

Σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Γ.Α. Γκαμάνης
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ, M.Sc., Μέλος ΕΕΜΦ

Α.Γ. Γκαμάνης
Τελειόφοιτος Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών &
Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών

Λέξεις κλειδιά: σύστημα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αντλησοταμίευση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ηλεκτρονικά ισχύος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι να γίνουν γνωστά τα τεχνικά οφέλη που έχουν επιτευχθεί σαν αποτέλεσμα του Ευρωπαϊκού Διπλώματος Ευρεσιτεχνίας EP1925817 (inventor: Gamanis, G.A.) [1], το οποίο αναφέρεται σε ένα σύστημα παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ιδιαίτερα από τη συνεργική εκμετάλλευση αιολικής ή/και ηλιακής ενέργειας μέσω αντλησοταμίευσης σε ένα τεχνητό υδατικό σύστημα με τη χρήση ηλεκτρονικών ισχύος. Μερικά πλεονεκτήματα αυτής της εφεύρεσης είναι ότι: α) καθιστά δυνατή την πραγματοποίηση αντλησοταμίευσης με τη χρήση διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται κυρίως από αιολική ή/και ηλιακή ενέργεια, β) εξασφαλίζει την χωρίς περιορισμούς λειτουργία από τους διαχειριστές του δικτύου των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών σταθμών, γ) βοηθά στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιδέα της αντλησοταμίευσης είναι γνωστή από τα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα. Οι πρώτες παραγωγικές εφαρμογές αντλησοταμίευσης πραγματοποιήθηκαν τη δεκαετία του 1890 στην Ιταλία και στην Ελβετία.

Η αρχή λειτουργίας και οι δυνατότητες της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας, η οποία λειτουργεί σαν ηλεκτροκίνητη αντλία ή σαν υδροηλεκτρική τουρμπίνα, ήταν γνωστές όταν στις αρχές τις δεκαετίας του 1930 τέθηκαν σε λειτουργία στην Ευρώπη οι δύο πρώτοι υδροηλεκτρικοί σταθμοί αντλησοταμίευσης με αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες, που αποθήκευαν ηλεκτρική ενέργεια από θερμοηλεκτρικούς σταθμούς για τη κάλυψη αναγκών αιχμής.

Είναι επίσης γνωστή, από το υπ' αριθμόν BE 895698 βελγικό δίπλωμα ευρεσιτεχνίας [2], μια μέθοδος εκμετάλλευσης της αιολικής ή της ηλιακής ενέργειας με τη χρήση της αντλησοταμίευσης και μια εγκατάσταση για την εφαρμογή της ίδιας μεθόδου. Στην εγκατάσταση αυτή, η μετατροπή της αιολικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται με τη χρήση ανεμογεννητριών και η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται με τη χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Όμως, οι εγκαταστάσεις αυτού του είδους είναι χαμηλής απόδοσης γιατί στηρίζονται στη μη συνδυασμένη εκμετάλλευση της αιολικής, της ηλιακής και της αποθηκευμένης από άντληση δυναμικής ενέργειας. Επιπλέον, έχουν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

- Η παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια, όταν προέρχεται κατευθείαν από τις ανεμογεννήτριες ή τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι διαλείπουσα, κυμαινόμενη και όχι «υψηλής ποιότητας», σε σύγκριση με αυτή που προέρχεται από την αντλησοταμίευση

- Η απότομη πτώση της ζήτησης σε άεργο ισχύ από τις ανεμογεννήτριες, σε περίπτωση απότομης πτώσης της ταχύτητας του ανέμου, δημιουργεί αστάθειες στο δίκτυο ιδιαίτερα στο δίκτυο των μη διασυνδεδεμένων νησιών

Για τους παραπάνω λόγους, είναι δύσκολο να λειτουργήσει κανείς με αυτήν την «χαμηλότερης ποιότητας ηλεκτρική ενέργεια» ηλεκτροκίνητες αντλίες, ισχύος π.χ. της τάξεως των 10 MW, για πραγματοποίηση αντλησοταμίευσης.

Επιπλέον, οι διαχειριστές του δικτύου θέτουν περιορισμούς στην εκάστοτε ηλεκτρική ισχύ που μπορούν να δεχθούν από τις εν λόγω εγκαταστάσεις, όταν η ισχύς αυτή προέρχεται κατευθείαν από τα αιολικά πάρκα ή/και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένας αριθμός ανεμογεννητριών ή/και φωτοβολταϊκών στοιχείων να βρίσκεται συχνά εκτός λειτουργίας.

Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων ούτε αναπτύχθηκαν τέτοιου είδους εγκαταστάσεις ούτε χρηματοδοτήθηκε έρευνα για ανάπτυξη αντιστρέψιμων αντλιών-τουρμπινών κατάλληλων για χρήση σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς αντλησοταμίευσης που λειτουργούν κυρίως με αιολική ή/και ηλιακή ενέργεια.

2 ΟΡΙΣΜΟΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

Αντλησοταμίευση.— Η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε δυναμική ενέργεια μέσω της άντλησης ύδατος από μια χαμηλή στάθμη ενός τεχνητού υδατικού συστήματος σε μια υψηλότερη στάθμη και η σε μεταγενέστερο χρόνο μετατροπή της αποθηκευμένης δυναμικής ενέργειας σε υδραυλική ενέργεια και στη συνέχεια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αντλησοταμίευση πραγματοποιείται σε έναν υδροηλεκτρικό σταθμό αντλησοταμίευσης.

Τεχνητό υδατικό σύστημα.— Το σύστημα επιφανειακών υδάτων το οποίο δημιουργείται από ανθρώπινη δραστηριότητα.

Λεκάνη απορροής υδατορεύματος.— Η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής ενός υδατορεύματος μέσω διαδοχικών ρευμάτων.

Δίκτυο.— Το σύστημα μεταφοράς και το δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μη διασυνδεδεμένα νησιά.— Τα νησιά των οποίων το δίκτυο δεν συνδέεται με το δίκτυο της ηπειρωτικής χώρας.

