

Capítulo 13

Motores y Mandos

Contenido

Selección de motor.

Características de Torque.

Arranque por Voltaje Reducido.

Tiempo de Aceleración y Frecuencia del Arranque.

Freno Regenerativo.

Motores de Rotor Devanado.

Aconamientos Variadores de Velocidad.

Condiciones Ambientales y Elevacion de la Temperatura.

Cubierta del Motor.

Interconexión Eléctrica para sistemas de transporte

Control Remoto mediante Multiplexing.

Selección de motor

Habiendo determinado los requisitos básicos de potencia, la selección de los motores para accionamiento de la faja transportadora, entonces depende de muchos factores. Esto incluye características de arranque; el tipo y voltaje del suministro de energía; el ambiente y las condiciones atmosféricas; requerimientos de velocidad simple o múltiple; condiciones especiales de servicio; si el portador es inclinado, declinado, o particularmente si tiene una o más curvas verticales.

Rangos de motor

El motor seleccionado debe tener un valor de placa constante, por lo menos igual a la potencia requerida por el transportador, dividido por la eficiencia de todos los componentes del accionamiento.

Los motores aprueba de goteo abiertos que estimaron 200 hp o menos puede tener un factor de servicio de 1.15 que les permitirán llevar 15% de sobrecarga continuamente a una temperatura segura. Los motores a prueba de explosión y enfriados por ventilador totalmente encerrados normalmente tienen un factor de servicio de la Asociación de los Fabricantes Eléctricos Nacionales (NEMA) de 1.00. Algunos fabricantes proporcionan ciertos motores totalmente provistos con un aislamiento especial y un factor de servicio de 1.00. Pero estos motores no son NEMA normales y se deben verificar con el fabricante.

Cuando se dispone de un factor de servicio de 1.15, no se recomienda que la capacidad adicional se utilice para proporcionar cualquier parte de la carga normal y sobre todo no debe usarse para torque de aceleración. Si la potencia calculada en el eje del motor es ligeramente superior al valor de la potencia nominal NEMA, y un análisis completo indica que el arranque la faja transportadora es completamente posible bajo todas las condiciones de operación; el comprador del transportador puede aprobar el uso de una parte del factor de servicio para transportar la máxima carga, en lugar de insistir en el siguiente valor del motor normal más grande.

Las Características del Torque

El mecanismo de accionamiento de faja transportadora debe proporcionar el torque suficiente en el reposo para vencer las fuerzas estáticas y acelerar el transportador cargado a la velocidad de operación dentro de los límites de tiempo impuestos por el fabricante del motor. Igualmente el torque de aceleración no debe generar tensiones de faja que excedan el valor permisible del fabricante para la aceleración. La cantidad de torque impartida a la faja transportadora variará dependiendo de los valores relativos de WK2 del accionamiento y de las partes en movimiento del sistema transportador, así como la estructura del transportador. Además, debido a que el torque del motor varía con el cuadrado del voltaje aplicado, la rigidez del sistema de suministro de energía se debe considerar en cualquier análisis del torque de aceleración.

Los motores de inducción de corriente alterna de jaula de ardilla representan los medios más simples y económicos para poner en movimiento las fajas transportadoras. Desgraciadamente, los diseños de motores normales NEMA no reconoce las condiciones de torque de velocidad ideal requeridas por una faja transportadora. Otros medios deben ser empleados para controlar el torque. Estos son: el control del voltaje reducido o los dispositivos auxiliares que se discuten después en este capítulo. Una curva torque - velocidad ideal para una faja transportadora se muestra en Figura 13.1.

NEMA clasifica a los motores jaula de ardilla polifásicos en cuatro designaciones con respecto a las características de torque - velocidad. De éstos, dos diseños, B y C, satisfacen todas menos una aplicación inusual. Una comparación de las características del torque de estos dos diseños se muestra en las tablas 13-1 a 13-5, con curvas de torque - velocidad típicas mostradas en la figura 13.1.

Debe notarse que las Tablas 13-1 a 13-4 proporcionan un registro de valores de torque mínimo. Normalmente, los valores del torque reales proporcionados por los fabricantes de motores son mayores que los listados para proporcionar un margen de diseño. Desde que el diseñador del transportador se preocupa por limitar el valor, así como de proporcionar torque suficiente, las necesidades y limitaciones específicas se deben discutir con el fabricante.

Figura 13.1 Curvas de torque de velocidad para 50 hp, 1800 rpm diseño NEMA de motores C y B la curva de torque de velocidad ideal para un mecanismo de control de una faja transportadora típica

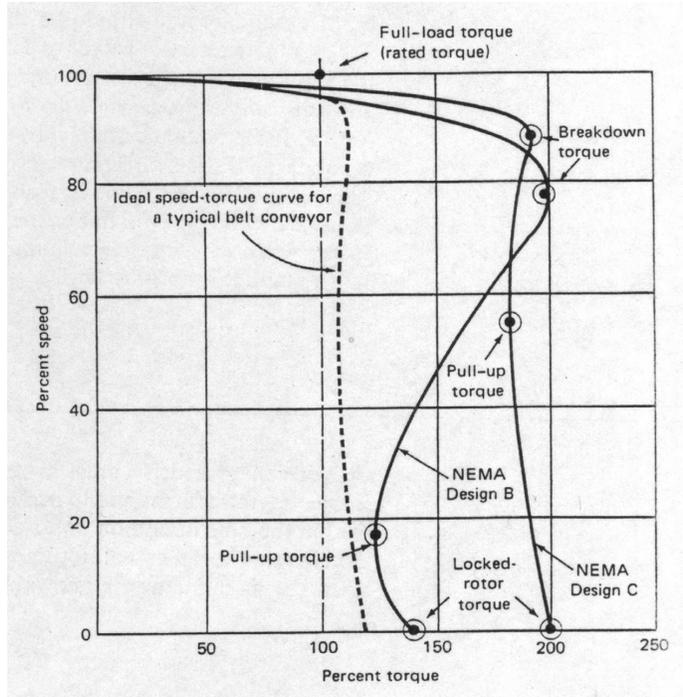


Tabla 13-1
Diseños A y B
Torque mínimo de rotor asegurado, % del torque a plena carga.

Hp	Velocidad sincronizada, rpm							
	60 hertz	3,600	1,800	1,200	900	720	600	514
	50 hertz	3,000	1,500	1,000	750	.....	.....	.....
1/2		.....	.....	.....	140	140	115	110
3/4		.....	.....	175	135	135	115	110
1		.....	275	170	135	135	115	110
1 1/2		175	250	165	130	130	115	110
2		170	235	160	130	125	115	110
3		160	215	155	130	125	115	110
5		150	185	150	125	125	115	110
7 1/2		140	175	150	125	120	115	110
10		135	165	150	125	120	115	110
15		130	160	140	125	120	115	110
20		130	150	135	125	120	115	110
25		130	150	135	125	120	115	110
30		130	150	135	125	120	115	110
40		125	140	135	125	120	115	110
50		120	140	135	125	120	115	110
60		120	140	135	125	120	115	110
75		105	140	135	125	120	115	110
100		105	125	125	125	120	115	110
125		100	110	125	120	115	115	110
150		100	110	120	120	115	115	.....
200		100	100	120	120	115	.....	.....
250		70	80	100	100	.....	.....	.....
300		70	80	100	.....	.....	.....	.....
350		70	80	100	.....	.....	.....	.....
400		70	80	.....	.....	.....	.....	.....
450		70	80	.....	.....	.....	.....	.....
500		70	80	.....	.....	.....	.....	.....

