

Αλγόριθμος λειτουργίας υβριδικού σταθμού για απαλοιφή αιχμών ζήτησης ισχύος

Ο αλγόριθμος λειτουργίας υβριδικού σταθμού με στόχο την απαλοιφή αιχμών ισχύος, ανεξάρτητα από την τεχνολογία αποθήκευσης, αναλύεται στα βασικά βήματα που περιγράφονται στη συνέχεια. Ο βασικός έλεγχος, ο οποίος προηγείται και καθορίζει τη λειτουργία του υβριδικού σταθμού, είναι το αν η τρέχουσα χρονική στιγμή βρίσκεται εντός ή εκτός των ωρών παραγωγής εγγυημένης ισχύος. Διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

Α. Ώρες παραγωγής εγγυημένης ισχύος (ώρες αιχμής ζήτησης ισχύος):

1. Κατά τις ώρες αιχμής ζήτησης ισχύος ο υβριδικός σταθμός θα πρέπει να έχει ικανά αποθηκευμένα αποθέματα ενέργειας, ώστε να καλύψει την απαίτηση για παραγωγή εγγυημένης ισχύος και την αντίστοιχη απαλοιφή αιχμών ισχύος. Ήδη από την προηγούμενη ημέρα έχουν ελεγχθεί τα διαθέσιμα αποθέματα ενέργειας. Βάσει αυτών, έχει καθοριστεί η εγγυημένη ισχύς και το χρονικό διάστημα για το οποίο τούτη θα παραχθεί από τον υβριδικό σταθμό στο τρέχον εικοσιτετράωρο.
2. Εισάγονται ως δεδομένα η διαθέσιμη ισχύς P_{RES} από τη μονάδα Α.Π.Ε. του υβριδικού σταθμού (συνήθως αιολικό πάρκο) και η παραγωγή εγγυημένης ισχύος P_g . Επίσης εισάγεται ένα ποσοστό δ_{max} μέγιστης στιγμιαίας διείσδυσης της μονάδας Α.Π.Ε. στην παραγωγή εγγυημένης ισχύος.
3. Αν P_{RES} η διαθέσιμη ισχύς από τη μονάδα Α.Π.Ε. και P_g η παραγωγή εγγυημένης ισχύος που πρέπει να δώσει ο υβριδικός σταθμός στο Σ.Η.Ε., τότε η απευθείας διείσδυση ισχύος Α.Π.Ε. $P_{RES\delta}$ ισούται με:
 - i. Αν $P_{RES} \geq \delta_{max} \cdot P_g$, τότε $P_{RES\delta} = \delta_{max} \cdot P_g$.
 - ii. Αν $P_{RES} < \delta_{max} \cdot P_g$, τότε $P_{RES\delta} = P_{RES}$.
4. Η παραγωγή ισχύος από τις ελεγχόμενες μονάδες του υβριδικού σταθμού (υδροστρόβιλοι ή αεριοστρόβιλοι) θα είναι:
$$P_h \text{ ή } P_{turb} = P_g - P_{RES\delta}.$$
5. Υπολογίζεται ο όγκος του νερού V_T που αφαιρείται από την άνω δεξαμενή, στην περίπτωση αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, ή η μάζα αέρα m_{turb} που αφαιρείται από τη δεξαμενή αποθήκευσης, στην περίπτωση σταθμού συμπιεσμένου αέρα.

Β. Οποιαδήποτε ώρα του εικοσιτετράωρου:

6. Η περίσσεια ισχύος Α.Π.Ε., η οποία είναι διαθέσιμη προς αποθήκευση, ισούται με:

$$P_{rej} = P_{RES} - P_{RES\delta}.$$

7. Αν η μονάδα αποθήκευσης του υβριδικού σταθμού δεν είναι πλήρως φορτισμένη, τότε ελέγχεται η περίσσεια ισχύος από τη μονάδα Α.Π.Ε. Αν P_n είναι η ονομαστική ισχύς των μονάδων αποθήκευσης ισχύος (αντλιών ή συμπιεστών), διακρίνονται οι εξής επιμέρους περιπτώσεις:

- i. Αν $P_{RES} - P_{RES\delta} > P_n$, τότε $P_{st} = P_n$.
- ii. Αν $P_{RES} - P_{RES\delta} \leq P_n$, τότε $P_{st} = P_{RES} - P_{RES\delta}$.

