

NETZLASTOPTIMIERUNG IM PHASENANSCHNITT

durch Thyristor-Leistungssteller mit VSC-Technologie

Geregelte Heizprozesse mit Leistungsstellern in VSC-Schaltung bieten für die Anwendung neben der hohen Dynamik erhebliche Vorteile in Bezug auf Betriebskostensenkung durch Stromkosten-Einsparung.

Applikationen

- Elektrisches Boosten
- Glas-Anwendungen
- Heiz-Prozesse
- Schmelz-Prozesse



Thyro-P...VSC

Dies wird erreicht durch

- erhebliche Reduzierung der Blindleistung
- erhebliche Verbesserung des Leistungsfaktors
- deutliche Reduzierung der Netz-Oberwellen

Mit dem Thyro-P...VSC stehen dem Anwender Serien-Leistungssteller für netzlastoptimierte, hochdynamische Heizprozesse zur Verfügung.

3-stufige VSC-Schaltung

Wie die nachfolgenden Diagramme zeigen, lassen sich mit dem VSC-Verfahren erhebliche Verbesserungen des Leistungsfaktors und Reduzierungen der Blindleistung gegenüber der Betriebsart VAR (Phasenanschnitt) erreichen.

Ab einer Aussteuerung von 34 % liegt der Leistungsfaktor λ , z.B. für eine 3-stufige VSC-Schaltung, im Bereich $\geq 0,9$ und schon ab einer Aussteuerung von 40% ist der Leistungsfaktor $\lambda \geq 0,97$.

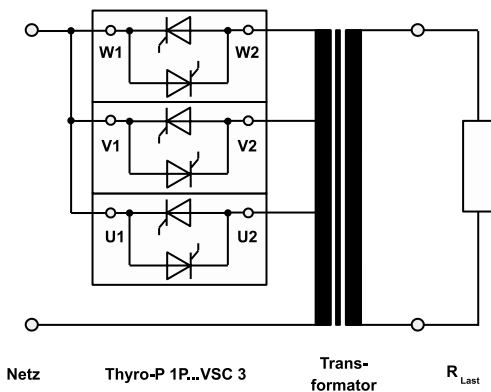


Abb. 1 Schema einer 3-stufigen VSC-Schaltung

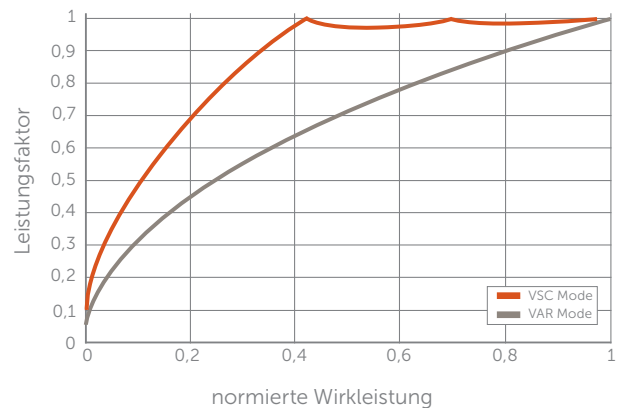


Abb. 2 Leistungsfaktor in Abhängigkeit der abgegebenen Wirkleistung (Aussteuerung) einer 3-stufigen VSC-Schaltung

VSC

Netzlastoptimierung

Je nach Anforderungen und Lastkennlinie sind durch entsprechende Projektierung auch noch bessere Verläufe des Leistungsfaktors im Aussteuerungsbereich unter 40% möglich.

Typischerweise werden vom Energieversorger Netznutzungs-entgelte erst ab einem Leistungsfaktor von ca. $< 0,9$ in Rechnung gestellt. Im Bereich von 34 % bis 100 % der Last-Aussteuerung (nach Abb. 2) fallen daher keine Netznutzungsentgelte an.

Die Abb. 3 zeigt die entstehende Blindleistung in Abhängigkeit von der benötigten Wirkleistung (Aussteuerungsgrad) - Der grau ausgefüllte Bereich (Q mit $Q/P > 50\%$) oberhalb der Geraden ist typischerweise kostenpflichtig.

