Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 14 (1923)

Heft: 5

Artikel: Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Phasenkompensationseinrichtungen und Richtlinien zur Erzielung eines hohen Leistungsfaktors

Autor: Wüthrich, F. / Caspari, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1057584

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Der Energiekonsum während dieser Zeit betrug im

Januar	3895	kWh
Februar	2985	„
März	3270	„
April	3270	„
Mai	3755	„
Juni	3810	„
Juli	4250	„
August	3920	„
September	3830	„
Oktober	4000	„
November	3800	„
Dezember	3850	„
Total	44635	kWh

Der Gesamtanschlusswert der Kocheinrichtungen betrug 75 kW; es entspricht dies einer Benützungsdauer von 595 Stunden im Jahr.

Bei 66165 Verpflegungstagen, einschliesslich Personal, ergibt dies einen Stromverbrauch von 0,674 kWh, oder bei dem *jetzigen* Strompreise von 10 Rp. pro kWh, *6,74 Rp. pro Kopf und Tag;* bei 44997 Patiententagen macht dies 0,991 kWh, oder rund 10 Rp. pro Patient und Tag aus. Hierbei sind aber die Kosten für die Erwärmung der Küche und der Verbrauch an Koch- und Putzwasser *nicht* eingeschlossen. Das gesamte in der Küche benötigte Warmwasser, also auch das Kochwasser für die Kippkessel, wird der elektrischen Warmwasserbereitungsanlage (Speicheranlage mit Nachtstrombetrieb) entnommen. Dies ist beim Kippkesselbetrieb allgemein üblich und auch wirtschaftlicher, als wenn das Wasser mit Kochstrom erwärmt wird. (Kochstrom 10 Rp., Nachtstrom für Warmwasserspeicher z. Z. 4 Rp.).

Diese durch Dauerkontrolle gewonnenen Zahlen stimmen mit den während den Versuchen ermittelten überein. Der etwas höhere Verbrauch im Jahresbetrieb (0,674 statt 0,627 kWh pro Verpflegungstag) rührt davon her, dass im Sommer während längerer Zeit an eine grössere Anzahl Bauhandwerker das Mittagessen verabfolgt wurde, was in den obgenannten Verpflegungstagen nicht berücksichtigt ist. Auch das Einmachen von Früchten usw. erforderte einen grössern Stromverbrauch als während den Versuchswochen. Diese sehr günstigen Ergebnisse des elektrischen Betriebes der Küche wurden erreicht durch zweckmässige Wahl der elektrischen Apparate und durch richtige Unterteilung der Heizleistung und Isolierung der Kippkessel nach Vorschlägen des Verfassers dieser Arbeit.[3]) Besonders hervorzuheben ist auch die tadellose Bedienung der elektrischen Einrichtung; die hier geschilderten Ergebnisse zeigen, wie viel Energie durch richtige Einteilung und durch nutzbringende Verwendung aller überschüssigen Wärme gespart werden kann.

Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Phasenkompensationseinrichtungen und Richtlinien zur Erzielung eines hohen Leistungfaktors.

Von *F. Wüthrich,* Dipl.-Ing., Baden und Dr. Ing. *E. Caspari,* Mannheim.

Der Autor bespricht verschiedene Einrichtungen zur Erhöhung des Leistungsfaktors und leitet Formeln ab, an Hand welcher der Leistungsfaktor, auf welchen zweckmässigerweise reguliert werden soll, berechnet werden kann, wie auch die aus der Erhöhung des cos φ erzielbaren Ersparnisse. An Hand von Beispielen werden die abgeleiteten Rechnungsmethoden veranschaulicht. Endlich gibt er Richtlinien zur Verbesserung des Leistungsfaktors an.

L'auteur discute divers moyens pour améliorer le facteur de puissance d'une installation et donne des formules permettant de calculer dans quelle mesure il est pratiquement utile de compenser le courant réactif et quelles sont les économies réalisables.

L'auteur applique ensuite sa méthode à quelques exemples et donne des directives pour le choix des dispositifs à adopter.

A. Einleitung.

Bis vor einigen Jahren hat man das Auftreten eines von 1,0 verschiedenen *cos φ* in Wechselstromnetzen als unvermeidliche Erscheinung angesehen und sich damit abgefunden. Als dann aber mit der zunehmenden Anwendung der elektrischen

[3]) Siehe auch Bulletin 1921, No. 12, Seite 389 u. ff.

Energie und bedingt durch die wachsenden Erstellungskosten neuer Anlagen der früher vorhandene Energieüberschuss einer *Energieknappheit* wich, da entstand das vermehrte Bestreben der Elektrizitätswerke, ihre bestehenden Anlagen durch möglichst hohe Belastung mit nutzbarer Leistung besser auszunützen und wirtschaftlicher zu betreiben. Ausser andern Massnahmen erkannte man die Erhöhung des Leistungsfaktors, oder, wie man auch sagt, dessen Verbesserung als ein wirksames Mittel zur wirtschaftlicheren Ausnützung bestehender oder neuer Anlagen. In dieser Erkenntnis verlangen daher neuestens die meisten grösseren Elektrizitätswerke von ihren Abnehmern den Bezug des Stromes bei einem $\cos \varphi$, der eine gewisse Grenze, z. B. $\cos \varphi = 0{,}8$, nicht unterschreitet, oder lassen sich bei einem tieferen Leistungsfaktor die Kilowattstunde oder die Anschlussgebühr zu einem höhern Einheitspreis bezahlen, der ungefähr der schlechtern Ausnützung der Erzeugungsanlage entspricht. Bei einem $\cos \varphi$ höher als die festgesetzte Grenze wird auch häufig ein Rabatt auf den Strompreis gewährt.

Mit einem Schlage ist dadurch für den Erzeuger und Verbraucher elektrischer Energie die Frage des Leistungsfaktors zu einer *wichtigen Tariffrage* geworden, die für die Wirtschaftlichkeit des Betriebes eine grosse Rolle spielt.

Ein tiefer Leistungsfaktor hat aber noch andere Nachteile zur Folge, die nicht direkt in Geldwert ausgedrückt werden können. Ueber die allgemeinen technischen Probleme des Leistungsfaktors ist aber bis heute eine so reiche Literatur erschienen, dass wir uns darauf beschränken, in folgender kurzer Zusammenstellung die Vorteile der Phasenkompensation (Erhöhung des Leistungsfaktors) zu wiederholen. Aus dieser Zusammenstellung gehen dann ohne weiteres auch die Nachteile eines tiefen $\cos \varphi$ hervor.

