
*STROM. IM ENTSCHEIDENDEN MOMENT.
POWER. AT THE RIGHT MOMENT.*

TECHNISCHE BESCHREIBUNG

und

ANWENDUNGSHINWEISE

HITZINGER

SYNCHRONGENERATOREN

INHALTSVERZEICHNIS

1. ALLGEMEINER TEIL

- 1.1. Einleitung
- 1.2. Generatorbezeichnung
- 1.3. Normen und Vorschriften
- 1.4. Leistungsbereich

2. MECHANISCHER AUFBAU

- 2.1. Konstruktion
- 2.2. Kühlung und Schutzart
- 2.3. Lagerung und Schmierung
- 2.4. Welle
- 2.5. Überdrehzahl
- 2.6. Schallpegel
- 2.7. Wuchtung und Laufruhe

3. ELEKTRISCHE AUSFÜHRUNG

- 3.1. Aufbau
- 3.2. Schiefelast
- 3.3. Kurvenform
- 3.4. Funkentstörung
- 3.5. Überlastbarkeit
- 3.6. Kurzschlußstrom
- 3.7. Wirkungsgrad
- 3.8. Korrekturfaktoren

4. REGELUNG

- 4.1. Aufbau und Wirkungsweise
- 4.2. Spannungseinstellbereich
- 4.3. Regelgenauigkeit
- 4.4. Dynamisches Spannungsverhalten
- 4.5. Parallelbetrieb
- 4.6. Leistungsfaktor- und Blindleistungsregelung
- 4.7. Nulleiterstrom

1. ALLGEMEINER TEIL

1.1. EINLEITUNG

Die Konstruktion und Fertigung von Synchrongeneratoren stehen schon mehr als vier Jahrzehnte im Mittelpunkt des Unternehmens. Intensive Entwicklungs- und Forschungstätigkeit und eine Reihe patentierter Konstruktionen bieten unseren Kunden ein technisch ausgereiftes, praxisorientiertes Produkt.

Die langjährige Erfahrung und der Einsatz modernster Einrichtungen für Berechnungen, Konstruktion und Fertigung, sowie das flexible Konstruktionskonzept ermöglichen eine an jede Anwendung angepaßte Generatorlösung. Darüberhinaus bieten diese Möglichkeiten, ergänzt durch umfangreiche Fertigungskontrollen, einen hohen Qualitätsstandard.

Besonders für den Einsatz in Kleinwasserkraftwerken stehen Hitzinger - Synchrongeneratoren in jeder erforderlichen Ausführung und Ausstattung zur Verfügung und haben sich weltweit unter den ungünstigsten klimatischen und schwersten mechanischen und elektrischen Bedingungen in der Praxis bewährt.

1.2. GENERATORBEZEICHNUNG

	S	G	S	6D	04	W
	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Synchronmaschine	:	:	:	:	:	:
Maschinenart	:	:	:	:	:	:
Konstruktionsvariante	:	:	:	:	:	:
Baugröße	:	:	:	:	:	:
Polzahl	:	:	:	:	:	:
Elektrische Ausführung	:	:	:	:	:	:

1.3. NORMEN UND VORSCHRIFTEN

Die Generatoren können nach allen international bekannten Vorschriften (wie z.B. ÖVE, VDE, DIN, BS, NEMA, IEC, etc.), nach Schiffsklassifikationen (wie GL, ABS, DNV, BV, LRS, USSR, RINA, etc.) und nach den verschiedenen MIL-Vorschriften, sowie anderen Normen geliefert werden.

1.4. LEISTUNGSBEREICH

Leistung	10 bis 4000 kVA
Spannung	bis 1000 V
Frequenz	16 2/3 bis 600 Hz

2. MECHANISCHER AUFBAU

2.1. KONSTRUKTION

Alle Hitzinger Synchrongeneratoren sind als bürstenlose Innenpolmaschinen ausgeführt. Das Statorpaket wird in ein stabiles, geschweißtes Gehäuse eingebaut und gegen Verdrehung gesichert. Das serienmäßig mit einem Dämpferkäfig ausgestattete Rotorpaket und der Erregeranker werden auf die Welle aufgeschraubt und zusätzlich mit einer Keilverbindung versehen. Die Drehstromerregemaschine ist als Außenpol-Generator ausgeführt und im B-seitigen Lagerschild montiert.