Συνέργεια.— Η ευνοϊκή συμπεριφορά ενός συστήματος σαν ολότητα, που δημιουργείται από τη συνδυασμένη δράση ή συνεργασία επιμέρους συστημάτων που περιλαμβάνονται στο σύστημα.

Ηλεκτρονικά ισχύος.— Ηλεκτρονικά συστήματα για τη διαχείριση συστημάτων ενέργειας.

Σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (AC variable speed drive system).— Ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος το οποίο ελέγχει την ταχύτητα περιστροφής και τη ροπή ενός ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος. Ελέγχοντας την ταχύτητα περιστροφής και τη ροπή του άξονα του ηλεκτροκινητήρα, το ηλεκτρονικό σύστημα αυτό ελέγχει τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας από την παροχή προς τον ηλεκτροκινητήρα, και κατά συνέπεια, από την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας προς την αντλησοταμίευση.

Σύστημα άμεσου ελέγχου ροπής (Direct torque control system ή Direct self-control of the flux and rotary moment of a rotary-field machine).— Ηλεκτρονικό σύστημα και μέθοδος όπου η ταχύτητα περιστροφής και η ροπή του άξονα ενός ηλεκτροκινητήρα εναλλασσόμενου ρεύματος υπολογίζονται άμεσα από το μαγνητικό πεδίο, και χωρίς τη χρήση συσκευής μέτρησης ταχύτητας (π.χ. ταχύμετρου). Στη μέθοδο αυτή, οι μεταβλητές ελέγχου είναι η μαγνητική ροή του ηλεκτροκινητήρα και η ροπή του άξονα του ηλεκτροκινητήρα. Ένα σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (AC variable speed drive system) που βασίζεται σε ένα σύστημα άμεσου ελέγχου ροπής, πληροφορείται άμεσα την κατάσταση του ηλεκτροκινητήρα

σε κάθε χρονική στιγμή και ελέγχει με άμεση απόκριση τη ροή της ενέργειας προς την αντλησοταμίευση.

Σύστημα μετατροπών συχνότητας (Frequency converter system).— Ηλεκτρονικό σύστημα ισχύος που μετατρέπει εναλλασσόμενο ρεύμα (alternating current (AC)) μιας τάσης και μιας συχνότητας σε εναλλασσόμενο ρεύμα μιας άλλης τάσης και μιας άλλης συχνότητας. Ένας μετατροπέας συχνότητας (frequency converter) περιλαμβάνει έναν ανορθωτή (rectifier ή AC/DC converter) και έναν αντιστροφέα (inverter ή DC/AC converter), που συνδέονται μεταξύ τους με έναν ζυγό συνεχούς ρεύματος (direct current (DC) bus ή DC link)). Ο ανορθωτής (rectifier ή AC/DC converter) τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια μεταβαλλόμενης συχνότητας, που προέρχεται από μια πρώτη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και ο αντιστροφέας (inverter ή DC/AC converter) παρέχει για το δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια σταθερής συχνότητας (π.χ. 50 Hz). Αν στο ζυγό συνεχούς ρεύματος (DC bus ή DC link) συνδεθεί μια δεύτερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, μέσω ενός επί πλέον ανορθωτή (rectifier ή AC/DC converter) ή απευθείας (πηγή συνεχούς ρεύματος), τότε έχουμε: ένα διπλής τροφοδοσίας μετατροπέα συχνότητας (double-fed frequency converter) ή ένα μετατροπέα συχνότητας (frequency converter) που τροφοδοτείται ανεξάρτητα με δύο ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Αν στο ζυγό συνεχούς ρεύματος (DC bus ή DC link) συνδεθεί και μια τρίτη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τον ίδιο τρόπο που έχει συνδεθεί η προαναφερθείσα δεύτερη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε έχουμε: έναν τριπλής τροφοδοσίας μετατροπέα συχνότητας (triple-fed frequency converter) ή ένα μετατροπέα συχνότητας που τροφοδοτείται ανεξάρτητα με τρεις ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.

3 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ

Το έγγραφο US 2005/225090 A1 [3] αποκαλύπτει έναν σχηματισμό (configuration) σύμφωνα με τον οποίο κάθε μια συσκευή ανεμογεννήτριας ενός αιολικού πάρκου συνδέεται λειτουργικά με έναν μετατροπέα AC/DC, οι μετατροπείς AC/DC συνδέονται εν παραλλήλω σε ένα κοινό ζυγό DC, και ο κοινός ζυγός τερματίζεται από ένα μετατροπέα DC/AC. Αν ένας άλλος κύριος παραγωγός ενέργειας που χρησιμοποιεί μια πηγή παραγωγής ενέργειας περιλαμβάνεται στον σχηματισμό, τότε αυτός ο κύριος παραγωγός ενέργειας συνδέεται επίσης στον κοινό ζυγό DC. Προκειμένου να ισοσταθμισθούν οι διακυμάνσεις της διαθέσιμης ισχύος από τους κύριους παραγωγούς ενέργειας που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συνδέονται στον κοινό ζυγό DC, μέσω κατάλληλων κυκλωμάτων φόρτισης/αποφόρτισης, μονάδες προσωρινής αποθήκευσης που μπορούν να αποθηκεύσουν ηλεκτρική ενέργεια και να την απελευθερώσουν γρήγορα όταν είναι απαιτητό. Τέτοιες μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι ηλεκτροχημικές συσκευές αποθήκευσης όπως επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, πυκνωτές ή μονάδες χημικής αποθήκευσης όπως για παράδειγμα οι συσσωρευτές υδρογόνου, στους οποίους αποθηκεύεται υδρογόνο που παράγεται με ηλεκτρόλυση από την περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια. Σε χρονικές περιόδους όταν μόνο μέρος της ηλεκτρικής ισχύος από τους κύριους παραγωγούς είναι απαιτητό από το δίκτυο, είναι επίσης δυνατό να τεθεί σε λειτουργία ένας σταθμός αντλησοταμίευσης, μέσω του οποίου μεταφέρεται νερό από ένα χαμηλότερο δυναμικό σε ένα υψηλότερο, έτσι ώστε η ηλεκτρική ενέργεια από τον σταθμό αντλησοταμίευσης να μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν είναι αναγκαίο.

