

Technisches Datenblatt

Netztechnische Leistungsmerkmale

**ENERCON Windenergieanlage E-175 EP5 E2 / 7000 kW /
FTQS**

Technische Änderungen vorbehalten.

Herausgeber

ENERCON Global GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: <http://www.enercon.de>
Geschäftsführer: Uwe Eberhardt, Ulrich Schulze Südhoff
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 202549
Ust.Id.-Nr.: DE285537483

Urheberrechtshinweis

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON Global GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON Global GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON Global GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON Global GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

Geschützte Marken

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

Änderungsvorbehalt

Die ENERCON Global GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D03046304/0.0-de		
Vermerk	Originaldokument		
Datum	Sprache	DCC	Werk / Abteilung
2024-07-10	de	DA	WRD Wobben Research and Development GmbH / Documentation Department

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Übergeordnete Normen und Richtlinien

Dokument-ID	Dokument
IEC 60034-3:2007	Rotating electrical machines - Part 3: Specific requirements for synchronous generators driven by steam turbines or combustion gas turbines
IEC 61400-21-1	Measurement and assessment of electrical characteristics - Wind turbines

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D02731630	Netztechnische Leistungsmerkmale FACTS 2.0 - ENERCON Control System PI-CS (EP5)

Technische Änderungen vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis

1 **Allgemeines** 6

2 **Kenndaten** 7

3 **Blindleistungstellbereich** 8

4 **Wirkleistungsgradienten** 12

 4.1 **Positive Wirkleistungsgradienten** 12

 4.2 **Negative Wirkleistungsgradienten** 13

5 **Referenzpunkt** 14

Formelzeichenverzeichnis 15

Fachwortverzeichnis 16

Technische Änderungen vorbehalten.

Abkürzungsverzeichnis

FACTS	Flexible Alternating Current Transmission System (Flexibles Wechselstrom-Übertragungssystem)
FRT	Fault Ride Through (Durchfahren eines Netzfehlers)
FTQS	FACTS Transmission mit Option Q+ und STATCOM-Option (elektrische Konfiguration mit erweitertem Blindleistungsstellbereich und STATCOM-Option)
IEC	International Electrotechnical Commission (Internationale Elektrotechnische Kommission)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (überwachende Steuerung und Datenerfassung)
STATCOM	Static compensator (statischer Kompensator)

1 Allgemeines

Die netztechnischen Leistungsmerkmale und Kenndaten der ENERCON Windenergieanlage werden in getrennten Dokumenten beschrieben.

In dem vorliegenden windenergieanlagenspezifischen Dokument werden die netztechnischen Leistungsmerkmale festgehalten, die abhängig von dem Typ der Windenergieanlage und der elektrischen Konfiguration sind.

In einem zusätzlichen mitgeltenden allgemeinen Dokument werden, entsprechend der Nennspannung einer Windenergieanlage, die gültigen Funktionen der elektrischen Konfigurationen und die netztechnischen Leistungsmerkmale aufgeführt.

2 Kenndaten

Alle Kenndaten der Windenergieanlage beziehen sich auf den in Kap. 5, S. 14 angegebenen Referenzpunkt. Die elektrischen Eigenschaften können ausschließlich mit der entsprechenden Windenergieanlagensteuerung erzielt werden.

Ein Auszug aus der Netzverträglichkeitsmessung nach IEC 61400-21-1 ist auf Anfrage erhältlich.

Tab. 1: Kenndaten der Windenergieanlage

Kenndaten		Wert
Nennfrequenz	f_n	50 Hz
		60 Hz
Nennwirkleistung	P_n	7000 kW
Nennblindleistung	Q_n	4410 kvar
Bemessungsscheinleistung	S_{max}	8300 kVA
Nennspannung	U_n	750 V
Nennstrom	I_n	5389 A
Bemessungsstrom	I_{max}	7200 A
maximaler Anfangskurzschlusswechselstrom	$I_{k,max}''$	7560 A
maximaler Stoßkurzschlusswechselstrom	$I_{p,max}, \sqrt{2} \times I_{k,max}''$	10691 A
maximaler Ausschaltwechselstrom	$I_{b,max}$	7560 A
maximaler Dauerkurzschlussstrom	$I_{k,max}$	7560 A
Anzahl der Leistungsschränke	-	4

Technische Änderungen vorbehalten.

