

LOS ASOMBROSOS FLUIDOS MAGNETOREOLÓGICOS Y SUS APLICACIONES EN EL CAMPO AUTOMOTRIZ

Ing. Óscar Arteaga
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Quijano y Ordoñez y Marqués de Maénza s/n
Latacunga - Ecuador
Email : obartega@espe.edu.ec



Resumen

Se presenta los resultados obtenidos de la investigación del desarrollo e incorporación de fluidos magnetoreológicos en el sistema de suspensión de un vehículo tipo Buggy , para proporcionar alta capacidad de control de amortiguación e incomparable sensibilidad, a través de un controlador electrónico que cada milisegundo ajusta la dureza de la suspensión, basándose en la información enviada por los sensores de desplazamiento de la suspensión, sensor de aceleración lateral y de desplazamiento del volante.

I. INTRODUCCIÓN.

Los fluidos magnetoreológicos, o fluidos MR, son líquidos que pertenecen a la clase de materiales inteligentes, ya que asimilan estímulos externos, endureciéndose o cambiando de forma cuando detectan un campo magnético. Están formados por partículas magnetizables finamente divididas y suspendidas en un líquido portador cuya relación de propiedades flujo/viscosidad puede ser modificada aplicando un campo magnético. Estos cambios en la viscosidad ocurren en una fracción de milisegundo, muchísimo más rápido que en los sistemas mecánicos convencionales, y pueden usarse para controlar con eficacia las vibraciones, en aplicaciones que tengan que ver con el accionamiento, la amortiguación, la robótica y la mecatrónica.

La interacción entre los dipolos inducidos resultantes, obliga a las partículas a formar estructuras en forma de columna, paralelas al campo aplicado.

Este tipo de fluidos forman una estructura similar a una cadena, la cual restringe el movimiento del fluido dando lugar a un incremento en las características viscosas de la suspensión.



Figura 1. Fluidos magnetoreológicos

La energía mecánica necesaria para producir estas estructuras tipo cadena se incrementa conforme se aumenta el campo magnético aplicado, produciendo un esfuerzo dependiente del campo.

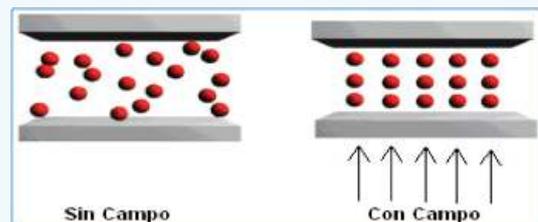


Figura 2. Respuesta de fluidos magnetoreológicos a un campo magnético exterior

Los materiales súper-paramagnéticos son los ideales para la construcción de este tipo de fluidos y las aplicaciones son las siguientes:

- Amortiguadores para aplicaciones en automoción.
- Cajas de cambios sin el uso de transmisiones mecánicas o embragues.
- Asientos semiactivos de vehículos que anulan las vibraciones.
- Amortiguadores para construcciones civiles antisísmicas.
- Fabricación de prótesis para extremidades superiores e inferiores.
- Robot con movimientos semejantes a los humanos.

II. AMORTIGUADOR MAGNETOREOLÓGICO

Los fluidos MR contienen partículas de hierro finamente divididas (del orden de unas micras) disueltas en un aceite sintético. Cuando no se expone a ningún campo magnético, estas partículas se distribuyen de forma aleatoria y el amortiguador contiene un fluido newtoniano de baja viscosidad (amortiguación blanda). Evidentemente, el incremento de la viscosidad va asociado a la intensidad del campo magnético aplicado, por lo que las posibles aplicaciones de este tipo de fluidos son innumerables.

Los amortiguadores representan un caso particular de suspensión semiactiva y son monotubo que en lugar de aceite corriente llevan un fluido MR, prescindiendo de válvulas electromecánicas.

