

LEVANTAMENTO DA POTÊNCIA REQUERIDA NO EIXO DA ESTEIRA DE UMA DISTRIBUIDORA DE ADUBOS E CORRETIVOS SÓLIDOS

CEZARIO B. GALVÃO¹, MARCELO V. PAULA², PAULO R.M. COSTA³, ANGELO S. LUNARDI⁴, DANIEL ALBIERO⁵, ANGEL P. GARCIA⁶

¹ Eng. Agrícola, Pesquisador de Pós-Doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola UNICAMP, Campinas – SP, cezariogalvao@hotmail.com

² Eng. Mecânica, Doutor, Depto. de Sistemas Integrados, FEM/UNICAMP, Campinas - SP

³ Eng. Elétrica, Mestre, Depto. de Sistemas de Energia, FEEC/UNICAMP, Campinas - SP

⁴ Eng. Elétrica, Doutor, Depto. de Engenharia Elétrica e Energia, CECS/UFABC, Santo André - SP

⁵ Eng. Agrícola, Professor Livre Docente, Faculdade de Eng. Agrícola UNICAMP Campinas - SP

⁶ Eng. Agrícola, Professor Livre Docente, Faculdade de Eng. Agrícola UNICAMP Campinas - SP

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: Sistema hidráulico está presente na maioria das máquinas agrícolas para realizar os mais diversos serviços, a substituição deste sistema por sistema elétrico vem colaborar com a necessidade de termos máquinas que agridem menos o meio ambiente, no sentido de evitar o derramamento de fluido hidráulico e também do ponto de vista de economia de energia, devido ao fato do sistema elétrico ser mais eficiente em sua transmissão. O projeto “Distribuidor de Fertilizantes e Corretivos Master Elétrico” tem por objetivo idealizar, projetar e desenvolver uma nova versão para esta máquina onde seu sistema hidráulico será substituído por um sistema elétrico, para isso o levantamento da potência requerida em cada parte da máquina precisa estar bem caracterizado. Este trabalho mostra o levantamento da potência requerida no eixo da esteira de alimentação dos discos distribuidores em três casos de abertura da comporta de descarga. Os dados demonstraram que para este caso houve diferença significativa na potência em função da abertura da comporta e que as necessidades de potência no eixo ficaram caracterizadas para um dimensionamento dos motores elétricos que substituirão os hidráulicos.

PALAVRAS-CHAVE: sistemas elétricos, eficiência de transmissão, motores elétricos

SURVEY OF THE REQUIRED POWER ON THE BELT AXLE OF AN AGRICULTURAL MACHINE

ABSTRACT: Hydraulic system is present in most agricultural machines to perform the most diverse services, the replacement of this system by an electrical system comes to collaborate with the need for machines that harm the environment less, in the sense of avoiding the spillage of hydraulic fluid and also of the point of view of energy saving, due to the fact that the electrical system is more efficient in its transmission. The project "Distributor of Fertilizers and Corrective Master Electric" aims to idealize, design and develop a new version for this machine where its hydraulic system will be replaced by an electrical system, for that the survey of the required power in each part of the machine needs to be well characterized.

This work shows the survey of the required power on the axis of the conveyor belt feeding the distributor discs in three cases of opening the discharge gate. The data showed that for this case there was significant difference in power depending on the opening of the gate and that the power

needs on the shaft were characterized for a dimensioning of the electric motors that will replace the hydraulic ones.

KEYWORDS: electrical systems, transmission efficiency, electric motors

INTRODUÇÃO: Um sistema hidráulico de potência com suas bombas e motores possui uma eficiência energética, no geral, em torno de 60% podendo chegar em situações muito específicas a 80% , sem muita reserva de torque (Esposito, 2008), para um sistema elétrico pode-se atingir 90% e em casos específicos até 98%, com uma reserva de torque de até 300% (Umans, 2014). Para se projetar uma máquina é necessário o levantamento de informações de potência requerida em cada sistema da máquina. A distribuidora de fertilizantes e corretivos sólidos possui dois sistemas integrados, um que seriam a esteira transportadora do material que leva até o segundo que é o disco distribuidor, este trabalho mostra como foi realizado o levantamento da potência necessária no eixo da esteira transportadora com o emprego de motores elétricos para esta finalidade. O projeto se baseia no pior caso de esforço necessário, para isso foi utilizado o calcário como elemento de distribuição por ter uma densidade de 1500 kg m^{-3} e foi estudado a altura de abertura da comporta da saída do material para se conhecer a influência deste parâmetro no esforço para a esteira levar o produto até o disco. A hipótese do trabalho era que a abertura da comporta influencia na potência requerida na esteira e com isso se determina a pior situação, ou seja, a que requer mais potência, o que é necessário para o dimensionamento dos motores que atuam no sistema das esteiras.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, no Laboratório de Protótipo. A máquina utilizada foi uma Master 15000 da Piccin Equipamentos. Foi construído um sistema de proteção, Figura 1a, dentro do laboratório para a realização dos testes, os motores com seus redutores foram acoplados ao eixo da esteira e ligado a inversores de potência para a alteração das rotações necessárias, Figura 1b.

a)



b)



FIGURA 1a : Sistema de proteção e máquina preparadas para o teste e FIGURA 1b : comporta de saída do material e motor e redutor ligados ao eixo da esteira.

Os motores elétricos são da marca WEG modelo W22, com 3,7 kW, redutor da marca Geremia, com relação de transmissão de redução de 91,6 : 1. O inversor de frequência utilizado foi um WEG CFW 700 e monitorado através de um notebook com o programa fornecido pela WEG denominado WPS 3.00. A metodologia de cálculo aproximado de torque dos Inversores WEG CFW é detalhada no Manual de Programação 2023, do equipamento. A

estratégia de cálculo é baseada no controle vetorial do motor de indução, onde as correntes trifásicas do motor são transformadas em duas componentes em quadratura vistas no referencial síncrono: Corrente de eixo direto (I_d) e corrente de eixo em quadratura (I_q). Quando o vetor I_d está orientado de acordo com o fluxo do motor, obtêm-se o desacoplamento das componentes de corrente. Desse modo, a corrente direta está relacionada ao fluxo magnético no motor, sendo denominada I_{mag} , enquanto a corrente em quadratura está diretamente relacionada ao torque eletromagnético produzido no motor, agora denominada I_{torque} . Abaixo da velocidade nominal, a corrente I_{mag} é mantida constante visando manter o fluxo no motor em seu valor nominal. Ao mesmo tempo, I_{torque} é ajustada por meio do controlador de velocidade para que a velocidade de referência seja seguida. Como a corrente de saída do inversor (I_{fase}) é medida, e I_{mag} é obtida previamente por meio de um ensaio, a corrente de torque durante a operação é dada por:

$$I_{torque} = (I_{fase}^2 - I_{mag}^2)^{1/2} \quad (1)$$

Sendo $I_{nom, fase}$ a corrente nominal do motor, a corrente de torque nominal ($I_{nom, torque}$) pode ser obtida por:

$$I_{nom, torque} = (I_{nom, fase}^2 - I_{mag}^2)^{1/2} \quad (2)$$

O torque desenvolvido pelo motor em relação ao torque nominal (T_{nom}) na condição de operação em regime permanente é fornecido em percentual ($T_{motor(\%)}$) no parâmetro P0009 do equipamento e é calculado por:

$$T_{motor(\%)} = 100 (I_{torque} / I_{nom, torque}) \quad (3)$$

Por fim, o torque do motor durante a operação é dado por:

$$T_{motor} = T_{nom} * T_{motor(\%)} \quad (4)$$

Com o torque no motor e a rotação temos a potência requerida no eixo da esteira. Para validação da medida de torque dos Inversores WEG CFW, um ensaio com torque de carga conhecido foi realizado e concluiu-se que, para rotações acima de 90 rpm (aproximadamente 5% da nominal), a medida obtida pelo equipamento forneceu resultados com erro de até 10% para cargas de 7 Nm e erro inferior a 3% para cargas acima de 14 Nm, demonstrando que a precisão do inversor é satisfatória. Os dados obtidos foram tratados, o gráfico da potência em função do tempo mostrou a região de estabilidade do sistema, retirados os dados referente a aceleração e desaceleração do motor elétrico. Realizou-se três repetições para cada abertura de comporta estudada, mantendo-se os outros fatores constantes que foram: rotação do motor elétrico em 1650 rpm e a rotação o eixo da esteira em 18 rpm. A abertura da comporta variou: 0,050 m, 0,150 m e 0,250 m, estes dados foram passados pela fabricante da máquina como sendo os limites de utilização em campo recomendado para este equipamento. Por ser uma comparação de médias de medições realizadas dentro em cada abertura de comporta da máquina a estatística descritiva começou com a verificação da normalidade dos dados de cada conjunto de pontos através do teste de assimetria e curtose. A comparação entre as médias foi realizada através da análise de variância, ANOVA, com intervalo de confiança de no mínimo 95% e uma análise de contraste para avaliar as médias através do teste de Tukey. Foi utilizado o programa R estatístico para os cálculos do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Valores estatístico dos dados:

TABELA 1. Estatística descritiva dos dados de potência em kW

Trat.	Abertura (m)	Valor mínimo	Mediana	Média	Valor máximo	Assimetria	Curtose
1	0,050	1,800	1,900	1,923	2,000	0,016	2,690
2	0,150	1,800	2,000	1,959	2,100	-0,289	2,527
3	0,250	2,000	2,100	2,055	2,100	-0,183	1,030

A análise de variância:

	Df	Sum SQ	Mean SQ	F value	Pr(>F)
Trat	2,000	0,408	0,204	47,597	3,29e-16
	129,000	0,553	0,004		

A partir da análise de variância, os resultados demonstraram uma diferença significativa com um nível de significância de 0,1%. Indicando assim que há evidências estatísticas suficientes para rejeitar a hipótese nula de igualdade das médias dos tratamentos. Portanto, pode-se afirmar que há, pelo menos, uma diferença significativa entre as médias dos tratamentos avaliados. Para saber como se comportam essas médias foi necessário realizar uma análise destas médias, a análise selecionada foi o teste de Tukey. Pelo teste de Tukey, a média do tratamento 2 é significativamente maior do que a média do tratamento 1, a média do tratamento 3 é significativamente maior do que a média do tratamento 1 e a média do tratamento 3 é significativamente maior do que a média do tratamento 2. Em resumo, com base nos resultados do teste de Tukey, pode-se concluir que há diferença significativa entre as médias dos tratamentos 2 e 1, dos tratamentos 3 e 1, e dos tratamentos 3 e 2.

CONCLUSÕES: Os levantamentos de potência utilizando motor elétrico são de fácil aquisição dos dados e eficientes para se conseguir informações para dimensionamento das máquinas, a abertura da comporta de descarga do material que cai sobre o disco distribuidor tem influência na potência no eixo da esteira.

AGRADECIMENTOS: PICCIN MÁQUINAS AGRICOLAS LTDA e a FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – Finep, através do Programa: Finep 2030 Empresarial.

REFERÊNCIAS:

ESPOSITO, Anthony, **Fluid power with applications**, 4ª. Edição, Prentice Hall, Inc. , New Jersey, 2008.

UMANS, Stephen D., **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**, 7. ed., Porto Alegre : AMGH, 2014.

WEG, MANUAL DE PROGRAMAÇÃO. Disponível em <<https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h86/hf9/WEG-10000796176-CFW700-manual-programacao-pt.pdf>> , Data de acesso, 10/03/2023 .