

## Blindleistungskompensation Niederspannung

- 1** Auswahlschemen
- 2** MKK-Leistungskondensatoren 4RB5
- 3** Unverdrosselte Festkompensation 4RD5
- 4** Unverdrosselte Kleinregeleinheiten 4RY
- 5** Unverdrosselte Blindleistungs-Regeleinheiten 4RY
- 6** Unverdrosselte Kondensatorbaugruppen 4RY57
- 7** Verdrosselte Blindleistungs-Regeleinheiten 4RF1/2
- 8** Speziell verdrosselte Blindleistungs-Regeleinheiten 4RF3/4 mit Tonfrequenzsperrung < 250 Hz
- 9** Verdrosselte Kondensatorbaugruppen 4RF5
- 10** Verdrosselte Festkompensation 4RF6
- 11** Blindleistungsregler, Reglerbaugruppen 4RY67/68
- 12** Zubehör
- 13** Anhang

## Blindleistungskompensation Mittelspannung

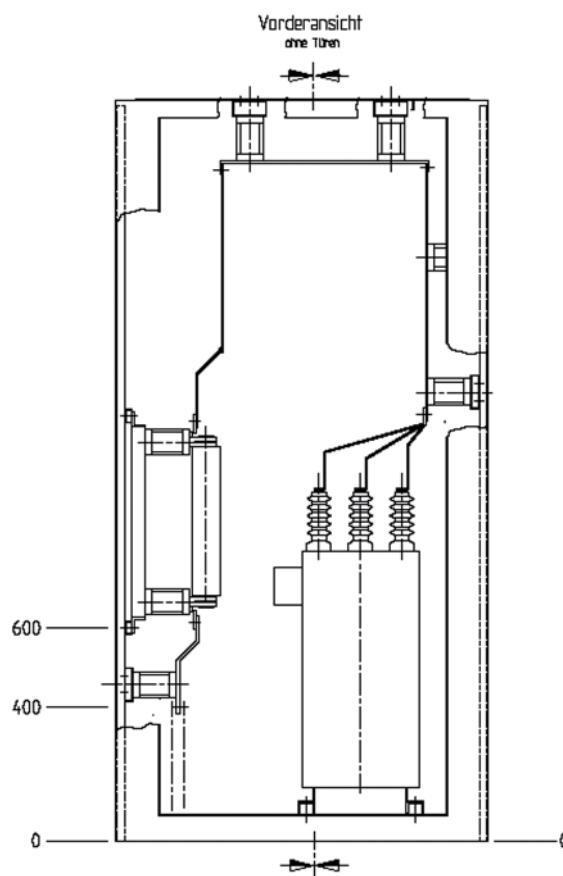
- 14** Mittelspannung Einzelkomponenten
- 15** Mittelspannung Regelanlagen

# Wissenswertes rund um „Power Quality“ Mittelspannungskompensation

Kompensationsanlagen für Mittelspannung werden oft zur Festkompensation von Motoren oder als Regelanlage für eine Gruppe von Mittelspannungsantrieben benutzt. In einem komplexen Betrieb kann auch eine, über der Niederspannung angeordnete, zentrale Mittelspannungskompensation den  $\cos \varphi$  des kompletten Betriebes weiter anheben.

## Eine sichere Sache – Schutz von Kondensatoren und Kondensatorbatterie

Steht bei Motoren, Transformatoren, Stromrichtern, Leitungen und Kabeln ein vorbeugender Schutz der Betriebsmittel vor bleibenden Beschädigungen im Vordergrund, so geht es bei Kondensatoren um die Eingrenzung von Schadensauswirkungen auf die Umgebung, hauptsächlich in Hinblick auf Überströme und Überspannungen.



**Grafik 1** Prinzipaufbau Schrankfeld

Eine Mittelspannungskompensation besteht im Wesentlichen aus: Kondensatoren in IP00 bzw. gekapselten Kondensatoren in IP55, Sicherungen, Schütze und Blindleistungsregler. Sie ist auch als unregelte Feststufe erhältlich.

