

Was muß der Leiter
eines Betriebes von
der Möglichkeit der
Verbesserung des
Leistungsfaktors
seiner elektrischen
Anlage wissen?

Meirowsky & Co
Akt-Ges.

401



ÜBERREICHT DURCH
MEIROWSKY & CO.
AKTIENGESELLSCHAFT
P O R Z (R H E I N)



Einleitung

Auf allen Gebieten der wirtschaftlichen Betätigung hat in den letzten zwei Jahrzehnten eine intensive Bewegung zugunsten einer zweckmäßigeren und produktiveren Ausnutzung der menschlichen und maschinellen Arbeitskraft eingesetzt. Diese Rationalisierungsbewegung verfolgt nicht nur den Zweck, durch Übergang zur Massenfertigung die Herstellungskosten möglichst niedrig zu halten, sondern sie will auch durch günstigere Ausnutzung der vorhandenen Kräfte und Maschinen mit möglichst geringem Aufwand an Arbeit die größtmögliche Leistungsfähigkeit sicherstellen.

Die fortschreitende Elektrifizierung hat es dahin gebracht, daß es heute kaum noch einen Betrieb gibt, und mag er noch so klein sein, der keinen Elektromotor verwendet. Wesentlich dazu beigetragen hat die Einführung des in Aufbau und Bedienung ungemein einfachen asynchronen

Drehstrom=Motors. Aber diese Motoren haben den Nachteil, daß sie dem Netz mehr Strom entnehmen, als zum Betriebe eigentlich erforderlich ist, nicht etwa infolge eines schlechten Wirkungsgrades, sondern infolge der Eigenart eisenenthaltender Wechselstrom=Apparate.

Diese Eigenart ist es, die das Problem des

elektrischen Leistungsfaktors

oder des sogenannten

$$\cos \varphi$$

aufrollt. Diese Begriffe sind aber nur dem Fachmanne geläufig. Um aber dazu beizutragen, daß der Kampf für eine Rationalisierung in Bezug auf eine

Verbesserung des Leistungsfaktors

erfolgreich durchgeführt werden kann, soll auf nachstehenden Seiten der Versuch gemacht werden, die Ursache des schlechten $\cos \varphi$ gemeinverständlich zu erklären und die Mittel zu seiner Verbesserung anzugeben.

Blind- und Wirkströme.

Jeder elektromagnetische Apparat nimmt bei Anschluß an eine Wechselstrom-Quelle außer dem **produktiven** Betriebsstrom — Wirkstrom — noch einen Strom auf, der lediglich dazu dient, den magnetischen Zustand des Apparates, ohne den die Apparatur unwirksam wird, aufrecht zu erhalten. Diesen als **unproduktiv** zu wertenden Teil des Stromes (wattlosen Strom) nennt man den Blindstrom. Die insgesamt von dem Apparat aufgenommene Stromstärke setzt sich demnach zusammen aus den produktiven und unproduktiven Teilen des Stromes, d. h. aus Wirkstrom und Blindstrom. Die Meßinstrumente wie z. B. die Amperemeter zeigen den zusammengesetzten Strom — den Gesamtstrom — an. Die Zusammenlegung der beiden Ströme, des Wirkstromes und des Blindstromes, erfolgt aber nicht durch eine Addition,

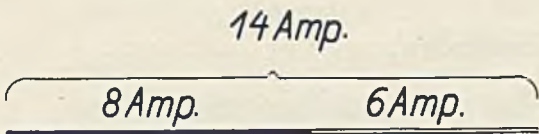


Abb. 1
Falsche
Zusammenlegung

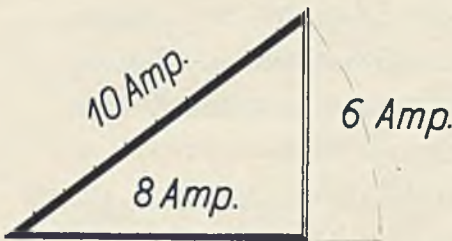


Abb. 2
Richtige
Zusammenlegung

*L = 0,2 ca. durch
(siehe sprachlich z. statist.
magazine)*

wie in Abbildung 1 dargestellt, sondern durch eine solche, wie in Abbildung 2 dargestellt. Beträgt beispielsweise der Wirkstrom 8 Amp. und der Blindstrom 6 Amp., so haben wir einen Gesamtstrom nicht von 14 Amp., sondern von 10 Amp.

Bei Motoren, Transformatoren usw. haben wir es mit elektromagnetischen Apparaten zu tun, die also außer dem Wirkstrom erhebliche Blindströme zu ihrem Betrieb aufnehmen.

Den Strömen entsprechen gewisse elektrische Leistungen in Kilowatt (kW) und man bezeichnet daher dementsprechend:

die Leistung des Blindstromes als Blindleistung (BkW)

die Leistung des Wirkstromes als Wirkleistung (kW)

und die Leistung des Gesamtstromes als Scheinleistung (kVA).

Nachteile der Blindströme.

Der Blindstrom bringt allerlei Unannehmlichkeiten mit sich wie z. B.

1. Er verursacht eine erhöhte Erwärmung der Leitungen, der Wicklungen in den Generatoren der Zentrale, der Transformatoren usw. und damit erhöhte Verluste in diesen Teilen der Anlage.
2. Er bedingt eine erhöhte Inanspruchnahme des Stromliefernden Werkes bzw. die Aufstellung größerer

Maschinen, Verwendung stärkerer Leitungen und stärkerer Schaltapparate.

3. Er verursacht Schwierigkeiten in der Spannungsreglung des Netzes usw.

Es liegt also auf der Hand, daß man bestrebt sein muß, Maßnahmen zu treffen, um die Blindströme gänzlich oder wenigstens teilweise aufzuheben. Die Elektrizitätswerke sind notwendigerweise gezwungen, die durch das Auftreten der Blindströme entstehenden Mehrkosten auf den Abnehmer abzuwälzen, was dadurch geschieht, daß der Stromverkauf nach verschiedenartigen Tarifen, die den Blindstrom berücksichtigen, erfolgt.

Aufhebung der Blindströme.

Man hat sich daher schon lange mit der Frage der Kompensation des Blindstromes befaßt und hat zunächst Spezial-Motoren auf den Markt gebracht, sogenannte kompensierte Motoren, die keinen Blindstrom aufnehmen. Diese Motoren sind aber in ihrem Aufbau viel komplizierter, in ihrer Bedienung wesentlich umständlicher und sind dem Verschleiß mehr unterworfen als die üblichen einfachen Asynchron-Motoren, insbesondere Kurzschlußanker-motoren, deren Bedienung verblüffend einfach ist. Es muß daher angestrebt werden, dem Asynchron-Motor einen ebenso einfachen Apparat zur Seite zu stellen, der die Aufgabe hat, den Blindstrom ganz oder teilweise aufzuheben. Ein solcher Apparat ist der Kondensator

bzw. der

Blindstromsparer

der Meirowsky & Co. Aktiengesellschaft.

