK 8 mit Steuer- und Regeleinrichtung beträgt 240 kvar. Es können weitere Felder mit je einer Nennleistung von 120 bzw. 240 kvar angebaut werden, so daß eine Gesamtleistung von maximal 960 kvar erreicht werden kann.

Festkondensatorenfelder

In der Gefäßnenngröße 8 werden außer den automatisch geregelten Kondensatorenfeldern auch Festkondensatorenfelder hergestellt. Die Kondensatoren bei Festkondensatorenfeldern werden unmittelbar über NH-Sicherungen an die Sammelschiene angeschlossen. Die Festkondensatorenfelder werden dort eingesetzt, wo ein konstanter Blindleistungsbedarf besteht. Die Nennleistung dieser Felder beträgt 120 bzw. 240 kvar und ist nicht regelbar.

Auswahl des Meßorts

(Bild 5.13)

Messung und Regelung
 überspannungsseitig

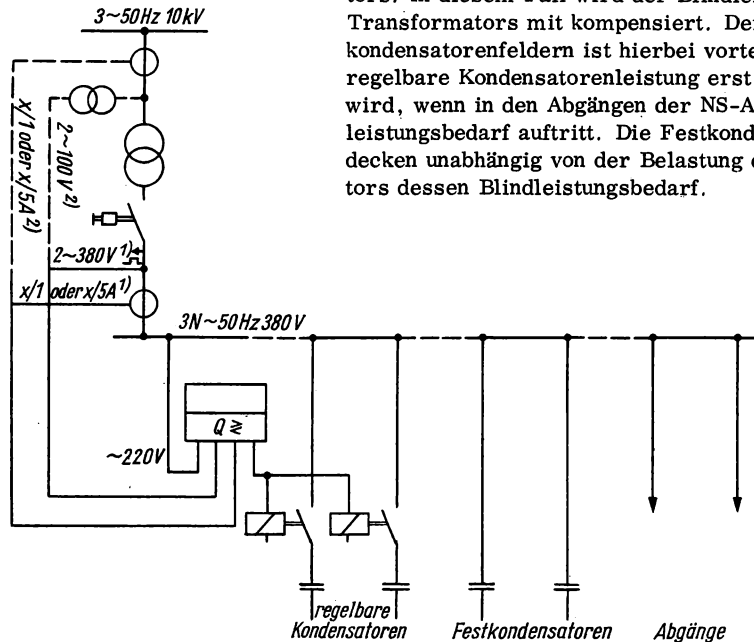


Bild 5.13. Übersichtsschaltplan einer Kondensatorenanlage

Entnahme von Meßspannung und Meßstrom erfolgt an der Überspannungsseite des einspeisenden Transformators. In diesem Fall wird der Blindleistungsanteil des Transformators mit kompensiert. Der Einsatz von Festkondensatorenfeldern ist hierbei vorteilhaft, weil die regelbare Kondensatorenleistung erst dann wirksam wird, wenn in den Abgängen der NS-Anlage ein Blindleistungsbedarf auftritt. Die Festkondensatorenfelder decken unabhängig von der Belastung des Transformators dessen Blindleistungsbedarf.

Messung und Regelung
 unterspannungsseitig

Entnahme von Meßspannung und Meßstrom erfolgt an der Unterspannungsseite des Transformators, d. h. im Einspeisefeld der ISA 2000. In diesem Fall wird der Blindleistungsanteil des Transformators nicht mit kompensiert. Erfolgt der Einsatz von Festkondensatorenfeldern, so wird der Anteil der regelbaren Kondensatorenleistung erst dann wirksam, wenn der Blindleistungsbedarf in den Abgängen größer als die Blindleistung der Festkondensatoren wird.

Aufgabe der Kompensation

- Entlastung der Leitungen und Geräte von induktivem Blindstrom.
- Verminderung der Energiebezugskosten durch Verbesserung des Leistungsfaktors $\cos\varphi$.

Konstruktive Gestaltung

Ausbau der Kondensatorenfelder erfolgt mittels Baugruppen für Sicherungen, Schütze und Regler. Der Einbau des Reglers befindet sich beim Schutzgrad IP 20 im Türausschnitt; bei IP 00 im Feld. Verbindung der Steuerleitungen erfolgt über Steckverbinder.

Blindleistungsregler

Er arbeitet nach einem kombinierten elektromechanischen System. Auf der Vorderseite des Reglers sind die zur Bedienung und Überwachung notwendigen Geräte untergebracht.

- Meldeleuchte zur Anzeige der eingeschalteten Stufen,
- Meldeleuchte zur Überwachung der Steuer- und Meßspannung,
- Meldeleuchte zur Anzeige der Regeltendenz (induktiv bzw. kapazitiv),
- Meßgeräte zur Anzeige der Tendenz des Leistungsfaktors,
- Umschalter Handsteuerung/Automatik,
- Tasten für Handsteuerung.

5.2.3.6. Transformatorenbox ISA 2000-ST

Erläuterungen
allgemein

Die Transformatorenbox besteht aus einem Stahlblechgehäuse zur Aufnahme eines Trockentransformators. Die aus Bausteinen bestehende Box wird erst am Montageort zu einem Gehäuse verschraubt. Zum Einbau kommen luftgekühlte Trockentransformatoren entsprechend Tafel 5.4.

Angaben zu den
Einbautransformatoren

Tafel 5.4

Nennoberspannung kV	Nennunterspannung V	Gefäßnenngröße	Nennleistung kVA	Leerlaufverluste W	Kurzschlußverluste W
10 (6)	400 525 693	10	250	1000	3600
			400	1400	5900
			630	2100	7300
			1000	2450	11700
		20	1600	2900	21000
20 (15)	400 525 693		400	1600	5500
			630	2100	8000
			1000	2950	10000

Für die Transformatoren gelten noch folgende Kennwerte:

Kurzschlußspannung	6%
Schaltgruppe	Dy5
Frequenz	50 Hz

Anschluß der
Transformatorenbox

Der überspannungsseitige Anschluß an die MS-Zelle kann mittels Durchführungen und MS-Verbindungsschienen oder mittels Kabel erfolgen.

Unterspannungsseitig ist hauptsächlich ein direkter Anschluß an die Einspeisefelder vom Typ ISA 2000-SF mit Schienen vorgesehen. Eine Kabeleinspeisung ist möglich, wenn Transformatorenbox und NS-Anlage nicht zusammengestellt werden können.

5.2.3.7. Schwerpunkt-Laststation

Einsatzmöglichkeiten

SL-Stationen können unmittelbar in Werkhallen und Betriebsräumen aufgestellt und betrieben werden, wenn die Anlage in der nach TGL 26 469 geforderten Licht-

bogenschutzklasse ausgeführt ist. Besondere Schalteräume bzw. Gebäude sind dann nicht erforderlich. Weiterhin sind SL-Stationen besonders für den Einsatz in Gesellschaftsbauten geeignet.

Anlagenteile
(Bild 5.14)

- Mittelspannungsteil,
- Transformatorenteil,
- Niederspannungsteil.

Für jeden dieser Anlagenteile gibt es bestimmte Variationsmöglichkeiten.

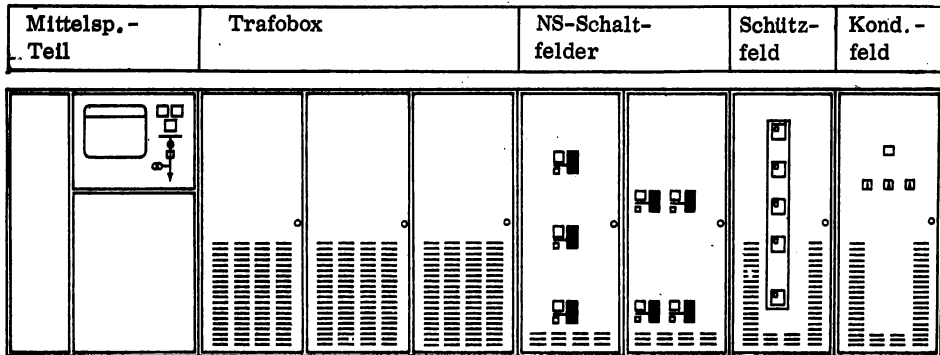


Bild 5.14. Vorderansicht einer Innenraumschaltanlage ISA 2000 als Schwerpunktlaststation

Vorteile der SL-Station

- Einsparung von Baukosten durch Wegfall abgeschlossener elektrischer Betriebsräume bzw. Stationsgebäude,
- Einsparung von Niederspannungskabeln und -leitungen durch relativ kurze Verbindungen zwischen SL-Stationen und Verbrauchern,
- Reduzierung der Verlustleistung durch die kurzen Kabel- und Leitungsverbindungen,
- geringer Montageaufwand durch fabrikfertige Anlagen,
- geringer Aufwand an Projektierungsarbeit durch standardisierte Anlagenteile,
- gute Anschluß- und Erweiterungsmöglichkeiten.

Ausführungsformen

Einfachstausführung ohne MS-Zellen (Bild 5.15)

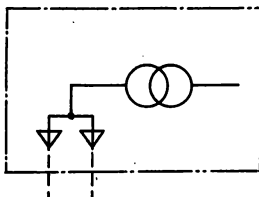


Bild 5.15.

Ausführung mit einfachem MS-Teil (Bild 5.16)

Einspeisung erfolgt hierbei über Kabel direkt in die Transformatorenbox. Diese Ausführung ist für Stationen mit Stichanschluß oder Ringanschluß bei geringen Anforderungen an die Versorgungssicherheit geeignet.

Der Transformator kann vor Ort nicht geschaltet werden. Bei Ringanschluß kann der Ring durch Ausbau der Verbindungsschiene aufgetrennt bzw. der Transformator vom Ring im spannungslosen Zustand abgetrennt werden.

Trennung von Transformatorenbox und NS-Anlage ist bei dieser Ausführungsvariante nicht möglich.

Einspeisung erfolgt über Kabelanbaustein und Leistungsschalterzelle in die Transformatorenbox. Diese Ausführung ist geeignet für Stationen mit Stich- oder Ringanschluß.

Transformator kann vor Ort geschaltet werden; eine Fernsteuerung ist ebenfalls möglich.

Überleitung in die Transformatorenbox erfolgt über Durchführungen und MS-Verbindungsschienen.

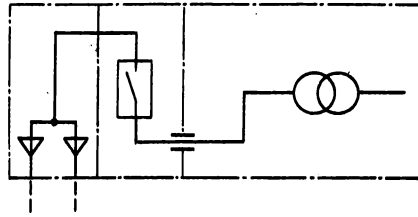


Bild 5.16

Ausführung mit erweitertem MS-Teil (Bild 5.17)

Einspeisung erfolgt hierbei über eine MS-Schaltanlage in die Transformatorenbox. Diese Ausführung ist für Stationen mit Ringanschluß bei höheren Anforderungen an die Versorgungssicherheit geeignet. Einspeisekabel und Abgänge sind schaltbar; eine Auslösung ist möglich. Beim Einsatz von Leistungsschaltern kann die Anlage ferngesteuert werden. Überleitung zum Transformator erfolgt beim Einsatz einer Leistungsschalterzelle mittels Durchführungen und MS-Verbindungsschienen. Beim Einsatz einer Lasttrennschalterzelle erfolgt der Anschluß mittels Einleiterplastkabel. MS-Ausführung „Erweiterter MS-Teil“ umfaßt im allgemeinen zwei Einspeisezellen und ein bis drei Abgangszellen.

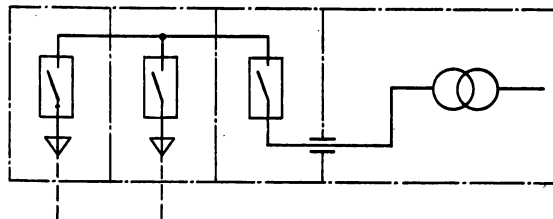


Bild 5.17

Schutzmaßnahmen

Anlagenteile der Schwerpunkt-Laststation sind für folgende Schutzmaßnahmen geeignet:

- MS-Anlage - Schutzerdung,
- Transformatorenbox - Schutzerdung,
- NS-Anlage - Nullung, Schutzerdung, Schutzleitersystem.

5.2.3.8. Energieverteiler

Einsatz

Felder der Typenreihe ISA 2000-EV sind als Niederspannungsverteilungen besonders für alle von der Energieversorgung entwickelten Ortsnetzstationen geeignet.

Kombinierbarkeit

Sie bestehen aus kombinierten Einspeise-Abgangsfeldern sowie aus einem Abgangsfeld mit NH-Sicherungen zur Anlagenerweiterung.

Typ EV ist nicht mit anderen ISA-2000-Typen kombinierbar.

Konstruktive Gestaltung (Bild 5.18)

Gefäße der Gefäßnenngrößen 1 und 0 werden aus Stahlblechprofil in Leichtbauweise hergestellt und dienen zur Aufnahme von Schienen- und Gerätebausteinen. Es sind offene Felder (Schutzgrad IP 00) mit einer Schutzleiste für Wandaufstellung.

Alle Geräte sind fest eingebaut. Durch die Kombination eines Einspeise- und Abgangsteils in einem Gefäß wurde die Forderung der Energieversorgungsbetriebe nach minimalen Baugrößen realisiert. Alle Einspeisungen sind mit einem Informationsbaustein ausgerüstet.

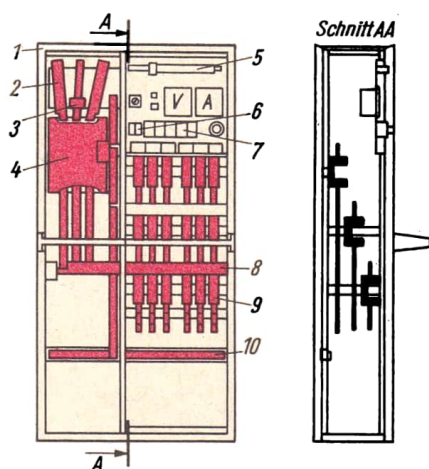


Bild 5.18. Aufbau eines Energieverteilerfeldes

1 Gestell; 2 Einspeiseschienen; 3 Stromwandler; 4 Leistungsschalter;
5 Klemmenleiste; 6 Hilfsrelais; 7 Sicherung; 8 Sammelschiene;
9 NH-Unterteil; 10 N-Schiene

Einspeisung

Erfolgt grundsätzlich von oben über Schienen und Stromwandler zu dem Leistungsschalter. Dieser speist auf ein in der Mitte des Feldes angeordnetes Sammelschienenensystem.

Zwischen Leistungsschaltern und Sammelschienen kann eine Trennstelle eingebaut werden.

Abgänge

Die sich in der Mitte des Feldes befindende Sammelschiene speist 6 NH-Sicherungsabgänge der Nenngröße 2. Abgehende Kabel werden von unten an Abgangsschienen der NH-Sicherungsunterteile angeschlossen.

Bei Anlagenerweiterung kann an das Einspeise-Abgangsfeld ein EV-Abgangsfeld angebaut werden. Dieses Feld ist ähnlich dem Abgangsteil des kombinierten Feldes aufgebaut und mit 4 NH-Sicherungsstromkreisen der Nenngröße 2 ausgerüstet.

Schaltungstechnische Ausführung

Im Einspeiseteil können Leistungsschalter 600 A oder 1000 A eingebaut werden. Leistungsschalter weisen folgende Schaltungsausführungen auf:

- Anschlußmöglichkeit von Buchholzrelais und Thermogefahrenmelder.

Bei Wegfall des Buchholzrelais wird nur das dem Thermogefahrenmelder zugeordnete Zwischenrelais eingebaut. Die Rückstellung des Relais kann nur durch Handbetätigung erfolgen. Schließen des Zwischenrelais regt Arbeitsstromauslöser des Leistungsschalters an, dieser schaltet ab.

- Thermogefahrenmelder als Transformatorenschutz ausreichend, daher keine Überstromauslöser am Leistungsschalter.
- Kurzschlußschutz wird durch hochspannungsseitige Sicherung bzw. NH-Sicherung gewährleistet.
- Leistungsschalter haben keine Schnellauslöser.
- Strommessung wird mit einem Wandler X/5 A durchgeführt.

Informationsbaustein

Für Einspeisung mit Leistungsschalter sind eingebaut:

- 1 Strommesser mit Bimetallmeßwerk und Schleppzeiger Typ C 144,
- 1 Spannungsmesser Typ C 144,
- 1 Meßstellenumschalter mit den Meßpunkten RS-RO-SO-TO,
- 1 Schukosteckdose 10 A mit vorgeschalteter D-Sicherung 10 AT.

