Mitteilungen SEV

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **56 (1965)**

Heft 1

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Fortsetzung von Seite 22

Suite de la page 22

Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV

Die Prüfzeichen und Prüfberichte sind folgendermassen gegliedert:
1. Sicherheitszeichen; 2. Qualitätszeichen; 3. Prüfzeichen für Glühlampen; 4. Prüfberichte

2. Qualitätszeichen

ASEV } für besondere Fälle

Kleintransformatoren

Ab 1. Oktober 1964.

F. Knobel & Co., Ennenda (GL).

Fabrikmarke: KNOBEL FK ENNENDA

Hochspannungs-Kleintransformatoren.
Verwendung: ortsfest, in feuchten Räumen.
Ausführung: Einphasen-Transformatoren Klasse Ha, für Einbau in Leuchtröhrenanlagen. Regulierung der Sekundärspannung durch verstellbaren Streukern und 4 Anzapfungen primärseitig. Primärklemmen mit Sockel aus schwarzem Isolierpreßstoff.
Ausführung sekundärseitig:
1... 3 kV: Wicklung unvergossen, Klemme mit Sockel aus keramischem Material.
4...10 kV: Wicklung in Giessharz, Schraubenbolzen 5 mm.
Primärspannung: 220 V.
Sekundärspannung: 1 bis 10 kV, Typenreihe NR.
Sekundärstrom: 25 - 50 - 100 - 250 mA.
Leistung: 19...1750 VA.

Philips AG, Zürich.

Fabrikmarke: PHILIPS

Vorschaltgeräte für Fluoreszenzlampen.
Verwendung: ortsfest, in trockenen Räumen.
Ausführung: Induktives Vorschaltgerät für eine 13 W- oder zwei 6 W- oder zwei 8 W-Glühstart-Fluoreszenzlampen mit vorgeheizten warmen Elektroden für Verwendung mit separaten Startern. Einteilige asymmetrische Wicklung aus lackisoliertem Draht in Gehäuse aus Eisenblech eingebaut und mit Kunstharzmasse (Polyester) vergossen. Klemmen in Isolierpreßstoff an einer Stirnseite. Vorschaltgerät für Einbau in Leuchten. Grösste Abmessungen: 38 × 47 × 88 mm.
Typ: 58452 AH/04.
Lampenleistung: 1 × 13 oder 2 × 6 oder 2 × 8 W.
Spannung: 220 V, 50 Hz.

Ab 15. Oktober 1964.

Kuchler & Co., Locarno (TI).

Fabrikmarke: TRIX EXPRESS.

Spielzeugtransformator.
Verwendung: ortsveränderlich, in trockenen Räumen.
Ausführung: nicht kurzschlußsicherer Einphasentransformator, Klasse 2b, mit Trockengleichrichter und Maximalstromschalter. Gehäuse aus Kunststoff. Typ 5596.
Leistung: 26 VA.
Spannung: primär 220 V.
sekundär max. 16 V.

F. Knobel & Co., Elektro-Apparatebau, Ennenda (GL).

Fabrikmarke: KNOBEL FK ENNENDA

Hochspannungs-Kleintransformatoren.
Verwendung: ortsfest, in trockenen Räumen.
Ausführung: kurzschlußsicherer Einphasen-Transformator, Klasse Ha, in Blechgehäuse mit Masse vergossen. Mittelpunkt der Hochspannungswicklung mit dem Eisenkern verbunden. Fester Primär- und Sekundäranschluss. Zuleitung Gummiaderschnur 2 P+E. Kondensator 0,035 μF zur Radioentstörung eingebaut.
Primärspannung: 220 V.
Sekundärspannung: 14 kV (Scheitelwert).
Leistung: 135 VA.

O. Dür-Buck, Zürich.

Fabrikmarke: O. Dür Zürich 8046.

Hochspannungs-Kleintransformatoren.
Verwendung: ortsfest, in trockenen Räumen.
Ausführung: kurzschlußsichere Einphasen-Transformatoren, Klasse Ha, in Blechgehäuse, mit Masse vergossen. Mittelpunkt der Hochspannungswicklung mit dem Eisenkern verbunden. Sekundäranschluss steckbar, Stiftdurchmesser 8 mm. Zuleitung Gummiaderschnur 2 P+E durch Gummitülle auf Schraubenklemmen geführt. Kondensator 0,1+2×0,0025 μF ⓑ zur Radioentstörung eingebaut.
Primärspannung: 220 V.
Sekundärspannung: 18...20 kV (Scheitelwert).
Leistung: 170...200 VA.

Isolierte Leiter — ASEV

Ab 1. Oktober 1964.

Friedrich von Känel, Bern.

Vertretung der Kabelwerk Wagner Vertriebs-GmbH, Wuppertal-Nächstebreck (Deutschland).

Firmenkennfaden: blau—grün—orange bedruckt auf weissem Grund.

1. Leichte Doppelschlauchschnur Typ Cu-Tdlr, flexible Zwei- und Dreileiter, 0,75 mm² Kupferquerschnitt. Aderisolation und Schutzschlauch auf PVC-Basis.
2. Doppelschlauchschnur flach, Typ Cu-Tdf, flexible Zwei- und Dreileiter, 0,75 mm² Kupferquerschnitt. Aderisolation und Schutzschlauch auf PVC-Basis (Sonderausführung).
3. Leichte Doppelschlauchschnur flach, Typ Cu-Tdlf, flexible Zwei- und Dreileiter, 0,75 mm² Kupferquerschnitt. Aderisolation und Schutzschlauch auf PVC-Basis (Sonderausführung).

Kondensatoren

Ab 1. September 1964.

Walter Blum, Zürich.

Vertretung der Firma Ernst Roedenstein, Spezialfabrik für Kondensatoren GmbH, Landshut/Bayern (Deutschland).

Fabrikmarke: ERO

Berührungsschutz-Kondensatoren ERO, —25°/+85 °C, 500, 1000, 2500, 3300 pF ⓑ, 400 V~, 5000 pF ⓑ, 250 V~, 2×500 2×1000 pF ⓑ, 400 V~, 2×2500 pF ⓑ, 250 V~.

Entstör-Kondensator ERO Fn 310 B 0,01 μF ⓒ, 250 V~, —25° / +85 °C, f_0 = 5 MHz

Papier-Folien-Wickel in zylindrischem Preßstoffbecher mit Giessharzverschluss. Stirnseitig bzw. isolierte Anschlussdrähte oder Litzen herausgeführt.
Verwendung: Einbau in Apparate für trockene Räume.

Ab 1. Oktober 1964.

Standard Telephon & Radio AG, Zürich.

Fabrikmarke: I T T.

MP-Kondensatoren, ITT Z 6530, 500 V~, — 25 ... + 70 °C.
Kapazitätswerte: 0,22, 0,47, 1, 2,2 μF.

Metallpapier-Kondensatoren in rundem Leichtmetallbecher mit angezogenem Befestigungsbolzen. Anschlusslötfahnen in Giessharzverschluss eingegossen.
Verwendung: Einbau in Apparate für feuchte Räume.

Ab 1. November 1964.

CONTAC Ingenieurbüro Walter Dätwyler, Zürich.
Vertretung der Firma FRAKO Kondensatoren- und Apparatebau GmbH, Teningen/Baden (Deutschland).

Fabrikmarke: FRAKO

Motor-Kondensator FRAKO. M 380/2 RL 11, 2 µF, 380 V~, — 10 °C bis + 70 °C, JSF Cp A 40, Stossdurchschlagspannung min. 4,53 kV.
Papier-Folien-Wickel in rundem Lichtmetallbecher. Anschlusslötfahnen in Giessharzverschluss eingegossen.
Verwendung: Einbau in Apparate für trockene Räume.

---

4. Prüfberichte

Gültig bis Ende Juli 1967.

P. Nr. 5678.

Gegenstand: **Ölpumpstuhl**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41747 vom 30. Juni 1964.
Auftraggeber: Hans Schwarzkopf AG, Steinentorstrasse 19, Basel.

