



ARRANQUE DE FAJAS TRANSPORTADORAS CARGADAS DE MINERALES

Ing. Pablo Salazar Cossio
Servicios Omega 4.0
01 de julio de 2024

tico. Es una exposición, para mejorar la toma de decisiones o interpretación de las dificultades que pudieran presentarse durante la etapa de funcionamiento con carga o en pruebas de eficiencia del sistema en una operación de marcha experimental.

Se presentan las alternativas más utilizadas, para enfrentar las exigencias en el arranque de motores con fajas de transporte de minerales y carga inicial. Para cada uno de los dos casos, se exponen los criterios de su implementación.

Estos planteamientos corresponden a la necesidad de mayor potencia de cortocircuito, que el sistema eléctrico no puede suministrar o que resultaría complicado de implementar por razones de orden prác-



https://doc.uni75paime.org/04_ARRANQUE_DE_FAJAS_TRANSPORTADORAS_CARGADAS_DE_MINERALES.pdf

ARRANQUE DE FAJAS TRANSPORTADORAS CARGADAS DE MINERALES

Ing. Pablo Felix Salazar Cossio
Servicios Omega 4.0

Citar: J. PAIME, **2024**, 1, 1-11
01 de julio de 2024

RESUMEN

Se presentan las alternativas más utilizadas, para enfrentar las exigencias en el arranque de motores con fajas de transporte de minerales y carga inicial. Para cada uno de los dos casos, se exponen los criterios de su implementación. Estos planteamientos corresponden a la necesidad de mayor potencia de cortocircuito, que el sistema eléctrico no puede suministrar o que resultaría complicado de implementar por razones de orden práctico. Es una exposición, para mejorar la toma de decisiones o interpretación de las dificultades que pudieran presentarse durante la etapa de funcionamiento con carga o en pruebas de eficiencia del sistema en una operación de marcha experimental.

INTRODUCCION



En un centro minero, el movimiento de material implica ingresar en las etapas de funcionamiento con carga de los sistemas completos en zona seca, desde el chancado primario, chancado secundario, y almacenamiento de regulación, previo al ingreso a la zona húmeda (concentradora). En cada etapa nos enfrentamos a los efectos desarrollados en la Ingeniería, respecto de escenarios de operación normal y de contingencia.

En caso de parada, cuando no se logra entregar la potencia suficiente en el proceso de arranque, se cumplen los tiempos fijados en los sistemas de arranque y la protección actúa, puesto que se llega a los tiempos límites para no afectar al motor especificados por el fabricante. En esta situación, es necesario optar por otras soluciones que permitan la operatividad de los sistemas motrices de las fajas de transporte.

ESCENARIO: EN LA ETAPA DE INGENIERIA

En la fase de desarrollo de ingeniería tenemos dos alternativas para asegurar la operatividad de las fajas de transporte, que incluyen los escenarios más severos de carga inicial. Los escenarios de contingencia son definidos en el estudio de análisis operacional del sistema.

Primera alternativa

Consiste en utilizar elementos de intermediación en el eje motriz o acoplamientos hidrodinámicos, para que el tiempo de toma de carga en la polea permita cumplir los tiempos de arranque fijados en los sistemas eléctricos. Estos acoplamientos hidrodinámicos se colocan en el eje motriz entre el motor y la polea de carga. El principio de funcionamiento de los acoplamientos hidrodinámicos se basa en el principio de Fottinger.

Principio Fottinger: (1)

- El principio Fottinger sostiene que el PAR en el eje motriz, se mantiene constante en ambos extremos, es decir, las pérdidas de velocidad en la transmisión equivalen a pérdidas de potencia, bajo la presencia del acoplamiento. Se basa en la transferencia del PAR de arranque a través de un fluido en lugar de una conexión mecánica directa entre los componentes de entrada y salida del acoplamiento.



En la figura de la izquierda la bomba y la turbina. En la derecha ambas ruedas cerradas y dentro de un cubículo con relleno del fluido (aceite)



Figura con un sistema motriz con el acoplamiento incorporado

- El fluido de un acoplamiento hidrodinámico, generalmente aceite o líquido hidráulico (o incluso modelos con agua) se encuentra en el espacio entre las paletas radiales del componente de entrada y las paletas radiales del componente de salida.
- Cuando el componente de entrada (generalmente el motor) gira, arrastra el fluido consigo. El fluido en movimiento transmite el PAR de arranque al componente de salida, generalmente con la carga o con la maquinaria accionada. Mediante un control adecuado de la cantidad de fluido de transmisión, se puede ajustar la velocidad del eje secundario (velocidad de salida).
- La transferencia de PAR de arranque se logra mediante la acción de las paletas radiales. Estas paletas crean una diferencia de velocidad entre el fluido en el lado de entrada y el lado de salida, lo que a su vez genera un par de torsión. Las pérdidas inherentes a la transmisión hidráulica (aproximadamente un 3% de pérdidas en velocidad) se transforman en calentamiento del fluido de transmisión. Es importante calcular si el acoplador hidráulico puede disipar ese calor o si se necesita un sistema de refrigeración.

