

Ηλεκτρονικό σύστημα καθοδικής προστασίας για μπόιλερ και δοχεία νερού

Η μέθοδος αντιδιαβρωτικής προστασίας για μπόιλερ ζεστού νερού χρήσης που εφαρμόζεται σήμερα μέσω της εσωτερικής επικάλυψης των δοχείων (επισμάλτωση, εποξειδική βαφή κλπ.), σε συνδυασμό με τη χρήση ανόδων μαγνησίου, είναι η πιο εύκολη και οικονομική μέθοδος που παρέχει άρτια αποτελέσματα. Αρκεί βέβαια το ανόδιο να αντικαθίσταται κατά τακτά χρονικά διαστήματα.

*Του Ανδρέα Γαβριελάτου**

Η πλέον διαδεδομένη μέθοδος αντιδιαβρωτικής προστασίας για μπόιλερ ζεστού νερού

χρήσης που εφαρμόζεται σήμερα είναι η εσωτερική επικάλυψη των δοχείων (επισμάλτωση, εποξειδική βαφή κλπ.) σε συνδυασμό με τη χρήση ανόδων μαγνησίου. Ωστόσο η συγκεκριμένη μέθοδος έχει δυο βασικά μειονεκτήματα:

α) Η παθητική προστασία που πραγματοποιείται με την εσωτερική επικάλυψη είναι συχνά ανεπαρκής.

β) Τα ανόδια μαγνησίου αλλοιώνονται κατά τη λειτουργία τους και απαιτείται περιοδικός έλεγχος και αντικατάστασή τους.

Δυστυχώς καμία μέθοδος εσωτερικής επικάλυψης, όσο σωστά και αν υλοποιηθεί, δεν μπορεί να προσφέρει 100% προστασία, γιατί ακόμα και πολύ μικρές ατέλειες (ακόμα και όσες

είναι μέσα στα όρια που προβλέπονται από το DIN 4753-3) μπορούν να οδηγήσουν σε καταστροφή του δοχείου. Επίσης, φθορές στην επικάλυψη είναι δυνατό να προκύψουν και κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του δοχείου, από χτυπήματα, ισχυρά θερμικά σοκ κλπ.

Γι' αυτό, σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο το μπόιλερ να διαθέτει ένα επιπλέον σύστημα ενεργητικής καθοδικής προστασίας, που θα προστατέψει το δοχείο σε περίπτωση αστοχίας ή φθοράς της επικάλυψης. Συνήθως, η επιπλέον προστασία

παρέχεται με ανόδια μαγνησίου εμβαπτισμένα στο νερό του δοχείου. Έτσι αν υπάρξει μια αστοχία στην επικάλυψη του δοχείου, στο σημείο της αστοχίας, θα έρθει σε επαφή το χαλύβδινο δοχείο με το νερό και θα σχηματιστεί ένα γαλβανικό στοιχείο χάλυβα - μαγνησίου. Το μαγνήσιο είναι δραστικότερο μέταλλο από τον σίδηρο, και συνεπώς θα διαβρωθεί προστατεύοντας το δοχείο. Γι' αυτό ονομάζεται και «θυσιάζομενη άνοδος», γιατί «θυσιάζεται» (διαβρώνεται) για να προστατεύει το χάλυβα του δοχείου.

Η μέθοδος αυτή είναι εύκολη και οικονομική και παρέχει καλά αποτελέσματα, αρκεί βέβαια το ανόδιο να αντικαθίσταται κατά τακτά χρονικά διαστήματα.

Παρά ταύτα, στην πλειοψηφία των εγκατεστημένων μπόιλερ δεν γίνεται ποτέ κανενός είδους συντήρηση. Το ανόδιο μαγνησίου που υπάρχει εργοστασιακά τοποθετημένο καταναλώνεται στους πρώτους 12-24 μήνες, ανάλογα με την κατάσταση της εσωτερικής επικάλυψης του δοχείου, την ποιότητα του νερού (περιεκτικότητα

