

Conceptualització d'equip i procés de validació d'assaigs en vehicles i anàlisi de dades

Mikel Echeverria

Grau en Enginyeria Mecànica

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

Resum

Aquest projecte està centrat en el disseny d'un equip de mesura per a la realització d'assajos focalitzats en el desenvolupament i validació del sistema de frenada d'un vehicle, sempre en referència i d'acord amb la normativa europea.

L'equip haurà de disposar de les característiques necessàries tant de dimensions, pes, i capacitat d'adquisició, amb tants sensors com es requereixi a l'hora de dur a terme qualsevol prova.

També es tindran en compte les prestacions en quant a nombre de canals i les condicions del tractament de senyals d'adquisició (freqüències, tipus de senyals, entrades i sortides i tipus de perifèrics).

En un segon terme, es farà una breu descripció dels sensors que es necessitaran, així com també els perifèrics necessaris i la seva disposició.

En darrer punt, es desenvoluparà un petit programa amb MS Excel, de manera que es pugui tancar el cercle que lliga a la par; tant el fet de com obtenir i quantificar fenòmens físics i enregistrar-los, com la obtenció de conclusions a partir de les dades adquirides i la seva interpretació.

Paraules Clau:

Adherència, coeficient de fricció, moment de frenada, energia cinètica

Introducció

La millora i desenvolupament de productes per part de les marques de fabricants d'automòbils és cada cop més important, en el procés d'optimització i desenvolupament, és fonamental tenir processos capaços que es poden implementar, tant en el producte final, com en el procés d'obtenció d'aquest producte.

Tota millora que es pugui produir en aquest dos àmbits, dotaran al fabricant de més competitivitat davant els competidors al mercat.

Objectius Plantejats

L'objectiu principal d'aquest projecte és el disseny d'un equip de mesura per a la realització d'assajos pel desenvolupament i validació del sistema de frenada d'un vehicle, sempre en referència i d'acord amb la normativa europea.

Es definiran els diferents components d'un sistema de frens d'un vehicle comercial, que han de permetre aturar un vehicle el més aviat possible, i sense provocar la pèrdua de control d'aquest, sota diferents situacions de càrrega i a temperatura.

Els requeriments mínims que ha de complir un sistema de frens, i que determinarà si aquest és o no apte per l'ús o implantació en un model de producció sèrie, venen definits per la norma Europea R13h1.



Entre els objectius específics es poden ressaltar els següents:

- Establir un criteri d'elecció d'un equip de mesura per assajos.
- Aprofundir en el funcionament dels diferents sensors que s'utilitzaran, el seu muntatge i la configuració en l'equip d'adquisició.
- Revisar la normativa Europea que regula els requisits necessaris per poder homologar el sistema de frens en un vehicle, i com es classifiquen.
- Entendre el conjunt de principis físics descrits en base a la teoria de la Mecànica Clàssica, que interactuen i serveixen per l'estudi de les diferents propietats i comportaments dels elements que intervenen en un sistema de frens.
- En base a la normativa, comprendre els fonaments de càlcul en un sistema de frens i les línies de disseny a seguir.
- Realitzar l'anàlisi d'un assaig de frenada i dels punts que es sotmetran a estudi.
- Sobre el mateix assaig, elaborar una eina d'automatització, que permeti reduir el temps i cost, del procés d'anàlisi de les dades. Alhora, quantificar l'estalvi en temps que permetrà la eina.

Elecció de l'equip

Els punts a tenir en compte en l'elecció de l'equip seran :

-Volum i robustesa a fi de poder dur-lo en un vehicle i sobrevingui els moviments, vibracions i petits cops. També suportar les variacions de temperatura i humitat, que es donin dins del vehicle.

-No interferir en els sistemes de seguretat activa ni passiva del vehicle, ni representi un perill en si mateix per la pròpia seguretat dels ocupants que hi vagin dins.

-Compatibilitat amb la sistemàtica i sensorització dels assajos, també quantitativament i qualitativament.

-Cost econòmic d'acord amb el pressupost disponible per part de l'empresa.

-Amortització i polivalència de l'equip en vista al tipus de tecnologia i accessibilitat del que disposa, tenint en compte l'ús de les actuals i la tendència que té el mercat.

