**मौलाना आजाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान भोपाल- 462003**

(शिक्षा मंत्रालय, भारत सरकार के अधीन राष्ट्रीय महत्व का एक संस्थान)

**MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY BHOPAL-462003**

(An Institute of National Importance under ministry of education, Govt. of India)



| S. No. | Experiment Name | Page No. |
|---|---|---|
| 1 | Study of Brushless DC motor and<br>ब्रशलेस डीसी मोटर का अध्ययन एवं<br>a) Draw its respective speed-torque characteristics/ इसका संबंधित गति-टोर्क विशेषताएँ बनाना<br>b) Study Hall sensor with real time waveform analysis/ वास्तविक समय तरंग विश्लेषण के साथ हॉल सेंसर का अध्ययन<br>c) Speed control using PWM technique/ पीडब्लूएम तकनीक का उपयोग करके गति नियंत्रण | **2-22** |
| 2 | Study of microprocessor-based small stepper motor and its controller.<br>माइक्रोप्रोसेसर आधारित छोटे स्टेपर मोटर और उसके नियंत्रक का अध्ययन।<br>a) Manual control/ मैनुअल नियंत्रण<br>b) Plot its speed-torque characteristics/ इसकी गति- टोर्क विशेषताओं को प्लॉट करना | **23-41** |
| 3 | Write assembly language program to generate i) saw tooth wave, ii) triangular wave, iii) square wave, iv) trapezoidal wave and iv) sine wave for CCS software and implement with DSP TMS320F28335<br>सीसीएस सॉफ्टवेर पर लिए i) सॉ टूथ वेव, ii) त्रिकोणीय वेव, iii) स्क्वायर वेव, iv) ट्रेपोजॉइडल वेव और iv) साइन वेव उत्पन्न करने के लिए असेंबली भाषा प्रोग्राम लिखें और डीएसपी TMS320F28335 के साथ कार्यान्वित करें | **42-47** |
| 4 | To study the performance characteristics of DC servo motor angular position control system, using a PID controller as well as through MATLAB.<br>पीआईडी नियंत्रक के साथ MATLAB के माध्यम से डीसी सर्वो मोटर कोणीय स्थिति नियंत्रण प्रणाली की प्रदर्शन विशेषताओं का अध्ययन करना। | **48-80** |
| 5 | To study MATLAB based robotic arm kit.<br>MATLAB आधारित रोबोटिक आर्म किट का अध्ययन करना। | **81-88** |
| 6 | To study Open CV software-based image processing and object detection kit.<br>ओपनसीवी सॉफ्टवेयर-आधारित इमेज प्रोसेसिंग और ऑब्जेक्ट डिटेक्शन किट का अध्ययन करना। | **89-92** |
| 7 | Programmable Logic Controller)PLC based ladder network creation on Siemens PLC(S7-1200) for conveyor control application.<br>कन्वेयर नियंत्रण अनुप्रयोग के लिए सीमेंस पीएलसी (एस7-1200) पर प्रोग्रामेबल लॉजिक कंट्रोलर)पीएलसी आधारित लेडर नेटवर्क निर्माण। | **93-107** |
| | Do's and Don'ts | **108** |

**DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING**
**MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY**
**B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER**
**DIGITAL CONTROLLER LABORATORY**
**EXPERIMENT NO: 1**

## Aim:

Study of Brushless DC motor and

a) Draw its respective speed-torque characteristics
b) Study Hall sensor with real time waveform analysis
c) Speed control using PWM technique

## Instruments required:-

- BLDC Motor Trainer-(MI-(EV-03/EV-12) )
- Patch cards.
- Power Cable.

## speed-torque characteristics

Brushless Motor Characteristics:- BLDC Motor are widely used in various applications like variable speed drives, vehicle , fan and many more. For selecting a type BLDC motor for a particular application it is very important to study the characteristics of various BLDC motors. The characteristics give the performance under various load conditions for recommending their field of applications.

In Brushless Motor, the stator and rotor positions in brushless motors are the opposite of their positions in DC motors. For this reason, the fundamental speed-torque characteristics for brushless motors exhibit the same sloping characteristics as brushed DC motors, as shown in Fig, and the motor rotates at a rotation speed that matches the load torque. If the speed slows down, the torque generated by the motor increases, and a current proportional to the torque flows. If a large current flows, the magnetic force of the permanent magnet is the motor may decrease (demagnetization), and the windings may overheat and experience burnout. In addition, the output element and converter on the drive circuit must be able to handle a large current, which causes the drive circuit to be large and expensive.

If the speed increases, the torque generated by the motor decreases, and the load torque required for driving decreases, making it unsuitable for use. Operating it at a higher speed increases the noise emitted by the gearhead combined with the motor, and it also causes insufficient gearhead lubrication, which affects the life span.

For the above reasons, with brushless motors, the drive circuit limits the maximum current that flows through the motor and maximum rotation speed. Thus, the speed-torque characteristics printed in Oriental Motor's product catalog are similar to Fig. 2.11.

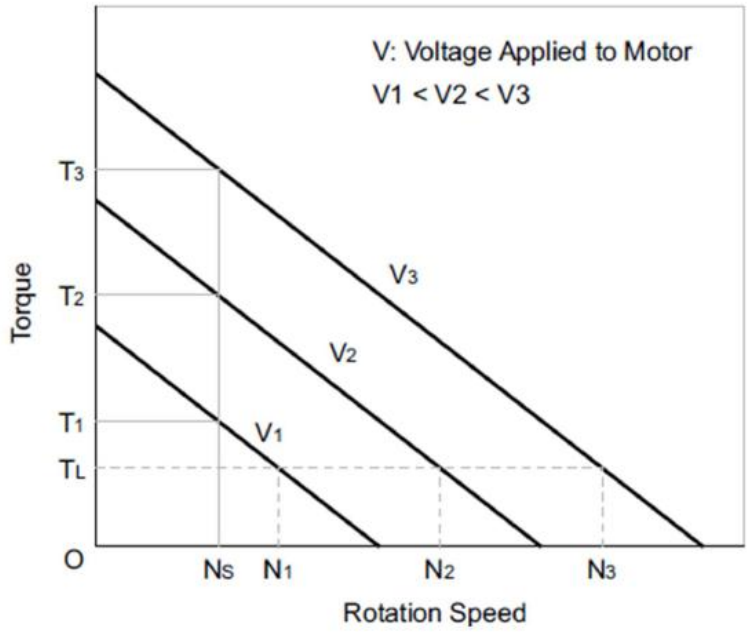



Figure: Speed–Torque Characteristics

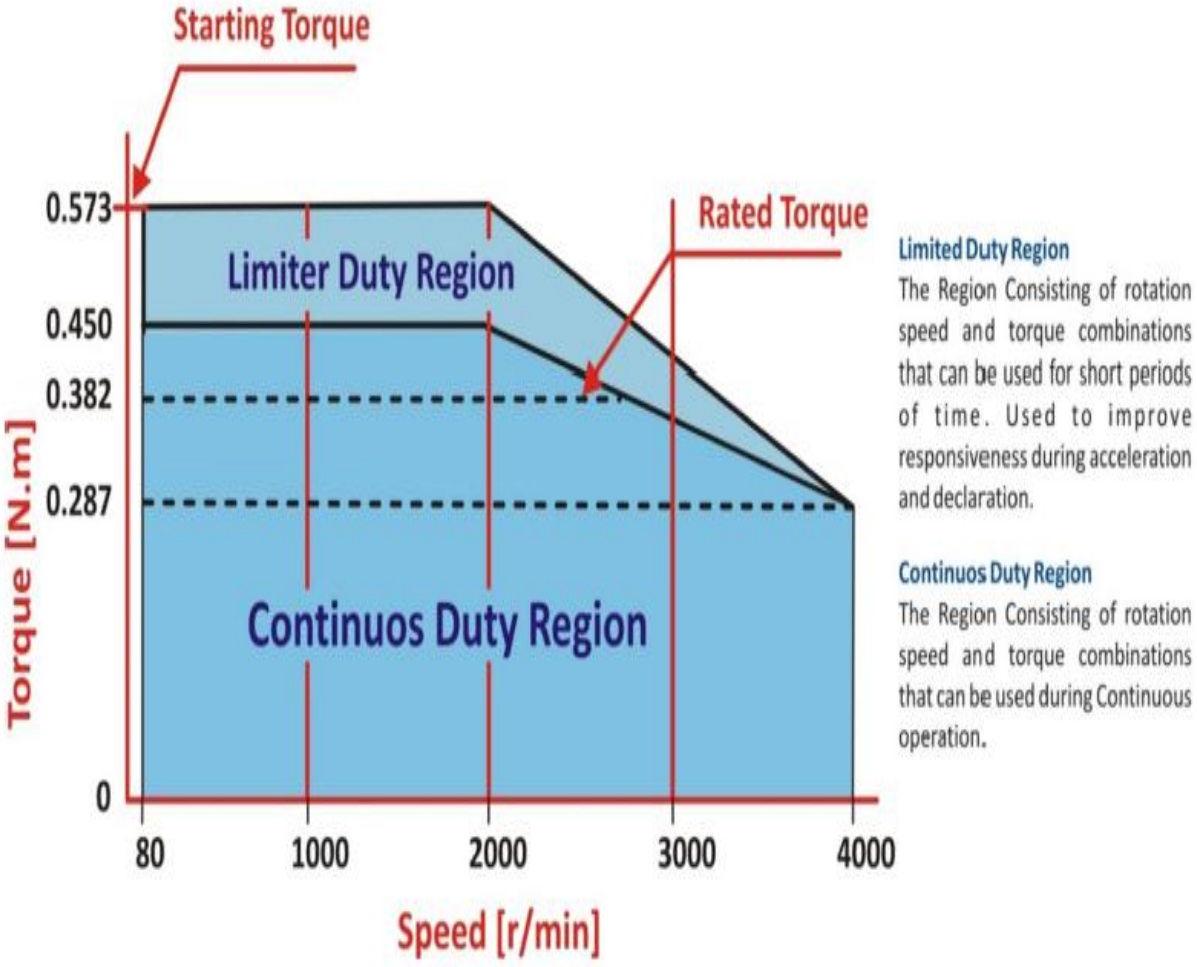



Figure: Speed–Torque Characteristics

Torque is nothing but a momentary force developed at the time of force is applied to the motor. The unit of torque is N.m (Newton-meter). In other words, Torque T(N.m) is equal to the ratio between the electrical power P(W) in watts to the acceleration.
The total power rating of the motor details can be found from the motor's nameplate details. Absence of the power details, the power is equal to the product of the voltage and current for DC motor and for AC motor, the product of the voltage, current and power factor. The speed of the motor can be found by using Speed measurement devices.
Hence motor torque $T = P / \omega$
Here omega $\omega$ is equal to 2 x pi x N(rpm) / 60

**For DC Motor torque Formula:**
For Calculating, Torque for DC motor
$T = V \times I / (2 \times pi \times N_{(rpm)} / 60)$
$N_{(rpm)}$ is the speed of the motor
V = Input DC Voltage
I = Input DC Current

**Safety Precaution:**
- Please make sure your power cable is connected properly to the trainer.
- Please make connections properly as mentioned.
- Do not apply any external high voltage or current source by which trainer get damaged.
- Do not touch motor pulley when motor is running condition.
- Make sure the loading arrangement is on no load condition when motor will start.

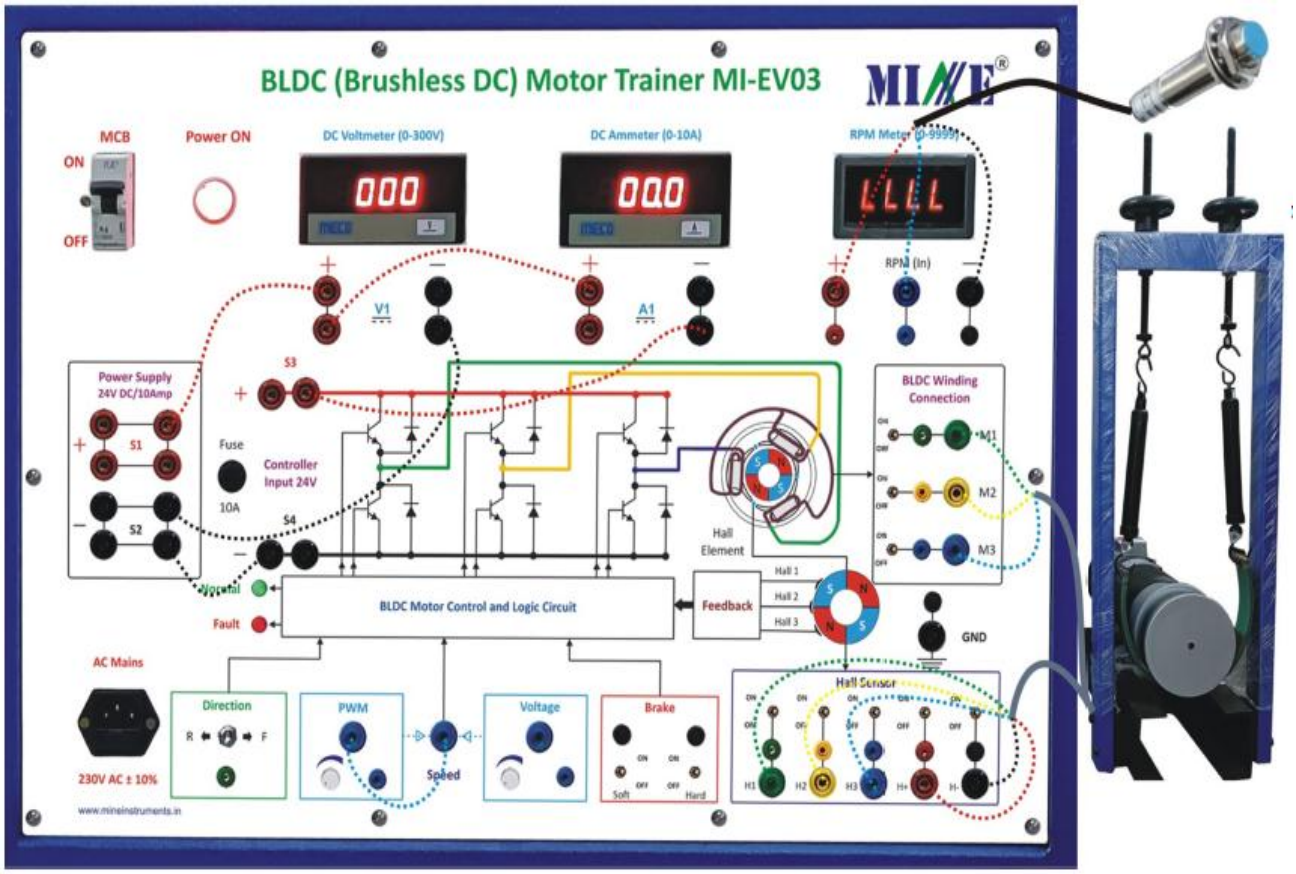


Figure: Connection Diagram

**Procedure:**

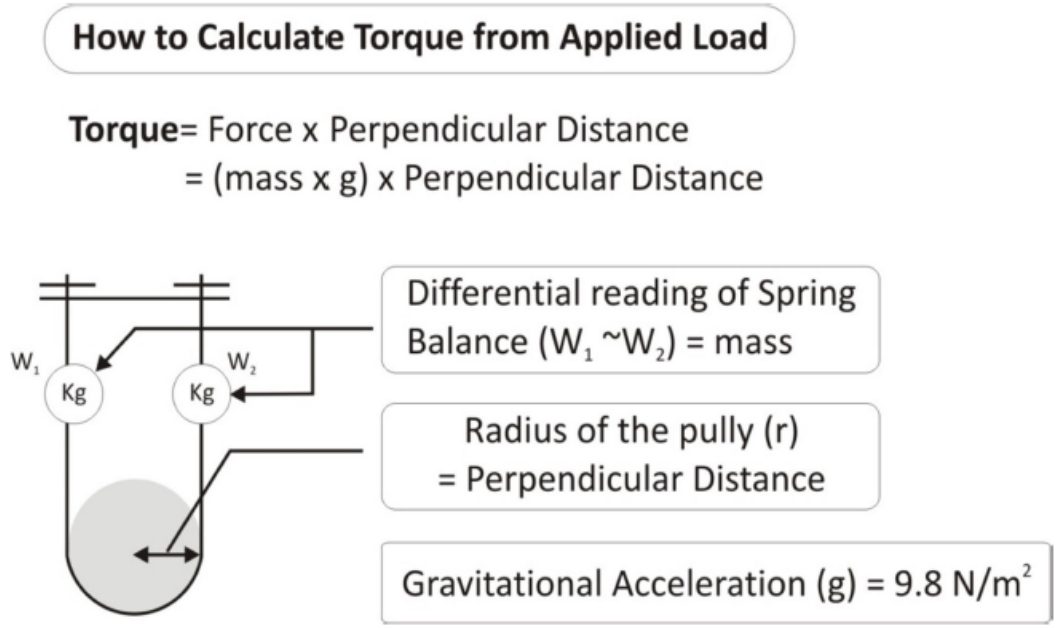
- Follow the previous connection diagram.
- After connecting the above connections, connect the mains AC plug ON and MCB switch ON for supply.
- In BLDC motor direction section toggle switch is in either R or F position.
- We can control speed of BLDC Motor by PWM for getting speed-torque characteristics we will apply a constant PWM signal to motor will run at a constant speed on no load condition.
- Now note the Speed in RPM meter, also Voltage & Current read by DC Voltmeter and DC Ammeter.
- After that apply the load by tight the load belt by rotate the dial on motor setup and take the reading of both balance connected to load. (PWM knob is in fully clockwise)

**Observation Readings:-**

| S. No. | I/P Voltage | I/P Current (Amp) | RPM | Balance 1 (kg) | Balance 2 (kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1.** | **24** | **0.5 A** | **1500** | **0** | **0** |
| **2.** | | | | | |
| **3.** | | | | | |
| **4.** | | | | | |
| **5.** | | | | | |

- Put on the given formula

**Calculation:-**




Torque (T )= ( W1 - W2 ) x R x 9.81 Nm
W1 = Weight at Balance 1
W2 = Weight at Balance 2
R = Radius
R = 2.9 cm or 0.029 Meter
G = 9.81
Input Power ($P_i$ ) = VI Watts
V= input Voltage
I = Input Current

$Out\ Power\ (Pm) = \frac{2\pi NT}{60}$watt

N= Speed in RPM

T = Torque

$$Effiency\ \% = \frac{Output\ Power}{Input\ Power} X\ 100\%$$

**Observation Table:**

| S. No | Voltage V (volts) | Current A (Amp) | Spring Balance Reading W1(kg)W2(kg) | | Speed N (RPM) | Torque T (Nm) | Output Power Pm(watts) | Input Power Pi (watts) | Effiency |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | |

- After putting the Values in Table Plot the Graph Between N-T (Speed –Torque)

## Hall sensor with real time waveform analysis:

- First of all, Make sure all toggle fault switches are in OFF condition.
- Connect the Power supply 24V DC/10Amp +Ve S1 (Red) to the DC Voltmeter +V1 (Red).
- Connect the Power supply –Ve S2 (Black) to the DC Voltmeter -V1 (Black).
- Connect the Power supply –Ve S2 (Black) to the Controller Input 24V –Ve S4 (Black).
- Connect the DC Voltmeter +V1 (Red) to the DC Ammeter +Ve A1 (Red).
- Connect S3 +Ve terminal of Controller to the -Ve of DC Ammeter A1 (Black).
- Connect Speed to the Voltage (Blue Terminal).(Either connect Speed to the PWM terminal)
- Connect BLDC Motor to the Hall Sensor section of Trainer H1 (Green), H2 (Yellow), H3
- (Blue), H+ (Red) & H- (Black).
- Now Connect the BLDC Motor to the section of BLDC Winding Connections M1 (Green), M2 (Yellow) & M3 (Blue) via patch cords.
- Additionally connect the CRO +Ve probe to the Hall Sensor H1 & -Ve to the ground.
- After connecting the above connections, connect the mains AC plug ON and MCB switch ON for supply.
- So in BLDC Motor Trainer Direction section toggle switch is in either R or F position.
- As per above connections PWM & Voltage are provide the speed control.
- Using of either PWM & Voltage knob vary BLDC Motor will run. And output waveform shown in CRO.
- Vary the voltage knob (clockwise or anticlockwise) speed of motor vary and output of CRO waveform changes as per knob movement.
- Also observe the Hall sensor responses on CRO using one by one H2 & H3 terminals.
- According to the speed changes of BLDC Motor voltage is constant and current is varied.

- You can observe the speed control of bike using PWM & Voltage.
- Also motor is running as per PWM or Voltage knob movement and real time waveform shown on CRO.

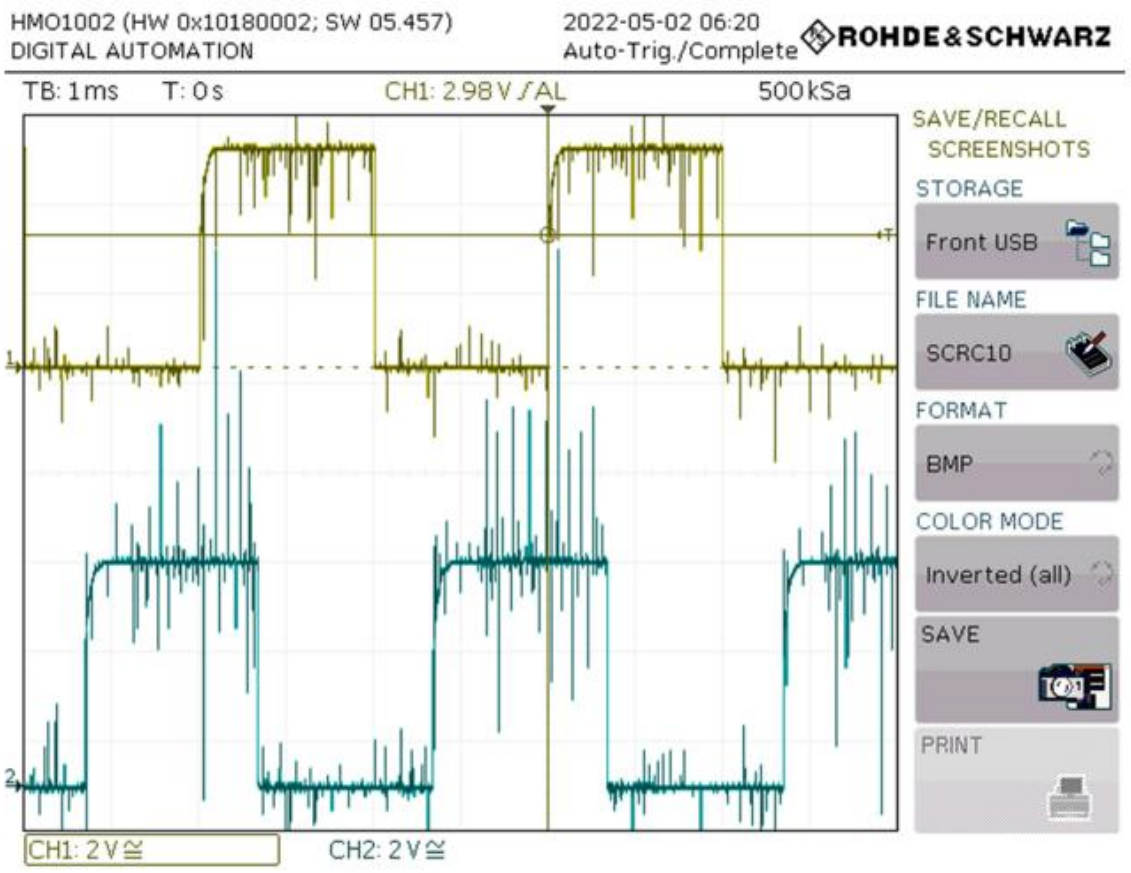



Figure: Real Time waveform

## Speed control using PWM technique:

**Pulse Width Modulated Waveform**

The use of pulse width modulation to control a motor has the advantage in that the power loss in the switching transistor is small because the transistor is either fully "ON" or fully "OFF". As a result the switching transistor has a much reduced power dissipation giving it a linear type of control which results in better speed stability.

Also the amplitude of the motor voltage remains constant so the motor is always at full strength. The result is that the motor can be rotated much more slowly without it stalling.

The duty cycle describes the amount of time the signal is in a high (on) state as a percentage of the total time of it takes to complete one cycle.

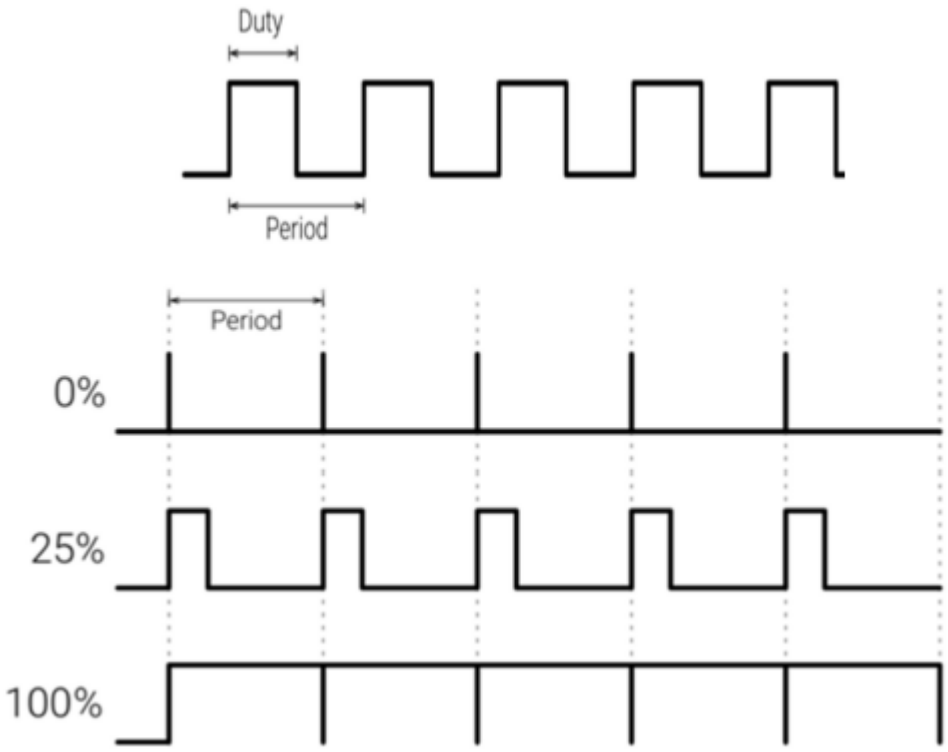



Figure: PWM signal

Above fig. shows Pulse Width Modulation Waveforms with different duty cycles. The proportion of time that the pulse is 'ON' or 'High' is called the Duty Cycle.

$$Duty\ cycle = 100\% * \frac{Pulse\ on\ Time}{Pulse\ Period}$$

$$Duty\ Cycle = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

$$Period = T_{on} + T_{off}$$

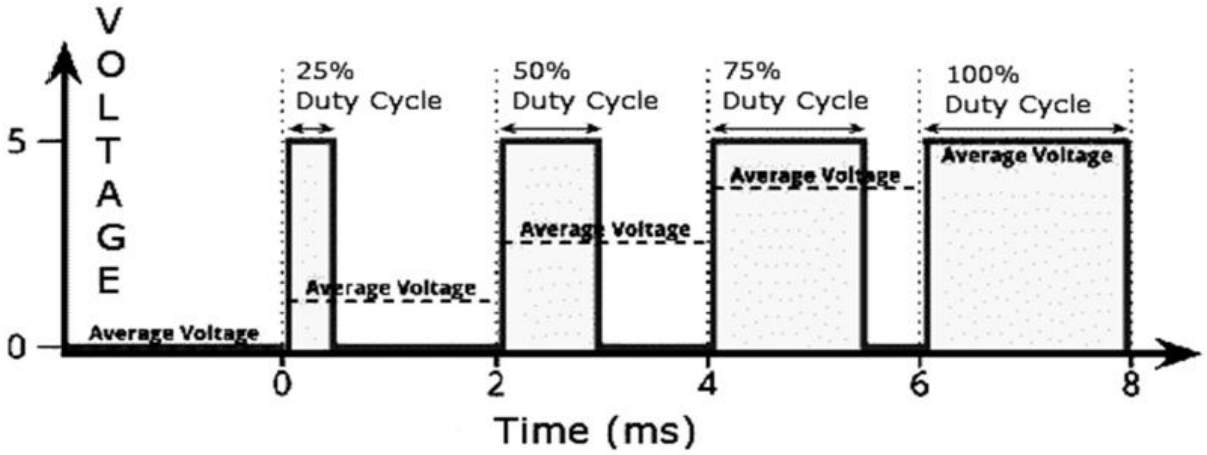



Figure: Representation of Average Voltages for PWM Waveform

The ‘average’ voltage can be controlled by varying the width of the positive pulse. By varying or ‘modulating’ the Time that the output is “ON” we can modify the average voltage. The average value depends on the duty cycle. Smaller the “ON” time, lesser is the average value and similarly larger the “ON” time, higher is the average value.

The frequency determines how fast the PWM completes a cycle, and therefore how fast it switches between high and low states.
By varying a digital signal off and on at a fast-enough rates, and with a certain duty cycle, the output will appear to behave like a constant voltage analog signal when providing power to devices that respond much slower than the PWM frequency, such as audio speakers, electric motors, and solenoid actuators.
PWM is a good technique for controlling analog circuits of the motor drive with digitally.

The speed of the electric motor depends on the modulator voltage. Generate PWM frequency variation in voltage, the faster the rotation of an electric motor. An analog circuit that requires a voltage source of more than 5V or 12V can be controlled using the PWM principle. The use of this PWM can be used to control motor rotation through changes in PWM duty cycle or PWM pulse width. When the duty cycle is 0%, the motor will stop completely because there is no voltage difference. When the duty cycle is 50%, the motor will rotate at half the speed of the maximum speed because the voltage is half the full voltage. When PWM is in 100% condition, the motor rotates with maximum speed because of the continuous output of PWM. Pulse width modulation is a great method of controlling the amount of power delivered to a load without dissipating any wasted power. To control the speed of a BLDC Motor. If you need to control it, then use Pulse Width Modulation to do it.

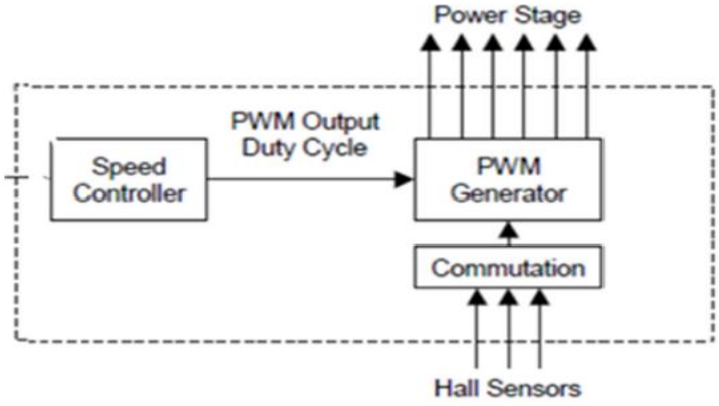



Figure: Speed controller

**Speed control: -** The commutation ensures the proper rotor rotation of the BLDC motor, while the motor speed depends only on the amplitude of the applied voltage, which is adjusted using the PWM technique. The required speed is controlled by a speed controller, which is implemented as a conventional proportional-integral (PI) controller. See Figure. The difference between the actual and required speeds is input to the PI controller which then, based on this difference, controls the duty cycle of the PWM pulses corresponding to the voltage amplitude required to maintain the desired speed.

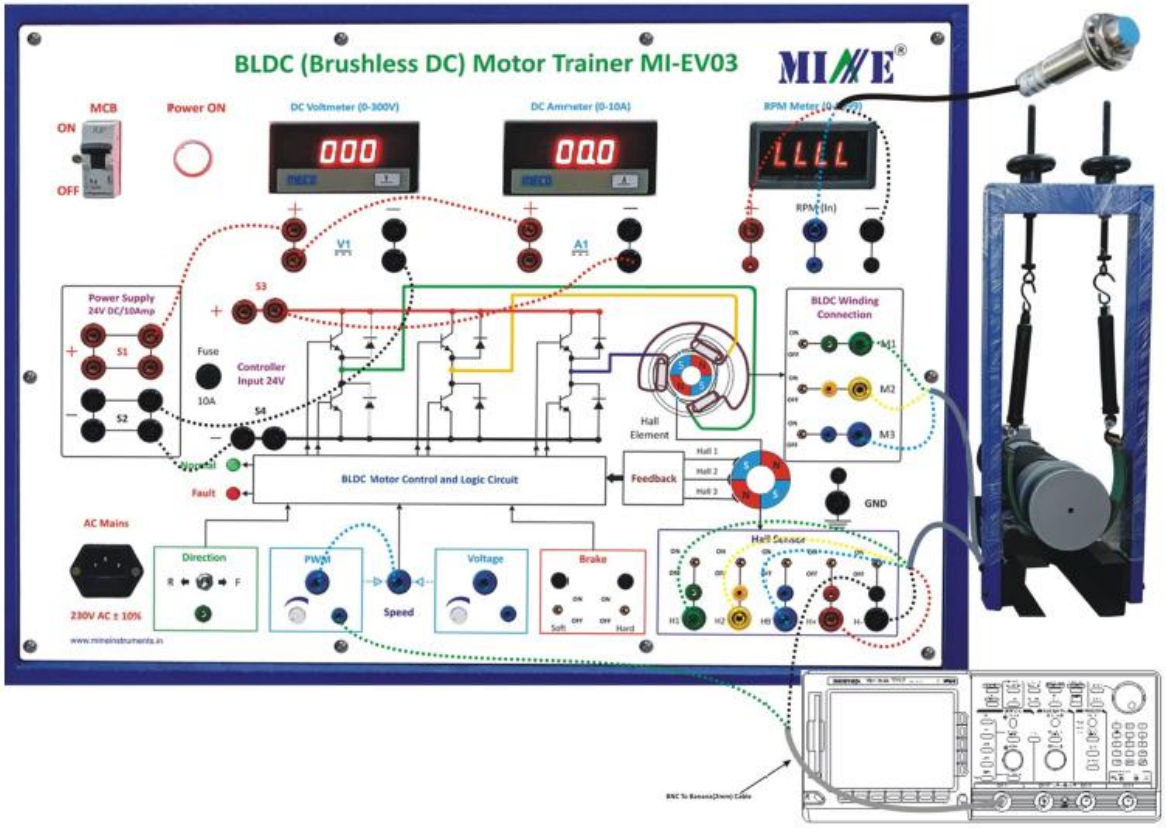



Figure: Connection diagram of BLDC Motor using PWM

**Procedure:**

- First of all, Make sure all toggle fault switches are in OFF condition.
- Connect the Power supply 24V DC/10Amp +Ve S1 (Red) to the DC Voltmeter +V1 (Red).
- Connect the Power supply –Ve S2 (Black) to the DC Voltmeter -V1 (Black).
- Connect the Power supply –Ve S2 (Black) to the Controller Input 24V –Ve S4 (Black).
- Connect the DC Voltmeter +V1 (Red) to the DC Ammeter +Ve A1 (Red).
- Connect S3 +Ve terminal of Controller to the -Ve of DC Ammeter A1 (Black).
- Connect Speed to the Voltage (Blue Terminal).(Either connect Speed to the PWM terminal)
- Connect BLDC Motor to the Hall Sensor section of Trainer H1 (Green), H2 (Yellow), H3 (Blue), H+ (Red) & H- (Black).
- Now Connect the BLDC Motor to the section of BLDC Winding Connections M1 (Green), M2 (Yellow) & M3 (Blue) via patch cords.
- Connect RPM Meter connections (Red, Blue & Black) to the RPM section.
- Additionally connect the CRO +Ve probe to the PWM (Blue) & -Ve to the ground.
- After connecting the above connections, connect the mains AC plug ON and MCB switch ON for supply.
- So in BLDC Motor Trainer Direction section toggle switch is in either R or F position.
- As per above connections PWM provide the speed control of the E-bike just like (low, medium & high).
- Using of PWM knob vary BLDC Motor will run. And output waveform shown in CRO.
- Vary the PWM knob (clockwise or anticlockwise) speed of motor vary and output of CRO waveform changes as per knob movement also you can observe PWM Signal, Voltage, current & duty cycle.
- Also observe the RPM Meter readings. & PWM width is changes as per speed changes.