Tabla 13-2

Diseño C

Torque mínimo de rotor asegurado, % del torque a plena carga.

Hp	Velocidad sincronizada, rpm			
	60 hertz	1,800	1,200	900
	50 hertz	1,500	1,000	750
3		250	225
5		250	250	225
7.5		250	225	200
10		250	225	200
15		225	200	200
20-200, inclusive		200	200	200

Tabla 13-3

Diseños A y B

Torque mínimo de parada imprevista, % del torque a plena carga.

Hp	Velocidad sincronizada, rpm							
	60 hertz	3,600	1,800	1,200	900	720	600	514
	50 hertz	3,000	1,500	1,000	750	.....	.....	.....
1/2		225	200	200	200
3/4		275	220	200	200	200
1		300	265	215	200	200	200
1 1/2		250	280	250	210	200	200	200
2		240	270	240	210	200	200	200
3		230	250	230	205	200	200	200
5		215	225	215	205	200	200	200
7 1/2		200	215	205	200	200	200	200
10-125, inclusive		200	200	200	200	200	200	200
150		200	200	200	200	200	200	.....
200		200	200	200	200	200	.....	.....
250		175	175	175	175	.....	.....	.....
300-350		175	175	175	.....	.....	.....	.....
400-450, inclusive		175	175	.....	.....	.....	.....	.....

Tabla 13-4

Diseño C

Torque mínimo de parada imprevista, % del torque a plena carga.

Hp	Velocidad sincronizada, rpm			
	60 hertz	1,800	1,200	900
	50 hertz	1,500	1,000	750
3		225	200
5		200	200	200
7 1/2 - 200		190	190	190

Tabla 13-5

Diseños A & B

Torque de parada

El torque de parada de los Diseños A y B, velocidad simple, motores, con voltaje y frecuencia aplicada, no es menor de lo siguiente:	
Torque de rotor asegurado de la Tabla 13-1	Torque mínimo de parada, %
110% o menos	90% de Columna 1
Mayor de 110%, pero menor de 145%	100% de torque a plena carga
145% o más	70% de Columna 1

El torque de parada de los motores de diseño C, con voltaje y frecuencia aplicada, no es menor de 70% del torque de rotor de parada de la Tabla 13-2.

La tabla 13-1 muestra que el mínimo torque de rotor trabado para motores de Diseño B de 200 hp o menores, varía desde 100% al 275% de torque a plena carga, dependiendo de la potencia y de la velocidad. Para accionamientos de transportadores que requieren elevados torques de rotor trabado, se pueden usar motores NEMA Diseño C. La curva torque - velocidad de los motores de Diseño C se aproxima a la curva ideal del torque - velocidad, línea recta (vea Figura 13.2). Sin embargo, debido a que el torque de aceleración del motor NEMA C permanece razonablemente constante para valores entre 190% y 250% del torque a plena carga, con la posible excepción de un torque "mínimo de aceleración"; este rendimiento hace posible sobreesforzar la faja transportadora durante el periodo de arranque. La desventaja del exceso de torque se puede superar por el arranque de voltaje reducido. El torque de carga para un transportador con carga uniforme normalmente es un torque constante de cero a plena velocidad. Por consiguiente, es importante considerar el torque del motor mínimo entre el torque de "rotor trabado" el torque "regulado". Llamado torque "mínimo de aceleración" y nunca debe ser menor que el torque a plena carga del transportador. La tabla 13-2 lista los valores del torque mínimo de aceleración del motor NEMA.

Los motores con valores mayores a 200 hp del Diseño C y los mayores a 500 hp para el Diseño que B no son cubiertos por las normas NEMA. Además, no todos los motores entre 200 y 500 hp, a todas las velocidades, son parte de las normas NEMA. El motor de Diseño B normal sobre los 100 hp pueden tener un torque de arranque de 100% o menor; por consiguiente, el fabricante del motor debe consultarse antes de que tales motores sean seleccionados para los accionamientos del transportador.

A continuación se ilustra una aplicación típica que involucra las consideraciones del torque del motor. Refiérase al Capítulo 6, Problema 1, "transportador de faja inclinado," Figura 6.20. La primera consideración del torque a ser satisfecha es que el torque de rotor trabado del motor debe exceder al valor del torque de fricción del transportador más el requerido para la elevación. La tensión, T_e , para este transportador es 15,853 lbs. Esto incluye la elevación que representa 7,995 lbs. Los requerimientos de fricción son, por consiguiente:

$$15,853 - 7,995 = 7,858 \text{ lbs.}$$

La potencia requerida para arrancar el transportador es:

$$\text{Potencia de la faja en el arranque} = 2 \frac{(7,858)(500)}{33,000} + \frac{(7,995)(500)}{33,000} = 359$$

Convirtiendo la potencia de arranque de la faja al torque de arranque del motor con rotor trabado, asumiendo una velocidad del motor a plena carga de 1,750 rpm y agregando las pérdida de la polea motriz y de la reducción de velocidad:

$$\frac{(359 + 1.52 + 12.09)(5,250)}{1,750} = 1,118 \text{ lb-pies,}$$

Un accionamiento de motor dual, se indica como el accionamiento más económico para el transportador del Problema 1. La potencia calculada total en el eje del motor es 253.8 hp. Se asume que se usará un motor primario de 150 hp y uno secundario de 125 hp. El torque calculado para los motores combinados, a 1,750 rpm, ser:

$$\frac{(275)(5,250)}{1,750} = 825 \text{ lb-pies}$$

Por consiguiente, los motores seleccionados deben tener un torque de rotor trabado mínimo combinado de 1,118/825 veces, o 135% del torque a plena carga.

El ejemplo anterior se basa en valor constante del voltaje de placa, proporcionado al motor durante el arranque. Si no fuera el caso, entonces se deben incluir factores correctivos, en base a que el torque del motor varía directamente con el cuadrado del voltaje.

Otra consideración importante es la curva característica torque - velocidad del motor. La curva no debe caer por debajo de la línea trazada desde el punto de requerimiento de torque de rotor trabado hasta el requerimiento del torque de funcionamiento a toda velocidad. Asumiendo que se usarán motores de 1,800 rpm en esta aplicación, la referencia a la Tabla 13-1 muestra que un motor NEMA B de 150 hp con su voltaje nominal tendrán un torque de rotor trabado de 110% del torque a plena carga. Igualmente, un motor de 125 hp tendrá un torque de rotor trabado de 110% del torque a plena carga. Obviamente, estos motores no proporcionarán los requerimientos del torque de arranque para el transportador en cuestión. Hay varias posibles soluciones:

1. Usar motores jaula de ardilla NEMA B y un acoplamiento fluido, electromagnético, o de otro tipo, que permita a los motores acelerarse a una carga cero y engancharse con la carga conectada en el punto apropiado de la curva torque - velocidad.
2. Usar motores jaula de ardilla NEMA C con o sin el voltaje de arranque reducido, dependiendo de las limitaciones impuestas en la tensión máxima de arranque permisible por el fabricante de la faja.
3. Usar un motor de rotor devanado de 150 hp y un motor jaula de ardilla de 125 hp.
4. Usar dos motores de rotor devanado.