Aufschriften:

Nr. 65102 Type 6101
V 220~ Per/s 50
W 350 A 1,6

33'364

Beschreibung:
Hydraulisch betätigter Stuhl gemäss Abbildung. Ölpumpe, angetrieben durch isoliert montierten Einphasen-Kurzschlussankermotor mit Hilfswicklung und Betriebskondensator. Zwei eingebaute Fußschalter für Heben und Senken des Stuhls. Gußsockel mit Kunststoffhaube. Zuleitung Doppelschlauchschnur mit Stecker 2 P+E. Bei der Einführung in den Stuhl ist die Zuleitung durch eine Kunststoffleiste gegen mechanische Beschädigung geschützt.
Der Ölpumpenstuhl hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

Gültig bis Ende August 1967.

P. Nr. 5679.

Gegenstand: **Magnetventile**

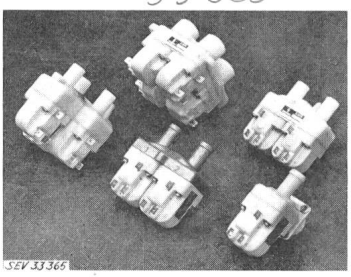
SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41535a vom 14. August 1964.
Auftraggeber: Siemens Elektrizitätserzeugnisse AG, Löwenstrasse 35, Zürich.

Aufschriften:

SIEMENS
5 W 50 Hz 50 °C
100% ED NW 13 ND 10
Typ: K 3675 380 V
(Einweg-Magnetventil)
Typ: K 3676 220 V und 380 V
(Zweiweg-Magnetventil)
Typ: K 3677
(Dreiweg-Magnetventil)
Typ: K 3678
(Vierweg-Magnetventil)

Beschreibung:
Magnetventile gemäss Abbildung, für Einbau in Waschmaschinen und dergleichen. Magnetspule mit beweglichem Kern, welcher eine Membrane betätigt; in Isolierpreßstoffgehäuse mit Anschluss-

33'365



laschen AMP. Ventil öffnet beim Einschalten. Armatur für Wasseranschlüsse aus Kunststoff; bei Typ K 3676, 220 V aus Messingguss.
Die Magnetventile haben die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in feuchten Räumen.

Gültig bis Ende August 1967.

P. Nr. 5680.

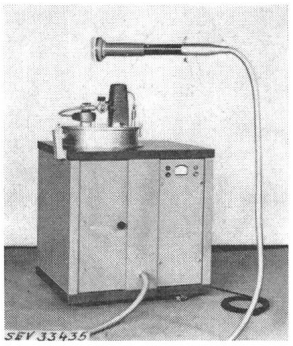
Gegenstand: **Elektrostatisches Handspritzgerät**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41 794 vom 26. August 1964.
Auftraggeber: GEMA AG, St. Gallen-Winkel.

Aufschriften:

Elektrostatisches Handspritzgerät GEMA
System Oesterle
Type ESCOO — S 14 — 4 Nr. 20
Eingang 220 V 0,4 A 50 Hz
Ausgang 90 kV 0,2 mA =
— Hochspannungsgenerator GEMA
Type 650044 Nr. 60303
Primärer Druck 5 Atü max.
Übersetzung 1 : 28
GEMA AG, Apparatebau, St. Gallen, Schweiz

33'435



Beschreibung:
Das Gerät ermöglicht die Beschichtung von geerdeten, metallischen Objekten, auf elektrostatischem Wege, mit flüssigem Beschichtungsmaterial. (Lackierung von Blechen etc.). Das Gerät arbeitet mit 90 000 V Gleichspannung; es ist fahrbar.
Abmessungen 66 × 76 × 80 cm³
Gewicht ohne Farbstoff 143 kg
Das Gerät hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in trockenen Räumen.

Gültig bis Ende August 1967.

P. Nr. 5681.

Gegenstand: **Lichtketten**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41 501 vom 27. August 1964.
Auftraggeber: Novelty-Center, Jules Goldschmid & Sohn, Badenerstrasse 333, Zürich.

Aufschriften:

display-center Zürich
display miniature lites
geprüft
SEV
approuvé

Typ 10	220 Volt	19 Watt	(10 Lämpchen)
Typ 20	220 Volt	24 Watt	(20 Lämpchen)
Typ 35	220 Volt	52 Watt	(35 Lämpchen)
Typ 70	220 Volt	49 Watt	(70 Lämpchen)

Beschreibung:

Lichtketten zum Anschluss an 220 Volt. Lampenfassungen E 5 aus plastischem Isoliermaterial. Die Fassungen sind durch einen Leiter von 0,5 mm² Querschnitt mit Thermoplastisolation miteinander in Serie verbunden. Zweipoliger Stecker Typ 1.

Die Lichtketten haben die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in trockenen Räumen.

Gültig bis Ende September 1967.

P. Nr. 5682.

Gegenstand: **Dampfkochtopf**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41 742 vom 28. September 1964.

Auftraggeber: Gröninger AG, Binningen-Basel.

—

Aufschriften:

PLUSVIT

Beschreibung:

33'437

Dampfkochtopf aus Leichtmetall, gemäss Abbildung. Deckel mit Gummidichtung. Überdruckventil mit Feder, Druckanzeiger und zweites Sicherheitsventil mit Feder im Deckel eingesetzt. Handgriffe aus Isolierpreßstoff.

Abmessungen: Durchmesser des ebenen Bodens 202 mm. Innendurchmesser 220 mm, Höhe ohne Deckel 168 mm, Bodenstärke 11 mm, Wandstärke 1,5 mm, Inhalt bis 20 mm unter Rand 5,1 l, Gewicht mit Deckel 2,5 kg.

Die thermischen Eigenschaften des Dampfkochtopfs sind gut und der Boden hat bei der Formbeständigkeitsprüfung nur eine geringe Deformation erlitten. Solche Dampfkochtöpfe sind somit für Verwendung auf elektrischen Herden geeignet.

Gültig bis Ende September 1967.

P. Nr. 5683.

Gegenstand: **Kasserolle**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41 726 vom 28. September 1964.

Auftraggeber: Bertschinger & Co. AG, Lenzburg.

—

Aufschriften:

PRINZ
Isotherm 18/8

Beschreibung:

Kasserolle aus Chromnickelstahl mit Deckel, gemäss Abbildung. Verstärkter Boden mit Zwischenlage aus Kupfer. Stiel aus Isolierpreßstoff.

Abmessungen: Durchmesser des ebenen Bodens 178 mm, Innendurchmesser 200 mm, Höhe ohne Deckel 98 mm, Bodenstärke 3 mm, Wandstärke 1 mm. Inhalt bis 20 mm unter Rand 3,5 l, Gewicht ohne Deckel 1,22 kg.

Die thermischen Eigenschaften der Kasserolle sind gut. Der Boden hat bei der Formbeständigkeitsprüfung keine Deformation

33'438

erlitten. Solche Kasserollen sind daher für Verwendung auf elektrischen Herden geeignet.

Gültig bis Ende Oktober 1967.

P. Nr. 5684.

Gegenstand: **Heizapparat**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 41 988 a vom 28. Oktober 1964.

Auftraggeber: Protherm AG., Kernstrasse 57, Zürich.

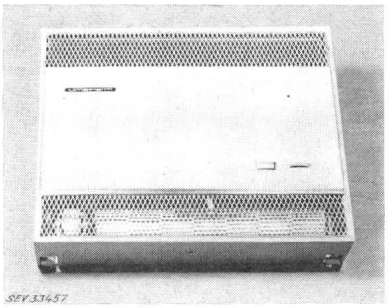
—

Aufschriften:

ULMATHERM
Eugen Laible KG. Ulm (Donau)
Typ Ulma - Therm - g Fabr. Nr. 1731
Wärmeleistung max. 2700 kcal/h
Luftleistung max. 300 m³/h
Elektroanschluss 220 V 50 Hz
Anschlusswert 45 Watt

Beschreibung:

Heizapparat gemäss Abbildung, für Wandmontage. Der Apparat wird anstelle von Zentralheizungsradiatoren angebracht. Wärmeaustauscher mit Rippen oben befestigt. Gebläse, angetrieben durch Spaltpolmotor, unterhalb des Wärmeaustauschers angebracht. Von



aussen verstellbarer Temperaturregler mit Ausschaltstellung und Schalter für den Betrieb mit zwei Motorgeschwindigkeiten vorhanden. Gehäuse aus Blech. Klemmen 2 P + E für die Zuleitung. Der Heizapparat hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in trockenen Räumen.

