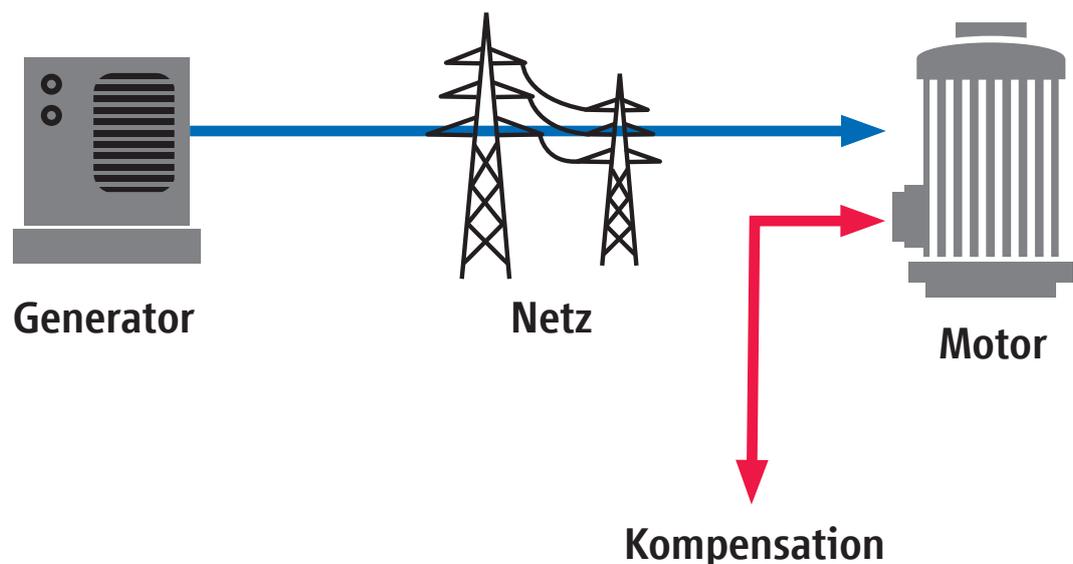


Einsatz neuer Technologien zur Blindleistungskompensation in elektrischen Netzen



Veränderungen im Stromnetz erfordern neue Lösungen zur Blindleistungskompensation und zur Verbesserung der Spannungsqualität

Impressum

Einsatz neuer Technologien zur Blindleistungskompensation in elektrischen Netzen

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.

Fachverband Starkstromkondensatoren

– Fachabteilung Leistungskondensatoren und Spannungsqualität

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: 069 6302-251

Fax: 069 6302-407

E-Mail: starkstromkondensatoren@zvei.org

www.zvei.org

Redaktion:

Dr. Marcus Dietrich

Autoren:

Peter Herbst, Dr. Hans König, Jürgen Reese,

Dieter Siebold, Thomas Simon, Achim Tempelmeier,

Dr. Bernd Walther

Dezember 2012

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Einleitung

Deutschland liegt im weltweiten Vergleich der Versorgungszuverlässigkeit mit elektrischer Energie an der Spitze. Aber eine hohe Versorgungszuverlässigkeit ist nicht immer gleichbedeutend mit einer hohen Spannungsqualität, bei der Abweichungen der Netzspannung von der reinen Sinusform bzw. Netzspannungsschwankungen und der Netzfrequenz betrachtet werden. Betriebsstörungen, Ausfall von Betriebsmitteln und daraus folgende Minderungen der Produktionsqualität bzw. hohe Ausfallkosten werden häufiger durch eine verminderte Spannungsqualität verursacht als durch einen Ausfall der Stromversorgung.

Sowohl in industriellen als auch in öffentlichen Netzen werden zur effizienten Nutzung der elektrischen Energie zunehmend eine Vielzahl leistungselektronischer Energiewandler eingesetzt – vom Schaltnetzteil und der Energiesparlampe im Watt-Bereich über den Walzenantrieb und die Elektrolyse im Megawatt-Bereich bis hin zur Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) im Gigawatt-Bereich. Ihr Anteil an der Gesamtentnahme von elektrischer Energie in unseren Netzen wächst stetig. Die daraus resultierenden Netzurückwirkungen wie Spannungsänderungen, Unsymmetrien, Oberschwingungen, Kommutierungseinbrüche oder Zwischenharmonische können die Spannungsqualität dramatisch verschlechtern und die oben beschriebenen Folgen mit sich bringen, wenn keine effektiven Maßnahmen ergriffen werden. Gleichzeitig kommt es zu einer Verringerung der Netzkurzschlussleistung durch Energieeinspeisung über leistungselektronische Komponenten (Verringerung der Netzstabilität).

