

VERBESSERUNG DER REGELKREISE EINER STALLGEREGELTEN PMSM- WINDKRAFTANLAGE

F. Turki

1 EINLEITUNG

Stallgeregelte Windkraftanlagen (WKA) werden für kleine Leistungen, besonders in Verbindung mit permanenterregten Synchrongeneratoren, zunehmend interessant, da sie eine relativ einfache mechanische Ausführung des Rotors ermöglichen, der keine Verschleißteile mehr enthält. Eine Leistungsbegrenzung oberhalb einer bestimmten Windgeschwindigkeit erfolgt bei Stallbetrieb nicht durch Blattverstellung sondern durch Strömungsabriss an den Rotorblättern. Die Rotorblätter werden einfach an der Nabe festgeschraubt, wobei der Anstellwinkel bei der Montage über Langlöcher eingestellt werden kann. Dies hat zur Folge, dass gleiche Windkraftanlagen nicht unbedingt die gleiche Windstärke/Leistungs-Charakteristik zeigen. Hinzu kommen Unterschiede, die durch Herstellungstoleranzen entstehen. Eine Regelung zur optimalen Leistungsentnahme, die dies berücksichtigt und eine verbesserte Netzeinspeisung ermöglicht, wird im Folgenden beschrieben.

2 GENERATORSEITIGE LEISTUNGSREGELUNG

Die Leistungsausbeute einer WKA in Abhängigkeit vom Anstellwinkel (Pitchwinkel) der Rotorblätter ist in **Bild 1** dargestellt. Dabei ist „lambda“ die Schnelllaufzahl (Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit des Rotors zur Windgeschwindigkeit) und „ c_P “ der Leistungsbeiwert (Verhältnis von Rotorleistung zur Windleistung).

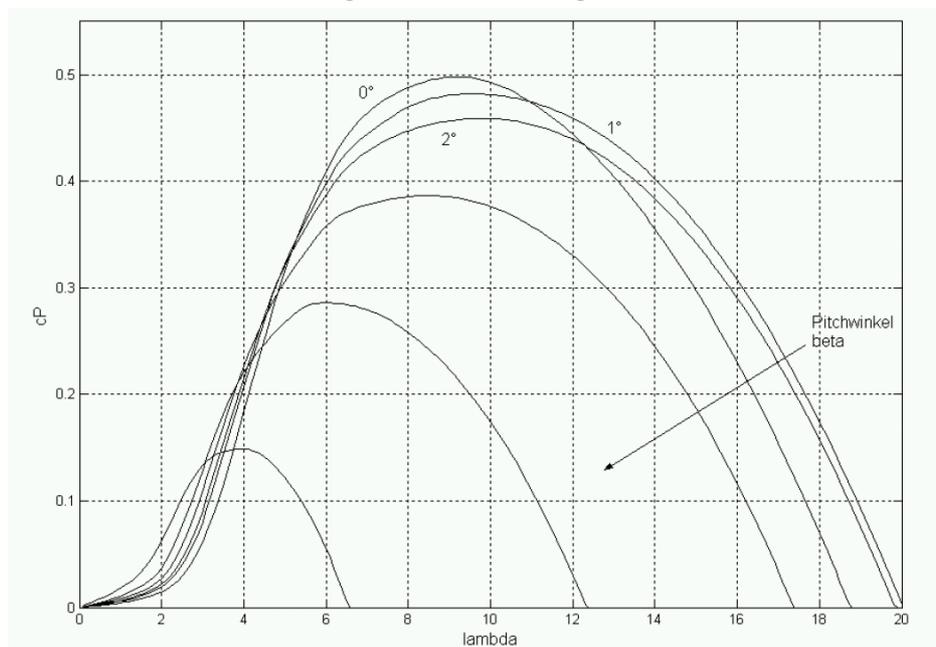


Bild 1: c_P -lambda-Kennlinie einer Windkraftanlage

Damit die WKA den maximalen Leistungsbeiwert erreichen und halten kann, muss ein übergeordneter Regelkreis implementiert werden.

Dieser Regelkreis beinhaltet zunächst eine klassische Drehzahlregelung, die durch einen zusätzlichen Regelkreis erweitert wird (**Bild 2**), der die partielle Ableitung der Leistung über die Drehzahl zu null regelt. Durch dieses Regelverfahren kann der Punkt der maximalen Leistung bzw. des maximalen Leistungsbeiwertes erreicht werden.

