



SG 6.0-170 Entwicklerpaket

Entwicklerpaket SG 6.0-170

Anwendung des Entwicklerpaketes

Das Entwicklerpaket informiert die Kunden über die neuesten geplanten Produktentwicklungen von Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE). Durch die Weitergabe von Informationen über zukünftige Entwicklungen kann SGRE sicherstellen, dass die Kunden über die erforderlichen Informationen für ihre Entscheidungen verfügen.

Des Weiteren bietet das Entwicklerpaket in Fällen, in denen Finanzinstitute, Verwaltungsorgane oder Genehmigungsbehörden für ihre Entscheidungsprozesse produktspezifische Informationen benötigen, potenziellen Kunden Unterstützung mit den technischen Einzelheiten der SG 6.0-170.

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung sind für alle im Entwicklerpaket enthaltenen technischen Daten Änderungen vorbehalten. Die im Entwicklerpaket enthaltenen Informationen dürfen weder separat noch außerhalb des Kontextes des Entwicklerpakets betrachtet werden.

Die im Entwicklerpaket enthaltenen Informationen dürfen weder als rechtsverbindliche Dokumentation noch in Verträgen zwischen SGRE und anderen Parteien verwendet werden. Dieses Entwicklerpaket enthält vorläufige technische Daten zu in der Entwicklung befindlichen Windenergieanlagen von SGRE und darf nur zu Illustrationszwecken dienen.

Die technischen Daten können sich aufgrund der technischen Entwicklung der Windenergieanlagen ändern.

Siemens Gamesa und ihre verbundenen Unternehmen behalten sich das Recht vor, die technischen Daten ohne Vorankündigung zu ändern

Entwicklerpaket SG 6.0-170

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	5
Technische Beschreibung	6
Technische Daten	8
Aufbau der Gondel.....	9
Abmessungen der Gondel.....	10
Hauptabmessungen der WEA	11
Rotorblattabmessungen.....	12
Klimatische Auslegungsbedingungen.....	13
Standardleistungskurve, Betriebsmodus 1	15
Standard-Ct-Kurve, Betriebsmodus 1.....	17
Leistungskurve, Luftdichte, Betriebsmodus 1	19
Ct-Kurve, Luftdichte, Betriebsmodus 1	21
Standard-Schallemission	23
Schallreduzierter Betrieb	25
Elektrische Kenndaten	29
Ersatzschaltbild.....	30
Technische Daten des Transformators 30 kV*, ECO	31
Technische Daten Schaltanlage	32
Vorläufige Fundamentlasten.....	35
Turmabmessungen.....	35
Fundamentauslegung	35
Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 50 Hz	36
Blindleistungsregelungsvermögen, 50 Hz	38
Beschreibung des SCADA-Systems	40
Normen und Richtlinien	43
Optionale Funktionen.....	45

Einleitung

Die SG 6.0-170 ist die neue Windenergieanlage der zukunftsweisenden Produktbaureihe von Siemens Gamesa für Onshore-Standorte. Sie ist die nächste Generation der Siemens Gamesa Onshore Getriebe Produktreihe, welche auf dem Design und der Erfahrung von Siemens & Gamesa auf dem Windenergiemarkt aufbaut.

Mit einem neuen Rotorblatt von 83 m Länge, einem 6,0-MW-Generator und einem umfangreichen Turm-Portfolio, beispielsweise mit Nabenhöhen von 100 m, 115 m, 135 m und 165 m, soll die Anlage SG 6.0-170 auf dem Markt einen neuen Standard für Effizienz und Wirtschaftlichkeit setzen.

Dieses Entwicklerpaket beschreibt die technischen Daten der Windenergieanlage und stellt vorläufige Angaben zu den Hauptkomponenten und Teilsystemen bereit.

Weitere Angaben erhalten Sie von Ihrem regionalen SGRE Vertriebspartner.

Technische Beschreibung

Rotor – Gondel

Der Rotor ist mit drei Rotorblättern ausgestattet, die luvseitig am Turm montiert sind. Die Ausgangsleistung wird über die Pitchwinkelverstellung und Drehmomentregelung gesteuert. Die Rotorgeschwindigkeit ist variabel und auf Optimierung der Ausgangsleistung ausgelegt, während Lasten und Lärmpegel beibehalten werden.

Dank ihres Aufbaus kann während der planmäßigen Instandhaltung die Gondel von allen Wartungspunkten aus sicher erreicht werden. Außerdem ist die Gondel darauf ausgelegt, dass sich darin während der Wartungstestläufe der Windenergieanlage in vollem Betrieb Instandhaltungsfachkräfte aufhalten können. Dadurch wird eine qualitativ hochwertige Wartung der Windenergieanlage ermöglicht und es werden optimale Bedingungen zur Fehlerbehebung geboten.

Rotorblätter

Das Blatt der SG 6.0-170 von Siemens Gamesa besteht aus glasfaserverstärkten gezogenen Karbonformbauteilen. Die Blattstruktur ist aus aerodynamischen Schalen mit eingebetteten Holmgurten aufgebaut, die mit zwei Epoxy-Glasfaser-Balsa/Schaumkern-Hauptstegen verklebt sind. Die Blattkonstruktion der SG170 von SGRE beruht auf proprietären Profilen von SGRE.

Rotornabe

Die Nabe des Rotors ist in Gusseisen mit Kugelgraphit gegossen und über eine Flanschverbindung an die Hauptwelle des Triebstrangs montiert. Die Nabe ist lang genug, um während der Wartung der Blattwurzeln und der Pitch-Lager im Innenraum ausreichend Platz für das Instandhaltungspersonal zu bieten.

Antriebsstrang

Der Antriebsstrang ist eine hängende 4-Punkt-Konstruktion bestehend aus: Hauptwelle mit zwei Hauptlagern und Getriebe mit zwei am Hauptrahmen montierten Drehmomentstützen. Das Getriebe ist freitragend montiert; der Planetenträger ist an der Hauptwelle mit einer geschraubten Flanschverbindung angebracht und trägt das Getriebe.

Hauptwelle

Die langsam laufende Hauptwelle ist geschmiedet und überträgt das Drehmoment des Rotors auf das Getriebe und die Biegemomente über die Hauptlager und die Hauptlagergehäuse auf den Maschinenträger.

Hauptlager

Die langsam drehende Hauptwelle der Windenergieanlage wird durch zwei Kugellager gestützt. Die Lager sind fettgeschmiert.

Getriebe

Bei dem Getriebe handelt es sich um eine dreistufige Ausführung (2 Planetenstufen + 1 Stirnradstufe).

Generator

Der dreiphasige, doppelt gespeiste Asynchrongenerator mit einem Schleifringläufer ist an einen PWM-Frequenzwandler angeschlossen. Stator und Rotor des Generators bestehen beide aus lamellierten Magnetblechen und geformten Wicklungen. Der Generator ist luftgekühlt.

Mechanische Bremse

Die mechanische Bremse befindet sich auf der Abtriebsseite des Getriebes.

Windnachführungssystem

Ein gusseiserner Tragrahmen verbindet den Triebstrang mit dem Turm. Das Lager der Windnachführung besteht aus einem außen gezahnten Drehkranz mit Gleitlager. Die Windnachführung wird von einer Reihe von elektrischen Planetengetriebemotoren angetrieben.

Gondelgehäuse

Der Wetterschutz und das Gehäuse der Komponenten innerhalb der Gondel bestehen aus mit Glasfaser verstärkten Schichtverbundplatten.

Turm

Die Windenergieanlage wird standardmäßig auf einem konischen Stahlrohrturm montiert. Für größere Nabhöhhen stehen auch andere Turmbauweisen zur Verfügung. Der Aufstieg erfolgt über den Innenraum des Turms mit direktem Zugang zum Windnachführungssystem und zur Gondel. Er ist mit Plattformen und elektrischer Innenbeleuchtung ausgestattet.

Steuerung

Zur Steuerung der Windenergieanlage dient eine industrielle, mikroprozessor-gestützte Steuereinheit. Die Steuereinheit ist vollständig mit Schalteinrichtungen, Schutzvorrichtungen und Eigendiagnose ausgestattet.

Umrichter

Bei dem direkt am Rotor angeschlossenen Frequenzumrichter handelt es sich um eine 4Q-Anlage zur Gleichstromkurzkupplung mit 2 VSC an einer gemeinsamen Gleichstromverbindung. Mithilfe des Frequenzwandlers kann der Generator bei variablen Drehzahlen und Spannungen betrieben werden und gleichzeitig Strom bei einer einheitlichen Frequenz und Spannung an den Mittelspannungs-Transformator abgeben.

SCADA

Die Windenergieanlage ist mit einer Verbindung zum SGRE-SCADA-System ausgestattet. Mit diesem System sind über einen Standard-Internetbrowser die Fernsteuerung und die Ausgabe einer Vielzahl von Statusanzeigen und nützlichen Berichten möglich. Über die Statusanzeigen können u. a. Angaben zu elektrischen und mechanischen Daten, Betrieb und Fehlerstatus, Wetter- und Netzstationsdaten eingesehen werden.

Zustandsüberwachung der WEA

Zusätzlich zum SGRE-SCADA-System kann die Windenergieanlage mit der einzigartigen Einrichtung zur Zustandsüberwachung von SGRE ausgestattet werden. Über dieses System wird der Vibrationspegel der Hauptkomponenten überwacht und die tatsächlichen Vibrationsspektren mit einer Reihe von festgelegten Referenzspektren verglichen. Prüfung der Ergebnisse, eingehende Analyse und Neuprogrammierung können über einen Standard-Internetbrowser erfolgen.

Betriebsführung

Die Windenergieanlage wird automatisch betrieben. Sie wird automatisch gestartet, wenn das aerodynamische Drehmoment einen bestimmten Wert erreicht. Unter der Nennwindgeschwindigkeit legt die Steuereinheit der Windenergieanlage die Referenzen für Pitchwinkelverstellung und Drehmoment für den Betrieb bei einem optimalen aerodynamischen Punkt (Höchsterzeugung) unter der Berücksichtigung der Generatorleistung fest. Sobald die Nennwindgeschwindigkeit überschritten ist, wird der Bedarf der Pitchwinkelverstellung eingestellt, um eine stabile Stromerzeugung zum Nennwert beizubehalten.

Wenn der herabgesetzte Modus für hohe Windgeschwindigkeiten aktiviert ist, wird die Stromerzeugung begrenzt, sobald die Windgeschwindigkeit den ab Werk vorgegebenen Grenzwert überschreitet, bis die Abschaltwindgeschwindigkeit erreicht wird und die Windenergieanlage keinen Strom mehr erzeugt.

Wenn die Durchschnittswindgeschwindigkeit die Betriebshöchstgrenze erreicht, wird die Windenergieanlage durch die Pitchwinkelverstellung der Rotorblätter abgeschaltet. Wenn die Durchschnittswindgeschwindigkeit unter die Durchschnittswindgeschwindigkeit für den Neustart fällt, werden die Anlagen automatisch zurückgesetzt.

Technische Daten

Rotor

Typ	3 Rotorblätter, horizontale Achse
Position	Luvseitig
Durchmesser	170 m
Überstrichene Fläche	22.698 m ²
Leistungsregelung	Pitch- und Drehmomentregelung drehzahlvariabel
Rotorneigung	6 Grad

Rotorblatt

Typ	Selbsttragend
Blattlänge	83 m
Blattansatztiefe	4,5 m
Aerodynamisches Profil ..	Urheberrechtlich geschützte Blätter von Siemens Gamesa
Material	GFK (glasfaser-verstärkter Epoxy-Harz) – CFK (kohlenstoff-verstärkter Kunststoff)
Oberflächenglanz	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Oberflächenfarbe	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

Aerodynamische Bremse

Typ	Verdrehung des gesamten Blattes
Mechanismus	Aktiv, hydraulisch

Tragende Bauteile

Nabe	Kugelgraphitguss
Hauptwelle	Schmiedestahl
Maschinenträger	Kugelgraphitguss

Mechanische Bremse

Typ	Hydraulische Scheibenbremse
Position	Rückseite Getriebe

Gondelverkleidung

Typ	Vollständig geschlossen
Oberflächenglanz	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Farbe	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

Generator

Typ	Asynchron, DFIG
-----------	-----------------

Netzklemmen (NS)

Basis- Nennleistung	6,0 MW
Spannung	690 V
Frequenz	50 Hz

Windnachführungssystem

Typ	Aktiv
Lagerung	Außenverzahnt
Antrieb	Elektromotoren
Bremssystem	Aktive Reibungsbremse

Steuerung

Typ	Siemens Integrated Control System (SICS)
SCADA-System	SGRE-SCADA-System

Turm

Typ	Stahlrohr / Hybrid
Nabenhöhe	100 m bis 165 m, je nach Standort
Korrosionsschutz	Lackiert
Oberflächenglanz	Halbmatt, < 30 / ISO 2813
Farbe	Lichtgrau, RAL 7035 oder Weiß, RAL 9018