Το έγγραφο DE 4301659 A1 [4] αποκαλύπτει μια μέθοδο αποθήκευσης ενέργειας για την εκμετάλλευση της αιολικής ή της ηλιακής ενέργειας, όπου η αιολική ή ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιείται για την λειτουργία μιας ηλεκτροκίνητης αντλίας με σκοπό τη μεταφορά ενός υγρού από ένα ταμειυτήρα με χαμηλή στάθμη σε ένα ταμειυτήρα με υψηλότερη στάθμη. Η ροή του υγρού που προέρχεται από τον ταμειυτήρα με την υψηλότερη στάθμη λειτουργεί μια τουρμπίνα-γεννήτρια που στη συνέχεια παρέχει ηλεκτρική ισχύ για την εξυπηρέτηση τυχαιών καταναλωτών. Σύμφωνα με το έγγραφο DE 4301659 A1, η τουρμπίνα και η αντλία από τη μια, καθώς επίσης ο ηλεκτροκινητήρας και η γεννήτρια από την άλλη, είναι σε επικοινωνία με κατάλληλο τρόπο με μια πρώτη συσκευή ελέγχου, που περιλαμβάνει από τη μια τεχνικά

εξαρτήματα ηλεκτρονικού ελέγχου και ρύθμισης και από την άλλη ηλεκτρικά εξαρτήματα, για την παροχή της απαιτούμενης ηλεκτρικής ισχύος — από τις συσκευές ανεμογεννητριών ή/και τις συσκευές φωτοβολταϊκών στοιχείων — για τη λειτουργία της ηλεκτροκίνητης αντλίας, και για την παροχή ηλεκτρικής ισχύος που μπορεί να εξυπηρετήσει τους τυχαίους καταναλωτές. Επίσης, για την επιλεκτική εναλλαγή/ενεργοποίηση της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας από την συσκευή ανεμογεννήτριας ή/και από την συσκευή φωτοβολταϊκών στοιχείων, για τη λειτουργία της ηλεκτροκίνητης αντλίας, προβλέπεται μια δεύτερη συσκευή ελέγχου, η οποία βρίσκεται σε επικοινωνία με την πρώτη συσκευή ελέγχου ως προς την επιλεκτική εναλλαγή/ενεργοποίηση.

Το έγγραφο US 4243892 [5] αποκαλύπτει ένα σχηματισμό ενός συστήματος άντλησης, για την άντληση ενός υγρού από μια χαμηλότερη στάθμη σε μια υψηλότερη στάθμη, ή από μια πηγή υγρού χαμηλότερης στάθμης προς ένα ταμειυτήρα με υψηλότερη στάθμη. Σύμφωνα με αυτόν το σχηματισμό, μια πορεία ροής υγρού που προέρχεται από μια πηγή υγρού χωρίζεται σε τουλάχιστον δύο πορείες ροής ή γραμμές, και στη συνέχεια οι τουλάχιστον δύο πορείες ροής ή γραμμές συγχωνεύονται σε μια πορεία ροής ή γραμμή για την μεταφορά του υγρού στον ταμειυτήρα με την υψηλότερη στάθμη. Στη μια από τις τουλάχιστον δύο πορείες ροής ή γραμμές εγκαθίσταται μια ηλεκτροκίνητη αντλία και σε κάθε μια από τις υπολειπόμενες πορείες ροής ή γραμμές εγκαθίσταται μια αντιστρέψιμη αντλία-τουρμπίνα. Σε υψηλές ροές υγρού όλες οι υδραυλικές μηχανές (αντλία, αντλίες-τουρμπίνες) λειτουργούν σαν ηλεκτροκίνητες αντλίες. Σε χαμηλές ροές υγρού η κανονική ηλεκτροκίνητη αντλία λειτουργεί με ταχύτητα υψηλής ενεργειακής απόδοσης, καθώς το επί πλέον ρέον υγρό εξαναγκάζεται να ρέει αντίθετα δια μέσου των αντλιών-τουρμπινών έτσι ώστε αυτές να λειτουργούν σαν τουρμπίνες-γεννήτριες, και κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται τουλάχιστον ένα κύκλωμα ροής ή βρόχος. Οι κινητήρες των αντλιών και οι κινητήρες των αντιστρέψιμων αντλιών-τουρμπινών, όταν αυτές λειτουργούν σαν αντλίες, τροφοδοτούνται μέσω συστημάτων μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (variable speed drives).

Το έγγραφο WO 02/50618 A2 [6] αποκαλύπτει ένα σύστημα ελέγχου ισχύος που έχει μια τροφοδοσία με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από μια πηγή ενέργειας και μια επιπλέον τροφοδοσία που προέρχεται από μια αποθήκη ενέργειας, όπου το σύστημα ελέγχου ισχύος παρέχει ισχύ εξόδου για μια επιχείρηση ηλεκτρισμού ή για ένα φορτίο. Η πηγή ενέργειας μπορεί να είναι μια στροβιλογεννήτρια, ανεμογεννήτρια ή οποιαδήποτε άλλη συμβατική ή πρόσφατα αναπτυχθείσα πηγή. Η αποθήκη ενέργειας που περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους πυκνωτές συνδέεται με τον ζυγό DC του συστήματος ελέγχου ισχύος μέσω ενός μετατροπέα ισχύος διπλής κατεύθυνσης για να τροφοδοτεί στιγμιαία ισχύ προς και να αντλεί στιγμιαία ισχύ από τον ζυγό DC με σκοπό τη σταθεροποίηση της τάσης DC στον ζυγό DC.

4 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Η εφεύρεση αναφέρεται σε ένα σύστημα παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με τη χρήση ηλεκτρονικών ισχύος, ιδιαίτερα από τη συνεργική εκμετάλλευση της αιολικής ή/και της ηλιακής ενέργειας μέσω αντλησοταμίευσης σε ένα τεχνητό υδατικό σύστημα.

