



Providing a Practical Solution for Automatic Cutting of Non-Woven Fabrics in the Textile Industry

Iraj Karimi¹ , Jalil Jamali^{2*} 

¹Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Electronic Department, Tehran, Iran.

²Department of Mechanical Engineering, Islamic Azad University, South Tehran Branch, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO

Received: 08.17.2023

Revised: 09.29.2023

Accepted: 11.21.2023

Keyword:

Non-Woven Textiles

Automatic Cutting

Productivity

Encoder

Industrial Automation

***Corresponding Author:**

Jalil Jamali

Email: jalil.jamali@iau.ac.ir

ABSTRACT

Unlike other fabrics, non-woven fabrics are not produced from yarn; rather, during a fibre process, it is directly converted into textiles. In this way, separate fibres are placed together in different ways and are joined to each other to produce fabric so that in the end, a uniform and interwoven layer is formed without texture. The prepared layer is in the form of a spider web sheet in which the fibres are placed in a directed or random manner and are joined to each other by friction or glue or the tendency of the fibres to stick together or hydromechanically. In the old imported machines related to the production lines of non-woven fabrics, the cutting of the final product was done manually by the operator or by an electric element. Control of old devices is managed manually by system operators, leading to low productivity. In this research, an automatic cutting system was designed using PLC, HMI, and DRIVE. In this system, an encoder was used to send a signal to an Autonics controller to determine the length of the product. The cutting blade speed was controlled by DRIVE. HMI was used to control and monitor system performance by the operator. This system provided more than 40% productivity through practical testing in a factory. Furthermore, due to the elimination of manual cutting and the use of industrial automation, while increasing the speed, the output product was of high quality.



EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Instead of yarn, nonwoven fabrics are made from individual fibres that are intertwined, bonded, or felted. These are long or short fibres that are joined together by heat (fibres with a low melting temperature are used and heat fuses the fibres), chemically (fibres are chemically bonded to each other), or mechanical operation (interlacing of fibres). The end product of this trade is in the form of rolls of non-woven textiles, and one of the updates and industrial automation in this trade is the cutting of the final product based on length. In the old production lines, this cutting was done manually or by an electric element. One of the needs in industrial automation in this industry is to cut the final product based on the size. Considering that in most cases the sale of non-woven textiles is based on the length of the product, the purpose of this research was to accurately calculate the length of the non-woven textile product and automatically cut it. Figure 1 shows the production line of non-woven textiles.

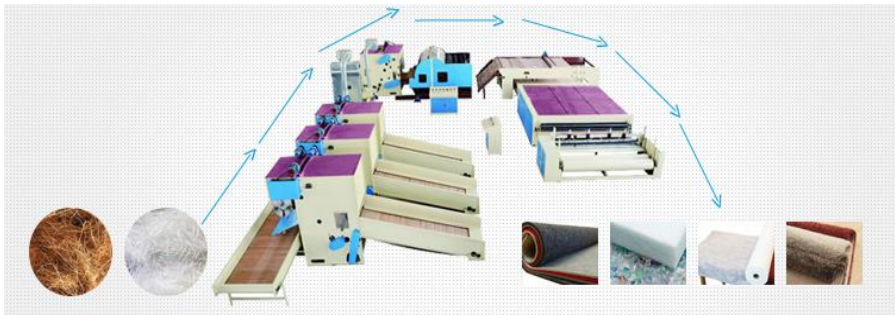


Figure 1. Nonwovens production line.

Methodology

In this research, an automatic cutting system was designed using PLC, HMI, and DRIVE. In this system, an encoder is used to send a signal to an Autonics controller to determine the length of the product. The cutting blade speed was controlled by DRIVE. HMI was used to control and monitor system performance by the operator. Considering that in most cases the sale of non-woven textiles is based on the length of the product, the purpose of this research was to accurately calculate the length of the non-woven textile product and automatically cut it. Table 1 shows the list of parts used in the control system.

Table 1. Control and Monitoring System Part List.

Row	The unit	Number	Equipment description	Brand	Manufacturer code
1	Number	1	CPU	Fatek	B1_20MR2_D24
2	Number	1	AO	Fatek	B1_L2DA
3	Number	1	Rotary Encoder	Autonics	ENC-1-1-T-24
4	Number	2	Inductive Proximity Sensor	Autonics	PRL18-5DP2

Row	The unit	Number	Equipment description	Brand	Manufacturer code
5	Number	1	Photo Sensor	Autonics	BEN300-DFR
6	Number	1	HMI	Panel Master	PK043
7	Number	1	Counter	Autonics	CT6M-1P

In this project, the Autonics model CT6M-1P controller was used.

The input power supply of Autonics digital counter is 220 V AC and pins 6 and 7 are the input power pins. This digital counter has a relay output (NC/NO) which includes pins 3, 4 and 5. It should be noted that the maximum output current of the relay is 5 amps.

Pins 10 and 11: 12 volt DC power supply and is used as an encoder power source. (An external power source is not required for the encoder).

The blue wire of the encoder, which is the negative feed, is connected to pin 11 of the digital counter.

PIN 8: Phase A and the black wire of the encoder are connected to pin 8.

Pin 9: It is phase B and the white wire of the encoder is connected to pin 9.

The following table shows the setting of the Autonics controller parameters:

Table 2:

Row	Group	Parameter	Data
1	Counter	Input mode	Ud-C
2	Counter	Output mode	F
3	Counter	Max. counting speed	10K
4	Counter	Decimal point	. - -
5	Counter	Min. reset time	1
6	Counter	Input logic	nnp
7	Counter	Pre scale desimal	. - - -
8	Counter	Pre scale value	0.001
9	Counter	Start point value	0.00
10	Counter	Memorize counting value	Clr
11	Counter	Lock key	loc

To program fatek cpu model B1_20MR2_D24 was used.

The program was written in Ladder and STL programming languages.

Results and discussion

In this article, with the help of the Autonics encoder and controller and PLC programming, the following facilities were achieved as per Figure 1:

Cutting the final product based on the position of the eye sensor.

Cutting the final product based on the size entered on the HMI.

Eliminating traditional cuts based on manual and elemental cutting and finally cutting with a cutting blade.

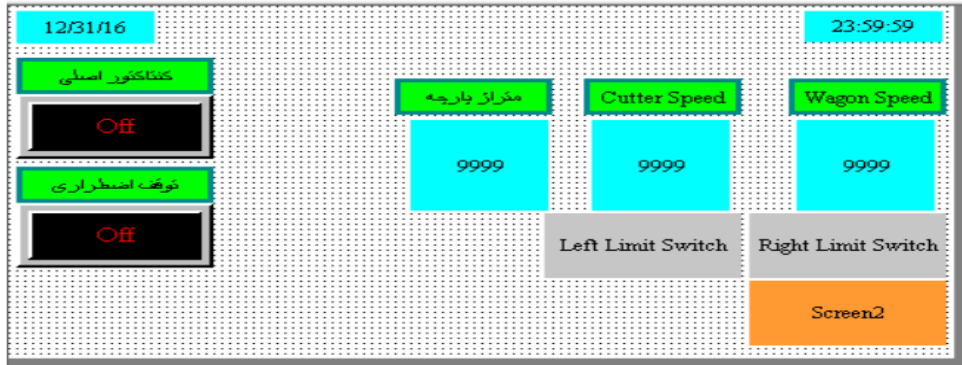


Figure 2. Image of the HMI screen.

Conclusion

This control system, which is based on PLC, HMI and DRIVE, was installed and launched in one of the textile factories. In the old traditional cutting systems, a great deal of time was wasted due to manual cutting, but in the new control method, there was an increase in speed due to automatic cutting. In addition, due to the use of encoder and PLC, accuracy increased. Therefore, the production capacity of the current updated system increased due to the reduction of the downtime that occurred after each cut by the system operator. In this automatic cutting control system, the operator enters the desired cutting length through the HMI and so with the help of the HMI, the operator controls and monitors the operation of the system. Moreover, in this cutting machine, due to the existence of an industrial automation system based on PLC, HMI, and DRIVE, this platform is prepared to control and monitor all production stages in the case of industrial automation of the rest of the production processes and machines in this factory while networking different parts with a central monitoring system.



