

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΣΤΟΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ (Α.Μ. 6366)
ΧΙΟΝΗΣ ΑΓΓΕΛΟΣ (Α.Μ. 5359)**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΟΛΥΖΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2019

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και έχει ως αντικείμενο την

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας είναι η αναλυτική παρουσίαση των νέων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα καθώς επίσης και των μελλοντικών κατευθύνσεων στο χώρο αυτό.

Θέλουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Πολυζάκη Απόστολο για την ανάθεση του θέματος καθώς και για τη συνεχή καθοδήγηση και τη βοήθεια που μας προσέφερε.

Στόκος Δημήτριος
Χιόνης Άγγελος
Νοέμβριος 2019

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

Στόκος Δημήτριος

Χιόνης Άγγελος

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εισαγωγή παρουσιάζεται σύντομα η ιστορική εξέλιξη του αυτοκινήτου.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται συνοπτικά η ιστορία καθώς και οι σύγχρονες εξελίξεις των βενζινοκινητήρων.

Το δεύτερο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στους κινητήρες Diesel.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια στη αυτοκίνηση.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στις τελευταίες εξελίξεις σχετικά με την υβριδική τεχνολογία.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά σημεία των εναλλακτικών συστημάτων μετάδοσης που έχουν χρησιμοποιηθεί.

Το έκτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στα συστήματα ενεργητικής και παθητικής ασφάλειας.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι σύγχρονες τεχνολογικές εξελίξεις όσον αφορά την αυτοματοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι των συστημάτων μετάδοσης κίνησης που χρησιμοποιούνται στα αυτοκίνητα σήμερα.

Στο ένατο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διάφορα περιφερειακά εξαρτήματα.

Το δέκατο κεφάλαιο είναι αφιερωμένο στα καύσιμα.

Στο ενδέκατο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιούνται στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Στο δωδέκατο κεφάλαιο αναφέρονται οι νέες ιδέες που έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται στα αυτοκίνητα.

Στο δέκατο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά σε ιδέες και προτάσεις που αναμένεται να καθορίσουν το μέλλον της αυτοκίνησης.

Τέλος, στο δέκατο τέταρτο κεφάλαιο περιέχονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1. BENZINOKINHTHΡΑΣ	
1.1 Συμπιέζοντας το καύσιμο μείγμα.....	7
1.2 Το τρίκυκλο του Καρλ Μπεντς.....	8
1.3 Ζίγκφριντ Μάρκουσ.....	9
1.4 Μπουζί.....	10
1.5 Μίζα.....	10
1.6 Τούρμπο.....	11
1.7 Μεταβλητός χρονισμός βαλβίδων.....	11
1.8 Άμεσος ψεκασμός καυσίμου.....	12
1.9 Σύγχρονοι βενζινοκινητήρες.....	13
1.10 Ηλεκτρικό τούρμπο.....	14
1.11 Freevalve.....	15
1.12 Φαύλος κύκλος.....	15
2. Ο ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ DIESEL	
2.1 Η αντικατάσταση της ατμομηχανής.....	17
2.2 Γενικά για τους κινητήρες Diesel.....	18
2.3 Σύγκριση με τους βενζινοκινητήρες.....	20
2.4 Πετρέλαιο.....	22
2.5 Καύση του πετρελαίου.....	23
2.6 Η ακριβής ρύθμιση της ισχύος του Diesel.....	25
2.7 Ο παραδοσιακός τρόπος: έμμεσος ψεκασμός και «διπλός» θάλαμος καύσης.....	27
2.8 Άμεσος ψεκασμός.....	28

2.9 Κρύα εκκίνηση.....	30
2.10 Προθερμαντήρας.....	32
2.11 Ο δρόμος του πετρελαίου.....	33
2.12 Common rail.....	39
2.13 Δίχρονοι κινητήρες Diesel.....	46
2.14 Εκπομπή ρύπων.....	47
2.15 Αιθαλοπαγίδες.....	48
2.16 Οξειδία του αζώτου.....	51
3. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	
3.1 Από τον Φαραντέι στην Τέσλα.....	54
3.2 Το υπερεργαστάσιο.....	57
3.3 Πυρίτιο.....	58
3.4 Γενικά για τους ηλεκτροκινητήρες.....	59
3.5 Μηχανές συνεχούς ρεύματος.....	61
3.6 Κινητήρες εναλλασσομένου ρεύματος.....	67
3.6.1 Σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες.....	67
3.6.2 Ασύγχρονοι κινητήρες.....	70
3.6.3 Επιλογή τύπου κινητήρα εναλλασσομένου ρεύματος...	75
4. ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	
4.1 Υβριδικό σύστημα μετάδοσης.....	76
4.2 Plug-in hybrid.....	78
4.3 eTwinster.....	78
4.4 Ήπια υβριδικά 48V.....	79
4.5 Τι απέγινε το hybrid-air;.....	80
4.6 KERS.....	81
4.7 Μπαταρίες.....	83
4.8 Σύγκριση μπαταρίας και βενζίνης.....	88
4.9 Κατασκευαστές υβριδικών αυτοκινήτων.....	90
5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	
5.1 Ενεργειακές κυψέλες.....	98
5.2 Κυψέλες ναοσωματιδίων.....	99

6. ΑΣΦΑΛΕΙΑ	
6.1 Crash tests.....	101
6.2 Ζώνες ασφαλείας.....	102
6.3 Αερόσακος.....	103
6.4 ABS.....	104
6.5 Δευτερεύοντα συστήματα.....	109
6.5 Σύστημα αποφυγής σύγκρουσης.....	120
6.6 Φώτα LED/LASER.....	121
7. ΠΑΡΑΓΩΓΗ	
7.1 Προτυποποίηση.....	123
7.2 Μαζική παραγωγή.....	124
7.3 Ρομπότ στην παραγωγή.....	125
7.4 Just in time.....	126
7.5 Το έξυπνο εργοστάσιο του μέλλοντος.....	127
8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	
8.1 Κιβώτιο ταχυτήτων.....	128
8.2 Αυτόματο κιβώτιο ταχυτήτων.....	129
8.3 Κιβώτιο συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης (CVT).....	130
8.4 Η τετρακίνηση.....	131
8.5 Κιβώτιο διπλού συμπλέκτη.....	132
8.6 Γιατί τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν έχουν κιβώτιο;.....	133
8.7 Ενεργή τετραδιεύθυνση.....	133
9. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	
9.1 Ελαστικά.....	135
9.2 Λιπαντικά.....	137
9.3 Υδραυλική υποβοήθηση.....	138
9.4 Ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης.....	138
9.5 Δορυφορική πλοήγηση.....	139
9.6 Σύστημα άμεσης ανάφλεξης.....	140
9.7 Ηλεκτρομηχανική αντιστρεπτική ράβδος.....	140

9.8 eROT.....	142
10. ΚΑΥΣΙΜΑ	
10.1 Υδρογόνο.....	144
10.2 Βιοαιθανόλη για ενεργειακές κυψέλες.....	145
10.3 Συνθετικά καύσιμα.....	146
10.4 Φυσικό αέριο.....	147
11. ΥΛΙΚΑ	
11.1 Αλουμίνιο.....	149
11.2 Μαγνήσιο.....	149
11.3 Ανθρακονήματα.....	150
11.4 3D Printed cars.....	151
11.5 Αεροδυναμική.....	152
12. NEA CONCEPT	
12.1 Εφαρμογές διαμοιρασμού διαδρομών.....	153
12.2 Car sharing.....	154
12.3 Εναλλακτικά προγράμματα.....	155
13. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗΣ	
13.1 Επαναπροσδιορίζοντας το αυτοκίνητο.....	157
13.2 Αυτόνομη οδήγηση.....	158
13.3 Διάδραση με το περιβάλλον.....	160
13.4 Υπόγεια και... εναέρια.....	162
13.5 Σχεδιασμός.....	163
13.6 Κβαντικοί υπολογιστές.....	164
13.7 Διεπαφή.....	166
13.8 Ελαστικά.....	166
14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	168

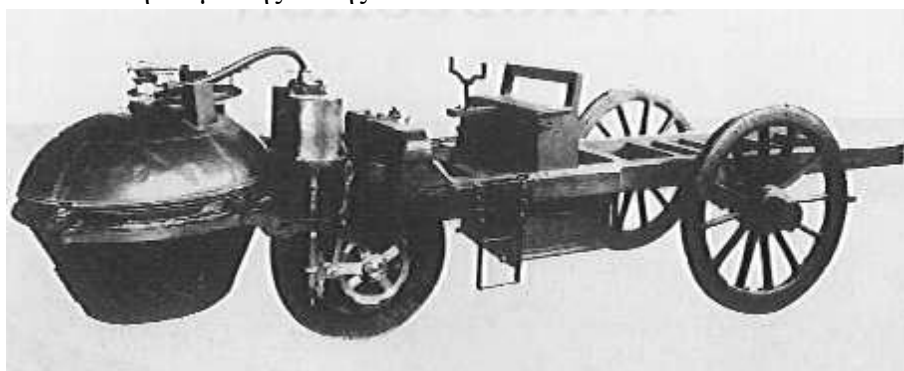
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	169

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αυτοκίνητο ξεπέρασε τον ένα αιώνα ζωής, γνώρισε τεράστια επιτυχία σαν προϊόν και επέφερε θεμελιώδεις αλλαγές στην κοινωνία. Σήμερα σε όλον τον κόσμο παράγονται περίπου 60 εκατομμύρια αυτοκίνητα παράγονται κάθε χρόνο. Είναι εύκολα προσιτό από σχεδόν όλα τα κοινωνικά στρώματα και αποτελεί πηγή ευημερίας, απασχόλησης, ελευθερίας κίνησης και ψυχαγωγίας για όλους. Οι τηλεπικοινωνίες και η πληροφορική διαμορφώνουν ένα νέο περιβάλλον όπου το αυτοκίνητο κινείται με μεγαλύτερη άνεση, ενεργειακή απόδοση, ασφάλεια και αποτελεσματικότητα, ενώ ταυτόχρονα μειώνονται τα θύματα των τροχαίων ατυχημάτων, η ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση και το κόστος παραγωγής.

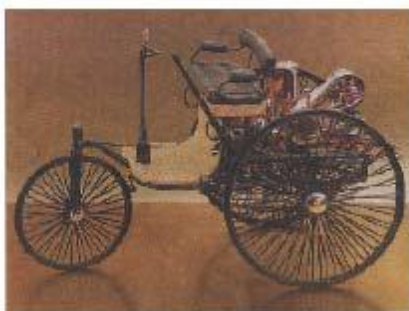
Ο σχεδιασμός του αυτοκινήτου αποτελεί μια σύνθετη διαδικασία στην οποία λαμβάνονται υπόψη πάρα πολλές παράμετροι ενώ για την επιτυχή ολοκλήρωσή της απαιτείται η διατήρηση λεπτών ισορροπιών ανάμεσα στη λειτουργικότητα, την μορφή, την ασφάλεια καθώς και τις ενεργειακές και περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Η μηχανοκίνητη μεταφορά, αν και ήταν ένα παλιό όνειρο του ανθρώπου, δεν μπόρεσε να πραγματοποιηθεί ως το ξέσπασμα της βιομηχανικής επανάστασης που έγινε στα μέσα του 19ου αιώνα. Στην περίοδο αυτή πραγματοποιήθηκαν πολλές επαναστατικές τεχνολογικές εξελίξεις, με αποτέλεσμα το όνειρο αυτό να γίνει πραγματικότητα. Το πρώτο μηχανοκίνητο όχημα που κατασκευάστηκε το 1769 από τον Nicholas Joseph Cugnot, Γάλλο αξιωματικό του πυροβολικού, ήταν ατμοκίνητο και θεωρείται ο πρόγονος του σημερινού αυτοκινήτου (Εικόνα 1). Μετέφερε 4 άτομα με ταχύτητα 2,25 μίλια ανά ώρα. Όταν αναποδογύρισε στρίβοντας με αυτή την ταχύτητα στους δρόμους του Παρισιού, ο Cugnot βρέθηκε στη φυλακή επειδή έβαλε σε κίνδυνο τον πληθυσμό της πόλης.



Εικόνα 1. Το πρώτο ατμοκίνητο όχημα, φτιαγμένο το 1769 από τον Cugnot [1].

Το 1876, ο Nikolaus Otto κατασκευάζει την πρώτη τετράχρονη μηχανή εσωτερικής καύσεως, μετά από πολύχρονη πειραματική εργασία. Μια μεγάλη καινοτομία μετά την ανακάλυψη της μηχανής εσωτερικής καύσης ήταν η εφαρμογή της στο αυτοκινούμενο όχημα δρόμου του Karl Benz, το 1885, που συνετέλεσε στο να αποκτήσει το αυτοκίνητο πρακτική εφαρμογή. Το αυτοκίνητο του Benz που παρουσιάστηκε το 1885 ήταν ένα τρίτροχο όχημα με σωληνωτό ατσάλινο πλαίσιο και ανοιχτό ξύλινο αμάξωμα με δύο καθίσματα για τους επιβάτες. Ο μπροστινός τροχός κατευθυνόταν από ένα πηδάλιο που έπαιζε το ρόλο του τιμονιού, ενώ την κίνηση έπαιρναν οι δύο οπίσθιοι τροχοί μέσω αλυσίδας. Ο κινητήρας ήταν εμβολοφόρος, μονοκύλινδρος, τετράχρονος που έκαιγε βενζίνη και λειτουργούσε με βάση το θερμοδυναμικό κύκλο του Otto. Είχε ηλεκτρική ανάφλεξη, ήταν υδρόψυκτος και είχε τοποθετηθεί οριζόντια πάνω από τον άξονα των πίσω τροχών. Η ιπποδύναμή του ήταν 0.5 HP στις 250 - 300 στροφές ανά λεπτό και έδινε στο όχημα ταχύτητα 13 έως 16 χιλιομέτρων την ώρα. Συνεχίζοντας την εργασία του Otto, αλλά εργαζόμενοι ανεξάρτητα, ο Karl Benz και ο Gottlieb Daimler παρήγαγαν τα πρώτα, σε παγκόσμια κλίμακα, αυτοκίνητα με μηχανές εσωτερικής καύσης.



Εικόνα 2. Το αυτοκίνητο του Benz και ο Daimler με το αυτοκίνητό του [1].

Η εξέλιξη του κινητήρα εσωτερικής καύσης μείωσε το ενδιαφέρον για αυτοκίνηση με άλλες μορφές κινητήρων. Μέσα στα επόμενα χρόνια, το αυτοκίνητο αποτέλεσε μια γρήγορα εξελισσόμενη μηχανή που έφθασε να περιλαμβάνει πάνω από 20.000 μηχανικά μέρη, τα οποία συνεργάζονταν αρμονικά μεταξύ τους, για την εξασφάλιση αξιόλογης και αξιόπιστης μεταφορικής ικανότητας. Η τεράστια αυτή ανάπτυξη, είχε σαν αποτέλεσμα πολλές διαφοροποιήσεις στο σχεδιασμό του αυτοκινήτου από κατασκευαστική πλευρά, την εξωτερική μορφή αλλά και τη χρήση του, σαν μέσο μεταφοράς, εργαλείο δουλειάς ή ακόμα και σαν μέσο διασκέδασης και αναψυχής.

Μεταξύ των δύο παγκοσμίων πολέμων παρατηρείται η εμφάνιση των πρώτων μεθόδων μαζικής παραγωγής που είχαν σαν συνέπεια σωστά κατασκευασμένα και άνετα αυτοκίνητα με χαμηλό κόστος παραγωγής.

Όταν μετά τον πόλεμο η παραγωγή επανέρχεται στον κανονικό της ρυθμό τα αυτοκίνητα παρουσιάζονται μακρύτερα, βαρύτερα και απλούστερα, έχουν

περισσότερες καμπύλες στο εξωτερικό τους και γενικά είναι πιο κομψά. Ωστόσο, είναι αρκετά όμοια με τα προπολεμικά και περνούν αρκετά χρόνια έως ότου τα εργοστάσια επεξεργαστούν την παραγωγή πραγματικά νέων σχεδίων. Πολλά από τα νέα μοντέλα έχουν ισχυρούς κινητήρες υψηλής συμπίεσης.

Στον τομέα των αναρτήσεων γίνεται σημαντική πρόοδος καθώς εμφανίζεται η ανεξάρτητη ανάρτηση στους μπροστινούς τροχούς. Κατασκευάζονται αμαξώματα χωρίς πλαίσιο (αυτοφερόμενα) και αυτή είναι μια από τις αιτίες που κάνουν τα αυτοκίνητα πιο ελαφρά. Χρησιμοποιούνται καμπύλα τζάμια εμπρός και ανοίγεται παράθυρο στο πίσω μέρος με συνέπεια τη σημαντική αύξηση της ορατότητας.

Στις Η.Π.Α παρουσιάζονται το 1948 από την εταιρία Goodrich τα ελαστικά χωρίς αεροθαλάμους. Στην δεκαετία του 1950 τοποθετούνται για πρώτη φορά υδραυλικά συστήματα διεύθυνσης, διπλά φώτα και βελτιώνεται η στεγανοποίηση του αμαξώματος με την χρησιμοποίηση ελαστικών παρεμβυσμάτων. Καθιερώνεται το σχήμα των τριών όγκων με ορθογωνικές γραμμές για τα περισσότερα μέσα αυτοκίνητα. Μια σημαντική εξέλιξη γίνεται με την χρησιμοποίηση στην κατασκευή του αμαξώματος της Chevrolet Corvette του 1953 υαλοβάμβακα ενισχυμένου με ρητίνη. Το ίδιο υλικό χρησιμοποιήθηκε το 1955 στην οροφή του Citroen DS 19. Έτσι ελαττώνεται σημαντικά το βάρος και αυξάνεται η αντοχή σε διάβρωση, συγχρόνως όμως ανοίγει ένα νέο κεφάλαιο στην έρευνα για την χρησιμοποίηση άλλων προηγμένων υλικών (αλουμινίου, πλαστικού, συνθέτων υλικών) στην κατασκευή πλαισίων και αμαξωμάτων.

Μετά το 1960 ο σχεδιασμός των αυτοκινήτων επηρεάζεται κατά πολύ από το αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ασφάλεια του οδηγού και των επιβατών, καθώς επίσης και για τον περιορισμό της ολοένα αυξανόμενης μόλυνσης του περιβάλλοντος. Γίνεται έτσι επιτακτική η σχεδίαση του πλαισίου και του αμαξώματος με γνώμονα την ασφάλεια. Σε πολλά κράτη θεσπίζονται κανονισμοί και προδιαγραφές που αφορούν στους παράγοντες ασφαλείας αλλά και τον περιορισμό της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Παράλληλα με τις βελτιώσεις αυτές, τα αυτοκίνητα γίνονται πιο άνετα για τους επιβάτες και διευκολύνεται πολύ ο χειρισμός τους.

Με την αρχή της δεκαετίας του 1970 το αυτοκίνητο μπαίνει σε μια καινούργια περίοδο της ιστορίας του. Η ανάπτυξη της Ιαπωνικής βιομηχανίας και ο ανταγωνισμός της με την Ευρωπαϊκή και την Αμερικάνικη επιταχύνουν και πολλαπλασιάζουν τις εξελίξεις στο χώρο του αυτοκινήτου. Οι νέες τεχνολογίες, η δημιουργία νέων εργαλειομηχανών και η αυτοματοποίηση της παραγωγής δίνουν την δυνατότητα για την παραγωγή πολλών και διαφορετικών μοντέλων. Η αυτόματη μετάδοση κινήσεως, τα υδραυλικά φρένα και το υδραυλικό σύστημα διεύθυνσης γίνονται συνηθισμένα συστήματα, ενώ θέρμανση και εξαερισμός περιλαμβάνεται στον εξοπλισμό ακόμα και των μικρών, φτηνών αυτοκινήτων. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας βελτίωσε το αυτοκίνητο στους τομείς της άνεσης, της ασφαλείας, της οδικής συμπεριφοράς και των επιδόσεων.

Παράγοντες άγνωστοι μέχρι τότε, όπως για παράδειγμα η αεροδυναμική και η εργονομία, αρχίζουν και παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των οχημάτων. Η μορφή του οχήματος είναι μεγάλης σημασίας για τον αγοραστή, αφού αντανakλά τη φιλοσοφία και το χαρακτήρα του αυτοκινήτου. Ο σχεδιασμός αρχίζει από τη μελέτη

των θεμελιωδών απαιτήσεων του οχήματος. Αυτές καθορίζονται από διαφορετικούς συντελεστές οι οποίοι αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου και επιβάλλονται από τη ζήτηση της αγοράς και την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Επίσης φυσιολογικές και ψυχολογικές απαιτήσεις, ασφάλεια, εκλογή υλικών, οικονομικοί περιορισμοί, και οι απαιτήσεις του αγοραστικού κοινού, κάνουν τη «γραμμή» ("styling") μια ευαίσθητη ισορροπία μεταξύ φιλοσοφίας, τεχνολογίας και επιστήμης Έτσι εμφανίζονται περισσότερο καμπυλόγραμμα περιγράμματα και μια τάση να δοθεί "σφηνοειδής" μορφή.

Ο εργονομικός σχεδιασμός είναι δεδομένος για κάθε όχημα που θέλει να έχει φιλοδοξίες στην αγορά. Το πλήθος των νέων μοντέλων δημιουργεί ιδιαίτερες απαιτήσεις στο κοινό, αφού έχει πολλά περιθώρια επιλογής. Οι κατασκευαστές για να διευρύνουν την αγορά στην οποία απευθύνονται δίνουν έμφαση στα αυτοκίνητα ειδικών χρήσεων και δημιουργούν πολλές κατηγορίες που ξεχωρίζουν από τον κυβισμό, το μέγεθος, τον προορισμό κ.τ.λ.

Τα περισσότερα αμαξώματα κατασκευάζονται σε σύγχρονες πρέσες και είναι αυτοφερόμενα. Οι κινητήρες εξελίχθηκαν και παρέχουν σημαντικές ιπποδυνάμεις και έτσι το πλαίσιο απέκτησε ένα επιπλέον δύσκολο ρόλο: να κρατήσει με την βοήθεια των υπόλοιπων μηχανικών μερών (αναρτήσεις, φρένα, ελαστικά) το αυτοκίνητο σε ακριβή τροχιά στο δρόμο. Σχεδιάζονται έτσι πλαίσια και αμαξώματα που συνδυάζουν ικανοποιητικά την ασφάλεια, την λειτουργικότητα και την ποιότητα κατασκευής. Η συνεχής έρευνα στον τομέα των αναρτήσεων οδήγησε σε ενεργητικά συστήματα "έξυπνων" αναρτήσεων που εξασφαλίζουν μεγάλη ενεργητική ασφάλεια διατηρώντας την πρόσφυση των τροχών του οχήματος στον δρόμο. Το ίδιο συμβαίνει και στον τομέα των ελαστικών. Σήμερα τα ελαστικά είναι ικανά να ανταπεξέλθουν στις δυσκολότερες καιρικές συνθήκες αλλά και συνθήκες οδήγησης.

Στη δεκαετία του 1980 αρχίζει η εφαρμογή και οι συζητήσεις για τα παθητικά συστήματα ασφαλείας. Μέχρι το 1985 17 πολιτείες των ΗΠΑ (με το 51% του πληθυσμού) έχουν ψηφίσει νόμους για την υποχρεωτική χρήση ζωνών ασφαλείας. Από το 1985 και μετά εφαρμόζεται ο αερόσακος συνοδηγού, η προένταση των ζωνών ασφαλείας κατά τη σύγκρουση, αντιθαμβωτικό σύστημα πλαϊνών παραθύρων και η εισαγωγή ηλεκτρονικών συστημάτων αποφυγής της ακινητοποίησης των τροχών κατά την πέδηση.

Στη δεκαετία του 1990 δίνεται έμφαση στην πλευρική προστασία των οχημάτων κατά τη σύγκρουση. Αναπτύσσονται συστήματα πλευρικών αερόσακων που φιλοξενούνται στο κάθισμα ή το προσκέφαλο ή την οροφή, χρησιμοποιούνται τα φώτα ημέρας για καλύτερη ορατότητα του οχήματος. Στην προσπάθεια βελτίωσης της οδικής ασφαλείας αναπτύχθηκαν και συνεχίζουν να αναπτύσσονται προηγμένα συστήματα υποστήριξης του οδηγού, που λόγω της μεγάλης ανάπτυξης του τομέα των τηλεπικοινωνιών εγκαθίστανται σε μεγάλο αριθμό και σε αυτοκίνητα μεσαίων και μικρών κατηγοριών.

Η δεκαετία του 2000 χαρακτηρίζεται από την γενικευμένη εφαρμογή συστημάτων ηλεκτρονικής υποβοήθησης της κατευθυντικότητας του οχήματος, νέων φωτιστικών σωμάτων μεγάλης απόδοσης, βελτιωμένων συστημάτων πέδησης, αυτόματη ρύθμιση της θερμοκρασίας στο χώρο επιβατών, συστήματα πλοήγησης με

τη βοήθεια δορυφόρων, ηλεκτρονικά ελεγχόμενες αναρτήσεις και ελαστικά που εξακολουθούν να λειτουργούν με απώλεια πίεσης και τέλος έμφαση στην ενεργητική και παθητική ασφάλεια. Κάθε αυτοκίνητο έχει δυνατότητα παραγωγής σύμφωνα με την παραγγελία του αγοραστή.

Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος των μεταφορών γνωρίζει σημαντικές αλλαγές. Αυξημένες απαιτήσεις από την μεριά των κυβερνήσεων αλλαγή στις απαιτήσεις των καταναλωτών και μία αυξανόμενη ποικιλία νέων τεχνολογιών. Στη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας στην τεχνολογία των αυτοκινήτων τέθηκαν διάφορα ερωτήματα αεροδυναμικής, εκπομπής καυσαερίων, κίνησης στους τέσσερις τροχούς, συστήματα ελέγχου της ακινητοποίησης των τροχών κατά την πέδηση και ο περιορισμός στα γνωστά παγκόσμια αποθέματα πετρελαίου. Ένα σημαντικό μέρος της τεχνολογικής προόδου που αποκτήθηκε από τότε έχει ήδη μπει στην παραγωγή και η ανακάλυψη νέων αποθεμάτων πετρελαίου έχει περιορίσει τις ανησυχίες που αφορούν στην διαθέσιμη ενέργεια.

Σήμερα, καινούργια ερωτήματα κυριαρχούν. Αυτά αφορούν πρωταρχικά στην απότομη αύξηση του αριθμού των αυτοκινήτων. Τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν είναι ο έλεγχος της κυκλοφοριακής συμφόρησης, το πρόβλημα της στάθμευσης, η συσσώρευση όζοντος και καπνού πάνω από πυκνοκατοικημένες περιοχές και η ανακύκλωση των παλαιών αυτοκινήτων. Η παραπέρα ανάπτυξη του αυτοκινήτου θα καθοριστεί εκτός από τα βελτιωμένα εξαρτήματα και τεχνικές από τις γενικές τάσεις ανάπτυξης της τεχνολογίας που στην ουσία αποτελούν την καρδιά του προβλήματος. Η πρόοδος στα ηλεκτρονικά, τα νέα υλικά και τεχνικές σχεδιασμού και παραγωγής υποστηριζόμενες από υπολογιστές θα δώσουν σημαντική ώθηση στη σχεδίαση και την κατασκευή αυτοκινήτων στα προσεχή χρόνια.

Τα ηλεκτρονικά θα παίξουν καθοριστικό ρόλο στις μελλοντικές εξελίξεις στον τομέα της τεχνολογίας. Έχουν αντικαταστήσει πολλά μηχανικά συστήματα και κυριαρχούν σε συστήματα ελέγχου, όπου η ακρίβεια και η συνθετότητα είναι καθοριστικά. Τα ηλεκτρονικά κάνουν το βήμα προς τα εμπρός, από μια απλή λειτουργία ελέγχου σε ένα κλειστό κύκλωμα ελέγχου. Τα ηλεκτρονικά των αυτοκινήτων του μέλλοντος θα αφιερωθούν ακόμη περισσότερο στην πληροφόρηση του οδηγού και έτσι τα ηλεκτρονικά θα αναπτυχθούν πιο περά από το μεμονωμένο αυτοκίνητο. Θα περιλαμβάνουν πληροφόρηση για ότι σχετίζεται με την κυκλοφορία και θα προσφέρουν ανάλυση των συνθηκών κυκλοφορίας και προτάσεις για το ταξίδι.

Ο τεχνικός έλεγχος των οχημάτων αποκτά μεγάλη σημασία στο σύνθετο περιβάλλον για την οδική ασφάλεια που διαμορφώνεται με την αύξηση του κυκλοφοριακού φόρτου από τη μια μεριά και την αύξηση της ισχύος και των ταχυτήτων των οχημάτων από την άλλη. Καινούργιες απαιτήσεις ελέγχων προκύπτουν από τις ηλεκτρονικές κεντρικές μονάδες των σύγχρονων αυτοκινήτων. Η ολοκλήρωσή τους με τα υπόλοιπα μηχανικά και ηλεκτρικά συστήματα του αυτοκινήτου, η διασφάλιση ακόμα μεγαλύτερη αξιοπιστίας και μικρότερης ευαισθησίας από τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές απαιτούν νέα συστήματα ελέγχου και προσδιορισμού σφαλμάτων και δυσλειτουργιών.

Αναμένεται ότι θα αναπτυχθούν μέθοδοι αλληλεπίδρασης των μηχανισμών περιοδικού ελέγχου του αυτοκινήτου με τις κεντρικές μονάδες ελέγχου που

βρίσκονται εγκατεστημένες σ' αυτό, που θα λαμβάνουν υπόψη τις συνθετότερες αποθηκευμένες παραμέτρους και πληροφορίες που θα τις χρησιμοποιούν για την αξιολόγηση της κατάστασης του αυτοκινήτου, αλλά και για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς του σε σχέση με την οδική ασφάλεια.

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται οι εξελίξεις στο σχεδιασμό του αυτοκινήτου, παρουσιάζονται οι τάσεις που αναμένεται να επικρατήσουν στην μελλοντική ανάπτυξή του, οι επιπτώσεις στο περιβάλλον και η ασφάλεια των μεταφορών.

1. BENZINOKINΗΤΗΡΑΣ

1.1 ΣΥΜΠΙΕΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΚΑΥΣΙΜΟ ΜΕΙΓΜΑ

Ο Αλφόνς Μπο Ντε Ροσά είναι ο πρώτος που αντιλαμβάνεται και δημοσιεύει το 1861 τη σημαντικότητα της συμπίεσης του μείγματος καυσίμου-αέρα πριν από την ανάφλεξη, επινοώντας τη Βασική αρχή κάθε σύγχρονου κινητήρα εσωτερικής καύσης, τον τετράχρονο κύκλο. Δεκαπέντε χρόνια αργότερα, ο αυτοδίδακτος μηχανικός Νικόλαους Ότο κατασκευάζει, σε συνεργασία με τον μηχανολόγο Όιγκεν Λάνγκεν, τον πρώτο λειτουργικό τετράχρονο κινητήρα. Λειτουργεί με αέριο καύσιμο με σχέση συμπίεσης 2,5:1 και αποδίδει 2 ίππους. Διαθέτει μία Βαλβίδα εξαγωγής και μία Βαλβίδα ολίσθησης στην εισαγωγή, στην οποία ενσωματώνεται και η ανάφλεξη [με εξωτερική... φλόγα, αφού θα χρειαστεί να περάσουν ακόμα αρκετά χρόνια μέχρι να εφευρεθούν τα μπουζί], ενώ το Βάρος του ξεπερνά τα 600 κιλά. Ωστόσο, είναι δύο φορές πιο αποδοτικός σε σχέση με κάθε γνωστό σύνολο και με αντίστοιχα χαμηλή κατανάλωση. Γνωρίζει γρήγορα εμπορική επιτυχία για στατικές χρήσεις, και μέσα σε δεκατρία χρόνια η εταιρεία των Ότο-Λάνγκεν [μετέπειτα γνωστή ως «Deutz»] πουλά 8.300 αντίτυπα. Πρόκειται, αναμφίβολα, για τον προπάτορα των σημερινών κινητήρων, όμως απέχει αρκετά από τη χρήση του σε αυτοκίνητα.

Για αυτό φροντίζουν, όμως, δύο πρώην μηχανικοί της Deutz: ο Γκότλιμπ Ντάιμλερ και ο Βίλχελμ Μάιμπαχ ιδρύουν το 1882 τη δική τους εταιρεία, με στόχο την εξέλιξη του κινητήρα εσωτερικής καύσης και με απώτερο σκοπό τη χρήση του σε αυτοκίνητα. Μέσα σε λίγα χρόνια επιτυγχάνουν περιστροφές της τάξης των 650 σ.α.λ. (το τετραπλάσιο του κινητήρα του Ότο) και απόδοση 1,1 ίππου;. Κατασκευάζουν, μάλιστα, μια μικρότερη έκδοση του πρωτότυπου κινητήρα τους και τον τοποθετούν το Νοέμβριο του 1885 σε ένα ξύλινο ποδήλατο. Η πρώτη μοτοσυκλέτα είναι γεγονός! Ο Μάιμπαχ καλύπτει με αυτήν απόσταση 3 χιλιομέτρων [από το Κάνσταντ στο Ούντερτιρκχαϊμ), επιτυγχάνοντας μέγιστη ταχύτητα 12 χλμ./ώρα. Κατόπιν, ο κινητήρας υγρού καυσίμου τοποθετείται στο τετράκυκλό τους (που παρουσιάζεται λίγο μετά το τρίκυκλο του Μπεντς) και εξελίσσεται διαρκώς, μέχρι που το 1888 αποκτά ακόμα έναν κύλινδρο υπό γωνία 17 μοιρών, για να γίνει ο πρώτος «V» της ιστορίας. Έχει χωρητικότητα 565 κ.εκ., αποδίδει 1,5 ίππο/700 σ.α.λ. και είναι εξαιρετικά ελαφρύς για την εποχή, καθώς ζυγίζει μόλις 60 κιλά/ίππο. Το σωληνωτό πλαίσιο του αυτοκινήτου τους, «Stahlradwagen», χρησιμοποιείται για το σύστημα ψύξης του κινητήρα, ο οποίος συνδυάζεται με το 4τάχυτο κιβώτιο του

Μάιμπαχ με γρανάζια ευθείας οδόντωσης, που εντυπωσιάζει τόσο πολύ στη Διεθνή Έκθεση του Παρισιού του 1889, ώστε γίνεται το πρότυπο όλων των κιβωτίων ταχυτήτων. Άδειες κατασκευής του κινητήρα της Daimler δίνονται σε Μεγάλη Βρετανία, Αυστρία, ΗΠΑ και, κυρίως, Γαλλία (στις Panhard & Levassor και Peugeot), η οποία γίνεται το εφαλτήριο της αυτοκίνησης του 20ού αιώνα. Το έναυσμα για τις αλυσιδωτές τεχνολογικές αντιδράσεις που θα οδηγήσουν στην αυτοκίνηση έχει δοθεί...

1.2 ΤΟ ΤΡΙΚΥΚΛΟ ΤΟΥ ΚΑΡΛ ΜΠΕΝΤΣ

Παράλληλα, αλλά ανεξάρτητα -και χωρίς γνώση της δουλειάς των Γκότλιμπ Ντάιμλερ και Βίλχελμ Μάιμπαχ-, ο Καρλ Μπεντς πειραματίζεται στην κατασκευή ενός μικρού κινητήρα εσωτερικής καύσης και της άμαξας χωρίς ίππους. Παρά το γεγονός πως οι «αντίπαλοί» του στο Κάνσταντ έχουν το προβάδισμα, κατασκευάζοντας την πρώτη μοτοσυκλέτα, ο Καρλ Μπεντς έχει πατεντάρει πρώτος όλες τις διαδικασίες που κάνουν τον κινητήρα εσωτερικής καύσης κατάλληλο για χρήση για αυτοκίνητα. Στις 3 Ιουλίου του 1886 το τρίκυκλό του κάνει την παρθενική του -δημόσια- διαδρομή, κάτι που το κατοχυρώνει ως το πρώτο αυτοκίνητο της ιστορίας που έχει να επιδείξει στοιχεία τα οποία ακόμα και σήμερα χρησιμοποιούνται, όπως είναι ο στροφαλοφόρος, η ηλεκτρική ανάφλεξη και η υδρόψυξη.

Ο μονοκύλινδρος κινητήρας των 954 κ.εκ. είναι τοποθετημένος οριζόντια στο σωληνωτό πλαίσιο του αμαξώματος, αποδίδει 0,75 ίππο/400 σ.α.λ. και είναι, για τα δεδομένα της εποχής, πολύ ελαφρύς: ζυγίζει μόλις... 100 κιλά. Χαρακτηριστικό του το τεράστιο βολάν, το οποίο ο Μπεντς τοποθετεί οριζόντια, καθώς φοβάται πως σε κάθετη θέση θα επηρεάζει το σύστημα διεύθυνσης και τη σταθερότητα του αυτοκινήτου. Γυρίζοντάς το, ο κινητήρας εκκινεί και η απόδοσή του ρυθμίζεται με τη βοήθεια μιας ράβδου ολίσθησης κάτω από το κάθισμα του οδηγού, η οποία περιορίζει ή αυξάνει τον αέρα εισαγωγής. Το «κιβώτιο» αποτελείται από δύο δίσκους (ένα για τη μία και μοναδική σχέση και ένα για τη νεκρά) και μεταδίδει την κίνηση μέσω ιμάντα σε έναν άξονα. Από εκεί, δύο αλυσίδες φροντίζουν για την κίνηση του κάθε - αναρτημένου σε ελλειπτικά φύλλα σούστας- πίσω τροχού. Το αυτοκίνητο φρενάρει με τη βοήθεια ενός μοχλού που επενεργεί στο δίσκο του ιμάντα στην πλευρά του άξονα. Ιδιαίτερο για τα σημερινά δεδομένα και το σύστημα υδρόψυξης, μιας και το κλειστό κύκλωμα που χρησιμοποιείται στους στατικούς κινητήρες της εποχής δεν μπορεί να τοποθετηθεί στο τρίκυκλό, οπότε επιλέγεται η ψύξη μέσω ατμοποίησης, από την οποία προκύπτει μεγάλη κατανάλωση νερού. Καθώς ο κινητήρας είναι τοποθετημένος πίσω και δεν μπορεί να εφαρμοστεί το σύστημα διεύθυνσης των

ιπήλατων αμαξών (αφού ωθεί, αντί να τραβά το αμάξωμα), ο Μπεντς αποφασίζει για λόγους απλότητας να χρησιμοποιήσει έναν τροχό εμπρός με πιρούνι ποδηλάτου που ελέγχεται από ένα μοχλικό. Επτά χρόνια αργότερα θα εξελίξει το σύγχρονο, κατά Άκερμαν, σύστημα διεύθυνσης τεσσάρων τροχών. «Πρέπει να έφτασα την ταχύτητα των 16 χλμ./ώρα με το όχημα», αναφέρει ο Καρλ Μπεντς στην καταγραφή της διαδικασίας δοκιμών. «Κάθε έξοδός μου αύξανε την εμπιστοσύνη μου. σε κάθε έξοδό μου αντιλαμβανόμουν ένα νέο χαρακτηριστικό του κινητήρα, κάθε διαδρομή μού έδειχνε τρόπους βελτίωσης».

Στην πρώτη δημόσια διαδρομή υπό τα βλέμματα των δημοσιογράφων, ο γιος του Όιγκεν τρέχει δίπλα από το αυτοκίνητο με ένα δοχείο βενζίνης «για να ανεφοδιάζει το ρεζερβουάρ, μόλις τελειώνει το καύσιμο». Η κατανάλωση καυσίμου είναι 10 λίτρα/100 χλμ. και η χωρητικότητα του ρεζερβουάρ μόλις 4,5 λίτρα, αφού στόχος είναι, βέβαια, η επίδειξη της καινοτομίας... Ωστόσο, δύο χρόνια αργότερα, δεν υπάρχει καμία ζήτηση για το τρίκυκλό του, που τείνει να εξελιχθεί σε παταγώδη εμπορική αποτυχία. Και κάπως έτσι προκύπτει το πρώτο μάρκετινγκ αυτοκινήτου: η σύζυγός του Καρλ, Μπέρτα, αποφασίζει στις 8 Αυγούστου του 1888 -και χωρίς να το γνωρίζει ο σύζυγός της- να αποδείξει στον κόσμο τη χρησιμότητα της «άμαξας χωρίς άλογα». Ξεκινά με τους δύο ανήλικους γιους της για ένα ταξίδι 106 χλμ. (από το Μάνχαϊμ στο Πφόρτσχαϊμ). όντας πεπεισμένη πως το αυτοκίνητο είναι το μέσο μεταφοράς του μέλλοντος. Στο δρόμο συναντά διάφορες δυσκολίες, τις οποίες και αντιμετωπίζει με αποφασιστικότητα. Επισκευάζει την ανάφλεξη με την καλτσοδέτα της, ξεβουλώνει το σωλήνα καυσίμου με την καρφίτσα της. αγοράζει Βενζίνη από φαρμακείο και προσφεύγει στη Βοήθεια τσαγκάρη για να Βελτιώσει το αδύναμο σύστημα φρένων. Πρόκειται για ένα διόλου εύκολο έργο, παρ' όλα αυτά καταφέρνει την ίδια μέρα, μετά τη δύση του ηλίου, να φτάσει στον προορισμό της, από όπου και τηλεγραφεί στον σύζυγό της. Το εγχείρημά της τυγχάνει τεράστιας δημοσιότητας και αποδεικνύεται καθοριστικό γεγονός για την τεχνική εξέλιξη του αυτοκινήτου.

1.3 ΖΙΓΚΦΡΙΝΤ ΜΑΡΚΟΥΣ

Ο Γερμανός εφευρέτης Ζίγκφριντ Μάρκουσ γίνεται ο πρώτος άνθρωπος που χρησιμοποιεί βενζινοκινητήρα για την πρόωση ενός οχήματος, τοποθετώντας ένα δίχρονο βενζινοκινητήρα δικής του επιινόησης σε ένα απλό κάρο το 1870, χωρίς ωστόσο να καταχωρήσει κάποια ευρεσιτεχνία ή να διεκδικήσει ποτέ την πατρότητα του πρώτου αυτοκινήτου της ιστορίας. Για την ακρίβεια δεν ήταν καθόλου δεν ήταν καθόλου ευχαριστημένος από την απόδοση της κατασκευής και την αποσυναρμολόγηση. Συνέχισε όμως να εξελίσει τον κινητήρα του χρησιμοποιώντας τον μάλιστα σε ένα νέο πρωτότυπο αυτοκινήτου το 1888.

1.4 ΜΠΟΥΖΙ

Για την ανάφλεξη του καυσίμου μείγματος, άρα και τη λειτουργία του βενζινοκινητήρα απαιτείται σπινθήρας. Ο Ντάιμλερ χρησιμοποιεί μια ράβδο πυρακτώσεως και ο Μπεντς ένα ηλεκτρικό σύστημα ανάφλεξης δικής του επινοήσης. Η ύπαρξη ενός σύγχρονου, αξιόπιστου συστήματος αποτελεί μονόδρομο για την απόδοση και την πολυστροφία του βενζινοκινητήρα. Η δυσκολία στην τεχνική υλοποίηση φαίνεται από το 1898, όταν παρουσιάζονται τα πρώτα μπουζί των Νικόλα Τέσλα, Ρίτσαρντ Σίμς και Ρόμπερτ Μπος. Μόνο ο τελευταίος καταφέρνει να εξελίξει τη δική του εφεύρεση σε τέτοιο βαθμό, ώστε να καταστεί εφικτή η καθημερινή χρήση της αλλά και η παραγωγή της. Το 1902 το μαγνητικό σύστημα ανάφλεξης υψηλής τάσης με μπουζί γίνεται το πρώτο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υψηλόστροφους κινητήρες, δίνοντας το έναυσμα για την περαιτέρω εξέλιξη τους. Καθιερώνεται ως το στάνταρντ της αυτοκινητοβιομηχανίας και η Bosch μέσα σε ένα χρόνο παράγει 50.000 αντίτυπα. Το 1912 ο αριθμός του φτάνει το 1.000.000 ενώ το 2013 ξεπερνά τα 11 δισεκατομμύρια.

1.5 ΜΙΖΑ

Τα εμπορικά διαθέσιμα αυτοκίνητα με κινητήρα εσωτερικής καύσης είναι για πολλά χρόνια θορυβώδη και εξαιρετικά δύσχρηστα. Το Ford Model T, για παράδειγμα, έχει το γκάτζι στο χέρι και τρία πεντάλ, πατώντας το αριστερό εμπλέκεται η 1η σχέση του κιβωτίου, απελευθερώνοντάς το αλλάζει σε 2η. Το δεξί πεντάλ είναι το φρένο, ενώ το μεσαίο εμπλέκει την... όπισθεν! Άσε που για να βάλεις μπροστά πρέπει να γυρίσεις τη μανιβέλα: έναν ιδιαίτερα επικίνδυνο μηχανισμό, που απαιτεί μεγάλη φυσική δύναμη. Τραυματισμοί σε καρπούς, βραχίονες, ώμους, ακόμα και θάνατοι έχουν καταγραφεί από τη χρήση του «σατανικού μοχλού». Τη λύση έρχεται να δώσει το 1911 ο Τσαρλς Κέτερινγκ: με τη μίζα του, τους αποσπώμενους τροχούς και τη ρεζέρβα, τα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα γίνονται πιο εύχρηστα. πιο καθημερινά και πιο δημοφιλή. Ο σοφέρ είναι πλέον περιττός, ενώ αυξάνεται σημαντικά ο αριθμός των οδηγών από το ασθενές φύλο. Από τεχνική άποψη, οι πρώτες μίζες έχουν εξαιρετικό ενδιαφέρον. Λειτουργούν κατά την κίνηση του αυτοκινήτου ως γεννήτριες, κάτι που συναντάμε πάλι στον 21ο αιώνα στα υβριδικά αυτοκίνητα. Η Cadillac κρατά τα σκήπτρα της καινοτομίας (όπως και σε πολλές άλλες περιπτώσεις στις αρχές του 20ου αιώνα), παρουσιάζοντας το 1912 στην αγορά τα πρώτα μοντέλα με ηλεκτρική μίζα.

1.6 ΤΟΥΡΜΠΟ

Μεγαλύτερος όγκος αέρα στο θάλαμο καύσης απαιτεί περισσότερο καύσιμο, άρα αποδίδει μεγαλύτερη ισχύ. Ο στρόβιλος που παίρνει κίνηση από τα καυσαέρια της εξάτμισης κινεί το συμπιεστή (με τον οποίο είναι συνδεδεμένος με άξονα), για να συμπιέσει με τη σειρά του τον αέρα εισαγωγής. Αρχικά η τεχνική χρησιμοποιείται τη δεκαετία του '20 σε ντιζελοκινητήρες πλοίων και τρένων (που είναι αρκούντως στιβαροί σε κατασκευή, ώστε να αντέξουν την επιπλέον μηχανική καταπόνηση), και απαιτούνται τουλάχιστον άλλα δέκα χρόνια για να... πετάξει. αφού η υπερπλήρωση των κυλίνδρων αποδεικνύεται το αντίδοτο της χαμηλής πυκνότητας αέρα σε μεγάλα υψόμετρα. Το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με τούρμπο είναι π Olds mob i le Cutlass Jetfire του 1962. της οποίας ο V8 των 215 κυβικών ιντσών [3,5 λίτρων) αποδίδει 215 ίππους. Σε αυτήν την πλευρά του Ατλαντικού το τούρμπο φτάνει έντεκα χρόνια αργότερα κάτω από το καπό της BMW 2002 Turbo. Σύμφωνα, όμως, με τους υπέρμαχους της ασφάλειας, το αυτοκίνητο εξωθεί τον οδηγό στην ταχύτητα με τα φουσκωμένα -όπως στα αγωνιστικά της εποχής- φτερά, και το ανάποδο (έτσι ώστε να διαβάζεται από τον καθρέφτη του προπορευόμενου αυτοκινήτου) αυτοκόλλητο «2002 Turbo» στο εμπρός σπόιλερ. Η βουαρικη εταιρεία αφαιρεί το αυτοκόλλητο, όμως ο πόλεμος του Γιομ Κιπούρ και η πετρελαϊκή κρίση του 73-74 δίνουν έτσι κι αλλιώς το τελειωτικό χτύπημα στα περισσότερα αυτοκίνητα υψηλής κατανάλωσης.

Το πρόβλημα της αυξημένης κατανάλωσης προκύπτει -εκτός από τη μείωση της θερμικής απόδοσης του κινητήρα- κυρίως λόγω του ψεκασμού μεγαλύτερης, της αναγκαίας ποσότητας καυσίμου με σκοπό την ψύξη του θαλάμου καύσης. Το περίσσιο καύσιμο δεν καίγεται, αλλά κατά τη μεταβολή της κατάστασής του από υγρό σε αέριο απορροφά θερμότητα, ψύχοντας και αποτρέποντας την προανάφλεξη του μείγματος. Σήμερα ο άμεσος ψεκασμός έχει λύσει αυτό το πρόβλημα, αφού το καύσιμο ψεκάζεται κρύο στο συμπιεσμένο. ζεστό αέρα και κατά την εξάτμισή του μειώνει τη θερμοκρασία του μείγματος, η ανάφλεξη ξεκινά νωρίτερα και η ισχύς και η ροπή αυξάνονται χωρίς το φόβο προανάφλεξης.

1.7 ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΣ ΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο γίνεται εισαγωγή και εξαγωγή του μείγματος καυσίμου και των καυσαερίων μειώνεται. Σε αυτές τις συνθήκες λειτουργίας, η ταχύτητα του μείγματος καυσίμου και των καυσαερίων δεν είναι αρκετή για την ικανοποιητική πλήρωση και εκκένωση, αντίστοιχα, του θαλάμου καύσης. Έτσι, το βέλτιστο σε αυτήν την περίπτωση είναι το πρόωρο άνοιγμα των βαλβίδων εισαγωγής και το αργότερο κλείσιμο των βαλβίδων εξαγωγής. Μια τέτοια ρύθμιση στο χρονισμό των βαλβίδων βελτιώνει την απόδοση και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κινητήρα στις υψηλές στροφές, όμως (επειδή για να διορθώσεις κάτι αναγκάζεσαι να χαλάσεις κάτι άλλο) του χαλάει την ομαλή

λειτουργία στις χαμηλές στροφές. Ιδανική περίπτωση θα ήταν αν η υπερκάλυψη του χρονισμού των βαλβίδων (overlapping), δηλαδή το εύρος ανάμεσα στην περίοδο εισαγωγής και εξαγωγής, δεν ήταν σταθερό και δεδομένο, αλλά μεταβαλλόταν ανάλογα με τις στροφές του κινητήρα. Αυτό ακριβώς είναι που καλούνται να επιτύχουν τα συστήματα VVT, ενεργώντας είτε αποκλειστικά στις βαλβίδες εισαγωγής είτε και σε αυτές της εξαγωγής. Στην ουσία, η μεταβολή του χρονισμού των βαλβίδων επιτυγχάνεται αλλάζοντας με κάποιο μηχανισμό τη φάση (γωνία) των εκκεντροφόρων. Για παράδειγμα, σε υψηλές στροφές, ο εκκεντροφόρος εισόδου θα περιστραφεί εκ των προτέρων κατά 30 μοίρες, έτσι ώστε να δώσει τη δυνατότητα πρόωρης εισαγωγής καυσίμου στους κυλίνδρους, και το αντίστροφο θα συμβεί στις χαμηλές στροφές. Η κίνηση του εκκεντροφόρου ελέγχεται από το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του κινητήρα και ενεργοποιείται συνήθως μέσω υδραυλικού κυκλώματος. Στην πιο απλή μορφή τους, τα συστήματα μεταβλητού χρονισμού έχουν μόνο δύο ή τρεις σταθερές προεπιλεγμένες γωνίες λειτουργίας. Τα πιο εξελιγμένα, όμως, έχουν τη δυνατότητα συνεχούς μεταβολής της γωνίας του εκκεντροφόρου. μεταξύ των 0 μοιρών και της μέγιστης προβλεπόμενης τιμής, σε αναλογία με το ρυθμό περιστροφής, αλλά και τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Όπως είναι προφανές, αυτό παρέχει πιο ακριβή χρονισμό των βαλβίδων σε όλο το εύρος στροφών και συντελεί στην ομοιόμορφη και γραμμική λειτουργία του κινητήρα. Την πρωτιά στα εν λόγω συστήματα κατέχει η Alfa Romeo Spider του 1980.

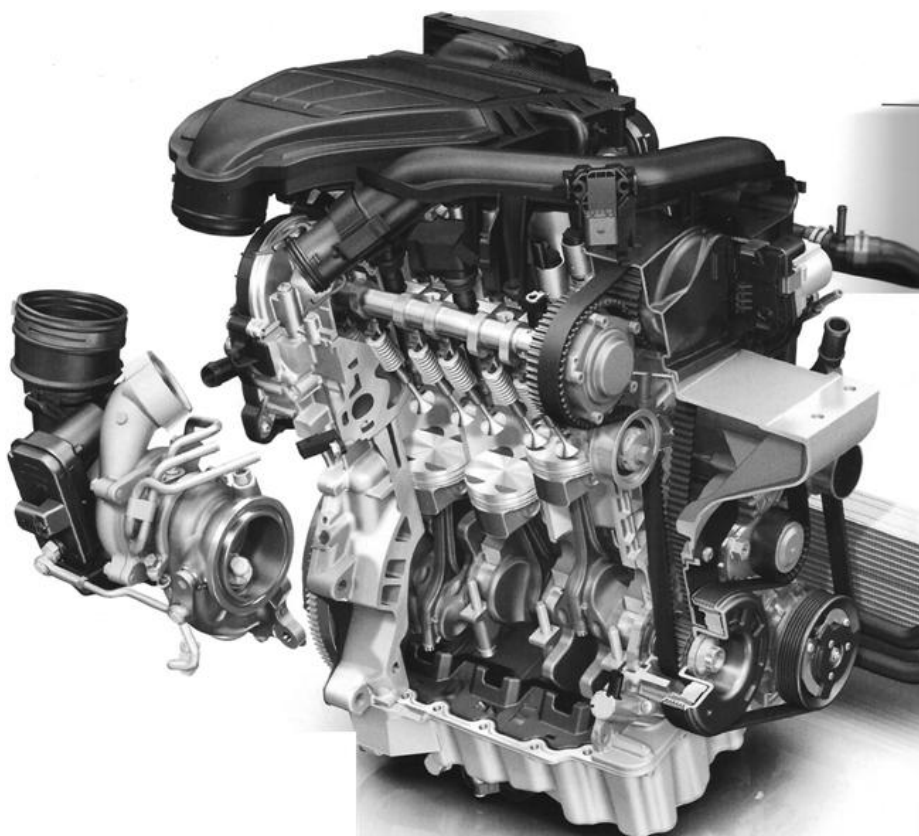
1.8 ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

Ο άμεσος ψεκασμός καυσίμου σε βενζινοκινητήρες χρησιμοποιείται ήδη στα αεροσκάφη του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, με μηχανικό -φυσικά- χρονισμό. Μεταπολεμικά έρχονται οι πρώτες προσπάθειες στους δίχρονους κινητήρες των Gutbrod και Goliath (με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης), αλλά και της αγωνιστικής Mercedes W196. με στόχο την αύξηση της ισχύος: το πολύπλευρο ταλέντο του άμεσου ψεκασμού είναι ήδη γνωστό. Ωστόσο, είναι η επέκταση των ηλεκτρονικών εκείνη που θα επιτρέψει, τέσσερις δεκαετίες αργότερα τη σύγχρονη υλοποίησή του από τη Mitsubishi. Σε αντίθεση με τον παραδοσιακό ψεκασμό, η βενζίνη ψεκάζεται απευθείας στο θάλαμο καύσης, όπου και δημιουργείται το καύσιμο μείγμα με εξαιρετική ποσοτική και ποιοτική ακρίβεια. Η λεπτομερής δοσολογία καυσίμου, η ιδανική διάχυση και ανάμειξή του με τον αέρα έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ποιότητα καύσης. Καθώς το καύσιμο ψεκάζεται κρύο στο συμπιεσμένο, ζεστό αέρα και κατά την εξάτμισή του μειώνει τη θερμοκρασία του μείγματος, η ανάφλεξη ξεκινά νωρίτερα -χωρίς το φόβο προανάφλεξης-, η συμπίεση μπορεί να αυξηθεί, η ισχύς και η ροπή αυξάνονται και η κατανάλωση μειώνεται. Αρχικά η Mitsubishi συνδυάζει τον άμεσο ψεκασμό με καύση φτωχού μείγματος και αργότερα η χρήση του σε υπερτροφοδοτούμενα σύνολα με μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων αποδίδει τα μέγιστα σε επίπεδο οικονομίας καυσίμου -και κατ' επέκταση εκπομπής ρύπων-,

ισχύος και ροπής. Η συγκεκριμένη τεχνική μοιάζει πλέον μονόδρομος για κάθε σύγχρονο βενζινοκινητήρα.

1.9 ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Και κάπως έτσι φτάνουμε στο σύγχρονο Βενζινοκινητήρα. ο σχεδιασμός του οποίου έχει εν πολλοίς καθοριστεί μέσα από τις ολοένα αυστηρότερες προδιαγραφές εκπομπής ρύπων. Μπορεί το downsizing να είναι η λέξη των ημερών για την αυτοκινητοβιομηχανία του 21ου αιώνα, όμως δεν αρκεί η μείωση της χωρητικότητας ή του αριθμού των κυλίνδρων του κινητήρα για να περιγράψει τη φιλοσοφία των σύγχρονων συνόλων. Το «τρικ» μείωσης κατανάλωσης και εκπομπής ρύπων έχει να κάνει με τον έξυπνο συνδυασμό διάφορων διαθέσιμων τεχνολογιών. Πρώτα απ' όλα του άμεσου ψεκασμού, όχι όμως πλέον για την καύση φτωχού μείγματος, αλλά για τα χαρακτηριστικά μείωσης της θερμοκρασίας του, που προσφέρει.



Εικόνα 1.1 Σύγχρονος βενζινοκινητήρας [3].

Σε συνδυασμό με την υπερτροφοδότηση, το μεταβλητό χρονισμό βαλβίδων και τις όσο το δυνατόν μακρύτερες σχέσεις μετάδοσης, εξασφαλίζεται ο μέγιστος δυνατός βαθμός απόδοσης του κινητήρα εσωτερικής καύσης, αφού αυτός λειτουργεί ως επί το πλείστον σε υψηλό φορτίο, στο μικρότερο δυνατό αριθμό στροφών.

Ουσιαστικά δεν πρόκειται δηλαδή για κάποια νέα, καινοτόμο τεχνολογία που καθιστά τους Βενζινοκινητήρες αποδοτικότερους και κατά συνέπεια οικονομικότερους, αλλά για τον έξυπνο συνδυασμό διαφορετικών παραμέτρων, με δεδομένα, ωστόσο, τα νέα υλικά κατασκευής (που επιτρέπουν αισθητά μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας των τούρμπο), την τεχνολογία συστημάτων τροφοδοσίας που καθιστούν εφικτή την «ψυχρή καύση» του μείγματος, αλλά και την αύξηση της σχέσης συμπίεσης στους υπερτροφοδοτούμενους κινητήρες σε σχέσεις που ήταν αδιανόητες μέχρι πριν από λίγα χρόνια. Παράλληλα, η χρήση τούρμπο επιτρέπει τη μείωση χωρητικότητας διά του αριθμού κυλίνδρων, μιας και πλέον ένας 3κύλινδρος μπορεί να αποδώσει την ισχύ ενός 4κύλινδρου, ένας 6κύλινδρος αυτήν ενός 8κύλινδρου κ.ο.κ, μειώνοντας παράλληλα τον αριθμό κινούμενων μερών, άρα και τις εσωτερικές τριβές του συνόλου. Το σύστημα απενεργοποίησης του κινητήρα κατά την ακινητοποίηση του αυτοκινήτου (Start-Stop) είναι άλλο ένα σύγχρονο σύστημα περιορισμού κατανάλωσης και εκπομπής ρύπων (πρωτοπαρουσιάστηκε το 1983 στο Polo Formel E), που μπορούν να μειωθούν κατά τουλάχιστον 5%. σε περιπτώσεις δε ιδιαίτερα αυξημένης κίνησης έως και 13%.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω ξεκινά το 2006 από τη VW, και έκτοτε γίνεται το «must» της αυτοκινητοβιομηχανίας. Έντεκα χρόνια αργότερα, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές έχουν ακολουθήσει την ίδια συνταγή, εξελίσσοντας μικρούς, δυνατούς, «καθαρούς» και οικονομικούς σε κατανάλωση καυσίμου σύγχρονους βενζινοκινητήρες. Ωστόσο, ένα από τα σημαντικά προβλήματα που προκύπτουν από το στρωματοποιημένο ψεκάσμο του μείγματος είναι η δραστική αύξηση των παραγόμενων σωματιδίων, ακριβώς όπως και στην περίπτωση των κινητήρων ντίζελ. Δεν είναι λίγες οι φωνές που μιλούν πλέον για την αναγκαιότητα εφοδιασμού των βενζινοκινητήρων με φίλτρο σωματιδίων!

1.10 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΥΡΜΠΟ

Όπως και το παρελθόν έτσι και το μέλλον του βενζινοκινητήρα είναι συνυφασμένο με την καινοτομία. Η ύπαρξη ενός επικουρικού ηλεκτρικού συμπιεστή στη διαδρομή του αέρα εισαγωγής προς το παραδοσιακό τούρμπο –ο οποίος τίθεται σε λειτουργία όταν η κινητική ενέργεια των καυσαερίων δεν επαρκεί ώστε να κινήσει με την απαιτούμενη ταχύτητα τον στρόβιλο- αποτελεί πανάκεια για το άλυτο πρόβλημα της αδράνειας σε χαμηλές στροφές λειτουργίας. Επιπλέον ένα τέτοιο σύστημα δεν είναι ακριβό και δεν απαιτεί κάποιου είδους συντήρηση. Ωστόσο, το κέρδος που μπορεί να προσφέρει η ηλεκτρική υπερτροφοδότηση σε περίπτωση που συνδυαστεί με το συμβατικό σύστημα των 12V είναι μηδαμινό. Αντίθετα μπορεί να ξεδιπλώσει τις αρετές του όταν τροφοδοτηθεί με 7-8 kV από ηλεκτρικό σύστημα 48V. Πέρα από τη μείωση-εξαφάνιση του φαινομένου υστέρησης απόκρισης καταγράφεται αύξηση της ισχύος του κινητήρα, αλλά και μείωση της κατανάλωσής του από 7% έως 20% (το τελευταίο ποσοστό σε περίπτωση που συνδυαστεί με

συστήματα ανάκτησης ενέργειας). Στην περίπτωση του AUDI SQ7, υπάρχουν δύο συμβατικά τούρμπο, που ενεργοποιούνται διαδοχικά: από το ένα περνούν τα καυσαέρια στις χαμηλές και μεσαίες στροφές και από το δεύτερο σε ψηλότερες στροφές και φορτία λειτουργίας. Σε αυτήν την διάταξη όμως, έχει προστεθεί ένας ηλεκτρικός συμπιεστής, μετά τον εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος, μιας και περιστρέφεται με ταχύτητα ανεξάρτητη της πίεσης στο σύστημα εξαγωγής, μπορεί να συμπιέσει τον αέρα ανά πάσα στιγμή. Εντός 250 ms –ταχύτερα από το ανοιγόκλεισμα του ματιού δηλαδή- προσφέρει την αναγκαία πίεση ώστε να εξαλειφθεί το φαινόμενο του turbo lag, περιστρεφόμενος έως τις 70.000 σ.α.λ.

1.11 FREEVALVE

Ποιος ο λόγος ύπαρξης του πολύπλοκου μηχανικού συστήματος κίνησης των βαλβίδων; Τη στιγμή μάλιστα που μπορεί να αντικατασταθεί από ένα ηλεκτρονικά ελεγχόμενο υδραυλικό σύστημα, βασιζόμενο στην ηλεκτρομαγνητική σωληνοειδή βαλβίδα, η οποία ανοίγει με την εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος. Ένας συνδυασμός αέρα και υδραυλικής πίεσης σταθεροποιούν το άνοιγμα αποσβένοντας τυχόν ταλαντώσεις που μπορεί να προκύψουν, καθορίζοντας ταυτόχρονα και τη βύθισή της. Με τη διακοπή παροχής ρεύματος η βαλβίδα κλείνει με τη βοήθεια της υδραυλικής πίεσης. Με αυτόν τον τρόπο το άνοιγμα και κλείσιμο είναι σχεδόν στιγμιαίο, γεγονός που βοηθά τα μέγιστα στην ιδανική διαμόρφωση του καυσίμου μείγματος. Επίσης, ο έλεγχος της διάρκειας ανοίγματος της βαλβίδας καθώς και η βύθισή της αποκτούν πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια, ενώ είναι απόλυτα προσαρμόσιμες στις συνθήκες κίνησης τόσο στην πλευρά της εισαγωγής όσο και σε αυτήν της εξαγωγής. Όπως εύκολα γίνεται αντιληπτό, η απουσία όλων των κινούμενων μηχανικών μερών (μεταξύ άλλων εκκεντροφόρων, καδένας γραναζιών) συνεπάγεται μικρότερες τριβές άρα και περιορισμό της κατανάλωσης και εκπομπής CO₂. Επιπλέον, ο κινητήρας γίνεται μικρότερος και ελαφρύτερος παρουσιάζοντας –εκτός των άλλων- και εμφανή πλεονεκτήματα σε packaging. Η καινοτομία ανήκει στη Freevalve AB, μια θυγατρική της εταιρείας κατασκευής υπεραυτοκινήτων Koenigsegg, και υπόσχεται αύξηση ισχύος της τάξης του 47% και ροπής κατά 45% σε σχέση με ένα συμβατικό κινητήρα ανάλογου κυβισμού, που συνοδεύεται από 15% μείωση της κατανάλωσης.

1.12 ΦΑΥΛΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο ευρωπαϊκός κύκλος μέτρησης κατανάλωσης και εκπομπής ρύπων ξεσηκώνει θύελλα διαμαρτυριών τα τελευταία χρόνια, αφού μεταξύ των ονομαστικών τιμών κατανάλωσης και των πραγματικών προκύπτουν διαφορές της τάξης του 30%. Άλλωστε, έχει αρχικά εξελιχθεί για την αντιμετώπιση των λεγόμενων συμβατικών

ρύπων (οξειδία αζώτου, σωματίδια). Μια επιτροπή ειδικών από την Ευρώπη, την Ιαπωνία και την Ινδία καλείται από το αρμόδιο τμήμα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών να διορθώσει τις παραφωνίες, καθορίζοντας κάθε λεπτομέρεια του νέου, κοντότερα στην πραγματικότητα, διεθνή κύκλου μέτρησης κατανάλωσης WLTP [Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures], Βάσει δεδομένων (ταχύτητα, επιτάχυνση, παράμετροι κινητήρα, τοπογραφία) που συλλέγονται σε περισσότερα από 765.000 χλμ. οδήγησης σε δρόμους της Ευρώπης, της Ιαπωνίας, της Κορέας, της Ινδίας και των ΗΠΑ. Ο νέος κύκλος που προκύπτει είναι σίγουρα πολύ περισσότερο αληθοφανής, καθώς κλείνει όλα τα «παραθυράκια» που επέτρεπαν στους κατασκευαστές να αλλοιώσουν νομότυπα τα αποτελέσματα, ωστόσο απέχει αρκετά από το ιδανικό. Για αυτόν το λόγο οι ΗΠΑ (που έχουν πολύ αυστηρότερες προδιαγραφές) δεν υποστηρίζουν το WLTP, οι Ινδοί από την άλλη, αν και συμμετέχουν στην εξέλιξή του. προσαρμόζουν κάποια χαρακτηριστικά στη δική τους αγορά. Στην Ευρώπη τίθεται σε ισχύ από το Σεπτέμβριο του 2017.

2. ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL

2.1 Η ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΜΗΧΑΝΗΣ

Οι βαριές, ακριβές και δύσχρηστες ατμομηχανές του 19ου αιώνα είναι αποκλειστικό προνόμιο των μεγάλων βιομηχανιών, αποτρέποντας την ανάπτυξη μικρομεσαίων επιχειρήσεων και, κατ' επέκταση, την εκβιομηχάνιση της παραγωγής σε όλα της τα επίπεδα. Αυτήν ακριβώς έχει συλλάβει ο οξυδερκής μηχανολόγος Ρούντολφ Ντίζελ από την ηλικία των μόλις είκοσι ετών. Έχοντας άριστη γνώση της θερμοδυναμικής (άλλωστε, αποφοιτά από το τεχνικό πανεπιστήμιο του Μονάχου με τη μεγαλύτερη βαθμολογία που είχε δοθεί ποτέ σε φοιτητή), γνωρίζει πολύ καλά πως η απόδοση της τάξης του 10% των ατμομηχανών πρέπει να καταρριφθεί. Το 1893 δημοσιεύει το βιβλίο του «θεωρία και κατασκευή ενός ορθολογικού θερμικού κινητήρα προς αντικατάσταση της ατμομηχανής και των σήμερα γνωστών κινητήρων καύσης». Σε αυτό περιγράφει έναν κινητήρα στον οποίο «ο αέρας εισαγωγής θερμαίνεται στον κύλινδρο μέσω της συμπίεσής του από το έμβολο, αρκετά πάνω από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης του χρησιμοποιούμενου καυσίμου», που χαρακτηρίζεται από την «εισαγωγή λεπτά διανεμημένου καυσίμου και καύση του στο θερμό και συμπιεσμένο αέρα, με παραγωγή εργασίας του τελευταίου στο κινούμενο έμβολο».

Ωστόσο, από τη θεωρία στην πράξη υπάρχει ακόμα αρκετός δρόμος. Για να αποδείξει την πρακτική εφαρμογή της εφεύρεσής του, πείθει τον Χάινριχ φον Μπουτς, το μεγάλο αφεντικό της εταιρείας Maschinenfabrik Augsburg, μετέπειτα γνωστότερης ως «MAN», αλλά και την εταιρεία Krupp να του παραχωρήσουν αυτό που σήμερα ονομάζουμε «Venture Capital», δηλαδή τα τεχνικά υλικά, το ανθρώπινο δυναμικό, ένα εργαστήριο και την απαραίτητη χρηματοδότηση για την εξέλιξη της ιδέας του. Το αξιοπερίεργο -ή μάλλον ενδεικτικό της διορατικότητας του φον Μπουτς- είναι πως η Maschinenfabrik Augsburg εκείνη την εποχή κατασκεύαζε ατμομηχανές, τις μηχανές που ο Ντίζελ ήθελε να αντικαταστήσει με την εφεύρεσή του!

Έπειτα από τέσσερα χρόνια πειραμάτων και εξέλιξης (το 1897), η νέα αρχή λειτουργίας με υψηλή συμπίεση και αυτανάφλεξη καυσίμου αποδεικνύεται ανώτερη κάθε άλλης θερμικής μηχανής σε απόδοση. Το πρώτο πρωτότυπο είναι έτοιμο προς επίδειξη. Η ισχύς του φτάνει τους 20 ίππους και ο Βαθμός απόδοσής του το 26,2%. Και αυτό χωρίς να υλοποιηθούν εξ ολοκλήρου τα αρχικά σχέδια του κ. Ντίζελ. που προέβλεπαν τη χρήση άμεσου ψεκασμού στο θάλαμο καύσης. Η ποιότητα των

αντλιών καυσίμου και η ακρίβεια (ή μάλλον... ανακρίβεια) των μπεκ της εποχής καθιστούν ουτοπική κάθε απόπειρα λειτουργίας μιας τέτοιου είδους κατασκευής. Ο κινητήρας διαδίδεται σε στεριά και θάλασσα, καλύπτοντας πληθώρα βιομηχανικών και μεταφορικών αναγκών.

Για πρώτη φορά τοποθετείται σε επιβατικό αυτοκίνητο το 1936 από τη Mercedes. Η 260 D στο σασί της σειράς W138 διαθέτει ακύλινδρο κινητήρα, με προθάλαμο καύσης και βαλβίδες επικεφαλής, που αποδίδει A5 ίππους/3.200 σ.α.λ. Η καύση είναι ιδιαίτερα ομαλή για την εποχή, χάρη στον προθάλαμο και στη χρήση της νέας αντλίας καυσίμου της Bosch. Τα πέντε έδρανα βάσης του στροφαλοφόρου περιορίζουν αισθητά τους κραδασμούς, επιτρέποντας παράλληλα υψηλότερες ταχύτητες περιστροφής. Η κατανάλωση δεν ξεπερνά τα 9,5 λίτρα/100 χλμ., τη στιγμή που το αντίστοιχο βενζινοκίνητο μοντέλο 2.0 λίτρων απαιτεί 13 λίτρα καυσίμου/100 χλμ. Το γεγονός αυτό εκτοξεύει την αυτονομία του αυτοκινήτου στα 400-500 χλμ. με ένα ρεζερβουάρ και, συνδυαζόμενο με τη χαμηλή τιμή του πετρελαίου, εξηγεί γιατί η 260D σταδιοδρομεί ως ταξί.

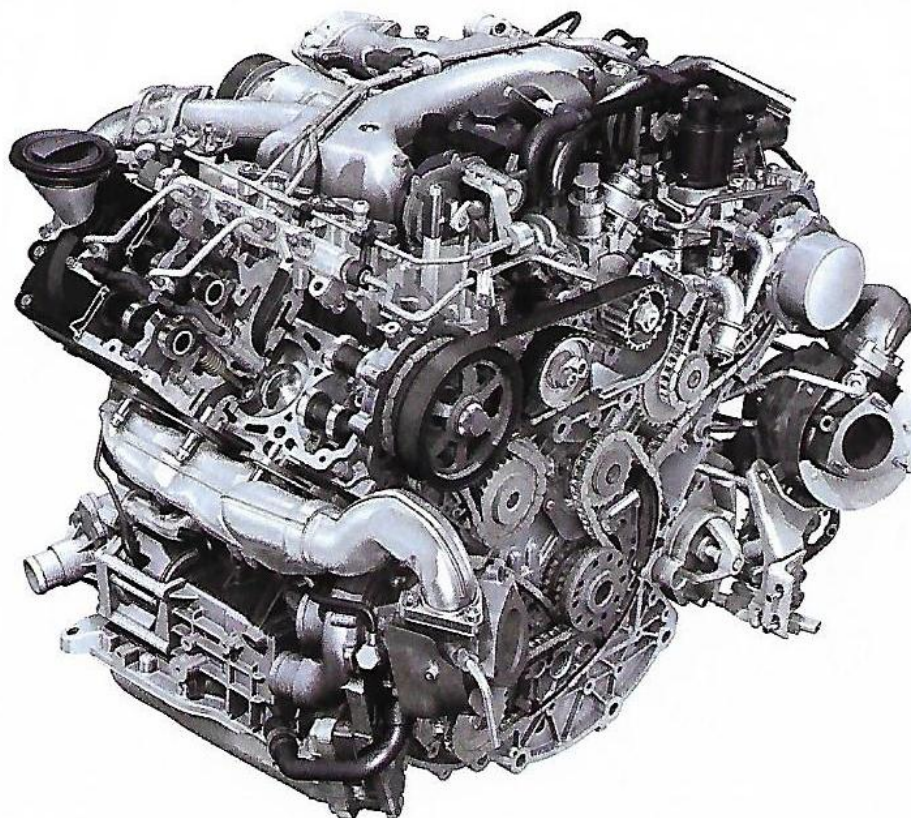
2.2 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL

Μέσα στα τόσα δεινά της κρίσης και τον πόλεμο, που κήρυξε το Ελληνικό κράτος στον κλάδο του αυτοκινήτου, είχαμε και ένα αναπάντεχο «θαύμα»: την απελευθέρωση της πετρελαιοκίνησης, όπου, έπειτα από μερικές δεκαετίες καθυστερήσεων, είπαμε και εμείς να ακολουθήσουμε τον υπόλοιπο πολιτισμένο κόσμο! Οι σύγχρονοι κινητήρες diesel έχουν εξελιχτεί τόσο τα τελευταία χρόνια που βάζουν τα γυαλιά στους βενζινοκίνητους σε πολλούς τομείς.

Με βάση την εσωτερική τους λειτουργία, οι εμβολοφόροι κινητήρες εσωτερικής καύσης χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, τόσο ως προς τη «θερμοδυναμική» ονοματολογία τους όσο και ως προς το καύσιμο που χρησιμοποιούν: τους κινητήρες «κύκλου Otto» ή «Βενζινοκίνητους» και τους κινητήρες «κύκλου diesel» ή « πετρελαιοκίνητους ». Η πρώτη κατηγορία είναι αυτή που μονοπωλούσε το ενδιαφέρον των Ελλήνων για δεκαετίες, ενώ για τη δεύτερη - και για λόγους που θα δούμε στη συνέχεια- είμασταν διστακτικοί. Άδικα, όμως, αφού πλέον η εφεύρεση του Γερμανού εφευρέτη Rudolf Diesel, από το έτος 1893, έχει κάνει τεχνολογικά άλματα στην αυτοκινητοβιομηχανία.

Κόντρα ίσως σε ότι θα περίμενε ο ευκαιριακός αναλυτής της μηχανολογίας, εμπειρικά, ο κινητήρας diesel διαθέτει τον υψηλότερο συντελεστή θερμοδυναμικής απόδοσης από όλα τα είδη των μηχανών εσωτερικής (ή εξωτερικής) καύσης: αυτό, όπως θα δούμε και πιο αναλυτικά, οφείλεται στον πολύ υψηλό λόγο της γεωμετρικής του συμπίεσης. Για να πάρετε μία ιδέα, οι τεράστιοι -σε μέγεθος- και χαμηλόστροφοι -σε προσανατολισμό- κινητήρες diesel εφαρμογών, πέραν του αυτοκινήτου, πετυχαίνουν συντελεστή απόδοσης που ξεπερνά το 50%. Αν αυτό δεν σας λέει κάτι, θυμίζω ότι ένας σύγχρονος βενζινοκίνητος περνάει οριακά το 30%... Οι κινητήρες

diesel, όπως και οι βενζινοκινητήρες, ανάλογα με την εφαρμογή, μπορούν να είναι δίχρονοι ή τετράχρονοι. Αρχικά προορίζονταν να είναι η απλή αντικατάσταση των στατικών ατμομηχανών: στις αρχές του 20ου αιώνα βρήκαν -κυρίως- ναυτικές εφαρμογές σε πλοία και υποβρύχια, ενώ λίγο αργότερα πέρασαν και στη στεριά, είτε σε τρένα και φορτηγά είτε σε στατικές εφαρμογές, όπως είναι οι γεννήτριες.



Εικόνα 2.1 Κινητήρας Diesel [2].

Φτάνοντας, λοιπόν, στη δεκαετία του '30, συναντάμε πλέον τις πρώτες -δειλές- εφαρμογές του πετρελαιοκινητήρα στην κίνηση οχημάτων, ενώ στη δεκαετία του 70 ξεκίνησε το μεγάλο «μπαμ» των κινητήρων αυτών στο παγκόσμιο στερέωμα: έτσι φτάσαμε στις αρχές του 2010, με το ένα στα δύο αυτοκίνητα που πωλούνταν στην Ευρώπη να είναι πετρελαιοκίνητο και την Ελλάδα να φτάνει την αναλογία πωλήσεων diesel/βενζίνης σε ποσοστό 70/30 τις χρονιές 2013-2014. Και για όσους ακόμα δεν κουνήθηκε διόλου το ενδιαφέρον τους για τους diesel, να κάτι που μπορεί να τους ταρακουνήσει: ο μεγαλύτερος κινητήρας diesel στον κόσμο είναι ο δίχρονος ναυτικός Wartsila-Sulzer RTA96-C, ισχύος 113.210 ίππων (στις 102rpm!).

2.3 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟΥΣ ΒΕΝΖΙΝΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Η βασική διάκριση μεταξύ των δύο προαναφερθέντων κύριων τύπων κινητήρων αφορά τον τρόπο ανάφλεξης (ένανσης της καύσης) του εκάστοτε καύσιμου μείγματος. Στους βενζινοκινητήρες, η «έκρηξη» πραγματοποιείται με τη βοήθεια εξωτερικού μέσου, που δεν είναι άλλο από τον ηλεκτρικό σπινθήρα, που παράγεται στο μπουζί. Στους κινητήρες diesel, από την άλλη, το μείγμα αυταναφλέγεται, διότι το καύσιμο εισέρχεται στον θάλαμο καύσης τη στιγμή κατά την οποία ο περιεχόμενος αέρας έχει αποκτήσει υψηλή θερμοκρασία. Πώς έγινε αυτό? Αφενός μέσω ισχυρής συμπίεσης κατά την άνοδο του εμβόλου (ως γνωστόν ένα αέριο θερμαίνεται καθώς αυξάνεται η πίεσή του) και αφετέρου μέσω κατάλληλης διαμόρφωσης του θαλάμου καύσης σε γεωμετρικό επίπεδο.

Το πετρέλαιο, που χρησιμοποιείται στους κινητήρες diesel ως καύσιμη ύλη και παράγεται στα διυλιστήρια, από πλευράς «βάρους» (κλασματική απόσταση), βρίσκεται κάπου στη μέση μεταξύ των «ελαφρύτερων» κλασμάτων (βενζίνη και κηροζίνη) και των περισσότερο ακατέργαστων, όπως το μαζούτ και οι διάφορες παραφίνες. Για το σχηματισμό του καύσιμου μείγματος, το πετρέλαιο εισάγεται στον κύλινδρο, διασκορπισμένο στη μάζα του συμπιεσμένου αέρα. Ο ψεκασμός γίνεται με τη βοήθεια μπεκ, όπως και στους Όττο, αλλά με πολύ υψηλότερη πίεση: εάν σε ένα βενζινοκινητήρα έμμεσου ψεκασμού μία τυπική τιμή πίεσης του καυσίμου είναι 3 με 5 bar, οι πετρέλαιο-κινητήρες έχουν προ πολλού πετύχει πιέσεις της τάξης των 200+ bar. Ακόμα και σε σχέση με τους τελευταίες τεχνολογίας Βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού, που μετά κόπων και βασάνων έχουν σήμερα φτάσει τα 200 bar, οι κινητήρες diesel είναι ακόμα πιο μπροστά σε τάξη μεγέθους, αφού τα τελευταία συστήματα, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, παίζουν σε πιέσεις 2.000+ bar (η πολύ υψηλή πίεση καυσίμου είναι αναγκαία επειδή, όπως θα δούμε και αργότερα, το πετρέλαιο πρέπει να περάσει σε αέρια φάση μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα).

Όταν μιλάς για πιέσεις τέτοιου μεγέθους, οι ηλεκτρικές αντλίες καυσίμου δεν φτάνουν ούτε «για ζήτω» και τα ηνία αναλαμβάνουν πλέον εδώ μηχανικές αντλίες (όπως και στους βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού), που παίρνουν κίνηση είτε από το στροφαλοφόρο είτε από τον εκκεντροφόρο άξονα. Μιλάμε πάντα για την κύρια αντλία αύξησης πίεσης στο κύκλωμα και όχι για το ρόλο του «κυκλοφορητή» της μικρότερης αντλίας στο ρεζερβουάρ καυσίμου.

Ένα δεύτερο βασικό σημείο διαφοράς μεταξύ των κινητήρων βενζίνης και πετρελαίου είναι η μέθοδος και η φύση της ρύθμισης της επιθυμητής ισχύος που αποδίδεται. Στους κινητήρες βενζίνης, το μείγμα αέρα-καυσίμου είναι σχετικά ομοιογενές (περισσότερο στους παλαιότερους εκπροσώπους του είδους, λιγότερο στους νέας σοδειάς στρωματοποιημένης καύσης βενζινοκινητήρες άμεσου ψεκασμού). Εδώ, όταν θέλουμε περισσότερη ισχύ, επιθυμία εκφραζόμενη σε ποσοστό πατήματος γκαζιού, να μην καίμε φυσικά περισσότερη ποσότητα μείγματος, αλλά στην ίδια χονδρικά αναλογία, αυξάνοντας τις ποσότητες αέρα και βενζίνης ανάλογα. Στον κινητήρα diesel αντίθετα, όπως θα δούμε, το υγρό καύσιμο δεν εισέρχεται ταυτόχρονα με τον αέρα στον κύλινδρο, αλλά ψεκάζεται κατά τη φάση της συμπίεσης

μέσα στο θάλαμο από τα μπεκ: η ισχύς του κινητήρα εξαρτάται κυρίως από την ποιοτική σύνθεση του μείγματος, δηλαδή η αυξομείωση της ισχύος επιτυγχάνεται καθαρά από τη μεταβολή της αναλογίας του μείγματος σε πλούσιο ή φτωχό. Ο χαρακτηρισμός «πλούσιο», όταν αναφερόμαστε σε πετρελαιοκινητήρες, έχει διαφορετική σημασία από την αντίστοιχη έννοια σε έναν Otto. Επειδή ο διαθέσιμος χρόνος -για το σχηματισμό του καύσιμου μείγματος- είναι σχετικά μικρός (σε σχέση με όλη την πολυτέλεια που έχει ένας βενζινοκινητήρας και δη έμμεσου ψεκασμού), είναι αναγκαία μία περίσσεια αέρα για την επίτευξη τέλει καύσης: γι' αυτόν το λόγο μείγματα με αναλογία 20+: 1 είναι λογικά για κινητήρες diesel, ενώ στους παραδοσιακούς Otto το 14-15:1 (και για λόγους θερμοκρασίας) δεν ξεπερνιέται.

