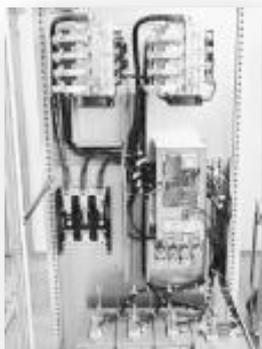


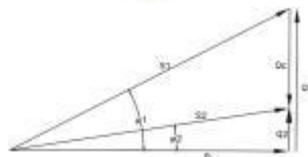
Effektives Management von Energieverbrauch und Netzqualität Wirksame Blindleistungskompensation



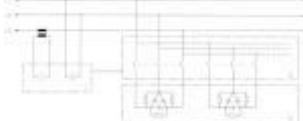
Gerd Bajog, CEO and owner of Bajog electronic GmbH, Pilsting



Kompensationsanlage im Schaltschrank



Ermittlung der erforderlichen Kondensatorblindleistung aus der Differenz der Phasenwinkel



Prinzip der Kompensation induktiver Blindleistung



Ein Unternehmen wird heute nicht mehr allein unter dem Aspekt des Jahresumsatzes, seiner Gewinnsituation oder seines Qualitätsmanagements gemessen, sondern zunehmend an der Umweltfreundlichkeit und an seinem Umweltmanagement. Energieeinsparung und Netzoptimierung zählen zu den wichtigsten Aufgaben der Unternehmensführung.

Obwohl die EVU bestrebt sind, eine qualitativ hochwertige Spannungsversorgung zu gewährleisten, ist die Netzqualität durch verschiedene Faktoren gefährdet: Wird in Energienetzen der Anteil nichtlinearer Lasten wie Stromrichter oder Frequenzrichter größer als 15 %, dann entstehen Oberwellen, deren Frequenz einem Vielfachen der Sinus-Grundschwingung entspricht. Außerdem vergrößert sich durch induktive oder kapazitive Verbraucher die Scheinleistung, so dass die Wirkleistung eingeschränkt wird. Die EN-Norm 61.000-3-2ff. (Netzoberwellen) und Teil 3 beschreibt die Grenzwerte – Grenzwerte für Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom ≤ 16 A je Leiter)

Darin sind die Belange der erforderlichen Netzqualität definiert.

Firmen möchten mittels gezielter Umweltprogramme den Energieverbrauch reduzieren und streben einen wirtschaftlichen Umgang mit der Nutzleistung an. Bei der Realisierung von Projekten können dazu auch Fördermöglichkeiten des Staates ausgeschöpft werden. Fordern hohe Stromkosten zum Energiesparen auf, sollte ein bewusster Energiehaushalt zur Firmenphilosophie gehören. Meist fordern die EVU beim Überschreiten der Grenzwerte den Verbraucher zur Kompensation auf.

Nutzlose Blindleistung?

Blindleistung ist eine Art elektrischer Energie, die nicht unmittelbar in andere nutzbare Energieformen umgewandelt werden kann. Sie wird jedoch benötigt, um elektrische Ausgleichsvorgänge in nichtlinearen Bauelementen wie Spulen und Kondensatoren zu ermöglichen. In einer Induktivität wird der sogenannte Blindstrom zum Aufbau des Magnetfelds verwendet, bei Kondensatoren wird das elektrische Feld damit aufgebaut. Diese Leistung wird in den Bauelementen nicht verbraucht, sondern gespeichert. Solange die Augenblickswerte von Strom und Spannung in einer idealen Spule positiv sind, wird Energie im Magnetfeld gespeichert. Während der nächsten 90° der Periode wird diese Energie ins Netz zurückgegeben. Die Blindleistung pendelt so zwischen Generator und Verbraucher mit doppelter Netzfrequenz, während die Wirkenergie im Verbraucher in nutzbare Energieformen umgewandelt wird.

Als Maß für die Blindleistung in einem Netzabschnitt wird der Leistungsfaktor angegeben. Er ist der Cosinus des Winkels zwischen Strom- und Spannungsverlauf. Je geringer der Winkel, umso näher liegt der Cosinus bei 1 und umso mehr Wirkleistung kann übertragen werden; gemessen am gesamten Leistungsumsatz.