- While moving the wheel or motor at output terminal of sensor generate signal which we can observe on RPM meter.
- Now here, all 3 meter is enabling to show the output values.
- If you vary the PWM knob min. to max. Speed of Motor will increase and signal frequency will also increase & PWM width is changes as per speed changes.
- Note down the duty cycle from CRO and RPM meter value. Also make the table and take the reading, vary the duty cycle and note down the value of RPM meter.

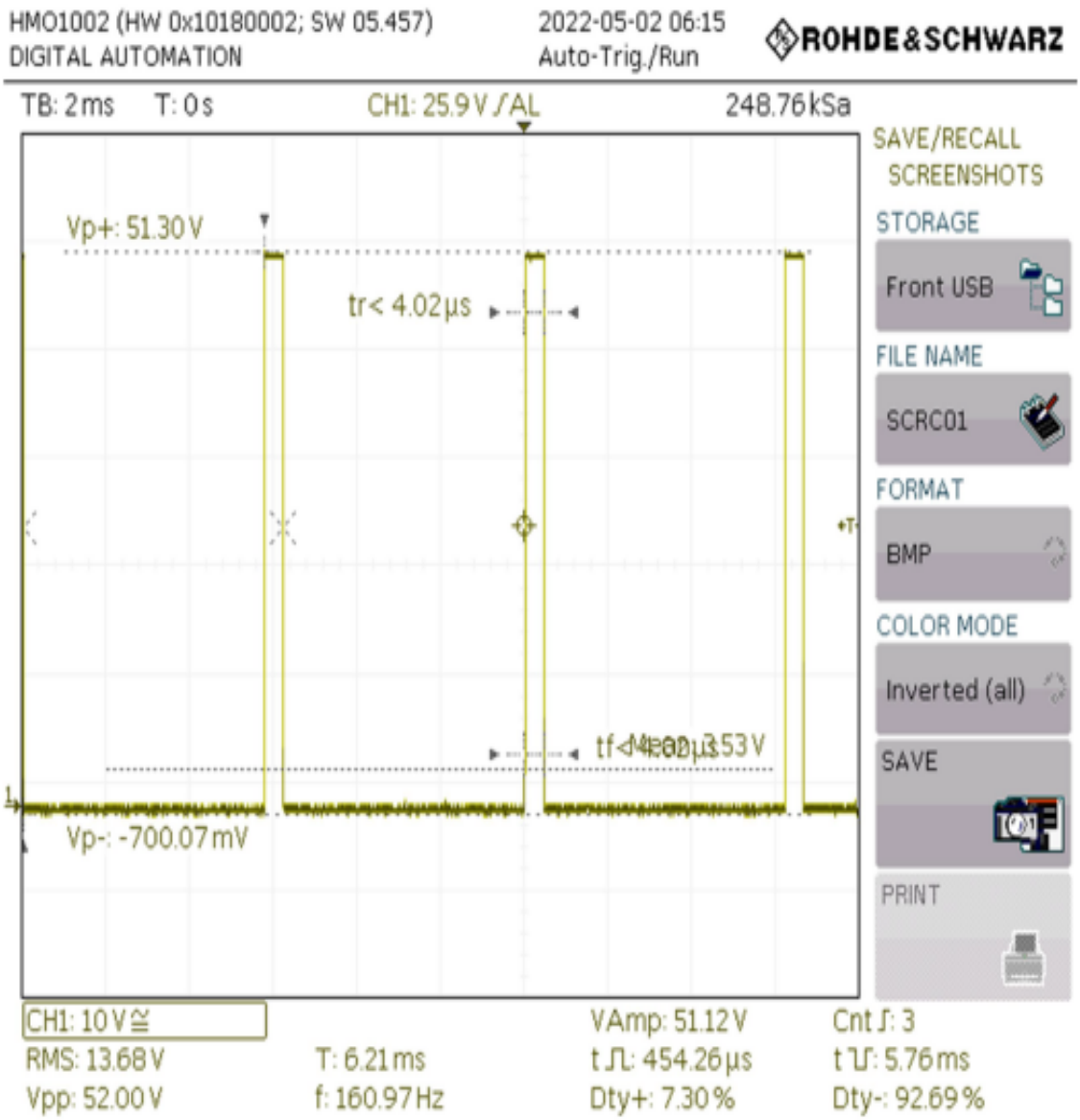



Figure: Real time response on Duty cycle -7.30%

**Observation Table:**

| S. No. | PWM signal(Duty Cycle )% | Speed (RPM) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

**Safety Precaution:**

- Please make sure your power cable is connected properly to the trainer.
- Please make connections properly as mentioned.
- Do not apply any external high voltage or current source by which trainer get damaged.
- Do not touch motor pulley when motor is running condition.
- Make sure the loading arrangement is on no load condition when motor will start.

**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 1**

**<u>उद्देश्य:</u>** ब्रशलेस डीसी मोटर का अध्ययन एवं

a) इसका संबंधित गति-टोर्क विशेषताएँ बनाना
b) वास्तविक समय तरंग विश्लेषण के साथ हॉल सेंसर का अध्ययन
c) पीडब्लूएम तकनीक का उपयोग करके गति नियंत्रण

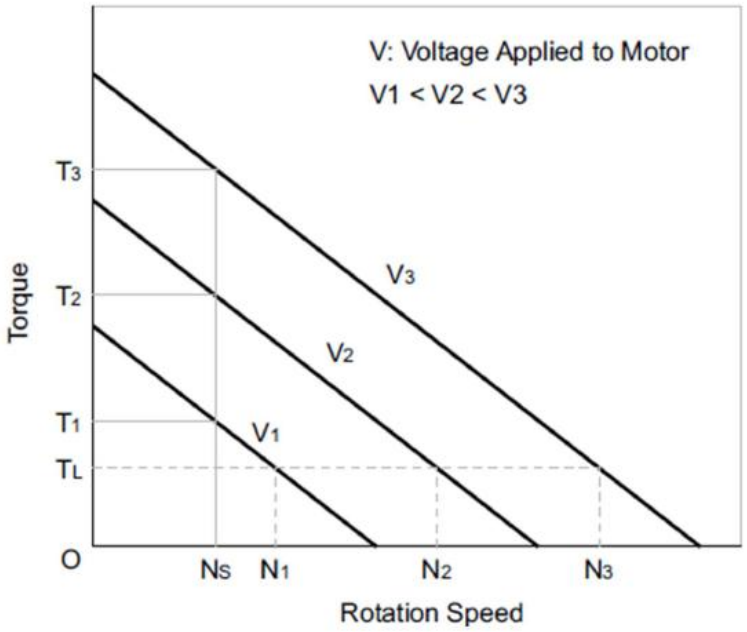
**<u>आवश्यक उपकरण:</u>**

1. बीएलडीसी मोटर ट्रेनर-(MI-(EV-03/EV-12)
2. पैच कार्ड.
3. पावर केबल

## गति-टोर्क विशेषताएँ बनाना:

ब्रशलेस मोटर में, ब्रशलेस मोटर्स में स्टेटर और रोटर की स्थिति डीसी मोटर्स में उनकी स्थिति के विपरीत है। इस कारण से, ब्रशलेस मोटर्स के लिए मौलिक गति-टोक़ विशेषताएँ ब्रश डीसी मोटर्स के समान ढलान वाली विशेषताओं को प्रदर्शित करती हैं, जैसे चित्र में दिखाया गया है, और मोटर एक घूर्णन गति पर घूमती है जो लोड टॉर्क से मेल खाती है। यदि गति धीमी हो जाती है, तो मोटर द्वारा उत्पन्न टॉर्क बढ़ जाता है, और टॉर्क के समानुपाती धारा प्रवाहित होती है। स्थायी चुंबक का चुंबकीय बल मोटर में कमी (विचुंबकीकरण) हो सकता है, और वाइंडिंग ज़्यादा गरम हो सकती है और बर्नआउट का अनुभव कर सकती है, इसके अलावा, ड्राइव सर्किट पर आउटपुट तत्व और कनवर्टर एक बड़े करंट को संभालने में सक्षम होना चाहिए, जो ड्राइव का कारण बनता है सर्किट बड़ा और महँगा होगा।

ब्रशलेस मोटर्स में स्टेटर और रोटर की स्थिति डीसी मोटर्स में उनकी स्थिति के विपरीत है। इस कारण से, ब्रशलेस मोटर्स के लिए मौलिक गति-टोक़ विशेषताएँ ब्रश डीसी मोटर्स के समान ढलान वाली विशेषताओं को प्रदर्शित करती हैं, जैसे चित्र में दिखाया गया है, और मोटर एक घूर्णन गति पर घूमती है जो लोड टॉर्क से मेल खाती है। यदि गति धीमी हो जाती है, तो मोटर द्वारा उत्पन्न टॉर्क बढ़ जाता है, और टॉर्क के समानुपाती धारा प्रवाहित होती है। स्थायी चुंबक का चुंबकीय बल मोटर में कमी (विचुंबकीकरण) हो सकता है, और वाइंडिंग ज़्यादा गरम हो सकती है और बर्नआउट का अनुभव कर सकती है, इसके अलावा, ड्राइव सर्किट पर आउटपुट तत्व और कनवर्टर एक बड़े करंट को संभालने में सक्षम होना चाहिए, जो ड्राइव का कारण बनता है सर्किट बड़ा और महँगा होगा।




चित्र: गति-टोक़ विशेषताएँ

यदि गति बढ़ती है, तो मोटर द्वारा उत्पन्न टॉर्क कम हो जाता है, और ड्राइविंग के लिए आवश्यक लोड टॉर्क कम हो जाता है, जिससे यह उपयोग के लिए अनुपयुक्त हो जाता है। इसे उच्च गति पर चलाने से मोटर के साथ मिलकर गियरहेड द्वारा उत्सर्जित शोर बढ़ जाता है, और यह अपर्याप्त गियरहेड स्नेहन का भी कारण बनता है, जो जीवन काल को प्रभावित करता है।

उपरोक्त कारणों से, ब्रशलेस मोटर के साथ, ड्राइव सर्किट मोटर के माध्यम से बहने वाली अधिकतम धारा और अधिकतम रोटेशन गति को सीमित करता है। इस प्रकार, ओरिएंटल मोटर के उत्पाद कैटलॉग में मुद्रित स्पीड-टॉर्क विशेषताएँ चित्र 2.11 के समान हैं।

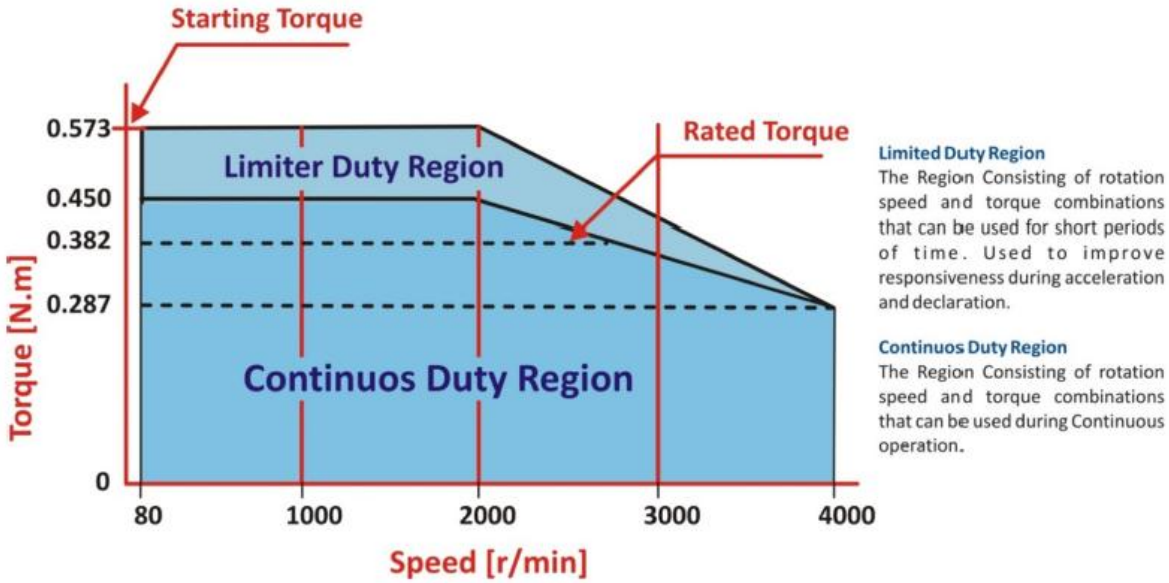


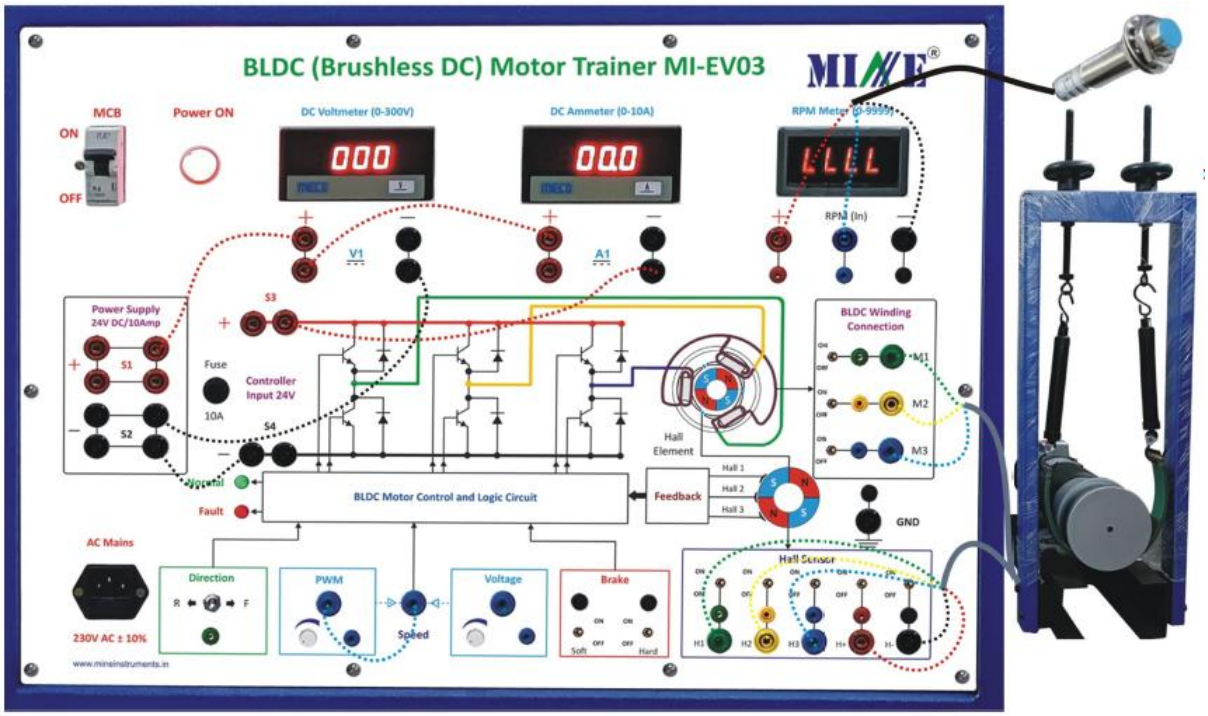

Figure: Speed–Torque Characteristics

टॉर्क और कुछ नहीं बल्कि मोटर पर बल लगाने के समय विकसित एक क्षणिक बल है। टॉर्क की इकाई N.m (न्यूटन-मीटर) है। दूसरे शब्दों में, टॉर्क टी(एनएम) वाट में विद्युत शक्ति पी(डब्ल्यू) और त्वरण के बीच के अनुपात के बराबर है। मोटर विवरण की कुल पावर रेटिंग मोटर के नेमप्लेट विवरण से पाई जा सकती है। पावर विवरण के अभाव में, पावर डीसी मोटर के लिए वोल्टेज और करंट के उत्पाद के बराबर है और एसी मोटर के लिए, वोल्टेज, करंट और पावर फैक्टर के उत्पाद के बराबर है। गति माप उपकरणों का उपयोग करके मोटर की गति का पता लगाया जा सकता है।
इसलिए मोटर टॉर्क टी = पी / ω
यहां ओमेगा ω 2 x pi x N(rpm) / 60 के बराबर है

**डीसी मोटर टॉर्क फॉर्मूला के लिए:**
गणना के लिए, डीसी मोटर के लिए टॉर्क
$T = V \times I / (2 \times pi \times N_{(rpm)} / 60)$
$N_{(rpm)}$ मोटर की गति है
V = इनपुट डीसी वोल्टेज
I = इनपुट डीसी करंट

**सुरक्षा सावधानी:**

- कृपया सुनिश्चित करें कि आपका पावर केबल ट्रेनर से ठीक से जुड़ा हुआ है।
- कृपया बताए अनुसार ठीक से कनेक्शन बनाएं।
- कोई भी बाहरी उच्च वोल्टेज या करंट स्रोत न लगाएं जिससे ट्रेनर क्षतिग्रस्त हो जाए।
- जब मोटर चालू स्थिति में हो तो मोटर चरखी को न छुएं।
- सुनिश्चित करें कि जब मोटर चालू होगी तो लोडिंग व्यवस्था नो लोड स्थिति में हो।




चित्र: कनेक्शन आरेख

**प्रक्रिया:**

- पिछले कनेक्शन आरेख का पालन करें.
- उपरोक्त कनेक्शन जोड़ने के बाद, आपूर्ति के लिए मेन एसी प्लग ऑन और एमसीबी स्विच ऑन करें।
- बीएलडीसी मोटर दिशा अनुभाग में टॉगल स्विच या तो आर या एफ स्थिति में है।
- हम स्पीड-टॉर्क विशेषताओं को प्राप्त करने के लिए पीडब्लूएम द्वारा बीएलडीसी मोटर की गति को नियंत्रित कर सकते हैं, हम मोटर पर एक निरंतर पीडब्लूएम सिग्नल लागू करेंगे जो बिना लोड की स्थिति में स्थिर गति से चलेगा।
- अब आरपीएम मीटर में स्पीड, डीसी वोल्टमीटर और डीसी एमीटर द्वारा पढ़े गए वोल्टेज और करंट को भी नोट करें।
- इसके बाद मोटर सेटअप पर लगे डायल को घुमाकर लोड बेल्ट को कस कर लोड लगाएं और लोड से जुड़े दोनों बैलेंस की रीडिंग लें। (पीडब्लूएम नॉब पूरी तरह से दक्षिणावर्त दिशा में है)

**अवलोकन रीडिंग:-**

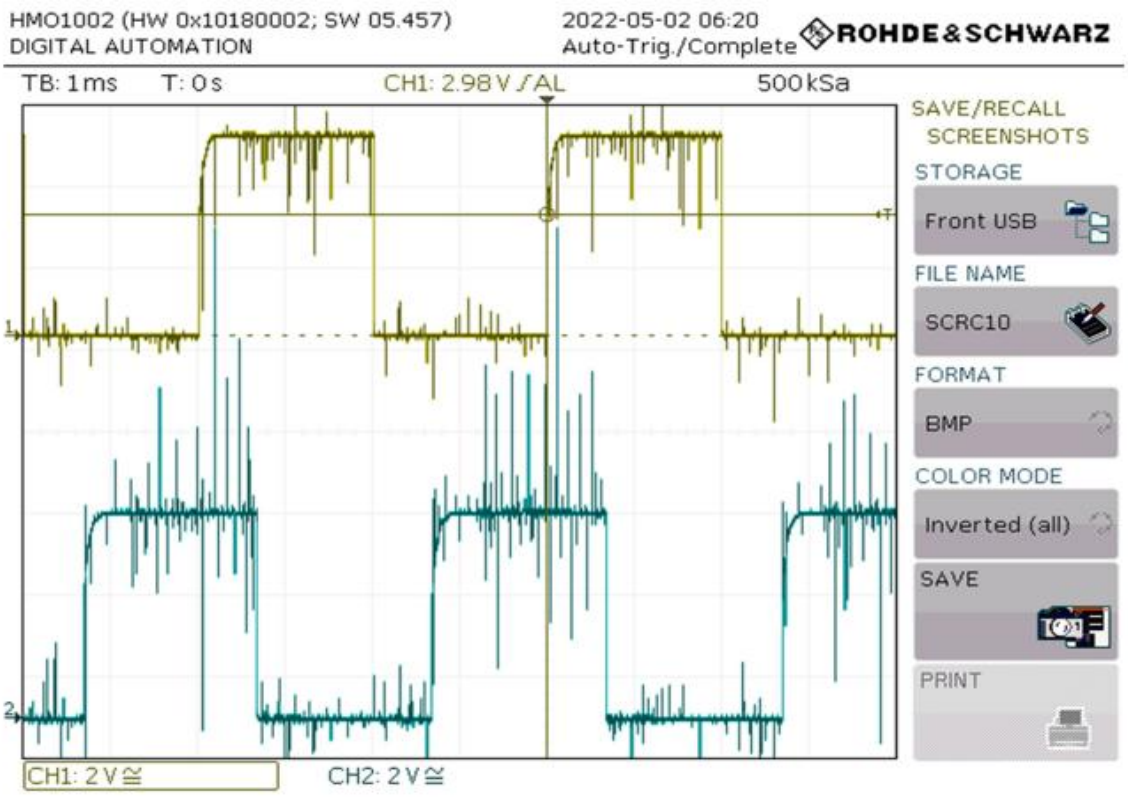
| क्र. सं. | इनपुट वोल्टेज | इनपुट धारा (एम्प) | आर.पी.एम्. | भार 1 (कि.ग्रा.) | भार 2 (कि.ग्रा.) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | |
| 2. | | | | | |
| 3. | | | | | |
| 4. | | | | | |
| 5. | | | | | |

- दिए गए फॉर्मूले पर लगाएं

**वास्तविक समय तरंग विश्लेषण के साथ हॉल सेंसर का अध्ययन:**

- सबसे पहले, सुनिश्चित करें कि सभी टॉगल फ़ॉल्ट स्विच बंद स्थिति में हैं।
- बिजली आपूर्ति 24V DC/10Amp +Ve S1 (लाल) को DC वोल्टमीटर +V1 (लाल) से कनेक्ट करें।
- बिजली आपूर्ति -Ve S2 (काला) को DC वोल्टमीटर -V1 (काला) से कनेक्ट करें।
- पावर सप्लाई -Ve S2 (ब्लैक) को कंट्रोलर इनपुट 24V -Ve S4 (ब्लैक) से कनेक्ट करें।
- DC वोल्टमीटर +V1 (लाल) को DC एमीटर +Ve A1 (लाल) से कनेक्ट करें।
- नियंत्रक के S3 +Ve टर्मिनल को DC एमीटर A1 (काला) के -Ve से कनेक्ट करें।
- स्पीड को वोल्टेज (नीला टर्मिनल) से कनेक्ट करें। (या तो स्पीड को पीडब्लूएम टर्मिनल से कनेक्ट करें)
- BLDC मोटर को ट्रेनर H1 (हरा), H2 (पीला), H3 के हॉल सेंसर सेक्शन से कनेक्ट करें
- (नीला), एच+ (लाल) और एच- (काला)।
- अब BLDC मोटर को पैच कॉर्ड के माध्यम से BLDC वाइंडिंग कनेक्शन M1 (हरा), M2 (पीला) और M3 (नीला) के सेक्शन से कनेक्ट करें।
- इसके अतिरिक्त CRO +Ve जांच को हॉल सेंसर H1 और -Ve को जमीन से कनेक्ट करें।
- उपरोक्त कनेक्शन जोड़ने के बाद, आपूर्ति के लिए मेन एसी प्लग ऑन और एमसीबी स्विच ऑन करें।
- तो बीएलडीसी मोटर ट्रेनर डायरेक्शन सेक्शन में टॉगल स्विच या तो आर या एफ स्थिति में है।

- उपरोक्त कनेक्शन के अनुसार पीडब्लूएम और वोल्टेज गति नियंत्रण प्रदान करते हैं।
- PWM और वोल्टेज नॉब में से किसी एक का उपयोग करने से BLDC मोटर चलेगी। और आउटपुट तरंगरूप सीआरओ में दिखाया गया है।
- वोल्टेज नॉब (घड़ी की दिशा में या वामावर्त) में बदलाव करें, मोटर की गति बदलती रहती है और सीआरओ तरंग का आउटपुट नॉब की गति के अनुसार बदलता रहता है।
- एक-एक करके H2 और H3 टर्मिनलों का उपयोग करके CRO पर हॉल सेंसर प्रतिक्रियाओं का भी निरीक्षण करें।
- बीएलडीसी मोटर की गति परिवर्तन के अनुसार वोल्टेज स्थिर होता है और करंट भिन्न होता है।
- आप पीडब्लूएम और वोल्टेज का उपयोग करके बाइक की गति नियंत्रण देख सकते हैं।
- इसके अलावा मोटर पीडब्लूएम या वोल्टेज नॉब मूवमेंट और सीआरओ पर दिखाए गए वास्तविक समय तरंग के अनुसार चल रही है।

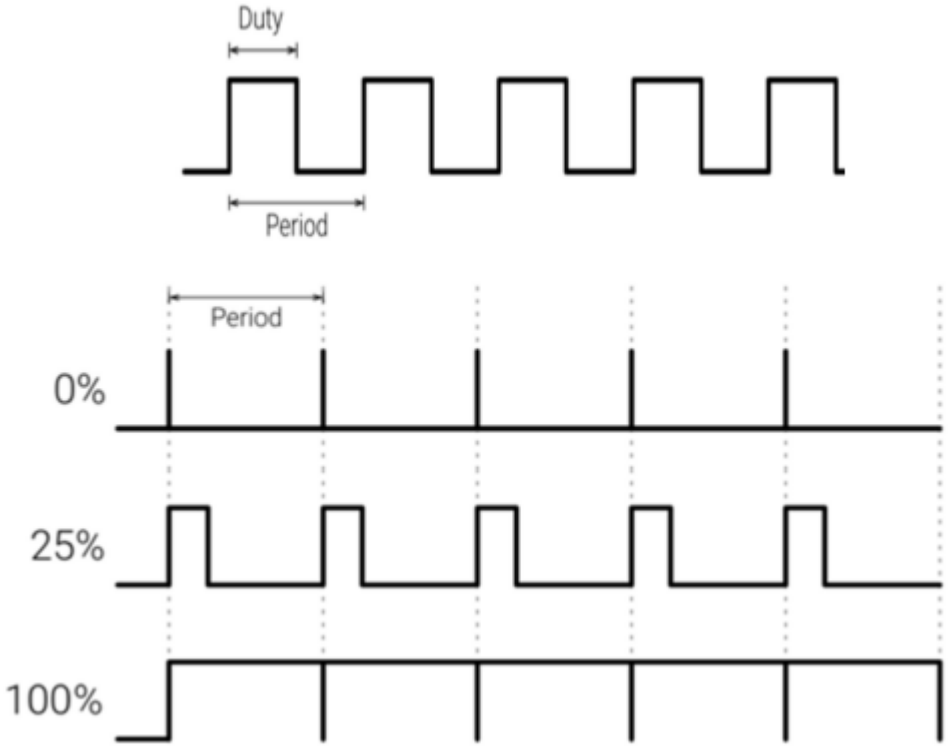



चित्र: वास्तविक समय तरंगरूप

**पीडब्लूएम तकनीक का उपयोग करके गति नियंत्रण:**

मोटर को नियंत्रित करने के लिए पल्स  विड्थ मॉड्यूलेशन के उपयोग से यह फायदा होता है कि स्विचिंग ट्रांजिस्टर में बिजली की हानि कम होती है क्योंकि ट्रांजिस्टर या तो पूरी तरह से "चालू" या पूरी तरह से "बंद" होता है। परिणामस्वरूप स्विचिंग ट्रांजिस्टर में बहुत कम बिजली अपव्यय होता है जिससे इसे एक रैखिक प्रकार का नियंत्रण मिलता है जिसके परिणामस्वरूप बेहतर गति स्थिरता होती है।

इसके अलावा मोटर वोल्टेज का आयाम स्थिर रहता है इसलिए मोटर हमेशा पूरी स्ट्रेंथ पर रहती है। इसका परिणाम यह होता है कि मोटर को बिना रुके बहुत धीरे-धीरे घुमाया जा सकता है।
ड्यूटी साइकिल उस समय का वर्णन करता है जब सिग्नल एक चक्र को पूरा करने में लगने वाले कुल समय के प्रतिशत के रूप में "हाई" (चालू) स्थिति में होता है।




चित्र: पीडब्लूएम सिग्नल

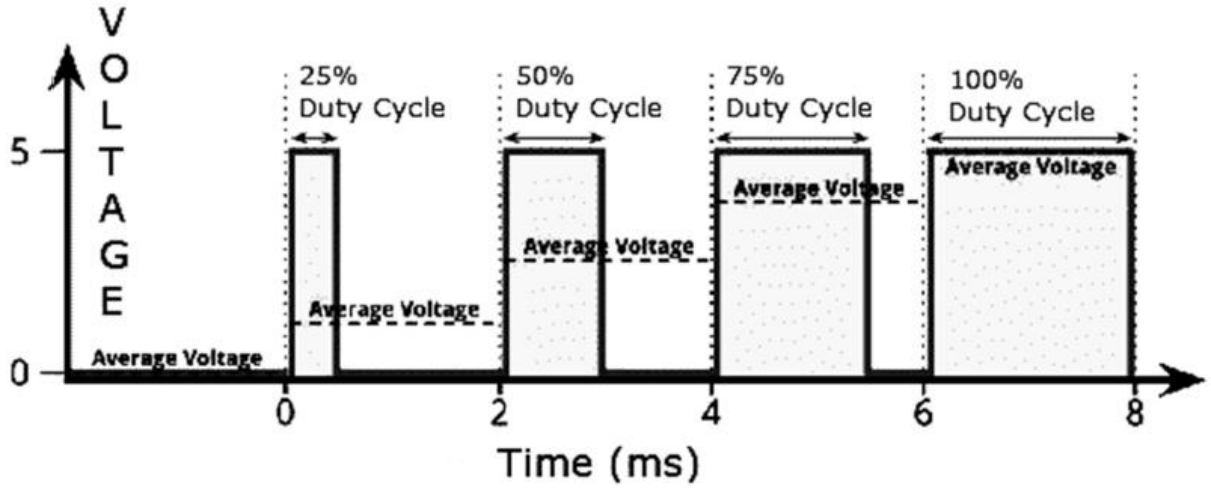
उपरोक्त चित्र. विभिन्न ड्यूटी साइकिल के साथ पल्स विड्थ मॉड्यूलेशन तरंगों को दिखाता है। समय का वह अनुपात जब पल्स 'चालू' या 'उच्च' होता है, ड्यूटी साइकिल कहलाता है।

$$\text{ड्यूटी साइकिल} = 100\% * \frac{\text{पल्स ऑन टाइम}}{\text{पल्स पीरियड}}$$

$$\text{ड्यूटी साइकिल} = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}}$$

$$\text{पीरियड} = T_{on} + T_{off}$$

पोजेटिव पल्स की चौड़ाई को अलग-अलग करके 'औसत' वोल्टेज को नियंत्रित किया जा सकता है। आउटपुट के "ऑन" होने के समय को अलग-अलग या 'मॉड्यूलेट' करके हम औसत वोल्टेज को संशोधित कर सकते हैं। औसत मान ड्यूटी साइकिल पर निर्भर करता है। "ऑन" समय जितना कम होगा, औसत मान उतना ही कम होगा और "ऑन" समय जितना ज्यादा होगा, औसत मान उतना ही अधिक होगा।



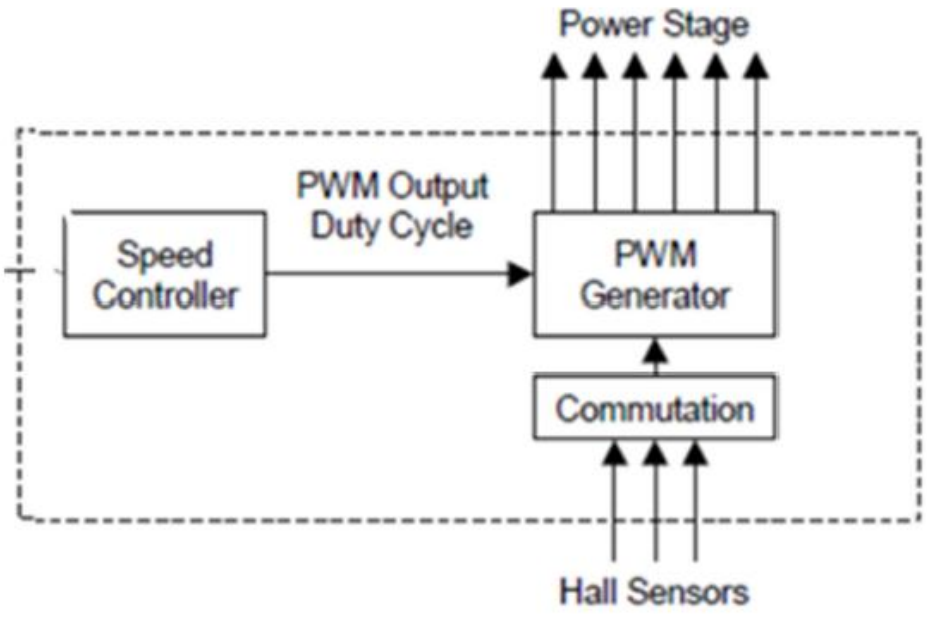

चित्र: पीडब्लूएम तरंग के लिए औसत वोल्टेज का रिप्रेजेंटेशन

आवृत्ति यह निर्धारित करती है कि पीडब्लूएम कितनी तेजी से एक चक्र पूरा करता है, और इसलिए यह कितनी तेजी से उच्च और निम्न स्थितियों के बीच स्विच करता है।

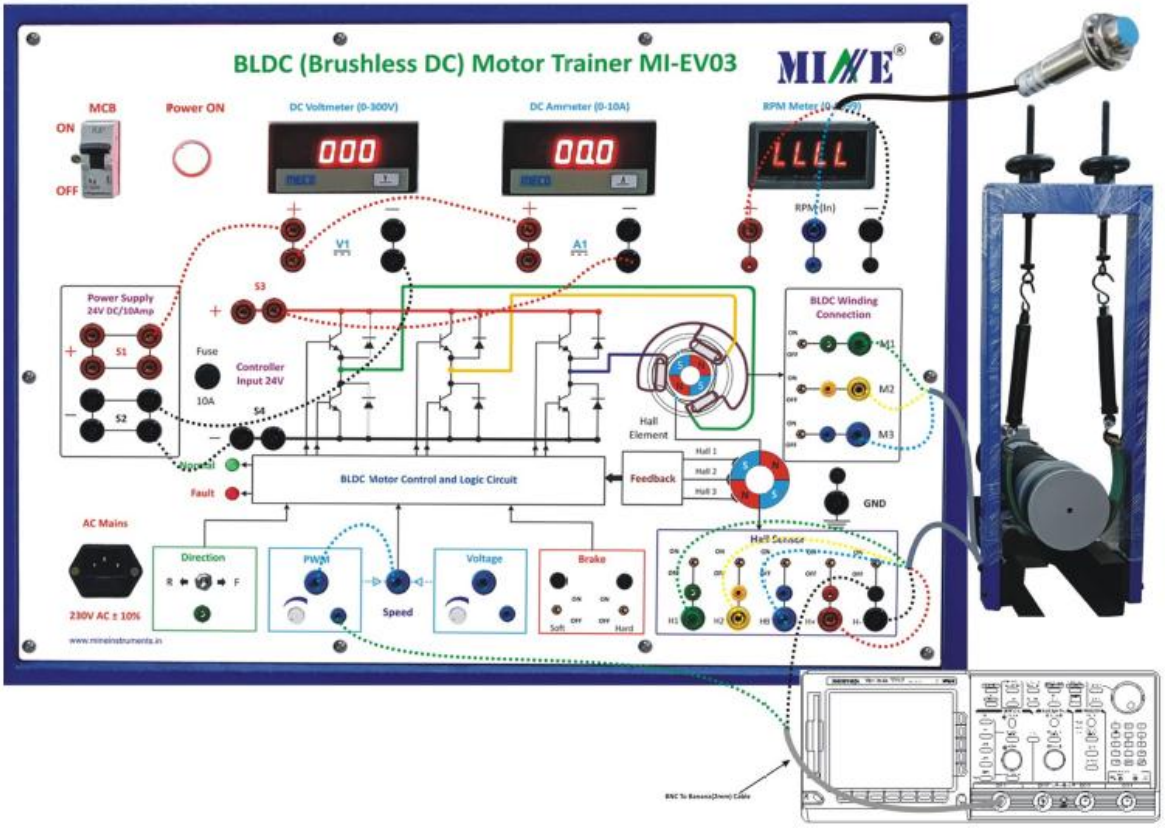
एक डिजिटल सिग्नल को तेज़-पर्याप्त दरों पर और एक निश्चित ड्यूटी साइकिल के साथ अलग-अलग करके, आउटपुट उन उपकरणों को बिजली प्रदान करते समय एक निरंतर वोल्टेज एनालॉग सिग्नल की तरह व्यवहार करेगा जो पीडब्लूएम आवृत्ति की तुलना में बहुत धीमी गति से प्रतिक्रिया करते हैं, जैसे कि ऑडियो स्पीकर, इलेक्ट्रिक मोटर और सोलनॉइड एक्चुएटर्स।