شاپای الکترونیکی: ۲۵۳۸-۴۴۲۰

شاپای چاپی: ۲۳۸۲-۹۷۹۶

مقاله پژوهشی

ارائه راهکار عملی برای برش اتوماتیک منسوجات بی‌بافت در صنعت نساجی

ایرج کریمی^۱، جلیل جمالی^{۲*}

- ۱- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الکترونیکی، تهران، ایران
- ۲- گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در منسوجات بی‌بافت بر خلاف پارچه‌های دیگر از نخ تولید نمی‌شوند؛ بلکه طی فرایندی الیاف مستقیماً به منسوجات تبدیل می‌شود. بدین صورت که الیاف جداگانه به روش‌های مختلف در کنار هم قرار گرفته و به یکدیگر به منظور تولید پارچه پیوند داده می‌شوند تا در نهایت یک لایهٔ یکنواخت و در هم تنیده شده بدون بافت تشکیل گردد. لایهٔ تهیه شده به صورت ورق تار عنکبوتی است که در آن الیاف به صورت جهت یافته یا تصادفی قرار گرفته و به وسیلهٔ اصطکاک و یا چسب و یا تمایل الیاف به چسبیده شدن یا به شیوهٔ هیدرومکانیکی به یکدیگر می‌پیوندند. در دستگاه‌های قدیمی وارد شده مرتبط با خطوط تولید پارچه‌های بی‌بافت، برش محصول نهایی به صورت دستی توسط اپراتور یا بوسیله المنت برقی انجام می‌شد. کنترل دستگاه‌های قدیمی به صورت دستی توسط اپراتورهای سیستم، مدیریت می‌شوند. این اقدام باعث می‌شود بهره‌وری آنها پایین باشد. در این پژوهش، یک سیستم برش اتوماتیک با استفاده از PLC، HMI، DRIVE برای طراحی شده است. در این سیستم از یک انکدر برای ارسال سیگنال به یک کنترلر Autonics برای مشخص شدن طول محصول استفاده شده است. کنترل سرعت تیغ برش توسط DRIVE صورت می‌گیرد. جهت کنترل و نظارت عملکرد سیستم توسط اپراتور از HMI استفاده شده است. این سیستم با آزمایش عملی در یک کارخانهٔ بهره‌وری بیش از ۴۰ درصد را ارائه داده است. همچنین به دلیل حذف برش دستی و استفاده از اتوماسیون صنعتی، ضمن افزایش سرعت، محصول خروجی با کیفیت می‌باشد.

دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۵/۲۶

بازنگری مقاله: ۱۴۰۲/۰۷/۰۷

پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۸/۳۰

کلید واژگان:

منسوجات بی‌بافت
برش اتوماتیک
بهره‌وری
انکدر
اتوماسیون صنعتی

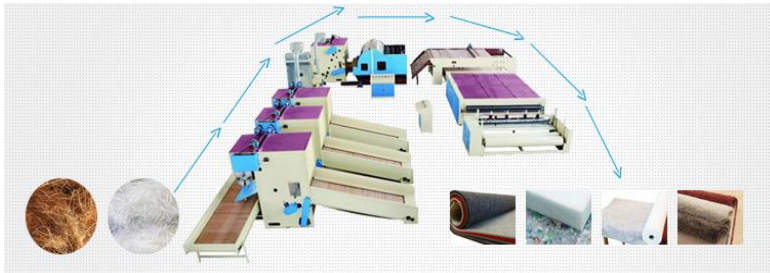
*نویسنده مسئول: جلیل جمالی
پست الکترونیکی:
Jalil.jamali@iau.ac.ir



مقدمه

پارچه‌های بی‌بافت به جای نخ، از الیاف منفرد ساخته می‌شوند که در هم پیچیده، به هم چسبیده یا نمدی شده‌اند. اینها الیاف بلند یا کوتاه هستند که توسط گرما (الیاف با دمای ذوب کم استفاده می‌شود و گرما الیاف را با هم ذوب می‌کند) یا شیمیایی (الیاف از نظر شیمیایی به یکدیگر متصل می‌شوند) یا عملیات مکانیکی (در هم تنیدگی الیاف) به یکدیگر متصل می‌شوند [۱]. پارچه‌های بی‌بافت نوعی از مواد پیشرفته مهندسی شده هستند که از مجموعه‌ای از الیافی که به طور نامنظم چیده شده یا خرد شده از نخ‌های سفت شده، توسط پیوند مکانیکی، شیمیایی یا حرارتی تشکیل شده‌اند. برخی از مفیدترین محصولات ساخته شده در صنایع مختلف با منسوجات بی‌بافت عبارتند از: روپوش جراحی، پوشک یکبار مصرف، دستمال مرطوب خانگی و شخصی، دیوار پوش، پاکت، روتختی، منسوجات خواب، محصولات سقف و کفپوش خودرو [۲].

در شکل ۱ خط تولید منسوجات بی‌بافت نشان داده شده است. محصول انتهایی این صنف به صورت رول‌های منسوجات بی‌بافت می‌باشد و یکی از به روز رسانی‌ها و اتوماسیون صنعتی در این صنف، برش محصول نهایی بر اساس طول می‌باشد، در خطوط تولید قدیمی این برش به صورت دستی یا به وسیله المنت برقی انجام می‌شد. و یکی از نیازها در اتوماسیون صنعتی در این صنف برش محصول نهایی بر اساس مترآژ می‌باشد.



شکل ۱. خط تولید منسوجات بی‌بافته.

دردوران قبل، فناوری برش نمی‌توانست نیازهای سیستم برش هوشمند را برآورده کند. با پیشرفت و توسعه فناوری اتوماسیون، دستگاه‌های برش به تدریج بهبود می‌یابند [۳]. به‌طور کلی، سیستم‌های دستی و نیمه اتوماتیک دارای مشکلات جدی در قابلیت اطمینان هستند و عملکرد ضعیفی دارند. برخی از مشکلات مربوط به سیستم‌های قدیمی موجود به شرح زیر است:

عملیات دستی

عملکرد ضعیف به دلیل کار دستی با سرعت کمتر

دقت پایین

زمان راه اندازی بیشتر

اتوماسیون صنعتی بر اساس PLC، HMI، DRIVE به طور گسترده‌ای برای کنترل فرآیندهای صنعتی استفاده می‌شود، بنابراین بسیاری از پژوهشگران در این زمینه تحقیق کرده‌اند. به عنوان نمونه:

بشیر نجم الدین شهید و نصیر حسین سلمان^۱ یک سیستم کنترل خط برش ورق فولادی طراحی کردند. در این سیستم کنترل PLC، HMI، DRIVE برند دلتا استفاده شده و برنامه‌نویسی بر اساس نرم افزار LADDER انجام شده است [۴].

¹ Basheer Najemaldeen Shaheed, Nasir Hussein Selma

هان و همکاران^۱، با استفاده از PLC، یک سیستم اتوماتیک برای برش صفحات فلزی طراحی کرده‌اند. این سیستم قادر است صفحات فلزی را در طول‌های ثابت برش دهد [۵]

اتوماسیون صنعتی در حال حاضر به عنوان ابزاری استفاده می‌شود که به بهبود مراحل مختلف غوطه‌ور در فرآیندهای تولید کمک می‌کند و در نتیجه جنبه‌های مرتبط با آن را بهبود می‌بخشد [۶].

رابط ماشین انسانی (HMI) برای نظارت بر وضعیت سیستم، دسترسی به داده‌های زنده، کنترل هشدار و تولید گزارش استفاده می‌شود [۷].

در ابعاد بزرگتر کنترل نظارت و کسب اطلاعات (SCADA) نامیده می‌شود [۸].
با هدف نظارت و کسب داده‌ها برای تصمیم‌گیری در مورد جنبه‌های مربوط به عملیات یک فرآیند صنعتی، از سیستم SCADA (کنترل نظارتی و جمع‌آوری داده‌ها) استفاده می‌شود [۹-۱۱].