Auf der Antriebsseite des durchzugsbelüfteten Generators sitzt ein optimal dimensionierter Lüfter. Bei den Baugrößen SGS 28 bis SGS 60 wird ein drehrichtungsunabhängiger Lüfter aus Alu-Guß verwendet. Bei den Baugrößen 70 bis 110 wird im Hinblick auf guten Wirkungsgrad und minimale Geräuschentwicklung eine drehrichtungsabhängige Stahlblechkonstruktion in stabiler, drehschwingungssteifer Ausführung eingesetzt.

Die Klemmkästen sind sehr groß dimensioniert und ermöglichen den Einbau von Stromwandlern und Geräten, sowie ein bequemes Anschließen des Generators. Die Kabeleinführung wird mit einem Blindflansch verschlossen, auf dem in Sonderausführung entweder PG-Verschraubungen oder Kabelstutzen angebracht werden können. Die Klemmbretter werden standardmäßig 4-polig, auf Wunsch 6- oder mehrpolig, geliefert.

2.2. KÜHLUNG UND SCHUTZART

Die Generatoren werden serienmäßig durchzugsbelüftet. Sie können in Sonderausführung auch mit einem regelbaren Fremdlüfter zur Anpassung der Kühlung bei Teillast oder mit einem geschlossenen Kühlsystem (Wasser/Luft - Wärmetauscher) ausgestattet werden.

Standardmäßig werden die Generatoren in Schutzart IP 21 bzw. IP 23 nach DIN 40050 und IEC 34-5 erzeugt.

Als Option sind Schutzarten bis IP 54, sowie Schachtanschlüsse oder Filter für Luftein- und Luftaustrittsöffnungen möglich.

2.3. LAGERUNG UND SCHMIERUNG

Die Baugrößen SGS 28 bis SGS 43 besitzen standardmäßig lebensdauergeschmierte Wälzlager, auf Wunsch können Lager mit Nachschmiereinrichtung und Fettmengenregelung geliefert werden. Ab der Baugröße 50 kommen serienmäßig Wälzlager mit Nachschmiereinrichtung und Fettmengenregelung zum Einsatz. Die Lager sind auf eine Lebensdauer von mindestens 50.000 Betriebsstunden ausgelegt und werden serienmäßig mit einem hochwertigen, für einen großen Temperaturbereich geeigneten Fett geschmiert.

2.4. WELLE

Die Wellen unserer Generatoren sind aus hochwertigem Vergütungsstahl und je nach Einsatz wärmebehandelt; bei Flanschwellen kann auch geschmiedetes Material eingesetzt werden.

Die Wellenenden entsprechen DIN 748 und werden mit einer Keilausführung nach DIN 6885 geliefert. Jedes Wellenende besitzt ein Zentriergewinde nach DIN 332, Form „D“.

Sonderwellen, wie zweites oder konisches Wellenende, Flansch- oder Hohlwelle (z.B. zur Durchführung eines Turbinenregelgestänges), usw. , sind lieferbar.

2.5. ÜBERDREHZAHL

Alle Maschinen sind für eine Schleuderdrehzahl von 180 % der Nenndrehzahl geeignet.

Die robuste und kompakte Rotorkonstruktion ermöglicht mit Zusatzmaßnahmen Schleuderdrehzahlen bis zur 3,5fachen Nenndrehzahl und hat damit hervorragende Voraussetzungen für den Einsatz im Wasserkraftwerksbereich.

2.6. SCHALLPEGEL

Durch die entsprechend abgestimmte Konstruktion werden die Grenzwerte des Schalleistungspegels nach VDE 0530, Teil 9, unterschritten. Zur Erzielung einer weiteren Geräuschminderung können zusätzliche Maßnahmen getroffen werden.

2.7. WUCHTUNG UND LAUFRIUHE

Die Generatoren werden nach VDI 2060, Wuchtgüte Q1, dynamisch gewuchtet und unterschreiten die nach DIN ISO 2373 vorgeschriebenen Werte der Schwingstärkestufe N. Die stabile Konstruktion in Verbindung mit einer erhöhten Wuchtgüte ermöglicht ein Unterschreiten der Schwingstärkestufen R oder S.

3. ELEKTRISCHE AUSFÜHRUNG

3.1. AUFBAU

Wir legen bei der Dimensionierung und Konstruktion des Generatoraktivteiles besonderen Wert auf hohe mechanische Festigkeit, hohe Betriebssicherheit und eine verlustoptimierte Ausführung. Unsere Flexibilität in der Auslegung ermöglicht uns, kundenspezifische Anforderungen zu erfüllen.