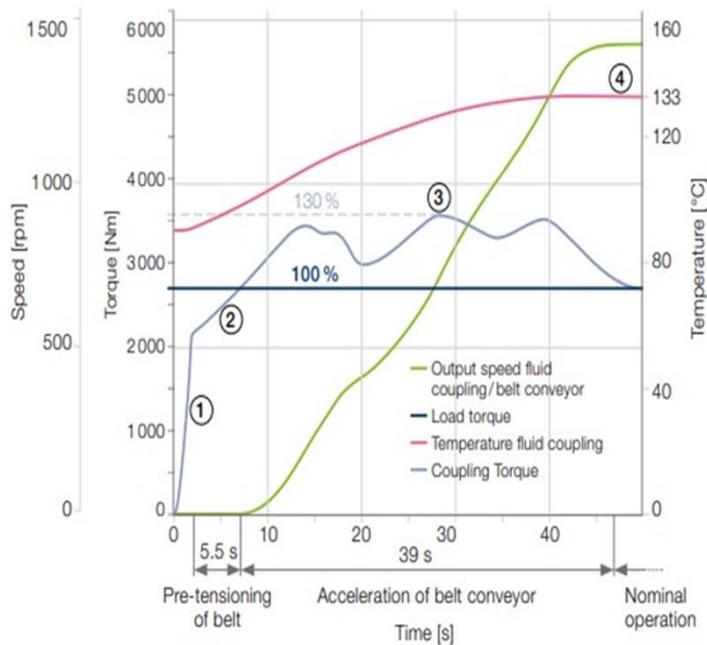
$$T_P \sim \rho \cdot D_P^5 \cdot \omega_P^2 \quad \text{with}$$

$$P_P = T_P \cdot \omega_P$$

- T_P : Hydrodynamic torque of the pump
 ρ : Density of the operating fluid
 D_P : Profile diameter of the pump impeller, largest radial vane profile extension of the pump (possible deviating definition for torque converters)
 ω_P : Angular velocity of the pump impeller

A continuación, un gráfico de simulación del arranque de motor con acoplamiento (2). La velocidad de la faja, en el proceso de arranque se controla con el volumen de llenado del fluido en el acoplamiento, determinado por un controlador.

TurboSim – Belt conveyor start-up simulation



Motor: 500 kW@1490 rpm,
Fluid coupling: 750 TVVS
ThyssenKrupp Fördertechnik,
REK Bitola.

- 1 Start-up of the motor virtually load free, can be analyzed also for different power supply conditions.
- 2 Smooth pre-tensioning to reduce dynamics in the belt and to avoid longitudinal vibrations.
- 3 The fluid coupling type TVVS limits the start-up torque to a level of 140% of the load torque. Having exact project data and using TurboSim engineering, this can be reduced down to 130%.
- 4 The coupling temperature is analyzed to assure safe operation. Multi-motor drives and different load conditions can be analyzed.

En resumen, el principio Fottinger permite que los acoplamientos hidrodinámicos transmitan el PAR de arranque de manera eficiente y amortigüen las vibraciones, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se requiere protección contra sobrecargas con arranques suaves. El régimen de operación y prestaciones requeridas por la carga, son los parámetros que permiten seleccionar el acoplamiento apropiado. Cada fabricante, ofrece la familia de curvas de prestación de sus equipos.

Segunda alternativa

Consiste en utilizar los **variadores de velocidad** (3)(4). Son dispositivos electrónicos que permiten controlar y ajustar la velocidad de un motor eléctrico. Estos equipos ofrecen la posibilidad de regular la velocidad de manera precisa y eficiente al manipular la frecuencia y la tensión suministrada al motor.

Las características de los variadores de velocidad, aplicado en sistemas motrices de fajas transportadoras de minerales son:

1. Principio de modulación de ancho de pulso (PWM)

- a. Este principio consiste en variar la amplitud y duración de los pulsos de tensión entregados al motor, regulando así la frecuencia y la cantidad de energía suministrada.
- b. Al ajustar la frecuencia de salida, los variadores de frecuencia pueden controlar la velocidad del motor de manera precisa y eficiente.

