



ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Σχολή : Τεχνολογικών εφαρμογών

Τμήμα : Μηχανολόγων μηχανικών τ.ε



### Πτυχιακή εργασία

Τίτλος πτυχιακής εργασίας :

*Διατάξεις περιορισμού της γωνίας κύλισης οχημάτων εδάφους.*

Τίτλος στα αγγλικά :

*Ground vehicles' roll angle reduction mechanisms.*

Υπεύθυνος φοιτητής : Χιώνης Γεώργιος

Επιβλέπων καθηγητής : Αντώνιος Τσολάκης

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2018

## **Περίληψη**

Στην εργασία αυτή, πραγματοποιείται μελέτη και σύγκριση στις διατάξεις περιορισμού της γωνίας κύλισης οχημάτων εδάφους.

Αρχικά λοιπόν, γίνεται η εισαγωγή στο ζήτημα που οδήγησε στην δημιουργία των διατάξεων αυτών. Στην συνέχεια ορίζονται η έννοια της γωνίας κύλισης καθώς και η μέθοδος μέτρησης αυτής. Περαιτέρω, γίνεται διαχωρισμός των δύο κύριων κατηγοριών διατάξεων, οι οποίες επεξηγούνται εννοιολογικά. Επίσης αναλύονται όλες οι διατάξεις περιορισμού της γωνίας κύλισης, αρχικά οι παθητικές και έπειτα οι ενεργές. Τέλος γίνεται σύγκριση και αξιολόγηση μεταξύ των δυο κατηγοριών μεταξύ τους όπως και κάθε επιμέρους διάταξης χωριστά.

## **Abstract**

In this survey, a research is conducted regarding the ground vehicles' roll angle reduction mechanism as well as a comparison among the different kinds of them.

At first, there is an introduction about the reason that led to the invention of the above mechanism. What comes then is the definition of the roll angle and the method that it is measured. Furthermore, the ground vehicles' roll angle reduction mechanisms get divided into two general categories the definition of which will be presented in this survey. Also, those two general mechanisms' categories, the active and the passive, get further illustrated in detail. Last but not least, after this analysis comes a comparison and an evaluation of the two categories of mechanisms but also of all the mechanisms mentioned, one by one.

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Περιεχόμενα .....	3
1 Εισαγωγή .....	5
2 Γωνία κύλισης ενός τροχοφόρου οχήματος.....	6
2.1 Μέτρηση γωνίας κύλισης. ....	6
3 Παθητικά συστήματα ελέγχου .....	8
3.1 Αντιστρεπτικοί δοκοί σε επιβατηγά οχήματα στον εμπρόσθιο άξονα. ..	8
3.1.1 Λειτουργία αντιστρεπτικής δοκού (zamfor).....	9
3.1.2 Θραύση αντιστρεπτικής δοκού.....	10
3.2 Σύστημα τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπτου άξονα .....	12
3.2.1 Ανάλυση μερών του συστήματος. ....	12
3.2.2 Τρόπος λειτουργίας συστήματος. ....	14
3.3 Διασυνδεδεμένο υδραυλικό κύκλωμα ανάρτησης. ....	15
3.3.1 Ανάλυση του συστήματος. ....	15
3.3.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	16
3.3.3 Η χρήση του συστήματος στον μηχανοκίνητο αθλητισμό. ....	17
3.4 Αντιταλαντευτικό σύστημα για φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα. 18	
3.4.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος. ....	18
3.4.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	19
3.5 Εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους. ....	20
3.5.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος. ....	20
3.5.2 Λειτουργία του συστήματος. ....	21
4 Ενεργά συστήματα ελέγχου .....	22
4.1 Υδραυλικό σύστημα ανάρτησης άμεσης σύνδεσης με το υδραυλικό τιμόνι.....	22
4.1.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος. ....	22
4.1.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	23
4.2 Ενεργό υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης με ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς. ....	24
4.2.1 Ανάλυση των κύριων μερών του συστήματος. ....	24
4.2.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	27

4.3 Σύστημα περιορισμού εγκάρσιας κλίσης βαρέου τύπου οχήματος για έλεγχο ύψους και αισθητήρες για την γωνία κλίσης. ....	28
4.3.1 Αναφορά των κύριων μερών του συστήματος. ....	28
4.3.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	30
4.4 Ενεργό σύστημα αντιστρεπτικής δοκού. ....	31
4.4.1 Επεξήγηση συστήματος και θεωρητικός τρόπος λειτουργίας. ....	31
4.5 Ενεργό ηλεκτρομαγνητικό σύστημα ελέγχου γωνίας κύλισης αυτοκινήτου. ....	34
4.5.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος. ....	35
4.5.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος. ....	37
5 Σύγκριση συστημάτων .....	38
5.1 Σύγκριση ενεργών και παθητικών συστημάτων. ....	38
5.1.1 Θετικά σημεία παθητικών συστημάτων. ....	38
5.1.2 Θετικά σημεία ενεργών συστημάτων. ....	38
5.1.3 Αρνητικά σημεία παθητικών και ενεργών συστημάτων. ....	39
5.2 Αξιολόγηση κάθε επιμέρους παθητικής διάταξης. ....	39
5.2.1 Αντιστρεπτικής δοκού. ....	39
5.2.2 Σύστημα τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπτου άξονα. ....	39
5.2.3 Διασυνδεδεμένο κύκλωμα υδραυλικής ανάρτησης. ....	39
5.2.4 Αντιταλαντευτική συσκευή για φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα. ....	40
5.2.5 Εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους. .	40
5.3 Αξιολόγηση κάθε επιμέρους ενεργής διάταξης. ....	40
5.3.1 Υδραυλικό σύστημα ανάρτησης άμεσης σύνδεσης με το υδραυλικό τιμόνι. ....	40
5.3.2 Ενεργό υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης με ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς. ....	40
5.3.3 Διάταξη περιορισμού εγκάρσιας κλίσης βαρέου τύπου οχήματος για έλεγχο ύψους και αισθητήρες για την γωνία κλίσης. ....	41
5.3.4 Ενεργό σύστημα αντιστρεπτικής δοκού. ....	41
5.3.5 Ενεργό ηλεκτρομαγνητικό σύστημα ελέγχου γωνίας κύλισης αυτοκινήτου. ....	41
5.4 Πίνακας αποτελεσμάτων .....	42
6 Βιβλιογραφία .....	43

## 1 Εισαγωγή

Η ραγδαία εξέλιξη στην αυτοκινητική βιομηχανία τόσο στην ταχύτητα των αυτοκινήτων όσο και στην άνεση που απαιτούσε ο εκάστοτε οδηγός δημιούργησαν μεγαλύτερες ανάγκες για ασφάλεια. Αρχικά τα οχήματα κατασκευάζονταν από σκληρές αναρτήσεις, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλες γωνίες κλήσης του αυτοκινήτου σε στροφές και σε απότομες αλλαγές πορείας . Η επιλογή αυτή όμως σύντομα αμφισβητήθηκε αφού το αμάξωμα του αυτοκινήτου καταπονούνταν σε ανομοιότητες του οδοστρώματος και οδηγούσε στην αστοχία μερών του αμαξώματος. Επιπλέον η λύση αυτή δεν προσέφερε την απαραίτητη οδική άνεση και απόλαυση που απαιτούσαν οι καταναλωτές. Έτσι άρχισε να διαμορφώνεται η ιδέα για συστήματα ελέγχου γωνίας κλήσης του αμαξώματος σε σχέση με το οδόστρωμα. Η προσδοκία αυτής της ιδέας ήταν η μεγαλύτερη ασφάλεια που προσέφερε το όχημα σε στροφές, απότομες αλλαγές πορείας και επιπλέον να συνδέει την ομαλή απορρόφηση των δυνάμεων και κραδασμών που δημιουργούνταν σε κάποια ανωμαλία του εδάφους. Οι λύσεις του προβλήματος αυτού επέτρεψαν στους κατασκευαστές να τοποθετήσουν πιο <<μαλακά>> συστήματα απορρόφησης κραδασμών συνδέοντας και επιλύοντας όλα τα παραπάνω ζητήματα και προσθέτοντας πιο ομαλή ξεκούραστη και απολαυστική οδήγηση στο όχημα. Οι λύσεις αυτές χωρίζονται σε ενεργά και παθητικά συστήματα των οποίων οι έννοιες όπως και όλα τα συστήματα να αναφερθούν πιο κάτω.

## 2 Γωνία κύλισης ενός τροχοφόρου οχήματος

Η γωνία κύλισης είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί τους επιστήμονες της αυτοκινητοβιομηχανίας εδώ και πολλά χρόνια. Με την πάροδο του χρόνου οι εφευρέσεις που ασχολούνται με το πρόβλημα αυτό γίνονται όλο και πιο αποτελεσματικές. Η πιο σημαντική παράμετρος που πρέπει να λάβουν υπόψη τους οι επιστήμονες είναι η εξισορρόπηση της άνετης οδικής συμπεριφοράς και την αντιμετώπιση της γωνίας κύλισης. Οι δύο αυτές συνθήκες μέχρι πριν λίγα χρόνια δεν μπορούσαν να συνδυαστούν και έτσι επέλεγαν μια μέση λύση. Σήμερα πλέον μπορούμε να απολαμβάνουμε και την άνετη οδήγηση και μικρή γωνία κύλισης σε στροφή.

Η γωνία κύλισης λοιπόν είναι η γωνία που σχηματίζει το αμάξωμα του αυτοκινήτου με το οδόστρωμα όταν το αυτοκίνητο εκτελεί μια κυκλική τροχιά. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την στροφή γίνεται μεταφορά του κέντρου βάρους προς την αντίθετη κατεύθυνση της στροφής. Αν η γωνία κύλισης υπερβαίνει κάποιες συγκεκριμένες μοίρες οι οποίες διαφέρουν από αυτοκίνητο σε αυτοκίνητο, τότε το αυτοκίνητο εκτρέπεται της πορείας του και τελικά ανατρέπεται. Η έννοια της γωνίας κύλισης γίνεται πιο κατανοητή στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 2.1 : Απεικόνιση γωνίας κύλισης αυτοκινήτου.[3]

### 2.1 Μέτρηση γωνίας κύλισης.

Υπάρχουν 2 μέθοδοι μέτρησης της γωνίας, μια πειραματική και μια θεωρητική. Κατά την θεωρητική μέθοδο ο τύπος υπολογισμού είναι:

$$\cos(\varphi) = \frac{-a_{y,m} v_x \dot{\psi} - \sqrt{a_{y,m}^2 v_x^2 \dot{\psi}^2 - ((-g^2 - v_x^2 \dot{\psi}^2)(g^2 - a_{y,m}^2))}}{-g^2 - v_x^2 \dot{\psi}^2}$$

**Εξίσωση 2.1 :** Τύπος υπολογισμού γωνίας κύλισης.[1]

Όπου

$\varphi$  = γωνία κύλισης

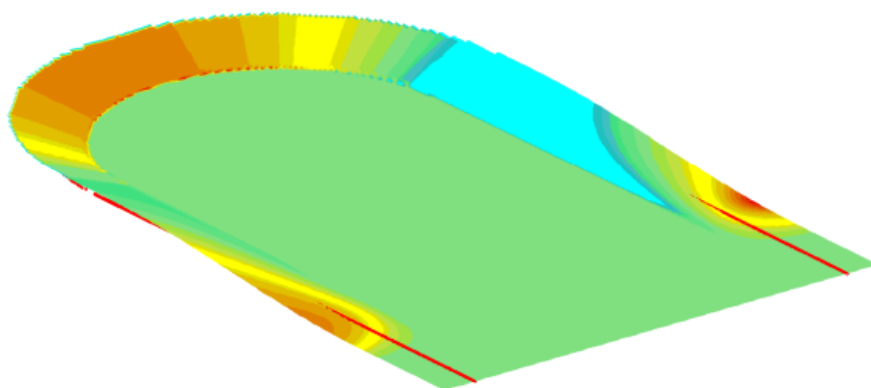
$v_x$  = επιμήκης ταχύτητα του οχήματος

$\dot{\psi}$  = ταχύτητα περιστροφής του οχήματος

$A_{y,m}$  = επιτάχυνση του οχήματος προς την κατεύθυνση y

$g$  = επιτάχυνση της βαρύτητας

Η πειραματική μέθοδος συνήθως είναι πιο περίπλοκη με ακριβέστερα όμως , αποτελέσματα . Η συνηθέστερη μέθοδος είναι με την χρήση αισθητήρων καταγραφής μετατόπισης και τα αποτελέσματα αυτών ύστερα αναλύονται στο υπολογιστικό πρόγραμμα matlab. Η συνηθέστερη πίστα στην οποία λαμβάνουν χώρα αυτές οι μετρήσεις είναι στροφή 180 ° και το οδόστρωμα να έχει κλίση 20 °. Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε πώς είναι μια τέτοια πίστα και με κόκκινη γραμμή βλέπουμε την διαδρομή που έκανε το όχημα.



**Σχήμα 2.2 :** συνήθης πίστα μέτρησης γωνίας κύλισης.[1]

### 3 Παθητικά συστήματα ελέγχου

Ο ορισμός παθητικά συστήματα αναφέρεται σε όλα τα συστήματα ελέγχου γωνίας κλίσης του αυτοκινήτου τα οποία δεν χρησιμοποιούν κάποια εξωτερική ενέργεια εκτός από αυτή που παράγεται κατά την μεταφορά βάρους του αυτοκινήτου όταν η τροχιά αυτού αλλάζει απότομα. Τα συστήματα αυτά γενικά προτιμούνται έναντι άλλων διότι δεν επιβαρύνουν τον κινητήρα και γενικά το όχημα εφόσον δεν απαιτείται η παραγωγή μιας επιπλέον ενέργειας για την λειτουργία τους.