Stator- und Rotorpakete bestehen aus lamellierten Dynamoblechen. Das Statorpaket ist im Generatorgehäuse eingepreßt und verschweißt und dadurch zur Aufnahme von Kurzschlußmomenten geeignet. Das Rotorpaket, ausgestattet mit Dämpferkäfig für 100 % Schiefkast und Parallelbetrieb wird auf die Welle aufgeschraubt. Die Polspulen werden gegen Fliehkräftbeanspruchung durch Wicklungsabstützungen gesichert.

Die Wicklungen der Generatoren werden in Isolierstoffklasse F, entsprechend VDE 0530, ausgeführt. Es wird nicht hygroskopisches, kriechstromfestes Isoliermaterial mit hoher thermischer Überlastbarkeit eingesetzt. Alle Wicklungen werden mit einem Zwei-Komponenten-Harz im Vakuum getränkt und im Trockenofen rollend ausgehärtet. Anschließend wird der Stator im Tauchverfahren mit einem dauerplastischen Überzugslack versehen. Die Wickelköpfe sind kurzschlußfest, die Isolierung ist tropfenfest und garantiert eine sehr hohe Beständigkeit gegen Feuchtigkeit, Öl, Sand oder Staub.

Die Drehstromerregemaschine ist ein Außenpolgenerator. Der Erregeranker, die rotierenden Siliziumgleichrichter und der Überspannungsschutz sind auf der Welle montiert.

3.2. SCHIEFLAST

Der Dämpferkäfig ermöglicht eine unsymmetrische Belastung bis 100 % des Nennstromes. Die Spannungsabweichung beträgt dabei weniger als +/- 8 % bezogen auf den arithmetischen Mittelwert der drei Phasenspannungen.

3.3. KURVENFORM

Durch eine besondere Polkonstruktion wird eine ausgezeichnete Kurvenform erzielt. Der Oberwellenanteil beträgt weniger als 3 % und liegt somit wesentliche unter den zulässigen Werten nach VDE 0530.

Hitzinger K-Generatoren bieten Klirrfaktoren kleiner 1 % zwischen Phase-Phase und Phase-Mp bei allen linearen symmetrischen Belastungen bis 100 %.

Hitzinger N-Generatoren sind speziell für die Versorgung von nicht linearen Verbrauchern konstruiert. Sie zeichnen sich durch einen niedrigen Klirrfaktor und ein stabiles Regelverhalten beim Betrieb mit diesen Verbrauchern aus.

3.4. FUNKENTSTÖRUNG

Hitzinger Generatoren entsprechen dem Funkentstörgrad N nach VDE 0875. Bessere Funkentstörung, Grad K oder MIL 461, kann geliefert werden.

3.5. ÜBERLASTBARKEIT

Die thermische Überlastungsfähigkeit von Hitzinger Generatoren beträgt:

150 % Last 2 Minuten
3-poliger Kurzschluß 10 Sekunden (bei 2,5 x I_n)

Diese Werte liegen über den in der VDE geforderten Werten.

3.6. KURZSCHLUSSTROM

Das patentierte Regelsystem von Hitzinger ermöglicht ohne Zusatzeinrichtungen, wie z.B. Kompoundierungstrafo oder Permanenterregermaschine, einen Dauerkurzschlußstrom zwischen 2,5- bis 4-fachen Nennstrom. Dadurch wird ein selektives Abschalten der Schutzeinrichtung erreicht. Spezielle Auslegungen bis zum 6- fachen Nennstrom sind ausführbar.

3.7. WIRKUNGSGRAD

Die in den technischen Datenblättern angegebenen Standardwirkungsgrade gelten für Nennbedingungen. Die angeführten Daten berücksichtigen die Gesamtverluste inkl. Erregermaschine. Diese Werte werden nach ÖVE M 10 bzw. VDE 0530 gewährleistet.

Eine Reihe von Zusatzmaßnahmen erhöht den Standardwirkungsgrad und damit die Wirtschaftlichkeit von Wasserkraftanlagen wesentlich. Die verbesserte Ausführung beinhaltet u.a. Optimierung auf die Jahressganglinie, regelbare Fremdbelüftung zur Minimierung der Verluste im Teillastbereich, oder cos-phi-Regelung. Diese Maßnahmen sind besonders im Teillastbetrieb (Niederwasser) und bei starken Netzspannungsschwankungen von großer Bedeutung.

