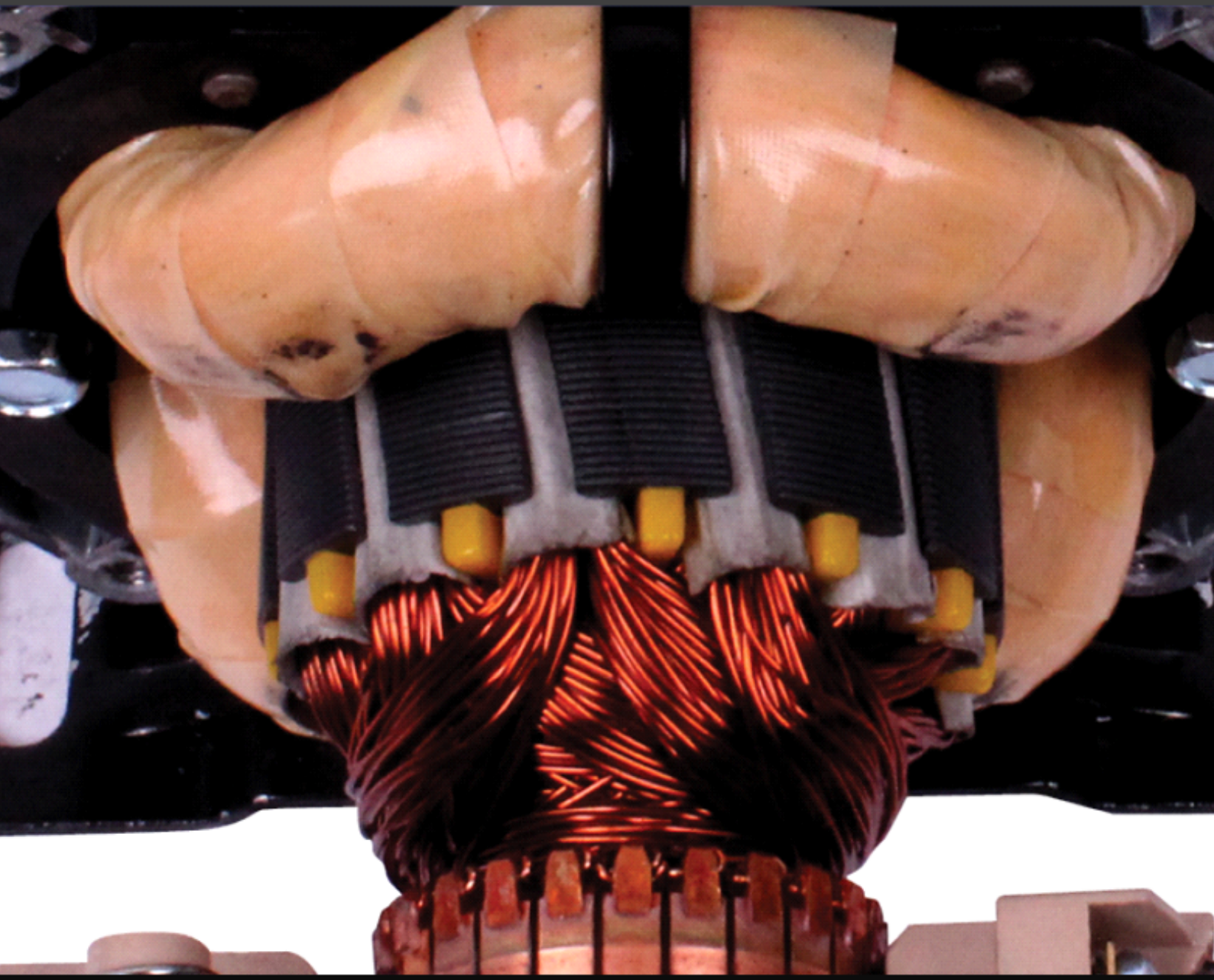
MATRIX | ELECTRICAL MACHINES

Electrical machines & MATLAB control



MATRIX

CP8385

www.matrixtsl.com

Copyright 2024 Matrix Technology Solutions Limited

Contenido

Salud y seguridad	3
Hojas de trabajo	4
Ficha 1 - Primeros pasos	5
Hoja de ejercicios 2 - Uso de MATLAB para gráficos	6
Ficha 3 - Control en bucle cerrado	7
Ficha 4 - Estrategias de control de velocidad	8
Información sobre la máquina	10
Información sobre software y API de MATLAB	17

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Seguridad

Durante el diseño de este producto hemos prestado mucha atención a los riesgos potenciales del estudio de los motores eléctricos. Creemos que hemos logrado el diseño más seguro posible. Sin embargo, aún existen algunos riesgos que debe conocer. Esta página muestra cómo hemos tenido en cuenta cada uno de ellos. Debe leerla y asegurarse de que sus alumnos están protegidos mientras utilizan el equipo.
ment.

Choque eléctrico

Es mínima: la salida de la caja de control está limitada a 24 V CA o CC.
El dinamómetro es capaz de generar tensiones de corriente continua. A velocidad máxima, unas 3.000 r.p.m., la tensión generada es inferior a 30 VCC.
La unidad de control no generará energía hasta que se conecte un motor al dinamómetro. Esto evita el uso de motores de terceros con el sistema.

Choque físico

El equipo es pesado. Como ocurre con otros equipos pesados de laboratorio, si a un alumno se le cae un aparato al pie, puede causar daños considerables. Usted debe decidir el nivel de responsabilidad que los alumnos asumen aquí.
Puede reducir el riesgo haciendo que un técnico coloque el equipo en bancos y asegurándose de que los stu-
Los alumnos están sentados en pupitres mientras utilizan el equipo.
Las piezas giratorias expuestas crean riesgos, ya que el pelo y la ropa pueden quedar atrapados en ellas. El uso de motores de potencia relativamente baja reduce el riesgo. La protección de plástico entre el dinamómetro y el motor sometido a prueba evita la exposición de piezas giratorias.

Por favor:

Si se produjera un accidente durante e l uso del equipo, le rogamos que nos lo comunique a la dirección indicada más abajo, para que podamos estudiar cómo hacer que el equipo sea aún más seguro.