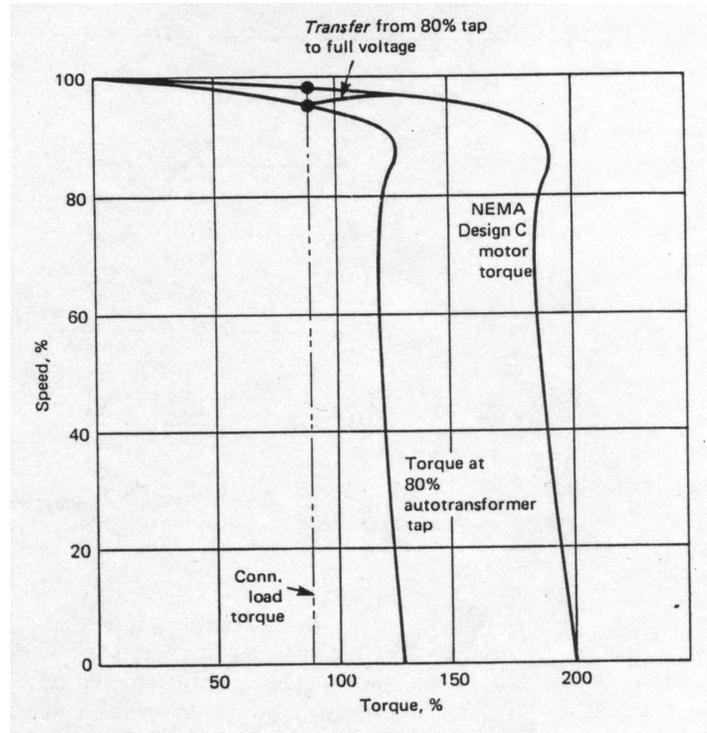
Todas las soluciones anteriores requerir n un an lisis cuidadoso para asegurar el torque de aceleración suficiente, sin exceder las tensiones de arranque máximas impuestas por el fabricante de la faja.

Arranque de Voltaje Reducido

En cualquiera de los métodos de arranque de voltaje reducido, el torque está reducido por el cuadrado del voltaje. En otras palabras, torque de motor = (torque a pleno voltaje) * (voltaje aplicado)²/(voltaje nominal)². Esto también reduce el flujo de corriente que acompaña al arranque a pleno voltaje. El arranque a voltaje reducido de los motores de jaula de ardilla se puede lograr por el uso de una resistencia primaria, un autotransformador, o con un arranque de reactor.

El arranque de voltaje reducido se muestra en la curva torque - velocidad en la Figura 13.2. Con el voltaje en los terminales del motor reducido al 80% tanto por arrancadores de voltaje reducido de tipo resistencia primaria o autotransformador, el torque se reduce a 64% de su valor, como se muestra en la Figura 13.2. El regulador de aceleración usado para transferir el voltaje total se debe fijar, de manera que permita que el transportador se acelere cerca de velocidad plena, para minimizar el torque de golpeo al alcanzar velocidad plena. También, la transición del circuito cerrado, disponible en arrancadores autotransformadores, ayudan a reducir este torque de golpeo.

Figura 13.2. Característica del Arranque de Voltaje Reducido usando autotransformador o una resistencia primaria.



Un arranque suave sin el choque de transición, se puede lograr por un "arrancador de estado sólido" en donde los rectificadores de silicón controlados (SCRs) se usan con reguladores para controlar el voltaje aplicado al motor. Los dos tipos de reguladores más normalmente, proporcionan tanto un "arranque de corriente limitada" o "aceleración de regulación lineal". En las figuras 13.3 y 13.4 se muestran las curvas características típicas para los dos tipos de reguladores del arranque de estado sólido, usados con los motores NEMA de diseño C.

Como se incluye en la discusión de la Tabla 13-1, se debe tener cuidado para cerciorarse de que existe el torque adecuado disponible para arrancar la faja bajo las condiciones de carga más severas. Esto es especialmente cierto si se usa un arranque de voltaje reducido de cualquier tipo, o si hay la posibilidad de una baja de voltaje en el suministro de energía del motor en el arranque. Por ejemplo, si el motor seleccionado debe entregar el 100% del torque nominal del motor, para mover una faja cargada, un torque ligeramente más alto puede ser necesario para superar la fricción estática para arrancar la faja cargada, y un torque adicional necesario para acelerar la inercia total del accionamiento. Si se considera un motor NEMA de 100 hp a 1,800 rpm Diseño B, y hay la posibilidad de una baja del 10% del voltaje en los terminales del motor cuando se aplica el voltaje total; el torque de arranque garantizado sólo es $(0.9)^2 * 110 = 89.1\%$ que no es suficiente para asegurar que la faja cargada arrancará. Si el motor seleccionado está por encima a 125 hp, la faja cargada requiere sólo 80% del torque nominal del motor, pero el torque de rotor trabado garantizado para el motor de 125 hp es sólo 110%, produciendo 89.1% si es que hay una baja del voltaje del 10% con un arranque a pleno voltaje. El fabricante del transportador debe determinar si es o no suficiente para asegurar el arranque de la faja cargada.

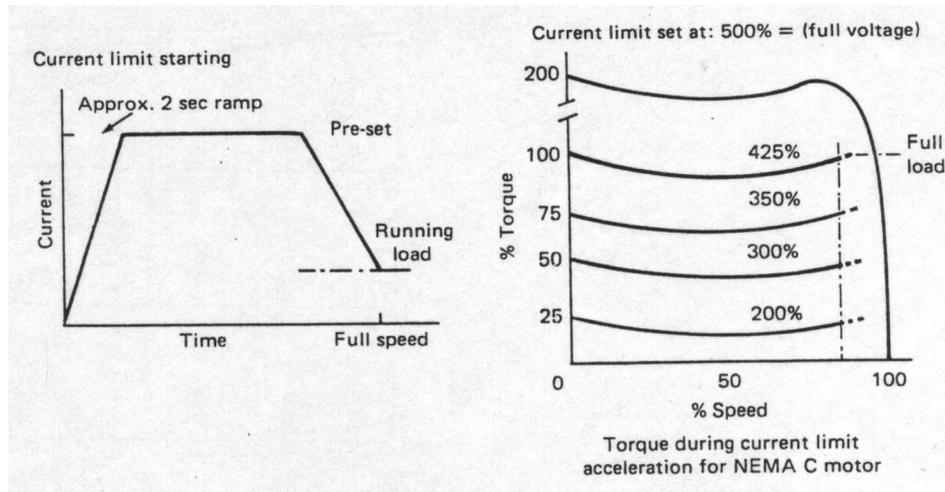


Figura 13.3. Arrancador de Voltaje Reducido de Estado Sólido

En comparación, note que un motor NEMA de 125 hp Diseño C proporcionará un torque de rotor trabado de 200%. Si se considera un arrancador de estado sólido con un regulador de corriente límite ajustable al 425%, y que la corriente de rotor trabado a pleno voltaje es 600%, entonces, el torque de arranque garantizado es $200 * (425/600)^2 = 100\%$. De nuevo, el transportador cargado que requiere 100% de torque del motor para funcionamiento uniforme, probablemente no arrancará. Sin embargo, si se usa un regulador de aceleración lineal para la misma instalación, el voltaje del motor aumentará al valor requerido para la recuperación. Si es necesario, los SCRs completarán la fase y proporcionarán el voltaje total, aunque en el ejemplo anterior es bastante probable que la faja arranque antes de que el voltaje llegue al 80%, en donde el torque de rotor trabado será de $200 * (0.8)^2 = 128\%$. Tan pronto como el tacómetro motriz asociado con el regulador de aceleración lineal indique que el motor está rotando, el voltaje al motor se reduce inmediatamente al valor necesario para acelerar el accionamiento al valor nominal. Una faja vacía se acelerará en el mismo tiempo que una faja totalmente cargada, lo que, por supuesto, significa que el torque del motor y las fuerzas en el accionamiento del transportador serán de valores menores a las requeridas para la faja cargada. El fabricante del transportador debe determinar cual es la predeterminación en el regulador de aceleración lineal para mantenerlo dentro del límite del torque máximo del motor. Cuando se completa la aceleración, los SCRs se conectan en una conducción total, proporcionando el voltaje de línea total.