Die Vorteile eines hohen Leistungsfaktors für den Erzeuger sind:

1. Bei verbessertem $\cos \varphi$ können Maschinen, Transformatoren, Apparate und Leitungen kleiner bemessen oder stärker mit Wattstrom belastet, also besser ausgenützt werden. Dadurch ergibt sich eine Reduktion der Anlagekosten oder die Möglichkeit einer wirtschaftlicheren Ausnützung der Anlage, was oft deren Erweiterung erspart.
2. Die Verluste in Maschinen und Leitungen sind bei gutem $\cos \varphi$ bedeutend kleiner als bei schlechtem, d. h. die Betriebskosten (Kohlenkosten!) werden durch Phasenkompensation reduziert.
3. Bei Abschaltvorgängen geschieht das Löschen von Lichtbogen unter Oel bei gutem $\cos \varphi$ leichter als bei schlechtem, Phasenkompensation ist also zugleich Schalterschutz.
4. Die Spannungsregulierung wird durch Phasenkompensation erleichtert, ja bei Höchstspannungsanlagen erst durch diese wirtschaftlich ermöglicht.

Von besonderer Bedeutung für den *Verbraucher* sind folgende Vorteile:

5. Mittelbar, d. h. an die Schleifringe von Asynchronmaschinen angeschlossene Phasenkompensatoren erzeugen den nötigen Magnetisierungsstrom im Rotor der Maschine selbst, vermindern die Statorerwärmung, erhöhen also die dauernde Belastungsfähigkeit und auch die stossweise Ueberlastungsfähigkeit.
6. Bei verbessertem $\cos \varphi$ einer Verbraucheranlage ist oft der Stromeinheitspreis und die Anschlussgrundgebühr kleiner; Phasenkompensation bedeutet in diesem Falle einen direkten wirtschaftlichen Nutzen.

Es entsteht nun die Frage, ob die bekannten Mittel und Einrichtungen zur Phasenkompensation nicht so teuer sind, dass deren Jahreskosten die durch sie erzielten Vorteile und Ersparnisse überwiegen. In Abschnitt C wird diese Frage allgemein untersucht. Dort wird auch der Grad der zweckmässig anzustrebenden Kompensation berechnet. In Abschnitt B seien aber vorerst noch die wichtigsten Einrichtungen zusammengestellt, die zur Erhöhung des $\cos \varphi$ dienen können.

B. Einrichtungen zur Erhöhung des Leistungsfaktors.

Die wichtigsten Einrichtungen zur Vergrösserung des Leistungsfaktors sind:

1. *Leerlaufende Synchronmotoren.* Diese werden direkt ans Netz angeschlossen und sind imstande, je nachdem sie mehr oder weniger erregt sind, den von einer Anlage benötigten Magnetisierungsstrom (wattlosen Strom) ganz oder teilweise zu erzeugen, wodurch der $\cos \varphi$ der Anlage erhöht wird. Leerlaufende Synchronmotoren eignen sich hauptsächlich zur Phasenverbesserung ganzer Anlagen.

2. Noch billiger als durch leerlaufende Synchronmotoren kann die Erhöhung des Leistungsfaktors durch *belastete Synchronmotoren* erfolgen, die so bemessen und erregt sind, dass sie mechanische Arbeit zum Antrieb irgend einer Maschine abgeben und dazu noch Magnetisierungsstrom erzeugen.

3. Ein weiteres Mittel zur Erzielung eines höhern $\cos\varphi$ liegt in der Aufstellung von *Synchron-Induktionsmotoren* (S. I. Motoren) an Stelle der Induktionsmotoren. Sie sind ähnlich wie die bekannten Induktionsmotoren gebaut, werden wie diese mittels eines Rotoranlassers angelassen, dann aber, wenn sie fast die synchrone Drehzahl erreicht haben, im Rotor mit Gleichstrom erregt und laufen dann wie Synchronmotoren mit $\cos\varphi = 1{,}0$ oder geben sogar noch Magnetisierungsstrom an das Netz ab.

Synchron- und S. I.-Motoren werden zweckmässig dort als Antriebsmotoren verwendet, wo die Art des Betriebes das Einhalten einer synchronen Drehzahl erlaubt, wo also keine Drehzahlregulierung und kein Schwungrad notwendig ist. Wo diese Bedingungen nicht erfüllt werden können, muss man nach wie vor die gewöhnlichen Induktionsmotoren aufstellen, die einen um so niedereren $\cos\varphi$ besitzen, je langsamer sie laufen und je weniger sie belastet sind. Zur Verbesserung des $\cos\varphi$ einzelner solcher Induktionsmotoren können dienen:

4. die *Phasenkompensatoren,* Bauart Bown-Boveri und die *Kappschen Vibratoren,* Bauart Maschinenfabrik Oerlikon.

Beide sind kleine Kollektormaschinen, die an die Schleifringe der Induktionsmotoren angeschlossen werden. Wirtschaftlich gerechtfertigt ist deren Anwendung aber erst bei Motoren von mehr als 100 kW Leistung (siehe Abschnitt C und D).

5. Zur individuellen Kompensation kleiner Induktionsmotoren können auch *statische Kondensatoren* verwendet werden, die man direkt an die Statorklemmen anschliesst. Für grössere Leistungen sind Kondensatoren teurer als die oben erwähnten Mittel; auch ist deren Betriebssicherheit bei höhern Spannungen noch nicht durch längere Erfahrung erprobt.

6. Endlich wäre noch zu erwähnen, dass *Regulieraggregate* (Gruppen für verlustlose Regulierung der Drehzahl grosser Induktionsmotoren) sowie Einankerumformer oft eine Erhöhung des $\cos\varphi$ einer Anlage möglich machen, wenn dies auch nicht der Hauptzweck dieser Maschinen ist.

C. Allgemeine wirtschaftliche Untersuchungen.

1. Vorerst seien die Bedingungen der Aufstellung von Phasenschiebern untersucht, *die für Kraftwerke und Unterstationen in Betracht kommen.*

Da, wie wir mehrmals erwähnten, die Verluste in Maschinen und Leitungen eine grosse Rolle spielen, so sind die Beziehungen aufzusuchen, nach welchen bei Erzeugung des wattlosen Stromes durch Phasenschieber die Reduktion der Verluste erfolgt. Massgebend für den Grad der Kompensation ist aber nicht die Reduktion der Verluste an sich, sondern der damit erzielte wirtschaftliche Gewinn. Schliesslich ermöglicht die Entlastung der Generatoren und Leitungen auch eine Erhöhung der Belastung derselben in kW; es kann also oft eine Erweiterung der Anlage überflüssig sein. Voraussetzung ist natürlich, dass die Antriebsmaschinen die Leistungssteigerung ertragen. Im folgenden soll durch einfache Berechnung der wirschaftlichste Kompensationsgrad ermittelt werden.

Es mögen folgende Bezeichnungen gelten:

P = Vom Kraftwerk abgegebene Wattleitung in kW
P_c = Vom Kraftwerk abgegebene scheinbare Leistung in kVA
P_s = Wattlose Leistung eines Phasenschiebers in kVA
P_{vg} = Stromwärmeverluste in Generatoren, Leitungen und Transformatoren in kW
P_{vs} = Verluste des Phasenschiebers in kW
$\cos\varphi$ = Leistungsfaktor; φ_1 = Phasenwinkel vor der Kompensation
φ_2 = Phasenwinkel nach der Kompensation

$\alpha = \frac{P_{vg} \text{ bei } \cos\varphi = 1{,}0}{P}$ kW/kW

$\beta = \frac{P_{vs}}{P_s}$ kW/kVA

$a = \frac{\text{Totale Jahreskosten des Elektrizitätswerkes}}{\text{Jährliche produzierte kWh}}$ = Selbstkosten/kWh

$b = \frac{\text{Produzierte kWh pro Jahr}}{\text{Installierte dauernde Maschinenleistung} \times 8760}$ = Ausnützungsfaktor

c = Gewinn erzielt aus dem Verkauf der kWh in Fr.

