

Strom-Generatorsystem

Julian Städeli, Projekt 6 EIT, 16.08.2024

Einleitung

Das Ziel dieses Strom-Generatorsystems (SGS) ist es, das Wasserrad der unteren Mühle in Böttstein (Aargau, Schweiz) als erneuerbare Energiequelle zu nutzen, um damit elektrische Energie zu erzeugen. Während der Entwicklung des SGS wurde das Holzrad erneuert. Somit konnte dessen Verhalten und Parameter nur theoretisch bestimmt werden, um die Komponenten dementsprechend zu dimensionieren. Es wird eine Nenndrehzahl des Wasserrads von $5.35 \frac{U}{min}$ angenommen. Der verwendete Generator besitzt eine Nenndrehzahl von $500 \frac{U}{min}$ und wird über mehrere Getriebe mit dem Wasserrad verbunden. Weiter wird davon ausgegangen, dass die abgreifbare Leistung ab einer gewissen Drehzahl konstant ist. Deshalb arbeitet das SGS im Normalfall bei Nenndrehzahl. Diese Erkenntnisse wurden im vorhergehenden Projekt erarbeitet

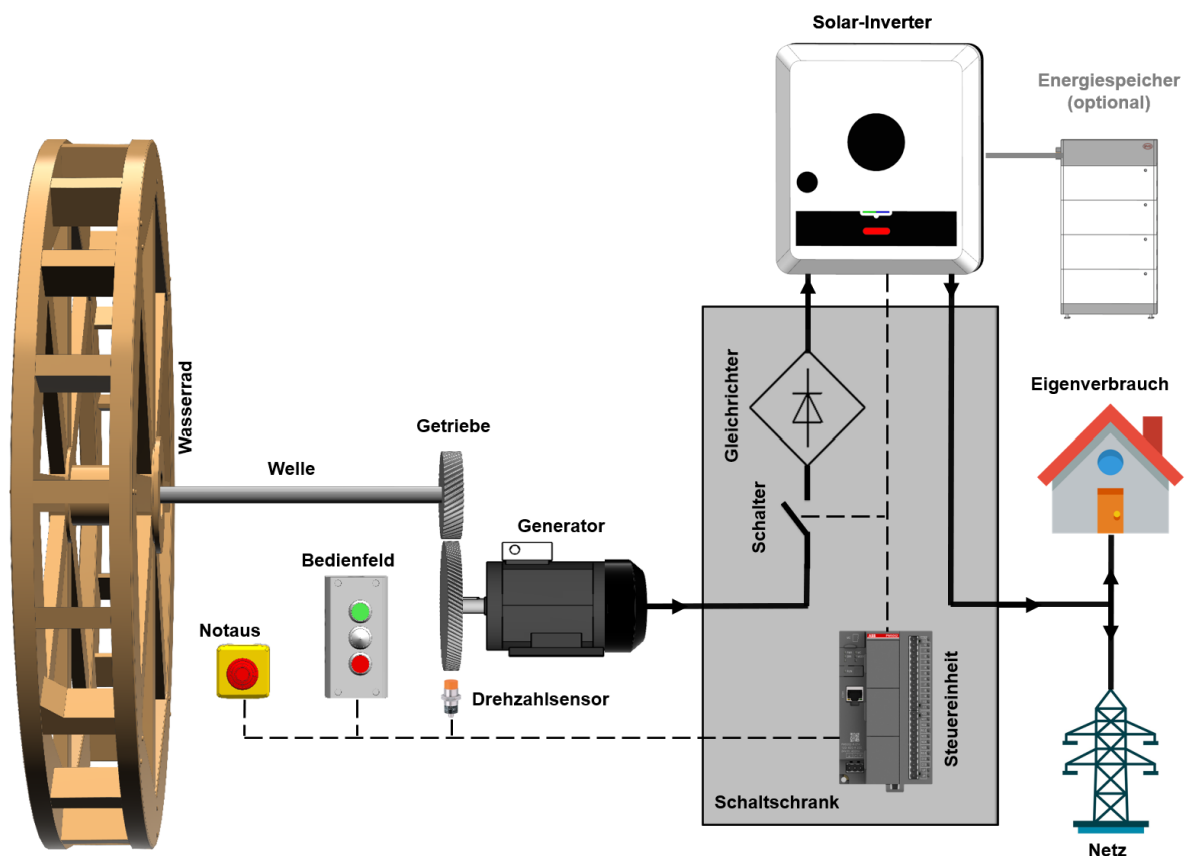


Abbildung 1: Übersicht des gesamten SGS

Aufbau

Das SGS besteht aus mehreren Komponenten. Dabei sind die Hauptkomponenten die folgenden: der Generator, die Schaltgerätekombination (SGK) und der Inverter. Die SGK beinhaltet die Steuerung des SGS. Ser Inverter wird üblicherweise bei Photovoltaik-Anlagen eingesetzt. In Abbildung 1 wird das gesamte System grob dargestellt.

