

## 3 Anlagentechnik

### 3.1 Planung von Kompensationsanlagen

#### 3.1.1 Allgemeines

Für die Planung einer Kompensation in bestehender Betriebsanlage sind folgende Informationen relevant:

- „Verbraucher“- Daten (z. B. Art, Einschaltdauer )
- Messung der Blind- und Wirkarbeit
- Tarifstruktur des EVU und Bestimmungen des Netzbetreibers
- Netzdaten (z.B. Spannung, Frequenz, Netzkurzschlussleistung an der Übergabestelle
- Leistung und Kurzschlussspannung jedes der (evtl. vorhandenen ) parallel
- einspeisenden Transformatoren
- Leistung der evtl. vorhandenen Kompensationsanlage (aufgeteilt in Festkompensation und geregelter Kompensation)
- Sind vorhandene Kompensationen verdrosselt? \*)
- Informationen über Vorkommnisse, die erhöhte Oberschwingungsbelastung als Ursache haben könnten

Bei der Projektierung einer Kompensation muss als erstes die Art der Kompensation bestimmt werden, die in der Betriebsanlage benötigt wird, d. h. Kenntnis der elektrischen „Verbrauchsmittel“ in der Betriebsanlage ist erforderlich. Danach werden die Anlagendaten ermittelt und die Typenauswahl der Kompensation vorgenommen. Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen (Tabelle 3.1):

---

\*) Kompensationen unterschiedlicher Verdrosselung sollten nicht parallel an einer Sammelschiene betrieben werden. Auch bei einer Parallelschaltung von unverdrosselten mit verdrosselten Kondensatoren können Resonanzprobleme auftreten.

Tabelle 3.1: Mögliche Vorgehensweise bei der Anlagenprojektierung einer Kompensation

<b>Art der Kompensation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzelkompensation</li> <li>• Gruppenkompensation</li> <li>• Zentralkompensation</li> </ul>
<b>Ermittlung der Anlagendaten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installierte Leistung</li> <li>• Gleichzeitigkeitsfaktor</li> <li>• unkompensierter Grundschrwingungs-Leistungsfaktor</li> <li>• Hilfsmittel: Projektierungsschema</li> </ul>
<b>Typenauswahl</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• z. B. 7% verdrosselt (Planungsschema)</li> <li>• z. B. dynamisch geregelt</li> </ul>

Eine Herausforderung bei der Projektierung ist sicherlich die Ermittlung der benötigten elektrischen Daten in der Betriebsanlage. Bild 3.1 zeigt eine Beispielprojektierungshilfe. Auch der Fachverband Starkstromkondensatoren im ZVEI hat eine Checkliste veröffentlicht [3.2], mit der die notwendigen Daten zusammengetragen werden können, um eine sichere und wirtschaftliche Kompensationslösung zu erreichen.

Welche Kompensationsart gewählt wird, ist abgesehen von evtl. Umgebungsbedingungen (z. B. hohe Temperatur, Staubbildung, Feuchtigkeit) eine Wirtschaftlichkeitsfrage und von Anlage zu Anlage verschieden. Darüber hinaus müssen Veränderungen der Netzstruktur, Vorhandensein von Oberschwingungsbelastung und Bestimmungen des Netzbetreibers mit in die Planung einbezogen werden.

Informationen über das zukünftige Betriebsverhalten einer zu errichtenden Kompensation in bestehenden Betriebsanlagen erhält man z.B. durch folgende Maßnahmen:

- Messung der Oberschwingungsbelastung (ohne Kompensation)
- Messung der Blind- und Wirkarbeit (zur gleichen Zeit mit Oberschwingungsmessung; ohne Kompensation)