K_s = Anschaffungspreis (Grundpreis) des Phasenschiebers

TZ = Teuerungszuschlag auf den Grundpreis

n = Angestrebte Amortisationszeit des Phasenschiebers

$k_s = \frac{K_s + TZ}{n}$

Z = Zuschlag zu k_s für Verzinsung und Unterhalt des Phasenschiebers

$k_s' = (k_s + Z)$ = totale Jahreskosten des Phasenschiebers

a' = Selbstkosten/kWh infolge Leistungssteigerung der Generatoren; $a' < a$

$a'' = [a(1 + c) - a']$ = Gewinn/kWh auf mehrerzeugter Energie

$x = \frac{P_{c2}' - P_{c2}}{P_{c1} - P_{c2}}$ [siehe Fig. 1] = Zahl, variabel von 0 – 1 = Mass der Leistungssteigerung der Generatoren nach Phasenkompensation.

a) Aus Fig. 1 geht hervor, dass die Wattleistung der Generatoren gesteigert werden kann, wenn durch Phasenkompensation eine Entlastung von wattlosem Strom stattfindet. Die erhöhte Zentralenleistung beträgt bei maximaler Leistungssteigerung, d. h. wenn der Strom der Generatoren auf den vor der Kompensation herrschenden erhöht wird:

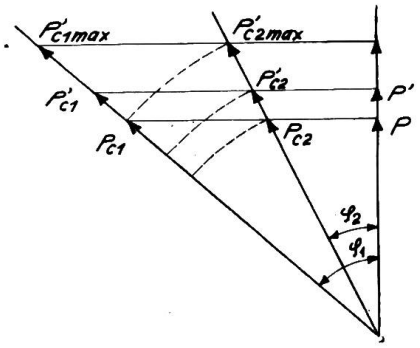

Fig. 1

Vektordiagramm für die Berechnung der Kompensationsleistung.

$$P'_{max} = P\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1} \text{ oder die Erhöhung} \tag{1}$$

$$P'_{max} - P = P\left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1} - 1\right). \tag{2}$$

Wenn aus irgend welchen Gründen nicht die volle Erhöhungsmöglichkeit ausgenützt wird, so ist

$$P' = P\left[1 = x\left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1} - 1\right)\right], \text{ wobei } x \text{ eine von } 0-1 \text{ variable Grösse ist} \tag{3}$$

für $x = 0$ ist $P' = P$

$x = 1$ ist $P' = P\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1}$.

b) Die nötige wattlose Leistung des Phasenschiebers für Kompensation von $\cos\varphi_1$ auf $\cos\varphi_2$ beträgt nach Fig. 1

$$P_{s_{1-2}} = P'(tg\,\varphi_1 - tg\,\varphi_2) \text{ oder nach Formel (3)}$$

$$P_{s_{1-2}} = P\left[1 + x\left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1} - 1\right)\right][tg\,\varphi_1 - tg\,\varphi_2]. \tag{4}$$

c) Die Verluste des Synchronmotors werden dann nach Definition ausgedrückt durch

$$P_{vs} = \beta P_{s_{1-2}} \tag{5}$$

d) Bei der Leistung P und $\cos\varphi_1$ treten in Maschinen und Leitungen usw. Kupferverluste auf, die ausgedrückt werden können durch die Formel

$$P_{vg_1} = \alpha P(1 + tg^2\,\varphi_1). \tag{6}$$

Bei Belastung durch Q und $\cos\varphi_2$ wird daher an Kupferverlusten gespart

$$P_{vg_1} - P'_{vg_2} = a\,P\left[(tg^2\,\varphi_1 - tg^2\,\varphi_2) - (1 - tg^2\,\varphi_2)\,x\left(\frac{\cos\varphi_2}{\cos\varphi_1} - 1\right)\right] \qquad (7)$$

$$\text{für } x = 0 \text{ ist } P_{vg} - P_{vg'} = a\,P\,[tg^2\,\varphi_1 - tg^2\,\varphi_2]. \qquad (8)$$

e) Es kann der Fall eintreten, dass man aus Gründen der Verlustersparnis das Kraftwerk mit einem $\cos\varphi = 1{,}0$ betreiben und die ganze wattlose Leistung des Verbrauchsnetzes durch Phasenschieber erzeugen will. Die ersparten Verluste berechnen sich dann nach der Formel

$$(P_{vg} - P_{vs}) = (P_{vg_1} - P_{vg_0}) - (P_{vs_1} - P_{vs_0})$$

$$(P_{vg} - P_{vs}) = P\,(a\,tg^2\,\varphi_1 - \beta\,tg\,\varphi_1)\,. \qquad (9)$$

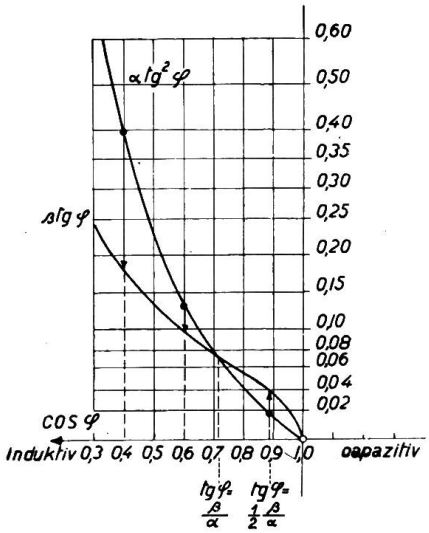

Fig. 2

Kurven für $a\,tg^2\,\varphi$ und $\beta\,tg\,\varphi$ gezeichnet für $a = 0{,}07$, $\beta = 0{,}07$

In Fig. 2 sind die Werte von $a\,tg^2\,\varphi$ und $\beta\,tg\,\varphi$ für ein bestimmtes a und β in Kurven aufgetragen. Daraus ist zu ersehen, dass eine Verlustersparnis bei Kompensation auf $\cos\varphi = 1{,}0$ nur dann eintritt, wenn $\cos\varphi_1$ einen geringern Wert hat, als dem Schnittpunkt der Kurven entspricht, d. h. wenn

$$tg\,\varphi_1 > \frac{\beta}{a}\,. \qquad (10)$$

f) Im Anschluss an Abschnitt *e)* sei nun noch die Bedingung gesucht, welche ein Maximum an gesparter Verlustenergie ergibt, d. h. es muss

$$(P_{vg} - P_{vs}) = (P_{vg_1} - P_{vg_2}) - (P_{vs_1} - P_{vs_2}) \qquad (9)$$

ein Maximum sein. Diese Bedingung ist, wie man leicht durch Differenziation ermitteln kann, erfüllt wenn

$$tg\,\varphi_2 = \frac{1}{2}\,\frac{\beta}{a}\,. \qquad (11)$$

Wenn also auf einen $\cos\varphi_2$ entsprechend dieser Bedingung kompensiert wird, werden am meisten Verluste gespart. Dies ist auch aus Fig. 2 ersichtlich. Je grösser also die Verluste in Maschinen und Leitungen sind, desto stärkere Kompensierung ist vom Verluststandpunkte aus zweckmässig.

