

Řízení rehabilitačního ergometru nové generace

Bc. Martin Červa, Ing. Josef Černohorský, Ph.D.

Abstract

The aim of the diploma thesis was to design and implement control software for next generation rehabilitation ergometer. Function block were analysed for torque control. Synchronization of two servomotors was realized. Finally, it was created zero version of human machine interface.

Abstrakt

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout a realizovat řídicí software a pro rehabilitační ergometr nové generace. Byla provedena analýza funkčních bloků pro silově momentové řízení. Dále byla realizována synchronizace servomotorů ovládajících pedály, na čemž je funkce tohoto ergometru založena. Nakonec byla vytvořena nultá verze rozhraní člověk stroj včetně rehabilitačních režimů.

Úvod

Ergometr je zařízení podobné rotopedu s možností přesně definovat zatížení. Ovládání zátěže je u ergometrů elektronické. Využití těchto přístrojů je buď pro sledování srdce pacienta při přesně definované zátěži, nebo pro rehabilitační účely. Ergometry jsou vyráběny buď v bicyklovém provedení, nebo v provedení běžícího pásu.

Současná nabídka rehabilitačních ergometrů založených na kruhovém pohybu umožňují rehabilitaci dolních i horních končetin. Tyto přístroje dovolují nastavit zatížení a na základě rozdílu period pohybu vykonaných levou a pravou končetinou monitorovat jejich vyžití. Žádný z těchto přístrojů však nenabízí možnost nastavit proměnné zatížení v rámci jedné otáčky, možnost nastavit rozdílné zatížení pro levou a pravou končetinu, aktivní dopomoc při překonávání pro pacienta problematického místa a nezávislé měření výkonu levé a pravé končetiny.

Rehabilitační přístroj jímž se zabývá tato práce je inovativní díky zavedení elektronické hřídele mezi pedály místo hřídele pevné. Tato změna eliminuje veškeré nepříznivé ovlivnění pedálů navzájem zhoršující nejen rehabilitační proces, ale především naměřené výsledky vyžití levé a pravé končetiny. Díky možnosti separátního řízení pohonů pro levý a pravý pedál zde bylo možné implementovat nastavení různé zátěže či aktivní dopomoci pro oba pedály zvlášť. Dále toto řešení umožňuje nastavení proměnné zátěže v rámci jedné otáčky a nezávislé měření výkonu levé a pravé končetiny.

Princip řešení

Jak již bylo zmíněno v úvodu, pevná hřídel zde byla nahrazena hřídelí elektronickou. Tímto způsobem jsou propojeny dva synchronní servomotory, ke kterým jsou připevněny pedály. Motory jsou připojeny k servozesilovači, který je řízen PLC automatem.

