



## SIMULAČNÉ OVEROVANIE RUČNEJ MONTÁŽE ELEKTROTECHNICKÉHO VÝROBKU

### SIMULATION VERIFICATION THE MANUAL ASSEMBLY OF ELECTRICAL PRODUCT

Peter TAKÁČ

---

#### Abstract

This paper deals with simulation experimentation the manual assembly of electrical product. The first section describes the installation process. The second part contains the actual experimental assembly and in part three experiments are performed. The last section assesses the results of the experiments.

#### Key words

Simulation, Verification, Assembly.

---

#### Úvod

V súčasnom vyspelom svete je hlavným cieľom každého podniku spokojnosť zákazníka, lebo pánmi súčasného trhu sú práve oni. Aby podnik získal dôveru zákazníka musí vyrábať výrobky podľa ich predstáv a v čo najlepšej kvalite. Na uspokojenie potrieb zákazníka nám slúžia tiež nové technológie, medzi ktoré nepochybne patria aj simulačné systémy. Práve tieto systémy patria od začiatku dvadsiateho storočia ku kľúčovým technikám výrobného procesu. Simulácia pomáha nahrádzať skutočný systém počítačovým modelom, na ktorom sa môžu uskutočniť množstvo skúšok, tie potom vyhodnotiť a výsledky aplikovať na reálny systém.

#### 1. Proces montáže

Montážny proces pozostáva z montážnych operácií spájania súčiastok do uzlov, montážnych celkov a finálnych výrobkov v určitom množstve, kvalite a za určitý čas. Realizovaný je v konkrétnej technicky a ekonomicky efektívnej postupnosti. Súčasťou montážneho procesu sú aj prípravné, pomocné a obslužné činnosti, ktoré celý proces podporujú a racionalizujú. Montážne procesy prebiehajú v konkrétnych technických, technologických, organizačných a ekonomických podmienkach [1] [2]. Montážne procesy sa realizujú podľa vopred určených pravidiel, ktoré vyplývajú zo štruktúry montovaných výrobkov a sú záverečnou a najzložitejšou etapou výrobného procesu. Z hľadiska stupňa automatizácie sa delia na ručné, hybridné a automatizované. Základné znaky montážneho procesu sú podľa zdroja [1] nasledovné:

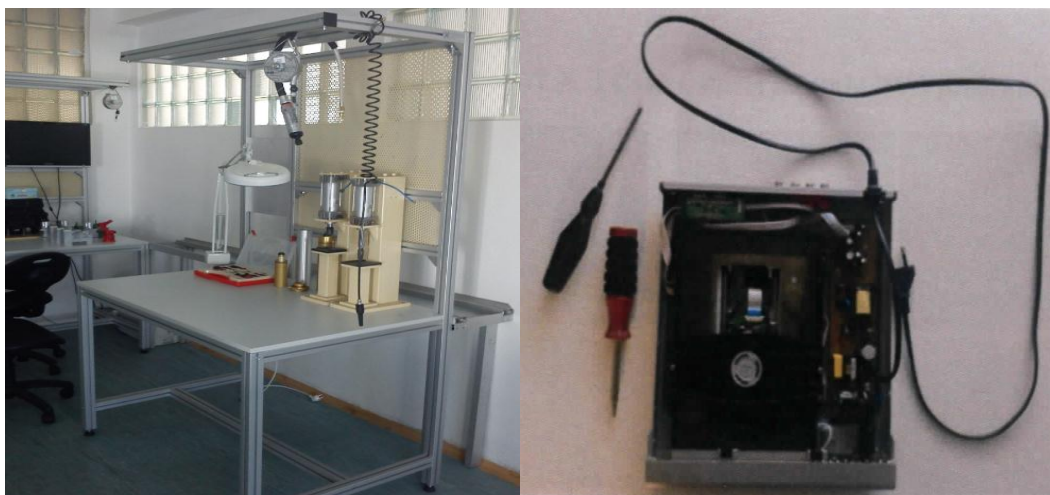
- pri montáži dochádza ku kompletnej zmene (nejedná sa len o zmenu vlastností), nové vlastnosti finálneho produktu sú syntézou vlastností montovaných súčiastok,
- realizuje sa spájanie minimálne dvoch, obvykle však viacerých súčiastok, montážnych uzlov do vyšších celkov až do úrovne finálneho produktu,
- organizácia a synchronizácia montážneho procesu je vždy vo väzbe na vstupné súčiastky, ktoré sú vyrábané v rôznom čase a na rôznych výrobných miestach,
- efektívnosť montážneho procesu podmieňuje aj pre montáž prispôsobená konštrukcia výrobku,



- montážne procesy sa realizujú podľa vopred určených pravidiel, ktoré vyplývajú z danej štruktúry finálneho produktu,
- v montážnom procese dominujú ručné úkony, ktoré sú sťažka nahrádzané strojmi.