Equipo de diseño
Matrix TSL
33 Gibbet Street
HX1 5BA
Inglaterra

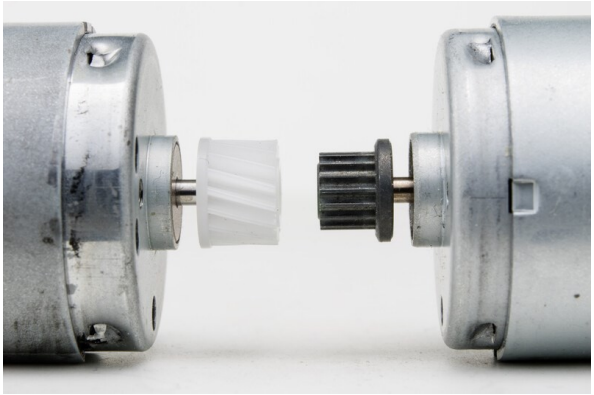
Precaución:
No utilice un osciloscopio basado en PC con el equipo.
Las corrientes de bucle a tierra pueden fluir entre su conexión a tierra y la conexión a tierra de la caja de control.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Hojas de trabajo

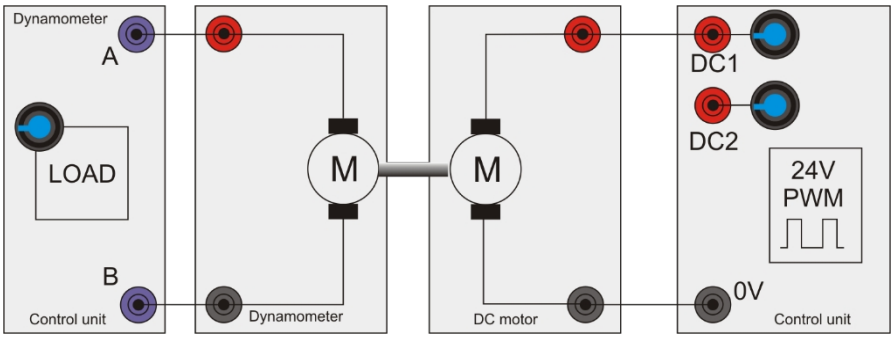
Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Ficha 1
Cómo empezar



Los distintos tipos de motor tienen características, como la velocidad máxima, el par a diferentes velocidades, la tensión y la corriente nominales, la potencia de salida y la eficiencia.

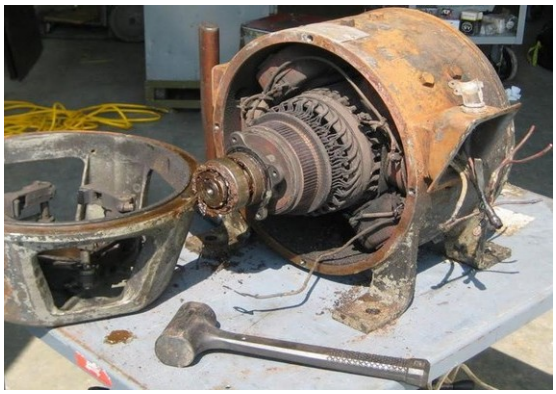
Foto: estos diminutos motores de corriente continua se utilizan en pequeños dispositivos portátiles como juguetes.



1) Coloca el motor de corriente continua y el dinamómetro como se muestra en el diagrama anterior.
2) Asegúrese de que la unidad funciona correctamente: desconecte el cable USB y utilice los controles manuales para
   accione la tensión de salida DC1 para variar la velocidad del motor. Asegúrese de que gira en el sentido de las agujas del reloj y pone
   presión en la célula de carga. Asegúrese de que el dinamómetro está conectado correctamente y de
   que el aumento de la carga del dinamómetro ralentiza el motor.
3) Asegúrese de que tiene instalados en su ordenador los controladores para la unidad de control. Si no
   es así siga las instrucciones de la sección de referencia del software MATLAB más abajo.
4) Vuelva a conectar el cable USB.
5) Consulte la sección de referencia del software MATLAB al final de este documento para
   comprender las funciones de MATLAB que tiene a su disposición.
6) Crea un sencillo programa MATLAB que controle la velocidad del motor DC.
7) Amplíe su programa para poder controlar la carga del dinamómetro.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

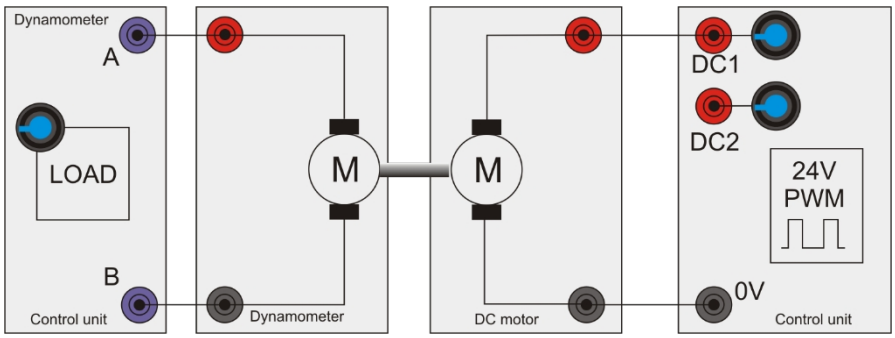
Ficha 2
Uso de MATLAB para gráficos



Los motores de CC de estator bobinado suelen configurarse como bobinados ***en derivación*** o ***en serie***.

Las conexiones separadas para los devanados de campo del estator y el rotor / inducido nos permiten controlar la corriente en ambas partes del motor por separado, con el fin de examinar el comportamiento del motor.

La fotografía muestra un antiguo motor bobinado en derivación.



Con la misma configuración que la hoja de cálculo anterior:

1) Crea un programa que haga funcionar el motor de corriente continua al 50% de su potencia máxima de salida.
2) Modifique el programa para que aumente la carga del dinamómetro de 0% a 100% en pasos de 4%.
3) Crear rutinas que midan el par en la célula de carga.
4) Crear rutinas que midan la velocidad del motor en Revoluciones Por Minuto (RPM)
5) Represente gráficamente las RPM frente al par. Se trata de la curva velocidad-par del motor de CC.
   Las curvas velocidad-par son la forma más básica de caracterizar las máquinas eléctricas.
6) Crear rutinas adicionales que realicen gráficos de velocidad vs corriente, y par vs corriente.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

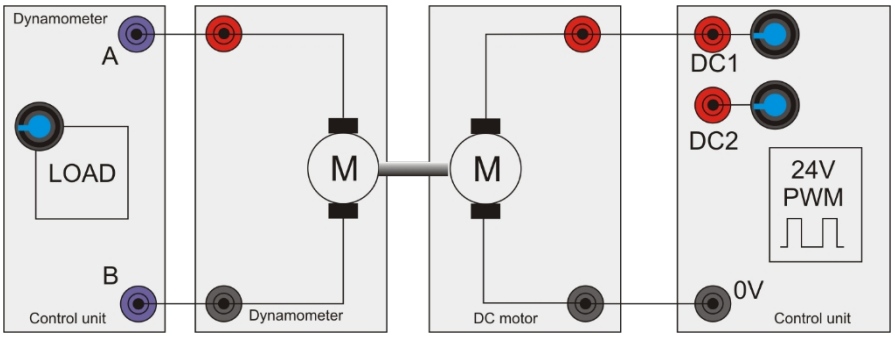
Ficha 3

Control en bucle cerrado

Los coches "dodgem" de feria utilizan simples motores eléctricos de corriente continua que funcionan a entre 12 y 48 V.