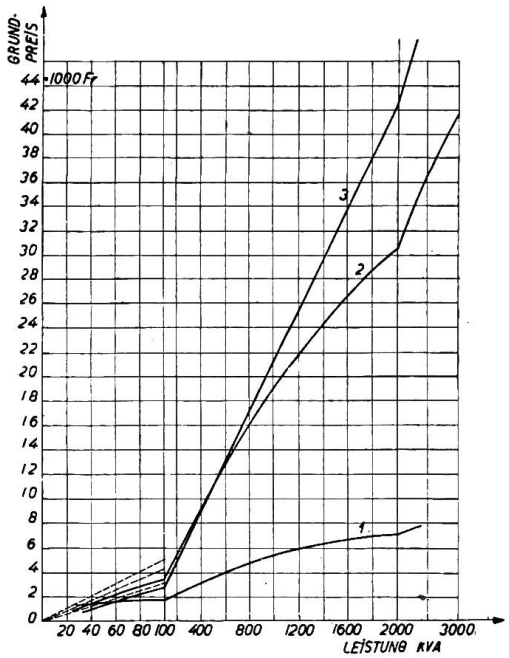

Fig. 3

Preiskurven für Kompensationseinrichtungen.

Legende:
1 = Preis von BBC-Phasenkompensatoren,
2 = Preis von Synchron-Phasenschiebern,
3 = Preis von statischen Kondensatoren,
----- = Preise verbesserter Induktionsmotoren.

Die zugrunde gelegten Preise sind Mittelwerte stabiler Vorkriegspreise und enthalten Zuschläge für die nötige Apparatur. Die Preise für die verbesserten Induktionsmotoren sind aus Fig. 5 bestimmt.

g) Das endgültige Mass für den richtigen Kompensationsgrad kann aber nur eine wirtschaftliche Ueberlegung geben; denn die Kompensation soll ja vor allem einen wirtschaftlichen Vorteil bringen. Zur Erleichterung dieser Untersuchung sind daher in Fig. 3 die Grundpreise (stabile Vorkriegspreise) für verschiedene Arten von Phasenschiebern graphisch aufgezeichnet. Die Kurven lassen auch erkennen, bei welchen Leistungen das eine oder andere Phasenschiebersystem wirtschaftlich vorteilhaft ist. Erhöhen wir die den Kurven entnommenen Preise

K_s um den Teuerungszuschlag TZ, dividieren wir ihn durch die angenommene Amortisationszeit n, und berücksichtigen wir noch die für Verzinsung und Unterhalt der Einrichtung notwendigen Beträge, so erhalten wir die Jahreskosten des Phasenschiebers:

$$k_s' = \frac{K_s + TZ}{n} + Z \tag{12}$$

Von den Raumkosten sehen wir ab, da Nachrechnungen zeigten, dass sie vernachlässigt werden können.

Diese Kosten erhöhen sich aber noch um die Kosten des Energieverbrauches, der durch die Eigenverluste des Phasenschiebers bedingt ist. Sie können ausgedrückt werden durch

$$k_{vs} = P_{vs}\, a\, b\, 8760\,, \tag{13}$$

wobei P_{vs} aus Formel (4) und (5) bestimmt wird.

Diesen Kosten des Phasenschiebers steht der Gewinn durch die Kompensierung gegenüber. Er setzt sich zusammen aus dem Gewinn durch Reduktion der Maschinen- und Leitungsverluste G_{vg}, der nach Formel (7) den Wert hat

$$G_{vg} = (P_{vg_1} - P'_{vg_2})\, a\, b\, (1 + c)\, 8760 \tag{14}$$

und dem durch Mehrbelastung der Zentrale

$$G_{P'-P} = (P' - P)\, a''\, b\, 8760 \tag{15}$$

Der wirkliche Totalgewinn, der grösser als Null sein soll, ergibt sich endlich aus der Zusammenziehung der Formeln (12) bis (15)

$$0 < G = (G_{vg} + G_{P'} - P) - K_{vs} + K'_{vs}) \tag{16}$$

oder ausgeschrieben:

$$G = \alpha\, a\, b\, (1 + c)\, 8760\, P \left[(tg^2 \varphi_1 - tg^2 \varphi_2) - (1 + tg^2 \varphi_2)\, x \left(\frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} - 1 \right) \right]$$
$$+ a''\, b\, 8760\, P\, x \left(\frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} - 1 \right) - \beta\, a\, b\, 8760\, P \left[1 + x \left(\frac{\cos \varphi_2}{\cos \varphi_1} - 1 \right) \right] [tg\, \varphi_1 - tg\, \varphi_2] - k'_s$$

für $x = 0$, d. h. wenn auf Mehrbelastung der Generatoren verzichtet wird, vereinfacht sich die Formel zu

$$G = a\, b\, 8760\, P\, [\alpha\, (1 + c)\, (tg^2 \varphi_1 - tg\, \varphi_2) - \beta\, (tg\, \varphi_1 - tg\, \varphi_2)] - k'_s \tag{16a}$$

und stellt den Gewinn durch Verlustersparnis dar.

Im nachfolgenden Beispiel sei gezeigt, wie die oben entwickelten Formeln benützt werden können und wie mit ihrer Hilfe eine Uebersicht über die Möglichkeiten der Phasenkompensation gewonnen werden kann.

Beispiel:

Es sei $P = 1000$ kW, $\cos \varphi_1 = 0{,}6$.

Zur Phasenverbesserung soll in einer Unterstation unterspannungsseitig ein Synchronmotor aufgestellt werden.