Το εν λόγω σύστημα παραγωγής περιλαμβάνει τουλάχιστον έναν υδροηλεκτρικό σταθμό αντλησοταμίευσης ο οποίος έχει: τουλάχιστον μια υδροηλεκτρική τουρμπίνα, τουλάχιστον μια ηλεκτροκίνητη αντλία, τουλάχιστον έναν τριπλής τροφοδοσίας μετατροπέα συχνότητας (AC/DC - DC/AC converter, FVC1), και τουλάχιστον ένα σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (AC variable speed drive system). Το σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος τροφοδοτείται από την έξοδο του μετατροπέα συχνότητας (FVC1) και μεταδίδει ηλεκτρική ισχύ στον ηλεκτροκίνητηρα της ηλεκτροκίνητης αντλίας. Ο τριπλής τροφοδοσίας μετατροπέας συχνότητας (FVC1) έχει μια πρώτη τροφοδοσία με ηλεκτρική ενέργεια από τη γεννήτρια της υδροηλεκτρικής τουρμπίνας, μια δεύτερη τροφοδοσία από τουλάχιστον ένα αιολικό πάρκο και μια τρίτη τροφοδοσία από τουλάχιστον ένα φωτοβολταϊκό σταθμό. Η ισοστάθμιση της διαλείπουσας

και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από το αιολικό πάρκο ή/και τον φωτοβολταϊκό σταθμό πραγματοποιείται με έλεγχο ροής της ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεννήτρια της υδροηλεκτρικής τουρμπίνας προς την πρώτη τροφοδοσία του τριπλής τροφοδοσίας μετατροπέα συχνότητας (FVC1).

Όταν ο προαναφερθείς υδροηλεκτρικός σταθμός αντλησοταμίευσης περιλαμβάνει αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες, τότε έχουμε την καλύτερη δυνατή υλοποίηση του συστήματος.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα του προαναφερθέντος συστήματος παραγωγής είναι τα εξής:

- Δίνει μια υψηλής απόδοσης λύση για την εκμετάλλευση της αιολικής ή/και της ηλιακής ενέργειας και βοηθά στη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα
- Βοηθά στην καλύτερη διαχείριση της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα ή/και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς
- Βοηθά στην πραγματοποίηση αντλησοταμίευσης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από αιολική ή/και ηλιακή ενέργεια
- Ισοσταθμίζει τη διαλείπουσα και κυμαινόμενη παρεχόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα αιολικά πάρκα ή/και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς
- Εξασφαλίζει την χωρίς περιορισμούς από τους διαχειριστές του δικτύου λειτουργία των αιολικών πάρκων
- Μπορεί να τροφοδοτήσει με άεργο ισχύ τις ανεμογεννήτριες και να εξασφαλίσει την ανεξάρτητη από το δίκτυο λειτουργία των ανεμογεννητριών
- Μπορεί να ανταποκριθεί στις απότομες μεταβολές της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα
- Μειώνει την ανάγκη για κάλυψη των αναγκών αιχμής με ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από ακριβά ορυκτά καύσιμα

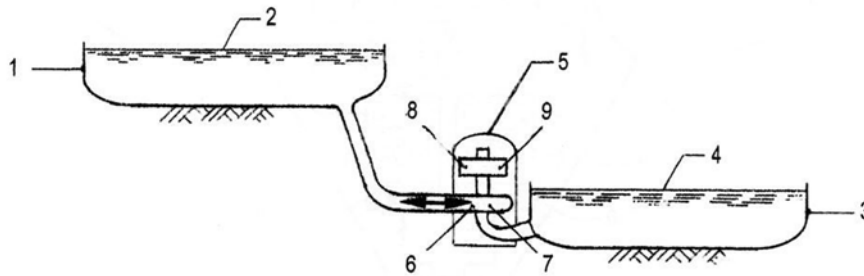
Επιπλέον, το σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (AC variable speed drive system) έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Παρέχει υψηλή ροπή εκκίνησης στους ηλεκτροκινητήρες των αντλιών, π.χ. ονομαστική ροπή σε μηδενική ταχύτητα περιστροφής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ομαλή εκκίνηση των ηλεκτροκίνητων αντλιών, την μικρότερη καταπόνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού και την παράταση της διάρκειας ζωής του
- Επιτρέπει τη λειτουργία των ηλεκτροκίνητων αντλιών με μεταβαλλόμενη παρεχόμενη ισχύ από τα αιολικά πάρκα ή/και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς
- Επιτρέπει τη λειτουργία των ηλεκτροκίνητων αντλιών με παρεχόμενη ισχύ μικρότερη από την ονομαστική τους, έστω και με απόδοση μικρότερη από τη βέλτιστη
- Βοηθά στη μείωση των απωλειών ενέργειας κατά την αντλησοταμίευση αιολικής ή/και ηλιακής ενέργειας

5 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Το σύστημα περιγράφεται παρακάτω με τη βοήθεια ενός παραδείγματος και με αναφορά στα παρακάτω σχήματα (Σχήμα 1 και Σχήμα 2).

Το Σχήμα 1 δείχνει ένα τεχνητό υδατικό σύστημα αντλησοταμίευσης, το οποίο είναι μέρος του εν λόγω συστήματος παραγωγής.



Σχήμα 1: Τεχνητό υδατικό σύστημα αντλιοσταμείωσης

Το υδατικό σύστημα του Σχήματος 1 έχει έναν ανάντη ταμιευτήρα (1) με μια υψηλή στάθμη (2), έναν κατάντη ταμιευτήρα (3) με μια χαμηλή στάθμη (4) και έναν υδροηλεκτρικό σταθμό αντλιοσταμείωσης (5).