Després de sol·licitar pressupostos a diferents fabricants, s'opta per el Quantum X la marca HBM.

Malauradament, el termini d'entrega de l'equip seleccionat es perllonga massa en el temps i per poder il·lustrar el present treball, es realitzen les parts relatives a la part de sensors i assaig, amb un equip prestat.

Sensors i configuració

Els conjunt de sensors necessaris en les diverses proves que es poden realitzar són:

GPS: Donarà els valors de velocitat i distància recorregut pe rel vehicle.

Acceleròmetre: Quantificarà la desceleració del vehicle en tot moment.

Cèl·lula de càrrega (Fig.1): Permet llegir els valors d'esforç sobre el pedal de fré o palanca d'estacionament.

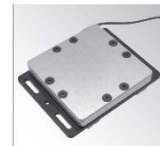


Figura 1: cèl·lula de càrrega

Sensor de recorregut (Potenciòmetre): Dona informació del desplaçament que pateix el pedal de fré.

Sensors de Pressió: Es munten al circuit hidràulic per a saber la pressió de funcionament del mateix.

Termoparells: De diferents tipus i configuracions de muntatge, depenent en quin entorn hagin de mesurar.

Informaran de la temperatura del lloc on estiguin muntats.

Configuració dels sensors

Amb el full de característiques que facilita el fabricant (Fig. 2).

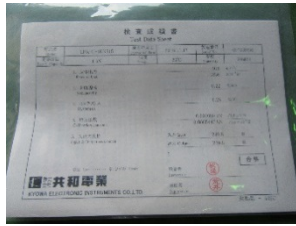


Figura 2: Full de dades del sensor

S'introdueix el valor de factor de guany en la interfície del programa de l'equip (Fig.3), linealitzant el comportament del sensor en cada punt de treball.

File#	Hardware	Set up#	Temp#	Module	Record Range	Use Board	DC AC	Signal name	Unit	Val LowEU	Val HighEU	at Value Low & Valu
1	1	1	1	01								
2	1	1	1	02								
3	1	1	1	03								
4	1	1	1	04								
5	1	1	1	05								
6	1	1	1	06								
7	1	1	1	07								
8	1	1	1	08								
9	1	1	1	09								
10	1	1	1	10								
11	1	1	1	11								
12	1	1	1	12								
13	1	1	1	13								
14	1	1	1	14								
15	1	1	1	15								
16	1	1	1	16								
17	1	1	1	17								
18	1	1	1	18								

Figura 3: Quadre de calibració dels

Repetint l'operació amb cadascun dels sensors que s'hagin de muntar en el vehicle, al finals de cada una d'elles es verificarà la coherència del valor. Això serà gràcies als patrons. Aquests són mesures de la magnitud del sensor que es prenen com a referència (Fig.4).



Figura 4: Pesa calibrada i sensor

Un cop es tenen tots els sensors linealitzats i verificats ja es pot procedir a la realització de l'assaig.

Tipus d'assajos

Depenent de la propietat o característica relacionada amb els frens, els tipus d'assaig es poden separar en:

1-Homologació

2-Validació i millora del fabricant.

3.-Proves de revistes tècniques o tercers.

1.-homologació

Es recullen els requisits mínims en la normativa de frens [R13h](#) i es classifiquen en :

-Type 0: on s'estableixen les desceleracions mínimes del fré de servei i el d'estacionament i el del sistema d'emergència (ABS)en diferents escenaris de funcionament i fallada .

-Type 1: Regula les pèrdues d'eficiència de la frenada en casos de Fading (caiguda de la força de frenada per temperatura) i recuperació del sistema en baixar la temperatura.

-Sistemes d'ajuda a la frenada d'emergència (BAS)

2.- Propis de la Marca

Orientats a millorar els requeriments mínims exigits per la norma d'homologació Europea i definir les prestacions en base a un criteri propi de fabricant.

Es poden separar per la característica que avaluen:

- Exigència de la frenada: Distància mínima en frenada d'emergència.

- Fatiga: Estabilitat de frenada a altes temperatures Fade

- Vibracions: Aparició de vibracions o sorolls.

- Tacte de pedal: Relació entre l'esforç, desceleració i recorregut del pedal.

- Estabilitat durant la frenada.