$\alpha = 0{,}07$	$a = 0{,}05$ Fr./kW	$n = 10$
$\beta = 0{,}07$	$b = 0{,}30$	$TZ = 50\%$
$\frac{\beta}{\alpha} = 1{,}0$	$c = 0{,}12$	$Z = 100\%$
	$a' = 0{,}5a$	$x = 0;\ 0{,}3;\ 0{,}7;\ 1{,}0$
	$a'' = 0{,}031$ Fr./kWh	

a) Das Sinken der Verluste in den Maschinen und Leitungen mit zunehmendem $\cos \varphi$ ist aus Kurve 1 in Fig. 2 gut ersichtlich. Da $\cos \varphi_1 < 0{,}707$, so kann nach Formel (10) durch Kompensation Verlustersparnis eintreten. Maximale Verlustersparnis tritt gemäss Formel (11) auf für

$$tg\, \varphi_2 = \frac{1}{2} \frac{7}{7} = 0{,}5, \quad \text{d. h. für } \cos \varphi_2 = 0{,}894.$$

Dabei hat der Synchronmotor gemäss Formel (4) für $x = 0$ eine Leistung abzugeben von

$$P_s = 825 \text{ kVA}.$$

b) Dieser Grad der Kompensierung ist aber nicht der wirtschaftlichste; dieser ergibt sich aus Formel (16a) und Kurve 1 in Fig. 4, sodass für $x = 0$ der grösste jährliche Gewinn bei Kompensation auf $\cos \varphi_2 = 0{,}875$ eintritt, wobei die Leistung des Synchronmotors $P_s = 775$ kVA beträgt. Der Gewinn ist dabei $G = 4500$ Fr. pro Jahr, vorausgesetzt, dass die durch Verlustreduktion gewonnenen kWh auch verkauft werden können, was gewöhnlich der Fall sein wird.

c) Bis jetzt wurde auf die Ausnützung der Mehrbelastungsmöglichkeit der Maschinen verzichtet, d. h. $x = 0$ angenommen. Wird aber von dieser Möglichkeit mehr oder weniger Gebrauch gemacht, d. h. $0 < x < 1$ gesetzt, so ist die Anlage elektrisch dann am günstigsten ausgenützt, wenn die Summe der Verlustreduktion und der Leistungssteigerung ein Maximum hat, also wenn nach Formel (9) und (2)

$$(P_{vg_1} - P_{vg_2}) - (P_{vs_1} - P_{vs_2}) + (P' - P) = \text{Maximum ist.}$$

Diese Bedingung kann aber, wie in Absatz *a)* für die maximale Verlustreduktion nicht massgebend sein, sondern nur die Wirtschaftlichkeitsbedingung Formel (16), die einen Höchstwert für G ergeben muss. Die Kurven in Fig. 4 zeigen nun den erzielbaren jährlichen Gewinn G für verschiedene Phasenverbesserungen und verschiedene Mehrbelastungen der Maschinen, d. h. für verschiedene x. Der maximale Wert tritt auf für $x = 1$ und $\cos \varphi_2 = 0{,}99$.

Die entsprechende Phasenschieberleistung beträgt nach Formel (4) $P_s = 2250$ kVA. Der jährliche Gewinn $G = 37\,000$ Fr. pro Jahr und die Mehrbelastungsmöglichkeit der Anlage nach Formel (2) $P' - P = 640$ kW oder 65%. Eine solche Mehrbelastung werden aber die Antriebmaschinen schwerlich ohne weiteres abgeben können; wir begnügen uns daher mit einem Ueberlastungsfaktor von $x = 0{,}3$, wobei nach Kurve 1 in Fig. 4 der günstigste Leitungsfaktor $\cos \varphi_2 = 0{,}94$ ist. Die Leistung des Synchronmotors ist dabei $P_s = 1150$ kVA: der Gewinn beträgt $G = 11\,000$ Fr. pro Jahr und die Mehrbelastungsmöglichkeit der Zentrale $P' - P = 155$ kW $= 15{,}5\%$.

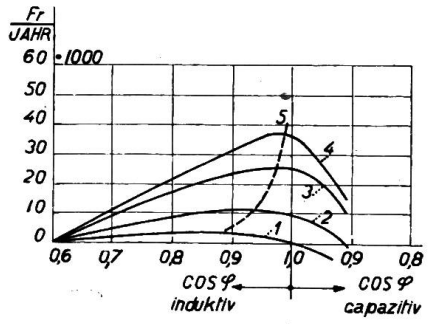

Fig. 4

Beispiel der Gewinnberechnung bei Aufstellung eines Synchronmotors.

Legende:

Kurve 1 = Gewinn G für $x = 0$
" 2 = " G für $x = 0{,}3$
" 3 = " G für $x = 0{,}7$
" 4 = " G für $x = 1{,}0$
" 5 = Verbindungskurve maximaler Gewinne.

Dieses Beispiel zeigt klar, welche grossen wirtschaftlichen Vorteile sich durch Phasenkompensation erreichen lassen, und zwar nicht nur bei Ausnützung der Mehrbelastungsmöglichkeit der vom wattlosen Strom entlasteten Erzeugungsanlage, sondern auch wenn lediglich auf kleinere Verluste kompensiert wird.

2. Soll der *Leistungsfaktor einer Verbraucheranlage* (Motorenanlage) verbessert werden, so ist zur Ermittlung des günstigsten Kompensationssystems und des günstigsten Kompensationsgrades wie folgt vorzugehen:

Zuerst ist das *billigste System* zu bestimmen. Als wichtigste Systeme kommen die Seite 270 erwähnten Einrichtungen in Betracht. Der Gedanke liegt aber nahe, ob es vielleicht nicht zweckmässiger wäre, anstatt Phasenkompensationseinrichtungen aufzustellen, die bestehenden Konstruktionen der Asynchronmotoren, der Haupturheber des schlechten $\cos \varphi$, so zu verbessern, dass ihr Leistungsfaktor besser ist. Um diese Frage beantworten zu können, wurde eine wirtschaftliche Rechnung angestellt und gefunden, dass der Preis der Motoren mit verbessertem $\cos \varphi$ ungefähr so wachsen würde, wie die Kurven in Fig. 5 angeben.[1]) Diese Kurven und der Preisvergleich mit besondern Kompensationseinrichtungen (siehe Fig. 3) zeigt aber einwandfrei, dass allerdings bei einzelnen wenigen Grössen heute gebräuchlicher Motoren unter Aufwand eines

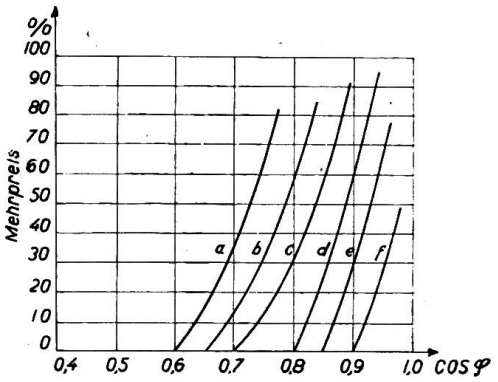

Fig. 5

Mehrpreis von Induktionsmotoren mit verbessertem Leistungsfaktor, berechnet unter Annahme der Aufstellung neuer Typenreihen.