3.8. KORREKTURFAKTOREN

Weichen die Umgebungsbedingungen und Leistungsfaktoren gegenüber den in den Datenblättern angegebenen Werten ab, so gelten folgende Korrekturfaktoren:

UMGEBUNGS- TEMPERATUR	AUFSTELLUNGSHÖHE				
	1000 m	1500 m	2000 m	2500 m	3000 m
20° C	1,10	1,07	1,05	1,03	1,00
25° C	1,07	1,05	1,03	1,00	0,97
30° C	1,05	1,03	1,00	0,97	0,93
35° C	1,03	1,00	0,97	0,93	0,90
40° C	1,00	0,97	0,93	0,90	0,86
45° C	0,97	0,93	0,90	0,86	0,83
50° C	0,93	0,90	0,86	0,83	0,80
55° C	0,90	0,86	0,83	0,80	0,77
60° C	0,86	0,83	0,80	0,77	0,74

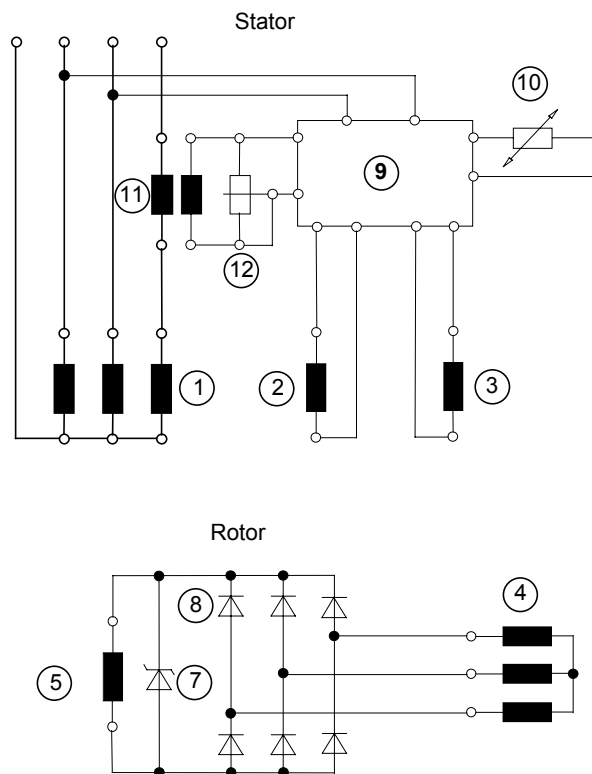
COS PHI	FAKTOR
1,0	1,00
0,9	1,00
0,8	1,00
0,7	0,94
0,6	0,90
0,5	0,87
0,4	0,85
0,3	0,83
0,2	0,82
0,1	0,81
0,0	0,81

4. REGELUNG

4.1. AUFBAU UND WIRKUNGSWEISE

Der Spannungsregler besteht aus hochwertigen elektronischen Bauelementen, die praktisch keinem Verschleiß unterworfen sind. Die Bauteile werden zum Schutz gegen Feuchtigkeit und Vibration mit Epoxidharz vergossen.

Das Polrad (5) des Generators wird von der Drehstromerregrewicklung (4) über rotierende Gleichrichter (8) gespeist. Das Feld (3) der Erregermaschine erhält den erforderlichen Gleichstrom über ein Stellglied des Halbleiterreglers (9) von der patentierten Hilfswicklung (2), die im Stator (1) der Hauptmaschine eingelegt ist. Die Selbsterregung wird durch die Remanenz der Erregermaschine sichergestellt. Die Klemmenspannung wird über einen Transformator und Gleichrichter dem Regerteil als Istwert zugeführt. Der Sollwert wird über ein Potentiometer (10) vorgegeben und mit dem Istwert dauernd verglichen. Entsprechend der Soll-Ist-Differenz wird der Erregerstrom geregelt. Unabhängig vom Leistungsfaktor und der Last wird die Generatorspannung konstant gehalten.