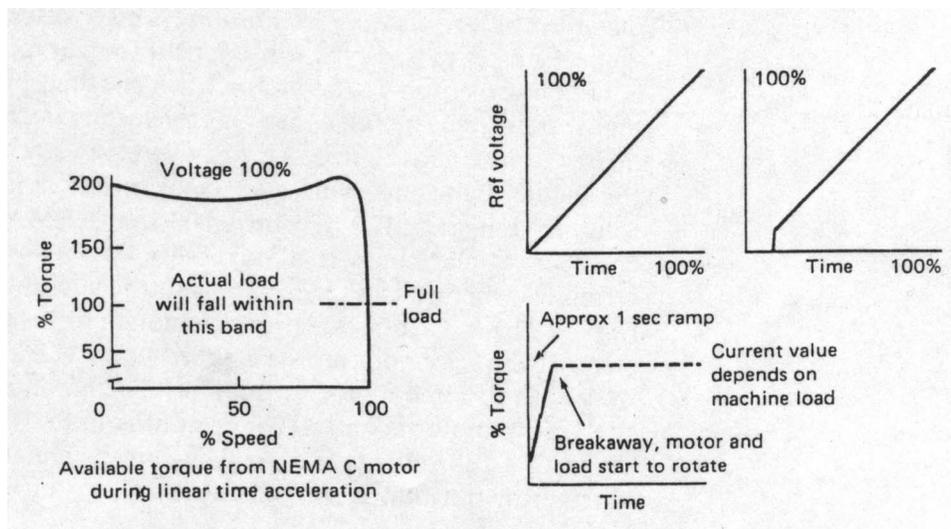


Figura 13.4 Aceleración Regulada Linealmente

Tiempo de Aceleración y Frecuencia del Arranque

Los transportadores con grandes masas, casi siempre requieren un periodo largo de tiempo para alcanzar la velocidad normal de funcionamiento. Cuando se aplican a tales transportadores, motores jaula de ardilla, es necesario verificar su capacidad térmica. Una regla general es que los motores NEMA Diseño B se deben acelerar hasta su velocidad total en 15 seg. y los C en 10 seg., aunque no es inusual que un motor con arrancador de estado sólido arranque en 30 seg. Se debe consultar al fabricante del motor cuando los tiempos de aceleración sean cercanos o excedan estos valores. El tiempo del rotor trabado no debe exceder los 6 seg.

Si se requieren arranques frecuentes probables, se deben verificar con el fabricante la compatibilidad del motor y el control usado. El servicio de arranque impone esfuerzos mecánicos severos dentro de un motor de jaula de ardilla, tanto como un rápido incremento en la temperatura del devanado. NEMA permite sólo 2 arranques sucesivos para motores de 250 a 500 hp, arrancando a temperaturas ambientales. Los motores más pequeños se pueden arrancar con mayor frecuencia; sin embargo se deben tener ciertas consideraciones para un motor de rotor devanado si es que el transportador va a ser frecuentemente arrancado. Los motores C.A. pueden estar provistos con detectores incorporados que respondan al calor, que pueden ser usados para hacer sonar una alarma o desconectar la fuente de energía.

Frenos Regenerativos

Los motores normales de jaula de ardilla, cuando funcionan más allá de su velocidad síncrona por medios externos, se convierten en regeneradores y en consecuencia ejercen un torque de frenado. La cantidad del torque es la misma que el torque de aceleración, pero de sentido contrario. Por esta razón, se usa el motor jaula de ardilla en transportadores descendentes, si la faja y su carga son tales que el motor es accionado más allá de su velocidad síncrona.

Cuan más rápido se fuerza al motor a operar más allá de su velocidad síncrona, tanto mayor es su torque de frenado. Esto es aparente de la curva torque – velocidad, donde se verá que el motor NEMA de diseño B posee su mayor torque de recuperación.

Hay tres factores a revisar en los accionamientos de esta naturaleza; primero el motor debe tener suficiente torque continuo para detener la carga. De no ser así, entonces se dará una condición de sobrecarga y el motor se desconectará de la fuente de poder por medio de la acción de su dispositivo de sobrecarga. Se necesita un freno para prevenir la marcha hacia atrás. Además, los conmutadores centrífugos, fijados para determinada velocidad, son comúnmente usados para detener el motor y aplicar el freno.

Segundo, la potencia desarrollada por el motor actuando como generador debe ser absorbida por otros accionamientos o dispositivos capaces de emplear energía eléctrica. El sistema de distribución de potencia debe contemplar esta situación.

El tercer factor es la suficiencia térmica del freno(s) para detener el transportador cargado en el caso de una falla de energía u otra emergencia. El torque de frenado decrecerá cuando la rueda se caliente. Para estar seguros que al menos el 90% del torque de frenado esté disponible, los hp-seg. Generados en la rueda de frenado no deben exceder el 50% del valor que resulta en la temperatura de la rueda a 125°C. Si la rueda de frenado se torna tan caliente que el torque cae por debajo del valor requerido para detener la faja cargada, puede generarse una “condición de embalamiento”.

Motor de Rotor Devanado

Para transportadores de alta capacidad, largos o con condiciones difíciles de arranque, donde los motores de jaula de ardilla no son adecuados; los motores de rotor devanado se pueden emplear. Los motores de rotor devanado permiten el control del torque desde unos pocos hasta 20 pasos en la aceleración por la adición de resistencias externas al bobinado secundario. Se usan contactores magnéticos o conmutadores de cilindro a motor, para desconectar la resistencia secundaria en tanto el accionamiento del motor y transportador aumentan su velocidad. Los contactores magnéticos se pueden accionar automáticamente por relays de tiempo, de frecuencia, o de corriente.

La selección apropiada de los valores de resistencia y de valores de corriente o tiempo, permiten desarrollar un patrón específico de torque de aceleración para satisfacer un transportador en particular. La curva torque - velocidad en la figura 13.5 ilustra como un motor de rotor devanado con 11 pasos pueden ser usado para proporcionar un torque

promedio de 160% durante la aceleración, con una muy pequeña variación. El uso de pasos adicionales pueden disminuir la variación, aún más.

Los accionamientos especiales de motor devanado, se pueden usar para refinar aún más la aceleración del transportador. Esto involucra tanto la resistencia primaria y secundaria, y la eliminación selectiva de cada una durante el arranque para suministrar virtualmente un torque constante. Además, un reactor y una red de resistencias en el devanado secundario del motor de rotor devanado, producirá un arreglo altamente deseable de características torque - velocidad.