Η εκκίνηση και η ταχύτητα καύσης ελέγχονται -κατά κύριο λόγο- από το ρυθμό έγχυσης και από τη χρονική στιγμή που αυτή πραγματοποιείται, παράγοντες που με τη σειρά τους εξαρτώνται άμεσα από την πίεση στη γραμμή τροφοδοσίας του κυκλώματος του πετρελαίου, θέλουμε, λοιπόν, οι αντλίες του πετρελαίου να συμβαδίζουν όσον αφορά την αύξηση της πίεσης με την αύξηση των στροφών, ώστε σε υψηλές στροφές να εξασφαλίζουν αρκετά μεγαλύτερη πίεση, γεγονός που τεκμηριώνει την παραπάνω αναφορά μας σε μηχανικές αντλίες, που παίρνουν απευθείας κίνηση από τον κινητήρα, αφού η απόδοσή τους εξαρτάται άμεσα από το ρυθμό περιστροφής του κινητήρα (περισσότερα μιλώντας για common rail αργότερα). Ιδιαίτερες είναι και οι κεφαλές των κινητήρων diesel, αφού ένας βασικός παράγοντας απόδοσής τους είναι και η σωστή ανάμειξη του μείγματος μέσω της βοήθειας της τυρβώδους ροής: τόσο οι αυλοί εισαγωγής όσο και το σχήμα του ίδιου του θαλάμου καύσης επικουρούν το στροβιλισμό του αέρα, ενώ συναντιούνται και διατάξεις με ειδικές -για το σκοπό αυτό- Βαλβίδες (κατ' αντιστοιχία των tumblevalves που βλέπουμε και σε Βενζινοκινητήρες).

Σε κάθε περίπτωση, όμως, αναφερόμαστε σε «πυροδότηση» και καύση, χωρίς ανάλογη πρώτη πηγή, χωρίς δηλαδή μπουζί. Χωρίς, λοιπόν, το μπουζί κάπως αλλιώς πρέπει να ξεκινάει η όλη διαδικασία και εδώ αρχίζουμε και συζητάμε για τις ιδιότητες του συγκεκριμένου καυσίμου-κύκλου ως προς την «αυτόβουλη ανάφλεξη». Και εδώ υπεισέρχεται ο χαρακτηριστικός όρος-μέγεθος, η «θερμοκρασία αυτανάφλεξης», που είναι η ελάχιστη θερμοκρασία κατά την οποία επιτυγχάνεται ταχύτητα αντίδρασης τέτοια ώστε να παρατηρείται γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας και η σχετική καύση. Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό μέγεθος είναι ο χρόνος καθυστέρησης της ανάφλεξης ή αλλιώς η «ταχύτητα αυτανάφλεξης», που φανερώνει το χρονικό διάστημα που περνά μέχρι να παρατηρηθεί η καύση από τη στιγμή που το καύσιμο έχει φτάσει στη θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Πόσο είναι αυτή η θερμοκρασία περίπου? Για το πετρέλαιο κυμαίνεται στους 340°C, τη στιγμή που η αντίστοιχη τιμή για τη βενζίνη είναι κατά 200°C υψηλότερη. Όσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία αυτανάφλεξης, τόσο πιο εύκολα ξεκινάει η καύση κατά τη συμπίεση του αέρα με την άνοδο του εμβόλου και μάλιστα με το μέτωπο της φλόγας να αναπτύσσεται ομαλά προς τα έξω και όχι άναρχα και με τάσεις αυτονόμησης (βλ. κρουστική καύση, γιατί να μην ο diesel κινητήρας δουλεύει με «φυσικά πειράκια», άλλα πάντα ελεγχόμενα και όχι ταυτόχρονα σε όλη τη μάζα του μείγματος).

Στους βενζινοκινητήρες, τώρα, το «φορτίο» καθορίζεται ως έννοια από το άνοιγμα της πεταλούδας του γκαζιού και κατ' επέκταση από την ακόλουθη πλήρωση του κυλίνδρου. Στους diesel, δεδομένης της απουσίας αντίστοιχης ρυθμιστικής-στραγγαλιστικής διάταξης, τι γίνεται? Εδώ το μέγιστο φορτίο καθορίζεται από τη συγκέντρωση (σύσταση) του μείγματος σε πετρέλαιο (ποιότητα καύσης), κάτι το οποίο φυσικό έχει όριο, αφού από κάποιο σημείο εμπλουτισμού και μετά έχουμε την εμφάνιση του γνωστού σύννεφου κάπνας (αιθάλης) στην εξαγωγή και προς την έξοδο της εξάτμισης. Αυτή είναι μία κλασσική εικόνα που μπορεί να έχουμε στο μυαλό μας από παλιούς diesel (ή νέους με βλάβη στα μπεκ, που τα αφήνει ανοιχτά υπέρ του δέοντος χρονικά, το λεγόμενο «κατούρημα» των μπεκ), εικόνα ωστόσο η οποία, μέσω τεχνολογιών που θα δούμε σε επόμενο μέρος, τείνει να κλειστεί στο χρονοντούλαπο της ιστορίας με τον υψηλό βαθμό απόδοσης του κύκλου diesel να αποτελεί «λίρα εκατό» για τη μείωση της κατανάλωσης και των εκπομπών διοξειδίου, οι κατασκευαστές πιστεύουν και άρα επενδύουν δεκάδες εκατομμύρια στα τμήματα έρευνας και εξέλιξης για τους κινητήρες diesel. Βέβαια, τα τελευταία χρόνια, οι κατασκευαστές έχουν ρίξει το Βάρος τους στους βενζινοκινητήρες, αλλά, για σχεδόν μία δεκαετία, η ζυγαριά στα budget εξέλιξης κινητήρων έγερνε υπέρ του diesel. Μην ξεχνάμε ότι ο άμεσος ψεκασμός προϋπήρχε χρονικά στους πετρελαιοκινητήρες πριν χρησιμοποιηθεί (αρχικά σε περιορισμένη κλίμακα και τα τελευταία χρόνια με πολύ μεγάλη επιτυχία) στους κινητήρες βενζίνης. Ας ξεκινήσουμε όμως να τα δούμε όλα αυτά πιο αναλυτικά, ένα προς ένα, μετά από αυτήν την απαραίτητη «περίληψη» που μας έβαλε στο νόημα συνολικά.

2.4 ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ

Όπως είπαμε, βασικό και ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του πετρελαίου είναι ότι αναφλέγεται πολύ εύκολα και έτσι «επιβιώνει» χωρίς μπουζί, μιας και δεν χρειάζεται αρχικός σπινθήρας για την έναρξη της καύσης. Με άλλα λόγια, η -σε σχέση με την Βενζίνη- χαμηλή θερμοκρασία αυτανάφλεξης επιτρέπει στο καύσιμο να αναφλεχθεί μόνο του, όταν η θερμοκρασία και η πίεση μέσα στο θάλαμο καύσης ξεπεράσουν κάποιες συγκεκριμένες τιμές. Αν το ενδεικτικό μέγεθος για την ποιότητα της βενζίνης είναι ο πολύ γνωστός μας αριθμός οκτανίου, που φανερώνει την αντικροτικότητα της, για το πετρέλαιο το αντίστοιχο μέγεθος είναι ο αριθμός κετανίου, που εκφράζει την ποιότητα του καυσίμου, δηλαδή πόσο γρήγορα και εύκολα καίγεται αυτό στην πράξη. Ο ρυθμός αυτός (ταχύτητα) καύσης έχει τεράστια σημασία, αφού είναι Βασική αιτία συσχετιζόμενη με την αδυναμία των πετρελαιοκινητήρων να περιστραφούν τόσο ψηλά στο φάσμα του στροφόμετρου όσο οι βενζινοκινητήρες: όπως θα γνωρίζετε, το «κόκκινο» στο στροφόμετρο ενός diesel αυτοκινήτου δεν ξεπερνά τις 4.500-5.000rpm στην καλύτερη περίπτωση.

Ο προσδιορισμός του αριθμού κετανίου γίνεται με αντίστοιχη διαδικασία με αυτή του προσδιορισμού του αριθμού οκτανίου στις βενζίνες: σε πρότυπο κινητήρα

(CFR - CooperativeFuel Research CetaneEngine) αντιπαραβάλλεται η συμπεριφορά του εκάστοτε καυσίμου ως προς τα χαρακτηριστικά του με εκείνη του πρότυπου καυσίμου αναφοράς, το οποίο είναι ένα προκαθορισμένο μείγμα δύο συστατικών. Η εν λόγω διαδικασία δεν είναι απλή και απαιτεί τον κατάλληλο εργαστηριακό εξοπλισμό, ο οποίος φυσικά είναι πανάκριβος και απευθύνεται μόνο σε πολύ εξειδικευμένα ερευνητικά κέντρα. Υπάρχει όμως και εμπειρικός τύπος, αρκετά πιο απλός, που παρέχει τον «Υπολογιζόμενο Δείκτη Κετανίου» και δίνει -με απλούς υπολογισμούς- μία προσεγγιστική τιμή για τον έμμεσο, γρήγορο και φθινό προσδιορισμό της ποιότητας του προς εξέταση καυσίμου. Στις βενζίνες, ο αριθμός οκτανίου κυμαίνεται από 95 ως 100 (τουλάχιστον όσον αφορά τα πρατήρια της Ευρώπης, στις ΗΠΑ το κατώτερο όριο είναι πολύ πιο χαμηλά, ενώ στην Ιαπωνία το ανώτερο ακόμα υψηλότερα...), ανάλογα με το είδος της βενζίνης. Για το πετρέλαιο, ένας δείκτης κετανίου γύρω στο 50 είναι μία τυπική, αποδεκτή και κατάλληλη τιμή για χρήση, μετά Premium diesel καύσιμα να πλησιάζουν το 60. Η νομοθεσία. Βέβαια, για το πετρέλαιο [ας είναι καλά το dieselgate...], όπως φυσικά και για τη βενζίνη, συνεχώς γίνεται όλο και πιο απαιτητική προς ολοένα και καθαρότερα καύσιμα, με λιγότερες εκπομπές ρύπων. Ειδικά οι εκπομπές σε οξείδια του αζώτου (NOx) και η περιεκτικότητα σε θείο είναι τα «φλέγοντα» ζητήματα, στα οποία οι εταιρείες έχουν δώσει τεράστια βαρύτητα τα τελευταία χρόνια.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό του πετρελαίου, λιγότερο γνωστό από τον αριθμό κετανίου, είναι το σημείο ανιλίνης, μία θερμοκρασία που προσδιορίζεται επίσης εργαστηριακά, αλλά με πολύ απλό και γρήγορο τρόπο, αφού όσο υψηλότερη είναι τόσο πιο καλής ποιότητας είναι το καύσιμο. Φυσικά, όπως στη βενζίνη έτσι και στο πετρέλαιο, χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή διάφορα πρόσθετα, που στόχο έχουν να αυξήσουν τον αριθμό κετανίου και ενδεχομένως να προσδώσουν καθοριστικές ιδιότητες στο καύσιμο, μειώνοντας ταυτόχρονα τους ρύπους.

2.5 ΚΑΥΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Ποιος είναι όμως τελικά ο μηχανισμός που εμποδίζει τους κινητήρες diesel να περιστρέφονται σε υψηλούς ρυθμούς περιστροφής? Όσοι αγαπάνε το στροφάρισμα, παραδοσιακά δεν θέλουν ούτε καν να ακούνε για diesel και για πετρέλαια και τύφλα να χουν οι... τόνοι ροπής τους! Δυστυχώς, στους κινητήρες diesel, η διαδικασία στροφαρίσματος στο κόκκινο είναι ολίγον τι απογοητευτική, αφού ούτε να περιστραφούν ψηλά μπορούν σε απόλυτα μέγιστα νούμερα, ούτε είναι ιδιαίτερα ευτυχείς, όταν ο δείκτης έχει ρυθμό προς τα πάνω. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι ο διαφορετικός τρόπος που καίγεται το καύσιμο μείγμα σε σχέση με τη βενζίνη. Σε έναν τυπικό κινητήρα diesel, όλα τα στάδια της καύσης έχουν ολοκληρωθεί σε ένα χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί σε 40-60 μοίρες στροφάλου και η αρχή της καύσης ξεκινά λίγο πριν το ΑΝΣ του εμβόλου, με τη μέγιστη πίεση μέσα στο θάλαμο να αναπτύσσεται λίγο μετά από αυτό.

Το «πρόβλημα» είναι ότι η καύση δεν ξεκινά ελεγχόμενα, όπως με την ανάφλεξη στο Βενζινοκινητήρα, αφού δεν υπάρχουν μπουζί. Επομένως κυνηγάμε να εξασφαλίσουμε ότι η καύση θα συμβεί ακριβώς τη στιγμή που επιθυμούμε και μάλιστα να διαρκέσει τόσο ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν περισσότερο ωφέλιμο έργο. Τρία είναι τα στάδια στην καύση του μείγματος: το πρώτο είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται μέχρι να αναφλεχθεί το μείγμα, όπου η πίεση αυξάνεται ομοιόμορφα, καθώς το έμβολο ανεβαίνει, αλλά δεν συμβαίνει ανάφλεξη. Ανάλογα με τον κάθε κινητήρα, το χρονικό διάστημα που διαρκεί αυτό το στάδιο κυμαίνεται μεταξύ 1 και 4msec. Το πρόβλημα που έχουμε και μας τσακίζει το στροφάρισμα είναι ακριβώς ότι αυτό το χρονικό διάστημα είναι σχεδόν σταθερό και ανεξάρτητο από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα: όσο αυξάνονται n στροφές του κινητήρα, δηλαδή, το πρώτο στάδιο της καύσης θα καταλαμβάνει ολοένα και περισσότερο μέρος από την άνοδο του εμβόλου, δηλαδή περισσότερες μοίρες του στροφάλου. Με άλλα λόγια, ενώ ο βενζινοκινητήρας απαιτεί δεδομένες μοίρες ανεξαρτήτως του χρόνου που αυτές «καταλαμβάνουν», ο πετρελαιοκινητήρας απαιτεί συγκεκριμένο χρόνο ανεξαρτήτως των μοιρών.

Επομένως έχουμε ήδη έναν πολύ σημαντικό περιορισμό: το πρώτο στάδιο αναγκαστικά δεν γίνεται να απαιτεί χρονικό διάστημα που να αντιστοιχεί σε πολλές μοίρες στροφάλου εξαιτίας πρακτικών λόγων λειτουργίας του κινητήρα. Συνεπώς είναι επιθυμητό στους κινητήρες diesel να πετύχουμε μείωση του αρχικού σταδίου προετοιμασίας του μείγματος για την καύση. Στους κινητήρες βενζίνης συναντάμε και εκεί το φαινόμενο, αφού και εκεί το πρώτο στάδιο της καύσης διαρκεί χρονικό διάστημα περίπου σταθερό και ανεξάρτητο από την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα: με τη βενζίνη όμως το χρονικό διάστημα είναι εξαιρετικά μικρό (0,5msec ή και ακόμα μικρότερο), οπότε τελικά δεν δημιουργούνται περιορισμοί στο ρυθμό περιστροφής κατά τη λειτουργία του κινητήρα.

Το δεύτερο στάδιο της καύσης ξεκινά με την ανάφλεξη του μείγματος. Εδώ η πίεση αυξάνεται απότομα λόγω της μη ελεγχόμενης καύσης, με τη μέγιστη τιμή της πίεσης μέσα στον κύλινδρο να επιτυγχάνεται σε αυτό ακριβώς το στάδιο, συνήθως λίγες μοίρες μετά το ΑΝΣ, καθώς το έμβολο κατεβαίνει. Στο τρίτο στάδιο, η φλόγα έχει ήδη διαδοθεί στον κύλινδρο και έτσι η ανάφλεξη του καυσίμου είναι πλέον εύκολη. Πρέπει να σημειωθεί ότι το επιπλέον καύσιμο που ψεκάζεται μέσα στον κύλινδρο, ακόμα και όταν έχει αναπτυχθεί φλόγα, καίγεται πολύ γρήγορα, με ταχύτητα ανάλογη του ρυθμού έγχυσης του πετρελαίου. Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, η ποσότητα του καυσίμου είναι ανάλογη του φορτίου του κινητήρα και καθορίζεται ανάλογα με τις ανάγκες κίνησης του οχήματος κάθε στιγμή. Αντίθετα με το πρώτο στάδιο της καύσης, αυτά τα ακόλουθα στάδια στους κινητήρες diesel διαρκούν περίπου σταθερή διάρκεια καύσης σε μοίρες στροφάλου. Αυτό σημαίνει ότι η χρονική τους διάρκεια μικραίνει όσο αυξάνει ο ρυθμός περιστροφής του κινητήρα. Επομένως οι περιορισμοί στο ανώτατο όριο περιστροφής των diesel οφείλονται κυρίως στην καθυστέρηση που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης καύσης που περιγράψαμε, δηλαδή μέχρι να δημιουργηθεί η φλόγα μέσα στον κύλινδρο.

2.6 Η ΑΚΡΙΒΗΣ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΤΟΥ DIESEL

Πώς όμως είναι δυνατόν να ψεκάζεται καύσιμο κατά τη διάρκεια της καύσης και αυτό να εισέρχεται κανονικά στον κύλινδρο, δεδομένου ότι οι βαλβίδες εισαγωγής πρέπει να είναι κλειστές κατά τη συμπίεση του μείγματος? Η απάντηση είναι φυσικά ο «άμεσος ψεκασμός», τεχνολογία που μέχρι σχετικά πρόσφατα ήταν προνόμιο μόνο των diesel, αλλά πλέον έχει εξαπλωθεί και στους βενζινοκινητήρες: η θέση του μπεκ δεν είναι αυτή ενός παραδοσιακού βενζινοκινητήρα έμμεσου ψεκασμού (πίσω από τις βαλβίδες, στον αυλό εισαγωγής), αλλά εδώ είναι τοποθετημένο μέσα στον κύλινδρο, ψεκάζοντας απευθείας καύσιμο, ακόμα και όταν το προϋπάρχον μείγμα έχει αρχίσει να καίγεται.

Στην πράξη, η καύση του μείγματος γίνεται με αυτόν ακριβώς τον τρόπο: ο αέρας που έχει εισέλθει στον κύλινδρο αναμιγνύεται με το καύσιμο που διοχετεύει το μπεκ, αυταναφλέγεται και το καύσιμο, που συνεχίζει να ψεκάζεται από το μπεκ, καίγεται πολύ γρήγορα, αφού βρίσκει εύκαιρο -μπροστά του- μέτωπο φλόγας.

Στους βενζινοκινητήρες, όταν οι ανάγκες για ισχύ είναι μεγάλες, αυτό που αλλάζει είναι η ποσότητα του μείγματος μέσα στον κύλινδρο μέσω της πεταλούδας, σχεδόν πάντα με αναλογία αέρα καυσίμου γύρω από τη στοιχειομετρική αναλογία [14,7:1). ώστε να έχουμε λιγότερο ή περισσότερο πλούσιο μείγμα. Η ισχύς του κινητήρα, δηλαδή, εξαρτάται άμεσα από την όσο το δυνατόν καλύτερη πλήρωση του κυλίνδρου από καύσιμο μείγμα πολύ ορισμένης σύνθεσης. **Στον κινητήρα diesel, όμως, αυτό που αλλάζει είναι κυρίως η ποιοτική αναλογία του μείγματος, αφού υπάρχει πάντα περίσσεια αέρα διαθέσιμη.** Αυτό είναι που κάνει αχρείαστη την ύπαρξη πεταλούδας γκαζιού, την οποία δεν πρόκειται να συναντήσετε πουθενά στην εισαγωγή (μιλάμε για πεταλούδα ελέγχου ροής ανάλογη των βενζινοκινητήρων, πεταλούδα ή πεταλούδες, γνωστές και ως «κλαπέτα». βρίσκουμε σε πολλούς diesel, αλλά με άλλο σκοπό: τη δημιουργία υποπίεσης και τύρβης κατά την εκκίνηση). Όταν, λοιπόν, σε έναν πετρελαιοκινητήρα δεν υπάρχει απαίτηση για μεγάλη ισχύ, το μείγμα είναι ιδιαίτερος φτωχό, αφού ψεκάζεται μόνο μικρή ποσότητα καυσίμου μέσα στον κύλινδρο, ο οποίος έχει ήδη πληρωθεί με αέρα, χωρίς τα αντίστοιχα θέματα που θα είχαμε με τη βενζίνη (άνοδος θερμοκρασίας). Σε περιπτώσεις όπου απαιτείται μεγάλη ισχύς, το μείγμα γίνεται πιο πλούσιο και η απόδοση του κινητήρα εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα καυσίμου που μπορεί να καεί μέσα στο θάλαμο, χωρίς ομοίως να φοβόμαστε τα μειονεκτήματα ενός πολύ πλούσιου μείγματος, όπως με τη Βενζίνη. Ωστόσο δεν ισχύει ότι όσο καύσιμο εισέλθει στον κύλινδρο θα καεί οπωσδήποτε: **προκειμένου να έχουμε έναν ανάλογα ισχυρό κινητήρα diesel, πρέπει να μπορούμε και να εξασφαλίσουμε τέτοιες συνθήκες καύσης, ώστε να μπορεί να καεί όσο το δυνατόν περισσότερο πετρέλαιο σε κάθε κύκλο λειτουργίας.**

Δώστε του μία ευκαιρία!

Ο κινητήρας diesel δεν αποτελεί σε καμία περίπτωση τον παραδοσιακό «επαγγελματικό», οικονομικό κινητήρα περιορισμένης ισχύος που ξέραμε παλαιότερα. Όλο και περισσότερα σπορ μοντέλα παρουσιάζονται και σε diesel

έκδοση, ενώ η ειδική ισχύ τους, έστω και με βαριά υπερτροφοδότηση ενός, δύο ή και... τριών turbo (Βλ. BMW), μπορεί να κάνει να χάσουν τον ύπνο τους και βενζινοκινητήρες από κούνια. Με τα diesel να αυξάνονται ραγδαία στους ελληνικούς δρόμους τα τελευταία χρόνια, μην θεωρείτε ότι ένας σύγχρονος κινητήρας diesel δεν μπορεί να έχει επιδόσεις που ταιριάζουν σε hot-hatch ή sport-sedan.

Όπως μας είναι γνωστό από τους πιο «κοντινούς» μας κινητήρες, τους βενζινοκινητήρες («Ottomotor» που λένε και οι Γερμανοί), δεν είναι ποτέ σίγουρο ότι θα καταφέρει να καεί ολόκληρη η ποσότητα καυσίμου που σπρώχνουμε στους κυλίνδρους, δημιουργώντας έτσι μία «ακούσια περίσσεια». Αν, λοιπόν, αυτό αποτελεί «θέμα» -όταν έχεις μπουζί- για να ξεκινήσει η καύση, καταλαβαίνει κανείς πόσο σοβαρότερη γίνεται η κατάσταση όταν το καύσιμο πρέπει να αυτανάφλεγει: για να υπάρξει η επιθυμητή ποιότητα καύσης απαιτούνται συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μείγματος. Σε πρώτη φάση, θα πρέπει το μείγμα να είναι όσο το δυνατό πιο ομογενοποιημένο σε όλη τη μάζα του και ο καλύτερος τρόπος για να συμβεί αυτό ακούει στο όνομα «τυρβώδης ροή» (στροβιλισμός). Μέσω αυτής επηρεάζεται αισθητά ο χρόνος που απαιτεί το πρώτο στάδιο καύσης, που, όπως είδαμε στην εισαγωγή μας, επηρεάζει κυρίως το στροφάρισμα ενός diesel. Πώς πετυχαίνουμε -κατά βάση- το στροβιλισμό των συστατικών μείγματος? Πρώτον, με την ειδική σχεδίαση των αυλών εισαγωγής του αέρα στην κεφαλή και δεύτερον, με τη ρύθμιση της «Βεντάλιας» ψεκασμού των μπεκ, δηλαδή με το σχεδιάσμά των οπών ψεκασμού καυσίμου ως προς τη διάταξη και το μέγεθος τους. Οι «ειδικές» -για καύση πετρελαίου- κεφαλές και τα μπεκ βοηθούν αφενός μεν στην εκκίνηση του μετώπου της φλόγας και αφετέρου στη σωστή διάδοσή της. Κι αν όλα αυτά δεν πάνε καλά και έχουμε «κακή» καύση? Σε αυτό το σενάριο, ενώ στους βενζινοκινητήρες τρέμουμε την εμφάνιση των γνωστών πειρακιών, η παρουσία των οποίων δηλώνεται ευθαρσώς από το αντίστοιχο μεταλλικό κροτάλισμα, στους κινητήρες diesel η αντίστοιχη κατάσταση δεν έχει την ίδια «βαρύτητα». Έτσι, αν το πρώτο στάδιο της καύσης αργήσει περισσότερο, επειδή δεν καταφέραμε να έχουμε ανάφλεξη, στον κύλινδρο θα μαζευτεί άκαυστο μείγμα αυξανόμενης ποσότητας, μιας και το μπεκ, όπως είδαμε, θα συνεχίσει κανονικά τον ψεκασμό. Τελικά, όμως, σε κάποια φάση η συσσώρευση μείγματος θα είναι ικανή να δώσει ανάφλεξη, αυξάνοντας απότομα την πίεση στο εσωτερικό και καταπονώντας τα εντόσθια του μοτέρ. Η καθυστέρηση αυτής της ανάφλεξης, λοιπόν, πρέπει να εξαλειφθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, είτε μέσω «θερμοδυναμικών τακτικών» (αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας που θα διεγείρουν την αυτανάφλεξη) είτε μέσω «ρευστομηχανικών όπλων», όπως είναι μία περισσότερη δόση στροβιλισμού του μείγματος. Ο υψηλός αριθμός κετανίου, που είδαμε στο προηγούμενο μέρος, είναι ένας τρόπος επίτευξης αυτανάφλεξης νωρίτερα (σε μικρότερη θερμοκρασία), αλλά από μόνος του δεν αρκεί: ο προαναφερθείς σχεδιασμός του θαλάμου καύσης είναι εν τέλει ο ακρογωνιαίος λίθος.

2.7 Ο ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ: ΕΜΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ ΚΑΙ «ΔΙΠΛΟΣ» ΘΑΛΑΜΟΣ ΚΑΥΣΗΣ

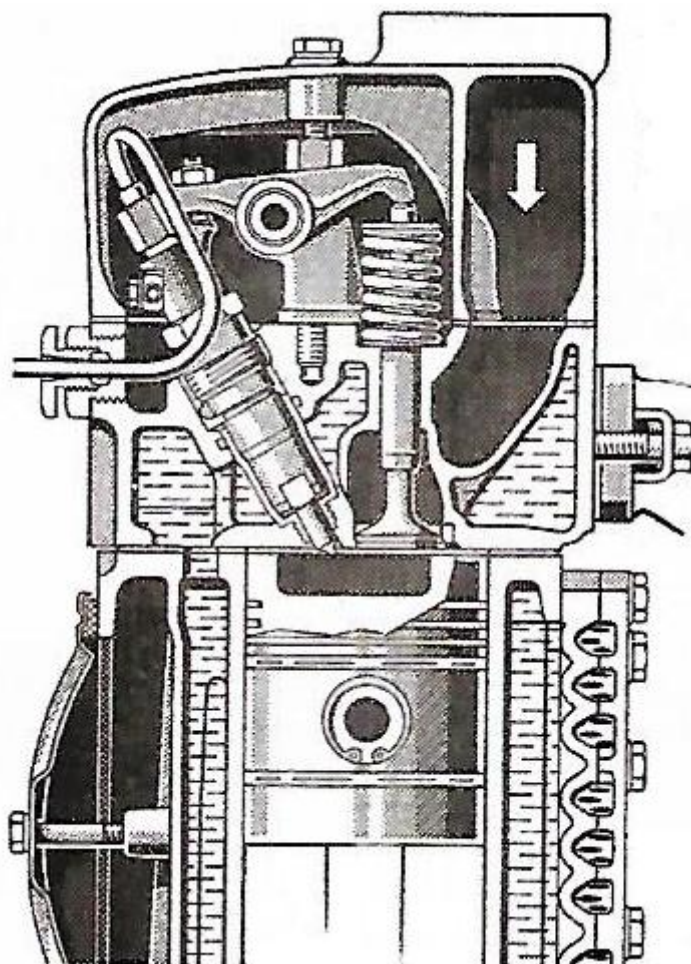
Μπορεί οι πετρελαιοκινητήρες να απέκτησαν τον άμεσο ψεκασμό πολύ νωρίτερα από τους βενζινοκινητήρες, δεν ήταν, όμως, πάντα έτσι τα πράγματα. Κάποτε, και περισσότερο σε επαγγελματικά οχήματα, οι έμμεσα ψεκαστοί diesel ήταν ο κανόνας, ενώ ακόμα και σήμερα έτσι λειτουργούν οι μικρότεροι και «lowbudget» εκπρόσωποι του είδους (π.χ. κινητήρες σε ATV). Αλλά ας τα πάρουμε από την αρχή τα πράγματα όσον αφορά τη γενικώς «δύσκολη» καύση του πετρελαίου και τους δύο Βασικούς τρόπους «αντιμετώπισής» της. Οι πετρελαιοκινητήρες έμμεσου ψεκασμού (έμμεσης έκχυσης καυσίμου εκτός κυρίου θαλάμου καύσης) συνήθως διαθέτουν και δεύτερο θάλαμο εκτός του κυρίου, τον «προθάλαμο» (ή «αντιθάλαμο»). Λεωφορεία, φορτηγά και λοιπά τέρατα των δρόμων για δεκαετίες έκαναν χρήση κινητήρων με διπλό θάλαμο/προθάλαμο και, για να σας προλάβω, μη συνδέετε την ύπαρξη προθαλάμου με τα ντουμάνια κάπνας: αν το υπουργείο ή ο φορτηγατζής τη λέξη «σέρβις» τη λένε μόνο στο σερβιτόρο του σουβλατζίδικου, δεν φταίει ο προθάλαμος! Η ύπαρξη του προθαλάμου ξεκίνησε από την ανάγκη επιτάχυνσης της (δυναμικής) συμπίεσης, κάτι που υποβοηθάει το στρόφαρισμα και κατ' επέκταση και την αποδιδόμενη ισχύ. Ανάλογα με τη γεωμετρία του προθαλάμου, αυτοί χωρίζονται τυπικά σε «προθαλάμους ανάμειξης» και «σε προθαλάμους συμπίεσης», αλλά και οι δύο ουσιαστικά έχουν τον ένα και αυτό σκοπό: να προετοιμάσουν το μείγμα στροβιλίζοντάς το, ώστε αυτό να αποκτήσει βέλτιστα χαρακτηριστικά καύσης (ομογενοποίηση), να ξεκινήσει η καύση στον προθάλαμο και μετά να περάσει πιο γρήγορα και στ., κυρίως θάλαμο «έτοιμη». Η Mercedes-Benz ασχολήθηκε παραδοσιακά με κινητήρες diesel δευτερεύοντος θαλάμου και μάλιστα την δεκαετία του 90 παρουσίασε και νέες διατάξεις ως προς την γεωμετρία. Κατασκευαστικά ο προθάλαμος διαθέτει διαφορετικά χαρακτηριστικά στα υλικά των εσωτερικών τοιχωμάτων του, τα οποία προσέδιδαν θερμική συμπεριφορά που επέτρεπε την συνεχή κατακράτηση θερμότητας κατά τη φάση της συμπίεσης. Αυτό το γεγονός αφενός επιτάχυνε την έναρξη της ανάφλεξης και αφετέρου **δεν απαιτεί υπερακριβές σύστημα ψεκασμού για να λειτουργήσει:** δεν απαιτείται η τρομακτική πίεση απτά μπεκ (100 bar είναι καλά...) που θα δούμε παρακάτω οι οπές του (ή η οπή, συνήθως αρκεί μια μόνο εδώ) δεν πρέπει να έχουν διάμετρο δισεκατομμυριοστού της τρίχας και τα σταγονίδια του καυσίμου μόνο ατμοποιημένα δεν τα λες (πιο κοντά σε μπουγέλο φέρνουν). Και ενώ ένα τέτοιο επίπεδο ψεκασμού σε ένα σύγχρονο diesel θα ήταν απαράδεκτο και τελικά δεν θα λειτουργούσε, σε κινητήρα με προθάλαμο, το καύσιμο -όσο χοντροκομμένο και αν είναι- μόλις προσκρούσει στα τοιχώματα του προθαλάμου, εξατμίζεται πάραυτα και αποτελεί τη μαγιά για την εξάπλωση της φλόγας σε όλον τον υπόλοιπο (κυρίως) θάλαμο. Πέραν της αξιοπιστίας τους, από πλευράς αναγκών ποιότητας ψεκασμού οι κινητήρες αυτοί μπορούν επιπρόσθετα να αναμείξουν (να κάψουν και άρα να αποδώσουν ανάλογα) πολύ μεγάλες ποσότητες καυσίμου, παρόλο που η όλη θεωρία πίσω από τη μετάδοση

της φλόγας από τον ένα θάλαμο στον άλλο, ρευστομηχανικά και θερμοδυναμικά, είναι πολύπλοκη είναι από τις περιπτώσεις που δεν «ρωτάς» πώς δουλεύει, αλλά είσαι σίγουρος ότι δουλεύει. Φυσικά και έχουν μειονεκτήματα, διαφορετικά δεν θα είχαν προχωρήσει σε τόσο μεγάλο βαθμό την θέση τους στους dieselμονού θαλάμου. **Γενικώς, οι diesel έχουν θέμα με την κρύα εκκίνηση**, αφού δεν υπάρχει μπουζί (το θέμα της κρύας εκκίνησης θα το δούμε αναλυτικά παρακάτω), αλλά ειδικότερα οι diesel με διπλό θάλαμο έχουν ακόμα εντονότερο θέμα: ο μεγάλος θάλαμος καύσης γενικώς συνεπάγεται μεγάλη συμπίεση, ώστε η συνεπακόλουθη πίεση να αναφλέξει εύκολα το μείγμα (σχέσεις συμπίεσης άνω του 20:1 είναι συνήθεις σε τέτοια μοτέρ, τιμές μακριά από το Βέλτιστο από πλευράς απόδοσης). Επιπλέον, επειδή -όπως είπαμε- ο προθάλαμος κινείται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, ακόμα και τα «χονδροειδή» μπεκ κινδυνεύουν με ζημιά και απαιτούν ειδικές προστατευτικές επικαλύψεις, ενώ σε κινητήρες diesel πολύ μεγάλου μεγέθους (βλ. πλοία) δεν αποδίδουν τα αναμενόμενα, αφού ο πολύ σημαντικός Βαθμός απόδοσης σε τέτοιες εφαρμογές επηρεάζεται αρνητικά από τις απώλειες του προθαλάμου προς το σύστημα ψύξης (5-10 % παραπάνω από κινητήρα απλού θαλάμου). Μια παραλλαγή του κινητήρα με δεύτερο θάλαμο είναι ο κινητήρας με (μεγάλες) κοιλότητες στο έμβολο, οι οποίες έπαιζαν το ρόλο των δύο μικρότερων υποθαλάμων στροβιλισμού και έναυσης καύσης. Σε μικρότερο βαθμό, τέτοιες κοιλότητες συναντάμε στους περισσότερους σύγχρονους diesel άμεσου ψεκασμού.

2.8 ΑΜΕΣΟΣ ΨΕΚΑΣΜΟΣ

Όταν «απλουστεύσουμε» τον πετρελαιοκινητήρα, ώστε να έχει ένα θάλαμο καύσης, όπως δηλαδή και στα γνώριμα βενζινομοτέρ μας, πακέτο έχουμε και σύστημα άμεσου ψεκασμού: τα μπεκ ψεκάζουν απευθείας μέσα στον κύλινδρο. Φυσικά, όπως και στην περίπτωση του προθαλάμου έτσι και εδώ, ο σχεδιασμός του ενός και μοναδικού θαλάμου, τόσο από την πλευρά της κυλινδροκεφαλής όσο και στην κορώνα του εμβόλου, έχει εξέχουσα σημασία. Η τύρβη και η περιστροφή του μείγματος, που επιφέρει και εδώ η κάθε διαφορετική γεωμετρία που επιλέγει ο κατασκευαστής σε αυλούς και χαρακτηριστικά βαλβίδων εισαγωγής, είναι εκ των ων ουκ άνευ, αλλά εδώ θα πρέπει να ανοίξουμε μία μεγάλη παρένθεση. **Από κάποιο σημείο και μετά η τύρβη έχει αρνητική επίδραση στο βαθμό πλήρωσης του κινητήρα: η υπερβολική περιστροφή του μείγματος δεν είναι πανάκεια και τελικά πρέπει να βρεθεί η χρυσή τομή μεταξύ τύρβης και Βαθμού πλήρωσης.** Φυσικά, το πέρασμα από τις διβάλβιδες κεφαλές στις τετραβάλβιδες ευνόησε θετικά το ισοζύγιο αυτό, αφού έδωσε τη δυνατότητα στους κατασκευαστές να πετύχουν περισσότερη τύρβη με λιγότερο κόστος σε πλήρωση. Πέραν τώρα της γεωμετρίας των αυλών και των Βαλβίδων, τα τελευταία χρόνια, όπως στους βενζινοκινητήρες έτσι και στα πετρέλαια, είναι πολύ της μόδας και οι εισαγωγές μεταβλητής γεωμετρίας ως προς τη δίοδο και το μήκος της διαδρομής που ακολουθεί ο αέρας,

αλλά επιπλέον συναντιόνται συχνά και οι μικρές πεταλούδες στροβιλισμού του αέρα, που συνηθίζουμε να αναφέρουμε με την ονομασία «tumble valves». Φυσικά, μεγάλη σημασία στη διάταξη άμεσου ψεκασμού δεν έχει μόνο η περιστροφή του εισερχόμενου αέρα στο σχηματισμό του μείγματος, αλλά και η ακτινική πορεία του προς τα έξω, αφού «βρει» το έμβολο: εδώ η βεντάλια του μπεκ πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα και η κορώνα του εμβόλου είναι αναλόγως συμβατή. Σε σχέση με τους κινητήρες έμμεσου ψεκασμού, οι άμεσοι έχουν πιο... ανθρώπινες σχέσεις συμπίεσης (κατά κανόνα κάτω από 20:1 και ενίοτε και κάτω από 15:1) και επίσης, ελλείψει προθαλάμου, η κυλινδροκεφαλή ενός μοτέρ άμεσου ψεκασμού είναι μικρότερη (και ελαφρύτερη). Μικρότερη κεφαλή σημαίνει λιγότερες θερμικές απώλειες, κάτι που εκτός από την ευρύτερη θερμοδυναμική απόδοση, επηρεάζει θετικά και τη διατήρηση μίας κάποιας θερμοκρασίας στο θάλαμο καύσης υπεύθυνης για την ανάφλεξη του μείγματος.



Σχήμα 2.1 Τομή πετρελαιοκινητήρα με μπεκ άμεσου ψεκασμού [2].

Ο άμεσος ψεκασμός έχει εδραιωθεί στους σύγχρονους diesel που μας αφορούν κυρίως, αλλά και πολλή εξέλιξη χρειάστηκε και ακόμα πέφτουν πολλά χρήματα και εργατοώρες πάνω του. Ένα από τα βασικά θέματα, που αντιμετωπίζει

όποιος ασχοληθεί με τον άμεσο ψεκασμό, είναι η ατμοποίηση των υγρών σταγονιδίων από το μπεκ: σε έναν π.χ. βενζινοκινητήρα έμμεσου ψεκασμού αυτό δεν είναι πρόβλημα, αφού καθόλη τη διαδρομή από την πολλαπλή μέχρι τον κύλινδρο προλαβαίνει να θερμανθεί επαρκώς. Στον άμεσο ψεκασμό, η λύση αναγκαστικά ακούει στο όνομα «νέφος πολύ μικρών σταγονιδίων», οπότε ας γυρίσουμε για την ώρα στη σύγκριση των δύο πιθανών «δρόμων» του καυσίμου προς το θάλαμο καύσης. Στον άμεσο ψεκασμό, λοιπόν, ναι μεν το καύσιμο εισέρχεται κατ' ευθείαν στον κύλινδρο και άρα δεν προσκολλάται στα τοιχώματα των αυλών της πολλαπλής, της κεφαλής και των βαλβίδων, αλλά, από την άλλη, η απουσία διαδρομής μεγάλου μήκους ακυρώνει την ευκαιρία που θα είχε το καύσιμο να αναμειχθεί με τον αέρα πιο ομοιογενώς και να εξατμιστεί αναλόγως. Επίσης, οι σχετικά χαμηλές πιέσεις (γύρω στα 3,5-4 bar) ενός κυκλώματος έμμεσου ψεκασμού δεν δίνουν πάντα την ιδανική μορφή σταγονιδίων ψεκαζόμενου καυσίμου: η πίεση ψεκασμού επηρεάζει το μέγεθος των σταγονιδίων, κάτι το οποίο κάνει επίσης και το σχήμα- διάμετρος των οπών του μπεκ. Το να πει κάποιος, ας κάνουμε τις οπές των μπεκ πιο μικρές, είναι μία κουβέντα μόνο, αφού η παραγωγή μικρότερων σταγονιδίων συνεπάγεται και θεματάκια αξιοπιστίας: οι μικρές οπές φράζουν πιο εύκολα από κακής ποιότητας καύσιμο, κάτι που όλο και περισσότεροι συμπολίτες μας, που πέρασαν σε πετρέλαιο, μαθαίνουν από την άσχημη πλευρά, όταν το εκτός εγγύησης μοτέρ τους θελήσει σέρβις του κυκλώματος... Είναι, λοιπόν, δεδομένο ότι η λεπτή διασπορά καυσίμου «κάνει καλό» στην καύση, αλλά με κόστος, μεταφορικά και κυριολεκτικά. Και αν στον έμμεσο ψεκασμό η διασπορά σταγονιδίων παίζει μία φορά ρόλο, στον άμεσο ψεκασμό παίζει πολλαπλάσιο, αφού ότι βγαίνει από το μπεκ πρέπει -εκ των πραγμάτων- να είναι πανέτοιμο για καύση. Τα σταγονίδια εδώ πρέπει να είναι τόσο μικρά που πλέον... δεν είναι σταγονίδια, αλλά ουσιαστικά ένα νέφος αερίου, μορφή η οποία τους δίνει τη δυνατότητα να καούν πολύ πιο εύκολα και γρηγορότερα απ' ότι θα απαιτούσε μία σταγόνα μεγαλύτερης διαμέτρου, μάζας και εξωτερικής επιφάνειας.

Ένα καλό παράδειγμα αυτής της συμπεριφοράς είναι όταν έχουμε να λειτουργήσουμε ένα ψεκαστικό καθαριστικού τζαμιών με σκανδάλη και μπεκάκι μπροστά, όπου, αν πιέσουμε το μοχλό αργά (με μικρή πίεση), τότε θα δημιουργηθούν μεγάλες και «αργές» σταγόνες, που δεν θα πάνε και πολύ μακριά, ενώ αν το πιέσουμε δυνατά (μεγάλη πίεση), θα έχουμε ένα νέφος πολύ μικρότερων και «ζωηρών» σταγονιδίων. Προς αυτήν, λοιπόν, την κατεύθυνση -και όπως αναφέραμε στο πρώτο μέρος και θα δούμε και στη συνέχεια πιέσεις ψεκασμού της τάξεως των 1.600-2.000bar είναι συνήθεις σε έναν σύγχρονο diesel, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ξεπερνούν ακόμα και τα 2.500bar!

2.9 ΚΡΥΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗ

Ας ανακεφαλαιώσουμε το μηχανισμό καύσης εντός ενός κινητήρα diesel, ώστε να μπορέσουμε να κατανοήσουμε ένα σημαντικότερο πρόβλημα που προκύπτει,

αυτό της κρύας εκκίνησης. Όπως είπαμε, η καύση σε έναν πετρελαιοκινητήρα γίνεται με αυτανάφλεξη του μείγματος: ο αέρας διέρχεται από τις βαλβίδες εισαγωγής με κάποιο στροβιλισμό και, αφού οι βαλβίδες κλείσουν, ξεκινά η φάση της συμπίεσης. Το πιστόνι στον κύλινδρο ανεβαίνει προς τα πάνω, το μπεκ ψεκάζει με (πάρα πολύ) μεγάλη πίεση πετρέλαιο μέσα στο θάλαμο σε μορφή πολύ μικρών σωματιδίων και, καθώς η πίεση και η θερμοκρασία αυξάνεται από την άνοδο του εμβόλου, το καύσιμο αυταναφλέγεται. Το μπεκ συνεχίζει να ψεκάζει καύσιμο ανάλογα πάντα με τις ανάγκες του κινητήρα τη δεδομένη στιγμή, όπως αυτές μεταφράζονται σε φορτίο από το δεξί πόδι του οδηγού, το οποίο καύσιμο όμως πλέον καίγεται εύκολα, αφού ήδη υπάρχει στο θάλαμο καιγόμενο μείγμα. Αυτά συμβαίνουν όταν ο κινητήρας είναι για τα καλά σε λειτουργία για ώρα. τι γίνεται όμως όταν ο κινητήρας έχει να λειτουργήσει ώρες ή και μέρες και πρέπει να πάρει μπροστά τα κρύα χειμωνιάτικα πρωινά? Το μιν έμβολο σίγουρα θα ανέβει καθώς η μίζα γυρνάει τον κινητήρα, αλλά η θερμοκρασία παραμένει πολύ χαμηλή τόσο στα τοιχώματα του κυλίνδρου/θαλάμου καύσης όσο και στη μάζα του καυσίμου αυτή καθ' αυτή. Πώς στο καλό, λοιπόν, θα καταφέρει να αναφλεχθεί το μείγμα, αφού, όπως τόσο έντονα τονίσαμε πιο πάνω, **η θερμοκρασία είναι το Α και το Ω για την έναυση της καύσης?** Μέχρι πριν από μερικές δεκαετίες, η εκκίνηση ενός πετρελαιοκινητήρα αποτελούσε μεγάλο πρόβλημα: η προθέρμανση του κινητήρα πριν ξεκινήσει το όχημα ήταν επιβεβλημένη. Και αυτό διότι, όταν ο κινητήρας είναι κρύος, είναι δύσκολο να αυξηθεί πολύ η θερμοκρασία του καυσίμου ακόμα και αν η πίεση ανέβει σε ψηλά επίπεδα.

Η λύση της ακόμα υψηλότερης σχέσης συμπίεσης (δηλαδή ακόμα υψηλότερες πιέσεις) δεν είναι υλοποιήσιμη, αφού η υψηλή σχέση συμπίεσης, όπως είδαμε και πιο πάνω, παρουσιάζει ένα βέλτιστο σημείο πέρα από το οποίο ο κινητήρας χάνει και σε βαθμό απόδοσης (βλ. κατανάλωση) και σε ισχύ. Με μία τέτοια λύση, δηλαδή, ακόμα και αν έπαιρνε εύκολα μπροστά, στη συνέχεια θα είχαμε μόνο ασύμφορη λειτουργία. **Ιδανικά θα έπρεπε να έχουμε έναν κινητήρα μεταβλητής συμπίεσης** (η οποία θα αύξανε σε κρύες συνθήκες για εύκολο ξεκίνημα και αργότερα θα μειωνόταν σε κανονικό επίπεδα για κίνηση στο δρόμο), αλλά για ευνόητους λόγους κόστους αυτή η λύση απορρίπτεται από τα αποδυτήρια.

Το πρόβλημα της κρύας εκκίνησης εντείνεται περισσότερο από παράγοντες, όπως καύσιμο κακής ποιότητας και κακή κατάσταση κινητήρα που χάνει πολύτιμη πίεση, η οποία κανονικά θα μας αύξανε τη θερμοκρασία κατά τη συμπίεση (βαλβίδες που δεν σφραγίζουν καλά, ταλαιπωρημένα ελατήρια πιστονιού). Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την εκκίνηση του καυσίμου είναι ο εξής: πλούσιο μείγμα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με ψεκασμό μεγαλύτερης διάρκειας είτε με ειδικό extra μπεκ ψυχρής εκκίνησης, το οποίο θα ψεκάσει τις επιπλέον ποσότητες καυσίμου. Το πλεόνασμα καυσίμου έχει τα εξής ευεργετικά αποτελέσματα: το άκαυτο μείγμα υποβοηθά στιγμιαία το «σφράγισμα» των ελατηρίων του πιστονιού και των Βαλβίδων, ενώ το πλούσιο μείγμα βοηθάει στον αγώνα για ανάφλεξη. Πολλές φορές εφαρμόζεται και «retard» στην έναρξη του ψεκασμού (a la anti-lag, αλλά με άλλο σκοπό!), ώστε το καύσιμο να ψεκαστεί στον κύλινδρο, όταν ήδη η πίεση και η θερμοκρασία του κυλίνδρου έχουν αυξηθεί. Φυσικά ο δεύτερος αυτός

«χάρτης ψεκασμού» αφορά μόνο την εκκίνηση και, μόλις φτάσουμε σε θερμοκρασία λειτουργίας, επανερχόμαστε στις κανονικές (και καθαρές για την εξάτμιση) τιμές χαρτογράφησης.

2.10 ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΤΗΡΑΣ

Εκτός από την προσωρινή χρήση πλούσιου μείγματος, οι κινητήρες diesel, για τις κρύες νύχτες και μέρες, διαθέτουν και ένα παραπάνω όπλο: **τον προθερμαντήρα. Πρόκειται για μία διάταξη σε σχήμα μολυβιού-στυλό, το οποίο μπαίνει στη θέση που κανονικά θα είχε το μπουζί στην κορυφή του θόλου του θαλάμου καύσης, με τη μύτη του μέσα και από άποψη λειτουργίας έχει ως κοντινή ξαδέρφη την... τοστιέρα:** διοχετεύουμε σε ένα θερμοστοιχείο με μεγάλη αντίσταση ηλεκτρικό ρεύμα και αυτό θερμαίνεται τόσο που αποτελεί το βασικό παίκτη στην έναυση της καύσης μέχρι ο κινητήρας να έρθει σε θερμοκρασία θαλάμου καύσης, που του επιτρέπει να αυτοσυντηρεί την ανάφλεξη από μόνος του και να απενεργοποιείται ακολούθως η λειτουργία του προθερμαντήρα [είτε ολικώς είτε μερικώς παραμένοντας ενεργό με μικρότερο βολτάζ]. **Η άκρη του προθερμαντήρα δεν εκπέμπει μόνο θερμότητα, αλλά και ορατό φως:** υπό λειτουργία, η μύτη του, που βρίσκεται μέσα στο θάλαμο, λάμπει και εξαιτίας αυτού ακριβώς του γεγονότος, στα αγγλικά, η διάταξη ονομάζεται «glow- plug» **Οι κινητήρες με έμμεσο ψεκασμό διαθέτουν από έναν προθερμαντήρα σε κάθε προθάλαμο, ενώ οι άμεσου ψεκασμού διαθέτουν από έναν στον κάθε ενιαίο θάλαμο καύσης τους.** Ας δούμε, όμως, πιο αναλυτικά τι γίνεται με έναν προθερμαντήρα. Στα πιο παλιό diesel μοντέλα, ο οδηγός δεν μπορούσε να γυρίσει απλά το διακόπτη υπό κρύες συνθήκες και να ξεκινήσει: έπρεπε να περιμένει 20-30 δευτερόλεπτα, ώστε, αφού ενεργοποιηθεί ο προθερμαντήρας, στη συνέχεια να μπορέσει να Βάλει εμπρός. Καθ' όλο αυτό το διάστημα της αναμονής, στο καντράν παρέμενε ανοιχτή η σχετική ένδειξη (το σύμβολο ενός πηνίου συνήθως), ενώ και σε σύγχρονα diesel υπό συνθήκες μπορεί να χρειαστεί μία πολύ μικρότερη αναμονή της τάξεως των 6-8 δευτερολέπτων. Η όλη αυτή διαδικασία αναμονής ηλεκτρολογικά γίνεται μέσω ειδικού ρελέ, όπου, όταν η ένδειξη απενεργοποιηθεί (και γυρίσει το κλειδί) και

ο κινητήρας είναι έτοιμος για μιζάρισμα, το ρελέ σβήνει τους προθερμαντήρες. Σε κάποια αυτοκίνητα, ο προθερμαντήρας συνεχίζει να παραμένει σε λειτουργία (να τροφοδοτείται με ρεύμα) ακόμα και για ορισμένα (2-3) λεπτά μετά την εκκίνηση του κινητήρα, αφού έτσι μειώνονται οι εκπομπές ρύπων που πάντα είναι αυξημένες πριν φτάσει σε σταθερή θερμοκρασία λειτουργίας. Σε τελευταίας γενεάς diesel, μάλιστα, η ενεργοποίηση και θέρμανση του “στοιχείου του προθερμαντήρα είναι τόσο γρήγορη και άμεση, που ο οδηγός δεν χρειάζεται καν να περιμένει ούτε δευτερόλεπτο: όλα γίνονται τόσο άμεσα που δεν καταλαβαίνει κάποια καθυστέρηση στο γύρισμα του διακόπτη, ανεξαρτήτως συνθηκών. Φυσικά και στα παλαιότερα και τωρινά συστήματα, το κύκλωμα σε καλές συνθήκες περιβάλλοντος ή αν ο κινητήρας είχε

μόλις σβήσει, παίρνει σήμα «μη ανάγκης» χρήσης του προθερμαντήρα, ο οποίος παραμένει αδρανής και ο κινητήρας εκκινεί σαν βενζινοκινητήρας. Κατασκευαστικά όπως είπαμε, πρόκειται για ένα μεταλλικό μακρόστενο μολύβι, αλλά το υλικό της μύτης δεν μπορεί να είναι σε καμία περίπτωση «ότι να ναι», αφού μιλάμε για μεγάλη θερμική καταπόνηση: **θέλουμε υλικά με μεγάλη αντοχή και σε οξείδωση και σε θερμοκρασία, οπότε τα διάφορα «μπουζο-υλικά», όπως η πλατίνα και το ιρίδιο, βρίσκουν εδώ άψογη εφαρμογή.** Τέλος, ας πούμε και κάτι για τους φίλους του μοντελισμού: διάταξη glow-plug έχουν και οι λιλιπούτσιοι κινητήρες νιτρομεθανίου των μοντέλων, για διαφορετικό όμως σκοπό. Δεν βρίσκονται στη θέση τους για την κρύα εκκίνηση, αλλά αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της ανάφλεξης, με τη μύτη να δρα ως καταλύτης καύσης. Και εδώ ασκείται τάση πριν την εκκίνηση μέχρι να ζεσταθεί το glow-plug, αλλά στη συνέχεια, η πηγή τάσης μπορεί να αφαιρεθεί, αφού η ίδια η καύση το κρατάει πυρωμένο.

Μετά την περισσότερο θερμοδυναμικής και ρευστομηχανικής φύσεως ανάλυση, από πλευράς περιεχομένου και προσέγγισης, των κινητήρων diesel, θα συνεχίσουμε με τα πιο μηχανολογικά κομμάτια της ιστορίας: θα δούμε από τι αποτελείται ένα μοντέρνο κύκλωμα καυσίμου ενός πετρελαιοκινητήρα και ποιες περιφερειακές νέες τεχνολογίες κάνουν τους diesel πιο ισχυρούς, καθαρούς και οικονομικούς.

2.11 Ο ΔΡΟΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Αφού είδαμε ως τώρα αναλυτικά ολόκληρη την ειδική θεωρία καύσης του πετρελαίου, με όλα τα εμπόδια και τις δυσκολίες που συναντάμε για να κάψουμε επιτέλους σωστά και αποδοτικά το diesel που μας το παίζει δύσκολο, ήρθε η ώρα να πάμε και στα πιο μηχανολογικά-κατασκευαστικά χωράφια του θέματος: πώς φέρνουμε το πετρέλαιο στο μοτέρ και τι παρεμβάλλεται στο ενδιάμεσο? Μία αντλία είναι αρκετή ή θέλουμε παραπάνω? Και τι είδους αντλίες θέλουμε ώστε να μην πέσουμε σε μία από τις πολλές δυνητικά προβληματικές καταστάσεις του ιδιαίτερα πολύπλοκου συστήματος ψεκασμού πετρελαίου?

Από τα προηγούμενα μέρη, δύο νομίζω ότι ήταν τα κύρια δεδομένα που θα σας έχουν μείνει: πρώτον, ότι η σωστή και αποδοτική καύση του πετρελαίου θέλει ...μαεστρία και δεύτερον, ότι τα bar της πίεσης είναι πολλά, πάρα πολλά! Φτάνουμε λοιπόν στο σημείο να ψάξουμε πώς στο καλό τα δημιουργούμε αυτά τα τερατώδη bar. Ξεκινάμε από το «θέσφατο» ότι η απλή [και φτηνή] παραδοσιακή ηλεκτρική αντλία καυσίμου, την οποία ακούμε από τη μεριά του ρεζερβουάρ όταν γυρνάμε το διακόπτη της μίζας στην πρώτη σκάλα, από μόνη της «δεν κάνει»: απορρίπτεται από τα αποδυτήρια, αφού δεν μπορεί να έχει την ισχύ που θα μεταφέρει στο ρευστό την μεταφρασμένη σε πίεση και παροχή, ενέργεια. Η λύση που μένει είναι η εξής μία: μηχανική αντλία καυσίμου.

Αλλά για να το πάρουμε από την αρχή «τεχνολογικά», μία φορά και ένα καιρό η λύση, που είχε υιοθετηθεί, ήταν ο ψεκασμός του καυσίμου μέσω παλμών πεπιεσμένου αέρα, μέθοδος που δεν περπάτησε πολύ, αφού θέματα στεγανότητας και κακής ποιότητας ανάμειξης ήταν πανταχού παρόντα. Η καθιέρωση των μηχανικών αντλιών για να φτάσει το πετρέλαιο με ενδεδειγμένη πίεση στα μπεκ ήταν η λύση του γρίφου, αλλά -αλήθεια- τι ακριβώς εννοούμε όταν μιλάμε για «μηχανική» αντλία? Εννοούμε ότι παίρνει κίνηση από τον κινητήρα και κατά κανόνα από τον εκκεντροφόρο. Φυσικά και πολύ σωστά θα πείτε «ρε μπάρμπα, αφού και ο εκκεντροφόρος από το στρόφαλο παίρνει κίνηση» και φυσικά και θα έχετε δίκιο, απλά, λόγω της χωροταξίας και της παραδοσιακής θέσης των μηχανικών αντλιών πετρελαίου πιο κοντά στην κεφαλή του μοτέρ, έχει επικρατήσει να θεωρούμε κυρίως τον εκκεντροφόρο ως την «κινητήρια πηγή» και όχι το στρόφαλο. Σε κάθε περίπτωση, όμως, αφού μιλάμε για «προσκόλληση» της αντλίας στο χώρο του κινητήρα, πώς φτάνει και κάνει νωρίτερα όλη αυτή τη διαδρομή από το ντεπόζιτο (δηλαδή πιο πίσω και χαμηλότερα] στη μηχανική αντλία το καύσιμο? Εδώ υπεύθυνο είναι το λεγόμενο κύκλωμα «χαμηλής πίεσης» τροφοδοσίας πετρελαίου, μαέστρος του οποίου είναι ακριβώς αυτή η μικρότερη -και αδύναμη για να πάρει όλο το βάρος μόνη της- αντλία που αναφέραμε πιο πάνω, η ηλεκτρική δίπλα/πάνω/μέσα στο ντεπόζιτο. Δουλειά της είναι να σπρώχνει το καύσιμο στην είσοδο της κύριας μηχανικής αντλίας μπροστά, έτσι ώστε, όταν η δεύτερη το παραλαμβάνει για να του ανεβάσει την πίεση (πολύ) περαιτέρω, αυτή να έχει ξεκινήσει τη δουλειά από μία συμπαθητική αρχική πίεση και όχι από το μηδέν.

Ουσιαστικά δηλαδή, και σε σχέση με την κύρια μηχανική αντλία πετρελαίου, η «βοηθητική» του κυκλώματος χαμηλής πίεσης αποτελεί έναν κυκλοφορητή, που πρέπει να υπερνικήσει τις συνολικές ρευστομηχανικές απώλειες της ροής στο κομμάτι του κυκλώματος τροφοδοσίας, από το ρεζερβουάρ μέχρι την είσοδο της μηχανικής αντλίας. Η βοηθητική αντλία αφενός μεν δεν είναι πάντα ηλεκτρική και αφετέρου δεν βρίσκεται πάντα πίσω στο ντεπόζιτο: σε πολλές εφαρμογές είναι και αυτή στο χώρο του κινητήρα, σε ένα κοινό σώμα με την κύρια αντλία και απλά «τραβάει» το καύσιμο από το ντεπόζιτο μέχρι το στόμιο εισόδου της κύριας αντλίας. Σε αυτή τη διάταξη μιλάμε, δηλαδή, για μηχανικού τύπου αντλίες και όσον αφορά την κύρια και όσον αφορά τη βοηθητική, αφού και οι δύο παίρνουν κίνηση από τον εκκεντροφόρο. Η βοηθητική -μηχανικού τύπου- αντλία χαμηλής πίεσης λειτουργεί με εμβολάκι και διάφραγμα, που παλινδρομεί μέσω ελατηρίου επαναφοράς. Πιο εξελιγμένες θεωρούνται οι αντλίες με διπλό διάφραγμα (δυνατότητα μεγαλύτερης πίεσης, αλλά και αξιοπιστίας). Πολλές διατάξεις diesel διαθέτουν ταυτόχρονα και τους δύο τύπους βοηθητικών (ή «προτροφοδοσίας», όπως συχνά απαντώνται στη βιβλιογραφία) αντλιών, δηλαδή το κύκλωμα τροφοδοσίας έχει συνολικά τρεις αντλίες: την ηλεκτρική βοηθητική στο ντεπόζιτο, τη μηχανική βοηθητική εμπρός, πρόσωπο με την κύρια, και φυσικά την κύρια. Σε αυτήν την triplex διάταξη, οι δύο βοηθητικές μοιράζονται την άνοδο της πίεσης στο κύκλωμα χαμηλής.

Και με τον καθαρισμό του πετρελαίου από τη γνωστή στερεά μούργα σωματιδίων, τι γίνεται? Φίλτρο πετρελαίου είναι το όνομά μου και δουλειά μου είναι να σας προστατέψω από πρατηριούχους ελευθέρων ηθών και βυτία αμφιλεγόμενης

υγιεινής. Στην κλασσική διάταξη, με την κύρια και τη βοηθητική να είναι «σιαμαίες», μεταξύ των δύο αντλιών είναι που παρεμβάλλεται συνήθως το (κύριο) φίλτρο του πετρελαίου. Αυτό δεν διαφέρει ιδιαίτερα από ένα αντίστοιχο βενζινοκινητήρα (αν και τα τελευταία χρόνια έχουν παρουσιαστεί και πολύ καλά «ενεργά» φίλτρα πετρελαίου με έμφαση στην κατακράτηση νερού και με κλειστό βρόγχο ελέγχου τους, θα τα δούμε παρακάτω, όταν θα δούμε τις πλέον πρόσφατες εξελίξεις στους diesel). Υπάρχουν συγκεκριμένες νόρμες (και ISO) για την κατακράτηση σωματιδίων, που μπορεί να ξεκινάνε από προαπαιτούμενο ποσοστό κατακράτησης της τάξεως του 85%, ποσοστό το οποίο μπορεί να φτάσει και το 99% στα πιο αυστηρά του, ενώ για την κατακράτηση νερού τα ποσοστά παίζουν χαλαρά στο 90-95%. **Ανάλογα με τη φορά της ροής του πετρελαίου μέσα τους, τα φίλτρα πετρελαίου τώρα μπορούν να χωριστούν σε «καθέτου ροής» (ανοδικά ή καθοδικά) ή στα πιο συνηθισμένα «crossflow» φίλτρα (έξοδος του καυσίμου απέναντι από την είσοδο).** Μιλήσαμε αμέσως πριν για το «κύριο» φίλτρο πετρελαίου, άρα ήδη υποπτεύεται κανείς ότι, όπως και στην περίπτωση των αντλιών, υπάρχει και «Βοηθητικό» ή «προκαταρκτικό». Αυτό είναι μικρότερο φίλτρο από το κύριο και βρίσκεται είτε αμέσως μετά το ρεζερβουάρ (αν δεν υπάρχει επιπλέον ηλεκτρική βοηθητική στο ντεπόζιτο) είτε μέσα στο ντεπόζιτο, στην αναρρόφηση της ηλεκτρικής αντλίας (στην περίπτωση που αυτή υφίσταται), αλλά σε κάθε περίπτωση πριν τις δύο αντλίες του μηχανοστασίου: έχει καθαρά επικουρικό ρόλο, κατακρατώντας μόνο μεγάλες - σχετικά- σταγόνες νερού και κόκκους σωματιδίων μεγάλης διαμέτρου. **Ήδη έχουμε αναφέρει την ύπαρξη νερού στο πετρέλαιο δύο φορές ως κάτι «κακό» και όχι τυχαία: η παρουσία νερού/υδάτινου διαλύματος στο πετρέλαιο, λόγω των μεγάλων πιέσεων που αναπτύσσονται στη γραμμή τροφοδοσίας, μπορεί να αποθεί καταστροφική στέλνοντας στον αγύριστο τις αντλίες και τα μπεκ.** Ένα βασικό λειτουργικό χαρακτηριστικό των μηχανικών αντλιών βενζίνης είναι η μεταβλητή παροχή τους ανάλογα με το ρυθμό περιστροφής τους, κάτι που ταιριάζει απόλυτα με τα γενικά χαρακτηριστικά λειτουργίας του πετρελαιοκινητήρα, που είδαμε αναλυτικά σε όλα τα προηγούμενα μέρη. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου της ποσότητας που μπορεί να παρέχει η αντλία, σε σχέση με τις απαιτούμενες, κάθε φορά, ανάγκες του κινητήρα. Πριν περάσουμε στα πλέον σύγχρονα common rail συστήματα, που ακούτε τα τελευταία χρόνια, θα πρέπει οπωσδήποτε να δούμε πρώτα τα συστήματα τροφοδοσίας υψηλής πίεσης «με αντλία σε σειρά» συνδεδεμένη στο κύκλωμα, διάταξη που όχι μόνο κυριάρχησε στους diesel για δεκαετίες, αλλά χρησιμοποιείται ακόμη σε πιο lowend εφαρμογές.

Παραδοσιακά, οι πιο κοινοί τύποι αντλίας πετρελαίου είναι (αν και πολύ σύντομα θα λέμε «ήταν») οι «μηχανικές σε σειρά» (κλασσικοί κατασκευαστές του είδους είναι η Bosch και η Lucas). Όπως ίσως ήδη καταλάβατε από την ονομασία τους, έχουν ένα βασικό μειονέκτημα: κάθε κύλινδρος του κινητήρα (και εδώ γενικώς δεν μιλάμε για μονοκύλινδρα μοτέρ!) απαιτεί τη δικά του ξεχωριστή αντλία, δηλαδή πρέπει να διαθέτουμε π.χ. τέσσερα τέτοια υποσυστήματα για ένα τετρακύλινδρο μοτέρ. Βασική ιδέα πίσω από τη διάταξη είναι ότι κάθε μπεκ τροφοδοτείται από τη δική του γραμμή καυσίμου και επομένως και με την -ανά πάσα στιγμή- κατάλληλη πίεση για το καθένα (πείτε το «uncommonrail» για την ώρα, αν σας βολεύει!).

Φαινομενικά, η λειτουργία μίας τέτοιας αντλίας είναι απλή, αλλά τα φαινόμενα απατούν: πρόκειται για έναν υδραυλικό κύλινδρο με έμβολο που παλινδρομεί μέσα-έξω, ακολουθώντας το περίγραμμα της περιφέρειας ενός έκκεντρου, συγκεκριμένων - για κάθε εφαρμογή- γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Και ενώ η σταθερή αυτή διαδρομή του εμβόλου στο εσωτερικό της αντλίας δεν αλλάζει, η παροχή καυσίμου μπορεί να μεταβάλλεται εξαιτίας της ειδικής διαμόρφωσης του εν λόγω εμβόλου, το οποίο διαθέτει εγκοπές, ώστε, κατά την προς τα πάνω κίνησή του, να αποκαλύπτει μία θυρίδα εξαγωγής απ' όπου και αποβάλλεται το επιπλέον καύσιμο. Οι εγκοπές αυτές έχουν ελικοειδή χάραξη και όχι γραμμική, κάτι που σημαίνει ότι, καθώς περιστρέφεται το έμβολο γύρω από τον άξονά του κατά μερικές μοίρες, κάθε φορά θα αποκαλύπτεται η προαναφερθείσα θυρίδα εξαγωγής του πλεονάζοντος καυσίμου, σε διαφορετικό σημείο της διαδρομής του. Για να το πούμε πιο απλά, ακόμα και αν μιλάμε για ίδιες στροφές περιστροφής του κινητήρα, η παροχή και η πίεση του καυσίμου, που οδηγείται στο μπεκ, μπορεί να διαφέρει. Όπως αναφέραμε πεταχτά και πιο πάνω, αυτό είναι όχι μόνο επιθυμητό σε έναν diesel, αλλά και απαραίτητο, αφού - για ένα συγκεκριμένο ρυθμό περιστροφής- οι ανάγκες σε καύσιμο δεν είναι πάντα ίδιες, αλλά εξαρτώνται από το φορτίο του κινητήρα (πρακτικά, από το πόσο πατάμε το πεντάλ του γκαζιού, αφού θυμίζουμε ότι, ασχέτως της απουσίας πεταλούδας στην εισαγωγή, το φορτίο ερμηνεύεται σε παροχή καυσίμου). Π.χ. ενώ με 3.000rpm και τρίτη σχέση στο κιβώτιο, σε επίπεδο δρόμο, απλά θα πατάτε λίγο το γκάζι για να διατηρήσετε ταχύτητα 75km/h, σε ανηφορικό δρόμο θα χρειαστεί να πατάτε το δεξί πεντάλ παραπάνω για να μπορέσετε να διατηρήσετε τα ίδια χιλιόμετρα. Σε αυτά τα δύο σενάρια, λοιπόν, παρά τις ίδιες στροφές στον κινητήρα, οι ανάγκες του σε καύσιμο δεν είναι οι ίδιες.

Αν πάτε τη σκέψη σας ένα βήμα παραπέρα, θα συνειδητοποιήσετε ότι αυτός ο τύπος αντλίας πετρελαίου φέρνει πολύ σε τρόπο λειτουργίας στον ίδιο τον κινητήρα: έχουμε έμβολο, το οποίο ανεβοκατεβαίνει αναπτύσσοντας πίεση, όπως ακριβώς και το έμβολο στο θάλαμο καύσης. Καθώς οι στροφές του κινητήρα ανεβαίνουν (και μαζί τους και οι ανάγκες σε καύσιμο, όπως είδαμε), το έμβολο της αντλίας κινείται όλο και γρηγορότερα ώστε να παρέχει πίεση για τους απαραίτητους και όλο και συχνότερους -πλέον- χρονικά ψεκασμούς του μπεκ. Καθώς όμως, ο διαθέσιμος χρόνος για ψεκασμό ολοένα και μειώνεται με την άνοδο των στροφών, ακόμα κι αν το έμβολο της αντλίας είναι γεωμετρικά σε θέση που εξασφαλίζει μέγιστη παροχή μέσω των σχετικών θυρίδων, από κάποιο σημείο και μετά εξαντλούνται οι ρευστομηχανικές ικανότητες της αντλίας και από εκεί και πάνω ο κινητήρας δεν μπορεί να αποδώσει. Και τι θα γίνει αν κλείσει η γραμμή επιστροφής από την κατάλληλη θέση του εμβόλου της αντλίας? Η δημιουργούμενη αύξηση της πίεσης μπορεί να έχει ως συνέπεια διαρροή στη χειρότερη περίπτωση το «αλητήριο» αυτό καύσιμο, που διέρρευσε, να βολτάρει στο χώρο του κινητήρα (χοντρό πρόβλημα λόγω κινδύνου ανάφλεξης στο μηχανοστάσιο). Αλλά ακόμα κι αν η διαρροή περιοριστεί στο εσωτερικό της αντλίας, τότε λογικό είναι να χάνεται ο ακριβής έλεγχος της ποσότητας του καυσίμου που ψεκάζεται στον κύλινδρο: αυτό επιφέρει ένα κάρο πιθανά σενάρια δυσλειτουργίας, από απώλεια ισχύος μέχρι αδυναμία αυτανάφλεξης του μείγματος. Η εν λόγω διάταξη αντλιών έχει και άλλα μειονεκτήματα, εκτός

αυτών που μόλις περιγράψαμε, αλλά και απαιτεί ξεχωριστή αντλία σε κάθε μπεκ: μη αμελητέα είναι και η καταπόνηση του εκκεντροφόρου που, εκτός από τις βαλβίδες που ήδη ενεργοποιεί, καλείται επιπλέον να κινεί και τα έμβολα των επιμέρους αντλιών. Αθροιστικά, τα κινούμενα μηχανικά μέρη είναι μπόλικα, οπότε αναπτύσσονται ανάλογες αδρανειακές δυνάμεις, που συνεπάγονται απώλεια ενέργειας μέσω τριβών. Ο όγκος της όλης διάταξης, επίσης, δεν είναι μικρός και καταλαμβάνει γενναίο μέρος του μηχανοστασίου.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις **«περιστροφικές αντλίες πετρελαίου»**. Το πρώτο και κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι απαιτείται μόνο μία τέτοια σε κάθε πολυκύλινδρο μοτέρ diesel, γι' αυτό και ονομάζονται άλλωστε «αντλίες-διανομείς» («distributorpumps»): **η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην περιστροφική κίνηση ενός κεντρικού στελέχους, όπου, κατά την περιστροφή του εν λόγω στελέχους, δύο κινητά έμβολα εκτελούν παλινδρομική κίνηση, καθώς βρίσκονται σε επαφή με το εσωτερικό μέρος του κελύφους, που έχει ανάγλυφο σχήμα με λοβούς**. Και σε αυτήν την κατηγορία, η κίνηση μεταδίδεται μηχανικά από τον εκκεντροφόρο, με το καύσιμο να διοχετεύεται στα μπεκ από τις κατάλληλες οπές, που βρίσκονται στο κέλυφος της αντλίας. Φυσικά, εφόσον εδώ έχουμε να κάνουμε με μία και μόνο αντλία για όλα τα μπεκ, οι οπές διαφυγής του πετρελαίου στο κέλυφος της αντλίας είναι περισσότερες από μία και ίσες στον αριθμό με το πλήθος των μπεκ. Το επιπλέον πλεονέκτημα αυτών των αντλιών είναι το μικρό τους κόστος, συγκριτικά με το αντίστοιχο αθροιστικό κόστος της διάταξης αντλιών σε σειρά που αναφέρθηκε προηγουμένως, ενώ, σε αντίθεση με τις τελευταίες, καταλαμβάνουν αναλογικά πολύ μικρότερο όγκο και είναι απλούστερες στην κατασκευή. Επίσης, τα κινούμενα μηχανικά μέρη είναι λιγότερα συνολικά και λόγω περιστροφής δεν αναπτύσσονται τόσο μεγάλες αδρανειακές δυνάμεις. Όλα ανθηρά και ρόδινα, λοιπόν, με αυτήν την κατηγορία αντλιών πετρελαίου? Όχι. Βέβαια, αυτό δεν ισχύει ποτέ και πουθενά! Ένα μεγάλο τους μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορούν να αναπτύξουν μεγάλες πιέσεις χωρίς να υπάρξουν προβλήματα διαρροών και τέτοιου τύπου αντλίες πρωτοχρησιμοποιήθηκαν σε πετρελαιοκινητήρες άμεσου ψεκασμού μόλις κάποια χρόνια πριν, όταν βελτιώθηκε η αξιοπιστία τους σε λειτουργία υπό πιο υψηλές πιέσεις.

Όσο παντοδύναμη κι αν είναι μία αντλία πετρελαίου από πλευράς χαρακτηριστικών πίεσης και παροχής, από μόνη της δεν αρκεί για να καλύψει όλα τα τερτίπια και τα πιθανά προβλήματα που αντιμετωπίζουν γενικώς οι πετρελαιοκινητήρες, στα οποία αναφερθήκαμε στα προηγούμενα μέρη. Εξίσου σημαντικά είναι και όλα τα επιμέρους στοιχεία του κυκλώματος που παρεμβάλλονται μεταξύ της (όποιας) αντλίας και των μπεκ ψεκασμού, αφού η γραμμή τροφοδοσίας («tail») του κάθε κυλίνδρου θα πρέπει να εξασφαλίζει συνεχή τροφοδοσία, χωρίς αυξομειώσεις στην παροχή ή την πίεση, που θα έθεταν τη λειτουργία όλου του μοτέρ σε καθεστώς αβεβαιότητας. Σε ένα τυπικό τετράχρονο (όπως θα δούμε αργότερα υπάρχουν και δίχρονοι και μάλιστα τέτοιοι είναι κατά βάση οι πελώριοι ναυτικοί!) κινητήρα diesel, η αντλία πετρελαίου κινείται με τη μισή ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, αφού γενικώς η κίνηση μεταδίδεται από τον εκκεντροφόρο. Έλα όμως που σε κάθε περίπτωση -και όπως λογικά θα περίμενε κανείς- η κίνησή της πρέπει να

είναι συνεχής, χωρίς αλλαγές στην ταχύτητά της, ανεξάρτητα από τις όποιες διακυμάνσεις στη ροπή του κινητήρα κατά την κίνηση σε πραγματικές συνθήκες. Με άλλα λόγια είναι απολύτως επιθυμητή μία όσο το δυνατόν πιο σταθερή λειτουργία της αντλίας μας, πάντα με ομαλές μεταβολές κατά την αυξομείωση των στροφών. Δεν είναι τυχαίο ότι για να μην υπάρχει περίπτωση να αλλοιωθεί η σχέση μετάδοσης, ο μηχανισμός που δίνει την κίνηση στην αντλία αποτελείται συνήθως είτε από γρανάζια είτε από οδοντωτή αλυσίδα. Μπορεί να συναντήσετε και οδοντωτούς ιμάντες, αλλά τότε οπωσδήποτε θα είναι ιδιαίτερα μεγάλου πάχους και αντοχής με ισχυρό μηχανισμό τάνυσης.

Αλλά ας πάμε και στη ρευστομηχανική και θερμοδυναμική του πετρελαίου αυτού καθαυτού, όταν βρίσκεται μέσα στη γραμμή τροφοδοσίας από την αντλία προς το μπεκ υπό τις «τρομακτικές» τιμές πιέσεων που έχουμε αναφέρει. Η πρακτική φυσική μας λέει ότι μεταξύ των ρευστών, υγρών και αερίων, τα πρώτα είναι ασυμπίεστα (δεν μεταβάλλεται ο όγκος τους υπό πίεση), ενώ τα δεύτερα συμπιεστά. Σωστά? Αν μιλάμε για ανθρώπινες πιέσεις (π.χ. στους τυπικούς βενζινοκινητήρες έμμεσου ψεκασμού], πρακτικά ναι. Αλλά επειδή εδώ στα diesel μόνο με ανθρώπινες πιέσεις δεν έχουμε να κάνουμε, τα πράγματα αλλάζουν. Μία αύξηση της πίεσης, π.χ. της τάξης των 180bar, προ- καλεί μείωση 1% του πετρελαίου κατ' όγκο, τιμή διόλου ευκαταφρόνητη ποσοτικά, ενώ από την άλλη, μία αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10 Βαθμούς, αυξάνει τον όγκο του πετρελαίου κατά επίσης 1%, γεγονός ανεπιθύμητο. Οι συμπεριφορές αυτές του πετρελαίου στη μεταβολή του όγκου δεν είναι αυτές οι οποίες μας απασχολούν περισσότερο στην πράξη: το μεγαλύτερο πρόβλημα προέρχεται από τις υψηλές πιέσεις μεν. αλλά δεν έχει να κάνει τόσο με τον όγκο, όσο με τα κύματα (συντονισμός παλμών) πίεσης που δημιουργούνται μέσα στον αγωγό τροφοδοσίας από την αντλία μέχρι τα μπεκ και τα οποία ταξιδεύουν με την ταχύτητα του ήχου στο δεδομένο μέσο. Μπορεί έτσι κατά μήκος του αγωγού να δημιουργηθεί αισθητή διαφορά πίεσης, πράγμα που επηρεάζει άμεσα και την ακρίβεια του χρόνου ψεκασμού και το σωστό timing του. Τα κύματα, που δημιουργούνται μέσα στον αγωγό τροφοδοσίας μετά την αντλία, μπορεί να ανακλαστούν στο μπεκ, αν είναι κλειστό ή, αν είναι ανοιχτό, να επηρεάσουν την παροχή του, αφού το καύσιμο θα ψεκάζεται με διαφορετική πίεση. Δεδομένου ότι ο ψεκασμός διαρκεί μερικά milliseconds, ακόμα κι έτσι τα εν λόγω κύματα έχουν το χρόνο για να ανακλαστούν μέσα στον αγωγό και να ταξιδέψουν κατά μήκος του - πέρα δώθε- πολλάκις. Η εκάστοτε μοριακή συνεκτικότητα της μάζας του καυσίμου εξομαλύνει λίγο αυτές τις διακυμάνσεις της πίεσης, αλλά και πάλι τοπικά η πίεση μέσα στο κάθε rail μπορεί να ξεπεράσει πολύ την ονομαστική πίεση λειτουργίας του συστήματος, ενώ το ίδιο μπορεί να συμβεί και με τη διάρκεια του ψεκασμού. Φυσικά, η λειτουργία υπό αυτό το καθεστώς παρατεταμένα έχει αρνητικές συνέπειες, όπως την υψηλή κατανάλωση καυσίμου, την εμφάνιση του γνωστού -στα πετρελαιομαύρου καπνού και μακροπρόθεσμα το σχηματισμό επικαθίσεων σωματιδίων άνθρακα στις πολύ ντελικάτες οπές του μπεκ.

Όλα τα παραπάνω «θεματάκια» τα γνώριζαν ανέκαθεν καλά οι κατασκευαστές, αλλά με τις παραδοσιακές τεχνολογικές λύσεις κατάφεραν να τα περιορίσουν, η εξάλειψή τους, όμως, ήταν άλλη υπόθεση, δυσκολότερη... Για

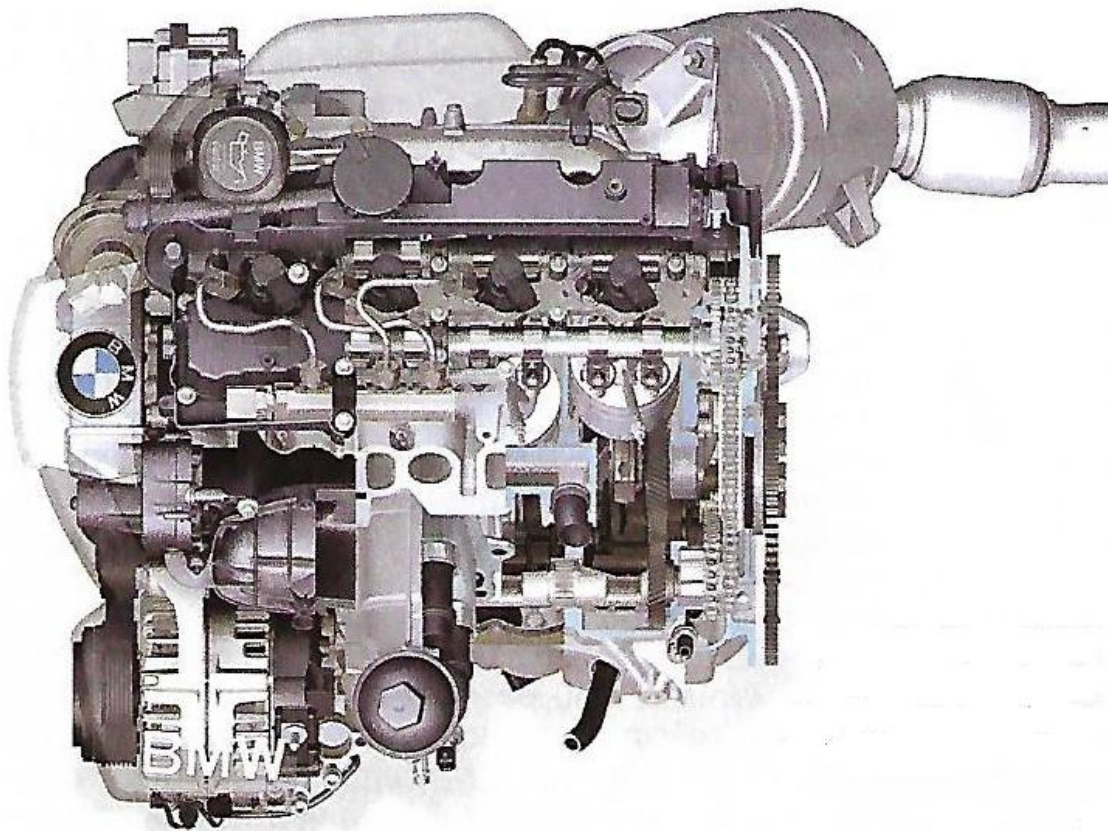
παράδειγμα, υπάρχει το δεδομένο ότι πάντα κατά τη ροή του καυσίμου παρατηρείται μία υστέρηση, ένα «lag καυσίμου». Για να αντιμετωπιστεί αυτό και προκειμένου να έχουμε ορθή καύση σε όλους τους κυλίνδρους, κοιτάμε όλοι οι αγωγοί που καταλήγουν στα μπεκ να έχουν το ίδιο μήκος: το lag έτσι θα υπάρχει σε όλους τους κυλίνδρους και είναι ευκολότερο να ληφθεί υπόψη «ολικά» απ' ότι ξεχωριστά για κάθε κύλινδρο/αγωγό. Ωστόσο, με τις αυξομειώσεις της πίεσης που αναφέραμε, η λύση δεν είναι εύκολη και αναγκαστικά δύο δρόμοι υπάρχουν μόνο. Ο πρώτος είναι να μειώσουμε την πίεση, κίνηση ενάντια σε κάθε έννοια βελτίωσης της καύσης και της ανάφλεξης για τους λόγους που είδαμε αναλυτικά στα προηγούμενα μέρη και αφορούν το διασκορπισμό του καυσίμου σε μικρά σταγονίδια, επομένως απορρίπτεται ο κύριος. Η δεύτερη λύση είναι να μειώσουμε το μήκος των αγωγών, κίνηση που έχει καλύτερο αποτέλεσμα και αυτός είναι βασικός λόγος που οι περισσότερες αντλίες πετρελαίου στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι της μορφής υδραυλικού κυλίνδρου, που είδαμε δίπλα στα μπεκ, και όχι περιστροφικές. Φυσικά οι κατασκευαστές δεν περιορίστηκαν στις παραπάνω λύσεις, αφού το να μικρύνει το μήκος των γραμμών τροφοδοσίας δεν είναι ό,τι ευκολότερο χωροταξικά, ενώ το ιδανικό, αν τελικά μειωνόταν η πίεση στο κύκλωμα τροφοδοσίας, ήταν να μη χαθεί η ικανότητα «λεπού» διασκορπισμού του μείγματος.