Elektrische Funktion

Der Generator erzeugt eine Wechselspannung, welche über einen Schaltkontakt einem Diodengleichrichter eingespeist wird. Die dabei resultierende Gleichspannung wird dem Inverter übergeben. Der Inverter ist somit in der Lage, elektrische Leistung aufzunehmen und ins Netz einzuspeisen. Dabei wird der Inverter sowie die Schaltkontakte durch eine Speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) gesteuert. Die elektrische Funktion des SGS wird in Abbildung 2 dargestellt.

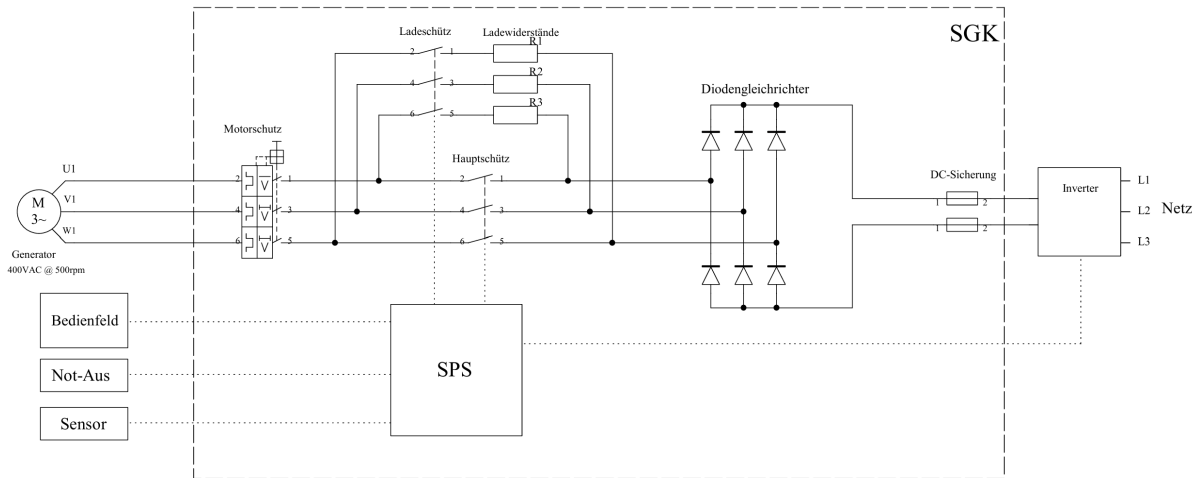


Abbildung 2: Schema der elektrischen Schaltlogik

Funktion

Das SGS wird durch einen Einschaltbefehl aufgestartet. Dieser Prozess kann bis zu fünf Minuten dauern. Anschliessend ist das SGS bereit, um Leistung zu erzeugen. Durch einen weiteren Einschaltbefehl schaltet das System in den automatischen Betrieb. Dabei versucht das SGS ständig einen optimalen Arbeitspunkt zu finden, um möglichst viel Leistung zu erzeugen.

Möchte man das SGS abschalten, so wird es durch einen Ausschaltbefehl heruntergefahren. Dabei wird die Leistung kontinuierlich reduziert, bis sich das SGS im Leerlauf befindet. Durch einen weiteren Ausschaltbefehl lässt sich das SGS ganz abschalten.

Im Leerlauf ist es durch einen Einschaltbefehl möglich, direkt wieder in den Automatikbetrieb zu gelangen.

Systemzustände

Das SGS kennt fünf Betriebszustände. Es ist *Aus*, wenn der Schaltkontakt geöffnet ist und der Inverter somit im Standby ist. Ist das System im Zustand *Start*, so wird eine Ladeschaltung aktiviert, um den Zwischenkreis des Inverters zu laden. Sobald dies erfolgt, wird der Schaltkontakt geschlossen, wodurch sich der Inverter aufstartet. Das System ist *Bereit*, sobald der Inverter damit fertig ist.

Im Zustand *Betrieb* schreibt die SPS die Leistung des Inverters vor. Zu Beginn wird eine anfängliche Leistung eingestellt, welche um einen Leistungsschritt erhöht wird, solange die Drehzahl über der Sollzahl ist. Gerät die Drehzahl unterhalb der Sollzahl, so wird die Leistung um einen Leistungsschritt verringert. Durch diesen Algorithmus pendelt sich eine optimale Leistung ein.

Beim *Herunterfahren* wird die Systemleistung bis zum Leerlauf (0W) reduziert, wobei es sich dann wieder im Zustand *Bereit* befindet.

Eine Störung, wie z.B. das Betätigen des Not-Aus-Schalters, führt dazu, dass sich der Schaltkontakt sofort öffnet, was ein Abschalten des SGS erzwingt. Die Störung muss manuell quittiert werden, damit das SGS wieder gestartet werden kann.