5.2.3.9. Unterverteilungen

Einsatz

Felder der Typenreihe ISA 2000-UV (Bild 5.19) eignen sich als kleinräumige Verteilungsanlagen in Wandbauweise, besonders als Unterverteilungen in Industrie- und Gesellschaftsbauten.

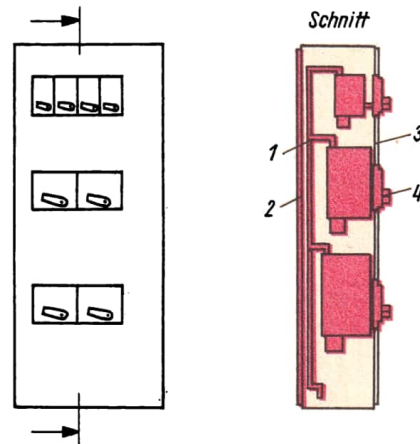


Bild 5.19. Aufbau eines Unterverteilerfeldes
1 Sammelschienen; 2 Nullschienen; 3 Tür;
4 Leistungsschalter mit Betätigungsfeld

Kombinierbarkeit

Zusammenstellen mehrerer UV-Felder ist bei getrennten Kabeleinspeisungen möglich.

Mit anderen Feldern der Typenreihe ISA 2000 können diese Felder nicht kombiniert werden.

Varianten

- Strombegrenzende Leistungsschalter als Einspeise- und Abgangsschalter für Handbetätigung und Arbeitsstrom- oder Unterspannungsauslösung fest eingebaut. Betätigung der Leistungsschalter ist ohne Öffnen der Tür möglich.
- 2 Flachlastschalter 630 A oder ein Flachlastschalter 630 A und 3 einpolige NH-Sicherungsunterteile in der Nenngröße 3 als Einspeisungen. Ringeinspeisung ist möglich. NH-Unterteile können auch als Abgang benutzt werden. Weitere Abgänge sind mit D-Sicherungen bzw. D-Sicherungen schaltbar über Nockenschalter.

Strom- und Spannungsmessung ist bei beiden Varianten nicht vorgesehen.

5.2.4. Stahlblechgekapselte Niederspannungs-Verteilungsanlagen (SNV-System)

Erläuterungen
allgemein

Das SNV-System gestattet eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten bei einer geringen Anzahl von Bauteilen.

Die wichtigsten Bauteile sind: Sammelschienen, Sicherungen, Schaltgeräte, Meßinstrumente, mit denen die Herstellung flächenmäßig kleiner Anlagen mit einem uneingeschränkten Anwendungsgebiet möglich ist. Die kompletten Verteilungen werden an einem Traggerüst befestigt (Bild 5.20).

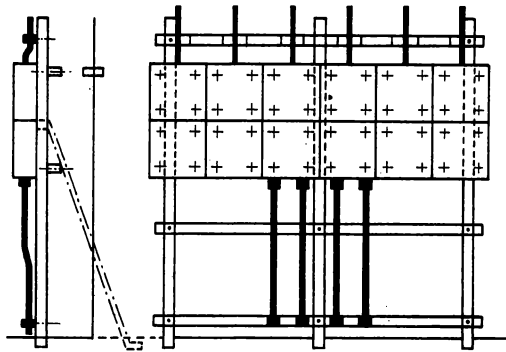


Bild 5.20. SNV-Verteilung im Gerüst

Einsatz

Stahlblechgekapselte Niederspannungs-Verteilungsanlagen werden überall dort eingesetzt, wo elektrotechnische Geräte vor Feuchtigkeit, Staub und mechanischer Beschädigung geschützt werden müssen. Sie eignen sich deshalb besonders für Industrie-, Bergbau- und Hüttenbetriebe.

Gußgekapselte Verteilungsanlagen, wie sie früher allgemein üblich waren, werden nicht mehr gefertigt.

Aufbau

Stahlblechgehäuse, in denen Schaltgeräte und Sammelschienen eingebaut werden. Gehäuse bestehen aus 1,5 mm dickem feuerverzinktem Stahlblech.

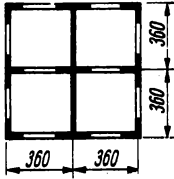


Bild 5.21. Gehäuseabmessungen und Flanschanordnung einer stahlblechgekapselten Verteilung

Schaltungsbeispiel (Bild 5.22)

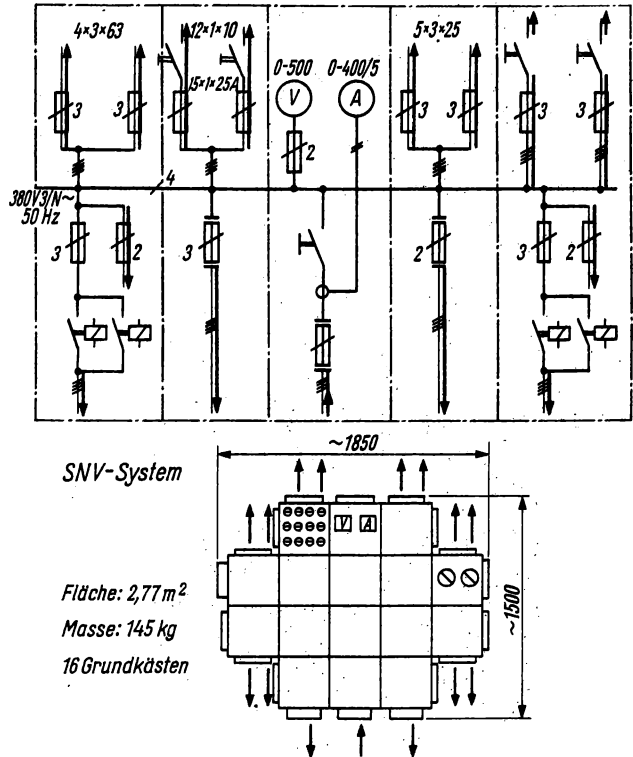


Bild 5.22. Übersichtsschaltplan zum SNV-System

Flanschöffnungen

Alle Kästen besitzen allseitige Flanschöffnungen gleicher Größe und sind dadurch als Sammelschienen- oder als Gerätekästen verwendbar.

Für das gesamte SNV-System gibt es nur eine Flansch- und eine Endverschlußgröße.

Flanschverschlüsse können zur Aufnahme von Stopfbuchsverschraubungen dienen. Endverschluß eignet sich zum Einführen von ein oder zwei Vierleiterkabeln 50 bis 240 mm².

Deckel

Deckelhöhe ist überall gleich. Nach dem Lösen der Befestigungsschrauben sind die Deckel in der Normalausführung abnehmbar.

Jedes Gehäuse kann aber auch mit einem Scharnier zur Halterung des Deckels versehen werden.

Abdichtung der Kästen gegen Staub und Feuchtigkeit erfolgt durch Dichtungsringe zwischen den Flanschflächen.

Sammelschienenkästen

Aus Flachprofil bestehende Sammelschienen werden in die Sammelschienenkästen eingebaut und von Kasten zu Kasten miteinander verbunden. Als Schienenwerkstoff wird allgemein Aluminium verwendet. Da das Sammelschienensystem flach über dem Gehäuseboden der Kästen angeordnet ist, ist es möglich, über den Sammelschienen Meßinstrumente, Sicherungen und andere Geräte anzuordnen.

Kennwerte

Sammelschienen-nennstrom	Thermischer Kurzschlußstrom	Stoßkurzschlußstrom
A	kA	kA
250	10	30
400	15	60
630	24	60

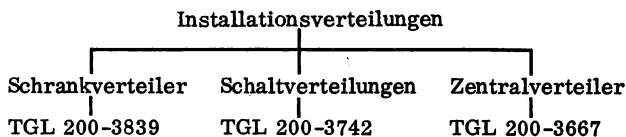
Einbaugeräte

Zum Bestücken der Kästen dienen:

- Lastschalter 160-630 A,
- NH-Sicherungsunterteile
Größe 00 bis Größe 3,
- D-Sicherungssockel E 27, E 33,
- Paketnocken- und Nocken-Aus-
schalter 10-100 A,
- Leistungsschalter M 25
- Luftschütze LD 16 bis ID 100
- Stromwandler
- Zähler
- Meßinstrumente
- Transformatoren 250 - 1600 VA
- Taster und Signallampen
- Bimetallrelais 100-160 A
- Leistungsschalter ELG 250-630 A
kann über speziellen Zwischenflansch angebaut
werden (andere Gehäuseabmessung).

5.2.5. Installationsverteilungen

Einteilung



5.2.5.1. Stahlblechgekapselter Niederspannungs-Schrankverteiler

Aufbau (Bild 5.23)

Stahlblechgehäuse im Seitenverhältnis von 2 : 1 bzw. 1 : 1 bei einer einheitlichen Einbautiefe von 220 mm.

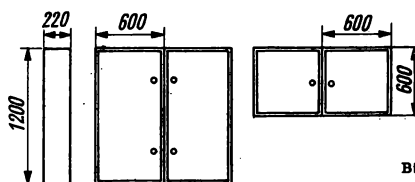


Bild 5.23.

Gehäuse ist allseitig geschweißt und mit einer versenkt angeordneten Koffertür versehen, die durch Vorreiber verschlossen wird.

Geräteeinbau

Ein Einbaurahmen, der zur Befestigung der streifenförmigen Gerätebaugruppen und zum Halten der Geräteabdeckungen dient, wird nach der Montage und Verdrahtung in den Schrank eingeschraubt.

In die Schrankverteiler können folgende Geräte zum Einbau kommen:

D. -Sich. - Sockel	Paket- schalter	Luft- schütze	Motor- schutz- schalter	Inst. - Feinsch.	Schutz- Steuer- Trafo	NH-Sich.	Nocken- schalter
F 25 E 33	10 A 25 A	ID 16 D 6/4	Mb/10	10 A	220/42 V 220/12 V	Gr. 00 Gr. 1	100 A

Für die Notlichtumschaltung wurde eine besondere Variante entwickelt, die aus einem Drehstromschrank und einem Gleichstromschrank besteht.

Einsatz

Schrankverteiler werden im Wohnungs- und Gesellschaftsbau sowie in der Industrie und Landwirtschaft eingesetzt.

Technische Daten

Schutzgrad	IP 20 oder IP 54 nach TGL 15 165
Nennspannung	380/220 V Ws Notlichtumschaltung: Ds-Teil 380 V Gs-Teil 220 V
Nennstrom	63 A und 100 A Notlichtumschaltung: Ds-Teil 100 A Gs-Teil 20 A
Zuleitung	35 und 70 mm ²

5.2.5.2. Schaltverteilungen

Aufbau

Stahlblechgehäuse in Aufputz- und Unterputzausführung mit einer einflügligen Tür und Schnappverschluß. Es existieren sieben verschiedene Gehäusegrößen.

Bestückung

Sicherungen E 27 bzw. E 33 mit und ohne Paketschalter oder Leitungsschutzschalter in ein-, zwei- oder dreipoliger Ausführung.

Technische Daten

Schutzgrad	IP 20 nach TGL 15 165
Nennspannung	380 V Ws, 220 V Gs
Nennstrom	63 A
Zuleitung	maximal 35 mm ²

5.2.5.3. Zentralverteiler

Aufbau

Formstoffgrundplatten mit entsprechenden Abdeckungen. Beliebiges Aneinanderreihen der Bauteile ist möglich.

Herstellung erfolgt in zahlreichen Varianten und zwei Grundauführungen, mit und ohne Fernschalter.

Grundplattenbestückung	<ul style="list-style-type: none"> ● Bis maximal 4 IF-Schalter oder 3 Sicherungssockel E 27, ● bis maximal 8 IF-Schalter oder 20 Einzelklemmen.
Einsatz	Verwendung vorwiegend in Wohnungs- und Gesellschaftsbauten, in Verbindung mit der Horizontalinstallation.
Technische Daten	
Schutzgrad	IP 20 nach TGL 15 165
Nennspannung	220 V (Betätigungsspannung 12 V)
Nennstrom	Sicherungen 25 A, IF-Schalter 6 A
Zuleitung	maximal 6 mm ²

5.2.5.4. Schalt- und Verteilerschränke für Freiluftaufstellung in Plastauführung

Allgemeines	<p>Geräteschränke in Plastauführung sind nach TGL 200-0706/02 standardisiert.</p> <p>Sie wurden speziell für die Aufstellung im Freien entwickelt und können für die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten beim Schalten und Verteilen von Elektroenergie in der Elektroindustrie, Signal- und Steuerungstechnik, Bauindustrie, Verkehrstechnik bei Bahnanlagen, Straßenbeleuchtung und Landwirtschaft eingesetzt werden.</p> <p>Für folgende Anwendungsfälle wurden Schränke entwickelt:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Schrank A für Universalbestückung nach TGL 200-0706/04 ● Kabelverteiler 660 V nach TGL 200-0706/05 ● Schaltschrank für Straßenbeleuchtung nach TGL 200-0706/06 ● Kabelverteiler 3 kV Gs für Industriebahnen nach TGL 200-0706/07 ● Verzweiger für Fernmeldeanlagen nach TGL 200-0706/08 ● Verteilerschrank für Transformatorenstationen 660 V, 400 V nach TGL 200-0706/10 ● Lucken ● Lukenverteilung 660 V, 400 V nach TGL 200-0795 (ohne Sockel und Haube)
Aufbau	<p>Geräteschränke werden in 3 Nenngrößen hergestellt</p> <p>Nenngröße 7 = 775 mm breit</p> <p>Nenngröße 10 = 1015 mm breit</p> <p>Nenngröße 12 = 1255 mm breit</p>
Grundbausteine	<ul style="list-style-type: none"> ● fünfteiliger Sockel ● Grundgestell ● Haube
Sockel	<p>Besteht aus der Grundplatte, zwei Sockelsäulen und zwei Abdeckplatten.</p> <p>Diese Teile sind aus Beton mit Stahlarmierung und Kunststeinvorsatz bzw. scharriertem Muschelkalk gefertigt.</p>

Grundgestell

Ist aus Plastikprofilen aufgebaut und dient zur Aufnahme der Einbaugeräte.

Haube

Besteht aus glasfaserverstärktem Polyester und ist mit Öffnungen zur Be- und Entlüftung und mit einer Stecktür versehen.

Schrank A

Der Schrank ist für eine universelle Gerätebestückung geeignet. Anwendungsgebiete ergeben sich in der
Elektroindustrie
Signal- u. Steuerungstechnik
Bauindustrie
Bahnanlagen usw.

Kabelverteiler
360 V, 400 A

Dient als Knotenpunkt in Netzen der Industrie und der öffentlichen Energieversorgung.
In ihm sind Sammelschienen und NH-Sicherungsunterteile Größe 3 eingebaut, die zur Absicherung der Kabelzugänge und -abgänge verwendet werden.
Der Ausbau kann für vier, sechs oder acht dreipolige Stromkreise erfolgen. Es sind Kabelanschlüsse mit einem Querschnitt von 35 - 240 mm² Cu oder Al möglich.

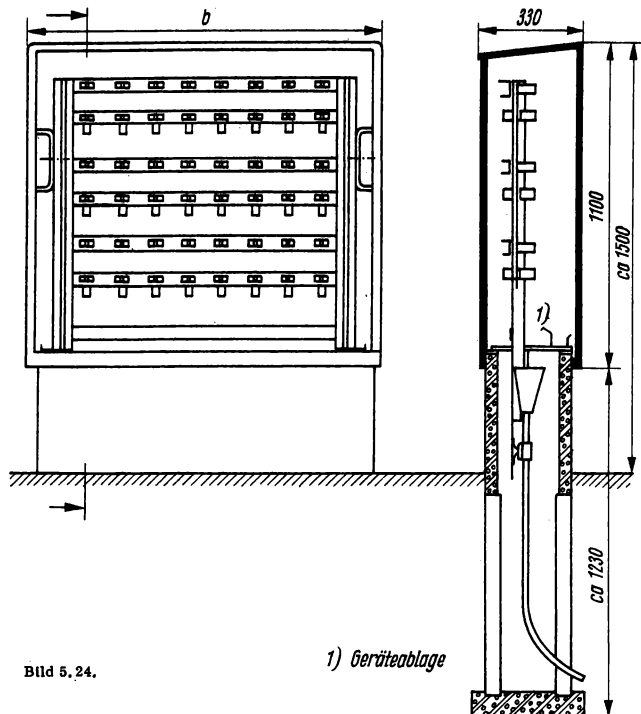


Bild 5. 24.