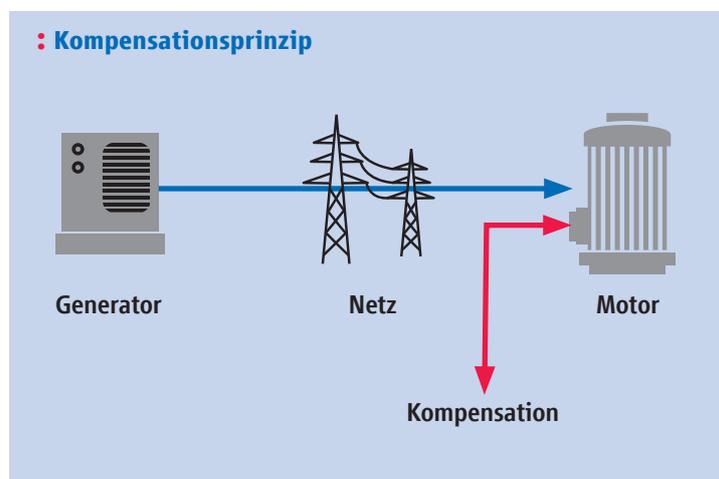
Hersteller von Anlagen zur Blindleistungskompensation mussten sich zwangsläufig mit der stetigen Verschlechterung der Spannungsqualität befassen. Neue Konzepte wurden vor allem gegen die gestiegenen Oberschwingungsbelastungen entwickelt, auf die Blindleistungskompensationsanlagen mit unverdrosselten Kondensatoren besonders anfällig reagieren. Die wichtigsten Technologien sollen im Folgenden abgehandelt werden:

- Verdrosselte Blindleistungskompensation (kapazitiv)
- Thyristorgeschaltete Blindleistungskompensation (kapazitiv und induktiv)
- Passive Filterkreise (kapazitiv)
- Aktive leistungselektronische Filter (kapazitiv und induktiv als 4- oder 3-Leiter-Varianten)

Teilweise schützen diese Techniken die Blindleistungskompensationsanlage nur vor gefährlichen Überströmen durch Resonanzen, teilweise verbessern sie zusätzlich die Spannungsqualität. Bevor entschieden werden kann, welche Anlage vor Ort technisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar ist, sollten Messungen zur Spannungsqualität durchgeführt und die sich daraus ergebenden Netzurückwirkungen auf die geplante Anlage abgeschätzt werden. Eine zusätzliche kontinuierliche Überwachung der Spannungsqualität während des Betriebs der Kompensation schützen Planer, Anlagen- und Netzbetreiber vor unliebsamen Überraschungen.

2. Einordnung der Blindleistung

Wenn man über Blindleistung spricht, meint man in der Regel die Verschiebungsblindleistung, die sich auf die Grundschwingung 50/60 Hz bezieht und aufgrund der Phasenverschiebung von Strömen gegenüber der treibenden Spannung entsteht. Verursacher sind hauptsächlich Motoren und Transformatoren, aber auch Antriebe der Stromrichtertechnik, die mit einer Phasenanschnittsteuerung geregelt werden.



(Quelle ZVEI)

60 Prozent der in Deutschland abgenommenen elektrischen Energie wird durch Elektromotoren in mechanische Energie umgesetzt – mit der entsprechenden negativen Auswirkung auf die Blindleistung im Stromnetz. Diese Prozentzahl zeigt die Dominanz der Verschiebungsblindleistung, die bei fast jedem technologischen Prozess anfällt.

Neben dieser dominanten Blindleistungsart belasten weitere Effekte zunehmend die Stromnetze:

- Verzerrungsblindleistung aufgrund von Oberschwingungen,
- Unsymmetrieblindleistung bei zwei- und einphasigen Abnehmern sowie,
- Modulationsblindleistung bei Betrieb von Abnehmern mit stark schwankender Lastabnahme

Oft sind in realen Applikationen wie Lichtbogenöfen und Schweißanlagen alle Blindleistungsarten vorhanden.