4.2. SPANNUNGSEINSTELLBEREICH

Die Klemmenspannung lässt sich in einem Bereich von $\pm 5\%$ der Nennspannung über ein Potentiometer am Regler einstellen. Größere Einstellbereiche können ausgeführt werden. Zur Feineinstellung der Spannung kann ein externes Sollwertpotentiometer oder ein Motorpotentiometer angeschlossen werden.

4.3. REGELGENAUIGKEIT

Die statische Regelgenauigkeit beträgt +/- 1,5 % zwischen Leerlauf und Vollast bei Leistungsfaktoren von 0 bis 1 und einer Drehzahländerung von 5 %. Erhöhte Regelgenauigkeit und 3-phasige Spannungsmessung sind auf Wunsch ausführbar.

4.4. DYNAMISCHES SPANNUNGSVERHALTEN

Der transiente Spannungseinbruch beträgt bei Vollastaufschaltung, $\cos \phi$ 0,8, standardmäßig 13 bis 18 %. Dieser Wert ist von der Baugröße und der Maschinenlänge abhängig. Die Ausregelzeit beträgt je nach Baugröße ca. 0,2 bis 0,5 sec. Für spezielle Anforderungen, wie z.B. Anlauf von Kurzschlußläufermotoren, kann der transiente Spannungseinbruch Optimierung wesentlich reduziert werden.

4.5. PARALLELBETRIEB

Generell sind Hitzinger Synchrongeneratoren für Parallelbetrieb mit anderen Generatoren und mit dem Netz geeignet.

Beim Parallelbetrieb wird die Wirklastaufteilung durch die Antriebsmaschine bestimmt. Für eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Wirklast sind die Drehzahlregler der parallel arbeitenden Antriebsmaschinen auf eine gleich fallende Charakteristik einzustellen bzw. mit einer elektronischen Wirklastregelung auszustatten.

Um Resonanzerscheinungen zu vermeiden, muß darauf geachtet werden, daß die elektromechanische Eigenfrequenz des Generators weder mit den Antriebstakten der eigenen, noch mit denen der parallel arbeitenden Antriebsmaschine zusammenfällt.

Um eine gleichmäßige Blindstromaufteilung zu erreichen, muß die Generatorspannung abhängig vom Leistungsfaktor eine fallende Charakteristik aufweisen. Diese wird mit dem Stromwandler (11) und Bürdenwiderstand (12) durch eine vektorielle Addition erzielt. Die Neigung der Kennlinie wird mit dem Bürdenwiderstand (12) justiert.

Im Werk wird die Statik der Generatoren auf einen Wert von ca. 8 % eingestellt. Diese Einstellung erlaubt eine Netzspannungsschwankung von +/- 2,5 %, wobei die Blindstromgrenzen des Generators nicht überschritten werden. Treten größere Netzspannungsschwankungen auf, so muß entweder die Statik vergrößert werden oder die Generatorspannung über Sollwertpotentiometer korrigiert werden. Reichen diese Maßnahmen nicht aus, so ist der Einsatz eines Blindstrom- bzw. Leistungsfaktorreglers erforderlich.

Bei Parallelbetrieb von Hitzinger Generatoren kann durch eine Kreuzstromausführung eine gleichmäßige Blindstromaufteilung bei konstanter Klemmenspannung erreicht werden.

4.6. LEISTUNGSFAKTOR- und BLINDLEISTUNGSREGELUNG

Je nach Bedarf kann zwischen Leistungsfaktor- und Blindleistungsregelung gewählt werden. Der Regler verfügt über zwei Meßgänge für Spannung und Strom, wodurch Wirk- und Blindleistung des Generators gemessen werden. Der einstellbare Sollwert bewirkt ein Korrektursignal, das dem Spannungsregler des Generators zugeführt wird.

Im einstellbaren Spannungsbereich von +/- 10 % bis +/- 30 % des Nennwertes wird der $\cos \phi$ oder der Blindstrom geregelt, ab diesem Bereich wird die Spannung konstant gehalten. Dadurch wird auch bei Netzausfall Unter- oder Überspannung des Generators vermieden.

4.7. NULLEITERSTROM

Beim Parallelbetrieb von Generatoren untereinander, sowie mit dem Netz können Nulleiterströme dritter Ordnung auftreten. Diese Ausgleichsströme sind den Phasenströmen überlagert und führen zu unzulässigen thermischen Belastungen.

Zur Abhilfe können Nullpunktdrossel vorgesehen werden, die den Ausgleichsstrom auf zulässige Werte begrenzen.