1) Geräteablage

Nenngröße	Kabel- anschlüsse	Maß b mm
7	4	775
10	6	1015
12	8	1255

Schrank für Straßenbeleuchtung

Wird zur selbsttätigen Einzel- und Zentralsteuerung von elektrischen Straßenbeleuchtungsanlagen in Wohngebieten und Industriebetrieben verwendet.

Bausteine:

- Eingangsteil,
- Steuerteil u. Meßteil,
- Abgangsteil.

Die Einspeisung erfolgt über NH-Sicherungsunterteile Größe 3. Der Anschluß kann maximal mit einem Querschnitt $2 \times 185 \text{ mm}^2$ erfolgen.

Für die Abgangsstromkreise sind NH-Sicherungsunterteile Größe 00 sowie Nockenschalter 63 A vorgesehen. Der Querschnitt für die Abgangsstromkreise kann maximal 50 mm^2 betragen.

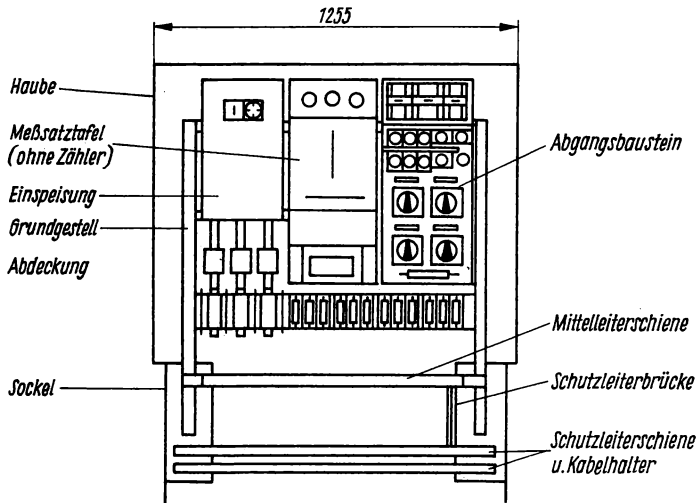


Bild 5, 25.

Verteilerschrank für Trafostationen 660 V, 400 V

Dieser Schaltschrank ist für die Verwendung als Verteilungs-, Schalt- und Meßstelle für Transformatorstationen ausgelegt.

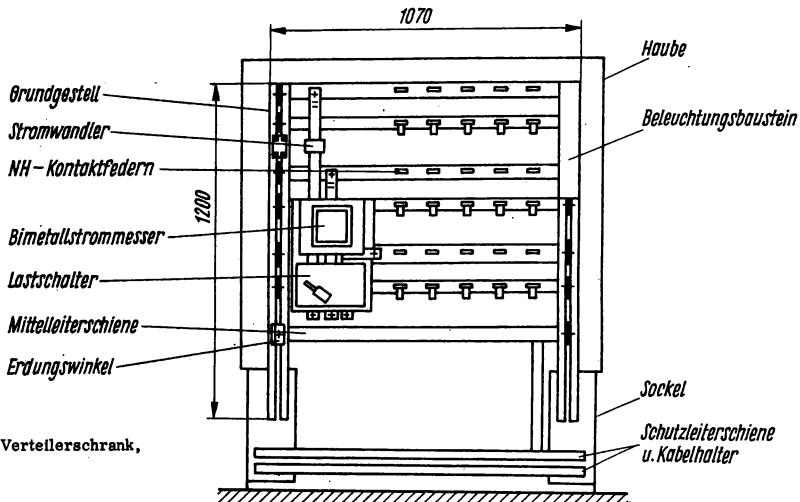
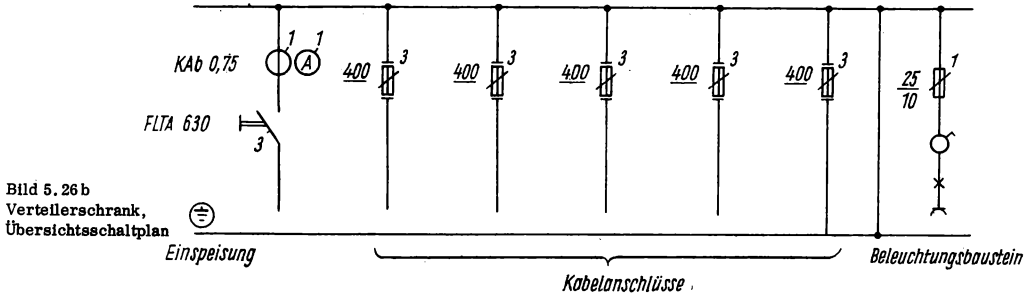


Bild 5, 26 a. Verteilerschrank, Ausführung

Übersichtsschaltplan 3N ~ 50Hz



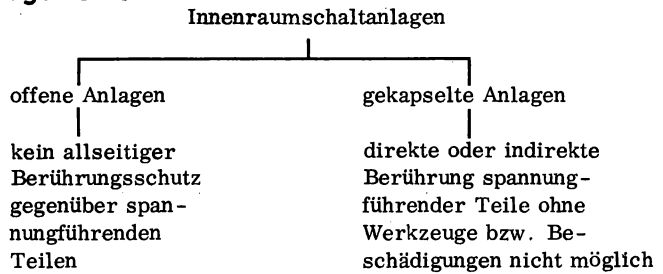
Die Einspeisung erfolgt über einen Lastschalter 630 A. Zur Messung des Betriebsstroms wird ein Stromwandler eingebaut.

Für die Einspeisung kann ein Kabelquerschnitt $2 \times 240 \text{ mm}^2$ verwendet werden. Die Abgänge erfolgen über NH-Sicherungssockel 3.

Der Leiternennquerschnitt für die Abgangskabel kann bis 240 mm^2 betragen.

5.3. Mittelspannungsanlagen bis 30 kV

5.3.1. Einteilung



5.3.2. Offene Innenraumschaltanlage A2S IG

Aufbau (Bild 5.27)

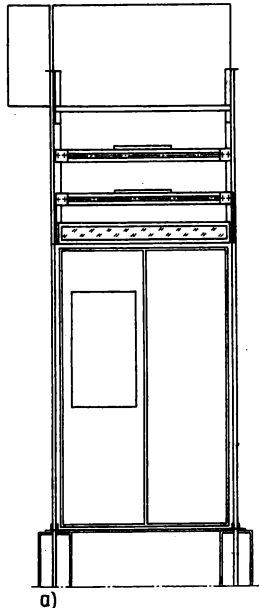
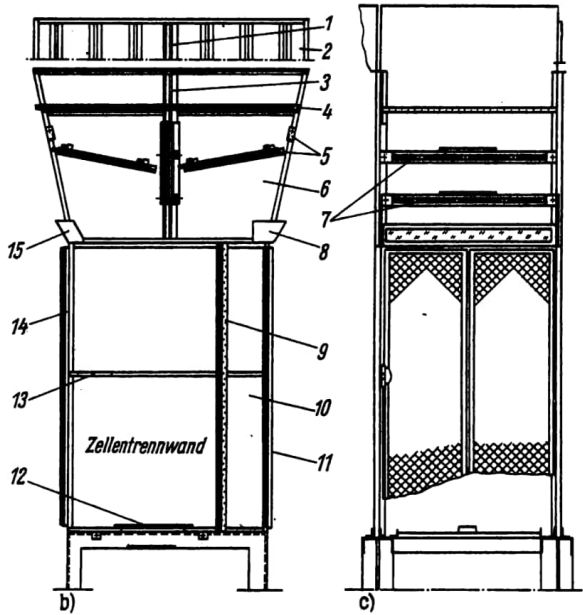


Bild 5.27. Leerzelle in Fertigteilbauweise
a) Ansicht vom Bedienungsgang

- b) Querschnitt durch die Obergeschoßzelle
 c) Ansicht vom Kontrollgang
 1 Systemtrennwand; 2 Zellentrennwand;
 3 Trennwand zwischen Trennern;
 4 Lichtbogenschutzdecke; 5 Halter mit Führungsschiene für Einschiebeschuttplatte;
 6 Zellentrennwand (Kopfteil);
 7 Trennerquerseisen; 8 Schaltzellenleuchte Bedienungsgang; 9 Nischenschrankwand;
 10 Nische für Nischenschrank;
 11 Vollblechkoffertür, doppelflügelig mit Sichtschneibenausschnitt; 12 Deckenplatten;
 13 Erdungsbügel; 14 Streckmetallkoffertür, doppelflügelig; 15 Schaltzellenleuchte Kontrollgang



Gerüste

Werden aus vorgefertigten Einzelteilen direkt an ihrem Standort zusammengebaut. Vorder- und Rückseite sind bei den einzelnen Zellen durch Blechtüren bzw. Nischenschränke oder durch Gittertüren abgeschlossen.

Schaltzellenabgrenzung

Abgrenzung der Zellen erfolgt durch feuerhemmende Zwischenwände aus Hartgips. Auf gleiche Weise wird die Abgrenzung der Sammelschienen erreicht. Damit bleiben die Auswirkungen eines Störlichtbogens im allgemeinen auf die betroffene Schaltzelle begrenzt.

Ausführungsform

Schaltzelle für 10 kV
 mit Leistungsschalter
 (Bild 5.28)

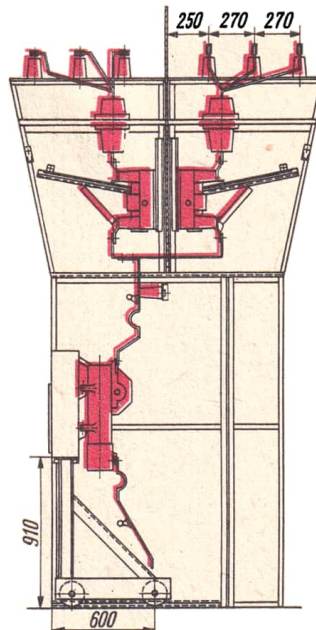


Bild 5.28. Stützenbefestigung

Kennwerte

Nennspannungen	10 kV, 20 kV, 30 kV
Nennströme	630 A, 1250 A, 2500 A, 4000 A
Nennausschaltleistungen	250 MVA, 350 MVA, 500 MVA, 750 MVA, 1000 MVA

Einsatz

Aufstellung

Kann nur in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen erfolgen.

Aufstellungsbedingungen

- Notwendigkeit einer Doppelsammelschienenanlage,
 - Erweiterung bestehender Innenraumanlagen, die mit gekapselten Schaltzellen nicht bewerkstelligt werden kann,
 - Einsatz für Schaltanlagen, die an besondere Gebäudekonstruktionen gebunden sind und für die der Einsatz gekapselter Anlagen neben den technischen Schwierigkeiten unökonomisch wäre.
- größerer Raumbedarf,
● höherer Montageaufwand.

Nachteile gegenüber

gekapselten Schaltzellen

5.3.3. Gekapselte Innenraumschaltanlage

5.3.3.1. Allgemeines

Aufbau

Fabrikfertige Schaltzellen, die am Einsatzort zu Anlagen zusammengestellt werden.

Äußere Kapselung

Teil einer geschlossenen Schaltzelle, der die Schaltzelle umhüllt. Als Werkstoff wird Stahlblech oder Plast eingesetzt.

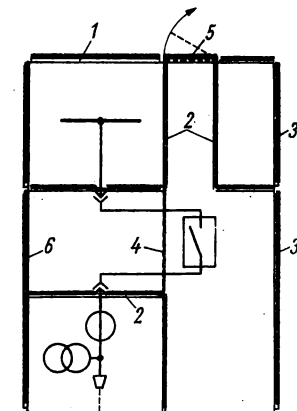


Bild 5.29. Teile einer Kapselung

- 1 feste äußere Verkleidung;
- 2 feste innere Verkleidung;
- 3 äußerer Verschluss; 4 innerer Verschluss;
- 5 Be- und Entlüftungsöffnung;
- 6 feste äußere Verkleidung mit Schauloch

Innere Kapselung

Teil einer geschlossenen Schaltzelle, der in Verbindung mit der äußeren Kapselung die einzelnen Räume unterteilt, z. B. Sammelschienen-, Leistungsschalter-, Sekundärraum.

Hauptfunktionen der Kapselung

- Berührungsschutz für den Normalbetrieb,
- Lichtbogenschutz im Havariefall.

Ausführungsformen gekapselter Zellen

Festeinbau der Schalter (Trenner, Leistungsschalter, Lasttrenner) mit luftisolierten Strombahnen

trennerlose Bauweise mit Schaltern und luftisolierten Strombahnen

trennerlose Bauweise mit Schaltern und feststoff-luft-isolierten Strombahnen

trennerlose Bauweise mit Schaltern und feststoffisolierten Strombahnen

Einsatz

Schalt- und Verteilungsanlagen in

- Industriebetrieben,
- Bergaubetrieben,
- öffentlichen Energieversorgungsanlagen (Umspannstationen, Schaltstationen).

5.3.3.2. Gekapselte Innenraumschaltanlage CSIM (TGL 26 055)

Aufbau (Bild 5.30)

Gerüst

Besteht aus einer selbsttragenden metallischen Konstruktion, die für die statische Belastung durch die Einbaugeräte, die Reaktionskräfte beim Schalten der Leistungsschalter und die bei Kurzschluß auftretenden Kräfte ausgelegt ist.

Schaltzellenteile

Im Gerüst sind Sammelschienen, Stützer, Durchführungen, Wandler, Erdungstrenner und Kurzschließer sowie die Relaisstür und die gesamte Kapselung befestigt.

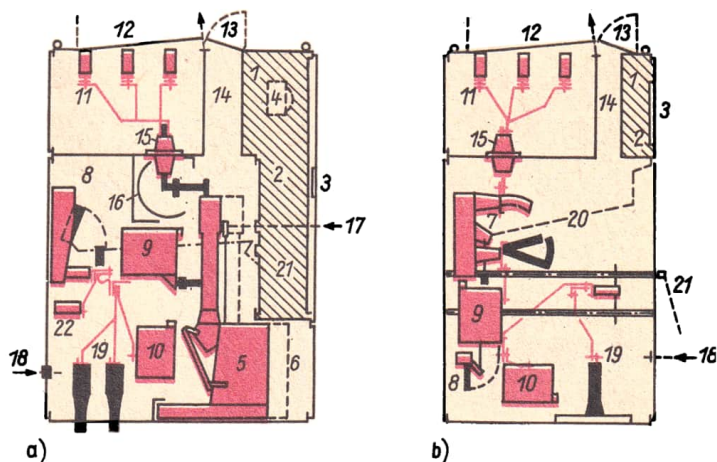
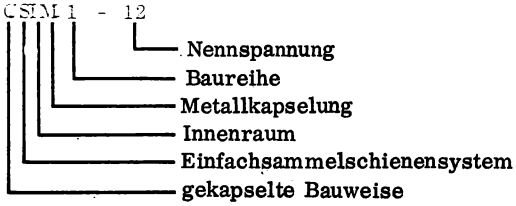


Bild 5.30. Schaltzelle (SIM)

a) mit Leistungsschalter; b) mit Lasttrenner

1 Raum für Anschlußklemmen und Ringleitungen; 2 Raum (Relaisstür) für Sekundärgeräte; 3 Meß-, Steuer- und Meidegeräte; 4 Prüfgerät für kapazitive Spannungsanzeige; 5 Leistungsschalter in Betriebsstellung; 6 Leistungsschalter in Trennstellung; 7 Lasttrennschalter; 8 Erdungstrenner bzw. Kurzschließer; 9 Stromwandler; 10 Spannungswandler; 11 Sammelschienenraum; 12 Druckentlastungssammelschienen; 13 Druckentlastung Hochspannungsgeräteraum; 14 Druckentlastungskamin; 15 Durchführungen; 16 automatische Trennkontaktdeckung; 17 Durchblicköffnung auf Leistungsschalterölstand; 18 Durchblicköffnung auf Kabelmassenstand; 19 Kabelendverschluß; 20 Einschubschutzplatte; 21 Erdungstrenner bzw. Kurzschließerantrieb; 22 kapazitiver Spannungsteiler

Fahrteil	Auf dem Schaltwagen können Leistungsschalter, Verbindungsschienen oder Spannungswandler aufgebaut sein. Trennstellung des Schaltwagens befindet sich innerhalb der Schaltzelle. In dieser Stellung ist die Funktionsprüfung für Leistungsschalter und Sekundärschaltungen möglich.
Zu- und Abgänge	Kabelendverschlüsse sind innerhalb der Zellen angeordnet, wobei die Zellen auch nach unten abgeschlossen sind. Bei bestimmten Varianten ist auch ein Schienenanschluß von oben oder unten möglich.
Sekundärteil	Alle wesentlichen Sekundärgeräte befinden sich auf der Innenseite der Relaisstür. Zugang zum Hochspannungsteil bleibt bei geöffneter Tür lichtbogensicher verschlossen. In der äußeren Tür befindet sich eine Sichtscheibe, so daß die auf der inneren Tür angeordneten Meßinstrumente, Meßgeräteumschalter, Steuertaste, Störungslampe und das Blindschaltbild mit Stellungsmeldern für den Schaltwagen, Leistungsschalter und Erdungstrenner sichtbar sind.
Schutzeinrichtungen	Außer den üblichen Schutzeinrichtungen können auch umfangreiche Sekundärschaltungen, wie kompletter Distanz- und Differentialschutz, angewendet werden.
Verriegelungen	<p>Durch mechanische Verriegelungen wird verhindert:</p> <p>Fahren des Trennwagens bei eingeschaltetem Leistungsschalter, Einfahren des Trennwagens, wenn Erdungstrenner geschlossen, Schließen des Erdungstrenners, wenn Trennwagen eingefahren,</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Tür öffnen, wenn Erdungstrenner bzw. Kurzschließer geöffnet, ● Öffnen der Trennkontaktabdeckung, ● Schließen des Erdungstrenners, wenn Lasttrennschalter eingeschaltet, ● Einschalten des Lasttrennschalters, wenn Erdungstrenner geschlossen. <p>Durch elektrische Verriegelungen wird verhindert:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Einschalten des Leistungsschalters, wenn Trennwagen in Zwischenstellung, ● Ausfahren des Trennwagens unter Last in Kupplungen, ● Parallelschalten von Spannungswandlern.
Technische Daten	
Typenbezeichnung	<p>CSM 1 - 12</p>  <p>Nennspannung Baureihe Metallkapselung Innenraum Einfachsammlerschienensystem gekapselte Bauweise</p>
Aufstellung	Einsatz in abgeschlossenen elektrischen und anderen Betriebsräumen.