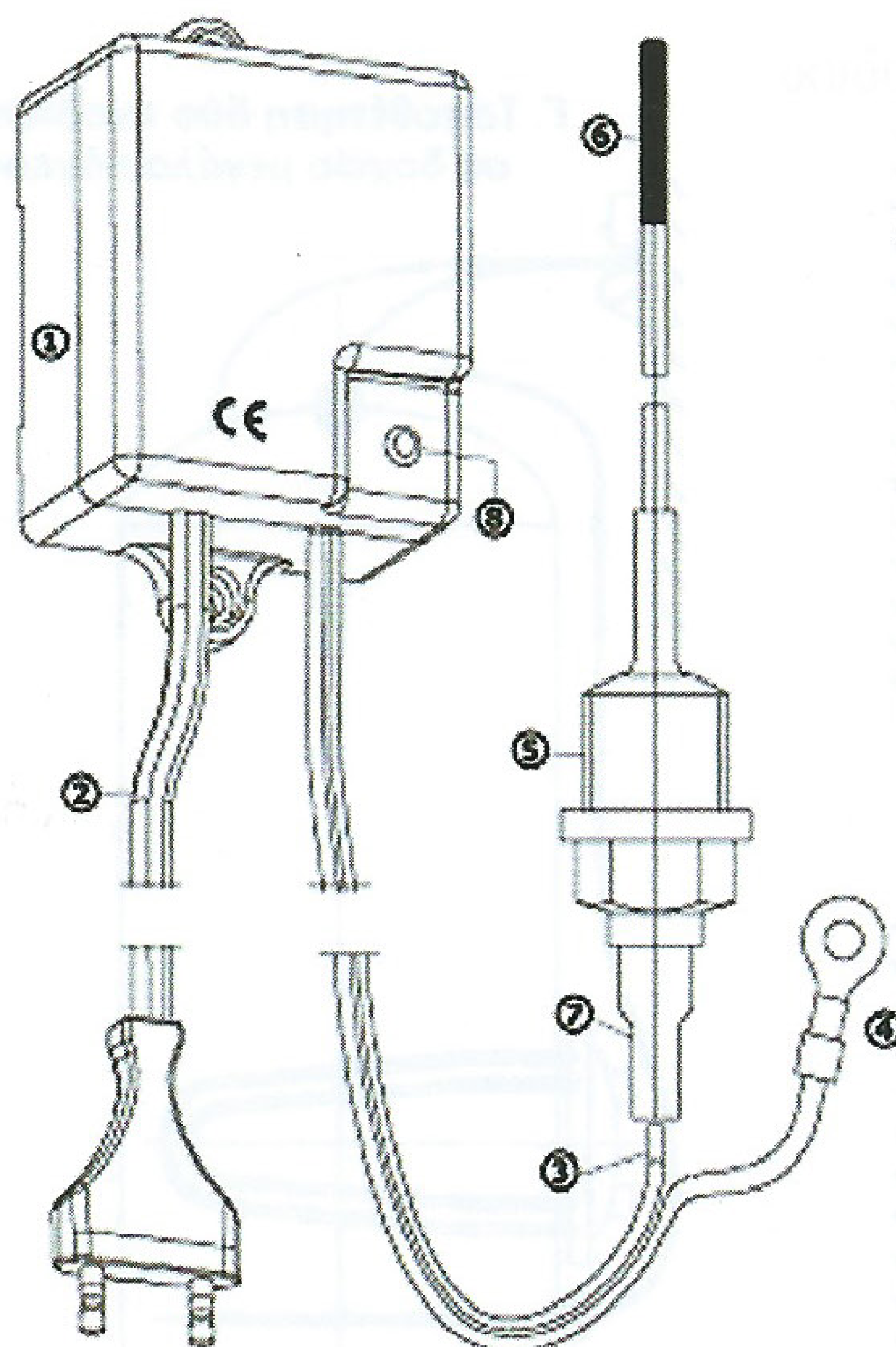


σε άλατα, σωματίδια και διαλυμένο οξυγόνο), τη θερμοκρασία αποθήκευσης του νερού και την ποσότητα του νερού που περνά μέσα από το δοχείο. Το φθαρμένο ανόδιο, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, δεν αλλάζεται ποτέ ξανά, και έτσι το μπόιλερ μένει απροστάτευτο για τα υπόλοιπα χρόνια λειτουργίας του.

Αντιδιαβρωτική προστασία

Μια μέθοδος εναλλακτική της καθοδικής προστασίας με θυσιαζόμενο ανόδιο είναι η αντιδιαβρωτική προστασία με εξωτερικά επιβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα (Impressed current anode).

Η βασική αρχή λειτουργίας της είναι ίδια με αυτή της θυσιαζόμενης ανόδου· μόνο που εδώ το προστατευτικό ρεύμα δεν προσφέρεται από το θυσιαζόμενο ανόδιο αλλά από μια ηλεκτρονική συσκευή. Η καθοδική προστασία με επιβαλλόμενο ρεύμα είναι μια πολύ παλιά μέθοδος, που εφαρμόζεται για την

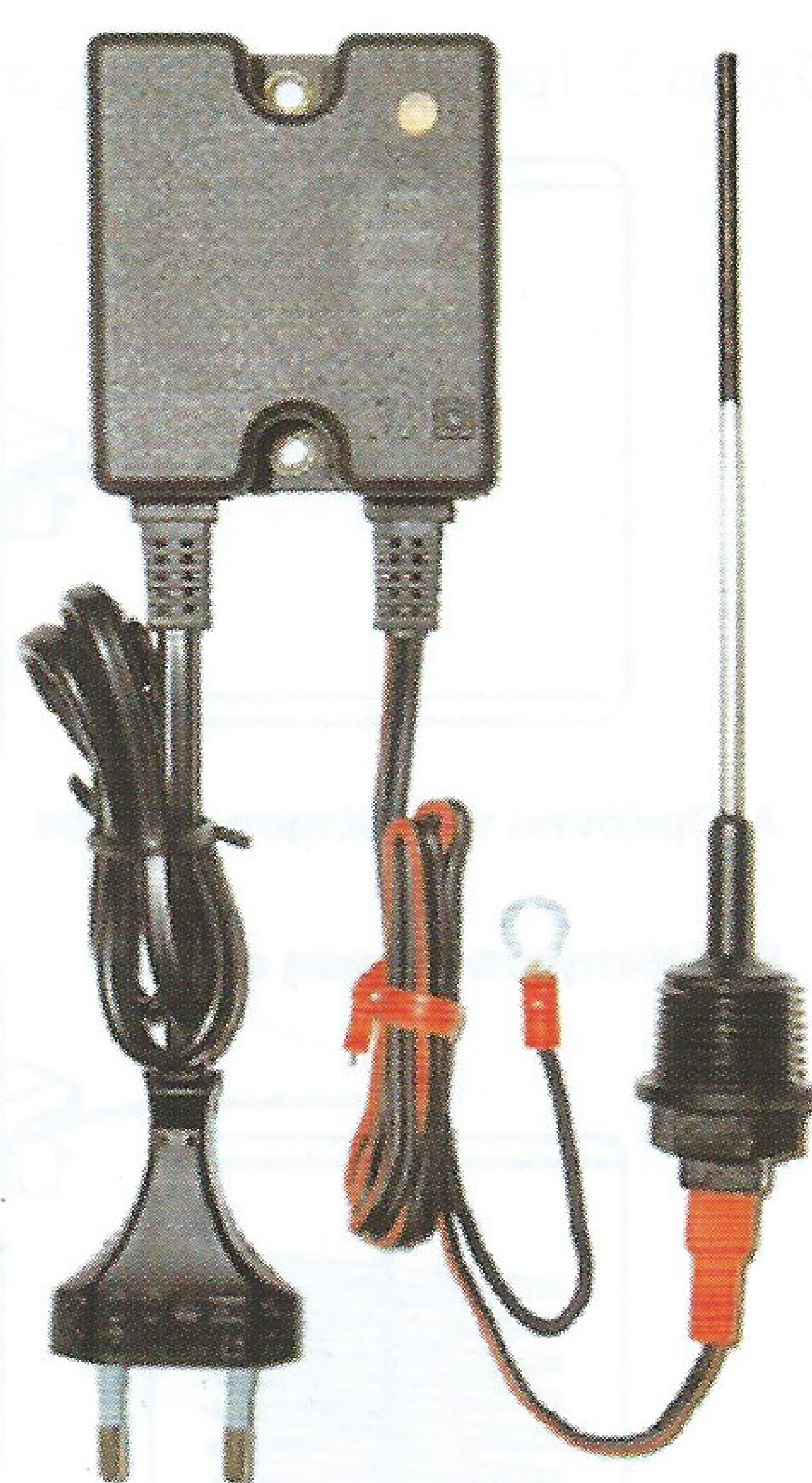


Σχήμα 1:

1. Ηλεκτρονική συσκευή.
2. Καλώδιο παροχής.
3. Καλώδιο γείωσης.
4. Δακτύλιο γείωσης.
5. Ανόδιο τιτανίου.
6. Ενεργό μέρος ανοδίου.
7. Θηλυκός σύνδεσμος.
8. LED ένδειξης λειτουργίας.

current anodes κ.ά.).

Ένα σύστημα ηλεκτρονικού ανοδίου (βλ. σχήμα 1) απο-



τα σημεία του μπόιλερ στα οποία υπάρχει ατέλεια ή φθορά της επισμάλτωσης –και στα οποία το μέταλλο έρχεται σε επαφή με το νερό– ενεργούν ως κάθοδος (αρνητικός πόλος). Η μεταφορά φορτίου (ηλεκτρονίων) από το ανόδιο τιτανίου προς την εκτεθειμένη στο νερό επιφάνεια του δοχείου δημιουργεί το προστατευτικό ρεύμα που προφυλάσσει το δοχείο από τη διάβρωση.