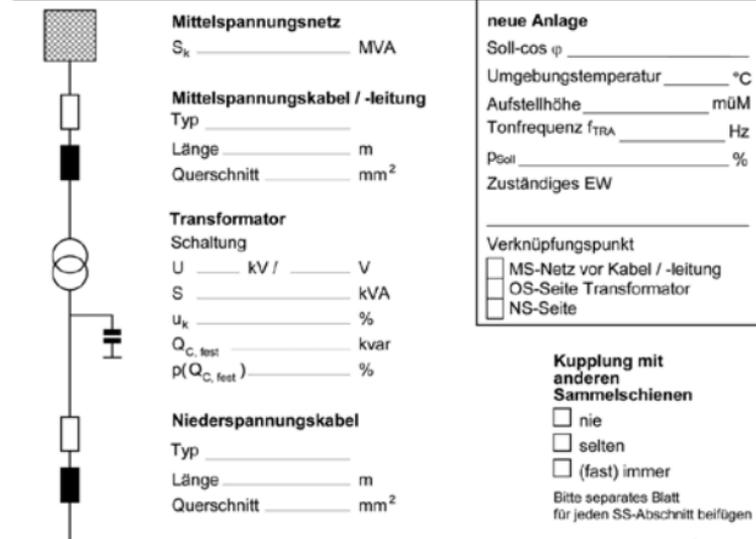
Kunde _____ Projekt _____ Angebots- / Auftragsnummer _____			
	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Mittelspannungsnetz</b>  <math>S_k</math> _____ MVA</p> <p><b>Mittelspannungskabel / -leitung</b>            Typ _____            Länge _____ m            Querschnitt _____ mm<sup>2</sup></p> <p><b>Transformator</b>            Schaltung _____            U _____ kV / _____ V            S _____ kVA  <math>u_k</math> _____ %  <math>Q_{C, fest}</math> _____ kvar  <math>p(Q_{C, fest})</math> _____ %</p> <p><b>Niederspannungskabel</b>            Typ _____            Länge _____ m            Querschnitt _____ mm<sup>2</sup></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>neue Anlage</b>            Soll-cos <math>\varphi</math> _____            Umgebungstemperatur _____ °C            Aufstellhöhe _____ mÜM            Tonfrequenz <math>f_{TRA}</math> _____ Hz  <math>P_{Soll}</math> _____ %            Zuständiges EW _____</p> <p>Verknüpfungspunkt  <input type="checkbox"/> MS-Netz vor Kabel / -leitung  <input type="checkbox"/> OS-Seite Transformator  <input type="checkbox"/> NS-Seite</p> </div> </div>		
<p style="text-align: center;"><b>Kupplung mit anderen Sammelschienen</b></p> <p> <input type="checkbox"/> nie  <input type="checkbox"/> selten  <input type="checkbox"/> (fast) immer         </p> <p style="text-align: center;">Bitte separates Blatt für jeden SS-Abschnitt beifügen</p>			
<p><b>vorhandene Kompensation</b></p> <p>cos <math>\varphi^*</math> _____          mit _____          ohne _____  <math>Q</math> _____ kvar  <math>p</math> _____ %</p> <p><small>* = vorhandene Kompensation ein- bzw. ausgeschaltet</small></p>	<p><b>ohmsche Last</b></p> <p><math>P</math> _____ kW</p>	<p><b>Motor(en) ohne Umrichter</b></p> <p><math>P</math> _____ kW          cos <math>\varphi</math> _____  <math>Q_{C, fest}</math> _____ kvar  <math>p(Q_{C, fest})</math> _____ %</p>	<p><b>Umrichter</b></p> <p><math>P</math> _____ kW          cos <math>\varphi</math> _____  <math>Q_{C, fest}</math> _____ kvar  <math>p(Q_{C, fest})</math> _____ %          Pulszahl _____</p> <p><small>Bitte evtl. vorhandenes Spektrum der Oberschwingungsströme (vom Stromrichterlieferanten) oder Messwerte am Einspeisepunkt des Stromrichters beifügen. (Bei mehreren Stromrichtern bitte jeden separat angeben.)</small></p>

Bild 3.1: Projektierungsschema (Quelle: Condensator Dominit GmbH)

- Theoretische Betrachtung des Netzverhaltens bezüglich auftretender Resonanzen
- Aufnahme der erforderlichen Netzdaten, wie z. B. Netzkurzschlussleistung an der Übergabestelle des Netzbetreibers sowie Leistung und Kurzschlussspannung jedes der parallel einspeisenden Transformatoren
- Leistung der vorhandenen Kompensationsanlagen (aufgeteilt in Festkompensation(en) und geregelte Kompensation)
- Stromrechnung der letzten 12 Monate
- Informationen über Vorkommnisse, die erhöhte Oberschwingungsbelastung als Ursache haben könnte
- Arbeitsfrequenz(en) der evtl. im Netz vorhandenen Tonfrequenz-Rundsteueranlagen

Schon bei den ersten Vorplanungen für die Errichtung einer Kompensationsanlage sollten neben den Herstellerhinweisen, Sicherheits- und Errichtungsbestimmungen in DIN VDE 0100-560 insbesondere die Bedingungen des Netzbetreibers beachtet werden. Es wird empfohlen, die in Bild 3.2 dargestellten Angaben dem Netzbetreiber vor Errichtung einer Kompensation mitzuteilen.