Σε όλα αυτά τα παραπάνω μικρότερα ή μεγαλύτερα θέματα ή τέλος πάντων στην αιώνια ανάγκη για ακόμα αποδοτικότερο σύστημα τροφοδοσίας, η απάντηση που δόθηκε από τους κατασκευαστές ακούει στο όνομα «commonrail». Στην προηγούμενη δεκαετία έγινε το μεγάλο μπαμ με αυτά τα συστήματα διαχείρισης του πετρελαίου και, ως συνήθως, η ανάπτυξη της ηλεκτρονικής ήταν αυτή που προσέφερε τη δυνατότητα να ελέγχεται με τρομερή ακρίβεια ο ψεκασμός και κατ' επέκταση η καύση του πετρελαίου, χωρίς να υπάρχουν προβλήματα από την πολύ υψηλή πίεση. Πέραν των commonrail, επί των diesel έχουμε να πούμε πολλά και για τα μπεκ, αλλά και για τη διαχείριση της εξαγωγής και των εκπομπών της. τομέας που τα τελευταία χρόνια με τα Euro 5 και τα Euro 6 συστήματα έχει πολύ ψωμί. Είτε με βενζίνη είτε με πετρέλαιο.

2.12 COMMON RAIL

Ωραίες οι ιστορίες συστημάτων ψεκασμού Diesel, που είδαμε στο προηγούμενο μέρος, αλλά είναι ολίγον τι... παλαιομοδίτικες: συναντιόνται ακόμα κατά κόρον στα επαγγελματικά οχήματα, αλλά στα σύγχρονα επιβατικά υπάρχει ένας και μόνο μοντέρνος πρωταγωνιστής, το «commonrail». Είναι η τεχνολογία πίσω από την οποία όχι μόνο κρύβεται η εδραίωση των diesel στις πωλήσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας επί σειρά ετών, αλλά και η τεχνολογία που τεχνικά έβαλε τα γυαλιά στις «βενζίνες», αναγκάζοντάς τες να ακολουθήσουν τα βήματα εξέλιξης του πετρελαίου...

«Common Rail» σημαίνει «κοινή γραμμή τροφοδοσίας» ή «κοινή μπεκιάρα», αν το θέλετε πιο απλά. Για το λόγο που θα δούμε αμέσως παρακάτω, απαντώνται και ως συστήματα τροφοδοσίας τύπου «accumulator», δηλαδή τύπου «συσσωρευτή» και είναι το σύστημα εκείνο που καθιστά δυνατή την ενσωμάτωση της λειτουργίας του συστήματος τροφοδοσίας με άλλες λειτουργίες του πετρελαιοκινητήρα, όπως είναι η ρύθμιση των παραμέτρων της ανάφλεξης και της καύσης. Κύριο χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι ότι η πίεση ψεκασμού είναι ανεξάρτητη, τόσο από το ρυθμό περιστροφής του κινητήρα όσο και από την ψεκαζόμενη ποσότητα (παροχή) καυσίμου. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι που ξεχωρίζει τα commonrail συστήματα από τα απλά μηχανικά με κίνηση από τον εκκεντροφόρο, που είδαμε στο προηγούμενο μέρος. Οι λειτουργίες τώρα της αύξησης της πίεσης και του ψεκασμού καθ' αυτού διαχωρίζονται μεταξύ τους μέσω της ύπαρξης του «όγκου συσώρευσης». Τι περιλαμβάνει ο όγκος αυτός, ο οποίος σαν μέγεθος καθορίζει τη συμπεριφορά όλου του συστήματος? Είναι το άθροισμα του εσωτερικού όγκου της μπεκιάρας, του όγκου των σωληνώσεων καυσίμου από τη μπεκιάρα προς τα μπεκ και του όγκου που κρατάει μέσα του το ίδιο το μπεκ.



Εικόνα 2.2 Τετρακύλινδρος BMW diesel. Τα μεταλλικά σωληνάκια στο κέντρο είναι του common rail [2].

Ας δούμε τη βασική δομή των υποσυστημάτων πριν προχωρήσουμε στην ανάλυση του καθενός ξεχωριστά. Η πίεση αναπτύσσεται από μία (κατά κανόνα

ακτινική εμβολοφόρο) αντλία υψηλής πίεσης, η οποία φροντίζουμε να απαιτεί χαμηλή ροπή στρέψης και επομένως να έχει χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις. Από πλευράς «τροχονόμου» της λειτουργίας της αντλίας, τα πρώτα commonrail συστήματα διέθεταν Βαλβίδα ελέγχου της πίεσης, τοποθετημένη είτε στην έξοδο της αντλίας είτε πάνω στη μπεκίερα. ενώ τα μεταγενέστερα συστήματα -στη θέση αυτής- χρησιμοποιούν Βαλβίδες ελέγχου παροχής στην είσοδο (αναρρόφηση), αλλαγή που βοήθησε στη μείωση της θερμοκρασίας του καυσίμου στο κύκλωμα.

Η όποια πίεση τώρα δημιουργηθεί από την αντλία υψηλής και αφού ρυθμιστεί από την όποια διάταξη ελέγχου, εφαρμόζεται πάνω στα μπεκ. Το μπεκ ενός συστήματος commonrail είναι ουσιαστικά ο ακρογωνιαίος λίθος της όλης διάταξης, αφού αυτό τελικά καθορίζει τη σωστή μεταφορά καυσίμου στο θάλαμο καύσης. **Φυσικά, μάεστρος του μπεκ είναι σε κάθε περίπτωση η ECU, η οποία στο σύστημα common rail είναι παραδοσιακά πολύ καλή** από πλευράς επεξεργαστικής ισχύος και ακρίβειας σημάτων εξόδου, αφού η εντολή μέσω του σήματος ενεργοποίησης για το απειροελάχιστης διάρκειας άνοιγμα του μπεκ απαιτεί απόλυτο έλεγχο του χρονισμού της. Η τελική ποσότητα τώρα, που θα ψεκαστεί από το μπεκ, είναι -ως γνωστόν- ανάλογη τόσο του χρόνου που αυτό παραμένει ανοιχτό όσο και της πίεσης του συστήματος τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. **Οι υπόλοιποι αισθητήρες του συστήματος common rail, που τροφοδοτούν την ECU, είναι κοινοί με αυτούς ενός αντίστοιχου σύγχρονου συστήματος ψεκασμού βενζίνης** (θερμοκρασίας κινητήρα και εισερχόμενου αέρα, πίεσης υπερπλήρωσης, ανοίγματος πεταλούδας γκαζιού, θέσης εκκεντροφόρου-στροφαλοφόρου, στροφών κινητήρα κ.τ.λ.).



Εικόνα 2.3 Περιστροφική αντλία πετρελαίου. Δεξιά οι εξοδοί παροχές [2].

Όπως αναφέραμε πεταχτά πιο πάνω, με ένα σύστημα commonrail και μέσω του διαχωρισμού των λειτουργιών ανάπτυξης πίεσης-ψεκασμού μπορούμε να «παίζουμε» σε πολύ ευρύ επίπεδο με τις διαφορετικές και επιθυμητές -κάθε στιγμή- συνθήκες καύσης και επιλέγοντας την κατάλληλη περιοχή της χαρτογράφησης μας. Και όταν μιλάμε για «πίεση ψεκασμού» στα πετρελαιοκίνητα commonrail, εδώ τα νούμερα ξεφεύγουν παντελώς απ' ότι ξέρετε για τις αντίστοιχες βενζίνες, ακόμα και από αυτές τις τελευταίες σοδειάς αντίστοιχου άμεσου ψεκασμού: οι commonrail diesel πριν δέκα και Βάλε χρόνια έπαιζαν χαλαρά στα 1.500 bar (ναι, χίλια πεντακόσια), ενώ σήμερα φτάσαμε και ήδη ξεπεράσαμε τα 2.000bar!!1 Επιπλέον, έξυπνα προγράμματα commonrail ψεκασμού, είτε με «δοκιμαστικούς παλμούς είτε με πολλαπλούς (π.χ. πέντε υποψεκασμοί ανά κύκλο ψεκασμού μέσω ταχύτατης κίνησης του μηχανισμού του μπεκ που θα δούμε αναλυτικά παρακάτω βοηθάνε στην καταπολέμηση των δύο μεγάλων παραδοσιακών «δεινών» των diesel: των εκπομπών ρύπων την εξαγωγή και του χαρακτηριστικού τους θορύβου. Κι αν μία παλιότερη γενιά πετρελαιοκινητήρων δεν διέθετε commonrail όταν βγήκε, τι κάνουμε τώρα? Η απάντηση είναι ότι σχετικά εύκολα ένας κινητήρας παλαιότερης γενιάς τροφοδοσίας (που αναλύσαμε στο προηγούμενο μέρος) μπορεί να μετατραπεί σε commonrail αφού τόσο η αντλία όσο και τα μπεκ είναι στα ίδια σημεία του κινητήρα, χωρίς αλλαγές στη βασική αρχιτεκτονική του κινητήρα και του μηχανοστασίου: πράγματι πολλοί από τους diesel, που οι εταιρείες πουλάνε σήμερα ως «σύγχρονους», έχουν τις ρίζες τους σε ντουμανατα μοτέρ προηγούμενων δεκαετιών. Παλιά μου τέχνη κόσκινο...

Όπως αναφέραμε, η αντλία πετρελαίου στα commonrail είναι κατά κανόνα εμβολοφόρα-ακτινικού τύπου και πιο συγκεκριμένα συναντάται συχνότερα ο τύπος με τρία έμβολα σε περιφερειακή διάταξη ανά 120 μοίρες μεταξύ τους. Σε σχέση με την αντίστοιχη αντλία υψηλής των συστημάτων άμεσου ψεκασμού βενζίνης, ο τρόπος λειτουργίας και ο μηχανισμός, αρχιτεκτονικά, είναι ακριβώς ο ίδιος. Όμως, αφού τα bar στα πετρέλαια είναι μία ολόκληρη τάξη μεγέθους παραπάνω από τη «γκασολίνα», απαιτείται φυσικά ιδιαίτερος σχεδιασμός των κινούμενων μερών και των στεγανοποιητικών δικλείδων στην περίπτωση των diesel αντλιών υψηλής. Η αντλία υψηλής, όπως καταλαβαίνει κανείς τώρα, είναι σχεδιασμένη να αποδίδει μία χ παροχή, αρκετή για να καλύπτει το μοτέρ στο άνω φάσμα στροφών, οπότε τι συμβαίνει με την «ξεχυλίζουσα» παροχή, όταν είμαστε π.χ. στο ρελαντί ή σε μερικό φορτίο? Στα commonrail πρώτης γενιάς, το ρόλο του «επιστροφέα» της παραπανίσιας παροχής πίσω στο ντεπόζιτο τον είχε η ρυθμιστική Βαλβίδα πίεσης που προαναφέραμε και η οποία εδράζεται είτε πάνω στην αντλία είτε πάνω στη μπεκιέρα.

Με αυτόν τον τρόπο έχουμε την επιθυμητή εξάρτηση της πίεσης από το φορτίο, αλλά φυσικά η ενέργεια που αποδόθηκε από την αντλία στο επιστραφέν καύσιμο, το οποίο επιστρέφει στο ντεπόζιτο, χάνεται στο βρόντο. Μία δεύτερη εναλλακτική της πιο πάνω λύσης είναι ο έλεγχος της ροής να βρίσκεται στην είσοδο της αντλίας πριν την αναρρόφησή της δηλαδή, με solenoid βαλβίδα και την παραπάνω πίεση-καύσιμο να εκτονώνεται κατευθείαν από εκεί προς τη γραμμή χαμηλής πίεσης. Ο έλεγχος αυτός της παροχής που φτάνει στην αντλία πριν την είσοδο της επικράτησε τελικά στα μεταγενέστερα συστήματα commonrail, αφού έτσι

συμπιέζεται μονάχα το καύσιμο που θα καεί, με άλλα λόγια ό,τι περνάει μέσα από την αντλία δεν γυρίζει πίσω. Αυτό αυξάνει δραματικά την υδραυλική απόδοση της αντλίας και μειώνει αισθητά την θερμοκρασία καυσίμου.

Η έναρξη του ψεκασμού και η ποσότητα καυσίμου διαχειρίζονται από το μπεκ μέσω ηλεκτρικών παλμών: άλλες φορές η ίδια η ECU έχει άμεσα τον έλεγχο τους, άλλες φορές υπάρχει ειδικό ξεχωριστό εγκεφαλάκι που έχει αναλάβει εκείνο αυτό το ρόλο («Injector Drive Module»). Τα πιο γνωστά και συχνότερα απαντώμενα μπεκ, τόσο των commonrail πετρελαιοκινητήρων όσο και των κινητήρων Βενζίνης άμεσου ψεκασμού, είναι τα «solenoid», δηλαδή τα ηλεκτρομαγνητικής λειτουργίας, με πηνίο και οπλισμό. Πολλοί νομίζουν ότι στο εσωτερικό των εν λόγω μπεκ απλά κινείται μέσω ηλεκτρικού σήματος ο οπλισμός, που με τη σειρά του ανοίγει και κλείνει την οπή ψεκασμού κουνώντας μία βελόνα. Το τι πραγματικά συμβαίνει μέσα σε ένα τυπικό τέτοιο μπεκ είναι «μαύρη μαγεία» και ο τρόπος ελέγχου του μηχανισμού δεδομένων των ελάχιστων ανοχών και διαστάσεων είναι ένα μικρό θαύμα της «μικροϋδραυλικής». Η παρακάτω περιγραφή δεν αφορά κάποιο ειδικό, σούπερ ουάου μπεκ, αλλά ένα τυπικό κανονικό... Βαθιά ανάσα και πάμε.

Από την είσοδο υψηλής πίεσης του μπεκ το καύσιμο κατευθύνεται σε εσωτερική δίοδο, η οποία στην πορεία χωρίζεται σε δύο επιμέρους διαδρομές: η μία οδηγεί καύσιμο προς το ακροφύσιο εξόδου που «βλέπει» θάλαμο καύσης, ενώ η δεύτερη και μικρότερης διατομής μέσω του «πνίκτη (στραγγαλιστή) εισόδου» στο θάλαμο ελέγχου της βαλβίδας του μπεκ. Ο θάλαμος αυτός συνδέεται με τον αγωγό εξόδου του μπεκ (η λεγόμενη «επιστροφή καυσίμου) μέσω του «πνίκτη-στραγγαλιστή εξόδου», ο οποίος ανοίγει ηλεκτρομαγνητικά με ειδική Βαλβίδα. Όταν ο πνίκτης εξόδου είναι κλειστός, τότε υπερνικά την υδραυλική πίεση που ασκείται στο κυρίως εμβολάκι του μπεκ, κοντράροντας την πίεση από το στέλεχος που καταλήγει στη βελόνα του ακροφυσίου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η βελόνα να πιέζεται πάνω στο ακροφύσιο και έτσι να μην επιτρέπει στο καύσιμο να «την κάνει» προς το θάλαμο καύσης. Όταν ο κινητήρας δεν λειτουργεί και άρα δεν υπάρχει εισερχόμενη πίεση από την είσοδο υψηλίστου μπεκ, ένα μικρό ελατήριο, που εφαρμόζει στη βελόνα, κρατάει κλειστό το μπεκ. Ο πνίκτης εξόδου ανοίγει, όταν ενεργοποιηθεί η κύρια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα-πηνίο του μπεκ, ενώ η παρουσία του πνίκτη εισαγωγής αποτρέπει μία πλήρη εκτόνωση της πίεσης, με τέτοιο τρόπο που η πίεση στο θάλαμο ελέγχου της βαλβίδας και επομένως και η υδραυλική πίεση στο εμβολάκι να μειώνονται. Η βελόνα του ακροφυσίου ανοίγει τη στιγμή που η υδραυλική τάση στο άνω μέρος του εμβόλου θα πέσει κάτω από την πίεση που ασκείται στο κάτω μέρος της, από την κύρια δίοδο εισόδου υψηλής, η οποία τείνει να το σηκώσει. Τώρα και μόνο τώρα επιτρέπεται στο καύσιμο να φύγει για μπουμ.

Όταν η κύρια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα του μπεκ δεν λαμβάνει πλέον σήμα ενεργοποίησης από την ECU, ένα άλλο ελατήριο πιέζει τον οπλισμό της προς τα κάτω: τότε κλείνει ο πνίκτης εξαγωγής, αναπτύσσεται πίεση εκ νέου στο θάλαμο ελέγχου της βαλβίδας και στον αγωγό εισόδου, εξαιτίας του καυσίμου που ρέει μέσω του πνίκτη εισαγωγής. Η πίεση αυτή που αναπτύσσεται προς το εμβολάκι το αναγκάζει να κλείσει ξανά τη βελόνα, ενώ η ροή από τον πνίκτη εισαγωγής καθορίζει την ταχύτητα με την οποία κλείνει η βελόνα το ακροφύσιο. Όλος αυτός ο έμμεσος

τρόπος κίνησης της βελόνας μέσω της αύξησης της υδραυλικής πίεσης χρησιμοποιείται διότι οι δυνάμεις, που απαιτούνται για να ανοίξει η βελόνα πολύ γρήγορα, δεν μπορούν να αποδοθούν από σκέτη την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Η δευτερεύουσα ροή «ελέγχου» του καυσίμου που περιγράψαμε και η οποία δεν οδηγείται προς το ακροφύσιο, αφού περάσει από τους δύο πνίκτες και το θάλαμο ελέγχου, που αναφέραμε, τελικά καταλήγει εκτός μπεκ πίσω στη γραμμή τροφοδοσίας μέσω της επιστροφής του μπεκ.

Τα πιεζοηλεκτρικά μπεκ, εκτός από ακριβότερα, ακριβέστερα και πιο σύγχρονα, για να σας προλάβω, είναι και λιγότερο πολύπλοκα στη φύση της λειτουργίας τους! Όλο και περισσότερες νέες οικογένειες κινητήρων diesel εξοπλίζονται με πιεζοηλεκτρικά μπεκ στη θέση των «συμβατικών» ηλεκτρομαγνητικών κι ενώ αρχικά υπήρχαν μπόλικά θέματα αξιοπιστίας με τα εν λόγω μπεκ (π.χ. έχουν αναφερθεί πολλές περιπτώσεις όπου έσπαγε ο κρύσταλλος), όλα δείχνουν ότι θα καθιερωθούν και θα αποτελέσουν το «standard» για τα χρόνια που έρχονται. Από πλευράς αρχής λειτουργίας του υλικού του ενεργοποιητή της κατηγορίας μπεκ που συζητάμε, να πούμε ότι ως «πιεζοκρύσταλλο» ή «πιεζοκρυσταλλικό στοιχείο» ονομάζουμε την ομάδα εκείνη των υλικών, που εμφανίζουν «πιεζοηλεκτρική» συμπεριφορά: αν ασκηθεί μηχανική πίεση πάνω τους παράγεται ηλεκτρική τάση. Έτσι δουλεύουν οι πιεζοηλεκτρικοί-αισθητήρες, αλλά τα υλικά αυτά παρουσιάζουν και αντίστροφη συμπεριφορά, κάτι που εφαρμόζεται στους πιεζοηλεκτρικούς ενεργοποιητές, όπως είναι τα μπεκ που συζητάμε εδώ: αν ασκηθεί ηλεκτρική τάση πάνω τους, τότε παραμορφώνονται αντιστοίχως. Παραδείγματα υλικών με πιεζοηλεκτρικές ιδιότητες είναι ο χαλαζίας (SiO_2), το αλάτι Rochelle ή Seignette (τρυγικό καλιονάτριο), το ADP (δισόξινο φωσφορικό αμμώνιο), το ένυδρο θειϊκόλιθιο, ($\text{LiSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), ο τουρμαλίνης, το συνθετικό πολυμερές PVDF (polyvinylidenedifluoride) κτλ. Κυριότερο πλεονέκτημα των μπεκ με ενεργοποιητή πιεζοκρυστάλλου, έναντι του ηλεκτρομαγνητη, είναι η ταχύτητα απόκρισής τους. Οι πρώτες εφαρμογές πιεζοηλεκτρικών μπεκ ξεκίνησαν να χρησιμοποιούν τη Βασική σχεδιαστική δομή των ηλεκτρομαγνητικών μπεκ, τρομπάροντας απλά στο εσωτερικό το solenoid με τον πιεζοκρύσταλλο, ωστόσο σύντομα έγινε φανερό ότι για σωστή και αξιόπιστη εφαρμογή της πιεζοηλεκτρικής λειτουργίας χρειαζόταν πιο ριζοσπαστική προσέγγιση. Κατέληξαν, λοιπόν, οι κατασκευαστές των μπεκ του είδους αυτού στην εξής δομή: η βελόνα του ακροφυσίου ελέγχεται κατευθείαν από τον πιεζοηλεκτρικό ενεργοποιητή, αλλά με υδραυλική σύνδεση και χωρίς να παρεμβάλλεται καμία μηχανική διάταξη μεταξύ τους. Με αυτόν τον τρόπο απαλείφεται κάθε έννοια τριβής, καθώς και μη επιθυμητής ελαστικότητας μεταξύ των κινούμενων μερών. Επίσης, η βελόνα στα πιεζοηλεκτρικά μπεκ είναι ιδιαίτερα ελαφριά (χαμηλή αδράνεια) και έχει περιοριστεί δραματικά η πιθανότητα διαρροής καυσίμου από τον πιεζοηλεκτρικό ενεργοποιητή στο εσωτερικό των εν λόγω μπεκ. Στα περαιτέρω πλεονεκτήματα των μπεκ αυτών συγκαταλέγονται και τα εξής:

1. Απαιτούν πολύ μικρότερο συνολικό όγκο για την εγκατάστασή τους από τα ηλεκτρομαγνητικά,
2. Έχουν περίπου το μισό βάρος,

3. Μπορούν να πετύχουν επιμέρους ψεκασμούς (προψεκασμούς, κύριο ψεκασμό και υστεροψεκασμούς) στη θέση του ενός μεγαλύτερου, δηλαδή στη μονάδα του χρόνου μπορούν να «σπάσουν» οι ψεκασμοί κατά βούληση προς επίτευξη ιδανικής καύσης και ανάφλεξης,

4. Ελέγχουν καλύτερα την ψεκαζόμενη παροχή χωρίς σπατάλες καυσίμου κατά την έκχυση,

5. Έχουν πολύ μικρότερο «χρόνο αναμονής» μεταξύ των ψεκασμών, δηλαδή μπορούν να πετύχουν πολύ μικρότερες περιόδους «αφλογιστίας», κάτι που πάλι μας επιτρέπει να ρυθμίσουμε τη λειτουργία του ψεκασμού χωρίς hardware περιορισμούς από την πλευρά των μπεκ.

Όλα τα παραπάνω κάνουν τους diesel που εξοπλίζονται με πιεζοηλεκτρικά μπεκ να είναι αισθητά πιο ήσυχοι κατά τη λειτουργία τους, να παρουσιάζουν μείωση των εκπομπών ρύπων που μπορεί να φτάσει το 20%, να μειώνουν την κατανάλωση καυσίμου και αυτό που μας ενδιαφέρει περισσότερο να αυξάνουν την ισχύ τους αισθητά: **όλοι οι μεγάλοι εξακύλινδροι και οκτακύλινδροι κινητήρες diesel, που ακούτε, με τρέλες ιπποδυνάμεις και αποδόσεις στο λίτρο, διαθέτουν πιεζοηλεκτρικά μπεκ.** Έξτρα μπόνουζης καλύτερης διαχείρισης καυσίμου, που επιτυγχάνουν τα μπεκ αυτά (λιγότερες διαρροές που είδαμε και πιο πάνω), είναι ότι απαιτούν μικρότερες αντλίες υψηλής πίεσης από την αντίστοιχη που θα απαιτούσε ένα σύστημα τροφοδοσίας με ηλεκτρομαγνητικά μπεκ.

Ξεφεύγοντας λίγο από τα commonrail συστήματα και περνώντας σε ένα «στενό συνεργάτη» των μπεκ ψεκασμού όλων των diesel, νέων και παλαιότερων, θα πρέπει να κάνουμε ιδιαίτερη αναφορά και στον τελευταίο -κατά σειρά- παίκτη του συστήματος τροφοδοσίας, το εξάρτημα που «αποχαιρετά» το καύσιμο πριν αυτό καταδικαστεί στην πυρά, το ακροφύσιο. Αν θέλαμε να χαρακτηρίσουμε το γενικό ρόλο ενός ακροφυσίου diesel, τότε αυτός θα ήταν «ο συνδετικός κρίκος μεταξύ κινητήρα και συστήματος ψεκασμού». Πιο συγκεκριμένα, ένα ακροφύσιο εκτός του ότι επηρεάζει την παροχή του καυσίμου, μετά την «επεξεργασία» που επιφέρει στη μάζα του υγρού, επηρεάζει και την κατάσταση με την οποία θα εισέλθει στο θάλαμο καύσης. Επιπλέον, αποτελεί και τη στεγανοποιητική διάταξη του θαλάμου καύσης. Σε συστήματα τροφοδοσίας diesel με ξεχωριστές αντλίες ανά κύλινδρο, σαν αυτά που είδαμε στο προηγούμενο μέρος, τα ακροφύσια αποτελούν ξεχωριστή οντότητα ως εξαρτήματα σε σχέση με τα μπεκ, ενώ στα συστήματα commonrail (ή στα προ commonrail συστήματα με «αυτόνομα» μπεκ) το ακροφύσιο είναι ενσωματωμένο στο κάτω μέρος του μπεκ. Όπως είπαμε, η πίεση ψεκασμού του πετρελαίου έχει πλέον φτάσει και ξεπεράσει τα 2.000bar, κάτι που ρευστομηχανικά σημαίνει ότι το πετρέλαιο, υπό τέτοιες συνθήκες, παύει να συμπεριφέρεται ως ασυμπίεστο («στερεό») υγρό και η μεταβολή της πυκνότητάς του δεν είναι πλέον αμελητέα, με άλλα λόγια μιλάμε για συμπίεστο ρευστό. Κατά την πολύ μικρή -χρονικά- διάρκεια του ψεκασμού (που μετριέται σε ms, χιλιοστά του δευτερολέπτου), το σύστημα τροφοδοσίας τοπικά «διαστέλλεται». Για δεδομένη πίεση και χρόνο ψεκασμού, η επιφάνεια διατομής του ακροφυσίου είναι αυτή που καθορίζει την ποσότητα του καυσίμου που θα ψεκαστεί στο θάλαμο καύσης. Το μήκος και η διάμετρος της οπής/οπών του ακροφυσίου, η διεύθυνση της ψεκαζόμενης δέσμης, το σχήμα των

οπών, επηρεάζουν όλα τη δημιουργία και τη σύσταση του μείγματος και κατά συνέπεια την απόδοση του κινητήρα, την κατανάλωση και τις εκπομπές ρύπων. Παίζοντας, δηλαδή, με το εμβαδό της διατομής του ακροφυσίου και την απόκριση της βελόνας του μπορούμε να ελέγξουμε αποτελεσματικά το ρυθμό παροχής καυσίμου.

Πέραν της ρευστομηχανικής επίδρασης του ακροφυσίου στη ροή του καυσίμου, αυτό πρέπει και να απομονώνει το υπόλοιποσύστημα ψεκασμού από τα καυτά και -υπό τρομακτική πίεση- καυσαέρια του θαλάμου καύσης. Και πώς θα εμποδίσουμε τα αέρια της καύσης από το να περάσουν μέσα από το ακροφύσιο (blowback) όσο οι οπές του είναι ανοιχτές και η βελόνα τραβηγμένη? Η απάντηση είναι ότι το σύστημα είναι ρυθμισμένο ώστε η πίεση στο θάλαμο πίεσης του ακροφυσίου να είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την πίεση του θαλάμου καύσης. Αυτή η απαίτηση έχει ακόμα μεγαλύτερη σημασία όταν βρισκόμαστε χρονικά προς το τέλος της φάσης ψεκασμού (όπου έχουμε απότομη μείωση της πίεσης ψεκασμού και ταυτόχρονη υπέρμετρη αύξηση της πίεσης του θαλάμου καύσης), όπου εκεί χρειάζεται ο απόλυτος συγχρονισμός του συστήματος. Ανάλογα τώρα με το αν ο πετρελαιοκινητήρας μας διαθέτει προθάλαμο ή όχι (αν είναι δηλαδή άμεσου ψεκασμού), αλλάζει και το σχήμα του ακροφυσίου και η διαμόρφωση της βελόνας και των οπών του.

2.13 ΔΙΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ DIESEL

Θυμάται κανένας τους δίχρονους κινητήρες? Από την εποχή των θρυλικών ανατολικογερμανικών Wartburg έχουν περάσει πολλά χρόνια και μόνο μερικά δίτροχα έχουν μείνει να μας θυμίζουν την ύπαρξη τέτοιων κινητήρων. Υπενθυμίζεται ότι σε κινητήρες με δύο χρόνους λειτουργίας, σε μία και μόνο περιστροφή του στροφάλου, δηλαδή σε ένα ανεβοκατέβασμα του εμβόλου, έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία της εισόδου αέρα, συμπίεσης, καύσης και εκτόνωσης. Δεν υπάρχουν βαλβίδες εισαγωγής, αλλά θυρίδες τις οποίες ανοιγοκλείνει το έμβολο κατά τη διαδρομή του. Η βασική διαφορά των δίχρονων σε σχέση με τους τετράχρονους κινητήρες diesel είναι ότι χρησιμοποιείται μία περιστροφική αντλία, συνήθως με λοβούς, η οποία ωθεί τον αέρα να μπει μέσα στον κύλινδρο, όταν το έμβολο αποκαλύψει τις θυρίδες εισαγωγής. Η αντλία αυτή δεν παίζει το ρόλο του υπερτροφοδότη, αν και πρακτικά μοιάζει να έχει αυτό το ρόλο. Στην πράξη, ο κινητήρας δεν πρόκειται να δουλέψει αν δεν υπάρχει ένα σύστημα που να ωθεί τον αέρα μέσα στον κύλινδρο. Παλαιότερα υπήρχαν και αντίστοιχες θυρίδες εξαγωγής, αλλά πλέον -στην πλειοψηφία των κινητήρων- χρησιμοποιούνται κανονικές βαλβίδες, οι οποίες, όταν ανοίγουν, απελευθερώνουν τα καυσαέρια προς την εξαγωγή. Ο δίχρονος κινητήρας έχει κάποια, αρκετά πολύπλοκα, φαινόμενα κατά την εναλλαγή των φάσεων, δεδομένου ότι συχνά ο θάλαμος καύσης έχει σημαντικά υπολείμματα καυσαερίων από τον προηγούμενο κύκλο. Η βασική αρχή λειτουργίας όμως

παραμένει και εδώ ή ίδια, με το μπεκ να ψεκάζει κατευθείαν μέσα στο θάλαμο το πετρέλαιο και τη σχεδίαση του εμβόλου και του θαλάμου καύσης να παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της καύσης.

Μετά την ολοκλήρωση της βασικής ανατομίας των diesel και των συστημάτων ψεκασμού commonrail, έχουμε να δούμε ακόμα διάφορα ενδιαφέροντα περιφερειακά υποσυστήματά τους, όπως η εξαγωγή και η διαχείριση των εκπομπών τους, η σχέση τους με τα turbo, αλλά και τις τελευταίες εξελίξεις σε θέματα όπως τα φίλτρα DPF και η καύση του βιοντίζελ.

2.14 ΕΚΠΟΜΠΗ ΡΥΠΩΝ

Η απόδοση ενός πετρελαιοκινητήρα εξαρτάται άμεσα από τη σύσταση των καυσαερίων και των ρύπων που περιλαμβάνονται σε αυτά κατά τη διεργασία της καύσης. Όπως είδαμε αναλυτικά στα προηγούμενα μέρη, το καύσιμο εκχύνεται στο θάλαμο καύσης σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα και η «γρήγορη» καύση κοντά στο Άνω Νεκρό Σημείο, σε συνδυασμό με την περίσσεια αέρα, πέραν της στοιχείο μετρικής αναλογίας, δίνουν πολύ καλό συντελεστή απόδοσης σε αυτόν τον τύπο κινητήρων. Ωστόσο, η «γρήγορη» αυτή καύση έχει και ένα άλλο επακόλουθο: αυξάνει τοπικά τις θερμοκρασίες στο θάλαμο, γεγονός που οδηγεί στη δημιουργία οξειδίων του (υπό κανονικές συνθήκες αδρανούς) αζώτου. Τα οξείδια αυτά είναι το μονοξείδιο (NO) και το διοξείδιο (NO₂). γνωστά μαζί ως «NO_x». Η ίδια συζήτηση αλλά ξεκινώντας από «γεωμετρική» Βάση, έχει να κάνει με την **πολύ υψηλή σχέση συμπίεσης των πετρελαιοκινητήρων**, την οποία επιτρέπει η φυσική τους τάση να μην έχουν πρόβλημα για πειράκια/αυτανάφλεξη: η θερμοδυναμική απόδοση ανεβαίνει αλλά το ίδιο συμβαίνει και με την άτιμη τη θερμοκρασία. Η ταχύτερη καύση κοντά στο ANΣ, που αναφέραμε, έχει να κάνει και με την ύπαρξη του άμεσου ψεκασμού. Ένα ποσοστό του εκχυόμενου καυσίμου καίγεται αμέσως μετά την απαρχή της ανάφλεξης υπό μορφή «προετοιμασμένου» μείγματος ως προς τη σύστασή του. αλλά το μεγαλύτερο μέρος καίγεται πιο «άναρχα» από το επερχόμενο μέτωπο της φλόγας: **η έλλειψη αρκετού οξυγόνου -τοπικά- δεν μπορεί να αποφευχθεί και έτσι, αφού το καύσιμο δεν καίγεται ολόκληρο, έχουμε τη δημιουργία της λεγόμενης «αιθάλης» ή «κάπνας», του δεύτερου, δηλαδή, από τα δύο κύρια ρυπογόνα που μας απασχολούν στους πετρελαιοκινητήρες μαζί με τα NO_x.**

Αυξάνοντας την πίεση ψεκασμού, βελτιώνεται η ομοιογένεια του μείγματος και οι τρομακτικές αυτές πιέσεις, που είδαμε προηγουμένως (που διαθέτουν πλέον τα diesel των τελευταίων ετών), είναι η βασική αιτία που έχουν μειωθεί τόσο δραστικά οι εικόνες μαύρης καπνίλας από τις εξατμίσεις των οχημάτων αυτών (και αντίστοιχα και η χαρακτηριστική μυρωδιά που εξέπεμπαν, αν και το τελευταίο έχει περισσότερο να κάνει με τον περιορισμό -από τα διυλιστήρια- των συγκεντρώσεων θείου στο καύσιμο σε σχέση με παλαιότερα).

Η όλο και σημαντικότερη λειτουργία της επανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) την πλευρά της, μειώνει την ανώτατη θερμοκρασία καύσης μέσω της παροχής μεγαλύτερης ποσότητας αδρανούς αεριούστο θάλαμο και της επιβράδυνσης της ταχύτητας μετάδοσης της φλόγας, κάτι που μειώνει τις εκπομπές του δεύτερου προβλήματος μας με τους diesel, των NOx. Σε αντίθεση, λοιπόν, με τις παλαιότερες γενιές πετρελαιοκινητήρων, πλέον οι diesel χαρακτηρίζονται από χαμηλή συγκέντρωση ρυπαντών στην εξάτμιση ακόμα και πριν τις «διατάξεις καθαρισμού», που θα δούμε στη συνέχεια, συνδυάζοντας -σε κάθε περίπτωση- άριστο βαθμό απόδοσης (σε σχέση με τις βενζίνες). Αρκούν οι απλοί αυτοί τρόποι μέσω της εσωτερικής λειτουργίας του ίδιου του θαλάμου που προαναφέραμε για τον περιορισμό αιθάλης και των NOx? Η απάντηση είναι κατηγορηματικά όχι! Τουλάχιστον με τις υψηλές αποδόσεις ισχύος που θέλουν να πετύχουν οι κατασκευαστές. Οι ολοένα πιο αυστηρές προδιαγραφές ρύπων που επιβάλλονται, απαιτούν επιπλέον «εξωτερικές Βοήθειες» στη διάταξη του συστήματος εξαγωγής, είτε «παθητικές», που απλά βρίσκονται εκεί και καθαρίζουν ό,τι περνάει, είτε πιο σύγχρονες, «ενεργές» και πολύπλοκες, που ελέγχονται κανονικά μέσω αισθητήρων και κλειστού βρόγχου από την ECU.

Ο κλασσικός μας καταλύτης κάνει για εδώ?

Σκοπός μας είναι να μετατρέψουμε τα μεν NOx στο αδρανές και μοριακό άζωτο N₂, που ούτως ή άλλως γεμίζει τα πνευμόνια μας με κάθε ανάσα και την αιθάλη στο CO₂, διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο επίσης βγαίνει από τα πνευμόνια μας. Ο απλός γνωστός τριοδικός καταλύτης, όπως τον ξέρουμε από τους Βενζινοκινητήρες, δεν μας κάνει σε καμία περίπτωση για τους diesel, διότι είναι πρακτικά αδύνατο χημικά να μειώσει κάποιος τα NOx παρουσία τόσο πολύ οξυγόνου (βλ. περίσσεια αέρα). Στους diesel, λοιπόν, χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι «οξειδωτικοί καταλυτικοί μετατροπείς πετρελαίου» («Diesel Oxidation Catalytic Converters»), γνωστοί ως «DOC» ή «CCO»), οι οποίοι, όπως και στις βενζίνες, αφαιρούν τον μερικώς «καμένο» άνθρακα σε μορφή μονοξειδίου (CO) και τους άκαυτους υδρογονάνθρακες (HC) από τα καυσαέρια. Στον CCO μειώνονται επιπλέον και τα μικροσωματίδια αιθάλης πριν αποδράσουν στο περιβάλλον μέσω της οξείδωσης των -υψηλού σημείου βρασμού- συμπυκνωμένων υδρογονανθράκων (που είναι και αυτοί που συνήθως ξεφεύγουν από το θάλαμο και αποτελούν την αιθάλη). Κατά τη «μόδα» που βλέπουμε τα τελευταία χρόνια και στους προκαταλύτες των Βενζινοκινητήρων, οι CCO τοποθετούνται όσο πιο κοντά στην κεφαλή γίνεται, έτσι ώστε να αποκτούν θερμοκρασία αποδοτικής λειτουργίας το συντομότερο δυνατόν χρονικά, έπειτα π.χ. από μία κρύα εκκίνηση.

2.15 ΑΙΘΑΛΟΠΑΓΙΔΕΣ

Τα σωματίδια αιθάλης-κάπνας που βγαίνουν από το θάλαμο καύσης ενός diesel αποτελούνται από σχεδόν ίσες ποσότητες καθαρού άνθρακα, στάχτης και

άκαυστων υδρογονανθράκων. Η ακριβής σύσταση εξαρτάται από τη συγκέντρωση θείου στο αρχικό καύσιμο, τα χαρακτηριστικά της καύσης αυτής καθαυτής και τη θερμοκρασία καυσαερίων. Τα σωματίδια αυτά της αιθάλης μπορούν αποτελεσματικά (με καλό βαθμό συγκράτησης, δηλαδή τι μένει μέσα σε σχέση με το τι μπήκε, το μέτρο απόδοσης κάθε είδους φίλτρου) να κατακρατηθούν από τα καυσαέρια από τα λεγόμενα «Diesel Particulate Filters - DPF», τις «αιθαλοπαγίδες» ελληνιστί. Το «αγαπημένο παιδί» των κατασκευαστών οχημάτων (για βαρβάτες Βιομηχανικές εφαρμογές και «φουγάρα» χρησιμοποιούνται άλλα υλικά) είναι τα DPF από πορώδες κεραμικό υλικό και πιο συγκεκριμένα από καρβίδιο του πυριτίου ή από κορδιερίτη (που είναι και ημιπολύτιμος λίθος για κοσμήματα κ.λπ). Τα DPF, σαν βασικός σχεδιασμός, είναι πολύ κοντινά στους γνωστούς κεραμικούς καταλύτες, φέροντας πολλούς παράλληλους αγωγούς ορθογώνιας διατομής. Τα τοιχώματα των αγωγών αυτών έχουν πάχος 300-400μm και, όπως κάνουμε και με τους aftermarket Βελτιωτικούς καταλύτες, η πυκνότητα των αγωγών μετριέται σε «κυψέλες ανά τετραγωνική ίντσα διατομής-cpsi», με τυπικές τιμές από 100- 300cpsi. Η ροϊκή διαφορά του DPF με έναν απλό καταλύτη είναι ότι εναλλάξ ο κάθε αγωγός παραμένει κλειστός μέσω κεραμικών πωμάτων, είτε από την πλευρά της εισαγωγής είτε της εξαγωγής, κανένας, δηλαδή, αγωγός δεν είναι ανοικτός και στις δύο άκρες του. Αυτό σημαίνει απλά ότι τα καυσαέρια περνούν διαμέσου των διαμηκών πορωδών κεραμικών τοιχωμάτων: μέσω διάχυσης μεταφέρονται στα πορώδη τοιχώματα και εκεί προσκολλώνται Βαθέως. Φυσικά, όλη αυτή η μάζα αιθάλης δεν εξαφανίζεται μαγικά μέσα από το DPF, αλλά συσσωρεύεται σε ένα επιφανειακό στρώμα των τοιχωμάτων. Το συνολικό ποσοστό κατακράτησης ενός DPF ξεπερνάει το 90% για ένα εύρος διαμέτρου σωματιδίων από 10 έως 1000nm περίπου.

Όπως ήδη θα έχετε καταλάβει σε αυτό το σημείο, το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε με το DPF δεν είναι η ικανότητα κατακράτησης των σωματιδίων αυτή καθαυτή, αλλά το πώς θα απαλλαγούμε από τη συσσωρευμένη κάπνα στο εσωτερικό του: πρέπει να βρούμε τρόπο να «καθαρίσουμε» τη μούργα, το καθίζημα και τους αρκουδέδες από το DPF, μιας και είναι ολίγον τι ακριβό να το κάνουμε ...αναλώσιμο. Ο «καθαρισμός» αυτός -στην πράξη- είναι «κάψιμο» κυριολεκτικά των επικαθίσεων, η λεγόμενη «αναγέννηση του DPF (DPF regeneration)». Και φυσικά δεν είναι ότι ξαφνικά γίναμε οικολόγοι και δεν θέλουμε η αιθάλη μας να χτυπάει τη μάσκα του φορτηγού πίσω μας, που βγάζει σε κάθε γκαζιά όσο θα βγάλουμε εμείς ολόκληρη την υπόλοιπη ημέρα: **όσο το DPF βουλώνει, τόσο αυξάνεται το backpressure της εξάτμισης** και τόσο χάνουμε άλογα σε επιδόσεις και λεφτά στο πρατήριο. Για την αναγέννηση του DPF πρέπει να οξειδωθούν οι επικαθίσεις άνθρακα σε CO₂ υπό θερμοκρασία τουλάχιστον 600 βαθμών Κελσίου, με συνεχή παρουσία οξυγόνου στα καυσαέρια, θερμοκρασίες καυσαερίων τέτοιου επιπέδου -υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας ενός ντίζελ- έχουν ως αποτέλεσμα να πρέπει να καταφύγουμε σεδιάφορες ειδικές δυνάμεις/διατάξεις για τη διαδικασία της αναγέννησης του DPF. Αυτές είναι κατά βάση τρεις.

Η πρώτη είναι η «Αιθαλοπαγίδα Συνεχούς Αναγέννησης» («Continuously Regenerating Trap - CRT»), η οποία πιο πολύ συναντάται στα μεγαλύτερα, επαγγελματικά τύπου οχήματα. Η αρχή λειτουργίας των CRT είναι ότι η αιθάλη (C)

που περιέχει διοξείδιο του αζώτου (NO₂) μπορεί να οξειδωθεί σε διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) συν μονοξείδιο του αζώτου (NO) υπό θερμοκρασίες 250-350 βαθμών. Η CRT ονομάζεται και «παθητική αναγέννηση», καθώς δεν απαιτεί κάποια ιδιαίτερη παρέμβαση στην κανονική λειτουργία του κινητήρα. Για να γίνει αυτή η διαδικασία, απαιτείται η ύπαρξη ενός οξειδωτικού καταλυτικού μετατροπέα πριν το DPF, ο οποίος θα μετατρέψει το μονοξείδιο του αζώτου σε διοξείδιο. Για να δούλεψουν σωστά όμως αυτοί οι καταλύτες απαγορεύεται διά ροπάλου η χρήση πετρελαίου με υψηλή συγκέντρωση θείου, στην Ελλάδα, με άλλα λόγια, ας πούμε απλά ότι ...υποφέρουν. Η μέθοδος CRT δουλεύει αξιόπιστα σε θερμοκρασίες που απαιτούνται όταν ο λόγος NO₂/αιθάλης είναι μεγαλύτερος από 8, συνθήκες που «βολεύουν» τα φορτηγίσια ντιζελομοτόρια.

Η δεύτερη κατηγορία DPF, «η μέθοδος με πρόσθετο», δεν είναι παθητική, όπως η CRT, αλλά πάει πολύ παραπέρα. Από την ευρεία εισαγωγή των DPF στην παραγωγή των επιβατικών αυτοκινήτων και μετά, επιλέγουμε στο καύσιμο ντίζελ συχνά να προσθέτουμε ένα πρόσθετο σε συγκέντρωση 10-20ppm, το οποίο μειώνει με οξυγόνο τη θερμοκρασία οξείδωσης της αιθάλης από τους 600 βαθμούς στους 450 περίπου. Αλλά ακόμα και αυτή η θερμοκρασία δεν επιτυγχάνεται υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να καίγεται η αιθάλη σε μόνιμες συνθήκες. **Ο «Βαθμός βουλώματος» του DPF μετριέται έμμεσα μέσω της μέτρησης της διαφοράς (πτώσης) πίεσης με διαφορικό αισθητήρα πίεσης** (που απομαστεύει πίεση στην είσοδο του DPF, από την έξοδο του και μέσω π.χ. διαφράγματος «αφαιρεί» τις δύο πιέσεις εκατέρωθεν αυτού) και ειδικού αλγόριθμου-λογισμικού (που συχνά λαμβάνει χώρα σε ξεχωριστό εγκεφαλάκι και όχι στην κύρια ECU). Όταν, λοιπόν, ανιχνευτεί από το σύστημα βαθμός κατακράτησης αιθάλης πάνω από το όριο, τότε ενεργοποιείται η διαδικασία «ενεργής αναγέννησης». Τι σημαίνει αυτό? Πολύ απλά ότι βάζουμε επίτηδες τον κινητήρα να λειτουργήσει «υπό μη κανονικές συνθήκες» ως προς τις συνθήκες καύσης/ψεκασμού που θα είχαμε υπό κανονικό «φάκελο λειτουργίας», έτσι ώστε να ανεβάσουμε τεχνητά και αισθητά τη θερμοκρασία καυσαερίων. Αυτό το επιτυγχάνουμε μέσω π.χ. έντονης «επιτορείας ψεκασμού», καθυστερώντας το άνοιγμα των μπεκ, ακόμα κι αν αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει το άκαυτο πετρέλαιο να καεί πιο κάτω στον καταλυτικό μετατροπέα. Μόλις, λοιπόν, η αιθάλη στο DPF έχει φτάσει σε θερμοκρασία ανάφλεξης, το φίλτρο του συνεχίζει να θερμαίνεται «αυτόματα» εξαιτίας αυτής καθαυτής της καύσης της αιθάλης. Η συνεχώς αυξανόμενη αυτή θερμοκρασία δημιουργεί ένα «φαύλο θερμοδυναμικό κύκλο», όπου επιταχύνεται η καύση της αιθάλης, που -με τη σειρά της- αυξάνει περαιτέρω τη θερμοκρασία του φίλτρου και του εισερχόμενου καυσαερίου. Πού φτάνει θερμοκρασιακά η ιστορία? Μακριά: οι peak θερμοκρασίες, που μπορεί να φτάσει το DPF κατά την ενεργή αυτή αναγέννηση, ξεπερνάνε τους 1.000 βαθμούς και φυσικά μακροπρόθεσμα (ή άμεσα, αν κάτι πάει εκτάκτως...στραβά) το DPF καταστρέφεται: όσο πιο βουλωμένο είναι το DPF, όταν ξεκινά η διαδικασία της ενεργής αναγέννησης, τόσο ανεβαίνει η πιθανότητα να γίνει η 'στραβή' λόγω υπερβολικής αύξησης της θερμοκρασίας και γι' αυτό ο αλγόριθμος ελέγχου του DPF θα πρέπει να έχει δώσει την εντολή για το «ξεκίνα» πριν φτάσουμε σε αυτό το κρίσιμο οριακό σημείο (στα σύγχρονα diesel μεγάλο μέρος των

Βελτιωμένων calibration που περνάνε στην ECU τα συνεργεία, κατά π.χ. το σέρβις καθ' οδηγία του εργοστασίου, αφορά αυτό ακριβώς το πράγμα, τη χαρτογράφηση του DPF).

Το πρόσθετο στο καύσιμο που προαναφέραμε σχηματίζει ένα είδος στάχτης, η οποία κατακάθεται στο φίλτρο και δεν μπορεί να καεί. Η στάχτη αυτή, όπως και η αντίστοιχη από τη λαδίλα ή το καύσιμο, σταδιακά βουλώνει το φίλτρο και ανεβάζει το backpressure. Στα αυτοκίνητα με τέτοια ενεργή αναγέννηση που απαιτούν ψεκασμό ειδικού πρόσθετου στο καύσιμο μέσω ξεχωριστών μπέκ-δοχείου-σωληνώσεων-αντλίας) το φίλτρο -σε κάθε περίπτωση- θα πρέπει τελικά να βγει στα 100.000-150.000km και να καθαριστεί «χειροκίνητα». Τα καλά νέα είναι ότι πλέον οι σύγχρονοι diesel δεν απαιτούν καθόλου ψεκασμό προσθέτου και η ενεργή αναγέννηση -μέσω πιο Βαρβάτων ECU- μπορεί να λάβει χώρα «στεγνά». Στην κατεύθυνση αυτή έχουν αναπτυχθεί ειδικές επιστρώσεις για το φίλτρο, όπου μπορούν να επιφέρουν ομοίως μείωση της θερμοκρασίας ανάφλεξης της μούργας.

Τρίτη κατηγορία είναι αυτή των «καταλυτικών καυστήρων», οι οποίοι σκοπό έχουν να ανεβάσουν τη θερμοκρασία καυσαερίων στη θερμοκρασία ανάφλεξης των επικαθίσεων αιθάλης μέσω -κυριολεκτικά- ...εμπρηστικής μεθοδολογίας: εδώ ψεκάζεται καύσιμο κατευθείαν στο ρεύμα εξαγωγής των καυσαερίων, το οποίο καίγεται σε οξειδωτικό καταλυτικό μετατροπέα και, με υποβοήθηση συχνά από επιπλέον θέρμανση του φίλτρου με ηλεκτρική αντίσταση, δημιουργεί την επιθυμητή «κόλαση» σε θερμοκρασία.

2.16 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Η εξαγωγή ενός κινητήρα diesel, όπως ήδη συνειδητοποιήσατε από την κουβέντα περί DPF, είναι ολίγον τι... πολυάσχολη: σε όλα τα παραπάνω βάλτε και το τούρμπο στο παιχνίδι, που είναι must σε κάθε πετρελαιοκινητήρα που σέβεται τον εαυτό του (ντίζελ και τούρμπο παντρεύονται άψογα θερμοδυναμικά, διότι -κατά βάση- δεν υπάρχει καύσιμο στον κύλινδρο κατά τη συμπίεση του αέρα, όπως συμβαίνει στις βενζίνες, οπότε αντίο απρογραμματίστη προ/αυτανάφλεξη) και το γλυκό έδεσε. Ωρα, λοιπόν, να προσθέσουμε και κάτι ακόμα στην εξαγωγή των ντίζελ για να το «αγαπήσουμε» εντελώς το θέμα! **Τα τελευταία, λοιπόν, χρόνια (προδιαγραφές ρύπων Euro 6) εκτός από τη μούργα, που φαίνεται με το μάτι (αιθάλη), οι νομοθέτες πίεσαν τρομακτικά τους κατασκευαστές και για την «αφανή μούργα» (που συνήθως είναι χειρότερη...), που στην περίπτωση των diesel δεν είναι άλλη από τα οξείδια του αζώτου. Η απάντηση των δεύτερων ήταν το «Selective Catalytic Reduction - SCR», το οποίο στοχεύει ακριβώς εκεί και, αν αγοράσετε σήμερα κάποιο νέας εσοδείας ντίζελ, θα υπάρχει κάπου εκεί μπροστά και χαμηλά [θα το βρείτε με διαφορετικά ακρωνύμια σε κάθε κατασκευαστή, στα Toyota είναι π.χ. γνωστό ως «DPNR»]. Είναι μία τεχνολογία που προϋπήρχε στη βιομηχανία για να αφαιρεί τους ρύπους αυτούς από τους κλιβάνους..! Στηρίζεται στην αρχή ότι**

συγκεκριμένα χημικό («αναγωγικά μέσα» είναι ο ακριβής όρος) ανάγουν επιλεκτικά με ειδική αντίδραση τα οξειδία του αζώτου, παρουσία οξυγόνου. «Επιλεκτικά» σημαίνει ότι η οξειδωση του αναγωγικού μέσου λαμβάνει χώρα χρησιμοποιώντας συγκεκριμένα το οξυγόνο από τα οξειδία του αζώτου και όχι από υπερισχύον -κατά μάζα και όγκο- μοριακό οξυγόνο, που φέρουν -σε κάθε περίπτωση- τα καυσαέρια. Η αμμωνία (NH₃) είναι η ουσία που έχει επικρατήσει να είναι το πιο αποτελεσματικό και «επιλεκτικό» αναγωγικό μέσο σήμερα στην αυτοκινητοβιομηχανία (τυπικά λέγεται «Diesel Exhaust Fluid-DEF», αλλά στο εμπόριο θα το βρείτε κυρίως ως «AdBlue», μαντέψτε τι χρώμα είναι). Επειδή όμως η αμμωνία σε καθαρή μορφή είναι τοξική, στην πράξη το μέσο που χρησιμοποιείται στις εφαρμογές οχημάτων προέρχεται από το καρβαμίδιο, (NH₂)₂ CO, το οποίο το συναντάμε και στα λιπάσματα και το οποίο αφενός δεν μολύνει τον υδροφόρο ορίζοντα αφετέρου είναι χημικά σταθερό κάτω από δύσκολες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το καρβαμίδιο διαλύεται όμορφα στο νερό και το μείγμα αυτό (32,5% κατά βάρος καρβαμίδιο/νερό έχει το AdBlue, σύσταση που βοηθάει να μην έχουμε θέμα πήξης μέχρι τους -11 βαθμούς) εκχύεται στα καυσαέρια.

Το σύστημα είναι βαρβάτα πολύπλοκο και πραγματικά (για πολλούς λόγους) δεν θέλετε να χαλάσει κάτι από αυτά: το υγρό βρίσκεται σε ειδικό δοχείο με αισθητήρα στάθμης και με δίκιά του τρομπίτσα διοχετεύει το μέσο στην εξαγωγή, μετά την κεφαλή και πριν τον πρώτο καταλύτη. Και λέμε «πρώτο», γιατί συνολικά έχουμε . τρεις: κατά σειρά εμφάνισης, πρώτος είναι ο «καταλυτικός μετατροπέας υδρόλυσης», όπου το καρβαμίδιο σε δύο στάδια αντιδράσεων, παρουσία νερού (υδρατμού), δίνει αμμωνία και διοξείδιο του άνθρακα. Δεύτερος -κατά σειρά- είναι ο «καταλύτης SCR», όπου η αμμωνία, παρουσία οξυγόνου, παίρνει τον οξθρό (οξειδία αζώτου) και τον μετατρέπει σε μοριακό διατομικό άζωτο σαν αυτό που αναπνέουμε και υδρατμούλη. ο τρίτος παίκτης, ο οξειδωτικός καταλυτικός μετατροπέας, οξειδώνει το NO σε NO₂, συνεισφέροντας κατά 50% στη συνολική αντίστοιχη μετατροπή των NO_x και υποβοηθώντας επιπλέον τον SCR καταλύτη να αυξήσει το βαθμό απόδοσής του υπό χαμηλές θερμοκρασίες καυσαερίων. Μεγάλη προσοχή δίνεται σε αυτά τα συστήματα ως προς τη στεγανότητα του συστήματος: δεν θέλουμε διαρροές αμμωνίας, γιατί εκτός του ότι βρωμοκοπάει, δεν κάνει καθόλου καλό στην επιδερμίδα μας.

Εκτός από τη διάταξη άντλησης/ψεκασμού του μέσου και τους καταλύτες, το σύστημα διαθέτει και ένα κάρο αισθητήρες για να ελέγχει ότι όλα πάνε κατά τα προβλεπόμενα: αισθητήρας θερμοκρασίας και αισθητήρας NO_x πριν το σύμπλεγμα καταλυτών, αισθητήρας θερμοκρασίας και αισθητήρας NO_x και αισθητήρας NH₃ αμμωνίας μετά το σύμπλεγμα... Εκτός από τον πολύπλοκο και ακριβό αυτό τρόπο περιορισμού του NO_x στους diesel, υπάρχει και απλούστερος τρόπος, χωρίς υγρά και τρόμπες: ενσωματώνοντας μόνο ένα ειδικό «συσσωρευτικό καταλυτικό μετατροπέα NO_x»: αυτός συνοδεύεται και πάλι από απλό οξειδωτικό καταλύτη πριν από αυτόν, στην εξάτμιση, και δουλειά του είναι αντίστοιχα με το DPF να κατακρατάει τα NO_x. Φυσικά και εδώ το πρόβλημα είναι το ίδιο που είχαμε με τα DPF: η ικανότητα κατακράτησης κάποτε θα περιοριστεί, δεν είναι ατέλειωτος ο όγκος. Τι κάνουμε? Αναγέννηση-regeneration είναι το όνομά μου...

Τώρα, λοιπόν, που μάθατε πώς λειτουργούν, πώς ρυθμίζονται, πώς αποδίδουν, πώς ψεκάζουν και πώς ρυπαίνουν οι άγνωστοι -μέχρι πριν μερικά χρόνια- κινητήρες Diesel, τους αγαπήσατε λίγο περισσότερο? Το άγνωστο τείνει να μας φοβίζει και να μας τρομάζει και, καλώς ή κακώς για την ελληνική αγορά και όσον αφορά εμάς τους «γιωταχήδες» τουλάχιστον, οι ντιζελοκινητήρες ήταν μέχρι πρόσφατα ένας Άγνωστος Χ. Με την κατάσταση, όμως, στις νέες ταξινομήσεις να ισορροπεί πλέον σε ποσοστό 50-50 (από το 70/30 υπέρ του diesel, που επικρατούσε τα τελευταία 3 χρόνια), αυτό σημαίνει ότι σε μερικά χρόνια όλα αυτά τα πετρελαιοκίνητα θα αρχίσουν να χαλάνε, να μαζεύονται στα συνεργεία, οπότε καλό θα είναι να ξέρουμε με τι έχουμε να κάνουμε. Και επειδή τα παραστατικά επισκευής -τις περισσότερες φορές- θα διαθέτουν τουλάχιστον 3 μηδενικά, τα αυτοκίνητα θα αρχίσουν να αλλάζουν χέρια στις αγγελίες, οπότε ο καθένας μας μπορεί να βρεθεί με ένα καθημερινό ντιζελοκίνητο...

3. ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

3.1 ΑΠΟ ΤΟΝ ΦΑΡΑΝΤΕΙ ΣΤΗΝ TESLA

Η θεωρητική βάση για την κατασκευή των πρώτων ηλεκτροκινητήρων τίθεται το 1820 με το νόμο του Αμπέρ του Αντρέ Μαρί Αμπέρ, και ένα χρόνο αργότερα ο Μάικλ Φάραντεϊ θέτει τα θεμέλια για τη σύγχρονη ηλεκτρομαγνητική τεχνολογία με την πρώτη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Ο Πρώσος φυσικός Μόριτς φον Γιακόμπι πιστώνεται τον πρώτο πραγματικό ηλεκτροκινητήρα το 1834. ο οποίος μάλιστα παρουσιάζει αξιοζήλευτη απόδοση: στη δεύτερη γενιά του. τέσσερα χρόνια αργότερα, τοποθετείται σε ένα σκάφος ικανό να μεταφέρει δεκατέσσερις επιβάτες από τη μία όχθη ενός ποταμού στην άλλη. Για την πρακτική εφαρμογή του ηλεκτρικού μοτέρ σε αυτοκίνητα χρειαζόταν, όμως, η μπαταρία μολύβδου-οξέος. η οποία δεν εφευρέθηκε πριν από το 1859.

Ο Γκουστάβ Τρουβέ είναι ο πρώτος που συνδυάζει ένα τροποποιημένο από τον ίδιο μοτέρ της Siemens με επαναφορτιζόμενη μπαταρία, το οποίο και τοποθετεί σε ένα τρίκυκλο Stanley, κάνοντας την παρθενική του διαδρομή στις 19 Απριλίου του 1881 στους δρόμους του Παρισιού. Στην πρώτη Διεθνή Έκθεση Ηλεκτρισμού που διεξάγεται στο Παρίσι το 1881, πλάι στους λαμπτήρες του Τόμας' Εντισον, το τηλέφωνο του Γκράχαμ Μηελ και το δυναμό του Ζενόμπ Γκραμ, ο Τρουβέ παρουσιάζει το ηλεκτροκίνητο τρίκυκλό του, το οποίο μπορεί να φτάσει τη μέγιστη ταχύτητα των 12χλμ./ώρα. Την ίδια χρονιά οι Βρετανοί Άιρτον και Πέρι εξελίσσουν το δικό τους τρίκυκλο. που χρησιμοποιεί δέκα επαναφορτιζόμενες μπαταρίες μολύβδου του Γκαστόν Πλαντέ σε σειρά, οι οποίες προσφέρουν ισχύ μισού ίππου. Έχει αυτονομία 10-25 μιλίων και τελική ταχύτητα 9 χλμ./ώρα.

Τρία χρόνια αργότερα ο Βρετανός Τόμας Πάρκερ (υπεύθυνος του εξηλεκτρισμού του λονδρέζικου Μετρά) κατασκευάζει τα πρώτα εμπορικά διαθέσιμα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Γνωρίζουν γρήγορα μεγάλη επιτυχία (ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, καθώς προσφέρουν μια σειρά σοβαρών πλεονεκτημάτων έναντι των ατμοκίνητων και των βενζινοκίνητων αντιπάλων τους). Είναι αθόρυβα, δεν έχουν κραδασμούς και δε βρομούν βενζίνη. Δεν εξαρτώνται από δύσχρηστους μηχανισμούς για την εκκίνηση (μανιβέλα), ούτε χρειάζονται κατά την οδήγηση τις -τότε πολύ δύσκολες- αλλαγές

ταχυτήτων. Έχουν, μάλιστα, μεγαλύτερη αυτονομία από τα ατμοκίνητα, τα οποία, επιπροσθέτως, απαιτούν μέχρι και Α5 λεπτά προετοιμασίας πριν από την εκκίνηση. Ως εκ τούτου, είναι ιδανικά για χρήση ως ταξί και αρχίζουν να διαδίδονται σε μεγαλουπόλεις όπως το Λονδίνο και τη Νέα Υόρκη.

Το παγκόσμιο ρεκόρ ταχύτητας του 1899 (105,9 χλμ./ώρα) ανήκει στο *Jamais Contente*, ένα ηλεκτροκίνητο αυτοκίνητο. Το 1900 το 50% των αυτοκινήτων που κυκλοφορούν στη Νέα Υόρκη είναι ηλεκτροκίνητα, το 30% ατμοκίνητα και τα υπόλοιπα εσωτερικής καύσης. Δώδεκα χρόνια αργότερα, μετά περισσότερα νοικοκυριά να έχουν πλέον ηλεκτροδοτηθεί, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα βρίσκονται στο απόγειο της δόξας και των πωλήσεών τους. Σύντομα, όμως, τα πράγματα θα αλλάξουν. Τα 8.000 αυτοκίνητα που κυκλοφορούν στις ΗΠΑ το 1900 αυξάνονται σε 9,2 εκατ. το 1921. Την ίδια χρονιά στη Μ. Βρετανία κυκλοφορούν 420.000. 220.000 στη Γαλλία και 75.000 στη Γερμανία. Αναπόφευκτα, το οδικό δίκτυο βελτιώνεται και επεκτείνεται πέραν των στενών αστικών ορίων. Διαστικοί, διαπολιτειακοί, ακόμα και διακρατικοί δρόμοι ανοίγουν νέους ορίζοντες στη χρήση του αυτοκινήτου, παράλληλα όμως αυξάνουν τις τεχνικές απαιτήσεις. Οι νέοι δρόμοι απαιτούν αυτοκίνητα αυξημένης αυτονομίας. Επιπροσθέτως, η οικιακή χρήση ηλεκτρισμού μπορεί να έχει διαδοθεί στα αστικά κέντρα, όχι όμως και στην επαρχία. Από τα 22 εκατ. αμερικανικά νοικοκυριά, ηλεκτροδοτούνται το 1917 μόνο τα 7 εκατ., τα οποία βρίσκονται κυρίως στις μεγαλουπόλεις. Παράλληλα, η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων πετρελαίου σε Τέξας, Οκλαχόμα και Καλιφόρνια μειώνει σημαντικά την τιμή της βενζίνης και συμβάλλει στην τάχιστη διάδοσή της ως καυσίμου. Η εφεύρεση της μίζας καταργεί τη δύσχρηστη μανιβέλα, ενώ η μαζική παραγωγή μειώνει συνεχώς τις τιμές των Βενζινοκινήτων αυτοκινήτων: το Ford Model T ξεκινά το 1908 από τα 850 δολάρια, το 1912 στοιχίζει 590 δολάρια και το 1925 260 δολ., ενώ ένα αντίστοιχο ηλεκτρικό ξεπερνά τα 1.700. Η αρχή του τέλους πλησιάζει. Μοιραία η ηλεκτροκίνηση θα πέσει (αρχικά τουλάχιστον) θύμα της φυσικής εξέλιξης του αυτοκινήτου.

Τις επόμενες δεκαετίες η ηλεκτροκίνηση εστιάζεται μόνο σε ειδικές κατηγορίες οχημάτων. Τα γαλατάδικα οχήματα της Βρετανίας, τα αμαξάκια του γκολφ, τα ταχυδρομικά φορτηγάκια του ανατολικού Βερολίνου και διάφορα πρωτότυπα που κατά καιρούς παρουσιάζονται αποτελούν τις εξαιρέσεις στον κανόνα της καθολικής επικράτησης του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Η αναγέννηση θα έρθει αρκετά χρόνια αργότερα. Το 1990 η Καλιφόρνια αντιμετωπίζει υψηλό επίπεδο ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το Συμβούλιο για την Ποιότητα του Αέρα (California Air Resources Board - CARB) θεωρεί ότι βρήκε τον πραγματικό ένοχο: τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων. Λίγο καιρό πριν, η General Motors είχε εξαγγείλει τη δημιουργία του πρωτοτύπου ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου που δε θα προκαλούσε καθόλου ρύπους στην ατμόσφαιρα, δίνοντας έτσι πάτημα στην CARB να κάνει ένα γενναίο

και φιλόδοξο φιλοπεριβαλλοντικό βήμα: θεσπίζει το νόμο για το Όχημα Μηδενικών Ρύπων (ZEV), ο οποίος θέτει ως στόχο το 2% των αυτοκινήτων που θα πωλούνταν στην Καλιφόρνια, μέχρι το 1998, να μην εκπέμπει ρύπους, και έως το 2003 το ποσοστό αυτό να έχει ανέβει στο 10%. Από την εποχή του καταλύτη είχε να θεσπιστεί ένα τόσο ριζοσπαστικό μέτρο υπέρ του περιβάλλοντος.

Καθώς η General Motors βρίσκεται ήδη μπροστά από τον ανταγωνισμό, ίο 1996 παρουσιάζει το πρώτο EV1. Το EV1 δεν πωλείται, αλλά ενοικιάζεται προς 200-400 δολάρια το μήνα. Έχει μηδαμινά έξοδα συντήρησης, και οι λιγοστοί που έχουν την ευκαιρία να το οδηγήσουν το λατρεύουν. Όμως η General Motors φτάνει στο σημείο να καταστρέφει το στόλο με τα EV1 στην έρημο της Αριζόνα και, μαζί με την Daimler Chrysler, να υποβάλει αγωγή εναντίον των αρχών της Καλιφόρνια! Η βιομηχανία πετρελαιοειδών και η ίδια αυτοκινητοβιομηχανία (που έβλεπε τα κέρδη από τα σέρβις-συντηρήσεις και τις πωλήσεις ανταλλακτικών να ελαχιστοποιούνται) θεωρούνται ένοχοι στη δολοφονία του ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Το μεγάλο κόστος, η μη επαρκής τεχνολογία μπαταριών και η παραγωγή ηλεκτρισμού από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν το άλλοθι. Η περαιτέρω εξέλιξη των μπαταριών είναι, όμως, αυτή που θα επαναφέρει την ηλεκτροκίνηση στην επικαιρότητα.

Το 2009 η γηραιό αυτοκινητοβιομηχανία πιάνεται στον ύπνο - ή, ακόμα χειρότερα, επιδεικνύει αλαζονική συμπεριφορά, απόρροια περίπου ενός αιώνα κυριαρχίας, που μάλλον την οδήγησε στην αδράνεια. Ο κινητήρας εσωτερικής καύσης μοιάζει αθάνατος, ο ντίτζελ είναι η συνετή, οικονομική σε κατανάλωση καυσίμου εναλλακτική του, και ο κόσμος αγγελικά πλασμένος. Μέχρι που έρχεται το Tesla Roadster και με μια σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων επαναφέρει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα στο προσκήνιο. Ο Μηομπ Λουτς, πρόεδρος της GM εκείνη την εποχή, ωρύεται, αναγνωρίζοντας αμέσως το πρόβλημα που δημιουργείται. «Όλες οι ιδιοφυίες εδώ στην General Motors υποστήριζαν ότι η τεχνολογία ιόντων λιθίου είναι δέκα χρόνια μακριά, και η Toyota συμφωνούσε μαζί μας - και ξαφνικά εμφανίζεται η Tesla. Πώς είναι δυνατόν μια τόσο μικρή, νέα εταιρεία από την Καλιφόρνια, που διευθύνεται από τύπους που δεν έχουν ιδέα από αυτοκίνητο, να το κάνουν αυτό, και εμείς να μην μπορούμε;».

Ένα χρόνο αργότερα η Nissan δείχνει τα ταχύτερα αντανακλαστικά, και λανσάρει το Leaf: το πρώτο οικογενειακό αυτοκίνητο με ηλεκτροκίνητη, 5θυρο και με κανονικό χώρο αποσκευών. Αυτό επιβραβεύεται από το αγοραστικό κοινό, με την πρώτη γενιά του να πουλά μέχρι το 2017 280.000 αντίτυπα, ενώ οι συνολικές πωλήσεις σε συνδυασμό με τη «μαμά» Renault φτάνουν τις 400.000 στο ίδιο χρονικό διάστημα. Η Tesla απαντά με το πολυτελές σεντάν «S». το οποίο το 2017 ξεπερνά τη Mercedes S-Class στις ΗΠΑ, έχοντας πουλήσει συνολικά πάνω από 160.000 αντίτυπα παγκοσμίως. Η αμερικανική εταιρεία χτίζει το όνομά της πάνω στις

μπαταρίες 18650 της Panasonic και στο έξυπνο σύστημα διαχείρισης, που προσφέρουν αυτονομία της τάξης των 300 χλμ., την εποχή που τα υπόλοιπα ηλεκτρικά αυτοκίνητα πασχίζουν να φτάσουν τα 150. Η χρηματιστηριακή αξία της εκτοξεύεται και κατατάσσεται πίσω από κολοσσούς όπως είναι οι Toyota, Daimler και Volkswagen, ξεπερνώντας εταιρείες όπως την BMW. Ένα τεράστιο επίτευγμα, αν αναλογιστεί κανείς πως η Tesla δεν έχει παρουσιάσει ακόμη κερδοφορία! Όπως ήταν αναμενόμενο, η αυτοκινητοβιομηχανία σηκώνει το γάντι. έστω και καθυστερημένα. Πλέον όλοι οι μεγάλοι κατασκευαστές επενδύουν και συμπληρώνουν την γκάμα τους με την τεχνολογία που αναγνωρίζεται ως η επικρατέστερη για το μέλλον της αυτοκίνησης. Μια συντηρητική πρόβλεψη είναι ότι το 2025 θα πωλούνται 2 εκατ. ηλεκτρικά αυτοκίνητα μόνο στην Ευρώπη. Σύμφωνα με τον αντιπρόεδρο προϊόντικού σχεδιασμού της Nissan. Πονς Παντικουθίρα. «στο μέλλον οι πελάτες δε θα ψάχνουν αποκλειστικά ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο, αλλά ένα μοντέλο που να ικανοποιεί τις ανάγκες τους, με την ηλεκτροκίνηση να αποτελεί μία από τις πιθανές επιλογές».

3.2 ΤΟ ΥΠΕΡΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ

Ο Ίλον Μασκ έχει κατ' επανάληψη τονίσει πως ο απώτερος στόχος της Tesla Motors δεν είναι να κατασκευάζει αυτοκίνητα. αλλά να Βοηθήσει τον πλανήτη στη μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από το 2003, που ιδρύεται, η αμερικανική εταιρεία ακολουθείτο συγκεκριμένο μοντέλο ανάπτυξης. Πρόσφατα μάλιστα αφαιρέθηκε η λέξη «Motors» από το πλήρες όνομά της. τονίζοντας με κάθε επισημότητα τις παράλληλες δραστηριότητές της. όπως την παραγωγή φωτοβολταϊκών πάνελ και συστημάτων μπαταριών. Αυτό φυσικά δε σημαίνει πως τα αυτοκίνητα εκτοπίζονται στο παρασκήνιο: για να επιτευχθεί ο προβλεπόμενος ρυθμός παραγωγής 500.000 αυτοκινήτων ετησίως έως το 2018, η Tesla θα πρέπει να παράγει -σε συνεργασία με την Panasonic- όσες μπαταρίες ιόντων λιθίου παράγονται αυτήν τη στιγμή παγκοσμίως. Αυτή η ανάγκη οδηγεί στο σχεδιάσμά και στην κατασκευή του «Gigafactory». στην πολιτεία της Νεβάδα. Ξεκινώντας το 2014 το υπερεργοστάσιο θα χτίζεται τμηματικά, έτσι ώστε κάθε κομμάτι που ολοκληρώνεται να είναι άμεσα έτοιμο προς χρήση, ενώ παράλληλα θα συνεχίζει να επεκτείνεται.

Η προγραμματισμένη ετήσια παραγωγική ικανότητά του είναι 35 GWh. με 1 GWh να ισοδυναμεί με την παραγωγή (ή την κατανάλωση) ενός δισεκατομμυρίου W σε μία ώρα. Περίπου. δηλαδή, όσο η συνολική τρέχουσα παγκόσμια παραγωγή μπαταριών. Οι εγκαταστάσεις του καλύπτουν σήμερα έκταση μεγαλύτερη από 175.000 τ.μ.. με συνολική επιφάνεια λειτουργικών χώρων πάνω από 455.000 τ.μ., και

αυτό ισοδυναμεί μόλις με το 30% του πλήρους εργοστασίου. Μόλις ολοκληρωθεί, αναμένεται να είναι το μεγαλύτερο κτίριο στον κόσμο, θα τροφοδοτείται εξ ολοκλήρου από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, με στόχο την επίτευξη καθαρής μηδενικής ενέργειας παραγωγής. Με την αύξηση της παραγωγής το κόστος των μπαταριών της Tesla θα μειωθεί σημαντικά (για πάνω από 30% μιλούν οι ειδικοί), χάρη στις οικονομίες κλίμακας, στην καινοτόμο κατασκευή, στη μείωση των απωλειών και στη συγκέντρωση των περισσότερων κατασκευαστικών διαδικασιών κάτω από μία στέγη. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο πως οι περισσότεροι ιθύνοντες της αυτοκινητοβιομηχανίας τοποθετούν το tipping point -τη στιγμή όπου η πλάστιγγα αρχίζει να γέρνει υπέρ- της ηλεκτροκίνησης μεταξύ των ετών 2020 και 2023, όταν και το κόστος κατασκευής ενός ηλεκτροκίνητου αυτοκινήτου αναμένεται να είναι το ίδιο με αυτό ενός ντίζελ ή βενζινοκίνητου. Τεχνικά, το επόμενο βήμα από την μπαταρία 18650 είναι η 2170, με κατά 30% μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, σύμφωνα με όσα ανακοινώνει η Panasonic, και απώτερο στόχο την επίτευξη αυτονομίας αυτοκινήτου 500 χλμ.

3.3 ΠΥΡΙΤΙΟ

Κάθε δεκαοκτώ μήνες η υπολογιστική ισχύς των μικροτσιπ διπλασιάζεται, τη στιγμή που η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας των μπαταριών δεν ξεπερνά το 5%-7% ετησίως. Μολονότι αυτό είναι αρκετό για να βιώσουμε την εκτόξευση της αυτονομίας των ηλεκτρικών αυτοκινήτων γύρω στα 300 χλμ. μέσα σε λιγότερο από μία δεκαετία, οι ειδικοί υπενθυμίζουν πως κάποια στιγμή η μπαταρία ιόντων λιθίου θα φτάσει το όριο της εξέλιξής της. Το Βήμα από την πρώτη γενιά σύγχρονων ηλεκτρικών αυτοκινήτων, που δεν ξεπερνούσε τα 100-150 χλμ. αυτονομίας, είναι σίγουρα εντυπωσιακό, αλλά από εδώ και πέρα αρχίζουν τα δύσκολα. Ίσως, όμως, το άμεσο μέλλον της μπαταρίας να είναι συνυφασμένο με κάποια πιο απλή λύση, όπως για παράδειγμα την εξέλιξη νέων υλικών για το αρνητικά φορτισμένο ηλεκτρόδιό τους, την άνοδο. Σήμερα οι άνοδοι των μπαταριών ιόντων λιθίου κατασκευάζονται από γραφίτη. Αν, όμως, οι επιστήμονες καταφέρουν να κατασκευάσουν ανόδους από πυρίτιο ή έστω από κράμα υψηλής περιεκτικότητας πυριτίου, θα έχουν αυτόματα δημιουργήσει μια πολύ πιο ισχυρή μπαταρία. Αυτό γιατί ο γραφίτης αποθηκεύει μόνο ένα άτομο λιθίου ανά έξι άτομα άνθρακα, σε αντίθεση με το πυρίτιο, που έχει ικανότητα αποθήκευσης 4.4 ατόμων λιθίου ανά άτομο πυριτίου. Υπολογίζεται πως σε πρακτική εφαρμογή μία μπαταρία ιόντων λιθίου με άνοδο από πυρίτιο θα διέθετε σχεδόν τη διπλάσια ενεργειακή πυκνότητα σε σχέση με μια κοινή, σημερινή μπαταρία. Ο λόγος, μάλιστα, που τα αυτοκίνητα της Tesla υπερέρχουν των

ανταγωνιστών τους σε αυτονομία (πέρα από το εξελιγμένο σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης] είναι πως οι μπαταρίες της Panasonic είναι οι μοναδικές που περιέχουν πυρίτιο στις ανόδους τους, σε ποσοστό 1 %-3%.

Το πρόβλημα που καθυστερεί τις περαιτέρω εξελίξεις είναι το γεγονός πως το πυρίτιο διογκώνεται έως και στο τετραπλάσιο του μεγέθους του όταν απορροφήσει λίθιο. καταστρέφοντας έτσι την άνοδο και κατ' επέκταση την μπαταρία. Επιπλέον, το πυρίτιο δεν μπορεί να αντεπεξέλθει σε μία από τις σημαντικότερες αντιδράσεις που απαιτούνται από μια μπαταρία ιόντων λιθίου: τη δημιουργία προστατευτικού στρώματος γύρω από την άνοδο που θα τη μονώσει από τον υγρό ηλεκτρολύτη. Χωρίς αυτήν την επίστρωση, η άνοδος αρχίζει να αποσυντίθεται μέσα στον ηλεκτρολύτη.

Τόσο η Panasonic όσο και η LG Chemical, αλλά και διάφορες άλλες μικρότερες εταιρείες τεχνολογίας μπαταριών, όπως οι Nexxon, Amprius, Eonix και Envia. ασχολούνται ενδελεχώς με τη λύση του εν λόγω γρίφου.

Σύμφωνα με ανεξάρτητους αναλυτές επενδύσεων στον τομέα των μπαταριών, οι άνοδοι του Tesla Model 3 θα περιέχουν έως και 10% πυρίτιο, γεγονός που μπορεί εύκολα να χαρακτηριστεί ως τεράστιο άλμα προόδου. Παράλληλα, όπως τονίζεται σε υπολογισμούς του MIT, η νέα τεχνολογία μπορεί να μειώσει το κόστος παραγωγής μπαταριών από τα 300 δολάρια ανά kWh (που ίσχυε το 2014) στο μισό, τιμή που θεωρείται από τους ειδικούς το σημείο απόκλισης από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Πολύ κοντά σε αυτό το ορόσημο Βρίσκονται, άλλωστε. οι μπαταρίες της Tesla, αφού υπολογίζεται πως σήμερα κοστίζουν 190 δολάρια ανά kWh.

3.4 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

Μία ηλεκτρική μηχανή είναι ένας μετατροπέας ενέργειας. Όταν λειτουργεί ως κινητήρας μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική ενέργεια και το αντίστροφο όταν λειτουργεί ως γεννήτρια. Αποτελεί την καρδιά όλων των κινητηρίων συστημάτων και πάνω στα χαρακτηριστικά του βασίζεται ο σχεδιασμός ολόκληρου του συστήματος.

Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στην ύπαρξη της δύναμης Lorentz μεταξύ αγωγών που διαρρέονται από ρεύμα. Με την κατάλληλη κατασκευή των αγωγών, που στις περισσότερες μηχανές γίνεται κυκλική και με την τροφοδότηση τους με το κατάλληλο ηλεκτρικό ρεύμα, δημιουργείται κίνηση, συγκεκριμένα περιστροφική, η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται ανάλογα με τους σκοπούς της εκάστοτε εφαρμογής.

Με τον όρο ηλεκτρικά οχήματα αναφερόμαστε στα οχήματα που τροφοδοτούνται με ηλεκτρική ενέργεια. Στα αυτοκίνητα με ηλεκτρικό ρεύμα, η ηλεκτρική ισχύς μετατρέπεται σε μηχανική (περιστροφική) ισχύς. Αυτή η δύναμη

περιστροφής εκτελείται σε ένα τροχό του οχήματος μέσω της καλύτερης δυνατής διάταξης μετάδοσης κίνησης. Ο ηλεκτρικός κινητήρας του οχήματος δίνει τη ζωτική ισχύ στη μονάδα κίνησης του οχήματος και κατά συνέπεια είναι ο πυρήνας των ηλεκτρικών οχημάτων. Η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροκινητήρα για ένα ηλεκτρικό όχημα είναι μία πολύ σημαντική διαδικασία.

Έτσι, οι κατασκευαστές ηλεκτρικών οχημάτων έχουν τη δυνατότητα να επιλέξουν μέσα από μια μεγάλη ποικιλία διαφόρων ηλεκτρικών κινητήρων ανάλογα με τις ανάγκες τους. Η επιλογή συγκεκριμένου είδους ηλεκτρικού κινητήρα για ένα όχημα πρέπει να γίνεται με σύνεση γιατί οι ιδιότητες του κινητήρα επηρεάζουν σημαντικά τη γενική λειτουργία ενός οχήματος.

Πρέπει να εξεταστούν πολλά κριτήρια, για παράδειγμα, η αποδοτικότητα, το κόστος, η αξιοπιστία, η καινοτομία και η δυνατότητα ελέγχου.

Στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα συναντάμε κινητήρες συνεχούς ρεύματος και κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος. Από τους κατασκευαστές υπάρχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το καταλληλότερο είδος κινητήρα. Οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι οι πρώτοι κινητήρες που χρησιμοποιήθηκαν στην ηλεκτροκίνηση, λόγω αδυναμίας μετατροπής του συνεχούς ρεύματος του συσσωρευτή σε εναλλασσόμενο.

