

DIN EN 62823



ICS 29.200; 31.060.70

**Thyristorventile für thyristorgesteuerte Reihenkondensatoren (TCSC) –
Elektrische Prüfung
(IEC 62823:2015);
Deutsche Fassung EN 62823:2015**

Thyristor valves for thyristor controlled series capacitors (TCSC) –
Electrical testing
(IEC 62823:2015);
German version EN 62823:2015

Valves à thyristors pour condensateurs série commandés par thyristors (CSCT) –
Essai électrique
(IEC 62823:2015);
Version allemande EN 62823:2015

Gesamtumfang 41 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2015-09-24 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2016-08-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62823:2013-11.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 331 „Leistungselektronik“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe des Dokuments.

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Thyristorventile für thyristorgesteuerte Reihenkondensatoren (TCSC) –
Elektrische Prüfung
(IEC 62823:2015)

Thyristor valves for thyristor controlled series
capacitors (TCSC) –
Electrical testing
(IEC 62823:2015)

Valves à thyristors pour condensateurs série
commandés par thyristors (CSCT) –
Essai électrique
(IEC 62823:2015)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2015-09-24 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2015 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62823:2015 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 22F/342/CDV, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62823, erarbeitet vom SC 22F „Power electronics for electrical transmission and distribution systems“ des IEC/TC 22 „Power electronic systems and equipment“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62823:2015 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2016-06-24
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2018-09-24

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62823:2015 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 60068-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60068-1.
IEC 60143-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60143-1.
IEC 60721-1	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 60721-1.
IEC 61000-6-5	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61000-6-5.
IEC 61954	ANMERKUNG	Harmonisiert als EN 61954.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 TCSC-Ventil und Ventilbetrieb im Allgemeinen	8
4.1 TCSC-Anlage und TCSC-Ventil	8
4.2 TSC-Ventilstrom und -spannung bei kapazitivem Anhebungsbetrieb	10
4.3 Typische Betriebsarten von TCSC-Anlagen	12
5 Allgemeine Anforderungen	13
5.1 Richtlinien für die Durchführung von Typprüfungen	13
5.2 Prüfbedingungen für dielektrische Prüfungen	14
5.3 Prüfbedingungen für Funktionsprüfungen	15
5.4 Kriterien für die erfolgreiche Typprüfung	16
6 Zusammenfassung der Prüfungen	18
7 Dielektrische Prüfungen zwischen den Ventilanschlüssen und dem Ventilgehäuse	19
7.1 Zweck der Prüfungen	19
7.2 Prüfling	19
7.3 Prüfanforderungen	19
8 Dielektrische Prüfungen zwischen den Ventilanschlüssen	20
8.1 Zweck der Prüfungen	20
8.2 Prüfling	21
8.3 Prüfanforderungen	21
9 Periodische Ein- und Ausschaltprüfungen	23
9.1 Zweck der Prüfungen	23
9.2 Prüfling	23
9.3 Prüfanforderungen	23
10 Fehlerstromprüfungen	27
10.1 Zweck der Prüfungen	27
10.2 Prüfling	27
10.3 Prüfanforderungen	27
11 Prüfung der Störfestigkeit des Ventils gegen elektromagnetische Störgrößen	28
11.1 Zweck der Prüfungen	28
11.2 Prüfling	29
11.3 Prüfanforderungen	29
12 Prüfung von speziellen Funktionsmerkmalen	29
12.1 Zweck der Prüfungen	29
12.2 Prüfling	29
12.3 Prüfanforderungen	29