<b>4. Blindleistungskompensationsanlagen/Oberschwingungsfilter</b>				
<u>Blindleistungskompensation</u>		<input type="checkbox"/> geplant	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden
maximale Kompensationsleistung: _____ kvar		<input type="checkbox"/> Festkompensation	<input type="checkbox"/> dynamische Komp.	
<input type="checkbox"/> Verdrosselung in _____ % oder _____ Hz		<input type="checkbox"/> stufbar mit _____ Stufen	a _____ kvar	
<u>Oberschwingungsfilter</u>		<input type="checkbox"/> geplant	<input type="checkbox"/> vorhanden	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden
<input type="checkbox"/> Aktivfilter	Strom _____ A			
<input type="checkbox"/> Passivfilter	Leistung _____ kvar		unterdrückte Harmonische: _____	
<b>5. Anlagenverzeichnis - Angabenbestätigung</b>				
Anlagen:	<input type="checkbox"/> Netzplan	Die Richtigkeit der Angaben bescheinigt:		
	<input type="checkbox"/> Detailangaben Kompensationsanlage	_____		
	<input type="checkbox"/> Detailangaben Oberschwingungsfilter	Gr, Datum		
	<input type="checkbox"/> Datenerfassungsblätter	_____		
	<input type="checkbox"/> Schweißgeräte	<input type="checkbox"/> Motoren/Aufzüge		
	<input type="checkbox"/> Impulslasten	<input type="checkbox"/> Stromrichter		
	_____		_____	
			Stempel und Unterschrift	

Bild 3.2: Datenerfassungsblatt (Quelle: BDEW)

In den meisten Fällen sind die technischen Daten seitens der Hersteller detailliert aufgeführt. Trotzdem enthalten Ausschreibungstexte manchmal Unklarheiten bei der Dimensionierung der Kompensation. Der Anwender muss darauf achten, welche tat-

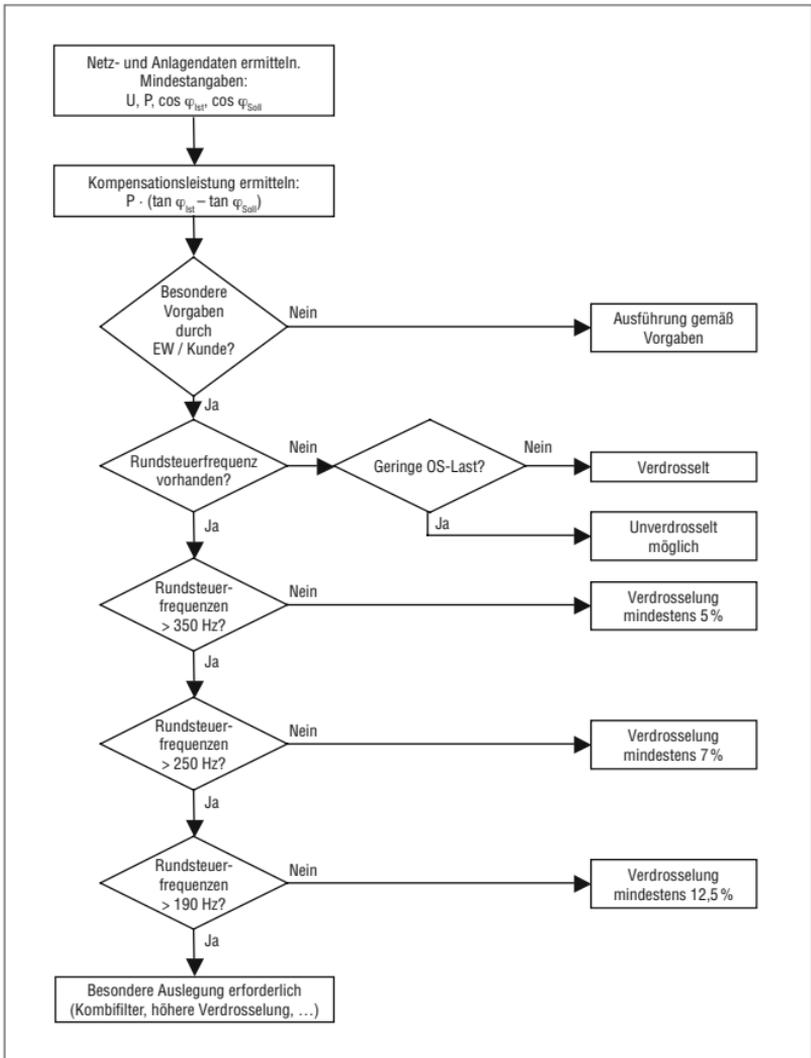


Bild 3.3: Planungsschema zur Berücksichtigung von Rundsteuerfrequenzen (Quelle: Condensator Dominit GmbH)

sächliche Leistung die Kompensationsanlage in seinem Netz haben muss, damit die Erwartungen hinsichtlich der Blindmehrerbrauchs-Kosten erfüllt werden.

