

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

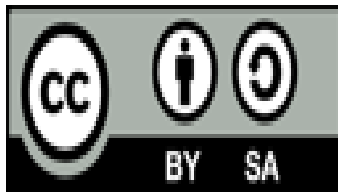
ΚΩΔΙΚΟΣ:

ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ, ΠΡΟΤΥΠΑ-
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

ΠΟΤΑΜΙΤΗΣ-ΧΡΗΣΤΟΣ-ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΡ. ΑΝΤΩΝΙΟΣ ΤΣΟΛΑΚΗΣ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2019



Επιτρέπεται η αντιγραφή, διανομή, αναπαραγωγή και η παρουσίαση της εργασίας και των παράγωγων έργων που βασίζονται σε αυτή, με την προϋπόθεση της πλήρους αναφοράς των στοιχείων της εργασίας, όπως αναγράφονται στο εξώφυλλο και η διάθεση των νέων δημιουργημάτων με τους ίδιους ακριβώς όρους.

ΔΕΛΤΙΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

| | | |
|---|--|-------------------------------|
| ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | | ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ: 2018-2019 |
| ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ, ΠΡΟΤΥΠΑ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ | |
| ΦΟΙΤΗΤΗΣ | ΧΡΗΣΤΟΣ ΠΟΤΑΜΙΤΗΣ | |
| ΤΜΗΜΑ | ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ | |
| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΙΟΥΛΙΟΣ, 2019 | |
| ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ | ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ, ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ, ΔΟΚΙΜΗ, EUSAMA, BOGE, ΘΗΤΑ | |
| <p>ΠΕΡΙΛΗΨΗ:</p> <p>Στην παρούσα εργασία γίνεται η ανασκόπηση των μεθόδων δοκιμής αναρτήσεων. Στο 1^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται το πρόβλημα των δονήσεων ενός οχήματος. Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των κύριων τύπων αναρτήσεων και περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας τους. Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά το διεθνές νομοθετικό πλαίσιο που αφορά τις δοκιμές αναρτήσεων με αναφορά στην Ευρωπαϊκή Νομοθεσία και κατόπιν εμφανίζονται οι απαιτήσεις της νομοθεσίας για την δοκιμή αναρτήσεων. Μετά περιγράφονται οι δοκιμές αναρτήσεων. Αυτές διακρίνονται σε εκείνες που δοκιμάζεται μεμονωμένος ο αποσβεστήρας αποσυναρμολογημένος από το όχημα και σε εκείνες που εξετάζεται η ανάρτηση συνολικά συναρμολογημένη επί του οχήματος. Για τις δοκιμές δίνονται επιπλέον οι προδιαγραφές του εξοπλισμού. Όσον αφορά τις δοκιμές σε μεμονωμένο αποσβεστήρα περιγράφονται η ημιτονοειδής δοκιμή και η τριγωνική</p> | | |

δοκιμή, η μεθοδολογία εκτέλεσης τους και τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτές όπως και τα συμπεράσματα τους. Από τις δοκιμές που γίνονται στη συναρμολογημένη ανάρτηση επί του οχήματος, εξετάζονται οι πιο διαδεδομένες. Αυτές είναι οι μέθοδοι EUSAMA, BOGE και VTEC. Για την μέθοδο EUSAMA περιγράφεται σχηματικά η διάταξη και η μέθοδος υλοποίησης της όπως και το αποτέλεσμα που αυτή εξάγει (λόγος ελάχιστης δύναμης στην πλάκα δοκιμής/ στατική δύναμη στην πλάκα δοκιμής) και η ερμηνεία που δίνεται σε αυτό. Το ίδιο γίνεται και για την μέθοδο BOGE και VTEC οι οποίες έχουν διαφορετική μέθοδο υλοποίησης και εξάγουν αποτελέσματα για διαφορετικές παραμέτρους από ότι η μέθοδος EUSAMA (μετατόπιση για BOGE, συντελεστής απόσβεσης για VTEC). Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται αρχικά οι απαιτήσεις του εξοπλισμού δοκιμών και δίνεται η περιγραφή κύριων εμπορικών εξοπλισμών που χρησιμοποιούνται για δοκιμές αναρτήσεων. Επιπλέον παρουσιάζεται μια μεθοδολογία μελέτης ενός πάγκου δοκιμών αναρτήσεων και οι εξισώσεις που εξάγονται και περιγράφουν τη λειτουργία του σε μια δοκιμή. Τέλος στα κεφάλαια 5 και 6 δίνονται συμπεράσματα που αφορούν την αξιοπιστία των μεθόδων δοκιμών από την έρευνα που έχει γίνει και τα συμπεράσματα και οι προοπτικές από την παρούσα εργασία.

GRADUATION THESIS INFORMATION SHEET

| | | |
|--|---|--------------------------|
| CODE NUMBER | | ACADEMIC YEAR: 2018-2019 |
| TITLE | VEHICLE SUSPENSION TESTING, STANDARDS-APPARATUS | |
| STUDENT | CHRISTOS POTAMITIS | |
| DEPARTMENT | MECHANICAL ENGINEERING | |
| DATE | JULY,2019 | |
| KEY WORDS | SUSPENSION,SHOCK ABSORBER,TEST, EUSAMA, BOGE, THETA | |
| <p>ABSTRACT:</p> <p>In this thesis the methods of tests for suspensions are presented. In the 1st chapter the problem of vibrations of a vehicle is analyzed. In the 2nd chapter the main types of suspension systems are presented and their function is described. In the third chapter initially the international legislation concerning the tests of suspensions is presented with reference to the European Legislation and then the requirements that the legislation poses for the tests of suspensions are presented. Then the common suspension tests are described. These fall into the category where a secluded shock absorber is tested being separated from its vehicle and the category where the whole suspension is tested being a part of the vehicle. For the tests also the requirements of the used equipment are given. Concerning the tests in a secluded shock absorber the sinusoidal and the triangular tests are described, with their performing method and the description of their results</p> | | |

and their interpretation. From the tests which are conducted in the whole suspension as part of a vehicle the most common are described. These are the method EUSAMA, BOGE and VTEC. For the method EUSAMA the configuration of the equipment is described and the method that this test is executed along with the result that this test gives and its interpretation (minimum force to the test plate / static force to the test plate) is made clear. The same is applied for the method BOGE and VTEC which have a different method of execution and they give results for different parameters from those of the EUSAMA method (displacement profile for the BOGE method, and damping coefficient for the VTEC method). In the 4th chapter first the requirements for the equipment which is used for the tests of suspensions are presented and then the main commercial equipment for the tests of suspensions are presented where the suspensions are tested being part of the vehicle. Furthermore, a methodology of the study for a test bench for the tests of suspensions is presented along with its derived equations which describe its function during the tests. Finally, chapters 5 and 6 give conclusions concerning the credibility of the results from the tests of suspensions from the current research and the conclusions and the future prospectives from this thesis.

ΔΗΛΩΣΗ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

(DECLARATION OF ACADEMIC INTEGRITY)

Ο υπογράφων υπεύθυνα δηλώνει ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ, ΠΡΟΤΥΠΑ-ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ είναι αποκλειστικά δική μου δουλειά και ότι αν υπάρχουν αποσπάσματα κειμένου ή διαγράμματα από βιβλία ή επιστημονικά άρθρα ή εισηγήσεις / παρουσιάσεις σε συνέδρια σε ηλεκτρονική ή μη μορφή από σελίδες του διαδικτύου ή άλλες πηγές, όλα αυτά περιλαμβάνονται στις βιβλιογραφικές αναφορές της εργασίας μου και αυτές αναγράφονται πλήρως

Υπογραφή

Όνομα/ Επώνυμο

Ημερομηνία

Ευχαριστίες

Μετά το πέρας αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον επιβλέποντα καθηγητή μου ΔΡ. ΑΝΤΩΝΙΟ ΤΣΟΛΑΚΗ για τις χρήσιμες οδηγίες και κατευθύνσεις που μου παρείχε για την υλοποίηση της. Φυσικά δεν μπορώ να παραλείψω τις θερμές ευχαριστίες μου προς την οικογένεια μου που όλο αυτό τον καιρό μου παρείχε την αναγκαία υποστήριξη για να ολοκληρώσω τις σπουδές μου.

Εκτεταμένη Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται η ανασκόπηση των μεθόδων δοκιμής αναρτήσεων. Στο 1^ο κεφάλαιο αναπτύσσεται το πρόβλημα των δονήσεων ενός οχήματος. Παρουσιάζονται η ερμηνεία της δόνησης, η πρόκληση δόνησης, ο συντονισμός, οι δονήσεις όπως εμφανίζονται σε ένα όχημα, τα προβλήματα υγείας που αυτές προκαλούν, οι πηγές δονήσεων σε όχημα, η δόνηση σε κατάσταση αναμονής, οι επαγγελματικές ασθένειες από δονήσεις, και οι οριακές τιμές των επιπέδων δόνησης που δεν πρέπει να υπερβαίνονται. Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται ο ορισμός της ανάρτησης, η παρουσίαση των ελαστικών μερών της ανάρτησης, η παρουσίαση των τύπων των αναρτήσεων (γόνατα Mac Pherson, αναρτήσεις πίσω τροχών), και η παρουσίαση των τύπων των αποσβεστήρων (ξηράς τριβής, υδραυλικοί, σινεμπλόκ) και περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας τους για την κατάλληλη εποπτεία που πρέπει να έχει κάποιος για να κατανοήσει τις επόμενες ενότητες της εργασίας. Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζεται αρχικά το διεθνές νομοθετικό πλαίσιο που αφορά τις δοκιμές αναρτήσεων με αναφορά στην Ευρωπαϊκή Νομοθεσία όπου δίνονται οι κυριότερες ευρωπαϊκές οδηγίες όπως και η κατάσταση που επικρατεί σε αυτό το πεδίο στην ευρωπαϊκή ένωση και κατόπιν εμφανίζονται οι απαιτήσεις της νομοθεσίας για την δοκιμή αναρτήσεων με τις αντίστοιχες προδιαγραφόμενες δοκιμές. Αρχικά περιγράφεται πρότυπο πιστοποίησης αναρτήσεων και πρότυπο ελέγχου αναρτήσεων. Κατόπιν περιγράφονται οι δοκιμές αναρτήσεων. Αυτές διακρίνονται σε εκείνες που δοκιμάζεται μεμονωμένος αποσβεστήρας αποσυναρμολογημένος από το όχημα και σε εκείνες που εξετάζεται η ανάρτηση συνολικά συναρμολογημένη επί του οχήματος. Για τις δοκιμές δίνονται επιπλέον οι προδιαγραφές του εξοπλισμού. Όσον αφορά τις δοκιμές σε μεμονωμένο αποσβεστήρα περιγράφονται οι ηλεκτρομηχανικές δοκιμές, οι υδραυλικές δοκιμές, η ημιτονοειδής δοκιμή και η τριγωνική δοκιμή, η μεθοδολογία εκτέλεσης τους η θεωρία στην οποία αυτή η μεθοδολογία βασίζεται και η διαχείριση των δεδομένων τους και τα αποτελέσματα που εξάγονται από αυτές όπως και τα συμπεράσματα τους με παραδείγματα από κάποιες περιπτώσεις. Από τις δοκιμές που γίνονται στη συναρμολογημένη ανάρτηση επί του οχήματος, εξετάζονται οι πιο διαδεδομένες. Αυτές είναι οι μέθοδοι EUSAMA, BOGE και VTEC. Για την μέθοδο EUSAMA περιγράφεται αναλυτικά η διάταξη και η μέθοδος υλοποίησης της όπως και το αποτέλεσμα που αυτή εξάγει (λόγος ελάχιστης δύναμης στην πλάκα δοκιμής/ στατική δύναμη στην πλάκα δοκιμής) και η ερμηνεία που δίνεται σε αυτό. Το ίδιο γίνεται και για την μέθοδο BOGE και VTEC για τις οποίες περιγράφεται ξεχωριστά η μέθοδος υλοποίησης και ο τρόπος εξαγωγής συμπερασμάτων για διαφορετικές παραμέτρους από ότι η μέθοδος EUSAMA (μετατόπιση για BOGE, συντελεστής απόσβεσης για VTEC). Στο κεφάλαιο 4 περιγράφονται αρχικά οι απαιτήσεις του εξοπλισμού

δοκιμών και δίνεται η περιγραφή κύριων εμπορικών εξοπλισμών που χρησιμοποιούνται για δοκιμές αναρτήσεων. Αυτοί είναι ο εξοπλισμός MAHA MSD 3000, ο εξοπλισμός CONTACTEST 3800 και ο εξοπλισμός SA2-FWT 1. Από αυτούς τους εξοπλισμούς οι δύο πρώτοι με την μέθοδο BOGE λαμβάνουν το προφίλ των μετατοπίσεων κατά τη διάρκεια της δοκιμής και εξ αυτού με κατάλληλη χρήση λογισμικού λαμβάνεται ένας συντελεστής που περιγράφει την ποιότητα του αποσβεστήρα και της ανάρτησης (συντελεστής Θ). Για κάποιες τιμές του συντελεστή Θ η ανάρτηση είναι επικίνδυνη και αυτό δεν εξαρτάται από το όχημα ή το φορτίο του ή την κατάσταση των τροχών του . Στον 3^ο εξοπλισμό χρησιμοποιείται αποκλειστικά και ως προς τη δοκιμή αλλά και ως προς τα εξαγόμενα αποτελέσματα η μέθοδος BOGE όπου από το εξαγόμενο προφίλ μετατοπίσεων μέσα από βιβλιοθήκες που αφορούν τα οχήματα εξάγονται συμπεράσματα για την κατάσταση των αναρτήσεων. Επιπλέον παρουσιάζεται μια μεθοδολογία μελέτης ενός πάγκου δοκιμών αναρτήσεων όπου τα στοιχεία του όπως και τα στοιχεία του υπό εξέταση οχήματος διακριτοποιούνται και εξάγονται με κατάλληλη μοντελοποίηση οι διαφορικές εξισώσεις κίνησης που περιγράφουν τη λειτουργία τους για μια οποιαδήποτε δοκιμή. Από αυτές τις εξισώσεις παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα για μια κατάσταση φόρτισης του εξοπλισμού δοκιμών από την οποία μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την φόρτιση των στοιχείων του πάγκου δοκιμών προσδιορίζοντας έτσι την αναγκαία αντοχή τους και την σωστή διαστασιολόγησή τους. Στο κεφάλαιο 5 αναλύονται δύο δημοσιεύσεις με τις οποίες διερευνάται η επίδραση των συνθηκών και συγκεκριμένα η κατάσταση των στοιχείων του οχήματος (πίεση ελαστικών και φορτίο οχήματος και κατάσταση αποσβεστήρα) στα εξαγόμενα από τις δοκιμές αναρτήσεων αποτελέσματα τόσο για τη δοκιμή EUSAMA όσο και για τη δοκιμή εξαγωγής του συντελεστή απόσβεσης θ. Μετά από σειράς δοκιμών σε διαφορετικά οχήματα με διαφορετικά χαρακτηριστικά όπως σε αυτές τις δημοσιεύσεις περιγράφεται βρίσκεται ότι όντως τα αποτελέσματα των δοκιμών αναρτήσεων επηρεάζονται από αυτές τις συνθήκες με την μεγαλύτερη επίδραση να υπάρχει στην μέθοδο EUSAMA. Για την πιστοποίηση των ανωτέρω γίνεται η παρουσίαση ενδεικτικών γραφημάτων και πινάκων από τα οποία εξάγεται ότι αυτή η επίδραση είναι προφανής και προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Τέλος στο κεφάλαιο 6 δίνονται τα συμπεράσματα που εξάγονται από την εργασία ως ανακεφαλαίωση και παρουσιάζονται οι μελλοντικές προοπτικές για εργασία πάνω στον τομέα των δοκιμών αναρτήσεων.

EXTENDED SUMMARY

In this thesis a review is made concerning the methods of suspension tests. In the 1st chapter the problem of vibrations of a vehicle is described and the meaning of vibration is presented along with its cause and the phenomenon of tuning with the vibrations as presented to a vehicle along with its sources and the health problems that are evolving, and the vibrations while the vehicle is in stand, the occupational diseases from vibrations and the threshold values which must not be passed. In the 2nd chapter a suspension is defined, its elastic parts are presented, the types of suspensions are also presented (suspension Mac Pherson, rear wheel suspensions), and also the types of shock absorbers are presented (dry type, hydraulic, cineblock) and their function is described in order for the reader to have a correct view to understand the remaining chapters. In the 3rd chapter the international legislation is presented concerning the tests of suspensions with reference to the European legislation where the main European directives are given along with the status of this field in the European Union and then the legislation requirements for the tests of suspensions are presented with the relevant standardized tests. At first, the standard for suspensions and the check of suspensions are presented. Then the tests which are used nowadays are described. These are distinguished between those where a secluded shock absorber, dismantled from its vehicle is tested and those where the whole suspension as part of the full vehicle is examined. For the tests, the prerequisites of the equipment are also given. Concerning the tests of a stand-alone shock absorber the electro-mechanical tests, the hydraulic tests, the sinusoidal test and the triangular test are described, with their method, the theory they are based on, the data manipulation, and their results with examples from some cases. From the tests which are conducted in the full vehicle with the suspension on it, the most common are presented. These are the method EUSAMA, BOGE and VTEC. For the EUSAMA method the equipment is thoroughly presented along with its steps and the result that this method extracts (minimum force to test plate/ static force to test plate) with the interpretation that is given to it. The same is applied to the BOGE and VTEC methods where separately the method of conduction is described with the extraction of results for the different parameters from the EUSAMA method (displacement profile for the BOGE method, and damping coefficient for the VTEC method). In the 4th chapter the demands that are posed for the equipment for the tests are presented and the description of main commercial equipment for the tests is given as they are used for the tests of suspensions. These are the equipment MAHA MSD 3000, the equipment CONTACTEST 3800 and the equipment SA2-FWT 1. From this equipment, the first two use the displacement profile which is extracted with the BOGE method to calculate with the proper software a

coefficient that describes the state of the shock absorber and of the whole suspension (THETA coefficient). For certain values of the THETA coefficient the suspension is considered dangerous and this conclusion does not depend on the vehicle or its weight or the state of its wheels. For the third examined equipment the method BOGE is exclusively used during the test and for the extraction and type of the results, where the extracted displacement profile is studied with the aid of stored history profiles of suspensions of vehicles in appropriate data libraries, and results are produced concerning the state of the shock absorbers. Furthermore a method to study a test bench for suspension tests is presented where the elements of the vehicle and of the bench are discretized and with proper modeling the differential equations of the motion which describe their function for every case of the test are presented. Representative results from these equations are presented for a case of loading of the equipment from where conclusions can be derived for the loading of the elements of the test bench defining their necessary strength and their proper dimensioning. In the 5th chapter two papers are analyzed where the effect of the test conditions and specifically of the state of the parts of the vehicle (wheel pressure and vehicle mass and condition of shock absorber) is studied on the extracted test results not only for the EUSAMA test but also for a test which extracts the value for the parameter THETA. After a series of tests in different vehicles with different specifications as it is described in these papers it is concluded that indeed the test results for suspensions are changing when these conditions change, with the greater change appearing in the EUSAMA method. To prove the aforementioned, series of tables and graphs are presented from where it is extracted that the influence is dominant and in a specific direction. Lastly, in the 6th chapter a review is made on the conclusions from this thesis and the future perspectives concerning the work on the field of suspension tests are presented.

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 18 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΟΡΙΣΜΟΙ | 18 |
| 1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΟΝΗΣΗΣ..... | 18 |
| 1.2 ΔΟΚΙΜΗ ΔΟΝΗΣΗΣ | 18 |
| 1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΝΗΣΗΣ | 18 |
| 1.4 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ..... | 19 |
| 1.5 ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ | 19 |
| 1.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΔΟΝΗΣΕΙΣ | 19 |
| 1.7 ΠΗΓΗ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΕ ΟΧΗΜΑ..... | 20 |
| 1.8 ΔΟΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ | 20 |
| 1.9 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ | 20 |
| 1.10 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΕ ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΝΗΣΗΣ..... | 21 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 22 |
| ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ | 22 |
| 2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ..... | 22 |
| 2.2 ΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ..... | 22 |
| 2.3 ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ..... | 22 |
| 2.4 ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ | 22 |
| 2.5 ΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ | 23 |
| 2.6 ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ | 23 |
| 2.7 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΓΟΝΑΤΑ ΜΑΚ ΦΕΡΣΟΝ..... | 23 |
| 2.8 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΔΙΠΛΑ ΨΑΛΙΔΙΑ..... | 24 |
| 2.9 ΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΚΑΙ ΗΜΙ-ΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ | 24 |
| 2.10 ΑΞΟΝΑΣ ΝΤΕ ΝΤΙΟΝ | 25 |
| 2.11 ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΠΙΣΩ ΤΡΟΧΩΝ | 26 |
| 2.12 ΗΜΙΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΠΙΣΩ ΤΡΟΧΩΝ | 26 |
| 2.13 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΔΕΥΣΗΣ..... | 27 |
| 2.14 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ | 27 |
| 2.15 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ | 28 |
| 2.16 ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΞΗΡΑΣ ΤΡΙΒΗΣ..... | 28 |
| 2.17 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ | 29 |
| 2.18 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΑ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 2.19 ΜΑΓΝΗΤΟΡΟΙΚΑ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ..... | 30 |
| 2.20 ΣΙΝΕΜΠΛΟΚ..... | 30 |
| 2.21 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΩΘΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ | 30 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 32 |
| ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ | 32 |
| 3.1 Η ΟΔΗΓΙΑ 2009/40/ΕC..... | 32 |
| 3.2 Η ΟΔΗΓΙΑ 2010/378/ΕU..... | 32 |
| 3.3 Η ΟΔΗΓΙΑ 2010/48/ΕU..... | 33 |
| 3.4 Η ΟΔΗΓΙΑ 2014/45/ΕU..... | 33 |
| 3.5 VEHICLE STANDARDS BULLETIN VSB 11 – 1d07/2004..... | 33 |
| 3.6 Η ΟΔΗΓΙΑ 96/53/ΕC..... | 34 |
| 3.7 ΛΟΙΠΑ ΠΡΟΤΥΠΑ | 34 |
| 3.8 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ..... | 34 |
| 3.9 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ..... | 34 |
| 3.10 ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ | 35 |
| 3.11 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ | 35 |
| 3.12 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΗΣ..... | 36 |
| 3.13 Η ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ | 38 |
| 3.14 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΟΧΗΜΑ | 39 |
| 3.15 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΕUSAMA..... | 39 |
| 3.16 ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕUSAMA PLUS | 40 |
| 3.17 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΟGE | 42 |
| 3.18 Η ΜΕΘΟΔΟΣ VTEC..... | 43 |
| 3.19 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΥΠΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ | 44 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 46 |
| ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ | 46 |
| 4.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ..... | 46 |
| 4.2 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ MSD 3000..... | 50 |
| 4.3 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ CONTACTEST 3800 | 54 |
| 4.4 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ SA2-FWT 1..... | 59 |
| 4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ | 60 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | 66 |
| ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ | 66 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΝΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ | 66 |
| 5.2 | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ EUSAMA..... | 71 |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 | 76 |
| | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ | 76 |
| 5.1 | ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 76 |
| 6.2 | ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ | 77 |
| | ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 | 78 |
| | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 78 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΟΡΙΣΜΟΙ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΟΝΗΣΗΣ

Η Δόνηση ορίζεται σαν η μηχανική ταλάντωση που μεταφέρεται μέσω στερεών σωμάτων. Η δόνηση αποτελεί εκείνο το μηχανικό φαινόμενο στο οποίο ένα σώμα ταλαντώνεται μέχρι να βρεθεί σε ισορροπία. Οι μορφές της ύλης είτε είναι σε στερεή – υγρή ή αέρια φάση, συνεχώς δονούνται είτε σε υποατομικό επίπεδο όπως συμβαίνει στα στερεά ή πιο έντονα όπως συμβαίνει στα αέρια. Χαρακτηριστικά μεγέθη κάθε δόνησης αποτελούν η μετατόπιση, η συχνότητα, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, οι κατευθύνσεις κίνησης και μονάδα της δόνησης αποτελεί η επιτάχυνση (m/sec^2).

1.2 ΔΟΚΙΜΗ ΔΟΝΗΣΗΣ

Η δοκιμή μιας διάταξης σε δόνηση πραγματοποιείται εφαρμόζοντας μια δύναμη σε αυτήν, με μία κατάλληλη συσκευή. Εναλλακτικά, η διάταξη τοποθετείται επάνω στην πλάκα της συσκευής δόνησης. Οι δονητές που χρησιμοποιούνται είναι σερβοϋδραυλικοί ή ηλεκτροϋδραυλικοί. Σε μεγαλύτερες συχνότητες, γίνεται χρήση ηλεκτροδυναμικών δονητών.

Τα σημεία ελέγχου της απόκρισης βρίσκονται στη συσκευή συγκράτησης της διάταξης. Οι συσκευές αυτές που βρίσκονται στα σημεία ελέγχου ονομάζονται επιταχυνσιόμετρα και βοηθούν για τις μετρήσεις του ελάχιστου ή του μέγιστου επιπέδου δόνησης.

Υπάρχουν δύο είδη δοκιμών που εκτελούνται, η μία είναι η δοκιμή δόνησης με τυχαία εφαρμογή και η ημιτονοειδής δοκιμή. Με την ημιτονοειδή δοκιμή διερευνάται η δομική ανταπόκριση της υπό δοκιμή διατάξεως. Κατά τη τυχαία εφαρμογή προσομοιάζονται καταστάσεις που εμφανίζονται στην πραγματικότητα όπως ένα όχημα το οποίο κινείται σε ένα ανώμαλο δρόμο.