در سیستم‌های قدیمی استفاده از رله‌ها و تایمرها مشکلات قابل توجهی در برنامه‌ریزی مجدد به دلیل تغییر در ماهیت تولید داشت. اغلب کل سیستم بایستی با تغییرات جدی، مجدداً طراحی شود. برای غلبه بر این مشکلات سیستم کنترل PLC معرفی شد [۱۲].

با افزایش فعالیت‌های صنعتی، رباتیک برای کمک به صنایع مختلف برای انجام کار به جای استفاده از نیروی انسانی اختراع شده است [۱۳].

امروزه، صنعت عمدتاً به استفاده از موتورهای القایی سه فاز به دلیل تطبیق‌پذیری و عملکرد آنها گرایش دارد. با این حال، کنترل آنها نشان دهنده یک چالش است، به ویژه به دلیل پویایی‌های متفاوت تولید شده توسط رفتار بار. معمولاً در سطح صنعتی، کنترل آن توسط (VFD)^۴ انجام می‌شود [۱۴].

درایوهای فرکانس متغیر (VFD) اینورترهای کنترل‌شده با ریزپردازنده هستند که برای کنترل سرعت چرخش موتورهای القایی جریان متناوب (AC) با کنترل فرکانس نیروی الکتریکی عرضه‌شده به موتورهای القایی که حدود دو سوم انرژی الکتریکی در عمل مصرف می‌کنند، استفاده می‌شوند [۱۵-۱۷].

بیان مسئله

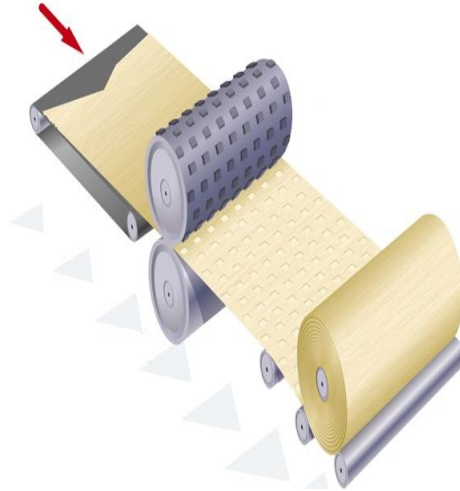
با توجه به این که در اغلب موارد فروش منسوجات بی‌بافت براساس طول محصول صورت می‌گیرد، هدف از این تحقیق محاسبه دقیق طول محصول منسوجات بی‌بافت و برش اتوماتیک آن می‌باشد.
شکل ۲ یک طرح وارده از خطوط تولید منسوجات بی‌بافت را نشان می‌دهد. در شکل ۲ آیتم نهایی، WINDER (رول کن) می‌باشد که در آن محصول نهایی به صورت رول می‌باشد و نیاز به برش اتوماتیک براساس طول دارد.

¹ W. N. Han, M. M. Tang, and P. Yu

² Human Machine Interface

³ Supervisory control and data acquisition

⁴ variable-frequency drive



شکل ۲. طرح‌واره خط تولید منسوجات نبافته.

در خطوط تولید قدیمی مرتبط با منسوجات بی‌بافت، برش محصول به صورت دستی یا با المنت برقی انجام می‌شد. در شکل ۳ روش دستی جهت برش منسوجات بی‌بافت نشان داده شده است که در آن از چاقوی گرد دستگاه برش پارچه بی‌بافت، استفاده شده است:



شکل ۳. دستگاه برش دستی.

در برش دستی دقت و سرعت پایین از معایب اصلی می‌باشد. در شکل ۴ تصویر برش منسوجات بی‌بافت با المنت برقی نشان داده شده است. میز برش پارچه المنتی یک میز دارای طول، عرض و ارتفاع ثابت می‌باشد که دارای المنت و متصل به جریان برق می‌باشد.



شکل ۴. دستگاه برش با المنت برقی.

المنت دستگاه، نیروی الکتریکی را به گرمایی تبدیل می کند و برش توسط المنتهای سیمی داغ انجام می گیرد. در برش با المنت کیفیت پایین برش، هدر رفت انرژی و آلودگی محیط کار از معایب اصلی می باشد. لذا با توجه به بازدهی و دقت پایین دو روش سنتی شامل برش دستی و برش با المنت برقی در صنعت منسوجات بی بافت و اعلام نیاز از سوی چند کارخانه تولید کننده داخلی، اقدام به طراحی و نصب و راه اندازی یک سیستم برش اتوماتیک بر اساس مترائ صورت گرفت.

روش شناسی

جهت طراحی و راه اندازی دستگاه برش اتوماتیک منسوجات بی بافت، ابتدا با بررسی سیستم های مشابه خارجی مانند ماشین آلات شرکت اندریتز چین^۱، ماشین آلات شرکت ایوتفای چین^۲ و نظر مشورتی از پرسنل فنی کارخانه محل اجرای پروژه، فلسفه کنترل (و یا منطق کنترلی سیستم) استخراج گردید، براساس فلسفه کنترل لیست ورودی ها و خروجی های PLC مشخص گردید، سپس با توجه به موارد فوق سخت افزار انتخاب شد و پس از برنامه نویسی PLC، دستگاه برش اتوماتیک، تست و راه اندازی گردید و در نهایت نتیجه عملکرد دستگاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

فلسفه کنترل

طرح اولیه طراحی Cutter

- ۱- دستگاه دارای دو مد می باشد، یکی مد برش های کوتاه الیاف براساس سنسور نوری و مد دیگر برش براساس مترائ متری الیاف.
- ۲- با یک سلکتور سوئیچ می توان مدهای دستگاه را انتخاب نمود.
- ۳- برق PLC با یک کلید مینیاتوری متصل می گردد.
- ۴- در لحظه روشن نمودن دستگاه با یک دکمه بر روی HMI دستور وصل شدن برق قدرت دستگاه صادر می شود.
- ۵- زمانی که برق کنتاكتور متصل می گردد، غلطک ورودی الیاف به حرکت در می آید.
- ۶- در مد ۱ با رسیدن الیاف به سنسور چشمی غلطک ورودی متوقف شده و جک به سمت پایین حرکت می نماید.
- ۷- سپس برش الیاف صورت می گیرد.
- ۸- پس از پایان برش جک آزاد شده و غلطک ورودی دستگاه متوقف می شود.

¹ ANDRITZ (China) Ltd

² AUTEFA Solutions is part of China Hi-Tech Group Corporation (CHTC)

۹- در مد ۲ با رسیدن پارچه به مترای مورد نظرهم‌زمان غلطک ورودی دستگاه و غلطک خروجی جمع‌کننده الیاف متوقف شده و جک به سمت پایین می‌آید و برش پارچه صورت می‌گیرد. پس از برش جک به بالا برگشته و غلطک‌های ورودی و خروجی فعال می‌گردند.