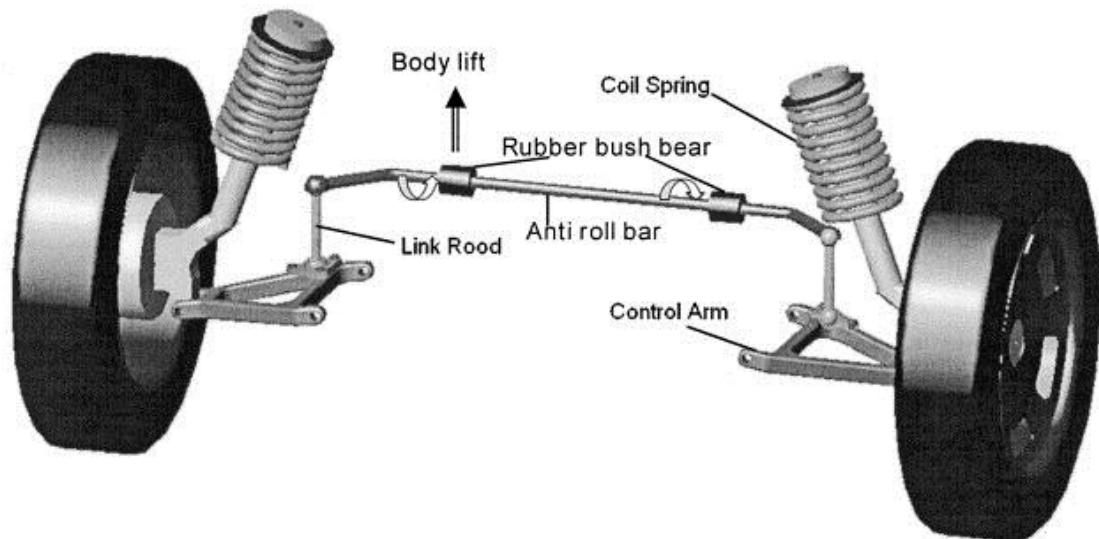
#### 3.1 Αντιστρεπτικοί δοκοί σε επιβατηγά οχήματα στον εμπρόσθιο άξονα.

Η αντιστρεπτική δοκός στον εμπρόσθιο τροχό ή και πιο κοινώς γνωστή με τον γαλλικό όρο μπάρα zamfor είναι μια μπάρα κυκλικής διατομής η οποία είναι λυγισμένη κάθετα στα άκρα της. Στην επόμενη εικόνα γίνεται πιο κατανοητό το σχήμα της μπάρας αυτής.



Εικόνα 3.1 : Αντιστρεπτική δοκός [12]





**Εικόνα 3.2:** Σύστημα ανάρτησης αντιστρεπτικής δοκού [12]

Όπως βλέπουμε στην εικόνα 3.1 το κύριο σώμα της μπάρας αυτής έχει τοποθετημένες συμμετρικά ως προς το μήκος της μπάρας 2 βάσεις. Οι βάσεις αυτές συνήθως έχουν μία εξωτερική επένδυση από καουτσούκ για να απορροφούνται καλύτερα οι κραδασμοί, οι δυνάμεις σε μεγάλα φορτία και οι τριβές επειδή δεν υπάρχει η παρουσία κάποιου λιπαντικού. Επίσης χρησιμοποιούνται κουζινέτα για την στήριξη της μπάρας στο αμάξωμα του αυτοκινήτου. Έτσι δημιουργείται ένας σύνδεσμος κύλισης μεταξύ της μπάρας και του αμαξώματος. Συνεπώς η μπάρα μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα γύρω από τον εγκάρσιο άξονα του αμαξώματος. Στην εικόνα 3.1 παρατηρούμε ότι στο τέλος του κάθε λυγισμένου εκτεταμένου άκρου υπάρχει μια άρθρωση στο ενδιάμεσο της οποίας πάλι υπάρχει καουτσούκ για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Μία μικρή κάθετη ράβδος συνδέει κάθετα το ψαλίδι του αυτοκινήτου με την μπάρα.

### 3.1.1 Λειτουργία αντιστρεπτικής δοκού (*zamfor*).

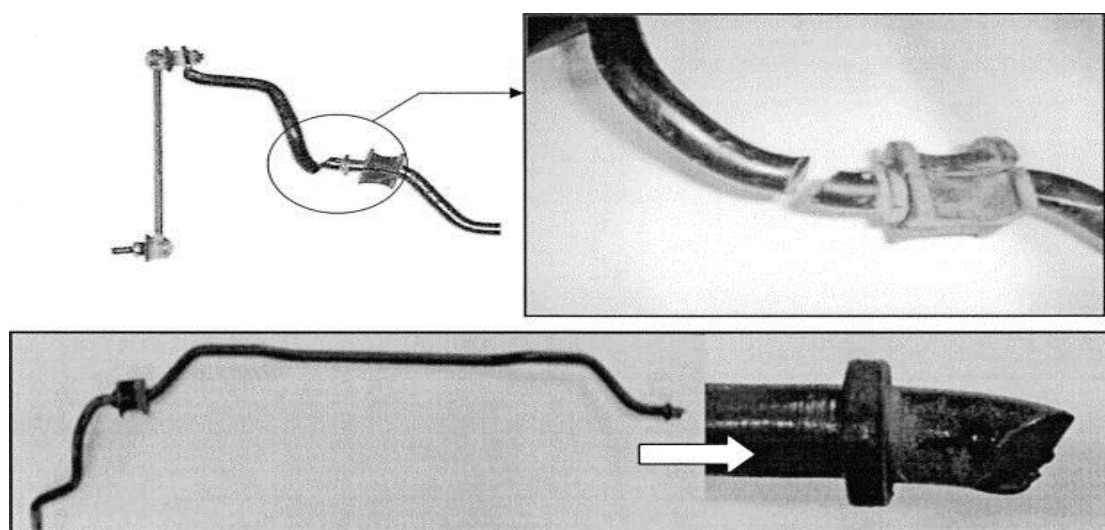
Ο τρόπος λειτουργίας της μπάρας αυτής είναι πολύ απλός και το σημείο στο οποίο υπερτερεί έναντι άλλων, είναι στο ότι δεν απαιτεί κάποια άλλη προσφορά δύναμης εκτός από αυτή που παράγεται στα αμορτισέρ του αυτοκινήτου κατά της μεταφοράς της μάζας του σε μια στροφή για να λειτουργήσει. Η μπάρα αυτή τοποθετείτε εγκάρσια στην διεύθυνση πορείας

του αυτοκινήτου συνδέοντας τους 2 εμπρόσθιους τροχούς μεταξύ τους και συνεπώς και τα εκάστοτε αμορτισέρ. Σε μία στροφή όπου το βάρος του αυτοκινήτου αντιστέκεται στην αλλαγή της διεύθυνσης υπακούοντας τον νόμο του Νεύτωνα, μεταφέροντας το βάρος στην αντίθετη πλευρά στην όποια το αυτοκίνητο στρίβει είναι αναγκαία η εξισορρόπηση των δυνάμεων και της γωνίας κλίσης του αυτοκινήτου. Έτσι λοιπόν η αντιστρεπτική μπάρα την στιγμή που η γωνία κλίσης του αυτοκινήτου αυξάνεται παράγει μια αντίδραση στον απέναντι τροχό προσπαθώντας να εξισορροπήσει το αυτοκίνητο. Επιπλέον αυξάνει την σκληρότητα του αμορτισέρ αφού πλέον και τα δυο αμορτισέρ βοηθούν στην εξισορρόπηση της γωνίας κλίσης.

### 3.1.2 Θραύση αντιστρεπτικής δοκού.

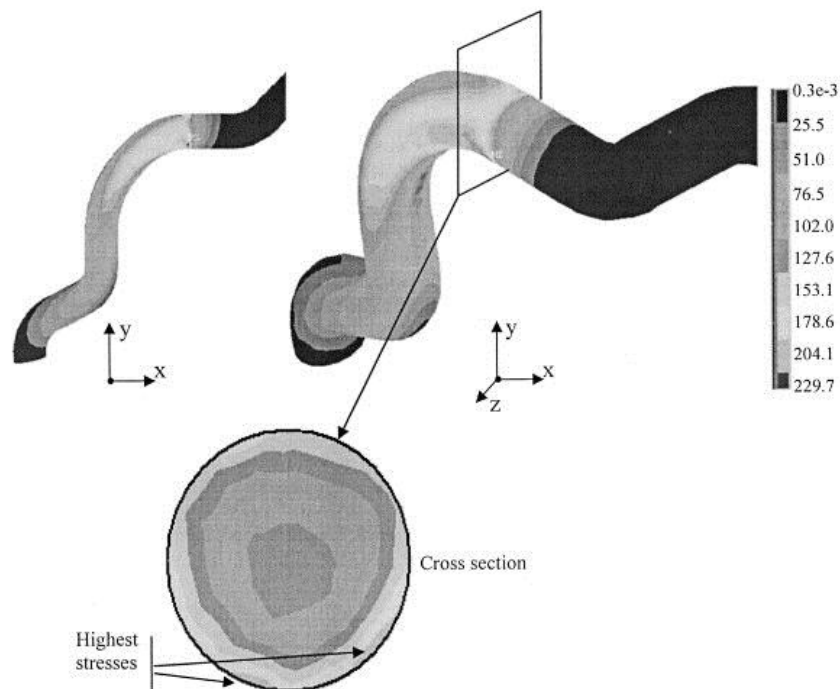
Ένα από τα αρνητικά στοιχεία της δοκού είναι η θραύση της μετά από ένα συγκεκριμένο αριθμό χιλιομέτρων. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί έτσι ώστε να μπορέσει να αντιμετωπιστεί το μειονέκτημα αυτό, ωστόσο το μόνο που επιτεύχθηκε ήταν η μείωση των κρουσμάτων θραύσης και όχι η εξάλειψη τους.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι το σημείο στο οποίο πραγματοποιείτε η θραύση της δοκού είναι τις περισσότερες φορές το ίδιο. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το σημείο αυτό.



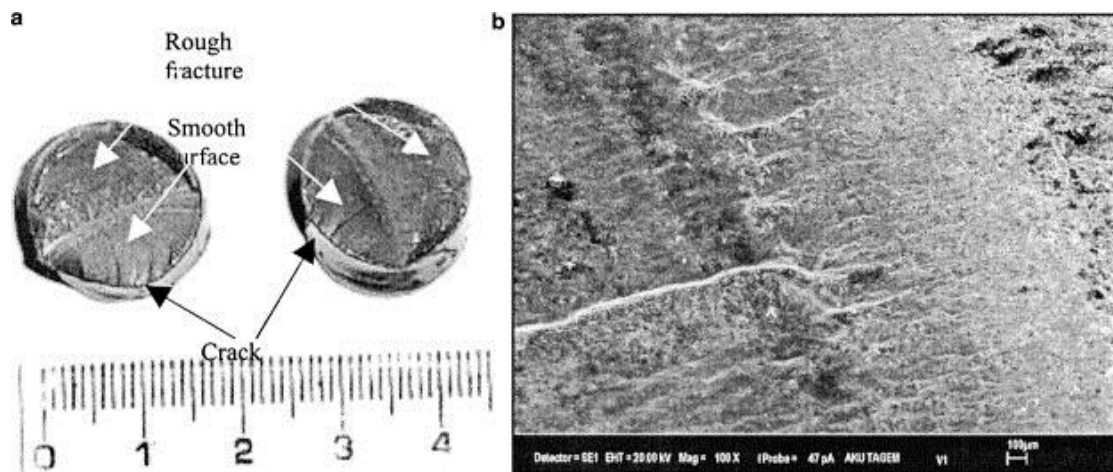
Εικόνα 3.3 : Θραύση αντιστρεπτικής δοκού.[12]

Όπως βλέπουμε στις εικόνες 3.3 στην τρίτη από το τέλος κάθετη γωνία που σχηματίζεται στο εκτεταμένο άκρο της δοκού οι καμπτικές και στρεπτικές παρουσιάζουν την μεγαλύτερη τιμή. Η αστοχία αρχικά ξεκινά από μια ρωγμή που προκαλείται στο αντικείμενο και καταλήγει σε θραύση, θέτοντας σε κίνδυνο την ασφάλεια του οδηγού του αυτοκινήτου. Το παρακάτω διάγραμμα θα μας δείξει ακόμα πιο συγκεκριμένα πια είναι τα σημεία με το μέγιστο φορτίο.



**Εικόνα 3.4 :** Μέγιστο αναπτυσσόμενο φορτίο.[12]

Το συνηθέστερο υλικό από το οποίο κατασκευάζεται η δοκός αυτή είναι ο χάλυβας AISI 9260. Ο χάλυβας αυτός είναι ένα υλικό που έχει την ιδιότητα να παραφορτώνετε πλαστικά έτσι οποιαδήποτε ρωγμή προκληθεί είναι μη αναστρέψιμη και οδηγεί σε θραύση. Στην εικόνα 3.5 θα παρατηρήσουμε μια ρωγμή σε αρχικό στάδιο όπως αυτή φαίνεται από μικροσκόπιο.



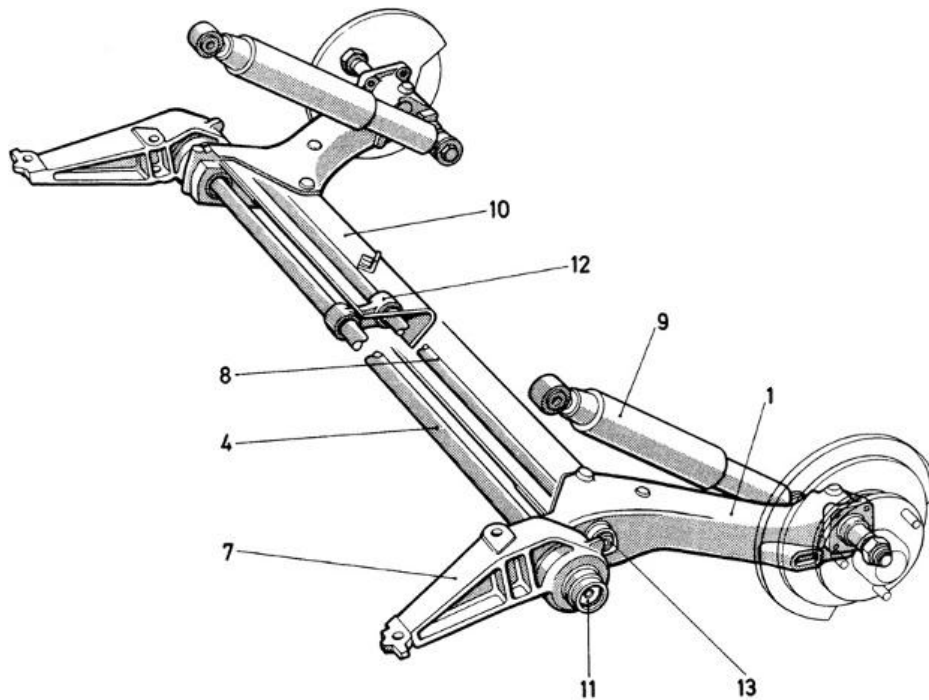
Εικόνα 3.5 : Εμφάνιση ρωγμής σε μικροσκόπιο.[12]

### 3.2 Σύστημα τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπτου άξονα

Η αρχική ιδέα αποτελούταν από 2 ράβδους μια δεξιά και μια αριστερά. Η καινοτομία αυτή ανήκει στην εταιρία Volkswagen και βγήκε σε κυκλοφορία περίπου το 1970. Αργότερα η ιδέα αυτή εξελίχθηκε και αποτελούταν πλέον από τέσσερις ράβδους, δύο δεξιά και δύο αριστερά. Η ιδέα αυτή ήρθε να αντικαταστήσει την αντιστρεπτική δοκός και σε μικρό βαθμό τα κατάφερε αφού χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα σε επιβατηγά οχήματα.