पीडब्लूएम मोटर ड्राइव के एनालॉग सर्किट को डिजिटल रूप से नियंत्रित करने की एक अच्छी तकनीक है।

विद्युत मोटर की गति मॉड्यूलेटर वोल्टेज पर निर्भर करती है। वोल्टेज में पीडब्लूएम आवृत्ति भिन्नता जितना उत्पन्न होगा, इलेक्ट्रिक मोटर का घूर्णन उतना तेज़ होगा। एक एनालॉग सर्किट जिसके लिए 5V या 12V से अधिक के वोल्टेज स्रोत की आवश्यकता होती है, उसे पीडब्लूएम सिद्धांत का उपयोग करके नियंत्रित किया जा सकता है। इस पीडब्लूएमका उपयोग पीडब्लूएम ड्यूटी साइकिल या पीडब्लूएम पल्स चौड़ाई में परिवर्तन के माध्यम से मोटर रोटेशन को नियंत्रित करने के लिए किया जा सकता है। जब ड्यूटी साइकिल 0% होता है, तो मोटर पूरी तरह से बंद हो जाएगी क्योंकि कोई वोल्टेज अंतर नहीं है। जब ड्यूटी साइकिल 50% होता है, तो मोटर अधिकतम गति की आधी गति से घूमेगी क्योंकि वोल्टेज पूर्ण वोल्टेज का आधा है। जब पीडब्लूएम 100% स्थिति में होता है, तो पीडब्लूएम के निरंतर आउटपुट के कारण मोटर अधिकतम गति से घूमती है। पल्स चौड़ाई मॉड्यूलेशन किसी भी ऊर्जा को बर्बाद किए बिना लोड को वितरित बिजली की मात्रा को नियंत्रित करने का एक शानदार तरीका है। बीएलडीसी मोटर की गति को नियंत्रित करने के लिए। यदि आपको इसे नियंत्रित करने की आवश्यकता है, तो इसे करने के लिए पल्स चौड़ाई मॉड्यूलेशन का उपयोग करें।



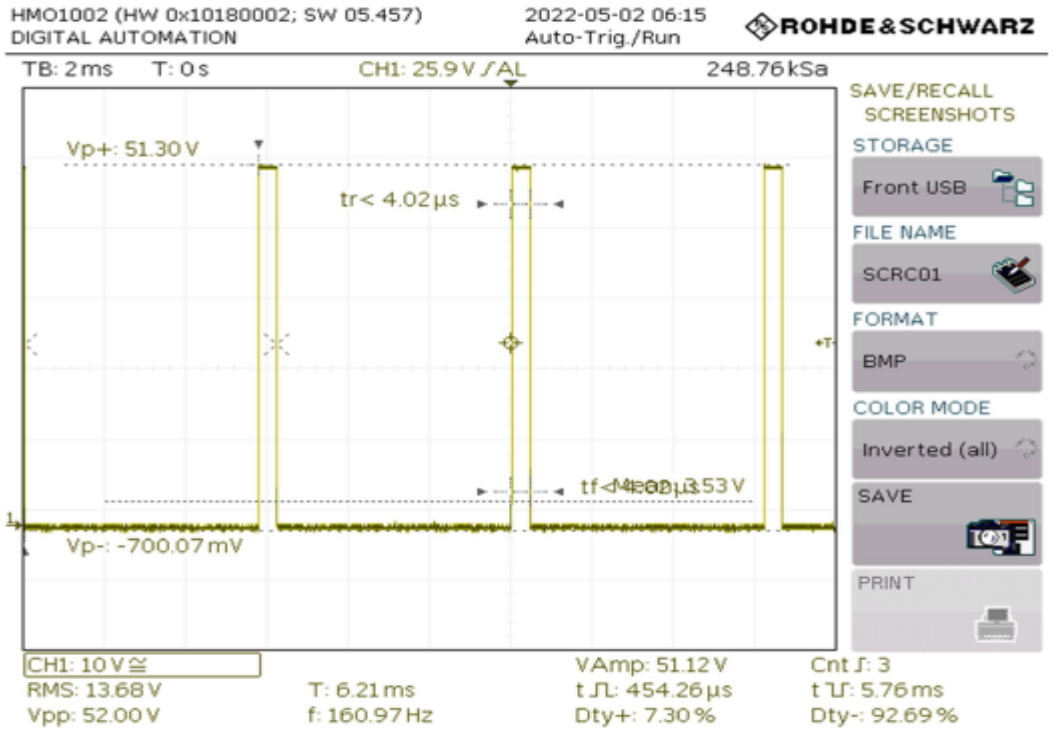

चित्र: गति नियंत्रक




चित्र: पीडब्लूएम का उपयोग करके बीएलडीसी मोटर का कनेक्शन आरेख

**प्रक्रिया:**

- सबसे पहले, सुनिश्चित करें कि सभी टॉगल फ़ॉल्ट स्विच बंद स्थिति में हैं।
- बिजली आपूर्ति 24V DC/10Amp +Ve S1 (लाल) को DC वोल्टमीटर +V1 (लाल) से कनेक्ट करें।
- बिजली आपूर्ति -Ve S2 (काला) को DC वोल्टमीटर -V1 (काला) से कनेक्ट करें।
- पावर सप्लाई -Ve S2 (ब्लैक) को कंट्रोलर इनपुट 24V -Ve S4 (ब्लैक) से कनेक्ट करें।
- DC वोल्टमीटर +V1 (लाल) को DC एमीटर +Ve A1 (लाल) से कनेक्ट करें।
- नियंत्रक के S3 +Ve टर्मिनल को DC एमीटर A1 (काला) के -Ve से कनेक्ट करें।
- स्पीड को वोल्टेज (नीला टर्मिनल) से कनेक्ट करें। (या तो स्पीड को पीडब्लूएम टर्मिनल से कनेक्ट करें)
- BLDC मोटर को ट्रेनर H1 (हरा), H2 (पीला), H3 (नीला), H+ (लाल) और H- (काला) के हॉल सेंसर सेक्शन से कनेक्ट करें।
- अब BLDC मोटर को पैच कॉर्ड के माध्यम से BLDC वाइंडिंग कनेक्शन M1 (हरा), M2 (पीला) और M3 (नीला) के सेक्शन से कनेक्ट करें।
- RPM मीटर कनेक्शन (लाल, नीला और काला) को RPM सेक्शन से कनेक्ट करें।
- इसके अतिरिक्त CRO +Ve जांच को PWM (नीला) और -Ve को ग्राउंड से कनेक्ट करें।
- उपरोक्त कनेक्शन जोड़ने के बाद, आपूर्ति के लिए मेन एसी प्लग ऑन और एमसीबी स्विच ऑन करें।
- अतः बीएलडीसी मोटर ट्रेनर डायरेक्शन सेक्शन में टॉगल स्विच या तो आर या एफ स्थिति में है।
- उपरोक्त कनेक्शन के अनुसार पीडब्लूएम ई-बाइक की गति नियंत्रण (निम्न, मध्यम और उच्च) प्रदान करता है।
- पीडब्लूएम नॉब के इस्तेमाल से बीएलडीसी मोटर चलेगी और आउटपुट तरंगरूप सीआरओ में दिखाया गया है।
- मोटर की गति पीडब्लूएम नॉब (घड़ी की दिशा में या वामावर्त) में बदलती रहती है और नॉब की गति के अनुसार सीआरओ तरंग के आउटपुट में भी बदलाव होता है, आप पीडब्लूएम सिग्नल, वोल्टेज, करंट और ड्यूटी चक्र का भी निरीक्षण कर सकते हैं।
- आरपीएम मीटर रीडिंग का भी निरीक्षण करें और PWM की चौड़ाई गति परिवर्तन के अनुसार बदलती है।
- मोटर को घुमाते समय सेंसर के आउटपुट टर्मिनल पर सिग्नल उत्पन्न होता है जिसे हम आरपीएम मीटर पर देख सकते हैं।
- अब यहां, सभी 3 मीटर आउटपुट मान दिखाने में सक्षम हैं।
- यदि आप PWM नॉब न्यूनतम बदलते हैं। अधिकतम करने के लिए मोटर की गति बढ़ जाएगी और सिग्नल आवृत्ति भी बढ़ जाएगी और गति परिवर्तन के अनुसार पीडब्लूएम की चौड़ाई भी बदल जाएगी।
- सीआरओ और आरपीएम मीटर मूल्य से कर्तव्य चक्र को नोट करें। साथ ही तालिका बनाएं और रीडिंग लें, कर्तव्य चक्र बदलें और आरपीएम मीटर का मान नोट करें।




चित्र: रियल टाइम रिस्पोंस ड्यूटी साइकिल -7.30%

**अवलोकन तालिका:**

| क्र.सं. | पीडब्लूएम सिग्नल (ड्यूटी साइकिल)% | गति (आरपीएम) |
|---|---|---|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |

अवलोकन तालिका

**सुरक्षा सावधानी:**

- कृपया सुनिश्चित करें कि आपका पावर केबल ट्रेनर से ठीक से जुड़ा हुआ है।
- बताए अनुसार ठीक से कनेक्शन बनाएं।
- कोई भी  बाहरी उच्च वोल्टेज या करंट स्रोत न लगाएं जिससे ट्रेनर क्षतिग्रस्त हो जाए।
- जब मोटर चालू स्थिति में हो तो मोटर चरखी को न छुएं।
- सुनिश्चित करें कि जब मोटर चालू होगी तो लोडिंग व्यवस्था नो लोड स्थिति में हो।

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

# DIGITAL CONTROLLER LABORATORY

EXPERIMENT NO: 2

**Aim:** To conduct an experimental study of the operating characteristics of a small stepper motor and its controller. Further, to study the control of the motor through a microprocessor kit.

## Appratus required:

Stepper Motor Study unit
Microprocessor kit (8085)
DSO/ CRO
Patch cords

## Theory:

Stepper motors are available in a variety of forms, which differ, in their working principles, structures and number of phases. These are mentioned below-

Permanent Magnet Stepper Motor
Variable Reluctance Stepper Motor
Hybrid Stepper Motor

The construction and features of hybrid stepper motors are a combination of permanent magnet and variable reluctance type stepper motors. These motors therefore have detent torque, are capable of high stepping rates and high resolution or small step angle. The disadvantages include somewhat large rotor inertia and problems of resonance at certain speeds.

The motor available with the study unit is a hybrid stepper motor having the following characteristics:

- Step angle 1.8° ± 5%, non-cumulative
- Steps per revolution 200
- Rotor Inertia 0.1 Kg-cm2
- Detent Torque 0.3 Kg-cm
- Holding Torque 2.0 Kg-cm in Mode-A, 2.8 Kg-cm in Mode-B
- Operating Voltage 12 volt DC
- Current per phase 0.5 amp.

**Mode of Operation:**

In stepper motor, if the basic step angle is seen to be 90° since only one phase is ON at any given time, this is termed as mode-A operation. If two phases are ON at any given time, referred to as mode-B operation, the rotor would execute the same basic step of 90° but lock in the direction of the resultant field. This mode requires more power and develops larger holding torque. It is also possible to operate the motor alternately in mode-A and mode-B operation and thus produce 45° shaft movements per step. This is called mode-AB operation. To decrease the step angle further, the number of magnetic poles and stator teeth must be increased.

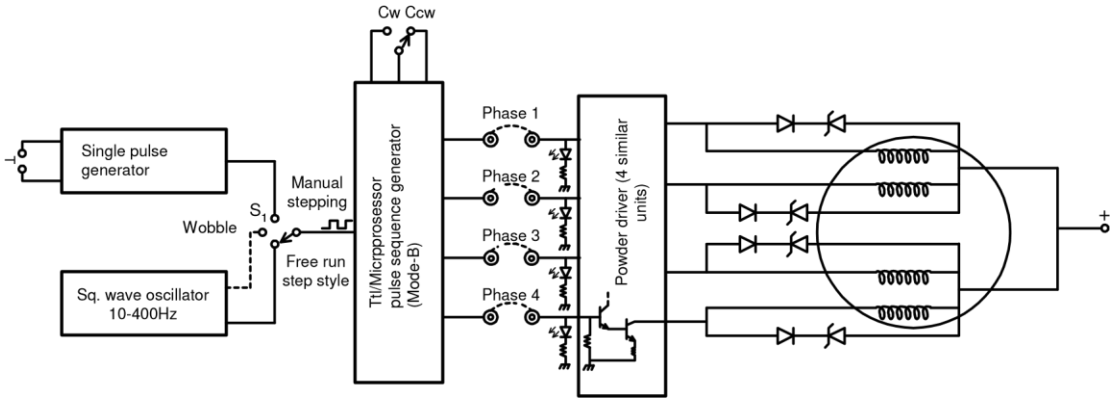


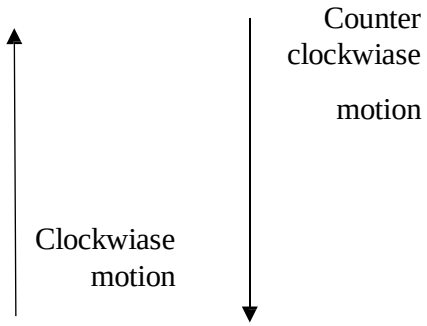

Fig. 1 Driver schematic diagram

**Driver System for Stepper Motors:**

As discussed earlier, there are three modes viz. A, B and AB in which a stepper motor may be operated. Mode-B has been chosen in the present experiment because of its simplicity and high torque. Further the basic step angle of 1.8º produced in this mode is adequate for the experimental work. Fig. 1 shows the scheme adopted for the driver system. The pulse sequence generates a sequence of pulses for the four phases as shown in Table I.

| Step | Phase 1 | Phase 3 | Phase 2 | Phase 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Table 1




The clock frequency is adjustable in the range 10-400 Hz (approx.) and is used for a variable speed drive in either direction. Provisions are also there for ‘manual’ stepping through push button, and for the ‘wobble’ state in which the shaft executes one step alternately in the clockwise and counterclockwise directions.

The phase windings of the stepper motor usually have a large L/R ratio. The motor current therefore cannot be switched ON and OFF instantaneously. Also for higher stepping rates, the current may not rise to the rated value and thus the torque generated may be too small. Further, transient voltage developed during switch OFF may damage the driver circuit. Various techniques have been used to solve these problems and force a current step to the phase winding. In the present unit, a constant current source with zener diode transient suppressor has been incorporated which is found to be satisfactory.

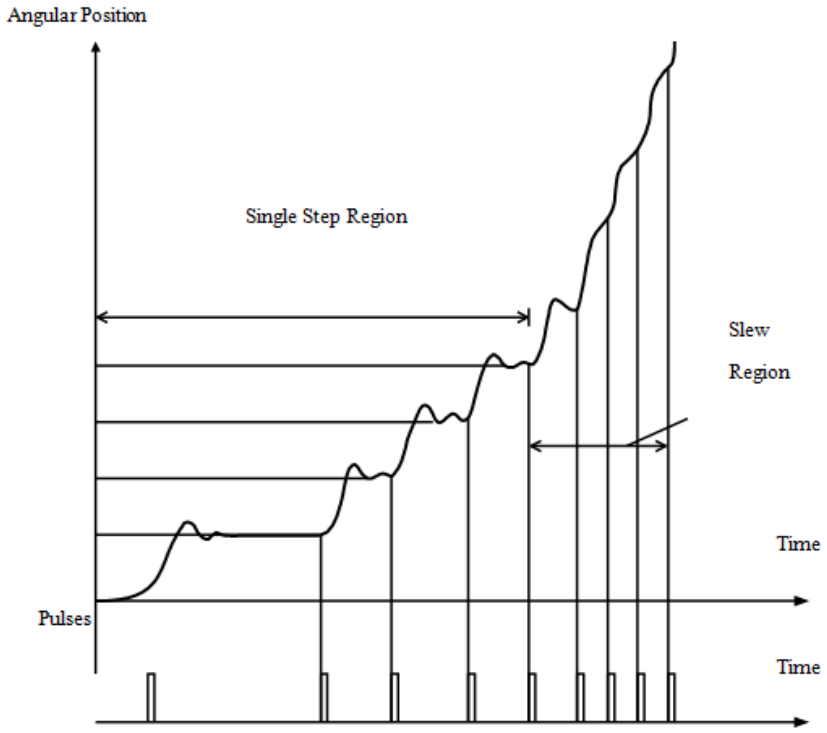



Fig. 2 Dynamic Response For Different Stepping Rates

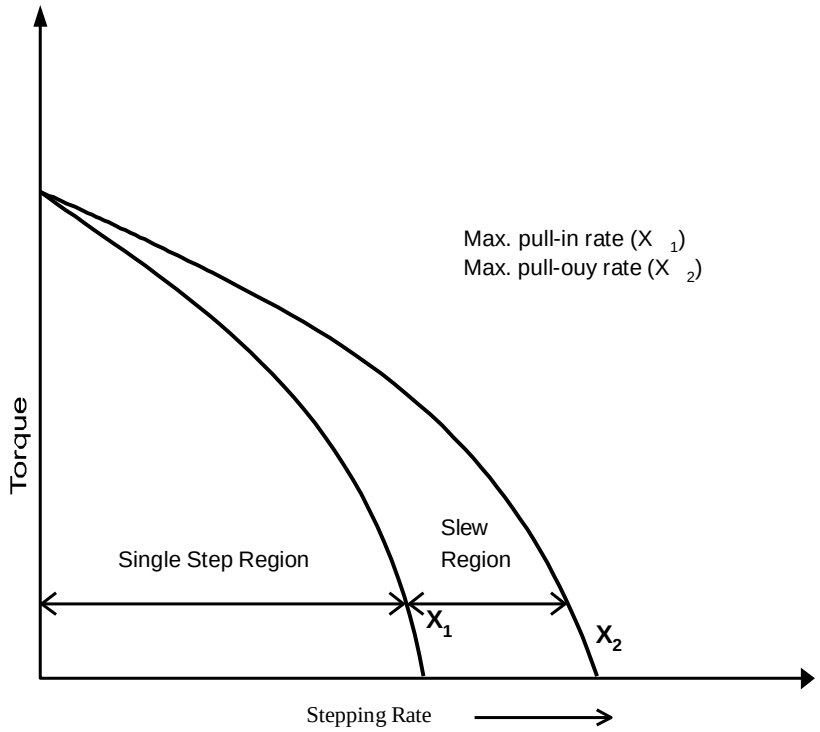



FIG. 3 Torque Speed Characteristics

**Dynamic Response:**

In the ideal case, a stepper motor executes one basic step angle for each input pulse. However due to the low damping factor inherent in the system, the response is somewhat oscillatory. The nature of this damped oscillation further depends on a number of factors like motor load, driving circuit and mode of operation. For a motor without external loading and operating from a perfect constant-current source in mode-A, the transfer function may be represented in the standard second order form as

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega_n^2}$$

A measurement of the peak overshoot and peak-time may be used to calculate the settling time and thus evaluate the dynamic response under this condition. If the motor is operated in mode- B a larger amount of damping is involved and the oscillations die out quickly. This is because torque generated by oscillating components of the currents in the two phases oppose each other. The transfer function in this case is of third order with a small value of settling time.

In the above it is assumed that the motion is essentially caused by single step i.e. after every applied step the shaft comes to rest at the new position before the next pulse is applied. Necessary feature of this operation is that the loaded motor can start or stop without losing step. The maximum rate upto which this is possible is called the *pull-in rate.* If the stepping rate is increased beyond pull-in rate, the motor does not stop at every step but may be still maintain synchronism. In this range of operation, the motor will not stop instantaneously when the input pulses are discontinued. This is known as the *slew range.* If the stepping rate is increased still further synchronism is lost at *pull-our rate.* These ranges of operation are illustrated in Fig. 2. Fig. 3 shows the general nature of the torque-speed curves of a typical stepper motor, the characteristics, however, depend on a large number of factors external to the motor.

**Experimental Work:**

This experiment determines the basic operating principles and characteristics of a hybrid stepper motor. No inertial or frictional loading should be applied to the motor.

**Basic Step Angle Measurement:**

- Keep switch $S_1$ to manual stepping (Fig. 1).
- Select clockwise (CW) rotation.
- Connect all phases to the corresponding drives.
- Press the manual stepping push-button in multiples of 10 pulses and note the change in angular position from the dial. Observe the pulse sequence also and match it with that in table 1.
- Calculate the average basic step angle.
- Repeat the above steps selecting counter-clockwise (CCW) rotation.

**Speed and Direction Control:**

- Keep switch $S_1$ to free run position.
- Set the pulse frequency to about 10 Hz, and measure its value accurately with a DSO/ CRO.
- Connect all phases to the corresponding driver.
- The motor starts rotating in the selected direction (CW or CCW). Measure the shaft rotation speed with a stop watch and record it. Calculate steps per revolution.
- Repeat the above steps at other frequencies and find an average value of steps per revolution.
- Repeat above with the direction of rotation reversed.
- With the motor running at a high speed, observe on the DSO/ CRO and trace the waveforms of all phases. To ensure proper timing relationship, use TRIG signal for external triggering. Change the direction of rotation and repeat.

- Observe and record the maximum speed upto which the direction of rotation of the motor can be switched between CW and CCW with success.

## Low Frequency Resonance:

### (a) Motor without load

Conduct this part near the lowest frequency to avoid excessive vibrations. Keep the friction close to minimum so as to cause very small frictional loading.

- Keep switch $S_1$ to 'wobble' position. (Fig. 1)
- Connect phase 2 to driver 1 and phase 4 to driver 4.
- Connect the DSO/ CRO (Y channel) through the terminals provided on the panel. External triggering with TRIG signal will be found to be very convenient for proper viewing.
- The motor now wobbles in mode-A and its dynamic response is displayed on the DSO/ CRO screen. Verify the mode by single stepping. Trace the figure on a tracing paper and from it calculate $M_p$, $\delta$, $t_p$, $t_r$, and $t_s$ (for ± 5% tolerance band). Calculate $f_{max}$ from above assuming that the motor must come to rest after each pulse.
- Connect all phases to corresponding drivers. The motor now wobbles in mode-B. Repeat the preceding step and compare the results.
- Connect Phase 1 to driver 1 and Phase 4 to driver 4. The motor now wobbles in mode-AB. Verify by single stepping. Repeat the preceding steps and compare the results.

### (b) Loaded Motor

The general effect of applying inertial load to the motor is to delay the settling of the transient response and to cause an increase in overshoot. This effect may be seen by loading the motor with different inertial disks provided for the purpose and observing the motor response in wobble mode.

- Keep switch $S_1$ to 'wobble' position.
- Connect phase 2 to driver 1 and phase 4 to driver 4.
- Connect the DSO/ CRO (Y channel) through the terminals provided on the panel. External triggering with TRIG signal will be found to be very convenient for proper viewing.
- Introduce frictional loading by turning the friction screw (on top of the motor unit) clockwise. Adjust the amount of frictional loading so as to result in a slightly under damped response (2 or 3 peaks noticeable).
- Mount an inertial disk on the motor shaft and record the change in response ($M_p$, $t_p$).
- Repeat the above steps for different disks (or combinations) and tabulate the results.

**Microprocessor Control:**

In this part of the experimental work, the aim is to program the stepper motor motion according to a requirement using the microprocessor interface.

Connect the interface cable to the main unit and switch ON power. A green LED on the panel will glow indicating motor under microprocessor control. Display on the kit will show the usual '- UP85' sign. Reset the kit if necessary.

Connect all phases to the corresponding drivers. None of the active-phase indicator- LED's would be glowing.

Before executing any application program, the system needs to be initialised. To do that, Press "RESET" to get screen, something written.

Press "GO" command and write 4000 and press "FILL" key.
With key "C" (for clockwise) and "D" (for anticlockwise) to adjust the motor to a convenient scale position.

After this adjustment, terminate the program by pressing the hex key E. The system will return to monitor. **Do not press RESET now otherwise initialisation done will be lost.**

(The above steps are common to any program testing. Now load the application program in RAM starting at address 2000h.)

For loading the program, press "REL Exmin" key to get blank on panel. Now write 2000 again.

Press "MBMC Next" key get 2000 _ _. Now load the complete program with pressing "NEXT" key, write the address.

After last loading, press "RESET" key for ending of loaded program, now program is loaded.

To run the program, press "GO" write address i.e. 2000 and press "FILL" key. Now program will run.

**Sample Program I**

To rotate the motor by 1.5 revolution in clockwise direction at 30 rpm.

| *Address* | *Code* | *Label* | *Mnemonic* | *Comments* |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 31FF2~~12~~ | | LXI SP, 21FFH | stack initialisation |
| 2003 | 0E01 | | MVI C,01 | ;one revolution |
| 2005 | 1600 | | MVI D,00 | ;clockwise direction |
| 2007 | 1E1E | | MVI E,1E | ;30rpm speed |
| 2009 | CD 4040 | | CALL FREERUN18 | ;take one revolution |
| 200C | 01B400 | | LXI B,00B4 | ;180°for ½revolution more |
| 200F | CDF040 | | CALL ANGLERUN18 | ;rotate by 180° |
| 2012 | EF | | RST 5 | ;return to monitor |

Note the angular position after executing this program and check that the motor made 1.5 revolution in clockwise direction from the starting position.

**Sample Program II**

To program the motor for making 10 cycles of to and fro motion with a span of 36° and a time period of 1 second.

| *Address* | *Code* | *Label* | *Mnemonic* | *Comments* |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 31FF21 | | LXI SP, 21FFH | ;stack initialisation |
| 2003 | 012400 | | LXI B,0024H | ;36° span |
| 2006 | 1600 | | MVI D,00 | ;start clockwise |
| 2008 | 1E18 | | MVI E,18 | ;speed for 1 sec period |
| 200A | 2E0A | | MVI L,0A | ;counter for 10 cycles |
| 200C | CDF040 | CYCLE: | CALL ANGLERUN18 | |
| 200F | 16FF | | MVI D,FF | ;reverse direction |
| 2011 | CDF040 | | CALL ANGLERUN18 | |
| 2014 | 1600 | | MVI D,00 | ;reverse direction |
| 2016 | 2D | | DCR L | ;decrement cycle count |
| 2017 | C20C20 | J | NZ CYCLE | ;if over |
| 201A | EF | | RST 5 | ;return to monitor |

**TYPICAL RESULTS:**

- Step angle : 1.8° per step
- Steps per revolution : 200
- Low frequency dynamic response : From the waveform in the 'wobble' condition in mode-A

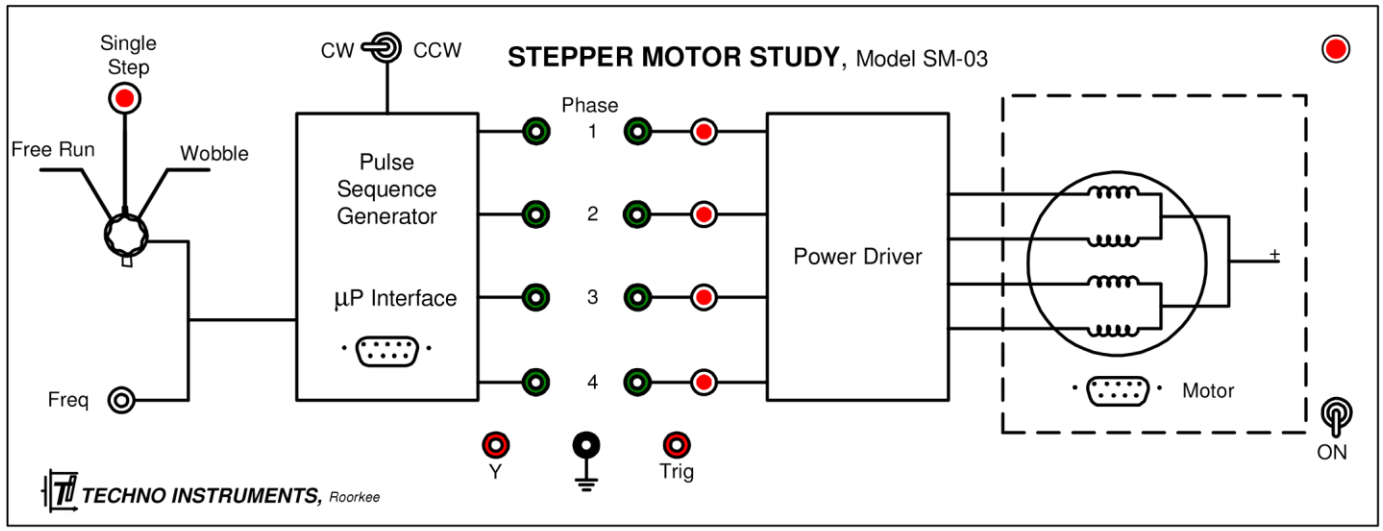
  $M_p$ = 66%; $\delta$ = 0.131

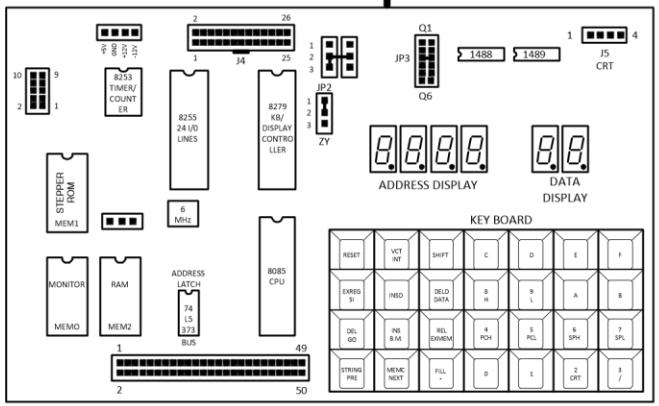
  $t_p$ = 7 msec.; $t_s$ (from measurements) = 30 msec. approx.

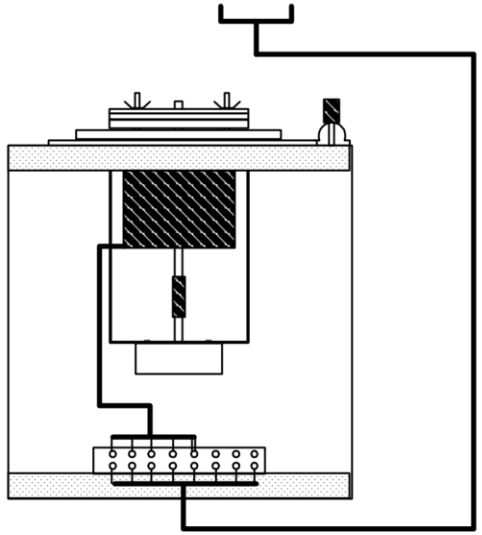
  Max. single stepping rate = 33 Hz

The above figures are for general information only since these depend heavily on external load conditions like friction screw setting and inertia disk attached.

Resonance and instability : These occur in stepper motors at certain stepping speeds which disturb the normal operation of the motor. Low frequency resonance occurs at the natural resonance frequency and its subharmonics. In this motor unit, a strong resonance effect may be observed around 90 Hz. In most practical applications, however, these resonances do not restrict the performance of the stepping motor since the motor and load can be instantaneously started and stopped at stepping rates well above the natural frequency.


Single Step
Free Run
Wobble
Freq
CW
CCW
STEPPER MOTOR STUDY, Model SM-03
Pulse Sequence Generator
µP Interface
Phase
1
2
3
4
Power Driver
Motor
ON
Y
Trig
TECHNO INSTRUMENTS, Roorkee


8253 TIMER/ COUNTER
8255 24 I/O LINES
8279 KB/ DISPLAY CONTROLLER
STEPPER ROM
MEM1
MONITOR
MEMO
RAM
MEM2
ADDRESS LATCH
74 LS 373
BUS
6 MHz
8085 CPU
J4
JP2
ZY
JP3
Q1
Q6
1488
1489
J5
CRT
ADDRESS DISPLAY
DATA DISPLAY
KEY BOARD



**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 2**

**उद्देश्य:** एक छोटे स्टेपर मोटर और उसके नियंत्रक की परिचालन विशेषताओं का प्रायोगिक अध्ययन करना। इसके अलावा, माइक्रोप्रोसेसर किट के माध्यम से मोटर के नियंत्रण का अध्ययन करना।

**आवश्यक उपकरण:**

स्टेपर मोटर स्टडी यूनिट
माइक्रोप्रोसेसर किट (8085)
डीएसओ/सीआरओ
तार

**लिखित:**

स्टेपर मोटर्स विभिन्न रूपों में उपलब्ध हैं, जो उनके कार्य सिद्धांतों, संरचनाओं और चरणों की संख्या में भिन्न हैं। इनका उल्लेख नीचे किया गया है-

स्थायी चुंबक स्टेपर मोटर
परिवर्तनीय अनिच्छा स्टेपर मोटर
हाइब्रिड स्टेपर मोटर

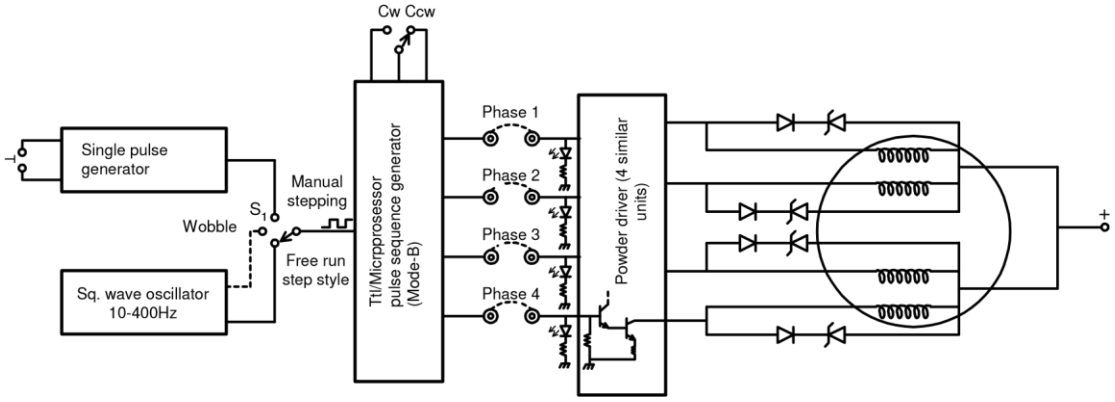
हाइब्रिड स्टेपर मोटर्स का निर्माण और विशेषताएं स्थायी चुंबक और परिवर्तनीय रिलक्टेन्स प्रकार स्टेपर मोटर्स का एक संयोजन है। इसलिए इन मोटरों में डिटेंट टॉर्क होता है, ये उच्च स्टेपिंग दर और उच्च रिज़ॉल्यूशन या छोटे स्टेप कोण में सक्षम होते हैं। नुकसान में कुछ हद तक बड़ी रोटर जड़ता और कुछ गति पर अनुनाद की समस्याएं शामिल अध्ययन इकाई के साथ उपलब्ध मोटर एक हाइब्रिड स्टेपर मोटर है जिसमें निम्नलिखित विशेषताएं हैं:

चरण कोण 1.8° ± 5%, गैर-संचयी
स्टेप्स प्रति रिवोल्युशन 200
रोटर जड़ता 0.1 किलोग्राम-सेमी$^2$
डिटेंट टॉर्क 0.3 किलोग्राम-सेमी
मोड-ए में टॉर्क 2.0 किलोग्राम-सेमी, मोड-बी में 2.8 किलोग्राम-सेमी
ऑपरेटिंग वोल्टेज 12 वोल्ट डीसी
प्रति चरण धारा 0.5 एम्पियर.