Legende:

Mehrpreiskurven für Motoren

a mit einem anfänglichen $\cos \varphi = 0{,}60$
b " " " $\cos \varphi = 0{,}65$
c " " " $\cos \varphi = 0{,}70$
d " " " $\cos \varphi = 0{,}80$
e " " " $\cos \varphi = 0{,}85$
f " " " $\cos \varphi = 0{,}90$

[1]) Die Ausrechnung geschah für heute übliche Motoren von 10 bis 2000 kW-Leistung und für alle möglichen Polzahlen unter Annahme reichlicherer Eisendimensionierung und Luftspaltverkleinerung. Die Angaben zur Aufstellung der Kurven verdanke ich den Herren Holm und Dr. Harpuder.

nicht unwesentlichen Mehrgewichtes und Mehrpreises ein kleiner wirtschaftlicher Vorteil gegenüber der Anwendung von Phasenschiebern erreicht werden kann, dass aber die überwiegende Mehrzahl der Motortypen heute bereits den wirtschaftlich bestmöglichen Leistungsfaktor erreicht haben, was übrigens vorauszusehen war. Dass diese wenigen in Betracht fallenden Grössen wegen der kleinen möglichen *cos φ*-Verbesserung, die eine Wirkungsgradverschlechterung bedingen würde, nicht geändert werden können, ist wohl selbstverständlich.

Die Kurven in Fig. 3 erlauben die Bestimmung des billigsten Kompensationssystems für eine gegebene, zur Phasenverbesserung aufzuwendende wattlose Leistung. Sie grenzen die Verwendungsbereiche der verschiedenen bekannten Einrichtungen ziemlich scharf gegeneinander ab. Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir auf Abschnitt D, wo die aus den Kurven hervorgehenden Resultate als Richtlinien für die Bestimmung des zweckmässigsten Systems benützt werden.

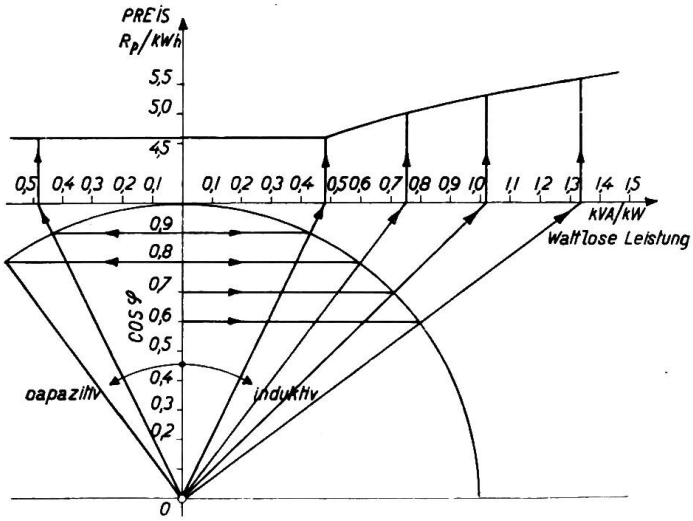

Fig. 6

Diagramme und Kurven zur Bestimmung der wattlosen Leistung pro kW bei verschiedenen *cos φ* und der Preisersparnis pro kWh bei Phasenverbesserung.

Nach dieser Abgrenzung der verschiedenen Systeme sei die Wirtschaftlichkeit der Phasenkompensation überhaupt untersucht, d. h. wir berechnen die Ersparnis, welche dem Verbraucher aus der Verbesserung des Leistungsfaktors seiner Anlage erwächst. Zu dieser Untersuchung benützt man zweckmässigerweise ein Diagramm nach Fig. 6. In Abhängigkeit vom *cos φ* ist dort die wattlose Leistung pro kW einfach zu bestimmen. Ausserdem enthält das Diagramm noch den Preis pro kWh in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor als Kurve aufgetragen. Wir haben daher etwa folgenden Stromtarif zugrunde gelegt:

Preis der kWh bei	*cos φ* = 1,0	4,8 Rp.	= 96 %	
„ „ „ „	*cos φ* = 0,9	4,8 Rp.	= 96 %	
„ „ „ „	*cos φ* = 0,8	5,0 Rp.	= 100 %	
„ „ „ „	*cos φ* = 0,7	5,3 Rp.	= 106 %	
„ „ „ „	*cos φ* = 0,6	5,6 Rp.	= 112 %	usw.

In den Fällen, wo auch die Grundtaxe (Anschlussgebühr) vom *cos φ* abhängig ist, kann für diese eine ähnliche Kurve wie für den Preis der kWh aufgezeichnet werden.

Als Grundlage für die wirtschaftliche Ueberlegung benützen wir folgende Formel:

$$\left\{\begin{matrix}\text{Gewinn durch}\\ \text{Phasenkompensation}\end{matrix}\right\} - \left(\frac{\text{Anschaffungskosten}}{n} + \begin{matrix}\text{jährliche Auslagen für Ver-}\\ \text{zinsung, Unterhalt, Betrieb}\end{matrix}\right) = G$$

$$= \text{jährlicher Gewinn} > 0 \qquad (17)$$

Diese Formel entspricht in ihrem Aufbau der Grundformel (16) des Abschnittes C, 1.

Der zweckmässig anzustrebende Kompensationsgrad, d. h. der günstigste cos *φ*, wird nun dadurch bestimmt, dass man den jährlichen wirklichen Gewinn gemäss Formel (17) für verschiedene Leistungsfaktoren und für ein angenommenes Kompensationssystem berechnet, die Resultate in Kurven aufträgt und aus diesen das Maximum des Gewinnes bestimmt. In einem Beispiel sei ein solcher Rechnungsgang gezeigt.

Beispiel:

Ein Verbraucher besitze drei gleiche Induktionsmotoren mit folgenden Daten:
Leistung 150 kW, Drehzahl 300, cos *φ* bei Vollast = 0,75, Wirkungsgrad bei Vollast = 91,5 %.

Der durchschnittliche Leistungsfaktor der Anlage betrage cos φ = 0,625 und die durchschnittliche wattlose Leistung der Anlage 480 kVA = 160 kVA pro Motor. Ausserdem mögen folgende Annahmen gemacht werden:

Kosten der kWh bei cos φ = 0,8 .... 5 Rp./kWh.

Bei einem andern cos φ gelte die Tabelle Seite 276. Der Verbraucher zahle bei einem durchschnittlichen cos φ = 0,625 dem Elektrizitätswerk für bezogene Energie jährlich Fr. 30 000.–. Ist durch Verbesserung des Leistungsfaktors eine Ersparnis zu erwarten? Wenn ja, welche Mittel sind am vorteilhaftesten und welches ist der anzustrebende günstigste Wert des Leistungsfaktors?

a) Aus den Preiskurven der Fig. 3 geht hervor, dass in unserm Falle individuelle Kompensation der einzelnen Motoren mittels Phasenkompensatoren Bauart Brown-Boveri oder Vibratoren kleinste Anschaffungskosten ergibt. Wir wählen daher diese Einrichtung.

b) Unter Berücksichtigung eines Teuerungszuschlages für die Kompensationseinrichtung von 50 %, einer 10jährigen Amortisationszeit und eines Zuschlages auf die Jahresquote der Anschaffungskosten von 100 % (für Verzinsung, Betrieb und Unterhalt) können wir gemäss Formel (17) den jährlichen wirklichen Gewinn für verschiedene Leistungsfaktoren berechnen.[2]) Fig. 7 zeigt das Ergebnis dieser Rechnung. Aus derselben geht hervor, dass die Aufstellung einer Phasenkompensationseinrichtung einen jährlichen Gewinn bringt, der die Kosten der Einrichtung überschreitet. Der günstigste Fall tritt ein, wenn auf cos φ = 0,9 kompensiert wird. Der dabei erzielte jährliche Gewinn beträgt Fr. 1850.–.