Diesen verschiedenen Blindleistungsarten liegen die folgenden Phänomene zugrunde, die immer auch zu einer Reduzierung der Spannungsqualität führen:

- Oberschwingungen im Anschlussstrom und in der Versorgungsspannung (derzeitige Betrachtung bis zur 50. Harmonischen, Erweiterung bis 9 kHz geplant)
- Kommutierungseinbrüche in der Spannung durch Leistungselektronik
- Flicker in der Anschlussspannung durch periodische Stromschwankungen im Bereich von 9-10 Hz
- Kurzzeitige Spannungseinbrüche durch Schaltvorgänge von Betriebsmitteln wie Transformatoren und Kabel sowie Motoranläufe
- Unsymmetrie in der Anschlussspannung durch den Betrieb von ein- oder zweiphasigen Abnehmern

Alle diese physikalischen Phänomene, die zur deutlichen Beeinträchtigung der Versorgungsspannung und somit sicheren Stromversorgung führen, werden durch die entsprechenden Normen und ggf. Richtlinien in ihrer Wirkung durch Grenzwerte limitiert. Es muss dabei unterschieden werden zwischen der Festlegung von Verträglichkeitspegeln der Anschlussspannung sowie der Festlegung der Störaussendung einzelner Geräte und Anlagen, die möglicherweise aus einer Vielzahl von verschiedenen Geräten bestehen.

Die für das Thema wichtige Norm EN 50160 [1] beschreibt die zulässigen Verträglichkeitspegel in der Anschlussspannung von öffentlichen Nieder-, Mittel- und Hochspannungsnetzen. In dieser Norm finden sich neben Grenzwerten von Oberschwingungspegeln auch Aussagen zum zulässigen Spannungsbereich, Flicker u.v.m. Keine Aussagen werden zum zulässigen Kommutierungseinbruch getroffen; in diesem Fall ist auf andere Richtlinien zurückzugreifen [2].

Für Industrienetze werden in der Norm IEC 61000-2-4 verschiedene Verträglichkeitspegel, z. B. für die Oberschwingungen entsprechender Versorgungsklassen, angegeben. Dabei wird zwischen Klassen mit sehr sensiblen Abnehmern und einer „sauberen“ Spannung und Klassen mit z. B. dominierender Stromrichterleistung wie Kompressorstationen und Walzwerke unterschieden.

Grundsätze zur Berechnung der Störaussendung einzelner Abnehmer oder von Anlagen werden z. B. in der D-A-CH-CZ-Richtlinie [2] zur Beurteilung von Netzurückwirkungen festgeschrieben. Dabei wird anteilig an der gesamten Leistungsabnahme im Netz einem Kunden z. B. ein Anteil an der Oberschwingungs- oder Flickerzeugung zugesprochen. Übersteigt die entsprechende Störaussendung die ermittelten Festlegungen, sind kundenseitig Maßnahmen zur Verminderung z. B. von Oberschwingungen, der Kommutierungseinbrüche oder des Flickers vorzunehmen und mit dem Netzbetreiber hinsichtlich Netzverträglichkeit abzustimmen. Dabei ist auch auf die normgerechte Beeinflussung von Tonfrequenz-Rundsteueranlagen zu achten.

Diese Richtlinie gilt mittlerweile für die Nieder-, Mittel- und Hochspannung und ist eine wichtige Dokumentation für eine normierte Anschlussbeurteilung.

Neben der Betrachtung von einzelnen Kundenanschlüssen unter Berücksichtigung der o. g. Normen bzw. Beurteilungsgrundsätzen ist es sehr wichtig, die Störaussendung von Geräten mit Leistungen $< 16 \text{ A}$ zu begrenzen. Geräte im Massenmarkt sind dabei Schaltnetzteile von Fernsehgeräten und Computern sowie Energiesparlampen. Durch die enorme Benutzungshäufigkeit von Fernsehgeräten in den Abendstunden entstehen so täglich in dieser Zeit extreme Oberschwingungsbelastungen in unseren öffentlichen Netzen, die insbesondere durch die Kabelnetze der Mittel- wie auch der Hochspannung deutlich verstärkt werden (Resonanzfähigkeit). Diese Belastung ist als sogenannte Vorbelastung der Anschlussspannung bei der Planung von Kundenanschlüssen ebenfalls zu beachten.

3. Lösungen

Die im Folgenden beschriebenen Lösungen moderner Technologien im Bereich der Blindleistungskompensation stellen deren bekanntesten Einsatzmöglichkeiten dar. Da sich die Problemstellungen im Laufe der Jahre geändert haben, mussten auch die Geräte und Systeme zur Blindleistungskompensation und Verbesserung der Spannungsqualität ständig weiterentwickelt werden. Standen vor einigen Jahren nur die Kostensenkung des Blindleistungsbezugs und die Reduzierung der Netzverluste im Vordergrund, so sind heute komplexere Aufgaben zur vollständigen Netzintegration zu lösen.