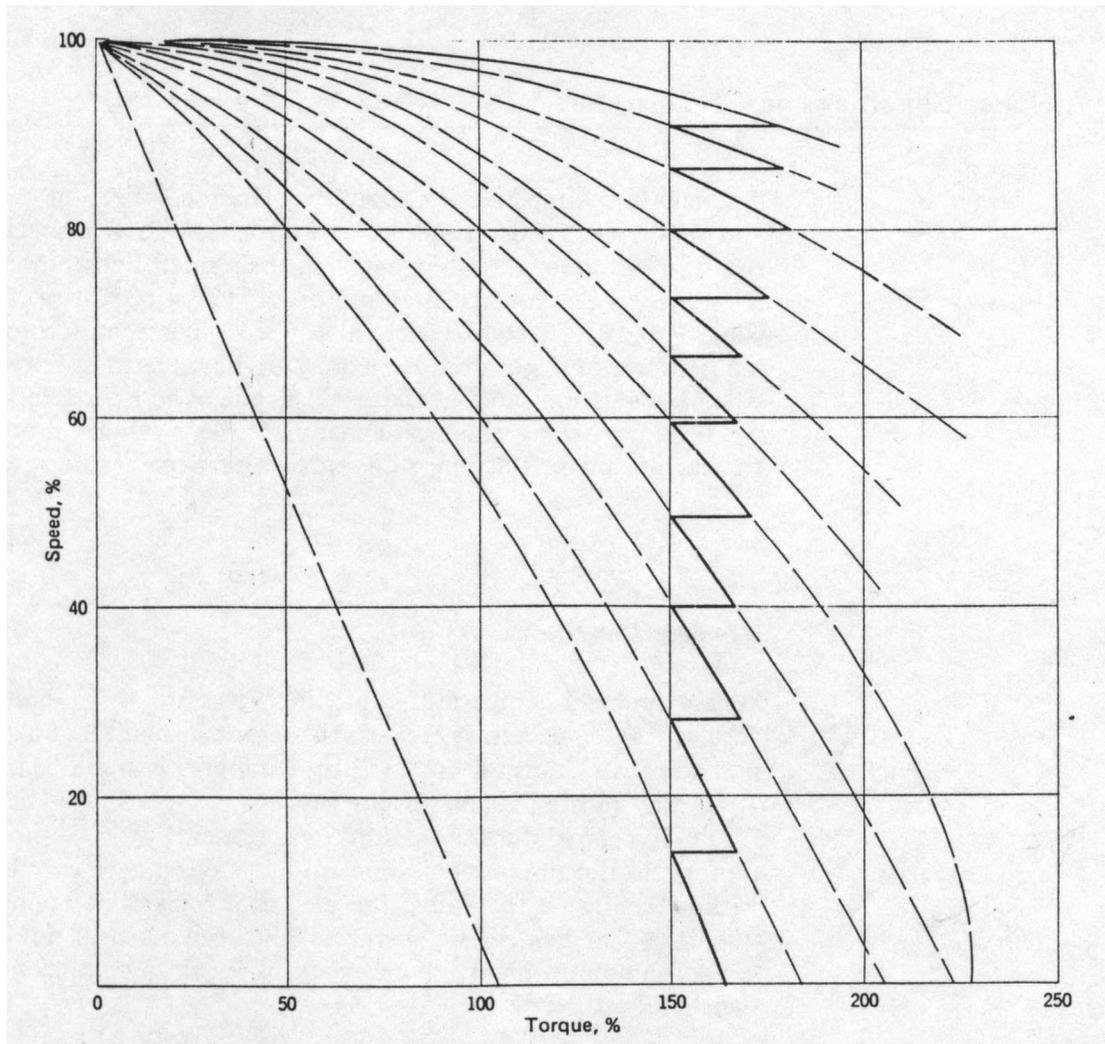


Figura 13.5. Curvas Torque - Velocidad, 11 puntos de arranque, Motores de Rotor Devanado

Accionamientos de Velocidad variable

La mayoría de los transportadores requieren sólo operación de velocidad simple. Existen casos, sin embargo, donde son necesarias dos o más velocidades. Ejemplos típicos son los alimentadores de faja o las fajas transportadoras que manejan muchos materiales de grandes pesos diferentes. Los motores jaula de ardilla de dos y cuatro velocidades están disponibles tanto en diseño de torque constante como en el de potencia constante. Los motores jaula de ardilla de velocidad constante, conectados a transmisiones mecánicas variadoras de velocidad, ofrecen un método simple para suministrar la velocidad variable en un transportador. Se puede disponer para un cambio de velocidad automático, remotamente operado o manual.

Los motores de corriente directa, que operan con un sistema de voltaje ajustable pueden usarse para una velocidad ajustable, con un motor-generador o con un suministro de potencia estática. Estos accionamientos de voltaje ajustable pueden ser empleados en muchas instalaciones de alta capacidad, así como en muchos alimentadores, donde es esencial un control de flujo de material, para la facilidad de una operación eficiente. La operación de frecuencia ajustable de los motores jaula de ardilla se pueden considerar, especialmente si varios motores arrancan o paran simultáneamente.

Otro método de control de velocidad en accionamientos de transportadores es emplear motores de jaula de ardilla de velocidad constante y acoplamiento electromagnetismo ajustables o de tipo fluido. Estos son discutidos en el Capítulo 6 "Dispositivos para aceleración, desaceleración, y control de torque", página 164.

Condiciones ambientales y Elevación de Temperatura

Las condiciones ambientales y atmosféricas afectan la selección de un motor. Los motores enfriados por ventilador encerrados totalmente y abiertos, son nominados para una elevaciones de temperatura específica por encima de los 40°C ambientales, cuando mantienen su potencia nominal. Clasificados por la resistencia, el motor aislado de Clase A está nominado para una elevación de 60°C, la Clase B para 80°C, la Clase F para 105°C, y Clase H para 125°C. Donde se requiere para temperaturas ambientales altas o grandes altitudes, es posible especificar motores que tengan aislamiento clase F nominados para una elevación de temperatura de Clase B, etc. Donde la elevación de la temperatura de un motor es importante, se debe revisar el catálogo del fabricante del motor para las normas de fabricación corriente, los aislamientos, los valores nominales, y las elevaciones de temperatura.

Condiciones ambientales

Donde las temperaturas ambientales son superiores a 40°C, serán necesarios motores con estructuras más grandes, para mantener el aislamiento del motor a una temperatura segura y por tanto mantener la vida normal del motor. Un incremento en la temperatura ambiental de 10°C, acortará la vida de aislamiento en un 50%.

Si las variaciones de temperatura están presentes en periodos superiores a 24 hrs y los motores no operan continuamente, será necesario instalar calentadores dentro de la armadura para reducir el peligro eléctrico de la condensación en el bobinado. Los calentadores son energizados cuando el motor no esta operando. Además, las conexiones de drenado de condensado son necesarias para permitir un desalojo completo de la humedad condensada.

Altitud

Debido a que la escasez de aire a altas altitudes reduce la capacidad de enfriamiento del motor, pueden ser necesarias armaduras más grandes para disipar el calor. Sin embargo, los motores construidos para ser usados al nivel del mar pueden ser operados satisfactoriamente a altitudes superiores a 3,330 pies.

Cubiertas de Motor.

El tipo de cubierta de motor seleccionada depende del material a ser transportado y de la cantidad de polvo en la atmósfera. Mientras que los motores abiertos, a prueba de goteo son usados en alguna extensión, la mayoría de las aplicaciones del transportador emplea motores enfriados por ventilador y totalmente cubiertos.

