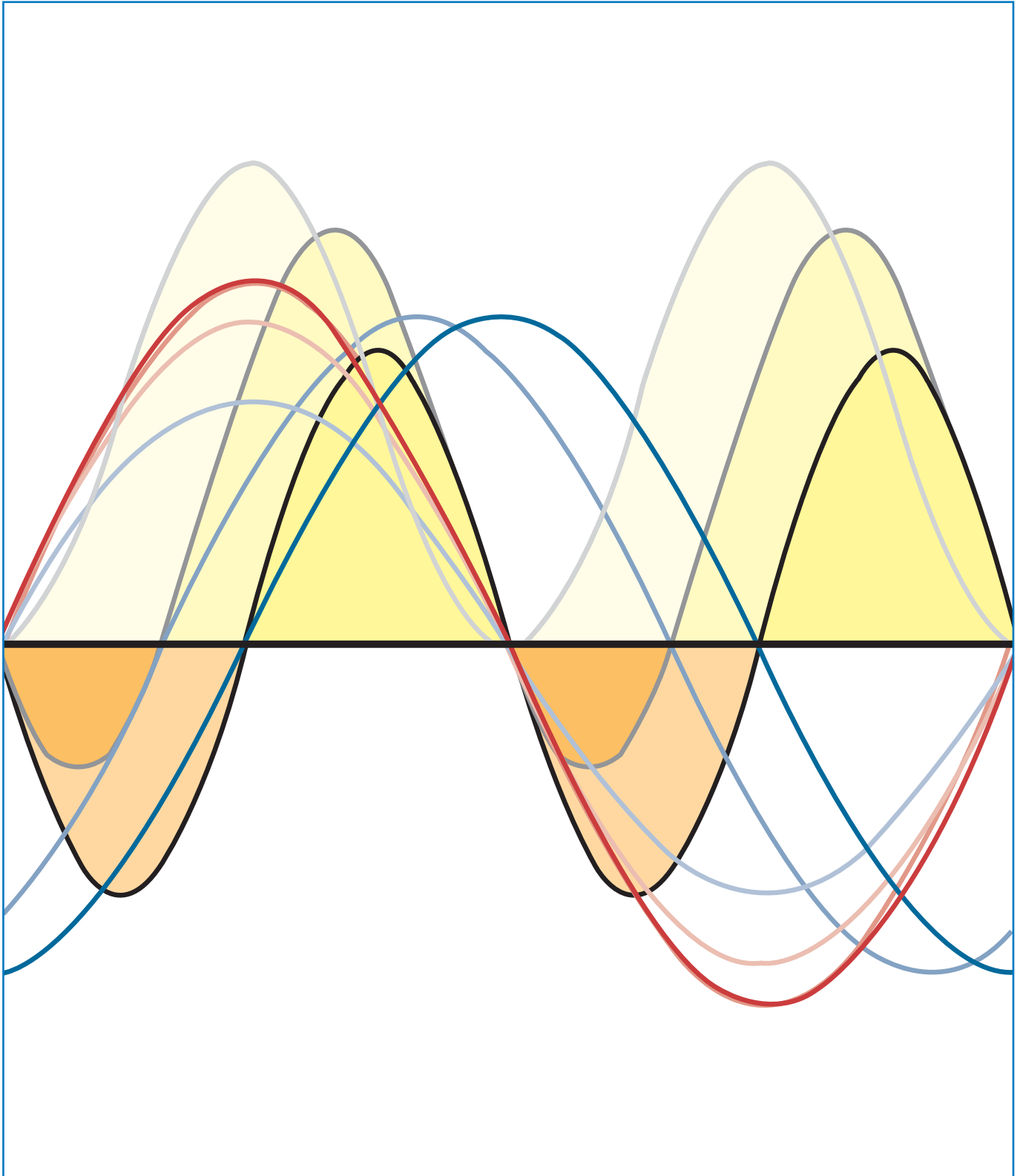


**Blindleistungskompensation,
Warum?**

Grundlagen



Grundlagen

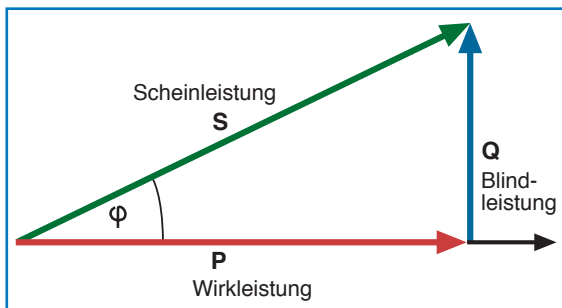
Blindleistungskompensation

Die vom Energieversorgungsunternehmen gelieferte Leistung wird nicht vollständig in Arbeit umgesetzt. Deshalb bezeichnet man

diese Leistung als Scheinleistung. Der Umsetzung in Arbeit dient nur die Wirkleistung. Die Blindleistung belastet nur das Netz.

Scheinleistung

Die Scheinleistung ist entscheidend für die Belastung der elektrischen Leitungsnetze. Transformatoren, Generatoren, Schaltanlagen, Sicherungen und Leitungsquerschnitte müssen für die auftretende Scheinleistung dimensioniert sein.



Die Scheinleistung ist das ohne Berücksichtigung der Phasenverschiebung gewonnene Produkt aus Spannung und Strom.

$$S = U * I$$

[VA] [V] [A]

Die Scheinleistung ergibt sich aus der geometrischen Addition von Wirkleistung und Blindleistung

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

[VA] [W] [var]

Für Wirkleistung steht

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

[W] [VA] [var]

Für Blindleistung steht

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

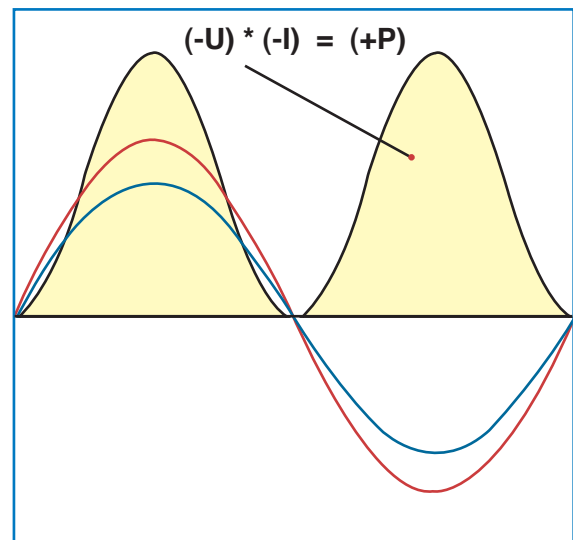
[var] [VA] [W]

Wirkleistung

Wirkleistung ist der in nichtelektrische Form umgewandelte und vom Zähler registrierte Teil der Leistung (z.B. Wärme, Licht, mechanische Leistung).

Beispiel:

Strom und Spannung sind in Phase. Die Wirkleistung hat die doppelte Netzfrequenz und verläuft voll im positiven Bereich, da auch das Produkt zweier negativer Zahlen positiv ist.



$P = U * I$ I U

Berechnung der Wirkleistung

Bei rein ohmscher Belastung wird sie aus dem Produkt der Effektivwerte von Strom und Spannung errechnet.

$$P = U * I$$

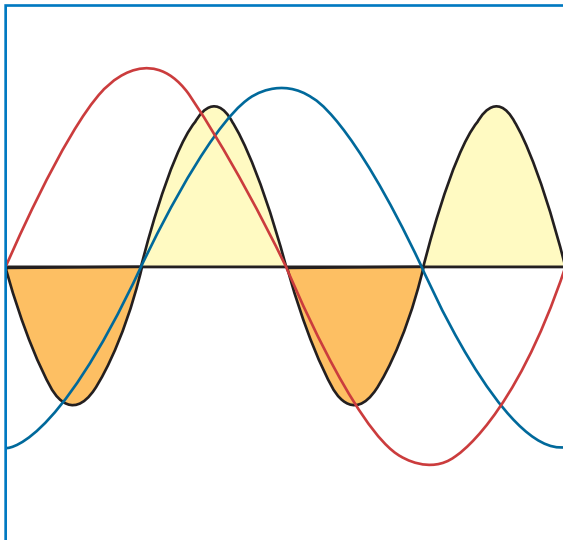
[W] [V] [A]

Blindleistung

Reine induktive Blindleistung tritt bei Motoren und Transformatoren im Leerlaufbetrieb auf, wenn man von Verlusten absieht.