**संचालन का तरीका:**

स्टेपर मोटर में, यदि मूल चरण कोण 90° देखा जाता है क्योंकि किसी भी समय केवल एक चरण चालू होता है, तो इसे मोड-ए ऑपरेशन कहा जाता है। यदि किसी भी समय दो चरण चालू होते हैं, जिसे मोड-बी ऑपरेशन कहा जाता है, तो रोटर 90° के समान मूल चरण को निष्पादित करेगा लेकिन परिणामी क्षेत्र की दिशा में लॉक हो जाएगा। इस मोड के लिए अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है और बड़ा होल्डिंग टॉर्क विकसित होता है। मोटर को मोड-ए और मोड-बी ऑपरेशन

में वैकल्पिक रूप से संचालित करना भी संभव है और इस प्रकार प्रति चरण 45° शाफ्ट मूवमेंट उत्पन्न होता है। इसे मोड-एबी ऑपरेशन कहा जाता है। चरण कोण को और कम करने के लिए चुंबकीय ध्रुवों और स्टेटर दांतों की संख्या बढ़ानी होगी।




चित्र 1 ड्राइवर का योजनाबद्ध आरेख

**स्टेपर मोटर्स के लिए ड्राइवर प्रणाली:**

जैसा कि पहले चर्चा की गई है, तीन मोड हैं। ए, बी और एबी जिसमें एक स्टेपर मोटर संचालित की जा सकती है। वर्तमान प्रयोग में मोड-बी को इसकी सादगी और उच्च टॉर्क के कारण चुना गया है। इसके अलावा इस मोड में उत्पन्न 1.8º का मूल चरण कोण प्रायोगिक कार्य के लिए पर्याप्त है। चित्र 1 ड्राइवर सिस्टम के लिए अपनाई गई योजना को दर्शाता है। पल्स अनुक्रम चार चरणों के लिए पल्स का एक क्रम उत्पन्न करता है जैसा कि तालिका I में दिखाया गया हैl

| स्टेप | फेज़ 1 | फेज़ 3 | फेज़ 2 | फेज़ 4 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 3 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 4 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 5 | 0 | 1 | 0 | 1 |

तालिका I

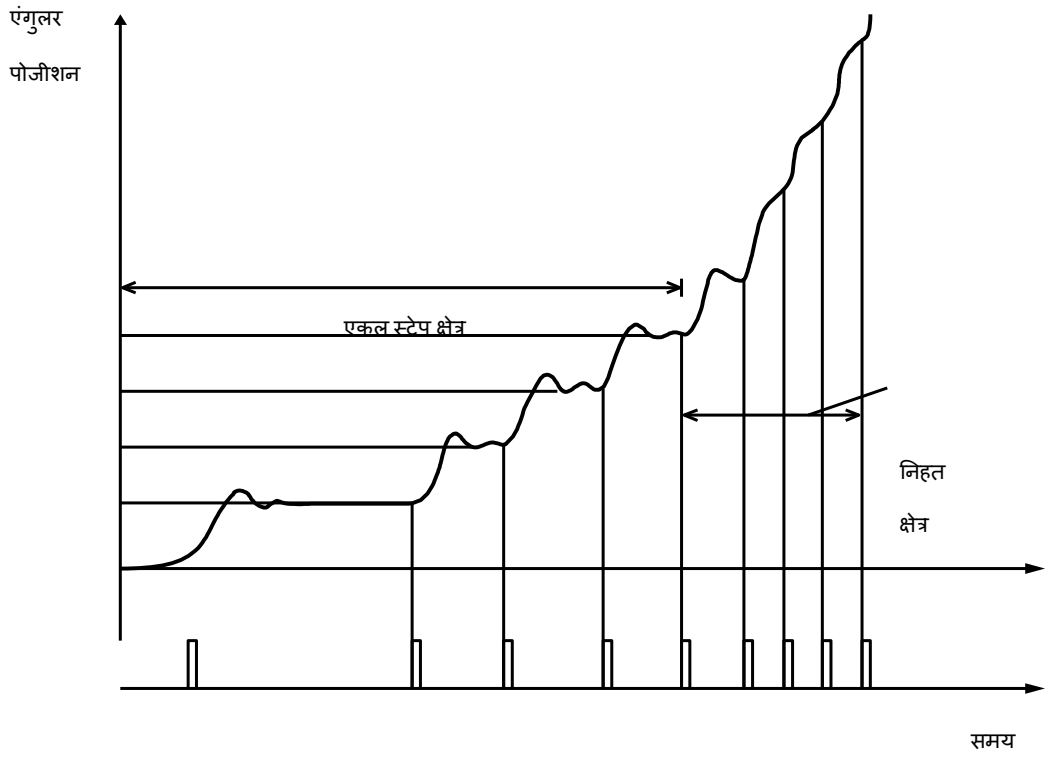
घड़ी की दिशा में गति

घड़ी की विपरीत दिशा में गति

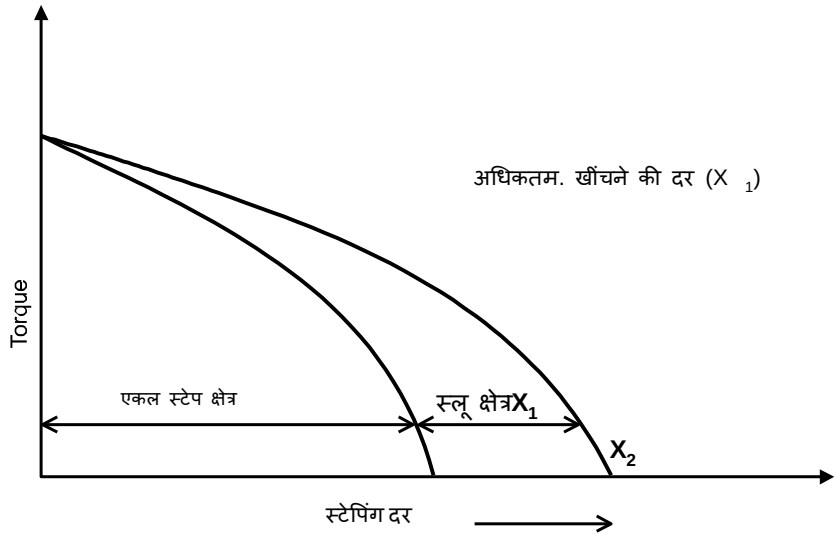
घड़ी की आवृत्ति 10-400 हर्ट्ज (लगभग) की सीमा में समायोज्य है और इसका उपयोग किसी भी दिशा में परिवर्तनीय गति ड्राइव के लिए किया जाता है। पुश बटन के माध्यम से 'मैन्युअल' स्टेपिंग के लिए और 'डगमगाने वाली' स्थिति के लिए भी प्रावधान हैं, जिसमें शाफ्ट दक्षिणावर्त और वामावर्त दिशाओं में बारी-बारी से एक चरण निष्पादित करता है। घड़ी की आवृत्ति 10-400 हर्ट्ज (लगभग) की सीमा में समायोज्य है और इसका उपयोग किसी भी दिशा में परिवर्तनीय गति ड्राइव के लिए किया जाता है। पुश बटन के माध्यम से 'मैन्युअल' स्टेपिंग के लिए और 'डगमगाने वाली (वोबल)' स्थिति के लिए भी प्रावधान हैं, जिसमें शाफ्ट दक्षिणावर्त और वामावर्त दिशाओं में वैकल्पिक रूप से एक कदम निष्पादित करता है।

स्टेपर मोटर की चरण वाइंडिंग में आमतौर पर बड़ा एल/आर अनुपात होता है। इसलिए मोटर करंट को तुरंत चालू और बंद नहीं किया जा सकता है। इसके अलावा उच्च स्टेपिंग दरों के लिए, करंट रेटेड मूल्य तक नहीं बढ़ सकती है और इस

प्रकार उत्पन्न टॉर्क बहुत छोटा हो सकता है। इसके अलावा, स्विच ऑफ के दौरान विकसित क्षणिक वोल्टेज ड्राइवर सर्किट को नुकसान पहुंचा सकता है। इन समस्याओं को हल करने और चरण वाइंडिंग के लिए एक वर्तमान चरण को बाध्य करने के लिए विभिन्न तकनीकों का उपयोग किया गया है। वर्तमान इकाई में, जेनर डायोड ट्रांजिएंट सप्रेसर के साथ एक निरंतर वर्तमान स्रोत को शामिल किया गया है जो संतोषजनक पाया गया है।




**चित्र 2** विभिन्न चरण दर के लिए गतिशील प्रतिक्रिया




चित्र 3 टॉर्क गति विशेषताए

**गतिशील प्रतिक्रिया:**

आदर्श स्थिति में, एक स्टेपर मोटर प्रत्येक इनपुट पल्स के लिए एक मूल चरण कोण निष्पादित करती है। हालाँकि, सिस्टम में निहित कम अवमंदन कारक के कारण, प्रतिक्रिया कुछ हद तक दोलनशील है। इस नम दोलन की प्रकृति मोटर लोड, ड्राइविंग सर्किट और संचालन के तरीके जैसे कई कारकों पर निर्भर करती है। बाहरी लोडिंग के बिना और मोड-ए में एक आदर्श निरंतर-वर्तमान स्रोत से संचालित होने वाली मोटर के लिए, स्थानांतरण फ़ंक्शन को मानक दूसरे क्रम के रूप में दर्शाया जा सकता है

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\delta\omega_n s + \omega^2}$$

निपटान (सेटलिंग) समय की गणना करने के लिए पीक ओवरशूट और पीक-टाइम की माप का उपयोग किया जा सकता है और इस प्रकार इस स्थिति के तहत गतिशील प्रतिक्रिया का मूल्यांकन किया जा सकता है। यदि मोटर को मोड-बी में संचालित किया जाता है तो बड़ी मात्रा में डेम्पिंग होती है और दोलन जल्दी खत्म हो जाते हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि दो चरणों में धाराओं के दोलन घटकों द्वारा उत्पन्न टॉर्क एक दूसरे का विरोध करता है। इस मामले में स्थानांतरण फ़ंक्शन निपटान समय के एक छोटे मान (वैल्यू) के साथ तीसरे क्रम का है।

उपरोक्त में यह माना गया है कि गति अनिवार्य रूप से एकल चरण के कारण होती है यानी प्रत्येक लागू किये गए चरण के बाद शाफ्ट अगले पल्स लागू होने से पहले नई स्थिति में आ जाती है। इस ऑपरेशन की मुख्य विशेषता यह है कि लोड की गई मोटर बिना स्टेप को भूले, शुरू या बंद हो सकती है। वह अधिकतम दर जिस तक यह संभव है, पुल-इन दर कहलाती है। यदि स्टेपिंग दर को पुल-इन दर से अधिक बढ़ा दिया जाता है, तो मोटर हर कदम पर नहीं रुकती है, लेकिन फिर भी समकालिकता बनाए रख सकती है। ऑपरेशन की इस सीमा में, इनपुट पल्स बंद होने पर मोटर तुरंत बंद नहीं होगी। इसे स्लीव रेंज के नाम से जाना जाता है। यदि स्टेपिंग दर को बढ़ाया जाता है तब भी पुल-हमारी दर पर और अधिक समकालिकता खो जाती है। ऑपरेशन की इन श्रेणियों को चित्र 2 में दर्शाया गया है। चित्र 3 एक विशिष्ट स्टेपर मोटर के टॉर्क-स्पीड वक्रों की सामान्य प्रकृति को दर्शाता है, हालाँकि, विशेषताएँ मोटर के बाहरी कारकों की एक बड़ी संख्या पर निर्भर करती हैं।

**प्रयोगिक कार्य:**

यह प्रयोग हाइब्रिड स्टेपर मोटर के बुनियादी संचालन सिद्धांतों और विशेषताओं को निर्धारित करता है। मोटर पर कोई जड़त्वीय या घर्षणात्मक लोडिंग लागू नहीं की जानी चाहिए।

**बुनियादी चरण कोण मापन:**

- स्विच S1 को मैन्युअल स्टेपिंग पर रखें (चित्र 1)।
- दक्षिणावर्त (सीडब्ल्यू) रोटेशन का चयन करें।
- सभी चरणों को संबंधित ड्राइव से कनेक्ट करें।
- मैनुअल स्टेपिंग पुश-बटन को 10 पल्स के गुणकों में दबाएं और डायल से कोणीय स्थिति में परिवर्तन को नोट करें। पल्स अनुक्रम का भी निरीक्षण करें और तालिका 1 में दिए गए क्रम से उसका मिलान करें।
- औसत मूल चरण कोण की गणना करें.
- वामावर्त (सीसीडब्ल्यू) रोटेशन का चयन करते हुए उपरोक्त चरणों को दोहराएं।

**गति और दिशा नियंत्रण:**

- स्विच S1 को फ्री रन पोजीशन पर रखें।
- पल्स आवृत्ति को लगभग 10 हर्ट्ज पर सेट करें, और डीएसओ/सीआरओ के साथ इसका मान सटीक रूप से_मापें।

- सभी चरणों को संबंधित ड्राइवर से कनेक्ट करें।
- मोटर चयनित दिशा (सीडब्ल्यू या सीसीडब्ल्यू) में घूमना शुरू कर देती है। स्टॉप वॉच के साथ शाफ्ट रोटेशन की गति को मापें और इसे रिकॉर्ड करें। प्रति रिवोल्युशन चरणों की गणना करें.
- उपरोक्त चरणों को अन्य आवृत्तियों पर दोहराएं और प्रति रिवोल्युशन चरणों का औसत मान ज्ञात करें।
- घूर्णन की दिशा को उलट कर ऊपर दोहराएँ।
- मोटर के तेज गति से चलने के साथ, डीएसओ/सीआरओ पर निरीक्षण करें और सभी चरणों के तरंगरूपों का पता लगाएं। उचित समय संबंध सुनिश्चित करने के लिए, बाहरी ट्रिगरिंग के लिए TRIG सिग्नल का उपयोग करें। घूमने की दिशा बदलें और दोहराएँ।
- उस अधिकतम गति को देखें और रिकॉर्ड करें जिस तक मोटर के घूमने की दिशा को सीडब्ल्यू और सीसीडब्ल्यू के बीच सफलतापूर्वक स्विच किया जा सकता है।

**कम आवृत्ति अनुनाद:**

**(अ) बिना लोड की मोटर**

अत्यधिक कंपन से बचने के लिए इस भाग को सबसे कम आवृत्ति के पास संचालित करें। घर्षण को न्यूनतम रखें ताकि घर्षण भार बहुत कम हो।

**(c)** स्विच S1 को 'डगमगाने (वोबल)' की स्थिति में रखें। (चित्र .1)

**(d)** चरण 2 को ड्राइवर 1 से और चरण 4 को ड्राइवर 4 से कनेक्ट करें।

**(e)** पैनल पर दिए गए टर्मिनलों के माध्यम से डीएसओ/सीआरओ (वाई चैनल) को कनेक्ट करें। TRIG सिग्नल के साथ बाहरी ट्रिगरिंग उचित रूप से देखने के लिए बहुत सुविधाजनक रहेगी।

**(f)** मोटर अब मोड-ए में डगमगाती है और इसकी गतिशील प्रतिक्रिया डीएसओ/सीआरओ स्क्रीन पर प्रदर्शित होती है। सिंगल स्टेप द्वारा मोड को सत्यापित करें। एक ट्रेसिंग पेपर पर आकृति को ट्रेस करें और उससे $M_p$, $\delta$, $t_p$, $t_r$, और $t_s$ ($\pm$ 5% सहनशीलता बैंड के लिए) की गणना करें। ऊपर से $f_{max}$ की गणना यह मानते हुए करें कि मोटर को प्रत्येक पल्स के बाद आराम की स्थिति में होनी चाहिए।

**(g)** सभी चरणों को संबंधित ड्राइवरों से कनेक्ट करें। मोटर अब मोड-बी में डगमगाने (वोबल) लगती है। पिछले चरण को दोहराएँ और परिणामों की तुलना करें।

**(h)** चरण 1 को ड्राइवर 1 से और चरण 4 को ड्राइवर 4 से कनेक्ट करें। मोटर अब मोड- एबी में डगमगाती (वोबल) है। एकल चरण द्वारा सत्यापित करें. पिछले चरणों को दोहराएँ और परिणामों की तुलना करें।

**भारित मोटर**

मोटर पर जड़त्वीय भार लागू करने का सामान्य प्रभाव क्षणिक प्रतिक्रिया के निपटान में देरी करना और ओवरशूट में वृद्धि का कारण बनता है। इस प्रभाव को, इस उद्देश्य के लिए प्रदान की गई विभिन्न जड़त्वीय डिस्क के साथ मोटर को लोड करके और डगमगाते (वोबल) मोड में मोटर प्रतिक्रिया को देखकर देखा जा सकता है।

- स्विच S1 को 'डगमगाने (वोबल)' की स्थिति में रखें।
- चरण 2 को ड्राइवर 1 से और चरण 4 को ड्राइवर 4 से कनेक्ट करें।
- पैनल पर दिए गए टर्मिनलों के माध्यम से डीएसओ/सीआरओ (वाई चैनल) को कनेक्ट करें। TRIG सिग्नल के साथ बाहरी ट्रिगरिंग उचित रूप से देखने के लिए बहुत सुविधाजनक होगा।
- घर्षण पेंच (मोटर इकाई के शीर्ष पर) को दक्षिणावर्त घुमाकर घर्षण लोडिंग का परिचय दें। घर्षण लोडिंग की मात्रा को समायोजित करें ताकि थोड़ी कम प्रतिक्रिया (2 या 3 चोटियाँ ध्यान देने योग्य) हो सकें।
- मोटर शाफ्ट पर एक जड़त्वीय डिस्क स्थापित करें और प्रतिक्रिया में परिवर्तन (एमपी, टीपी) रिकॉर्ड करें।
- विभिन्न डिस्क (या संयोजन) के लिए उपरोक्त चरणों को दोहराएं और परिणामों को सारणीबद्ध करें।

**माइक्रोप्रोसेसर नियंत्रण:**

प्रायोगिक कार्य के इस भाग का उद्देश्य माइक्रोप्रोसेसर इंटरफ़ेस का उपयोग करके आवश्यकता के अनुसार स्टेपर मोटर गति को प्रोग्राम करना है।

इंटरफ़ेस केबल को मुख्य इकाई से कनेक्ट करें और बिजली चालू करें। पैनल पर एक हरी एलईडी माइक्रोप्रोसेसर नियंत्रण के तहत मोटर का संकेत देते हुए चमकेगी। किट की डिस्प्ले पर '-UP85' चिन्ह दिखाएगा। यदि आवश्यक हो तो किट को रीसेट करें।

सभी चरणों को संबंधित ड्राइवरों से कनेक्ट करें। कोई भी सक्रिय-चरण संकेतक-एलईडी चमक नहीं रहा होगा।

किसी भी एप्लिकेशन प्रोग्राम को निष्पादित करने से पहले सिस्टम को इनिशियलाइज़ करना आवश्यक है। ऐसा करने के लिए, स्क्रीन पर कुछ लिखा पाने के लिए "RESET" दबाएँ।

“GO” कमांड दबाएँ और 4000 लिखें और बाद में “FILL” कुंजी दबाएँ।

मोटर को सुविधाजनक स्केल स्थिति में समायोजित करने के लिए कुंजी "C" (घड़ी की दिशा के लिए) और "D" (वामावर्त दिशा के लिए) दबाएँ।

इस समायोजन के बाद, हेक्स कुंजी E दबाकर प्रोग्राम को समाप्त करें। अभी RESET न दबाएँ अन्यथा किया गया आरंभीकरण नष्ट हो जाएगा।

(उपरोक्त चरण किसी भी प्रोग्राम परीक्षण के लिए सामान्य हैं। अब एप्लिकेशन प्रोग्राम को एड्रेस 2000h से शुरू करके रैम में लोड करें।)

प्रोग्राम को लोड करने के लिए, पैनल पर रिक्त स्थान पाने के लिए " REL Exmin " कुंजी दबाएं। अब दोबारा 2000 लिखें.

" MBMC Next " कुंजी दबाएं 2000 _ _ प्राप्त करें। अब "NEXT" कुंजी दबाकर पूरा प्रोग्राम लोड करें, पता लिखें।

अंतिम लोडिंग के बाद, लोड किए गए प्रोग्राम को समाप्त करने के लिए " RESET" कुंजी दबाएं, अब प्रोग्राम लोड हो गया

प्रोग्राम चलाने के लिए, "GO" दबाएँ और पता लिखें यानी 2000 और "FILL" कुंजी दबाएँ। अब प्रोग्राम चलेगा.

**नमूना प्रोग्राम I**

30 आरपीएम पर मोटर को दक्षिणावर्त दिशा में 1.5 चक्कर घुमाने के लिए।

| *Address* | *Code* | *Label* | *Mnemonic* | *Comments* |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 31FF2~~12~~ | | LXI SP, 21FFH | stack initialisation |
| 2003 | 0E01 | | MVI C,01 | ;one revolution |
| 2005 | 1600 | | MVI D,00 | ;clockwise direction |
| 2007 | 1E1E | | MVI E,1E | ;30rpm speed |
| 2009 | CD 4040 | | CALL FREERUN18 | ;take one revolution |
| 200C | 01B400 | | LXI B,00B4 | ;180°for ½revolution more |
| 200F | CDF040 | | CALL ANGLERUN18 | ;rotate by 180° |
| 2012 | EF | | RST 5 | ;return to monitor |

इस प्रोग्राम को निष्पादित करने के बाद कोणीय स्थिति पर ध्यान दें और जांचें कि मोटर ने आरंभिक स्थिति से दक्षिणावर्त दिशा में 1.5 चक्कर लगाया है या नहीं।

**नमूना प्रोग्राम II**

36° की अवधि और 1 सेकंड की समयावधि के साथ आगे और पीछे की गति के 10 चक्र बनाने के लिए मोटर को प्रोग्राम करना।

| *Address* | *Code* | *Label* | *Mnemonic* | *Comments* |
|---|---|---|---|---|
| 2000 | 31FF21 | | LXI SP, 21FFH | ;stack initialisation |
| 2003 | 012400 | | LXI B,0024H | ;36° span |
| 2006 | 1600 | | MVI D,00 | ;start clockwise |
| 2008 | 1E18 | | MVI E,18 | ;speed for 1 sec period |
| 200A | 2E0A | | MVI L,0A | ;counter for 10 cycles |
| 200C | CDF040 | CYCLE: | CALL ANGLERUN18 | |
| 200F | 16FF | | MVI D,FF | ;reverse direction |
| 2011 | CDF040 | | CALL ANGLERUN18 | |
| 2014 | 1600 | | MVI D,00 | ;reverse direction |
| 2016 | 2D | | DCR L | ;decrement cycle count |
| 2017 | C20C20 | J | NZ CYCLE | ;if over |
| 201A | EF | | RST 5 | ;return to monitor |

**विशिष्ट परिणाम:**

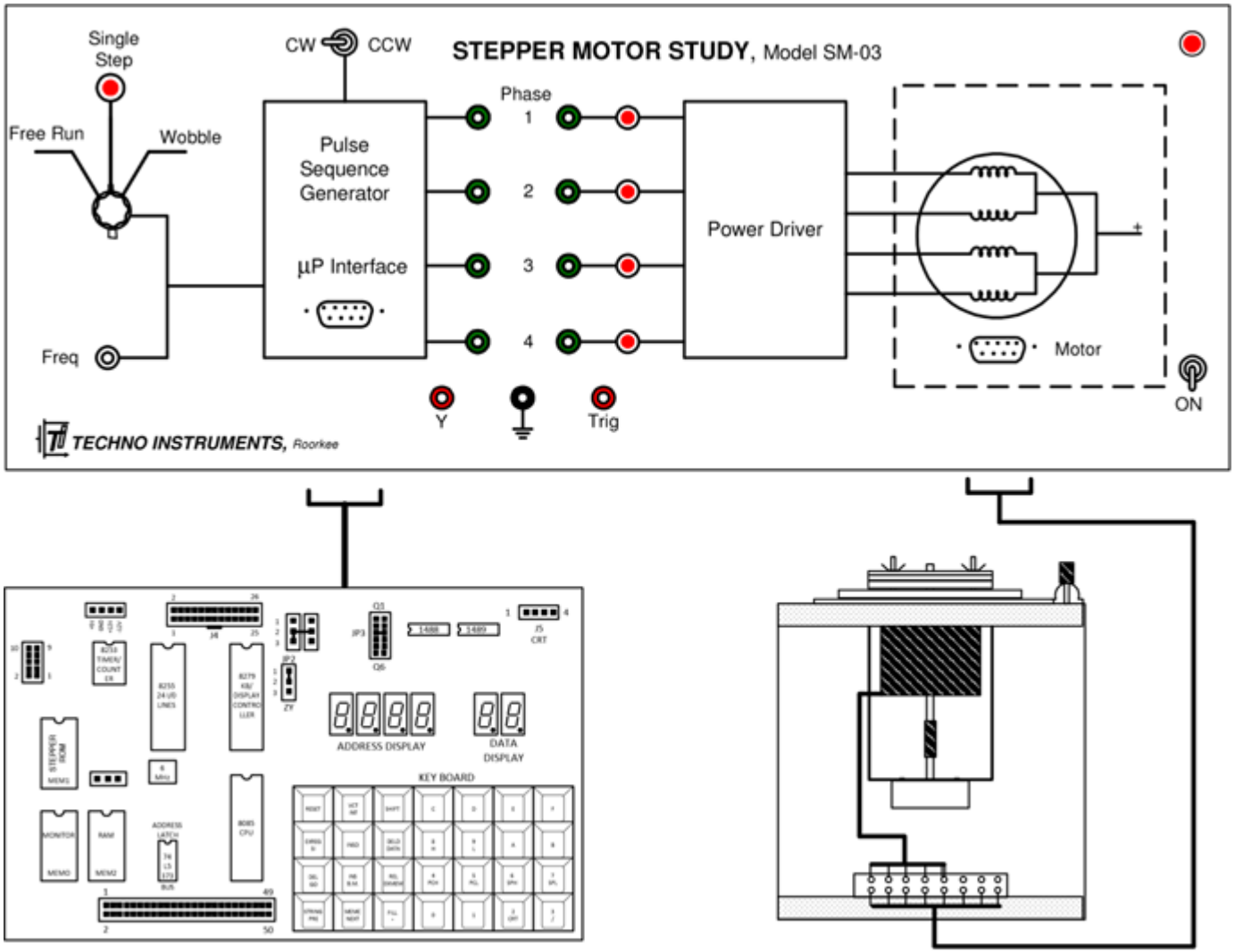
- स्टेप कोण : 1.8° प्रति स्टेप
- स्टेप प्रति रिवोल्युशन : 200
- कम आवृत्ति गतिशील प्रतिक्रिया: मोड-ए में 'डगमगाने (वोबल)' की स्थिति में तरंग से
  $M_p$ = 66%; $\delta$ = 0.131

  $t_p$ = 7 मिलीसेकंड; $t_s$ (मापन से) = 30 मिलीसेकंड अनुमानित

  अधिकतम सिग्नल स्टेपिंग दर = 33 Hz

उपरोक्त आंकड़े केवल सामान्य जानकारी के लिए हैं क्योंकि ये घर्षण स्क्रू सेटिंग और संलग्न जड़त्व डिस्क जैसी बाहरी लोड स्थितियों पर बहुत अधिक निर्भर करते हैं।

अनुनाद और अस्थिरता: ये स्टेपर मोटर्स में कुछ स्टेपिंग गति पर होते हैं जो मोटर के सामान्य संचालन को बाधित करते हैं। कम आवृत्ति अनुनाद, प्राकृतिक अनुनाद आवृत्ति और उसके सबहार्मोनिक्स पर होता है। इस मोटर इकाई में, 90 हर्ट्ज के आसपास एक मजबूत अनुनाद प्रभाव देखा जा सकता है। हालाँकि, अधिकांश व्यावहारिक अनुप्रयोगों में, ये अनुनाद स्टेपिंग मोटर के प्रदर्शन को प्रतिबंधित नहीं करते हैं क्योंकि मोटर और लोड को प्राकृतिक आवृत्ति से काफी ऊपर स्टेपिंग दरों पर तुरंत शुरू और रोका जा सकता है।




स्टेपर मोटर अध्ययन का पैनल आरेख, मॉडल- SM03

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

# DIGITAL CONTROLLER LABORATORY

EXPERIMENT NO: 3

**Aim:** Write assembly language program to generate i) saw tooth wave, ii) triangular wave, iii) square wave, iv) trapezoidal wave and iv) sine wave for CCS and implement with DSP TMS320F28335

**Appratus Required:**

DSP TMS320F28335 kit
Desktop Computer with CCS Software

## Program:

**Algorithm:**

**i) Saw tooth wave**

start
k=0, out[ ]
for i=0 to 16
begin
out[k]=0
increase k
for j=0 to 48
Begin
out[k]=out[k-1]+1
increase k
end
end
stop

**ii) Triangular wave:**

out[n] – output values
out[0] = 0; k=1;
for (i=0;i<16;i++)
begin
for (j=0;i<7;j++)
out[k] = out[k-1]+1;
increase k
end
for (j=0;j<7;j++)
begin
out[k]=out[k-1]-1;
increase k
end
end

**iii) Square wave:**

Start
k=0, out[]
for i=0 to 16

```
begin
for j=0 to 32
begin
out[k]=6
increase k
end
for j=0 to 32
begin
out[k]=0
increase k
end
end
stop
```

### iv) Trapezoidal wave:

```
Start
k=0, out[0]=0
for i=1 to 16
begin
for j=1 to 8
begin
out[k+1]=out[k]+1
increase k
end
for j=1 to 32
begin
out[k+1]=out[k]
increase k
end
for j=1 to 8
begin
out[k+1]=out[k]-1
increase
end
end
stop
```

### v) Sine wave:

```
Start
sine[n]- Array containing sine values
out[n]- output array
k=0;
for i=1 to 16
begin
for j=0 to 25
begin
out[k]=sine[k]
increment k
end
```

end
stop

**Inferences:**

1. Format for defining multiple loops
2. Format and use of unconditional & conditional branch instructions
3. The buffer size needed to display wave forms
4. The relation between buffer size and amplitude of the waveform
5. The relation between machine cycle frequency and frequency of the wave

**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 3**

**उद्देश्य:** CCS सॉफ्टवेर पर i) सॉ टूथ वेव, ii) त्रिकोणीय वेव, iii) वर्ग वेव, iv) ट्रेपोजॉइडल वेव और iv) साइन वेव उत्पन्न करने के लिए असेंबली भाषा प्रोग्राम लिखें और DSP TMS320F28335 के साथ कार्यान्वित करें

**आवश्यक उपकरण:**

DSP TMS320F28335 किट

CCS सॉफ़्टवेयर वाला डेस्कटॉप कंप्यूटर

**प्रोग्राम:**

**एल्गोरिदम:**

**i) सॉ टूथ तरंग**

start
k=0, out[ ]
for i=0 to 16
begin
out[k]=0
increase k
for j=0 to 48
Begin
out[k]=out[k-1]+1
increase k
end
end
stop

**ii) ट्राईएंगुलर तरन:**

out[n] – output values
out[0] = 0; k=1;
for (i=0;i<16;i++)
begin
for (j=0;i<7;j++)
out[k] = out[k-1]+1;
increase k
end
for (j=0;j<7;j++)
begin
out[k]=out[k-1]-1;
increase k
end
end

**iii) वर्गाकार तरंग:**

Start
k=0, out[]
for i=0 to 16
begin
for j=0 to 32
begin
out[k]=6
increase k
end
for j=0 to 32
begin
out[k]=0
increase k
end
end
stop

**iv) ट्रेपाजोइडल तरंग:**

Start
k=0, out[0]=0
for i=1 to 16
begin
for j=1 to 8
begin
out[k+1]=out[k]+1
increase k
end
for j=1 to 32
begin
out[k+1]=out[k]
increase k
end
for j=1 to 8
begin
out[k+1]=out[k]-1
increase
end
end
stop

**v) ज्या तरंग:**

Start
sine[n]- Array containing sine values
out[n]- output array
k=0;
for i=1 to 16
begin
for j=0 to 25

```
begin
out[k]=sine[k]
increment k
end
end
stop
```

**निष्कर्ष:**

1. कई लूप को परिभाषित करने का प्रारूप
2. बिना शर्त और सशर्त शाखा निर्देशों का प्रारूप और उपयोग
3. तरंग रूपों को प्रदर्शित करने के लिए आवश्यक बफर आकार
4. बफर आकार और तरंग के आयाम के बीच संबंध
5. मशीन चक्र आवृत्ति और तरंग की आवृत्ति के बीच संबंध

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

# DIGITAL CONTROLLER LABORATORY

EXPERIMENT NO: 4

## AIM:-

To study the performance characteristics of a d.c. motor angular position control system using a PID controller as well as through MATLAB.

## INSTRUMENTS REQUIRED:-

DC Position Control Kit

Motor Unit (12-24 V, 40 RPM, 1.48 kg-cm 2.8

Computer Aided Measurement Module

DSO/ CRO

System with MATLAB Software

**Remark:** Angular position of the motor shaft is sensed by a special 360° rotation potentiometer attached to the motor unit. A calibrated disk mounted on the potentiometer indicates its angular position in degrees. In addition to this, a small tachogenerator attached to the motor shaft produces a voltage proportional to its speed which is used for feedback.

## THEORY:-

Second order system is used here for experimental work. The reason for this is that a large number of higher order practical control systems may be approximated as a second order system while neglecting less dominant modes, nonlinearities like dead zone, saturation, hysteresis etc., assuming these to have little effect on the performance. Also second order systems lend themselves to a simple and accurate mathematical analysis.

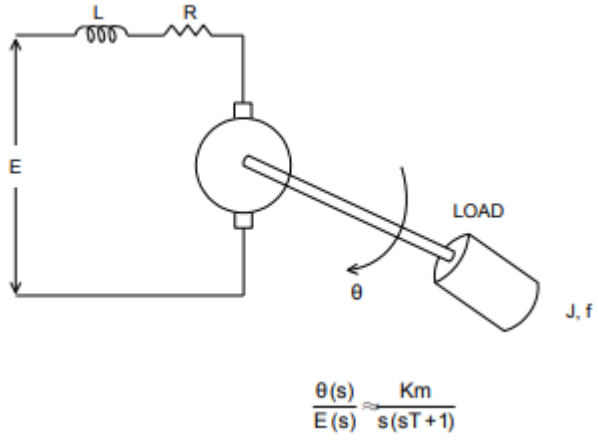



Fig. 2 : Transfer function of D.C. Motor

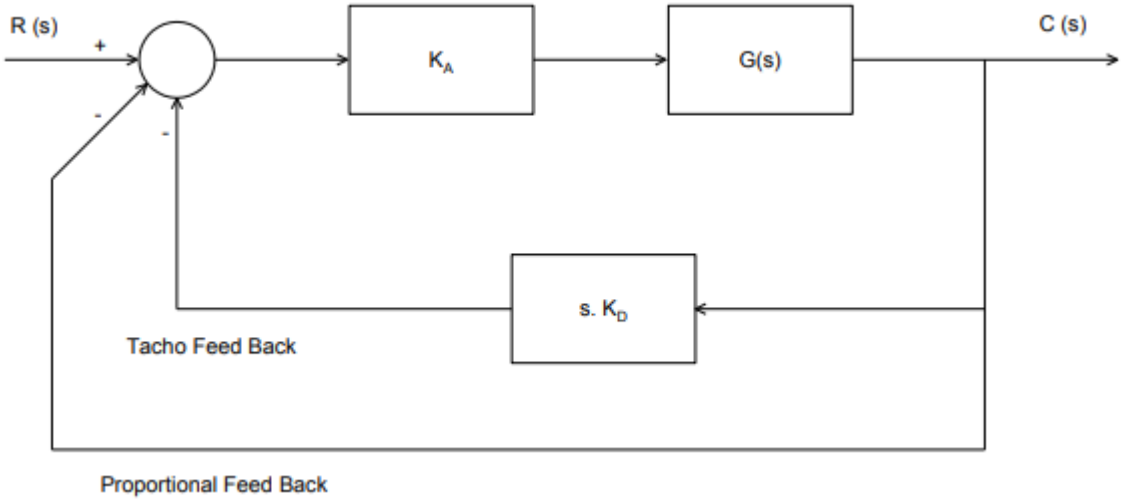



FIG. 3 : Simplified block diagram

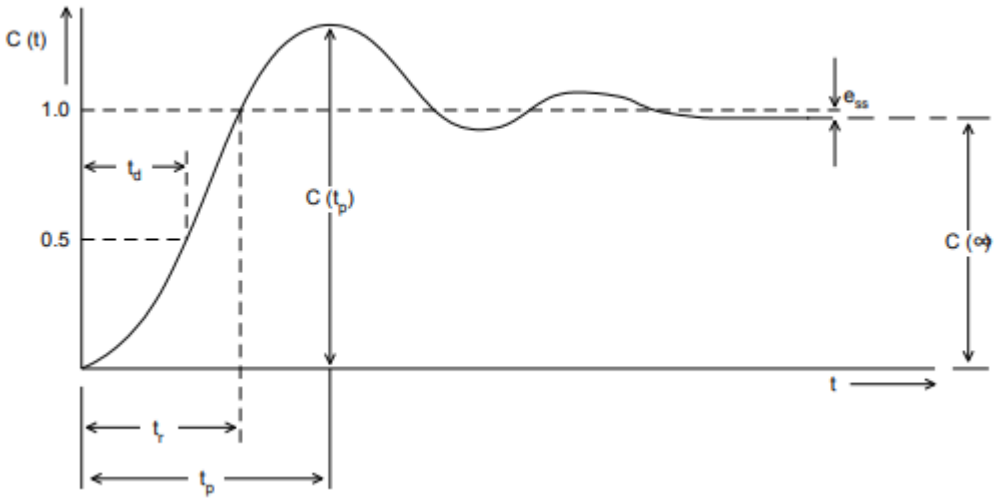



Fig.4 : Normalized step response of the second order syste

(i) ***Delay time***, $t_d$, is defined as the time needed for the response to reach 50% of the final value.

