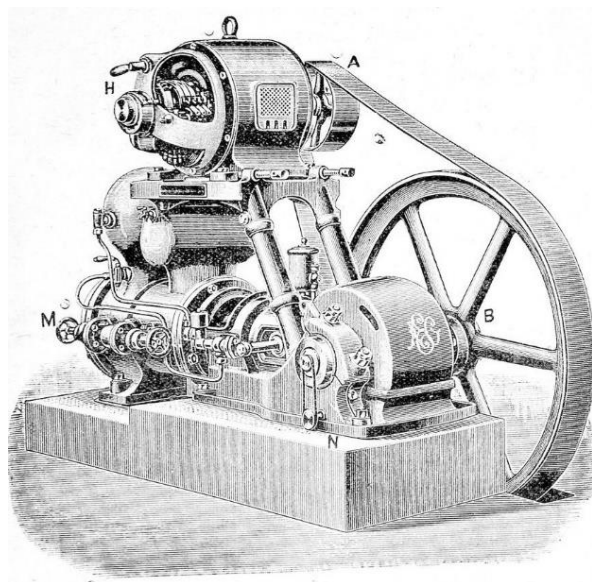


ΦΡΑΓΚΙΣΚΟΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΟΣ

ΑΜ: 025/13

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΙΣΤΟΡΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ  
ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ»

**Συγκρίσεις τρόπων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά σχολικά  
εγχειρίδια Φυσικής, 1860 – 1930**



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΗΣ ΤΥΜΠΑΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΦΕ/ΕΚΠΑ

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΡΑΜΠΑΤΖΗΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΦΕ/ΕΚΠΑ

ΑΝΑΓΝΩΣΤΗΣ: ΣΤΑΘΗΣ ΑΡΑΠΟΣΤΑΘΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΙΦΕ/ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2018

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία επιχειρεί να εξετάσει από ιστορική σκοπιά τον τρόπο με τον οποίο αναπαράχθηκε η περίφημη διαμάχη ανάμεσα στο συνεχές και το εναλλασσόμενο ρεύμα στην Ελλάδα, αντλώντας το πρωτογενές της υλικό από σχολικά εγχειρίδια φυσικής, πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, τα οποία διδάσκονται στη χώρα από το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα έως και τις αρχές του 20ου.

Εισαγωγικά θα ανατρέξουμε στην περίοδο που ξεκινά ο λεγόμενος «πόλεμος των ρευμάτων» στις ΗΠΑ. Θα παρακολουθήσουμε ορισμένα επεισόδια της έκβασής του και ακολουθώντας το ιστορικό νήμα θα φτάσουμε έως και την οριστική λήξη του «πολέμου» το 1892, η οποία αναδεικνύει σε νικητή το εναλλασσόμενο έναντι του συνεχούς, με το πρώτο να καθιερώνεται ως, υποτίθεται, εγγενώς ανώτερο.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πως η ίδια διαμάχη αναβιώνει τριάντα χρόνια μετά στην Ελλάδα και ποια είναι τα χαρακτηριστικά που λαμβάνει, μέσα από τις αντιπαραθέσεις που έλαβαν χώρα στις συνεδριάσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου. Για το σκοπό αυτό θα αξιοποιήσουμε ως δευτερογενείς πηγές τις διπλωματικές εργασίες του Κωνσταντίνου Λουκόπουλου και του Ιωάννη Γαρυφαλλου, οι οποίες αναφέρονται ακριβώς στη διαμάχη συνεχούς – εναλλασσόμενου στην Ελληνική περίπτωση.

Στο κύριο μέρος της εργασίας, παρουσιάζουμε την έρευνα σε ελληνικά σχολικά συγγράμματα Φυσικής που εκδίδονται σε μια περίοδο που το διακύβευμα για το ποιο ηλεκτρικό ρεύμα υπερτερεί παραμένει ανοικτό (1860-1930), με στόχο την ανεύρεση υποστηρικτικών γραμμών ως προς τη μία ή την άλλη επιλογή.

Στην κατάληξη της εργασίας επιδιώκουμε να εξάγουμε ένα συμπέρασμα για το πώς οδηγηθήκαμε ιστορικά στην αποδοχή της θέσης περί εγγενούς ανωτερότητας του εναλλασσόμενου ρεύματος, μέσα από τον λόγο των σχολικών συγγραμμάτων.

## Περιεχόμενα

### I. Πρόλογος

### II. Εισαγωγή

1α) Ιστορικό περίγραμμα της ανάπτυξης των συστημάτων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος στις ΗΠΑ.....σ.2

1β) Ο «πόλεμος των ρευμάτων» διαχέεται στην κοινωνία.....σ.8

2) Περίγραμμα της πορείας του εξηλεκτισμού στην Ελλάδα.....σ.12

3) Πτυχές της αντιπαράθεσης μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενου στην ελληνική περίπτωση.....σ.18

4) Οι αντιπαραθέσεις των μηχανικών στο Τεχνικό Επιμελητήριο.....σ.21

### III. Μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής 1860-1930

1) Από τις πρώτες περί ηλεκτρισμού διατυπώσεις στη χρήση συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος.....σ.27

2) Συγκρίσεις τεχνικών στη χρήση του συνεχούς ρεύματος.....σ.36

3) Μεταστροφή από το συνεχές στο εναλλασσόμενο ρεύμα.....σ.42

### IV. Συμπεράσματα.....σ.54

### V. Παράρτημα.....σ.61

Βιβλιογραφία.....σ.63

## I. Πρόλογος

Σε αυτή την εργασία, μελετήθηκαν τα σχολικά συγγράμματα Φυσικής που εκδόθηκαν στην Ελλάδα μεταξύ 1860-1930, σε μια προσπάθεια να προσεγγιστεί το πως τελικά εδραιώνεται ως αδιαμφισβήτητη επιλογή το εναλλασσόμενο ρεύμα. Οι κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές αντεγκλήσεις που συνόδευσαν την έλευση της νέας τεχνολογίας στην χώρα, αποτέλεσαν ορισμένες από τις βασικές πτυχές προς διερεύνηση. Βασική υπόθεση της εργασίας είναι ότι τα τεχνικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας του εναλλασσόμενου ρεύματος, δεν είναι αυτά που αυτομάτως την καθιστούν «ανώτερη» στη σύγκρισή της με το συνεχές. Εξετάστηκαν εκείνες οι παράμετροι που συνθέτουν ένα πλέγμα κοινωνικών και οικονομικών σχέσεων που επέτρεψαν στο εναλλασσόμενο ρεύμα να κυριαρχήσει και το συνεχές, παρά το ότι θεωρήθηκε καταλληλότερο ως προς ορισμένες χρήσεις του, να θεωρηθεί κατώτερο. Η μελέτη των σχολικών συγγραμμάτων ολοκληρώθηκε με ένα σύγγραμμα του 1927, στο οποίο όπως διαπιστώνεται, πάυει πλέον να τίθεται δίλλημα ως προς την επιλογή του καταλληλότερου ηλεκτρικού ρεύματος. Η χρήση του εναλλασσόμενου για τον φωτισμό των πόλεων και την κίνηση των μηχανών θεωρείται δεδομένη και μάλιστα ανάγεται σε φυσική επιλογή.

Πριν την παρουσίαση των θεμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την υποχρέωση να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών και της Τεχνολογίας», οι οποίοι συνέβαλλαν ουσιαστικά στην διεύρυνση της οπτικής μου, στο συγκεκριμένο πεδίο. Ειδικότερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Τέλη Τύμπα, για τις επιστημονικές του υποδείξεις, τις πολύτιμες κατευθυντήριες γραμμές του καθώς την αμέριστη συμπαράστασή του. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω και στους καθηγητές Αραμπατζή Θόδωρο και Αραποστάθη Στάθη οι οποίοι είναι στην τριμελή επιτροπή.

## II. Εισαγωγή

### **1α) Ιστορικό περίγραμμα της ανάπτυξης των συστημάτων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος στις ΗΠΑ**

Ο πρώτος τύπος ηλεκτρικού φωτισμού σε ευρεία χρήση στις ΗΠΑ ήταν οι λαμπτήρες βολταϊκού τόξου (arc lamps). Προς τα τέλη της δεκαετίας του 1870, οι λαμπτήρες αυτοί άρχισαν να συνδέονται με μεγάλης κλίμακας συστήματα ηλεκτροδοτούμενα από κεντρικούς σταθμούς παραγωγής. Η χρήση τους προορίστηκε για τον φωτισμό των δρόμων, των εργοστασίων και των μεγάλων κτηρίων. Λειτουργούσαν στα 3.000 Volts κυρίως με εναλλασσόμενο ρεύμα. Οι υψηλές τάσεις έδιναν την δυνατότητα να φωτίζονται περιοχές έως και 11Km μακριά από τον κεντρικό σταθμό. Αναπόφευκτα όμως συνοδεύονταν και από ορισμένα μειονεκτήματα. Τέτοια ήταν η συχνή συντήρηση που απαιτούσαν, οι κίνδυνοι πυρκαγιάς, το φως τους το οποίο δεν εκλυόταν με σταθερό τρόπο, όπως επίσης και το ότι λόγω των υψηλών τάσεων με τις οποίες λειτουργούσαν, υπήρχε κίνδυνος θανατηφόρων ατυχημάτων.

Το 1879 ο Thomas Alva Edison με την ομάδα του, καταλήγει στον λαμπτήρα πυρακτώσεως. Ο ίδιος θα θελήσει να ανταγωνιστεί την προϋπάρχουσα τεχνολογία του βολταϊκού τόξου και του φωταερίου. Γύρω από αυτό το τεχνούργημα (artifact) του λαμπτήρα πυρακτώσεως αρχίζει να συγκροτείται μια νέα δομή ηλεκτρικού δικτύου. Το 1882 ιδρύει την Edison Illuminating Company στη Νέα Υόρκη. Πρώτη θα φωτιστεί η περιοχή της Pearl Street και πολύ σύντομα το δίκτυο του Edison θα αρχίσει να εξαπλώνεται μέσω και εναέριων αγωγών. Τα συστήματα συνεχούς που είχε αναπτύξει ο Edison, μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν απευθείας με μπαταρίες αποθήκευσης, παρέχοντας πολύτιμη ισορροπία φορτίου και εφεδρική ισχύ κατά τη διάρκεια διακοπών της λειτουργίας της γεννήτριας και επίσης οι γεννήτριες συνεχούς ρεύματος θεωρούνταν οικονομικές και αξιόπιστες καθώς κατά

τις περιόδους ελαφρού φορτίου συνδέονταν με μικρότερες μηχανές χαμηλής κατανάλωσης. Την ίδια στιγμή ο Edison είχε εφεύρει ένα μετρητή για να επιτρέψει στους πελάτες του να χρεώνονται για ενέργεια ανάλογη προς την κατανάλωση, ο οποίος μάλιστα δούλευε αποκλειστικά με συνεχές ρεύμα. Επίσης το σύστημα συνεχούς ρεύματος φάνηκε να ανταποκρίνεται καλά στην λειτουργία των ηλεκτροκινητήρων, κάτι που θα κρατούσε σε όλη τη δεκαετία του 1880. Το δίκτυο του Edison λειτουργούσε χωρίς μετασχηματιστές, καθώς επρόκειτο για ένα δίκτυο δομημένο στη βάση της λογικής ότι το ρεύμα διανέμεται απ' ευθείας από τις μονάδες παραγωγής εντός της πόλης στα σπίτια των καταναλωτών. Η μορφή που απέκτησε το συγκεκριμένο δίκτυο επηρεάστηκε σε μεγάλο βαθμό από το δυσεπίλυτο πρόβλημα του ελέγχου της τιμής της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα πρώτο κρίσιμο πρόβλημα ή reverse salient κατά Hughes<sup>1</sup> για το δίκτυο του Edison ήταν η πτώση τάσης κατά τη μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι ενεργειακές απώλειες ακόμα και για αποστάσεις της τάξης των δύο χιλιομέτρων ήταν τεράστιες. Αν οι χάλκινοι αγωγοί, εντός των οποίων μεταφερόταν το ρεύμα, ξεπερνούσαν κάποιο μήκος τότε η τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος θα γινόταν υψηλότερη από αυτή του φωταερίου. Για να παραμείνει χαμηλό το κόστος των χάλκινων καλωδίων, η εγκατάσταση του σταθμού έπρεπε να είναι στο κέντρο του πληθυσμού με ακτίνα δραστηριότητας όχι μεγαλύτερη του 1,5 χιλιομέτρου.

Κατά τη δημιουργία λοιπόν του δικτύου του, ο Edison βρίσκεται μπροστά στο δίλημμα της κατά το δυνατό ελάττωσης των ενεργειακών απωλειών κατά τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος χωρίς απαγορευτική αύξηση του κόστους εγκατάστασης του δικτύου. Τη λύση του την ανέθεσε στον συνεργάτη του Francis Upton, έναν Φυσικομαθηματικό που εργαζόταν στο εργαστήριο του Menlo Park. Ένας τρόπος να μειωθεί η ενεργειακή απώλεια ήταν να ελαττωθεί η αντίσταση ( $\text{Θερμότητα} = \text{Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος}^2 \times \text{Αντίσταση}$ ) με αύξηση του εμβαδού διατομής του καλωδίου, κάτι το οποίο θα ήταν δαπανηρό. Ένας άλλος τρόπος θα ήταν

---

<sup>1</sup> Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, chapter IV.

να μειωθεί η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, ώστε να αποφευχθεί η αύξηση του εμβαδού διατομής της αντίστασης, κάτι τέτοιο όμως θα είχε ως συνέπεια οι λάμπες πυρακτώσεως να μην τροφοδοτούνται με την απαραίτητη ένταση και να υπολειπώνονται. Κατόπιν ο Edison και ο Upton αντιλήφθηκαν ότι μπορούν να αντισταθμίσουν την μείωση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος με ανάλογη αύξηση της τάσης, διατηρώντας με αυτό τον τρόπο την ίδια ισχύ (Ισχύς= Τάση x Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος). Αυτή η διαπίστωση σε συνδυασμό με τον νόμο του Ohm (Αντίσταση= Τάση/ Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος) τους οδηγεί στο συμπέρασμα πως αν χρησιμοποιούσαν υλικά υψηλής αντίστασης για την κατασκευή των νημάτων στις λάμπες πυρακτώσεως, τότε θα πετύχαιναν ανύψωση της τάσης σε σχέση με την ένταση του ρεύματος<sup>2</sup>. Δόθηκε έτσι, μια προσωρινή λύση σε ένα τεχνικοοικονομικό πρόβλημα που εξασφάλισε τη βιωσιμότητα του συγκεκριμένου δικτύου απέναντι στους ανταγωνιστές του. Σε δεύτερο χρόνο επιχειρήθηκε μια τροποποίηση της γεννήτριας, η οποία με την βοήθεια ενός ουδέτερου και τριών φασικών καλωδίων (τριφασικό σύστημα), αύξησε την ενεργή απόσταση διανομής στα 10 Km ενώ ταυτόχρονα υποπολλαπλασίαζε το κόστος. Μιλάμε για ένα σύστημα σχετικά ασφαλές, συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος χαμηλής τάσης, με ασφάλειες που διέκοπταν την παροχή του ρεύματος αν η έντασή του ξεπερνούσε μια τιμή.

Παρ' όλα αυτά όμως τα πρώτα κρούσματα θανάτου από ηλεκτροπληξία δεν αργούν να κάνουν την εμφάνισή τους. Η ανεξέλεγκτη ανάπτυξη των εταιριών που εμπορεύονταν την ηλεκτρική ενέργεια δημιούργησε μια χαοτική εικόνα από πεπλεγμένα καλώδια που αιωρούνταν πάνω από τα κεφάλια των πολιτών. Με παρέμβαση δημοσίων φορέων το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με αντικατάσταση των εναέριων από υπόγειους αγωγούς.

Οι ανάγκες όμως για φωτισμό σε μεγαλύτερες αποστάσεις παρέμεναν και εξακολουθούσαν να μην καλύπτονται από το δίκτυο συνεχούς. Το τεχνολογικό τοπίο αλλάζει

---

<sup>2</sup> Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983, p.34-35

μετά την είσοδο ενός νέου επιχειρηματία στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Πρόκειται για τον George Westinghouse, ο οποίος εισάγει ένα διαφορετικό τεχνολογικό σύστημα που λειτουργεί με παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο Westinghouse θέλησε να επωφεληθεί από το γεγονός, ότι το δίκτυο που είχε εγκαταστήσει ο Edison ήταν περιορισμένης εμβέλειας, με το συνεχές ρεύμα να μην ξεπερνά τα 110 Volts. Έτσι, ο Westinghouse βρίσκει πρόσφορο έδαφος στους υποψήφιους καταναλωτές που κατοικούσαν σε απομακρυσμένες αποστάσεις από τις πόλεις. Επίσης εκμεταλλεύτηκε το γεγονός ότι οι εξωτερικοί χώροι των κτηρίων, οι δρόμοι, κλπ. φωταγωγούνταν ως τότε με λαμπτήρες βολταϊκού τόξου (για τους οποίους ήταν διαπιστωμένο ότι η καύση των ραβδών άνθρακα γινόταν ομοιόμορφα όταν τους διαπέρναγε ac) και όχι με πυρακτώσεως που προωθούσε ο Edison στις περιοχές που καλύπτονταν από το δικό του δίκτυο.

Η «Westinghouse Electric Company» ιδρύεται στις αρχές του 1886 και εγκαθιστά τον πρώτο της ηλεκτρικό σταθμό στο Buffalo. Στο νέο σύστημα ac δίνεται πλέον η δυνατότητα το ρεύμα να μεταφέρεται (transmission) σε μεγάλες αποστάσεις με ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών χάρις τους μετασχηματιστές. Ο Westinghouse, ενώ αρχικά εργαζόταν στο πεδίο της ηλεκτροδότησης μέσω συνεχούς ρεύματος, τελικά αναθεωρεί, καθότι βλέπει στους μετασχηματιστές μιας πρώτης τάξεως ευκαιρία για την ανάπτυξη ενός ανταγωνιστικού δικτύου ηλεκτροδότησης ως προς αυτό του Edison, το οποίο θα στηριζόταν στο ac. Το 1884, οι Ούγγροι μηχανικοί, Károly Zipernowsky, Ottó Bláthy, και Miksa Déri, από την εταιρεία Ganz Works στη Βουδαπέστη δημιούργησαν το μοντέλο κλειστού πυρήνα «ZBD», βασισμένοι σε παλαιότερα σχέδια των Gaulard και Gibbs, τα οποία δεν θεωρήθηκαν αρκετά αποδοτικά. Τη νέα ευρωπαϊκή τεχνολογία εισήγαγε στις ΗΠΑ έναν χρόνο αργότερα ο Westinghouse. Αφότου εξαγόρασε τα δικαιώματα ευρεσιτεχνίας του μετασχηματιστή «ZDB» και τα σχέδια των Gaulard και Gibbs, ανέθεσε στον μηχανικό του William Stanley να συνδυάσει τη λειτουργία τους με γεννήτριες ac. Τον Μάρτιο του 1886, η εργασία του Stanley αρχίζει να



αποδίδει καρπούς. Το πρώτο εμπορικό πολυβολταϊκό ac σύστημα έρχεται στο προσκήνιο με μια επίδειξη που πραγματοποιεί ο Stanley στη Μασαχουσέτη. Η εγκατάσταση του δικτύου εκτεινόταν σε απόσταση περίπου 1.200 χιλιομέτρων, φώτιζε 23 επιχειρήσεις και τους κεντρικούς δρόμους της πόλης, με μικρή απώλεια ενέργειας κατά τη μεταφορά του ρεύματος. Το ac μπορούσε να μεταβιβαστεί σε μεγάλες αποστάσεις. Με τη βοήθεια ενός πρώτου μετασχηματιστή γινόταν ανύψωση της τάσης του στα 500 Volts προκειμένου να διατρέξει το διάστημα από τους απομακρυσμένους κεντρικούς σταθμούς παραγωγής του, στα κέντρα των πόλεων, όπου βρισκόταν δεύτερος μετασχηματιστής για την ελάττωση της τάσης του στα 100 Volts, ώστε να το καθιστά πρακτικό για οικιακή χρήση. Η δίψα του καταναλωτικού κοινού για οικονομική παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε απομακρυσμένες περιοχές κάνει το σύστημα του Westinghouse να γνωρίζει σύντομα μεγάλη ανάπτυξη. Κυρίως όταν η εταιρία απέσπασε τις πατέντες των Nikola Tesla και Galileo Ferraris –μεταξύ 1887 και 1888– για τη δημιουργία πολυφασικής γεννήτριας εναλλασσόμενου ρεύματος.

Σύντομα όμως και το σύστημα του Westinghouse ήρθε αντιμέτωπο με μια σειρά προβλημάτων τα οποία το καθιστούσαν ευάλωτο στον εντεινόμενο ανταγωνισμό με αυτό του Edison. Τα κυριότερα εξ αυτών ήταν: α) οι γεννήτριες εναλλασσόμενου (εναλλάκτες) είχαν απόδοση μόνο 70% έναντι των δυναμογεννητριών συνεχούς που είχαν 90%, β) η απουσία ενός ακριβούς οργάνου καταμέτρησης της ενεργειακής κατανάλωσης, κάτι που διέθετε το σύστημα dc, γ) η δυσκολία που παρουσίαζαν τα συστατικά μέρη ενός σταθμού ως προς την εγκατάσταση, την λειτουργία, την επισκευή και την συντήρηση και δ) η αδυναμία να θέσει σε κίνηση δευτερεύοντες κινητήρες για άλλες ηλεκτρικές εφαρμογές εκτός του φωτισμού. Η λειτουργία των ασανσέρ, των τροχιόδρομων και του μετρό γινόταν υποχρεωτικά με χρήση συνεχούς.

