

Αλγόριθμος λειτουργίας υβριδικού σταθμού αιολικού πάρκου και αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού με σκοπό την 100% κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος

Ο αλγόριθμος λειτουργίας ενός υβριδικού σταθμού με σκοπό τη μεγιστοποίηση της παραγωγής σε όλο το 24ωρο, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ως μονάδα αποθήκευσης αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, αναλύεται στα ακόλουθα βήματα:

1. Σε κάθε χρονικό βήμα υπολογισμού εισάγονται ως δεδομένα η διαθέσιμη ισχύς P_{RES} από τη μονάδα Α.Π.Ε. του υβριδικού σταθμού (συνήθως αιολικό πάρκο) και η ζήτηση ισχύος P_d . Επίσης εισάγεται ένα ποσοστό δ_{max} μέγιστης στιγμιαίας διείσδυσης της μονάδας Α.Π.Ε.
2. Αν P_{RES} η διαθέσιμη ισχύς από τη μονάδα Α.Π.Ε. και P_d η ζήτηση ισχύος, τότε η απευθείας διείσδυση ισχύος Α.Π.Ε. $P_{RES\delta}$ ισούται με:
 - i. Αν $P_{RES} \geq \delta_{max} \cdot P_d$, τότε $P_{RES\delta} = \delta_{max} \cdot P_d$.
 - ii. Αν $P_{RES} < \delta_{max} \cdot P_d$, τότε $P_{RES\delta} = P_{RES}$.
3. Αν P_p είναι η ονομαστική ισχύς των μονάδων αποθήκευσης (αντλίες), υπολογίζεται η δυνάμενη να αποθηκευτεί ισχύς P_{st} :
 - i. Αν $P_{RES} - P_{RES\delta} > P_p$, τότε $P_{st} = P_p$.
 - ii. Αν $P_{RES} - P_{RES\delta} \leq P_p$, τότε $P_{st} = P_{RES} - P_{RES\delta}$.
4. Υπολογίζεται ο όγκος V_p που πρέπει να αντληθεί στην άνω δεξαμενή, προκειμένου να αποθηκευτεί ισχύς P_{st} για χρονικό βήμα διάρκειας t (H_p το διαθέσιμο μανομετρικό άντλησης, γ το ειδικό βάρος του νερού, η_p ο μέσος βαθμός απόδοσης των αντλιών για το χρονικό βήμα υπολογισμού):

$$V_p = \frac{P_{st} \cdot t \cdot \eta_p}{\gamma \cdot H_p} \quad (1)$$

5. Υπολογίζεται ο όγκος νερού V_h που θα πρέπει να αφαιρεθεί από την άνω δεξαμενή προκειμένου να καλυφθεί η εναπομένουσα ζήτηση ισχύος $P_d - P_{RES\delta}$ από τους υδροστρόβιλους για το χρονικό βήμα διάρκειας t (H_T το διαθέσιμο μανομετρικό πτώσης):

$$V_h = \frac{(P_d - P_{RES\delta}) \cdot t}{\gamma \cdot H_T \cdot \eta_h} \quad (2)$$

6. Ο παραμένον όγκος νερού κατά το τρέχον χρονικό βήμα j στην άνω δεξαμενή θα είναι:

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

7. Ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή υπερβαίνει τη μέγιστη χωρητικότητα της δεξαμενής:

i. Αν $V_{st}(j) > V_{max}$, τότε:

$$P_{st} = 0$$

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

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

ii. Αν $V_{st}(j) \leq V_{max}$, τότε:

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

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

8. Επιπλέον ελέγχεται αν ο παραμένων όγκος νερού στην άνω δεξαμενή είναι μικρότερος από τον ελάχιστο περιεχόμενο σε αυτήν:

i. Αν $V_{st}(j) < V_{min}$, τότε:

$$P_h = 0$$

$$P_{th} = P_d - P_{RES\delta}$$

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

ii. Αν $V_{st}(j) \geq V_{min}$, τότε:

$$P_h = P_d - P_{RES\delta}$$

$$P_{th} = 0$$

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

Διαφαίνεται από την ανωτέρω παρουσίαση ότι προβλέπεται, με βάση τον αλγόριθμο λειτουργίας, η ταυτόχρονη άντληση και πτώση νερού στο ίδιο χρονικό βήμα. Η σκοπιμότητα τούτης της δυνατότητας είναι προφανής από την ανάλυση του αλγόριθμου λειτουργίας. Κάποια χρονική στιγμή, καθώς το αιολικό πάρκο δεν επιτρέπεται να διεισδύσει απευθείας στην παραγωγή σε ποσοστό μεγαλύτερο του δ_{max} ως προς τη ζήτηση ισχύος, θα πρέπει να καλυφθεί το υπόλοιπο της ζήτησης κατά προτεραιότητα από τους υδροστρόβιλους, εφόσον βέβαια επαρκεί η αποθηκευμένη ποσότητα νερού στην άνω δεξαμενή. Την ίδια χρονική στιγμή όμως είναι επιθυμητό να αποθηκευτεί η περίσσεια ενέργειας από το αιολικό πάρκο, που είναι αυτή που παραμένει διαθέσιμη μετά την απευθείας διείσδυση αιολικής ισχύος. Η ταυτόχρονη άντληση και πτώση νερού μπορεί να εξασφαλιστεί με την εγκατάσταση δύο ανεξάρτητων μεταξύ τους σωληνώσεων, μίας αποκλειστικά για υδατόπτωση και μίας αποκλειστικά για άντληση.

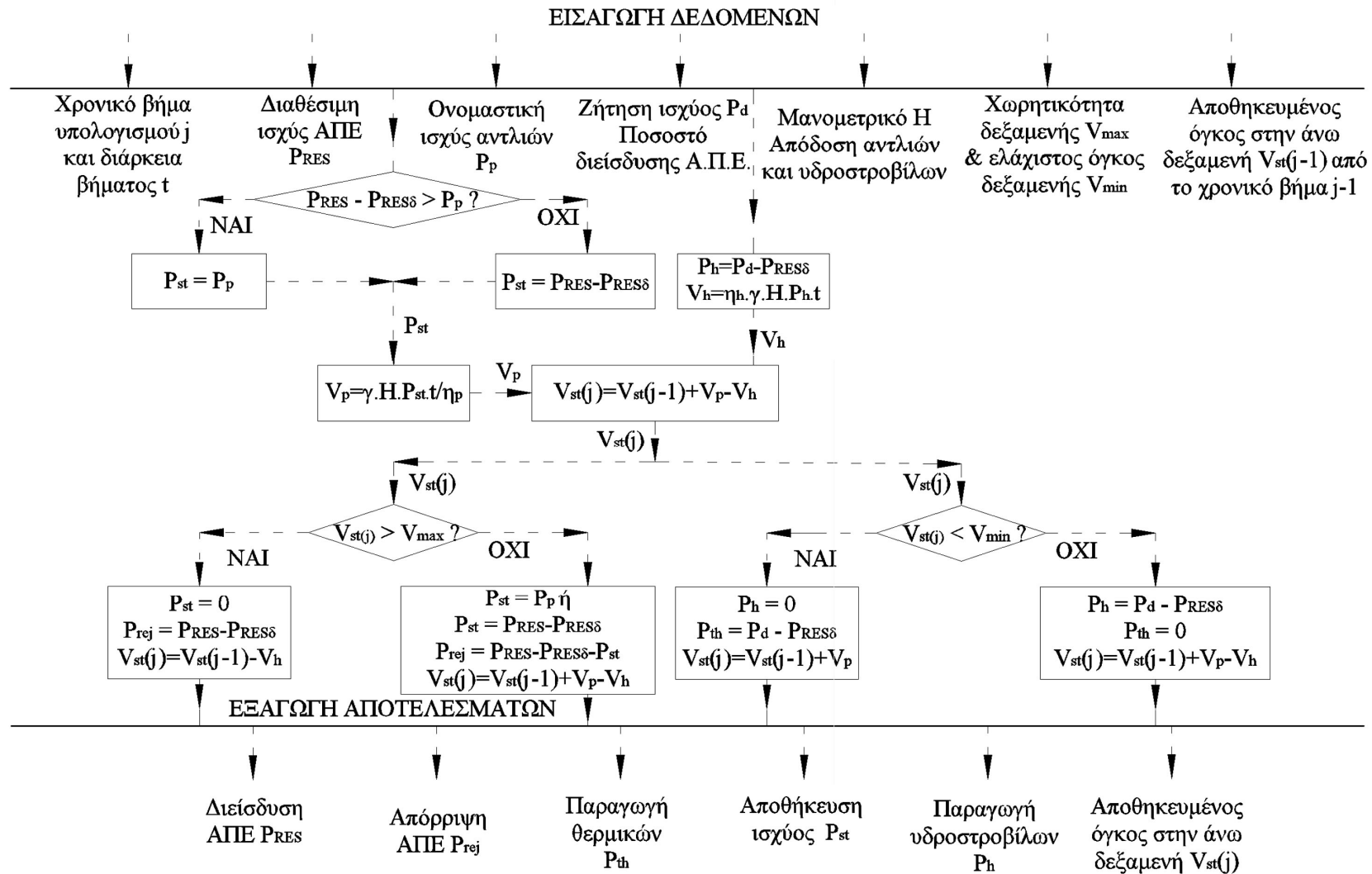
Με την ανωτέρω διαδικασία, σε κάθε χρονικό βήμα υπολογίζονται οι τιμές για την απευθείας διείσδυση ισχύος του αιολικού πάρκου, για την παραγωγή ισχύος από τους υδροστρόβιλους και τις θερμοηλεκτρικές μονάδες εφεδρείας και για την αποθήκευση ισχύος από τις αντλίες. Επίσης υπολογίζονται οι όγκοι νερού που αποθηκεύονται και αφαιρούνται από την άνω δεξαμενή και ο όγκος νερού που τελικά παραμένει αποθηκευμένος σε αυτή μετά από κάθε χρονικό βήμα υπολογισμού. Με την ολοκλήρωση των