2. Ahorro de energía

a. Al ajustar la velocidad del motor según la demanda requerida, evitan el funcionamiento constante a velocidades máximas, lo que reduce el consumo de energía y disminuye los costos operativos.

b. En el sector de la minería, los variadores de velocidad desempeñan un papel crucial en equipos como cintas transportadoras, trituradoras y ventiladores. Permiten adaptar la velocidad de los motores a las condiciones cambiantes de carga, lo que optimiza el rendimiento y reduce el consumo de energía.

3. **Arranques y paradas suaves:** Reducen el desgaste y la tensión mecánica en los equipos.

En resumen, los variadores de velocidad son esenciales en la industria para optimizar la eficiencia energética y mejorar el rendimiento de los sistemas motrices, como las fajas transportadoras utilizadas en la minería.

COMPARACION DE LAS ALTERNATIVAS EN LA FASE DE INGENIERIA (5) (6)

El **acoplamiento hidrodinámico** transfiere el par de torsión entre el motor y la faja mediante un fluido (generalmente aceite) que se encuentra en el espacio entre las partes giratorias. El fluido crea una resistencia al movimiento, lo que permite un arranque suave y una protección contra sobrecargas.

- **Ventajas**

El acoplamiento hidrodinámico permite un arranque suave y gradual, evitando picos de corriente y desgaste en la faja; Si la carga aumenta repentinamente, el acoplamiento hidrodinámico absorbe parte del impacto y protege el motor y la faja contra sobrecargas; Requiere menos mantenimiento en comparación con otros sistemas.

- **Desventajas**

El fluido crea fricción, genera pérdidas de energía; Ineficiencia a velocidades constantes, el acoplamiento sigue generando pérdidas de energía.

El **variador de velocidad** ajusta la velocidad del motor eléctrico mediante la modificación de la frecuencia y la tensión de la alimentación eléctrica. Permite un control preciso de la velocidad de la faja.

- **Ventajas**

El variador de velocidad permite operar el motor a la velocidad óptima para la carga, reduciendo las pérdidas de energía; Puede controlar la velocidad de forma precisa según las necesidades del proceso; Proporciona un arranque suave sin picos de corriente.

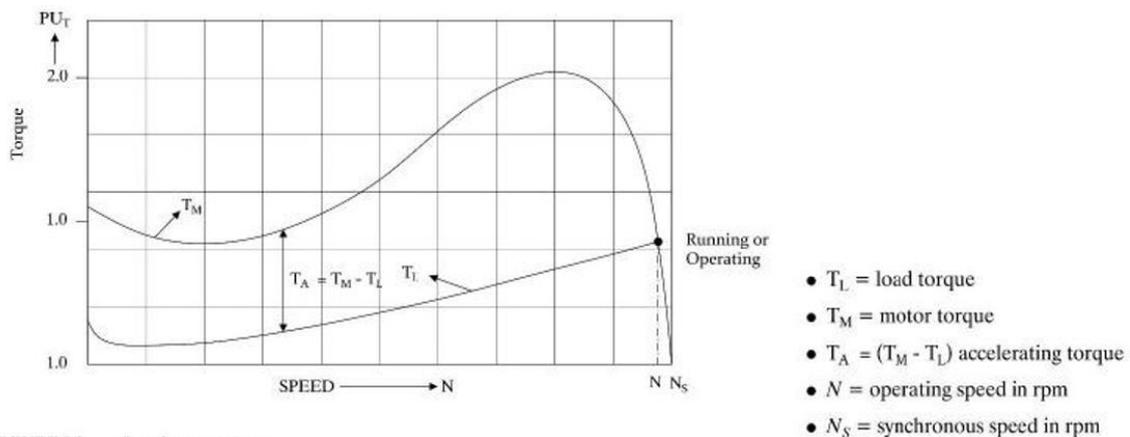
- **Desventajas**

Los variadores de velocidad son más costosos que los acoplamientos hidrodinámicos; Los variadores necesitan mantenimiento regular y pueden ser más complejos de operar.

ANÁLISIS DEL SISTEMA EN LA FASE DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA (Ref. 7 Capítulo Noveno)

El Dr. Shoaib Khan, en su libro Industrial Powers Sistemas, capítulo IX, explica cómo afrontar el análisis del circuito, en los ítems siguientes:

En los ítems N° 9.7.2, Caída de Voltaje con cálculos manuales, N° 9.7.3, Caída de Voltaje cuando se aplica una carga repentina a un generador pequeño, N° 9.7.4, Caída de voltaje y tiempo de aceleración usando software de computadora, N° 9.7.5, Estimación del tiempo de aceleración mediante cálculos manuales, N° 9.7.6, Estimación del tiempo de desaceleración, y N° 9.7.7, Método simplificado para estimar la aceleración; los cuales tienen soporte en la siguiente teoría sobre el arranque de motores:



La inercia de una carga y su característica velocidad-par determinan la aceleración para el ajuste necesario para que la carga alcance la velocidad. El tiempo de aceleración es directamente proporcional a la inercia (carga más motora) e inversamente proporcional al par de aceleración. Si el par de aceleración producido por el motor es insuficiente para la máquina (carga) a su velocidad de funcionamiento dentro del tiempo permitido, el motor debe detenerse por el relee de arranque; para evitar daños en el rotor.