Los vehículos tienen dos escobillas: una toca el suelo metálico, para 0 V, y la otra toca el techo metálico, para una tensión positiva.

En los dodgems, el control de la velocidad suele ser sencillo.
off.



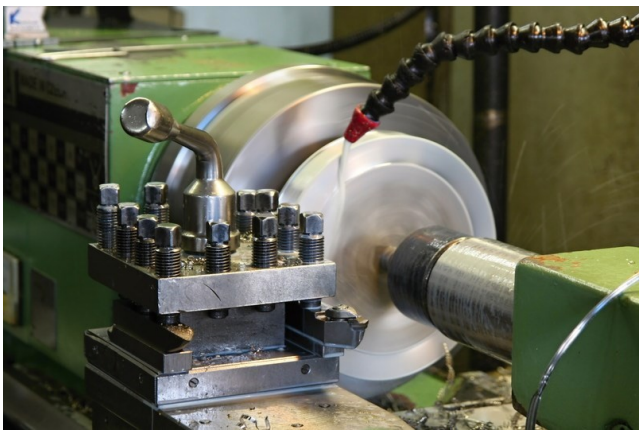
En un contexto industrial, a menudo es necesario que un motor funcione a una velocidad constante. Independientemente de
la carga que se le aplica. Usando la misma configuración que antes:

1) Crea un script de sistema de bucle cerrado para hacer funcionar el motor a una velocidad definida.
2) Varíe la carga del motor utilizando la función API SetDynoLoad y confirme que la velocidad se mantiene constante.
3) ¿Puede hacerse que la velocidad sea constante para todos los valores de carga?

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

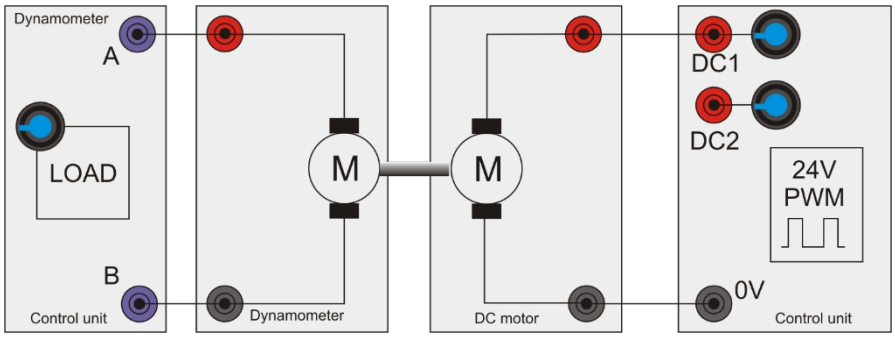
Ficha 4

Estrategias de control de velocidad



El control de velocidad es un elemento importante del diseño de sistemas electromecánicos.

Algunos motores son mejores que otros para autorregular la velocidad. El motor shunt es realmente bueno en la regulación de la velocidad y por esta razón se utilizan a menudo en dispositivos como tornos, que necesitan funcionar a una velocidad constante.



Un motor no puede pasar de no moverse a moverse a una velocidad determinada en un instante. Las técnicas de

pasar de velocidad cero a velocidad nominal tienen muchas implicaciones en el diseño de sistemas de control de motores.

1) Crea un script que permita aumentar y reducir la velocidad del motor para alcanzar la velocidad deseada y reducir el consumo excesivo de corriente.
2) Investigar el uso de medidas Proporcionales, Integrales y Derivativas (PID) para controlar la velocidad de los motores.
3) Crea una variación de tu rutina gráfica que te permita trazar la velocidad del motor durante un tiempo determinado al arrancar un motor.
4) Utiliza técnicas PID para crear un programa en MATLAB que aumente de forma óptima la velocidad del sistema desde la parada hasta 1500RPM sin sobrepasar esta velocidad.
5) Modifique su programa para que permita al dinamómetro variar la carga dentro del 0% de la carga y del 70%. de carga y aún así mantener la velocidad nominal de 1500 RPM.
6) Utiliza los trazados de y nuestro gráfico para demostrar que el rendimiento del sistema se ajusta a las especificaciones.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Información sobre el paquete

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Comprender el sistema

El sistema consta de varias máquinas eléctricas de 24 V, una unidad de control, aplicaciones informáticas para manejar la unidad de control y un conjunto de hojas de trabajo. La fotografía de arriba muestra estas partes. Son las siguientes:

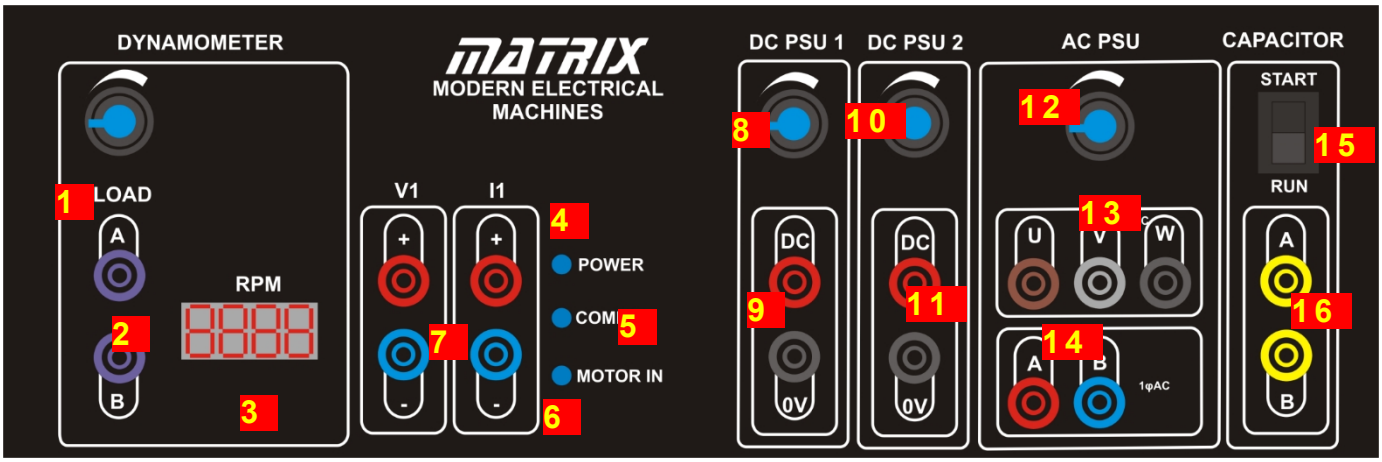
1) El dinamómetro y el soporte que se conectan a la unidad de control mediante un cable tipo D de 25 vías.
2) Saldo
3) Motor sometido a prueba - en este caso un motor bobinado en derivación
4) La unidad de control que se conecta a un PC mediante un cable USB.
5) Un motor bobinado en serie
6) Motor monofásico de inducción de CA
7) Motor de corriente continua sin escobillas
8) Motor CC
9) Motor trifásico de inducción de CA
10) La aplicación informática que se ejecuta en un PC

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Comprender la unidad de control

Nota: los controles manuales se anulan en cuanto la unidad se conecta a un ordenador.