	Seite
13 Stückprüfungen	30
13.1 Allgemeines	30
13.2 Sichtprüfung	30
13.3 Überprüfung der Verbindungen	30
13.4 Überprüfung des Spannungsteilerkreises	30
13.5 Überprüfung der Stehspannungsfestigkeit	30
13.6 Teilentladungsprüfung	30
13.7 Überprüfung der Hilfseinrichtungen	30
13.8 Überprüfung der Zündung	30
13.9 Druckprüfung des Kühlsystems	30
14 Angabe der Ergebnisse der Typprüfung	31
Anhang A (informativ) Betrachtungen zum Betrieb und zur Bemessung von TCSC-Ventilen	32
Anhang B (informativ) Ausfallsicherheit von Ventilkomponenten	37
Literaturhinweise	38
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	39
 Bilder	
Bild 1 – Typische Schaltung und Nomenklatur einer TCSC-Anlage	9
Bild 2 – TCSC-Teilsegment	9
Bild 3 – TCSC-Wellenformen im eingeschwungenen Zustand bei einem Steuerwinkel α und einer Stromflussdauer σ	10
Bild 4 – Thyristorventilspannung in einem TCSC	11
Bild 5 – Beispiel für den Betriebsbereich von TCSC	13
Bild A.1 – Stationäre betriebsfrequente TCSC-Blindwiderstandscharakteristik nach Gleichung (A.1) mit $\lambda = 2,5$	33
 Tabellen	
Tabelle 1 – Zulässige Anzahl von Thyristorplatzausfällen während der Typprüfungen	17
Tabelle 2 – Prüfungen	18
Tabelle A.1 – Verhältnis von Scheitelwert und Effektivwert der Spannungen	32

1 Anwendungsbereich

In dieser Internationalen Norm werden Stück- und Typprüfungen an Thyristorventilen festgelegt, die in Anlagen mit thyristorgesteuerten Reihenkondensatoren (TCSC) (en: thyristor controlled series capacitor) für die Wechselstromübertragung zum Einsatz kommen.

Die Prüfungen, die in dieser Norm festgelegt sind, beruhen auf luftisolierten Ventilen, die im kapazitiven Anhebungsbetrieb oder im Überbrückungsbetrieb arbeiten. Für andere Ventiltypen und Ventile, die im induktiven Anhebungsbetrieb arbeiten, sind die Prüfanforderungen und Annahmekriterien zwischen Käufer und Lieferant zu vereinbaren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60060-1:2010, *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions and test requirements*

IEC 60071-1, *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*

IEC 60071-2, *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Thyristorventil

elektrisch und mechanisch zusammengefasste Baugruppe aus Thyristorplätzen, vollständig mit allen Verbindungen, Hilfsbauelementen und mechanischen Aufbauten, die mit jeder Phase der Drossel eines TCSC in Reihe geschaltet werden kann

3.2

Ventilabschnitt

elektrischer Aufbau, der aus einer Anzahl von Thyristoren und weiteren Bauelementen besteht und vergleichbare elektrische Eigenschaften wie ein vollständiges Ventil hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieser Begriff wird vorrangig für die Festlegung eines Prüflings bei der Prüfung von Ventilen verwendet.

3.3

Thyristorplatz

(eines Ventils) Teil eines Ventils, das aus zwei antiparallelgeschalteten Thyristoren zusammen mit ihren unmittelbaren Hilfseinrichtungen und gegebenenfalls einer Drossel besteht

3.4

redundante Thyristorplätze

maximale Anzahl der Thyristorplätze in dem Thyristorventil, die von außen oder intern während des Betriebs kurzgeschlossen werden können, ohne den mit Typprüfungen nachgewiesenen sicheren Betrieb des Thyristorventils zu beeinflussen, und die, wenn und wann sie überschritten werden, entweder die Abschaltung des Thyristorventils erfordern würden, um die ausgefallenen Thyristoren auszuwechseln, oder die Akzeptanz eines erhöhten Ausfallrisikos bedeutet

3.5

Ventilüberspannungsableiter

Überspannungsableiter, der parallel zu einem Ventil geschaltet wird

3.6

Ventilelektronik

VE

elektronische Stromkreise auf Ventilpotential, die Steuerfunktionen ausführen

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Anmerkung gilt nur für die französischsprachige Fassung.