IO Map: در جدول ۱ لیست I/O استفاده شده در سیستم کنترل نشان داده شده است:

جدول ۱. لیست IO Map

Symbolic Name	Address	Data Type	Description
A counter	X0	DI	
B counter	X1	DI	
Photo Electric	X2	DI	Photo Electric
Right Sensor	X3	DI	
Right Limit Switch	X4	DI	
Left Sensor	X5	DI	
Left Limit Switch	X6	DI	
Emergency Stop	X7	DI	
Mode 1	X8	DI	
Mode 2	X9	DI	
Left Zero Position	X10	DI	
Right Zero Position	X11	DI	
Main Contactor	Y0	DO	
Ghaltak Voroodi	Y1	DO	
Solenoid Valve	Y2	DO	
Ghaltak Khorooji	Y3	DO	
Wagon to Right	Y4	DO	
Wagon to Left	Y5	DO	
Cutter to Right	Y6	DO	
Cutter to Left	Y7	DO	
Main Start	M20	Memory	
Confirm Zero Position	M40	Memory	
Wagon	AI1	Analog Input	V dc 0-10
Ghaltak Khorooji	AI2	Analog Input	V dc 0-10

سخت‌افزار استفاده شده در پروژه

جدول ۲. لیست قطعات استفاده شده در سیستم کنترل

ردیف	شرح تجهیزات	برند	کد سازنده / مشخصات	واحد	تعداد
۱	CPU	Fatek	B1_20MR2_D24	عدد	۱
۲	AO	Fatek	B1_L2DA	عدد	۱

ردیف	شرح تجهیزات	برند	کد سازنده / مشخصات	واحد	تعداد
۳	Rotary Encoder	Autonics	ENC-1-1-T-24	عدد	۱
۴	Inductive Proximity Sensor	Autonics	PRL18-5DP2	عدد	۲
۵	Photo Sensor	Autonics	BEN300-DFR	عدد	۱
۶	HMI	Panel Master	PK043	عدد	۱
۷	Counter	Autonics	CT6M-1P	عدد	۱

انکدر

Incremental Encoder وسیله‌ای است که حرکت مکانیکی را به سیگنال الکتریکی تبدیل می‌کند. این وسیله به طور گسترده‌ای در سیستم‌های اتوماسیون صنعتی مانند تخمین سرعت موتورها استفاده می‌شود [۱۸]. در اندازه‌گیری طول، موقعیت زاویه‌ای و سرعت استفاده می‌شود [۱۹]. در شکل ۵ و جدول ۳ مشخصات انکدر استفاده شده در سیستم کنترل نشان داده شده است.



شکل ۵. تصویر انکدر استفاده شده در سیستم کنترل.

جدول ۳. مشخصات انکدر استفاده شده در سیستم کنترل.

Model	Output Phase	Min. Measuring Unit	Output Phase	Voltage
ENC-1-1-T-24	A,B	1mm	Totem Pole	Vdc 12-24

جدول ۴. لیست الکترو موتورهای استفاده شده در پروژه.

ردیف	توان موتور (KW)	ولتاژ پلاک	پلاک RPM	$\cos \phi$	نوع اتصال	نام موتور
۱	۰.۷۵	۲۲۰-۳۸۰	۱۳۴۰	۰.۷۸	Δ - λ	واگن
۲	۱.۵	۲۲۰-۳۸۰	۹۲۰	۰.۷۲	Δ - λ	رول
۳	۰.۷۵	۲۲۰-۳۸۰	۱۳۴۰	۰.۷۸	Δ - λ	کاتر

کنترل سرعت الکترو موتورها با استفاده از درایو

درایو فرکانس متغیر (VFD) ^۱ یک وسیله الکترونیکی است که برق AC ورودی را با ولتاژ و فرکانس قابل تنظیم به AC تبدیل می‌کند. (VFD) برای کنترل سرعت یک موتور آسنکرون سه فاز استفاده می‌شود [۲۰]. (VFD) دارای مزایایی زیادی مانند صرفه‌جویی قابل اعتماد در انرژی، کنترل دقیق سرعت و کنترل خودکار آسان است [۲۱؛ ۲۲].

جدول ۵. لیست درایوهای استفاده شده در سیستم کنترل.

Row	Drive Number	Device	Drive Type	Order number
1	1	Wagon	LS IG5A 0.75 kw	SV008Ig5a-4
2	2	Roll	LS IG5A 1.5 kw	SV015Ig5a-4
3	3	Cutter	LS IG5A 0.75 kw	SV008Ig5a-4

کنترلر اتونیکس

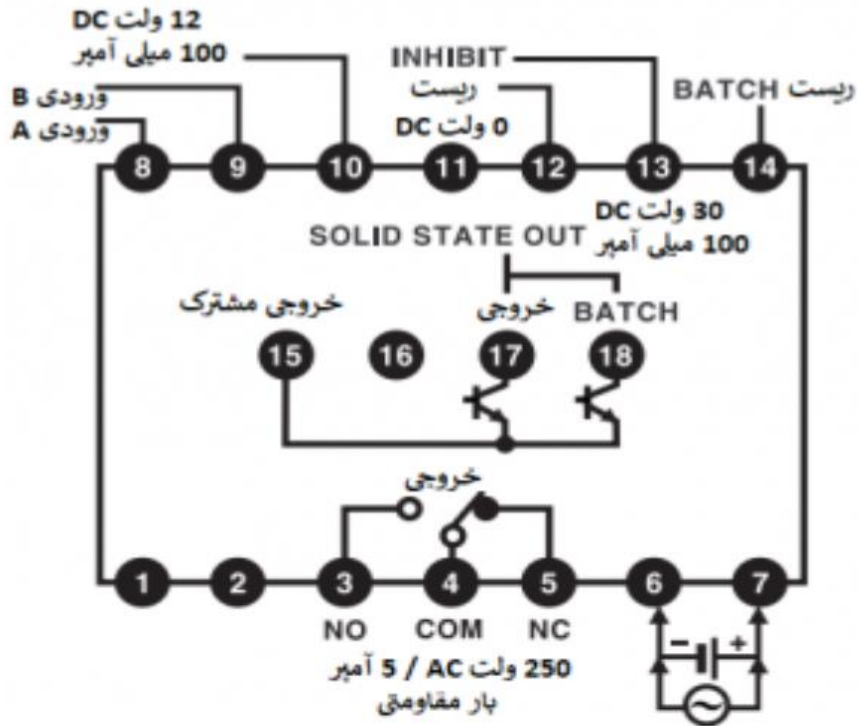
در شکل ۶ تصویر کنترلر CT6M-1P اتونیکس نشان داده شده است.



شکل ۶. تصویر کنترلر اتونیکس.

در شکل ۷ پایه‌های شمارنده دیجیتال اتونیکس نشان داده شده است.

¹ Variable frequency drive (VFD)



شکل ۷. معرفی پایه‌های شمارنده اتونیکس.

تغذیه ورودی شمارنده دیجیتال اتونیکس ۲۲۰ ولت AC و پایه‌های شماره ۶ و ۷، پایه‌های تغذیه ورودی می‌باشند. این شمارنده دیجیتال دارای خروجی رله (NC/NO) می‌باشد که پایه‌های ۳، ۴ و ۵ را شامل می‌شود. لازم به ذکر است که حداکثر جریان خروجی رله ۵ آمپر می‌باشد.

- پایه ۱۱ و ۱۰: تغذیه ۱۲ ولت DC است و به عنوان منبع تغذیه انکودر مورد استفاده قرار می‌گیرد (برای انکودر نیاز به منبع تغذیه خارجی نمی‌باشد).
- سیم آبی رنگ انکودر که تغذیه منفی می‌باشد به پایه ۱۱ شمارنده دیجیتال متصل می‌گردد.
- پایه شماره ۸: فاز A می‌باشد و سیم مشکی رنگ انکودر به پایه ۸ متصل می‌گردد.
- پایه ۹: فاز B می‌باشد و سیم سفید رنگ انکودر به پایه ۹ متصل می‌گردد.

جدول ۶. تنظیمات پارامترهای کنترلر اتونیکس.