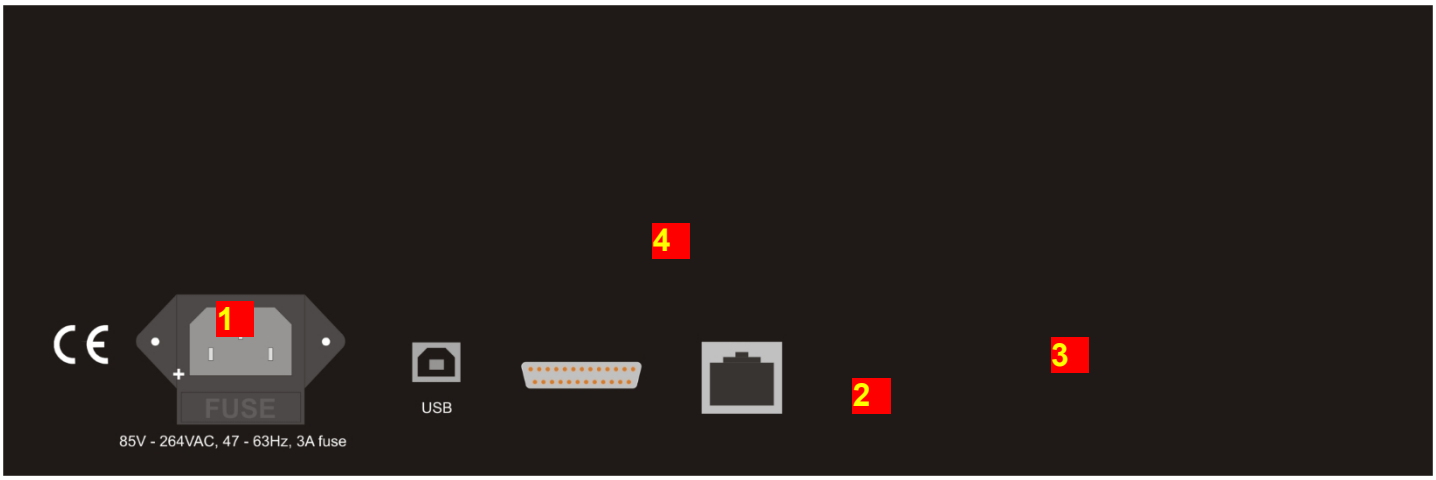


1) La resistencia del dinamómetro: se utiliza para controlar la resistencia efectiva del dinamómetro: una resistencia eléctrica baja significa una resistencia mecánica grande, y una resistencia eléctrica alta significa una resistencia mecánica baja.
2) Las conexiones del dinamómetro
3) La velocidad del motor en revoluciones por minuto - RPM.
4) El LED de encendido indica que la unidad de control está encendida.
5) El LED COMMS que se enciende cuando el software del PC tiene comunicación con la central.
6) El LED 'Motor In' que indica que una máquina está físicamente conectada al dinamómetro.
7) Las conexiones internas del amperímetro y el voltímetro
8) Control de la salida de alimentación DC 1.
9) Las conexiones DC 1.
10) El control de salida de alimentación DC 2.
11) Las conexiones DC2.
12) Control de la frecuencia de CA
13) Las conexiones de alimentación trifásica
14) Las conexiones de alimentación monofásica
15) El selector de modo de condensador: controla el valor interno del condensador conectado a los terminales A y B. Hay dos valores: START, RUN.
16) Terminales de capacitancia variable.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Comprender la unidad de control