- Comportament en cas de fallada d'alguna de les parts.

3.-Proves de tercers

Estableixen altres procediments i situacions en les que es pot trobar el vehicle així com estats de càrrega del mateix.

Juguen un paper important a nivell mediàtic.

Els més important són :

AMS: Revista tècnica Alemanya.

Avalua el resultat de distància recorreguda en 10 frenades de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1} - 0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, en situació de càrrega del vehicle com si hi anessin dos ocupants en els seients davanters

Una situació en que són consecutives i per tant els elements del sistema arriben a altes temperatures. I l'altra en que es deixa refredar el sistema entre frenada i frenada .

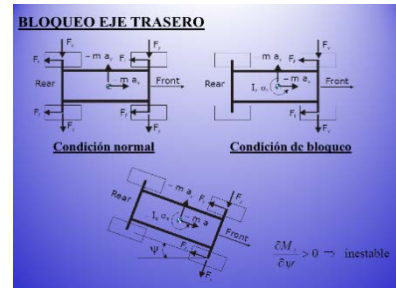


Figura 5: Corba d'equiadherències i desceleracions

ADAC: Associació Alemanya de Conductors.

Varia amb l'AMS en el nombre de frenades consecutives en un interval de temps determinat i en la condició de càrrega del vehicle.

Criteris en l'avaluació de l'acompliment dels requisits i càlculs en frens

A partir dels models de càlcul, es busca primer de tot complir amb els criteris més estrictes que marca la norma R13h. A partir d'aquest mínims, es dimensionarà el sistema.

El punt principal que es marca, refereix a l'esforç màxim que podrà fer el pedal de fré (entre 6.5 daN i 50 daN), en la situació de motor parat (sense assistència de buit) des de $100 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ per a produir una desceleració mínima de $2,44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

A partir d'aquest requisit, i en funció de la massa del vehicle, es defineixen les característiques i dimensions dels diferents elements del sistema.

Basant-nos en la segona llei de Newton [1]:

$$F_t = m \cdot a \quad [1]$$

Es troba la força mínima per a provocar $2.44 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ de desceleració en una condició de càrrega, normalment la de per màxim admissible.

Un cop sabent la força que s'haurà de fer, s'ha de fer el càlcul per a que es pugui arribar a la desceleració establerta sense que el vehicle perdi el control.

Per a que això no passi, i la frenada sigui estable, s'evitarà el bloqueig de les rodes posteriors (Figura 5).

La condició que s'haurà de complir doncs, a l'eix posterior en cada pneumàtic serà:

$$M_{frenada}(M_{fr}) < \text{Adherència pneumàtic}(F_{fr})$$

On:

$$M_{fr} = \text{Força frenada} \cdot \text{Radi efectiu disc}$$

$$F_{fr} = \text{Pes en la roda} \cdot \text{coeficient de frec pneumàtic-superfície}$$

Tenint en compte això es plantegen les equacions de dinàmica del sòlid rígid:

Considerant el pes total del vehicle (P) i el repartiment en els dos eixos N_f (Normal front) i N_r (Normal rear).

Per a cada situació de desceleració, la transferència de masses (T_p) que hi haurà des de l'eix posterior al davanter serà relació entre la desceleració, el propi pes del vehicle i la ubicació del centre de masses (h: Alçada CG; l: longitud entre eixos).

Per tant a major desceleració, major serà la pèrdua de frenada disponible a l'eix de darrera.

$$N_f = \text{Pes eix davanter}$$

$$N_r = \text{Pes eix posterior}$$

$$T_p = (a/g) \cdot (h/l) \cdot P$$

Amb cada valor de desceleració s'obté la corba d'equiadherències (Figura 6).