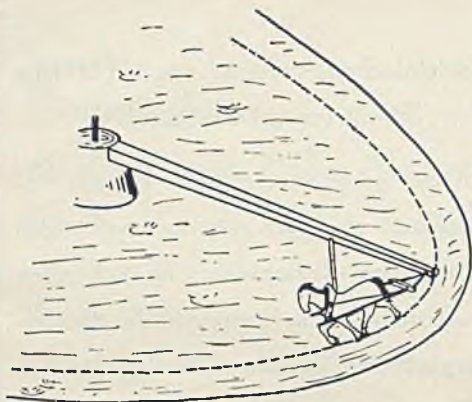
Der Wechselstrom, den ein Kondensator zur Aufrechterhaltung des elektrisch geladenen Zustandes aufnimmt, ist genau so unproduktiv (wattlos) wie der Wechselstrom, der von einem Magneten zur Aufrechterhaltung des magnetischen Zustandes aufgenommen wird. Nur sind, und das ist das Wesentliche, diese beiden unproduktiven Ströme einander entgegengesetzt gerichtet. Schaltet man also parallel zu einem Elektromagneten (Drosselspule) einen entsprechend großen Kondensator, so heben sich die von beiden Apparaten aufgenommenen unproduktiven Ströme gänzlich auf. Sind beide Apparate nicht entsprechend aufeinander abgestimmt, so überwiegt der unproduktive Strom des stärkeren Apparates. Die Bewegungskräfte eines Elektromotors werden bekanntlich hervorgebracht durch magnetische Anziehung der im Motor vorhandenen Elektromagneten, der Motor besitzt also in Bezug auf die Stromaufnahme die Eigenschaften eines Elektromagneten (Drosselspule). Um nun also den unproduktiven Strom eines Motors ganz oder teilweise aufzuheben, genügt es, parallel zum Motor einen Kondensator anzuschließen.

Wir haben also im Kondensator bzw.

Meirowsky-Blindstromsparer

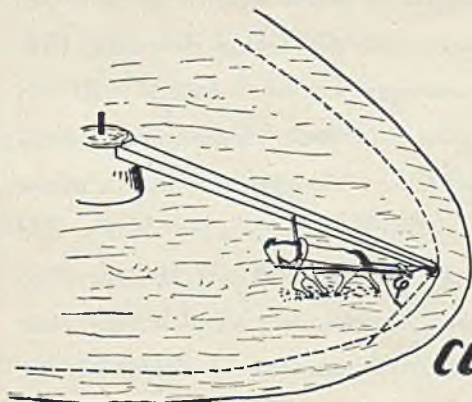
einen außerordentlich einfachen Apparat, um den lästigen und unwirtschaftlichen Blindstrom zu vernichten.

So offenkundig auch der große Vorteil einer Blindstrom-Kompensation elektrischer Anlagen ist, so muß doch leider trotz vorgeschrittener Rationalisierung auf allen Gebieten festgestellt werden, daß in Bezug auf Blindstrombekämpfung im Vergleich zu manchen Auslandstaaten noch verhältnismäßig wenig getan worden ist. Vielfach liegt der Grund darin, daß die Besitzer elektrischer Anlagen in elektrotechnischer Hinsicht Laien sind und infolgedessen nicht in der Lage sind, sich genügend Rechenschaft über die elektrischen Vorgänge in ihrer Anlage zu verschaffen bzw. sich ein einigermaßen klares Bild über die Wirkungsweise dieses Blindstromsparers zu machen. Es soll daher ein einfacher Vergleich mit einer allgemein verständlichen Anordnung angeführt werden. In den drei Darstellungen der Abbildung 3 sind drei verschiedene Anordnungen eines in landwirtschaftlichen Betrieben noch vielfach verwendeten Göpel-Antriebes enthalten. Es handelt sich in den drei Darstellungen um einen und denselben Fall, nur wird das Zugtier jedesmal in anderer Stellung der Göpeltange gegenüber gebracht. Macht nun das Zugtier in allen drei Fällen die gleiche Umdrehungszahl in der Stunde, so ist klar, daß die produktive Leistung, welche das Zugtier vollbringt, in allen drei Fällen die gleiche sein wird. Jeder Laie wird aber ohne Überlegung die erste Anordnung



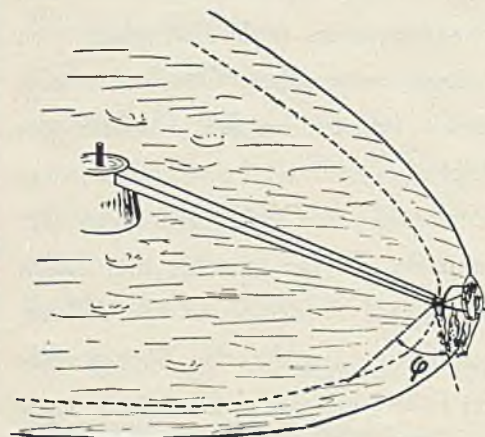
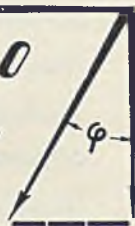
$$\varphi = 0$$

$$\cos \varphi = 1$$



$$\varphi > 0$$

$$\cos \varphi < 1$$



$$\varphi < 0$$

$$\cos \varphi < 1$$



Cos. φ -Analogon

8α
OKf.30

als die günstigste wählen und die beiden anderen als unnütze Tierquälerei verursachend verwerfen. Das Zugtier muß sich in den letzten beiden Stellungen erheblich mehr anstrengen als im ersten Falle, ohne daß hierbei ein Mehr an Arbeitsleistung erzielt wird.

Wir haben in den drei Darstellungen die Stellung des Tieres zur Senkrechten der Göpeltange durch die Winkel φ gekennzeichnet. Die günstigste Anordnung entsteht, wenn $\varphi = 0$ ist. Je größer der Winkel φ ausfällt, um so ungünstiger werden die Verhältnisse. Bei $\varphi = 90^\circ$, d. h. wenn das Zugtier in der Richtung der Göpeltange selbst zieht, kann offenbar überhaupt keine produktive Leistung mehr erzielt werden, mag das Tier sich noch so anstrengen. Man sieht also, daß der Winkel φ Anhaltspunkte für die günstigste bzw. ungünstigste Ausnutzung, also für die Leistungsfähigkeit des Zugtieres gibt. Bei näherer rechnerischer Betrachtung ergibt sich, daß es zweckmäßiger ist, zur Kennzeichnung der Leistungsfähigkeit nicht den Winkel φ , sondern den Cosinus des Winkels φ — den $\cos \varphi$ — (der Cosinus ist ein trigonometrischer Begriff) zu benutzen. Die Leistungsfähigkeit der Anlage steigt nämlich genau in demselben Verhältnis wie der $\cos \varphi$. Man bezeichnet daher auch den

$\cos \varphi$ als den Leistungsfaktor

der elektrischen Anlage.

Bei jedem elektromagnetischen Apparat, insbesondere bei den üblichen Asynchron-Motoren liegen die elektrischen

Verhältnisse ähnlich wie beim Göpelantrieb im Falle 2
Abbildung 3. Das Tier muß kräftiger ziehen bzw. die
Motoranlage nimmt mehr auf, ohne mehr zu leisten.
In beiden Fällen ist der $\cos \varphi$ kleiner als 1.

Bei jedem Apparate, wo kondensatorartige Wirkungen
auftreten, liegen die Verhältnisse wie im Falle 3 der
Abbildung 3. Auch hier muß das Tier sich mehr an-
strengen bzw. der Apparat mehr Strom aufnehmen.
Der $\cos \varphi$ ist auch hier kleiner als 1.

Es ist nunmehr verständlich, daß auch bei der Motoren-
anlage ähnliche Verhältnisse anzustreben sind wie beim
Göpel im Falle 1. Das ist zu erreichen, wenn man, wie
oben bereits ausgeführt, dem Motor einen Kondensator
oder einen

Meirowsky = Blindstromsparer

parallel schaltet.

Bei $\varphi = 0^\circ$ ist $\cos \varphi = 1$, d. h. man kann vom Göpelantrieb die volle Leistung
herausholen, wenn das Tier senkrecht zur Göpelstange zieht.

Bei φ kleiner oder größer als 0° ist $\cos \varphi$ kleiner als 1, d. h. also bei jeder anderen
Stellung werden nur Bruchteile der vollen Leistung herausgeholt.