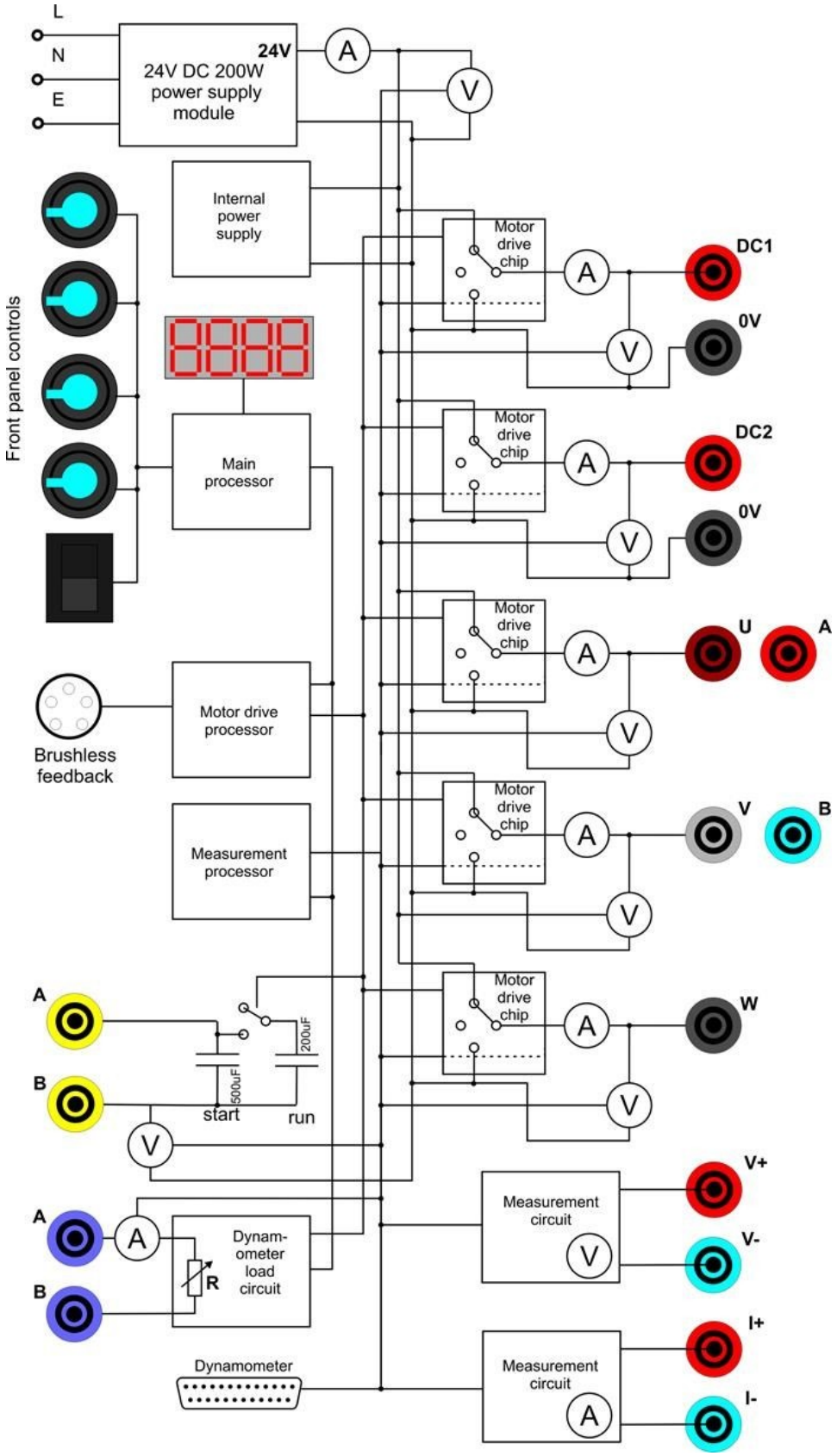


1) El enchufe de entrada de red: la unidad admite 240 V o 110 V.
2) El conector USB
3) Un conector tipo D de 25 vías que se utiliza para conectar la unidad de control al dinamómetro.
4) Orificios de ventilación para el ventilador interno - no tapar.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Esquema de la unidad de control



Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Descripción de la unidad de control

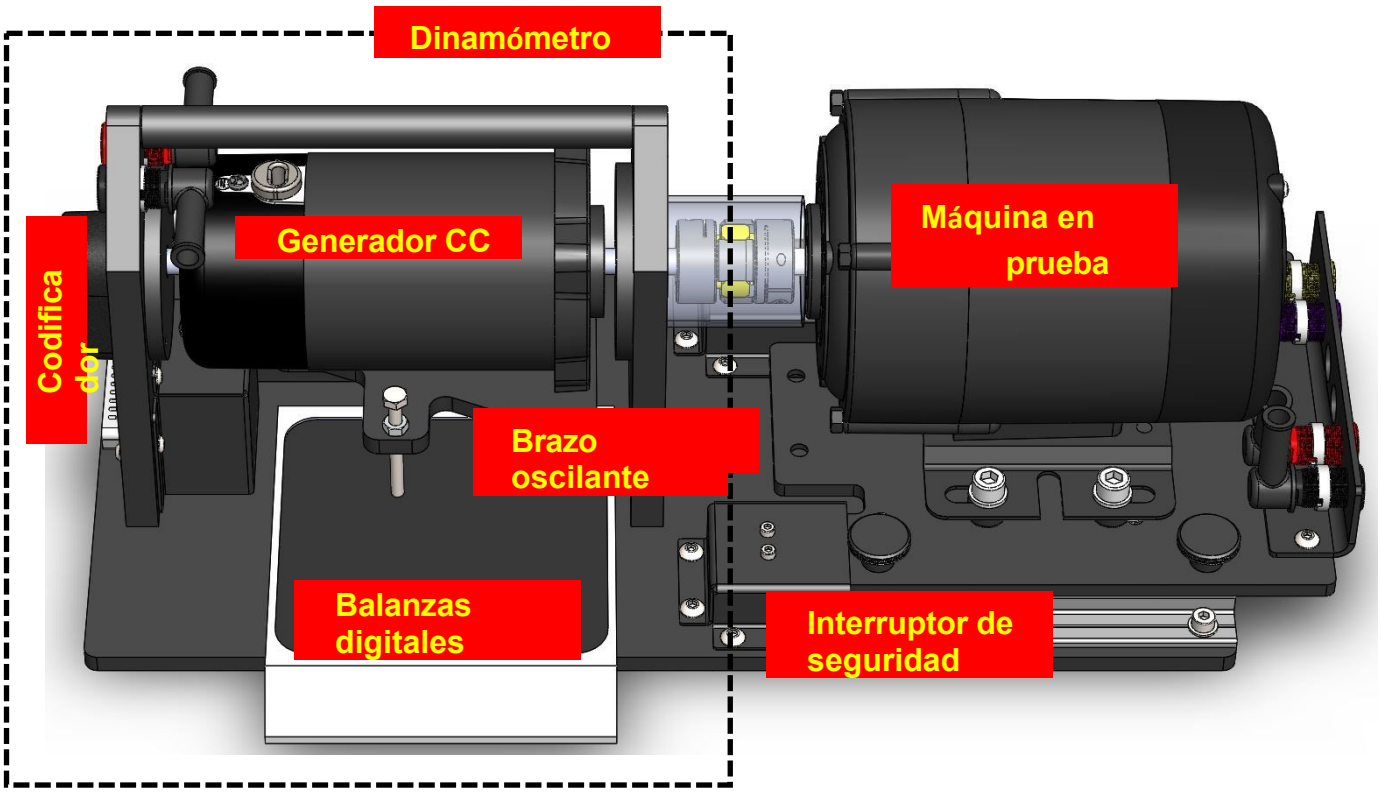
Consulte el diagrama de bloques de la página anterior.
La unidad de control suministrada con el sistema Matrix Modern Electrical Machines es una de las más modernas del mundo. Dentro de la unidad hay tres procesadores independientes: un procesador principal que se encarga de todas las tareas de interfaz de usuario y comunicación, un procesador de accionamiento del motor que gestiona todas las salidas de alta intensidad y se ocupa de todos los sistemas de forma de onda y temporización, y un procesador de medición. Estos tres pro-
Los procesadores utilizan buses para comunicarse entre sí y con los distintos circuitos electrónicos de la unidad.
Una característica clave de la unidad de control es que se pueden medir casi todas las magnitudes de la unidad. En el esquema se puede ver que hay alrededor de 13 amperímetros y voltímetros separados en el sistema. Esto ofrece al software de instrumentación y al usuario muchas opciones a la hora de visualizar lo que ocurre en un sistema de máquinas eléctricas. La medición de cada magnitud tiene lugar miles de
veces por segundo y pueden ser procesados por aplicaciones de software de PC para mostrar una cantidad o una forma de onda.