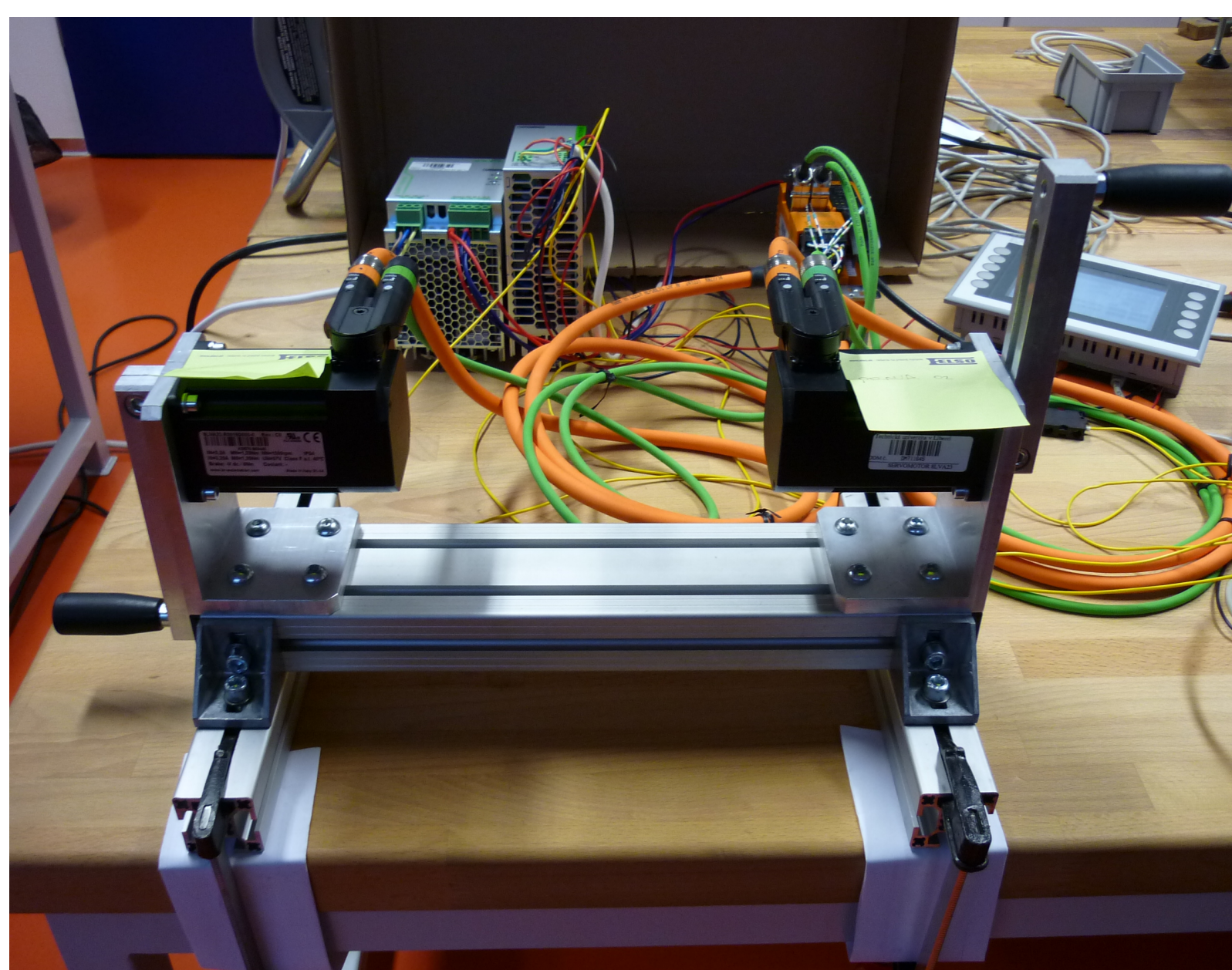
Zátěž není u tohoto ergometru řešena jako překonávání odporu, jak je tomu u běžných ergometrů a rotopdů. Je zde využíváno momentového řízení. Proti pohybující se končetině působí krouticí moment, který je možné přesně definovat. Elektronická hřídel je zde realizována prostřednictvím elektronické vačky.

Elektromotory, pohybující se pedály jsou v této úloze rozděleny na řídicí a řízené. Pokud se pravý pedál nachází v poloze záběru, stává se řídicím (pravý elektromotor je přepnut do režimu Master, levý do režimu Slave). Na levý elektromotor je přenášen krouticí moment a je kopírován pohyb pravého pedálu, pouze s pootočením o 180°. Po dosažení levého pedálu polohy záběru se levý pedál stane řídicím (levý pedál je přepnut do režimu Master, pravý do režimu Slave) a proces se opakuje. V aktivní části pohybu končetiny je možné přizpůsobit zátěž podle rehabilitačních potřeb (krouticí moment působí protipohybu končetiny, nebo po směru končetiny). Při správném nastavení by mělo být dosaženo efektu, kdy bude mít pacient s jednou končetinou slabší pocit ekvivalentního vyžití obou končetin.

K nastavování klíčových parametrů slouží softwarová vizualizace, kterou je možné ovládat pomocí dotykového panelu integrovaného na PLC automatu.

