

Wirtschaftliche Steuerung eines Elektroboilers aus PV-Energie

Studiengang: BSc in Elektrotechnik und Informationstechnologie | Vertiefung: Electric Energy and Renewable Systems

Betreuer*in: Prof. Urs Muntwyler

Expert*in: Dipl. Phys. Stephan Gnos (Notwak Energie & Technologie AG)

Industriepartner: Gantrisch Energie AG, Schwarzenburg

Im Rahmen dieser Bachelorthesis sollen mit einer Machbarkeitsanalyse mehrere Schaltungsvarianten von Heizelementen eines Elektroboilers gegenübergestellt werden. Die ökonomisch sinnvollste Variante soll als Prototyp realisiert und mit Messungen validiert werden.

Ausgangslage

Durch die sinkenden Kosten werden auf Dächern von Einfamilienhäusern (EFH) zunehmend Photovoltaikanlagen (PVA) mit einer Leistung von 5-15 kWp installiert. Im Sommer generieren diese sogar mehr Energie als der Haushalt verbraucht. Durch die Kostendeckende Einspeisevergütung (KEV) konnte früher pro eingespeiste kWh bis zu 24 Rp erwirtschaftet werden. Doch die Tarife für die Einspeisevergütung sind nicht mehr so hoch wie noch vor einigen Jahren. Sie nähern sich dem börslich gehandelten Marktpreis von ca. 5 Rp/kWh an. Für Besitzer von PV-Anlagen ist es somit nicht mehr lukrativ einzuspeisen und Speicheroptionen, wie Batterien, sind nach wie vor sehr teuer. Deshalb macht es umso mehr Sinn die PV-Überschüsse maximal auszunutzen. Das Stichwort lautet Eigenverbrauchsoptimierung. Eine Möglichkeit sind sogenannte «PV-to-Heat»-Lösungen, bei welcher die PV-Überschüsse nicht ins Netz rückgespeist werden, sondern dazu verwendet werden das Wasser im Elektroboiler aufzuwärmen. Ziel dieser Thesis ist es, herauszufinden, auf welche Art die drei Heizelemente eines herkömmlichen Elektroboilers ökonomisch sinnvoll angesteuert werden können. Nebst dem Kostenaspekt soll auch die Komptabilität mit den Vorschriften gegeben sein. Die durch Simulationen bestimmte, optimale Variante, soll realisiert und getestet werden.

Realisierung

Als erstes wurde eine Schaltung entwickelt, welche möglichst viele verschiedene Leistungsstufen zulässt. Daraus konnten modular acht Varianten herauskristallisiert werden. Aus der Recherche resultierten die für das Referenzmodell relevanten Parameter, wie das elektrische Leistungsprofil oder der Warmwasserbedarf des EFH. Somit konnte der Eigenverbrauch für die acht Varianten mit der Software Polysun simuliert werden. Mit der Kostenanalyse konnte Aufwand und Ertrag verglichen und so das finale Design für den Prototyp ausgewählt werden. Die benötigten elektronischen Bauteile wurden dimensioniert und bestellt,

die Leiterplatte mit der Software Altium Designer gezeichnet, gefräst und danach bestückt. Für den Softwareteil wurde ein Pythonprogramm geschrieben, welches anhand der simulierten Überschüsse die Leistungsstufe auswählt und dann den Befehl für die Relais über MQTT an einen Broker sendet. Der Microcontroller wurde mit der Firmware von Tasmota geflasht, so dass er die Daten über WiFi vom Broker beziehen kann. Der Prototyp wurde mit Messungen erfolgreich auf seine Funktion getestet.



Nicolai Yves Lévy

Resultate

Aus den acht möglichen Varianten setzte sich die Variante_1.2 (siehe Abb.1) mit fünf Leistungsstufen durch. Der Kostenpunkt beträgt ca. 500 CHF. Mit drei Relais bestückt, erhöht sie das Eigenverbrauchsverhältnis von 15 % auf 22 % und generiert pro Jahr einen Ertrag von ca. 90 CHF. Die anderen Varianten lohnen sich preislich nicht, da der Ertrag, relativ zu den Kosten durch das Erhöhen der Anzahl Relais, nicht signifikant steigen würde. Jedoch zeigen die Resultate auch, dass eine Schaltung mit PWM mehr Erträge liefern kann und somit die bessere «PV-to-Heat»-Option ist. Offene Pendenzen sind z.B der Einbau des Prototyps in die reale Anlage, die Optimierung des PCB, sowie die Verbesserung des Algorithmus zur Steuerung der Leistungsstufen.