

SUMMARY

The aim of this work was to build an alternative control system for a La Marzocco espresso machine with the prototype being composed of different parts from La Marzocco's Linea Mini and GS3 models. It was important that the control system would be significantly cheaper than the official option and that it would allow for further upgrading of the machine using a modular architecture.

The process began by analysing the different components and working principles of espresso machines, focusing on a dual-boiler system where espresso and steam systems have separate heating. An electric system powering the espresso machine components was created with a total power of 3.5 kW. With a maximum current draw of around 15.2 A, all subsystems were dimensioned to be safe and electrically protected.

A range of microcontroller platforms was considered with an Arduino-based control system being selected to manage the logic components of the system. The final solution consists of two Arduino Nano Every microcontrollers with one being dedicated to temperature control and the other to general system operations. The temperature subsystem running a PID algorithm consists of the controller to which temperature targets are sent by the primary system, two PT1000 type temperature sensor amplifiers to increase reading resolution and two solid state relays that power the heating elements using PWM. The created user interface shows real-time data about the system and allows the operator to change various settings. It is composed of three buttons with LED lights and an 800x480 pixel touchscreen (Figure 2.5) whose operation is assisted by a driver board driven by the main logic system (Figure 3.1). A microSD card module was also integrated to save flow and temperature data between uses.

The finished system is significantly cheaper – around 220 € as compared the manufacturer's option that costs around 1100 €. In addition, the developed solution provides an increased capacity for upgrades, customisation and information gathered from the machine that is useful in a commercial setting. It is also modular in its construction and programming so that it can be used with different components and set up on a wide variety of machines. Though the system is relatively cheap, the hours spent on development, potential inefficiencies of the code written and the lack of extensive testing of the product with heavy loads decrease the current economic viability of the solution.

As the system is highly flexible, adjustments can be made to increase the applicability for different tasks and environments. A variable-frequency drive can be added to the

motor to enable pressure profiling for making espresso and to close channels forming in the coffee puck by dynamically decreasing pressure. For increased control of the coffee extraction, flow profiling can also be introduced. If needed, additional connectivity modules can be added for wireless communication and operation automation. To decrease the large power consumption of the espresso machine, insulation should be added to the boilers as the water heating is the most energy-demanding task of the machine. Specialised alternatives to the auxiliary logic components can be developed to make the system more affordable and compact.

KOKKUVÕTE

Töö eesmärk oli välja töötada alternatiivne kontrollsüsteem La Marzocco espressomasinale. Jupiter, millest masina prototüüp koosnes, olid pärit La Marzocco GS3 ja Linea Mini mudelitelt. Kontrollsüsteem töötati välja pannes rõhku hinnale, et tulemus oleks märkimisväärselt odavam kui tootja poolt pakutav lahendus, ning et süsteem oleks üles ehitatud modulaarselt, võimaldades seda tulevikus täiustada.

Tööprotsess algas espressomasinate erinevate komponentide ja tööühimõtete analüüsiga, keskendudes kahe boileriga süsteemile, kus soojendatakse kohvi- ja aurustüsteeme eraldi. Loodud elektrisüsteem oli koguvõimsusega 3.5 kW. Alamsüsteemide elektroonika disainimisel keskenduti turvalisusele ja ohutusele, sest masina voolutarbimine on kuni 15.2 A.

Mitme mikrokontrollerisüsteemist valiti välja Arduino platvorm, mis haldab süsteemi loogikakomponente. Lõplik lahendus koosneb kahest Arduino Nano Every mikrokontrollerist, millest üks on pühendatud boilerite kütmisele ning teine süsteemi üldisele juhtimisele. Boilerite temperatuuri haldav alamsüsteem saab sihtväärtused põhisisüsteemilt ning koosneb PID algoritmiga töötavast kontrollerist, kahest pulsilaiusmodulatsiooniga töötavast pooljuhtreele-küttekeha paarist ning kahest PT1000-tüüpi temperatuurianduri võimendist, mis tõstavad lugemi resolutsiooni. Kasutajaliides näitab reaajas süsteemi kohta informatsiooni ning võimaldab operaatoril masina erinevaid seadeid muuta. See koosneb kolmest LED-valgustusega nupust ja 800x480 resolutsiooniga puutekraanist (Figure 2.5), mille tööd toetab põhisisüsteemiga ühendatud puutekraani juhtmoodul (Figure 3.1). Veekoguse- ja temperatuurisätete salvestamiseks on kasutusel microSD mälukaardi moodul.

Võrreldes lõpliku süsteemi umbkaudset hinda 220 € tootjapoolse variandi hinnaga 1100 €, on loodud lahendus märkimisväärselt odavam. Lisaks on sellel suurem edasiarendus-, kohandus- ja masinast teabe hankimise suutlikkus, mis on kohvifookusega äri- või kaubanduskeskkonnas kasulik. Viimaks on see programmeerimises ja konstruktsioonis ka modulaarne, mis tähendab, et seda saab kasutada erinevate komponentidega ning paigaldada mitmesugustele masinatele. Olgugi, et süsteem on üpris odav, vähendavad selle majanduslikku elujõulisust süsteemi väljatöötamisele kulunud aeg, kirjutatud koodi potentsiaalne ebaefektiivsus ning suurema koormuse all põhjaliku katseperioodi puudumine.

Süsteemi suure paindlikuse tõttu saab seda kohandada, et tõsta selle rakendatavust erinevates keskkondades ja töörežiimides. Mootorile sagedusmuunduri lisamine

võimaldaks sätestada rõhuprofiile ning aitaks dünaamiliselt rõhu langetamisega sulgeda ebaühtlaselt kokkupressitud kohvis tekkivaid kanaleid. Operaatori võimaluste avardamiseks saab lisada ka veevooluprofilide seadistamise võimekuse. Vajadusel saab süsteemi integreerida ka lisamoduleid selle juhtmevabaks kontrollimiseks ning töö automatiseerimiseks. Masina energiatarbimise vähendamiseks peaks boilerid soojustama, sest vee kuumutamine on süsteemi kõige energiamahukam ülesanne. Kasutatud abimoodulitele on võimalik välja töötada üheotstarbelised alternatiivid, et langetada välja töötatud lahenduse hinda ja suurust.