3.7

Ventilschnittstellen – Elektronikeinheit

Elektronikeinheit, die die Schnittstelle zwischen der Steuereinrichtung auf Erdpotential und der Ventilelektronik darstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Wenn Ventilschnittstellen-Elektronikeinheiten eingesetzt werden, dann werden diese typischerweise in der Nähe des Ventils bzw. der Ventile auf Erdpotential angeordnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für diese Einheit wird auch der Begriff „Fußpunktelektronik“ (FPE) angewendet.

3.8

thyristorgesteuerte Reihenkondensatorbank

TCSC-Bank

Baugruppe aus Thyristorventilen, Drosselspule(n), Kondensatoren und zugehörigen Hilfseinrichtungen, wie z. B. Gerüst, Stützisolatoren, Schalter und Schutzvorrichtungen sowie der Steuereinrichtung, die für eine vollständige Betriebsanlage erforderlich ist

3.9

TCSC-Drosselspule

eine oder mehr Drosselspule(n), die in Reihe an das Thyristorventil angeschlossen ist (sind)

Siehe Bild 1, Nr. 4.

3.10

Thyristorventilgehäuse

auf der Plattform montiertes Gehäuse, welches das (die) Thyristorventil(e) und die zugehörige Ventilkühlung und Ventilelektronik aufnimmt

3.11

kurzzeitige Überlast

kurzzeitige Überlastbarkeit des TCSC bei Bemessungsfrequenz und im Umgebungstemperaturbereich

Siehe Bild 5.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die zeitweilige Überlast dauert üblicherweise einige Sekunden, weniger als 10 s.

3.12

Schutzzündung des Ventils

Mittel zum Schutz der Thyristoren vor Überspannung durch deren Zünden bei einer vorbestimmten Spannung

3.13

Leitungsstrom

i_L

betriebsfrequenter Außenleiterstrom

Siehe Bild 2.

3.14

Bemessungsstrom

I_N

Effektivwert des Leitungsstroms (I_L), bei dem der TCSC den Dauerbetrieb mit Bemessungsblindwiderstand (X_N) und Bemessungsspannung (U_N) ausführen sollte

3.15

Ventilstrom

i_V

Strom durch das Thyristorventil

Siehe Bild 2.

3.16

Überbrückungsstrom

Strom durch das Thyristorventil, das parallel zum Reihenkondensator liegt, wenn der Reihenkondensator überbrückt wird

3.17

Kondensatorspannung

U_C

Spannung über dem TCSC

Siehe Bild 2.

3.18

Nennblindwiderstand

X_N

Nennwert des betriebsfrequenten Blindwiderstandes für jeden Außenleiter des TCSC bei Nennanhebungsfaktor

3.19

TCSC-Bemessungsspannung

U_N

betriebsfrequente Spannung über jedem Außenleiter des TCSC, die bei Nenn-Blindwiderstand (X_N), Bemessungsstrom (I_N) und Nennbetriebsfrequenz im Umgebungstemperaturbereich ununterbrochen gesteuert werden kann

3.20

scheinbarer Blindwiderstand

$X(\alpha)$

betriebsfrequenter scheinbarer Blindwiderstand des TCSC als Funktion des Thyristorsteuerwinkels (α)

Siehe Bild 3, Bild A.1 und Gleichung (A.1).

3.21

Bemessungskapazität

C_N

Kapazitätswert, für den der TCSC-Kondensator bemessen wurde

3.22

physikalischer Blindwiderstand

X_C

betriebsfrequenter Blindwiderstand für jeden Außenleiter der TCSC-Bank bei gesperrten Thyristoren und bei einer Innentemperatur des Kondensatordielektrikums von 20 °C

$$X_C = 1/(a_N \times C_N)$$

3.23

Anhebungsfaktor

k_B

das Verhältnis des scheinbaren Blindwiderstands $X(\alpha)$ dividiert durch den physikalischen Blindwiderstand X_C

$$k_B = X(\alpha) / X_C$$

3.24

Stromflussdauer

σ

Teil einer Netzhalbwellen, in dem sich das Thyristorventil im leitenden Zustand befindet

$$\sigma = 2\beta$$

Siehe Bild 3.