Οι ταμιευτήρες (1) και (3) μπορούν να δημιουργηθούν από την τεχνητή έμφραξη της κοίτης του ίδιου υδατορεύματος ή δύο διαφορετικών γειτονικών υδατορευμάτων. Στην περίπτωση των δύο διαφορετικών γειτονικών υδατορευμάτων, οι ταμιευτήρες (1) και (3) έχουν διαφορετικές λεκάνες απορροής και η πλήρωση μπορεί να είναι ταχύτερη.

Ο ταμιευτήρας (1) μπορεί να δημιουργηθεί με εκσκαφή στην κορυφή ενός λόφου και ο ταμιευτήρας (3) με την τεχνητή έμφραξη της κοίτης ενός γειτονικού υδατορεύματος.

Ο ταμιευτήρας (1) ή (3) μπορεί να είναι υπάρχων και να έχει δημιουργηθεί για ύδρευση ή/και άρδευση.

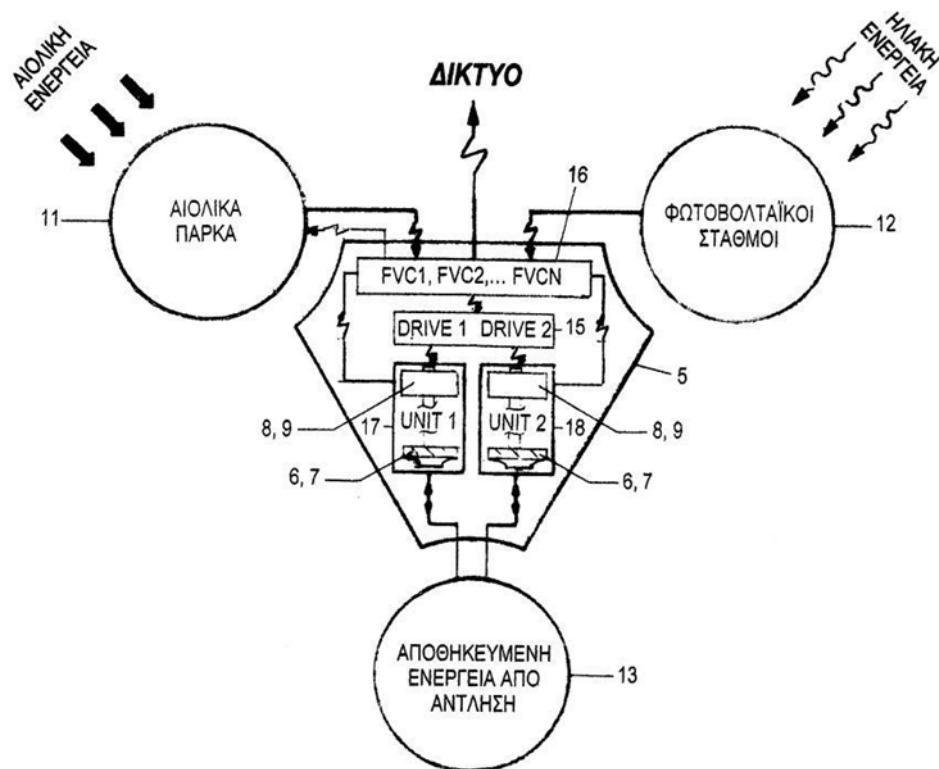
Ο υδροηλεκτρικός σταθμός αντλιοσταμείωσης (5) του Σχήματος 1 έχει ηλεκτροκινητήρες (8), αντλίες (6), τουρμπίνες (7) και γεννήτριες (9).

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός αντλιοσταμείωσης (5) του Σχήματος 1 κατά προτίμηση έχει αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες, στις οποίες οι ηλεκτροκινητήρες (8) μπορούν σε αντίστροφη λειτουργία να λειτουργήσουν σαν γεννήτριες (9) και οι αντλίες (6) μπορούν σε αντίστροφη λειτουργία να λειτουργήσουν σαν τουρμπίνες (7).

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός αντλιοσταμείωσης (5) του Σχήματος 1 κατασκευάζεται κατά προτίμηση υπόγειος, για να μη θίξει την αισθητική του τοπίου του τεχνητού υδατικού συστήματος.

Κατά την επιλογή της καταλληλότερης περιοχής για τη δημιουργία ενός τεχνητού υδατικού συστήματος του τύπου του Σχήματος 1, λαμβάνονται υπόψη τα τοπογραφικά δεδομένα της περιοχής, τα γεωλογικά δεδομένα της περιοχής (π.χ. το είδος, η δομή, και το πορώδες του εδάφους και των πετρωμάτων) και τα κλιματολογικά δεδομένα της ευρύτερης περιοχής (π.χ. το ύψος βροχής, η μέση ταχύτητα ανέμων, οι ώρες ηλιοφάνειας και η μέση θερμοκρασία, ανά μήνα).

Το Σχήμα 2 δείχνει το εν λόγω σύστημα παραγωγής καθώς επίσης και ένα διάγραμμα ροής ενέργειας του ίδιου συστήματος.



Σχήμα 2: Σύστημα παραγωγής και διάγραμμα ροής ενέργειας του ίδιου συστήματος

Το σύστημα παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας του Σχήματος 2 περιλαμβάνει ένα σύνολο αιολικών πάρκων (11), ένα σύνολο φωτοβολταϊκών σταθμών (12), αποθηκευμένη ενέργεια από άντληση (13) σε ένα τεχνητό υδατικό σύστημα σύμφωνα με το Σχήμα 1, και έναν υδροηλεκτρικό σταθμό αντλησοταμίευσης (5) που έχει δύο μονάδες, UNIT 1 και UNIT 2, με αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες (17), (18) στις οποίες οι ηλεκτροκινητήρες (8) μπορούν σε αντίστροφη λειτουργία να λειτουργήσουν σαν γεννήτριες (9) και οι αντλίες (6) μπορούν σε αντίστροφη λειτουργία να λειτουργήσουν σαν τουρμπίνες (7) και στις οποίες η μετάδοση ηλεκτρικής ισχύος προς τους ηλεκτροκινητήρες (8) των αντλιών (6) γίνεται μέσω ενός συστήματος μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (15) (AC variable speed drive system), το οποίο έχει δύο ανεξάρτητα συστήματα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (drives) DRIVE 1 και DRIVE 2.