Si el material transportado es explosivo y la acumulación de polvo puede crear una condición peligrosa, se usan motores totalmente encerrados y a prueba de goteo. Estos llevan etiquetas de los Laboratorios de la Compañía Aseguradora. Las dos etiquetas comunes son Clase II, Grupo F (para emplearse en áreas que contengan carbón negro, carbón de piedra y polvo de coque), y la Clase II, grupo G (para áreas que contienen polvo de granos). Bobinados de encapsulado epóxico pueden hacer al motor a prueba de goteo, adecuado para ser empleado tanto en áreas secas como en áreas polvorientas, previendo que el polvo no sea abrasivo. Sin embargo, estos motores no llevan la aprobación del los Laboratorios de las Compañías Aseguradora, aprobando su uso en áreas de material explosivo. Donde el polvo es extremadamente abrasivo, es aconsejable incorporar sellos de grasa en los cojinetes del motor para protegerlos de un posible daño. En atmósferas extremadamente abrasivas, están disponibles accesorios especiales anticorrosivos su empleo en los motores.

Interconexión Eléctrica para Sistemas de Transporte

Los Sistemas de Transporte de Faja modernos de alta capacidad y alta velocidad, realizan interconexiones eléctricas entre unidades individuales en absoluta necesidad. La interconexión eléctrica es aquella previsión en un sistema de control eléctrico por medio del cual una falla o parada inesperada de cualquier transportador, automáticamente detendrá todos los transportadores que alimentan de material, con la previsión adicional de que antes que cualquier transportador sea arrancado, todos los transportadores siguientes estarán operando.

En una línea transportadora, la parada progresiva en secuencia regresiva desde el punto de falla hasta la fuente inicial de alimentación. La secuencia de la interconexión se combina con la secuencia de arranque, por lo que es necesario arrancar primero la última unidad para recibir la carga y en forma regresiva, arrancar unidad por unidad, hasta la fuente de alimentación.

Es deseable y a veces necesario, asegurarse que cada unidad haya alcanzado toda su velocidad nominal, antes de que la siguiente unidad pueda ser arrancada. Esto es especialmente cierto donde el sistema está conformado por transportadores de masa variable o inercia variable, que requieren diferentes tiempos de aceleración. Tal sistema, arrancado bajo carga, podría inundar los puntos de transferencia, a menos que cada faja alcance toda su velocidad antes del arranque de la unidad que la alimenta.

En su forma más simple, la interconexión eléctrica se acompaña acoplando un contacto de interconexión, de un contactor de arranque del motor, en serie con el pulsador de arranque del siguiente arrancador en la secuencia. Este método tiene dos desventajas: (1) no permite que una unidad alcance plena velocidad antes que la siguiente unidad sea arrancada. (2) no puede distinguir entre el "funcionamiento del motor" y el "funcionamiento de la faja" (por ejemplo no puede percibir una falla del accionamiento). La primera desventaja se puede superar al introducir un relay de retraso del tiempo entre los sucesivos arrancadores del transportador. Sin embargo, este dispositivo no podrá superar la segunda desventaja.

Una mejor forma de interconexión, es el uso de un interruptor centrífugo, accionado por el rodillo de la polea en el último punto en la faja para iniciar el movimiento. Estos conmutadores pueden ser usados para prevenir el arranque de la siguiente faja, hasta el momento en que la velocidad de la faja haya cerrado los contactos del interruptor. Contrariamente, pueden ser empleados para detener la siguiente faja, si la velocidad ha descendido por debajo de un valor dado. Muchos de estos interruptores se pueden obtener con ajustes variables para incrementos o decrementos de la velocidad.

Los sistemas de faja, donde una o más unidades se pueden desplazar grandes distancias debido a la inercia con respecto a otras, requieren características de frenado especial, para prevenir la inundación de los puntos de transferencia. Se usan frenos, si son aplicables. En algunas instalaciones, han sido empleados volantes para igualar los periodos de marcha por efecto de la inercia. Además de la interconexión entre transportadores individuales, muchos temas requieren consideración en cualquier sistema de interconexión.

Compuertas

Las compuertas divergentes deben ser correctamente posicionadas para asegurar el flujo apropiado de material. Esto puede ser acompañado con el uso de interruptores de limitación. Para compuertas de dos posiciones, son necesarios dos interruptores, para asegurar la activación plena en cualquier dirección.

Magnetos Detectores de Fragmentos Extraños de Hierro

Donde se emplean, el método apropiado de interconexión del magneto es mediante el uso de un relay de contacto de corriente directa, en serie con el pulsador de arranque del transportador con el cual esta asociado.

Equipo de Muestreo

Se debe disponer de tal forma de que pueda ser utilizado fuera de la interconexión, si se desea. Cuando se interconecta, se debe energizar simultáneamente con o antes de que, el transportador alimente al equipo de muestreo primario.

Dispositivos de Seguridad

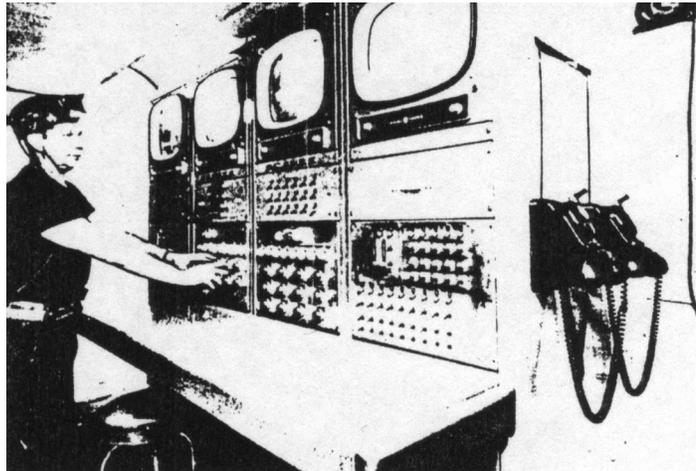
Los sistemas transportadores deben incorporar dispositivos eléctricos de seguridad, para facilitar la protección del personal de operación, así como prevenir el daño a las partes mecánicas del transportador. Los dispositivos más comunes, normalmente usados son los siguientes:

Interruptor de nivel del chute: Algunos puntos de transferencia y ciertos materiales determinan el uso de interruptores de nivel de chute. Estos están destinados a operar cuando el chute está próximo a llenarse, y están se disponen para detener la descarga del transportador al chute. Interruptores similares son empleados en tolvas, silos y por debajo de los puntos de carga de los apiladores.

Interruptores de deslizamiento lateral: En transportadores largos o donde el alineamiento de la faja puede ser un problema, se emplean interruptores de limitación, para detectar el desalineamiento de la faja. Estos interruptores se pueden disponer para detener la faja o hacer sonar una alarma.

Interruptores de parada de emergencia: Los "interruptores de cordón jalado", son ubicados a lo largo del camino lateral de los transportadores, y son destinados para usos de emergencia. Los "interruptores tipo contacto mantenido", son preferidos para prevenir el re arranque accidental del transportador. Estos interruptores requieren dispositivos de restablecimiento manual, para hacer el circuito de control de motor operable.

Figura 13.6. El Sistema Transportador de 8 1/2 millas, es monitoreado por un Circuito Cerrado en cada uno de los 17 puntos de transferencia. Un panel indicador con vista de cámara en cada punto, señala las fuente de problema por el encendido de luz.