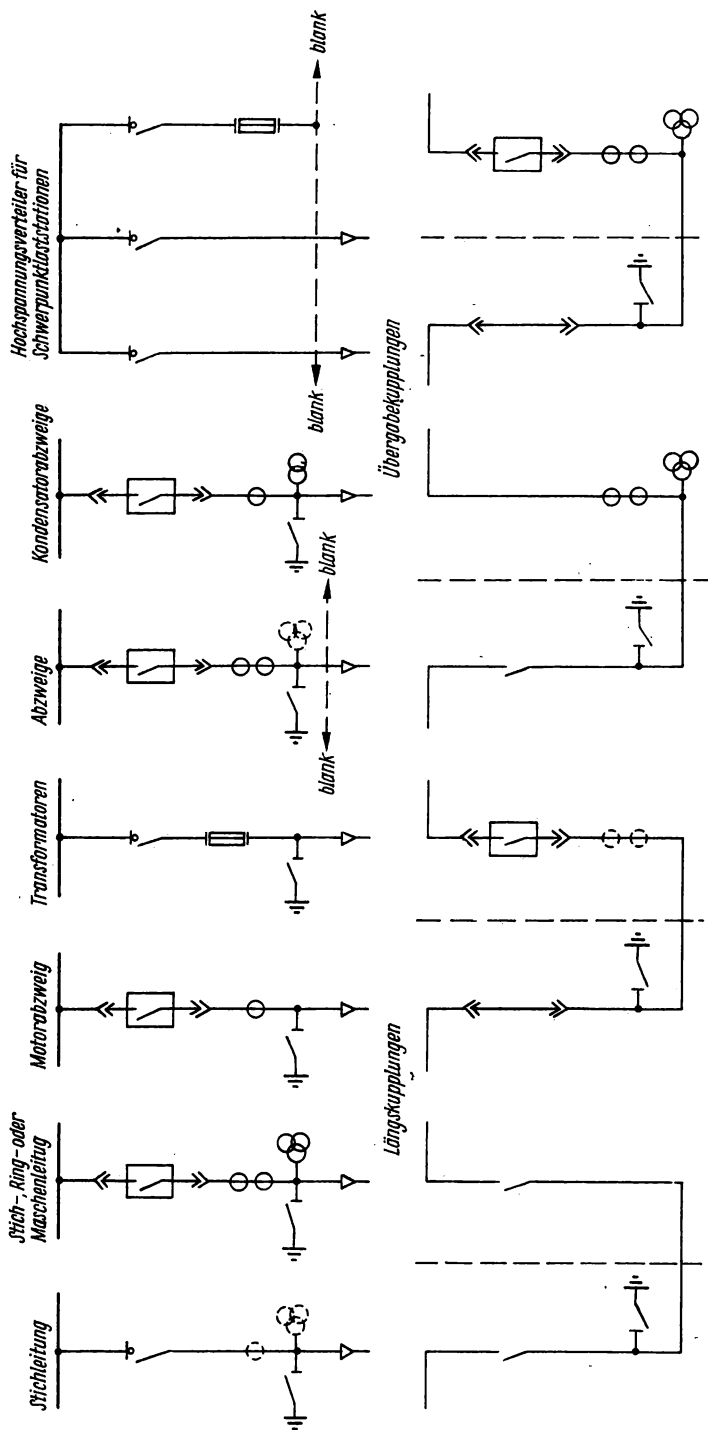


Bild 5.31. Grundschaaltungen für CSIM-Schaltzellen

Kennwerte (Tafel 5.5)

Tafel 5.5. Technische Daten

		Schaltzellen CSIM 1 - 12 mit Leistungsschalter			
		$I_a=16 \text{ kA}$	$I_a=25 \text{ kA}$	Trennwagen	Lasttrennschalter
Nennspannung	in kV	12;	12,5		
Betriebsspannung	in kV	6;	10; 11		
Nennstehwechselspannung	in kV	42			
Nennstehstoßspannung	in kV	75			
Nennfrequenz	in Hz	50;	60		
Nennstrom					
Sammelschiene	in A	-		800; 1250	
Nennstrom					
Schaltgeräte	in A	800	800; 1250	800; 1250	400
Nennkurzzeitstrom	in kA	-	-	-	25
Kurzzeitstrom über 3 s	in kA	20	25	25	15
Nennstoßstrom	in kA	50	63	63	38
Nenneinschaltstrom	in kA	50	63	-	38
Nennausschaltstrom	in kA	16; 20	25	-	0,4
Ausschaltleistung	in MVA	277; 346	433	-	-
Schaltgerätetyp		CSI 4-12/ 20/800	CSI 4-12/ 25/800 CSI 4-12/ 25/12150	-	LHTC/4- 12/400

5.3.3. Halboffene Innenraumschaltanlage BSIG (TGL 200-0858)

Ausführungsformen

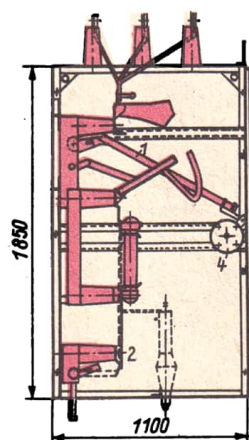


Bild 5.32. Einfachschaltzelle BSI mit festeingebautem Lasttrenner
1 Lasttrennschalter mit und ohne Sicherungen; 2 Erdungstrenner; 3 Schutzleiste; 4 Scheibenantrieb

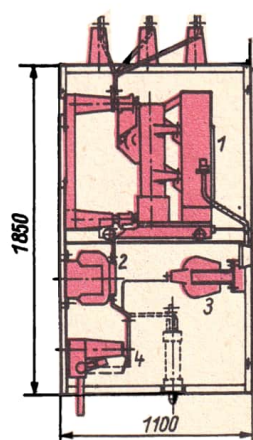


Bild 5.33. Einfachschaltzelle BSI mit ausfahrbarem Leistungsschalter
1 Schaltwagen mit Leistungsschalter SCI; 2 Stromwandler; 3 Spannungswandler; 4 Erdungstrenner

Kennwerte

Betriebsspannungen	10 kV, 20 kV
Nennströme	400 A, 630 A
Nennausschaltleistungen	200 MVA, 250 MVA

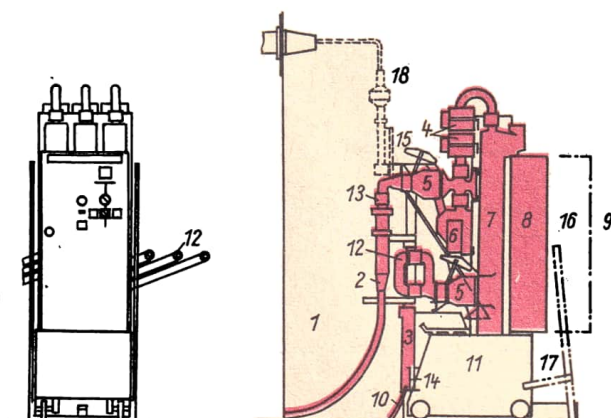
5.3.3.4. Feststoffisolierte Innenraumschaltanlage ASIF 36

Aufbau

Festeinbau

Festteil besteht aus einer tragenden Gerüstkonstruktion. Daran angebaut sind die Sammelschienen und die festen Schienenelemente der oberen und unteren Betriebsverbindungen mit Anschlußmöglichkeit für die Sammelschienen und Kabelanschlußmuffen. Vor den Betriebsverbindungen sind automatische, metallische Abdeckungen montiert, die die Trennkontakte in der Trenn- bzw. ausgefahrenen Stellung verschließen.

Bild 5.34. Ansicht und Aufbau einer feststoffisolierten Schaltzelle für 30 kV.
1 Arbeitsgang; 2 Kabelanschlußmuffe;
3 Klemmkasten; 4 Stromwandler;
5 Betriebsverbindung; 6 Spannungswandler;
8 Sekundärteil; 9 Bedienungsang;
10 Steuerkabel; 11 Schalterantrieb;
12 Sammelschienen; 13 Montageverbindung;
14 Steckverbindung; 15 Kontakt-
abdeckung; 16 Trennstellung; 17 Aus-
fahrvorrichtung; 18 Übergangsschiene



Fahrtteil

Auf dem Fahrtteil sind der ölarme Leistungsschalter vom Typ SCI, die Strom- und Spannungswandler sowie der Relaiskasten montiert.

Die ebenfalls montierten Schienenelemente dienen als Gegenstücke zu den im Festteil eingebauten Betriebsverbindungen. Dadurch wird im eingefahrenen Zustand der Leistungsschalter mit der Sammelschiene einerseits und mit dem Kabelabgang andererseits verbunden.

Feststoffisolierung

Sammelschienen sowie sämtliche Hochspannungsgeräte und unter Spannung stehende Teile sind mit festem Isolierstoff umgeben, auf dem ein geerdeter Metallbelag aufgebracht ist.

Zu- und Abgänge

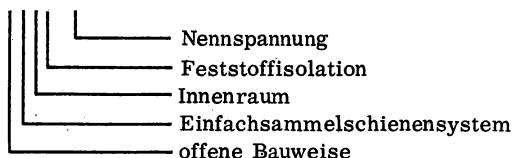
Ausführung kann sowohl mit Kabeln als auch mit blanken Leiterschienen erfolgen.

Sekundärteil

Alle Sekundärschaltungen sind im Relaiskasten auf dem Fahrtteil eingebaut. Blindschaltbild, Betätigungselemente, Meß- und Meldeelemente befinden sich auf der Tür des Relaiskastens.

Typenbezeichnung

ASIF 36



Einsatz

Aufstellung in abgeschlossenen elektrischen Betriebsräumen (geringer Raumbedarf).

Grundvarianten

Sie können als Stich- und Maschenleitung sowie Transformatorabzweig eingesetzt werden (Bild 5.35).

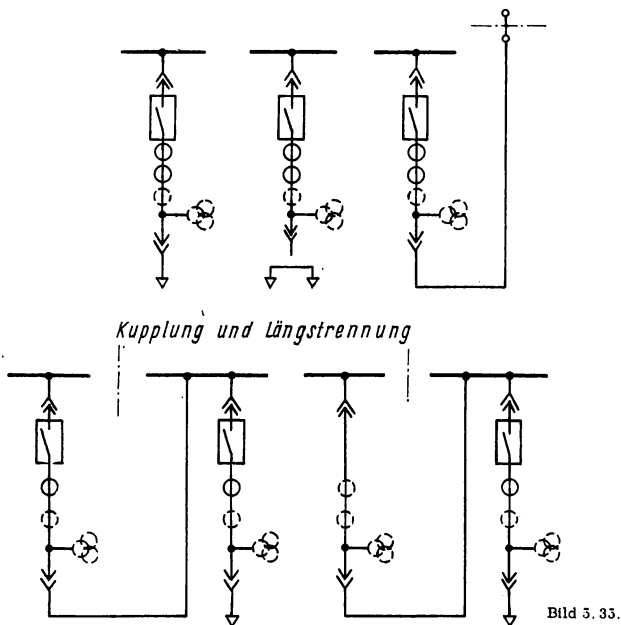


Bild 5.33.

5.4. Umspann- und Schaltwerke

5.4.1. Freiluftanlagen

Bauweisen

Entsprechend der Anordnung der Sammelschienentrenner werden folgende Bauweisen unterschieden:

- Parallelbauweise,
 - Reihenquerbauweise (in der DDR standardisiert),
 - Reihenlängsbauweise.
-
- Alle Geräte müssen für die Freiluftaufstellung geeignet sein.
 - Um Leiterseile und teilweise auch Bauelemente zu befestigen, sind Portale und Maste erforderlich.
 - Schalter, Wandler und Umspanner müssen auf Fundamenten aufgebaut werden.
 - Spannungführende Teile müssen so angeordnet werden, daß ein genügender Sicherheitsabstand gewährleistet ist.

Bedingungen für die Freiluftbauweise

- Zum Schutz gegen direkte Blitzeinschläge sind besondere Maßnahmen notwendig.

Reihenquerbauweise

Pole der Sammelschientrenner stehen hintereinander und senkrecht zu den Sammelschienen. Sammelschiene liegt direkt auf dem Trenner auf. Verbindungsleitung zum Leistungsschalter-Wandler-Block (Querüberspannung) wird an Portalen abgespannt.

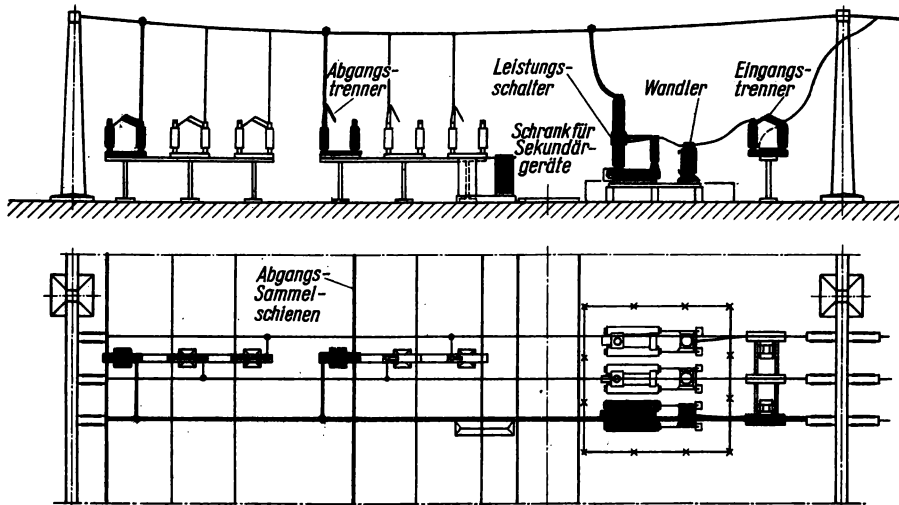


Bild 5.36. Freiluftanlage in Reihenquerbauweise

Überwachung und Steuerung

Gesamte Anlage wird von einer zentralen Stelle, der Warte, aus gesteuert. Für die Unterbringung der Warte und der notwendigen Nebenanlagen ist ein Gebäude erforderlich.