## 2. Experimentálna montáž DVD prehrávača

Pre realizáciu montáže bol zvolený DVD prehrávač značky Hyundai. Montáž prehrávača pozostáva z 9 operácií. Montážne operácie nasledujú za sebou tak, ako je uvedené v Tab. 1, a ich poradie nemožno meniť. Postupne pri montáži jednotlivých častí boli namerané časy jednotlivých operácií. Tieto operácie sa vykonávali pomocou skrutkovača v laboratórnych podmienkach školiaceho pracoviska (obr.1a).



a,

b,

Obr. 1 Montážne pracovisko, DVD prehrávač

Zvolený výrobok (obr.1b) pozostáva z nasledovných častí: plošný spoj, DVD ROM, audio konektor, scart port, ovládací panel, predný kryt, zadný kryt, spodný kryt, horný kryt a kábel. Časová štúdia montáže DVD prehrávača je v tab.1.

Tab. 1 Časová štúdia montáže DVD prehrávača

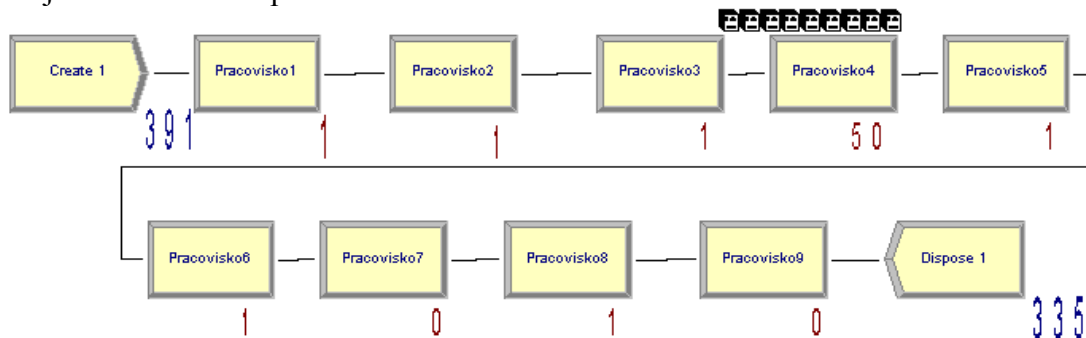
| Poradové číslo montážnej oprácie | Montážna operácia         | Použitý nástroj   | Čas [min] |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|-----------|
| 1.                               | Montáž plošného spoja     | ručne, skrutkovač | 1:14:71   |
| 2.                               | Montáž DVD ROMu           | ručne, skrutkovač | 1:14:60   |
| 3.                               | Montáž ovládacieho panelu | ručne, skrutkovač | 0:52:02   |
| 4.                               | Montáž predného krytu     | ručne, skrutkovač | 1:25:03   |
| 5.                               | montáž audio konektora    | ručne, skrutkovač | 0:54:03   |
| 6.                               | Montáž scart portu        | ručne, skrutkovač | 0:38:53   |
| 7.                               | Montáž zadného krytu      | ručne, skrutkovač | 1:20:43   |
| 8.                               | Montáž kábla              | ručne, skrutkovač | 0:47:18   |
| 9.                               | Montáž horného krytu      | ručne, skrutkovač | 0:15:69   |
| Spolu                            |                           |                   | 8:42:22   |