Το προαναφερθέν σύστημα μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (15), που έχει ηλεκτρική ισχύ ισοδύναμη με την ηλεκτρική ισχύ των ηλεκτροκινητήρων (8), εγγυάται τον ακριβή ηλεκτρονικό έλεγχο της ταχύτητας περιστροφής των ηλεκτροκινητήρων (8) και την εξαιρετική δυναμική συμπεριφορά των ηλεκτροκίνητων αντλιών (8), (6) κατά την αντλησοταμίευση.

Επιπλέον, οι δύο μονάδες, UNIT 1 και UNIT 2, με αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες (17), (18) του υδροηλεκτρικού σταθμού αντλησοταμίευσης (5) του Σχήματος 2, έχουν σύστημα άμεσου ελέγχου ροπής (direct torque control) για τον έλεγχο της ροπής των ηλεκτροκινητήρων (8). Το σύστημα αυτό ελέγχει τη ροπή των ηλεκτροκινητήρων (8) των αντλιών (6) σε όλες τις ταχύτητες περιστροφής και δίνει τη δυνατότητα εκκίνησης των ηλεκτροκινητήρων (8) των αντλιών (6) με υψηλή ροπή, π.χ. ίση με την ονομαστική, με αποτέλεσμα την ομαλή εκκίνηση, τη μικρότερη καταπόνηση του μηχανολογικού εξοπλισμού και την παράταση της διάρκειας ζωής του.

Ο υδροηλεκτρικός σταθμός αντλησοταμίευσης 5 του Σχήματος 2 έχει σύστημα μετατροπέων συχνότητας (16) (frequency converter system), που αποτελείται από ανεξάρτητους μετατροπείς συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN, οι οποίοι τίθενται αυτόματα σε λειτουργία ανάλογα με την διαθέσιμη ηλεκτρική ισχύ από τα αιολικά πάρκα (11), τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12) και την αποθηκευμένη ενέργεια από άντληση (13).

Με άλλα λόγια, κάθε ένας από τους προαναφερθέντες ανεξάρτητους μετατροπείς συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN είναι ένας τριπλής τροφοδοσίας μετατροπέας συχνότητας, ο οποίος τροφοδοτείται ανεξάρτητα με τρεις ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας: με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα (11), με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12) και με ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από μετατροπή αποθηκευμένης από άντληση (13) δυναμικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια. Όπως θα εξηγηθεί πιο αναλυτικά παρακάτω στην παρούσα περιγραφή, η μετατροπή αυτή πραγματοποιείται από την αντιστρέψιμη αντλία-τουρμπίνα (17) ή (18), όταν αυτή λειτουργεί σαν υδροηλεκτρική τουρμπίνα, ή από τις αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες (17) και (18), όταν αυτές λειτουργούν σαν υδροηλεκτρικές τουρμπίνες, σε ένα τεχνητό υδατικό σύστημα σύμφωνα με το Σχήμα 1.

Επιπλέον, κάθε ένας από τους προαναφερθέντες ανεξάρτητους μετατροπείς συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN τίθεται αυτόματα σε λειτουργία, ανάλογα με τη συνολική ηλεκτρική ισχύ, με την οποία τροφοδοτείται το προαναφερθέν σύστημα μετατροπέων συχνότητας (16). Αυτή η ηλεκτρική ισχύς προέρχεται από τις ίδιες προαναφερθείσες τρεις ανεξάρτητες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο βελτιώνεται τόσο η ενεργειακή απόδοση όσο και η αξιοπιστία του συστήματος μετατροπέων συχνότητας (16). Ο υδροηλεκτρικός σταθμός αντλησοταμίευσης (5) μπορεί να λειτουργεί ακόμη και σε περίπτωση που ένας ή περισσότεροι μετατροπείς συχνότητας είναι εκτός λειτουργίας λόγω βλάβης.

Στον υδροηλεκτρικό σταθμό αντλησοταμίευσης (5) του Σχήματος 2 οι γεννήτριες (9) των υδροηλεκτρικών τουρμπινών (9), (7) παράγουν ηλεκτρική ενέργεια σε συγχρονισμό με τη συχνότητα του δικτύου, αλλά οι ηλεκτροκινητήρες (8) των ηλεκτροκίνητων αντλιών (8), (6) λειτουργούν ασύγχρονα (ανεξάρτητα από τη συχνότητα του δικτύου).

Για την αποδοτικότερη εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (12) του Σχήματος 2 έχουν διατάξεις φωτοβολταϊκών στοιχείων στερεωμένες ανά ομάδες σε φορείς που εκτελούν μεταφορικές και περιστροφικές κινήσεις, κατά τέτοιο τρόπο ώστε το επίπεδο των εν λόγω διατάξεων φωτοβολταϊκών να είναι συνεχώς περίπου κάθετο προς τις ακτίνες του ήλιου. Ο προσδιορισμός της αζιμουθιακής γωνίας και της γωνίας ανύψωσης του ήλιου γίνεται με τη βοήθεια λογισμικού, με βάση έναν αλγόριθμο προσδιορισμού της θέσης του ήλιου, σε συνάρτηση με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της θέσης του φωτοβολταϊκού σταθμού την ημερομηνία και την ώρα.

Σύμφωνα με το διάγραμμα ροής ενέργειας του Σχήματος 2, η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στα αιολικά πάρκα (11) ή/και στους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12) μεταφέρεται στο σύστημα μετατροπέων συχνότητας (16). Κατόπιν, μέρος αυτής παρέχεται στο δίκτυο για κατανάλωση και μέρος αυτής μεταδίδεται στον ηλεκτροκινητήρα (8) της αντλίας (6) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18), ή στους ηλεκτροκινητήρες (8) των αντλιών (6) των αντιστρέψιμων αντλιών-τουρμπινών (17) και (18), δια μέσου του συστήματος μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (15) με σκοπό την αντλησοταμίευση.