Die folgenden Lösungsmöglichkeiten sind nicht als vollständig zu verstehen; in der Regel treten mehrere Phänomene gleichzeitig auf und die Beratung durch eine Fachfirma ist zu empfehlen.

Lösungsmöglichkeiten	Unverdrosselte Kompensation		Verdrosselte Kompensation		Thyristorgeschaltete Kompensation		Passive Filter		Aktive Filter	
	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS	NS	HS
Phänomene und Anwendungsfelder										
Spannungsschwankungen					x	x				x
Kommutierungseinbrüche										x
Flicker										x
Unsymmetrie										x
Transienten										x
Oberschwingungen			x	x	x	x	x	x	x	x
Stromreduzierung der Stromleitungen	x ¹	x ¹	x	x	x	x	x	x	x	x
Blindleistungskostenreduktion	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

(Quelle ZVEI)

Anmerkung:

NS: Niederspannung < 1000 V

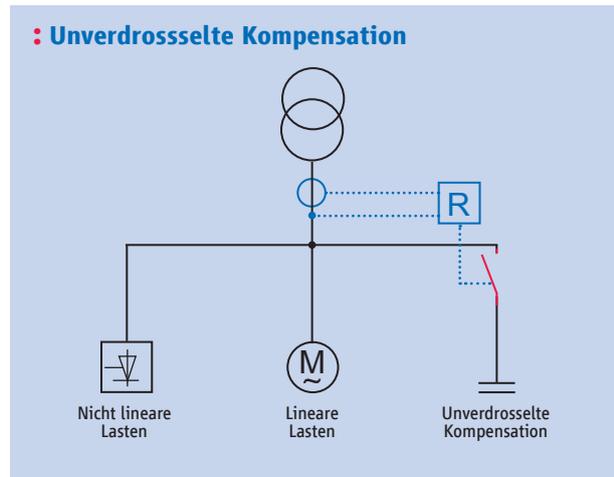
HS: Hochspannung > 1000 V

¹ Dabei kann es zur Verstärkung von Oberschwingungsströmen kommen

: Unverdrosselte Kompensation

Bei der unverdrosselten Kompensation werden Kondensatoren als rein kapazitiver Abzweig eingesetzt. In der Vergangenheit war dies die gängige Lösung, um die vom Energieversorger berechneten Blindleistungskosten einzusparen. Damit einher geht die Senkung des Scheinstromes in der Zuleitung und somit die

Reduzierung der Leitungs- und Transformatorverluste. Aufgrund der sich ändernden Netzbedingungen und der steigenden Belastung mit Oberschwingungen erhöht sich die Gefahr einer Stromüberlastung durch Resonanzen. Das führt zu einer Weiterentwicklung der Kompensationstechnik.

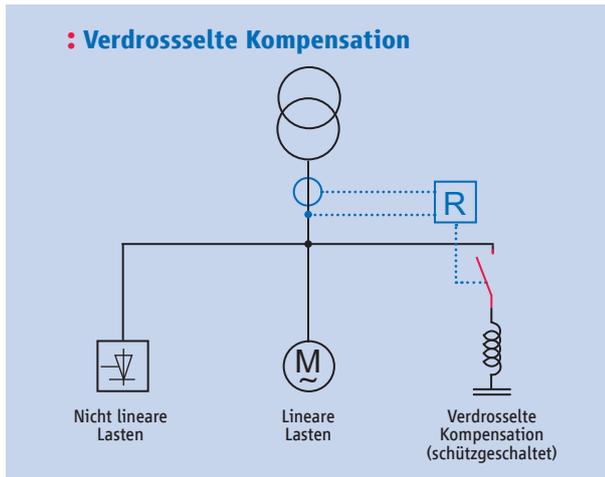


(Quelle ZVEI)