Herausgeber

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.
Telephon (051) 34 12 12.

Redaktion:

Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.
Telephon (051) 34 12 12.

«Seiten des VSE»: Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, 8001 Zürich.
Telephon (051) 27 51 91.

Redaktoren:

Chefredaktor: **H. Marti,** Ingenieur, Sekretär des SEV.
Redaktor: **E. Schiessl,** Ingenieur des Sekretariates.

Inseratenannahme:

Administration des Bulletins SEV, Postfach 229, 8021 Zürich.
Telephon (051) 23 77 44.

Erscheinungsweise:

14täglich in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe.
Am Anfang des Jahres wird ein Jahresheft herausgegeben.

Bezugsbedingungen:

Für jedes Mitglied des SEV 1 Ex. gratis. Abonnemente im Inland: pro Jahr Fr. 73.—, im Ausland pro Jahr Fr. 85.—. Einzelnummern im Inland: Fr. 5.—, im Ausland: Fr. 6.—.

Nachdruck:

Nur mit Zustimmung der Redaktion.

Nicht verlangte Manuskripte werden nicht zurückgesandt.

Leitsätze für die Anwendung von grossen Shunt-Kondensatoren für die Verbesserung der Blindleistungs- und Spannungsverhältnisse von Niederspannungs- und Hochspannungs-Verteilnetzen (Anwendungsleitsätze für grosse Shunt-Kondensatoren)

Der Vorstand des SEV veröffentlicht im folgenden den Entwurf der 2. Auflage der Leitsätze für die Anwendung von grossen Shunt-Kondensatoren für die Verbesserung der Blindleistungs- und Spannungsverhältnisse von Niederspannungs- und Hochspannungs-Verteilnetzen. Der Entwurf wurde vom FK 33, Kondensatoren, des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees (CES) ausgearbeitet und vom CES genehmigt.

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, den Entwurf zu prüfen und eventuelle Bemerkungen dazu bis *spätestens 30. Januar 1965, in doppelter Ausführung,* dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich, zu unterbreiten. Sollten keine Bemerkungen eingehen, so würde der Vorstand annehmen, die Mitgleder seien mit dem Entwurf einverstanden. Er würde dann auf Grund der ihm von der 65. Generalversammlung (1950) erteilten Vollmacht über die Inkraftsetzung beschliessen.

Entwurf

Leitsätze für die Anwendung von grossen Shunt-Kondensatoren für die Verbesserung der Blindleistungs- und Spannungsverhältnisse von Niederspannungs- und Hochspannungs-Verteilnetzen (Anwendungsleitsätze für grosse Shunt-Kondensatoren)

1 Geltungsbereich

Die vorliegenden Leitsätze gelten für die Anwendung von grossen Kondensatoren zur Verbesserung der Blindleistungs- und Spannungsverhältnisse von Niederspannungs- und Hochspannungsverteilnetzen. Sie gelten nur für Shunt-Kondensatoren.

Es wird vorausgesetzt, dass die Kondensatoren der Publ. Nr. 3011 des SEV, Regeln für grosse Kondensatoren, entsprechen und dass in Verteilnetzen mit Netzkommandoanlagen die eventuell notwendige Sperrung der Kondensatoren gemäss der Publ. 4007 des SEV, Leitsätze für Kondensatorsperren, erfolgt.

Für die Blindstromkompensation von Gasentladungslampen sind auch die «Leitsätze für Leistungsfaktor und Tonfrequenz-Impedanz bei Entladungslampen», Publ. 0199 des SEV zu beachten.

Wenn die vorliegenden Leitsätze in besonderen Fällen für den Entwurf einer Anlage nicht ausreichen sollten, jedenfalls aber wenn es sich um eine Anlage mit Hochspannungskondensatoren handelt, ist das Projekt einer solchen Anlage vor seiner Ausführung mit dem Energielieferanten zu bereinigen.

2 Begriffsbestimmungen

2.1
Die *Blindleistung* ist das Produkt aus Spannung und Blindstrom. Die Blindleistung wird von der induktiven Impedanz (z. B. Spule, Wicklung, Asynchronmotor, untererregter Generator) bezogen und von einer kapazitiven Impedanz (z. B. Kapazität, Kondensator, übererregter Generator) abgegeben.

2.2
Die *Ladeleistung* ist eine Blindleistung, die durch eine unbelastete, unter Wechselspannung stehende Leitung infolge ihres kapazitiven Charakters erzeugt wird.

2.3
Die *Nennspannung* ist die Spannung, für die das Dielektrikum eines Kondensators bemessen und nach welcher der Kondensator benannt ist.

2.4
Die *höchste Betriebsspannung* ist der grösste Wert der Spannung, die im normalen Betrieb an den Klemmen eines Kondensators erscheint.

2.5
Die *genormte höchste Betriebsspannung* ist der genormte Wert der höchsten Spannung eines Netzes, die für die Isolation gegen Erde der an dieses Netz angeschlossenen Kondensatoren massgebend ist.

2.6
Der *Verbraucher* ist ein Apparat, der im normalen Betrieb Wirk- und/oder Blindleistung verbraucht.

3 Allgemeines

Die Lebensdauer von Kondensatoren moderner Konstruktion unterscheidet sich unter normalen Betriebsbedingungen nicht von derjenigen anderer elektrischer Maschinen und Apparate. Im Gegensatz zu ihnen liefern jedoch die Kondensatoren etwa ihre Nennleistung, sobald sie an die Netzspannung angeschlossen sind. Es ist daher beim Betrieb der Kondensatoren empfehlenswert, die Spannung, den Strom und die Temperatur zu überwachen.

4 Blindleistungsbedarf

Die meisten der an Verteilnetze angeschlossenen Maschinen und Apparate — wie Asynchronmotoren, Transformatoren, Drosselspulen und Gleichrichter sowie bei Belastung die Verteilnetze selber — benötigen für ihren Betrieb Blindleistung. Diese stellt für Kraftwerk und Netz eine zusätzliche Belastung dar, indem sie die durch die Wirkleistung bedingten Verluste und die Spannungsabfälle vergrössert. Die Verluste und die Spannungsabfälle summieren sich auf dem Wege des Energieflusses vom Kraftwerk bis zum Verbraucher.

Den grössten Anteil an Blindleistung im Verhältnis zur Wirkleistung benötigen Motoren ohne eigene Erregung. Dieser Anteil ergibt sich aus den Angaben der Lieferanten solcher Motoren.

Tabelle I enthält als Beispiel den mittleren Blindleistungsbedarf von Kurzschlussankermotoren im Leerlauf und bei Vollast.

Transformatoren beziehen bei Leerlauf aus dem Netz eine geringe Blindleistung, die je nach Blechsorte 1...3 % der Nennleistung betragen kann. Bei Vollast beziehen Transformatoren je nach der Kurzschlußspannung eine zusätzliche Blindleistung von 3...12 % der Nennleistung.

Freileitungen, die unter Spannung stehen, erzeugen Blindleistung, die sog. Ladeleistung. Diese fällt im Leerlauf in vollem Umfang an. Bei Belastung dagegen benötigen Freileitungen Blindleistung, die bei natürlicher Leistung die Ladeleistung aufhebt und bei noch höherer Belastung die Ladeleistung übertrifft.