Los chips de accionamiento del motor son todos unidades basadas en FET de baja caída de tensión. Como se puede ver en el esquema, todas las salidas son digitales de 24 V. Se utilizan algoritmos sencillos de modulación por ancho de pulsos para variar el
potencia de salida efectiva en las salidas de CC. En las salidas de CA se utiliza de nuevo la modulación por anchura de impulsos, pero con un algoritmo más avanzado de onda pseudosinusoidal que varía la potencia de salida sinusoidalmente a lo largo del periodo de la forma de onda de salida. Esta técnica la utilizan los controladores de motores más avanzados de la industria. Los sistemas de control de motores más antiguos, y quizás más baratos, utilizan a veces una forma de onda de salida digital
simple para controlar motores de inducción trifásicos, en la que las tres salidas son simplemente salidas digitales desfasadas 120 grados. Esta salida digital también está disponible en algunas aplicaciones de software suministradas con el sistema para que los estudiantes puedan investigar la eficacia de cada método.
Las salidas del chip controlador del motor pueden colocarse en uno de estos tres estados: 24V, 0V y circuito abierto. Este al-
para diferentes estrategias de accionamiento al generar formas de onda para accionar motores. Como parte del paquete de aprendizaje, los estudiantes investigan PWM para el accionamiento de motores de CC y ondas seudosinusoidales para el accionamiento de motores de CA monofásicos. La unidad también realiza una generación más compleja de ondas pseudo-sinusoidales de seis pasos para
accionar el motor trifásico y esto se puede examinar con el osciloscopio multicanal interno, así como con un osciloscopio externo. Para facilitar esta tarea, cuando se está en modo CA se emite un pequeño impulso en la salida DC1 que permite disparar un osciloscopio externo para capturar las distintas formas de onda.
La unidad incluye dos valores de condensador con un relé simple para la investigación de arranque / marcha para motores de inducción monofásicos.
La unidad también incluye una carga basada en FET para el dinamómetro cuya resistencia efectiva se controla mediante software.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Comprender el dinamómetro



Un dinamómetro es un instrumento que mide directamente la fuerza producida y la velocidad de rotación de un objeto.

máquina (la fuerza motriz). El par y la potencia pueden calcularse a partir de la fuerza medida y velocidad. En nuestro caso, la rotación mecánica es producida por uno de los motores eléctricos de CC o CA. Este dinamómetro es un dinamómetro de brazo oscilante / viga equilibrada de tipo absorción, en el que la fuerza motriz se utiliza para accionar un generador de CC con una carga de resistencia variable acoplada. La fuerza resultante puede medirse d e dos maneras:

- Se puede utilizar una balanza digital (mostrada en la imagen superior) para medir la fuerza vertical efectiva sobre la escala y proporciona una lectura en kilogramos. Esto se puede convertir en newtons y newton
  metros - véase más abajo.
- Una célula de carga (detrás del dinamómetro y no mostrada en la imagen anterior) conectada a la caja de control proporciona la misma información, más o menos un tanto por ciento.

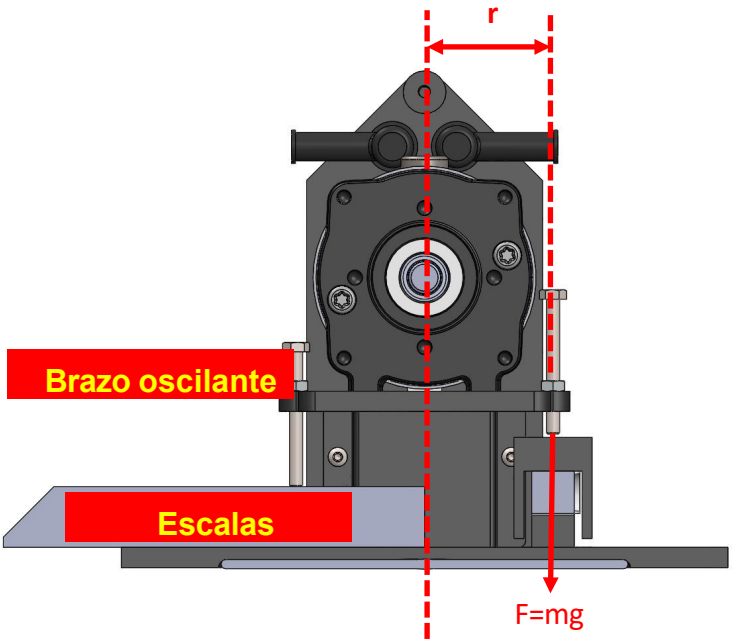
Obsérvese que la rotación del dinamómetro determina si se utiliza la balanza o la célula de carga. A continuación se explica el sentido de movimiento de cada máquina.

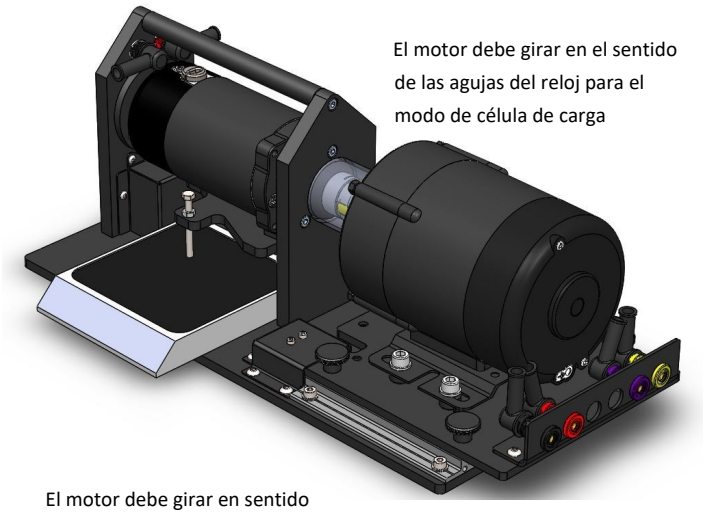
El codificador situado en el eje del dinamómetro permite a la unidad de control detectar la velocidad de rotación. Ésta se visualiza en la unidad de control en revoluciones por minuto (rpm) y en la aplicación informática. Las máquinas sometidas a prueba se acoplan al dinamómetro mediante un acoplamiento alojado en un tubo de plástico para evitar que la ropa y el pelo se enganchen en el mecanismo. El dinamómetro dispone de dos microinterruptores: la unidad de control no se activará a menos que haya una máquina sometida a prueba.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Medición del par





Par = mgr

El dinamómetro gira en el mismo sentido que la máquina sometida a prueba. Proporciona una resistencia mecánica a la máquina sometida a prueba. También genera una tensión y, si se coloca una resistencia en los terminales del dinamómetro, produce una corriente.

Si la tensión y la corriente fluyen, entonces se está generando potencia, es decir, se está realizando trabajo. Cuanta más potencia genere el dinamómetro, más potencia mecánica deberá generar la máquina sometida a prueba.

Probamos las máquinas eléctricas para conocer sus propiedades y saber cuándo utilizar los distintos tipos de máquinas. La forma de probarlas consiste en variar su velocidad y la potencia mecánica que deben generar. El dinamómetro y la unidad de control nos permiten hacerlo.

El dinamómetro se compone de un motor de corriente continua y un soporte. El motor de CC también actúa como generador de CC. La cuna suspende la máquina de CC en dos cojinetes que permiten girar el cuerpo de la máquina.