5.4.2. Gasisolierte Schaltanlage GSAS1-123

5.4.2.1. Allgemeine Erläuterungen

Notwendigkeit

Bei der Errichtung von Hochspannungsanlagen unter Verwendung von Einzelelementen (Schalter, Wandler, Sammelschienen usw.) ist eine Senkung des Werkstoffeinsatzes, der Montagekosten sowie eine Verringerung des Flächen- bzw. Raumbedarfs kaum noch möglich. Die vom VEB Transformatorenwerk „Karl-Liebknecht“ Berlin hergestellte gasisolierte Anlage gestattet die fabrikmäßige Fertigung von Schaltfeldern für Spannungen ab 110 kV.

Vorteile

- geringer Grundflächen- und Raumbedarf und damit wesentliche Reduzierung der Bauleistungen am Aufstellungsort (höhere Arbeitsproduktivität),
- Geringer Montageaufwand durch Lieferung betriebsfertiger Baueinheiten (höhere Arbeitsproduktivität),
- vereinfachte Projektierung,

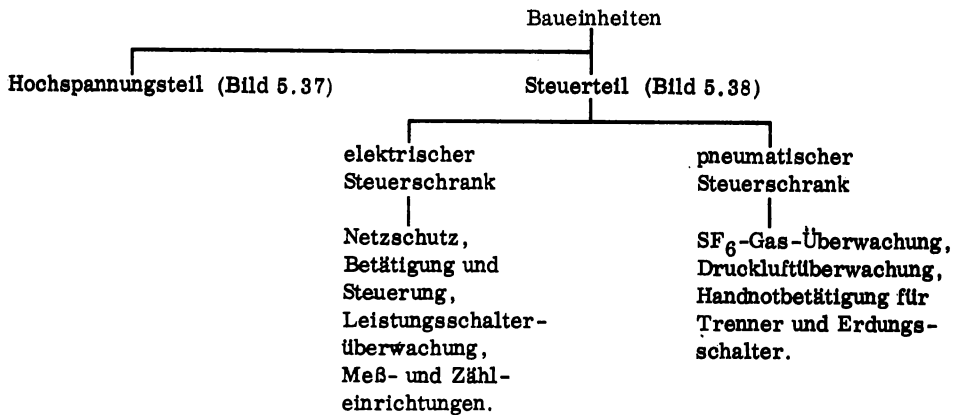
- Verbesserung des Berührungsschutzes,
- Unempfindlichkeit gegen Verschmutzung und extreme klimatische Einflüsse,
- Reduzierung der Transportmasse und des Transportraums,
- Reduzierung des Wartungsaufwands, Verbesserung der Umweltfreundlichkeit (nahezu freie Standortwahl für Umspannwerke, einfache Anpassung an vorhandene Bauten, keine Brandgefahr, keine Geräuschbelästigung).

Isolier- und Löschmedium

Schwefelhexafluorid ist ein zuverlässiges Isoliermittel, da es gegenüber Luft bei gleichem Druck eine höhere Isolationsfähigkeit besitzt. Folgende Strecken werden isoliert:

- Leiter gegen Leiter,
- Leiter gegen Erde,
- offene Schaltstrecke im Leistungsschalter,
- offene Trennstrecke im Trenner,
- offene Schaltstrecke im Erdungsschalter.

5.4.2.2 Aufbau



Hochspannungsteil
(Bild 5.37)

(siehe Seite 154)

Baukastenprinzip

Schaltanlagen-system GSAS besteht aus speziellen Baugruppen für Leistungsschalter, Trenner, Erdungsschalter, Stromwandler, Spannungswandler, elektrische Anschlußmöglichkeiten und Sammelschienen. Dadurch besteht die Möglichkeit, aus typisierten Baugruppen

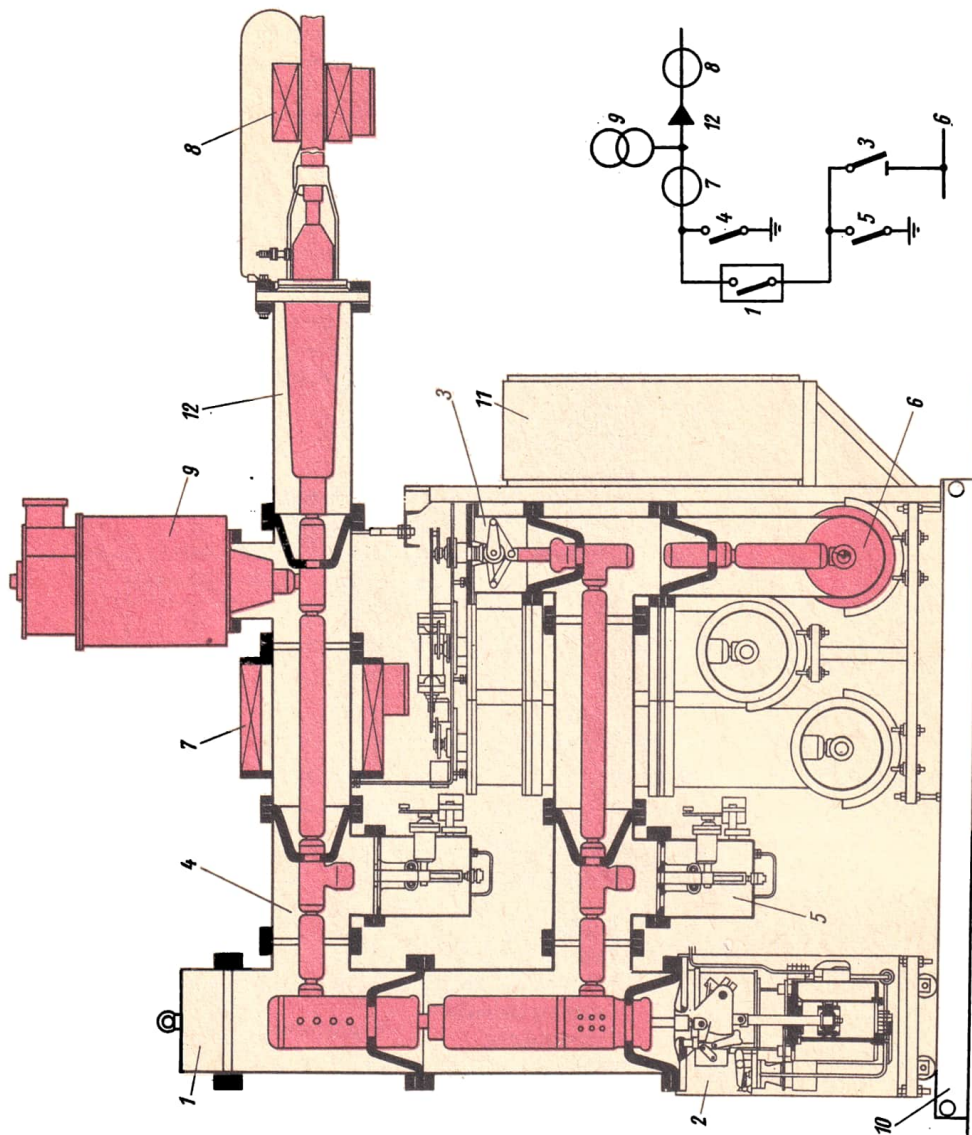


Bild 5.37. Schnitt durch den Hochspannungsteil eines GSAS-schaltfeldes mit Einfachsammelelektrode und Grundschaubild
 1 Leistungsschalter; 2 Leistungsschalterantrieb; 3 Sammelschienenentrenner; 4 Eingangsschalter; 5 Sammelschienenentrenner; 6 Spannungswandler; 7 Anlagenwandler; 8 Kabelwandler; 9 Spannungswandler; 10 Grundrahmen; 11 pneumatischer Stellungsrahmen; 12 Kabelendverschluss

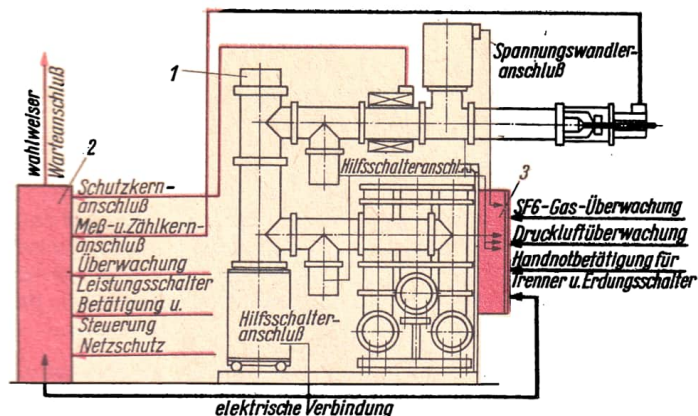


Bild 5.38. Aufteilung der Steuer- und Überwachungseinrichtungen im elektrischen und pneumatischen Steuerschrank sowie deren Verbindungen
1 Hochspannungsteil; 2 elektrischer Steuerschrank; 3 pneumatischer Steuerschrank

Schaltfelder für die gebräuchlichsten Schaltungsvarianten und Anschlußformen zusammenzustellen.

Kapselung der Schaltfelder

Selbsttragendes Behältersystem, das die Realisierung des Baukastenprinzips ermöglicht.

Durchmesser der rohrförmigen Behälter:

- 400 mm für Leistungsschalterbehälter,
- 300 mm für Behälter aller anderen Baugruppen und Verbindungsteile.

Werkstoff:

- Aluminiumlegierung für die Behälter, die stromdurchflossene Teile umgeben,
- Stahl für alle übrigen Behälter.

Schottung

Erforderliches Gas befindet sich innerhalb hermetisch abgeschlossener Behälter. Jedes Feld ist in folgende Teilräume untergliedert (Bild 5.39):

- Leistungsschalterraum,
- Kabeleingangsraum,
- Sammelschienenräume.

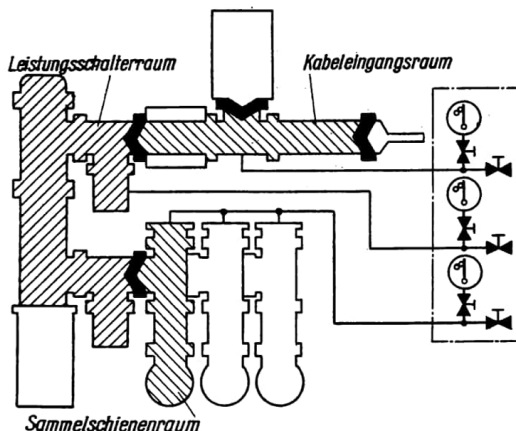


Bild 5.39.
Schottungsprinzip der GSAS-Anlage

	Die funktionsgleichen Gasräume der drei Pole sind pneumatisch verbunden.
Betätigung der Schaltgeräte	Betätigung erfolgt mit Druckluft, die von einer Kleinst-Druckluftverdichteranlage bereitgestellt wird.
Sammelschienen	<p>Ausrüstung erfolgt mit einem Einfach- oder Doppelsammelschienensystem. Sammelschienen werden einpolig ausgeführt, so daß ein elektrischer Durchschlag nur zu einpoligen Fehlern führen kann.</p> <p>Sammelschienenelement besteht aus den Behältern mit je zwei Abstandhaltern und Verbindungselementen sowie der Strombahn.</p>
Elektrische Anschlußmöglichkeiten	<p>Anschluß des Hochspannungsteils kann entweder über Kabelendverschlüsse oder SF₆-gasisolierte Durchführungen erfolgen. Kabelendverschluß erlaubt den Anschluß von Nieder- und Mitteldruck-Ölkabeln.</p> <p>Verbindungen zur Anlage erfolgen über Steckkontakte.</p>
Steuerteil (Bild 5.38)	
Elektrischer Steuerschrank	<p>● Steuerung, Betätigung und Überwachung</p> <p>Auf der Tür des Steuerschranks befinden sich die Betätigungstaster. Außerdem sind Anschlußmöglichkeiten zu einer zentralen Warte vorgesehen. Eine Anzeigelampe erfaßt die Meldungen der Überwachungseinrichtungen.</p> <p>● Messung und Zählung</p> <p>Messungen werden durch einen Strommesser je Leiter und einen Spannungsmesser mit Umschalter durchgeführt. Umschalter gestattet das Messen der Leiter- und Strangspannungen. Bei unbedingter Notwendigkeit kann auch ein Betriebszähler eingebaut werden.</p> <p>Netzbezogener Schutz</p> <p>Ausrüstungsvarianten</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Felder ohne Netzschutzeinrichtungen, ● Leitungsfelder mit Distanzschutz (Unterimpedanzanregung), ● Leitungsfelder mit Überstromschutz, ● Transformatorenfelder mit Differentialschutz.
Pneumatischer Steuerschrank	<p>Überwachung des SF₆-Gasdrucks und der Druckluft</p> <p>Überwachung erfolgt über Kontaktmanometer. Druckluft für die Betätigung der Trenner und Erdungsschalter ist über ein Anzeigemanometer kontrollierbar.</p> <p>Betätigung der Trenner und Erdungsschalter</p> <p>Zur Betätigung sind Betätigungsventile vorhanden, denen jeweils entsprechende Schaltstellungsanzeiger zugeordnet sind.</p>

5.4.2.3. Technische Daten

Typenbezeichnung

GSAS 1 - .123

└─ Nennspannung
└─ Baureihe
└─ Schaltsystem
└─ gasisolierte Anlage

Kennwerte

Nennspannung	123 kV
Nennstrom	1250 A (Abzweig) 1600 A (Sammelschiene)
Nennausschaltstrom	25 kA
Nenneinschaltstrom	63 kA
Nennstoßstrom	63 kA
Abmessungen des Schaltfeldes	Feldteilung 2200 mm, Breite 1800 mm Tiefe 2900 bis 4150 mm, Höhe 3720 mm

Schaltungsbeispiel

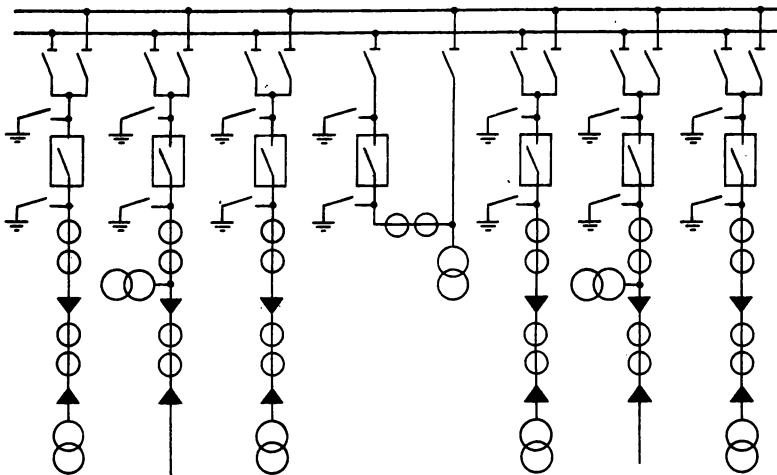


Bild 5.40. Beispiel einer GSAS-Anlage mit Doppelsammelschiene

5.4.3. Luftisolierte Innenraumschaltanlagen ab 110 kV

Erläuterungen
allgemein

Luftisolierte Innenraumschaltanlagen ≥ 110 kV werden in Hallen aufgebaut. Schaltanlagen in Hallenbauweise kommen hauptsächlich in Industriegebieten zur Anwendung, wo durch starke Schmutz- oder Rauchentwicklung die Errichtung einer Freiluftschaltanlage nicht möglich ist. Da die Hallen nur den Schutz gegen die Einwirkung von Schmutz und Wetterunbilden übernehmen, sind sie mit einem geringen Kostenaufwand herzustellen.

Um das Eindringen von Schmutz und die Bildung eines Taupunktniederschlags zu verhindern, wird in den Hallen ein geringer Überdruck erzeugt. Erforderliche Hallen werden heute als Stahlbetonskelettbau aus Fertigteilen errichtet.

Erforderliche Hallengröße

Sie richtet sich nach der Anzahl der Felder und der Spannungshöhe.

Feldbreiten betragen bei 110 kV 6 m und die Feldtiefen 18 m.

Bei 220 kV sind zwei verschiedene Feldbreiten, und zwar 12 bzw. 18 m vorgesehen, und die Feldtiefe beträgt 24 m.

Schaltgeräte

Allgemein kommen die gleichen Schaltgeräte wie bei der Freiluftausführung zur Anwendung.

Schaltgeräte-aufstellung

Erfolgt ebenfalls wie bei der Freiluftaufstellung auf Gerätetischen, Fundamenten oder zu ebener Erde.