Η αποθηκευμένη, υπό μορφή δυναμικής ενέργειας, ενέργεια από άντληση (13), μετατρέπεται σε υδραυλική ενέργεια στο τεχνητό υδατικό σύστημα αντλησοταμίευσης και στη συνέχεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια στην αντιστρέψιμη αντλία-τουρμπίνα (17) ή (18) και μεταφέρεται στο σύστημα μετατροπέων συχνότητας (16). Κατόπιν, μέρος αυτής παρέχεται στο δίκτυο για κατανάλωση, μέρος αυτής μεταδίδεται στον ηλεκτροκινητήρα (8) της αντλίας (6) της άλλης αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) δια μέσου του συστήματος μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (15) με σκοπό την αντλησοταμίευση, και μέρος αυτής χρησιμοποιείται για παροχή άεργου ισχύος στα αιολικά πάρκα (11). Σε περίπτωση που

ζητηθεί κάλυψη αναγκών αιχμής ηλεκτρικής ενέργειας ή σε περίπτωση απότομης άπνοιας, μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα τίθενται σε λειτουργία και οι δύο μονάδες (17) και (18), UNIT 1 και UNIT 2, του υδροηλεκτρικού σταθμού αντλησοταμίευσης (5) του Σχήματος 2, με σκοπό την κάλυψη της ζήτησης.

Η ηλεκτρική ενέργεια από τις αντιστρέψιμες αντλίες-τουρμπίνες (17) ή (18), ή (17) και (18), του Σχήματος 2, όταν αυτές λειτουργούν σαν υδροηλεκτρικές τουρμπίνες, χρησιμοποιείται για την ισοστάθμιση της διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των αιολικών πάρκων (11) και των φωτοβολταϊκών σταθμών (12), μέσω του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16).

Με άλλα λόγια, η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τη γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18), όταν αυτή λειτουργεί σαν υδροηλεκτρική τουρμπίνα, χρησιμοποιείται για την ισοστάθμιση της διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας των αιολικών πάρκων (11) και των φωτοβολταϊκών σταθμών (12). Η ισοστάθμιση πραγματοποιείται μέσω του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16).

Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι σύμφωνα με την παρούσα εφεύρεση η ροή της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα (11), από τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12) και από τη γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) γίνεται δια μέσου του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16), η ισοστάθμιση πραγματοποιείται ελέγχοντας τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) προς το σύστημα μετατροπών συχνότητας (16).

Για το σκοπό αυτό, η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τη γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) διανέμεται (π.χ. μέσω ενός διανομέα) και τροφοδοτεί κάθε μια από τις πρώτες τροφοδοσίες των τριπλής τροφοδοσίας μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN. Με τον ίδιο τρόπο διανέμεται η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα (11) και τροφοδοτεί κάθε μια από τις δεύτερες τροφοδοσίες των τριπλής τροφοδοσίας μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN. Επίσης, με τον ίδιο τρόπο διανέμεται και η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12) και τροφοδοτεί κάθε μια από τις τρίτες τροφοδοσίες των τριπλής τροφοδοσίας μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN. Επειδή τα αιολικά πάρκα (11) βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές, οι οποίες την ίδια χρονική στιγμή το πιθανότερο είναι να έχουν διαφορετικές ταχύτητες ανέμου, και επειδή οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (12) επίσης βρίσκονται σε διαφορετικές περιοχές, οι οποίες την ίδια χρονική στιγμή είναι πιθανό να έχουν διαφορετική ηλιοφάνεια, η παραπάνω μέθοδος τροφοδοσίας των μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN με ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές έχει σαν αποτέλεσμα μια πρώτη αλληλοϊσοστάθμιση, της διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα (11) και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12), επάνω στους ζυγούς συνεχούς ρεύματος των μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN.

Στη συνέχεια, η πλήρης ισοστάθμιση της διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από τα αιολικά πάρκα (11) και τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς (12), πραγματοποιείται επάνω στους ζυγούς συνεχούς ρεύματος των μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN ελέγχοντας τη ροή της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) προς τις προαναφερθείσες πρώτες τροφοδοσίες των τριπλής τροφοδοσίας μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16).

Η προαναφερθείσα πλήρης ισοστάθμιση γίνεται μόνο με τον έλεγχο της ροής της ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) προς τις προαναφερθείσες πρώτες τροφοδοσίες των τριπλής τροφοδοσίας μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16), και χωρίς τοπικό έλεγχο της λειτουργίας μιας ή περισσοτέρων ανεμογεννητριών των αιολικών πάρκων, καθώς επίσης και χωρίς τοπικό έλεγχο της λειτουργίας μιας ή περισσότερων διατάξεων φωτοβολταϊκών στοιχείων των φωτοβολταϊκών σταθμών (12). Κατ' αυτόν τον τρόπο το σύστημα μετατροπών συχνότητας (16) του υδροηλεκτρικού σταθμού αντλησοταμίευσης (5) δέχεται τη

μέγιστη ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παράγει κάθε ένα αιολικό πάρκο (11), το οποίο μπορεί να είναι υπάρχον αιολικό πάρκο, ή/και ένας φωτοβολταϊκός σταθμός (12), ο οποίος επίσης μπορεί να είναι υπάρχον φωτοβολταϊκός σταθμός, χωρίς τον έλεγχο της λειτουργίας κάθε ενός αιολικού πάρκου (11) ή/και κάθε ενός φωτοβολταϊκού σταθμού (12).

Αυτό όμως προϋποθέτει άμεσα ελεγχόμενη ροή ηλεκτρικής ενέργειας από την έξοδο του συστήματος μετατροπών συχνότητας (16) προς τους ηλεκτροκινητήρες (8) των αντλιών (6), δηλαδή προς την αποθηκευμένη ενέργεια από άντληση (13), πράγμα που πραγματοποιείται με τη χρήση του συστήματος μετάδοσης ηλεκτρικής ισχύος με μετατροπή συχνότητας (15) σε συνδυασμό με το σύστημα άμεσου ελέγχου ροής, έτσι ώστε το σύστημα παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να συνεχίζει να λειτουργεί ομαλά σε περίπτωση απότομης πτώσης της ζήτησης ισχύος από το δίκτυο. Επιπλέον, κατ' αυτόν τον τρόπο ελαχιστοποιείται η ανάγκη συστημάτων απορρόφησης φορτίου τα οποία καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια και από την άποψη αυτή το σύστημα παραγωγής και διαχείρισης ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας σύμφωνα με τη παρούσα εφεύρεση συμβάλλει στην εξοικονόμηση τόσο εξοπλισμού όσο και ενέργειας.