Interruptores limitadores de desplazamiento: Los equipos de transporte al desplazarse durante su operación normal, requieren interruptores limitadores de "sobredesplazamiento" y de "final de trayecto", para mantener tal movimiento dentro de límites de seguridad. Ejemplos de este tipo de equipo incluyen volteadores, transportadores de lanzamiento y apiladores.

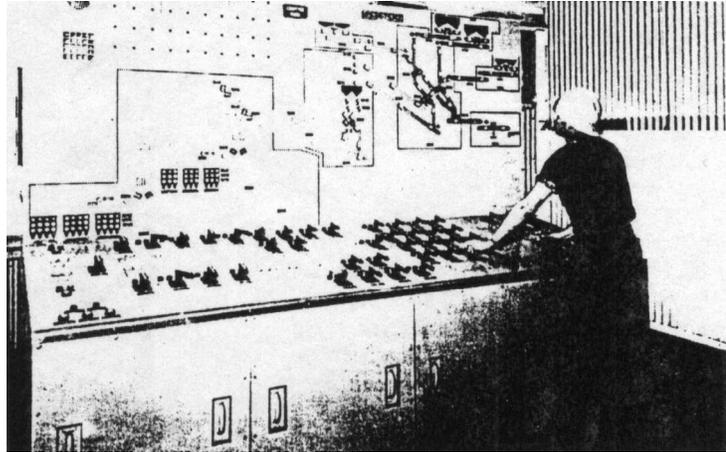
Bocinas de Alarma: Usualmente se usan dispositivos auditivos para proteger al personal de operación cuando el sistema transportador está en operación o que el equipo está en modo progresivo.

Interruptores Centrífugos: Estos dispositivos se discutieron anteriormente en referencia a la interconexión eléctrica.

Cicuito Cerrado de Televisión: La Figura 13.6, ilustra un centro de control eficiente y moderno, que emplea un televisor para monitorear un sistema de faja transportadora extenso y complejo.

Centro de Control: La figura 13.7 muestra un ejemplo de un centro de control maestro bien desarrollado y la consola, que permiten una eficiente operación del sistema de la faja transportadora.

Figura 13.7. Centro de Control Maestro y Consola



Control Computarizado y Multiplexing de Sistemas de Fajas Transportadoras

Debido a los recientes desarrollos del control eléctrico y electrónico, los sistemas maestros de control pueden aplicarse ahora, al manejo, monitoreo, optimizado y registrado del funcionamiento de grandes y complejos sistemas de transportadores. Los controladores programables y minicomputadoras pueden, directamente, supervisar y mantener el nivel de computarización, para optimizar la operación de un sistema, basado en el continuo procesamiento de datos. Simultáneamente, la computadora puede dar un diagnóstico del estado, la producción y el monitoreo del mantenimiento.

Controladores Programables

El "Controlador Programable" (PC), es un sistema que consiste de componentes de estado sólido, que pueden ser programados fácilmente para el control de procesos y funciones repetitivas. La Figura 13.8 ilustra la aplicación de un PC a un sistema de faja. Las unidades de procesamiento central y memoria, contienen el programa de operación que controla los componentes internos del PC y el programa de operación del sistema transportador.

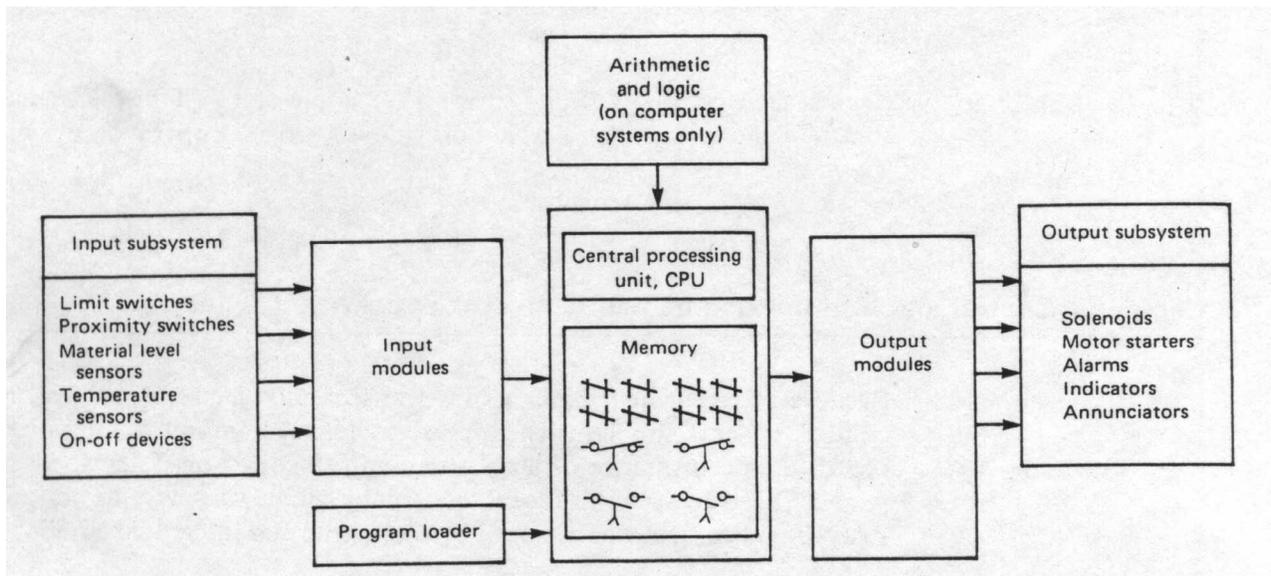


Figura 13.8. Controlador programable

Muchos sistemas PC pueden ser programados usando diagramas escalonados (de bloque), o elementales. Con muy poco entrenamiento, los electricistas de planta y el personal de mantenimiento de instrucción media, puede programar los PC y hasta dispositivos de mayor nivel.

Las funciones típicas del PC incluyen:

- Retardos simples
- Conteo y Temporización
- Registro de Turno
- Adición, Sustracción, Multiplicación y División
- Comparación
- Realización de Mensajes de Reporte de la Producción
- Comunicación con una Computadora

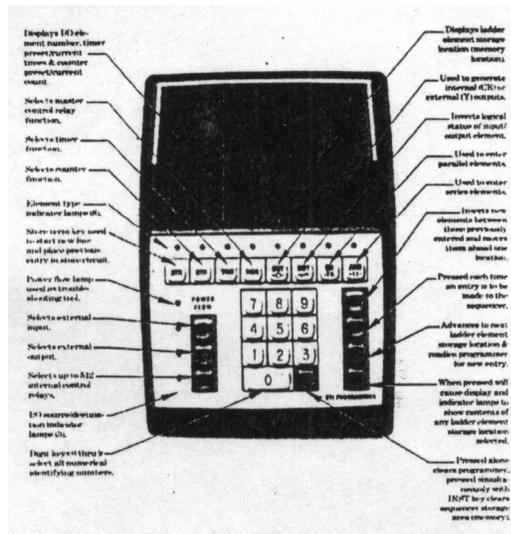
Una batería de resguardo está disponible par unidades que utilizan memoria semiconductora, para que el contenido del programa no se pierda cuando se corte el suministro de energía.

Algunos de los beneficios del uso de PC son:

- Costos de construcción y de diseño menores, comparados con los sistemas de líneas rígidas o lógicos de retardo.
- Ampliación moderada y verificación de nuevos programas que se encuentren con cambios en los requerimientos del funcionamiento.
- Reducción de costos y tiempo requerido para el arranque de campo.
- Rápida velocidad de operación, especialmente cuando se considera el control de eventos simultáneos.