Betriebsdaten

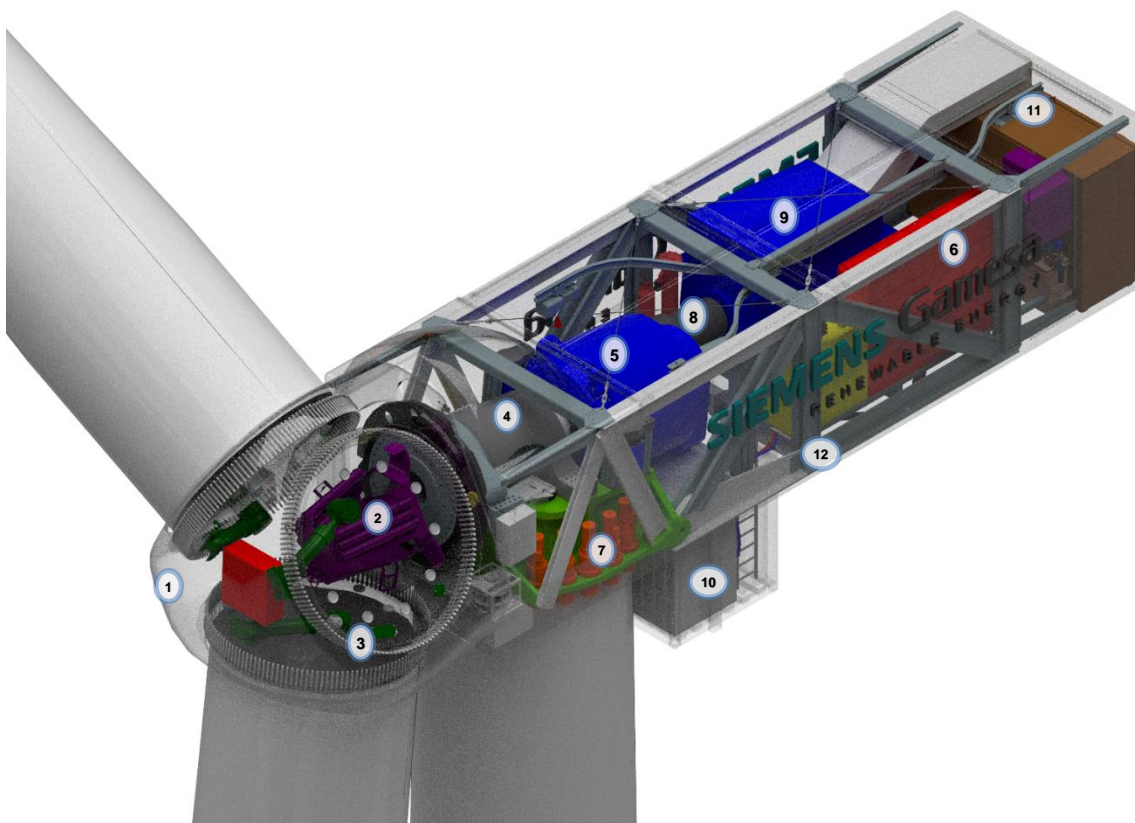
Einschaltwindgeschwindigkeit	3 m/s
Nennwindgeschwindigkeit	10,0 m/s (konstanter Wind ohne Turbulenzen gemäß IEC 61400-1)
Abschaltwindgeschwindigkeit	25 m/s
Wiederanlaufwindgeschwindigkeit	22 m/s

Gewicht

Modularer Ansatz	Alle Bauteile wiegen weniger als 80 t beim Transport
------------------	--

Aufbau der Gondel

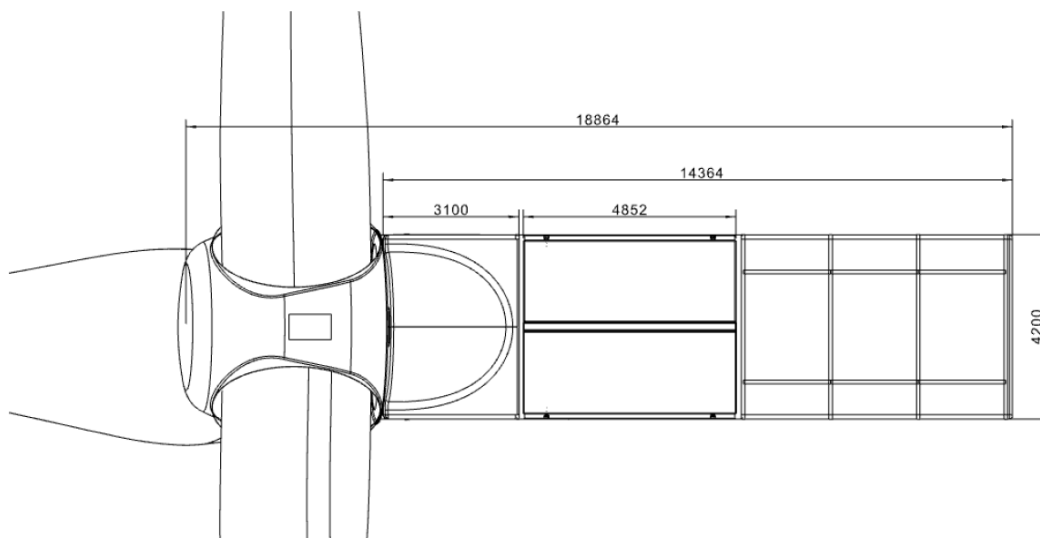
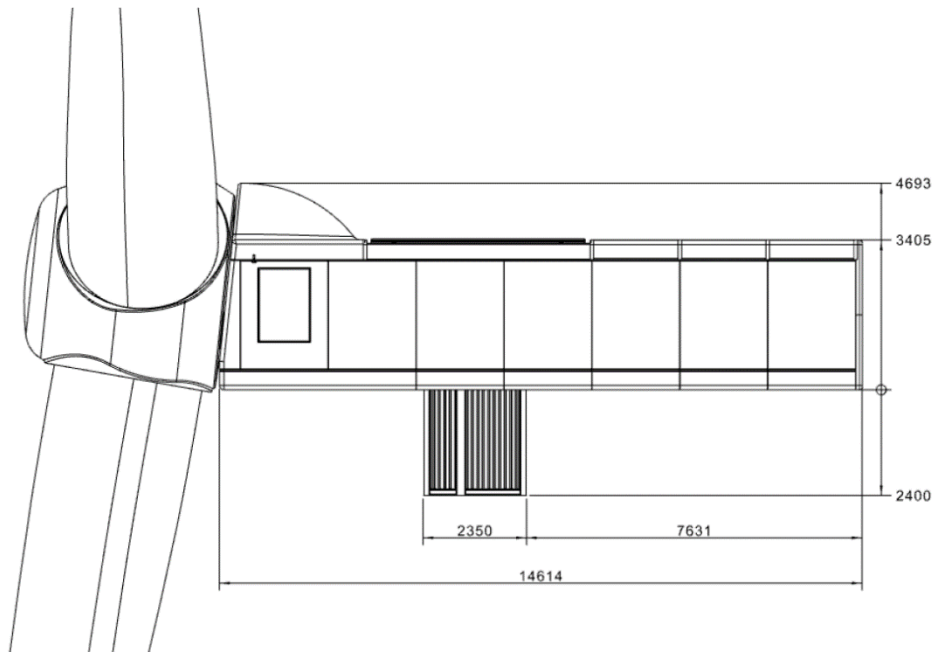
Die Angaben zu Aufbau und Einrichtung der Gondel sind vorläufig und können Änderungen im Rahmen der Produktentwicklung unterliegen.



1 Nabe	7 Windnachführungssystem
2 Pitch-System	8 Schnelle Generatorwelle
3 Rotorblattlager	9 Generator
4 Langsame Hauptwelle	10 Transformator
5 Getriebe	11 Kühlung
6 Schaltschränke	12 Maschinenträger

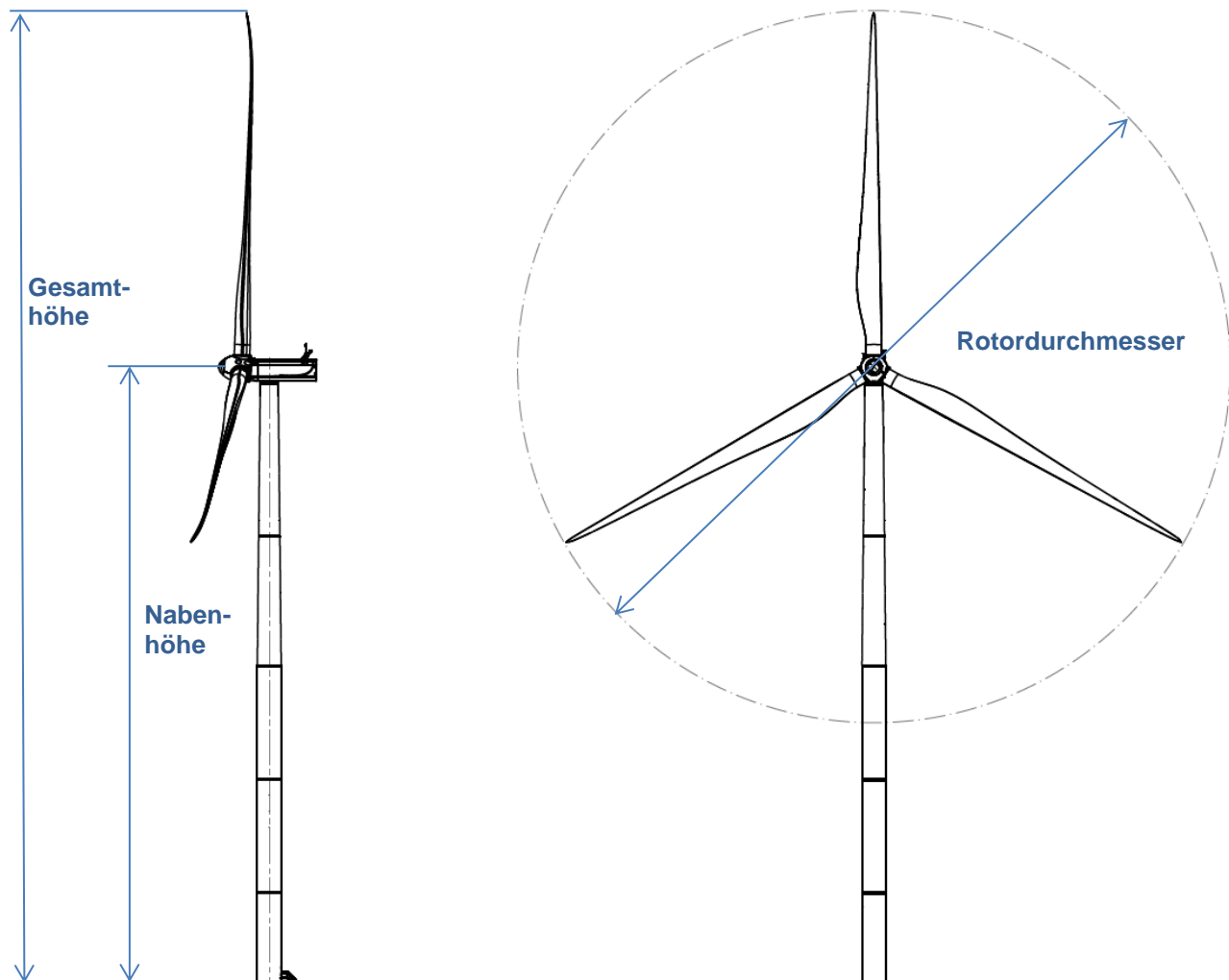
Abmessungen der Gondel

Die Angaben zu Aufbau und Abmessungen der Gondel sind vorläufig und können Änderungen im Rahmen der Produktentwicklung unterliegen.



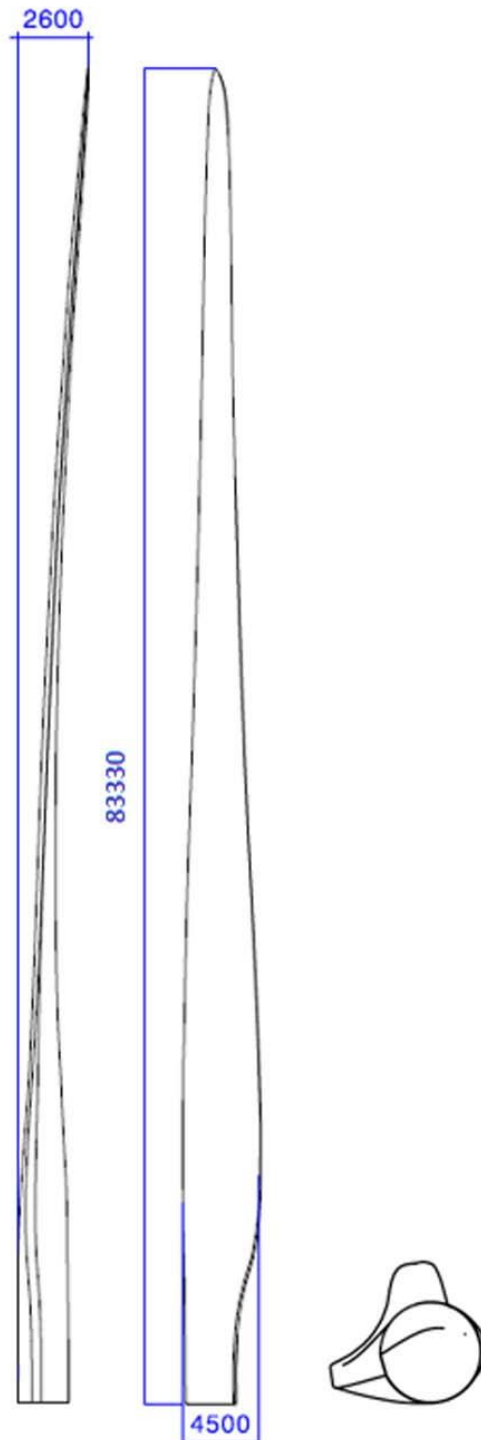
Abmessungen in Millimetern.

Hauptabmessungen der WEA



Gesamthöhe	185 m, 200 m, 220 m, 250 m, je nach Standort
Nabenhöhe	100 m, 115 m, 135 m, 165 m, je nach Standort
Rotordurchmesser	170 m

Rotorblattabmessungen



Abmessungen in Millimetern.