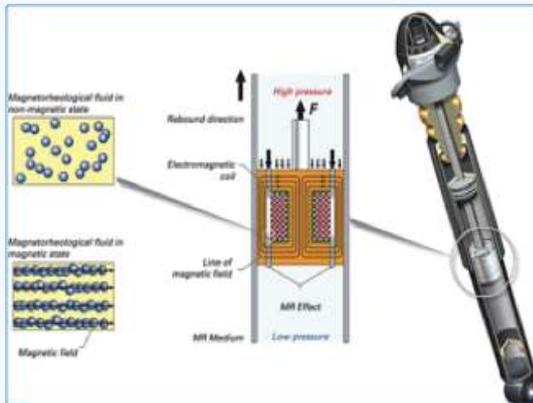


Figura 3. Funcionamiento del amortiguador magnetoreológico

La principal ventaja de este sistema frente a los tradicionales es la rapidez de variación del tipo de amortiguación, y las infinitas posibilidades de regulación que permite.

III. ELABORACIÓN Y PRUEBA DEL FLUIDO MAGNETOREOLÓGICO

En los experimentos realizados con diferentes tipos y concentraciones de elementos el principal problema que se evidencia es la sedimentación de las partículas ferromagnéticas a medida que transcurre el tiempo y cuando el fluido se encuentra en reposo.

Para seleccionar el aceite base correcto se determinó la densidad de varios tipos de aceites (Tabla 1), del aditivo y del material ferromagnético, se utilizó : una balanza, vasos de precipitado y probetas de volumen de 50 ml.



Figura 4. Equipo utilizado para preparación del fluido MR

Tabla 1. Densidades de varios tipos de aceites

Aceite	Densidad
Aceite hidráulico	0.774
Aceite de amortiguador	0.854
Aceite vegetal	0.837
Aceite SAE 40	0.881

El aceite de mayor densidad como el SAE 40 es más efectivo para contrarrestar la sedimentación así como también el ácido oleico como aditivo debido a

que actúa como dispersor de las partículas ferromagnéticas.

En base a estos resultados se creó el fluido MR con 5% de material ferromagnético (Tabla 2) de acuerdo con el procedimiento que se indica a continuación:

Tabla 2. Composición del fluido MR al 5%

Fluido al 5%
Total de Fluido: 35 ml
95% de Acido-Aceite Base: 33.25 ml
Acido Oleico total: 13.3 ml al 40%
Aceite Base SAE 40: 19.95 ml al 60 %
5% de Material Ferromagnético: 4.158 g

Se colca el liquido portador (aceite SAE 40) como base del fluido en la probeta de 25 ml.



Figura 5. Fluido MR al 5%

Se mezcla el aditivo surfactante en este caso el ácido oleico, finalmente se agrega el material ferromagnético se mezcla hasta obtener un fluido oscuro y denso.

IV. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Para el diseño mecánico del sistema de suspensión se considera situaciones donde el vehículo se somete a condiciones extremas de funcionamiento y de esta forma determinar los esfuerzos máximos a los que está sometido, con la ayuda de varios módulos de análisis. (Estático, Dinámico, Vibraciones y Electromagnetismo) del software SolidWorks.



Figura 6. Modelado completo del Buggy en SolidWorks

Los aspectos más notables son los canales internos para los alambres de conexión de las bobinas internas, las mismas que se encuentran junto a las vías de paso de líquido magnetoreológico y son activadas varias veces por segundo para crear el campo magnético alrededor de estas y así cambiar la dureza del amortiguador para que cumpla con su función.

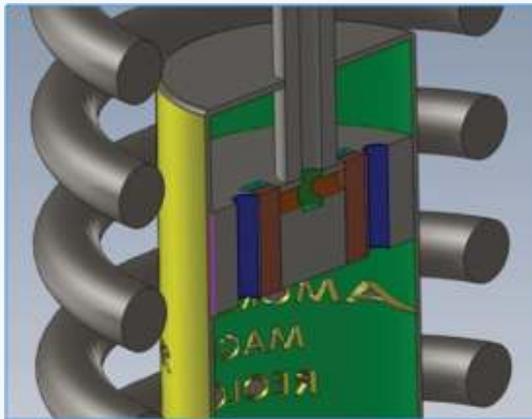


Figura 7. Modelo en corte del amortiguador magnetoreológico

El circuito electrónico procesa los datos de los sensores y envía las señales a las bobinas del amortiguador en función de los requerimientos de dureza en la suspensión, garantizando su óptimo funcionamiento.

El circuito de control está programado para regular un tiempo de activación de 20 segundos, en los cuales induce una corriente de 0 a 1 amperio a cada amortiguador, según la calibración del operador. Este diseño como medida de seguridad corta la corriente pasado el 1 amperio.

V. RESULTADOS Y PROTOCOLO DE PRUEBAS

Las pruebas fueron realizadas con amperajes que van de 0 a 1 amperios en intervalos de 0.05 segundos, simulando de esta forma el comportamiento del Buggy bajo diferentes condiciones del camino.

Se establece que la dureza del amortiguador es directamente proporcional con la corriente inducida a las bobinas, los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3. Comportamiento de amortiguador

Amperaje (A)	Fuerza (lb-f)
0	-13,45
0,1	5,53
0,15	12,02
0,20	24,48
0,25	41,83
0,30	59,04
0,35	89,38
0,43	108,99

El análisis dinámico de los amortiguadores magnetoreológicos se desarrolla con diferentes coeficientes de amortiguamiento simulando la variación del amperaje para cada caso. Esta simulación se la hizo para un tiempo de 5 segundos y una fuerza oscilante que varía de un rango de 1300 N a 950 N con una frecuencia de 1.5 hertzios.

En el análisis con 1 amperio la curva de desplazamiento del vástago con respecto al tiempo de prueba (figura 8), muestra que la amplitud de onda va disminuyendo, lo que indica que el fluido MR realiza su trabajo, es decir, solo una parte de las fuerzas son absorbidas por el resorte y su magnitud varía con respecto al tiempo a medida que se le aplica corriente a las bobinas del amortiguador.

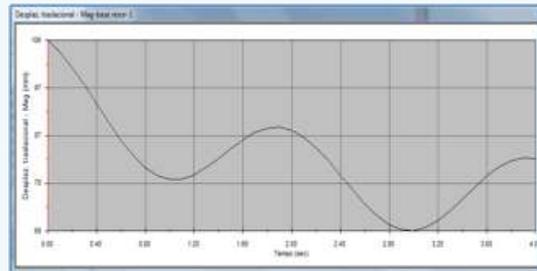


Figura 8. Resultados de Desplazamiento vs Tiempo a 1 amperio

En el análisis con 0 amperios (figura 9) se aprecia que la carrera de vástago es más prolongada y que la amplitud de onda se mantiene constante, lo que indica que el trabajo del resorte no se restringe por el trabajo del amortiguador, es decir el fluido MR no absorbe las oscilaciones producidas por las fuerzas, siendo el resorte el que actúa completamente durante toda la duración de la prueba.