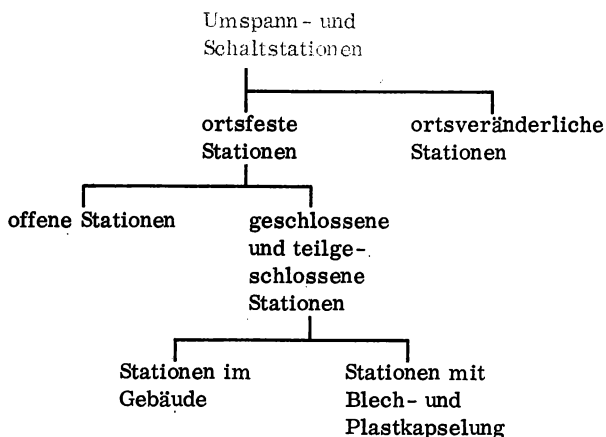
Leistungsschalter und Wandler stehen meist auf Fahrschienen zu ebener Erde, wogegen die Sammelschienen und Trennschalter aus Platzgründen in einem getrennten Geschoß untergebracht sind. Bei der Hallenbauweise wird meist die Reihenlängsbauweise angewendet, da sie den geringsten Platz beansprucht.

Sammelschienen

Es kommen vorwiegend Seile oder auch Rohre in Verbindung mit Isolatoren, wie sie im Freiluftschaltanlagenbau üblich sind, zum Einsatz.

5.5. Umspann- und Schaltstationen

5.5.1. Ausführungsformen



5.5.2. Umspannstationen der Typenreihe UK nach TGL 29 003

Hinweis

Diese Stationen lösen die bisher verwendeten Umspannstationen IT 630 nach TGL 200-0596 ab.

Aufbau

Geschlossene Umspannstationen der Typenreihe UK können aus verschiedenen Stationsgebäuden in Ziegelbauweise gebildet werden. Es existieren 24 Grundtypen, die sich nach der Anzahl der Transformatorenräume, sowie Anzahl und Abmessungen der Schalträume unterscheiden.

Weitere Varianten ergeben sich bei den Mittelspannungsräumen durch die Einsatzmöglichkeit verschiedener Schaltanlagen.

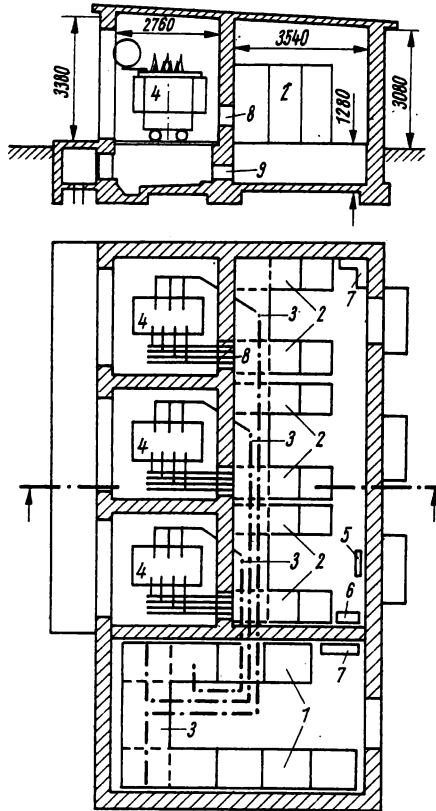


Bild 5. 41. Umspannstation UK3-2d-1
TGL 29 003

Grundausrüstung: 3 Transformatoren
18 Felder ISA 2000
9 Zellen BSIG1-20/250
1 Mittelspannungs-Schaltanlage; 2 Niederspannungs-Schaltanlage; 3 Sammelschienenüberführung; 4 Transformator; 5 Verteilung Eigenbedarf; 6 Meßsätztafel; 7 Stationszubehör; 8 Durchlaß für Niederspannungsschienen; 9 Durchlaß für Mittelspannungskabel

Typenbezeichnung

UK	X	- XX	- X	TGL 29 003
				Standardnummer
				Ausführung des Niederspannungs-Schaltraumes 1 = 3570 mm breit 2 = 5540 mm breit
				Kennbuchstabe für Mittelspannungs-Schaltanlage nach TGL 29 003/01
				Ausführung des Mittelspannungs-Schaltraumes 0 = ohne Schaltraum 1 = 2815 mm breit 2 = 3955 mm breit
				Anzahl der Transformatoren-räume
				Typenreihe

Tafel 5.6. Zusammenstellung einiger ausgewählter Stationen und deren Maximalbestückung

Station Typ	Maximalbestückung					
	Anzahl der Transformator	Anzahl der Schaltzellen bzw. Schaltfelder				
		BSIG1-10/250	CSIM12	BSIG1-20/250 CSIM-20/350	ASIF36	ISA 2000 SF8 SG8 SK8
UK 1-0-2	1	-	-	-	-	10
UK 1-10-1	1	7	-	-	-	6
UK 2-2a-1	2	13	-	-	-	12
UK 2-2c-1	2	-	8	-	-	12
UK 3-2c-1	3	-	8	-	-	18
UK 3-2d-1	3	-	-	9	-	18
UK 4-2d-2	4	-	-	12	-	40
UK 4-2f-2	4	-	-	-	10	40

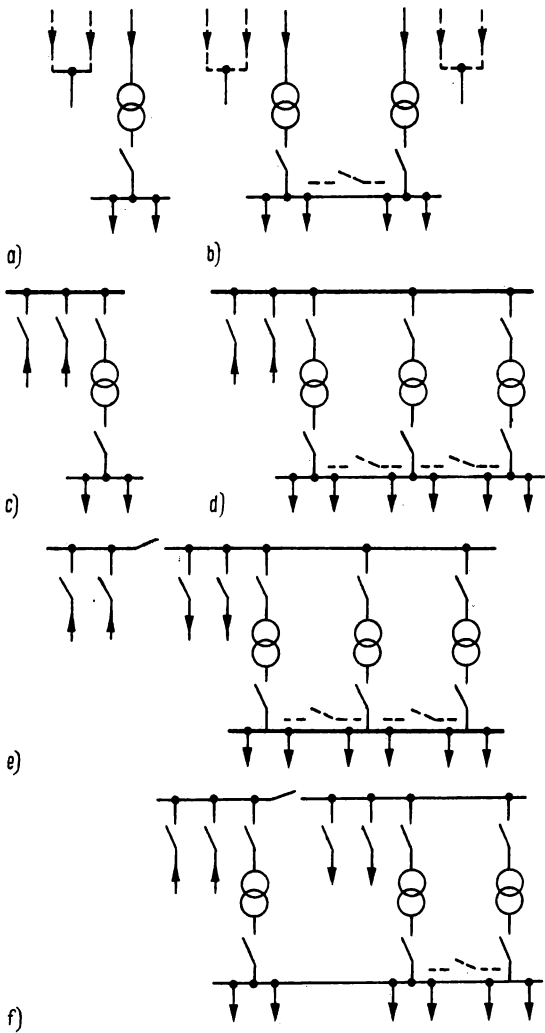


Bild 5.42. Grundsaltungen in vereinfachter Darstellung
a) und b) Stationen ohne Mittelspannungs-Schaltanlage
c) bis f) Stationen mit Mittelspannungs-Schaltanlage

**Elektrotechnische
Kennwerte und
Ausrüstung**

Nenneingangsspannung 6, 10, 15, 20, 30 kV

Nennausgangsspannung 231, 400, 525, 693 V

Nennfrequenz 50 Hz

**Transformator-
nennleistung** 100 kVA bis 1600 kVA

**Anzahl der Transfor-
matoren** 1 bis 4

**Niederspannungs-
Schaltanlage** Felder entsprechend ISA 2000
SF8, SG8, SK8

**Mittelspannungs-
schaltanlage** Folgende Schaltfelder können zum Einsatz kommen:
CSIM 12
CSIM - 20/350
BSIG1 - 10/250
BSIG1 - 20/250
ASIF 36

Anschluß Der Anschluß der Mittel- und Niederspannungsnetze erfolgt in Kabel

**Elektrotechnische
Ausrüstungsteile** In den Stationen werden im wesentlichen folgende elektrotechnische Ausrüstungsteile verwendet:

- Mittel- und Niederspannungs-Schaltanlagen
- Transformatoren
- Kabel- und Schienenverbindungen
- Batterieanlagen
- Geräte- und Zählertafeln
- Beleuchtungsanlagen
- Erdungsanlagen
- Stationszubehör

Die Aufstellung von Batteriezellen soll nur bei hohen Anforderungen an die Schutztechnik und Versorgungssicherheit erfolgen.

Vorrangig wird dann eine Spannung von 110 V Gs verwendet.

Wartungsfelder können ebenfalls anstelle von Schaltzellen oder Schaltfeldern eingebaut werden.

Einsatz Versorgung von Niederspannungsverteilungsnetzen (Ortsnetze).
Elektrotechnische Netze von Industriebetrieben mit vorrangig zentraler Energiebereitstellung
Energieversorgung von Verkehrs-, Wasserwirtschaft- und Landwirtschaftsbetrieben.

6. Steuerung elektrischer Anlagen

6.1. Schaltwarte

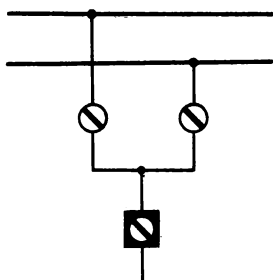


Bild 6.1. Blindschaltbild einer Schaltzelle mit Doppelsammelschienensystem

In größeren Schaltanlagen, im Mittel- und Hochspannungsbereich, werden die Schaltgeräte ferngesteuert.

Fernsteuerung wird von einer zentralen Kommando- stelle, der Schaltwarte, ausgeführt.

In ihr sind alle Einrichtungen zur Betätigung und Überwachung zentralisiert.

Blind- oder Leuchtschaltbild stellt den Übersichts- schaltplan der Anlage dar und ermöglicht so einen schnellen Überblick über den betreffenden Schaltzu- stand der Anlage.

6.2. Klassische Steuerung

Für jede Schaltzelle wird ein gesondertes Wartenfeld oder Pult für die Anordnung des Blindschaltbilds in der Warte benötigt.

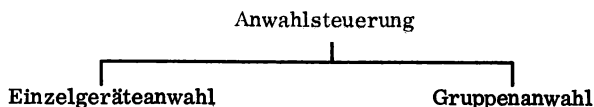
Im Blindschaltbild verwendete Geräte (z. B. Steuer- quittierschalter) dienen gleichzeitig zur Steuerung und Überwachung der Schaltgeräte in der Schaltzelle.

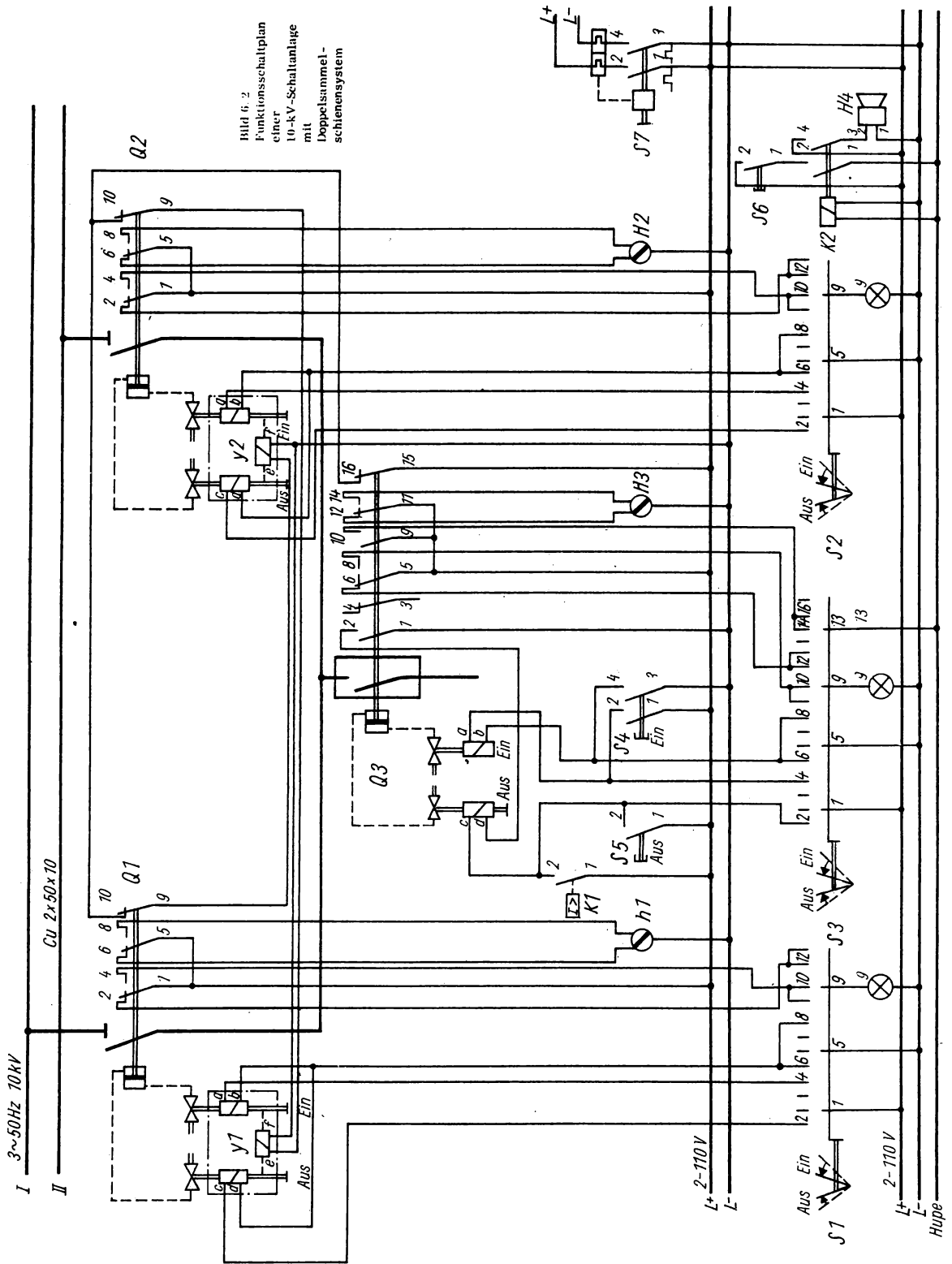
Durch die immer weitere Vergrößerung der Schalt- anlagen mußten auch zwangsläufig die Warten größer und damit unübersichtlicher und teurer werden.

Wenn auch durch die Verkleinerung der Steuer- und Meldegeräte sowie die Trennung von Steuerung und Rückmeldung auf gesonderte Felder oder Pulte eine Verkleinerung der Warten möglich war, so stellten diese Maßnahmen noch keine generelle Lösung dar. Einen wesentlichen Fortschritt auf diesem Wege brachte die Anwahlsteuerung (Bilder 6.2 und 6.3, Seite 143 und 144).

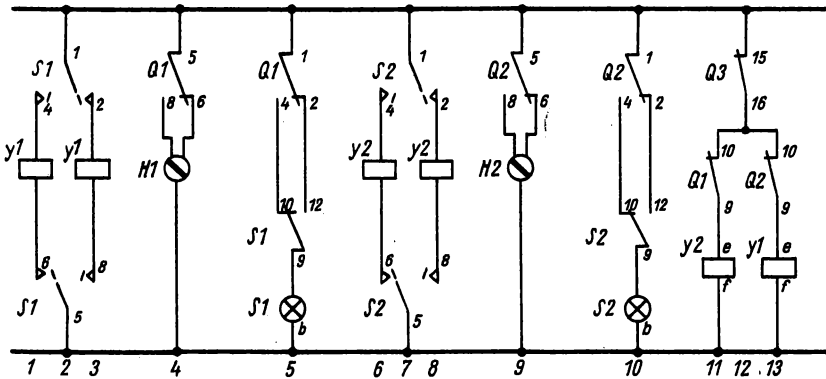
6.3. Auswahlsteuerung

Sie gestattet eine kleinere und übersichtlichere Ausfüh- rung der Schaltwarten. Steuerung und Rückmeldung sind voneinander getrennt angeordnet. Der Schaltwärter kann von einem zentralen Pult die gesamte Anlage steuern und überwachen.