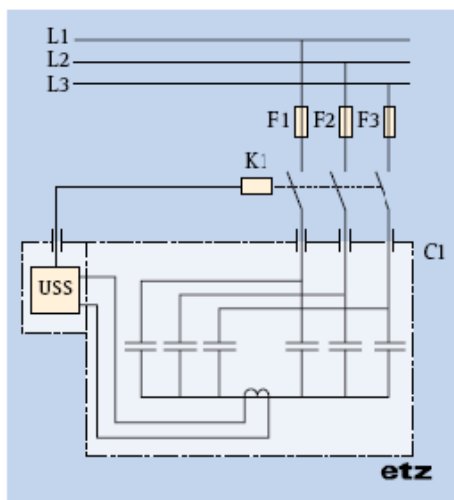
# Wissenswertes rund um „Power Quality“ Mittelspannungskompensation

Das Abschmelzen von **Wickelsicherungen** erfolgt nicht wie bei Niederspannungs-Kondensatoren durch die Netzenergie, sondern durch gespeicherte Energie der parallel liegenden Wickel. Durch die große Wickelanzahl ergibt sich beim Ansprechen einer Wickelsicherung eine Kapazitätsänderung von nur etwa 2%. Grundsätzlich wird jedes Wickelelement beidpolig mit Sicherungen ausgestattet.

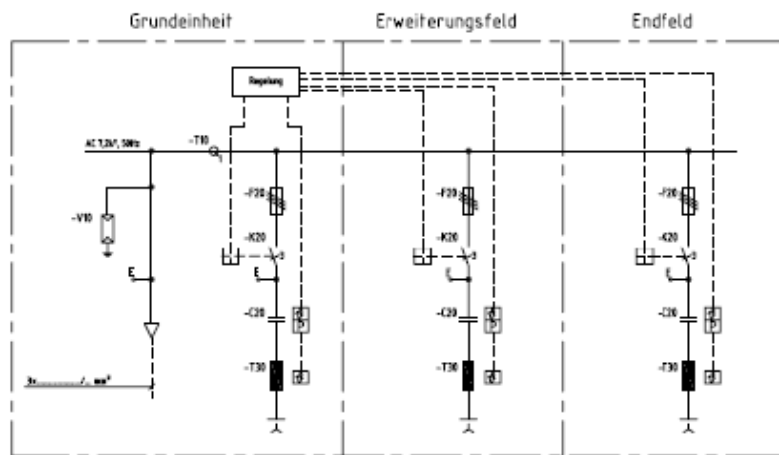
Funktionierende Wickelsicherungen verlängern die Nutzungsdauer von Leistungskondensatoren - Betriebsstörungen werden vermieden. Mit fortschreitendem Alter der Kondensatoren besteht jedoch

die Gefahr, dass Sicherungen nicht mehr ansprechen können. Aus diesem Grunde empfiehlt sich eine Überprüfung der Kapazität in regelmäßigen Abständen (ca.1-2 Jahre).

Auch externe Sicherungen als Schutzeinrichtung können mögliche Defekte (Gasbildung, Platzen) nicht vollständig vermeiden. MODL empfiehlt daher, die Kondensatoranlage mit einem **Unsymmetrieschutz** zu überwachen. Weiterhin erhöhen HCR-Sicherungen, Temperaturüberwachung, eine Verdrosselung und der Einbau der Anlagen in ein entsprechendes Gehäuse sowohl Betriebs- als auch Personensicherheit.



**Grafik 2** Kondensatoren mit integrierter Unsymmetrieschutzschaltung



**Grafik 3** Schaltbild

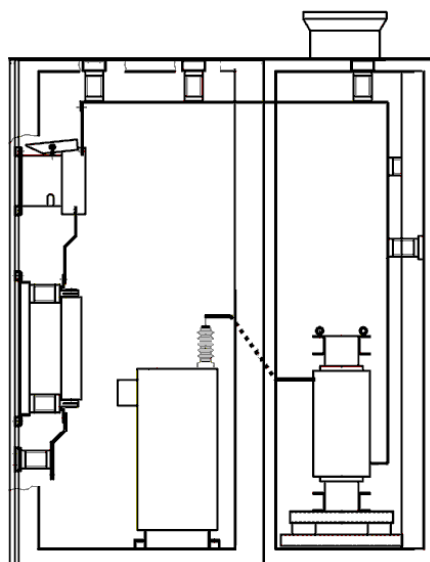
## Spannung – Überstrom und Überspannungsschutz