Hardware

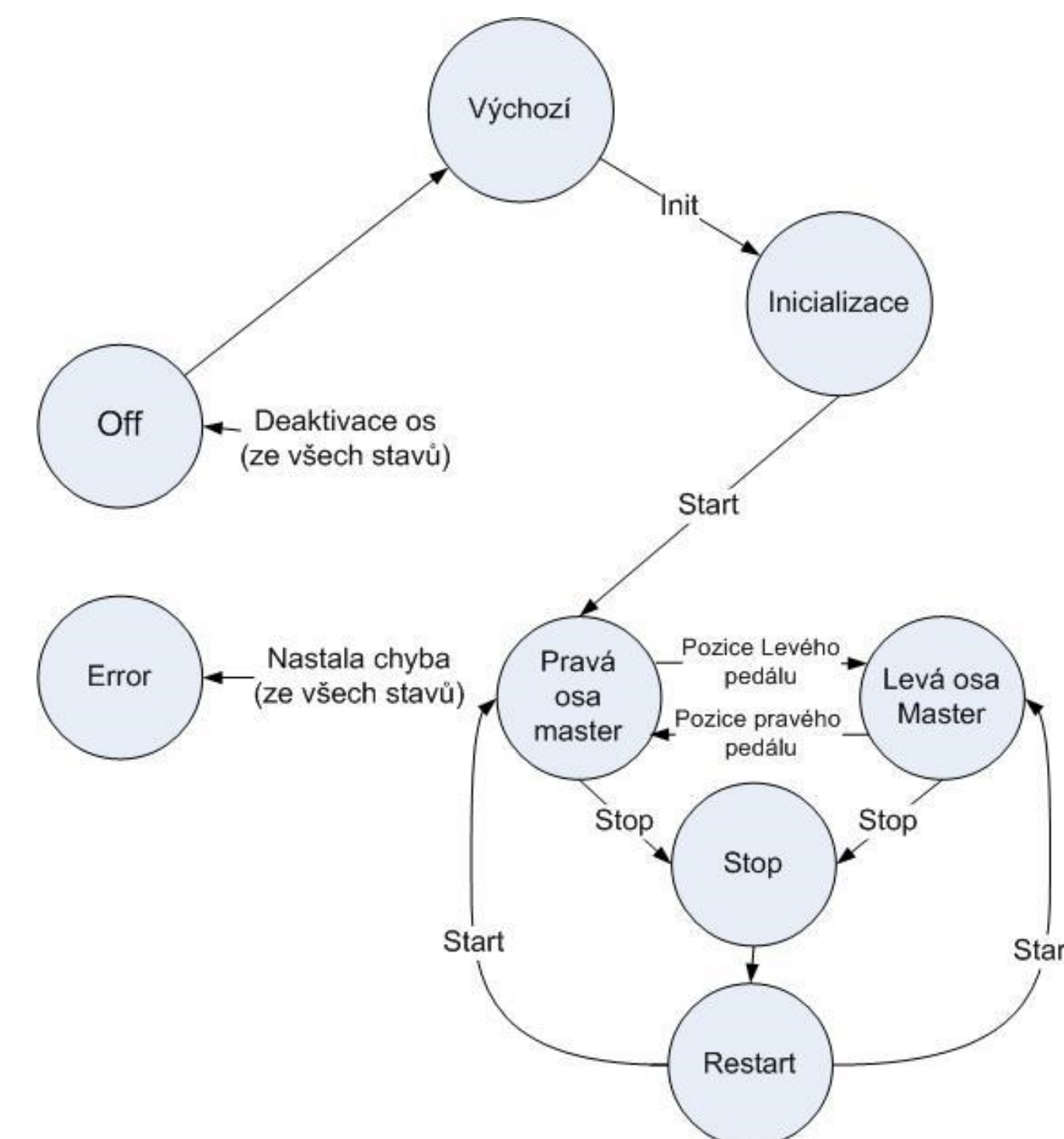
Vývoj softwaru probíhal na přípravku reprezentujícím ergometr. Ke kovové konstrukci byly připevněny dva synchronní servomotory s provizorními pedály. Servozesilovač, PLC a zdroje energie byly umístěny mimo tento přípravek.



Obrázek 1: Přípravek reprezentující ergometr

Software - řídicí část

Základní struktura řídicího programu je ilustrována vývojovým diagramem níže. Pro implementaci momentového řízení a elektronické hřídele bylo využíváno funkčních bloků standardizovaných normou PLCopen.