Trenner System 1			Trenner System II			Trenner I + II
Steuerung	Schalt-Stellung	Meldung	Steuerung	Schalt-Stellung	Meldung	Verriegelung



Leistungsschalter			Hörmelder		
Steuerung	Schalt-Stellung	Meldung	Haltestrom	Auslösung	Signal

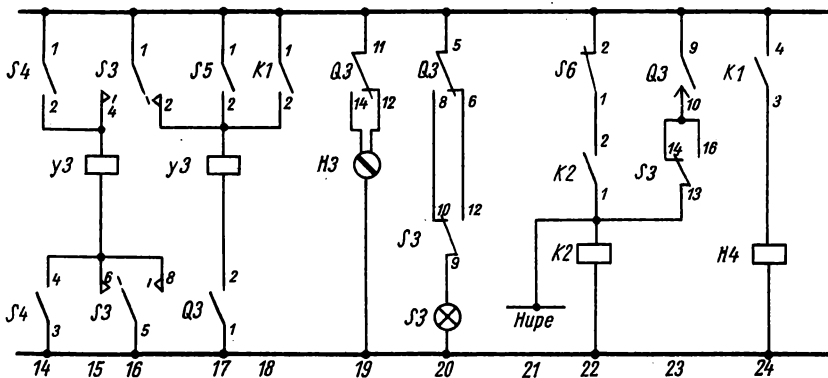


Bild 6.3. Stromlaufplan einer 10-kV-Schaltanlage mit Doppelsammelschienensystem

Einzelgeräteanwahl
(Bild 6.4)

Es wird zuerst das betreffende Schaltgerät mittels Geräte-anwahltaster ausgewählt. Für jedes Schaltgerät innerhalb der Schaltzelle muß ein gesonderter Geräteanwahltaster vorhanden sein. Danach erfolgt die Steuerung durch einen gemeinsamen Steuerschalter (z. B. Steuerquittierschalter).

Auf der Rückmeldetafel wird der Schaltzustand der Schaltgeräte angezeigt und kann kontrolliert werden. Nach Beendigung der Schalthandlung kann durch Betätigung des Lösch-tasters die Anlage für eine weitere Schalthandlung vorbereitet werden. Der Lösch-taster ist im Bild 6.4 nicht mit eingezeichnet.

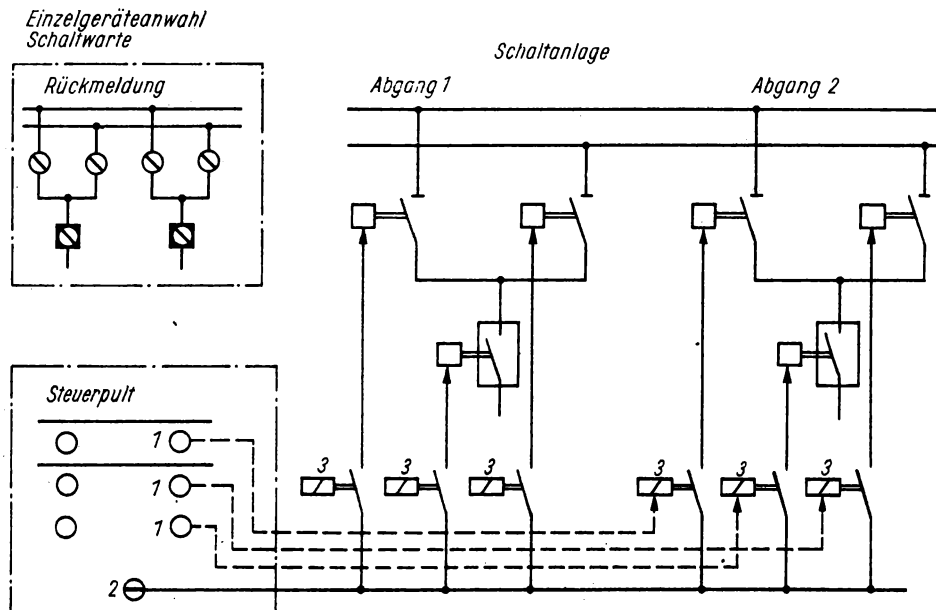


Bild 6.4. Grundprinzip der Anwahlsteuerung - Einzelgeräteanwahl
1 Geräteanwahl-taster; 2 Steuerschalter (z. B. Steuerquittierschalter); 3 Anwahlrelais

Schaltungsgrundprinzip

- Anwahl des Schaltgeräts mittels Geräteanwahl-tasters,
- Betätigung des Steuerschalters.
- Betätigung des Löschtasters und damit Entregung der Anlage.

Umfangreiche Verriegelungen lassen nur die Schaltung des zuletzt angewählten Geräts zu.

Gruppenanwahl

Es wird zuerst die betreffende Schaltzelle mittels Zellen-anwahl-tasters angewählt. Es muß für jede Schaltzelle ein Zellenanwahl-taster vorhanden sein. Danach erfolgt die Anwahl des betreffenden Schaltgeräts und die eigent-liche Steuerung durch Betätigung des Steuerschalters (z. B. Steuerquittierschalter).

Die Steuerschalter sind entsprechend dem Blind-schalbild angeordnet und für annähernd gleiche Schalt-zellen nur einmal vorhanden (Mutterfeld). Auf der Rück-meldetafel wird der Schaltzustand angezeigt und kon-trolliert.

Ist die Schalthandlung beendet, wird ebenfalls durch Betätigen eines Löschtasters die Anlage entregt und ist damit für eine neue Schalthandlung vorbereitet. Der Löschtaster ist im Bild 6.5 nicht mit eingezeichnet.

Schaltungsgrundprinzip

- Anwahl der betreffenden Schaltzelle,
- Anwahl des betreffenden Schaltgeräts,
- Betätigung des Steuerschalters,

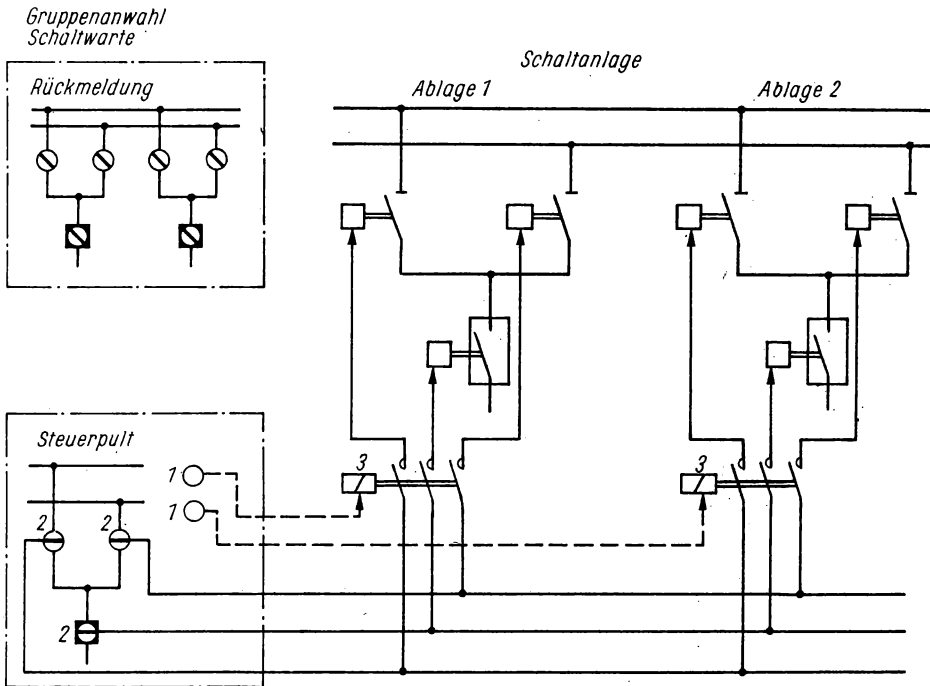


Bild 6.5. Grundprinzip der Anwahlsteuerung - Gruppenanwahl
1 Zellenanwahltafter; 2 Steuerschalter (z. B. Steuerquittierschalter); 3 Anwahlrelais

- Betätigung des Lösch-tasters und damit Entregung der Anlage.

Auch bei der Gruppenanwahl sind umfangreiche Verriegelungen vorhanden, die aus Bild 6.5 nicht ersichtlich sind.

Prinzipschaltplan der Gruppenanwahlschaltung in erweiterter Darstellung

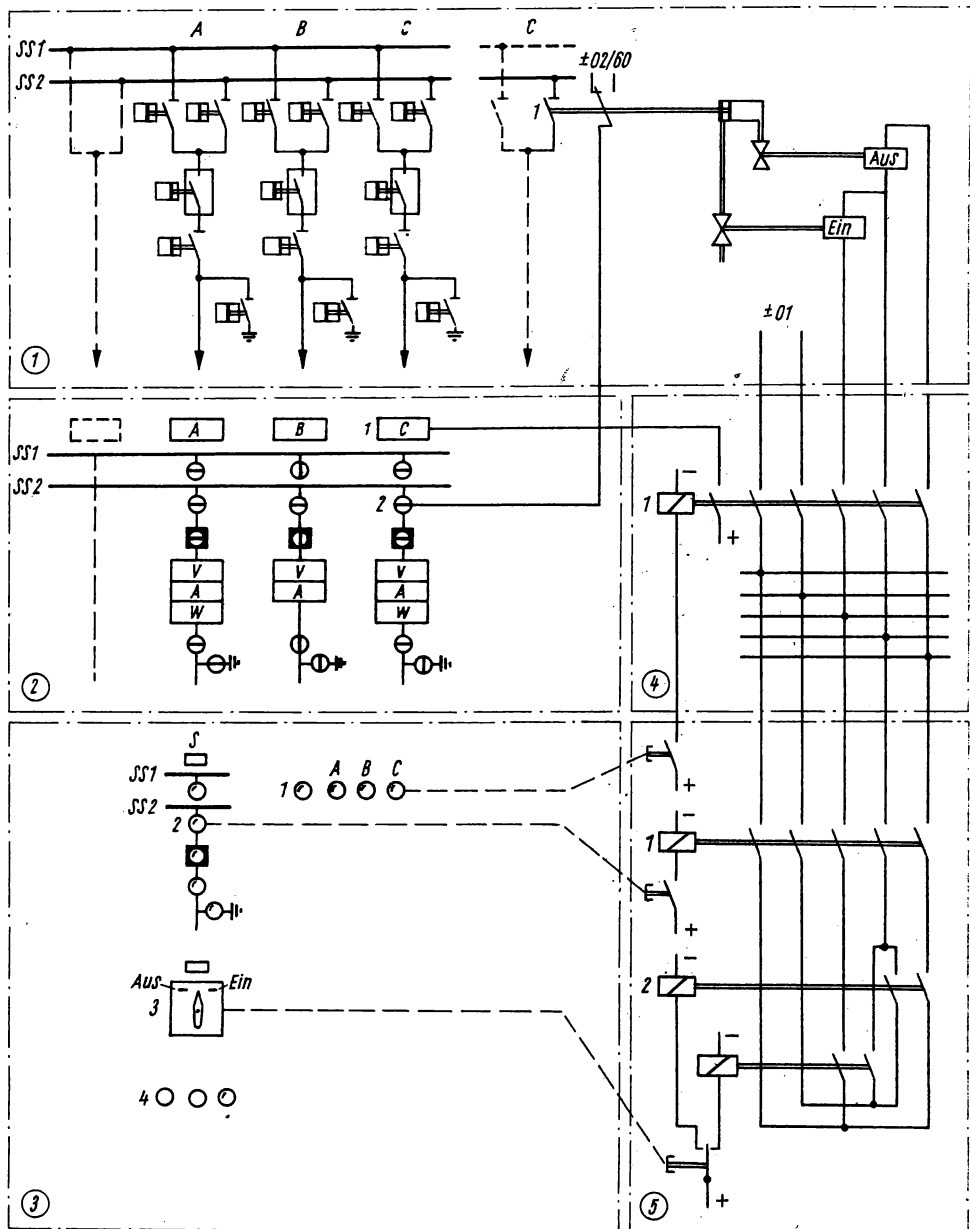
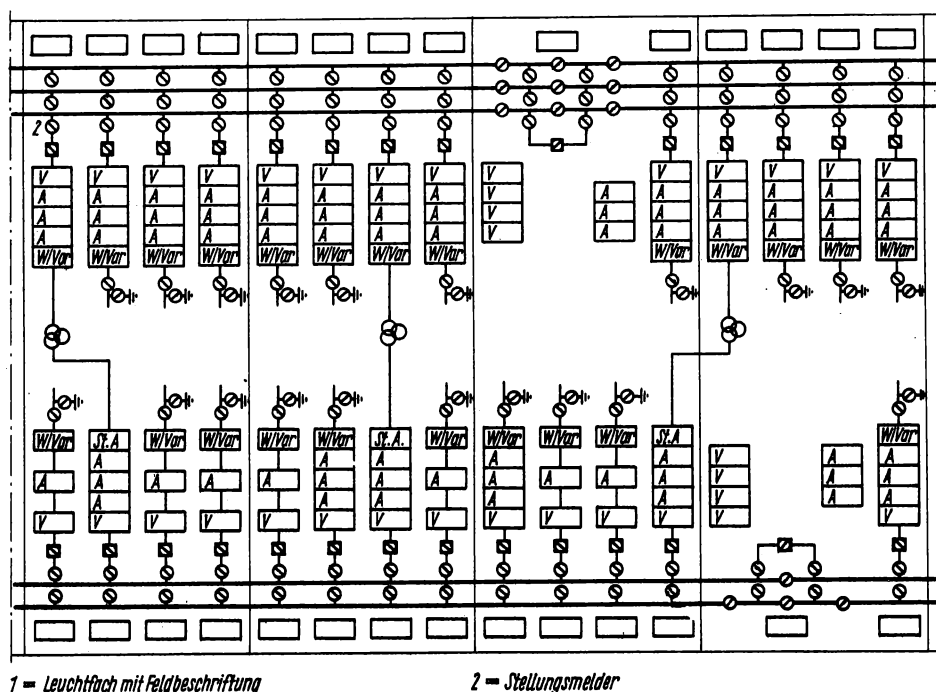


Bild 6, 6

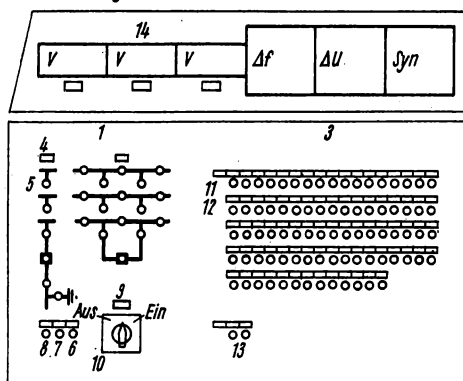
- ① Hochspannungs-Schaltanlage mit den Abzweigen A, B, C
- ② Rückmeldemeistafel in der Schaltwarte mit einpoligen Blindschaltbild; 1 Leuchtfach Abzweig C, 2 Stellungsmelder
- ③ Steuerpult in der Schaltwarte, vor der Rückmeldemeistafel angeordnet; 1 Taster für Feldanwahl, 2 Taster für Geräteanwahl, 3 Steuerschalter Ein - Aus, 4 Löschtaster, 5 Mutterfeldvariante
- ④ Feldanwahlschrank in der Schaltanlage mit den darin eingebauten Feldanwahlrelais je Abzweig; 1 Feldanwahlrelais
- ⑤ Geräteanwahl- und Rangierverteller in der Schaltwarte, hinter der Rückmeldemeistafel angeordnet; 1 Geräteanwahlrelais, 2 Steuerschutz

Rückmeldemeßtafel



Pultplatten in Anordnung vor der Rückmeldemeßtafel

Ausführung 1



Ausführung 2

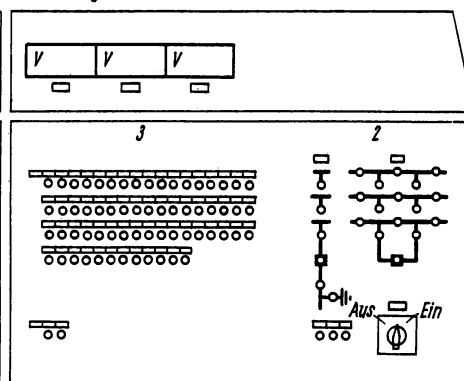


Bild 6. 7. Rückmeldetafel mit Bedienungspult

- 1 Komplex 1, 2 Komplex 2, 3 Feldanwahl, 4 Mutterfeldvariante, 5 Geräteeinwahltaster, 6 Komplexanwahltaster, 7 Signalabstellaster, 8 Lüschaster, 9 Synchronisieraufforderung, 10 Steuerschalter, 11 Feldanwahltaster, 12 Feldbeschriftung, 13 Umschaltung W/Var, 14 Spannungsanwahl

Anhang

Verzeichnis der wichtigsten ASAO, ABAO und Standards für elektrotechnische Anlagen