1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΝΗΣΗΣ

Η μαθηματική ανάλυση των δονήσεων γίνεται θεωρώντας τη μαθηματική ανάλυση ελεύθερης ή εξαναγκασμένης ταλάντωσης ενός ισοδύναμου προς το σύστημα μας διακριτού συστήματος που αποτελείται από μάζες ελατήρια και αποσβέσεις. Η μαθηματική ανάλυση σε περίπτωση γραμμικών αποσβεστήρων γίνεται με την επίλυση συστήματος γραμμικών διαφορικών εξισώσεων με ανάλυση του ομογενούς συστήματος εξισώσεων σε ιδιοτιμές και ιδιοδιανύσματα και εύρεση των φυσικών συχνοτήτων αρχικά του υπό μελέτη συστήματος και κατόπιν εύρεση της λύσης του υπό μελέτη συστήματος. Άλλη μέθοδο προσέγγισης αποτελεί η μέθοδος ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία που το υπό μελέτη σύστημα μοντελοποιείται σε επί μέρους υποσυστήματα με κατάλληλες συναρτήσεις μορφής

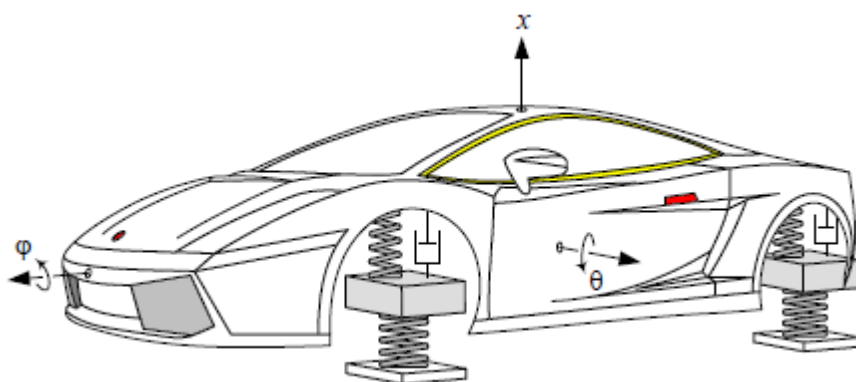
ώστε το υπό μελέτη σύστημα να μπορεί να μελετηθεί με τη λύση μίας μητρωικής διαφορικής εξίσωσης με χαρακτηριστικές μήτρες μάζας, δυσκαμψίας και απόσβεσης κατά τη θεωρία που χρησιμοποιείται για την επίλυση αντίστοιχων συστημάτων διακριτών στοιχείων.

1.4 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Όταν ένα σύστημα βρεθεί εκτός σημείου ευσταθούς ισορροπίας και αφεθεί ελεύθερο τότε θα ταλαντωθεί με συχνότητα ίση με τα φυσική συχνότητα του. Όταν σε ένα σώμα ασκείται διαρκώς δύναμη από μία πηγή τότε αυτό θα ταλαντωθεί με τη συχνότητα που ασκείται από τη πηγή διέγερσης. Αν η πηγή διέγερσης έχει συχνότητα ίση με τη φυσική συχνότητα του συστήματος τότε το σύστημα θα ταλαντωθεί με μέγιστο πλάτος που σε περίπτωση ανυπαρξίας απόσβεσης θα γίνει άπειρο, δηλαδή το σύστημα θα κινδυνεύσει να καταστραφεί. Το φαινόμενο αυτό της ταύτισης της συχνότητας άσκησης εξωτερικής δύναμης διέγερσης με την φυσική συχνότητα του συστήματος καλείται συντονισμός.

1.5 ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Τα αυτοκίνητα μοντελοποιούνται δυναμικά ως συστήματα με πολλούς βαθμούς ελευθερίας. Η συμπεριφορά ταλάντωσης του οχήματος, εξαρτάται από τις φυσικές συχνότητες του οχήματος. Παρακάτω, δίνεται σχηματικά ένα μοντέλο δόνησης ενός οχήματος (αυτοκινήτου). Η κίνηση του οχήματος μελετάται με τη χρήση 6 βαθμών ελευθερίας – τριών μετατοπίσεων και τριών περιστροφών ενώ το πλαίσιο θεωρείται ότι συνδέεται με το οδόστρωμα με ισοδύναμο σύστημα αποτελούμενο από συστοιχία ελατηρίων, μαζών και αποσβεστήρων.



Εικόνα 1.5.1: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΟΧΗΜΑΤΟΣ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 20, Εικόνα 5.1)

1.6 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΔΟΝΗΣΕΙΣ

Ακολουθεί μία λίστα, που δίνει πιθανά αποτελέσματα ανεξέλεγκτων δονήσεων σε ένα όχημα (Κωνσταντινίδης-Παπαδόπουλος, 2014).

- ο Ξεβιδωμένα ή και πεσμένα στο πάτωμα στοιχεία της μηχανής.
- ο Υπερβολικός ήχος μηχανής.
- ο Πολύ συχνές αλλαγές εξαρτημάτων της μηχανής

- ο Εμφάνιση ρωγμών σε τμήματα της μηχανής
- ο Περιορισμένος χρόνος ζωής της μηχανής

1.7 ΠΗΓΗ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΕ ΟΧΗΜΑ

Στα οχήματα οι δονήσεις έχουν σαν πιθανές πηγές, (Κωνσταντινίδης-Παπαδόπουλος, 2014)

- ο Τη μη ομαλότητα του οδοστρώματος
- ο Τον άνεμο που βρίσκει αντίσταση στο σώμα του οχήματος
- ο Τον κακό σχεδιασμό του οχήματος
- ο Ένα ελαττωματικό εξάρτημα
- ο Λάθος σχεδίαση ενός εξαρτήματος
- ο Λειτουργία του κινητήρα του οχήματος
- ο Την ελαττωματική ζυγοστάθμιση που είναι η πιο κοινή αιτία δόνησης και η ευκολότερη στο να εντοπιστεί.
- ο Την οδήγηση του κάθε οδηγού.

1.8 ΔΟΝΗΣΗ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΑΜΟΝΗΣ

Αυτή εμφανίζεται όταν οι βάσεις του κινητήρα έχουν φθαρεί, ή ο κινητήρας βρίσκεται στο ρελαντί μη έχοντας την κατάλληλη ρύθμιση.

Άλλος παράγοντας που εμφανίζεται αυτό το φαινόμενο είναι όταν οι αποσβεστήρες (αμορτισέρ) και τα ελατήρια έχουν φθαρεί.

Για την ομαλότητα στο ρελαντί σε ένα όχημα είναι πολύ σημαντικό οι παλμοί του ρεύματος που πηγαίνουν σε κάθε κύλινδρο να είναι κατά το δυνατόν ίσοι και να παράγονται κατά ίσα διαστήματα. Επιπλέον η κακή κατάσταση του συστήματος ανάφλεξης αλλά και του συστήματος εισαγωγής μπορεί να επιφέρει δονήσεις σε όλο το όχημα.

1.9 ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ

Οι χειριστές κινούμενων οχημάτων εκτίθενται σε δονήσεις που μεταδίδονται από το κάθισμα και το δάπεδο σε όλο τους το σώμα. Ενδεικτικά αναφέρονται (Κωνσταντινίδης – Παπαδόπουλος, 2014):

α. Δονήσεις ολοκλήρου σώματος σε:

- ο Χειριστές χωματουργικών μηχανημάτων (δονήσεις από 0,3 m/s² – 1,1 m/s²)¹¹
- ο Χειριστές διατρητικών μηχανημάτων
- ο Χειριστές μηχανημάτων οδοποιίας: (δονήσεις από 0,5 m/s²– 2 m/s²)
- ο Χειριστές ανυψωτικών μηχανημάτων (γερανοί, περονοφόρα): (δονήσεις από 0,4 m/s² – 0,9m/s²)
- ο Χειριστές αγροτικών και δασοκομικών τρακτέρ: (δονήσεις από 0,4 m/s² – 0,9 m/s²)

β. Καταπονήσεις από δονήσεις άνω άκρων

- ο Αγγειακές διαταραχές (σύνδρομο άσπρου δακτύλου, Raynault)
- ο Μυοσκελετικές διαταραχές

- ο Νευρολογικές διαταραχές
- γ. Καταπονήσεις από δονήσεις ολοκλήρου σώματος
- ο Βλάβες στη σπονδυλική στήλη
- ο Πόνοι στην κοιλιά – Δυσκολία στη χώνεψη
- ο Δυσκολία στην ούρηση
- ο Προστάτης
- ο Ναυτία
- ο Προβληματική ισορροπία και κινήσεις
- ο Διαταραχές όρασης (για συχνότητες < 5 Hz)
- ο Πονοκέφαλοι

1.10 ΟΡΙΑΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΕ ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΝΗΣΗΣ

Για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χεριού – βραχίονα, (Κωνσταντινίδης-Παπαδόπουλος, 2014):

α. Η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης αναγόμενη σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών καθορίζεται σε 5 m/s^2 .

β. Η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης, αναγόμενη σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών καθορίζεται σε $2,5 \text{ m/s}^2$

Για κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα:

α. Η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης αναγόμενη σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών καθορίζεται σε $1,15 \text{ m/s}^2$ ή κατ' επιλογήν του κράτους μέλους 12, σε τιμή δόσης κραδασμών $21 \text{ m/s}^{1,75}$.

β. Η ημερήσια τιμή έκθεσης για την ανάληψη δράσης, αναγόμενη σε περίοδο αναφοράς 8 ωρών καθορίζεται σε $0,5 \text{ m/s}^2$ ή κατ' επιλογήν του κράτους μέλους, σε τιμή δόσης κραδασμών $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ – ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΚΡΑΔΑΣΜΩΝ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ

Η ανάρτηση είναι η σύνδεση των αναρτημένων μαζών (πλαίσιο, μηχανή κλπ) με τις μη αναρτημένες μάζες (τροχοί, δίσκοι πέδησης, άξονες του διαφορικού, κτλ.) ενός οχήματος. Το σύστημα ανάρτησης αποτελούν ένα σύνολο αρθρώσεων και συνδέσμων, που συνδέονται με ελατήρια και αποσβεστήρες (αμορτισέρ) και ελέγχουν την ταλάντωση των τροχών και την μεταβολή της απόστασης τους από το αναρτημένο σώμα του οχήματος. Η λειτουργία των αναρτήσεων αποσκοπεί στην άνεση, και στην καλή οδηγησιμότητα του οχήματος.

2.2 ΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Η μορφή ανάρτησης, στην οποία οι τροχοί συνδέονται απευθείας με τον άξονα, ο οποίος συνδεόταν στο πλαίσιο με διάφορους τρόπους.

2.3 ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΟΣ ΑΞΟΝΑΣ

Ο ημιάκαμπτος άξονας χρησιμοποιείται σε μικρά επιβατικά αυτοκίνητα σαν σταθεροποιητής, και επιτυγχάνει την ευστάθεια του αυτοκινήτου, ιδίως στις στροφές. Σε αυτόν τα άκρα του φορέα ενός ημιάκαμπτου άξονα είναι συγκολλημένα με δύο παράλληλους διαμήκεις χαλύβδινους βραχίονες, δεξιά και αριστερά, ενώ στο πάνω μέρος του έχει ειδικά στηρίγματα πρόσδεσης, όπου μέσω εδράνων, στηρίζεται με κοχλίες στο αμάξωμα ενώ στους βραχίονες στερεώνονται οι τροχοί.

2.4 ΕΛΙΚΟΕΙΔΗ ΕΛΑΤΗΡΙΑ

Το ελικοειδές ελατήριο είναι μία κυκλικής διατομής χαλύβδινη ράβδος που έχει τυλιχθεί ελικοειδώς. Αυτά τα ελατήρια έχουν σχεδιαστεί μόνο για θλιπτικά φορτία και τοποθετούνται μεταξύ του άνω η κάτω βραχίονα και του πλαισίου σε κατάλληλες υποδοχές. Το πιο απλό ελατήριο έχει σταθερό συντελεστή σκληρότητας σε όλες τις σπείρες, που έχουν ίδιας διάμετρο, βήμα και πάχος. Το ελατήριο αυτό έχει γραμμική συμπεριφορά με σταθερό συντελεστή σκληρότητας όσο κι αν συμπιεστεί ή εκταθεί. Το ελάχιστο μήκος του, προκύπτει στο σημείο όπου όλες οι σπείρες του θα ακουμπήσουν η μία πάνω στην άλλη. Για να μη συμβεί αυτό, τα ελατήρια αυτά έχουν ελαστικά τακάκια, τα οποία ενεργούν λίγο πριν το κρίσιμο μήκος τους.

Ένα άλλο είδος ελατηρίου αποτελεί το ελικοειδές ελατήριο με μεταβλητό συντελεστή σκληρότητας, στο οποίο στις άκρες του, οι σπείρες είναι πιο πυκνά

διατεταγμένες, ενώ στο κεντρικό τμήμα απέχουν περισσότερο μεταξύ τους. Κατά τη συμπίεση μετά τα πρώτα εκατοστά το απομένον τμήμα συμπεριφέρεται σαν σκληρότερο ελατήριο. Σήμερα τα διάφορα ελατήρια, μπορεί, πέρα από την κυλινδρική μορφή τους, να έχουν σμίκρυνση στο μέσο του κυλίνδρου, ή να έχουν κωνικό ή οβάλ σχήμα.

2.5 ΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ

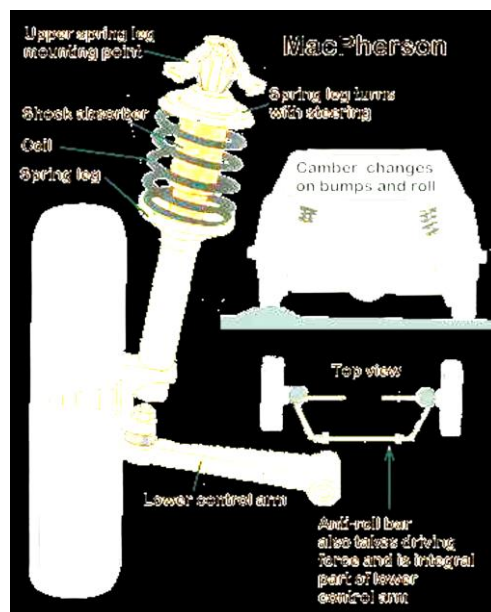
Η στρεπτική ράβδος αποτελείται από μακρύ κυκλικής διατομής μεταλλικό εξάρτημα από ειδικό ατσάλι ελατηρίων, που το ένα άκρο του στερεώνεται στο σασί του αυτοκινήτου, ενώ στο άλλο συνδέεται ένας βραχίονας. Ο τροχός του αυτοκινήτου συνδέεται στην άκρη του βραχίονα και καθώς ανεβοκατεβαίνει, στη στρεπτική ράβδο αναπτύσσονται στρεπτικές ροπές, στις οποίες αυτή συμπεριφέρεται ελαστικά.

2.6 ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ

Αυτή είναι μια ράβδος με κεκλιμένα άκρα που στηρίζεται στο σασί με δυο αρθρώσεις, που της δίνουν ελεύθερη περιστροφή. Το κάθε άκρο συνδέεται με μια ανάρτηση και όταν το ένα άκρο ανεβαίνει ενώ το άλλο κατεβαίνει η αντιστρεπτική ράβδος στρέφεται γύρω από τον άξονα της και όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της και κοντύτερα τα άκρα της τόσο πιο μικρές κλίσεις εμφανίζει το αμάξωμα. Όταν και οι δύο τροχοί ανεβοκατεβαίνουν συγχρόνως, η ράβδος ανεβοκατεβαίνει ελεύθερα μαζί τους χωρίς περιστροφή, και δεν επηρεάζεται η σκληρότητα της ανάρτησης.

2.7 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΓΟΝΑΤΑ ΜΑΚ ΦΕΡΣΟΝ

Σε αυτό το σύστημα ένα αρθρωτό διχαλωτό συνδέει το σασί με το κάτω μέρος του τροχού. Στην πάνω πλευρά μια αντηρίδα, που έχει μέσα της τα αμορτισέρ και γύρω της ένα μακρύ σπειροειδές ελατήριο συνδέεται στο κάτω μέρος της με τον άξονα του τροχού και στο επάνω μέρος της συνδέεται με το αμάξωμα - σασί. Πλεονέκτημά τους ο μικρός χώρος που καταλαμβάνουν, η αξιόλογη οδική συμπεριφορά και η απλότητά τους. Μειονέκτημα η όχι πολύ καλή ακαμψία κάτω από μεγάλες καταπονήσεις.



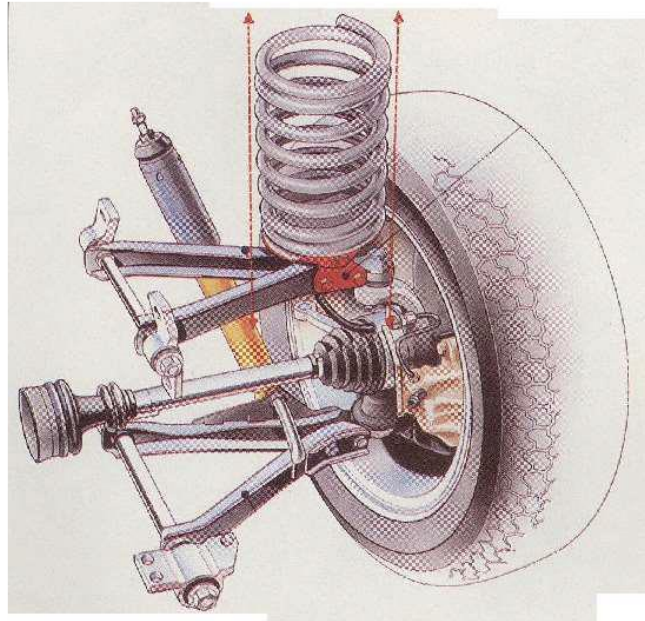
Εικόνα 2.7.1 : ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΓΟΝΑΤΑ ΜΑΚ ΦΕΡΣΟΝ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 33, Εικόνα 7.6.1)

2.8 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΔΙΠΛΑ ΨΑΛΙΔΙΑ

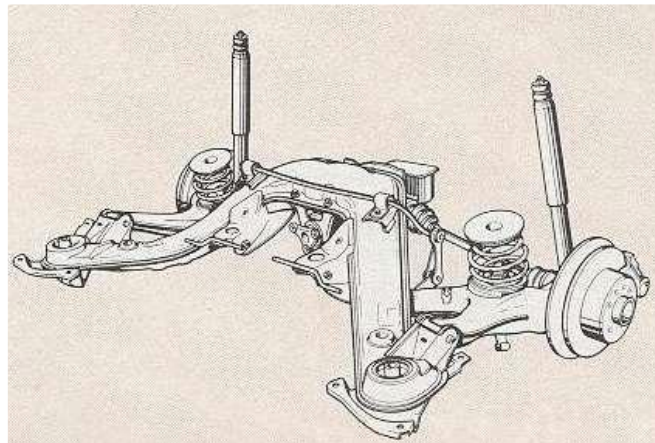
Σε αυτήν έχουμε βραχίονες σχήματος «λάμδα» (Λ). Στην ανάρτηση του κάθε τροχού τα ψαλίδια είναι δύο, το πάνω και το κάτω, με δύο πόδια (σκέλη) το καθένα. Τα δύο πόδια του κάθε ψαλιδιού συνδέονται αρθρωτά σε κάποιο σταθερό σημείο του σασί και στην κορυφή του το κάθε ψαλίδι έχει μία ακόμα άρθρωση, με την οποία συνδέεται με το φορέα του άξονα του τροχού. Αν πρόκειται για μπροστινό τροχό, τότε ο φορέας του άξονα του πρέπει να μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον άξονα που ορίζουν τα σημεία της σύνδεσης του με τις κορυφές των ψαλιδιών. Πρακτικά, μόνο ένα από τα δύο ψαλίδια χρειάζεται να αρθρώνεται σε δύο σημεία του σασί. Το άλλο μπορεί να είναι ένας απλός βραχίονας, με μία μόνο σύνδεση.

2.9 ΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΚΑΙ ΗΜΙ-ΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Οι υστερούντες βραχίονες εφαρμόζονται κυρίως στο πίσω μέρος πολλών αυτοκινήτων. Σε αυτούς, οι τροχοί είναι συνδεδεμένοι στο άκρο ενός απλού αρθρωτού βραχίονα, που μπορεί να ανεβοκατεβαίνει με περιστροφή γύρω από το άλλο άκρο του, που συνδέεται αρθρωτά με το αυτοκίνητο (οι παράλληλοι με το αυτοκίνητο βραχίονες ονομάζονται «υστερούντες», οι κάθετοι σ' αυτό «εγκάρσιοι» και οι λοξοί «ημιυστερούντες»). Παραλλαγή των υστερούντων βραχιόνων αποτελεί και η πίσω ανάρτηση σε σχήμα Π. Αυτή βασίζεται την ίδια της στην κάμψη για να λειτουργήσει: στις στροφές, η ασύμμετρη φόρτιση προκαλεί τη στροφή του κεντρικού στελέχους της που δρα σαν αντιστρεπτική δοκός.



Εικόνα 2.9.1: ΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ 34, Εικόνα 7.6.2)



Εικόνα 2.9.2: ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΣΧΗΜΑΤΟΣ Π (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 35, Εικόνα 7.6.3.2)

2.10 ΑΞΟΝΑΣ ΝΤΕ ΝΤΙΟΝ

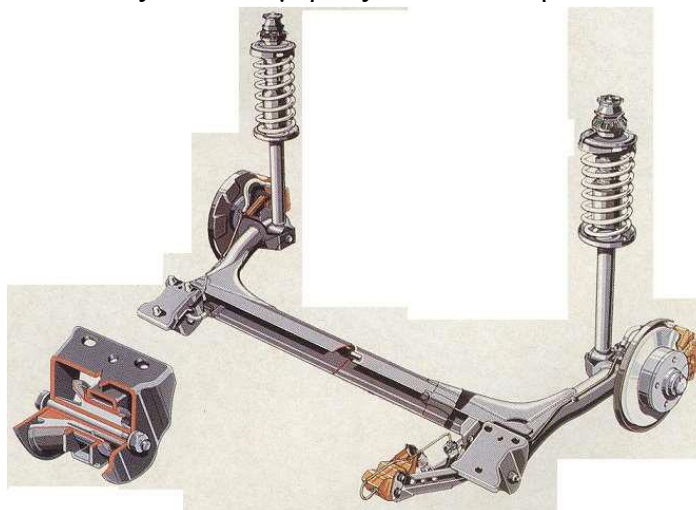
Σε αυτή τη διάταξη ανάρτησης του πίσω άξονα το κύριο μέρος είναι ένας άκαμπος άξονας όπου το διαφορικό μαζί με το κιβώτιο ταχυτήτων είναι συνδεδεμένα σταθερά με το πλαίσιο και η συγκράτηση των τροχών γίνεται με έναν μικρού βάρους άξονα. Η μετάδοση της κίνησης στους τροχούς γίνεται με ημιαξόνια.



Εικόνα 2.10.1: ΑΞΟΝΑΣ ΝΤΕ ΝΤΙΟΝ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ 39, Εικόνα 8.1.1)

2.11 ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΠΙΣΩ ΤΡΟΧΩΝ

Σε αυτή την περίπτωση δυο υστερούντες βραχίονες συνδέονται στο μέσο, περίπου, του μήκους τους με μια εγκάρσια δοκό. Έτσι, έχουμε μια ανάρτηση με ροπή αδράνειας παρόμοια με των υστερούντων βραχιόνων αλλά με μεταβολή του κάμπερ ισόποσα με την κλίση του αμαξώματος στις στροφές. Τα φορτία του κάθε τροχού διαμοιράζονται στη στήριξη και των δύο τροχών, και η όλη κατασκευή είναι ανθεκτική, ιδιαίτερα στα πλευρικά φορτία. Μια παραλλαγή του ημιάκαμπτου άξονα έχει έκκεντρες αρθρώσεις των βραχιόνων, και έτσι ολόκληρο το «γκρουπ» στρέφεται ελαφρά ανάλογα με την κίνηση της ανάρτησης, με βελτίωση της ευστάθειας του πίσω μέρους του αυτοκινήτου.



Εικόνα 2.11.1: ΗΜΙΑΚΑΜΠΤΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΠΙΣΩ ΤΡΟΧΩΝ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 40, Εικόνα 8.1.2.1)

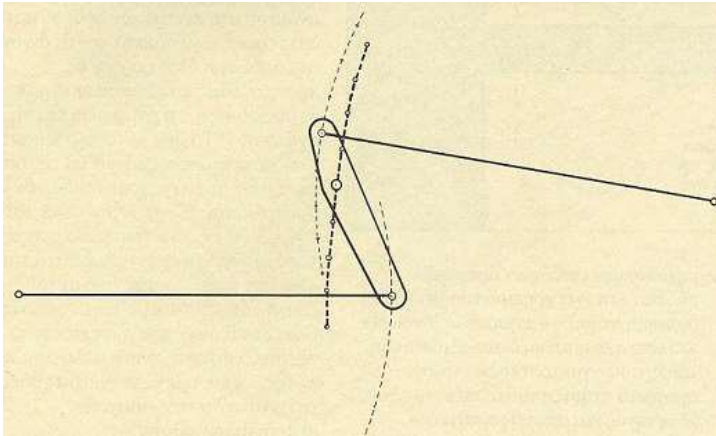
2.12 ΗΜΙΥΣΤΕΡΟΥΝΤΕΣ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ ΠΙΣΩ ΤΡΟΧΩΝ

Σε αυτό το σύστημα ο κάθε τροχός ελέγχεται από ένα βραχίονα σχήματος τριγώνου. Η κορυφή του βραχίονα συνδέεται με άρθρωση στην πλήμη του τροχού και οι άλλες δύο στο πλαίσιο. Τα δύο σημεία άρθρωσης ενώνονται με

άξονα που βρίσκεται υπό γωνία σε σχέση και με το διαμήκη και με τον εγκάρσιο άξονα του αυτοκινήτου.