Bei $\varphi = 90^\circ$ ist $\cos \varphi = 0$, d. h. wenn das Tier in Richtung der Göpelstange zieht,
ist keine Leistung zu erzielen.

Kondensator.

Was ist ein Kondensator?

Bringt man zwei ebene metallische Platten parallel zueinander in einen gewissen Abstand, so stellt diese einfache Anordnung bereits einen elektrischen Kondensator, und zwar einen Plattenkondensator dar. Verbindet man nämlich die Platten leitend mit den Polen einer Wechselstromquelle, so nimmt diese Anordnung einen Ladestrom auf, den wir bereits früher als Blindstrom gekennzeichnet haben. Er dient zur Aufrechterhaltung des elektrisch geladenen Zustandes des Kondensators. Die Größe des Kondensators wird außer von der Spannung und ihrer Frequenz, für welche er bemessen sein muß, bedingt durch sein elektrisches Fassungsvermögen — die Kapazität. Die Kapazität wird im Mikrofarad gemessen.

Wenn man also einen wirtschaftlichen Kondensator herstellen will, muß man vor allem danach streben, möglichst große Kapazitäten in möglichst kleinem Raum unterzubringen. Nun ist die Kapazität nicht nur um so größer, je größer die Metallflächen sind, die sich gegenüber liegen, sondern auch um so größer, je näher diese Flächen aneinander gelagert sind. Die Verminderung des Abstandes findet aber bald eine Grenze dadurch, daß der Kondensator bei der angelegten Spannung durchschlagssicher

bleiben muß d. h., daß die Isolationschicht — Luft, feste oder flüssige Isolierstoffe — nicht durchschlägt. Man wird also von allen denjenigen Stoffen, die als Isolierschicht verwandt werden, diejenigen Isolationsstoffe wählen, welche neben den anderen noch gewünschten Eigenschaften eine möglichst hohe Durchschlagfestigkeit besitzen. Die Kapazität ist aber auch in großem Maße abhängig von der elektrischen Aufladefähigkeit der Isolierstoffe selbst, da sich bei sonst gleichen Verhältnissen je nach Wahl der Stoffe verschiedene Kapazitäten ergeben. Man bezeichnet diese Eigenschaft als spezifische Kapazität oder als Dielektrizitätskonstante des betreffenden Stoffes. Die praktisch geringsten Dielektrizitätskonstanten besitzen Luft oder Vacuum. Es folgt hieraus ohne weiteres, daß man für Phasenschieber-Zwecke, für welche sehr große Kapazitäten bzw. Blindleistungen in Frage kommen, niemals Luft als Zwischenschicht wählen wird, im Gegensatz zu manchen Kondensatoren für geringe Kapazitäten und niedrige Spannungen wie z. B. für Radiozwecke, für welche Luftkondensatoren verwendet werden können.

Aus obigem ergibt sich, daß zur Herstellung eines wirtschaftlichen Kondensators größerer und großer Blindleistungen folgende Forderungen zu erfüllen sind:

1. Möglichst große Metall- und Isolierschicht-Flächen,
2. Möglichst dünne Isolierschichten (man bezeichnet die Isolierschicht in der Elektrotechnik als Dielektrikum),

3. Möglichst hohe Dielektrizitätskonstante der Isolierschicht.
4. Möglichst hohe Durchschlagsfestigkeit der Isolierschicht.

Die Bedingungen 3 und 4 können durch die passende Wahl der zu verwendenden Rohstoffe erfüllt werden. Die Wahl erfolgt auf Grund langjähriger Spezialerfahrungen im Kondensatorenbau. Vor dem Gebrauch werden alle Rohstoffe mit den modernsten Mitteln eingehend geprüft. Die Bedingungen 1 und 2 erfüllen wir bei unseren Phasenschieber-Kondensatoren dadurch, daß wir als Metallschichten sehr dünne Aluminiumfolien und als Dielektrikum dünne Schichten von besonders hochwertigen Papierforten verwenden. Die Folien und Papiere werden auf einem flachen Holzkern zu flachen Wickeln aufgewickelt und zusammengepreßt. Hierdurch wird erreicht, daß schon im einzelnen Wickel sich sehr große Metallflächen, getrennt durch möglichst dünne, aber doch sehr durchschlaglichere Isolierschichten, gegenüber stehen.

Die beiden Folien sind hierbei gegeneinander so versetzt, daß sie nach je einer Seite aus dem Wickel herausragen und dort die beiden zusätzlichen elektrischen Pole des wickelförmigen Kondensators bilden. Mehrere solcher Wickel werden, wie aus Abbildung 4 ersichtlich, zu Stapeln zusammengebaut und in besonderen Blechgehäusen sorgfältig untergebracht. (Abbildung 5).

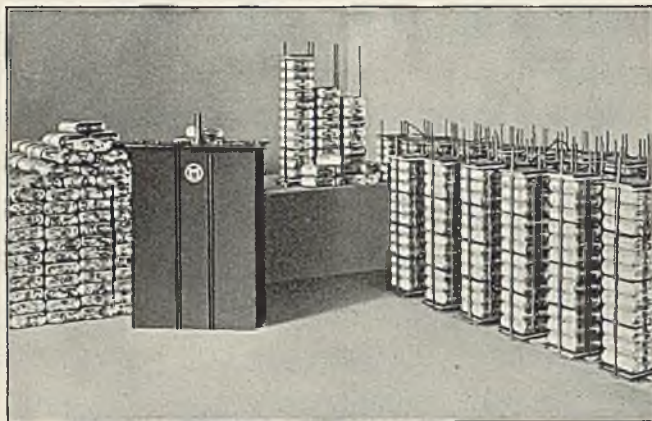


Abbildung 4

Das Arbeiten eines Kondensators bei Wechselstrom ist mit dauernden elektrischen Lade- und Entlade-Vorgängen im Dielektrikum ähnlich der Ummagnetisierung bei eisenhaltigen Transformatoren, Drosselpulen etc. verbunden, wodurch Verluste auftreten, welche eine

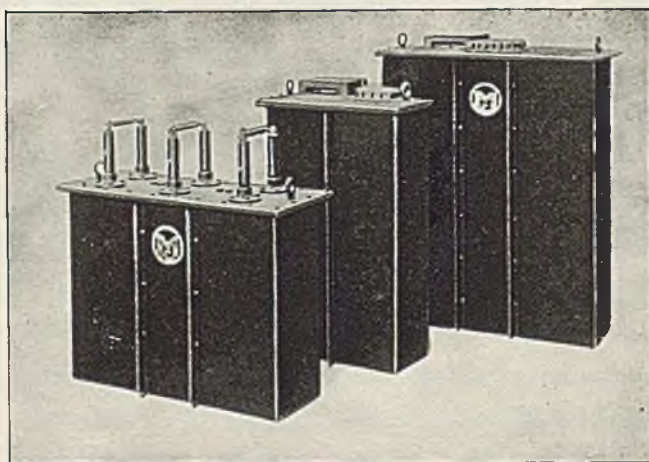


Abbildung 5

Erwärmung des Dielektrikums und somit des ganzen Kondensators hervorrufen. Es liegt nun ein großes Interesse darin, diese Erwärmung so gering wie möglich zu halten, d. h. die Verluste des Kondensators herabzudrücken. Es gilt daher als weitere sehr wichtige Forderung:

5. Die Verluste im Kondensator sollen möglichst gering sein. Durch besondere Evakuierung und sorgfältige Imprägnierung der Wickel=Stapel erreichen wir, daß die Verluste in den Kondensatoren so gering werden, daß man praktisch von einem nahezu verlustfreien Arbeiten reden kann. Die Verluste betragen kaum ca. 0,3 % der Blindleistung, d. h. ein Kondensator von 10 BkW erzeugt nur ca. 30 Watt, eine Kondensatorenanlage von 100 BkW ca. 300 Watt an Verlusten. Berücksichtigt man die Abmessungen solcher Kondensatoren, so wird man sofort einsehen, daß diese geringen Wattmengen den Kondensator kaum noch erwärmen können.