Los fabricantes de los motores establecen los tiempos máximos que no dañan el motor para el proceso de arranque y el número de veces consecutivas de intento de arranque o arranques continuos.

La fricción es mayor durante el arranque que en condiciones de funcionamiento, especialmente antes de que comience el movimiento. Se nota en equipos como máquinas pesadas con cojinetes de manguito sin lubricación forzada con aceite,

donde las cintas transportadoras se vuelven rígidas en condiciones de baja temperatura.

Esto supone un factor limitante debido al calentamiento del motor, en particular del rotor en grandes motores de inducción y todos los motores síncronos. Al determinar la frecuencia de los arranques, debe tenerse en cuenta el número de arranques con fines de mantenimiento: (1) Para arranques reducidos, puede no ser suficiente acelerar la carga o puede dañar el rotor debido al calentamiento, (2) Para motores en funcionamiento continuo: el par de carga puede exceder el par de ruptura del motor, en motores de inducción de jaula de ardilla y par de extracción para motores síncronos, (3) Los dispositivos sensibles al voltaje, desconectarán la energía, si cae el voltaje a más del 15%.

Ante las dificultades, en caso de no disponer de acoplamientos o variadores, las medidas a tomar deben ser:

1. Los kVA del transformador del circuito de suministro, debe ser mayor al 150% de los kVA del motor.
2. El sistema de protección de arranque del motor, debe soportar seis veces la irrupción del arranque del motor.
3. La potencia del motor debe superar el 10-15% de la capacidad nominal del sistema motriz.
4. Evaluar el impacto en las cargas sensibles a la tensión si la caída de tensión supera el 12-15%.
5. Realizar cálculos detallados, teniendo en cuenta los componentes de resistencia y carga inicial si la caída de tensión es del 15% o superior.

Con los cambios indicados, se realizan los cálculos que correspondan, enunciados en los ítems referidos anteriormente del libro. Debe comprobarse el rendimiento del motor durante la aceleración de los motores que impulsan cargas de alta inercia o si el tiempo de aceleración está cerca o supera la parada en caliente del motor. La caída de voltaje y el tiempo de aceleración también se pueden calcular.

Las condiciones de estado estacionario o de funcionamiento (PAR a plena carga, potencia) se pueden calcular fácilmente para determinar la potencia nominal del motor. Sin embargo, para algunas aplicaciones, las condiciones transitorias relacionados con la aceleración (arranque) del motor y la combinación de carga son más críticos que el rendimiento en estado estacionario.

CONCLUSIONES

En la fase de ingeniería debemos evaluar la utilización de los acoplamientos hidrodinámicos o de variadores de velocidad; bajo los criterios expuestos en el presente artículo, como ventajas y desventajas de cada una de ellas, incluyendo una evaluación económica completa de cada alternativa.

La selección y especificación de los variadores, depende de la Ingeniería de los fabricantes, por la especialización de su tecnología y su concepción compacta, como una unidad en sí misma.

Cuando no se ha considerado la utilizar acoplamientos hidrodinámicos, ni de variadores de velocidad, sólo tenemos como alternativa, evaluar e implementar las medidas recomendadas en la sección anterior.

Referencias

- (1) Hidrodinamic-Couplings-Principals-Features-Benefits-VOITH
- (2) Motor:500Kw@1490 rpm, Fluid Coupling:750 TWS ThyssenKrupp Fordertechnik, REX Bilote
- (3) Variadores de velocidad: Guía:
<https://mantenimientoindustrial10.com/variadores-de-velocidad/>
- (4) Qué es un variador de frecuencia | ABB. <https://new.abb.com/drives/es/que-es-un-variador>
- (5) IA Copilot: Acoplamientos hidrodinámico FLUDEX/Acoplamientos Flender
- (6) <https://www.facogemi.com.pe/blog/elegir-el-variador-de-velocidad>
- (7) <https://1drv.ms/b/s!AjjtYEjfAZ4LgY0ynC8XEdCEusXvvQ?e=dyqum4>
Potencia cortocircuito, corriente arranque
Tiempo arranque motores