2.13 ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΔΕΥΣΗΣ

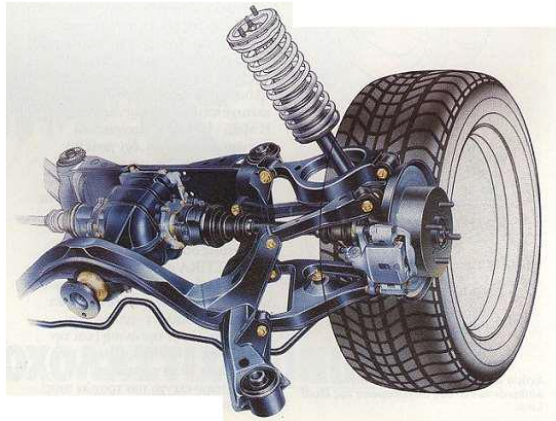
Η γεννήτρια θέσης είναι ο μηχανισμός που παραλαμβάνει ένα σώμα από μία θέση A και το οδηγεί ακριβώς σε οποιαδήποτε άλλη θέση B. Η γεννήτρια όδευσης είναι ο μηχανισμός που μεταφέρει ένα σώμα από μία θέση A μέχρι μία άλλη θέση B, ώστε η μετάβαση να γίνει από συγκεκριμένες ενδιάμεσες θέσεις. Όσον αφορά τις αναρτήσεις, το κινούμενο σώμα είναι ο τροχός. Η υλοποίηση μίας γεννήτριας όδευσης γίνεται με κατάλληλα σχεδιασμένο σύστημα βραχιόνων. Έτσι μία γεννήτρια όδευσης «ευθείας γραμμής» είναι ο σύνδεσμος Βατ στον οποίο έχουμε μηχανισμό τεσσάρων αρθρωτών ράβδων και έχει χρησιμοποιηθεί για τη διαμήκη στήριξη άκαμπτων αξόνων με πιο αποτελεσματική χρήση για την εγκάρσια στήριξη του άκαμπτου άξονα.



Εικόνα 2.13.1: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΒΑΤ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 43, Εικόνα 8.3.2)

2.14 ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ

Σε αυτήν έχουμε μία ανάρτηση με διπλά ψαλίδια, όπου το καθένα απ' αυτά έχει χωριστεί σε δύο βραχίονες (συνολικά τέσσερις) και μερικές φορές παρουσιάζεται και ένας πέμπτος. Ο κάθε βραχίονας επηρεάζει μια συγκεκριμένη μεταβλητή της θέσης και της κίνησης του τροχού.



Εικόνα 2.14.1: ΑΝΑΡΤΗΣΗ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΣΥΝΔΕΣΜΩΝ
(ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 45, Εικόνα 8.4.1)

2.15 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΙΣ

Η κίνηση αυτών των διατάξεων επιβλέπεται διαρκώς από αισθητήρες οι οποίοι επικοινωνούν μέσω δικτύου με ανάλογες μονάδες ελέγχου. Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν την πλευρική επιτάχυνση του αμαξώματος και μεταφέρουν τα δεδομένα στην ανάλογη ηλεκτρονική μονάδα. Αυτή επεξεργάζεται τις πληροφορίες και με χρήση κατάλληλου αλγόριθμου δίνει εντολή σε ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες να μεταβάλλουν την σκληρότητα των αμορτισέρ με έλεγχο της παροχής του αέρα στον θάλαμο τους. Χρησιμοποιούνται μερικοί ακόμα αισθητήρες στους άξονες του αυτοκινήτου, κοντά στα ελατήρια, για να μεταφέρουν το μέγεθος της κάθετης φόρτισης.

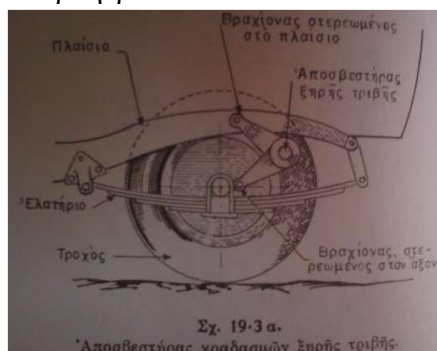


Εικόνα 2.15.1: ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ
(ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 57, Εικόνα 10.1.1)

2.16 ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΞΗΡΑΣ ΤΡΙΒΗΣ

Με τις προαναφερόμενες αναρτήσεις, δεν αποφεύγεται τελείως η μετάδοση των κραδασμών από τους τροχούς στο πλαίσιο, αλλά τροποποιείται σε μια μαλακή ταλάντωση, η όποια όμως είναι ενοχλητική, όταν δεν σταματά γρήγορα. Γι' αυτό

χρησιμοποιείται και ο μηχανισμός που ονομάζεται αποσβεστήρας κραδασμών ή μειωτήρας ταλαντώσεων (αμορτισέρ). Η λειτουργία των αποσβεστήρων βασίζεται κυρίως στην τριβή, που μπορεί να είναι ξηρή ή υγρή. Έτσι έχουμε τους αποσβεστήρες ξηρής τριβής και τους υγρής τριβής ή υδραυλικούς. Ο αποσβεστήρας ξηρής τριβής αποτελείται από δυο βραχίονες ενωμένους με μια άρθρωση στην οποία αναπτύσσεται τριβή. Ανάμεσα στους βραχίονες και στο σημείο τριβής τοποθετούνται παράκυκλοι από υλικό που αυξάνει τη τριβή, και η περεταίρω αύξηση γίνεται με δυο κωνικά ελατήρια, τα όποια κρατούνται σε εντατική κατάσταση με ένα βλήτρο.



Εικόνα 2.16.1: ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑΣ ΞΗΡΑΣ ΤΡΙΒΗΣ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 58, Εικόνα 11.1)

2.17 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ

Τα αρχικά συστήματα τριβής αντικαταστάθηκαν από τα αμορτισέρ. Στην απλούστερη μορφή του το αμορτισέρ αποτελείται από ένα έμβολο που κινείται μέσα σ' έναν κύλινδρο γεμάτο λάδι. Ο κύλινδρος συνδέεται με τους τροχούς, το έμβολο με το σασί. Κατά την κίνηση του εμβόλου το λάδι εξαναγκάζεται να περάσει από τη μία πλευρά του στην άλλη μέσω μικροσκοπικών βαλβίδων. Στις αργές κινήσεις αυτό γίνεται χωρίς δυσκολία, στις γρήγορες όμως η αντίσταση στην κίνηση του εμβόλου είναι σημαντική. Με τον τρόπο αυτό και με προσεκτική επιλογή των παραμέτρων σχεδιασμού και των βαλβίδων και των ελατηρίων, μπορεί να επιτευχθεί η απόσβεση των ταλαντώσεων και των αναπηδήσεων των τροχών. Όταν η ανάρτηση μένει ακίνητη, τα αμορτισέρ δεν λειτουργούν.

Τα σημερινά αμορτισέρ έχουν στο έμβολο τους οπές διαφορετικών διαστάσεων και βαλβίδες μίας διαδρομής, που μεταβάλλουν την δύναμη απόσβεσης κατά τη συμπίεση ή έκταση της ανάρτησης. Η παρουσία αέρα μέσα στο υδραυλικό σύστημα το μετατρέπει σε ελαστικό, ενώ κανονικά θα έπρεπε να είναι ασυμπίεστο. Σε αυτοκίνητα υψηλών επιδόσεων, τα αμορτισέρ έχουν ένα θάλαμο αερίου υψηλής πίεσης (συνήθως αζώτου) που αποτρέπει το σχηματισμό φυσαλίδων, αλλά και προφυλάσσει τα υλικά από άμεση επαφή με το φθοροποιό οξυγόνο.

2.18 ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΑ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ

Αυτά τα συστήματα λειτουργούν μέσω μιας ή δύο ηλεκτρομαγνητικά ελεγχόμενων διόδων του υδραυλικού υγρού οι οποίες αποτελούν το bypass μιας κεντρικής

μόνιμα ανοιχτής διόδου. Στις διόδους αυτές υπάρχουν βαλβίδες που λειτουργούν σε θέσεις On-Off, δηλαδή κρατούν τις διόδους εντελώς ανοιχτές ή εντελώς κλειστές. Με τον τρόπο αυτό υπάρχουν δύο τρεις διαφορετικές ρυθμίσεις των χαρακτηριστικών απόσβεσης του αμορτισέρ. Για παράδειγμα, στην τρίτη σκάλα και οι δύο βαλβίδες των διόδων είναι κλειστές. Αυτή είναι η επιλογή "Sport". Με τη μία βαλβίδα κλειστή και την άλλη ανοιχτή έχουμε την επιλογή "Normal" και όταν ανοίξουν και οι δύο βαλβίδες, το αμορτισέρ λειτουργεί πολύ μαλακά στη θέση "Comfort".

2.19 ΜΑΓΝΗΤΟΡΟΙΚΑ ΑΜΟΡΤΙΣΕΡ

Σε αυτά χρησιμοποιούνται ειδικά υγρά με την ιδιότητα να μεταβάλλουν τη ρευστότητα τους ανάλογα με την ένταση του μαγνητικού πεδίου μέσα στο οποίο βρίσκονται. Στο μαγνητοροϊκό αμορτισέρ αυτό που χρειάζεται είναι κάποιος αυλός που να περνάει κοντά από έναν ηλεκτρομαγνήτη. Η αυξομείωση της έντασης του πεδίου κάνει τις ρυθμίσεις.

2.20 ΣΙΝΕΜΠΛΟΚ

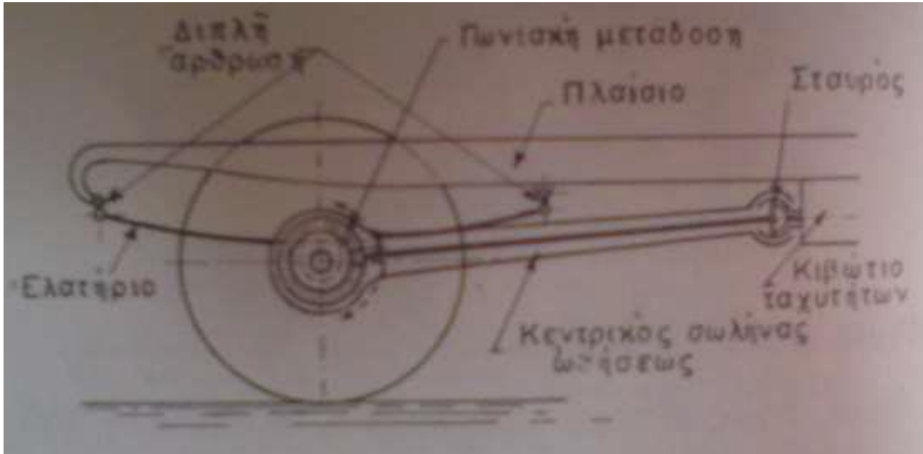
Σε κάποιες περιπτώσεις τα μέρη της ανάρτησης συνδέονται με το πλαίσιο ή αμάξωμα και μεταξύ τους, με τα σινεμπλόκ (silent block) που αποτελούν μεταλλοελαστικούς συνδέσμους που περιλαμβάνουν δύο μεταλλικά χιτώνια μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται με ειδική κόλληση, ελαστικός δακτύλιος.

2.21 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΩΘΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΤΡΟΧΟΥΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

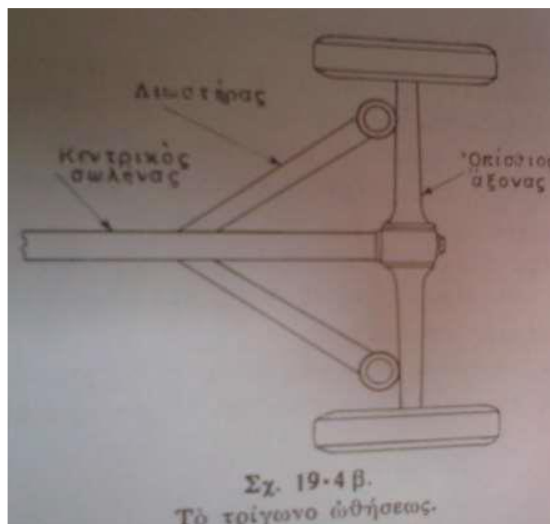
Το σύστημα, που μεταφέρει την ώθηση, που δημιουργείται από την κύλιση των τροχών στο έδαφος από τους άξονες στο πλαίσιο και μεταφέρει από το πλαίσιο στους άξονες και από εκεί στους τροχούς, την αντίδραση που δημιουργείται επάνω στο πλαίσιο και στο αμάξωμα από την πέδηση ή την κατωφέρεια, όταν η ανάρτηση γίνεται με διαμήκη πεπλατυσμένα ελατήρια με μια μονή και μια διπλή άρθρωση, αποτελείται από τα ελατήρια αναρτήσεως με το σταθερό σημείο συνδέσεως τους επάνω στο πλαίσιο.

Στα αυτοκίνητα όπου το σύστημα αναρτήσεως γίνεται με εγκάρσια ελατήρια, με ελικοειδή, κ.α η μεταφορά των δυνάμεων ωθήσεως και αντιδράσεως γίνεται από ανεξάρτητα τεμάχια όπως π.χ ο κεντρικός σωλήνας ωθήσεως, τα τρίγωνα ωθήσεως, οι διωστήρες των συζύγων αξόνων κλπ. Ο κεντρικός σωλήνας ωθήσεως είναι ένας χαλύβδινος σωλήνας που προσαρμόζεται ανάμεσα στο κιβώτιο ταχυτήτων και το κέλυφος του διαφορικού και έχει μια σφαιρική άρθρωση, που αντιστοιχεί στον σταυρό του άξονα μεταδόσεως κινήσεως, για να μπορεί να εξουδετερώνει τις γωνιακές μετακινήσεις ανάμεσα στον άξονα και στο πλαίσιο. Με τον κεντρικό σωλήνα η ώθηση από το κέλυφος του διαφορικού μεταδίδεται στο κιβώτιο ταχυτήτων και από εκεί στον κινητήρα και μέσω των στηριγμάτων του κινητήρα στο πλαίσιο. Στο τρίγωνο ωθήσεως τα δύο ακραία περίπου σημεία

του κελύφους του διαφορικού συνδέονται με δυο επιμήκεις αντηρίδες με μια άρθρωση, που βρίσκεται στο κέντρο περίπου του πλαισίου ή κατευθείαν με τον κεντρικό σωλήνα. Έτσι σχηματίζεται ένα τρίγωνο που συγκρατεί τον κινητήριο άξονα στην θέση του και μεταδίδει την ώθηση.



Εικόνα 2.21.1: ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΣΩΛΗΝΑΣ ΩΘΗΣΕΩΣ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ. 65, Εικόνα 16.1.1)



Εικόνα 2.21.2: ΤΡΙΓΩΝΟ ΩΘΗΣΕΩΣ (ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ & ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ 2014, Σελ 66, Εικόνα 16.2.1)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

3.1 Η ΟΔΗΓΙΑ 2009/40/ΕC

Η συγκεκριμένη Ευρωπαϊκή οδηγία καθορίζει ότι τα οχήματα πρέπει να ελέγχονται περιοδικά για την καταλληλότητα των συστημάτων τους από φορείς επιβλεπόμενους από την Πολιτεία όπου το κάθε Κράτος μέλος κοινοποιεί στα υπόλοιπα τα μέτρα περιοδικού ελέγχου που λαμβάνει. Το όχημα πρέπει να περνάει από έλεγχο πριν την έκδοση αδείας του και εν συνεχεία σε τακτά διαστήματα. Σε αυτή την οδηγία καθορίζεται η περίοδος των δοκιμών ανάλογα με την κατηγορία του οχήματος ως ετήσια ή το πολύ 2 έτη για κάποιες κατηγορίες και ορίζονται σημεία υποχρεωτικού ελέγχου χωρίς την αποσυναρμολόγηση του οχήματος μεταξύ των οποίων είναι και οι αναρτήσεις.

3.2 Η ΟΔΗΓΙΑ 2010/378/ΕU

Σε αυτή την οδηγία που είναι συνέχεια της προηγούμενης χωρίζονται τα ελαττώματα των οχημάτων σε μικρά – μεγάλα – επικίνδυνα σφάλματα. Τα μικρά είναι αυτά που δεν είναι σημαντικά για την ασφάλεια του οχήματος. Τα μεγάλα σφάλματα θέτουν σε κίνδυνο τους χρήστες ή τρίτους του οχήματος ενώ τα επικίνδυνα καθιστούν το όχημα ακατάλληλο για κυκλοφορία. Όσον αφορά τις αναρτήσεις:

1. Η μη ασφαλής σύνδεση των ελατηρίων στο αμάξωμα ή στον άξονα θεωρείται μεγάλο και επικίνδυνο σφάλμα.
2. Φθαρμένο ή σπασμένο τμήμα ελατηρίου θεωρείται μεγάλο και επικίνδυνο σφάλμα.
3. Ομοίως θεωρείται η έλλειψη ελατηρίου.
4. Ομοίως θεωρείται η ακατάλληλη επισκευή ή μετατροπή στοιχείων της ανάρτησης.
5. Η επισφαλής σύνδεση των αποσβεστήρων στο αμάξωμα ή στον άξονα θεωρείται μικρής ή μεγάλης επικινδυνότητας.
6. Ο φθαρμένος αποσβεστήρας με σημάδια διαρροής και δυσλειτουργίας θεωρείται υψηλού κινδύνου σφάλμα.
7. Η σημαντική διαφορά μεταξύ των αποτελεσμάτων απόδοσης αποσβεστήρων μεταξύ του δεξιού και του αριστερού θεωρείται υψηλής επικινδυνότητας σφάλμα.
8. Η μη συμφωνία με τις αποδεκτές τιμές των δοκιμών θεωρείται υψηλής επικινδυνότητας σφάλμα.
9. Το μη ασφαλές ή διαβρωμένο ή με φθορά ή ακατάλληλα επισκευασμένο τμήμα ανάρτησης είναι υψηλής επικινδυνότητας σφάλμα.
10. Τα ίδια ισχύουν για ανάρτηση αέρα.

3.3 Η ΟΔΗΓΙΑ 2010/48/EU

Σε αυτή την οδηγία πρόσθετα σε ότι αναφέρεται στις δύο προηγούμενες καθορίζεται ότι τα ελατήρια και οι αποσβεστήρες θα ελέγχονται σε ανυψωτική διάταξη ή σε ειδικό εξοπλισμό με σημεία ελέγχου όπως καθορίζει η στην προηγούμενη παράγραφο αναφερόμενη οδηγία.

3.4 Η ΟΔΗΓΙΑ 2014/45/EU

Επιπρόσθετα στις προηγούμενες καθορίζει για τον εξοπλισμό δοκιμών ότι:

1. Θα πρέπει να έχει δύο ενεργοποιούμενες με ισχύ πλάκες που να μπορούν να κινηθούν αντίθετα κατά μήκος και κατά πλάτος.
2. Η κίνηση των πλακών πρέπει να ελέγχεται από τον χειριστή.
3. Για ένα όχημα άνω των 3.5 τόνων η κίνηση των πλακών θα είναι τουλάχιστον 95 mm με ταχύτητα 5 – 15 cm/sec
4. Θα πρέπει να υπάρχει μετρητής απόσβεσης.
5. Ο έλεγχος του εξοπλισμού ελέγχου οχημάτων θα γίνεται ανά 12 ή 24 μήνες.

3.5 VEHICLE STANDARDS BULLETIN VSB 11 – 1d07/2004

Αυτό καθορίζει τις απαιτήσεις λειτουργίας συστήματος ανάρτησης σε δοκιμή.

1. Η συχνότητα ταλάντωσης της μάζας πάνω από τον άξονα σε ελεύθερη ταλάντωση δεν πρέπει να είναι ανώτερη από 2 Hz.
2. Ο μέσος λόγος απόσβεσης (DM, μέση τιμή του D) πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 20% της κρίσιμης τιμής του (Co) για κανονική λειτουργία της ανάρτησης, όπου έχουμε

$$D=C/Co = 1/2\pi \ln(A1/A2) \quad (3.5.1)$$

με A1 και A2 τα πλάτη ταλάντωσης σε δύο διαδοχικούς κύκλους ελεύθερης ταλάντωσης και

$$Co = \sqrt{2 * K * M} \quad (3.5.2)$$

Με K τη δυσκαμψία και M τη μάζα του συστήματος

3. Ο λόγος απόσβεσης με απενεργοποιημένους αποσβεστήρες δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το 50% του DM
4. Η διαφορά στατικού φορτίου μεταξύ αξόνων σε σύστημα (γκρουπ) αξόνων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 5%

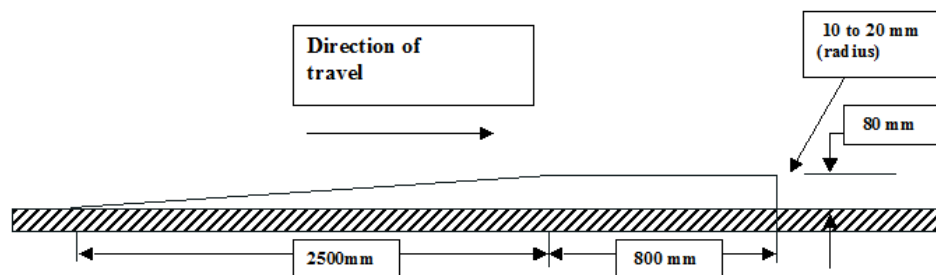
Το φορτίο δοκιμής καθορίζεται σε 10 τόνους για απλό άξονα, 17 τόνους για tandem γκρουπ αξόνων και 22.5 τόνους για 3-αξονικό γκρουπ.

Η δοκιμή θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με την οδηγία 96/53/EC

3.6 Η ΟΔΗΓΙΑ 96/53/EC

Καθορίζει τη διαδικασία δοκιμής για να ευρεθεί το DM, το C/Co και η συχνότητα ταλάντωσης F. Η διαδικασία της δοκιμής μπορεί να είναι μία από τις ακόλουθες:

1. Το φορτωμένο όχημα θα πρέπει να οδηγηθεί με ταχύτητα 5Km/hr +/-1 Km/hr για βήμα 80 mm όπως είναι στο ακόλουθο σχήμα και με το που θα αφεθεί το βήμα θα μετρηθούν τα χαρακτηριστικά της ταλάντωσης.



2. Το όχημα θα πρέπει να σπρωχθεί προς τα κάτω ώστε το φορτίο να είναι 1.5 φορές το στατικό φορτίο και κατόπιν θα πρέπει να αφεθεί ξαφνικά για ταλάντωση τα χαρακτηριστικά της οποίας θα μετρηθούν.
3. Το πλαίσιο του οχήματος θα πρέπει να ανασηκωθεί κατά 80 mm και μετά να αφεθεί ελεύθερο και να μετρηθούν τα χαρακτηριστικά της ταλάντωσης.

Το όχημα θα πρέπει να έχει μεταλλάκτη (transducer) μέτρησης μετατόπισης μεταξύ του άξονα και του πλαισίου ακριβώς πάνω από τον οδηγό άξονα.

3.7 ΛΟΙΠΑ ΠΡΟΤΥΠΑ

Αναφέρονται επιπλέον τα πρότυπα VSB-14 και APTA PR-IM-S-012-9B. Στο πρότυπο VSB-14 καθορίζονται οι επιτρεπτές μετατροπές σε ένα όχημα και δεν θα αναφερθεί περεταίρω, ενώ στο APTA PR-IM-S-012-9B καθορίζονται οι ενέργειες ελέγχου αλλά όχι δοκιμών αναρτήσεων (οπτικός έλεγχος-αντικατάσταση ελαττωματικών εξαρτημάτων-έλεγχος διαρροών) και δεν εξετάζεται περεταίρω.

3.8 ΔΟΚΙΜΕΣ ΣΕ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Αυτές είναι οι πρώτες δοκιμές που έγιναν. Αποτελούν φτηνή λύση που είναι εύκολη στην υλοποίηση της. Σε αυτές αφήνεται μία μάζα να ταλαντωθεί ελεύθερα μετά από αρχική διέγερση και εξάγονται από την ταλάντωση συμπεράσματα για τους αποσβεστήρες. Από αυτές τις δοκιμές προκύπτουν διαγράμματα Δύναμης – Μετατόπισης, Δύναμης – Ταχύτητας για τα ελατήρια και τους αποσβεστήρες.

3.9 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Σε αυτές αρχικά επιχειρήθηκε να επιτευχθεί τριγωνική κυματομορφή της ταχύτητας (τριγωνική δοκιμή) του αποσβεστήρα στην οποία οι αποσβεστήρες θα

κινούνται με σταθερή ταχύτητα για μια περιορισμένη περίοδο φτάνοντας σε μία μέγιστη μετατόπιση. Τελικά με κατάλληλο ηλεκτρομηχανικό εξοπλισμό επικράτησε να έχουμε ημιτονοειδή κυματομορφή (ημιτονοειδής δοκιμή) της ταχύτητας του αποσβεστήρα μεταβλητής συχνότητας και πλάτους. Σε αυτές τις δοκιμές οι αποσβεστήρες θέτονταν σε κίνηση από ένα μηχανισμό στροφάλου και συνδετικής ράβδου. Η δύναμη απόσβεσης μετρούνταν από την ελαστική παραμόρφωση μίας ράβδου που ήταν συνδεδεμένη με ένα άκρο του αποσβεστήρα (όχι αυτό που θέτονταν σε κίνηση).