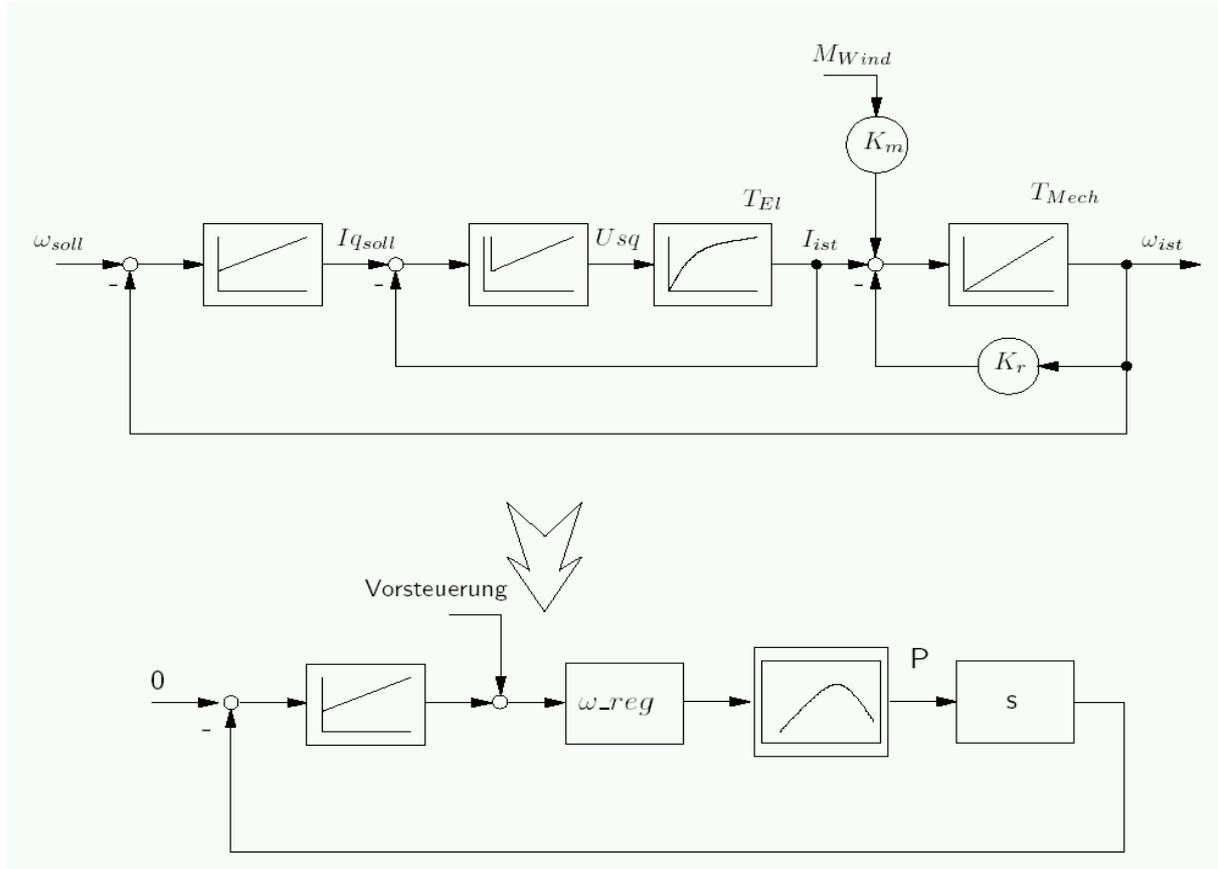


Bild 2: Kaskadenregelkreis für permanent erregten WKA-Synchrongenerator

Die gemessenen Werte für die maximal erreichbaren Leistungsbeiwerte werden in Abhängigkeit von der Drehzahl gespeichert und dienen der Aktualisierung der Vorsteuerungskennlinie, die so für die jeweilige WKA optimiert wird.