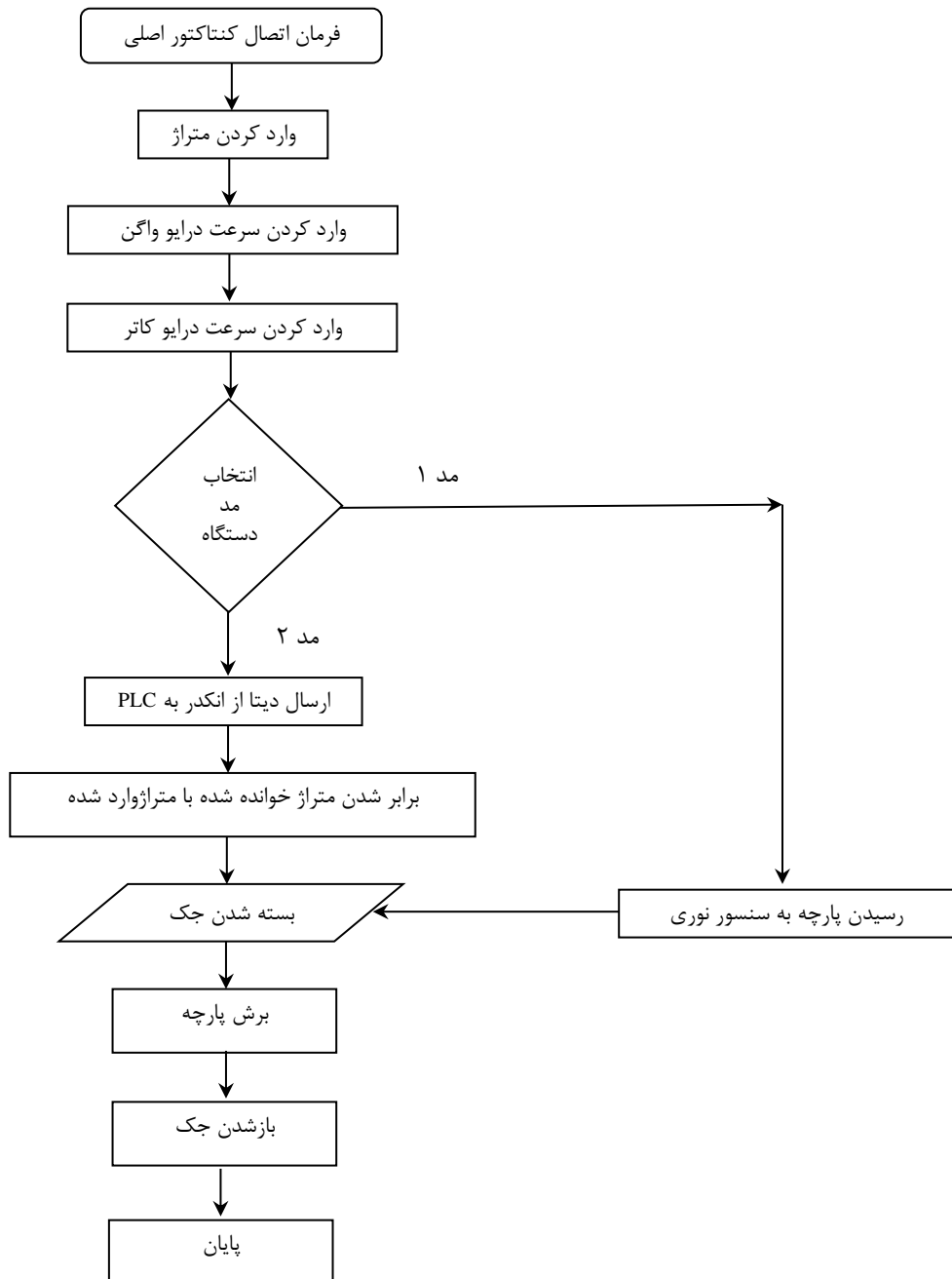
Row	Group	Parameter	Data
1	Counter	Input mode	Ud-C
2	Counter	Output mode	F
3	Counter	Max. counting speed	10K
4	Counter	Decimal point	- - .
5	Counter	Min. reset time	1

Row	Group	Parameter	Data
6	Counter	Input logic	npn
7	Counter	Pre scale desimal	- - - .
8	Counter	Pre scale value	0.001
9	Counter	Start point value	0.00
10	Counter	Memorize counting value	Clr
11	Counter	Lock key	loc

بلوک دایاگرام عملکرد برنامه PLC

با توجه به فلسفه کنترل طراحی دستگاه، دستگاه دارای دو مد کاری می‌باشد:

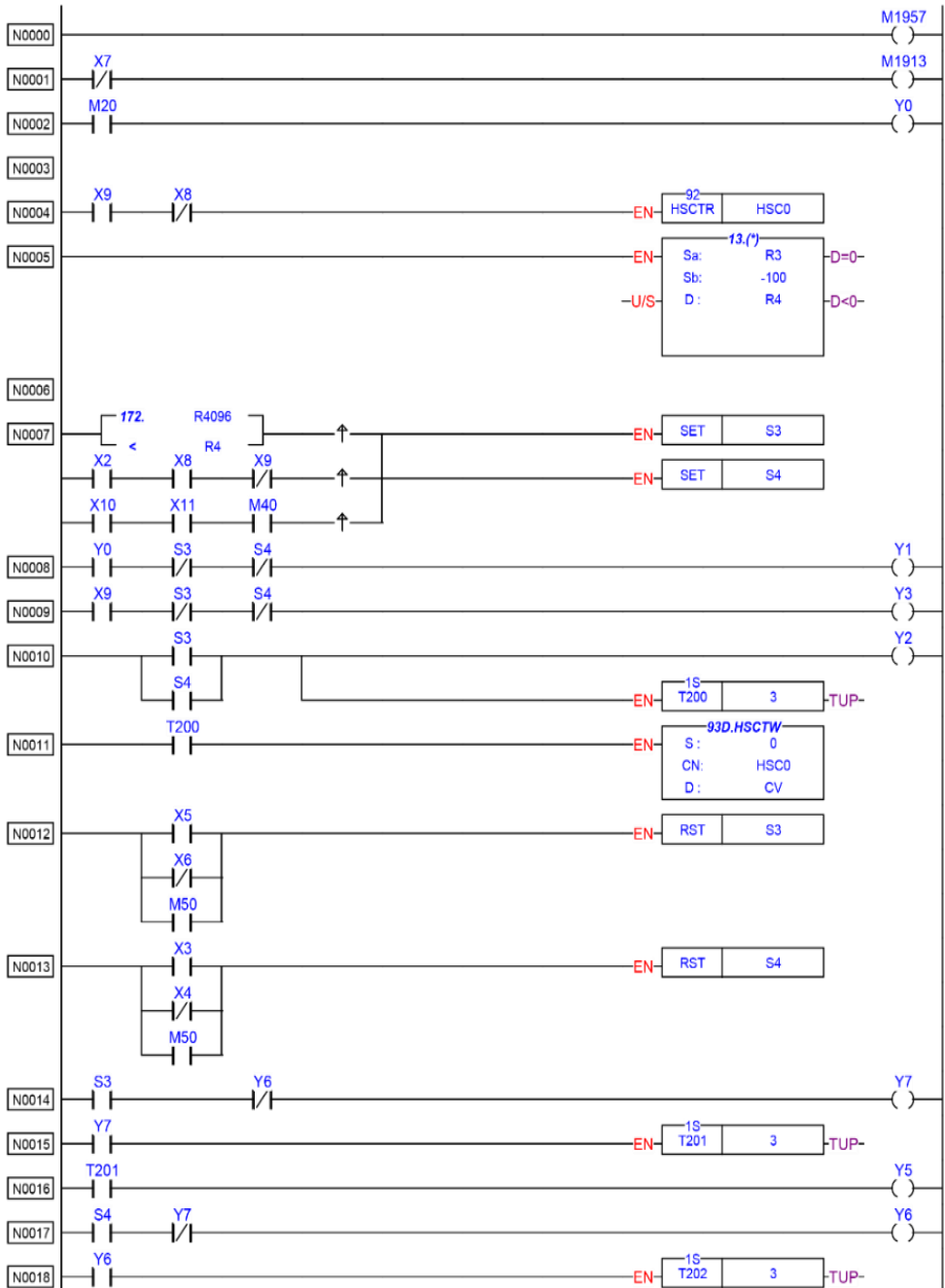
- الف- مد ۱: برش محصول نهایی بر اساس عملکرد سنسور نوری: که در این مد اپراتور با جابجا نمودن محل سنسور نوری می‌تواند در ابعاد دلخواه این برش را انجام دهد. این مد جهت برش‌های با مترای کوتاه تا ۲ متر استفاده می‌شود.
 - ب- مد ۲: برش محصول نهایی بر اساس مترای وارد شده توسط اپراتور از روی صفحه HMI: که در این مد اپراتور مترای دلخواه را بر روی صفحه HMI وارد می‌کند. این مد جهت برش محصول نهایی به صورت رول و در مترای حدوداً ۳۰ متری مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- در شکل ۸ بلوک دایاگرام عملکرد برنامه PLC نشان داده شده است .