Ein für Kondensatoren ausreichender **Überspannungsschutz** erfolgt in der übergeordneten Schaltanlage. Ein zusätzlicher Schutz stellt im Falle einer Motor-Festkompensation der **Überspannungsbegrenzer** dar. Im Falle einer Stromüberlast besteht die Gefahr von Rückzündungen mit sehr hohen Spannungen bis hin zu offenen Lichtbögen. MODL legt aus diesem Grunde die Sicherung im Falle unverdrosselter Kondensatoren für den 1,6fachen Kondensator-nennstrom aus.

## Verdrosselte Kompensation

Den Einbau verdrosselter Kondensatoren empfiehlt MODL überall dort, wo der Anteil Oberschwingungserzeugender Verbraucher (Stromrichteranteile) mehr als 15% der Gesamtlast beträgt. Ein weiterer Grund stellt die Vermeidung von Netzresonanzen dar. Wie die normalen Kondensatoren werden auch die verdrosselten Kondensatoren entsprechend dem Blindleistungsbedarf der Verbraucher ausgewählt. Verdrosselte Kondensatoren bilden einen

Reihenschwingkreis, der so abgestimmt wird, dass eine Resonanzfrequenz  $f_R$  unterhalb der 5. Oberschwingung, d.h. 250Hz liegt. Dadurch wird die Kompensationseinheit für alle im Stromrichterstrom auftretenden Oberschwingungen  $\geq 250\text{Hz}$  induktiv, so dass keine Resonanz in diesem Frequenzbereich möglich ist. Weiterhin fließt ein Teil der von Stromrichtern erzeugten Oberschwingungsströme, vor allem Ströme der 5. Harmonischen in die Kompensationseinrichtung.



**Grafik 4** Prinzipaufbau verdrosseltes Schrankfeld

Das Netz wird nicht nur von induktiver Blindleistung, sondern auch von Oberschwingungen entlastet. Dies wiederum hat eine nachhaltige Verbesserung der Energiequalität zur Folge.

## Einzelkomponenten

Anwendungsbereich 57

Aufbau 58

Technische Daten 59

Typenprogramm 60

### Leistungskondensatoren 4RH5

- Umweltfreundliche, All-Film Technologie (Polypropylen- und Aluminiumfolie)
- 50 bis 1000 kvar pro Kondensator, PCB-frei, Imprägniermittel, hochwertiges Imprägnieröl
- Lieferbar für weltweit verwendete Netzennspannungen
- Sicherheit durch interne Wickelsicherungen und Überdruckwächter, hohe Schaltfestigkeit, Selbstheilung und geringe Verlustleistung
- Hohe Kapazitätskonstanz, wichtig besonders bei verdrosselten Einsatz. Der Kapazitätsabbau ist über die Kondensator-Lebensdauer nahezu vernachlässigbar
- Hohe Strombelastbarkeit, bis 1,3 mal Bemessungsstrom als Reserve für Netzspannungsschwankungen und vorhandene Netzoberschwingungen
- Gehäuse aus Edelstahl
- Hohe Temperaturklasse -25/D, max. Umgebungstemperatur am Kondensator bis +55 °C

### Drosseln

- Komplett vakuum-druckimprägniert, in Polyesterharz der Klasse H und im Ofen ausgehärtet
- Dreiphasig mit Eisenkern und Luftspalt, PolyGap™ core structure
- Anschlüsse in Flachkupfer
- Für Innenraumaufstellung in IP00 mit Luftselbstkühlung
- nach IEC 60076
- Thermofühler auf dem Kern, am mittleren Schenkel
- Ausgelegt als Filterkreisdrossel entsprechend den vorgegebenen Netzverhältnissen
- Montiert auf Schwingmetallen
- Drosseln enthalten im Wesentlichen Stahl, Aluminium, Kupfer und Isolationsstoffe. Sie enthalten keine Stoffe nach der Chemikalien-Verbots-Verordnung wie Quecksilber, Asbest, PCB, und chlorierten Kohlenwasserstoffe