3.10 ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Αυτές απαιτούνται για την προσομοίωση εισόδου μεγάλης ισχύος. Το σύστημα απαιτεί υψηλής ποιότητας βαλβίδες, μεγάλη ακρίβεια στον προσδιορισμό των παροχών του ρευστού προς τους κυλίνδρους και μεγάλη αντλία. Μπορεί να παραχθεί μία ποικιλία κυματομορφών για την μετατόπιση του αποσβεστήρα ανάλογα με την κυματομορφή της ηλεκτρικής τάσης εισόδου στο σύστημα. Οι υδραυλικοί κύλινδροι με την κίνηση τους προσομοιώνουν την επίδραση του προφίλ του δρόμου στην ανάρτηση. Για τέσσερις κυλίνδρους που επιδρούν στους τέσσερις τροχούς έχουμε τη συμπεριφορά οχήματος σε κάποιο λαμβανόμενο προφίλ δρόμου λαμβάνοντας υπόψη τη διαφορά φάσης στη κίνηση των υδραυλικών κυλίνδρων λόγω της ταχύτητας που λαμβάνεται ότι έχει το όχημα κατά τη δοκιμή. Επίσης μπορεί να έχουμε προφίλ δύναμης των κυλίνδρων σαν είσοδο στη δοκιμαστική διάταξη.

3.11 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Μετρώνται τα μεγέθη: θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, πίεση, θερμοκρασία. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι ψηφιακά και αποθηκεύονται με κατάλληλο λογισμικό σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Ο αισθητήρας θέσης θα είναι ένα ποτενσιόμετρο ή ένας κατάλληλος μετασχηματιστής που θα παράγει μία έξοδο τάσης γραμμικά ανάλογη προς την μετατόπιση. Η ταχύτητα τις πιο πολλές φορές προκύπτει από το ηλεκτρονικό σήμα της διαφοράς των τιμών της μετατόπισης προς τον αντίστοιχο χρόνο. Η επιτάχυνση μετράται με επιταχυνσιόμετρα. Η δύναμη του αποσβεστήρα μετράται από ένα σήμα τάσης που είναι ανάλογο προς τη μετατόπιση κάποιου αντίστοιχου σημείου του αποσβεστήρα η οποία είναι συνάρτηση της δύναμης του αποσβεστήρα. Η πίεση του ρευστού του αποσβεστήρα μετράται με χρήση αισθητήρων πίεσης που είναι συνδεδεμένοι στα άκρα κίνησης του αποσβεστήρα. Η καταγραφή της θερμοκρασίας του ρευστού του αποσβεστήρα γίνεται από θερμοστοιχεία που είναι σε κατάλληλη επαφή με το σώμα του αποσβεστήρα. Με χρήση οσιλοσκοπίου και κατάλληλων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ενισχυτών, διόδων, πολυπλεκτών κλπ, λαμβάνονται διαγράμματα: Θέση – χρόνος, Ταχύτητα – χρόνος, Επιτάχυνση – χρόνος, Δύναμη – χρόνος, Δύναμη – θέση, Δύναμη – ταχύτητα.

3.12 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΗΜΙΤΟΝΟΕΙΔΟΥΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

Γίνεται σε μεμονωμένο αποσβεστήρα. Σε προσομοίωση συνθηκών δρόμου στο εργαστήριο οι μετρήσεις πρέπει να παίρνονται ανά μικρά χρονικά διαστήματα και με συνέπεια για μην εμφανίζεται η επίδραση της θερμοκρασίας του ρευστού του αποσβεστήρα σε αυτές, η οποία στο εργαστήριο είναι μεγαλύτερη από ότι στο δρόμο με συνέπεια να υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτείται κύκλωμα ψύξης. Επίσης χρειάζεται προσοχή στην επίδραση της μάζας του αποσβεστήρα στα εξαγόμενα αποτελέσματα F_d-V (δύναμη απόσβεσης συναρτήσει ταχύτητας απόσβεσης).

Σημειώνεται ότι αν η δύναμη μετράται στο άνω άκρο του αποσβεστήρα ισχύει:

$$F_{D1} = F_d(V) + F_d(X) + F_g + F_f + m_1g \quad (3.12.1)$$

(Dixon 2008, Σελ. 349)

Ενώ αν η δύναμη μετράται στο κάτω άκρο του αποσβεστήρα ισχύει:

$$F_{D2} = F_d(V) + F_d(X) + F_g + F_f + m_2g + m_2A \quad (3.12.2)$$

(Dixon 2008, Σελ. 350)

Όπου όπου F_{D1} και F_{D2} είναι οι μετρούμενες δυνάμεις, $F_d(X)$ η δύναμη του αποσβεστήρα που εξαρτάται από τη μετατόπιση, F_g η δύναμη από την πίεση ρευστού και F_f η δύναμη τριβής Coulomb και m_1 και m_2 οι μάζες οι αντίστοιχες στο άνω άκρο και κάτω άκρο του αποσβεστήρα και A η επιτάχυνση της κάτω μάζας του αποσβεστήρα.

Αρχικά πριν τη δοκιμή πρέπει να αποφασισθεί η μέγιστη ταχύτητα της δοκιμής και ο αριθμός των σημείων που θα ληφθούν για το διάγραμμα F_d-V . Η μέγιστη ταχύτητα εξαρτάται από τον αποσβεστήρα και από το τι αναμένεται στην κανονική λειτουργία και περιορίζεται από τις επιδράσεις της αύξησης της θερμοκρασίας. Η μέγιστη ταχύτητα εκλέγεται με εκλογή του μέγιστου πλάτους και της συχνότητας της εισόδου. Το μέγιστο πλάτος προσδιορίζεται από το εύρος μετατόπισης του αποσβεστήρα (μισό του) και η συχνότητα εκλέγεται ως 1 Hz για επιβατικό όχημα, και 5 Hz για αγωνιστικό όχημα. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στη δοκιμή είναι των 0,8, 1,6, 3,2, και 6,4 Hz. Αφού ληφθούν οι ανωτέρω αναφερόμενες αποφάσεις έχουμε τα ακόλουθα βήματα:

1. Τοποθέτηση του αποσβεστήρα στη διάταξη δοκιμών
2. Τοποθέτηση των θερμοστοιχείων
3. Θέτουμε τις συνθήκες δοκιμής
4. Μετράμε τις ακραίες θέσεις του αποσβεστήρα Z_{min} , Z_{max} με αισθητήρες δύναμης και μετατόπισης.
5. Η διαδρομή του αποσβεστήρα είναι $D = Z_{max} - Z_{min}$
6. Η μέση θέση του αποσβεστήρα είναι $Z_{mean} = 0.5*(Z_{max}+Z_{min})$

7. Θέτουμε σε λειτουργία τη δοκιμή για δύο λεπτά. Καταγράφουμε τον κύκλο της μετατόπισης.
8. Καταγράφουμε τη στατική δύναμη στη θέση Z_{mean} κατά τη φάση της συμπίεσης του αποσβεστήρα (F_{scin}) και κατά τη διάρκεια της εκτόνωσης του αποσβεστήρα (F_{scout})
9. Υπολογίζετε η δύναμη ρευστού F_g και τη δύναμη τριβής F_f από τις εξισώσεις

$$F_g = 0.5*(F_{scin} + F_{scout})$$

$$F_f = 0.5*(F_{scin} - F_{scout})$$

(Dixon 2008, Σελ. 353)

Από την τιμή της δύναμης ρευστού εξάγονται συμπεράσματα για το αν έχουμε ορθή πίεση του ρευστού στον αποσβεστήρα ενώ η τιμή της δύναμης τριβής F_f πρέπει να είναι μικρή.

10. Μετρούμε τη στατική δύναμη F_{sc} σε διακεκριμένα σημεία (1) και (2) που η θέσεις τους αντιστοιχούν σε μεγάλο τμήμα της διαδρομής.
11. Υπολογίζουμε τη δυσκαμψία του αποσβεστήρα από τη σχέση

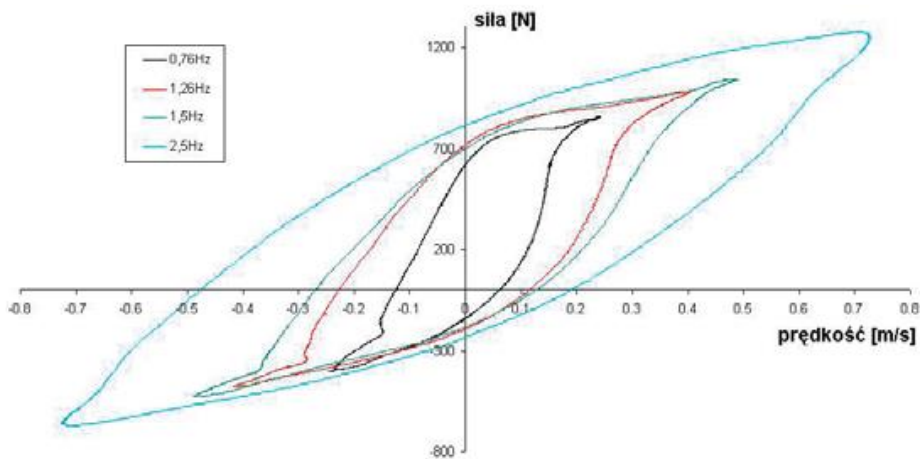
$$K_d = (F_{sc1} - F_{sc2}) / (Z_1 - Z_2)$$

(Dixon 2008, Σελ. 353)

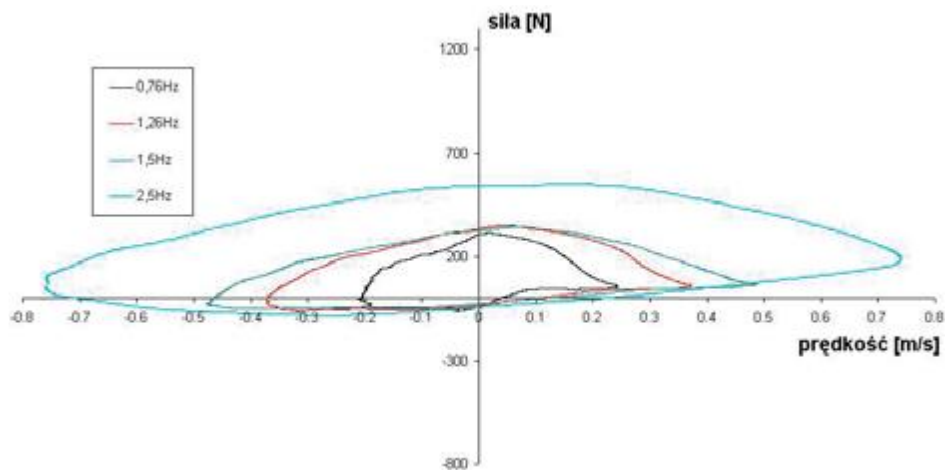
από τις αντίστοιχες στατικές δυνάμεις στις μετατοπίσεις που αντιστοιχούν στις θέσεις (1) και (2).

12. Τοποθετούμε τον αποσβεστήρα στη μέση θέση της διαδρομής.
13. Θέτουμε τη συχνότητα της δοκιμής
14. Καταγράφουμε τη αρχική θερμοκρασία
15. Μετράμε τη δύναμη στις διάφορες θέσεις του αποσβεστήρα
16. Καταγράφουμε την τελική θερμοκρασία
17. Λαμβάνουμε ξανά τις τιμές των F_g και F_f για τις συνθήκες δοκιμής (με τελική θερμοκρασία)
18. Αποσυνδέουμε τον αποσβεστήρα.
19. Λαμβάνουμε τις καμπύλες $F_d - V$ (δύναμη απόσβεσης - ταχύτητα απόσβεσης) για τις ταχύτητες που ενδιαφέρουν.

Από τις λαμβανόμενες καμπύλες $F_d - V$ μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την κατάσταση του αποσβεστήρα και τα σφάλματα που αυτός παρουσιάζει από δεδομένα των κατασκευαστών και την βιβλιογραφία.



Εικόνα 3.12.1: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ Fd-V ΓΙΑ ΚΑΙΝΟΥΡΓΙΟ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑ (GARDULSKI 2008, Σελ. 8, Fig 9)



Εικόνα 3.12.2: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ Fd-V ΓΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΑ ΜΕ 75% ΟΓΚΟ ΡΕΥΣΤΟΥ (GARDULSKI 2008, Σελ. 8, Fig 9)

3.13 Η ΤΡΙΓΩΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ

Και αυτή γίνεται σε μεμονωμένο αποσβεστήρα. Η κυματομορφή ταχύτητας που εφαρμόζεται είναι σταθερή μέχρι τη μέγιστη μετατόπιση και μετά γίνεται ξαφνική αλλαγή πρόσημου. Εδώ δεν λαμβάνουμε καμπύλη Fd-V αλλά λαμβάνουμε σημείο Fd-V σαν κάθε επιλεγθείσα ταχύτητα. Σε αυτή την δοκιμή καταπονείται περισσότερο ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται λόγω της έντονης επιτάχυνσης στα σημεία αλλαγής ταχύτητας (κορυφές μετατόπισης).

3.14 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΩΝ ΓΙΑ ΑΠΟΣΒΕΣΤΗΡΕΣ ΠΟΥ ΕΙΝΑΙ ΣΕ ΟΧΗΜΑ

Αυτές διακρίνονται στους ακόλουθους τύπους:

1. Τύπου εξαναγκασμένης δόνησης
2. Τύπου ελεύθερης δόνησης.
3. Με τη χρήση πλακών σε δοκιμαστικά στηρίγματα.

Από αυτούς τους τύπους δοκιμών ο τρίτος τύπος δεν χρησιμοποιείται λόγω της κακής ακρίβειας που προκύπτει στη δοκιμή. Οι άλλοι δύο τύποι βασίζονται στην επιβολή κατακόρυφων δονήσεων σε τροχό δοκιμής μέχρι πάνω από τη συχνότητα συντονισμού που συνήθεις τιμές της είναι στο εύρος 1 – 3 Hz. Για να γίνει η δοκιμή ο τροχός τοποθετείται πάνω στην πλάκα επαγωγικής δόνησης. Με το που θα φτάσει τα σύστημα στη συχνότητα συντονισμού η διεγείρουσα δύναμη παύει να υφίσταται. Η συχνότητα δόνησης σύντομα θα ελαττωθεί σαν αποτέλεσμα της απόσβεσης των στοιχείων του οχήματος.

Η τεχνική κατάσταση του αποσβεστήρα καθορίζεται από το πλάτος της ταλάντωσης στη συχνότητα συντονισμού. Η ικανότητα απόσβεσης μπορεί να προσδιορισθεί από ανάλυση της δόνησης ως ακολούθως:

1. Σε συνάρτηση της δύναμης του τροχού στην πλάκα (μέθοδος Eusama)
2. Σε συνάρτηση του χρόνου (μέθοδος Boge)

3.15 Η ΜΕΘΟΔΟΣ EUSAMA

Η μέθοδος EUSAMA που αναπτύχθηκε από την ένωση Αμερικανών Κατασκευαστών Αποσβεστήρων βρίσκει έναν δείκτη που χαρακτηρίζει τη δύναμη του τροχού στο έδαφος (%). Η απόδοση της απόσβεσης από τον δείκτη Eusama ορίζεται σαν:

$$WE = W_{min}/W_{st} * 100\% \quad (3.15.1)$$

(GARDULSKI 2008, Σελ. 2, Εξίσωση 1)

Όπου W_{min} είναι η ελάχιστη μετρούμενη δύναμη (δυναμική κατάσταση του τροχού στη στήριξη) και W_{st} είναι το στατικό βάρος (στατική δύναμη).

Η στατική δύναμη W_{st} μετράται με τον τροχό να εδράζεται στην ακίνητη πλάκα της διάταξης. Με την έναρξη των δονήσεων η πλάκα θα κάνει δονήσεις πλάτους 4 – 8 mm και συχνότητας περίπου 25 Hz.

Η ελάχιστη δύναμη W_{min} μετράται με το σταμάτημα του συστήματος δόνησης και αφού η συχνότητα ταλαντώσεων πέσει περίπου στα 16 Hz.

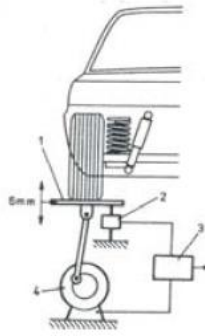


Fig. 1. Schema of research test stand for examine shock absorbers with EUSAMA method.: 1-stand platform, 2-tensometric measure system, 3-analysing system, 4-electric engine

Εικόνα 3.15.1: Η διάταξη της μεθόδου Eusama (GARDULSKI 2008, Σελ. 2, Fig 1)

Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητη στο στατικό φορτίο και στην ακαμψία του λάστιχου του τροχού η οποία με τη σειρά της εξαρτάται από την εσωτερική πίεση του λάστιχου του τροχού.

Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι ως εξής:

WE = 0 – 20 % → κακή κατάσταση των αποσβεστήρων

WE = 21 – 40 % → αποδεκτή κατάσταση των αποσβεστήρων αλλά απαιτείται επιθεώρηση τους μετά την αφαίρεση τους από το όχημα

WE = 41 – 60 % → καλή κατάσταση των αποσβεστήρων

WE > 60 % → πολύ καλή κατάσταση των αποσβεστήρων

Διαφορές στο δείκτη EUSAMA μεταξύ δεξιάς και αριστερής πλευράς του οχήματος που υπερβαίνουν το 20 – 30 % αποτελούν ένδειξη της μη καλής κατάστασης των αποσβεστήρων.

Για τα αποτελέσματα αυτής της δοκιμής υπάρχει προβληματισμός για αναρτήσεις πίσω άξονα για ελαφρά οχήματα που έχουν μπρος-πίσω κίνηση.

Η επίλυση αυτού του προβλήματος έχει γίνει με το διαχωρισμό των οχημάτων σε τρεις κατηγορίες και με τη λήψη διαφορετικών τιμών αναφοράς για τη δοκιμή σε κάθε κατηγορία οι οποίες προκύπτουν από βάσεις δεδομένων οχημάτων.

3.16 ΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ EUSAMA PLUS

Αυτή η δοκιμή αποτελείται από δύο στάδια:

1. Αρχική φάση.
2. Μέτρηση του συντελεστή απόσβεσης.

Η αρχική φάση γίνεται για να θερμανθεί το ρευστό του αποσβεστήρα μέχρι να αποκτήσει τα συνεκτικότητα λειτουργίας του. Γίνεται με χαμηλή συχνότητα και διαρκεί περίπου 10 sec. Σε αυτήν μετράται η πίεση στα λάστιχα και ελέγχεται η επαφή μεταξύ της πλάκας δόνησης και του λάστιχου. Αν η απόκλιση της πίεσης του αέρα υπερβαίνει κατά 0.05 MPa την ονομαστική τιμή η διαδικασία της μέτρησης σταματά.

Με την συμπλήρωση της 1^{ης} φάσης αρχίζει η διαδικασία των μετρήσεων. Η συχνότητα δόνησης της πλάκας ελαττώνεται κατά 1 Hz από τα 30 Hz μέχρι τα 8 Hz με οπτοηλεκτρονικούς μετασχηματιστές που σταθεροποιούν τη συχνότητα κατά τη διάρκεια της μέτρησης σε αυτήν. Από τα 18 Hz μέχρι τα 13 Hz δίνεται ιδιαίτερη προσοχή.

Η δύναμη στην πλάκα μετράται τόσο στην συμπίεση όσο και στην έκταση του αποσβεστήρα. Έτσι μπορεί να καθοριστεί ο λόγος των μαζών για κάθε τύπο οχήματος

$$C = m_r/m_n \quad (3.16.1)$$

(GARDULSKI 2008, Σελ. 4, Εξίσωση 2)

όπου:

m_r – μάζα που συνδέεται με την ανάρτηση

m_n – λοιπή μάζα

Κατόπιν από το σχέδιο της σχέσης μεταξύ του συντελεστή απόσβεσης και του λόγου C περιγράφεται η κατάσταση της ανάρτησης όταν ο αποσβεστήρας είναι σε συμπίεση και όταν είναι σε έκταση ανεξάρτητα από τον τύπο του οχήματος.

Αν ο συντελεστής απόσβεσης είναι:

- στην πράσινη ζώνη (άνω από 80%) – καλή κατάσταση του αποσβεστήρα,
- κίτρινη ζώνη (50-80%) - ικανοποιητική,
- κόκκινη ζώνη (κάτω από 50%) – μη ικανοποιητική.

Σε άλλη μέθοδο χρησιμοποιείται η διαφορά φάσης μεταξύ των ημιτονοειδών σημάτων που περιγράφουν την μετατόπιση της πλάκας και την δύναμη σε αυτή και έτσι υπάρχει ένδειξη για τη διαφορά φάσης

Η μετατόπιση της μάζας που δεν συνδέεται με το ελατήριο είναι ανάλογη με τη στιγμιαία πίεση που ασκείται στην πλάκα. Έτσι η μέγιστη της τιμή συμπίπτει όταν η γωνία διαφοράς φάσης είναι 0.

Το πλάτος της μετατόπισης της μάζας που δεν συνδέεται με το ελατήριο ελαττώνεται όταν η διαφορά φάσης αυξάνεται ακόμα και αν η τιμή της πίεσης στην πλάκα παραμένει αμετάβλητη.

Μέσα στο εύρος της συχνότητας συντονισμού της μάζας που συνδέεται με το ελατήριο, όταν δεν υπάρχει απόσβεση στην ανάρτηση, η διαφορά φάσης μεταξύ του πλάτους ταλάντωσης της μάζας που δεν συνδέεται με το ελατήριο και αυτής που συνδέεται με το ελατήριο θα είναι 180° .

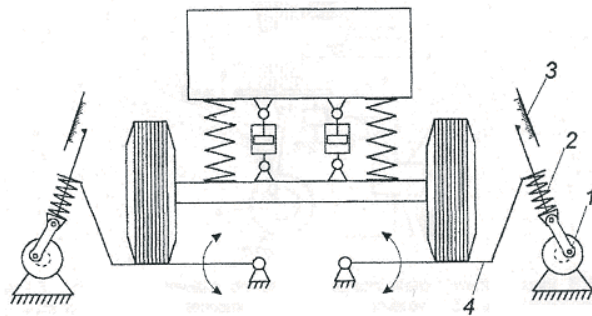
Όταν αυξάνεται ο ρυθμός απόσβεσης και το πλάτος μετατόπισης και η διαφορά φάσης ελαττώνονται. Μέσα στο εύρος συντονισμού της μάζας που δεν συνδέεται με το ελατήριο όταν δεν υπάρχει απόσβεση στην ανάρτηση η διαφορά φάσης είναι 0° ενώ το πλάτος μετατόπισης φτάνει στη μέγιστη του τιμή. Η πίεση ανάμεσα στη μάζα που δεν συνδέεται με το ελατήριο και την πλάκα είναι πολύ χαμηλή.

Όταν η απόσβεση στην ανάρτηση αυξάνεται ο ρυθμός μετατόπισης του τροχού ελαττώνεται ενώ η διαφορά φάσης αυξάνεται.

Η διαφορά φάσης συνδέεται άμεσα με το ρυθμό απόσβεσης. Αν η ανάρτηση του οχήματος έχει επαρκή ρυθμό απόσβεσης δηλαδή οι αποσβεστήρες είναι κατάλληλοι η ελάχιστη διαφορά φάσης που θα μετράται στο διάστημα μεταξύ της συχνότητας συντονισμού της μάζας που δεν συνδέεται με το ελατήριο και της συχνότητας συντονισμού της μάζας που συνδέεται με το ελατήριο θα είναι μεγαλύτερη από 90° .

3.17 Η ΜΕΘΟΔΟΣ BOGE

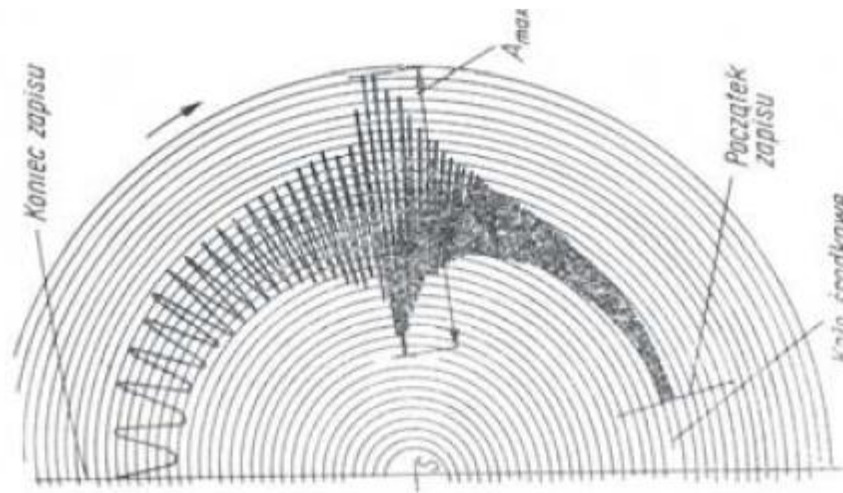
Σε αυτή τη μέθοδο έχουμε πλάκες δοκιμής που προσομοιώνουν δονήσεις και μία μονάδα στροφαλοφόρου που θέτει την πλάκα σε κίνηση.