3 Blindleistungsstellbereich

Die Windenergieanlage verfügt über einen Blindleistungsstellbereich, der die Abgabe von Blindleistung (Q_{export}) in das Netz und die Aufnahme von Blindleistung (Q_{import}) aus dem Netz ermöglicht.

Tab. 2: Blindleistungswerte (Export/Import)

Parameter		Wert
maximale Blindleistung (Export)	Q_{max}	4410 kvar
minimale Blindleistung (Import)	Q_{min}	-4410 kvar

Der Export von Blindleistung entspricht dem Verhalten einer übererregten Synchronmaschine. Der Import von Blindleistung entspricht dem Verhalten einer untererregten Synchronmaschine (siehe IEC 60034-3:2007).

Im nachfolgenden Diagramm wird der Blindleistungsstellbereich in Abhängigkeit von Wirkleistung und Netzspannung dargestellt.

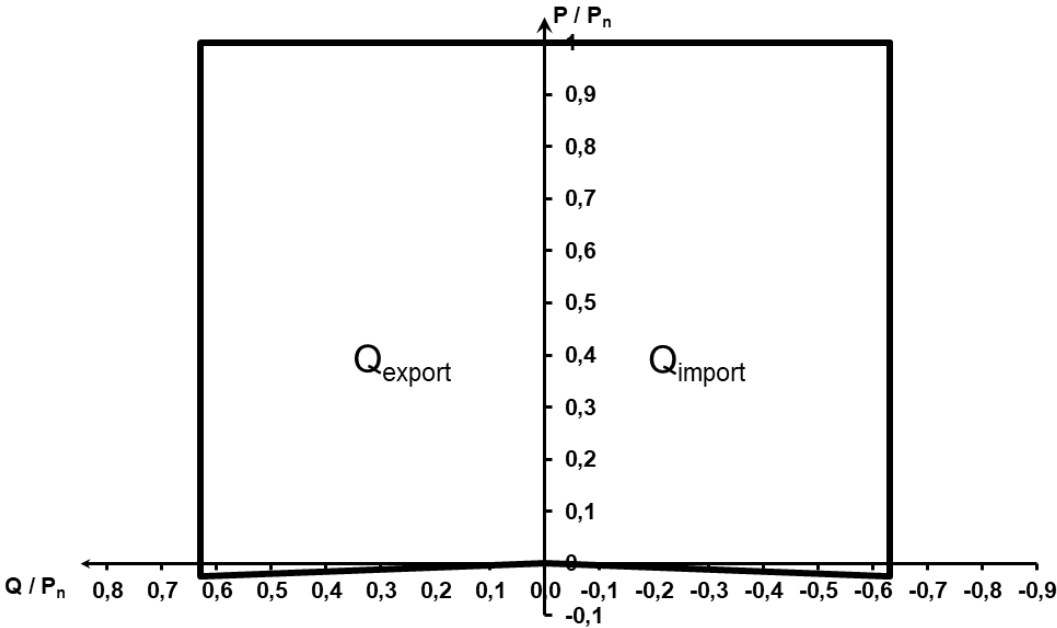


Abb. 1: Blindleistungsstellbereich in Abhängigkeit von Wirkleistung und Netzspannung

	90 % U_n
	95 % U_n
	≥ 100 % U_n

Nachfolgend ist das Diagramm in Tabellenform angegeben.

Tab. 3: Blindleistungsstellbereich in Abhängigkeit von Wirkleistung und Netzspannung ($\geq 100 \% U_n$)

P/P _n	100 % bis 107 % U _n		116 % U _n		120 % U _n	
	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})
1	0,630	-0,630	0	-0,630	-0,330	-0,630
0	0,630	-0,630	0	-0,630	-0,330	-0,630

Die Einspeisung von Wirkleistung bei hoher Netzspannung ist nur bei gleichzeitigem Import von Blindleistung möglich.

Tab. 4: Blindleistungsstellbereich in Abhängigkeit von Wirkleistung und Netzspannung ($< 100 \% U_n$)

P/P _n	95 % U _n		90 % U _n		85 % U _n		80 % U _n	
	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})
0,50	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,52	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,54	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,56	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,58	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,60	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,62	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,64	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,66	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,68	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,70	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,72	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,74	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,76	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,78	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,80	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,81	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,82	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,83	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,84	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630
0,85	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,620
0,86	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,620	-0,610
0,87	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,610	-0,600
0,88	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,600	-0,580

Technische Änderungen vorbehalten.

