

Program comun de masterat cu Dublă Diplomă  
**Inginerie Electrică**

# **ANALIZA PERFORMANȚEI UNEI LINII DE ASAMBLARE AUTOMATE**

**Teză de master**

a studentului **Alexandru MATEI**

**Conducători științifici**

**Ilie NUCA,**  
dr., conf.univ., UTM

**Elena Daniela LUPU,**  
șef lucrări, dr.ing., USV

**Chișinău – 2024**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**  
Facultatea de Energetică și Inginerie Electrică  
**Departamentul Inginerie Electrică**

**Admis la susținere**

Șef departament dr.conf. Vadim CAZAC

„\_” \_\_\_\_\_ **2024**

# **ANALIZA PERFORMANȚEI UNEI LINII DE ASAMBLARE AUTOMATE**

**Teză de master**

**Masterand: \_\_\_\_\_ Alexandru MATEI**

**Conducător: \_\_\_\_\_ Ilie NUCA**

**Chișinău – 2024**

---

---

## REZUMAT

Teza conține: - 111 pagini, - 73 ilustrații, - 6 tabele, - 25 surse bibliografice.

**Cuvinte cheie:** bielele de direcție, presă, laser, tratament termic, roboți și controler Yaskawa, monitorizare parametrii, consumul de energie electrică, eficiență energetică, eficiența producției, randament.

**Obiectul de studiu:** Liniile de producție dintr-o fabrică care vor fi analizate pentru comparația performanței unei linii de asamblare manuale și a unei linii de asamblare automatizate pentru producția bielelelor de direcție. Analiza se concentrează în principal pe aspectele critice ale procesului de producție, inclusiv eficiența și productivitatea pentru urmărirea capacității de producție și consumul energetic pe o perioadă determinată

**Scopul general al tezei:** Scopul general al tezei este de a studia procesul de asamblare a bielelelor de direcție, atât în cadrul unei linii manuale cât și al unei linii automatizate, pentru a determina experimental caracteristicile fiecărui tip de linie în diferite condiții de producție.

Pentru atingerea scopului propus au fost realizate o serie de activități precum studierea liniilor de asamblare manuale și automate, înregistrarea pe schimburi a consumului curentului, determinarea caracteristicilor de performanță ale fiecărei linii, determinarea capacităților de producție și timpul de funcționare pe lună timp de un an.

Datele obținute au fost analizate pentru a determina dependențele dintre consumul de energie și capacitatea de producție, precum și eficiența energetică a fiecărei linii. Consumul de curent și putere a fost monitorizat, iar rezultatele au fost folosite pentru a calcula consumul total de energie pe lună și pe schimb.

Studiul comparativ dintre linia de asamblare manuală și cea automatizată a oferit date valoroase despre avantajele și limitările fiecărei metode. Cu ajutorul acestor rezultate experimentale putem vedea ce decizii se pot lua din punct de vedere al modernizării liniilor manuale și ce anume ar trebui schimbat, dar și îmbunătățirile care ar putea fi aduse din punct de vedere energetic. În cazul liniei automate se urmărește procesul de funcționare, iar în urma analizei fiecărei etape din proces se va urmări aducerea de îmbunătățiri pentru a eficientiza funcționarea liniei.

---

---

---

---

## ABSTRACT

This project contain: - 111 pages, - 73 illustrations, - 20 tables, - 27 bibliographical sources.

**Keywords:** steering tie rods, press, laser, heat treatment, Yaskawa robots and controller, parameter monitoring, electrical energy consumption, energy efficiency, production efficiency, yield.

**The object of study:** The production lines in a factory that will be analyzed for performance comparison of a manual assembly line and an automated assembly line for the production of steering tie rods. The analysis focuses mainly on critical aspects of the production process, including efficiency and productivity to track production capacity and energy consumption over a given period.

**Purpose:** The overall aim of the thesis is to study the assembly process of steering tie rods, both in a manual and in an automated line, in order to experimentally determine the characteristics of each type of line under different production conditions.

In order to achieve the proposed goal, a series of activities were carried out, such as the study of manual and automatic assembly lines, the recording of current consumption per shift, the determination of the performance characteristics of each line, the determination of production capacities and the monthly running time for one year.

The data obtained were analyzed to determine the dependencies between energy consumption and production capacity as well as the energy efficiency of each line. Current and power consumption was monitored and the results were used to calculate the total energy consumption per month and per shift.

The comparative study between manual and automated assembly lines provided valuable data on the advantages and limitations of each method. With the help of these experimental results we can see what decisions can be made in terms of modernization of manual lines and what should be changed, as well as what improvements could be made in terms of energy. In the case of the automatic line, the operation process is followed, and after analyzing each step in the process, improvements will be pursued to make the line run more efficiently.