Εικόνα 3.17.1: Πάγκος δοκιμής μεθόδου BOGE (GARDULSKI, 2008, Σελ. 5, Fig 4)

Κατά τη δοκιμή γίνονται τα ακόλουθα:

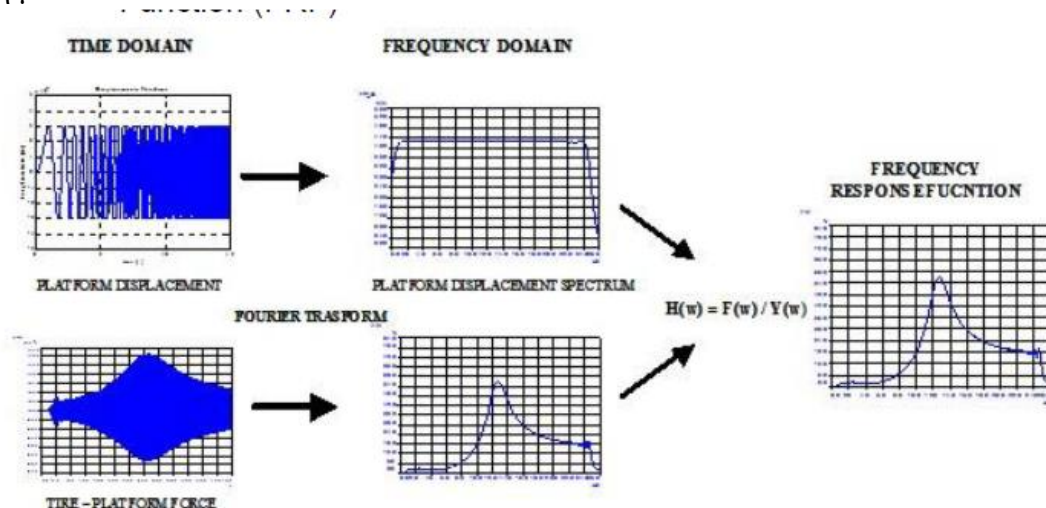
Το όχημα τοποθετείται με τους τροχούς σε πλάκες που μπαίνουν σε δόνηση. Κάθε τροχός δοκιμάζεται χωριστά. Όταν πάψει να υφίσταται η διεγείρουσα δύναμη καταγράφονται οι δονήσεις του ενός τροχού στο μισό τμήμα ενός κυκλικού δίσκου. Η κατάσταση του αποσβεστήρα προκύπτει από τη σύγκριση του πλάτους των ταλαντώσεων που καταγράφονται με τιμές αναφοράς για συγκεκριμένους αποσβεστήρες τύπων οχημάτων.



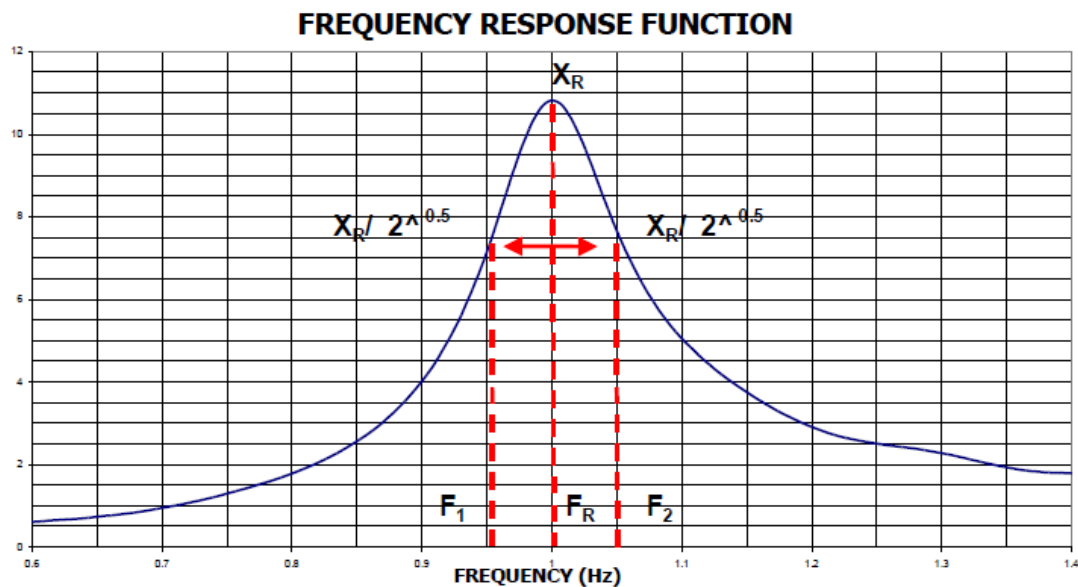
Εικόνα 3.17.2: Έξοδος αποτελεσμάτων από μέθοδο Boge (GARDULSKI, 2008, Σελ. 5, Fig 5)

3.18 Η ΜΕΘΟΔΟΣ VTEC

Η διαδικασία είναι να καθορισθεί ο συντελεστής απόσβεσης του συστήματος του συστήματος ανάρτησης. Ο συντελεστής απόσβεσης ορίζεται σαν ο λόγος της απόσβεσης και της κρίσιμης απόσβεσης (απόσβεση χωρίς ταλαντωτική κίνηση). Σε αυτή την μέθοδο η προκύπτουσα από τις μετρήσεις κυματομορφή της δύναμης στην πλάκα δοκιμής μετασχηματίζεται με τον μετασχηματισμό Fourier στο πεδίο συχνοτήτων και από το προκύπτον διάγραμμα με κατάλληλη επεξεργασία προκύπτει ο συντελεστής απόσβεσης για τον οποίο η ελάχιστη αποδεκτή τιμή είναι ίση με 0.12.



Εικόνα 3.18.1: Μετασχηματισμοί στο πεδίο συχνότητας (<https://citainsp.org/wp-content/uploads/2016/01/6.3-Brunet-VTEC-CITA-Regional-Conference-for-Africa-presentation.pdf>, Σελ. 7)



$$\xi = \frac{(2 * \pi * F_2)^2 - (2 * \pi * F_1)^2}{4 * (2 * \pi * F_R)^2} \quad \xi = \frac{C}{C_{critical}}$$

Εικόνα 3.18.2: Προσδιορισμός του συντελεστή απόσβεσης (ξ στο σχήμα) (<https://citainsp.org/wp-content/uploads/2016/01/6.3-Brunet-VTEC-CITA-Regional-Conference-for-Africa-presentation.pdf>, Σελ. 9-10)

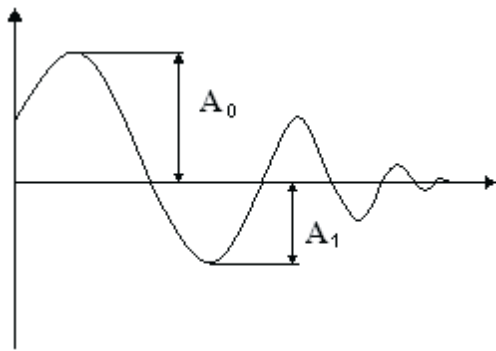
3.19 ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΟΚΙΜΗΣ ΤΥΠΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ

Αυτές οι μέθοδοι βασίζονται στην ανάλυση της κίνησης του πλαισίου του οχήματος μετά την απομάκρυνση της πηγής δόνησης. Διακρίνονται σε:

1. Πτώση.
2. Πτώση από κεκλιμένο επίπεδο.
3. Δόνηση μετά από αρχική συμπίεση.

Από αυτές τις μεθόδους η 3^η χρησιμοποιείται πιο συχνά. Η διαδικασία είναι ως εξής:

Το όχημα τοποθετείται με τον τροχό δοκιμής σε κινητό βραχίονα που συνδέεται με έναν μοχλό με ένα γρανάζι ανύψωσης. Όταν αποσυνδεθεί το γρανάζι ο βραχίονας και το όχημα θα καταλήξουν στο δάπεδο και θα προκληθούν ταλαντώσεις στη μάζα της ανάρτησης και του πλαισίου όπου το πλάτος τους θα καταγραφεί συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 3.19.1: ΠΛΑΤΟΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΧΡΟΝΟΥ (GARDULSKI, 2008, Σελ. 6, Fig 6)

Από το προκύπτον διάγραμμα ορίζεται ο μέσος λόγος απόσβεσης

$$K = A_1/A_0 \quad (3.19.1)$$

(GARDULSKI, 2008, Σελ. 6, Εξίσωση 3)

Όπου A_1 είναι το δεύτερο παρατηρούμενο πλάτος και A_0 είναι το πρώτο παρατηρούμενο πλάτος όπως διακρίνεται στο ανωτέρω σχήμα.

Τα αρχικά πλάτη στις διαδοχικές δοκιμές θα πρέπει να είναι ίσα. Οι διαφορές στα αρχικά πλάτη δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν το 7%.

Από αυτό το λόγο και σύμφωνα με τιμές αναφοράς προσδιορίζεται η κατάσταση του αποσβεστήρα.

Οι μέθοδοι δοκιμής ελεύθερης ταλάντωσης μας δίνουν τη δυνατότητα να ανιχνεύσουμε ελαττώματα των αποσβεστήρων που έχουν σημαντική επίδραση στο πλάτος ταλάντωσης όπως το ακατάλληλο γέμισμα του αποσβεστήρα, η φθορά στο ελατήριο της βαλβίδας, φθορές στις βαλβίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ

4.1 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ

Για δοκιμή μεμονωμένου αποσβεστήρα που έχει απομακρυνθεί από το όχημα δίνεται στο επόμενο σχήμα η διάταξη του πάγκου δοκιμών και η μετάδοση κίνησης μέσω ιμάντα.

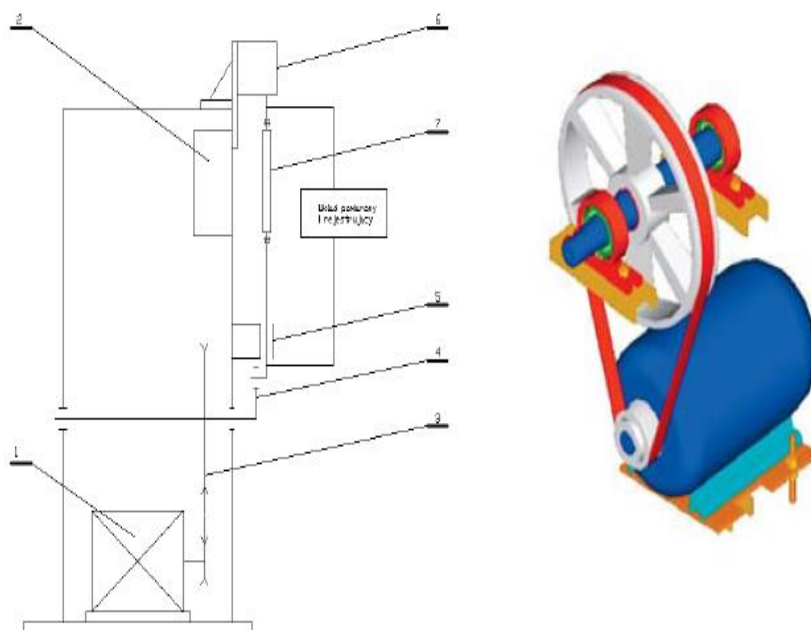


Fig. 7. Indicator test stand: kinematics scheme and view of belt transmission: 1-electric motor, 2-frequency modulator, 3-belt transmission, 4-eccentric system, 5-slider ways, 6-force sensor, 7-shock absorber

Εικόνα 4.1.1: Διάταξη πάγκου δοκιμών μεμονωμένου αποσβεστήρα

(GARDULSKI 2008, Σελ. 7, Fig. 7)

Ο πάγκος οδηγείται από έναν δύο ταχυτήτων, εναλλασσόμενου ρεύματος ηλεκτρικό κινητήρα που είναι σε σύζευξη με έναν μετατροπέα συχνότητας. Από τον κινητήρα η κίνηση μεταδίδεται σε μία μονάδα εκκεντρικού στροφαλοφόρου με μεταβαλλόμενου μήκους βραχίονα στον οποίο θα συνδεθεί το κατώτερο άκρο του αποσβεστήρα. Με έναν μηχανισμό μεταδίδεται η κίνηση από τη μονάδα του στροφαλοφόρου στο κατώτερο άκρο του αποσβεστήρα ενώ ένας μετατροπέας δύναμης χρησιμοποιείται για να συνδέσει το ανώτερο άκρο του αποσβεστήρα με το πλαίσιο του πάγκου. Στο πλαίσιο έχουμε διπλό μετρητικό σύστημα (μηχανικό και ηλεκτρονικό) ώστε να γίνει η καταγραφή διαγραμμάτων της δύναμης απόσβεσης σε συνάρτηση της διαδρομής του εμβόλου του στην συμπίεση και στην

εκτόνωση. Σε μία τυπική μονάδα που χρησιμοποιείται σε έναν πάγκο δοκιμών η αλλαγή στην μετατόπιση του άκρου του βραχίονα του στροφαλοφόρου με την γωνία στροφάλου περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\dot{z} = r\omega(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha)$$

(4.1.1) (GARDULSKI 2008, Σελ. 4, Εξίσωση 4)

όπου λ ο λόγος της ακτίνας στροφάλου προς το μήκος του βραχίονα ,

- ω η γωνιακή ταχύτητα του στροφαλοφόρου rad / s

- r η ακτίνα στροφάλου και $\alpha = \omega t$

Οι δοκιμές που γίνονται για διάφορες γωνιακές ταχύτητες στροφαλοφόρου κάνουν δυνατό τον καθορισμό των χαρακτηριστικών ταχύτητας του αποσβεστήρα όπως τη δύναμη του αποσβεστήρα σαν συνάρτηση της κίνησης του πιστονιού του. Η μέγιστη τιμή της δύναμης απόσβεσης χρησιμοποιείται ευρέως σε δοκιμές σαν διαγνωστική παράμετρος για αποσβεστήρες.

Κατά την εκτίμηση της τεχνικής κατάστασης του αποσβεστήρα η μέγιστη τιμή της δύναμης συγκρίνεται με τιμή αναφοράς που ισχύει για καινούργιο αποσβεστήρα.

Η εκτίμηση της κατάστασης του αποσβεστήρα μέσω της μετρούμενης μέγιστης δύναμης του δεν προσδίδει σημαντική πληροφορία για τα ελαττώματα που παρουσιάζει. Για αυτό χρησιμοποιείται μία νέα παράμετρος, η ισχύς απόσβεσης που βρίσκεται με ολοκλήρωση των διαγραμμάτων δύναμης που λαμβάνονται από τις δοκιμές.

Προδιαγραφές πάγκου δοκιμών για δοκιμή με αποσβεστήρα σε όχημα.

Προς το παρόν όλος ο εξοπλισμός δοκιμών στο δίκτυο CVRT βασίζεται στις αρχές δοκιμών BOGE ή EUSAMA. Οι αρχές ενδιαφέρονται να υιοθετήσουν μία νέα δοκιμή που θα δίνει τον λόγο απόσβεσης. Σε αυτό το στάδιο θα απαιτηθεί από τον προϋπάρχοντα εξοπλισμό να τροποποιηθεί ώστε να μπορεί να κάνει χρήση αυτού του κριτηρίου και στον νέο εξοπλισμό θα υπάρχουν οι διατάξεις ώστε να μπορεί να γίνει η χρήση αυτού του κριτηρίου.

Ο εξοπλισμός δοκιμών θα πρέπει να μπορεί να κάνει δοκιμές σε όλα τα ελαφρά οχήματα μέχρι 3500 kg DGWV (Design Gross Vehicle Weight). Θα πρέπει να μπορεί να συνδεθεί με H/Y και λογισμικό που θα εξάγει αποτελέσματα μέσω συμφωνηθέντων πρωτοκόλλων.

Ο εξοπλισμός δοκιμών θα πρέπει (Suspension Tester Specification. CVRT, RSA)

1. Να βασίζεται στο φαινόμενο του συντονισμού με κατακόρυφη διέγερση – δόνηση μίας βάσης.
2. Να μπορεί να μετρήσει την ικανότητα ανάρτησης του κάθε τροχού και τις αποκλίσεις του κάθε άξονα.
3. Να μπορεί να μετρήσει το στατικό βάρος του κάθε άξονα.
4. Να έχει την ικανότητα να μετρήσει το βάρος ενός φορτίου άξονα μέχρι 2800 kg και να δοκιμάσει την ικανότητα ανάρτησης ενός σετ τροχού με βάρος μέχρι 1400 kg.
5. Να εμποδίζει τη διέγερση μίας πλάκας μέχρι και οι δύο πλάκες να έχουν καλή σύνδεση με τα σετ τροχών που έχει ένας άξονας.
6. Να καθυστερούν την αυτόματη εκκίνηση για τουλάχιστον 3 sec μετά την σωστή σύνδεση.
7. Να μπορούν κατά τη λειτουργία να παράγουν εκτύπωση των αποτελεσμάτων
8. Να μην επηρεάζεται από ραδιοσυχνότητες και ηλεκτρομαγνητικά πεδία
9. Να λειτουργεί ικανοποιητικά σε όλες τις συνθήκες δοκιμών και να είναι κλάσης IP42
10. Να αποτελείται από ένα ζεύγος πλακών δοκιμής συνδεδεμένων σε στάθμη δαπέδου καθώς το όχημα θα πρέπει να είναι επίπεδο όταν κάποιος άξονας του είναι στον πάγκο δοκιμών.
11. Να έχει μπάρες τοποθετημένες μπροστά – πίσω – δεξιά – αριστερά για να υποβοηθούν τη σωστή τοποθέτηση του τροχού.
12. Να είναι κατάλληλα τοποθετημένος στο δάπεδο για να μην υπάρχει η ανάγκη χρήσης φρένων για τη σταθεροποίηση του οχήματος.
13. Να έχει μονάδα απεικόνισης αποτελεσμάτων και μονάδα χρήσης στην πλευρά του οδηγού με καλές συνθήκες ορατότητας που θα δίνει ένδειξη αν όλοι οι άξονες έχουν δοκιμασθεί.
14. Καινούργια δοκιμή θα γίνεται μόνο όταν η μονάδα έχει καθαρίσει από προηγούμενες μετρήσεις.
15. Θα πρέπει να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις Ασφάλειας και Υγείας κατά τη εγκατάσταση του εξοπλισμού δοκιμών.

Όσον αφορά τη σύνδεση του εξοπλισμού δοκιμών με αναγκαία δεδομένα από το διαδίκτυο θα πρέπει να ισχύουν τα ακόλουθα (Suspension Tester Specification. CVRT, RSA)

:

1. Ο Η/Υ του εξοπλισμού θα πρέπει να συνδέεται με το δίκτυο COVIS μέσω του εσωτερικού δικτύου
2. Αυτός ο Η/Υ θα πρέπει να συνδέεται με το COVIS μέσω του προτύπου ASANetwork μέσω μίας κάρτας δικτύου για αυτόν τον σκοπό.
3. Η ημερομηνία και ώρα του Η/Υ θα πρέπει να είναι σε κατάλληλο συμβατό τύπο και να έχει σωστές τιμές

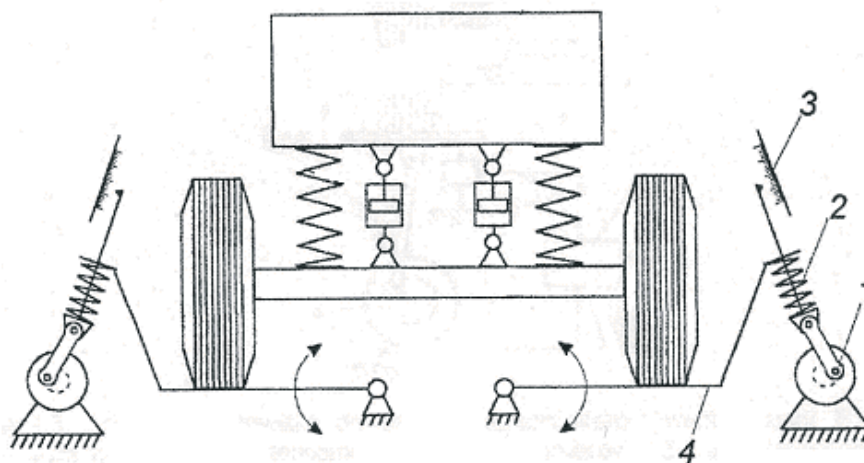
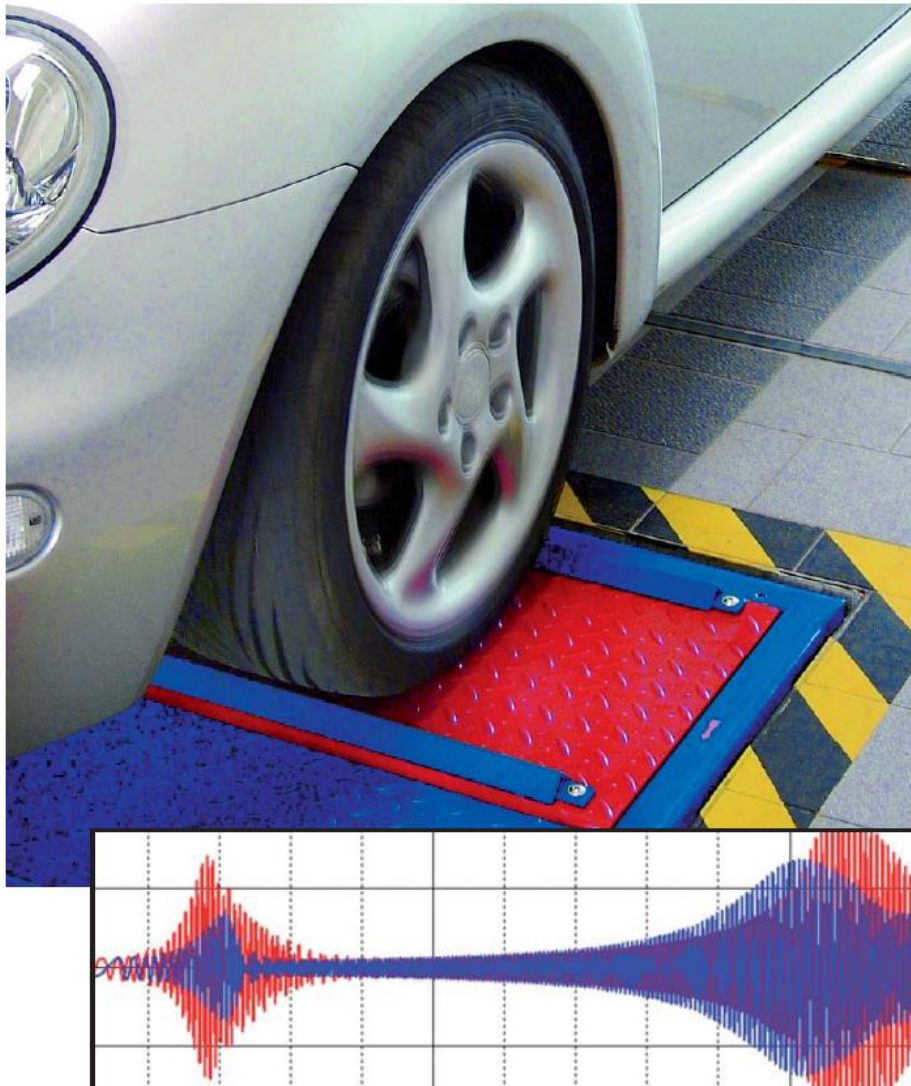
4. Δεν θα πρέπει να υπάρχουν τοίχοι προστασίας δεδομένων και αντίστοιχοι περιορισμοί στη διασύνδεση Η/Υ και δικτύου
5. Θα πρέπει να μεταδίδονται ηλεκτρονικά τιμές μετρήσεων και για τον δεξιά και για τον αριστερό τροχό που θα είναι κανονικές μετρήσεις και όχι υπολογισμένες τιμές
6. Η μονάδα θα επιστρέφει τιμή για τον λόγο απόσβεσης για κάθε τροχό
7. Η μονάδα θα παρέχει ώρα αρχής και τέλους δοκιμής και το serial number του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στη δοκιμή.

Η εκτυπωμένη αναφορά θα πρέπει να έχει τουλάχιστον τα ακόλουθα (Suspension Tester Specification. CVRT, RSA)

:

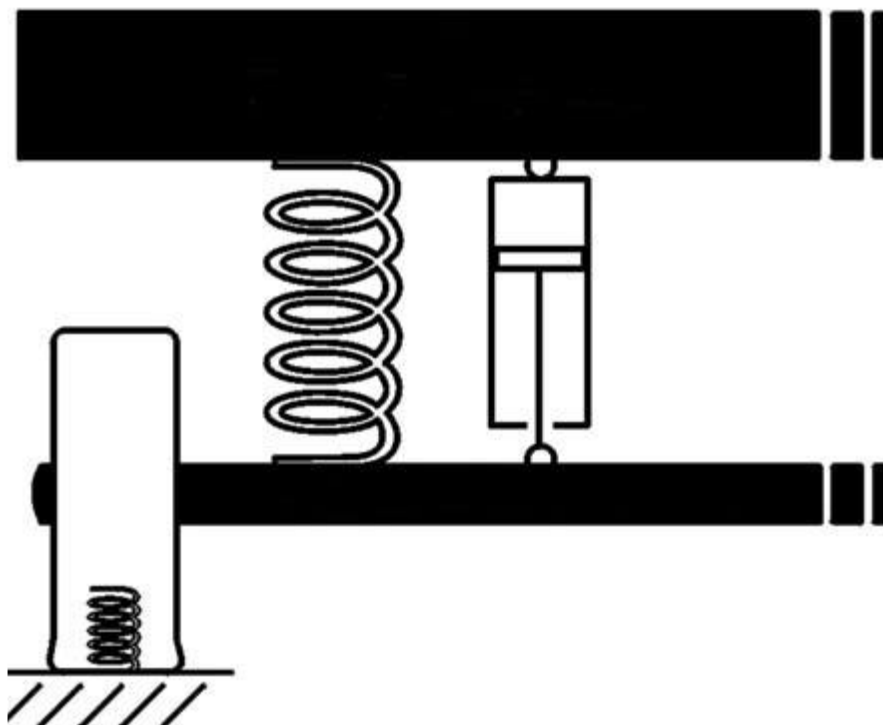
1. Λεπτομέρειες του κέντρου δοκιμών
2. Ημέρα και ώρα της δοκιμής
3. Αριθμό αδείας του οχήματος
4. Ένδειξη km του οχήματος
5. Λεπτομέρειες απαιτήσεων για κάθε άξονα
6. Τιμές για αριστερό τροχό
7. Τιμές για δεξί τροχό
8. Αποκλίσεις σε κάθε άξονα
9. Στατικό βάρος δεξί τροχού
10. Στατικό βάρος αριστερού τροχού
11. Στατικό βάρος άξονα
12. Συνολικό βάρος οχήματος
13. Όρια δοκιμών και αποτελέσματα για κάθε τροχό
14. Όρια δοκιμών και αποτελέσματα αποκλίσεων για κάθε άξονα %
15. Αποτελέσματα της δοκιμής (αποδεκτό/μη αποδεκτό)

4.2 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ MSD 3000



Εικόνα 4.2.1: Ο Εξοπλισμός δοκιμής (GARDULSKI 2008, Σελ. 5, Fig 4 και MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN, Σελ. 1)

Όταν μετρούμε έναν αποσβεστήρα το σημείο προσοχής είναι να προσδιοριστεί η συσχέτιση μεταξύ της απόσβεσης από τη μία πλευρά και της μάζας του οχήματος και της σταθεράς ελατηρίων από την άλλη. Αν το όχημα αναπαρασταθεί από ένα απλό διάγραμμα (βλέπε επόμενη εικόνα) διακρίνεται από το σώμα του οχήματος, τα ελατήρια του, τους αποσβεστήρες του, την ανάρτηση, τους άξονες και τους τροχούς. Αυτό εξηγεί το γιατί δεν μπορεί να εξαχθεί μεμονωμένη δοκιμή για τους αποσβεστήρες σε ένα συναρμολογημένο όχημα. Έτσι είναι σημαντικό να μετρηθεί και να κριθεί η απόσβεση του οχήματος σαν συνολική έννοια όπως είχε σχεδιασθεί κατά την ανάπτυξη του οχήματος.

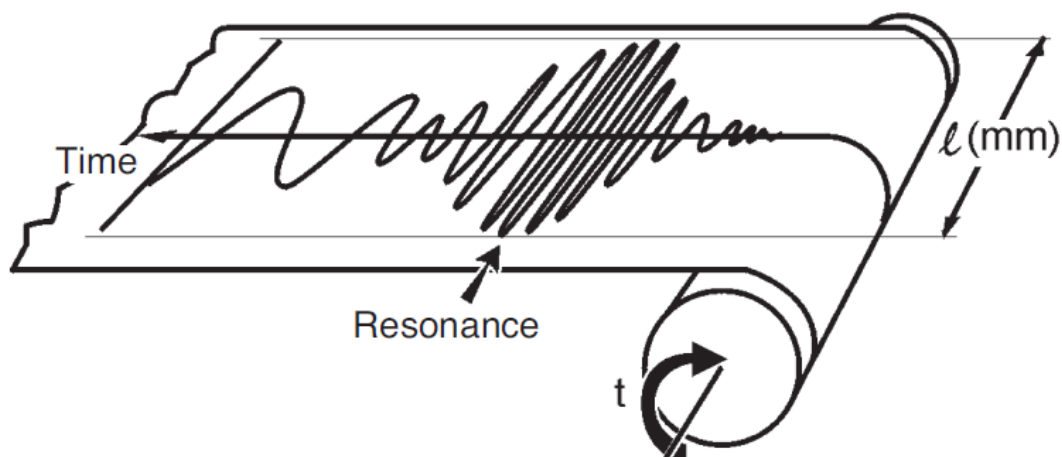


Εικόνα 4.2.2 : Το μοντέλο του οχήματος και ανάρτησης (MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN, Σελ. 7)

Η διαδικασία δοκιμής βασίζεται στην μέθοδο BOGE:

Οι τροχοί ενός άξονα στέκονται στις οριζόντιες πλάκες δοκιμής του εξοπλισμού οι οποίες κινούνται πάνω και κάτω κατά τη διάρκεια της δοκιμής. Οι τροχοί και οι αντίστοιχες μάζες αξόνων αρχίζουν να δονούνται έναντι της αρκετά μεγαλύτερης μάζας του οχήματος που μπορεί να θεωρηθεί σταθερή, από την κίνηση των πλακών δοκιμής στην αρχή της δοκιμής. Η συχνότητα της δόνησης ελέγχεται να είναι στα 10 Hz, πριν με κατάλληλο έλεγχο πέσει σταδιακά περίπου στα 0 Hz. Το σύστημα ταλαντώνεται αποσβενυμμένα έναντι της μάζας του οχήματος. Κατά αυτή την ταλάντωση η συχνότητα της ταλάντωσης πέφτει σταθερά και περνά στο εύρος της συχνότητας συντονισμού των μαζών που συνδέονται στα ελατήρια και στους αποσβεστήρες. Η ενέργεια που αποθηκεύεται στο σύστημα κατά τη διέγερση οδηγεί τις μάζες σε ολοένα και μεγαλύτερα πλάτη ταλάντωσης καθώς

πλησιάζουμε τον συντονισμό, το μέγιστο βρίσκεται στη συχνότητα συντονισμού. Οι ταχύτητες που δημιουργούνται στο σημείο συντονισμού αντιστοιχούν με αυτές που υπάρχουν κατά την οδήγηση ενός συνήθους δρόμου. Τα πλάτη των ταλαντώσεων μετρούνται από τη διάταξη ακολουθώντας τις κινήσεις του τροχού και ηλεκτρονικά καταγράφονται και αξιολογούνται, (βλέπε επόμενη εικόνα)



Εικόνα 4.2.3: Καταγραφή πλάτους ταλάντωσης από εξοπλισμό (MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN, Σελ 8)

Το μέγιστο πλάτος συντονισμού που το μέγεθος καθορίζεται από την απόσβεση μετράται και συγκρίνεται με το γράφημα της ταλάντωσης.

Από τον πειραματικό εξοπλισμό προσδιορίζεται η ποιότητα του αποσβεστήρα μέσω της εξαγωγής τιμής για τον βαθμό απόσβεσης ή την μέτρηση απόσβεσης κατά Lehr.

Ο βαθμός απόσβεσης ορίζεται από την εξίσωση

$$D = \frac{d}{2\sqrt{c \cdot m}}$$

(4.2.1)

(MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN, Σελ. 9)

Όπου,

D = Βαθμός απόσβεσης ή μάζα απόσβεσης (no unit)

d = σταθερά απόσβεσης (kg/s)

c = σταθερά ελατηρίου (N/m)

m = μάζα (kg)

Ο βαθμός απόσβεσης θεωρητικά είναι μεταξύ των τιμών 0 και 1 και αποδίδει την ποιότητα του υπό δοκιμή αποσβεστήρα. Η τιμή του υπολογίζεται και απεικονίζεται στον πάγκο δοκιμών σαν αποτέλεσμα διάφορων φυσικών τιμών όπως τη μάζα του οχήματος, την σταθερά του ελατηρίου και τον συντελεστή απόσβεσης. Έχουμε ότι

$D \leq 0.35$ (στόχος) όπου όσο πιο μικρό το D τόσο πιο άνεση προσδίδει ο αποσβεστήρας.

Επίσης από τον εξοπλισμό δοκιμών μπορεί να εξαχθεί τιμή για το συντελεστή του αποσβεστήρα θ (d) που περιγράφει την ταλάντωση στον συντονισμό και ορίζεται από την εξίσωση

$$d(\delta) = \frac{(C_{Ges} * r)}{2\pi * f_{Measurement} * X_1} - d_{Test Stand}$$

(4.2.2)

(MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN, Σελ. 9)

Όπου

C_{Ges} = άθροισμα των σταθερών ελατηρίου που είναι εγκατεστημένα στον πάγκο δοκιμών

r = απόσταση που διανύουν οι πλάκες του πάγκου δοκιμών από το άνω νεκρό σημείο μέχρι το κάτω νεκρό σημείο του μηχανισμού κίνησης με χαμηλή ταχύτητα περιστροφής του μηχανισμού κίνησης του έκκεντρου.

$f_{measurement}$ = συχνότητα στην οποία το πλάτος ταλάντωσης των πλακών γίνεται μέγιστο

X_1 = διπλάσιο του πλάτους ταλάντωσης πλακών στην συχνότητα συντονισμού πλακών.

$d_{teststand}$ = σταθερά απόσβεσης του πάγκου δοκιμών

Μεταβάλλοντας τη συχνότητα διέγερσης στον πάγκο δοκιμών τρία διαφορετικά εύρη συντονισμού (ιδιοσυχνοτήτων) του συστήματος μπορούν να διακριθούν.

• Εύρος 1

Στις υψηλότερες συχνότητες προσδιορίζεται σαν ιδιοσυχνότητα του τροχού – λάστιχου και είναι στο εύρος 12-20 Hz. Δεν είναι κρίσιμο για τον καθορισμό της ποιότητας της απόσβεσης.

• Εύρος 2

Αναφέρεται στην ιδιοσυχνότητα του πάγκου δοκιμών με το όχημα στο οποίο μετρούνται τα πλάτη. Είναι περίπου 6 - 7 Hz. Αυτή είναι περίπου η συχνότητα στην οποία οι πλάκες δοκιμών μαζί με τον τροχό και τις συνδεδεμένες με αυτόν μάζες δείχνουν το μεγαλύτερο πλάτος ταλάντωσης. Αυτή χρησιμοποιείται για έλεγχο της δοκιμής και εξαγωγή συμπερασμάτων.

• Εύρος 3

Με την ιδιοσυχνότητα του σώματος του οχήματος (τιμές, 1.2 - 1.6 Hz). Δεν είναι σημαντικό για τον καθορισμό της ποιότητας του αποσβεστήρα. Επίσης προκαλεί αλλοίωση αποτελέσματος που αναφέρεται σε έναν τροχό ή έναν άξονα (δύο τροχοί)

Πλεονεκτήματα του εξοπλισμού δοκιμών MSD 3000 :

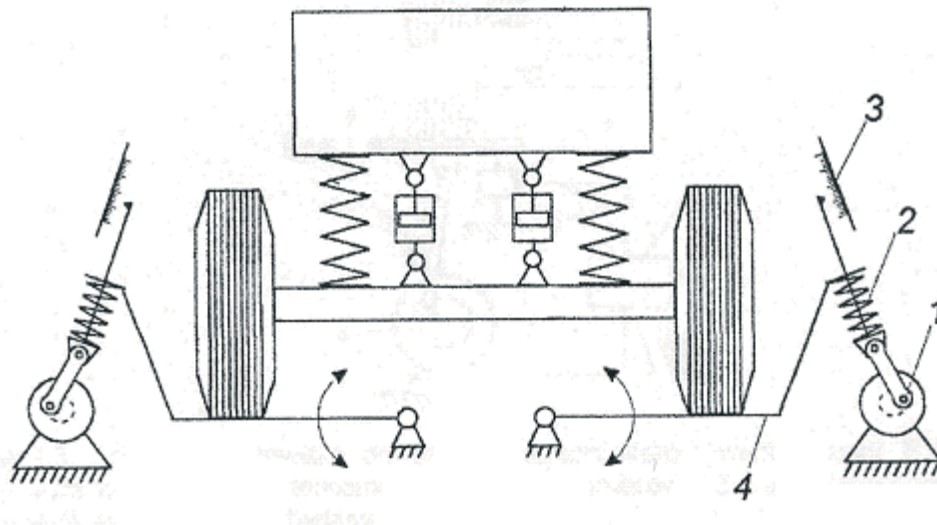
- Καθαρά αποτελέσματα καθώς εμφανίζονται σαν φυσική τιμή
- Μεγάλη ικανότητα αναπαραγωγής αποτελεσμάτων μετρήσεων.
- Συγκρισιμότητα με όλους τους πάγκους δοκιμών που λειτουργούν με τη ίδια αρχή.
- Ύπαρξη αυστηρά καθορισμένης τιμής που χρησιμοποιείται σαν βάση για τη λήψη απόφασης για αντικατάσταση αποσβεστήρα.

Προδιαγραφές εξοπλισμού

1. Φορτίο δοκιμής άξονα μέχρι 2.5 t
2. Axle load drive-over 2.5 t / 13 t (Option)
3. Ισχύς οδήγησης συστήματος (2 x) 1.1 kW
4. Πλάτος διέγερσης 6.5 mm
5. Συχνότητα διέγερσης (ρυθμιζόμενη) ca. 2 - 10 Hz
6. Μέγιστο πλάτος ταλάντωσης πλάκας ca. 70 mm
7. Πλάτος πάγκου min. 800 mm, max. 2.200 mm
8. Εύρος μέτρησης μάζας απόσβεσης αδιάστατο D“ 0.02 - 0.3 (unitless)
9. Παροχή τάσης γ / Fuse 230 V, 1 Phase, 50/60 Hz / 16 A slow
10. Εκκίνηση της δοκιμής αυτόματα με δύο πλευρών φόρτιση του πάγκου με περισσότερο από 60 kg (adjustable)
11. Ακρίβεια αποτελεσμάτων 2 % της τελικής τιμής του εύρους μέτρησης, 2 % διαφορά μεταξύ δεξιάς και αριστερής πλευράς
12. Διαστάσεις συγκροτήματος δαπέδου (L x W x H) 2320 x 800 x 280 mm
13. Διαστάσεις πάγκου (L x W x H) 2400 x 1000 x 700 mm
14. Συνολικό βάρος 650 kg
15. Απεικόνιση μέσω εξοπλισμού desk 3000
16. Μονάδα εξόδου ψηφιακή με οθόνη αποτελεσμάτων
17. Πλήρης αυτόματος έλεγχος εξοπλισμού

4.3 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ CONTACTEST 3800

Λειτουργεί και από δοκιμή BOGE δίνει την παράμετρο του συντελεστή θ της απόσβεσης, καθορίζοντας την κατάσταση του αποσβεστήρα και επομένως της ανάρτησης.



Εικόνα 4.3.1: Η διάταξη των μετρήσεων (GARDULSKI 2008, Σελ. 5, Fig 4)

Η παράμετρος θ (d) ενός αποσβεστήρα ορίζεται από την ακόλουθη εξίσωση

$$d(\delta) = \frac{(C_{Ges} * r)}{2\pi * f_{Measurement} * X_1} - d_{Test Stand}$$

(4.3.1)

όπου

$d(\delta)$ = σταθερά θ σε (Ns/m)

C_{Ges} = Άθροισμα των σταθερών ελατηρίου που είναι εγκατεστημένες στον πάγκο δοκιμής (N/m)

r = διαδρομή των πλακών δοκιμής για κίνηση του οδηγού στροφαλοφόρου από το άνω νεκρό σημείο μέχρι το κάτω νεκρό σημείο (mm)

$f_{measurement}$ = Συχνότητα στην οποία το πλάτος ταλάντωσης της πλάκας είναι μέγιστο (1/s)

X_1 = διπλάσιο του πλάτους ταλάντωσης της πλάκας στη συχνότητα συντονισμού της (mm)

$d_{teststand}$ = Σταθερά θ του πάγκου δοκιμής. Καθορίζεται από τη δοκιμή επιβράδυνσης. (Ns/m).

Στη βάση χρήσης του προσφέρει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα

– αρχή απλής μέτρησης

- ακριβής προσδιορισμός
- υψηλό επίπεδο επαναληψιμότητας

Ο εξοπλισμός αυτός εγγυάται συνθήκες δοκιμής που αντιστοιχούν σε κανονικές συνθήκες οδήγησης στον δρόμο στην οποία η ταχύτητα του εμβόλου στον αποσβεστήρα δεν είναι πολύ χαμηλή και έχουμε εναλλαγή μεταξύ συμπίεσης και έκτασης του αποσβεστήρα. Το σύστημα μάζας – ελατηρίου του πάγκου δοκιμών που ταλαντώνεται είναι προσαρμοσμένο στις δονήσεις συντονισμού της ανάρτησης του οχήματος. Έτσι η τιμή του θ καθορίζεται χωρίς παρεμβολές από τον πάγκο δοκιμών

Η τιμή του θ καθορίζει την κατάσταση της απόσβεσης ενός οχήματος. Η τιμή του θ για άνετη οδήγηση είναι $\theta=0.2$ ενώ για τα αγωνιστικά οχήματα ο στόχος είναι το $\theta = 0.35$ Η οριακή τιμή για το θ πέρα από την οποία δεν έχουμε ασφάλεια από τον αποσβεστήρα είναι η $\theta = 0.1$. Αν η τιμή του θ είναι μικρότερη από 0.1 τα στοιχεία του αποσβεστήρα θα πρέπει να ελεγχθούν και να αντικατασταθούν. Με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζονται τιμές αναφοράς. Βασισμένοι στην τιμή του θ μπορούμε να αξιολογήσουμε τα διαφορά μεταξύ αριστερού και δεξιού τροχού. Έτσι δεν χρειάζεται η αναδρομή σε δεδομένα αποσβεστήρων από όμοια οχήματα για να αξιολογηθεί η ικανότητα της απόσβεσης ενός οχήματος.



Εικόνα 4.3.1: Πάγκος δοκιμής (CONTACTEST 3800 ENG, Σελ. 2)

Η μονάδα υπολογιστή safelane pro II PC Theta του εξοπλισμού δοκιμής απόσβεσης contactest 3800, χρησιμοποιείται για οχήματα και βαν. Ο εξοπλισμός pro II PC 3 μέχρι και για 3 t φορτίο άξονα και ο εξοπλισμός pro II PC 4 μέχρι και για 4 t φορτίο άξονα.

Ο εξοπλισμός υπολογιστή pro II PC Theta K έρχεται με PC συγκρότημα που προσφέρει αρκετό χώρο για την ολοκληρωμένη μονάδα ελέγχου, ένα PC, ένα TFT monitor, έναν A4 inkjet εκτυπωτή, πληκτρολόγιο και ποντίκι.



Εικόνα 4.3.2: Pro II PC Theta K (CONTACTEST 3800 ENG, Σελ. 4)

Ο εξοπλισμός pro II PC Theta B έρχεται με ένα απλό E κουτί αντί για θάλαμο PC .



Εικόνα 4.3.3: pro II PC Theta B (CONTACTEST 3800 ENG, Σελ. 4)

Ο εξοπλισμός hardware pro II Analog Theta απαιτεί PC για οχήματα και βαν, ο εξοπλισμός pro II Analog 3 χρησιμοποιείται μέχρι και για 3 t φορτίο άξονα και ο εξοπλισμός pro II Analog 4 για μέχρι και 4 t φορτίο άξονα.

Το PC που απαιτείται για τον υπολογισμό του συντελεστή θ έχει θάλαμο εμφάνισης αποτελεσμάτων και ολοκληρωμένη μονάδα ελέγχου

Εμφανίζονται:

- Ένδειξη στο κλείδωμα δεξιού – αριστερού τροχού
- βάρη δεξιού και αριστερού τροχού
- μόνιμος προσδιορισμός της απόκλισης της δύναμης φρένων
- πλευρική ολίσθηση
- δύναμη στο πεντάλ
- τιμή του θ δεξιά-αριστερά
- PC/printer interface
- δυνάμεις φρένων δεξιά-αριστερά

Υπάρχει και η δυνατότητα τα PC και ο θάλαμος αποτελεσμάτων να βρίσκονται σε απομακρυσμένους μεταξύ τους χώρους και η επικοινωνία τους να γίνεται μέσω δικτύου

Το πλαίσιο του πάγκου είναι προκατασκευασμένο ώστε το όχημα πάνω σε αυτό να είναι επίπεδο με το δάπεδο.

Ο στάνταρ εξοπλισμός σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

- μέγιστο βάρος άξονα 2t
- διαστάσεις μηχανικής κατασκευής (mm) 800 x 2350 x 286
- πλάτος δοκιμής min/max (mm) 900/2200
- πλάτος διέγερσης 3.5 mm
- συχνότητα διέγερσης 10 Hz
- εύρος μέτρησης μέγιστο πλάτος 70 mm
- εύρος ενδείξεων 0 – 0.35
- ακρίβεια μετρήσεων +/- 2%
- ισχύς κινητήρα 2x1.1 kw
- βάρος μηχανικής κατασκευής 500 kg
- τροφοδοσία 3N/PE230/400 VAC, 50/60 Hz
- ασφάλειες 16 A

4.4 Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ SA2-FWT 1

Σε αυτόν τον εξοπλισμό λαμβάνονται συμπεράσματα από το μετρούμενο μέγιστο πλάτος ταλάντωσης βάσει της μεθόδου BOGE, (βλέπε διάταξη από εικόνα 4.3.1).

Τα εκτυπωμένα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τις τιμές μετρήσεων, την ημερομηνία την ώρα της δοκιμής και την διεύθυνση του δοκιμαστήριου. Η διαδικασία δοκιμής είναι αυτόματη με το που φορτωθούν και οι δύο πλάκες των τροχών. Οι πλάκες διεγείρονται στα 16 Hz από τον κινητήρα και κατόπιν η συχνότητα ελαττώνεται. Κατά την διάρκεια ελάττωσης της συχνότητας το πλάτος ταλαντώσεων μετράται με επαγωγικό ηλεκτρονικό αισθητήρα μετατόπισης. Τα αποτελέσματα που εμφανίζονται στην οθόνη δίνουν τη μετατόπιση (καθαρή τιμή ή ποσοστό) και την απόκλιση μεταξύ των δύο πλευρών του οχήματος (δεξιάς/αριστερής). Τα αποτελέσματα αποθηκεύονται αυτόματα και παραμένουν ενεργά μέχρι την επόμενη δοκιμή. Μία λειτουργική φωτεινή ένδειξη παραμένει αναμμένη κατά τα διάρκεια της δοκιμής για να μη βγει το όχημα από τον πάγκο πριν το τέλος της. Ο πάγκος δοκιμής έχει και οθόνη αποτελεσμάτων. Οι μετρούμενες τιμές συγκρίνονται με τιμές αναφοράς από βάση δεδομένων πριν την αποθήκευση τους. Δεδομένα εξοπλισμού

Μέγιστο πλάτος πάγκου 2200 mm

Ελάχιστο πλάτος πάγκου 800 mm

Εύρος δόνησης 9 mm

Συχνότητα δόνησης 16 Hz με ένδειξη συχνότητας 50 Hz, 20 Hz με ένδειξη συχνότητας 60 Hz

Εύρος μέτρησης 100 mm

Ακρίβεια αποτελεσμάτων 1% της τελικής τιμής

Φορτίο άξονα κανονικός/ενισχυμένος 1100 kg/2000 kg

Τροφοδοσία 3 230V/400 V, 50/60 Hz

Ασφάλειες 16 A

Ισχύς κινητήρα 2 x 1.1 kw

Συνολικό βάρος 500 kg

Κατασκευή δαπέδου 2320x800x280 mm

Κατασκευή πάγκου 2400x1000x700 mm

Ψηφιακή αναπαράσταση αποτελεσμάτων

Πλήρης αυτόματος έλεγχος με μικρο-επεξεργαστή

4.5 ΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

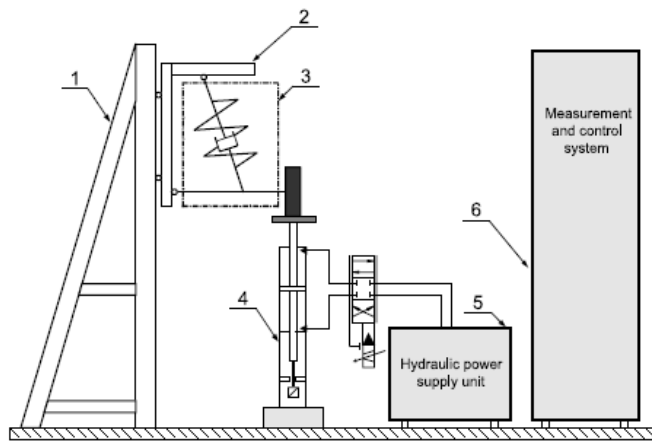
Η σχεδίαση της ανάρτησης ενός οχήματος αποτελεί έναν συμβιβασμό μεταξύ της άνετης και της ασφαλούς οδήγησης. Η γρήγορη ανάπτυξη των συστημάτων ανάρτησης των οχημάτων κάνει δυνατή την ελάττωση της δόνησης που μεταδίδεται από τον τροχό στο σώμα του οχήματος. Η ανάπτυξη των οχημάτων απαιτεί την σχεδίαση πάγκων δοκιμών για την δοκιμή αναρτήσεων και διάφορους αλγόριθμους ελέγχου. .

Η διασυνδεδεμένη με το ελατήριο μάζα αντιπροσωπεύει το $\frac{1}{4}$ του σώματος του οχήματος ενώ η μη συνδεδεμένη μάζα αντιπροσωπεύει τον τροχό του οχήματος. Μέχρι τώρα οι ερευνητές θεώρησαν κάποιους ενεργητικούς αλγόριθμους ελέγχου και έκαναν σύγκριση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων και του πειράματος. Στην πιο σύγχρονη εργασία τους οι (Kowal et al, 2011) περιέλαβαν κάποιες τεχνικές παραδοχές και έκαναν μία αρχική ανάλυση που ήταν τμήμα της εργασίας για τον πάγκο δοκιμής αναρτήσεων οχημάτων. Σε αυτήν τη μελέτη προσδιορίστηκαν οι παράμετροι της ανάρτησης και έγινε χρήση ενός μαθηματικού μοντέλου για την προσομοίωση. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών και των προσομοιώσεων δίνονται παρακάτω.