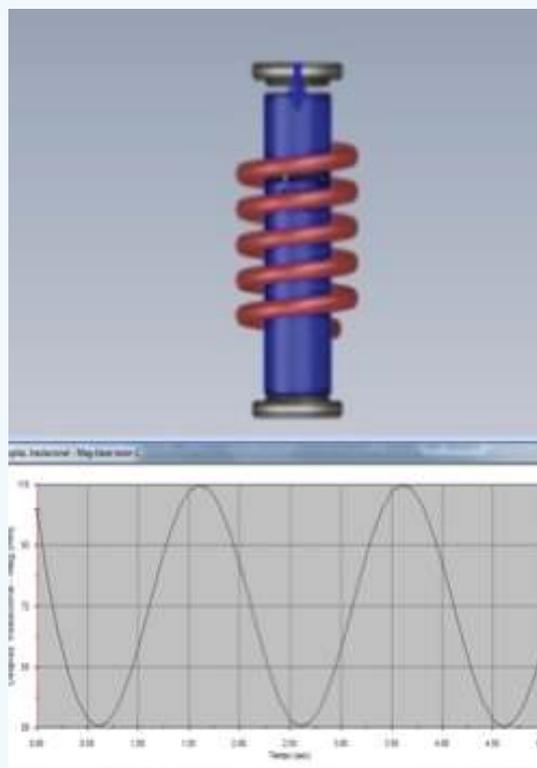


Figura 9. Resultados de Desplazamiento vs Tiempo a 0 amperios

El análisis de vibraciones se realiza en el modelo completo del chasis del Buggy, utilizando una frecuencia de 1.5 Hz y simulando una carrera de trabajo completa de la suspensión. En cada lado del vehículo se activa un estado de funcionamiento del amortiguador para lograr visualizar la diferencia de trabajo controlando la parte electrónica del elemento de amortiguación.

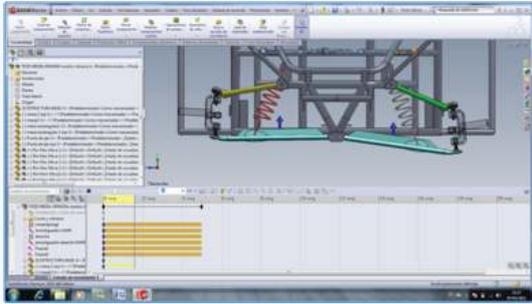


Figura 10. Trabajo realizado por la suspensión

De la simulación se determina que cuando al amortiguador se le suministra 1 amperio la velocidad a la que se mueven sus elementos son mucho menores que cuando tiene 0 amperios, es decir que con 1 amperio la velocidad se ve restringida por la dureza que le da al amortiguador el fluido MR, es decir se atenúan las vibraciones de una manera más efectiva.

A partir de estos resultados se modifica en los puntos de anclaje y en las mesas del sistema de suspensión original del Buggy y se procedió con el montaje del nuevo sistema con los amortiguadores MR.



Figura 11. Amortiguadores instalados

Por las modificaciones realizadas, a una adecuada calibración del circuito de control y a los amortiguadores MR, se logró una suspensión que absorbe de mejor manera los impactos producidos por las irregularidades del camino y que a la vez mantiene el neumático más tiempo en contacto con el suelo.

V. CONCLUSIONES.

Con la creación del fluido MR se determinó que el aceite SAE 40 y el ácido oleico son los que de mejor manera contrarrestan los problemas de sedimentación de las partículas magnéticas y que una concentración de material ferromagnético entre el 2.5 y 5% es la que mejores características de amortiguamiento proporciona a la suspensión.

Mediante el programa SolidWorks se simula y

analiza condiciones reales de funcionamiento del Buggy y así mejora los puntos críticos de la suspensión.

Con la aplicación de los amortiguadores MR en el sistema de suspensión del Buggy se mejoró notablemente su comportamiento sobre todo en caminos irregulares y en situaciones de cabeceo, bamboleo y empuje.

Se comprobó de forma teórica y práctica las virtudes de utilizar los fluidos MR en los sistemas de suspensión semiactiva.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

Felt, D. W. y Hagenbüchle, M. (1996). Rheology of a magnetorheological fluid. Dover Publications.

Cullity, B. D. (1970). Introduction to magnetic materials (1ª ed.). Addison-Wesley Publishing Company.

Felt, D. W. y Hagenbüchle, M. y Richard J. (1996). ER Fluids and MR Suspensions and Associated Technology. Singapore: World Scientific.

Balanis Constantine. (2004). Advanced engineering electromagnetics (3ª ed.). USA: John Wiley & Sons.Inc.