Wir wollen nicht unterlassen, zu bemerken, dass die vorliegende Rechnung nur eine Ueberschlagsrechnung sein kann, da die Kosten einer Phasenkompensationseinrichtung nicht in Funktion der wattlosen Leistung als stetige Kurve aufgetragen werden können. Sie sind vielmehr von den vorhandenen Typen der Kompensatoren abhängig. Genauere Auskunft über die mit einer gewissen Art erreichbare maximale Kompensation, die z. B. auch vom Schlupf des Induktionsmotors, vom Rotorstrom und andern Grössen abhängig ist, kann jederzeit eine Offerte einer Fabrikationsfirma geben. Für viele Zwecke und besonders zur Beurteilung, ob die Phasenkompensation zweckmässig und wirtschaftlich ist, leistet aber unsere Rechnungsart gute Dienste.

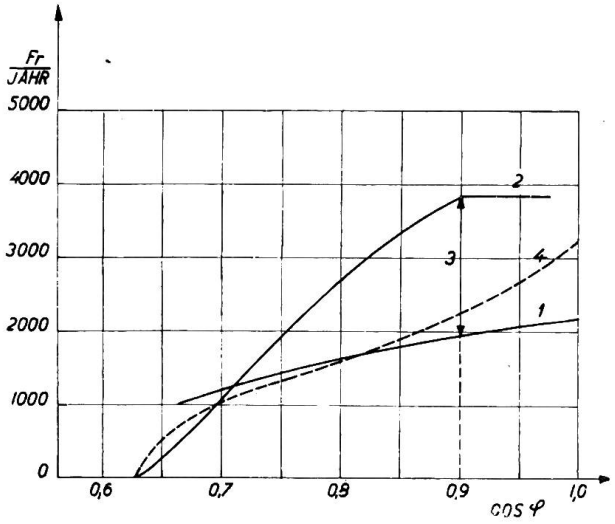

Fig. 7

Jahreskosten einer Phasenkompensationseinrichtung und damit erzielter Ersparnis.

Legende:

1 = Jahreskosten einer Phasenkompensationseinrichtung (BBC-Kompensator),
2 = Durch Verbesserung des cos φ erzielte Ersparnis an Stromkosten,
3 = Totaler wirklicher Jahresgewinn, erzielt durch Phasenkompensation mit BBC-Phasenkompensator,
4 = Jahreskosten eines synchronen Phasenschiebers.

Wir möchten aber hier noch auf ein Resultat hinweisen, das aus dem Beispiel hervorgeht, nämlich, dass eine noch grössere Ersparnis als durch BBC-Phasenkompensatoren erzielt werden könnte, wenn als Phasenschieber ein Synchronmotor verwendet würde, der zugleich auch als Antriebsmotor einer Maschine benützt wird, für welchen in einem grösseren Betrieb oft Verwendung gefunden werden kann. In diesem Falle würde die Kurve 4 beträchtlich tiefer zu liegen kommen und selbst einen grösseren Gewinn als durch Einzelkompensation der drei Induktionsmotoren ermöglichen. Die Aufstellung belasteter Synchronmotoren bringt also besondere Vorteile, auf die wir hier ausdrücklich nochmals hinweisen.

Das Beispiel lässt erkennen, welche grossen Vorteile die Phasenkompensation auch in einer Verbraucheranlage bringen kann. Kein Betriebsleiter sollte daher versäumen, die Verbesserungsmöglichkeit seiner Anlage nach dieser Richtung zu untersuchen.

D. Richtlinien zur Erzielung eines hohen Leistungsfaktors.

Es erscheint wertvoll, die verschiedenen Massnahmen und Mittel zur Erzielung eines hohen *cos* φ, die als theoretische und praktische Resultate zahlreicher Veröffentlichungen bekannt sind oder aus der vorliegenden Abhandlung hervorgehen, hier zusammenzustellen.

1. Die benötigte wattlose Leistung ist zum grössten Teil an Verbrauchsknotenpunkten zu erzeugen.

[2]) Bei dieser Berechnung leistet ein Diagramm nach Fig. 6 nützliche Dienste.

2. Durch wirtschaftliche Ueberlegungen ist für die Kraftwerke und die Leitungsnetze der vorteilhafteste, mittlere Leistungsfaktor zu ermitteln, bei welchen Rechnungen Verlustersparnis und Mehrbelastungsmöglichkeit der Maschinen, sowie Anschaffungskosten von Phasenschiebern gebührend zu berücksichtigen sind. Im allgemeinen wird die Phasenkompensation auf einen mittleren *cos φ* kleiner als 1,0 den grössten Gewinn bringen, d. h. ein Teil der wattlosen Leistung ist von den Generatoren selbst zu liefern. In Netzen mit merklichen kapazitiven Ladeströmen können aber Gründe der Spannungsregulierung die Phasenkompensation auf Werte des *cos φ* erfordern, welche über dem als wirtschaftlich errechneten liegen.

3. Bei parallel arbeitenden Kraftwerken ist die wirtschaftliche Verteilung der wattlosen Leistung auf die verschiedenen Werke oder Verbrauchsknotenpunkte zweckmässig durch die besondere ständige Lastverteilungsstelle, die auch die Verteilung der Wattleistung besorgt, zu regeln.

4. Transformatoren sollen nicht zu reichlich bemessen sein, einen möglichst hohen Wirkungsgrad und wattlosen Stromverbrauch besitzen. In Verteilknotenpunkten sollen nach Möglichkeit die Transformatoren in grössere Einheiten zusammengefasst werden, da diese pro kW geringere wattlose Leistung benötigen als eine entsprechend grössere Anzahl kleinerer Einheiten.

5. Leerlaufende Transformatoren sind, wenn durch sie der Ladestrom der Leitungen vergrössert wird, abzuschalten, sofern es die Betriebsverhältnisse erlauben. Doch können z. B. bei grossen Freileitungs- oder Kabelnetzen eine gewisse Anzahl leerlaufender Transformatoren zur Kompensation der kapazitiven Ladeströme unter Spannung bleiben.

6. Bei grösseren Mittelspannungsverteilnetzen kann unter Umständen der Bau einer Hochspannungsleitung, welche Hauptknotenpunkte der Kraftverteilung verbindet, zu einer Entlastung der Kraftwerke von wattlosem Strom führen.

7. In Umformerstationen mit rotierenden Maschinen sollen asynchrone Motorgeneratoren durch Gruppen mit Synchron- oder Synchroninduktionsmotoren oder durch Einankerumformer oder Quecksilberdampfgleichrichter ersetzt werden.