3 REGELUNG DER NETZEINSPEISUNG

Ein Problem bei der netzseitigen Einspeisung sind die Welligkeit des Stromes und die verbleibende Regelabweichung bei einem reinen P-Regler. Da ein klassischer PI-Regler eine Phasenverschiebung verursacht, kann dieser nicht verwendet werden. Die Lösung besteht darin, einen resonanten Integrator (Verallgemeinerter Integrator) zu benutzen, der aus einem Integrator besteht, der über einen identischen Integrator (mit gleicher Integrierzeit) zurückgekoppelt wird (**Bild 3**). So wird die Regelabweichung bei Betrieb z. B. am 50 Hz-Netz ($T_N = 1/50$ s) ausgeregelt und die Ausgangsströme sind in Phase mit der Netzspannung.

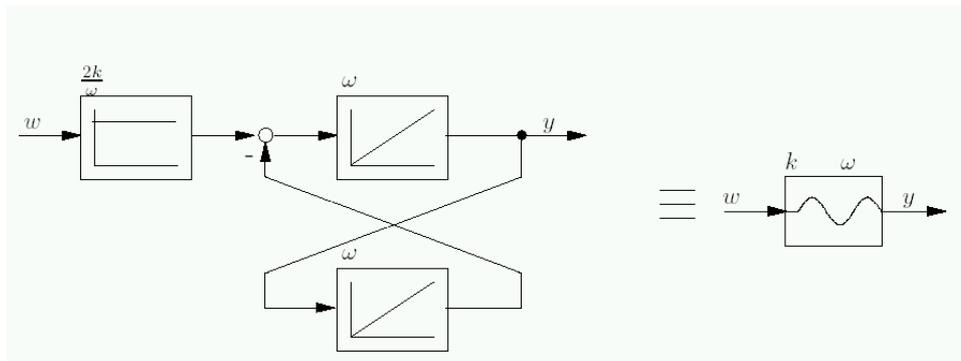


Bild 3: Verallgemeinerter Integrator

Der so entstandene Integrator kann auch als Bandpass eingesetzt werden, indem man ihn zurückkoppelt (**Bild 4**). Durch diesen Bandpass wird die gemessene Netzspannung gefiltert und die Phasenlage als Referenz für den Sollstrom benutzt, der nur noch die Grundschwingung enthält.

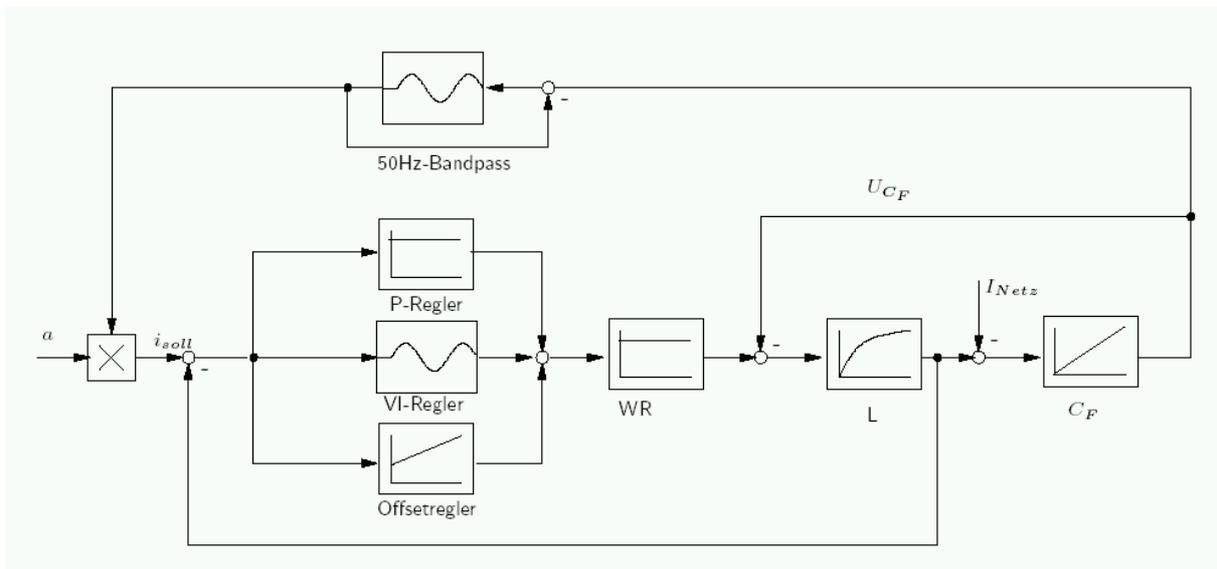


Bild 4: Netzseitiger Regelkreis