(ii) ***Rise time***, $t_r$, is the time taken for the response to reach 100% of the final value for the first time. This is given by

$$t_r = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}, \text{ where } \quad \beta = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon^2)}}{\epsilon}$$

(iii) ***Peak time***, $t_p$, is the time taken for the response to reach the first peak of the overshoot and is given by

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{(1-\epsilon^2)}}$$

(iv) ***Maximum overshoot***, $M_p$, is defined by

$$M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} X100\%$$

(v) ***Settling time***, $t_s$, is the time required by the system response to reach and stay within a prescribed tolerance band which is usually taken as ±2% or ±5%. An approximate calculation based on the envelops of the response for a low damping ratio system yields

$t_s$ (±5% tolerance band) $=3/\zeta\omega_n$

$t_s$ (±2% tolerance band)$= 4/\zeta\omega_n$

Another important characteristic of a closed loop system is the steady state error, $e_{ss}$.

For unity feedback systems $e_{ss}$ is defined as

$$e_{ss} = e(t) = \{r(t) - c(t)\}$$

A simpler way to calculate steady state error without actually computing the time response is available in the complex frequency domain. Application of the final value theorem of Laplace Transform to unity feedback system gives,

$$e_{ss} = e(t) = sE(s) = \frac{sR(s)}{1+G(s)}$$

Steady state error may be obtained for various inputs (step, ramp, parabolic) and systems of various type numbers (number of poles at origin). To facilitate the calculations, error coefficients are defined as

Position error coefficient, $K_p = \lim_{s\to 0} G(s)$

Velocity error coefficient, $K_v = \lim_{s\to 0} sG(s)$

Acceleration error coefficient, $K_a = \lim_{s\to 0} s^2G(s)$

**Remark**-1. The position control system has a second order transfer function in the standard form.

2. The system should not have any steady state error for step input.

3. The transient response of the system is affected by the value of $K_A$. A higher value

of KA should result in larger overshoot.

**Tachogenerator feedback**

It may be intuitively obvious that availability of a single adjustable parameter $K_A$ in the position control system is likely to meet only one of the performance characteristics. In most cases however one is interested in at least two specifications simultaneously e.g. steady state error and the damping factor or peak overshoot. In an electromechanical system this is conveniently achieved through tachogenerator feedback.

Considering the tachogenerator feedback path also active in Fig. 3, the closed loop transfer function is obtained as

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_A G(s)}{1 + K_A G(s)(1 + K_D s)} = \frac{K_A K_m / T}{s^2 + (1 + K_A K_m K_D)\left(\frac{s}{T}\right) + (K_A K_m)/T}$$

It is easily seen that the steady state error to unit ramp is given by

$e_{ss} = 1/K_A K_m$, and the damping ratio by

$\zeta = (1+K_A K_m K_D)/2\sqrt{(TK_A K_D)}$

**Remark-** Thus the specification of ess and  may be met simultaneously by a proper choice of KA and KD.

**System Imperfections**

All practical systems are imperfect to some extent. As a result of this, the actual system response differs from the ideal response of Fig. 4, which is valid for a second order linear system. Some of the contributing factors relevant to the present set-up are:

***(a) Saturation of armature current*** - necessary to protect the driver from high currents when the motor starts or reverses its direction. This implies limiting the maximum control effort for large errors leading to a slower response.

***(b) Amplifier saturation*** - has effects similar to above although the saturation is now a circuit limitation.

***(c) Dead zone*** - caused by a minimum voltage below which the motor would not start due to the friction of the brushes and bearings. As a result of this the steady state error may be larger than expected.

***(d) Nonlinear tachogenerator and motor characteristics*** - due to manufacturing inaccuracies.

***(e) System order*** - may be actually more than two, due to load characteristics, delays and filters used.

**PID – Controller**

The three sections may be individually connected by inserting the appropriate plugs on the front panel and the parameters, viz., Kp, Ki and Kd may vary in the range as under, using the potentiometers on the front panel.

Kp, Proportional Gain, varies from 0 to22.

Ki, Integral Gain, varies from 0 to 10

Kd, Derivative Gain, varies from 0 to 2.5

To make our study very simple we only discuss how the PID gains affect the transient response rather than their actual values. The potentiometers on the panel are therefore calibrated from 0 to 10 and are used as such irrespective of the actual parameter values. For the sake of simplicity potentiometer settings will be referred to as P, I and D.

## Experimental Work

The experiments suggested below enable to study the performance of the closed loop system with PID control and closed loop system with combined proportional and techogenerator feedback. Idea of dead zone and its effect on steady state error is also introduced. A special provision has been made in the set-up to store and display a response of the system - a need which occurs quite frequently. The operation of this waveform capture/display provision is described first.

### Waveform Capture/Display

This card is designed to automatically store the response of the system in a RAM whenever a step input is given. The stored response is then displayed on the CRO. Steps for its operation are as given below:

(a) Power ON the system and/or press the RESET switch - unit goes into DISPLAY the axes and shows the RAM contents (zero at present).

(b) Press the MODE switch - the unit becomes ready to capture the step response.

(c) Applying step input now starts the storage. At the end of the capture cycle, the mode automatically shifts to DISPLAY and the response waveform is seen on the CRO.

(d) Storage of a new response or pressing the RESET switch erases the current waveform.

(e) The time scale of the display may be calibrated by feeding the X-output (sawtooth) of the unit to the Y-input of the CRO and determining its time period and amplitude.

### Closed loop study

Position control through CONTINUOUS command

- Ensure that the step command switch is OFF.
- Connect the P-section only using the plug provided.
- Starting from one end, move the COMMAND potentiometer in small steps and observe the rotation of the response potentiometer.
- Record and plot $\theta_R$, $V_R$, $\theta_0$ and $V_0$ for a few values of $K_p$.
- Calculate $\Delta\theta_R$ and $\Delta\theta_0$ (taking initial readings as nominal values) and plot. Also calculate the errors $(\Delta\theta_R-\Delta\theta_0)$, $(\Delta V_R-\Delta V_0)$ at each step. Justify the presence of errors and their variation with $K_p$.
- Now connect both P and I-sections. Set $K_i$ to 30% and repeat all the above steps. Compare your results.

***Position control through STEP command***

*Effect of Proportional Gain*

- Ensure that the tachogenerator feedback switch on the MOTOR UNIT is set to NEGATIVE.
- Connect the P-section only using the plug provided.
- Adjust the reference potentiometer to get $V_R=0$.

- Set P to 2.
- Connect the CRO, calibrate the time scale, and switch to CAPTURE mode.
- Apply STEP input. Wait till storage is complete and the response is displayed. Trace the waveform from CRO/ DSO.
- Compute $M_p$, $\zeta$, $t_p$, $t_r$ and the steady state error.
- Repeat for P = 3,4,....
- Now set P = 6, and choose various values of tachogenerator gain, $K_D$=0.1, 0.2……and repeat the above observations.
- Tabulate the results as shown in the next section and discuss :
    - variation of maximum overshoot, rise time and steady state error with forward gain.
    - effect of tachogenerator feedback on maximum overshoot, rise time and stability.
    - effect of dead zone and saturation on step response.
- Compare your results with theoretical predictions assuming a second order system.
- A set of observations with POSITIVE tachogenerator feedback may also be taken in the same manner as above.

*Effect of Integral and Derivative Gains*

- Connect both P, and I-sections using the plugs
- Set a value of P that gives small or no overshoot in the response.
- Now increase I to improve steady state performance. Note the increase in overshoot.
- Connect D-section as well and adjust D to get the best step response with no steady state error and little or no overshoot. Note down the PID parameters

**TYPICAL RESULTS**

Typical results obtained on a similar unit are next given for guidance. The reading and result have all been obtained using the waveform capture and other built-in facilities of the unit. However, a set of step response recordings obtained through CRO.

***(a) Manual operation of the position control***

$K_D$ = 0, Tachogenerator channel disabled

P = 5, I = 0, D = 0

| **S. No.** | **P** | **$M_p$ %** | **$t_p$ msec** | **$t_r$ msec** | **$\zeta$** | **$e_{ss}$ volt** | **$\omega_n$ rad/sec** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

*The measured values of $V_R$ have negative signs which have not been inverted in the internal circuitry for technical reasons. These may however be read as positive and calculation should be made with positive values*

***(b)*** Calibration of X-output

In the DISPLAY mode with X-output connected to the Y-input of CRO/DSO, a sawtooth waveform is seen. On measurement,

Amplitude of sawtooth = 5.6 volts.

Time duration of the main linear part = 39 msec.

X-output scale factor is thus 6.96 msec/volt

The X-output waveform above consists of axis display part and waveform display part. The latter is identified by a much longer time duration which has been measured above.

***(c) Step response of the position control without tachogenerator feedback***

***(Effect of varying P-Gain on the transient response: P-Control)***

Set I = 0, D = 0 (PID parameters)

Set $K_D$=0 (Tachogenerator gain)

$V_s$=2.5 V (internally set)

| **S. No.** | **P** | **$M_p$ %** | **$t_p$ msec** | **$t_r$ msec** | **ζ** | **$e_{ss}$ volt** | **$\omega_n$ rad/sec** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(Effect of introducing I-Gain on transient response: PI-Control)

Set P = 2, D = 0 (PID Parameters)

Set $K_D$=0 (tachogenerator gain)

$V_s$=2.5 V (internally set)

| **S. No.** | **I** | **$M_p$ %** | **$t_p$ msec** | **$t_r$ msec** | **ζ** | **$e_{ss}$ volt** | **$\omega_n$ rad/sec** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(Effect of introducing D-Gain on transient response: PID-Control)

Set P = 2, I = 2 (PID Parameters)

Set $K_D$=0 (tachogenerator gain)

$V_s$=2.5 V (internally set)

| S. No. | **$K_D$** | $M_p$ % | $t_p$ msec | $t_r$ msec | ζ | $e_{ss}$ volt | $\omega_n$ rad/sec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

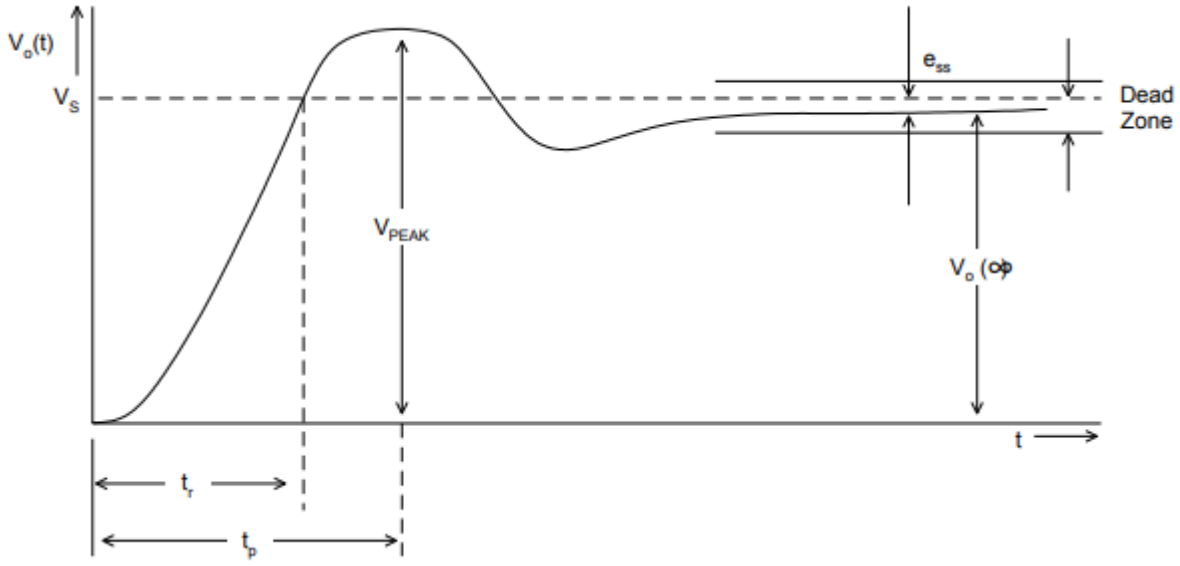



Fig. 5 : Typical step response of the position control system

**(c) Step response of the position control with tachogenerator feedback**

***(Effect of introducing Tacho Gain on transient response: Velocity Feedback)***

Set P = 6, I = 0. D = 0 (PID Parameters)
$V_s$=2.5 volts (internally set)

| S. No. | $K_D$ | $M_p$, % | $t_p$ msec | $t_r$ msec | ζ | $e_{ss}$ volt | $\omega_n$ rad/sec |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Referring to Fig. 5,

$e_{ss}=V_s-V_0$, where $V_s$ and $V_0$ may be measured by DVM

$$M_p = \frac{V_{PEAK} - V_0(\infty)}{V_0(\infty)} \times 100\ \%$$

$t_p$, $t_r$ may be obtained from CRO/DSO

ζ may be calculated from $M_p$ using the standard relation

$$M_p = exp\left(-\pi\epsilon/\sqrt{(1-\epsilon^2)}\right)$$

$\omega_n$ is calculated from the expression of $t_p = \left\{\pi/\omega_n\sqrt{(1-\epsilon^2)}\right\}$

The closed loop and open loop transfer functions of the system may now be written as,

Closed loop :

$$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\epsilon\omega_n s + \omega_n^2}$$

open loop (excluding $K_A$) :

$$\frac{1}{K_A}\frac{w_n^2}{s(s+2\epsilon\omega_n)}$$

Remark: 1. The open loop transfer function (excluding KA) comes out to be different for different readings - the system is not actually a second order function.

2. The peaks of the response curves are flattened - the motor has dead zone.

3. The peak overshoot does not increase significantly with KA - motor armature currents is restricted.

$_P$, $t_p$, $\zeta$ and $e_{ss}$ may be obtained as outlined in (c) above.

Remark: 1. The tachogenerator feedback is seen to reduce and increase $M_P$ . Relative stability is improved.

2. There is an increase in tr and tp. The system becomes slower.

3. The steady state error remains unchanged.

**NOTE**: Under certain operating conditions, the motor may start continuous uncontrolled rotation. This is due to a very small gap (approx. 5°) in the response potentiometer which is easily overshooted by the motor, due to its inertia. In such a situation normal operation may be restored by decreasing the gain or by changing the position of the command potentiometer.

The results of steady state error may not always be correct, especially for small errors. This may be due to the shaft friction which stops the motor near steady state but not necessarily exactly at steady state. With I-Control active, even a small steady state error would be integrated slowly till it is large enough to push the motor in the other direction. This process can continue periodically for any length of time.

*Computer Interfaced Experiments (MATLAB)*

**Installation Steps**

Ensure to have MATLAB 2015b version or later installed on the computer. Install the FT232 driver provided with the hardware setup onto the computer, then click on the setup file

provided and the computer will install all the required libraries into the default toolbox folder of MATLAB.

***Experimental Procedure***

The object of this experiment is to operate the hardware with the help of MATLAB commands and see the results on the computer screen. In addition provisions are there to store the results in an excel file for further analysis. As a first step all hardware connections on the front panel, except the computer link, needs to be removed. Further the TECH-CAMM needs to be connected to the DC Position Control unit at the back panel as well as the PC through USB while identifying the COM port used. Then power both units and open MATLAB. On the top line of window click 'Add ONs', then 'Manage Add ONs' and finally 'open folder' on DCS

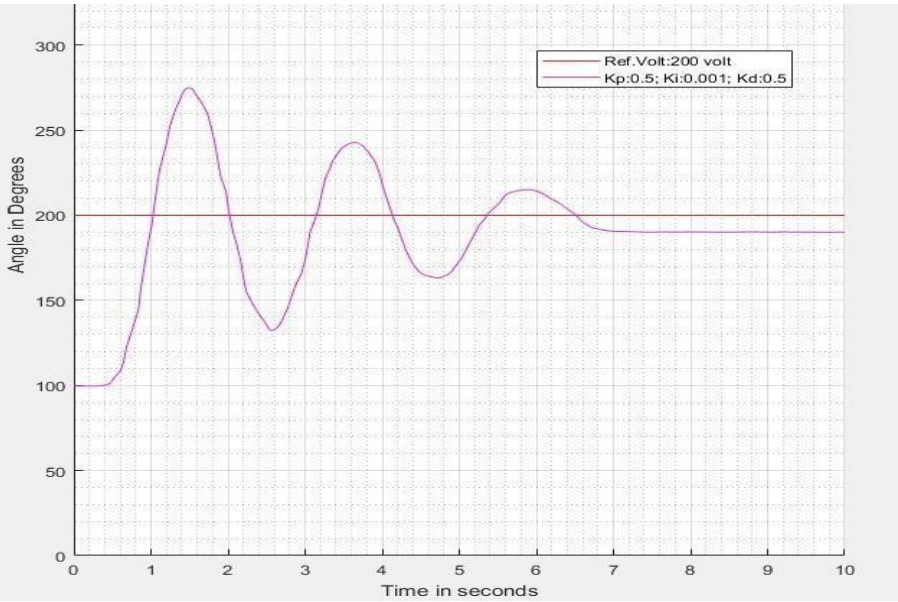



*Fig. A Default Response*

*Initially the motor will rotate continuously until program initiating command is given.*

***(a)*** *Initiate the Program by typing,*

x=Techno_DCP('COM...')

***(b)*** *Operate the unit with default setting*

This part would give the user a sample of typical response that is to be expected with MATLAB based PID control. The various setting are:

(i) Starting angle set to 100 degrees
(ii) Target angle set to 200 degrees
(iii) PID parameters, P = 0.5, I = 0.001 and D = 0.5
(iv) Maximum response time set to 10 seconds

All the above settings may be changed by the user any time. Following command will now operate the motor.

x.start_resp()

Wait till a 'busy' is displayed on the left hand corner of the window after which the step response as shown in Fig.A will be seen on the screen. A table on the main screen will show the various parameters of the response.

***(c)*** *Operate the unit with user settings*

Any of the following commands may be given by the user to alter the step response properties before giving the above command viz., x.start.resp() once again.

(i) To change the starting and final angle of the response,

x.set_start(...) and x.set_ref(...)

The angles are in degrees. Do not choose values too close to 0 or 360 to avoid the motor jumping over the potentiometer end point and start rotating continuously.

(ii) To change the PID and tachogenerator gains,

x.set_P(...) typically in the range 0.2 to 0.6

x.set_I(...) typically in the range 0 to 0.05

x.set_D(...) typically in the range 0 to 1.5

x.set_tacho(...) typically in the range 0 to -2

The above ranges correspond to the hardware parameters and reasonable system performance. Users may explore settings outside the above range also.

(iii) To change the maximum time for which the response is to be viewed,

x.set_max_time(...) The value is to be entered in seconds

(iv) To export the data of all the responses that have been obtained one may use the following command while choosing an appropriate destination folder.

x.export_data(...)

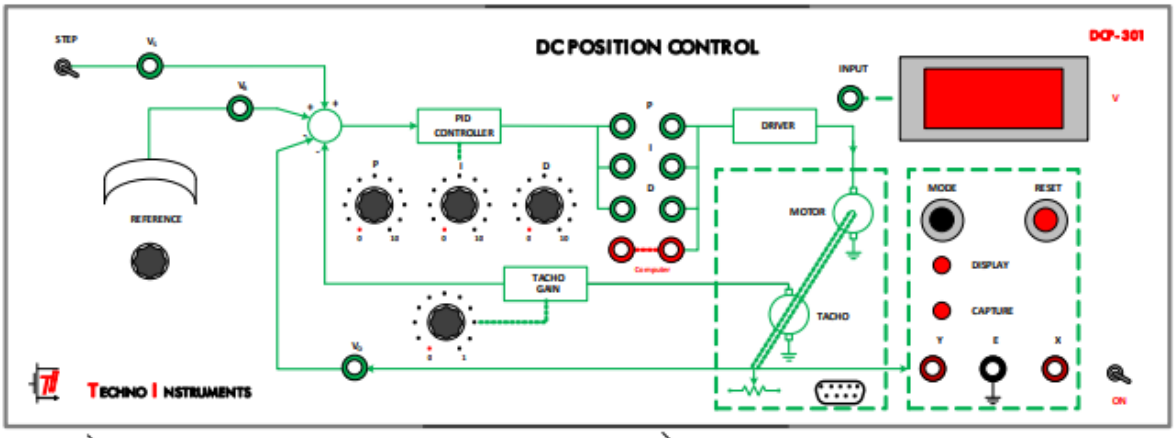
In case during experiment, due to any reason , a particular response needs to be removed, it can be done by the command,

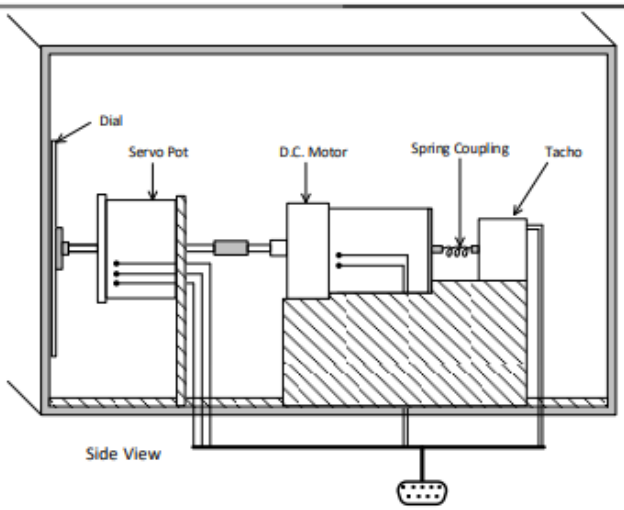
x.delete_latest()

alternately however the particular row may be removed from the excel file.

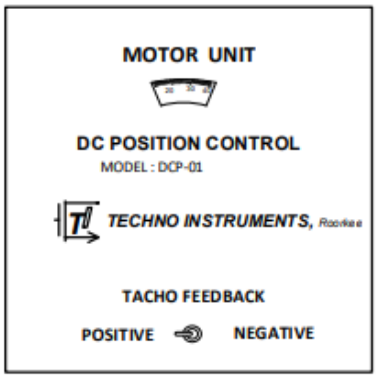
(v) After performing the experiment this command will ensure closing all open COM ports and refresh the system for further use.

x.close()




Side View




Front View

**<u>विद्युतीय अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 4**

**उद्देश्य:-** डी.सी. मोटर कोणीय स्थिति नियंत्रण प्रणाली की पीआईडी नियंत्रक के साथ MATLAB के माध्यम से विशेषताओं का अध्ययन करना। साथ-साथ ।

**<u>आवश्यक उपकरण:-</u>**

डीसी स्थिति नियंत्रण किट

मोटर इकाई (12-24 वी, 40 आरपीएम, 1.48 किग्रा-सेमी 2.8

कंप्यूटर एडेड मापन मॉड्यूल

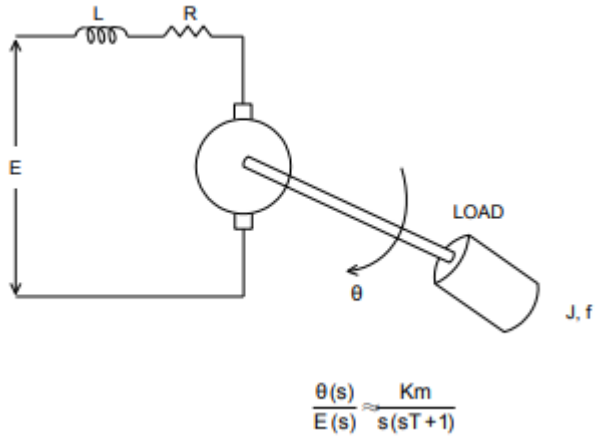
डीएसओ/सीआरओ

MATLAB सॉफ़्टवेयर वाला सिस्टम

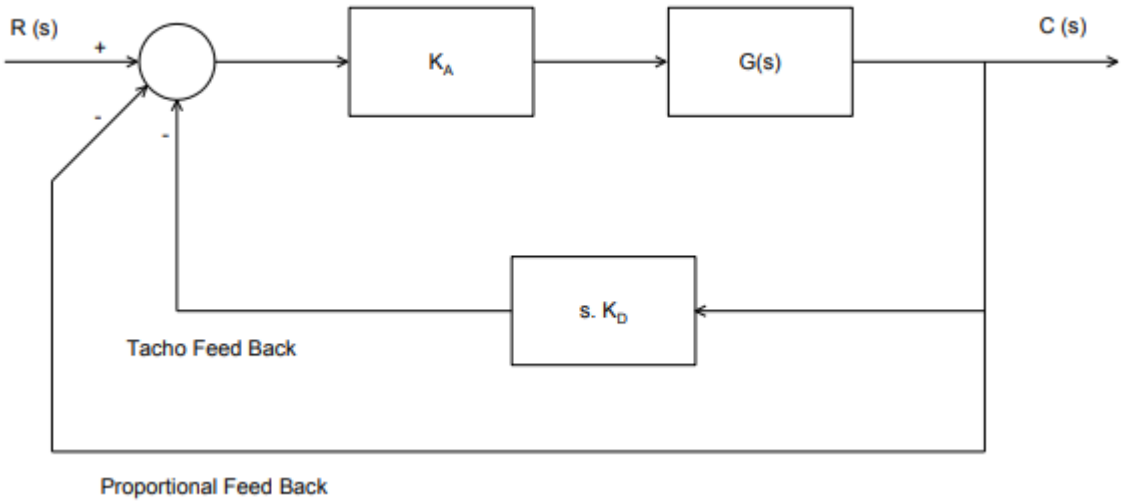
**टिप्पणी:** मोटर शाफ्ट की कोणीय स्थिति को मोटर इकाई से जुड़े एक विशेष 360° रोटेशन पोटेंशियोमीटर द्वारा महसूस किया जाता है। पोटेंशियोमीटर पर लगी एक कैलिब्रेटेड डिस्क डिग्री में इसकी कोणीय स्थिति को इंगित करती है। इसके अलावा, मोटर शाफ्ट से जुड़ा एक छोटा टैकोजेनरेटर अपनी गति के आनुपातिक वोल्टेज उत्पन्न करता है जिसका उपयोग फीडबैक के लिए किया जाता है।

**<u>लिखित:-</u>**

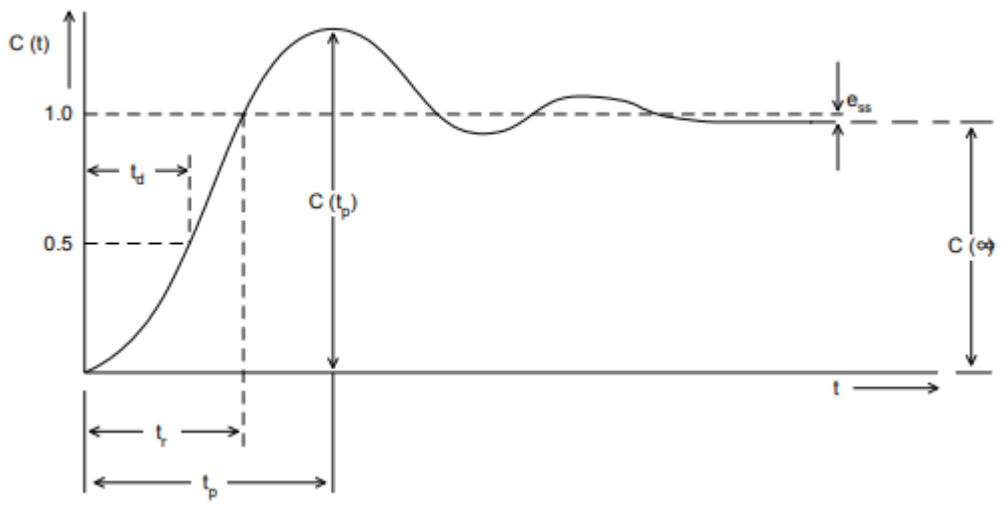
प्रायोगिक कार्य के लिए यहाँ द्वितीय क्रम प्रणाली का प्रयोग किया जाता है। इसका कारण यह है कि बड़ी संख्या में उच्च क्रम की व्यावहारिक नियंत्रण प्रणालियों को दूसरे क्रम की प्रणाली के रूप में अनुमानित किया जा सकता है, जबकि कम प्रभावी मोड, डेड क्षेत्र, संतृप्ति, हिस्टैरिसीस आदि जैसी गैर-रैखिकताओं की उपेक्षा की जा सकती है, यह मानते हुए कि इनका प्रदर्शन पर बहुत कम प्रभाव पड़ता है। साथ ही दूसरे क्रम की प्रणालियाँ स्वयं को सरल और सटीक गणितीय विश्लेषण के लिए मानी जाती हैं।




चित्र 2: डी.सी. मोटर का ट्रान्सफर फंक्शन




चित्र 3: सरलीकृत ब्लॉक आरेख




चित्र.4: दूसरे क्रम प्रणाली की सामान्यीकृत चरण प्रतिक्रिया

(i) **विलंब समय**, $t_d$, को प्रतिक्रिया के अंतिम मूल्य के 50% तक पहुंचने के लिए आवश्यक समय के रूप में परिभाषित किया गया है।

(ii) **वृद्धि समय**, tr, प्रतिक्रिया को पहली बार अंतिम मूल्य के 100% तक पहुंचने में लगने वाला समय है। यह दिया गया है;

$$t_r = \frac{\pi-\beta}{\omega_d}, \text{ जहाँ } \quad \beta = \frac{\sqrt{(1-\varepsilon^2)}}{\epsilon}$$

(iii) **पीक टाइम**, $t_p$, प्रतिक्रिया को ओवरशूट के पहले शिखर तक पहुंचने में लगने वाला समय है और यह दिया गया है;

$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{(1-\epsilon^2)}}$$

(iv) **अधिकतम ओवरशूट**, $M_p$, को निम्न द्वारा परिभाषित किया गया है

$$M_p = \frac{c(t_p) - c(\infty)}{c(\infty)} X100\%$$

(v) **निपटान समय**, $t_s$, सिस्टम प्रतिक्रिया द्वारा निर्धारित टोलरेंस बैंड तक पहुंचने और रहने के लिए आवश्यक समय है जिसे आमतौर पर ±2% या ±5% के रूप में लिया जाता है। कम अवमंदन अनुपात प्रणाली की प्रतिक्रिया के आवरणों के आधार पर एक अनुमानित गणना

$t_s$ (±5% टोलरेंस बैंड) $=3/\zeta\omega_n$

$t_s$ (±2% टोलरेंस बैंड)$= 4/\zeta\omega_n$

बंद लूप सिस्टम की एक अन्य महत्वपूर्ण विशेषता स्थिर अवस्था त्रुटि है। यूनिटी फीडबैक सिस्टम के लिए ess को इस प्रकार परिभाषित किया गया है

$$e_{ss} = e(t) = \{r(t) - c(t)\}$$

वास्तव में समय प्रतिक्रिया की गणना किए बिना स्थिर स्थिति त्रुटि की गणना करने का एक सरल तरीका जटिल आवृत्ति डोमेन में उपलब्ध है। लाप्लास ट्रांसफॉर्म से यूनिटी फीडबैक सिस्टम के फाइनल वैल्यू प्रमेय का अनुप्रयोग देता है;

$$e_{ss} = e(t) = sE(s) = \frac{sR(s)}{1 + G(s)}$$

विभिन्न इनपुट (चरण, रैंप, परवलयिक) और विभिन्न प्रकार की संख्याओं (मूल पर ध्रुवों की संख्या) की प्रणालियों के लिए स्थिर स्थिति त्रुटि प्राप्त की जा सकती है। गणना को सुविधाजनक बनाने के लिए, त्रुटि गुणांक को इस प्रकार परिभाषित किया गया है-

स्थिति त्रुटि गुणांक, $K_p = \lim_{s\to 0} G(s)$

वेग त्रुटि गुणांक, $K_v = \lim_{s\to 0} sG(s)$

त्वरण त्रुटि गुणांक, $K_a = \lim_{s\to 0} s^2G(s)$

**टिप्पणी**- 1. स्थिति नियंत्रण प्रणाली में मानक रूप में दूसरे क्रम का ट्रान्सफर फंक्शन होता है।

2. सिस्टम में स्टेप इनपुट के लिए कोई स्थिर स्थिति त्रुटि नहीं होनी चाहिए।

3. सिस्टम की क्षणिक प्रतिक्रिया $K_A$ के मान से प्रभावित होती है। एक उच्चतर मूल्य

$K_A$ का परिणाम बड़ा ओवरशूट होना चाहिए।

**टैकोजेनरेटर फीडबैक**

यह सहज रूप से स्पष्ट हो सकता है कि स्थिति नियंत्रण प्रणाली में एकल समायोज्य पैरामीटर $K_A$ की उपलब्धता केवल प्रदर्शन विशेषताओं में से एक को पूरा करने की संभावना है। हालाँकि अधिकांश मामलों में व्यक्ति की रुचि एक साथ कम से कम दो विशिष्टताओं में होती है। स्थिर अवस्था त्रुटि और अवमंदन कारक या शिखर ओवरशूट। एक इलेक्ट्रोमैकेनिकल प्रणाली में इसे टैकोजेनरेटर फीडबैक के माध्यम से आसानी से प्राप्त किया जाता है।

चित्र 3 में सक्रिय टैकोजेनरेटर फीडबैक पथ को भी ध्यान में रखते हुए, बंद लूप ट्रांसफर फ़ंक्शन प्राप्त किया गया है

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K_A G(s)}{1 + K_A G(s)(1 + K_D s)} = \frac{K_A K_m / T}{s^2 + (1 + K_A K_m K_D)\left(\frac{s}{T}\right) + (K_A K_m)/T}$$

यह आसानी से देखा जा सकता है कि इकाई रैंप को स्थिर अवस्था त्रुटि दी गई है

$e_{ss} = 1/K_AK_m$, और अवमंदन अनुपात है;

$\zeta = (1+K_AK_mK_D)/2\sqrt{(TK_AK_D)}$

**टिप्पणी**- इस प्रकार ess के विनिर्देशन को $K_A$ और $K_D$ के उचित विकल्प द्वारा एक साथ पूरा किया जा सकता है।

**सिस्टम की खामियां**

सभी व्यावहारिक प्रणालियाँ कुछ हद तक अपूर्ण हैं। इसके परिणामस्वरूप, वास्तविक सिस्टम प्रतिक्रिया चित्र 4 की आदर्श प्रतिक्रिया से भिन्न होती है, जो दूसरे क्रम की रैखिक प्रणाली के लिए मान्य है। वर्तमान सेट-अप से संबंधित कुछ योगदान कारक हैं:

*(a)* **आर्मेचर करंट की संतृप्ति** - मोटर चालू होने या उसकी दिशा उलटने पर चालक को उच्च धाराओं से बचाने के लिए आवश्यक है। इसका तात्पर्य धीमी प्रतिक्रिया की ओर ले जाने वाली बड़ी त्रुटियों के लिए अधिकतम नियंत्रण प्रयास को सीमित करना है।

*(b)* **एम्पलीफायर संतृप्ति** - इसके भी उपरोक्त के समान प्रभाव है, हालांकि संतृप्ति अब एक सर्किट की सीमा है।

*(c)* **डेड ज़ोन** - यह न्यूनतम वोल्टेज के कारण होता है जिसके नीचे ब्रश और बियरिंग के घर्षण के कारण मोटर चालू नहीं होती है। इसके परिणामस्वरूप स्थिर अवस्था त्रुटि अपेक्षा से अधिक बड़ी हो सकती है।

*(d)* **नॉनलाइनियर टैकोजेनरेटर और मोटर विशेषताएँ** - यह विनिर्माण संबंधी अशुद्धियों के कारण है।

*(e)* **सिस्टम ऑर्डर** - लोड विशेषताओं, देरी और उपयोग किए गए फ़िल्टर के कारण यह वास्तव में दो से अधिक हो सकता है।

**पीआईडी - नियंत्रक**

फ्रंट पैनल पर तीनों खंडों को उपयुक्त प्लग डालकर अलग-अलग जोड़ा जा सकता है और फ्रंट पैनल पर पोटेंशियोमीटर का उपयोग करके पैरामीटर, जैसे Kp, Ki और Kd नीचे दी गई सीमा में भिन्न हो सकते हैं।

Kp, आनुपातिक लाभ, 0 से 22 तक भिन्न होता है।

Ki, इंटीग्रल गेन, 0 से 10 तक भिन्न होता है।

Kd, व्युत्पन्न लाभ, 0 से 2.5 तक भिन्न होता है

अपने अध्ययन को बहुत सरल बनाने के लिए हम केवल इस बात पर चर्चा करते हैं कि पीआईडी लाभ उनके वास्तविक मूल्यों के बजाय क्षणिक प्रतिक्रिया को कैसे प्रभावित करते हैं। इसलिए पैनल पर पोटेंशियोमीटर को 0 से 10 तक कैलिब्रेट किया जाता है और वास्तविक पैरामीटर मानों के बावजूद इसका उपयोग किया जाता है। सरलता के लिए पोटेंशियोमीटर सेटिंग्स को पी, आई और डी के रूप में संदर्भित किया जाएगा।

**प्रायोगिक कार्य**

इसप्रयोग हमें पीआईडी नियंत्रण के साथ बंद लूप सिस्टम और संयुक्त आनुपातिक एवं टैकोजेनरेटर फीडबैक के साथ बंद लूप सिस्टम के प्रदर्शन का अध्ययन करने में सक्षम बनाते हैं। यहाँ डेड क्षेत्र का विचार और स्थिर अवस्था त्रुटि पर इसका प्रभाव भी प्रस्तुत किया गया है। सिस्टम की प्रतिक्रिया को संग्रहीत करने और प्रदर्शित करने के लिए सेट-अप में तरंगरूप कैप्चर/डिस्प्ले का प्रावधान किया गया है।

**तरंगरूप कैप्चर/प्रदर्शन**

जब भी कोई चरण इनपुट दिया जाता है तो यह कार्ड स्वचालित रूप से सिस्टम की प्रतिक्रिया को रैम में संग्रहीत करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। संग्रहीत प्रतिक्रिया सीआरओ पर प्रदर्शित होती है। इसके संचालन के चरण नीचे दिए गए हैं:

(अ) सिस्टम चालू करें और/या रीसेट स्विच दबाएं - यूनिट अक्षों को प्रदर्शित करने के लिए डिस्प्ले में जाती है और रैम कंटेंट दिखाती है (वर्तमान में शून्य)।

(ब) मोड स्विच दबाएं - यूनिट चरण प्रतिक्रिया को कैप्चर के लिए तैयार हो जाती है।

(स) स्टेप इनपुट लागू करने से अब स्टोरेज शुरू हो जाता है। कैप्चर चक्र के अंत में, मोड स्वचालित रूप से डिस्प्ले में स्थानांतरित हो जाता है और सीआरओ पर प्रतिक्रिया तरंग दिखाई देती है।

(द) नई प्रतिक्रिया का भंडारण या RESET स्विच दबाने से वर्तमान तरंगरूप मिट जाता है।

(इ) डिस्प्ले के टाइम स्केल को यूनिट के एक्स-आउटपुट (सॉटूथ) को सीआरओ के वाई-इनपुट में फीड करके और इसकी समय अवधि और आयाम निर्धारित करके कैलिब्रेट किया जा सकता है।

## बंद लूप अध्ययन

CONTINUOUS कमांड के माध्यम से स्थिति नियंत्रण

- सुनिश्चित करें कि चरण command स्विच बंद है।
- दिए गए प्लग का उपयोग करके ही पी-सेक्शन को कनेक्ट करें।
- एक छोर से शुरू करते हुए, COMMAND पोटेंशियोमीटर को छोटे चरणों में घुमाएँ और प्रतिक्रिया पोटेंशियोमीटर के घूर्णन का निरीक्षण करें।
- Kp के कुछ मानों के लिए θR, VR, θ0 और V0 को रिकॉर्ड करें और प्लॉट करें।
- ΔθR और Δθ0 की गणना करें (प्रारंभिक रीडिंग को नाममात्र मान के रूप में लेते हुए) और प्लॉट करें। प्रत्येक चरण पर त्रुटियों (ΔθR-Δθ0), (ΔVR-ΔV0) की भी गणना करें। Kp के साथ त्रुटियों की उपस्थिति और उनकी भिन्नता को जस्टिफाई करें।
- अब P और I-सेक्शन दोनों को कनेक्ट करें। Ki को 30% पर सेट करें और उपरोक्त सभी चरणों को दोहराएं। अपने परिणामों की तुलना करें..

