

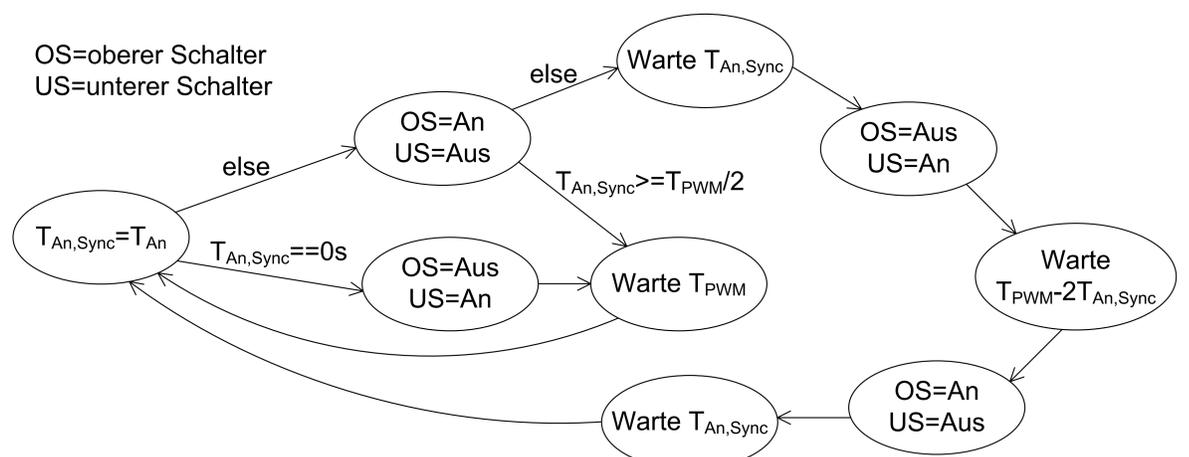
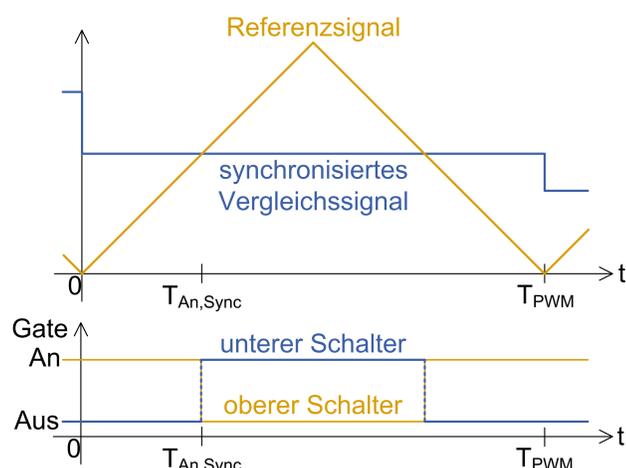
Pulsweitenmodulator - Ein Design für Solver mit variabler Schrittweite

Mathias Schnarrenberger und Michael Braun

Motivation

- Hohe zeitliche Auflösung der einzelnen Schaltvorgänge (gleiche Modulator-Auflösung wie beim ETI-DSP-System)
- Dreiecksignal mit Komparator erfasst nicht alle Schaltzeitpunkte
- Kurze Simulationszeit durch Solver mit variabler Schrittweite
- Möglichkeit zur Implementierung einer State Machine
- Unterstützung der nichtlinearen Maschinenmodelle des ETI

Implementierung



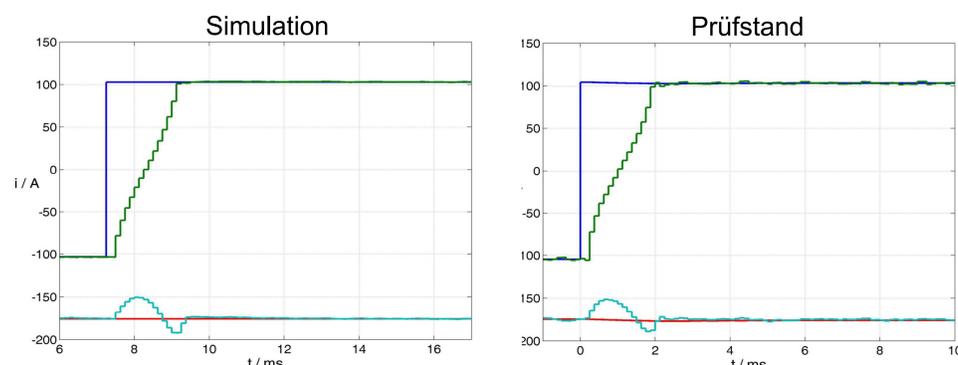
- Implementierung als 1-phasige PWM-Einheit
- Umsetzung in Simulink als Level-2 MATLAB S-Function
- Nutzt die Funktion `block.NextTimeHit` um Simulink die nächste Schaltzustandsänderung mitzuteilen
- Solver entscheidet, wie viele Zeitschritte zwischen den Schalthandlungen gerechnet werden

Vergleich der Simulationszeiten

- Simulation eines Modells einer nichtlinearen, permanentmagneterregten Synchronmaschine mit Reluktanz inkl. Modulator, Leistungselektronik und Stromregler [1]
- Zeitliche Auflösung des Modulators beträgt 10ns
- Vergleich zwischen herkömmlichen Modulator mit Komparator und Dreiecksignal und dem hier neu vorgestellten Modulator

	Simulationszeitdauer für 25ms	Anzahl Zeitschritte (major)
Herkömmlicher Modulator (fixed step, $T_{step}=10ns$)	865.1s	2.500.000
Vorgestellter Modulator (variable step)	18.4s	12.462
Faktor	~48	~200

Vergleich Simulation ↔ Prüfstand



- Sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Prüfstand [2]
- Simulationsmodell des Modulators verifiziert
- Drehzahl 1000rpm
- Gleiche Software in der Simulation und am Prüfstand (Software erstellt mit Hilfe der Codegenerierung)

Fazit

- Vorgestellter Modulator zeigt signifikante Verbesserung der Simulationsdauer
- Simulationsergebnisse des Modulators wurde durch Versuche am Prüfstand verifiziert
- Weitere Features möglich, z. B. Berücksichtigung der Verriegelungszeit, stromvorzeichenabhängige Kompensation der Spannungszeitfläche, variable Taktfrequenzen sind einfach implementierbar

[1] J. Richter, „Einsatz virtueller Prototypen bei der akasalen Modellierung und Simulation von permanentmagneterregten Synchronmaschinen“, *ETG Fachbericht Band 139*, VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach

[2] T. Gemassmer, „High Dynamic Rotor Oriented Current Control for Permanent Magnet Synchronous Machines with Saturation Characteristics“, *PCIM Europe 2014*, Nürnberg