#### 3.2.1 Ανάλυση μερών του συστήματος.

Το σύστημα αυτό είναι λίγο πιο περίπλοκο συγκριτικά με άλλα, ωστόσο είναι περισσότερο ανθεκτικό.



Εικόνα 3.5: Σύστημα ανάρτησης τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπου άξονα της Renault.[2]

Αρχικά βλέπουμε ένα πλαίσιο σχήματος ν (10) το οποίο συνδέει μεταξύ τους, τους 2 τροχούς. Η πάκτωση στο αμάξωμα του αυτοκινήτου γίνεται με τα μπράτσα (7) με τέσσερις κοιλίες. Υπάρχουν 2 αμορτισέρ ένα για κάθε τροχό. Παρατηρούμε ότι η εμπρόσθια δοκός (4) στην αριστερή πλευρά του συστήματος είναι μεγαλύτερης διαμέτρου σε σχέση με την οπίσθια (8). Το ίδιο συμβαίνει και με την δεξιά πλευρά. Πιο συγκεκριμένα η εμπρόσθια δοκός έχει πάχος 41,6 mm και η οπίσθια 23,4 mm. Και οι τέσσερις δοκοί στα άκρα τους έχουν σχήμα πολύσφηνου. Η δοκός (8) στο εξωτερικό της άκρο συνδέεται στην πλήμνη (13) και στο εσωτερικό της άκρο με τον σύνδεσμο (12) ο οποίος συνδέει και τις 4 ατράκτους μεταξύ τους. Η δοκός (4) στο εξωτερικό της άκρο συνδέεται με την πλήμνη (11) και συνεπώς βρίσκεται σε συνεργασία με το μπράτσο το οποίο είναι πακτωμένο στο αμάξωμα του αυτοκινήτου. Να τονιστεί ότι όλο το σύστημα είναι συμμετρικό οπότε ότι ισχύει για την δεξιά πλευρά ισχύει και για την αριστερή.

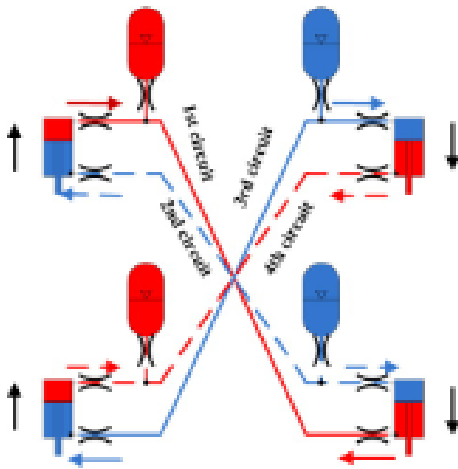
### 3.2.2 Τρόπος λειτουργίας συστήματος.

Στο σύστημα αυτό τα αντικείμενα που μας βοηθούν στην ελαχιστοποίηση της γωνίας κλήσης του αμαξώματος είναι το πλαίσιο σχήματος V (10) και 2 πιο λεπτές δοκοί οι οποίες βρίσκονται στην οπίσθια θέση.

Το πλαίσιο συγκρατεί τους δύο τροχούς μεταξύ τους και συνεπώς τα δυο αμορτισέρ με αποτέλεσμα η δύναμη που προκαλείται σε ένα από αυτά όταν το αυτοκίνητο εισέρχεται σε μια στροφή, μεταφέρεται ταυτόχρονα και στο άλλο εξισορροπώντας καλύτερα το αμάξωμα του αυτοκινήτου. Ουσιαστικά το φαινόμενο που συμβαίνει είναι η αύξηση της σταθεράς του ελατηρίου αφού πλέον συνεργάζονται και τα δυο αμορτισέρ. Το πλαίσιο αυτό όμως από μόνο είναι αποτελεσματικό μόνο για μικρά ποσά δύναμης διότι είναι αρκετά ελαστικό και έτσι παραμορφώνεται πολύ εύκολα.

Οι δύο πιο λεπτοί δοκοί βοηθούν το πλαίσιο όταν οι δυνάμεις αρχίζουν και γίνονται πολύ μεγάλες. Την στιγμή που η διαφορά ύψους των δύο τροχών γίνεται όλο και μεγαλύτερη και το πλαίσιο δεν μπορεί να τις επαναφέρει η οπίσθια δοκός (8) ξεκινά και περιστρέφεται αφού στο εξωτερικό της άκρο βρίσκεται σε σύνδεση με τον σύνδεσμο που συγκρατεί τον τροχό. Όταν ο τροχός αλλάζει ύψος προκαλείται μια δύναμη στέψης στην λεπτή δοκό εξαιτίας της σύνδεσης ατράκτου πλήμνης. Το άλλο άκρο της δοκού όμως δεν της επιτρέπει να περιστραφεί λόγω του συνδέσμου (12) με τον οποίο συνδέετε, αφού απαιτείτε η συνεργασία και των 2 λεπτών δοκών ώστε να περιστραφεί ο σύνδεσμος και να μεταφέρει την δύναμη στις δύο παχύτερες δοκούς. Σαν αποτέλεσμα προκύπτει ο μηδενισμός της στρεπτικής ροπής εμποδίζοντας τον τροχό να αλλάξει περεταίρω το ύψος του.

### 3.3 Διασυνδεδεμένο υδραυλικό κύκλωμα ανάρτησης.



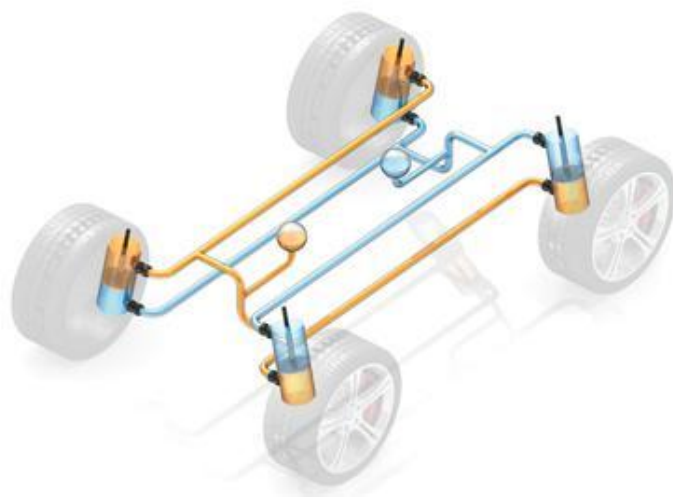
Εικόνα 3.6 : Διασυνδεδεμένο υδραυλικό κύκλωμα ανάρτησης τεσσάρων κυκλωμάτων.[10]

Το σύστημα υδραυλικού κυκλώματος ήταν ένα από τα πρώτα που χρησιμοποιήθηκαν στην αυτοκινητιστική βιομηχανία , για την εξάλειψη της γωνίας κλίσης του αυτοκινήτου σε μια στροφή. Η φιλοσοφία της ιδέας αυτής είναι αρκετά απλή ωστόσο υπάρχουν πολλές παραλλαγές του συστήματος αφού από την δεκαετία του πενήντα όπου και πρωτοεμφανίστηκε έχουν γίνει αρκετές αλλαγές και βελτιώσεις.

#### 3.3.1 Ανάλυση του συστήματος.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω σε αυτήν την ιδέα υπάρχουν πολλές παραλλαγές. Στην εικόνα 3.6 βλέπουμε ένα σύστημα το οποίο αποτελείται από τέσσερα υδραυλικά κυκλώματα και τέσσερις συσσωρευτές υγρού. Το έμβολο της υδραυλικής ανάρτησης είναι τοποθετημένο μέσα στον κύλινδρο και πακτωμένο στον τροχό του αυτοκινήτου ενώ ο κύλινδρος στο αμάξωμα. Κάθε κύκλωμα έχει τον δικό του συσσωρευτή, που λειτουργεί ως αυξητήρας και μειωτήρας πίεσης. Κάθε κύκλωμα συνδέεται στην μία άκρη του στο επάνω μέρος του κυλίνδρου διέρχεται από τον συσσωρευτή και καταλήγει στον απέναντι διαφορετικού άξονα τροχό. Για παράδειγμα το κύκλωμα ένα συνδέεται στο επάνω μέρος του κυλίνδρου του αριστερού εμπρόσθιου

τροχού και καταλήγει στο κάτω μέρος του κυλίνδρου του οπίσθιου δεξιού τροχού.



**Εικόνα 3.7 :** Διασυνδεδεμένο υδραυλικό κύκλωμα ανάρτησης δύο κυκλωμάτων.[13]

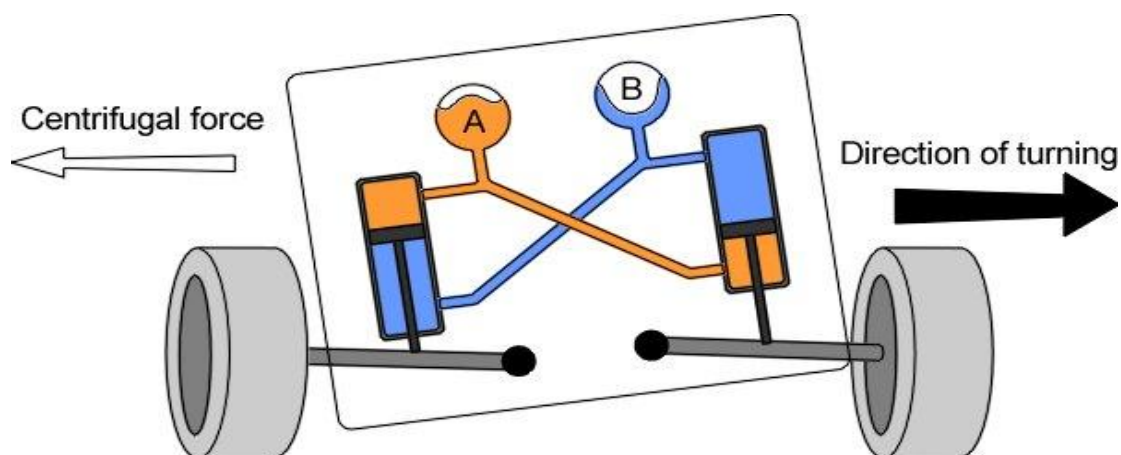
Στην εικόνα 3.7 βλέπουμε ακόμα μια παραλλαγή του συστήματος που αποτελείται από δύο κυκλώματα έναντι τεσσάρων και συνεπώς από δύο συσσωρευτές. Οι δυο τροχοί της ίδιας πλευράς είναι συνδεδεμένοι οπότε ότι συμβαίνει στον εμπρόσθιο τροχό συμβαίνει και στον οπίσθιο.

### *3.3.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.*

Θα αναφερθούμε στην εικόνα 3.8, που το σύστημα της είναι λίγο πιο περίπλοκο σε σχέση με της εικόνας . Στην περίπτωση μίας δεξιάς στροφής το κέντρο βάρους του αυτοκινήτου έρχεται προς τα αριστερά και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι δύο αριστερές αναρτήσεις να συμπιεστούν και έτσι τα έμβολα που βρίσκονται επάνω στους τροχούς να κινούνται προς τα επάνω. Πιο συγκεκριμένα ας αναφερθούμε στον αριστερό εμπρόσθιο τροχό. Την στιγμή που το έμβολο ανεβαίνει προς τα επάνω, στην επάνω μεριά του κυλίνδρου δημιουργείται μια ροή του ρευστού στο κύκλωμα ένα προς τον συσσωρευτή. Στην κάτω μεριά του κυλίνδρου δημιουργείτε μια αναρρόφηση που ρουφά ρευστό από τον συσσωρευτή που βρίσκεται στο κύκλωμα δύο. Ταυτόχρονα ο δεξιός οπίσθιος τροχός κινείται προς τα κάτω προκαλώντας μια ροή και αυτός στο κύκλωμα ένα προς τον συσσωρευτή ως που κάποια στιγμή ο



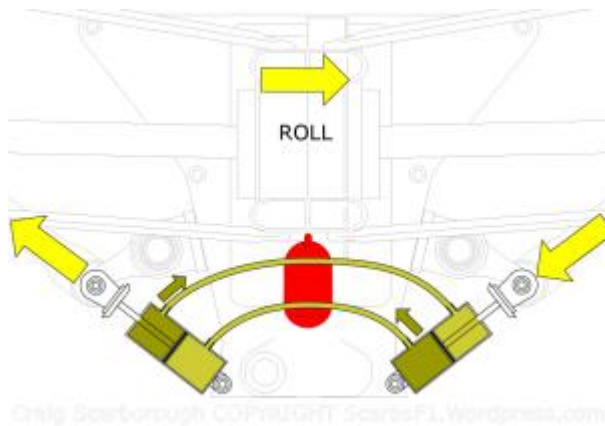
συσσωρευτής γεμίζει και αυξάνεται η πίεση, που εμποδίζει τον αριστερό εμπρόσθιο τροχό να κινηθεί προς τα πάνω και τον δεξιό οπίσθιο προς τα κάτω ισορροπώντας το κέντρο βάρους του αυτοκινήτου. Το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και στους δύο άλλους τροχούς.



**Εικόνα 3.8 :** Υδραυλικό κύκλωμα όταν το όχημα στρίβει.[18]

### 3.3.3 Η χρήση του συστήματος στον μηχανοκίνητο αθλητισμό.

Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το οπίσθιο σύστημα ανάρτησης σε αγωνιστικό όχημα τύπου φόρμουλα 1 της ομάδας της Mercedes. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε στον μηχανοκίνητο αθλητισμό τόσο για την αποτελεσματικότητα και ακρίβεια του, όσο και για την ανθεκτικότητα και αντοχή που παρουσιάζει οι οποίες είναι απαραίτητες για την εξουδετέρωση των μεγάλων δυνάμεων που δημιουργούνται στα μονοθέσια. Είναι ακριβότερη μέθοδος έναντι άλλων αλλά αυτό δεν παίζει ρόλο στον μηχανοκίνητο αθλητισμό. Ο τρόπος λειτουργίας του είναι παρόμοιος με αυτόν που προαναφέρθηκε.