Von beinahe rein kapazitiver Blindleistung kann man bei Leistungs-Kondensatoren sprechen, da diese extra niedrige Verluste aufweisen.

Wenn Spannungs- und Stromkurve um 90° gegeneinander verschoben sind, verläuft die Leistungskurve zu einer Hälfte im positiven, zur anderen im negativen Bereich. Die Wirkleistung ist 0, da positive und negative Flächen sich gegenseitig aufheben.



$P = U \cdot I \cdot \sin(\phi)$ — I — U

Berechnung der Blindleistung

Die Blindleistung, die zum Auf- und Abbau des magnetischen Feldes zwischen Erzeuger und Verbraucher pendelt, errechnet sich:

$$Q = U \cdot I \cdot \sin \phi$$

[var] [V] [A]

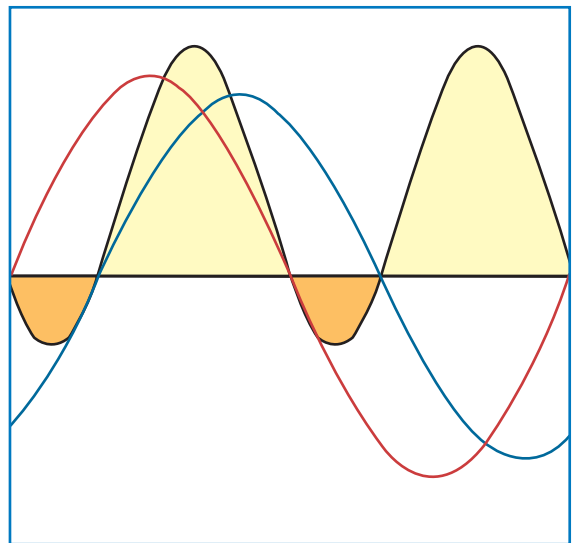
Wirk- und Blindleistung

Für alle Verbraucher, die zur Funktion ein magnetisches Feld benötigen, gilt:

Der zum Aufbau und Umpolen des magnetischen Feldes benutzte Strom wird nicht verbraucht, sondern pendelt als Blindstrom zwischen Erzeuger und Verbraucher hin und her. Es tritt eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung auf.

Bei induktiver Last eilt der Strom der Spannung nach, bei kapazitiver Last eilt der Strom der Spannung voraus.

Berechnet man jetzt nach $U \cdot I = P$ die Augenblickswerte der Leistung, so erhält man immer dann negative Werte, wenn U und I unterschiedliche Vorzeichen aufweisen.



$P = U \cdot I \cdot \cos(\phi)$ — I — U

Die Wirkleistung errechnet sich in diesem Fall aus:

$$P = U \cdot I \cdot \cos \phi$$

[W] [V] [A]

Was ist Blindstrom?

Blindstrom ist der Strom, der bei induktiven Verbrauchern (z.B. Elektromotoren, Transformatoren, Vorschaltgeräten), also Spulen jeder Ausführung, zur Erzeugung eines Magnetfeldes benötigt wird.

In Wechsel- oder Drehstromnetzen wird dieses Magnetfeld mit der Netzfrequenz auf- und abgebaut.

Dieser Energieanteil wird nicht in Wirkleistung umgesetzt, sondern pendelt als Blindleistung zwischen Verbraucher und Erzeuger.

Warum wird kompensiert?

- Um die Blindstromkosten einzusparen, die von den meisten Energieversorgungsunternehmen (EVU) berechnet werden.
- Geringere Investitions- und Wartungskosten für das Versorgungsnetz.
- Um elektrische Betriebsmittel vom Blindstrom zu entlasten (z.B. Leitungen, Schaltorgane, Transformatoren, Generatoren). Geringere Verluste, geringerer Spannungsfall, geringere Energiekosten.
- Um bei Betriebsvergrößerung die Kosten für eine neue Zuleitung oder für die Anschaffung eines neuen Transformators einzusparen.
- Um den eigenen Trafo wirtschaftlicher auszunutzen, d.h. möglichst wenig Fremdenergie zu beziehen.

Aufgaben einer Blindstromkompensationsanlage

- Verringerung der Strombezugskosten
- Verbesserung des Leistungsfaktors
- Verringerung der Leistungsverluste
- Schaffung von Leistungsreserven
- Umweltschonender Energieeinsatz

Zusätzliche Aufgaben einer verdrosselten Anlage

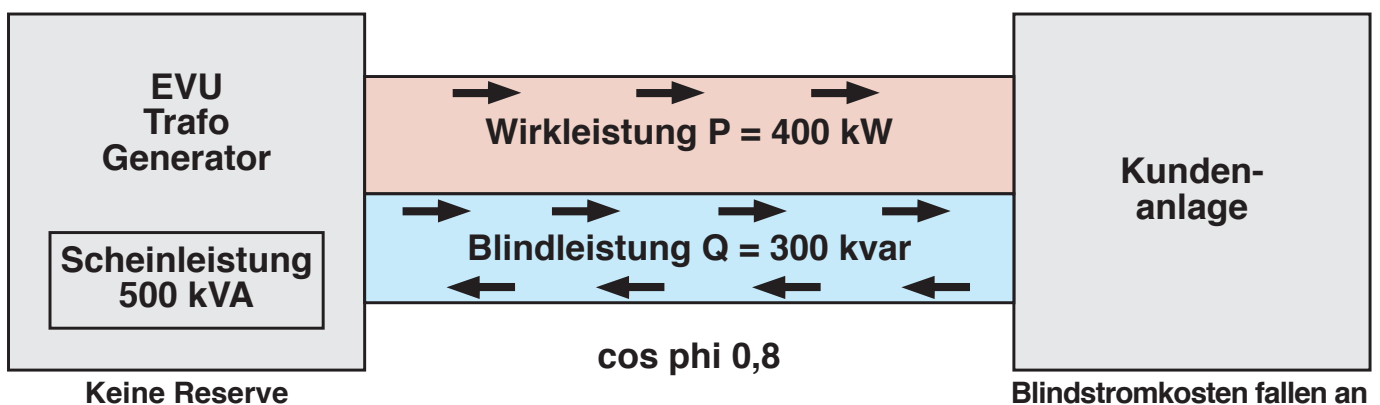
- Verhinderung von Resonanzerscheinungen zwischen Leistungskondensatoren und Netzinduktivitäten.
- Reduzierung von Oberschwingungen und Verbesserung der Netzqualität.
- Erhöhung der Betriebssicherheit der Stromversorgung.

Netzstruktur

Wenn nun die induktive Blindleistung z.B. durch einen Kondensator vor Ort kompensiert wird, entfällt der Bezug von Blindleistung vom Energieversorgungsunternehmen ganz oder teilweise.

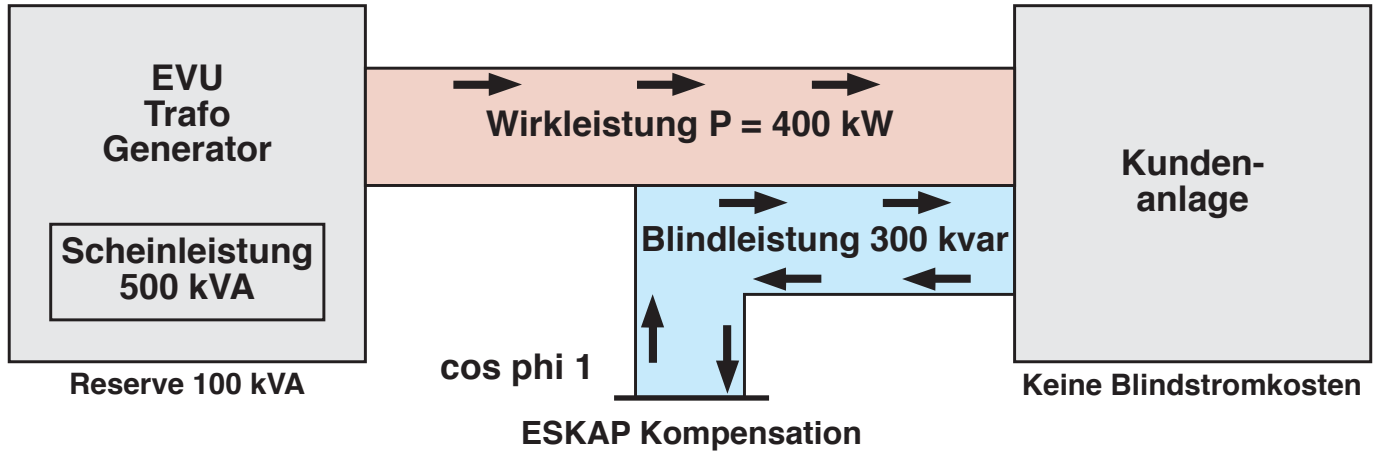
Am wirksamsten ist die Blindleistungskompensation, wenn sie verbrauchernah und zeitnah eingesetzt wird.