Στην αρχή της σχεδίασης έγιναν κάποιες υποθέσεις,

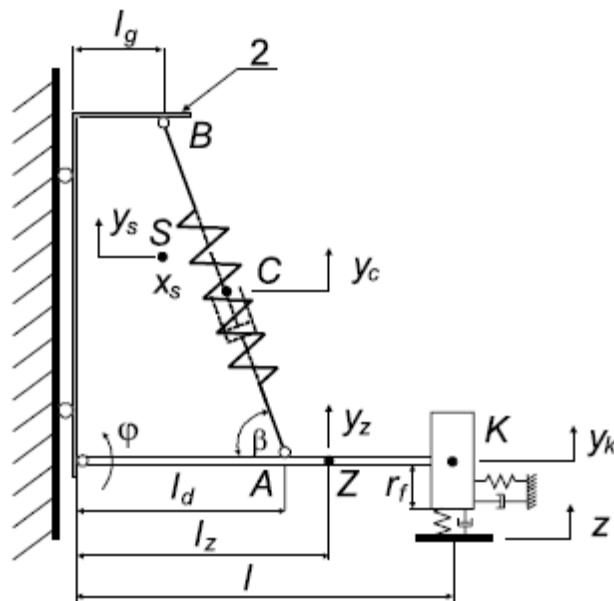
Ο εξοπλισμός του εργαστηρίου που προσομοιώνει τον πάγκο δοκιμών θα αποτελείται από μία κατασκευή πλαισίου, ένα κινούμενο πλαίσιο, ένα σύστημα ανάρτησης, έναν ηλεκτροϋδραυλικό δονητή, μία υδραυλική παροχή ισχύος, ένα σύστημα μετρήσεων και ελέγχου. Το κινούμενο πλαίσιο συνδέεται με την κατασκευή πλαισίου με γραμμικά έδρανα ώστε να είναι δυνατή η κατά μήκος μετακίνηση του στην κατασκευή πλαισίου. Τα στοιχεία της ανάρτησης συνδέονται με το κινούμενο πλαίσιο και με τον τροχό του οχήματος. Ο τροχός του οχήματος συνδέεται με τον ηλεκτροϋδραυλικό δονητή. Η υδραυλική παροχή ισχύος προσδίδει υδραυλικό ρευστό στον δονητή. Η συσκευή μέτρησης και ελέγχου θα αποτελείται από όλο τον απαραίτητο ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό για την οδήγηση του συστήματος και την εξαγωγή αποτελεσμάτων- μετρήσεων.

Ο πάγκος ελέγχου έχει σαν σκοπό τη δοκιμή ανεξαρτήτων αναρτήσεων οχημάτων. Για τους υπολογισμούς τα στοιχεία της μπροστινής ανάρτησης MacPherson του Ford Focus ερευνήθηκαν.



Εικόνα 4.5.1 Η προς μελέτη διάταξη (Kowal et al, 2011, Σελ. 7, Fig 1)

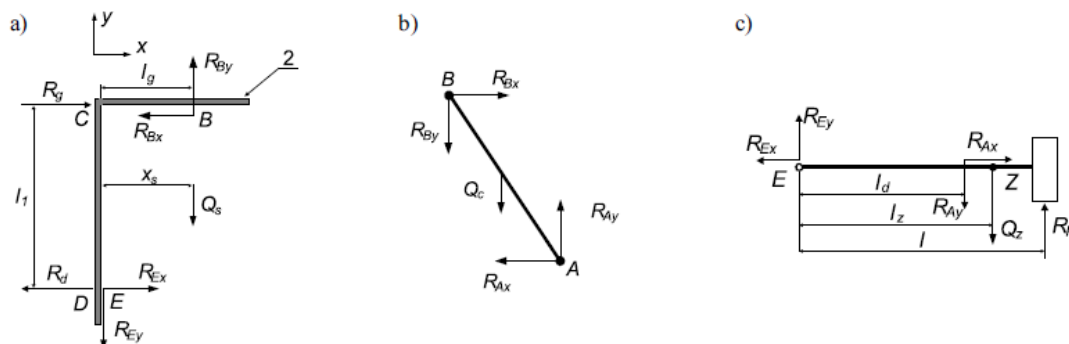
Ένα απλοποιημένο μοντέλο της ανάρτησης του οχήματος με τον τροχό του και το κινούμενο πλαίσιο δείχνεται στο επόμενο σχήμα



Εικόνα 4.5.2: Μοντέλο ανάρτησης (Kowal et al, 2011, Σελ 7, Fig 2)

Το υποτιθέμενο μοντέλο αποτελεί το μοντέλο του $\frac{1}{4}$ του οχήματος με τα στοιχεία ανάρτησης του. Το κινούμενο πλαίσιο που αντιπροσωπεύει το $\frac{1}{4}$ του σώματος του οχήματος πρέπει να προστατευθεί από τις δονήσεις που μεταδίδονται από τον τροχό. Η ομάδα των στοιχείων που το κέντρο μάζας της είναι στο σημείο Z αποτελείται από: έναν τροχό, ένα δισκόφρενο, κρεμαγιέρα, βραχίονα ανάρτησης, και τον τροχό. Η συνολική μάζα αυτών των στοιχείων είναι m_z . Ένα ελατήριο και ένας αποσβεστήρας συνδέονται με παράλληλη συνδεσμολογία ανάμεσα στον βραχίονα ανάρτησης και στο κινούμενο πλαίσιο 2. Το κέντρο μάζας αυτών των στοιχείων είναι στο σημείο C, που βρίσκεται στο μισό του τμήματος AB.

Ακολουθήσε η στατική και η δυναμική ανάλυση του συστήματος. Για να γίνει η στατική ανάλυση το σύστημα διαιρέθηκε σε 3 υποσυστήματα όπως διακρίνεται στο επόμενο σχήμα.



Εικόνα 4.5.3: Τα υποσυστήματα της μελέτης (Kowal et al, 2011, Σελ. 8, Fig 3)

Λύνοντας τις εξισώσεις ισορροπίας προκύπτουν οι δυνάμεις στα γραμμικά έδρανα και η δύναμη του δονητή που είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό του.

Για να γίνουν κάποιες προσομοιώσεις της λειτουργίας χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις της δόνησης θεωρώντας μικρές μετατοπίσεις. Θεωρώντας τις γενικευμένες συντεταγμένες σε σχέση με τη θέση ισορροπίας y_s – κάθετη μετατόπιση του πλαισίου 2, y_k – κάθετη μετατόπιση του κέντρου του τροχού προκύπτουν οι ακόλουθες εξισώσεις:

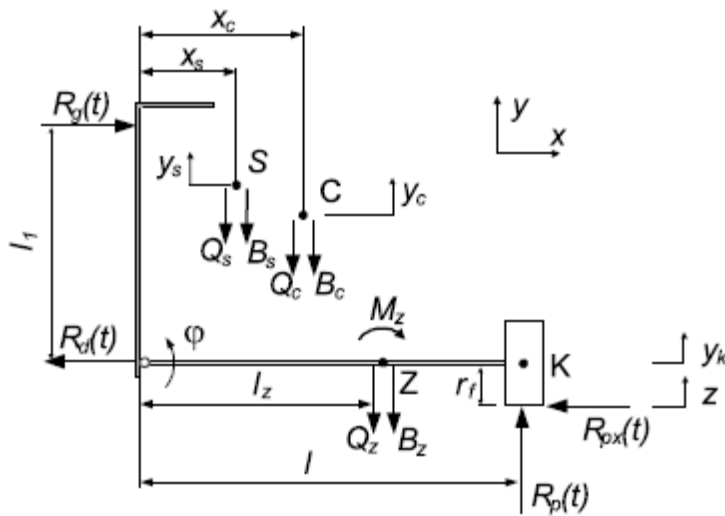
$$\left\{ \begin{aligned}
& \left(m_s + m_z \frac{(l-l_z)^2}{l^2} + \frac{1}{4} m_c \frac{(2l-l_d)^2}{l^2} + \frac{I_z}{l^2} \right) \ddot{y}_s + \\
& + \left(m_z \frac{ll_z - l_z^2}{l^2} + \frac{1}{4} m_c \frac{2ll_d - l_d^2}{l^2} - \frac{I_z}{l^2} \right) \ddot{y}_k + \\
& + \left(b_z \frac{l_d^2 \sin^2 \beta}{l^2} + b_{kx} \frac{r_f^2}{l^2} \right) (\dot{y}_s - \dot{y}_k) + \\
& + \left(c_z \frac{l_d^2 \sin^2 \beta}{l^2} + c_{kx} \frac{r_f^2}{l^2} \right) (y_s - y_k) = 0 \\
& \left(m_z \frac{l_z^2}{l^2} + \frac{1}{4} m_c \frac{l_d^2}{l^2} + \frac{I_z}{l^2} \right) \ddot{y}_k + \\
& + \left(m_z \frac{ll_z - l_z^2}{l^2} + \frac{1}{4} m_c \frac{2ll_d - l_d^2}{l^2} - \frac{I_z}{l^2} \right) \ddot{y}_s + b_k \dot{y}_k + \\
& + \left(b_z \frac{l_d^2 \sin^2 \beta}{l^2} + b_{kx} \frac{r_f^2}{l^2} \right) (\dot{y}_k - \dot{y}_s) + c_k y_k + \\
& + \left(c_z \frac{l_d^2 \sin^2 \beta}{l^2} + c_{kx} \frac{r_f^2}{l^2} \right) (y_k - y_s) = b_k \dot{z} + c_k z
\end{aligned} \right.$$

Εικόνα 4.5.4: Οι εξισώσεις του συστήματος (Kowal et al, 2011, Σελ 8, εξίσωση 1)

Έτσι ο πάγκος δοκιμών μοντελοποιείται σαν ένα σύστημα διακεκριμένων μαζών, αποσβεστήρων και ελατηρίων και προκύπτουν δύο γραμμικές διαφορικές εξισώσεις 2ας τάξης για τις μετατοπίσεις που μας ενδιαφέρουν.

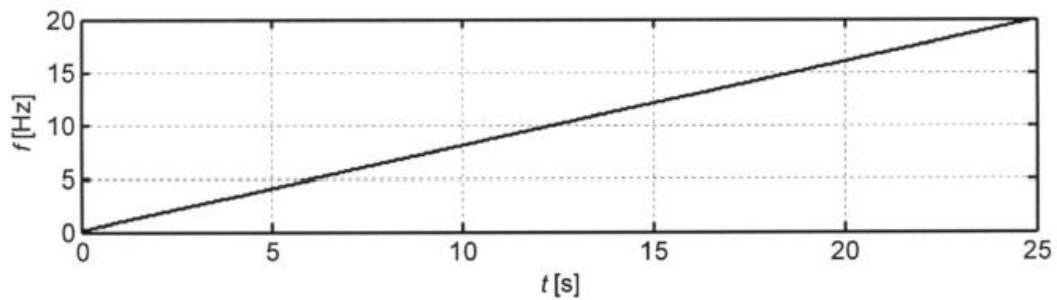
Από αυτές τις εξισώσεις μπορεί να υπολογιστούν οι ιδιοσυχνότητες του συστήματος

Κατόπιν μπορούν να υπολογιστούν οι αντιδράσεις στη δυναμική καταπόνηση θεωρώντας το σύστημα

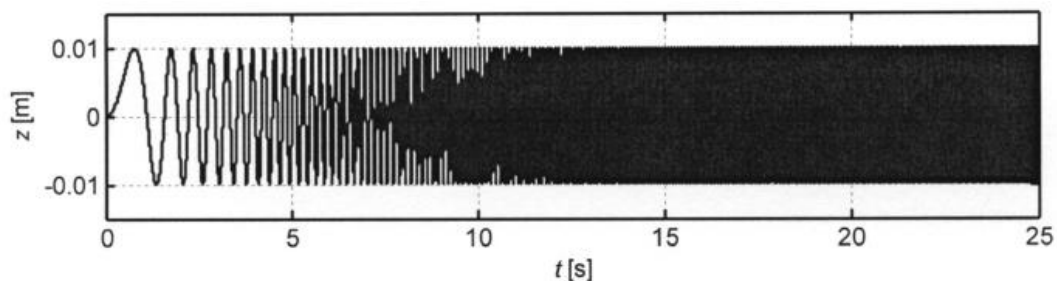


Εικόνα 4.5.5: Σύστημα για εύρεση αντιδράσεων (Kowal et al, Σελ. 8, Fig 4)

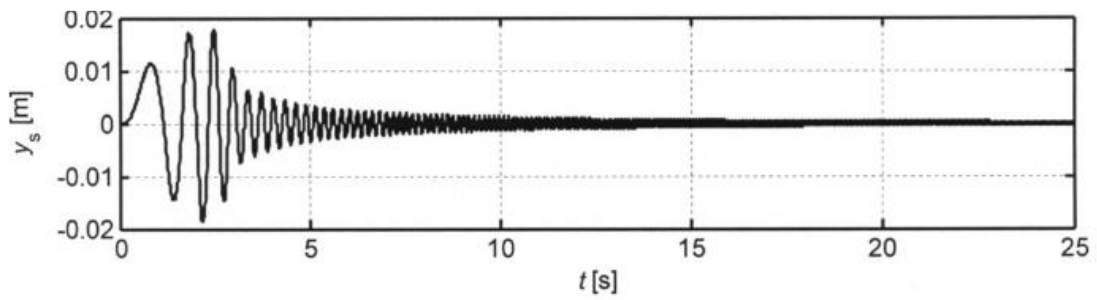
Κατόπιν μπορούν να γίνουν προσομοιώσεις του συστήματος για διάφορες διεγέρσεις και να αναπαραχθούν αποτελέσματα όπως δείχνουν ενδεικτικά τα επόμενα σχήματα που έχουν ληφθεί από την εργασία των (Kowal et al, 2011) και τα αποτελέσματα να μελετηθούν για τις απαιτήσεις αντοχής που θα θέσουμε για τα στοιχεία του εξοπλισμού



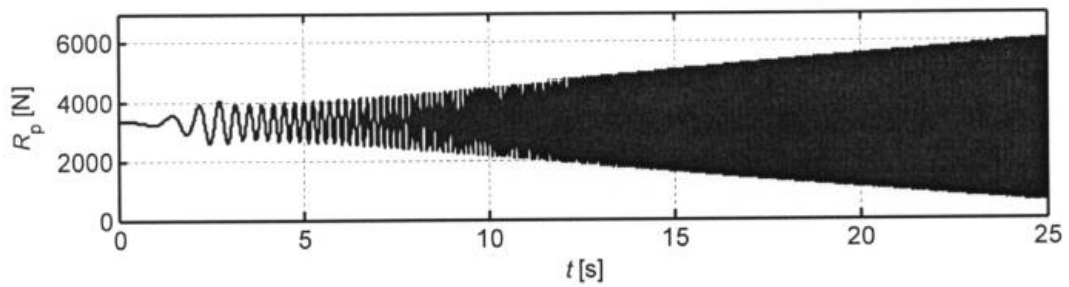
Εικόνα 4.5.6: Συχνότητα διέγερσης συναρτήσει του χρόνου (Kowal et al, 2011, Σελ. 9, Fig 5)



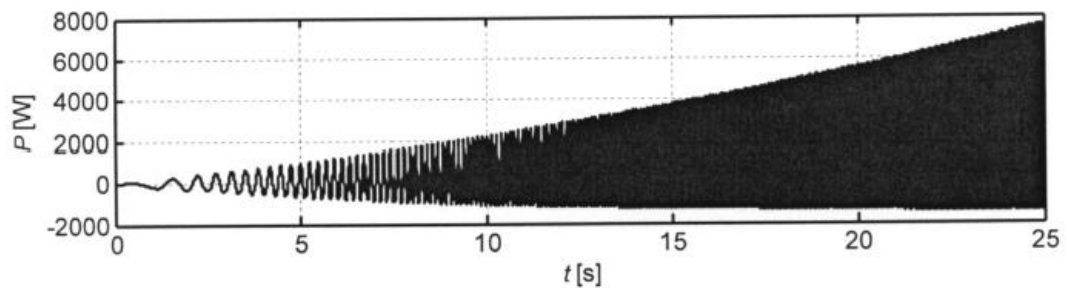
Εικόνα 4.5.7: Χρονικό προφίλ διέγερσης (Kowal et al, 2011, Σελ. 9, Fig 6)



Εικόνα 4.5.8: Προκύπτουσα μετατόπιση πλαισίου 2 (Kowal et al, 2011, Σελ. 9, Fig 7)



Εικόνα 4.5.9: Δύναμη δονητή (Kowal et al, 2011, Σελ. 10, Fig 9)



Εικόνα 4.5.10: Μεταδιδόμενη ισχύς στον τροχό (Kowal et al, 2011, Σελ. 10, Fig 10)

Έτσι όπως επιδείχθηκε ανωτέρω μπορεί να γίνει η προσομοίωση της λειτουργίας ενός πάγκου δοκιμών αναρτήσεων να εξαχθούν οι εξισώσεις λειτουργίας του και από αυτές διαγράμματα αποτελεσμάτων που θα χρησιμοποιηθούν για την διαστασιολόγηση των στοιχείων του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

5.1 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΕΝΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΑΡΤΗΣΕΩΝ

Μία από τις βασικές απαιτήσεις ασφάλειας είναι η διατήρηση της επαφής των τροχών ενός οχήματος με το οδόστρωμα. Αυτό λαμβάνοντας υπόψη τη δομή του οχήματος επιτυγχάνεται με τη λειτουργία των αποσβεστήρων του συστήματος ανάρτησης. Ο σκοπός τους είναι να αποσβένουν την ταλαντωτική κίνηση της ανάρτησης του οχήματος και να διατηρούν τους τροχούς σε επαφή με τον δρόμο.

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η φθορά του αποσβεστήρα καθώς αυτή επιφέρει απώλεια της ικανότητας του να διατηρεί σε επαφή τον τροχό του οχήματος με τον δρόμο, κάτι που δεν είναι επιθυμητό από πλευράς ασφάλειας κατά την οδήγηση του οχήματος.

Υπάρχουν δύο επιλογές για να καθοριστεί η κατάσταση των αποσβεστήρων. Στην πρώτη ο αποσβεστήρας αποσυναρμολογείται από το όχημα κι γίνονται έλεγχοι απευθείας σε αυτόν, αυτό όμως απαιτεί χρόνο. Στην δεύτερη επιλογή η δοκιμή των αποσβεστήρων γίνεται όταν αυτοί βρίσκονται επί του οχήματος και λαμβάνεται μια ενδεικτική κατάσταση του όλου συστήματος της ανάρτησης.

Στην μελέτη τους οι Sarkan et al (2015) απασχολήθηκαν με τον έλεγχο των αποσβεστήρων όταν αυτοί βρίσκονται επί του οχήματος. Συγκεκριμένα έγινε μελέτη της κατάστασης των αποσβεστήρων με τη μέθοδο EUSAMA και με τη μέθοδο εύρεσης του συντελεστή του αποσβεστήρα θ.

1 Μέθοδος EUSAMA. Έχει επεξηγηθεί στο κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας. Ακολουθεί ο πίνακας που δίνει τις τιμές του συντελεστή από αυτή την μέθοδο μαζί με την αντίστοιχη ένδειξη για την κατάσταση του αποσβεστήρα

Table 1: The percentage evaluation according of the principle EUSAMA

| Condition of damper | Value of weight in % |
|---------------------|----------------------|
| excellent | 61% and more |
| good | 41% - 60% |
| fair | 21% - 40% |
| bad | 20% and less |

Εικόνα 5.1.1: Τιμές του συντελεστή EUSAMA (Sarkan et al, 2015, Σελ. 1)

2 Μέθοδος THETA (θ). Αποτελεί μία νέα μέθοδο που προσδιορίζει σε καινούργιους πάγκους δοκιμών ένα συντελεστή του αποσβεστήρα θ, που

σχετίζεται με το συντελεστή απόσβεσης. Η εύρεση του συντελεστή θ από την λειτουργία του πάγκου δοκιμών δίνεται στο κεφάλαιο 4. Ακολουθεί πίνακας που δίνει την κατάσταση του αποσβεστήρα συναρτήσει της τιμής της παραμέτρου θ .

Table 2: Evaluation by dimensionless number THETA

| Condition of damper | Value of THETA |
|-----------------------|----------------|
| bad | 0,00 - 0,09 |
| on the border of life | 0,10 - 0,13 |
| good | 0,14 - 0,30 |

Εικόνα 5.1.2: Τιμές του συντελεστή θ (Sarkan et al, 2015, Σελ. 1)

Στην μελέτη των Sarkan et al (2015) έγινε μέτρηση της κατάστασης των αποσβεστήρων με διαφορετικές μεθόδους για το όχημα VW Golf III 1,9 TDi.

Στα οχήματα που έγιναν οι μετρήσεις οι αποσβεστήρες δεν είχαν αντικατασταθεί για τουλάχιστο 60.000 km.

Στις μετρήσεις τους λήφθηκαν οι περιπτώσεις όπου εμφανιζόταν μεγαλύτερη πίεση του αντίστοιχου τροχού από το κανονικό, μικρότερη πίεση του ίδιου τροχού από το κανονικό, και ακατάλληλη πλήρωση του πίσω αριστερού αποσβεστήρα και εξετάστηκε το πώς αυτές οι συνθήκες επηρεάζουν τις μετρήσεις. Χρησιμοποιήθηκαν τρεις εγκαταστάσεις δοκιμών οι οποίες μαζί με την μέθοδο που χρησιμοποιούν για τα αποτελέσματα τους δίνονται στον επόμενο πίνακα.

Table 3: Diagnostic equipment

| Device | Principle | Method of measurement |
|--------------------|-----------|-------------------------|
| MAHA MSD 3000 | THETA | the entire axle at once |
| MAHA SA - 2 - D | EUSAMA | each wheel separately |
| BOSCH SDL 260 S 10 | EUSAMA | each wheel separately |

Εικόνα 5.1.3: Διαγνωστικός εξοπλισμός (Sarkan et al, 2015, Σελ. 2)

Στα επόμενα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που δίνουν για:

- a) Την κατάσταση των αποσβεστήρων σε κανονικές συνθήκες μέτρησης.
- b) Την κατάσταση των αποσβεστήρων για ακατάλληλη πίεση τροχών
- c) Την κατάσταση των αποσβεστήρων για διαφορετικά φορτία αξόνων.
- d) Την κατάσταση των αποσβεστήρων μετά την αλλαγή των πίσω αποσβεστήρων

a) Ένδειξη Κατάστασης των αποσβεστήρων σε συνήθεις συνθήκες μέτρησης

Έγιναν μετρήσεις και στους τρεις διαγνωστικούς εξοπλισμούς. Για τον μπροστινό άξονα οι εξοπλισμοί που λειτουργούν με την μέθοδο EUSAMA δίνουν τα ίδια αποτελέσματα με αυτούς που δίνουν το συντελεστή θ .

Ο πίσω άξονας ικανοποιεί το κριτήριο θ σε 100%. Σύμφωνα με τη μέθοδο EUSAMA ο πίσω αριστερός αποσβεστήρας βρίσκεται στο επίπεδο 63%. Στα αποτελέσματα των δοκιμών στις συσκευές MAHA και BOSCH με την αρχή EUSAMA η διαφορά στο πίσω δεξιά αποσβεστήρα ήταν 13%.

Table 4: State of shock absorber before exchange shock absorber on the rear axle

| Device | Left front | Right front | Weight front axle |
|-------------------|------------|-------------|-------------------|
| MAHA MSD 3000 | 0,23 | 0,20 | 729 kg |
| MAHA SA – 2 – D | 71% | 69% | 706 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 | 71% | 68% | 797 kg |
| Device | Left rear | Right rear | Weight rear axle |
| MAHA MSD 3000 | >0,30 | >0,30 | 468 kg |
| MAHA SA – 2 – D | 63% | 70% | 445 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 | 60% | 57% | 446 kg |

Εικόνα 5.1.4: Κατάσταση αποσβεστήρων πριν την αλλαγή του πίσω αριστερού αποσβεστήρα (Sarkan et al, 2015, Σελ. 2)

b) Ένδειξη Κατάστασης του αποσβεστήρα στον τροχό με ακατάλληλη πίεση

Αυτή είναι μία συχνή κατάσταση. Οι μετρήσεις έγιναν σε κάθε άξονα με αύξηση και κατόπιν μείωση της πίεσης των τροχών κατά 0.5 atm σε σχέση με την ονομαστική πίεση των τροχών έχοντας λάβει και μία διαρροή στον πίσω αριστερά αποσβεστήρα. Χρησιμοποιήθηκε η συσκευή BOSCH SDL 260 S10 που λειτουργεί με την μέθοδο EUSAMA.