### Unsymmetrirelais zur Überwachung von

#### internen Fehlern

- Mittelspannungskondensatoren bestehen intern aus einer Reihen- und Parallelschaltung vieler Kondensatoren. Dies dient zur Erreichung der Spannungsfestigkeit und der nötigen Leistung.
- Durch den Ausfall eines dieser Kondensatoren entstehen intern Überlastungen.
- Diese Überlastungen heizen den Kondensator und besonders seine Ölfüllung auf.
- Eine Entzündung oder Explosion des heißen Öls führt zur Beschädigung der gesamten Anlage und des Gebäudes.

#### externen Einflüssen

- Überspannung, Oberwellen und hohe Umgebungstemperaturen belasten die Kondensatoren.

## Einzelkomponenten - Leistungskondensatoren 4RH5 Anwendungsbereich – Aufbau – Technische Daten

### ■ Anwendungsbereich

Mittelspannungs-Leistungskondensatoren werden in Feststufen und in Blindleistungs-Regeleinheiten eingesetzt.

Kondensatoren für unverdrosselte Blindleistungskompensation sind ausschließlich für Netze mit Stromrichterlast < 15 % an der Gesamtlast einzusetzen. Sie sind nicht geeignet bei Netzurückwirkungen durch Taktfrequenzen. Kondensatoren mit Abdeckhaube können als Festkompensation direkt am Verbraucher aufgestellt werden.

### ■ Aufbau

Ein Kondensator enthält eine Vielzahl von einzelnen Kondensatorelementen (bestehend aus Polypropylen- und Aluminiumfolie) die dann zu einer Kondensatoreinheit zusammengebaut werden. Einzelne Wickelgruppen werden in Reihe geschaltet, um einzelne Becher mit bis zu 12kV Nennspannung herstellen zu können. Zum Schutz erhält jedes Kondensatorenelement eine eigene interne Sicherung, die bei einem Durchschlag dieses Element abschalten kann. Hierbei wird das überlastete oder schadhafte Element vom Netz getrennt. Der Kondensator verliert dabei etwas an Kapazität, kann jedoch noch sicher weiterbetrieben werden. Als zusätzliche Schutzeinrichtung wird noch ein Überdruckwächter angeboten. Bei Überschreitung eines vorgeschriebenen Grenzwertes kann so mittels Signalkontakt abgeschaltet werden, bevor das Gehäuse aufplatzt. In Verbindung mit dem Kondensator vorgeschalteten, strombegrenzenden Sicherungen wird hierdurch ein vollwertiger Schutz erzielt. Zur Entladung haben die Kondensatoren eingebaute Entladewiderstände, die die Spannung innerhalb von 10min auf 75V reduzieren.

### ■ Technische Daten

Bestimmungen	EN 60871-1; IEC 60871-1
Strombelastbarkeit	$I_{\text{eff}}$ ca. $1,3 \times I_N$
Zulässige Spannungserhöhung über 12 h täglich	$U_N + 10 \%$
Verschaltung intern	Einphasig 1~ oder Dreiphasig 3~
Verlustleistung	
- an den Klemmen	< 0,015 % = 0,15 W/kvar
- im Dielektrikum	< 0,01 % = 0,1 W/kvar
Umgebungstemperatur nach Temperaturklasse D	-25 bis +55 °C, kurzzeitig max. +55 °C Mittelwert über 24 h, max. +45 °C Mittelwert über 1 Jahr, max. +35 °C
Innenraum Feuchteklasse	F
Kapazitätstoleranz	-5 bis +10 %
Einbaulage der Kondensatoren	stehend
Schutzart	IP00 oder in IP54 bzw. IP55
Außen-Aufstellung	IP55-Ausführung
Aufstellungshöhe	über 1000 m über NN auf Anfrage
Anschlussart	Bolzen mit M12, am Isolator
Anziedrehmoment	ist abhängig vom Aufstellungsort bzw. vom verwendeten Isolator
Statistische Lebensdauer	bis zu ca. 20 Jahren je nach Betriebsbedingungen
Entladewiderstände	intern
Wickelsicherungen	intern
Überdruckwächter	Zubehör

## Einzelkomponenten

### Typenprogramm Leistungskondensatoren 4RH5



#### Kondensatoren für Innen- und Außenaufstellung

Die Standard-Gehäuse aus Edelstahl sind mit einem zweifachen Freiluft-Anstrich versehen. Alle Kondensatoren haben Porzellan-Durchführungen – für Außenaufstellung sind diese von einer Haube in IP 55 abgedeckt. Hier erfolgt die Kabeleinführung seitlich.