Klimatische Auslegungsbedingungen

Die klimatischen Auslegungsbedingungen gelten als verbindliche Bedingungen für den Betrieb der Windenergieanlage ohne zusätzliche Designprüfung. Der Einsatz der Windenergieanlage unter schwereren Wetterbedingungen kann je nach den allgemeinen Umständen möglich sein. Sollte eine standortabhängige Überprüfung erforderlich sein, wird der Kunde gebeten, das Formular „Projektspezifische klimatische Bedingungen“ auszufüllen.

Die hier angeführten Referenzen zu IEC- und ISO-Normen sind ausführlich im Dokument „Richtlinien und Normen“ beschrieben.

Die in der Tabelle genannte Design-Lebensdauer bezieht sich lediglich auf die Ermüdungslastanalyse entsprechend der aufgeführten IEC-Norm. Für die tatsächliche Design-Lebensdauer ist keine Gewährleistung oder Beschaffenheitsgarantie im Sinne der §§ 443, 444, 639 BGB vereinbart. Es wird insbesondere keine bestimmte Design-Lebensdauer zugesagt oder garantiert. Weiterführende Informationen können dem Dokument „design lifetime of wind turbine components“ entnommen werden.

Gegenstand	ID	Beschreibung	Einheit	Wert
Wind, Betrieb	0.0	Entwurfslebensdauerdefinitionen	-	IEC 61400-1 ¹
	0.1	Entwurfslebensdauer	Jahre	20 25
	1.1	Winddefinitionen	-	IEC 61400-1
	1.2	IEC-Klasse	-	IIIA IIIB
	1.3	Mittlere Luftdichte, ρ	kg/m ³	1,225 1,225
	1.4	Mittlere Windgeschwindigkeit, V_{ave}	m/s	7,5 7,5
	1.5	Weibull-Skalierungsfaktor, A	m/s	8,46 8,46
	1.6	Weibull-Formfaktor, k	-	2 2
	1.7	Höhenexponent, α	-	0,20 0,20
	1.8	Mittlere Turbulenzintensität bei 15 m/s, I_{ref}	-	0,16 0,14
	1.9	Standardabweichung der Windrichtung	Grad	8 8
	1.10	Maximale Schräganströmung	Grad	8 8
	1.11	Minimaler WEA-Abstand, innerhalb der Reihe	D	3 3
1.12	Minimaler WEA-Abstand, zwischen den Reihen	D	5 5	
Wind, extrem	2.1	Winddefinitionen	-	IEC 61400-1
	2.2	Luftdichte, ρ	kg/m ³	1,225
	2.3	Referenzwindgeschwindigkeit im Durchschnitt über 10 min in Nabenhöhe, V_{ref}	m/s	37,5
	2.4	Überlebenswindgeschwindigkeit (3-Sekunden-Böe) in Nabenhöhe, V_{e50}	m/s	52,5
	2.5	Maximales Potenzprofil in Nabenhöhe, α	-	0,11
	2.6	Sturmturbulenz	-	N/A
Temperatur	3.1	Temperaturdefinition	-	IEC 61400-1
	3.2	Minimaltemperatur auf 2 m, Stillstand, $T_{min, s}$	°C	-30
	3.3	Minimaltemperatur auf 2 m, Betrieb, $T_{min, o}$	°C	-20
	3.4	Maximaltemperatur auf 2 m, Nennbetrieb, $T_{max, o}$	°C	40 ²
	3.5	Maximaltemperatur auf 2 m, Stillstand, $T_{max, s}$	°C	50
Korrosion	4.1	Definitionen von Korrosivitätskategorie für atmosphärische Umgebungsbedingungen	-	ISO 12944-2
	4.2	Innenraumumgebung Gondel (Korrosivitätskategorie)	-	C3-H
	4.3	Äußere Umgebung (Korrosivitätskategorie)	-	C3-H
Blitzschutz	5.1	Blitzschlag- Definition	-	IEC 61400-24:2010
	5.2	Blitzschutzklasse (Lightning Protection Level, LPL)	-	LPL 1

¹Jeglicher Verweis auf IEC 61400-1 bezieht sich auf IEC 61400-1, Ausg. 3.0 2005/A1:2010.

² Die maximale Leistung kann nach einer längeren Betriebsphase nahe der maximalen Leistung limitiert sein. Die Begrenzung hängt von der Umgebungstemperatur und der Luftdichte ab wie detaillierter beschrieben im Dokument „High Temperature Ride Through Specification“.

Gegenstand	ID	Beschreibung	Einheit	Wert
Staub	6.1	Staubdefinition	-	IEC 60721-3-4:1995
	6.2	Betriebsumgebungsbedingungen	mg/m ³	Durchschnittliche Staubkonzentration (95 % der Zeit) → 0,05 mg/m ³
	6.3	Partikelkonzentration	mg/m ³	Höchste Staubkonzentration (95 % der Zeit) → 0,5 mg/m ³
Hagel	7.1	Maximaler Hagelkorndurchmesser	mm	20
	7.2	Maximale Hagelfallgeschwindigkeit	m/s	20
Eis	8.1	Eisdefinition	-	-
	8.2	Eisbedingungen	Tage/ Jahr	7
Sonnen- strahlung	9.1	Definition der Sonnenstrahlung	-	IEC 61400-1
	9.2	Intensität der Sonnenstrahlung	W/m ²	1000
Feuchtigkeit	10.1	Feuchtigkeitsdefinition	-	IEC 61400-1
	10.2	Relative Luftfeuchte	%	Bis zu 95
Hindernisse	11.1	Wenn die Höhe der Hindernisse, die sich innerhalb eines Umkreises von 500 m von einer der Windenergieanlagen befinden, 1/3 von (H – D/2, wobei H die Nabenhöhe und D der Durchmesser des Rotors ist) beträgt, können Einschränkungen zur Anwendung kommen. Weitere Informationen zur zulässigen Höhe von Hindernissen je nach Standort und Anlagentyp erhalten Sie bei Siemens Gamesa Renewable Energy.		
Niederschlag³	12.0	Jährlicher Niederschlag	mm/Jahr	1100

³ Die angegebene Niederschlagsmenge gilt für die Grundversion des standardmäßig aufgetragenen, flüssigen Rotorblattvorderkantenschutzes („Leading Edge Protection“). Für Standorte mit höherem Niederschlag und/oder einer verlängerter WEA-Laufzeit, empfiehlt es sich den optional erhältlichen, verstärkten Vorderkantenschutz zu berücksichtigen.

Standardleistungskurve, Betriebsmodus 1

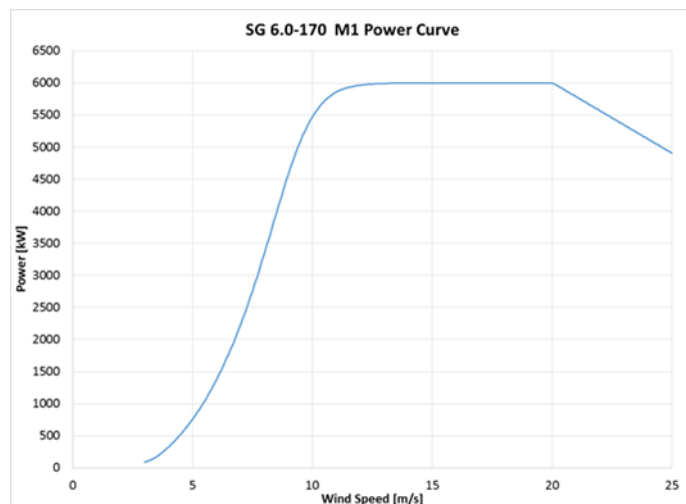
Luftdichte 1,225 kg/m³
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Die nächste Tabelle zeigt die elektrische Leistung [kW] in Abhängigkeit von der horizontalen Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe, gemittelt über 10 Minuten, für eine Luftdichte = 1,225 kg/m³. In der Leistungskurve sind Verluste im Transformator und in den Hochspannungskabeln nicht enthalten. Die Leistungskurve gilt für die Standardausführung der Windenergieanlage.

SG 6.0-170 Rev 0, Betriebsmodus 1	
Windgeschw. [m/s]	Leistung [kW]
3.0	89
3.5	176
4.0	325
4.5	520
5.0	756
5.5	1039
6.0	1375
6.5	1772
7.0	2232
7.5	2760
8.0	3350
8.5	3976
9.0	4582
9.5	5097
10.0	5476
10.5	5720
11.0	5861
11.5	5934
12.0	5970
12.5	5987
13.0	5994
13.5	5998
14.0	5999
14.5	6000
15.0	6000
15.5	6000



16.0	6000
16.5	6000
17.0	6000
17.5	6000
18.0	6000
18.5	6000
19.0	6000
19.5	6000
20.0	6000
20.5	5898
21.0	5788
21.5	5678
22.0	5568
22.5	5458
23.0	5348
23.5	5237
24.0	5128
24.5	5017
25.0	4907

Die Daten für jährliche Stromerzeugung für andere jährliche mittlere Windgeschwindigkeiten auf Nabenhöhe werden mithilfe der Leistungskurve errechnet. Dabei werden eine Windgeschwindigkeitsverteilung nach Weibull, 100 % Verfügbarkeit und keine Abzüge aufgrund von Reihenverlusten, Netzverlusten oder sonstigen externen Faktoren angenommen, die sich auf die Erzeugung auswirken könnten.

AEP [MWh]		Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe										
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Weibull K	1,5	12456	14777	16985	19045	20932	22633	24143	25463	26597	27556	28349
	2,0	11420	14213	16981	19646	22160	24492	26628	28557	30276	31783	33079
	2,5	10324	13350	16477	19574	22546	25330	27893	30223	32319	34188	35836

Tabelle: Jahreserzeugung [MWh] der Standardwindenergieanlage SG 6.0-170 Rev 0, Betriebsmodus 1 in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe sowie bei unterschiedlichen Weibull-Parametern. Luftdichte 1,225 kg/m³

Standard-Ct-Kurve, Betriebsmodus 1

Luftdichte 1,225 kg/m³
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	5% $\frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$ < TI ₁ < 12% $\frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Der Schubkoeffizient Ct wird zur Berechnung des Windgeschwindigkeitsdefizits im Nachlauf der Windenergieanlage herangezogen.

Ct wird durch folgende Gleichung bestimmt:
Ct = F / (0,5*ad*w²*A)

wobei

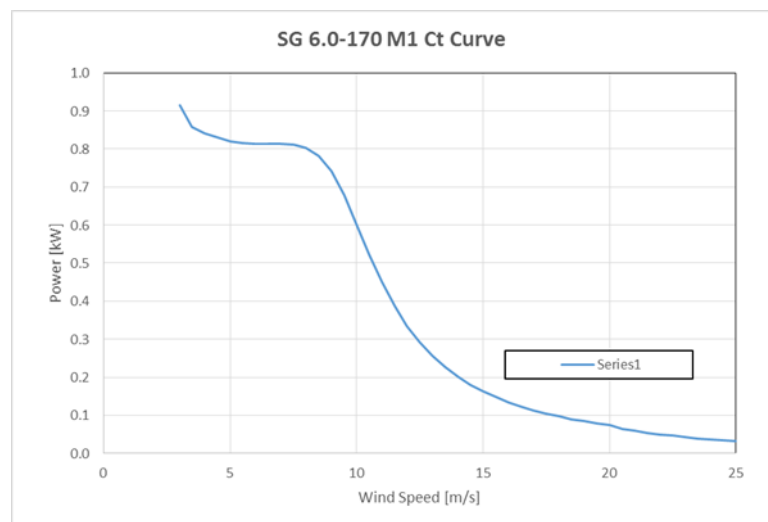
F = Rotorkraft [N]

ad = Luftdichte [kg/m³]

w = Windgeschwindigkeit [m/s]

A = Überstrichene Fläche des Rotors [m²]

SG 6.0-170, Rev 0, Betriebsmodus 1	
Windgeschw. [m/s]	C _T [-]
3.0	0.914
3.5	0.859
4.0	0.841
4.5	0.830
5.0	0.821
5.5	0.816
6.0	0.814
6.5	0.813
7.0	0.813
7.5	0.811
8.0	0.803
8.5	0.783
9.0	0.742
9.5	0.679
10.0	0.602
10.5	0.523
11.0	0.450
11.5	0.387
12.0	0.334
12.5	0.291
13.0	0.256



13.5	0.227
14.0	0.202
14.5	0.181
15.0	0.163
15.5	0.148
16.0	0.134
16.5	0.123
17.0	0.113
17.5	0.104
18.0	0.097
18.5	0.090
19.0	0.084
19.5	0.079
20.0	0.075
20.5	0.064
21.0	0.059
21.5	0.054
22.0	0.050
22.5	0.046
23.0	0.043
23.5	0.039
24.0	0.037
24.5	0.034
25.0	0.032

Leistungskurve, Luftdichte, Betriebsmodus 1

Luftdichte 1,225 kg/m³
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	$5\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Die nachstehende Tabelle zeigt die elektrische Leistung [kW] in Abhängigkeit von der horizontalen Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe, gemittelt über 10 Minuten, für verschiedene Luftdichten [kg/m³]. In der Leistungskurve sind Verluste im Transformator und in den Hochspannungskabeln nicht enthalten. Die Leistungskurve gilt für die Standardausführung der Windenergieanlage.