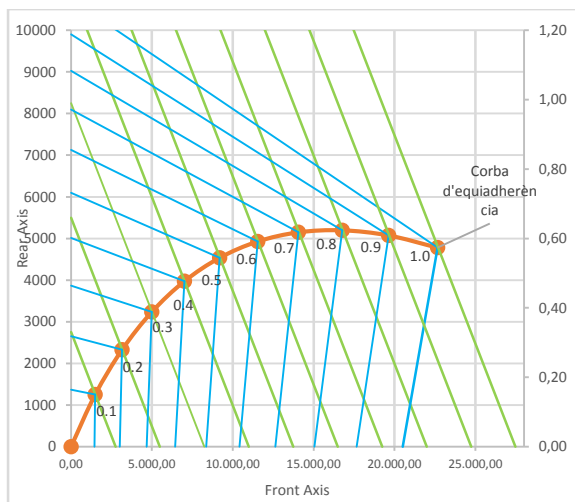


Figura 6: Diagrama de forces en situació de sobreviratge

Amb aquesta gràfica es comprèn que, per sobre de la corba, l'eix de darrera bloquejarà, i per sota ho farà l'eix davanter. Però per a ser curosos caldrà tenir en compte els punts per on passarà la corba real de frenada.

Amb aquest línia, que resulta de dimensionar el sistema per evitar que les rodes de darrera bloquegin en la situació més desfavorable. Dita situació serà a màxima desceleració i baix coeficient de fricció, entre el pneumàtic i la superfície de contacte.

Amb la gràfica completa (Figura 7), es pot preveure doncs, el comportament del vehicle davant de qualsevol variació, de l'adherència, i en les diferents desceleracions.

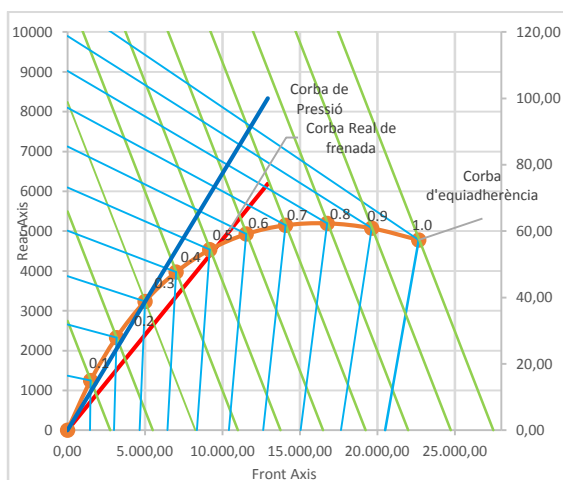


Figura 7: Corba d'equiaderències i desceleracions

Resultats obtinguts de l'assaig

Per validar que els resultats obtinguts, i després de realitzar l'assaig amb el vehicle instrumentat amb tants sensors com sigui necessari, s'hauran d'interpretar els valors obtinguts.

Anàlisi de dades

Tenint els models físics de càlculs de qualsevol aspecte que es vulgui mesurar i les equacions que els defineixen, un pas important en el procés de càlcul dels diferents paràmetres, és el desenvolupament d'eines, que permetin el procés d'anàlisi interpretació sigui més fluid. També alhora, amb això es minimitza la probabilitat de cometre error.

Per a que això últim sigui així, el model ha d'estar ben calculat, i el procés controlat.

Hi han uns punts a tenir en compte abans de

començar a fer una eina de càlcul o petit programari:

1-Definir el procés de càlcul que es vol automatitzar.

Depenent de l'assaig, es realitzen entre 5 i 15 mesures per prova, que es guarden en arxius individuals.

La tasca de buscar-ho a mà dintre de cada arxiu i fer-ne els càlculs, es repetitiva i monòtona.

-S'automatitzarà el càlcul de la distància que recorre el vehicle, des d'una determinada velocitat fins una altra. Posteriorment a partir d'aquest primer valor.

2- Rendibilitat del temps invertit en el desenvolupament de l'eina i els cops que aquesta s'utilitzarà.

-S'estima un temps invertit en l'elaboració del programa d'unes 10 hores.

El temps d'anàlisi per assaig pot anar des de els 15 minuts, en els més curts, 5 frenades, fins uns 20 minuts el més llarg, d'unes 15 frenades.

Tenint en compte que al cap de l'any, es poden acabar realitzant prop d'uns 60 assajos que requereixin d'aquestes mesures i fent el càlcul de la mitja del temps necessari per a fer-ne els càlculs.

$$\text{Temps total} = 60 \text{ assajos} \times \frac{12.5 \text{ minuts}}{\text{assaig}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minuts}} = 12.5 \text{ hores anuals}$$

Temps mig per assaig= (20 + 5)/2= 12.5 minuts

3- Complexitat acord amb els coneixements de la persona que ha de fer l'eina

-La complexitat en els càlculs de l'assaig exposat és molt reduïda. La dificultat estava en el llenguatge de programació en si.