Table 5: Comparing the shock absorber in the overinflated tire and underinflated tire

| | Left front | Right front | Weight front axle |
|-----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Standard measurement | 71% | 68% | 829 kg |
| Overinflated tire about 0,5 atm. | 64% | 65% | 826 kg |
| Underinflated tire about 0,5 atm. | 76% | 73% | 836 kg |
| | Left rear | Right rear | Weight rear axle |
| Standard measurement | 11% | 57% | 537 kg |
| Overinflated tire about 0,5 atm.. | 3% | 48% | 538 kg |
| Underinflated tire about 0,5 atm. | 19% | 62% | 537 kg |

Εικόνα 5.1.5: Σύγκριση των τιμών που δίνει η μέθοδος EUSAMA για τον ίδιο αποσβεστήρα σαν συνάρτηση της πίεσης του ελαστικού του αντίστοιχου τροχού.(Sarkan et al, 2015, Σελ. 2)

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα η αύξηση της πίεσης του ελαστικού του τροχού επιφέρει μείωση της ένδειξης. Στον μπροστινό άξονα η αύξηση της πίεσης κατά 0.5 atm έφερε μείωση τα ένδειξης κατά 3% - 7%, και στον πίσω άξονα μείωση κατά 8% - 9%. Η μείωση της πίεσης του ελαστικού του τροχού φέρει αύξηση της ένδειξης στον μπροστινό άξονα κατά 5% - 6% και στον πίσω άξονα κατά 5% - 8%. Αυτό το φαινόμενο εξηγείται γιατί με την μεταβολή της πίεσης του ελαστικού μεταβάλλεται η δυσκαμψία του κι έτσι επηρεάζονται οι ενδείξεις που δίνει η μέθοδος.

c) Ένδειξη Κατάστασης αποσβεστήρα συναρτήσει φορτίου άξονα

Με την μέθοδο EUSAMA παρουσιάζεται μεταβολή των αποτελεσμάτων όταν ελαφρύνει το φορτίο των αξόνων. Στην πρώτη δοκιμή με τους αρχικούς αποσβεστήρες μετακινήθηκε βάρος από τον μπροστά στον πίσω τροχό. Αυτό επαναλήφθηκε και στη δεύτερη δοκιμή όπου είχε γίνει αλλαγή των πίσω αποσβεστήρων. Η μετρήσεις έγιναν με την συσκευή BOSCH SDL 260 S10 που λειτουργεί με την μέθοδο EUSAMA.

Table 6: Comparison dampers when transferring weight between the axles before the exchanging rear shock absorbers

| | Left front | Right front | Weight front axle |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Standard measurement | 71% | 68% | 829 kg |
| Weight transfer to the rear axle | 67% | 65% | 745 kg |
| | Left rear | Right rear | Weight rear axle |
| Standard measurement | 11% | 57% | 537 kg |
| Weight transfer to the rear axle | 27% | 60% | 615 kg |

Εικόνα 5.1.6: Μεταβολή στις ενδείξεις EUSAMA με την αλλαγή φορτίου αξόνων για διαρροή υγρού στο πίσω αριστερά αποσβεστήρα (Sarkan et al, 2015, Σελ 2)

Η μείωση του βάρους στον μπροστινό άξονα επέφερε πτώση της ένδειξης στους αντίστοιχους αποσβεστήρες μόνο κατά 3% - 4%. Η αύξηση του βάρους στον πίσω άξονα στον ελαφρά φθαρμένο αποσβεστήρα επέφερε αύξηση της ένδειξης μόνο κατά 3%, ενώ στον αποσβεστήρα με διαρροή έφερε αύξηση σημαντική κατά 16%.

Table 7: Comparison dampers when transferring weight between the axles after the exchanging rear shock absorbers

| | Left front | Right front | Weight front axle |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Standard measurement | 74% | 73% | 817 kg |
| Weight transfer to the rear axle | 72% | 69% | 743 kg |
| | Left rear | Right rear | Weight rear axle |
| Standard measurement | 73% | 65% | 516 kg |
| Weight transfer to the rear axle | 72% | 63% | 591 kg |

Εικόνα 5.1.7: Μεταβολή στις ενδείξεις EUSAMA με την αλλαγή φορτίου αξόνων μετά την αλλαγή των πίσω αποσβεστήρων (Sarkan et al, 2015, Σελ 3)

Η ελάττωση του βάρους στον μπροστινό άξονα κατά 74 kg οδηγεί σε πτώση της ένδειξης στους αντίστοιχους αποσβεστήρες κατά περίπου 2% - 4%, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση. Στον πίσω άξονα το φορτίο αυξήθηκε κατά 75 kg. Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει πολύ μικρή πτώση της ένδειξης κατά περίπου 1% - 2%.

D) Ένδειξη της κατάστασης του αποσβεστήρα μετά την αλλαγή στον πίσω άξονα

Στον επόμενο πίνακα δίνονται οι αλλαγές στις ενδείξεις μετά την αλλαγή και πριν την αλλαγή του πίσω αριστερού αποσβεστήρα για τις διάφορες συσκευές δοκιμών που λειτουργούν με την μέθοδο EUSAMA ή την μέθοδο εύρεσης του συντελεστή θ .

Table 8: State of shock absorber before and after exchange on the rear axle

| Device | Left front | Right front | Weight front axle |
|--------------------------------------|------------|-------------|-------------------|
| MAHA MSD 3000 Before exchange | 0,23 | 0,20 | 729 kg |
| MAHA MSD 3000 After exchange | 0,22 | 0,21 | 764 kg |
| MAHA SA – 2 – D Before exchange | 71% | 69 % | 706 kg |
| MAHA SA – 2 – D After exchange | 72 % | 67 % | 713 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 Before exchange | 71 % | 68 % | 797 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 After exchange | 74 % | 73 % | 817 kg |
| | Left rear | Right rear | Weight rear axle |
| MAHA MSD 3000 Before exchange | >0,30 | >0,30 | 468 kg |
| MAHA MSD 3000 After exchange | >0,30 | >0,30 | 457 kg |
| MAHA SA – 2 – D Before exchange | 63 % | 70 % | 445 kg |
| MAHA SA – 2 – D After exchange | 73 % | 76 % | 454 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 Before exchange | 60 % | 57 % | 446 kg |
| BOSCH SDL 260 S10 After exchange | 73 % | 65 % | 516 kg |

Εικόνα 5.1.8: Ένδειξη κατάστασης αποσβεστήρων πριν και μετά την αλλαγή του πίσω αριστερά αποσβεστήρα (Sarkan et al, 2015, Σελ. 3)

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα είναι εμφανές ότι υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν τις ενδείξεις που λαμβάνονται από τις δοκιμές αποσβεστήρων ανάρτησης και αυτό κάνει εμφανές ότι αυτές οι δοκιμές θα πρέπει να γίνονται υπό κάποιες πρότυπες συνθήκες.

5.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΝΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ EUSAMA

Σε κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής ένωσης καθορίζεται ότι για να έχουν ισχύ τα αποτελέσματα δοκιμής αποσβεστήρων με την μέθοδο EUSAMA θα πρέπει:

- Ο τεχνικός πριν από τη μέτρηση να πιστοποιήσει ότι η πίεση των ελαστικών των τροχών έχει την ονομαστική της τιμή όπως αυτή δίνεται από τον παραγωγό.

- Το εξεταζόμενο όχημα δεν θα πρέπει να υπερφορτώνεται (εκτός από το βάρος του οδηγού), ενώ για ένα όχημα βάρους μικρότερου από 900kg στο οποίο περιλαμβάνεται το φορτίο του πίσω άξονα θα πρέπει να τοποθετείται επιπλέον φορτίο ίσο με το βάρος δύο ανθρώπων (Υπουργείο Μεταφορών Πολωνίας, 2012). Αυτές οι απλές απαιτήσεις δεν ικανοποιούνται συνήθως στην πράξη με αποτέλεσμα τα αποτελέσματα από τις δοκιμές να παρουσιάζουν σφάλμα ως προς την κατάσταση των αποσβεστήρων.

Οι δοκιμές της απόδοσης των αποσβεστήρων στην μελέτη των Jurecki et al (2014) έγιναν στην συσκευή Bosch Beissbarth που ήταν εξοπλισμένη με "συσκευή για τον έλεγχο της απόσβεσης του άξονα SA640" και παρουσιάζεται στην εικόνα 5.2.1. Η συσκευή λειτουργεί με την μέθοδο EUSAMA.



Εικόνα 5.2.1: Η διάταξη μέτρησης (Jurecki et al, 2014, Σελ. 2, Fig 1)

Οι δοκιμές έγιναν σε τέσσερα επιλεγμένα οχήματα με διαφορετικά βάρη. Εξετάστηκαν οι ακόλουθες περιπτώσεις:

1. Υπερπίεση στα ελαστικά των τροχών (κατά 30%) και ακολούθως υποπίεση (κατά 50%) ως προς την ονομαστική τιμή που καθορίζουν οι παραγωγοί του οχήματος
2. Επιπλέον φορτίο στο όχημα.

Οι δοκιμές έγιναν σε τέσσερα οχήματα: Skoda Felicia, Seat Toledo, VW Caravelle και Audi A4.

Τα αποτελέσματα για τις σχετικές μεταβολές της ένδειξης κατά EUSAMA της κατάστασης των αποσβεστήρων στον μπροστινό άξονα δίνονται στην εικόνα 5.2.2. Από ότι φαίνεται η πτώση της πίεσης προκαλεί αύξηση της ένδειξης. Η σχετική μεταβολή της ένδειξης λαμβάνεται έχοντας σαν ονομαστική ένδειξη εκείνη για ονομαστική πίεση.

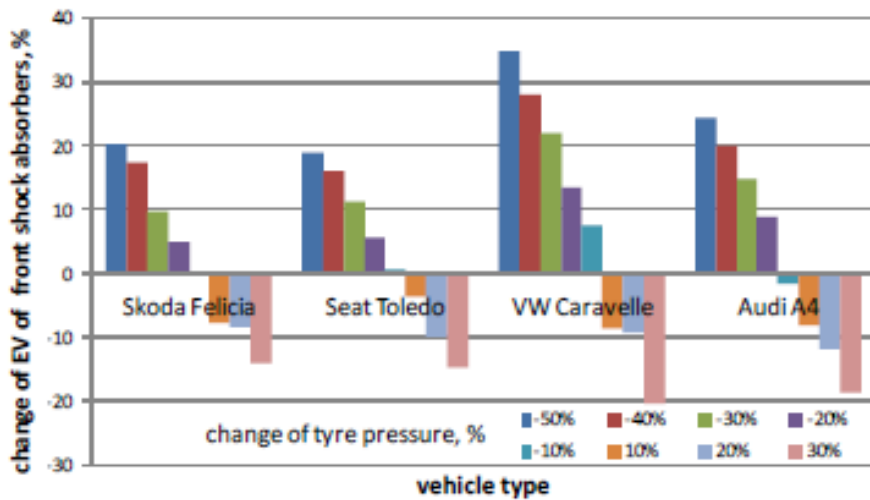


Fig. 3. The change of the EV damping indicator of front shock absorbers depending on pressure in tyres

Εικόνα 5.2.2: Μεταβολή της EUSAMA ένδειξης των μπροστά αποσβεστήρων ως εξάρτηση της αντίστοιχης πίεσης του ελαστικού του τροχού.(Jurecki et al, 2014, Σελ. 4)

Οι σχετικές μεταβολές στην ένδειξη EUSAMA για την κατάσταση των πίσω αποσβεστήρων των οχημάτων σαν συνάρτηση τα αντίστοιχης πίεσης των ελαστικών δίνεται στην εικόνα 5.2.3

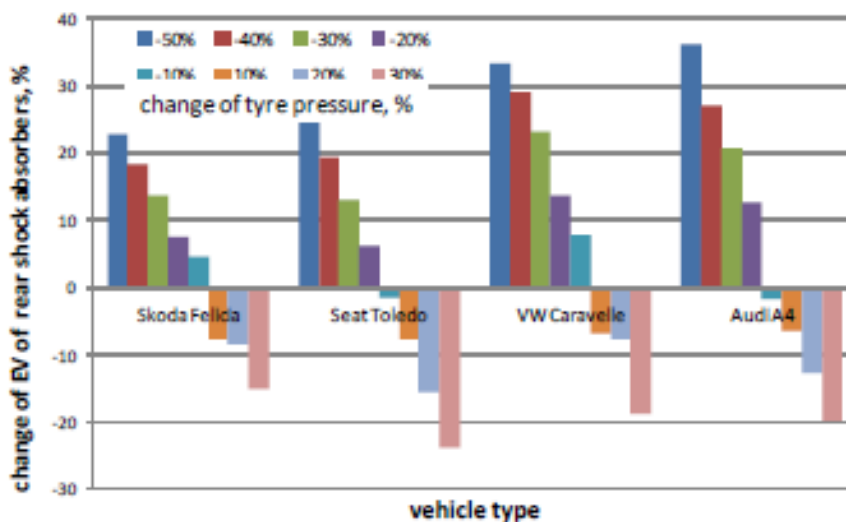


Fig. 4. The change of the EV damping indicator of rear shock absorbers depending on pressure in tyres

Εικόνα 5.2.3: Μεταβολή της EUSAMA ένδειξης των πίσω αποσβεστήρων ως εξάρτηση της αντίστοιχης πίεσης του ελαστικού του τροχού.(Jurecki et al, 2014, Σελ 4)

Και εδώ φαίνεται η μεγάλη εξάρτηση της ένδειξης από την πίεση των ελαστικών. Τα πιο ευαίσθητα οχήματα ήταν τα βαρύτερα VW Caravelle ή Audi A4. Η μεταβολή στην ένδειξη σε αυτά έφτανε μέχρι και 30-35%.

Η εικόνα 5.2.4 παρουσιάζει την εξάρτηση της αλλαγής της EUSAMA ένδειξης της κατάστασης των αποσβεστήρων του μπροστινού άξονα από το φορτίο του οχήματος. Λήφθηκε σαν τιμή φορτίου του οχήματος η μάζα του συν το βάρος ενός ανθρώπου (75kg).

Παρατηρήθηκε μικρή μεταβολή των ενδείξεων.

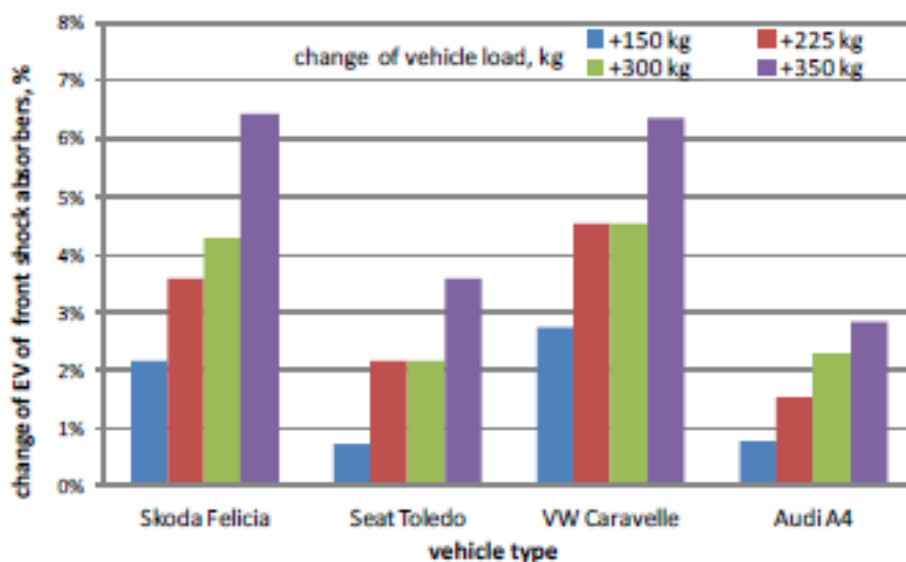


Fig. 5. The change of EV damping indicator of front shock absorbers on the load of a vehicle

Εικόνα 5.2.4: Μεταβολή της EUSAMA ένδειξης των μπροστινών αποσβεστήρων συναρτήσει του φορτίου του οχήματος (Jurecki et al, 2014, Σελ. 4)

Η κατάσταση είναι διαφορετική για τους πίσω αποσβεστήρες, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2.5, όπου η μεταβολή μπορεί να είναι της τάξης του 25%

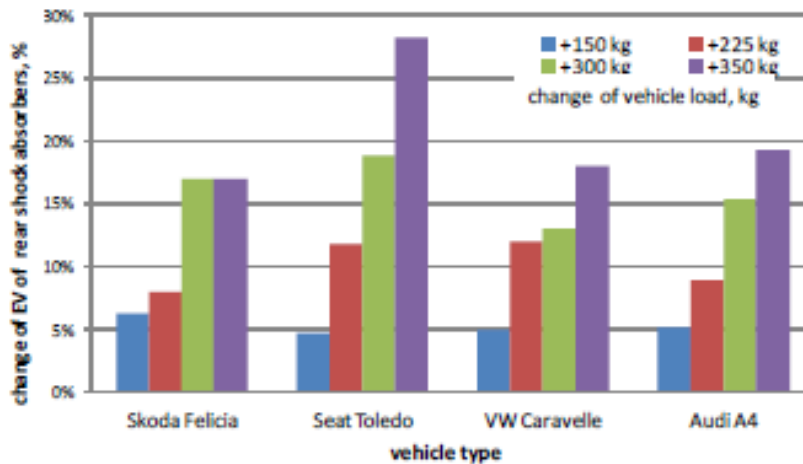


Fig. 6. The change of EV damping indicator of rear shock absorbers on the load of a vehicle

Εικόνα 5.2.5: Μεταβολή της EUSAMA ένδειξης των πίσω αποσβεστήρων συναρτήσει του φορτίου του οχήματος (Jurecki et al, 2014, Σελ 5)

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι οι τιμές από τη δοκιμή με μέθοδο EUSAMA αποδίδουν αξιόπιστα την κατάσταση των αποσβεστήρων μόνο όταν γίνονται υπό τις συνθήκες που επιτάσσουν οι εθνικοί κανονισμοί γιατί οποιαδήποτε απόκλιση στις συνθήκες της μέτρησης μπορεί να δώσει αποτελέσματα που δεν αποδίδουν την κατάσταση του αποσβεστήρα όπως έχει φανεί από τα προηγούμενα σχήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

5.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα εκτεθέντα στην παρούσα εργασία προκύπτει ότι η ανάρτηση αποτελεί ένα βασικό στοιχείο ενός οχήματος το οποίο με την καλή λειτουργία του εξασφαλίζει άνεση κατά την οδήγηση ελαττώνοντας το επίπεδο δονήσεων που λαμβάνει το πλήρωμα του οχήματος και ασφάλεια κατά την οδήγηση διατηρώντας πάντα τους τροχούς του οχήματος σε επαφή με το οδόστρωμα ανεξάρτητα από το προφίλ του δρόμου.

Οι αναρτήσεις αποτελούν μηχανολογικό εξοπλισμό που φορτίζεται έντονα κατά τη λειτουργία ενός οχήματος και για το λόγο αυτό η Ευρωπαϊκή αλλά και οι κατά τόπους Εθνική Νομοθεσία έχει θέσει την ανάγκη περιοδικού ελέγχου τους και απαιτείται από τα αποτελέσματα αντικατάσταση τους.

Για τους ελέγχους των αναρτήσεων έχουν καθοριστεί διαδικασίες δοκιμών είτε για τους αποσβεστήρες τους αφού έχουν προηγουμένως αποσυναρμολογηθεί από το όχημα (γίνεται σε εργαστήρια έρευνας) ή για τους αποσβεστήρες επί του οχήματος (γίνεται σε συνεργεία-ΚΤΕΟ).

Στη 2^η περίπτωση οι μέθοδοι που είναι κοινά αποδεκτές είναι οι μέθοδος EUSAMA, η μέθοδος BOGE, και η μέθοδος εύρεσης του συντελεστή απόσβεσης VTEC. Πρόσφατα σε εξοπλισμό εργασίας που λειτουργεί σύμφωνα με την μέθοδο BOGE εξάγεται σαν αποτέλεσμα ο συντελεστής που χαρακτηρίζει την απόσβεση Θ (Βλέπε κεφάλαιο 4, εξοπλισμός MAHA SD 3000).

Επίσης με την χρήση των Η/Υ στην έρευνα έχει γίνει πιο δυνατή η μοντελοποίηση της λειτουργίας ενός πάγκου δοκιμών αναρτήσεων και η εύρεση των εξισώσεων που χαρακτηρίζουν τη λειτουργία του και η εξαγωγή συμπερασμάτων – αποτελεσμάτων για τη λειτουργία των στοιχείων που τον απαρτίζουν.

Επιπλέον, η έρευνα έχει αποδείξει ότι τα αποτελέσματα των δοκιμών επηρεάζονται από διάφορες συνθήκες όπως την κατάσταση των ελαστικών των τροχών και το φορτίο του οχήματος ειδικά για την μέθοδο EUSAMA η οποία όμως συνεχίζει να είναι η πιο διαδεδομένη λόγω της απλότητας της αλλά θα πρέπει να γίνεται υπό αυστηρά καθορισμένες συνθήκες δοκιμής ώστε να παρουσιάζει αξιόπιστα αποτελέσματα.

6.2 ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Από τα ανωτέρω προκύπτει ότι οι δοκιμές αναρτήσεων θα μπορούσαν σε επίπεδο έρευνας να χρησιμοποιηθούν στην μοντελοποίηση της συμπεριφοράς αποσβεστήρων για να ευρεθούν μέσω των δοκιμών αυτών οι σταθερές που χαρακτηρίζουν τον αποσβεστήρα όπως και να εξάγονται συμπεράσματα για οποιαδήποτε βλάβη που αυτός παρουσιάζει, με μεγάλη εφαρμογή στην διαγνωστική αυτού του εξοπλισμού. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με την μορφή software που θα εμφάνιζε από συνδυασμό μετρήσεων την πιο πιθανή βλάβη του αποσβεστήρα και δεν θα έβγαζε ένα γενικό συμπέρασμα για την κατάσταση του

Επιπλέον ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η προσπάθεια εύρεσης ή τροποποίησης μιας δοκιμής αναρτήσεων ώστε οι φορτίσεις που δέχεται ο αποσβεστήρας κατά τη διάρκεια της να προσομοιάζουν αυτές που δέχεται κατά την οδήγηση του οχήματος σε ένα τυπικό προφίλ οδοστρώματος ώστε να υπάρχει καλύτερη προσομοίωση της πραγματικότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Šarkan, B., Vrábek, J., Skrúcaný, T., & Ševčík, M. „Methods of assessing the technical condition of automotive shock absorbers in the road vehicles operation “IN: Machines, technologies, materials: international virtual journal.
2. Jurecki, R., Jaśkiewicz, M., & Wdowski, T. (2014). Testing the influence of car load and pressure in tyres on the value of damping of shock absorbers specified with the use of the Eusama method. *Diagnostyka*, 15(3), 45-50.
3. Gardulski, J. (2008). Testing methods for vehicle shock absorbers. *Journal of KONES*, 15, 77-88.
4. Inspection, S. P. (1998). 12. APTA PR-IM-S-012-98.
5. Directive, W. F. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official journal of the European communities*, 22(12), 2000.
6. RECOMMENDATIONS COMMISSION RECOMMENDATION of 5 July 2010 on the assessment of defects during roadworthiness testing in accordance with Directive 2009/40/EC of the European Parliament and of the Council on roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers (2010/378/EU)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32010H0378>
7. COMMISSION DIRECTIVE 2010/48/EU of 5 July 2010 adapting to technical progress Directive 2009/40/EC of the European Parliament and of the Council on roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers (Text with EEA relevance)
<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:173:0047:0072:EN:PDF>
8. European Parliament and the Council of the European Union. (2014). Directive 2014/40/EU of the European Parliament and of the Council of 3 April 2014 on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States concerning the manufacture, presentation and sale of tobacco and related products and repealing Directive 2001/37/EC.
9. Κωνσταντινίδης, Κ., & Παπαδόπουλος, Α. (2015). Δυναμική ανάλυση ταλαντώσεων οχημάτων και αποσβέσεων αυτών.
10. Dixon, J. C. (2008). *The shock absorber handbook*. John Wiley & Sons.

11. Kowal, J., Snamina, J., & Wzorek, T. (2011). Design of the laboratory stand for testing vehicle suspensions. *Mechanics and control*, 30(1).

12. Procedure to verify the dynamic behavior of the Suspension System on vehicle inspection Jordi Brunet Technical Manager, VTEQ, Spain CITA Regional Conference for Africa 4-5 March 2014

<https://citainsp.org/wp-content/uploads/2016/01/6.3-Brunet-VTEC-CITA-Regional-Conference-for-Africa-presentation.pdf>

13. SHOCK ABSORBER AND SUSPENSION TESTER FOR PASSENGER CARS AND COMMERCIAL VEHICLES SA 2/FWT 1 SERIES

http://www.asanetwork.es/doc_equipos/maha_banco_suspensiones_sa2_fwt1_en.pdf

14. NATIONAL CODE OF PRACTICE VEHICLE STANDARDS BULLETIN VSB 11

https://infrastructure.gov.au/vehicles/vehicle_regulation/bulletin/index.aspx

15. Suspension Tester Specification. CVRT, RSA

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwid1NuuuujhAhUK4KYKHb8UAEYQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.cvrt.ie%2Fen%2FAbout-CVRT%2FDocuments%2FSuspension%2520Tester%2520Specification%2520\(ref%2520RSA%2520Notice%252040%25202015\).pdf&usg=AOvVaw0vpNCawXBd_oBVB9VKq1gU](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwid1NuuuujhAhUK4KYKHb8UAEYQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fwww.cvrt.ie%2Fen%2FAbout-CVRT%2FDocuments%2FSuspension%2520Tester%2520Specification%2520(ref%2520RSA%2520Notice%252040%25202015).pdf&usg=AOvVaw0vpNCawXBd_oBVB9VKq1gU)

16. MAHA MSD 3000 EURO VP 215033 EN

<https://www.maha.de/page/shock-absorber-tester-msd-3000-euro.htm>

17. CONTACTEST 3800 ENG

http://hofmann-srbija.com/wp-content/uploads/2010/09/Contactest_3800_ENG.pdf