Der wachsende Energiebedarf erfordert eine Optimierung der Energieübertragung durch die EVU. Wichtig dabei ist die Betrachtung der Zusammensetzung der vom EVU zum Verbraucher übertragenen Scheinleistung, die sich vektoriell aus der Wirk- und der Blindleistung zusammensetzt. Der Blindstrom verursacht zusätzliche Spannungsabfälle und damit Stromwärmeverluste und belastet so Generatoren, Transformatoren und Leitungen. Die EVU legen minimal zulässige Leistungsfaktoren fest und berechnen erhebliche Zusatzgebühren bei Unterschreitung dieser Vorgaben.

Blindleistungsbedarf

Zu den Komponenten, die Blindleistung benötigen, gehören Asynchronmotoren, Transformatoren, gesteuerte Stromrichter und Induktionsöfen. Bei Transformatoren wird die Blindleistung von der Leistung bestimmt, die zur Magnetisierung benötigt wird. Die hochwertigen Eigenschaften der heutigen Trafobleche halten die Magnetisierungsleistung jedoch relativ gering. Wegen der Streureaktanz der Transformatoren kann die Blindleistung bei Voll-Last gegenüber dem Leerlaufbetrieb auf den zwei- bis vierfachen Wert ansteigen.

Gesteuerte Stromrichter entnehmen dem Energienetz Blindleistung, die sich aus der Magnetisierungs-Blindleistung des Stromrichtertransformators, der lastabhängigen Kommutierungsblindleistung und der Steuerblindleistung zusammensetzt. Da die Blindleistung zwischen Energieerzeuger und -verbraucher pendelt, werden alle Stromerzeugungs- und Übertragungseinrichtungen neben dem Wirkstrom zusätzlich belastet. Wird beispielsweise in einem Drehstromnetz eine Wirkleistung von 400 kW übertragen, dann beträgt der Strom bei einer Spannung von 380 V und einem Leistungsfaktor von 1 etwa 600 A. Bei gleicher Wirkleistung und einem Leistungsfaktor von 0,5 muss dagegen ein Strom von 1200 A übertragen werden, der die stromführenden Komponenten deutlich stärker belastet. Die Energieerzeuger müssen bei gleicher Wirkleistung mehr Scheinleistung produzieren. Dies geschieht entweder durch die Zuschaltung weiterer Generatoren ans Netz, die dann unterbelastet betrieben werden oder durch Blindleistungsgeneratoren. Beide Möglichkeiten steigern die Anlagenkosten und senken Wirkungsgrad und Effektivität. In Transformatoren und Übertragungsleitungen

nehmen die Stromwärmeverluste zu, da der Strom quadratisch in die Verlustleistung eingeht. Höhere Ströme verursachen zudem auch höhere Spannungsabfälle.

Blindleistung aus dem Kondensator

Alternativ zur Entnahme aus dem Netz kann die Blindleistung aus Kondensatoren entnommen werden, so dass sie nicht von den Generatoren bereitgestellt und über die Leitungen des EVU übertragen wird. Bei einer Reduktion des Phasenwinkels verbessert sich der Leistungsfaktor. Die Kondensatoren werden zweckmäßigerweise in der Nähe der größten Blindleistungsverbraucher in der Anlage aufgestellt.

Wird in Energienetzen der Anteil der nichtlinearen Lasten größer als 15 %, entstehen Oberschwingungen, deren Frequenz ein Vielfaches der Sinus-Grundschiwingung ist. Die Netzimpedanz und die Kompensationskondensatoren bilden einen Parallelschwingkreis, dessen Resonanzfrequenz für die Oberschwingungsströme einen erhöhten Widerstand bildet, damit zu einem erhöhten Oberschwingungsspannungsabfall und so zu Ausgleichsströmen zwischen Netz und Kondensatoren führt, was wiederum eine Überlastung der Anlage zur Folge hat.

Abhilfe schafft hier die Reihenschaltung einer Drosselspule zum Kompensationskondensator. Eine so verdrosselte Kondensatorbatterie weist eine Reihenresonanzfrequenz auf, die auf die Oberschwingungsfrequenz abgestimmt ist und die Parallelresonanzstelle in unkritische Bereiche verschiebt. Die Reihenresonanzkreise können beispielsweise mit den Informationen, die eine Netzanalyse liefert, auf die kritischen Oberschwingungsfrequenzen abgestimmt werden.

Kompensationsanlagen

Anlagen zur Kompensation induktiver Blindleistung sind in verschiedenen Ausführungen und Leistungsbereichen verfügbar. Bei diesen Anlagen erfasst eine mikroprozessorgesteuerte Regeleinheit die Phasenlage von Strom und Spannung und vergleicht diese mit einem einstellbaren Ziel-Leistungsfaktor. Je nach Abweichung von Soll und Ist wird ein Schaltschema ermittelt, das aus der zur Kompensation notwendigen Kapazität resultiert. Diese Schaltmatrix wird an die Schalteinheit übermittelt. Im Prinzip werden nur ein Strom und eine Spannung gemessen. Diese Variante ist ausreichend für Drehstromnetze mit genügend symmetrischen Verhältnissen oder bei leichten Asymmetrien, wenn dabei die Phase mit dem kleinsten Leistungsfaktor gemessen wird. Bei wechselnden Asymmetrien ist eine Abwandlung dieses Schaltbilds empfohlen, wobei die Phasenlage in jeder Phase einzeln ermittelt und kompensiert wird.

Die Schalteinheit der als Standardversionen oder als kundenspezifische Lösungen angebotenen Systeme empfängt die Befehle der Steuereinheit und realisiert die Verbindung der Kondensatorbatterie mit dem Energienetz. Standardlösungen verwenden hier Schütz Schaltungen. Bei hohen Schalthäufigkeiten, wie sie etwa bei wechselndem Lastbedarf oder genauer Leistungsfaktoranpassung mittels multipler Stufung der Kondensatorwerte auftreten, verschleiß die Schaltkontakte relativ schnell und müssen ständig ausgewechselt werden. Eine zeitgemäße Lösung ist der Einsatz von Thyristoren oder Triacs. So werden jeglicher Verschleiß durch Lichtbögen und hohe Wartungskosten vermieden.

Die Kondensatorbatterie wird nach der zu kompensierenden Blindleistung bemessen. Mehrere Kondensatordreieckschaltungen sind von den Werten her so gestaffelt, daß mit der Schaltung verschiedener Kondensatoranordnungen eine Stufung mit gleicher Schrittweite erreicht wird. Die Kondensatoren, die in der selbstheilenden MKP-Technologie gefertigt sind, wurden mit internen Entladewiderstände ausgestattet. Soll die Entladung besonders schnell erfolgen, beispielsweise bei mehreren Abgleichen pro Minute, dann kommen Entladedrosseln zum Einsatz. Diese Komponenten gewährleisten, dass die Spannung an den Kondensatoren beim erneuten Zuschalten auf einen für die Schaltelemente verträglichen Wert gesunken ist.

Die genannten drei Hauptelemente einer Blindleistungskompensationsanlage sind je nach Ausführung bis 500 kVAR als Einzelgerät in Schrankform oder kundenspezifisch in einen Schaltschrank integriert verfügbar. Für hohe Anforderungen an die Genauigkeit und Schnelligkeit der Anpassung der Kondensatorleistung an die jeweils benötigte Blindleistung stehen auch Geräte mit 32stufig schaltbarer Kondensatorbatterie im unteren Leistungsbereich bei 50 kVAR als Zentralkompensation zur Verfügung.

Störungsfreies Netzzuschalten

Durch Induktivitäten und Kapazitäten entsteht ein komplexer Schwingkreis, der im Resonanzfall für einen Spannungsanstieg an den Kondensatoren der Anlagen und Verbraucher verantwortlich ist. Es entsteht eine Überspannung von mehr als 1300 V. Versuche haben gezeigt, dass bei einem simulierten Puls (Blitzschlag) von 2 kV und einer Dauer von 20 μ s (Blitzschlag Phase gegen N/PE) eine Spannungsüberhöhung von ± 5 kV möglich ist. undefinierte Spannungszustände aufgrund von Blitzeinschlag, beabsichtigte oder unbeabsichtigte Netzabschaltung und allgemeine Fehlerzustände können bei jeder elektrischen, elektronischen Anlage, an Filtern und bei elektronisch geregelten Kompensationseinheiten Schäden durch Spannungs-Rückwirkungen verursachen. Durch eine geeignete Schutzbeschaltung wird dies ausgeschlossen. Sie garantiert nach einem undefinierten Spannungszustand ein reibungsloses „Hochfahren“ der Kompensationsanlage sowie einen einwandfreien Regelbetrieb.

Siehe auch:

<http://www.bajog.de/de/fachberichte/ursachenermittlung-fuer-x2-und-y2-kondensatoren-zerstoerungen.html>

<http://www.bajog.de/de/fachberichte/neue-testparameter-erforderlich.html>

Gerd Bajog, Geschäftsführer und Inhaber von Bajog electronic GmbH, Pilsting