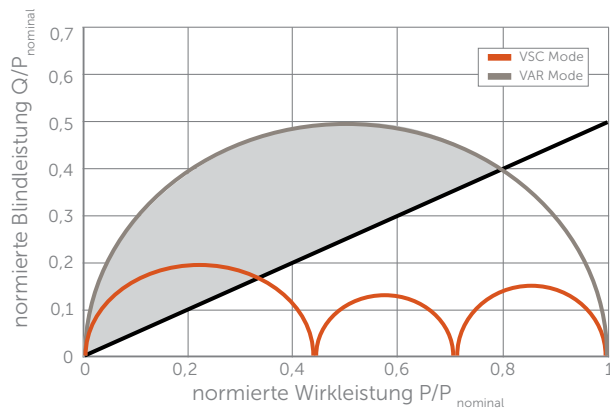


Abb. 3 Blindleistung als Funktion der abgegebenen Wirkleistung einer 3-stufigen VSC-Schaltung

Aus den Diagrammen Abb. 2, Abb. 3 ist auch zu erkennen, dass die Netzlastoptimierung insbesondere für den Aussteuerungsbereich $\geq 40\%$ dimensioniert wurde.

Die zugehörigen THDi Werte für die entstehenden Oberwellen

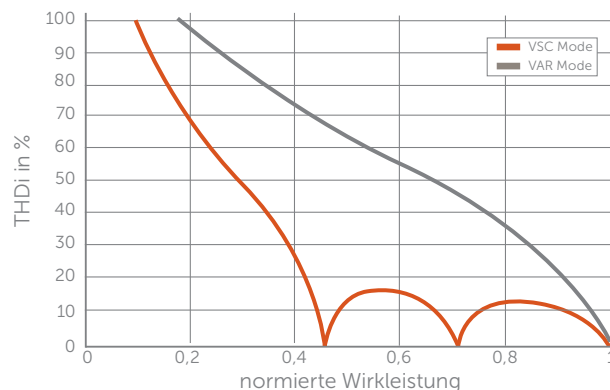


Abb. 4 THDi Werte der Kurven von Abb. 2 und Abb. 3

sind dem folgenden Diagramm zu entnehmen.

2-stufige VSC-Schaltung

Je nach Lastkennlinie und Arbeitsbereich, sowie der zu erreichenden Werte von Leistungsfaktor und Blindleistung, kann ggf. auch die etwas kostengünstigere 2-stufige VSC-Schaltung sinnvoll eingesetzt werden.

Abb. 5 zeigt das Schaltschema einer 2-stufigen, primären VSC-Schaltung. Weitere Schaltungsarten für die VSC-Technik sind in Abb. 10 dargestellt.

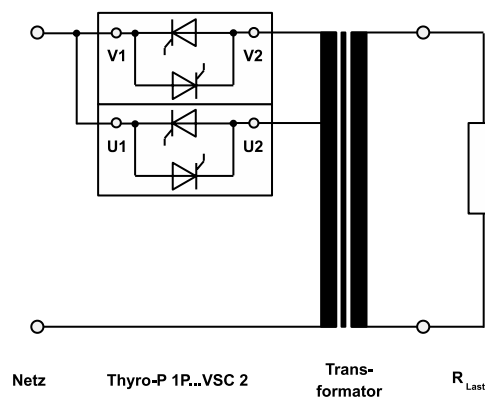


Abb. 5 Schema einer 2-stufigen VSC-Schaltung

Die nachfolgende Abb. 6 zeigt den Verlauf des Leistungsfaktors für eine 2-stufige VSC-Schaltung.

Ab einer Last-Aussteuerung von $> 53\%$ liegt der Leistungsfaktor bei $\geq 0,9$ so dass typischerweise keine Netznutzungsentgelte für Blindleistung anfallen.

Abb. 7 zeigt die entstehende Blindleistung in Abhängigkeit von der benötigten Wirkleistung (Aussteuerungsgrad) von einer 2-stufigen VSC-Schaltung.