Automatischer Betrieb

Im automatischen Betrieb wird eine Sollzahl angestrebt. Dabei verändert ein Maximum Power Point Tracker (MPPT) die Systemleistung, um die Systemdrehzahl zu beeinflussen. Es wird davon ausgegangen, dass sich eine Änderung der verfügbaren Leistung in Form einer Änderung der Drehzahl bemerkbar macht. Wird also die Drehzahl bei einer konstanten Leistung grösser, so wird das SGS stärker angetrieben als belastet. Somit kann die Systemleistung erhöht werden. Im umgekehrten Fall wird die Drehzahl aufgrund der geringeren verfügbaren Leistung kleiner und resultiert in einer niedrigeren Systemleistung. Wird die Nenndrehzahl auch im Leerlauf nicht erreicht, ist die verfügbare Leistung für den automatischen Betrieb nicht ausreichend.

Drehzahlbestimmung

Die Systemdrehzahl wird einerseits anhand eines Drehzahlsensors ermittelt. Da es sich um ein elektrotechnisches Projekt handelt, wird eine rein elektrische Drehzahlbestimmung angestrebt. Deshalb wird durch das Ersatzschaltbild des Generators und einigen Formeln eine Drehzahl berechnet.

Fazit

Mit diesem Projekt konnte ein modernes und effizientes Generatorsystem entwickelt werden. Der technische Aufbau ist simpel und modifizierbar gestaltet. Somit könnte das entwickelte SGS durch eine Anpassung der Komponenten auch bei anderen Wasserrädern zum Einsatz kommen.

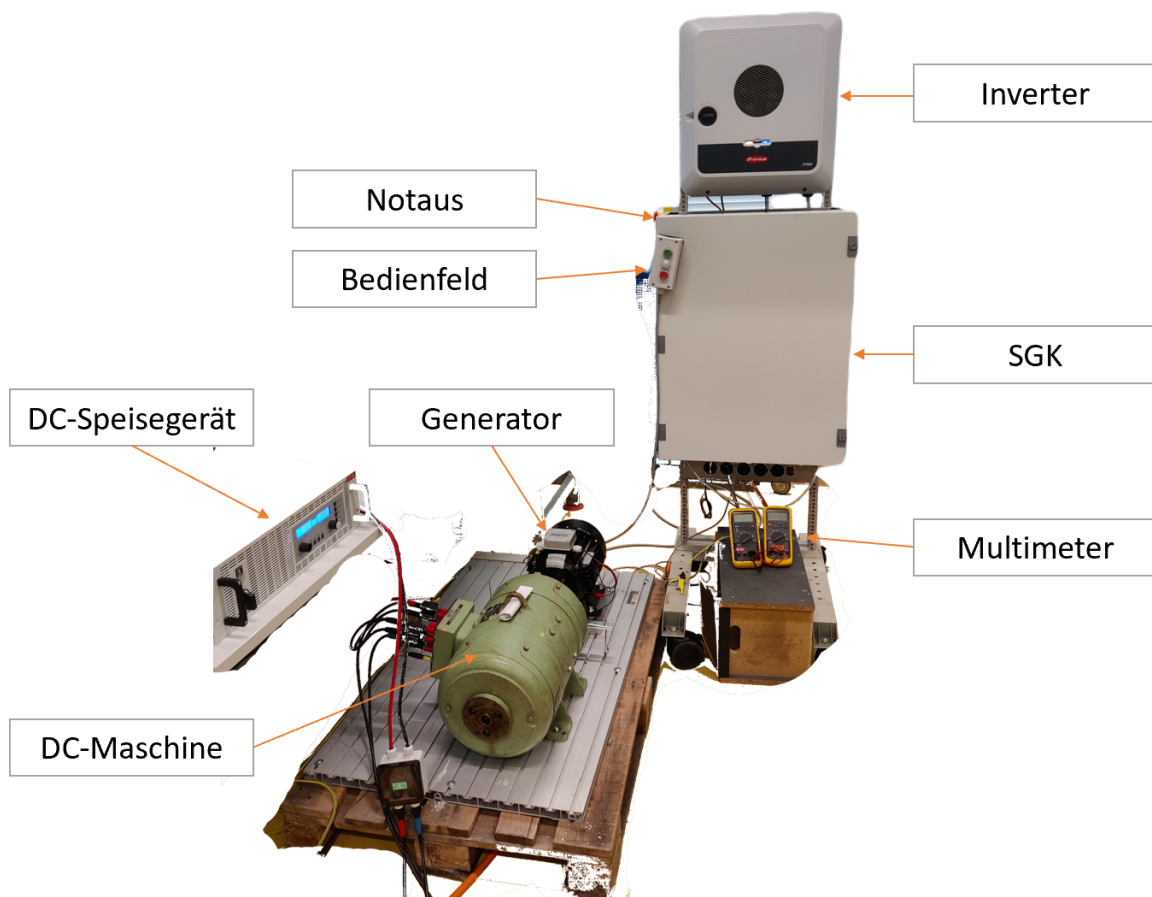


Abbildung 3: Entwickelter Prototyp, Ergebnis dieses Projekts