

Δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε
υδάτινους ταμιευτήρες με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης

του Γιάννη Βουρδουμπά
Χημικού Μηχανικού ΕΜΠ, M.Sc., Ph.D.

Εκδήλωση για τα 3 χρόνια λειτουργίας του Μ.ΥΗ.Σ.
Αγιάς

Αγιά 18/5/2025

Η ανάπτυξη συστημάτων αξιοποίησης των ΑΠΕ στη Κρήτη

- Το ενδιαφέρον για τη δημιουργία πολλών εγκαταστάσεων αξιοποίησης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας στη Κρήτη είναι σήμερα αυξημένο λόγω του άφθονου ηλιακού και αιολικού δυναμικού στο νησί και της ωριμότητας και της οικονομικής ελκυστικότητας των σχετικών τεχνολογιών.
- Όμως η ανάπτυξη σημαντικού αριθμού φωτοβολταϊκών μονάδων και αιολικών πάρκων στη Κρήτη οι οποίες δεν παρέχουν εγγυημένη ισχύ στο δίκτυο προυποθέτει την ύπαρξη σταθμών αποθήκευσης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Η αποθήκευση της, όταν οι ηλιακοί και αιολικοί σταθμοί παράγουν ηλεκτρική ενέργεια η οποία δεν χρειάζεται στο δίκτυο, είναι απαραίτητη για να μην απορρίπτεται και χάνεται.

Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας

- Υπάρχουν διάφοροι τρόποι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας εκ των οποίων οι πιο διαδεδομένοι σήμερα είναι:
- Η αποθήκευση της σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές, και
- Η αποθήκευση της σε συστήματα αντλησιοταμίευσης.
- Άλλες μέθοδοι αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν:
- Την αποθήκευση της σε μορφή συμπιεσμένου αέρα, σε συστήματα τηγμένων αλάτων και σε μορφή υδρογόνου.

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες

- Η αποθήκευση μικρών ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες είναι γνωστή σε όλους. Η αποθήκευση όμως μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας δεν ήταν μέχρι πρόσφατα εφικτή λόγω κόστους.
- Το κόστος αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρικούς συσσωρευτές ιόντων λιθίου έχει μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών σταθμών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες (της τάξεως 5-50 MW) σε τέτοιες μπαταρίες οι οποίες έχουν διάφορα πλεονεκτήματα.

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας σε μπαταρίες

- Τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών συσσωρευτών είναι μεταξύ άλλων:
 - A) Η υψηλή ενεργειακή τους πυκνότητα,
 - B) Ο μικρός χρόνος απόκρισης,
 - Γ) Η σημαντική μείωση του κόστους τους τα τελευταία χρόνια,
 - Δ) Η εύκολη και γρήγορη εγκατάσταση τους σε ένα τόπο χωρίς να προκαλούνται σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Σύστημα ηλεκτρικών μπαταριών μεγάλης ισχύος



Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση

- Η πιο διαδεδομένη μέχρι σήμερα μέθοδος αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ήταν σε συστήματα αντλησιοταμίευσης.
- Το σύστημα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση αποτελείται από 2 ταμιευτήρες νερού που βρίσκονται σε διαφορετικό υψόμετρο και οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους με αγωγούς συνδεδεμένους με αντλίες νερού και υδροστρόβιλο.
- Κατά την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας αντλείται νερό από τον χαμηλότερο ταμιευτήρα στον υψηλότερο. Ηλεκτρική ενέργεια δαπανάται στις αντλίες νερού και αποθηκεύεται υπό μορφή δυναμικής ενέργειας.
- Κατά τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας νερό μεταφέρεται με τους αγωγούς από τον υψηλότερο ταμιευτήρα νερού στο χαμηλότερο και με τη κίνηση υδροστροβίλων παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Συνεπώς η δυναμική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια.
- Σήμερα περίπου το 90% των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας διεθνώς βασίζεται στην αντλησιοταμίευση. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους παγκοσμίως υπερβαίνει τις 200 GWh.

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση

- Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης έχουν διάφορα πλεονεκτήματα όπως:
-
- Α) Διάρκεια ζωής περίπου 50 έτη και βαθμό απόδοσης περίπου 70-80%,
- Β) Δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των GWh δηλαδή αρκετά μεγαλύτερη από την αποθηκευόμενη σε ηλεκτρικές μπαταρίες,
- Γ) Δυνατότητα ανάπτυξης πολλών σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή και αιολική ενέργεια (οι οποίες είναι μη εγγυημένης ισχύος) αποθηκεύοντας την σε μηχανική μορφή όταν δεν χρειάζεται και επανεγχύοντας την στο δίκτυο όταν είναι απαραίτητη,
- Δ) Μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια στο δίκτυο σε ελάχιστο χρόνο από την έναρξη λειτουργίας τους.
- Ε) Η κατασκευή τους μπορεί να επιτευχθεί σε μεγάλο βαθμό από Ελληνικές εταιρείες έχοντας σημαντική εγχώρια προστιθέμενη αξία.

Αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση

- Τα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών είναι:
- Α) Το υψηλό κόστος κατασκευής τους,
- Β) Ο μεγάλος χρόνος κατασκευής τους (5-10 έτη),
- Γ) Το γεγονός ότι η χωροθέτηση τους εξαρτάται από τη γεω-μορφολογία του εδάφους και της περιοχής,
- Δ) Τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις καθώς όντας μεγάλα έργα επηρεάζουν τα τοπικά οικοσυστήματα.