Vorteile des Kondensator=Blindstromsparsers gegenüber anderen Kompensationsmitteln.

Die besonderen Vorteile der Kompensation des Blindstromes mit Kondensatoren beim Vergleich mit anderen Kompensationsmethoden sind:

1. Außerordentlich geringe Verluste, also hoher Wirkungsgrad der Kondensatoren. Wie bereits oben erwähnt, werden durch die Kondensatoren kaum 0,3 % der Blindleistung als Verluste im Dielektrikum verbraucht.

2. Die Kondensatoren sind dem Verschleiß nicht unterworfen und bedürfen auch keiner Wartung, da der Kondensator ein ruhender Apparat ist, der keine beweglichen Teile besitzt, er arbeitet daher völlig geräuschlos.
3. Die Kondensatoren brauchen für ihre Aufstellung keine Fundamente und können in jedem Raum, im Keller, sogar im Freien, in Etagengestellen etc. untergebracht werden.
4. Die Kondensatoren lassen sich beliebig unterteilen, können also nötigenfalls an beliebigen Stellen der elektrischen Anlage angeschlossen und jederzeit durch Hinzufügen neuer Kondensatoren bei Vergrößerung des Betriebes ergänzt werden.

Aufstellung, Anschluß und Schaltung der Blindstromsparer.

Zur Unterbringung der Kondensatoren ist jeder Raum geeignet, in welchem Temperaturen über 45° nicht vorkommen. Werden die Kondensatoren im Freien aufgestellt, so erhalten die Kondensatoren besondere Porzellan-durchführungen. Der Anschluß ist denkbar einfach. In den Skizzen Abb. 6, 7 sind für die wichtigsten vorkommenden Fälle Angaben enthalten, welche besonderen Schaltapparate erforderlich sind.

Die Firma Meirowsky & Co. A.-G. stellt Blindstromsparer für Spannungen von 220 bis 20000 Volt her.

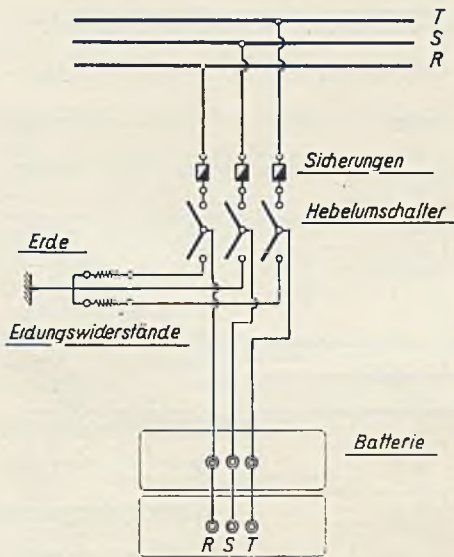


Abb. 6
Drehstromanschluß
von Niederspannungs-Kondensatoren

Es ist in Aussicht genommen, diese Apparate für noch höhere Spannungen zu entwickeln. An welcher Stelle in der elektrischen Anlage sollen die Blindstromsparner angeschlossen werden, um die beste Ausnützung zu erreichen?

Man kann zur Verbesserung des Leistungsfaktors einer Anlage zwei Wege wählen. Es liegt nahe, den Blindstrom am Orte des Entstehens, also auf der Niederspannungsseite unmittelbar bei den Verbrauchern, insbesondere

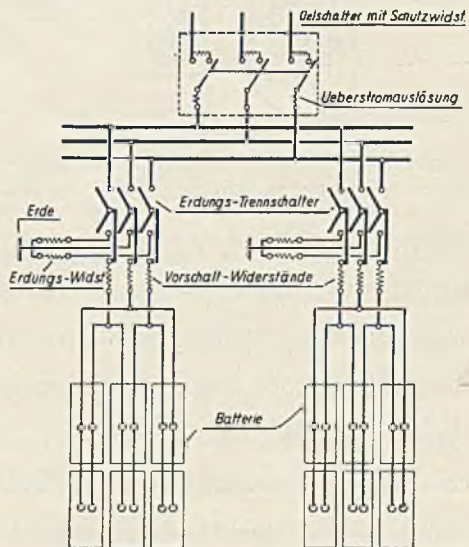


Abb. 7
Drehstromanschluß
von Hochspannungs-Kondensatoren

den Motoren zu beseitigen. (Einzelkompensation). Der Kondensator wird dann direkt mit den Statorklemmen des zu kompensierenden Motors verbunden (Abb. 8) und infolgedessen gleichzeitig mit dem Motor ein- und ausgeschaltet. Bei dieser Anordnung ergeben sich die denkbar günstigsten Kompensationsverhältnisse

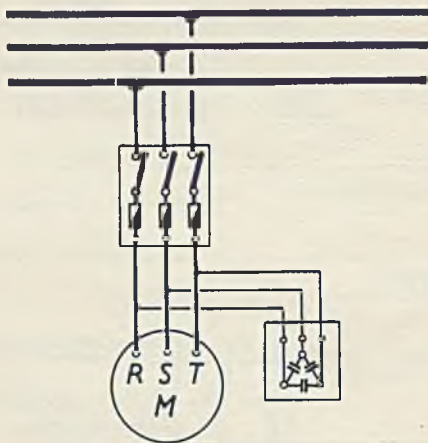
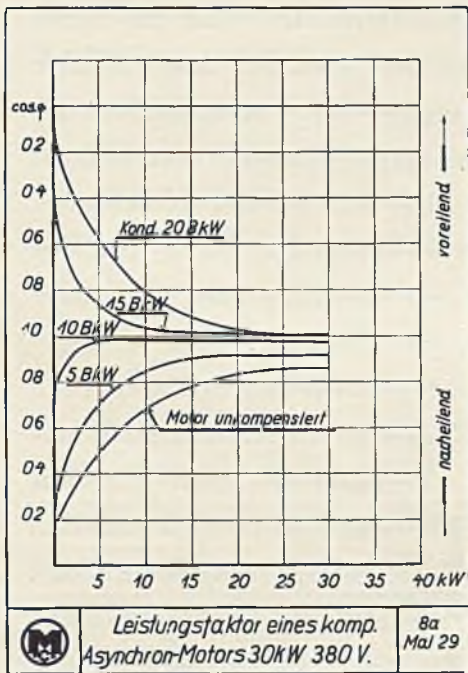


Abb. 8

und bei richtiger Wahl der Kondensatorgrößen erreicht man jederzeit eine gleichmäßige Entlastung der gesamten Anlage vom Blindstrom. Verteilungsleitungen und Transformatoren

können in diesem Falle vielfach zusätzliche Belastung übernehmen, ohne daß eine Vergrößerung der Leitungsquerschnitte oder Transformatorenleistungen vorgenommen werden muß. Es empfiehlt sich, die Kondensatorgröße bei Einzelkompensation so zu wählen, daß bei Vollast des Motors ein Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,95$ erreicht wird. Bei Teillast ist dann noch ein genügend günstiger Leistungsfaktor zu erwarten, andererseits vermeidet man bei schlechter Ausnützung



Leistungsfaktor eines komp. Asynchron-Motors 30kW 380 V. 8a Mai 29

Abbildung 9

der Motoren eine Überkompensation der Anlage. Abb. 9 zeigt, wie sich der Leistungsfaktor bei Parallelschaltung von Kondensatoren verschiedener Blindleistung ändert und welche Kondensatorleistung die günstigsten Verhältnisse ergibt.