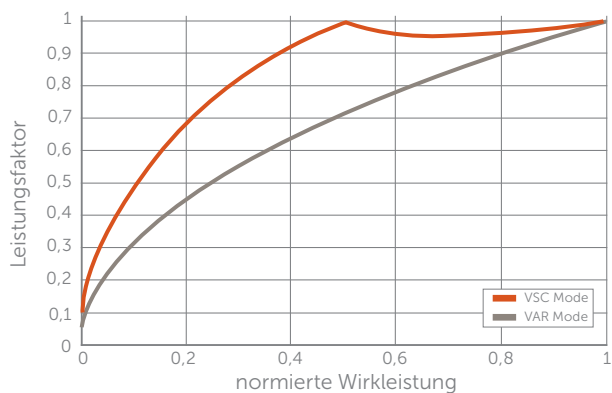


Abb. 6 Leistungsfaktor in Abhängigkeit der abgegebenen Wirkleistung (Aussteuerung) einer 2-stufigen VSC-Schaltung

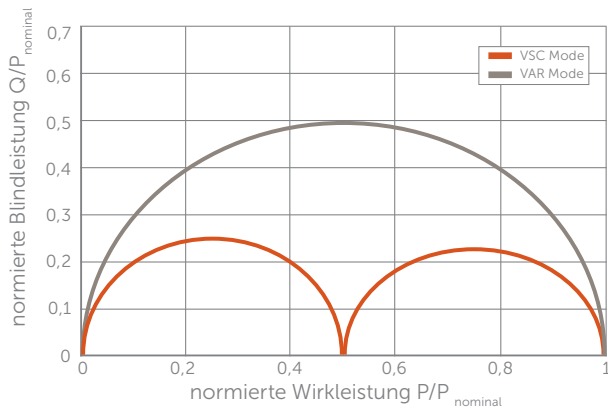


Abb. 7 Blindleistung als Funktion der abgegebenen Wirkleistung einer 2-stufigen VSC-Schaltung

Arbeitsweise der VSC-Technik

Am Beispiel einer 2-stufigen VSC-Schaltung sei die Arbeitsweise erläutert, mit der die Verbesserungen bzgl. Blindleistung, Leistungsfaktor und Netz-Oberwellen erreicht werden.

Abb. 8 zeigt die normale Arbeitsweise von Phasenanschnitt (VAR) und Voltage-Sequence-Control (VSC). Darin ist die blaue Linie der Verlauf des Laststromes bei normalem Phasenanschnitt. Die hohe Flanke ist in Verbindung mit der verzerrten Kurvenform die Ursache für einen ungünstigen Leistungsfaktor, den hohen Anteil an Netz-Oberwellen, sowie für die erzeugte Blindleistung.

Die rote Linie zeigt den Stromverlauf einer VSC-Schaltung, die den gleichen Effektivwert wie die blaue Kurve hat, jedoch mit nahezu sinusförmigem Verlauf und einer nur kleinen Flanke am Ende jeder Halbwelle. Das ist der Grund für den sehr guten Leistungsfaktor, einen kleinen Anteil an Netz-Oberwellen, sowie für die nur kleine Blindleistung.

Angesteuert wird die VSC-Schaltung genauso wie ein normaler Leistungssteller mit einem wirksamen Sollwert. Die Ansteuerung der 2 bzw. 3 Stufen Spannungen des Transformators erfolgt automatisch durch den Regel-Algorithmus des Leistungsstellers.

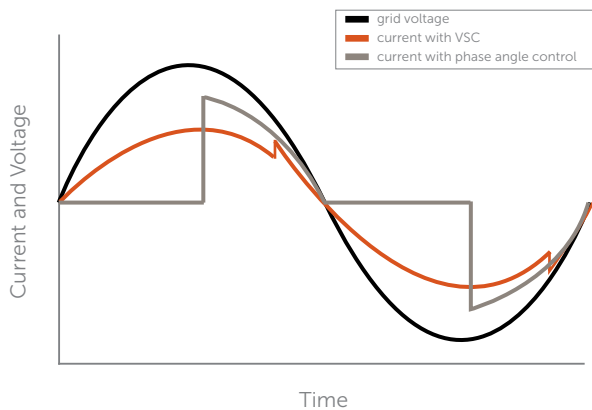


Abb. 8 Phasenanschnitt (VAR) und VSC (Voltage-Sequence Control) im Vergleich mit gleichem Strom-Effektivwert