Ο επαγωγικός κινητήρας εναλλασσόμενου ρεύματος, ο μετρητής εναλλασσόμενου ρεύματος καθώς και ο περιστροφικός μετατροπέας (διάταξη που συνδύαζε μια επαγωγική γεννήτρια ρεύματος με ένα δυναμό συνεχούς), ήταν οι καινοτομίες που βοήθησαν προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω μειονεκτήματα. Μάλιστα με την τελευταία καινοτομία επετεύχθη η σύνδεση ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων συνεχούς με γραμμές μεταφοράς εναλλασσόμενου, κάτι που οδήγησε αργότερα στη δημιουργία ενός υβριδικού συστήματος γνωστού και ως ‘universal’.

Τα δύο συστήματα επιδόθηκαν σε έναν διαρκή ανταγωνισμό από το 1887 έως το 1892<sup>3</sup>. Το καθένα όπως είδαμε αντιμετώπιζε μια βασική αδυναμία σε τεχνικοοικονομικό επίπεδο, η οποία δεν μπορούσε να ξεπεραστεί άμεσα. Για το σύστημα dc αυτή ήταν ο έλεγχος του κόστους ηλεκτροδότησης για την μεταβίβαση του ρεύματος σε αποστάσεις μεγαλύτερες του 1.5 χιλιομέτρου, ενώ για το σύστημα ac ότι ακόμα δεν διέθετε μια πρακτική γεννήτρια. Ο τεχνικός κόσμος της εποχής παρακολουθούσε τη διαμάχη μέσα από σωρεία άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά, όπως το *Electrical Engineer* (π.χ. τεύχος 7, 1888), στις στήλες του οποίου οι μηχανικοί ανέπτυσαν τα συγκριτικά πλεονεκτήματα του ενός συστήματος ως προς το άλλο. Φαίνεται ότι εκεί που υστερούσε το σύστημα του Edison πλεονεκτούσε αυτό του Westinghouse και το αντίστροφο. Την ίδια στιγμή όμως που οι μηχανικοί των δύο εταιριών εργάζονται εντατικά για την βελτιστοποίηση των τεχνικών δυσλειτουργιών του κάθε συστήματος, «ο πόλεμος» έχει ήδη εξαπλωθεί σε άλλα μέτωπα για τα οποία θα κάνουμε λόγο στο επόμενο μέρος της εργασίας.

---

<sup>3</sup> Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983, p.106

## 1β) Ο «πόλεμος των ρευμάτων» διαχέεται στην κοινωνία

Η πρώτη πράξη του «πολέμου των ρευμάτων» ξεκινά τον Φεβρουάριο του 1888 με τον πρόεδρο της εταιρίας Edison Illuminating Company, τον Edward Hibberd Johnson να αποστέλλει μια έκθεση 84 σελίδων στον τύπο και σε εταιρίες που σκόπευαν να αγοράσουν εξοπλισμό (που λειτουργούσε με ac) από τους ανταγωνιστές του (Westinghouse και Thomson – Houston). Προειδοποιεί ότι όσοι επιλέξουν να κάνουν χρήση του ac ενδέχεται να βρεθούν στην πλευρά του ηττημένου. Πίστευε πως η νομική διαμάχη που ήταν σε εξέλιξη θα κατοχύρωνε την αποκλειστικότητα της χρήσης του λαμπτήρα πυρακτώσεως στην εταιρία του Edison. Στην έκθεσή του υπογραμμίζει επίσης την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα που παρέχει το συνεχές ρεύμα σε αντίθεση με το εναλλασσόμενο στο οποίο οφείλονταν πολλοί θάνατοι ως τότε.

Αξίζει να σημειωθεί μια επίθεση που προηγήθηκε από την πλευρά του Edison απέναντι στην αυξανόμενη επιρροή του ac, η οποία είχε να κάνει με την ιστορία γύρω από την ηλεκτρική καρέκλα. Το 1887 ο Edison έρχεται σε επαφή με τον Alfred P. Southwick, έναν οδοντίατρο από το Buffalo, ο οποίος εκείνο το διάστημα πειραματιζόταν με τον ηλεκτρισμό σε μια προσπάθεια να εφεύρει μια κατασκευή για ευθανασία ζώων με ηλεκτροπληξία. Ο Southwick αφού εξόντωσε εκατοντάδες σκυλιά πρότεινε τη δημιουργία μιας καρέκλας παρόμοια με την οδοντιατρική, η οποία όμως θα χρησιμοποιούταν για την επιβολή της θανατικής ποινής μέσω ηλεκτρισμού. Οι τοπικές αρχές αναζητούσαν έναν πιο «εξευγενισμένο» τρόπο εκτέλεσης των θανατοποινιτών από την κρεμάλα και έτσι η ηλεκτρική καρέκλα δεν αργεί να υιοθετηθεί και ο θάνατος δια αυτής να αποκτήσει θεσμική κατοχύρωση. Ο Edison, λοιπόν, θα συμβουλεύσει τον Southwick η καρέκλα να τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα που παρέχει συγκεκριμένα η εταιρία του Westinghouse. Μάλιστα όταν το 1888 ψηφίζεται το νομοσχέδιο για την επιβολή της θανατικής ποινής με χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, ο Edison ρωτήθηκε ποιος θα ήταν ο καλύτερος τρόπος για την εφαρμογή της νέας μεθόδου. Απάντησε ως εξής :

«Να προσλάβετε τους κακοποιούς στην εταιρία του G. Westinghouse για να εργαστούν ως linemen (τεχνικοί που εγκαθιστούσαν τις ηλεκτρικές γραμμές) ».

Σφοδρή ήταν επίσης η επίθεση που εξαπέλυσε ενάντια στο ac ο Harold P. Brown, ένας πρώην υπάλληλος του Edison, ο οποίος αυτοσυστήθηκε στο κοινό ως ειδικός στα θέματα που αφορούν τον ηλεκτρισμό. Ο Brown εκτέλεσε μια σειρά από δημόσια πειράματα, στα οποία διοχέτευε σε ζώα συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής τάσης με στόχο να καταδείξει την ασφάλεια που παρέχει το συνεχές εν αντιθέσει με την επικινδυνότητα του εναλλασσόμενου. Χαρακτηριστικό ήταν το πείραμα που πραγματοποίησε στο Columbia College, στη διάρκεια του οποίου υπέβαλε, υπό το βλέμμα του κοινού, έναν σκύλο σε ηλεκτροσόκ με συνεχές ρεύμα του οποίου αύξανε διαρκώς την τάση (έως και 1000 Volts). Στη συνέχεια υπέβαλλε τον ίδιο σκύλο σε ηλεκτροσόκ με εναλλασσόμενο τάσης 330 Volts με αποτέλεσμα ο σκύλος να υποκύψει. Οι επιδείξεις του είχαν τον χαρακτήρα εκστρατείας υπεράσπισης του συνεχούς και στόχευαν στο να πεισθούν οι ελεγκτικές αρχές για την αναγκαία μείωση της τάσης του ac. Αυτός του ο στόχος δεν επετεύχθη παρότι απασχόλησε τις κυβερνήσεις κάποιων πολιτειών όπως η Virginia και το Ohio, χωρίς όμως τελικά να υιοθετηθεί κάποιο μέτρο σε νομοθετικό επίπεδο.

Οι επιθέσεις δεν έλλειψαν και από την πλευρά του άλλου «στρατοπέδου». Οι επιστημονικοί και οικονομικοί κύκλοι που συνδέονταν με την εταιρία του Westinghouse επεδίωξαν να απαξιώσουν το συνεχές ρεύμα. Μέσα από επιστημονικά άρθρα και τεχνικές αναφορές ο όρος continuous current σταδιακά εγκαταλείπεται και αντικαθίσταται από τον όρο direct current<sup>4</sup>, επιδιώκοντας με αυτό τον τρόπο να χαρακτηρίσει το συνεχές, ως ένα ρεύμα

---

<sup>4</sup> Κωνσταντίνος Χ. Λουκόπουλος, *Διαμάχη των συστημάτων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το διεθνές πλαίσιο. Η Ελληνική περίπτωση*, Αθήνα, 2002, σ.14.

που διατίθεται απ' ευθείας στον καταναλωτή χωρίς πρώτα να έχει υποστεί κάποια επεξεργασία.

Ο Brown από την άλλη συνέχισε μέσα από τις δημόσιες παρεμβάσεις του να «χτυπά» τον Westinghouse με αποκορύφωμα να τον προκαλέσει μέχρι και σε μονομαχία αντοχής σε ηλεκτροσόκ από εναλλασσόμενο, με τον τελευταίο να αρνείται. Ο Brown δεν θα χάσει την ευκαιρία να δηλώσει στον τύπο της εποχής πως η στάση του Westinghouse υποδηλώνει την παραδοχή της ήττας του. Από την άλλη αυτή η «κατά μέτωπο επίθεση» του Brown δεν φάνηκε να επηρεάζει την επιχειρηματική δραστηριότητα του Westinghouse, ο οποίος συνέχισε σχεδόν ανενόχλητος να εξαπλώνει το σύστημά του. Το 1887 αγοράζει την Consolidated Electric Light και αποκτά τα δικαιώματα της πατέντας του λαμπτήρα Sawyer – Man. Εξαγοράζει επίσης την Waterhouse Electric Company το 1888, καθώς και την US Illuminating Company το 1890, από τις οποίες αποκτά πρώτον τον έλεγχο επί των γραμμών που διέθεταν τα συστήματα βολταϊκού τόξου (arc lighting) και δεύτερον τα δικαιώματα επί των πατέντων λαμπτήρων πυρακτώσεως που δεν ήταν κατοχυρωμένοι από την εταιρία του Edison. Το 1888 ο Westinghouse καταβάλλει ένα σημαντικό ποσό στον Nikola Tesla για να εξαγοράσει την πατέντα του πολυφασικού κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος, που όπως αποδείχτηκε ήταν ένα κρίσιμο βήμα για την βελτιστοποίηση και λειτουργικότητα του δικτύου του.

Την ίδια περίοδο, απέναντι στο μονοπώλιο που επιδιώκει να οικοδομήσει ο Westinghouse, μια πλειάδα επιχειρήσεων του Edison (Edison Lamp Co., Edison Machine Works, Bergmann & Co και Edison Electric Lighting Co.) βαδίζει προς συγχωνεύσεις με χρηματοδότες την J. P. Morgan και την οικογένεια Vanderbilt το 1889.

Δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε και την εταιρία Thomson – Houston (η οποία έπαιξε ρόλο και στην περίπτωση του εξηλεκτρισμού της Ελλάδας), που αν και μικρότερος παίκτης στην σκακιέρα του ανταγωνισμού, φαίνεται να κερδίζει έδαφος αγοράζοντας

συνολικά 7 εταιρίες παροχής ηλεκτρικής ενέργειας. Το 1890 φαίνεται να κατέχει την πλειοψηφία των συστημάτων βολταϊκού τόξου στις ΗΠΑ έχοντας επίσης μια συλλογή από δικές της πατέντες, συμβατές με ac.

Το τέλος αυτού του «πολέμου» επισφραγίστηκε με την επικράτηση του εναλλασσόμενου ρεύματος ως τμήματος ενός υβριδικού συστήματος παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο Edison θα αποσυρθεί από την ανταγωνιστική διαδικασία όταν πλέον και στην ίδια του την εταιρία το ενδιαφέρον στρέφεται προς το ac και ο ίδιος αντιμετωπίζεται ως εμμονικός που παραμένει ακόμα προσκολλημένος στο dc. Το τοπίο ξεκαθαρίζει μετά την αποχώρησή του το 1892 που άνοιξε τον δρόμο για την συγχώνευση της πρώην εταιρίας του με την Thomson – Houston. Ιδρύεται έτσι η General Electric Co. που μαζί με την Westinghouse Electric Co. αποτελούν πλέον τις μόνες ανταγωνίστριες εταιρίες που χρησιμοποιούν αμφότερες το νέο υβριδικό σύστημα. Η εταιρία του Westinghouse θα αποκτήσει αρχικά το προβάδισμα στην ανταγωνιστική κούρσα όταν το 1895 θα κερδίσει τον διαγωνισμό για την κατασκευή ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας στους καταρράκτες του Νιαγάρα.

## 2) Περίγραμμα της πορείας του εξηλεκτρισμού στην Ελλάδα

Από τις δευτερογενείς πηγές μας, και συγκεκριμένα από την διπλωματικές εργασίες του Κωνσταντίνου Λουκόπουλου και Ιωάννη Γαρύφαλλου, αντλήθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία, τα οποία θα βοηθήσουν να παρακολουθήσουμε πως διαμορφώνεται το τοπίο του εξηλεκτρισμού στην Ελλάδα, ειδικά σε σχέση με την εγχώρια διαμάχη μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενου.

Η πρώτη ηλεκτροπαραγωγική μονάδα ιδρύεται στην Αθήνα το 1889 από την Γενική Εταιρία Εργοληψιών (στο εξής Γ.Ε.Ε). Το πρώτο κτίριο που ηλεκτροφωτίζεται από την εταιρία είναι τα ανάκτορα και εν συνεχεία ηλεκτρικό φωτισμό αποκτά και η περιοχή ανάμεσα στην πλατεία Ομονοίας και το Σύνταγμα. Το παραγόμενο ρεύμα είναι συνεχές τάσεως 60 Volts.

Μια δεκαετία αργότερα η Γ.Ε.Ε εξαγοράζεται από την Thomson Houston Μεσογείου (στο εξής Τ.Η.Μ), η οποία αποτελεί παράρτημα της ίδιας εταιρίας που εξαγόρασε αυτή του Edison. Η Τ.Η.Μ προχωρά στον εξηλεκτρισμό μεγάλων αστικών κέντρων όπως αυτό της Πάτρας. Εκμεταλλεύεται το προ-εγκατεστημένο δίκτυο διανομής και διάθεσης φωταερίου της πόλης, με σκοπό την σταδιακή του κατάργηση και την αντικατάστασή του από ηλεκτρικό ρεύμα. Ταυτόχρονα επιδιώκει αποκλειστικότητα στην ηλεκτροκίνηση των τροchioδρόμων της Πάτρας καθώς και στον ηλεκτροφωτισμό του Πειραιά. Το 1899 η Τ.Η.Μ μαζί με την Γ.Ε.Ε και την Εθνική Τράπεζα συν-ιδρύουν την Ελληνική Ηλεκτρική Εταιρία (στο εξής Ε.Η.Ε), η οποία πρωταγωνιστεί στις εξελίξεις του ηλεκτροφωτισμού για πολλές δεκαετίες. Η ίδια προχωρά σε βελτίωση του προϋπάρχοντος δικτύου και ανοίγει σταθμούς σε τρεις πόλεις, μεγαλύτερος εκ των οποίων είναι ο ηλεκτρικός σταθμός του Φαλήρου. Στον σταθμό του Φαλήρου λειτουργούν τέσσερις μονάδες παραγωγής. Οι δύο εξ αυτών παρήγαγαν τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα τάσης 5500 Volts, το οποίο μεταφερόταν ως τους υποσταθμούς όπου μετασχηματιζόταν σε συνεχές τάσης 220 Volts. Η τρίτη μονάδα παρήγαγε συνεχές τάσης 5500

Volts για την κίνηση του σιδηρόδρομου, ενώ η τέταρτη είχε την δυνατότητα να αλλάζει από συνεχές σε εναλλασσόμενο και το αντίστροφο, τροφοδοτώντας έτσι το δίκτυο και με τους δύο τρόπους<sup>5</sup>.

Το σύστημα φωτισμού στην Αθήνα, δέκα χρόνια μετά την λειτουργία της πρώτης μονάδας παραμένει μεικτό. Το μεγαλύτερο μέρος της εξυπηρετείται από την Ελληνική Εταιρία Αεριόφωτος Αθηνών ενώ ένα μικρό μόνο μέρος της, κάνει χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Στα 1901 η Ε.Η.Ε υπογράφει σύμβαση με την Εταιρία Αεριόφωτος βάσει της οποίας η πρώτη αναλαμβάνει την παραγωγή, ενώ η δεύτερη τη διανομή του ηλεκτρικού ρεύματος. Ένα χρόνο μετά οι δύο εταιρίες αναλαμβάνουν τον ηλεκτροφωτισμό της Κηφισιάς και του Αμαρουσίου. Ένας από τους στόχους της εταιρίας είναι να περάσει στον έλεγχο της η ηλεκτροκίνητη έλξη του ηλεκτρικού σιδηροδρόμου, τον οποίο και τελικά εκπληρώνει το 1906. Το ενδιαφέρον που εκδηλώνει η εταιρία για τα μέσα μαζικής μεταφοράς σχετίζεται με την κατανάλωση ρεύματος πέραν του νυχτερινού φωτισμού και στη διάρκεια της ημέρας. Η εκτίμησή της ήταν πως η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξανόταν από 4.000.000 KWh το 1906 στο διπλάσιο την επόμενη χρονιά.

Μεταξύ 1906 και 1910 η Ε.Η.Ε πραγματοποιεί ένα άνοιγμα στον τομέα κατασκευής ηλεκτροκινητήρων για βιομηχανική χρήση. Σε αντίθεση με άλλες ευρωπαϊκές χώρες, στην Ελλάδα στον τομέα της μεταποίησης δραστηριοποιούνται μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις, για τις οποίες η εκμηχάνιση φαντάζει ακόμα μακρινό όνειρο. Το κενό αυτό έρχεται να καλύψει η Ε.Η.Ε με 170 ηλεκτρικούς κινητήρες συνεχούς και τριφασικού ρεύματος. Στα τέλη του 1910 η ΕΗΕ φαίνεται να έχει κατακτήσει την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας. Η συνολική παραγωγική ισχύς που διαθέτει η εταιρία φτάνει τα 5.000 kW. Επίσης η Ε.Η.Ε κατασκευάζει 364

---

<sup>5</sup> Λουκόπουλος, *Διαμάχη των συστημάτων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το διεθνές πλαίσιο. Η Ελληνική περίπτωση*, Αθήνα, 2002, σ.33



ηλεκτροκινητήρες για τις λειτουργικές ανάγκες των τροχιόδρομων της Πάτρας και του Πειραιά, οι οποίοι απαριθμούν συνολικά 183 αυτοκινητάμαξες.

Η ετήσια κατανάλωση ρεύματος αυξάνεται χάρις στην τιμολογιακή πολιτική ελάττωσης των τιμών που ακολουθεί η εταιρία. Ως καύσιμη πρώτη ύλη χρησιμοποιείται γαιάνθρακας που εισάγεται σε μεγάλες ποσότητες από την Αγγλία. Με την έναρξη όμως των Βαλκανικών Πολέμων (1912-1913) ο εξηλεκτρισμός της χώρας εισέρχεται σε μια περίοδο κρίσης, κυρίως λόγω της έλλειψης αγγλικού γαιάνθρακα. Η κατάσταση επιδεινώνεται μετά το ξέσπασμα του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, οι εισαγωγές μειώνονται κατακόρυφα, με αποτέλεσμα να απειλείται η βιωσιμότητα πολλών μικρών μονάδων, αλλά και του κεντρικού σταθμού του Φαλήρου. Ταυτόχρονα αρχίζουν να μειώνονται και τα επίπεδα κατανάλωσης με αποκορύφωμα το 1916 να έχουμε το κλείσιμο του εργοστασίου Αεριοφωτός και των τροχιόδρομων της Πάτρας. Ο Δημήτρης Μπάτσης στο έργο του *Βαριά Βιομηχανία στην Ελλάδα*, στο κεφάλαιο που αφορά την αξιοποίηση των πλουτοπαραγωγικών δυνατοτήτων της χώρας για τη δημιουργία ενεργειακής βάσης, σχολιάζει τη στάση των εταιριών που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ενέργειας με τον ακόλουθο τρόπο:

Τα υγρά καύσιμα (πετρέλαιο, βενζίνη) εισάγονταν 100% από το εξωτερικό. Η ηλεκτρική ενέργεια παραγόταν κατά 95% από καύσιμα του εξωτερικού και κατά 5%, μονάχα, από ντόπιες πηγές ενέργειας (υδατοπτώσεις). (...) Όσο για εκείνους που θέτουν το πρόβλημα μονάχα από την τεχνική πλευρά, μπορούμε να τους διαβεβαιώσουμε πως οσοδήποτε καλά μελετημένο τεχνικά κι αν το έχουν, η λύση του θα ματαιωθεί αν απουσιάζουν οι κατάλληλες πολιτικές και κοινωνικοοικονομικές προϋποθέσεις. Τα ξένα τραστ και η χρηματιστική ολιγαρχία του τόπου μας –αν αφεθούμε στη διάκρισή τους– θα ματαιώσουν τη λύση του προβλήματος ή θα δώσουν στραβό δρόμο στη λύση του που ουσιαστικά είναι το ίδιο με το πρώτο. (...) Οι κυρίαρχες τάξεις που ενδιαφέρονται μόνο για το μεταπρατικό – μονοπωλιακό τους ρόλο στην εκμετάλλευση της ελληνικής οικονομίας πρέπει να είμαστε βέβαιοι πως θα

αδιαφορήσουν όχι μονάχα για έργα μεγάλης πνοής αλλά ακόμα και για τις στοιχειώδεις επενδύσεις στον παραγωγικό μηχανισμό. Είδαμε τους τελευταίους μήνες από τα σκάνδαλα και τις κλοπές κι αυτών ακόμα των πρώτων υλών που της δόθηκαν για να φτιάξει είδη πρώτης ανάγκης για το λαό, πόσο «ενδιαφέρονται» για την ανασυγκρότηση. (...) Αυτά για τους «τεχνικούς συνήγορους των αγαθοεργών σκοπών της Εθνικής Τράπεζας και των «φιλικών» βιομηχανικών συγκροτημάτων. Ακόμα δε και για τους ειλικρινείς τεχνικούς και επιστήμονες που παρασύρονται στο να πιστεύουν πως είναι δυνατό να πραγματοποιηθούν τα τεχνικά τους σχέδια (που ως σχέδια μπορεί να είναι αξιοπρόσεκτα) μέσα σ' ένα καθεστώς εξαandraποδισμού και ασυδοσίας της ελληνικής κεφαλαιοκρατίας<sup>6</sup>.