Bei größeren Betrieben mit vielen kleinen Motoren geht man jedoch zweckmäßig zur **Gruppen-** bzw. **zentralisierten Kompensation** über, da bei stark schwankendem und zeitweise aussetzendem Betrieb der Motoren der **mittlere** Blindstromverbrauch die Größe der Kondensatorleistung bestimmt und im allgemeinen diese Leistung niedriger gewählt werden kann als bei Einzelkompensation der Motoren erforderlich wäre. Für Spannungen bis zu 500 Volt und bei kleiner Leistung bis zu etwa 50 BkWh genügen als Betriebschalter normale Hebelchalter mit Sicherungen, deren Auslösestromstärke mit

Rücklicht auf den Einschaltstromstoß nicht zu niedrig gewählt werden darf und etwa bei dem 2,5fachen Wert der Kondensatorenstromstärke liegen soll. Bei Aufstellung größerer Kondensatoren-Batterien muß man die Kondensatoren entweder auf mehrere Hebel-Schalter unterteilen oder man verwendet statt dessen dreipolige automatische Schalter mit thermischer oder magnetischer Über-Stromauslösung oder Ölschalter.

Es sei noch auf einen besonderen Punkt, den man bei der Installation von Kondensatoren beachten muß, hingewiesen. Bei dem außerordentlich hohen Isolationswiderstand der Kondensatoren behalten diese nach dem Abfalten vom Netz lange Zeit Spannung und Ladung. Es könnten daher Personen in Lebensgefahr kommen, wenn die Klemmen der Apparate und andere damit zusammenhängende Leitungsteile berührt werden. Man muß daher Vorforge treffen, daß nach Außerbetriebsetzung

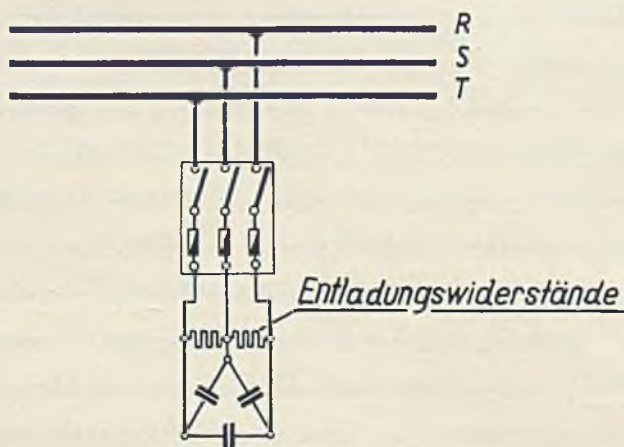


Abb. 10

der Kondensatoren sofort eine Entladung stattfindet. Bei Niederspannung biete man dem Entladestrom einen Weg durch parallelgeschaltete Widerstände, die als Elemente von etwa 1 Megohm zwischen den Kondensatorklemmen angeordnet sind. (Abb. 10). Trotzdem die Wattverluste in diesen Widerständen vernachlässigbar klein sind, zieht man häufig den Anschluß der Kondensatoren über Hebelumshalter mit Entladewiderständen vor. (Abb. 6). Niederspannungs-Kondensatoren für Drehstrom-Anschluß werden allgemein dreiphasig ausgeführt. Die einzelnen Phasen sind im Inneren des Gehäuses in Dreieckschaltung untereinander verbunden. Bei Kompensation auf der Hochspannungsseite von Transformatoren handelt es sich in den meisten Fällen um größere Leistungen. Es kommen daher dreiphasige Kondensatoren geringer Einheitsleistung wohl kaum in Frage. Es hat sich daher als zweckmäßig erwiesen, die Kondensatoren für höhere Spannungen in einphasiger Ausführung herzustellen. Bei Drehstrom-Anschluß bilden drei einphasige in Dreieck- oder Sternschaltung untereinander verbundene Einheiten eine dreiphasige Gruppe dreifacher Einheitsleistung. Als Betriebschalter für Hochspannungs-Kondensatoren sollen Ölchalter evtl. mit Vorstufenwiderständen Verwendung finden. Nur bei sehr kleinen Leistungen sind dreipolige Trennumschalter mit Entladewiderständen zulässig.

Bestimmung der erforderlichen Blindleistung.

Wegen der Bestimmung der erforderlichen Blindleistung soll man sich an einen Fachmann wenden. Die Firma **Meirowsky & Co. A.-G.** ist jederzeit auf Anfrage gerne bereit, kostenlose Auskunft zu geben. Zur Berechnung der wirtschaftlich günstigsten Kondensatorleistung ist die Beantwortung der nachfolgenden Fragen erwünscht:

1. Welche Spannung? Einphasen-, Zweiphasen- oder Dreiphasenstrom? Periodenzahl?
2. Mittlere Belastung in kW oder kVA?
3. Wieviel Kilowattstunden werden monatlich oder vierteljährlich vom Wirkstromzähler angegeben?
4. Wieviel Blindkilowattstunden werden monatlich oder vierteljährlich vom Blindstromzähler angegeben?
5. Wieviel Stunden ist Ihre Anlage wöchentlich in Betrieb (Mittelwert)?
6. Welche besonderen Tarifbestimmungen gelten und wie werden die Blindkilowattstunden verrechnet?

Am zweckmäßigsten werden gleichzeitig die Stromrechnungen der letzten Monate eingelangt.

In einfacheren Fällen kann man zur Bestimmung der erforderlichen Blindleistung auch das von uns ausgearbeitete Nomogramm (Abb. 11) benutzen.

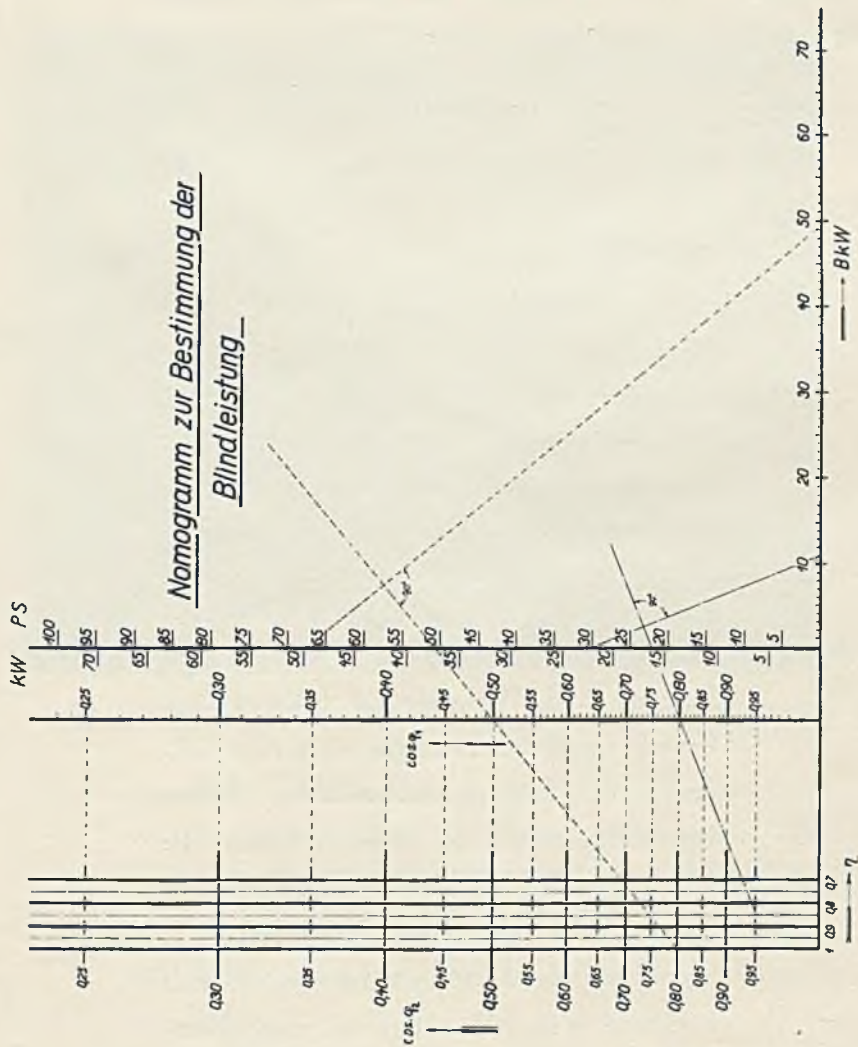


Abbildung 11

An eingezeichneten Beispielen sei erläutert, wie man mit diesem einfachen Hilfsmittel die Kondensatorleistung ermittelt.