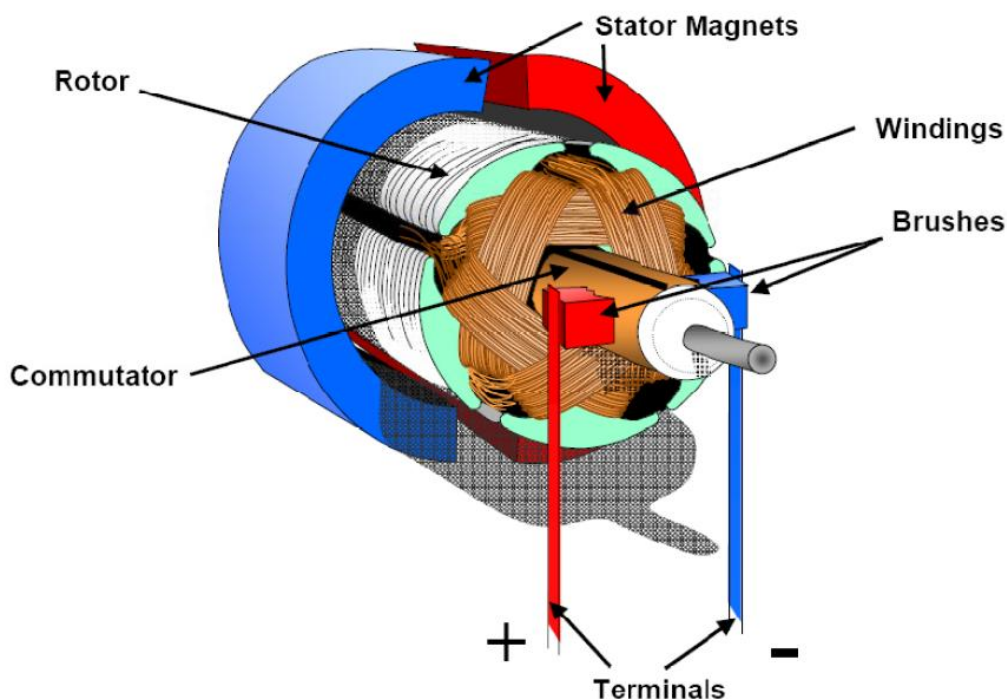
Σήμερα τα ηλεκτρονικά ισχύος επιτρέπουν τέτοια μετατροπή αλλά εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρύτατα οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος, λόγω της εύκολης ρύθμισης της ταχύτητας και της σταθερής ροπής και ισχύος για ένα μεγάλο εύρος ταχυτήτων. Χρειάζονται όμως τακτική συντήρηση και καλύτερη ψύξη λόγω του συλλέκτη, έχουν μεγάλο βάρος και όγκο, αυξημένο κόστος και μικρή απόδοση σε σχέση με τους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος, που παρουσιάζουν επιπλέον και καλύτερη προσαρμογή με το σύστημα μετάδοσης κίνησης.

Πίνακας 3.1 Ηλεκτρικά οχήματα που κατασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια από μεγάλες εταιρείες και οι ηλεκτροκινητήρες που χρησιμοποιούν [5]

Product Name	Manufacturer	Year	Types of Motors used
Chevrolet Bolt EV	Chevrolet	2018	Permanent magnet motor
Focus Electric	Ford	2018	Permanent magnet motor
Mitsubishi i-MiEV ES	Mitsubishi	2017	Permanent magnet Synchronous motor
Nissan Leaf	Nissan	2017	Permanent magnet Synchronous motor
Volkswagen Golf Electric	Volkswagen	2014	Permanent magnet motor
Fiat 500e	Fiat	2014	Permanent magnet motor
Tesla Model S	Tesla	2012	Induction motor
Toyota Prius	Toyota	1997	Permanent magnet motor

3.5 ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Οι μηχανές συνεχούς ρεύματος τροφοδοτούνται, όπως δηλώνει και η ονομασία τους, με συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα. Διακρίνεται σε αυτές μία ακίνητη κατασκευή, ο στάτης που έχει κυκλική μορφή και ο σκοπός του είναι να δημιουργήσει μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του. Εκεί τοποθετείται μία κατασκευή που έχει την ευχέρεια περιστροφής, ο ρότορας, ο οποίος διαρρέεται από ρεύμα και αλληλεπιδρώντας με το πεδίο του στάτη αποκτά κινητική ενέργεια. Η παροχή τροφοδοσίας στο ρότορα γίνεται μέσω ενώσεων που ονομάζονται ψήκτρες. Γενικά ο έλεγχος των μηχανών συνεχούς ρεύματος είναι απλούστερος, και γίνεται με καθορισμό του ηλεκτρικού ρεύματος τροφοδοσίας.



Σχήμα 3.1 Η δομή μιας μηχανής συνεχούς ρεύματος.[5].

Κατασκευαστικά στοιχεία στάτη

Ο στάτης της μηχανής συνεχούς ρεύματος μπορεί να έχει μια από τις δύο παρακάτω μορφές:

- ✓ Στάτης με μόνιμο μαγνήτη
- ✓ Στάτης με τύλιγμα διέγερσης

Στην πρώτη περίπτωση το μαγνητικό πεδίο στο εσωτερικό του στάτη είναι μόνιμο λόγω της ύπαρξης του μαγνητικού υλικού. Η λύση αυτή απαλλάσσει τη μηχανή από την ανάγκη τροφοδοσίας στο στάτη, είναι όμως περισσότερο δαπανηρή, ενώ υπάρχει κίνδυνος απομαγνητισμού του μαγνήτη, οπότε η μηχανή θα χρειαστεί επισκευή. Τίθεται επίσης θέμα με την προστασία του περιβάλλοντος, καθώς τα υλικά

του μαγνήτη είναι επιβλαβή με την απόθεσή τους. Παρόλα αυτά, η χρήση μόνιμων μαγνητών είναι περισσότερο διαδεδομένη.

Στη δεύτερη περίπτωση το μαγνητικό πεδίο δημιουργείται από τη ροή ρευμάτων στα κατάλληλα διαμορφωμένα τυλίγματα του στάτη. Τα τυλίγματα αυτά βρίσκονται γύρω από ειδικές κατασκευές του στάτη που ονομάζονται πόλοι. Κατασκευάζονται κινητήρες με διάφορους αριθμούς πόλων, πάντα όμως ο αριθμός τους είναι ζυγός.

Κατασκευαστικά στοιχεία δρομέα

Ο δρομέας της μηχανής συνεχούς αποτελείται από φύλλα σιδηρομαγνητικού υλικού που φέρουν επάνω τους τυλίγματα. Τα τυλίγματα αυτά όταν διαρρέονται από ρεύμα από την πηγή αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο του στάτη και έλκονται από τον αντίστοιχο μαγνητικό πόλο του. Για να μην «κλειδώσει» η μηχανή σε μία συγκεκριμένη θέση, όταν τα τυλίγματα του δρομέα φτάσουν στο κοντινότερο σημείο των πόλων που έλκονται, γίνεται αντιστροφή των ρευμάτων μέσα στα τυλίγματα αξιοποιώντας τις ψήκτρες.

Ψύκτρες

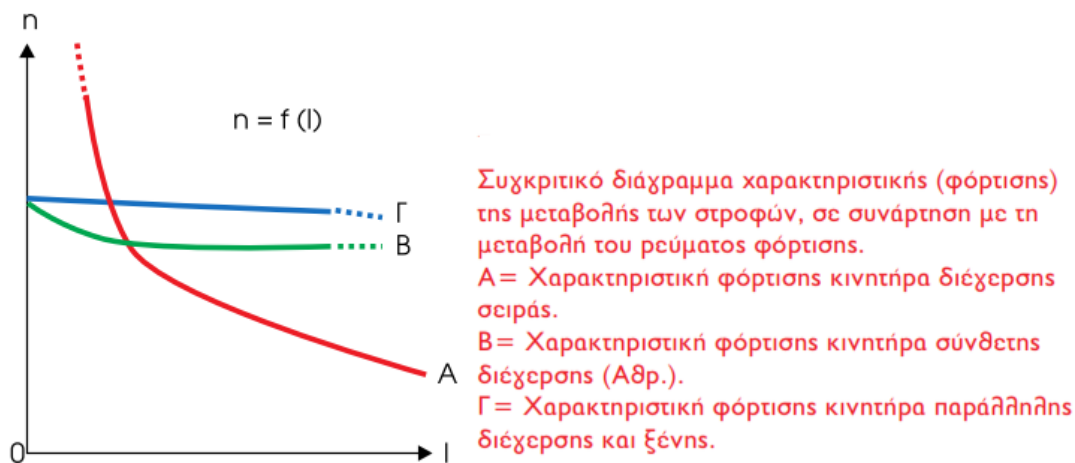
Οι ψήκτρες έχουν ως σκοπό τη σύνδεση του κινούμενου ρότορα με τους αγωγούς τροφοδοσίας. Κατασκευάζονται από κάρβουνο. Με τη λειτουργία του κινητήρα φθείρονται με αποτέλεσμα την ανάγκη για συντήρηση τη μηχανής.

Είδη μηχανών συνεχούς ρεύματος και λειτουργία

Πέρα από τη μηχανή με μόνιμους μαγνήτες, οι άλλοι τύποι μηχανών συνεχούς απαιτούν τροφοδοσία και στο στάτη και στο δρομέα. Προκύπτουν, οπότε, διάφορες συνδεσμολογίες ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης των τυλιγμάτων των δύο μερών. Οι συνδεσμολογίες αυτές είναι:

- ✓ Μηχανή ξένης διέγερσης
- ✓ Μηχανή με τύλιγμα σε σειρά
- ✓ Μηχανή παράλληλης διέγερσης
- ✓ Μηχανή με σύνθετης διέγερσης (παράλληλα και σε σειρά)

Για να εξεταστεί η καταλληλότητα τους για χρήση σε ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι απαραίτητο να γίνει μία σύγκριση των χαρακτηριστικών τους. Στο σχήμα 3.2 φαίνονται οι χαρακτηριστικές φόρτισης των κινητήρων συνεχούς ρεύματος.



Σχήμα 3.2 Χαρακτηριστικές φόρτισης των κινητήρων συνεχούς ρεύματος [5].

Όταν το φορτίο του κινητήρα μειώνεται η ταχύτητα του αυξάνεται. Η αύξηση αυτή εξαρτάται από τον τύπο του κινητήρα. Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης η κλίση της συνάρτησης $n=f(I)$, όπου n είναι οι στροφές και T η ροπή του κινητήρα, είναι περίπου 8 % και στους κινητήρες σύνθετης αθροιστικής διέγερσης είναι 15-20%. Στους κινητήρες σειράς έχουμε πολύ γρήγορη αύξηση όπως φαίνεται και στο σχήμα. Όλα αυτά προκύπτουν από την εξέταση της σχέσης ταχύτητας- ροπής.

$$n = \frac{U - I_T R_T}{K\Phi}$$

όπου:

n η ταχύτητα (σε rpm)

U η τάση τροφοδοσίας σε (V)

I_T το ρεύμα του τυμπάνου (σε A)

R_T η αντίσταση του τυμπάνου (σε Ω)

K η σταθερά κατασκευής μηχανής

Φ η μαγνητική ροή (σε Vs)

Στους κινητήρες παράλληλης διέγερσης η μείωση του ρεύματος οδηγεί σε αύξηση στροφών. Η μαγνητική ροή Φ εξαρτάται ελάχιστα από το ρεύμα που απορροφά το τύμπανο I_T και η πτώση τάσης στο τύμπανο, που είναι ίση με $I_T R_T$, δεν ξεπερνά το 5 % της τάσης τροφοδοσίας του κινητήρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι κινητήρες παράλληλης διέγερσης (όπως φαίνεται από την καμπύλη Γ του σχήματος) να συμπεριφέρονται σαν κινητήρες σχεδόν σταθερής ταχύτητας στις μεταβολές του ρεύματος τροφοδοσίας.

Οι κινητήρες ξένης διέγερσης ακολουθούν τις ίδιες περίπου χαρακτηριστικές με τους κινητήρες παράλληλης διέγερσης και αφού το τύλιγμα διέγερσης έχει ξεχωριστή τροφοδοσία, δεν επηρεάζεται καθόλου η μαγνητική ροή Φ από το ρεύμα τυμπάνου I_T .

Στους κινητήρες διέγερσης σειράς η μείωση του ρεύματος τυμπάνου συνεπάγεται και μείωση της μαγνητικής ροής Φ , γιατί το ρεύμα τυμπάνου είναι ταυτόχρονα και ρεύμα διέγερσης, λόγω της σχέσης $\Phi = KI_T$ με αποτέλεσμα τη μεγάλη αύξηση των στροφών. Όπως φαίνεται από την καμπύλη Α του σχήματος κατά την εν κενώ λειτουργία ή κατά τη λειτουργία με μικρό φορτίο, ο κινητήρας διέγερσης σειράς επιταχύνεται απεριόριστα μέχρι τη μηχανική καταστροφή του.

Ο κινητήρας σύνθετης αθροιστικής διέγερσης όπως φαίνεται και στην καμπύλη Β του σχήματος είναι μια ενδιάμεση κατάσταση, γιατί διαθέτει και τύλιγμα σειράς και παράλληλο τύλιγμα.

Οι κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης είναι κατάλληλοι για την κίνηση μηχανημάτων που απαιτούν ελάχιστη μεταβολή στροφών, ενώ ο κινητήρας διέγερσης σειράς είναι κατάλληλος για μηχανήματα που χρειάζονται μεγάλο εύρος στροφών.

Ένα πολύ σημαντικό μέγεθος για τη λειτουργία των κινητήρων είναι η ροπή στρέψης που αναπτύσσουν. Θα εξετάσουμε τη μεταβολή της ροπής σε συνάρτηση με το φορτίο του κινητήρα. Η ροπή δίνεται από τη σχέση:

$$T = K\Phi I_T$$

Όπου:

T η ροπή (σε Nm)

K η σταθερά κατασκευής μηχανής

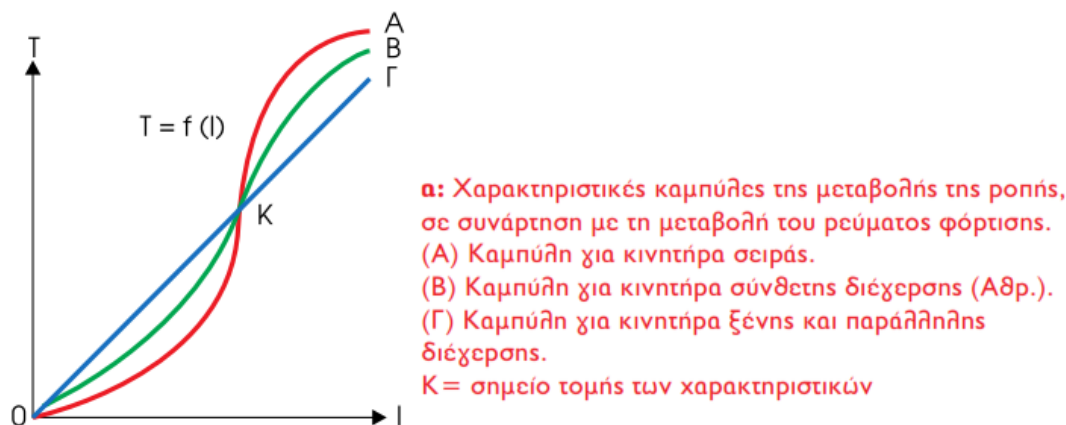
Φ η μαγνητική ροή (σε V*sec)

I_T το ρεύμα τυμπάνου (σε A)

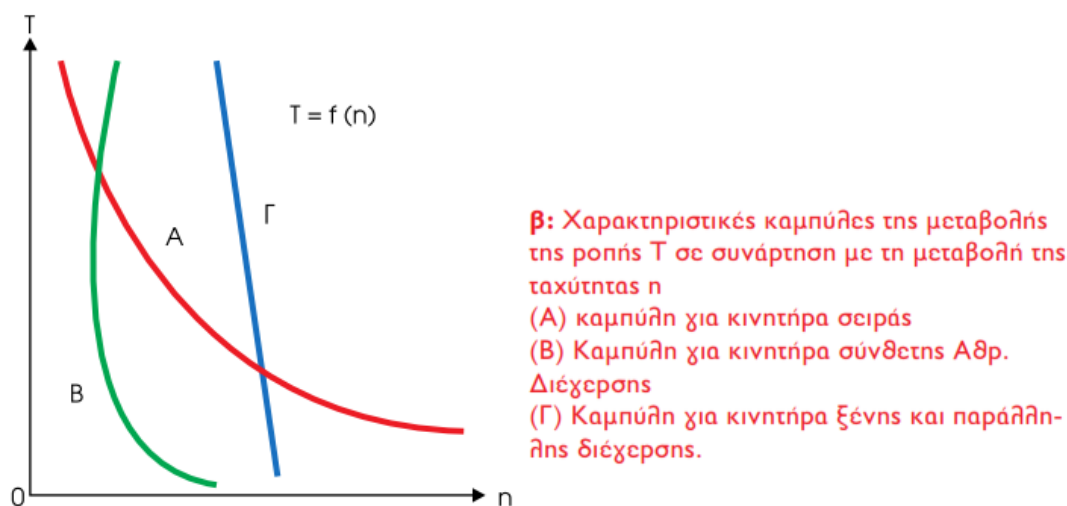
Στους κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης, εφόσον η μαγνητική ροή Φ είναι σταθερή η ροπή T μεταβάλλεται γραμμικά με το ρεύμα τυμπάνου όπως φαίνεται και στην καμπύλη Γ του σχήματος 3.3. Σε μεγάλες τιμές ρεύματος η ροπή στρέψης αυξάνει λιγότερο λόγω αντίδρασης επαγωγικού τυμπάνου. Στους κινητήρες διέγερσης σειράς έχουμε απότομη αύξηση της ροπής με την αύξηση του φορτίου του κινητήρα που προκύπτει από τη σχέση:

$$T = K\Phi I_T^2$$

Δηλαδή η ροπή του κινητήρα είναι ανάλογη με το τετράγωνο του ρεύματος του τυμπάνου. Αποτέλεσμα της σχέσης αυτής είναι ο κινητήρας με διέγερση σειράς να δίνει τη μεγαλύτερη ροπή ανά μονάδα ρεύματα από οποιοδήποτε άλλο κινητήρα συνεχούς ρεύματος. Ο κινητήρας σύνθετης αθροιστικής διέγερσης όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3 εμφανίζει ενδιάμεση συμπεριφορά.



Σχήμα 3.3 Εξάρτηση της ροπής από το ρεύμα φόρτισης για τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος [5].



Σχήμα 3.4 Εξάρτηση της ροπής από τις στροφές για τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος πάνω από το σημείο K του σχήματος 2.3 [5].

Για φορτία λειτουργίας κινητήρα, συνήθως πάνω από το σημείο K του Σχήματος 3.3 ο κινητήρας διέγερσης σειράς δίνει τη μεγαλύτερη ροπή και στη συνέχεια ο κινητήρας αθροιστικής σύνθετης διέγερσης μεγαλύτερης από τον κινητήρα ξένης και παράλληλης διέγερσης Σχήμα 3.4).

Επιλογή τύπου κινητήρα συνεχούς ρεύματος

Ο κινητήρας του ηλεκτρικού αυτοκινήτου πρέπει να ικανοποιεί κάποιες βασικές απαιτήσεις όπως:

- ✓ Να δίνει μεγάλη ροπή εκκίνησης για να ξεκινήσει το αυτοκίνητο
- ✓ Να μπορεί να ανεβάσει το αυτοκίνητο σε δρόμους με ανοδική κλίση
- ✓ Να μπορεί να δώσει στο αυτοκίνητο ικανοποιητική επιτάχυνση και ταχύτητα
- ✓ Να έχει καλή απόδοση λειτουργίας
- ✓ Να δίνει στο αυτοκίνητο ελαστικότητα λειτουργίας σε μεγάλο φάσμα στροφών

Ο κινητήρας που ικανοποιεί τις περισσότερες από τις παραπάνω απαιτήσεις είναι ο κινητήρας διέγερσης σειράς. Όταν καλείται να αντιμετωπίσει αύξηση φορτίου (εκκίνηση, ανοδική κλίση) χαμηλώνει τις στροφές του, μειώνεται η αντιηλεκτρεγερτική δύναμη, αυξάνεται το ρεύμα που απορροφά από το δίκτυο και φυσικά αυξάνεται τετραγωνικά σε σχέση με το ρεύμα, η ροπή του κινητήρα.

Η μεγάλη ροπή, δίνει μεγάλη ροπή επιτάχυνσης που επιταχύνει το όχημα και του δίνει τη δυνατότητα να κινείται σε δύσκολες συνθήκες πολλές φορές χωρίς να χρειάζεται σύστημα μετάδοσης κίνησης (διαφορικό)

Στο σχήμα 3.4 φαίνεται ότι ο κινητήρας διέγερσης σειράς δίνει μεγάλη ροπή σε ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων. Αυτό του δίνει ελαστικότητα λειτουργίας. Ο κινητήρας παράλληλης και ξένης διέγερσης παρουσιάζει αρκετά ικανοποιητική ροπή εκκίνησης και δεν έχει πρόβλημα στη λειτουργία με ελαττωμένο ή και μηδενικό φορτίο. Ο κινητήρας αθροιστικής σύνθετης έχει ικανοποιητικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι δύσκολος ο έλεγχος λειτουργίας του και έχει αυξημένο κόστος κατασκευής.

Πίνακας 3.1 Κινητήρες συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται σε διάφορα μοντέλα ηλεκτρικών αυτοκινήτων [5]

Τύπος αυτοκινήτου	Τύπος κινητήρα
Fiat (X1/23)	ξένης διέγερσης
Fiat (900E/E2)	ξένης διέγερσης
Iveco (D-E2)	ξένης διέγερσης
Touota (EV-2)	ξένης διέγερσης
Peugeot (205 electrique)	ξένης διέγερσης
Renault (master electrique)	ξένης διέγερσης
Fiat (ECO - PIN)	σύνθετης διέγερσης
G.M. (512)	διέγερσης σειράς
Fiat (Pugato)	διέγερσης σειράς
Fiat (Panda Elettra)	διέγερσης σειράς
Volkswagen (Micro)	παράλληλης διέγερσης
Nissan (EV-4)	παράλληλης διέγερσης
Uniq Mobility (M-90)	παράλληλης διέγερσης

Τα τελευταία χρόνια με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος μπορούμε εύκολα να μεταβάλουμε τάσεις και ρεύματα τροφοδοσίας στους κινητήρες παράλληλης και ξένης διέγερσης και να μετατοπίσουμε τις καμπύλες ροπής-στροφών σε περιοχές λειτουργίας που θέλουμε. Οι κινητήρες παράλληλης διέγερσης κερδίζουν συνεχώς έδαφος στο χώρο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων.

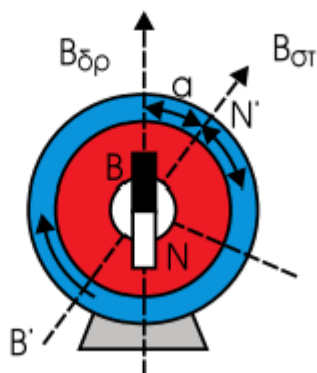
Η δυνατότητα ελέγχου του κινητήρα ξένης διέγερσης μέσω ηλεκτρονικού ελεγκτή δύο επιπέδων με ανεξάρτητο έλεγχο της τάσης τροφοδοσίας του τυμπάνου και του ρεύματος διέγερσης, έχει σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα διαμόρφωσης της καμπύλης ροπής-στροφών του κινητήρα όπως εμείς θέλουμε, έτσι ώστε να ικανοποιούνται κάθε φορά οι απαιτήσεις. Συμπεραίνουμε ότι θα χρησιμοποιούνται οι κινητήρες αυτοί όλο και περισσότερο. Στο πίνακα 3.1 φαίνονται οι τύποι κινητήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτροκίνητα αυτοκίνητα.

3.6 ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

3.6.1 Σύγχρονοι τριφασικοί κινητήρες

Ο στάτης του σύγχρονο κινητήρα αποτελείται από τρία τυλίγματα διατεταγμένα στο χώρο με γωνία 120 μοιρών μεταξύ τους και τροφοδοτούνται από τριφασικό δίκτυο με τάσεις που έχουν διαφορά φάσης 120 μοιρών. Στο εσωτερικό του στάτη δημιουργείται περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο σύγχρονης ταχύτητας $n=(60*f)/p$.

Ο δρομέας αποτελείται από περιέλιξη που τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα μέσα από δύο δακτυλίδια και ψύκτρες. Στο σχήμα 3.5 φαίνεται το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο $B'N'$ του στάτη και το μαγνητικό πεδίο BN του δρομέα. Οι μαγνητικοί πόλοι N' και B' ασκούν ελκτικές δυνάμεις στους ετερόνυμους πόλους B και N του δρομέα και τον αναγκάζουν να περιστραφεί με την ίδια ταχύτητα. Όταν το φορτίο αυξάνεται, ο δρομέας καθυστερεί και αυξάνεται η γωνία φορτίου α των δύο μαγνητικών πεδίων. Η μέγιστη τιμή της γωνίας α για να μπορεί ο δρομέας να παρακολουθεί το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο, είναι το μισό της γωνιακής απόστασης των δύο διαδοχικών πόλων.

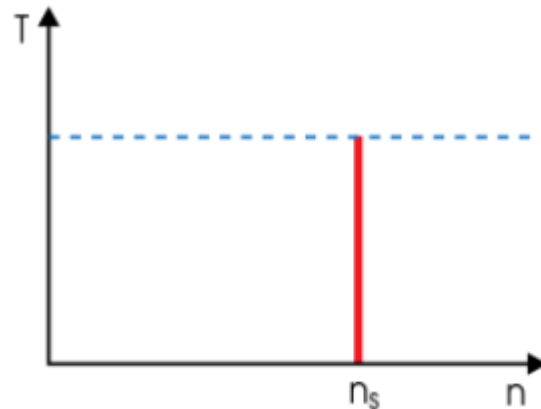


Σχήμα 3.5 Τα μαγνητικά πεδία στάτη και δρομέα στον σύγχρονο κινητήρα [5].

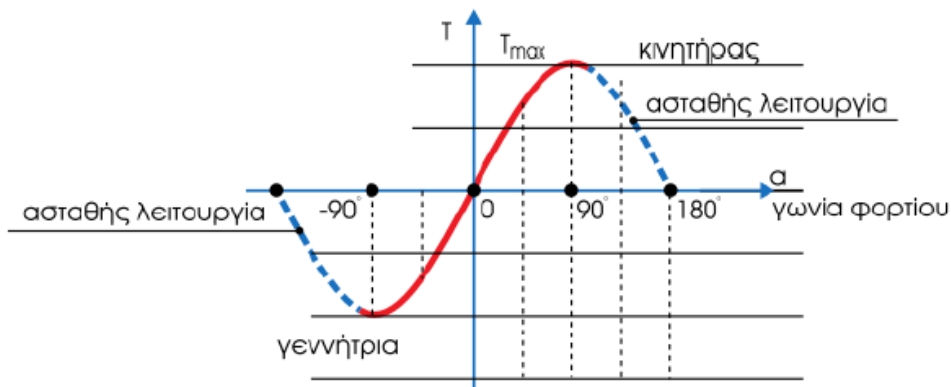
Κατά την εκκίνηση ο δρομέας, λόγω αδράνειας, δεν μπορεί να αποκτήσει αμέσως τη σύγχρονη ταχύτητα, δεν είναι όμως δυνατόν να λειτουργήσει με ταχύτητα μικρότερη από τη σύγχρονη και επομένως χρειάζεται εκκινητή.

Οι συνηθέστεροι εκκινητές είναι:

- 1) Μικρός κινητήρας Συνεχούς Ρεύματος, που περιστρέφει το δρομέα όπως η μίζα το στρόφαλο, μέχρι να φθάσει στη σύγχρονη ταχύτητα.
- 2) Ειδική κατασκευή τυλίγματος κλωβού στα πέδιλα του δρομέα (τύλιγμα απόσβεσης) που του δίνει τη δυνατότητα να ξεκινήσει σαν ασύγχρονος και αφού επιταχυνθεί να τροφοδοτηθεί με συνεχές ρεύμα και να λειτουργήσει σαν σύγχρονος.
- 3) Εκκίνηση με μείωση της συχνότητας τροφοδοσίας. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος μπορούμε να μεταβάλουμε τη συχνότητα τροφοδοσίας με ανορθωτές – αντιστροφείς και κυκλομετατροπείς. Κατά την εκκίνηση τροφοδοτούμε τον στάτη με τάση πολύ μικρής συχνότητας. Έτσι το μαγνητικό πεδίο στρέφεται πολύ αργά και ο δρομέας μπορεί να το παρακολουθήσει.



Σχήμα 3.6 Χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-ταχύτητας [5].



Σχήμα 3.7 Χαρακτηριστική καμπύλη ροπής-γωνίας φορτίου [5].

Ο σύγχρονος κινητήρας συνδέεται με ένα φορτίο που μπορεί να το περιστρέψει με σταθερή ταχύτητα τη σύγχρονη ταχύτητα με την προϋπόθεση να διατηρείται σταθερή η τάση και η συχνότητα τροφοδοσίας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.6 η ταχύτητα του κινητήρα είναι σταθερή από το σημείο λειτουργίας χωρίς το φορτίο μέχρι τη μέγιστη ροπή. Η μέγιστη ροπή μπορεί να αυξηθεί, είτε με την αύξηση του ρεύματος διέγερσης είτε με την αύξηση της τάσης τροφοδοσίας. Η ισχύς και η ροπή που αποδίδει ο σύγχρονος κινητήρας με σταθερή τάση τροφοδοσίας και σταθερή διέγερση είναι ανάλογο με το ημίτονο της γωνίας φορτίου. Όταν προστεθεί φορτίο στον άξονα ο δρομέας θα μείνει ελάχιστα πίσω ως προς το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη.

Η γωνία φορτίου α θα μεγαλώσει ώστε να μεγαλώσει η ροπή και να προσαρμοστεί στο νέο αυξημένο φορτίο. Οι απαιτήσεις του φορτίου μπορούν να καλυφθούν μέχρι μία μέγιστη τιμή T_{max} που μπορεί να δώσει ο σύγχρονος κινητήρας και αντιστοιχεί σε γωνία φορτίου 90 μοιρών (σχήμα 3.3). Αν οι απαιτήσεις του φορτίου ξεπεράσουν την μέγιστη τιμή, ο κινητήρας αποσυγχρονίζεται, επιβραδύνεται λόγω της επίδρασης της πλεονάζουσας ροπής του άξονα και η λειτουργία του διακόπτεται. Με αρνητικές γωνίες φορτίου, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.7 η μηχανή λειτουργεί σαν γεννήτρια προσφέροντας ηλεκτρική πέδηση και φόρτιση των συσσωρευτών.

Πλεονεκτήματα σύγχρονου κινητήρα

- ✓ Μεγάλος βαθμός απόδοσης λόγω ελάχιστων απωλειών.
- ✓ Μεγάλη ροπή σε όλες τις περιοχές στροφών.
- ✓ Μικρό κόστος για συντήρηση.
- ✓ Πλήρης έλεγχος μέσω ρύθμισης με ηλεκτρονικά ισχύος.
- ✓ Λειτουργεί και ως γεννήτρια για πέδηση με φόρτιση των συσσωρευτών του αυτοκινήτου.

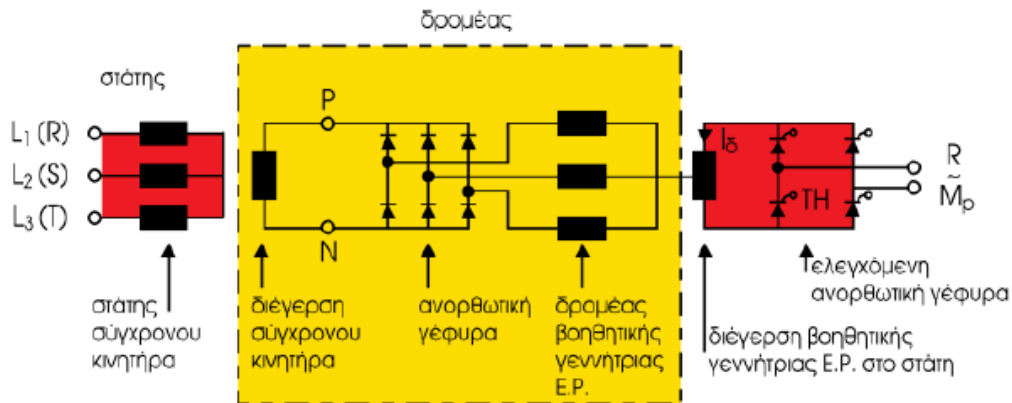
Μειονεκτήματα σύγχρονου κινητήρα

- ✓ Υψηλή τιμή αγοράς κινητήρα και ηλεκτρονικού ρυθμιστή.

Οι σύγχρονοι κινητήρες σε συνδυασμό με ηλεκτρονικούς ρυθμιστές κερδίζουν συνεχώς έδαφος στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα. Χρησιμοποιούνται από την Fiat, την Renault και την Audi.

Σύγχρονος κινητήρας χωρίς ψήκτρες

Το ευαίσθητο σημείο ενός σύγχρονου κινητήρα είναι η μετάβαση του συνεχούς ρεύματος διέγερσης στα στρεφόμενα δακτυλίδια μέσω ψηκτρών. Η κατασκευή σύγχρονου κινητήρα χωρίς ψήκτρες έγινε δυνατή με την ανάπτυξη ηλεκτρονικών ισχύος, που ανορθώνουν ρεύματα υψηλής έντασης.



Σχήμα 3.8 Σύγχρονος κινητήρας χωρίς ψήκτρες [5].

Μονοφασική εναλλασσόμενη τάση ανορθώνεται μέσα από γέφυρα τεσσάρων διόδων ή καλύτερα τεσσάρων θυρίστωρ για πλήρη ελεγχόμενη τάση και τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα I τη διέγερση μιας βοηθητικής γεννήτριας. Αυτή με τη σειρά της τροφοδοτεί με εναλλασσόμενο ρεύμα που παράγεται στο δρομέα της, μια ανορθωτική γέφυρα έξι διόδων που βρίσκεται πάνω στο δρομέα. Η γέφυρα αυτή τροφοδοτεί με συνεχές ρεύμα τη διέγερση του σύγχρονου κινητήρα που βρίσκεται και αυτή πάνω στο δρομέα αντί να τροφοδοτείται η διέγερση μέσω δακτυλίου και ψηκτρών τροφοδοτείται ηλεκτρομαγνητικά.

3.6.2 Ασύγχρονοι Κινητήρες

Οι ασύγχρονοι κινητήρες αποτελούν την πιο διαδεδομένη επιλογή σε βιομηχανικές και οικιακές εφαρμογές. Πλέον, με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών και μεθόδων ελέγχου τους κατέχουν ένα σημαντικό κομμάτι επί του ποσοστού των κινητήρων που τροφοδοτούν ηλεκτρικά και υβριδικά οχήματα. Στα κύρια πλεονεκτήματα τους συγκαταλέγονται η απλή και στιβαρή κατασκευή τους, το χαμηλό κόστος και η έλλειψη τακτικής συντήρησης. Οι ασύγχρονοι κινητήρες συναντώνται σε διάφορες μορφές ανάλογα με τη φύση της εφαρμογής τους. Παρόλο που η σχεδίαση τους είναι απλούστερη σε σύγκριση με τις μηχανές συνεχούς ρεύματος, ο έλεγχος της ταχύτητας και ροπής τους απαιτεί βαθύτερη γνώση του σχεδιασμού και των χαρακτηριστικών της μηχανής.

Βασικά κατασκευαστικά στοιχεία και λειτουργία

Όπως οι περισσότεροι ηλεκτρικοί κινητήρες, οι ασύγχρονοι αποτελούνται από μία σταθερή εξωτερική κατασκευή, το στάτη και ένα κινούμενο τμήμα, το δρομέα, ο οποίος περιστρέφεται στο εσωτερικό με ένα μικρό διάκενο αέρα να ορίζει την απόσταση μεταξύ τους.

Στο εσωτερικό του ασύγχρονου κινητήρα ένα περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο είναι υπεύθυνο για την κίνηση του ρότορα. Στους τριφασικούς ασύγχρονους κινητήρες το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργείται λόγω της φύσης της τροφοδοσίας. Στους μονοφασικούς κινητήρες για να επιτευχθεί αυτό απαιτούνται

πρόσθετα ηλεκτρικά κυκλώματα. Κατά τη λειτουργία δημιουργούνται στον ασύγχρονο κινητήρα δύο ξεχωριστά μαγνητικά πεδία. Το μαγνητικό πεδίο του στάτη οφείλεται στην τροφοδοσία. Στο δρομέα έχουμε εμφάνιση τάσης από επαγωγή από το στάτη, η οποία ευθύνεται για τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου σε αυτόν. Εξαιτίας του σημαντικού ρόλου που παίζει το φαινόμενο της επαγωγής οι ασύγχρονοι κινητήρες ονομάζονται και επαγωγικοί. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των πεδίων προκαλεί ροπή στον άξονα του κινητήρα.

Κατασκευαστικά στοιχεία του στάτη

Ο στάτης μιας ασύγχρονης μηχανής κατασκευάζεται από λεπτά ελάσματα αλουμινίου ή σιδήρου. Αυτά τοποθετούνται σε σειρά για να σχηματίσουν μία κυλινδρική κατασκευή που φέρει αυλακώσεις στο εσωτερικό του. Στις αυλακώσεις τοποθετούνται τυλίγματα από μονωμένους αγωγούς, τα οποία μαζί με τον πυρήνα σιδηρομαγνητικού υλικού σχηματίζουν ένα ηλεκτρομαγνήτη όταν δεχθούν εναλλασσόμενη τροφοδοσία. Ο αριθμός των πόλων του ηλεκτρομαγνήτη που δημιουργείται εξαρτάται από τις εσωτερικές διασυνδέσεις των τυλιγμάτων, που σε κάθε περίπτωση είναι συνδεδεμένα με τέτοιο τρόπο ώστε κατά την εφαρμογή εναλλασσόμενης τάσης να δημιουργούν περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο.

Κατασκευαστικά στοιχεία δρομέα

Ο δρομέας κατασκευάζεται και αυτός από λεπτά χαλύβδινα ελάσματα ενώ στην περιφέρεια του φέρει μπάρες φτιαγμένες από αλουμίνιο ή χαλκό ή τυλίγματα. Ο περισσότερο διαδεδομένος τύπος δρομέα είναι αυτός που οι μπάρες του είναι βραχυκυκλωμένες μέσω δακτυλίων στις άκρες του ρότορα (squirrel cage rotor). Η προτίμηση σε αυτόν τον τύπο δρομέα οφείλεται στην απλότητα και ανθεκτικότητα του. Ο δρομέας εδράζεται στο περίβλημα του στάτη χρησιμοποιώντας διατάξεις ρουλεμάν για την ομαλή περιστροφή του.

Ταχύτητα ασύγχρονου κινητήρα

Το μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται στο στάτη στρέφεται με τη σύγχρονη ταχύτητα N_s :

$$N_s = \frac{f}{p}$$

όπου N_s είναι ο σύγχρονος αριθμός στροφών, p ο αριθμός των ζευγών πόλων του στάτη και f είναι η συχνότητα τροφοδοσίας.

Για να ελαττώσει τη σχετική ταχύτητα με αναφορά το περιστρεφόμενο μαγνητικό πεδίο του στάτη, ο δρομέας ξεκινά να περιστρέφεται στη φορά περιστροφής του πεδίου και προσπαθεί να πιάσει τη σύγχρονη ταχύτητα. Στην πράξη ο δρομέας περιστρέφεται με αριθμό στροφών μικρότερο από το σύγχρονο. Η διαφορά των δύο ταχυτήτων σε σχέση με την σύγχρονη ταχύτητα ορίζει τη σχετική ολίσθηση:

$$s = \frac{N_s - N_b}{N_s}$$

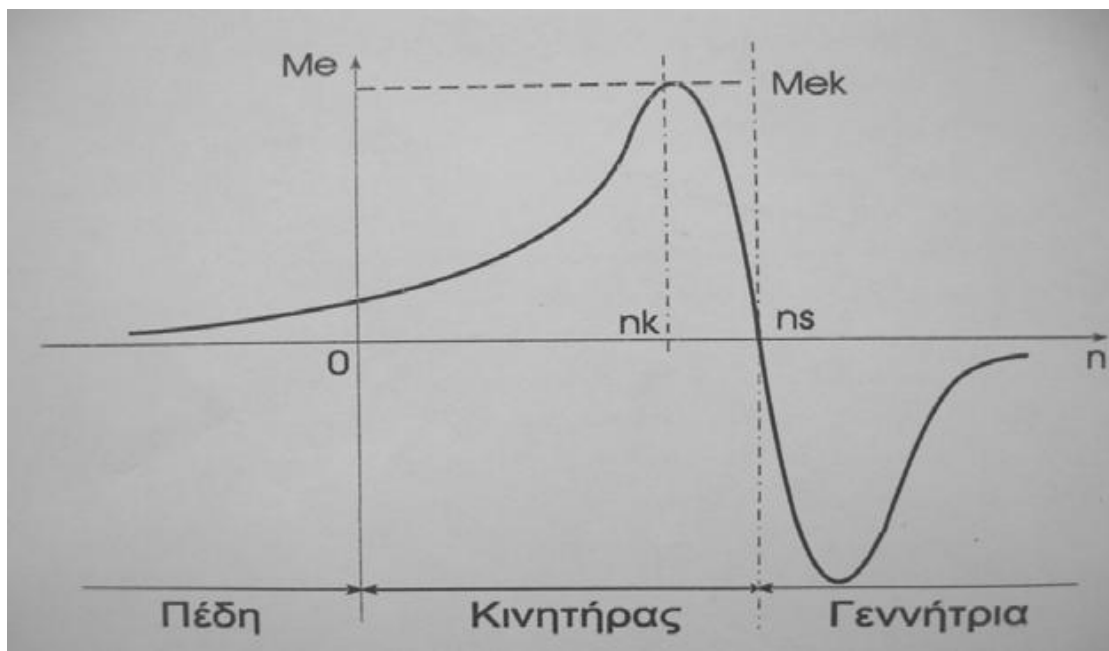
Όπου:

s είναι η σχετική ολίσθηση

N_s ο σύγχρονος αριθμός στροφών

N_b ο τρέχων αριθμός στροφών

Η ολίσθηση διαφοροποιείται ανάλογα με το φορτίο. Καθώς το φορτίο αυξάνεται, η ολίσθηση αυξάνεται και ο ρότορας επιβραδύνεται.



Σχήμα 3.9 Χαρακτηριστική ροπής-στροφών του ασύγχρονου τριφασικού κινητήρα [5].

Μονοφασικοί κινητήρες

Σε εφαρμογές που δεν υπάρχει δυνατότητα τριφασικής τροφοδοσίας χρησιμοποιούνται μονοφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες. Όπως δηλώνεται και από την ονομασία τους, οι κινητήρες αυτοί έχουν μόνο ένα τύλιγμα στο στάτη και λειτουργούν με μονοφασική τροφοδοσία. Ο δρομέας των μονοφασικών κινητήρων είναι βραχυκυκλωμένου κλωβού. Η ιδιαιτερότητα τους είναι ότι δεν μπορούν να εκκινήσουν κατά τη σύνδεση τους στο δίκτυο. Στο εσωτερικό της μηχανής δημιουργούνται δύο πεδία που στρέφονται με αντίθετη φορά το ένα από το στάτη και το δεύτερο από το δρομέα λόγω επαγωγής τάσης σε αυτόν, η συνιστώσα των οποίων παραμένει μηδενική και δεν είναι ικανή να δημιουργήσει ροπή εκκινήσεως.

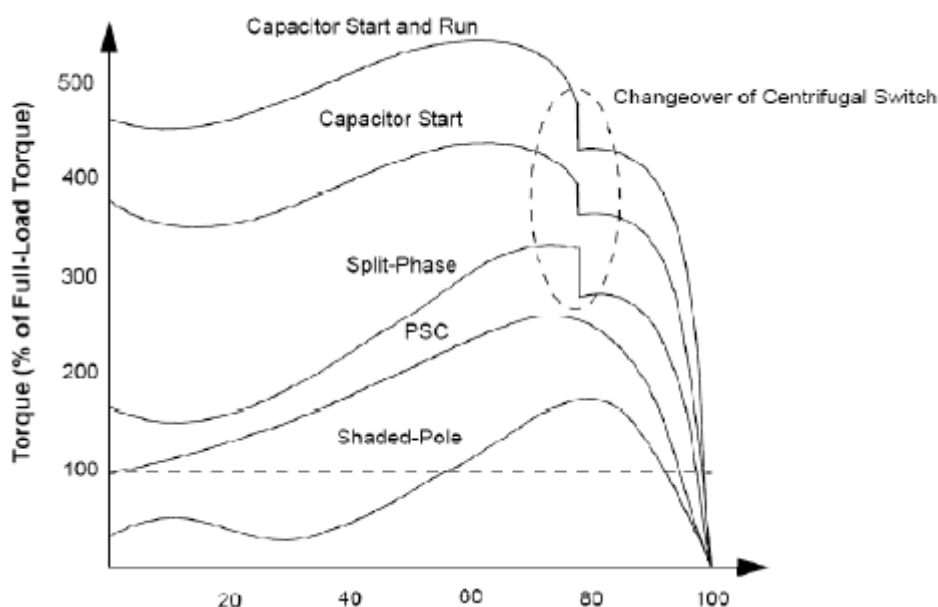
Απαιτείται λοιπόν ένας εξωτερικός μηχανισμός που θα μπορέσει να στρέψει αρχικά τη μηχανή. Όταν ο δρομέας αποκτήσει μια ταχύτητα, η μηχανή μπορεί να

διατηρήσει την περιστροφή του πεδίου της προς μία κατεύθυνση και να παράγει ροπή.

Για την εκκίνηση τους οι μονοφασικές μηχανές έχουν συνήθως και ένα επιπλέον τύλιγμα στο στάτη, το οποίο έχει εν σειρά ένα χωρητικό στοιχείο και έναν φυγοκεντρικό διακόπτη. Κατά την εφαρμογή της τροφοδοσίας, το κύριο τύλιγμα φέρει ρεύμα που έχει διαφορετική φάση από αυτό που ρέει στο δευτερεύον. Η αλληλεπίδραση των δύο διαφορετικών πεδίων συντελεί στη δημιουργία ενός συνισταμένου πεδίου, περιστρεφόμενου προς μία κατεύθυνση, προς την οποία αρχίζει και στρέφεται ο κινητήρας. Μόλις ο κινητήρας φτάσει έναν καθορισμένο αριθμό στροφών, μικρότερο των ονομαστικών του, ο φυγοκεντρικός διακόπτης αποσυνδέει το τύλιγμα εκκινήσεως, καθώς ο κινητήρας μπορεί να διατηρήσει τη ροπή του.

Οι μονοφασικοί κινητήρες, εκτός από ειδικές κατασκευές, χρησιμοποιούνται συνήθως για εφαρμογές μικρής ισχύος. Ανάλογα με τη μορφή του μηχανισμού εκκινήσεως μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ✓ Μηχανή με τυλίγματα διαφορετικής φάσης (split-phase).
- ✓ Μηχανή με πυκνωτή εκκίνησης.
- ✓ Μηχανή με μόνιμα συνδεδεμένο πυκνωτή στο βοηθητικό τύλιγμα.
- ✓ Μηχανή με πυκνωτή εκκινήσεως και μόνιμο πυκνωτή λειτουργίας.
- ✓ Μηχανή ασύμμετρων πόλων.



Σχήμα 3.10 Χαρακτηριστικές ροπής-στροφών διαφόρων μονοφασικών ασύγχρονων κινητήρων [5].

Τριφασικοί κινητήρες

Οι τριφασικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές που οι απαιτήσεις τους σε ισχύ ξεπερνούν τα όρια εφαρμογής των μονοφασικών. Μπορούν να εκκινήσουν χωρίς κάποιο βοηθητικό κύκλωμα. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι

περισσότεροι εκ των τριφασικών κινητήρων φέρουν δρομέα βραχυκυκλωμένου κλωβού, όμως σε αυτό το ζήτημα υπάρχουν και διαφορετικές σχεδιάσεις. Μπορούμε να κατατάξουμε τους κινητήρες ανάλογα με την κατασκευή του δρομέα τους σε:

Βραχυκυκλωμένου δρομέα: Αποτελούν την πιο απλή και οικονομική επιλογή.

Μία ιδιαιτερότητα του δρομέα βραχυκυκλωμένου κλωβού είναι ότι οι μπάρες που φέρει στην περιφέρεια του δεν είναι τοποθετημένες παράλληλα με τον άξονα της μηχανής, αλλά υπό μία μικρή κλίση. Οι λόγοι είναι η μείωση των δονήσεων λόγω ηλεκτρομαγνητικού θορύβου καθώς και τον περιορισμό των ανώτερων αρμονικών. Πρόσθετα, η κλίση στις μπάρες αποτρέπει τις τάσεις «κλειδώματος» του ρότορα, καθώς οι μπάρες τείνουν να ακινητοποιηθούν κάτω από τα δόντια του στάτη, ιδιαίτερα όταν ο αριθμός τους είναι ίσος. Ο δρομέας στηρίζεται μέσω ρουλεμάν στο σώμα της μηχανής και η προέκταση του άξονα του χρησιμοποιείται για να μεταδώσει την κίνηση σε διάφορα φορτία.

Δακτυλιοφόρου δρομέα: Εδώ ο δρομέας φέρει τυλίγματα παρόμοια με αυτά του στάτη τα οποία δεν είναι βραχυκυκλωμένα στις άκρες τους, αλλά καταλήγουν σε δακτυλίους ώστε να μπορεί να συνδεθεί σε αυτούς κάποιο εξωτερικό κύκλωμα, συνήθως ωμικό φορτίο. Η ολίσθηση στην οποία εμφανίζεται η ροπή ανατροπής του κινητήρα είναι ανάλογη της αντίστασης των τυλιγμάτων του δρομέα. Με την αύξηση των εξωτερικά συνδεδεμένων αντιστάσεων μέσω των δακτυλίων πετυχαίνουμε τη μετατόπιση της ροπής ανατροπής σε χαμηλότερες στροφές περιστροφής του κινητήρα και επομένως μεγαλύτερο ωφέλιμο εύρος στροφών. Με τιμές της αντίστασης πολύ μεγάλες, η ροπή ανατροπής εμφανίζεται από μηδενική ταχύτητα, παρέχοντας τη δυνατότητα για μεγάλη ροπή εκκινήσεως. Καθώς ο κινητήρας επιταχύνει, η τιμή της εξωτερικής αντίστασης μπορεί να μειωθεί ώστε να προσαρμοστεί η χαρακτηριστική του κινητήρα στο τρέχον φορτίο. Όταν ο κινητήρας φτάσει τις ονομαστικές του στροφές, οι εξωτερικές αντιστάσεις μπορούν να αποσυνδεθούν ώστε να περάσουμε καθαρά σε λειτουργία επαγωγικού κινητήρα. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ροπή εκκινήσεως και γρήγορη επιτάχυνση ως τις ονομαστικές στροφές με περιορισμένα ρεύματα. Στον αντίποδα, η ύπαρξη των δακτυλίων απαιτεί και ψήκτρες για τη σύνδεση τους με τα τυλίγματα του δρομέα, δεδομένο που αυξάνει το κόστος και την ανάγκη συντήρησης.

Δρομέα χωρίς αυλακώσεις: Στον τελευταίο αυτό τύπο δρομέα απουσιάζουν οι αυλακώσεις και δεν φέρει τυλίγματα ή μπάρες. Η ροπή δημιουργείται από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου και των διοραμάτων του σιδηρομαγνητικού υλικού του δρομέα. Λόγω της αντοχής του δρομέα στις φυγοκεντρικές δυνάμεις, οι κινητήρες αυτού του τύπου μπορούν να επιτύχουν υψηλό αριθμό στροφών.

3.6.3 Επιλογή τύπου κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος

Ο σύγχρονος κινητήρας λειτουργεί πάντα κοντά στη μέγιστη ροπή και ισχύ, Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη απόδοση από όλους τους κινητήρες με δυνατότητα ρύθμισης του συντελεστή ισχύος μέσα από ρύθμιση της διέγερσης. Μπορεί να δώσει μέγιστη ροπή ακόμα και σε ελάχιστη ταχύτητα. Λειτουργεί σαν γεννήτρια για ηλεκτρική πέδη και φόρτιση συσσωρευτή. Το μειονέκτημα του σύγχρονου κινητήρα είναι το υψηλό κόστος κατασκευής και η συντήρηση που χρειάζεται λόγω δακτυλιδιών και ψηκτρών. Στους σύγχρονους κινητήρες χωρίς ψήκτες έχει ξεπεραστεί το τελευταίο πρόβλημα και έχει βελτιωθεί η απόδοση. Με την ανάπτυξη των ηλεκτρονικών ισχύος κατασκευάστηκαν ηλεκτρονικοί ρυθμιστές ταχύτητας που ξεπέρασαν τη βασική αδυναμία του σύγχρονου κινητήρα που ήταν η δυνατότητα του να κινείται μόνο με τη σύγχρονη ταχύτητα.

Ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας έχει απλή κατασκευή, το χαμηλότερο κόστος από όλους τους κινητήρες χρειάζεται ελάχιστη συντήρηση, έχει το μικρότερο βάρος και όγκο δεν χρειάζεται τροποποιήσεις και ειδικό σχεδιασμό για αυτοκίνηση. Παρουσιάζει τις λιγότερες βλάβες από όλους τους κινητήρες και μπορεί να λειτουργήσει και αυτός σαν γεννήτρια για ηλεκτρική πέδηση και φόρτιση συσσωρευτή. Έχει μεγάλη ροπή εκκίνησης που δεν είναι όμως σταθερή με την αύξηση των στροφών. Με τους ηλεκτρονικούς ρυθμιστές είναι αρκετά ικανοποιητική η ροπή και η ισχύς για κίνηση ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Το κόστος των ηλεκτρικών ρυθμίσεων είναι ακόμα πολύ μεγάλο και φθάνει λίγο κάτω από το κόστος του συστήματος κίνησης. Η επιλογή σύγχρονου ή ασύγχρονου κινητήρα είναι δύσκολη και έχει σχέση με τις προτεραιότητες που έχει ο κατασκευαστής.

Για παράδειγμα αν επιθυμούμε να κατασκευάσουμε ένα μικρό φθινό ηλεκτρικό αυτοκίνητο πόλης με ικανοποιητικές επιδόσεις που ο όγκος και το βάρος πρέπει να ελαχιστοποιηθούν υπερτερεί ο ασύγχρονος τριφασικός κινητήρας.

4. ΥΒΡΙΔΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

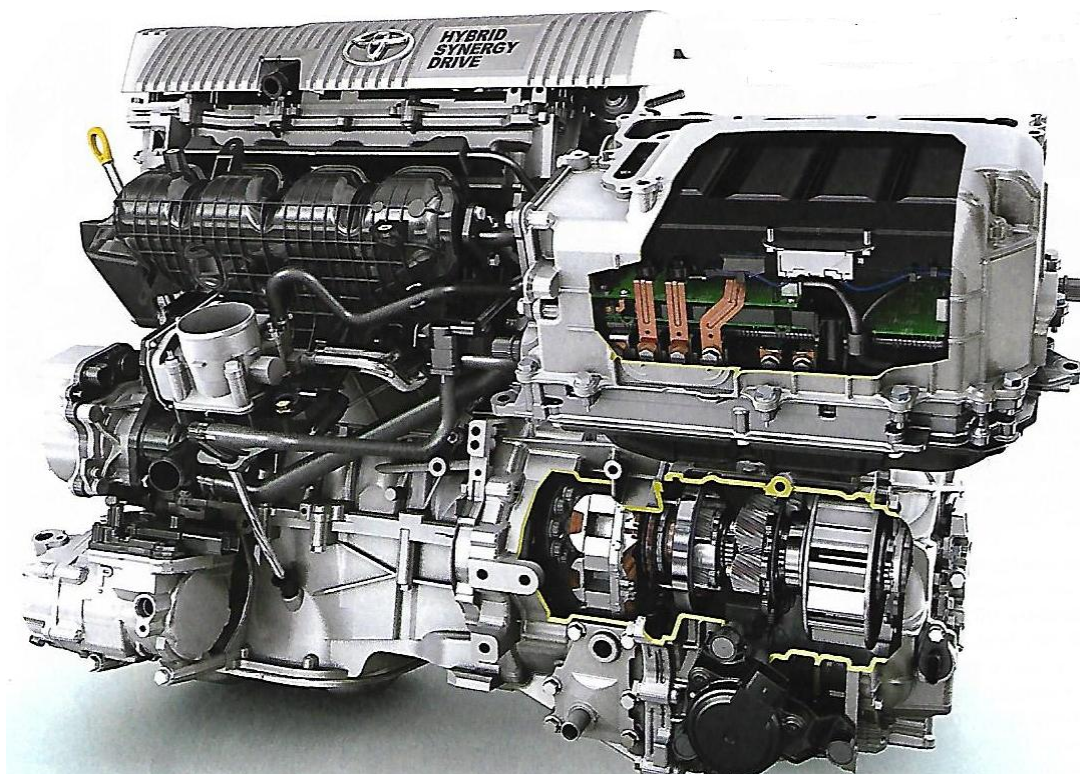
4.1 ΥΒΡΙΔΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Η εξέλιξη ηλεκτρικών και βενζινοκίνητων αυτοκινήτων έχει μόλις αρχίσει, και θα χρειαστούν αρκετές δεκαετίες καινοτομιών, που θα τα βοηθήσουν να απαλύνουν τα μειονεκτήματα και να ενισχύσουν τα πλεονεκτήματά τους. Η αναζήτηση άλλων λύσεων δε σταματά. και ο συνδυασμός των δύο concept αποτελεί τη λογική συνέχεια, που φιλοδοξεί να πάει τα πράγματα ένα βήμα παραπέρα. Ηθικός αυτουργός δεν είναι άλλος από τον Φέρντιναντ Πόρσε. Ως σχεδιαστής της Lohner. έχει ήδη παρουσιάσει ένα ηλεκτροκίνητο όχημα με δύο ηλεκτροκινητήρες ενσωματωμένους στις πλήμνες των τροχών, καθώς και ένα τετρακίνητο αγωνιστικό με τέσσερα ηλεκτρικό μοτέρ. Επόμενος στόχος το υβριδικό σύστημα μετάδοσης, που θα παντρέψει τη μεγάλη αυτονομία του βενζινοκινήτηρα με την ευχρηστία του ηλεκτρικού μοτέρ. Το πρωτότυπο Semper Vivus βασίζεται πάνω στο αγωνιστικό αυτοκίνητο του Πόρσε. Δύο ηλεκτρικά μοτέρ στις πλήμνες των εμπρός τροχών συνδυάζονται με δύο υδρόψυκτους κινητήρες DeDion Bouton 3,5 ίππων, τοποθετημένους στο κέντρο του αυτοκινήτου, οι οποίοι, με τη Βοήθεια γεννητριών παράγουν 20A και τάση 90V. Για να δημιουργηθεί ο απαραίτητος για την εγκατάστασή τους χώρος, η μπαταρία των 74 στοιχείων αντικαθίσταται από μία μικρότερη 44 στοιχείων. Η ηλεκτρική ενέργεια κινεί τα ηλεκτρικά μοτέρ, και το περίσσειμα αποθηκεύεται στην μπαταρία.

Το πρώτο σε σειρά υβριδικό αυτοκίνητο είναι γεγονός! Το 1901 το πρωτότυπο παρουσιάζεται στην έκθεση αυτοκινήτου στο Παρίσι, και την ίδια χρονιά είναι έτοιμη η έκδοση παραγωγής του. που ακούσει στο όνομα «Mixte». Εδώ χρησιμοποιείται ένας 4κύλινδρος κινητήρας 5,5 λίτρων και 25 ίππων. τοποθετημένος μπροστά, ο οποίος ενώνεται με άξονα μετάδοσης με τη γεννήτρια. Οι μπαταρίες συρρικνώνονται κι άλλο, ώστε να περιορίσουν το βάρος του αυτοκινήτου, που ακόμα κι έτσι φτάνει τα 1.200 κιλά, επηρεάζοντας αισθητά και την αμιγώς ηλεκτρική αυτονομία. Πέρα από τον αυξημένο για την εποχή βαθμό απόδοσης του συστήματος, ένα επιπλέον προτέρημα είναι πως, με την αντιστροφή της πολικότητας, η γεννήτρια λειτουργεί ως ηλεκτρική μίζα. εκκινώντας άνετα και εύκολα το βενζινοκινήτηρα. Παρά το γεγονός πως μέχρι το τέλος της χρονιάς έχουν βρεθεί πέντε αγοραστές για το πανάκριβο Mixte (κοστίζει έως και το διπλάσιο ενός ανάλογου βενζινοκίνητου αυτοκινήτου), η εμπορική του επιτυχία είναι μηδαμινή: έως το 1905 θα παραχθεί σε μόλις 11 αντίτυπα. Το υβριδικό

σύστημα περνά στην αφάνεια και χρησιμοποιείται μόνο σε ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές και στα γερμανικά τανκς Tiger του Β' Παγκόσμιου Πολέμου.

Χρειάζονται πάνω από εκατό χρόνια για να επανέλθουν με αξιώσεις στην αγορά τα υβριδικά αυτοκίνητα, με την παρουσίαση των Toyota Prius (1997) και Honda Insight (1999). Το τελευταίο λανσάρει την παράλληλη διάταξη, όπου το ηλεκτρικό μοτέρ τοποθετείται στη θέση του σφονδύλου, μεταξύ κινητήρα και κιβωτίου ταχυτήτων, και λειτουργεί ως σύστημα εκκίνησης, ως βοηθητική πηγή ισχύος σε συνθήκες υψηλού φορτίου (επιτάχυνση-ανηφόρες), και ως γεννήτρια για τη φόρτιση των μπαταριών κατά την επιβράδυνση.



Εικόνα 4.1 Το τρομερά πολύπλοκο HSD της Toyota είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο υβριδικό σύστημα στον κόσμο χάρη στις εκατομμύρια πωλήσεις του Prius [2].

Η μη ύπαρξη ξεχωριστής γεννήτριας από τη μία πλευρά εξοικονομεί βάρος και πολυπλοκότητα στην κατασκευή, από την άλλη όμως δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη φόρτιση και ηλεκτρική κίνηση. Η πρόταση της Toyota είναι μια εν σειρά/ παράλληλη διάταξη συνδυάζει την αρχιτεκτονική των δύο συστημάτων με σκοπό τη λειτουργία των δύο κινητήρων στην αποδοτικότερή τους περιοχή, ανάλογα με την κατάσταση: σε χαμηλές ταχύτητες ως σειριακό, στις υψηλές ως παράλληλο. Εδώ το πακέτο ηλεκτροκινητήρα-βενζινοκινητήρα συμπληρώνεται από μια ξεχωριστή γεννήτρια, ένα μετατροπέα ρεύματος, μια συστοιχία μπαταριών, ένα πλανητικό μηχανισμό που λειτουργεί ως κιβώτιο συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης, και, βέβαια ένα ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης που αναλαμβάνει να συντονίζει όλα τα τμήματα του συνόλου. Αυτή η διάταξη του δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης μόνο του ηλεκτροκινητήρα

με μηδενική εκπομπή ρύπων ή και των δύο κινητήρων μαζί.

4.2 PLUG-IN HYBRID

Στα τέλη της δεκαετίας του '60 η General Motors Company δίνει εντολή στα τμήματα έρευνας και εξέλιξης των GM και Pontiac να εξελίσσουν μικρά αυτοκίνητα για αστικές μετακινήσεις. Έτσι προκύπτει το πειραματικό υβριδικό XP-883. Ένα δίθυρο χάτσμπακ με θέσεις για δύο ενήλικες και δύο παιδιά. το οποίο κινείται με το συνδυασμό 2κύλινδρου κινητήρα 570 κ.εκ. και ηλεκτρικού μοτέρ συνεχούς ρεύματος. Η ενέργεια αποθηκεύεται σε έξι δωδεκάβολτες μπαταρίες μολύβδου-οξέος τοποθετημένες στο πορτ μπαγκάζ οι οποίες προσφέρουν τη δυνατότητα φόρτισης από το οικιακό ηλεκτρικό δίκτυο. Έχει τελική ταχύτητα 97 χλμ./ώρα και μπορεί να κινηθεί αμιγώς ηλεκτρικά μέχρι περίπου τα 16 χλμ./ώρα. Θα πρέπει, ωστόσο, να περάσουν 34 χρόνια μέχρι να διατεθεί εμπορικά το πρώτο plug-in υβριδικό. Αυτό δεν είναι άλλο από το Elect'Road, το εν σειρά υβριδικό της Renault, που Βασίζεται πάνω στο Kangoo. Παρουσιάζει αυτονομία 150 χλμ. με τη βοήθεια του range-extender υδρόψυκτου κινητήρα 500 κ.εκ., ενώ μπορεί να κινηθεί για περίπου 60 χλμ. αμιγώς ηλεκτρικά. Κατασκευάζεται σε 500 αντίτυπα και είναι ο πρόγονος όλων των plug-in υβριδικών, που εξαπλώνονται με ραγδαίους ρυθμούς τα τελευταία χρόνια.

Αν και η βασική αρχή τους σε σχέση μετά «συμβατικό» υβριδικά δεν αλλάζει, η επιπλέον δυνατότητα που προσφέρουν είναι αυτή της φόρτισης της μπαταρίας τους από το οικιακό ηλεκτρικό δίκτυο. Για να έχει νόημα η όλη κατασκευή, θα πρέπει να εφοδιάζονται με μία μεγαλύτερη μπαταρία (μικρότερη πάντως σε σχέση με αυτήν των ηλεκτροκίνητων), η οποία να προσφέρει και δυνατότητα μεγαλύτερης αμιγώς ηλεκτροκίνητης αυτονομίας. Αυτός ακριβώς ο συνδυασμός διαφορετικών συστημάτων τους χαρίζει και μεγαλύτερη χρηστικότητα: στις καθημερινές, αστικές μετακινήσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηλεκτρικά αυτοκίνητα -με το ανάλογο χαμηλό κόστος κίνησης-, τα οποία όμως δεν έχουν κανέναν περιορισμό αυτονομίας στην κάλυψη μεγαλύτερων αποστάσεων εκτός πόλης. Επιπλέον, μιας και οι μπαταρίες τους είναι μικρότερες σε σχέση με αυτές των ηλεκτρικών, φορτίζουν ταχύτερα, ακόμα και στο κοινό οικιακό δίκτυο.

4.3 eTWINSTER

Η σουηδική GKN, γνωστή ως προμηθευτής των βιομηχανιών αεροδιαστημικής και αυτοκινήτου, εξελίσσει μια plug-in υβριδική μονάδα, που τοποθετείται εύκολα σε κάθε είδους δάπεδο, προσφέροντας τετρακίνηση και αυτόματη κατανομή ροπής (torque vectoring). Το νέο σύστημα ονομάζεται «eTwinstar» και συνδυάζει τις τεχνολογίες eAxle (που χρησιμοποιούνται ήδη στα

υβριδικά Volvo XC90 T8 Twin Engine, Porsche 918 Spyder και BMW i8) με την τεχνολογία κατανομής ροπής μέσω διπλού συμπλέκτη των Ford Focus RS και Range Rover Evoque. Η μονάδα αποτελείται από ένα ηλεκτρικό μοτέρ απόδοσης 60 kW (81.6 ίππων) και 240 Nm, που οδηγεί έναν άξονα μετάδοσης με σχέση μετάδοσης 1:10. Κατόπιν, η ροπή των 2.400 Nm που προκύπτει κατανέμεται στην επιθυμητή αναλογία μεταξύ πίσω τροχών με τη Βοήθεια ενός διπλού συμπλέκτη. Εδώ φυσικά δε μιλάμε για το ψευδο-torque vectoring, που επιτυγχάνεται με το φρενάρισμα ενός από τους δύο τροχούς, αλλά για ένα ενεργό σύστημα που έχει τη δυνατότητα να περιστρέφει ταχύτερα τον πίσω άξονα και να μοιράσει τη ροπή σε κάθε τροχό κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να βοηθήσει το αυτοκίνητο να στρίψει ταχύτατα κλείνοντας την τροχιά του. Παράλληλα, βέβαια, μπορεί να λειτουργήσει ως διαφορικό περιορισμένης ολίσθησης, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερες εκτός δρόμου δυνατότητες σε υβριδικά SUV.

Με το συνδυασμό των δύο συστημάτων σε ένα, η κατασκευάστρια εταιρεία υπόσχεται υβριδικά αυτοκίνητα καλύτερων επιδόσεων, με βελτιωμένη οδική συμπεριφορά και οδηγική ευχαρίστηση. Το eTwinster έχει ήδη δοθεί προς αξιολόγηση σε διάφορους κατασκευαστές στο πλαίσιο των χειμερινών δοκιμών τους, ενώ αναμένεται να είναι έτοιμο προς χρήση σε αυτοκίνητα παραγωγής μέσα στα επόμενα τρία χρόνια. Αποτελεί μέρος των τεχνολογιών που η GKN αποκαλεί «eDrive» και οι οποίες έχουν ως στόχο την περαιτέρω αξιοποίηση της ισχύος των μπαταριών στη δεκαετία που ακολουθεί. Τα σημερινά υβριδικά αυτοκίνητα μαζικής παραγωγής αντλούν μόλις το 30% των ενεργειακών αναγκών από τις μπαταρίες. Η GKN υπολογίζει πως οι μικρές, δυνατές ηλεκτρικές μονάδες θα μπορέσουν να προσφέρουν το 60%-70% της ισχύος στα μελλοντικά μοντέλα.

4.4 ΗΠΙΑ ΥΒΡΙΔΙΚΑ 48V

Η ραγδαία αύξηση των ηλεκτρικών συστημάτων που συνοδεύουν τα σύγχρονα αυτοκίνητα έχει δημιουργήσει και μια αντίστοιχη αύξηση των απαιτήσεων από τα ηλεκτρικά κυκλώματα σε επίπεδο παροχής και υποστηριζόμενου φορτίου. Κάπως έτσι ξεκινά η συζήτηση για το ηλεκτρικό κύκλωμα 48V που θα βοηθήσει στην ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως το ηλεκτρικό τούρμπο, οι ηλεκτρομαγνητικές Βαλβίδες ή το brake-by-wire. Σύντομα, όμως, οι κατασκευαστές αντιλαμβάνονται πως μπορούν να αποκομίσουν πολύ μεγαλύτερα οφέλη από ένα τέτοιο σύστημα. Αντλίες και ανεμιστήρες λειτουργούν αποδοτικότερα σε υψηλότερες τάσεις, οι καλωδιώσεις γίνονται λεπτότερες και ελαφρύτερες, ενώ -το κυριότερο- όλα τα παρελκόμενα μπορούν να λειτουργούν, ηλεκτρικά, και όχι από τον ίδιο τον κινητήρα. Η απεμπλοκή στοιχείων όπως είναι ο κλιματισμός ή η αντλία νερού από τον κινητήρα σημαίνει πως αφενός δεν εξαρτώνται πια από τις στροφές του κινητήρα, ενώ παράλληλα μειώνονται οι συνολικές απώλειες τριβής.

Ένα τυπικό ήπιο υβριδικό σύστημα 48V αποτελείται από τρία κύρια τμήματα:

τη γεννήτρια MGU (Motor Generator Unit), ένα μετατροπέα τάσης 12V σε 48V και μία μπαταρία ιόντων-λιθίου A8V (μικρότερη της 1 kWh). Η υδρόψυκτη γεννήτρια αντικαθιστά το παραδοσιακό δυναμό [συνδέεται δηλαδή μέσω ιμάντα με το στροφαλοφόρο] και συνδυάζεται με ειδικού; εντατήρες που της επιτρέπουν να προσφέρει ή να απορροφά ροπή. Η μονάδα των 10 kW λειτουργεί στην πρώτη περίπτωση ως πρόσθετο μοτέρ που μπορεί να εκκινεί τον κινητήρα μέσω του ιμάντα και να παρέχει επιπλέον ροπή (περίπου 100 Nm). Επηρεάζοντας, βέβαια, άμεσα το φορτίο του κινητήρα (με τη απορρόφηση ή τροφοδότηση ηλεκτρικής ενέργειας), τον βοηθά να βρεθεί σε μια ευνοϊκότερη -για την αποδοτικότητά του- περιοχή λειτουργίας. Από την άλλη, το μοτέρ λειτουργεί ως γεννήτρια φορτίζοντας την μπαταρία 48V όχι μόνο όταν παίρνει κίνηση από τον κινητήρα (όπως ένα συμβατικό δυναμό), αλλά και όταν ο κινητήρας είναι απενεργοποιημένος και το αυτοκίνητο κινείται με σταθερή ταχύτητα (coasting) ή επιβραδύνει. Τα συστήματα των Delphi και Continental (το τελευταίο τοποθετείται ήδη σε ειδική έκδοση του Scenic) υπολογίζεται πως προσφέρουν το 50%-70% των κερδών των συμβατικών υβριδικών στο 30% του κόστους. Πράγμα που στην πράξη μεταφράζεται σε 10%-15% οικονομία καυσίμου.

Το επόμενο βήμα θα είναι η εν σειρά γεννήτρια εκκίνησης ISG (Inline Starter Generator), όπως την αποκαλεί η Mercedes. Εδώ η μονάδα MGU τοποθετείται μεταξύ κινητήρα και κιβωτίου, διαθέτει πρόσθετα εξαρτήματα, όπως τους δύο συμπλέκτες, και ως εκ τούτου έχει και αρκετά μεγαλύτερο κόστος. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε εν δυνάμει (έχοντας το κατάλληλο ηλεκτρικό μοτέρ και μπαταρία) να κινήσει αμιγώς ηλεκτρικά το αυτοκίνητο, αφού πρώτα ανοίξει ο αντίστοιχος συμπλέκτης και απομονωθεί ο κινητήρας εσωτερικής καύσης. Κάτι που αποτελεί και μελλοντικό στόχο της αυτοκινητοβιομηχανίας, αφού θα Βελτίωνε ακόμα περισσότερο το βαθμό απόδοσης του συστήματος μετάδοσης. Υπολογίζεται πως η εν σειρά γεννήτρια μπορεί να προσφέρει έως και 40% μείωση κατανάλωσης και εκπομπής CO₂. Επιπλέον εξετάζονται και άλλες θέσεις, όπως στην έξοδο του κιβωτίου ή στον πίσω άξονα, ή ακόμα και (μελλοντικά) ο συνδυασμός τους με δυνατότητα φόρτισης από το οικιακό ηλεκτρικό δίκτυο (όπως το eTwister που προαναφέραμε).

Ο στόλος επιβατικών αυτοκινήτων θα πρέπει να παρουσιάζει το 2020 μέση εκπομπή CO₂ 95 γρ./χλμ., ενώ το προτεινόμενο όριο για το 2025 είναι 68-78 γρ./χλμ. Με τις προδιαγραφές εκπομπής ρύπων να γίνονται ολοένα και αυστηρότερες, η «ήπια υβριδοποίηση» των κινητήρων εσωτερικής καύσης μοιάζει μονόδρομος. Οι ειδικοί μιλούν για την εξάπλωση της εν λόγω τεχνολογίας στο 1/5 των οχημάτων που θα πωλούνται το 2025 παγκοσμίως, με συνολική παραγωγή 14 εκατ. αυτοκινήτων.

4.5 ΤΙ ΑΠΕΓΙΝΕ ΤΟ HYBRID-AIR;

Υβριδικό, αλλά διαφορετικού τύπου. Όχι με ηλεκτρισμό, αλλά με αέρα. Πριν

από τέσσερα χρόνια η PSA, σε συνεργασία με την Bosch, παρουσίασε την πρότασή της για ένα υδραυλικό υβριδικό σύστημα μετάδοσης, το οποίο συγκεράζει πολλά από τα πλεονεκτήματα των διατάξεων χαμηλής εκπομπής ρύπων με τη χαμηλού κόστους κατασκευή. Όπως τα ηλεκτρικά υβριδικά αυτοκίνητα -που χρησιμοποιούν έναν κινητήρα εσωτερικής καύσης και ένα ηλεκτρικό μοτέρ αποθηκεύοντας ενέργεια σε μια μπαταρία-, έτσι και το HybridAir Βασίζεται στο συνδυασμό κινητήρα εσωτερικής καύσης (βενζίνης ή ντίζελ), υδραυλικής αντλίας και υδραυλικού συσσωρευτή.

Σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα, το υδραυλικό υβριδικό σύστημα ανακτά την ενέργεια από το φρενάρισμα στη μορφή πεπιεσμένου υδραυλικού υγρού. Όταν ο οδηγός πατάει το φρένο, η αντλία ωθεί το υδραυλικό υγρό από ένα χαμηλής πίεσης ρεζερβουάρ σε έναν υψηλής πίεσης συσσωρευτή, αυξάνοντας την πίεση του περιεχομένου αερίου αζώτου στα 5.000 psi. Κατά τη διάρκεια της επιτάχυνσης, το σύστημα αλλάζει από τη λειτουργία αντλίας στη λειτουργία κινητήρα. Το αέριο άζωτο ωθεί το υδραυλικό ρευστό πίσω στο συσσωρευτή χαμηλής πίεσης και ο κινητήρας εφαρμόζει ροπή στον άξονα μετάδοσης κίνησης. Το αυτοκίνητο μπορεί να κινηθεί με τον υδραυλικό κινητήρα, με το σύνολο εσωτερικής καύσης ή με συνδυασμό των δύο. Υπό ιδανικές συνθήκες, ο πρώτος μπορεί να έχει διαθέσιμη πίεση για έως 50 λεπτά αστικής κίνησης - μια αναμφίβολη βελτίωση σε σχέση με τα max. 15 λεπτά διάρκειας της (μικρής) μπαταρίας ενός συμβατικού υβριδικού. Επιτυγχάνουν, λοιπόν, σημαντική μείωση της κατανάλωσης καυσίμου, ανάλογη μείωση της εκπομπής CO₂ [οι πρώτες εκτιμήσεις για τα επιβατικά αυτοκίνητα μιλούσαν για μείωση κατά 30% στον ευρωπαϊκό κύκλο μέτρησης και έως και 45% σε αστική κίνηση), καθώς και βελτιωμένη επιτάχυνση, χάρη στη μεγάλη ισχύ των υδραυλικών συστημάτων.

Στα πλεονεκτήματα των υδραυλικών υβριδικών συγκαταλέγονται ο μεγάλος βαθμός απόδοσης στην ανάκτηση ενέργειας από το φρενάρισμα, που φτάνει στο 75% (σε αντίθεση με τα ηλεκτρικά συστήματα όπου δεν ξεπερνά το 25%), το χαμηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης και το γεγονός πως δεν απαιτούν την εξέλιξη κάποιας ειδικής υποδομής. Στον αντίποδα, μένουν να λυθούν προβλήματα θορύβου, μεγέθους και πολυπλοκότητας του συστήματος. Το γκρουπ των Peugeot/Citroen χρειάζεται ένα συνέταιρο πρόθυμο να μοιραστεί το κόστος παραγωγής, αλλά και να υποστηρίξει το σύστημα στην αγορά. Αυτός δε βρίσκεται ποτέ, όποτε μοιραία το σύστημα HybridAir παραμένει έκτοτε στο ράφι, ίσως και θύμα των πρόσφατων εξελίξεων των ήπιων -και φθηνών σε κόστος- υβριδικών 48V.

4.6 KERS

Ο KERS (Kinetic Energy Recovery System-Σύστημα Ανάκτησης Κινητικής Ενέργειας) είναι ο βασικός λόγος που σε όλους εμάς τους petrolheads πρέπει να αρέσει πολύ η υβριδική τεχνολογία. Είναι η υβριδική εφαρμογή που βλέπουμε σε όλο και περισσότερες μορφές αγώνων formula 1. LeMans, GT3 κ.λπ.) και που σύντομα

θα εφοδιάζει όλα τα σπορ αυτοκίνητα από μία κατηγορία και πάνω. Αρχιτεκτονικά, ένα σύστημα KERS δεν διαφέρει από ένα παράλληλο υβριδικό σύστημα (είτε σε μορφή με τον ηλεκτροκινητήρα μαζί με το βενζινοκινητήρα και το σασμάν είτε ανεξάρτητα στον ίδιο ή σε άλλον άξονα), όπως το περιγράψαμε αναλυτικά πιο πάνω: και πάλι έχεις έναν ηλεκτροκινητήρα-γεννήτρια, που στο φρενάρισμα φορτίζει μία διάταξη συσσώρευσης ενέργειας, την οποία αποδίδει με τον ηλεκτροκινητήρα στους τροχούς κατά Βούληση αργότερα. Τι ξεχωρίζει, λοιπόν, το KERS από τα «απλά» υβριδικά? Απάντηση: η φιλοσοφία του συστήματος όσον αφορά το ρυθμό και τον τρόπο απόδοσης της αποθηκευμένης ενέργειας κατά την επιτάχυνση. Σε ένα υβριδικό με «αστικό» προσανατολισμό για χαμηλή κατανάλωση, η αποθηκευμένη ενέργεια τραβιέται από τη μπαταρία σιγά-σιγά και -Βάσει της πολιτικής του- «όσο δίνει ο ηλεκτροκινητήρας, τόσο λιγότερο γκάζι χρειαζόμαστε». Σε ένα σύστημα KERS, αντίθετα, η αποθηκευμένη ενέργεια ξεζουμίζεται από τη μπαταρία άμεσα και κατά ριπές: δεν μας νοιάζει πόσο αποδοτικός είναι ο Βενζινοκινητήρας στο σημείο που θα ζητήσουμε (εμείς χειροκίνητα με κουμπί, είτε αυτόματα το σύστημα ελέγχου) τη μέγιστη επιτάχυνση, μας νοιάζει μόνο να έχουμε όλη τη διαθέσιμη δύναμη στους τροχούς, όταν το ζητήσουμε. Επειδή ακριβώς σε ένα KERS σύστημα μας ενδιαφέρει το ξεζούμισμα του κινητήρα εσωτερικής καύσης να πηγαίνει όλο στους τροχούς, κατά κανόνα, η φόρτιση των μπαταριών (και σε αντίθεση με ένα κλασσικό υβριδικό) γίνεται μόνο από το regenerative braking της επιβράδυνσης και όχι και από τον κινητήρα εν είδει γεννήτριας. Μία τρίτη διαφορά φιλοσοφίας του KERS από τα υβριδικά συστήματα των «αυτοκινήτων του θείου σας» είναι ότι δεν στηρίζονται ιδιαίτερα στη λειτουργία του Start-Stop συστήματος για εξοικονόμηση ενέργειας, σβήνοντας τον κινητήρα όσο το δυνατόν συχνότερα και για περισσότερο: μπορούν μια χαρά να συνεργαστούν τα KERS με Start-Stop, απλά δεν είναι Βασική παράμετρος του υβριδικού τους συστήματος. Υπάρχουν τρία διαφορετικά είδη KERS, κάποια «κουμπώνουν» καλύτερα από πλευράς λειτουργίας σε αγωνιστικά και άλλα καλύτερα στα αυτοκίνητα δρόμου, όπως τα πολύ exotic οχήματα της Ferrari και της Porsche.

- **Ηλεκτρονικό KERS**, εδώ από τον ηλεκτροκινητήρα (που συνήθως τοποθετείται στην μία άκρη του στροφάλου) η ενέργεια αποθηκεύεται ηλεκτρικά σε μπαταρία, όπως δηλαδή και σε ένα κλασσικό κανονικό υβριδικό. Η διαφορά είναι ότι εδώ θέλουμε η μπαταρία αυτή να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη και ελαφρύτερη, οπότε (ακριβές) τεχνολογίες, όπως συσσωρευτές λιθίου και υπερ-πυκνωτές, μπαίνουν στο παιχνίδι. Το 2009, χρονιά εφαρμογής του KERS στη Formula 1, ηλεκτρονικό KERS της MagnetiMarelli είχαν οι Red Bull, ToroRosso, Ferrari, Renault και Toyota.

- **Ηλεκτρομηχανικό KERS**. Εδώ πάλι ο ηλεκτροκινητήρας παίζει το ρόλο της γεννήτριας κατά την επιβράδυνση, αλλά την ηλεκτρική του ενέργεια το σύστημα δεν την μεταφέρει σε ηλεκτρικό/χημικό συσσωρευτή (μπαταρία ή πυκνωτή), αλλά σε περιστρεφόμενο μαγνητικό σφόνδυλο (βολάν), δηλαδή σε «μηχανικό πυκνωτή». Το Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι αποθηκεύουμε την ενέργεια σε μικρότερη και ελαφρύτερη διάταξη, γι' αυτό και αυτού του είδους τα KERS -μέχρι στιγμής τουλάχιστον- έχουν κυρίως αγωνιστικές εφαρμογές. Το εν λόγω Βολάν περιστρέφεται

τάχιστα- έτσι ώστε να μεγιστοποιηθεί το ποσό της περιστροφικής κινητικής ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί. Φτάνουν τις 150.000+rpm, πράγμα που σημαίνει βέβαια ότι στην εξίσωση μπαίνουν και σοβαρά γυροσκοπικό φαινόμενα που επηρεάζουν αρνητικά τη δυναμική συμπεριφορά του πλαισίου, αλλά και δημιουργούν κραδασμούς. Για να ελαχιστοποιηθούν οι αεροδυναμικές απώλειες από την αντίσταση του αέρα κατά την περιστροφή του, αυτό βρίσκεται μέσα σε κενό αέρος. Για να μπορέσει να αντέξει ο σφόνδυλος σε τέτοιες καταπονήσεις, κατασκευάζεται από μείγμα ινών σύνθετων υλικών (ανθρακονήματα) σε συνδυασμό με μεταλλικές ίνες, που επιτρέπουν το μαγνητισμό ρότορα. Πιο συγκεκριμένα, ο σφόνδυλος, ανάλογα με το αν ασκείται ηλεκτρική τάση στο στάτορα του, λειτουργεί είτε ως ηλεκτροκινητήρας είτε ως γεννήτρια: κατά την επιβράδυνση, από την τάση που παρέχεται στους ακροδέκτες του στάτορα, ο σφόνδυλος περιστρέφεται λόγω επαγωγής από το μαγνητικό πεδίο και αντίστροφα, όταν πατήσουμε το μαγικό κουμπί του «ηλεκτρικού νίτρο», ο ρότορας επαγωγικά δημιουργεί τάση στο στάτορα. η οποία μεταφέρεται στον ηλεκτροκινητήρα και από εκεί στους τροχούς. Ηλεκτρομηχανικό σύστημα έχει αναπτύξει η Williams, το οποίο ωστόσο δεν χρησιμοποίησε στην F1, αλλά βρήκε εφαρμογή στο νικητή του LeMans, το R18 e-tronQuattro. Η Porsche 911 GT3 R Hybrid και η 918 RSR χρησιμοποιεί επίσης ένα τέτοιο σύστημα (η δρομίσια Porsche 918 Spyder ωστόσο έχει φουλ ηλεκτρικό KERS).