Η κρίση εξαναγκάζει την εταιρία να στραφεί σε διάφορους χειρισμούς προκειμένου να ανταπεξέλθει σε αυτή την κατάσταση. Αντί να στραφεί εξ αρχής στην αξιοποίηση εγχώριων πρώτων υλών, αγοράζει ατμόπλοιο για τη μεταφορά του γαιάνθρακα από την Αγγλία ή την Αμερική, το οποίο τελικά τορπιλίζεται από τους Γερμανούς. Η απόφαση για αντικατάσταση του γαιάνθρακα με καυσόξυλα ή λιγνίτη έρχεται αργότερα. Το 1918 διαπιστώνεται η άριστη θερμαντική ικανότητα του λιγνίτη που παράγεται στα ορυχεία της Κύμης και έτσι η Ε.Η.Ε προχωρά σε συν-εκμετάλλευση με την Εταιρία Ανθρακωρυχείων Κύμης. Για την μεταφορά του ακολουθείται μια χερσαία διαδρομή μέσω του σιδηρόδρομου αλλά και μια θαλάσσια μέσω νέου πλοίου που αγοράζει η εταιρία. Η αντικατάσταση του γαιάνθρακα με λιγνίτη απαιτούσε την μετατροπή των λεβήτων, όπως επίσης και τον εξευγενισμό του λιγνίτη ώστε να επιτυγχάνεται η επιθυμητή απόδοση. Στα 1920 όμως η τιμή του γαιάνθρακα επανακάμπει και αυτό έχει ως αποτέλεσμα η Ε.Η.Ε να θεωρεί πως είναι ασύμφορη η επένδυση στον ντόπιο λιγνίτη. Εν απουσία ενός μακροχρόνιου σχεδιασμού από πλευράς επιχειρηματιών αλλά και κράτους και με κυρίαρχη μια καιροσκοπική λογική που στηρίζονταν στη διαμόρφωση των τιμών του ξένου γαιάνθρακα, το ανθρακωρυχείο της Κύμης σταματά τη λειτουργία του. Αυτό

---

<sup>6</sup> Δημήτρης Μπάτσης, «Η βαρεία βιομηχανία στην Ελλάδα», εκδ. Κέδρος, Αθήνα 1977, σ.42.

θα σημάνει και το τέλος της απόπειρας για ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση. Η Ε.Η.Ε αρχίζει να αυξάνει τις τιμές μέχρι που το 1918 επεμβαίνει το κράτος, το οποίο υπογράφει σύμβαση με την εταιρία, κάτι που του δίνει την δυνατότητα να καθορίσει το ύψος της τιμής της κιλοβατώρας<sup>7</sup>. Το 1924, λίγο πριν την εμφάνιση του εναλλασσόμενου ρεύματος στην Ελλάδα η Ε.Η.Ε αλλάζει χέρια, όταν η πλειοψηφία των μετοχών της αγοράζεται από αυστριακούς και ολλανδούς επενδυτές.

Η πρωτοκαθεδρία της εταιρίας θα διαρκέσει μέχρι το 1927, όταν στο παιχνίδι θα εισέλθει η Power and Traction Finance Company, εταιρία αγγλικών συμφερόντων που δραστηριοποιείται στα Βαλκάνια. Για τον ηλεκτροφωτισμό της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών συστήθηκαν συνολικά πέντε εταιρίες, από το Συνδικάτο Μελετών και Επιχειρήσεων και την Power and Traction: η Γενική Ελληνική Εταιρία, η Ηλεκτρική Εταιρία Παραγωγής, η Ηλεκτρική Εταιρία Διανομής, η Ηλεκτρική Εταιρία Μεταφορών και οι Ελληνικοί Ηλεκτρικοί Σιδηρόδρομοι. Στον Πειραιά στον όρμο του Αγίου Γεωργίου κατασκευάζεται νέος κεντρικός ηλεκτρικός σταθμός συνολικής ισχύος 45.000 KW, ο οποίος τίθεται σε λειτουργία τον Σεπτέμβριο του 1929. Την ίδια χρονιά ολοκληρώνεται η εγκατάσταση του υποσταθμού της Ομόνοιας καθώς και το κέντρο διανομής του Πειραιά. Η Power and Traction παρουσιάζει ζημιές ήδη από το 1926. Οι λόγοι που συνετέλεσαν σε αυτό είναι από τη μια η απεργία των Άγγλων ανθρακωρύχων, που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της τιμής των γαιανθράκων, και από την άλλη οι μεγάλες απώλειες ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της υπερφόρτισης του δικτύου και της χαμηλής συχνότητας του ρεύματος ( 25Hz ή 42 Hz). Όμως από το 1928 και έπειτα τα οικονομικά της εταιρίας βελτιώνονται καθώς μεγάλο μέρος των καταναλωτών συνεχούς ρεύματος που παράγεται στο σταθμό του Φαλήρου μεταπηδά στο υψίσυχο (50 Hz) εναλλασσόμενο που παράγεται από τον σταθμό του Αγίου Γεωργίου<sup>8</sup>. Βέβαια η εταιρία που

---

<sup>7</sup> Λουκόπουλος, *Διαμάχη των συστημάτων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το διεθνές πλαίσιο. Η Ελληνική περίπτωση*, Αθήνα, 2002, σ.33-36.

<sup>8</sup> ό.π. σ.44-45

αναλαμβάνει την μεταφορά των πελατών στο δίκτυο εναλλασσόμενου ρεύματος έρχεται αντιμέτωπη από ωρίς με προβλήματα. Δύο θανατηφόρα ατυχήματα που συνέβησαν σχεδόν ταυτόχρονα στρέφουν την κοινωνία απέναντι στο εναλλασσόμενο. Η κατακραυγή από τον τύπο, τα τεχνικά περιοδικά καθώς και τις τεχνικές κοινότητες οδηγούν τον Ιούλιο του 1928 σε παύση των διαδικασιών μεταφοράς με κρατική παρέμβαση.

Στα 1930 η Εταιρία Παραγωγής και η Εταιρία Διανομής συγχωνεύονται στην Ηλεκτρική Εταιρία Αθηνών – Πειραιώς η οποία αναλαμβάνει να ολοκληρώσει το δύσκολο έργο της μεταφοράς των πελατών από το παλιό συνεχές ρεύμα τάσεως 110 Volts ή το δοκιμαστικό εναλλασσόμενο ίδιας τάσης, στο τριφασικό δίκτυο εναλλασσόμενου υψηλής τάσης και συχνότητας (220 Volts, 50 Hz). Κάτι τέτοιο απαιτούσε την μόνωση των κτιρίων που επρόκειτο να ενταχθούν στο νέο δίκτυο. Μετά την απροθυμία όμως των ιδιοκτητών να αναλάβουν έστω μέρος των εξόδων για την ανακαίνιση η εταιρία αναλαμβάνει να καλύψει η ίδια τη δαπάνη. Προσλαμβάνει για αυτό το σκοπό τεχνίτες από τους οποίους ελάχιστοι έχουν εμπειρία στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις. Προκύπτουν έτσι μια σειρά από ελλατωματικές κατασκευές που μέχρι και οι ίδιοι οι μηχανικοί της εταιρίας αρνούνται να εγκρίνουν με την υπογραφή τους. Το ζήτημα φτάνει μέχρι το Τεχνικό Επιμελητήριο το οποίο καταγγέλλει την ανάθεση από πλευράς της εταιρίας ενός τόσο επικίνδунου και εξειδικευμένου έργου σε υπεργολάβους, οι οποίοι επιστράτευσαν ανειδίκευτο εργατικό δυναμικό<sup>9</sup>. Αρχίζει με αυτό τον τρόπο και στην Ελλάδα να απασχολεί τα τεχνικά περιοδικά και τον τύπο το θέμα της επιλογή του δικτύου, κατά ανάλογο τρόπο όπως συνέβη στις Η.Π.Α περίπου 40 χρόνια πριν (τέλη 19<sup>ου</sup> αιώνα).

---

<sup>9</sup> ό.π. σ.46.

### 3) Πτυχές της αντιπαράθεσης μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενου στην ελληνική περίπτωση

Μέσα από αποσπάσματα τεχνικών περιοδικών της περιόδου 1899 - 1932, όπως ήταν το *Αρχιμήδης* και το *Έργα*, τα οποία παραθέτει ο Ι. Γαρύφαλλος στην διπλωματική του εργασία, πληροφορούμαστε για τον τρόπο εκδήλωσης του φαινομένου της αντιπαράθεσης των δύο τεχνολογιών. Στον δημόσιο λόγο των καθηγητών του Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στις συνεδριάσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου αλλά και στη Βουλή συναντάμε ένα ευρύ φάσμα διαφορετικών προσεγγίσεων, διχογνωμιών και εντάσεων μεταξύ των υποστηρικτών της χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος, ως μέσου μεταφοράς ενέργειας. Η ανάδειξη αυτών των στοιχείων κατέχει σημαίνοντα ρόλο στην προσπάθεια να δειχθεί ότι η επικράτηση του εναλλασσόμενου ήταν πολύ πιο περίπλοκη από την κλασσική ερμηνεία της γραμμικής – εξελικτικής ιστορίας της τεχνολογίας, για την οποία ό,τι έπεται τεχνολογικά καθίσταται ανώτερο και άρα επικρατεί.

Το συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα που όπως προαναφέραμε φωτίζει την Αθήνα από το 1890, εμφανίζεται αρχικά ως αντίπαλο του αεριόφωτος. Ο καθηγητής του Μετσόβιου Πολυτεχνείου Κωνσταντίνος Γουναράκης θα κάνει το 1932 μια αποτίμηση των πρώτων χρόνων του εξηλεκτρισμού χαρακτηρίζοντας τον ηλεκτρισμό ως «επιτιθέμενο» ενώ το φωταέριο ως «αμυνόμενο». Για τον Κ. Γουναράκη η υπεροχή του ηλεκτρισμού ήταν προφανής. Το 1900 ο καθηγητής Α. Χρηστομάνος φαίνεται να είναι ο μόνος που προβάλλει μια κριτική αμφισβήτηση στον ενθουσιασμό για τον ηλεκτρισμό στηριζόμενος κυρίως στο κατά πόσο είναι οικονομικός σε σχέση με την ποιότητα φωτισμού που παρέχει. Σε άρθρο του στον *Αρχιμήδη* ο μηχανικός Κ. Δ. Ζέγγελης τονίζει και αυτός με τη σειρά του την καθοριστική συμβολή του

ηλεκτρισμού στην χημική βιομηχανία ενώ συγχρόνως δίνει έμφαση στην ανάγκη απαγκίστρωσης της Ελλάδας από τον αγγλικό λιθάνθρακα<sup>10</sup>.

Το 1908 ο καθηγητής Α. Κουσίδης, σε διάλεξή του στο Μετσόβιο Πολυτεχνείο, παρουσιάζει τον ηλεκτρισμό ως μια φυσική δύναμη που επέφερε ανεπανάληπτη πρόοδο στην μεταφορά ενέργειας, την μετακίνηση και την επικοινωνία. Στην ίδια διάλεξη θα προβεί σε μια σύγκριση συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος. Σύμφωνα με τον Κουσίδη, το πρώτο θεωρείται καταλληλότερο για την χρήση σε αστικό περιβάλλον και ιδιαίτερα για τον φωτισμό. Το δεύτερο προσφέρεται για καλύτερη μόνωση και μετασχηματίζεται ευκολότερα στην καταλληλότερη για κάθε χρήση τάση<sup>11</sup>.

Ο ηλεκτρολόγος μηχανικός και καθηγητής Γ. Κ. Σαρρόπουλος από την άλλη, σε λόγο που εκφωνεί στο Πολυτεχνείο το 1910, αναφερόμενος στο πρόσφατο παρελθόν τονίζει πως είναι προβληματικό οι μηχανές να παράγουν εναλλασσόμενο και η μεταφορά του να γίνεται με συνεχές. Θεωρεί πως για την μεταφορά ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις πρέπει να γίνεται με εναλλασσόμενο και επιπλέον εκφράζει την ευχή του η Ελλάδα να βαδίσει στα χνάρια της προόδου των άλλων δυτικών κρατών.

Σε ανυπόγραφο άρθρο του περιοδικού *Έργα* υπάρχει μια αξιοσημείωτη παρατήρηση για την παράλληλη χρήση και των δύο ρευμάτων το 1925. Η διανομή γινόταν με συνεχές και η μεταφορά με εναλλασσόμενο μετρίως υψηλής τάσης 5.500 Volts και συχνότητας 25 Hz. Σύμφωνα με τον συγγραφέα του άρθρου οι εγκαταστάσεις της Ε.Η.Ε ήταν πεπαλαιωμένες χωρίς η εταιρία να μεριμνά για την εύρυθμη λειτουργία τους. Ο μόνος λόγος που για τον ίδιο η εταιρία δεν έχει ευθυγραμμιστεί με τις εξελίξεις και διατηρούσε ακόμη ένα δίκτυο διανομής συνεχούς ήταν η πρόσδεσή της στην Thomson Παρισίων από την οποία προμηθευόταν τα

---

<sup>10</sup> Ιωάννης Γαρυφάλλος, *Αξιοποιώντας την Ιστοριογραφία των Τεχνολογικών Αντιπαραθέσεων στη Μελέτη της Ιστορίας του Εξηλεκτρισμού: Παρατηρήσεις από την Ελληνική Περίπτωση*, 2005, σ.15.

<sup>11</sup> ό.π. σ.16.

προϊόντα της. Χαρακτηριστικό πεδίο για το πώς διαμορφώνεται ο συσχετισμός ανάμεσα στο συνεχές και το εναλλασσόμενο αποτελεί η επαρχία. Στο διάστημα μεταξύ 1925 – 1930 στην Πάτρα, χρησιμοποιούνται παράλληλα τόσο το συνεχές όσο και το εναλλασσόμενο, από το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο του Γλαύκου. Στα Ιωάννινα η αρχική πρόθεση ήταν να χρησιμοποιηθεί συνεχές 230 Volts αλλά τελικά επιλέγεται το εναλλασσόμενο χαμηλότερης τάσης 127/270 Volts λόγω του ότι έπρεπε να εξυπηρετηθεί μια εκτεταμένη περιοχή. Τέλος στην Κρήτη χρησιμοποιείται γεννήτρια συνεχούς ρεύματος 115 Volts για φωτισμό<sup>12</sup>.

Στα 1929 οι θάνατοι και τα ατυχήματα από το τριφασικό εναλλασσόμενο ρεύμα, με το οποίο συντάσσεται η πλειονότητα των ειδικών, θα πυροδοτήσουν την αντίδραση της κοινωνίας όπως προαναφέραμε στην παραπάνω ενότητα. Οι ευθύνες από την πλευρά των μηχανικών και των τεχνικών περιοδικών θα αποδοθούν στο χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης των εργατών και προειδοποιούν για τον κίνδυνο η αμφιβολία για την χρήση του εναλλασσόμενου να εισχωρήσει και στο σώμα των ειδικών.

---

<sup>12</sup> ό.π. σ.23.

#### 4) Οι αντιπαραθέσεις των μηχανικών στο Τεχνικό Επιμελητήριο

Όταν το 1928 ξεκινούν οι διαδικασίες έναρξης της λειτουργίας του νέου εργοστασίου του Αγ. Γεωργίου και δρομολογείται η μεταφορά των πελατών από το παλιό δίκτυο συνεχούς στο νέο δίκτυο τριφασικού εναλλασσόμενου, το Τεχνικό Επιμελητήριο καλείται να πάρει ορισμένες αποφάσεις. Τα θανατηφόρα ατυχήματα που έχουμε την ίδια χρονιά από εναλλασσόμενο ρεύμα, προκάλεσαν την τρομοκράτηση τα κοινής γνώμης και στάθηκαν η αφορμή να επανεξεταστούν οι όροι κάτω από τους οποίους θα λειτουργούσε το νέο δίκτυο. Από τις 27 Ιουλίου ως τις 3 Αυγούστου του 1928 το τμήμα των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Τεχνικού Επιμελητηρίου θα πραγματοποιήσει τρεις συνεδριάσεις. Οι γνώμες που κατατίθενται σε αυτές αφορούν το ποια είναι η πιο ενδεδειγμένη τάση εναλλασσόμενου για την οικονομικότερη ή και ασφαλέστερη λειτουργία του δικτύου.

Η πρώτη συνεδρίαση της ολομέλειας του τμήματος των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, εστιάζεται στο ζήτημα της χρησιμοποίησης τριφασικού εναλλασσόμενου ρεύματος από επιστημονική σκοπιά. Ο Λαγανάς ισχυρίζεται μεταξύ άλλων, ότι ενώ η αφορμή της συζήτησης για το τριφασικό εναλλασσόμενο ήταν τα ατυχήματα, η πραγματική αιτία ήταν η άγνοια όσων εμπλέκονταν με τον ηλεκτρισμό. Ισχυρίζεται επίσης ότι η χρήση του τριφασικού εναλλασσόμενου είναι επιβεβλημένη λόγω των αναμφισβήτητων οικονομικών και τεχνικών του πλεονεκτημάτων και περιορίζει την συζήτηση στο ποια θα έπρεπε να είναι η τάση διανομής<sup>13</sup>.

Η επικινδυνότητα για τον Λαγανά είναι μεγαλύτερη για τις χαμηλότερες τάσεις της τάξης των 127/220 Volts, παρά για τις υψηλότερες των 220/230 Volts. Ο Κωστελλέτος συντάσσεται με τον Λαγανά ενισχύοντας την θέση του με το επιχείρημα ότι όλα τα διεθνή επιστημονικά συνέδρια εγκρίνουν το τριφασικό εναλλασσόμενο των 220/380 Volts. Βέβαια ο

---

<sup>13</sup> Γαρύφαλλος, Αξιοποιώντας την Ιστοριογραφία των Τεχνολογικών Αντιπαραθέσεων στη Μελέτη της Ιστορίας του Εξηλεκτρισμού: Παρατηρήσεις από την Ελληνική Περίπτωση, 2005, σ.25.



Λαγανάς δεν θα παραλείψει να τονίσει πως δεν πρέπει να υιοθετούνται άκριτα τα πρότυπα πόλεων του εξωτερικού, καθότι η Αθήνα, όπως παρατηρεί, έχει τις δικές της ανάγκες. Μάλιστα θα αναφέρει πως σε ορισμένες περιπτώσεις δικτύων το συνεχές είναι συμφερότερο του εναλλασσόμενου. Ο Στυλιανίδης θα συμφωνήσει και αυτός με την σειρά του με τον Λαγανά δηλώνοντας πως το εναλλασσόμενο των 220/380 αποτελεί πρόοδο, αλλά την ίδια στιγμή πρέπει να εξεταστεί το κατά πόσο υπάρχει απόλυτη ανάγκη εφαρμογής του στην πρωτεύουσα. Η πρώτη συνεδρίαση θα λάβει τέλος με ομόφωνη απόφαση πως το εναλλασσόμενο ρεύμα τάσης 220/380 Volts είναι προτιμότερο όχι μόνο του συνεχούς αλλά και του αντίστοιχου ρεύματος με χαμηλότερη τάση.

Στην δεύτερη συνεδρίαση είναι που αποσαφηνίζονται περισσότερο τα ερωτήματα στα οποία καλούνται να απαντήσουν οι μηχανικοί, τα οποία μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

1. Είναι διεθνώς αναγνωρισμένο το σύστημα διανομής τριφασικού εναλλασσόμενου;
2. Ποια πλεονεκτήματα παρουσιάζει η χρήση του συγκριτικά με το εναλλασσόμενο χαμηλότερων τάσεων;
3. Αν το ρεύμα τάσης 220/380 Volts θεωρηθεί πιο επικίνδυνο από αυτό με τάση 110/190 ή 127/220 Volts, θα πρέπει να εγκαταλειφθεί παρά τα οικονομικά του πλεονεκτήματα;
4. Τι θα ήταν προτιμότερο ειδικά για την περιοχή των Αθηνών, καθώς και τι πρόκειται να ακολουθηθεί ως σχέδιο για τις περιοχές που έχουν ήδη εγκατεστημένο δίκτυο εναλλασσόμενου στα 127/220 Volts ή όσες τροφοδοτούνται ακόμα με συνεχές; Επίσης ποιο θα ήταν το κόστος που θα βάρυνε τους καταναλωτές στην περίπτωση αντικατάστασης των παλιών δικτύων;
5. Ποιος θα εγγυάται για την ασφάλεια των καταναλωτών αν τελικά γίνει αποδεκτή η τάση των 220/380 Volts; Κρίνεται αναγκαία η σύσταση ελεγκτικών μηχανισμών και από ποιους;

Ο Γ. Κ. Σαρρόπουλος, ο οποίος θεωρείται από τους μηχανικούς με υψηλό επιστημονικό και κοινωνικό κύρος, θα στηρίζει την άποψη πως είναι αποκλειστική αρμοδιότητα του Τεχνικού Επιμελητηρίου να παίρνει θέση για κάθε επιστημονικό ζήτημα. Για τον ίδιο, αν το θέμα ειδωθεί από οικονομική σκοπιά, τότε συμφέρουσα είναι η αλλαγή. Ως προς το θέμα της ασφάλειας θεωρεί πως το κράτος είναι υπεύθυνο να ρυθμίσει κανονισμούς που να υποδεικνύουν την χρήση του κατάλληλου υλικού και του τρόπου που πρέπει να γίνεται μια ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Προτείνει για αυτό το σκοπό τον σχηματισμό επιτροπών από το Τεχνικό Επιμελητήριο που θα μελετήσουν τα παραπάνω ζητήματα και θα προτείνουν στο κράτος τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν. Τέλος τονίζει ότι τέτοιου είδους ζητήματα που απασχολούν αυτή τη στιγμή την Ελλάδα έχουν προ πολλού λυθεί στο εξωτερικό.