8. Υπολογίζεται ο όγκος νερού ή η μάζα αέρα που αποθηκεύεται στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού ή στη δεξαμενή αποθήκευσης του σταθμού συμπιεσμένου αέρα αντίστοιχα.

9. Ο παραμένων όγκος νερού ή η παραμένουσα μάζα αέρα κατά το τρέχον χρονικό βήμα j στην άνω δεξαμενή του αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού ή στη δεξαμενή συμπιεσμένου αέρα θα είναι:

$$V_{st}(j) = V_{st}(j-1) + V_p - V_h$$

$$m_{st}(j) = m_{st}(j-1) + m_{comp} - m_{turb}.$$

10. Ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού ή η παραμένουσα μάζα αέρα στις δεξαμενές αποθήκευσης υπερβαίνει τις αντίστοιχες μέγιστες χωρητικότητες:

- i. Αν $V_{st}(j) > V_{max}$ (ή αν $m_{st}(j) > m_{max}$) τότε:

$$P_{st} = 0$$

$$P_{rej} = P_{RES} - P_{RES\delta}$$

$$V_{st}(j) = V_{st}(j-1) - V_h \text{ (ή } m_{st}(j) = m_{st}(j-1) - m_{turb}).$$
- ii. Αν $V_{st}(j) \leq V_{max}$ (ή αν $m_{st}(j) \leq m_{max}$) τότε:

$$P_{st} = P_n \text{ ή } P_{st} = P_{RES} - P_{RES\delta}$$

$$P_{rej} = P_{RES} - P_{RES\delta} - P_{st}.$$

Από τον ανωτέρω αλγόριθμο λειτουργίας συνάγεται ότι είναι επιθυμητή η δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, δηλαδή ακόμα και κατά τη διάρκεια παραγωγής εγγυημένης ισχύος από τον υβριδικό σταθμό. Τούτο συνεπάγεται ότι θα πρέπει να παρέχεται η δυνατότητα ταυτόχρονης παραγωγής και αποθήκευσης ισχύος από τον υβριδικό σταθμό. Η δυνατότητα αυτή είναι δεδομένη για τους σταθμούς συμπιεσμένου αέρα, ενώ για τα αναστρέψιμα υδροηλεκτρικά εξασφαλίζεται με την εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης.