3.25

Steuerwinkel

α

im elektrischen Winkelmaß angegebene Zeit vom Nulldurchgang der Kondensatorspannung (U_C) bis zum Beginn des Stromflusses durch das Thyristorventil

Siehe Bild 3.

3.26

innerer Fehler

Leitungsfehler, der innerhalb des geschützten Leitungsabschnitts auftritt, in dem sich das TCSC-Reihenteilsegment befindet

3.27

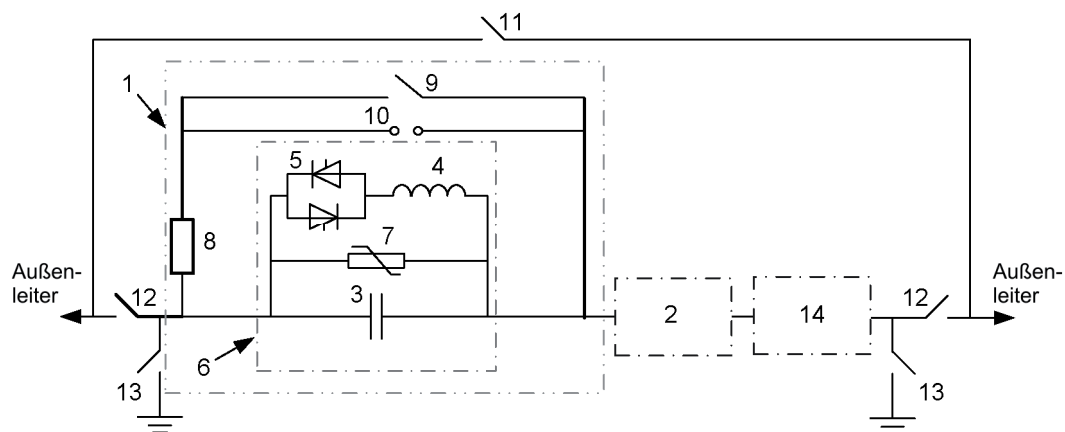
äußerer Fehler

Leitungsfehler, der außerhalb des geschützten Leitungsabschnitts auftritt, in dem sich das TCSC-Reihenteilsegment befindet

4 TCSC-Ventil und Ventilbetrieb im Allgemeinen

4.1 TCSC-Anlage und TCSC-Ventil

Der Reihenblindwiderstand der Übertragungsleitung kann durch Kombinationen von unregelmäßigten Reihen-kondensatoren (FSC) und steuerbaren Segmenten auf TCSC-Basis kompensiert werden, wie es in Bild 1 dargestellt ist. In einem TCSC-Teilsegment wird eine thyristorgesteuerte Drosselspule (TCR) parallel zu einer Kondensatorbank mit der Bemessungskapazität C_N eingesetzt, wie es in Bild 2 dargestellt ist. Das im TCSC-Teilsegment verwendete Thyristorventil ist ein TCSC-Ventil (siehe Bild 1, Nr. 5).



Legende

- | | |
|--|--|
| 1 TCSC-Einheit | 8 Entladestrombegrenzer, falls anwendbar |
| 2 Zusätzliche TCSC-Einheit, falls erforderlich | 9 Überbrückungsschalter |
| 3 TCSC-Kondensator | 10 Überbrückungsfunktenstrecke |
| 4 TCSC-Drosselspule | 11 Äußerer Überbrückungstrennschalter |
| 5 TCSC-Thyristorventil | 12 Äußerer Trennschalter |
| 6 TCSC-Teilsegment | 13 Äußerer Erdungsschalter |
| 7 Kondensatorüberspannungsableiter | 14 FSC-Einheit, falls erforderlich |