Η τρίτη συνεδρίαση αρχίζει με μια πολύ ενδιαφέρουσα παραδοχή. Το προεδρείο παραδέχεται πως το συνεχές ρεύμα είναι το πλέον ασφαλές διότι είναι πολύ σπάνιο να αποτελέσει κίνδυνο για την ζωή. Πρέπει παρ' όλα αυτά να αποκλειστεί για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Τώρα οι μηχανικοί καλούνται να τοποθετηθούν σχετικά με το ποιο εναλλασσόμενο ρεύμα (τάσης 120, 127 ή 220 Volts) οφείλουν να εγκαταστήσουν. Σύμφωνα με το προεδρείο και πάλι, ο κίνδυνος είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων που υπό ορισμένες περιστάσεις μπορεί να εμφανιστεί σε οποιαδήποτε τάση. Οι Στυλιανίδης και Κυριαζίδης αναρωτιούνται αν θα έπρεπε να συμπληρωθεί στο τελικό πόρισμα πως ίσως οι πιθανότητες να εκδηλωθεί κίνδυνος είναι μεγαλύτερες για τις υψηλές τάσεις. Οι Λαγανάς και Χάρης από την άλλη αντιδρούν λέγοντας πως τέτοιου είδους διατυπώσεις επισύρουν την αμφιβολία και σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν επιστημονική απάντηση. Ο Σιώκος θα υποστηρίξει ανοικτά πως η τάση των 220 Volts είναι πιο επικίνδυνη, επικαλούμενος σχετικές μελέτες από την Γαλλία. Βέβαια δεν τάσσεται κατά της χρήσης του υψίσυχνου εναλλασσόμενου. Ο Σαρρόπουλος θα επιχειρήσει να στρέψει την συζήτηση από την τάση στην ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος. Υποστηρίζει πως ο ηλεκτρισμός μπορεί να αποβεί μοιραίος εξαιτίας της

έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, της διάρκειας που αυτό επιδρά στον οργανισμό και της τροχιάς που διαγράφει και όχι λόγω της υψηλής τάσης. Με την άποψή του θα συμφωνήσει ο Χατζηγιαννάκης που πάει ένα βήμα παρακάτω την συζήτηση προτείνοντας να επιλεγθεί η τάση των 220 Volts σε όλη την Ελλάδα. Αυτό θα βρει αντίθετο τον Λαγανά, ο οποίος ισχυρίζεται ότι στην επαρχία, όπου δεν υπάρχουν βιομηχανικές ανάγκες, η τάση των 110 Volts θα ήταν οικονομικότερη. Με βάση αυτή τη δήλωση, οι Γεωργίου, Χρυσοχοϊδης και Κυριαζίδης θα υπεραμυνθούν της θέσης ότι οι μηχανικοί δεν μπορούν να μιλούν σαν οικονομολόγοι. Θεωρούν πως η συζήτηση θα πρέπει να παραμείνει σε τεχνικό έδαφος διότι διαφορετικά το Επιμελητήριο θα κινδύνευε να κατηγορηθεί πως παρεμβαίνει σε κρατικές υποθέσεις. Ο Σαρρόπουλος θα επέμβει για ακόμη μία φορά αντικρούοντας αυτόν τον ισχυρισμό με την άποψη πως είναι εντός των αρμοδιοτήτων των μηχανικών η σύνταξη ενός πορίσματος οικονομικά ωφέλιμου για την γενική κοινωνική πρόοδο. Μαζί του θα συμφωνήσει τόσο ο Βλαχόπουλος όσο και ο Παπακωνσταντίνου, ο οποίος θα συμπληρώσει πως ο έλεγχος δεν μπορεί να μείνει στα χέρια της Ηλεκτρικής Εταιρίας αλλά να περάσει στα χέρια των επιτροπών που θα συσταθούν από το Τεχνικό Επιμελητήριο<sup>14</sup>.

Εν τέλει το Τεχνικό Επιμελητήριο αποφασίζει να ανακοινώσει στον τύπο αλλά και στο υπουργείο ότι θα πρέπει άμεσα να συσταθεί σώμα ελέγχου των εγκαταστάσεων. Το σώμα έπρεπε να επιφορτιστεί με την ευθύνη της προστασίας του κοινού, ώστε να αποφευχθούν ατυχήματα. Μάλιστα εκτιμήθηκε ότι στο νέο δίκτυο τα ατυχήματα θα εμφανίζονταν με μεγαλύτερη συχνότητα και θα ήταν πιο καταστροφικά απ' ό,τι στο παλιό δίκτυο συνεχούς.

Το τελικό πόρισμα που συντάσσει το Επιμελητήριο αναφέρει χαρακτηριστικά:

«Η διατήρησης συνεχούς ρεύματος 2x110 βόλτ όπου κίνδυνος ζωής είναι πολύ σπάνιος, αποκλείεται δια λόγους οικονομικούς και τεχνικούς και επιβάλλεται η χρησιμοποίησης

---

<sup>14</sup> ό.π. σ.24-31.

εναλλασσόμενου ρεύματος. (...) Ουδεμία των ανωτέρω τάσεων είναι ακίνδυνος δια τον ανθρώπινον οργανισμόν ούτε δύναται να θεωρηθή κατά τρόπον απόλυτον ότι η υψηλότερα τάσις των 220 βόλτ είναι μάλλον επικίνδυνος της τάσης των 110 ή 127, διότι ο κίνδυνος ζωής είναι συνάρτησις πολλών παραγόντων, των οποίων η συρροή δύναται κατά τας περιστάσεις να εμφανίση την μίαν ή των άλλην τάσιν ως μάλλον επικίνδυνον»<sup>15</sup>.

Βέβαια οι μηχανικοί Σιώκος, Γεωργίου, Στυλιανίδης, Χρυσοχοϊδης και Στουδίτης διατηρούν την δυσπιστία τους απέναντι στην άποψη της πλειοψηφίας ότι το ρεύμα των 220 Volts μπορεί να είναι λιγότερο επικίνδυνο από αυτό των 127 και επιμένουν πως το πρώτο μέλημα των μηχανικών πρέπει να είναι η ασφάλεια των πολιτών.

Λίγες μέρες μετά την συνεδρίαση στο περιοδικό Έργα δημοσιεύεται το άρθρο του καθηγητή Emil Klapper στο οποίο υπάρχει μια εμπεριστατωμένη μελέτη σχετικά με τις διάφορες τάσεις και τα θανατηφόρα ατυχήματα. Σε αυτό υποστηρίζεται ότι ο κίνδυνος για την ανθρώπινη ζωή θα πρέπει να αποδίδεται στην παράμετρο της έντασης του ρεύματος και πως τα ρεύματα χαμηλότερων τάσεων, υπό ορισμένες συνθήκες αποδεικνύονται πιο επικίνδυνα. Ακριβώς δηλαδή ότι είχε υποστηρίξει και ο μηχανικός Σαρρόπουλος κατά τη διάρκεια της συνεδρίασης.

Κλείνοντας αυτή την ενότητα θα πρέπει να επισημανθεί, ότι στην περίπτωση της Ελλάδας η αντιπαράθεση για τον τρόπο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας δεν περιορίστηκε στο δίπολο συνεχές ή εναλλασσόμενο. Όπως διαπιστώσαμε και μέσα από τις συνεδριάσεις του Τεχνικού Επιμελητηρίου, πρόκειται για μια ιστορία πολλαπλών αντιπαραθέσεων και όχι μιας αντιπαράθεσης που εξαντλείται ανάμεσα στο συνεχές και το εναλλασσόμενο ρεύμα. Άνοιξαν μια σειρά από ζητήματα που αφορούσαν στο αν το εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής τάσης ήταν λιγότερο ακίνδυνο από το αντίστοιχο χαμηλής τάσης, ή στο αν θα έπρεπε να επιλεγεί το

---

<sup>15</sup> ό.π. σ.33.

υψίσυχο ρεύμα αντί του ρεύματος χαμηλής συχνότητας, ή ακόμα στο αν στην ένταση οφείλεται τελικά η επικινδυνότητα του ηλεκτρικού ρεύματος και όχι στην τάση.

### III. Μεταφορά και διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας στα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής, 1860-1930

#### 1) Από τις πρώτες περί ηλεκτρισμού διατυπώσεις στη χρήση συνεχούς ηλεκτρικού ρεύματος

Στο σχολικό σύγγραμμα με τίτλο «Επιστημονικόν εγκόλπιον ήτοι τα πρώτα περί διαφόρων γνώσεων μαθήματα, προς χρήσιν των σχολείων» του 1876, το οποίο προοριζόταν για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στο κεφάλαιο που φέρει τον τίτλο «περί ηλεκτρισμού», διαβάζουμε τα παρακάτω:

Ουδέν άλλο και εις τα ζώα, και εις τα φυτά, και εις τα μη οργανικά σώματα, και εις τα στοιχεία, και εις το παν εν γένει δεικνύει τοσούτον την σοφίαν και την παντοδυναμίαν του Δημιουργού, όσον η λεπτή αυτή δύναμις την οποίαν ονομάζομεν Ηλεκτρισμόν. Είναι δ' ο ηλεκτρισμός, ως και η θερμότης, αναγκαιότατος εις τον υλικόν κόσμον, και υπάρχει μάλλον ή ήττον εις πάσαν κατάστασιν της ατμοσφαιράς και εις πάσας τας γνωστάς ουσίας<sup>16</sup>.

Μια αρχική επισήμανση είναι ότι, ενώ βρισκόμαστε στις απαρχές του εξηλεκτρισμού, όπου στην Ευρώπη και στις ΗΠΑ αρχίζουν να στήνονται τα πρώτα μεγάλης κλίμακας ηλεκτρικά δίκτυα για την φωταγωγή των πόλεων, στα σχολικά συγγράμματα έως και το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα ο ηλεκτρισμός αποδίδεται, είτε ως μια μυστηριώδης δύναμη, είτε ως ένα αόρατο και αβαρές ρευστό, το οποίο μπορούμε να μελετήσουμε μόνο δια των αποτελεσμάτων που αυτό επιφέρει. Στο ίδιο σύγγραμμα ο Λαμπίσης (1876) σημειώνει :

---

<sup>16</sup> Γεώργιος Δ. Λαμπίσης, Επιστημονικόν εγκόλπιον ήτοι τα πρώτα περί διαφόρων γνώσεων μαθήματα, προς χρήσιν των σχολείων, εκδ. Γεώργιος Σεϊτανίδης, Κωνσταντινούπολη 1876, σ.51.

Η ιδιότης των σωμάτων να ελκύωσιν άλλα ελαφρά σώματα, ωνομάσθη Ηλεκτρισμός, εκ του πρώτου σώματος, εις το οποίον κατ' αρχάς παρετηρήθη. Τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού προέρχονται από μυστηριώδη αιτίαν, ουδέν δ' άλλο δυνάμεθα, να υποθέσωμεν ειμή ότι ο ηλεκτρισμός είναι λεπτόν ρευστόν, το οποίον ενυπάρχει μάλλον ή ήττον εις άπαντα τα σώματα, και εις τα στερεά, και εις τα ρευστά και εις τα αεροειδή, και ότι εις άπαντα ανακαλύπτονται τα αυτά αποτελέσματα. Παρατηρούντες δε τινεσ τας διαφόρους ενεργείας της θερμότητος, του φωτός, του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού, υπέθεσαν ότι όλα ταύτα έχουσι την αυτήν πηγήν<sup>17</sup>.

Στην εισαγωγή του συγγράμματος του Αντωνίου. Β. Δαμασκηνού (1875), με τον τίτλο «Μαθήματα Φυσικής Πειραματικής προς χρήσιν Ελληνικών Σχολείων και Παρθεναγωγείων», υπάρχει εκτενέστερη αναφορά για τον ηλεκτρισμό, στην οποία ο ίδιος αναλύει τα φαινόμενα της έλξης και της άπωσης, μεταξύ φορτισμένων σωμάτων. Ας παραθέσουμε δύο αποσπάσματα που θεωρούνται ενδεικτικά για το έως τότε πλαίσιο προσέγγισης– επεξήγησης των φαινομένων του στατικού ηλεκτρισμού καθώς αποτυπώνουν τις εκλαϊκευτικές απόπειρες που γίνονται στην εκπαίδευση εκείνης της εποχής, για την εξοικείωση με την αδιερεύνητη σε μεγάλο βαθμό φύση του ηλεκτρισμού.

Ο Γάλλος Φυσικός Δουφέ, όστις πρώτος απέδειξεν ότι πάντα τα σώματα ηλεκτρίζονται δια της τριβής, ανεκάλυψεν ότι υπάρχουν και δυο διάφορα είδη ηλεκτρισμού. Η ύπαρξις δε αυτών αποδεικνύεται δια των εξης πειραμάτων (...). Υπάρχουσι λοιπόν δύο είδη ηλεκτρισμού: ο παραγόμενος επι της ρητίνης τριβείσης δια μάλλινου υφάσματος, και ο επι της υάλου τριβείσης δια του αυτού υφάσματος. Ο μεν πρώτος ωνομάσθη ρητινώδης, ο δε δεύτερος υαλώδης ηλεκτρισμός. Συνήθως ονομάζουσι τον μεν πρώτον αρνητικόν ηλεκτρισμόν, και παριστώσιν αυτόν δια του αλγεβρικού σημείου - (πλήν),

---

<sup>17</sup> ό.π. σ.52.

τον δε δεύτερον θετικόν ηλεκτρισμόν, και παριστώσιν αυτόν δια του αλγεβρικού σημείου + (σύν). Έπειτα λοιπόν εκ των προλεχθέντων ότι: 1<sup>ov</sup>. Δύο σώματα, φέροντα του αυτού είδους ή ομώνυμον ηλεκτρισμόν απωθούνται. 2<sup>ov</sup>. Δύο σώματα, φέροντα το μεν ρητινώδη, το δε υαλώδη ηλεκτρισμόν, έλκονται<sup>18</sup>.

Ο ίδιος σε επόμενη ενότητα για την ηλεκτρική θεωρία του Σύμμερ αναφέρει:

Ο Σύμμερ προς εξήγησιν των του ηλεκτρισμού φαινομένων παρεδέχεται, ότι υπάρχουνσι δύο αντίθετα ηλεκτρικά ρευστά, το θετικόν και το αρνητικόν, εκάτερον των οποίων έλκει το αντίθετον και απωθεί το ομοειδές, και ότι εν εκάστω σώματι υπάρχουνσι και τα δύο εν απροσδιορίστω ποσότητι ηνωμένα, αποτελούντα δια της ενώσεως αυτών τρίτον είδος ρευστού, όπερ εκάλεσεν ουδέτερον ηλεκτρισμόν ή ουδέτερον ρευστόν. Το ουδέτερον τούτο ρευστόν αποσυντίθεται δια της τριβής κατ' αγνωστόν τινα εις ημάς τρόπον εις τα εξ ων αποτελείται μέρη (...)<sup>19</sup>.

Στη δομή των περισσότερων συγγραμμάτων, παρατηρούμε ότι στην αρχή εμφανίζεται μια υποενότητα που αφορά τον στατικό ηλεκτρισμό, η οποία προετοιμάζει στη συνέχεια τον μαθητή για την κατανόηση της εμφάνισης ηλεκτρικής ροής – όπως ονόμαζαν οι συγγραφείς το ηλεκτρικό ρεύμα – εντός των ηλεκτρικών στηλών ή συστοιχιών (ηλεκτρικές πηγές – μπαταρίες).

Στο εγχειρίδιο του G. Belezze (1878), με τίτλο «Μικρά φυσική προς χρήσιν των Δημοτικών Σχολείων αρρένων και κορασιών», στην παράγραφο για την ανάπτυξη

<sup>18</sup> Αντώνιος Β. Δαμασκηνός, Μαθήματα Φυσικής Πειραματικής προς χρήσιν Ελληνικών Σχολείων και Παρθεναγωγείων, εκδ. Τυπογραφείο: Φιλοκαλίας, 2η έκδοση, Αθήνα 1875, σ.75.

<sup>19</sup> ό.π. σ.79.



ηλεκτρισμού δια της επαφής μετάλλων, βρίσκεται μια περιγραφή της λειτουργίας της βολταϊκής στήλης:

Ονομάζονται στήλαι συσκευαί διαφόρων σχημάτων, κατάλληλοι εις το να αναπτύσσωσιν ηλεκτρισμόν δια της επαφής των μετάλλων ή δυνάμει χημικών ενεργειών. Τα δύο άκρα της στήλης, εις τα οποία η τάσις του ηλεκτρισμού είναι μεγαλειτέρα, ονομάζονται πόλοι. Τα μεταλλικά σύρματα τα οποία είναι προσδεδεμένα, το μεν εις τον θετικόν, το δε εις τον αρνητικόν πόλον, και δια των οποίων διέρχονται η ρέουσι τα ηλεκτρικά ρεύματα, καλούνται ρευματαγωγοί, και κατασκευάζονται συνήθως εκ χαλκού. Η πρώτη και απλουστέρα συσκευή του είδους τούτου ωνομάσθη στήλη ή βολταϊκή στήλη εκ του ονόματος του ανακαλυψάντος αυτήν<sup>20</sup>.

Σε αυτό το παράδειγμα η ηλεκτρική στήλη λειτουργεί ως πηγή, τα άκρα της οποίας, όταν συνδέονται με χάλκινα σύρματα διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Δίνεται κατά αυτόν τον τρόπο στον αναγνώστη μια πρώτη εικόνα ενός κυκλώματος συνεχούς ρεύματος. Σε επόμενη παράγραφο ο συγγραφέας αναφέρει τα αποτελέσματα των ηλεκτρικών στηλών:

Δια των ηλεκτρικών ρευμάτων, τα οποία γενώσιν αι στήλαι, παράγονται πολυάριθμα αποτελέσματα, των οποίων τινά έλαβον θαυμασιωτάτας εφαρμογάς, ως το ηλεκτρικόν φως η ο δι' ηλεκτρισμού φωτισμός, προ πάντων δε η γαλβανοπλαστική τέχνη (...)<sup>21</sup>.

Πρόκειται για σύγγραμμα το οποίο προορίζεται για μαθητές δημοτικού, στο οποίο ο συγγραφέας δεν προχωρά σε λεπτομερή αναφορά της χρήσης του ηλεκτρικού ρεύματος για φωτισμό. Αναφέρεται όμως, στην περιγραφή άλλου είδους εφαρμογών του συνεχούς

<sup>20</sup> G. Belezze, μτφρ. Μάξιμος Δ. Δασκαλάκης, Μικρά φυσική προς χρήσιν των Δημοτικών Σχολείων αρρένων και κορασίων, εκδ. Σ. Κ. Βλαστός, 2η έκδοση, Αθήνα 1880, σ.81-82.

<sup>21</sup> ό.π. σ.83.

ρεύματος, όπως στη γαλβανοπλαστική<sup>22</sup> και στους τηλεγράφους. Όσον αφορά τους τηλεγράφους αναφέρει:

Οι ηλεκτρικοί τηλεγράφοι οι οποίοι αποτελούσι μίαν των θαυμασιωτέρων εφαρμογών του ηλεκτρομαγνητισμού, είναι συσκευαί χρησιμεύουσαι εις την μακρόθεν εντός ολίγων λεπτών της ώρας διαβίβασιν της διανοίας δια μέσου μεταλλικών συρμάτων διευθυνομένων από μιας στήλης εις ένα ηλεκτρομαγνήτην<sup>23</sup>.

Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον ηλεκτρικό φωτισμό συναντάμε στο σύγγραμμα του Παναγιώτη Σ. Κονδύλη, με τίτλο «Φυσιογνωσία ήτοι στοιχειώδεις γνώσεις Φυσικής, Χημείας και Κοσμογραφίας προς χρήσιν των μαθητών της Γ΄ τάξεως Ελληνικών Σχολείων», το οποίο απευθύνεται σε μαθητές της τρίτης τάξης των ελληνικών σχολείων.

Του ηλεκτρικού φωτός χρήσις γίνεται προς φωτισμόν εργοστασίων, πλοίων, οικιών και εν πολέμω προς κατασκόπευσιν η προς ανταπόκρισιν εν ώρα νυκτός. Αλλ' όμως ο ηλεκτρισμός αναπτύσσεται ουχί δια των ηλεκτρικών στηλών, αλλά δια των καλούμενων ηλεκτροφωτιστικών μηχανών, αι δε δι' αυτού τροφοτούμεναι λυχνίαί είνε δύο ειδών· λυχνίαί τοξοειδείς και λυχνίαί δια πυρώσεως<sup>24</sup>.