Εικόνα 3.9 : Ανάρτηση σε μονοθέσιο αγωνιστικό όχημα της Mercedes.[11]

### **3.4 Αντιταλαντευτικό σύστημα για φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα.**

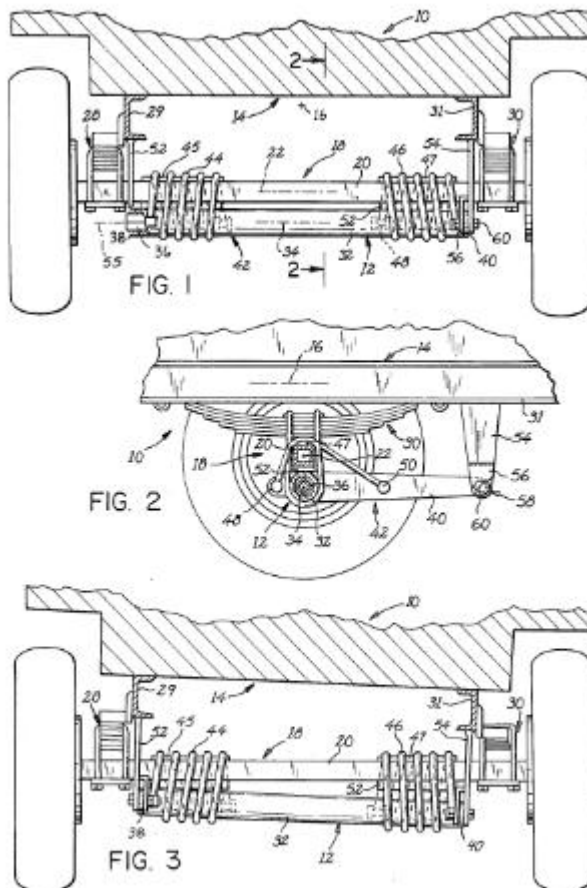
Η ευρεσιτεχνία αυτή ανήκει στον Frank G. Studer και αποτελεί μια μετεξέλιξη της αρχικής ιδέας που είχε προσαρμοστεί στα επιβατηγά οχήματα. Πρόκειται για ένα σύστημα όχι και πολύ διαδεδομένο αφού η απορρόφηση του φορτίου βασίζεται σε ένα είδος ελαστικής ζώνης η οποία πολύ συχνά μπορεί να κοπεί. Η συγκεκριμένη ευρεσιτεχνία απαρτίζεται από δύο εκδοχές, μία για ρυμουλκούμενα οχήματα και μία για φορτηγά οχήματα. Εμείς θα αναφερθούμε στην εκδοχή του ρυμουλκούμενου οχήματος αφού είναι, απλή, κατανοητή και επίσης ο τρόπος λειτουργίας της δεν διαφέρει και πολύ από αυτόν των φορτηγών οχημάτων.

#### **3.4.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος.**

Στην εικόνα 3.10 βλέπουμε ότι το πλαίσιο της ρυμούλκας είναι συγκολλημένο σε δύο δοκούς σχήματος Π 31-29 και επίσης σε αυτές τις δοκούς είναι πακτωμένες οι σούστες στα άνω τους άκρα. Επιπλέον οι σούστες βρίσκονται σε συνεργασία με τον άξονα που συνδέει τους δύο τροχούς. Το σύστημα αυτό δίνει την δυνατότητα στο πλαίσιο της ρυμούλκας να είναι ελεύθερο, να ταλαντευτεί σε μια ανομοιότητα του οδοστρώματος απορροφώντας πιο εύκολα τις δημιουργούμενες τάσεις, υστερώντας όμως της δυνατότητας αντιμετώπισης της γωνίας κύλισης που δημιουργείτε σε μια στροφή από την μεταφορά του κέντρου βάρους.

Για τον λόγο αυτό υπάρχει η δοκός 34 κάτω από τον άξονα στην οποία έχουν προσκολληθεί δυο βραχίονες κάθετα, των οποίων ο μακρύτερος άξονας είναι παράλληλος με τον μακρύτερο άξονα της ρυμούλκας. Η δοκός

34 σε συνεργασία με τους βραχίονες και τις ελαστικές ζώνες αποτελούν το σύστημα αντιμετώπισης της γωνίας κύλισης. Επίσης οι βραχίονες στο άλλο τους άκρο συνδέονται με μία άρθρωση σε μια δοκό η οποία πακτώνεται στους δοκούς σχήματος Π.



**Εικόνα 3.10 :** Απεικόνιση αντιταλαντευτικού συστήματος για φορτηγά και ρυμουλκούμενα.[5]

### 3.4.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Γύρο από τον άξονα και την δοκό 34 υπάρχουν δυο ελαστικές ζώνες τυλιγμένες. Το ένα άκρο της εκάστοτε ζώνης είναι πακτωμένο στον βραχίονα και το άλλο στην δοκό 34. Όταν δημιουργείτε μια γωνία κύλισης προς τα δεξιά η δεξιά δοκός πιέζει τον βραχίονα προς τα κάτω λόγω της άρθρωσης που υπάρχει με αποτέλεσμα η δύναμη αυτή να μεταφέρετε στην ελαστική ζώνη. Μετά από κάποιο συγκεκριμένο ποσό δύναμης η ζώνη αρχίζει και

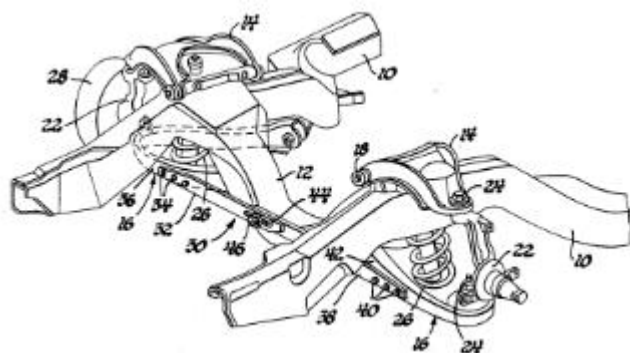
αντιστέκεται εξισορροπώντας έτσι τις δυνάμεις που δημιουργούνται και κατά συνέπεια διορθώνει την γωνία κύλισης.

### **3.5 Εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους.**

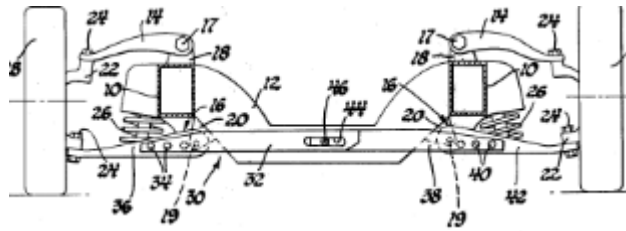
Η ευρεσιτεχνία αυτή δεν αποτελεί και μια πολύ ευρεία διαδεδομένη μέθοδο στην αυτοκινητιστική βιομηχανία αφού είναι αρκετά παρεμφερής με την σχεδόν πιο διαδεδομένη μέθοδος την αντιστρεπτικής δοκού και έτσι την αντικαθιστά. Την έμπνευση αυτή την είχε ο Bob DeKruyff και ανατέθηκε για την υλοποίηση στην General Motors.

#### **3.5.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος.**

Στις εικόνες 3.9 και 3.10 βλέπουμε το εμπρόσθιο σύστημα ανάρτησης ενός αυτοκινήτου στο οποίο οι δύο τροχοί μπορούν και κινούνται ανεξάρτητα μεταξύ τους προς τα επάνω και κάτω. Για την διόρθωση της γωνίας κλίσης του αυτοκινήτου αυτό που αφορά εμάς είναι οι 2 ράβδοι με αριθμό 32 και 38 της εικόνας 3.9. Στην μία τους άκρη οι ράβδοι αυτοί είναι πακτωμένοι στο κάτω μπράτσο που συγκρατεί τον τροχό και το ελατήριο απορρόφησης κραδασμών. Εναλλακτικά το μπράτσο αυτό ονομάζετε και κατώτερο σημείο ελέγχου. Στην άλλη άκρη οι ράβδοι ενώνονται μεταξύ τους με μια συναρμογή κύλισης. Η μία από τις δυο ράβδους φέρει έναν κοχλία η έναν πείρο στο σώμα της και η άλλη έναν αύλακα επιτρέποντας έτσι στις ράβδους να μεταφερθούν έως κάποιο συγκεκριμένο σημείο.



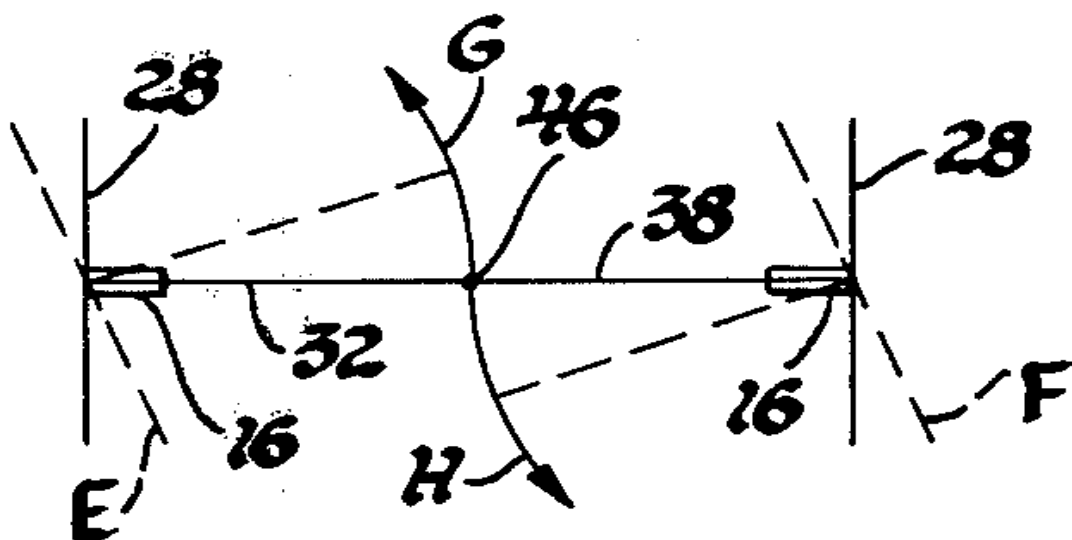
Εικόνα 3.8 : Πλάγια όψη συστήματος ανάρτησης και εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους. [6]



Εικόνα 3.9 : Εμπρόσθια όψη συστήματος ανάρτησης και εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους. [6]

### 3.5.2 Λειτουργία του συστήματος.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε πώς θα συμπεριφερόντουσαν οι δύο ράβδοι όταν το αυτοκίνητο έκανε μια στροφή εάν δεν υπήρχε μεταξύ τους η συναρμογή της κύλισης. Ο σκοπός λοιπόν του συστήματος επιτυγχάνετε με τον κοχλία που ολισθαίνει μέσα στον αύλακα της άλλης ράβδου επιτρέποντας έτσι στις 2 ράβδους να απομακρυνθούν μόνο έως κάποιο σημείο. Για παράδειγμα εάν το αυτοκίνητο κάνει μια δεξιά στροφή το αριστερό μπράτσο και συνεπώς και η αντίστοιχη ράβδος θα κινηθούν προς τα επάνω. Αντίθετα το δεξιό μπράτσο και συνεπώς η δεξιά ράβδος θα κινηθούν προς τα κάτω. Την στιγμή που ο πείρος θα φτάσει στο τέλος του αύλακα οι δυνάμεις θα εξουδετερωθούν μη επιτρέποντας έτσι στο αριστερό μπράτσο να συνεχίσει την πορεία του με αποτέλεσμα να διορθώσει την γωνία κλίσης του αυτοκινήτου.



**Εικόνα 3.10** : Απεικόνιση αναπτυσσόμενων δυνάμεων στην συγκεκριμένη διάταξη.[6]

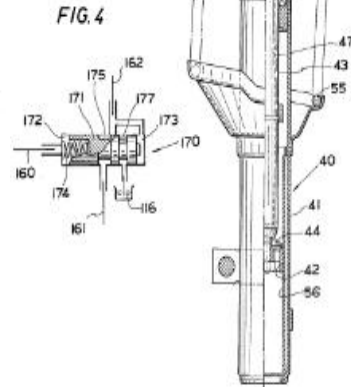
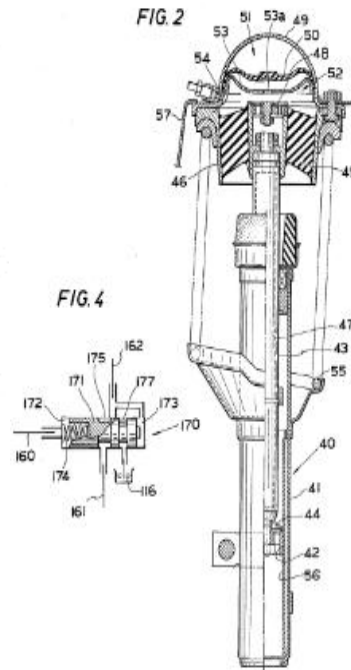
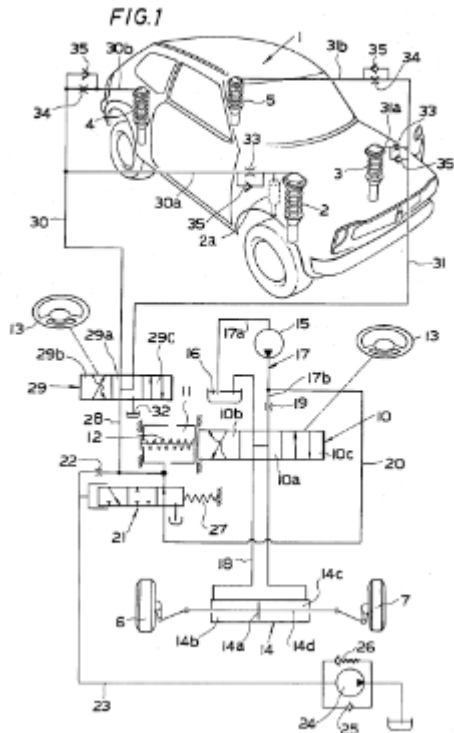
## **4 Ενεργά συστήματα ελέγχου**

### **4.1 Υδραυλικό σύστημα ανάρτησης άμεσης σύνδεσης με το υδραυλικό τιμόνι.**

Το σύστημα αποτελεί μια ιδέα του Nishikawa, ανατέθηκε και αναπτύχθηκε από την Honda. Η βασική ιδέα του συστήματος είναι παρεμφερή με τα λοιπά διασυνδεδεμένα συστήματα πέδησης, διαφέρει όμως στον τρόπο ενεργοποίησης της βαλβίδας που διανέμει το υγρό στην εκάστοτε ανάρτηση.