8. Asynchrone Antriebsmotoren von Arbeitsmaschinen sind ebenfalls, wenn keine Drehzahlregulierung und nicht sehr hohe, stossweise Ueberlastungsfähigkeit verlangt wird, durch Synchron- oder Synchroninduktionsmotoren zu ersetzen. Dabei können Synchron- und Synchroninduktionsmotoren, die schwankender Belastung unterworfen sind, zur Steigerung ihrer Ueberlastungsfähigkeit mit einer automatischen Regulierung der Erregung ausgerüstet werden.

Als Antriebsmotoren mit veränderlicher Drehzahl sind Kaskadenanordnungen asynchroner Maschinen zu vermeiden und an deren Stelle Reguliergruppen vorzusehen, die ausser der Rückgewinnung der Schlupfenenergie der asynchronen Hauptmotoren auch Phasenkompensation erlauben; häufig ist auch die Umformung des Netzwechselstromes in Gleichstrom und der Antrieb durch Gleichstrommotoren vorteilhaft.

9. Induktionsmotoren sollen möglichst geringen wattlosen Verbrauch besitzen. Da Induktionsmotoren mit grossem Luftspalt einen schlechteren *cos φ* besitzen als solche mit kleinem Luftspalt, ist das Verlangen nach grossem Luftspalt möglichst einzuschränken. Als asynchrone Motoren kleiner Leistung sind Kurzschlussankermotoren auch vom Gesichtspunkt des *cos φ* vorteilhafter als Schleifringankermotoren.

10. Induktionsmotoren, welche im normalen Betriebe in Dreieck geschaltet sind, werden bei kleiner Belastung zweckmässigerweise in Stern geschaltet.

11. Die Abnehmer elektrischer Energie sind durch Verrechnung der wattlosen Leistung zu beeinflussen, selbst für einen hohen *cos φ* zu sorgen.

12. Wo trotz der Massnahmen 1. bis 11. noch ein unwirtschaftlich tiefer *cos φ* herrscht, ist zur Phasenkompensation durch Phasenschieber zu schreiten. Dafür kommen folgende Mittel in Betracht:

a) In *Transformatorenstationen* und *Verbrauchsknotenpunkten* und besonders am Ende langer Leitungen sind *synchrone Phasenschieber,* die nach- und voreilende

Ströme kompensieren, oft zweckmässig; dabei bringt in vielen Fällen die Ausrüstung dieser Synchronmotoren mit einem sebsttätigen *cos φ*-Regler Vorteile. Bei Kraftwerken mit sehr langen Leitungen kann es vorteilhaft sein, die Spannungsregulierung und damit auch die *cos φ*-Regulierung anstatt in den Kraftwerken selbst, überhaupt nur in den Unterwerken vorzunehmen. Wenn die Erzeugung der nötigen wattlosen Leistung in den Verbrauchsknotenpunkten nicht möglich ist, so ist es bei sehr niederem *cos φ* im Kraftwerk manchmal wirtschaftlich vorteilhaft, in diesem selbst einen besonderen Phasenschieber zu betreiben, der entweder ein besonderer Synchronmotor oder ein als solcher laufender unbelasteter Generator sein kann.

Synchronmotoren für konzentrierte Phasenkompensation in Verbrauchsknotenpunkten sind besonders gerechtfertigt und anderen Phasenschiebern überlegen, wenn sie ausser zur Erzeugung wattloser Leistung auch zur Abgabe mechanischer Leistung benützt werden können.

In Verbrauchsknotenpunkten, wo die durchgehende wattlose Leistung ca. 400 kVA nicht übersteigt, können auch *statische Kondensatoren* als Phasenschieber aufgestellt werden.

b) In den Fällen, wo der niedere *cos φ* an einem Verbrauchsknotenpunkt durch den Bedarf an wattloser Leistung einiger weniger Induktionsmotoren verursacht wird, ist es vorteilhaft, anstatt der konzentrierten Phasenkompensation im Knotenpunkt zur individuellen Kompensation dieser Motoren zu schreiten. Dies geschieht zweckmässig durch *statische Kondensatoren* für kleine wattlose Leistungen der einzelnen Motoren bis ca. 40 kVA entsprechend ca. 100 kW Wattleistung oder bei grösseren Motoren durch *Phasenkompensatoren.* Die letzteren können auch dazu verwendet werden, um durch Kompensation einzelner grosser, raschlaufender Induktionsmotoren, die einen verhältnismässig hohen *cos φ* besitzen, den durch viele kleine Induktionsmotoren hervorgerufenen niederen *cos φ* einer ganzen Anlage zu heben.

c) Bei welchem Wert der Leistungsfaktor jeweilen kompensiert und wie weit die Kompensation getrieben werden sollte, ist durch eine wirtschaftliche Rechnung zu bestimmen, welche die Ersparnis durch die *cos φ*-Erhöhung und die Anschaffungskosten der Phasenschieber gebührend berücksichtigt.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Elektrisches Heizen und Kochen. Auf Wunsch des Verbandes schweiz. Elektroinstallationsfirmen veröffentlichen wir nachstehenden „Aufruf":

Unser Verband hat anlässlich der letzten ausserordentlichen Generalversammlung einstimmig die Durchführung einer regen Propaganda für elektrisches Heizen und Kochen beschlossen, ermutigt durch die neuen Fortschritte der schweizerischen Industrie auf diesem Gebiet und in der Erwartung, dass die Elektrizitätswerke fortfahren, die Preise für Koch- und Heizstrom soweit herabzusetzen, dass die elektrische Wärmeerzeugung die Konkurrenz der Gasfeuerung aushalten kann, auch wenn die Gaspreise eine Reduktion erfahren. Die zuständigen Instanzen unseres Verbandes sind sich dessen bewusst, dass der Erfolg dieser Aktion ausbleiben müsste, wenn es nicht gelingen sollte, alle Kräfte, welche in der Elektrizitätswirtschaft tätig sind, zu einheitlichem Wollen und Wirken zusammen zu bringen. Sie sind aber zugleich davon überzeugt, dass die allgemeine Einführung der elektrischen Küche und der elektrischen Heizung von einer volkswirtschaftlich so grossen Tragweite ist, dass keine Anstrengung, die zu diesem Ziele führen könnte, gescheut werden darf.

Die Verbandsleitung ersucht daher alle Interessenten um ihre tätige Mitarbeit und wird die in Frage kommenden Verbände noch besonders dazu einladen.

Verband schweiz. Elektroinstallationsfirmen:

Der Präsident: *Hch. Egli.* Der Sekretär: Dr. *P. Wiesendanger.*

Zürich, im Mai 1923.

Diesem Aufrufe des Installateuren-Verbandes gestatten wir uns, einige Worte beizufügen:

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Elektrizitätswerke alle Interesse daran haben, die Anwendung der elektrischen Energie zum Kochen und zum Heizen zu fördern und dass in *technischer Beziehung* das elektrische Kochen und das elektrische Heizen jedem andern Verfahren mindestens ebenbürtig, und was Sauberkeit und Bequemlichkeit anbetrifft, überlegen ist.