Bild 1 – Typische Schaltung und Nomenklatur einer TCSC-Anlage

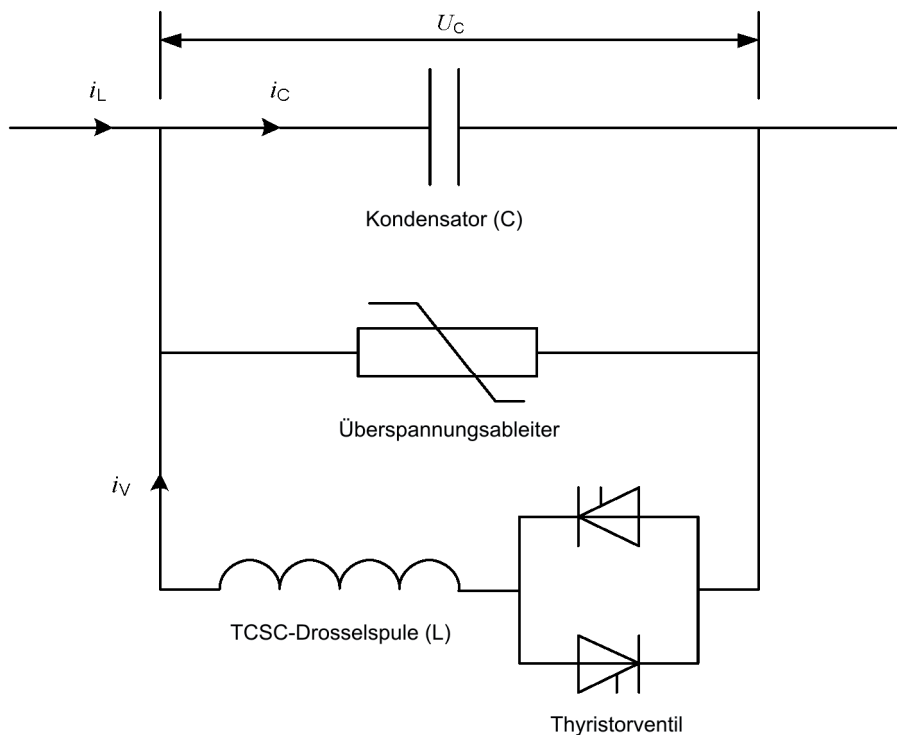


Bild 2 – TCSC-Teilsegment

4.2 TSC-Ventilstrom und -spannung bei kapazitivem Anhebungsbetrieb

4.2.1 Allgemeines

Selbst wenn ein TCSC-Ventil theoretisch in einem induktiven Anhebungsbetrieb betrieben werden kann, so wird dieser Betrieb in der Praxis in einer TCSC-Anlage aufgrund der erforderlichen Systemkompensation und weiterer Einschränkungen nicht angewendet. Der kapazitive Anhebungsbetrieb ist eine angewendete Betriebsart eines TCSC-Ventils.

4.2.2 Wellenformen von Ventilstrom und -spannung im kapazitiven Anhebungsbetrieb

Bei sinusförmigen Leitungsstrom und sinusförmiger Leiterspannung (siehe Bild 3 a)) führt der kapazitive Anhebungsbetrieb des TCSC-Ventils aufgrund des Stromflusses durch die Kondensatorbank, C, und das TCSC-Ventil zu einer Verformung der Sinusform (siehe Bild 3 b)). Dieser Strom erhöht den betriebsfrequenten Spannungsfall über dem TCSC-Teilsegment.

Die Wellenform der Thyristorventilspannung in einem TCSC wird in Bild 4 dargestellt.