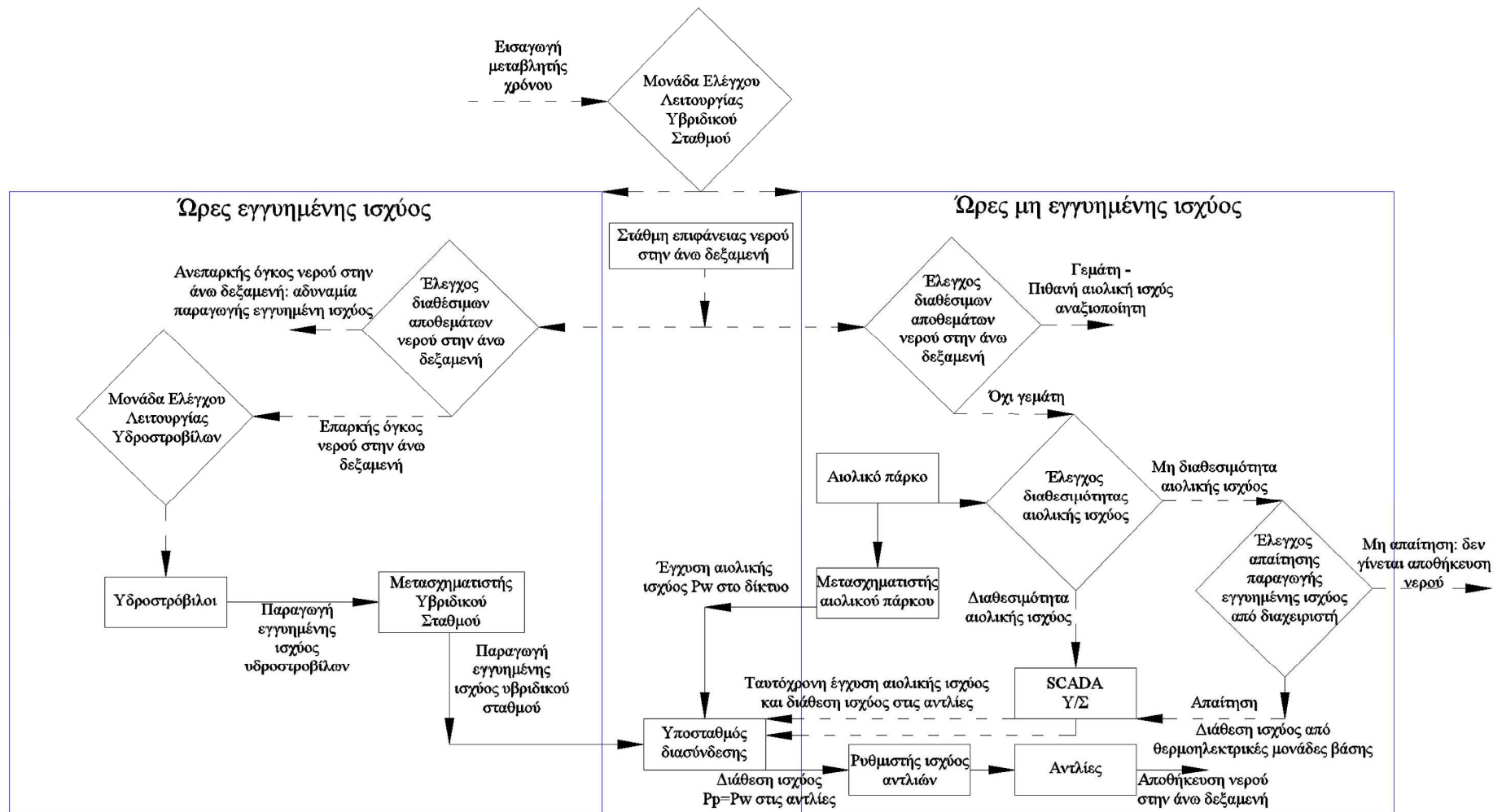
Τονίζεται ότι η δυνατότητα ταυτόχρονης αποθήκευσης και παραγωγής ισχύος από τον υβριδικό σταθμό σε περίπτωση λειτουργίας για απαλοιφή αιχμών ισχύος δεν είναι υποχρεωτικά απαραίτητη. Στην περίπτωση που δεν παρέχεται η δυνατότητα αυτή, η αποθήκευση ισχύος ουσιαστικά δεν θα είναι δυνατή κατά τις ώρες παραγωγής εγγυημένης ισχύος, δεδομένου του ότι η παραγωγή εγγυημένης ισχύος είναι αυτή που έχει προτεραιότητα σε σχέση με την αποθήκευση. Απάντηση στο ερώτημα αν είναι προτιμητέα η εγκατάσταση μονής ή διπλής σωλήνωσης δεν μπορεί να δοθεί μονοσήμαντα. Πρακτικά η εγκατάσταση μονής