Ohne Kompensation

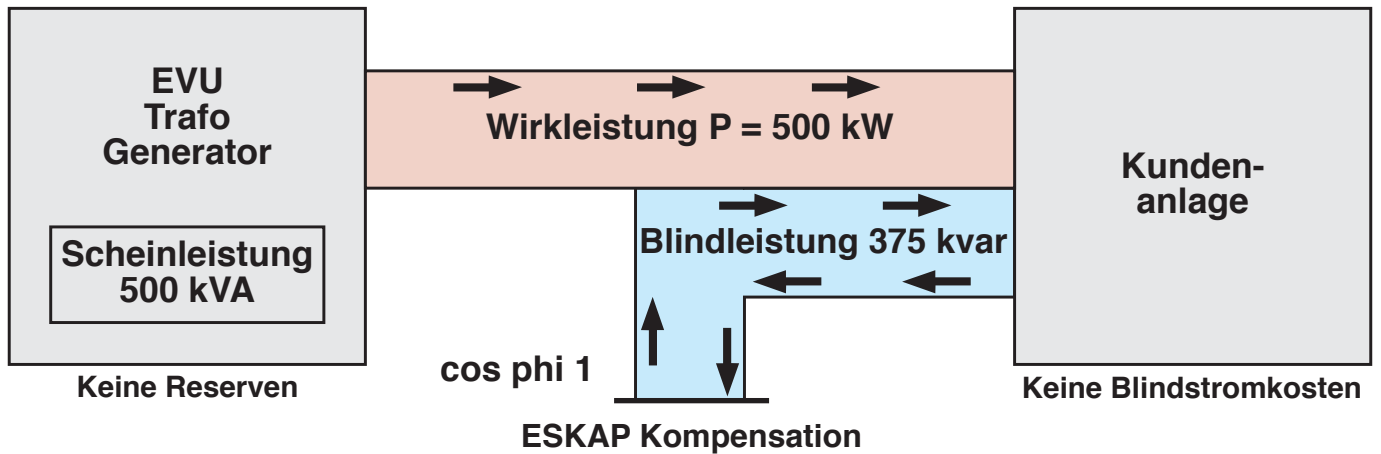


Schaubilder mit Kompensation umseitig

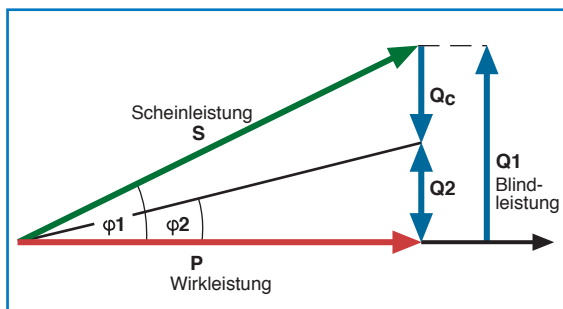
Mit Kompensation



Volle Ausnutzung



Das elektrische Netz muss für die Scheinleistung ausgelegt werden. Somit ist man bestrebt, diese so niedrig wie möglich zu halten. Werden Leistungskondensatoren parallel geschaltet, pendelt der Blindstrom zwischen Kondensatoren und Verbrauchern. Erreicht man bei Kompensation einen Leistungsfaktor von 1, wird im Netz nur noch Wirkstrom übertragen.



Die vom Kondensator aufgenommene Blindleistung Q_C ergibt sich aus der Differenz der induktiven Blindleistung Q_1 vor der Kompensation und Q_2 nach der Kompensation. Somit ist $Q_C = Q_1 - Q_2$

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

[kvar] [kW]

Leistungsfaktor (cos phi)

Bei Sinusströmen stimmt der Leistungsfaktor mit dem Phasenwinkel $\cos \varphi$ überein. Der Leistungsfaktor ist ein Maß dafür, welcher Teil der Scheinleistung in Wirkleistung umgesetzt wird.

Bei gleichbleibender Wirkleistung ist die Scheinleistung um so größer, je kleiner der $\cos \varphi$ ist.

Soll beispielsweise Wirkleistung bei einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0,5$ zu einem Verbraucher transportiert werden, so müssen Transformatoren und Leitungsnetze bei gleicher Wirkleistung für den doppelten Strom ausgelegt sein.

Das Verhältnis von Wirkleistung zur Scheinleistung nennt man Leistungsfaktor oder Wirkfaktor.

$$\cos \varphi = \frac{P \text{ [W]}}{S \text{ [VA]}}$$

Das Verhältnis von Blindleistung zur Scheinleistung nennt man Blindfaktor.

$$\sin \varphi = \frac{Q \text{ [var]}}{S \text{ [VA]}}$$

$\cos \varphi$ = Wirkfaktor
 P = Wirkleistung
 S = Scheinleistung
 $\sin \varphi$ = Blindfaktor
 Q_c = induktive Blindleistung

Grundlagen

Berechnung der Kompensationsleistung

vorhanden		gefordert cos ϕ 2						
tan ϕ 1	cos ϕ 1	0,80	0,85	0,90	0,92	0,95	0,98	1,00
3,18	0,30	2,43	2,56	2,70	2,75	2,85	2,98	3,18
2,96	0,32	2,21	2,34	2,48	2,53	2,63	2,76	2,96
2,77	0,34	2,02	2,15	2,28	2,34	2,44	2,56	2,77
2,59	0,36	1,84	1,97	2,10	2,17	2,26	2,39	2,59
2,43	0,38	1,68	1,81	1,95	2,01	2,11	2,23	2,43
2,29	0,40	1,54	1,67	1,81	1,87	1,96	2,09	2,29
2,16	0,42	1,41	1,54	1,68	1,73	1,83	1,96	2,16
2,04	0,44	1,29	1,42	1,56	1,61	1,71	1,84	2,04
1,93	0,46	1,18	1,31	1,45	1,50	1,60	1,73	1,93
1,83	0,48	1,08	1,21	1,34	1,40	1,50	1,62	1,83
1,73	0,50	0,98	1,11	1,25	1,31	1,40	1,53	1,73
1,64	0,52	0,89	1,02	1,16	1,22	1,31	1,44	1,64
1,56	0,54	0,81	0,94	1,07	1,13	1,23	1,36	1,56
1,48	0,56	0,73	0,86	1,00	1,05	1,15	1,28	1,48
1,40	0,58	0,65	0,78	0,92	0,98	1,08	1,20	1,40
1,33	0,60	0,58	0,71	0,85	0,91	1,00	1,13	1,33
1,30	0,61	0,55	0,68	0,81	0,87	0,97	1,10	1,30
1,27	0,62	0,52	0,65	0,78	0,84	0,94	1,06	1,27
1,23	0,63	0,48	0,61	0,75	0,81	0,90	1,03	1,23
1,20	0,64	0,45	0,58	0,72	0,77	0,87	1,00	1,20
1,11	0,67	0,36	0,49	0,63	0,68	0,78	0,90	1,11
1,08	0,68	0,33	0,46	0,59	0,65	0,75	0,88	1,08
1,05	0,69	0,30	0,43	0,56	0,62	0,72	0,85	1,05
1,02	0,70	0,27	0,40	0,54	0,59	0,69	0,82	1,02
0,99	0,71	0,24	0,37	0,51	0,57	0,66	0,79	0,99
0,96	0,72	0,21	0,34	0,48	0,54	0,64	0,76	0,96
0,94	0,73	0,19	0,32	0,45	0,51	0,61	0,73	0,94
0,91	0,74	0,16	0,29	0,42	0,48	0,58	0,71	0,91
0,88	0,75	0,13	0,26	0,40	0,46	0,55	0,68	0,88
0,86	0,76	0,11	0,24	0,37	0,43	0,53	0,65	0,86
0,83	0,77	0,08	0,21	0,34	0,40	0,50	0,63	0,83
0,80	0,78	0,05	0,18	0,32	0,38	0,47	0,60	0,80
0,78	0,79	0,03	0,16	0,29	0,35	0,45	0,57	0,78
0,75	0,80	-	0,13	0,27	0,32	0,42	0,55	0,75
0,72	0,81	-	0,10	0,24	0,30	0,40	0,52	0,72
0,70	0,82	-	0,08	0,21	0,27	0,37	0,49	0,70
0,67	0,83	-	0,05	0,19	0,25	0,34	0,47	0,67
0,65	0,84	-	0,03	0,16	0,22	0,32	0,44	0,65
0,62	0,85	-	-	0,14	0,19	0,29	0,42	0,62
0,59	0,86	-	-	0,11	0,17	0,26	0,39	0,59
0,57	0,87	-	-	0,08	0,14	0,24	0,36	0,57
0,54	0,88	-	-	0,06	0,11	0,21	0,34	0,54
0,51	0,98	-	-	0,03	0,09	0,18	0,31	0,51
0,48	0,90	-	-	-	0,06	0,16	0,28	0,48
0,46	0,91	-	-	-	0,03	0,13	0,25	0,46
0,43	0,92	-	-	-	-	0,10	0,22	0,43
0,40	0,93	-	-	-	-	0,07	0,19	0,40
0,36	0,94	-	-	-	-	0,03	0,16	0,36
0,33	0,95	-	-	-	-	-	0,13	0,33
0,29	0,96	-	-	-	-	-	0,09	0,29