## 3. Návrh a tvorba simulačných modelov



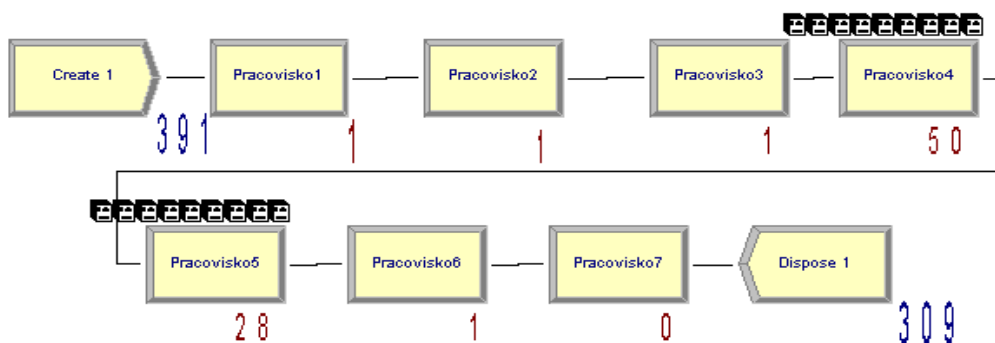
Simulačný model bol navrhovaný s využitím diskkrétnej počítačovej simulácie v simulačnom programe Arena Basic Edition v časovom horizonte jednej pracovnej zmeny (8 hod.). Simulovanie modelov predstavuje materiálový tok medzi jednotlivými pracoviskami. Počas experimentovania sa neberú do úvahy straty časov vzniknuté pri premiestňovaní jednotlivých dielov. Na porovnanie boli navrhnuté tri modely:

- **MODEL 1** – pozostáva z 9 pracovísk, kde sa na každom pracovisku vykonáva práve jedna montážna operácia



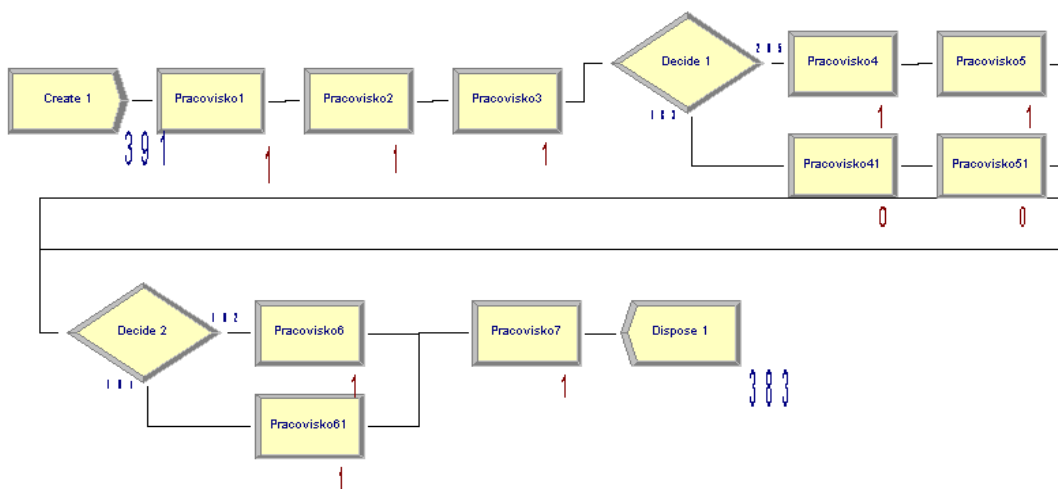
Obr. 2 Simulácia MODEL 1

- **MODEL 2** – pozostáva zo 7 pracovísk, pričom sa na pracoviskách 5 a 7 vykonávajú dve operácie



Obr. 3 Simulácia MODEL 2

- **MODEL 3** – pozostáva z 10 pracovísk, pričom sa na pracoviskách 5 a 7 vykonávajú 2 montážne operácie, ako to bolo v predošlom modeli a k pracoviskám 4, 5 a 6 boli navrhnuté paralelné pracoviská s tými istými operáciami



Obr. 4 Simulácia MODEL 3



#### 4. Zhodnotenie výsledkov

Výsledky simulácie sú sumarizované v tab.2. Simuláciou tohto montážneho procesu sa sledovala produktivita výroby, rozpracovaná výroba na jednotlivých pracoviskách a ich vyťaženie.