Mittlerer Blindleistungsbedarf von Kurzschlussankermotoren

Tabelle 1

Drehzahl	Nennleistung	Bedarf an Blindleistung			
		im Leerlauf		bei Vollast	
U./min	kW	kVar	kVar/kW %	kVar	kVar/kW %
1	2	3	4	5	6
3000	0,75	0,52	70	0,67	89
	3	1,61	54	2,03	68
	11	4,63	42	6,44	58
	22	8,20	37	11,53	52
1500	0,75	0,74	99	0,85	113
	3	2,13	71	2,51	84
	11	6,28	57	7,81	71
	22	10,55	48	13,70	62
1000	0,75	0,91	121	1,03	137
	3	2,61	87	3,03	101
	11	7,37	67	8,82	80
	22	12,36	56	15,20	69
750	0,75	1,11	148	1,22	163
	3	3,13	104	3,47	116
	11	8,46	77	9,86	90
	22	14,46	66	17,42	79

In Netzen bis etwa 52 kV, bzw. 72,5 kV ist je nach den Netzverhältnissen die Ladeleistung unbedeutend. In Netzen mit höheren Spannungen kann die Ladeleistung, besonders bei langen Leitungen, ganz erheblich sein.

Bei schwacher Netz-Belastung, z. B. in der Nacht oder am Wochenende, kann die Ladeleistung namentlich in Höchstspannungsnetzen so stark überwiegen, dass es notwendig wird, im Betrieb befindliche Kondensatoren abzuschalten und/oder Drosselspulen in Betrieb zu nehmen.

Der Blindleistungsbedarf der Freileitungen ist bei Belastung vom Quadrat des Stromes pro Phase abhängig. Er steigt ausserdem beim Vollaststrom etwa quadratisch mit der Spannung des Netzes an. Diese Erscheinung hängt damit zusammen, dass der Vollaststrom pro Phase mit der Spannung des Netzes wegen der für die einzelnen Spannungsstufen normalerweise verwendeten Leiterquerschnitte etwa linear zunimmt, während die Reaktanz nur um etwa ± 15 % von einem Mittelwert abweicht.

Apparate ohne nennenswerten eigenen Blindleistungsbedarf sind z. B. Kochherde und Heizkessel. Obwohl solche Apparate praktisch nur Wirkleistung beziehen, verursachen sie Blindleistungsverluste in den Induktivitäten der vorgeschalteten Freileitungen und Transformatoren.

5 Blindleistungserzeugung

Zur Erzeugung von Blindleistung eignen sich Kondensatoren. Sie vermindern bis zu ihrem Anschlussort die durch die Kraftwerke zu erzeugende und durch die Übertragungsorgane zu übertragende Blindleistung. Dabei bewirken sie eine Abnahme der Übertragungsverluste und im besonderen der Spannungsabfälle. Infolgedessen kann man bei gleicher Wirkleistung die Nennleistung von Generatoren, Transformatoren und Leitungen sowie den Regulierbereich von Stufentransformatoren kleiner wählen. Bei unveränderten Nennleistungen und Regulierbereichen können dagegen grössere Wirkleistungen übertragen werden. Bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung können daher die Einsparungen an Übertragungsverlusten und an Nennleistung der beteiligten Anlageteile zu Gunsten der Kondensatoren eingesetzt werden. Der Anschluss von Kondensatoren beim Verbraucher, vor allem beim Niederspannungsverbraucher, ist aus diesen Gründen in der Regel besonders wirtschaftlich.

Infolge eines verbleibenden Restes unkompensierter Blindleistung bei den Niederspannungsverbrauchern und zur Kompensation des Blindleistungsbedarfes bei der Übertragung sowie aus Gründen der Spannungshaltung kann es zweckmässig sein, auch in den Hochspannungsanlagen Kondensatoren anzuschliessen.

6 Blindleistungskompensation

6.1 Allgemeines

In der Regel sollen Kondensatoren mit der zugehörigen Wirklast ein- und ausgeschaltet werden. Diese Regel gilt ohne Einschränkung für Verbraucher, welche nur während der Hauptbelastungszeit des Netzes im Betrieb sind.

Als Einschränkung gilt, dass in der Regel grössere Kondensatoren während ausgesprochener Schwachlastzeiten des Netzes ausgeschaltet sein sollten, selbst wenn die zugehörige Wirklast eingeschaltet ist.

In besonderen Fällen kann im Einvernehmen mit dem Energielieferanten von dieser Massnahme abgesehen werden, wenn der Energielieferant durch andere Massnahmen, wie z. B. durch den Anschluss von Drosselspulen für den Ausgleich sorgt.

6.2 Arten der Blindleistungskompensation

Es gibt je nach den vorliegenden Verhältnissen und gemäss den nachstehenden Erläuterungen vier verschiedene Arten der Blindleistungskompensation:

a) Einzelkompensation
b) Gruppenkompensation
c) Zentralkompensation
d) Kombinierte Kompensation

6.2.1 *Kompensation in Niederspannungsanlagen*

Die Blindleistungskompensation ist bei den Niederspannungsverbrauchern am wirksamsten, weil dadurch im gesamten Verteilnetz die Scheinleistungen, die Übertragungsverluste und die Spannungsabfälle vermindert werden.

6.2.1.1 Einzelkompensation

Bei der Einzelkompensation wird meistens jeder bedeutende Verbraucher an seinen Klemmen direkt mit einem entsprechend bemessenen Kondensator verbunden. Mit der Betätigung des zugehörigen Schalters wird dann zwangsläufig auch der Kondensator ein- und ausgeschaltet.

Einzelkompensation ist vor allem da zu empfehlen, wo ein grosser Verbraucher vorhanden oder neu zu installieren ist, der während des grössten Teiles der Arbeitszeit vom Netz her unter Spannung steht. Dies ist im besonderen der Fall bei Transmissionsmotoren, Motoren für Pumpen, Kompressoren oder Ventilatoren.

a) *Vorteile.* Die Blindleistung für die Kompensation wird unmittelbar am Verbrauchsort erzeugt. Dies ergibt für die Zuleitung auf ihrer ganzen Länge eine entsprechende Entlastung von Blindstrom. Die Einzelkompensation ergibt daher die weitestgehende Verminderung der Scheinleistungen, der Übertragungsverluste und der Spannungsabfälle.

Die Anschaffung eines besonderen Kondensatorschalters nebst Sicherungen und Entladevorrichtungen wird in der Regel vermieden.

b) *Nachteile.* Bei Verbrauchern, welche verhältnismässig selten eingeschaltet werden, ergibt die Einzelkompensation eine entsprechend niedrige Ausnützung der Kondensatorleistung.

Bei kleinen Verbrauchern ist die Einzelkompensation relativ teuer, da mehrere kleine Kondensatoren zusammen teurer sind als ein Kondensator mit der gleichen Gesamtleistung.

Bei grösseren Verbrauchern sind Kondensatoren über eigene Schalter anzuschliessen, falls die Verbraucher bei Schwachlast des Netzes ohne Kondensator eingeschaltet sein müssen.

In Netzen mit Netzkommandoanlagen muss bei Einzelkompensation gegebenenfalls eine grössere Anzahl von Kondensatoren mit entsprechenden Tonfrequenzsperren ausgerüstet werden, welche zusammen u. U. teurer sind als einige Tonfrequenzsperren bei Gruppenkompensation oder eine einzige bei Zentralkompensation.

6.2.1.2 Gruppenkompensation

Bei der Gruppenkompensation wird für eine Anzahl Verbraucher gemeinsam ein Kondensator installiert, welcher im allgemeinen mit einem besondern Schalter an Spannung gelegt wird.