-Μηχανικό KERS: Εδώ είναι η χαρά του παραδοσιακού μηχανολόγου, αφού το όλο σύστημα δεν έχει ίχνος ηλεκτρονίου, ηλεκτρομοτέρ ή μπαταρίας, όλα γίνονται μηχανικά. Και εδώ έχουμε έναν Βαρβάτο υπερσφόνδυλο, αλλά αυτός δεν περιστρέφεται εξαιτίας ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων: συνδέεται απευθείας μηχανικά με έξοδο από τη μετάδοση μέσω αξόνων και γραναζιών. Η κινητική, λοιπόν, ενέργεια από τους τροχούς δεν αλλάζει μορφή, όπως με τα ηλεκτρομηχανικό συστήματα (κάτι που σημαίνει απώλειες), αλλά παραμένει σε ολόκληρη την πορεία της ροής της αμιγώς μηχανική. Δεδομένου ότι υπάρχει συνέχεια διαφορετική σχέση μετάδοσης μεταξύ τροχών και σφονδύλου (αφού περιστρέφονται με την ταχύτητά του ο καθένας ανά πάσα στιγμή), χρειαζόμαστε μία διάταξη πριν το μηχανικό σφόνδυλο που να κουμαντάρει τις στροφές του και αυτό γίνεται συνήθως μέσω ενός μικρού CVT σασμάν και ενός συμπλέκτη. Μηχανικό KERS έχει παρουσιάσει η Volvo και - μεταξύ άλλων- υπόσχεται 25% βελτιωμένη κατανάλωση.

4.7 ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Η τεχνολογία των μπαταριών εξελίσσεται, πολλά παραδοσιακά τους προβλήματα σιγά-σιγά λύνονται και το κόστος συνεχώς πέφτει. Hi-tech μπαταρίες εξοπλίζουν πλέον την πλειοψηφία των Supercars και, σε συνδυασμό με τον θερμικό κινητήρα βενζίνης, προσφέρουν διαστημικές επιδόσεις.

Όλοι μας θέλω να πιστεύω πως μικροί παίζαμε με τηλεκατευθυνόμενα και όχι με κούκλες: η μοναδική πηγή ενέργειας των μικρών μας τετράτροχων, τότε, δεν ήταν

άλλη από τις μπαταρίες και τον μαγικό χημικό ζωμό που κρύβανε μέσα τους. Όταν μέναμε από μπαταρίες, τέρμα η ενέργεια, τέρμα το παιχνίδι. Και τι δεν θα δίναμε τότε για ένα σετ ολόφρεσκων ηλεκτρικών συσσωρευτών για το καμάρι μας! Μεγαλώνοντας ωστόσο και περνώντας στα... κλίμακας 1:1 κανονικά αυτοκινητάκια, η μπαταρία ως πηγή ενέργειας κίνησης κάπου στη πορεία χάθηκε από το χάρτη και τα υγρά καύσιμα του βενζινά μας άνοιγαν πλέον τους δρόμους (και το πορτοφόλι): όσα αυτοκίνητα με μόνη πηγή ενέργειας τις μπαταρίες (τα αμιγώς ηλεκτρικά με άλλα λόγια) κατάφεραν να δουν το φως της παραγωγής μέχρι πριν μερικά χρόνια, ήταν μόνο ένα κακόγουστο αστείο και τίποτα παραπάνω. Βαριά, αργά, ακριβά και με αυτονομία επιπέδου «με πάει στο περίπτερο για τσιγάρα, θα φτάσει όμως να γυρίσω?». Μέχρι κάποιο σημείο της ιστορίας, τα μοναδικά αμιγώς ηλεκτρικά οχήματα που έδειχναν να κάνουν καλά τη δουλειά τους ήταν τα κλαρκ και τα αυτοκινητάκια του γκολφ, οχήματα που, όπως και να το κάνεις, δεν τα λες εύκολα «αυτοκίνητα»! Τους ακριβείς τεχνικούς λόγους που «προβληματίζουν» τα αυτοκίνητα με μπαταρίες ως μοναδική πηγή ενέργειας θα τους δούμε, πιο εμπειρισταωμένα, παρακάτω, αλλά, μισό λεπτό, το κεφάλαιο αυτό περί υβριδικών δεν είναι? Τι θα λέγατε λοιπόν αν κρατάγαμε μόνο τα καλά της χρήσης μπαταριών για την κίνηση μας και δίπλα τους κοτσάραμε επιπλέον και ένα ντεπόζιτο με ένα καλό θερμικό μοτόρι?

Η αλματώδης εξέλιξη των υβριδικών, που ήδη έχουμε περιγράψει, ήταν αυτή που επανέφερε την μπαταρία στο προσκήνιο και αυτή τη φορά όχι για ανέκδοτα, αλλά για πραγματικά σοβαρές επιδόσεις. Η όπως είδαμε δεδομένη ανάγκη για πιο γρήγορα, αποδοτικά και φυσικά προσιτά υβριδικά αυτοκίνητα (οχήματα δηλαδή που συνδυάζουν τα καλά των δύο πηγών ενέργειας, ηλεκτρικού και καυσίμων, εξουδετερώνοντας τα μειονεκτήματα της καθεμίας), είναι αυτή που οδήγησε και συνεχίζει να οδηγεί αφενός στην απτή τεχνολογική εξέλιξη των μπαταριών (που μέχρι πριν 10 χρόνια φαινόταν να χτυπάει τέλμα) και αφετέρου στην μείωση των τιμών τους (λόγω οικονομικών κλίμακας από την αύξηση της παραγωγής). Και μία άλλη αφανής, αλλά άκρως ενδιαφέρουσα, πτυχή του θέματος: **η απότομη αύξηση στη ζήτηση ηλεκτρικών συσκευών που βασίζονται σε καλύτερες και φθηνότερες μπαταρίες (laptop, κινητά, κάμερες κτλ.) την τελευταία δεκαετία, ήταν αυτή που σε μεγάλο βαθμό «έσπρωξε» και τις αυτοκινητοβιομηχανίες μέσω των αντίστοιχων προμηθευτών τους να είναι σε θέση να παρουσιάσουν όλο και περισσότερα «Βιώσιμα» υβριδικά / ηλεκτρικό μοντέλα.** Ποιος θα το λέγε πριν μια ντουζίνα χρόνια ότι για την εξέλιξη των μπαταριών π.χ. του συστήματος KERS του μονοθεσίου του Alonso, ο κάθε αγοραστής του -νέου τότε- iPod θα είχε Βάλει το λιθαράκι του?

Μπαταρίες μολύβδου

Οι πιο «πρωτόγονες» μπαταρίες για την κίνηση υβριδικών ή αμιγώς ηλεκτρικών powertrains είναι οι γνωστές μας «μολύβδου-οξέως» (lead-acid), ή αλλιώς ο τύπος μπαταρίας που 99,999% [αν έχετε 911 GT3 RS πάω πόσο] διαθέτει σε κλασική 12Βολτη εκδοχή και το συμβατικό αυτοκίνητο σας, όχι για την κίνηση του, αλλά κατά Βάση για την εκκίνηση του. Οι μπαταρίες αυτές αποτελούνται από

ξεχωριστές πλάκες μολύβδου και πλάκες διοξειδίου του μολύβδου, οι οποίες είναι Βυθισμένες μέσα σε διάλυμα ηλεκτρολύτη («υγρά μπαταρίας») σύστασης κατά 25% θειικού οξέως και 65% νερού. Ο συνδυασμός αυτών δίνει χημική αντίδραση κατά την οποία απελευθερώνονται ηλεκτρόνια, τα οποία μέσω της ροής τους σε αγωγίμο υλικό παράγουν ηλεκτρική τάση. Κατά την εκφόρτισή τους, το οξύ του ηλεκτρολύτη μετατρέπει τον μολύβδο των πλακών σε σουλφίδιο του μολύβδου και αντίστροφα, κατά την φόρτιση, το σουλφίδιο ξαναγίνεται μολύβδος και διοξείδιο του μολύβδου. Οι μπαταρίες αυτές μπορεί να είναι με τον ηλεκτρολύτη σε υγρή μορφή όπως είδαμε ("flooded", όπου οι πιο παλιές, όπως ξέρετε, ανοίγονταν κιόλας για την συντήρησή τους με τα ειδικά υγρά, πριν επικρατήσουν οι ερμητικά σφραγισμένες κλειστού τύπου) ή τύπου «VRLA», με πιο γνωστές υποκατηγορίες τις AGM (Absorbed Glass Mat. οι οποίες μεταξύ άλλων εξοπλίζουν και πολλά τελευταία μοντέλα της BMW) και τις «gelcell», που στηρίζουν την λειτουργία απορρόφησης του ηλεκτρολύτη τους σε υπόστρωμα γυαλιού και ειδικής σκόνης αντίστοιχα. Μπαταρίες μολύβδου σε 6V ή 12V εκδοχή (όπου με εν σειρά σύνδεση μπορεί να ανεβαίνει το συνολικό Βολτάζ εξόδου στα 24, 36, 48V κ.ο.κ.) εξοπλίζαν κυρίως τα παλαιότερης γενιάς ηλεκτρικά οχήματα ή συνεχίζουν να Βρίσκουν εφαρμογή ακόμα και σήμερα σε πιο lowbudget εφαρμογές, όπως το λιλιπούτειο αυτοκίνητο πόλης G-Wiz.

Ο εν λόγω τύπος μπαταριών προσφέρει σχετικά άσχημη πυκνότητα ενεργείας, δηλαδή του μεγέθους που φανερώνει την σχέση αποθηκεύσιμης ηλεκτρικής ενέργειας ως προς την μάζα (ή τελικά τον όγκο) της μπαταρίας: απαιτούνται πολλές και ογκώδεις μπαταρίες τέτοιου είδους για να κινηθεί το όχημα, όπου τελικά καταλήγουμε να έχουμε πάνω από ένα τρίτο της συνολικής μάζας του οχήματος προερχόμενο από τις μπαταρίες και μόνο.

Το μοναδικό ουσιαστικό πλεονέκτημά τους είναι ότι έχουν πολύ καλή σχέση πυκνότητας ισχύος, δηλαδή του ρυθμού απόδοσης της ενέργειας προς την μάζα (Watt / kg): αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερο έχουν επικρατήσει να τροφοδοτούν τις μίζες κατά την εκκίνηση του κινητήρα παρά ολόκληρο όχημα (έχουν με άλλα λόγια καλό crankingamp μέγεθος, για δεδομένα αμπερώρια χωρητικότητας).

Μπαταρίες Ni-MH

Οι πιο διαδεδομένες μπαταρίες του υβριδικού συστήματος των σημερινών υβριδικών αυτοκινήτων (σχεδόν όλων των «καθημερινών» ή ακόμα και πολλών σπορ υβριδικών) είναι οι «νικελίου-υδριδίου μετάλλου» (Ni-MH). Το Prius, τα Auris / YarisHybrid, το CR-Z, το Insight, το CivicHybrid, οι Panamera / Cayenne Hybrid, τα υβριδικά Lexus και πολλά άλλα χρησιμοποιούν μπαταρίες που αποτελούνται από συστοιχίες πολλών μικρότερων Ni-MH στοιχείων (οι μπαταρίες των μικρότερων μοντέλων συνήθως βρίσκονται στο εύρος συνολικού Βολτάζ 100-150V, ενώ των μεγαλύτερων στα 250-300V). Αποτελούν ουσιαστικά εξέλιξη των πολύ γνωστών παλαιότερων μπαταριών «νικελίου - καδμίου» (Ni-Cd) τις οποίες, ειδικά όσοι μεγαλώσαμε την δεκαετία του '80, φάγαμε στη μάπα σε τεράστιες ποσότητες, αφού ήταν οι κλασικές «επαναφορτιζόμενες αλκαλικές» AA ή AAA που έβλεπες παντού γύρω σου: παιχνίδια και ηλεκτρονικές φορητές συσκευές κάθε λογής, ασύρματα τηλέφωνα, φακοί, κάμερες, πάσης φύσεως εφαρμογές μοντελισμού και καικai... Στα

αυτοκίνητα. η πιο γνωστή εφαρμογή τους (σε πολύ μεγαλύτερη μορφή από την AA...) ήταν στο Peugeot 106 Electrique που πουλιόταν στο διάστημα 1995-2003 σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες. Είχε τελική 90km/h, η Peugeot δήλωνε αυτονομία 100km, αλλά λόγω και της υψηλής τιμής του, η συνολική παραγωγή δεν ξεπέρασε τις 6.400 μονάδες.

Σταδιακά, οι Ni-Cd έδωσαν τη θέση τους στις Ni-MH, οι οποίες προσφέρουν μεγαλύτερη ηλεκτρική χωρητικότητα (2-3 φορές μεγαλύτερη για ίδιο μέγεθος στοιχείου), σιγά-σιγά έφτασαν να έχουν ακόμα μικρότερο κόστος και είναι και λιγότερο τοξικές (όσοι μεγαλώσαμε στα '80s φάγαμε μπόλικο κάδμιο στη μάπα αλλά χαλάλι, γιατί προ-λάβαμε original Transformers). Στις Ni-MH βλέπετε, το θετικό ηλεκτρόδιο κατασκευάζεται από οξυδροξείδιο του νικελίου (NiOOH) όπως γινόταν και στις Ni-Cd, αλλά στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, στη θέση του καδμίου, χρησιμοποιείται κράμα που απορροφά υδρογόνο.

Οι Ni-MH μπαταρίες, συγκριτικά με την μολύβδου-οξέως που είδαμε, είναι λιγότερο αποδοτικές ενεργειακά στην φόρτιση-εκφόρτιση τους, ωστόσο έχουν να επιδείξουν πολύ μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα (είναι επομένως αισθητά ελαφρύτερες για ίδιο ποσό αποθηκευμένης ενέργειας). Η διάρκεια ζωής τους είναι αρκετά καλή (αν και αυτό είναι σχετικό, όπως θα δούμε παρακάτω), αλλά δεν τα πάνε και πολύ καλά με τα πολύ ψυχρά κλίματα και έχουν αυξημένη τάση για «αυτοεκφόρτιση» (απώλεια ηλεκτρικής ενέργειας όταν η μπαταρία δεν είναι καν συνδεδεμένη στο κύκλωμα, όπου μέσω αυτού μπορούν να χάσουν έως και το 20% της φόρτισης τους την πρώτη μέρα και 4% αυτής κάθε επόμενη) Οι Ni-MH με τη σειρά τους παραδίδουν σταδιακά το θρόνο σε όλες τις high-end εφαρμογές υβριδικών οχημάτων (υβριδικά supercars, αλλά πλέον και σε πολλά premium υβριδικά μοντέλα) στις πολύ αποδοτικότερες, αλλά και ακριβότερες μπαταρίες.

Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου [Li-ion και οι, ένα Βήμα πιο εξελιγμένες, «Lithium-ion polymer») αρχικό έγιναν γνωστές μέσω της κυριαρχίας τους σε εφαρμογές όπως τα laptop και τα κινητά τηλέφωνα και πολύ αργότερα αρχίσαμε να συζητάμε για την χρήση τους σε αυτοκίνητα. Όπως συνέβη και με τα ηλεκτρονικά (αρχικά εξοπλίζαν τα ακριβά μοντέλα και στη συνέχεια εδραιώθηκαν ευρύτερα στις κατηγορίες μικρότερων Βαλαντίων), παρόμοιο δρόμο ακολούθησαν και στα υβριδικά / φουλ ηλεκτρικό αυτοκίνητα: μέχρι σχετικά πρόσφατα, για εγκατάσταση μπαταρίας Li-ion μιλούσαν οι κατασκευαστές μόνο για την ελίτ των μοντέλων τους, αλλά τα τελευταία πέντε χρόνια ο πήχης κατέβηκε και σε πιο «ανθρώπινα» μοντέλα, όπως είναι π.χ. όλα τα τελευταία υβριδικά μοντέλα της BMW, της Mercedes, της Porsche, ενώ και η Toyota στο τελευταίο Prius προσφέρει αντίστοιχη τεχνολογία.

Τα τρία βασικά μέρη κάθε μπαταρίας Li-ion [ή καθενός από τα στοιχεία της) είναι το αρνητικό ηλεκτρόδιο (που κατασκευάζεται συνήθως από άνθρακα σε κατάσταση γραφίτη), το θετικό ηλεκτρόδιο (από κάποιο οξείδιο λιθίου / μετάλλου) και ο ηλεκτρολύτης, που είναι άλας λιθίου μέσα σε οργανικό διαλύτη.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του τύπου αυτού είναι η κορυφαία ενεργειακή πυκνότητα, που όπως είδαμε αποφέρει τεράστια κέρδη σε απαιτούμενο βάρος και

όγκο, πολύ μικρά ποσοστά αυτοεκφόρτισης (μόλις 5-10% απώλεια ανά μήνα) και η δυνατότητα μορφοποίησής τους σε ποικίλα σχήματα ανά εφαρμογή.

Υπάρχουν όμως και μειονεκτήματα στις μπαταρίες ιόντων λιθίου που εκτείνονται και πέρα από την τιμή τους: είναι αρκετά ευαίσθητες στις μεταβολές της θερμοκρασίας υπό την οποία λειτουργούν ως προς τις επιδόσεις τους, έχουν σχετικά μικρή διάρκεια ζωής, όπως αυτή εκφράζεται από την ηλικία τους αυτή καθαυτή όσο και από το ρυθμό φθοράς τους μετά από ορισμένους εκατοντάδες ή λίγες χιλιάδες κύκλους πλήρους φόρτισης-εκφόρτισης, οι οποίοι αυξάνουν το μέγεθος της εσωτερικής αντίστασης της μπαταρίας (αν και συνεχώς παρουσιάζονται νέες παραλλαγές πάνω στην τεχνολογία, από διάφορους κατασκευαστές, που υπόσχονται παρατεταμένη μακροζωία) και τέλος, αν τυχόν υπερφορτιστούν ή υπερθερμανθούν, μπορούν, λόγω της φύσης της κατασκευής και της σύστασης τους, πολύ απλά να ...σκάσουν και να «εκραγούν θεαματικά»: πολλοί κατασκευαστές τέτοιων μπαταριών μάλιστα, ανά καιρούς έχουν ανακαλέσει πίσω ολόκληρες «επιρρεπείς» παρτίδες για ποιοτικούς λόγους. Προς αποφυγή τέτοιων «δυσάρεστων καταστάσεων» μάλιστα, οι κατασκευαστές ενσωματώνουν διάφορες κατασκευαστικές δικλίδες ασφαλείας στα στοιχεία των Li-ιον μπαταριών τους, όπως είναι διάφοροι τύποι εσωτερικών διαχωριστών και μικροαγωγών εξαέρωσης, οι οποίοι αναλαμβάνουν το ρόλο του «πυροσβέστη» και του εκτονωτή των εσωτερικών πιέσεων, που αναπτύσσονται σε ενδεχόμενη υπερφόρτιση ή υπερθέρμανση. Οι υποκατηγορίες των Li-ιον είναι πραγματικά δεκάδες, και συνεχώς αναπτύσσονται νέες με σκοπό να βελτιωθεί τόσο η απόδοσή τους, όσο και οι προαναφερθείσες «ευαισθησίες» τους.

Υπερπυκνωτές για υπεραυτοκίνητα με υπερεπιδόσεις

Γενικώς, μία μπαταρία μπορεί να αποθηκεύσει μεγάλες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά σε σχέση με άλλου τύπου «αποθήκες» (όπως είναι π.χ. οι ηλεκτρομηχανικοί σφόνδυλοι των KERS) υστερεί: δεν μπορεί να αποδώσει την όλη αποθηκευμένη ενέργεια «μπαμ κι έξω» όταν το ζητήσουμε, υπάρχει κάποιο «lag στο sprooliarισμα» της από την στιγμή της εντολής εκφόρτισης μέχρι να φτύσει και το τελευταίο ηλεκτρόνιο από μέσα της. Εδώ στο παιχνίδι μπαίνει λοιπόν ένα άλλο ηλεκτρικό στοιχείο, ο πυκνωτής, μία διάταξη που, όπως μάθαμε αρχικά στο σχολείο, αποτελείται από δύο επιφάνειες, ανάμεσα στις οποίες παρεμβάλλεται μία μεγάλη αντίσταση-μονωτής (όπως είναι ο αέρας ή το κενό) με την δική της «διηλεκτρική σταθερά»: φορτίζοντας τις δύο πλάκες, τα ηλεκτρόνια συσσωρεύονται και αναπτύσσεται έτσι διαφορά δυναμικού εκατέρωθεν του μονωτή, χωρίς ωστόσο να μπορεί να υπάρξει και ροή (κλειστό κύκλωμα). Αν καταφέρουμε να ελέγξουμε το πότε θα αποφορτιστεί ο πυκνωτής, συγχαρητήρια, κερδίσατε πανγρήγορη και μαζεμένη παροχή ενέργειας.

Πηγαίνετε ένα βήμα παραπέρα: παίζοντας με μη συμβατικές διηλεκτρικές σταθερές και «μυστήριες» ηλεκτροχημικές μικροδιατάξεις ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, μόλις αποκτήσατε έναν υπερπυκνωτή (super ή ultracapacitor).

Οι supercapacitors έχουν την υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από όλα τα είδη πυκνωτών (μέχρι και 10.000 μεγαλύτερη από έναν συμβατικό), αλλά και πάλι αυτή η πυκνότητα είναι το 10% περίπου που μπορεί να πετύχει μία μπαταρία: ακόμα

και ίδια μάζα δηλαδή να έχει ένας υπερπυκνωτής με μία μπαταρία, θα μπορεί να αποθηκεύσει δέκα φορές λιγότερη ενέργεια. Γιατί λοιπόν όλος αυτός ο ντόρος? Γιατί εκεί που οι υπερπυκνωτές δεν πιάνονται είναι στην πυκνότητα ισχύος, δηλαδή στην ταχύτητα παροχής της αποθηκευμένης ηλεκτρικής ενέργειας: εδώ οι μπαταρίες υπολείπονται συγκριτικά κατά 10 με 100 φορές.

Πού χρειαζόμαστε κάτι τέτοιο στα δικά μας αυτοκινητιστικά χωράφια? Μα φυσικά στους αγώνες. Δεν έχει υπάρξει ακόμα αυτοκίνητο δρόμου με υπερπυκνωτές αντί για μπαταρία, αλλά στους αγώνες, οι Ιάπωνες της Toyota το έχουν πάει αρκετά μακριά το θέμα: στο σύστημα ανάκτησης ενέργειας της υβριδικής Supra HV-R χρησιμοποιήθηκαν super-capacitors στον 24ωρο Αγώνα Αντοχής του Tokachi τον Ιούλιο του 2007, καθιστώντας την συγκεκριμένη Supra το πρώτο υβριδικό αυτοκίνητο στην ιστορία που κερδίζει αγώνα τέτοιου είδους. Τα γιαπωνέζα χρησιμοποίησαν παρόμοια τεχνολογία στα αγωνιστικά Toyota TS030 και TS040 HYBRID LMP1, που αγωνίστηκαν στον 24ωρο αγώνα του LeMans για τις χρονιές 2012-2015. Η FIA, για την Formula 1, από το 2007 έχει δώσει κίνητρα και κατευθύνσεις για την χρήση τέτοιων συστημάτων, με την μορφή μάλιστα των λεγόμενων "superbatteries", που αποτελούν συνδυασμό μπαταρίας και supercapacitors σε μία κοινή μονάδα.

4.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΠΑΤΑΡΙΑΣ ΚΑΙ BENZΙΝΗΣ

Τόση ώρα συγκρίνουμε τα διάφορα είδη μπαταριών μεταξύ τους και αναφέρουμε που υπερισχύει η μία και που η άλλη. Έφτασε όμως η ώρα για το απόλυτο τεστ μίας μπαταρίας, την σύγκριση που θα την φέρει πραγματικά προ των ευθυνών της και η οποία θα δείξει «πόσα απίδια πιάνει ο σάκος».· την σύγκριση της με την άλλη πηγή ενέργειας του υβριδικού μας, δηλαδή την δεξαμενή με το υγρό καύσιμο λίγο παραδίπλα. Ξέρουμε πως τα αμιγώς ηλεκτρικά αυτοκίνητα σε γενικές γραμμές δεν έχουν καλή αυτονομία, 100-150km (και αυτά με ήρεμη οδήγηση) και μετά τέλος. Ομοίως, τα υβριδικά δεν μπορούν να λειτουργήσουν για μεγάλα διαστήματα σε «EV / zero emissions mode» και μετά από λίγα χιλιόμετρα ο κινητήρας εσωτερικής καύσης θα πρέπει να μπει σε λειτουργία για να ξαναφορτίσει τις μπαταρίες ή να κινήσει ο ίδιος το όχημα. Υπάρχει μάλιστα και μία παλιά ρήση ενός υψηλά ιπτάμενου μεγάλης αυτοκινητοβιομηχανίας, ο οποίος, απογοητευμένος παντελώς από την πραγματική αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων σε σχέση με την θεωρητική/εργαστηριακών συνθηκών που συνηθίζουν να υπόσχονται οι προμηθευτές μπαταριών, είχε πει «υπάρχουν ψεύτες, υπάρχουν μεγάλοι ψεύτες, υπάρχουν και οι κατασκευαστές μπαταριών». Γιατί όλα αυτά όμως, μετά από τόσα χρόνια εξέλιξης και άπειρων κονδυλίων από τους κατασκευαστές μπαταριών? Έχουν καταφέρει άλλα κι άλλα, τι έχει πάει σε τέτοιο βαθμό στραβά με τις μπαταρίες και ο θερμικός κινητήρας κρατιέται ακόμα κραταιός, τη στιγμή που όλοι οι πολιτικοί και οι οικονομολόγοι φαίνεται να του έχουν κηρύξει ακήρυχτο πόλεμο?

Το πρόβλημα είναι στη φύση αποθήκευσης των δύο πηγών ενέργειας (του ντεπόζιτου και της μπαταρίας) και πιο συγκεκριμένα στην πυκνότητα ενέργειας που αναφέραμε πολλάκις πιο πάνω, αλλά μόνο σε ποιοτικό επίπεδο. Ας το δούμε ποσοτικά τώρα. Η πυκνότητα ενέργειας, κατά τον πιο προσφιλή τρόπο, μετριέται σε ποσό ενέργειας/μονάδα μάζας. π.χ. σε MJ/kg. Ένα κιλό βενζίνης ή diesel με την καύση του μας αποδίδει ιδανικά περίπου 45MJ ενέργειας, τόση θερμοδυναμική ενέργεια περιέχει ένα κιλό υδρογονάνθρακα αυτής της σύστασης. Πόση ενέργεια μπορεί να αποθηκεύσει από την άλλη ένα κιλό μπαταρίας ιόντων λιθίου, δηλαδή ό,τι καλύτερο έχουμε σήμερα από πλευράς μπαταριών στα αυτοκίνητα? Η απάντηση κάνει το βρωμερό, αλλά παντοδύναμο, ορυκτό πετρέλαιο να πέφτει κάτω από τα γέλια μόλις 0.72MJ σε ένα κιλό μπαταρίας είναι η απάντηση, δηλαδή πάνω από εξήντα φορές λιγότερο. Τα πράγματα είναι ακόμα χειρότερα για μία Ni-MH μπαταρία, αφού αυτή 5ε. φτάνει ούτε το 0,3MJ/kg, ενώ μία παραδοσιακή μπαταρία μολύβδου δεν ντρέπεται να δηλώνει 0,1 MJ/kg.

Σωστό θα πει κάποιος εδώ ότι τα MJ της μπαταρίας θα φτάσουν στον ηλεκτροκινητήρα με πολύ πιο μικρές ενεργειακές απώλειες από ότι τα MJ της βενζίνης ή του diesel στο βολάν του στροφάλου, θα έχει δίκιο, αλλά ακόμα και αυτό να συμπεριλάβουμε στους υπολογισμούς μας, πάλι το ορυκτό καύσιμο έχει για τα καλά το πάνω χέρι: αν ψεκάσουμε τα 45 MJ ενός κιλού βενζίνης στους κυλίνδρους, θα πάρουμε με 30% συντελεστή απόδοσης βενζινοκινητήρα $45 \cdot 0,3 = 13,5$ MJ ενέργειας στο βολάν και περίπου 18MJ ενέργειας αν αυτό το κιλό είναι diesel. Με άλλα λόγια και πάλι πάνω από 25 φορές περισσότερο από την καλύτερη μπαταρία Li-ion. Για να κουβαλήσουμε, με άλλα λόγια, την ίδια ποσότητα δυναμικής ενέργειας σε ένα όχημα (για δεδομένη αυτονομία δηλαδή) μόνο με μπαταρίες, σε σχέση με ένα με σκέτο ντεπόζιτο, το πρώτο θα πρέπει να «σέρνει» πολλά παραπάνω κιλά. Από τα παραπάνω νούμερα θα έβγαζε κανείς εύκολα το συμπέρασμα πως 10 κιλά diesel θα μας έδιναν ίδια ενέργεια με περίπου 250 κιλά μπαταρίας ιόντων λιθίου, δηλαδή έχουμε ένα όχημα κατά 240 κιλά βαρύτερο. Δεν είναι ακριβώς έτσι όμως, γιατί συνολικά κινητήρας-μετάδοση-σασμάν- περιφερειακά παρελκόμενα κτλ. σε ένα αυτοκίνητο με θερμικό μοτέρ είναι βαρύτερα από τον ηλεκτροκινητήρα ενός ηλεκτρικού Πόσο μας στοιχίζει τελικά σε πραγματικό κόστος χρήσης ένα υβριδικό ή ηλεκτρικό?

Τα τμήματα μάρκετινγκ και οι διαφημίσεις ενός υβριδικού ή ηλεκτρικού αυτοκινήτου θα θέλουν όλο και περισσότερο να σας πείσουν ότι, ναι μεν αυτά τα οχήματα είναι πιο ακριβά στην αγορά τους, αλλά στη συνέχεια τα κόστη μετακίνησης, χρήσης και συντήρησης θα «τείνουν στο μηδέν». Ποια είναι η αλήθεια, και γιατί ακόμα και σε ένα αμιγώς ηλεκτρικό όχημα θα δείτε να δηλώνονται τιμές κατανάλωσης «χ λίτρων καυσίμου στα 100km/h» αφού δεν καίμε καύσιμο? Πρόκειται πολύ απλό για το μέγεθος «ισοδύναμα λίτρα ανά 100km/h» το οποίο φανερώνει πόσα λίτρα καυσίμου στα 100km θα απέδιδαν την ίδια ενέργεια με την ηλεκτρική που έκοψε ένα ηλεκτρικό όχημα στην ίδια απόσταση. Πιο συγκεκριμένα, οι κρατικοί οργανισμοί πιστοποίησης ανά τον κόσμο για τα ηλεκτρικά οχήματα πλέον μετράνε πόση ηλεκτρική ενέργεια (μετρούμενη στο σύνολό της από την πρίζα στο τοίχο μέχρι τους τροχούς, το λεγόμενο «wall-to-wheel») χρειάζεται το όχημα για να

κινηθεί π.χ. ανά μίλι το διαιρούν με την θερμογόνο του ορυκτού καύσιμου και βγάζουν έτσι ένα αντίστοιχο μέγεθος το οποίο ο καταναλωτής μπορεί άμεσα να το συγκρίνει με τα αντίστοιχα Miles Per Gallon ενός βενζινοκίνητου. Έτσι φτάνουμε να λέμε ότι το (αμιγώς ηλεκτρικό) Nissan Leaf έχει ενεργειακή ισοδύναμη κατανάλωση περίπου 2,4 λίτρων/100km («99 Miles per GallonEquivalent») χωρίς να έχει κάψει σταγόνα σε ορυκτό καύσιμο.

Για να βγάλεις το αντίστοιχο κόστος ηλεκτροκίνησης σε χρήματα, δεν υπάρχουν fixed τιμές μιας και για αυτό χρειάζεσαι το κόστος κιλοβατώρας που χρεώνει ο εκάστοτε πάροχος ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χώρας. Στα υβριδικά οχήματα, η συνολική ενεργειακή κατανάλωση σε λίτρα ανά χιλιόμετρο είναι ένας συνδυασμός των αντίστοιχων των δύο πηγών ενέργειας, δηλαδή «πραγματικών λίτρων καύσιμου + ισοδύναμων ηλεκτρικών /100km».

Το άλλο «κρυφό» κόστος χρήσης όλων των αυτοκινήτων με μπαταρία είναι το κόστος αντικατάστασης της μπαταρίας αυτής καθαυτής: η εμπειρία [αλλά και οι εκτιμήσεις πολλών κατασκευαστών] λέει ότι δύσκολα μία μπαταρία υβριδικού αυτοκινήτου θα βγάλει -χοντρικά- πάνω από 10 χρόνια ή 150.000km ζωής. Δεδομένου ότι οι μπαταρίες αυτές είναι πανάκριβες (υπολογίστε 3.000-4000 ευρώ για μία τυπική Ni-MH, δηλαδή περίπου το 20-25% της συνολικής αξίας του οχήματος), συμπεραίνει κανείς ότι στο κόστος χρήσης ενός ηλεκτρικού ή υβριδικού (αν χρειαστεί αλλαγή στα π.χ. 200.000km) προστίθεται περίπου 1,5-2 ευρώ / 100km. Δεν θέλετε να ανάψει προειδοποιητική λυχνία μπαταρίας σε ένα τέτοιο όχημα μετά το πέρας της εγγύησης...

4.9 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ ΥΒΡΙΔΙΚΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Δεν έχει και τόσο νόημα στο τέλος της ημέρας να συγκρίνουμε άμεσα σε θερμοδυναμικό και ενεργειακό επίπεδο «ένα κιλό μπαταρία, με ένα κιλό βενζίνη», αφού όσον αφορά τουλάχιστον τα спор οχήματα, στη πράξη όχι μόνο δεν καλούμαστε να επιλέξουμε ένα μεταξύ των δύο, αλλά τελικά τα παντρεύουμε και συνδυάζουμε τα υπέρ καθενός σε ένα συνολικά ιδανικό πακέτο: αυτός ακριβώς είναι ο ρόλος ενός υβριδικού αυτοκινήτου που σέβεται τον εαυτό του, να φτιάχνει ένα «έξυπνο» ενεργειακό μείγμα ανά πάσα στιγμή και βάσει των απαιτήσεων που ορίζονται από το δεξί μας πόδι. Σε αυτή την κατεύθυνση στην συνέχεια θα δούμε αναλυτικά ποιο δρόμο ακολούθησε ο κάθε κατασκευαστής για τα γρήγορα μοντέλα του, τι κερδίζει και τι χάνει από την κάθε υλοποίηση και εν τέλει με τι ακριβώς θα έχει να ασχοληθεί ο βελτιωτής σας λίαν συντόμως.

Είναι ποτέ δυνατόν ο αντικαταστάτης του αυτοκινήτου, που φέρει το όνομα του ιδρυτή της Ferrari, η Enzo, να είναι υβριδικό? Είναι δυνατόν το αριστούργημα που ξεφτίλισε το «Ring» στα χέρια του WatterRoehrl, η Carrera GT, να έχει μπαταρίες? Είναι δυνατόν τα τέκνα ιστορικών supercars, όπως η McLaren F1, το

Honda NSX και η Jaguar XJ220 να στηρίζονται σε ηλεκτρικά μοτέρ για να πάνε πιο γρήγορα? Ναι, είναι η απάντηση!

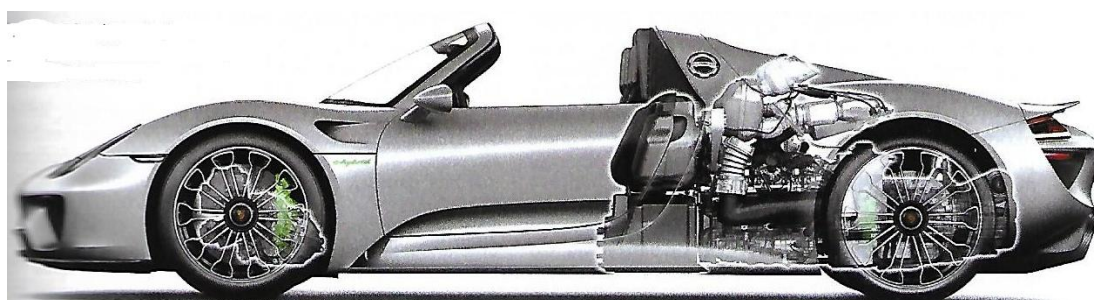
Αυτοκίνητα σαν αυτά για τα οποία θα διαβάσετε παρακάτω και οι αντίστοιχες τεχνολογίες κίνησης που αυτά φέρουν μπορεί μέχρι πρόσφατα σε πολλούς να φάνταζαν μακρινό μέλλον ή, ακόμα χειρότερα, μακρινό ανέκδοτο. Ιστορίες αυτοκινητιστικής επιστημονικής φαντασίας, προπαγάνδα των οικολόγων και -σε κάθε περίπτωση- μία πραγματικότητα που δεν αγγίζει εμάς, που τρέχει *superplus* μέσα στις φλέβες μας. Η αλήθεια όμως είναι διαφορετική. **Η αλήθεια είναι ότι η υβριδική τεχνολογία έχει πια για τα καλά ξεφύγει από προνόμιο μόνο κάποιων «πράσινων» μοντέλων αστικού προσανατολισμού ή κάποιων premium SUV και αγγίζει πλέον ενεργά τα petrolhead χωράφια, τα χωράφια των γρήγορων σπορ αυτοκινήτων.** Και όταν λέμε «αγγίζει», δεν μιλάμε καν για ορίζοντα τύπου «σε λίγα χρόνια», αλλά αναφερόμαστε σε παραδείγματα που έχουν ήδη πάρει σάρκα και σασμάν: πολλά από τα επιλεγμένα ειδικά αυτοκίνητα μεγάλων παραδοσιακών σπορ κατασκευαστών, με τα οποία θα ασχοληθούμε παρακάτω, είναι αυτοκίνητα πολύ σημαντικά για την πορεία της ηλεκτρικής/υβριδικής τεχνολογίας στην αυτοκίνηση, αφού αποτέλεσαν το λεγόμενο «steppingstone» ή αλλιώς την πρώτη γενιά των υβριδικών supercars.

Μετά, λοιπόν, το αναλυτικό ξεσκόνισμα που κάναμε στα διαφορετικά είδη υβριδικής τεχνολογίας, τα επιμέρους υποσυστήματα και τις διατάξεις της, καθώς και την όλη προσκείμενη φιλοσοφία που κίνησε τα νήματα για την ανάπτυξή της από τα εργοστάσια, θα δούμε πώς οι βασικοί παίκτες μπήκαν στο χορό και πώς ακριβώς ο καθένας διάλεξε να «παίξει» με το διαθέσιμο υπάρχον υβριδικό οπλοστάσιο. Επιλέξαμε να ασχοληθούμε, κατά βάση, αφενός με τους κατασκευαστές και τα αυτοκίνητά τους που εμείς, σύμφωνα με τα κριτήριά μας, θεωρούμε πιο σημαντικά και άξια ενδιαφέροντος και αφετέρου, θέλοντας να μείνουμε πιστοί στον τίτλο του κεφαλαίου, με υβριδικές και μόνο υλοποιήσεις (αφήνοντας στην άκρη αποκλειστικά ηλεκτρικά σπορ μοντέλα, όπως η SLS E-CELL ή τα Audi e-Tron). Τα σπορ αυτοκίνητα, που θα δούμε στις επόμενες σελίδες, δεν ήταν, όπως γνωρίζετε, φτηνά, για την ακρίβεια ήταν όλα πολύ ακριβά και αποτέλεσαν στην ουσία μοντέλα που είχαν ως σκοπό να σπρώξουν τις πωλήσεις των μικρότερων αντίστοιχων προϊόντων. Δεν θα αργήσει όμως η ώρα που αυτές οι τεχνολογίες, ως είθισται, σιγά σιγά θα περάσουν και στις πιο προσγειωμένες κατηγορίες. Μην έχετε αμφιβολία επ' αυτού, ο καιρός γαρ εγγύς!

Porsche 918 Spyder: υβριδικό ατμοσφαιρικό διαμάντι

Μετά την Carrera GT της περιόδου 2004-2007, με τον ατμοσφαιρικό V10 των 626 απίστευτα μελωδικών αλόγων, η Porsche είχε μείνει χωρίς «hypercar». Όπως είδαμε σε προηγούμενα μέρη, η εταιρεία έχει ήδη παρουσιάσει υβριδικά αυτοκίνητα στο μεσοδιάστημα, τόσο στις «δυσκίνητες» κατηγορίες των Cayenne/Panamera όσο και σε αγωνιστικό επίπεδο με την GT3 R Hybrid. Όταν ήρθε η ώρα για την «νέα Carrera GT», ο κλήρος έπεσε στην 918 Spyder, η οποία πρωτοείδε το φως της δημοσιότητας το Μάρτιο του 2010 και της οποίας η έκδοση παραγωγής έφτασε στα γκαράζ των πλουσίων ιδιοκτητών της στα μέσα του 2013. Πρόκειται για ένα (όπως και η Carrera GT) φουλ κάρμπον κεντρομήχανο αμάξωμα-πλαίσιο με αποσπώμενο

«targa» ουρανό, αλλά οι ομοιότητες σταματούν εδώ: η 918 διαθέτει φουλ παράλληλο υβριδικό σύστημα κίνησης, με έναν ηλεκτροκινητήρα σε κάθε άξονα και κύρια πηγή ενέργειας έναν, αγωνιστικών καταβολών, ατμοσφαιρικό 4.6 V8 610Ps, που στροφάρει 9άρες χάρη, μεταξύ άλλων, στις μπιέλες τιτανίου. Στον πίσω άξονα συναντάμε τον V8 (προέρχεται από τον 3.4 κινητήρα της αγωνιστικής RS Spyder), ο οποίος παντρεύει ένα υβριδικό PDK κιβώτιο διπλού συμπλέκτη με έναν ηλεκτροκινητήρα 156Ps, που μπορεί να εμπλέκεται/απεμπλέκεται με τον V8 με διάταξη συμπλέκτη (decoupler). Decoupler διαθέτει και ο ηλεκτροκινητήρας του εμπρός άξονα, ο οποίος σε ισχύ είναι λίγο μικρότερος (127Ps) και μεταφέρει κίνηση με σταθερή σχέση μετάδοσης. Όπως καταλάβατε, τα 887Ps συνδυαστικής ισχύος της 918 έφταναν σε όλους τους τροχούς, αφού μέσω της ρύθμισης ροής ισχύος στον εμπρός ηλεκτροκινητήρα (μέχρι τα 235km/h, μετά γίνεται αποκλειστικά πισωκίνητο) μεταβλητά ποσοστά της δύναμης θα χωρίζονται στους δύο άξονες. Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται σε μπαταρίες λιθίου 312 επιμέρους στοιχείων (και όχι σε ηλεκτρομηχανικό Βολάν, όπως στην GT3 R, το οποίο κρίθηκε ακατάλληλο για αυτοκίνητο δρόμου) σχετικά μικρής χωρητικότητας της τάξεως των 6,8 κιλοβατώραν και ισχύος 200kW, οι οποίες -για βέλτιστη κατανομή βάρους (57-43 εμπρός-πίσω)- βρίσκονται χαμηλά και πίσω από τους επιβάτες.



Σχήμα 4.1 Η Porsche 918 με 887 υβριδικά άλογα και αγωνιστικό V8 [2].

Εκτός από το regenerative braking, οι μπαταρίες μπορούν να φορτιστούν και από απλή οικιακή πρίζα των 230V σε 4 ώρες, η 918 είναι δηλαδή ένα plug-in hybrid. Δεν είναι ελαφριά, αφού αγγίζει τα 1,700kg στη φουλ έκδοσή της, ενώ από την κατά 38 κιλά ελαφρύτερη «Weissach» έκδοση έχουν αφαιρεθεί το A/C, το ντουλαπάκι, ο τεμπέλης, το ηχοσύστημα των 500W και η διάταξη φόρτισης από οικιακή πρίζα. Η έκδοση Weissach γλιτώνει επίσης 2,5 κιλά από τη ...μπογιά (τυλίγεται αντ' αυτής με μεμβράνη!) και 13,5 κιλά από τις ζάντες μαγνησίου.

Συνολικά υπάρχουν τέσσερα κυκλώματα ψύξης (δύο ηλεκτροκινητήρες, μετάδοση και μπαταρίες), ενώ τα κεραμικά φρένα είναι τέρατα (420x36mm και 390x32mm εμπρός/πίσω) Τι να κάνουν όμως τα 1700 κιλά, όταν έχουν αθροιστικά σχεδόν 900Ps να τα κινήσουν? θα σας πω εγώ τι κάνουν: 0-100km/h σε 2,6sec, 0-200 σε 7,4sec, 0-300 σε 19,9sec και τελική 350km/h (150km/h με σκέτους τους ηλεκτροκινητήρες σε φουλ ηλεκτρικό mode, με το οποίο μπορεί να κινηθεί το αυτοκίνητο για απόσταση περίπου 20 χιλιομέτρων, χωρίς καν να ανάψει ο V8). Επίσης γυρνάνε το Ring σε μόλις 6:57, ρίχνοντας στην Carrera GT μισή αιωνιότητα.

Και όλα αυτά με τυποποιημένη κατανάλωση 3lt/100km και εκπομπές 79g/km CO₂: με άλλα λόγια, όχι μόνο μπαίνει δακτύλιο το πράγμα, αλλά δεν πληρώνει και τέλη. Όχι ότι αυτό θα προβλημάτιζε όποιον είχε να δώσει τα περίπου €700.000 που κόστιζε, αλλά λέμε τώρα...

FerrariLaFerrari: ρίχνοντας κολώνες στην Enzo

Η Ferrari διάλεξε για το πρώτο της υβριδικό μοντέλο, τον αντικαταστάτη της Ειζο, να μείνει πιο κοντά σε παραδοσιακή διάταξη σε σχέση με τη φουλ υβριδική 918, μένοντας σε πισωκίνητη αρχιτεκτονική, χρησιμοποιώντας μόνο έναν, σχετικά μικρό, ελαιόψυκτο ηλεκτροκινητήρα στην άκρη του 7τάχτου κιβωτίου διπλού συμπλέκτη, που αποτέλεσε τον πυρήνα του συστήματος KERS, που διέθετε το αυτοκίνητο. Το υβριδικό σύστημα της «LaFerrari» (η Ferrari το ονομάζει HY-KERS και το είχε πρωτοφορέσει, πειραματικά, σε μία λαχανί 599 GTB Fiorano το 2010) συμπληρώνεται από μία διάταξη μπαταριών λιθίου. απλωμένων χαμηλά στο πάτωμα και μία μικρή ηλεκτρική γεννήτρια στο μπροστά μέρος του V12 κινητήρα.

Η αποθήκευση της ενέργειας γίνεται σε μπαταρίες λιθίου 312 επιμέρους στοιχείων (και όχι σε ηλεκτρομηχανικό βολάν, όπως στην GT3 R, η οποία -για αυτοκίνητο δρόμου- κρίθηκε ακατάλληλη) σχετικό μικρής χωρητικότητας της τάξεως των 6.8 κιλοβατώραν και ισχύος 200kW, οι οποίες -για Βέλτιστη κατανομή βάρους (57-43 εμπρός-πίσω)- βρίσκονται χαμηλά και πίσω από τους επιβάτες.

Η λύση της Ferrari αποτελείται από μπαταρίες λιθίου 120 στοιχείων, χωρισμένες σε οκτώ 15-cell modules, με συνολική ισχύ 120KW (το ενεργειακό ισοδύναμο 40 παραδοσιακών μπαταριών) και συνολικό βάρος μόλις 60kg. Ο ατμοσφαιρικός V12 αποτελεί εξέλιξη της μονάδας των 6,3λίτρων και 740 ίππων της F12, αλλά για την περίπτωση ενισχύθηκε στα σημεία, φτάνοντας τα 800Ps και, συνδυαστικά με τον ηλεκτροκινητήρα, εκτοξεύουν την ιπποδύναμη 963Ps. Σε αντίθεση με την 918, η LaFerrari δεν διαθέτει αμιγώς ηλεκτρική λειτουργία, με τον ηλεκτροκινητήρα να λειτουργεί αποκλειστικά υποστηρικτικά, για χάρη και μόνο των επιδόσεων σε πίστα. Το πολύ μικρότερο, σε σχέση με την 918, υβριδικό σύστημα έχει φυσικά αντίστοιχο αντίκτυπο και στο Βάρος, με την υβριδική Ferrari να ζυγίζει περίπου 1.350kg χωρίς υγρά. Για να επιτευχθεί τόσο καμηλό Βάρος, σημαντικό ρόλο παίζει η νέα κάρμπον «μπανιέρα» του αυτοκινήτου, στην οποία έβαλε αρκετά το μαγικό χεράκι της η ομάδα της F1. Η νέα, λοιπόν, αυτή μπανιέρα της LaFerrari είναι 20% ελαφρύτερη από αυτήν της Enzo και παράλληλα 27% και 20% πιο άκαμπτη σε στρέψη και θλίψη αντίστοιχα. Η Ferrari υποστηρίζει ότι η υβριδική διάταξη βοηθάει στη μείωση των εκπομπών κατά 40% σε σχέση με έναν σκέτο V12 ίδιας συνολικής ισχύος αλλά, όταν μιλάμε για αυτοκίνητο των 1,5 κιλών/ίππο, δεν νομίζω ότι πολλοί από αυτούς που έδωσαν το εξωφρενικό νούμερο των 1,8 εκατομμυρίων ευρώ χειρίστηκαν ιδιαίτερα οικολογικά το δεξί τους πεντάλ.

BMW i8· από το σινεμά, στο γκαράζ σας

Την πρωτοείδατε να πρωταγωνιστεί στο Mission: Impossible-GhostProtocol και προς τα τέλη του 2013, κατέβηκε από ιπτάμενο δίσκο στο εργοστάσιο της BMW στο Leipzig και λίγο μετά στους dealer της Γερμανικής φίρμας. Τι διάλεξε, όμως, να κάνει η BMW για το πρώτο της κεντρομήχανο sportscar μετά την M1 του 1978? Για

τον πίσω άξονα έχουμε έναν τρικύλινδρο turbo βενζινοκινητήρα 231 ίππων, ενώ εμπρός έναν ηλεκτροκινητήρα 131 ίππων: η συνολική ισχύς είναι 354PS με 56kgm ροπής και το αυτοκίνητο -ανάλογα με τις συνθήκες- μπορεί να κινείται ως πισωκίνητο, προσθιοκίνητο ή τετρακίνητο. Σε αποκλειστικά ηλεκτρικό mode, η i8 μπορεί να κινηθεί για 30-35km, ενώ, ούσα plug-in hybrid, οι μπαταρίες λιθίου των 7,1 κιλοβατώραν [τοποθετημένες κατά μήκος του κεντρικού τούνελ για ιδανική 50-50 κατανομή Βάρους] χρειάζονται 1 ώρα και 45 λεπτά για την πλήρη φόρτισή τους. Το αυτοκίνητο (διθέσιο στη spyder έκδοση, 2+2 επιβατών στην coupe) είναι φουλ carbon, αλλά το υβριδικό σύστημα έχει ένα εμφανές κόστος στο βάρος: 1.485 κιλά δίνει η BMW για το coupe και 1.595 κιλά για τη spyder. Οι επιδόσεις της i8 κάνουν τις απλές M3/M4 (οι πιο σκληροπυρηνικές CS τη γλυτώνουν...) να ντρέπονται, αφού το 0-100km/h είναι 4,4 και 4,6sec της coupe και της spyder έκδοσης αντίστοιχα, με περιορισμένη ηλεκτρονικά τελική ταχύτητα στα 250km/h (και πολύ πολύ παραπάνω χωρίς τον κόφτη, αφού το πολύ αποδοτικό -αεροδυναμικά- αμάξωμα έχει το φοβερό συντελεστή οπισθέλκουσας του 0,22). Δική σας από €170.000, χωρίς φόρο πολυτελείας και με μηδενικά τέλη κυκλοφορίας λόγω εκπομπών CO2 στα 49gr!

Honda NSX: κάλλιο αργά παρά ποτέ

Χρόνια περιμέναμε το νέο NSX, αλλά η Honda συνέχισε το πήγαινε πίσω και πίσω και έτσι μέναμε με το... Jazz στο χέρι: το 2007, η Honda παρουσίασε το πρωτότυπο με τον V10 και μας έλεγε ότι το 2010 η φαντασίωση θα έβγαινε στους δρόμους, η παγκόσμια, όμως, ύφεση στο ενδιαμέσο την έκανε να ακυρώσει το τότε project. Για καλή μας. όμως, τύχη το 2009 ανέλαβε -ως γενικό No.1 της εταιρείας- ο κύριος Takano, ο οποίος τυχαίνει να είναι ο μηχανικός που ήταν υπεύθυνος (μαζί με τον Senna) για το τελικό στήσιμο του πρώτου NSX στο Nurburgring, 35 χρόνια πριν. Ο μάγκας αυτός, μόλις ανέλαβε, πήρε πάνω του το θέμα προσωπικά και «διέταξε» να πάρει εμπρός νέο (κεντρομήχανο) NSX project, το οποίο είδαμε στους δρόμους το 2016, με παραγωγή στο Ohio των ΗΠΑ (ως Acura εκεί, όπως και το πρώτο NSX). Ο V10 δυστυχώς πήρε πόδι, μιας και -καλώς ή κακώς- ο κόσμος της αυτοκίνησης άλλαξε από το 2007 και το νέο NSX φοράει twin-turbo V6 3,5 λίτρων, άμεσου ψεκασμού, με σύστημα VTEC και απόδοση 500Ps, με 56,2kgm ροπής.

Ως προς το υβριδικό σύστημα, η Honda μπορεί να άργησε με το project, αλλά χαλάλι, γιατί, όπως συνηθίζει, το τράβηξε τεχνολογικά στα όρια: το νέο NSX διαθέτει τρεις ηλεκτροκινητήρες που κατανέμουν τη ροπή εμπρός πίσω και δεξιά-αριστερά (παρέχοντας ενεργό, συνεχές, torque-vectoring) βάσει του βαρβάτου και υπερπολύπλοκου συστήματος μετάδοσης SH-AWD της Honda, που ήδη γνωρίζουμε από το Legend και που στο NSX ονομάζεται «SPORT HYBRID SH-AWD». 0 πρώτος και μεγαλύτερος (40 ίππων) ηλεκτροκινητήρας βρίσκεται αγκαλιά με το θερμικό μοτέρ στον πίσω άξονα και εντός του 9τάχυτου διπλοσύνπλεκτου κιβωτίου, ενώ τον κάθε έναν από τους εμπρός τροχούς αναλαμβάνει ένας μικρότερος ηλεκτροκινητήρας 27 περίπου ίππων. Σε εντολές φουλ επιτάχυνσης (V6 + και οι 3 ηλεκτροκινητήρες), η συνολική ισχύς του NSX φτάνει τα 580Ps. Μέσω του συστήματος Integrated Dynamics Systems και των τεσσάρων προφίλ (Quiet, Sport,

Sport+ και Track), το NSX αλλάζει το χαρακτήρα του, επενεργώντας στην απόδοση του κινητήρα, στο σύστημα τετρακίνησης, στην απόσβεση της ανάρτησης, στο σύστημα διεύθυνσης και στο VSA. Το σύγχρονο NSX ζυγίζει 1,725kg και επιταχύνει στα πρώτα 100km/h σε 3sec, με την τελική του ταχύτητα να φτάνει τα 307km/h.

McLaren P1: ποια F1?!

Αντίπαλος της «LaFerrari», που είδαμε πιο πάνω, αποτέλεσε φυσικά, όπως όλοι ξέρετε, η McLaren P1 που παρουσιάστηκε στα τέλη του 2013. Οι Άγγλοι, μετά την παρουσίαση της MP4-12C το 2011, που τάραξε τα νερά της κατηγορίας των «μικρών» supercars κάνοντας τους οδηγούς των 458 Italia και των 911 997 Turbo να χάνουν τον ύπνο τους, βάλθηκαν να κυριαρχήσουν και στη μεγάλη κατηγορία, κάτι που είχαν να κάνουν από το 1994, με την McLaren F1 των 391 km/h τελικής και των «μόλις» 627 ατμοσφαιρικών βαυαρικών αλόγων. Το πλαίσιο της είναι φυσικά carbon, ονομάζεται «MonoCage» και, αποτελώντας εξέλιξη της αντίστοιχης «μπανιέρας» της MP4-12C («MonoCell»), διαθέτει ενσωματωμένους, στην κατασκευή του, τον κεντρικό αεραγωγό-αναπνευστήρα για το μοτέρ και τους πλαιϊνούς για την ψύξη. Το μοτέρ είναι μία βελτιωμένη εκδοχή του 3.8 V8 twin-turbo της MP4-12C, με κωδικό M838T (ο οποίος με τη σειρά του έχει τις ρίζες του στον VRH35 του Nissan R390 GT1 από το LeMans και εξελίχτηκε μαζί με την Ricardo), μοτέρ το οποίο από τα 620 άλογα (στην MP4-12C) έφτασε τα 737Ps στην P1. Το αυτοκίνητο έχει σύστημα KERS, με επικουρικό ηλεκτροκινητήρα και καλά ψυχόμενες, από τους εμπρός ευμεγέθεις αεραγωγούς, μπαταρίες για τον πίσω άξονα μόνο, όπως είδαμε και για τη Ferrari.

Αρχικά είχε κυκλοφορήσει ότι το KERS θα αποθηκεύει ενέργεια σε μηχανικό βολάν, αλλά τελικά η McLaren προτίμησε τη λύση ενός high-techbattery pack ιόντων λιθίου 324 στοιχείων, το οποίο βρίσκεται πίσω από την καμπίνα και εξελίχθηκε σε συνεργασία με την Johnson Matthey Battery Systems. Η μπαταρία φορτίζεται είτε από τον κινητήρα είτε από εξοπλισμό plug-in σε μόλις 2 ώρες. Η P1 μπορεί να λειτουργήσει σε πλήρως ηλεκτρικό mode, αλλά για μόλις 10km. Ο ηλεκτροκινητήρας του KERS δίνει επιπλέον 176Ps είτε κατ' επιλογή του οδηγού είτε σε automode, όπου η ECU τονώνει επιλεκτικά την καμπύλη ροπής και εξαλείφει το turbotag. Η συνδυαστική ισχύς της P1 φτάνει τα 916Ps και, σε συνδυασμό με το χαμηλό -για υβριδικό supercar- Βάρος των 1,547kg (1,68kg/Ps), προσφέρει εξωγήινες επιδόσεις, όπως αρμόζει και στο σχήμα της: 0-100km/h σε 2,8sec, 0-200km/h σε 6,8sec και 0-300km/h σε 16,5sec. Η τελική ταχύτητα των 350km/h (ηλ. περιορισμένη) δεν ήταν ο αυτοσκοπός του project, σε αντίθεση με την αεροδυναμική απόδοση και τον ελάχιστο γύρο πίστας: η P1 εξελίχθηκε αεροδυναμικά από τον πρώην Αγωνιστικό Διευθυντή Αεροδυναμικής της McLaren για την Formula 1. διαθέτει ενεργό σύστημα αεροδυναμικής απόδοσης, με κινούμενα πτερύγια εμπρός και πίσω και, ανάλογα με το mode που επιλέγει ο οδηγός, μπορεί, μεταξύ άλλων, να έχει είτε ελάχιστο συντελεστή αεροδυναμικής αντίστασης (0.34 οπισθέλκουσα με τη μετωπική επιφάνεια σε σπορ αυτοκίνητο παραγωγής) είτε τεράστιο downforce επιπέδου αγωνιστικών αυτοκινήτων (600+ κιλά). Τα carbon-ceramic φρένα της P1 είναι ultrahigh-tech από τη μετρ Akebono (συνεργάτη της McLaren και στη Formula 1),

ενώ το μηχανοστάσιο -στο χώρο των σωληνώσεων εξαγωγής- θα είναι (όπως και στην McLaren F1) υπενδεδυμένο με φύλλα χρυσού για λόγους ανάκλασης της παραγόμενης θερμότητας.

Υβριδική Lotus

Ο ιδρυτής της Lotus, Colin Chapman, ήταν -ως γνωστόν- μανιακός με την αφαίρεση και του τελευταίου δυνατού γραμμαρίου από τα αυτοκίνητά του, οπότε η υβριδική έκδοση της Evora, ονόματι 414E, με 377 κιλά παραπάνω από την κανονική έκδοση του μοντέλου, μάλλον θα τον εξόργιζε, σωστά? Μπορεί και όχι, γιατί αφενός η 414E δεν βγήκε στην παραγωγή και αποτέλεσε μόνο Βάση για εξέλιξη των υβριδικών συστημάτων των μελλοντικών Lotus, αφετέρου γιατί, μέσω ρύθμισης της ροής ισχύος μεταξύ των δύο ηλεκτροκινητήρων (ένας για κάθε πίσω τροχό), η Lotus εξελίσσει software που προσομοιώνει τη λειτουργία αυτοκινήτου που μπορεί να έχει ανάλογα με τις συνθήκες μπλόκε μεταβλητής εμπλοκής ή τελείως ανοιχτό διαφορικό, συνδυάζοντας τα πλεονεκτήματα και των δύο. Η Evora 414E (και το πανομοιότυπο μηχανικά αδερφάκι της, το Infiniti Emerg-E, που η Lotus εξέλιξε μαζί με την Nissan), χάρη στους 204 ίππους του κάθε ηλεκτροκινητήρα της, κάνει 0-160km/h σε 8sec και με τις μπαταρίες των 15kWh κάνει 55 χιλιόμετρα ηλεκτροκινούμενη. Η 414E είναι το πρώτο υβριδικό με διάταξη σε σειρά από αυτά που είδαμε, με έναν μικρό τρικύλινδρο 1.200άρη 55 ίππων να παίζει το ρόλο της γεννήτριας και ο οποίος από μόνος του (αν π.χ. είναι τελείως ξεφορτιστές οι μπαταρίες) δεν μπορεί να κάνει το όχημα να ξεπεράσει τα 100km/h. Στην 414E δοκιμάστηκε επίσης το σύστημα «HALOsonic» της HARMAN, το οποίο παράγει ήχους προς τα έξω με σκοπό την προειδοποίηση των πεζών ότι έρχεται κατά πάνω τους αθόρυβο όχημα: μην γελάτε, ακούγεται ότι παρόμοια συστήματα θα γίνουν σύντομα υποχρεωτικά για όλα τα ηλεκτρικά οχήματα!

Jaguar: και τουρμπίνες τσέπης διαθέτουμε

Εφόσον σε ένα σειριακό υβριδικό ο κινητήρας εσωτερικής καύσης δεν έχει σκοπό να επιταχύνει κατ' ευθείαν ο ίδιος τους τροχούς, αλλά τον θέλουμε μόνο για γεννήτρια, γιατί να παλεύουμε με εμβολοφόρα μοτέρ και όλα τα κουσούρια τους και να μην περάσουμε σε αξονικούς στροβιλοσυμπιεστές («gasturbines», όπως π.χ. στα ελικόπτερα), που στροφάρουν 100.000rpm και έχουν πυκνότητα ισχύος (ισχύς προς Βάρος) που ούτε στον ύπνο τους δεν βλέπουν οι εμβολοφόροι? Την τεχνολογία είχε δοκιμάσει από το 1979 η Toyota, με το Sports 800 GasTurbineHybrid και πρόσφατα επανέφερε στο προσκήνιο η Jaguar με το πρωτότυπο C-X75, το οποίο, ούτε λίγο ούτε πολύ, διαθέτει 778 ίππους κατανεμημένους σε έναν ηλεκτροκινητήρα ανά τροχό. Το C-X75 -στην αρχική του μορφή- έκανε χρήση δύο μικρών (πιστολάκι μαλλιών σε μέγεθος!) gasturbines 90 ίππων και 3 μόλις κιλών (!) έκαστη, από τη βρετανική και εξειδικευμένη στο θέμα των «τουρμπινών τσέπης» εταιρεία «BladonJets». Τα τουρμπινάκια αυτά δεν έχουν καν σύστημα λίπανσης, αφού ο άξονάς τους περιστρέφεται κυριολεκτικά στον αέρα πάνω σε «πνευματικά κουζινέτα», που ελαχιστοποιούν τις απώλειες στις 80.000+rpm. Για να πετύχει τους στόχους της η jaguar ως προς τις επιδόσεις του C-X75 supercar (0-100 κάτω από 3sec, 0-160 κάτω από 6sec, 320+ τελική), σε κάποια φάση της εξέλιξης αναγκάστηκε να

αντικαταστήσει τους αξονικούς στροβίλους (μεταξύ άλλων αύξαναν δραματικά τις εκπομπές CO₂) με εμβολοφόρο τετρακύλινδρο βενζινοκινητήρα, αλλά μην φανταστείτε ούτε στιγμή ότι το project φλώρεψε: ο κινητήρας αυτός είναι ξηρού κάρτερ 1600άρης, με μηχανικό υπερσυμπιεστή μέχρι τις 5.000rpm, turbo από εκεί και μέχρι τις 10000rpm και με τρελούτσικες πιέσεις αποδίδει 500+ άλογα! Είναι παιδί της Cosworth, η οποία αρχικά τον ανέπτυξε για την ομάδα της Williams F1 (για τους κανονικούς κινητήρων της F1 από το 2014], αλλά μετά την αλλαγή των κανονισμών που επέβαλαν τη χρήση των μακροσκοπικών V6 των 1,6lt (βλ. πίεση Ferrari), το διαβολικό αυτό μοτεράκι δυστυχώς μπήκε στο ράφι! Ελπίζουμε με την πρόσφατη εξάπλωση της υβριδικής-ηλεκτρικής γκάμας της Jaguar (I-Pace, E-Pace κ.τ.λ.) να το ξαναδούμε στο προσκήνιο.

Τα υβριδικά αυτοκίνητα, όπως ελπίζουμε ότι σας πείσαμε, όχι μόνο δεν είναι «μαύρα μαντάτα» για το μέλλον, αλλά αποτελούν μία πολλά υποσχόμενη εξέλιξη για όλους εμάς τους άρρωστους με την ταχύτητα, υπό συνθήκες ουσιαστικά «μόνιμης πετρελαϊκής κρίσης» πλέον, εντός και εκτός των συνόρων της χώρας, δείτε τα επερχόμενα σπορ υβριδικά οχήματα όχι σαν αυτοκίνητα που σκοπό έχουν να διανύσουν μία δεδομένη διαδρομή ξενέρωτα με λιγότερη βενζίνη, αλλά ως μηχανές διασκέδασης, που με δεδομένη ποσότητα καυσίμου (και άρα μαρουλιών) θα μπορούν να βγάλουν περισσότερες κόντρες, περισσότερες πάντες, περισσότερο γέλιο. Δεν καταργούν τη μελωδία του κινητήρα εσωτερικής καύσης, δεν χαραμίζουν τις γνώσεις στο μηχανικό tuning, δεν ακινητοποιούνται μόλις αδειάσουν οι μπαταρίες. Χάρη στην τεχνολογία των σπορ υβριδικών, μέσα σε μία κοινωνία που τείνει να χαρακτηρίζει εμάς τους γρήγορους όλο και πιο «αλήτες της ασφάλτου», δίνεται το φιλί της ζωής στο μεγάλο μας έρωτα: τις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης!

5. ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ

Η ενεργειακή κυψέλη είναι η εφεύρεση ενός ευφυούς Γερμανοελβετού χημικού, που χρονολογείται από το 1838- δηλαδή, πολύ πριν από την κατασκευή του κινητήρα εσωτερικής καύσης του Νικόλαους Ότο. Ο Κρίστιαν Φρίντριχ Σένμπαϊν δημοσίευσε τον Ιανουάριο του 1839 την ιδέα του στο «Φιλοσοφικό Περιοδικό». Βάσει της οποίας κατασκευάστηκε το 1843 το πρώτο πρωτότυπο από τον Ουαλό επιστήμονα Σερ Ουίλιαμ Ρόμπερτ Γκρούουβ. Ήταν όμως τον επόμενο αιώνα, στη δεκαετία του '60. όταν οι μηχανικοί άρχισαν να την παίρνουν στα σοβαρά. Πόσο σοβαρά; Τόσο, ώστε να ταξιδέψει στο διάστημα και στο φεγγάρι, παρέχοντας ηλεκτρισμό και νερό στα σκάφη των προγραμμάτων Gemini και Apollo.

Η ενεργειακή κυψέλη είναι μια συσκευή συνεχούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από την ηλεκτροχημική αντίδραση υδρογόνου (H_2) και οξυγόνου [O_2], Ο τρόπος λειτουργίας της μπορεί να χαρακτηριστεί ως το αντίθετο της ηλεκτρόλυσης. αφού εκεί το ηλεκτρικό ρεύμα χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει το νερό [H_2O] σε υδρογόνο και οξυγόνο. Αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια (ένα ανόδου και ένα καθόδου) που περιβάλλουν έναν ηλεκτρολύτη (στην περίπτωση του αυτοκινήτου, μια λεπτή πολυμερή μεμβράνη, γνωστή ως «PEM - Proton Exchange Membrane»).

Το καύσιμο που διοχετεύεται στην άνοδο διασπάται σε θετικά φορτισμένα ιόντα και αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια, εξαιτίας της καταλυτικής αντίδρασής του με το επιστρωμένο με πλατίνα ηλεκτρόδιο. Από αυτά, μόνο τα ιόντα μπορούν να διαπεράσουν τον ηλεκτρολύτη με κατεύθυνση προς την κάθοδο, στην οποία διοχετεύεται το οξυγόνο, και αντιδρώντας μαζί του να παραγάγουν νερό. Ταυτόχρονα τα ηλεκτρόνια, που δεν μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη, περνούν από ένα εξωτερικό κύκλωμα, παράγοντας ρεύμα. Με αυτόν τον τρόπο κάθε κυψέλη PEM είναι δυνατόν να παραγάγει 0.7 έως 0.75 V, πράγμα που εξηγεί γιατί στο αυτοκίνητο, αλλά και σχεδόν σε κάθε άλλη χρήση της [στατική, οικιακή, μεταφορική ή ως φορητή πηγή ρεύματος] η εν λόγω συσκευή συναντάται αποκλειστικά σε συστοιχίες.

Σε αντίθεση με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης, οι ενεργειακές κυψέλες δεν έχουν κάποια συγκεκριμένη θερμοκρασία λειτουργίας. Έτσι, υπάρχουν κυψέλες για λειτουργία σε θερμοκρασία δωματίου, και άλλες για 1.000° C. Κάθε τύπος απαιτεί, Βέβαια, και το κατάλληλο ηλεκτρολυτικό υλικό, σύμφωνα με το οποίο κατατάσσουμε τις ενεργειακές κυψέλες. Εκτός λοιπόν από τις κυψέλες πολυμερών μεμβρανών (λειτουργούν μεταξύ 50-80°C), υπάρχουν οι κυψέλες φωσφορικού οξέος για τους 100-200°C, ανθρακικού άλατος (500-700°C) ή ακόμα και κεραμικών υλικών

(800-1,000°C).

Αντίστοιχα, το υδρογόνο δεν είναι το μοναδικό καύσιμο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, καθώς η μεθανόλη -και γενικώς οι αλκοολούχες ενώσεις- και το μεθάνιο αποτελούν εναλλακτικές πηγές ενέργειας.

Για την πρόωση του αυτοκινήτου απαιτούνται, βέβαια, και οι αντίστοιχοι ηλεκτροκινητήρες, που θα μετατρέψουν το ηλεκτρικό ρεύμα σε κινητική ενέργεια. Στην ουσία μιλάμε, δηλαδή, για ένα υβριδικό σύστημα νέας μορφής, με κύριο χαρακτηριστικό τον τρόπο παραγωγής ενέργειας, που δεν υπόκειται. όπως οι κινητήρες εσωτερικής καύσης, στους περιορισμούς του κύκλου Καρνό! Οι ενεργειακές κυψέλες PEM παρουσιάζουν ένα βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ 50%-60% (χωρίς, φυσικά, να συνυπολογίζονται οι απώλειες από το ρεζερβουάρ μέχρι τους τροχούς), ενώ η μηδενική εκπομπή ρύπων καθιστά το εν λόγω σύστημα το πλέον φιλικό προς το περιβάλλον. Το πρώτο πειραματικό αυτοκίνητο που κινείται με ενεργειακές κυψέλες είναι το GM Electrovan του '66. Έκτοτε η ιδέα λίγο πολύ εγκαταλείπεται, για να εμφανιστεί ξανά στον 21^ο αιώνα, σε πρωτότυπα διάφορων κατασκευαστών. Το 2008 το Honda FCX Clarity γίνεται το πρώτο αυτοκίνητο με κινητήρα ενεργειακών κυψελών που μπαίνει σε περιορισμένη παραγωγή στο εργοστάσιο όπου άλλοτε κατασκευαζόταν το NSX. Ωστόσο, το πρώτο μοντέλο που διατίθεται εμπορικά από το 2015 είναι το Toyota Mirai. το οποίο ξεπέρασε τις 2.800 πωλήσεις το Φεβρουάριο του τρέχοντος έτους.

5.2 ΚΥΨΕΛΕΣ ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ

Η μπαταρία ροής ή οξειδοαναγωγική μπαταρία ροής είναι μια εφεύρεση της NASA από τη δεκαετία του 70. Πρόκειται για έναν τύπο επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, όπου η επαναφόρτιση εξασφαλίζεται από δύο χημικά συστατικά διαλυμένα σε υγρά, τα οποία εμπεριέχονται στο σύστημα και διαχωρίζονται από μία μεμβράνη. Η ανταλλαγή ιόντων που παρέχει τη ηλεκτρικού ρεύματος γίνεται μέσω της μεμβράνης, τη στιγμή που τα δύο υγρά κυκλοφορούν στο δικό τους, ξεχωριστό χώρο. Η τάση κάθε κυψέλης καθορίζεται χημικά το νόμο του Νερνστ και κυμαίνεται σε πρακτικές εφαρμογές μεταξύ 1.0 και 2.2V.

Μια μπαταρία ροής είναι τεχνικά παρόμοια τόσο με μια ενεργειακή κυψέλη υδρογόνου όσο και με έναν ηλεκτροχημικό συσσωρευτή. Με απλά λόγια, συμπεριφέρεται σαν κοινή μπαταρία, με τη διαφορά πως το ιοντικό διάλυμα (ηλεκτρολύτης) δεν αποθηκεύεται στην κυψέλη γύρω από τα ηλεκτρόδια, αλλά μπορεί να αποθηκευτεί σε εξωτερικό ρεζερβουάρ που τροφοδοτεί την κυψέλη, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Πέρα από το πλεονέκτημα των δύο ξεχωριστών υγρών, υπάρχει και αυτό της σχεδόν απεριόριστης διάρκειας ζωής σε σχέση με τις κοινές επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Στον αντίποδα όμως, είναι συγκριτικά λιγότερο ισχυρές και απαιτούν πιο εξελιγμένα ηλεκτρονικά.

Η Nanoflowcell AG. μια εταιρεία με έδρα το Λιχτενστάιν, προτείνει μια

ρίζοσπαστική εκδοχή των κυψελών ροής. Σε αυτήν, λίθιο και θείο είναι διατεταγμένα σε ένα δίκτυο νανοσωματιδίων, επιτρέποντας τη ροή ηλεκτρισμού σε ολόκληρη την ποσότητα υγρού, και όχι μόνο στο τμήμα που έρχεται σε επαφή με την αγωγίμη πλάκα. Έτσι εξασφαλίζεται η παραγωγή περισσότερης ενέργειας. Σύμφωνα με την εταιρεία, το πρωτότυπο Quant F αποδίδει 1.090 ίππους, με τον υπερπυκνωτή του να είναι σε θέση να τροφοδοτήσει τους τέσσερις ηλεκτροκινητήρες με έως και 2.000 A για σύντομο χρονικό διάστημα. Τα δύο ρεζερβουάρ 250 λίτρων προσφέρουν αυτονομία 800 χλμ. στο σπορ διθέσιο αυτοκίνητο. Το μικρότερο Quantino (2+2 θέσεων) αποδίδει 136 ίππους και τα δύο ρεζερβουάρ 175 λίτρων προσφέρουν αυτονομία πάνω από 1.000 χλμ. σύμφωνα πάντα με τον κατασκευαστή.

Το πιο πρόσφατο Quant υπόσχεται λειτουργία σε 48V, τετρακίνηση, 760 ίππους και τελική ταχύτητα περιορισμένη στα 300 χλμ./ώρα, με αυτονομία πάνω από 1.000 χλμ. Η λειτουργία στην πράξη και στην ευρεία παραγωγή θα ήταν μια πραγματική επανάσταση στον τομέα των συστημάτων μετάδοσης. Τα υπάρχοντα πρατήρια βενζίνης μπορούν εύκολα να αναβαθμιστούν με αντλίες ταυτόχρονης παροχής και των δύο ιοντικών υγρών [με θετική και αρνητική φόρτιση], ενώ πρόκειται για ένα καύσιμο μη τοξικό, άφλεκτο και φθηνό, που μπορεί εύκολα να παραχθεί με τη σημερινή τεχνολογία. Ωστόσο, η επιστημονική κοινότητα παρουσιάζεται επιφυλακτική απέναντι στην εν λόγω νανοτεχνολογία. και περιμένει αποδείξεις για την ενεργειακή πυκνότητα της μπαταρίας ροής της Nanoflowcell AG: εφόσον ευσταθούν τα όσα ισχυρίζεται ο κατασκευαστής, θα πρέπει να έχει πέντε φορές μεγαλύτερη πυκνότητα από τις μπαταρίες ιόντων-λιθίου της Tesla. Μόνο ο χρόνος θα δείξει...

6. ΑΣΦΑΛΕΙΑ

6.1 CRASH TESTS

Τα αυξημένα θανατηφόρα ατυχήματα της δεκαετίας του '30 αποτελούν την αφορμή για την αρχή της ενασχόλησης των κατασκευαστών με την παθητική ασφάλεια. Το 1936 η General Motors πραγματοποιεί την πρώτη δοκιμή πρόσκρουσης σε σταθερό εμπόδιο. Το Saab 92 είναι το πρώτο αυτοκίνητο με κλωβό ασφαλείας το 1969, τη χρονιά που κατασκευάζεται στις ΗΠΑ το πρώτο ανδρείκελο δοκιμών. Αρχικά αξιοποιείται από την πολεμική αεροπορία, πριν περάσει -σε εξελιγμένη μορφή- και στην αυτοκινητοβιομηχανία, στις αρχές της δεκαετίας του '50. Από τότε ξεκινούν και επισήμως οι δοκιμές πρόσκρουσης στις ΗΠΑ και κατόπιν στην Ευρώπη που οδηγούν σε σαφή βελτίωση της παθητικής ασφαλείας των αυτοκινήτων στις επόμενες δεκαετίες.

Η ζώνη ελεγχόμενης παραμόρφωσης, το προσκέφαλο, το τιμόνι και οι ζώνες ασφαλείας είναι μόνο μερικές από τις καινοτομίες που προκύπτουν.

Αρχικά, βέβαια, η αυτοκινητοβιομηχανία αποδεικνύεται αρκετά απρόθυμη να προβεί σε ριζικές και πολυέξοδες αλλαγές σχεδίασης των αυτοκινήτων της. Το 1965 εκδίδεται, όμως, το Βιβλίο του Αμερικανού δικηγόρου Ραλφ Νάντερ «Unsafe at any Speed», που αποτελεί ένα κατηγορητήριο για την απροθυμία της αυτοκινητοβιομηχανίας στην επένδυση με στόχο τη βελτίωση της ασφαλείας των προϊόντων της.

Είναι μια πρωτοποριακή για τα δικαιώματα του καταναλωτή δουλειά, που θα οδηγήσει μέσω αλυσιδωτών αντιδράσεων στη βελτίωση του αυτοκινήτου. Καταλυτικής σημασίας αποδεικνύεται η θέσπιση στάνταρντ ασφαλείας από τις επιτροπές NHTSA στις ΗΠΑ (από το 1966] και EEVC (από το 1970) στη γηραιά ήπειρο. Ωστόσο, μέχρι τη δεκαετία του '90 οι κατασκευαστές αυτοκινήτου οφείλουν να υποβάλουν τα νέα τους μοντέλα σε κάποιες Βασικές δοκιμές πρόσκρουσης, τα αποτελέσματα των οποίων δε δίνονται ποτέ στη δημοσιότητα. Για τους καταναλωτές αυτό σημαίνει πως δεν υπάρχει καμία δυνατότητα σύγκρισης της παθητικής ασφαλείας των μοντέλων της αγοράς.

Η σύσταση του EuroNCAP, αρχικά με τη στήριξη της FIA (διεθνής ένωση αυτοκινήτου), της ICRT (διεθνής οργάνωση καταναλωτών, έρευνας και δοκιμών), της βρετανικής και της σουηδικής κυβέρνησης, θα αλλάξει τελείως τα δεδομένα. Για πρώτη φορά θα δοκιμάζονταν αυτοκίνητα σε δοκιμές πρόσκρουσης υπό πραγματικές

συνθήκες και θα βαθμολογούνταν από έναν ανεξάρτητο φορέα, μετά πρώτα αποτελέσματα να δημοσιοποιούνται την 6η Φεβρουάριου του 1997. Έκτοτε, έχουν δοκιμαστεί περισσότερα από 1.800 αυτοκίνητα, έχουν δημοσιευτεί πάνω από 630 αξιολογήσεις παθητικής ασφάλειας, και υπολογίζεται ότι έχουν σωθεί πάνω από 78.000 ζωές. Με το EuroNCAP εμπλέκονται σήμερα δώδεκα ανεξάρτητοι οργανισμοί, ενώ υπάρχουν οκτώ εργαστήρια δοκιμών σε ολόκληρη την Ευρώπη.

Η αξία και η συμβολή του EuroNCAP δεν ήταν πάντοτε τόσο αναγνωρισμένες όσο στις μέρες μας. Για την ακρίβεια, η πρώτη κιάλας σειρά δοκιμών επτά δημοφιλών σουπερμίνι ξεσηκώνει θύελλα διαμαρτυριών εκ μέρους των κατασκευαστών αυτοκινήτου. Από την τότε μέγιστη βαθμολογία των 6 αστεριών, μόνο τα Ford Fiesta και Volkswagen Polo αποσπών 3 αστέρια.

Το Rover 100, το οποίο είναι ο ηγέτης της αγοράς, αρ- κείται στο μόλις 1 αστέρι. Οι περισσότεροι κατασκευαστές επιτίθενται στο νεοσύστατο θεσμό, υποστηρίζοντας πως οι δοκιμές έχουν τόσο αυστηρές προδιαγραφές, ώστε θα ήταν αδύνατο για οποιοδήποτε αυτοκίνητο, ανεξαρτήτως κατηγορίας, να πετύχει το μέγιστο των 6 αστεριών. Ωστόσο, πέντε μήνες αργότερα, το Volvo S60 γίνεται το πρώτο αυτοκίνητο στην ιστορία των δοκιμών πρόσκρουσης που βαθμολογείται με 4 αστέρια, διαψεύδοντας πανηγυρικά τους ισχυρισμούς των «αγανακτισμένων» κατασκευαστών. Τα δύο πρώτα χρόνια των προγραμμάτων μόνο το ένα τέταρτο των δοκιμασμένων αυτοκινήτων λαμβάνει τη μέγιστη βαθμολογία. Από το 1999 έως το 2001 ο αριθμός των αριστευσάντων αυξάνεται στο 50%. ενώ σήμερα το 73% των αυτοκινήτων Βαθμολογείται με το μέγιστο των 5 αστεριών. Δεν είναι, λοιπόν, υπερβολή να ισχυριστεί κανείς πως σταδιακά το EuroNCAP έγινε ο κινητήριος μοχλός εξέλιξης της παθητικής και ενεργητικής ασφάλειας των αυτοκινήτων. Άλλωστε, όλα αυτά τα χρόνια, ο ευρωπαϊκός ανεξάρτητος φορέας έδειξε ότι μπορεί να προσαρμόζεται και να βρίσκεται στην αιχμή των εξελίξεων, καθορίζοντας τις δοκιμές του με τέτοιο τρόπο, ώστε να συμβάλει αποφασιστικά προς αυτήν την κατεύθυνση.

6.2 ΖΩΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Το 1948, όταν η αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία παράγει νέες βερσιόν των προπολεμικών μοντέλων της, ο Πρέστον Τάκερ οραματίζεται και εξελίσσει, με τη βοήθεια του σχεδιαστή Αλέξανδρου Τρεμούλη, ένα πραγματικό καινοτόμο μοντέλο, με εκτεταμένα στοιχεία παθητικής ασφάλειας. Από αυτές τις καινοτομίες, άλλες φτάνουν τελικά στην προπαραγωγή (μεταξύ άλλων ο κεντρικός κατευθυνόμενος προβολέας, οι ζώνες ελεγχόμενης παραμόρφωσης, το διαιρούμενο

παρμπρίζ ασφαλείας, που ήταν έτσι σχεδιασμένο ώστε να πετάγεται προς τα έξω σε περίπτωση σύγκρουσης, τα δισκόφρενα και η ανεξάρτητη ανάρτηση), άλλες απορρίπτονται λόγω κόστους ή επειδή το επίπεδο της τεχνολογίας δεν επιτρέπει την αξιόπιστη κατασκευή τους (π.χ. του ψεκασμού). Μία από τις ιδέες του, όμως, δεν αξιοποιείται στα 51 Tucker Sedan που κατασκευάστηκαν για έναν τελείως διαφορετικό λόγο: αν διέθεταν ζώνες ασφαλείας -όπως αρχικά επιθυμεί ο κ. Τάκερ-, το κοινό θα θεωρούσε πως τα αυτοκίνητα στην πραγματικότητα είναι επικίνδυνα! Στα τέλη της δεκαετίας του '40 η ασφάλεια των αμερικανικών δρόμων είναι δεδομένη: οι ΗΠΑ έχουν κερδίσει τον πόλεμο. Πρέπει να περάσουν έντεκα χρόνια για να γίνει η Volvo η πρώτη εταιρεία που διαθέτει αυτοκίνητα (τα Amazon και PV544) με ζώνες ασφαλείας τριών σημείων. Η πατρότητα της καινοτομίας πιστώνεται στον Σουηδό μηχανικό Νιλς Μπόλιν.

