

Hochschule München  
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik  
Studiengang Regenerative Energien – Elektrotechnik

## **Bachelorarbeit**

### **Analyse des Potentials zur Abwärmennutzung am Beispiel von Blindleistungskompensationsspulen**

### **Potential analysis for waste heat recovery on the example of shunt reactors**

von

**Alexander Gebert**

Erstellt in Kooperation mit der

**Bayernwerk Netz GmbH**



**bayernwerk**

**Betreuung:** Prof. Dr. Stephanie Uhrig, Hochschule München  
M.Sc. Thilo Hoffmann, Bayernwerk Netz GmbH  
Dipl.-Ing. (FH) Holger Welz, Bayernwerk Netz GmbH

**Bearbeitungsbeginn:** 01.06.2019

**Abgabetermin:** 02.12.2019

**Laufende Nummer:** 1904

## Kurzfassung

---

**Titel:** Analyse des Potentials zur Abwärmenutzung am Beispiel von Blindleistungskompensationsspulen

**Autor:** Alexander Gebert

**Schlagwörter:** Blindleistungskompensationsspule, Abwärmenutzung, ORC-Prozess

In sechs Umspannwerken des deutschen Stromnetzbetreibers Bayernwerk wird bis zum Jahr 2023 je eine Blindleistungskompensationsspule installiert, deren in Betrieb anfallenden Verluste bislang ungenutzt in Form von Wärme an die Umgebung abgegeben werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es daher zu evaluieren, ob diese Abwärme weiter genutzt werden kann und welches Potential hierfür besteht. Eine Eignungsuntersuchung der sechs Standorte mithilfe des eigens zu diesem Zwecke entwickelten Blindleistungsanalysetools „Reactive Power Analyser“ stellt die Vorzüge des Umspannwerks Schwandorf für ein potentielleres Modellprojekt heraus. Der Schwerpunkt liegt vor allem auf einer möglichen Rückverstromung mithilfe der ORC-Technologie. Infolge der externen Kühlerbatterie der Spule kann der Ölkreislauf direkt angezapft und über einen Bypass durch ein ORC-Modul geleitet werden. Ein entsprechendes konstruktives und steuerungstechnisches Konzept für eine derartige Anlage wird im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitet. Dieses beinhaltet auch eine Anhebung der Vorlauftemperatur des Öls auf bis zu 89°C durch den Einsatz von thermostabilisiertem Papier anstelle des üblicherweise verbauten Kraftpapiers, das nur Öltemperaturen bis zu 82°C im Vorlauf zulässt. Die sich im Normalbetrieb einstellende Vorlauftemperatur von ca. 75°C würde für eine sinnvolle Verstromung der Abwärme nicht ausreichen.

Als Obergrenze für den maximal erzielbaren thermodynamischen Bruttowirkungsgrad einer Rückverstromungsanlage gibt der ideale Carnot-Prozess ca. 22,3% vor, was bei einer zur Verfügung stehenden Abwärmeleistung von rund 91 kW einer elektrischen Leistung von 20,4 kW entspricht. Wie eine Betrachtung dreier ORC-Module von verschiedenen Anbietern zeigt, liegt der Nettowirkungsgrad mit höchstens 7% einhergehend mit einer elektrischen Nettoleistung von 6,4 kW jedoch in der Praxis deutlich darunter.

## Abstract

---

Title: Potential analysis for waste heat recovery on the example of shunt reactors

Author: Alexander Gebert

Keywords: shunt reactor, waste heat recovery, ORC process

Until 2023, the German power grid operator Bayernwerk will install one shunt reactor in six of its substations. So far, the losses occurring during operation of shunt reactors are discarded unused to the environment in form of waste heat.

Therefore, the aim of this work is to evaluate whether this waste heat can still be used and what potential exists for this. A suitability study of the six sites using the reactive power analysis tool "Reactive Power Analyser" developed specifically for this purpose reveals the advantages of the Schwandorf substation for a potential pilot project. The focus is mainly on the possibility of heat-to-electricity conversion using ORC technology. As the radiator battery of the shunt reactor is arranged separately, the oil circuit can be tapped directly and led through an ORC module via a bypass. An appropriate design and control concept for such a heat-to-power system will be developed within the scope of this investigation. This also includes rising the flow temperature of the oil up to 89°C by using thermally upgraded paper instead of the conventional kraft paper, which only allows oil flow temperatures up to 82°C. The flow temperature of about 75°C occurring during normal operation would not be sufficient for a useful conversion of the waste heat into electricity.

The ideal Carnot process specifies about 22.3% as the upper limit for the maximum achievable gross thermodynamic efficiency of a heat-to-electricity power plant, which corresponds to an electrical output of 20.4 kW with an available thermal input of around 91 kW. As can be seen from an analysis of three different ORC modules from several suppliers, however, the net efficiency of 7% at the most, together with a net electrical output of 6.4 kW, is well below that in praxis.