Abschätzung möglicher Betriebskosten-Einsparung

Abschätzung I:

Im Aussteuerbereich der Last sei im Arbeitspunkt eine Verbesserung des mittleren Leistungsfaktors von 0,8 auf 0,9 oder besser möglich. Bei einer Last, die 112 kW Leistung aufnimmt, ergibt das eine Betriebskosten-Einsparung von ca. 2.698 € pro Jahr (bei 100% ED). Für dieses Beispiel resultieren daraus Amortisationszeiten von < 0,5 Jahren (2-stufige VSC) bzw. < 1,2 Jahren (3-stufige VSC).

Mit Verbesserung des Leistungsfaktors verringert sich die Scheinleistung im System von 140 kVA auf 125 kVA, sodass auch nur ein kleinerer Transformator erforderlich ist. Bei Neuanlagen sinkt durch diesen Einfluss auch das Investitionsvolumen. Ist der Transformator schon vorhanden, so wird er weniger belastet, was den Anschluss weiterer Komponenten an den Transformator ermöglicht.

Wegen des kleineren Stroms von 249 A statt 280 A besteht ggf. auch die Möglichkeit bei weiteren Komponenten eine kleinere Baugröße zu verwenden und damit zusätzliche Investitionskosten zu sparen.

Wird der Leistungssteller in einer Anlage betrieben, die einen Gesamt-Leistungsfaktor von $\lambda < 0,9$ erzeugt, so verbessert sich der Gesamt-Leistungsfaktor der Anlage. Dadurch sind mit der VSC-Schaltung für die gesamte Anlage ebenfalls Verbesserungen bezüglich der Blindleistungskosten realisierbar.

Das folgende Diagramm kann zur Abschätzung der variablen Blindleistungskosten, bzw. der möglichen Einsparungen, bei Verbesserung des Leistungsfaktors verwendet werden, sofern die variablen Blindleistungskosten ab einem Verhältnis von $Q/P > 50\%$ berechnet werden.

Die Kurve ist normiert auf eine Wirkleistung von 100 kW die zu 100% im Jahr in Betrieb ist. Die Kosten für die Blindleistung sind angenommen mit einem Wert von 1,00 ct/kvarh. Damit lassen sich die Blindleistungskosten der realen Anwendung (mit $Q/P > 50\%$) linear und einfach umrechnen.

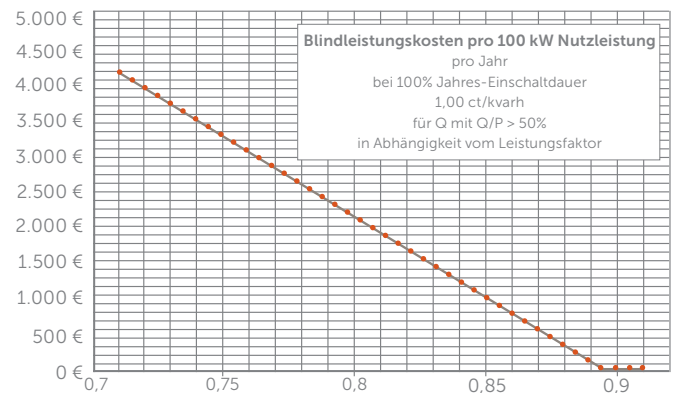


Abb. 9 Beispiel für normierte Blindleistungskosten

Abschätzung II

Ein Heizer mit einer Leistung von 1000 kW würde mit einem Leistungsfaktor λ von 0,83 betrieben, was laut Abb. 9 zu Kosten in Höhe von ca. 15.000 €/Jahr führen wird. Bei einer Verbesserung auf $\lambda = 0,9$ wäre die Ersparnis 15.000 €/Jahr für diesen Heizer.

Varianten der VSC-Schaltung

Neben der Möglichkeit 2- oder 3-stufige VSC-Schaltungen zu realisieren, bietet der Thyro-P 1P..VSC auch die Möglichkeit wahlweise in einer primären oder sekundären Schaltung eingesetzt zu werden.