1. Berechnung des tan ϕ 1 = Blindverbrauch / Wirkverbrauch (aus Stromrechnung)
2. Aus der Tabelle in der Spalte erforderlicher cos ϕ 2 den Faktor auswählen
3. Erforderliche Kompensationsleistung = Faktor x Spitzenleistung (aus Stromrechnung)

Blindstromverbraucher

Verbraucher, die Blindleistung benötigen:

- Asynchronmotoren
- Stromrichter zur Kommutierung
- Transformatoren
- Schweißgeräte
- Leuchtstofflampen
- Anlagen mit sonstigen Entladungseinrichtungen
- Stromversorgungsleitungen
- Drosselspulen

Kompensationsarten

Einzelkompensation

Für Transformatoren oder größere Verbraucher mit langer Einschaltzeit.

Gruppenkompensation

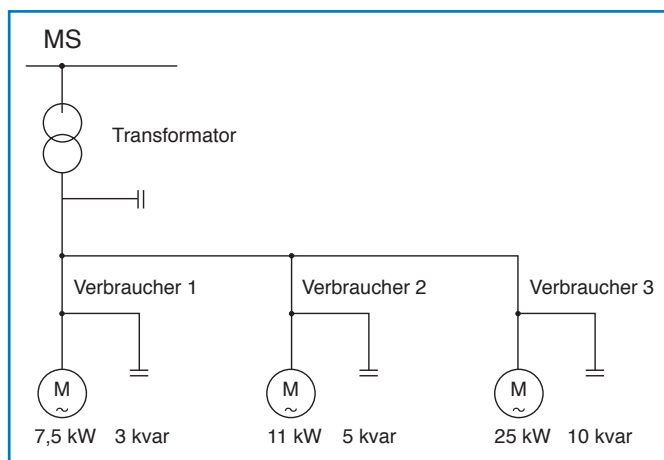
Mehreren Verbrauchern wird eine Kompensation zugeordnet.

Zentralkompensation

An einem Punkt werden die Netzverhältnisse durch einen Blindleistungsregler erfaßt und der gewünschte $\cos\phi$ automatisch eingeregelt.

Einzelkompensation

In diesem Fall wird jedem Verbraucher ein Kondensator von geeigneter Größe parallel geschaltet. Man erreicht damit eine volle Entlastung der Leitungen, einschließlich der Zuleitung zu den kompensierten Verbrauchern.



Anwendung

- Zur Kompensation der Leerlauf-Blindleistung von Transformatoren.
- Für Verbraucher mit extrem hoher Leistung (z.B. Kompressoren).
- Für Antriebe in Dauerbetrieb.
- Bei Antrieben mit zu geringem Leitungsquerschnitt oder langer Zuleitung.

Vorteile

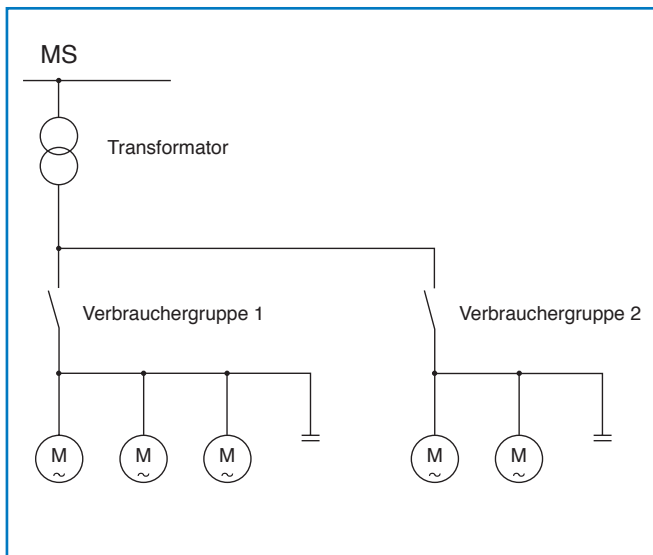
- Entlastung des gesamten innerbetrieblichen Netzes vom Blindstrom.
- Verringerung der Verluste im Spannungsfall.

Nachteile

- Die Kompensation ist über den ganzen Betrieb verstreut.
- Geeigneter Platzbedarf muss vorhanden sein.
- Hoher Installationsaufwand und höhere Kosten je kvar.
- Größere Kompensationsleistung ist nötig, da der Gleichzeitigkeitsfaktor nicht berücksichtigt werden kann.

Gruppenkompensation

Stets gemeinsam eingeschaltete Maschinen können zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Für die Gruppe wird ein Kondensator in geeigneter Größe installiert.



Anwendung

- Für mehrere Verbraucher, wenn diese stets gemeinsam betrieben werden.

Vorteile

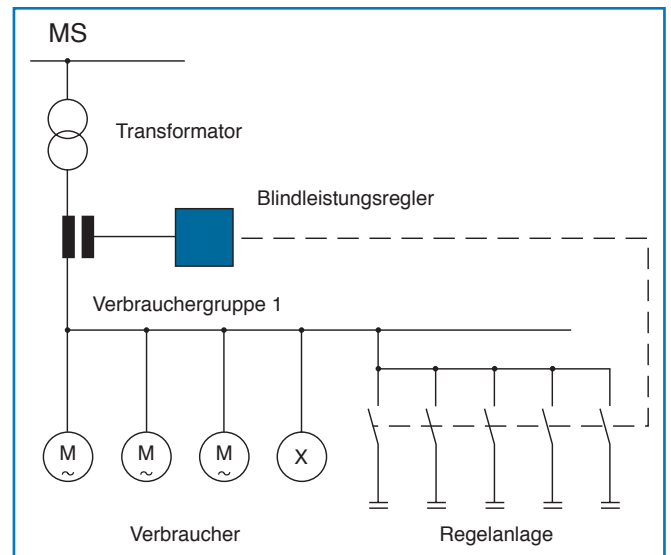
- Kostengünstiger als Einzelkompensation.
- Entlastung der Zuleitung zur Gruppe.

Nachteile

- Nur für Gruppen von Verbrauchern verwendbar, die stets gemeinsam betrieben werden.

Zentralkompensation

Die gesamte Kompensation wird an zentraler Stelle angeordnet, z. B. in der Nähe des Niederspannungs-Hauptverteilers. Diese Lösung wird heute in den meisten Fällen realisiert. Die Kompensationsleistung ist auf mehrere Stufen aufgeteilt und wird durch einen automatischen Blindleistungsregler über Schaltschütze oder elektronische Schalter den Lastverhältnissen angepasst.



Anwendung

- Kann immer eingesetzt werden, soweit das innerbetriebliche Leitungsnetz nicht unterdimensioniert ist.

Vorteile

- Gute Nutzung der installierten Kondensatorleistung, einfache und kostengünstige Installation.
- Weniger Kondensatorleistung, da der Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt werden kann.
- Bei überschwingungshaltigen Netzen kostengünstiger, da bei Regelanlagen die Mehrkosten für die Verdrosselung geringer ausfallen.

Nachteile

- Das innerbetriebliche Netz wird nicht entlastet zusätzliche Kosten für Regler und Stromwandler.

Ausführungen

- **Unverdrosselt** nur für Netze mit überwiegend linearen Verbrauchern geeignet.
- **7 % verdrosselt** für Netze mit Oberschwingungsbelastung und Rundsteuerfrequenzen über 250 Hz.
- **14 % verdrosselt** für Netze mit Oberschwingungsbelastung und Rundsteuerfrequenzen zwischen 168 Hz und 190 Hz.
- **Kombiniert verdrosselt** für Netze mit hoher Oberschwingungsbelastung und Rundfrequenz zwischen 186 Hz und 190 Hz.
- **Saugkreisanlagen** speziell ausgelegt zur Netzreinigung bei sehr hoher Oberschwingungsbelastung.
- **Thyristoranlagen** für Produktionsbetriebe mit sehr schnellen Laständerungen.