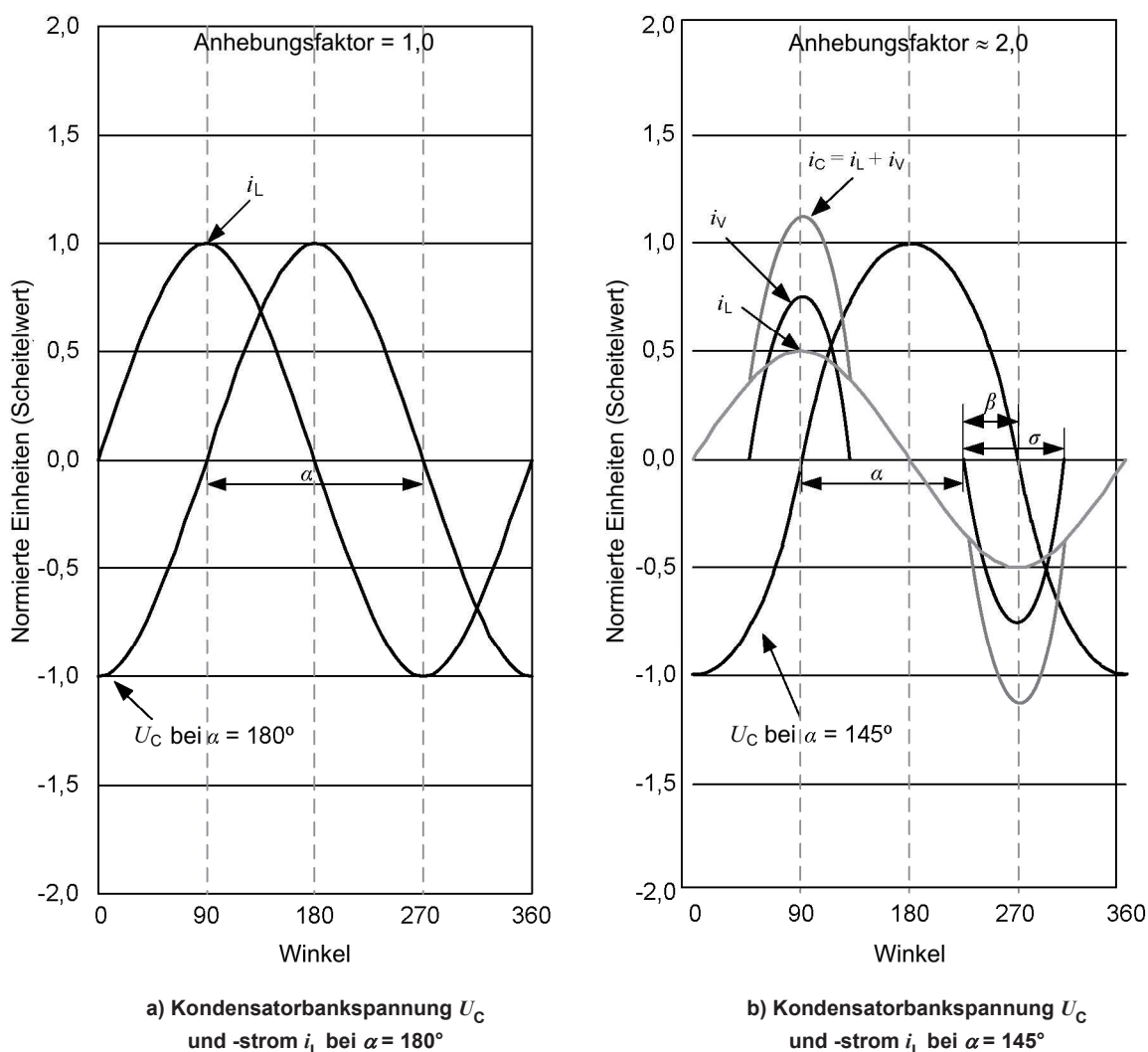


Bild 3 – TCSC-Wellenformen im eingeschwungenen Zustand bei einem Steuerwinkel α und einer Stromflussdauer σ