6.3 ΑΕΡΟΣΑΚΟΣ

Στις αρχές της δεκαετίας του 70 διεξάγεται ένας ιδιότυπος... αγώνας για την παρουσίαση του πρώτου αερόσακου: το 1971 η Ford εξελίσσει ένα «στόλο» αυτοκινήτων δοκιμών του πρωτοποριακού τότε συστήματος παθητικής ασφάλειας, ενώ δύο χρόνια αργότερα η GM κάνει τις δικές της δοκιμές σε Chevrolet, που πωλούνται αποκλειστικά για κυβερνητική χρήση. Αργότερα την ίδια χρονιά η Oldsmobile Toronado γίνεται το πρώτο μοντέλο παραγωγής με αερόσακο, ενώ από το 1975-1976 τα κορυφαία μοντέλα των Oldsmobile, Cadillac και Buick προσφέρονται με αερόσακους οδηγού και συνοδηγού στον έξτρα εξοπλισμό. Αρχικά εξελιγμένος σε μια εποχή που η χρήση της ζώνης ασφαλείας δεν είναι καθόλου διαδεδομένη, ο αερόσακος θεωρείται υποκατάστατο της, όμως αποδεικνύεται συμπληρωματικός της. Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών, μια σειρά αισθητήρων επιτάχυνσης, πίεσης, ταχύτητας τροχών και γυροσκοπίων (αντί των αρχικών αδρανειακών αισθητήρων) στέλνουν τα δεδομένα που συλλέγουν σε μια κεντρική μονάδα ελέγχου η οποία «αποφασίζει» την ενεργοποίηση των προεντατήρων των ζωνών ασφαλείας και του πυροκροτητή των κατάλληλων αερόσακων (μετωπικών, πλευρικών, οροφής, γονάτου). Αυτός αναφλέγει το προωθητικό υλικό με βάση τη νιτρική αμμωνία [που βρίσκεται σε ξηρή μορφή εντός της γεννήτριας αερίων], παράγοντας το αέριο πλήρωσης των αερόσακων. Σε νεότερες μορφές (δύο σταδίων) υπάρχουν γεννήτριες που φουσκώνουν τον αερόσακο κατά 70% ή και 100%, ανάλογα με το μέγεθος του ατυχήματος, ενώ για τη βέλτιστη προστασία λαμβάνονται υπόψη δεδομένα όπως το βάρος και η ηλικία του επιβάτη, καθώς και η σφοδρότητα της σύγκρουσης.

6.4 ABS

Τα περισσότερα από τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας, κάποια εκ των οποίων αναφέραμε και πιο πάνω, έχουν ως «βάση» το ABS. όσο κι αν σας τα παρουσιάζουν ως «φαντεζί», το πρωταρχικό, το δομικό, το «εν αρχή» σύστημα ενεργητικής ασφάλειας, χωρίς το οποίο, τόσο σε επίπεδο hardware όσο και software, όλα τα υπόλοιπα δεν πάνε πουθενά μόνα τους και χρειάζονται τη συνδρομή του είναι το ABS (Anti-lock Braking System). Ας το πάρουμε, λοιπόν, από την αρχή και σταδιακά θα φτάσουμε και στα «πιο αναλυτικά πεθαίνεις»...

Τι είναι το ABS? Είναι το σύστημα που επιτρέπει στους τροχούς του οχήματος να διατηρήσουν πρόσφυση ως προς την επαφή τους με το οδόστρωμα σύμφωνα με τις «οδηγίες» του οδηγού κατά την πέδηση, αποτρέποντας το μπλοκάρισμά τους (τη διακοπή της περιστροφής τους, δηλαδή) και κατά συνέπεια την ανεξέλεγκτη ολίσθηση όλου του αυτοκινήτου προς «άγνωστη» κατεύθυνση. Το γιατί, από πλευράς φυσικής, δεν θέλουμε μπλοκαρισμένο τον τροχό, αλλά ελεγχόμενα περιστρεφόμενο αιτιολογείται ΑΚΡΙΒΩΣ με τον ίδιο τρόπο (αλλά φυσικά με αντιστροφή των φορών της επιτάχυνσης, δηλαδή αντί για επιτάχυνση έχουμε επιβράδυνση), ο οποίος αναλύεται διεξοδικά αν κάνουμε μεγάλη κουβέντα περί στατικής τριβής και τριβής ολίσθησης (και πώς η πρώτη, ούσα λίγο μεγαλύτερη από τη δεύτερη, μας κάνει τον τροχό πιο αποδοτικό, όταν γραπώνει ελεγχόμενα, αντί να τρίβεται ανεξέλεγκτα στο δρόμο). Δεν θα σας κουράσουμε, λοιπόν, με τα μαθηματικά που επενεργούν στους τροχούς και θα επικεντρωθούμε περισσότερο στα πιο «ποιοτικά» του ABS εδώ.

Το πόσο αποδοτικό είναι το ABS το είχαν ανακαλύψει οι οδηγοί αγώνων πολύ πριν την ανακάλυψη του... ABS: χρησιμοποιώντας «ανθρώπινο ABS», δηλαδή αφήνοντας και ξαναπατώντας το μεσαίο πεντάλ όσο γρηγορότερα μπορούσαν ήξεραν ότι Βελτιωνόταν η κατευθυντικότητα, ο έλεγχος και η αποτελεσματικότητα της πέδησης. Το «μηχανικό» ABS πάει το «ανθρώπινο» ένα Βήμα παραπέρα, κάνοντας την ίδια δουλειά πρακτικά, αλλά με πολύ μεγαλύτερο ρυθμό εναλλαγής στο «πάτα-άσε» και φυσικό πολύ καλύτερο έλεγχο της όλης διαδικασίας: κάνει «αυτόματα» τη μία από τις δύο Βασικές «δουλειές» του ABS, δηλαδή αυξάνει την ικανότητα του τροχού να στρίβει χωρίς ολίσθηση προς την επιθυμητή κατεύθυνση καθώς ταυτόχρονα φρενάρει. Και ερχόμαστε τώρα στο σημείο όπου είχε δεχτεί και τα περισσότερα βέλη το ABS τα πρώτα χρόνια: το δεύτερο ατού του ABS, την απόσταση ακινητοποίησης. Ο γενικός κανόνας είναι ότι το ABS στο μέσο αυτοκίνητο, με το μέσο οδηγό μειώνει αισθητά την απόσταση ακινητοποίησης σε στεγνές ή γλιστερές επίπεδες, «μασίφ» επιφάνειες. όπως είναι ο τυπικός δρόμος. ΤΕΛΟΣ. Οι λέξεις «επίπεδες» και «μασίφ» δεν χρησιμοποιήθηκαν τυχαία, υπάρχει σκοπιμότητα... Και αυτή δεν είναι άλλη από το ότι τα αυτοκίνητά μας δεν κινούνται πάντα σε ασφαλοστρωμένο δρόμο: σε επιφάνειες, όπως το γαρμπίλι, η άμμος ή το χιόνι, όπου το υλικό κάτω από τον τροχό μετακινείται και μπορεί να συσσωρευτεί μπροστά του, το ABS δύναται να μας ΑΥΞΗΣΕΙ αισθητά την απόσταση ακινητοποίησης. .. Πιο παραστατικά θέτοντάς το, αν κινείστε σε χόμα και

μπλοκάρετε τους τροχούς χωρίς ABS, τότε το διαρκώς αυξανόμενο -σε ύψος- «βουναλάκι» που σχηματίζεται μπροστά από το σημείο που πατάει το ελαστικό υποβοηθάει στην επιβράδυνση. Στο ίδιο τερέν, αλλά με ABS, το βουναλάκι δεν θα αναπτυχθεί ομοίως σε ύψος και θα μετατραπεί σε πολλά μικρότερα συνεχόμενα Βουναλάκια αφού κάθε φορά που το σύστημα ενεργοποιείται, ο τροχός μπορεί και υπερπηδάει το χαμηλότερο σχηματισμένο βουναλάκι... Φυσικά μία σύγχρονη έκδοση του ABS δεν έχει απολύτως καμία σχέση με τις πρώιμες και παλιότερες. Πλέον τα ABS, ως ολοκληρωμένα συστήματα, δεν αποτρέπουν μονάχα το μπλοκάρισμα του τροχού, αλλά και τσεκάρουν ηλεκτρονικά συνεχώς τι γίνεται από πλευράς κατανομής μεταξύ των τεσσάρων γωνιών, εμπρός-πίσω και αριστερά-δεξιά. Σε επόμενα κεφάλαια θα μπούμε στα διάφορα αυτά EBD-ESP χώραφα, αλλά εδώ τώρα συνεχίζουμε με τον άρχοντα, το ABS.

Το ABS σαν αρχή-ιδέα παρουσιάστηκε πρώτη φορά για αεροπορική χρήση και πιο συγκεκριμένα το 1929, από τον Γάλλο Gabriel Voisin, καθώς στα αεροπλάνα το «πάτε-άσε», που έκαναν οι οδηγοί αγώνων αυτοκινήτου, είναι ολίγον τι αδύνατο. Φυσικά μιλάμε για απόλυτα μηχανοϋδραυλικό σύστημα, χωρίς τα σημερινά «τσιπάκια»: ένας μηχανικός πυκνωτής-σφόνδυλος (Βολάν) και μία βαλβίδα σε υδραυλική γραμμή κυκλώματος, που τροφοδοτεί την αντλία των φρένων, ήταν οι βασικοί παίκτες. Ο σφόνδυλος ήταν εφαπτόμενος σε «ταμπούρο», το οποίο περιστρεφόταν στην ίδια ταχύτητα με τον τροχό και, υπό κανονική πέδηση, βολάν και ταμπούρο περιστρέφονταν με την ίδια ταχύτητα. Όταν όμως ένας τροχός ετοιμαζόταν να επιβραδύνει, το ίδιο έκανε και το ταμπούρο του, αφήνοντας το βολάν να περιστρέφεται γρηγορότερα.

Αυτό έκανε τη βαλβίδα να ανοίγει, αφήνοντας έτσι ανοικτή δίοδο σε υδραυλικό υγρό, ώστε να παρακάμψει την αντλία του φρένου και να οδεύσει προς ένα παρακείμενο δοχείο, μειώνοντας την πίεση στην τρόμπα και ελευθερώνοντας έτσι το φρένο. Ο συνδυασμός ταμπούρου και Βολάν σήμαινε ότι η βαλβίδα άνοιγε μόνο όταν ο τροχός δεν περιστρεφόταν, ενώ δοκιμές έδειξαν ότι η πέδηση βελτιώθηκε κατά 30%, με τους πιλότους πλέον να πατάνε «τέρμα» φρένο εξ αρχής και όχι σταδιακά και να αυξάνουν την πίεση οριακά μέχρι το σημείο μπλοκαρίσματος. Φυσικά άρχισαν έτσι να σώζουν και πολλά-πολλά λάστιχα που μέχρι τότε έσκαγαν θεαματικά στην προσγείωση. Τη δεκαετία του 1950, πάρα πολλά αεροπλάνα εξοπλίζονταν με το πρώτο αντίστοιχο, εμπορικά διαδεδομένο και αμιγώς μηχανικό σύστημα αντιμπλοκαρίσματος, όπως το περιγράψαμε, το Dunlop Maxaret. **Ήταν τόσο αποτελεσματικό, που, υπό συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες, μονάχα αεροπλάνα με Maxaret σύστημα μπορούσαν να πετάξουν.** Φυσικά, σύντομα έπεσαν οι πρώτες ιδέες, ώστε να δοκιμαστεί το σύστημα και σε οχήματα «ξηράς», με μία Royal Enfield Super Meteor να δέχεται -ως πειραματόζωο- το σύστημα και να επιδεικνύει τρομερά αποτελέσματα: οι τότε ιθύνοντες της εταιρείας δεν πίστεψαν στο μέλλον του συστήματος στις μοτοσυκλέτες, κάτι που φυσικό κάποια χρόνια μετά αποδείχτηκε κουτό. Τη δεκαετία του '60 έγιναν κάποιες πρώτες κινήσεις (σε μηχανικά, πάντα, συστήματα) και σε αυτοκίνητα, με το Jensen FF να είναι το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής με μηχανικό Maxaret «ABS», αλλά το σύστημα δεν κέρδισε την εμπιστοσύνη του κόσμου, αφού ήταν ακριβό αλλά και αναξιόπιστο.

Για να μιλήσουμε για ηλεκτρονικά ελεγχόμενο ABS πρέπει να φτάσουμε στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στο... Concorde. Το πρώτο αυτοκίνητο με ABS περίπου όπως το ξέρουμε σήμερα [δηλαδή με ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου, αξιόπιστο και πολυκάναλο -θα δούμε μετά τι σημαίνει αυτό- με έλεγχο σε καθέναν από τους τέσσερις τροχούς] παρουσιάστηκε ως «Sure Brake» από την Chrysler και την Bendix στην Imperial του 1970. Σύντομα μπήκαν στο παιχνίδι και οι υπόλοιποι Αμερικανοί παίκτες, όπως η Ford και η GM, ενώ και τα Γιαπώνια, το 1971, με το Nissan President μπήκαν επίσης στο παιχνίδι των ηλεκτρονικών ABS. Φυσικά, η Mercedes-Benz δεν θα έμενε έξω από το παιχνίδι, στο οποίο μπήκε με το S-Class W116, ενώ το 1985, με το Ford Scorpio (που κέρδισε το «Car of the Year», το 1986 και γι' αυτόν το λόγο) και η ευρωπαϊκή αγορά μπήκε στο χορό στην κατηγορία «λογικής» τιμής. Και με τις μοτοσυκλέτες? Εδώ πρωτοπόροι ήταν οι Γερμανοί της BMW, αφού εν έτει 1988, στην K100 έχωσαν κανονικά ηλεκτροϋδραυλικό ABS. Τα επόμενα 20 χρόνια σχετικά λίγες εφαρμογές βρήκαν δρόμο σε ευρεία χρήση, αλλά τα τελευταία χρόνια είχαμε μια νέα έξαρση με πολλές πλέον μοτοσυκλέτες να έχουν ABS στο στάνταρντ εξοπλισμό.

Να πούμε για αρχή μόνο ότι ένα τυπικό σύστημα ABS (στην πορεία θα δούμε ότι υπάρχουν και «μη τυπικά») περιλαμβάνει -ως Βασικούς παίκτες- την κεντρική ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου του (ABS ECU), έναν αισθητήρα γωνιακής ταχύτητας περιστροφής σε κάθε τροχό/πλήμνη -σύνολο τέσσερις- και τουλάχιστον δύο υδραυλικές Βαλβίδες στο υδραυλικό του κύκλωμα. Η ECU του συστήματος συνεχώς παρακολουθεί το σήμα από τους τέσσερις αισθητήρες των τροχών και αν αντιληφθεί ότι κάποιος αυτών περιστρέφεται με χαμηλότερη ταχύτητα από τους άλλους, δηλαδή ότι επίκειται μπλοκάρισμά του, ενεργοποιεί τις Βαλβίδες, ώστε να μειωθεί η υδραυλική πίεση στο φρένο του τροχού: η δύναμη πέδησης του τροχού «πού μειώνεται και η γωνιακή του ταχύτητα αυξάνεται. Αλλά και αντίστροφα, αν η κεντρική μονάδα ανιχνεύσει έναν τροχό να περιστρέφεται ταχύτερα από τους άλλους, αυξάνει την υδραυλική πίεση προς αυτόν, έτσι ώστε να επιβραδυνθεί η περιστροφή του. Αυτή η διαδικασία είναι συνεχώς επαναλαμβανόμενη και προσαρμοζόμενη (κάποια συστήματα μπορούν να «πατάνε-αφήνουν» πίεση πάνω από δέκα φορές το δευτερόλεπτο) και είναι αυτή η λειτουργία που καταλαβαίνουμε στο πεντάλ του φρένου ως «τρέμουλο» κατά την ενεργοποίηση του ABS (και ο λόγος που πρέπει -για να μην μπλοκάρει ο τροχός- να συνεχίζουμε να πατάμε τέρμα το πόδι μας στο φρένο, χωρίς να μας τρομάζει το ABS, ακόμα και σε φάσεις πανικού). Σε κάθε περίπτωση, η ECU φροντίζει ώστε ο ρυθμός επιβράδυνσης που επιφέρει στον τροχό να συμβαδίζει με το συνολικό ρυθμό επιβράδυνσης του οχήματος: το ιδανικό είναι να κρατιέται τεχνητά ο τροχός ακριβώς πάνω στο όριο ολίσθησης μπλοκαρίσματός του, καθώς έτσι έχουμε τη μέγιστη δύναμη τριβής-επιβράδυνσης (μάξιμουμ συντελεστής στατικής τριβής, όπως είδαμε πιο πάνω). Φυσικά, όμως, θα πει κάποιος ότι «ούτως ή άλλως οι τροχοί μπορεί να έχουν διαφορετικές γωνιακές ταχύτητες μεταξύ τους, π.χ. κατά το στρίψιμο, χωρίς καν να φρενάρουμε, γιατί δεν μπαίνει και τότε το ABS?». Η απάντηση είναι ότι οι ECU των ABS είναι έτσι ρυθμισμένες, ώστε να μένουν αδιάφορες στη διαφορά ταχύτητας περιστροφής κάτω από ένα προκαθορισμένο όριο. Φυσικά, κάθε όχημα με ABS διαθέτει και προειδοποιητική λυχνία ABS: αν κάτι πάει

στραβά με το όλο σύστημα (π.χ. μαζέψει μούργα ένας αισθητήρας και βγει off), η προειδοποιητική λυχνία μας ειδοποιεί.

Τα τμήματα του ABS.

- **Αισθητήρες ταχύτητας τροχών:** η επιβράδυνση ή επιτάχυνση ενός τροχού, που αναφέραμε, ανιχνεύεται μέσω ηλεκτρικού σήματος που παράγεται μέσω πηνίου και μαγνήτη: η περιστροφή του τροχού (ή της εξόδου του διαφορικού κατά περίπτωση) επάγει μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αισθητήρα. Οι διαφοροποιήσεις στην ένταση αυτού του πεδίου δημιουργούν Βολτάζ στον αισθητήρα, ενώ πρέπει να έχουμε πάντα υπόψη μας ότι μπορεί να λάβουν χώρα και παρεμβολές στο κύκλωμα, όπως π.χ. από εξωτερικό παράγοντα ή από πολύ χαμηλή ταχύτητα περιστροφής, η οποία δεν επιτρέπει στο πεδίο να σχηματιστεί ορθώς.

- **Βαλβίδες:** στην υδραυλική γραμμή του κυκλώματος καθενός -εκ των τεσσάρων- φρένου υπάρχει και μία ξεχωριστή βαλβίδα, τυπικά τριών θέσεων: στην πρώτη θέση είναι τελείως ανοιχτή και η πίεση από την αντλία των φρένων περνάει ως έχει προς το φρένο και στον τροχό, στη δεύτερη είναι τελείως κλειστή απομονώνοντας το συγκεκριμένο φρένο από την αντλία και αποτρέποντας την περαιτέρω αύξηση της πίεσης, ακόμα κι αν ο οδηγός επιμείνει και πατήσει το φρένο δυνατότερα. Τέλος, έχουμε την ενδιάμεση -των δύο- θέση, όπου αφήνεται να περάσει ορισμένη, αλλά όχι η πλήρης πίεση. Η πλειονότητα των προβλημάτων με τις Βαλβίδες αφορά κόλλημά τους σε μία συγκεκριμένη θέση, κατάσταση που δεν τους επιτρέπει να ρυθμίζουν τη ροή του υδραυλικού κι επομένως της πίεσης.

- **Αντλία:** η υδραυλική αντλία ενός συστήματος ABS χρησιμοποιείται με κύριο σκοπό να επαναφέρει την πίεση στο κύκλωμα από το σημείο και μετά που οι προαναφερθείσες Βαλβίδες την «τσάκισαν». Μόλις η ECU δώσει σήμα ανοίγματος μιας βαλβίδας λόγω ολίσθησης του τροχού, η πίεση από το μεσαίο πεντάλ του οδηγού χαλαρώνει και η τρόμπα είναι εκεί για να επαναφέρει το επιθυμητό επίπεδο πίεσης. Η ακριβής λειτουργία της τρόμπας ως προς την ισχύ και το χρονισμό της καθορίζονται -σε κάθε περίπτωση- από την ECU του συστήματος.

- **Μονάδα ελέγχου:** τη χαρακτηρίσαμε αγγλιστί ως «ABS ECU» πιο πάνω. Αυτή βρίσκεται «κολλητά» με την υδραυλική μονάδα των βαλβίδων και τα πηνία τους και αφού πάρει τα διάφορα σήματα από τους αισθητήρες, γίνεται ο μαέστρος τόσο της λειτουργίας του ABS αυτής καθαυτής όσο και σχετικών υποσυστημάτων, που θα δούμε, όπως του EBD.

- **Ενεργοποιητής ABS:** όλο το «σύμπλεγμα» Βαλβίδων, υδραυλικής οδήγησης αυτών με πηνία, τρόμπας και ECU συχνά είναι μία ενιαία μονάδα-κουτί, γνωστό ως «ABS modulator» και στην πιάτσα θα το ακούσετε και ως «ενεργοποιητή ABS».

Όπως θα δούμε και αναλυτικά σε επόμενα κεφάλαια, τα σύγχρονα ABS συνδυάζονται πάντα με ESP σύστημα ευστάθειας, οπότε στα παραπάνω βασικά

υποσυστήματα πρέπει να προσθέσετε και επιπλέον αισθητήρες, όπως αισθητήρας γωνίας τιμονιού και γυροσκοπικοί αισθητήρες.

Θα έχετε ακούσει για τα «κανάλια» του ABS, π.χ. έχει τρικάναλο, Τετρακάναλο ABS και δεν συμμαζεύεται. Τι σημαίνει? Αφορά τον αριθμό και τη διάταξη των υποσυστημάτων, που γράψαμε πιο πάνω, τα οποία -ανάλογα με την επιλογή του κάθε κατασκευαστή, αλλά και το σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου αυτό καθαυτό, πριν «μπει» οποιοδήποτε ABS στην εξίσωση- δίνουν και τους διαφορετικούς τύπους του ABS. Πρακτικά, όταν λέμε «κανάλι», εννοούμε «Βαλβίδα», δηλαδή ξεχωριστή υδραυλική δίοδο ρύθμισης. Ανάλογα «με τον αριθμό των καναλιών-Βαλβίδων και τον αριθμό των αισθητήρων έχουμε λοιπόν τα εξής

Τετρακάναλο ABS με τέσσερις αισθητήρες, αυτό είναι το ιδανικό (και επικρατέστερο εδώ και αρκετό χρόνια), όπου ο κάθε τροχός έχει «δική του» Βαλβίδα και αισθητήρα. Σε ένα τέτοιο ABS, η ECU παρακολουθεί και ρυθμίζει τον κάθε τροχό χωριστά ως προς την ιδανική πίεση πέδησης.

Τρικάναλο ABS με τέσσερις αισθητήρες·, κάθε τροχός εδώ έχει δικό του αισθητήρα, κάθε μπροστινός τη δική του Βαλβίδα, αλλά μία μόνο βαλβίδα αναλογεί και για τους δύο πίσω τροχούς μαζί. Μόνο τα παλιότερα αυτοκίνητα χρησιμοποιούν ακόμα τέτοιο σύστημα.

Τρικάναλο ABS με τρεις αισθητήρες, συναντάται κυρίως σε μικρά φορτηγάκια, όπου έχουμε έναν αισθητήρα και μία βαλβίδα για κάθε εμπρός τροχό, αλλά μία μόνο Βαλβίδα και αισθητήρα στον πίσω άξονα συνολικά. Ο πίσω αισθητήρας βρίσκεται πάνω στον πίσω άξονα. Το σύστημα Επιτρέπει ξεχωριστό έλεγχο των εμπρός τροχών, οι οποίοι παίρνουν και το μεγαλύτερο φορτίο κατά το φρενάρισμα λόγω μεταφοράς βάρους. Πίσω, όμως, και αφού και οι δύο τροχοί ελέγχονται παρ'εούλα, πρέπει να μπλοκάρουν και οι δύο για να ενεργοποιηθεί το ABS και πίσω. Αν μπλοκάρει μόνο ο ένας, τζίφος, αφού θα είναι σαν μη συνέβη τίποτα. Εύκολα καταλαβαίνει κανείς ένα τέτοιο σύστημα σκύβοντας και μάταια ψάχνοντας αισθητήρες δίπλα στις πλήμνες.

Δικάναλο ABS με τέσσερις αισθητήρες, από τα τέλη της δεκαετίας του '80 μέχρι πριν από 15 χρόνια, συναντούσαμε κατά κόρον τέτοια συστήματα: κάθε τροχός είχε αισθητήρα δικό του. αλλά Βαλβίδα υπήρχε μόνο μία ανά άξονα. Άσχετα με το αν ο αριστερός ή ο δεξιός αισθητήρας ανίχνευε επικείμενο μπλοκάρισμα, ο ενεργοποιητής, μέσω της μοναδικής Βαλβίδας, επιδρούσε σε ολόκληρο τον άξονα.

Μονοκάναλο ABS με έναν αισθητήρα, υπάρχουν φορτηγάκια, κυρίως, με το λεγόμενο «πισωκίνητο ABS». Αυτό έχει μία Βαλβίδα που επιδρά στους δύο τροχούς του πίσω άξονα, ο οποίος έχει και έναν αισθητήρα ταχύτητας. Το σύστημα λειτουργεί όπως το πίσω κομμάτι ενός τρικάναλου ABS: οι τροχοί ελέγχονται πακέτο και πρέπει να μπλοκάρουν και πακέτο για να μπει το ABS.

Η περιγραφή του ABS είναι μόνο η αρχή αυτών που θα ακολουθήσουν στα επόμενα κεφάλαια. Όπως είπαμε, βασιζόμενα σε αυτό έχουν προκύψει πολλά σχετικά

υποσυστήματα, τα οποία είτε θέλουν να μην τρακάρουμε είτε θέλουν να πάμε πιο γρήγορα

6.5 ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Το ABS, όπως το είδαμε, δεν παίζει πάντα «σόλο»: καθώς τα αυτοκίνητά μας κουβαλάνε όλο και περισσότερη τεχνολογία στο βασικό τους εξοπλισμό, το ABS μπορεί να αποτελεί τη βάση και για άλλα δευτερεύοντα συστήματα, τα οποία συμπληρώνουν και υποστηρίζουν τη λειτουργία του. Πολλές φορές μάλιστα οι «φίλοι» αυτοί είναι τόσο εξελιγμένοι ως προς τη λειτουργία τους, που μόνο «δευτερεύοντες» δεν τους λες...

Η παρουσία και μόνο όλου εκείνου του «ηλεκτροϋδραυλικού hardware» του ABS που είδαμε αναλυτικά νωρίτερα, άνοιξε διάπλατα το δρόμο σε πολλά άλλα υποσυστήματα ρύθμισης-ελέγχου του φρεναρίσματος, τα οποία είτε δεν υπήρχαν καθόλου πριν από το ABS είτε αντ' αυτών χρησιμοποιούνταν πολύ απλούστερα μηχανικά συστήματα. Ας δούμε λοιπόν τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας, εξερευνώντας τα σημαντικότερα εξ αυτών.

EBD: ο φύλακας-άγγελος των «χαμηλωμένων»

Αναλύοντας το ABS, είδαμε πώς μπορούμε να μεγιστοποιήσουμε τη δύναμη πέδησης στα φρένα και πώς μπορούμε να τη ρυθμίσουμε έτσι ώστε να μην προκαλεί ανεπιθύμητο μπλοκάρισμα των τροχών (που αυξάνει τις αποστάσεις ακινητοποίησης) και απώλεια ελέγχου του αυτοκινήτου (που μας στέλνει φρεναριστούς ευθεία). Ποιο θα μπορούσε λοιπόν, να είναι το επόμενο λογικό βήμα? Οι μηχανικοί στα τμήματα R&D των εταιρειών, όπως πάντα, βρήκαν και τρόπους να βελτιώσουν ακόμα περαιτέρω το φρενάρισμα. Στο στόχαστρό τους, λοιπόν, μετά το ABS μπήκε ο τρόπος κατανομής της πίεσης. Αυτό που κάποτε γινόταν μηχανικά κάτω από τα αυτοκίνητα από τους μηχανικούς με περιστροφή σπειρώματος στους λεγόμενους «μηχανικούς κατανεμητές», έπρεπε να τελειώσει... Μεταξύ άλλων τα μηχανικά συστήματα δεν προσαρμόζονταν σωστά στις μετατοπίσεις βάρους μεταξύ των δύο αξόνων, κατάσταση που γινόταν ακόμα πιο έντονη (και ενίοτε επικίνδυνη) στα αυτοκίνητα με πειραγμένη ανάρτηση: όταν αλλάζουμε τα χαρακτηριστικά π.χ. των ελατηρίων σε ένα αυτοκίνητο με μηχανικό κατανεμητή, τότε αλλάζει και η κατανομή βάρους (το «βύθισμα» της μούρης πρακτικά) κατά το φρενάρισμα. Έχοντας μηχανικό κατανεμητή με σταθερή σχέση κατανομής πέδησης εμπρός-πίσω, αυτή μπορεί να ταιριάζει γάντι στο μαμά στήσιμο της ανάρτησης, αλλά είναι εντελώς λάθος για τα νέα χαρακτηριστικά της «βελτιωμένης» ανάρτησης. Λάθος κατανομή σημαίνει απρόβλεπτο η απλά μη προβλεπόμενο μπλοκάρισμα του ενός (του πίσω κατά Βάση) άξονα και με αυτά τα πράγματα δεν παίζουμε. Είναι άπειρες οι ιστορίες π.χ. από τα σαξόραλα παλιά, που άλλαζαν ελατήρια εμπρός ή ρύθμιζαν πίσω ράβδους στρέψης, αλλά «ξεχνούσαν» (ή το άφηναν «για αργότερα») να ρυθμίσουν το μηχανικό

κατανεμητή, με πολύ κόσμο να γυρνάει με τετ-α-κε στην ευθεία με μπλοκαρισμένο τον πίσω άξονα στο πρώτο φρενάρισμα πανικού... Η λύση σε όλο αυτό δεν ήταν άλλη από τα συστήματα ηλεκτρονικής κατανομής της πίεσης πέδησης, πιο γνωστά με το ακρωνύμιο «EBD», από το «Electronic Brakeforce Distribution». Το EBD καταργεί τελείως το μηχανικό κατανεμητή πίεσης στα αυτοκίνητα, αφού χρησιμοποιεί για την ίδια δουλειά τα εξαρτήματα του ABS. Όταν η ECU αντιληφθεί ότι το αυτοκίνητο «βουτάει» π.χ. σε ένα απότομο φρενάρισμα, ανοίγει τις βαλβίδες των πίσω τροχών, ρίχνοντας την πίεση στα πίσω φρένα. Η ECU δεν αντιλαμβάνεται αυτούσια τη «βουτιά» (μεταφορά βάρους), αλλά αντιλαμβάνεται την ανεπαίσθητη ολίσθηση που προκαλείται λόγω της Βουτιάς, συνήθως σε ποσοστό λιγότερο από 1%. Λόγω της σχετικά μικρής αυτής ολίσθησης, οι Βαλβίδες δεν ανοίγουν ούτε τόσο γρήγορα ούτε τόσο συχνά όσο με το ABS αυτό καθαυτό, συνεπώς η λειτουργία του EBD δεν συνοδεύεται από τρέμουλο στο πεντάλ του φρένου.

Πέρα και από το EBD: CBC

Πατώντας πάνω στην ιδέα του «απλού» EBD, η BMW πήγε ένα βήμα παραπέρα παρουσιάζοντας το σύστημα «CBC» («Cornering Brake Control»), το 1997. Ο τρόπος λειτουργίας του CBC μοιάζει αρκετό με το EBD, αλλά αντί να επικεντρώνεται μόνο στο διαμήκη άξονα (εμπρός-πίσω), επικεντρώνεται και στον εγκάρσιο (αριστερά-δεξιά): το CBC μπορεί να ρυθμίσει την κατανομή της πίεσης πέδησης και ανάμεσα στους δύο τροχούς του ίδιου άξονα, για να πετύχει το τέλειο φρενάρισμα, ακόμα κι αν το αυτοκίνητο στρίβει ταυτόχρονα. Έτσι, αν π.χ. ο οδηγός πατήσει απότομα φρένο σε μία στροφή, το CBC θα μειώσει την πίεση στο φρένο του εμπρός εσωτερικού και του πίσω εξωτερικού τροχού, ώστε ν' αποφευχθούν τυχόν υπερστροφικές τάσεις που μπορεί να προκύψουν από το ελάφρωμα της ουράς κατά το φρενάρισμα. Η «ιδέα» έχει κοινό τόπο με το ESP, αλλά συνολικά η υλοποίηση είναι εντελώς άλλη, όπως θα δούμε αναλυτικά παρακάτω, όπου θα επικεντρωθούμε στο ESP.

Αν δεν πατάς γρήγορα το πεντάλ, θες Brake Assist...

Έχοντας, λοιπόν, λύσει οι αυτοκινητοβιομηχανίες και οι προμηθευτές τους το πρόβλημα της κατανομής πίεσης ως προς τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που αφορούν την πέδηση, στράφηκαν προς την καταπολέμηση του «νεκρού χρόνου» που μεσολαβεί σε ένα οποιοδήποτε φρενάρισμα από τη στιγμή που θα πρωτοακουμπήσει ο οδηγός το πεντάλ του φρένου μέχρι τη στιγμή που θα ασκήσει πλήρη πίεση με το πόδι του. Και αυτός ο χρόνος, ειδικά όταν πηγαίνεις με πολλά, μόνο αμελητέος δεν είναι. Αυτό το νεκρό χρονικό διάστημα μπορεί να προέρχεται είτε από αργά αντανάκλαστικά του ίδιου του οδηγού (αυτό δεν μπορεί να βελτιωθεί, αυτά τα πόδια και αυτό το νευρικό σύστημα έχει!) είτε από εκούσιο δισταγμό του να «τσαρουχώσει» το πεντάλ (επίτηδες, δηλαδή ενστικτωδώς να μην ασκεί την πλήρως δυνατή πίεση). Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι τα συστήματα υποβοήθησης φρεναρίσματος. Το πρώτο και γνωστότερο ήταν το «Brake Assist» της Mercedes-Benz και άλλοι, όμως, κατασκευαστές έχουν παρουσιάσει παρόμοια συστήματα, όπως για παράδειγμα το «DBC» («Dynamic Brake Control») της BMW ή το «AFU»

(«Assistance au Freinage d' Urgence») της Renault. Το Brake Assist δρα πολύ έξυπνα ως εξής:· από τους κατάλληλους αισθητήρες/ενεργοποιητές μετράει την ταχύτητα με την οποία ο οδηγός αφήνει το γκάζι και πατάει το πεντάλ του φρένου και όταν αυτή υπερβεί κάποιο όριο, η ECU αναγνωρίζει ότι πρόκειται για φρενάρισμα πανικού. Τότε ενεργοποιεί -μέσω μηχανισμού- το servo των φρένων, είτε αυτό είναι τύπου κενού είτε υδραυλικό είτε κάποιος συνδυασμός τους. Καταλαβαίνει κανείς ότι ενώ υπό κανονικές συνθήκες η υποβοήθηση από το servo είναι ανάλογη της απόστασης πατήματος του πεντάλ, με το Brake Assist αυτός ο κανόνας ξεχνιέται και η ταχύτητα πατήματος του πεντάλ (θεωρώντας ότι αυτή καθορίζει το ρεαλιστικά υπαρκτό φρενάρισμα πανικού) μπαίνει ως επιπλέον παράγοντας καθορισμού του «ποσού» της υποβοήθησης.

Σύμφωνα με δοκιμές, το Brake Assist μπορεί να μειώσει την απόσταση φρεναρίσματος μέχρι και σε ποσοστό 45% κατά το φρενάρισμα σε στεγνό δρόμο από τα 100km/h. Με άλλα λόγια, μπορεί να σώσει εσάς, τη γιαγιά, τον αφηρημένο σκύλο ή όλα αυτό μαζί... Εξυπακούεται, βέβαια, ότι αν κατά τη διαδικασία αυτή παρουσιαστεί μπλοκάρισμα σε κάποιον τροχό, το ABS λειτουργεί κανονικά κάνοντας τη δουλειά του παράλληλα. Το πρώτο BAS (από το Brake Assist System) παρουσιάστηκε από τη Mercedes-Benz το '96 σε upper class και, ως συνήθως, γρήγορα επεκτάθηκε και σε μικρότερα μοντέλα της εταιρείας (A-Class).



Σχήμα 6.1 Το συνολικό σύστημα φρένων της S-Class συμπεριλαμβανομένου του BAS [2].

Το σύστημα της Mercedes-Benz συγκεκριμένα χρησιμοποιούσε ένα μαγνητικό αισθητήρα γραμμικής μετατόπισης, τοποθετημένο στο διάφραγμα του servo, για τη μέτρηση της ταχύτητας πατήματος του πεντάλ των φρένων και αν η μονάδα ελέγχου έκρινε ότι υπήρχε φρενάρισμα Μανικού, μέσω μίας

ηλεκτροβαλβίδας ενεργοποιούσε αυτόματα το servo, χωρίς, όπως είδαμε, να περιμένει πότε θα καταφτάσει «μηχανική» ενεργοποίησή του από το πεντάλ.

Και «PLUS» έκδοση έχουμε

Η δεύτερη γενιά του Brake Assist που παρουσιάστηκε στην S-Class W221. με το όνομα «Brake Assist Plus», πετυχαίνει την «πρόληψη» μιας πιθανά επικίνδυνης κατάβασης. Πώς? Χρησιμοποιεί τα radar μέτρησης απόστασης itinj βρίσκονται ήδη εγκατεστημένα στο αυτοκίνητο ως μέρος του συστήματος «DISTRONIC» (ένα για μακρινές αποστάσεις με συχνότητα λειτουργίας 77GHz και ένα radar κοντινών αποστάσεων συχνότητας 24GHz) για να «σκανάρει» το δρόμο μπροστά από το αυτοκίνητο. Όταν δει εμπόδιο ή πιθανό κίνδυνο, ειδοποιεί τον οδηγό και ταυτόχρονα φέρνει τα τακάκια πιο κοντό στις δισκόπλακες (και τα χλιοστά που κανονικά θα χώριζαν το φερμουίτ του τακακιού από το δίσκο μετράνε!), ώστε να είναι πανέτοιμο να ασκήσει τη μέγιστη δύναμη στα φρένα μόλις ο οδηγός πατήσει το πεντάλ (αυτό ονομάζεται «prefilling» του συστήματος πέδησης). Με το έγκαιρο πλησίασμα των τακακίων στις δισκόπλακες, επιτυγχάνεται και καλύτερη αντιστάθμιση της φθοράς των υλικών τριβής των φρένων, ενώ λαμβάνοντας σήματα από τους αισθητήρες βροχής και τους υαλοκαθαριστήρες, η κεντρική μονάδα ελέγχου μπορεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα να ακουμπά ανεπαίσθητα τα τακάκια στις δισκόπλακες, ώστε οι τελευταίες να είναι πάντα στεγνές και... έτοιμες για δράση. Γερμανοί...

«Brake-by-wire»!

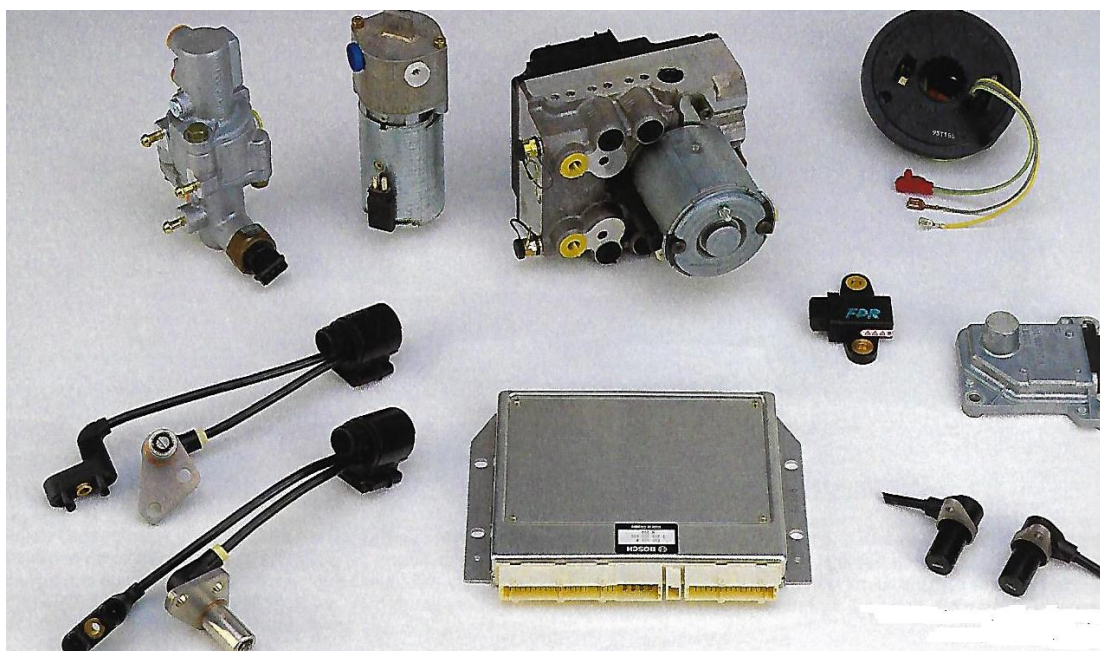
Όπως είδαμε πιο πάνω, προκειμένου να δουλέψουν σωστά, **τα περισσότερα συστήματα ελέγχου της πέδησης αυτό που κάνουν ουσιαστικά είναι να διακόπτουν προσωρινά την απευθείας σύνδεση του ποδιού του οδηγού με τα φρένα.** Και, δυστυχώς για τους ρομαντικούς σαν εμάς, αυτή είναι και η νέα τάση που αναμένεται να κυριαρχήσει στο μέλλον. Δηλαδή ο οδηγός με το πόδι του να δίνει μόνο το «σήμα» για το φρενάρισμα και η απαραίτητη ισχύς να παρέχεται όχι από το πόδι, αλλά από ηλεκτρικά/υδραυλικά υποσυστήματα του αυτοκινήτου, άφθονη, άμεση και πλήρως ελεγχόμενη. Μιλάμε, λοιπόν, εδώ για τα λεγόμενα «ηλεκτρομηχανικά»/«ηλεκτροϋδραυλικά» φρένα (ή αλλιώς τα συστήματα που θα δείτε να αναφέρονται ως «brake-by-wire»). Όπως προαναφέραμε, είναι πολύ δύσκολο για έναν οδηγό, όσο καλός, ακριβής και γρήγορος κι αν είναι, να πετύχει το τέλειο φρενάρισμα.

Υπάρχουν πάρα πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν το φρενάρισμα, οι οποίοι σχετίζονται τόσο με τον οδηγό όσο και με τις συνθήκες που επικρατούν στο οδόστρωμα. Σε συστήματα όπως όλα τα παραπάνω (ABS, BAS, CBC), τα οποία σε γενικές γραμμές πρώτα «διαβάζουν» τις προθέσεις του οδηγού και ύστερα προσπαθούν να προσαρμόσουν τις αντιδράσεις του σε αυτές, ώστε να πετύχουν το βέλτιστο αποτέλεσμα, αυτή η αλληλουχία ενεργειών είναι αρκετά δύσκολη και επίπονη. Γι' αυτό και οι υπεύθυνοι των τμημάτων R&D σκάφτηκαν μία ακόμα πιο έξυπνη λύση: να αγνοήσουν τελείως τις αντιδράσεις του οδηγού και να επικεντρωθούν στο να «διαβάσουν» τις προθέσεις του. Αφού γίνει αυτό, το επόμενο βήμα είναι να δημιουργηθούν «εκ του μηδενός» και χωρίς τη συμμετοχή του οι

κατάλληλες αντιδράσεις. Ναι, ακούγεται τρομακτικό και «big brother», αλλά αυτή είναι η «δουλειά» των brake-by-wire συστημάτων: να διαβάζουν, να ερμηνεύουν και να εφαρμόζουν τις εντολές του οδηγού, χωρίς να χρειάζονται κανενός είδους μηχανική σύνδεση ανάμεσα στο μεσαίο πεντάλ και τα φρένα των τροχών.

Τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα

Τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα ονομάζονται και «υβριδικά φρένα by-wire» («hybrid electronic brake-by-wire systems») λόγω του ότι συνεχίζουν να χρησιμοποιούν ένα μεγάλο μέρος από τα υδραυλικά εξαρτήματα των συμβατικών φρένων. Η Βασική διαφορά τους από τα συμβατικά είναι ότι η πίεση για τη λειτουργία τους δεν προέρχεται από το πόδι του οδηγού και το servo, αλλά από μία ηλεκτρική αντλία. Το πρώτο ηλεκτροϋδραυλικά σύστημα φρένων που έχει τοποθετηθεί σε αυτοκίνητο παραγωγής είναι το «SBC» («Sensotronic Brake Control»), το οποίο εξελίχθηκε από -ποια άλλη- την Bosch σε συνεργασία με -ποια άλλη- τη Mercedes-Benz, το 2001. στην SL-Class.



Εικόνα 6.1 Ολόκληρο το πρώτο σύστημα ESP της Bosch (1994) [2].

Η υδραυλική πίεση για τη λειτουργία των φρένων στο SBC δημιουργείται από μία ηλεκτρική αντλία και το υγρό των φρένων αποθηκεύεται σε ένα συσσωρευτή με πίεση 140-160bar. Η ροή του ρευστού από και προς το φρένο κάθε τροχού ρυθμίζεται από ηλεκτρονικά ελεγχόμενες υδραυλικές βαλβίδες («wheel pressure modulators»), οι οποίες παίρνουν σήματα από την ξεχωριστή κεντρική μονάδα ελέγχου του συστήματος. Το πεντάλ των φρένων είναι απομονωμένο από το υπόλοιπο κύκλωμα και επάνω του είναι συνδεδεμένο ένα ποτενσιόμετρο, ώστε να μετράτε η ταχύτητα και η δύναμη με την οποία πατάει φρένο ο οδηγός. Η μονάδα ελέγχου, εκτός από τα στοιχεία που συλλέγει από το πεντάλ των φρένων, λαμβάνει σήματα και από τους

αισθητήρες του ABS, τους αισθητήρες του ESP (γωνίας στροφής τιμονιού, yaw rate και επιταχύνσεων) και το ποτενσιόμετρο της πεταλούδας του γκαζιού. Με βάση όλα αυτά τα στοιχεία, υπολογίζει ξεχωριστά την απαιτούμενη δύναμη πέδησης για κάθε τροχό και εν συνεχεία δίνει εντολή στις αντίστοιχες Βαλβίδες να ανοίξουν κατά το επιθυμητό ποσοστό, ώστε ο τροχός να φρενάρει μόνο όσο χρειάζεται. Με βάση όλη αυτήν την περιγραφή του εντελώς «ανεξάρτητου» λειτουργικά SBC, θα πει κάποιος ότι το κλασσικό servo και η συμβατική αντλία φρένων θεωρητικά είναι άχρηστα και θα μπορούσαν να καταργηθούν. Και έτσι θα ήταν αν συνέτρεχαν οι ακόλουθοι δύο παράγοντες ο ένας είναι ότι το πεντάλ πρέπει να συνεχίσει να δίνει κάποιο feedback στον οδηγό του, έτσι ώστε αυτός να έχει (έστω μία απομακρυσμένη) εικόνα του τι συμβαίνει. Ο δεύτερος είναι πιο πρακτικός και λέει ότι σε περίπτωση ακόμα και πλήρους αστοχίας των ηλεκτρονικών μαραφετιών πρέπει πάντα να υπάρχει μία backup λύση για την ακινητοποίηση του «τρελού φορτηγού». Έτσι, π.χ. στις Mercedes-Benz με SBC υπάρχει και «κανονική» αντλία φρένων, η οποία όμως είναι απομονωμένη από το υπόλοιπο υδραυλικό κύκλωμα όσο το σύστημα δουλεύει κανονικά.

Επιπλέον, στην άκρη της αντλίας είναι προσαρμοσμένος ένας μηχανικός «προσομοιωτής αίσθησης» ο οποίος δημιουργεί στο πεντάλ την απαραίτητη ανάδραση. Σε περίπτωση δυσλειτουργίας της ηλεκτρονικής μονάδας ή κάποιας αστοχίας στο ηλεκτρικό κύκλωμα του αυτοκινήτου που να εμποδίζει τη λειτουργία της αντλίας του SBC, ανοίγει μία βαλβίδα και η «συμβατική» αντλία συνδέεται με το υπόλοιπο κύκλωμα, ώστε ο οδηγός να ακινητοποιήσει το αυτοκίνητο με ασφάλεια.

Συστήματα όπως το SBC συνολικά προσφέρουν πολλά και διαφορετικά πλεονεκτήματα αναφορικά με την ενεργητική ασφάλεια του αυτοκινήτου. Καταρχάς τους «φοβητσιάρηδες» που μόλις τους ταρακουνήσει το ABS τα κάνουν πάνω τους, επειδή το πεντάλ δεν είναι απευθείας συνδεδεμένο με τα φρένα των τροχών, η λειτουργία του ABS δεν συνοδεύεται από τρέμουλο στο πεντάλ. Έτσι αποκλείεται ο οδηγός να τρομάξει από τη λειτουργία του ABS και να αφήσει το φρένο. Εκτός, όμως, από αυτό το SBC έχει και μία σειρά άλλων πλεονεκτημάτων σε σύγκριση με τα συμβατικά φρένα. Αν ο οδηγός αφήσει απότομα το γκάζι (όπως είδαμε πριν στο Brake Assist, αυτό είναι σημάδι ότι πρόκειται να πατήσει φρένο και κατά πάσα πιθανότητα επίκειται «απρόοπτο» φρενάρισμα), τότε η μονάδα ελέγχου και εδώ στο SBC, όπως και στο BAS, φέρνει αυτόματα τα τακάκια σε «επαφή» με τις δισκόπλακες, ώστε να ελαχιστοποιήσει το νεκρό χρόνο μέχρι την έναρξη του φρεναρίσματος. Σε δοκιμές που έγιναν με το SBC η απόσταση φρεναρίσματος από τα 120km/h μειώθηκε κατά ποσοστό 3% σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα φρένων.

Κατά το φρενάρισμα σε στροφή, τώρα, το SBC δεν φρενάρει το ίδιο τους εσωτερικούς και τους εξωτερικούς τροχούς. Ανάλογα με τις συνθήκες, η μονάδα του SBC φρενάρει περισσότερο τους εξωτερικούς τροχούς καθώς, λόγω του ότι είναι φορτισμένοι, «πατάνε» καλύτερα στο οδόστρωμα, με αποτέλεσμα να μπορεί να ασκηθεί μεγαλύτερη ισχύς πέδησης χωρίς μπλοκάρισμα. Για τον αντίθετο λόγο, το σύστημα μειώνει την πίεση στους εσωτερικούς τροχούς. Το αποτέλεσμα είναι βέλτιστο φρενάρισμα στη στροφή, χωρίς να επηρεάζεται η οδική συμπεριφορά του

αυτοκινήτου. Κλέβοντας δόξα και από το EBD, το SBC ρυθμίζει την κατανομή της πέδησης ανάμεσα στον εμπρός και τον πίσω άξονα ανάλογα με τις συνθήκες. Έτσι, στα φρεναρίσματα από μεγάλες ταχύτητες, δίνει περισσότερη ισχύ πέδησης στον εμπρός άξονα, έτσι ώστε να μην υπάρξει ανεπιθύμητο μπλοκάρισμα των τροχών του πίσω άξονα. Αντίθετα, κατά το φρενάρισμα από μικρότερες ταχύτητες, η ισχύς πέδησης μοιράζεται ανάμεσα στους δύο άξονες, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη απόκριση των φρένων και ομοιόμορφη φθορά των τακακίων. Πέρα όμως από τις βελτιώσεις που προσφέρουν στον τομέα της ενεργητικής ασφάλειας, τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα τύπου SBC έχουν και μερικά ακόμα ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν ως στόχο να διευκολύνουν τη ζωή του οδηγού κατά την κίνηση στην πόλη. Όταν ο οδηγός σταματά και ξεκινά πολλές φορές, χωρίς να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα, το σύστημα καταλαβαίνει ότι βρίσκεται σε κυκλοφοριακή συμφόρηση (!) κι έτσι φροντίζει ώστε το φρενάρισμα να είναι όσο πιο «γλυκό» γίνεται για να μην καταπονούνται οι (πλούσιοι) επιβάτες. Η παραπάνω λειτουργία στις Mercedes-Benz λέγεται «Soft-stop function», ενώ επιπλέον υπάρχει και το «Traffic Jam Assist», το οποίο στις Mercedes-Benz με SBC ενεργοποιείται από το διακόπτη του cruise control: όταν είναι ενεργοποιημένη, ο οδηγός πατάει μόνο το γκάζι και μόλις το αφήσει, το αυτοκίνητο ακινητοποιείται μόνο του, με σταθερή επιβράδυνση. Το σύστημα λειτουργεί μόνο μέχρι τα 60km/h, καθώς, πολύ λογικά, σε μεγαλύτερες ταχύτητες απενεργοποιείται αυτόματα. Τώρα ξέρετε γιατί είναι ακριβά τα μεγάλα Μερσεντικά...

Και για τους φίλους μας του off-roaders

Πριν κλείσουμε με τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα, πρέπει να πούμε ότι η ύπαρξή τους διευκολύνει και βελτιώνει τη λειτουργία μερικών ακόμα περιφερειακών υποσυστημάτων που σχετίζονται με τα φρένα του αυτοκινήτου, όπως το «Hill- Hold Control» και το «Hill Descend Control». Τα παραπάνω μπορεί να υπήρχαν και πριν τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα, αλλά με αυτά διευκολύνεται πολύ η λειτουργία τους και επεκτείνονται οι δυνατότητάς τους. Το σύστημα Hill-Hold Control (υπάρχουν και διαφορετικές ονομασίες ανάλογα με τον κατασκευαστή, όπως «Hill Start Assistant», «Start-Off Control» και «Drive-Away Assist», αλλά ουσιαστικά η φιλοσοφία τους είναι η ίδια), αποτρέπει την κύλιση του αυτοκινήτου προς τα πίσω κατά τα ξεκινήματα σε οδοστρώματα με μεγάλη κλίση, χωρίς ο οδηγός να χρειάζεται να χρησιμοποιήσει το χειρόφρενο. Αρκεί ο τελευταίος να πατήσει το φρένο και το σύστημα ενεργοποιείται αυτόματα, καθώς αντιλαμβάνεται (μέσω αισθητήρα] ότι το όχημα βρίσκεται υπό κλίση. Η μονάδα ελέγχου κλείνει αυτόματα τις Βαλβίδες του ABS, ώστε η πίεση στο κύκλωμα των φρένων να διατηρηθεί ακόμα και όταν ο οδηγός αφήσει το πεντάλ για να ξεκινήσει. Έτσι, το αυτοκίνητο δεν κυλά προς τα πίσω και διευκολύνεται πολύ η εκκίνηση. Οι βαλβίδες του ABS ανοίγουν αυτόματα (και η πίεση στο κύκλωμα πέφτει με αποτέλεσμα να απελευθερώνονται τα φρένα) μόλις η δύναμη από τον κινητήρα γίνει μεγαλύτερη από τη Βαρυτική έλξη ή μόλις περάσει ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Το Hill Descent Control επενεργεί αυτόματα στα φρένα, ώστε να διατηρήσει την ταχύτητα του αυτοκινήτου σταθερή, χωρίς ο οδηγός να χρειάζεται να πατά το πεντάλ του φρένου. Στα αυτοκίνητα με

συμβατικά φρένα αυτό επιτυγχάνεται με την αυτόματη ενεργοποίηση του servo (όπως π.χ. στα πρώτα συστήματα Brake Assist), ενώ στα αυτοκίνητα με ηλεκτροϋδραυλικά φρένα, η κεντρική μονάδα ελέγχου ανοίγει τις Βαλβίδες των φρένων των τροχών κατά ένα ποσοστό. Το Hill Descent Control είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε off-road διαδρομές με μεγάλη κλίση του δρόμου, όπου ο οδηγός πρέπει ουσιαστικά να χειρίζεται ταυτόχρονα το γκάζι και το φρένο και όπου τυχόν απότομο πάτημα του μεσαίου πεντάλ μπορεί να προκαλέσει μπλοκάρισμα και απώλεια ελέγχου. Όπως είπαμε και πριν, αυτά τα συστήματα είχαν εμφανιστεί αρκετό πριν τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα (για παράδειγμα το HDC είχε παρουσιαστεί στο πρώτο Land Rover Freelander), αλλά το SBC βελτιώνει αρκετά τη λειτουργία τους, καθώς επιτρέπει την άσκηση διαφορετικής δύναμης πέδησης σε κάθε τροχό, χαρακτηριστικό ιδιαίτερα χρήσιμο σε δύσκολες off-road καταστάσεις.

Ξεπερνώντας εντελώς με τα υδραυλικά: τα ηλεκτρομηχανικά φρένα

Τα «ηλεκτρομηχανικά» φρένα («Electro-Mechanical Brakes» ή «EMB») ονομάζονται και «fully electronic braking systems» ή «full brake by wire» συστήματα, επειδή δεν χρησιμοποιούν πρακτικά κανένα απολύτως υδραυλικό εξάρτημα. Η απαιτούμενη πίεση στα φρένα δημιουργείται από ηλεκτροκινητήρες ενσωματωμένους στις δαγκάνες, οι οποίοι δέχονται σήματα από ποτενσιόμετρα τοποθετημένα πεντάλ του φρένου και αντλούν την απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ από τη μπαταρία και το δυναμό του αυτοκινήτου. Όπως και στα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα, έτσι και εδώ υπάρχει ένας «προσομοιωτής αίσθησης» στο πεντάλ του φρένου ώστε ο οδηγός να έχει το απαραίτητο feedback από τα φρένα. Δεν υπάρχουν [ακόμα] αυτοκίνητα παραγωγής αποκλειστικά με ηλεκτρομηχανικά φρένα, αλλά σε πάρα πολλά μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί στο μηχανισμό του ηλεκτρονικού χειρόφρενου, που πλέον είναι ιδιαιτέρως της μόδας. Η διαφορά σε σχέση με τα συμβατικά χειρόφρενα είναι ότι το συρματόσχοινο ενεργοποίησής του τεντώνεται από έναν ηλεκτροκινητήρα και όχι από τον οδηγό. Σε μερικές δε περιπτώσεις και το συρματόσχοινο έχει καταργηθεί και ο ηλεκτροκινητήρας επενεργεί κατευθείαν πάνω στο αντίστοιχο φρένο. Ο οδηγός δίνει απλά την εντολή για την ενεργοποίηση χειρόφρενου μέσω ενός διακόπτη στο ταμπλό. Η μονάδα ελέγχου του χειρόφρενου μετράει την κλίση του οδοστρώματος και το φορτίο του αυτοκινήτου και ανάλογα ρυθμίζει την πίεση στο φρένο. Το ηλεκτρομηχανικό χειρόφρενο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για υποβοήθηση εκκίνησης σε ανηφόρα [καθώς η μονάδα ελέγχου απασφαλίζει αυτόματα το χειρόφρενο όταν κρίνει ότι το αυτοκίνητο πάει να ξεκινήσει).

Σε συνεργασία με το ESP, με το οποίο θα ασχοληθούμε παρακάτω, μπορεί να παίξει και το ρόλο του φρένου έκτακτης ανάγκης (emergency brake) και να ακινητοποιήσει το αυτοκίνητο σε έκτακτες περιπτώσεις. Φυσικά με ένα τέτοιο σύστημα ξεχνάτε τις «χειροφρενιές» στην πλατεία: με τη «συνεργασία» ηλεκτρομηχανικού χειρόφρενου και ESP, το αυτοκίνητο σταματά χωρίς να αποκλίνει καθόλου από την πορεία του και χωρίς αποσταθεροποίηση της ουράς. Τα ηλεκτρομηχανικά φρένα, πάντως, φαίνεται να είναι η λύση του μέλλοντος στα συστήματα «brake-by-wire». Έχουν όλα τα πλεονεκτήματα των ηλεκτροϋδραυλικών

φρένων που είδαμε πιο πάνω (ξεχωριστή ρύθμιση δύναμης πέδησης ανά τροχό, απουσία τρέμουλου στο πεντάλ κατά τη λειτουργία του ABS) και υπερτερούν σε αρκετούς ακόμα τομείς. Είναι πιο απλά στην κατασκευή τους, έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη, δεν χρειάζονται ακριβές υδραυλικές Βαλβίδες για τον έλεγχο τους, συνεπώς είναι πιο φτηνά και πιο ελαφρά. Επιπλέον, παράγεται λιγότερος θόρυβος κατά τη λειτουργία τους, δεν χρειάζονται υγρά φρένων, η συνεργασία με το ABS, το ESP και το TCS είναι ακόμα πιο εύκολη, όπως επίσης εύκολη είναι και η μελλοντική διασύνδεσή τους με τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας. Τι είναι, λοιπόν, αυτό που κάνει τις εταιρείες και τους κατασκευαστές να ασχολούνται με την εξέλιξη ηλεκτροϋδραυλικών φρένων και δεν στρέφονται όλοι υπέρ των ηλεκτρομηχανικών? Η απάντηση βρίσκεται στα ηλεκτρικά των αυτοκινήτων. Τα 12V των σημερινών κυκλωμάτων φαίνεται ότι είναι ανεπαρκή για τις απαιτήσεις σε ισχύ των ηλεκτρομηχανικών φρένων, καθώς σήμερα μετά Βίας καλύπτουν τις υπόλοιπες ηλεκτρικές ανάγκες του αυτοκινήτου. Έτσι, μία επιπλέον αύξηση στην απαιτούμενη ηλεκτρική ισχύ θα οδηγούσε αναπόφευκτα σε ρεύματα πολύ υψηλών εντάσεων, που με τη σειρά τους θα απαιτούσαν καλώδια μεγαλύτερης διατομής (και άρα πιο βαριά και ακριβά). Επίσης, με αυτόν τον τρόπο θα αυξάνονταν και οι απώλειες (που είναι ανάλογες με το τετράγωνο της έντασης του ρεύματος), καθώς και οι κίνδυνοι σε περίπτωση ατυχήματος. Γι αυτούς τους λόγους, ο μόνος τρόπος για να υπάρξει λειτουργική εφαρμογή των ηλεκτρομηχανικών φρένων στα αυτοκίνητα είναι η «αναβάθμιση» της τάσης του ηλεκτρικού τους κυκλώματος στα 48V που βλέπουμε να εμφανίζονται στα πρόσφατα πολυτελή μοντέλα της Mercedes- Benz, BMW και Audi. Βέβαια ένας ακόμη λόγος που κάνει τους κατασκευαστές διατακτικούς στην ευρεία υιοθέτηση των ηλεκτρομηχανικών φρένων είναι και ο φόβος της αναξιοπιστίας. Αντίθετα με τα ηλεκτροϋδραυλικά φρένα, στα ηλεκτρομηχανικά αν συμβεί μία αστοχία ή μία δυσλειτουργία στο ηλεκτρικό κύκλωμα του αυτοκινήτου, δεν υπάρχει εφεδρικός τρόπος ακινητοποίησής του. Οψόμεθα...

Αφού ξεσκονίσαμε για τα καλά τα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας που αφορούν τα φρένα, η επόμενη λογική συνέχεια έχει να κάνει με τα συστήματα ευστάθειας, με μπροστάρη το «εκ των ων ουκ άνευ» πλέον ESP. Η σειρά που επιλέξαμε να αναφερθούμε στα συστήματα ενεργητικής ασφάλειας δεν είναι τυχαία: όπως θα δούμε, το ESP Βασίζει τη λειτουργία του στο hardware του ABS, που έχουμε ήδη περιγράψει. Αντί όμως για το «τέλειο φρενάρισμα» που επιδιώκαμε ως τώρα, θα μεταβούμε εφεξής στην άλλη όχθη: την τέλεια επιτάχυνση.

Εκπολιτίζοντας το σπινιάρισμα: Traction Control

Η καταραμένη η ολίσθηση των τροχών είναι ένα διπρόσωπο λαμόγιο: η μία της όψη, αυτή που εμφανίζει κατά το φρενάρισμα, μας οδήγησε στην εξέλιξη του ABS και όλων των συγγενικών του συστημάτων, όπως το BAS. Η άλλη όψη εμφανίζεται στην αντίπερα όχθη από πλευράς «διανυσματικής φοράς» της ροπής στρέψης: στην επιτάχυνση. Φυσικά δεν είναι η ολίσθηση αυτή καθαυτή που μας ενοχλεί, αλλά το γεγονός ότι η παρουσία της επηρεάζει και την πρόσφυση, η οποία είναι αυτή που πραγματικά μας απασχολεί, αφού αυτή καθορίζει την κίνηση του αυτοκινήτου, είτε στο διαμήκη άξονα (επιτάχυνση-επιβράδυνση) είτε στον εγκάρσιο

(στρίψιμο). Όπως θα δούμε και παρακάτω, όπου θα ασχοληθούμε με τους τροχούς, υπάρχει συγκεκριμένη συσχέτιση ποσοτικά της πρόσφυσης με την ολίσθηση: μέχρι κάποιο σημείο η αύξηση της δεύτερης μας Βολεύει, αλλά από κάποιο σημείο και μετά μόνο ζημιά κάνει. Όπως είδαμε στα περί ABS, κατά το φρενάρισμα αυτό σημαίνει μπλοκάρισμα τροχών, ενώ κατά την επιτάχυνση σημαίνει σπινιάρισμα και με αυτό θα καταπιαστούμε εδώ. Και εδώ, σπινιάρισμα σημαίνει ότι απλά δεν εκμεταλλευόμαστε στο έπακρο την τριβή, δηλαδή τη μέγιστη δύναμη που μπορεί να ασκηθεί μεταξύ ελαστικού και δρόμου: αντί για στατική τριβή παίρνουμε τριβή ολίσθησης. Τα συνήθη αποτελέσματα αυτού στην πράξη είναι -γενικώς- η εμφάνιση υποστροφής στις μπροστοκούνες και η υπερστροφή στις πισωκούνες. Τι κάνουμε για να εξαλείψουμε ή έστω να περιορίσουμε το σπινιάρισμα? Χρησιμοποιούμε Traction Control System -TCS-, πιο γνωστό στην καθομιλουμένη ως «αντισπίν». «TCS» είναι η πιο παραδοσιακή ονομασία, αλλά το ίδιο πράγμα μπορεί να το συναντήσουμε ανάλογα με τον κατασκευαστή και ως «ASR» [Acceleration Skid Regulation) ή «DTC» (Dynamic Traction Control). Σε κάθε περίπτωση, όπως κι αν λέγεται, σκοπός των συστημάτων αυτών είναι να μειώσουν επιλεκτικό τη γωνιακή ταχύτητα ενός ή περισσότερων τροχών, να μειωθεί με τη σειρά της η ολίσθηση και επομένως, τελικά, να αυξηθεί η πρόσφυση. Μπορεί σήμερα να στηρίζεται σε ηλεκτρονικά μέσα, όπως θα δούμε, όμως το TCS ως ιδέα παρουσιάστηκε από τη δεκαετία του '50: το 1959, ο προφέσορας Fritz Nallinger, αρχιμηχανικός και ανώτατο στέλεχος της Mercedes-Benz, είχε καταθέσει και κατοχυρώσει τη σχετική πατέντα. Αλλά, όπως και με τόσα άλλα συστήματα, για να υλοποιηθεί σε αυτοκίνητο παραγωγής η ιδέα έπρεπε να περάσουν δεκαετίες μέχρι να μπορέσει να ωριμάσει η τεχνολογία και να είναι εφαρμόσιμη. Πιο συγκεκριμένα, έπρεπε να φτάσουμε στο 1981 για να μπορέσει η Mercedes να βάλει το ASR σε μαζική παραγωγή. Ας δούμε πώς ακριβώς «δουλεύει» το όλο θέμα.

“Υπάρχουν δυο μέθοδοι προσέγγισης ως προς τη μείωση του σπινιάριατος: είτε να περιορίσουμε την παραγόμενη ροπή από τον κινητήρα είτε να αφήσουμε τον κινητήρα να κάνει ελεύθερος τη δουλειά του. αλλά να έρθουμε εμείς και να του βάλουμε «φίμωτρο» στους τροχούς μέσω των φρένων. Η πρώτη μέθοδος ονομάζεται «Drive-Torque Control»: στις πρώτες υλοποιήσεις της, η ECU είτε απλώς έκοβε την παροχή καυσίμου προς τα μπεκ είτε «ευνούχιζε» την ανάφλεξη, μειώνοντας το αβάνς. Σκοπός, σε κάθε περίπτωση, να πέσει χατζάρα στην παραγόμενη ροπή. Αυτά όσον αφορά τα ντιζάτα μοτέρ: στα ηλεκτρόγκαζα, δηλαδή σε όλα τα αυτοκίνητα εδώ και 15 περίπου χρόνια, η ECU το κάνει αυτό ακόμα πιο εύκολα μέσω του ελέγχου της πεταλούδας του γκαζιού, οδός που δίνει και πιο «απαλή» επέμβαση στο κόψιμο της δύναμης. Η δεύτερη μέθοδος είναι το «Brake-Torque Control», το οποίο όμως για να λάβει χώρα απαιτεί, με μικρές διαφοροποιήσεις, την ύπαρξη του ηλεκτροϋδραυλικού hardware του ABS. Η πρώτη απαραίτητη προσθήκη του TCS στο κλασικό ABS είναι αυτή που θα του επιτρέψει να δημιουργήσει υδραυλική πίεση στο κύκλωμα των φρένων από μόνο του, χωρίς δηλαδή ο οδηγός να πατάει το πεντάλ ενεργοποιώντας την τρόμπα. Για να γίνει αυτό πρέπει είτε η αντλία του ABS Μ επανασχεδιαστεί, ώστε αντί απλά να «κρατάει» τις απώλειες πίεσης του υγρού (κυκλοφορητής), να μπορεί να «σηκώνει» ενεργά πίεση στο κύκλωμα είτε να προσθέσουμε και δεύτερη

αντλία γι' αυτήν τη δουλειά είτε να ελέγξουμε το servo μέσω ηλεκτρικής βαλβίδας υποπίεσης, -όπως είδαμε αναλυτικά- για το Brake Assist. Βέβαια, μπορούμε να έχουμε και κάποιο συνδυασμό όλων των παραπάνω. Επιπλέον, για να δουλέψει το TCS χρειάζονται και επιπλέον Βαλβίδες στο κύκλωμα των φρένων, ώστε να μπορεί να λάβει ο κάθε τροχός ανεξάρτητα την πίεση που απαιτείται σε κάθε περίπτωση (και όλα αυτά θυμίζουμε, σε αντίθεση με το ABS, χωρίς ο οδηγός να ακουμπάει το πεντάλ του φρένου). Στην πράξη πλέον οι κατασκευαστές δεν επιλέγουν απλά μία εκ των δύο αυτών μεθόδων περιορισμού της ροπής, αλλά και τα δύο ταυτόχρονα. Συνήθως το φίμωμα του μοτέρ επιλέγεται από την ECU του συστήματος όταν έχουμε μικρής έκτασης σπινιάρισμα, αφήνοντας την ενεργοποίηση των φρένων για πιο βαρβάτες καταστάσεις σπινιάρισματος. Σε κάθε περίπτωση, για να καταλάβει το σύστημα ότι υπάρχει σπινιάρισμα, «δανείζεται» τους αισθητήρες τροχών του ABS: αντί όμως η μονάδα ελέγχου να ψάχνει για απότομη επιβράδυνση τροχού (που θα σημαίνει επικείμενο μπλοκάρισμα), για να επέμβει αναζητά να ανιχνεύσει απότομη επιτάχυνση (που θα σημαίνει επικείμενο σπινιάρισμα).

Μπλόκε... ηλεκτρονίων

Τα τελευταία χρόνια, η πιο «πιασάρικη» έκφανση του TCS είναι τα «ηλεκτρονικά μπλοκέ διαφορικά», τα γνωστά «EDL» (Electronic Differential Lock], τα οποία αναφέρονται πλέον παντού στα φυλλάδια και τα site είτε «σπορτίφ» είτε wanna be off-road μοντέλων. Ακολουθώντας την αρχή λειτουργίας του ελεύθερου διαφορικού, η φιλοσοφία του EDL είναι ότι αν φρενάρουμε τον τροχό που σπινιάρει, η ισχύς, κατά τα γνωστά από τη φυσική, θα ακολουθήσει τον πιο εύκολο δρόμο (τη διαδρομή ελάχιστης αντίστασης), δηλαδή θα μεταφερθεί προς τον άλλο τροχό. Η ιδέα αυτή του EDL τρόπον τινά «εξομοιώνει» θεωρητικά τη λειτουργία ενός πραγματικού (μηχανικού) διαφορικού περιορισμένης ολίσθησης (μπλοκέ), υπάρχουν όμως σοβαροί περιορισμοί: η συνεχής χρήση των φρένων από το σύστημα μπορεί, εκτός από πρόωρη φθορά των υλικών τριβής, να δημιουργήσει και σοβαρά προβλήματα υπερθέρμανσης, είτε π.χ. σε εκτός δρόμου χρήση είτε σε συνθήκες εντός πίστας. Αν αυτό συμβεί, το σύστημα αναγκαστικά απενεργοποιείται αυτόματα μέχρι τα φρένα να ξανακρυώσουν, οπότε μέχρι τότε... τζίφος. Φυσικό το EDL δεν είναι σε θέση να εξομοιώσει ούτε τα παντλίκια ενός πραγματικού μπλοκέ: αν Βάλουμε στο off το TCS ή το ESP, βγαίνει εκτός μαζί και το EDL, οπότε παραμένουμε με το ανοικτό διαφορικό στο χέρι...

Περνώντας από το απλό TCS στο ολοκληρωμένο ESP

Όπως είπαμε, σκοπός του TCS είναι ο περιορισμός του σπινιάρισματος, είτε αυτό τείνει να μας «υποστρέψει» είτε να μας «υπερστρέψει». Με άλλα λόγια επεμβαίνει μονάχα στους κινητήριους τροχούς. Είναι αυτό αρκετό? Όχι, για τον πολύ απλό λόγο ότι η απόκλιση από την επιθυμητή πορεία μπορεί να μην οφείλεται μόνο σε υπερβολική ή έστω «λάθος» κατανομημένη ροπή από τον κινητήρα, αλλά και σε διάφορους άλλους λάθος χειρισμούς: απότομη τιμονιά, απότομο πάτημα των φρένων ή άφημα του γκαζιού σε μία στροφή και, το πιο σύνηθες, είσοδος σε μία στροφή με πολύ περισσότερα χιλιόμετρα από αυτά που έπρεπε. Σε όλες αυτές τις

προαναφερθείσες καταστάσεις, το TCS δεν μπορεί να κάνει απολύτως τίποτα και η μόνη λύση πλέον ακούει στο όνομα «ESP» - Electronic Stability Program. Ανάλογα με τον προμηθευτή του συστήματος (Bosch, Continental-Teves, TRW κ.λπ.) υπάρχουν πολλές διαφορετικές ονομασίες για το ESP κάθε κατασκευαστή: η Mercedes, το VW Group, η Ford και η Hyundai το ονομάζουν ESP, η BMW το λέει DSC (Dynamic Stability Control), το Gruppo Fiat χρησιμοποιεί το όνομα VDC (Vehicle Dynamics Control], η Cadillac το ονομάζει Stabilitrak, η Porsche το λέει PSM (Porsche Stability Management), η Ferrari Controllo Stabilita (CST) κ.ο.κ.

6.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΦΥΓΗΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ

Οι πρώτες απόπειρες για την εξέλιξη ενός συστήματος προειδοποίησης και αποφυγής σύγκρουσης ξεκινούν από το τέλος της δεκαετίας του '50. Η Cadillac παρουσιάζει το πρωτότυπο Cyclone, το οποίο χρησιμοποιεί την τότε νέα τεχνολογία ραντάρ για την ανίχνευση προπορευόμενων οχημάτων. Ωστόσο, η τεχνική πολυπλοκότητα και το κόστος αποτρέπουν κάθε σκέψη περαιτέρω εξέλιξής του. Το πρώτο μοντέρνο και καθ' όλα λειτουργικό σύστημα κατασκευάζεται το 1995 από μια ομάδα επιστημόνων των Hughes Research Laboratories, στην Καλιφόρνια. Βασίζεται σε ραντάρ που οι τεχνικοί έχουν συρρικνώσει σε μέγεθος, ειδικά για αυτοκινητική χρήση, και λειτουργεί στα 77Hz.

Παράλληλα, σε αυτήν την πλευρά του Ατλαντικού, η Mercedes διεξάγει έρευνα που καταλήγει στο συμπέρασμα πως το 90% των οδηγών δεν εφαρμόζει στο πεντάλ φρένου αρκετή δύναμη κατά το φρενάρισμα πανικού. Έτσι, εξελίσσει το Brake Assist, ένα σύστημα το οποίο αναγνωρίζει την πιθανότητα σύγκρουσης και αυξάνει μέσα σε ελάχιστα μιλισεκόντ την πίεση στο κύκλωμα φρένων. Η πρεμιέρα γίνεται το Δεκέμβριο του 1996 στις S-Class και SL-Class, ενώ καθιερώνεται στο στάνταρντ εξοπλισμό όλων των μοντέλων της γερμανικής εταιρείας από το 1998 και ακολουθείται σύντομα από τις Volvo και BMW.

Το 2000, όμως, η Lexus είναι ο πρώτος κατασκευαστής που προσφέρει στο LSAOOn δυνατότητα αυτόματης ενεργοποίησης των φρένων, χωρίς την παρεμβολή του οδηγού. Το σύστημα βασίζεται σε ανιχνευτή λέιζερ και έχει κάποιους περιορισμούς, για παράδειγμα στη λειτουργία σε πολύ άσχημες καιρικές συνθήκες. Τα νεότερα συστήματα είναι σαφώς πιο αξιόπιστα. Ανιχνεύουν την πιθανότητα μιας επικείμενης σύγκρουσης, προειδοποιούν τον οδηγό και, σε περίπτωση που δεν υπάρχει δυνατότητα αποφυγής της, λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μειωθεί η σφοδρότητά της και κατ' επέκταση να αποτραπούν ή να ελαχιστοποιηθούν οι τραυματισμοί των επιβατών. Κύριο και απαραίτητο στοιχείο του συστήματος είναι ένα ραντάρ το οποίο λειτουργεί στα 77 GHz, σε ταχύτητες έως 200 χλμ./ώρα, και έχει εμβέλεια μήκους περίπου 150 μέτρων και γωνίας 20 μοιρών. Εκπέμποντας κύματα πολύ υψηλής συχνότητας (με μήκος κύματος 1 έως 10 χλστ.) που αντανακλώνται σε εμπόδια και προπορευόμενα οχήματα, είναι σε θέση να ανιχνεύσει τη θέση, την

απόσταση και την ταχύτητά τους.

Λαμβάνοντας υπόψη της αυτά τα δεδομένα, αλλά και τη σχετική διαφορά ταχύτητας, απόστασης και άλλων παραμέτρων, η κεντρική μονάδα ελέγχου υπολογίζει τις πιθανότητες μιας σύγκρουσης. Στην περίπτωση που η σύγκρουση μπορεί να αποφευχθεί, προειδοποιεί ηχητικά και οπτικά τον οδηγό, ενώ παράλληλα δίνει εντολή για αύξηση της πίεσης στο κύκλωμα των φρένων και για σφιχτή ρύθμιση της ανάρτησης (για καλύτερη απόκριση φρεναρίσματος, αλλά και για να μειωθεί το «βούτηγμα» του εμπρός τμήματος του αυτοκινήτου). Αν πάλι η σύγκρουση είναι, Βάσει των δεδομένων, αναπόφευκτη, το σύστημα ενεργοποιεί και άλλα συστήματα ασφάλειας, που θα μειώσουν τη δύναμη πρόσκρουσης και την πιθανότητα τραυματισμών: τα φρένα ενεργοποιούνται αυτόματα, ακόμα και αν ο οδηγός δεν έχει χρησιμοποιήσει το μεσαίο πεντάλ, ενώ το ίδιο συμβαίνει και με τους προεντατήρες των ζωνών ασφαλείας. Τα εγγενή χαρακτηριστικά λειτουργίας του ραντάρ θέτουν, ωστόσο, κάποιους περιορισμούς αντικείμενα με ελάχιστη αντανάκλαση, όπως για παράδειγμα ζώα, άνθρωποι, πλαστικά εμπόδια σαν τις νεροπαγίδες (τζέρσεϊ) δεν μπορούν να ανιχνευτούν. Για αυτό και το ραντάρ συμπληρώνεται από μια στερεοσκοπική κάμερα τοποθετημένη στην κορυφή του παρμπρίζ που καταγράφει ότι δεν μπορεί να «δει» το ραντάρ. Για τη νυχτερινή λειτουργία της συνδυάζεται με προβολείς υπέρυθρου φωτός, ενσωματωμένους στους προβολείς του αυτοκινήτου. Πέρα από την επέκταση του φάσματος λειτουργίας του ραντάρ, η κεντρική μονάδα ελέγχου έχει στη διάθεσή της, ανά πάσα στιγμή, μεγαλύτερο αριθμό δεδομένων, άρα και μεγαλύτερη ακρίβεια αναγνώρισης πιθανών κινδύνων. Μία επιπλέον κάμερα στο εσωτερικό του αυτοκινήτου καταγράφει τη θέση και τη γωνία του κεφαλιού του οδηγού και, σε περίπτωση που το σύστημα ανιχνεύσει κάποιο εμπόδιο ενώ αυτός κοιτά κάπου αλλού ενεργοποιεί τις οπτικές και ηχητικές προειδοποιήσεις.

6.7 ΦΩΤΑ LED/LASER

Το μεγαλύτερο πρόβλημα στη νυχτερινή οδήγηση είναι η έλλειψη επαρκούς φωτισμού, κάτι που αναγνωρίζεται από την απαρχή της ζωής του αυτοκινήτου. Γι' αυτό και τα πρώτα αυτοκίνητα εξοπλίζονται, όπως και οι άμαξες, με λάμπες πετρελαίου, ενώ το πρώτο Ford T πωλείται με λαμπτήρες ασετυλίνης εμπρός και λάμπες πετρελαίου πίσω. Μόνο μετά την εφεύρεση του δυναμό (1908) αρχίζουν να τοποθετούνται ηλεκτρικά φώτα στα αυτοκίνητα, μια τεχνολογία που διαδίδεται ευρέως τη δεκαετία του '20. Από εκεί και πέρα, η τεχνολογία των προβολέων διανύει περίοδο μεγάλης εξέλιξης: οι λαμπτήρες με κάτοπτρο παρουσιάζονται για πρώτη φορά το 1936 και γίνονται υποχρεωτικοί στις ΗΠΑ το 1940. Οι προβολείς αλογόνου εμφανίζονται το 1960, τα πρώτα φώτα Xenon παρουσιάζονται το 1991 και εννέα χρόνια αργότερα η Cadillac Deville γίνεται το πρώτο αυτοκίνητο με πίσω φώτα LED. Για να φτάσουμε στο 2013, όπου η Mercedes S-Class υιοθετεί ολοκληρωτικό την τεχνολογία LED στο στάνταρντ εξοπλισμό της.

Σχεδόν 500 φώτα LED χρησιμοποιούνται για τα φωτιστικά σώματα καθώς και για τον εσωτερικό φωτισμό. Το αποτέλεσμα είναι ένα κάθε άλλο παρά αμελητέο κέρδος στην κατανάλωση (που υπολογίζεται περίπου στο 1/4 των συμβατικών προβολέων και μεταφράζεται σε περισσότερο από 2 γρ. (3O2/χλμ.), αλλά και στην αξιοπιστία. Για το ίδιο φωτιστικό αποτέλεσμα, όταν τα φώτα LED χρειάζονται 34 Watt, τα φώτα αλογόνου απαιτούν 120 και τα Xenon 84. Ακόμα μία δυνατότητα που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι ότι η ένταση των πίσω φωτιστικών σωμάτων μπορεί να αυξομειώνεται ανάλογα με τις συνθήκες φωτισμού και κυκλοφορίας. Επιπλέον, έχουν αισθητά μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, δεν επηρεάζονται από κραδασμούς και ταλαντώσεις, ενώ είναι πολύ μικρότερα σε διαστάσεις, γεγονός που προσφέρει σε σχεδιαστές και αεροδυναμιστές πολύ μεγαλύτερη ελευθερία κίνησης.

Από την άλλη, η Osram εξελίσσει τα φώτα λέιζερ, που προσφέρουν τη δυνατότητα τετραπλάσιας φωτιστικής απόδοσης σε σχέση με τα LED. Βασίζονται στην τεχνολογία του νιτριδίου του γαλλίου και σχεδιάστηκαν αρχικά για επαγγελματικές τεχνολογίες προβολέων. Το αποτέλεσμα είναι η δέσμη να μπορεί να φωτίσει μέχρι απόσταση 600 μέτρων (τη διπλάσια σε σχέση με τα φώτα LED) και να διαθέτει μεγαλύτερη ακρίβεια στο σχήμα της. Παράλληλα, τα φώτα λέιζερ είναι ακόμα μικρότερα σε μέγεθος, διευκολύνοντας περισσότερο τη δουλειά των τεχνικών. Το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής στο οποίο προσφέρονται ως έξτρα οι προβολείς λέιζερ είναι το BMW i8 το 2014. Πρόκειται για τεχνολογίες που σταδιακά θα δούμε να υιοθετούνται και σε πιο καθημερινά μοντέλα.