#### **4.1.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος.**

Στην εικόνα 4.1 βλέπουμε ολόκληρη την διάταξη του υδραυλικού τιμονιού και του συστήματος αντιμετώπισης της γωνίας κλίσης. Η βαλβίδα που αφορά την έρευνα που πραγματοποιούμε είναι η 29. Η βαλβίδα αυτή είναι συνδεδεμένη με μια παροχή ρευστού η οποία μπορεί να είναι είτε μηχανική είτε ηλεκτρική. Επίσης στο σύστημα ανήκουν και οι τέσσερες αναστήσεις του αυτοκινήτου οι οποίες είναι διακλαδωμένες μεταξύ τους. Υπάρχουν δυο κλάδοι, ένας κλάδος συνδέει τις 2 δεξιές αναρτήσεις του αυτοκινήτου μεταξύ τους και την βαλβίδα και ο άλλος συνδέει τις δυο αριστερές. Στην εικόνα 4.2 βλέπουμε μια ανάρτηση του συστήματος αυτού η οποία σκληραίνει η μαλακώνει ανάλογα με την πίεση και την παροχή λαδιού που γίνεται σε αυτήν.



Εικόνα 4.1 : απεικόνιση κυκλώματος. [5] Εικόνα 4.2 : Τομή ανάρτησης της διάταξης. [5]

#### 4.1.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος είναι αρκετά απλός και κατανοητός. Υπάρχει μια αντλία παροχής ρευστού η οποία παρέχει ρευστό και στο υδραυλικό τιμόνι και στο σύστημα αντιμετώπισης της γωνίας κλίσης. Η βαλβίδα ελέγχεται από το τιμόνι του αυτοκινήτου. Ανάλογα με την διεύθυνση περιστροφής του τιμονιού η βαλβίδα τοποθετείται και στην ανάλογη θέση. Σε περίπτωση που το όχημα κινείται σε ευθεία πορεία η βαλβίδα παραμένει στην μεσαία θέση όπως βλέπουμε στην εικόνα 4.1 και δεν επιτρέπει καμία διέλευση στο ρευστό. Σε περίπτωση που το τιμόνι στραφεί προς τα δεξιά η βαλβίδα θα μετακινηθεί σε τέτοια θέση ώστε η αντλία να παρέχει ρευστό στις δύο αριστερές αναρτήσεις. Εφόσον το όχημα εκτελεί μια δεξιά στροφή η μεταφορά βάρους γίνεται προς τα αριστερά για αυτό το λόγο οι αριστερές αναρτήσεις χρειάζονται την παροχή ρευστού ώστε να <<σκληρύνουν>> και έτσι να περιοριστεί η γωνία κλίσης. Ο όρος

σκληρύνουν είναι μεταφορικός, αυτό που συμβαίνει είναι ότι στον θάλαμο πίεσης του αμορτισέρ όταν μεταφέρεται βάρος στο αμορτισέρ το ρευστό συμπιέζεται επιτρέποντας σε ολόκληρο το αμορτισέρ να συμπιεστεί και έτσι η γωνία κλίσης μεγαλώνει. Παρέχοντας όμως μια παροχή στον θάλαμο η πίεση αυξάνεται πάρα πολύ αποτρέποντας το αμορτισέρ να συρρικνωθεί περαιτέρω και συνεπώς αποτρέποντας την δημιουργία μεγαλύτερης γωνίας κλίσης.

#### ***4.2 Ενεργό υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης με ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς.***

Η εφεύρεση αυτή ανήκει στον Clinton R. Hanna ο οποίος θέλησε να αναπτύξει ένα σύστημα εξισορρόπησης των δημιουργημένων δυνάμεων στους τροχούς και το αμάξωμα του αυτοκινήτου σε μια στροφή, χωρίς να είναι απαραίτητη η ανεξάρτητη σύζευξη των τροχών . Η εξισορρόπηση επιτυγχάνεται μέσω ενός υδροπνευματικού δικτύου προσφέροντας έτσι μια πολύ μαλακή ανάρτηση με ταυτόχρονη αποτελεσματική μείωση της γωνίας κλίσης σε μια στροφή. Τα υδροπνευματικά συστήματα χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από την Citroen και ελάχιστα από την Mercedes Benz.

##### ***4.2.1 Ανάλυση των κύριων μερών του συστήματος.***

Αρχικά στην εικόνα 4.5 βλέπουμε ότι το όχημα χωρίζεται σε δυο μάζες την ελατηριωτή S η οποία είναι το σασί του αυτοκινήτου και την μη αναρτώμενη μάζα U που αποτελεί τον άξονα του οχήματος. Τα βασικότερα μέρη που αφορούν την έρευνα μας είναι η πηγή υδραυλικής ισχύος σχήμα 4.5 , οι υδραυλικοί ενεργοποιητές διαφορετικού σχήματος η αλλιώς αμορτισέρ εικόνα 4.3, ο συσσωρευτής εικόνα 4.3, ο ελεγκτής ελευθέρου εκκρεμούς εικόνα 4.3 και το μπράτσο ασφάλισης εικόνα 4.4.

Παρατηρούμε ότι η πηγή υδραυλικής ισχύος διαθέτη από μόνη της έναν συσσωρευτή διαφορετικό από αυτόν του υπολοίπου κυκλώματος. Η πηγή συνδέεται με την ελαιολεκάνη στο ένα της άκρο και στο άλλο παρέχει πίεση



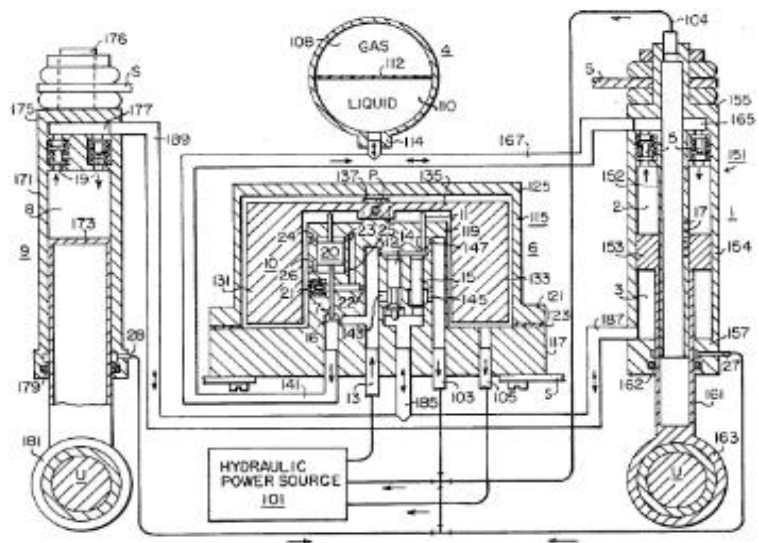
είτε στο μπράτσο ασφάλισης μέσω μίας βαλβίδας είτε στον ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς.

Οι δυο υδραυλικοί ενεργοποιητές διαφέρουν μεταξύ τους αφού ο ένας διαθέτει 2 θαλάμους πίεσης σε αντίθεση με τον άλλον που διαθέτει μόνο έναν. Η ύπαρξη δυο ιδίων υδραυλικών ενεργοποιητών θα ήταν περιττή αφού και έτσι επιτυγχάνετε η αποτελεσματικότητα του συστήματος.

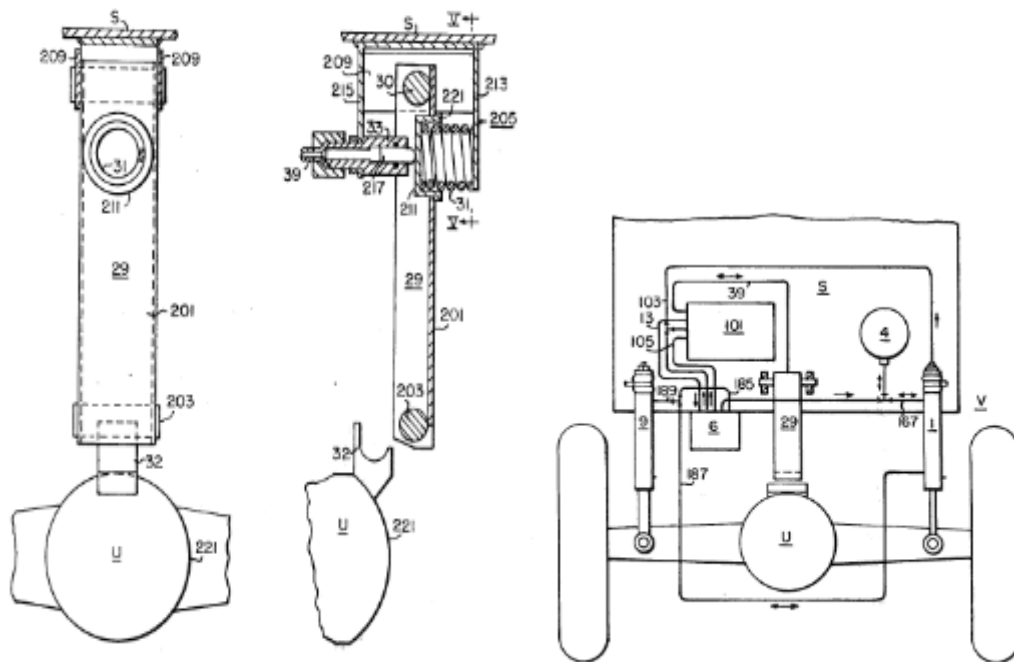
Ο συσσωρευτής ο οποίος χωρίζεται σε δυο στρώματα, ένα στρώμα αερίου και ένα ρευστού βοηθά το σύστημα στην εξισορρόπηση των δημιουργούμενων δυνάμεων όταν το όχημα εκτελεί μια στροφή διορθώνοντας έτσι την γωνία κλήσης.

Ο ελεγκτής ελεύθερου εκκρεμούς είναι αυτό που κάνει την διαφορά στο σύστημα αυτό. Στο εσωτερικό του διαθέτει ένα ελεύθερο εκκρεμές τύπου <<φλοτέρ>> (10 εικόνα 4.3) το οποίο μπορεί και κινείται ελεύθερα δεξιά και αριστερά και ανάλογα με την κλήση που έχει η ελατηριωτή μάζα ανοίγει την κατάλληλη βαλβίδα έτσι ώστε η πηγή να μπορέσει να ασκήσει πίεση στον κατάλληλο αγωγό και συνεπώς στον κατάλληλο θάλαμο πίεσης του υδραυλικού ενεργοποιητή.

Το μηχανικό μπράτσο ασφάλισης ωφελεί σε κάποια ανομοιότητα του εδάφους για τον σταματημό της ταλάντευσης της ελατηριωτής μάζας. Ουσιαστικά αυτό που κάνει το μπράτσο είναι η συγκράτηση της ελατηριωτής μάζας σε σχέση με την μη αναρτώμενη μάζα σε μία συγκεκριμένη θέση μη επιτρέποντας στο δικτύωμα να <<χαλαρώσει>> δηλαδή να μειωθεί η πίεση στους θαλάμους των ενεργοποιητών.

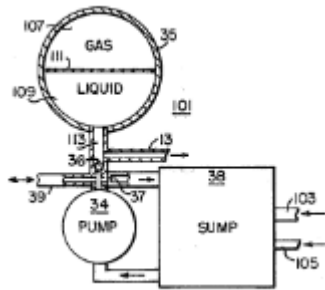


Εικόνα 4.3 : Εγκάρσια τομή διασυνδεδεμένου κυκλώματος. [7]



Εικόνα 4.4 : Μπράτσο ασφάλισης.[7]

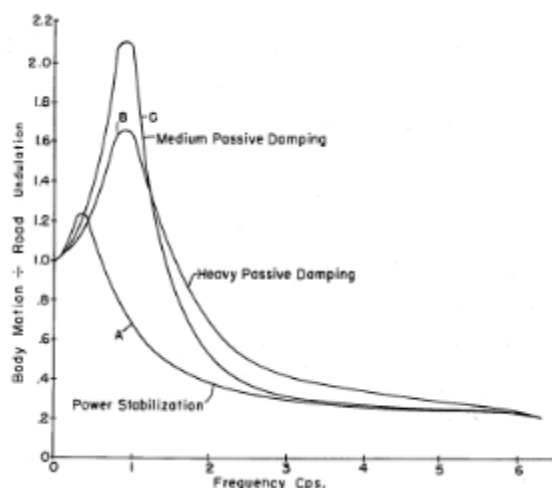
Εικόνα 4.5 : Πλήρης απεικόνιση της διάταξης.[7]



**Εικόνα 4.5 :** Πηγή υδραυλικής ισχύος.[7]

#### 4.2.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Η αρχική ιδέα λειτουργίας του συστήματος είναι αρκετά απλή αφού και ο ίδιος ο ενεργοποιητής βασίζεται στην μεταφορά της μάζας. Αρχικά το εκκρεμές βρίσκεται σε ένα θάλαμο ο οποίος εμπεριέχει κάποιο υγρό. Ας υποθέσουμε ότι το όχημα θα κάνει μια αριστερή στροφή. Η μεταφορά του βάρους θα γίνει προς τα δεξιά αφού θα προσπαθήσει να κρατήσει την διεύθυνση του. Συνεπώς και το υγρό που βρίσκεται μέσα στον θάλαμο θα κινηθεί προς τα δεξιά αναγκάζοντας έτσι το εκκρεμές να μεταφερθεί προς τα αριστερά. Το εκκρεμές θα ανοίξει την βαλβίδα 20 (εικόνα 4.3) και έτσι η πίεση θα οδηγηθεί στον αγωγό 141 με την βοήθεια της πηγής και του συσσωρευτή πίεσης. Ο αγωγός αυτός καταλήγει στον άνω θάλαμο πίεσης του δεξιού ενεργοποιητή (εικόνα 4.3) πιέζοντας έτσι το έμβολο προς τα κάτω, σταματώντας έτσι την ανοδική πορεία που είχε αποκτήσει από την μεταφορά του βάρους και συνεπώς διορθώνοντας την γωνία κύλισης του οχήματος. Τέλος να αναφερθούμε σε ένα διάγραμμα το οποίο μας δείχνει την αποτελεσματικότητα του συστήματος αυτού, καθώς εκφράζει την κίνηση του σώματος προς τον κυματισμό του οδοστρώματος συνάρτηση της ταλάντωσης του οδοστρώματος.