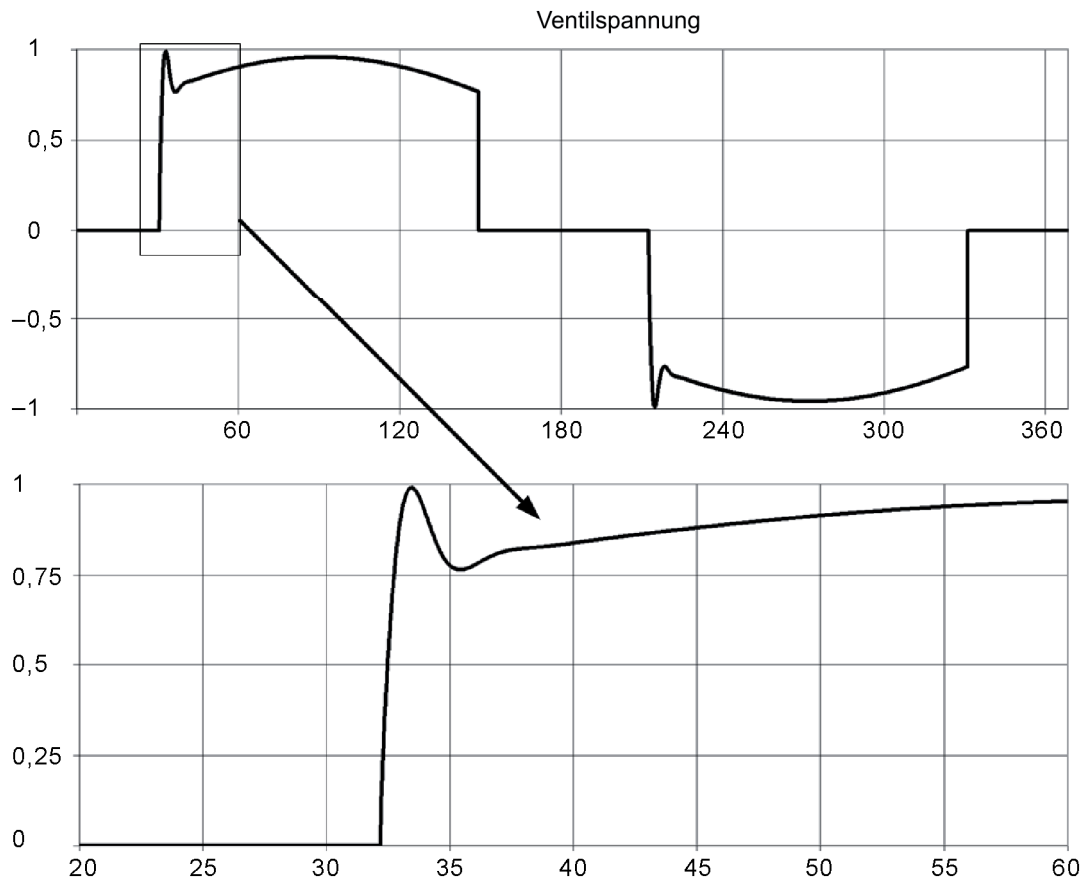


Bild 4 – Thyristorventilspannung in einem TCSC

4.2.3 Gleichungen zur Berechnung der Strom- und Spannungsbeanspruchungen von TCSC-Ventilen

4.2.3.1 Kapazitiver Anhebungsbetrieb

Beim kapazitiven Anhebungsbetrieb des TCSC verhält sich der TCSC-Ventilstrom nach folgender Gleichung:

$$i_V = (-1)^n \cdot \frac{\lambda^2 \cdot i_L}{\lambda^2 - 1} \cdot \left(\cos \omega_N \cdot t - \frac{\cos \beta}{\cos \lambda \cdot \beta} \cdot \cos \lambda \cdot \omega_N \cdot t \right) \quad n \cdot \pi - \beta \leq \omega_N \cdot t \leq n \cdot \pi + \beta$$

$$i_V = 0, \quad n \cdot \pi + \beta < \omega_N \cdot t < (n + 1) \cdot \pi - \beta$$

$$n = 0, 1, 2, 3 \dots$$

Dabei ist

λ das Verhältnis aus der Eigenfrequenz des LC-Zweigs des TCSC-Teilsegments und der Betriebsfrequenz des Wechselstromnetzes, $\lambda = \frac{1}{\omega_N \cdot \sqrt{L \cdot C}}$;

i_L der Leitungsstrom des Wechselstromnetzes;

ω_N der Nennwert der Kreisfrequenz des Wechselstromnetzes;

β die Hälfte des maximalen Stromflusswinkels der TCSC-Ventile in einer Richtung für kapazitive Anhebung bei i_L .

Die Änderungsgeschwindigkeit des Stroms di/dt bei Ein- und Ausschalten am Thyristor wird abgeleitet mit: