

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA DE ACIONAMENTO DE UM SISTEMA ENROLADOR DE CORREIAS TRANSPORTADORAS

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹
Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, Guamá-PA

Resumo: As correias transportadoras são submetidas a solicitações que causam desgaste prematuro de sua cobertura e de suas bordas, necessitando de constantes reparos. Quando a espessura da correia atinge um nível em que reparos não podem ser realizados, devido as questões de insegurança associado às tensões que agem na correia, surge a necessidade da troca da correia. Existem diversas metodologias para a troca da correia, como o uso de um trator para puxar a correia, o corte em vários pedaços da correia e o uso de uma máquina que enrola totalmente a correia velha. As empresas são regidas por algum sistema padrão de qualidade como o 5S. Muitas das vezes essas correias são depositadas em locais inapropriados por não possuírem plano de reciclagem. Por outro lado, algumas empresas realizam a reciclagem desses componentes e as aplicam em forros de caminhões e de caminhonetes, cabos de aço para currais e cochos de animais. No intuito de organizar e reutilizar as correias velhas, surge a necessidade de criação de um sistema enrolador de correias transportadoras específica para a indústria, com isso o presente trabalho demonstra a primeira e mais demorada etapa de determinação da potência necessária para enrolar a correia transportadora, também denominado de potência de acionamento do motor desse sistema. O trabalho mostra graficamente a variação da potência conforme o enrolador adquire mais massa e número de voltas, com base na dinâmica do movimento do sistema enrolador. Ele também mostra, por meio de dados estatísticos, a troca de correias de duas empresas nos últimos anos. Por fim, um estudo de caso é dedicado neste trabalho para exemplificar o cálculo da potência de acionamento do sistema, tomando por base alguns valores de catálogos e de empresas mineradoras que possuem correias transportadoras e a manutenção das mesmas são frequentes.

Palavras-chave: Correias transportadoras, enrolador de correias, potência de acionamento.

1. INTRODUÇÃO

A correia transportadora é o principal elemento que conduz o material de um extremo a outro em uma indústria de mineração por exemplo. Contudo, a correia recebe muito impacto do minério quando cai dos chutes, além disso, chutes mal posicionados, desalinhamento da correia, rolos travados e acúmulo de material pode desgastar por abrasão a cobertura superior da borracha da correia, surgindo riscos e rasgos na correia. Com o surgimento dos defeitos, pequenos reparos de emendas são realizados na correia. Quando o desgaste chega próximo à lona ou ao cabo de aço da correia é necessária realizar a troca da mesma.

A troca da correia envolve tratores e operários: o trator para puxar a correia velha do transportador e, ao mesmo tempo, puxar o rolo novo e os operários para auxiliar na troca. Um conceito, que não se utiliza um trator para puxar a correia, mas sim um enrolador/desenrolador, foi desenvolvido com a capacidade de enrolar a correia velha ao passo que desenrola o rolo novo no transportador (Joshi, 2010).

O grande problema em questão é o final da retirada da correia velha. Esta fica jogada no chão da planta e em seguida levada, em forma de tiras, para o local de descarte da empresa. A empresa, além de não organizar o local de descarte conforme o padrão 5S exigido pelo sistema da mesma, não recicla as correias velhas. A Vale, por exemplo, realiza a reciclagem dessas correias e as aplicam em forros de caminhões e de caminhonetes, cabos de aço para currais, cochos de animais (ABCEM, 2013).

Dessa forma, o presente trabalho trata de um projeto de um sistema enrolador de correias transportadoras, a fim de organizar as correias em forma de bobinas, dimensionando componentes e simulando estrutura e pequenos elementos que contribuam para o perfeito funcionamento do enrolador.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Mercúrio (2013), um transportador de correia envolve vários elementos que devem ser bem analisados, pois todos têm fundamental importância para o correto funcionamento do equipamento. Os principais componentes estão ilustrados na Fig. 1.

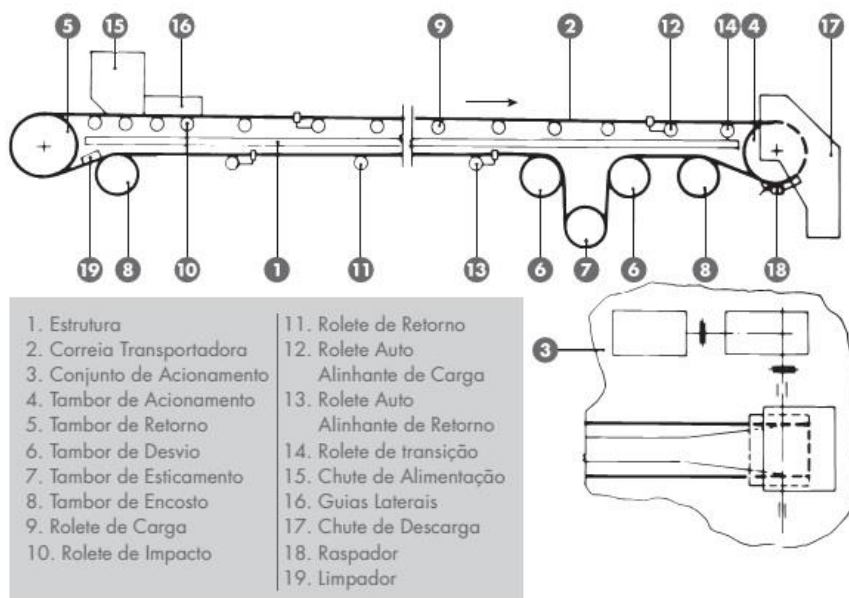


Figura 1. Componentes de um transportador de correias transportadoras de Mercúrio (2013).

As correias são constantemente solicitadas a diversos esforços, seja por abrasão do minério na sua cobertura, desalinhamento de rolos, de tambores e da correia em relação ao transportador, alta velocidade de operação e o surgimento de pedras sob os tambores e a correia causam o desgaste excessivo da mesma. Oito anos é o tempo de vida útil aproximado dessa correia. Depois deste tempo, o desgaste leva o material ao total descarte (ABCEM, 2013). Algumas empresas, em suas técnicas de manutenção preventiva, utilizam-se de ultrassom que mede a espessura das correias periodicamente. Com esse parâmetro é possível prever as trocas das correias quando elas chegam a um valor limite estipulado por cada fabricante, ou quando ela chega próxima à lona ou ao cabo de aço.

De acordo com Joshi (2010), o conceito de um enrolador/desenrolador consiste em uma máquina capaz de puxar e, ao mesmo tempo, enrolar a correia velha do transportador, na medida em que se desenrola o rolo novo e o passa no transportador, conforme pode ser visto na Fig. 2.

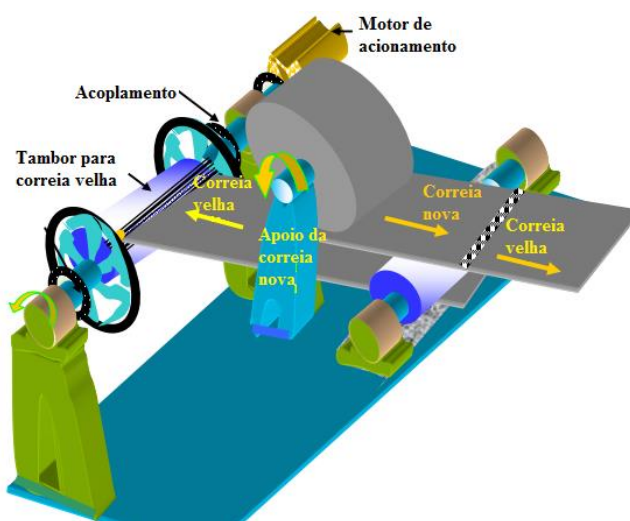


Figura 2. Enrolador/desenrolador de Joshi (2010).

O projeto de um enrolador/desenrolador, além de considerar a potência de acionamento da correia que está sendo bobinada, ou seja, a potência para só enrolar, também leva em consideração os esforços e atritos para puxar a correia velha do transportador. Quanto maior e mais elementos que geram atrito estiverem no transportador maior é a potência

para puxá-lo, isso sem considerar a potência para vencer a inércia da massa sobre o enrolador. Assim, para fins de simplificação de projeto, foi determinado apenas a potência de acionamento de um sistema enrolador de correia.

3. METODOLOGIA

Nesta seção, serão mostrados alguns elementos que ajudarão nas considerações do projeto sobre a determinação da potência de acionamento. A determinação do raio e comprimento de bobinamento bem como o peso das correias, serão úteis para a consideração da capacidade de um projeto maior.

3.1. Massa de cada correia

Este parâmetro é determinado conforme alguns parâmetros de catálogos de fabricantes de correias transportadoras (Goodyear, 2010 e Mercúrio, 2013). Uma série de tabelas são disponibilizadas para o cálculo da massa da correia, entre elas estão o peso da carcaça (PC), que leva em consideração o tipo da correia e o número de lonas, e a cobertura superior (CS) e cobertura inferior (CI), na qual se baseia na espessura e também no tipo de cobertura. A Eq. (1) relaciona todos os parâmetros do catálogo conforme a largura (H) e o comprimento total (L) da correia para a determinação da massa da correia.

$$PPM = (PC + PCS + PCI) \times \frac{H}{1000} \quad (1)$$

$$PTC = PPM \times L \quad (2)$$

3.2. Cálculos para a potência de acionamento

O raio da Eq. (3) pode ser entendido determinando-se o raio na primeira volta, por exemplo. Esse raio da primeira volta é o raio inicial acrescido da espessura. Na segunda volta, o raio final é o raio inicial mais duas vezes a espessura. Assim como para a terceira volta e as subsequentes. O comprimento por volta da Eq. (4), é determinado conforme a ilustração da Fig. 2. A Fig. 2a ilustra a correia totalmente enrolada, já na Fig. (2b) a correia está totalmente esticada. Considera-se que as áreas da correia tanto da Fig. 2a quanto da Fig. 2b sejam iguais, assim é possível determinar a Eq. (4)

$$R_N = r_0 + N \times e \quad (3)$$

$$L_N = \frac{\pi}{e} (R_N^2 - r_0^2) \quad (4)$$

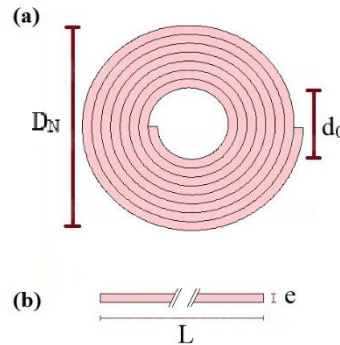


Figura 3. (a) correia enrolada (b) correia totalmente esticada.

Com base na Eq. (1) de peso por metro, é possível determinar a massa de correia que está sendo enrolada na máquina conforme o número de voltas. A Eq. (5), correlaciona o peso por metro da correia em função do comprimento a cada volta.

$$M_E = N \times PPM \times 2\pi R_N \quad (5)$$

Da mesma forma, a massa de correia que ainda vai ser enrolada pode ser determinada desde que se saiba o peso total da correia como foi vista na Eq. (2). Assim, a massa da correia desenrolada, ou seja, parte da correia que ainda não foi enrolada na máquina, é a diferença entre a massa total e a enrolada, é dada pela Eq. (6).

$$M_D = PTC - M_E \quad (6)$$

Agora, considera-se uma correia enrolada na Fig. 3a de raio R_N e massa M_E . Uma outra parcela, representando o trecho de correia que ainda não foi enrolado é visto na Fig. 3b de massa M_D . Na Fig. 3a, o sentido horário de rotação é adotado como sendo o sentido para enrolar de fato a correia. No centro, surge a componente da força peso da parte enrolada conforme aumenta-se o número de voltas. Na extremidade da correia surge uma força oposta ao movimento, da mesma maneira para Fig. 3b, a força F surge como reação.

Para se determinar a potência de acionamento, é necessário encontrar a aceleração angular a cada volta e o momento de inércia de massa. Esse último valor é determinado com uma simples equação, já a determinação da aceleração angular, é necessário fazer o diagrama de corpo dinâmico do sistema, afim de calcular o somatório dos momentos da Fig. 3a e o somatório das forças na Fig. 3b. Dessa forma, é possível encontrar duas equações da força F , igualá-las e encontrar a equação da aceleração angular a cada volta.

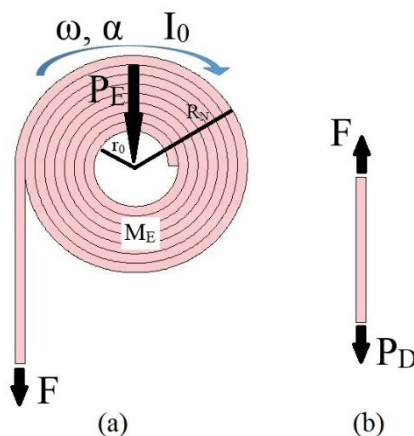


Figura 4. Forças na (a) parte enrolada e (b) na parte desenrolada.

De posse dos valores da aceleração e do momento de inércia de massa, a potência é determinada pelo produto de torque e velocidade angular. O torque é o próprio produto entre a aceleração angular e o momento de inércia de massa.

4. CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO DE CASO

Primeiramente foi determinada a velocidade de rotação do enrolador de 6rpm, baseado no trabalho de Joshi (2010). O raio inicial do tambor de onde a correia é enrolada foi escolhida como 152mm e a largura máxima da correia foi de 2,2m conforme Goodyear (2010). O comprimento de 350m foi definido como o comprimento médio de uma correia transportadora em uma indústria de bauxita, assim como o peso por metro de 55,33kg/m, determinado nos cálculos de peso de correia dos catálogos da Goodyear e da Mercúrio. A Tab. 1 mostra os resultados resumidos. A massa máxima total é o produto do comprimento máximo pelo peso por metro.

Tabela 1. Considerações do cálculo da potência de acionamento.

Comprimento máximo (L)	350m
Largura máxima (H)	2,2m
Raio inicial (r_0)	0,152m
Raio máximo	1,5m
Peso por metro	55,33kg/m
Rotação do eixo	6rad/s
Massa máxima total	≈20t

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi importante determinar que sistema enrolador de correias, fosse o mais simples possível a fim de se deslocar por toda a planta de uma mineradora. Dessa forma, se fosse criado um sistema enrolador e desenrolador simultaneamente, a máquina seria grande e pesada para que atendesse a todas as correias de uma empresa. Nas mineradoras existem correias de diversos tamanho, seja no solo ou no alto, ou então seja horizontal ou inclinada, como as empilhadeiras. A Fig. 5 ilustra alguns dados estatísticos de duas empresas que realizaram a troca total de uma correia transportadora. Como pode ser visto, a troca de correias não é frequente e em grande quantidade em uma planta, mas sim números baixo de troca, portanto é mais fácil desenvolver um sistema que enrole somente a correia já retirada do transportador, pois assim poderá atender a todos os tipos de correias da mineradora.

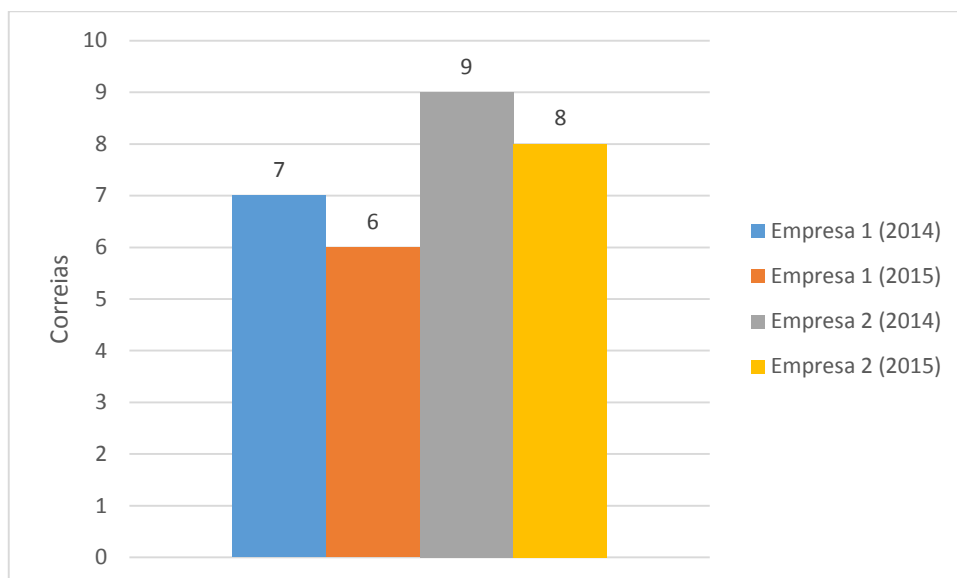


Figura 5. Trocas de correias em duas empresas.

Utilizando as considerações iniciais como dados de entrada para a determinação da potência de acionamento, foi desenvolvido uma tabela contendo o raio e o comprimento a cada volta que a correia realiza no eixo do enrolador. Outros dois parâmetros, como o momento de inércia de massa e a aceleração angular, foram determinados. O que foi observado era que a aceleração decrescia com o aumento do momento de inércia de massa, conforme se aumentava o número de voltas no enrolador.

Para o prosseguimento dos cálculos, também foi calculado a massa enrolada e a massa desenrolada por número de voltas. Ambos os valores estão disponíveis na Fig. 6. Um gráfico foi plotado variando a massa enrolada e massa desenrolada em função do número de voltas, junto com a potência a cada volta, como pode ser visto na Fig. 6.

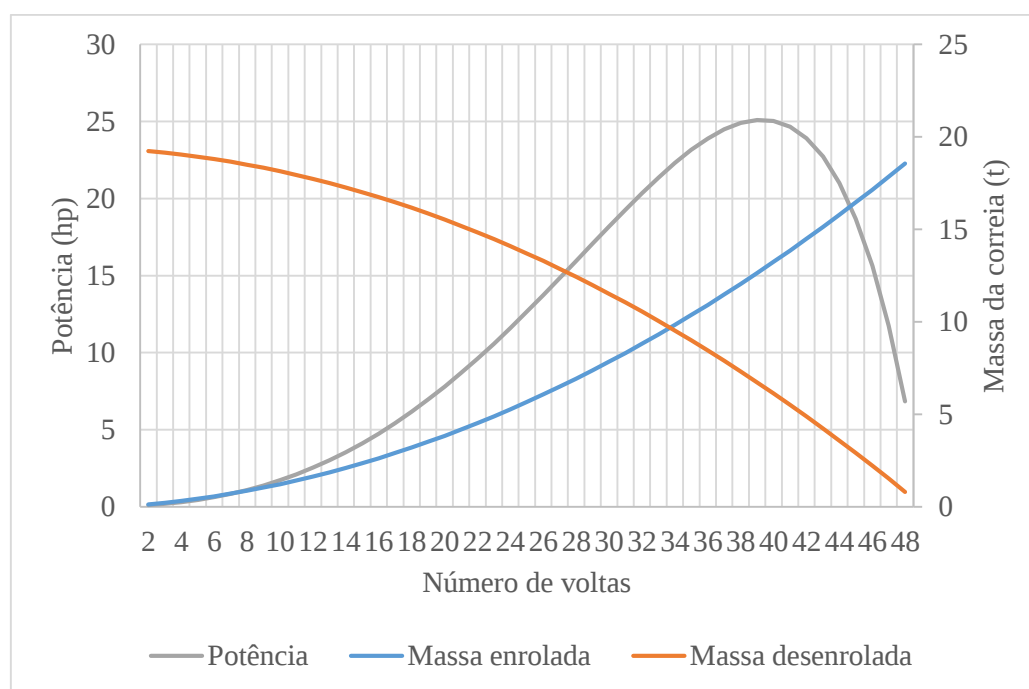


Figura 6. Massa e potência em função do número de voltas.

No gráfico da Fig. 6, pode-se observar que na 33ª volta a massa da correia enrolada é igual a massa da correia desenrolada. Também pode-se observar que a potência é máxima próximo do fim da correia. Isso quer dizer que na 39ª volta a correia já tem inércia suficiente para enrolar o restante sozinho, sendo desnecessário manter a rotação máxima do motor.

A massa desenrolada não chega a zero, nem a massa enrolada ao peso total da correia, porque a programação só foi desenvolvida com números inteiros e o critério de parada era que a massa desenrolada fosse menor que zero. Então antes de completar a volta final, que seria a 50ª volta, a máquina já enrolou completamente a correia.

Dessa forma, a potência máxima para as considerações realizadas é de 25hp e o torque máximo encontrado foi de 29793,09 Nm. Por meio desses dois valores, é possível selecionar o motor que vai ser utilizado em um sistema maior para enrolar as correias.

6. CONCLUSÕES

A primeira decisão a ser tomada era de desenvolver ou um enrolador/desenrolador, como foi proposto, ou apenas um enrolador. Primeiro surgiu a ideia de enrolar a correia velha e desenrolar a nova, só que não era possível produzir essa máquina para atender a todos os transportadores, pois uns eram no solo e outros eram elevados, dificultando o posicionamento da máquina. Então os técnicos sugeriram que fosse criado um enrolador para cada largura de correia existente na empresa, mas a ideia não foi seguida pois os custos seriam muito altos e a utilidade do enrolador de correias não seria frequente. Por fim, decidiu-se fazer um único enrolador que pudesse abranger todas as larguras das correias, já que a troca de correias não é frequente em uma indústria de mineração.

O trabalho mostrou os cálculos necessários para determinar a potência para puxar uma correia transportadora e enrolá-la em uma bobina, confirmar a proposta desenvolvida no resumo. O projeto final do enrolador envolve partes estruturais e dimensionamento de elementos de máquinas para o funcionamento total do sistema.

O comprimento máximo de 350m, mostrado na Tab. 1, não é uma meta a se atingir para bobinar. Muitas vezes uma correia não é trocada por inteiro de um transportador, como por exemplo no caso de uma troca de uma empilhadeira ou de uma retomadora que tem transportadores suspensos. Neste caso, a troca é realizada no alto por um caminhão que puxa a correia, e no fim do curso, corta-se a correia e ela cai em forma de tiras no chão.

7. REFERÊNCIAS

- Joshi, M. 2010. "Application of belt winder for conveyor replacements in coal handling plants of thermal power stations". Disponível em: <http://www.plant-maintenance.com/articles/belt_winder.pdf> Acesso em 21 jul. 2015.
- Hibbeler, R. C. 2011. "Dinâmica: Mecânica para engenharia". 12ª ed. São Paulo. Pearson Prentice Hall.
- Goodyear. 2010 "Correias transportadoras e elevadoras: catálogo". Barueri. SP
- Mercúrio. 2013. "Manual Técnico de correias transportadoras". Itu. São Paulo.
- ABCEM. Tecnologia ajuda a Vale a reciclar correias transportadoras de minério. 2013. Disponível em: <<http://abcem.org.br/noticias-ver.php?cod=3193>> Acesso em 02 dez. 2015.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

POWER DRIVE DETERMINATION OF A CONVEYOR WINDER BELT SYSTEM

César Tadeu Nasser Medeiros Branco, cesartadeub@hotmail.com¹

Roberto Tetsuo Fujiyama, fujiyama@ufpa.br¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, Guamá-PA

Abstract: *The conveyor belts are subjected to requests that cause premature wear of its cover and its borders, requiring constant repairs. When the belt thickness reaches a level at which repair cannot be performed due to the uncertainty issues associated with stress acting on the belt, arises the need of exchange the belt. There are several methods for exchanging the belt, such as using a tractor to pull the belt, cutting the belt into pieces and the use of a machine that fully wrap the old belt. Companies are governed by a quality standard system as 5S. Often these belts are deposited in places not appropriate for not having recycling plan. On the other hand, some companies realizes the recycling of these components and apply them in liners truck, steel cables for corrals and animals troughs. In order to organize and reuse the old belts, there is a need to create a reel belt system specific for the industry, so the present work demonstrates the first and most time-consuming step of determining the power needed to roll up the conveyor belt, also denominated power drive of the system. The work graphically shows the variation of power as the winder gets more mass and number of turns, based on the dynamics of movement of the winder system. It also shows, by means of statistical data, the exchange of two conveyor belts companies in recent years. Finally, a case study is dedicated this work to illustrate the calculation of the system power drive, based on some catalogs of values and mining companies with conveyor belts and their maintenance are frequent.*

Keywords: conveyor belt, winder belt, power drive.