#### Kondensatoren 1~ 50 Hz Innenraum oder Außenaufstellung in IP00 bzw. IP55

7.2 kV	200 - 1000 kvar
12 kV	200 - 1000 kvar

#### Kondensatoren 3~ 50 Hz Innenraum oder Außenaufstellung in IP00 bzw. IP55 mit internen Sicherungen, Überdruckwächter und Entladeeinrichtung

3 kV	50 - 800 kvar
3.3 kV	50 - 800 kvar
5 kV	50 - 800 kvar
5.5 kV	50 - 800 kvar
6 kV	50 - 800 kvar
6.3 kV	50 - 800 kvar
6.6 kV	50 - 800 kvar
10.5 kV	50 - 300 kvar
11 kV	50 - 300 kvar

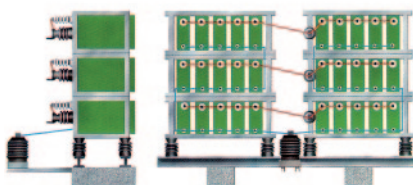


#### Kondensatoren 3~ 60 Hz in IP00 bzw. IP55

2.4 kV	50 - 800 kvar
3.45 kV	50 - 800 kvar
4.16 kV	50 - 800 kvar

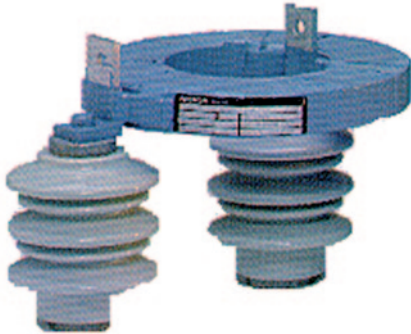
#### Kondensator-Bänke für 3 ..35 kV, > 1Mvar

Die Kondensatoren sind in einem Rahmen montiert und fertig verkabelt. Die Überwachung der in Doppelstern geschalteten Kondensatoren erfolgt z.B. mit einem Unsymmetrirelais. Für Innen- oder Außenaufstellung in IP00.





Einzelkomponenten  
Typenprogramm Drosseln



Einschaltdämpfungsdrossel

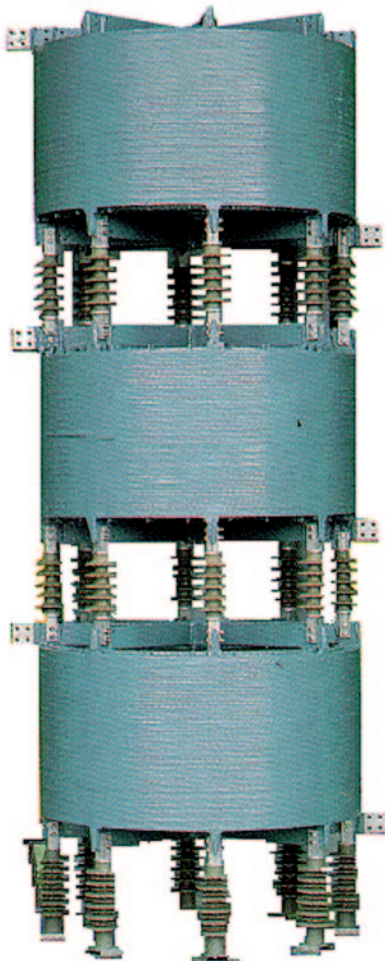
## Einschaltdämpfungsdrossel

Zur Reduzierung der Einschaltströme einer Kondensatorbank oder eines mit Schütz geschalteten, unverdrosselten Kondensators kann eine Dämpfungsdrossel vorgeschaltet werden.