Για μέγιστη προστασία του δοχείου απαιτείται η διατήρηση του δυναμικού του ηλεκτρολύτη σε βέλτιστο επίπεδο. Για να επιτευχθεί αυτό, η λειτουργία της συσκευής γίνεται σε δυο φάσεις: τη φάση της μέτρησης και τη φάση της πλήρους λειτουργίας.

Κατά τη φάση της μέτρησης, η συσκευή μετρά τη διαφορά δυναμικού μεταξύ του ανοδίου και των τοιχωμάτων του δοχείου. Η μέτρηση αυτή αναλύεται από τη συσκευή, και η μετρούμενη διαφορά δυναμικού συγκρίνεται με τη διαφορά δυναμικού αναφοράς (θεωρητική τιμή δυναμικού για μέγιστη προστασία). Ανάλογα με το αποτέλεσμα, η ηλεκτρονική συσκευή μεταβάλλει την ένταση του ρεύματος που παρέχει στο ανόδιο τιτανίου, ώστε να διασφαλίζεται πάντα η βέλτιστη προστασία του δοχείου από τη διάβρωση.

Το ανόδιο τιτανίου είναι μια ακίδα τιτανίου πολύ μικρής διαμέτρου, της οποίας το ένα από τα δύο άκρα υφίσταται διαδικασίες ηλεκτροχημικής ενεργοποίησης, ώστε να κατα-

Μια μέθοδος εναλλακτική της καθοδικής προστασίας με θυσιαζόμενο ανόδιο είναι η αντιδιαβρωτική προστασία με εξωτερικά επιβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα (Impressed current anode).

προστασία μεταλλικών κατασκευών σε διάφορους τομείς. Η μέθοδος αυτή παλαιότερα ήταν αρκετά δαπανηρή. Σήμερα όμως, χάρη στην εξέλιξη της τεχνολογίας και την ευρεία χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων, οι συσκευές αυτές –τουλάχιστον για τις εφαρμογές προστασίας μπόιλερ– είναι ιδιαίτερα προσιτές σε τιμές και παράλληλα προσφέρουν καλύτερη προστασία από οποιοδήποτε άλλο σύστημα ενεργητικής καθοδικής προστασίας.

Ηλεκτρονικά ανόδια

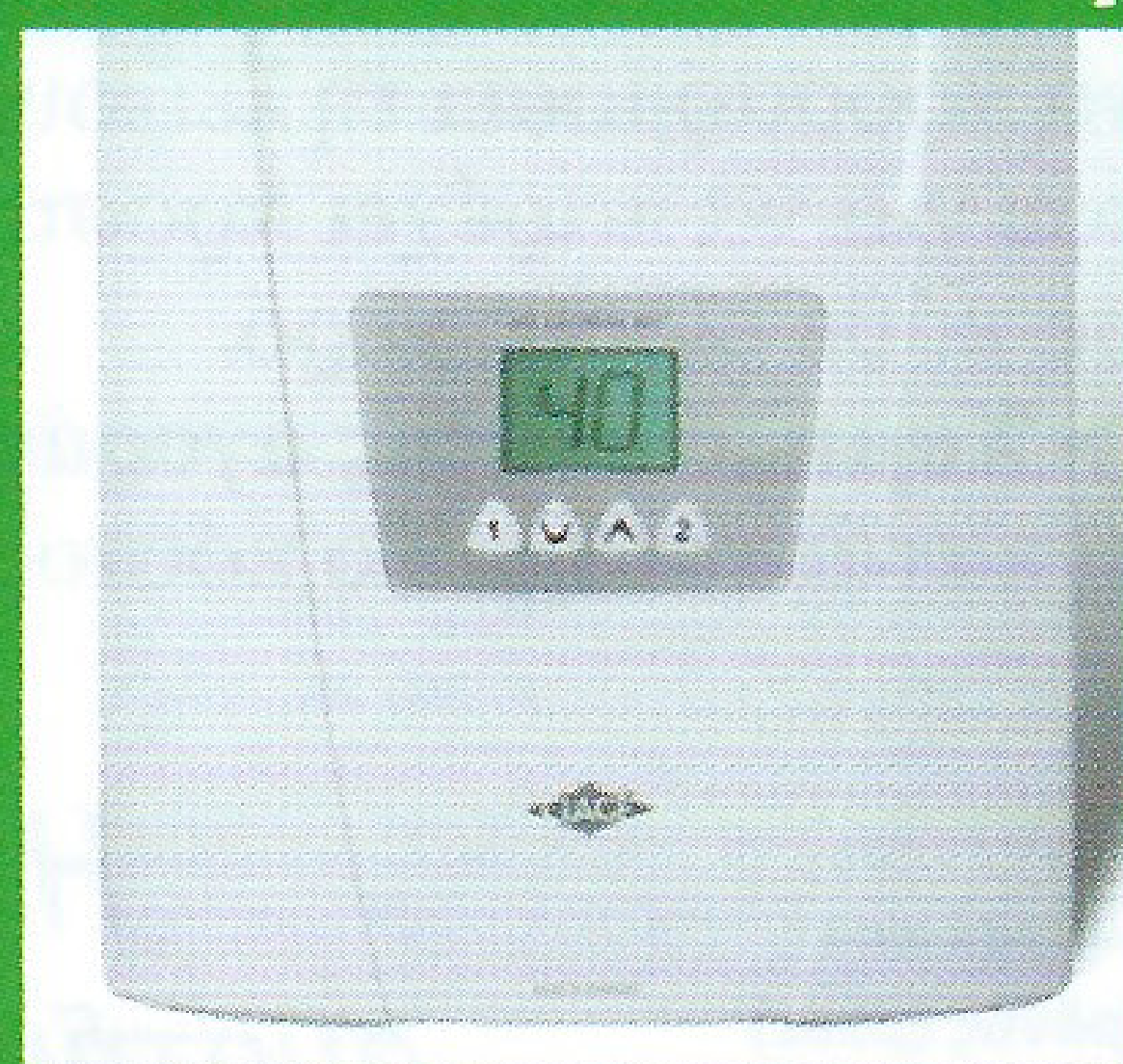
Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την προστασία των μπόιλερ ονομάζονται «ηλεκτρονικά ανόδια» (στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται με διάφορους όρους, όπως: electronic anodes, powered anodes, impressed

τελείται βασικά από την ηλεκτρονική συσκευή και από μια ή δύο ακίδες-ανόδια τιτανίου. Η ηλεκτρονική συσκευή του συστήματος είναι ένας συνδυασμός ποτενσιοστάθης, μετασχηματιστή και ελεγκτή, και στόχος της είναι να παρέχει καθοδική προστασία των δοχείων ενάντια στη διάβρωση, ελέγχοντας το δυναμικό του νερού του δοχείου με την επιβολή εξωτερικά επιβαλλόμενου ηλεκτρικού ρεύματος.