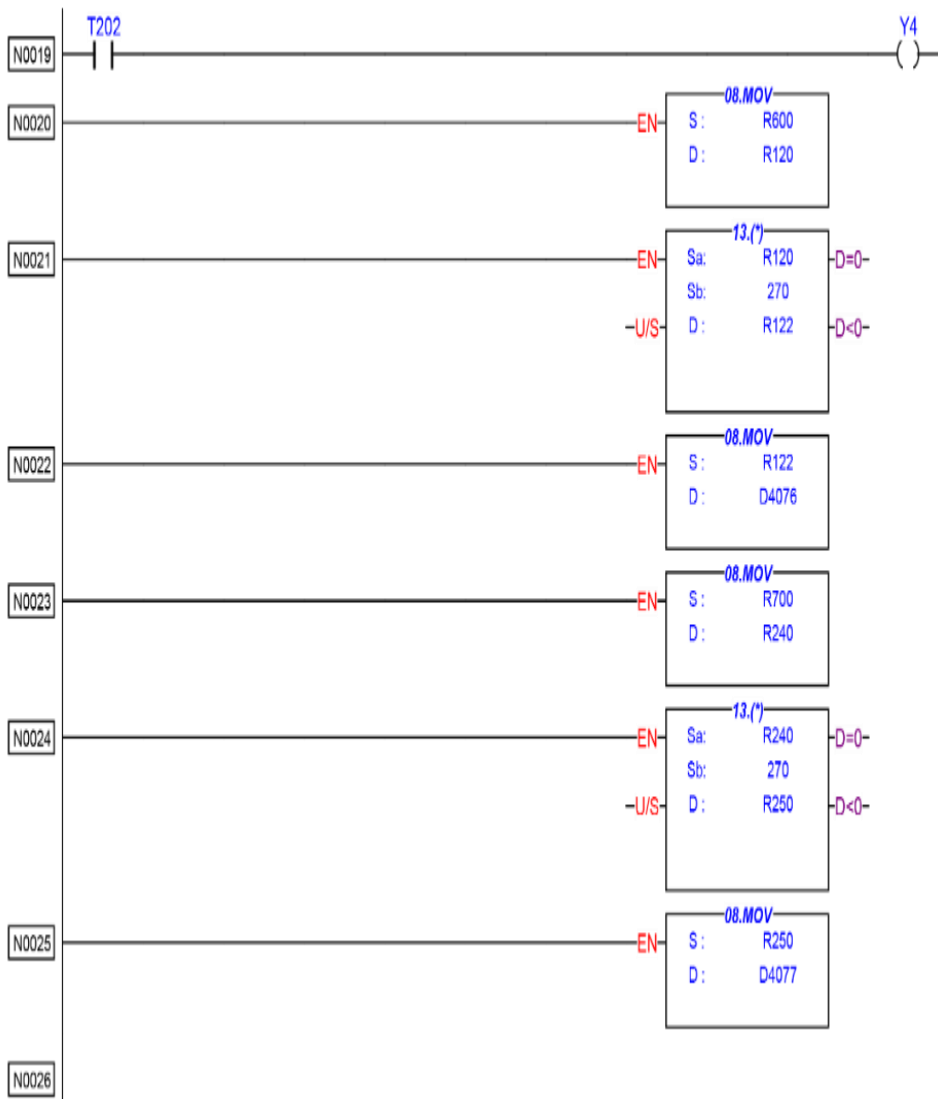
شکل ۸. بلوک دایاگرام عملکرد برنامه PLC

برنامه PLC به زبان Ladder

Printed Item: Ladder Diagram - Main_unit1



Printed Item: Ladder Diagram - Main_unit1



برنامه PLC به زبان STL

Printed Item: Mnemonic - Main_unit1

```

00000M ORG SHORT
00001M OUT M1957
00002M ORG NOT X7
00003M OUT M1913
00004M ORG M20
00005M OUT Y0
00006M ORG OPEN
00007M ORG X9
00008M AND NOT X8
00009M FUN 92_HSCTR
      CN: HSC0
00010M ORG SHORT
00011M LD OPEN
00012M FUN 13_>(*
      Sa: R3
      Sb: -100
      D: R4
00013M ORG OPEN
00014M ORGF 172_<
      Sa: R4096
      Sb: R4
00015M TU
00016M LD X2
00017M AND X8
00018M AND NOT X9
00019M TU
00020M ORLD
00021M LD X10
00022M AND X11
00023M AND M40
00024M TU
00025M ORLD
00026M SET( ) S3
00027M SET( ) S4
00028M ORG Y0
00029M AND NOT S3
00030M AND NOT S4
00031M OUT Y1
00032M ORG X9
00033M AND NOT S3
00034M AND NOT S4
00035M OUT Y3
00036M ORG SHORT
00037M LD S3
00038M OR S4
00039M ANDLD
00040M AND SHORT
00041M OUT Y2
00042M T200 3
00043M ORG SHORT
00044M AND T200
00045M FUN 93D_HSCTW
    
```

Printed Item: Mnemonic - Main_unit1

```

      S:
      0
      CN: HSC0
      D: CV
00046M ORG SHORT
00047M LD X5
00048M OR NOT X6
00049M OR M50
00050M ANDLD
00051M RST( ) S3
00052M ORG SHORT
00053M LD X3
00054M OR NOT X4
00055M OR M50
00056M ANDLD
00057M RST( ) S4
00058M ORG S3
00059M AND SHORT
00060M AND NOT Y6
00061M OUT Y7
00062M ORG Y7
00063M T201 3
00064M ORG T201
00065M OUT Y5
00066M ORG S4
00067M AND NOT Y7
00068M OUT Y6
00069M ORG Y6
00070M T202 3
00071M ORG T202
00072M OUT Y4
00073M ORG SHORT
00074M FUN 08_MOV
      S: R600
      D: R120
00075M ORG SHORT
00076M LD OPEN
00077M FUN 13_>(*
      Sa: R120
      Sb: 270
      D: R122
00078M ORG SHORT
00079M FUN 08_MOV
      S: R122
      D: D4076
00080M ORG SHORT
00081M FUN 08_MOV
      S: R700
      D: R240
00082M ORG SHORT
00083M LD OPEN
00084M FUN 13_>(*
    
```

Printed Item: Mnemonic - Main_unit1

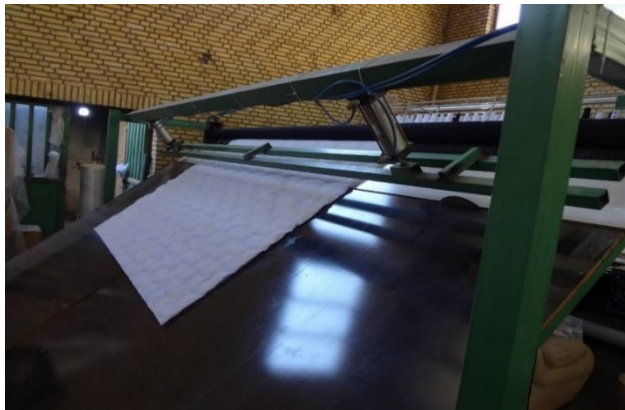
```

      Sa: R240
      Sb: 270
      D: R250
00085M ORG SHORT
00086M FUN 08_MOV
      S: R250
      D: D4077
00087M ORG OPEN
    
```

تست و راه اندازی

در این تحقیق از شمارنده آتونیکس استفاده شده است که دارای طراحی با قابلیت بالا، قابلیت تعویض سریع، طراحی کوچک جهت صرفه جویی در فضای تابلو برق بوده و همچنین با ارائه راه حل های مناسب، کارایی، انعطاف پذیری و کیفیت سیستم را نیز ارتقا می دهد. کانترا استفاده شده در این تحقیق دارای دقت فوق العاده ۰.۰۰۰۰۱ می باشد. ضمناً این قابلیت نیز وجود دارد که به صورت آپشن به تابع ارتباطی RS-485 مجهز شود و در صورت نیاز در آینده به صورت شبکه از آن استفاده شود.

