



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



AQUECIMENTO DE FLUIDO NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO HIDRÁULICA DE VEÍCULO OFF ROAD SAE : UMA ABORDAGEM TEÓRICA

Alisson Oliveira da Silva (FAHOR) as000699@fahor.com.br

Matheus Weizenmann (FAHOR) mw000944@fahor.com.br

Dr. Ademar Michels (FAHOR) michels@fahor.com.br

Resumo

Este trabalho apresenta uma abordagem teórica do aquecimento em sistemas hidráulicos de alta pressão, aplicados à transmissão de um protótipo off road SAE, popularmente conhecido como minibaja. A principal restrição para esta aplicação é o tamanho do reservatório, devido a necessidade de uma quantidade considerável de fluido para atender as demandas do veículo. A redução desta quantidade sem o emprego de modificações acarreta no aumento excessivo da temperatura do fluido, havendo a necessidade de uma forma da refrigeração deste fluido. Por meio de levantamento bibliográfico, o artigo tem como objetivo condensar as publicações da área de Hidráulica para o entendimento dos processos desencadeadores do aquecimento de fluidos em sistemas hidráulicos, com a finalidade de evitar o colapso no sistema de transmissão do veículo. Como resultados desta pesquisa destacam-se a obtenção de alternativas para maximizar a troca do calor gerado com o ambiente, servindo de referência para o desenvolvimento do protótipo off road e de outros projetos que utilizem sistemas hidráulicos.

Palavras-chave: Protótipo off road; Sistemas Hidráulicos; Perdas de Carga; Aquecimento;

1. Introdução

De acordo com a Lei da Inovação (10.973/2004), define-se inovação tecnológica como a “introdução de novidade no ambiente produtivo, seja ele produto ou processo, que traga melhoria significativa ou crie algo novo”. Em outras palavras, Alves (2013) diz que “inovar” é colocar em prática uma nova ideia, um novo plano, um novo método para melhorar a performance de algo já existente. Tratando-se de melhorias de projeto, é unânime a busca pela melhor maneira de obter a máxima eficiência com a menor exigência de recursos.

Baseado neste conceito de melhoria, um grupo de acadêmicos da Faculdade Horizontina propôs um protótipo de veículo “off-road” popularmente conhecido como mini baja, transformando principalmente a transmissão mecânica para um tipo não usual neste tipo de veículo: a transmissão



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



hidráulica.

Nas competições de Baja SAE, os veículos são submetidos a avaliações de relatório do projeto, testes de segurança, tração, conforto, além do enduro onde se testa a resistência do conjunto trabalhando em condições extremas. Este tipo de competição impulsiona os futuros engenheiros a desenvolverem veículos eficientes, porém com baixo custo, necessitando a cada projeto de inovações que aumentem o desempenho dos protótipos.

Assim sendo, as transmissões automotivas representam um dos sistemas com maiores oportunidades de inovação, pois representa a ligação entre o motor e as rodas motrizes tendo por finalidade transmitir o torque e a velocidade produzidos pelo motor até as rodas, tornando-se assim um sistema fundamental para o bom rendimento do veículo. Ao mesmo tempo, as transmissões devem ser eficientes e apresentar características que transmitam segurança e confiabilidade ao condutor (CHIODELLI, 2012).

A principal restrição para o uso de transmissões hidráulicas em veículos “off-road” é o tamanho do reservatório, pois há a necessidade de uma quantidade considerável de fluido para suprir as vazões requeridas, para obtenção de níveis satisfatórios de torque e/ou tração. A simples redução desta quantidade sem o emprego de modificações acarreta no comprometimento da integridade do sistema, pois há aumento excessivo da temperatura do fluido, havendo a necessidade de uma forma da refrigeração deste fluido.

O objetivo deste artigo é abordar e conceituar teoricamente os fatores chave que acarretam no aquecimento do fluido em sistemas hidráulicos bem como propor alternativas para a refrigeração do fluido hidráulico, evitando o surgimento de alterações significativas nas propriedades deste fluido e consequentemente evitando um colapso no sistema de transmissão.

2. Revisão da Literatura

2.1 Sistemas Hidráulicos

Segundo Brunetti (2008), fluido é uma substância sem uma forma própria, assume o formato do recipiente onde está contida. Como diferenciação visual para os sólidos, este conceito esclarece perfeitamente o comportamento dos fluidos. Em uma abordagem mais aprofundada, Brunetti (2008) descreve os fluidos como substâncias que se deformam continuamente, quando submetidas a esforços tangenciais, não atingindo uma nova configuração de equilíbrio estático, ou seja, uma substância em escoamento.

O uso da força fluida como meio gerador de energia é bastante antigo, conforme Palmieri (1994). Ele data de milhares de anos antes de Cristo, com o uso da energia potencia da água a certa altura. O autor continua, citando o sistema hidráulico construído pelos romanos para armazenamento e distribuição de água.



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



O uso de fluido sob pressão como meio de transmissão de potência, é mais recente, ocorrendo a partir da primeira guerra mundial, com o surgimento da primeira prensa hidráulica e do guindaste hidráulico. A palavra Hidráulica deriva da raiz grega *hidros* (água), ou seja, é a ciência que estuda o comportamento dos fluidos em estado líquido escoando em tubulações e sob pressão. (FIALHO, 2003)

Linsingen (2003) afirma que os sistemas hidráulicos foram se sofisticando, permitindo o uso a pressões cada vez maiores, tornando-os mais compactos, precisos e eficientes.

De acordo com Palmieri (1994), atualmente o uso da transmissão de força fluida, devido a sua versatilidade, tornou-se evidente, sendo utilizado desde sistemas simples, como o de frenagem de um automóvel, até sistemas complexos, como controles de aeronaves.

2.2 Aquecimento Em Sistemas Hidráulicos

Conforme citado anteriormente, devido à evolução dos sistemas hidráulicos, com o uso de pressões cada vez maiores, e do processo de conversão de energia, inevitavelmente, tais sistemas estão condicionados a se aquecerem.

Conforme Palmieri (1994), o princípio básico de qualquer sistema hidráulico é a transformação de energia mecânica em energia hidráulica, para nova transformação em energia mecânica.

Neste processo há várias perdas, convertidas em energia térmica e transferidas ao fluido hidráulico, causado principalmente pelo atrito viscoso durante o escoamento do fluido dentro das tubulações. Alterações elevadas na temperatura do fluido, devido à dissipação de energia, provocam alteração da viscosidade, por consequência, alteram-se as perdas por vazamento e as condições de operação do sistema (LINSINGEN, 2003).

Palmieri (1994) liga a geração de calor em um sistema hidráulico a vários fatores, dentre eles:

- Perdas mecânicas na bomba ou no motor hidráulico;
- Restrições na linha devido a curvas mal elaboradas ou introdução de válvulas, como reguladoras de pressão e vazão;
- Válvulas mal dimensionadas, onde a vazão máxima permitida é menor que a vazão exigida pelo sistema.

Linsingen (2003) acrescenta que o conhecimento destas características é necessário para se analisar e permitir a adequação do fluido hidráulico às condições de operação.

2.3 Propriedades Do Fluido Relacionadas À Temperatura

2.3.1 Viscosidade

Conforme Brunetti (2008) “viscosidade é a propriedade que indica a maior ou a menos dificuldade de escoar”. Conforme o autor reforça esta é uma propriedade que não visível em um fluido em repouso.

A viscosidade possui valores diferentes para cada tipo de fluido. Pode também variar no mesmo fluido, pois esta propriedade está ligada à temperatura. Conforme Brunetti (2008) a resistência ao escoamento diminui mediante aumento de temperatura e aumenta à medida que a temperatura diminui. Isso ocorre porque as moléculas do fluido, ao serem aquecidas, deslizam mais facilmente umas sobre as outras, aumentando a fluidez.

A relação entre viscosidade e temperatura pode ser obtido através do chamado Índice de viscosidade, que corresponde à inclinação das curvas, conforme a Figura 01.

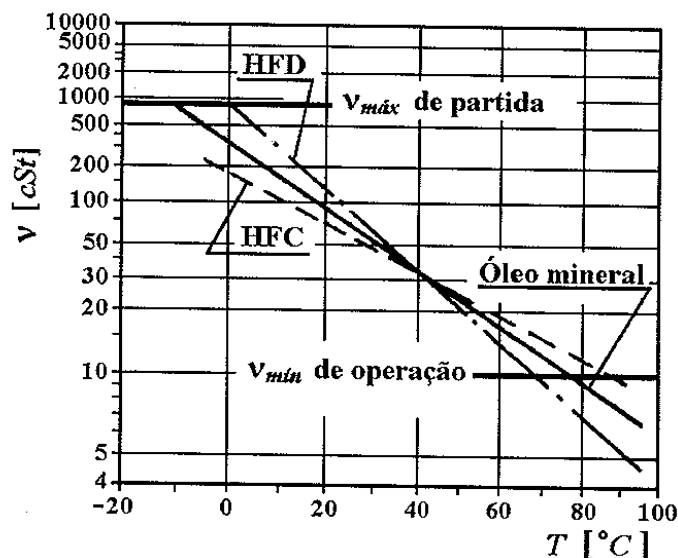


Figura 01 – curvas $v \times T$ para três tipos de fluido de mesma classe de viscosidade.
Fonte: Linsingen (2003)

2.3.2. Propriedades térmicas

Além da viscosidade do fluido, outras propriedade estão diretamente ligadas à temperatura do fluido, calor específico e a condutividade térmica. (LINSINGEN, 2003)

O calor específico é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de uma massa unitária em 1°C, expresso por J/kg. °C.

Conforme Linsingen (2003), a Condutividade Térmica é a medida da taxa de transferência de calor através de uma superfície para um gradiente de temperatura na direção e sentido do fluxo de calor, em J/s,

$$Q = -KA \frac{dT}{dx}$$

Onde K é o coeficiente de condutividade térmica (W/m°C).

O conhecimento e determinação destas propriedades, segundo Linsingen (2003), permitem a adequação do fluido correto aos requisitos de operação do sistema. A determinação destas propriedades também será de suma importância para calcular a dissipação de calor do sistema e analisar a possibilidade de refrigeração do sistema, evitando que o mesmo entre em colapso.

2.4. Dissipação do calor em sistema hidráulicos

De acordo com Palmieri (1994), dependendo da complexidade do sistema hidráulico, esse calor pode ser simplesmente dissipado através das tubulações e principalmente dentro do reservatório. Essa dissipação de calor ocorre por convecção entre o fluido e a parede do reservatório, por condução através da superfície do reservatório e novamente por convecção entre as paredes e o meio.

Se a troca térmica no reservatório não for suficiente, Fialho (2004) sugere a instalação de uma chicana dentro do reservatório. Esse dispositivo, em forma de aleta, aumenta a superfície de troca térmica dentro do reservatório, sem que haja a necessidade do uso de um trocador de calor.

O autor acrescenta que, dependendo da necessidade, pode ser introduzido um maior número de chicanas verticais para forçar a circulação do fluido, aumentando ainda mais a troca térmica por convecção.

Se os métodos anteriores não resultarem em uma dissipação de calor satisfatória, deve-se usar um trocador de calor, conforme sugere Palmieri (1994). A seguir serão apresentados os meios de transferência de calor, bem como os equipamentos responsáveis pela dissipação de calor, denominados trocadores de calor.

3. Métodos e Técnicas

Este estudo caracteriza-se como pesquisa exploratória, sendo esta extremamente flexível, de modo que qualquer característica relativa ao fato estudado tem importância, sendo que grande parte das pesquisas do tipo ocorre por meio de levantamento bibliográfico.

Este trabalho consiste, fundamentalmente, em um agrupamento literário de informações relacionadas ao aquecimento em sistemas hidráulicos, com o intuito de esclarecer e demonstrar a sistemática do aquecimento de fluidos contidos em sistemas hidráulicos. Percebeu-se a necessidade de centralizar conhecimento de modo mais específico, que está disperso através dos autores,



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



pois as bibliografias encontradas tratam o assunto superficialmente, e as publicações isoladas, não fornecem informações suficientes sobre o assunto.

4. Resultados e Discussões

Como principais resultados deste estudo, pode-se enfatizar o entendimento do processo de aquecimento decorrente do atrito entre o fluido e as paredes da tubulação, bem como entre as moléculas do fluido. Tais informações devem ser levadas em consideração durante o projeto do sistema de transmissão do veículo Off-road SAE, que será submetida a altas taxas de pressão para desenvolver o torque e acelerações necessários ao sistema.

O sistema deve ser dimensionado corretamente, levando em consideração as perdas de carga nos acessórios e a eficiência dos elementos acionados, pois a energia perdida pela perda de carga será convertida quase que integralmente em energia térmica, ocasionando aumento de temperatura de trabalho do fluido.

Faz-se necessário o uso de métodos para trocar o calor gerado dentro do sistema com o ambiente externo, a fim de dissipá-lo à maior taxa possível, evitando que o aumento de temperatura modifique as propriedades físico-químicas do fluido hidráulico e que ocorra colapso no sistema. De acordo com a taxa de aquecimento do sistema, várias medidas podem ser tomadas: dissipação pelas paredes da tubulação, aletas no reservatório de fluido, ou caso a taxa de aquecimento seja elevada, o uso de trocadores de calor para dissipar o calor gerado no sistema.

Para o particular caso do protótipo off road SAE, o volume de fluido que permite uma troca térmica dentro do reservatório não pode ser praticado, pois ocorreria um acréscimo de massa considerável, que comprometeria o desempenho do veículo. Diante este fato, é de suma importância o estudo dos efeitos de aquecimento neste sistema, a fim de determinar a maneira mais eficiente de dissipar o calor gerado, mas que não impacte seriamente no funcionamento do protótipo.

A obtenção destes dados é de igual importância para a construção do sistema e afetará inclusive a escolhas dos componentes do sistema (fluido hidráulico, atuadores, válvulas e tubulação) pois estes terão de suportar as faixas de temperatura de trabalho do sistema.

5. Conclusões

Como já citado o artigo teve por seu principal objetivo a condensação de bibliografias existentes referentes ao aquecimento de fluidos hidráulicos, utilizados em sistemas de transmissão de forças. O assunto estudado tem por base a utilização disto em um veículo "off-road", sendo que isto trás como restrição a quantidade do fluido utilizado neste sistema de transmissão, o que



3ª SEMANA INTERNACIONAL DAS ENGENHARIAS DA FAHOR

Horizontina - RS - Brasil
16 a 18 de Outubro de 2013



acarreta em uma aquecimento do fluido bem como do sistema.

Após fez se uma abordagem para que houvesse um maior conhecimento sobre sistemas hidráulicos, o aquecimento neste tipo de sistema, as propriedades dos fluidos que podem sofrer algum tipo de alteração, decorrente do aumento de sua temperatura e as formas para que esse calor fosse dissipado.

Concluindo que o aquecimento é decorrente do atrito entre o fluido e as paredes da tubulação, bem como com o próprio fluido, levando em consideração que o sistema deverá trabalhar sob altas pressões, ocasionando algumas perdas de carga que serão diretamente convertidas em calor, tendo em vista que a necessidade de alguma forma de dissipação deste calor torna-se evidente e o seguimento da pesquisa se dará para encontrar qual a melhor forma disso acontecer.

Referências

ALVES, Elias. **Conceitos de Inovação**. Disponível em: <http://www.htmhelen.com/2008/06/onfikica-os-apelidos-das-pracas-de_20.html>. Acesso em: 20 abr. 2013.

BRASIL. Decreto-lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>. Acesso em: 20 abr. 2013.

BRUNETTI, Franco. **Mecânica dos Fluidos**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

CHIODELLI, R. T. **Dimensionamento de componentes de transmissão para um protótipo baja SAE**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Horizontina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, 2012.

FIALHO, Arivelto B. **Automação Hidráulica: Projetos, Dimensionamentos e Análise de Circuitos**. 2. ed. Tatuapé: Editora Érica, 2004.

LINSINGEN, Irlan von. **Fundamentos de sistemas Hidráulicos**. 2. ed. Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2003.

PALMIERI, Antonio Carlos. **Manual de Hidráulica Básica**. 9. ed. Porto Alegre: Rancine Hidráulica Ltda, 1994.