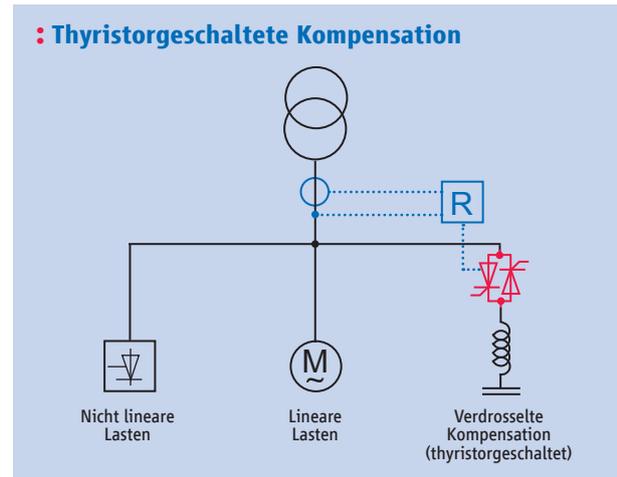
: Verdrosselte Kompensation (verstimmte Filterkreise)

Neben der eigentlichen Grundaufgabe der Blindleistungskompensation kann bei richtiger Auswahl der Verdrosselungsart der Kompensationsanlage sowie der Auslegung der eingesetzten Kondensatoren und Drosseln die Gefahr eines Überstroms durch Resonanz weitgehend ausgeschlossen werden. Die verdrosselte Kompensation ist heute Stand der Technik.

Der Verdrosselungsgrad kann auch so gewählt werden, dass sich speziell ausgewählte niederfrequente Oberschwingungen im Kundennetz reduzieren lassen oder die Tonfrequenz-Rundsteuerung im Verteilungsnetz ungestört bleibt. Aufgrund der Alterung von Bauteilen und steigender Oberschwingungsanteile durch veränderte Gerätetechnologien ist eine Überwachung der Anlagen erforderlich, um die Gefahr einer Überlastung rechtzeitig zu erkennen.



(Quelle ZVEI)



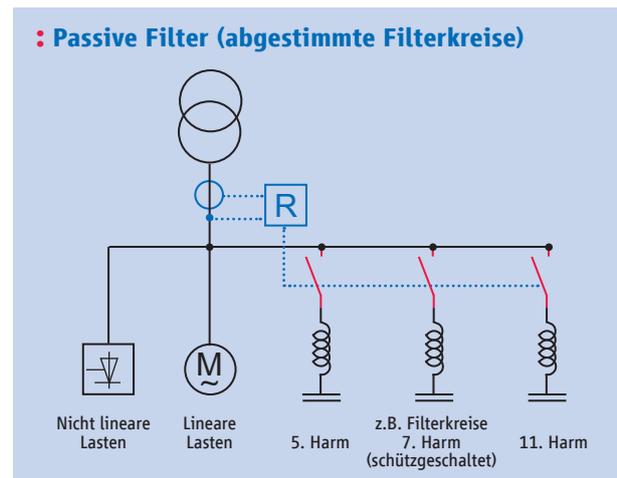
(Quelle ZVEI)

: Thyristorgeschaltete Kompensation

Wenn die Lastdynamik eine über ein Leistungsschütz geschaltete, stufige Kompensation nicht zulässt, wird dieses durch eine Kombination von Thyristoren und Dioden ersetzt. Zusammen mit einer schnellen Messwert erfassung und Regelung sind dann reale Schalthandlungen im Bereich weniger Netzperioden ohne Schalttransiente möglich. So können schnelle Blindleistungsänderungen fast ohne Verzug ausgeregelt werden und in einigen Fällen wird dadurch eine Flickerwirkung von Laststößen aufgehoben. Ein großer Vorteil dieses kontaktlosen Schaltens ist die Vermeidung von Einschaltstrombelastungen, wie sie bei der konventionellen verdrosselten Kompensation auftreten. Dieses sanfte Schalten hat deutliche Vorteile auch bei sensitiven Abnehmern, die an der gleichen Spannungsebene angeschaltet sind (z. B. Versorgung von Bankgebäuden u. a.).

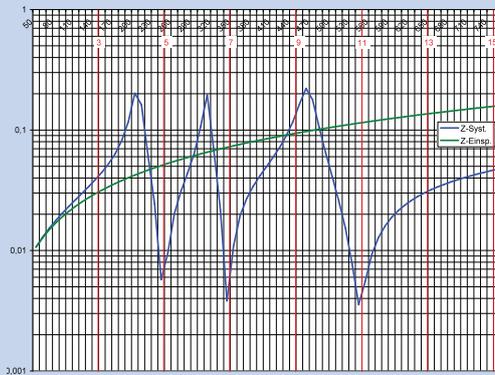
: Passive Filter (abgestimmte Filterkreise)

Bei den passiven Filtern wird die Eigenresonanzfrequenz der Filterstufe sehr nahe auf den zu filternden Oberschwingungsstrom eines Abnehmers oder einer Abnehmergruppe wie z. B. von Antriebsstromrichtern festgelegt. Um Ausgleichsvorgänge gleicher Filterkreise zu vermeiden, wird die Abstimmfrequenz um 5–10 Hz induktiv verstimmt. Dadurch wird die Stromoverschwingung des Verursachers wirksam gefiltert und nicht ins Verteilnetz übertragen; die Zuleitung bzw. der Transformator wird deutlich vom Oberschwingungsstrom entlastet.