Η συσκευή μετασχηματίζει το ρεύμα του δικτύου σε συνεχές ρεύμα χαμηλής τάσης και το παρέχει στο εσωτερικό του δοχείου μέσω της ακίδας τιτανίου. Μόλις το δοχείο γεμίσει με νερό, δημιουργείται ένα γαλβανικό στοιχείο του οποίου η άνοδος είναι το ανόδιο τιτανίου (θετικός πόλος), ενώ

TAXYΘΕΡΜΑΝΤΗΡΕΣ CLAGE - ZANKER - TRITON

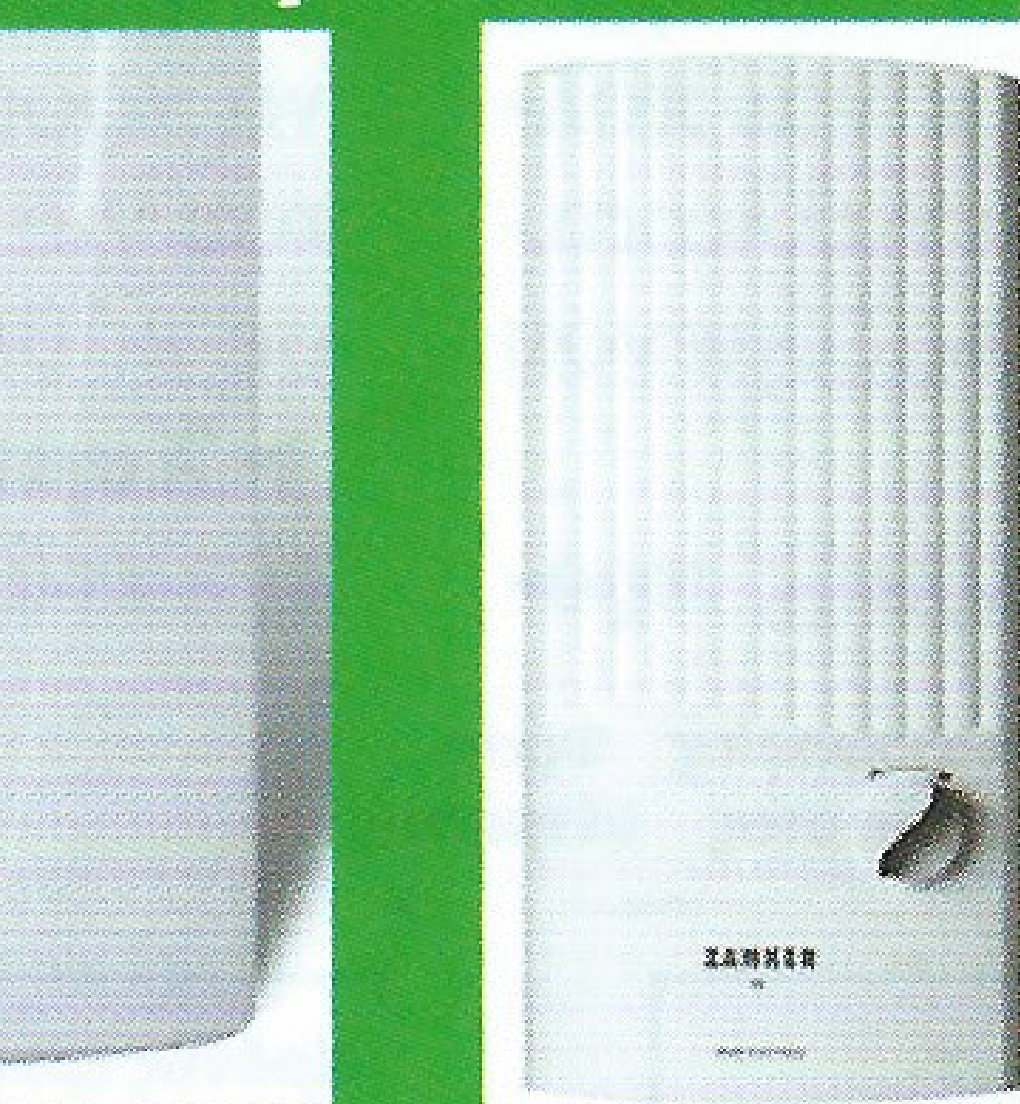
Made in Germany



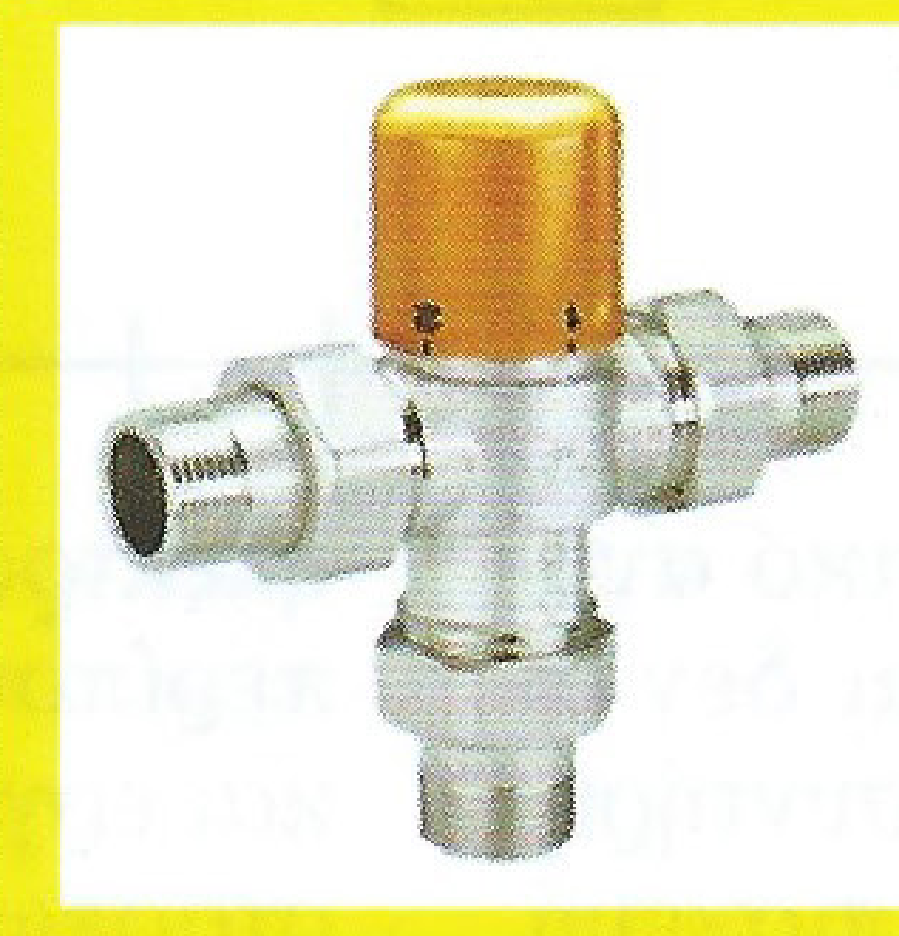
ΦΙΛΤΡΑ ΝΕΡΟΥ



ΜΕΤΡΩΤΕΣ



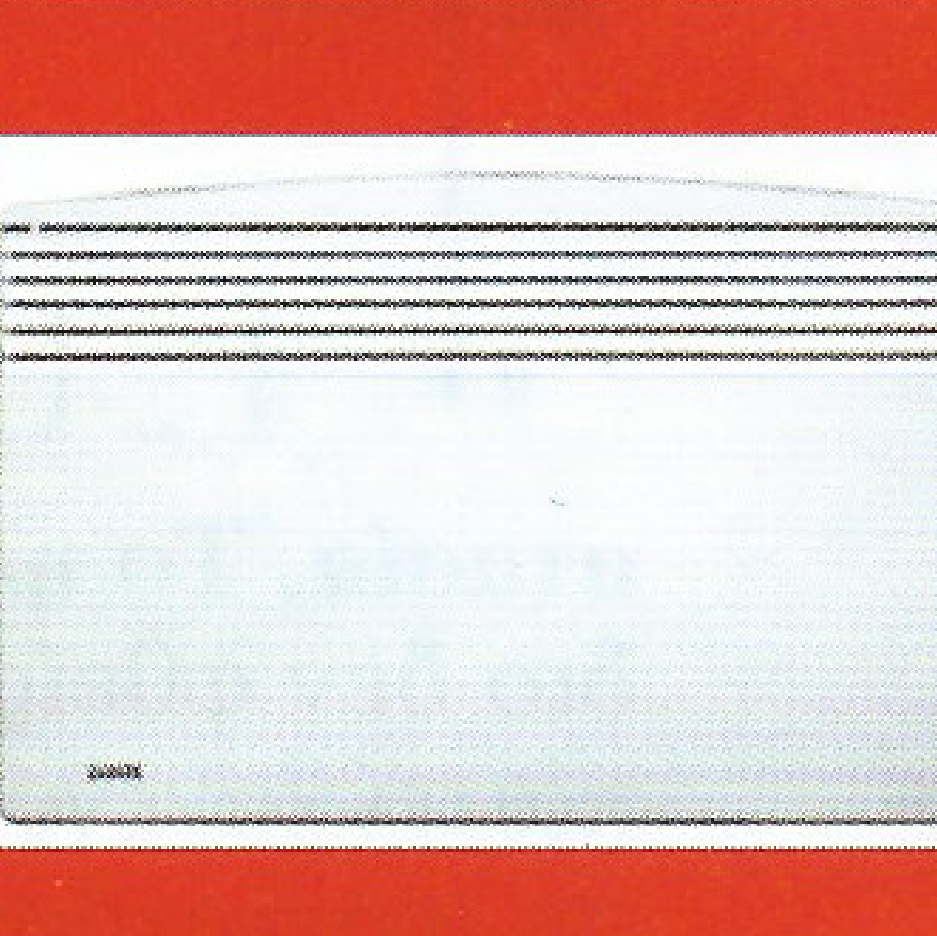
ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΙΚΕΣ



Made in England



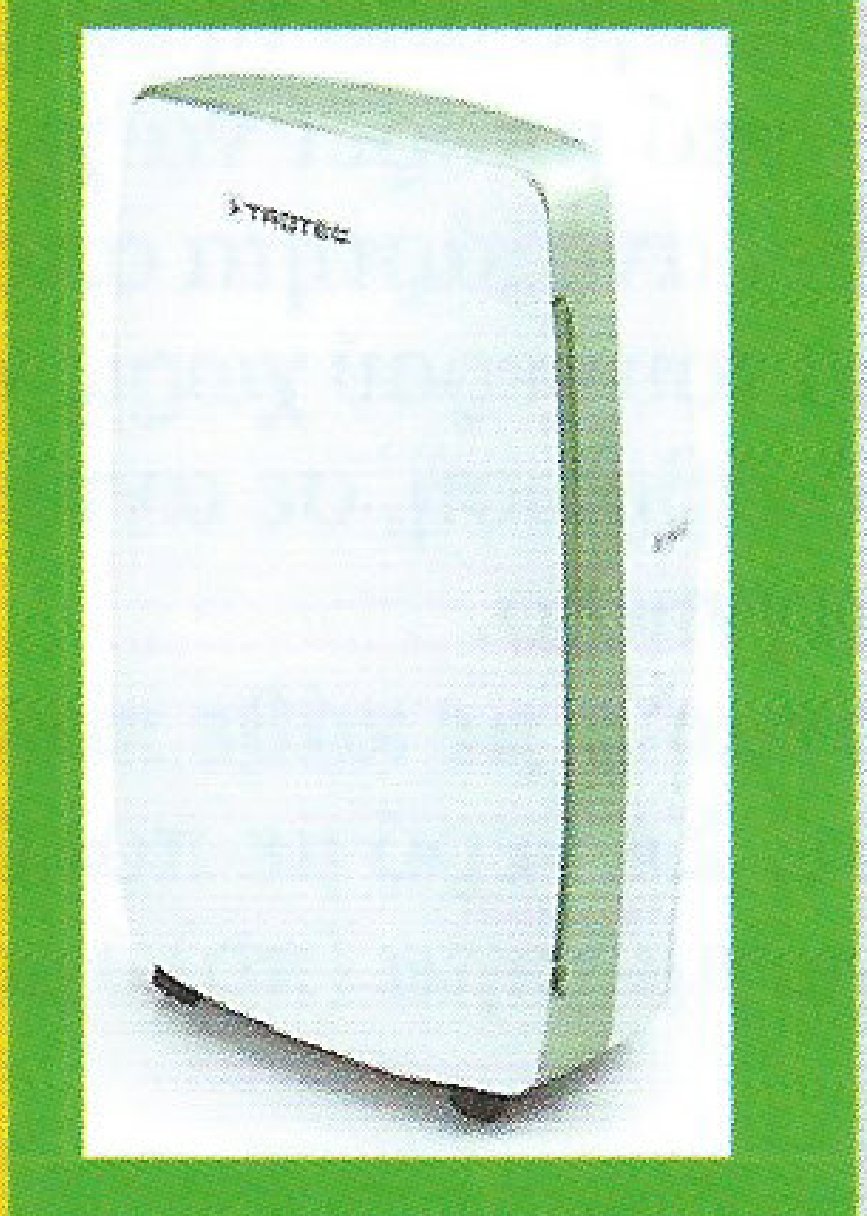
ΘΕΡΜΟΠΟΜΠΟΙ



ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΛΕΒΗΤΕΣ TERMO



ΑΦΥΓΡΑΝΤΗΡΕΣ



ΜΕΙΩΤΕΣ



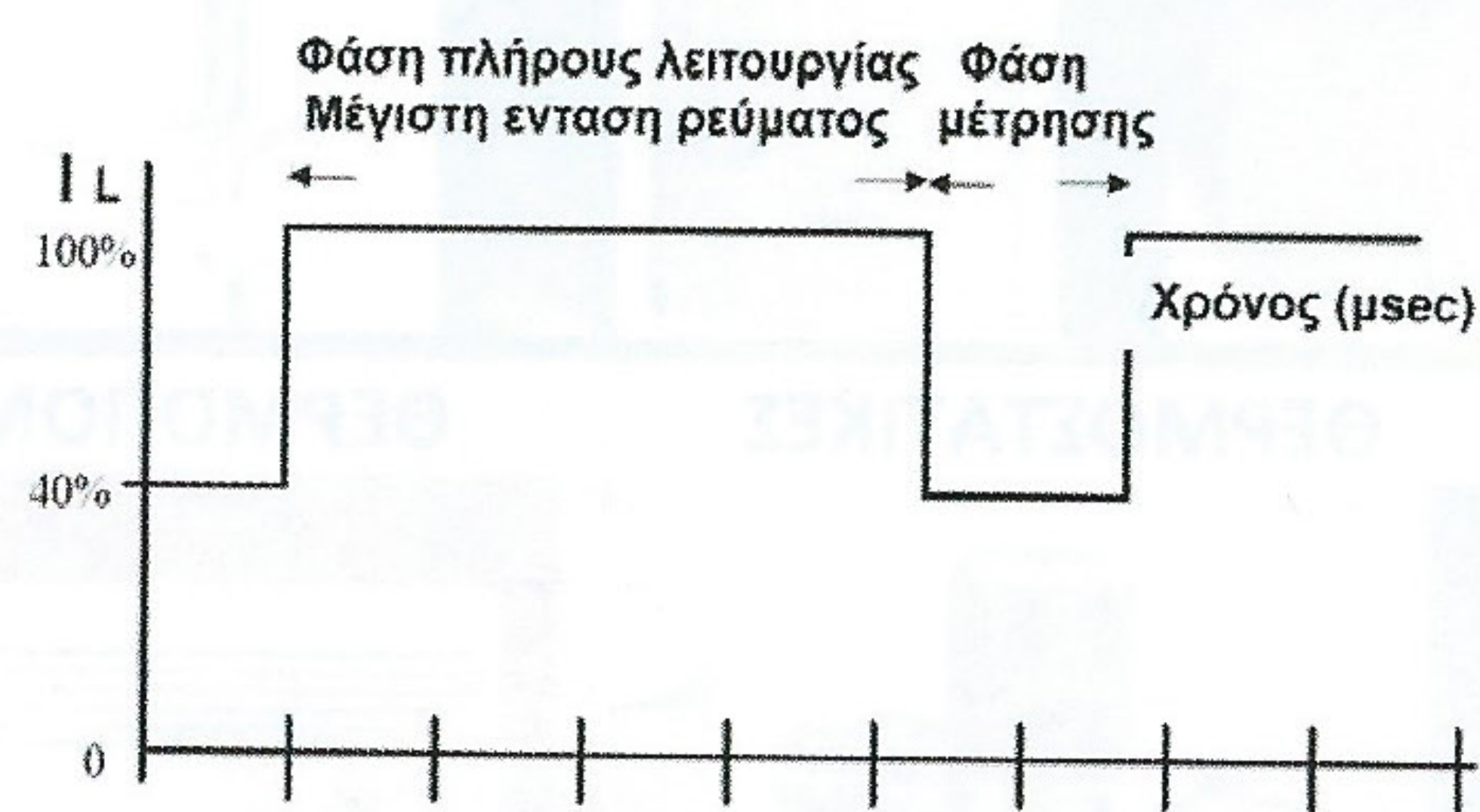
στεί ικανό να μεταφέρει ρεύμα. Το υπόλοιπο τμήμα του ανοδίου δεν έχει υποστεί καμία χημική επεξεργασία, και ο ρόλος του είναι να τοποθετηθεί το ενεργό άκρο στην κατάλληλη θέση μέσα στο δοχείο.

Η εγκατάστασή του στο δοχείο είναι πολύ απλή και μπορεί να γίνει τόσο σε νέα δοχεία όσο και σε παλιότερα που βρίσκονται ήδη σε λειτουργία. Για δοχεία έως 800 λίτρα αρκεί ένα μόνο ανόδιο τιτανίου κοντά στο γεωμετρικό κέντρο του δοχείου (είτε κάθετα είτε οριζόντια). Σε δοχεία μεγαλύτερα από 1.000 λίτρα θα πρέπει να τοποθετηθούν δύο ανόδια, σε τέτοια σημεία ώστε να υπάρχει πλήρης αντιδιαβρωτική κάλυψη του δοχείου (π.χ. ένα ανόδιο ψηλά και ένα χαμηλά). Η σωστή λειτουργία του συστήματος ελέγχεται από ειδικό αισθητήριο και καταδεικνύεται με LED ή οθόνες. Υπό φυσιολογικές συνθήκες και με σωστή εγκατάσταση και χρήση, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί για δεκαετίες χωρίς καμία απολύτως συντήρηση.

Πλεονεκτήματα ηλεκτρονικού ανοδίου

Τα πλεονεκτήματα του ηλεκτρονικού ανοδίου είναι πολλά σε σχέση με την εναλλακτική μέθοδο του θυσιαζόμενου ανοδίου:

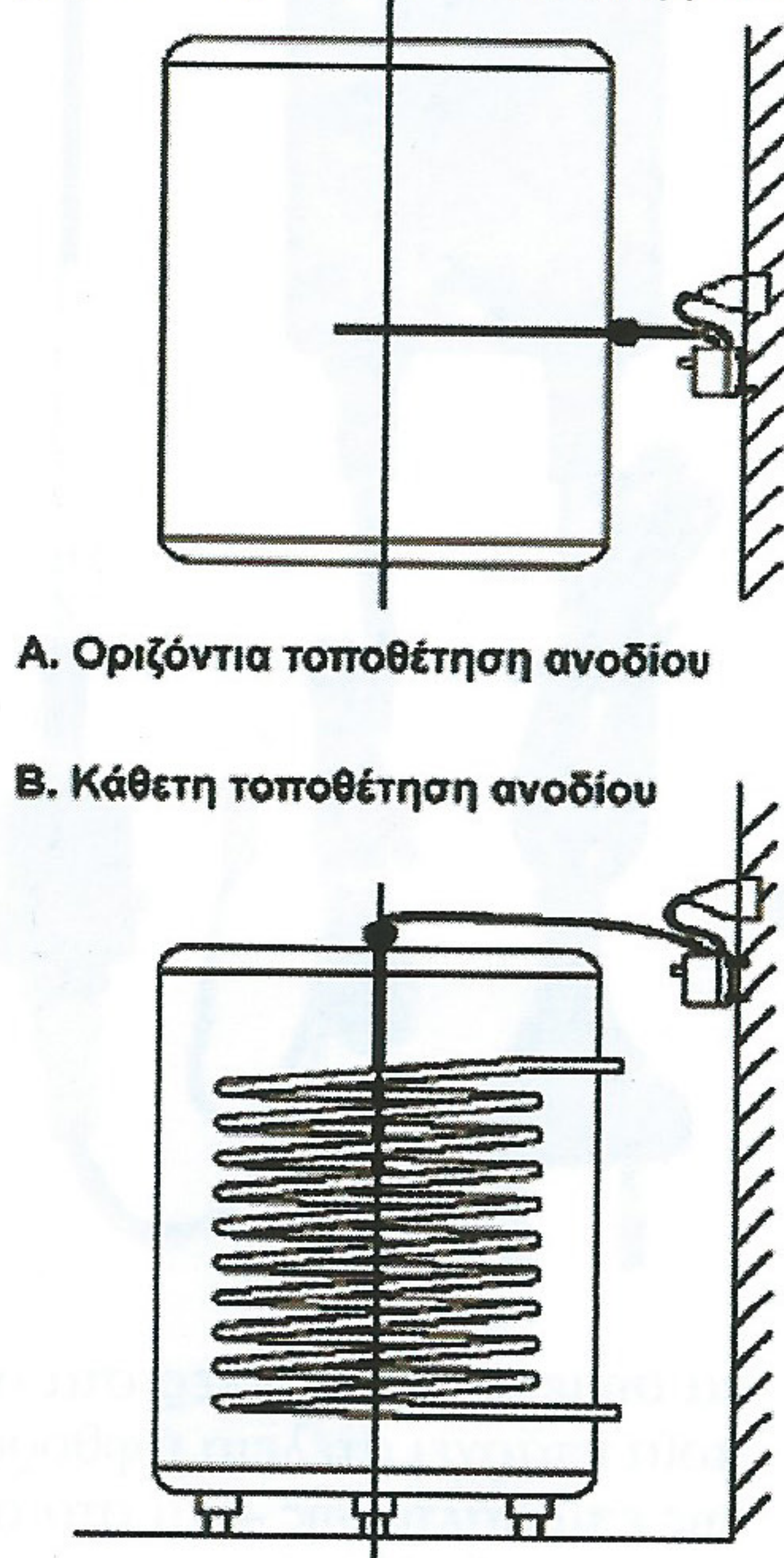
► Μόνιμη και διαρκής προ-



στασία. Το ηλεκτρονικό ανόδιο δεν φθείρεται και δεν απαιτεί κανενός είδους συντήρηση, αντικατάσταση ή επισκευή. Το τιτάνιο είναι ευγενές μέταλλο απρόσβλητο από τη διάβρωση. Γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα από την ποιότητα του νερού χωρίς να υποστεί διάβρωση, σε αντίθεση με το μαγνήσιο.

► **Προστασία με κάθε ποιότητα νερού.** Σε νερό με πολύ χαμηλή αγωγιμότητα (πολύ μαλα-

Σχήμα 2: Τρόποι τοποθέτησης ανοδίου



Α. Οριζόντια τοποθέτηση ανοδίου

Β. Κάθετη τοποθέτηση ανοδίου

κό νερό), το ανόδιο μαγνησίου παρέχει πολύ μικρό ρεύμα προστασίας και το δοχείο μένει ουσιαστικά απροστάτευτο. Σε νερό με πολύ υψηλή αγωγιμότητα (πολύ σκληρό νερό), το ανόδιο μαγνησίου φθείρεται πολύ γρήγορα, ενώ το προστατευτικό ρεύμα που παρέχει μπορεί να είναι ανεπαρκές. Το ηλεκτρονικό ανόδιο μπορεί να μεταβάλει την ένταση του ρεύματος που παρέχει, ανάλογα με τις μετρήσεις του δυναμικού, ώστε να προσαρμόσει τη λειτουργία του για να παρέχει προστασία σε κάθε είδους νερό.

► **Χαμηλό κόστος αγοράς και εγκατάστασης.** Το κόστος του

ου, και μπορεί να γίνει ακόμα και σε δοχεία που βρίσκονται σε λειτουργία.

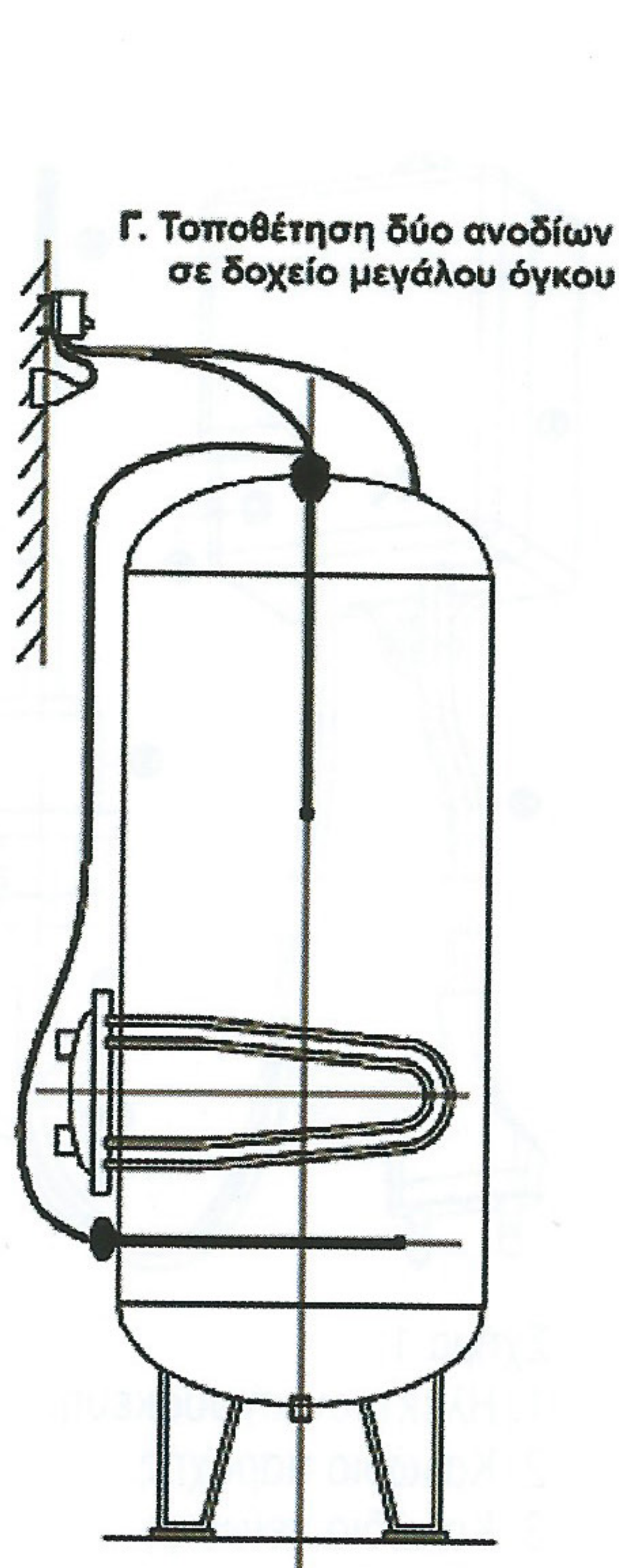
► **Ελάχιστο κόστος λειτουργίας.** Το ηλεκτρονικό ανόδιο λειτουργεί με ρεύμα μικρής τάσης και έντασης και έχει πολύ μικρή κατανάλωση ρεύματος (10-20 kWh ανά έτος).