Obrázek 2: Vývojový diagram pro řídicí program

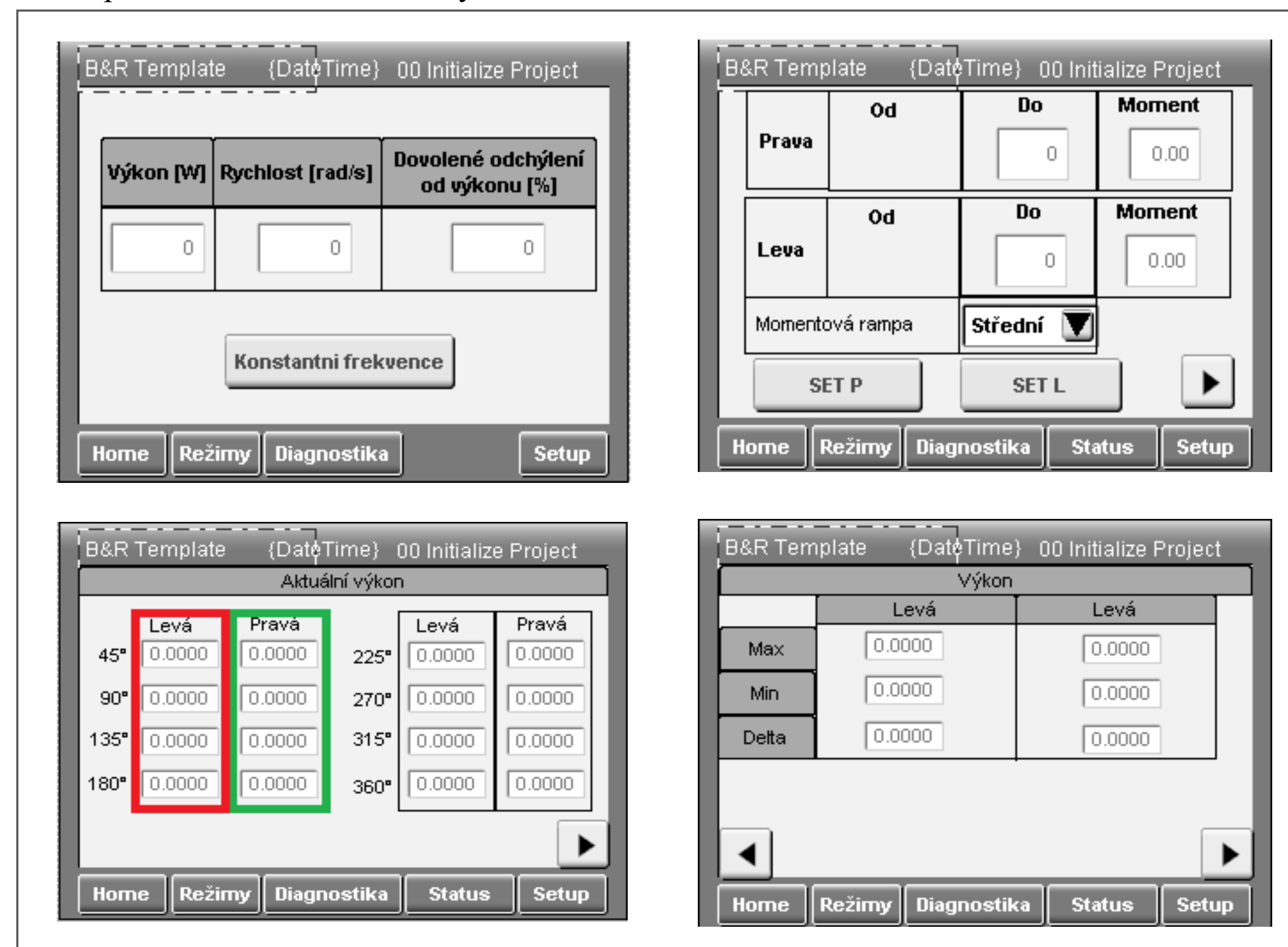
Software - rehabilitační režimy

Prvním implementovaným rehabilitačním režimem je režim konstantního výkonu a frekvence. V tomto režimu jsou uživatelem nastaveny požadované otáčky a výkon. Na základě těchto parametrů je dopočítáván krouticí moment. Informace zda se pohybuje pacient v definovaných výkonových a otáčkových mezích je podávána prostřednictvím vizualizace.

Druhým režimem je režim proměnného krouticího momentu. V tomto režimu je možné aktivní polovinu otáčky rozdělit na libovolně široké úseky. V těchto úsecích je možné definovat různý krouticí moment. Moment může být definován kladný i záporný. Dále je zde možné definovat momentovou rampu při přechodech mezi úseky.

Software - Diagnostika

Pro každý stupeň otáčky je vyhodnocován výkon a krouticí moment zvlášť na obou motorech. Tyto hodnoty jsou zprůměrovány do osmi kvadrantů rozdělených po pětačtyřiceti stupních. První čtyři kvadranty reprezentují aktivní část pohybu, zbylé kvadranty reprezentují pasivní část pohybu. Dále je zde vyhodnocováno výkonové a momentové maximum, minimum a rozdíl předešlé a aktuální hodnoty.



Obrázek 3: Konstantní frekvence a výkon (vlevo nahoře), Proměnný moment (vpravo nahoře), Diagnostika výkonu (dole)

Závěr

Výsledkem této diplomové práce je řídicí software a rozhraní člověk stroj určený pro rehabilitační zařízení bicyklového typu. Zařízení obsahuje dva druhy rehabilitačních režimů. Dále obsahuje diagnostické prvky pro sledování průběhu rehabilitace. Systém je možné implementovat do zařízení pro rehabilitaci dolních a horních končetin. Díky zátěži založené na aktivním momentovém působení je také možná rehabilitace pacientů s amputovanou končetinou.

Kontakt

martin.cerva@seznam.cz

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2015.