(Quelle ZVEI)

: Passive Filter (abgestimmte Filterkreise)



(Quelle ZVEI)

Dieses Verfahren funktioniert im Bereich der 3. bis 25. Harmonischen und benötigt für jede zu filternde Netzharmonische mindestens eine Filterstufe. Gerade bei passiven Filtern ist die Gefahr einer Überlastung besonders groß. Hier sind eine ständige Überwachung und eine regelmäßige Wartung unerlässlich. Weiterhin können sich die passiven Filter nur bedingt an Laständerungen anpassen. Durch die Kombination mit Widerständen parallel zur Filterkreisdrossel können für höhere Oberschwingungen Hochpass-Filter aufgebaut werden.

Passive Filterkreise sind nur in der Lage, Kommutierungseinbrüche in der Versorgungsspannung zu reduzieren, wenn zeitgleich z. B. Filterkreise für die 5., 7. und 11. Oberschwingung eingeschaltet werden.

Die genaue Berechnung der Wirkung von Passiven Filterkreisen erfordert in den meisten Fällen eine leistungsfähige Simulations-Software und geschulte Spezialisten.

: Induktive Kompensation

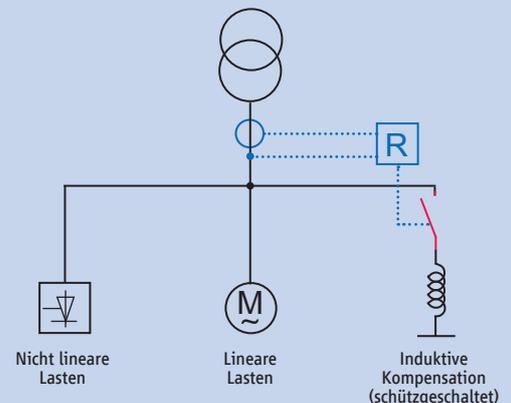
Durch den stark gestiegenen Verkabelungsgrad unserer Netze und insbesondere durch den verstärkten Anschluss von Photovoltaik- und Windparks wird es zu bestimmten Tageszeiten erforderlich, die kapazitive Ladeleistung der Kabel durch Drosseln zu kompensieren. Diese können ähnlich wie geregelte Kompensationsanlagen auf der Niederspannungsebene schütz-

oder thyristorgeschaltet oder auf der Mittelspannungsebene durch Leistungsschalter mit RC-Beschaltung zu- und abgeschaltet werden.

Dadurch, dass dem Netz entnommene kapazitive Blindleistung gleichfalls verrechnet wird, wenn ein bestimmter Ziel-Leistungsfaktor überschritten ist, amortisieren sich diese Anlagen in kurzer Zeit.

Die Impedanz des Netzes wird dabei nur unwesentlich beeinflusst.

: Induktive Kompensation



(Quelle ZVEI)

: Aktive Filter

Ein aktiver Filter ist ein leistungselektronisches System, das Wirkleistung zur aktiven Verbesserung der Spannungsqualität verwendet. Die moderne Technologie des aktiven Filters ist vielseitig einsetzbar. Damit lassen sich Oberschwingungen unterschiedlicher Ordnung auslöschen, dynamische Blindleistungskompensation im kapazitiven wie auch induktiven Bereich durchführen oder Spannungsunsymmetrien ausgleichen.