Freigabe: 2024-07-15 11:40

Technische Änderungen vorbehalten.

	95 % U _n		90 % U _n		85 % U _n		80 % U _n	
P/P _n	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})	Q/P _n (Q _{export})	Q/P _n (Q _{import})
0,89	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,580	-0,570
0,90	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,560	-0,550
0,91	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,550	-0,530
0,92	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,530	-0,520
0,93	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,510	-0,500
0,94	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,620	-0,610	0,490	-0,480
0,95	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,610	-0,600	0,470	-0,460
0,96	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,590	-0,580	0,450	-0,440
0,97	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,580	-0,560	0,430	-0,420
0,98	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,560	-0,540	0,410	-0,390
0,99	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,540	-0,530	0,380	-0,370
1,00	0,630	-0,630	0,630	-0,630	0,520	-0,510	0,350	-0,340

Blindleistungspunkte zwischen zwei benachbarten Tabellenwerten von Spannung oder Wirkleistung müssen durch lineare Interpolation ermittelt werden.

Blindleistungsregler

Die Blindleistung der Windenergieanlage ist einstellbar. Folgende Sollwerte können direkt in der Steuerung der Windenergieanlage eingestellt werden.

Tab. 5: Einstellbereich Blindleistungsregler

Parameter	Einstellbereich	Schrittweite
Blindleistung Q	Q _{min} ... Q _{max}	5 kvar
tan φ (Q / P)	-3 ... 3	0,005

Alternativ kann projektspezifisch eine Sollwertvorgabe an die Windenergieanlage durch eine übergeordnete Regelung auf Windparkebene zur Nutzung des dargestellten Blindleistungsstellbereichs erfolgen.

Die Toleranz der Blindleistungseinspeisung liegt im 10-Minuten-Mittelwert bei < ±2,5 % der Nennwirkleistung.

Eigenbedarf

Durch die STATCOM-Option kann die Windenergieanlage unabhängig von der aktuellen Windgeschwindigkeit zu jeder Zeit die maximale Blindleistung entsprechend des PQ-Diagramms (Abb. 1, S. 8) einspeisen.

Sofern die Windgeschwindigkeit ausreicht, um den Eigenbedarf der Windenergieanlage sowie deren interne Verluste zu decken, speist die Windenergieanlage zusätzlich zur maximalen Blindleistung Wirkleistung ins Netz ein.

Bei Windstille oder sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten bezieht die Windenergieanlage Wirkleistung aus dem Netz, um ihren Eigenbedarf sowie interne Verluste zu decken. Dieser Wirkleistungsbezug ist im folgenden Diagramm als rote Schraffur dargestellt. Die Wirkleistung wird als 10-Minuten-Mittelwert dargestellt.

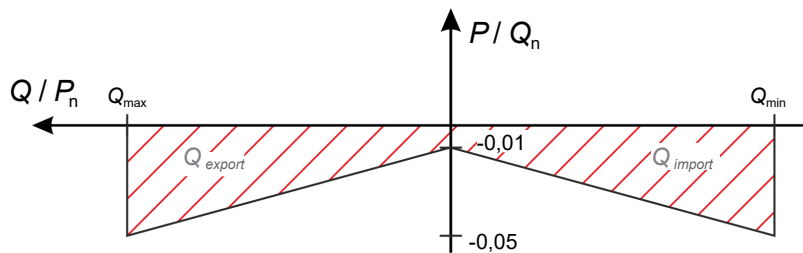


Abb. 2: Eigenbedarf Windenergieanlage (mit STATCOM-Option)

Der Energiebezug einer Windenergieanlage mit Blindleistungsexport oder Blindleistungsimport bei sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten hängt von den projektspezifischen Wetterbedingungen (Wind, Temperatur etc.) ab.

4 Wirkleistungsgradienten

Die Windenergieanlage kann in bestimmten Betriebszuständen ihre Wirkleistung mit einstellbaren Gradienten steigern oder senken.