Verdrosselte Kompensation

Einsatz von Kondensatoren in Netzen mit Oberschwingungen

Oberschwingungen entstehen beim Betrieb von elektrischen Verbrauchern mit nichtlinearer Spannungs-Strom Charakteristik. Dazu zählen unter anderem Gleich- und Wechselrichter für Antriebe, Schweißmaschinen und unterbrechungsfreie Stromversorgungen. Oberschwingungen sind sinusförmige Spannungen und Ströme mit Frequenzen, welche ein ganzzahliges Vielfaches der Netzfrequenz von 50 Hz oder 60 Hz betragen. In Niederspannungs-Drehstromnetzen sind besonders die 5. und 7. Oberschwingung zu beachten. Bei Einsatz von Leistungskondensatoren für die Blindleistungskompensation in Netzen mit Oberschwingungen sind verdrosselte Kondensatoren zu verwenden, um Resonanzen mit Oberschwingungen zu vermeiden. Verdrosselte Kondensatoren stellen einen Reihenschwingkreis von Leistungskondensator und Drossel dar, welcher im Resonanzpunkt den kleinsten Widerstand aufweist. (annähernd Null unter Vernachlässigung des Wirkwiderstands). Der Reihenschwingkreis wird so abgestimmt, dass die Reihenresonanzfrequenz unterhalb der im Netz vorkommenden Oberschwingungen liegt. Für alle Frequenzen über der Reihenresonanzfrequenz hat die Anordnung ein induktives Verhalten. Dadurch kann es zu keiner Resonanz mit den Netzinduktivitäten kommen.

Abhängig von der gewählten Reihenresonanzfrequenz wird ein Teil der Oberschwingungsströme von den verdrosselten Leistungskondensatoren aufgenommen. Der Rest der Oberschwingungsströme fließt in das übergeordnete Netz. Der Einsatz verdrosselter Leistungskondensatoren trägt damit zur Reduzierung der Netzurückwirkungen durch Oberschwingungen bei und vermindert den störenden Einfluß auf den ordnungsgemäßen Betrieb anderer elektrischer Verbraucher.

Vorteile einer verdrosselten Kompensationsanlage

- Einsparung der Blindleistungskosten und gleichzeitig eigene Netzverluste minimieren, die Netzbelastung optimieren und die Netzspannung stabilisieren.
- Absenkung des Scheinstromes und damit die Erhöhung der Übertragungskapazität.
- Verminderung von Resonanzen zwischen Kondensatoranlage und Netzinduktivität.
- Absaugung von Oberschwingungen dadurch eine erhöhte Betriebssicherheit der angeschlossenen elektrischen Betriebsmittel.

Folgende Verdrosselungsfaktoren kommen bei Kompensationsanlagen zum Einsatz

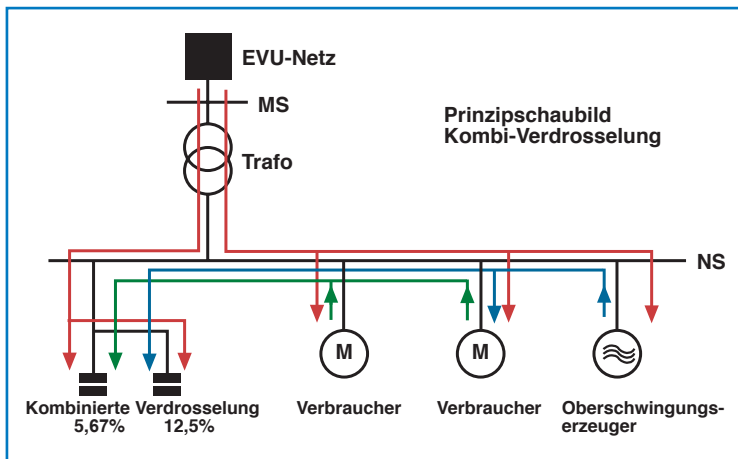
Verdrosselungsfaktor p in %	Serienresonanzfrequenz des Schwingkreises in Hz
5,0	224
5,5	213
5,67	210
7,0	189
8,0	177
9,0	167
12,5	141
13,5	136
14,0	134
15,0	129
16,0	125

Verdrosselte und unverdrosselte Anlagen sollten nie am gleichen Netz oder der gleichen Sammelschiene betrieben werden, da es hierbei zu gefährlichen Parallelresonanzen kommen kann.

Kombinierte Verdrosselung*

Durch diese Verdrosselungsart wird in überschwingungsbehafteten Netzen eine hohe Reduzierung der Netzurückwirkungen erreicht. Oberschwingungspegel, die im übergeordneten Bereich bzw. durch nichtlineare Verbraucher betriebsintern erzeugt werden, können auf zulässige Werte reduziert werden. Die Betriebssicherheit der angeschlossenen Betriebsmittel wird dadurch wesentlich verbessert.

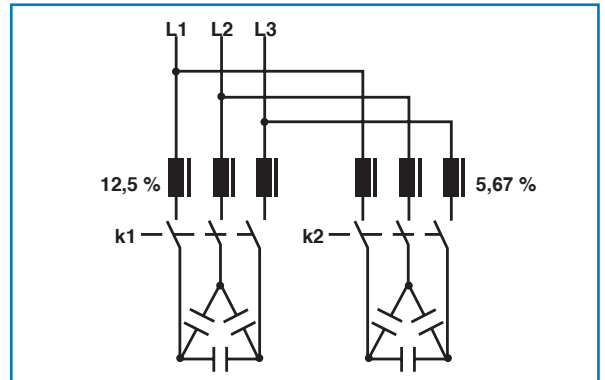
Bedingt durch die hohe Linearität der eingesetzten Drosseln und Kondensatoren in MKK-Technik, kann eine Überbelastung der Kombi-Verdrosselung ausgeschlossen werden.



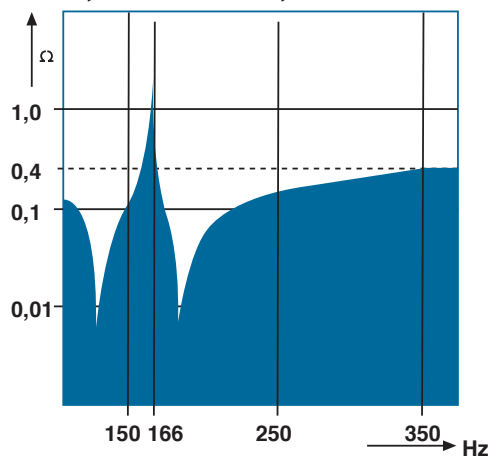
- OWS aus Mittelspannung
- Von OWS-Erzeuger zum Verbraucher und EVU
- Von Verbraucher zur Kompensation

Gleichzeitig erzielt man eine ausreichende Sperrwirkung gegenüber Rundsteuerfrequenzen im Bereich von 166 Hz - 190 Hz.

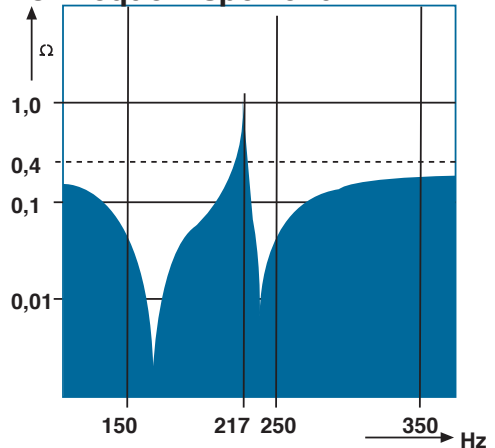
*) Bei diesen Anlagen werden 12,5 % und 5,67 % verdrosselte Kompensationsstufen so zusammengeschaltet, dass Leistungsgleichgewicht zwischen beiden Verdrosselungsarten besteht.



Verdrosselung in Kombifiltertechnik mit 5,67 % und 12,5 %



Verdrosselung in Kombifiltertechnik mit 5,67 % und 12,5 % und zusätzlicher Tonfrequenzsperre für 217 Hz



Gut erkennbar sind eine hohe Impedanz im Bereich der zu sperrenden Tonfrequenz und eine niedrige Impedanz für 5. und 7. Oberschwingung.

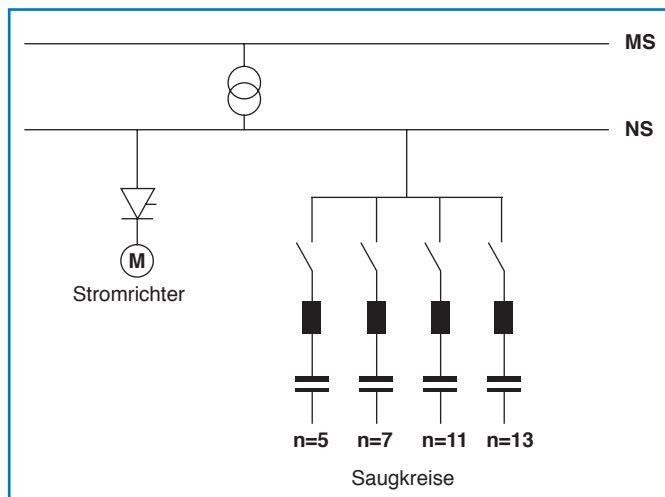
Abgestimmte Saugkreisanlagen

Diese Variante stellt eine Sonderlösung für stark oberwellenhaltige Netze dar. Bei ständig auftretenden Störungen kann die Ursache ein zu hoher Oberschwingungsanteil im Netz sein. Ist dies der Fall, so kann mittels einer abgestimmten Saugkreisanlage direkt vor Ort beim Oberschwingungserzeuger eine hohe Netzreinigung durchgeführt werden. Dabei werden für die auftretenden Oberschwingungen einzelne Serienschwingkreise aufgebaut. Die Saugkreise werden speziell für die 5., 7., 11. und 13. Oberschwingung ausgelegt. Die Serienschwingkreise werden so abgestimmt, dass sie für die Oberschwingungströme relativ kleine Impedanzen im Verhältnis zur Netzimpedanz darstellen. Die Oberschwingungsströme werden somit weitgehend von den Saugkreisen aufgenommen. Nur noch ein kleiner Teil fließt in das Netz.

Da die Saugkreise bei der Grundschiwingung (50 Hz) stets eine kapazitive Reaktanz darstellen, nehmen die neben den Oberschwingungsströmen auch einen kapazitiven Grundschwingungsstrom auf und tragen damit zur Blindstromkompensation bei.

Beim Zu- und Abschalten von Filterkreisen muß eine bestimmte Schaltfolge eingehalten werden. Die Zuschaltung beginnt mit dem Filterkreis niedrigster Frequenz. Beim Abschalten geht man umgekehrt vor. Diese festgelegte Zu- bzw. Abschaltung ist nötig, weil jeder Filterkreis für Frequenzen unterhalb seiner Resonanzfrequenz kapazitiv wirkt. Bei Missachtung der Schaltfolge sind Parallelresonanzen zwischen kapazitiven Filterkreisen und Netzinduktivitäten mit den bekannten Auswirkungen möglich. Außerdem können durch Bauteiltoleranzen Filterkreise der gleichen Frequenz einmal kapazitiv und einmal induktiv sein. Auch hier wäre eine Parallelresonanz möglich.

Für die Auslegung solcher Anlagen müssen alle Netzparameter bekannt sein, deshalb sind umfangreiche Netzanalysen notwendig.



Thyristoranlagen

Der Thyristor ist die anschlussfertige Lösung für schnellschaltende Blindleistungskompensationsanlagen.

Aufgrund seiner Eigenschaften ergeben sich durch den Einsatz des Thyristor-Schnellschalters anstelle klassischer Stellglieder, wie Kondensator-Luftschütze, folgende Vorteile:

- schnelles Schalten der Kompensationsstufe im ms - Bereich
- definiertes Schaltverhalten durch das Vollschwingungstaktprinzip und damit netzrückwirkungsarm
- hohe Lebensdauer durch praktisch unbegrenzte Schalthäufigkeit
- keine Wartung aufgrund der Verschleißfreiheit
- keine Geräuschbildung
- einfache Montage durch kombinierte Hutschienen- oder Schraubbefestigungstechnik

Einsatzgebiete

Der Thyristor-Leistungssteller kann in Verbindung mit:

- speicherprogrammierbaren Steuerungen
 - Blindleistungsreglern oder Verfahrensreglern
 - Computersystemen oder Prozess-Leittechniken
- überall dort eingesetzt werden, wo kapazitive Leistungen
- schnell und verschleißfrei geschaltet werden müssen

Anwendungen

Blindleistungskompensation induktiver Lasten, die während des Betriebes häufig und vor allem schnell zu- bzw. abgeschaltet werden. Typische Anwendungsfälle sind:

- Krananlagen
- Aufzugsanlagen
- Punktschweißmaschinen
- Windkraftanlagen

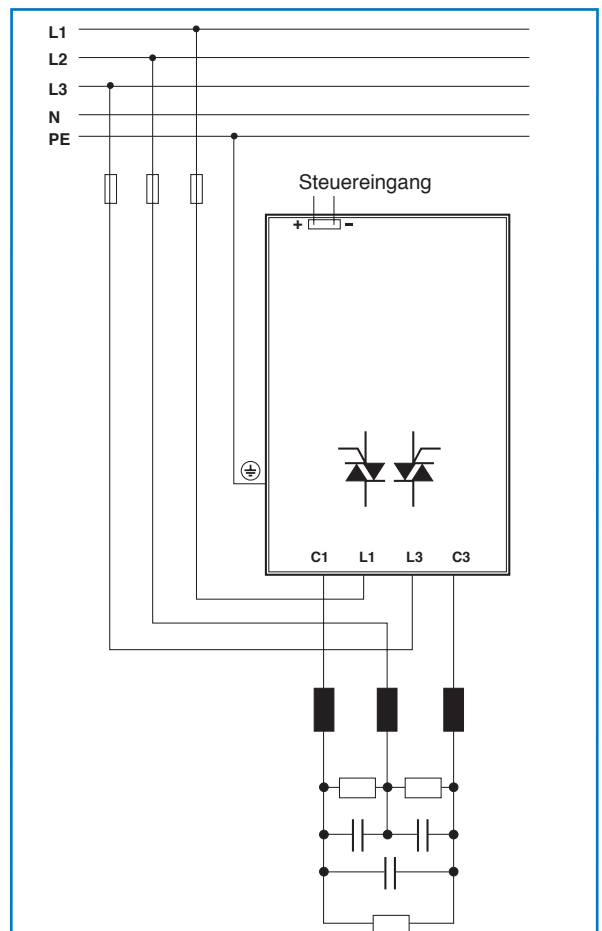
Anschluß des Moduls

Das Thyristorschaltmodul dient dem Aufbau dynamischer Kompensationsanlagen mit Stufenleistungen bis zu 50 kvar an 400 V. Der mechanische Aufbau erfolgt direkt auf einer Grundplatte. Die Hauptstrombahnen sind mit Stromschienen ausgeführt und können über Leitungen mit Kabelschuh (25 mm²) direkt an Hauptsicherung bzw. Kondensator angeschlossen werden.

Der Anschluß erfolgt entsprechend dem Anschlußbild. Als Hauptsicherung vor dem Schaltmodul werden superflinke Sicherungen zum Schutz von Halbleiter Bauelementen vorgeschrieben! Die Bemessungsgrundsätze sind zu beachten!

Die Ansteuerung des Moduls erfolgt verzögerungsfrei durch ein 10 - 20 VDC Signal (vom Blindleistungsregler oder einer entsprechenden Steuerung), welches am Anschluß X1 (Signal) eingespeist wird. Für eine eventuelle Kaskadierung mehrerer Module zur Erhöhung der Schaltleistung ist Parallelbetrieb möglich.

Anschlußbild



ESKAP Richtlinien

Montage, elektrischer Anschluss und Wartung von ESKAP-Blindleistungskompensationsanlagen

Vorbereitung der Inbetriebnahme

- Alle Schrauben und Verbindungen nachziehen (Gewährleistungsansprüche können sonst entfallen).
- Installation und Betrieb der Anlage müssen unter Beachtung der geltenden VDE- und EVU-Vorschriften erfolgen.
- Auswahl der Anschlussquerschnitte und Absicherung nach der Tabelle auf der Rückseite.

Anschluss und Wandlereinbau

Für den Anschluss der Anlage wird ein 4-adriges PVC-Drehstromkabel mit Kupferleiter empfohlen (NYY).

Die Auswahl sollte entsprechend der Kompensationsleistung nach der Tabelle auf der Rückseite erfolgen.

Die Anlagen sind werkseitig für PEN-Anschluss ausgelegt. Bei 5-Leiternetz ist wie folgt umzustellen:

- Die Brücke an der PEN-Schiene zwischen PE und N, sowie den PEN-Aufkleber entfernen.

Wandlereinbau möglichst in der Phase L1 nach dem EVU-Messwandlersatz. Durch Spannungsmessung gegebenenfalls überprüfen, ob die Kompensationsanlage phasenrichtig angeschlossen ist. Befindet sich der Wandler in einer anderen Phase, ist die Anschlussleitung zu der Steuersicherung entsprechend umzuklemmen, da die Messspannung an die Phase angeschlossen sein muss, in der sich der Wandler befindet (Standard L1).

Der korrekte Anschluss ist den beiliegenden Anleitungen und Plänen zu entnehmen.

- **P1 (K)** zur EVU-Einspeisung (am Wandler gekennzeichnet).
- **S1 (k)** mit Reglerklemme **k** und
- **S2 (I)** mit Reglerklemme **I** in der Kompensationsanlage verbinden (Klemmenblock X2 in der Anlage).

Leitungsquerschnitt: bis 3 m = 1,5 mm², bis 6 m = 2,5 mm². Bei größeren Entfernungen Einsatz eines 1 A Wandlers (Umstellung des Wandlereinganges auf 1 A entsprechend des Reglerhandbuches).

Bei Verwendung vorhandener Wandler die Strompfade immer in Reihe schalten.

Inbetriebnahme der Anlage

Der Regler ist als Bestandteil der Kompensationsanlage voreingestellt. Nach Einschalten der Anlage müssen nach der Initialisierungsphase die Kondensatorstufen zuschalten. Keine Zuschaltung erfolgt bei fehlendem Wandlerstrom (mindestens 50 mA bei 5 A und 10 mA bei 1 A) und bei Wandlerfalschanschluss. Im Display wird ohne Stufenzuschaltung ein kapazitiver $\cos \phi$ angezeigt.

Weitere Fehleranzeigen sind im Handbuch des Reglers erläutert.

Wartung der Kompensationsanlagen

Für einwandfreie Funktion und lange Lebensdauer der Anlage sind nach der Inbetriebnahme und einmal jährlich folgende Kontrollen durchzuführen:

- Überprüfung und Nachziehen aller Anschlüsse (Schraubverbindungen können sich in der Anfangszeit lockern).
- Überprüfung von Sicherungen, Schutzeinrichtungen und Schaltgeräten. Schütze sind Verschleißteile (Schalten ohne wesentliche Funkenbildung).
- Sichtkontrolle der Kondensatoren (durch die Abreißsicherung ausgefallene Kondensatoren wölben sich auf) und der Entladewiderstände.
- Überprüfung der Stromaufnahme der Anlage und der Kondensatorklemmenspannung (eine höhere Stromaufnahme kann durch einen sich erhöhenden Anteil von Oberschwingungen oder durch Kapazitätsänderung von Kondensatoren verursacht werden). Gegebenenfalls Kontrolle der Stufenleistung über Messung des Phasenstromes (Phasenstrom = Kondensatorleistung x 1,44).
- Überprüfung der Regelung entsprechend der Angaben im Reglerhandbuch.

Überprüfung von Anlagenbelüftung und Temperaturüberwachung

Verdrosselte Anlagen und unverdrosselte Anlagen über 50 kvar werden zwangsbelüftet. Temperaturrelais schalten bei 30°C die Ventilatoren ein und bei 55°C die Anlage über den Regler ab.

- Reinigung der Eintrittsfiltermatten und bei Schutzgrad höher IP 20 auch der Austrittsfilter. Im Dach befinden sich bis zu 4 Lüfter. Der Luftaustritt darf nicht behindert werden (keine Gegenstände auf das Dach legen).
- Überprüfung der Lüfter auf Funktionsfähigkeit und auf Laufgeräusche.
- Geräte zur Zwangsbelüftung müssen entsprechend der Anleitung des Herstellers gegebenenfalls mehrmals im Jahr gewartet werden.

Grenztemperaturen für Anlagen im Schrank

- - 10° C bis + 35° C als 24 Stunden Mittelwert
- + 20° C als Jahresmittelwert
- + 40° C als kurzzeitiger Maximalwert

Sicherung, Kabel und Wandler

400 Volt, 50 Hz				525 Volt, 50 Hz		
Leistung kvar	Strom A	Sicherung A	Querschnitt mm ²	Strom A	Sicherung A	Querschnitt mm ²
3,1	4,5	3 x 10	NYN 4 x 1,5	3,4	3 x 10	NYN 4 x 1,5
4,0	5,8	3 x 10	NYN 4 x 1,5	4,4	3 x 10	NYN 4 x 1,5
5,0	7,2	3 x 16	NYN 4 x 1,5	5,5	3 x 10	NYN 4 x 1,5
6,25	9,0	3 x 20	NYN 4 x 2,5	6,9	3 x 10	NYN 4 x 1,5
7,5	10,8	3 x 20	NYN 4 x 2,5	8,3	3 x 16	NYN 4 x 1,5
10	14,4	3 x 25	NYN 4 x 4	11,0	3 x 16	NYN 4 x 1,5
12,5	18,0	3 x 25	NYN 4 x 4	13,8	3 x 20	NYN 4 x 2,5
15	21,6	3 x 35	NYN 4 x 6	16,5	3 x 25	NYN 4 x 4
17,5	25,2	3 x 35	NYN 4 x 6	19,3	3 x 35	NYN 4 x 6
20	28,8	3 x 50	NYN 4 x 10	22,0	3 x 35	NYN 4 x 6
25	36,0	3 x 63	NYN 4 x 16	27,5	3 x 50	NYN 4 x 10
30	43,2	3 x 63	NYN 4 x 16	33,0	3 x 50	NYN 4 x 10
35	50,4	3 x 80	NYN 4 x 25	38,5	3 x 63	NYN 4 x 16
37	54,0	3 x 80	NYN 3 x 25 / 16	41,3	3 x 63	NYN 4 x 16
40	57,6	3 x 80	NYN 3 x 25 / 16	44,0	3 x 63	NYN 4 x 16
45	64,8	3 x 100	NYN 3 x 35 / 16	49,5	3 x 80	NYN 3 x 25 / 16
50	72,0	3 x 125	NYN 3 x 35 / 16	55,0	3 x 80	NYN 3 x 25 / 16
60	86,4	3 x 125	NYN 3 x 50 / 25	66,0	3 x 100	NYN 3 x 35 / 16
70	100,8	3 x 160	NYN 3 x 70 / 35	77,0	3 x 125	NYN 3 x 50 / 25
75	108,0	3 x 160	NYN 3 x 70 / 35	82,5	3 x 125	NYN 3 x 50 / 25
80	115,2	3 x 200	NYN 3 x 95 / 50	88,0	3 x 125	NYN 3 x 50 / 25
90	129,6	3 x 200	NYN 3 x 95 / 50	99,0	3 x 160	NYN 3 x 70 / 35
100	144,0	3 x 250	NYN 3 x 120 / 70	110,0	3 x 200	NYN 3 x 95 / 50
125	180,0	3 x 315	NYN 3 x 150 / 70	137,5	3 x 200	NYN 3 x 95 / 50
150	216,0	3 x 355	NYN 3 x 185 / 95	165,0	3 x 315	NYN 3 x 150 / 95
175	252,0	3 x 400	NYN 3 x 240 / 120	192,5	3 x 315	NYN 3 x 150 / 95
200	288,0	3 x 400	NYN 3 x 240 / 120	220,0	3 x 315	NYN 3 x 150 / 95
225	324,0	3 x 500	2 x NYN 3 x 120 / 70	247,5	3 x 315	NYN 3 x 150 / 95
250	360,0	3 x 500	2 x NYN 3 x 120 / 70	275,0	3 x 500	2 x NYN 3 x 150 / 95
275	396,0	3 x 630	2 x NYN 3 x 150 / 95	302,5	3 x 500	2 x NYN 3 x 150 / 95
300	432,0	3 x 630	2 x NYN 3 x 185 / 95	330,0	3 x 500	2 x NYN 3 x 150 / 95
350	504,0	3 x 800	2 x NYN 3 x 240 / 120	385,0	3 x 630	2 x NYN 3 x 185 / 95
400	576,0	3 x 800	2 x NYN 3 x 240 / 120	440,0	3 x 630	2 x NYN 3 x 185 / 95

