

Nutzung von Windenergie

Steuerung eines Windrades

Simulations-Projekt

05.06.2019

[REDACTED], Simon Burkhardt, [REDACTED]

1 Inhaltsangabe

2	Aufgabe	3
3	Aufbau / Ablauf der Simulation	3
3.1	Physikalische Domäne	4
3.2	Mechanische Domäne	4
3.3	Elektrische Domäne	4
3.4	Regelung des Anstellwinkels	5
4	Ergebnis / Resultate	5
5	Zusammenfassung	6
5.1	Eigene Meinung von Robin Aebi	6
5.2	Eigene Meinung von Simon Burkhardt	6
5.3	Eigene Meinung von Jonas Rosenmund	6
6	Referenzen	6

2 Aufgabe

In einer Zeit von globaler Erwärmung und zunehmendem Energiebedarf ist es wichtiger denn je, sich um erneuerbare Energie zu kümmern. Dabei gibt es schon einige Alternativen zu Kohle-, Kern- oder Verbrennungskraftwerken. Die bekannteste darunter ist die Energiegewinnung durch Photovoltaik mittels Solarzellen. Dabei werden Halbleiter-Elemente direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt, wobei diese mit dem Sonnenlicht reagieren und elektrische Energie erzeugen. Eine weitere sehr bekannte Art der Energiegewinnung, welche auch in der Schweiz mehrfach vertreten ist, ist die Energiegewinnung mittels Stauseen oder Flusswasserkraft. In diesem Fall wird die potenzielle Energie des Wassers auf Grund des Höhenunterschieds verwendet, um bei Abfluss Generatoren in Bewegung zu setzen. Mit diesen wird die mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. Eine dritte Art der elektrischen Energiegewinnung arbeitet mittels Windkraft. Dabei werden grosse Windräder aufgebaut, welche mit ihren Rotorblättern Angriffsfläche bereits für kleine Windstärken bieten. Dadurch gelangen diese in Rotation und erzeugen ähnlich wie bei den Wasserkraftwerken elektrische Energie. In diesem Simulationsprojekt soll mittels Windkraftwerk elektrische Energie erzeugt und geregelt werden, dazu wird Simulink verwendet. Das Ziel dieses Projektes ist es, die Ausgangsspannung mittels Regelung konstant zu halten. Dies soll über die jeweilige Windgeschwindigkeit mit Hilfe des Neigungswinkels der Rotorblätter geschehen. Der Regelkreis soll also die jeweilige Ausgangsspannung über der Last messen und bei Bedarf den Anstellwinkel der Rotorblätter in Abhängigkeit der Windstärke anpassen.

3 Aufbau / Ablauf der Simulation

Das Simulink-Modell besteht aus drei Domänen. In Abbildung 1 ist das Modell zu sehen mit den einzelnen Domänen. Bei der ersten Domäne (rot) handelt es sich um die physikalische Domäne. Dazu gehören die Windgeschwindigkeit, das Windrad, welches schon als existierender Simulink-Block vorhanden ist, und die Regelung. Bei der zweiten Domäne (orange) handelt es sich um die mechanische Domäne. In dieser sind das Massenträgheitsmoment von Rotor und Generator sowie der Generator selbst vertreten. Die dritte Domäne (gelb) ist die elektrische Domäne. In dieser wird die Spannung über der Last gemessen und somit ein Rückgabewert für den Regelkreis generiert. Angaben zur Abschätzung des Massenträgheitsmoments und weitere benötigte Angaben wurden dem Internet entnommen [1], [2].