**Διάγραμμα 4.1 :** Γραφική απεικόνιση της κίνησης του σώματος προς τον κυματισμό του οδοστρώματος συνάρτηση της ταλάντωσης του οδοστρώματος.[7]

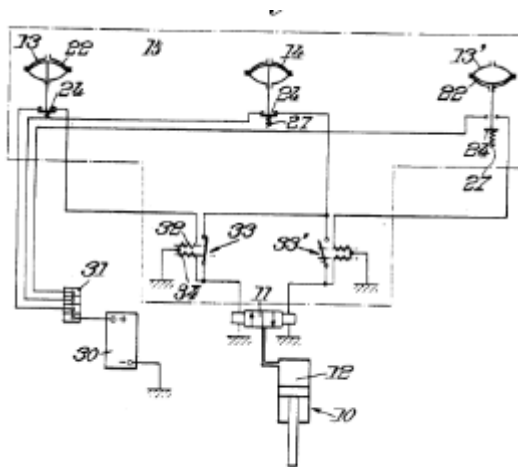
### **4.3 Σύστημα περιορισμού εγκάρσιας κλίσης βαρέου τύπου οχήματος για έλεγχο ύψους και αισθητήρες για την γωνία κλίσης.**

Η διάταξη αυτή είναι παρόμοια με αυτή που προαναφέρθηκε με τον ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς. Διαφέρει όμως στον τρόπο ενεργοποίησης αφού ενεργοποιείται μόνο όταν πραγματικά χρειάζεται σε κάποια μεγάλη γωνία κλίσης του οχήματος. Αποφεύγετε έτσι η ανούσια χρήση του σε κάποια ανομοιότητα του εδάφους που μπορεί να δημιουργηθεί μια μικρή γωνία κλίσης εξοικονομώντας έτσι ισχύς. Την ιδέα αυτή είχαν οι Mantoux Gerard και Marcillat Roland και συνήθως χρησιμοποιείται σε βαρέου τύπου οχήματα αφού οι σωληνώσεις του είναι αρκετά απλές για την εξοικονόμηση χώρου.

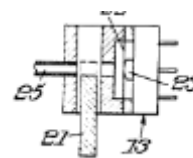
#### **4.3.1 Αναφορά των κύριων μερών του συστήματος.**

Στην εικόνα 4.7 βλέπουμε το κύκλωμα που υπάρχει για τον έναν τροχό και επίσης με τον αριθμό 4.8 βλέπουμε τον θάλαμο πίεσης και το έμβολο που βρίσκονται πακτωμένα στο σύστημα ανάρτησης του οχήματος. Επίσης υπάρχει μια βαλβίδα 11 για τον έλεγχο της κίνησης του ρευστού. Είναι προφανές η βαλβίδα 11 είναι συνδεδεμένη με μια πηγή παροχής ρευστού που δεν φαίνεται όμως στην εικόνα. Επίσης υπάρχουν τρεις διακόπτες που το εσωτερικό τους απεικονίζεται σε τομή στην εικόνα 4.9. Βλέπουμε ότι στο

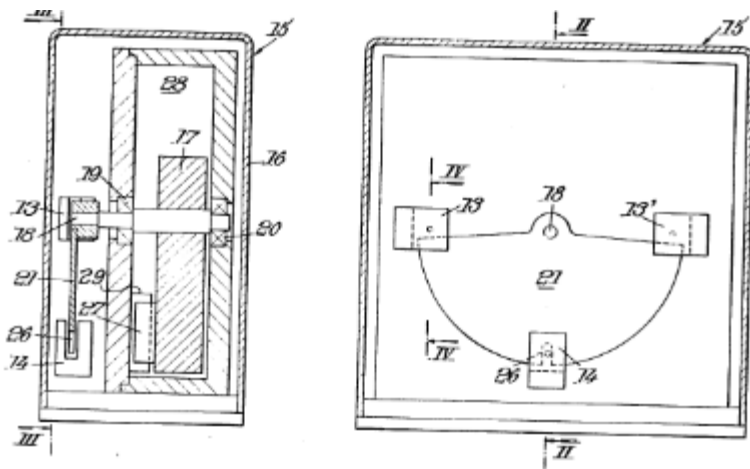
εσωτερικό τους διαθέτουν έναν άξονα περιστροφής ο οποίος είναι τοποθετημένος πάνω σε έδρανα επιτρέποντας του να περιστρέφεται. Στο ένα του άκρο έχει πακτωθεί μια πλάκα η οποία ενεργοποιεί το κύκλωμα και παρακάτω ένα βαρίδιο. Τέλος στο σύστημα υπάρχουν δύο ρελέ που προσφέρουν το πλεονέκτημα σε αυτό το σύστημα να λειτουργεί όποτε πραγματικά απαιτείται.



Εικόνα 4.7 : Κύκλωμα ενός τροχού.[5]



Εικόνα 4.8 :Θάλαμος πίεσης και έμβολο[5]



Εικόνα 4.9 : Διακόπτης τριών θέσεων. [5]

#### 4.3.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Ο τρόπος λειτουργίας είναι παρεμφερής με το σύστημα του ελευθέρου εκκρεμούς οπότε δεν θα δοθεί μεγάλη βαρύτητα. Αρχικά ο διακόπτης 14 είναι λιγάκι πιο ευαίσθητος από τους διακόπτες 13. Για παράδειγμα ο διακόπτης 14 θα ενεργοποιηθεί σε μια κλίση του οχήματος της τάξης του ενός της εκατό ενώ οι διακόπτες 13 θα ενεργοποιηθούν σε μια κλίση της τάξης του 3 της εκατό. Αν λοιπόν το όχημα κάνει μια στροφή και η κλίση του υπερβεί το 1 της εκατό τότε ο διακόπτης 14 θα ενεργοποιηθεί χωρίς όμως να μετακινήσει την βαλβίδα ώστε να περάσει υγρό στον θάλαμο πίεσης της ανάρτησης. Για να μπορέσει να γίνει διόρθωση της γωνίας κλίσης θα πρέπει να ενεργοποιηθεί ένας από τους διακόπτες 13 η οποία θα ενεργοποιήσει την βαλβίδα. Αν τώρα η κλίση γίνει μικρότερη από 3 της εκατό η διόρθωση της κλίσης συνεχίζεται χάρη στο ρελέ που υπάρχει στο κύκλωμα αφού ο διακόπτης 14 είναι ακόμα ενεργοποιημένος. Όταν η κλίση γίνει μικρότερη της τάξης του ενός της εκατό ο διακόπτης 14 απενεργοποιείται έτσι και το ρελέ απενεργοποιείται και η βαλβίδα επιστρέφει στην αρχική της θέση μη επιτρέποντάς στο ρευστό ούτε να εισχωρήσει ούτε να εκχωρήσει στο θάλαμο πίεσης.

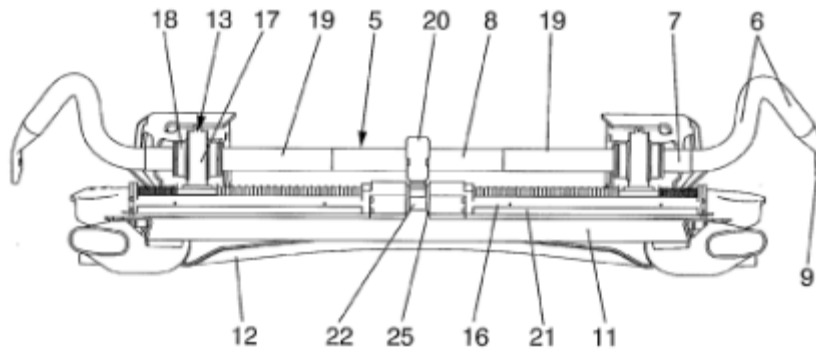
#### **4.4 Ενεργό σύστημα αντιστρεπτικής δοκού.**

Η αποτελεσματικότητα της παθητικής αντιστρεπτικής δοκού δεν μπορεί να αμφισβητηθεί από κανέναν αφού μέχρι πριν λίγα χρόνια αποτελούσε το πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα για την αντιμετώπιση την γωνίας κλίσης του αυτοκινήτου. Ήταν μια πολύ φθηνή και απλή κατασκευή με μεγάλη αποτελεσματικότητα. Ωστόσο είχε και κάποια μειονεκτήματα όπως για παράδειγμα η θραύση της. Την αστοχία αυτή η επιστήμονες την απέδωσαν στις μεγάλες καμπτικές ή στρεπτικές ροπές που δημιουργούνταν επάνω σε αυτήν. Παρατηρήθηκε ότι οι διαφορετικοί τύποι οδήγησης απαιτούν διαφορετικές τιμές στρεπτικής ακαμψίας της δοκού. Για παράδειγμα σε οδήγηση ανωμάλου εδάφους οι τιμές στρεπτικής ακαμψίας που απαιτούνται είναι μικρότερες από αυτές της οδήγησης σε ένα δρόμο ταχείας κυκλοφορίας. Το συνηθέστερο αίτιο θραύσης της αντιστρεπτικής δοκού είναι μια μεγάλη ανωμαλία του οδοστρώματος, στην οποία η στρεπτική ακαμψία της δοκού την οδηγεί στην θραύση. Έτσι οι επιστήμονες προσπάθησαν να δημιουργήσουν μια αντιστρεπτική δοκός της οποίας τα στηρίγματα που την στηρίζουν στο σασί του αυτοκινήτου να μπορούν να αλλάξουν την μεταξύ τους απόσταση, αλλάζοντας έτσι την στρεπτική ακαμψία της δοκού. Η επιδίωξη αυτή δεν έχει υλοποιηθεί ακόμη.

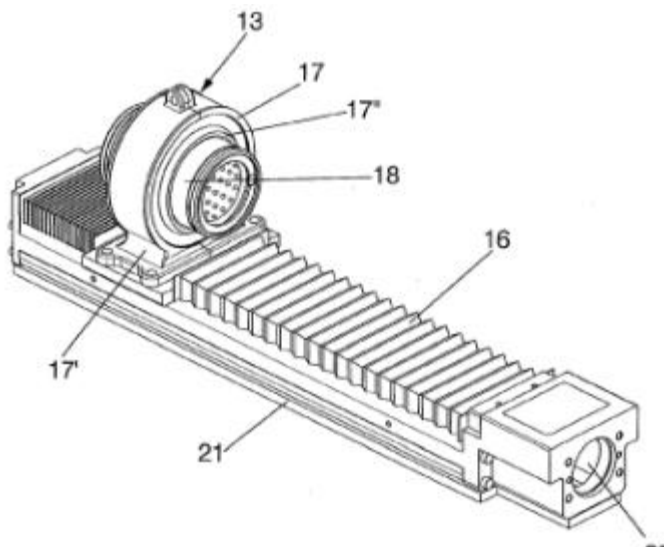
##### **4.4.1 Επεξήγηση συστήματος και θεωρητικός τρόπος λειτουργίας.**

Ο τρόπος λειτουργίας της αντιστρεπτικής δοκού δεν ξανά επαναπαρουσιάζεται αφού έχει αναφερθεί παραπάνω. Αυτό όμως που δεν έχει επεξηγηθεί είναι τι κάνει αυτό το σύστημα ενεργό. Στα παραπάνω σχήματα βλέπουμε πως είναι κατασκευασμένο αυτό το σύστημα. Έχει μια κεντρική βάση στήριξης στο αμάξωμα του αυτοκινήτου. Επιπλέον διαθέτει δυο άλλες βάσεις πάλι στήριξης μια δεξιά και μια αριστερά οι οποίες όμως μπορούν να αλλάζουν θέση. Για την μεταφορά λοιπόν των στηρίξεων υπεύθυνη είναι μια πηγή ισχύος η οποία μπορεί να ενεργοποιηθεί μέσα από το καντράν του οδηγού. Η κίνηση μεταδίδεται μέσω ενός μεταφορικού κοχλία και η απόσταση που διανύει η μία βάση είναι ίση με την άλλης. Έτσι

λοιπόν επιτυγχάνεται η αλλαγή στην στρεπτική ακαμψία της δοκού. Η έννοια αυτή θα γίνει περισσότερο κατανοητή στα παρακάτω σχήματα όπου βλέπουμε το διάγραμμα ροπής στρέψης και κάμψης.