### *STEP कमांड के माध्यम से स्थिति नियंत्रण*

*आनुपातिक लाभ का प्रभाव*

- सुनिश्चित करें कि मोटर यूनिट पर टैकोजेनरेटर फीडबैक स्विच NEGATIVE पर सेट है।
- दिए गए प्लग का उपयोग करके ही पी-सेक्शन को कनेक्ट करें।
- VR=0 प्राप्त करने के लिए रिफरेन्स पोटेंशियोमीटर को समायोजित करें।
- P को 2 पर सेट करें.
- सीआरओ को कनेक्ट करें, टाइम स्केल को कैलिब्रेट करें और CAPTURE मोड पर स्विच करें।
- STEP इनपुट लागू करें. भंडारण पूरा होने और प्रतिक्रिया प्रदर्शित होने तक प्रतीक्षा करें। सीआरओ/डीएसओ से तरंगरूप का पता लगाएं।
- $M_p$, ζ, $t_p$, $t_r$ और स्थिर स्थिति त्रुटि की गणना करें।
- P = 3,4,.... के लिए दोहराएँ
- अब P = 6 सेट करें, और टैकोजेनरेटर लाभ के विभिन्न मान चुनें, KD=0.1, 0.2……और उपरोक्त अवलोकनों को दोहराएं।
- अगले भाग में दिखाए अनुसार परिणामों को सारणीबद्ध करें और चर्चा करें:
  अधिकतम ओवरशूट, वृद्धि समय और आगे लाभ के साथ स्थिर स्थिति त्रुटि में भिन्नता।

  अधिकतम ओवरशूट, वृद्धि समय और स्थिरता पर टैकोजेनरेटर फीडबैक का प्रभाव।

  चरण प्रतिक्रिया पर डेड क्षेत्र और संतृप्ति का प्रभाव।

- दूसरे क्रम की प्रणाली मानकर सैद्धांतिक भविष्यवाणियों के साथ अपने परिणामों की तुलना करें।

- सकारात्मक टैकोजेनरेटर फीडबैक के साथ अवलोकनों का एक सेट भी उपरोक्त तरीके से लिया जा सकता है।

*इंटीग्रल और डेरिवेटिव लाभ का प्रभाव*

- *प्लग का उपयोग करके P और I-सेक्शन दोनों को कनेक्ट करें*
- *P का एक मान निर्धारित करें जो प्रतिक्रिया में छोटा या कोई ओवरशूट नहीं देता है।*
- *अब स्थिर स्थिति प्रदर्शन में सुधार करने के लिए I बढ़ाएँ। ओवरशूट में वृद्धि पर ध्यान दें।*
- *डी-सेक्शन को भी कनेक्ट करें और बिना किसी स्थिर स्थिति त्रुटि और बिना किसी ओवरशूट के सर्वोत्तम चरण प्रतिक्रिया प्राप्त करने के लिए डी को समायोजित करें। पीआईडी मापदंडों को नोट करें*

## विशिष्ट परिणाम

एक समान इकाई पर प्राप्त विशिष्ट परिणाम मार्गदर्शन के लिए आगे दिए गए हैं। रीडिंग और परिणाम सभी तरंगरूप कैप्चर और यूनिट की अन्य अंतर्निहित सुविधाओं का उपयोग करके प्राप्त किए गए हैं। हालाँकि, सीआरओ के माध्यम से चरण प्रतिक्रिया रिकॉर्डिंग का एक सेट प्राप्त किया गया।

### *(a)* स्थिति नियंत्रण का मैन्युअल संचालन

$K_D = 0$, टैकोजेनरेटर चैनल डिसेबिल किया गया

P = 5, I = 0, D = 0

| क्र. सं. | $\theta_R$ डिग्री | $\Delta\theta_R$ डिग्री | $\theta_0$ डिग्री | $\Delta\theta_0$ डिग्री | $\Delta\theta_R$-$\Delta\theta_0$ डिग्री | $V_R$ वोल्ट | $V_0$ वोल्ट | $\Delta V_R$-$\Delta V_0$ वोल्ट |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

$V_R$ वीआर के मापे गए मूल्यों में नकारात्मक संकेत हैं जिन्हें तकनीकी कारणों से आंतरिक सर्किटरी में उलटा नहीं किया गया है। हालाँकि इन्हें सकारात्मक के रूप में पढ़ा जा सकता है और गणना सकारात्मक मूल्यों के साथ की जानी चाहिए

***(b)* एक्स-आउटपुट का अंशांकन**

सीआरओ/डीएसओ के वाई-इनपुट से जुड़े एक्स-आउटपुट के साथ डिस्प्ले मोड में, एक सॉटूथ तरंग रूप देखा जाता है। मापन पर;

सॉटूथ का आयाम = 5.6 वोल्ट।

मुख्य रैखिक भाग की समय अवधि = 39 मि.से.

इस प्रकार एक्स-आउटपुट स्केल फैक्टर 6.96 मि.से./वोल्ट है

ऊपर दिए गए एक्स-आउटपुट वेवफॉर्म में एक्सिस डिस्प्ले पार्ट और वेवफॉर्म डिस्प्ले पार्ट शामिल हैं। की पहचान बहुत लंबी समयावधि से की जाती है जिसे ऊपर मापा गया है।

***(c) टैकोजेनरेटर फीडबैक के बिना स्थिति नियंत्रण की चरण प्रतिक्रिया***

***(क्षणिक प्रतिक्रिया पर अलग-अलग पी-लाभ का प्रभाव: पी-नियंत्रण)***

सेट करें, I = 0, D = 0 (पी आई डी पैरामीटर)

सेट करें, $K_D$=0 (टैकोजेनरेटर लाभ)

$V_s$=2.5 V (आंतरिक रूप से सेट)

| **क्र. सं.** | **P** | **$M_p$ %** | **$t_p$ मि.से.** | **$t_r$ मि.से.** | ζ | **$e_{ss}$ वोल्ट** | **$\omega_n$ रेड./से.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(क्षणिक प्रतिक्रिया पर आई-गेन देने का प्रभाव: पीआई-नियंत्रण)

सेट करें, P = 2, D = 0 (पी आई डी पैरामीटर)

सेट करें, $K_D$=0 (टैकोजेनरेटर लाभ)

$V_s$=2.5 V (आंतरिक रूप से सेट)

| **क्र. सं.** | **P** | **$M_p$ %** | **$t_p$ मि.से.** | **$t_r$ मि.से.** | ζ | **$e_{ss}$ वोल्ट** | **$\omega_n$ रेड./से.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(क्षणिक प्रतिक्रिया पर डी-गेन शुरू करने का प्रभाव: पीआईडी-नियंत्रण)

सेट करें, P = 2, I = 2 (पी आई डी पैरामीटर)

सेट करें, $K_D$=0 (टैकोजेनरेटर लाभ)

$V_s$=2.5 V (आंतरिक रूप से सेट)

| **क्र. सं.** | **$K_D$** | **$M_p$ %** | **$t_p$ मि.से.** | **$t_r$ मि.से.** | ζ | **$e_{ss}$ वोल्ट** | **$\omega_n$ रेड./से.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

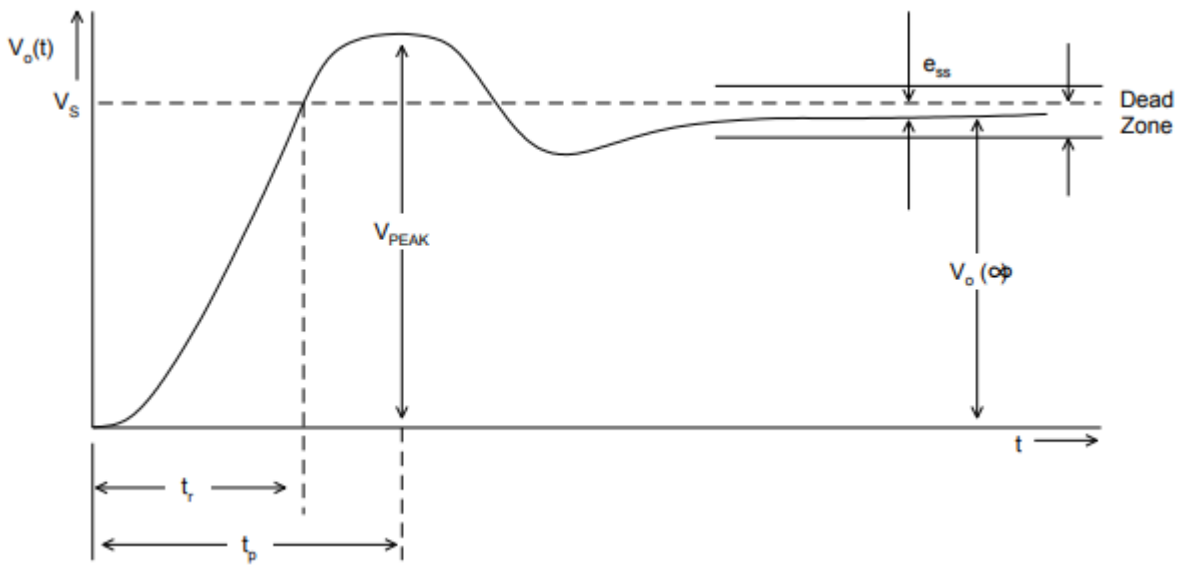



Fig. 5 : Typical step response of the position control system

## (c) टैकोजेनरेटर फीडबैक के साथ स्थिति नियंत्रण की चरण प्रतिक्रिया

***(क्षणिक प्रतिक्रिया पर टैचो गेन शुरू करने का प्रभाव: वेलोसिटी फीडबैक)***

सेट करें, P = 6, I = 0. D = 0 (पी आई डी पैरामीटर)

$V_s$=2.5 V (आंतरिक रूप से सेट)

| **क्र. सं.** | **$K_D$** | **$M_p$, %** | **$t_p$ मि.से.** | **$t_r$ मि.से.** | **ζ** | **$e_{ss}$ वोल्ट** | **$\omega_n$ रेड./से.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | | | | |
| 2. | | | | | | | |
| 3. | | | | | | | |
| 4. | | | | | | | |

चित्र 5 का संदर्भ लेते हुए,

$e_{ss}=V_s-V_0$, जहां Vs और V0 को DVM द्वारा मापा जा सकता है

$$M_p = \frac{V_{PEAK} - V_0(\infty)}{V_0(\infty)} \times 100\ \%$$

$t_p$, $t_r$ सीआरओ/डीएसओ से प्राप्त किया जा सकता है

ζ की गणना मानक संबंध का उपयोग करके $M_p$ से की जा सकती है

$$M_p = exp\left(-\pi\epsilon/\sqrt{(1-\epsilon^2)}\right)$$

$\omega_n$ की गणना की जा सकती है; $t_p = \left\{\pi/\omega_n\sqrt{(1-\epsilon^2)}\right\}$

सिस्टम के बंद लूप और खुले लूप ट्रांसफर फ़ंक्शन को अब इस प्रकार लिखा जा सकता है,

बंद लूप :

$$\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\epsilon\omega_n s + \omega_n^2}$$

खुले लूप ( $K_A$ के सिवा)

$$\therefore \frac{1}{K_A}\frac{w_n^2}{s(s+2\epsilon\omega_n)}$$

**टिप्पणी:** 1. ओपन लूप ट्रांसफर फ़ंक्शन ($K_A$ को छोड़कर) अलग-अलग रीडिंग के लिए अलग-अलग आता है - सिस्टम वास्तव में दूसरे क्रम का फ़ंक्शन नहीं है।

2. प्रतिक्रिया वक्रों की चोटियाँ चपटी हैं - मोटर में डेड क्षेत्र है।

3. $K_A$ के साथ पीक ओवरशूट में उल्लेखनीय वृद्धि नहीं होती है - मोटर आर्मेचर धाराएं प्रतिबंधित हैं।

$_P$, $t_p$, $\zeta$ और $e_{ss}$ को ऊपर (सी) में उल्लिखित अनुसार प्राप्त किया जा सकता है।

**टिप्पणी:** 1. टैकोजेनरेटर फीडबैक $M_P$ को कम करने और बढ़ाने के लिए देखा जाता है। रिलेटिव स्थिरता में सुधार हुआ है.

2. tr और tp में वृद्धि से सिस्टम धीमा हो जाता है.

3. स्थिर अवस्था त्रुटि अपरिवर्तित रहती है।

**नोट:** कुछ परिचालन स्थितियों के तहत, मोटर लगातार अनियंत्रित घूमना शुरू कर सकता है। ऐसा रिस्पॉन्स पोटेंशियोमीटर में बहुत छोटे गैप (लगभग 5°) के कारण होता है, जो अपनी जड़ता के कारण मोटर द्वारा आसानी से ओवरशूट कर लिया जाता है। ऐसी स्थिति में लाभ को कम करके या कमांड पोटेंशियोमीटर की स्थिति को बदलकर सामान्य संचालन बहाल किया जा सकता है।

स्थिर अवस्था त्रुटि के परिणाम हमेशा सही नहीं हो सकते हैं, विशेषकर छोटी त्रुटियों के लिए। यह शाफ्ट के घर्षण के कारण हो सकता है जो मोटर को स्थिर अवस्था के पास रोक देता है लेकिन जरूरी नहीं कि यह बिल्कुल स्थिर अवस्था में ही हो। I-कंट्रोल सक्रिय होने पर, एक छोटी स्थिर स्थिति त्रुटि को भी धीरे-धीरे एकीकृत किया जाएगा जब तक कि यह मोटर को दूसरी दिशा में धकेलने के लिए पर्याप्त न हो जाए। यह प्रक्रिया पीरिओंडीकली किसी भी समय तक जारी रह सकती है।

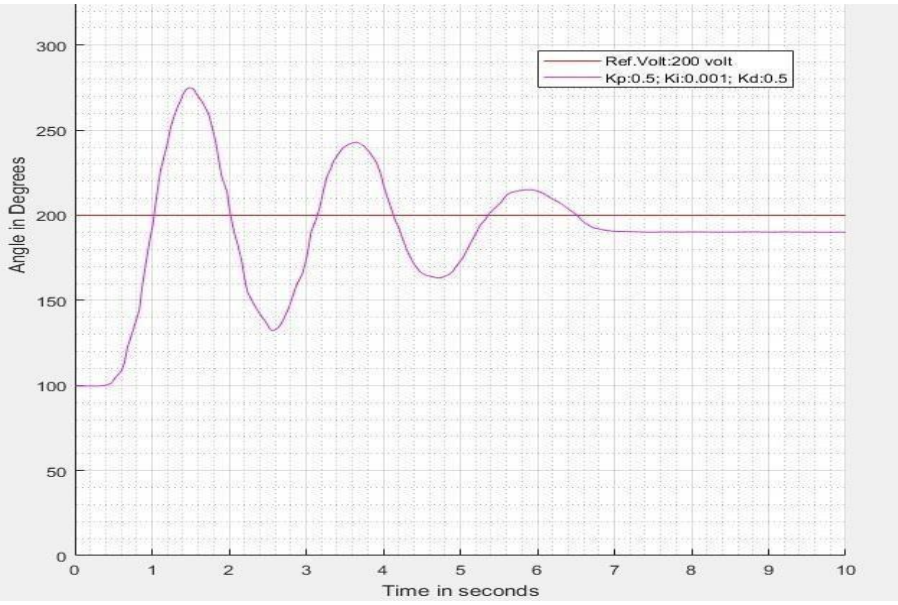
**कंप्यूटर इंटरफ़ेस प्रयोग (MATLAB)**

## इनस्टॉलेशन चरण

सुनिश्चित करें कि कंप्यूटर पर MATLAB 2015b संस्करण या बाद का संस्करण स्थापित है। हार्डवेयर सेटअप के साथ दिए गए FT232 ड्राइवर को कंप्यूटर पर इंस्टॉल करें, फिर दिए गए सेटअप फ़ाइल पर क्लिक करें और कंप्यूटर सभी आवश्यक लाइब्रेरी को MATLAB के डिफ़ॉल्ट टूलबॉक्स फ़ोल्डर में इंस्टॉल कर देगा।

**प्रायोगिक प्रक्रिया:**

इस प्रयोग का उद्देश्य MATLAB कमांड की मदद से हार्डवेयर को संचालित करना और कंप्यूटर स्क्रीन पर परिणाम देखना है। इसके अलावा आगे के विश्लेषण के लिए परिणामों को एक्सेल फ़ाइल में संग्रहीत करने के प्रावधान भी हैं। पहले कदम के रूप में, कंप्यूटर लिंक को छोड़कर, फ्रंट पैनल पर सभी हार्डवेयर कनेक्शन को हटाने की जरूरत है। इसके अलावा उपयोग किए गए COM पोर्ट की पहचान करते समय TECH-CAMM को बैक पैनल पर डीसी पोजिशन कंट्रोल यूनिट के साथ-साथ यूएसबी के माध्यम से पीसी से कनेक्ट करने की आवश्यकता होती है। फिर दोनों इकाइयों को पावर दें और MATLAB खोलें। विंडो की शीर्ष पंक्ति पर 'ऑन जोड़ें' पर क्लिक करें, फिर 'ऐड ऑन प्रबंधित करें' और अंत में डीसीएस पर 'फ़ोल्डर खोलें' पर क्लिक करें।




चित्र ए : डिफ़ॉल्ट प्रतिक्रिया

प्रारंभ में मोटर तब तक लगातार घूमती रहेगी जब तक प्रोग्राम आरंभ करने वाला आदेश नहीं दिया जाता।

**(a)** टाइप करके प्रोग्राम प्रारंभ करें,

x=Techno_DCP('COM...')

**(b)** यूनिट को डिफ़ॉल्ट सेटिंग के साथ संचालित करें

यह भाग उपयोगकर्ता को विशिष्ट प्रतिक्रिया का एक नमूना देगा जो MATLAB आधारित PID नियंत्रण के साथ अपेक्षित है। विभिन्न सेटिंग हैं:

(i) शुरुआती कोण को 100 डिग्री पर सेट करें
(ii) लक्ष्य कोण 200 डिग्री पर सेट किया गया
(iii) पीआईडी पैरामीटर, P = 0.5, I = 0.001 and D = 0.5
(iv) अधिकतम प्रतिक्रिया समय 10 सेकंड पर सेट किया गया

उपरोक्त सभी सेटिंग्स उपयोगकर्ता द्वारा किसी भी समय बदली जा सकती हैं। निम्नलिखित आदेश अब मोटर को संचालित करेगा।

x.start_resp()

विंडो के बाएँ कोने पर 'busy' प्रदर्शित होने तक प्रतीक्षा करें जिसके बाद चित्र A में दिखाए अनुसार चरण प्रतिक्रिया स्क्रीन पर दिखाई देगी। मुख्य स्क्रीन पर एक तालिका प्रतिक्रिया के विभिन्न मापदंडों को दिखाएगी।

**(c)** उपयोगकर्ता सेटिंग्स के साथ इकाई का संचालन करें

उपरोक्त आदेश अर्थात x.start.resp() एक बार फिर देने से पहले चरण प्रतिक्रिया गुणों को बदलने के लिए उपयोगकर्ता द्वारा निम्नलिखित में से कोई भी आदेश दिया जा सकता है।

(i) प्रतिक्रिया के आरंभिक और अंतिम कोण को बदलने के लिए,
x.set_start(...) and x.set_ref(...)

कोण डिग्री में हैं. पोटेंशियोमीटर के अंतिम बिंदु पर मोटर के कूदने और लगातार घूमने से बचने के लिए 0 या 360 के बहुत करीब मान न चुनें।

(ii) पीआईडी और टैकोजेनरेटर लाभ को बदलने के लिए,

x.set_P(...) आम तौर पर रेंज, 0.2 to 0.6

x.set_I(...) आम तौर पर रेंज, 0 to 0.05

x.set_D(...) आम तौर पर रेंज, 0 to 1.5

x.set_tacho(...) आम तौर पर रेंज, 0 to -2

उपरोक्त श्रेणियाँ हार्डवेयर मापदंडों और उचित सिस्टम प्रदर्शन के अनुरूप हैं। उपयोगकर्ता उपरोक्त सीमा के बाहर भी सेटिंग्स का पता लगा सकते हैं।

(iii) प्रतिक्रिया देखने के लिए अधिकतम समय बदलने के लिए,
x.set_max_time(...) The value is to be entered in seconds

(iv) प्राप्त सभी प्रतिक्रियाओं के डेटा को भेजने करने के लिए कोई उपयुक्त गंतव्य फ़ोल्डर चुनते समय निम्नलिखित कमांड का उपयोग कर सकता है।

x.export_data(...)

यदि प्रयोग के दौरान, किसी कारण से, किसी विशेष प्रतिक्रिया को हटाने की आवश्यकता हो, तो यह कमांड द्वारा किया जा सकता है,

x.delete_latest()

हालाँकि वैकल्पिक रूप से विशेष पंक्ति को एक्सेल फ़ाइल से हटाया जा सकता है।

(v) प्रयोग करने के बाद यह कमांड सभी खुले COM पोर्ट को बंद करना सुनिश्चित करेगा और आगे के उपयोग के लिए सिस्टम को रिफ्रेश करेगा।

```
x.close()
```

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

# DIGITAL CONTROLLER LABORATORY

EXPERIMENT NO: 5

**Aim:** To study MATLAB based robotic arm kit.

**Appratus required:**

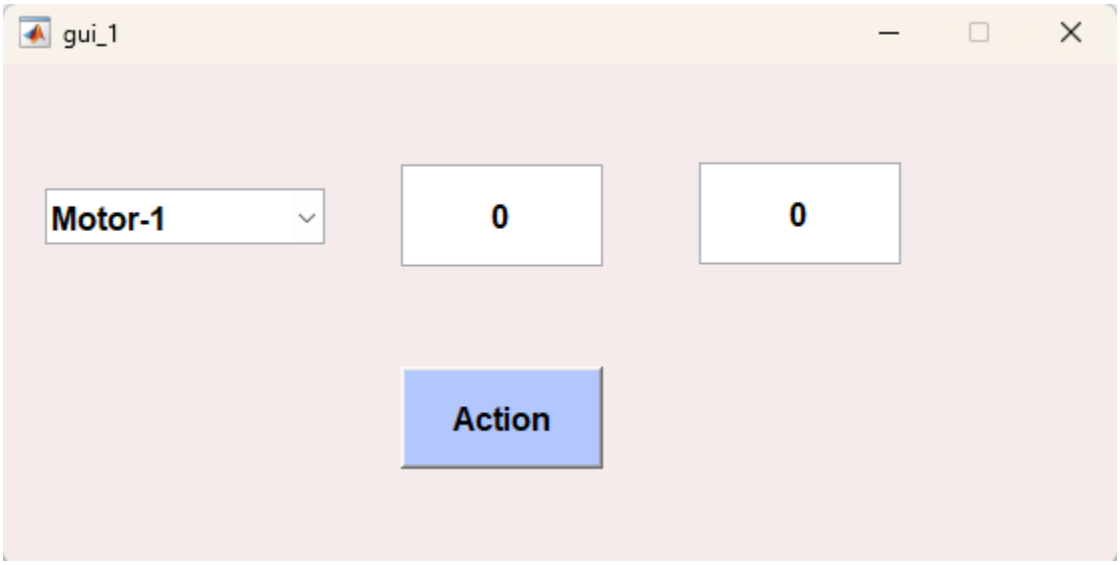
Robotic arm kit
Desktop computer with MATLAB Software

**Theory:** A robotic arm refers to a mechanical and programmable arm with comparable functions (e.g., grasping, and placing objects) to a human arm. They're usually motor-driven consisting of a collection of joints, articulations, and manipulators, and are employed to accomplish heavy and/or repetitive processes quickly and consistently. They are particularly valuable in the industries of industrial production, manufacturing, machining, and assembly.In this experiment, the robotic arm kit (prototype model) is used to understand the basic operation of arm using MATLAB. There are total 06 Nos. of motor fitted to operate the arm. The speed and position of the motors can be changed as per requirement using command.

Robotic arm kit

**Procedure:**

1. Verify the connection ( com port) if not, then connect it
2. Open MATLAB in desktop computer
3. Enter the program given below
4. Run this program
5. Select the motor to give command for angle and speed.
6. Press the action button to run the motors.




Gui window to operate the motors

**MATLAB Program:**

```
function varargout = gui_1(varargin)

gui_Singleton = 1;

gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...

                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...

                   'gui_OpeningFcn', @gui_1_OpeningFcn, ...

                   'gui_OutputFcn',  @gui_1_OutputFcn, ...

                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...

                   'gui_Callback',   []);

if nargin && ischar(varargin{1})

    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});

end

if nargout

    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
```

```
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function gui_1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;


guidata(hObject, handles);
function varargout = gui_1_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function position_Callback(hObject, eventdata, handles)
function position_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function speed_Callback(hObject, eventdata, handles)
function speed_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function select_Callback(hObject, eventdata, handles)
function select_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function action_Callback(hObject, eventdata, handles)
x = get(handles.select,'value')
y = get(handles.position,'string')
z = get(handles.speed,'string')
```

```
s = serial('COM12','baudrate',115200);
if isempty(str2double(y))==0 && isempty(str2double(z))==0
    ['{' num2str(x) ',' y ',' z '}']
    fopen(s);
    fprintf(s,['{' num2str(x) ',' y ',' z '}']);
    fclose(s);
end
```

**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 5**

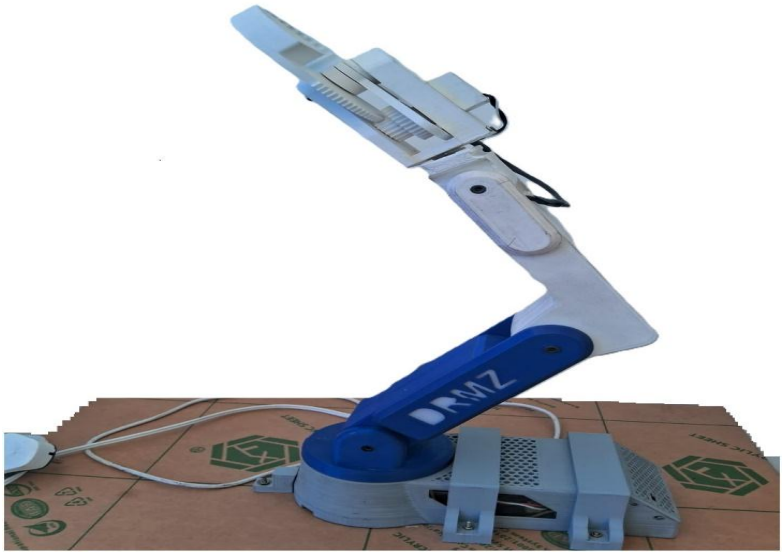
**उद्देश्य:** MATLAB आधारित रोबोटिक आर्म किट का अध्ययन करना।

**आवश्यक उपकरण:**

रोबोटिक आर्म किट

MATLAB सॉफ्टवेयर के साथ डेस्कटॉप कंप्यूटर

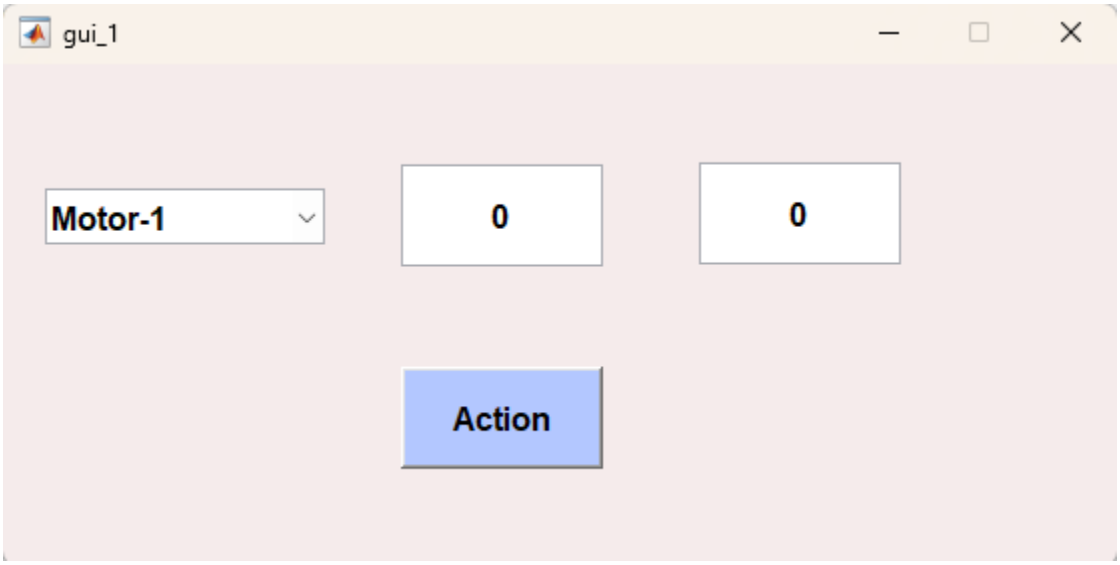
**सिद्धांत:** रोबोटिक आर्म एक यांत्रिक और प्रोग्राम करने योग्य आर्म है, जिसके कार्य मानव आर्म के समान हैं (जैसे, वस्तुओं को पकड़ना और रखना)। वे आम तौर पर मोटर से चलने वाले होते हैं, जिनमें जोड़ों, जोड़ों और मैनिपुलेटर्स का संग्रह होता है, और भारी और/या दोहराव वाली प्रक्रियाओं को जल्दी और लगातार पूरा करने के लिए उपयोग किए जाते हैं। वे औद्योगिक उत्पादन, विनिर्माण, मशीनिंग और असेंबली के उद्योगों में विशेष रूप से मूल्यवान हैं। इस प्रयोग में, रोबोटिक आर्म किट (प्रोटोटाइप मॉडल) का उपयोग MATLAB का उपयोग करके आर्म के मूल संचालन को समझने के लिए किया जाता है। आर्म को संचालित करने के लिए कुल 06 मोटर लगे हैं। कमांड का उपयोग करके आवश्यकतानुसार मोटरों की गति और स्थिति को बदला जा सकता है।




रोबोटिक आर्म किट

**प्रक्रिया:**

1. कनेक्शन (कॉम पोर्ट) सत्यापित करें यदि नहीं, तो इसे कनेक्ट करें
2. डेस्कटॉप कंप्यूटर में MATLAB खोलें
3. नीचे दिए गए प्रोग्राम को दर्ज करें
4. इस प्रोग्राम को चलाएं
5. कोण और गति के लिए कमांड देने के लिए मोटर का चयन करें।
6. मोटर चलाने के लिए एक्शन बटन दबाएँ।




मोटर्स को संचालित करने के लिए GUI विंडो

**MATLAB प्रोग्राम:**

```
function varargout = gui_1(varargin)

gui_Singleton = 1;

gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...

                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...

                   'gui_OpeningFcn', @gui_1_OpeningFcn, ...

                   'gui_OutputFcn',  @gui_1_OutputFcn, ...

                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...

                   'gui_Callback',   []);

if nargin && ischar(varargin{1})

    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
```

```
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
function gui_1_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
handles.output = hObject;


guidata(hObject, handles);
function varargout = gui_1_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
varargout{1} = handles.output;
function position_Callback(hObject, eventdata, handles)
function position_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function speed_Callback(hObject, eventdata, handles)
function speed_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function select_Callback(hObject, eventdata, handles)
function select_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
function action_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
x = get(handles.select,'value')
y = get(handles.position,'string')
z = get(handles.speed,'string')
s = serial('COM12','baudrate',115200);
if isempty(str2double(y))==0 && isempty(str2double(z))==0
    ['{' num2str(x) ',' y ',' z '}']
    fopen(s);
    fprintf(s,['{' num2str(x) ',' y ',' z '}']);
    fclose(s);
end
```

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

**DIGITAL CONTROLLER LABORATORY**

EXPERIMENT NO: 6

**Aim:** To study Open CV software-based image processing and object detection kit.

**Appratus required:**

Image Processing Kit
Open CV Software
Aurdino Board
TFT Display

**Theory:**

Image processing is any form of signal processing for which the input is an image, such as a photograph; the output of image processing may be either an image or a set of characteristics or parameters related to the image (i.e. colours). Most image processing techniques involve treating the image as a two-dimensional signal and applying standard signal processing techniques to it.