ASAO 1	Allgemeine Vorschriften
ASAO 3/1	Schutzgüte der Arbeitsmittel und Arbeitsverfahren
ASAO 20	Erste Hilfe und Verhalten bei Unfällen
ABAO 900/1	Elektrotechnische Anlagen
TGL 200-0600	Begriffe für elektrotechnische Anlagen
TGL 200-0601	Elektrotechnische Anlagen; Errichtungsvorschriften
TGL 16 440 Bl. 7	Hochspannungsschaltgeräte, Betriebsbedingungen
TGL 200-1695	Hochspannungsschaltgeräte, Begriffe
TGL 21 645	Relais und Auslöser, Begriffe
TGL 200-0787	Starkstromanlagen; Strom- und Spannungswandler
TGL 200-0602	Schutzmaßnahmen in elektrotechnischen Anlagen
TGL 200-0603	Erdung in elektrotechnischen Anlagen
TGL 16 428	Überspannungsableiter; Arten, Begriffe
TGL 200-0618 Bl. 1	Prüfung elektrotechnischer Anlagen bis 1 kV
Bl. 2	desgleichen über 1 kV
TGL 200-0619 Bl. 1	Betreiben elektrotechnischer Anlagen
Bl. 2	Vorbeugender Brandschutz und Brandbekämpfung
Bl. 3	Schlüsselberechtigung für abgeschlossene elektrotechnische Betriebsräume
Bl. 4	Arbeitsauftrag und Freimeldung

Sachwörterverzeichnis

Abgangsdrosseln 68
Ableitstoßstrom 70
Ableitwiderstand 71
Absenktrenner 60
Abzweig 107
Abzweigdrossel 76
Akustische Meldeelemente 99 f.
 Glocken 99
 Hupen 99
 Sirenen 99
Anschlußwert 34 f.
Ansprechstoßspannung 70
Ansprechwechselspannung 70
Antrieb 48 f.
 Druckluft- 49
 Hand- 48
 Hebel- 48
 Magnet- 49
 Motor- 49
Anwendung 10
 Elektroenergie 10
Auslösekennlinie 88, 90, 94
Auslöser 80
 Kurzschluß- 90
 thermischer 89
Ausnutzungsgrad 34
Ausschaltvermögen 21

Baulemente 37
Bausteine 126
 E- 126
 H- 126
 Hilfsschütz- 127
 Informations- 135
 K- 126
 Meß- 126
 R- 126
 Relais- 127
 Sicherungs- 126
 Steuer- 126
 T- 126
Belastungsverminderung 38
 Faktoren 39
Betriebsspannung 21
Blindleistungsregler 130
Blindleistungsverbraucher 28

Blindschaltbild 162
Blindwiderstand 25
Blitzentladung 69
Blitzüberspannungen 69
BSI-Einfachschaltzelle 149
Buchholzschutz 96

CSIM-Schaltzelle 146 ff.

Dahlanderschaltung 129
Dampfkraftwerk 12 f.
Dauerstrom 21
Dehnungsbänder 40
Deionkammer 46
Dieselkraftwerk 12
Differentialrelais 68, 95 f.
Differentialschutz 96
Distanzrelais 68, 92 ff.
Doppelsammelschienensystem 168 f., 163 f.
Doppelschaltköpfe 67
Drehspulrelais 85
Drossel 74
 mit Betonabstützung 74
 mit Holzabstützung 74
Druckluftantrieb 49
Druckluftschalter 65, 67
D-Sicherungen 68, 77
Durchlaßstrom 78
Dynamische Kurzschlußfestigkeit 27
Dynamischer Grenzstrom 21, 28

E-Bausteine 126
EIA-Leitungsschutzschalter 80
Einbaugeräte 138
Einfachsammelschienensystem 107
Einheitliches Gefäßsystem 117
Einheitsschaltanlage 122
Einschaltvermögen 21
Einschleifung 112 f.
Einschübe 123
Einspeisung 134 f.
Einspeisungsfeld 124
Einzelgeräteeinwahl 162, 164 f.
Elektrische Kenngrößen 21, 70
Elektrischer Steuerschrank 156
Elektroenergieanwendung 10

- Elektroenergiebedarf 9f.
- Elektroenergieerzeugung 11
- Elektroenergiesystem 14f.
- Elektromagnetisches Relais 85
- Elektrotechnisches Netz 16
- Energieintensität 10
- Energieplan 11
- Energieverteiler 133f.
- Erdungsschalter 42
- Erdungstrenner 110
- EV-Abgangsfeld 134

- Fehlerkriterium 85
- Feinzeitrelais 96
- Feldaufbau 125
- Festkondensatoren 129
- Feststoffisolierung 150
- Flanschzwischenstücke 136
- Freiluftanlagen 151
- Freiluftaufstellung 140
- Freiluftbauweise 151
- Funkenstrecke 71

- Gasturbinenkraftwerk 13
- Gefäße 117
 - Gestelle 117
 - Kastengehäuse 117
 - Plattengehäuse 117
 - Pulte 117
 - Schränke 117
 - Wartenzellen 118
- Gefäßsystem 117
 - einheitliches 117
- Geräteeinbau 139
- Gerätekästen 138
- Geräteschrank 140f.
- Geschlossene Netze 16
- Gestelle 117
- Gleichrichteranlagen 15
- Gleichzeitigkeitsfaktor 34
- Grenzstrom 21
 - thermischer 21
 - dynamischer 21
- Grundsicherung elektrischer Anlagen 107
- Grundsicherung für Niederspannungsanlagen 111
- Grundsicherungen
 - der Schaltfelder 110
 - für Schaltstation 115
 - für Umspannwerke 112
 - für Schaltwerke 112
 - für Umspannstation 115
- Gruppenanwahl 162, 165ff.
- Gruppendrossel 76
- GSAS-Schaltfeld 152ff., 157

- Handantrieb 48
- Hartpapierplatten 42
- Hebelantrieb 48
- HH-Sicherungen 68, 79
- Hilfsrelais 54
- Hilfsschützbausteine 127
- Hochspannungsschalter 42, 59
- Höchstspannungsnetze 17
- H-Schaltung 113

- Impedanz 25
 - Kurzschluß- 23
 - Unter- 92
- Informationsbausteine 135
- Innenraumschaltanlage 122, 143
 - feststoffisolierte 150
 - gekapselte 145f.
 - halboffene 149
 - luftisolierte 157
 - offene 143
- Innenraumschaltfelder 119
- Innenraumschützfelder 120f.
- Inselbetrieb 19
- Installationsschalter 43
- Installationsverteilungen 138
- Isolationsniveau 70
- Isolationsspannung 21
- Isoliermedium 153

- Kabelverteiler 141
- Kabelverteilerschrank 142
- Kapselung 145f., 155
- Kastengehäuse 117
- K-Baustein 126
- Kernkraftwerk 12, 14
- Klapptrenner 61f.
- Kompensation 32, 130
- Kondensator 30
- Kondensatorenanlage 15
- Kondensatorenfelder 129
- Kondensatorleistung 31
- Kontaktanordnung 47
- Kontakte 47
- Kontaktstellen 38
- Kontaktwiderstand 47
- Kraftwerke 12ff.
 - Dampfkraftwerk 12f.
 - Dieselmotorkraftwerk 12
 - Gasturbinenkraftwerk 13
 - Kernkraftwerk 12, 14
 - Laufwasserkraftwerk 12f.
 - MHD-Generator 14
 - Pumpspeicherwerk 13
 - Speicherwasserkraftwerk 12
- Kraftwerksarten 12

- Kuppelfelder 109
- Kupplung 107f.
- Kupplungsschaltungen 108f.
- Kurzschließer 68, 113
- Kurzschlußarten 22
- Kurzschlußauslöser 90
- Kurzschlußbetrieb 22
- Kurzschlußfestigkeit 26
- Kurzschlußglieder 91
- Kurzschlußimpedanz 23
- Kurzschlußort 25f., 98
- Kurzschlußschutz 68, 89
- Kurzschlußstrom 22ff., 75
- Kurzzeitrelais 55
- Kusa-Anlaßschaltung 128

- Lastschalter 43
- Lasttrenner 111
- Lasttrennschalter 42, 59, 62
- Laufwasserkraftwerk 12f.
- Leerschalter 43
- Leistungsfaktor 28ff., 35
- Leistungskondensatoren 32, 129
- Leistungsschalter 43, 59, 63ff., 80ff.
- Leiterquerschnitte 38
 - Auswahl der
- Leitungsschutzschalter 43, 68, 80
- Leuchtschaltbild 162
- Lichtbogen 43
 - Leitfähigkeit des 43
 - Löschung des 44ff.
- Lichtbogenkammer 52f.
- Lichtbogenlänge 44
- Lichtbogenlöscher 68
- Lichtbogenspannung 44
- Lichtbogenstrom 44
- Löscheinrichtungen 45
- Löschkammer 45f.
- Löschmedium 153
- Löschrohrableiter 69, 72
- Löschvorgang 64
- Luftschütze 51ff.
 - Schalbilder 52

- Mäanderkammer 53
- Magnetantrieb 49
- Magnetische Beblasung 46
- Mehrfachsammelschienenensystem 108
- Meldeelemente 99
 - akustische 99
 - optische 99
- Meldeschalter 105
- Meldeteil 105
- Meßrelais 58
- Messung und Regelung 130

- MHD-Generator 14
- Mittelspannungsanlage 143
- Mittelspannungsnetze 17
- Montageblech 126
- Motorantrieb 49
- Motorleistung 30, 53

- Negativer Ladungsstau 69
- Nenngrößen 21
- Nennlöschspannung 70
- Nennrestspannung 70
- Nennströme 124
- Netzarten 16f.
- Netzknotenpunkt 107
- Netzleistungsfaktor 75
- NH-Schmelzeinsätze 77
- NH-Sicherungen 68, 77ff.
- Niederspannungsnetze 17
- Niederspannungsschalter 43, 50
- Niederspannungs-Verteileranlagen 136
 - stahlblechgekapselte 136ff.
- Notlichtumschaltung 139
- NS-Leistungsschalter 68, 80f.

- Offene Netze 16
- Optische Meldeelemente 99
 - Leuchtmelder 99f.
 - Schaltstellungsanzeiger 99
 - Sichtmelder 99ff.
 - Sichtquittiermelder 99f.

- Paketnockenschalter 43, 50f.
- Pantografentrenner 61f.
- Plattengehäuse 117
- Pneumatischer Steuerschrank 156
- Primärteil 107
- Pumpspeicherwerk 13

- Querkupplung 109
- Quittierschalter 99, 103

- Rasterwerk 50
- Reihenquerbauweise 152
- Relais
 - Differential- 68, 95f.
 - Distanz- 92ff.
 - Drehpul- 85
 - elektromagnetisches 85
 - Feinzeit- 96
 - Kurzzeit- 55
 - Schutz- 84
 - Stromabhängige 86
 - thermisches 85, 88
 - Überstrom- 85f., 89
 - Überstromzeit- 99

- Unterimpedanz- 86
- Zeit- 58
- Relaisbausteine 127
- Relais-Schaltungen 54
- Relaisschutzeinrichtungen 84
- RELOG-System 58 f.
- Restspannungskennlinie 73
- Rückmelder 102
- Sammelschienen 37
 - Belastbarkeit von 38
 - Halterung von 41
- Sammelschienenabschnitt 107
- Sammelschienenendrossel 68, 76
- Sammelschienenkästen 138
- Sammelschienensystem 107
 - Einfach- 107
 - Mehrfach- 108
- Schaltanlagen 15, 118
 - gasisolierte 152
- Schaltelemente 42
- Schalterantrieb 48
- Schaltfeld 107
- Schaltfelder 110, 124
 - Meldung 125
 - Überwachung 125
- Schaltgeräte 158
- Schaltgeräteaufstellung 158
- Schaltgerätekombination 118
- Schaltschränke 140
- Schaltstation 15, 115
 - Grundschaltungen für 115
- Schaltstellungsanzeiger 99, 102 f.
- Schaltüberspannungen 70
- Schaltungen 54
 - Relais- 54
 - Zeitrelais 57
- Schaltverteilungen 138 f.
- Schaltwarte 162
- Schaltwerke 15, 151
- Schaltzelle 143 f.
- Schaltzellenabgrenzung 144
- Schaltzellenteile 146
- Schienenprofile 37
- Schienenträger 41
- Schienenverbindung 37
- Schmelzeinsätze 77
- Schmelzleiter 76
- Schmitt-Trigger 55
- Schnellauslöser 79
- Schottung 155
- Schränke 117
 - f. Straßenbeleuchtung 140
- Schrankverteiler 138 f.
- Schütze 43, 51
- Schutzeinrichtung 147
- Schutzelemente 68 f., 97
- Schützfelder 120, 125
- Schutzfunkenstrecken 69
- Schutzkondensatoren 69
- Schutzrelais 84
- Schutzrelaiseinrichtung 68
- Schutzschalter 68, 79
- Schutzwertkennlinie 78
- Schwefelhexafluorid 153
- Schwellwertschalter 55 f.
- Schwerpunkt-Laststation 131 ff.
- Sekundärteil 107, 147
- Selektive Staffellung 98
- Selektivitätsbedingungen 97
- Selektivschutz 97
- Sicherungen 68, 76 f.
 - D- 60, 63, 68, 77
 - HH- 63, 68, 79
 - NH- 63, 68, 77 ff.
- Sicherungsbausteine 126
- Sichtmelder 99 ff.
- Sinterraupen 76
- SNV-System 136 f.
- Spannungsbegrenzung 72
- Spannungswandler 110
- Speicherwasserkraftwerk 12
- Sprungschaltung 49
- Stahlblechgekapselte Verteilungen 136 ff.
- Steigbügelantrieb 48
- Stern-Dreieck-Schaltung 128
- Steuer- und Meldeelemente 99
 - Quittierschalter 99, 103
 - Steuerquittierschalter 99, 105
- Steuer- und Meßbausteine 126
- Steuerquittierschalter 99, 105
- Steuerschalter 43, 165
- Steuerschrank
 - elektrischer 153, 155 f.
 - pneumatischer 153, 155 f.
- Steuerspannung 124
- Steuerteil 105
- Steuerung 162
 - Anwahl- 162, 165 f.
 - klassische 162
 - der Leistungsschalter 125
 - der Schütze 125
- Stichanschluß 112, 114
- Stoßfaktor 24
- Stoßkurzschlußstrom 23, 78
- Stoßpegel 70
 - oberer 70
 - unterer 70
- Stoßstrombegrenzer 68
- Strahlennetze 16

Strombegrenzungs-drossel 68, 74 f.
Strombegrenzungskennlinien 75, 83
Strombegrenzungsvermögen 77
Stromdifferenz 95
Stromwandler 110
Strom-Zeit-Kennlinien 83
Strom-Zeit-Staffelung 99
Stützisolatoren 41

Teileinschübe 123
Thermische Kurzschlußfestigkeit 26
Thermischer Auslöser 89
Thermischer Grenzstrom 21, 28
Thermisches Relais 85, 88
Trafostation 142
Transformatorenbox 131
Transformatorenleistungsschalter 113
Trenner 61, 110
 Klapp- 61 f.
 Last- 111
 Pantografen- 61 f.
Trennschalter 43, 60

Überlastschalter 43
Überlastströme 22
Überspannung 21, 69
Überspannungsableiter 69, 71 ff.
Überspannungsschutz 68 f.
Überspannungsschutzelement 69
Überstromrelais 68, 85 f.
 elektromagnetisches 85
 thermisches 85, 88
Überstromschutz 68 f.
Überstromzeitrelais 99

Umspannstation 15, 116, 158 ff.
 Grundschtaltung für 115
Umspann- und Schaltstationen 115
 offene 158
 orts-feste 158
 ortsveränderliche 158
Umspannwerk 15, 114
 Grundschtaltungen für 113
Umspann- u. Schaltwerke 151
Unterimpedanz 92
Unterimpedanzrelais 93
Unterspannungsauslöser 80
Unterverteilungen 135
UV-Felder 135

Ventilableiter 69, 71
Verbundbetrieb 19
Verriegelungen 147
Verteilerschränke 140
Verteilungsanlagen 118
Vollkupplung 109

Walzenschalter 43
Wärmeauslöser 80
Wartenzellen 118
Wendeschtaltung 128
Wirkwiderstand 25

Zeitbaustein 55 f.
Zeitrelais 55, 58
 Schtaltungen 57
Zeit-Strom-Kennlinie 79
Zentralverteiler 138 f.