Cridar les funcions, i trobar una mecànica o lògica en el funcionament de la macro, el més senzill possible.

4-Tipus de dades i funcions que es tractaran i correcta elecció del llenguatge de programació i funcionalitat de l'eina

-Les dades que es tractaran vindran en la majoria de casos d'un sol programa mare, amb el format que permeti aquest.

Resultat

Un cop s'entenen i es tenen en consideració els punts anteriors. El següent passarà per començar el procés de construcció de l'eina (Figura 8).

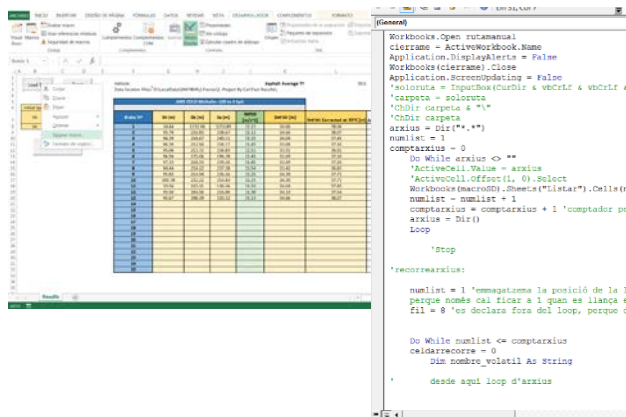


Figura 8: Entorn de treball del Programa

Com a resultat, l'eina realitza el càlcul de distàncies de frenada entre dues velocitats

configurables des de l'entorn de la fulla de càlcul. Els valors els va agafant dels arxius de l'assaig. Els obre, els passa a format en columnes i inicia la cerca dels valors de les distàncies recorregudes entre els punts determinats per l'usuari.

Els resultat els va introduint en la plantilla del mateix entorn, on també hi ha càlculs entre diferents cel·les que es desitgen conèixer.

El resultat un cop finalitzat el càlcul dels diferents arxius (Figura 9).

Brake N°	S8 [m]	S9 [m]	Se [m]	MFDD [m/s ²]	SMFDD [m]	SMFDD Corrected at BSFC [m]	Asph
1	37.78	430.94	454.17	10.47	36.86	36.1	
2	38.83	331.39	354.44	10.54	36.60	35.9	
3	36.67	457.33	480.56	10.47	36.86	36.2	
4	37.56	539.06	582.44	10.39	37.13	36.19	
5	37.41	526.62	550.22	10.29	37.48	36.49	
6	37.44	424.25	457.72	10.37	37.31	36.12	
7	37.06	528.78	572.26	10.34	36.95	35.84	
8							

Figura 9: Entorn de treball del Programa

Conclusions

- Aprofundir y comprendre els conceptes que intervenen en el camp del disseny i validació de sistemes de frenada i en la comprensió de la dinàmica del vehicle durant la frenada.
- Escollir l'equipament d'acord a les necessitats a cobrir, i pensant també en la equiparació i semblança amb altres grups de treball que realitzen la mateixa tasca en un altre país.
- Determinar l'ordre d'importància dels requisits del procés de disseny, d'acord amb els criteris mínims d'homologació, havent-se centrat principalment en el dimensionament dels elements del circuit hidràulic.
- Elaborar una eina d'automatització, tot i que s'hagi realitzat sobre el MS Excel, obre les portes a l'ús en un futur, tant de Matlab, com de Diadem, o qualsevol altre programari o eines de càlcul.
- Aquesta eina permetrà potenciar i ampliar les opcions de càlculs i resolucions dels problemes i facilitar la resolució dels desafiaments en el dia a dia de qualsevol enginyer en el lloc de treball.
- Donar una visió en conjunt, de les parts que intervenen en el desenvolupament i

validació d'un sistema de frenada d'un vehicle, des dels equips necessaris per a poder enregistrar les variables, fins a l'anàlisi, representació i interpretació dels resultats. Això permetrà obtenir unes conclusions que permetran validar o no el producte.

- En vista del resultat final, es consideren assolits els objectius plantejats al inici del present projecte.