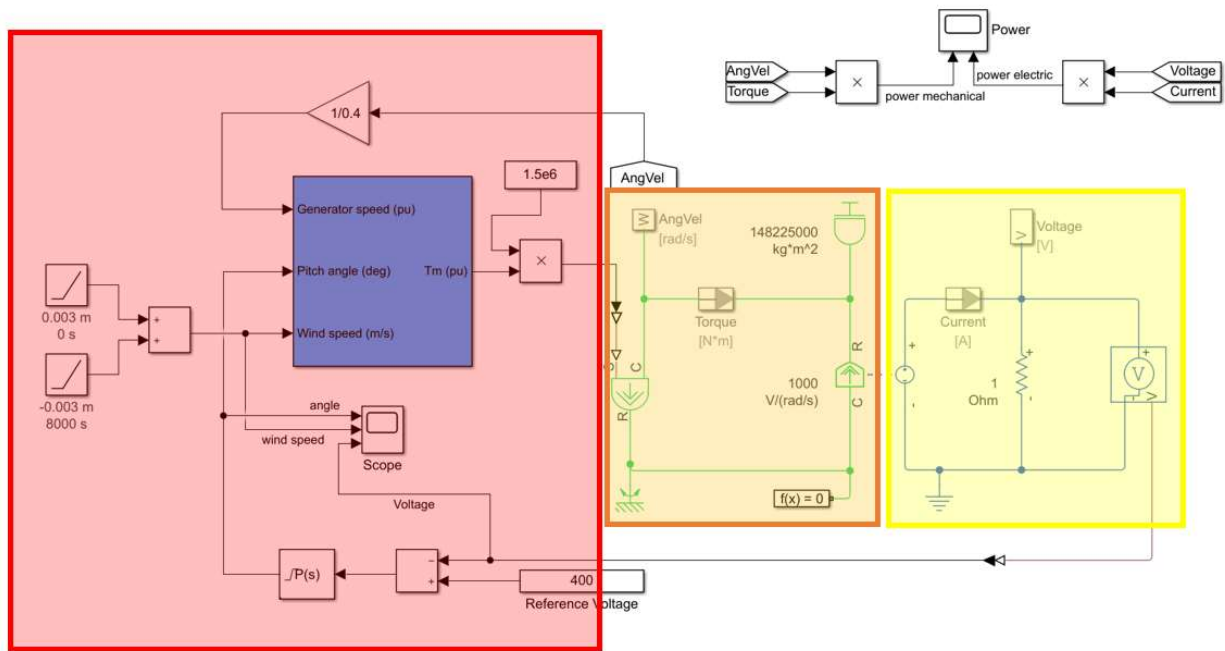


Abbildung 1: Simulink Regelkreis

3.1 Physikalische Domäne

In der physikalischen Domäne ist die Hauptkomponente zu finden. Dabei handelt es sich um das Windrad, welches als Eingabeparameter die Windgeschwindigkeit (Wind speed), den Winkel der Rotorblätter (Pitch angle) und die Drehgeschwindigkeit (Generator speed) benötigt. Als Ausgabeparameter wird ein Moment erzeugt, welches anschliessend mit dem Multiplikator skaliert wird. Im Szenario wird die Windgeschwindigkeit linear erhöht, bis zu einer Windgeschwindigkeit von ca. $25 \frac{m}{s}$. Dies wurde als normaler Arbeitsbereich definiert für unsere Simulation. Windgeschwindigkeiten über diesem Wert würden das Windrad zerstören. Die Abschaltung des Systems ist jedoch nicht Teil unserer Simulation, deshalb wird nur der normale Arbeitsbereich berücksichtigt. Die Drehgeschwindigkeit wird mit dem Messwert aus der mechanischen Domäne geregelt. Der Anstellwinkel der Rotorblätter wird via Rückkopplung aus der elektrischen Domäne und einen P-Regler eingestellt.

3.2 Mechanische Domäne

Das skalierte Moment wird in die mechanische Domäne übertragen. Hierbei werden die Winkelgeschwindigkeit und das Drehmoment gemessen. Anschliessend wird eine Schwungmasse hinzugefügt, welche unseren Rotationskörper simuliert. Schlussendlich wird über einen DC-Generator die mechanische Leistung in die elektrische Domäne übertragen.

3.3 Elektrische Domäne

Die elektrische Domäne besteht aus dem DC-Generator, dessen Ausgangsstrom gemessen wird. Ausserdem ist eine Ausgangslast definiert, über welche die erzeugte Ausgangsspannung gemessen wird. Dieser Spannungswert wird in die physikalische Domäne rückgekoppelt für die Regelung.

3.4 Regelung des Anstellwinkels

Anhand der Windgeschwindigkeit wird der Anstellwinkel der Rotorblätter so geregelt, dass die gewünschte Ausgangsspannung über der Last abfällt. Die Regelung des Anstellwinkels der Rotorblätter ist in Abbildung 2 zu sehen.