Beispiel a) Hat man eine 50 kW-Anlage, die mit einem $\cos \varphi = 0,5$ arbeitet, und soll der Leistungsfaktor auf $\cos \varphi = 0,8$ gebracht werden, so muß man auf den senkrechten Linien von $\cos \varphi_1$ und $\cos \varphi_2$ die betreffenden Punkte 0,5 und 0,8 auffuchen, miteinander verbinden und vom Punkte 50 der kW-Linie eine Senkrechte zur Verbindungslinie loten. Sie schneidet die horizontale BkW-Linie in einem Punkte, welcher die Blindleistung des erforderlichen Kondensators mit ca. 50 BkW angibt.

Beispiel b) Bei Einzelkompensation eines Motors, dessen Leistung und Wirkungsgrad bekannt sind, braucht man nicht erst die vom Netz aufgenommene Leistung zu berechnen, sondern benutzt für $\cos \varphi_2$ die anderen Linien, die für die betreffenden Wirkungsgrade direkt im Nomogramm eingetragen sind. Soll z. B. ein Motor von 30 PS mit $\cos \varphi = 0,85$ und einem $\cos \varphi_2 = 0,8$ auf $\cos \varphi_1 = 0,95$ kompensiert werden, so findet man ohne weiteres aus dem Nomogramm, daß eine Kondensatorleistung von 11 BkW hierfür erforderlich ist.

Beispiele ausgeführter Anlagen

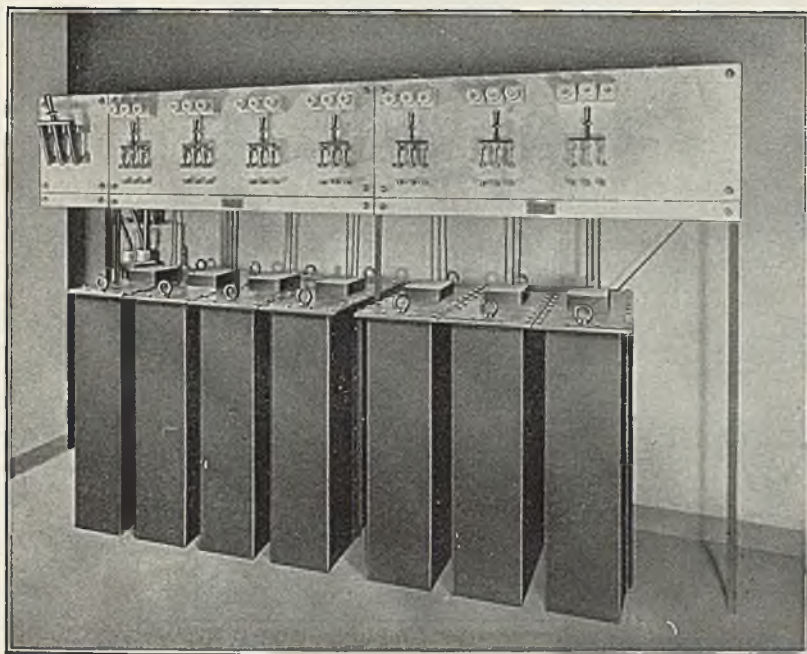


Abbildung 12

zeigen die Abbildungen 12 und 13. Abb. 12 stellt eine Kondensatoren-Anlage mit einer Blindleistung von ca. 200 BkWh für 380 Volt Betriebsspannung dar. Es handelt sich um 7 dreiphasige Einheiten. Jede Einheit ist für sich abgetrennt und durch besonderen Schalter abtrennbar.

Abb. 13 läßt die Aufstellung einer größeren Kondensatoren-Batterie (geliefert für die Fa. Carl Lindström A.-G. Berlin) für 220 Volt erkennen. Man hat hier,

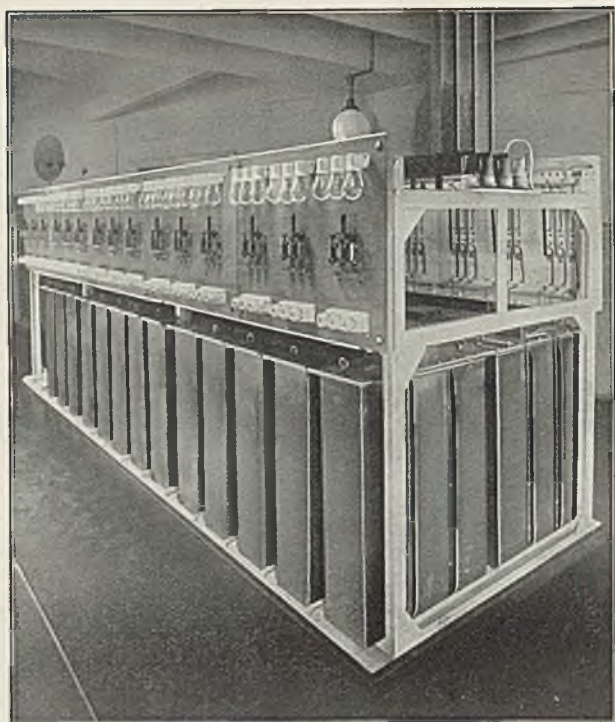


Abbildung 13

um automatische Schalter oder Ölschalter zu vermeiden, für jede Kondensator-Einheit einen besonderen Hebelumschalter mit Sicherungen gewählt.

Die Firma *Meirowsky & Co. A.-G.* ist jederzeit gerne bereit, mit Referenzen über ausgeführte Kondensatoren-Anlagen zu dienen. Als älteste deutsche Starkstromkondensatorenfabrik besitzt die Firma *Meirowsky & Co. A.-G.* auf dem Gebiete des Starkstrom- und

Hochspannungs-Kondensatoren-Baues umfangreiche Erfahrungen, die ihr auch bei der Durchbildung der Phasenschieber = Kondensatoren zugute gekommen sind. Außer den beschriebenen Kondensatoren der Type GMK stellt die Firma **Meirowsky & Co. A.=G.** für höhere Spannungen und größere Leistungen auch sogenannte Kabel-Kondensatoren her. Diese Kondensatoren werden nach einem von S. Silbermann in der E.T.Z. Jahrgang 1926, Heft 45 beschriebenen Prinzip ausgeführt. Abb. 14 stellt eine 1200 BkW-Anlage für 15000 Volt Betriebsspannung dar, die in Freiluftausführung zur Kompensation der Blindleistung eines Überlandnetzes Verwendung findet.