P [kW]	Luftdichte [kg/m ³]								
	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
Windgeschwindigkeit [m/s]									
3.0	89	75	77	80	82	85	87	90	93
3.5	176	143	149	155	161	167	173	179	185
4.0	325	269	279	289	300	310	320	330	341
4.5	520	437	452	467	482	497	512	527	543
5.0	756	642	663	684	704	725	746	767	787
5.5	1039	887	915	942	970	998	1025	1053	1080
6.0	1375	1178	1214	1250	1286	1322	1357	1393	1429
6.5	1772	1521	1567	1612	1658	1703	1749	1794	1840
7.0	2232	1920	1977	2034	2091	2147	2204	2261	2317
7.5	2760	2378	2448	2517	2587	2656	2726	2795	2864
8.0	3350	2893	2976	3060	3143	3226	3309	3391	3473
8.5	3976	3451	3549	3646	3742	3837	3930	4022	4112
9.0	4582	4024	4133	4239	4342	4441	4536	4627	4714
9.5	5097	4570	4680	4784	4881	4973	5057	5135	5207
10.0	5476	5042	5140	5230	5310	5382	5447	5504	5556
10.5	5720	5407	5483	5551	5608	5658	5701	5738	5770
11.0	5861	5659	5712	5756	5793	5824	5850	5871	5889
11.5	5934	5816	5849	5876	5897	5914	5928	5940	5949
12.0	5970	5906	5925	5940	5951	5960	5967	5973	5977
12.5	5987	5954	5964	5972	5977	5982	5985	5988	5990
13.0	5994	5978	5983	5987	5990	5992	5994	5995	5996
13.5	5998	5990	5992	5994	5995	5996	5997	5998	5998
14.0	5999	5995	5996	5997	5998	5998	5999	5999	5999
14.5	6000	5998	5998	5999	5999	5999	5999	6000	6000
15.0	6000	5999	5999	5999	6000	6000	6000	6000	6000
15.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
16.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000

17.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
17.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
18.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
18.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
19.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
19.5	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
20.0	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
20.5	5898	5898	5898	5898	5898	5898	5898	5898	5898	5898
21.0	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788	5788
21.5	5678	5678	5678	5678	5678	5678	5678	5678	5678	5678
22.0	5568	5568	5568	5568	5568	5568	5568	5568	5568	5568
22.5	5458	5458	5458	5458	5458	5458	5458	5458	5458	5458
23.0	5348	5348	5348	5348	5348	5348	5348	5348	5348	5348
23.5	5237	5237	5237	5237	5237	5237	5237	5237	5237	5237
24.0	5128	5128	5128	5128	5128	5128	5128	5128	5128	5128
24.5	5017	5017	5017	5017	5017	5017	5017	5017	5017	5017
25.0	4907	4907	4907	4907	4907	4907	4907	4907	4907	4907

Die Daten für jährliche Stromerzeugung für andere jährliche mittlere Windgeschwindigkeiten auf Nabenhöhe werden mithilfe der Leistungskurve errechnet. Dabei werden eine Windgeschwindigkeitsverteilung nach Rayleigh, 100 % Verfügbarkeit und keine Abzüge aufgrund von Reihenverlusten, Netzverlusten oder sonstigen externen Faktoren angenommen, die sich auf die Erzeugung auswirken könnten.

AEP [MWh], wenn $k = 2$		Jahresdurchschnitt der Windgeschwindigkeit [m/s] in Nabenhöhe										
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Luftdichte [kg/m³]	1,06	10099	12714	15354	17940	20415	22742	24896	26862	28630	30193	31551
	1,09	10350	13002	15670	18274	20759	23089	25241	27201	28961	30514	31861
	1,12	10596	13283	15976	18597	21090	23423	25572	27526	29277	30820	32155
	1,15	10837	13556	16273	18908	21409	23742	25889	27836	29578	31111	32434
	1,18	11073	13824	16562	19210	21717	24051	26193	28134	29866	31389	32701
	1,21	11306	14085	16843	19503	22015	24348	26486	28419	30143	31655	32956
	1,225	11420	14213	16981	19646	22160	24492	26628	28557	30276	31783	33079
	1,24	11534	14341	17117	19788	22303	24635	26768	28694	30408	31910	33200
	1,27	11758	14590	17384	20063	22582	24912	27040	28958	30662	32154	33434

Tabelle: Jahreserzeugung [MWh] der Standardwindenergieanlage SG 6.0-170, Betriebsmodus 1 in Abhängigkeit von der Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe sowie bei unterschiedlichen Luftdichten unter Berücksichtigung der Rayleigh-Windgeschwindigkeitsverteilung.

Ct-Kurve, Luftdichte, Betriebsmodus 1

Luftdichte 1,225 kg/m³
Geltungsbereich

Windscherung (Durchschn. 10 min)	≤ 0,3
Turbulenzstärke TI [%] für bin I	5% $\frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1} < TI_1 < 12\% \frac{(0,75 v_1 + 5,6)}{v_1}$
Gelände	Nicht komplex gemäß IEC 61400-12-1
Aufwind β [°]	-2° ≤ β ≤ +2°
Netzfrequenz [Hz]	± 0,5 Hz

Sonstige Annahmen: Saubere Rotorblätter, ungehinderte Luftströmung, Anlagenbetrieb innerhalb der normalen Grenzwerte gemäß den elektrotechnischen Daten.

Der Schubkoeffizient Ct wird zur Berechnung des Windgeschwindigkeitsdefizits im Nachlauf der Windenergieanlage herangezogen.

Ct wird durch folgende Gleichung bestimmt:
Ct = F / (0,5*ad*w²*A)

wobei

F = Rotorkraft [N]

ad = Luftdichte [kg/m³]

w = Windgeschwindigkeit [m/s]

A = Überstrichene Fläche des Rotors [m²]

C _T [-]	Luftdichte [kg/m ³]								
	1,225	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24	1,27
Windgeschwindigkeit [m/s]									
3.0	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914	0.914
3.5	0.859	0.859	0.859	0.859	0.859	0.859	0.859	0.859	0.859
4.0	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841	0.841
4.5	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830
5.0	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821	0.821
5.5	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816	0.816
6.0	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814	0.814
6.5	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813
7.0	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813	0.813
7.5	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811	0.811
8.0	0.803	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.804	0.803	0.803
8.5	0.783	0.787	0.787	0.787	0.786	0.785	0.784	0.782	0.780
9.0	0.742	0.756	0.755	0.753	0.751	0.748	0.744	0.740	0.734
9.5	0.679	0.709	0.706	0.701	0.696	0.690	0.683	0.675	0.666
10.0	0.602	0.649	0.643	0.635	0.627	0.618	0.608	0.597	0.586
10.5	0.523	0.581	0.572	0.562	0.551	0.540	0.529	0.517	0.505
11.0	0.450	0.512	0.501	0.490	0.479	0.467	0.456	0.444	0.433
11.5	0.387	0.447	0.436	0.425	0.414	0.403	0.392	0.382	0.372
12.0	0.334	0.390	0.379	0.368	0.358	0.348	0.339	0.330	0.322
12.5	0.291	0.340	0.330	0.321	0.312	0.304	0.295	0.288	0.280
13.0	0.256	0.299	0.290	0.282	0.274	0.266	0.259	0.253	0.246

13.5	0.227	0.264	0.256	0.249	0.242	0.236	0.229	0.224	0.218
14.0	0.202	0.234	0.228	0.221	0.215	0.210	0.204	0.199	0.195
14.5	0.181	0.210	0.204	0.198	0.193	0.188	0.183	0.179	0.174
15.0	0.163	0.188	0.183	0.178	0.174	0.169	0.165	0.161	0.157
15.5	0.148	0.170	0.166	0.161	0.157	0.153	0.149	0.146	0.142
16.0	0.134	0.155	0.150	0.146	0.143	0.139	0.136	0.133	0.130
16.5	0.123	0.141	0.137	0.134	0.130	0.127	0.124	0.121	0.119
17.0	0.113	0.130	0.126	0.123	0.120	0.117	0.114	0.111	0.109
17.5	0.104	0.119	0.116	0.113	0.111	0.108	0.105	0.103	0.101
18.0	0.097	0.111	0.108	0.105	0.103	0.100	0.098	0.096	0.093
18.5	0.090	0.103	0.101	0.098	0.096	0.093	0.091	0.089	0.087
19.0	0.084	0.097	0.094	0.092	0.090	0.087	0.085	0.084	0.082
19.5	0.079	0.091	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080	0.079	0.077
20.0	0.075	0.086	0.083	0.081	0.079	0.077	0.076	0.074	0.072
20.5	0.064	0.073	0.071	0.069	0.067	0.066	0.064	0.063	0.062
21.0	0.059	0.067	0.065	0.063	0.062	0.061	0.059	0.058	0.057
21.5	0.054	0.061	0.060	0.058	0.057	0.056	0.054	0.053	0.052
22.0	0.050	0.056	0.055	0.054	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048
22.5	0.046	0.052	0.051	0.050	0.048	0.047	0.046	0.045	0.045
23.0	0.043	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041
23.5	0.039	0.044	0.043	0.042	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038
24.0	0.037	0.041	0.040	0.039	0.038	0.038	0.037	0.036	0.036
24.5	0.034	0.038	0.037	0.037	0.036	0.035	0.034	0.034	0.033
25.0	0.032	0.036	0.035	0.034	0.033	0.033	0.032	0.031	0.031

Standard-Schallemission

Schallleistungspegel (L_{WA}):

In der nachstehenden Tabelle ist der Schallleistungspegel gemäß IEC 61400-11 angegeben.

Beim Nachweis des angegebenen Schallleistungspegels muss eine Messunsicherheit von 1.5 dB berücksichtigt werden.

SG 6.0-170	
Windgeschwindigkeit	L_{WA}
[m/s]	[dB(A)]
3.0	92.0
3.5	92.0
4.0	92.0
4.5	92.2
5.0	94.5
5.5	96.5
6.0	98.4
6.5	100.2
7.0	101.8
7.5	103.3
8.0	104.7
8.5	105.5
9.0	105.5
9.5	105.5
10.0	105.5
10.5	105.5
11.0	105.5
11.5	105.5
12.0	105.5
12.5	105.5
13.0	105.5
13.5	105.5
14.0	105.5
14.5	105.5
15.0	105.5
15.5	105.5
16.0	105.5
16.5	105.5
17.0	105.5
17.5	105.5
18.0	105.5
18.5	105.5
19.0	105.5
19.5	105.5
20.0	105.5
20.5	105.5
21.0	105.5
21.5	105.5

22.0	105.5
22.5	105.5
23.0	105.5
23.5	105.5
24.0	105.5
24.5	105.5
25.0	105.5

Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen der Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallreduzierung ausgestattet sind.

Schallreduzierter Betrieb

Der schallreduzierte Betrieb (**Noise Reduction System**, NRS) ist eine optionale Funktion, welche mit der Standard-SCADA-Konfiguration erhältlich ist und somit für seinen Betrieb die Ausstattung mit einem SGRE-SCADA-System erfordert.

Das System dient dazu, die Schallemission durch den Betrieb von Windenergieanlagen zu mindern, um so die örtlichen Vorschriften für Schallemissionen einzuhalten. Dadurch können Windparks in der Nähe von städtebaulich erschlossenen Bereichen angesiedelt werden, da die durch diese entstehenden Auswirkungen auf die Umwelt eingedämmt werden können.

Die Lärmbekämpfung wird durch die Reduzierung der Wirkleistung und Drehzahl der Windenergieanlage erreicht. Diese Reduzierung steht in Abhängigkeit zur Windgeschwindigkeit:

Das NRS übernimmt die Aufgabe, die Lärmeinstellung für die einzelnen Windenergieanlagen zu steuern und sie jederzeit auf ein angemessenes Maß zu begrenzen, um die Schallemissionen im Rahmen der zulässigen Grenzwerte zu behalten.

Zu diesem Zweck berücksichtigt die SCADA-Steuereinheit die Windgeschwindigkeit der verschiedenen Windenergieanlagen und einen konfigurierten Zeitplan bzw. Kalender.

Abgesehen vom Vollbetriebsmodus können bis zu 8 weitere schallreduzierte Betriebsmodi eingerichtet werden. Folgende Schalleistungspegel entsprechen den jeweiligen Modi:

Modus:	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Schalleistungspegel [dB(A)]	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0

Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen der Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallreduzierung ausgestattet sind.

Je nach der gewählten Bauart des Turms könnten einige der o. a. schallreduzierten Betriebsmodi nicht kompatibel sein. Umsetzbare schallreduzierte Betriebsmodi für bestimmte Turmbauweisen werden auf Anfrage untersucht.

Die nachstehende Tabelle zeigt die Erzeugung als Funktion aus der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene schallreduzierte Betriebsmodi.

P [kW]	Schallreduzierte Betriebsmodi					
Windgeschwindigkeit [m/s]	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3,0	89	88	89	89	89	89
3,5	176	175	176	176	176	176
4,0	325	325	325	325	325	325
4,5	520	519	520	520	520	520
5,0	756	756	756	756	756	756
5,5	1038	1038	1038	1038	1038	1038
6,0	1373	1373	1373	1373	1372	1369
6,5	1768	1768	1768	1764	1754	1740
7,0	2227	2222	2218	2202	2167	2125
7,5	2749	2722	2708	2660	2582	2494
8,0	3316	3238	3207	3109	2976	2817
8,5	3893	3733	3677	3519	3328	3073

9,0	4430	4171	4087	3871	3629	3260
9,5	4884	4528	4417	4160	3876	3384
10,0	5231	4795	4665	4385	4073	3463
10,5	5470	4979	4840	4553	4224	3514
11,0	5621	5096	4955	4673	4335	3547
11,5	5708	5164	5028	4753	4410	3568
12,0	5754	5202	5070	4804	4458	3582
12,5	5778	5221	5094	4834	4487	3590
13,0	5790	5231	5107	4851	4503	3595
13,5	5795	5236	5114	4861	4511	3597
14,0	5798	5238	5117	4865	4516	3599
14,5	5799	5239	5119	4868	4518	3599
15,0	5800	5240	5119	4869	4519	3600
15,5	5800	5240	5120	4869	4520	3600
16,0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
16,5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
17,0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
17,5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
18,0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
18,5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
19,0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
19,5	5800	5240	5120	4870	4520	3600
20,0	5800	5240	5120	4870	4520	3600
20,5	5721	5208	5105	4870	4520	3600
21,0	5637	5172	5081	4870	4520	3600
21,5	5553	5137	5057	4870	4520	3600
22,0	5469	5101	5033	4870	4520	3600
22,5	5385	5066	5009	4870	4520	3600
23,0	5301	5030	4985	4870	4520	3600
23,5	5217	4995	4961	4870	4520	3600
24,0	5134	4959	4936	4870	4520	3600
24,5	5051	4924	4912	4870	4520	3600
25,0	4967	4888	4888	4870	4520	3600

Die nachstehende Tabelle zeigt den Ct-Wert als Funktion der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene schallreduzierte Betriebsmodi. Die berechneten Ct-Kurvendaten gelten für saubere Rotorblätter, horizontale, ungehinderte Luftströmung, normale Turbulenzintensität und normale Windscherung.