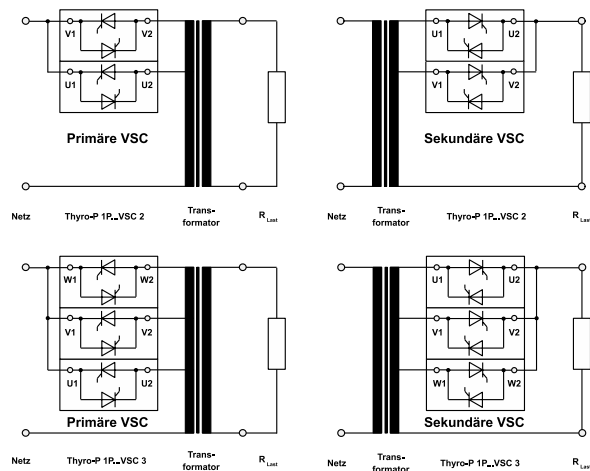


Abb. 10 VSC-Schaltungsvarianten

Ist der Leistungssteller direkt am Netz angeschlossen, d.h. vor dem Transformator, dann handelt es sich um eine primäre VSC-Schaltung. Befindet sich der Leistungssteller hinter dem Transformator, d.h. direkt an der Last, so ist es eine sekundäre VSC-Schaltung.

VSC-Typenreihen - Technische Daten

Die Typenreihen Thyro-P 1P..VSC 2 und ..VSC 3 gibt es für Bemessungsspannungen von 500 V und 690 V.

- Typenspannung 400/500 V, 690 V
- Netzfrequenz 47 Hz bis 63 Hz



Advanced Energy Industries GmbH
Niederlassung Warstein-Belecke
Emil-Siepmann-Str. 32
D-59581 Warstein-Belecke, Germany

Telefon +49 2902 763 520
Fax +49 2902 763 1201

powercontroller@aei.com
www.advanced-energy.com

Typenströme der 500 V Serie:

- 16 A/37 A/75 A/110 A
- 130 A/170 A/280 A
- 495 A/650 A/1000 A
- 1500 A/2100 A/2900 A

Typenströme der 690 V Serie:

- 80 A/200 A/300 A/500 A
- 780 A/1400 A/2000 A/2600 A

Schaltungsarten:

- primäre VSC, 2-stufig, 3-stufig
- sekundäre VSC, 2-stufig, 3-stufig

Betriebsart VSC_VAR:

- VSC mit VAR (Phasenanschnitt)

Regelungsarten:

- U, U², I, I², P

Verbindung - wie Standard Thyro-P:

- LBA-2/Bus/Analog E/A/Relais

UL/UR Zertifikate:

500 V Typenreihe

- UL 16 A/37 A/75 A/110 A/130 A/170 A/280 A

- UR 495 A/650 A

690 V Typenreihe

- UL 80 A/200 A

- UR 300 A

Transformator-Spezifikation

Beim Neueinsatz von Thyro-P 1P..VSC Leistungsstellern kann die elektrische Transformator-Spezifikation auf Wunsch durch Advanced Energy in Abstimmung mit dem Anwender erstellt werden. Hierfür sind weitere Angaben, z.B. der zu erreichende Leistungsfaktor λ , erforderlich.

VSC-Schaltung für Drehstrom-Lasten

Die genannten Typenreihen sind ausgelegt für 1-phasige Anwendungen. VSC-Schaltungen für Drehstromlasten werden auf Anfrage angeboten.

Anmerkung:

Der Leistungsfaktor $\lambda = |P| / S$ wird häufig fälschlicherweise als $\cos \varphi$ bezeichnet, obwohl $\cos \varphi$ nur für sinusförmige Größen definiert ist.

Technische Angaben in diesem Dokument enthalten keine verbindlichen Gewährleistungen oder Zusicherungen. Sie dienen ausschließlich zu Ihrer Information und können jederzeit geändert werden.

© 2014 Advanced Energy Industries, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Advanced Energy® und Thyro-P™ sind eingetragene Warenzeichen der Advanced Energy Industries, Inc.

DE - VSC K - 10.14