In grossen Anlagen kompensiert ein Kondensator die Summe der Blindleistungsverbraucher eines Gebietes oder einer Betriebsabteilung, so dass die Einschaltung des Kondensators auf einfache Weise mit der Arbeitszeit der betreffenden Verbraucher in Übereinstimmung gebracht werden kann. Die Gruppenkompensation ist vor allem für Anlagen zu empfehlen, in denen eine Gruppe von Verbrauchern jeweils gleichzeitig in Betrieb ist und deshalb mit einem gemeinsamen Schalter gesteuert werden kann.

a) *Vorteile.* Bei der Gruppenkompensation wirkt sich als Vorteil aus, dass die Investitionskosten durch die Verwendung einer kleineren Anzahl grösserer Kondensatoren, welche insgesamt für die Summe der Blindleistungsverbraucher bemessen sind, gesenkt werden können. Dabei kann die wirklich auftretende Summe der Blindleistung aller Verbraucher durch Messung zuverlässig ermittelt und für die Bemessung der Kondensatorleistung zu Grunde gelegt werden.

Die Übertragungsorgane vom Kraftwerk bis zur Gruppenverteilung werden entlastet.

Da bei Gruppenkompensation die Kondensatoren ohnehin mit eigenen Schaltern angeschlossen werden, lassen sich die Kondensatoren bei Schwachlast des Netzes leicht abschalten, selbst wenn die zugehörigen Verbraucher eingeschaltet bleiben.

b) *Nachteil.* Die Leitungen zu den einzelnen Verbrauchern werden nicht entlastet. Es müssen im allgemeinen besondere Sicherungen, Schalter und Entladewiderstände beschafft und die Sicherungen zudem überwacht werden.

6.2.1.3 Zentralkompensation

Bei der Zentralkompensation wird die Erzeugung der Blindleistung an einer einzigen Stelle eines grösseren Belastungskomplexes zusammengefasst. Dabei ist es nicht nötig, die Kondensatoranlage unmittelbar bei der Messeinrichtung anzuschliessen. Es empfiehlt sich im Gegenteil, die Kondensatoranlage an geeigneter Stelle des Komplexes zu installieren, womit immerhin ein Teil der sekundären Hauptleitung entlastet werden kann. Als Einbaustelle eignet sich ein mit Rücksicht auf die Gesamtdisposition der Anlage günstig gelegenes Lokal, das gross genug und ausreichend gelüftet ist.

In Anlagen mit ausschliesslich kleinen Verbrauchern ist es im allgemeinen angezeigt, die Zentralkompensation mit automatischer Regulierung zu wählen, wobei die vom Netz her bezogene Blindleistung auf einen Mindestwert begrenzt werden kann. In einfacheren Fällen genügt die Einschaltung der ganzen Kondensatorleistung bei Arbeitsbeginn und deren Ausschaltung bei Arbeitsschluss.

a) *Vorteile.* Bei der Zentralkompensation wird die Kondensatorleistung am besten ausgenützt. Die Anordnung wird übersichtlicher, und die Überwachung der Anlage und ihrer einzelnen Teile wird einfacher als bei der Gruppenkompensation.

Die automatische Regulierung ergibt eine bessere Spannungshaltung und erlaubt eine Entlastung des Personals.

b) *Nachteil.* Die Verteilanlagen zwischen dem Anschlussort der Zentralkompensation und den Anschlussorten der einzelnen Verbraucher werden nicht von Blindleistung entlastet.

6.2.1.4 Kombinierte Kompensation

Bei der kombinierten Kompensation werden in einer Anlage die bedeutenden Verbraucher mit langen Betriebszeiten einzeln und die übrigen entweder gruppenweise oder zentral kompensiert. Dieses Verfahren hat namentlich in gemischten Betrieben Vorteile, indem jeder Teil eines solchen Betriebes seiner Eigenart entsprechend auf die vorteilhafteste Weise kompensiert wird.

6.2.2 *Kompensation in Hochspannungsanlagen*

Bei einem gleichzeitigen Bezug von Wirkleistung und Blindleistung entsprechend einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}9$ sind immer noch relativ grosse Mengen von Blindleistung zu übertragen. Es empfiehlt sich deshalb bei längeren Freileitungsübertragungen auch an Hochspannung Kondensatoren anzuschliessen, mit welchen wenigstens in der Hochspannungsübertragung der Leistungsfaktor über den Wert von $\cos \varphi = 0{,}9$ erhöht wird.

Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen wird in Hochspannungsanlagen die Zentralkompensation unter Verwendung von grossen Kondensatorbatterien vorherrschen.

7 Stromeinsparung durch Kondensatoren

7.1 Grundsätzliche Stromeinsparung

Der Anschluss eines Kondensators parallel zu einem Verbraucher bewirkt bei richtiger Grösse eine Abnahme des Stromes, den der Verbraucher vom Netz bezieht. Diesen Vorgang zeigt Fig. 1.

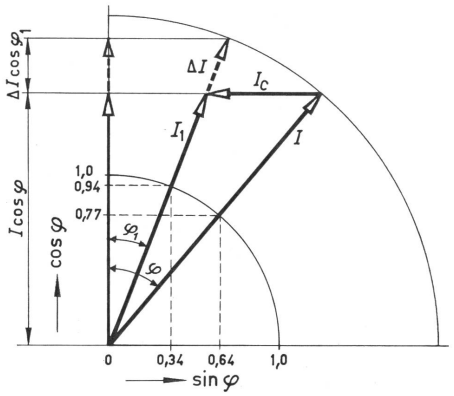


Fig. 1
Blindstromkompensation durch einen Shunt-Kondensator
(Stromdiagramm)

I Strom eines Verbrauchers bei einem beliebigen Leistungsfaktor und ohne Kondensator
I_c Strom eines Kondensators, der parallel zum Verbraucher angeschlossen ist
I_1 Strom des Verbrauchers bei unveränderter Wirklast, nachdem ihm ein Kondensator mit dem Strom I_c parallel geschaltet worden ist
$I \cos \varphi$ Wirkstrom des Verbrauchers bei unveränderter Wirklast
ΔI Stromeinsparung bei unveränderter Wirklast
$\Delta I \cos \varphi_1$ mögliche Zunahme der Wirklast bei unveränderter Grösse des Stromes I
φ Phasenwinkel vor Anschluss eines Kondensators
φ_1 Phasenwinkel nach Anschluss eines Kondensators mit dem Strom I_c

7.2 Prozentuale Stromeinsparung

Die prozentuale Stromeinsparung ist für verschiedene Werte des nicht verbesserten Leistungsfaktors cos φ und des prozentualen Kondensatorstromes I_c/I in Tabelle II aufgeführt.

Prozentuale Stromeinsparung

Tabelle II

Leistungsfaktor vor der Kompensation cos φ	Kondensatorstrom, bezogen auf den Strom des zu kompensierenden Verbrauchers $\frac{I_c}{I}$ %	Leistungsfaktor nach der Kompensation cos φ_1	Prozentuale Stromeinsparung, bezogen auf den Kondensatorstrom $\frac{\Delta I}{I_c}$ [1] %	Mögliche prozentuale Zunahme des Wirkstrombezuges nach Anschluss von Kondensatoren $\frac{\Delta I \cos \varphi_1}{I \cos \varphi}$ [2] %
1	2	3	4	5
0,7	12	0,763	66,6	8,7
	24	0,825	63,8	18,0
	36	0,892	59,7	27,4
	48	0,947	54,1	35,2
	60	0,986	48,3	40,8
	71	1,000	42,2	42,8
0,8	12	0,855	54,1	7,0
	24	0,910	50,0	13,6
	36	0,955	45,3	19,5
	48	0,988	39,6	23,5
	60	1,000	33,3	25,1
0,9	12	0,945	40,0	5,0
	24	0,977	33,3	8,7
	36	0,996	26,2	10,7
	43	1,000	23,2	11,1

[1]) Bei unverändertem Wirkstrombezug des Verbrauchers.
[2]) Bei unverändertem Strombezug des Verbrauchers.

Aus Tabelle II ist ersichtlich, dass die Stromeinsparung, bezogen auf den Kondensatorstrom, wie folgt abnimmt (siehe Kolonne 4):

a) Bei zunehmendem Leistungsfaktor cos φ, vor der Kompensation;

b) Bei zunehmendem Kondensatorstrom, bezogen auf den Strom des zu kompensierenden Verbrauchers I_c/I (siehe Kolonne 2 der Tabelle II).