Ct [-] Windgeschwindigkeit [m/s]	Schallreduzierte Betriebsmodi					
	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3,0	0,953	0,963	0,953	0,953	0,953	0,953
3,5	0,880	0,886	0,880	0,880	0,880	0,880
4,0	0,847	0,850	0,847	0,847	0,847	0,847
4,5	0,828	0,829	0,828	0,828	0,828	0,828
5,0	0,824	0,824	0,824	0,824	0,824	0,824
5,5	0,828	0,828	0,828	0,828	0,827	0,825
6,0	0,833	0,833	0,832	0,830	0,824	0,815
6,5	0,836	0,833	0,830	0,822	0,803	0,784
7,0	0,835	0,822	0,815	0,795	0,762	0,732
7,5	0,825	0,795	0,782	0,750	0,706	0,666
8,0	0,799	0,750	0,734	0,691	0,641	0,593

8,5	0,754	0,691	0,674	0,626	0,575	0,519
9,0	0,694	0,625	0,606	0,559	0,510	0,448
9,5	0,625	0,556	0,538	0,494	0,451	0,385
10,0	0,553	0,489	0,472	0,434	0,396	0,330
10,5	0,484	0,427	0,412	0,381	0,348	0,285
11,0	0,420	0,371	0,359	0,334	0,306	0,247
11,5	0,365	0,323	0,313	0,293	0,270	0,215
12,0	0,318	0,283	0,274	0,258	0,238	0,189
12,5	0,278	0,248	0,241	0,228	0,210	0,167
13,0	0,245	0,219	0,213	0,202	0,186	0,148
13,5	0,217	0,195	0,190	0,180	0,166	0,132
14,0	0,194	0,174	0,170	0,161	0,149	0,119
14,5	0,174	0,156	0,152	0,145	0,134	0,107
15,0	0,157	0,141	0,138	0,131	0,121	0,097
15,5	0,142	0,128	0,125	0,118	0,110	0,088
16,0	0,129	0,116	0,114	0,108	0,100	0,081
16,5	0,118	0,106	0,104	0,099	0,092	0,074
17,0	0,109	0,098	0,096	0,091	0,084	0,068
17,5	0,100	0,091	0,088	0,084	0,078	0,063
18,0	0,093	0,084	0,082	0,078	0,073	0,059
18,5	0,087	0,078	0,077	0,073	0,068	0,055
19,0	0,081	0,073	0,072	0,068	0,064	0,052
19,5	0,076	0,069	0,068	0,064	0,060	0,049
20,0	0,072	0,065	0,064	0,061	0,056	0,046
20,5	0,062	0,056	0,055	0,053	0,049	0,040
21,0	0,057	0,052	0,052	0,049	0,046	0,038
21,5	0,053	0,049	0,048	0,046	0,043	0,036
22,0	0,049	0,046	0,045	0,044	0,041	0,034
22,5	0,045	0,043	0,042	0,041	0,038	0,032
23,0	0,042	0,040	0,040	0,039	0,036	0,030
23,5	0,039	0,038	0,037	0,037	0,034	0,029
24,0	0,037	0,035	0,035	0,035	0,033	0,027
24,5	0,034	0,033	0,033	0,033	0,031	0,026
25,0	0,032	0,032	0,032	0,031	0,029	0,025

In der nachstehenden Tabelle werden die Schalleistungspegel als Funktion aus der gemessenen horizontalen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe für verschiedene schallreduzierte Betriebsmodi aufgeführt.

Schalleistungs- pegel [dB(A)]	Schallreduzierte Betriebsmodus					
Windgeschwindig- keit [m/s]	M2	M3	M4	M5	M6	M7
3,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0
4,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0	92,0
5,0	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
6,0	98,4	98,4	98,4	98,4	98,4	98,4
7,0	101,8	101,8	101,8	101,0	100,0	99,0
8,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
9,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
10,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
11,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
12,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
13,0	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0
Bis zur Abschaltung	104,5	103,0	102,0	101,0	100,0	99,0

Die im vorliegenden Dokument angegebenen Werte der Schalleistungspegel entsprechen einer Windenergieanlage, die mit am Rotorblatt angebrachten Vorrichtungen zur Schallreduzierung ausgestattet ist.

Elektrische Kenndaten

Nennleistung und Netzbedingungen

Nennleistung	6000 kW
Nennspannung.....	690 V
Leistungsfaktorkorrektur....	Frequenzumrichtersteuerung
Leistungsfaktorbereich	0,9 kapazitiv bis 0,9 induktiv bei ausgeglichener Nennspannung

Generator

Typ	DFIG, asynchron
Maximale Leistung	6150 kW
Nennzahl.....	1120 U/min – 6 p

Generatorschutz

Isolationsklasse.....	Stator F/H Rotor F/H
Wicklungstemperaturen	6 Pt 100-Sensoren
Lagertemperaturen.....	3 Pt 100-Sensoren
Schleifringe	1 Pt 100-Sensoren
Erdungsbürste.....	Seitlich, keine Kopplung

Generatorkühlung

Kühlung.....	Luftkühlung
Interne Lüftung.....	Luft
Regelparameter	Wicklungs-, Luft- und Lagertemperatur

Frequenzumrichter

Betrieb.....	4Q-B2B-Teillast
Schaltung	PWM
Schaltfrequenz, Rotor- und Netzseite	2,5 kHz
Kühlung.....	Flüssigk./Luft

Hauptstromkreisschutz

Kurzschlusschutz	Leitungsschalter
Überspannungsableiter	Varistoren

Spitzenleistungsniveau

10 min. Durchschnitt	Begrenzt auf Nennleistung
----------------------------	---------------------------

Netzanforderungen

Nennnetzfrequenz	50 Hz
Minimale Spannung	85 % der Nennspannung
Maximale Spannung	113 % der Nennspannung
Minimale Frequenz	94 % der Nennfrequenz
Maximale Frequenz	106 % der Nennfrequenz
Maximale Spannungsasymmetrie (Gegenspannung der Komponenten).	≤5 %
Max. Kurzschlussstrom an Netzklemmen der Steuerung (690 V)	67 kA

Leistungsverbrauch vom Netz (ungefähr)

Im Standby-Betrieb ohne Windnachführung.....	10 kW
Im Standby-Betrieb mit Windnachführung.....	41 kW

Absicherung der Steuerung

Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) der Steuerung	Online-USV, Li-Batterie
Reservezeit.....	1 min
SCADA-USV-Reservezeit..	24 h

Anforderungen Transformator

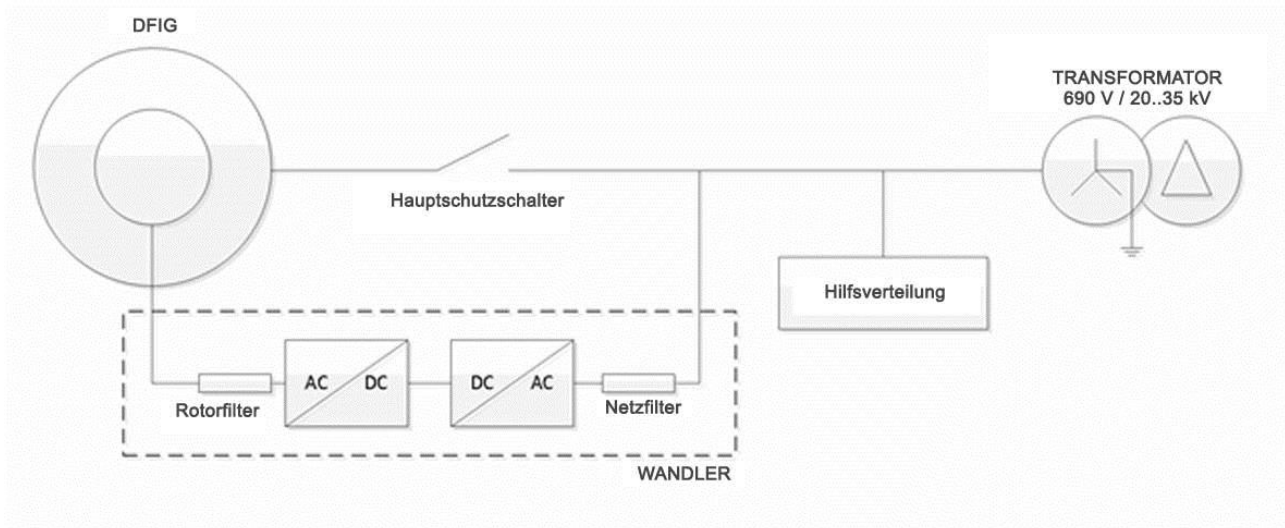
Anforderung	
Transformatorimpedanz.....	8,0 % - 10,5%
Sekundärspannung.....	690 V
Schaltgruppe.....	Dyn 11 oder Dyn 1 (sternförmige Erdung)

Erdungsanforderungen

Erdungssystem	Gemäß IEC 62305-3 Ausg. 1.0:2006
Fundamentbewehrung.....	Ist an Erdungselektroden anzuschließen
Anschlussklemmen am Fundament.....	Gemäß SGRE-Standard
HS-Anschluss	Der HS-Leitungsschirm ist an die Erdung anzuschließen

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

Ersatzschaltbild



Technische Daten des Transformators 30 kV*, ECO

Transformator

Typ	Flüssigkeitsgefüllt
Nennleistung	7200 kVA bei Nennspannung +/-10 %
Nennspannung	33 / 0,69 kV
Frequenz	50 Hz
Transformatorimpedanz	10,6%
Verlust ($P_0 / P_{n120^\circ C}$).....	3,5 / 113,5 kV
Schaltgruppe	Dyn11
Umsteller	+/- 2 x 2,5%
Auslegungsnorm	IEC 60076 ECO-Design-Richtlinie

Transformator Kühlung

Kühlsystem.....	KFWF
Kühlflüssigkeitsklasse.....	K
Kühlflüssigkeit im Wärmetauscher	Glysantin

Transformatorüberwachung

Flüssigkeitstemperatur	PT100-Sensor
Ölstandssensor	Digitaler Eingang
Überdruckrelais.....	Digitaler Eingang

Transformatorerdung

Sternförmig	Der Sternpunktanschluss des Transformators muss an die Erdung angeschlossen werden
-------------------	--

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

*Beispiel für einen Transformator 30 kV, ECO. Für andere Mittelspannungstransformatoren wenden Sie sich bitte an SGRE.

Technische Daten Schaltanlage

Bei der Schaltanlage handelt es sich um eine fabrikfertige, typgeprüfte und wartungsfreie Mittelspannungsschaltanlage mit einem Einfachsammschienensystem. Die Anlage ist metallgekapselt, metallverkleidet und gasisoliert und entspricht den Bestimmungen der IEC 62271-200.

Der Anlagenbehälter der gasisolierten Schaltanlage 8DJH ist nach IEC als hermetisch abgeschlossenes Drucksystem („sealed pressure system“) ausgelegt. Im Schaltanlagenbehälter ist das Sammelschienensystem und diverse Schalteinheiten verbaut (ein Vakuum-Leistungsschalter, ein Dreistellungs-Trennschalter und Erdung). Der Behälter ist werkseitig mit Schwefelhexafluorid (SF₆) befüllt. Dieses Gas ist ungiftig, chemisch reaktionsträge und weist eine hohe Durchschlagfestigkeit auf. Gasarbeiten vor Ort sowie ein Wiederauffüllen sind nicht erforderlich, da der Behälter eine Gasdichtigkeit über die gesamte Lebensdauer aufweist. Zur Überwachung der Gasmenge verfügt jeder Anlagenbehälter über eine Betriebsbereitschaftsanzeige auf der Bedienoberfläche. Hierbei handelt es sich um eine mechanische, selbstüberwachende Rot/Grün-Anzeige, die unabhängig von Temperatur- und Luftdruckschwankungen arbeitet.

Die an der Schaltanlage angeschlossenen Mittelspannungskabel werden über gießharzisierte Durchführungen mit der Schaltanlage verbunden. Die Durchführungen sind nach EN 50181 mit Außenkonus und Schraubanschluss M16 vom Anschlusstyp „C“ mit 630 A Nennstrom ausgeführt. Der Kabelanschlussraum ist von vorne zugänglich. Mithilfe einer mechanischen Verriegelung wird sichergestellt, dass der Kabelanschlussraum nur dann geöffnet werden kann, wenn sich der Dreistellungs-Schalter in der Schaltstellung „Geerdet“ befindet.

Der Leistungsschalter ist in Vakuum-Schalttechnik ausgeführt und ist zusammen mit dem Dreistellungs-Lastschalter im Anlagenbehälter installiert und somit vor Umgebungseinflüssen geschützt. Das Steuergerät des Leistungsschalters ist außerhalb des Anlagenbehälters angebracht. Beide Schalter und die Betätigungsmechanismen sind wartungsfrei.

