

UDC 004.942

## ENTWICKLUNG EINES SYSTEMS ZUR ELEKTRISCHEN ENERGIEANALYSE EINES KAFFEEAUTOMATEN

Gabrova O.<sup>1</sup>, Andreas Beck<sup>1</sup>, Dr.-Ing. Nasser Jazdi<sup>1</sup>, Syjatinij V.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IAS, Universität Stuttgart

<sup>2</sup>Donetsk National Technical University

Das Ziel ist das Applizieren und Evaluieren einer Methode zur Energieoptimierung von automatisierten Systemen an der Demonstrationsanlage "IAS-Kaffeautomat".

### Modellbasierender Ansatz für die Generierung von Optimierungsvorschlägen

Für die elektrische Energieanalyse wird ein modellbasierender Ansatz vorgeschlagen [1].

E<sup>2</sup>-Analyser analysiert die Systemstruktur, Verhalten und Parameter (Umgebungsbedingungen, Benutzereingriffe, Energieverbrauch) basierend auf dem Optimierungsziel, das durch den Benutzer eingegeben wird (z.B. Energieverbrauch auf 5% reduzieren). Das Analyseergebnis

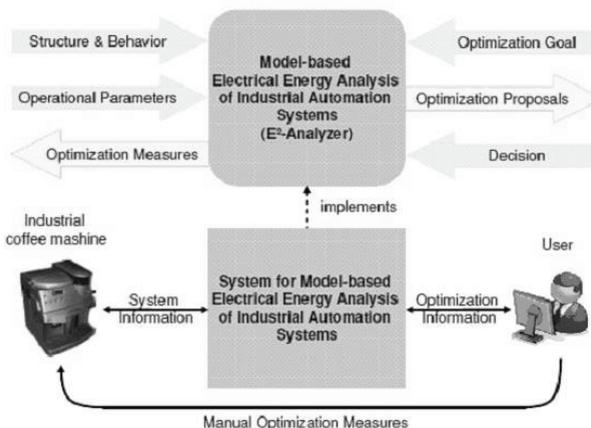


Abbildung 1 – Eingabe und Ausgabe von modellbasiertem Ansatz [2]

stellt den Optimierungsvorschlag vor. Die Vorschläge sind entweder manuelle Optimierungsmaßnahmen oder automatisch lauffähige Optimierungsmaßnahmen.

Die Grundlage von diesem Ansatz ist das Simulationsmodell. Das Modell bildet die Systemstruktur und Systemverhalten in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen und Benutzereingriffen ab.

Das Modell mit integrierten Anpassungskenntnissen wird zur automatischen Generierung der Optimierungsvorschläge benutzt. Diese basieren auf dem Optimierungsziel, das vom Benutzer eingegeben wird. Jede Anpassung ergibt ein neues Verbrauchsszenario, welches nachfolgend simuliert wird. Simulationsergebnisse werden durch Vergleich mit dem Optimierungsziel und vorher simulierten Verbrauchsszenario evaluiert. Dies ermöglicht eine automatische Identifizierung und Evaluierung der Optimierungsvorschläge für System, Umgebung oder Benutzerverhalten. Schließlich werden dem Benutzer automatisch generierte Vorschläge angeboten, als Grundlage für seine Entscheidung [2].

## **Architektur**

In Abb. 1 ist die allgemeine Struktur des zu entwickelnden Systems dargestellt.

Als Eingabedaten sind folgende genannt:

- Benutzereingriff
- Umgebungsparameter
- Optimierungsziel

Das System besteht aus folgenden Teilen:

- Simulationsmodell
- Generierung von Optimierungsvorschlägen
- Anwendung von Optimierungsmaßnahmen

Die Ausgabedaten sind generierte Optimierungsvorschläge. Auf Grund der Optimierungsvorschläge trifft der Benutzer eine Entscheidung. Diese Entscheidung wird manuell oder automatisiert an dem realen System (Kaffeeautomat) durchgeführt.

An das Simulationsmodell werden die folgenden Anforderungen gestellt:



gemacht hat und wendet die Optimierungsmaßnahmen automatisiert an.

Die Optimierung kann in 4 Bereichen durchgeführt werden:

1. Systemfunktion.
2. Systemverhalten.
3. Systemumgebung.
4. Benutzereingriff.

Nur die Optimierung von all diesen Bereichen ermöglicht eine vollständige Systemoptimierung und Erreichen des Benutzerziels.

Der Subblock "Wissen" wird als ein externes File realisiert. Files werden in .XML-format gespeichert. Im Programm muss eine Serialisierung und Deserialisierung durchgeführt werden.

### **Optimierung der Systemfunktion**

Im Vergleich zu anderen Energieverbrauchern des Kaffeeautomaten nimmt der Dampfkessel die meiste Energie bei der Aufheizung des Wassers auf. Der Dampfkessel muss eine bestimmte Temperatur (122 °C) erhalten. Dazu wird die volle Leistung chargenweise genommen. Die Periode des Impulses kann verlängert sein werden, was zu einer Energieverbrauchssenkung führt.

Durch den Wärmeaustausch zwischen dem Dampfkessel und der kälteren Umgebungsluft geht Energie verloren. Dies erfolgt vor allem durch Wärmedurchgangsvorgänge zwischen Wasser, Kesselwand und der Umgebungsluft sowie zu einem kleineren Teil auch durch Strahlungswärme.

Um Wärmeverluste an die Umgebung zu reduzieren und damit die Temperatur länger ohne Heizen halten zu können, ist eine gute Isolation des Dampfkessels wichtig. Als Vorschlag kann das System verschiedene Isolationstypen anbieten und die Simulation mit neuen Parametern durchführen.

Ein anderer Vorschlag besteht darin, die weniger effektive originale Komponente gegen eine andere auszuwechseln.

### **Optimierung des Systemverhaltens**

Viel elektrische Energie kann man einsparen, wenn die Fehler im

Verhalten während des Betriebes berichtigt werden. Der Kaffeeautomat nimmt im Zustand «Stand-By» jede 40-50 Sekunde die volle Leistung für 3-4 Sekunden.

Der Arbeitsablauf des Kaffeeautomaten muss analysiert werden und das System muss entscheiden, was das einträglichste ist, im «Stand-By»-Zustand arbeiten oder die Maschine ausschalten und danach wieder einschalten (Vorheizphase).

### **Optimierung der Systemumgebung**

Der Energieverbrauch für die Wärmeerhaltung und die Aufheizung hängt von 2 Faktoren ab:

1. Umgebungstemperatur.
2. Temperatur des Leitungswassers.

Das System muss diese Faktoren berücksichtigen und die Simulation in Abhängigkeit von ihnen durchführen.

### **Änderungen im Benutzereingriff**

Ein Vorschlag in diesem Bereich können auch Änderungen im Arbeitsablauf sein.

Nach der Arbeitsablaufanalyse sind solche Zeitspannen zu finden, wann der Kaffeeautomat nicht vollständig benutzt wird. Während dieser Zeitspannen kann das Wasservolumen im Dampfkessel reduziert werden. Die Wärmeerhaltung der geringeren Wassermenge erfordert weniger Energie.

### **Literatur**

- [1] Beck A.; Jazdi N.: Model-based Electrical Energy Analysis of Industrial Automation Systems, [in press], IEEE-TTTC International conference on Automation, Quality, and Testing, Robotics, 2010
- [2] Beck A.; Göhner P.: Generation of Optimization Proposals for Electrical Energy Analysis of Industrial Automation Systems, Stuttgart: IAS, 2010