In this experimental kit, following equipment fixed-

RGB camera

Proximity Sensor

Aurdino Board

Conveyer belt

**RGB camera:** RGB cameras are designed specifically to capture visible light. These cameras use a Color Array Filter (CFA) with the standard Bayer BGGR pattern, which is sensitive to the

primary colors of visible light: red, green, and blue. The Bayer filter array is arranged in a mosaic over the camera sensor's pixels, with each pixel dedicated to capturing a specific color. The main purpose of an RGB camera is to capture images that will identify the colour of object so that the object can be select or reject based on colour.

**Proximity Sensor:** A proximity sensor is a device that can detect or sense the approach or presence of nearby objects and for this it does not need physical contact. Here this sensor is used to sense the object near to the junction so that motors can get signal to pass or reject the object.

**Arduino Board**: It is an open-source platform used as a microcontroller or as a programmable circuit board that runs with software (for ex. open CV) which is used to write code to the physical board. Here Open CV software is used to write the code for image processing.

**Procedure:**

1. Write the image processing (object detection with colour) program in Aurdino Board using Open CV Software.
2. Save and Run the program (for example- only Red coloured object can be pass)
3. Keep any colourful object which are mentioned in program, below the RGB Camera fitted on kit.
4. Object will be detected by camera and automatically goes to proximity sensor location.
5. The object can be pass or reject as per the program.

**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 6**

**उद्देश्य:** ओपन सीवी सॉफ्टवेयर-आधारित इमेज प्रोसेसिंग और ऑब्जेक्ट डिटेक्शन किट का अध्ययन करना।

**आवश्यक उपकरण:**

इमेज प्रोसेसिंग किट

ओपन सीवी सॉफ्टवेयर

ऑर्डिनो बोर्ड

TFT डिस्प्ले

**सिद्धांत:**

इमेज प्रोसेसिंग सिग्नल प्रोसेसिंग का कोई भी रूप है जिसके लिए इनपुट एक इमेज है, जैसे कि एक फोटोग्राफ; इमेज प्रोसेसिंग का आउटपुट या तो एक इमेज हो सकता है या इमेज से संबंधित विशेषताओं या मापदंडों का एक सेट (यानी रंग)। अधिकांश इमेज प्रोसेसिंग तकनीकों में इमेज को दो-आयामी सिग्नल के रूप में मानना और उस पर मानक सिग्नल प्रोसेसिंग तकनीक लागू करना शामिल है।

इस प्रायोगिक किट में निम्नलिखित उपकरण लगे हैं-

आरजीबी कैमरा

प्रॉक्सिमिटी सेंसर

ऑर्डिनो बोर्ड

कन्वेयर बेल्ट

**RGB कैमरा:** RGB कैमरे विशेष रूप से दृश्यमान प्रकाश को कैप्चर करने के लिए डिज़ाइन किए गए हैं। ये कैमरे मानक बेयर BGGR पैटर्न के साथ कलर ऐरे फ़िल्टर (CFA) का उपयोग करते हैं, जो दृश्यमान प्रकाश के प्राथमिक रंगों के प्रति संवेदनशील है: लाल, हरा और नीला। बेयर फ़िल्टर ऐरे को कैमरा सेंसर के पिक्सेल पर मोज़ेक में व्यवस्थित किया जाता है, जिसमें प्रत्येक पिक्सेल एक विशिष्ट रंग को कैप्चर करने के लिए समर्पित होता है। RGB कैमरे का मुख्य उद्देश्य ऐसी छवियाँ कैप्चर करना है जो ऑब्जेक्ट के रंग की पहचान करेगी ताकि ऑब्जेक्ट को रंग के आधार पर चुना या अस्वीकार किया जा सके।

**प्रॉक्सिमिटी सेंसर:** प्रॉक्सिमिटी सेंसर एक ऐसा उपकरण है जो आस-पास की वस्तुओं के आने या उनकी मौजूदगी का पता लगा सकता है और इसके लिए उसे शारीरिक संपर्क की ज़रूरत नहीं होती। यहाँ इस सेंसर का इस्तेमाल जंक्शन के पास की वस्तु को पहचानने के लिए किया जाता है ताकि मोटर को उस वस्तु को पास या रिजेक्ट करने का सिग्नल मिल सके।

**Arduino बोर्ड:** यह एक ओपन-सोर्स प्लेटफ़ॉर्म है जिसका उपयोग माइक्रोकंट्रोलर या प्रोग्रामेबल सर्किट बोर्ड के रूप में किया जाता है जो सॉफ़्टवेयर (उदाहरण के लिए ओपन CV) के साथ चलता है जिसका उपयोग भौतिक बोर्ड पर कोड लिखने के लिए किया जाता है। यहाँ इमेज प्रोसेसिंग के लिए कोड लिखने के लिए ओपन CV सॉफ़्टवेयर का उपयोग किया जाता है।

**प्रक्रिया:**

1. ओपन सीवी सॉफ्टवेयर का उपयोग करके ऑर्डिनो बोर्ड में इमेज प्रोसेसिंग (ऑब्जेक्ट डिटेक्शन विद कलर) प्रोग्राम लिखें।
2. प्रोग्राम को सेव करें और चलाएं (उदाहरण के लिए- केवल लाल रंग की वस्तु को पास किया जा सकता है)
3. किट पर लगे आरजीबी कैमरे के नीचे प्रोग्राम में उल्लिखित किसी भी रंगीन वस्तु को रखें।
4. कैमरे द्वारा वस्तु का पता लगाया जाएगा और स्वचालित रूप से निकटता सेंसर स्थान पर चला जाएगा।
5. प्रोग्राम के अनुसार वस्तु को पास या अस्वीकार किया जा सकता है।

DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
MAULANA AZAD NATIONAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
B.TECH/ M.TECH …. SEMESTER

# DIGITAL CONTROLLER LABORATORY

EXPERIMENT NO: 7

**Aim:** Programmable Logic Controller (PLC) based ladder network creation on Siemens PLC(S7-1200) for conveyor control application.

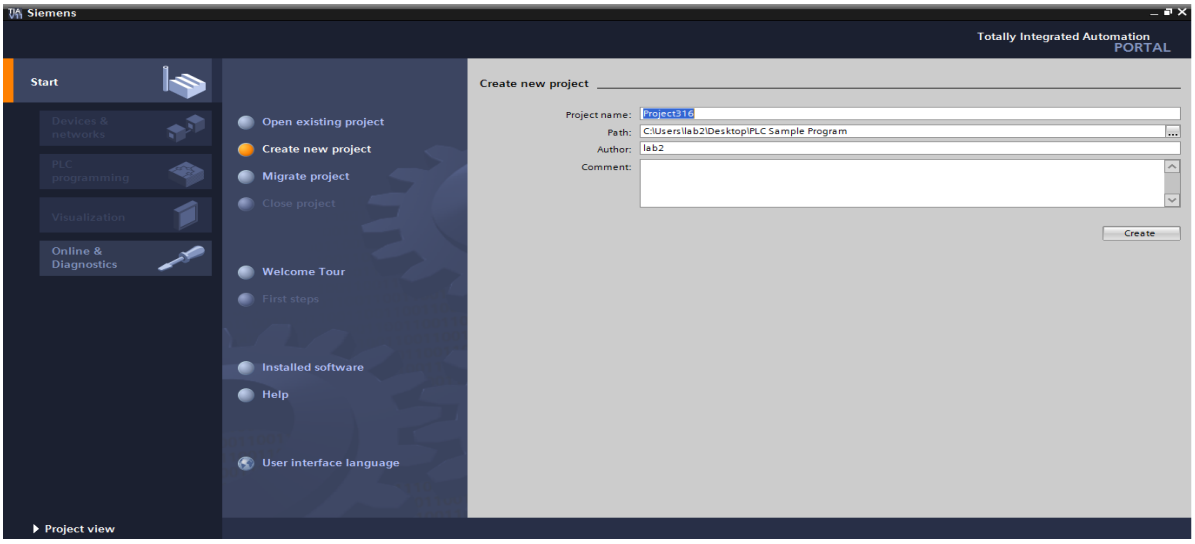
**Appratus required:**
PLC trainer kit
Conveyer control module
Desktop computer with TIA Siemens Software

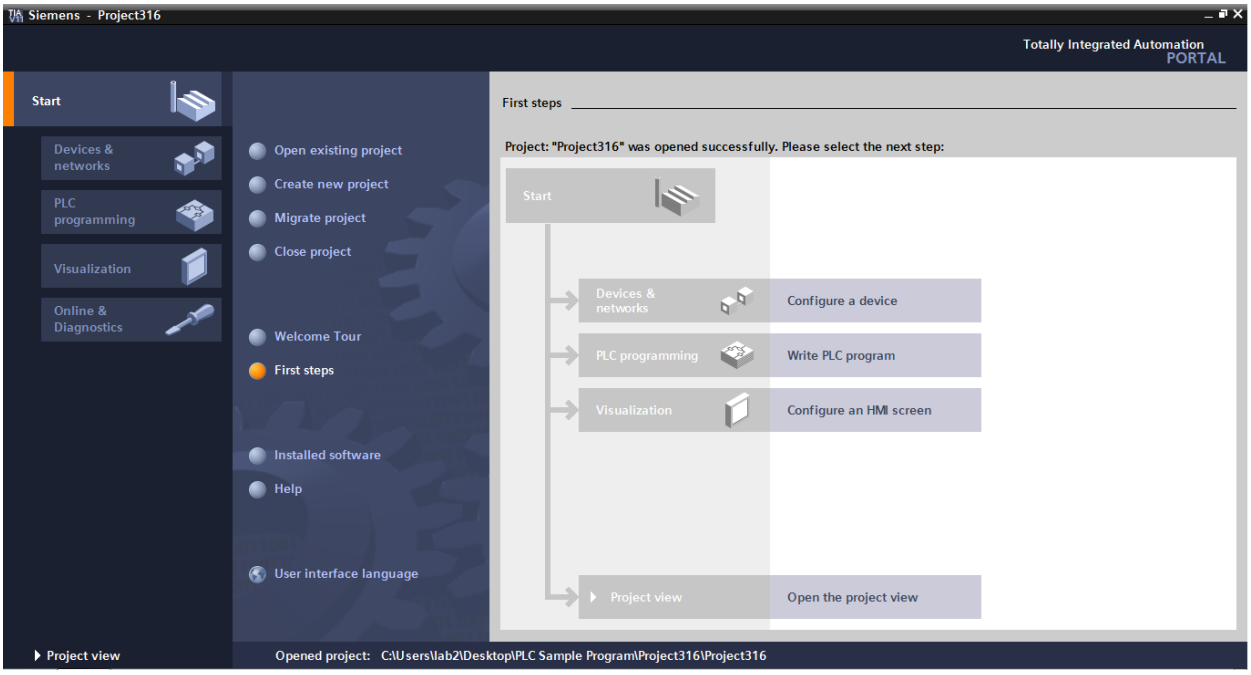
**Specifications:**

- Make: Siemens PLC S7-1200 (1214C DC/DC/DC)
- Memory
  - Work Memory: 25 KB
  - Load Memory: 1MB
  - Retentive Memory: 2 kB
- Onboard Digital IO: Input-14, Output-10
- Onboard Analog Input- 02
- Memory Area
  - Process Image Input-I
  - Process Image Output-Q
  - Bit Memory- M

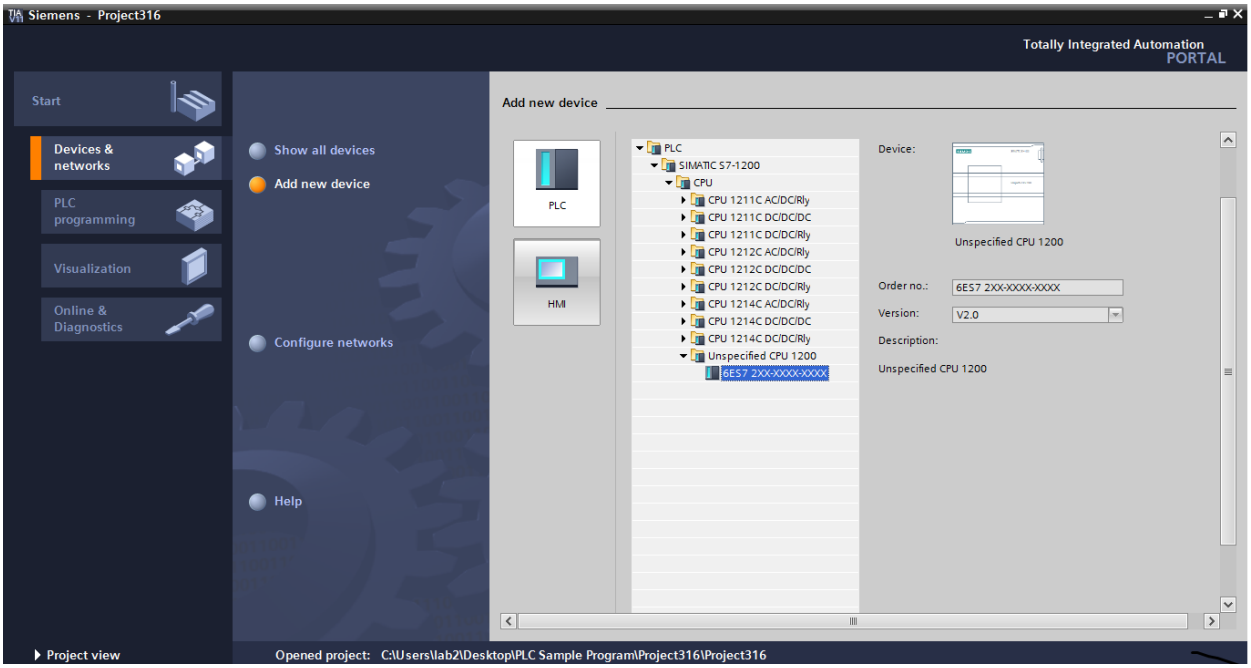
**Creating Project**

- Double click the desktop icon to start STEP Basic (TIA portal V11)
- After STEP 7 Basic opens, click "create new project" in the start portal.

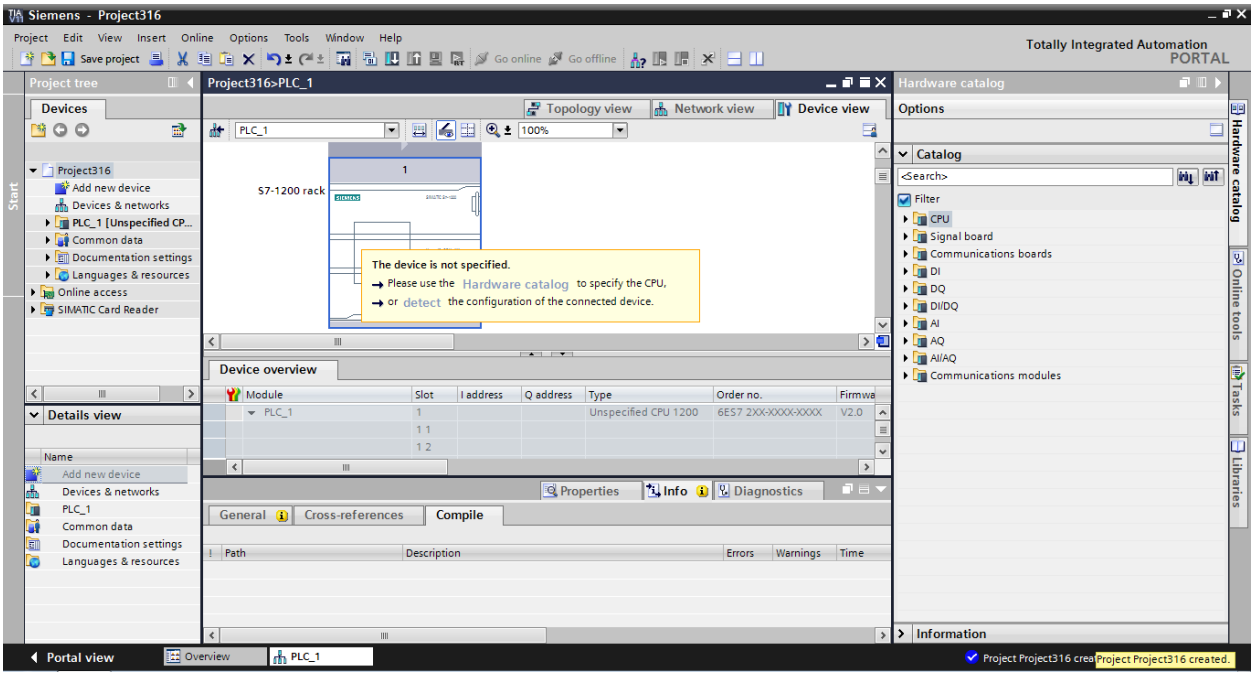




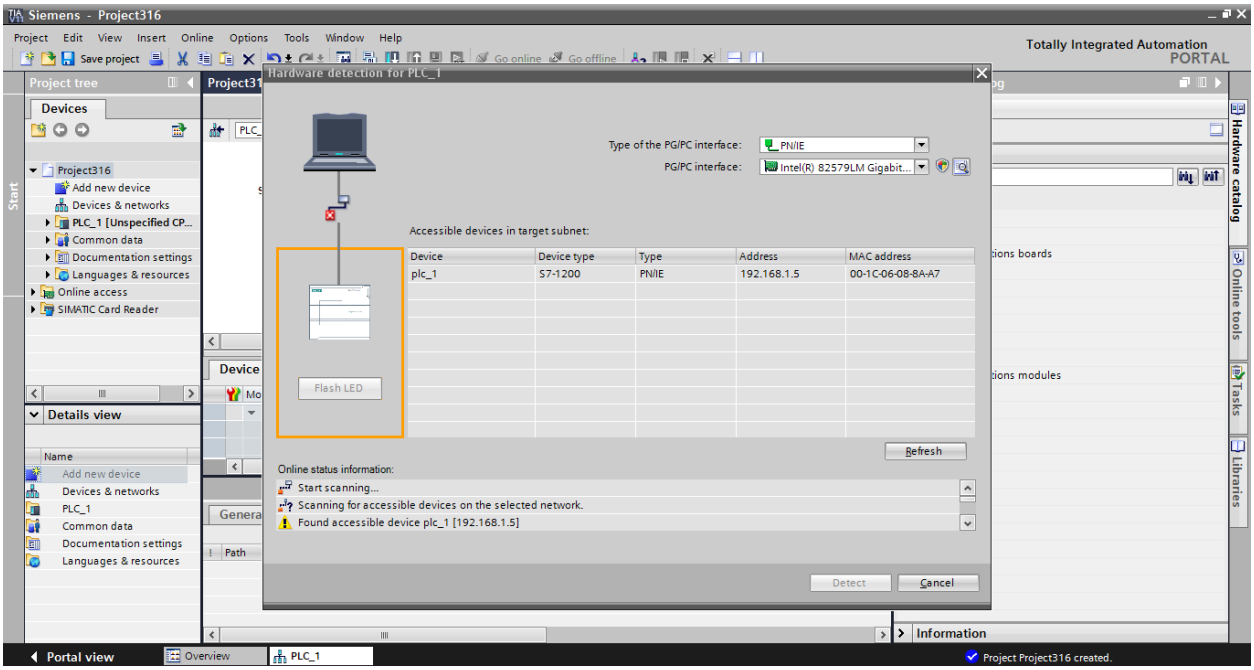

- Click on ‘configure a device’, add a new device’
- Select ‘unspecified CPU’ and select CPU and click add button.



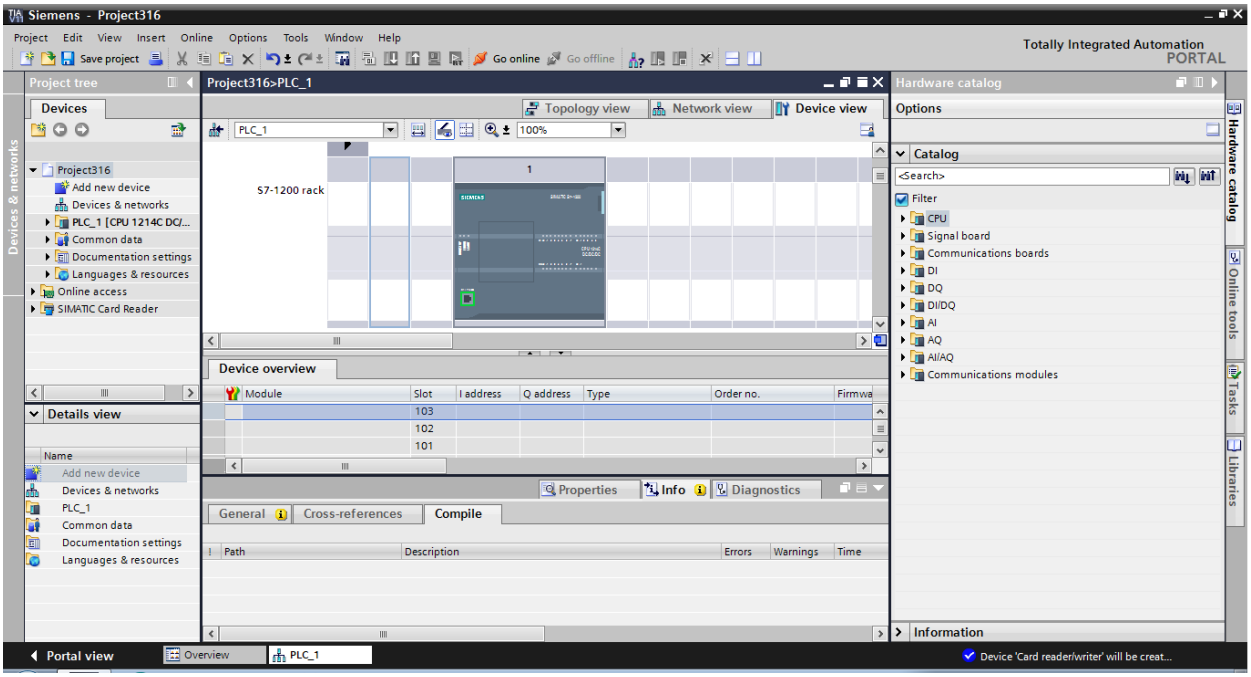

The screen shown below will be available



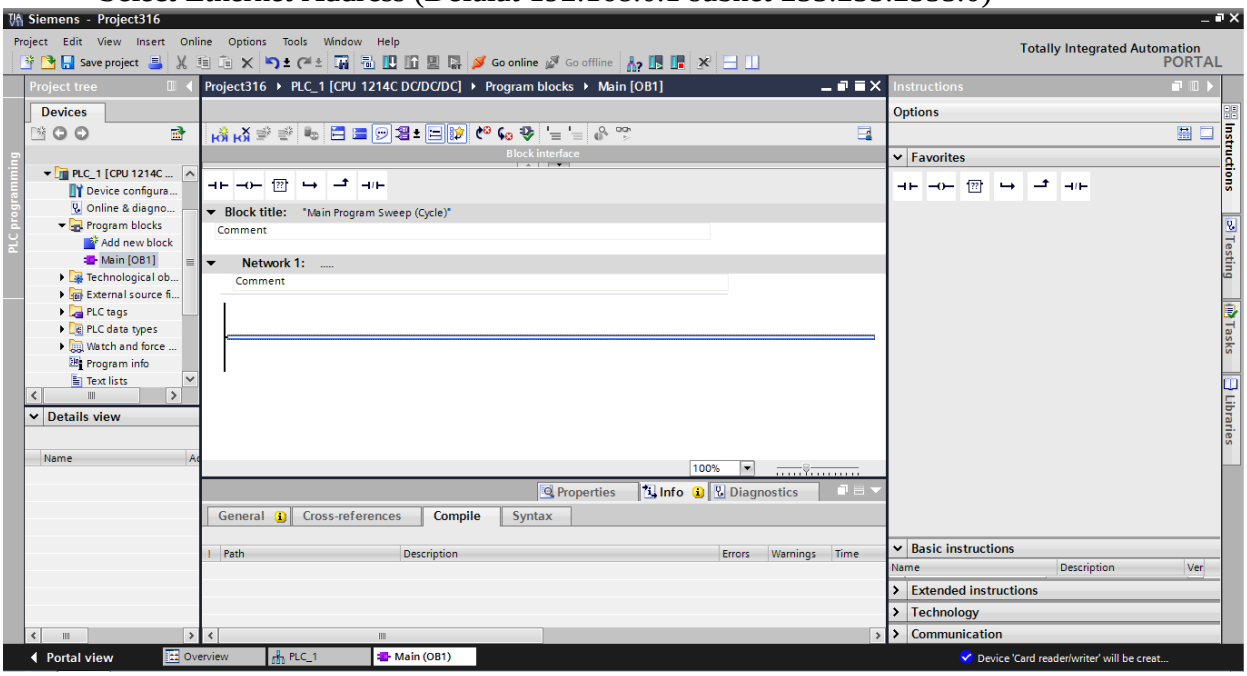

- Click ‘detect’ to detect the CPU. Turn ON PLC trainer and click ‘Refresh’ if CPU is not readable




- Click ‘detect’ button to load the CPU as shown below



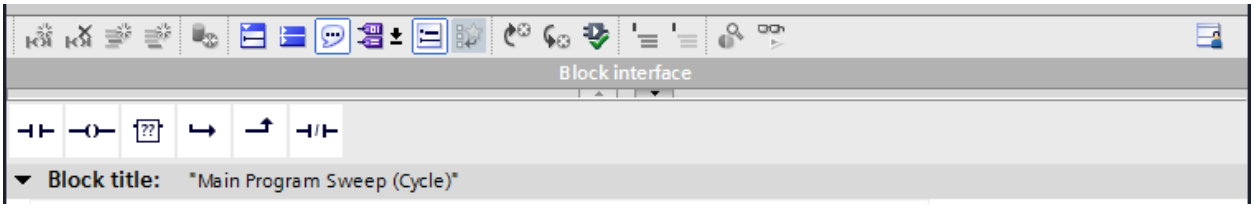

- Configure device
  - Select the CPU
  - Go to the property tab
  - Select Ethernet Address (Defalut 192.168.0.1 subnet 255.255.2555.0)



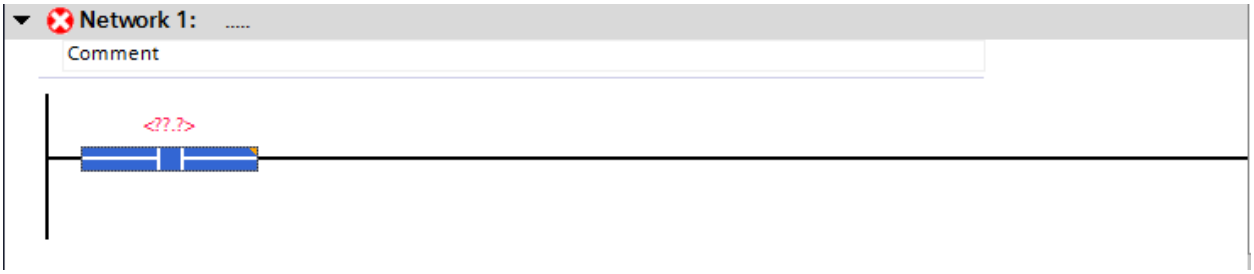

- Expand the device “PLC_1” and choose “program block”, “Main [OB1]”

**Create a simple network using "Ladder Programming**

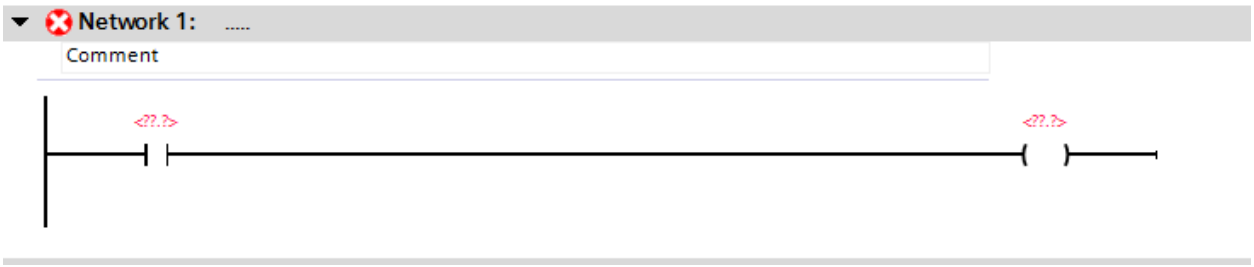
- To enable the latching circuit, use a normally open contact. Normally open contact provides power flow (current) when the switch is turned on.
- Click the normally open contact in the "Favorite to insert the contact ono the network.



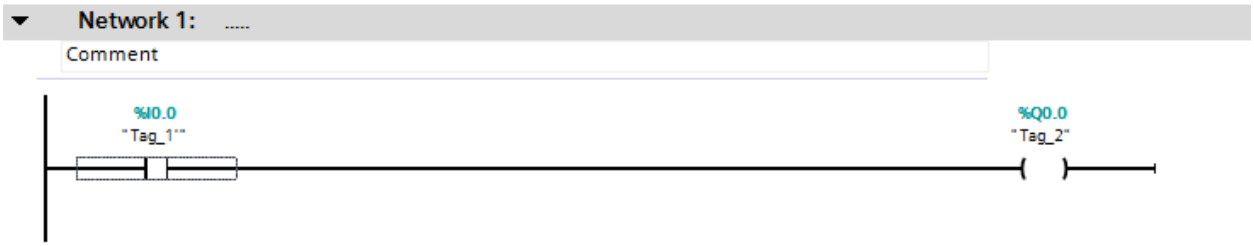

- Click the coil to insert a coil onto the network

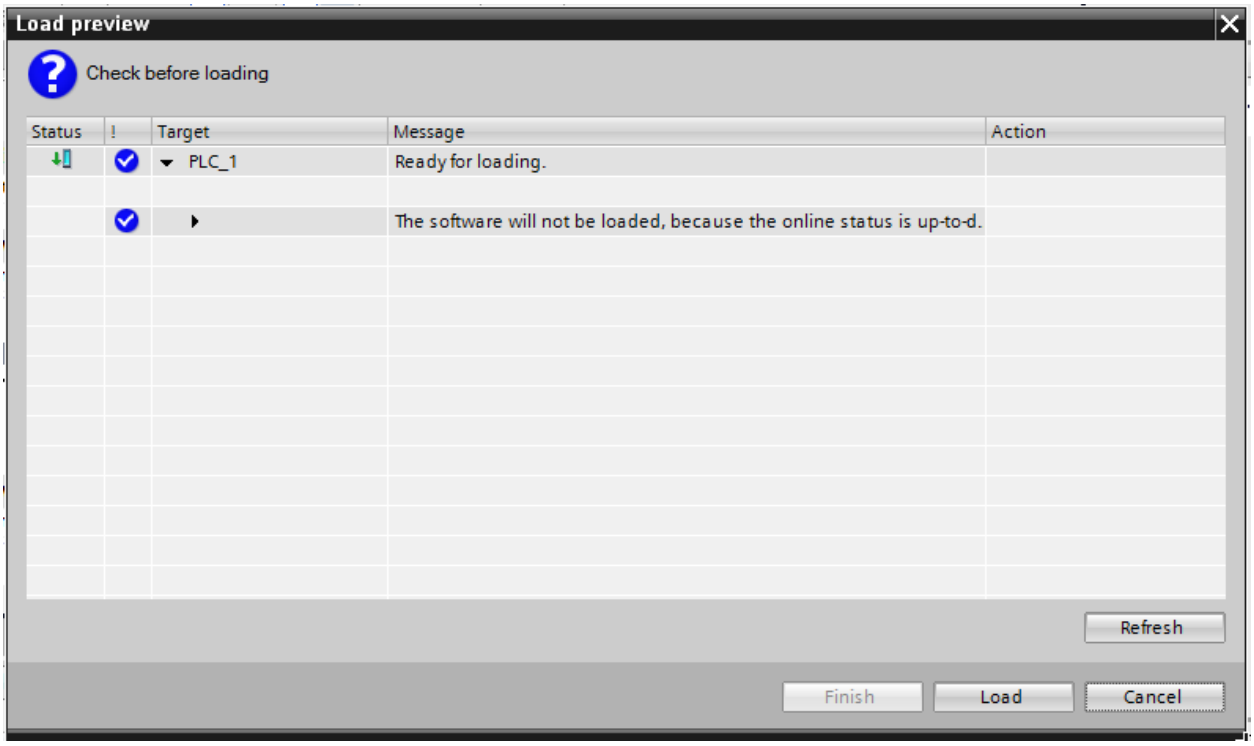


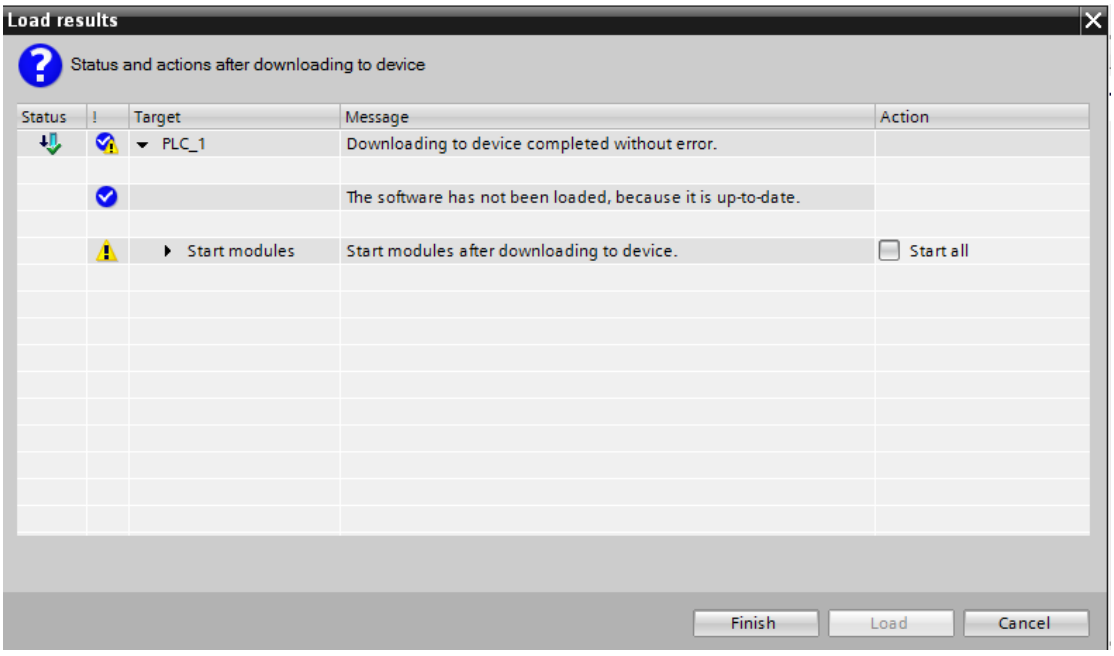

- Click the "save project" buton on the toolbar to save your work.
- Now create "tags" that associate the instructions of the user program with the inputs and outputs of the user program.



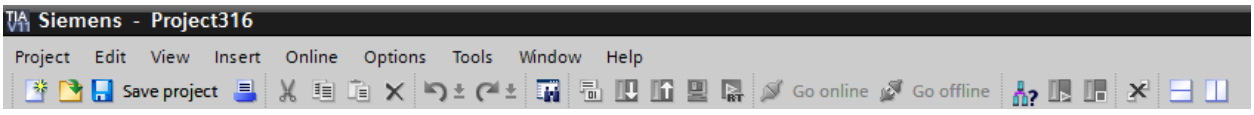

- Download the project and click load button to load the project to the CPU
- Click "Finish" button.



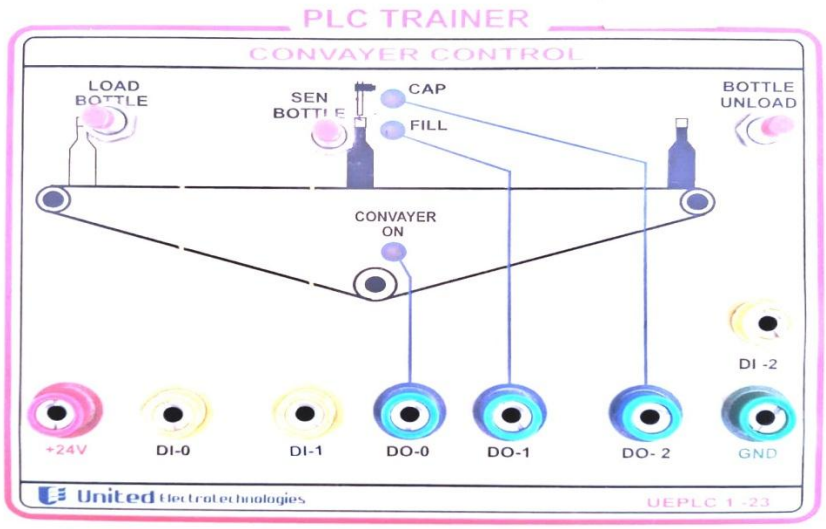



- Select the network and click “START CPU” button.



