

POSUDEK VEDOUCÍHO DIPLOMOVÉ PRÁCE

Název: Měření a řízení spotřeby energie na výrobních linkách

Student: Bc. Vojtěch Pavlík

Předkládanou diplomovou práci lze rozdělit do tří částí: měření spotřeby elektrické energie robotů, „uspávání“ robotů za účelem snížení jejich spotřeby a analýza spotřeby výrobní linky. Účelem práce bylo použít průmyslové komponenty jako periferie a PLC s komunikací Profinet, roboty apod. a ukázat na nich možnosti úspory elektrické energie řízením spotřeby robotů v době jejich nečinnosti. Potvrdily se předpoklady, že lze takto dosáhnout nemalých úspor.

Pan Pavlík přistupoval k celé práci velmi zodpovědně a organizovaně. Navrhnul způsob měření spotřeby s využitím měřicích karet do vzdálených periférií od různých výrobců, nastudoval možnosti těchto karet a porovnal je v praktické implementaci v laboratoři. Provedl základní měření spotřeby robota pro různé pohyby včetně měření spotřeby pro různé režimy spánku, ve kterých se robot může nacházet. Připravil také sadu funkcí, které slouží k převodu robota mezi těmito režimy. Významnou částí jeho práce jsou funkce pro PLC Simatic S7, které umožňují se zvolenou periodou odesílat měřená data do databázové aplikace. Výhodou je možnost dostat se k periodám v řádu jednotek až desítek milisekund, což rozhodně není u dostupných průmyslových nástrojů pro sběr dat běžné. K tomuto účelu využil protokolu UDP, což se ukázalo být jediná možnost vzhledem k použitému PLC a také k požadavku na relativně velkou rychlost vzorkování dat.

Uvedené komponenty pan Pavlík následně upravil pro použití na výrobní (svařovací) lince ve společnosti Škoda Auto, kde se díky tomu provádí sběr dat o chodu linky a její elektrické spotřebě po dobu několika měsíců.

Dalším úkolem pana Pavlíka bylo nasbíraná data analyzovat, detekovat z nich spotřebu robotů v jednotlivých operacích a detekovat okamžiky, kdy výrobní linka stojí. Pan Pavlík implementoval algoritmus, který se na základě přibližné znalosti operací a pořadí jejich vykonávání naučí rozpoznávat operace podle měřené spotřeby energie. Tento algoritmus testoval jednak na offline datech, jednak připravil jeho variantu pro online identifikaci.

Tím tedy pan Pavlík splnil všechny body zadání a odevzdal práci, která je rozsáhlá a velice dobře zpracovaná. Prokázal schopnost samostatně přistoupit k předloženému problému, navrhnout a realizovat řešení, které se uplatňuje v průmyslové praxi. Proto jeho práci doporučuji k obhajobě a hodnotím ji stupněm **A (výborně)**.



Ing. Pavel Burget, Ph.D.

V Praze 26. 5. 2014

Posudek oponenta diplomové práce

Téma: Měření a řízení spotřeby elektrické energie na výrobních linkách

Autor: Bc. Vojtěch Pavlík

Předložená práce se zabývá aktuálním tématem snižování energetické náročnosti průmyslové výroby, v tomto konkrétním případě robotické linky v automobilovém průmyslu. Celou práci lze rozdělit na několik tematických bloků:

- Měření spotřeby elektrické energie stroje napájeného z třífázové sítě
- Sběr dat o spotřebě do nadřazeného systému (databáze)
- Rozšíření systému na reálnou linku
- Vyhodnocování naměřených dat

První část práce, zabývající se měřením spotřeby, popisuje teoretické základy a následně aplikaci standardních HW komponent určených ke komplexnímu měření odběru elektrické energie. Autor se, nejen v této části práce, dopouští toho, že nerozlišuje mezi výkonem a příkonem zařízení – například v prvním odstavci kapitoly 2.1.2.

Druhá část práce popisuje aplikaci, realizovanou v PLC, která má za úkol naměřená data posílat nadřazené aplikaci, která je následně ukládá do databáze. Zde lze mít výhrady ke zvolenému řešení, a to zejména

- skutečně je nutné posílat data do databáze každých 40ms? Výsledkem bude obrovské množství dat v nadřazeném systému, jejichž další použití je přinejmenším diskutabilní. Takováto frekvence ukládání dat je jistě vhodná ve fázi analýzy spotřeby příslušného zařízení v jednotlivých provozních stavech, avšak v produkčním systému, kde se již zpravidla pouze sleduje celková spotřeba energie za jednotku času, není tak vysoká frekvence sběru dat nutná.
- použití do jisté míry nespolehlivého komunikačního protokolu UDP. Zde však předpokládám, že definice komunikačního protokolu vzešla ze strany příjemce dat a diplomant neměl možnost tuto záležitost ovlivnit.

Další část práce popisuje nasazení na reálné výrobní lince v závodě Škoda Auto. Autor zde uvádí nezbytné úpravy vyvinutého řešení z důvodu odlišnosti použitých robotů či nutnosti aplikace SW standardů Škoda Auto.

Poslední část práce se zabývá analýzou naměřených dat. Tato část se zdá bohužel poněkud nepřehlednou, neboť zde autor na jednom místě popisuje jak analýzu dat v prostředí Matlab, tak různé možnosti snižování odběru řízeného zařízení či celé linky.

Celkový rozsah práce je poměrně velký. Pokrývá jak návrh a realizaci měřícího zařízení, tak implementaci příslušného programu v PLC a rozsáhlé testy jak v laboratorních podmínkách,