Ο συγγραφέας αφενός κάνει λόγο για την χρήση του ηλεκτρισμού στον φωτισμό, αφετέρου ξεκαθαρίζει ότι τα δύο είδη λαμπτήρων (βολταϊκού τόξου και πυρακτώσεως), τροφοδοτούνται από ηλεκτρικές μηχανές και όχι πια από απλές ηλεκτρικές στήλες χωρίς να δίνεται μια αναλυτικότερη επεξήγηση επ' αυτού . Ο συγγραφέας σε συνέχεια των

<sup>22</sup> Πρόκειται για την τέχνη, όπως την αποκαλεί και ο G. Belezze (1878), επιμετάλλωσης αντικειμένων με την χρήση συνεχούς ρεύματος. Στις αρχές του 20ου αιώνα, όταν πλέον έχουμε και την εμφάνιση του εναλλασσόμενου ρεύματος στα σχολικά, η χρήση του συνεχούς στην γαλβανοπλαστική προβάλλεται ως ένα από τα συγκριτικά του πλεονεκτήματα έναντι του εναλλασσόμενου.

<sup>23</sup> ό.π. σ.85.

<sup>24</sup> Παναγιώτης Σ. Κονδύλης, Φυσιογνωσία ήτοι στοιχειώδεις γνώσεις Φυσικής, Χημείας και Κοσμογραφίας προς χρήσιν των μαθητών της Γ΄ τάξεως Ελληνικών Σχολείων, εκδότης: Γιώργος Κασδόνης, 2η έκδοση, Αθήνα 1891. σ.137.

προηγούμενων παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού φωτισμού σε σχέση με το φωταέριο<sup>25</sup>.

Τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρικού φωτισμού είναι πολύ ανώτερα του δια φωταερίου. Το φως έχει σχεδόν την αυτήν σύνθεσιν μετά του ηλίου· η δι' αυτού αναπτυσσομένη θερμότης είναι, ασυγκρίτως λόγω μικροτέρα της δια του φωταερίου, προς δε δεν παρέχει ως εκείνο οσμίν· αλλ' όμως δεν έχει μονιμότητα ένεκα της ανωμαλίας των ηλεκτρομηχανών και της μη ομοιογενείας των ανθράκων των λυχνιών. Αλλ' αι ελλείψεις αυται ελαττούνται καθ εκάστην επαισθητός, προς δε τούτοις ο ηλεκτρικός φωτισμός είναι πολύ οικονομικώτερος του δια φωταερίου, προκειμένου περι φωτισμού μεγάλων εργοστασίων ή μεγίστων αιθουσών<sup>26</sup>

Κλείνοντας με την παραπάνω παράγραφο, έχει αξία να σημειωθεί το γεγονός ότι το συγκεκριμένο εγχειρίδιο γράφεται σε μια στιγμή που στην Ελλάδα προχωρούν οι πρώτες διαδικασίες για αντικατάσταση μέρους της παραγωγής φωταερίου με μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνεχούς ρεύματος.

Ο συγγραφέας, παρακολουθώντας της εξελίξεις της εποχής του, τονίζει τα «πολύ ανώτερα» προτερήματα που διαθέτει η χρήση του ηλεκτρισμού για φωτισμό απέναντι στο φωταέριο, ενώ ταυτόχρονα επισημαίνει ορισμένες από τις ελλείψεις σε αυτόν τον τομέα, που προκύπτουν είτε από την μη εύρυθμη λειτουργία των ηλεκτρομηχανών, είτε από την ανομοιογένεια των ραβδών άνθρακα του βολταϊκού τόξου. Κάποιες ακόμα τεχνικές ελλείψεις του ηλεκτρικού φωτισμού αναφέρονται σε παλαιότερο σχολικό βοήθημα με τίτλο «Στοιχεία

<sup>25</sup> Πρόκειται για μια αντιπαράθεση που προηγήθηκε ιστορικά αυτής του συνεχούς με το εναλλασσόμενο. Όπως αναφέραμε και εισαγωγικά οι δύο αντιμαχόμενες πλευρές ήταν το συνεχές ρεύμα με το φωταέριο. Το συνεχές ρεύμα εμφανίζεται αρχικά ως η πιο «προηγμένη» τεχνολογία για φωτισμό και οι υποστηρικτές του θεωρήθηκαν «προοδευτικοί» σε αντίθεση με τους υποστηρικτές του φωταερίου που εκπροσωπούσαν την πιο «συντηρητική» πλευρά.

<sup>26</sup> Κονδύλης, Φυσιογνωσία ήτοι στοιχειώδεις γνώσεις Φυσικής, Χημείας και Κοσμογραφίας προς χρήσιν των μαθητών της Γ' τάξεως Ελληνικών Σχολείων, εκδότης: Γιώργος Κασδόνης, 2η έκδοση, Αθήνα 1891, σ.137-138.

πειραματικής Φυσικής ερασιθέντα εκ διαφόρων πηγών», του Ανδρέα Σπαθάρη (1886), το οποίο απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς:

Προς ανάλαμψιν του ηλεκτρικού φωτός, όπερ από τινός ήρξατο αμιλλώμενον προς το φωταέριον τον φωτισμόν δημοσίων οδών και πλατειών και εργοστασίων και αγορών κ.τ.λ χρησιμεύουσι μαγνητοηλεκτρικά μηχαναί νεωτέρας κατασκευής· αλλ' έδει πρόσ καταγωνισμόν του δι' αερίου φωτισμού υπό του ηλεκτρικού ίνα προ παντός λυθή το ζήτημα πως αν η δυνατή η παρεμβολή πολλών ηλεκτρικών λύχνων εις του κυκλώματος και μάλιστα ασυναρτήτως απ' αλλήλων, όπως παν υπο του τόξου λύχνου τινός προερχόμενον παρασάλευμα του ρεύματος μη τaráσση και των λοιπών φλέξιν. Το ζήτημα τούτο ελύθη εν έτει 1879 δια της σχίσεως του ρεύματος, δι' ής οι λύχνοι ου μόνον απ' αλλήλων εμονώθησαν αλλά και από του πρωτεύοντος σύρματος κατά το δυνατόν απηλλάγησαν<sup>27</sup>.

Κατά τον Α. Σπαθάρη ένα δυσεπίλυτο ζήτημα που είχε ως τότε να αντιμετωπίσει το τεχνολογικό σύστημα του ηλεκτρικού φωτισμού ήταν η κατάλληλη συνδεσμολογία των λαμπτήρων, καθώς και η μόνωση αυτών ώστε να μην προκαλούνται επιπλοκές στο κύκλωμα, πράγμα το οποίο επιλύεται τεχνικά το 1879, όπως μας πληροφορεί ο συγγραφέας. Πρόκειται εδώ για δυσχέρειες που αντιμετωπίζει κατά την ανάδυση του, το νέο τεχνολογικού σύστημα, παρά για μειονεκτήματα που θα απειλούσαν την πρωτοκαθεδρία του απέναντι στο φωταέριο.

Πως όμως οριστικοποιείται από τους συγγραφείς των εγχειριδίων Φυσικής, η υπεροχή του ηλεκτρικού ρεύματος; Τι είναι αυτό που συνηγορεί στο ότι θα πρέπει να υιοθετηθεί το νέο σύστημα φωτισμού παρά τις τότε ελλείψεις του; Το ένα σκέλος της απάντησης που δίνεται είναι ότι δεν εκλύονται μεγάλα ποσά θερμότητας κατά τη χρήση του ηλεκτρικού ρεύματος ή

---

<sup>27</sup> Ανδρέας Σπαθάρης, Στοιχεία πειραματικής Φυσικής ερασιθέντα εκ διαφόρων πηγών, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, Αθήνα 1886, σ.380.

ότι το ίδιο είναι άοσμο. Το άλλο σκέλος το οποίο φαίνεται να αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα, είναι ποιο από τα δύο συστήματα καθίσταται οικονομικότερο. Εν προκειμένω, οικονομικότερο για φωτισμό μεγάλων εργοστασίων ή μεγάλων αιθουσών. Αντίστοιχο επιχείρημα συναντάμε σε ένα από τα παλαιότερα συγγράμματα της συλλογής, όταν η τότε αντιπαράθεση για την παραγωγή φωτός γινόταν ανάμεσα στην καύση ελαίου ελιάς ή πετρελαίου. Τότε και πάλι η αιτιολόγηση περιοριζόταν στο ποιο από τα δύο είναι οικονομικότερο<sup>28</sup>.

Βέβαια, για την Ελλάδα της τελευταίας δεκαετίας του 19<sup>ου</sup> αιώνα, που ακόμα σημειώνονται τα πρώτα βήματα στον εξηλεκτισμό το ποιο από τα δύο είναι οικονομικότερο, ηλεκτρικός φωτισμός ή φωταέριο, παραμένει ανοικτό σε μια συζήτηση που κανονικά θα όφειλε να περικλύει μια σειρά από παράγοντες, όπως: α) τι μέρος της κοινωνίας έχει πραγματικά πρόσβαση στη νέα αυτή τεχνολογία και τι μέρος είναι αυτό που αποκλείεται, β) ποιες είναι οι ενεργειακές πηγές της χώρας, πως αυτές δύναται να αξιοποιηθούν για ηλεκτροπαραγωγή και με τι κόστος, γ) πως διαμορφώνουν την τιμή του ρεύματος οι ιδιωτικές συμβάσεις που υπογράφει το ελληνικό κράτος με ξένες εταιρίες που μονοπωλούν εκείνη την περίοδο την ηλεκτροδότηση.

Ανατρέχοντας στα ιστορικά δεδομένα, παρατηρούμε ότι το σύστημα φωτισμού στη χώρα παραμένει μεικτό (φωταέριο – ηλεκτρικό φως) ακόμη και για δεκαετίες αργότερα. Για τον Κονδύλη παρ' όλα αυτά, δεν φαίνεται να αποτελεί ερώτημα το ποιο από τα δύο είναι οικονομικότερο. Επηρεασμένος ίσως από το κλίμα τεχνολογικής «προόδου» που συνόδευσε την έλευση του συστήματος συνεχούς, το θεωρεί a priori οικονομικότερο του φωταερίου. Αξίζει να επιμείνει κανείς στο συγκεκριμένο σημείο πρόσκρουσης των δύο αυτών τεχνολογιών, που προηγήθηκε της διαμάχης μεταξύ συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος,

---

<sup>28</sup> Garrigues, M. Boutet de Monvel, μτφρ. Μιχαήλ Π. Λάμπρου, *Εγχειρίδιον στοιχειωδών γνώσεων εκ των επιστημών, των τεχνών και της βιομηχανίας, εκ του γαλλικού διασκευασθέν εν πολλοίς μετά προσθηκών, προς χρήσιν των παρ' ημίν Προκαταρκτικών σχολείων*, εκδ. Αδελφοί Περρή, Αθήνα 1872, σ.242.

καθώς είναι ενδεικτικό του τρόπου με τον οποίο μια νέα τεχνολογία αποτυπώνεται, ως κυρίαρχη, μέσα από τις γραμμές των σχολικών βιβλίων, χωρίς να λαμβάνεται υπόψιν το κοινωνικό πλαίσιο εντός του οποίου διαμορφώθηκαν αυτές οι αλλαγές. Την ίδια στιγμή μας βοηθά να αντιληφθούμε πως με την απόρριψη του προηγούμενου τεχνολογικού παραδείγματος εγκαινιάζεται στα σχολικά μια νέα «αντικειμενικότητα» που σταδιακά μετουσιώνεται σε φυσική πραγματικότητα.

## 2) Συγκρίσεις τεχνικών στην χρήση του συνεχούς ρεύματος

Στο σύγγραμμα με τίτλο «Στοιχεία Φυσικής Πειραματικής προς χρήσιν των Γυμνασίων και Διδασκαλείων», του Νικόλαου Κ. Γερμανού (1892), το οποίο εκδίδεται ένα χρόνο αργότερα από αυτό του Κονδύλη, το σύστημα ηλεκτρικού φωτισμού φαίνεται να μην έχει πλέον ανταγωνιστή. Προβάλλεται ως εδραιωμένη και αδιαφιλονίκητη τεχνολογία χωρίς να προκύπτει κάποια ανάγκη παράθεσης και επεξήγησης των χαρακτηριστικών εκείνων που επέτρεψαν στον ηλεκτρικό φωτισμό να διατηρεί μια πλεονεκτική θέση έναντι των υπόλοιπων συστημάτων. Στη παράγραφο 84 του κεφαλαίου «φωτισμός δι' ηλεκτρικού φωτός» διαβάζουμε χαρακτηριστικά: «Του ηλεκτρικού φωτός γίνεται σήμερα μέγιστη εφαρμογή εις πάσας τας χρήσεις, εις ας μέχρι τούδε μεταχειριζόμεθα το έλαιον, πετρέλαιον, αερίοφως κλπ πλεονεκτεί δε πάντων τούτων λίαν σημαντικώς»<sup>29</sup>.

Κλείνει έτσι ένας πρώτος κύκλος που αφορούσε την επικράτηση του ηλεκτρικού φωτισμού πάνω σε προγενέστερες τεχνολογίες. Τώρα περνάμε σε μια μεταβατική περίοδο για το συνεχές, στη διάρκεια της οποίας εξετάζονται τρόποι για την περαιτέρω βελτίωση παραγωγής και χρήσης του. Σημαντικό ρόλο σε αυτό θα παίξουν, σύμφωνα πάντα με την αφήγηση των σχολικών συγγραμμάτων, οι ηλεκτρομηχανές και ο νέος τύπος λαμπτήρα του Edison. Αυτή η περίοδος για τα σχολικά εγχειρίδια θα διαρκέσει τουλάχιστον έως τις αρχές του 20ου αιώνα. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να αποσαφηνιστεί πως ό,τι γράφεται στα σχολικά εγχειρίδια, δεν συμβαδίζει πάντοτε χρονικά με την στιγμή κατά την οποία ανακλύπουν οι διάφορες επιστημονικοτεχνικές καινοτομίες. Συνεπώς αυτή η ανακολουθία καθιστά τον ιστορικό χρόνο διακριτό από τον χρόνο στον οποίο αναφερόμαστε, όταν μιλάμε για μεταβατική περίοδο για το συνεχές ρεύμα. Για παράδειγμα την στιγμή που στα βιβλία του 1890-1900 οι συγγραφείς καταπιάνονται με το τι είδους γεννήτρια είναι τεχνικά αρτιότερη για

---

<sup>29</sup> Νικόλαος Κ. Γερμανός, Στοιχεία Φυσικής Πειραματικής προς χρήσιν των Γυμνασίων και Διδασκαλείων, εκδ. Γεώργιος Δ. Φέξης, Αθήνα 1892, σ.111.

την παραγωγή συνεχούς, στις ΗΠΑ έχει ήδη ξεσπάσει ο «πόλεμος των ρευμάτων» από το 1888. Με τα παραπάνω υπόψιν επανερχόμαστε στο σύγγραμμα του Ν. Κ. Γερμανού (1892), στο οποίο υπάρχει μια προσθήκη σε σχέση με προηγούμενα συγγράμματα που μελετήθηκαν από τη συλλογή. Βρίσκεται στο κεφάλαιο με τίτλο «Εφαρμογαί του ηλεκτρομαγνητισμού και της επαγωγής» και έχει να κάνει με τη χρήση των ηλεκτρομηχανών (μαγνητοηλεκτρικών ή δυναμοηλεκτρικών) στη παραγωγή συνεχούς ρεύματος. Στην παράγραφο 92, στην οποία ο συγγραφέας εξηγεί την παραγωγή εξ επαγωγής ρεύματος στα πηνία της ηλεκτρομηχανής του Clarke, αναφέρονται τα παρακάτω:

Στρεφομένων των πηνίων ενώπιον των πόλων του μαγνήτου, παράγονται επί του αγωγού αυτών ηλεκτρικά ρεύματα εξ επαγωγής, τα οποία είνε μαγνητοηλεκτρικά προερχόμενα εκ δύο αιτιών (...). Τα εκ των δύο τούτων αιτιών, προερχόμενα ρεύματα εξ επαγωγής είνε διαδοχικώς παλίνδρομα, έχει δηλονότι έκαστον επόμενον φοράν αντίθετον της του προηγουμένου. Αλλά διαβιβαζόμενα δια του μεταγωγού ογ [sic] μεταβάλλονται εις ρεύμα συνεχές της αυτής πάντοτε φοράς, όπως και το ρεύμα στήλης, εις παραγωγήν φυσιολογικών, θερμαντικών, χημικών κλπ αποτελεσμάτων. Αι δύο αυταί μηχαναί ως και αι παρόμοιαι αυταίς καλούνται μαγνητο – ηλεκτρικαί, διότι, ως είδομεν παράγουσι ρεύμα δι’ επιδράσεως μονίμων μαγνητών. Βραδύτερον επινοήθησαν αι δυναμοηλεκτρικαι μηχαναι, εις ας η μετατροπή της κινούσης δυνάμεως εις ηλεκτρισμόν γίνεται τη βοθηεία ηλεκτρομαγνητών. Πλύθυσ τοιούτων μηχανών διαφόρων συστημάτων κατασκευάσθησαν, μεταξύ τω οποίων είνε η του Gramme, η του Siemens, η του Edison κλπ. Και δι’ αυτών σήμερον παρέχεται το ηλεκτρικόν ρεύμα το χρησιμοποιούμενον προς παραγωγήν ηλεκτρικού φωτός, προς κίνησιν μηχανημάτων εργοστασίων κλπ<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup> ό.π. σ.121-122.



Μπορούμε με βάση τα παραπάνω, να συμπεράνουμε ότι κατά τη λειτουργία της μηχανής μόνιμου μαγνήτη που παρουσιάζεται από τον συγγραφέα, έχουμε εναλλαγή της πολικότητας της τάσης που επάγεται στο πηνίο, με αποτέλεσμα την παραγωγή εναλλασσόμενου ρεύματος το οποίο όμως στη συνέχεια μετατρέπεται σε συνεχές μέσω του μεταγωγού. Διαπιστώνουμε στη συνέχεια πως δεν δίνεται καμία πληροφορία για το εναλλασσόμενο ρεύμα, αντιθέτως το συνεχές φαντάζει να είναι η μόνη πιθανή εκδοχή ρεύματος που δύναται να παραχθεί από τη μηχανή και είναι κατάλληλο προς χρήση.

Το ενδιαφέρον σε αυτή την περίπτωση έγκειται στο ότι το 1892 που εκδίδεται το εν λόγω σύγγραμμα είναι η χρονιά που για τους ιστορικούς της επιστήμης τελείωσε «ο πόλεμος των ρευμάτων στις ΗΠΑ» με το εναλλασσόμενο μάλιστα να αναδεικνύεται σε νικητή. Βέβαια τα επεισόδια που διαδραματίστηκαν κατά την κορύφωση αυτής της διαμάχης, μέσα σε ένα περιβάλλον που ως προς τη μια του έκφανση είχε έντονο το στοιχείο των συγκρουόμενων οικονομικών συμφερόντων των δύο εταιριών και ως προς την άλλη το στοιχείο των διαδικασιών πειθούς – που στόχευαν στο να καλλιεργήσουν το προφίλ του επωφελέστερου και αποδοτικότερου ρεύματος – εξακολουθούν να ταλανίζουν ακόμα τον επιστημονικό και τεχνικό κόσμο στην Ελλάδα. Ας μην ξεχνάμε ότι ο απόηχος του πολέμου των ρευμάτων στις ΗΠΑ θα φτάσει στην Ελλάδα περίπου τριάντα χρόνια αργότερα.

Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε, δανειζόμενοι το κουνιανό σχήμα (χωρίς την ίδια στιγμή να παραπέμπουμε στην έννοια της επιστημονικής επανάστασης), ότι το «παράδειγμα» του πολυφασικού κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος δεν έχει ακόμα οδηγήσει σε μια «κρίση» εντός της επιστημονικής κοινότητας των Ελλήνων φυσικών και μηχανικών ώστε διαταράξει την περίοδο της «κανονικής επιστήμης». Έτσι το συνεχές εξακολουθεί να κατέχει πρωταγωνιστικό ρόλο – τουλάχιστον για τα δεδομένα της χώρας – επομένως είναι λογικό τα συγγράμματα να μην έχουν ενσωματώσει κεφάλαια σχετικά με το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Ας επανέλθουμε όμως στο σύγγραμμα του Ν. Γερμανού και στη σύγκριση που ο ίδιος θέτει μεταξύ των ηλεκτρικών στήλων και των ηλεκτρομηχανών:

Ως μηχανή δε παραγωγική του ηλεκτρισμού δύναται, ως είδομεν, να χρησιμεύση η στήλη του Bunsen, αποτελούμενη εξ αριθμού επαρκούς στοιχείων, αναλόγου προς την έντασιν ήν θέλομεν να έχη το παραγόμενον φως. Σήμερον όμως μετά την ανακάλυψιν των δυναμοηλεκτρικών μηχανών, σπανίως μεταχειρίζονται στήλας, διότι αυτά και μάλλον δαπανηρά εισί και πολλά τα ελαττωματικά παρουσιάζουσιν εις την χρήσιν<sup>31</sup>.

Το κλίμα της δεύτερης φάσης της βιομηχανικής επανάστασης στο επίκεντρο της οποίας βρισκόταν η ηλεκτρομηχανή, κάθε άλλο παρά αφήνει ανεπηρέαστο τον συγγραφέα στο κείμενο του οποίου αντανακλάται η πεποίθηση ότι η ανακάλυψη των μηχανών ήρθε να αντικαταστήσει τις στήλες που μέχρι πρότινος χρησιμοποιούνταν ως ηλεκτρικές πηγές συνεχούς ρεύματος. «Δαπανηρή» και «ελαττωματική» ως προς την χρήση χαρακτηρίζεται η στήλη, αποκομμένη βέβαια από το είδος της χρήσης για το οποίο προοριζόταν καθώς και από το δίκτυο στο οποίο η ίδια εντασσόταν. Σε ένα τοπίο εκβιομηχάνισης της παραγωγής, οι στήλες, που περισσότερο θα παρέπεμπαν σε μικρής κλίμακας οικιακή χρήση, φαίνεται να μην έχουν πια θέση στην εποχή του συγγραφέα.