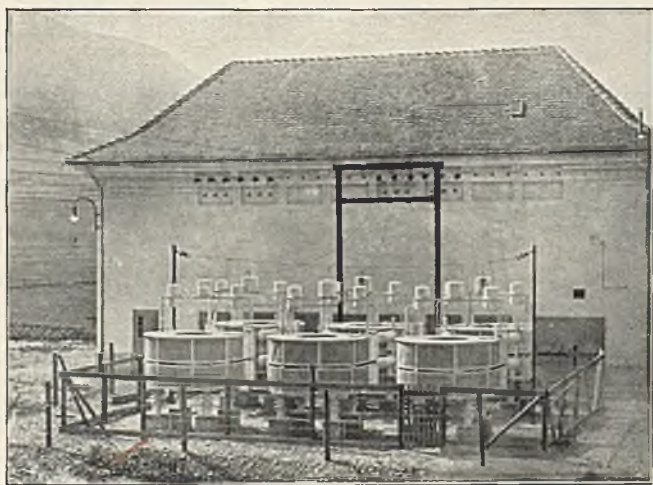


Abbildung 14

Die Wirtschaftlichkeit von Phasenschieber-Kondensatoranlagen.

Bei den heute vielfach bereits eingeführten Tarifbestimmungen der Elektrizitätswerke, durch welche auch der Blindstromverbrauch in irgend einer Weise erfaßt wird, soll dem Konsumenten genügend Anreiz gegeben werden, Vorkehrungen zu treffen, um den hohen Blindstromverbrauch seiner Anlage zu vermindern oder ganz zu beseitigen. Diese Tarife sind meist derartig gestellt, daß die Anlagekosten bereits in 1-1½ Jahren aufgebracht werden.

Die nachfolgenden Beispiele, die der Praxis entnommen sind, zeigen, wie sich die Wirtschaftlichkeit eines Kompensators bei Verwendung von Kondensatoren in einfacher Weise nachweisen läßt.

- a) Ein Verbraucher bezieht durchschnittlich monatlich bei einer Betriebsspannung von 380 Volt
- | | |
|---------------|------------|
| an Wirkstrom | 28200 kWh |
| an Blindstrom | 35200 BkWh |
- in 26 Tagen je 16 Stunden, also in 416 Betriebsstunden.

Das Elektrizitätswerk berechnet:
für jede Wirkkilowattstunde 7,5 Pfennige.

Sofern die verbrauchte Blindstrommenge 75% des Wirkstromverbrauchs beträgt, wird der Blindstrom nicht berechnet. Der darüber hinausgehende Verbrauch wird berechnet mit 15% des Wirkstromtarifes, für die weniger entnommene Menge werden vergütet 7,5% " "

Die Kosten für den verbrauchten Blindstrom er rechnen sich wie folgt:

bezogen	35200 BkWh
frei sind $28200 \cdot 0,75 =$	<u>21150 "</u>
zu berechnen sind	14050 "
zum Preise von $7,5 \cdot 0,15$ ergeben	Rm. 158.06
oder jährlich Rm. 1896.72 oder rund	<u><u>Rm. 1900.—</u></u>

Eine hierzu passende Kondensatoranlage von 34 BkWh kostet fertig aufgestellt, einschließl. Schaltapparate etc. Rm. 1800.—

sodaß die aufgewendeten Kosten sich in weniger als einem Jahr bezahlt machen.

b) Dem zweiten Beispiel soll ein sogenannter Scheinleistungstarif zugrunde gelegt werden, wie er z. B. in Dresden zur Verrechnung gelangt.

Es ist für jedes kVA der in einem Monat erreichten halbtündigen Höchstleistung eine Leistungsgebühr von Rm. 7.— je Monat zu zahlen, für jedes kVA Höchstleistung über 100 kVA sind Rm. 5.60 zu zahlen. Außerdem wird die verbrauchte kWh-Zahl verrechnet, die uns aber hier nicht weiter interessiert.

Ein Verbraucher entnimmt hochspannungsseitig bei 2000 Volt in einem Monat, der als Durchschnittsmonat betrachtet werden kann, eine Höchstleistung von 450 kVA
 bei einem $\cos \varphi$ von 0,68.

Er hat unabhängig von den verbrauchten Wirkkilowattstunden zu zahlen:

1) Anlage unkompenziert $\cos \varphi = 0,68$

100 . 7 = Rm. 700.—

350 . 5,60 = Rm. 1960.—

zusammen Rm. 2660.—

2) Anlage durch Aufstellung von 60

BkW-Kondensatoren auf $\cos \varphi = 0,75$

kompenziert. Höchstleistung sinkt hier=

durch auf 408 kVA

100 . 7 = Rm. 700.—

308 . 5,60 = ca. Rm. 1725.—

zusammen Rm. 2425.—

Monatl. Ersparnis Rm. 235.—

Die Kondensatorenanlage kostet RM 2100.—,

sie macht sich also in ca. 10 $\frac{1}{2}$ Monaten

bezahlt.

3) Anlage durch Aufstellung von 100

BkW-Kondensatoren auf $\cos \varphi = 0,8$

kompenziert.

Höchstleistung sinkt hierdurch auf 382 kVA

$100 \cdot 7 =$ Rm. 700.—

$282 \cdot 5,60 =$ ca. Rm. 1580.—

zusammen Rm. 2280.—

Monatl. Ersparnis Rm. 380.—

Die Kondensatorenanlage kostet RM 3500.—,

sie macht sich in ca. 11 Monaten bezahlt.

4) Anlage durch Aufstellung von 180

BkW-Kondensatoren auf $\cos \varphi = 0,9$

kompenziert.

Höchstleistung sinkt hierdurch auf 340 kVA

$100 \cdot 7 =$ Rm. 700.—

$240 \cdot 5,60 =$ ca. Rm. 1344.—

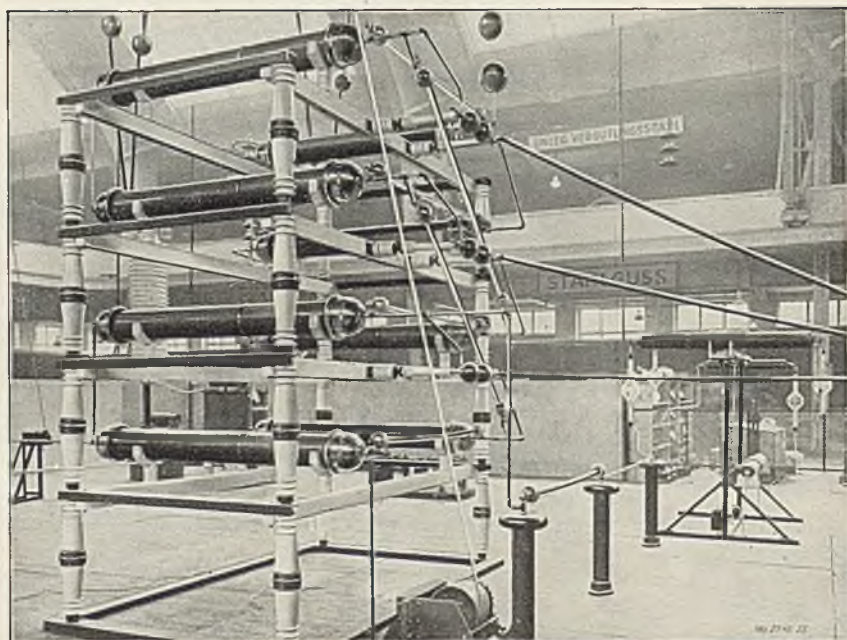
zusammen Rm. 2044.—

Monatliche Ersparnis Rm. 616.—

Die Kondensatorenanlage kostet RM 6300.—,

sie macht sich in ca. 12 Monaten bezahlt.

Bei den obigen Wirtschaftlichkeitsrechnungen sind die Verluste der Kondensatoren nicht berücksichtigt worden, da der Wirkverbrauch von etwa 3 Watt je BkW vernachlässigt werden kann und wegen der Ersparnis an Kupferverlusten, die sonst durch Blindstrom in Zuleitungen und Transformatoren erzeugt werden, reichlich ausgeglichen wird.