4.1 Positive Wirkleistungsgradienten

Tab. 6: Wirkleistungsgradienten

Parameter	Einstellbereich	Default-Einstellung	Schrittweite
Wirkleistungsgradient (Normaler Start) <i>WAPC1/PmaxCtl1/GraStrNorUp</i>	0,01 % P _n /s ... 10 % P _n /s	5 % P _n /s	0,01 % P _n /s
Wirkleistungsgradient (nach Netzausfall) <i>WAPC1/PmaxCtl1/GraStrGriLosUp</i>	0,01 % P _n /s ... 10 % P _n /s	2 % P _n /s	0,01 % P _n /s
Wirkleistungsgradient (nach Frequenzevent) <i>WAPC1/PmaxCtl1/FCtl-GraUpPstHzEvt</i>	0,01 % P _n /s ... 30 % P _n /s	10 % P _n /s	0,01 % P _n /s
Wirkleistungsgradient (schallreduzierter Betrieb) <i>WAVL1/Sel1/WLimRmpSnd</i>	0,01 % P _n /s ... 25 % P _n /s	7 % P _n /s	0,01 % P _n /s

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (Normaler Start)* ist aktiv, wenn die Windenergieanlage im Normalbetrieb startet, z. B. nach dem Status Windmangel.

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (nach Netzausfall)* ist nach einem Netzausfall aktiv. Der Betrieb im FRT-Bereich zählt nicht als Netzausfall.

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (nach Frequenzevent)* begrenzt nach einem Unter- oder Überfrequenzeignis die Wirkleistungsgradienten im Betrieb der Windenergieanlage.

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (schallreduzierter Betrieb)* ist beim Übergang vom schallreduzierten Betriebsmodus zum Normalbetrieb aktiv.

Weitere Wirkleistungsgradienten können außerdem über einen Windparkregler realisiert werden.



Detaillierte Informationen zu dem Parameter *Wirkleistungsgradient (nach Überfrequenz)* und dem FRT-Betrieb sind im Dokument D02731630 „Netztechnische Leistungsmerkmale FACTS 2.0 - ENERCON Control System PI-CS (EP5)“ zu finden.

4.2 Negative Wirkleistungsgradienten

Tab. 7: Wirkleistungsgradienten

Parameter	Einstellbereich	Default-Ein- stellung	Schrittweite
Wirkleistungsgradienten- stopp (Stoppschalter) <i>WTUR1/Tur1/Stop- GraRmpStd</i>	0,6 % P_n/s ... 33 % P_n/s	33 % P_n/s	0,01 % P_n/s
Wirkleistungsgradient (Gra- dient Stop) <i>WAPC1/PmaxCtl1/GraS- topDn</i>	0,1 % P_n/s ... 10 % P_n/s	5 % P_n/s	0,01 % P_n/s
Wirkleistungsgradient (schallreduzierter Betrieb) <i>WAVL1/Sel1/ WLimRmpSnd</i>	0,01 % P_n/s ... 25 % P_n/s	7 % P_n/s	0,01 % P_n/s

Der Parameter *Wirkleistungsgradientenstopp (Stoppschalter)* wird nach Betätigung des Schalters *Start/Stop* am Steuerschrank der Windenergieanlage aktiv.

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (Gradient Stop)* wird durch einen externen Stoppbefehl, z. B. über das ENERCON SCADA System aktiv.

Der Parameter *Wirkleistungsgradient (schallreduzierter Betrieb)* ist beim Übergang vom Normalbetrieb zum schallreduzierten Betriebsmodus aktiv.

Weitere Wirkleistungsgradienten können außerdem über einen Windparkregler realisiert werden.

Technische Änderungen vorbehalten.