Da im Netz Tonfrequenz-Rundsteueranlagen vorhanden sein können muss die Ausführung der Kompensationsanlage die verwendeten Frequenzen berücksichtigen. Eine Planungsgrundlage ist die VDEW-Richtlinie über Tonfrequenz-Rundsteuerung [3.3], die Regelungen sind in Bild 3.3 dargestellt.

### 3.1.2 Arten der Kompensation

#### 3.1.2.1 Allgemeines

Bei der Kompensation mit Kondensatoren unterscheidet man drei Ausführungsarten. Welche Art – oder auch deren Kombination – die technisch und wirtschaftlich günstigste Lösung darstellt, richtet sich nach den betrieblichen Gegebenheiten und nach den Forderungen des örtlichen Netzbetreibers.

#### 3.1.2.2 Einzelkompensation

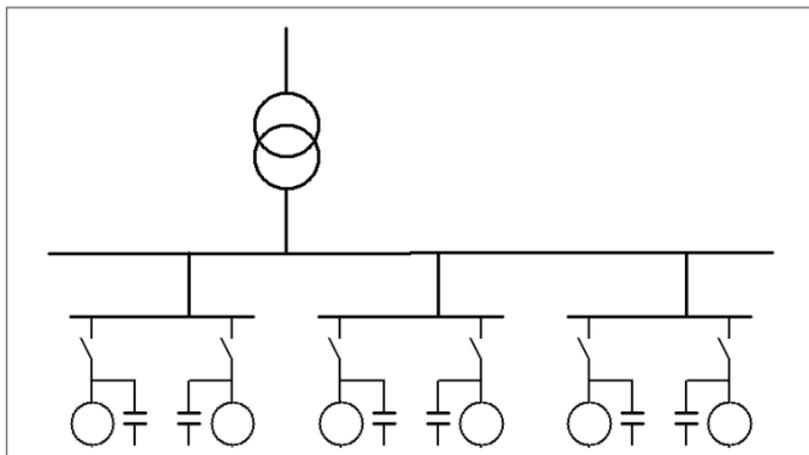


Bild 3.4: Prinzip der Einzelkompensation

Einzelkompensation (Bild 3.4) bedeutet üblicherweise, daß einer Last ein Kompensationskondensator zugeordnet wird, der mit demselben Schaltgerät geschaltet wird, wie die Last. Die Kompensation wird daher üblicherweise räumlich sehr nahe an der Last installiert. Diese Kompensationsart wird meist bei ohmsch-induktiven Lasten mit hoher Einschaltdauer (50 bis > 70%) oder konstanter Leistung angewendet (z. B. Asynchronmotoren, Schweißtransformatoren, Entladungslampen mit induktiven Vorschaltgeräten).

### *Kompensation von Drehstrom-Asynchronmotoren*

Einige Netzbetreiber veröffentlichen Richtlinien, nach denen Drehstrommotoren zu kompensieren sind. Die Werte liegen bei 35 % bis 40 % der Motorbemessungsleistung. Beim Hochlaufen eines Motors mittels Stern-Dreieckschaltung kann eine Überspannung auftreten, wenn nach dem Abtrennen der Kondensator an der in Stern geschalteten Wicklung liegt. Hier wird empfohlen, den Kondensator mit einem separaten Schütz zu schalten. Bei Einsatz einer Motorschutzeinrichtung, die vor der Kompensation installiert ist, muss der Überstromauslöser des Motorschutzrelais auf einen reduzierten Strom eingestellt werden.

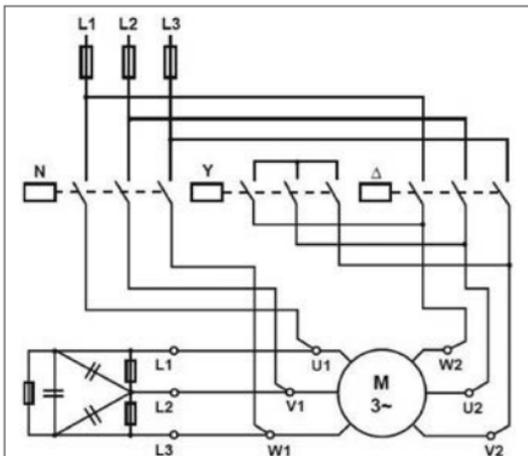


Bild 3.5: Einzelkompensierter Motor mit Stern-Dreieck-Schütz