Standards sind 100, 200, 500 oder 1000 mH sowie 65, 100, 160, 200 oder 250 A. Für Innen- oder Außenaufstellung, IP 00, < 12 kV als Eisendrossel.

## Filterkreisdrosseln mit Luftspulen oder Eisenkern. Für verdrosselte Anlagen oder Filterkreise

Die Drossel kann 2 Funktionen haben. Als 14%-Drossel verhindert sie im Frequenzbereich < 200Hz die Absaugung des Tonfrequenz-Sendesignals. Oder sie kann als 5,67%- oder 7%-Drossel Oberschwingungen reduzieren. Ganz gezielt als abgestimmter Filter eingesetzt ist eine weitere Variante. Im Außenbereich werden Luftspulen verwendet.



Luftspule für Außenaufstellung

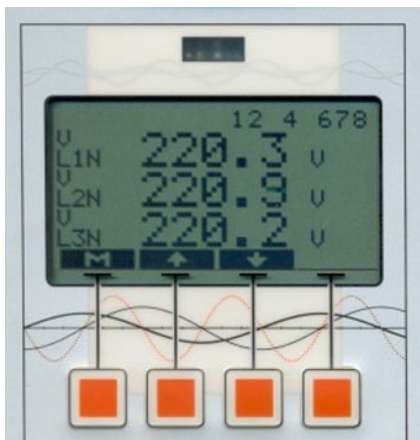


Im Innenbereich bis 12kV Spulen mit Eisenkern



## Einzelkomponenten

### Typenprogramm Unsymmetrie-Schutz & Wandler



#### Beispiel für ein Unsymmetrirelais

- Für Stromwandler: 1 bzw. 5A
- Hilfsspannung: 207- 253V AC  
80 – 132 V DC
- Verbrauch: 1 VA
- Relais für max. 250V / 5A AC, 30V / 3A DC  
2 Wechsler, 4 Schliesser, potentialfrei
- Messung: 0,02 – 1A bzw. 0,05 – 5A  
Wandlerfaktor 1 - 10000
- Betrieb: 0 ...+70 °C
- Option: RS 485 Modbus-Schnittstelle
- Abm.: 144x144x58 mm (BxHxT)
- Schutzart: Front IP 54, Rückseite IP 20

Ein **Kondensatorschutzrelais** wird verwendet, um Kondensatorbänke in Nieder- und Mittelspannungsnetzen zu überwachen. Steigt ein überwachter Wert in einem Maße an, dass Gefahr für den Kondensator besteht, muss dieser sofort vom Netz getrennt werden. Das Gerät besitzt eine große Flüssigkristall-Anzeige (LCD), welche ein leichtes Ablesen der Messwerte und Einstellungen ermöglicht. Eine Hintergrundbeleuchtung erlaubt die Benutzung auch unter schlechten Lichtverhältnissen. Die Steuerung erfolgt über vier Bedienelemente, welche eine einfache und intuitive Bedienung des Gerätes ermöglichen.

#### Wandler...

sie dienen der Erfassung der Ströme im Sternpunkt und werden als Zubehör angeboten – sie können aber auch an Kondensatorbänken direkt mit eingebaut werden.

# Mittelspannungskompensation

Blindleistungs-Regelheiten 4RH5

# 15

**modl**  
Intelligente System-Lösungen

Anwendungsbereich 62

Aufbau 62

Technische Daten 62

Typenprogramm Regelheiten 63

- Stromkosten sparen, Transformatoren und Anschlusskabel entlasten, Übertragungsverluste reduzieren durch den Einsatz von Blindleistungs-Regelheiten 4RH
- Teilweise Filterung von niederfrequenten Oberschwingungsströmen (bei verdrosselten Anlagen)
- Geregelt Zentralkompensation, anschlussfertig für Netze mit linearen oder nichtlinearen Lasten
  - unverdrosselt mit Einschalt-dämpfungs-drossel
  - verdrosselt mit 5,67%, 7% oder 14%-Drossel
- In metallgekapselter Ausführung nach EN-62271-200 für Innenraumaufstellung mit Störlichtbogen geprüfem Schaltschrank oder in offener Bauweise – auch für Außenaufstellung geeignet, mit Luftdrosselspulen
- Umfangreiches Typenspektrum, verschiedene Gehäusevarianten, natürliche Schrankklimatisierung bzw. fremdbelüftet
- Zwangsbelüftung bei verdrosselten Anlagen
- Lieferbar für weltweit verwendete Netz-nennspannungen, Schrankanlagen bis 12kV
- Leistungen von 50 bis 5000 kvar pro Einheit
- Ausbaubar je nach Stufenzahl mittels Grund- und Erweiterungseinheiten