تست و راه اندازی دستگاه در تصاویر زیر نشان داده شده است:



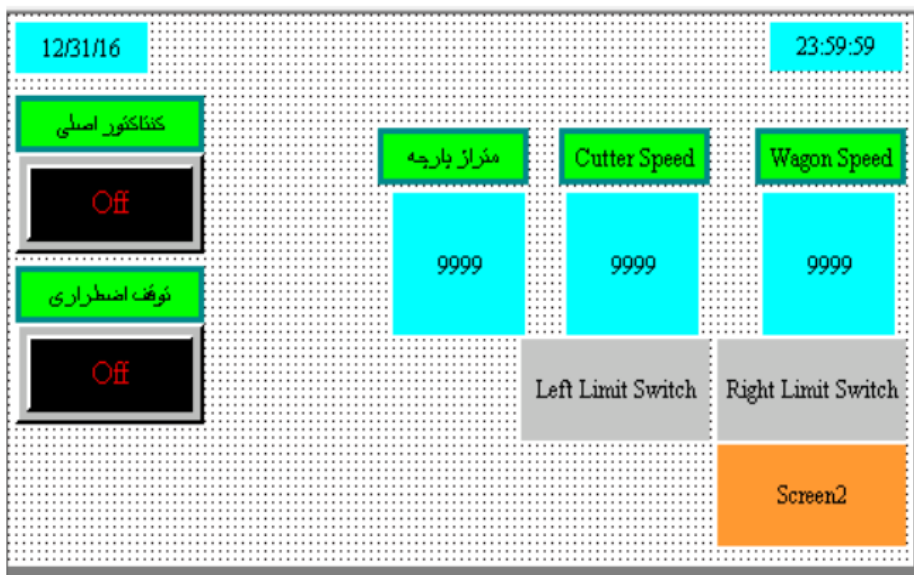
شکل ۹. بدنه اصلی دستگاه برش.



شکل ۱۰. تابلو کنترل.



شکل ۱۱. تست تابلو کنترل.



شکل ۱۲. تصویر صفحه HMI.

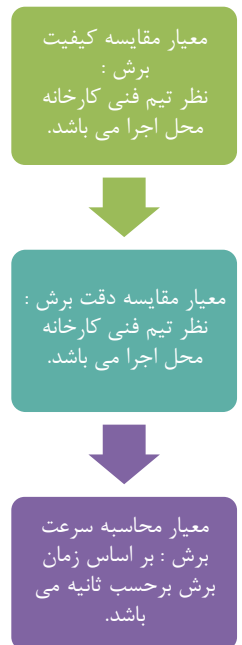
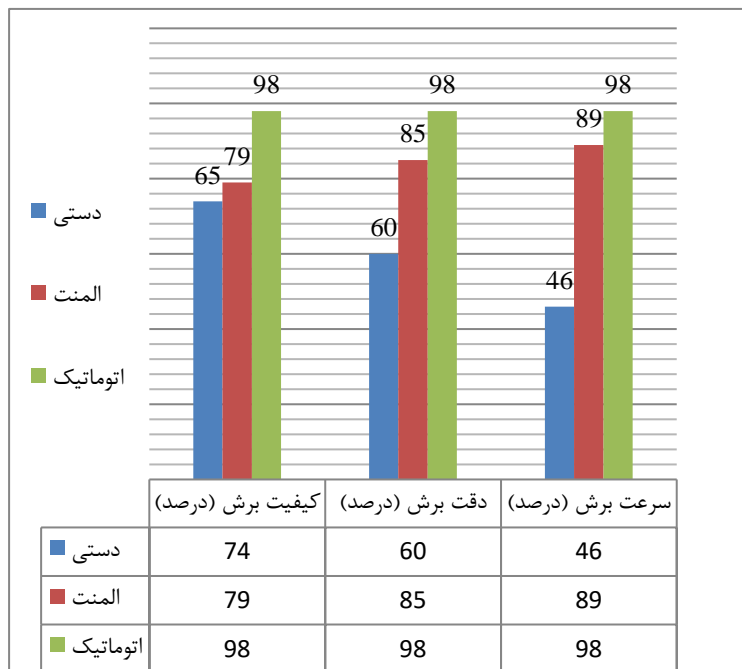
ارزیابی عملکرد دستگاه

یکی از پارامترهای اصلی در بهره‌وری یک دستگاه برش زمان برش می‌باشد. در جدول ۳ مقایسهٔ زمان برش برای سه روش برش دستی، المنتی و اتوماتیک نشان داده شده است.

جدول ۷. مقایسه زمان برش.

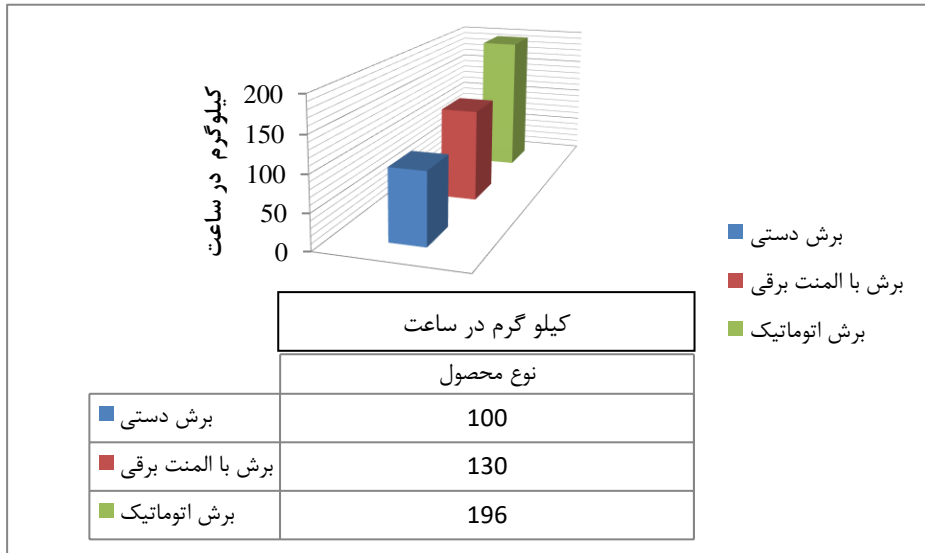
ردیف	نوع برش	زمان برش (برحسب ثانیه)
۱	دستی	۴۵
۲	المنتی	۳۲
۳	اتوماتیک	۲۰

همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، زمان برش اتوماتیک از دوروش دستی و المنتی به مراتب کمتر می‌باشد. ولی جهت مقایسه دقیق‌تر در نمودار شکل ۱۳ هر سه پارامتر اصلی یعنی: سرعت برش، دقت برش و کیفیت برش براساس درصد مقایسه شده‌اند.



شکل ۱۳. نمودار مقایسه سه عامل اصلی بهره‌وری در برش منسوجات بی بافت.

در صنف منسوجات بی بافت معیار فروش محصول بر اساس وزن می‌باشد که در شکل ۱۳ مقایسه میزان وزن تولیدی نشان داده شده است.



شکل ۱۴. نمودار مقایسه میزان وزن محصول تولیدی.

همان گونه که در نمودار شکل ۱۴ مشاهده می‌شود وزن محصول تولید نهایی به کمک دستگاه برش اتوماتیک در مقایسه با روش‌های برش قدیمی، افزایش زیادی داشته است. در روش برش به کمک المنت برقی به‌علت دود متصاعد شده از تماس المنت برقی با الیاف، آلودگی محیط کار وجود دارد ولی در برش اتوماتیک این معضل نیز رفع شده است.

