

# INDUSTRY 4.0 TESTBED AUTONOMOUS “SHAKER” CELL

**Radim Karniš**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xkarni09@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Pásek

E-mail: pasek@feec.vutbr.cz

**Abstract:** The aim of this project is to design, build and implement autonomous "Shaker" cell, a part of an automatic barman “smart factory“. The cell executes one action in the life of a product passing through a production line, namely the shaking of a beverage. It is designed to work both individually or connected to the automatic barman system. Each step in the process of cell design and implementation follows the latest trends of the fourth industrial revolution.

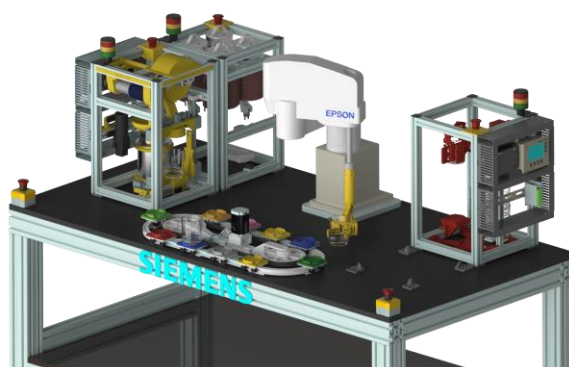
**Keywords:** Industry 4.0, Industry Automation, PLC, Additive Manufacturing, Intelligent Manufacturing Systems

## 1 ÚVOD

Zvyšující se poptávka po produktech a jejich komplexita vyžadují konstantní evoluci výrobních procesů. O kompletní změně přístupu k výrobě se hovoří jako o průmyslové revoluci. V následující dekádě můžeme očekávat důsledky poslední takovéto revoluce, označované jako Průmysl 4.0. Je potřeba, ne-li dokonce povinnost, reagovat na tento vývoj implementací moderních výukových pomůcek. Testbed „robotický barman“, který vzniká na fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v Brně v laboratoři skupiny průmyslové automatizace, je jednou z takových pomůcek. Práce se zabývá kompletním návrhem a realizací jedné z autonomních částí tohoto demonstrátoru – buňkou „Shaker“.

## 2 ROBOTICKÝ BARMAN

Robotický barman plní funkci chytré továrny připravující míchané nápoje. Funguje jako demonstrátor technologií Průmyslu 4.0, na kterých je vybudován. Vyznačuje se tak maximálním využitím principů čtvrté průmyslové revoluce – je modulárního charakteru, pro jeho materializaci je užito postupů aditivní výroby, řízení je decentralizováno a v centru dění stojí produkt.



**Obrázek 1:** Robotický barman.

Skládá se z vyměnitelných autonomních buněk, které vykonávají jednotlivé úkony v životě produktu procházejícím továrnou. Jedná se o distribuci, skladování a chlazení alkoholických a nealkoho-

lických nápojů, dávkování a drcení ledu, přípravu perlivých nápojů, promíchání a protřepání obsahu sklenice a její samotné uskladnění. Soustava autonomních buněk, SCARA manipulátoru a dopravníku pro přesun sklenic tak tvoří robotického barmana. Jak sklenice postupně prochází touto soustavou, je připravován žádaný míchaný nápoj.

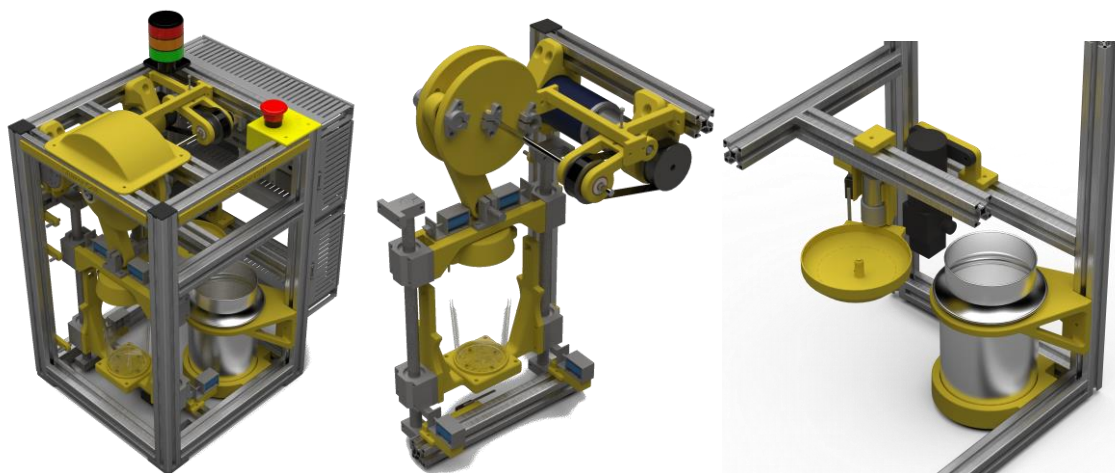
Na jednotlivé buňky jsou tedy kladeny prostorové, konstrukční a komunikační požadavky tak, aby mohly být implementovány do systému demonstrátoru.

### 3 AUTONOMNÍ BUŇKA SHAKER

Při realizaci takovéto buňky je nutno uvážit jak technické požadavky dané podstatou testbedu, tak funkční požadavky, které plynou z procesu přípravy míchaného nápoje. Shaker zajišťuje důkladné protřepání obsahu sklenice a údržbu v podobě omytí ploch přicházejících do styku s nápojem mezi jednotlivými cykly výroby. Funguje zapojen v kontextu demonstrátoru, ale i samostatně, proto je vybaven vlastní řídicí logikou. Jako komunikační rozhraní pro čtení receptury nesené výrobkem využívá RFID technologie – čtečka v buňce pracuje s daty v čipu na spodu sklenice.