## Blindleistungs-Regelheiten 4RH5

### Anwendungsbereich – Aufbau – Technische Daten

#### ■ Anwendungsbereich

Anlagen mit Schaltschrank können zur Einzelkompensation oder zum Aufbau von kompletten Regelanlagen verwendet werden.

Kondensatoren für Außenaufstellung werden in Gerüstbauweise montiert. In verdrosselter Ausführung werden dann Luftdrosselspulen verwendet. Je nach Oberschwingungsspannung und vorhandener Tonfrequenz kann die Anlage unverdrosselt oder verdrosselt ausgeführt werden. Beträgt der Anteil nichtlinearer Lasten > 15 %, so empfiehlt sich eine Verdrosselung der Anlagen.

#### ■ Aufbau

Schrankanlagen werden anschlussfertig in Störlichtbogen-geprüften Stahlblech-schränken mit Lüftungsöffnungen in Schutzart IP40 geliefert.

Sie können bei Bedarf zu einer Regelanlage kombiniert werden. Als Grundeinheit wird dazu eine Anlage mit Blindleistungsregler gewählt.

Die einzelnen Schaltschränke enthalten:

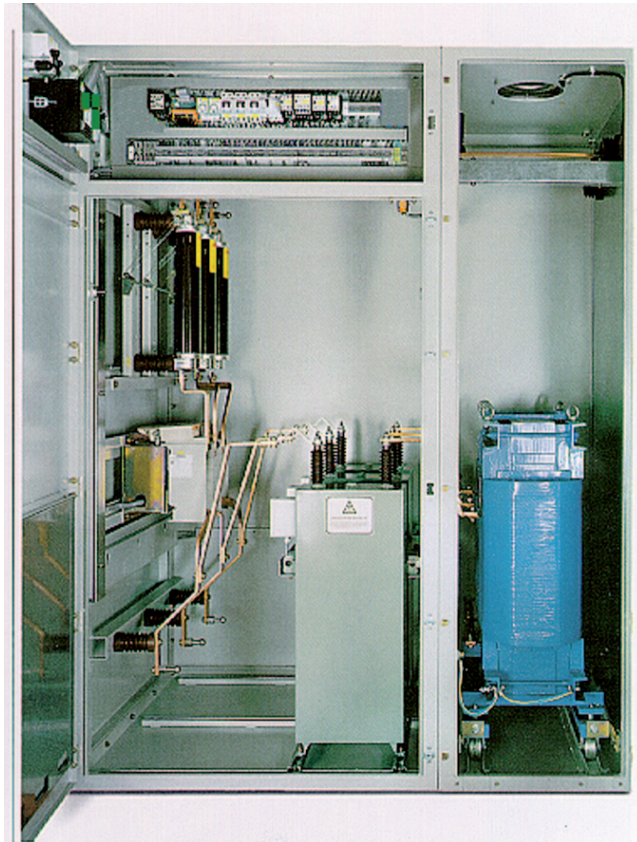
- Vakuumschütz
- HH-Sicherungen
- Leistungskondensatoren
- Filterkreisdrosseln (bei Bedarf)
- Einschalt-dämpfungs-drossel (bei Bedarf)
- Kugelanschlussbolzen zur Erdung
- Niederspannungsfach ggf. mit Regler
- Lüfter bei Bedarf
- Türkontakt zur Abschaltung

Freiluftanlagen bestehen nur aus den Einzelkomponenten Kondensatoren und ggf. Luftdrosselspulen.

Je nach Größe der Kondensatorbatterie kann noch eine Symmetrieüberwachung oder ein Sternpunktvergleichsschutz mit vorgesehen werden.