**Ladder network creation for conveyor control application:**




**Procedure:**

1 Write the ladder program for conveyer control

2 Connect cables properly on panel

3 Load program on PLC

4 Run the Program.

**<u>विद्युत अभियांत्रिकी विभाग</u>**

**<u>मौलाना आज़ाद राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान</u>**

**<u>बी.टेक/एम.टेक.... सेमेस्टर</u>**

**<u>डिजिटल नियंत्रक प्रयोगशाला</u>**

**प्रयोग संख्या: 7**

**उद्देश्य:** कन्वेयर नियंत्रण अनुप्रयोग के लिए सीमेंस पीएलसी (एस7-1200) पर प्रोग्रामेबल लॉजिक कंट्रोलर (पीएलसी) आधारित लैडर नेटवर्क निर्माण।

**आवश्यक उपकरण:**

पीएलसी ट्रेनर किट

कन्वेयर कंट्रोल मॉड्यूल

TIA Siemens सॉफ्टवेयर वाला डेस्कटॉप कंप्यूटर

**विनिर्देश:**

• निर्माता: सीमेंस पीएलसी एस7-1200 (1214सी डीसी/डीसी/डीसी)

• मेमोरी

कार्य मेमोरी: 25 केबी

लोड मेमोरी: 1एमबी

रिटेनटिव मेमोरी: 2 केबी

• ऑनबोर्ड डिजिटल I/O: इनपुट-14, आउटपुट-10

• ऑनबोर्ड एनालॉग इनपुट- 02

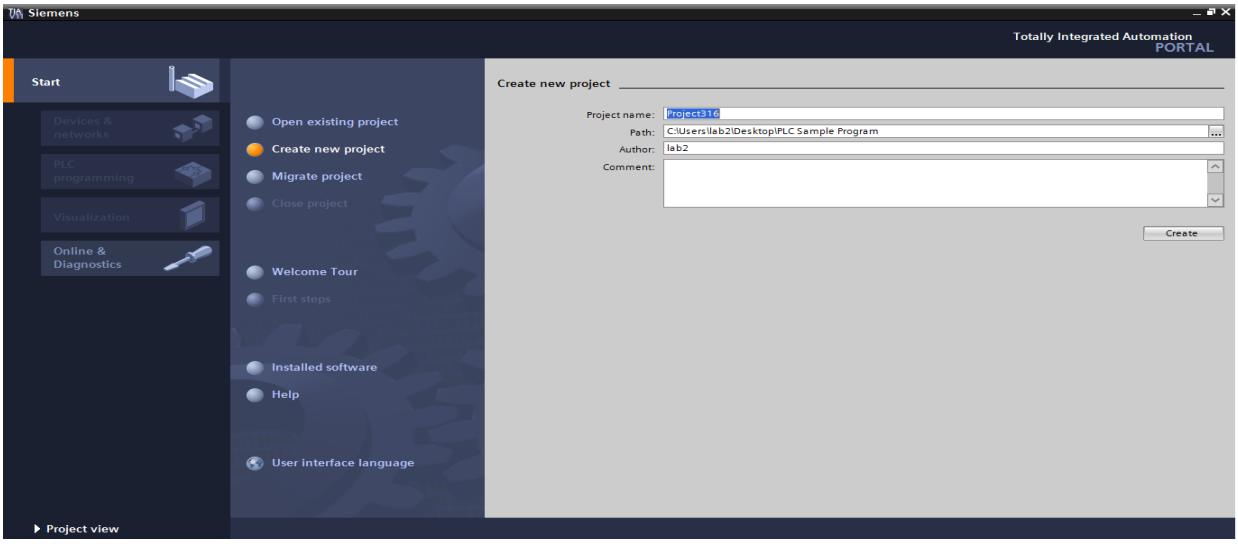
• प्रोसेस इमेज इनपुट-I

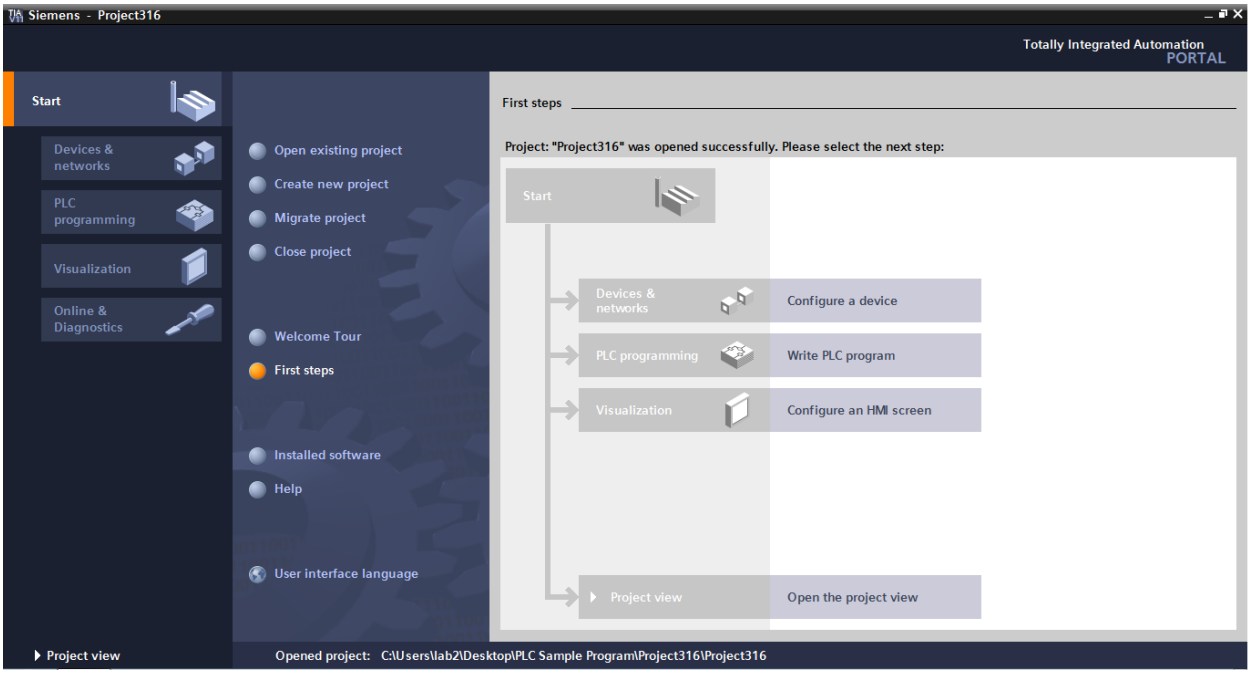
• प्रोसेस इमेज आउटपुट-Q

• बिट मेमोरी- एम

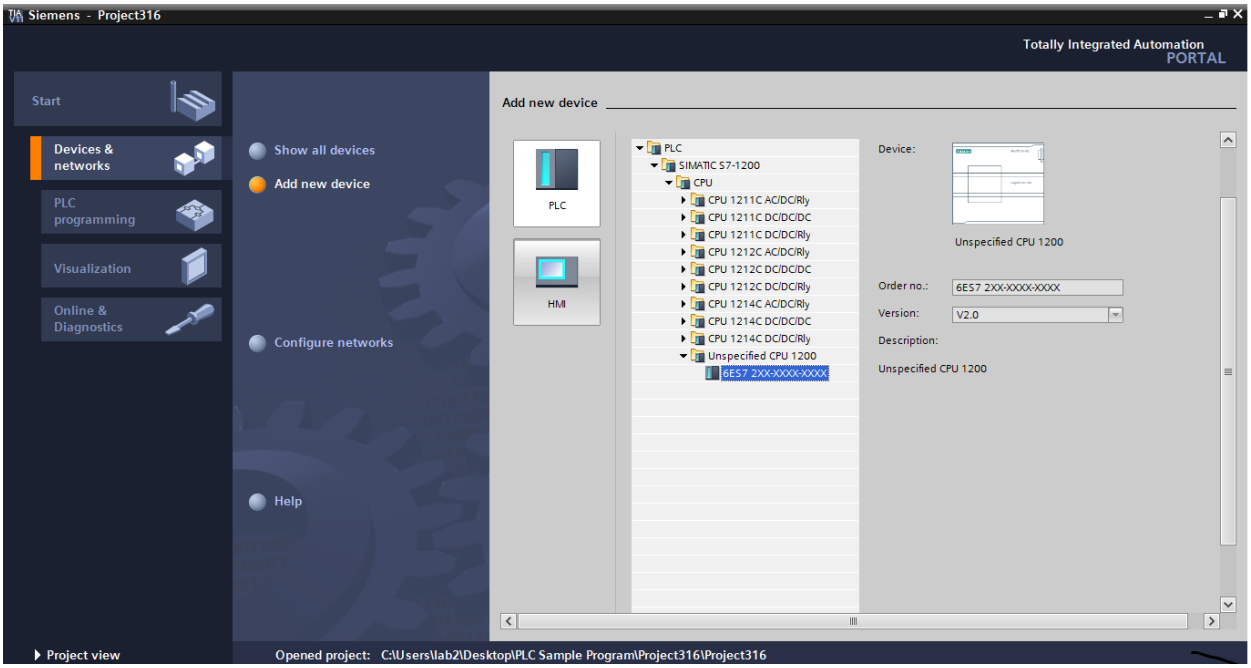
**प्रोजेक्ट बनाना**

- STEP Basic (TIA पोर्टल V11) शुरू करने के लिए डेस्कटॉप आइकन पर डबल क्लिक करें
- STEP 7 Basic खुलने के बाद, स्टार्ट पोर्टल में "नया प्रोजेक्ट बनाएँ" पर क्लिक करें.

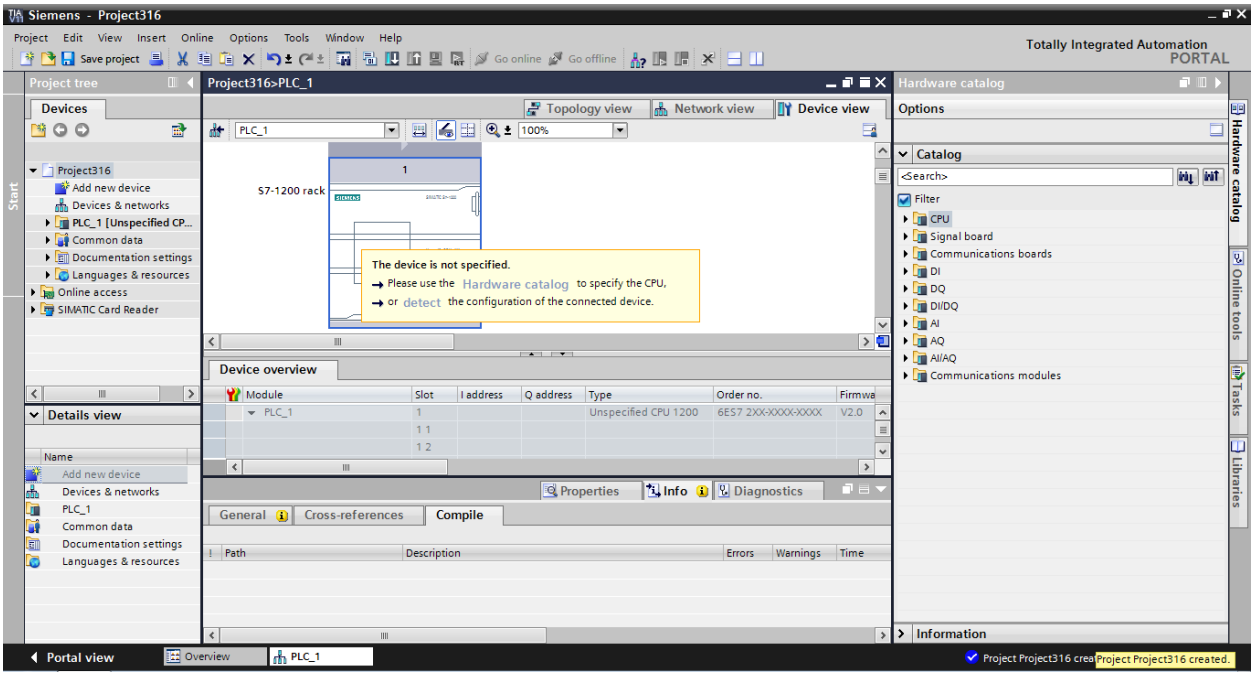


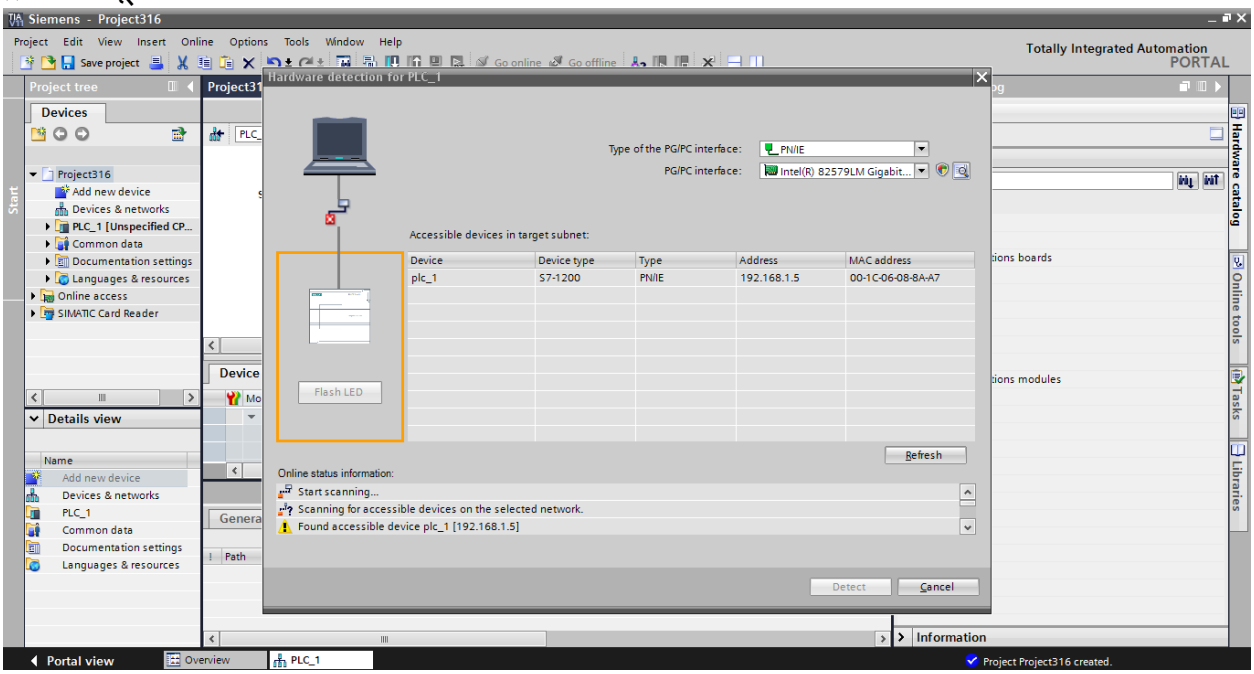

- 'डिवाइस कॉन्फ़िगर करें' पर क्लिक करें, नया डिवाइस जोड़ें'
- 'Unspecified CPU' चुनें और CPU चुनें और जोड़ें बटन पर क्लिक करें।



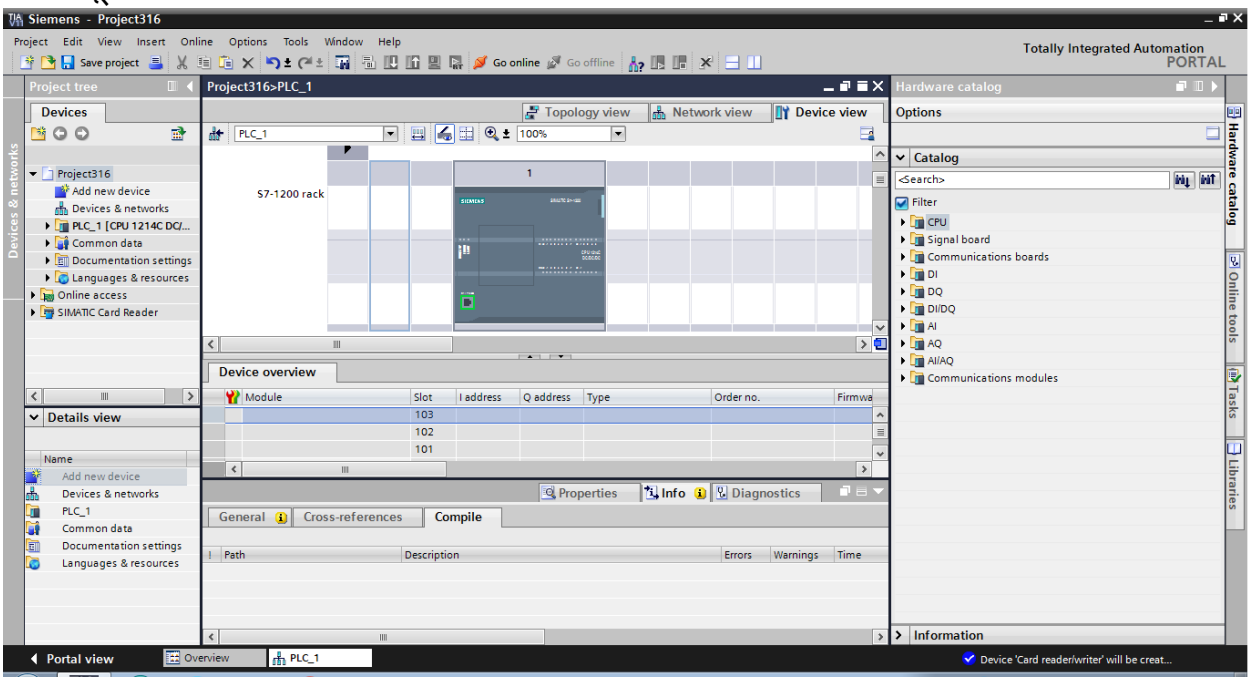

## नीचे दिखाई गई स्क्रीन उपलब्ध होगी



• CPU का पता लगाने के लिए 'डिटेक्ट' पर क्लिक करें। यदि CPU पढ़ने योग्य नहीं है तो PLC ट्रेनर चालू करें और 'रिफ्रेश' पर क्लिक करें

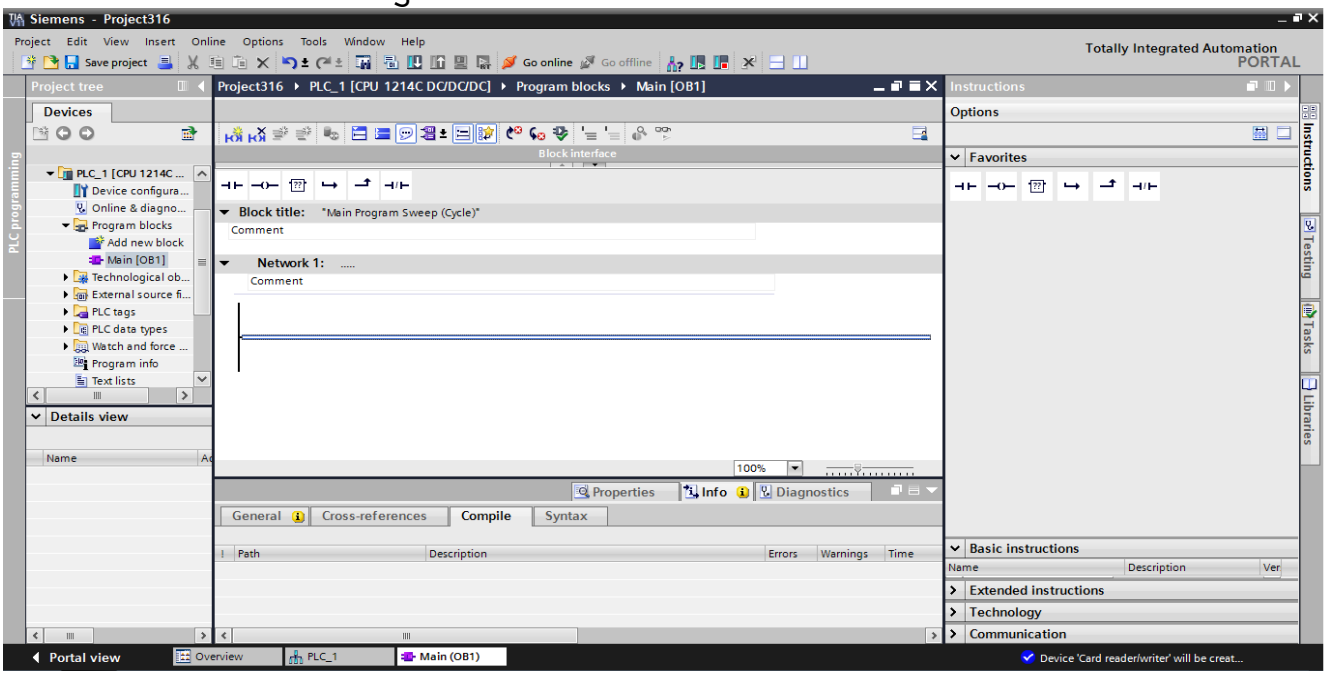



• सीपीयू को लोड करने के लिए 'डिटेक्ट' बटन पर क्लिक करें जैसा कि नीचे दिखाया गया है




- डिवाइस कॉन्फ़िगर करें
- CPU चुनें
- प्रॉपर्टी टैब पर जाएँ

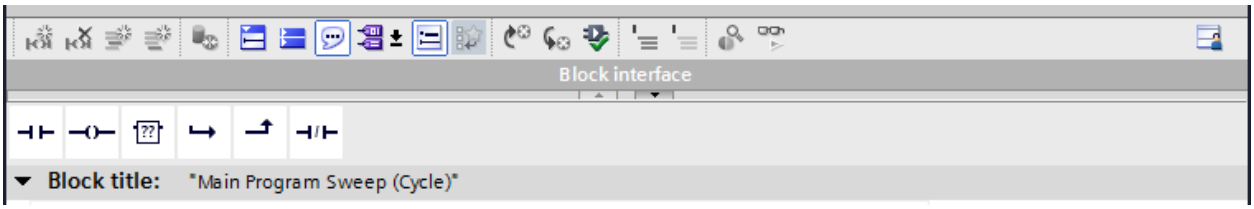
- ईथरनेट पता चुनें (डिफ़ाल्ट 192.168.0.1 सबनेट 255.255.2555.0)




- डिवाइस "PLC_1" का विस्तार करें और "प्रोग्राम ब्लॉक", "मुख्य [OB1]" चुनें

**"लैडर प्रोग्रामिंग" का उपयोग करके एक सरल नेटवर्क बनाएं**

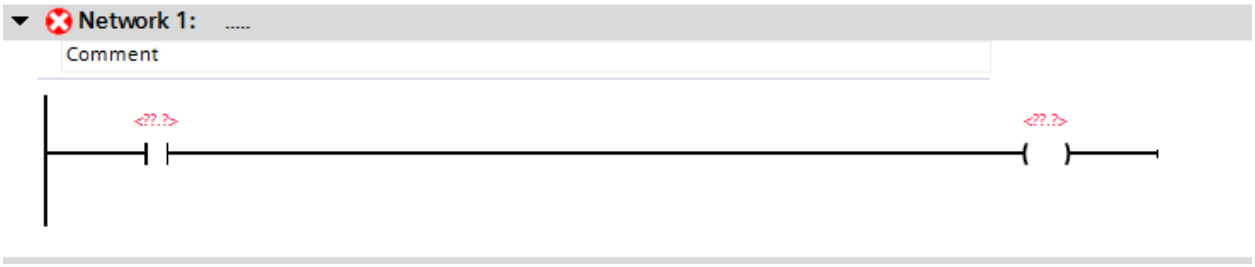
- लैचिंग सर्किट को सक्षम करने के लिए, सामान्य रूप से खुले संपर्क का उपयोग करें। स्विच चालू होने पर सामान्य रूप से खुला संपर्क बिजली प्रवाह (करंट) प्रदान करता है।
- नेटवर्क पर संपर्क डालने के लिए "पसंदीदा" में सामान्य रूप से खुले संपर्क पर क्लिक करें।




- Click the coil to insert a coil onto the network

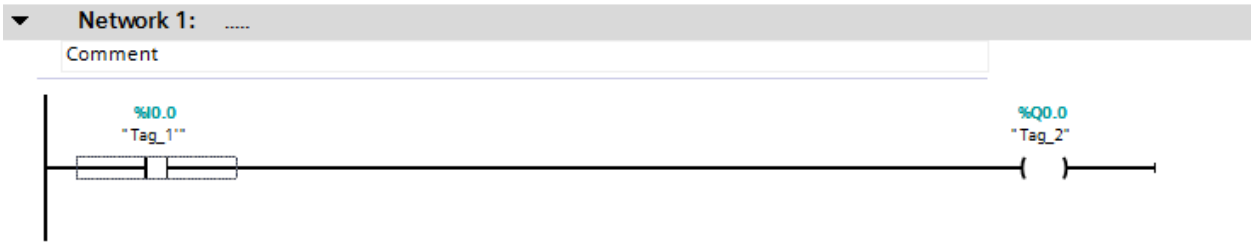
- अपने काम को सहेजने के लिए टूलबार पर "प्रोजेक्ट सहेजें" बटन पर क्लिक करें।

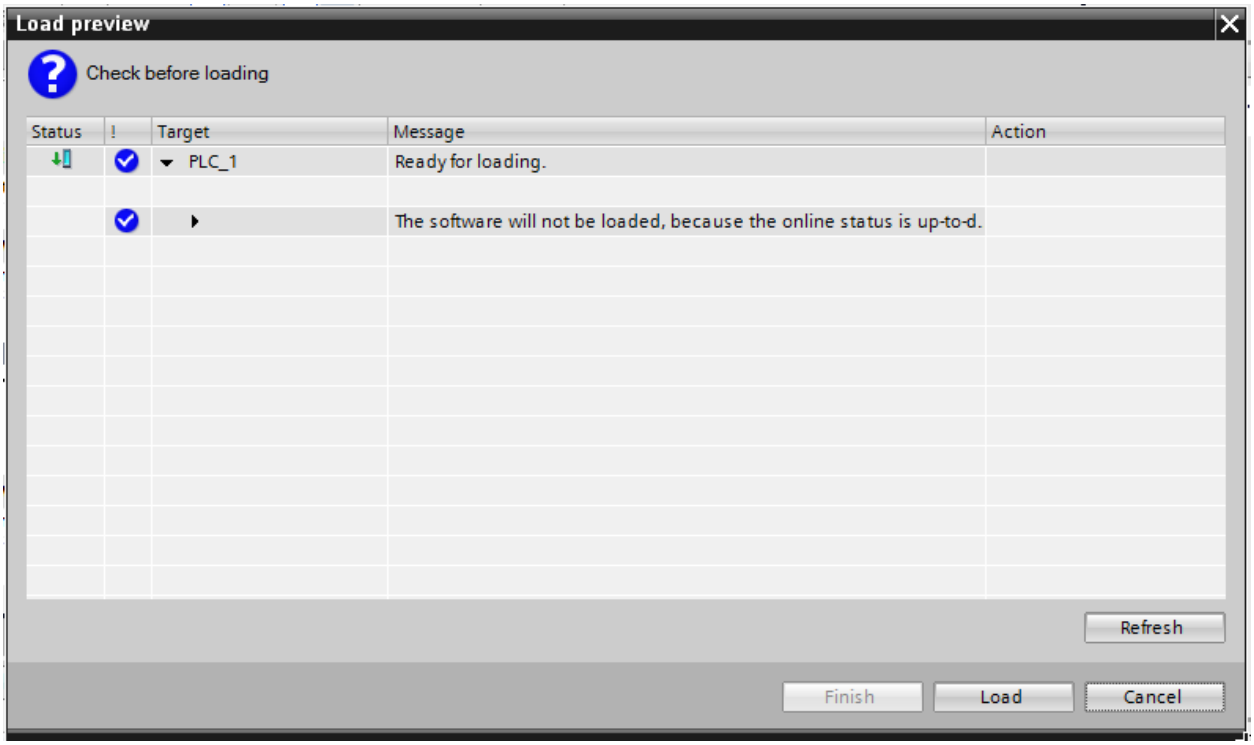
- अब "टैग" बनाएँ जो उपयोगकर्ता प्रोग्राम के निर्देशों को उपयोगकर्ता प्रोग्राम के इनपुट और आउटपुट के साथ जोड़ते हैं।

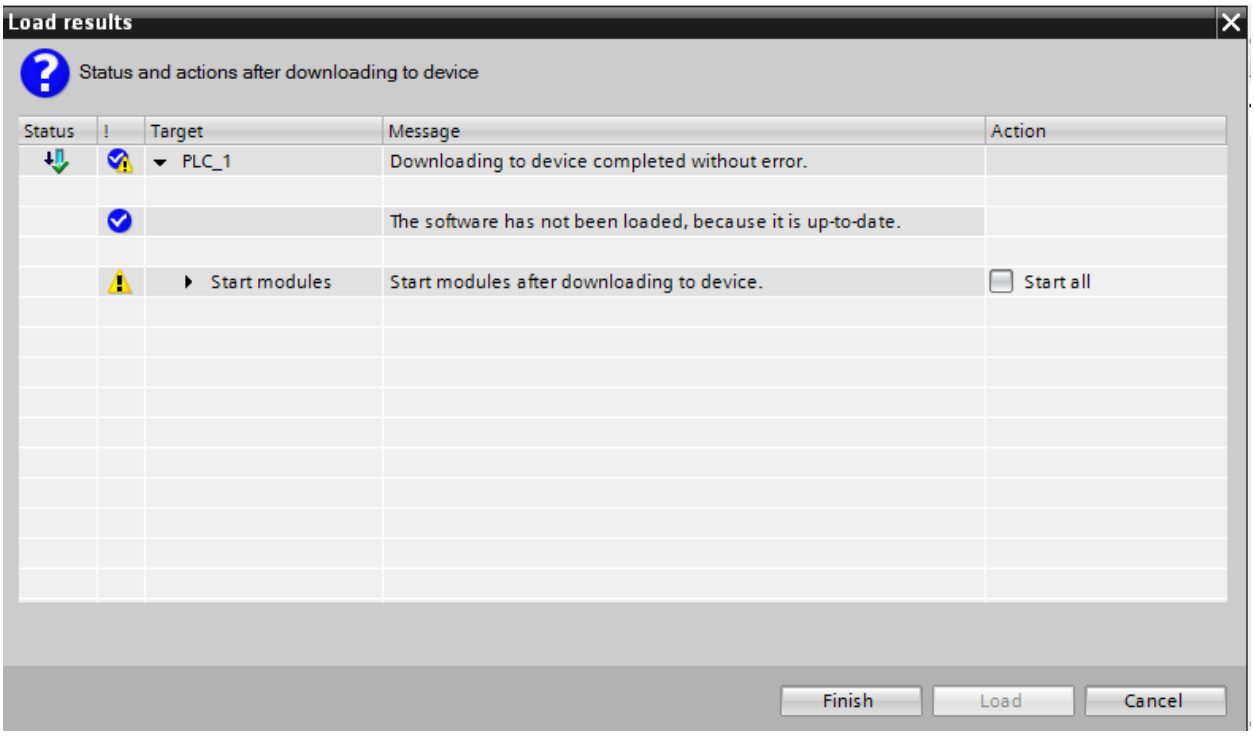



  - प्रोजेक्ट डाउनलोड करें और प्रोजेक्ट को CPU पर लोड करने के लिए लोड बटन पर क्लिक करें

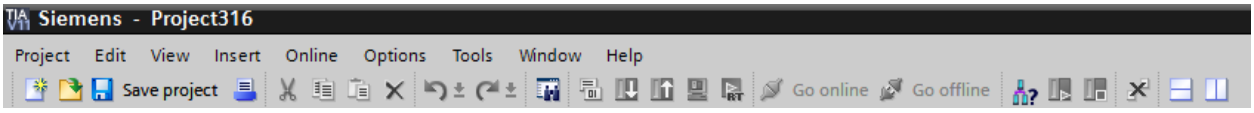
  - "समाप्त करें" बटन पर क्लिक करें।



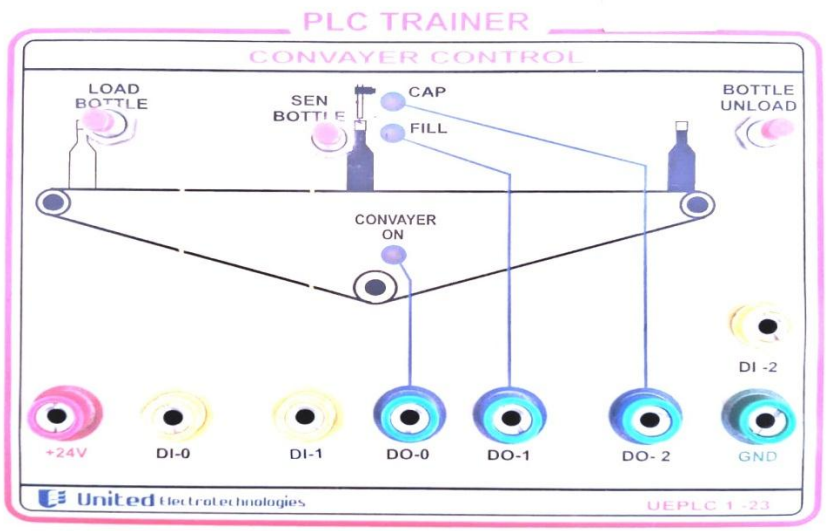






- नेटवर्क का चयन करें और "स्टार्ट सीपीयू" बटन पर क्लिक करें.




**कन्वेयर नियंत्रण अनुप्रयोग के लिए सीढ़ी नेटवर्क निर्माण:**



**प्रक्रिया:**

1 कन्वेयर नियंत्रण के लिए सीढ़ी कार्यक्रम लिखें

2 पैनल पर केबल को ठीक से कनेक्ट करें

3 पीएलसी पर प्रोग्राम लोड करें

4 प्रोग्राम चलाएं।

# Do's and Don'ts/ करें एवं न करें

• Do not install any software on any lab computer. Only lab operators and technical support personnel are authorized to carry out these tasks/ किसी भी लैब कंप्यूटर पर कोई भी सॉफ्टवेयर इंस्टॉल न करें। केवल लैब ऑपरेटर और तकनीकी सहायता कर्मचारी ही इन कार्यों को करने के लिए अधिकृत हैं।

• Do not touch any exposed wires or sockets/ किसी भी खुले तार या सॉकेट को न छुएं

• Look away from the screen once in a while to give your eyes a rest/ अपनी आँखों को आराम देने के लिए कभी-कभी स्क्रीन से दूर देखें।

• Do not attempt to open any machines, and do not touch the backs of machines when they are switched on/ किसी भी मशीन को खोलने का प्रयास न करें, तथा जब मशीन चालू हो तो उसके पिछले हिस्से को न छुएं।

• Turn off the machine you were using, when you are done using it/ जब आप जिस मशीन का उपयोग कर रहे थे उसका उपयोग समाप्त हो जाए तो उसे बंद कर दें

• Do not access external devices without scanning them for computer viruses/ कंप्यूटर वायरस के लिए स्कैन किए बिना बाहरी उपकरणों तक पहुंच न बनाएं

• Always maintain an extra copy of all your important data/ अपने सभी महत्वपूर्ण डेटा की एक अतिरिक्त प्रति हमेशा बनाए रखें।

• Keep the laboratory and work area clean and uncluttered/ प्रयोगशाला और कार्य क्षेत्र को साफ और अव्यवस्थित न रखें

• Prohibit unauthorized individuals from entering the laboratory/ प्रयोगशाला में अनाधिकृत व्यक्तियों के प्रवेश पर रोक लगायें

• Do not use pen drive in the laboratory. Use internet to transfer the files/ प्रयोगशाला में पेन ड्राइव का उपयोग न करें। फ़ाइलों को स्थानांतरित करने के लिए इंटरनेट का उपयोग करें।