La fuerza sobre la célula de carga (o la balanza digital cuando el motor funciona en sentido contrario a las agujas del reloj) crea un peso sobre la célula de carga o la balanza (que representa la masa). Si el brazo oscilante está perfectamente equilibrado y horizontal cuando está en reposo, la fuerza producida sobre la célula de carga o la báscula digital es Fuerza = masa x 9,81m/s^2 . El par puede calcularse a partir de la fórmula Par = Fuerza x Distancia. En este caso, la distancia es desde el centro de rotación del generador hasta la línea central de acción del brazo oscilante. **Para el dinamómetro Matrix, r = 38,12mm**

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Software

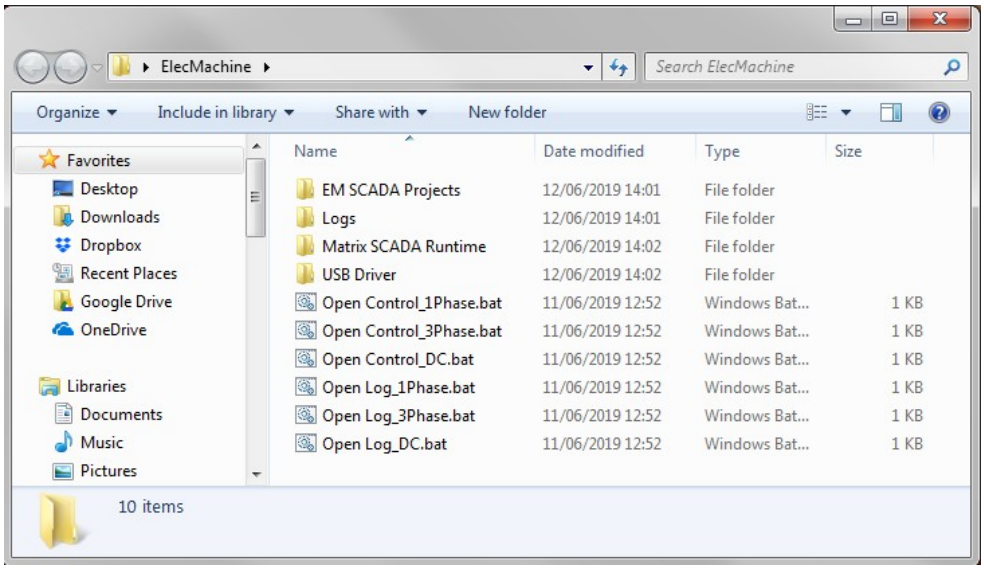
Información y API de MATLAB

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Copia del software

El software para Máquinas Eléctricas puede descargarse de la página web de Matrix. Cuando descomprima el archivo zip verá los siguientes archivos:

Hay 6 aplicaciones que se utilizan para la Electri-



cal Gama de máquinas. Éstas se documentan a continuación.

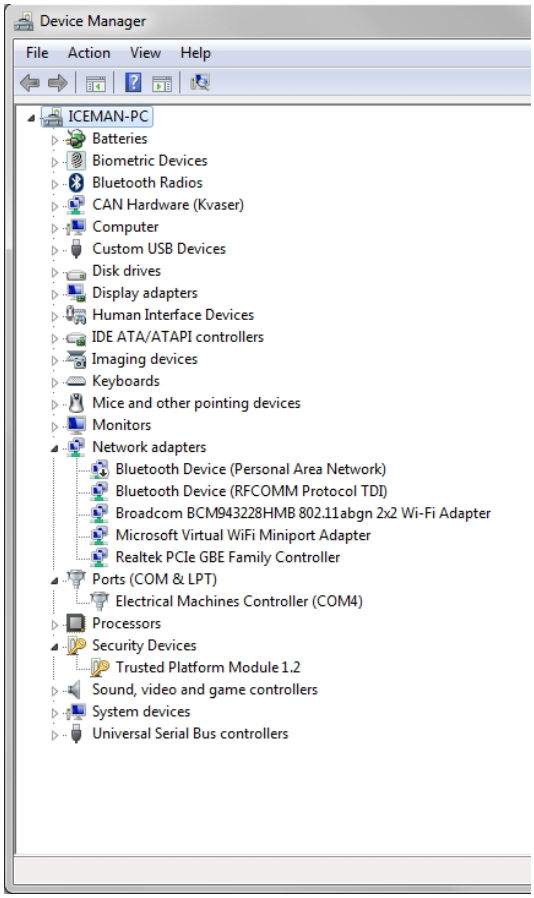
Copie estos programas y directorios en un lugar adecuado de su disco duro. Puede
a los archivos *.BAT si lo desea.

Rin cada programa haciendo clic en el archivo '*.BAT'.

Instalación de controladores

Vaya a la carpeta de controladores USB y ejecute el controlador de 32 bits o 64 bits, según corresponda a su ordenador. De este modo se iniciará el controlador de la caja de control.

Puede comprobar que el controlador está instalado correctamente consultando el Administrador de dispositivos y comprobando que el controlador Electrical Machines aparece en Puertos (véase la página opuesta).



Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Software: Integración de MATLAB

El software MATLAB puede descargarse de la página web de Matrix.

La funcionalidad de las Máquinas Eléctricas Modernas se controla a través de una conexión de puerto USB COM al com-

ordenador.

Hemos proporcionado una biblioteca de funciones para permitir que los diversos aspectos del sistema de Máquinas Eléctricas sean investigados y controlados. Los diversos scripts de funciones de Máquinas pueden encontrarse dentro de la carpeta Prim- itives. Los scripts requieren que se declare una variable global en su proyecto para establecer el número de puerto COM como se muestra al lado:

```
global EM_USB;
Busque el puerto COM de su ordenador en el que está conectada la unidad de control Matrix EM.
y utilízalo aquí en lugar de "COM1".
EM_USB = serial('COM1','Baudrate',115200,'Databits',8);
fopen(EM_USB);
El programa principal reside aquí
fclose(EM_USB) % Cierra el puerto COM
```