Gleichstrom-Kondensatoren in einer Stoßprüf-Anlage

Starkstrom-Kondensatoren

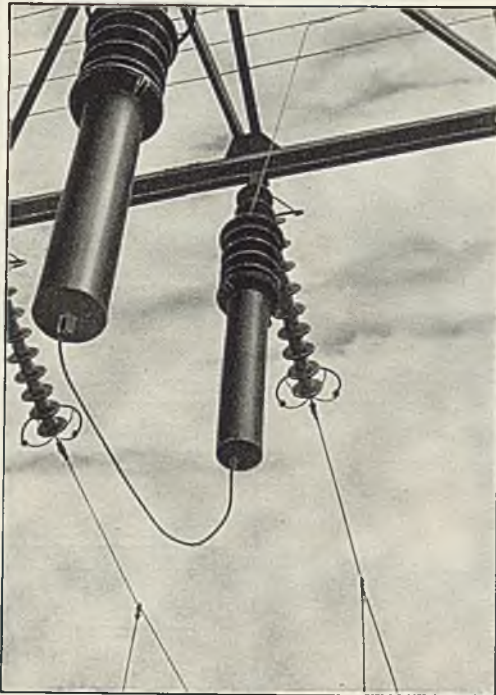
Zum Ausgleich der Phasenverschiebung,
für drahtlose Telegraphie u. Telephonie
für drahtgerichtete Telephonie
für elektromedizinische Apparate
für Gleichrichter
für Überspannungsschutz
Überbrückungskondensatoren

Drosselspulen

als Überspannungsschutz

Hochspannungs-
Isolatoren

Durchführungen
Stützisolatoren
Schaltstangen
Schaltzangen



Kopplungskondensatoren für drahtgerichtete Hochfrequenz-Telephonie

Kennen Sie unser Hartpapier?

PERTINAX

Wir sind die alleinigen Hersteller!

PERTINAX

Papier
Platten
Rundrohre
Formrohre
Isolationen

WIR LIEFERN AUSSERDEM:

Kolben und Ritzel

Mikanit-Fabrikate

Mikanit B · Mikanit Flexibel
Glimmerleinen und -Papier
Megohmit COM u. Silberglimmer-
Megohmit für Kollektoren
Mikafolium für Umprägung von
auf Schablonen gewickelten
Spulen

Mikanit - Formstücke

Mikanit-Scheiben
Reinglimmer- u. Mikafoliumrohre
Rinnen · Winkel · Kollektoringe
Glimmer-Formstücke
Spulen · Umprägungen

Roh-Glimmer

und Spalt-Glimmer in Original-
kisten · Isolationen aus Roh-
Glimmer

Excelsior-Isolierlacke

Tauch-, Streich-, Kleblack
luft- und ofentrocknend
Verbundmasse

Excelsior-Isolierstoffe

in schwarzer und gelber Farbe
Diagonal-Bänder
Papiere · Leinen · Seide
Segeltuch

Excelsior-Isolierschläuche

ölbeständig, von 1 mm an auf-
wärts, in verschiedenen Farben

Excelsior-Drähte

in Ringen beliebiger Länge

Excelsior-Lackkabel

Autobeleuchtungs- und
Autozünd-Leitungen

Emaile- und Dynamo-Drähte

von 0,05 mm an aufwärts, blank
und mit Baumwolle oder Seide
umspinnen

Preßspan und Lederpappe

roh, lackiert, geölt, in Tafeln und
Rollen · Preßspan mit Glimmer-
einlage · Rotpapier



DURCOTON

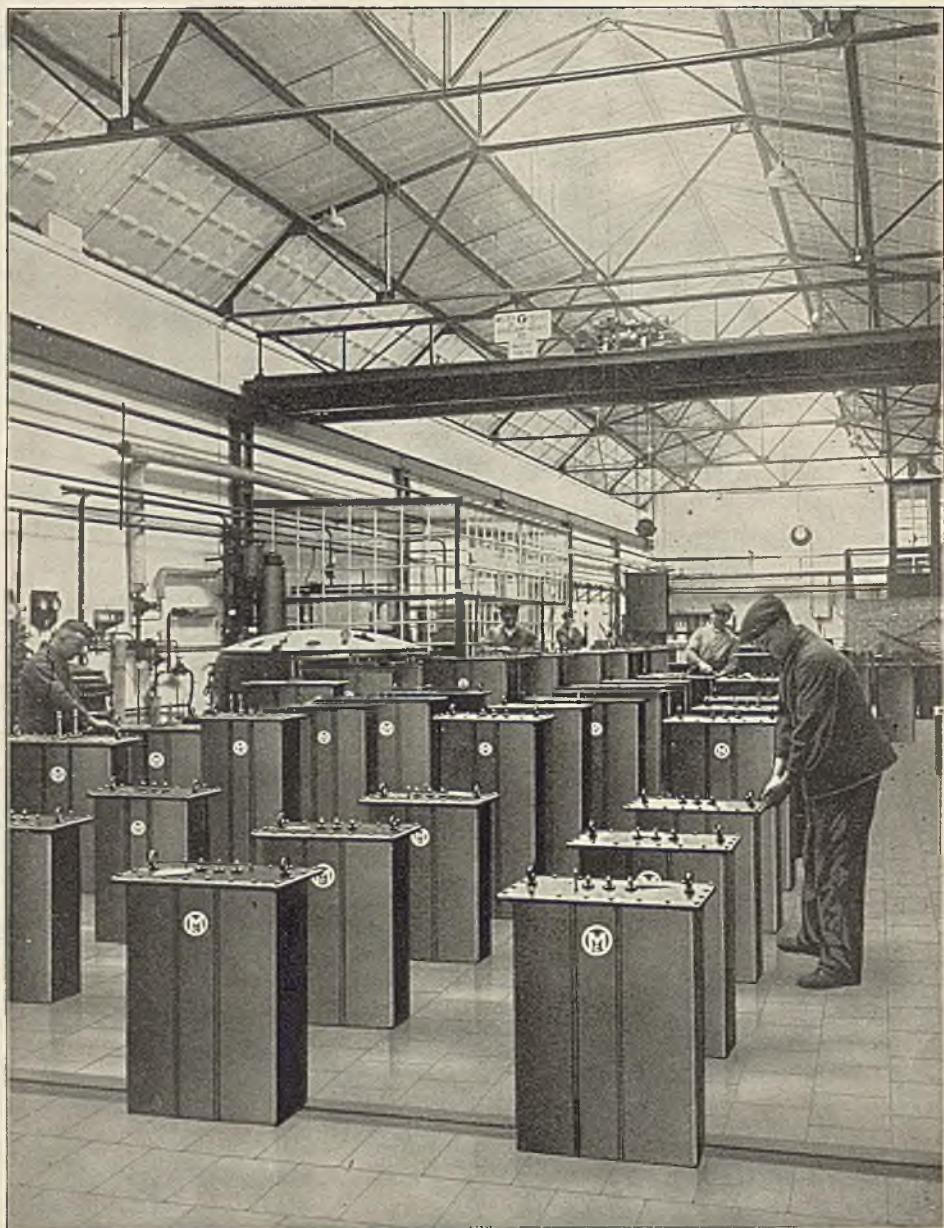
Zahnräder
sind
geräuschlos

schwingungsdämpfend,
ölfest, wärmebeständig,
chemisch unangreifbar,
wasserbeständig

Verlangen Sie unseren Prospekt 4

MEIROWSKY & CO

Aktiengesellschaft Porz-Rh.



Blick in eine unserer Montagehallen für Kondensatoren



BUCH- UND KUNSTDRUCK
HERMANN GOMPERTZ, KÖLN