Daraus folgt unter anderem, dass der Verbesserung des Leistungsfaktors wirtschaftlich eine Grenze gesetzt ist, die vor Erreichen des Leistungsfaktors cos $\varphi = 1$ eintreten dürfte.

Für den Umfang der Kompensation sind im übrigen die Vorschriften und Tarifbestimmungen des energieliefernden Werkes zu berücksichtigen.

8 Bestimmung der Nennleistung von Kondensatoren

Die Nennleistung von Kondensatoren kann auf einfache Weise mit Hilfe von Fig. 2 bestimmt werden. Dabei wäre zu beachten, dass die Spannungserhöhung beim Anschluss eines Kondensators auch die vom Verbraucher benötigte Leistung, insbesondere die Blindleistung, quadratisch ansteigen lässt.

Im übrigen ist folgendes zu beachten:

Es empfiehlt sich, an Motoren bei veränderlicher Last im allgemeinen mehr als die Leerlaufblindleistung, jedoch weniger als die Vollastblindleistung zu kompensieren. Bei konstanter Vollast soll dagegen die Vollastblindleistung kompensiert werden.

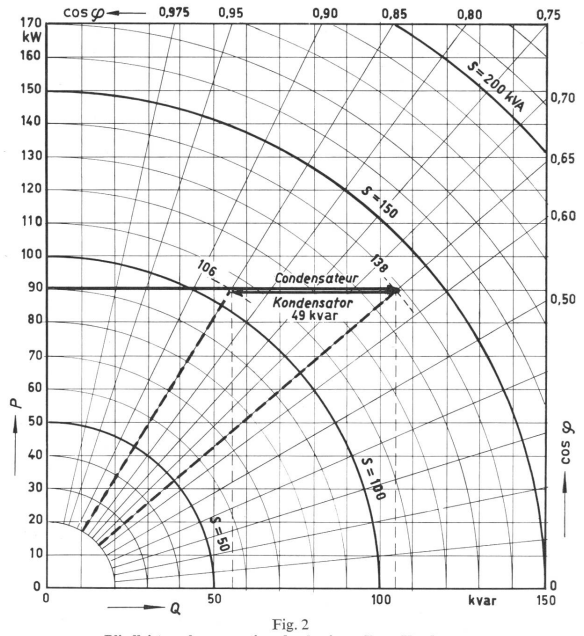


Fig. 2
Blindleistungskompensation durch einen Shunt-Kondensator
(Leistungsdiagramm)
P Wirkleistungsbezug; *Q* Blindleistungsbezug; cos φ Leistungsfaktor; *S* Scheinleistung
Dargestelltes Beispiel: Vorhandene Belastung = 90 kW; zugehöriger cos φ = 0,65; gewünschter cos φ = 0,85; benötigte Kondensatorleistung = 49 kVar

8.1 Sonderfälle

a) An Motoren mit gekuppelter Schwungmasse empfiehlt es sich, bei veränderlicher Last nicht mehr als die Leerlaufblindleistung und bei konstanter Vollast mehr als die Leerlaufblindleistung, jedoch weniger als die Vollastblindleistung zu kompensieren.

b) An Motoren, welche bei gewissen Betriebszuständen mechanisch angetrieben werden und gleichzeitig vom Netz abgeschaltet sein können, empfiehlt es sich, nur dann einen Kondensator anzuschliessen, wenn mit dem betreffenden Motor eine Last gekuppelt ist, deren Drehmoment grösser ist als dasjenige des mechanischen Antriebes.

Bemerkung:

Falls das Drehmoment der Last kleiner sein kann als dasjenige des mechanischen Antriebes, muss eine elektrische Schutzeinrichtung vorhanden sein, welche den Motor und den Kondensator voneinander und vom Netz trennt, sobald Rückspannung einzutreten droht [vgl. Ziff. 12, Fussnote 1)].

9 Bestimmung der Nennspannung und der zugehörigen genormten höchsten Betriebsspannung von Kondensatoren

Die Nennspannung U_n eines Kondensators ist festzulegen nach der an seinen Klemmen im Betrieb auftretenden höchsten Spannung. Dabei soll U_n mindestens gleich sein der dauernd auftretenden höchsten Spannung und nicht kleiner als 95 % der vorübergehend auftretenden höchsten Spannung. Als dauernd gilt der Betrieb während mehr als einer Stunde.

Die vorübergehend auftretende höchste netzfrequente Spannung darf die zugehörige genormte höchste Betriebsspannung U_m des Netzes nicht überschreiten, da U_m für die Isolation der Kondensatoren gegen Erde massgebend ist.

Bemerkung:

Kurzzeitige Änderungen der Spannung, die bei Fehlern, bei plötzlicher grosser Entlastung und ausserordentlichen Vorkommnissen entstehen, sind nicht in Betracht zu ziehen.

Dagegen sind dauernde Spannungserhöhungen in Betracht zu ziehen, wie z. B. durch:

a) Anschluss eines Kondensators zur Verbesserung des Leistungsfaktors;
b) vorgeschaltete Drosselspulen;
c) überlagerte Spannung bei Kopplungskondensatoren;
d) betriebsmässigen Anschluss von Hochspannungsleitungen.

10 Spannungserhöhung durch Kondensatoren

Ein Kondensator bewirkt eine Spannungserhöhung nach Massgabe seines Stromes, welches auch der Leistungsfaktor sein mag. Daher wirken alle Kondensatoren gleichen Stromes gleichmässig, selbst bis zum Leistungsfaktor gleich 1 und darüber hinaus. Anderseits wirkt ein Kondensator umsomehr auf die Spannung, je näher er beim Verbraucher ist.

Diese Verhältnisse sind aus Fig. 3 ersichtlich.

Die Spannungserhöhung durch den Anschluss von Kondensatoren muss namentlich an langen Verteilleitungen und dort beachtet werden, wo an einem Transformator ein im Verhältnis zu seiner Nennleistung grosser Kondensator angeschlossen wird, was insbesondere bei Zentralkompensation vorkommen kann.

Die Spannungserhöhung beim Anschluss eines Kondensators an das Ende einer Verteilleitung mit konstanter Anfangsspannung berechnet sich näherungsweise unter Vernachlässigung des Wirkwiderstandes nach folgender Formel:

$$\Delta U_l = \frac{Xl}{10} \cdot \frac{Q_n}{U_n^2} \qquad [\%]$$

ΔU_l prozentuale Spannungserhöhung am Ende der Leitung
X Leitungsreaktanz [Ω/km]
l Leitungslänge [km]
Q_n Nennleistung des Kondensators [kVar]
U_n Nennspannung des Kondensators [kV]

An Niederspannungs- und Mittelspannungs-Freileitungen für 50 Hz ist es im allgemeinen genügend genau, für X den Wert von 0,333 Ω/km einzusetzen. Dann lautet die Formel:

$$\Delta U_l = \frac{l}{30} \cdot \frac{Q_n}{U_n^2} \qquad [\%]$$

Bei konstanter Spannung an den Oberspannungsklemmen eines Transformators berechnet sich die Spannungserhöhung an seinen Unterspannungsklemmen beim Anschluss eines Kondensators näherungsweise unter Vernachlässigung des Wirkwiderstandes nach folgender Formel:

$$\Delta U_T = \varepsilon \frac{Q_n}{S_n} \qquad [\%]$$

ΔU_T prozentuale Spannungserhöhung am Transformator
ε prozentuale Streuspannung des Transformators
Q_n Nennleistung des Kondensators [kVar]
S_n Nennleistung des Transformators [kVA]

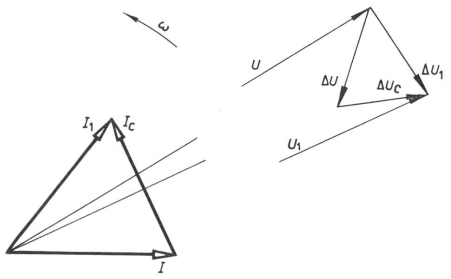


Fig. 3
Beeinflussung der Spannung durch Anschluss von Shunt-Kondensatoren
(Spannungsdiagramm)