Bei der Oberschwingungskompensation kann für jede einzelne Oberschwingung ein bestimmter Kompensationsgrad eingestellt werden. Damit erfolgt die Filterung nur auf die mit dem Netzbetreiber festgelegten Grenzwerte. Durch eine hohe Dynamik sind bestimmte Bauarten von aktiven Filtern in

der Lage, selbst Änderungen in der Kurvenform der Spannung, wie es der Kommutierungseinbruch darstellt, wirkungsvoll auszuregeln. Neben der Kompensation der drei Hauptleiter besteht mit aktiven Filtern die Möglichkeit, auch Oberschwingungen auf dem Neutralleiter zu reduzieren. Die 3. Oberschwingung addiert sich im Neutralleiter und kann zu starken Belastungen oder zur Überlastung der Tragfähigkeit des Neutralleiters führen. Ein aktiver Filter reagiert unverzüglich mit seinem, für jede Oberschwingung eingestellten Kompensationsgrad auf eine bestimmte Messstelle. Das heißt, er wird prinzipiell nicht von anderen Wirkungen im Netz beeinflusst und verändert somit die Netzstruktur hinsichtlich der Resonanzpunkte nicht. Wird er „überlastet“, liefert er weiter seine Nennleistung und begrenzt gleichmäßig die Kompensationspegel. Dies hat den Vorteil, dass bei übermäßiger Oberschwingungsbelastung immer noch die maximale Filterkompensationsleistung zur Verfügung steht.

Die Kompensation der Blindleistung erfolgt so hochdynamisch, dass auch eine Flickerkompensation ermöglicht wird. Außerdem ist es möglich, den in Rechenzentren häufig auftretenden kapazitiven Betrieb zu kompensieren oder einen, z.B. bei USV-Anlagen vorgegebenen Arbeitspunkt zu realisieren.

Ein aktiver Leistungsfiler erfüllt mehrere Funktionen gleichzeitig. Durch gezielten Einsatz können spezielle Probleme bei der Spannungsqualität nahezu unabhängig von einer bestehenden Blindleistungskompensationsanlage behoben werden. Bei Überlastung kommt es nicht zur Abschaltung des Gerätes und Ausfall der gesamten Filterwirkung. Es können Oberschwingungen über das gesamte Spektrum bis zur 50. Harmonischen kompensiert werden.

: Fazit

Um Blindleistungs- und Oberschwingungskompensation auch in Fällen einsetzen zu können, wo einfache Standardlösungen keine oder nur unzureichende Wirkung zeigen, sollte verstärkt über neue Lösungen nachgedacht

werden. Nicht immer sind die oben vorgestellten Technologien nur einzeln einsetzbar, sondern können als Hybridlösungen miteinander kombiniert werden.

Als Beispiel sei hier ein Anwender mit einem Gemisch von Lasten unterschiedlicher Charakteristiken genannt: Neben vielen über Frequenzumrichtern geregelten Antrieben sind auch konventionelle induktive Abnehmer installiert. Mithin sind zwei Aufgaben zu lösen: Reduzierung der Oberschwingungen auf Grenzwerte, die bei gleichzeitig hohem Leistungsfaktor von den Umrichtern produziert werden, sowie Kompensation der induktiven Blindleistung der anderen Abnehmer. Selbstverständlich sind moderne aktive Netzfilter in der Lage, beide Aufgaben gleichzeitig zu lösen. Um die Investitionskosten niedriger zu halten, wird häufig eine Hybridlösung eingesetzt, bei der klassische passive Filterkreise für die 5. und 7. Oberschwingung gleichzeitig die Grundschwingungsblindleistung der übrigen Abnehmer kompensieren, und nur die – in der Größe der Ströme deutlich geringeren – höherfrequenten Oberschwingungen mit einem aktiven Filter auf ein verträgliches Niveau gedämpft werden. Derartige Lösungen erfordern jedoch eine genaue Analyse des geplanten Einsatzes, Messungen am Anschlusspunkt und netztechnische Berechnungen.

Beratung und Analyse durch Fachexperten sind dazu unerlässlich und helfen, dass sich die getätigten Investitionskosten schnell amortisieren.

: Allgemeine Sicherheitshinweise für Starkstromkondensatoren

Für den Einsatz von Kondensatoren hat der ZVEI-Fachverband Starkstromkondensatoren Sicherheitshinweise ausgearbeitet [3]. Hier werden unter anderem die Themen Risikofaktoren für den Kondensator, Risiken im Fehlerfall sowie die Risikominimierung durch fachgerechte Wartung behandelt. Dazu ist es u.U. erforderlich, Messungen der Kapazität und thermische Überprüfung von Schränken und Klemmverbindungen vorzunehmen.

4. Ausblick

Im Hinblick auf die aktuelle Diskussion der Steigerung der Energieeffizienz und der Reduktion des CO₂-Ausstoßes ist damit zu rechnen, dass ein verstärktes Augenmerk auf Blindleistung und Oberschwingungen auch aus Sicht der Politik gerichtet werden wird. Vom Netz bezogene Blindleistung und Netzrückwirkungen in Form von Oberschwingungen bewirken zusätzliche Verluste im Übertragungs- und Verteilnetz, welche unter Einsatz von Primärenergie im Kraftwerk gedeckt werden müssen. Eine verursachungsgerechte Verteilung der Kosten hierfür, wird sicherlich verstärkt zu diskutieren sein.