---

---

---

---

## Cuprins

<b>Introducere</b> .....	8
<b>Capitolul 1. Procese în asamblarea manuală a bieletelor de direcție</b> .....	9
1.1. Funcțiile și componentele bieletelor de direcție .....	9
1.2. Utilizarea liniilor manuale pentru marcarea și asamblarea bieletelor de direcție .....	11
1.2.1. Prese pentru asamblare și marcarea componentelor bieletei.....	11
1.2.2. Procesul de marcare folosind laserul cu fibră și soft-ul EzCad.....	16
1.3. Procesul de tratare termică al bieletelor de direcție .....	19
<b>Capitolul 2. Proiectarea și optimizarea unei linii de asamblare automate</b> .....	23
2.1. Componentele principale ale liniei automate .....	23
2.2. Arhitectura software și hardware a liniei de asamblare automate .....	30
2.2.1. Componentele hardware .....	30
2.2.2. Arhitectura software .....	36
2.3. Fluxul procesului de asamblare automată .....	44
<b>Capitolul 3. Analiza performanței liniei de asamblare automate și a eficienței energetice</b> .....	50
3.1. Metodologia de evaluare a performanței și consumului energiei electrice ..	50
3.2. Eficiența producției liniei manuale și a celei automate .....	53
3.3. Analiza feedback-ului operațional și a datelor înregistrate de linia automată .....	57
3.4. Analiza eficienței energetice.....	62
<b>Concluzii</b> .....	73
<b>Bibliografie</b> .....	95
<b>Anexă</b> .....	96

---

---

---

---

## Introducere

În contextul industriei moderne de producție, optimizarea proceselor de asamblare este crucială pentru a rămâne competitiv și a asigura calitatea superioară a produselor. Lucrarea de față explorează analiza comparativă între o linie de asamblare manuală și una automatizată, concentrându-se pe producția bielețelor de direcție. Bielețele de direcție sunt componente esențiale în sistemele de direcție ale vehiculelor, influențând direct performanța și siguranța acestora.

Linia de asamblare manuală include patru stații principale: un cuptor pentru tratament termic, un laser de scriere pentru marcarea pieselor, o stație pentru rodajul bielețelor de direcție și marcarea prin presare și o stație pentru asamblarea bielețelor prin presare. Fiecare dintre aceste etape necesită intervenția directă a operatorilor umani, ceea ce introduce variabilitate și riscuri de erori.

În contrast, linia de asamblare automatizată utilizează roboți pentru majoritatea operațiunilor, eliminând necesitatea intervenției umane constante și asigurând o producție continuă și consistentă. Deși linia automată nu include un cuptor pentru tratament termic integrat, aceasta compensează prin precizia și controlul standului de testare care reușește să ofere același rezultat, dar cu un consum mai mic de energie și cu un timp mai rapid, precum și prin monitorizarea în timp real a parametrilor critici de proces, cum ar fi cuplul și presiunea.

În era digitalizării, adoptarea tehnologiilor de automatizare industrială, cum ar fi roboții Yaskawa, servo driverele și servomotoarele de ultimă generație, devine din ce în ce mai preponderentă. Aceste tehnologii sunt integrate cu controllerul MP3330 IEC pentru a asigura o gestionare optimă a procesului de asamblare. În paralel, liniile de asamblare manuale continuă să fie utilizate datorită flexibilității și costurilor inițiale mai reduse. Studiul prezentat analizează ambele abordări, oferind o perspectivă asupra modului în care automatizarea poate transforma procesele tradiționale de producție.

Pentru a oferi o analiză comprehensivă, studiul a inclus evaluarea producției pe schimb, timpul per piesă, curentul și puterea consumată, precum și consumul energetic pentru fiecare lună. Datele au fost colectate și analizate pe o perioadă de șase luni, oferind astfel o medie generală care reflectă performanțele ambelor linii de asamblare pe termen lung.

Scopul principal al acestui studiu este de a determina cea mai eficientă metodă de producție pentru bielețele de direcție, evaluând costurile operaționale, calitatea produselor și volumul producției. Prin compararea performanțelor liniei manuale și a celei automate, această lucrare oferă recomandări fundamentate pentru optimizarea proceselor de asamblare în industria componentelor auto.