Es importante notar que los cambios en campo, lógicamente, se pueden realizar generalmente sin cambios en las líneas. El programa generalmente se ubica dentro del PC usando una unidad de teclado. Se asegura al PC y es desconectado, luego, de que el programa ha sido introducido. La mayoría de las unidades permiten la simulación del programa a verificar la lógica y la exactitud de la entrada del programa. Parte de la lógica se puede modificar durante o luego de haber introducido el programa. (Vea Figura 13.9)

Figura 13.9. Exposición del panel Programador



El costo de un sistema PC puede variar grandemente de acuerdo con el número y tipo de funciones, la cantidad de memoria, y la velocidad relativa de ejecución. Por lo tanto, la selección se debe basar en una evaluación cuidadosa de los requerimientos del sistema.

Sistemas Computarizados de Fajas Transportadoras

Un sistema de control que incluye un gran número de funciones lógicas y de retardo, debe ser flexible. Donde se requiere un cálculo considerable, una computadora puede ser la mejor aplicación. La computadora que almacena instrucciones y datos, en una memoria, dirige y controla la operación del sistema transportador, y puede grabar los resultados en la memoria, si se desea.

Para muchos sistemas que manejan material, una pequeña computadora, o minicomputadora, puede controlar y operar el sistema en tiempo real, particularmente cuando un cambio en la entrada pueda requerir la realización inmediata de alguna función aritmética o lógica. Los datos de entrada, típicamente, provienen de los interruptores limitadores, botones de presión, sensores, y otros dispositivos que le indican a la computadora el estado del sistema en algún punto en el tiempo. Las señales análogas, como los niveles de altura del material, la velocidad del motor, o la información de la balanza, deben convertirse a una forma digital, para su uso por la computadora. Si las señales del equipo de control deben ser análogas, entonces la señal de la computadora se convierte a análoga.

Control Remoto mediante Multiplexing

Un sistema múltiple (MUX) recibe muchas señales y las transmite a través de un cable coaxial o un alambre mellizo a distancia o desde una ubicación remota, donde luego redistribuye las señales. La Figura 13.10 ilustra los requerimientos limitados de línea del sistema. La economía de un sistema MUX es muy favorable, especialmente cuando se compara con el costo de línea convencional y sistema de conductores sobre distancias apreciables. La mayoría de las unidades MUX incorporan perturbadores de descarga auxiliares que permiten el rápido diagnóstico de una falla. La Figura 13.10 ilustra un sistema simple usado para transmisión en una dirección, solamente. El hardware está también disponible para una operación doble con una transmisión no simultánea en cualquier dirección, o un sistema completo doble, que permite la transmisión simultánea en ambas direcciones.

Se deben considerar muchos factores en la elección de un sistema múltiple apropiados para el uso en sistemas transportadores particulares. Algunas de las más importantes consideraciones se anotan a continuación.

Unidades de Envío y Recepción "Apartadas" Vs. Unidad Central MUX. Para pequeños sistemas la unidad "apartada", tiene costos menores, así como el aprovechamiento de la unidad MUX es más económico para su uso en grandes transportadores. Vea la Figura 13.11.

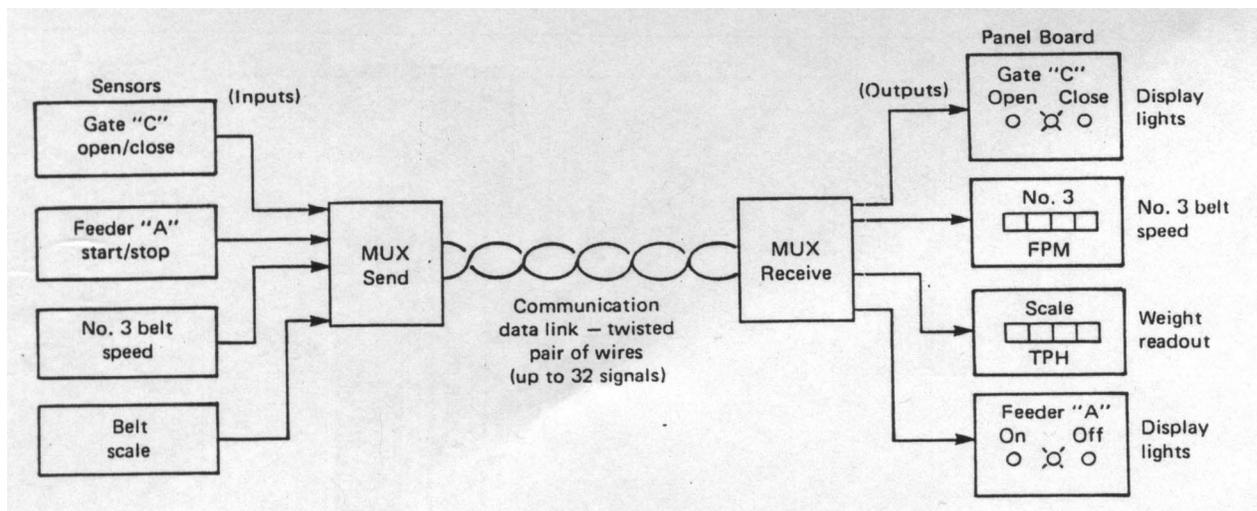


Figura 13.10. Sistema de Línea Múltiple

Elección de Código o Método de Transmisión para Asegurar la Exactitud del Mensaje. El sistema no sólo debe rechazar las transmisiones incorrectas, sino también asegurarse que los datos llegarán a su destino.

Rango y Distancia de Transmisión y del Tipo de Línea. Con algunos sistemas de transmisión de baja velocidad, que envían solamente unos cuantos miles de bits de información por segundo, los mensajes pueden ser enviados sobre grandes distancias, con el uso de líneas rígidas y en un ambiente eléctrico relativamente ruidosos. De otro modo, los sistemas de transmisión de alta velocidad, que manejan muchos cientos de miles de bits de información por segundo, requieren una línea especial y están limitados a cortas distancias de transmisión. Con un costo adicional, se puede añadir una repetidora para incrementar la distancia.

Configuración de Sistema de Línea. La unidad MUX puede consistir de líneas individuales entre estaciones de envío/recepción, una serie de configuraciones de línea, o una configuración de línea de cadena escalonada. La mayoría de los sistemas de hardware se diseñan para operar con un tipo particular de configuración de línea. Además, con algunas configuraciones de sistemas, la transmisión puede continuar después de que se corta la línea.

Se debe notar que las entradas a las unidades MUX son digitales, "on" o "off". Las señales análogas requieren una conversión a digital (conversión A/D) para la transmisión. De forma similar, si una señal multiplexa opera dispositivos análogos, se requiere una conversión digital a análoga (D/A).

El control computarizado y el multiplexing ofrecen al ingeniero de control un medio para manejar la energía, mediante el cual varios elementos de un sistema transportador pueden apagarse automáticamente por la computadora cuando no se requiere su funcionamiento. Con, quizás, un pequeño o ningún equipo adicional, se pueden realizar importantes ahorros en términos de costo de la energía. En forma creciente, los sistemas de fajas transportadoras que manejan material, usarán computadoras para el control en tiempo real, datos del proceso, e información de manejo.

Figura 13.11. Sistema Multiplexing de Señal Apartada.