Es sind Abschließvorrichtungen vorhanden, mit denen der Betrieb der Schaltanlage bei offenem und geschlossenem Trennschalter, bei offenem und geschlossenem Erdungsschalter sowie bei offenem Leistungsschalter verhindert werden kann.

Sowohl im Ringkabel- als auch im Leistungsschalterfeld stehen kapazitive Spannungsprüfsysteme zur Verfügung. An der Vorderseite der Schaltanlage können steckbare Anzeigegeräte angeschlossen werden.

Die Schaltanlage ist mit einem Schutzrelais ausgestattet, das den WEA-Transformator vor zu hohen Strömen, Kurzschlüssen und Erdschlüssen schützen soll. Das Relais sorgt dafür, dass beim Auftreten einer Störung im Transformator oder in der Mittelspannungsanlage der WEA die Verbindung zum Transformator getrennt wird. Das Relais ist so einstellbar, um eine Trennschärfe zwischen dem Niederspannungs-Haupttrennschalter und dem Leistungsschalter in der Übergabestation zu erzielen.

Bei dem Schutzrelais handelt es sich um ein Relais mit Überstromschutz, für das keine äußere Energieversorgung erforderlich ist. Es wird direkt über Stromwandler mit Energie versorgt, welche bereits in den Durchführungen innerhalb des Leistungstrennschalters verbaut sind und daher ideal für den Einsatz in Windenergieanlagen geeignet ist.

Die Schaltanlage kann auch durch Fehlersignale der Transformatorschutzgeräte und WEA-Steuerung getrennt werden.

Die Schaltanlage besteht aus zwei oder mehr Schaltanlagenfeldern⁴; Einem Leistungsschalterfeld zum Anschluss des Transformators der WEA mit Erdungsschalter sowie einem oder mehreren Ringkabelfeldern⁵ mit Lasttrennschalter und Erdungsschalter.

⁴ Bis zu vier Schaltanlagenfeldern.

⁵ Zu den möglichen Konfigurationen von Leistungsschalter- und Ringkabelfeldern nehmen Sie bitte Kontakt zu SGRE auf.

Die Schaltanlage kann vor Ort an der Vorderseite oder mithilfe einer tragbaren Fernbedienung (ausschließlich Lasttrennschalter), die an der Steuerbox angeschlossen wird, welche sich bei der Eingangsebene der WEA befindet, bedient werden.

Leistungskabel von der Übergabestation und/oder zwischen den einzelnen WEA müssen innerhalb der Durchführung im Netzzuleitungsgehäuse der Schaltanlage installiert werden. Diese Durchführungen bilden die Schnittstelle/den Netzanschlusspunkt der WEA. Ein paralleler Anschluss der Leistungskabel ist möglich, wenn diese hintereinander installiert werden. Je nach Kabelabschluss können in diesem Kabelanschlussraum bis zu drei Leistungskabelsätze angeschlossen werden.

Die Kabel des Transformators sind am Boden des Leitungsschalters installiert. Der Kabelanschlussraum ist von der Vorderseite erreichbar. Ein mechanisches Verriegelungssystem stellt sicher, dass die Abdeckung des Kabelanschlussraumes nur entfernt werden kann, wenn der Dreistellungsschalter auf Erdung steht.

Optional kann die Schaltanlage mit einem Überspannungsableiter geliefert werden, welcher zwischen der Schaltanlage und dem WEA-Transformator an den abgehenden Durchführungen des Leitungsschalters installiert ist.

Technische Daten der Schaltanlage

Schaltanlage

Hersteller	Noch nicht festgelegt
Typ	Noch nicht festgelegt
Bemessungs-Spannung	10,5 – 36 kV
Betriebsspannung	10,5 – 35 kV (Um 40,5 kV)
Bemessungs-Betriebsstrom der Sammelschiene	630 A
Bemessungs-Kurzzeitstrom	20 kA/1s
Bemessungs-Stoßstrom	50 kA
Bemessungs-Kurzzeit- Stehwechselspannung	70 kV
Stehblitzstoßspannung	170 kV
Isolationsmedium	SF ₆
Switching medium	Vakuum
Bestehend aus	2/3/4 Schaltfeldern
Ringkabelfeld	Lasttrennschalter
Leistungsschalterfeld	Leistungsschalter
Schutzklasse des Behälters	IP65
Störlichtbogenqualifikation nach IAC	A FLR 20 kA 1s
Druckentlastung	nach oben
Auslegungsnorm	IEC 62271
Temperaturbereich	-25°C bis +45°C

Ringkabelfeld

Bemessungs-Betriebsstrom, Schaltfeld	630 A
Bemessungs-Betriebsstrom, Leistungsschalter	630 A
Bemessungs-Kurzzeitstrom	20 kA/1s
Kurzschlusseinschaltstrom	50 kA/1s
Dreistellungs-Lasttrennschalter (Positionen)	geöffnet, geschlossen, geerdet
Schaltmechanismus	Federantrieb
Steuerung	Lokal
Spannungserkennungssystem	Kapazitativ

Leistungsschalterfeld

Bemessungs-Betriebsstrom, Feld	630 A
Bemessungs-Betriebsstrom, Schalter	630 A
Bemessungs-Kurzzeitstrom	20 kA/1s
Bemessungs-Kurzschluss- einschaltstrom	50 kA/1s
Bemessungs-Kurzschluss- ausschaltstrom	20 kA/1s
Dreistellungslasttrennschalter (Positionen)	geöffnet, geschlossen, geerdet
Schaltmechanismus	Federantrieb
Auslösemechanismus	Gespeicherte Energie
Steuerung	Lokal
Spule für externe Auslösung	24 V DC
Spannungserkennungssystem	Kapazitiv

Schutzrelais

Überspannungsrelais	Selbstversorgend
Funktionen	50/51 50N/51N
Stromversorgung	Integrierte Strom- wandlerversorgung

Anschluss der Mittelspannungskabel

Ringkabelfeld	630 A-Durch- führungen, Typ C, M16-Schraubkontakt Max. 3 Leistungs- kabelsysteme von unten
Kabeleinführung	von unten
Größe der Kabelklemme (Kabelaußendurchmesser) ⁶	26 – 38 mm 36 – 52 mm 50 – 75 mm
Leistungsschalterfeld	630 A-Durch- führungen, Typ C, M16-Schraubkontakt von unten
Kabeleinführung	von unten
Schnittstelle zur Turbinensteuerung	
Leistungsschalterstatus	1 Schließkontakt
SF ₆ -Überwachung	1 Schließkontakt
Externe Auslösung	24 V DC

Alle Daten unterliegen Toleranzen gemäß IEC.

Beispiel für eine 36-kV-Schaltanlage. Für andere Mittelspannungsvarianten oder andere Erdungssysteme wenden Sie sich an SGRE.

⁶ Kabelklemmen sind nicht im Lieferumfang der Schaltanlage.

Vorläufige Fundamentlasten

Auf Anfrage sind genauere Informationen zu den Fundamentlasten erhältlich.

Turmabmessungen

Die SG 6.0-170 wird mit einem umfassenden Turm-Portfolio von 100 m bis 165 m. Alle Türme werden gemäß der lokalen Logistikanforderungen entwickelt.

Auf Anfrage sind auch Informationen zu weiteren Turmhöhen erhältlich.

Fundamentauslegung

Auf Anfrage sind genauere Informationen zu den Fundamentlasten erhältlich.

Vorläufige technische Daten zur Netzverträglichkeit, 50 Hz

Allgemeines

Im vorliegenden Dokument wird die Netzverträglichkeit der Windenergieanlage SG 6.0-170, 50 Hz beschrieben. Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) stellt den Bauplanungsunternehmen technische Angaben zur Windenergieanlage für die den Entwurf des Windparks und die Bewertung der zu erfüllenden Anforderungen bereit. Das Bauplanungsunternehmen trägt die Verantwortung dafür, die Anforderungen zu beurteilen und die Einhaltung durch den Windpark zu gewährleisten.

Die im vorliegenden Dokument beschriebene Leistungsfähigkeit beruht auf der Annahme, dass das entwickelte Stromnetz mit dem Betrieb der Windenergieanlage kompatibel ist. SGRE stellt ein Dokument mit entsprechender Anleitung für die Durchführung der Bewertung der Netzwerkkompatibilität bereit.

Fault Ride Through (FRT)-Kapazität

Die Windenergieanlage kann auch bei kurzzeitigen Spannungseinbrüchen im Verbindungsübertragungssystem oberhalb oder unterhalb der Unterspannungsgrenze betrieben werden, und zwar innerhalb eines Zeitraums gemäß Abbildung 1. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-170, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 70 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p.u.).

Um dies zu leisten, wird angenommen, dass die installierte Anzahl von Windenergieanlagen im angemessenen Verhältnis zur Festigkeit des Netzes steht, d. h., dass das Kurzschlussverhältnis (S_k/S_n) und das X/R-Verhältnis des Netzes an den Transformatoranschlüssen der Windenergieanlage angemessen sein muss.

Die Bewertung der FRT-Kapazität der Windenergieanlage in einem bestimmten System muss auf Simulationsstudien mit dem jeweiligen Netzwerkmodell und einem dynamischen Modell der Windenergieanlage von SGRE in PSS/E beruhen. Bei diesem Modell handelt es sich um ein reduziertes Modell für ausgeglichene Simulationen mit Zeitintervallen von 4 – 10 ms.

Die Standardspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-170, 50 Hz wird in Abbildung 1. Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-170, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 70 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p.u.). dargestellt.

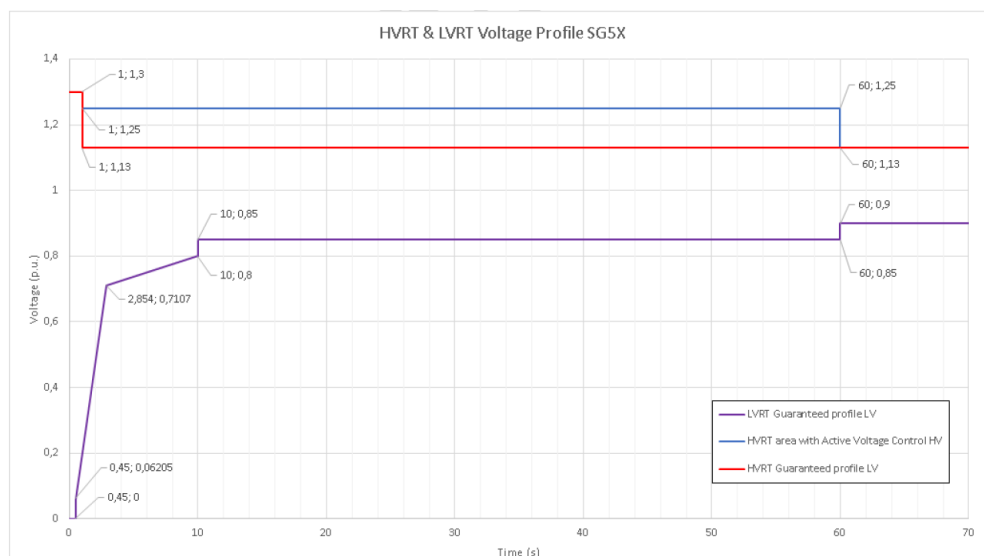


Abbildung 1: Unterspannungsgrenzen für die Windenergieanlage SG 6.0-170, 50 Hz in einem Bereich von 0 – 70 Sekunden. Die Nennspannung beträgt 690 V (z. B. 1 p.u.).

Leistungsfaktorkapazität (Blindleistung)

Die Windenergieanlage kann in einem großen Leistungsfaktorbereich auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage betrieben werden. Weitere Angaben finden Sie im Kapitel Blindleistungskapazität. Der Steuermodus für die Windenergieanlage erfolgt mit Blindleistungssollwerten.

Kapazität der Überwachungssteuerung und Datenerfassung (SCADA).

Das SGRE-SCADA-System ist je nach Konfiguration des SCADA-Systems in der Lage, Anleitungen vom Anbieter des Übertragungssystems zu übertragen und zu empfangen, um das System zuverlässiger zu machen. Die projektspezifischen SCADA-Anforderungen müssen für deren Entwicklung im Detail festgelegt werden.

Frequenzkapazität

Die Windenergieanlage kann in einem Frequenzbereich zwischen 47 Hz und 53 Hz betrieben werden.

Spannungskapazität

Der Betriebsspannungsbereich der Windenergieanlage liegt zwischen 85 % und 113 % der Nennspannung auf der Niederspannungsseite des Transformators der Windenergieanlage. Die Spannung kann für 60 ms bis zu 130 % betragen. Die Zielspannung der Windenergieanlage sollte zur Unterstützung der optimalen Leistung innerhalb der Betriebsgrenzen zwischen 95 % und 105 % verbleiben.

Flimmern und Oberschwingungen

Die Werte für Flimmern und Oberschwingungen werden im Messberichtsatz für Stromqualität gemäß IEC 61400-21, Ausgabe 2 angegeben.

Blindleistung – Spannungssteuerung

Die Steuereinheit des Windparks kann in 4 verschiedenen Modi betrieben werden:

- Q-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung der Blindleistung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Blindleistungssollwert.
- V-Steuerung – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Spannungssollwert.
- V-Q-Statik – Hier erfolgt die Steuerung der Spannung am Verbindungspunkt über ein voreingestelltes Verhältnis zwischen Spannung und Blindleistung.
- Leistungsfaktor-(Cosphi)-Steuerung – In diesem Modus erfolgt die Steuerung des Leistungsfaktors am Verbindungspunkt in Übereinstimmung mit einem Leistungsfaktorsollwert.