U Leerlaufspannung des Netzes
U_1 resultierende Spannung des mit dem Strom I belasteten Netzes nach Anschluss des Kondensators mit dem Strom I_C; $(U < U_1)$
ΔU Spannungsabfall ohne Kondensator
ΔU_C Spannungsänderung durch den Kondensator
ΔU_1 resultierende Spannungsänderung des Netzes durch Anschluss des Kondensators
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Durch das Ein- und Ausschalten von Kondensatoren mit der Last wird der Verlauf der Spannung an den Übertragungsorganen ausgeglichener als ohne Kondensatoren. Dieser Einfluss der Kondensatoren kann dazu dienen, an vorhandenen Transformatoren entweder eine höhere Primäranzapfung oder eine niedrigere Sekundäranzapfung einzustellen. Für erst noch zu beschaffende Transformatoren bedeutet dies, dass der Anzapfungsbereich kleiner gewählt werden kann. Dieser Vorteil kann umso besser ausgenützt werden, je verbreiteter die Anwendung von Kondensatoren ist, denn in einem solchen Fall bedeutet das Ausfallen eines Kondensators noch keine merkliche Änderung der Spannungshaltung im gesamten.

Das Einschalten eines Kondensators bewirkt, wie bereits angegeben, eine Spannungserhöhung, das Abschalten dagegen eine Spannungserniedrigung. Je nach dem Verhältnis der Leistung des Kondensators zur Kurzschlussleistung an

seinem Anschlussort kann die Spannungsänderung beim Schalten des Kondensators an eingeschalteten Lampen sichtbar werden. Es empfiehlt sich daher, den Spannungssprung nicht zu gross zu wählen. Ein angemessener Betrag dürfte 1...1,5 % sein. Auf diese Verhältnisse ist namentlich bei Zentralkompensation Rücksicht zu nehmen, z. B. dadurch, dass vorhandene Transformatoren beidseitig parallel betrieben werden, und dass eine Kondensatorbatterie stufenweise geschaltet wird (siehe hiezu Ziffer 15.3).

11 Besondere Schaltungen von Kondensatoren

11.1 Kondensatoren an Motoren, deren Wicklungen während des Anlaufens von Stern auf Dreieck umgeschaltet werden

An solchen Motoren sind Kondensatoren, welche mit dem gleichen Schalter ein- und ausgeschaltet werden, den Motorwicklungen strangweise derart parallel zu schalten, dass auch sie während des Anlaufens des Motors von Stern auf Dreieck umgeschaltet werden. Dadurch wird erreicht, dass die Kondensatoren zu keiner Selbsterregung der Motoren Anlass geben.

Bei dieser Anordnung kommen die Kondensatoren beim Einschalten nur mit einem Drittel ihrer Nennleistung zur Wirkung. Es kann dagegen bei langen Freileitungen notwendig sein, gleichzeitig mit den Motoren die Kondensatoren mit eigenen Schaltern im Dreieck einzuschalten, um damit schon beim Anlauf des Motors die Kondensatoren mit ihrer vollen Nennleistung zur Wirkung zu bringen. In einem solchen Fall müssen die Kondensatoren mit Entladewiderständen ausgerüstet werden.

11.2 Kondensatoren an Widerstands-Schweisstransformatoren für Stumpf-, Punkt- und Nahtschweissungen

Die Kondensatoren sind vor jedem Schweissvorgang ein- und danach auszuschalten, sofern die Schweisstransformatoren nicht an ein separates Netz angeschlossen sind.

12 Vorsichtsmassnahmen beim Anschluss von Kondensatoren

Beim Anschluss von Kondensatoren sind in bestimmten Fällen Vorsichtsmassnahmen zu treffen. Solche Massnahmen sind beispielsweise:

Erscheinung	*Massnahmen*
a) Selbsterregung an rotierenden Maschinen ohne mechanischen Antrieb [1]	Beschränkung der Kompensation auf den Leerlaufbedarf an Blindleistung
b) Selbsterregung an rotierenden Maschinen mit mechanischem Antrieb [1]	α) Örtliche Verlagerung der Kompensation β) Über- und Unterspannungsschutz γ) Frequenzüberwachung δ) Kombination solcher Massnahmen
c) Oberwellen- und Resonanzerscheinungen	Schaltmassnahmen (Umschaltungen im Netz, Einbau von Sperren, Aufteilung der Kondensatorbatterien)
d) Schaltüberspannungen	Verwendung von rückzündungs- und prellfreien Schaltern
e) Untererregung der Generatoren bei Schwachlast	Abschalten der Kondensatoren auch dort, wo ein Betrieb mit Vollast arbeitet.

[1]) Nach dem Abschalten eines kompensierten Motors wird sein magnetisches Feld durch den Kondensator aufrechterhalten, so dass der Motor als Generator auslaufen bzw. bei äusserem Antrieb, z. B. beim Herablassen von Lasten an Hebezeugen, als selbsterregter asynchroner Wechselstromgenerator wirken kann. Hiebei können Frequenzabweichungen und gefährliche Spannungen entstehen (siehe auch Bemerkung zu Ziff. 8.1).

13 Schutzmassnahmen an Kondensatoren

13.1 Niederspannungskondensatoren

Entsprechend den verschiedenen Arten der Blindleistungskompensation bestehen die folgenden Arten des Schutzes von Kondensatoren:

13.1.1 *Schutz bei Einzelkompensation*

Die Entladung des Kondensators nach dem Abschalten übernimmt der Verbraucher. Den thermischen Schutz übernimmt der Schutzschalter des Verbrauchers, wobei dessen Einstellung der durch den Kondensator bewirkten Verminderung des Stromes in der Zuleitung Rechnung tragen muss.

13.1.2 *Schutz bei Gruppenkompensation*

Für die Entladung der Kondensatoren sind besondere Widerstände oder Drosselspulen vorzusehen, z. B. Primärwicklungen von Spannungswandlern. Für den thermischen Schutz von einzelnen Kondensatoreinheiten und Kondensatorgruppen bis zu einem Gesamtnennstrom von 50 A genügen Sicherungen. Die Kondensatoren erhalten in der Regel eigene Schalter.

13.1.3 *Schutz bei Zentralkompensation*

Für die Entladung der Kondensatoren sind besondere Widerstände oder Drosselspulen vorzusehen, z. B. Primärwicklungen von Spannungswandlern. Für den thermischen Schutz genügen den Kondensatoreinheiten vorgeschaltete Sicherungen falls Kondensatorgruppen von nicht über 50 A Kondensatornennstrom gebildet werden. Die Kondensatoren erhalten für das Ein- und Ausschalten eigene Schalter, die entsprechend der am Einbauort möglichen Kurzschlussleistung des Netzes und dessen Nennspannung zu dimensionieren sind.

13.2 Hochspannungskondensatoren

Der Schutz von Hochspannungskondensatoren erfordert besondere Massnahmen, um bei teilweisen Defekten eine Signalisierung oder eine Teil- bzw. Totalabschaltung zu bewirken, während bei Klemmenkurzschlüssen die ganze Batterie mit einem Hochleistungsschalter unverzüglich abzuschalten ist. Daher ist der Schutz von Hochspannungskondensatoren zwischen dem Lieferanten und dem zuständigen Elektrizitätswerk zu vereinbaren.