► **Υψηλός βαθμός λειτουργικής ευελιξίας.** Η ηλεκτρονική συσκευή, μέσω των μετρήσεων, αντιλαμβάνεται τις αλλαγές στην κατάσταση της εσωτερικής επίστρωσης του δοχείου και στην ποιότητα του νερού και μεταβάλλει αυτόματα το ρεύμα που παρέχει, ώστε να παρέχει πάντα βέλτιστη προστασία.

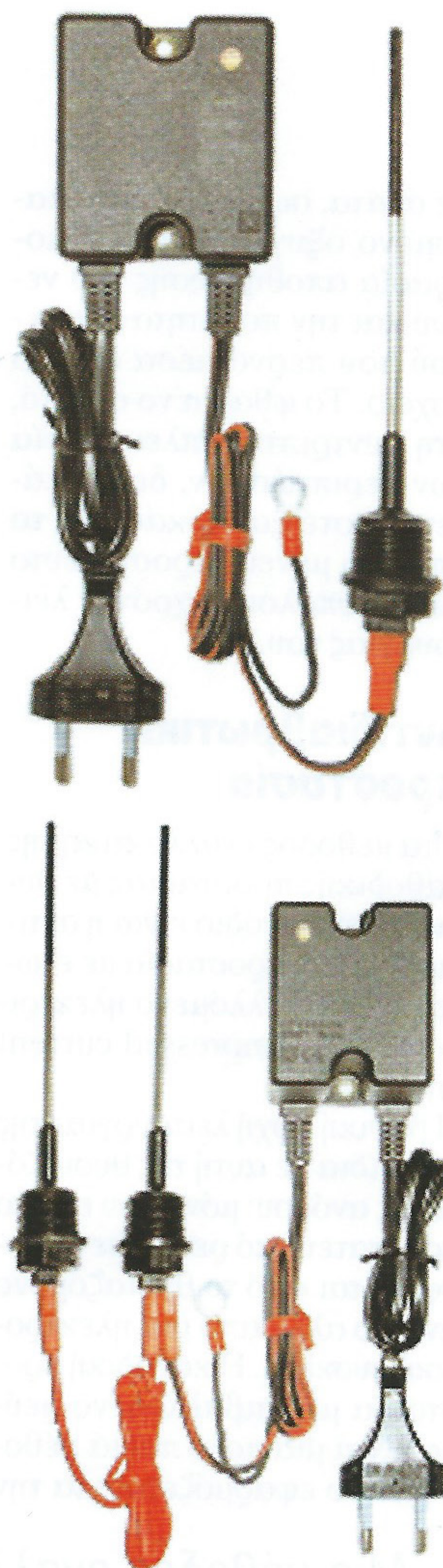
Η σωστή λειτουργία του συστήματος ελέγχεται από ειδικό αισθητήριο και καταδεικνύεται με LED ή οθόνες

ηλεκτρονικού ανοδίου ισούται περίπου με το κόστος (υλικών και εργατικών) 3-5 αντικατάστασεων των ανοδίων μαγνησίου. Τα ανόδια μαγνησίου απαιτούν ετήσια αλλαγή. Συνεπώς το κόστος του ηλεκτρονικού ανοδίου αποσβήνεται σε 3-5 χρόνια λειτουργίας, ενώ η διάρκεια ζωής του είναι υπό φυσιολογικές συνθήκες αρκετές δεκαετίες. Η εγκατάστασή του είναι τόσο εύκολη όσο σχεδόν και ενός ανοδίου μαγνησί-

► **Μέγιστη προστασία.** Με το ρεύμα μεταβαλλόμενης έντασης διασφαλίζεται ότι το δοχείο προστατεύεται πάντα ακριβώς όπως πρέπει. Υποπροστασία του δοχείου θα είχε ως αποτέλεσμα τη διάβρωση του δοχείου. Υπερπροστασία του δοχείου (πολύ μεγαλύτερη διαφορά δυναμικού από την απαιτούμενη) μπορεί να οδηγήσει σε δημιουργία υδρογόνου στο νερό και σε φθορά της επίστρωσης του δοχείου.



Γ. Τοποθέτηση δύο ανοδίων σε δοχείο μεγάλου όγκου



► **Υγιεινή λειτουργία.** Το ανόδιο τιτανίου είναι αδιάβρωτο και δεν δημιουργεί υπολείμματα, σε αντίθεση με τα ανόδια μαγνησίου. Τα τελευταία διαβρώνονται και αφήνουν υπολείμματα στον πυθμένα του δοχείου, τα οποία μαζί με τα άλατα που υπάρχουν στο νερό αποτελούν ευνοϊκό υπόστρωμα για την ανάπτυξη βακτηρίων (όπως της Λεγεωνέλλας) και μικροοργανισμών.

Μοναδικό ίσως μειονέκτημα του συστήματος είναι ότι για τη λειτουργία του απαιτείται συνεχής παροχή ρεύματος. Το ηλεκτρονικό ανόδιο πρέπει να αποσυνδέεται από το ρεύμα μόνο αν αδειάζει το δοχείο από νερό· σε κάθε άλλη περίπτωση και όσο το δοχείο έχει νερό πρέπει να λειτουργεί κανονικά. Σε διαφορετική περίπτωση, το δοχείο δεν προστατεύεται.

* Ο Ανδρέας Γαβριελάτος είναι μηχανολόγος & αεροναυπηγός μηχανικός του Πανεπιστημίου Πατρών, με MSc στην Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας, ΕΜΠ.