نتیجه‌گیری

همان گونه که در تصویر ۱۲ مشاهده می‌شود، در این مقاله به کمک انکدر و کنترلر Autonics و برنامه نویسی PLC امکانات زیر محقق گردید:

- برش محصول نهایی براساس موقعیت سنسور چشمی
 - برش محصول نهایی براساس مترآژ وارد شده بر روی HMI
 - حذف برش‌های سنتی بر اساس برش دستی و المنتی و در نهایت برش بوسیله تیغ برش
- این سیستم کنترل که مبتنی بر PLC، HMI، DRIVE می‌باشد در یکی از کارخانه‌های تولیدی نساجی نصب و راه‌اندازی گردید. در سیستم‌های برش سنتی قدیمی به‌علت برش دستی زمان زیادی صرف می‌شد ولی در روش کنترلی جدید به‌علت برش اتوماتیک افزایش سرعت را داریم. همچنین به‌علت استفاده از انکدر و PLC افزایش دقت را داریم. بنابر این ظرفیت محصول تولیدی در سیستم به روز شده فعلی به‌علت کاهش زمان توقف که پس از هر برش توسط اپراتور سیستم رخ می‌داد، افزایش یافت. همچنین به‌علت حذف المنت برقی کاهش آلودگی محیط کار محقق گردید. در این سیستم کنترل برش اتوماتیک، اپراتور طول برش دلخواه را از طریق HMI وارد می‌کند، بنابراین به کمک HMI اپراتور بر عملکرد سیستم، کنترل و نظارت دارد.
- همچنین در این دستگاه برش به دلیل وجود سیستم انوماسیون صنعتی مبتنی بر PLC، HMI، DRIVE این بستر مهیا می‌باشد که در صورت انوماسیون صنعتی بقیه مراحل و ماشین آلات تولید در این کارخانه، ضمن شبکه کردن بخش‌های مختلف با یک مانیتورینگ مرکزی بر کلیه مراحل تولید، کنترل و نظارت شود.

همان‌طور که در نمودار شکل ۱۴ مشاهده می‌شود در برش اتوماتیک میزان وزن محصول تولیدی ۱۹۶ کیلوگرم در ساعت می‌باشد ولی در روش قدیمی برش با المنت برقی میزان وزن محصول تولیدی ۱۳۰ کیلوگرم در ساعت می‌باشد بنابراین در طراحی جدید برش اتوماتیک، ضمن افزایش دقت و کیفیت، بهره‌وری بالای ۴۰ درصد محقق شده است.

References

- [1] Venkataraman, D., Shabani, E., & Park, J. H. (2023). Advancement of Nonwoven Fabrics in Personal Protective Equipment. *Materials*, 16(11), 3964. <https://doi.org/10.3390/ma16113964>
- [2] Yilmaz, K. B., Sabuncuoglu, B., Yildirim, B., & Silberschmidt, V. V. (2020). A brief review on the mechanical behavior of nonwoven fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 1-9. <https://doi.org/10.1177/1558925020970197>
- [3] Yao, W., Fengyan, L., Miao, X., & Yan, B. (2017, November 27-29). *Design of the Control System for Plate Cutting Machine*. Proceedings of the 2017 4th International Conference on Machinery, Materials and Computer, Xi'an, China. <https://doi.org/10.2991/macmc-17.2018.130>
- [4] Shaheed, B. N., & Selman, N. H. (2023). Design and implementation of a control system for a steel plate cutting production line using programmable logic controller. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(4), 3969-3976. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i4.pp3969-3976>
- [5] Han, W. N., Tang, M. M., & Yu, P. (2013). PLC Control System of Cutting Fixed-Length Plates and Simulation Debugging. *Applied Mechanics and Materials*, 336-338, 789-793. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.336-338.789>
- [6] Chamorro, O., Arce-Santillan, D., Morales Romero, G. P., Trinidad Loli, N., Quispe Andía, A., & León Velarde, C. (2021). SCADA and Distributed Control System of a Chemical Products Dispatch Process. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(12), 710-717. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0121288>
- [7] Hadi, H. H., & Salloom, M. Y. (2019). Pneumatic Control System of Automatic Production Line Using Two Method of SCADA/HMI Implement PLC. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15(3), 16-28. <https://doi.org/10.22153/kej.2019.06.006>
- [8] Abdolhosseini, M., Abdollahi, R., & Rajaei, M. (2021). Designing of PI λ D δ controller for PMBLDC motor using metaheuristic algorithms. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 17(4), 149-165. <https://doi.org/10.48301/kssa.2021.128401>
- [9] Arifin, M. A. S., Susanto, D. S., Idris, M. Y., & Budiarto, R. (2021). The trends of supervisory control and data acquisition security challenges in heterogeneous networks. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(2), 874-883. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i2.pp874-883>
- [10] Tcaciuc, S-A. (2018). A solution for the uniform integration of field devices in an industrial supervisory control and data acquisition system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(3), 319-323. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090344>
- [11] Varghese, M., Manjunatha, A., & Snehaprabha, T. (2021). Method for improving ripple reduction during phase shedding in multiphase buck converters for SCADA systems. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 24(1), 29-36. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v24.i1.pp29-36>

- [12] Pawar, R., & Bhasme, N. (2016). Application of PLC's for Automation of Processes in Industries. *International Journal Of Engineering Research And Applications*, 6(6), 53-59. https://www.ijera.com/papers/Vol6_issue6/Part%20-%203/10606035359.pdf
- [13] Rahbar Hadi Bigloo, R., & Movahedi, M. M. (2022). Knowledge-based Mechanical Arm Modeling of Bascule Lift with Simulation Method and Fuzzy Inference Approach. *Karafan Quarterly Scientific Journal*, 19(1), 403-428. <https://doi.org/10.48301/kssa.2022.294013.1608>
- [14] Morales, L. A., Fabara, P., & Pozo, D. F. (2023). An Intelligent Controller Based on LAMDA for Speed Control of a Three-Phase Inductor Motor. *Emerging Science Journal*, 7(3), 676-690. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2023-07-03-01>
- [15] Bachchhav, P. P., Kasar, T. M., & Zete, R. S. (2017, March 17-18). *Energy conservation by energy efficient drive*. 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems, Coimbatore, India. <https://doi.org/10.1109/ICIIECS.2017.8276053>
- [16] Bhase, P., & Lathkar, M. (2015, October 30- November 01). *Energy conservation using VFD*. 2015 International Conference on Energy Systems and Applications, Pune, India. <https://doi.org/10.1109/ICESA.2015.7503406>
- [17] Quispe, E., Lopez, I., Ferreira, F., Sousa, V., & Santos, V. (2018). Unbalanced Voltages Impacts on the Energy Performance of Induction Motors. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 8(3), 1412-1422. <https://doi.org/10.11591/ijece.v8i3.pp1412-1422>
- [18] Karali, M., Karasahin, A. T., Keles, O., Kocak, M., & Erismis, M. A. (2018). A new capacitive rotary encoder based on analog synchronous demodulation. *Electrical Engineering*, 100(3), 1975-1983. <https://doi.org/10.1007/s00202-018-0677-9>
- [19] Khudier, K. H., Mohammed, K. G., & Ibrahim, M. S. (2021, December 16-17). *Design and Implementation of Constant Speed control System for the Induction motors Using Programmable logic Controller (PLC) and Variable Frequency Derive (VFD)*. 2nd International Scientific Conference of Engineering Sciences, Diyala, Iraq. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/2F1076/2F1%2F012007>
- [20] Patil, P. V., & Naveed, S. A. (2020, October 30-31). *Implementation of VFD Application for Speed Control of Induction Motor*. 2020 International Conference on Smart Innovations in Design, Environment, Management, Planning and Computing, Aurangabad, India. <https://doi.org/10.1109/ICSIDEMPC49020.2020.9299636>
- [21] Balakrishnan, R., & Senthilnathan, A. (2022, March 25-26). *PLC Based Frequency Control of Induction Motor in Sugar Mills*. 2022 8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, Coimbatore, India. <https://doi.org/10.1109/ICACCS54159.2022.9785018>
- [22] Bontemps, P., Hugo, N., & Dujic, D. (2020, October 18-21). *Flexibility Enhancements in Pumped Hydro Storage Power Plants through Variable Speed Drives*. Industrial Electronics Conference 2020 The 46th Annual Conference of the Institute of Electrical and Electronics Engineers Industrial Electronics Society, Singapore, Asia. <https://doi.org/10.1109/IECON43393.2020.9254499>