#### ■ Technische Daten

Bestimmungen	EN 62271-200 für Schrankanlagen
Strombelastbarkeit	$I_{\text{eff}} = 1,3 \times I_N$
Zulässige Spannungserhöhung über 12 h täglich	$U_N + 10 \%$
Verschaltung intern	Einphasig 1~ oder Dreiphasig 3~
Verlustleistung	
- Kond. an den Klemmen	< 0,015 % = 0,15 W/kvar
- Kond. im Dielektrikum	< 0,01 % = 0,1 W/kvar
- Filterkreisdrossel	zwischen 1,5 und 4W/kvar
Umgebungstemperatur	
- Innenraum	-25 bis +35 °C,
- Außenaufstellung	-25 bis +55 °C,
nach Temperaturklasse D	Mittelwert über 24 h, max. +45 °C Mittelwert über 1 Jahr, max. +35 °C
Innenraum Feuchteklasse	F
Außen-Aufstellung	IP00-Ausführung
Schaltschrank	IP40
Aufstellungshöhe	über 1000 m über NN auf Anfrage
Statistische Lebensdauer	Bis zu ca. 20 Jahren je nach Betriebsbedingungen
Entladewiderstände	intern
Wickelsicherungen	intern
Überdruckwächter	Zubehör
Unsymmetrieschutz	
Blindleistungsregler	für Wandler ../1A oder ../5A Steuerspannung Versorgungsspannung 110V -oder 230V~ Messspannung 50-530V



**Grafik 5** Schrankansicht

Schrankanlagen zur Festkompensation oder als Grundeinheit und Erweiterungseinheit für Regelanlagen.

- verdrosselt 5,67%, 7% oder 14%
- unverdrosselt mit/ohne Einschaltdämpfungsdrossel

3	kV	50 - 800 kvar
3.3	kV	50 - 1100 kvar
5	kV	50 - 1600 kvar
5.5	kV	50 - 1800 kvar
6	kV	50 - 2000 kvar
6.3	kV	50 - 2100 kvar
6.6	kV	50 - 2200 kvar
10.5	kV	50 - 3500 kvar
11	kV	50 - 3500 kvar

### Blindleistungs-Regelanlagen (bis 12 kV)

- Schutzart IP40 (IP42)
- mit Einschaltdämpfungsdrosseln oder
- mit Filterkreisdrosseln 5,67% oder 7%
- 250 bis 2000 kvar je Schaltschrank

### Mechanischer Aufbau

- Störlichtbogen-geprüfter Schaltschrank
- Klappen für die Störlichtbogen-Druckbelastung im Dachblech
- Lüftungsschlitze in der Tür und im Dach
- verdrosselte Anlagen haben einen Dachlüfter
- Tür-Linksanschlag
- Anschlussstellen zur Erdung

### Elektrischer Aufbau

- Anschlusspunkt für eine Kabeleinspeisung von unten
- Kupfer-Sammelschiene, wenn die Anlage als Regelanlage aufgebaut wird
- Regelanlagen bestehen aus einer Grundeinheit mit Regler, Erweiterungseinheiten und einem Endfeld
- Hochspannungssicherungen
- Leistungskondensatoren mit Druckwächter
- Blindleistungsregler
- Siemens Vakuum-Schütz
- Überspannungsableiter können eingebaut werden, wenn die Anlage zur Motor-Festkompensation verwendet wird
- Einschaltdämpfungsdrosseln bei unverdrosselten Anlagen
- Filterkreisdrosseln auf Schwingmetallen montiert
- Überwachungseinrichtungen Thermostate und Temperaturschalter
- Türkontakt für Sicherheitsabschaltung

### Betriebsarten

Die Steuerung der Anlage erfolgt über den integrierten Blindleistungsregler im Hand oder Automatikbetrieb. Der Regler schaltet automatisch die benötigte Kondensatorleistung zu.

### Ausführung als schaltbare Festkompensation:

Diese Ausführung unterscheidet sich zur geregelten Anlage dadurch, dass der Blindleistungsregler durch ein Zeitrelais ersetzt wird und die Ansteuerung von Extern erfolgt. Das Zeitrelais stellt die ausreichende Entladung vor erneutem Zuschalten sicher.