Stromwandler (Installation in L1 nach der EVU-Messung)

A	für Schiene 30 x 10 mm, Rundleiter bis \varnothing 28 mm		für Schiene 40 x 10 mm, Rundleiter bis \varnothing 28 mm		für Schiene 60 x 10 mm, Rundleiter bis \varnothing 45 mm	
	ESKAP Typ	VA	ESKAP Typ	VA	ESKAP Typ	VA
50	KZW-A3-005-05-01	2,5				
75	KZW-A3-007-55-01	2,5				
100	KZW-A3-010-05-01	5				
150	KZW-A3-015-05-01	5				
200	KZW-A3-020-05-01	5	KZW-A4-020-05-01	5		
250	KZW-A3-025-05-01	5	KZW-A4-025-05-01	5		
300	KZW-A3-030-05-01	5	KZW-A4-030-05-01	5		
400	KZW-A3-040-05-01	5	KZW-A4-040-05-01	5		
500			KZW-A4-050-05-01	5		
600			KZW-A4-060-05-01	5	KZW-A6-060-05-01	10
800			KZW-A4-080-05-01	5	KZW-A6-080-05-01	10
1000			KZW-A4-100-05-01	5	KZW-A6-100-05-01	10
1200					KZW-A6-120-05-01	10

Die Selektivität mit übergeordneten Schutzorganen, die Verlegungsart und Leistungshäufung und die Umgebungstemperatur sind bei der Auslegung der Anschlussquerschnitte zu beachten!

Blindleistungskompensationsanlagen

ESKAP Standard, Besonderheiten

Anlagenaufbau

Typgeprüfte Schaltgerätekombination (TSK). Modultchnik mit einem speziellen Baugruppenaufhängungssystem zur einfachen und sicheren Montage der Kompensationsmodule im Schrank. Für die gängigsten Schranksysteme können Modulträgersätze zur einfachen und schnellen Montage geliefert werden. Module stehen für Schrankbreiten von 550 bis 650 mm und von 740 bis 850 mm zur Verfügung. Die Nachrüstung von Kompensationsmodulen ist durch vorbereitete Reserveplätze problemlos möglich.

Absicherung, Sammelschienensystem, Starkstromanschluss

Die Verbindung der Module erfolgt über ein Sammelschienensystem mit berührungssicherer, beidseitig abgewinkelter Makrolonabdeckung (1,5 mm). Jede Baugruppe ist mit einem hochwertigen NH-Trenner ausgerüstet (deutsches oder österreichisches Qualitätsprodukt). Viele Mitbewerber setzen nur NH-Unterteile ein. Der Starkstromanschluss wird über eine Sammelschienenverlängerung in einem großzügig ausgelegten Anschlussbereich realisiert. Durch einen zusätzlichen Sammelschienträger ist kein Verdrehen beim mechanischen Anschluss der Zuleitungen möglich.

Steuerbaugruppe

Der elektrische Anschluss von Blindleistungsregler, Kompensationsmodulen, Lüftungsventilatoren und Erweiterungsanlagen erfolgt mit standardisierten Steuerbaugruppen über Steckverbinder und Federklemmenanschlüsse. Durch das mehrfarbige Klemmensystem wird Fehlan schlüssen vorgebeugt.

Gehäusesystem

Einsatz eines mit einem namhaften Hersteller entwickelten hochstabilen Gehäusesystems. Der ESKAP Standardschrank für Großanlagen hat die Abmessungen 2000 x 800 x 600 mm. Die Schranktiefe von 600 mm gewährleistet auch bei hohen Leistungen eine problemlose Montage und gute Durchlüftung. Für Kleinanlagen werden hochwertige Gehäuse mit überdeckten Türschließkanten verwendet. ESKAP ist einer der wenigen Hersteller, die auch verdrosselte Kompensationsanlagen im Isolierstoffgehäuse im Lieferprogramm haben.

Zwangselüftung

Verdrosselte und unverdrosselte Anlagen im Standardschrank werden zwangselüftet. Zum Einsatz kommen hochwertige kugelgelagerte Lüfter (deutsches Qualitätsprodukt), die über Steckverbinder angeschlossen werden. Lüftersteuerung und Temperaturnotabschaltung erfolgen über Steuerbaugruppe und Regler automatisch.

Leistungskondensatoren

Es werden nur qualitativ hochwertige Kondensatoren deutscher Hersteller verwendet. Für Standardanlagen in unverdrosselter und verdrosselter Ausführung bis $p = 8\%$ werden Kondensatoren mit Schutzgasfüllung (Siemens MKK-Technologie) mit einer Kondensatorspannung von mindestens 440 Volt eingesetzt.

Fortsetzung

Kondensatorschütze

Für hochbelastbare Anlagen in verdrosselter Ausführung (z.B. Kombifiltertechnik zur Reinigung des Netzes von Oberschwingungen) und Verdrosselung ab $p = 9\%$ kommen MKK-Kondensatoren mit einer Kondensatorspannung von mindestens 480 V zum Einsatz.

MKK-Kondensatoren zeichnen sich z.B. durch eine höhere Temperaturfestigkeit und durch eine Lebensdauererwartung von über 115 000 Stunden aus.

Hochwertige Spezialschütze schalten die Kondensatoren über Vorwiderstände mit einem voreilenden Sprungkontakt zur Vermeidung des Ladungsstromstoßes an das Netz (Impulsstörungen). Die Lebensdauer erhöht sich dadurch auf über 150 000 Schaltspiele.

Kondensatorschnellentladung

Standardmäßig werden berührungssichere Entlademodule mit hochwertigen Drahtkeramikwiderständen eingesetzt (VBG 4). Üblich sind frei verdrahtete Kohlemassewiderstände. Für verlustarme Schnellentladung stehen Entladedrosseln der Firma Siemens zur Verfügung.

Filterkreisdrosseln

Der immer mehr steigenden Netzverunreinigung Rechnung tragend werden Drosseln hoher Linearität aus deutscher und österreichischer Produktion eingesetzt. Die Drosseln zeichnen sich durch geringe Verluste aus (Bandwickeltechnologie und Kühlluftkanäle).

Tonfrequenzsperre

Die eingesetzten Sperren aus schweizerischer und deutscher Produktion sind für jede Phase als Einzelkreise ausgeführt.

Für den Einbau in Standschränke wurde ein spezielles Modul mit direktem Sammelschienenanschluss entwickelt. So ist auch eine problemlose Nachrüstung einer Sperre möglich.

Blindleistungsregler

Standardmäßig werden Regler der Firma BELUK eingesetzt. Sie zeichnen sich durch hohe Zuverlässigkeit und eine einfache Handhabung aus. Das aufwendige Einstellen der Ansprechempfindlichkeit (C/k-Wert) sowie von festen Schaltprogrammen entfällt. Die Regler nehmen ihren Betrieb auf, sobald sie von den Anschlüssen her korrekt eingebaut wurden. Es kommen immer die optimalen Schaltstufen zum Einsatz. Das Erkennen der Kondensator-Wertigkeiten erfolgt ohne unnötige Probeschaltungen.

Merkmale:

- Vollautomatische Adaption an das Netz,
- 4-Quadranten Betrieb,
- Anschluss beliebiger Kondensatorgrößen,
- Eliminierung von defekten Kondensatorstufen,
- Abruf der Schaltspiele,
- geeignet auch für nicht-sinusförmige Netze,
- Nullspannungsauslösung bei Netzunterbrechung,
- digitale Anzeige des $\cos\phi$,
- Störmeldekontakt für Regel-Alarm.

Blindleistungskompensationsanlagen

Anlagen im Gehäuse
Einbaueinheiten
Baugruppen für alle Schrankfabrikate
Festkondensatoren
Leistungskondensatoren
Blindleistungsregler
Tonfrequenzsperrern

Saugkreisanlagen

Aktive Leistungsfilter

Energiemanagement

Energiekontrollsysteme
Lastkontrollsysteme
Systeme zur Kostenstellenerfassung
Software zum Energiemanagement

Energiemessgeräte

Einbaugeräte
Geräte für mobilen Einsatz

Energiezähler

Für Wandleranschluss
Für Direktmessung bis 65 A
Beglaubigte Ausführung optional

Netzanalysen als Dienstleistung

Messgeräte TOPAS 1000
Datenlogger NEDALOG
Leihgeräte

ESKAP GmbH

Nördliche Ringstraße 34a
D-91126 Schwabach

Telefon 0 91 22 / 93 03-0
Telefax 0 91 22 / 93 03-33

info@eskap.de
<http://www.eskap.de>