Άποψη μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση με τους δύο ταμιευτήρες νερού



Άποψη μονάδας αποθήκευσης με αντλησιοταμίευση στο νησί El Hierro στα Κανάρια νησιά της Ισπανίας σε συνδυασμό με παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αιολικά πάρκα. Στο βάθος διακρίνονται οι ανεμογεννήτριες.



Τα συστήματα αντλησιοταμίευσης διεθνώς

- Τα μεγαλύτερα συστήματα αντλησιοταμίευσης διεθνώς είναι:

Χώρα	Ισχύς (MW)
Virginia, ΗΠΑ	3.003
Huizhou, Κίνα	2.448
Guangzhou, Κίνα	2.400
Raccoon Mountain, ΗΠΑ	1.652
Okutataragi, Ιαπωνία	1.932
Goldisthal, Γερμανία	1.060
La Muela II, Ισπανία	852
Dinorwig, Αγγλία	1.728
Xianju, Κίνα	1.800
Yangyang, Νότια Κορέα	1.000

Το σύστημα αντλησιοταμίευσης στο φράγμα ποταμών, Αμάρι, Κρήτη

- Ένα σημαντικό έργο αποθήκευσης μέρους της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ανεμογεννήτριες στη Κρήτη σχεδιάζεται να γίνει στο ταμιευτήρα του φράγματος ποταμών που βρίσκεται στο Αμάρι του νομού Ρεθύμνης.
- Το υβριδικό αυτό έργο είναι το μεγαλύτερο υβριδικό έργο - παραγωγής και αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας - που κατασκευάζεται σε Ευρωπαϊκό νησί. Σχεδιάστηκε από την ΤΕΡΝΑ ενεργειακή και θα κατασκευασθεί σε συνεργασία με τον ΟΑΚ.

Το σύστημα αντλησιοταμίευσης στο φράγμα ποταμών, Αμάρι, Κρήτη

- Ο υφιστάμενος ταμιευτήρας νερού στο φράγμα ποταμών έχει χωρητικότητα 23 εκατ. M3 ενώ ο δεύτερος ταμιευτήρας νερού που θα κατασκευασθεί 450 μέτρα ψηλότερα του υπάρχοντος θα έχει χωρητικότητα 1.2 εκατ. M3.
- Η ισχύς των δύο αιολικών πάρκων (που βρίσκονται στη Σητεία) είναι 89.1 MW ενώ η ισχύς του συστήματος αντλησιοταμίευσης 93 MW.
- Δυστυχώς οι καθυστερήσεις στην έγκριση των μελετών έχουν καθυστερήσει μέχρι σήμερα την αδειοδότηση και την υλοποίηση του έργου αυτού.

Άποψη του φράγματος Ποταμών στο Αμάρι του νομού Ρεθύμνης



Το μεγαλύτερο έργο που κατασκευάζεται σήμερα στην Ελλάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Αμφιλοχία

- Με συνολική εγκατεστημένη ισχύ **680 MW** (παραγωγή) και **730 MW** (άντληση), το έργο περιλαμβάνει δυο ανεξάρτητους άνω ταμιευτήρες (Άγιο Γεώργιο και Πύργο με όγκους περίπου **6,7 mil. M³** και **2 mil. m³** αντίστοιχα) ενώ ως κάτω ταμιευτήρα χρησιμοποιεί την υπάρχουσα λίμνη Καστρακίου της ΔΕΗ.
- Σκοπός του έργου είναι η αποθήκευση ενέργειας με στόχο την υποστήριξη της μέγιστης δυνατής διείσδυσης ανανεώσιμων πηγών στο μείγμα της ενεργειακής παραγωγής.
- Ετήσια παραγωγή ενέργειας: ~816.00 GWh
- Επένδυση της τάξης των 650 εκατ. ευρώ
- Δημιουργία 900 νέων θέσεων εργασίας στην περίοδο της κατασκευής και διατήρηση 60 θέσεων εργασίας κατά τη λειτουργία
- Το έργο το οποίο κατασκευάζεται από τη ΤΕΡΝΑ ενεργειακή αναμένεται να λειτουργήσει εντός του 2026

Σκαρίφημα του έργου αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Αμφιλοχία



Οφέλη από τη δημιουργία έργων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση

- 1. Αύξηση της σταθερότητας του ηλεκτρικού δικτύου με την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας,
- 2. Δυνατότητα εγκατάστασης νέων συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή και αιολική ενέργεια οι οποίες παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μη εγγυημένης ισχύος,
- 3. Μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα,
- 4. Οικονομικά οφέλη σε βάθος χρόνου,
- 5. Η αντλησιοταμίευση αποτελεί μία ώριμη και δοκιμασμένη τεχνολογία

Οφέλη από τη δημιουργία έργων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με αντλησιοταμίευση

- 6. Γρήγορη απόκριση όσον αφορά τη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο όταν ζητηθεί,
- 7. Βελτίωση της διαχείρισης των υδάτινων πόρων σε μία περιοχή,
- 8. Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας,
- 9. Μεγάλη διάρκεια ζωής και δυνατότητα αύξησης της δυναμικότητας του συστήματος αποθήκευσης,
- 10. Ελάχιστη ή μηδενική χρήση ορυκτών καυσίμων.

**Δυνατότητα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε υδάτινους
ταμιευτήρες με τη μέθοδο της αντλησιοταμίευσης**

Ευχαριστώ πολύ για τη προσοχή σας !!

Ερωτήσεις ;;;