14 Anforderungen an Schalter, Sicherungen und Zuleitungen

Bei der Bemessung von Schaltern, Sicherungen und Zuleitungen ist zu berücksichtigen, dass ein Kondensator beim Betrieb mit Nennspannung dauernd vollbelastet ist, und dass der Kondensatorstrom durch Oberwellen der Spannung vergrössert wird. Es ist daher mit einem Strom zu rechnen, der den bei Nennspannung und Nennfrequenz auftretenden Strom um 30 % übersteigt. Wird dieser Betrag infolge Oberwellen überschritten, so sollten geeignete Massnahmen zu seiner Begrenzung ergriffen werden. Dazu kommt, dass die Betriebsspannung die Nennspannung kurzzeitig (bis zu einer Stunde) um 5 % überschreiten darf und die Toleranzen der Kapazität bis + 10 % betragen. Schalter, träge Sicherungen und Zuleitungen sind aus diesen Gründen für den 1,5- bis 2fachen Nennstrom zu bemessen, normale (flinke) Sicherungen dagegen für den 2- bis 2,5fachen Nennstrom.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Anwendung von Sicherungen auf Kondensatorleistungen mit max. 50 A Nennstrom begrenzt ist.

Sind Kondensatoren unter sich durch ganz kurze Zuleitungen verbunden, so können beim Zuschalten eines derselben zu einem oder mehreren bereits eingeschalteten Kondensatoren sehr grosse Ausgleichströme auftreten. Um solche zu unterbinden, ist es zweckmässig, Schalter zu verwenden, welche beim Einschalten eine zusätzliche Reaktanz in den Stromkreis einfügen. Im allgemeinen genügen

bereits magnetische Blasspulen oder Auslösespulen, um Störungen zu vermeiden. Durch Luftdrosselspulen, deren Nennleistung ca. 3 ‰ der Nennleistung des Kondensators pro Phase beträgt und welche in die Kondensatorzuleitung eingebaut werden, kann die Amplitude der Einschaltströme zusätzlich verkleinert werden.

An Induktivitäten wie z. B. Stromwandlern und Stromspulen von Hauptstromrelais, welche in die Zuleitung eines Kondensators eingebaut sind, können beim Einschalten dieses Kondensators und insbesondere beim Parallelschalten weiterer Kondensatoren Überspannungen auftreten, welchen die Primärspulen solcher Apparate gewachsen sein müssen. Für den Schutz der Sekundärwicklungen der Stromwandler empfiehlt es sich, ihre Sekundärklemmen mit einem spannungsabhängigen Widerstand zu überbrücken.

Um Rückzündungen zu vermeiden, welche Schalter und Kondensatoren gefährden können, sollten prellfreie Schalter mit kleiner Schaltzeit verwendet werden.

Für Niederspannungskondensatoren eignen sich die normalen Sicherungen oder Motorschutzschalter mit thermischer oder magnetischer Auslösung. Typen mit magnetischer Blasung werden zwar nicht mehr häufig verwendet, sind aber wegen der dämpfenden Wirkung der zusätzlichen Reaktanz vorteilhaft.

Ein Kondensator, welcher einem Motor oder Transformator parallelgeschaltet ist, kann bei Unterbruch einer Phase die Umkehrung des Drehfeldes und starke Spannungserhöhungen hervorrufen. Solche Gruppen sind daher mit allpolig unterbrechenden Schaltern auszurüsten.

Bei automatisch gesteuerten Kondensatorbatterien ist dafür zu sorgen, dass ein Kondensator zuverlässig entladen ist, bevor er wieder eingeschaltet wird.

15 Steuerung von Kondensatoren

15.1 Allgemeines

Bei der Steuerung von Kondensatoren ist in der Regel nicht nur auf den betreffenden Verbraucher Rücksicht zu nehmen, sondern unter Umständen auch auf das Netz, indem es notwendig sein kann, dass grössere Kondensatoren bei Schwachlast des Netzes selbst dann ausgeschaltet werden, wenn ihre zugehörigen Verbraucher in Betrieb bleiben.

15.2 Handsteuerung

Für Kondensatoren zur Einzelkompensation kommt in der Regel Handsteuerung in Frage, wobei meistens der Kondensator gleichzeitig mit dem zugehörigen Verbraucher durch einen gemeinsamen Schalter ein- und ausgeschaltet wird.

Für Hochspannungskondensatoren kann Handsteuerung in Frage kommen, selbst wenn sie für die Zentralkompensation verwendet werden.

15.3 Automatische Steuerung

Für Kondensatoren zur Gruppen- und Zentralkompensation kommt in der Regel eine automatische Steuerung in Frage, welche die Betriebsleitung und das Personal entlastet. Bei Zentralkompensation kann es zweckmässig sein, die Kondensatorleistung auf verschiedene Einheiten aufzuteilen und die Kondensator-Batterie mit einem Stufenschalter auszurüsten.

Für die automatische Steuerung kommen die folgenden Verfahren in Frage:

15.3.1 *Steuerung mit einem Zeitschalter*

Dieses Verfahren lässt sich anwenden, wenn die Betriebsvorgänge regelmässig in Abhängigkeit von der Zeit ablaufen.

15.3.2 *Stufenweise Steuerung mit einem Stromrelais in der Zuleitung zum Verbraucher*

Dieses Verfahren lässt sich ohne Zusatzeinrichtung dann anwenden, wenn der zugehörige Verbraucher nur während der Hauptbelastungszeiten des speisenden Netzes in Betrieb ist.

Kommt jedoch auch ein Betrieb während der Schwachlastzeiten des Netzes in Frage, z. B. während der Nacht und über das Wochenende, so kann es, je nach den Netzverhältnissen, erwünscht sein, diese Steuerung zu ergänzen mit einem Zeitschalter, welcher während bestimmter Zeiten die Einschaltung der Kondensatorbatterie sperrt.

15.3.3 *Stufenweise Steuerung mit einem Blindleistungsrelais in der Zuleitung zum Verbraucher, kombiniert mit einem Verzögerungszeitrelais, um die Steuerung zu beruhigen*

Gegebenenfalls ist auch diese Steuerung, wie diejenige unter Ziff. 15.3.2 mit einem Zeitschalter zu kombinieren.

15.3.4 *Steuerung mit einem Spannungsrelais bei Anlagen, welche auf Spannungsabweichungen empfindlich sind*

Bei diesem Verfahren ist der Kondensator nach der vorgeschalteten Reaktanz zu bemessen und genügend zu unterteilen. Durch geeignete Einstellung des Spannungsrelais kann im Bedarfsfalle erreicht werden, dass der Kondensator während der Schwachlastzeiten des Netzes, also z. B. während der Nacht und über das Wochenende abgeschaltet wird, wenn man nicht vorzieht, während dieser Zeiten das Einschalten des Kondensators mit einem Zeitschalter zu sperren.

15.3.5 *Steuerung durch eine Netzkommandoanlage*

Normalerweise wird die Steuerung durch Netzkommandoanlagen nach einem Programm durchgeführt. Nach Bedarf kann dieses Programm den veränderten Verhältnissen angepasst werden, sei es durch Einstellen eines neuen Programmes oder durch Impulsgabe von Hand.

16 Aufstellung und Wartung von Kondensatoren

Da Kondensatoren durch Erwärmung Schaden leiden, ist bei der Aufstellung für gute Belüftung und Staubfreiheit zu sorgen. Die Umgebungstemperatur darf nicht über 40 °C steigen, wobei als mittlere tägliche Umgebungstemperatur max. + 30 °C und als mittlere jährliche Umgebungstemperatur max. + 20 °C einzuhalten sind.

In feuer- oder explosionsgefährdeten Räumen sollen nur Kondensatoren aufgestellt werden, die besonders für eine solche Umgebung gebaut sind (siehe Hausinstallationsvorschriften, Publ. Nr. 1001 des SEV).

Von Zeit zu Zeit sind Kondensatorbatterien einer Sichtkontrolle zur Feststellung etwaiger Veränderungen zu unterziehen, wie z. B. Ausbuchten der Kondensatorgehäuse, Auftreten von Undichtheiten.

Im Betrieb ist es empfehlenswert, die Spannung, den Strom und die Temperatur der Kondensatoren, sowie die Umgebungstemperatur zu überwachen. Dazu eignen sich anzeigende und registrierende Instrumente dieser Betriebsgrössen, die in regelmässigem Turnus abgelesen werden.