Συμπληρωματικά σε αυτή την ενότητα, θα μπορούσαμε να αναφερθούμε στα δύο είδη λαμπτήρων που τροφοδοτούνται από το συνεχές ρεύμα. Στο μέχρι πρότινος μοναδικό είδος λαμπτήρα που περιγραφόταν στα σχολικά εγχειρίδια (βολταϊκό τόξο), έρχεται το 1892 να προστεθεί η λυχνία του Edison. Παρατηρούμε πως απλώς παρατίθεται σαν ένα ακόμα είδος λαμπτήρα ο οποίος δεν παύει να συνοδεύεται από τα δικά του προβλήματα και όχι σαν κάποια ιδιαίτερη καινοτομία. Αρχικά παρουσιάζεται αποτελούμενος από σύρμα λευκόχρυσου το οποίο στην πορεία, σε μια προσπάθεια βελτίωσής του, αντικαθίσταται από απανθρακωμένη ίνα bamboo.

---

<sup>31</sup> ό.π. σ.112.

Στο σύγγραμμα του Τιμ. Α. Αργυρόπουλου (1895), με τον ογκώδη τίτλο «Στοιχεία Φυσικής εγκριθέντα εν τω των διδακτικών βιβλίων διαγωνισμών όπως εισαχθώσιν επί τριετίαν ως μόνον διδακτικών βιβλίων δια τους μαθητάς των Γυμνασίων, κατά τους ΑΜΒ΄ ΑΧΙ ΚΑΙ ΒΡΑ νόμους», εντοπίζουμε μια αντίστοιχη σύγκριση μεταξύ των δύο:

Ο λύχνος ούτος του Edison, όστις εκπέμπει φως σταθερότερον του δια βολταϊκού τόξου παραγομένου, χρησιμοποιείται ιδίως εις τον εσωτερικόν φωτισμόν των οικοδομημάτων, επιτρέπει δε την διανομήν του φωτός εις διάφορα σημεία αιθούσης τινός, η προς φωτισμόν γινομένη τότε δαπάνη είνε πολλώ μείζων της απαιτουμένης δι' εν μόνον βολταϊκόν τόξον ίσης λαμπρότητος<sup>32</sup>.

Σε προηγούμενο σημείο για το βολταϊκό τόξο αναφέρει: «Του ηλεκτρικού φωτός υπό μορφήν βολταϊκού τόξου γίνεται χρήσις προς φωτισμόν πόλεων, μεγάλων εργαστηρίων και εν τω στρατω και ναυτικω δια τας κατοπτεύσεις του εχθρού»<sup>33</sup>.

Το βολταϊκό τόξο υστερεί στη σταθερότητα του φωτός που εκπέμπει, συγκριτικά με τον λαμπτήρα πυρακτώσεως του Edison. Την ίδια στιγμή, κατά τα λεγόμενα του συγγραφέα, είναι οικονομικότερο και επιλέγεται για τον φωτισμό πόλεων, μεγάλων εργαστηρίων, αιθουσών κλπ., ενώ ο λαμπτήρας πυρακτώσεως φαίνεται να προορίζεται περισσότερο για οικιακή χρήση. Σε επόμενο εγχειρίδιο του με τίτλο «Στοιχεία φυσικής βραβευθέντα εν τω διαγωνισμώ των διδακτικών βιβλίων», ο Τιμ. Α. Αργυρόπουλος (1899), προσθέτει ένα ακόμα στοιχείο για τον λαμπτήρα του Edison: «Μέγιστον πλεονέκτημα των λύχνων τούτων είνε ότι δεν φθείρουσι τον αέρα»<sup>34</sup>.

<sup>32</sup> Τιμολέων Α. Αργυρόπουλος, *Στοιχεία Φυσικής εγκριθέντα εν τω των διδακτικών βιβλίων διαγωνισμών όπως εισαχθώσιν επί τριετίαν ως μόνον διδακτικών βιβλίων δια τους μαθητάς των Γυμνασίων, κατά τους ΑΜΒ΄ ΑΧΙ ΚΑΙ ΒΡΑ νόμους*, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, 2<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα 1895, σ.233.

<sup>33</sup> ό.π. σ.232.

<sup>34</sup> Αργυρόπουλος, *Στοιχεία φυσικής βραβευθέντα εν τω διαγωνισμώ των διδακτικών βιβλίων*, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, 3η έκδοση, Αθήνα 1899, σ.285.

Σε μεταγενέστερα συγγράμματα όμως, όπως αυτό του Β. Αιγινήτη γραμμένο το 1914, η λυχνία του Edison αναφέρεται ως πεπερασμένη τεχνολογία την θέση της οποίας έρχεται να καλύψει ο μεταλλικός λαμπτήρας με νήμα τανταλίου ή οσμίου ο οποίος θεωρείται πολύ οικονομικότερος<sup>35</sup>.

Τέλος στα συγγράμματα του Παναγιώτη Γ. Τσιλήθρα για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση και του Σπύρου Παπανικολάου για την πρωτοβάθμια, που εκδίδονται το 1905 και 1906 αντίστοιχα, παρά το ότι γίνεται αναφορά στις διάφορες εφαρμογές του ηλεκτρομαγνητισμού σε συσκευές όπως π.χ τηλέγραφοι Morse, ηλεκτρικά κουδούνια, τηλέφωνα δεν δίνεται κάποια πληροφορία σχετικά με τον αν οι συσκευές αυτές μπορούν να τροφοδοτηθούν από εναλλασσόμενο.

---

<sup>35</sup> Βασίλειος Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β΄ δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914, σ.115.

### 3) Μεταστροφή από το συνεχές στο εναλλασσόμενο ρεύμα στα σχολικά συγγράμματα

Στα συγγράμματα της ιστορικής συλλογής που εξετάσαμε μεταξύ 1860-1906, αφήνεται να εννοηθεί, αν δεν διατυπώνεται ρητά, πως το ρεύμα το οποίο παράγεται από τις ηλεκτρομηχανές, ή τροφοδοτεί τους λαμπτήρες ή θέτει σε λειτουργία τις διάφορες ηλεκτρικές συσκευές δεν είναι άλλο από το συνεχές ρεύμα. Το πρώτο σύγγραμμα εντός του οποίου συμπεριλαμβάνεται το εναλλασσόμενο, καθώς και διάφορες εφαρμογές αυτού, ανήκει στο Βασίλειο Αιγινήτη το οποίο εκδίδεται το 1914. Από το 1906 έως το 1914 σε κανένα από τα σχολικά συγγράμματα που περιέχουν ενότητες για τον ηλεκτρισμό δεν αναφέρεται καν η ύπαρξη του εναλλασσόμενου. Στο σύγγραμμα όμως του Αιγινήτη του 1914, το εναλλασσόμενο όχι μόνο παρουσιάζεται εκτενώς, αλλά προβάλλονται και σημεία «υπεροχής» του ως προς το συνεχές ρεύμα. Συντελείται με αυτό τον τρόπο μια μεταβολή στη μετέπειτα πορεία της διδασκαλίας του ηλεκτρισμού στα πλαίσια της σχολικής φυσικής. Στόχος σε αυτό το μέρος της εργασίας είναι να αναδειχθεί ο τρόπος με τον οποίο αρθρώνεται και εν τέλει υιοθετείται η υπεροχή του εναλλασσόμενου ρεύματος μέσα από τον επιστημονικό λόγο, κυρίως μέσα από τη σύγκρισή του με το συνεχές ρεύμα.

Ο συγγραφέας αρχικά αναπτύσσει τη λειτουργία των ηλεκτρομηχανών συνεχούς ρεύματος. Διαβάζουμε χαρακτηριστικά:

«Ηλεκτρομηχαναί. – Επι τη βάσει των φαινομένων της επαγωγής κατασκευάσθησαν πηγαί ηλεκτρισμού καλούμεναι ηλεκτρομηχαναί. Και αν μεν η επαγωγή γίνεται δια μαγνητών, ονομάζονται μαγνητοηλεκτρικαί, αν δε δι' ηλεκτρομαγνητώδυναμοηλεκτρικαί»<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β' δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914, σ.128.

Διακρίνει, λοιπόν, δύο είδη ηλεκτρομηχανών. Τις μαγνητοηλεκτρικές μηχανές, για τις οποίες σημειώνει μάλιστα ότι δεν είναι πλέον σε χρήση και τις δυναμοηλεκτρικές μηχανές. Για τις μαγνητοηλεκτρικές δίνει μια λεπτομερή περιγραφή των εξαρτημάτων από τα οποία αποτελείται τα κυριότερα εκ των οποίων είναι ο πεταλοειδής μαγνήτης, ο συλλέκτης και ο δακτύλιος. Πιο συγκεκριμένα αναφέρει:

Μαγνητοηλεκτρική μηχανή. – Αποτελείται κυρίως εξ ισχυρού πεταλοειδούς μαγνήτου L, μεταξύ των δύο πόλων του οποίου δύναται να στραφή περί άγωνα σύστημα εξ αγωγών. Το σύστημα τούτο σύγκειται εκ δακτυλίου B εκ μαλακού σιδήρου περί τον οποίον περιτυλίσσεται αγωγός ούτως, ώστε να σχηματισθή αριθμός τις αλληπαλλήλων πηνίων A1, A2, ... εχόντων διακεκομμένα τα δύο άκρα T1, T2, ... του σύρματος των. Τα άκρα ταύτα προσκολλώνται επί δύο χάλκινων πλακιδίων r1, r2, εστερεωμένων παραλλήλως επί της επιφανείας κυλίνδρου εκ δυσηλεκτραγωγού σώματος, ίνα είναι μεμονωμένα. Το σύνολον των χαλκίνων πλακιδίων μετά της απομονωτικής ουσίας αποτελεί τον καλούμενον συλλέκτην<sup>37</sup>.

Ολοκληρώνει την περιγραφή του για τις μαγνητοηλεκτρικές μηχανές με τα παρακάτω: «Προς παραγωγήν του ηλεκτρικού ρεύματος αρκεί να τεθή εις περιστροφικήν κίνησιν ο δακτύλιος μετά των πηνίων. Εντός τούτων γεννάται τότε ρεύμα εξ επαγωγής, το οποίον δια των τεμαχίων εξ άνθρακος διαρρέει τον αγωγόν»<sup>38</sup>.

Συνεχίζει με τις δυναμοηλεκτρικές μηχανές για τις οποίες αναφέρει :

Εις ταύτην αντι του μαγνήτου υφίσταται ηλεκτρομαγνήτης, μεταξύ των πόλων του οποίου περιστρέφεται δακτύλιος όμοιος π. χ. προς τον προηγουμένως περιγραφθέντα.

<sup>37</sup> Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β΄ δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914, σ.129.

<sup>38</sup> ό.π. σ.129.

(...) Το ρεύμα των μηχανών τούτων χρησιμοποιείται προς φωτισμόν και άλλας εφαρμογάς του ηλεκτρισμού. Οι δακτύλιοι των ηλεκτρομηχανών τίθενται εις περιστροφικήν κίνησην είτε δι' ατμομηχανών είτε χρησιμοποιομένης της δυνάμεως ρεόντων υδάτων (ποταμών, καταρρακτών κλπ.) είτε άλλως<sup>39</sup>.

Ο συγγραφέας όπως είδαμε, επικεντρώνεται στο πως αξιοποιείται το φαινόμενο της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής στην λειτουργία των ηλεκτρομηχανών, χωρίς την ίδια στιγμή να στέκεται στο τι είδους ρεύμα είναι αυτό που παράγουν στην έξοδό τους. Η παρουσία του συλλέκτη, βέβαια, προδίδει ότι πρόκειται για μηχανές συνεχούς, κάτι το οποίο θα αναφερθεί στην συνέχεια και από τον συγγραφέα.

Το απόσπασμα που παραθέτουμε παρακάτω, από την ενότητα με τίτλο «Εναλλασσόμενα ρεύματα. Μεταμορφωταί» είναι καθοριστικής σημασίας, διότι πρόκειται για το μοναδικό σύγγραμμα, από τα όσα έχουμε μελετήσει έως τώρα, στο οποίο υφίσταται διαχωρισμός ανάμεσα σε συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα.

Εν τοις προηγομένοις υπεθέσαμεν, ότι τα ρεύματα ήσαν σταθερά κατ' έντασιν και διεύθυνσιν, ως παράγονται υπό των ηλεκτρικών στηλών. Εκτός όμως των ρευμάτων τούτων δυνάμεθα να παραγάγωμεν και άλλα των οποίων η έντασις και η διεύθυνσις να μεταβάλληται ομοίως εντός του αυτού χρόνου, όστις καλείται περίοδος. Τα ρεύματα ταύτα καλούνται εναλλασσόμενα και παράγονται δι' ιδιαίτερων ηλεκτρομηχανών<sup>40</sup>.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα, όπως μας πληροφορεί ο συγγραφέας, διαφέρει από το συνεχές πρώτον ως προς τον τρόπο με τον οποίο παράγεται και δεύτερον ως προς τις ιδιότητές του. Στη περίπτωση του εναλλασσόμενου, όπως διαβάζουμε και στο παράθεμα, το μέγεθος της

---

<sup>39</sup> Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β' δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914, σ.130.

<sup>40</sup> ό.π. σ.131.

έντασης, καθώς και η διεύθυνση μεταβάλλονται περιοδικά ως προς τον χρόνο, αντιθέτως το συνεχές είναι ρεύμα σταθερής έντασης και διεύθυνσης. Με την χρήση σημερινών όρων θα κάναμε λόγο για προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρικού φορτίου προς μια διεύθυνση αν αναφερόμασταν στο συνεχές, ενώ για το εναλλασσόμενο θα λέγαμε πως το ηλεκτρικό φορτίο εκτελεί ηλεκτρική ταλάντωση. Βέβαια, είτε στη μία είτε στην άλλη εκδοχή του, το ηλεκτρικό ρεύμα, υπό το πρίσμα της φυσικής δεν μπορεί παρά να εκληφθεί ως κίνηση ηλεκτρικού φορτίου. Συνεπώς, οφείλουμε να ξεκαθαρίσουμε σε αυτό το σημείο ότι ουσιοκρατικά, δηλαδή ως προς την ίδια την φύση των ρευμάτων, δεν υφίσταται κάποια διαφοροποίηση ανάμεσα σε συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα. Το ερώτημα όμως, που προκύπτει εύλογα με βάση αυτή τη διαπίστωση, είναι πως φτάνει το εναλλασσόμενο να θεωρείται το καταλληλότερο είδος ρεύματος προς χρήση, ως, εάν, το ίδιο να ήταν εγγενώς αρτιότερο από το συνεχές.

Ιδιαίτερα βοηθητικό θα ήταν να εξετάσουμε πιο αναλυτικά τι αναφέρει ο συγγραφέας για τις μηχανές που παράγουν το ac:

Η κατασκευή των ηλεκτρομηχανών τούτων γίνεται επί τη βάσει της εξής αρχής. Δακτύλιος μέγας σιδηρούς φέρει προεξοχάς B, N, B, N... (δική μου σημείωση: εναλλάξ βόρειος και νότιος μαγνητικός πόλος) εν είδι μεγάλων οδόντων, περίξ των οποίων έχει περιτυλιχθή αγωγός ούτως, ώστε έκαστος οδούς αποτελεί ηλεκτρομαγνήτην. Οι οδόντες απέχουσιν ίσον αλλήλων, ο δε δακτύλιος δύναται να τεθή εις περιστροφικήν κίνησην ομαλήν περί άξονα διερχόμενον δια του κέντρου του. Περί τον δακτύλιον B, N, B, N ..., τοποθετείται μονίμως δεύτερος δακτύλιος σιδηρούς και φέρων εσωτερικώς πηνία Π, Π ..., εις το εσωτερικόν των οποίων εισέρχονται οδόντες του δευτέρου τούτου δακτυλίου. Δια του σύρματος των διαφόρων οδόντων του εσωτερικού δακτυλίου διαβιβάζεται ρεύμα ούτως, ώστε τα άκρα δύο αλληλοδιαδόχων οδόντων να είναι μαγνητικοί πόλοι αντίθετοι. Έάν τότε τεθή εις περιστροφικήν κίνησην ο εσωτερικός



δακτύλιος, οι εναλλάξ αντίθετοι πόλοι Β, Ν, Β, Ν, ... θα διέρχονται προ εκάστου οδόντος του εξωτερικού δακτυλίου και θα μαγνητίζωσιν αυτόν τοιουτοτρόπως, ώστε το εσωτερικόν άκρον του να γίνηται εναλλάξ βόρειος και νότιος πόλος. Ως εκ τούτου εις τους αγωγούς, τους περιβάλλοντας τους οδόντας του εξωτερικού δακτυλίου, θα γεννώνται επίσης ρεύματα οτέ κατά μίαν διεύθυνσιν, οτέ κατά την αντίθετον. Τα ρεύματα ταύτα συλλέγονται δια συλλέκτου και χρησιμεύουσιν επίσης προς φωτισμόν και άλλας ηλεκτρικάς εφαρμογάς<sup>41</sup>.

Εν συνεχεία συμπληρώνονται τα εξής, για τα στοιχεία του εναλλασσόμενου ρεύματος:

Όταν αγωγός διαρρέηται υπό εναλλασσομένου ρεύματος, θερμαίνεται υπο τούτου. Η πραγματική έντασις και η πραγματική ηλεκτρεγερτική δύναμις του εναλλασσομένου ρεύματος είναι ίσαι προς την έντασιν και την ηλεκτρεγερτικήν δύναμιν συνεχούς ρεύματος, το οποίον, διαρρέον τον αυτόν αγωγόν, θα παρήγαγε την αυτήν θέρμασιν τούτου, ήν παράγει και το εναλλασσόμενο ρεύμα<sup>42</sup>.

Συνοψίζοντας τα όσα είδαμε παραπάνω για τις ηλεκτρομηχανές συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, συμπεραίνουμε ότι η κατασκευή τους διαφέρει ελάχιστα. Η εμφάνιση του επαγόμενου ρεύματος στα πηνία επιτυγχάνεται μέσω της περιστροφικής κίνησης που εκτελεί ο δακτύλιος που διαθέτουν και οι δύο μηχανές, με την διαφορά ότι η γεννήτρια συνεχούς ρεύματος διαθέτει επιπλέον τον μηχανισμό του συλλέκτη. Εκ πρώτης όψεως η μηχανή που παράγει το εναλλασσόμενο, από μόνη της δεν φαίνεται να υπερτερεί σε κάτι. Γίνεται επομένως αντιληπτό, ότι για να προσεγγίσουμε το ζήτημα της τεχνολογικής αλλαγής από το συνεχές στο εναλλασσόμενο δεν αρκεί να αντιπαραθέσουμε τα διαφορετικά τμήματα

---

<sup>41</sup> Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β΄ δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914, σ.132.

<sup>42</sup> ό.π. σ.132.

των δύο ηλεκτρομηχανών που τα παράγουν. Χωρίς καμία εικόνα για το πώς διαμορφώθηκε ένα άλλου τύπου ηλεκτρικό δίκτυο ανταγωνιστικό ως προς αυτό του Edison ή εν αγνοία του ρόλου που έπαιξε η έλευση του μετασχηματιστή στον έλεγχο των απωλειών ενέργειας κατά τη μεταβίβαση του ρεύματος, δεν θα ήταν εύκολο να αναγνωρίσουμε, ούτε το γιατί αντιμάχονται οι δύο κύριες πλευρές ούτε γιατί τελικά κυριάρχησε το δίκτυο ac. Για το λόγο αυτό εκθέτουμε ένα επιπλέον απόσπασμα για τους μετασχηματιστές από το σχολικό σύγγραμμα του Β. Αιγινήτη σε μια προσπάθεια να αντλήσουμε ορισμένα δεδομένα που φωτίζουν τεχνικές πτυχές των δύο δικτύων.