ετήσιων αποτελεσμάτων είναι δυνατός στο τέλος ο υπολογισμός της ετήσιας παραγωγής και αποθήκευσης ενέργειας από τις συνιστώσες του υβριδικού σταθμού, η διακύμανση της στάθμης φόρτισης της μονάδας αποθήκευσης (πρακτικά ο αποθηκευμένος όγκος νερού στην άνω δεξαμενή) και η σχεδίαση του ετήσιου διαγράμματος σύνθεσης παραγωγής ισχύος από τον υβριδικό σταθμό. Επίσης, οι μέγιστες ετήσιες τιμές παραγωγής ισχύος από τους υδροστροβίλους και τις θερμοηλεκτρικές μονάδες και αποθήκευσης ισχύος από τις αντλίες θα αποτελέσουν τις ελάχιστες απαιτούμενες τιμές για την ονομαστική ισχύ των μονάδων αυτών.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τον ανωτέρω υπολογισμό είναι:

1. η ετήσια χρονοσειρά ζήτησης ισχύος με τουλάχιστον μέσες ωριαίες τιμές
2. η ετήσια χρονοσειρά παραγωγής ισχύος από το αιολικό πάρκο με τουλάχιστον μέσες ωριαίες τιμές
3. η χωρητικότητα των δεξαμενών
4. το φυσικό ύψος υδατόπτωσης και άντλησης
5. τα διαγράμματα μεταβολής του βαθμού απόδοσης των υδροδυναμικών μηχανών (υδροστροβίλων και αντλιών)
6. το μήκος των αγωγών διασύνδεσης των δύο δεξαμενών.

Ο ανωτέρω περιγραφόμενος αλγόριθμος λειτουργίας παρουσιάζεται γραφικά στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 1: Αλγόριθμος λειτουργίας υβριδικού σταθμού αιολικού πάρκου και αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού για 100% κάλυψη ζήτησης ισχύος.