Tab. 2 Porovnanie výsledkov simulácie

|                                                     |               | MODEL 1 | MODEL 2 | MODEL 3 |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------|---------|---------|
| Počet pracovníkov                                   |               | 9       | 7       | 10      |
| Produktivita (ks)                                   |               | 335     | 309     | 383     |
| Počet finálnych výrobkov na jedného pracovníka (ks) |               | 37      | 44      | 38      |
| Rozpracovaná výroba pracovísk (ks)                  | Pracovisko 1  | 1       | 1       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 2  | 1       | 1       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 3  | 1       | 1       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 4  | 50      | 50      | 1       |
|                                                     | Pracovisko 41 | -       | -       | 0       |
|                                                     | Pracovisko 5  | 1       | 28      | 1       |
|                                                     | Pracovisko 51 | -       | -       | 0       |
|                                                     | Pracovisko 6  | 1       | 1       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 61 | -       | -       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 7  | 0       | 0       | 1       |
|                                                     | Pracovisko 8  | 1       | -       | -       |
|                                                     | Pracovisko 9  | 1       | -       | -       |
| Vyťaženie pracovísk (%)                             | Pracovisko 1  | 100     | 100     | 100     |
|                                                     | Pracovisko 2  | 99      | 99      | 99      |
|                                                     | Pracovisko 3  | 69      | 69      | 69      |
|                                                     | Pracovisko 4  | 99      | 99      | 60      |
|                                                     | Pracovisko 41 | -       | -       | 54      |
|                                                     | Pracovisko 5  | 63      | 99      | 65      |
|                                                     | Pracovisko 51 | -       | -       | 58      |
|                                                     | Pracovisko 6  | 44      | 86      | 53      |
|                                                     | Pracovisko 61 | -       | -       | 54      |
|                                                     | Pracovisko 7  | 93      | 66      | 82      |
|                                                     | Pracovisko 8  | 54      | -       | -       |
|                                                     | Pracovisko 9  | 17      | -       | -       |

Porovnaním a vyhodnotením všetkých sledovaných výsledkov môžeme konštatovať, že z hľadiska produktivity a najnižšej rozpracovanej výroby na jednotlivých pracoviskách je najvyhovujúcejší MODEL 3, ktorým by sa vyprodukovalo 383 finálnych výrobkov. Z hľadiska najvyššej efektívnosti montážneho procesu, čo sa týka počtu pracovníkov a ich vyťaženie na pracoviskách, sa ako najvhodnejším modelom ukazuje MODEL 2, kde počet výrobkov predstavuje 309 kusov so 7 pracovníkmi s vysokou mierou vyťaženia.



## Súhrn

V súčasnosti, v období vysokej konkurencieschopnosti, sú spoločnosti nútené analyzovať výrobu ešte pred jej reálnym rozbehom. Využívajú sa rôzne simulačné programy, ktoré nám umožňujú navrhnuť, predvídať a vyhodnotiť plánovanú výrobu v digitálnej podobe.

Cieľom tohto príspevku bolo navrhnuť simulačné modely, ktoré môžu projektantovi dopomôcť pri riešení problémov v procese prípravy ručnej montáže takéhoto druhu výrobku.

*Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu "Centrum výskumu riadenia technických, environmentálnych a humánnych rizík pre trvalý rozvoj produkcie a výrobkov v strojárstve" (ITMS: 26220120060), na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

## Kľúčové slová

Simulácia, overovanie, montáž.

## Použitá literatúra

- [1] Kováč, J. - Svoboda, M. - Líška, O.: *Automatizovaná a pružná montáž*. Košice : TU SjF, 2000. 200 s. ISBN 80-7099-504-1,
- [2] Lešková, A. - Svoboda, M.: *Projektovanie organizácie montážneho procesu*. In: Transfer inovácií : Špecializovaná publikácia / vedecko-technické výstupy grantových úloh. Košice: TU-SjF, 2002. s. 15-20. ISBN 80-7099-952-7,
- [3] KELTON, W. – RANDALL, P. - SADOWSKI, - NANCY B.: *Simulation with Arena, McGraw-Hill Higher Education*. 2009, 2. vydanie, počet stran 636, ISBN: 978-00-7337-628-8,
- [4] ALTIOK, T. – MELAMED, B: *Simulation modeling and analysis with Arena*. 2007, počet strán 440, ISBN: 978-0-12-370523-5.

## Kontaktná adresa

Ing. Peter Takáč  
TU, Strojnícka fakulta,  
Katedra manažmentu a ekonomiky  
Němcovej 32  
040 01 Košice  
e-mail: peter.takac.2@tuke.sk