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Funciones MATLAB

Comp Código	Cmd Código	Función	Param1	Param2	Param3	Param4	Devolución	Tamaño de retorno	Descripción
0	0	GetAPIVersion					NúmeroDeVersión	Byte	Obtiene la versión de la API del firmware - Debe establecerse en 1 en el lanzamiento
0	1	SetMotorType	Tipo (0-3)						Ajusta el tipo de accionamiento del motor - 0=DC, 1=1 Fase, 2=3 Fase, 3=PIDControl
0	2	SetVoltage	TensiónLSB	TensiónMSB	Canal (0-1)				Ajusta la tensión de una de las salidas de CC (0-3000)
0	3	EstablecerFrecuencia	FreqLSB	FreqMSB					Ajusta la frecuencia del variador de velocidad (10 - 100)
0	4	SetActive	Carrera (0-1)						Controla si las salidas están activas o no
0	5	EstablecerFase	Canal (0-2)	FaseLSB	PhaseMSB				Permite desplazar una de las fases de CA de los valores por defecto 180 o 120
0	6	PesoCero							Pone a cero la salida de la célula de carga
0	7	SetACDriveMode	Modo (0-1)						Establece el modo de onda de salida de CA 0=Sinusoidal PWM 1=Trapezoidal
0	8	SetFanSpeed	VelocidadLSB	SpeedMSB					Controla la velocidad del ventilador, en gran parte redundante ahora y el ventilador debe ser automático (0-3000)
0	10	SetCapBank	Valor (0-3)						Controla los condensadores conectados a los terminales C - 0=0F, 1=200uF, 2=300uF, 3=500uF
0	11	SetDynoLoad	Valor (0-255)						Controla la resistencia de carga del dinamómetro (0=aprox 145R, 255=aprox 5R)
0	12	SetACGenMode	Valor (0-1)						Controla la generación de onda sinusoidal trifásica (0=Simple, 1=Precisa (doble joroba))
0	13	GetLogData						Byte[64]	Recoge un paquete de 64 bytes con datos de registro
0	14	LogDataReady					Listo (0-1)	Byte	Comprueba si los datos de registro están listos para ser enviados
0	15	IsBrushlessActive					Bactive (0-1)	Byte	Comprueba si la retroalimentación sin escobillas está conectada
0	16	GetLogStartAngle					Ángulo(0-35)	Byte	Obtiene el ángulo de fase U actual al inicio del registro, 0-35 = 0 a 350 grados
0	17	Calibración de células de carga	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece el factor de escala de la célula de carga - normalmente 0.0046082949308756
0	20	GetRPM					RPM	Int sin signo	Devuelve la lectura de RPM con una resolución de 0,1 RPM
0	21	GetAbsolutePosition					AbsPosition	Largo sin signo	Devuelve la posición absoluta del encoder con una resolución de 0,25 Grados
0	22	GetVoltage	Canal (0-5)				Tensión	Int sin signo	Devuelve la lectura de tensión con una resolución de xxx V
0	23	GetCurrent	Canal (0-7)				Actual	Int sin signo	Devuelve la lectura de corriente con una resolución de xxx V
0	24	GetErrorStatus					ErrorStatus	Byte	Obtiene el estado actual del error
0	25	GetSwitches					Interruptor	Byte	Devuelve el estado de los interruptores de seguridad (0=Stop, 1=OK)
0	26	GetLoadCell	Modo (0-1)				Carga	Int sin signo	Devuelve el peso en la célula de carga 0=Peso en G 1=Par en mNM
0	27	GetPhaseAngle	Canal						Devuelve la diferencia de ángulo de fase medida utilizando los picos de la forma de onda
0	28	GetMotorDir					Dirección	Byte	Devuelve el sentido de giro del motor
0	29	ResetAbsPosition							Restablece la posición angular absoluta a 0
0	50	SetSetpoint	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece la consigna angular
0	51	SetKP	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece la ganancia proporcional
0	52	SetKI	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece la ganancia integral
0	53	SetKD	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece la ganancia derivativa
0	54	Obtenga información					Ángulo	Flotador	Obtiene la posición absoluta como un ángulo en coma flotante
0	55	GetControlOutputs					OP,OI,OD,Sum	Flotante[4]	Obtiene las salidas del control PID como valores en coma flotante
0	56	SetMaxDriveDuty	FloatLSB	Flotador1	Flotador2	FloatMSB			Establece el trabajo máximo del accionamiento como un valor de coma flotante entre 0 y 1.
0	57	GetDataArraySize					Número de muestras	Byte	Recoger el número de muestras de control en el tampón
0	58	GetDataArray						Flotante[5]	Recoger SP, FB, PO, IO, DO
0	59	Get3xDataArray						Flotante[15]	Recoger datos Array x 3
0	80	Establecer dirección IP	IP0	IP1	IP2	IP3			Establece la dirección IP del buzón, por defecto 192.168.1.235
0	81	SetIPPort	PuertoLSB	PuertoMSB					Establece el Puerto para la caja, por defecto 88

La tabla anterior muestra las llamadas a funciones públicas disponibles en la biblioteca de MATLAB y su función.

Copyright 2023 Matrix TSL Limited

Referencia

Ejemplo MATLAB

El texto de al lado es un sencillo script de control de motores escrito en Matlab. Este y los conjuntos de comandos API de las páginas anteriores deberían ayudarle a crear sus programas de prueba de Máquinas Eléctricas.

```
global EM_USB;
% Sustituir 'COM1' por el número de puerto correcto para la
caja EM EM_USB =
serial('COM1','Baudrate',115200,'Databits',8);
fopen(EM_USB);
SetMotorType (0); % DC Motor pause(0.1);
motor_voltage = 10; % 10V DC

% Test comms are ok
api_version = GetAPIVersion();
disp(['api_version = ' , num2str(api_version)]);

% Comprueba los interruptores de
seguridad del banco de potencia
switch_state = GetSwitches ();
si switch_state >= 1
  disp('==== PRUEBA MOTOR CC INICIO ====')
  SetDynoLoad(0);
  index = 1;
  SetActive(1); % Motor ON
  SetVoltage(0,motor_voltage); % Fijar voltaje DC1
  pause(0.3); % Esperar a que el motor gire
  % Realiza las mediciones muestreadas en un
  bucle for bucle = 0:255
    load_cell_torque_range(index) = GetLoadCell(1);
    encoder_speed_range(index) = GetRPM();
    index = index + 1;
    SetDynoLoad(loop);
    pause(0.1);
  fin
  % Sampling over, turn off the motor, close comms
  SetActive(0); % Motor OFF
   fclose(EM_USB)

  % Graficar las RPM contra el
  tiempo curent_torque_plot =
  figure;
  figure(curent_torque_plot);
  movegui(curent_torque_plot , 'northwest');
  hold on
  p2 = polyfit(encoder_speed_range, load_cell_torque_range , 1); % línea de mejor
  ajuste y2 = polyval(p2, encoder_speed_range);
  plot(rango_velocidad_codificador, rango_torque_célula_carga, 'ro', rango_velocidad_codificador, y2, '-r' );
  polinomio_velocidad_actual = poly2sym(p2,sym('T'));
  ecuación_velocidad_actual = sprintf('Velocidad =
  %s',polinomio_velocidad_actual); disp(ecuación_velocidad_actual);
  rejilla en
  legend('Muestras','Línea de mejor
  ajuste','Ubicación','sureste'); xlabel('Velocidad, RPM');
  ylabel('Par, mNm');
  title(['Velocidad del motor PM DC v Par @ ', num2str(tension_del_motor) , 'V']);
  si no,
espera
  disp('==== Motor no instalado en el dinamómetro
====') end
```

Copyright 2023 Matrix TSL Limited