7. ΠΑΡΑΓΩΓΗ

7.1 ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Σύντομα μετά τη γένεση του αυτοκινήτου, οι κατασκευαστές συνειδητοποιούν πως το μέλλον της αυτοκίνησης δεν είναι συνδεδεμένο με την ανώτερη οικονομικά τάξη, αλλά με τις πλατιές μάζες. Η ποσότητα είναι αυτή που θα μετατρέψει τις βιοτεχνίες αυτοκινήτου σε βιομηχανίες, φέρνοντας ανάλογα κέρδη αλλά και τεχνική εξέλιξη. Ο πρόεδρος του συμβουλίου της Γενεύης, Γκούσταφ Αντόρ, προτρέπει τους κατασκευαστές στην πρώτη ελβετική Έκθεση του 1905 να εξελίξουν «ολοένα πρακτικότερα, ποιοτικότερα και φθηνότερα αυτοκίνητα, που θα τύχουν ευρύτερης αποδοχής ακόμα και από τους αντιπάλους τους» - τους ταξικούς εχθρούς των δύσσομων και θορυβωδών νέων οχημάτων.

Η διάδοση του αυτοκινήτου συνδέεται, όμως, άρρηκτα με την προτυποποίησή του. Οι εκατοντάδες κατασκευαστές με οχήματα που δε διαθέτουν καμία τυποποίηση, ακόμα και μεταξύ των ανταλλακτικών του ιδίου μοντέλου!!), δε θα έχουν ποτέ καμία τύχη, αν δεν καταφέρουν να συστηματοποιήσουν την παραγωγή τους -τόσο από χρηστική όσο και από οικονομική άποψη. Ο τελειομανής Χένρι Λίλαντ, έχοντας μεγάλη εμπειρία στη βιομηχανία εργαλειομηχανών, γνωρίζει πολύ καλά τα προτερήματα της προτυποποίησης. Αγοράζει το 1902 την τρίτη εταιρεία που έχει εγκαταλείψει ο Χένρι Φορντ, τη μετονομάζει σε «Cadillac» και την οδηγεί σε πρωτόγνωρο για την εποχή ποιοτικό επίπεδο παραγωγής. Απόδειξη; Το 1908, όταν το Βασιλικό Κλαμπ Αυτοκινήτου της Αγγλίας (RAC) προκηρύσσει ένα διαγωνισμό προκειμένου να αποδείξει ή να διαψεύσει την αποδοτικότητα των εναλλάξιμων μερών, μόνο η Cadillac τολμά να λάβει μέρος. Οι κριτές του RAC επιλέγουν τρία αυτοκίνητα από τυχαίους αντιπροσώπους και τα αποσυναρμολογούν στα 721 κομμάτια που τα αποτελούν. Έπειτα, «αναμειγνύοντας» τα κομμάτια αυτά, φτιάχνουν τρία αυτοκίνητα, τα οποία οδηγούν στην πίστα του Μπρούκλαντς. Έτσι, αποδεικνύεται η αρχή των εναλλάξιμων μερών, η τεχνική του Λίλαντ, η οποία υιοθετείται από τις εταιρείες που φιλοδοξούν να μουν στη μαζική παραγωγή.

Οκτώ χρόνια αργότερα η Cadillac πρωτοστατεί πάλι σε επίπεδο τυποποίησης, θέτοντας ακόμα ένα στάνταρντ για τα αυτοκίνητα του μέλλοντος: τη διάταξη χειριστηρίων, αφού μέχρι τότε κάθε κατασκευαστής ακολουθεί τη δική του φιλοσοφία. Η Type 53 του 1916 διαθέτει τη διάταξη χειριστηρίων που εμείς θεωρούμε αυτονόητη: επιλογέας ταχυτήτων και χειρόφρενο στο κέντρο, μίζα, τρία πεντάλ, κατά σειρά για συμπλέκτη, φρένο, γκάτσι. Η συγκεκριμένη τοποθέτηση

υιοθετείται από τα δημοφιλέστερα αυτοκίνητα, όπως το Austin 7, και σύντομα καθιερώνεται. Ο Εμίλ Λεβασόρ έχει καθορίσει από το 1891 τη βασική μηχανική διάταξη των αυτοκινήτων, που θα ακολουθηθεί κατά κόρον για περισσότερο από μισό αιώνα. Κινητήρας εμπρός, τοποθετημένος κατά μήκος, προστατευμένος σε ειδικό χώρο, ακολουθούμενος από συμπλέκτη και κιβώτιο ταχυτήτων, μετάδοση της κίνησης πίσω.

Το σύστημα Πανάρ γίνεται η βάση για την εξέλιξη του αυτοκινήτου του 20ού αιώνα, αφού προσφέρει καλύτερη κατανομή βάρους, καλύτερη διεύθυνση και οδηγικά χαρακτηριστικά. Ο μεγάλος αρχιτέκτονας Λε Κορμπιζιέ, γοητευμένος από την πρόοδο της αυτοκινητοβιομηχανίας, δηλώνει το 1923 πως «αν τα σπίτια μας είχαν κατασκευαστεί βιομηχανικά, αν ήταν τυποποιημένα, όπως τα σασί, θα Βλέπαμε να ξεπροβάλλουν γρήγορα απρόσμενες, αλλά υγιείς, τεκμηριωμένες μορφές, και η αισθητική θα εκφραζόταν με εντυπωσιακή ακρίβεια». Το 1934 ο Αντρέ Λεφέμπρ υλοποιεί την προσθιοκίνητη στη Citroen Traction Avant θέτοντας ακόμα ένα όρόσημο της εξέλιξης του αυτοκινήτου, που θα ακολουθήσουν ο Άλεκ Ισιγόνης στο ιδιοφυές Mini του, με τον εγκάρσια τοποθετημένο κινητήρα, αλλά και ο Ντάντε Τζιακόζα στο Fiat 128, το μοντέλο που έλυσε όλα τα πρακτικά προβλήματα της εμπρός κίνησης.

7.2 ΜΑΖΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Ακολουθώντας την πρώτη επιχειρηματική ιδέα του, της παραγωγής σε ποσότητα («1 εκατ. προϊόντα πουλημένα έναντι 50 σεντς έκαστο αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος από 10.000 προϊόντα στην τιμή των 3 δολαρίων»), ο Χένρι Φορντ εγκαθιστά στο εργοστάσιό του τη γραμμή παραγωγής. Δεν πρόκειται για παρθενογένεση, αλλά για μια αλληλουχία ιδεών που οδηγεί στην καθιέρωση της μαζικής παραγωγής, η οποία συνιστά το νέο μοντέλο παραγωγής για τον καπιταλισμό.

Έχει προηγηθεί ο Ράνσομ Έλι Ολντς, ο οποίος, μετά την πυρκαγιά που κατέστρεψε το εργοστάσιό του το 1901. αναθέτει την κατασκευή των επιμέρους τμημάτων του σε διάφορες εταιρείες. Αυτά φτάνουν σε μια πλατφόρμα, όπου και συναρμολογείται το αυτοκίνητο σε ένα είδος πρωτόγονης γραμμής παραγωγής. Επίσης, ο Φρέντερικ Γουίνσλοου Τέιλορ. με το σύστημα επιστημονικής του οργάνωσης για τη μέγιστη αποδοτικότητα. Με τη μέθοδό του η παραγωγική διαδικασία υποδιαιρείται σε πολλά συστατικά μέρη, προετοιμάζοντας έτσι το έδαφος για τη γραμμή συναρμολόγησης στην οποία κάθε εργαζόμενος εκτελεί λιγιστές, επαναλαμβανόμενες κινήσεις. Ακόμα, τα εργοστάσια συσκευασίας κρέατος του Σικάγο, όπου τα ζώα προωθούνται και τεμαχίζονται επάνω σε Βαγονέτα από μια σειρά στατικών εργατών. Στη Ford Motor Company όλα τα παραπάνω συνδυάζονται στη μαζική παραγωγή αυτοκινήτων. Πριν από την καθιέρωση της γραμμής παραγωγής, ένα Model T συναρμολογείται σε 12.5 εργατοώρες. Μετά την εισαγωγή της, σε 93 μόλις λεπτά! Είναι τέτοια η αποδοτικότητα, ώστε στο βαφείο

δημιουργείται συνωστισμός. Το μοναδικό χρώμα που στεγνώνει γρήγορα είναι – εκείνη την εποχή- το μαύρο. Εξού και η διάσημη φράση του Χένρι Φορντ «βάψτε το όπως θέλετε αρκεί να είναι μαύρο».

Παράλληλα με τη μαζική παραγωγή αυτοκινήτων, η εταιρεία παράγει και τους αυριανούς... πελάτες της. Καθιερώνει το 8ώρο (αντί του 9ώρου) εργασίας και πληρώνει στους ανειδίκευτους εργάτες μεροκάματο 5 δολάρια –το σύνηθες της εποχής είναι 2 δολάρια. Η τακτική αυτή αφενός εξασφαλίζει στην εταιρεία το καλύτερο εργατικό δυναμικό της χώρας, αφετέρου δημιουργεί καταναλωτές που μπορούν να αγοράσουν αυτοκίνητα. Το 1900 ο μέσος ετήσιος μισθός ενός εργάτη είναι 450 δολάρια, τη στιγμή που ένα αυτοκίνητο κοστίζει περισσότερα από 2000 δολάρια. Η τιμή του Ford Model T είναι 850 δολάρια το 1908, πέφτει στα 440 το 1916 και το 1925 φτάνει να πωλείται 260. Το παιχνίδι των πλουσίων έχει πλέον μετατραπεί σε λαϊκό αγαθό, κάτι τόσο επαναστατικό, όσο –κατά τον Άλφρεντ Νόιμπαουερ- «θα ήταν σήμερα το λαϊκό ελικόπτερο».

7.3 ΡΟΜΠΟΤ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Την ίδια περίπου εποχή ξεκινά και η αυτοματοποίηση της γραμμής παραγωγής, άλλο ένα σημαντικό βήμα στη βελτίωση της ποιότητας των αυτοκινήτων. Η General Motors χρησιμοποιεί τα πρώτα πρωτότυπα βιομηχανικών ρομπότ στις εγκαταστάσεις της από το 1961, κυρίως για εργασίες συγκόλλησης. Το 1974 το – εξελιγμένο από το MIT- Silver Arm διαθέτει έξι βαθμούς ελευθερίας, μικροεπεξεργαστή και αισθητήρες πίεσης, σηματοδοτώντας την έκρηξη στην εξάπλωση ανάλογων συστημάτων, με αρχικό ρυθμό ετήσιας αύξησης άνω του 30%. Σήμερα λειτουργούν στην αυτοκινητοβιομηχανία περισσότερες από 90 εκατομμύρια ρομποτικές μονάδες παγκοσμίως.

Στο πιο σύγχρονο εργοστάσιο της αυτοκινητοβιομηχανίας αρχίζει να εφαρμόζεται η συνεργασία ανθρώπου και μηχανής κατά τη συναρμολόγηση. Σε σχέση με τη συμβατική δομή ενός εργοστασίου, όπου οι περιοχές ανθρώπων και μηχανών είναι αυστηρά προκαθορισμένες, προκύπτουν μεγάλα χωροταξικά οφέλη. Τα νέα «έξυπνα» ρομπότ δεν απαιτούν προστατευτικό φράκτη, γεγονός που σημαίνει ότι οι χώροι εργασίας συνδυάζονται σε έναν, εξοικονομώντας σημαντικό χώρο στη γραμμή συναρμολόγησης και επιτρέποντας την ενσωμάτωσή τους στη γραμμή παραγωγής. Για την ασφάλεια των εργαζομένων, αισθητήρες στους αυτοματοποιημένους βραχίονες αναγνωρίζουν την επαφή με το ανθρώπινο σώμα και σταματούν αμέσως οποιαδήποτε κίνηση.

7.4 JUST IN TIME

Πάνω στην ώρα» σημαίνει να κατασκευάζεις ότι χρειάζεται όταν χρειάζεται, στην ποσότητα που χρειάζεται. Για να επιτευχθεί αυτό, απαιτείται η απάλειψη καθετί περιττού κατά τη διάρκεια κατασκευής ενός αυτοκινήτου, είτε αυτό αναφέρεται σε περιττές κινήσεις, μεταφορές, απόθεμα, είτε σε ελαττωματικά προϊόντα. Ο Ταϊτσι Όνο, ο Σιγκέο Σίνγκο και ο Έιτζι Τογιόντα καταφέρνουν τη δεκαετία του '60 να εξελίξουν ένα σύστημα παραγωγής ισάξιας -αν όχι ακόμα μεγαλύτερης- σημασίας με τη γραμμή παραγωγής του Χένρι Φορντ. Η κατάργηση της αποθήκης εξαρτημάτων που απαιτούνται στην κατασκευή αυτοκινήτων (περίπου 30.000 εξαρτήματα για το καθένα) και ο εφοδιασμός της γραμμής παραγωγής την ώρα που αυτά χρειάζονται (με το διαθέσιμο κατ' οίκον στοκ να αρκεί μόνο για ώρες παραγωγής) φέρνουν μεγάλες αλλαγές: η διαδικασία παραγωγής επιταχύνεται, γίνεται αποδοτικότερη και πιο ευέλικτη. Για πρώτη φορά ακόμα και ο κατά παραγγελίαν εξοπλισμός εντάσσεται σε αυτήν.

Σε αυτό το σύστημα παραγωγής κάθε εξάρτημα που χρησιμοποιείται οφείλει να είναι ποιοτικά άρτιο και να ταιριάζει απόλυτα, αφού δεν υπάρχει -λόγω απουσίας στοκ- η δυνατότητα αντικατάστασής του. Αυτό, εντέλει, οδηγεί στη δραστική βελτίωση της ποιότητας τόσο των εξαρτημάτων όσο και του τελικού προϊόντος. Φυσικά, η υλοποίησή του δεν επιτυγχάνεται από τη μία ημέρα στην άλλη. Μια μακρόχρονη πορεία ωρίμανσης και τελειοποίησης ακολουθείται μέχρι να λάβει τη μορφή την οποία γνωρίζουμε σήμερα και να χαρακτηρίζει όχι μόνο την παγκόσμια αυτοκινητοβιομηχανία, αλλά και διάφορους τομείς της Βιομηχανικής παραγωγής. Αρχικά, η διακοπή της ροής της γραμμής παραγωγής είναι σύνηθες φαινόμενο, σχεδόν ωριαίο, όμως μετά τον πρώτο μήνα μειώνεται σε λίγες διακοπές ημερησίως. Μέσα σε έξι μήνες από την εφαρμογή του συστήματος παραγωγής, η οικονομική επίπτωση είναι τόσο μικρή, ώστε κάθε θέση εργασίας εφοδιάζεται με σύστημα διακοπής και οι εργαζόμενοι ενθαρρύνονται να το χρησιμοποιούν σε κάθε διαδικαστικό ή ποιοτικό πρόβλημα. Η Toyota χτίζει την αυτοκρατορία της αλλά και το πρότυπο της σύγχρονης αυτοκινητοβιομηχανίας πάνω στο «just in time», στο Toyota Production System και στον ποιοτικό έλεγχο.

Σημαντική παράμετρο για την επιτυχία του συστήματος αποτελεί και η συνεργασία του κατασκευαστή με τους προμηθευτές του. Όχι μόνο για την εξασφάλιση της έγκαιρης παράδοσης των εξαρτημάτων που συνθέτουν κάθε αυτοκίνητο, αλλά και όσον αφορά την ποιότητά τους. Για πάνω από είκοσι χρόνια η Toyota διατηρεί ισχυρούς δεσμούς με τους σημαντικότερους προμηθευτές της, διαθέτοντας κατά καιρούς το εξειδικευμένο προσωπικό της για την τελειοποίηση των τρόπων παραγωγής και διαχείρισης των προϊόντων τους.

Δεκαετίες αργότερα οι κατασκευαστές σε όλο τον κόσμο αντιλαμβάνονται την ιαπωνική καινοτομία και προσπαθούν να την αντιγράψουν, όμως αρχικά αποτυγχάνουν. Μόνο μετά τα τέλη της δεκαετίας του '80 καταφέρνουν να κατανοήσουν και να υιοθετήσουν τη συνολική φιλοσοφία παραγωγής που επινόησαν οι Ιάπωνες. Η ένταξη της ποιοτικής αναβάθμισης του αυτοκινήτου μέσα στο

γενικότερο σύστημα παραγωγής είναι η μεγάλη επιτυχία του «just in time», που αλλάζει όχι μόνο τα διαδικαστικά της παραγωγής, αλλά και το ίδιο το προϊόν - μια για πάντα. Η σημασία του είναι ως εκ τούτου θεμελιώδης για τη σύγχρονη μορφή του αυτοκινήτου και τουλάχιστον εξίσου καίρια για την εξέλιξή του. όσο και η γραμμή παραγωγής του Χένρι Φορντ.

7.5 ΤΟ ΕΞΥΠΝΟ ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ

Το επόμενο βήμα δεν είναι άλλο από το «έξυπνο» εργοστάσιο του μέλλοντος, όπου οι διαδικασίες καθορίζονται και ελέγχονται ψηφιακά, με απώτερο στόχο την αντικατάσταση των άκαμπτων, προεπεξεργασμένων συστημάτων παραγωγής με αυτόνομες, αυτοοργανωμένες μονάδες παραγωγής. Αυτό αναμένεται να επιτρέψει στο μέλλον εντελώς νέα επιχειρηματικά μοντέλα, τα οποία θα ενσωματώνουν ακόμα και την κατασκευή μεμονωμένων μονάδων. Πράγμα ιδιαίτερα σημαντικό για την κερδοφορία, αφού τόσο ο κατακερματισμός της αγοράς σε μικρές υποκατηγορίες όσο και η εξατομίκευση κάθε μοντέλου ανάλογα με τις επιθυμίες του ιδιοκτήτη χαρακτηρίζουν την αγορά του 21ου αιώνα.

Ο αριθμός και η δικτύωση των δεδομένων αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την ευέλικτη και αποδοτική παραγωγή του μέλλοντος. Ειδικοί αλγόριθμοι υπολογίζουν τη Βέλτιστη ακολουθία για κάθε γραμμή συναρμολόγησης από 1,93 δισεκατομμύρια πιθανότητες. Αναλύσεις δεδομένων από προμηθευτές, μεταφορείς, πληροφορίες «μποτιλιαρίσματος» ανταλλακτικών ή προβλημάτων, στοιχεία από όλα τα στάδια γραμμής παραγωγής (πρέσες, κατασκευή αμαξώματος, βαφείο, συναρμολόγηση) βοηθούν στη μείωση του κόστους μεταφορικών κατά ένα όψιφο ποσό ετησίως. Αυτόνομα ηλεκτροκίνητα ρομπότ μεταφέρουν εξαρτήματα εντός των αιθουσών των εργοστασίων. Οπτικές συσκευές επαυξημένης πραγματικότητας βοηθούν τους εργαζόμενους στην κατηγοριοποίηση ή ακόμα και στον ποιοτικό έλεγχο των εξαρτημάτων. Και, φυσικά, εξυπακούεται πως το εργοστάσιο του μέλλοντος είναι ενεργειακά αυτόνομο: ήδη σήμερα οι ενεργειακές ανάγκες παραγωγής των μοντέλων i3 και i8 της BMW καλύπτονται εν μέρει από τέσσερις ανεμογεννήτριες εγκατεστημένες στο εργοστάσιο της Λειψίας, ενώ το εργοστάσιο του Σπάρτανμπεργκ στη Νότια Καρολίνα χρησιμοποιεί για το 50% των αναγκών του μεθάνιο, το οποίο παράγεται σε κοντινές εγκαταστάσεις.

8. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

8.1 ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Το τρίκυκλο του Μπεντς δε διαθέτει κιβώτιο με την έννοια που το χρησιμοποιούμε σήμερα. Η μετάδοση της μίας και μοναδικής σχέσης γίνεται από ένα δίσκο μέσω ιμάντα σε έναν άξονα. Από εκεί, δύο αλυσίδες φροντίζουν για την κίνηση του κάθε πίσω τροχού. Υπάρχει και ένας δεύτερος δίσκος, αυτός της νεκρός. Για να μπει από την ταχύτητα νεκρά, πρέπει να μεταφερθεί ο ιμάντας σε αυτόν - και μάλιστα χειροκίνητα. Αντίστοιχες διατάξεις χρησιμοποιούνται και αργότερα, όταν τα αυτοκίνητα αποκτούν δύο σχέσεις, έτσι ώστε να παραμένουν πάντοτε στο ωφέλιμο εύρος λειτουργίας τους μία σχέση κανονικής κίνησης και μία κοντή, για την οδήγηση σε ανηφόρες μεγάλης κλίσης. Από τη Διεθνή Έκθεση του Παρισιού του 1889 έχει παρουσιαστεί, ωστόσο, το πρώτο κιβώτιο ταχυτήτων 4 ταχυτήτων με γρανάζια, στο τετράκυκλο δεύτερης γενιάς του Γκότλιμπ Ντάιμλερ. Σχεδιαστής ο εξαιρετος μηχανικός και συνέταιρος του Ντάιμλερ, Βίλχελμ Μάιμπαχ. Αποτελείται από ζεύγη ολισθαινόντων γραναζιών ίσιας οδόντωσης, από τα οποία ένα είναι πάντα εμπλεγμένο, μεταφέροντας την κίνηση υπό συγκεκριμένη σχέση. Διαφέρει, όμως, από τις μεταγενέστερες υλοποιήσεις, καθώς κινητήρας, κιβώτιο και πίσω άξονας αποτελούν μία ενιαία μονάδα, ενώ τα γρανάζια μοιράζονται στον ένα και μοναδικό άξονα του κιβωτίου και στον πίσω άξονα του αυτοκινήτου. Το μειονέκτημά του είναι πως το τεχνολογικό επίπεδο της εποχής δεν επιτρέπει την κατασκευή γραναζιών με την απαιτούμενη σκληρότητα, με αποτέλεσμα την περιορισμένη διάρκεια ζωής τους.

Η συγκεκριμένη διάταξη κεντρίζει το ενδιαφέρον του Εμίλ Λεβασόρ, συνιδιοκτήτη της εταιρείας Panard & Levassor, ο οποίος κατέχει την άδεια κατασκευής των κινητήρων του Daimler στη Γαλλία. Μαζί με τον συνέταιρό του, Ρενέ Πανάρ, αποφασίζουν να επεκταθούν στην κατασκευή αυτοκινήτων. Αγοράζουν μετά το τέλος της έκθεσης το τετράκυκλο του συνεργάτη και φίλου τους Ντάιμλερ, και ξεκινούν την περαιτέρω εξέλιξή του: με αναρτήσεις, νέο σύστημα διεύθυνσης και κιβώτιο. Ο Λεβασόρ σχεδιάζει το πρότυπο κατασκευής των σύγχρονων κιβωτίων ταχυτήτων: με ολισθαίνοντα γρανάζια σε δύο άξονες και μετάδοση της κίνησης με αλυσίδα. Έτσι, το 1891 προκύπτει ένα εξ ολοκλήρου νέο αυτοκίνητο, η πρωτοποριακή διάταξη του οποίου έμελλε να καθορίσει τη μορφή των αυτοκινήτων για περισσότερο από μισό αιώνα. Κινητήρας εμπρός, τοποθετημένος κατά μήκος, προστατευμένος σε ειδικό χώρο, ακολουθούμενος από συμπλέκτη και κιβώτιο ταχυτήτων, μετάδοση της κίνησης Πίσω.

Το σύστημα Πανάρ σηματοδοτεί το τέλος της «τροχήλατης άμαξας», αφού προσφέρει καλύτερη κατανομή βάρους, καλύτερη διεύθυνση και οδηγικά χαρακτηριστικά. Το μόνο που μένει για να ολοκληρωθεί η σύγχρονη διάταξη του αυτοκινήτου είναι η υιοθέτηση του άξονα μετάδοσης αντί της αλυσίδας και το διαφορικό, που έρχονται επτά χρόνια αργότερα από τον Λουί Ρενό. Οι αλλαγές εκείνη την εποχή δεν είναι καθόλου εύκολη υπόθεση. Γίνονται με το γλίστρημα ενός λεβιέ πάνω σε μια καμπύλη τροχιά, σειριακά, με «νεκρή θέση» ανάμεσα σε κάθε σχέση. Ή, κατά τον Εμίλ Λεβασόρ, «είναι Βάναυσο, αλλά λειτουργεί!». Πέρα από τις βελτιώσεις σε υλικά, ποιότητα και ακρίβεια κατασκευής, η εξέλιξη φέρνει στο προσκήνιο κιβώτια ευκολότερα στη χρήση και με σημαντικά μειωμένο θόρυβο λειτουργίας: με μόνιμα συνδεδεμένα ελικοειδή γρανάζια - που εμπλέκονται με το δευτερεύοντα άξονα από ένα έξτρα σετ γραναζιών. Μέχρι που το 1928 η Cadillac παρουσιάζει το πρώτο κιβώτιο με αυτόματο συγχρονισμό γραναζιών, σχεδιασμένο από τον μηχανικό της Ερλ Α. Τόμσον. Η καινοτομία αυτή αντιπροσωπεύει ένα τεράστιο άλμα, το κιβώτιο ταχυτήτων γίνεται ασύγκριτα πιο εύχρηστο, η οδήγηση παύει να είναι δεξιοτεχνία. Μια βελτιωμένη του εκδοχή πατεντάρεται το 1952 από την Porsche και γίνεται το στάνταρντ όλων των χειροκίνητων κιβωτίων.

8.2 ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Το αυτόματο κιβώτιο χρησιμοποιεί ένα μετατροπέα ροπής αντί για το συμπλέκτη τριβής του χειροκίνητου κιβωτίου, ενώ οι αλλαγές σχέσεων γίνονται με το υδραυλικό κλείδωμα και ξεκλείδωμα ενός συστήματος πλανητικών γραναζιών. Ο πρόδρομος του σύγχρονου αυτόματου κιβωτίου ταχυτήτων εξελίσσεται το 1904 από τους αδελφούς ΣτέρσεϊΒαντ στη Βοστόνη. Έχει δύο σχέσεις, που αλλάζουν αυτόματα με τη βοήθεια φυγοκεντρικού μηχανισμού, ανάλογα με τις στροφές λειτουργίας του κινητήρα. Η μεταλλουργία της εποχής δεν επιτρέπει, ωστόσο, την αξιόπιστη κατασκευή του συστήματος.

Το επόμενο βήμα γίνεται το 1908 με το Ford Model T, το οποίο διαθέτει κιβώτιο 2+1 σχέσεων με επικυκλικά γρανάζια, αλλά αλλάζει τις ταχύτητες με τη βοήθεια ποδωστηρίων. Είναι σαφώς ευκολότερο σε χειρισμό σε σχέση με τα ασυγχρόνιστα κιβώτια της εποχής, αλλά, παρόλο που χρησιμοποιεί πλανητικούς μηχανισμούς, δεν είναι αυτόματο. Αρκετά χρόνια αργότερα, ο Γάλλος εφευρέτης Ντιμιτρί Σενσό Ντε Λαβό σχεδιάζει ένα αυτόματο κιβώτιο με υδραυλικό μηχανισμό, το οποίο ο Αντρέ Σιτροέν σκοπεύει να χρησιμοποιήσει στην πρωτοποριακή Tractiion Avant. Από τις πρώτες δοκιμές ο μηχανισμός δεν αποδεικνύεται καθόλου αξιόπιστος, ενώ δεν μπορεί να βελτιωθεί, παρά τις προσπάθειες του Αντρέ Λεφέβρ και των μηχανικών του. Τέλη Φεβρουάριου του '34 ο Αντρέ Σιτροέν διοργανώνει μια ιδιωτική παρουσίαση σε επιλεγμένους τραπεζίτες, με σκοπό να αποσπάσει την οικονομική τους βοήθεια. Μπροστά στα μάτια τους το κιβώτιο του Ντε Λαβό παραδίδει το πνεύμα, ακινητοποιώντας το αυτοκίνητο.

Η λύση έρχεται το 1939, όταν η GM παρουσιάζει το Hydra-Matic, συνδυάζοντας τρία σετ πλανητικών γραναζιών με έναν υγρό συμπλέκτη, το οποίο διατίθεται στον έξτρα εξοπλισμό μοντέλων της Oldsmobile και αργότερα της Cadillac. Το πρώτο αυτόματο κιβώτιο με μετατροπέα ροπής, όπως δηλαδή το γνωρίζουμε σήμερα, είναι το Dynaflo της Buick, που παρουσιάζεται το 1948. Με την επέκταση των ηλεκτρονικών στο αυτοκίνητο, τα αυτόματα κιβώτια αποκτούν δικά τους συστήματα διαχείρισης («εγκεφάλους»), που ελέγχουν ηλεκτρομαγνητικές Βαλβίδες, καθορίζοντας τις στρατηγικές αλλαγών και την επιλογή σχέσης μετάδοσης βάσει μιας πληθώρας δεδομένων. Αυτό επιτρέπει τον ακριβέστερο έλεγχο των σημείων αλλαγής, της ποιότητας αλλαγής, καθώς και της μείωσης του χρόνου της. Παράλληλα, επιτρέπει την παρέμβαση του οδηγού, διαμορφώνοντας έναν πολύ καλό συνδυασμό χρηστικότητας και ομαλής λειτουργίας.

Σήμερα, το μόνο που φαίνεται να μας απασχολεί πλέον στην εξέλιξη των αυτόματων κιβωτίων είναι ο αριθμός των σχέσεών τους! Οι τεχνικοί των εταιρειών είναι κατηγορηματικοί: κυρίως οι κινητήρες ντίζελ μπορούν να επωφεληθούν από ακόμα περισσότερες σχέσεις. Για να βρίσκονται περισσότερο χρονικό διάστημα στην περιοχή των στροφών που τους επιτρέπει να λειτουργούν με μεγάλη περίσσεια αέρα και πολύ φτωχό μείγμα -άρα και να βελτιώνουν την κατανάλωσή τους-, χρειάζονται κοντύτερες πρώτες σχέσεις. Παράλληλα, εκμεταλλευόμενοι την απόδοση υψηλών τιμών ροπής σε χαμηλές στροφές, μπορούν να χρησιμοποιούν πολύ μακριές τελευταίες σχέσεις. Η πυκνότερη κλιμάκωση προσφέρει μάλιστα καλύτερη ροή ισχύος προς τους τροχούς, καθιστώντας τις αλλαγές πιο άνετες σε σύγχρονα αυτόματα κιβώτια, τα οποία, έτσι κι αλλιώς, είναι αισθητά βελτιωμένα σε ταχύτητα αλλαγών. Αισίως, έχουμε φτάσει σε κιβώτια ευρείας παραγωγής 10 σχέσεων, ενώ Ford και Honda κατέχουν πατέντες 11τόχυτων αυτόματων κιβωτίων.

8.3 ΚΙΒΩΤΙΟ ΣΥΝΕΧΩΣ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΗΣ ΣΧΕΣΗΣ (CVT)

Εφευρέτης του κιβωτίου συνεχώς μεταβαλλόμενης σχέσης είναι ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι. το 1490! Στη σύγχρονη, όμως, μορφή του συναντάται από το 1910. όταν η βρετανική Zenith σχεδιάζει την πρώτη μοτοσυκλέτα με το σύστημα Gradua - όπου η ρύθμιση της σχέσης μετάδοσης επιτυγχάνεται με τη διαμήκη μετατόπιση του πίσω τροχού. Το πλεονέκτημα που της εξασφαλίζει το εν λόγω σύστημα έναντι των ανταγωνιστών στους αγώνες Αναβάσεων είναι τέτοιο, ώστε τελικά απαγορεύεται η συμμετοχή της στο πρωτάθλημα! Τα επόμενα χρόνια διάφορες παραπλήσιες μορφές κιβωτίων σχεδιάζονται και τοποθετούνται κυρίως σε μοτοσυκλέτες, όμως το CVT όπως το γνωρίζουμε σήμερα το οφείλουμε στον Ολλανδό Χουμπ Βαν Ντόρνε, μηχανικό και ιδρυτή της DAF. Το σύστημά του εμφανίζεται το 1958 υπό το όνομα «Variomatic» στο DAF 600 και εντυπωσιάζει από την πρώτη στιγμή με την απλότητα κατασκευής αλλά και την αποτελεσματικότητά του.

Το κιβώτιο αποτελείται από δύο τροχαλίες μεταβλητής διαμέτρου, μία

εισόδου της ροπής (που παίρνει κίνηση από το στροφαλοφόρο) και μία εξόδου (που μεταφέρει την κίνηση στον άξονα μετάδοσης), συνδεδεμένες με έναν τραπεζοειδή ελαστικό ιμάντα. Η μία πλευρά κάθε τροχαλίας είναι σταθερή, ενώ η άλλη ανοίγει και κλείνει, μεταβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο την ενεργό διάμετρο του ιμάντα που την περιβάλλει και ταυτόχρονα τη σχέση μετάδοσης εισόδου-εξόδου. Όταν η τροχαλία εισόδου λαμβάνει τη μικρότερη διάμετρό της και αυτή της εξόδου τη μεγαλύτερη, προκύπτουν η μικρότερη σχέση μετάδοσης και η μικρότερη γωνιακή ταχύτητα της τροχαλίας εξόδου. Στην αντίθετη περίπτωση προκύπτει η μεγαλύτερη δυνατή σχέση-γωνιακή ταχύτητα. Μεταξύ αυτών των ακραίων θέσεων υπάρχει θεωρητικά άπειρος αριθμός σχέσεων μετάδοσης που το CVT μπορεί να λάβει ανά πάσα στιγμή, με όποια ταχύτητα κίνησης ή περιστροφής κινητήρα. Κάθε σημείο της καμπύλης λειτουργίας του κινητήρα «μεταφράζεται» στο ιδανικό σημείο καμπύλης λειτουργίας του κιβωτίου, επιτρέποντας στον κινητήρα να λειτουργεί συνέχεια κοντά στην ιδανική περιοχή στροφών, εκεί όπου παρουσιάζει το Βέλτιστο βαθμό απόδοσης. Φυσικά, όταν η μία τροχαλία ανοίγει, η άλλη κλείνει, έτσι ώστε να διατηρείται πάντα τεταμένος ο ιμάντας και να μην απαιτούνται πολύπλοκοι επιμέρους μηχανισμοί, όπως η μετατόπιση του τροχού στην περίπτωση της Zenith Gradua.

Στην πρώτη μορφή του, στο Variomatic του κ. Ντόρνε, η θέση των τροχαλιών ορίζεται από την υποπίεση του συστήματος εισαγωγής και τις στροφές του κινητήρα, ενώ στις πλέον εξελιγμένες μορφές τον έλεγχο αναλαμβάνει ένας ηλεκτρομαγνητικός συμπλέκτης, καθορίζοντας τη στιγμιαία σχέση μετάδοσης βάσει μιας πληθώρας πληροφοριών που συλλέγονται από αισθητήρες γκαζιού, φρένου, στροφών κινητήρα, ταχύτητας αυτοκινήτου κ.ά.

8.4 Η ΤΕΤΡΑΚΙΝΗΣΗ

Η ιδέα και η εφεύρεση της τετρακίνησης προκύπτουν από τις πρώτες δεκαετίες της αυτοκίνησης. Ωστόσο, κανένα από τα πρώτα αυτοκίνητα με κίνηση σε όλους τους τροχούς δεν καθιερώνεται. Από το υβριδικό Lohner του Φέρντιναντ Πόρσε, το οποίο οφείλει την τετρακίνησή του στο γεγονός πως κάθε τροχός του φιλοξενεί από έναν ηλεκτροκινητήρα (εν έτει 1900], το αγωνιστικό με δκύλινδρο κινητήρα εσωτερικής καύσης των αδελφών Γιάκομπους και Χέντρικ-Γιαν Σπάικερ από το Άμστερνταμ ή τα μοντέλα των Twyford και FWD από την άλλη πλευρά του Ατλαντικού και αργότερα τα στρατιωτικά οχήματα του Β' Παγκόσμιου Πολέμου.

Εκ κατασκευής, όμως, η διάταξη δύο διαφορικών με μηχανική εμπλοκή της μετάδοσης περιορίζει το πεδίο χρήσης τους σε χαμηλές ταχύτητες (ώστε να μην κουρδίζουν οι άξονες) και αναπόφευκτα εξειδικεύει τη μορφή τους. Μένει, λοιπόν, να επινοηθεί κάποιος τρόπος μόνιμης εμπλοκής ώστε η εφεύρεση να γίνει καινοτομία. Ούτε και το ντεμπούτο της Ferguson P99, όμως, του μοναδικού τετρακίνητου μονοθεσίου της F1 που κερδίζει αγώνα (ρίχνοντας γύρο σε όλους τους αντιπάλους του, πλην του Τζσκ Μπράμπαμ, ο οποίος απλώς αρκείται στη 2η θέση) το 1961 με

οδηγό τον Στέρλινγκ Μος, ούτε και το Jensen FF, το αυτοκίνητο παραγωγής που υιοθέτησε το σύστημα τετρακίνησης της Ferguson (1966-1971), τα καταφέρνουν. Το FF είναι τόσο πρωτοποριακό για την εποχή, που, όπως άλλες ανάλογες περιπτώσεις στέφεται με εμπορική αποτυχία. Η ώρα της καινοτομίας φτάνει το 1980. Το Audi Quattro αποδεικνύει στην πράξη πως όταν η διαθέσιμη δύναμη μοιράζεται σε τέσσερις αντί για δύο τροχούς, τα ελαστικά έχουν τη δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερων πλευρικών δυνάμεων, εγκαινιάζοντας ένα νέο κεφάλαιο στη μετάδοση της κίνησης. Τα μπλοκέ κεντρικά διαφορικά, οι συνεκτικοί συμπλέκτες ή τα συστήματα με υγρούς πολύδισκους συμπλέκτες αναλαμβάνουν πλέον να μοιράσουν τη ροπή σε SUV, αλλά και σε υπεραυτοκίνητα.

8.5 ΚΙΒΩΤΙΟ ΔΙΠΛΟΥ ΣΥΜΠΛΕΚΤΗ

Το κιβώτιο διπλού συμπλέκτη αποτελεί τη χρυσή τομή μεταξύ αυτόματου και χειροκίνητου κιβωτίου, προσφέροντας την ευκολία του πρώτου, αλλά και μεγαλύτερη οικονομία καυσίμου και ταχύτερες επιδόσεις από το δεύτερο! Στην πρώτη του έκδοση, βασίζεται τεχνικά σε ένα δτάχυτο χειροκίνητο κιβώτιο ταχυτήτων τριών αξόνων. Σε αντίθεση όμως με τη συμβατική διάταξη, στο κιβώτιο διπλού συμπλέκτη ο πρωτεύων άξονας αποτελείται από έναν εξωτερικό κοίλο άξονα και έναν εσωτερικό. Τα γρανάζια της 1ης, της 3ης, της 5ης ταχύτητας όπως και της όπισθεν είναι τοποθετημένα στον εσωτερικό άξονα, ενώ ο εξωτερικός κοίλος άξονας συνεργάζεται με τα γρανάζια της 2ης, της 6ης και της 6ης. Καθένας από τους δύο άξονες εμπλέκεται από έναν ηλεκτροϋδραυλικό «υγρό» πολύδισκο συμπλέκτη.

Κατ' αυτόν τον τρόπο, όταν το αυτοκίνητο κινείται, για παράδειγμα, με 1η ταχύτητα και λίγο πριν από το σημείο στροφών που ορίζει την αλλαγή σχέσης, η 2η προεπιλέγεται, χωρίς όμως να εμπλακεί συμπλέκτης της. Κατά τη διαδικασία αλλαγής ταχύτητας, ο συμπλέκτης της 2ης εμπλέκεται και παράλληλα απεμπλέκεται ο συμπλέκτης της 1ης, και η αλλαγή πραγματοποιείται κάτω από φορτίο, με αποτέλεσμα τη διατήρηση σταθερής ροής ισχύος, αλλά και τη μείωση του απαιτούμενου χρόνου σε μόλις 0,2 δλ. Το ίδιο βέβαια ισχύει και για τις αλλαγές των υπόλοιπων σχέσεων, αφού οι μισές ταχύτητες βρίσκονται πάνω στον κοίλο άξονα και οι άλλες μισές στον εξωτερικό, αλλά και για τα «κατεβάσματα». Αν και τα πρώτα κιβώτια του τύπου τοποθετούνται για πρώτη φορά στις αγωνιστικές Porsche 956 το 1983, περνούν είκοσι χρόνια μέχρι να βρεθούν στην παραγωγή ως DSG (Direct-Shift Gearbox) στα μοντέλα του γκρουπ VW. Σήμερα σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές έχουν ενσωματώσει την τεχνολογία στην γκάμα των μοντέλων τους, συνήθως σε 7τάχυτη μορφή.

8.6 ΓΙΑΤΙ ΤΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΑ ΔΕΝ ΕΧΟΥΝ ΚΙΒΩΤΙΟ;

Οι κινητήρες εσωτερικής καύσης παρουσιάζουν το μέγιστο βαθμό απόδοσης και παράγουν αρκετή ροπή κα. ισχύ σε ένα περιορισμένο μόνο εύρος στροφών. Για να διατηρηθούν λοιπόν σε αυτό το εύρος τόσο κατά την επιτάχυνση όσο και στην τελική τους ταχύτητα απαιτείται ένα κιβώτιο ταχυτήτων με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης.

Αντίθετα, τα ηλεκτρικά μοτερ είναι υψηλόστροφα (έως 20.000 σ.α.λ.), παραμένουν αποδοτικά σε ένα πολύ μεγάλο εύρος στροφών κα. παράγουν τη μέγιστη ροπή τους σχεδόν από τις 0 σ.α.λ. Μία και μοναδική σχέση είναι αρκετή για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο να επιταχύνει και να κινηθεί με την τελική του ταχύτητα. Οπότε, ένα κιβώτιο ταχυτήτων θα προσέθετε μόνο Βάρος, πολυπλοκότητα και κόστος στην όλη κατασκευή. Κιβώτια χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπως σε κάποια μονοθέσια της Formula E, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται σε πολύ χαμηλές στροφές λειτουργίας η μέγιστη ισχύς κατά την εκκίνηση ή σε πολύ κλειστές πίστες με απανωτές καμπές.

8.7 ΕΝΕΡΓΗ ΤΕΤΡΑΔΙΕΥΘΥΝΣΗ

Το 1988 υπάρχει ένα αυτοκίνητο που κερδίζει όλα τα σύγχρονά του, συμπεριλαμβανομένων των Lamborghini, Ferrari και Porsche, σε δοκιμές σλάλομ και lane change. Αυτό είναι το Honda Prelude 2.0 Si 4WS, που οφείλει την επικράτησή του στο σύστημα τετραδιεύθυνσής του. Η αμεσότητα και η ακρίβεια αντίδρασης στις εντολές του οδηγού είναι παραδειγματικές. Και αυτό γιατί οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια ενός ελιγμού σε υψηλές ταχύτητες με ένα συμβατικής τεχνολογίας αυτοκίνητο και τείνουν να περιστρέψουν το αμάξωμα γύρω από τον κατακόρυφο άξονα μειώνονται, στην περίπτωση ύπαρξης τετραδιεύθυνσης έως και 50%, αφού οι πίσω τροχοί δεν αντιστέκονται στην όποια αλλαγή πορείας αλλά στρέφονται (με λόγο περιστροφής πίσω/εμπρός τροχών έως περίπου 0.4, συνήθως έως και κατά 3°) στην ίδια διεύθυνση με τους εμπρός.

Το ίδιο φαινόμενο (μείωσης των δυνάμεων στρέψης) μπορεί να φανεί πολύ αποτελεσματικό στο φρενάρισμα σε οδόστρωμα με διαφορετικό συντελεστή ολίσθησης για τους δεξιούς και αριστερούς τροχούς, ενώ είναι δυνατή και η ενσωμάτωση του συστήματος τετραδιεύθυνσης σε ένα γενικότερο σύστημα ελέγχου ενεργητικής ασφάλειας με στόχο τη βελτίωση της απόστασης ακινητοποίησης του αυτοκινήτου.

Επιπρόσθετα, στην περίπτωση κίνησης με χαμηλές ταχύτητες οι πίσω τροχοί περιστρέφονται αντίθετα ως προς τους εμπρός, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τη διάμετρο κύκλου στροφής του αυτοκινήτου (έως και κατά 20%) και διευκολύνοντας στους ελιγμούς (π.χ. στάθμευσης ή αναστροφής). Από το πρώτο αμιγώς μηχανικό

σύστημα σύζευξης εμπρός και πίσω τροχών εξελίσσονται ηλεκτρομηχανικές ή ηλεκτροϋδραυλικές παραλλαγές ενώ στα πιο σύγχρονα συστήματα η στρέψη των πίσω τροχών είναι ηλεκτρονικά ελεγχόμενη μέσω ηλεκτροκινητήρα, βάσει δεδομένων που συλλέγονται από αισθητήρες γωνίας τιμονιού, τροχών και ταχύτητας.

9. ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

9.1 ΕΛΑΣΤΙΚΑ

Το καουτσούκ, αν και ήδη διαδεδομένο στις αρχές του 19ου αιώνα, δεν ήταν πάντα όσο χρήσιμο είναι σήμερα. Ήταν κολλώδες στη ζέστη και άκαμπτο στο κρύο. Η διαδικασία του βουλκανισμού (η θέρμανσή του σε υψηλή θερμοκρασία και η πρόσμειξή του με θείο) το μετατρέπει σε συμπαγές, εύκαμπτο υλικό, ικανό να χρησιμοποιηθεί σε πλειάδα εφαρμογών. Ο Τσαρλς Γκουντγιάρ πιστώνεται τη σημαντική αυτήν ανακάλυψη το 1839 -είτε τυχαία, όπως θέλει ο θρύλος, είτε κατόπιν ενδελεχούς έρευνας, όπως ο ίδιος αναφέρει στη βιογραφία του-, όμως αυτή ποτέ δεν του αποφέρει οικονομικό όφελος. Πεθαίνει απένταρος το 1860 σε ηλικία 59 ετών. (Η εταιρεία ελαστικών που φέρει, ως φόρο τιμής στο έργο του, το όνομά του ιδρύθηκε 38 χρόνια αργότερα.)

Τα πρώτα ελαστικά που κατασκευάζονται είναι συμπαγή και παρέχουν έως ένα βαθμό απόσβεση των ανωμαλιών του οδοστρώματος -άλμα προόδου σε σχέση με τους μέχρι τότε σιδερένιους μάντες που περιβάλλουν τους ξύλινους τροχούς των αμαξών-, είναι όμως βαριά και δεν προσφέρουν ποιοτική κύλιση. Ο Σκοτσέζος εφευρέτης Ρόμπερτ Γουίλιαμ Τόμσον είναι ο πρώτος που κατοχυρώνει την πατέντα του σύγχρονου ελαστικού με αέρα το 1846 στη Γαλλία, και ένα χρόνο αργότερα στις ΗΠΑ, χωρίς όμως ιδιαίτερη εμπορική επιτυχία, κυρίως λόγω υψηλού κόστους. Το 1888 ο ομοεθνής του, Τζον Μπόιντ Ντάνλοπ, επανεφευρίσκει το σύγχρονο ελαστικό για το τρίκυκλο του γιου του (δηλώνοντας πως δε γνώριζε τίποτα γύρω από τη δουλειά του Τόμσον) και ξεκινά την παραγωγή για την αναπτυσσόμενη αγορά των ποδηλάτων -για μικρούς και μεγάλους- δύο χρόνια αργότερα.

Από εδώ και πέρα, η εξέλιξη έρχεται με γοργά βήματα: οι μηχανικοί έχουν πλέον στα χέρια τους το υλικό που μπορεί να παραμορφώνεται υπό φορτίο απορροφώντας ενέργεια και στη συνέχεια να επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση. Το πρώτο αυτοκίνητο με ελαστικά αέρα είναι το Eclair των αδελφών Εντουάρντ και Αντρέ Μισελέν στον αγώνα Παρίσι-Μπορντό-Παρίσι του 1895. Το 1903 η Goodyear πατεντάρει το πρώτο ελαστικό χωρίς αεροθάλαμο (σαμπρέλα), το οποίο χρησιμοποιείται για πρώτη φορά 51 χρόνια αργότερα στα αυτοκίνητα της Packard, ενώ τα ράντιαλ ελαστικά κάνουν την εμφάνισή τους το 1948. Τα τελευταία αποτελούν ένα τεράστιο άλμα προόδου, που σε συνδυασμό με την εξέλιξη της γόμας του πέλματος (τεχνητό καουτσούκ, πυρίτιο κτλ.) προσφέρουν τις πρόσφατες δεκαετίες μια πραγματική επανάσταση στα οδηγικά χαρακτηριστικά των

αυτοκινήτων μας.

Πρόσθετα υλικά -που εμπειρικά είχε αποδειχθεί πως βελτιώνουν τις ιδιότητες του ελαστικού-, όπως οξειδίο του ψευδαργύρου, μονοξειδίο του μολύβδου και μαγνήσιο, χρησιμοποιούνται από την πρώτη κιόλας εποχή της βιομηχανίας ελαστικών. Επίσης χρησιμοποιείται ευρέως γαλλική κιμωλία ως συμπληρωματικό υλικό -όχι για κάποιον συγκεκριμένο λόγο πέραν της μείωσης του κόστους-, η οποία προσδίδει το λευκό χρώμα που έχουν τα ελαστικά μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα. Το 1907 η Pirelli δοκιμάζει την αιθάλη (carbon black) ως συμπλήρωμα στη σύσταση των ελαστικών της, μια σκόνη άνθρακα προερχόμενη από την ατελή καύση των αέριων υδρογονανθράκων, που ενισχύει την αντοχή τους. Αυτή η βελτίωση της αντοχής στη φθορά του πέλματος (στο δεκαπλάσιο μάλιστα) είναι ικανός λόγος για να εγκαταλειφθεί η γαλλική κιμωλία, και μαζί της τα ελαστικά να πάρουν το σημερινό, μαύρο τους χρώμα. Σύντομα και οι Βρετανοί και οι Αμερικανοί κατασκευαστές ελαστικών ακολουθούν. Αρχικό βέβαια, τα πλευρικά τοιχώματα παραμένουν λευκά για στυλιστικούς λόγους, όμως όταν αποκαλύπτεται πως το μαύρο λειτουργεί και ως ασπίδα απέναντι στην υπεριώδη ακτινοβολία, η κομψότητα παραχωρεί τη θέση της στη χρησιμότητα. Η ικανότητα των μικροσωματιδίων του άνθρακα να εισχωρούν σε μεγάλα μόρια και να τους αλλάζουν τις ιδιότητες καθιστά την αιθάλη σημαντική και χρήσιμη.

Μέχρι και τη δεκαετία του 80 τα χημικά τμήματα της Βιομηχανίας ελαστικών επικεντρώνονται στην παραγωγή εξειδικευμένων ανθράκων και μορίων θείου, που βελτιώνουν ακόμα περισσότερο τις ιδιότητες των ελαστικών μας. Εν συνεχεία το πυρίτιο αποδεικνύεται ο μεγάλος ανταγωνιστής της αιθάλης. Η ενσωμάτωσή του στα ελαστικά είναι, όμως, μια πολυετής διαδικασία, κυρίως λόγω της δυσκολίας ανάμειξης του με το καουτσούκ. Αναγνωρίζοντας τις μεγάλες δυνατότητες του συγκεκριμένου υλικού σε θέματα μείωσης της τριβής κύλισης και πρόσφυσης στο βρεγμένο, οι κατασκευαστές, με πρώτη τη Michelin και τη Rhone-Poylenc (ο συνεχιστής της, η Rhodia, είναι σήμερα από τους μεγαλύτερους προμηθευτές πυριτίου στη βιομηχανία ελαστικών), επενδύουν και εξελίσσουν νέα χημικά διαλύματα και μεθόδους παραγωγής. Από το 1967 το συνθετικό καουτσούκ προστίθεται στο μείγμα των ελαστικών, παρέχοντας σταθερή και ελεγχόμενη ποιότητα πρώτης ύλης, ενώ δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας μειγμάτων διαφορετικών ιδιοτήτων. Το ποσοστό πρόσμειξης τους με φυσικό καουτσούκ εξαρτάται πάντως συχνά και από οικονομικά κριτήρια (όταν η τιμή αργού πετρελαίου αυξάνεται, τότε μειώνεται και το ποσοστό του συνθετικού καουτσούκ στα ελαστικά).

Πραγματική επανάσταση στην ιστορία των ελαστικών αποτελεί όμως η εφεύρεση των ράντιαλ ελαστικών με ακτινωτό σκελετό (από νάιλον, ραγιόν, πολυεστέρα, εσχάτως και ανθρακονήματα) και ζώνη από ατσαλόσυρμα, πάχους 0,15-0,38 χλστ., τα οποία παρουσιάζονται για πρώτη φορά από τη Michelin το 1948. Τα πλεονεκτήματα που προσφέρουν σε σχέση με τους προγόνους τους σε επίπεδο οδικής συμπεριφοράς (κατευθυντικότητα, ευστάθεια σε υψηλές ταχύτητες, ανοχή στις μεταβολές της γωνίας κάμπερ) προκαλούν αλυσιδωτές αντιδράσεις στην εξέλιξη των αυτοκινήτων και δίνουν το έναυσμα για την εκτόξευση των επιδόσεών τους.

Μέσα στην επόμενη εικοσαετία, τα ράντιαλ ελαστικά γίνονται ο κανόνας σε

όλο τον κόσμο πλην των ΗΠΑ. Οι αμερικανικές βιομηχανίες ελαστικών αποδεικνύονται απρόθυμες να επενδύσουν σε έρευνα και νέες εργαλειομηχανές για να παράγουν ελαστικά υψηλότερου κατασκευαστικού κόστους, και η αυτοκινητοβιομηχανία αρνείται να επωμισθεί το κόστος εξέλιξης νέων αναρτήσεων (καθώς τα σκληρότερα ράντιαλ ελαστικά απαιτούν τον επανασχεδιασμό τους). Μόλις το 1965 η B.F. Goodrich παράγει το πρώτο ράντιαλ «made in USA», το οποίο σνομπάρεται από την αμερικανική αυτοκινητοβιομηχανία, ενώ δύο χρόνια αργότερα η Goodyear το -χαμηλού κόστους παραγωγής- συμβατικό ελαστικό διαγώνιων λινών με ζώνη, που στις αρχές της δεκαετίας του 70 κατέχει το 87% στα ελαστικά πρώτης τοποθέτησης. Μετά την ενεργειακή κρίση του 1973 και την αύξηση των εισαγωγών αυτοκινήτων από Ιαπωνία και Ευρώπη -εξοπλισμένων φυσικά με ράντιαλ ελαστικά-, το αμερικανικό αγοραστικό κοινό αντιλαμβάνεται τα προτερήματα των ράντιαλ ελαστικών σε επίπεδο οικονομίας καυσίμου και οδικής συμπεριφοράς. Χρειάστηκαν τελικά άλλα δέκα χρόνια ώστε όλα τα μοντέλα της αμερικανικής αγοράς να εξοπλιστούν με την εν λόγω τεχνολογία.

9.2 ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ

Τα λιπαντικά χρησιμοποιούνται εδώ και χιλιάδες χρόνια. Υπολείμματα σαπουνιών ασβεστίου έχουν εντοπιστεί στους άξονες αρμάτων που χρονολογούνται από το 1400 π.Χ. Οι πέτρες που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή των πυραμίδων γλιστρούσαν πάνω σε ξύλινους διαδρόμους αλειμμένους με λάδι ελιάς. Στη ρωμαϊκή εποχή, τα λιπαντικά βασίζονταν στο ελαιόλαδο, στο κραμβέλαιο και στα ζωικά λίπη. Η ζήτηση αυξάνεται δραστικά στη βιομηχανική επανάσταση, όπου και χρησιμοποιούνται λιπαντικά φυτικής και ζωικής προέλευσης. Η μεγάλη καινοτομία έρχεται με την απόσταξη αργού πετρελαίου υπό κενό, που επιτυγχάνει το 1870 η αμερικανική Vacuum Oil. Η αλήθεια είναι, πάντως, πως τα ορυκτέλαια προκύπτουν τυχαία, ως παράγωγο στην προσπάθεια της εταιρείας να αποστάξει κηροζίνη. Γρήγορα, όμως, γίνονται εξαιρετικά δημοφιλή για τη λίπανση των κινούμενων μερών των ατμομηχανών και των κινητήρων εσωτερικής καύσης.

Από τη δεκαετία του '20 η ποιότητά τους αρχίζει και αυξάνεται σημαντικά, με τη βοήθεια της διύλισης για την απομάκρυνση αρωματικών υδρογονανθράκων και άλλων ουσιών. Τα επόμενα είκοσι χρόνια αρχίζουν να αναμειγνύονται με ειδικά πρόσθετα για την αναστολή της οξείδωσης, αντίσταση στη διάβρωση, ενίσχυση των σημείων ροής και Βελτίωση των δεικτών ιξώδους. Σημαντική είναι η αύξηση της διάρκειας ζωής τους, που πριν από το 1940 περιορίζεται σε 80 με 100 ώρες.

Περίπου την ίδια εποχή αυξάνεται και το ενδιαφέρον στην παραγωγή συνθετικών λιπαντικών, που οδηγεί στην εξέλιξή τους, αρχικά για τους αεροπορικούς στροβιλοκινητήρες, με την ανάλογη πατέντα να κατατίθεται από τη Mobil το 1958. Τα συνθετικά λιπαντικά είναι χημικά προϊόντα που κατασκευάζονται με τη μέθοδο της χημικής σύνθεσης [πολυμερισμός, ή ολιγομερισμός, ή πρόσμειξη ενός προϊόντος

σε ένα άλλο). Έτσι ανεξαρτητοποιούνται εντέλει από το πετρέλαιο, ενώ η ποιότητά τους και οι φυσικές τους ιδιότητες εκτοξεύονται σε σχέση με των κοινών ορυκτελαίων. Και τα ορυκτέλαια συνεχίζουν, όμως, να εξελίσσονται με τις τεχνολογίες υδρογονοεπεξεργασίας, όπως την υδρογονοπυρόλυση δύο σταδίων, οι οποίες βελτιώνουν δραστικά τον καθαρισμό και την απόδοσή τους. Σήμερα τα λιπαντικά είναι σε θέση να αντεπεξέλθουν στις αυξημένες απαιτήσεις των σύγχρονων, πολύστροφων κινητήρων εσωτερικής καύσης, παρέχοντας εξαιρετική λιπαντική ικανότητα, αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες και μακροζωία.

9.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ

Η ποιότητα των συστημάτων διεύθυνσης παίρνει την κατιούσα όταν εμφανίζονται στο προσκήνιο οι ανεξάρτητες αναρτήσεις. Η γεωμετρία τους προκαλεί «διαμάχη» μεταξύ των εμπρός τροχών. Η εξάλειψη των άκαμπτων μπροστινών αξόνων έχει ως αποτέλεσμα την τοποθέτηση του κινητήρα ακόμα πιο μπροστά. με συνέπεια την αύξηση του φορτίου στους αντίστοιχους τροχούς. Η συνακόλουθη πολυπλοκότητα της συνδεσμολογίας στο σύστημα διεύθυνσης επιφέρει νέες εστίες τριβής. Για καθεμία από αυτές τις ασθένειες, τα πιο «αργά», πολύστροφα τιμόνια είναι η εύκολη λύση. Μέσα σε λίγα χρόνια, η ποιότητα των συστημάτων διεύθυνσης έχει υποβαθμιστεί αναπάντεχα. Αποτελεί, λοιπόν, απόλυτα φυσική εξέλιξη η εμφάνιση κάποιας μορφής υδραυλικής υποβοήθησης, και είναι η Chrysler που έχει την πατρότητά της. Ούτε λόγος, Βεβαίως, για οτιδήποτε πέρα από το να γίνει ελαφρύτερο το τιμόνι: ο μηχανισμός είναι απλούστατος, και -επομένως- το αποτέλεσμα απαράδεκτο.

Το πρώτο αυτοκίνητο με αποδεκτής ποιότητας σύστημα διεύθυνσης είναι η Citroen DS του 1955, ενώ η Citroen SM προχωρά το ζήτημα ακόμα περισσότερο. Στην κυρίως υποβοήθηση «αντισταέκεται» μια δευτερεύουσα αντλία, η οποία παίρνει κίνηση από τη μετάδοση, και συνεπώς η υποβοήθηση που παρέχει είναι ανάλογη της ταχύτητας του αυτοκινήτου. Στις πολύ μικρές ταχύτητες δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου αντίσταση, αλλά γύρω στα 110 χλμ./ώρα είναι τόσο μεγάλη, ώστε να εξουδετερώνει την υποβοήθηση.

9.4 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Τα πρώτα ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτοκίνητα είναι τα ραδιόφωνα με λυχνίες στις αρχές της δεκαετίας του '30. και μέχρι το 1940 εντάσσονται στο στάνταρντ εξοπλισμό. Η εξέλιξη των ημιαγωγών μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο επεκτείνει σημαντικά τη χρήση ηλεκτρονικών στο αυτοκίνητο (η Lucas παρουσιάζει το 1955 την πρώτη ηλεκτρονική ανάφλεξη], έτσι το 1960 η

Chrysler συμπεριλαμβάνει για πρώτη φορά δυναμό στο στάνταρντ εξοπλισμό του μοντέλου Valiant. Οι μικροεπεξεργαστές αρχίζουν να διατίθενται μετά το 1974, με αποτέλεσμα η Cadillac Seville το 78 να εξοπλίζεται για πρώτη φορά με υπολογιστή ταξιδιού, Βασισμένο στο μικροεπεξεργαστή 6802.

Ένα χρόνο αργότερα τα ηλεκτρονικά θα αλλάξουν μια για πάντα το αυτοκίνητο: ελέγχοντας το χρονισμό της ανάφλεξης και τον ψεκασμό καυσίμου με απόλυτη ακρίβεια, το ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης προσφέρει καλύτερη απόδοση, ομαλότερη λειτουργία καθώς και αξιοπιστία και σταθερότητα που δεν είχαμε καν φανταστεί. Χάρη στον «εγκέφαλο» του αυτοκινήτου μπορεί να ελεγχθεί η ποιότητα των καυσαερίων, και τα αυτοκίνητα να ανταποκριθούν στις προδιαγραφές εκπομπής ρύπων και τις απαιτήσεις χαμηλής κατανάλωσης. Η «αποκάλυψη» ανήκει στην Bosch. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διαθέτουν περισσότερους από δώδεκα επεξεργαστές, οι οποίοι διαχειρίζονται μεταξύ άλλων τις λειτουργίες κινητήρα, κιβωτίου, κλιματισμού, ABS/ ESP, των συστημάτων παθητικής ασφάλειας και του συστήματος δορυφορικής πλοήγησης.

9.5 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ

Οι πρώτες συσκευές δορυφορικής πλοήγησης για αυτοκίνητα εξελίσσονται τη δεκαετία του 80 και αρχίζουν να εξαπλώνονται μαζικά μετά την αλλαγή του αιώνα, όταν το Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης (GPS) με πλήρη ακρίβεια γίνεται ευρέως διαθέσιμο (μέχρι τότε χρησιμοποιείται μόνο για στρατιωτική χρήση, οι πολίτες αρκούνται σε ένα σκόπιμα υποβαθμισμένο σε ακρίβεια σήμα). Ένα από τα πρώτα συστήματα, το Navigator της Etak του 1985, χρησιμοποιεί κοινές... κασέτες για την αποθήκευση λογισμικού και ψηφιακών χαρτών. Το 1990 το Mazda Eunon Cosmo γίνεται το πρώτο αυτοκίνητο με ενσωματωμένο σύστημα δορυφορικής πλοήγησης. Στον 21ο αιώνα το GPS έχει γίνει πιστός σύντροφος των οδηγών σε όλο τον κόσμο: το 2011 πωλούνται 48 εκατ. φορητές μονάδες δορυφορικής πλοήγησης παγκοσμίως, όμως με την εξάπλωση των smartphones, που εμπεριέχουν ανάλογες εφαρμογές, οι πωλήσεις των εν λόγω συσκευών μειώνονται δραστικά, στα 23 εκατ. αντίτυπα το 2015. Ωστόσο, πρόκειται για έναν τομέα με σημαντική ανάπτυξη, όπως αποδεικνύει και η αύξηση των εσόδων από δορυφορικές υπηρεσίες από τα 101.4 δισ. δολάρια το 2010 στα 127,7 δισ. το 2016.

Τεχνικά, η τεχνολογία χαρτογράφησης και εντοπισμού θέσης έχει πραγματοποιήσει άλματα προόδου. Σήμερα έχουμε χάρτες υψηλής ανάλυσης με πολλαπλά επίπεδα δεδομένων, που θα συμβάλουν αποφασιστικά στην περαιτέρω εξέλιξη προηγμένων ηλεκτρονικών συστημάτων υποβοήθησης, αλλά και στην αυτόνομη οδήγηση. Αν το αυτοκίνητο «γνωρίζει» για τις στροφές που έπονται ή για την κλίση του δρόμου (αν π.χ. ακολουθεί ανηφόρα ή κατηφόρα), μπορεί να λάβει κάποιες «έξυπνες» αποφάσεις, με στόχο τη μέγιστη δυνατή άνεση των επιβατών, αλλά κυρίως τη βελτιστοποίηση της οικονομίας καυσίμου. Μειώνοντας, για παράδειγμα, την

ταχύτητα κίνησης πριν κατέβει μια κατηφόρα, έτσι ώστε να αποφύγει τις αυξημένες εσωτερικές απώλειες τριβής στον κινητήρα. Αυτοκίνητα όπως οι υβριδικές BMW και τα φορτηγά της Scania χρησιμοποιούν ήδη ανάλογες χαρτογραφήσεις, που τους επιτρέπουν να δρουν με αυτόν τον τρόπο.

Με την ίδια λογική πρόβλεψης μπορούμε εύκολα να φανταστούμε πώς μπορεί να αξιοποιηθεί η εν λόγω τεχνολογία σε τομείς ασφάλειας: η γνώση των χαρακτηριστικών της διαδρομής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την έγκαιρη ρύθμιση των ενεργών προβολέων στροφής ή τη μετάβαση από τη μεγάλη στη μικρή σκάλα. Οι χάρτες υψηλής ευκρίνειας μπορούν επίσης να συνδράμουν στα συστήματα προειδοποίησης διατήρησης και αλλαγής λωρίδας, με ακρίβεια μάλιστα εκατοστού, στα σημεία όπου η διαγράμμιση του δρόμου χάνεται λόγω καιρικών συνθηκών ή φθοράς.

Επιπλέον, οι κάμερες και οι αισθητήρες των σύγχρονων αυτοκινήτων μπορεί να έχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης άλλων αυτοκινήτων στους δρόμους ή πεζών στα πεζοδρόμια, αλλά εξαρτώνται από ψηφιακούς χάρτες, ώστε να γνωρίζουν την ακριβή θέση δρόμων και πεζοδρομίων. Όσο ακριβέστεροι είναι αυτοί, τόσο ασφαλέστερα θα είναι στο μέλλον τα αυτόνομα κινούμενα οχήματα 0 ψηφία-χάρτη; HD Live Map, που παρουσιάστηκε στην έκθεση ηλεκτρονικών προϊόντων CES στο Λας Βέγκας το 2016, είναι ο πιο προηγμένος του είδους και είναι ήδη διαθέσιμος για αυτοκίνητα με διαδικτυακή πρόσβαση σε Βόρεια Αμερική και Δυτική Ευρώπη.

9.6 ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΜΕΣΗΣ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ

Ο σπινθήρας που χρειάζεται για την έναρξη της καύσης σε ένα σύγχρονο κινητήρα δεν απαιτεί μόνο απόλυτο συγχρονισμό, αλλά και ταχύτατη αύξηση της τάσης ρεύματος, που είναι εξαιρετικά δύσκολο να επιτευχθεί με τα παραδοσιακά συστήματα. Η Saab τοποθετεί το 1998 ένα πηνίο ανάφλεξης μέσα σε κάθε μπουζί, βελτιώνοντας την απόδοση και την ακρίβεια και η μέθοδός της στη συνέχεια διαδίδεται ταχύτατα.

9.7 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΡΕΠΤΙΚΗ ΡΑΒΔΟΣ

Προπολεμικά τα αυτοκίνητα εξοπλίζονται συνήθως με πολύ σκληρές αναρτήσεις, ως αντιστάθμισμα των μαλακών σαν βούτυρο αμαξωμάτων τους. Με την πρόοδο της τεχνολογίας και την εξέλιξη των υλικών, τα δάπεδα αρχίζουν να γίνονται πιο στιβαρά και να αποκτούν στρεπτική ακαμψία, επιτρέποντας τη χρήση μαλακότερων αναρτήσεων που εξασφαλίζουν ένα πολύ μεγαλύτερο επίπεδο άνεσης. Όσο, όμως, αυξάνονται και οι ταχύτητες κίνησης των αυτοκινήτων, προκύπτουν ολοένα και περισσότερα τεχνικά ζητήματα. που λύνονται με νέες, πολυπλοκότερες

διατάξεις αναρτήσεων. Ένα από τα πρώτα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί είναι αυτό της κλίσης των αυτοκινήτων στις στροφές, απόρροια των μαλακότερων ρυθμίσεων αμορτισέρ-ελατηρίων. Η λύση υπάρχει ήδη από το 1919 -τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο-, και δεν είναι άλλη από την αντιστρεπτική ράβδο. Η πατέντα του Καναδού εφευρέτη Στέφεν Κόλμαν ελάχιστα έχει χρησιμοποιηθεί προπολεμικά, αλλά από τη δεκαετία του '50 επεκτείνεται στην ευρεία παραγωγή. Η αρχή λειτουργίας της είναι απλή: συνδέοντας τους δύο αντικριστούς τροχούς ενός άξονα με μία αρθρωμένη ράβδο, περιορίζεται η σχετική κατακόρυφη κίνησή τους, αφού η ανάρτησή τους εξαναγκάζεται να σηκωθεί ή να χαμηλώσει στον ίδιο βαθμό. Έτσι μειώνονται οι κλίσεις του αμαξώματος στις στροφές (ο εξωτερικός προς τη στροφή τροχός θα «συγκροτήσει» τον εσωτερικό), και από την άλλη, στην ευθεία κίνηση, όταν ο ένας τροχός πέσει σε λακκούβα, η ράβδος μεταφέρει μέρος της δύναμης που εξασκείται και στον άλλον. Σημαντικό ρόλο στο βαθμό εμπλοκής των τροχών παίζει η διάμετρος της αντιστρεπτικής.

Ωστόσο, εδώ τίθεται ένα σαφές όριο, μιας και με μια πολύ άκαμπτη (μεγάλης διαμέτρου) ράβδο περιορίζεται αισθητά η άνεση: στις ανωμαλίες του οδοστρώματος μεταφέρεται σχεδόν αυτούσια η κατακόρυφη κίνηση του ενός τροχού στον άλλον. Για να αντιμετωπίσουν αυτό το φαινόμενο και να καταφέρουν να μειώσουν ακόμα περισσότερο την κλίση του αμαξώματος, οι μηχανικοί εξελίσσουν με την πάροδο των ετών μια διαιρεμένη στα δύο ράβδο στρέψης, κάθε τμήμα της οποίας περιστρέφεται με τη βοήθεια υδραυλικών ενεργοποιητών. Αυτή είναι η ενεργή αντιστρεπτική ράβδος, η οποία εφαρμόζει ροπή στρέψης ανάλογη της πλευρικής επιτάχυνσης σε κάθε τροχό ξεχωριστά. Παράλληλα, όταν το αυτοκίνητο κινείται στην ευθεία, το σύστημα απεμπλέκεται τελείως, βελτιώνοντας την άνεση και την ποιότητα κύλισης σε σχέση με τη συμβατική, παθητικού τύπου αντιστρεπτική. Μια άλλη εναλλακτική είναι η υδραυλική ρύθμιση των ψαλιδιών της ανάρτησης (Active Body Control-ABC), που αντισταθμίζει κινήσεις του αμαξώματος κατά τον εγκάρσιο (στροφές) και διαμήκη (επιβράδυνση, επιτάχυνση) άξονα. Τα συστήματα αερανάρτησης, αντίθετα, δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν σε τέτοιου είδους απαιτήσεις, λόγω της υψηλής συμπίεσής του αέρα.

Η Schaeffler εξελίσσει το 2016 μια νέα ενεργή αντιστρεπτική, ηλεκτρομηχανικού τύπου. Εδώ την κίνηση των δύο ανεξάρτητων τμημάτων της ράβδου αναλαμβάνει ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας. ο οποίος μαζί με τα πλανητικά γρανάζια μετάδοσης της κίνησης και το ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα. Με την περιστροφή σε αντίθετη φορά των δύο τμημάτων, δημιουργείται ροπή στρέψης που εξισορροπεί την κίνηση του αμαξώματος. Η ροπή καταγράφεται από έναν αισθητήρα, χρησιμεύοντας στη γρήγορη και ακριβή ρύθμιση του ηλεκτρικού μοτέρ. Για την κίνηση στην ευθεία το σύστημα απεμπλέκεται με τη βοήθεια ενός ελαστομερούς στοιχείου υψηλής αντοχής. Σε σχέση με τα αντίστοιχα υδραυλικά συστήματα, η υλοποίηση της γερμανικής εταιρείας υπόσχεται μείωση της κατανάλωσης έως και 0,3 λίτρα/100 χλμ.

Αυτό συμβαίνει απλώς γιατί ο ηλεκτροκινητήρας καταναλώνει ενέργεια μόνο όταν πρέπει να παρέμβει (on-demand), σε αντίθεση με τα υδραυλικά στοιχεία, που απαιτούν ανά πάσα στιγμή έτοιμη διαθέσιμη πίεση, ακόμα και κατά τη λειτουργία

αναμονής - κάτι ανάλογο διαπιστώνεται και στη σύγκριση υδραυλικής και ηλεκτρικής υποβοήθησης στο σύστημα διεύθυνσης. Εκτός αυτού, τα ηλεκτρονικά που εξελίσσει η Continental, επιτρέπουν τη συνεργασία με κάμερα, η οποία, όντας τοποθετημένη στο εμπρός μέρος του αυτοκινήτου, σκανάρει συνεχώς το δρόμο. Εφόσον ανιχνεύσει λακκούβες ή ανωμαλίες στο οδόστρωμα (π.χ. καπάκια φρεατίων), δίνεται η εντολή να σηκωθεί στιγμιαία ο αντίστοιχος τροχός, αποτρέποντας με αυτόν τον τρόπο σχεδόν ολοκληρωτικά τις ανεπιθύμητες κινήσεις του αμαξώματος.

9.8 eROT

Η ανάκτηση ενέργειας από το φρενάρισμα αποτελεί μια τεχνολογία γνωστή και διαδεδομένη. με απόλυτα λογική και πρακτική χρησιμότητα: η κινητική ενέργεια (ή τουλάχιστον μέρος αυτής), η οποία σε κανονικές συνθήκες θα χανόταν υπό τη μορφή θερμότητας στο σύστημα πέδησης κατά τη διαδικασία επιβράδυνσης του αυτοκινήτου, μετατρέπεται με τη βοήθεια γεννήτριας σε ηλεκτρική, και αποθηκεύεται στην μπαταρία του αυτοκινήτου. Το αυτοκίνητο επιβραδύνεται, καθώς ο ηλεκτροκινητήρας, που περιστρέφεται με αντίθετη φορά για να λειτουργήσει ως γεννήτρια, αναλαμβάνει το ρόλο ενός ηλεκτρομαγνητικού φρένου που επιβραδύνει το όχημα. Φυσικά, υπάρχει και το συμβατικό σύστημα πέδησης, αφού η ανάκτηση ενέργειας δεν μπορεί να παρέχει αρκετή δύναμη επιβράδυνσης σε όλες τις περιπτώσεις κίνησης. Τα πρώτα συστήματα του είδους χρησιμοποιήθηκαν σε τρένα και αυτοκίνητα (Baker Electric Runabout. Owen Magnetic) από τις αρχές του 20ού αιώνα. Τα υβριδικά συστήματα μετάδοσης και η αναγέννηση της ηλεκτροκίνησης ξαναέφεραν την ανάκτηση ενέργειας στο αυτοκινητικό προσκήνιο.

Η αρχή μετατροπής της κινητικής ενέργειας σε ηλεκτρική δεν περιορίζεται, ωστόσο, μόνο στο σύστημα πέδησης του αυτοκινήτου. Οποιοσδήποτε μορφής κινητική ενέργεια μπορεί, θεωρητικά τουλάχιστον, να ανακτηθεί και να μετατραπεί σε ηλεκτρική. Οι περισσότεροι κατασκευαστές συμφωνούν πως τα συστήματα ανάκτησης ενέργειας θα αποδειχθούν σημαντικό πεδίο εξέλιξης για την αυτοκίνηση του μέλλοντος.

Το επόμενο μεγάλο βήμα προς αυτήν την κατεύθυνση αναμένεται να είναι η ανάκτηση ενέργειας από τις αναρτήσεις. Ένα τέτοιο σύστημα εξελίσσει το 2017 η Audi, με τη βοήθεια ηλεκτρομηχανικών περιστροφικών αποσβεστήρων ή eROT (electromechanical rotary dampers). Σε ένα συμβατικό αυτοκίνητο οι κάθετες κινήσεις των τροχών μετατρέπονται σε θερμότητα στα κλασικά αμορτισέρ. Σε ένα μοντέλο εφοδιασμένο με το σύστημα eROT η γραμμική κίνηση μετατρέπεται σε περιστροφική με τη βοήθεια ενός μοχλικού συστήματος και ενός σετ γραναζιών και κινεί έναν ηλεκτροκινητήρα-γεννήτρια, συνδεδεμένο με το ηλεκτρικό σύστημα 48V του αυτοκινήτου. Έτσι, η κινητική ενέργεια μετατρέπεται. όπως και στην περίπτωση της ανάκτησης φρεναρίσματος, σε ηλεκτρικό ρεύμα.

Παράλληλα, όμως, η διάταξη αυτή προσφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συμβατική ανάρτηση. Η απόκριση του συστήματος είναι άμεση και παρουσιάζει ελάχιστη αδράνεια, ενώ τα χαρακτηριστικά απόσβεσης καθορίζονται μέσω λογισμικού χωρίς περιορισμούς ουσιαστικά καταργείται η σχέση εξάρτησης της συμπίεσης και της εκτόνωσης των συμβατικών αμορτισέρ. Έτσι, μπορεί για παράδειγμα η συμπίεση να είναι μαλακή και άνετη για τους επιβάτες, και το rebound σφιχτό. Ένα άλλο πλεονέκτημα του νέου συστήματος ανάρτησης είναι η διάταξή του. Οι τέσσερις ηλεκτροκινητήρες-γεννήτριες τοποθετούνται οριζόντια, εξασφαλίζοντας επιπλέον χώρο σε σχέση με τα κάθετα τοποθετημένα αμορτισέρ.

10. ΚΑΥΣΙΜΑ

10.1 ΥΔΡΟΓΟΝΟ

Θα μπορούν τα αυτοκίνητα του μέλλοντος να παράγουν on board το ηλεκτρικό ρεύμα που θα καταναλώνουν; Αυτή είναι μια πολύ καλή ερώτηση, θα απαντούσε κάποιος διπλωματικά, η οποία όμως στην ουσία της δεν εξαρτάται καν από την ίδια την τεχνολογία, αλλά από το καύσιμο και τη διαθεσιμότητά του. Το υδρογόνο είναι το πιο διαδεδομένο στοιχείο στο σύμπαν, γεγονός που από μόνο του αρκεί για να το κάνει ελκυστικό ως καύσιμο, τόσο σε κινητήρες εσωτερικής καύσης όσο και σε συστοιχίες ενεργειακών κυψελών. Σε αέρια μορφή μη τοξικό, άχρωμο και άοσμο. Σε υγρή μορφή το υδρογόνο εμπεριέχει, συγκρινόμενο κατά βάρος, την τριπλάσια ενέργεια απ' ό τι η βενζίνη. Κατά την καύση του παράγεται ουσιαστικά μόνο υδρατμός, ενώ η εκπομπή οξειδίων του αζώτου μπορεί να εκμηδενιστεί με την επιλογή αναλογίας οξυγόνου/καυσίμου μικρότερης της στοιχειομετρικής [$\lambda < 1$] ή μεγαλύτερης του διπλάσιου της στοιχειομετρικής ($\lambda > 2$).

Ωστόσο, είναι αρκετά δύσκολο να χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητά μας, είτε αυτά κινούνται με κινητήρα εσωτερικής καύσης είτε με ενεργειακές κυψέλες. Τουλάχιστον μέχρι να αρχίσει να διατίθεται ευρέως, αλλά και να παράγεται με «λογικό» τρόπο. Όπου «λογικό», σημειώστε φιλικό προς το περιβάλλον, ώστε το κέρδος της μηδενικής εκπομπής ρύπων κατά την κίνηση να μην αντιμετωπίζεται απλώς στο χώρο παραγωγής του. Τι νόημα θα είχε, άλλωστε, να μιλάμε για οικολογικά αυτοκίνητα όταν το καύσιμό τους θα παράγεται από διόλου φιλικό προς το περιβάλλον λιγνίτη;

Εδώ έρχονται τα καλά νέα: το υδρογόνο δεν είναι μια πρωταρχική πηγή ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα, αλλά ένας φορέας ενέργειας, όπως για παράδειγμα μια μπαταρία. Το θετικό στοιχείο είναι, λοιπόν, ότι μπορεί να παραχθεί με πληθώρα τρόπων από την αποδέσμευσή του από άνθρακα, φυσικό αέριο και από άλλες πρωταρχικές πηγές ενέργειας. Η μοναδική μελλοντική προοπτική είναι η αποκόμισή του είτε μέσω ηλεκτρόλυσης νερού με τη βοήθεια ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική, είτε από τη ζύμωση ή ατμοποίηση βιομάζας και βιοαποβλήτων. Η αποθήκευση του υδρογόνου είναι το μεγαλύτερο θέμα που απασχολεί την αυτοκινητοβιομηχανία. Γιατί σε υγρή μορφή προϋποθέτει πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (το σημείο ζέσης του υδρογόνου σε ατμοσφαιρική πίεση βρίσκεται στους -253 Βαθμούς), ενώ σε αέρια κατάσταση πολύ υψηλές πιέσεις [που προς το παρόν φτάνουν τα 700 bar]. Ειδοποιός διαφορά η ενεργειακή πυκνότητα του

καυσίμου ανάλογα με τη μορφή αποθήκευσης: ενώ σε αέρια ή υγρή μορφή εμπεριέχει σχεδόν την τριπλάσια ενέργεια συγκρινόμενο με τη βενζίνη κατά Βάρος, κατά όγκο η ίδια αναλογία είναι συντριπτικά κατά του υγρού υδρογόνου και ακόμα περισσότερο κατά του αερίου. Έτσι, με ένα λίτρο βενζίνης μπορούμε να διανύσουμε όσα χιλιόμετρα θα διανύαμε με 4 λίτρα υγρού υδρογόνου ή με 24-32 λίτρα αερίου, τη στιγμή που σε ενεργειακό επίπεδο 1 κιλό υδρογόνου αντιστοιχεί σε 2,8 κιλά βενζίνης. Λόγω χαρακτηριστικών, λοιπόν, απαιτείται όχι μόνο ένα τεράστιο σε όγκο ρεζερβουάρ στο αυτοκίνητο, αλλά και η υποδομή πλήρωσής του σε ειδικό πρατήριο.

Είναι, συνεπώς, τα πρακτικά ζητήματα εκείνα που εντέλει θα κρίνουν την επικράτηση ή όχι αυτής, αλλά και όλων των νέων τεχνολογιών έναντι του συμβατικού κινητήρα εσωτερικής καύσης. Όσο για τη δημιουργία των απαραίτητων υποδομών (πρατήρια καυσίμων-αποθήκευση); Μια απόφαση περισσότερο πολιτική, παρά τεχνικής φύσεως, επιμένουν οι κατασκευαστές που αναμένουν περισσότερες πρωτοβουλίες από πλευράς των κυβερνήσεων. Άλλωστε, το πρόσφατο παράδειγμα θέσπισης κινήτρων για τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορεί να αποτελέσει μούσουλα για τη γρήγορη εξάπλωσή και των ενεργειακών κυψελών. Ναι μεν υπάρχουν τα θέματα διάθεσης και αποθήκευσης του υδρογόνου, που έχουν όμως τις τεχνικές τους λύσεις; από την επί τόπου παραγωγή στα πρατήρια, με τη βοήθεια ανεμογεννητριών και φωτοβολταϊκών, έως την αναμόρφωση φυσικού αερίου σε υδρογόνο σε μικρές οικιακές μονάδες! Όπως και να έχει, δεν μπορούμε να θεωρήσουμε πως βρισκόμαστε προ των πυλών μιας τεχνολογικής επανάστασης στον τομέα των μεταφορών, αλλά σε ένα μεταβατικό στάδιο, όπου μεσοπρόθεσμα τουλάχιστον θα συνυπάρχουν περισσότερες λύσεις, απευθυνόμενες σε διαφορετικές ανάγκες και αγοραστές. Η μελλοντική ικανότητα φόρτισης των ηλεκτρικών αυτοκινήτων σε μερικά μόνο λεπτά της ώρας ίσως και να σημάνει το τέλος των αυτοκινήτων υδρογόνου, αν και υπάρχουν κατασκευαστές, όπως η Mercedes, που πιστεύουν ότι μπορεί να κυριαρχήσει σε μεγάλα φορτηγά μεγάλων αποστάσεων.

10.2 ΒΙΟΑΙΘΑΝΟΛΗ ΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΥΨΕΛΕΣ

Το αυτοκίνητο είναι συνυφασμένο με τις κυψέλες πολυμερών μεμβρανών PEM (Proton Exchange Membrane). Υπάρχουν, όμως κι άλλες λύσεις, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν με πληθώρα διαφορετικών καυσίμων, απαλλάσσοντας βιομηχανία και χρήστες από τις δεσμεύσεις του υδρογόνου: μία από αυτές είναι οι κυψέλες καυσίμου στερεού οξειδίου SOFC (Solid Oxide Fuel-Cell). Στην ενεργειακή κυψέλη στερεού οξειδίου ο ηλεκτρισμός παράγεται από την ηλεκτροχημική οξείδωση του καυσίμου. Ονομάζεται έτσι λόγω του στέρεου κεραμικού υλικού στο κέντρο της συσκευής, που αντικαθιστά τη μεμβράνη πολυμερών των PEM, ως ηλεκτρολυτικό υλικό. ο αέρας εισέρχεται από την πλευρά της καθόδου της κυψέλης, όπου το οξυγόνο του αέρα μετατρέπεται σε ιόντα οξειδίου, που διασχίζουν το κεραμικό εσωτερικό προς την άνοδο. Στην πλευρά της ανόδου, το καύσιμο οξειδώνεται

ηλεκτροχημικά, παράγοντας θερμότητα και ηλεκτρική ενέργεια.