Das SCADA-System erhält die Rückmeldung bzw. die gemessenen Werte je nach betriebenem Steuermodus vom entsprechenden Verbindungspunkt. Die Steuereinheit des Windparks vergleicht dann die gemessenen Werte mit den Zielstufen und berechnet den Blindleistungssollwert. Abschließend wird der Blindleistungssollwert an jede einzelne Windenergieanlage gesendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und erzeugen die für die Windenergieanlage erforderliche Blindleistung dem entsprechend.

Frequenzüberwachung

Die Frequenzsteuerung wird vom SCADA-System gemeinsam mit der Steuereinheit der Windenergieanlage verwaltet. Die Frequenzsteuerung des Windparks erfolgt über das SCADA-System, das die Wirkleistungssollwerte an die einzelnen Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen versendet. Die Steuereinheiten der verschiedenen Windenergieanlagen antworten auf den letzten Sollwert aus dem SCADA-System und behalten diese Wirkleistung bei.

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

Blindleistungsregelungsvermögen, 50 Hz

Allgemeines

In diesem Dokument wird das Blindleistungsregelungsvermögen (Leistungsfaktor) der Windenergieanlage (WEA) vom Typ SG 6.0-170, 50 Hz während der Produktion von Wirkleistung beschrieben. WEA vom Typ SG 6.0-170 sind mit einem B2B Teillast-Frequenzumrichter ausgestattet, der einen Betrieb der WEA in einem breiten Leistungsfaktorbereich ermöglicht.

Die Grenzen der erzeugten oder konsumierten Blindleistung hängen von einer Vielzahl an Parametern ab. Einige davon können nicht in einer generellen Weise berücksichtigt werden, da sie vollständig von den Standort- und Netzbedingungen abhängen.

Unter anderem hängt das Blindleistungsregelungsvermögen bei gegebenen Betriebsbedingungen von der aktuellen Wirkleistung, den internen Temperaturen von WEA-Komponenten, der Umgebungstemperatur, den Netzbedingungen (Spannungslevel, Frequenzwert, etc.) und die thermische Trägheit der Teilsysteme. Somit ist auch die Betriebszeit, in welcher ungünstige Bedingungen vorherrschen, ein Parameter den es zu berücksichtigen gilt.

Ein Blindleistungsregelungsalgorithmus schätzt fortlaufend das aktuell verfügbare Blindleistungsregelungsvermögen ein. Damit wird eine Optimierung des Regelungsvermögen in günstigen Netz- und Umgebungsbedingungen ermöglicht.

Kurven der Blindleistungsgrenzen

Die geschätzten Blindleistungsgrenzen der WEA auf der Niederspannungsseite des WEA-Transformators werden in nachfolgenden Abbildungen gezeigt.

Abbildung 1 zeigt das Blindleistungsregelungsvermögen in Abhängigkeit von der Wirkleistung auf der Niederspannungs(NS-)seite des WEA-Transformators bei unterschiedlichen Spannungen zwischen 0,85 p.u. und 1,12 p.u an den Niederspannungsklemmen. Die Referenzumgebungstemperatur entspricht dem Maximalwert der Anlagenkonfiguration. Das Regelungsvermögen erhöht sich mit abnehmender Umgebungstemperatur.

Bei einem Spannungslevel zwischen 112% und 113% sowie zwischen 85% und 86% geht der Blindleistungsregler in die Sättigung und limitiert die Blindleistungsbereitstellung und -aufnahme um ein Abschalten der WEA durch Auslösen des Spannungsschutzes zu vermeiden.

Abbildung 3 beinhaltet das Blindleistungsregelungsvermögen bei Windstille (QwP0).

Das SCADA-System kann Spannungssollwerte in einem Bereich von 0,92 p.u. bis 1,08 p.u an die WEA weiterleiten. Der Windpark sollte so ausgelegt sein, dass die Spannungssollwerte der WEA während des Dauerbetriebs zwischen 0,95 p.u. und 1,05 p.u. gehalten werden.

In den Abbildungen und Tabellen gilt, dass sie unter der Annahme ermittelt wurden, dass die Spannungen zwischen den Phasen symmetrisch sind und dass Netzfrequenz und Komponentenwerte dem Nennwert entsprechen. Wenn die Spannungen nicht symmetrisch sind, verringert sich das Blindleistungsregelungsvermögen. Toleranzen der Komponenten werden in den dargestellten Kurvenparametern nicht berücksichtigt. Stattdessen unterliegen die Werte in den Abbildungen und Tabellen einer allgemeinen Toleranz von $\pm 5\%$ der Nennleistung.

Die in diesem Dokument dargestellten Blindleistungsregelungsvermögen bezieht die Einwirkung der WEA-Hilfssysteme, der Drossel und der eingesetzten Filter mit ein.

Das in diesem Dokument beschriebene Blindleistungsregelungsvermögen ist innerhalb der Grenzen, definiert in den „*klimatischen Auslegungsbedingungen*“, gültig.

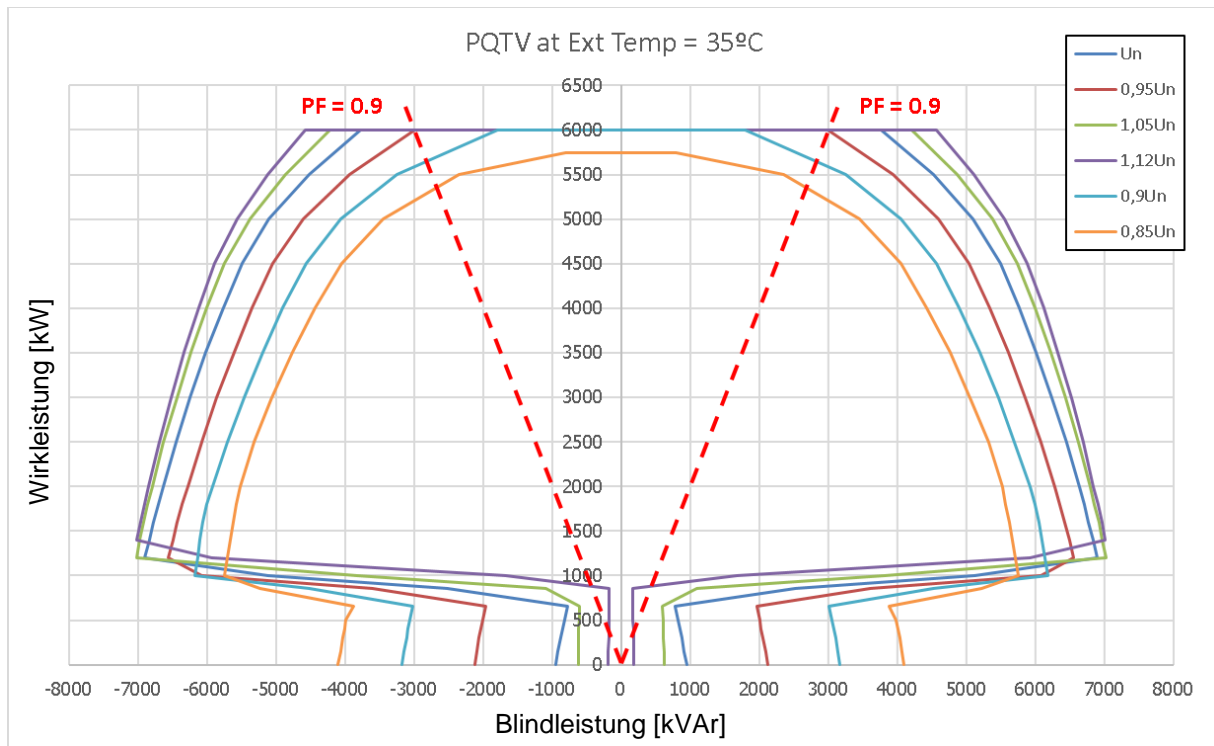


Abbildung 1: Kurven der Blindleistungsgrenzen (50 Hz) an der Niederspannungsseite des WEA-Transformators bei 35 °C Umgebungstemperatur

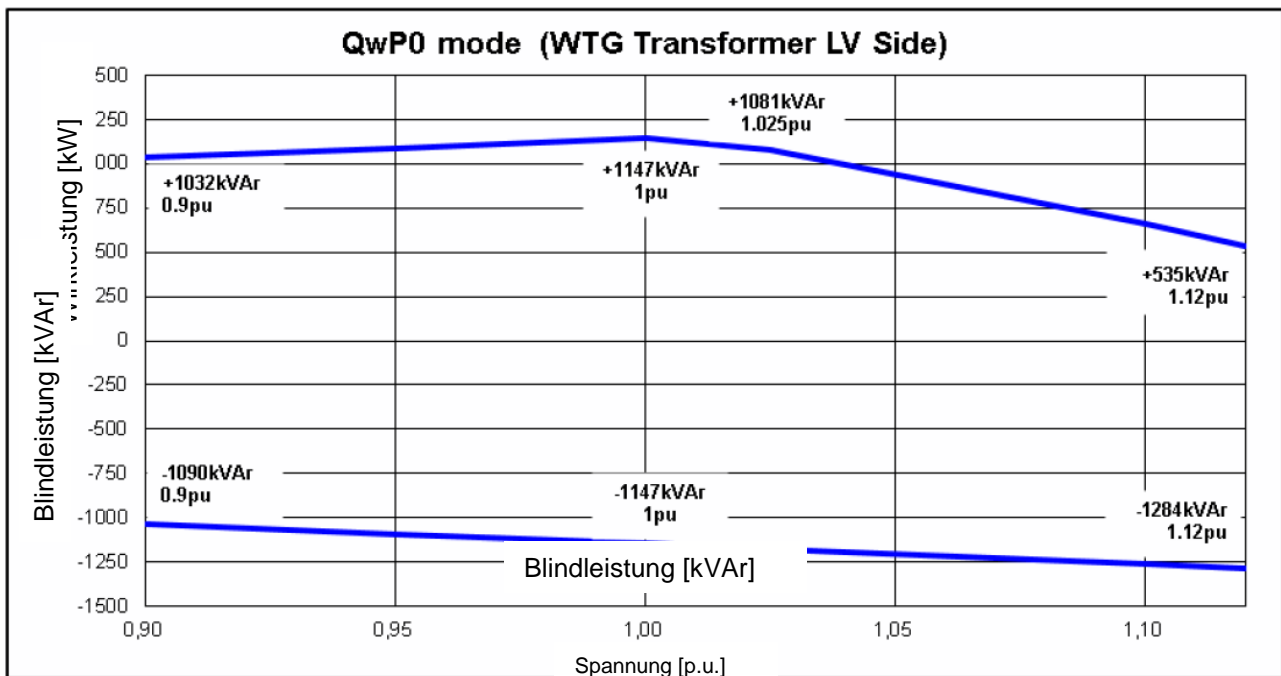


Abbildung 3: Blindleistungsregelungsvermögen bei Windstille (QwP0)

Alle Daten unterliegen den Toleranzen gemäß IEC.

Beschreibung des SCADA-Systems

Einleitung

Dies ist eine allgemeine Beschreibung des SGRE-SCADA-Systems.

Das SGRE-SCADA-System dient der Überwachung, Datenerfassung und Steuerung sowie zur Erstellung von Berichten zur Windparkperformance.

Hauptmerkmale

Das SCADA-System weist folgende Hauptmerkmale auf:

- Online-Überwachung und -Steuerung über Internetzugang;
- Datenerfassung und Speicherung von Daten in einer Verlaufsdatenbank;
- Lokale Speicherung von Daten in der Windenergieanlage, wenn die Verbindung unterbrochen ist, und Übertragung in die Verlaufsdatenbank, sofern es möglich ist;
- Standortsunabhängiger Systemzugriff über Standard-Internetbrowser; es sind keine spezielle Client-Software oder Lizenzen erforderlich;
- Benutzern werden individuelle Benutzernamen und Kennwörter zugewiesen, und der Administrator kann für zusätzliche Sicherheit jedem Benutzernamen ein Benutzerniveau zuweisen;
- Es kann eine E-Mail-Funktion konfiguriert werden, damit auf Alarme sowohl für die Windenergieanlage als auch für Umspannwerke schneller reagiert werden kann;
- Schnittstelle zu Windpark-Pilotfunktionen zur besseren Steuerung des Windparks und Fernsteuerung, z. B. von MW / Spannung / Frequenz / Steigerungsrate;
- Leistungskurvenszenarien und Effizienzberechnungen mit Druck- und Temperaturkorrektur (Druck- und Temperaturkorrektur sind nur bei Ausstattung mit dem SGRE-MET-System verfügbar);
- In der Steuereinheit der Windenergieanlage integrierte Bedingungsüberwachung über einen eigenen Server;
- Ethernet-gestütztes System mit kompatiblen Schnittstellen (OPC XML / IEC 60870-5-104 / Modbus-TCP);
- Virenschutzlösung;
- Datensicherung und Wiederherstellung.

Hardware der Windenergieanlage

Die Komponenten innerhalb der Windenergieanlage werden über eine individuelle, lokale Steuereinheit der Windenergieanlage (STC) überwacht und gesteuert. Die STC kann die Windenergieanlage unabhängig vom SCADA-System betreiben, und der Anlagenbetrieb kann, beispielsweise bei Schäden an den Verbindungskabeln, auf autonome Weise fortgeführt werden.

Ein Anlagenschnittstellencomputer (STIC) in der Turmbasis verwaltet die Schnittstelle zwischen STC und dem zentralen SCADA-Server. Die Daten der Anlage werden hier vorübergehend gespeichert. Sollte die Verbindung zum zentralen Server vorübergehend unterbrochen sein, werden die Daten im STIC gespeichert und bei nächster Gelegenheit an den SCADA-Server übermittelt. Der STIC gilt als Teil der Windenergieanlage.