Αναφορικά λοιπόν, με τους μετασχηματιστές, ή μετατροπείς όπως τους ονομάζει ο συγγραφέας, διαβάζουμε τα παρακάτω:

Μετατροπείς. - Χαρακτηριστικά στοιχεία ρεύματος τίνος είναι η έντασις και η πίεσις ή τάσις αυτού. Πολλάκις παρίσταται ανάγκη να αλλοιωθούν τα στοιχεία ταύτα ρεύματος τίνος. Οι μετατροπείς είναι όργανα, τα οποία δέχονται εναλλασσόμενον ρεύμα μεγάλης εντάσεως και μικράς πίεσεως (πρωτεύον ρεύμα) και αποδίδουσιν εναλλασσόμενον ρεύμα της αυτής περιόδου, αλλά εντάσεως μικράς και πίεσεως μεγάλης (δευτερεύον ρεύμα) και αντιστρόφως. (...) όταν δια του χονδρού αγωγού διέρχεται εναλλασσόμενον ρεύμα μεγάλης εντάσεως και μικράς τάσεως, επι του λεπτού αγωγού παράγεται εξ επαγωγής εναλλασσόμενον ρεύμα μικράς μεν εντάσεως, αλλά μεγάλης τάσεως. Όσον ο αριθμός των σπειρών του λεπτού σύρματος είναι μεγαλύτερος, τόσον και η έντασις του παραγομένου εν αυτό ρεύματος είναι μικροτέρα και η τάσις του μεγαλυτέρα. Τουναντίον, εάν δια του λεπτού αγωγού διαβιβασθή ρεύμα εναλλασσόμενον μικράς εντάσεως και μεγάλης τάσεως, επι του χονδρού αγωγού παράγεται ρεύμα μεγάλης μεν εντάσεως, αλλά μικράς τάσεως. Αι μεταβολαί αυτάί είναι τοιαύται, ώστε το γινόμενον της της ηλεκτρεγερτικής δυνάμεως επι την έντασιν

του ενός των ρευμάτων δέον να είναι ίσον προς το γινόμενον των αυτών στοιχείων του έτερου ρεύματος. Οι μετατροπείς είναι λίαν χρήσιμοι εις την μεταβίβασιν της ηλεκτρικής ενέργειας εις μεγάλας αποστάσεις. Όταν οι κεντρικοί σταθμοί, εν οίς παράγονται εναλλασσόμενα ρεύματα, είναι π.χ μακράν της πόλεως, εις την οποίαν πέμπονται, παρέχεται εις τα ρεύματα τούτα μεγάλη πίεσης και μικρά έντασις και εις την πόλιν μετατρέπονται εις ρεύματα μικράς πίεσεως και μεγάλης εντάσεως. Τούτο δε γίνεται, διότι τα ρεύματα μικράς εντάσεως και μεγάλης πίεσεως δεν θερμένουσι σχετικώς πολύ τους αγωγούς, δι' ων διέρχονται και τοιουτοτρόπως δεν απόλλυται μεγάλη ποσότης ηλεκτρικής ενέργειας, τούθ' όπερ δεν συμβαίνει δια της μεγάλης εντάσεως των ρευμάτων<sup>43</sup>.

Άξια σχολιασμού σε αυτό το απόσπασμα είναι, πρώτον πως παρουσιάζεται η λειτουργία των μετασχηματιστών και δεύτερον πως προβάλλεται η χρήση του εναλλασσόμενου ρεύματος για τον φωτισμό των πόλεων.

Όσον αφορά τους μετατροπείς ή μετασχηματιστές, σε κάποιον μαθητή που θα μελετούσε τα παραπάνω, θα δινόταν η εντύπωση, ότι προορίζονται αποκλειστικά για εναλλασσόμενο ρεύμα. Αν όμως, κάνουμε μια αναδρομή στην ιστορία των μετασχηματιστών διαπιστώνουμε, ότι ο πρώτος μετασχηματιστής σε ευρεία χρήση ήταν το πηνίο επαγωγής, το οποίο εφηύρε ο Ιρλανδός κληρικός Νίκολας Κάλαν το 1836. Ο ίδιος ήταν από τους πρώτους που συνέλαβε την αρχή πως όσο περισσότερες περιελίξεις έχει το τύλιγμα ενός μετασχηματιστή, τόσο μεγαλύτερη ηλεκτρεγερτική δύναμη παράγει. Τα πηνία επαγωγής δημιουργήθηκαν από την ανάγκη για παροχή υψηλότερων τάσεων από μπαταρίες. Αρχικά δεν τροφοδοτούνταν από εναλλασσόμενο ρεύμα, αλλά από συνεχές, προερχόμενο από μπαταρίες, το οποίο διακόπτονταν από ένα δονούμενο διακοπτικό μηχανισμό. Μεταξύ 1830-1870 οι

---

<sup>43</sup> ό.π. σ.133.

προσπάθειες για δημιουργία καλύτερων επαγωγικών πηνίων, κυρίως με τη μέθοδο της δοκιμής και αποτυχίας (trial and error), αποκάλυψαν σταδιακά τις βασικές αρχές της λειτουργίας του μετασχηματιστή<sup>44</sup>. Οι μετασχηματιστές ταυτίστηκαν με το ac μετά το 1880, δίνοντας σε αυτό ένα κομβικό πλεονέκτημα στη διαμάχη του με το dc, που γίνεται κατανοητό αν αναλογιστούμε τον καταλυτικό ρόλο που έπαιξαν στην αναδιαμόρφωση του ηλεκτρικού δικτύου στις ΗΠΑ, όπου έγινε και η πρώτη απόπειρα ένταξής τους στο δίκτυο εναλλασσόμενου που εγκατέστησε η Westinghouse Electric Company.

Στο ίδιο απόσπασμα γίνεται σαφές, πως όταν το ερώτημα φτάνει στο με ποιο τρόπο φωτίζονται οι πόλεις, δεν υπάρχει παρά μία επιλογή και αυτή δεν είναι άλλη από το εναλλασσόμενο ρεύμα: «Όταν οι κεντρικοί σταθμοί, εν οίς παράγονται εναλλασσόμενα ρεύματα, είναι π.χ μακράν της πόλεως, εις την οποίαν πέμπονται, παρέχεται εις τα ρεύματα ταύτα μεγάλη πίεσης και μικρά έντασις και εις την πόλιν μετατρέπονται εις ρεύματα μικράς πίεσεως και μεγάλης εντάσεως». Με αυτό ως δεδομένο ο συγγραφέας, μας εξηγεί γιατί παρέχεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα μεγάλη τάση όταν μεταφέρεται από μεγάλη απόσταση: «Τούτο δε γίνεται, διότι τα ρεύματα μικράς εντάσεως και μεγάλης πίεσεως δεν θερμένουσι σχετικώς πολύ τους αγωγούς, δι' ων διέρχονται και τοιουτοτρόπως δεν απόλλυται μεγάλη ποσότης ηλεκτρικής ενέργειας, τούθ' όπερ δεν συμβαίνει δια της μεγάλης εντάσεως των ρευμάτων»<sup>45</sup>

Η μεταστροφή από το συνεχές στο εναλλασσόμενο ρεύμα θα αποτυπωθεί όχι μόνο στο υπό μελέτη σύγγραμμα αλλά και στα μετέπειτα σχολικά εγχειρίδια φυσικής τα οποία έκτοτε προβάλλουν τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος ως αυταπόδεικτη και αντικειμενική επιλογή που υπαγορεύεται μάλιστα από φυσικούς νόμους. Ένας τέτοιος νόμος δια του οποίου

<sup>44</sup> Coltman, J. W., *The Transformer*, Scientific American 258:1 January 1988, p.86-95.

<sup>45</sup> Το εν λόγω σύγγραμμα εκδίδεται είκοσι δύο χρόνια αργότερα από το τέλος του «πολέμου των ρευμάτων» στις ΗΠΑ που ανέδειξε σε νικητή το σύστημα παροχής εναλλασσόμενου ρεύματος.

φυσικοποιείται η «υπεροχή» του εναλλασσόμενου ρεύματος ήταν ο νόμος του Joule. Η μεταβίβαση του ρεύματος σε μεγάλες αποστάσεις επιτυγχάνεται καλύτερα με το ac καθώς ελαχιστοποιούνται οι ενεργειακές απώλειες και ως εκ τούτου το ac φτάνει να θεωρείται καλύτερο ρεύμα.

Για παράδειγμα στο σύγγραμμα «Στοιχεία Φυσικής (μετά σχημάτων)», του Κωνσταντίνου Σαμιωτάκη (1927), στην ενότητα με τίτλο «εφαρμογαί των μεταμορφωτών» διαβάζουμε χαρακτηριστικά:

Η μεταβίβασις της ηλεκτρικής ενέργειας δια συνεχών ρευμάτων αποβαίνει δυσχερής προκειμένου περί μεγάλων αποστάσεων, λόγω της μεγάλης απώλειας, την οποίαν τα ρεύματα ταύτα υφίστανται υπό μορφήν θερμότητος κατά την διόδόν των δια των επιμήκων αγωγών. Εν τη περιπτώσει ταύτη χρησιμοποιούνται τα εναλλασσόμενα ρεύματα, ένεκα της μικράς σχετικώς απώλειας, την οποίαν υφίστανται ταύτα καθ' οδόν. Τούτο δε επιτυγχάνεται ως εξής. Εις τινα τόπον όπου υάρχουσι πίπτοντα ύδατα, ή εις τινα κεντρικόν ηλεκτρικόν σταθμόν, παράγονται εναλλασσόμενα ρεύματα υψηλής τάσεως (χιλιάδων Volts) και μικράς εντάσεως, είτε αμέσως δια καταλλήλου εναλλακτήρος, είτε συνηθέστερον εμμέσως δια μεταμορφωτού, όστις ανυψώνει επί τόπου την τάσιν του παραγομένου ρεύματος. Τα ρεύματα ταύτα διοχετεύονται δι' εναερίου ή υπογείου γραμμής, ήτις δύναται να είναι λεπτόν σύρμα (εποένως ευθηνόν) διότι η έντασις των είναι μικρά, μέχρι του τόπου της χρησιμοποιήσεώς των. Εκεί μη δυνάμενα τα ρεύματα ταυτα να χρησιμοποιηθώσιν απ' ευθείας, ένεκα των κινδύνων τους οποίους εγκλείουσι, μετατρέπονται τη βοηθεία δευτέρου μεταμορφωτού εις εναλλασσόμενα ρεύματα χαμηλής τάσεως και μεγάλης εντάσεως, άτινα χρησιμοποιούνται ακινδύνως. Τοιουτοτρόπως, χάρις εις τους μεταμορφωτάς,

μεταβιβάζομεν την ηλεκτρικήν ενέργειαν εις μεγάλας αποστάσεις δια των εναλλασσομένων ρευμάτων<sup>46</sup>.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, η ερμηνεία που δίνεται για την υπεροχή του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι πως ανυψώνεται πιο εύκολα σε υψηλές τάσεις επομένως δεν έχουμε μεγάλες απώλειες κατά τη μεταφορά και άρα είναι το επωφελέστερο ρεύμα. Αυτή την ταυτολογία συναντάμε μέχρι και σήμερα σε σχολικά αλλά και πανεπιστημιακά συγγράμματα φυσικής. Στο πανεπιστημιακό εγχειρίδιο «Οι έννοιες της Φυσικής», του Paul G. Hewitt (2004), εντοπίσαμε τα ακόλουθα σε σχέση με την μεταβίβαση της ηλεκτρικής ενέργειας:

Σχεδόν όλα τα βιομηχανικά εναλλασσόμενα κυκλώματα στη Βόρεια Αμερική λειτουργούν με τάσεις και ρεύματα που εναλλάσσονται με συχνότητα 60 κύκλων το δευτερόλεπτο. Αυτό σημαίνει ρεύμα 60 χέρτζ. Σε μερικές περιοχές χρησιμοποιούνται ρεύματα 25, 30 ή 50 χέρτζ. Σε όλον τον κόσμο, τα περισσότερα βιομηχανικά και οικιακά δίκτυα είναι εναλλασσόμενου ρεύματος. Ο λόγος είναι ότι, όταν η τάση είναι εναλλασσόμενη, μπορεί να ανυψωθεί εύκολα σε υψηλές τιμές ώστε να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες από την μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις, και εν συνεχεία να υποβιβαστεί σε πιο κατάλληλες τιμές στον τόπο κατανάλωσης της ενέργειας. Στο Κεφάλαιο 25 θα εξηγήσουμε γιατί συμβαίνει αυτό<sup>47</sup>. (Paul G. Hewitt, 2004, σ. 448-449).

Στο κεφάλαιο 25 στο οποίο ο συγγραφέας μας παραπέμπει για μια πιο αναλυτική εξήγηση διατυπώνονται τα παρακάτω:

<sup>46</sup> Κωνσταντίνος Σαμιωτάκης, *Στοιχεία Φυσικής (Μετά σχημάτων)*, εκδ. Ιωάννης Δ. Κολλάρος και ΣΙΑ, Βιβλιοπωλείο της "Εστίας", 1<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα 1927, σ.288.

<sup>47</sup> Paul G. Hewitt, *Οι έννοιες της Φυσικής*, μτφρ. Ελένη Σηφάκη – Ιωάννης Παπαδόγγονας, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2007, σ.448-449.

Σχεδόν όλη η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα είναι στη μορφή εναλλασσόμενου ρεύματος, η οποία καθιερώθηκε επειδή μπορεί να μετασχηματίζεται εύκολα από μια τάση σε άλλη. Όταν ένα καλώδιο διαρρέεται από μεγάλο ρεύμα προκαλείται θέρμανσή του και απώλεια ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, η ενέργεια μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις υπό υψηλή τάση και, αντίστοιχα, χαμηλή ένταση ρεύματος (ισχύς= τάση x ένταση). Η ενέργεια παράγεται σε τάση μέχρι 25.000 βολτ και ανυψώνεται κοντά στους σταθμούς παραγωγής μέχρι και τα 750.000 βολτ για μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις. Εν συνεχεία υποβιβάζεται σταδιακά στους υποσταθμούς και στα σημεία διανομής σε κατάλληλες τάσεις για βιομηχανική (380 βολτ ή περισσότερο) και για οικιακή χρήση (220 ή 110-120 βολτ, ανάλογα με τη χώρα)<sup>48</sup>.

Ποια όμως ήταν τα συνεπακόλουθα της μείωσης των ενεργειακών απωλειών μέσω της αύξησης της τάσης του εναλλασσόμενου;

Με βάση τον νόμο του Joule θα μπορούσε κάποιος να οδηγηθεί στο συμπέρασμα ότι για να αποφευχθούν απώλειες κατά τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή θα έπρεπε να συμπιεσθεί σε ένα συμπαγές πακέτο. Η συμπίεση της ενέργειας πρόσφερε το πλεονέκτημα του περιορισμού των απωλειών, την ίδια στιγμή όμως που αύξανε την αστάθεια του συστήματος<sup>49</sup>. Όσο πιο συμπαγές εμφανιζόταν το προς μεταφορά ενεργειακό πακέτο, τόσο μεγαλύτερη ήταν η αστάθεια του συστήματος<sup>50</sup>. Σε αυτή την παρατήρηση έρχεται να προστεθεί το γεγονός, ότι οι υπολογισμοί των απωλειών και του κόστους γίνονταν σε κυκλώματα μινιατούρες (artificial lines) που προσομοίαζαν το πραγματικό δίκτυο. Έτσι παράγοντες, όπως η μηχανική αντοχή του συστήματος, οι ταλαντώσεις που δύναται να προκληθούν από ανέμους, η τεράστια έκλυση

<sup>48</sup> ό.π. σ.492-493.

<sup>49</sup> Tympas Aristotelis, "The Computer and the Analyst: Computing and Power, 1880s -1960s" (PhD Thesis), Georgia Institute of Technology, September 2001, p.291

<sup>50</sup> ibid pp.291-292

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καθώς και οι απώλειες κατά την παραγωγή στους συλλέκτες με τη μορφή θερμότητας (λόγω τριβών), δεν αναδεικνύονταν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι υπολογισμοί που γίνονταν από τα τεχνητά μοντέλα να φέρνουν στην επιφάνεια μόνο το σχετικό οικονομικό όφελος που θα προέκυπτε αν οι γραμμές επιμηκύνονταν, απέκρυπταν όμως την απόλυτη απώλεια σταθερότητας του συστήματος και εκφυλίζονταν κατά αυτόν τον τρόπο σε μια αυτοαναφορική διαδικασία<sup>51</sup>. Αυτή ακριβώς η διαδικασία ήταν που καθόρισε τους όρους προσφοράς και ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Κατά συνέπεια οι όροι υπολογισμού του κέρδους κατά την μεταφορά με την βοήθεια τεχνητών γραμμών (artificial lines), δεν θα μπορούσαν παρά να εξυπηρετούν τα οικονομικά συμφέροντα των εταιριών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και των συναφών εταιριών. Για να ορισθούν οι συνθήκες που γεννούν το κέρδος πρέπει να υπεισέλθει η διαφορά που αντιστοιχεί στην υπεραξία του προϊόντος, να ορισθούν δηλαδή άνισες σχέσεις παραγωγής<sup>52</sup>. Επρόκειτο για καθαρά καπιταλιστικούς όρους οι οποίοι φυσικοποιήθηκαν με την αξιοποίηση του νόμου του Joule και εμπεδώθηκαν ως η τεχνολογία που υπόσχεται καλύτερευση του επιπέδου διαβίωσης του μέσου πολίτη.

Τέλος η απουσία παραμέτρων που αφορούν: α) το πώς διαμορφώθηκε το ηλεκτρικό δίκτυο και άρα πως ανακύπτει η ανάγκη το ρεύμα να μεταβιβάζεται από ηλεκτρικούς σταθμούς μακριά από τις πόλεις και όχι να διανέμεται από σταθμούς εντός των πόλεων, β) το πέρασμα από τις πολλές μικρές καπιταλιστικές επιχειρήσεις (και ορισμένες δημοτικές επιχειρήσεις) παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε μία κυρίαρχη μέσω εξαγορών και συγχωνεύσεων, γ) τον κίνδυνο που ενέχει η χρήση ρεύματος που έχει ανυψωθεί σε μεγάλες τάσεις και δ) τον ρόλο που έπαιξαν η πολιτική διαμεσολάβηση, ο τύπος και η κοινή γνώμη, αποιστορικοποιεί την

---

<sup>51</sup> ibid p.297

<sup>52</sup> ibid p.323



φυσική με συνέπεια να αρθρώνεται και εν τέλει αφομοιώνεται η «ανωτερότητα» του ac ως φυσική πραγματικότητα μέσα από τον επιστημονικό λόγο.

#### IV. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με μια εσωτερικιστική προσέγγιση της ιστορίας του εξηλεκτρισμού των ΗΠΑ, η επικράτηση του συστήματος ac αποδίδεται στην τεχνολογική «ανωτερότητα» του τεχνουργήματος του πολυφασικού κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Ωστόσο στα πλαίσια μιας τεχνοκρατικής αφήγησης που εκλαμβάνει την νίκη του ac ως μια μονοσήμαντη πορεία από το παλαιό και απαξιωμένο προς το νέο και αποδοτικό, δημιουργείται ένα κενό. Πως το συνεχές, ενώ θεωρήθηκε καταλληλότερο ως προς κάποιες χρήσεις του από το ac, τελικά θεωρήθηκε «κατώτερη» τεχνολογία; Την απάντηση σε αυτό το ερώτημα θεωρούμε πως αδυνατεί να την δώσει μια ιστορία της τεχνολογίας που στον πυρήνα της έχει τον τεχνολογικό ντετερμινισμό.

Για τον T. Hughes, ο οποίος είναι από τους υποστηρικτές της τεχνολογικής ανωτερότητας του συστήματος ac<sup>53</sup>, ο παράγοντας της κοινωνίας στην αντιπαράθεση μεταξύ των δύο συστημάτων δεν υπεισέρχεται παρά μόνο όταν δεν μπορεί να δοθεί απάντηση «από τα μέσα», δηλαδή τεχνικά: “Edison’s failure to solve the transmission problem called for a nontechnical compensatory response. Before the final exchange in “the battle of the currents” an attempt was made to create public indignation against an electrical system that supposedly endangered life”. Ο ίδιος θα καταλήξει στο συμπέρασμα, ότι η διαμάχη επιλύθηκε μέσω της σύνθεσης χαρακτηριστικών των δύο συστημάτων, τη δημιουργία δηλαδή ενός υβριδικού συστήματος από το οποίο σταδιακά άρχισε να εκλείπει η παρουσία του παλιού συστήματος<sup>54</sup>.

<sup>53</sup> Οι έννοιες της «ορμής» και της «αδράνειας» προδίδουν στις θέσεις του Hughes τον τεχνολογικό ντετερμινισμό, τον οποίο ο συγγραφέας πιστεύει πως έχει αποφύγει. Το τεχνολογικό δίκτυο παρουσιάζεται αυτόνομα προορισμένο να εξελιχθεί στη βέλτιστη μορφή του. Ο Hughes πιστεύει ότι η εισαγωγή μη τεχνικών (κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών) παραγόντων στην ανάλυσή του είναι αρκετή ώστε να καταστήσει την τελευταία απρόσβλητη στον τεχνολογικό ντετερμινισμό.

<sup>54</sup> Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983, p.107.

Ο λόγος για τον οποίο αυτή η διαμάχη δεν τελείωσε με μια ολοκληρωτική επικράτηση του ac πάνω στο dc, όπως θα ανέμενε ένας σκληρός τεχνολογικός ντετερμινιστής, είναι ότι τα κριτήρια για την επιλογή του εναλλασσόμενου ρεύματος δεν διαμορφώθηκαν με βάση μια υποτιθέμενη εγγενή «ανωτερότητα» του. Όπως διαπιστώσαμε αλληλοδιαπλέχτηκαν από την πρώτη στιγμή με κοινωνικές διεργασίες, ο αντίκτυπος των οποίων αποτέλεσε διαμορφωτικό παράγοντα για την ίδια την δομή του δικτύου του συστήματος ac.