σωλήνωσης θα οδηγήσει σε μείωση της αποθηκευμένης ενέργειας ετησίως. Αυτό που ενδιαφέρει όμως, σε τελική ανάλυση, δεν είναι η μειωμένη αποθήκευση ενέργειας, αλλά η παραγωγή εγγυημένης ενέργειας από τον υβριδικό σταθμό. Η μείωση της αποθηκευμένης ενέργειας ενδεχομένως να προκαλέσει μείωση και στη δυνατότητα παραγωγής εγγυημένης ενέργειας. Τούτο όμως δεν είναι εκ των προτέρων δεδομένο. Για παράδειγμα, στην περίπτωση διαθεσιμότητας υψηλού δυναμικού Α.Π.Ε. ή στην περίπτωση κατασκευής δεξαμενής αποθήκευσης με μεγάλη χωρητικότητα, είναι πιθανό η εξαίρεση της δυνατότητας αποθήκευσης κατά τις ώρες εγγυημένης ισχύος να μην προκαλέσει μείωση της μέγιστης δυνάμενης να παραχθεί εγγυημένης ενέργειας από τον υβριδικό σταθμό, κάτι που καθορίζεται από την ονομαστική ισχύ των μονάδων εγγυημένης παραγωγής (υδροστρόβιλοι ή αεριοστρόβιλοι) και των ωρών εγγυημένης παραγωγής ανά εικοσιτετράωρο.

Ακόμα όμως και αν η εγκατάσταση μονής σωλήνωσης σε ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό προκαλέσει μείωση της δυνατότητας παραγωγής εγγυημένης ενέργειας, θα πρέπει να εξεταστεί πόση είναι η εγγυημένη αυτή ενέργεια που τελικά δεν δύναται να παραχθεί, πόσα είναι τα διαφεύγοντα έσοδα από τη μη πώληση της ενέργειας αυτής και αν τούτα συνεπάγονται μία εύλογη περίοδο αποπληρωμής του κόστους εγκατάστασης διπλής σωλήνωσης. Τελικά, δηλαδή, η εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης σε υβριδικό σταθμό με αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό ως μονάδα αποθήκευσης, θα πρέπει να εξεταστεί ανάλογα με το βασικό κριτήριο διαστασιολόγησης του υβριδικού σταθμού. Αν τούτο είναι αποκλειστικά η μεγιστοποίηση της διείσδυσης Α.Π.Ε. στο Σ.Η.Ε., τότε ενδεχομένως η εγκατάσταση διπλής σωλήνωσης να είναι απαραίτητη, ανάλογα, βέβαια, με το διαθέσιμο δυναμικό Α.Π.Ε. και το μέγεθος της δεξαμενής αποθήκευσης. Αν το κριτήριο διαστασιολόγησης του υβριδικού σταθμού είναι επενδυτικό – οικονομικό, τότε θα πρέπει να εξεταστεί αν το επιπλέον κόστος εγκατάστασης διπλής σωλήνωσης δικαιολογείται από τα επιπλέον έσοδα που θα προκύψουν από την αύξηση της παραγόμενης και πωλούμενης εγγυημένης ενέργειας.

Τέλος, μία ακόμα παράμετρος που συμβάλει στη λήψη απόφασης σχετικά με την εγκατάσταση ή όχι διπλής σωλήνωσης σε αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, είναι η ευελιξία λειτουργίας του υβριδικού σταθμού και η συμβολή του στη βελτίωση της δυναμικής ασφάλειας του Σ.Η.Ε. Το κριτήριο αυτό σαφώς είναι σημαντικό, ωστόσο ο συντελεστής βαρύτητάς του στην περίπτωση υβριδικών σταθμών για απαλοιφή αιχμών ισχύος είναι περιορισμένος, ακριβώς λόγω του μειωμένου μεγέθους του σταθμού σε σχέση με το μέγεθος του Σ.Η.Ε. και της περιορισμένης χρονικά λειτουργίας του.

Ο αλγόριθμος λειτουργίας του υβριδικού σταθμού για απαλοιφή αιχμών ισχύος παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα για την περίπτωση χρήσης αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού ως μονάδα αποθήκευσης.



Σχήμα 1: Γραφική απεικόνιση του αλγόριθμου λειτουργίας του υβριδικού σταθμού για απαλοιφή αιχμών ισχύος.