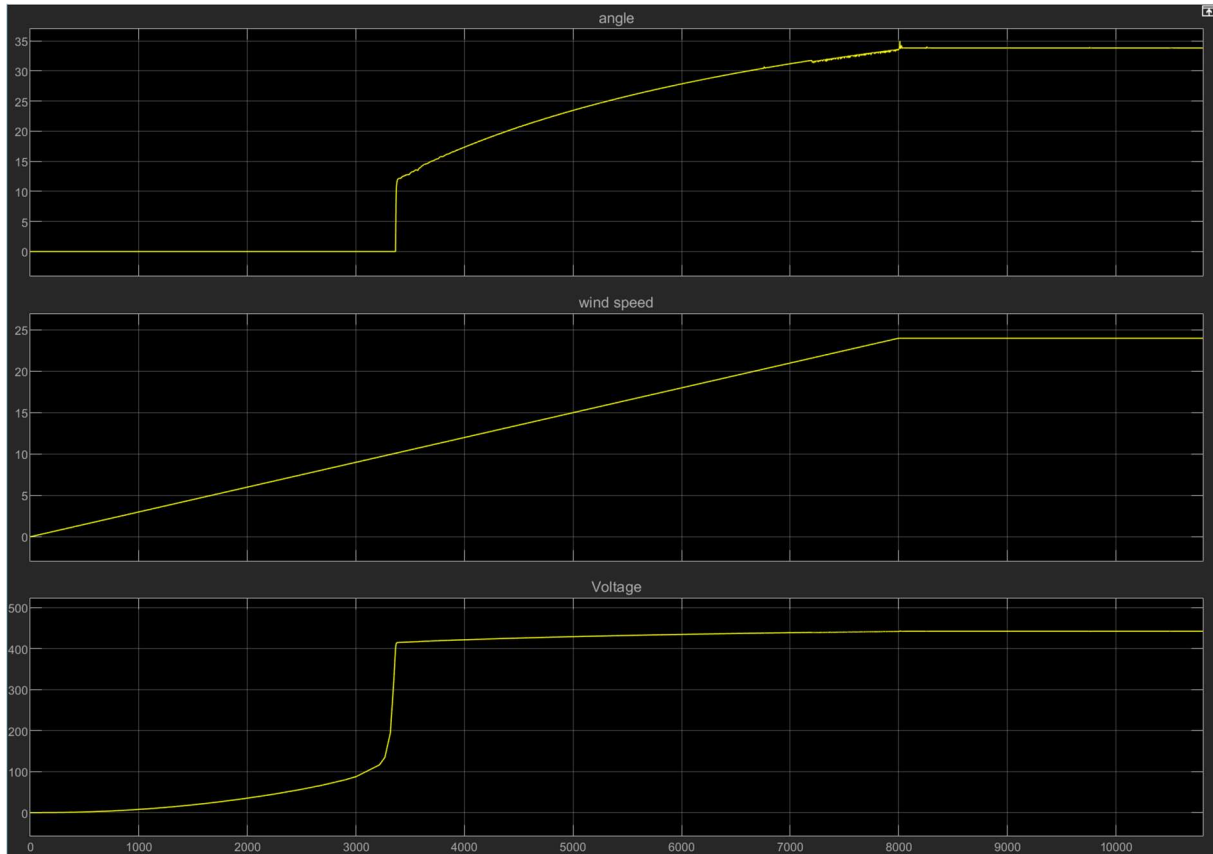


Abbildung 2: Messwerte der Regelung

4 Ergebnis / Resultate

In Abbildung 2 kann man deutlich die Regelung des Anstellwinkels erkennen. Der Arbeitspunkt des Windrades liegt dabei bei $10 \frac{m}{s}$. Daher setzt die Regelung auch erst ab dieser Windgeschwindigkeit ein. Im Bereich von $10 - 25 \frac{m}{s}$ ist ersichtlich, wie der Anstellwinkel der Rotorblätter geregelt wird. Die gewünschte Ausgangsspannung wurde auf 400V festgelegt. Mit dem P-Regler wird die Ausgangsspannung leicht überschritten. Wir gehen davon aus, dass das für unsere Anwendung / elektrische Last kein ernsthaftes Problem darstellt. Genauere Ergebnisse könnten mit einer besseren Dimensionierung und insbesondere mit dem Einsatz eines PI-Reglers erzielt werden.

5 Zusammenfassung

Die Regelung des Windrades funktionierte generell nicht schlecht. Jedoch wurden wir mit einigen Stolpersteinen konfrontiert. Eine korrekte Regelung konnte in der kurzen Zeit nicht realisiert werden. Dabei bezieht sich dies auf eine Abschaltung des Windrades bei zu hohen Windgeschwindigkeiten. Das Problem dabei ist, dass der Anstellwinkel je nach Windgeschwindigkeit nicht proportional ist. Das heisst, dass der Anstellwinkel für einen Nichtbetrieb (keine Rotation) je nach Windgeschwindigkeit variiert. Aus diesem Grund wurde nur der Normalbetrieb simuliert.

5.1 Eigene Meinung von [REDACTED] [REDACTED]

Das Simulationsprojekt verdeutlichte mir, wie mächtig Simulink ist und welche Möglichkeiten uns dieses Tool bietet. Durch dieses Projekt war es mir möglich an der Oberfläche des Tools zu kratzen und mich in diese Art des Simulierens einzudenken. Es machte mir jedoch auch klar, wie gross und weiträumig Simulink ist. Es ist schade, dass die Zeit und die Möglichkeiten so stark begrenzt sind, dass es leider nicht reichte sich tiefer mit der Materie befassen zu können.

5.2 Eigene Meinung von Simon Burkhardt

Der Versuch brachte mir Übung in der Handhabung mehrerer Domänen in Simulink. Problematisch gestaltete sich die Anwendung von PID Reglern, da mangels Wissens das automatische Tuning-Tool eingesetzt wurde.

Eigene Meinung von [REDACTED] [REDACTED]

Mit dem Simulationsprojekt in Simulink konnten wir die Arbeit mit und Verknüpfung von unterschiedlichen Domänen kennenlernen. Mit Ausprobieren konnten wir einen Eindruck der Einflüsse der unterschiedlichen Einstellparameter und der Auslegung des Reglers gewinnen.

6 Referenzen

- [1] „Factsheet: B75 Rotorblatt“, S. 3.
- [2] „Mass Moment of Inertia of a Rod“. [Online]. Verfügbar unter:
<https://www.amesweb.info/SectionalPropertiesTabs/Mass-Moment-Inertia-Rod.aspx>.
[Zugegriffen: 05-Juni-2019].