Σχετικά με τον έλεγχο της ροής ηλεκτρικής ενέργειας που προέρχεται από την γεννήτρια (9) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) προς το σύστημα μετατροπών συχνότητας (16), ο έλεγχος αυτός γίνεται ελέγχοντας τη ροή νερού προς την τουρμπίνα (7). Για παράδειγμα, αν έχουμε μια μικρή αντιστρέψιμη αντλία-τουρμπίνα (17) ή (18) τύπου Francis, η οποία είναι ακτινικής-αξονικής ροής, ισχύος 20 MW και μέσης τάσης, ο έλεγχος της ροής της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από την γεννήτρια (9) (όταν η εν λόγω αντιστρέψιμη αντλία-τουρμπίνα λειτουργεί σαν υδροηλεκτρική τουρμπίνα) προς το επίσης μέσης τάσης σύστημα μετατροπών συχνότητας (16) γίνεται ελέγχοντας την ακτινική ροή νερού προς την τουρμπίνα (7) της αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) μέσω των περιμετρικών προς την τουρμπίνα (7) θυρίδων εισόδου νερού (wicket gates).

Με τη σύνδεση περισσότερων αιολικών πάρκα (11) ή/και περισσότερων φωτοβολταϊκών σταθμών (12) στο σύστημα μετατροπών συχνότητας (16) του υδροηλεκτρικού σταθμού αντλησοταμίευσης (5), η ηλεκτρική ενέργεια επάνω στους ζυγούς συνεχούς ρεύματος των μετατροπών συχνότητας FVC1, FVC2, ...FVCN που προέρχεται από τις ανανεώσιμες πηγές έχει μικρότερες διακυμάνσεις και, από την άποψη της ισοστάθμισης, η γεννήτρια (9) μιας σχετικά μικρής ισχύος αντιστρέψιμης αντλίας-τουρμπίνας (17) ή (18) μπορεί να ισοσταθμίσει κυμαινόμενη ηλεκτρική ενέργεια ανανεώσιμων πηγών σχετικά μεγαλύτερης συνολικής ισχύος.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να γίνουν γνωστά τα τεχνικά οφέλη που έχουν επιτευχθεί σαν αποτέλεσμα του Ευρωπαϊκού Διπλώματος Ευρεσιτεχνίας EP1925817. Αυτά περιλαμβάνουν την δυνατότητα πραγματοποίησης αντλησοταμίευσης με χρήση διαλείπουσας και κυμαινόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, που προέρχεται κυρίως από αιολική ή/και ηλιακή ενέργεια, την εξασφάλιση της χωρίς περιορισμούς λειτουργίας από τους διαχειριστές του δικτύου των αιολικών πάρκων και των φωτοβολταϊκών σταθμών και τη μείωση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Gamanis, G.A. 2012. A system of production of electric energy from renewable energy sources, European Patent No. 1925817, European Patent Office.
2. Azar, J. 1983. Installation productrice d'énergie (Hydroelectric storage installation with wind powered pumping - uses solar or wind power to drive the pumps in a pumped storage electricity generating installation), Brevet d'Invention No. 895698, Ministère des Affaires Économiques, Royaume de Belgique.

3. Aloys, W. 2005. Island network and method for operation of an island network, United States Patent Application Publication No. US 2005/225090 A1, US Patent Office.
4. Priesemuth, W. 1994. Energiespeicher (Pumped-storage power plant utilizing solar energy or wind for pumping), Offenlegungsschrift DE 4301659 A1, Deutsches Patentamt.
5. Anderson, N-E & al. 1981. Energy-efficient fluid medium pumping system, United States Patent No. US 4243892, US Patent Office.
6. Wacknov, J. 2002. Microturbine/capacitor power distribution system, International Publication No. WO 02/50618 A2, World Intellectual Property Organization.

A system of production of electric energy from renewable energy sources

G.A. Gamanis

Civil Engineer (AUTH), M.Sc., Member of GCOLD

A.G. Gamanis

Graduate Student, Dept. of Electrical & Computer Engineering, University of Patras

Key Words: system of production of electric energy, pumped storage, renewable energy sources, power electronics

SUMMARY: The aims of the present paper were to indicate the technical advantages which have been achieved as a result of the European Patent EP1925817 (inventor: G. Gamanis), which relates to a system of production and management of electric energy from renewable energy sources, particularly from the synergetic exploitation of wind and solar energy through pumped storage hydroelectricity within a manmade water system, with the use of power electronics. The system includes at least one hydroelectric pumped storage power station which has: at least one hydroelectric turbine, at least one electric motor driven pump, at least one triple-fed frequency converter (FVC1), and at least one AC variable speed drive which is fed from the output of the frequency converter (FVC1) and transmits electric power to the electric motor of the electric motor driven pump. The triple-fed frequency converter (FVC1) has a first feed with electrical energy from the generator of the hydroelectric turbine, a second feed from at least one wind farm and a third feed from at least one photovoltaic power station. The leveling of the intermittent and fluctuating electrical energy from the wind farm and from the photovoltaic power station is realized by controlling the flow of electrical energy from the generator of the hydroelectric turbine to the first feed of the triple-fed frequency converter (FVC1). Some advantages of the system are: a) it makes possible the realization of pumped storage with the use of the intermittent and fluctuating electrical energy, which originates from wind farms and/or photovoltaic power stations, b) it guarantees the operation of wind farms, without restrictions by the grid operators, c) it assists the decrease of dependency on fossil fuels.