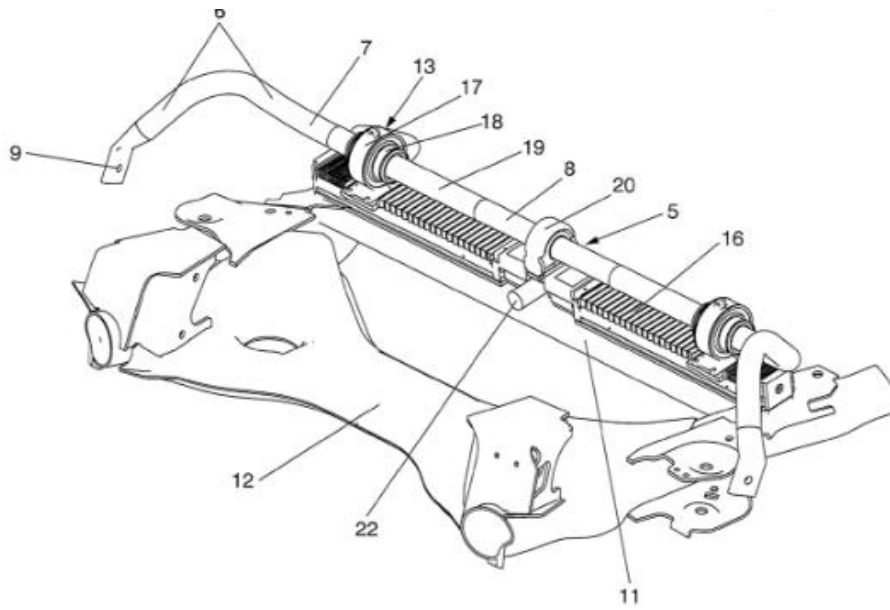


**Εικόνα 4.10** : Απεικόνιση πρόσοψης ενεργής διάταξης αντιστρεπτικής δοκού. [5]

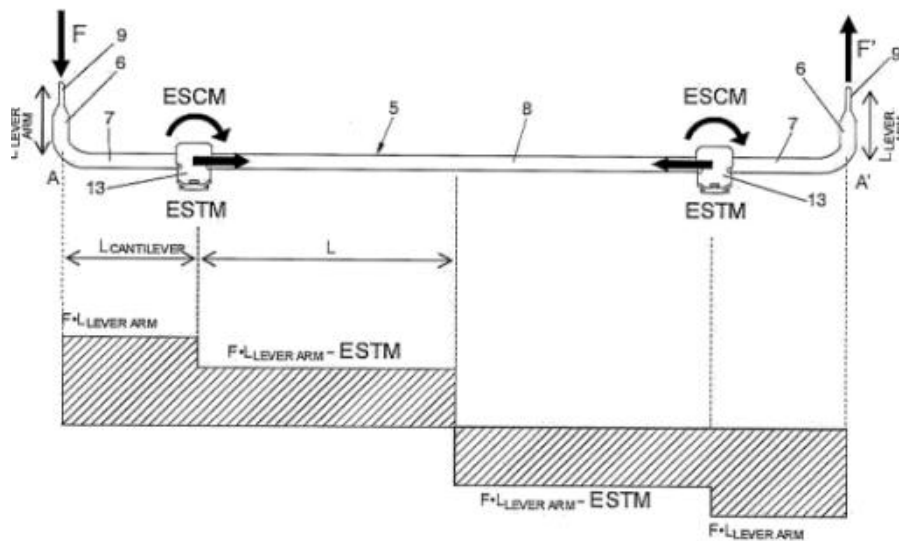


**Εικόνα 4.11** : Αριστερή βάση στήριξης. [5]

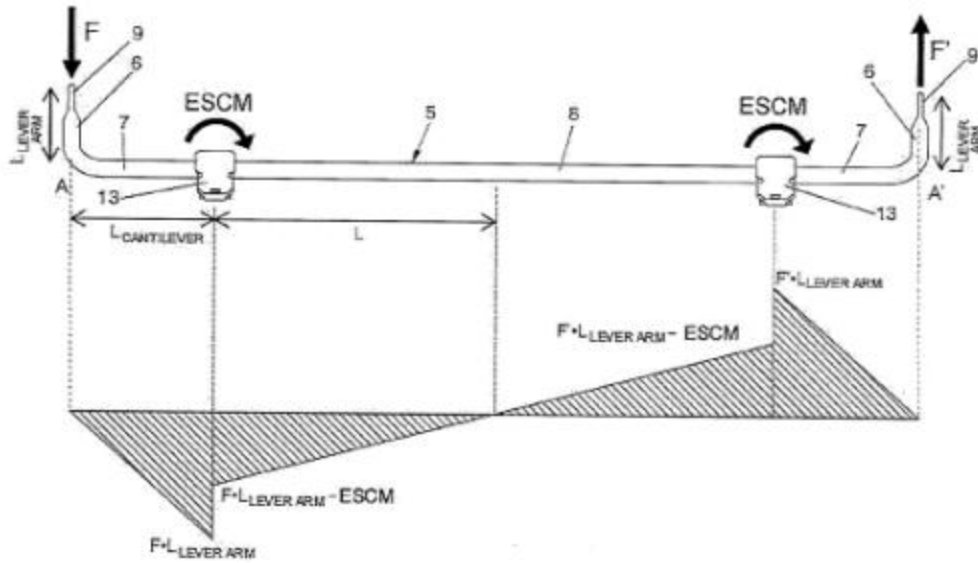




Εικόνα 4.12 : Πλάγια όψη ενεργής αντιστρεπτικής δοκού. [5]



Διάγραμμα 4.2 : Διάγραμμα ροπής στρέψης. [5]



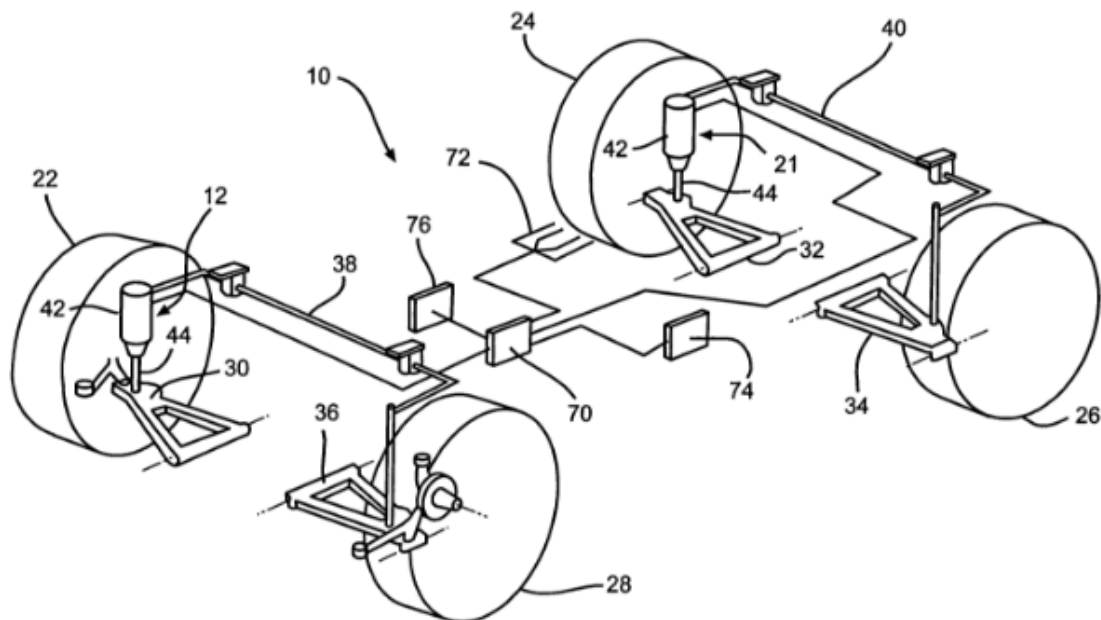
Διάγραμμα 4.3 : Διάγραμμα ροπής κάμψης.[5]

#### 4.5 Ενεργό ηλεκτρομαγνητικό σύστημα ελέγχου γωνίας κύλισης αυτοκινήτου.

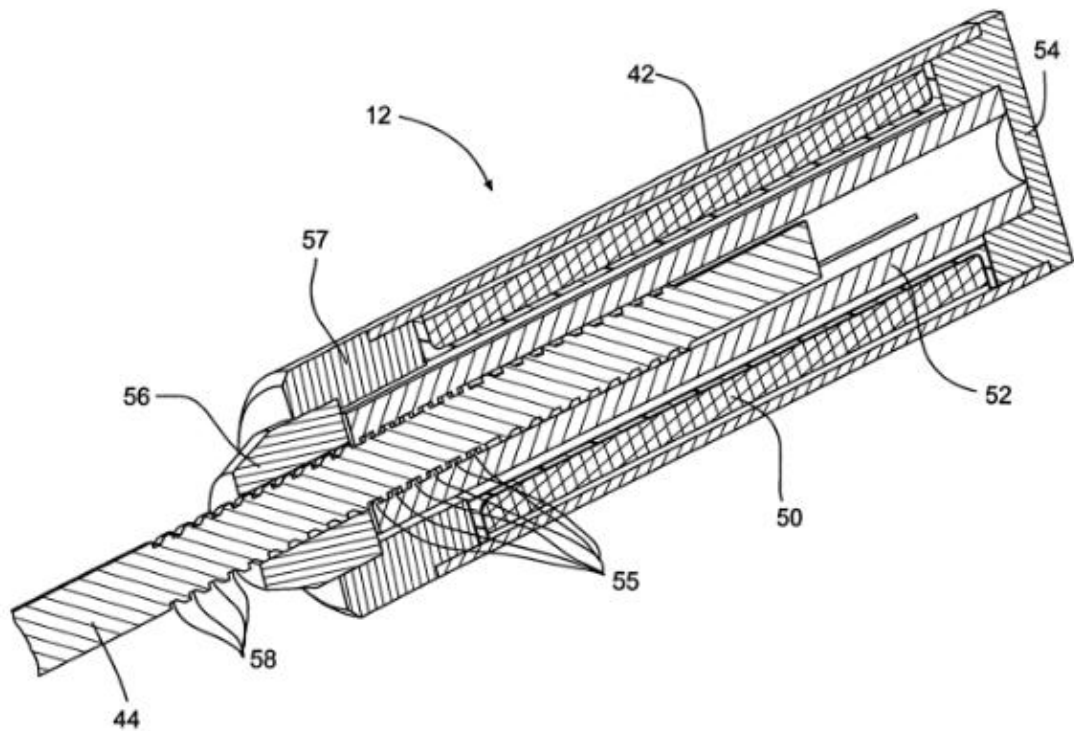
Η εξέλιξη στην αυτοκινητιστική βιομηχανία έφερε στο φως καινούργιες μεθόδους πρόληψης αλλά και αντιμετώπισης της γωνίας κύλισης του αμαξώματος του αυτοκινήτου. Οι μέθοδοι αυτοί θα πρέπει να είναι ταχύτερες στην διόρθωση τους καθώς επίσης και αποτελεσματικότερες. Την αποτελεσματικότητα μπόρεσαν και την αύξησαν τα ενεργά συστήματα αφού πλέον η παραγωγή σε ισχύ των μηχανών εσωτερικής καύσης των αυτοκινήτων είναι αρκετή για να προσφέρουν από αυτήν και στο σύστημα αντιμετώπισης της γωνίας κύλισης. Η ταχύτητα ανταπόκρισης βελτιώνετε μέσω ηλεκτρικών σημάτων ή μαγνητικών συστημάτων όπως θα παρουσιαστεί στην παρούσα ευρεσιτεχνία η οποία ανήκει στον Richard J. Barron. Η ιδέα βασίζεται στην ταχύτητα με τον οποία ταξιδεύει ένα ηλεκτρικό σήμα έναντι ενός πνευματικού ή υδραυλικού.

#### 4.5.1 Ανάλυση των μερών του συστήματος.

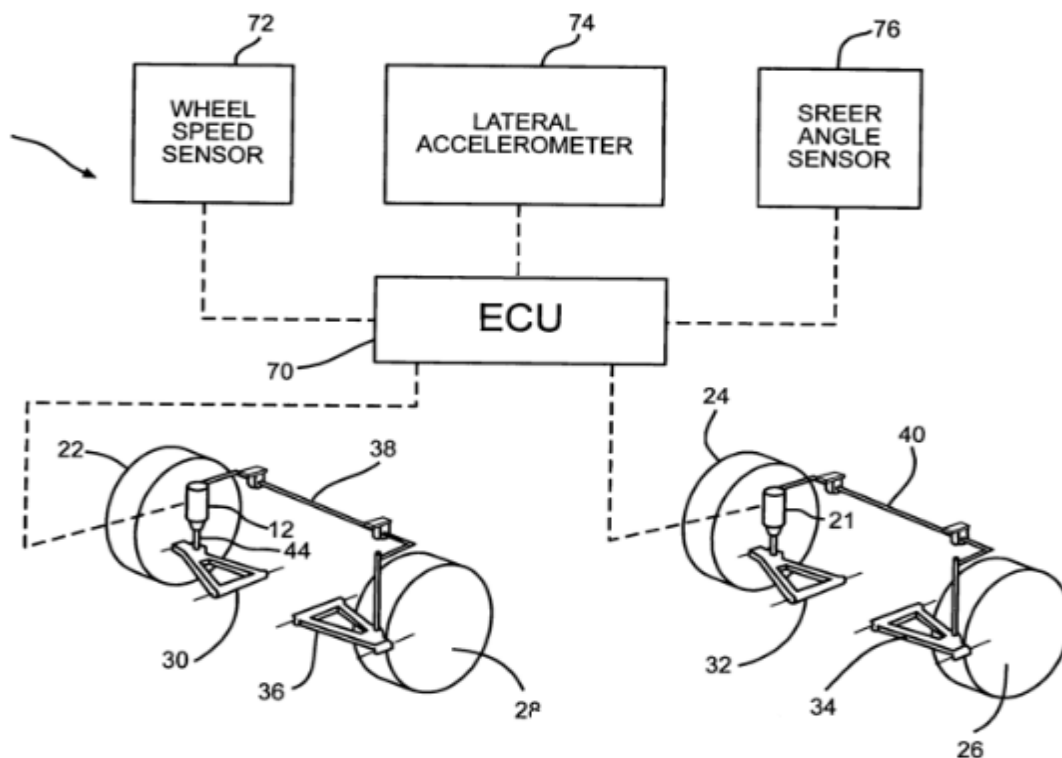
Τα κύρια μέρη του συστήματος είναι οι τροποποιημένες μπουκάλες ανάρτησης, οι δύο αντιστρεπτικοί δοκοί που συνδέουν τους εμπρόσθιους τροχούς μεταξύ τους όπως και τους πίσω τροχούς και οι τρεις αισθητήρες που συνδέονται με την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου. Οι τρεις αισθητήρες μετρούν την ταχύτητα των τροχών, την πλευρική επιτάχυνση (επιταχυνσιόμετρο) και την γωνία του τιμονιού. Οι μπουκάλες ανάρτησης διαθέτουν ενσωματωμένο ένα σύστημα μαγνήτη όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα που τους επιτρέπει να κλειδώνουν το έμβολο σε μια συγκεκριμένη θέση απαγορεύοντας να αυξηθεί περαιτέρω η γωνία κύλισης. Την διόρθωση την γωνίας την αναλαμβάνουν οι αντιστρεπτικοί δοκοί. Επίσης στο σχήμα βλέπουμε απεικονισμένους τους τρεις αισθητήρες του συστήματος.