5 Referenzpunkt

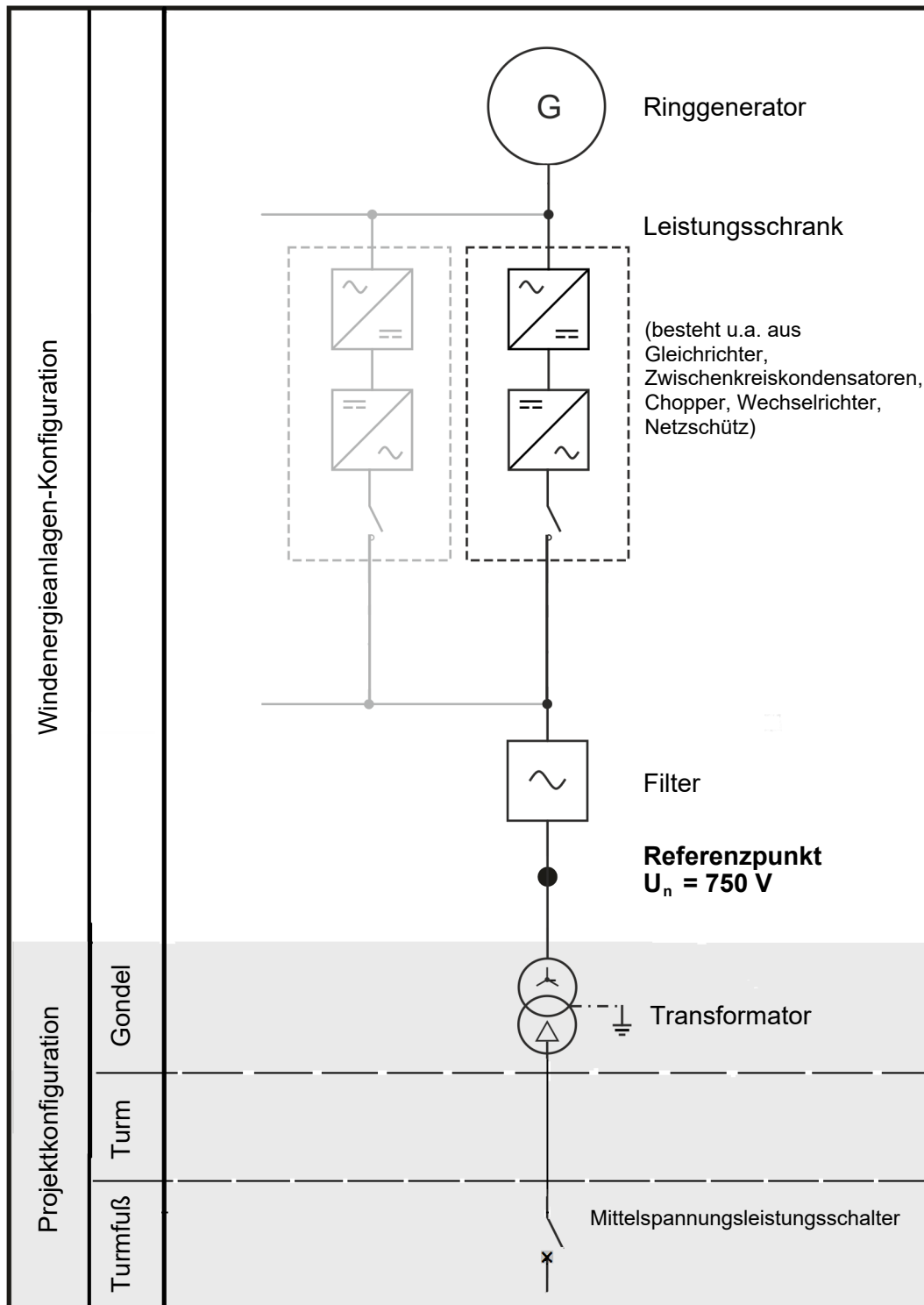


Abb. 3: Referenzpunkt

Formelzeichenverzeichnis

Tab. 8: Formelzeichen

Formelzeichen	Bezeichnung
f_n	Nennfrequenz
$I_{b,max}$	Maximaler Ausschaltwechselstrom
$I_{k,max}$	Maximaler Dauerkurzschlussstrom
$I_{k'',max}$	Maximaler Anfangskurzschlusswechselstrom
I_{max}	Bemessungsstrom
I_n	Nennstrom
$I_{p,max}$	Maximaler Stoßkurzschlusswechselstrom
P_n	Nennwirkleistung
Q_{export}	Blindleistung (Export)
Q_{import}	Blindleistung (Import)
Q_{max}	Maximale Blindleistung (Export)
Q_{min}	Minimale Blindleistung (Import)
Q_n	Nennblindleistung
S_{max}	Bemessungsscheinleistung
U_n	Nennspannung

Technische Änderungen vorbehalten.

Fachwortverzeichnis

Bemessungsstrom	Maximaler Dauerausgangsstrom unter normalen Betriebsbedingungen, für den eine elektrische Anlage ausgelegt ist.
Blindleistung	Elektrische Leistung, die zwischen Erzeuger und Verbraucher im Netz hin- und herpendelt. Sie belastet das Netz, ohne tatsächlich verbraucht zu werden. Blindleistung entsteht durch induktive und kapazitive Verbraucher, z. B. Elektromotoren, in einem mit Wechsel- bzw. Drehstrom betriebenen Netz durch die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung. Kraftwerke müssen daher Blindleistung zusätzlich zur Wirkleistung zur Verfügung stellen und aufnehmen können.