---

---

## Bibliografie

- [1]. A. Cîmpeanu, *Mașini electrice*, Editura Scrisul Românesc – Craiova, 1977;
- [2]. C. Bălă, *Mașini electrice*, Editura Didactică și Pedagogică – București, 1979;
- [3]. Conecini, Ion, *Verificarea panourilor și tablourilor electrice de distribuție și de automatizare*, Editura Tehnică – București, 1981;
- [4]. Nestorescu, D. N. *Instalații electrice și elemente de automatizare*, Atel. de multiplic. al Institutului – Ploiești, 1977;
- [5]. Zetu, Dumitru, *Robotica industrială*, Editura Satya – Iasi, 1997;
- [6]. *Fiber Laser Marking Machine - Type II* Preluat de la <https://www.wiselylaser.com/Fiber-Laser-Marking-Machine-Type-II.html>;
- [7]. *Ezcad2.14.9 User's Manual* Preluat de la [https://3plasers.com/u\\_file/2108/14/file/Ezcad-EN-Manual\\_cb63d1ca49.pdf](https://3plasers.com/u_file/2108/14/file/Ezcad-EN-Manual_cb63d1ca49.pdf);
- [8]. *Bieletă de direcție* Preluat de la [https://ro.wikipedia.org/wiki/Bielet%C4%83\\_de\\_direc%C8%9Bie](https://ro.wikipedia.org/wiki/Bielet%C4%83_de_direc%C8%9Bie);
- [9]. *CASETE DE DIRECTIE* Preluat de la <https://casetedirectie.wordpress.com/2013/04/23/caseta-de-directie/>;
- [10]. *Simptome caseta & bieleta directie defecta* Preluat de la <https://vrom.ro/simptome-caseta-bieleta-directie-defecta/>;
- [11]. *Tempering Explained – Definition, Process, Benefits and More* Preluat de la <https://fractory.com/tempering-explained/>;
- [12]. *Tempering: Definition, Purpose, How It Works, and Stages* Preluat de la <https://www.xometry.com/resources/materials/tempering/>;
- [13]. *Steel tempering: types, benefits and process | EONSI* Preluat de la <https://eonsi.eu/en/steel-tempering-types-benefits-and-process-eonsi/>;
- [14]. *Heraeus Trockenschrank NTU 100/150 250°C* Preluat de la <https://www.amikon-shop.de/heraeus-trockenschrank-ntu-100-150-250-c/waerme-klimaschrank/a-10156>;
- [15]. *Receiver video extender HDMI+IR over IP Signal HD (UTP, 100m)* Preluat de la [https://www.dipolnet.ro/receiver\\_video\\_extender\\_hdmi\\_ir\\_over\\_ip\\_signal\\_hd\\_utp\\_100m\\_H3606R.htm](https://www.dipolnet.ro/receiver_video_extender_hdmi_ir_over_ip_signal_hd_utp_100m_H3606R.htm);
- [16]. Toader C., Golovanov N., Porumb R., Triștiu I., Bulac C., Mandiș Al., Tîrșu M., *Evaluarea pierderilor de putere și energie electrică în rețele electrice de distribuție de medie tensiune dezechilibrate*, Universitatea Politehnica București, București, România, Institutul de Energetică al Academiei de Științe a Moldovei, Chișinău, Republica Moldova - 2016;

- 
- [17]. *MP3300iec Machine Controller Hardware Manual* Preluat de la <https://www.yaskawa.com/delegate/getAttachment?documentId=YAI-SIA-IEC-7&cmd=documents&openNewTab=true&documentName=YAI-SIA-IEC-7.pdf>;
- [18]. *MP3000iec Series* Preluat de la [https://www.yaskawa.eu.com/products/motion-control/motion-controller/productdetail/product/mp3300iec\\_946](https://www.yaskawa.eu.com/products/motion-control/motion-controller/productdetail/product/mp3300iec_946);
- [19]. *YASKAWA AC SERVO DRIVES & CONTROLLER* Preluat de la [https://www.e-mechatronics.com/download/datas/catalog/cheps80000061/cheps80000061d\\_3\\_0.pdf](https://www.e-mechatronics.com/download/datas/catalog/cheps80000061/cheps80000061d_3_0.pdf);
- [20]. *MOTOMAN Robot Controllers FS100* Preluat de la [https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/controller/productdetail/product/fs100\\_585](https://www.yaskawa.eu.com/products/robots/controller/productdetail/product/fs100_585) ;
- [21]. *Machine Controller MP3000 Series EtherNet/IP Communications USER'S MANUAL* Preluat de la [https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Technical\\_Documentation/MP\\_Machine%20Controller/MP3000%20Series/MP3000%20Series/MP3000\\_Series\\_EtherNet-IP\\_Communications\\_USER\\_S\\_MANUAL\\_SIEP\\_C880725\\_06.pdf](https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Technical_Documentation/MP_Machine%20Controller/MP3000%20Series/MP3000%20Series/MP3000_Series_EtherNet-IP_Communications_USER_S_MANUAL_SIEP_C880725_06.pdf);
- [22]. *Motoman MH5LF* Preluat de la <https://robodk.com/robot/Yaskawa-Motoman/MH5LF>;
- [23]. *MH5F MH5LF* Preluat de la <http://www.wtech.com.tw/public/download/manual/yaskawa/MH5F.pdf>;
- [24]. *YASKAWA AC Servo Drives* Preluat de la [https://www.yaskawa.com.tr/Global%20Assets/Downloads/Technical\\_Documentation/Servo\\_Drives/Sigma5\\_Series/Sigma5\\_FieldbusOptions/S5\\_LC\\_MII\\_TM\\_EN\\_SIEP\\_S800001\\_69E.pdf](https://www.yaskawa.com.tr/Global%20Assets/Downloads/Technical_Documentation/Servo_Drives/Sigma5_Series/Sigma5_FieldbusOptions/S5_LC_MII_TM_EN_SIEP_S800001_69E.pdf);
- [25]. *FS100 Controller* Preluat de la <https://www.motoman.com/en-us/products/controllers/fs100>;