Dabei kommt einer kapazitiven wie auch induktiven Kompensation in einem festgelegten Versorgungsgebiet mit möglichen dezentralen Energieeinspeisungen eine große Bedeutung zu. Transport von Blindleistung über längere Distanzen ist ohne eine deutliche Beeinflussung des Spannungsbandes nicht möglich.

Eine Aufgabe für die Zukunft wird es daher sein, das bisher nicht genutzte Einsparpotenzial durch verstärkten Einsatz von Anlagen zur Blindleistungskompensation und Verbesserung der Spannungsqualität zu heben.

Ein Hilfsmittel hierzu kann ein flächendeckendes Netzmonitoring sein, eine dauerhafte Aufzeichnung des Leistungsflusses, des Oberschwingungsgehaltes von Strömen und Spannungen und sonstiger Parameter zur Spannungsqualität. Ein solches Monitoring unterstützt effektiv das Lastmanagement, das gerade in Zeiten von Lastspitzen die Einschaltzeiten von großen Verbrauchern intelligent aufeinander abstimmt. Des Weiteren lassen sich Ansätze erkennen, wo im Netz mit relativ geringem Aufwand eine große Wirkung (Blindleistungsvermeidung, Oberschwingungsreduktion) erzielt werden kann. Darüber hinaus könnten frühzeitig problematische Trends, z. B. in der Belastung von Leitungen und Transformatoren, erkannt und behoben werden.

Eine weitere Aufgabe für die Zukunft liegt im Bereich der Normierung und Umsetzung in Form von Richtlinien für den Netzbetrieb aller Teilnehmer. Die vorhandenen Lücken in den Normen müssen geschlossen werden, wie z. B. die Festlegung von Grenzwerten von leitungsgebundenen Störungen bis 9 kHz.

Darüber hinaus wird die Diskussion über die Verteilung der Kosten für Spannungsqualität auch in der Richtung zu führen sein, inwieweit diese verstärkt auf die jeweiligen Netzteilnehmer und damit potenziellen Verursacher von Spannungsqualitätsminderungen umgelegt werden.

Optimal ausgelegte Kompensationsanlagen unter Berücksichtigung der Anforderungen der zu kompensierenden Anlagen und des Versorgungsnetzes

- reduzieren die Energiekosten durch Einhaltung des vertraglich vereinbarten Leistungsfaktors,
- ermöglichen den geplanten Anschluss von Abnehmern mit hoher Lastfluktuation,
- reduzieren die Verluste in den Betriebsmitteln der Kundenanlagen wie Transformatoren und Kabel sowie im Übertragungs- und Verteilungsnetz des Netzbetreibers,
- stabilisieren die öffentlichen und industriellen Netze durch Reduzierung des Oberschwingungsgehaltes und
- reduzieren nachhaltig die CO₂-Emissionen.

Mit fundiertem Wissen sowie modernen, sicheren und ausgereiften Anlagenkonfigurationen zur Blindleistungskompensation kann eine zusätzliche Verbesserung der Spannungsqualität erreicht und alle Aufgaben einer umfassenden Blindleistungskompensation zuverlässig für Anwendungen in der Niederspannung bis zur Hochspannung erfüllt werden.

5. Quellen

- [1] EN 50160:2007, „Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution networks“, „Merkmale der Spannung in öffentlichen Elektrizitätsversorgungsnetzen“
- [2] D-A-CH-CZ-Richtlinie zur Beurteilung von Netzurückwirkungen Versorgungsqualität und Regulierung, Grunddokument 2007 und Ergänzung Hochspannung 2012
- [3] Allgemeine Sicherheitshinweise Starkstromkondensatoren
- IEC 61000-2-4 Ed. 2.0 Bilingual, „Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 2-4: Environment - Compatibility levels in industrial plants for low-frequency conducted disturbances“, <http://www.iec.ch/>
 - ZVEI-Fachverband Starkstromkondensatoren www.zvei.org
 - „Energieeinsparung durch Blindleistungskompensation“, Information des ZVEI-Fachverbands Starkstromkondensatoren, April 2008



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: 069 6302-0
Fax: 069 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org