Κάτι που έμελλε να παίξει καθοριστικό ρόλο στην έκβαση αυτής της διαμάχης, ήταν η ραγδαία εκβιομηχάνιση που γνωρίζει τότε η Αμερικανική ήπειρος. Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης το 1860 στο επίκεντρο της οποίας βρισκόταν η ατμομηχανή, ο κεφαλαιοκρατικός τρόπος παραγωγής κλιμακώθηκε με την είσοδο νέων πιο ειδικών μηχανών στο χώρο του εργοστασίου, ενώ παράλληλα αυξήθηκε κατά πολύ ο αριθμός των ανειδίκευτων εργατών. Μέχρι τα τέλη του 1930 η επιταχυνόμενη εκμηχάνιση συνδικάστηκε με επιμηκυνόμενες γραμμές οι οποίες μετεξελίχθηκαν σε δίκτυα. Όπως διαβάζουμε χαρακτηριστικά στην εισαγωγή του βιβλίου «Ιστορίες Τεχνολογίας του 20ου αιώνα»: «Το ηλεκτρικό δίκτυο του 1930 είναι μια διευρυμένη αναπαραγωγή μιας ατμομηχανής του 1860. Σε πολλά κείμενα μηχανολόγων μηχανικών που εξελίχθηκαν σε ηλεκτρολόγους μηχανικούς εξηγείται ότι το ζεύγος ηλεκτρογεννήτρια – γραμμή μεταφοράς ηλεκτρισμού δεν είναι κάτι διαφορετικό από μια πολύ ισχυρή ατμομηχανή με μηχανικά μέρη που έχουν επεκταθεί πολύ μακριά. Γενικότερα, το τεχνολογικό δίκτυο του 1930 αναπαράγει σε διευρυμένη μορφή ένα εργοστάσιο το 1860<sup>55</sup>».

---

<sup>55</sup> Τέλης Τύμπας, Ιστορία και ιστοριογραφία της τεχνολογίας: Μια εισαγωγή, στο *Ιστορίες της Τεχνολογίας του εικοστού αιώνα*, Τέλης Τύμπας και Ειρήνη Μερκούπη-Σαβαΐδου (επιμέλεια), Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2015, σ.19.

Με την γενίκευση της αναπαραγωγής του εκμηχανισμού που εξαπλώθηκε μέσω του ηλεκτρικού δικτύου από το εργοστάσιο σε όλη την κοινωνία, ολοκληρώνεται η «δεύτερη βιομηχανική επανάσταση»<sup>56</sup>. Οι αναδιαρθρωτικές διεργασίες που συντελέστηκαν στην παραγωγή κατά τη δεκαετία του 1910 με την εμφάνιση του Φορντισμού (τεχνική απόδοση της αλυσίδας παραγωγής που ξεκινά από τη μαζική παραγωγή αυτοκινήτων εσωτερικής καύσης στα εργοστάσια του Henry Ford) και οι αλλαγές στην διαχείριση της εργατικής δύναμης που επέφερε ο Τείλοριζμός («ορθολογικοποίηση» της παραγωγής μέσα από τον πλήρη συγχρονισμό του ανθρώπινου με τον τεχνολογικό παράγοντα – αύξηση της αποτελεσματικότητας της εργασίας μειωμένων δεξιοτήτων ώστε να ακολουθεί την αποτελεσματικότητα των μηχανών), συγκρότησαν το πλαίσιο εντός του οποίου ανέκυψε η καινοτομία του πολυφασικού κινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Οι απαιτήσεις για παραγωγή μαζικής κλίμακας και μεγιστοποίηση του κέρδους, που γεννά αυτό το πλαίσιο, διαπλέχθηκαν με την πορεία του εξηλεκτρισμού στις ΗΠΑ, με αποτέλεσμα το τι τελικά επιλέχθηκε ως τεχνικά αρτιότερο, να εμπίπτει όχι σε κάποιον αφηρημένο φυσικό νόμο, αλλά στο ποιο σύστημα ήταν εκείνο που ευθυγραμμίστηκε περισσότερο με τον κεφαλαιοκρατικό τρόπο παραγωγής. Όσο ο Edison και οι συνεργάτες του δεν έβρισκαν ικανοποιητική απάντηση στο πρόβλημα του κόστους των χάλκινων καλωδίων, τόσο το σύστημα dc έχανε έδαφος στην αντιπαράθεση του με το ac. Η μαζική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση των ενεργειακών απωλειών και ως εκ τούτου περιορισμό των οικονομικών ζημιών, αποτέλεσε τον γενικό κανόνα.

Ο κανόνας του κέρδους καθώς και οι επιταγές του φορδισμού στον χώρο των ηλεκτρικών δικτύων, εκπροσωπήθηκαν από τον Samuel Insull. Ο ίδιος ενώ εργάστηκε αρχικά ως γραμματέας του Edison βρέθηκε μετά από κάποια χρόνια βρέθηκε επικεφαλής μιας

---

<sup>56</sup> βλ. σχετικά με τη δεύτερη βιομηχανική επανάσταση, L. Marx "Technology: The Emerge of a Hazardous Concept", p.567,

αυτοκρατορίας επιχειρήσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στόχος του ήταν η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας να διογκωθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να επιτρέπει την βέλτιστη εκμετάλλευση των εγκαταστάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. «Αν ο Ford σημαδεύει την ολοκλήρωση του εκμηχανισμού στο πλαίσιο του εργοστασίου, ο Insull συμβολίζει τον φορντισμό στη διάσταση του δικτύου που σχηματιζόταν από την ακραία επιμήκυνση και διασύνδεση των γραμμών μεταφοράς ενέργειας με τη μορφή του ηλεκτρισμού»<sup>57</sup>.

Σε ό,τι αφορά την περίπτωση του εξηλεκτισμού της Ελλάδας το τοπίο είναι πολύ διαφορετικό. Αρχικά υπάρχει η διαμάχη μεταξύ αερίοφωτος και ηλεκτρισμού, το στίγμα της οποίας συναντήσαμε και στα σχολικά συγγράμματα φυσικής. Στη συνέχεια το αερίοφως υποχωρεί δίνοντας την θέση του στο συνεχές ρεύμα, χωρίς την ίδια στιγμή να το υποκαθιστά. Αφότου το εναλλασσόμενο ρεύμα κυριάρχησε στην Αμερική, τίθεται εκ των υστέρων το ζήτημα της εισαγωγής του στην Ελλάδα. Το μικρό μέγεθος της χώρας και του πληθυσμού, η έλλειψη μεγάλων και ανεπτυγμένων αστικών κέντρων και η απουσία βιομηχανικής παραγωγής, αποτέλεσαν παράγοντες που προκάλεσαν σύγχυση στην επιλογή μεταξύ του δικτύου μεταφοράς και του δικτύου διανομής. Η αμερικανική περίπτωση αφορούσε μεγάλα αστικά κέντρα με αυξημένες ενεργειακές ανάγκες για τη βιομηχανία και την κίνηση των μαζικών μέσων μεταφοράς, συνθήκες που ουδόλως ίσχυαν στην Ελλάδα των τελών του 19<sup>ου</sup> αιώνα και των αρχών του 20<sup>ου</sup>. Η εμμονή μιας μερίδας –έστω και αν αυτή ήταν πλειοψηφούσα– Ελλήνων μηχανικών και πολιτικών με την πρόοδο και τα όνειρα για βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη, με στόχο το μεγαλείο του έθνους, οδηγούσαν τους θιασώτες της

---

<sup>57</sup> Τέλης Τύμπας, Ιστορία και ιστοριογραφία της τεχνολογίας: Μια εισαγωγή, στο *Ιστορίες της Τεχνολογίας του εικοστού αιώνα*, Τέλης Τύμπας και Ειρήνη Μερκούπη-Σαβαΐδου (επιμέλεια), Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2015, σ.16.

εφαρμογής του εναλλασσόμενου ρεύματος να αποκαλούν συντηρητικούς και φοβισμένους όσους αμφισβητούσαν την ανάγκη τροποποίησης του δικτύου συνεχούς ρεύματος<sup>58</sup>.

Τέλος θεωρούμε πως είναι κρίσιμη η μελέτη της ιστορίας της μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας από τη σκοπιά των δύο τεχνολογιών που βρέθηκαν σε αντιπαράθεση, καθώς μας παρέχει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα αναδεικνύοντας πτυχές όπως: α) το πώς διαμορφώθηκε το ηλεκτρικό δίκτυο και κατ' επέκταση πως ανακύπτει η ανάγκη το ρεύμα να μεταβιβάζεται από ηλεκτρικούς σταθμούς μακριά από τις πόλεις και όχι να διανέμεται από σταθμούς εντός των πόλεων, β) το πέρασμα από τις πολλές μικρές καπιταλιστικές επιχειρήσεις παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε μία κυρίαρχη μέσω εξαγορών και συγχωνεύσεων, γ) τον κίνδυνο που φέρει η χρήση ρεύματος που έχει ανυψωθεί σε μεγάλες τάσεις και δ) τον ρόλο που έπαιξαν η πολιτική διαμεσολάβηση και ε) τον ρόλο του τύπου και πως αυτός συνετέλεσε στην διαμόρφωση της κοινής γνώμης γύρω από τη διαμάχη.

Αν απλώς αρκούσε ένας σκληρός φυσικός νόμος ο οποίος θα μας δημιουργούσε μια ακλόνητη πεποίθηση για το ποιο ρεύμα υπερτερεί, τότε δεν θα είχε εξαρχής νόημα η οποιαδήποτε αντιπαράθεση πόσο δε μάλλον ο «πόλεμος». Με μια απλή επίκληση αυτού του νόμου ο επιστημονικός και τεχνικός κόσμος της εποχής θα αποφαινόταν χωρίς περιστροφές, πως το ac και το σύστημα που τροφοδοτείται από αυτό είναι σαφώς ανώτερο του dc. Η αποσιώπηση πτυχών της συγκεκριμένης διαμάχης που έκριναν το αποτέλεσμα, χάνεται η ενδεχομενικότητα, στην θέση της οποίας έρχεται να εδραιωθεί μια νέα αντικειμενικότητα μέσα από τις σελίδες των σχολικών συγγραμμάτων.

---

<sup>58</sup> Γαρύφαλλος, *Αξιοποιώντας την Ιστοριογραφία των Τεχνολογικών Αντιπαραθέσεων στη Μελέτη της Ιστορίας του Εξηλεκτρισμού: Παρατηρήσεις από την Ελληνική Περίπτωση*, διπλωματική εργασία για το Π.Μ.Σ «Ι.Φ.Ε.Τ», Αθήνα 2005, σ.48.

Μια αποιστορικοποιημένη εκδοχή της μελέτης των φαινομένων που σχετίζονται με το ηλεκτρικό ρεύμα, έτσι όπως την συναντάμε μέχρι και σήμερα στα σχολικά ή και πανεπιστημιακά συγγράμματα φυσικής, έχει ως συνέπεια να αρθρώνεται και εν τέλει αφομοιώνεται η «ανωτερότητα» του ac ως φυσική πραγματικότητα μέσα από τον επιστημονικό λόγο.

## V. Παράρτημα

Σχηματικά, το εκπαιδευτικό σύστημα στην Ελλάδα του 19<sup>ου</sup> αιώνα διαρθρώνεται ως εξής: Αρχικά τετραετές υποχρεωτικό δημοτικό, στη συνέχεια υποχρεωτικό τριετές Ελληνικό Σχολείο, προαιρετικό τετραετές Γυμνάσιο στο οποίο γίνεται κανείς δεκτός μετά από εξετάσεις που δίνει στο Ελληνικό Σχολείο και τέλος Πανεπιστήμιο.

Όσον αφορά τη διδασκαλία της Φυσικής έχει αξία να σημειωθεί ότι μεταξύ 1830 - 1860 έχουμε μόλις τέσσερα σχολικά εγχειρίδια αποκλειστικά για τα Γυμνάσια (Δούκας 1834, Ψύχας 1840, Πύρλας 1856 και Παυλίδης 1857). Το πρώτο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικής για τα Δημοτικά εμφανίζεται το 1864 (Κωνσταντινίδης), ενώ ένα από τα πρώτα για τα Ελληνικά Σχολεία κυκλοφορεί το 1871 (Δαμασκηνός). Πρακτικά, μέχρι το 1884 όσα σχολικά εγχειρίδια δημοσιεύονται επιλέγονται ελεύθερα. Κατόπιν καθιερώνεται διαγωνισμός ο οποίος εγκρίνει κάθε φορά ένα σχολικό ανά μάθημα<sup>59</sup>.

Στο νεοσύστατο ελληνικό κράτος των αρχών του 19<sup>ου</sup> αιώνα, το εκπαιδευτικό σύστημα έχει ως στόχο την σφυρηλάτηση εθνικής ταυτότητας και πολιτισμικής ομοιογένειας. Τα σχολικά συγγράμματα διακατέχονται από έναν έντονο κλασικισμό, ο οποίος επιχειρεί μια συσχέτιση της νεοελληνικής πραγματικότητας με την αρχαία Ελλάδα<sup>60</sup>.

Ειδικότερα στα σχολικά εγχειρίδια φυσικής, ενώ τα ίδια είναι ως επί το πλείστον μεταφρασμένα από τα αντίστοιχα γαλλικά ή γερμανικά, συναντάμε πομπώδεις αναφορές στον

<sup>59</sup> Δημήτριος Πατσόπουλος, «Η ιστορία του ήλεκτρου και του μαγνήτη στην αρχαία ελληνική σκέψη και ο τρόπος αναφοράς της στα νεοελληνικά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής του 18<sup>ου</sup> – 19<sup>ου</sup> αιώνα», σ.67, <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/66.pdf>

<sup>60</sup> Σωτήριος Γκλαβάς, «Επισκόπηση της ιστορίας της εκπαίδευσης στο νεοελληνικό κράτος», Μάρτιος 2010, σ.6, [http://www.pi-schools.gr/progr\\_spoudon\\_1899\\_1999/episkopisi.pdf](http://www.pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/episkopisi.pdf)



Θαλή τον Μιλήσιο, για την ετυμολογία της λέξης «ήλεκτρον» ή αρχαίες ελληνικές ονομασίες του μαγνήτη όπως «Ηράκλεια λίθος», που λείπουν από τα πρωτότυπα<sup>61</sup>.

Προς τα μέσα του 19ου από πλευράς κράτους, εκπροσώπων της πολιτείας και διαφόρων εκπαιδευτικών φορέων αναπτύσσεται ένας προβληματισμός για τον προσανατολισμό του εκπαιδευτικού συστήματος, με βάση το γεγονός ότι, από τις αρχές της δεκαετίας του 1870, στην Ελλάδα παρατηρείται επέκταση της βιομηχανικής δραστηριότητας. Όλες οι πλευρές φαίνεται να συγκλίνουν στην κατεύθυνση μιας λιγότερο θεωρητικής και περισσότερο πρακτικής εκπαίδευσης που θα συνέδεε το σχολείο με την οικονομία<sup>62</sup>.

---

<sup>61</sup> Δημήτριος Πατσόπουλος, «Η ιστορία του ήλεκτρου και του μαγνήτη στην αρχαία ελληνική σκέψη και ο τρόπος αναφοράς της στα νεοελληνικά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής του 18ου – 19ου αιώνα», σ.67, <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/66.pdf>

<sup>62</sup> Σωτήριος Γκλαβός, «Επισκόπηση της ιστορίας της εκπαίδευσης στο νεοελληνικό κράτος», Μάρτιος 2010, σ.10, [http://www.pi-schools.gr/progr\\_spoudon\\_1899\\_1999/episkopisi.pdf](http://www.pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/episkopisi.pdf)

### Πρωτογενής Βιβλιογραφία:

- G. Belezze, *Μικρά φυσική προς χρήσιν των Δημοτικών Σχολείων αρρένων και κορασίων*, μτφρ. Μάξιμος Δ. Δασκαλάκης, εκδ. Σ. Κ. Βλαστός, 2η έκδοση, Αθήνα 1880.
- J. Garrigues, M. Boutet de Monvel, *Εγχειρίδιον στοιχειωδών γνώσεων εκ των επιστημών, των τεχνών και της βιομηχανίας, εκ του γαλλικού διασκευασθέν εν πολλοίς μετά προσθηκών, προς χρήσιν των παρ' ημίν Προκαταρκτικών σχολείων*, μτφρ. Μιχαήλ Π. Λάμπρου, εκδ. Αδελφοί Περρη, Αθήνα 1872.
- Βασίλειος Αιγινήτης, *Στοιχεία Φυσικής και Χημείας τόμος Β' δια την Τετάρτη Τάξιν των Γυμνασίων*, εκδ. Μιχ. Μαντζεβελάκης, Αθήνα 1914.
- Τιμολέων Α. Αργυρόπουλος, *Στοιχεία Φυσικής εγκριθέντα εν τω των διδακτικών βιβλίων διαγωνισμών όπως εισαχθώσιν επί τριετίαν ως μόνον διδακτικόν βιβλίον δια τους μαθητάς των Γυμνασίων, κατά τους AMB' AXI ΚΑΙ BPA νόμους*, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, 2η έκδοση, Αθήνα 1895.
- Τιμολέων Α. Αργυρόπουλος, *Στοιχεία φυσικής βραβευθέντα εν τω διαγωνισμώ των διδακτικών βιβλίων*, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, 3η έκδοση, Αθήνα 1899.

- Νικόλαος Κ. Γερμανός, *Στοιχεία Φυσικής Πειραματικής προς χρήση των Γυμνασίων και Διδασκαλείων*, εκδ. Γεώργιος Δ. Φέξης, Αθήνα 1892.
- Αντώνιος Β. Δαμασκηνός, *Μαθήματα Φυσικής Πειραματικής προς χρήση Ελληνικών Σχολείων και Παρθεναγωγείων*, εκδ. Τυπογραφείο: Φιλοκαλίας, 2η έκδοση, Αθήνα 1875.
- Παναγιώτης Σ. Κονδύλης, *Φυσιογνωσία ήτοι στοιχειώδεις γνώσεις Φυσικής, Χημείας και Κοσμογραφίας προς χρήση των μαθητών της Γ' τάξεως Ελληνικών Σχολείων*, εκδότης: Γιώργος Κασδόνης, 2η έκδοση, Αθήνα 1891.
- Γεώργιος Δ. Λαμπίσης, *Επιστημονικόν εγκόλπιον ήτοι τα πρώτα περί διαφόρων γνώσεων μαθήματα, προς χρήση των σχολείων*, εκδ. Γεώργιος Σεϊτανίδης, Κωνσταντινούπολη 1876.
- Σπύρος Παπανικολάου, *Στοιχεία Φυσικής, προς χρήση των Δημοτικών Σχολείων. Εγκεκριμένα δια την πενταετία 1905-1910*, εκδ. Αριστομένης Ζ. Διαλήσματος, Αθήνα 1906.
- Κωνσταντίνος Σαμιωτάκης, *Στοιχεία Φυσικής (Μετά σχημάτων)*, εκδ. Ιωάννης Δ. Κολλάρος και ΣΙΑ, Βιβλιοπωλείο της "Εστίας", 1η έκδοση, Αθήνα 1927.

- Ανδρέας Σπαθάρης, *Στοιχεία πειραματικής Φυσικής ερανισθέντα εκ διαφόρων πηγών*, εκδ. Ανέστης Κωνσταντινίδης, Αθήνα 1886.
- Παναγιώτης Γ. Τσιλήθρας, *Μεθοδικόν εγχειρίδιον Φυσικής Ιστορίας εγκριθέν εν τω διαγωνισμώ των διδακτικών βιβλίων προς χρήσιν των μαθητών των Ελληνικών Σχολείων και Παρθεναγωγείων διά την πενταετίαν 1904-1909*, εκδ. Νικόλαος Τζάκας, έκδοση 2η, Αθήνα 1905.

**Δευτερογενής Βιβλιογραφία:**

- Coltman, J. W., “The Transformer”, *Scientific American*, 258:1, January 1988.
- Paul G. Hewitt, *Οι έννοιες της Φυσικής*, μτφρ. Ελένη Σηφάκη – Ιωάννης Παπαδόγγονας, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2007.
- Thomas P. Hughes, *Networks of Power: Electrification in Western Society 1880-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.
- Leo Marx, “Technology: The Emerge of a Hazardous Concept”, *Technology and Culture*, Volume 51, Number 3, The Johns Hopkins University Press, July 2010.
- Tympas Aristotelis, “The Computer and the Analyst: Computing and Power, 1880s - 1960s” (PhD Thesis), Georgia Institute of Technology, September 2001.
- Ιωάννης Γαρύφαλλος, «Αξιοποιώντας την Ιστοριογραφία των Τεχνολογικών Αντιπαραθέσεων στη Μελέτη της Ιστορίας του Εξηλεκτρισμού: Παρατηρήσεις από την Ελληνική Περίπτωση», διπλωματική εργασία για το Π.Μ.Σ «Ι.Φ.Ε.Τ», Αθήνα 2005.

- Σωτήριος Γκλαβάς, «Επισκόπηση της ιστορίας της εκπαίδευσης στο νεοελληνικό κράτος», Μάρτιος 2010,

[http://www.pi-schools.gr/progr\\_spoudon\\_1899\\_1999/episkopisi.pdf](http://www.pi-schools.gr/progr_spoudon_1899_1999/episkopisi.pdf)

- Κωνσταντίνος Χ. Λουκόπουλος, «Διαμάχη των συστημάτων παραγωγής, διανομής και μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Το διεθνές πλαίσιο. Η Ελληνική περίπτωση», διπλωματική εργασία για το Π.Μ.Σ «Ι.Φ.Ε.Τ», Αθήνα 2002.

- Δημήτρης Μπάτσης, *Η βαρειά βιομηχανία στην Ελλάδα*, εκδ. Κέδρος, Αθήνα 1977.

- Δημήτριος Πατσόπουλος, «Η ιστορία του ήλεκτρου και του μαγνήτη στην αρχαία ελληνική σκέψη και ο τρόπος αναφοράς της στα νεοελληνικά σχολικά εγχειρίδια Φυσικής του 18ου – 19ου αιώνα»,

<http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/66.pdf>

- Τέλης Τύμπας, *Ιστορία και ιστοριογραφία της τεχνολογίας: Μια εισαγωγή, στο Ιστορίες της Τεχνολογίας του εικοστού αιώνα*, Τέλης Τύμπας και Ειρήνη Μεργούπη-Σαβαΐδου (επιμέλεια), Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο 2015.