Εικόνα 4.13 : Κύρια μέρη ηλεκτρομαγνητικής διάταξης ελέγχου γωνίας κύλισης.[5]



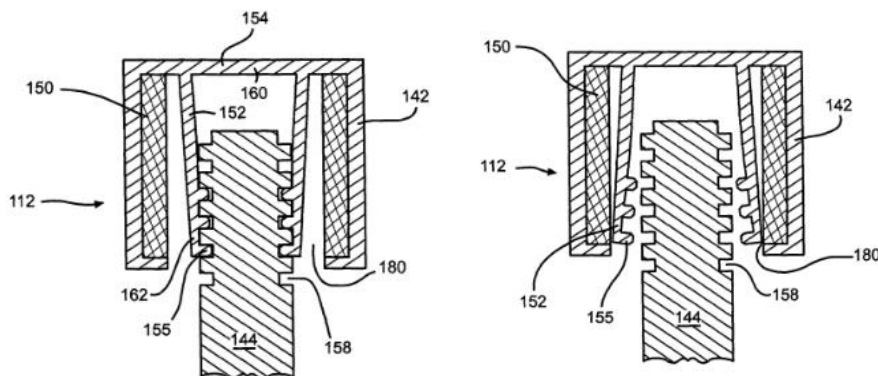
Εικόνα 4.14 : Μπουκάλα ανάρτησης σε τομή. [5]



Εικόνα 4.15 : Κύκλωμα τριών αισθητήρων. [5]

#### 4.5.2 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος.

Το ρόλο του ενεργοποιητή σε αυτό το σύστημα τον έχει η ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου η οποία αντλεί πληροφορίες από τους τρεις αισθητήρες. Στην περίπτωση που απαιτηθεί διόρθωση η μονάδα ελέγχου στέλνει σήμα και επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος στο πηνίο 50 εικόνα 4.14 και φορτίζοντας το κατάλληλα ώστε να απωθήσει το περίβλημα 52 το οποίο θα είναι φορτισμένο με αντίθετη πολικότητα. Το περίβλημα 52 θα ασφαλίσει το έμβολο σταματώντας την κίνηση του. Ο τρόπος ασφάλισης γίνεται περισσότερο κατανοητός στις εικόνες 4.16 και 4.17. Επίσης την στιγμή που ασφαρίζεται το έμβολο ο θάλαμος πίεσης και το έμβολο πακτώνονται επιτρέποντας στην αντιστρεπτική δοκό να επενεργήσει και διορθώσει την γωνία κύλισης αφού ο θάλαμος πίεσης βρίσκεται πακτωμένος και αυτός επάνω στην αντιστρεπτική δοκό. Στην περίπτωση που το πηνίο 50 εικόνα 4.14 δεν διαρρέεται από ρεύμα το έμβολο είναι και ο θάλαμος πίεσης λειτουργούν σαν ένα απλό αμορτισέρ προσφέροντας μεγαλύτερη άνεση στην οδήγηση σε ευθεία.



Εικόνα 4.16: Κλειδωμένη θέση εμβόλου. [5] Εικόνα 4.17 : Θέση ελεύθερης κίνησης εμβόλου. [5]

## 5 Σύγκριση συστημάτων

Ο κύριος διαχωρισμός των συστημάτων σε ενεργά και παθητικά είναι αυτός που επιφέρει και τον περισσότερο σχολιασμό για τα υπέρ και τα κατά των εκάστοτε συστημάτων.

### 5.1 Σύγκριση ενεργών και παθητικών συστημάτων.

#### 5.1.1 Θετικά σημεία παθητικών συστημάτων.

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω το κυριότερο προτέρημα των παθητικών συστημάτων είναι η ανεξαρτησία τους σε σχέση με την απαιτούμενη ισχύ για την λειτουργία τους. Η ισχύ είναι αποτέλεσμα αντίδρασης όταν η γωνία κύλισης του αυτοκινήτου μεγαλώνει. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να εξοικονομάτε ενέργεια από αυτήν που παράγεται από τον κινητήρα του οχήματος, που έχει σαν αποτέλεσμα την μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Επίσης εάν για κάποιο λόγο υπάρξει μια δυσλειτουργία του κινητήρα, ως ανεξάρτητο σύστημα θα συνεχίσει να λειτουργεί με την απουσία του κινητήρα, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη αξιοπιστία στον οδηγό. Ακόμη τα παθητικά συστήματα χαρακτηρίζονται για την απλότητα τους και στον τρόπο κατασκευής και στον τρόπο λειτουργίας τους.

#### 5.1.2 Θετικά σημεία ενεργών συστημάτων.

Είναι λογικό ότι εξαιτίας του γεγονότος άντλησης ενέργειας των συστημάτων από την ενέργεια του κινητήρα η αποτελεσματικότητά τους θα πρέπει να υπερτερεί έναντι αυτής των παθητικών συστημάτων και αυτό συμβαίνει και τις περισσότερες φορές. Επίσης λόγω της πολυπλοκότητας κατασκευής και λειτουργίας, η αστοχία και η θραύση εμφανίζεται λιγότερο συχνά έναντι των παθητικών συστημάτων.

### *5.1.3 Αρνητικά σημεία παθητικών και ενεργών συστημάτων.*

Κατά κύριο λόγο τα αρνητικά σημεία του ενός είναι τα θετικά σημεία του άλλου συστήματος. Τα παθητικά συστήματα συχνά είναι λιγότερο αποτελεσματικά συγκρινόμενα με τα ενεργά. Επίσης η θραύση τους ή η αστοχία τους είναι πιο συχνή όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Από την άλλη πλευρά η κατανάλωση ισχύος των ενεργών συστημάτων είναι κάτι που δίνει δυνατό προτέρημα στα παθητικά. Επίσης το κόστος κατασκευής των παθητικών συστημάτων μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερο.

## *5.2 Αξιολόγηση κάθε επιμέρους παθητικής διάταξης.*

### *5.2.1 Αντιστρεπτικής δοκού.*

Η διάταξη της αντιστρεπτικής δοκού αποτελεί μια από τις πιο κοινά διαδεδομένες διατάξεις, επίσης αποτελεί και μια από τις αποτελεσματικότερες. Η αποτελεσματικότητα της πηγάζει τόσο από τον απλό τρόπο λειτουργίας της, όσο και από την απλότητα στην κατασκευή της. Ωστόσο είναι συχνό φαινόμενο η θραύση της λόγω των τεράστιων καμπτικών και στρεπτικών δυνάμεων που αναπτύσσονται σε αυτήν.

### *5.2.2 Σύστημα τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπτου άξονα.*

Η διάταξη αυτή αποτελεί μια μετεξέλιξη της αντιστρεπτικής δοκού προσπαθώντας να διορθώσει το κύριο μειονέκτημα της, την θραύση. Κατάφερε σε κάποιο βαθμό να αντιμετωπίσει την θραύση σε ικανοποιητικό βαθμό χωρίς ωστόσο να την εξαλείψει. Δεν είναι ευρέως αποδεκτή λύση από τους κατασκευαστές αφού και αυτό το σύστημα υποκύπτει στην θραύση και έχει και πολυπλοκότερο τρόπο κατασκευής.

### *5.2.3 Διασυνδεδεμένο κύκλωμα υδραυλικής ανάρτησης.*

Και αυτό το σύστημα είναι μια αποτελεσματική μέθοδος αντιμετώπισης της γωνίας κύλισης μηδενίζοντας το ποσοστό αστοχίας της διάταξης. Λόγω της

αποτελεσματικότητας του και της μη αστοχίας του η χρήση του έγινε ακόμα και στον μηχανοκίνητο αθλητισμό.

#### *5.2.4 Αντιταλαντευτική συσκευή για φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα.*

Η μέθοδος αυτή δεν αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Αρχικά το σύστημα δεν χαρακτηρίζεται για την αποτελεσματικότητα του αφού δεν διορθώνει την γωνία κύλισης στο ποσοστό που είναι επιθυμητό. Επίσης σε πολλές περιπτώσεις οι ζώνες αυτές κόβονται με αποτέλεσμα την μη λειτουργία του συστήματος και αύξηση του κόστους συντήρησης. Το θετικό κομμάτι αυτού του συστήματος είναι η απλότητα του και η ευκολία στην παραγωγή.

#### *5.2.5 Εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους.*

Η αποτελεσματικότητα αυτού του συστήματος είναι αμφισβητήσιμη αφού η πολυπλοκότητα στην κατασκευή και την λειτουργία του δεν εκπροσωπούν το βαθμό απόδοσης στην αντιμετώπιση της γωνίας κύλισης.

### **5.3 Αξιολόγηση κάθε επιμέρους ενεργής διάταξης.**

#### *5.3.1 Υδραυλικό σύστημα ανάρτησης άμεσης σύνδεσης με το υδραυλικό τιμόνι.*

Πρόκειται για μια διάταξη αρκετά επαναστατική για την εποχή που ανακαλύφθηκε με αρκετά υψηλές τιμές αποτελεσματικότητας. Ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η διάταξη και καταπολεμά την γωνία κύλισης είναι ίδιος με τα κοινά διασυνδεδεμένα υδραυλικά κυκλώματα στις αναρτήσεις, αυτό όμως που την κάνει να διαφέρει και επίσης την κάνει πρωτοποριακή είναι ο τρόπος που ενεργοποιείται η βαλβίδα ελέγχου κίνησης του ρευστού μέσου του τιμονιού.

#### *5.3.2 Ενεργό υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης με ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς.*



Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της διάταξης είναι η μη υποχρεωτική ανεξάρτητη σύζευξη των τροχών εξισορροπώντας έτσι τις δημιουργούμενες τάσεις στους τροχούς και το αμάξωμα του αυτοκινήτου και προσφέροντας επίσης μια πολύ άνετη και μαλακή οδήγηση στον οδηγό. Ωστόσο το σύστημα αυτό αποτελεί μια αρκετή πολύπλοκη ιδέα και στον τρόπο λειτουργίας και στην υλοποίηση της.

*5.3.3 Διάταξη περιορισμού εγκάρσιας κλήσης βαρέου τύπου οχήματος για έλεγχο ύψους και αισθητήρες για την γωνία κλήσης.*

Η διάταξη αυτή αποτελεί μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος σε βαρέου τύπου οχήματα ή σε οχήματα που κουβαλούν μεγάλα φορτία. Σε ένα κοινό επιβατηγό όχημα που το βάρος του και συνεπώς και οι δημιουργούμενες τάσεις δεν είναι τόσο μεγάλες σε σύγκριση με ένα βαρέου τύπου η αποτελεσματικότητα του δεν θα ήταν τόσο μεγάλη και θα μπορούσε να θεωρηθεί και περιττό.

*5.3.4 Ενεργό σύστημα αντιστρεπτικής δοκού.*

Πρόκειται για μια διάταξη η οποία εκμηδενίζει τις αστοχίες θραύσης που είχε η παθητική αντιστρεπτική δοκός μεγαλώνοντας ακόμα περισσότερο την αποτελεσματικό της κάνοντας την, ένα από τα πιο αποτελεσματικά συστήματα.

*5.3.5 Ενεργό ηλεκτρομαγνητικό σύστημα ελέγχου γωνίας κύλισης αυτοκινήτου.*

Η διάταξη αυτή αποτελεί την μελλοντική εξέλιξη της αυτοκινητιστικής βιομηχανίας αφού είναι μια από τις πιο νέες εφευρέσεις. Είναι πολλά υποσχόμενη και ανεβάζει την άνεση και την ασφαλή οδήγηση σε ένα άλλο επίπεδο.

## 5.4 Πίνακας αποτελεσμάτων

	Αποτελεσματικότητα	Αξιοπιστία	Κόστος κατασκευής	Απλότητα
<b>Παθητικές διατάξεις</b>				
Αντιστρεπτική δοκός	+	+	+	+
Σύστημα τεσσάρων ράβδων ημιάκαμπτου άξονα	+	+	-	-
Διασυνδεδεμένο κύκλωμα υδραυλικής ανάρτησης	+	+	-	-
Αντιταλαντευτική συσκευή για φορτηγά ή ρυμουλκούμενα οχήματα	-	-	+	+
Εμπρόσθια μπάρα σταθεροποίησης με δύο εγκάρσιες ράβδους	+	+	+	-
<b>Ενεργές διατάξεις</b>				
Υδραυλικό σύστημα ανάρτησης άμεσης σύνδεσης με το υδραυλικό τιμόνι	+	+	-	-
Ενεργό υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης με ελεγκτή ελεύθερου εκκρεμούς	+	+	-	-
Διάταξη περιορισμού εγκάρσιας κλήσης βαρέου τύπου οχήματος για έλεγχο ύψους και αισθητήρες για την γωνία κλήσης	+	+	-	+
Ενεργό σύστημα αντιστρεπτικής δοκού	+	+	-	+
Ενεργό ηλεκτρομαγνητικό σύστημα ελέγχου γωνίας κύλισης	+	+	+	+

## 6 Βιβλιογραφία

- 1 (n.d.). Retrieved 05 17, 2017, from <http://www.iea.lth>
- 2 Crolla, D. A. (2009). *Automotive Engineering Powertrain, Chassis System and Vehicle Body(BBS)*. Oxford: Elsevier Inc.
- 3 Daniel Vilela, R. S. (2011, 08 08). Retrieved Μάιος 17, 2017, from <http://www.scielo.br>
- 4 Giancarlo Genta, L. M. (2009). *The automotive chassis vol1*. Torino: Springer.
- 5 *Google Patents*. (n.d.). Retrieved 06 12, 2017, from <https://www.patents.google.ch>
- 6 *Google Patents*. (n.d.). Retrieved 05 16, 2017, from <https://www.patents.google.com>
- 7 *Google Patents*. (n.d.). Retrieved 06 16, 2017, from <http://www.patents.google.tl>
- 8 H. Bayrakceken, K. A. (n.d.). *ScienceDirect*. Retrieved 05 12, 2017, from <https://www.sciencedirect.com>
- 9 Jazar, R. N. (2008). *Vehicle Dynamics : Theory and Applications*. New York: Springer.
- 10 *SAE international*. (n.d.). Retrieved 05 25, 2017, from [Papers.sae.org](http://Papers.sae.org)
- 11 *Scarbsf1*. (n.d.). Retrieved 05 15, 2017, from <https://scarbsf1.wordpress.com>
- 12 *Science Direct*. (n.d.). Retrieved 06 15, 2017, from <http://www.sciencedirect.com>
- 13 Sherman, D. (n.d.). *Car and driver*. Retrieved 05 18, 2017, from <https://www.caranddriver.com>
- 14 Shuang Xu, A. F. (2017, 02 24). Retrieved 05 17, 2017, from <http://www.mech-sci.net>
- 15 Shuang Xu, A. F. (n.d.). *Mechanical Sciences*. Retrieved 05 17, 2017, from <https://www.mech-sci.net>
- 16 Smith, C. (1978). *Tune to win*. Fallbrook: Aero publishers.
- 17 Zhong-Xing Li, R.-Z. X. (2017, 05 17). Retrieved 04 21, 2016, from <http://www2.tku.edu.tw>
- 18 (n.d.). Retrieved 05 12, 2017, from <http://autozine.org>