#### 3.1 NÁVRH KONSTRUKCE

První fází realizace buňky je vytvoření přesného virtuálního 3D modelu. K tomuto účelu je využito prostředí Siemens NX 12, kde je postupně namodelována celá soustava tvořící Shaker. Výchozím bodem je testbedem definovaný rám z hliníkových profilů s rozměry 33x33x50 cm, který je kostrou držící jednotlivé funkční celky pro protřepání nápoje, omytí a řízení. Výsledná sestava se skládá ze 160 dílů, z toho 52 je unikátních a vytvořených přímo pro potřeby Shakeru.



**Obrázek 2:** Pohledy na virtuální model autonomní buňky Shaker.

Funkční celek protřepání nápoje je tvořen klikovým mechanismem převádějícím rotační pohyb hřídele motoru na opakovaný lineární pohyb ústrojí, ve kterém je utěsněna sklenice pomocí elektromagnetických zámků. Omytí příklopného víčka sklenice zajišťuje proud čisté vody hnané membránovým čerpadlem z nádrže do pohyblivého rozprašovacího elementu. Tento člen může měnit svou pozici pro fázi protřepání a fázi mytí, slouží také jako talířek zachycující odkapávající zbytky vody z víčka. Množství koncových spínačů, indukčních snímačů a inkrementální enkodér zajišťují zpětnou vazbu.

Konstrukce je doplněna o průmyslový konektor pro připojení do demonstrátoru, bezpečnostní prvky jako STOP tlačítka, kryty a signalizační maják a DIN lišty se žlaby pro elektroinstalaci.

#### 3.2 ELEKTRICKÉ ZAPOJENÍ

Po dokončení konstrukčního modelu a zvolení vhodných snímačů a akčních členů bylo vytvořeno schéma elektrického zapojení jednotlivých prvků. K tomuto účelu byl využit software WSCAD.

Byly zakresleny všechny silové i signálové cesty, propojení PLC s aktuátory a senzory, zapojení relé, stykače a bezpečnostních prvků, ale i datové spojení komunikujících částí. Vznikla tak kompletní elektrodokumentace projektu.

### 3.3 ŘÍDÍCÍ LOGIKA

Požadavkem na buňku je schopnost autonomního řízení na základě informací z receptury vloženého produktu. Z tohoto důvodu je vybavena logickým automatem Siemens S7-1200 v kombinaci s operátorským HMI panelem KPT400 Basic. Automat umožňuje na základě vstupů ze senzorů a RFID čtečky měnit autonomně stavy akčních členů, ale i uživatelské manuální ovládání a servis.

Hlavní program se skládá z fáze protřepání a omytí. Po vložení sklenice do buňky (SCARA manipulátor či ručně) je stažena receptura a zvolen program dle připravovaného nápoje. Následuje odklonění odkapávacího talířku, přikrytí sklenice víčkem, uzamčení aparátu a protřepání danou intenzitou po definované dobu podle receptury. Po dokončení tohoto kroku je sklenice opět uvolněna a připravena k vyjmutí ze Shakeru, zatímco je aktivován omývací mechanismus víčka. Kostra programu je tvořena z funkčních bloků. Každý blok zajišťuje kompletní logiku řízení a ošetření chybových stavů určitého funkčního celku konstrukce buňky. Tento přístup umožňuje pozdější změnu struktury programu, či bezproblémovou výměnu technologií použitých v Shakeru.

Realizace programového vybavení proběhla v prostředí Siemens TIA Portal 14, tvorba vizualizace a uživatelského prostředí na HMI panelu zase ve WinCC.

## 4 ZHOTOVENÍ PROJEKTU

Po vypracování konstrukčního modelu, provedení simulace mechanické funkčnosti soustavy, výběru vhodných akčních členů a snímačů, zpracování elektrodokumentace a návrhu hlavního programu bylo možné buňku sestavit jako podle manuálu.

Zakoupené mechanické a elektrické součástky v kombinaci s množstvím unikátních dílů zhotovených 3D tiskem ze žlutého PLA plastu bylo díky vizuální nápovědě 3D modelu přímočaré správně nainstalovat. V případě, že se nějaké konstrukční či technologické řešení ukázalo jako nevhodné, bylo možné velmi rychle vytvořit nový návrh díky využití postupů aditivní výroby a rapidního prototypování.

Jednotlivé členy byly zapojeny a otestovány dle elektrodokumentace. Po oživení logického automatu byl implementován a odladěn hlavní program společně s vytvořením vhodné vizualizace.

Zpracování projektu od prvních myšlenek až po dokončení autonomní buňky vyžadovalo přibližně 250 hodin čistého času.

## 5 ZÁVĚR

Cílem tohoto projektu bylo navrhnout a implementovat autonomní výrobní buňku Shaker fungující v kontextu testbedu Průmyslu 4.0 – robotického barmana.

Byl vytvořen mechanický návrh zachycený formou obsáhlého virtuálního 3D modelu, vybrány vhodné akční členy a snímače, zpracována elektrotechnická dokumentace a navrženo programové vybavení buňky. Shaker byl sestaven skrze intenzivní iterační proces, otestován a oživen. Bylo dosaženo splnění všech bodů zadání práce.

Aktuální fázi projektu je implementace celku demonstrátoru, jedná se o kolektivní výsledek práce všech členů týmu robotického barmana.

## REFERENCE

- [1] Kaczmarczyk V.: An Industry 4.0 Testbed (Self-Acting Barman): Principles and Design, 2018