Verbindungsnetzwerk im Windpark

Das Verbindungsnetzwerk im Windpark ist mithilfe von Glasfaserkabeln herzustellen. Der optimale Aufbau des Netzwerks hängt normalerweise von der Anordnung innerhalb des Windparks ab. Sobald die Anordnung entschieden ist, legt SGRE die Mindestanforderungen für den Netzwerkaufbau fest.

Die Lieferung, Installation und Ausführung des Verbindungsnetzwerks sind vom Auftraggeber zu übernehmen.

SCADA-Serversteuerung

Die zentrale SCADA-Serversteuerung von SGRE wird für gewöhnlich im Umspannwerk des Windparks oder im Steuerungsgebäude untergebracht.

Die Serversteuerung umfasst u. a. Folgendes:

- Der Server wird mit einer Standardfestplattenredundanz (RAID) konfiguriert, um auch bei Festplattenstörung die Weiterführung des Betriebs zu gewährleisten. Netzwerkausstattung. Hierzu gehören alle erforderlichen Schalter und Medienwandler.
- USV-Datensicherung zur Gewährleistung einer sicheren Abschaltung der Server bei Stromausfall.

Für große Windparks bzw. optional kann auch eine virtuelle SCADA-Lösung geliefert werden.

Auf dem SCADA-Server werden die Daten online in einem Internetservice dargestellt und gleichzeitig in einer SQL-Datenbank gespeichert. Von dieser SQL-Datenbank aus können eine Vielzahl von Berichten erstellt werden.

Der Auftraggeber erhält eine „Client“-Verbindung zum SCADA-System über Internet mittels einer P2P- TCP/IP VPN-Verbindung.

Netzmessstation

Zum SCADA-System gehört eine GMS, die sich in einer bzw. in mehreren GMS-Steuerungen oder in einer SCADA- Serversteuerung befindet. Normalerweise befindet sich die GMS im Umspannwerk des Windparks oder im Steuerungsgebäude.

Kern der GMS stellen ein PQ-Messgerät und das HPPP dar. Das HPPP der GMS kann für fast beliebige Anordnungen für den Netzanschluss skaliert werden. Das HPPP der GMS erfordert Spannungs- und Stromsignale aus VT und CT, die dem PCC des Windpark angepasst sind, um seine Steuerfunktionen frei zu schalten.

Die GMS-Schnittstellen zu den SGRE-SCADA-Servern und -Anlagen erfolgt über ein LAN-Netzwerk.

Das HPPP kann auf Anfrage in einer höchst verfügbaren (HA) Ausführung mit einer redundanten Servercluster-Konfiguration geliefert werden.

Anmerkung: In kleineren SGRE-SCADA-Systemen (normalerweise mit weniger als 10 Anlagen) und in einer Windenergieanlagen untergebrachten SGRE-SCADA-Systemen werden die GMS-Komponenten (HPPP / GMS) auf andere Weise angeordnet.

Signalaustausch

Signalaustausch und Verbindungen online mit Drittsystemen, wie z. B. Steuerungssysteme des Umspannwerks, Fernsteuerungen bzw. Instandhaltungssysteme, sind sowohl vom Modul als auch von der SGRE-SCADA-Serversteuerung aus möglich. Für Verbindungen zu Anlagen Dritter stehen kompatible Schnittstellen mit Modbus-TCP, IEC 60870-5-104 und OPC XML als Option zur Verfügung.

SGRE-SCADA-Software

Die normale SGRE-SCADA-Benutzerschnittstelle stellt die Verlaufsdaten online dar. Die Bildschirmanzeige kann an individuelle Anforderungen des Kunden angepasst werden.

Verlaufsdaten werden in einer MS-SQL-Datenbank als statistische Werte gespeichert und können direkt auf dem Bildschirm angezeigt oder zur Verarbeitung in MS Access oder Excel über einer ODBC-Verbindung exportiert werden.

Die SGRE-SCADA-Software dient zudem als Benutzerschnittstelle zu den HPPP-Funktionen.

Virenschutzlösung

Eine Virenschutzlösung kann im Rahmen des Service Agreements (SA) angeboten werden. In einem solchen Fall wird eine Antivirus-Clientsoftware auf allen MS-Windows-gestützten Komponenten im SCADA-System und in den WEA installiert.

Die Virenschutzlösung beruht auf einem Antivirusprodukt eines Drittanbieters. Aktualisierungen der Antivirus-Clientsoftware und der Pattern-Dateien erfolgt automatisch über zentrale Server von SGRE.

Datensicherung und Wiederherstellung

Zur Wiederherstellung eines gestörten SCADA-Systems oder einer Komponente bietet das SGRE-SCADA-System eine Datensicherung der Konfigurationsdateien und der Dateien zu grundlegenden Erzeugungsdaten. Für die größeren Komponenten werden sowohl für die Konfiguration als auch für die ausgewählten Erzeugungsdaten automatisch regelmäßig Datensicherungen erstellt. Die Datensicherungsdateien werden sowohl lokal am Serverstandort als auch in den SGRE-Servern für Datensicherungsspeicherung gespeichert.

Normen und Richtlinien

Die Windenergieanlage wird gemäß folgenden Normen und Richtlinien entworfen und von einem externen Zertifizierungsorgan zugelassen:

- Betriebsdokument: OD-501, Type Certification Scheme (Typenzulassungsschema)
- OD501-T01 Type Certificate & Provisional Type Certificate template Wind Turbine (Typenzulassung und provisorisches Typenzulassungsformular für Windenergieanlage)
- IEC 61400-1:2019, Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen
- IEC 61400-4:2012, Windenergieanlagen – Teil 4: Auslegungsanforderungen für Getriebe von Windenergieanlagen
- IEC 61400-11:2006, Windenergieanlagen – Teil 11: Schallmessverfahren
- IEC 61400-12:2005, Windenergieanlagen – Teil 12: Messung des Leistungsverhaltens einer Windenergieanlage
- IEC 61400-13:2015, Windenergieanlagen – Teil 13: Messung von mechanischen Lasten
- IEC 61400-21:2008, Windenergieanlagen – Teil 21: Messung und Bewertung der Netzverträglichkeit von netzgekoppelten Windenergieanlagen
- IEC 61400-22:2010, Windenergieanlagen – Teil 22: Konformitätsprüfung und Zertifizierung
- IEC 61400-23:2014, Windenergieanlagen – Teil 23: Rotorblätter – Experimentelle Strukturprüfung
- IEC 61400-24:2010, Windenergieanlagen – Teil 24: Blitzschutz
- DIBt – Richtlinie für Windenergieanlagen – Oktober 2012, korrigierte Fassung März 2015
- VDI 2230 Blatt 1:2015-11, Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen – Zylindrische Einschraubenverbindungen (Schraubenberechnungen)
- ISO 898-1:2013, Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen – Regelgewinde und Feingewinde
- EN 10029:2010, Warmgewalztes Stahlblech von 3 mm Dicke an – Grenzabmaße und Formtoleranzen
- EN 10083-1:2006, Vergütungsstähle – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen (Hauptwelle)
- EN 1563:2011, Gießereiwesen – Gusseisen mit Kugelgraphit
- EN 10025-1:2004, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen
- EN 10025-2:2004, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Baustähle
- EN 10025-3:2004, Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen – Teil 3: Technische Lieferbedingungen für normalgeglühte / normalisierend gewalzte schweißgeeignete Feinkornbaustähle
- EN 1993-1-8:2005, Berichtigung 1:2009: Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten
- EN 1999, Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken
- ISO 16281:2008 + Korr. 1:2009, Wälzlager – Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer – Berechnung der modifizierten nominellen Referenz-Lebensdauer für Wälzlager
- ISO 281:2007, Wälzlager – Dynamische Tragzahlen und nominelle Lebensdauer
- ISO 76:2006, Wälzlager – Statische Tragzahlen
- DNV-DS-J102:2010, Design and Manufacture of Wind Turbine Blades, Offshore and Onshore Wind Turbines
- OD-501-2. Ausg.1.0, Conformity Assessment and Certification of wind turbine gearboxes by RECB (Konformitätsbewertung und Zulassung von Getrieben von Windenergieanlagen nach RECB)

- EN 61000-6-2:2005, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche
- EN 61000-6-4:2007, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche
- EN 60204-1:2006 (+ Berichtigung 1:2010), Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- EN 61439 Beiblatt 1:2014, Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen. Allgemeine Festlegungen
- EN 61439 Beiblatt 2:2011, Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen. Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen
- IEC 60076-16:2018, Leistungstransformatoren – Teil 16: Transformatoren für Windenergieanlagen-Anwendungen
- 2014/35/EU Niederspannungsrichtlinie
- 2014/30/EU EMV-Richtlinie
- ISO 9001:2015 Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen

Optionale Funktionen

Siemens Gamesa Renewable Energy (SGRE) bietet folgende optionale Funktionen für die SG 6.0-170 an, damit Sie Ihren Windpark durch eine höhere Leistung und verbesserte Anpassung an die Umwelt unter Einhaltung der rechtlichen Vorschriften und im Rahmen der unterstützten Netzstabilität optimieren können.

Leistungsdrosselung bei hoher Temperatur (auch Leistungsbegrenzung aufgrund externer Umgebungstemperaturen und Höhe bekannt)

Die Lüftungen und Kühlungen sind darauf ausgelegt, einen Betrieb der WEA bei Nennleistung bis zu einer bestimmten externen Nennumgebungstemperatur und einer gewissen Höhe zu ermöglichen. Bei Standorten in einer Höhe von mehr als 1000 m über dem Meeresspiegel beeinträchtigt die geringere Luftdichte die Lüftungsleistung der Anlagenkomponenten, wodurch die maximale Betriebstemperatur bei Nennleistung reduziert wird. Diese maximale Umgebungstemperatur kann jedoch durch die Senkung der gelieferten Leistung erhöht werden.

Unter Berücksichtigung der einzelnen Komponentenanforderungen bei Temperaturen in unterschiedlichen Höhenlagen und deren Wärmeabgabe bei verschiedenen Leistungsbegrenzungen werden mehrere Leistungstemperaturkurven erstellt. Diese Kurven legen die Vorgaben für die verschiedenen Konfigurationen der Windenergieanlagen SG 6.0-170 unter Gewährleistung der Integrität aller Komponenten fest.

Das Steuerungssystem passt unter Berücksichtigung des angegebenen Anlagentyps dynamisch die maximal zulässige Leistung als Funktion der Bauteiltemperatur an.

Eiserkennungssystem

Zur SG 6.0-170 gehört standardmäßig ein Eiserkennungssystem. Dieses System ist erforderlich, damit die Windenergieanlage nicht unter unerwünschten Vereisungsbedingungen betrieben wird, die aufgrund einer nicht im Entwurf berücksichtigten Lage eine Gefahr für die Integrität der Anlage oder Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz darstellen könnte.

Das Standard-Eiserkennungssystem kann durch die Anwendung der nachfolgend aufgeführten, zusätzlichen Funktionen noch verbessert werden:

- Eissensor auf der Gondel (optionaler Bausatz): Hierbei wird ein zusätzlicher Sensor zur Eiserkennung auf der Gondel installiert.
- Verbesserter Erkennungsalgorithmus für Rotorblattvereisung (optional, nur im Zusammenhang mit der Installation eines Rotorblatt-Enteisungssystems verfügbar): Es wird eine zusätzliche Hardware erforderlich. Hierbei handelt es sich um einen komplexeren Eiserkennungsalgorithmus, der auf einer Wahrscheinlichkeitsrechnung für die Vereisung beruht und eine wertvolle Leistungserweiterung des Rotorblatt-Enteisungssystems darstellt.

Fledermausschutzsystem

Um die Installation von Windenergieanlagen in Bereichen zu unterstützen, die sich im natürlichen Lebensraum von Fledermäusen befinden, hat SGRE ein Fledermausschutzsystem entwickelt. Fledermäuse sind für gewöhnlich zu bestimmten Nachtzeiten und bestimmten Jahreszeiten aktiv, die in Abhängigkeit zu den lokalen Lebensräumen bzw. Migrationsrouten stehen. Die Aufgabe des SGRE-Fledermausschutzsystems ist die Überwachung der lokalen Umgebungsbedingungen, um das Risiko für Fledermausschlag zu vermindern.

Spezifische Umweltbedingungen können über spezielle zusätzliche Sensoren überwacht werden: Temperatur, Licht, Luftfeuchte und Regen. Wenn die Bedingungen für ein Aufkommen von Fledermäusen erfüllt sind, wird das Abschalten der Windenergieanlage vom Fledermausschutzsystem angefordert. Sobald eine der Bedingungen nicht mehr erfüllt ist, wird die betroffene Windenergieanlage in Abhängigkeit zu den konfigurierten Hysteresewerten in ihren Ursprungsstatus zurückversetzt, in dem sie sich vor dem Aussetzbefehl durch das Tool befand.

Das Tool muss nicht notwendigerweise mit allen Sensoren für die Bedingungen ausgestattet werden und je nach Standort kann es mit den Sensoren ausgestattet werden, die jeweils erforderlich sind. Wenn für eine bestimmte Umgebungsvariable kein Sensor eingerichtet ist, gilt die Bedingung als erfüllt.

Zudem kann das Fledermausschutzsystem für die Auslösung in Abhängigkeit zu einem Kalender (Tag / Uhrzeit), zu Windgeschwindigkeitsbereich oder Windrichtung konfiguriert werden.

Vogelerkennungssystem

Das Vogelerkennungssystem ist ein einzeln einsetzbares System zur Überwachung des Luftraums in der Umgebung von Windparks und der Erkennung von fliegenden Vögeln in Echtzeit. Gleichzeitig kann es in Echtzeit Aktionen im Zusammenhang mit der Vogelerkennung verwalten, wie z. B. Warnung und Abschreckung von Vögeln bei Kollisionsgefahr mit Windenergieanlagen oder automatische Abschaltung ausgewählter Windenergieanlagen.