Στην περίπτωση που το καύσιμο είναι υδρογόνο, η μοναδική εκπομπή είναι νερό σε μορφή υδρατμών. Αν όμως, χρησιμοποιηθεί κάποιο ορυκτό καύσιμο που περιέχει άνθρακα, τότε κατά τη διαδικασία της ηλεκτροχημικής οξείδωσης δημιουργείται και αποβάλλεται από την άνοδο, εκτός του νερού, και διοξείδιο του άνθρακα. Η Nissan προτείνει, λοιπόν, το 2016 τη χρήση βιοαιθανόλης για αυτόν ακριβώς το λόγο: με ένα βιολογικής προέλευσης καύσιμο επιτυγχάνεται το λεγόμενο «ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα», αφού η εκπεμπόμενη ποσότητα CO₂ έχει νωρίτερα αφαιρεθεί από την ατμόσφαιρα κατά την ανάπτυξη του φυτού που απαρτίζει την πρώτη ύλη - στη συγκεκριμένη περίπτωση του ζαχαροκάλαμου.

Μέχρι πρότινος οι SOFC λειτουργούσαν μόνο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, της τάξης των 1.000° C. Πλέον, η εξέλιξη έχει στραφεί σε συστήματα που λειτουργούν στους 600° C. καθώς έτσι αντιμετωπίζονται δύο βασικά μειονεκτήματα των κυψελών στερεού οξειδίου: ο μακρύς απαιτούμενος χρόνος εκκίνησης και το υψηλό κόστος υλικών θερμομόνωσης και ηλεκτρολύτη. Παράλληλα, η θερμοκρασία αυτή είναι αρκετά υψηλή, ώστε να μη χρειάζονται ευγενή μέταλλα ως καταλύτες, όπως στην περίπτωση των PEM. οι οποίες λειτουργούν μεταξύ 50 και 80° C.

Χρησιμοποιούνται ήδη σε στατικές ή κινητές χρήσεις (η Delfi κατασκευάζει μια μονάδα για παραγωγή ρεύματος σε φορτηγά και αυτοκινούμενα), αλλά ασφαλώς μένει ακόμα αρκετή εξέλιξη μέχρι τη χρήση τους ως κινητήριας δύναμης των αυτοκινήτων μας. Mitsubishi. Rolls-Royce. Delphi, Lockheed Martin και LG είναι ορισμένες μόνο εταιρείες που ασχολούνται με την έρευνα στο συγκεκριμένο τομέα.

10.3 ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

Τα συνθετικά καύσιμα δεν είναι κάτι καινούργιο. αφού η πρώτη πατέντα χρονολογείται από το 1913. Η άμεση και έμμεση παραγωγή καυσίμων από άνθρακα διαδίδεται τη δεκαετία του '20 και αποδεικνύεται στρατηγικής σημασίας στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο: στην αρχή του 1944 παράγονται στη Γερμανία 124000 βαρέλια ημερησίως σε 25 εργοστάσια. Σήμερα το 5% της παγκόσμιας παραγωγής ντίζελ είναι συνθετικό, ενώ υπάρχουν πολλά πειραματικά εργοστάσια παραγωγής συνθετικής βενζίνης και ντίζελ. Τα συνθετικά καύσιμα, είτε έχουν ως Βάση τον άνθρακα είτε φυτικής προέλευσης υλικά (κατάλοιπα φυτικής και δασικής παραγωγής, γεωργικά υπολείμματα και υποπροϊόντα, ενεργειακές καλλιέργειες. βιομάζα), έχουν ουδέτερο ισοζύγιο άνθρακα, και πιστεύεται πως έχουν τη δυναμική να μειώσουν μεταξύ 2020 και 2025 την εκπομπή CCfe στην Ευρώπη κατά 2.8 γιγατόνους.

Εταιρείες όπως η Bosch δηλώνουν πως τα συνθετικά καύσιμα είναι απαραίτητα για την επίτευξη των μεσοπρόθεσμων στόχων μείωσης εκπομπής CO₂ της ΕΕ. Σίγουρα η διαδικασία παραγωγής τους είναι ακριβή, η τεχνογνωσία όμως υπάρχει ώστε οι τιμές να μειωθούν σημαντικά διά της οικονομίας κλίμακας μέσα σε 5-10 χρόνια, με απώτερο στόχο την πλήρη απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα έως

το 2050. Η Audi είναι ένας από τους κατασκευαστές που εγκαινίασαν πριν από μερικά χρόνια ένα πρότυπο εργοστάσιο παραγωγής συνθετικού πετρελαίου e-diesel, με πρώτες ύλες το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα και την ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από ανακυκλώσιμες πηγές. Αρχικά, το CO₂ εξάγεται από τον αέρα με τη βοήθεια ειδικών φίλτρων, ενώ, παράλληλα με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης, το νερό διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο. Στη συνέχεια, το υδρογόνο αντιδρά με το CO₂ στους 220° C και με πίεση 25 bar, παράγοντας ένα υγρό υδρογονανθράκων, το οποίο με κατάλληλη επεξεργασία δίνει μια ποσότητα συνθετικού πετρελαίου αντίστοιχη του 80% του αρχικού υγρού. Το συγκεκριμένο e-diesel είναι απαλλαγμένο από θειούχες και αρωματικές ενώσεις, ενώ έχει υψηλό αριθμό κετανίων.

Παράλληλα ο ίδιος κατασκευαστής, σε συνεργασία με την εταιρεία Global Bioenergies, έχει καταφέρει να δημιουργήσει συνθετική Βενζίνη από βιομάζα. με αριθμό οκτανίων 100. Το καύσιμο ήδη δοκιμάζεται ενδεδειχώς σε εργαστήρια, αλλά και στο δρόμο. Μεσοπρόθεσμος στόχος είναι η εξέλιξη της διαδικασίας παραγωγής, έτσι ώστε να αποδεσμευτεί από τη χρήση βιομάζας και να μην απαιτεί τίποτα παραπάνω από νερό, υδρογόνο, CO₂ και φως από τον ήλιο.

10.4 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

Το φυσικό αέριο αποτελείται από ένα μείγμα υδρογονανθράκων με κυριότερο συστατικό το μεθάνιο, είναι από τις ενώσεις υδρογόνου με την πιο χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, ενώ έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ενέργεια. Ένα κιλό φυσικού αερίου = 14 kWh, 1 λίτρο βενζίνης = 9 kWh, 1 λίτρο πετρελαίου = 10 kWh, 1 λίτρο υγραερίου = 7 kWh.

Το φυσικό αέριο έχει υψηλότερο αριθμό οκτανίων σε σχέση με τη βενζίνη (125 έναντι 90). ενισχύοντας την απόδοση. Η προανάφλεξη περιορίζεται, επιτρέποντας να λειτουργεί σε κινητήρες μεγαλύτερης συμπίεσης. Η καύση είναι συνολική, γιατί το μείγμα φυσικού αερίου και αέρα είναι τέλειο σε οποιαδήποτε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Δεν αφήνει ιζήματα, και τα μπουζί διατηρούνται καθαρά, δε μολύνει το λάδι, με αποτέλεσμα τα διαστήματα αλλαγής του λιπαντικού να είναι μεγαλύτερα. Τα αέρια καύσης δεν είναι διαβρωτικά. επιβαρύνοντας λιγότερο τα μεταλλικά μέρη του κινητήρα και της εξάτμισης και αυξάνοντας σημαντικά τη διάρκεια ζωής. Το CNG λειτουργεί αποτελεσματικά και αποδοτικά κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες κλίματος, ενώ δεν περιέχει θείο, σωματίδια, τοξικά πρόσθετα μολύβδου. βαριά ίχνη μετάλλων και βενζόλιο.

Το 2016 τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο ξεπερνούν τα 24.4 εκατ., συμπεριλαμβανομένων επιβατικών αυτοκινήτων, φορτηγών και λεωφορείων. Υπάρχουν χώρες, όπως η Ιταλία και η Ολλανδία, όπου η εξάπλωση του CNG γνωρίζει μεγάλη άνθηση στα επιβατικά αυτοκίνητα και κατά συνέπεια έχει εξαπλωθεί και η κατάλληλη υποδομή για τη διάθεσή του σε κοινά πρατήρια καυσίμων. Στις περισσότερες περιπτώσεις μιλάμε για αυτοκίνητο δύο καυσίμων βενζίνης/φυσικού

αερίου, τα οποία εν μέρει προσφέρονται στην γκάμα αρκετών πλέον κατασκευαστών.

Ο συνδυασμός κινητήρων εσωτερικής καύσης τελευταίας τεχνολογίας με τις αισθητά χαμηλότερες τιμές του καυσίμου προσφέρουν σημαντικά χαμηλότερο κόστος χρήσης σε σύγκριση με βενζίνη και ντίζελ, της τάξης του 30% έως 50%. Με δεδομένο πως η Ευρώπη αρχίζει να αποκλίνει από το ντίζελ ως καύσιμο των επιβατικών αυτοκινήτων, είναι ενδιαφέρον να δούμε αν το φυσικό αέριο έχει τη δυναμική να το αντικαταστήσει στην αγορά καυσίμων τα αμέσως επόμενα χρόνια.

11. ΥΛΙΚΑ

11.1 ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αλουμίνιο συμβαδίζει με την αυτοκίνηση από το τέλος του 19ου αιώνα, όταν και παρουσιάζεται το πρώτο αυτοκίνητο με αλουμινένιο αμάξωμα, στη Διεθνή Έκθεση Αυτοκινήτου του Βερολίνου. Δύο χρόνια αργότερα, ο Καρλ Μπεντς εξελίσσει τον πρώτο κινητήρα με αλουμινένια εξαρτήματα. Παρά το γεγονός πως το αλουμίνιο χρησιμοποιείται εκτενώς σε αμαξώματα αγωνιστικών τις δεκαετίες του '20 και του '30, το ατσάλι παραμένει το κυρίαρχο υλικό κατασκευής αυτοκινήτων. Μετά τον Πόλεμο, όμως, το ατσάλι σπανίζει, και οι εταιρείες αυτοκινήτου στρέφονται στο αλουμίνιο για την κατασκευή αμαξωμάτων και άλλων εξαρτημάτων.

Τα πρώτα μεταπολεμικά χρόνια γίνεται το κυρίαρχο υλικό στην αυτοκινητοβιομηχανία. Λόγω του πλεονεκτήματος βάρους που προσφέρει, αρχίζει στη συνέχεια να χρησιμοποιείται για την κατασκευή αγωνιστικών χωροδικτυωμάτων (Mercedes 300 SLR) και μονοκόκ (Jaguar D-Type, Lotus 49), αλλά και μπλοκ κινητήρων (Land Rover), για να επεκταθεί αρκετές δεκαετίες αργότερα, το 1990, στο εξ ολοκλήρου αλουμινένιο Honda NSX. Σε ειδικά Βελτιστοποιημένα αμαξώματα, το αλουμίνιο προσφέρει έως και 50% μείωση βάρους σε σχέση με το ατσάλι, ενώ μπορεί να απορροφήσει έως και τη διπλάσια ενέργεια πρόσκρουσης. Ανακυκλώνεται, τέλος, σε ποσοστό σχεδόν 90%, γεγονός που μεταφράζεται σε εξοικονόμηση ενέργειας ίσης με 21 βαρέλια πετρελαίου για την ανακύκλωση ενός τόνου υλικού.

11.2 ΜΑΓΝΗΣΙΟ

Από τη δεκαετία του 1920 το μαγνήσιο εμφανίζεται στα αγωνιστικά αυτοκίνητα, σε διάφορα εξαρτήματα (π.χ. έμβολα), καθώς και στο αμάξωμα εξαιτίας του χαμηλού του βάρους: είναι κατά 33% ελαφρύτερο του αλουμινίου και κατά 75% του ατσαλιού, ωστόσο διαμορφωμένο σε ειδικά κράματα παρουσιάζει ακαμψία ανάλογη του αλουμινίου. Επιπλέον είναι φθινό, μιας και είναι το τέταρτο πιο κοινό στοιχείο στη Γη. Στην ευρεία παραγωγή το μαγνήσιο φτάνει με το VW Beetle το οποίο και περιέχει συνολικά 20 κιλά του εν λόγω υλικού. Στα μειονεκτήματά του συγκαταλέγονται η ευπάθειά του στη διάβρωση και το γεγονός πως είναι εξαιρετικά

εύφλεκτο. Η Mercedes 300 SLR, που εμπλέκεται στο διαβόητο ατύχημα στον αγώνα του Λε Μαν το 1955, διαθέτει αμάξωμα κατασκευασμένο από το κράμα Elektron, υψηλής περιεκτικότητας σε μαγνήσιο.

11.3 ΑΝΘΡΑΚΟΝΗΜΑΤΑ

Νήματα από ίνες άνθρακα (καθεμία δέκα φορές πιο λεπτή από μια ανθρώπινη τρίχα) πλεγμένα σταυρωτά βαπτίζονται σε εποξική ρητίνη και κατόπιν τοποθετούνται ανά στρώσεις σε καλούπια και «ψήνονται» σε ειδικούς φούρνους σε θερμοκρασία 120° C και πίεση 6 bar, για να στερεοποιηθούν, σχηματίζοντας ένα ενιαίο υλικό. Ο αριθμός των στρώσεων (με πάχος στρώσης από 0.4 έως και 0.8 χλστ.) αλλά και η κατεύθυνση των νημάτων σε κάθε σημείο του μονοκόκ καθορίζονται από τις δυνάμεις που θα πρέπει να είναι σε θέση να μεταφέρουν ως έτοιμο υλικό.

Χαρακτηριστικό των ανθρακονημάτων είναι η απίστευτη σχέση βάρους και ακαμψίας, που φτάνει το διπλάσιο ή τριπλάσιο ενός μετάλλου. Επίσης, συχνά χρησιμοποιείται η διάταξη «σάντουιτς», όπου μεταξύ δύο στρώσεων νημάτων παρεμβάλλεται ένα κυψελωτό υλικό από αλουμίνιο ή πλαστικό, το οποίο αυξάνει το βάρος κατά 6%, αλλά προσφέρει 37 φορές μεγαλύτερη ακαμψία και εννεαπλάσια αντοχή. Η ιδανική συμπεριφορά σε περίπτωση σύγκρουσης αποτελεί άλλο ένα χαρακτηριστικό των ανθρακονημάτων και οφείλεται στην κατασκευή τους, αφού, για να διασπαστούν οι εκατοντάδες εκατομμύρια ίνες από τη ρητίνη, απορροφώνται τεράστια ποσά ενέργειας από τη σύγκρουση. Σήμερα, το 90% της παγκόσμιας παραγωγής ανθρακονημάτων συγκαταλέγεται τεχνολογικά στην πρώτη γενιά, ενώ για το υπόλοιπο 10% χρησιμοποιούνται νήματα δεύτερης γενιάς, με ακόμα εντυπωσιακότερα χαρακτηριστικά (τρεις φορές καλύτερη απόδοση) αλλά και πολλαπλάσια τιμή. Υπολογίζεται δε ότι μέχρι το 2020 θα είναι διαθέσιμα υλικά που θα εκτοξεύσουν τη σχέση βάρους/ακαμψίας στο πενταπλάσιο των σημερινών δεδομένων!

Η ιστορία των ανθρακονημάτων ξεκινά από την αεροπορική βιομηχανία το 1963, όμως η χρήση τους στο αυτοκίνητο γίνεται αρκετά αργότερα. Το 1980 ο Τζον Μπάρναρντ σχεδιάζει το πρώτο μονοθέσιο της F1, τη McLaren MP4/1, με μονοκόκ εξ ολοκλήρου κατασκευασμένο από ανθρακονήματα. Για πολλές δεκαετίες η εν λόγω τεχνολογία θα παραμείνει αποκλειστικό προνόμιο των εξωτικών υπεραυτοκινήτων, μέχρι που αρχικά η KTM και προσφάτως η BMW την προσγειώνουν σε πιο προσιτά στο ευρύ κοινό μοντέλα.

Τροχοπέδη για την περαιτέρω εξάπλωσή της είναι ως συνήθως το κόστος, αλλά στην προκειμένη περίπτωση και ο χρόνος παραγωγής τους ανά κύκλο εργασίας. Η χρήση ανθρακονημάτων στην αυτοκινητοβιομηχανία δεν ξεπερνά το 5% (2.150 τόνοι) της παγκόσμιας παραγωγής τους το 2012. Ωστόσο, οι ειδικοί προβλέπουν ετήσια αύξηση της τάξης του 34% έως τους 23.000 τόνους το 2020, που θα καταστήσει την αυτοκινητοβιομηχανία μία από τις τρεις μεγαλύτερες αγορές για το υλικό. Απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξη αυτών των αριθμών είναι η μείωση του

κόστους, που σήμερα κυμαίνεται περίπου στα 10 δολάρια/λίβρα. Αυτό είναι το 1/3 της προ δεκαετίας τιμής τους (35 δολάρια), αλλά και πάλι υπέρογκο ποσό σε σχέση με το ατσάλι, που κοστίζει λιγότερο από 1 δολάριο/λίβρα. Υπολογίζεται πως, για να βιώσου- με την ευρεία εξάπλωσή τους, η τιμή θα πρέπει να πέσει στα 5-6 δολάρια ανά λίβρα.

Ακόμα ένα θέμα που πρέπει να λυθεί είναι η μείωση του χρόνου παραγωγής τους ανά κύκλο εργασίας από τα περίπου 5 λεπτά σε λιγότερο από 2, με μείωση της χειρωνακτικής εργασίας, επένδυση σε αυτοματισμούς, διαδικασίες χύτευσης ταχείας σκλήρυνσης και την εξέλιξη Βιομηχανοποιημένων γραμμών παραγωγής. Ήδη έχουν γίνει τεράστια βήματα προς αυτήν την κατεύθυνση, με την BMW να έχει κατεβάσει το χρόνο κύκλου στα 180 δλ., ενώ πειραματικές γραμμές έχουν ικανότητα πλήρως αυτοματοποιημένης παραγωγής, στοχεύοντας σε χρόνους κάτω των 60 δλ.

11.4 3D PRINTED CARS

Οι πρώτες συσκευές εκτύπωσης τρισδιάστατων αντικειμένων κατασκευάζονται τη δεκαετία του '80, μια τεχνολογία που τότε χαρακτηριζόταν ως στερεολιθογραφία. Με την πάροδο των χρόνων, η τεχνική εξελίσσεται και οι 3D εκτυπωτές αρχίζουν να χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία για την κατασκευή πρωτοτύπων αλλά και εξαρτημάτων σε μικρούς αριθμούς παραγωγής. Η Boeing, για παράδειγμα, κατασκευάζει 86 εξαρτήματα του F-18 Hornet με αυτόν τον τρόπο, ενώ η τεχνική περνά και στην αυτοκινητοβιομηχανία για την εκτύπωση διάφορων εξαρτημάτων, όπως για μάσκες, αεροδυναμικά βοηθήματα ή τμήματα του ταμπλό. Σήμερα υπάρχουν εκτυπωτές που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη κεραμικά, πολυμερή ή μέταλλο, και μόνο πειραματικά έχουν δοκιμαστεί εκτυπωτές που μπορούν να λειτουργήσουν συνδυάζοντας διαφορετικά υλικά.

Η αμερικανική Local Motors γίνεται το 2016 η πρώτη εταιρεία που κατασκευάζει ένα εξ ολοκλήρου τρισδιάστατα τυπωμένο αυτοκίνητο: το Strati είναι ένα ηλεκτροκίνητο διθέσιο ρούντστερ με κίνηση στους πίσω τροχούς και αποτελείται από 2.000 κομμάτια, αντί των 25.000 κομματιών από τα οποία συνήθως αποτελείται ένα συμβατικό αυτοκίνητο. Εκτυπώνεται μέσα σε 40 ώρες -χρόνο που η εταιρεία με έδρα την Αριζόνα φιλοδοξεί να μειώσει σε 12-, με την όλη διαδικασία σχεδιασμού έως την παραγωγή να διαρκεί μόλις δύο μήνες. Χάρη στη φύση της τρισδιάστατης εκτύπωσης, κατά την οποία κάθε αντικείμενο κατασκευάζεται σε στρώσεις υλικού, μπορούν για παράδειγμα εύκολα να κατασκευαστούν ζώνες ελεγχόμενης παραμόρφωσης ή στιβαρές βάσεις για τις ζώνες ασφαλείας. Εξίσου εύκολα μπορεί να διαφοροποιηθεί το σχέδιο του αμαξώματος, προσθέτοντας ή αφαιρώντας τμήματα, σύμφωνα με το προσωπικό γούστο κάθε αγοραστή, αλλά και να μεταμορφωθεί τελείως: κάθε αυτοκίνητο θα μπορεί να ανακυκλωθεί και από το υλικό να τυπωθεί ένα νέο! Η δυνατότητα αυτή μπορεί, μάλιστα, να περιλαμβάνεται στο αρχικό κόστος που καταβάλλει κάθε αγοραστής. Σε τιμές που ξεκινούν από

18.000 δολάρια και φτάνουν τα 60.000, οι ιδιοκτήτες μπορούν να έχουν την επιλογή αναβαθμίσεων ή και πολλαπλής αντικατάστασης των αυτοκινήτων τους, ένα ιδιοκτησιακό μοντέλο αρκετά διαφορετικό από όσα γνωρίζουμε σήμερα.

Ένα επιπλέον όφελος σε σχέση με το συμβατικό τρόπο κατασκευής ενός αυτοκινήτου έγκειται στο γεγονός πως μπορεί να μειωθεί δραστικά ο χρόνος εξέλιξης: τόσο στη μεταφορά του σχεδίου σε τρεις διαστάσεις όσο και στο στάδιο των δοκιμών πρόσκρουσης, καθώς οι δομικές αλλαγές που απαιτούνται μετά τη διεξαγωγή κάθε τεστ μπορούν να περικοπούν στο ελάχιστο. Εννοείται, βέβαια, πως τη στιγμή που η αυτοκινητοβιομηχανία πρέπει να προπαραγγείλει μήνες πριν τα απαραίτητα εργαλεία για την κατασκευή κάθε νέου μοντέλου, να κλείσει για εβδομάδες το εργοστάσιο για τις αναβαθμίσεις των γραμμών παραγωγής και να επενδύσει εκατομμύρια, ένας κατασκευαστής τυπωμένων αυτοκινήτων απλώς πρέπει να... ανάψει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή και τον εκτυπωτή.

Το 2015 η Local Motors παρουσιάζει και ένα δεύτερο μοντέλο, το επίσης ηλεκτροκίνητο, 4θέσιο LM3D Swim. Το αυτοκίνητο σχεδιάζεται από τον Κέβιν Λο, μέλος της διαδικτυακής κοινότητας της εταιρείας, στο πλαίσιο σχετικού διαγωνισμού. Για να διευκολυνθεί η παραγωγή του, ενσωματώνονται εξαρτήματα όπως παμπρίζ και ηλεκτρικά παράθυρα από το Mazda MX-5, με την όλη διαδικασία σχεδιασμού έως την παραγωγή να διαρκεί μόλις δύο μήνες

11.5 ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Πέρα από τα ελαφριά υλικά, η σημασία της αεροδυναμικής στα αυτοκίνητα γίνεται γρήγορα αντιληπτή. Αυτό εξηγείται εύκολα, μιας και μετά τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο απαγορεύεται στη Γερμανία να κατασκευάσει αεροπλάνα, υποβρύχια και τανκς, οπότε οι άνθρωποι της πολεμικής βιομηχανίας περνούν στο αυτοκίνητο. Ο Έντμουντ Ρούμπλερ -ο πρώτος Γερμανός κατασκευαστής αεροπλάνων- παρουσιάζει το 1921 στην Έκθεση του Βερολίνου το Tropfenwagen, το «αυτοκίνητο-σταγόνα». και προκαλεί αίσθηση. Είναι τέτοια η σχεδιαστική αρτιότητά του, που, όταν το 1979 ένα αντίτυπό του δοκιμάζεται στην αεροδυναμική σήραγγα της VW, αποδεικνύεται πως διαθέτει συντελεστή οπισθέλκουσας 0,28. Την οποία το Golf απέκτησε στην τρίτη γενιά του...

Ο αεροδυναμιστής Πάουλ Γιάραϊ, πρώην αρχιμηχανικός του εργοστασίου Zeppelin, ανοίγει το 1927 το δικό του σχεδιαστικό γραφείο, «Stromlinien Karosserie Gesellschaft». με ενασχόληση το σχεδιάσμα αεροδυναμικών αμαξωμάτων. Συνεργάζεται με τους μεγαλύτερους κατασκευαστές, αλλά στην παραγωγή φτάνει το 1934 μόνο το τσεχοσλοβακικό Tatra 77. Το 6θέσιο σεντάν επιτυγχάνει ταχύτητα 150 χλμ./ώρα κινούμενο από έναν κινητήρα -μόνο- 65 ίππων, τη στιγμή που τα εξωτικά πρωτότυπα του Λε Μαν χρειάζονται 90 ίππους για να φτάσουν την ίδια ταχύτητα. Η αεροπορία έχει γίνει η πηγή των καινοτομιών, από τις οποίες επωφελείται τα μέγιστα η αυτοκινητοβιομηχανία.

12. NEA CONCEPT

12.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Τα έντονα προβλήματα κυκλοφοριακής συμφόρησης, ο χρόνος και το κόστος που συνήθως συνεπάγεται η αναζήτηση μιας θέσης στάθμευσης, αλλά και το ολοένα αυξανόμενο κόστος χρήσης και συντήρησης ενός αυτοκινήτου αποτρέπουν πολλούς κατοίκους μεγαλουπόλεων από την αγορά αυτοκινήτου. Με τους περιορισμούς των μέσων μαζικής μεταφοράς σταθερής τροχιάς αλλά και το διόλου ευκαταφρόνητο κόστος χρήσης ταξί στις περισσότερες χώρες της Ευρώπης και των ΗΠΑ, δημιουργείται αναπόφευκτα ένα κενό αγοράς, το οποίο έρχεται να καλύψει η σύγχρονη τεχνολογία των ψηφιακών εφαρμογών.

Ηλεκτρονικές πλατφόρμες διαμοιρασμού διαδρομών, όπως οι Uber, Lyft και Sidecar, ξεφυτρώνουν στις ΗΠΑ και γίνονται παγκόσμιο φαινόμενο τη δεύτερη δεκαετία του 21ου αιώνα. Το επιχειρηματικό μοντέλο είναι απλό όσο και ιδιοφυές: επιτρέπει σε ιδιώτες κατόχους αυτοκινήτου να μετατραπούν σε οδηγούς προς μίσθωση, μοιραζόμενοι το αυτοκίνητό τους με τους χρήστες της εφαρμογής, κερδίζοντας χρήματα από τις διαδρομές αυτές. Οι πελάτες έχουν -μέσω της ηλεκτρονικής εφαρμογής για smartphone- άμεση πρόσβαση σε μια πληθώρα διαθέσιμων οδηγών, γνωρίζουν εκ των προτέρων το κόστος της διαδρομής που επιθυμούν να διανύσουν, ενώ η χρέωση γίνεται αυτόματα μέσω της εφαρμογής, χωρίς να απαιτείται κάθε φορά η επίδειξη της πιστωτικής κάρτας. Παράλληλα, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το είδος του αυτοκινήτου το οποίο τον εξυπηρετεί καλύτερα, με την ανάλογη κάθε φορά χρέωση, που κατ' αναλογία είναι φθηνότερη εκείνης των ταξί ή των πολυτελών αυτοκίνητων μίσθωσης. Στο τέλος κάθε διαδρομής τόσο ο πελάτης όσο και ο οδηγός μπορούν να αξιολογήσουν ηλεκτρονικά -μέσω της εφαρμογής και πάλι- ο ένας τον άλλον.

Όπως είναι φυσικό, η λειτουργία των εν λόγω εταιρειών έχει ξεσηκώσει θύελλα διαμαρτυριών από τα συνδικάτα ταξί, ιδίως στην Ευρώπη, όπου σε αρκετές πρωτεύουσες έχει απαγορευτεί με δικαστική απόφαση η περαιτέρω λειτουργία τους. Η αιτιολογία είναι συνήθως λόγοι ασφαλείας, για τη χρησιμοποίηση μη επαγγελματιών οδηγών ή την προσφορά απαγορευμένων peer-to-peer υπηρεσιών. Υπάρχει, βέβαια, και η άλλη όψη του νομίσματος: περισσότεροι από 600.000 χρήστες της υπηρεσίας έχουν ήδη υπογράψει ηλεκτρονικά την αίτηση διαμαρτυρίας κατά της απαγόρευσης λειτουργίας της Uber στο Λονδίνο!

Η απάντηση των εταιρειών διαμοιρασμού διαδρομών -που με την τεράστια

επιτυχία τους διαθέτουν πλέον ισχυρά κεφάλαια και μεγάλες δυνατότητες επενδύσεων (η αξία της Uber εκτιμάται σήμερα σε 68 δισ. δολάρια)- έρχεται με τη δημιουργία στόλων αυτόνομα κινούμενων οχημάτων. Η Uber ξεκινά ήδη από το 2014 τις δοκιμές πάνω σε αυτόν τον τομέα, ενώ σήμερα λειτουργεί 43 πιλοτικά αυτόνομα Volvo XC90 σε Πίτσμπουργκ και Αριζόνα. τα οποία έχουν διανύσει έως και τον Αύγουστο του τρέχοντος έτους περισσότερα από 136.000 μίλια. Στα αυτοκίνητα επιβαίνει προς το παρόν πάντα και οδηγός ασφαλείας αλλά και μηχανικός της εταιρείας, υπεύθυνος για την καταγραφή των δεδομένων κάθε διαδρομής. Υπολογίζεται πως κατά μέσο όρο ο οδηγός πρέπει να επεμβαίνει μία φορά κάθε 150 μίλια, ώστε να αποτρέψει κάποια σύγκρουση: είναι σίγουρο πως τα συστήματα δεν είναι ακόμη τέλεια.

Παρόμοιες βλέψεις επέκτασης έχει και ο μεγάλος ανταγωνιστής της Uber, η Lyft, η οποία προσλαμβάνει εκατοντάδες νέους υπαλλήλους για την εξέλιξη παρόμοιων λογισμικών στην έδρα της, Πάλο Άλτο της Καλιφόρνια. σε συνεργασία με τη Mercedes. Ως απάντηση, η Uber το τερματίζει, ανακοινώνοντας πρόσφατα την επέκτασή της στον τομέα των... αερομεταφορών, αφού σκοπεύει να εισαγάγει μέχρι το 2020 μια νέα υπηρεσία αερο-ταξί στις πόλεις του Τέξας και του Ντουμπάι! Το κόστος της κάθε... κούρσας αναμένεται να κυμανθεί αρχικά στα 1.32 δολάρια/μίλι, ωστόσο, σε βάθος χρόνου και με την ευρεία εξάπλωση του αερο-ταξί, το τίμημα που θα καταβάλουν οι χρήστες αναμένεται να μειωθεί σημαντικά. Προς το παρόν, όπως αναφέρουν οι δημιουργοί του φιλόδοξου αυτού μεταφορικού μέσου, η τεχνολογία υπάρχει, με το μόνο περιορισμό που τίθεται να αφορά την έλλειψη -για την ώρα τουλάχιστον- κατάλληλων επιφανειών για την απογείωση και προσγείωση των αερο-ταξί.

12.2 CAR SHARING

Το car sharing είναι σήμερα μια ραγδαία αναπτυσσόμενη τάση στο χώρο της σύγχρονης αυτοκίνησης, αποτελώντας ένα εναλλακτικό μοντέλο ενοικίασης οχημάτων, στο πλαίσιο του οποίου οι ενδιαφερόμενοι χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο της αρεσκείας τους για σύντομες χρονικές περιόδους, συχνά με το λεπτό, την ώρα ή την ημέρα. Απευθύνεται τόσο σε όσους κάνουν περιστασιακή χρήση ενός οχήματος όσο και σε εκείνους που αναζητούν πρόσβαση σε ένα όχημα διαφορετικού τύπου από αυτό που χρησιμοποιούν σε καθημερινή βάση.

Η ιδέα του μοιράσματος ενός αυτοκινήτου με περισσότερους χρήστες δεν είναι κάτι καινούργιο. Η πρώτη επίσημη αναφορά γίνεται το 1948 στο πρόγραμμα ενός συνεταιρισμού στέγασης στη Ζυρίχη, χωρίς όμως να έχει γίνει γνωστό αν η ιδέα εξελίχθηκε τα επόμενα χρόνια. Αυτό συμβαίνει για πρώτη φορά στις αρχές της δεκαετίας του 70 στη Γαλλία και την Ολλανδία. Το project Witkar ξεκινά στο Άμστερνταμ ως ένα πρόγραμμα που θα βοηθήσει στον περιορισμό της κυκλοφορίας στο κέντρο της πόλης και στην απεξάρτηση των κατοίκων από τα συμβατικά

αυτοκίνητα. Στην πρώτη φάση (το 1974) διαθέτει 35 μικρά, ηλεκτρικά αυτοκίνητα και πέντε σταθμούς φόρτισης-παραλαβής, με απώτερο στόχο να φτάσει τα 1.000 αυτοκίνητα και τους 150 σταθμούς. Το σχέδιο δεν ξεφεύγει, όμως, ποτέ από το πιλοτικό στάδιο, παρά το ενδιαφέρον των κατοίκων, και εγκαταλείπεται το 1986 εξαιτίας έλλειψης υποστήριξης από την κυβέρνηση.

Τις επόμενες δεκαετίες, τόσο μη κερδοσκοπικοί συνεταιρισμοί και δήμοι όσο και νεοσύστατες επιχειρήσεις ασχολούνται με το car sharing. Η επιτυχία της канаδικής Communauto προσελκύει το ενδιαφέρον των εταιρειών ενοικίασης αυτοκινήτων που αρχίζουν να δραστηριοποιούνται στον τομέα. Ωστόσο, είναι κυρίως η άνθηση εταιρειών διαμοιρασμού διαδρομών και η επέκτασή τους σε νέα κομμάτια της αγοράς που θέτουν σε αμφισβήτηση το παραδοσιακό μοντέλο κατοχής αυτοκινήτου και θορυβούν ιδιαίτερα την αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία βλέπει ολοένα και περισσότερους νέους πελάτες της να στρέφουν την πλάτη στην αγορά του αυτοκινήτου. Έτσι, αποφασίζουν να μην αφήσουν τις εταιρείες ενοικιάσεων ή τους δήμους να λυμαινούνται το κομμάτι της αγοραστικής πίτας που θα μπορούσαν οι ίδιοι να πάρουν στα χέρια τους, αλλά και για να μην αφήσουν ακόμα περισσότερους πελάτες να χαθούν.

Έπειτα από διάφορα πιλοτικά προγράμματα, το car sharing γίνεται υπόθεση των κατασκευαστών. Η Mercedes με το car2go (αρχικά με Smart και κατόπιν με διάφορα μοντέλα της γερμανικής εταιρείας), η BMW με το DriveNow και προσφάτως η Nissan με το intelligent get & go Micra επεκτείνονται σε νέες υπηρεσίες, που απέχουν αρκετά από το παραδοσιακό μοντέλο κατοχής αυτοκινήτου. Στην τιμή χρέωσης περιλαμβάνονται η ασφαλιστική κάλυψη, η δυνατότητα παράδοσης των αυτοκινήτων σε πολλές διαφορετικές περιοχές (και όχι απαραίτητα εκεί όπου παραλήφθηκε), αλλά και σε πολλές περιπτώσεις η δωρεάν στάθμευση κατά τη διάρκεια ενοικίασης.

Η Nissan βάζει την κοινωνική δικτύωση στο παιχνίδι και, Βάσει ενός ειδικό εξελιγμένου αλγορίθμου, που χρησιμοποιεί τεχνολογία κοινωνικής προβολής και γεω-εντοπισμού, ταιριάζει συμβατούς ιδιοκτήτες με συμπληρωματικές μεταφορικές ανάγκες, για να διαμορφώσει εντέλει μια εξ ολοκλήρου ψηφιακή κοινότητας κοινής ιδιοκτησίας. Η υπηρεσία ξεκινά στο Παρίσι τον Απρίλιο του 2017 και έχει ως όριο τη διάνυση έως και 15.000 χλμ. ετησίως. Σήμερα, πάντως, το car2go λογίζεται ως η μεγαλύτερη εταιρεία του είδους, με 2,5 εκατ. εγγεγραμμένους χρήστες και στόλο σχεδόν 14.000 αυτοκινήτων σε 26 σημεία σε Βόρεια Αμερική, Ευρώπη και Ασία, ακολουθούμενη από τη Zipcar (θυγατρική της Avis Budget Group) με 767.000 μέλη και 11.000 αυτοκίνητα.

12.3 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ

Ένα αυτοκίνητο για την κίνηση στην πόλη, ένα για τη βραδινή έξοδο, ένα για την εκδρομή του σαββατοκύριακου ή τις διακοπές: κάθε σύγχρονη αστική οικογένεια

έχει πολλαπλές μεταφορικές ανάγκες, που δεν μπορούν να καλυφθούν από ένα και μοναδικό αυτοκίνητο. Δε θα μπορούσε, λοιπόν, κάποιος αντί της αγοράς συγκεκριμένου αυτοκινήτου να αγοράσει τη δυνατότητα πρόσβασης σε διαφορετικά οχήματα; Ένα πρόγραμμα με αυτό το σκεπτικό λανσάρεται πρόσφατα η Cadillac στη Νέα Υόρκη, δίνοντας στα μέλη του πρόσβαση σε μια πληθώρα πολυτελών μοντέλων της. Μέσω ψηφιακής εφαρμογής ο πελάτης επιλέγει και κλείνει το αυτοκίνητο για έως και έξι μήνες, το οποίο και παραδίδεται σε μέρος της αρεσκείας του. Το μόνο έξοδο που οφείλει να αναλάβει είναι αυτό της βενζίνης, καθώς Βέβαια και αυτό της μηνιαίας συνδρομής, που ανέρχεται σε 1.500 δολάρια. Η GoMore, μια εταιρεία leasing που δραστηριοποιείται στη Δανία, προτείνει ένα πιο οικονομικά προσγειωμένο σχέδιο: ο πελάτης αποκτά ένα αυτοκίνητο διά της μεθόδου leasing για έξι μήνες, το οποίο και διαθέτει προς ενοικίαση σε τρίτους για τουλάχιστον οκτώ μέρες το μήνα, όταν και δεν το χρησιμοποιεί. Τα έσοδα από την ενοικίαση ισοφαρίζουν τα έξοδα του εξαμηνιαίου leasing, οπότε πρακτικά ο πελάτης κυκλοφορεί ένα Citroen C1 για έξι μήνες δωρεάν!

13. ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΣΗΣ

13.1 ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ

Ανακοινώνουμε πως ο κόσμος εμπλουτίστηκε με μία ακόμα ομορφιά: την ομορφιά της ταχύτητας. Ένα αγωνιστικό αυτοκίνητο, το αμάξωμα του οποίου κοσμείται από μεγάλους σωλήνες, σαν φίδια με εκρηκτική ανάσα... ένα κραυγάζον αυτοκίνητο, που μοιάζει να τρέχει επάνω στη φλόγα ενός οπλοπολυβόλου, είναι ομορφότερο από τη Νίκη της Σαμοθράκης. Θέλουμε να εξυμνήσουμε τον άντρα που κρατά το τιμόνι. Χρόνος και χώρος πέθαναν χθες. Ζούμε κιόλας στο απόλυτο, διότι έχουμε δημιουργήσει την αιώνια, την πανταχού παρούσα ταχύτητα». Το μανιφέστο του κινήματος των Φουτουριστών χαιρέτιζε το 1909 την ταχύτητα ως το ύψιστο ιδανικό και υμνούσε το αυτοκίνητο ως τον σημαντικότερο προφήτη της.

Πόσο διαφορετική θα ήταν άραγε μια σημερινή εφάμιλλη διακήρυξη; Με την ταχύτητα να θεωρείται πλέον δεδομένη όσο και απαραίτητη, έχοντας διαμορφώσει μια εντελώς διαφορετική κοινωνία σε σχέση με τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ποιες είναι οι αρετές που ο κόσμος του αύριο οφείλει να δοξάσει και να ακολουθήσει: Το αυτοκίνητο του μέλλοντος πρέπει να είναι σε θέση να δώσει πρακτικές λύσεις σε προβλήματα της καθημερινότητας που μοιάζουν παράδοξα: ενώ η ταχύτητα με την οποία κινούνται όλα γύρω μας αυξάνεται συνεχώς, αλλά και η ίδια μας η ζωή ολοένα επιταχύνεται, η ταχύτητα κίνησής μας στους δρόμους των μεγαλουπόλεων διαρκώς μειώνεται· και ενώ οι μητροπόλεις μεγαλώνουν και επεκτείνονται, ο ιδιωτικός μας χώρος καθημερινά συρρικνώνεται. Ο χρόνος και ο χώρος που οι Φουτουριστές ανακοίνωναν αποθανόντες 108 χρόνια νωρίτερα απουσιάζουν όσο ποτέ άλλοτε από τη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου, ώστε τελικά να αποτελέσουν την πολυτέλεια του μέλλοντος.

Η εκμετάλλευση των χαμένων εργατωρών σε ατελείωτες κυκλοφοριακές συμφορήσεις, ο επαναπροσδιορισμός της χρήσης των αστικών χώρων καθώς και η μεταμόρφωση του αυτοκινήτου σε κινητό χώρο διαβίωσης αποτελούν τα κύρια σημεία των μελλοντικών εξελίξεων. Ουσιαστικά οι κοινωνικές δομές, οι πόλεις και η ζωή σε αυτές θα καθορίσουν τη μελλοντική μορφή των μέσων μεταφοράς, και όχι το αντίθετο –στην αρχή του 20^{ου} αιώνα το Μετρό και το αυτοκίνητο υπήρξαν καθοριστικοί παράγοντες διαμόρφωσης των σημερινών μεγαλουπόλεων.

Ωστόσο το αυτόνομο κινούμενο αυτοκίνητο θα διατηρήσει όπως και οι πρόγονοί του, αναλλοίωτη τη δυναμική αλλαγή κοινωνικών δομών που ισχύουν τα

τελευταία 150 χρόνια. Το σίγουρο είναι πως δεν μπορούμε να κρίνουμε το μέλλον με το μέτρο του παρελθόντος. Αν το αυτοκίνητο ως μέσον φυγής επιτάχυνε τον άνθρωπο σε ταχύτητες πέραν κάθε φαντασίας, έκανε την καρδιά του να χτυπά δυνατά και την αδρεναλίνη να εκτινάσσεται σαν βελόνα του στροφομέτρου στα κόκκινα σε κάθε στροφή, σε κάθε στριγγλιά των ελαστικών και σε κάθε ουρλιαχτό δύο διπλών Weber, αυτό δε σημαίνει πως οφείλει να συνεχίσει να το πράττει εις το διηνεκές. Πιθανώς να απολαμβάνουμε στο μέλλον, ως άλλοι Ξαβιέ Ντε Μεστρ, την ασφάλεια των χώρων διαβίωσής μας και να επιζητούμε την απομόνωση από την ασχήμια και τη βλακεία των άλλων, όπως ο ήρωας του Ζ.Κ. Υσμάνς, δούκας Ντεζ Εσέντ. Σε μια -όχι τόσο μακρινή- εποχή, που η φυγή θα είναι εικονική, διαδικτυακό, το αυτοκίνητο οφείλει να εξυπηρετήσει (και) αυτήν την ανάγκη, μεταλλασσόμενο για άλλη μία φορά, όπως πλείστες άλλες στο παρελθόν. Αυτό που μάλλον μας φοβίζει στην προκειμένη περίπτωση δεν είναι η μακροπρόθεσμη πορεία της τεχνολογίας, αλλά η ενδεχόμενη εξέλιξη μιας νέας γενιάς ανθρώπων χωρίς κανένα ενδιαφέρον στην οδήγηση. Και η εποχή που η Ισιδώρα Ντάνκαν, επιβιβαζόμενη στην κατακόκκινη Bugatti της, διακήρυττε το περίφημο «αντίο φίλοι μου, αναχωρώ προς τη δόξα», θα δείχνει ξαφνικά τόσο, μα τόσο ξεπερασμένη.

13.2 ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΟΔΗΓΗΣΗ

Η αυτόνομη κίνηση των οχημάτων δεν προκύπτει ξαφνικά, ως φυσική εξέλιξη των συστημάτων ηλεκτρονικής υποβοήθησης, αλλά αποτελεί πόθο των μηχανικών, από την εποχή ακόμη που τα τεχνικά μέσα είναι περιορισμένα, κάνοντας τπ σκέψη και μόνο να μοιάζει με ουτοπία, βγαλμένη από ταινία επιστημονικής φαντασίας. Το 1925 το πρώτο αυτοκίνητο χωρίς οδηγό, μάρκας Chandler, κυκλοφορεί στους δρόμους της Νέας Υόρκης. Ουσιαστικά είναι τηλεκατευθυνόμενο, αφού τα μικρά ηλεκτρικά μοτέρ που ελέγχουν πεντάλ και τιμόνι παίρνουν εντολές μέσω ραδιοκυμάτων από το αυτοκίνητο που ακολουθεί. Στη δεκαετία του '30 διατυπώνονται για πρώτη φορά ανοιχτά τα πλεονεκτήματα των αυτόνομα κινούμενων οχημάτων και η σκέψη απελευθέρωσης των επιβατών από το φόρτο της οδήγησης. Πράγμα που εφαρμόζεται το 1958 από τις RCA Labs και GM: με τη βοήθεια ανιχνευτών θαμμένων στο οδόστρωμα, οι οποίοι «αντιλαμβάνονται» την παρουσία και ταχύτητα οποιοσδήποτε μεταλλικού οχήματος και στέλνουν παλμούς καθοδήγησης σε δύο ειδικά εξοπλισμένα πρωτότυπα.

Η ιδέα των συστημάτων που κατευθύνουν εξωτερικά τα αυτοκίνητα είναι αυτή που κυριαρχεί στις έρευνες των δεκαετιών του '60 και του '70. Τα πρώτα οχήματα με σαρωτές λέιζερ, τεχνητή όραση και αυτόνομο ρομποτικό έλεγχο έρχονται για πρώτη φορά στα '80s και αρχίζουν να κερδίζουν σε δημοτικότητα από την αυγή του 21 ου αιώνα: στον πρώτο αγώνα αυτόνομα κινούμενων οχημάτων το 2006, σε μια διαδρομή 150 μιλίων στην έρημο ΜοχάΒε της Καλιφόρνια, με έπαθλο 1 εκατ. δολάρια, κανένα ρομποτικό αυτοκίνητο δεν καταφέρνει να τερματίσει. Την αμέσως

επόμενη χρονιά, αν και σε ερημική διαδρομή με εμπόδια, οι τερματίσαντες είναι πέντε, ενώ το 2007 ο διαγωνισμός διεξάγεται σε αστικό περιβάλλον, καταδεικνύοντας την πρόοδο της τεχνολογίας. Έκτοτε η αυτοκινητοβιομηχανία αρχίζει να παίρνει πολύ σοβαρά την αυτόνομη οδήγηση.

Το 2016 μια πειραματική Mercedes S 500 Intelligent Drive διανύει χωρίς τη Βοήθεια οδηγού την ιστορική διαδρομή των 106 χλμ. από το Μανχάιμ στο Φορτσχάιμ, που είχε πραγματοποιήσει 125 χρόνια νωρίτερα η Μπέρτα Μπεντς με ένα Benz Patent-Motorwagen Nr. 3. Πάντως, η Google μπορεί οπωσδήποτε να θεωρηθεί ένα βήμα μπροστά από τους παραδοσιακούς κατασκευαστές αυτοκινήτου, έχοντας καταγράψει ήδη στο ενεργητικό της περισσότερα από 3 εκατ. μίλια (πάνω από 6,8 εκατ. χλμ.) αυτόνομης μετακίνησης σε δημόσιους δρόμους.

Για τη λειτουργία ενός αυτόνομου οχήματος απαιτείται ο συνδυασμός μιας πληθώρας ηλεκτρονικών συστημάτων. Το Lidar (το γνωστό «καρούμπαλο» στην οροφή των αυτοκινήτων της Google) είναι ένα σύστημα αναγνώρισης του περιβάλλοντος, το οποίο βασίζεται στην εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας λέιζερ και στην καταγραφή της αντανακλώμενης ακτινοβολίας. Στην τελευταία γενιά του προσφέρει ανάλυση έως 512x66, οπτικό πεδίο 120x20 μοιρών, εμβέλεια που ξεπερνά τα 200 μ. για την αναγνώριση πεζών και τα 300 μ. για την αναγνώριση αυτοκινήτων και δεν απαιτεί ύπαρξη κινητών στοιχείων για την επίτευξη μεγαλύτερων γωνιών κάλυψης. Ωστόσο, εξακολουθεί να παραμένει αρκετά ακριβότερο σε κατασκευή σε σχέση με τη λύση που προωθεί η γηραιά αυτοκινητοβιομηχανία, η οποία αποτελείται από ένα συνδυασμό ραντάρ διαφορετικών αποστάσεων και στερεοσκοπικών καμερών. Τα δεδομένα από τα παραπάνω συλλέγονται από την αντίστοιχη κεντρική μονάδα ελέγχου, η οποία και συνεργάζεται με αυτήν που επιφορτίζεται με το δυναμικό έλεγχο του αυτοκινήτου και δίνει τις κατάλληλες εντολές στο σύστημα διεύθυνσης, στον κινητήρα και στα φρένα.

Τυπικά, στην κλίμακα αυτοματοποίησης οχημάτων της αμερικανικής αρχής ασφάλειας αυτοκινητοδρόμων NHTSA, όπου το 0 αντιπροσωπεύει το συμβατικό αυτοκίνητο και το 5 το πλήρως αυτόνομο κινούμενο όχημα, τα σημερινά, εμπορικά διαθέσιμα συστήματα κατατάσσονται κάπου μεταξύ του 2 και του 3. Η διαφορά, που μπορεί αριθμητικά να φαντάζει μικρή, στην πραγματικότητα παραμένει αρκετά μεγάλη: για να λειτουργήσει ένα αυτόνομο κινούμενο όχημα, θα πρέπει να διαθέτει το υπόβαθρο μιας λεπτομερούς χαρτογράφησης (ο λόγος που οι BMW, Mercedes και Volkswagen εξαγόρασαν από κοινού πριν από μερικά χρόνια την εταιρεία χαρτογράφησης HERE), ώστε να διαθέτουν τη μερίδα του λέοντος της υπολογιστικής τους ισχύος για την αναγνώριση και πρόβλεψη των κινήσεων άλλων αυτοκινήτων, πεζών, δικυκλιστών σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, θα πρέπει να διαθέτουν στοιχεία τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να επεξεργάζονται τη μορφολογία του περιβάλλοντος στο οποίο κινούνται και να παίρνουν άμεσα αποφάσεις, ακριβώς όπως ο άνθρωπος, σε μια διαδικασία συνεχούς εκμάθησης και βελτίωσης.

Το κομμάτι του παζλ που λείπει, αυτό της επικοινωνίας μεταξύ αυτοκινήτων (V2V), αυτοκινήτου προς υποδομές (V2I) και αυτοκινήτου προς πεζούς (V2P), επίσης δε δείχνει να βρίσκεται μακριά από την ευρεία παραγωγή. Μέχρι σήμερα διαβάσαμε για δοκιμές μεγάλης κλίμακας που γίνονταν με τη συνεργασία διάφορων

κατασκευαστών, πανεπιστημίων και άλλων φορέων, χωρίς όμως να γνωρίζουμε τα απτά αποτελέσματα. Η VW ανακοίνωσε, όμως, πως από το 2019 θα ξεκινήσει τη διάθεση της τεχνολογίας επικοινωνίας pWLAN στα μοντέλα της, κάνοντας το πρώτο βήμα προς τις πιο ασφαλείς μετακινήσεις. Βασισμένη στο πρωτόκολλο IEEE 802.11 p, το οποίο η αυτοκινητοβιομηχανία έχει δοκιμάσει για την επικοινωνία μεταξύ αυτοκινήτων και υποδομών, η εν λόγω τεχνολογία επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την επικρατούσα κυκλοφοριακή κατάσταση, τα ατυχήματα, ενδεχόμενες προειδοποιήσεις, σε λίγα μόνο μιλισεκόντ. Μπορούν να μεταφέρονται ακόμα και δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες των αυτοκινήτων, ενημερώνοντας άμεσα π.χ. για την ολισθηρότητα του οδοστρώματος ή την απότομη αλλαγή των καιρικών συνθηκών! Με αυτόν τον τρόπο το «οπτικό πεδίο» ενός αυτοκινήτου επεκτείνεται κατά περίπου 500 μέτρα, δίνοντάς του τη δυνατότητα να «βλέπει» πίσω από κάθε γωνία. Μάλιστα, η τεχνολογία χρησιμοποιεί μια ειδική συχνότητα προορισμένη για την οδική ασφάλεια, τοπικής εμβέλειας, που εξαλείφει το φόβο κεντρικής αποθήκευσης στοιχείων (άρα και προσωπικών δεδομένων) και δεν απαιτεί την ύπαρξη σήματος κινητής τηλεφωνίας. Η διασύνδεση αυτοκινήτων μεταξύ τους και με τους δρόμους στους οποίους κινούνται θα επιτρέψει στο μέλλον νέες μορφές επικοινωνίας: σύμφωνα με μελέτη της εταιρείας ερευνών αυτοκινητικής τεχνολογίας SBD, μέχρι το 2020 θα πωλούνται πάνω από 30 εκατ. οχήματα με δυνατότητα διασύνδεσης, που θα παράγουν πάνω από 163 TB δεδομένων ετησίως με τη βοήθεια των καμερών και των αισθητήρων.

13.3 ΔΙΑΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Μια κίνηση, ένα νεύμα με το χέρι ή το κεφάλι αρκούν για να επικοινωνήσουν ο οδηγός ενός αυτοκινήτου και ένας πεζός. Η γλώσσα του σώματος αποτελεί τον ταχύτερο και πιο κατανοητό τρόπο για να αντιληφθεί ένας άνθρωπος τις προθέσεις του άλλου εδώ και κάποιες χιλιάδες χρόνια. Τι γίνεται, όμως, όταν θα πρέπει να συνεννοηθούν ένας άνθρωπος με ένα αυτόνομο κινούμενο όχημα; Από τεχνική άποψη, οι ερευνητές έχουν στα χέρια τους μια πληθώρα διαθέσιμων εργαλείων. Μένει μόνο να διαπιστώσουν ποια είναι τα πλέον κατάλληλα. Αισθητήρες υπερέυθρων και υπερήχων, η στερεοσκοπική κάμερα και τα ραντάρ μικρής, μέσης και μεγάλης απόστασης βοηθούν στην αναγνώριση όχι μόνο των πεζών, αλλά και του γενικότερου κυκλοφοριακού περιβάλλοντος, ώστε το αυτοκίνητο να επιλέξει την κατάλληλη για κάθε περίπτωση λύση και να την επικοινωνήσει στους πεζούς. Οι φωνητικές εντολές θα ήταν μια λύση, αν όλοι οι άνθρωποι μιλούσαν την ίδια γλώσσα.

Τα σύμβολα έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αναποτελεσματικά σε διάφορες έρευνες. Έτσι, οι τεχνικοί εστιάζουν στην έρευνα των οπτικών σημάτων, ως κοινώς αποδεκτή «γλώσσα» ανθρώπου και μηχανής. Κρίσιμη -για το χτίσιμο της... σχέσης- θεωρείται η στιγμή που οι πεζοί θα αντιληφθούν πως το αυτοκίνητο τους έχει εντοπίσει και έχει αναγνωρίσει τις προθέσεις τους. Αυτό θα μπορούσε στο μέλλον να

επιτευχθεί με τη βοήθεια ενός προβολικού συστήματος λέιζερ: προβάλλοντας, για παράδειγμα, έναν κύκλο στη θέση του πεζού, που θα υποκαθιστούσε την παραδοσιακή οπτική επαφή με τον οδηγό. Έχοντας, όμως, άμεση γνώση ολόκληρου του περιβάλλοντος χώρου, το αυτοκίνητο θα ήταν σε θέση να υποδείξει την ιδανική πορεία κίνησης του πεζού, προβάλλοντας αυτήν τη φορά μια διάβαση πεζών στο οδόστρωμα που θα τον οδηγήσει σε ασφαλές σημείο, ενώ παράλληλα θα προειδοποιεί με ειδικά πίσω φώτα LED τα επερχόμενα αυτοκίνητα πως άνθρωποι διασχίζουν το δρόμο. Ωστόσο, εξετάζονται και πιο... προσγειωμένες λύσεις, που θα μπορούσαν να έχουν άμεση εφαρμογή στην ευρεία παραγωγή. Το ινστιτούτο μεταφορών του αμερικανικού κολεγίου Virginia Tech σε συνεργασία με τη Ford προσπαθεί να εξελίξει μια τυποποιημένη οπτική γλώσσα που όλοι θα μπορούν εύκολα να επεξεργαστούν και να κατανοήσουν, θεωρούν πως ο καλύτερος τρόπος επικοινωνίας είναι μέσω φωτεινών σημάτων, μιας και αυτά είναι ήδη τυποποιημένα και αναγνωρίσιμα - σκεφτείτε μόνο τη χρήση των φλας ή των φώτων φρένων. Έτσι, εξόπλισαν ένα Ford Transit Connect με μια φωτεινή οθόνη LED και εμπλούτισαν την εν λόγω γλώσσα με το δικό τους κώδικα επικοινωνίας, που έχει ως εξής

- Δύο λευκά φώτα που κινούνται από τη μία άκρη στην άλλη υποδηλώνουν πως το αυτοκίνητο θα ακινητοποιηθεί.
- Ένα παρατεταμένο ενεργοποιημένο λευκό φως προειδοποιεί πως το αυτοκίνητο βρίσκεται σε αυτόνομη λειτουργία.
- Ένα λευκό φως που αναβοσβήνει σε γρήγορο ρυθμό δείχνει πως το αυτοκίνητο πρόκειται να επιταχύνει από στάση.

Εκτός αυτού, στο Transit τοποθετήθηκαν έξι κάμερες υψηλής ευκρίνειας, για να παρέχουν κάλυψη 360°, καταγράφοντας τη συμπεριφορά άλλων χρηστών του οδικού δικτύου. Για την υπέρτατη δε προσομοίωση του αυτόνομα κινούμενου οχήματος, εξέλιξαν μια ειδική στολή, με την οποία ο οδηγός του πειραματικού Ford μεταμφιέζεται σε... κάθισμα! Με αυτόν τον τρόπο δημιουργείται η ψευδαίσθηση ενός πλήρως αυτοματοποιημένου οχήματος, η οποία είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς και των αντιδράσεων των χρηστών του οδικού δικτύου σε πραγματικές συνθήκες. Το Transit με τον «αόρατο» οδηγό έχει ήδη καλύψει περισσότερα από 2.900 χλμ. σε δημόσιους δρόμους στο αστικό περιβάλλον της βόρειας Βιρτζίνια, όπου τα εξωτερικά οπτικά σήματα ενεργοποιήθηκαν πάνω από 1.650 φορές σε διασταυρώσεις, διαβάσεις πεζών και θέσεις στάθμευσης.

Συνολικά συλλέχθηκαν πάνω από 150 ώρες δεδομένων, με τις αντιδράσεις πεζών, ποδηλατών και οδηγών αυτοκινήτων, βάσει των οποίων οι ερευνητές του κολεγίου Virginia Tech θα αξιολογήσουν την επιτυχία του συστήματος επικοινωνίας. Στόχος δεν είναι άλλος από την προτυποποίηση ενός νέου βιομηχανικού στάνταρντ. Ένας κοινός κώδικας οπτικής επικοινωνίας, κατανοητός από τους περισσότερους ανθρώπους, θα Βοηθήσει στην ασφαλή ενσωμάτωση των αυτόνομων αυτοκινήτων στα μεταφορικά συστήματα του μέλλοντος. Παράλληλα. Βέβαια, αναμένεται να εξελιχθεί και ανάλογο πρωτόκολλο επικοινωνίας με ανθρώπους τυφλούς ή με προβλήματα όρασης, για τους οποίους οι κατασκευαστές οφείλουν να βρουν μια εξίσου αποδοτική λύση.

13.4 ΥΠΟΓΕΙΑ ΚΑΙ... ΕΝΑΕΡΙΑ

Θα μπορούν να συνυπάρχουν αυτόνομα κινούμενα αυτοκίνητα και πεζοί στο μέλλον; Η μία άποψη λέει πως τα «έξυπνα» αυτοκίνητα αφήνουν πολύ μεγαλύτερη ελευθερία κινήσεων στους ανθρώπους, καταργώντας ουσιαστικά το διαχωρισμό οικιστικών χώρων, χώρων αναψυχής και κυκλοφορίας οχημάτων. Μια αναγκαιότητα, αν αναλογιστεί κανείς τη μορφή των πόλεων του μέλλοντος, στη διαμόρφωση των οποίων το αυτοκίνητο θα διαδραματίσει σημαντικό ρόλο, όπως άλλωστε έπραξε και στο παρελθόν. Περιοχές απαγορευμένες για τη διέλευση αυτοκινήτων μπορούν πολύ εύκολα να ορίζονται με τη βοήθεια φορητών «φάρων», που θα στέλνουν την ανάλογη εντολή παράκαμψης στα αυτόνομα οχήματα, ανοίγοντας νέους ορίζοντες στη συνύπαρξη ανθρώπων και των μελλοντικών αυτοκινήτων μηδενικής εκπομπής ρύπων.

Από την άλλη, γιατί το όνειρο του μεγάλου αρχιτέκτονα Λε Κορμπιζιέ, που κάποτε οραματίστηκε τον πλήρη και απόλυτο διαχωρισμό πεζοδρόμων και αυτοκινητοδρόμων, να μη γίνει πραγματικότητα; Ο Ίλον Μασκ φαίνεται να έχει τη λύση, αφού πρόσφατα ανακοίνωσε πως σχεδιάζει τη δημιουργία ενός υπόγειου δικτύου τούνελ, όπου τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να μεταφέρονται επάνω σε ειδικές ράμπες με ταχύτητες έως και 200 χλμ./ώρα. Έχοντας αποδείξει πολλάκις στο παρελθόν πως δε μένει στα λόγια, ίδρυσε την εταιρεία Boring Company, η οποία έχει ήδη ξεκινήσει να ανοίγει τα πρώτα δοκιμαστικά τούνελ στις εγκαταστάσεις της SpaceX (άλλη μία εταιρεία ιδιοκτησίας Μασκ], στην Καλιφόρνια.

Τα σχέδια περιλαμβάνουν τη σύνδεση του αεροδρομίου του Λος Άντζελες με το Κάλβερ Σίτι, τη Σάντα Μάνικα και το Γουέστγουντ, μια διαδρομή που θα διαρκεί μόλις 5 λεπτά, αντί για 45 με τη συνήθη κίνηση. Μάλιστα, επιβεβαίωσε πως πήρε προφορική έγκριση από την κυβέρνηση για τη δημιουργία ενός ακόμα τούνελ, το οποίο θα συνδέει Νέα Υόρκη, Φιλαδέλφεια, Βαλτιμόρη και Ουάσινγκτον. Τον Οκτώβριο του '17 η εταιρεία πήρε και γραπτή έγκριση για την κατασκευή του τμήματος Βαλτιμόρης-Ουάσινγκτον. Το μέλος του ΔΣ των Tesla SpaceX Στιβ Τζερβέτσον δήλωσε πρόσφατα πως τα τούνελ για ηλεκτρικά αυτοκίνητα είναι μικρά και καθόλου πολύπλοκα, οπότε έχουν και χαμηλό κόστος κατασκευής. Απώτερος στόχος είναι η δημιουργία πολυεπίπεδων δικτύων τούνελ που θα αποσυμφορήσουν την κίνηση των μεγαλουπόλεων.

Η επόμενη μεγάλη κίνηση δεν είναι άλλη από την επέκταση των αυτοκινήτων στον... ουρανό. Αυτό κι αν ηχεί σαν σενάριο επιστημονικής φαντασίας ή το όνειρο κάθε τρελού επιστήμονα! Κι όμως, μια καθ' όλα σοβαρή εταιρεία, όπως η Toyota, εξετάζει επισήμως ένα τέτοιο ενδεχόμενο. Μάλιστα, ένα πλήρως λειτουργικό μονοθέσιο πρωτότυπο αναμένεται να χρησιμοποιηθεί για την αφή της φλόγας στους Ολυμπιακούς Αγώνες του Τόκιο το 2020. Η Toyota συνεργάζεται πάνω σε αυτό το project με την εταιρεία τεχνολογίας Cartivator Resource Management και έχει επενδύσει μέχρι στιγμής το ποσό των 400.000

δολαρίων.

13.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Κύριο αντικείμενο του βιομηχανικού σχεδιασμού είναι η διερεύνηση και η δημιουργία του μέλλοντος. Πρωταρχικά βήματα στη διαδικασία αυτήν είναι η διατύπωση ενός ανοιχτού ερωτήματος και η υιοθέτηση μιας ευρύτερης οπτικής, που θα επιτρέψουν στον σχεδιαστή να συνθέσει ένα νέο αντικείμενο, μακριά από νόρμες και στερεότυπα. Αν επιθυμούμε λοιπόν να ιχνηλατήσουμε τις καινοτομίες της μελλοντικής αυτοκίνησης, θα πρέπει να εξοβελίσουμε τις τρέχουσες αντιλήψεις, κρατώντας μόνο όσα συγκροτούν τη βαθύτερη οντολογική υπόσταση του αυτοκινήτου - και αυτά είναι δύο στοιχεία: η έννοια του διανύσματος και του τόπου.

Το αυτοκίνητο είναι ένα διάνυσμα που μας οδηγεί από τον τόπο Α σε έναν άλλο τόπο, τον Β. Φανταστείτε προς στιγμήν ένα μοναχικό δρόμο που διακόπτει τη συνέχεια του τοπίου, σχίζοντάς το στα δύο. Το αυτοκίνητό μας είναι ένα διάνυσμα που κινείται γραμμικά σε αυτόν το δρόμο, με σαφή κατεύθυνση από την αφετηρία στον προορισμό. Η κίνησή μας ακολουθεί μία μόνο διάσταση. Εισερχόμαστε στη δεύτερη διάσταση όταν ακολουθούμε κάποια καμπή, και στην τρίτη διάσταση μόνο όταν ανεβαίνουμε ή κατεβαίνουμε κάποιο ύψωμα. Με την ηδονική πράξη της οδήγησης, το σώμα μας εξερευνά την ελαστικότητα του τοπίου. Βιώνοντας τον τρισδιάστατο χώρο μέσα από τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω μας σε κάθε στιγμιαία αλλαγή κατεύθυνσης.

Η αντίληψη του αυτοκινήτου ως διανυσματικού σώματος που υποδηλώνει την ταχύτητα και την αεροδυναμική υπήρξε επανειλημμένα κυρίαρχη τάση στο σχεδιάσμά. Από τα Silver Arrows της Mercedes και το Phantom Corsair του Μεσοπολέμου μέχρι τα σφηνοειδή προφίλ της δεκαετίας του '70 και του '80, το αυτοκίνητο ανέκαθεν είχε αναγνωρίσιμο προσανατολισμό (με σαφές μπροστά και πίσω μέρος) και δήλωνε κατεύθυνση.

Το αυτοκίνητο, όμως, εκτός από διάνυσμα, είναι και τόπος. Το εσωτερικό του είναι ένας χώρος διαβίωσης που φιλοξενεί πλήθος δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Για τον σύγχρονο νομάδα, ο οικείος και προσωπικός χώρος του αυτοκινήτου φαίνεται να διαθέτει όλα εκείνα τα στοιχεία του τόπου, ενός ιδιότυπου σημείου αναφοράς εν είδει πατρίδας, που μας ακολουθεί πάντα, φορτωμένο στο διάνυσμα της προσωπικής (μετά)κίνησης. Οι δύο έννοιες του διανύσματος και του τόπου είναι οι σταθερές του σχεδιασμού αυτοκινήτων, ακόμα και αν η βαρύτητα ή ο τρόπος που αντιμετωπίζουμε καθεμία από αυτές διαφέρουν από εποχή σε εποχή. Πρώτος ο Ρολάντ Μπαρτ αναγνώρισε στην τότε νέα Citroen DS19 μια στροφή από την αλχημεία της ταχύτητας στην απόλαυση της οδήγησης, ενώ τις δεκαετίες του 80 και του '90 η προτεραιότητα του «εν ταξιδεύειν» γέννησε την τυπολογία του πολυχρηστικού αυτοκινήτου, με αποκορύφωμα το πείραμα του Renault Avantime, για ένα μέλλον που ποτέ δεν ήρθε.

Σήμερα, επίκεντρο του ενδιαφέροντος δεν είναι τόσο ο πραγματικός όσο ο εικονικός τόπος, ο μη τόπος της ηλεκτρονικής δικτύωσης, που σου επιτρέπει να επισκεφθείς τον προορισμό σου πριν φθάσεις εκεί. Η ταχύτητα έπαυσε επίσης να αποτελείτο κυρίαρχο παράδειγμα του σχεδιασμού. Η οριστική καθήλωση του Concorde -απόλυτου διανυσματικού συμβόλου- στο έδαφος σήμανε το τέλος μιας εποχής τεχνολογικής ουτοπίας, όπου τα όρια του εφικτού καθόριζαν το μαζικό φαντασιακό (φανταστείτε την έκπληξη των εγγονών μας στο άκουσμα ότι τα υπερατλαντικά ταξίδια ήταν δύομισι φορές ταχύτερα πριν από πενήντα χρόνια).

Οι τεχνολογικές εξελίξεις ορίζουν το μέτρο του δυνατού, αλλά δεν επιβάλλουν τις αλλαγές που θα συντελεστούν στο αυτοκίνητο ή αλλού. Άλλωστε, πολλές από τις νέες τεχνολογίες κίνησης υιοθετούνται σήμερα κάτω από συμβατικές μορφές αυτοκινήτων. Οι αλλαγές καθορίζονται περισσότερο από τη δεκτικότητα του κοινού σε μορφολογικές καινοτομίες και από τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουμε το αυτοκίνητο. Μόνο μια ριζική αλλαγή στην αντίληψή μας για την αυτοκίνηση μπορεί να επιφέρει θεμελιώδεις τυπολογικές αλλαγές.

Έτσι, η υιοθέτηση ενός συστήματος αυτοματοποιημένων αυτοκινητοδρόμων, όπως είναι το δίκτυο μαγνητικών οχημάτων (MagLevs), που παρουσιάζεται στην τα Minority Report, θα μπορούσε να μεταβάλει τις δύο σταθερές που προαναφέραμε. Ένα αυτοματοποιημένο σύστημα μεταφορών που δεν απαιτεί οδηγό καταργεί την ανάγκη διάκρισης μεταξύ του εμπρός και του πίσω μέρους, όπως και τη μετωπική χωροθέτηση των καθισμάτων. Το όχημα κινείται με συγκεκριμένη διεύθυνση, όχι όμως και φορά, οπότε δύναται να πάρει τη μορφή ενός ζεύγους αντίρροπων διανυσμάτων (διπλό βέλος), όπως τα τρένα. Φανταστείτε τώρα το όχημα αυτό να αποδεσμεύεται από το οδικό δίκτυο και να ίπταται ανεπηρέαστο από τη μορφή του εδάφους. Η γραμμικότητα της κίνησης καταρρέει, και μια μορφή κυκλικού δίσκου υπηρετεί με τον καλύτερο τρόπο τη σημειολογία ενός αντικειμένου που κινείται προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η δημιουργία μιας κάψουλας που σε μεταφέρει αυτόματα στον προορισμό σου θα άνοιγε ταυτόχρονα το δρόμο για μια ευέλικτη εσωτερική πλατφόρμα, η οποία θα μπορούσε να μετασχηματίζεται ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και επιθυμίες: χώρος προσωπικός ή κοινωνικός, χαλαρωτικός ή δραστήριος κτλ. Οι απαιτούμενες τεχνολογίες για αυτά τα σενάρια είναι υπαρκτές ή βρίσκονται σε εξέλιξη. Το ζήτημα είναι αν και κατά πόσο είμαστε διατεθειμένοι να αποδεχθούμε μια τέτοια μορφή αυτοκίνησης και αν σε μια τέτοια περίπτωση θα εξακολουθούμε να μιλάμε για αυτοκίνητα.

13.6 ΚΒΑΝΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ

Ο κβαντικός υπολογιστής είναι μια υπολογιστική συσκευή που εκμεταλλεύεται χαρακτηριστικές ιδιότητες της κβαντομηχανικής, όπως την αρχή της υπέρθεσης και της διεμπλοκής καταστάσεων, για να φέρει εις πέρας επεξεργασία

δεδομένων και εκτέλεση υπολογισμών. Ο ψηφιακός δυαδικός υπολογισμός των συμβατικών Η/Υ απαιτεί δεδομένα κωδικοποιημένα σε bits, καθένα από τα οποία βρίσκεται σε μία από δύο πιθανές διακριτές καταστάσεις (0 ή 1). Αντίθετα, για τους κβαντικούς υπολογισμούς χρησιμοποιούνται τα κβαντικά bits (qubits), τα οποία - σύμφωνα με τις αρχές της κβαντομηχανικής- μπορούν να βρίσκονται σε πολλαπλές καταστάσεις ταυτόχρονα. Έτσι, ένα qubit μπορεί να αναπαραστήσει την τιμή 1.0 ή οποιαδήποτε υπέρθεση αυτών των δύο. Δύο qubits μπορούν να αναπαραστήσουν οποιαδήποτε υπέρθεση τεσσάρων δυνατών καταστάσεων, 3 qubits οποιαδήποτε υπέρθεση οκτώ καταστάσεων.

Ένας κβαντικός υπολογιστής με «n» qubits μπορεί να βρίσκεται σε αυθαίρετη υπέρθεση των έως 2ⁿ δυνατών καταστάσεων ταυτόχρονα, ενώ ένας κλασικός υπολογιστής μπορεί να βρίσκεται μόνο σε μία από αυτές τις καταστάσεις κάθε στιγμή. Οπότε, τα qubits μπορούν να αποθηκεύσουν εκθετικά περισσότερη πληροφορία από τα κλασικά bits, καθιστώντας τους κβαντικούς υπολογιστές τεράστιους σε ισχύ, αλλά και πολύ ταχύτερους από τους κλασικούς Η/Υ. Το πρόβλημα εξέλιξης της νέας τεχνολογίας έγκειται στο γεγονός πως οι κβαντικές καταστάσεις είναι ιδιαίτερα «εύθραυστες» και χρονικά περιορισμένες. Σε περίπτωση που κάποιος επιχειρήσει να τις μετρήσει, να τις παρατηρήσει ή να επέμβει με οποιονδήποτε τρόπο σε αυτές, θα καταρρεύσουν σε μια κλασική κατάσταση.

Μέχρι σήμερα η κβαντική τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως από επιστημονικά ιδρύματα, κυβερνητικές υπηρεσίες, καθώς και στον τομέα της αεροδιαστημικής. Η Volkswagen έγινε πρόσφατα η πρώτη αυτοκινητοβιομηχανία που χρησιμοποιεί κβαντικούς υπολογιστές, επεκτείνοντας περαιτέρω τη μελλοντική ψηφιακή της ικανότητα. Ειδικοί IT της γερμανικής εταιρείας από τα εργαστήριά της σε Σαν Φρανσίσκο και Μόναχο συνεργάστηκαν με την εταιρεία κβαντικής υπολογιστικής D-Wave Systems, σε μια έρευνα για τη βελτιστοποίηση της ροής της κυκλοφορίας στους δρόμους του Πεκίνου. Με δεδομένα που συλλέχθηκαν από περίπου 10.000 ταξί στην κινεζική μεγαλούπολη, οι επιστήμονες κατάφεραν να εξελίξουν ένα νέο αλγόριθμο για τη βελτιστοποίηση της κίνησης όλων των ταξί στην πόλη.

Η χρήση κβαντικών υπολογιστών αποτελεί μονόδρομο για την επίλυση τέτοιου είδους προβλημάτων. Αφενός η αρχή λειτουργίας τους ενδείκνυται, ιδιαίτερα για προβλήματα βελτιστοποίησης, αφετέρου η πολυπλοκότητα τέτοιων project, η οποία αυξάνεται εκθετικά με τον αριθμό των παραγόντων που πρέπει να ληφθούν υπόψη, φτάνουν τους συμβατικούς δυαδικούς υπολογιστές στα όριά τους. Οι ειδικοί IT βλέπουν πρόσφορο έδαφος για τους κβαντικούς υπολογιστές σε πεδία όπως η αυτόνομη οδήγηση, η ρομποτική, η οργάνωση παραγωγής, η μηχανική μάθηση και οι έξυπνες λύσεις κινητικότητας. Αναμένεται να ακολουθήσουν, λοιπόν, και νέα project, σε συνεργασία με εταιρείες παραγωγής κβαντικών υπολογιστών, πανεπιστήμια και επιστημονικά ινστιτούτα ερευνών, όχι μόνο για τη VW, αλλά και για ολόκληρη την αυτοκινητοβιομηχανία, ανοίγοντας ένα νέο τεχνολογικό δρόμο προς το μέλλον της αυτοκίνησης.

13.7 ΔΙΕΠΑΦΗ

Αν το bluetooth, το CarPlay και το Siri μοιάζουν με επιστημονική φαντασία που έγινε πραγματικότητα, τότε το μέλλον μάς επιφυλάσσει πολλές ακόμα εκπλήξεις στον τρόπο που θα επικοινωνούμε στα αυτοκίνητά μας. Στα αυτόνομα κινούμενα οχήματα του μέλλοντος οι περιστρεφόμενες πολυθρόνες έχουν αντικαταστήσει τα παραδοσιακά αυτοκινητικά καθίσματα, ξύλινο πάτωμα, δέρμα και μέταλλο δίνουν την αίσθηση του οικιακού χώρου, ενώ οι επιβάτες είναι περικυκλωμένοι από οθόνες αφής, με τη Βοήθεια των οποίων μπορούν να ενημερωθούν, να επικοινωνήσουν με τον έξω κόσμο ή να δημιουργήσουν το δικό τους εικονικό περιβάλλον, επιλέγοντας, για παράδειγμα, την απεικόνιση εξωτικών τοπίων που κινούνται ανάλογα με την ταχύτητα και την πορεία του αυτοκινήτου, την ώρα που μεταφέρονται στους δρόμους μιας απρόσωπης πόλης. Πέρα από τις ρυθμίσεις που μπορούν να γίνουν από οποιοδήποτε κάθισμα, οι ενσωματωμένες στο ταμπλό βασικές λειτουργίες, όπως ταχύτητα, πλοήγηση, κλιματισμός, εξαερισμός και ένταση ηχοσυστήματος, ελέγχονται από αισθητήρες που ανιχνεύουν και «μεταφράζουν» απλές κινήσεις των χεριών των επιβατών, ενώ το head-up display χρησιμοποιεί τεχνολογία διευρυμένης πραγματικότητας για να απεικονίσει πληροφορίες σχετικά με τα σημεία ενδιαφέροντος στην περιοχή. Για παράδειγμα, τα νούμερα των κτιρίων ενός δρόμου, πληροφορίες ελεύθερων θέσεων στάθμευσης, διαθεσιμότητας τραπέζιων σε εστιατόρια, προβαλλόμενων ταινιών σε κινηματογράφους κτλ. Ένας γενναίος, νέος κόσμος ξετυλίγεται μπροστά μας.

13.8 ΕΛΑΣΤΙΚΑ

Το νέο ακρωνύμιο «CASE» (Connected, Autonomous, Shared and Electric) περιγράφει τις τεχνολογίες και τα επιχειρηματικά μοντέλα που θα πρέπει η αυτοκινητοβιομηχανία να ακολουθήσει για να παραμείνει στην πρώτη γραμμή των εξελίξεων. Η δικτυωμένη, αυτόνομη, μοιραζόμενη και ηλεκτρική μορφή των αυτοκινήτων του αύριο θα πυροδοτήσει μια σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων και εξελίξεων σε κάθε τομέα της τεχνολογίας μεταφορών.

Φυσικά δεν πρόκειται να μείνουν ανεπηρέαστα τα ελαστικά, τα οποία και θα συνεχίσουν να αποτελούν τα τέσσερα μοναδικά σημεία επαφής αυτοκινήτου και οδοστρώματος. Η πρώτη μεγάλη αλλαγή αφορά τη «δικτύωση» των ελαστικών, τα οποία, εξοπλισμένα με τους κατάλληλους αισθητήρες, θα μεταφέρουν στο αυτοκίνητο αλλά και στους υπόλοιπους χρήστες του οδικού δικτύου πληροφορίες τόσο για το ίδιο το ελαστικό όσο και για τις συνθήκες του οδοστρώματος. Η τεχνολογία βασίζεται στην εξέλιξη ηλεκτρικά αγώγιμων μειγμάτων γόμας, που επιτρέπουν τη μεταφορά ηλεκτρικών σημάτων και, με τη βοήθεια κατάλληλων αισθητήρων, θα μεταδίδουν πληροφορίες θερμοκρασίας ελαστικού και οδοστρώματος. βάρους πέλματος και

πρόσφυσης.

Επίσης, η Continental έχει ήδη παρουσιάσει πρωτότυπα ελαστικά μεταβλητού πλάτους, που προσαρμόζονται στις συνθήκες κίνησης: σε συνδυασμό με έναν υδραυλικό μηχανισμό που διαφοροποιεί το πλάτος της ζάντας, το ελαστικό μπορεί να είναι φαρδύτερο με μικρότερη πίεση, για βελτιωμένη πρόσφυση σε ολισθηρό οδόστρωμα, και στενότερο με μεγαλύτερη πίεση, για μικρότερη επαφή με το δρόμο και μικρότερη αντίσταση κύλισης για βέλτιστη οικονομία καυσίμου σε στεγνό αυτοκινητόδρομο.

Μία ακόμα -σαφώς πιο μελλοντολογική- εναλλακτική είναι αυτή των τρισδιάστατα εκτυπωμένων ελαστικών, που προτείνει η Michelin, όπως ακριβώς και στην περίπτωση των αυτοκινήτων. Το 100% ανακυκλώσιμο πέλμα θα επανεκτυπώνεται σε περίπτωση φθοράς ή απλώς για να ικανοποιήσει συγκεκριμένες κάθε φορά ανάγκες μετακίνησης του οδηγού. Πιο κοντά στην πραγματικότητα είναι, πάντως, τα ελαστικά χωρίς αέρα (που ήδη χρησιμοποιούνται σε κάποιες ειδικές εφαρμογές). Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν έχει τον κλασικό διαχωρισμό ζάντας και ελαστικού, καθώς όλος ο τροχός είναι ουσιαστικά μια ενιαία κατασκευή. Στο κέντρο διαθέτει ένα μεταλλικό στέλεχος, το οποίο και βιδώνει στην πλήμνη, και περιβάλλεται από μια στεφάνη με ελαστικές ακτίνες από πολυουρεθάνη, ενώ η εξωτερική επιφάνεια, που ουσιαστικά αντιστοιχεί στο πέλμα, καλύπτεται από μια λωρίδα ελαστικού με την κατάλληλη χάραξη. Η απορρόφηση των ανωμαλιών γίνεται από τις ελαστικές ακτίνες, τα χαρακτηριστικά των οποίων καθορίζουν και τη δυναμική συμπεριφορά του τροχού, κατά τρόπο ανάλογο με την πίεση του αέρα και το ύψος του προφίλ στα συμβατικά ελαστικά.

14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκαν οι τελευταίες εξελίξεις στο χώρο της αυτοκίνησης. Το αυτοκίνητο είναι εξαιρετικά προσιτό στον καθένα και έχει γίνει απαραίτητο στην καθημερινότητα όλων. Ο ρυθμός παραγωγής αυτοκινήτων αλλά και σχεδιασμού νέων μοντέλων συνεχώς αυξάνεται. Οι αυτοκινητοβιομηχανίες εκμεταλλεύονται όλες τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις και τις εφαρμόζουν με σκοπό την ανάπτυξη πιο ποιοτικών αυτοκινήτων. Το αυτοκίνητο αλλάζει συνεχώς. Δίνεται κυρίως έμφαση στην ασφάλεια και τη μείωση των ρύπων. Τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα άρχισαν να γίνονται μέρος του στόλου των αυτοκινήτων, όμως το κόστος των ηλεκτρικών αυτοκινήτων δεν μπορεί να συγκριθεί με αυτό των αντίστοιχων θερμικών. Τα θερμικά οχήματα χρησιμοποιούνται εδώ και 100 χρόνια, και έτσι έχει αποσβεσθεί το κόστος για την ανάπτυξη τους.

Η αυτοκινητοβιομηχανία αναπτύσσει το σχεδιασμό του αυτοκινήτου με τη συγχώνευση αρκετών νέων τεχνολογιών, όπως ο σχεδιασμός και η κατασκευή με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών (CAD-CAM), μεθόδων εικονικής πραγματικότητας, νέα προηγμένα υλικά, νέες στρατηγικές πωλήσεων και υποστήριξης. Στην περίπτωση του ηλεκτρικού αυτοκινήτου η μικρή παραγωγή αφήνει σημαντικά περιθώρια σε χώρες χωρίς μεγάλη παράδοση στην αυτοκινητοβιομηχανία για την ανάπτυξη σχετικών τεχνικών και προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1] Χόνδρος Θ., Δυναμική Ανάλυση Οχημάτων, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών 2007.
- 2] Περιοδικό POWER.
- 3] Περιοδικό 4 ΤΡΟΧΟΙ.
- 4] Μαλατέστας Π., Ηλεκτρικές Μηχανές, Εκδόσεις Τζιόλα 2013.
- 5] Νομικός Σ., Ανάλυση Δομής και Λειτουργίας Ηλεκτρικού Οχήματος, Πτυχιακή Εργασία, ΤΕΙ Πειραιά 2014.